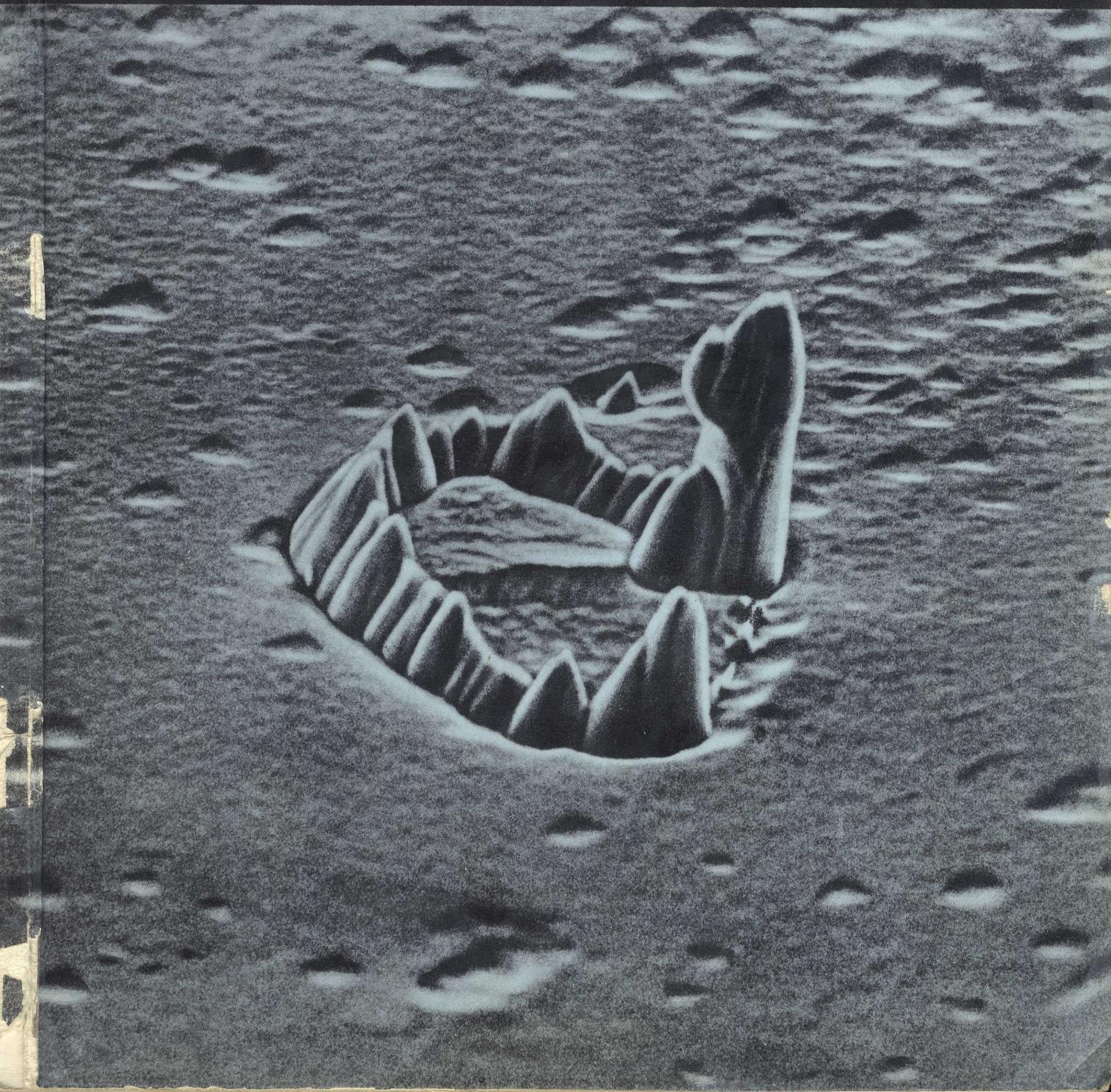


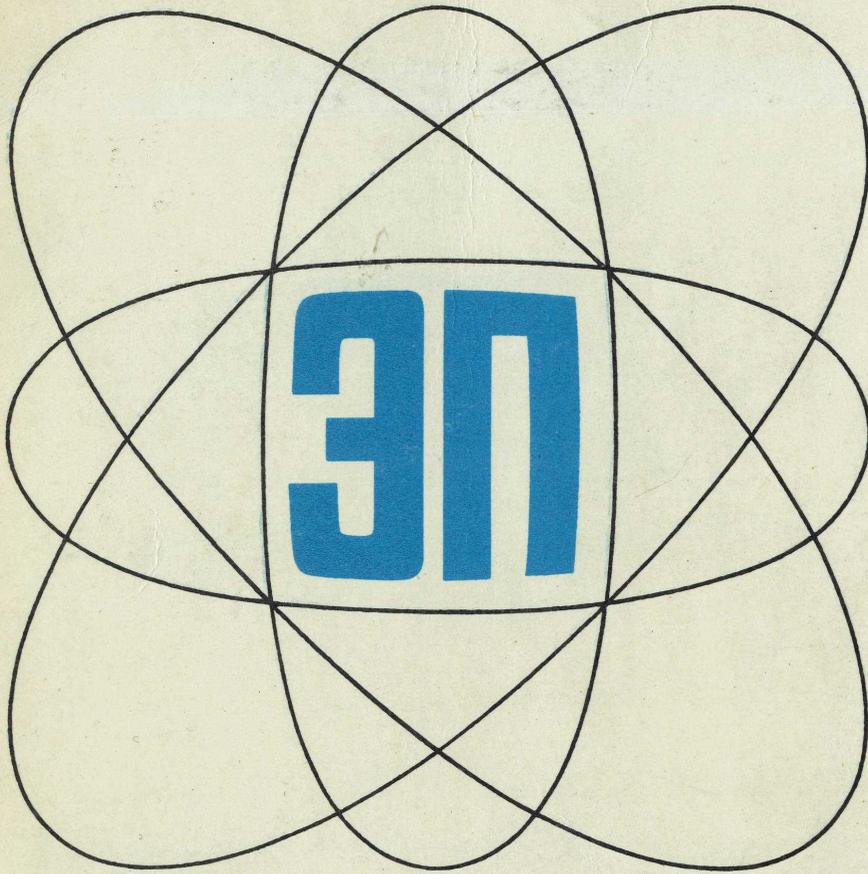


ЭЛЕКТРОННАЯ

№2-1971

ПРОМЫШЛЕННОСТЬ





В НОМЕРЕ:

**ЭЛЕКТРОНИКА В НОВОМ
ПЯТИЛЕТИИ**

**ПРИМЕНЕНИЕ РАСТРОВОГО
ЭЛЕКТРОННОГО
МИКРОСКОПА ДЛЯ
НАБЛЮДЕНИЯ ДЕФЕКТОВ
В ПОЛУПРОВОДНИКАХ**

**УСКОРИТЕЛЬ ЭЛЕКТРОНОВ
ОТКРЫВАЕТ НОВЫЕ
ВОЗМОЖНОСТИ В ТЕХНИКЕ**

**ОРГАНИЗАЦИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
КОНТРОЛЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ
ПРИБОРОВ**

**ЭЛЕКТРОНИКА -
СЕЛЬСКОМУ ХОЗЯЙСТВУ**

**ИЗДЕЛИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ
КУЛЬТУРНО-БЫТОВОГО
НАЗНАЧЕНИЯ (ФОТО)**

ВАКЦИНОЛОГИЯ

ВЫПУСК

(4)

2

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

На дом
не выдается

FANUC6.RU
САЙТ О СТАРЫХ ЧПУ

СОДЕРЖАНИЕ

3 Электроника в новом пятилетии

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- 9 Функциональные особенности и технико-экономические показатели АСУТП. *В.М.Вальков*
- 15 Оценка уровня организации производства и труда на предприятиях. *Л.М.Мишкина*
- 18 Сообщение о депонировании

ИССЛЕДОВАНИЯ, РАЗРАБОТКИ, МЕТОДЫ РАСЧЕТОВ

- 19 Модульное программирование задач АСУП на ЦВМ. *В.Е.Вершин, Я.Н.Набиев, Р.Ш.Нагаев*
- 23 Машинное проектирование модулей на больших интегральных схемах. *А.В.Максименков*
- 27 Источники информации для прогнозирования научно-технического прогресса в микроэлектронике. *Б.Е.Клейман, Л.В.Михайлова*
- 31 Схемотехническое проектирование ИС на основе дополняющих МОП-структур. *Ю.М.Ильющенко*
- 34 Сообщение о депонировании

ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

- 37 Система управления комплектами оборудования для производства изделий микро-

электроники. *В.В.Савин, М.Н.Кузнецов, Р.В.Корнилов*

- 41 Применение растрового электронного микроскопа для наблюдения дефектов в полупроводниках. *В.И.Вылегжанин, Ю.П.Докучаев, Ю.А.Концевой, В.Г.Попов*

Применение ИК радиометрии в микроэлектронике

- 44 Прибор для измерения теплового излучения полупроводниковых ИС. *А.А.Гончаренко, Ю.Н.Дьяков, Г.А.Штейнман, Н.И.Шмелев, М.Д.Лернер*

- 48 Основные требования к ИК радиометрам, предназначенным для контроля ИС. *В.П.Сооль, Е.А.Коновалов, А.Н.Безус*

- 40 Сообщение о депонировании

ИЗДЕЛИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

- 51 Ускоритель электронов открывает новые возможности в технике. *В.П.Марин*

- 54 Полупроводниковые сверхоперативные запоминающие устройства. *В.М.Гусаков, А.А.Орликовский, Б.В.Орлов, Д.О.Чутуев*

- 60 Планарный однопереходный транзистор КТ117. *В.В.Гаршенин, В.Н.Дерюгин, Ю.Ф.Купцов*

- 64 Электронно-полупроводниковая усилительная лампа. *У.Б.Солтамов, В.Д.Степанов, В.И.Смирнов*

- 68 Сообщение о депонировании

Научно-техническая
Библиотека ТПИ

**НАДЕЖНОСТЬ
И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА**

- 69 Опыт государственной аттестации продукции на предприятиях электронного машиностроения. *Е.П.Кравцов, А.Е.Чуранов*
- 71 Влияние качества и надежности технологического оборудования на выход годных ИС. *Е.Н.Закс, В.А.Васильев, Ю.П.Анискин*
- 74 Инженерный метод оценки надежности электровакуумных и полупроводниковых приборов в процессе испытаний. *М.Б.Славин*

ТЕХНОЛОГИЯ

- 77 Методы конструирования и технология изготовления высоковольтных планарных транзисторов. *В.Г.Колесников, В.И. Никишин, Б.Л.Толстых, Г. Г. Афанасьев, Г.В.Сонов, И.Ф.Дымов*
- 83 Организация технологического контроля в производстве полупроводниковых приборов. *А.А.Васенков, Ф.П.Пресс*
- 88 Система контроля микроклимата в производстве интегральных схем. *Э. А. Хансен, М.Э.Пуусепп*

ОБОРУДОВАНИЕ

Вакуумное оборудование для производства интегральных схем

- 94 Установка УВН-84Р-2. *Е. И. Ельчанинов, В.Е.Минайчев, Л.М.Панкратов, В. М. Зыков, Г.М.Кустов*
- 98 Вакуумная конвейерная напылительная установка УНУ-ЗМА. *М. И. Меньшиков, Г.С.Селях, В.Н.Сергеев, А. Б. Хейфец, В.Е.Шемякин, Н.А.Горбанев*

- 100 Вакуумные насосы
Двухступенчатые вакуумные насосы с вращающимися камерами. *Н.П.Яценков, В.Е.Шемякин, Г.Г.Вольнец*
- 103 НОРД. Вакуумные магниторазрядные насосы с охлажденным анодом. *М.И. Виноградов, М.С. Галиев, О. К. Курбатов, Е.М.Рудницкий*
- 99 Сообщение о депонировании

ОБМЕН ОПЫТОМ

- 107 Новый метод измерения давления внутри кинескопа. *В. И. Барановский, А. М. Перельцевейг*
- 110 Усовершенствование технологического процесса сборки газоразрядных приборов. *В.С.Стрелков, О.А.Млодик*
- 112 Холодная объемная штамповка деталей для корпусов СВЧ диодов. *В. Н. Ларин, О.С.Моряков*
- 113 Модернизация технологии изготовления твердосплавных матриц штампов сложного профиля. *О.С.Моряков, В.Н.Ларин*
- 115 Контроль диффузии. *Е. В.Блинникова-Вяземская, Т.А.Иоаннисяни*
- 117 Новые станки для доводки малых отверстий. *В.А.Коровинский*
- 118 Эрозия вольфрамового электрода при аргонодуговой сварке. *В.М.Елагин*
- 120 Сообщение о депонировании

**НОВОСТИ.
СООБЩЕНИЯ. ХРОНИКА**

- 122 Электроника — сельскому хозяйству. *В.М.Голомзин, А.О.Караев*
- 130 Ежегодная Международная конференция по полупроводниковой электронике. *А.А.Васенков*
- 133 За рубежом
- 136 Новые книги

ЭЛЕКТРОНИКА В НОВОМ ПЯТИЛЕТИИ

В Директивах XXIV съезда КПСС по развитию народного хозяйства СССР на 1971-1975 гг. определена программа и намечены пути осуществления главной задачи нового пятилетия - обеспечения значительного подъема материального и культурного уровня жизни народа на основе высоких темпов развития социалистического производства, повышения его эффективности, научно-технического прогресса и ускорения производительности труда. Важное и все возрастающее значение в решении поставленных задач будет иметь электронная промышленность.

Благодаря огромной помощи и повседневному вниманию ЦК КПСС и правительства отечественная электроника, которой принадлежит особая роль в осуществлении научно-технического прогресса, успешно развивается во всех ее многогранных направлениях. Генеральный секретарь ЦК КПСС тов. Брежнев Л.И. в докладе на XXIV съезде КПСС подчеркнул: «И впредь быстрыми темпами будут развиваться электроника, радиопромышленность, приборостроение, то есть весь комплекс отраслей, создающих техническую базу для автоматизации производства и управления. Этот комплекс по праву может быть назван катализатором научно-технического прогресса».

В настоящее время электроника является базой для создания современных систем управления, радиотехнических устройств и приборов. Велико ее значение в освоении космического пространства, в развитии таких областей науки и техники, как радиоастрономия, радиофизика, кибернетика; электроника все больше начинает применяться в энергетике, машиностроении, большой химии, медицине и сфере обслуживания. Наша наука внесла значительный вклад в развитие теории полупроводников, создание квантовой электроники, позволяющей решить важные проблемы новой техники, технологии и медицины. Большое влияние на развитие смежных отраслей оказали микроэлектроника и миниатюризация электронных приборов. Менее чем за два десятилетия существенно изменился технический уровень такого сложного современного устройства, каким является ЭВМ. На смену ЭВМ первого поколения - громоздких сооружений с применением электронных ламп - пришли машины второго, третьего, наконец, четвертого поколения с почти неограниченными возможностями переработки информации. Поистине неисчерпаемые возможности заложены в голографию, которая приведет к созданию объемного черно-белого и цветного кино и телевидения.

Для электронной промышленности последние пять лет были периодом больших количественных и качественных изменений. Несмотря на значительные трудности, связанные с первоначальной организационной перестройкой предприятий и необходимостью создания в кратчайшие сроки современной научно-технической и производственной базы, работники отрасли сумели резко увеличить выпуск необходимых народному хозяйству изделий электронной техники и обеспечить разработку и освоение новых, непрерывно усложняющихся электронных приборов, компонентов и радиодеталей. Дефицит по основной номенклатуре электронных приборов, который в 1961-1965 гг. составлял по многим приборам от 30 до 50% потребности народного хозяйства, к середине прошлой пятилетки был полностью ликвидирован.

За последнее пятилетие быстрыми темпами происходило обновление продукции: две трети номенклатуры выпускаемых в настоящее время изделий составляют приборы и оборудование нового типа. Всю эту работу проделали научно-исследовательские и конструкторские организации совместно с предприятиями, на многих из которых сложились сильные конструкторские бюро и лаборатории.

За пять лет разработаны и внедрены государственные стандарты и нормалы Министерства, а также нормалы предприятий, охватывающие все основные факторы, влияющие на качество изделий, на экономичность их проектирования, производства и эксплуатации.

Специфика технологии отрасли, основанной на использовании физико-химических свойств вещества и процессов, протекающих на молекулярном и атомном уровне, необходимость разработки специальной аппаратуры в кратчайшие сроки потребовали создания собственного специального технологического машиностроения, которое обеспечило техническое оснащение производства отрасли комплексом технологических линий, специальным технологическим испытательным оборудованием, а также контрольно-измерительной аппаратурой с использованием средств вычислительной техники.

Существенное влияние на развитие отрасли и улучшение ее экономических показателей имел переход предприятий на новые условия планирования и экономического стимулирования. Этот процесс, который был завершен к концу прошедшей пятилетки, открыл новые пути дальнейшей интенсификации производства, повышения его эффективности, повышения производительности труда и внедрения более гибких методов управления и экономического стимулирования.

В отрасли проделана большая работа по концентрации и специализации производства на базе организации объединений как новой, более совершенной формы руководства промышленностью. Действующие в настоящее время объединения четырех различных направлений (производственно-технические, научно-производственные, научно-технические и проектно-конструкторские объединения), несмотря на незначительный срок своего функционирования, имеют более высокие технико-экономические показатели по сравнению с отдельными предприятиями отрасли.

В результате проделанной в прошедшем пятилетии работы по внедрению новой техники, передовой технологии и оборудования, совершенствованию организации производства и управления материальные затраты на рубль выпускаемой продукции были снижены в 1,4 раза, а трудовые затраты - более чем в 1,5 раза. Систематическое снижение оптовых цен обеспечило народному хозяйству большую экономию. Однако успехи электронной промышленности в прошедшем пятилетии были бы значительно выше, если бы в полной мере были использованы преимущества нашей социалистической системы хозяйства. В ходе выполнения пятилетнего плана по нашей отрасли на некоторых предприятиях медленно внедрялось высокопроизводительное оборудование, но полностью осваивались производственные мощности, недооценивались возможности новой прогрессивной технологии, на ряде предприятий имели место большие потери от брака, низкий процент выхода годных изделий, не всегда с достаточной эффективностью использовались капитальные вложения и т.д. Еще не с полной отдачей работают некоторые научные учреждения, велики сроки внедрения достижений науки и техники в производство. Ликвидировать все эти недостатки в самое ближайшее время, повышать эффективность производства - задача всех работников электронной промышленности.

На предприятиях Министерства электронной промышленности в обстановке огромного политического и делового подъема проходило обсуждение проекта Директив XXIV съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства на 1971-1975 гг. Было высказано немало предложений, направленных на ускорение темпов научно-технического прогресса, повышение эффектив-

ности производства, улучшение качества продукции, экономию сырьевых и материальных ресурсов, укрепление связи науки с производством и на дальнейшее совершенствование системы планирования и экономического стимулирования. Это дает уверенность в том, что большие задачи, стоящие перед электронной промышленностью, будут успешно выполнены.

Экономика отрасли в 1971-1975 гг. будет характеризоваться высокими темпами развития, существенными изменениями в структуре выпускаемой продукции, проведением все более крупных научно-исследовательских и конструкторских разработок, дальнейшим совершенствованием технологии, внедрением в промышленность последних достижений науки и техники.

Преимущественное развитие в новой пятилетке должна получить микроэлектроника, открывающая новые возможности для научно-технического прогресса во всех отраслях народного хозяйства. Высокая степень концентрации и механизации производства интегральных схем даст возможность не только обеспечить потребность народного хозяйства в высоконадежных и качественных микросхемах, но и получить громадный экономический эффект при сборке аппаратуры за счет высвобождения рабочих на трудоемких ручных работах. Кроме того, использование сложных микросхем, так называемых БИС, заменяющих собой целые блоки аппаратуры, создает новые предпосылки для качественного скачка в области создания средств автоматизации и управления. Элементы, выполняющие только одну функцию, постепенно уходят в прошлое. На смену им идут интегральные схемы на базе твердого тела, тонких и сверхтонких пленок, гибридные и функциональные схемы, заменяющие целые блоки радиоэлектронной аппаратуры, составленные из отдельных радиодеталей и компонентов. Современное электронное устройство на базе микросхемотехники, состоящее, например, более чем из 1500 различных транзисторов, диодов, сопротивлений, конденсаторов, размещается на кристалле кремния размером всего 5-8 мм², и это не является пределом.

В новом пятилетии будут интенсивно развиваться и такие новейшие направления, как квантовая и криогенная электроника, оптоэлектроника, которые в свою очередь дадут возможность создать принципиально новые виды приборов и аппаратуры.

Необходимо продолжать начатую в прошедшем пятилетии работу по комплексной стандартизации изделий электронной промышленности. Нужно создать и внедрить для каждой группы изделий комплекс прогрессивных норм, требований, методов и правил, действующих как в сфере проектирования и производства изделий, так и в сфере их применения. Основным направлением комплексной стандартизации в сфере проектирования должна быть по-прежнему разработка параметрических и размерных рядов, базовых и унифицированных конструкций, а также общих требований к изделиям (устойчивости к внешним воздействиям, надежности и т.д.), методов измерений, единых конструкторских норм и систем конструкторской документации; в сфере производства - разработка типовых технологических процессов, унифицированной оснастки и инструмента, методов и средств контроля качества, требований к исходным материалам, оборудованию, условиям производства, в сфере применения - разработка требований к хранению и транспортировке изделий, условиям эксплуатации, перечней изделий, разрешенных для применения в новых разработках аппаратуры.

Работу, проводимую в области стандартизации, унификации и нормализации как самих изделий, так и других элементов производственного процесса, необходимо подчинить задачам, связанным с дальнейшим углублением специализации производства, которая является одним из главных условий повышения эффективности производства электронной промышленности в новой пятилетке.

Задача обеспечения намеченных в пятилетнем плане на 1971-1975 гг. высоких темпов роста производительности труда требует дальнейшего ускорения развития специального машиностроения, являющегося основой интенсификации производства отрасли на базе технического прогресса, и расширения работ по дальнейшему

совершенствованию организации и управления производством с применением экономико-математических методов и электронно-вычислительной техники с целью создания полностью автоматизированных участков цехов и заводов.

Обеспечение необходимого уровня отечественной электронной техники обуславливает высокие темпы обновления состава оборудования как в науке, так и производстве.

Необходимо форсировать работы по механизации вспомогательных производств. В новой пятилетке следует централизовать производство специального инструмента и оснастки, различного рода нестандартного оборудования, запасных частей и капитальный ремонт специального технологического оборудования.

Высокие темпы обновляемости продукции и внедрения нового оборудования и технологических процессов требуют дальнейшего совершенствования работ по пересмотру устаревших и внедрению новых нормативов трудовых и материальных затрат.

Комплекс работ по улучшению проектирования, который осуществлен в отрасли за последние годы, позволил по-новому подойти к строительству предприятий электронной промышленности. Все больше предприятий строится на основе модульного принципа, т.е. автономного строительства и эксплуатации производственных мощностей отдельными корпусами. Это резко сокращает сроки строительства и значительно повышает экономическую эффективность капитальных вложений. Однако еще не все возможности планового хозяйства используются при проектировании новых производств и строительстве предприятий. Дальнейшее совершенствование организации проектирования в отрасли должно идти по линии централизации и укрепления проектных организаций, внедрения хозрасчетных принципов в их работу. В текущем пятилетии проектные организации должны обеспечить многовариантную проработку технических и экономических решений при разработке проектов важных объектов. Необходимо добиться сокращения сроков строительства, максимально снизить сроки окупаемости капитальных вложений, уменьшить объем незавершенного строительства, одновременно сократить количество новостроек.

Электронная промышленность вносит свой все возрастающий вклад в производство товаров культурно-бытового назначения. В период 1966-1970 гг. выпуск этих изделий увеличился в три раза, а установленное задание по производству товаров для населения было выполнено в первом квартале 1970 г.

В соответствии с Директивами XXIV съезда КПСС производство товаров культурно-бытового назначения и хозяйственного обихода в отрасли к 1975 г. должно увеличиться в 2,5 раза. Это большая задача и она требует самого серьезного решения. Прежде всего необходимо значительно увеличить выпуск товаров, имеющих массовый спрос. Поэтому большое внимание должно быть уделено изучению потребности народного хозяйства в товарах культурно-бытового назначения, в которых использованы изделия электронной техники, нужно завязывать и развивать долгосрочные прямые связи с торгующими организациями.

Повышение эффективности производства товаров культурно-бытового назначения требует расширения количества действующих и организации новых высокомеханизированных специализированных цехов и участков, обеспечивающих постоянное снижение себестоимости указанных товаров, высокое их качество и своевременный учет заказов потребителей.

Особое значение в текущем пятилетии будет иметь выполнение намеченного плана работ по оказанию помощи сельскому хозяйству. В ближайшее время электронная промышленность поставит сельскому хозяйству ряд электронных приборов для автоматизации управления световым и тепловым режимом животноводческих и птицеводческих ферм, технологических процессов переработки мяса, молока, переговорные устройства и аппаратуру для низовой радиорелейной телефонной связи для сельскохозяйственных районов, а также много других приборов, позволяющих на более высоком техническом уровне осуществлять работы сельскохозяйственного производства. Следует расширить фронт этих ра-

бот на основе заключения договоров с организациями «Союзсельхозтехника» и полностью удовлетворить потребность в изделиях электронной техники, идущих на комплектацию приборов и аппаратуры для нужд сельского хозяйства.

Руководствуясь принципами, изложенными в Директивах XXIV съезда КПСС по девятому пятилетнему плану, необходимо провести комплекс мероприятий по дальнейшему совершенствованию отраслевой системы управления, планирования и экономического стимулирования. Опыт проведения хозяйственной реформы в истекшем пятилетии показал, что максимальный эффект достигается только в тех случаях, когда осуществляется именно комплексное совершенствование важнейших направлений экономики предприятия и отрасли.

В деле улучшения действующей системы планирования важное значение будет иметь обеспечение принципа непрерывности планирования путем увязки перспективных и текущих планов. Если ранее пятилетний план служил основой для разработки годового плана, отчетные показатели которого в свою очередь явились источником информации для уточнения пятилетнего плана, то сейчас годовой план должен являться органической частью пятилетки, представляющей собой систему текущих планов, связанных общими тенденциями экономического развития отрасли.

Необходимо обеспечить условия, ограничивающие возможность расхождения текущих планов с годовыми показателями, намеченными при утверждении пятилетки, и совершенствовать методические принципы планирования на основе создания надежных методов прогнозирования и определения потребности, разработки и применения развитой отраслевой системы долгосрочных экономических нормативов.

В новой пятилетке особого внимания требует вопрос расширения рынков сбыта и формирования новой потребности на базе широкого внедрения электронной техники во все отрасли народного хозяйства. Заводы и объединения отрасли должны принимать участие в формировании портфеля заказов на основе развития прямых связей с потребителями, возможного расширения областей применения выпускаемых изделий.

Итоги выполнения пятилетнего плана подтверждают важность проводимой в отрасли работы по составлению прогноза развития электронной техники и ее производственной базы в перспективе на ряд лет. Непрерывный характер таких прогнозов позволит вносить изменения в пятилетние планы и предусматривать в годовых планах реальные возможности выполнения устанавливаемых задач. На базе разрабатываемых прогнозов должна непрерывно совершенствоваться внутриотраслевая структура производства путем развития в соответствующие периоды наиболее прогрессивных направлений электронной техники.

Необходимо также разработать и внедрить отраслевую систему экономического стимулирования предприятий, объединений и главных управлений. В ней, как в едином комплексе, должны быть увязаны нормативы образования фондов экономического стимулирования на этапах разработки пятилетнего и годовых планов, а также выполнения годовых планов.

В повышении уровня планирования и управления большое значение имеют развернувшиеся в отрасли работы по внедрению автоматизированных систем управления. В электронной промышленности впервые был осуществлен автоматизированный контроль ежедневного выполнения плановых заданий. Все это сказалось на ритмичности производства, которая по сравнению с 1966 г. повысилась на 30%.

В настоящее время в ГВЦ Министерства решается ряд задач по подсистемам планово-экономической деятельности управления процессами сбыта, материально-технического снабжения, труда и заработной платы. С помощью ЭВМ определяется потребность в изделиях отрасли на планируемый год; формируется сводный отраслевой план производства; осуществляется распределение фондов на изделия отрасли между фондодержателями и формирова-

ние фондовых извещений по всей номенклатуре изделий; анализируется ход выполнения плана поставок изделий по фондодержателям; определяется потребность в материалах, в трудовых затратах и т.д. Механизирована обработка ряда статистических и бухгалтерских форм отчетности по всем подсистемам, входящим в отраслевую автоматизированную систему управления.

На многих предприятиях отрасли внедряются автоматизированные системы управления предприятиями (АСУП). Решаются задачи нормативно-плановых расчетов, управления сбытом готовой продукции, оперативно-календарного планирования, расчетов по труду и зарплате, финансовым операциям, учету материальных ценностей, контроля за работой оборудования, обеспечения рабочих мест комплектующими изделиями и материалами. В плане общих работ по АСУП большая роль отводится созданию и широкому внедрению автоматизированных систем управления технологическими линиями и цехами как систем оперативного контроля и управления производственными процессами, а также разработке систем управления качеством продукции как самостоятельных подсистем АСУП. Процесс внедрения ОАСУ и АСУП в отрасли должен быть подчинен разработке комплексного плана развития предприятий, объединений и отрасли в целом с учетом всех сторон их производственно-хозяйственной деятельности. Одновременно с этим должна быть создана информационно-справочная система.

В совершенствовании конкретных организационных форм управления наукой и производством необходимо по-прежнему исходить из принципа концентрации науки и производства на базе дальнейшего углубления специализации и создания объединений.

Методы управления такой динамичной отраслью, как электроника, должны быть предельно гибкими. Только переход от небольших предприятий к организации крупных хозяйственных комплексов с единым научным и техническим руководством, внутренние звенья которых взаимно связаны между собой разработкой и производством определенного вида продукции, поможет обеспечить максимальную эффективность управления отраслью.

Из опыта работы объединений отрасли следует, что именно на крупных производственно-хозяйственных комплексах имеются все условия для организации действенной внутрифирменной системы хозрасчета и конкретного экономического регулирования связей между внутренними звеньями объединения. Централизуя большинство функций экономического управления (планирование, капитальное строительство, снабжение, сбыт) и укрупняя технические и конструкторские службы прежде разрозненных предприятий и организаций, эти объединения резервируют мощности для создания новой техники и проводят большую работу по специализации производства и научных разработок, по организации комплексного управления циклом исследование - производство. Укрупнение производства в первичном звене управления в свою очередь позволит более широко применять типовые системы диспетчеризации производства и автоматизированные системы управления.

Успешное выполнение девятого пятилетнего плана требует от всех работников электронной промышленности, на каком бы участке они не находились, высокого чувства ответственности за порученное дело, проявления творческой инициативы, направленной на всестороннее изыскание резервов роста производительности труда, снижение себестоимости выпускаемой продукции, дальнейшее повышение технического уровня производства и электронной техники.

Как показывают итоги выполнения социалистических обязательств, принятых в честь XXIV съезда КПСС, работники электронной промышленности имеют все возможности для досрочного завершения установленных заданий по плану развития отрасли на 1971-1975 гг.



ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ АСУТП

В.М.ВАЛЬКОВ

На ближайшее пятилетие перед многими отраслями промышленности поставлена сложная техническая задача — перейти к широкому внедрению автоматизированных систем управления основными технологическими процессами (АСУТП) с целью значительного повышения эффективности производства.

Предлагаемая статья имеет целью дать краткий анализ возможных путей проектирования АСУТП в электронной промышленности с учетом их функциональных особенностей.

За критерий оценки различных типов систем принята их технико-экономическая эффективность.

КЛАССИФИКАЦИЯ АСУТП ПО ФУНКЦИОНАЛЬНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОМУ ПРИЗНАКУ

Известно несколько подходов к классификации автоматизированных систем управления [1]. В настоящее время наиболее распространенной для предприятий с непрерывным характером производства является классификация АСУ по уровню решаемых задач управления объектом.

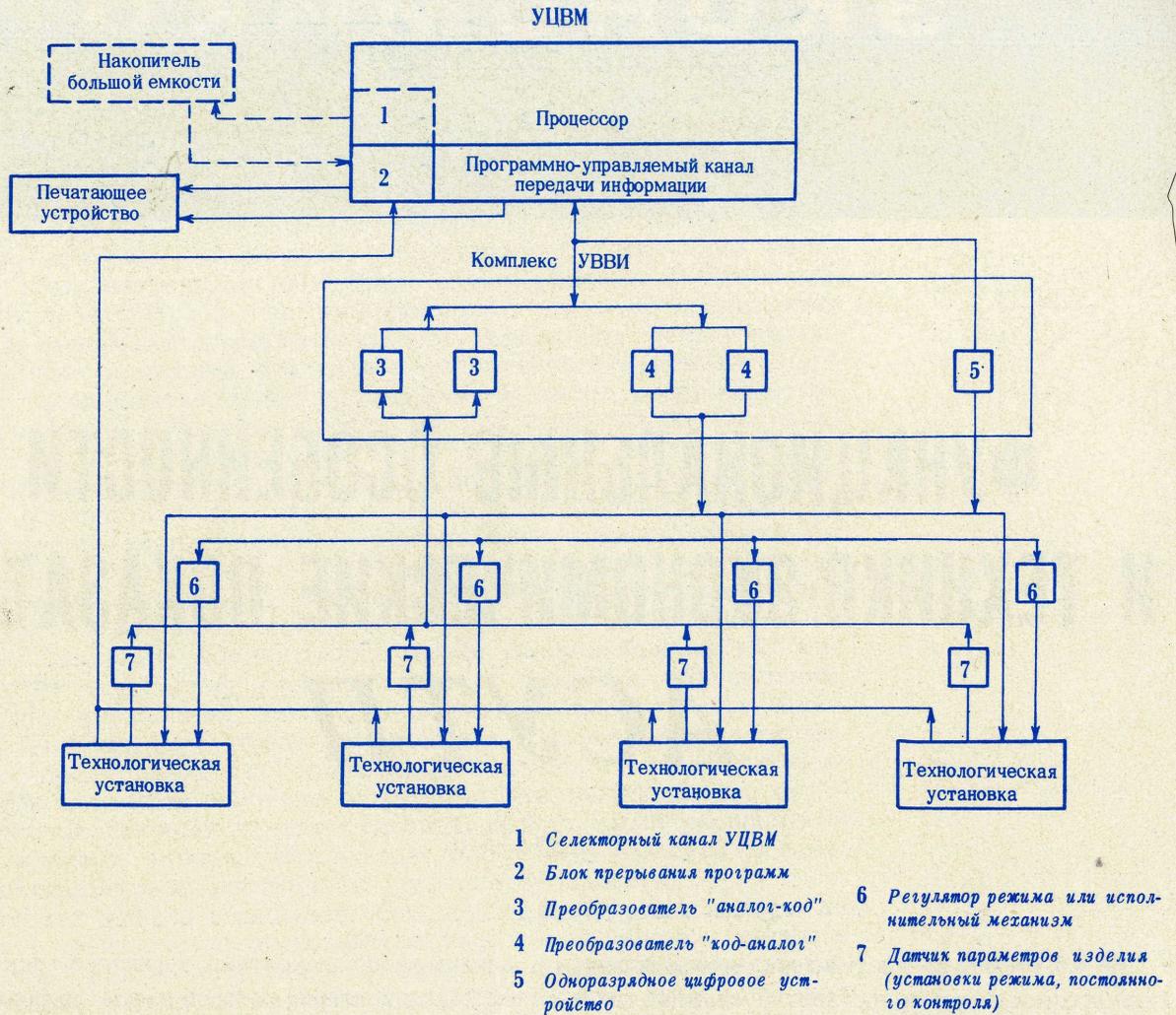
В 1970 г. была предложена новая классификация АСУТП для предприятий с непрерывным и

непрерывно-дискретным характером производства [2], за критерий которой взяты информационный масштаб и уровень решаемых задач управления объектом (регулирование, оптимизация и т.д.). Такая классификация позволяет лишь ориентировочно определять номенклатурную базу АСУТП и может служить основой для планирования разработок. Нам же нужно знать, какие функции может выполнять та или иная система управления и каковы источники ее технико-экономической эффективности применительно к определенному технологическому процессу. В связи с этим возникает необходимость введения классификации АСУТП по функционально-алгоритмическому признаку. Представляется целесообразным разбить по этому признаку системы управления технологическими процессами на базе управляющих ЦВМ на три класса:

■ I — Автоматизированные (автоматические) системы *логики-программного* управления группой однотипных технологических установок без оптимизации (в частном случае — одной установкой).

■ II — Автоматизированные (автоматические) системы *оптимального* управления технологическим процессом (в частном случае — несколькими процессами) или режимами технологической установки,

**БЛОК-СХЕМА СИСТЕМЫ ЛОГИКО-ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ
ГРУППОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В РЕЖИМЕ РАЗДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ**



■ III – Автоматизированные системы *комплексного* управления работой технологических линий, участков, цехов при участии "оперативного" персонала (операторов, технологов и т.д.).

Такое разделение АСУТП в основном применимо к предприятиям с дискретным и непрерывно-дискретным характером производства и имеет в настоящее время принципиальное практическое значение для развертывания работ по автоматизации технологических процессов в производстве изделий электронной техники.

ФУНКЦИИ И АЛГОРИТМЫ, РЕАЛИЗУЕМЫЕ АСУТП

Осуществляя управление технологическим процессом, ЦВМ получает информацию о ходе процесса и выдает регулирующие воздействия (в частном случае – советы) в соответствии с алгоритмом управления.

К I классу АСУТП относятся системы с наиболее простым алгоритмом управления – пол-

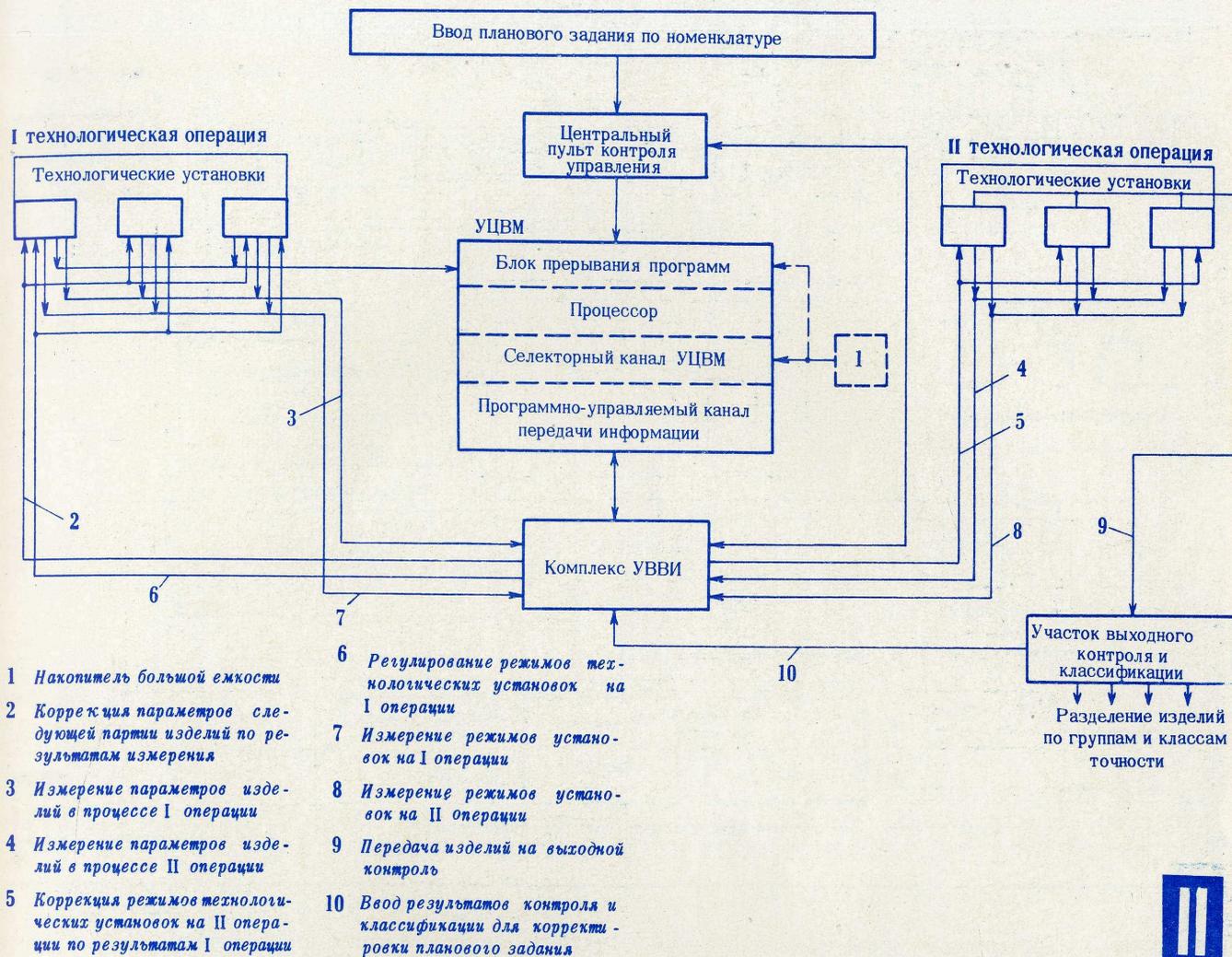
ностью запрограммированным ходом процесса, воспроизводящим процесс, который ведет оператор.

Преимущества таких систем с точки зрения "кибернетизации" следующие [3]:

- практически исключается возможность ошибочных действий;
- информация, заложенная в программе, может значительно превосходить объем знаний отдельного оператора;
- в программу закладывается информация, соответствующая знаниям специалистов многих смежных областей;
- все последние технологические достижения могут быть немедленно отражены в программе.

Эти преимущества наиболее полно проявляются при применении управляющей ЦВМ с универсальной структурой. Применение универсальных управляющих ЦВМ позволяет осуществить мультипрограммное управление группой технологических установок в режиме разделения времени между ни-

**БЛОК-СХЕМА СИСТЕМЫ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ**



ми за счет пауз в выполнении каждой программы на время изменения режима (перемещения) рабочих органов установки или транспортного запаздывания.

Основная функция центрального процессора таких АСУТП — логические операции по выполнению нескольких программ с автоматическим распределением времени. Типовым алгоритмом управления является заранее установленная последовательность логических операций с условным или безусловным переходом от одной операции к другой.

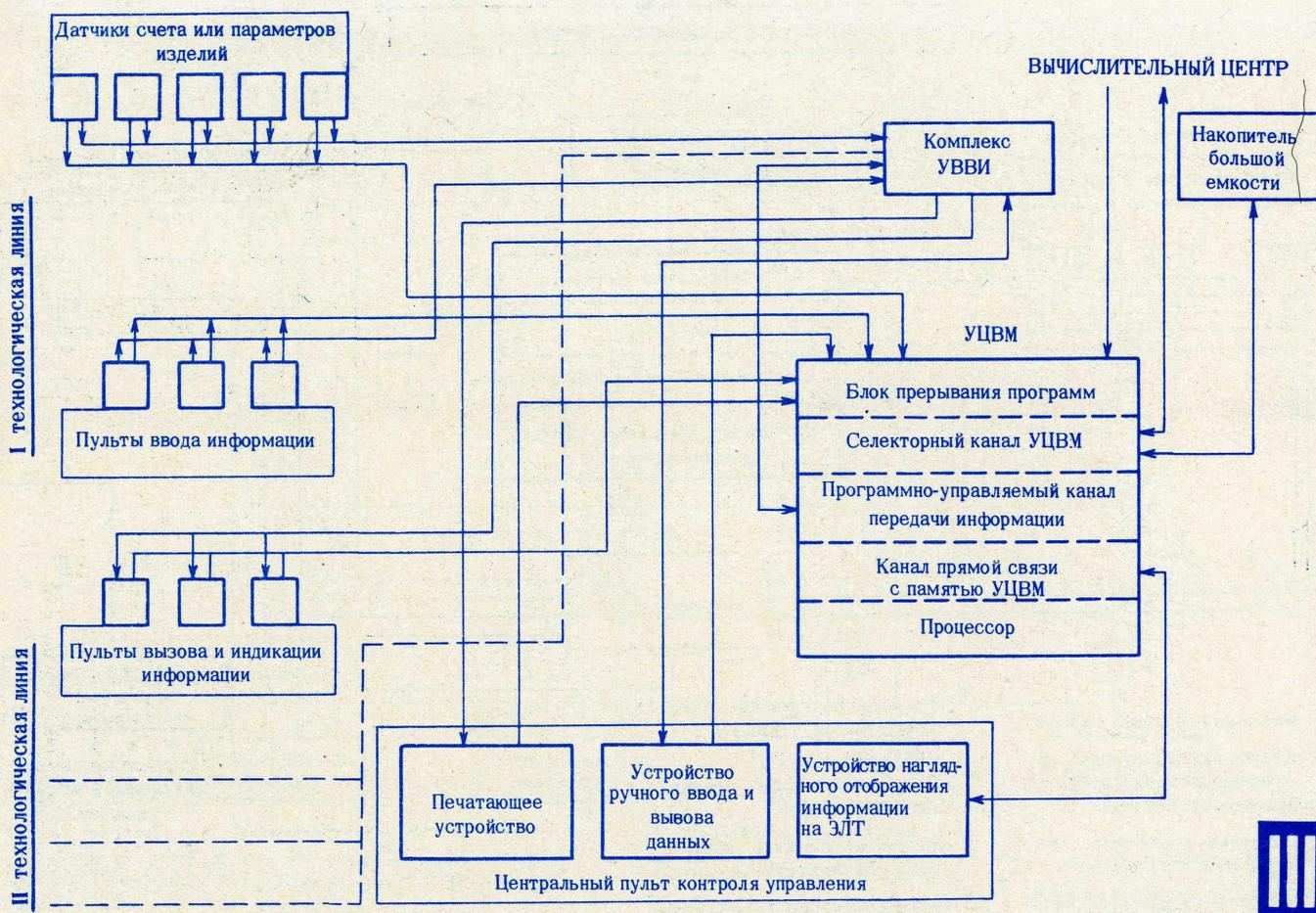
В общем случае при управлении с помощью ЦВМ рядом технологических установок в запоминающем устройстве хранится количество программ, реализующих типовой алгоритм, равное числу объектов управления. При этом специальная программа — диспетчер организует мультипрограммный режим работы машины. Если уровень надежности таких систем удовлетворяет производственным требованиям, то очевидны следующие преимущества этих систем по сравнению с исполь-

зованием индивидуальных программаторов на каждую установку:

- существенно экономится электронное оборудование и в целом снижается стоимость капитальных затрат;
- параллельно с выполнением основной программы ЦВМ может выполнять "вспомогательные" вычислительные задачи, статистическую обработку результатов выполнения программ, оперативное наглядное отображение хода процесса управления, контроль правильности выполнения программ и т.п.;
- легко осуществляется связь с АСУ более высокого уровня;
- обеспечивается возможность перехода к оптимизации управления путем смены программ.

В качестве примера систем I класса можно привести многопостовую систему автоматического контроля цифровых интегральных схем (ЦИС) — "Электрон-СЗ", в которой реализован принцип мультипрограммного управления с разделением вре-

БЛОК-СХЕМА СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ЛИНИЯМИ



мени работы ЦВМ между измерительными станциями и контрольными постами (каждая станция обслуживает пять постов), что позволило получить наибольшую производительность на операциях измерения статических параметров ЦИС по сравнению с известными установками аналогичного назначения. "Элекон-СЗ" может одновременно осуществлять контроль 10 различных типов ЦИС, причем время перехода на работу по новой программе для каждого поста составляет не более 30 сек.

Другим примером АСУТП этого класса может служить четырехпостовая система автоматического управления операцией формовки точечных диодов [4], которая уже в течение ряда лет эксплуатируется в промышленности.

АСУТП II класса нашли достаточно широкое применение в непрерывных и непрерывно-дискретных производственных процессах в химической, нефтеперерабатывающей, металлургической, цементной и других отраслях промышленности. В электронной промышленности такие системы находятся в стадии разработки. Основной функцией центрального процессора в таких системах является

выполнение большого количества сложных математических вычислений на основании входных данных, получаемых от объекта управления, и выработка по результатам вычислений, регулирующих воздействий. Алгоритм управления процессом (объектом) составлен, как правило, на основе его детерминированной или статистической модели, что позволяет проводить оптимизацию, т.е. управление процессом с целью удовлетворения некоторого оптимального критерия. В зависимости от характера процесса, степени его изученности, количества входных и регулируемых параметров применяют различные математические методы для решения задачи оптимизации на ЦВМ, в том числе:

- методы линейного (симплекс-метод и др.) и динамического (метод Беллмана) программирования;
- статистические методы (регрессионный и корреляционный анализ);
- методы пробных шагов (метод "Орсоп" и др.).

Методы линейного и динамического программирования применимы, когда можно построить точную или приближенную модель процесса. В противном случае используются статистические методы. Методы пробных шагов основаны на выработке

Класс АСУТП	Классификационная характеристика	Основные функции	Основные источники экономической эффективности	Типовые примеры управляемых объектов (процессов)
I	Автоматизированные системы логико-программного управления группой однотипных технологических установок (одной установкой)	Управление по программе в режиме разделения времени между управляемыми установками. Управляющие воздействия запрограммированы в соответствии с ходом технологического процесса. В зависимости от значений входных (измеряемых) величин программой обеспечиваются условные или безусловные логические переходы	<p>Повышение производительности труда</p> <p>Резкое сокращение ошибок оперативного персонала и брака по причине ошибок</p> <p>Стабилизация технологического процесса</p> <p>Сокращение числа работников при мультипрограммном управлении</p>	<p>Группа постов контроля или испытаний изделий электронной техники</p> <p>Группа прецизионных механических станков</p> <p>Группа откатных постов</p> <p>Группа термического оборудования</p>
II	Автоматизированные системы оптимального управления технологическим процессом (режимами технологической установки)	Решение задачи оптимизации на основе получаемой от управляемого объекта информации с помощью принятых математических методов; выработка регулирующих воздействий или советов оператору в реальном масштабе времени. Режим работы однопрограммный или мультипрограммный (в зависимости от количества контуров управления)	<p>Повышение процента выхода годных изделий</p> <p>Повышение качества и надежности изделий</p> <p>Удовлетворение заданного номенклатурного распределения выпускаемых изделий</p>	<p>Диффузионные процессы</p> <p>Электрофизические процессы (электрическая формовка, тренировка и т.д.)</p> <p>Физические процессы в вакууме и инертных газах</p>
III	Автоматизированные системы комплексного управления работой технологических линий, участков, цехов при участии оперативного персонала	Автоматический (полуавтоматический) сбор, обработка, наглядное отображение технологической и организационно-производственной информации; управление с помощью оперативного персонала ходом технологических процессов; решение информационно-вычислительных задач для оперативного управления производственным участком (цехом); двусторонняя связь с АСУП	<p>Сокращение потерь рабочего времени на участках и технологических линиях</p> <p>Повышение оперативности руководства производственными процессами</p> <p>Повышение ответственности работников за качественное выполнение плана в каждую смену</p> <p>Управление технологическим процессом по результатам статконтроля и активного эксперимента</p>	<p>Технологические линии планарно-диффузионных цехов производства интегральных схем</p> <p>Технологические линии производства резисторов МЛТ</p> <p>Технологические линии производства стеклооблобочек ЭЛТ</p> <p>Производственные участки сборки цветных и черно-белых кинокопов</p>

последовательных регулирующих воздействий в соответствии с полученной ЦВМ информацией о ходе процесса и принятой стратегией. Из-за трудности технической реализации эти методы используются в настоящее время редко.

Очевидно, что стадии непосредственного проектирования системы оптимального управления должна предшествовать стадия изучения физико-химической сущности процесса, его математического и физического моделирования.

В основу проектирования АСУТП этого класса должен быть положен системный подход, отличающийся от общепринятого подхода с позиций теории автоматического регулирования [5]. Возможность и необходимость изменения технологического процесса, как части системы "АСУТП — технологический процесс", т.е. разработка "управляемых" процессов, является одним из наиболее эффективных приложений концепций системотехники при создании АСУТП. Технологический процесс следует считать "управляемым", если для него определены параметры, регулируя которые можно управлять качеством (количеством) выпускаемых изделий, а также определены методы измерения и регулирования этих параметров.

АСУТП III класса, как системы "верхнего технологического" уровня, имеют организационно-технологический характер [6]. Основной функцией этих систем является управление с помощью оперативного персонала ходом технологических процессов по результатам статистической обработки технологической информации. Поскольку данный класс систем охватывает группу технологических процессов и соответственно ряд различных технологических установок либо целые производственные подразделения, то в функции этих систем входят также обработка планово-производственной информации и оперативное управление по результатам этой обработки работой участка или цеха с помощью оперативного персонала.

Алгоритмы задач, решаемых АСУТП III класса, весьма разнообразны. Они носят информационно-вычислительный характер, и каждый в отдельности относительно прост для программирования. Исключение в этом отношении могут составлять алгоритмы управления технологическими процессами по результатам статистической обработки, например алгоритм управления технологическим процессом, с целью оптимального номенклатурного распределения выпускаемых изделий в зависимости от планового задания.

Эффективная работа этих систем может быть обеспечена только при организации мультипрограммного режима работы с осуществлением программноуправляемых приоритетных прерываний при поступлении запросов от различных подсистем, операторов и т.д. — это определяет относительную

сложность математического обеспечения системы в целом. Что касается АСУТП логико-программного и оптимального управления, то для них в ряде случаев может быть более эффективен метод выделения фиксированных интервалов машинного времени для выполнения различных функциональных задач [7].

Из трех рассмотренных классов следует выделить системы логико-программного управления, применение которых во многих случаях не нарушает режим производственного процесса, что очень важно при внедрении систем, и создает широкие возможности для их применения в ближайшее время.

ИСТОЧНИКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АСУТП

В таблице приведены функциональные особенности всех рассмотренных выше классов АСУТП и указаны основные источники экономической эффективности систем. Имеется ряд основных, специфических для каждого класса источников экономической эффективности, величина которой определяется характером технологического процесса, техническими характеристиками оборудования, производственными условиями и выбором технических средств АСУТП.

Внедрение АСУТП не только даст прямой экономический эффект, но и позволит получить большой вторичный эффект в будущем, поскольку оно требует повышения общего уровня технологии, организационной упорядоченности производственного процесса, улучшения стиля руководства, повышения культуры производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белостоцкий А.А., Вальденберг Ю.С., Меркурьев Л.И. Применение вычислительных машин для автоматизации производственных процессов. М., "Энергия", 1966.
2. Левин А.А., Вальденберг Ю.С., Барышников Н.В., Сергеева Н.М. Классификация автоматизированных систем управления технологическими процессами и производствами. "Приборы и системы управления", 1970, № 4, стр. 10.
3. Urbach W. "Probleme und Methoden der Prozeßführung mit Prozeßrechnen Regelungstechnik". 1967, Bd. 15, N 1, S. 1.
4. Шлюгаев В.В. Применение управляющих электронных машин типа УМ1-НХ в системах автоматизации и управления технологическими процессами при производстве элементов электронной техники. "Электронная техника", сер. 10, 1969, вып. 3 (28).
5. Честнат Г. Техника больших систем. М., "Энергия", 1969.
6. Вальков В.М. Принципы проектирования автоматизированных систем оперативного управления технологическими линиями. "Электронная промышленность". 1970, № 1, стр. 9.
7. Cunnecch W.J. "Computer time allocation cases on-line problem. Control. Eng.". 1970, v. 17, N 3, p. 71.

ОЦЕНКА УРОВНЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА И ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

Л. М. МИШКИНА

Для количественной оценки уровня организации труда и производства разработано несколько методик. В связи с отсутствием типовой методики многие работники служб и подразделений НОТ пользуются положениями, разработанными предприятиями различных отраслей. Отсюда трудности в выборе показателей, необходимых для оценки уровня организации производства и труда, в создании базы, позволяющей оценить и сопоставить организационную деятельность предприятий, входящих в министерство. Круг показателей для оценки уровня организации производства и труда должен включать (при обязательном условии сравнимости и сопоставимости) не только те показатели, которые характеризуют узкие места в конкретном производстве и требуют первоочередного их решения в данный момент времени, но и те, которые отражают состояние производства, его уровень с точки зрения эффективности организационной деятельности всего предприятия. Большинству разработанных методик присущ узкоспецифический подход к решению вопросов оценки уровня организации труда и производства.

Хозяйственная деятельность любого предприятия заключается в соединении в пространстве и времени трудовых и вещественных элементов производства, т.е. людей, орудий и предметов труда, исходя из существующей технологии, нормативов, объемов и номенклатуры продукции, подлежащей изготовлению в установленный период. Предприятие является главным объектом организации производства и труда, зависящей в определенной степени от технико-экономических особенностей: масштабов производства, характера производимой продукции, используемых предметов и средств труда, технологии производственных процессов, уровня специализации и производственного кооперирования и др.

Показатели, отражающие степень использования элементов материального производства, тесно связаны с экономическими результатами хозяйственной деятельности предприятия. При расчете показателей организации производства и труда необходимо принимать во внимание капитальные и текущие затраты на производство. Все показатели должны быть обоснованы экономически, т.е., определяя их, необходимо учитывать резервы производства и не допускать перерасход материальных

ресурсов. Сама организация производства и труда не может быть изолирована от экономики предприятия и должна быть направлена на оптимальное использование рабочей силы, основных фондов и оборотных средств, а следовательно, на улучшение показателей ритмичности производства, производительности труда, себестоимости продукции, прибыли и рентабельности.

Таким образом, уровень организации производства может характеризоваться степенью использования фонда рабочего времени и основных фондов, а также возможностями ускорения движения оборотных средств (материалов). Совокупность показателей, характеризующих степень использования этих величин и их соответствие нормативу (принимаемому за единицу), представляет собой уровень организации производства и труда, который выражается относительной величиной.

Итак, количественная оценка уровня организации производства и труда включает в себя две группы показателей: основные и аналитические. К основной группе относятся показатели, характеризующие использование трудовых ресурсов, основных фондов, оборотных средств и выпуск качественной продукции, к аналитической — показатели, характеризующие равномерность выпуска продукции, нормирование труда, прогрессивность методов труда, условия труда. Эффективность организационной деятельности предприятия в основном зависит от взаимодействия элементов материального производства, тогда как аналитические показатели не оказывают на нее существенного влияния. Оценка производится при существующем уровне техники, технологии, специализации и кооперирования производственного процесса.

Остановимся более подробно на методах расчета показателей.

Уровень использования трудовых ресурсов. Организация труда в предлагаемой методике рассматривается как составная часть организации производства. Уровень использования трудовых ресурсов определяется путем перемножения трех коэффициентов:

$$U_{\text{и.т.р.}} = K_1 K_2 K_3,$$

где K_1 — коэффициент использования фонда рабочего времени; K_2 — коэффициент интенсивности

труда; K_3 — коэффициент использования квалификации рабочих.

Коэффициент использования фонда рабочего времени

$$K_1 = 1 - \frac{(\Pi_1 - \Pi_2)}{\Pi_2},$$

где Π_1 — фактические потери рабочего времени к номинальному фонду, %; Π_2 — планируемые потери рабочего времени к номинальному фонду, %.

В планируемые потери рабочего времени включаются: очередные отпуска, учебные отпуска, отпуска, связанные с родами, болезни (ориентировочно принимается 90% потерь по болезням в том же месяце прошлого года), выполнение гособязанностей (берется по фактическим данным этого же периода прошлого года).

Все эти виды потерь, за исключением внутрисменных, указываются в текущей отчетности предприятия и могут быть легко рассчитаны за короткий промежуток времени.

Внутрисменные потери определяются статистическими методами исследования структуры затрат рабочего времени (фотография рабочего дня, метод моментных наблюдений) по существующим методикам.

Для объединения, главного управления коэффициент использования рабочего времени

$$K_1 = \frac{\sum_1^n K_{1n} N_n}{N},$$

где n — число предприятий, входящих в состав объединения, главного управления; K_{1n} — коэффициент использования рабочего времени n -го предприятия; N_n — численность производственных рабочих n -го предприятия; N — общая численность производственных рабочих объединения, главного управления.

Коэффициент интенсивности труда

$$K_2 = \frac{\sum_1^n S_{cp}}{\sum_1^n S_{cp.пр}}$$

где S_{cp} — средний процент выполнения норм выработки группой рабочих за рассматриваемый период;

$S_{cp.пр}$ — среднепрогрессивный процент выполнения норм выработки группой рабочих за тот же период;

n — количество групп рабочих участка, цеха.

Средний процент выполнения норм выработки рассчитывается как средневзвешенная величина процентов выполнения норм и численности работающих, а среднепрогрессивный — как средневзвешенная величина по группе рабочих, выполняющих нормы выработки выше среднего процента.

Для предприятия, объединения и главного управления коэффициент интенсивности труда

$$K_2 = \frac{\sum_1^n K_{2n} N_n}{N},$$

где n — число подразделений, входящих в состав рассматриваемого объема производства;

K_{2n} — коэффициент интенсивности труда n -го подразделения;

N_n — численность производственных рабочих n -го подразделения;

N — общая численность производственных рабочих объекта.

Интенсивность труда находит свое выражение в технически обоснованных нормах времени (выработки), которые также имеются в отчетности любого предприятия. Показатель интенсивности труда, рассчитываемый в некоторых методиках как отношение 100% к среднему проценту выполнения норм выработки, является лишь характеристикой напряженности норм и не может отражать интенсивность труда. Так, около половины норм выработки, действующих на предприятиях, составляют опытно-статистические нормы, поэтому показатель напряженности норм отразил бы лишь их несовершенство, но не интенсивность труда. Коэффициент интенсивности труда, применяемый на предприятиях, отражает прежде всего достигнутый уровень интенсивности и возможности, имеющиеся в направлении совершенствования этого показателя. Коэффициент интенсивности труда можно определить и другим путем: отношением среднего процента выполнения норм ниже среднего уровня к среднему проценту выполнения норм. Такой вариант мало чем отличается от вышеуказанного и дает те же результаты.

Определение уровня организации труда было бы неполным без расчета коэффициента использования квалификации рабочих. Кроме того, этот коэффициент дает возможность привести все составные части к одному стоимостному измерителю.

Коэффициент использования квалификации

$$K_3 = \frac{\sum_1^n R}{\sum_1^n R_p},$$

где R — среднечасовая тарифная ставка выполняемых работ, руб;

R_p — среднечасовая тарифная ставка группы рабочих, руб.;

n — количество групп рабочих.

Экономический смысл этого коэффициента заключается в том, что $K_3 < 1$ означает перерасход фонда заработной платы, связанной с доплатами рабочим по межразрядной разнице, в том случае, если разница в разрядах составляет более двух.

Уровень организации труда характеризует абсолютную эффективность организации труда рабочих. Можно определить влияние повышения уровня организации труда на его производительность:

$$П_1 = (П_0 + \Delta У_{и.т.р.}) - П_0,$$

где $П_1$ — производительность труда в результате улучшения организации труда;

$П_0$ — базисная производительность;

$\Delta У_{и.т.р.}$ — величина, показывающая повышение уровня организации труда.

Непосредственное влияние организации труда на производительность вытекает из следующего положения: производительность труда пропорциональна производительной силе труда и его интенсивности. Производительная сила труда — есть отношение производимой продукции к затратам труда, а интенсивность — затраты труда в единицу времени. Так как уровень организации труда измеряется степенью использования рабочего времени, т.е. затрат труда, его интенсивностью и квалификацией рабочих, то совершенствование организации производства и труда ведет к повышению производительности труда.

Повышение уровня организации производства зависит не только от организации труда, но и от рациональной организации вещественных элементов производства. Продукт труда — это результат затрат живого труда и использования прошлого труда, воплощенного в средствах производства. В то же время рациональное использование орудий и предметов труда зависит не только от процесса организации, но и от ряда других факторов: от уровня техники, технологии и др. С другой стороны, рациональное использование средств производства зависит в такой же мере от организации живого труда (рациональное использование оборудования по времени), как и от организации использования самих средств производства (использование оборудования по мощности). Поэтому нельзя отрывать оценку уровня организации труда от оценки уровня использования средств производства. Только комплексное определение уровня организации даст возможность вскрыть резервы его совершенствования на предприятии.

Принцип оценки использования орудий труда тот же, что и самого труда, т.е. уровень организации основных фондов строится на основе интегрального коэффициента, учитывающего экстенсивную величину использования основных фондов, в данном случае их активной части — производственного оборудования, и интенсивную величину.

Уровень использования основных фондов рассчитывается по формуле

$$У_{о.ф.} = K_4 K_5,$$

где K_4 — коэффициент экстенсивного использования наличного оборудования, определяющий степень использования оборудования во времени.

$$K_4 = \frac{\sum_1^n \Phi_{ф}}{\sum_1^n \Phi_{п}}$$

($\sum \Phi_{п}$ — расчетный фонд времени работы оборудования, равный календарному времени с учетом сменности работы, за вычетом времени, планируемого на ремонт и профилактику оборудования; $\sum \Phi_{ф}$ — фактический фонд времени работы всего оборудования за расчетный период);

K_5 — коэффициент интенсивного использования наличного оборудования, определяющий степень использования оборудования по мощности

$$K_5 = \frac{\sum_1^n M_{ф}}{\sum_1^n M_{п}}$$

($M_{ф}$ — фактическая суммарная мощность; $M_{п}$ — суммарная мощность по паспортным данным).

Анализ показателя использования основных фондов проводится путем расчета коэффициента сменности работы оборудования, возрастного состава оборудования. Рассматриваются состав и структура оборудования с точки зрения соответствия номенклатуре выпускаемой продукции.

Сложнее обстоит дело с оценкой использования предметов труда. Экстенсивная величина уровня организации (движение предметов труда во времени) может быть оценена величиной ускорения движения предметов труда. По отдельным цехам или участкам за искомую величину можно принять запасы незавершенного производства, оптимальная величина которого способствует ускорению движения предметов труда. На предприятии уровень организации движения предметов труда может быть оценен *уровнем оборачиваемости оборотных средств*, который определяется следующим образом:

$$У_{об} = \frac{K_0 \text{ (факт)}}{K_0 \text{ (пл)}}$$

где K_0 (факт) — фактическая оборачиваемость оборотных средств, количество оборотов;

K_0 (пл) — плановая оборачиваемость оборотных средств, количество оборотов;

$$K_0 = \frac{П}{С_0}$$

($П$ — выручка от реализации продукции в оптовых

ценах предприятия соответственно по плану и фактически, тыс.руб.; C_0 — средний остаток оборотных средств соответственно по плану и фактически, тыс.руб.).

Величина интенсивного использования предметов труда, по нашему мнению, зависит в большей степени от уровня технологии, чем от уровня организации, который также оказывает влияние на этот показатель. Поэтому в данной методике этот коэффициент не рассматривается.

Показатель интенсивного использования предметов труда находит отражение в *уровне качества выпускаемой продукции* или, иными словами, в показателе полезной деятельности:

$$Y_K = 1 - \frac{\sum_1^4 V}{C_n}$$

где V_1 — стоимость забракованной в процессе производства продукции, тыс.руб.;

V_2 — затраты, связанные с рекламациями, тыс.руб.;

V_3 — затраты по гарантийному ремонту, тыс.руб.;

V_4 — прочие затраты, связанные с выпуском некачественной продукции, тыс.руб.;

C_n — себестоимость выпуска продукции за анализируемый период, тыс.руб.

Общий уровень организации производства и труда рабочих определяется следующим образом:

$$Y_{\text{о.п.т.}} = \frac{C_1 Y_{\text{и.т.р.}} + (C_2 Y_{\text{о.ф.}} + C_3 Y_{\text{об}}) E_H}{C_1 + (C_2 + C_3) \cdot E_H} Y_K$$

- где
- C_1 — расчетный фонд заработной платы производственных рабочих, тыс.руб.
 - C_2 — средняя стоимость основных промышленно-производственных фондов, тыс.руб.;
 - C_3 — средние остатки нормируемых оборотных средств, тыс.руб.;
 - $Y_{\text{и.т.р.}}$ — показатель уровня использования трудовых ресурсов;
 - $Y_{\text{оф}}$ — показатель уровня использования основных фондов;
 - $Y_{\text{об}}$ — показатель уровня использования оборотных средств;
 - Y_K — показатель уровня выпуска качественной продукции;
 - E_H — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Корректировка общего уровня организации производства и труда с учетом показателя качества продукции обусловлена тем, что уровень выпуска качественной продукции влияет на использование всех элементов материального производства: появляются потери времени у рабочих на исправление брака, потери времени работы оборудования в случае выпуска некачественной продукции, замедляется оборачиваемость оборотных средств и т.п., т.е. брак отражается на всех показателях уровня организации. Поэтому необходимо введение показателя качества или "полезной деятельности" в конечный результат, характеризующий организационную деятельность предприятия.

Применение методики для оценки уровня организации производства и труда позволяет выбрать наиболее эффективные направления в совершенствовании организационного уровня предприятий и установить роль организации труда в повышении эффективности производства.

УДК 658.387



ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

ДЭ-368, 209 стр., 22 рис.

Н.А.СИЛАНТЬЕВА

Работа посвящена экономическим вопросам автоматизации процесса управления производством на уровне предприятия (фирмы, объединения и т.д.) и отрасли промышленности.

Рассматривается методика расчета экономической эффективности АСУ. Определяются основные критерии оценки готовности объекта к внедрению АСУ. На основе анализа развития технических средств управления в нашей стране и за рубежом автор дает прогноз их развития.

Для ознакомления с материалом следует обращаться в ЦНИИ "Электроника" (Москва, 117415, проспект Вернадского, 39, Отдел фондов).

УДК 658.51.011.56

ИССЛЕДОВАНИЯ



РАЗ

РА

БОТ

КИ



МОДУЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ ЗАДАЧ АСУП НА ЦВМ

В.Е. Вершин, Я.Н. Набиев, Р.Ш. Нагаев

Первый опыт работы с системой модульного программирования показал, что с ее внедрением объем работ по программированию и отладке задач обработки технико-экономической информации уменьшается в пять—шесть раз. Система позволяет использовать заложенные в ЦВМ возможности создания математического обеспечения АСУП.

СЧЕТНО-ПЕРФОРАЦИОННЫЕ И ЦИФРОВЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ В АСУП

Система обработки технико-экономической информации, или система обработки данных (СОД), является основным звеном в существующих автоматизированных системах управления предприятиями. Многие предприятия отрасли, в особенности те, которые давно ведут работы в области механизации учетных и вычислительных работ, используют в качестве устройств обработки данных одновременно с ЦВМ комплекты цифровых и алфавитно-цифровых счетно-перфорационных вычислительных машин (СПМ). При этом основная номенклатура выдаваемых табуляграмм приходится, как правило, на СПМ-табуляторы Т-5М и ТА-80-1.

МЕТОДЫ РАСЧЕТОВ

На первый взгляд такое положение кажется странным, так как преимущества ЦВМ перед СПМ (наличие памяти, высокая надежность, экономичность) должны были бы привести к преобладанию ЦВМ в системах СОД. Однако имеется ряд причин, объясняющих такое распределение:

- возможность комплексного решения задач обработки технико-экономической информации на ЦВМ с использованием единой информационной базы — памяти машины — привела к задержке роста числа решаемых задач на ЦВМ;

- исторически сложившаяся информационно-справочная система на перфокартах имеет специфические особенности, затрудняющие ее непосредственное использование в ЦВМ, а параллельная с этим разработка новой информационно-справочной системы требует времени и поэтому сдерживает темп внедрения ЦВМ;

- программирование на СПМ, состоящее из набора программы на коммутационной доске табулятора, требует двух — семи дней (в зависимости от сложности задач), тогда как программа для ЦВМ при норме программирования одна команда в час [1, 2] и при объеме в сотни и тысячи команд требует значительных затрат времени. К тому же внесение изменений в программу табулятора (перекоммутация соединительных шнуров на коммутационной доске) занимает несколько минут, а внесение изменений в программу ЦВМ может потребовать переделки программы в целом.

Из трех рассмотренных выше факторов, сдерживающих рост объема технико-экономических задач, решаемых на ЦВМ, действие второго и третьего можно было бы ослабить путем сохранения на первом этапе работы с ЦВМ форматов и кодов входной информации СПМ, а также путем изучения машинных алгоритмов решения технико-экономических задач на СПМ с целью выявления возможностей упрощения программирования их на ЦВМ. Несмотря на то, что программирование на табуляторах не описано в привычных для нас понятиях формальной логики и машинной математики (табуляторы были внедрены сравнительно давно), многолетний опыт работы с ними заслуживает самого тщательного изучения.

АНАЛИЗ СОСТАВА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ И ПРОЦЕССА ЕЕ ОБРАБОТКИ НА СПМ

Как известно, СПМ предназначены для обработки информации, предварительно отсортированной по определенным принципам. Массив данных состоит из множества входных записей (перфокарт) постоянной длины. Каждая запись имеет постоянную структуру и состоит из двух частей: обрабатываемой информации (числовое выражение величин, участвующих в задаче — количество, стоимость и др.) и призначной информации (совокупность признаков, с помощью которых отличаются

одни величины от других, а также определяется последовательность или способ обработки информации).

Призначную информацию, в свою очередь, можно разделить на совокупность признаков, с помощью которых определяется принадлежность данной величины (обрабатываемой информации) к той или иной группе — признаки группы — и совокупность признаков, определяющих способ обработки информации — признаки обработки (операции).

Информационные группы организуются по иерархическому принципу, т.е. весь массив информации делится на несколько групп, называемых обычно общими группами, а каждая общая группа, в свою очередь, делится на несколько подгрупп, называемых промежуточными группами, и т.д.

В процессе решения задачи СПМ следит за изменением признаков в двух последовательных записях и при их совпадении продельывает операции в строго определенной последовательности и в соответствии с соединениями на коммутационной доске. При изменении признаков дополнительно продельвается еще несколько операций, также задаваемых на коммутационной доске.

Анализ решаемых на СПМ задач показывает, что число этих элементарных операций относительно мало: контроль признаков группы; печать или перфорация входных данных, результатов, либо того и другого; контроль признаков обработки; арифметические операции (сложение, вычитание, умножение, деление).

Формально процесс обработки технико-экономической информации на СПМ может быть описан следующим образом. Каждая входная запись, вернее, форма этой записи (содержание задано соответствующими пробивками на перфокарте) полностью описывается следующими матрицами:

1. Обрабатываемая информация

$$y_{BX} = \begin{bmatrix} Y_1^0 & Y_2^0 & \dots & Y_K^0 \\ Y_1^1 & Y_2^1 & \dots & Y_K^1 \end{bmatrix} = (y_1, y_2, \dots, y_K),$$

где Y_i^0 — размерность i -го вида информации (число колонок перфокарты);

Y_i^1 — координата начала i -го вида информации (номер колонки);

y_i — i -й вектор — столбец матрицы y_{BX} .

2. Признаки обработки

$$a_{BX}^j = \begin{bmatrix} A_1^0 & A_2^0 & \dots & A_m^0 \\ A_1^1 & A_2^1 & \dots & A_m^1 \\ A_1 & A_2 & \dots & A_m \end{bmatrix} = (a_1^j, a_2^j, \dots, a_m^j),$$

где A_i^0 и A_i^1 — соответственно размерность и координата i -го признака;

A_i — шифр признака обработки;

$j = 1, 2, \dots, k$ (k — количество видов обрабатываемой информации).

Отдельные столбцы разных матриц могут совпадать и, в частности, может быть $a^j = a^l$.

Каждому столбцу матрицы a^j соответствует элементарная операция (арифметическая).

Пример:

$$a^j = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 1 \\ 1 & 8 & 8 \\ 11 & 843 & 8 \end{bmatrix}$$

Первый столбец указывает на 11-ю строку первой колонки, что соответствует надсечке. Этой надсечке, в свою очередь, соответствует определенная операция. Второй столбец показывает, что некоторая операция должна быть проделана, если в колонках 8-10 имеется число 843; третий столбец — если в колонке 8 есть число 8.

3. Признаки группы

$$y_{\text{ВХ}} = \begin{bmatrix} \Gamma_1^0 & \Gamma_2^0 & \dots & \Gamma_n^0 \\ \Gamma_1^1 & \Gamma_2^1 & \dots & \Gamma_n^1 \end{bmatrix} = (\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n),$$

где Γ_i^0 и Γ_i^1 — соответственно размерность и координата i -го признака группы.

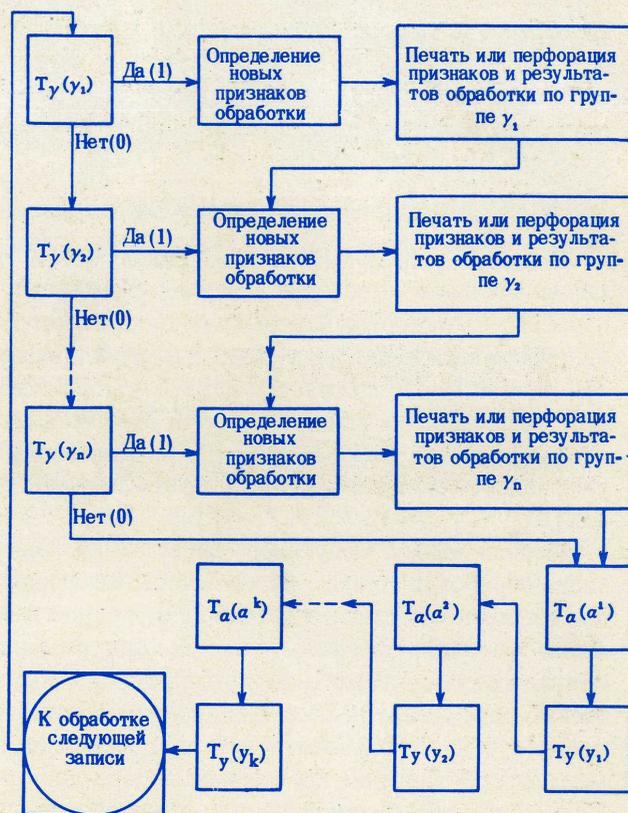
Аналогичными матрицами $y_{\text{ВЫХ}}^0, a_{\text{ВЫХ}}^0, y_{\text{ВЫХ}}^1$ описывается выходная информация, при этом существуют два вида записи:

Вывод на печать. В этом случае Y_i^0, Y_i^1 будут обозначать соответственно число и номер позиции для печати i -го вида информации после соответствующей обработки, а Γ_i^0, Γ_i^1 — для признака группы. Матрица $a_{\text{ВЫХ}}$ отсутствует.

Перфорация. В этом случае элементы матриц имеют тот же смысл, что и для входной записи. При этом, как правило, $y_{\text{ВХ}} = y_{\text{ВЫХ}}$. У матрицы $y_{\text{ВЫХ}}$ несколько столбцов могут отсутствовать, а остальные совпадают с $y_{\text{ВХ}}$. У матрицы $a_{\text{ВЫХ}}$ могут отсутствовать или добавляться несколько столбцов.

Таким образом, в процессе решения задачи каждая из трех частей входной информации обрабатывается с помощью элементарных операций для получения выходной информации.

Обозначим через T_y, T_a, T_γ операции, производимые СПМ над соответствующими частями входной записи. Тогда процесс решения любой задачи на СПМ описывается схемой (схема дается в форме, удобной для программирования на ЦВМ). Многие операции, показанные в схеме как последовательные, на СПМ выполняются параллельно.



Оператор T_γ определяет принадлежность обрабатываемой информации к той или иной группе. После предварительной сортировки группы располагаются последовательно, поэтому назначение оператора сводится к определению соответствия данного признака группы предыдущему.

Оператор T_a действует на каждый столбец матрицы a^j и выявляет наличие операции, соответствующей данному столбцу.

Оператор T_y фактически выполняет операции, определяемые оператором T_a : присвоение знака "минус", сложение с некоторым предыдущим результатом, умножение (деление) на заданное число.

Образование новых признаков обработки информации возможно в следующих случаях:

- результат обработки y_i отрицателен; тогда для перфорации вырабатывается признак в виде надсечки или пробивки некоторой комбинации цифр, а для печати — знак "минус", либо отпечатка результата на другой позиции;
- результат операции превосходит некоторое число; тогда при перфорации старшие разряды ставятся (пробиваются) на другом месте, либо перфокарта снабжается надсечкой.

Таким образом, программа, реализуемая на СПМ, в частности на табуляторах Т-5М и ТА-80-1, состоит из небольшого числа модулей-программ, различные наборы которых позволяют решать на СПМ практически любые задачи обработки техни-

ко-экономической информации. Поскольку принципы обработки технико-экономической информации не зависят от того, на каких устройствах ведется обработка этой информации, разумно предположить, что установленные для СПМ программы-модули должны найти применение и для ЦВМ.

МОДУЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Модульное программирование заключается в первоначальном выделении (с последующей унификацией) из множества частных процессов обработки информации некоторых общих для этих процессов алгоритмов и программ-модулей и в последующем формировании любого другого частного процесса обработки информации на базе выделенных унифицированных алгоритмов и программ-модулей [3].

Использование модульного программирования задач обработки технико-экономической информации позволяет сократить объем работ по составлению и отладке программ, так как программы-модули могут составляться и отлаживаться независимо друг от друга разными программистами и неоднократно использоваться во многих программах. Для составления программы любого частного процесса обработки информации требуется написать и отладить только головную программу, связывающую стандартные программы-модули, что существенно сокращает время программирования (головная программа включает в себя несколько десятков операторов, вместо нескольких сотен или тысяч, используемых при индивидуальном составлении программы). По этой же причине значительно упрощается и отладка программы, так как появление ошибок связано лишь с организацией взаимодействия между программами-модулями. Модульная структура дает возможность относительно легко вносить изменения в программу путем дополнения ее новыми модулями, перестановкой имеющихся, или, в крайнем случае, изменением модуля.

Модульное программирование на современных ЦВМ, в частности "Минск-32", предусматривает:

— составление программ-модулей одной и той же задачи на разных входных языках, что еще больше упрощает программирование и повышает его гибкость;

— многократное выполнение программы (при стандартном ее оформлении) независимо от места нахождения ее в памяти машины;

— компоновку модулей в сегменты при помощи программы "сборщик".

СОСТАВ СИСТЕМЫ МОДУЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Предлагаемая система модульного программирования (первый этап разработки) несколько специфична, так как отражает особенности, характерные для предприятия, имевшего до приобрете-

ния ЦВМ довольно развитую систему обработки информации на СПМ. В этом случае перед разработчиками системы стояли следующие задачи: перевод на ЦВМ таких задач обработки технико-экономической информации, решение которых на СПМ по каким-то причинам нецелесообразно или невозможно (например, из-за длительности процессов обработки информации на табуляторах); обеспечение на первом этапе максимальной информационной преемственности между СОД на СПМ и СОД на ЦВМ.

Разработанная система модульного программирования для обработки технико-экономической информации на ЦВМ содержит следующие основные программы-модули:

■ Модуль ввода табуляторных перфокарт в ЦВМ и перекодировки элементов записи в коды ГОСТ-10859-64.

■ Модуль обработки признаков группы T_{γ} .
Анализирует соответствующие признаки группы последовательно обрабатываемых записей.

Параметры: столбец матрицы $\gamma_{\text{вх}}$.

Выходные данные: "1" — если признак изменился; "0" — если признак не изменился.

■ Модуль обработки признаков операции T_{α} .

Определяет последовательность операций, выполняемых над основной информацией u_i .

Параметры: матрицы $\alpha^j_{\text{вх}}$.

Выходные данные: последовательность шифров признаков обработки.

■ Модули обработки числовой информации T_{γ} .

Параметры: столбец матрицы $u_{\text{вх}}$; последовательность шифров обработки; адреса для записи результатов обработки.

Модули осуществляют перекодировку числовой информации, представленной в кодах ГОСТ 10859-64, в десятичное число; арифметические операции (сложение, вычитание, умножение, деление); перекодировку десятичного числа в коды ГОСТ 10859-64 (для вывода на печать или перфорацию).

■ Модуль печати

Параметры: координаты печатаемых признаков группы (матрицы $u_{\text{вх}}$

или ее части); адреса результатов обработки и номера позиций для печати (матрицы $u_{\text{вых}}$, $u_{\text{вых}}$ или их части).

- Модуль перфорации
Параметры: адреса результатов обработки;
матрица $u_{\text{ВЫХ}}$, матрица $a_{\text{ВЫХ}}$;
матрица $u_{\text{ВЫХ}}$.

- Модуль оформления новых признаков
Параметры: адрес результата обработки
числовой информации и числа,
с которым нужно сравнить ве-
личину, находящуюся по ука-
занному адресу. По результа-
там сравнения определяется,
следует ли сохранять соответ-
ствующий столбец матрицы $a_{\text{ВЫХ}}$

Кроме указанных основных модулей, в систе-
ме используется и ряд других, имеющих вспомо-
гательное значение (модули вставки символа, ан-
нулирования незначущих нулей и т.п.), причем не-
которые из них входят в состав математического
обеспечения ЦВМ "Минск-32".

Разработанная система модульного програм-
мирования на данном этапе обеспечивает решение
задач обработки технико-экономической информа-
ции на ЦВМ при условии, что массив данных от-
корректирован и отсортирован на СПМ, т.е. под-
готовлен к обработке. В систему при дальнейшем
ее развитии должны войти как известные стандар-
тные программы подготовки массивов, так и ряд
других, подлежащих разработке программ-модулей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брандон Д.Х. Организация работы на
вычислительном центре. М. "Статистика", 1970.
2. Методические материалы по типовому со-
ставу технического задания на проектирование вы-
числительных центров. М. "Статистика", 1970.
3. Бертен Ж., Риту М., Ружие Ж.
Работа ЭВМ с разделением времени. М., "Наука",
1970.

УДК 658.51.011.51:681.32

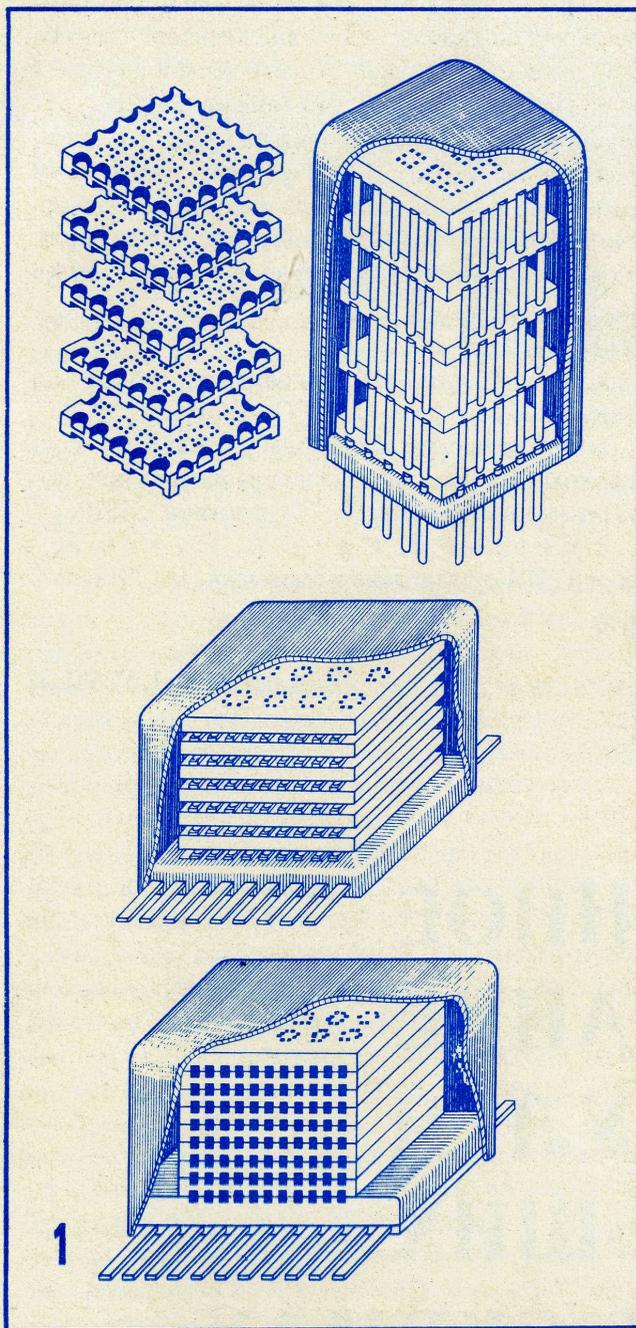
МАШИННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДУЛЕЙ НА БОЛЬШИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМАХ

А.В. МАКСИМЕНКОВ

ПРЕДЛАГАЕМЫЙ АЛГОРИТМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОДУЛЬНОЙ
КОНСТРУКЦИИ БИС ПОЗВОЛЯЕТ АВТОМАТИЗИРОВАТЬ ЭТОТ ПРОЦЕСС
С МАКСИМАЛЬНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГОДНЫХ ЯЧЕЕК БИС.

Одним из вариантов исполнения функциональ-
ных узлов ЦВМ четвертого поколения является
объединение нескольких БИС в одном корпусе мо-
дуля, в связи с чем возникает задача распреде-
ления по БИС и размещения на каждой пластине
ячеек соответствующего функционального узла
ЦВМ. Приведенный в статье алгоритм позволяет

ускорить и оптимизировать процесс распределения
ячеек функционального узла по БИС (рационально
разместить ячейки на пластине и минимизировать
число межпластинных соединений), повысив ко-
эффициент использования годных ячеек в этаже-
рочной конструкции модуля (рис. 1).



Распределение ячеек функционального узла по БИС

Задача распределения ячеек функционального узла по БИС в соответствии с его принципиальной электрической схемой состоит в том, чтобы из N ячеек сгруппировать \mathcal{L} последовательных подмножеств L_i ($1 \leq i \leq \mathcal{L}$), состоящих из максимально связанных между собой ячеек, и закрепить их за пластинами с числом годных ячеек ψ_j ($1 \leq j \leq \delta$), где δ — количество представленных пластин. При этом необходимо получить коэффициент использования годных ячеек выбранных пластин

$$\eta = \frac{N}{\sum_{i=1}^{\mathcal{L}} \psi_i} = \eta_{\text{макс}},$$

при условии, что количество соединений между последовательно соединенными пластинами не превышает I_0 — числа контактных площадок одного ряда БИС. Для конструкции модуля, представленной на рис. 1, I_0 равно половине числа внешних контактных площадок пластины.

Известны приближенные методы решения задачи формирования подмножеств L_i , наиболее распространенными из которых являются метод частичного перебора [1] и метод, основанный на правиле максимальной конъюнкции и минимальной дизъюнкции [2]. Оба метода могут быть успешно применены для конструкции, где пластины рассчитаны на одинаковое число годных ячеек. Если же число ячеек, закрепляемое за каждой пластиной, различно (что имеет место и в данном случае), то для получения решения, близкого к оптимальному, необходимо, например, при $\delta = 10$ и $\mathcal{L} = 5$ с помощью метода частичного перебора провести 30240 операций разбиения одного подмножества ячеек на два подмножества. Такой подход не может быть применен к решению нашей задачи из-за большого количества вычислений. Здесь наиболее приемлем способ распределения ячеек, основанный на правиле максимальной конъюнкции и минимальной дизъюнкции. Все ячейки формируются в последовательный ряд B , для чего определяется связность ячейки m_i , принадлежащей к не закрепленным за рядом B ячейкам. Связи ячейки m_i с установленными в ряд B ячейками и с внешними контактными площадками модуля назовем активными, а связи с еще не закрепленными ячейками назовем пассивными. Пусть m_i имеет g_i активных связей и a_i пассивных. При подсчете величин g_i и a_i можно применять следующие равенства:

$$g_i = \sum_{j=1}^{i-1} C_{ij},$$

$$a_i = \sum_{j=i+1}^N C_{ij},$$

где C_{ij} — количество связей между i -й и j -й ячейками. Здесь внешние контактные площадки модуля соответствуют одной ячейке m_1 .

На каждое очередное место в ряд B закрепляется та ячейка, у которой величина a_i равна нулю. В том случае, когда таких ячеек несколько либо, наоборот, они отсутствуют, предпочтение отдается ячейке с наибольшей величиной g_i . Если ячеек с наибольшим значением g_i несколько, то предпочтение отдается ячейке с наименьшим значением a_i .

за первой БИС и имеющие связи с ячейками по следующим интегральных пластин. Количество связей α'_j каждой такой ячейки с ячейками последующих БИС определяется на пересечении строк i со столбцами j (в данном случае $11 \leq i \leq 17$; $18 \leq j \leq 34$) в матрице A .

На первом этапе решения задачи упорядочения межпластинного монтажа проводится размещение ячеек на первой БИС по алгоритму, приведенному в работе [3]. Ячейки согласно карте годности размещаются на пластине относительно внешних контактных площадок нижнего ряда БИС. После размещения получаем фиксированные координаты $(x$ и $y)$ расположения всех ячеек, закрепленных за данной пластиной. Для того, чтобы закрепить сигналы (связывающие ячейки данной пластины с ячейками последующих БИС) за свободными внешними контактными площадками верхнего ряда пластины, необходимо установить очередность ячеек (ряд R) на закрепление их свободных связей за контактными площадками. Учитывая, что максимально связанные ячейки (в данном случае рассматривается связь между ячейкой и внешними контактными площадками БИС) должны находиться на минимальном расстоянии друг от друга, за очередным местом в ряду R закрепляется ячейка, имеющая максимальное число связей с последующими БИС. Ряд R формируется способом перебора матрицы A .

Согласно полученной очередности сигнальные выводы закрепляются за свободными контактными площадками верхнего ряда БИС таким образом, чтобы сумма расстояний от ячейки до свободных контактных площадок пластины была минимальной.

Если $d_{\beta_j \xi_i}$ принять за метрику расстояния, где β_j — координаты (x_j, y_j) j -й ячейки, а ξ_i — координаты i -й контактной площадки, то минимизируемую величину при закреплении свободных связей j -й ячейки можно определить выражением

$$H = \sum_{i=1}^{\alpha'_j} d_{\beta_j \xi_i}$$

т.е. задача сводится к тому, чтобы найти для j -й ячейки α'_j свободных контактных площадок, расстояние от которых было бы минимальным. При этом желательно соблюдать следующее условие: все найденные контактные площадки для j -й ячейки лежат на одной грани БИС. Наиболее приемлемым методом нахождения для j -й ячейки α'_j контактных площадок является метод перебора. В процессе закрепления сигналов за контактными площадками вносятся изменения в матрицу A . Если в исходной схеме была прямая связь между ячейками, то в процессе закрепления сигналов она осущест-

вляется через внешние контактные площадки пластин.

После закрепления всех сигнальных выводов ячеек за внешними контактными площадками пластины производится окончательное размещение ячеек первой БИС относительно уже всех закрепленных за сигналами выводов (контактных площадок нижнего и верхнего ряда). Затем полученное распределение сигналов для верхнего ряда контактных площадок первой (нижней в конструкции модуля) БИС переносится на нижний ряд контактных площадок второй (выше лежащей в конструкции) БИС. При такой системе распределения сигналов по внешним контактными площадкам обеспечивается связь между пластинами (БИС) с помощью параллельных соединений. Процесс размещения ячеек и закрепления сигналов для последующих БИС аналогичен процессу размещения и закрепления сигналов для первой БИС.

Реализация алгоритма

Описанный алгоритм был запрограммирован совместно с алгоритмом размещения ячеек на пластине [3] на алгоритмическом языке системы АЛЬФА. Программа получена с помощью АЛЬФА-транслятора на ЭВМ типа М-220.

Основные данные программы

- Максимально возможное число ячеек функционального узла $N_{\text{макс}} = 1800$
- Максимальное число внешних контактных площадок в одном ряду пластины $n_{\text{макс}} = 200$
- Максимально возможное число пластин в конструкции модуля $l_{\text{макс}} = 10$
- Максимальное число ячеек, которое может быть размещено на одной пластине $n_{2 \text{ макс}} = 200$

Следует отметить, что данная программа может быть также использована для проектирования объемных конструкций на печатных платах. Время решения задачи по расчету объемной конструкции узла арифметического устройства, состоящего из 400 ячеек (малых интегральных схем), размещаемых на пяти пластинах (печатных платах), составляет 4,5 ч.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крыжановский Ю.М. Компоновка конструкторских элементов цифровых устройств. Сб. Применение вычислительных машин для проектирования цифровых устройств. Под ред. Матюхина Н.Я. М., "Сов.радио", 1968.
2. Кейс П., Графф Г. и др. Автоматизация проектирования вычислительных систем с использованием логических схем на твердом теле. Кибернетический сборник. Вып. 1. М., изд-во "Мир", 1965.
3. Максименков А.В. Топологическая задача больших интегральных схем и ее решение с помощью ЦВМ. Сборник трудов МИЭТ. 1968.

УДК 621.382.82-181.49.001.2:518.5

ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА В МИКРОЭЛЕКТРОНИКЕ

Б.Е.КЛЕЙМАН, Л.В.МИХАЙЛОВА

Рассмотрены специфические особенности микроэлектроники с точки зрения проведения прогностических исследований. Определены основные источники и границы использования научно-технической информации при составлении прогнозов в области развития микроэлектроники.

В современных условиях прогнозирование на всех уровнях — от тенденций развития народного хозяйства в целом и отдельных его отраслей до направлений совершенствования конкретных видов изделий и технологических способов их изготовления — является необходимым условием научно-технического прогресса. Достоверные, научно обоснованные прогнозы позволяют сконцентрировать трудовые и материально-финансовые ресурсы на проведении таких перспективных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, внедрение результатов которых в производство будет отвечать требованиям времени в конце прогнозируемого периода.

С точки зрения особенностей прогностических исследований необходимо отметить следующие специфические черты микроэлектроники. Во-первых, возраст микроэлектроники не достиг еще и четверти века (транзистор разработан в 1948 г., интегральные схемы появились еще позднее). Этим обстоятельством объясняется существенно меньший объем фонда научно-технической информации в данной области по сравнению с отраслями, имеющими большую историю развития (металлургия, машиностроение и т.п.). Таким образом, представляется возможность формирования достаточно полных ретроспективных и текущих фондов по конкретным направлениям микроэлектроники непосредственно на заинтересованных предприятиях. Во-вторых, темпы развития микроэлектроники чрезвычайно высоки. Почти все конструкции и технологические приемы постоянно подвергаются изменениям и усовершенствованиям, следствием

чего является тенденция к существенному сокращению сроков от завершения НИР и ОКР до применения их результатов в производстве. Так, первый телефонный разговор состоялся 56 лет спустя после открытия принципа проводной связи, для радиопередач срок реализации изобретения сократился до 35 лет, для телевизионных передач и радиолокации — до 14 лет. Транзисторы же были внедрены в производство всего лишь через 5 лет после их изобретения, а многие типы интегральных схем освоены промышленностью менее чем через 3 года после разработки [1]. Время от первого выпуска изделий до сворачивания их производства вследствие замены качественно новыми также сократилось с 20 лет в начале XX века до 8 лет в конце 60-х годов. Цикл государственной регистрации от момента подачи заявки до выдачи патента* как в СССР, так и в большинстве ведущих капиталистических государств составляет несколько лет [2]. Таким образом, даже если заявка в области микроэлектроники была подана уже на стадии выкристаллизовавшейся идеи или создания первых лабораторных образцов, существует большая вероятность широкого промышленного использования изобретения к моменту выдачи на него патента. Следовательно, прогнозист может воспользоваться патентной информацией, которая в значительной своей части является результатом разработок вчерашнего дня и характеризует уже достигнутый уровень промышлен-

* Здесь и далее под словом "патент" понимаются также и авторские свидетельства СССР.

ленно освоенной технологии. Отсюда понятна задача проведения специальных исследований массива патентов с точки зрения степени их реализации (опытные образцы, установочные партии, серийное производство), выделения нереализованных патентов, несущих в себе зёрна новых технических идей, анализа перспектив использования таких патентов в будущем. В-третьих, развитие электронной техники, и в частности микроэлектроники, характеризуется более частыми по сравнению с другими отраслями качественными скачками. Так, за каких-нибудь 10–15 лет осуществился переход от вакуумных приборов к полупроводниковым и далее – к интегральным схемам, а в области способов производства – меза-технология уступила место планарно-эпитаксиальной. Определить, какие скачки нас ожидают в будущем, основываясь на традиционных видах информации (патентной и общетехнической), невозможно. Для таких прогнозов следует изыскивать новые источники. Однако исчезновение информации о каком-либо направлении микроэлектроники не дает оснований делать поспешные выводы о бесперспективности этого направления. Необходим тщательный анализ причин и времени исчезновения, изыскание косвенных источников, подтверждающих факт проведения или рекламирующих конечные результаты разработок. Указанные особенности развития микроэлектроники определяют специфический подход к выявлению и анализу источников информации, необходимой при выполнении многих этапов работ по прогнозированию ее развития.

Определение технико-экономического уровня серийно выпускаемой отечественной продукции не представляет большого труда по причине доступности источников информации:

- технической документации заводов-изготовителей;
- патентных формуляров, авторских свидетельств, свидетельств на промышленные образцы;
- каталогов, проспектов, рекламных изданий;
- технических статей, докладов и сообщений в отраслевых изданиях, трудах конференций, семинаров и т.п.;
- сведений статистического и конъюнктурного характера.

Определение уровня промышленно освоенной зарубежной технологии начинается с выявления тех государств и фирм, которые являются ведущими в соответствующей области, после чего анализируются товаро-фирменные и отраслевые справочники, справочники по акционерным обществам, стандарты, рекламные и журнальные публикации, патентные формуляры [3]. Однако вся эта документация оказывается недоступной для прогнозиста не только из-за ее отсутствия у нас, но и из-за того, что многие фирмы, имеющие постоянный круг заказчиков и не намеревающиеся

расширять объем производства, попросту воздерживаются от дорогостоящих научно-технических публикаций, которые носят, как правило, коммерческий характер. В связи с этим существенно возрастает роль патентных описаний как общедоступного вида технической информации. Сделать подборку действующих патентов по определенной тематике относительно несложно. Но как известно из отечественных и зарубежных источников, в промышленности реализуется лишь до 12–15% выданных патентов. Каким образом отличить патент, воплощенный в металле, от "бумажного"? Для этого целесообразно использование косвенных данных о внедрении изобретения:

- патентование его капиталистическими фирмами в социалистических странах;
- наличие зарегистрированного промышленного образца;
- сведения о покупке–продаже лицензий;
- наличие фотографий действующих (не макетных) образцов изделия (обычно с указанием номера патента).

В патентных описаниях свидетельством конструкторской разработки и внедрения изобретения могут служить следующие признаки:

вводная часть описания

- прямые ссылки на результаты испытаний и эксплуатации;
- строго очерченная область применения;
- ссылки на известные конкретные изделия в качестве прототипов;
- совершенствование реальных технико-экономических параметров изделий в качестве цели изобретения;

основная часть описания

- однозначность технических характеристик, указание оптимальных режимов;
- описание особенностей обслуживания и эксплуатации;
- ссылки на известные изделия, используемые в качестве комплектующих или совместно с запатентованным;

чертежи

- большое количество чертежей, насыщенность их второстепенными элементами, детализация, соблюдение масштабов в изображении элементов;
- изображение не обозначенных цифрами элементов;

формула

- большое количество конкретизированных признаков в основных пунктах формулы;
- защита второстепенных элементов;
- защита определенного варианта значительным количеством пунктов;
- большое количество пунктов [4].

Уровень разработок, проведенных в СССР, определяется путем анализа технической журнальной информации, отчетов о выполненных НИР и ОКР, авторских свидетельств и заявочных материалов, материалов конференций и симпозиумов.

Для определения уровня зарубежных разработок могут служить периодические и реферативные издания, отчеты фирм, труды научных конференций и рекламные материалы. Однако в связи с существенным запаздыванием публикации патентов они должны тщательно корректироваться путем сопоставления с другими источниками. Целесообразно шире привлекать для анализа патенты, выданные в странах с явочной системой, где вследствие отсутствия проверки на мировую новизну публикации производятся в более короткие сроки. Но анализ и в этом случае может быть неполным и недостоверным, так как патент часто является больше юридическим документом, нежели носителем технической информации. Роль таких документов сводится к блокированию разработок конкурента в другой стране, получению в подавляющем большинстве "бумажных", "зонтичных"* и тому подобных патентов на нереализуемые изобретения. Для уточнения степени конструкторской разработки и реализации изобретения следует проанализировать текст описания по методике, изложенной выше.

Методики количественного анализа информации для прогнозирования сводятся с большими или меньшими вариациями к следующему:

- статистический ретроспективный анализ динамики роста научно-технической информации в данной области за определенный период;
- определение "удельного веса" публикаций по интересующим исследователя направлениям;
- выявление темпов роста или уменьшения публикаций;
- экстраполяция выявленных закономерностей на прогнозируемый период.

Эти методики могут быть использованы лишь как вспомогательное средство оценки состояния и перспектив развития в микроэлектронике и требуют существенной корректировки. Спад информации может означать не бесперспективность, а напротив, особую важность работ в каком-либо направлении, являющуюся причиной засекречивания. В то же время нарастание объема информации (особенно патентной) отнюдь не говорит о перспективности данного направления. Чтобы сделать такой вывод, необходимо произвести анализ степени разработки и реализации изобретений. Если окажется, что большинство патентов текущей

* Патенты с искусственно расширенной формулой изобретения, тормозящие разработки не только в данном узком направлении, но порой и в смежных областях техники.

выдачи реализовано в производстве, то можно быть уверенным, что это уже вчерашний день микроэлектроники. Сегодняшний и завтрашний ее уровень характеризуют изобретения, находящиеся в момент подачи заявки или выдачи патента по крайней мере еще в стадии конструкторской разработки. Решающее слово о перспективности таких изобретений за квалифицированными специалистами-экспертами, которые для качественного анализа информации используют известные методы, например, метод опроса, сравнения, рефлексии, экстраполяции, метод Делфи [5].

Практика показывает, что основные источники информации для краткосрочного прогнозирования в микроэлектронике – текущая общетехническая и патентная информация, а также ретроспективный фонд глубиной до трех лет. Для оперативного ознакомления разработчиков с проанализированными патентами в целях выявления тенденций их развития разумно составлять краткие аналитические обзоры патентной литературы по отдельным темам, в соответствии с методикой, описанной в литературе [6]. Так, при разработке конструкций пленочных полевых транзисторов (ППТ) основное внимание уделялось достижению главной цели – стабилизации их параметров. В материалах исследованных патентных описаний отсутствовали решения, связанные с получением положительного эффекта именно в этом направлении. Сообщения касались различных сторон усовершенствований, например изменения топологического рисунка схемы при сохранении МОП-структуры или изменения технологических режимов при производстве ППТ. Однако при оценке обзора инженерам – разработчикам стало ясно, что эти изменения полностью не решают поставленную задачу и в данный момент отсутствуют изобретения, приводящие к радикальному изменению параметров приборов. В результате, дальнейшая работа в этих направлениях была прекращена и принято решение перевести поиск в область разработки новых конструктивных элементов, а также изучения возможности использования новых полупроводниковых и диэлектрических материалов или их сочетания в структуре металл–окисел–полупроводник. Правильность прогнозов, основанных на данных этих источников, подтвердили разработанные на уровне изобретений приборы:

- пленочный полевой транзистор со структурой алюминий–окисел кремния–сульфид (селенид) кадмия, конструкция которого отличается наличием промежуточного слоя обедненной кислородом монооксида германия, нанесенного на поверхность полупроводника под диэлектрический слой затвора; относительная нестабильность характеристик новых транзисторов составила 0,02–0,2;
- транзистор, отличающийся новым сочетанием

нием материалов (в качестве полупроводника используется узкозонный низкоомный материал, например термически осажденная пленка теллура, а диэлектриком служит окись алюминия с концентрацией свободных ионов не более 10^{16} см^{-3} при тангенсе угла потерь не более 0,01); относительная нестабильность характеристик таких транзисторов не превышает 0,02–0,04.

Ускоренные темпы развития микроэлектроники дают возможность при среднесрочном прогнозировании ограничить глубину исследуемых фондов одним годом, сосредоточив главное внимание на анализе текущей информации. При этом удастся определить устойчивые направления совершенствования микроэлектронных устройств, не теряющие своего значения в течение всего прогнозируемого периода. В частности, в период разработки первого отечественного мини-компьютера УМ1–НХ был составлен прогноз о конструктивно-технологических путях повышения надежности миниатюрных ЭВМ. В результате целенаправленных исследований удалось осуществить изобретения и разработать технические решения, определившие значительное повышение надежности работы ЭВМ и приведшие к созданию на современном мировом уровне машины "Электроника К–200".

Необходимо учитывать, что патенты текущей выдачи, среди которых, как правило, отсутствуют "пионерские", т.е. полностью новые, базируются на известных технических решениях, а для последних существуют предельные теоретические ограничения основных параметров (например, плотности упаковки интегральных схем или минимальных размеров магнитных сердечников ЗУ). Известно, что достижимый минимальный размер для полупроводниковых приборов всего лишь в 2–5 раз меньше размера активной области приборов, изготавливаемых в настоящее время. Преодолеть подобные критические ограничения можно лишь на новой технической основе, патентная информация о которой отсутствует, в связи с чем в среднесрочных прогнозах резко возрастает роль общетехнической информации и субъективных оценок крупных специалистов. Например, доктор физико-математических наук Н.В. Карлов считает, что голографическая лазерная память в ближайшие годы революционизирует вычислительную технику [7]. Электронная вычислительная машина сможет читать документы, распознавать образы, оперировать чертежами. Станет реальным слияние ЭВМ и линий связи в единое целое. Этот качественный скачок нельзя было бы предвидеть на основании изучения и анализа патентов. Для предвидения таких скачков следует тщательно ознакомиться с экспертными оценками крупных ученых в отношении зарегистрированных в СССР и опубликованных у нас в стране и за рубежом открытий, относящихся как к прогнозируемой, так и к смеж-

ным областям, с точки зрения обозримых перспектив их прикладного использования.

Долгосрочные прогнозы пока наименее достоверны, а методики их составления практически не апробированы. В исследуемой, чрезвычайно интенсивно развивающейся области электронной техники применение в качестве источника долгосрочного прогнозирования ретроспективного фонда научно-технической информации лишено смысла, а в информации текущего поступления имеет смысл анализировать лишь редкие сообщения о новых научных теориях, концепциях и открытиях, пионерские патенты. Соображения о перспективах их использования, даже высказанные видными учеными и высококвалифицированными специалистами, носят сугубо предварительный характер.

Таким образом, рассмотренная специфика микроэлектроники позволяет выявить следующую закономерность прогностических исследований: обратную пропорциональную зависимость между периодом прогнозирования и ролью и объемом патентной информации и прямо пропорциональную — для всех видов прочей технической информации и экспертных оценок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусейнов Г. К. О законе тенденции к сокращению срока освоения результатов научных исследований. Сб. "Проблемы повышения эффективности научно-исследовательской работы (материалы к научно-практической конференции)". ч. IV, Новосибирск, 1969.
2. Консон А. С., Соминский В. С. Экономика научных разработок, М., "Экономика", 1968.
3. Березина Т. А., Доброневский Е. Д., Обухов В. А. Патентная документация как составная часть информационного потока, используемого при техническом прогнозировании. Материалы по науковедению. III Киевский симпозиум по науковедению и научно-техническому прогнозированию, Киев, АН УССР, 1970.
4. Васильев В. Д. Использование патентной документации при проектно-конструкторских работах. ЛДНТП, Л., 1970.
5. Доброневский Е. Д., Обухов В. А. Применение патентной информации при прогнозировании тенденций развития техники. Сб. "Экономика изобретательства. Прогнозирование направлений технического прогресса", Киев, КДНТП, 1969.
6. Клейман Б. Е., Червинская Э. Г. Специфика составления обзоров по патентной литературе. Научно-техническая конференция по патентоведению. Одесса, НТО "Машпром", 1968.
7. Прохоров А. М., Карлов Н. В., Ярче миллионов солнц. "Литературная газета", 4 ноября 1970.

УДК 621.382.8.001.18



СХЕМОТЕХНИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИС на основе

дополняющих МОП-структур

ПОЗВОЛЯЕТ ОПРЕДЕЛЯТЬ
СХЕМОТЕХНИЧЕСКУЮ СТРУК-
ТУРУ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МОПД-
СХЕМ ПО ЗАДАННОЙ ЛОГИЧЕС-
КОЙ ФУНКЦИИ.

Ю.М.ИЛЬЮШЕНКО

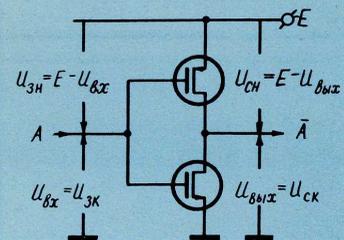
Принцип построения
логических схем на основе
дополняющих МОП-структур
(МОПД-схем)

Простейший (одновходовый) логический МОПД-каскад — инвертор — состоит из двух последовательно включенных МОП-транзисторов n - и p -типа (рис. 1). Соединенные вместе затворы и стоки их образуют соответственно вход и выход каскада, а истоки подключаются к соответствующим полюсам питающего напряжения (n -транзистора — к "—", а p -транзистора — к "+"). Транзистор, соединенный с заземленной шиной питания, можно назвать ключевым, а соединенный с минусовой шиной питания — нагрузочным.

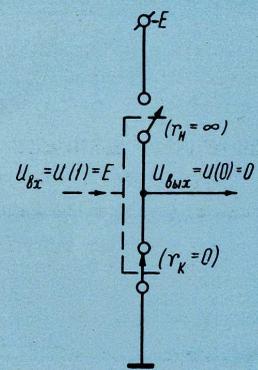
Специфической особенностью функционирования МОПД-каскада является то, что входное напряжение управляет одновременно обоими транзисторами, причем это управление является противофазным, поскольку напряжения на затворах ключевого и нагрузочного транзисторов определяются как $U_{зк} = U_{вх}$ и $U_{зн} = E - U_{вх}$ (E — напряжение питания). С изменением $U_{вх}$ один транзистор включается, а другой выключается, т.е. на выходе каскада происходит противофазное изменение напряжений стоков: $U_{ск} = U_{вых}$ и $U_{сн} = E - U_{вых}$.

В стационарном режиме ключевой и нагрузочный транзисторы всегда находятся в противоположных состояниях: один включен, другой выключен. Установлено [1], что сопротивление включенного транзистора в МОПД-каскаде $r_{вкл} = 0$, а выключенного — $r_{вык} = \infty$ (при пренебрежении токами утечки). Поэтому МОПД-каскад можно эквивалентно представить в виде управляемого входным напряжением ключевого "делителя напряжения", ключи которого заменяют транзисторы (рис.2).

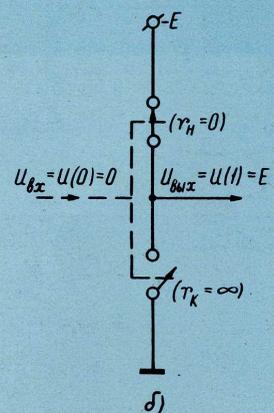
Если на вход МОПД-каскада подается напряжение логической "1", т.е. $U_{вх} = U(1)$, то ключевой транзистор включен ($r_k = 0$), а нагрузочный выключен ($r_n = \infty$), и, следовательно, напряжение на выходе, соответствующее логическому "0", равно $U(0) = 0$. Если же $U_{вх} = 0$, то, наоборот, ключевой транзистор выключен ($r_k = \infty$), а нагрузочный включен ($r_n = 0$) и $U_{вых} = U(1) = E$.



1 МОПД-инвертор



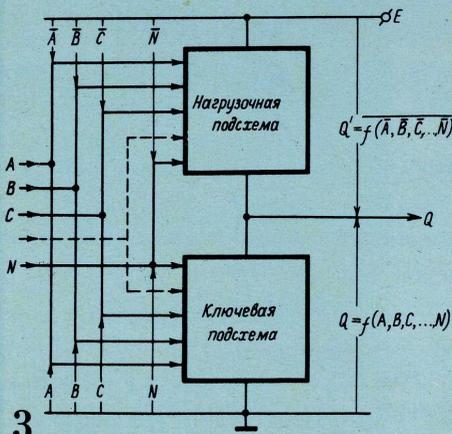
а)



б)

2 Эквивалентная
схема МОПД-инвертора:
а — во включенном
состоянии; б — в вы-
ключенном состоянии

Нахождение алгоритма схемотехнического синтеза логических МОПД-схем



3
Общая структура логической
МОПД-схемы

Таким образом, можно сделать следующие выводы о свойствах МОПД-каскада в статическом режиме, справедливые для всего класса МОПД-схем:

1. Логические уровни имеют экстремально возможные значения $U(0) = 0$; $U(1) = E$, благодаря чему МОПД-схемы имеют высокую помехозащищенность.

2. Логические переменные для ключевой и нагрузочной частей МОПД-каскада взаимноинверсны как по входу, так и по выходу, т.е. $A_K = \bar{A}_H$.

3. В стационарном состоянии практически отсутствует потребление мощности, так как полное сопротивление каскада между шинами питания $r_K + r_H = \infty$; поэтому МОПД-схемы весьма пригодны для работы в микромощных режимах (мощность расходуется только при переключении) [1].

При построении сложных многоходовых МОПД-каскадов для реализации равенств $U(0) = 0$; $U(1) = E$ и $A_K = \bar{A}_H$ каждый ключевой транзистор должен иметь свой нагрузочный транзистор противоположного типа, управляемый по входу, общему с ключевым транзистором. Основные принципы построения сложных МОПД-каскадов можно сформулировать так:

■ Каждый логический вход МОПД-схемы должен быть общим входом для своей пары транзисторов (ключевого и нагрузочного), а логический выход — общим для ключевой и нагрузочной частей схемы.

■ Ключевая ("нижняя") и нагрузочная ("верхняя") части схемы должны состоять из одинакового числа транзисторов разного типа проводимости, равного числу входов.

Схемотехническая топология, т.е. конфигурация взаимосоединений транзисторов в логической схеме, определяется реализуемой ею переключательной функцией $Q = f(A, B, C, \dots)$, при этом знакам дизъюнкции и конъюнкции схемотехнически соответствует параллельное и последовательное соединение транзисторов.

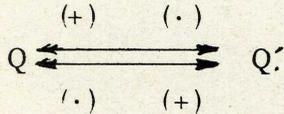
Функция Q в этом случае определяет топологию ключевой части схемы. Для того чтобы по известной функции Q найти функцию Q' , определяющую топологию нагрузочной части, необходимо применить правило взаимной инверсии $A_K = \bar{A}_H$ для всех аргументов (входных переменных) функции Q . Таким образом, алгоритм построения логических МОПД-схем можно сформулировать так:

Любая логическая МОПД-схема (рис.3), предназначенная для реализации некоторой переключательной функции $Q = f(A, B, C, \dots)$, должна состоять из двух частей: ключевой подсхемы расположенной между заземленной шиной питания и выходом каскада, построенной из транзисторов одного типа проводимости и имеющей топологию, определяемую функцией Q , и нагрузочной подсхемы, расположенной между незаземленной шиной питания и выходом каскада, построенной из транзисторов противоположного типа проводимости и имеющей топологию, определяемую функцией $Q' = f(A, B, C, \dots)$.

Логические входы схемы объединяют попарно ключевые и нагрузочные транзисторы, а выход — ключевую и нагрузочную подсхемы.

Переход одной двойственной функции в другую (Q и Q') можно логически упростить, воспользовавшись известной из алгебры

логики, обобщенной теоремой де Моргана [2]. В результате получим следующее правило: две взаимно двойственные функции Q и Q' могут быть получены одна из другой в результате взаимной замены знаков дизъюнкции и конъюнкции:



Таким образом, функции Q и Q' оказываются логически дуальными, что при построении МОПД-схем должно отображаться схемотехнической дуальностью ключевой и нагрузочной подсхем. Если же $Q = Q'$, (т.е. функция Q является самодвойственной [3]), то нагрузочная подсхема может быть либо дуальна ключевой подсхеме, либо совпадать с ней.

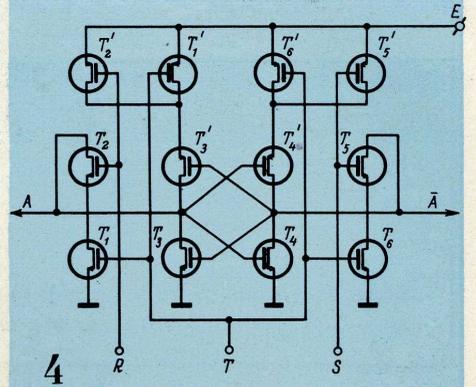
Поскольку функции Q и Q' имеют взаимно инверсные значения, то сопротивления ключевой и нагрузочной подсхем, как и в случае простого одновходового инвертора, будут удовлетворять требованию: $r_K = 0$ при $r_H = \infty$, и $r_K = \infty$ при $r_H = 0$. Эти условия определяют основные свойства МОПД-схем, которые не зависят ни от числа последовательно соединенных транзисторов, ни от их топологии.

Получаемое при схемотехническом проектировании МОПД-схем удвоенное число транзисторов в схеме необходимо уменьшать посредством логической минимизации функции Q (а следовательно, и Q').

РЕГИСТР. Разряд регистра сдвига образуется из двух полусдвигающих регистров, каждый из которых состоит из триггера и двух вентилях записи. С целью минимизации количества транзисторов вентили записи по входам R и S следует включить в состав плеч триггера (рис.4). Тогда каждое плечо ключевой части регистра, т.е. половина триггера и вентиль, должно будет реализовать логическую функцию $Q = \overline{A + TR}$, а плечо нагрузочной части — дуальную функцию $Q' = A(T + R)$.

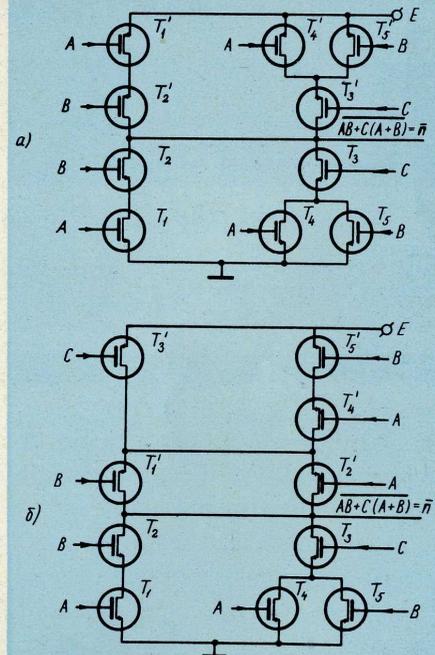
СУММАТОР. Логическая схема, выполняющая сложение трех чисел A , B и C (сумматор), должна иметь два выхода: суммы S и переноса Π , на которых реализуются переключательные функции $S = f(A, B, C)$ и $\Pi = \phi(A, B, C)$, обладающие свойством самодвойственности: $S = S'$ и $\Pi = \Pi'$. Поэтому нагрузочные подсхемы МОПД-сумматора как по выходу "суммы", так и по выходу "переноса" могут быть либо симметричными относительно ключевых подсхем, либо дуальными им.

Если функцию переноса представить в виде $\Pi = AB + C(A + B)$, а функцию суммы как $S = \overline{C}(\overline{AB} + \overline{AB}) + C(AB + \overline{AB})$, то подсхему переноса можно выполнить из пяти транзисторов (рис. 5), а подсхему суммы (рис.6, а) — из восьми. Тогда МОПД-сумматор, образованный из двух отдельных схем суммы и переноса, будет состоять из 26 транзисторов (по 13 транзисторов в подсхемах). С целью минимизации числа транзисторов в МОПД-схеме ее следует выполнить комбинированной, т.е. такой, в которой часть транзисторов была бы общей как для схемы суммы, так и для схемы переноса. Это можно сделать, например, подключив к точке 1 схемы суммы (рис.6, а) транзистор T_5 с сигналом C на выходе, а к точке 2 — транзистор T_6 с сигналом B . Тогда на общем выходе этих транзисторов будет реализовываться функция $\overline{\Pi} = AB + C(\overline{AB} + \overline{AB})$, соответствующая схеме переноса, изображенной на рис.6,б, и комби-



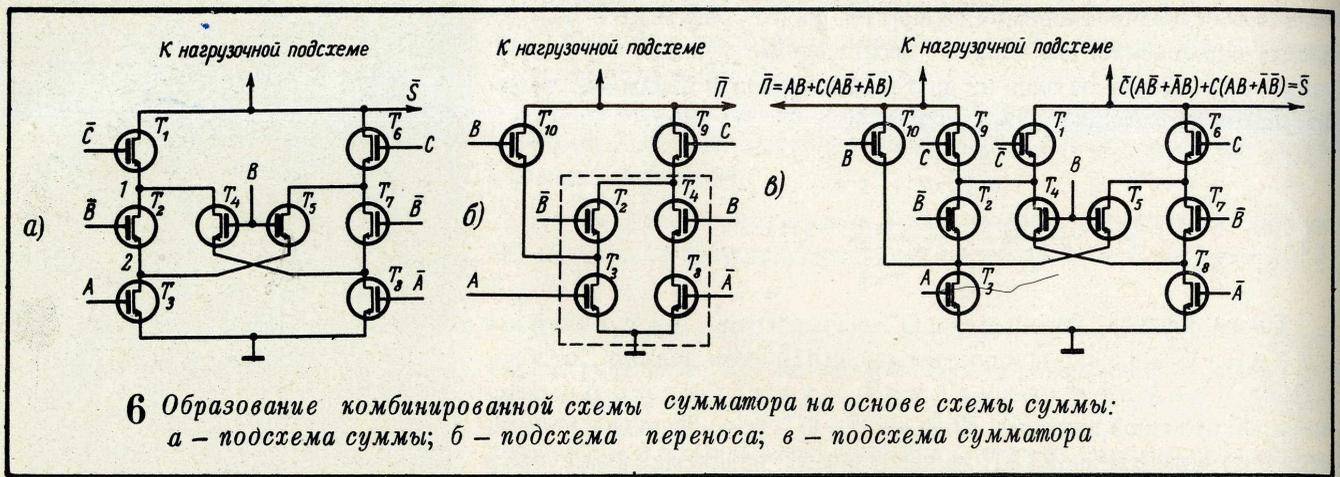
Полусдвигающий МОПД-регистр

Примеры синтеза логических МОПД-схем



5 Схема переноса сумматора:

а — симметричная схема;
б — дуальная схема



нированная подсхема сумматора, образованная из подсхемы суммы добавлением к ней двух транзисторов (рис. 6, в), будет состоять из 10, а весь МОПД-сумматор — из 20 транзисторов, что на шесть транзисторов меньше, чем в сумматоре, построенном из отдельных схем суммы и переноса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильюшенко Ю. М. "Электронная техника" сер. "Микроэлектроника", вып. 6(14), стр.101-124.
2. Фистер М. Логическое проектирование цифровых вычислительных машин. Пер. с англ. под ред. акад. В. М. Глушкова, Киев, "Наукова думка", 1963.
3. Вавилов Е. Н., Портной Г. П. Синтез схем электронных цифровых машин. "Советское радио", 1963.

УДК 621.382.8:001:621.382.323



**С материалами можно ознакомиться
 в отделе фондов ЦНИИ "Электроника"
 (Москва, 117415, проспект Вернадского, 39).**

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЛИНЕЙНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ КАК ПАРАМЕТРОВ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКА

ДЭ-355, 10 стр., 4 рис.

В.Н.ВЕНИАМИНОВ, В.Ф.ЛАМЕКИН, В.В.ФАРАФОНОВ

Большинство характеристик линейных интегральных схем (ЛИС) можно представить как параметры линейного активного четырехполюсника. Выбрана система y -параметров. Приводятся блок-схемы измерения y -параметров и формулы для их расчета, а также результаты исследования y -параметров ряда микросхем из серии 219 и 235 и аналитические выражения для расчета основных параметров усилителей на основе y -параметров. Представленные расчетные (по y -параметрам) и экспериментальные кривые (для ЛИС УПЧ серии 235) коэффициента усиления по напряжению иллюстрируют соответствие результатов, полученных обоими методами.

Рекомендуемый в статье справочный лист на ЛИС позволяет в сочетании с графиками частотных зависимостей y -параметров проводить анализ и синтез схем.

УДК 621.382.82.001.1:621.39

В.Е.ВЕРШИН, Г.М.ЛАПШИН, Я.Н.НАБИЕВ

Излагается методика получения математического описания основных показателей производства – простоев рабочих и оборудования $x(t)$, потерь от брака $y(t)$, ритмичности $R(t)$ – на основе отчетных данных, полученных на одном предприятии за 1964–1968 гг.

При проведении исследований предполагалось, что одни параметры производства могут быть определены как простые зависимости от текущего времени, а другие – как сложные функции многих переменных. Справедливость этого допущения проверялась экспериментально по соответствию моделей производства результатам факторного анализа. Каждая из простых переменных носит случайный характер, изменения ее вызваны действием на производство зависящих или не зависящих от времени детерминированных факторов и случайных факторов. Например, для параметра x :

$$x(t) = m_x(t) + x_0(t),$$

где m_x – математическое ожидание $x(t)$;
 $x_0(t)$ – стационарная случайная функция с равным нулю математическим ожиданием.

Оценка математического ожидания $m_x(t)$ проводится сглаживанием с помощью метода наименьших квадратов имеющейся реализации (отчетных данных), после чего определяется $x_0(t)$:

$$x_0(t_i) = x(t_i) - m_x(t_i).$$

Если $x_0(t)$ дает заметный вклад в $x(t)$, его влияние может быть оценено автокорреляционной функцией $R_{x_0}(\tau)$, позволяющей прогнозировать $x_0(t)$ на время от t до $t + \tau_{\text{кор}}$ ($\tau_{\text{кор}}$ – время, в течение которого $R(\tau)$ заметно отличается от нуля). Для производства с достаточно высоким качеством управления, когда доля $x_0(t)$ относительно невелика, ее можно заменить на x_0 .

Рассматривается пример, где x_0, y_0, R_0 – нормально распределенные случайные величины с дисперсиями $\sigma_{x_0}^2 = 0,018$; $\sigma_{y_0}^2 = 0,0015$; $\sigma_{R_0}^2 = 0,0012$. На основании этого определены доверительные границы x_0, y_0, R_0 , обозначающие пределы точности прогноза. Сравнение запрогнозированных величин x, y, R с фактическими показало довольно высокую точность прогноза.

УДК 658.5.012.1

РАСЧЕТ НА ЭЦВМ ТРАНЗИСТОРНЫХ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ С НЕПОСРЕДСТВЕННЫМИ СВЯЗЯМИ

ДЭ-353, 8 стр., 7 рис.

К.О.ПЕТРОСЯНЦ

В статье рассматриваются алгоритмы и приводятся результаты расчета на ЭЦВМ некоторых статических и динамических параметров типового логического элемента НЕ-ИЛИ, являющегося составной частью разветвленной логической схемы с непосредственными связями. Описывается математическая нелинейная π -секционная модель транзистора с сосредоточенными параметрами. Анализируется зависимость статических и динамических параметров типового логического элемента от параметров активных и пассивных компонентов схемы.

УДК 681.325.65:621.382.3.001.24

СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

ДЭ-369, 15 стр., 5 рис., библи.

Д.И. ЗАРУДНЫЙ, П.П. СЫПЧУК

В статье предлагается решение одной из важнейших задач этапа предварительного проектирования интегральных схем — выбор номиналов параметров компонентов и тестовых норм выходного контроля интегральных схем, обеспечивающих максимальный процент выхода годных схем для данной технологии.

Вычисление процента выхода годных P интегральных схем осуществляется с помощью метода Монте-Карло и сводится к N -кратному моделированию случайного вектора в соответствии с заданными параметрами законов распределения и корреляционными связями. Схема считается годной, если удовлетворяется система неравенств, задающая область работоспособности схемы в координатах тестовых параметров.

Тестовая модель представляет собой совокупность систем трансцендентных или дифференциальных уравнений.

Для оптимизации параметров компонентов (вектор A) предлагается итерационный метод построения последовательности векторов A^0, A^1, \dots, A^n , обеспечивающий монотонную сходимость $P(A^n)$ к своему максимальному значению.

Получены формулы расчета A^{n+1} для нормально распределенных случайных величин параметров компонентов и для случая, когда среднее квадратическое отклонение и математическое ожидание связаны между собой линейной зависимостью. Предложенный метод позволяет определить все составляющие вектора A^{n+1} одновременно с расчетом процента выхода годных.

Приводится пример, иллюстрирующий методику статистического расчета интегральных схем. Алгоритмы реализованы на ЭЦВМ "Минск-22".

УДК 621.382.82.001.24

АКУСТИЧЕСКИЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

ДЭ-379, 11 стр., 3 рис., библи.

А.Г. ЕГОРОВ

Описывается акустический метод контроля в жидкой среде герметичности полупроводниковых приборов, позволяющий повысить чувствительность существующих жидкостных методов до 10^{-4} л·мм/сек и снизить время контроля с нескольких суток до 5 мин.

Приводятся принципиальная схема установки для контроля и сравнительные временные характеристики, полученные в результате замеров герметичности транзисторов акустическим и ацетоновым способами. Разработанный метод может найти применение при испытаниях полупроводниковых изделий на герметичность в условиях массового производства.

УДК 621.382:620.179.16



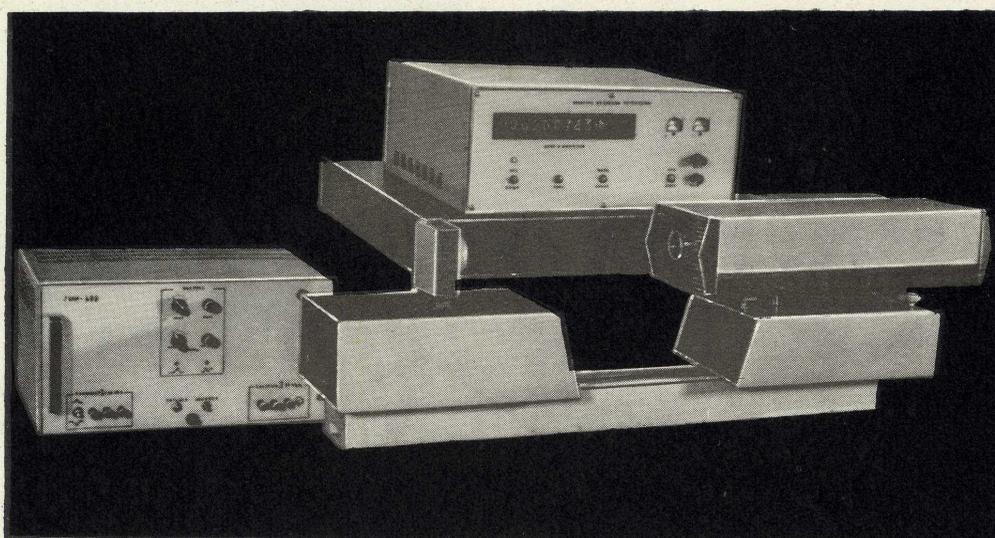
ДЕПОНИРОВАНИЕ

ИЗДЕЛИЯ
ЭЛЕКТРОННОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ
КУЛЬТУРНО-БЫТОВОГО
НАЗНАЧЕНИЯ



Лазерный интерферометр

- для оптических измерительных устройств
- для точных перемещений столов микроскопов
- для юстировки столов координатных станков



- позволяет получать информацию о длине пути и скорости перемещений
- Диапазон перемещений 0–500 мм ограничен только длиной направляющих, по которым движется платформа
- Точность отсчета повышена до 0,1 мкм благодаря применению устройства для расщепления луча, принцип действия которого основан на эффекте Зеемана, а также благодаря применению двухчастотной интерферометрии

- ▶ в метрологии
- ▶ в сейсмографии
- ▶ в микроэлектронике
- ▶ в космических исследованиях

ПРИМЕНЯЕТСЯ

ИЗМЕРЕНИЯ

И К О Н Т Р О Л Ь Н О - И З М Е Р И Т Е Л Ь Н А Я А П П А Р А Т У Р А

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКТАМИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ

В.В.САВИН, М.Н.КУЗНЕЦОВ, Р.В.КОРНИЛОВ

Рассматриваются принципы построения систем управления комплектами оборудования. Приводится описание технических средств системы управления комплектом оборудования.

Опыт развития отрасли показал, что разработка и выпуск оборудования в виде комплектов наилучшим образом отвечает современным требованиям производства изделий электронной техники. Выпуск оборудования комплектами обусловлен тем, что они включают все основное оборудование для осуществления процессов данной технологии, причем предусматривается существенное изменение как количества отдельных видов оборудования, так и замена отдельных участков и установок на более прогрессивные, что особенно важно при совершенствовании и отработке технологии. Кроме того, комплекты оборудования должны являться и основой для отработки и совершенствования машинной технологии. Поэтому при разработке ком-

плектов оборудования ставятся следующие основные задачи:

– создание комплектов оборудования для некоторых технологических процессов, в том числе для отработки технологии;

создание комплектов оборудования для оснащения участков опытного производства (при этом должны быть решены задачи механизации и автоматизации производственных операций);

– создание для серийного производства автоматизированных комплексов с использованием управляющих вычислительных машин (УВМ), обеспечивающих управление как отдельными операциями, так и технологическим процессом в целом.

*Аппаратура системы управления комплектом оборудования
для производства изделий микроэлектроники*



МС

ТС

ПВИ

ПИИ

В зависимости от объемов производства комплект оборудования может быть предназначен для участка, цеха или группы цехов с дискретно-замкнутым характером производства и должен обеспечить высокий процент выхода годных изделий заданной номенклатуры.

Автоматизированная система управления оптимальным технологическим процессом (АСУТП), являющаяся частью системы управления комплектом оборудования, должна включать в себя предупредительный статистический контроль, охватывающий межоперационный контроль и контроль параметров процесса; анализ причин брака в соответствующих службах.

Сейчас на предприятиях большая часть информации о ходе производственного процесса формируется и обрабатывается вручную путем заполнения соответствующих документов, журналов, накладных, что является весьма трудоемким процессом, не обеспечивающим необходимой достоверности и своевременности.

Успешное функционирование системы управления технологическим процессом возможно лишь при обеспечении системы управления единой информационной базой, основанной на технологической информации, часть которой формируется автоматически датчиками, установленными на оборудовании.

Разработка такой системы управления должна проводиться одновременно с разработкой комплектов оборудования, что в некоторых случаях дает экономию до 25–30% стоимости самого оборудования.

Структура системы управления комплектом оборудования должна быть построена с учетом организационно-технологической структуры производства для решения перечисленных ранее задач и удовлетворения таких требований как обеспечение непрерывной информацией руководства на всех уровнях, обеспечение базы для планирования и принятия решения, обеспечение возможности проверки выполнения принимаемых решений для каждой ступени руководства.

Особенности организационно-технологической структуры производства, влияющие на структуру системы управления, могут быть показаны на примере производства полупроводниковых интегральных схем.

Как видно из блок-схемы, технологический процесс, под которым будем понимать все производство, начиная от обработки основного полуфабриката до выхода готового изделия, состоит из нескольких технологических стадий (на схеме I–VIII), заканчивающихся созданием определенных структур на пластине, характеризуемых некоторыми электрофизическими параметрами (удельное сопротивление, толщина слоя и др.). Каждая технологическая стадия состоит из ряда этапов изготовления, выполняемых на различных участках, например фотолитографии, термической обработки. В свою очередь этап складывается из операций, состоящих из переходов и приемов, результаты выполнения которых в общем случае не контролируются. В некоторых случаях этап может состоять из одной технологической операции. Завершение этапа должно заканчиваться контролем,

результаты которого могут быть зафиксированы, если они не являются выходными на технологической стадии, только в сопроводительном листе.

Для увеличения процента выхода годных изделий управление технологическим процессом должно осуществляться "вдоль" маршрута процесса, причем качество реализации каждого технологического этапа стадии будет влиять на качество интегральных схем. Вместе с тем, весь технологический процесс в силу специфики организации производства и технологической несовместимости некоторых операций "расчленяется" не по горизонтали, а по вертикали — по технологическим участкам. Такая организационная структура технологического процесса усложняет задачи, которые должна решать система управления комплектом оборудования.

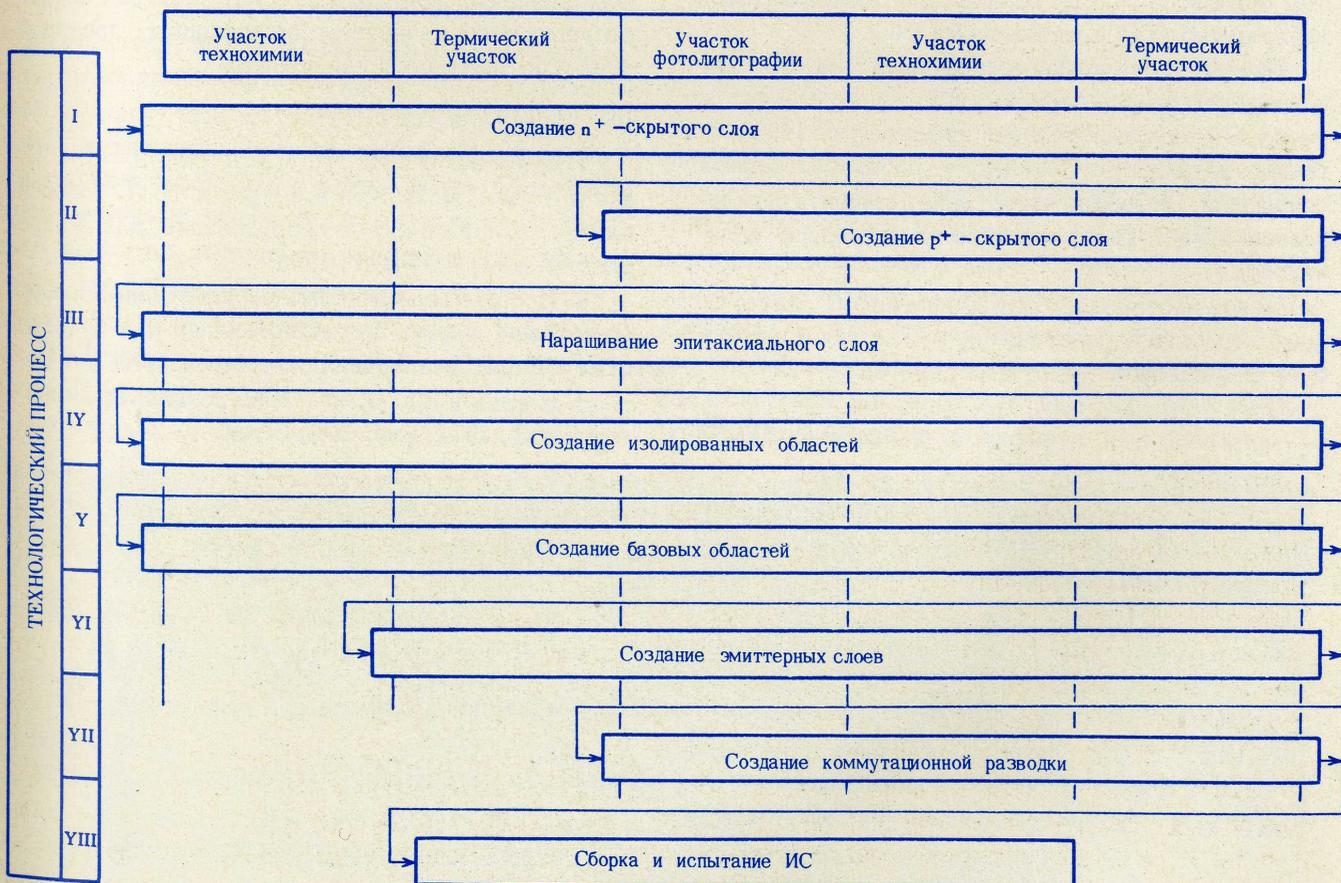
Система управления комплектом оборудования может иметь три уровня управления:

Первый уровень — системы автоматического управления отдельными единицами оборудования, выполняющими технологические операции. Такие системы являются неотъемлемой составной частью установок, с их помощью устраняются наиболее часто встречающиеся отклонения в режимах, вызванные как внутренними, так и внешними возмущениями, действующими на установку.

Второй уровень — автоматизированные системы управления технологическими участками. В них можно выделить подсистему контроля режимов и межоперационного контроля, дающую информацию для корректировки режимов технологических операций и этапов. На этом уровне происходит первичная корректировка технологического процесса и формирование информации для корректировки процесса в целом. Регулирование загрузки установок, перераспределение работ, обеспечение преимущественного прохождения срочных заказов, контроль остатка незавершенного производства обеспечивается системой этого уровня. Результат совместного воздействия систем находит свое отражение в отчетной документации участка.

Третий уровень — система централизованного управления (СЦУ) комплектом оборудования, обеспечивающая управление технологической стадией и процессом в целом, являющаяся частью АСУП. Технологический процесс следует считать управляемым, если для него определены параметры, регулируя которые можно управлять качеством (количеством) выпускаемых изделий, а также определены методы измерения и регулирования этих параметров [3]. Исходной технологической информацией для системы является информация, по-

БЛОК-СХЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ



ступающая с участков и от системы межоперационного контроля.

Система централизованного управления ИКАР была разработана при создании комплекта высокопроизводительного оборудования для производства полупроводниковых интегральных схем. Эта система обеспечивает получение информации о ходе производственного процесса, контроль состояния оборудования на участках, автоматизацию технико-экономических и технологических расчетов.

В настоящее время система ИКАР выполняет информационные задачи, однако в дальнейшем она позволит за счет наращивания технических средств и математического обеспечения перейти к решению задач управления.

В системе ИКАР на первом этапе решаются такие задачи как учет технологических потерь и брака; учет незавершенного производства; составление сменного рапорта; учет потерь машинного времени; автоматизация обработки результатов межоперационного контроля при ручном вводе исходной информации.

В состав технических средств системы (см. фото) входят:

■ управляющая вычислительная машина (УВМ), включающая в себя процессор, оперативную и постоянную память, устройство связи с объектом;

■ пульта ввода информации (ПВИ); в зависимости от объема производства их количество может изменяться от 10 до 20;

■ устройства индикации информации, к которым относятся пульты индикации информации (ПИИ), табло служб (ТС) и мнемосхема (МС).

Пульты ввода информации предназначены для непосредственного ввода в УВМ информации с участков и передачи числовой информации (14 десятичных разрядов) о 16 видах производственных сообщений. Цифровая часть информации, передаваемая в УВМ, высвечивается на цифровых индикаторах.

Такое построение ПВИ обеспечивает высокую достоверность передаваемого сообщения и не требует специальной подготовки персонала.

УДК 658.51.011.56

Пульт индикации информации находится у диспетчера, начальника цеха и его заместителей. На нем высвечиваются непрерывно 5 наиболее существенных показателей, 36 других сообщений по желанию могут быть получены путем нажатия соответствующей клавиши на пульте.

Табло служб предназначено для индикации числа единиц оборудования, простаивающего по вине вспомогательных служб. При возникновении новой неисправности оборудования на табло загорается специальный индикатор. Вывод информации на табло производится автоматически из ЭВМ с циклом 15 – 30 мин.

Мнемосхема, установленная на диспетчерском посту цеха, показывает число единиц оборудования, простаивающего на участках цеха. Все установки подключены к мнемосхеме.

Закончено изготовление технических средств системы и разработаны алгоритмы указанных выше задач. Дальнейшее развитие системы должно быть направлено на повышение достоверности информации, в первую очередь за счет автоматического контроля режимов установок, автоматизации ввода результатов межоперационного контроля и счета продукции.

Внедрение системы ИКАР на одном из действующих предприятий – важнейший этап работы, необходимый не только разработчикам системы, но и разработчикам ИС и работникам производства, так как в процессе работы, являющейся во многом исследовательской, должны быть решены вопросы управления качеством, организации производства и оптимального планирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блинов И. Г., Иванов В. И., Мелехин Ю. Я., Сандеров В. Л. Специальное технологическое оборудование для микроэлектроники. М., МИЭТ, 1968.

2. Проблемы построения перспективных информационных систем, предназначенных для руководства. "Радиоэлектроника за рубежом", 1967, № 13.

3. Вальков В.М. "Электронная промышленность", 1971, вып. 2(4), стр.9.



ДЕПОНИРОВАНИЕ

СКОРОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКА В ХАЛЬКОГЕНИДАХ МЫШЬЯКА

ДЭ-338, 6 стр., 2 рис.

Н.Н. ЛЯПУШКИН, А.П. ЛЮБИМОВ,
Л.И. БЕРГЕР, С.А. БОЛЬШАКОВ

Представлены результаты измерения скорости распространения ультразвука в полупроводниковых соединениях $A^{II}B^{VI}$ в интервале температур от -150 до $+450^\circ\text{C}$.

Для ознакомления с материалом следует обращаться в ЦНИИ "Электроника" (Москва, 117415, проспект Вернадского, 39, Отдел фондов).

УДК 621.315.592:534.22-8

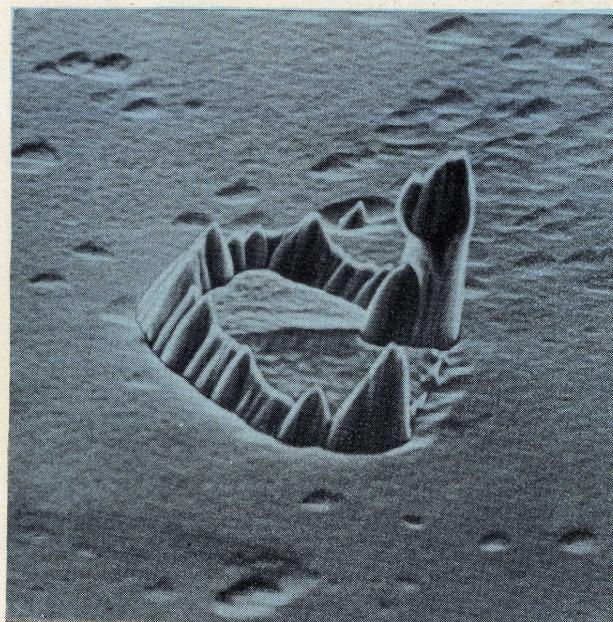
ПРИМЕНЕНИЕ РАСТРОВОГО ЭЛЕКТРОННОГО МИКРОСКОПА для наблюдения дефектов в полупроводниках

*В.И. ВЫЛЕГЖАНИН, Ю.П. ДОКУЧАЕВ,
Ю.А. КОНЦЕВОЙ, В.Г. ПОПОВ*

■ Эффективный контроль дефектов полупроводниковых материалов возможен при использовании метода ионного травления с последующим просмотром их поверхности под растровым микроскопом.

В структурах полупроводниковых материалов, несмотря на их высокую степень чистоты и совершенство, могут присутствовать разнообразные дефекты: дислокации, агрегаты вакансий, различные фазовые включения. Эти дефекты могут быть выявлены методами химического и электрохимического травления, методами рентгеновской топографии, методами просвечивающей электронной микроскопии, а также непосредственным наблюдением в ИК области при использовании ИК микроскопов. Например, в монокристаллах и эпитаксиальных пленках кремния были обнаружены включения SiO_2 , SiC и более сложные двухфазные образования [1, 2]. Широко известны случаи осаждения тяжелых металлов на дислокациях и агрегатах вакансий [3].

Дефекты структуры полупроводниковых материалов, и в особенности фазовые включения, могут существенно менять ряд параметров материалов и приборов на их основе. В первую очередь их присутствие может приводить к снижению пробивных напряжений и появлению "мягких" характеристик электронно-дырочных переходов полупроводниковых приборов. Существенным является не только природа включений (металлическая



или диэлектрическая фаза), но и соотношение между характерным размером включения и шириной пространственного заряда обедненной области $p-n$ перехода, смещенного в обратном направлении. Так, включения малых размеров сферической формы могут приводить к локальному возрастанию электрического поля в области $p-n$ перехода в 3 раза для металлического включения и в 1,5 раза — для диэлектрического. Этим можно объяснить некоторое "смягчение" вольт-амперных характеристик. Металлические или полупроводниковые включения больших размеров могут привести к возрастанию обратного тока $p-n$ перехода в области напряжений, значительно меньших, чем пробивные.

При большой концентрации включений граница раздела фаз образует "внутреннюю поверхность", которая может влиять на процессы генерации — рекомбинации носителей заряда [4, 5]. Включения больших размеров могут существенно снижать прочность материалов, если коэффициенты Пуассона материала включений и основного материала различны, так как при приложении механических напряжений происходит локальная концентрация напряжений в области включения [6].

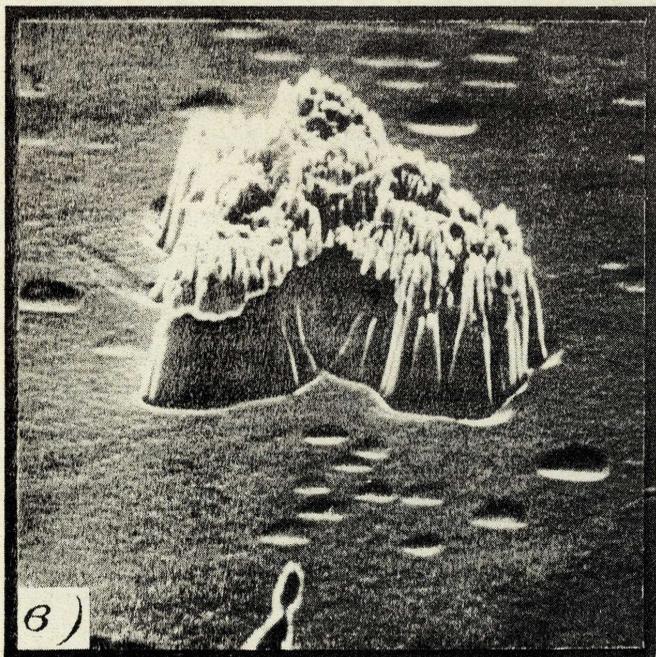
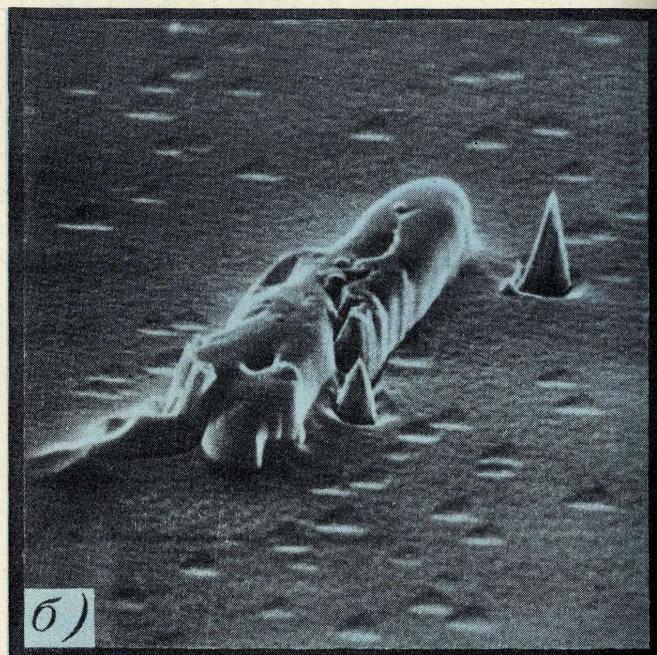
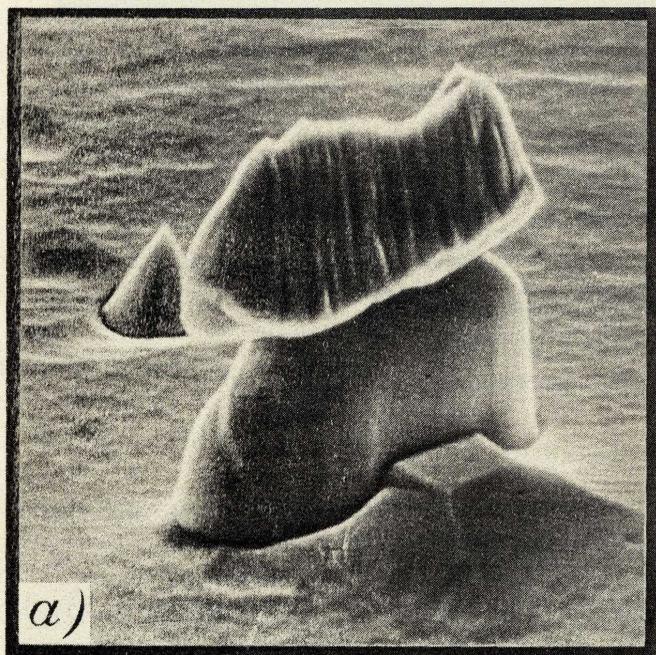
Рассмотрим метод выявления дефектов в полупроводниках, основанный на ионном травлении [7] с последующим просмотром поверхности полупроводника при помощи растрового электронного микроскопа. Этот метод по разрешающей способности значительно превосходит все упомянутые выше методы, за исключением просвечивающей микроскопии. Однако при использовании методов просвечивающей микроскопии для таких материалов, как германий, необходимы тонкие образцы или уникальные установки с высоким ускоряющим напряжением.

При ионном травлении распыление основного материала и включений может происходить с раз-

личной скоростью. Так же как и в случае химического травления, на поверхности возможно образование бугорков или ямок травления, изучение которых дает информацию о размерах и природе включений.

Ионное травление пластин германия и кремния, предварительно обработанных в полирующем травителе, проводилось в плазме чистого аргона при давлении 10^{-2} торр и напряжении 1,0 – 1,5 кВ. Поверхность образцов просматривалась на растровом электронном микроскопе при использовании сигнала вторичных электронов в диапазоне увеличений $\times 500$ – $20\,000$ при глубине резкости

Рис.1. Включения в полупроводниковых материалах при увеличении: а – Ge ($\times 5000$); б, в – Ge ($\times 2000$); г – Si ($\times 5000$)



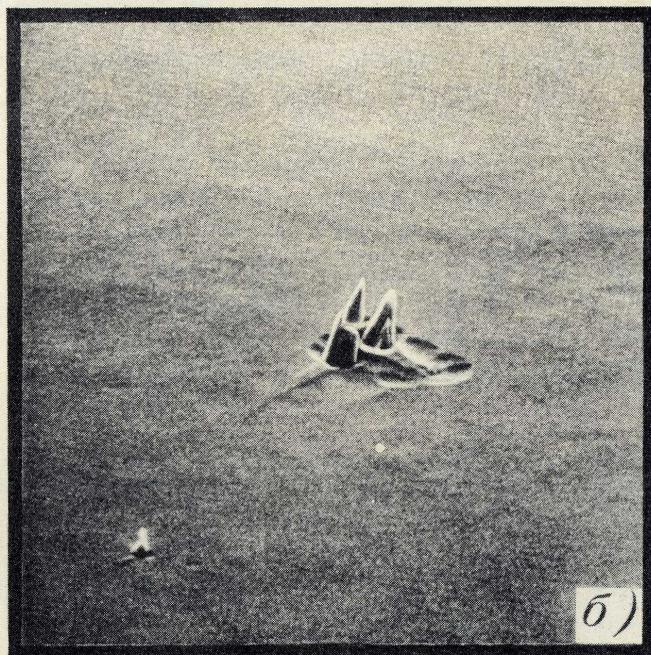
100–2,5 мкм соответственно. Наиболее интересные выявленные дефекты сфотографированы при увеличении $\times 2000$ – 5000 (см. фото в начале статьи и рис. 1). Включения имеют форму "игл" или более сложных образований, состоящих из одной или нескольких фаз. На рис. 2 приведены поля дефектов при меньшем увеличении.

Дополнительные данные о размерах и природе включений получены способом чередования ионного травления с последующим просмотром одной и той же области образца. Перед ионным травлением на поверхность образца тонким алмазным резцом наносились метки, позволяющие выделить определен-

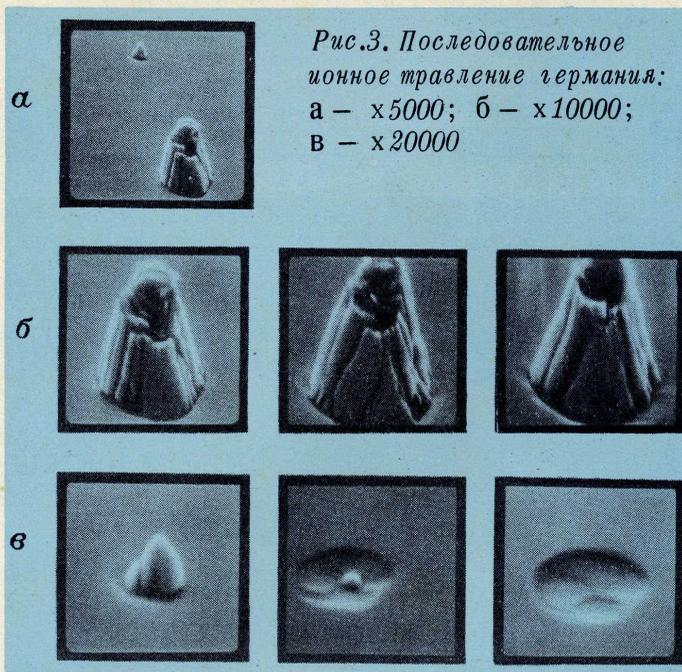
Поскольку при анализе шлаковых образований на поверхности расплавленного германия обнаружено присутствие аморфной модификации кремнезема [8], естественно предположить его присутствие также и в объеме в виде более дисперсной фазы. В связи с этим представляют интерес исследования поликристаллических образцов полупроводниковых материалов. Обнаружено, что концентрация дефектов таких образцов при ионном травлении вблизи граничных областей кристаллитов увеличивается (рис. 4).

В результате исследований установлено, что количество дефектов в общем случае возрастает с увеличением уровня легирования полупроводника.

Рис. 2. Поле включений в образцах:
а – Ge ($\times 1000$); б – Si ($\times 1000$)



ную область поверхности. Одна из таких областей видна на рис. 3 (для наблюдения выбраны два дефекта, расположенные достаточно близко друг от друга). Наблюдения показали, что соотношения между скоростями распыления основного материала и включений могут быть различными: по мере травления размеры видимой части одних включений увеличиваются (рис. 3, б), других – уменьшаются (рис. 3, в). В результате предварительных исследований некоторых включений в германии на рентгеновском микроанализаторе установлено, что в их состав входят в основном германий, кремний и в гораздо меньшей степени – кислород.



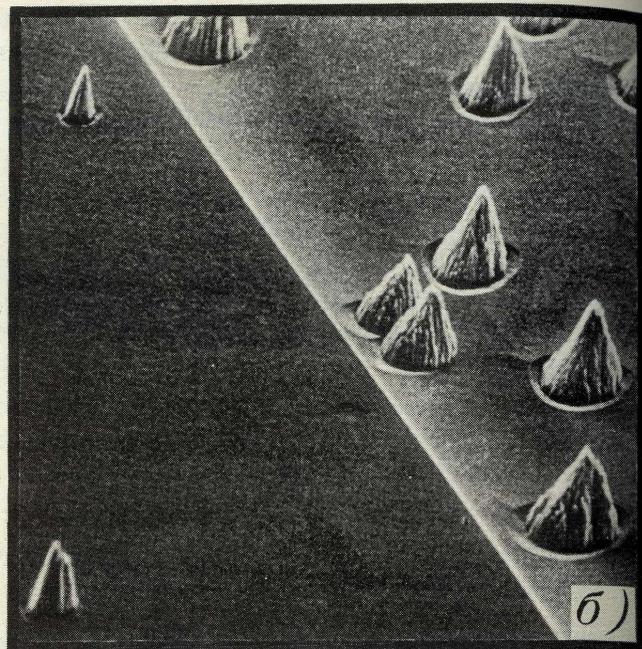
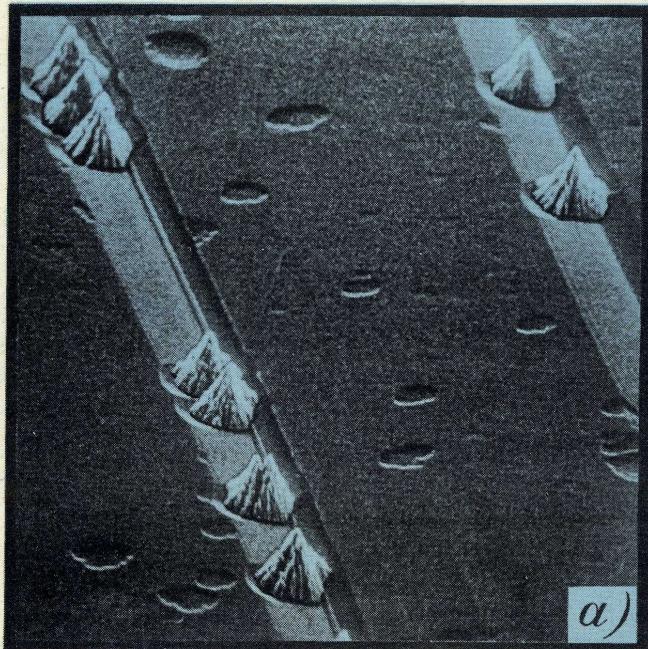


Рис.4. Ионное травление поликристалла германия (x500)

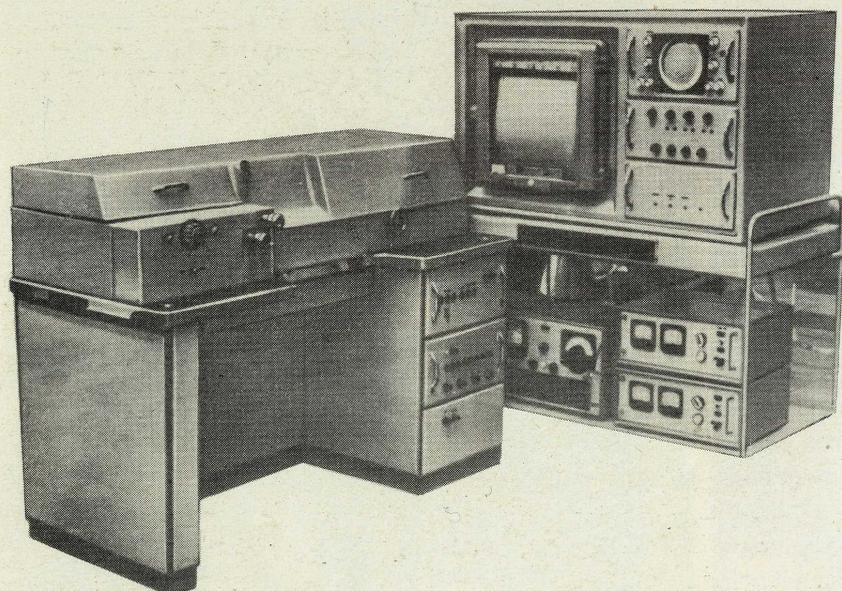
В сильно легированных материалах дефекты иногда могут выявляться даже в полирующем травителе без дополнительного ионного травления. В качестве примера можно привести весьма необычный по форме дефект, обнаруженный после электрохимической полировки пластины сильно легированного германия (рис. 5).

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что сочетание методов ионного травления и растровой электронной микроскопии является достаточно эффективным способом контроля дефектов полупроводниковых материалов.

ПРИМЕНЕНИЕ ИК РАДИОМЕТРИИ ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ

ИС

А.А.ГОНЧАРЕНКО, Ю.Н.ДЬЯКОВ,
Г.А.ШТЕЙНМАН, Н.И.ШМЕЛЕВ,
М.Д.ЛЕРНЕР



Прибор для измерения теплового излучения, основанный на использовании метода инфракрасной радиометрии, позволяет обнаруживать дефекты полупроводниковых приборов и схем, которые при обычных электрических методах контроля не выявляются.

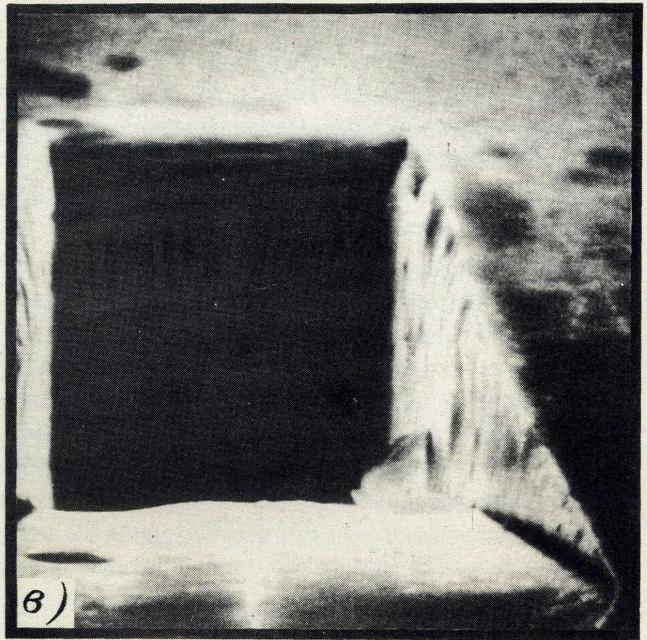
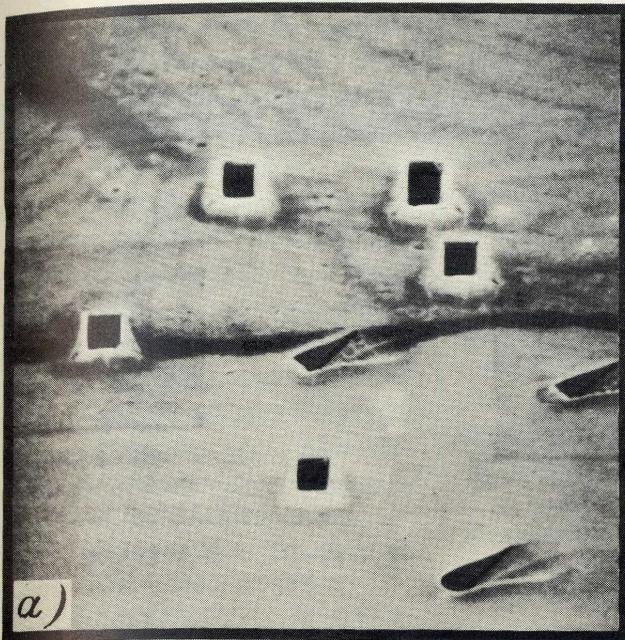


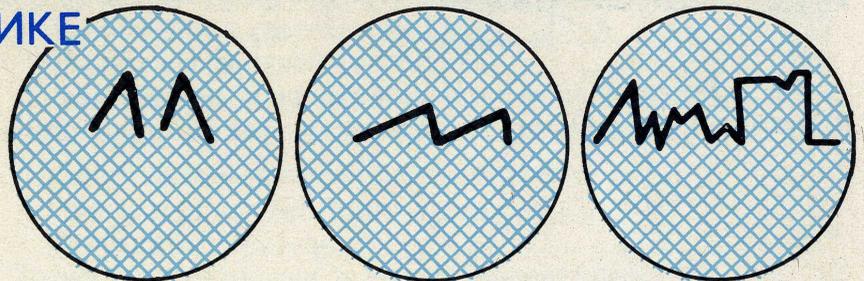
Рис.5. Дефекты травления на германии после электрохимической полировки при увеличении: а — $\times 500$; б — $\times 5000$

ЛИТЕРАТУРА

1. John H.F. "Proc. IEEE", 1967, v.55, N 8, p.1249.
2. Четыркина Н.А. и др. Доклад на II Всесоюзном симпозиуме по процессам роста и синтеза кристаллов и пленок полупроводниковых соединений. Новосибирск, 12-16 мая 1969 г.
3. Gostzberger A. "J.Sol.St.Electron.", 1966, v. 9, N 9, p.871.
4. Колесник Л.И., Концевой Ю.А. ФТТ, 1964, т. 6, № 1, стр.164.
5. Концевой Ю.А. ФТП, 1970, № 6, стр.1184.
6. Фридман Я.В. Прочность и деформация в неравномерных температурных полях. М., Госатомиздат, 1962.
7. Сиротенко И.Г., Спивак Г.В. Изв. АН СССР, сер. "Физическая", 1960, т. 24, № 6, стр. 679.
8. Шигина Л.Н. и др. "Неорганические материалы", 1968, т. 4, № 9, стр.1453.

УДК 620.187:621.315.592

В МИКРОЭЛЕКТРОНИКЕ



В настоящее время методы инфракрасной радиометрии применяются для анализа компоновки, контроля и испытания схем и узлов, для прогнозирования их надежности и срока службы [1]. Многие параметры и характеристики элементов полупроводниковых интегральных схем (усиление по току, напряжение смещения, прямые диодные характеристики, времена переключения, сопротивления, напряжения пробоя) зависят от температуры соответствующих участков схемы [2]. Кроме того, такие параметры, как долговечность металлизации при воздействии рабочих напряжений и долговечность

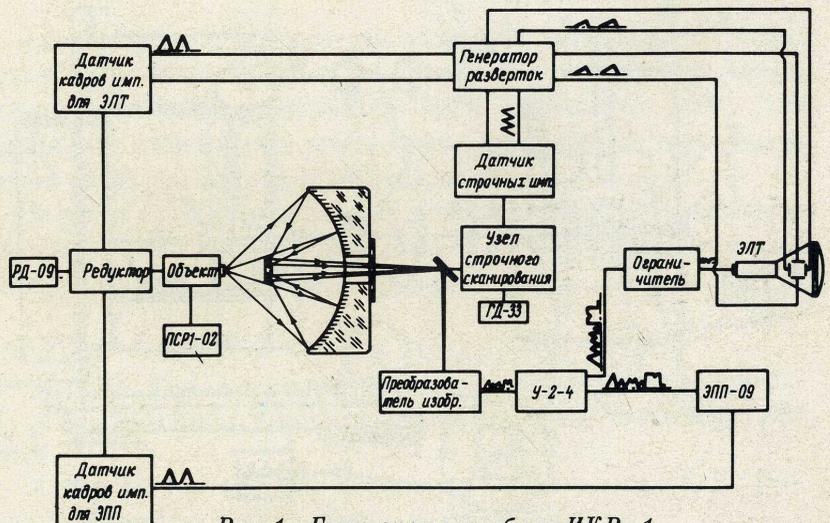


Рис.1. Блок-схема прибора ИКР-1

элементов ИС, определяющие надежность работы схемы, также зависят от температуры [3]. Используя методы инфракрасной радиометрии для определения допустимого количества тепла, которое может рассеиваться на рассматриваемом участке интегральной схемы при определенном расположении компонентов, разработчик может установить более выгодные режимы работы схемы в отношении рассеиваемой мощности.

Авторами разработан ИК радиометр, который может найти широкое применение при разработке и исследовании микроселектронной аппаратуры. Блок-схема прибора приведена на рис.1. Инфракрасное излучение от исследуемого объекта собирается объективом системы Кассегрена, формирующим тепловое изображение объекта приблизительно с 10-кратным увеличением на чувствительной площадке фотоспротивления (InSb). Фокусировка изображения осуществляется передвижением объекта вдоль оптической оси. Для установки исследуемого участка интегральной схемы на оптическую ось используется микроскоп с пятикратным увеличением. Точные границы сканируемого участка определяются при помощи микроскопа с увеличением $\times 350$. Оба микроскопа юстированы на оптическую ось объектива при помощи дифракционной точки, помещаемой

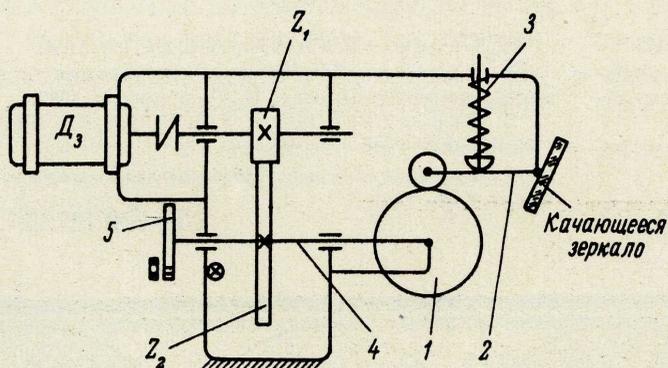


Рис.2. Кинематическая схема узла строчного сканирования:
1—пружина; 2 — коромысло; 3 — кулачок; 4 — вал; 5 — прерыватель

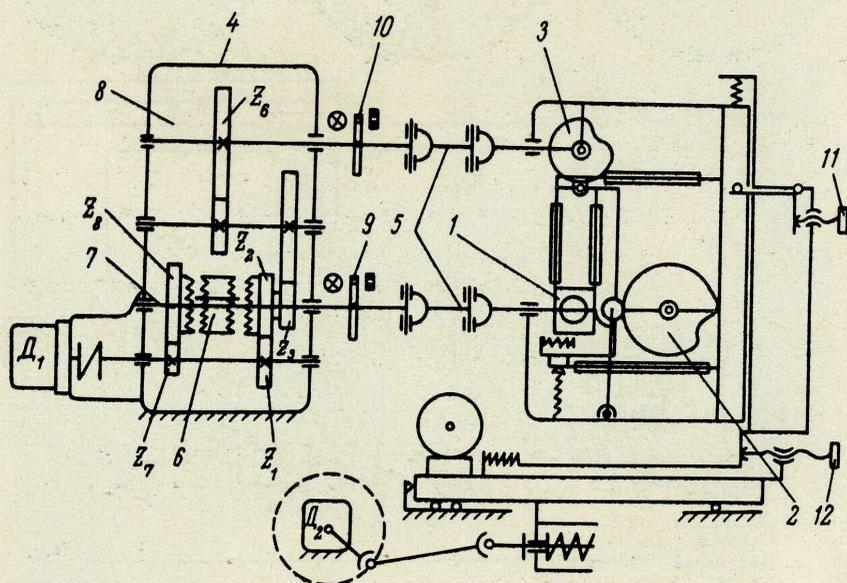


Рис.3. Кинематическая схема узла объекта

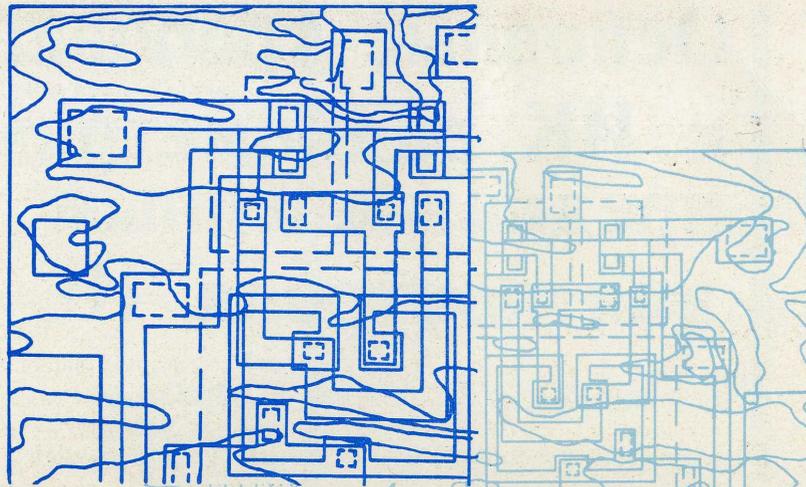
вместо объекта. Между объективом и фотоспротивлением находится качающееся зеркало узла строчного сканирования (рис.2). Закон развертки изображения объекта задается профилем кулачка. Вращение кулачка осуществляется от двигателя D_3 через зубчатую пару $Z_1 - Z_2$. Для уменьшения шума зубчатая шестеренка Z_1 выполнена из капрона. На одном валу с кулачком находится прерыватель датчика строчных импульсов. Колебание зеркала осуществляется от кулачка и пружины через коромысло.

Развертка объекта по кадру производится движением самого объекта. Узел объекта (рис.3) предназначен для закрепления, подведения питания и подогрева исследуемой схемы. Он обеспечивает необходимое сканирование объекта в двух взаимно перпендикулярных направлениях при работе на электронный пишущий потенциометр и по одной координате — при работе на электроннолучевую трубку. Закон развертки объекта 1 задается профилями кулачков. Вращение кулачков 2 и 3 осуществляется от двигателя D_1 через редуктор 4 и карданные валы 5.

При работе на пишущий потенциометр зубчатая муфта 6 находится в зацеплении с зубчатым колесом Z_2 . Вращение от двигателя передается на кулачковый механизм горизонтального сканирования через зубчатые колеса $Z_1 - Z_2$, а на кулачковый механизм вертикального сканирования — через зубчатые колеса $Z_3 - Z_6$. При работе на ЭЛТ вращается только кулачок 2 горизонтального сканирования (развертка по кадру), при этом зубчатая муфта 6 находится в зацеплении с зубчатым колесом Z_2 , и вращение вала 7 осуществляется через зацепление $Z_7 - Z_8$. На валах 7 и 8 находятся прерыватели 9 и 10 датчиков синхронизирующих импульсов. Выбор участка сканирования на объекте осуществляется винтовой парой 11-12.

В режиме работы на ЭЛТ узел объекта осуществляет развертку объекта по кадру. Разверт-

Рис. 4. Топология и температурное поле интегральной схемы



ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Площадь исследуемого объекта, мм ²	8x8
Площадь мгновенно исследуемого объекта, мм	2x2
Минимальная регистрируемая температура элемента разрешения, °С	40
Минимальная чувствительность по температуре на уровне минимальной регистрации, °С	2
В режиме работы на электроннолучевую трубку	
Разрешающая способность, мкм	40
Частота кадров в секунду	1/3–1/12
Число строк	74
В режиме работы на электронный пишущий потенциометр	
Разрешающая способность, мкм	25
Время записи одной строки, сек	150
Число строк	64
Время записи одного кадра, мин	160
Диапазон автоматически поддерживаемых температур на абсолютно черном теле и на объектодержателе, °С	25–150
Точность поддержания заданной температуры, °С	±2

Для определения температуры элементов интегральных схем прибор имеет нагреваемый объектодержатель, температура которого поддерживается в диапазоне 25–150°С с точностью ±2°С. Температурным датчиком при этом может служить любой проградуированный по температуре *p-n* переход исследуемой схемы.

На рис. 4 приведены топология и температурное поле интегральной схемы. Температурное поле построено по инфракрасному излучению, записанному на данном приборе.

ЛИТЕРАТУРА

1. IEEE Transaction, 1966, Sept., v. IM-15, N 13, p.89–93.
2. Semiconductor Products and Solid State Technology, 1967, March.
3. Walner M., Roschen T., Schlegel E. "Product Engineering", 1966, Sept., v. 37, N 20.

ка по строкам производится узлом строчного сканирования. Датчики синхронизирующих импульсов – кадровый и строчный – выдают синхроимпульсы на генератор разверток электроннолучевой трубки. Для обеспечения необходимого переднего фронта синхронизирующего импульса и повышения его амплитуды собран усилитель синхроимпульсов на транзисторах МП26Б. Эти импульсы подаются на сетки задающих генераторов разверток ЭЛТ. Примененная в приборе электроннолучевая трубка обладает достаточно длительным послесвечением, что позволяет наблюдать изображение объекта при длительности кадра 2–15 сек.

Скорость развертки при работе на пишущий потенциометр во много раз меньше, чем при работе на ЭЛТ. При кадре в 64 строки одна строка развертывается 150 сек. Поэтому для нормальной работы усилителя переменного тока перед фотосопротивлением находится модулятор с частотой модуляции 1500 *гц*. Для увеличения избирательности усилитель настраивается на резонансную частоту 1500 *гц*. Усиленный сигнал детектируется и подается на вход пишущего потенциометра. После окончания записи каждой строки строчный синхродатчик дает четкие отметки на диаграммной ленте, а кадровый синхродатчик по окончании записи автоматически останавливает всю систему записи и разверток.

Основные требования к ИК радиометрам, предназначенным для контроля ИС

В.П. СООЛЬ, Е.А. КОНОВАЛОВ, А.Н. БЕЗУС

В СТАТЬЕ ПРИВЕДЕНЫ ОСНОВНЫЕ СООТНОШЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПАРАМЕТРЫ ИК РАДИОМЕТРОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ.

Разрешающая способность по площади не может быть увеличена бесконечно. При очень малых размерах контролируемых площадок появляется ограничение, накладываемое длиной волны λ инфракрасного излучения. Если сканирование производится вдоль объекта, то минимально разрешимая длина l_{\min} будет составлять.

$$l_{\min} = \frac{\lambda}{\sin \alpha}, \quad (1)$$

где 2α — угол обзора объекта.

В то же время в соответствии с законом смещения Вина [1]

$$\lambda_{\max} T = \text{const} \approx 3000 \text{ мкм} \cdot \text{град}, \quad (2)$$

где λ_{\max} — длина волны в максимуме излучения для данной температуры, измеряемой в градусах Кельвина.

Пользуясь формулами (1) и (2), можно получить выражение для оценки минимально разрешимой длины в зависимости от температуры

$$l_{\min} \approx \frac{3000}{T \cdot \sin \alpha}, \quad (3)$$

Разрешающая способность по температуре ΔT_{\min} связана с максимальным разрешением по площади [2] соотношением

$$\Delta T_{\min} T^{5/2} A_{\min} = \frac{\sqrt{kR}}{4q\epsilon\sigma\sqrt{\tau_k} S \sin^2 \alpha}, \quad (4)$$

где R — сопротивление приемника, *ом*; k — постоянная Больцмана; ϵ — излучательная способность объекта; τ_k — постоянная времени канала, подключенного к выходу приемника, *сек*; S — чувствительность приемника, *в. вт⁻¹*; σ — постоянная Стефана-Больцмана, *вт. см⁻². град⁻⁴*; q — коэффициент, учитывающий потери в оптике и при модуляции.

Частота модуляции потока излучения должна быть выбрана таким образом, чтобы она не ограничивала линейной разрешающей способности радиометра. Иными словами, чтобы сигнал с контролируемого объекта "не затерялся", он должен содержать по меньшей мере один период.

Частота модуляции f_M должна удовлетворять неравенству

$$f_M \geq \frac{4l}{l_{\min} t_{\text{пр}}}, \quad (5)$$

где l — длина линии сканирования в плоскости объекта; $t_{\text{пр}}$ — время прямого хода строчной развертки; f_M — частота модуляции; n — оптимальное количество периодов (равно 4).

Погрешность измерений радиометра обусловлена влиянием нескольких факторов. Первый из них — ошибки в оценке истинного значения коэффициента излучательной способности объекта ϵ .

Вторым фактором, ограничивающим точность измерений, является погрешность устройств регистрации и измерительных приборов. При малых уровнях сигнала приходится учитывать уровень шумов приемника и усилителя. Нижний предел, или порог чувствительности радиометра, определяется уровнем шумов на выходе приемника и требуемой точностью измерений. Чем выше требуемая точность измерений, тем больше должно быть выбрано отношение сигнал-шум. Для большинства практических целей достаточно, чтобы уровень выходного сигнала превышал в четыре-пять раз уровень шумов.

С увеличением постоянной времени канала уменьшается уровень шумов и повышается точность измерений, но снижается быстродействие устройства. При измерении неустановившихся или быстро меняющихся тепловых режимов в вопросе выбора точности и быстродействия приходится принимать компромиссное решение.

Верхняя граница динамического диапазона радиометра определяется границей линейной зависимости выходного сигнала приемника и возможностями его линейного усиления. Искажения, обусловленные нелинейностью характеристик усилителя, можно устранить применением аттенюатора, а нелинейность из-за больших значений мощности на входе приемника наступает далеко за пределами требуемых значений благодаря высокой разрешающей способности по площади.

Скорость сканирования. Если контроль установленного теплового режима микросхемы производится после ее работы в течение 10–15 мин, то скорость сканирования не имеет решающего значения. Однако иногда возникает необходимость установить временную реакцию компонентов на тепловое воздействие. В этом случае выбору типа приемника, устройств сканирования и регистрации уделяется особое внимание. Между временем прямого хода строчной развертки $t_{пр}$ и суммарной постоянной времени канала τ_k и приемника $\tau_{пр}$ следует выдерживать соотношение

$$t_{пр} \gg \tau_{пр} + \tau_k \cdot \quad (6)$$

Это условие легко выполняется в реализуемых устройствах.

Кроме перечисленных требований в ряде случаев могут иметь существенное значение такие характеристики устройства, как площадь сканирования, время получения одного кадра, диапазон контролируемых температур и т.п.

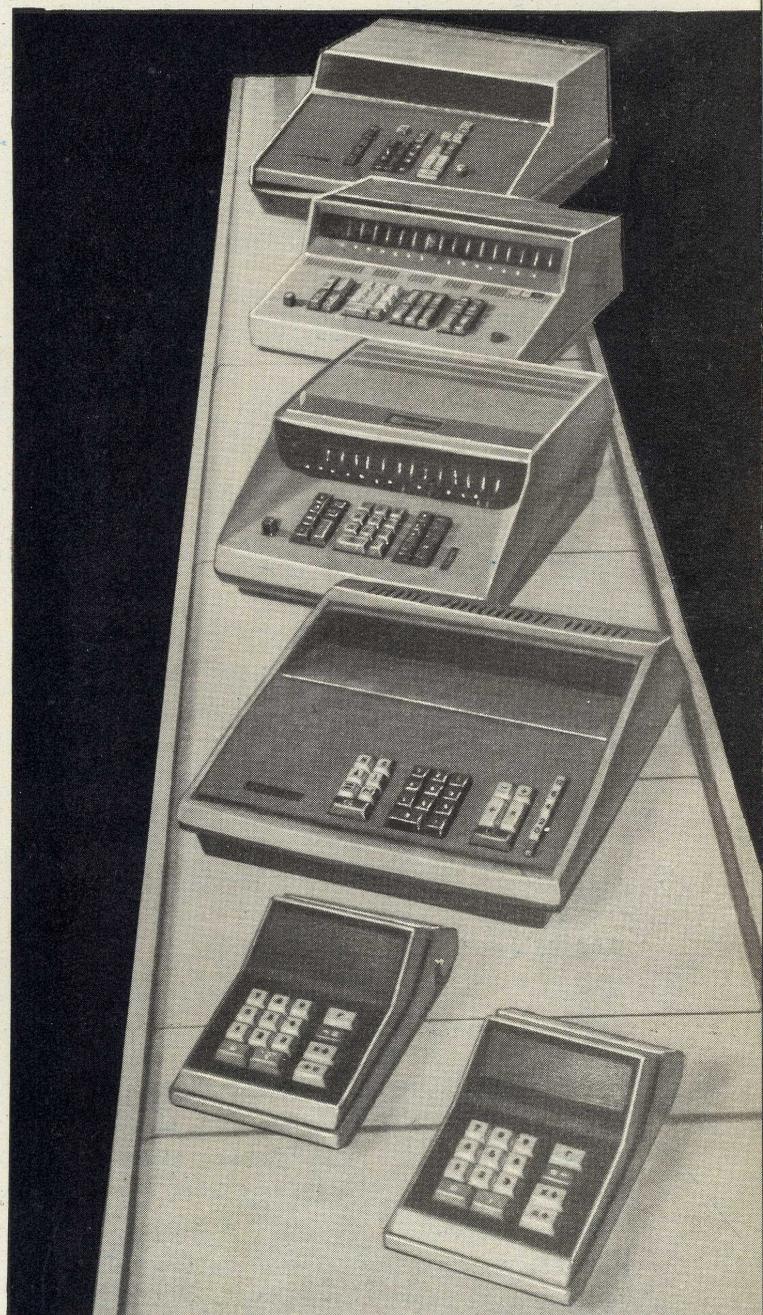
ЛИТЕРАТУРА

1. Брамсон М. А. Инфракрасное излучение нагретых тел. Изд-во "Энергия", 1964.
2. Kortum H. Über die Grenzen der Infrarotpyrometrie. "Messen-Steuern - Regeln", 1968, N 7.

УДК 621.382.82:[535.8:535.314.4]



ИЗДЕЛИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ - НАРОДНОМУ ХОЗЯЙСТВУ



АС-14М

Анализатор статистический



ПРЕДНАЗНАЧЕН для автоматической обработки статистической информации о качестве изделий и ходе технологического процесса производства изделий электронной техники.

Статистический анализатор может быть использован в системе централизованного контроля и управления технологическими процессами.

АВТОМАТИЗИРУЕМЫЕ ОПЕРАЦИИ

- вычисление среднего арифметического и дисперсии
- определение медианы
- подсчет количества брака в выборке
- представление гистограммы для визуального наблюдения

ВВОД ИНФОРМАЦИИ

автоматический или ручной

ВЫВОД ДАННЫХ О РАСПРЕДЕЛЕНИИ

на внешние устройства в двоичном параллельном коде

ЧИСЛО КЛАССОВ (ИНТЕРВАЛОВ) РАСПРЕДЕЛЕНИЯ до 12 ● ОБЪЕМ ВЫБОРОК 16; 20; 25; 30; 32; 40; 50; 60; 64; 80; 100; 120 ● ЧИСЛО КАНАЛОВ ВВОДА 3
СКОРОСТЬ ВВОДА ИНФОРМАЦИИ до 20имн/сек ● ВРЕМЯ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ НЕ БОЛЕЕ 5сек ● ГАБАРИТЫ 480х280х475мм ● ВЕС 15кг ● ПОТРЕБЛЯЕМАЯ МОЩНОСТЬ 30ва

ИЗДЕЛИЯ

ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

И ИХ

ПРИМЕНЕНИЕ

УСКОРИТЕЛЬ ЭЛЕКТРОНОВ

открывает

новые возможности

в технике

В. П. МАРИН

В. П. МАРИН

В настоящее время большое внимание уделяется вопросам промышленного применения радиации. Изучаются экономика этого вопроса и проблемы максимальной эффективности. Разрабатываются промышленные источники излучения, создаются методы и технология радиационной обработки металлов.

Наблюдения показали, что облучение материалов приводит к существенным изменениям их физических, химических, биологических и механических свойств. Проникая в вещество, ионизирующее излучение взаимодействует с атомами, в результате чего возникают

условия для образования новых связей в молекулах. Ионизирующие излучения нашли применение в медицине, биологии, генетике, сельском хозяйстве, пищевой промышленности и т.д. Изменение свойств облученных материалов позволило использовать ионизирующее излучение для улучшения характеристик этих материалов в химической, лакокрасочной, шинной промышленности. Представляется возможным дальнейшее расширение областей применения ионизирующего излучения в народном хозяйстве.

Источниками ионизирующих излучений являются атомные реакторы, радиоактивные изотопы, ускорители заряженных частиц. В народном хозяйстве в основном применяются электронные ускорители малых и средних энергий (до 30 Мэв). Выходные характеристики излучения линейных ускорителей могут быть рассчитаны для конкретного процесса (ускорители для промышленных целей с оптимальным коэффициентом использования излучения) либо предусматривается различная вариация характеристик в широких пределах (ускорительные установки, предназначенные для широкого круга исследований).

Рассмотрим некоторые области промышленного применения линейного электронного ускорителя типа ЭЛУ-5-1-5 — универсального источника ионизирующего излучения. Его технические характеристики приведены в работе [1].

В линейном ускорителе электронное излучение является первичным. Тормозное излучение и излучение нейтронов получают конвертированием на различных мишенях. При использовании ускорителя в качестве источника тормозного излучения необходим выбор оптимальной толщины мишени, чтобы при заданной энергии электронов получить максимальную энергию тормозного излучения.

Одно из преимуществ ускорителя ЭЛУ-5-1-5 как источника ионизирующих излучений — отсутствие наведенной радиации (активности) и безопасность в неработающем состоянии. На ускорителе ЭЛУ-5-1-5 были испытаны приборы и материалы для электронной техники на радиационную стойкость, исследовано влияние электронной бомбардировки на полупроводниковые приборы с целью стабилизации и улучшения их параметров, на инструментальные стали для направленного изменения их физических свойств и др.

НЕКОТОРЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛУ-5-1-5

Испытания элементов узлов и приборов электронной техники. Потоки электронов и протонов больших энергий воздействуют на радиоэлектронную аппаратуру. Для определения степени воздействия ионизирующих излучений на электронные приборы следует, прежде всего, оценить влияние излучения на физические свойства конструктивных материалов, используемых в этих приборах. Электронный поток незначительно изменяет физические свойства меди (в частности, электросопротивление и модуль Юнга) [2], не изменяет электрические и механические свойства керамики 22-ХС [3]. Наиболее чувствительным к электронному облучению оказался прессованный компаунд КГ-184: пробивная прочность компаунда после облучения электронным потоком значительно уменьшилась.

Изучение влияния воздействий электронного потока на конструкционные элементы и параметры электронных приборов является важным фактором при разработке приборов и выработке рекомендаций и предложений по применению и защите изделий электронной техники от ионизирующих излучений. Исследования показали, что наиболее чувствительным элементом ЭВП к воздействию ионизирующего излучения является катод, который определяет работоспособность прибора. Ионизирующие излучения, воздействуя на катодные материалы, создают дефекты в его структуре, в результате чего изменяются многие свойства материала и распределение активного материала по поверхности и в толще. Обнаружено увеличение плотности тока термоэмиссии у импрегнированных катодов. Время активирования катодов за счет облучения сокращено в пять раз [4]. При обработке ионизирующими излучениями оксидных катодов и катодов из редкоземельных металлов увеличивается термоэмиссионный ток.

Полупроводниковые приборы наиболее чувствительны к проникающему излучению. Ускоритель ЭЛУ-5-1-5 применяется не только для изучения радиационной стойкости полупроводниковых приборов, но и для проведения работ по улучшению и стабилизации их параметров. В Японии электронные ускорители также применяются при производстве полупроводниковых приборов. Методика ускорения диффузии примесей в кристаллической решетке облученного полупроводникового материала рассматривается в работе [5]. Облучение приводит к формированию дефектов решетки (вакансий, смещенных атомов), наличие которых значительно (в десятки раз) ускоряет процесс диффузии. Установлено, что процесс диффузии идет в основном в локализованной области, подвергнутой облучению. Диффузия бора в кремний n-типа, облученного электронами с энергией 1 Мэв, происходит на глубину 1 мм при температуре 1000°C за 30 мин. Время технологического процесса изготовления полупроводниковых приборов значительно сокращается.

Обработка полимерных соединений — одна из немногих областей применения ионизирующих излучений, которая вышла за рамки исследований и дошла до промышленных процессов благодаря хорошим полученным результатам. Эффективность применения ионизирующих излучений определяется двумя факторами: с одной стороны — эффектами, получаемыми от облучения; с другой стороны — экономической целесообразностью.

Рассмотрим свойства облученных полимерных материалов. Ионизирующие излучения в таких полимерах, как полиэтилен, нейлон, полистирол, фторэтилен и других, изменяют строение молекул, происходит так называемый процесс "сшивания". Полиэтилен, нейлон до обработки ионизирующими из-

лучениями имеют температуру плавления 100–110°C; после облучения температура плавления повышается до 350°C. Полиэтилен и фторэтилен обладают свойством текучести в холодном состоянии и не прочны механически. Обработка их ионизирующим излучением увеличивает прочность и значительно уменьшает текучесть. Полиэтилен хорошо растворяется в масле и в органическом растворителе. После обработки ионизирующим излучением он становится нерастворимым, и лишь при длительном пребывании в растворителе происходит незначительное набухание (за счет процесса "сшивания" растворитель не может проникнуть внутрь молекулы).

Поливинилхлорид горюч и растворим в воде. Модифицированный полиэтилен-полиэфир (после внесения определенных добавок и облучения) не горит, электрически прочен.

Применение ионизирующих излучений экономически оправдано в том случае, если число молекул продукта, образующихся на каждые 100 эв поглощаемой энергии, превышает 10^5 .

Свойство полимерных материалов изменяться в результате облучения и добавления соответствующих наполнителей используется для производства теплостойких проводов и кабелей. Так, фирма Raytheon изготавливает провода и кабели с двойной изоляцией, устойчивые к высоким температурам. Первичная изоляция обладает высокими физическими и электрическими свойствами, вторичная — отличными механическими свойствами. Эти провода и кабели используются при напряжениях до 600 в (при $W_{из}$ 0,19 мм, $\sigma = 500$ кг/см², $T = 180^\circ\text{C}$) и до 2500 в (при $W_{из}$ 0,5 мм, $\sigma = 190$ кг/см², $T = 135^\circ\text{C}$).

Провода и кабели, изоляционный материал которых предварительно облучался, имеют значительно меньший внешний диаметр и вес по сравнению с другими температуростойкими проводами. Облученные полимерные соединения применяются также для изоляции коаксиальных проводов.

Такое уникальное свойство облученного полимерного материала, как сохранение первоначальных размеров и форм (эффект "памяти"), способствует его применению для соединения проводов без пайки (кембрики), изготовления корпусов для полупроводниковых приборов, соединения сварными муфтами, фасонными муфтами.

Облученная полимерная деталь раздувается сжатым воздухом, надевается на защищаемые элементы и сопрягаемые углы, нагревается воздухом до температуры 350°C, а затем в течение 10 сек уменьшается до первоначального размера (свойства облученного полимера при этом сохраняются. Технологический процесс изготовления таких соединений легко автоматизировать, применив довольно простое оборудование.

Создана технология изготовления термоусаживающейся трубки (эффект "памяти") из полиэтилена высокого давления и теплостойкой пленки из полиэтилена низкого давления.

Приведенные ниже свойства термоусаживающейся трубки (эффект "памяти") и пленки из полиэтилена, подвергнутых ионизирующему излучению, сравниваются со свойствами зарубежных аналогов.

Термоусаживающаяся трубка (СССР)	Трубка FIT-290 (фирма Alpha Wire Corp.)	
Диаметр, мм	4–40	1–25
Усадка, %		
по диаметру	50	50
по длине	20	10
Длина отрезка трубки, м	до 100	0,6–0,15
Температура усадки, °C	120–130	135
Режим длительной эксплуатации, °C	100	135
	(в течение 5000 ч)	
Прочность на разрыв, кг/см ²	200	175
Относительное удлинение, %	300	200
Удельное объемное сопротивление, ом·см	$6 \cdot 10^{15}$	10^{16}
Электрическая прочность, кв/мм	70–100	50

Пленка из полиэтилена -- толщина 0,02 мм (СССР)	Пленка "Urraten" -- толщина 0,125 мм (фирма General Electric)	
Предел прочности при растяжении, кг/см ²	500	126–154
Относительное удлинение, %	320	500–600
Электрическая прочность, кв/мм при температуре 25°C	140	100
при температуре 50°C	100	92
Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 10^6 гц	0,0003	0,0005
Режим, °C		
длительной эксплуатации	от -60 до +120	100–110
кратковременной эксплуатации	150–180	150–200

По ряду параметров разработанная в СССР термоусаживающаяся трубка не уступает трубке FIT-290, а полиэтиленовая пленка по всем параметрам превосходит пленку "Urraten". Затраты на процесс облучения 1 кг пленки на ускорителе ЭЛУ-5-1-5 не превышают 0,7 руб., что составляет 5–10% стоимости пленки.

■ **Изменение свойств сталей и сплавов.** Современный уровень техники предъявляет высокие требования к эксплуатационным характеристикам конструкционных, нержавеющей, жаропрочных, инструментальных и специальных сталей и сплавов. Среди различных методов изучения строения металлов и сплавов особенно эффективным

является применение электронного облучения, так как при облучении количество возникающих дефектов конкретного типа находится в зависимости от плотности излучения. Радиационные дефекты (вакансии и межузельные атомы) имеют довольно высокую подвижность уже при комнатных температурах, что ведет к ускорению диффузии в металлической решетке. В сплавах это явление может быть использовано для изменения физических и механических свойств.

Облучение может интенсифицировать протекающие фазовых превращений в сплавах. В последнее время в литературе появились данные по воздействию облучения на распад аустенита в стали [6]. При электронном облучении высокоуглеродистых сталей возможно протекание специфических процессов, связанных с взаимодействием атомов углерода с вакансиями, возникшими в процессе облучения [7]. Изучение подобных явлений, возникающих при электронном облучении, поможет полнее понять физическую природу многих свойств металлов и целенаправленно изменять эти свойства.

Для дальнейшего расширения областей применения ускорителей в народном хозяйстве необходимо увеличивать количество исследовательских работ и создавать высокоэффективные ускорители с энергией электронов до 10 Мэв (с глубокой регулиров-

кой энергии и тока), что позволит повысить производительность многих промышленных процессов.

Автор выражает признательность В.М.Пролейко за постановку работ в области исследований влияния ионизирующего излучения на свойства материалов, технологию изготовления и параметры электронных приборов, а также в области внедрения электронных ускорителей в промышленные процессы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быков А.П. и др. Линейный ускоритель электронов серии "Электроника" типа ЭЛУ-5-1-5. "Электронная промышленность", 1970, № 1, стр. 39.
2. Шалаев А.М. Действие ионизирующих излучений на металлы и сплавы. Атомиздат. 1967.
3. Сб. "Влияние облучения на материалы электронных схем". М. Атомиздат. 1967.
4. Шанин Ю.Н. и др. Влияние γ -излучения на некоторые характеристики импрегнированного катода. "Электронная техника", сер. 10. "Технология и организация производства", 1969, №5(30).
5. Патент Японии 1.136.924, 1968.
6. Конозенко И.Д., Круликовская М.П. "Изв. АН СССР", сер. "Металлы" 1969, № 6, стр. 134-137.
7. Крицкая В.К., Ильина В.А., Быстров Л.М. "Доклады АН СССР", 1969, т. 186, № 1, стр. 89-91.

УДК 621.384.64

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ СВЕРХОПЕРАТИВНЫЕ ЗАПОМИНАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

В.М.ГУСАКОВ, А.А.ОРЛИКОВСКИЙ,
Б.В.ОРЛОВ, Д.О.ЧУТУЕВ

Краткий обзор по схемотехнике и параметрам типовых элементов хранения информации, применяемых в зарубежных стандартных полупроводниковых сверхоперативных запоминающих устройствах.

Достигнутые в последние годы успехи в области технологии изготовления интегральных схем (повышение процента выхода годных на пластине, существенное увеличение плотности элементов в кристалле, освоение многослойной металлизации, применение машинного проектирования и т.п.) способствовали расширению работ по созданию полу-

проводниковых запоминающих устройств (ЗУ) и их дальнейшему использованию в ЦВМ. В настоящее время значительную часть выпускаемых за рубежом интегральных схем (ИС) с высоким уровнем интеграции составляют полупроводниковые ЗУ и сдвиговые регистры на МОП-транзисторах.

Устройства для хранения дискретной информации на полупроводниковых ИС начинают конкурировать с устройствами на магнитных материалах по таким параметрам, как быстродействие, информационная плотность, надежность, стоимость и др. Важнейшее преимущество полупроводниковой памяти перед магнитной заключается в возможности объединения на одном кристалле элементов хранения и периферийных схем благодаря их электрической, технологической и конструктивной совместимости. В первую очередь это относится к сверхоперативным запоминающим устройствам (СОЗУ).

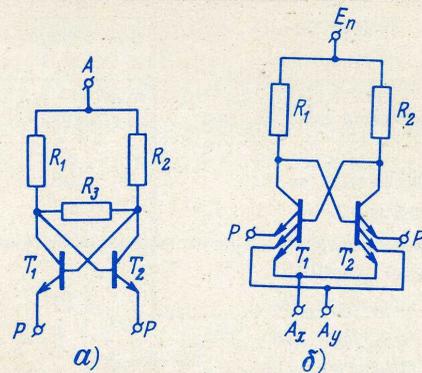
Внедрение быстродействующих полупроводниковых СОЗУ привело к резкому увеличению производительности таких ЦВМ, как Honeywell 4200/8200, IBM 360/85, SDS Sigma-5 и Sigma-7. Скорость ввода и вывода информации типового варианта серии ЦВМ Sigma-7 (фирма Scientific Data Systems) составляет около 160 млн. *дв.зн/сек.* Такая производительность получена благодаря новой организации блока памяти, в котором применено быстродействующее полупроводниковое СОЗУ емкостью 8 бит фирмы Signetic [1]. Предполагается, что в ЦВМ ILLIAC-IV (фирма Burroughs) скорость обработки информации будет увеличена до 1 млрд. *опер./сек.* за счет использования 256 центральных вычислительных устройств, объединенных каналом связи. Для этих целей разработано полупроводниковое СОЗУ объемом 2048 слов по 64 бит каждое с временем цикла 200–250 *нсек* [2].

В настоящее время наибольшее распространение среди полупроводниковых систем памяти получили СОЗУ на биполярных и МОП-структурах.

■ Полупроводниковые СОЗУ на биполярных транзисторах (БТ) характеризуются высоким быстродействием. Основную часть номенклатуры стандартных subsystemов составляют СОЗУ малой информационной емкости (до 64 бит) с удельной потребляемой мощностью до 10 *мвт/бит* и быстродействием 15–60 *нсек.* Такие схемы в основном

выполняются на многоэмиттерных транзисторах (МЭТ) и имеют двух- или трехкоординатную выборку.

В СОЗУ с наибольшим быстродействием применяются элементы хранения на токовых транзисторных ключах. Поскольку элементы хранения на токовых транзисторных ключах занимают в четыре–пять раз большую площадь, чем схемы на МЭТ, их промышленное внедрение стало возможным лишь после достижения определенных успехов в технологии изготовления ИС с тонкими диффузионно-эпитаксиальными слоями и малыми размерами компонентов. В большинстве случаев применяются элементы хранения на МЭТ, позволяющие получить относительно высокую информационную плотность (рис.1).



1 Схемы элементов хранения информации на биполярных транзисторах

Монтируются СОЗУ в стандартные корпуса с 14 и 16 выводами. На кристаллах, кроме элементов памяти, размещаются, как правило, дешифраторы, усилители записи и считывания, которые по уровню электрических сигналов и быстродействию согласуются с логическими схемами типа ДТЛ и ТТЛ. Основные параметры стандартных СОЗУ малой емкости приведены в табл.1.

Таблица 1

СОЗУ МАЛОЙ ЕМКОСТИ НА БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРАХ

Параметры	Тип схемы и фирма-изготовитель					
	1283 Signetics	ECL2550 Texas Instruments	TMC 3262/4 Transitron	MC 1036 Motorola	1288 Signetics	TMC 6264/4 Transitron
Информационная емкость, бит	8(8×1)	8(4×2)	16(16×1)	16(16×1)	32(8×4)	64(16×4)
Время считывания, нсек	60	6	20	17	30	60
Потребляемая мощность, мвт	200	500	175	250	250	350
Размеры кристалла, мм	1,8×1,8	2,5×3,0	—	2,0×2,2	2,5×2,5	2,0×2,5
Число выводов	10	22	14	14	14	16
Температурный диапазон, °С	—	0–70	от –55 до +125	0–70	0–70	0–70
Тип транзистора	МЭТ	ТКК	МЭТ	МЭТ	МЭТ	МЭТ
Тип схемы согласования	ТТЛ, ДТЛ	ЭСЛ	ТТЛ	ЭСЛ	ТТЛ	ТТЛ

В СОЗУ емкостью восемь четырехразрядных слов используются элементы памяти на четырех-эмиттерных транзисторах, что позволяет реали-

зовать трехкоординатную выборку и существенно упростить дешифратор. Увеличение информационной плотности СОЗУ до 64 бит достигается благо-

даря применению двухслойной металлизации и малых размеров компонентов. Кристалл размером $2 \times 2,5$ мм содержит до 550 компонентов [3].

Для повышения быстродействия элементов памяти на МЭТ используются диоды с барьером Шоттки, шунтирующие коллекторные переходы транзисторов. Создается нелинейная обратная связь между коллектором и базой, которая предотвращает глубокое насыщение транзистора и дает возможность существенно снизить величину задержки сигнала при его включении. Время цикла СОЗУ снижается на 30–40%. Например, СОЗУ емкостью

256 бит, выполненное на МЭТ и диоде с барьером Шоттки, имеет время цикла 70 нсек (фирма Intel Corp.) [4].

СОЗУ емкостью $10^3 - 10^5$ бит и временем обращения 50–200 нсек выпускаются в виде полупроводниковых или гибридных ИС с высоким уровнем интеграции. Наибольшее распространение получили гибридные БИС, в которых бескорпусные ИС с малым или средним уровнем интеграции смонтированы на подложке с многослойной системой металлизации. Основные параметры таких СОЗУ приведены в табл.2.

Таблица 2

СОЗУ БОЛЬШОЙ ЕМКОСТИ НА БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРАХ

Параметры	Фирма-изготовитель				
	Bell Telephone Lab's	Raytheon	Texas Instruments	Motorola	IBM Corp.
Информационная емкость, бит	1024 (64 × 16)	1024 (128 × 8 или 256 × 4)	2048 (64 × 32)	4096 (64 × 64)	9216 (512 × 18)
Время считывания, нсек	50	30	50	100	7
Время записи, нсек	50	35	50	100	12
Удельная потребляемая мощность, мвт/бит	3,2	2	0,3*	2	1,75
Емкость кристалла, бит	16	64	—	256	64
Площадь кристалла, мм ²	0,71	3,75	—	10,8	28**
Площадь подложки, см ²	7,5	29	8,05	25,8	4,06
Размеры элемента хранения, мм	110 × 140	100 × 100	200 × 320	150 × 200	200 × 200

* Без учета мощности, потребляемой периферийными схемами.
 ** Для подсистемы, состоящей из двух кристаллов, без схем управления.

Фирма Bell Telephone Lab's разработала СОЗУ емкостью 1024 бит с временем считывания 50 нсек, выполненные на 64 кристаллах с формирователями адресных сигналов и на 64 кристаллах по 16 элементов хранения в каждом. Кристаллы снабжены балочными выводами и расположены на подложке из оксидированного кремния размером $2,5 \times 3,0$ см. Элементы хранения площадью 110×140 мм (см.рис.1, а) изолированы друг от друга смещенными в обратном направлении p-n переходами между коллекторной областью и подложкой. Коллекторные области транзисторов используются в качестве резисторов, подключаемых к адресной шине. Однако простота принципиальной схемы элемента памяти, содержащего всего два p-n транзистора, обуславливает применение сложных адресных и разрядных периферийных схем. Кроме того, такой элемент памяти характеризуется низкой помехозащищенностью (35 мв в режиме записи). Поскольку периферийные схемы и элементы хранения размещены на разных кристаллах, информационная емкость СОЗУ ограничивается числом кристаллов, которые могут быть объединены на одной подложке [5].

Принципиальная схема стандартных элементов хранения емкостью 16 бит с двухкоординатной выборкой приведена на рис.1, б.

В СОЗУ фирмы Motorola используются 16 кристаллов с 256 элементами хранения каждый, дешифраторами и другими периферийными схемами. Кристаллы с балочными выводами монтируются на диэлектрической подложке площадью 25 см². Высокая информационная плотность СОЗУ (160 бит/см²) получена за счет применения элементов на МЭТ и двухслойной системы соединений на кристалле [6].

Фирма Texas Instruments разработала большие СОЗУ на биполярных транзисторах в рамках проекта MERA по контракту с ВВС США. Модуль СОЗУ емкостью 256 слов по 25 разрядов монтируется на четырех больших кристаллах с элементами хранения и формирователями сигналов выборки, на двух кристаллах с дешифраторами и на одном кристалле с разрядными периферийными схемами. Четыре модуля могут быть объединены в блок емкостью 1024 слова с временем выборки 270 нсек. Задержка сигнала выборки в кристаллах с элементами хранения составляет 30 нсек. Умень-

шение потребляемой элементом памяти мощности в режиме хранения до 0,3 мвт достигается снижением напряжения питания до 1–2 в. Удельная мощность модуля СОЗУ – 3,5 мвт/бит [6].

■ Полупроводниковые СОЗУ на МОП-транзисторах отличаются высокой плотностью упаковки благодаря малым размерам транзисторов и отсутствию изолирующих слоев между ними. Типичное время цикла СОЗУ даже при сравнительно небольшой емкости памяти не менее 1 мксек. Значительно более высокого быстродействия СОЗУ (порядка 100 нсек) можно достичь при использовании в формирователях импульсов записи и усилителях считывания биполярных транзисторов.

Выпускаются СОЗУ двух типов: с произвольной и последовательной выборками.

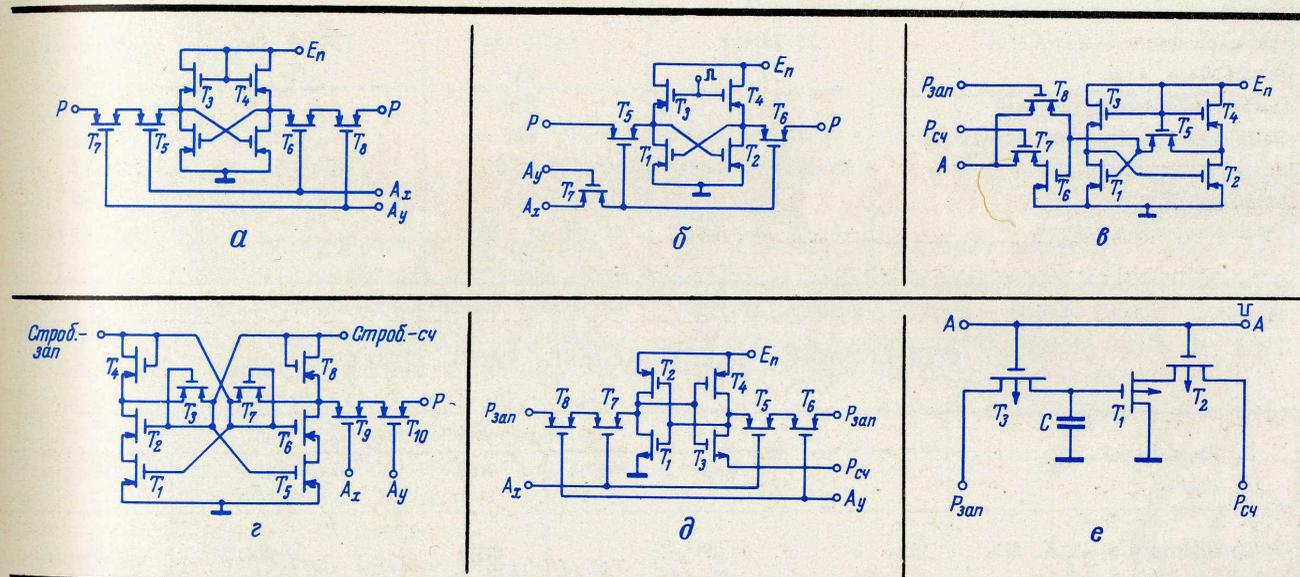
● СОЗУ с произвольной выборкой строятся на элементах, представляющих собой симметричные триггеры. В настоящее время разработано более 10 элементов хранения на МОП-транзисторах с различными электрическими схемами, некоторые из которых приведены на рис. 2.

напряжение основного источника питания и тем самым уменьшить потребляемую элементом мощность

Подключение импульсного источника питания к затворам нагрузочных транзисторов (рис. 2, б) или одновременно к их затворам и стокам (рис. 2, в) дает возможность снизить потребляемую элементом хранения мощность до величины порядка 10 мквт. Частота импульсов выбирается с таким расчетом, чтобы за время паузы между импульсами входная емкость транзистора T_1 или T_2 не успела потерять накопленный заряд. Транзистор T_5 , включенный в цепь положительной обратной связи триггера, обеспечивает устойчивый к помехам режим записи.

В элементе хранения динамического типа (рис. 2, в) используются два источника напряжения, импульсы которых смещены относительно друг друга по фазе. Процесс записи и считывания совпадает с приходом стробирующих импульсов ("строб.-зап." и "строб.-сч." соответственно).

Схемы на взаимодополняющих МОП-транзисторах (рис. 2, д) потребляют мощность в режиме хранения 10^{-7} вт, определяемую токами утечки.



2 Схемы элементов хранения информации на МОП-транзисторах

Статические СОЗУ с двухкоординатной выборкой строятся на элементах хранения, принципиальная схема которой приведена на рис. 2, а. Схемы совпадения адресных сигналов (A_x и A_y , где A – адресная шина) реализованы на транзисторах T_7 , T_8 и T_6 , T_5 . В схемах со словарной выборкой достаточно использовать два симметрично включенных транзистора с объединенными затворами. Затворы транзисторов T_3 и T_4 , выполняющих роль высокоомных нелинейных резисторов, могут быть подключены к отдельному источнику питания с напряжением, превышающим $E_{п}$, что обеспечивает линеаризацию характеристик нагрузочных МОП-резисторов и, следовательно, более высокое быстродействие элемента, а также позволяет снизить

Схема работает от одного источника питания, напряжение которого превышает сумму пороговых напряжений p - и n -канальных МОП-транзисторов и равно 10 или 12 в. Применение более низкоомных МОП-резисторов в элементах хранения на взаимодополняющих транзисторах обеспечивает большее быстродействие по сравнению с элементами на одноканальных транзисторах.

Разработки в области СОЗУ на МОП-транзисторах ведутся в направлении снижения потребляемой мощности либо путем уменьшения пороговых напряжений транзисторов, либо путем повышения быстродействия за счет применения новых технологических процессов, таких как изготовление транзисторов на изолирующих подложках, ионное

легирование кремния, создание транзисторов с кремниевым затвором.

Фирма Intel Corp. выпускает большую интегральную схему СОЗУ на р-канальных транзисторах с кремниевым затвором [7]. Емкость таких БИС 1024 бит, время цикла 100–150 нсек. Элемент хранения содержит три р-канальных транзистора (рис.2, е). Информация накапливается в виде заряда на конденсаторе С. Импульсы выборки при записи и считывании существенно различаются по амплитуде. Запись производится при подаче импульса выборки большой амплитуды (-20 в), который полностью открывает транзистор T_1 , и конденсатор С заряжается до напряжения, имеющегося на шине записи $P_{\text{зап}}$. В процессе считывания без разрушения информации подается импульс выборки малой амплитуды (-3 в), и транзистор T_1 остается

закрытым. Если на конденсаторе малое напряжение, то транзистор T_1 заперт, и при подаче импульса считывания высокий отрицательный потенциал на разрядной шине $P_{\text{сч}}$, созданный ранее, измениться не может. Транзистор T_1 открыт при наличии на конденсаторе напряжения большой амплитуды. При поступлении импульса считывания транзистор T_2 открывается, что приводит к разряду емкости через цепи сток–исток транзисторов T_1 и T_2 . В СОЗУ регенерация осуществляется периодически с частотой 500 $\mu\text{с}$, так как информация может разрушаться из-за медленного разряда конденсатора С. Время, затрачиваемое на регенерацию, составляет примерно 1% общего времени цикла СОЗУ.

Основные параметры СОЗУ с произвольной выборкой на МОП-транзисторах приведены в табл.3и4.

Таблица 3

СОЗУ МАЛОЙ ЕМКОСТИ НА МОП-ТРАНЗИСТОРАХ

Параметры	Тип схемы и фирма-изготовитель			
	CD 4005 RCA	MC 1170 Motorola	Bell Telephone Lab's	TMS7A 4003MC Texas Instruments
Информационная емкость, бит	16 (16 × 1)	64 (16 × 4)	128 (16 × 8)	256 (16 × 16)
Время цикла, нсек	70	400	100	200
Потребляемая мощность, мвт	1,6	250	5	230
Количество компонентов в схеме	128	512	768	2048
Размеры кристалла, мм	1,5 × 1,5	2,0 × 2,0	1,5 × 1,5	3,0 × 3,0
Число выводов	14	14	—	40
Температурный диапазон, °С	от -55 до +125	от -55 до +85	—	от -55 до +85

Таблица 4

СОЗУ БОЛЬШОЙ ЕМКОСТИ НА МОП-ТРАНЗИСТОРАХ

Параметры	Фирма-изготовитель				
	Fairchild	Nippon Electric **	BTL	Philco-Microelectronics ***	Bunker-Ramo **
Информационная емкость, бит	64 × 4	256 × 25	1024	2048 × 20	1024 × 30
Информационная плотность, бит/см ²	6 · 10 ² (8,5 · 10 ²)*	2 · 10 ²	6,2 · 10 ³	2,37 · 10 ²	1,2 · 10 ³
Информационная емкость кристалла, бит	64 (16 × 4)	1	128 (16 × 8)	128 × 16	64 × 1
Время цикла, мксек	3	0,15	0,11	0,20	1
Потребляемая мощность, мвт/бит	600	60	40	100 (10)*	110 (30)*

* Только для накопителя.
 ** Периферийные схемы на биполярных транзисторах.
 *** Буферные каскады на биполярных транзисторах.

■ Полупроводниковые СОЗУ последовательного типа представляют собой замкнутые сдвиговые регистры с циркулирующей в них информацией. Они широко применяются в блоках обработки информации ЦВМ.

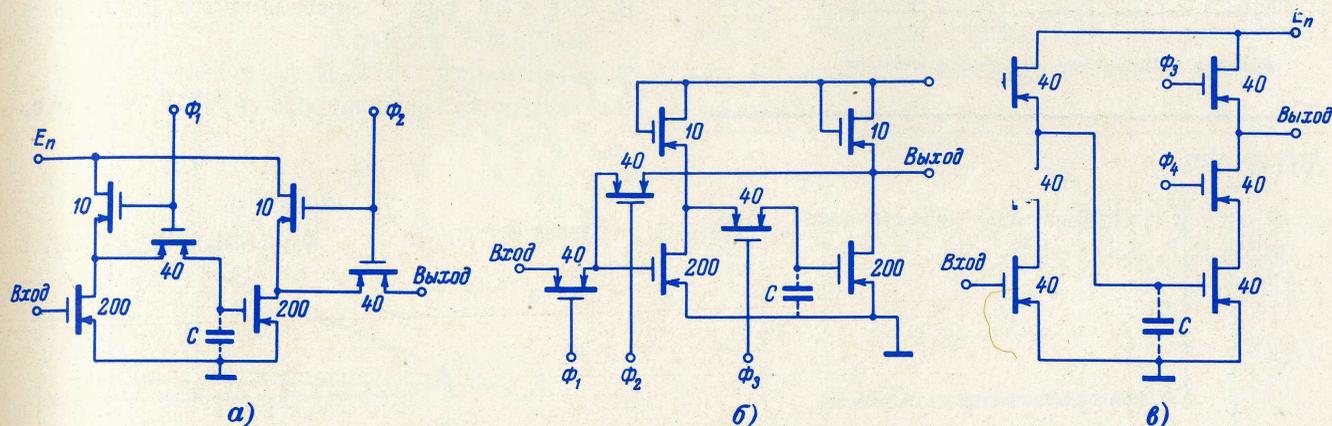
Главным достоинством регистровых СОЗУ на МОП-транзисторах, так же как и элементов дина-

мического типа для СОЗУ с произвольной выборкой, является малая потребляемая мощность в режиме хранения, обусловленная токами утечки. Обычно емкость этих СОЗУ не превышает 5 · 10³ бит.

В настоящее время сдвиговые регистры составляют около половины всех схем на МОП-тран-

зисторах, выпускаемых зарубежными фирмами. Наиболее распространенные схемы на двух-, трех- и четырехтактных динамических элементах приведены на рис.3. Двух- и трехтактные элементы (рис.3, а и б) сдвиговых регистров выполнены на транзисторах, имеющих определенные соотношения между значениями крутизны (цифры на рисунках обозначают величину крутизны в микроамперах на вольт), что ограничивает допуски на разброс параметров транзисторов. Двух- и трехтакт-

стоящее время, служит 1024-разрядный регистр типа 1404 фирмы Intel (США), потребляющий мощность 0,4 мвт/бит и работающий на частотах до 5,0 Мгц. Ожидается, что схемы на МОП-структурах будут обладать быстродействием, соизмеримым с ИС на биполярных транзисторах. Американские фирмы выпускают регистр сдвига с быстродействием 25 Мгц и емкостью 64 бит [9] и 50-разрядный регистр сдвига с тактовой частотой до 90 Мгц [10].



3 Схемы сдвиговых регистров на МОП-транзисторах с двухтактным (а), трехтактным (б) и четырехтактным (в) питанием

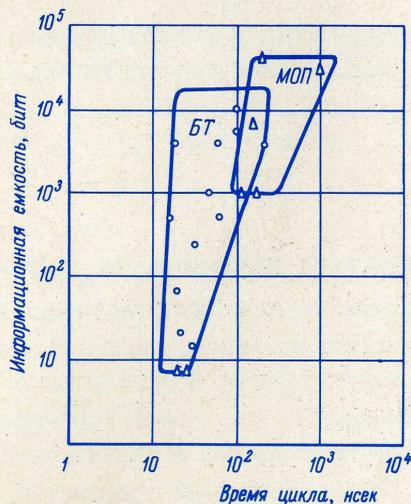
ные схемы потребляют мощность 0,2–2 мвт/разряд (в зависимости от абсолютных значений крутизны транзисторов) при максимальных частотах сдвига 0,5–2 Мгц, которые ограничены величинами сопротивлений МОП-резисторов и шунтирующих их емкостей. Для двух- и трехтактных схем повышение быстродействия сопровождается увеличением потребляемой мощности. Четырехтактная схема (рис.3, в) реализуется на одинаковых транзисторах, размеры которых обусловлены точностью совмещения фотошаблонов. Элемент потребляет мощность только в режиме переключения, поэтому приведенная мощность на частоте 1 Мгц составляет 0,02–0,04 мвт/разряд. Максимальная рабочая частота четырехтактных схем 2–10 Мгц [8]. Минимальная рабочая частота в трехтактных схемах не ограничена, тогда как в схемах с четным числом тактов вследствие влияния токов утечки транзисторов она находится в диапазоне 1–10 кгц.

Сдвиговые регистры изготавливаются также на статических триггерных элементах, в которых используются МОП-транзисторы. Они уступают сдвиговым регистрам на динамических элементах по таким основным параметрам, как максимальная рабочая частота (2 против 10 Мгц) и потребляемая мощность (1,5 против 0,8 мвт/бит на частоте 1 Мгц).

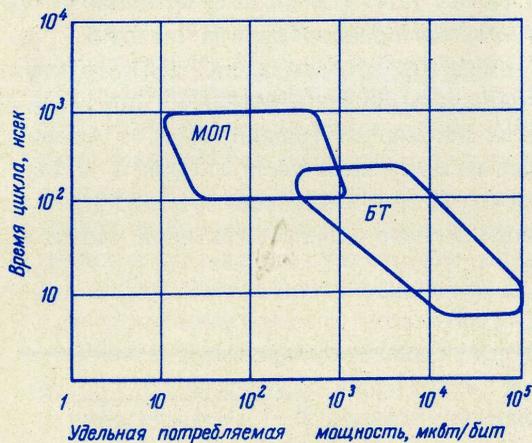
Типовым примером динамических регистров сдвига на МОП-транзисторах, выпускаемых в на-

Области достижимых значений параметров СОЗУ на ИС различных типов в координатах "информационная емкость – время цикла" показаны на рис.4, а в координатах "время цикла – удельная потребляемая мощность" – на рис.5.

4



Целесообразно и экономически оправдано применение СОЗУ на биполярных транзисторах при времени цикла менее 100 нсек и на МОП-транзисторах при времени цикла не менее 300 нсек. Диапазон времени от 100 до 300 нсек перекрывается при совместном использовании этих двух структур.



5

2. Rice R. et al. "IEEE J. of Solid State Circuits", Oct. 1970, v.SC-5, N 5, p.174-181.
3. "Microelectronics", 1970, May, v.3, N 5, p.30-35.
4. Филдс. "Электроника" (русс.перевод), 1970, № 5, стр.53-57.
5. Ywersen J.E. et al. "IEEE J. of Solid-State Circuits", 1967, Dec. v.SC-2, p.196-201.
6. Dunn R.S. International Solid State Circuits Conference. Febr., 1967, v.10, p.48-49.
7. Hoff M.E. "Electronics", 1970, v.43, N 16, p.68-73.
8. Seely I.L. "Semiconductor Products", 1967, N 3, p.59-62.
9. "Electronics", 1970, N 22, p.141-142.
10. "Электроника" (русс.перевод), 1970, № 15, стр.7-12.

ЛИТЕРАТУРА

1. Poffer G.B. et al. "Electronics", 1966, v.39, N 7, p.118-126.

УДК 681.327.2:621.382.2

ПЛАНАРНЫЙ ОДНОПЕРЕХОДНЫЙ ТРАНЗИСТОР КТ117

В.В. ГАРШЕНИН, В.Н. ДЕРЮГИН, Ю.Ф. КУПЦОВ

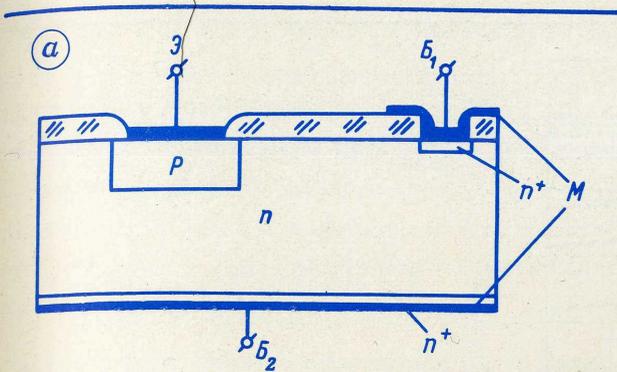
ОПТ может широко применяться в схемах запусков тиристоров, в схемах генераторов колебаний, схемах задержки, схемах контроля напряжения и тока, малостабильных и нестабильных схемах.

Однопереходный транзистор (ОПТ) [1-7] — трехэлектродный прибор (рис.1, а), простейшая эквивалентная схема которого представляет собой два последовательно соединенных резистора и диод, включенный между ними. Его вольт-амперная характеристика показана на рис. 1, б.

Напряжение, приложенное к межбазовым электродам, делится пропорционально сопротивлениям

R_{B_1} и R_{B_2} . На эмиттерный переход подается напряжение, равное падению напряжения на сопротивление R_{B_1} ,

$$U_{Э} \approx \frac{R_{B_1}}{R_{B_1} + R_{B_2}} U_{B_1 B_2}.$$

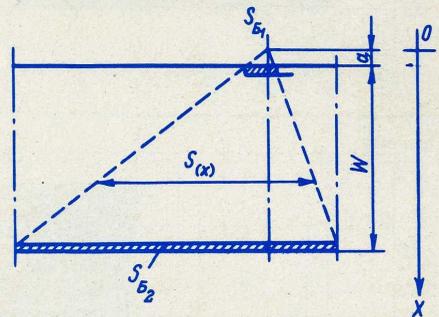
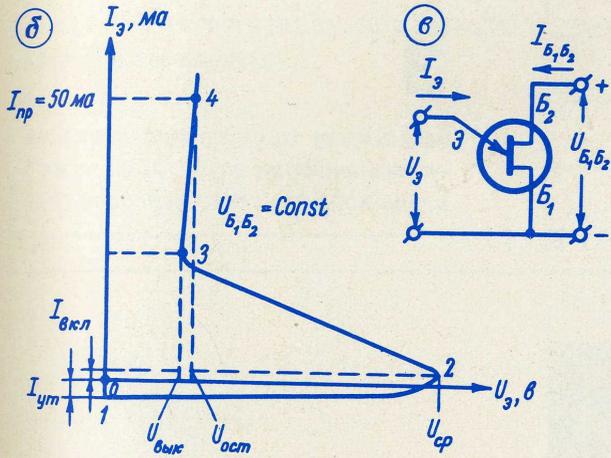


шением температуры (ТКС 0,5–0,9%/град). При температурах, превышающих 150°C, ТКС межбазового сопротивления отрицателен. Величина межбазового сопротивления планарного ОПТ лежит в пределах 5–9 ком при температуре 25°C.

Межбазовое сопротивление для планарной структуры до модуляции (рис. 2) может быть найдено по формуле

$$R_{B_1 B_2} = \frac{\rho_0 (w + a)^2}{S_{B_2}} \left[\frac{1}{a} - \frac{1}{w + a} \right],$$

где ρ_0 – удельное сопротивление исходного кремния; w – толщина кристалла; S_{B_2} – площадь базы B_2 ; a – коэффициент площади базы B_1 .



2 Модель для расчета $R_{B_1 B_2}$ до модуляции ОПТ

1 Однопереходный транзистор: а – структура ОПТ; б – вольт-амперная характеристика; в – условное схемное обозначение

Это напряжение смещает переход в обратном направлении, и через него проходит ток утечки (участок закрытого состояния – на рис. 1, б обозначен 1–2). При повышении потенциала эмиттера относительно B_1 напряжение на эмиттерном переходе увеличивается и эмиттерный переход смещается в прямом направлении. Модуляция эмиттерного тока вызывает уменьшение сопротивления R_{B_1} (участок отрицательного сопротивления 2–3). При дальнейшем увеличении тока через эмиттерный p - n переход вольт-амперная характеристика аналогична характеристике полупроводникового диода (участок насыщения 3–4).

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОДНОПЕРЕХОДНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

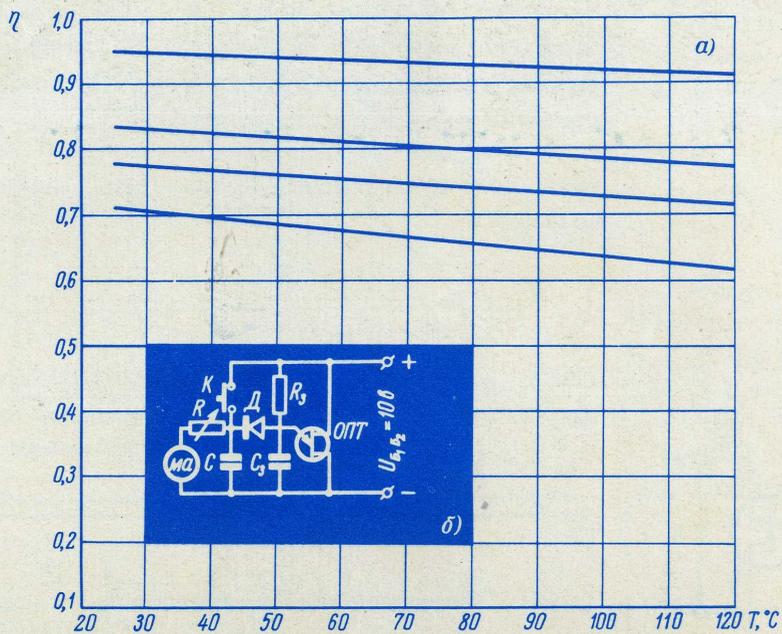
Основными параметрами однопереходных транзисторов, характеризующих их как элементы схем, являются $R_{B_1 B_2}$, η , $I_{вкл}$, $I_{выкл}$, $U_{ост}$, $U_{ЭБ_2}$, $I_{ут}$, $I_{мод}$ и $P_{рас}$ [7–11].

• Межбазовое сопротивление $R_{B_1 B_2}$ – сумма сопротивлений обеих баз – линейно растет с повы-

• Коэффициент передачи $\eta = \frac{R_{B_1}}{R_{B_1} + R_{B_2}}$ характеризует напряжение переключения однопереходного транзистора и для КТ117 составляет 0,5–0,85. Коэффициент передачи мало зависит от температуры. Зависимость $\eta = \eta(T)$ представлена на рис. 3.

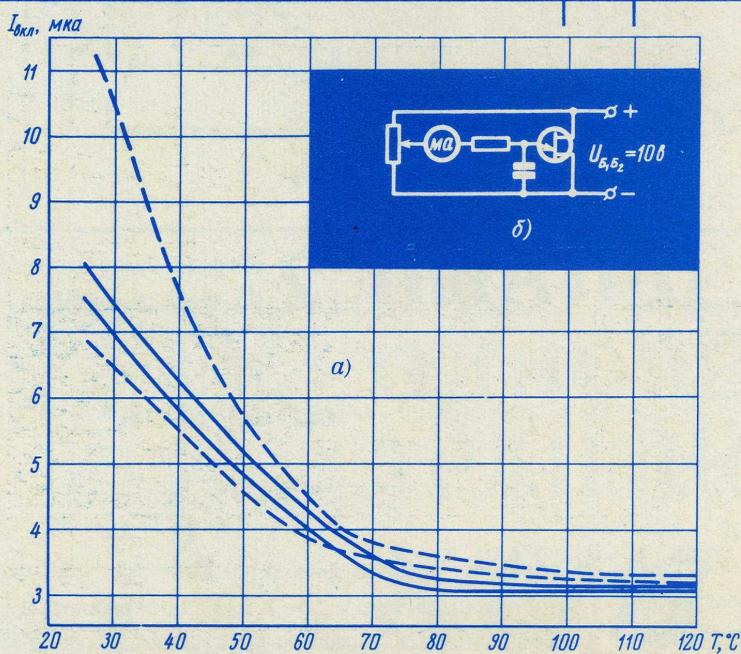
• Ток включения $I_{вкл}$ характеризует начало перехода прибора из состояния с большим сопротивлением в состояние с отрицательным сопротивлением (на входной вольт-амперной характеристике 2). Величина тока включения лежит в пределах 0,1–20 мка и сильно зависит от температуры (рис. 4).

• Ток выключения $I_{выкл}$ характеризует переход прибора из состояния с отрицательным сопротивлением в состояние насыщения. Ток выключения имеет величину 6–20 ма и зависит от межбазового напряжения, температуры и компонентов схемы. Например, сопротивление, введенное в цепь B_1 , смещает точку выключения ОПТ (рис. 5).



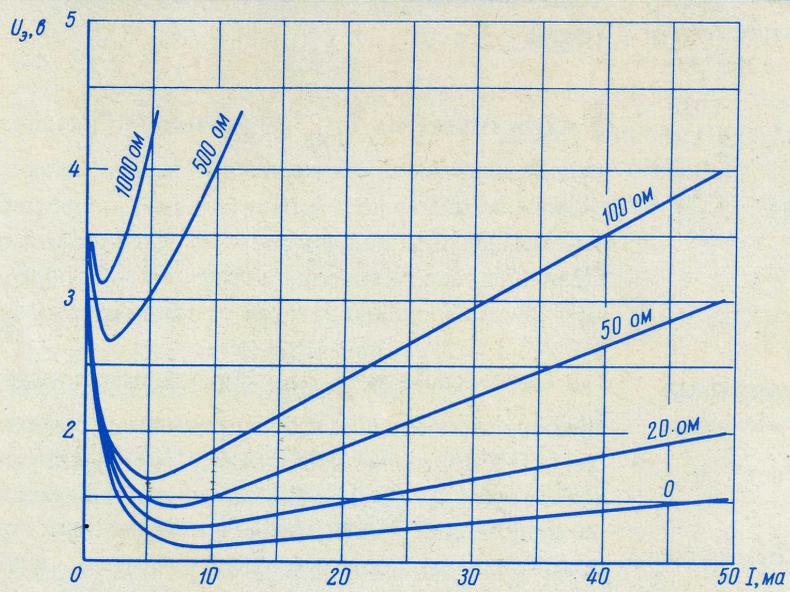
3

Зависимость коэффициента передачи от температуры (а) и схема измерения коэффициента передачи (б)



4

Зависимость тока включения от температуры (а) и схема измерения тока включения (б)



5

Входная вольт-амперная характеристика ОПТ при различных величинах термокомпенсирующего сопротивления в цепи B_1 (цифры на кривых — значения $R_1, \text{ом}$)

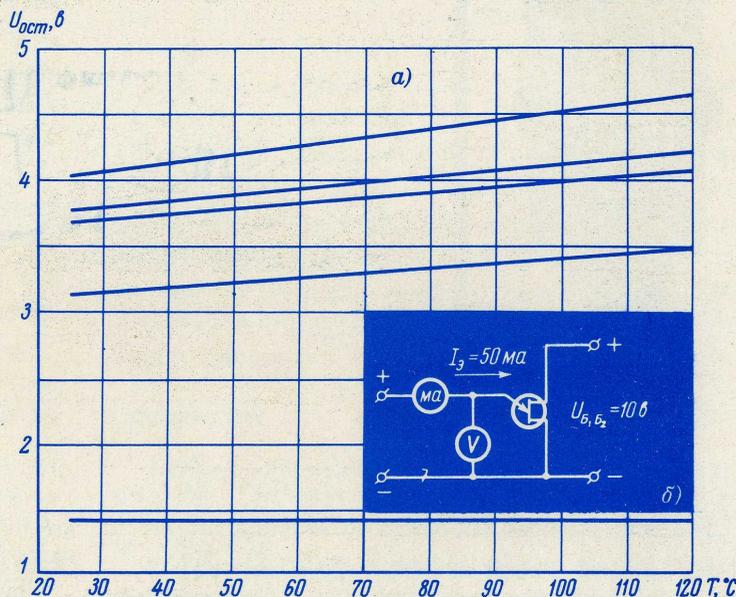
- Остаточное напряжение $U_{ост}$ показывает падение напряжения на приборе в открытом состоянии при токе в эмиттерной цепи $I_3 = 50$ ма, величине межбазового напряжения $U_{B_1B_2} = 20$ в и температуре $T = 25^\circ\text{C}$. Остаточное напряжение для планарного ОПТ лежит в пределах 3–5 в. Зависимость $U_{ост} = U_{ост}(T)$ как функция температуры представлена на рис. 6.

- Эмиттерное обратное напряжение $U_{Э-Б_2}$ характеризует максимальное напряжение обратно смещенного эмиттерного перехода и равно 30 в при комнатной температуре.

Существенным преимуществом однопереходного транзистора по сравнению с другими приборами, имеющими отрицательный участок на вольт-амперной характеристике, является то, что коэффициент передачи прибора мало зависит от температуры, поэтому ОПТ может быть с успехом применен в схемах генераторов колебаний, схемах задержки, схемах контроля напряжения и тока, моностабильных и нестабильных схемах. Так, схема релаксационного генератора с дополнительным термокомпенсирующим сопротивлением в цепи B_2 может служить вторичным эталоном частоты. Особо необходимо отметить широкое применение за рубежом ОПТ в схемах запуска тиристоров.

6

Зависимость остаточного напряжения от температуры (а) и схема измерения остаточного напряжения (б)



- Ток модуляции $I_{мод}$ характеризует изменение межбазового тока при определенном межбазовом напряжении и определенной величине тока эмиттера. Принято измерять ток модуляции при межбазовом напряжении 10 в и токе эмиттера 50 ма. Значения тока модуляции планарного ОПТ лежат в пределах 1–10 ма и имеют отрицательный температурный коэффициент, который по модулю совпадает с положительным значением ТКС межбазового сопротивления.

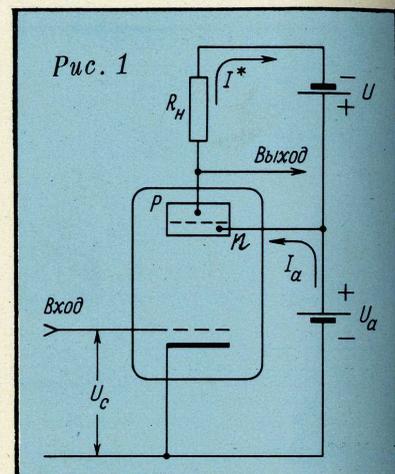
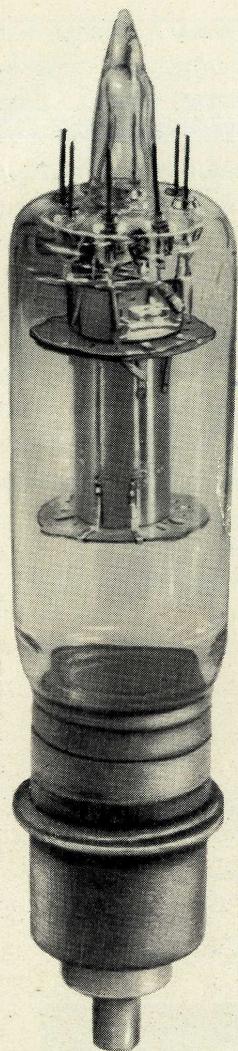
- Мощность рассеяния $P_{рас}$ планарного ОПТ равна 300 мвт при температуре 25°C .

ЛИТЕРАТУРА

1. Shockly W., Pearson C.L., Haynes I.R. "Bell Syst. Techn.", 1949, v. 28, N 3, p. 344.
2. Lesk I.D. "IRE Conv. Rec.", 1953, N 6, March 8.
3. Schafetter G.L., Jordan A.G. "IRE Trans. ED-9", 1962, N 6, p. 461.
4. Стафеев В.И., Штагер А.П. "Радиотехника и электроника", 1963, т. VII, № 7, 1199.
5. Штагер А.П., Стафеев В.И. "Радиотехника и электроника", 1964, т. IX, № 6, 1040.
6. Стафеев В.И., Штагер А.П. Физика p-n переходов, Рига. Изд-во "Зинатне", 1966, стр. 425–432.
7. Trofimenkoff F.N., Huff G.J. "INT Electronics", 1966, v. 20, N 3, p. 217–225.
8. Electronik, 1968, N 1, S. 31–32.
9. Electronique Industrielle, 1967, N 103, p. 399–404.
10. Bluhm V.A., Sylvan T.P. "Solid State Design", 1964, v. 5, N 6, p. 26–31.
11. Müller M. "L'Electricité Electronique Moderne", 1969, N 238.

ЭЛЕКТРОННО-ПОЛУПРОВОДНИКОВАЯ УСИЛИТЕЛЬНАЯ ЛАМПА

У.Б.СОЛТАМОВ, В.Д.СТЕПАНОВ, В.И.СМИРНОВ



Действие прибора основано на явлении катодоусиления в электронно-дырочном переходе. На полупроводниковую диодную структуру с $p-n$ переходом подано обратное напряжение от источника U (рис. 1). Поверхность структуры облучается электронным потоком с энергией электронов eU_a и силой тока в луче I_a . Электроны, бомбардирующие кристалл, генерируют в нем за счет своей кинетической энергии электронно-дырочные пары. Если эти пары генерируются в области объемного заряда или достигают этой области в результате диффузии, то поле $p-n$ перехода разделяет носители таким образом, что электрон оказывается в n -области, а дырка — в p -области. При этом в цепи $p-n$ перехода регистрируется прохождение элементарного заряда e на каждую разделенную пару. Следовательно, ток разделения зарядов, или выходной ток I^* , регистрируемый в цепи $p-n$ перехода, оказывается пропорциональным анодному току

$$I^* = \alpha I_a,$$

где α — коэффициент катодоусилителя [1], показывающий, какое количество разделившихся на

$p-n$ переходе пар приходится на один попавший на поверхность кристалла электрон.

Теоретически коэффициент катодоусиления зависит от анодного напряжения линейно. Так как для генерации одной электронно-дырочной пары в кремнии необходима энергия около $3,5 \text{ эв}$ [2], предельное значение коэффициента катодоусиления $\alpha_{\text{макс}}$ будет равно $U_a / 3,5$ (U_a выражено в вольтах). Но в связи с тем, что возникновение выходного тока в цепи $p-n$ перехода определяется не только генерацией электронно-дырочных пар, но и процессами диффузии, рекомбинации и разделения пар в области объемного заряда, наблюдаемые значения α меньше теоретических и зависят от глубины залегания $p-n$ перехода под поверхностью полупроводникового кристалла (рис. 2).

В качестве анода лампы используется полупроводниковый кристалл с $p-n$ переходом, расположенным вблизи обращенной к катоду поверхности кристалла. Выходной ток лампы I^* , в результате реализации явления катодоусиления, превышает анодный ток I_a в α раз; причем, α может быть много больше единицы.

Характерные особенности электронно-полупроводниковой лампы

■ Высокая крутизна характеристики выходного тока S^* , превышающая в α раз крутизну S анодного тока обычной электронной лампы с той же геометрией электродов:

$$S^* = \frac{d}{dU_c} i^* = \frac{d}{dU_c} \alpha i_a = \alpha S \quad (U_c \text{ — потенциал управляющей сетки}).$$

■ Хорошая развязка входной и выходной цепей, обусловленная неизменным во времени потенциалом обращенной к катоду поверхности полупроводникового анода.

■ Малая инерционность процесса установления выходного тока лампы, характеризуемая временем разделения пары на p - n переходе, которое, в свою очередь, равно времени пролета носителя через слой объемного заряда. Приняв скорость дрейфа носителя, равной величине порядка 10^7 см/сек (предельная скорость дрейфа в сильном электрическом поле) и взяв за ширину области объемного заряда величину порядка 10 мкм, получаем для собственного времени установления выходного тока значение менее 1 нсек.

■ К.п.д. преобразования мощности в выходной цепи близок к 100% . Это обусловлено тем, что выходной ток, начиная со значений обратного смещения, равных нескольким вольтам, не зависит от напряжения U .

■ Выходной ток I^* линейно зависит от анодного тока I_a в достаточно широких пределах (рис.3).

Такие высокие характеристики электронно-полупроводниковой лампы получены благодаря наличию в ней полупроводникового анода, который, с другой стороны, порождает и некоторые недостатки. Так, например, существует предельная температура для нормальной работы полупроводникового анода, превышение которой требует применения теплоотвода. Поэтому требования по обеспечению большой выходной мощности и высокой

рабочей частоты являются противоречивыми: для работы в области высоких частот необходимо иметь малую емкость p - n перехода, а уменьшение емкости без увеличения времени разделения пары возможно лишь за счет сокращения площади полупроводникового анода, что приведет к росту его удельной нагрузки.

Основой для конструирования электронно-полупроводниковой лампы послужила лампа 637П (обладает достаточной эмиссией катода, конструкция катодного узла обеспечивает большое значение исходной крутизны S). Анод лампы выполнен в форме стакана, в дне которого проделано отверстие диаметром 3 мм, выполняющее роль ускоряющего электрода. В качестве полупроводникового анода использована диодная структура, полученная диффузией фосфора в кремний p -типа. Анодный блок представляет собой видоизмененную ножку лампы ГУ-35Б. С полупроводниковым анодом осуществлен прижимной контакт. Откачка лампы проводилась на высоковакуумном откачном посту до величины остаточного давления $1 \cdot 10^{-7}$ торр.

На рис. 4 приведены сеточные характеристики лампы (при напряжении на второй сетке 50 в, на ускоряющем электроде 400 в и на аноде 4 кв), показывающие, что в электронно-полупроводниковой лампе за счет эффекта катодоусиления крутизна изменения выходного тока равна 200 ма/в при крутизне изменения анодного тока $0,35$ ма/в. Таким образом достигнуто увеличение крутизны более чем в 500 раз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бонч-Бруевич А.М., Гришин Е.С., Солтамов У.Б. О возможности применения катодопроводимости для усиления электрических сигналов, "Изв. АН СССР", сер. "Физическая", 1958, № 22.
2. Вавилов В.С. Действие излучений на полупроводники, М. Физматгиз, 1963.
3. Бонч-Бруевич А.М., Гришин Е.С., Солтамов У.Б. Электронно-полупроводниковая усилительная лампа. Авт. свид. № 108085, «Бюлл. изобретений», 1957, № 8.

УДК 621.385.185:621.382

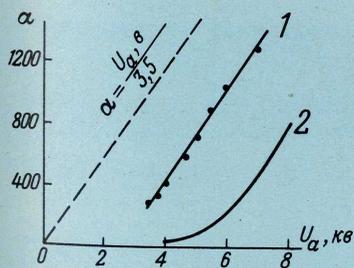


Рис. 2. Зависимость коэффициента катодоусиления α от анодного напряжения U_a для кристаллов с разной глубиной залегания p - n перехода:
1 — $d \sim 0,5$ мкм; 2 — $d \sim 1,8$ мкм

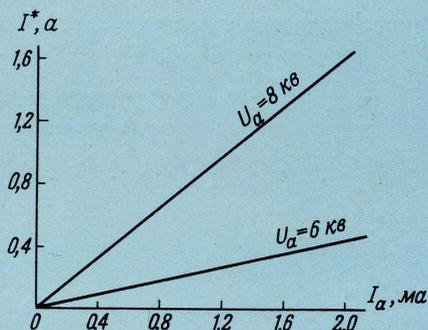


Рис. 3. Зависимость выходного тока I^* от анодного I_a при напряжении $U_a = 30$ в для двух значений анодного напряжения

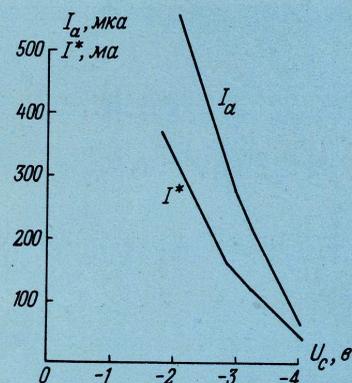


Рис. 4.

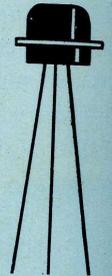
n-p-n**ГТ341А**

НОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ

Максимальная мощность, рассеиваемая транзистором, P , <i>вт</i>	0,03
Предельная частота усиления по току f_T , <i>Гц</i>	1,5–2,5
Коэффициент усиления в схеме с общим эмиттером $h_{21Э}$ при $U_K = 5$ в и $I_Э = 2$ ма	15–100
Емкость коллекторного перехода C_K при $f = 30$ МГц и $U_K = 5$ в, <i>пф</i>	1
Ток коллектора I_K , <i>ма</i>	20
Максимально допустимое напряжение коллектор – база $U_{КБ}$, <i>в</i>	15

p-n-p**ГТ346**

Максимальная мощность, рассеиваемая транзистором, P , <i>вт</i>	0,05
Предельная частота усиления по току f_T , <i>МГц</i>	800
Коэффициент усиления по току в схеме с общим эмиттером $h_{21Э}$ при $I_Э = 2$ ма и $U_K = -10$ в	> 10
Емкость коллекторного перехода C_K при $U_K = -5$ в, <i>пф</i>	0,4
Максимальный ток коллектора I_K , <i>ма</i>	10
Максимально допустимое напряжение коллектор – база $U_{КБ}$, <i>в</i>	-15
Максимально допустимое напряжение эмиттер – база $U_{БЭ}$, <i>в</i>	-0,25

**n-p-n****КТ911А, КТ911Б**

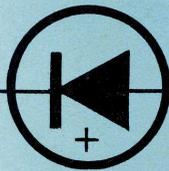
Максимальная мощность, рассеиваемая транзистором, P , <i>вт</i>	1
Максимально допустимое напряжение коллектор – база $U_{КБ0}$ при отключенном эмиттере при $I_K = 3$ ма, <i>в</i>	50
Предельная частота усиления по току f_T , <i>Гц</i>	1(А) 0,8(Б)
Емкость коллекторного перехода C_K при $U_K = 28$ в, <i>пф</i>	10
Максимальный ток коллектора I_K , <i>а</i>	0,4

n-p-n**КТ909А, КТ909Б**

Максимальная мощность, рассеиваемая транзистором P , <i>вт</i>	50
Максимально допустимое напряжение коллектор – эмиттер при отключенной базе $U_{КЭ0}$ при $I_K = 50$ ма (А), $I_K = 25$ ма (Б), $R_{БЭ} = 10$ ом (А, Б), <i>в</i>	60
Максимальный ток коллектора I_K , <i>а</i>	9(А) 5(Б)
Предельная частота усиления по току f_T , <i>Гц</i>	> 0,6
Емкость коллекторного перехода C_K при $U_K = 28$ в, <i>пф</i>	50(А) 25(Б)

ТРАНЗИСТОРЫ
КРЕМНИЕВЫЕ
ДЛЯ УСИЛЕНИЯ
И
ГЕНЕРИРОВАНИЯ
ВЧ И СВЧ
СИГНАЛОВ

<p>НОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ</p> <p>БЕСКОРПУСНЫЕ КРЕМНИЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ ДЛЯ ГИБРИДНЫХ СХЕМ</p>	<p><i>n-p-n</i> KT607A в миниатюрном корпусе</p> <p>Максимальная мощность, рассеиваемая транзистором $P, \text{ вт}$ 1</p> <p>Напряжение пробоя $U_{\text{кЭР}}, \text{ в}$ 30</p> <p>Предельная частота усиления по току $f_T, \text{ ГГц}$ >0,7</p> <p>Максимальный ток коллектора $I_K, \text{ а}$ 0,3</p> <p>Емкость коллекторного перехода C_K при $U_K = 25 \text{ в}, \text{ пф}$ 3</p>
	<p><i>p-n-p</i> KT202A, KT202Б, KT202B, KT202Г</p> <p>Максимальная мощность, рассеиваемая транзистором, $P, \text{ мвт}$ 15</p> <p>Граничная частота усиления по току $f_{h21B}, \text{ МГц}$ >5</p> <p>Максимально допустимое напряжение коллектор – база при отключенном эмиттере $U_{\text{кб0}}$ 15(А, Б) 30(В, Г)</p> <p>Максимально допустимое напряжение эмиттер – база при отключенном коллекторе $U_{\text{эб0}}, \text{ в}$ 10</p> <p>Максимальный ток коллектора $I_K, \text{ ма}$ 10</p> <p>Коэффициент усиления в схеме с общим эмиттером $h_{21Э}$ при $U_K = 5 \text{ в}, I_E = 1 \text{ ма}$ 15–70(А, В) 40–160(Б, Г)</p> <p>Напряжение насыщения при $I_K = 10 \text{ ма}, I_B = 1 \text{ ма}, \text{ в}$</p> <p>$U_{\text{кЭН}}$ 0,5</p> <p>$U_{\text{бЭН}}$ 1</p>



МАГНИТОДИОД

ОСНОВНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ

датчик магнитного поля

МАГНИТОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

в 1000 раз выше, чем у датчиков Холла, в 3–5 раз выше, чем у магнитодиодов фирм Sony и AEG–Telefunken.

ПРИМЕНЕНИЕ

- в бесконтактных электромашинах постоянного и переменного тока,
- в выключателях и переключателях,
- в системах электронного зажигания,
- в датчиках сигналов запоминающих устройств на магнитных барабанах, ленте и дисках,
- в датчиках электрических сигналов при измерении неэлектрических величин (линейных и угловых перемещений, скорости и ускорения).

Допустимый прямой ток при напряжении 10 в, ма	10	Наибольший постоянный обратный ток при обратном напряжении 100 в, мка	≤ 100
Коэффициент переключения по току в магнитном поле 0,3 мл		Рабочий диапазон частот, кГц	0–1
при температуре от -60 до +35°C	≥ 15	Рассеиваемая мощность, мвт	≤ 100
при температуре 85°C	≥ 5	при температуре 25°C	≤ 50
Магнитная чувствительность при токе 3 ма, в/мл		при температуре 85°C	≤ 50
при температуре от -60 до +35°C	≥ 30	Температура окружающей среды, °C	от -60 до +85
при температуре 85°C	≥ 10	Габариты (в бескорпусном исполнении и без выводов), мм	1 × 0,65 × 0,65

БЕСТРАНСФОРМАТОРНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ В ГИБРИДНО-ПЛЕНОЧНОМ ИСПОЛНЕНИИ

ДЭ-400, 6 стр., 4 рис.

В.В.КАЗАНСКИЙ, В.А.ЖИЗУБ

В статье рассмотрен ряд схем бестрансформаторных преобразователей напряжения. Выбрана схема, которая может быть выполнена на основе гибридно-пленочной технологии.

Применение такой схемы может успешно решить задачу сопряжения низковольтных логических схем с другими, требующими высокого напряжения питания (цифровые индикаторы, электролюми-несцентные панели, газоразрядные приборы и т.п.), а также может способствовать решению проблемы микроминиатюризации источников питания.

УДК 621.314.2-416

ЭЛЕМЕНТ ПАМЯТИ НА ОСНОВЕ МДП-ТРАНЗИСТОРА С ПОЛЯРИЗУЮЩИМСЯ ДИЭЛЕКТРИКОМ

ДЭ-383, 9 стр., 5 рис., библи.

В.В.ПОСПЕЛОВ, Н.Ф.ТРУТНЕВ, Б.И.ЦИЛИБИН

Приведены экспериментальные характеристики поляризационного элемента памяти (ПЭП) на МДП-транзисторе, в котором в качестве диэлектрика затвора используется нитрид кремния Si_3N_4 . Показаны зависимости сопротивления и тока канала считывания от амплитуды, длительности и полярности импульсов управляющего напряжения. Приборы позволяют производить не менее 10^6 переключений. Пороговая амплитуда напряжения поляризации составляет 37,5 в.

Описанный элемент памяти может найти широкое применение в ЗУ большого объема и в адаптивных системах.

УДК 681.327.67

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ЕМКостей В ГЕНЕРАТОРАХ ПИЛООБРАЗНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

ДЭ-365, 8 стр., 5 рис.

А.Я.ЧУРАКОВ

Рассмотрена возможность применения нелинейных емкостей в генераторах пилообразного напряжения (ГПН). На примере эквивалентной схемы ГПН показано, что для получения линейно изменяющегося напряжения (ЛИН) необходимо, чтобы емкость конденсатора уменьшалась по линейному закону при увеличении напряжения на ней. Использование падающего участка вольт-фарадной характеристики варикондов позволяет снизить коэффициент нелинейности ЛИН по сравнению с ГПН на обычном конденсаторе. Даны формулы для вычисления коэффициента нелинейности.

Приведены выражения для определения оптимального соотношения между нелинейной емкостью и емкостью обычного конденсатора при их параллельном соединении. Показано, что параллельное включение нелинейной и обычной емкостей при определенных условиях ведет к дальнейшему повышению линейности генерируемого напряжения. Предложен графоаналитический метод расчета ГПН с нелинейными емкостями.

УДК 621.373.43

НАДЕЖНОСТЬ И контроль качества

ОПЫТ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРОДУКЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЭЛЕКТРОННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Е.П.КРАВЦОВ, А.Е.ЧУРАНОВ

Машиностроительные предприятия Министерства электронной промышленности постоянно повышают технический уровень изготавливаемого оборудования. Наряду с разработкой новых механизированных линий, комплектов и единиц специального технологического оборудования, контрольно-измерительной аппаратуры осуществляется модернизация существующего оборудования и снятие с производства устаревшего.

Оценка технического уровня и качества изготавливаемого оборудования производится по ряду показателей, основными из которых являются *техничко-эксплуатационные* (производительность, мощность, точность, габариты, вес и др.), *надежность и долговечность* (срок службы, гарантийный срок, ремонтпригодность, наработка на отказ и др.), *технологические* (трудоемкость, металлоемкость, применение прогрессивных технологических процессов и т.д.), *стандартизация и унификация* (коэффициент применяемости узлов и деталей, коэффициент повторяемости, коэффициент унификации), *эстетика и эргономика*, характеризующие внешний вид, цвет, отделку, удобство управления, *патентоспособность*.

Как известно, государственная аттестация является одной из форм управления качеством продукции. Одно только сопоставление показателей изделия с показателями аналогичных по назначению изделий, выпускаемых зарубежными фирмами, не может дать полной оценки его качества.

При аттестации к продукции предъявляются высокие требования. Показатели качества продукции должны соответствовать самым высоким показателям, достигнутым в отечественной и зарубежной промышленности. Обязательным условием является стабильность качества продукции, обеспечиваемая строгим соблюдением технологической дисциплины и высокой культурой производства. Производство аттестованной продукции должно быть экономически целесообразным, т.е. экономия от повышения качества изделий должна превышать дополнительные затраты, необходимые для улучшения качества продукции.

Первыми изделиями, подготовленными и предъявленными к аттестации еще в 1968 г., были изделия УВН-2М-2, СКИН-1 и УЗСКН-1, изготовленные на одном из заводов электронной промышленности. На всемирных международных ярмарках и выставках эти изделия были отмечены высокими наградами; их технический уровень и показатели качества находятся на уровне лучших отечественных и мировых образцов; решением государственной аттестационной комиссии им был присвоен Знак качества.

В 1968 и 1969 гг. были проведены представительные заседания научно-технического совета Министерства по вопросам повышения качества, надежности и долговечности оборудования, а также по вопросам подготовки и проведения государственной аттестации. Большую помощь в организации

работ по подготовке и проведению аттестации предприятиям оказал созданный в апреле 1968 г. отраслевой отдел координации по машиностроению, который осуществляет методическое руководство и контроль за подготовкой изделий к аттестации на Знак качества.

Для аттестации изделий серийных машиностроительных заводов отрасли на 1969 и 1970 гг. были разработаны, согласованы с Комитетом стандартов и утверждены руководством Министерства планы-графики, а на предприятиях созданы комиссии по подготовке и проведению аттестации изделий. Комиссии разработали планы таких оргтехмероприятий, как инструктивные совещания работников технических служб и цехов предприятия; заседания НТС совместно с профсоюзными и партийными организациями для четкого определения задач, стоящих перед коллективом предприятия, в связи с подготовкой и проведением государственной аттестации; воспитательная работа в коллективе с целью разъяснения важности и экономической выгоды аттестации для народного хозяйства; разработка, согласование и утверждение совместно с головным НИИ (КБ) конкретных показателей уровня качества изделий, готовящихся к аттестации; сравнение принятых показателей с показателями аналогичных отечественных и зарубежных образцов; анализ патентной чистоты и конкурентоспособности изделий, уточнение патентного формуляра; получение отзывов и замечаний от потребителей изделий, анализ статистических данных эксплуатации, проведение заочных конференций с потребителями; разработка и согласование "Свидетельства на право промышленного производства", проекта ГОСТ и "Экономических показателей" на аттестуемое изделие; комплектование конструкторской и технологической документации и документации по регламенту контроля для соблюдения технологической дисциплины; анализ состояния измерительной техники, испытательных работ и организации производства; комплектование и подготовка нормативно-технической документации; рассмотрение на техническом совете предприятия совместно с администрацией и общественными организациями результатов подготовки к аттестации; подготовка документов к заседанию рабочей и государственной комиссии.

В результате выполнения целого комплекса работ по подготовке к государственной аттестации 15 изделиям семи предприятий отрасли был присвоен Знак качества.

Постоянную и плодотворную работу по мобилизации коллективов предприятий на решение задачи повышения качества продукции ведут профсоюзные и партийные организации предприятий. Однако следует отметить и некоторые недостатки в работе отдельных предприятий. Например, встречается еще формальное отношение к движению за без-

дефектный выпуск продукции (не определены показатели, оценивающие работу подразделений, не выполняются решения "Дней качества", в социалистических обязательствах отсутствуют пункты, подтверждающие борьбу за повышение качества; нет системы материального стимулирования качественного изготовления продукции). Несвоевременно осуществляется корректировка конструкторской и технологической документации. Плохо организованы контроль за соблюдением технологической дисциплины и проверка средств измерения; отсутствуют планы-графики контроля и проверки производственного оборудования на технологическую точность. Оснащенность контрольно-измерительным и испытательным оборудованием недостаточна. Отсутствует контроль качества материалов и покупных изделий. Нет контакта с потребителями по вопросам качества продукции. Отсутствуют службы надежности.

Серьезные претензии можно предъявить и головным научно-исследовательским институтам, недостаточно помогающим предприятиям в оценке технического уровня изделий. Предприятия должны больше внимания уделять анализу и расчетам экономической эффективности повышения качества выпускаемой продукции и добиваться при необходимости установления новых оптовых цен и надбавок к ним в соответствии с инструкцией № 10-15/1850 о порядке установления цен на аттестованную продукцию и методикой определения оптовых цен на новую продукцию производственно-технического назначения № 10-15/1120, утвержденных Государственным комитетом цен при Госплане СССР. Установление повышенных оптовых цен на аттестованную продукцию позволит предприятиям делать дополнительные отчисления в фонды материального поощрения для стимулирования работ по дальнейшему повышению качества выпускаемой продукции.

*

Машиностроительные предприятия отрасли намечают программу дальнейшего расширения работ по повышению качества, надежности и долговечности изготавливаемого оборудования. Первым этапом этой работы будет организация и проведение отраслевой аттестации продукции, а конечным — представление оборудования на государственную аттестацию. Работа по государственной аттестации должна быть продолжена, а номенклатура изделий, предлагаемых на присвоение Знака качества, значительно расширена.

УДК 658.56



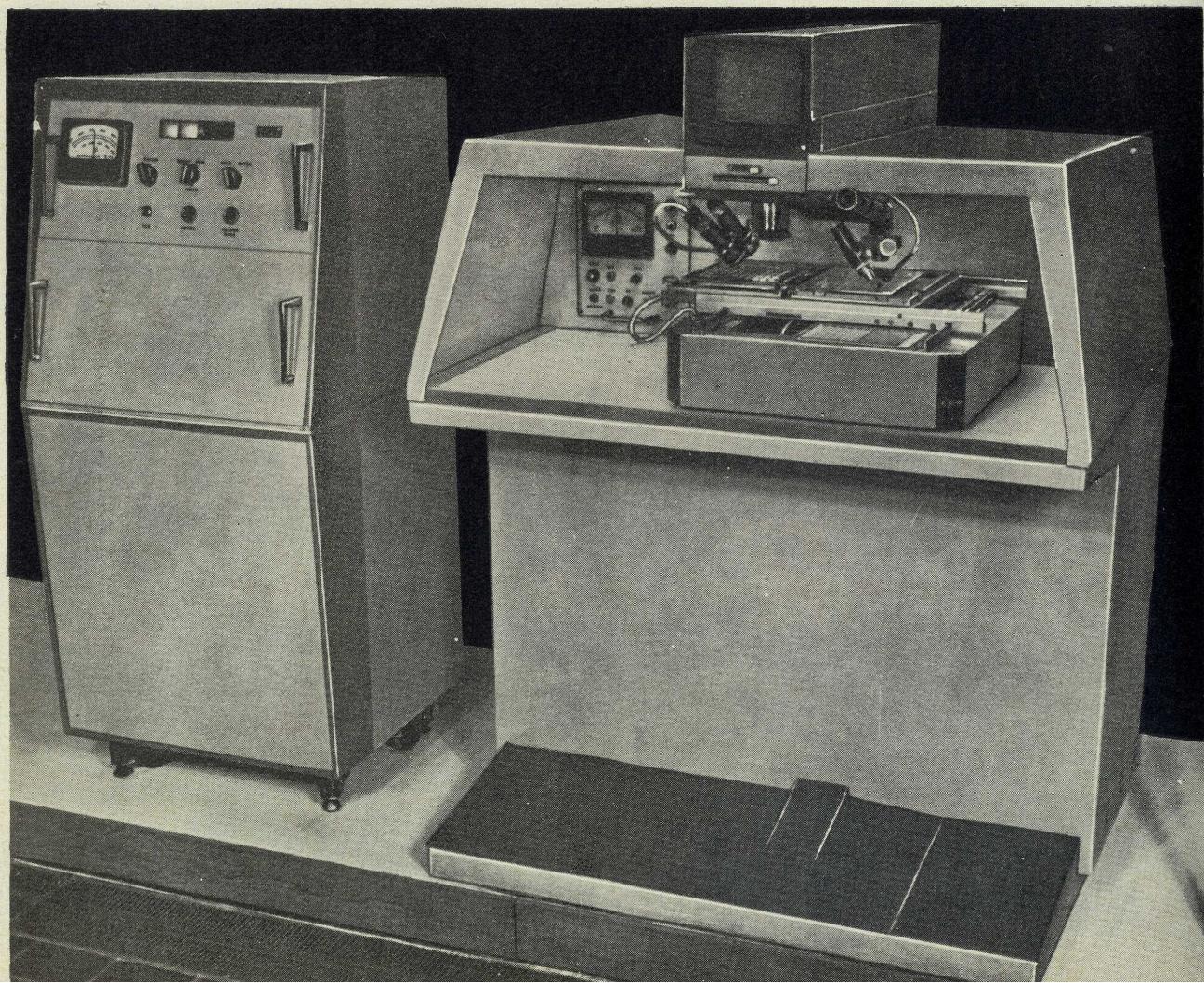
**Изделия
электронной
промышленности
культурно-бытового
назначения**

создан на базе
лазерной сварочной
установки СЛС-10-1

БЛАГОДАРИЯ ПРИМЕНЕНИЮ
ПРОГРАММНОГО УСТРОЙСТВА
МОЖНО ПРИПАИВАТЬ В АВТО-
МАТИЧЕСКОМ ЦИКЛЕ ВЫВОДЫ
ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ К ПЛО-
ЩАДКАМ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ РАЗ-
ЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИИ.
ФОТОЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА
АВТОМАТИЧЕСКИ ОБЕСПЕЧИ-
ВАЕТ ВЫСОКУЮ ТОЧНОСТЬ НА-
ВЕДЕНИЯ ЛАЗЕРНОГО ЛУЧА НА
МЕСТО СВАРКИ.

Энергия излучения 3 дж
Длительность импульсов $2;4 \text{ мксек}$
Частота следования импуль-
сов $0,5 - 1 \text{ гц}$
Число соединений в $1 \text{ сек} \quad 1$
Размер обрабатываемых печат-
ных плат $165 \times 250 \text{ мм}$
Габариты $1012 \times 786 \times 1250 \text{ мм}$
Вес 350 кг

Лазерный полуавтомат типа СЛС-8-1П с программным управлением



ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА И НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ВЫХОД ГОДНЫХ ИС

Е.Н.ЗАКС, В.А.ВАСИЛЬЕВ, Ю.П.АНИСКИН

Нахождение зависимости процента выхода годных от качества и надежности технологического оборудования позволяет прогнозировать потери и осуществлять мероприятия по корректировке технологических режимов.

Эффективность затрат при производстве интегральных схем (ИС) и полупроводниковых приборов (ППП) в большой степени зависит от процента выхода годных изделий. Фактор годности ППП и ИС определяется совокупностью случайных реализаций многих причин, характеризующих производство, и имеет вероятностный характер:

$$\eta = \prod_{j=1}^m K_j \prod_{q=1}^n K_q \prod_{z=1}^m K_z \prod_{i=1}^k K_i, \quad (1)$$

где η — величина выхода годных;
 K_j — коэффициент потерь, зависящих от уровня технологии;
 K_q — коэффициент потерь, зависящих от качества сырья и материалов;
 K_z — коэффициент потерь, зависящих от уровня организации производства;
 K_i — коэффициент потерь, зависящих от качества и надежности оборудования.

В формулу могут быть введены и другие коэффициенты, характеризующие конкретное производство.

Каждый из влияющих факторов (уровень технологии, качество оборудования и т.д.) имеет свой закон распределения и связан с величиной выхода годных определенной зависимостью.

Для расчета выхода годных и проведения корректирующих действий, направленных на его повышение, необходимо определить все составляющие формулы (1).

При расчете удобно применять метод элиминирования, позволяющий выделять из совокупности влияющих факторов один из них. В данном случае в качестве определяющего фактора рассматрива-

ется влияние качества и надежности специального технологического оборудования (выражается в виде условных и непосредственных потерь производства) на процент выхода годных.

Условные потери — это уменьшение предполагаемого объема выпуска изделий в связи с сокращением рабочего времени из-за простоя оборудования при отказах. Непосредственные потери — это брак изделий из-за отказов оборудования во время технологического процесса. Таким образом, условные потери влияют на производительность технологического оборудования, а непосредственные потери уменьшают процент выхода годных в партии выпускаемых изделий.

При определении коэффициентов условных и непосредственных потерь можно исходить из следующих соображений.

• Для непосредственных потерь. Из общего числа отказов оборудования за период времени T лишь некоторые приводят к появлению брака. Вероятность появления брака определяется либо опытным путем, либо задается на основании данных предшествующего опыта.

Предположим, что брак, который появился при отказе оборудования, распространяется на весь объем изделий, находящихся на операции в данный момент (например, на партию пластин в процессе диффузии; на партию пластин при операции напыления). Тогда формула для определения коэффициента непосредственных потерь примет следующий вид:

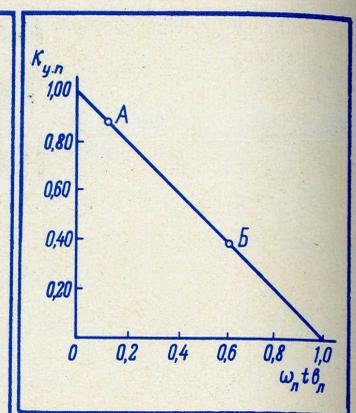
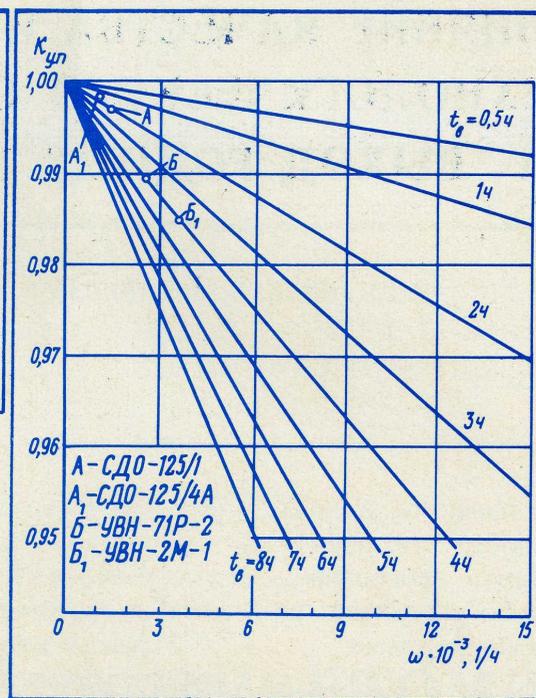
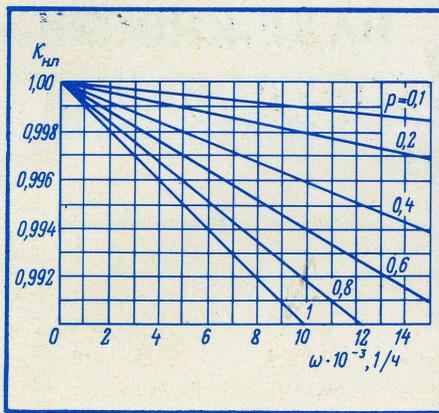
$$K_{н.п} = \frac{Q - \Delta Q}{Q} = 1 - \frac{\Delta Q}{Q} = 1 - \frac{nkpr}{Q}, \quad (2)$$

где Q — объем продукции за рассматриваемый период рабочего времени при условии отсутствия отказов оборудования, шт.;
 ΔQ — объем потерь продукции;

k — объем продукции, находящейся на операции, при отказе, шт;

n — число отказов оборудования за рассматриваемый период рабочего времени;

p — вероятность появления брака на операции из-за отказов оборудования.



В свою очередь

$$n = \omega T; \quad Q = qT, \quad (3)$$

где ω — параметр потока отказов оборудования, 1/ч;
 T — рассматриваемый период рабочего времени, ч;
 q — производительность в единицу времени, шт/ч.

Подставляя выражение (3) в формулу (2) получаем

$$K_{н.п} = 1 - \frac{\omega T k p}{qT} = 1 - \omega \frac{k p}{q}. \quad (4)$$

Принимаем $\frac{k p}{q} = A$, в результате получим

$$K_{н.п} = 1 - A\omega. \quad (5)$$

Для некоторых операций (диффузионный, вакуумно-напылительный процессы и т.п.) $k = q$. Тогда $K_{н.п} = 1 - \omega p$. На рис. I представлен график зависимости непосредственных потерь $K_{н.п}$ от надежности оборудования ω для различных величин вероятности появления брака p .

В процентном выражении формулу (5) можно представить:

$$\eta = 100 \cdot K_{н.п} = 100 (1 - A\omega) \%. \quad (6)$$

• Для условных потерь. Коэффициент условных потерь определяют по формуле

$$K_{у.п} = \frac{T - n t_B}{T}, \quad (7)$$

где t_B — время восстановления, ч.

Обычно [1] под временем восстановления понимают сумму времен отыскания и устранения неисправности, т.е. $t_B = t_o + t_y$, а в нашем случае еще и время выхода на режим установки (t_p), так как это тоже потери рабочего времени

$$t_B = t_o + t_y + t_p.$$

По аналогии с $K_{н.п}$

$$K_{у.п} = \frac{T - \omega T \cdot t_B}{T} = 1 - \omega t_B. \quad (8)$$

Коэффициент условных потерь отражает зависимость, существующую между качеством и надежностью оборудования (с одной стороны) и производительностью оборудования, линии, участка (с другой стороны), и выражается как

$$Q_{факт} = Q K_{у.п} = Q (1 - \omega t_B), \quad (9)$$

где Q — объем продукции при условии отсутствия отказов оборудования в течение T .

Для компенсации условных потерь, т.е. поддержания производительности на необходимом уровне, предприятия вынуждены держать дополнительное оборудование в резерве. Так, например, при эксплуатации диффузионных печей стремятся иметь на каждые десять установок одну резервную.

По графикам (рис. II и III), построенным по формулам (5) и (8), имея показатели надежности оборудования, можно определить коэффициенты условных ($K_{у.п}$) и непосредственных ($K_{н.п}$) потерь. Точки А и Б на рис. II показывают положение отдельных моделей термического и вакуумного обо-

рудования на графике с учетом их показателей надежности и ожидаемый коэффициент условных потерь при эксплуатации этих установок.

Чем больший объем оборудования используется в технологической линии, тем значительней влияние степени надежности оборудования на процент выхода годных изделий. На рис. III показана зависимость условных потерь от обобщенного параметра надежности $\omega_{Л.В.Л.}^t$, причем

$$t_{В.Л.} = \frac{\sum_{i>1}^n t_i}{N}; \quad (10)$$

$$\omega_{Л.} = \sum_{i=1}^n \omega_i, \quad (11)$$

где t_i — среднее время восстановления i -го количества единиц оборудования;
 ω_i — средний параметр потока отказов для i -го количества единиц оборудования;
 N — число отказов установок.

Точки A и B характеризуют потери рабочего времени для технологической линии в 20 и в 100 единиц оборудования соответственно при $t_{В.Л.} = 2$ ч.

Полученные коэффициенты $K_{у.п}$ и $K_{н.п}$ не могут оставаться постоянными в течение периода T , так как ω — величина вероятностная и имеет свой закон распределения для каждого вида оборудования. Поскольку распределение времени безотказной работы оборудования подчиняется одному из вероятностных законов (экспоненциальному, нормальному, Вейбулла и т.д.), величина выхода годных и производительность оборудования также должны подчиняться определенному закону распределения, так как зависят от потока отказов оборудования.

Зная закон распределения аргумента, можно определить закон распределения функции [2]. Для доказательства этого положения воспользуемся формулой (6), приняв, что вероятность безотказной работы специального технологического оборудования (диффузионных печей, установок вакуумного напыления и др.) подчиняется экспоненциальному закону

$$P = e^{-\omega t}. \quad (12)$$

В нашем случае случайные величины η и ω связаны уже известной зависимостью (6), которую можно представить линейной функцией $y = 1 - Ax$.

Отсюда, вероятность того, что случайная величина примет значения, лежащие в пределах x и $x+dx$, равна вероятности того, что величина y примет значения, лежащие между y и $y+dy$:

$$P(y) dy = P(x) dx. \quad (13)$$

$$\text{Отсюда } P_y = P_x \frac{dx}{dy}. \quad (14)$$

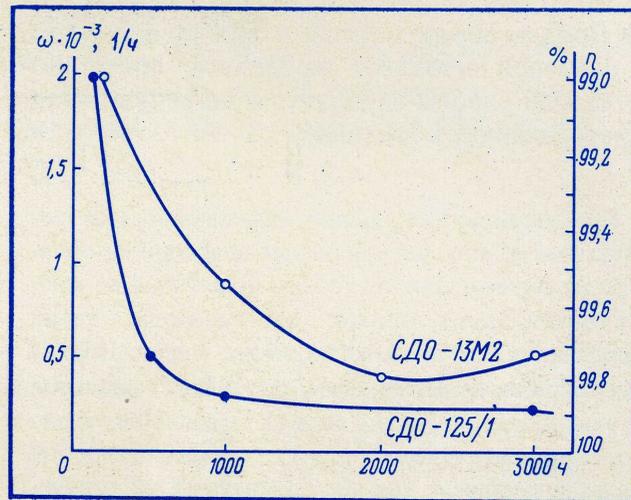
Если $y = f(x)$, $y = 1 - x$, то обратная величина $x = f(y)$, $x = 1 - y$.

Или, принимая $\frac{dx}{dy} = A$, получим

$$P(y) = P[f(y)] A = Ae^{-(1-y)} = Ae^{-\omega A}. \quad (15)$$

Таким образом, линейная функция от аргумента, подчиненного экспоненциальному закону, также подчинена экспоненциальному закону.

Итак, для определения закона распределения процента выхода годных и производительности оборудования при условии влияния лишь качества и надежности оборудования, достаточно знать закон распределения потока отказов оборудования.



IV

На рис. IV показаны распределения процента выхода годных изделий η и потока отказов ω за время эксплуатации t для двух моделей диффузионных печей. Модель типа СДО-125/1 обеспечивает более быстрый переход к устоявшемуся уровню выхода годных, так как имеет меньший период приработки и более низкий показатель параметра потока отказов.

Предложенный в статье подход к определению условных и непосредственных потерь довольно прост и не требует большой статистики. Полученные формулы позволяют прогнозировать эти потери на всех участках производственного процесса и проводить корректировку, а также управлять величиной выхода годных в комплексе мероприятий, влияющих на эффективность производства изделий микроэлектроники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ш и ш о н о к Н. А. и др. Основы теории надежности и эксплуатации радиоэлектронной техники. М., "Сов.радио", 1961.
2. В е н т ц е л ь Е. С. Теория вероятностей. 4 изд. М., "Наука", 1969.

УДК 621.382.8.019.3

ИНЖЕНЕРНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫХ И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ В ПРОЦЕССЕ ИСПЫТАНИЙ

М.Б. СЛАВИН

■ Предлагаемая методика оценки надежности приборов позволяет определять время безотказной работы аппаратуры по результатам незавершенных испытаний.

При достигнутых уровнях надежности электровакуумных и полупроводниковых приборов ее оценка после завершения ресурсных испытаний во многом теряет смысл, так как длительность таких испытаний достигает многих тысяч часов. Наряду с ресурсными испытаниями получили развитие методы прогнозирования надежности, не требующие больших затрат времени [1–3], однако они не всегда применимы, так как базируются на значительной исходной информации. В то же время инженерный метод оценки надежности по результатам лишь частично завершенных ресурсных испытаний разработан лишь для случая экспоненциального распределения времени возникновения отказа. Между тем, как показала практика, для электровакуумных приборов многих типов (например, некоторых ПУЛ) характерно распределение Вейбулла, а для полупроводниковых приборов (в особенности фотосопротивлений, фотодиодов и фототриодов) — нормальное и логарифмически-нормальное распределение [4–6].

Ниже предлагается инженерная методика оценки надежности в процессе незавершенных испытаний для трех случаев распределения.

• *Нормальное распределение.* В процессе испытаний (объем которых определяется исходя из доверительной вероятности и допустимой ошибки в определении среднего времени t_D безотказной работы), когда количество отказов составляет не менее 30–40% числа испытываемых приборов, строится график, на оси абсцисс которого откладывается время испытаний с отметками моментов замеров, а на оси ординат — квантили I_p нормального распределения, соответствующие получаемым вероятностям P выхода из строя к моментам этих замеров.

Значения I_p квантилей имеются в литературе [4]. Вероятность P представляет собой отно-

шение числа приборов, вышедших из строя к моменту очередного замера, к общему числу испытываемых изделий. Если действительно имеет место нормальное распределение, полученная зависимость должна хорошо аппроксимироваться прямой линией, пересекающей ось абсцисс. Если количество отказов составляет более 50% числа испытываемых изделий, эта зависимость аппроксимируется двумя прямыми линиями, которые расположены в первой четверти графика и пересекаются между собой в точке на оси абсцисс под одинаковым углом к вертикали.

Точка пересечения прямой (или прямых) с осью абсцисс отсекает на ней значение математического ожидания t_D времени безотказной работы.

Второй параметр нормального распределения — среднее квадратическое отклонение σ находится из уравнения

$$2P_{II} - 1 = \Phi\left(\frac{t_{II} - t_D}{\sigma}\right), \quad (1)$$

где P_{II} — вероятность выхода из строя к моменту последнего замера;

t_{II} — время последнего замера;

Φ — функция, значения которой приведены в руководствах по теории вероятностей и теории надежности [7, 8].

Для решения уравнения (1) относительно σ по таблице отыскивается значение аргумента, соответствующее левой части уравнения (1), которому затем этот аргумент приравнивается.

Зная t_D и σ , можно найти вероятность P_t для любого требуемого промежутка времени t :

$$P_t = \frac{\Phi\left(\frac{t - t_D}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{t_D}{\sigma}\right)}{1 + \Phi\left(\frac{t_D}{\sigma}\right)}. \quad (2)$$

• *Логарифмически-нормальное распределение.* В процессе испытаний при наличии числа отказов около 30–40% всех испытываемых приборов строится график, где на оси абсцисс откладывается

логарифм времени испытаний с отметками логарифмов моментов замеров, а на оси ординат — квантили I_p нормального распределения, соответствующие полученным вероятностям P выхода из строя к моментам этих замеров. Значения I_p также, как и в случае нормального распределения, находятся из таблицы [7].

Если действительно имеет место логарифмически-нормальное распределение, полученная зависимость должна хорошо аппроксимироваться прямой линией, пересекающей ось абсцисс. Если количество отказов составляет более 50% числа испытываемых изделий, эта зависимость аппроксимируется двумя прямыми линиями. Внешний вид графика такой же, как и в случае нормального распределения.

Точка пересечения прямой (или прямых) графика с осью абсцисс отсекает на ней значение lgt_0 , представляющее собой математическое ожидание логарифма времени возникновения отказа. Величина lgt_0 является одним из двух параметров логарифмически-нормального распределения.

Второй параметр этого распределения b представляет собой среднее квадратическое отклонение логарифма времени выхода из строя и может быть найден из уравнения

$$2P_{II} - 1 = \Phi\left(\frac{lgt_{II} - lgt_0}{b}\right), \quad (3)$$

где P_{II} — вероятность выхода из строя к моменту последнего замера;

t_{II} — время последнего замера.

Порядок нахождения параметра b из уравнения (3) такой же, как и в случае нормального распределения.

Зная lgt_0 и b , можно определить вероятность P_t для любого требуемого промежутка времени t , а также среднее время безотказной работы t_{cp}

$$P_t = 0,5 \left[1 + \Phi\left(\frac{lgt - lgt_0}{b}\right) \right], \quad (4)$$

$$t_{cp} = t_0 e^{2,6 b^2}. \quad (5)$$

• *Распределение Вейбулла.* В процессе испытаний при наличии числа отказов, составляющих 30–40% общего числа испытываемых приборов, строится график, на оси абсцисс которого откладывается натуральный логарифм времени испытаний с отметками логарифмов моментов замеров, а на оси ординат — натуральные логарифмы отрицательных натуральных логарифмов вероятностей Q безотказной работы.

Если действительно имеет место распределение Вейбулла, полученная зависимость должна хо-

рошо аппроксимироваться прямой линией, пересекающей ось абсцисс. Тангенс угла наклона этой прямой к оси абсцисс дает значение параметра m , представляющего собой один из двух параметров, характеризующих распределение Вейбулла и называемый "параметром остроты".

Второй параметр этого распределения t_0 находится из уравнения

$$t_0 = e^{\frac{\ln(-\ln Q_0)}{m}}, \quad (6)$$

где величина, стоящая в показателе, представляет собой отрезок, отсекаемый прямой графика от оси ординат (значение Q_0 , таким образом, представляет собой вероятность безотказной работы через t после начала испытаний, учитывая, что именно при этом $\ln t = 0$).

Зная t_0 и m , можно найти вероятность P_t выхода из строя для любого требуемого промежутка времени t , а также среднее время безотказной работы t_{cp} :

$$P_t = 1 - e^{-\frac{t^m}{t_0^m}}, \quad (7)$$

$$t_{cp} = \sqrt[m]{t_0^m \Gamma\left(\frac{1}{m} + 1\right)}, \quad (8)$$

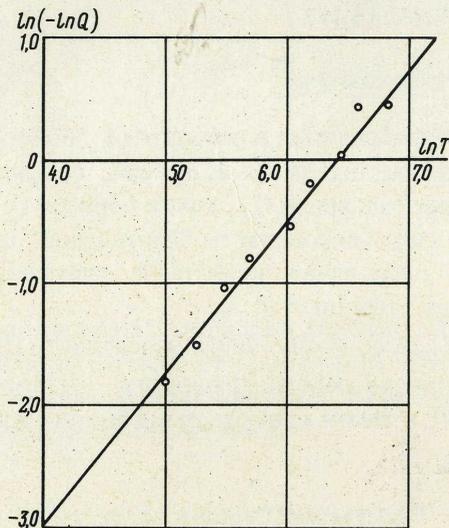
где $\Gamma\left(\frac{1}{m} + 1\right)$ — гамма-функция, значения которой имеются в литературе [4].

В качестве примера рассмотрим случай распределения Вейбулла, являющийся наиболее сложным в практике оценки надежности.

Испытанию подвергалось 100 сверхминиатюрных пентодов. Ввиду того, что доведение испытаний до выхода из строя последнего из них потребовало бы весьма значительного времени, длительность испытаний была ограничена 900 ч. Результаты сведены в таблицу.

Натуральные логарифмы времени замеров	Время замеров, ч	Число отказов в период времени между замерами	Общее число отказов к окончанию промежутка	Вероятность возникновения отказа P к окончанию промежутка	Вероятность отсутствия отказа $Q=1-P$	$-\ln Q$	$\ln(-\ln Q)$
4,0	55	5	5	0,05	0,95	0,05	-3,0
5,0	150	9	14	0,14	0,86	0,15	-1,82
5,2	180	6	20	0,2	0,8	0,22	-1,51
5,5	245	10	30	0,3	0,7	0,35	-1,05
5,7	300	5	35	0,35	0,65	0,43	-0,84
6,0	400	10	45	0,45	0,55	0,6	-0,51
6,2	500	10	55	0,55	0,45	0,8	-0,22
6,4	600	10	65	0,65	0,35	1,05	0,05
6,6	740	11	76	0,76	0,24	-1,42	0,35
6,8	900	4	80	0,80	0,20	-1,61	0,48

По предлагаемой выше методике построен график, из которого видно, что полученная зависимость весьма четко аппроксимируется прямой линией и, следовательно, имеет место распределение Вейбулла.



Из графика находим параметр m , равный 1,25, а также значение t_0 , для чего необходимо определить отрезок, отсекаемый прямой от оси $\ln(-\ln Q)$, проходящей через начало координат.

Так как на графике ось $\ln(-\ln Q)$ проходит через точку $\ln t = 4,0$, то длину этого отрезка можно найти из подобия треугольников, образуемых прямой при пересечении с осями

$$\frac{3,0}{2,4} = \frac{x}{6,4}, \quad x = \ln(-\ln Q) = 8,0.$$

Отсюда $t_0 = e^{8,0} \approx 3000$ ч. Определяем вероятность выхода из строя для времени, равного 900 ч.

$$P_{t=900} = 1 - e^{-\frac{900^{1,25}}{3 \cdot 10^3}} = 1 - 0,2 = 0,8.$$

Среднее время безотказной работы будет

$$t_{cp} = \sqrt[1,25]{3 \cdot 10^3} \Gamma\left(\frac{1}{1,25} + 1\right) \approx 580 \text{ ч.}$$

В тех случаях, когда объем испытаний планируется с учетом ожидаемого вида распределения, результаты применения рассмотренной методики оказываются весьма удовлетворительными. Разница в результатах t_{cp} , полученных при незавершенных испытаниях и при доведении испытаний до конца, составляет не более 5–10%.

Вероятность безошибочного прогноза надежности зависит от объема выборки из проходящих испытание приборов: чем больше объем выборки, тем меньше ширина доверительного интервала

(при заданной доверительной вероятности) для генеральной характеристики показателя надежности. Подробные данные о зависимости ширины доверительных интервалов от объема выборки для различных видов распределений приведены в работе [9].

ЛИТЕРАТУРА

1. Славин М. Б., Славин Б. С. Прогнозирование надежности радиоламп. "Электровакuumная техника", 1966, № 39.
2. Славин М. Б., Дмитриев Г. В. Прогнозирование надежности электровакuumных приборов. "Обмен опытом в электронной промышленности", 1968, № 8.
3. Славин М. Б., Дмитриев Г. В. Качественная оценка приемно-усилительных радиоламп методом теорий выбросов. "Электровакuumная техника", 1968, № 46.
4. Даммер Дж. В. А. Надежность деталей электронной аппаратуры. Труды 2-го Международного конгресса ИФАК, 1965, т. 6.
5. Надежность полупроводниковых устройств. Под общей ред. Маслова А. А., М., ИИЛ, 1963.
6. Пароль Н. В. Надежность приемно-усилительных ламп. М., "Сов. радио", 1960.
7. Шор Я. Б. Статистические методы анализа и контроля качества и надежности, М., "Сов. радио", 1962.
8. Венцель Е. С. Теория вероятностей, М. Физматгиз, 1958.
9. Шор Я. Б., Кузьмин Ф. И. Таблицы для анализа и контроля надежности, М., "Сов. радио", 1968.

УДК 621.382.019.3+621.385.019.3



ИЗДЕЛИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ со ЗНАКОМ КАЧЕСТВА

УНИФИЦИРОВАННЫЙ ДРОССЕЛЬ ФИЛЬТРОВ Д-0,1

ФОТОЭЛЕКТРОННЫЙ УМНОЖИТЕЛЬ ФЭУ-79

ФЕРРИТОВЫЙ ЦИРКУЛЯТОР 30 ЦК-6

РЕНТГЕНОВСКАЯ ТРУБКА БСВ-7

БЛОКИНГ-ТРАНСФОРМАТОР КАДРОВОЙ РАЗВЕРТКИ БТК-2; БТК-4

ТРАНЗИСТОРЫ МП35-МП38А; КТ301-КТ301Ж; КТ312А-КТ312В

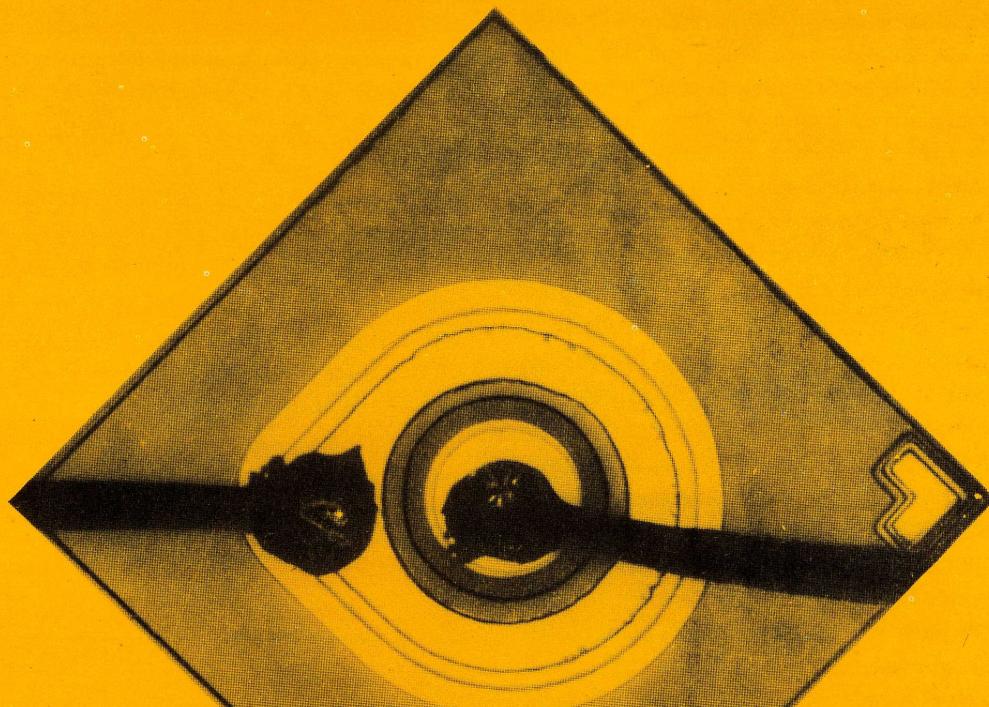
ЦИФРОВОЙ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР ЦУИП-1

РАДИОЛАМПЫ ГУ-81; ГУ-56; ГМ-3А; ГМ-3Б; 6Ф3П; 6С41С

ДУГОВАЯ КСЕНОНОВАЯ ЛАМПА ДКСТ-10 000

ИМПУЛЬСНАЯ СТРОБОСКОПИЧЕСКАЯ ТРАПЕЦЕИДАЛЬНАЯ ЛАМПА ИСПТ-6000

МЕХИЛОСЦА



**МЕТОДЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ
И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ
ПЛАНАРНЫХ
ТРАНЗИСТОРОВ**

позволяют существенно повысить пробивное напряжение путем снижения влияния искривления $p-n$ перехода (метод охранного кольца), устранения пробоя в приповерхностных слоях полупроводниковой структуры (метод расширенного базового контакта и метод делительного кольца).

Для развития полупроводниковой электроники характерным является не только создание принципиально новых типов полупроводниковых устройств, но и совершенствование серийно выпускаемых приборов. Возрастают требования к надежности транзисторов, к основным электрическим параметрам, уменьшается разброс значений этих параметров для однотипных приборов, значительно расширяются рабочие диапазоны по напряжению и токам, увеличивается предельная частота транзисторов и т.д. Если в прошлом десятилетии предельно допустимые напряжения для транзисторов составляли несколько десятков вольт, то теперь эти напряжения возросли до сотен вольт, а для некоторых приборов до киловольта и более. Рабочие токи увеличились на порядок, значительно возросли предельная частота усиления и мощность транзисторов. Появились транзисторы, работающие в широком диапазоне токов на частотах в несколько гигагерц при мощности в сотни ватт.

Прогресс в технологических процессах серийного производства транзисторов привел к возникновению планарной технологии, получившей широкое использование при производстве полупроводниковых приборов и изделий микроэлектроники благодаря ряду несомненных преимуществ перед разработанными ранее технологическими приемами. Однако планарные $p-n$ переходы, полученные методом локальной диффузии, имеют меньшие пробивные напряжения по сравнению с аналогичными плоскими диффузионными $p-n$ переходами, образованными с помощью меза-технологии, что затрудняет изготовление приборов с рабочим напряжением более 100 в. В связи с этим определенный интерес представляет изучение особенностей пробоя планарных $p-n$ переходов, исследование факторов, снижающих пробивное напряжение структур, полученных локальной диффузией, и разработка методов создания высоковольтных планарных транзисторов.

ПРОБОЙ ПЛАНАРНОГО $p-n$ ПЕРЕХОДА

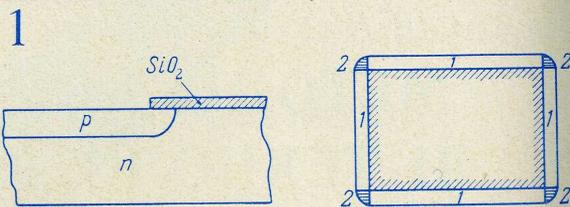
Предельно допустимое напряжение, которое может быть подано на транзистор при той или иной схеме включения, находится в прямой зависимости от максимально возможного напряжения перехода коллектор-база, при котором транзистор сохраняет работоспособность. Последнее, в свою очередь, определяется пробоем коллекторного перехода [1]. Увеличение предельно допустимого

напряжения для транзистора приводит, таким образом, к необходимости устранения пробоя коллекторного $p-n$ перехода.

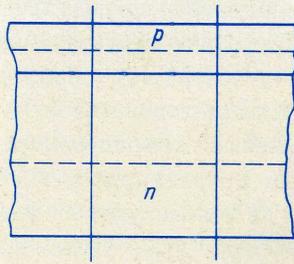
Коллекторный $p-n$ переход в планарном транзисторе обычно создают методом локальной диффузии через маску.

Рассмотрим кремниевые планарные $n-p-n$ транзисторы, коллекторный переход которых получают диффузией бора в n -кремний. В качестве маски при диффузии обычно используют окись кремния. Вследствие изотропности диффузии у края маски легированная акцепторной примесью область распространяется под окисел, образуя $p-n$ переход приблизительно цилиндрической конфигурации (периферийная область $p-n$ перехода). Аналогично в углах прямоугольной маски образуются сферические участки $p-n$ перехода (рис. 1). В реальной структуре транзистора коллекторный $p-n$ переход близок к резкому или ступенчатому (подобен сплавному) $p-n$ переходу. Объемный заряд при подаче обратного смещения на $p-n$ переход такого типа распространяется в основном в область коллектора. Пробивное напряжение искривленной части перехода в таких условиях значительно ниже, чем плоской части перехода, имеющей одинаковое распределение примесей.

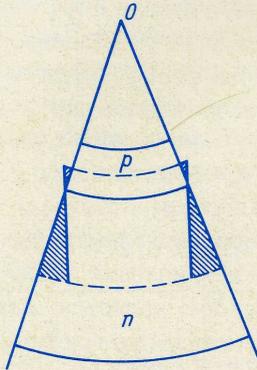
Рассмотрим участок плоского резкого перехода (рис. 2, а). Границы объемного заряда, показанные на рисунке пунктиром, почти соответству-



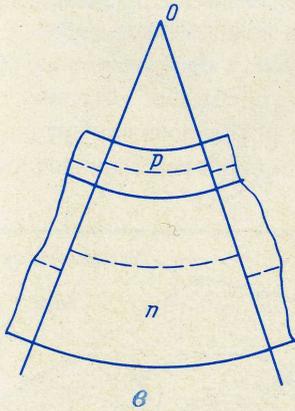
ют реальному расположению их в транзисторе. Представим, что участок плоского перехода, ограниченный вертикальными прямыми, искривляется вокруг центра O (рис. 2, б). При этом площадь, занятая неподвижными ионизированными донорами, увеличилась бы на некоторую величину (заштрихованные участки на рисунке) при условии сохранения расстояния от металлургической границы $p-n$ перехода до границы слоя объемного заряда в n -области. Точно так же соответствующая площадь в p -области вследствие изгиба должна уменьшиться. При одинаковом распределении примесей в плоской и изогнутой частях перехода соблюдается условие электронейтральности для



а



б



в

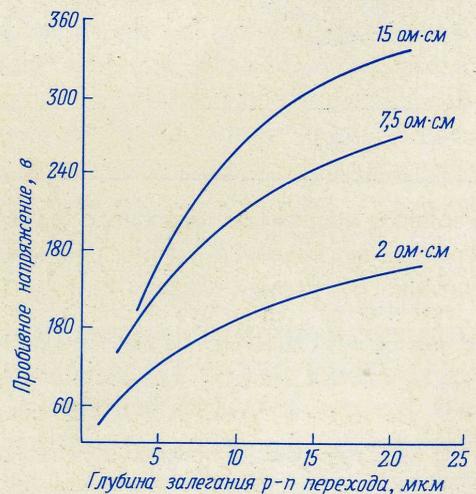
изогнутого $p-n$ перехода, очевидно, можно лишь приблизив границу обедненного слоя в n -области к границе $p-n$ перехода и отделив соответствующую границу в p -области (рис.2, в). При этом суммарная ширина обедненного слоя уменьшится, что приведет к возникновению условий для лавинного пробоя при меньших напряжениях, т.е. к снижению напряжения пробоя. Чем резче переход и меньше радиус кривизны, тем меньше его пробивное напряжение. Рассуждая аналогично, можно прийти к выводу, что сферически искривленный $p-n$ переход будет иметь еще более низкое пробивное напряжение, в большей степени зависящее от кривизны и "степени резкости" перехода. Задача о пробив-

ном напряжении искривленного $p-n$ перехода решена математически [2, 3].

На практике, как правило, не наблюдается полного соответствия с математической моделью. Это, прежде всего, объясняется тем, что планарный $p-n$ переход, полученный методом диффузии, нельзя рассматривать как строго ступенчатый; кроме того, периферийная область планарного $p-n$ перехода не является точным цилиндром или сферой. Наконец, абсолютные значения пробивных напряжений реальных планарных $p-n$ переходов при любом радиусе кривизны всегда ниже расчетных вследствие влияния заряда пассивирующего окисла и сегрегации донорной примеси при окислении исходного n -кремния.

Рассмотрим экспериментальные кривые (рис.3), отражающие зависимость напряжения пробоя от глубины локальной диффузии (в принятом предположении глубину диффузии можно считать равной радиусу кривизны). В диодах, периферийная область $p-n$ перехода которых имеет цилиндрическую конфигурацию, диффузия проводилась в участки круглой формы диаметром, на порядок большим глубины диффузии. Экспериментальные структуры получены двухстадийной диффузией бора.

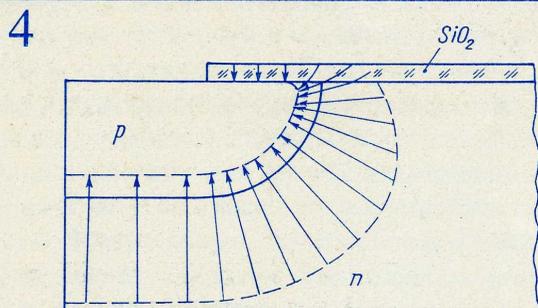
Обнаружена резкая зависимость пробивных напряжений от кривизны $p-n$ перехода для небольших глубин диффузии. При увеличении глубины диффузии нарастание пробивного напряжения уменьшается тем быстрее, чем меньше удельное сопротивление подложки. Это объясняется тем, что если мелкие $p-n$ переходы на высокоомной подложке можно считать в достаточной степени резкими, то переходы с большой глубиной диффузии в сильнолегированном кремнии близки к линейным и потому не обнаруживают сильной зависимости от кривизны периферийной области $p-n$ перехода.



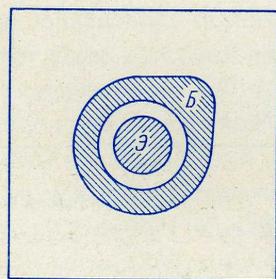
Таким образом, для реальных $p-n$ переходов, полученных локальной диффузией, существует область, в которой можно эффективно повысить пробивное напряжение за счет роста глубины диффузии, причем за пределами этой области напряжение пробоя увеличивается незначительно. Границы этой области (см. рис. 3) зависят от степени легирования исходного материала.

Рассмотрим другую особенность планарного $p-n$ перехода, влияющую на его пробивное напряжение. Для кремниевых $n-p-n$ транзисторов, $p-n$ переходы которых локализованы с помощью выращенной окисной пленки, существенное значение приобретает перераспределение при окислении кремния примеси на границе $Si-SiO_2$, причем фосфор имеет тенденцию накапливаться в кремнии. Это приводит к снижению удельного сопротивления в приповерхностных слоях и, как следствие, к сужению слоя объемного заряда при подаче обратного смещения.

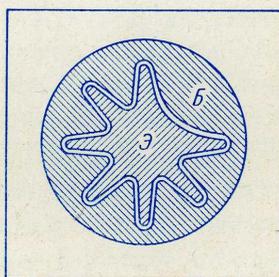
Положительный заряд окисной пленки кремния замыкает силовые линии поля у поверхности в обедненном слое, что еще более сужает область объемного заряда в периферийной области планарного $p-n$ перехода (рис. 4). Таким образом,



5



а)



б)

пробивное напряжение реального планарного $p-n$ перехода оказывается значительно меньше рассчитанного с учетом влияния кривизны [4-5].

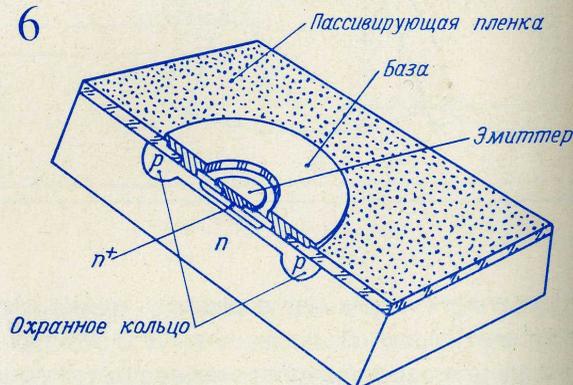
КОНСТРУКТИВНЫЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ПЛАНАРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

В конструировании высоковольтных планарных транзисторов существует два основных направления.

Первое направление — использование конструкций, в которых снижено влияние кривизны периферийной области на пробой. Для повышения напряжения пробоя, прежде всего, следует подбирать конфигурацию структуры, наиболее близкую к цилиндрической форме периферийной части перехода. Для транзисторов малой и средней мощности наиболее выгодной конфигурацией является каплевидная или круглая (рис. 5, а и б). В мощных транзисторах, где используются преимущественно гребенчатые структуры, углы прямоугольной базовой области должны быть скруглены радиусом, в несколько раз большим, чем глубина залегания коллекторного $p-n$ перехода. В этом случае при одной и той же глубине диффузии искривленная периферийная область коллекторного $p-n$ перехода будет иметь форму, близкую к цилиндрической, и пробивное напряжение коллекторного $p-n$ перехода будет значительно выше напряжения прямоугольного $p-n$ перехода со сферическими искривлениями по углам.

Одним из наиболее эффективных методов, снижающих влияние искривления неглубокого $p-n$ перехода в транзисторе, является метод охранного кольца [3], при котором создается дополнительная узкая замкнутая диффузионная область, соприкасающаяся по периферии с коллекторным $p-n$ переходом и имеющая значительно меньшую кривизну (рис. 6). Активная область транзистора остается неизменной, поэтому его параметры также не меняются, а пробивное напряжение возрастает по мере углубления охранного кольца (см. рис. 3). При использовании метода охранного кольца частотные свойства транзисторов несколько

6

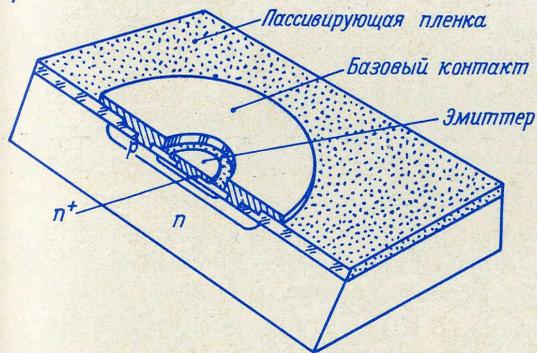


ухудшаются за счет увеличения емкости коллекторного $p-n$ перехода. Однако увеличение этой емкости незначительно.

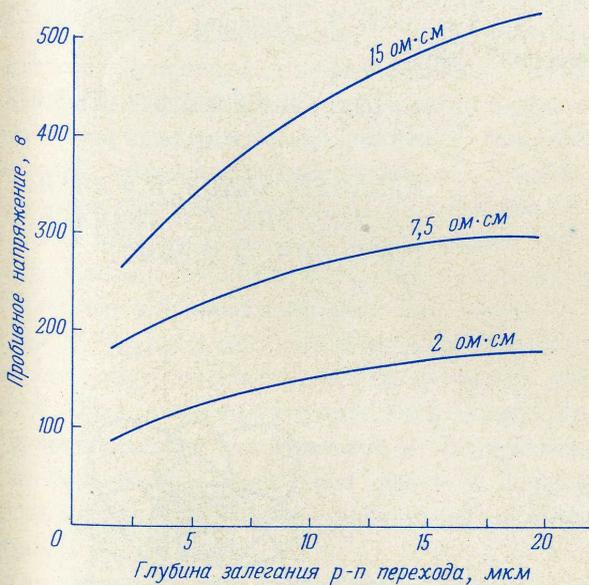
Второе направление связано с устранением пробоя в приповерхностных слоях. Как уже упоминалось выше, пробивное напряжение планарного $p-n$ перехода может управляться потенциалом электрода, расположенного над $p-n$ переходом. Эта возможность используется в методе расширенного базового контакта [4]. Электродом

с потенциалом, обедняющим приповерхностную область коллектора, служит пленочный контакт базы, выведенный поверх окисла над коллекторным p - n переходом (рис. 7). Пробивное напряжение таких транзисторов значительно повышается в результате расширения области базового контакта, о чем свидетельствует экспериментальный график, приведенный на рис. 8. Еще один метод, снижающий напряженность поля в приповерхностной области транзистора — метод делительного кольца — был предложен в работе [6]. Этот метод состоит в создании вокруг коллекторной области транзистора замкнутых кольцевых областей, которые образуют p - n переходы, выполняющие функции делителей подаваемого на основной переход напряжения (рис. 9). При подаче обратного смещения на коллекторный p - n переход планарного транзистора с делителями напряжения область объемного заряда расширяется и при обратном смещении, близком к пробивному напряжению коллекторной области, смыкается с p -областью первого делителя напряжения (назовем ее делительным

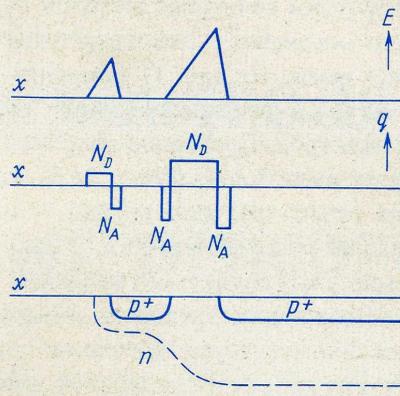
7



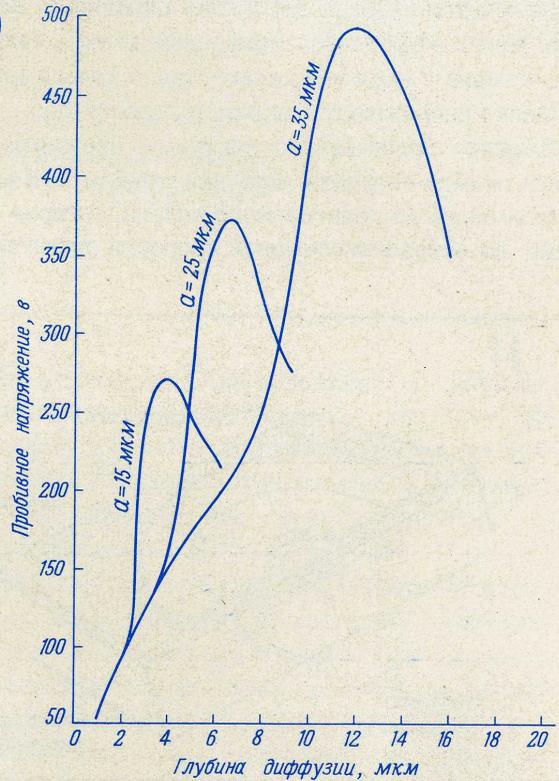
8



9



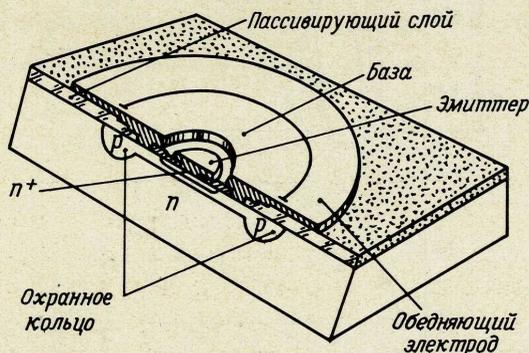
10



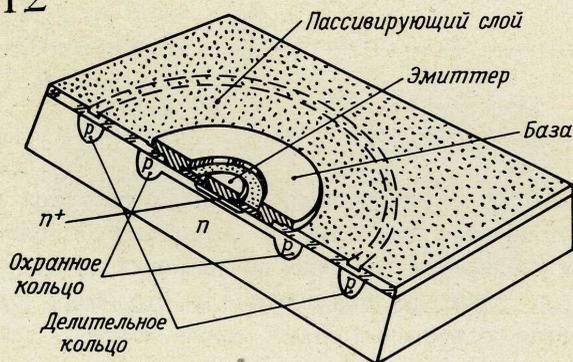
кольцом). Далее обедненный слой образуется вокруг первого делительного кольца и расширяется при увеличении смещения до смыкания со вторым и т.д. Структура, включающая необходимое количество делительных колец, может иметь, таким образом, предельное напряжение, обусловленное пробоем плоской части коллекторного перехода или смыканием базы. Каждое делительное кольцо в оптимальных условиях может приблизительно удвоить пробивное напряжение по сравнению с обычным p - n переходом, имеющим ту же глубину залегания. На практике, однако, трудно получить удвоенное напряжение пробоя, поскольку при фиксированном расстоянии до делителя напряжения пробивное напряжение очень критично к глубине залегания p - n переходов (рис. 10).

Рассмотрим сочетание методов с использованием трех основных конструктивных приемов, описанных выше. На рис. 11 показана транзисторная структура с охранным кольцом, имеющим обедняющий электрод. Пробивное напряжение такой структуры значительно выше, чем транзисторов, имеющих только охранный контакт, или только расширенный базовый контакт. При известных параметрах структуры и оптимальных условиях работы обедняющего электрода ее пробивное напряжение соответствует значениям графика, приведенного на рис. 8. Под глубиной диффузии здесь понимается глубина диффузии охранный контакт. Не менее эффективен метод охранный контакт в сочетании с методом делительного кольца (рис.12). Однако напряжение, близкое к удвоенному предельному напряжению структуры с охранным кольцом, можно получить лишь при точном подборе расстояния до делительного кольца, которое зависит от воспроизводимости процесса диффузии.

11



12



Приведем несколько примеров практического использования изложенных в статье методов для создания конкретных высоковольтных планарных транзисторов.

При изготовлении маломощного кремниевого планарного транзистора П307-309 использована структура с расширенным базовым контактом (см. рисунок на стр. 77).

Планарно-эпитаксиальный транзистор средней мощности КТ602 был изготовлен по методу делительного кольца (пробивное напряжение 200 в). Такой же транзистор с охранным кольцом (глубина залегания 8-10 мкм) имеет пробивное напряжение коллектор-база 250 в, но несколько большее остаточное напряжение, вследствие того, что для получения низкоомного коллектора в этом случае был применен метод "встречной диффузии".

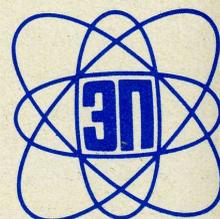
Высоковольтный планарный транзистор средней мощности КТ604 (см. рис. 11), коллекторный переход которого изготовлен с охранным кольцом, может работать при напряжениях питания до 300 в (в схеме с общей базой).

ЛИТЕРАТУРА

1. Степаненко И. П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем, М., "Энергия", 1967.
2. Kennedy D. P., O'Brien R. R. Avalanche Breakdown Voltage of Planar Silicon Junctions. "IBM J. Res. Develop.", 1966, v.10, N 3, p.213.
3. Leistiko O., Grove A. S. Breakdown Voltage of Planar Silicon Junctions. "Solid-State Electronics", 1966, v.9, p.847-852.
4. Castucci P. P., Logan J. S. Electrode Control of SiO₂ Passivated Planar Junctions. "IBM J. Res. Develop.", 1964, v. 8, N 4, p.394-399.
5. Grove A. S., Leistiko O., Hooper W. W. Effect of Surface Fields on the Breakdown Voltage of Planar Silicon p-n Junctions. "IEEE Trans. on Electron Devices", 1967, v.ED-14, N 3, p.157-162.
6. Kao Y. C., Wolley E. D. High Voltage Planar p-n Junctions. "Proc. IEEE", 1967, v.55, N 8, p.1409-1414.
7. Мазель Е. З. Мощные транзисторы. М., "Энергия", 1969.

УДК 621.382.333.027.3.002.2

В.Г.КОЛЕСНИКОВ, В.И.НИКИШИН,
Б.Л.ТОЛСТЫХ, Г.Г.АФАНАСЬЕВ,
Г.В.СОНОВ, И.Ф.ДЫМОВ



ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

А.А.ВАСЕНКОВ, Ф.П.ПРЕСС

В порядке обсуждения ставится вопрос о роли технологического контроля в повышении качества продукции. На примере одного из основных процессов планарной технологии — фотолитографии рассмотрены оптимальные требования, предъявляемые к контролю на этапах разработки и производства полупроводникового прибора.

Обеспечение высокого выхода годных в производстве полупроводниковых приборов и интегральных схем при минимальных экономических затратах требует соблюдения ряда основных условий: применения высококачественных материалов и полуфабрикатов, хорошо отработанной технологии изготовления изделий, точного, высокопроизводительного и отлаженного оборудования, обеспечения производства высококвалифицированным рабочим персоналом, соответствия производственных условий требованиям вакуумной гигиены. Обычно в эти условия включают и организацию технологического контроля, однако контрольные функции содержатся в каждом из перечисленных требований. Поэтому логично считать технологический контроль не дополнительным условием, а до известной степени универсальным инструментом воздействия на производственный процесс.

Контроль технологического процесса создает необходимые предпосылки для снижения стоимости изделий, повышения процента выхода годных, обеспечения высокой надежности. Рассмотрим это положение применительно к фотолитографии, определяющей, во многом как предельные параметры приборов, так и процент выхода годных изделий.

■ **МАТЕРИАЛЫ И ПОЛУФАБРИКАТЫ.** Одними из важнейших полуфабрикатов, используемых в фотолитографии, являются фотошаблоны. Анализ этапов проектирования, изготовления и эксплуатации фотошаблонов показывает, что здесь в первую очередь необходимо введение адекватной системы контроля.

• При проектировании комплекта фотошаблонов разработчик, руководствуясь техническим заданием на прибор, стремится использовать все воз-

можности технологии и оборудования и предъявляет максимальные требования к допускам на размеры фотошаблонов. Однако при этом зачастую не выделяются наиболее ответственные размеры, критические области на структуре прибора и опасные виды дефектов.

• На этапе изготовления фотошаблонов отсутствие таких четких указаний по контролю наиболее ответственных размеров и опасных для данного фотошаблона дефектов может привести, с одной стороны, к излишним отсыемам, с другой — к отбраковке фотошаблонов, пригодных для использования.

• При эксплуатации фотошаблонов в серийном производстве задача обеспечения высокого процента выхода годных приборов нередко решается экономически наименее оправданным способом: частой сменой комплектов. Поскольку фотошаблоны значительно различаются по своей критичности, следует менять не весь комплект, а наиболее ответственные, чувствительные к износу фотошаблоны. Их необходимо выделить непосредственно при проектировании, указывая одновременно, какое количество дубликатов таких фотошаблонов должно содержаться в комплекте.

Связать все три этапа позволит единая система контроля, в основу которой заложены следующие принципы:

— учет в процессе проектирования, изготовления и эксплуатации шаблонов наиболее ответственных размеров, указание критических областей и дефектов;

— количественная оценка качества фотошаблонов, создающая предпосылки для статистической обработки и использования ЭВМ;

– обеспечение сквозного систематизированного контроля не только параметров шаблона, но и параметров прибора в процессе его изготовления;

– классификация фотошаблонов по степени их сложности, позволяющая выделить производство наиболее ответственных классов фотошаблонов.

Параметры фотошаблонов должны обеспечивать основные параметры прибора: минимальный размер элемента прибора; минимальный зазор, получаемый при совмещении двух наиболее ответственных фотошаблонов; критическую площадь прибора, т.е. ту площадь, в пределах которой наличие дефектов вызывает брак по электрическим характеристикам. Выполнение вышеуказанных требований лимитируется возможностями технологии, которые определяются такими критериями, как точность передачи размеров, качество края, несовместимость фотошаблонов и элементов на пластинах, плотность дефектов (см. схему). Использование этих критериев для количественной оценки параметров фотошаблонов, однако, не очень удобно, так как классификационная система получается громоздкой. Формирование классов фотошаблонов целесообразнее проводить, исходя из трех параметров: минимального размера на фотошаблоне, точности выполнения фотошаблона и критической площади структуры. При этом в понятие точности включается допуск на размер и координату (шаг) элемента, а также качество края изображения.

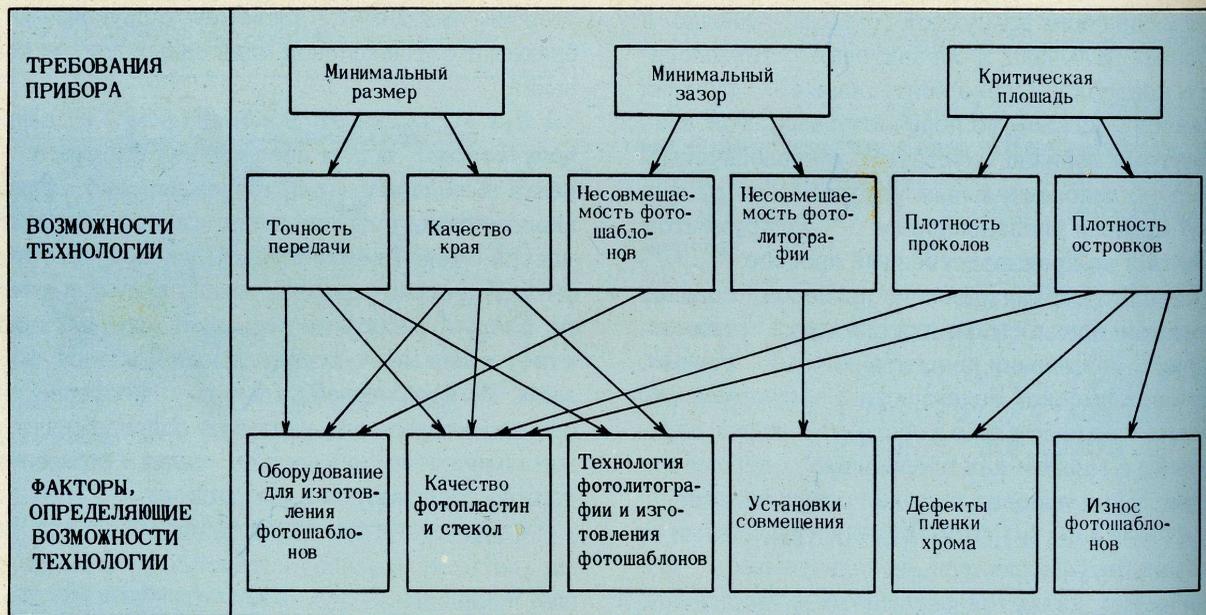
го оборудования для фотолитографических процессов. Численно они равны удвоенной среднеквадратичной ошибке, т.е. характеризуют 95% измеренных величин. Исключением является четвертая группа точности, так как современное оборудование для изготовления и контроля фотошаблонов не позволяет реализовать столь высокие требования на большом количестве структур; в этой группе показатели равны среднеквадратичной ошибке (68% измеренных величин).

Система классификации фотошаблонов

Параметры	Группы показателей размера			
	А	Б	В	Г
Минимальный размер, $\mu\text{м}$	> 10	5	2	≤ 1
Допуск, $\mu\text{м}$ на размер* на шаг	Группы показателей точности			
	1	2	3	4
	2,0 $\pm 1,0$	1,0 $\pm 0,5$	0,4 $\pm 0,2$	0,2 $\pm 0,1$
Качество края (неровность), $\mu\text{м}$	2,0	1,0	0,5	0,25
Критическая площадь, мм^2 Допустимая плотность проколов, мм^{-2} Допустимая плотность ост- ровков, мм^{-2}	Группы показателей дефектности			
	1	2	3	4
	0,1 1,5 2,0	0,5 0,75 1,0	1,0 0,25 0,5	$> 1,0$ 0,1 0,25

* Указывается поле допуска, что позволяет варьировать знак отклонения от номинала, например: $(+0,1)$
 $(-0,3)$

Предположим, изготавливаются фотошаблоны для МОП-транзистора с минимальным размером



Ниже приводится система классификации фотошаблонов. Показатели точности выбраны с учетом требований поддержания минимального зазора в приборе и обеспечения высокого уровня выхода годных изделий, а также наличия прецизионно-

6 $\mu\text{м}$ (допуск $\pm 0,1 \mu\text{м}$) и критической площадью 0,2 мм^2 . Класс фотошаблонов складывается из показателя размера (в данном случае наиболее близкой является группа Б), показателя точности (группа 4) и показателя чувствительности к ло-

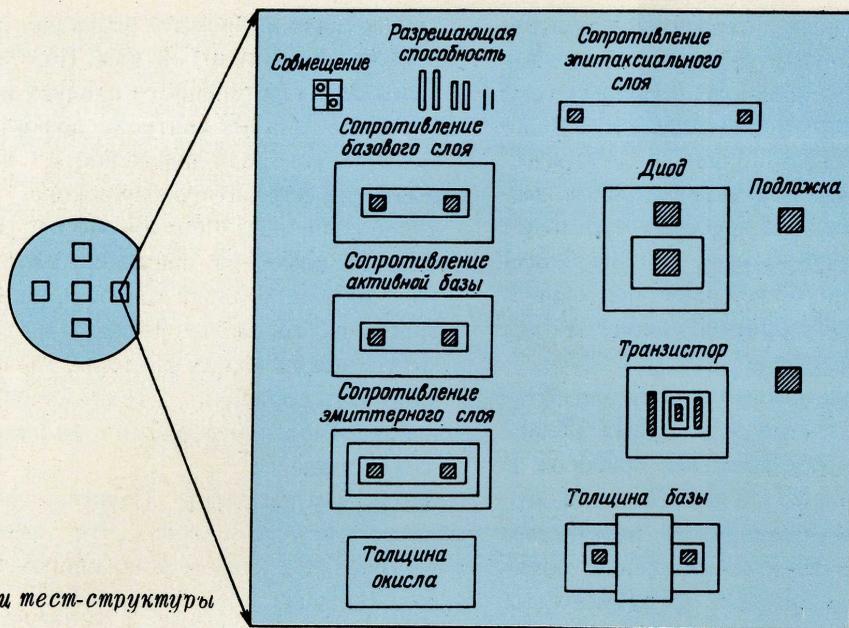


Рис. 1. Образец тест-структуры

кальным дефектам (группа 1); в итоге класс фотошаблонов обозначается как Б41. С помощью такой системы можно классифицировать (примерно) фотошаблоны для приборов разного типа: СВЧ транзисторы – Г41, мощные ВЧ транзисторы – В42, интегральные схемы – Б33, БИС – Б44; диоды и транзисторы среднего класса – А11. Разбиение на классы поможет разумнее организовать производство фотошаблонов. Например, чтобы получить малые размеры и выдержать жесткие допуски, необходимо строго нормировать неплоскостность фотопластинок и стекол для дубликатов. Для изготовления шаблонов с высокими показателями по этим параметрам (группы В и Г; 3 и 4) нужны стекла с неплоскостностью не хуже трех-четырех интерференционных колец. В то же время для простых фотошаблонов можно использовать стекла с большей неплоскостностью, снизив таким образом стоимость изготовления шаблонов.

По нашему мнению, в первую очередь строгие требования должны предъявляться к контролю выполнения технического задания на изготовление комплекта. В задание входят чертежи с указанием класса фотошаблонов (см. таблицу) и размеров, точность соблюдения которых при изготовлении фотошаблонов должна поддерживаться особенно высокой; таблицы дефектов и критических областей к каждому шаблону; указатели (например, пропущенные структуры), вокруг которых располагаются контролируемые группы структур (один в центре и четыре по краям шаблона). В техническом задании должны быть приведены отметки совмещения и тест-структуры (количество тест-структур на фотошаблоне определяется степенью отработки технологического процесса: выше – на стадии НИР и ниже – в серийном производстве); указания по дублированию наиболее ответственных шаблонов комплекта.

■ **ТЕХНОЛОГИЯ.** Наличие на шаблонах указателей и контрольных групп, а также тест-структур позволяет вести сквозной контроль не только в процессе изготовления, но и при эксплуатации фотошаблонов (в частности, определить коэффициенты износа), а главное – контролировать пооперационно технологический процесс.

На рис. 1 показан образец тест-структуры [1], с помощью которой можно проконтролировать качество выполнения не только фотолитографии, но и эпитаксии, окисления, диффузии. Статистические методы обработки позволяют по данным тестовых замеров прогнозировать процент брака на стадии контроля электрических характеристик.

При обычно используемой в производстве полупроводниковых приборов методике контроля пооперационного выхода годных структур наблюдается незначительный брак до этапа проверки электрических параметров структур и резкое увеличение брака на этапе проверки (рис. 2). Такое явление связано с отсутствием количественного

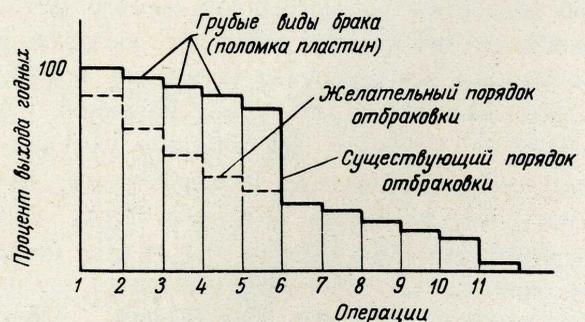


Рис. 2. Диаграмма пооперационного выхода годных: 1 – исходная эпитаксиальная пленка; 2 – создание базы; 3 – создание эмиттера; 4 – создание контактных окон; 5 – создание контактов; 6 – проверка электрических параметров; 7 – скрайбирование; 8 – сборка; 9 – термокомпрессия; 10 – герметизация; 11 – классификация

контроля на промежуточных стадиях процесса: окисления, диффузии, фотолитографии. Речь идет именно о количественном контроле, поскольку его отсутствие дает технологу повод довести "подозрительную" партию до этапа проверки электрических параметров в надежде получить хотя бы минимальное количество годных приборов, что ведет к загрузке производства большим количеством бракованных структур, к увеличению постоянной времени технологической обратной связи и повышению численности рабочих.

Существует еще один важный аспект использования тест-структур. Размеры активных областей современных полупроводниковых приборов и интегральных схем настолько малы, что их контроль обычными методами становится возможным только после создания контактов. Введение больших по размеру тестовых диодных и транзисторных структур позволяет контролировать ряд электрических характеристик на ранних стадиях. Остается отметить, что для изготовления фотошаблонов с тест-структурами необходимо оборудование, обеспечивающее достаточно высокую производительность операции впечатывания в шаблон нерегулярных изображений.

В настоящее время стоит вопрос о необходимости разработки и внедрения типовых технологических процессов, в частности процесса фотолитографии. Однако осуществление типовых фотолитографических операций требует применения типового оборудования. Контрольные операции легче сделать типовыми, а это позволит поднять существующий уровень фотолитографии. В типовые карты следует включать контроль двух основных групп параметров: первая — точность передачи размера и совмещаемость; вторая — локальные дефекты. Технологическими факторами, от контроля которых зависит точность передачи размеров, являются освещенность, время и качество контакта при экспозиции, а также время, температура и состав проявителя. Статистический контроль этих факторов и параметров получаемого фотолитографического рельефа позволяет построить регрессионные зависимости, объясняющие основные закономерности фотолитографии. Например, регрессионное уравнение, связывающее уход размеров с изменением времени экспонирования, показывает, что колебания выдержки $20 \text{ сек} \pm 10\%$ вызывают колебания размера $\pm 0,2 \text{ мкм}$. На основании таких данных можно сформулировать требования к качеству установок совмещения, оценить воспроизводимость процесса фотолитографии, более точно рассчитать геометрию разрабатываемого прибора.

Плотность локальных дефектов на пластине связана с точностью передачи размеров обратно пропорциональной зависимостью: чем толще слой фоторезиста, тем меньше плотность дефекта, но

тем труднее выдержать размеры, в особенности, приближающиеся к $1-2 \text{ мкм}$. Поэтому рабочие толшины слоев фоторезиста следует всегда выбирать с учетом данных контроля дефектности. Типовым методом контроля дефектности может явиться имитация фотолитографического процесса (без экспонирования) с последующим выявлением локальных дефектов, например, методом электрографии. Контролируя точность размеров, совмещенность, локальные дефекты и связанные с ними технологические факторы, мы получаем возможность создания технологической модели процесса фотолитографии и на базе ее — оптимизации процесса.

■ **ОБОРУДОВАНИЕ.** Современное оборудование настолько усложнилось, что эффективность его работы стала зависеть во многом от правильности эксплуатации, т.е. от бережного отношения к нему, своевременной поверки его и наладки. За сложными системами должны наблюдать техники и инженеры, специально подготовленные для этой цели, связанные с разработчиками оборудования. Кроме того, периодическую поверку оборудования необходимо регламентировать типовыми контрольными картами так же, как и процессы технологии. На осветителях установок совмещения, например, используются ртутные лампы высокого давления, у которых со временем заметно меняется спектральный состав, интенсивность и распределение освещенности по полю, что в свою очередь вызывает колебание размеров при фотолитографии (около $\pm 0,2 \text{ мкм}$). Для контроля работы осветителей необходимо разработать надежные и компактные болометрические датчики. От таких датчиков могут работать дозаторы ультрафиолетового излучения, автоматически поддерживающие заданную экспозицию. Не менее серьезным вопросом является метрологическая поверка прецизионного оборудования, в частности микроскопов, с помощью которых в фотолитографии измеряют размеры. Каждый микроскоп должен быть аттестован, т.е. снабжен таблицей погрешностей на разных диапазонах увеличения; такую аттестацию необходимо проводить периодически. В противном случае неизбежны серьезные ошибки; опыт показывает, что при измерении малых размеров ($2-3 \text{ мкм}$) расхождения в определении величины одного и того же элемента разными операторами достигают $50-80\%$. Особенно необходима метрологическая поверка при изготовлении фотошаблонов, где она используется для аттестации фотоповторителей и фотошаблонов. Очевидно, периодическая их аттестация может гарантировать совмещаемость изготавливаемых фотошаблонов. Контроль совмещаемости сведется к выявлению грубых ошибок при мультиплицировании, что резко снизит объем контрольных операций и затраты на их осуществление.

■ **РАБОЧИЙ ПЕРСОНАЛ.** Важным фактором, определяющим уровень производства, является квалификация персонала. Обучение рабочего должно носить специализированный характер, т.е. его следует обучать выполнению конкретных операций. Однако определение профессионального мастерства рабочего при присвоении ему разряда представляет некоторые трудности. Квалификационная комиссия не всегда может проэкзаменовать по тонкостям каждой операции, число которых в современном цикле достигает нескольких десятков.

Разумным решением представляется проведение периодического специализированного курса, который должен читаться разработчиком прибора или высококвалифицированным цеховым технологом с обязательной сдачей зачетов. При внедрении новых приборов в серийное производство переподготовка персонала и контроль знаний должны занять такое же важное место, как и подготовка оборудования или документации. Все затраты, связанные с расходами на обучение, экономически оправданы.

Желательно ввести количественные оценки квалификации. Один из возможных способов оценки заключается в следующем: контролер отбирает у работниц часть продукции, проверяет и, если находит нарушения, ставит соответствующий значок в индивидуальный лист. Работница, у которой за определенный промежуток времени накопилось отрицательных значков больше установленного количества, обязана пройти повторный курс обучения данной операции. Если обучение оказывается недейственным, работницу переводят на другую работу. Подобная система, по-видимому, может способствовать повышению уровня выполнения технологических требований.

■ **ВАКУУМНАЯ ГИГИЕНА.** В планарной технологии фотолитография и изготовление фотошаблонов — процессы, наиболее чувствительные к нарушениям вакуумной гигиены. Достаточно указать, что точность поддержания температуры при работе прецизионного фотоштампа составляет $\pm 1^\circ\text{C}$. Колебания температуры проявителя $\pm 2^\circ\text{C}$ приводят к изменению размеров после проявления на $0,15 \text{ мкм}$. Особенно важное значение имеет борьба с запыленностью на операциях обработки фотопластин, нанесения и сушки слоя, экспонирования и совмещения. Хорошее кондиционирование воздуха решает вопрос изоляции от внешних источников загрязнений. Однако более серьезную опасность представляют внутренние источники: в первую очередь сам рабочий персонал, затем действующее оборудование и производственные помещения (пол, стены). Известно [1, 2], что с поверхности кожи одного человека выделяется до 1 млн. частиц размером $0,5 - 80 \text{ мкм}$: пот, ороговевшие частицы, волосы, бактерии. Поэтому одна из радикальных мер борьбы с запыленностью — понижение плотности работающих. Особо ответственные работы

следует проводить в чистых комнатах с ламинарным потоком очищенного воздуха. Плотность работающих примерно 1 чел. на $20-30 \text{ м}^2$. Запыленность может быть снижена до уровня $5-7 \text{ тыс. частиц/1 м}^3$ (в обычном кондиционированном помещении она доходит до $70 \text{ млн. частиц/м}^3$ [3]). Борьба с запыленностью невозможна без разработки высокопроизводительной и простой контрольной аппаратуры с разрешением по диаметру пылинок $0,3-0,5 \text{ мкм}$.

Сформулируем теперь некоторые общие требования к контролю:

Систематичность. Контроль только тогда эффективен, когда он охватывает все критические точки производства и осуществляется постоянно, а не эпизодически. Одна из сторон систематичности контроля — его модификация, т.е. изменение объема контрольных операций в зависимости от стадии создания прибора. На этапе НИР контроль должен быть 100%-ный, на этапе ОКР доля его снижается, и в опытном производстве останавливается на статистически определяемом уровне, в противном случае стоимость контроля не будет оправдана.

Объективность. Контроль должен быть количественным: оценки типа "проколы не допускаются" приносят только вред. При этом допуски, методики контроля, системы обработки данных необходимо обосновывать и только в редких случаях вводить волевым порядком. Следует избавляться от субъективных ошибок, в основном ошибок считывания (записи), и ошибок, связанных с индивидуальными особенностями контролеров: невнимательностью, недобросовестностью, материальными интересами. Известно, например, что на 100 записей приходится в среднем две грубые ошибки. Очевидно также, что деятельность контролеров следует периодически проверять.

Активность. Необходим анализ выявленных нарушений и дефектов, а также создание обратных связей, как внутри технологического процесса, так и в системе "изготовитель — применитель".

Сейчас рождается новая область исследований — изучение физики отказов. Смысл этих исследований гораздо шире, чем обычного метода наблюдения готовых приборов при испытаниях, например, на срок службы. Исследователи надежности приборов в известной мере изолированы от технологов и разработчиков; первые, как правило, мало знают о причинах появления дефектов, а вторые не знакомы с научной методикой выявления отказов. Изучение физики отказов предполагает в первую очередь объединение двух разобщенных областей. Только таким образом можно, используя результаты испытаний, влиять на качество технологии их изготовления и создавать более надежные приборы.

В заключение следует сказать, что введение должного контроля зависит во многом от обеспечения высокопроизводительным оборудованием. Проверка с помощью обычных микроскопов комплекта из шести фотошаблонов для СВЧ мощного транзистора требует осуществления более 800 замеров и занимает два дня. Особенно труден контроль малых размеров, качества совмещения локальных дефектов. Насущной задачей является разработка микроденситометров с разрешением 0,1 мкм, компараторов с точностью регистрации $\pm 0,1$ мкм, телевизионных микроскопов, автоматически фиксирующих дефекты с размером до 0,5 мкм. В контрольном оборудовании должен предусматриваться вывод данных на ЭВМ. Применение

ЭВМ позволит моделировать технологические процессы, а следовательно, управлять ими, добиваясь выработки оптимальных режимов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Интегральные схемы. Основы проектирования и технологии. Перев. с англ. под ред. К.И. Мартюшова. Изд-во "Сов.радио", 1970.
2. Н о р е D. Contamination Problems in the Semiconductor Industry. "Environmental Engineering", 1968, v.XI, N 35, p.9-12.
3. К у п р и я н о в И. Н. Технологическая гигиена на предприятиях зарубежной электронной промышленности, М., "Сов. радио", 1967.

УДК 658.562

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ МИКРОКЛИМАТА В ПРОИЗВОДСТВЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

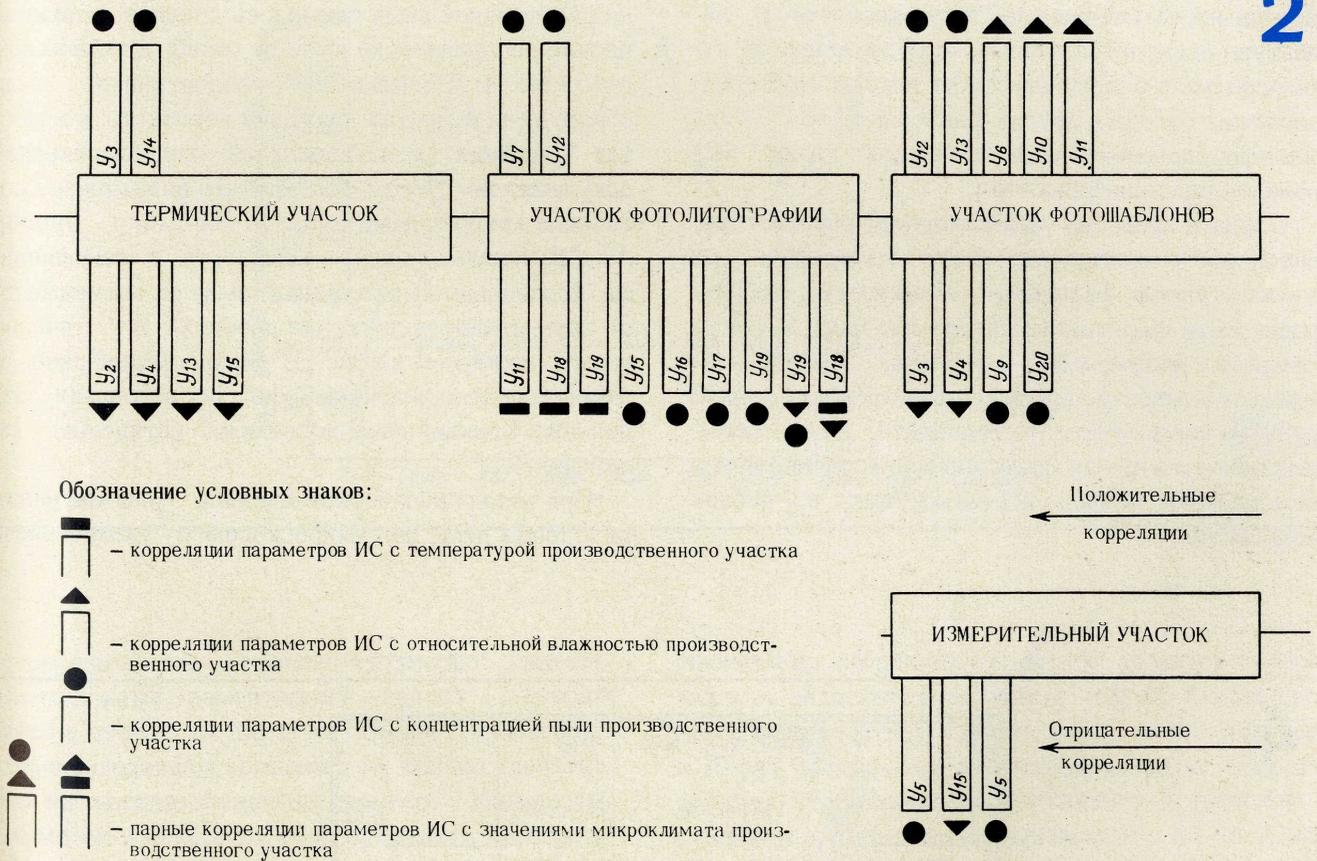
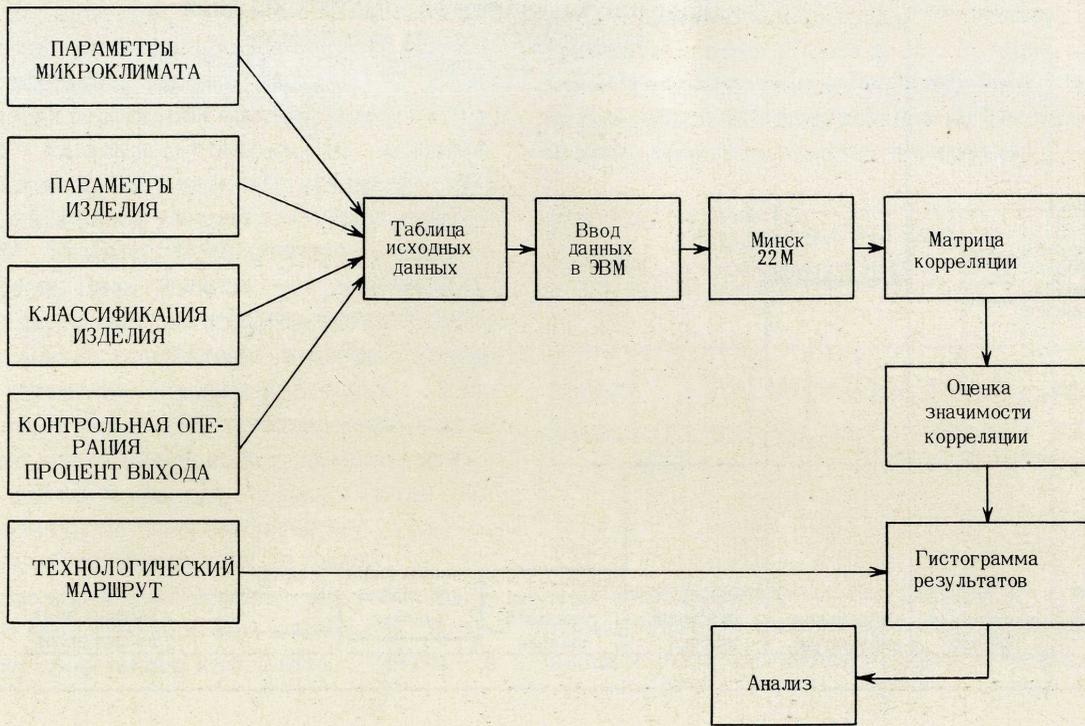
Э.А. ХАНСЕН, М.Э. ПУУСЕПП

Приводятся результаты экспериментально-статистического исследования вакуумной гигиены при производстве ИС. Систему контроля микроклимата предлагается рассматривать как одну из подсистем АСУТП.

Создание необходимых условий для изготовления изделий микроэлектроники высокого качества характеризуется широким разнообразием научно обоснованных приемов и методов обеспечения технологической чистоты, постоянства параметров микроклимата. Если при производстве дискретных полупроводниковых приборов колебания параметров микроклимата можно рассматривать как производственный шум (шумовое поле), то в производстве интегральных схем параметры микроклимата оказывают существенное влияние на параметры и технологический процесс изготовления ИС. Поэтому в ходе технологического процесса необходим регулярный контроль параметров микроклимата. Целесообразным можно считать создание системы контроля микроклимата в качестве одной из подсистем АСУТП. На первом этапе разработки такой системы нами были проведены экспериментальные исследования влияния

микроклимата на параметры микросхем и выход годных. В течение 15 месяцев фиксировались 14 важнейших параметров выпускаемой продукции и соответствующие параметры окружающей среды (микроклимат и метеорологические условия). Установлено периодическое колебание параметров приборов. Период колебаний оказался равным одному календарному году. Собранный статистический материал был обработан на ЭВМ согласно методике корреляционного анализа. Последовательность обработки статистических данных приведена на рис. 1. Выявлена значимая корреляционная зависимость между параметрами приборов и метеорологическими условиями, микроклиматом и метеорологическими условиями, параметрами приборов и микроклиматом (рис. 2).

Подобный анализ позволяет выяснить технологические операции, критичные относительно определенных параметров электровакуумной гигиены (ЭВГ).

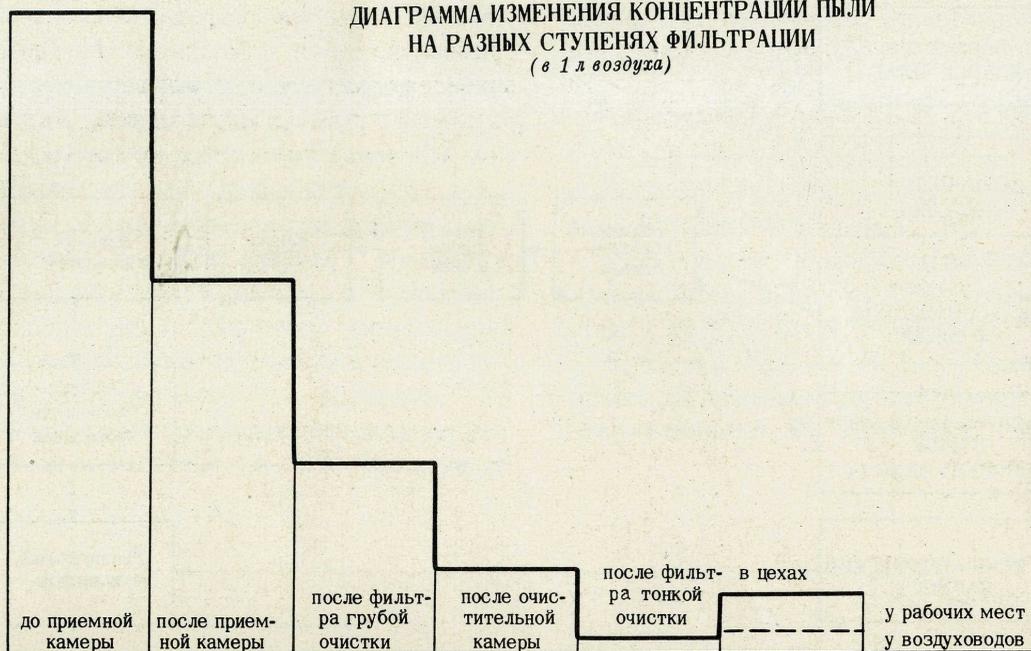


и определить возможности уменьшения их неблагоприятного влияния. Так, в ходе экспериментов выяснилось, что параметры микроклимата на участках фотолитографии и изготовления фотошаблонов оказывают на производство ИС наибольшее влияние (65%), чем на термическом участке (21%) и участке измерений (14%); причем 33% в каждом

из этих случаев приходится на долю пыли. Следует подчеркнуть, что влияние параметров ЭВГ на продукцию усиливается из-за сложности технологического маршрута производства ИС. Так, контрольные операции не всегда располагаются в одном помещении, в результате чего изменяются микроклиматические условия.

3

ДИАГРАММА ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЫЛИ
НА РАЗНЫХ СТУПЕНЯХ ФИЛЬТРАЦИИ
(в 1 л воздуха)



Основной задачей при обеспечении микроклимата является уменьшение загрязненности. В литературе приводятся данные о содержании в атмосфере пыли в зависимости от погоды, месторасположения завода и других факторов [1-3]. Для выяснения доминирующих источников пыли был проведен ряд экспериментов.

С целью проверки эффективности работы кондиционеров концентрация пыли замерялась на разных ступенях фильтрации. Изменение концентрации пыли показано на диаграмме (рис. 3) [4]. Измерения проводились прибором АЗ-2М. Замерялась концентрация пыли вдоль вентиляционной трубы до анемостатов. Установлено, что повышенная концентрация пыли непосредственно перед анемостатами вызвана неплотностями в гибких соединениях.

Для выяснения конкретных причин возникновения „внутренней“ пыли снималось среднее топологическое распределение пыли за смену в монтажном цехе (рис. 4). Повышенная концентрация пыли обнаружена в местах движения персонала и в местах наличия ламинированной технологической документации. Чтобы фиксировать возможные колебания концентрации пыли во времени прибор АЗ-2М использовался в комплекте с самописцами. Изменения концентрации пыли в зависимости от интенсивности движения рабочих в течение смены приведены на рис. 5. Микроскопические и люминесцентно-аналитические исследования отдельных фракций пыли позволили установить ее источники.

При микроскопическом анализе рассматривались пробы пыли под микроскопом с увеличением

4



Цифры в кружках обозначают концентрацию пыли в относительных единицах в соответствующих точках цеха

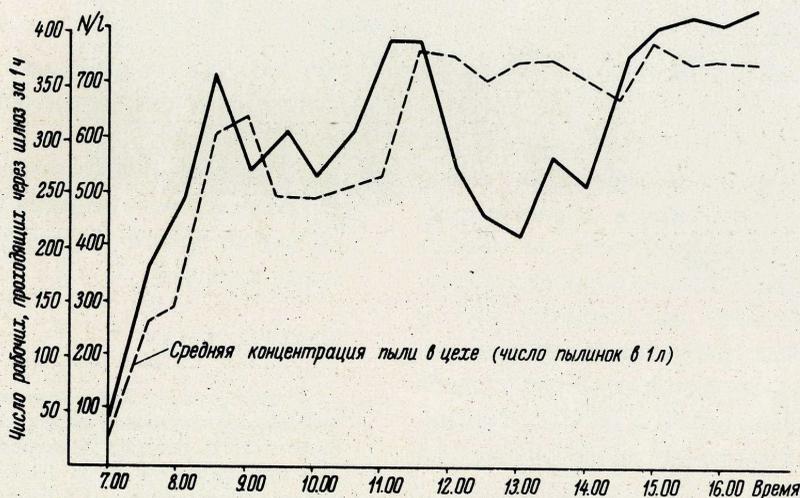
x1800. Сравнивая пробы с известными эталонами и данными литературы, можно предположить, что светлые частицы — папиросный пепел, перхоть и бумажные ворсинки; темные частицы — сажа (подтверждается структурой частиц); белые и цветные волокна — хлопок и целлюлоза. При люминесцентном анализе пробы в качестве источника освещения использовался ультрафиолетовый осветитель MB 6702. Видимая часть спектра удалялась светофильтрами. Цель анализа — определение присутствия паров масла в воздухе, появляющихся в производственных помещениях в связи с использованием в установках кондиционирования воздушных фильтров типа металлическая сетка —масло (применяемые масла интенсивно люминесцируют в диапазоне 357 нм и при визуальном осмотре могут быть опознаны по сине-фиолетовому свечению). Следов масла обнаружено не было.

Для определения химического состава пыли требуется по меньшей мере 10 г исходного вещества. Так как сбор такого количества пыли в

10%-ного бромистого калия и переносилась в углубление графитного электрода. Отношение графита, бромистого калия и пыли 9 : 1 : 1. Для примера приведен химический состав двух проб пыли (в процентном отношении), взятых из так называемых чистых производственных помещений:

Проба	SiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SO ₂ (Весовой анализ)	Cl (Амперометрическое титрование)	Потери в весе при прокаливании (Весовой анализ)
ПЕРВАЯ	51,8	5,1	1,1	17,1	5,0	4,3	0,6	14,2
ВТОРАЯ	32,9	18,1	0,3	4,3	4,8	6,6	0,4	30,6

Такие компоненты, как элементы земли и строительные материалы, обнаруженные при анализе пыли, указывают в данном случае на не-

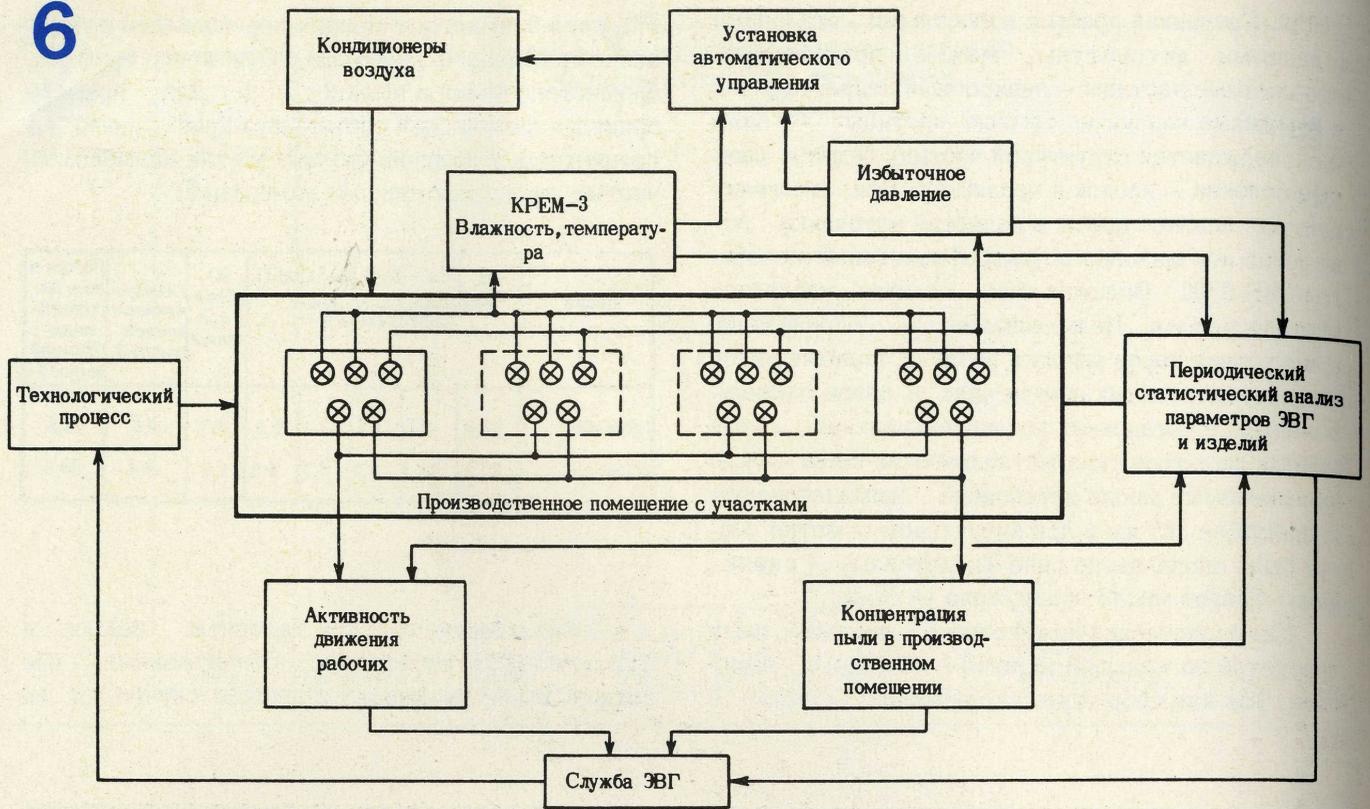


5

чистом помещении — процесс чрезмерно длительный, то полный элементарный анализ проводят только в отдельных случаях. Обычно ограничиваются определением компонентов, вредно действующих на производственный процесс. Количество проб можно уменьшить, если применить спектральный анализ. В этом случае рекомендуется однажды провести полный анализ проб, на основании которого можно будет составить эталоны для спектрального анализа.

Для проведения спектрального анализа пыль собиралась на стеклянные пластинки размером 150 × 150 мм. С поверхности стекла пыль снималась тонким слоем графитного порошка с примесью

оптимально выбранные маршруты движения рабочих и на недостаточную очистку обуви. Установлено, что степень загрязнения лавсановых халатов в 10 раз меньше, чем хлопчатобумажных. Анализ показал, что на поверхности халатов в производственном процессе адсорбировались различные элементы: Ge, Sn, Pb, Zn, Cu и др. Концентрация элементов при стирке не меняется. При использовании фосфорсодержащих стиральных порошков халаты загрязняются еще и фосфором, который в полупроводниковой промышленности является нежелательным элементом. Отрицательное влияние фосфора в производстве ИС рассматривалось в работе [5].



Результаты проведения экспериментов указывают на необходимость введения регулярного статистического контроля за соблюдением условий микроклимата (фактическим влиянием изменений микроклимата на качество и характеристики полупроводников). Другими словами, по мнению авторов, для оперативного подавления отрицательного влияния микроклимата на качество ИС и процент выхода годных требуется включение системы контроля микроклимата в качестве одной из подсистем в комплексную АСУТП ИС. Функциональная схема такой системы представлена на рис. 6.

Систематический анализ результатов контроля микроклимата требует привлечения большего количества работников; кроме того, обязательна непосредственная связь с технологическими службами предприятия.

Постоянное знание конкретных условий микроклимата по технологическому маршруту позволяет оперативно изменять окружающую среду при выполнении критических операций путем дополнительного скафандрирования, выделения в боксы, применения ионных пылеуловителей и струйной

вентиляции [1, 6], а также разработать оптимальный маршрут технологических операций и движения персонала.

Предложенная система — одна из первых попыток комплексного подхода к оперативному контролю микроклимата при производстве полупроводниковых приборов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Роголева Л. Ф. Создание технологической гигиены в производстве электронной техники. Обзоры по электронной технике. Вып. 2 (71). Институт "Электроника", 1969.
2. Andersen A. A. Predicting Health Hazard: the Aerodynamic Classification of Airborne Particles. "Surface Contaminat", Pergamon Press, 1967, p.13-19.
3. Davies C. N. Aerosol Properties Related to Surface Contamination. "Surface Contaminat", Pergamon Press, 1967, p.1-9.
4. Хансен Э. А., Пуусепп М. Э., Саар Б. Я. Некоторые вопросы уменьшения влияния пыли в производстве полупроводниковых изделий. Труды Таллинского политехнического института. Сер. А, № 291, 1970.
5. Хансен Э. А. Вопросы проектирования радиотехнических предприятий. Труды Таллинского политехнического института. Сер. А, № 234, 1966.
6. Киселев Н. Д. Очистка воздуха от высокодисперсной пыли методом искусственной ионизации, М., "Машиностроение", 1966.

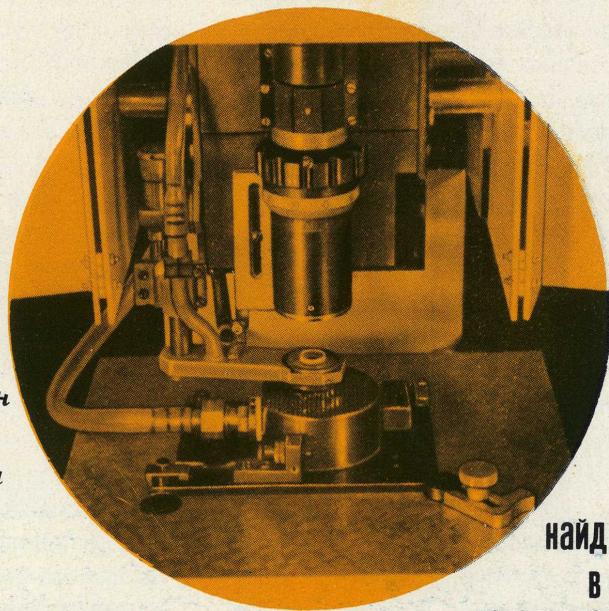
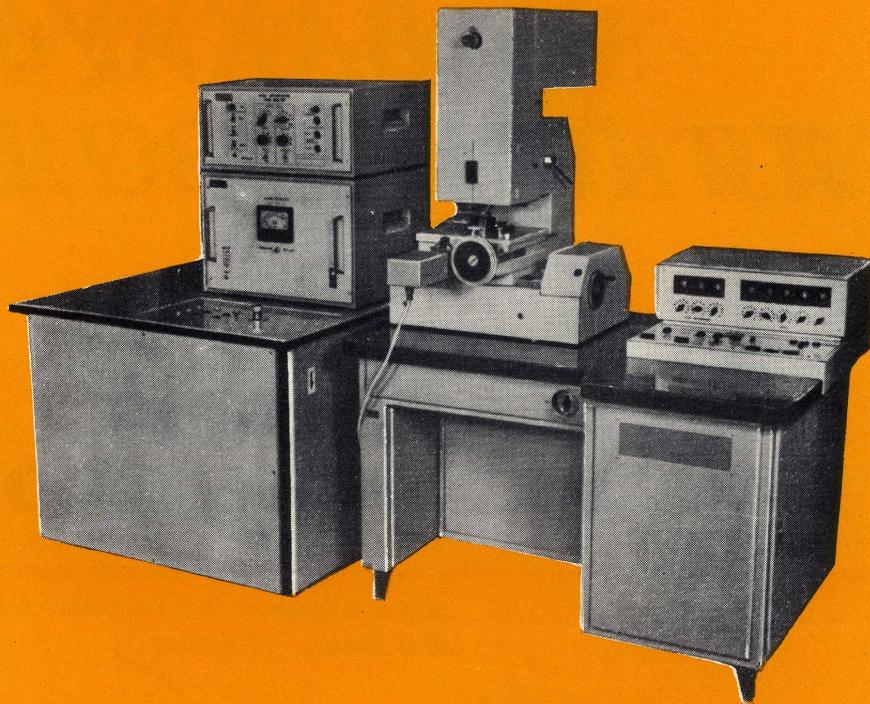
УДК 620.199.05:621.382.85.019.3



ЛАЗЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА для разделения полупроводниковых пластин с интегральными схемами на кристаллы без нарушения их взаимной ориентации

■ Благодаря применению лазерных скрайберов достигается получение чистых прямоугольных краев кристаллов, более глубоких рисок и экономится площадь кремниевой пластины (число кристаллов на пластине увеличивается на 5%).

■ Использование в качестве скрайбера импульсно-частотного ОКГ на алюмо-итриевом гранате с неодимом типа ЛТИ-4 позволяет снизить трудоемкость на операциях разделения в 10-15 раз.



Скорость резания 60 м/мин
Ширина реза
с дефектной зоной $0,12 \text{ мм}$
Толщина пластины $0,25 \text{ мм}$
Диаметр пластины 60 мм
Частота следования
импульсов 12; 25; 50; 100 имп/сек

лазерная
технологическая
установка
найдет широкое применение
в автоматической линии
изготовления интегральных схем

ОБОРУДОВАНИЕ

ВАКУУМНОЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА

УСТАНОВКА УВН-84Р-2

*Е.И.Ельчанинов, В.Е.Минайчев, Л.М.Панкратов,
В.М.Зыков, Г.М.Кустов*

Напылительная установка УВН-84Р-2 предназначена для нанесения в условиях сверхвысокого вакуума тонких пленок из различных материалов (в том числе тугоплавких: тантала и ниобия) на стеклянные или керамические подложки в процессе изготовления пленочных микросхем. Установка может быть использована как в лабораторных, так и в производственных условиях.

Криотронные (сверхпроводящие) и полупроводниковые пленки очень чувствительны к различного рода загрязнениям [1, 2]. Поэтому важно обеспечить в процессе осаждения пленок низкие парциальные давления кислорода, паров воды, углекислого газа и особенно тяжелых углеводородов. Кроме того, для обеспечения распыления материалов в вакууме порядка 10^{-7} – 10^{-8} торр требуется значительная эффективная быстрота откачки вакуумной системы (не менее 2000–3000 л/сек) для компенсации обильного газовыделения. Эти требования к вакуумной системе учтены при разработке установки (рис.1): в качестве основного средства откачки использован криогенный гелиевый насос заливного типа.

Установка состоит из каркаса 1, где размещаются откачная система, система охлаждения и система гидропривода подъема колпака; рабочей камеры 2 с испарительными устройствами; шкафа управления установкой 3; шкафа питания электроннолучевого испарителя 4; вакуумметра 5 типа ВИТ-1А; вакуумметра 6 типа ВИ-12; азотного питателя типа АП-4 и гелиевого питателя в виде Г-образной трубки с вакуумной теплоизоляцией (на рисунке не показано). На лицевой стороне каркаса расположены панель гидропривода 7 подъема колпака, панель управления заслонки 8, автомат включения сети и блок управления вакуумной системой с мнемонической схемой 9. Шкаф управления содержит блок регулирования и контроля температуры подложек 10, блок ионной очистки 11, блок управления испарителями 12. Рабочая камера диаметром 500 мм и высотой 640 мм выполнена из нержавеющей стали. По наружной поверхности камеры припаяна трубка водяного охлаждения. На камере расположены два смотровых окна, вакуумметрический преобразователь МИ-12-8 и игольчатый натекаль. Все уплотнительные про-

Возрастающая с каждым годом потребность в высокопроизводительном оборудовании для нанесения тонких пленок в вакууме и, в первую очередь, оборудовании непрерывного действия, предопределяет интенсивные поиски наиболее оптимальных конструкций такого оборудования.

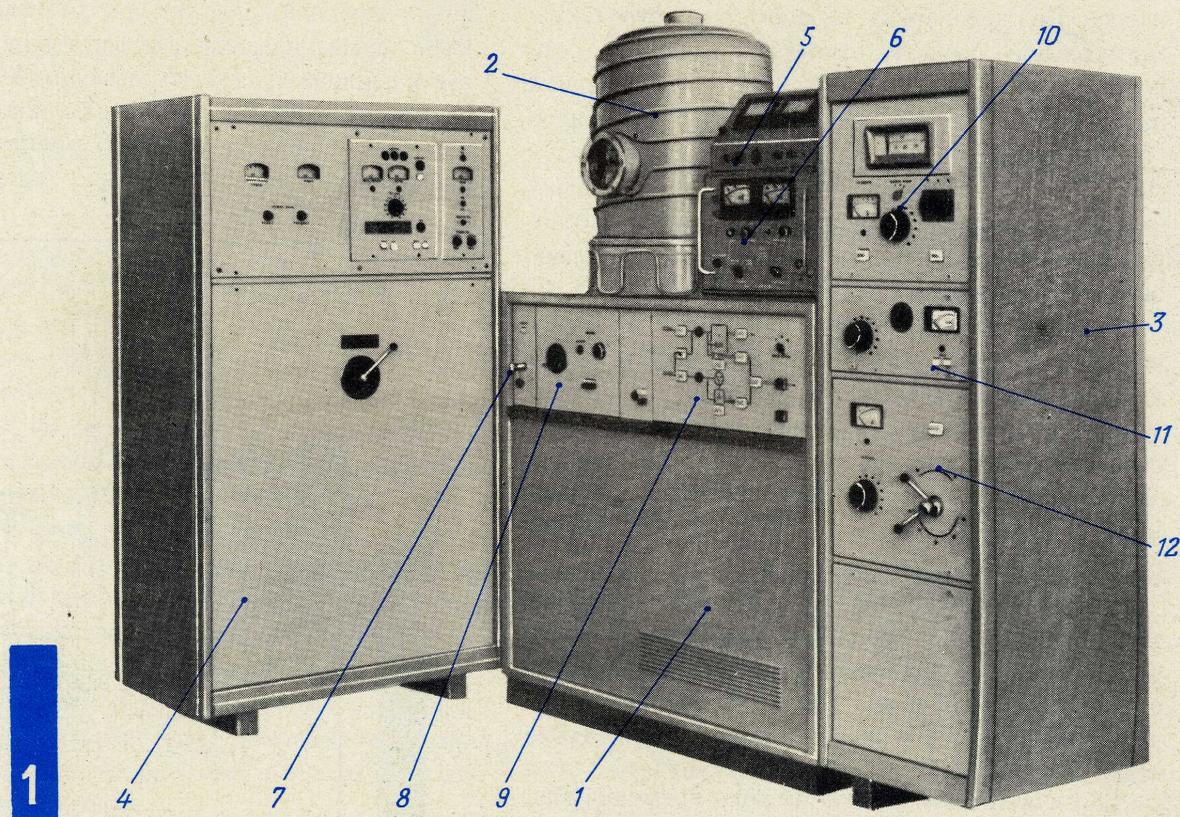
Вакуумная напылительная установка УВН-84Р-2 позволяет проводить осаждение сверхпроводящих и полупроводниковых пленок в условиях высокого вакуума. В качестве основного средства откачки использован гелиевый заливной крионасос с эффективной быстрой откачки около 3000 л/сек. Предельный вакуум 10^{-8} торр. Вакуумная напылительная установка УНУ-3МА позволяет автоматизировать технологический процесс осаждения тонких пленок благодаря применению шлюзовой системы с непрерывным транспортированием изделий. Напылительные камеры снабжены взаимозаменяемыми испарителями: резистивным, электроннолучевым, ионноплазменным. Предельный вакуум $5 \cdot 10^{-7}$ торр.

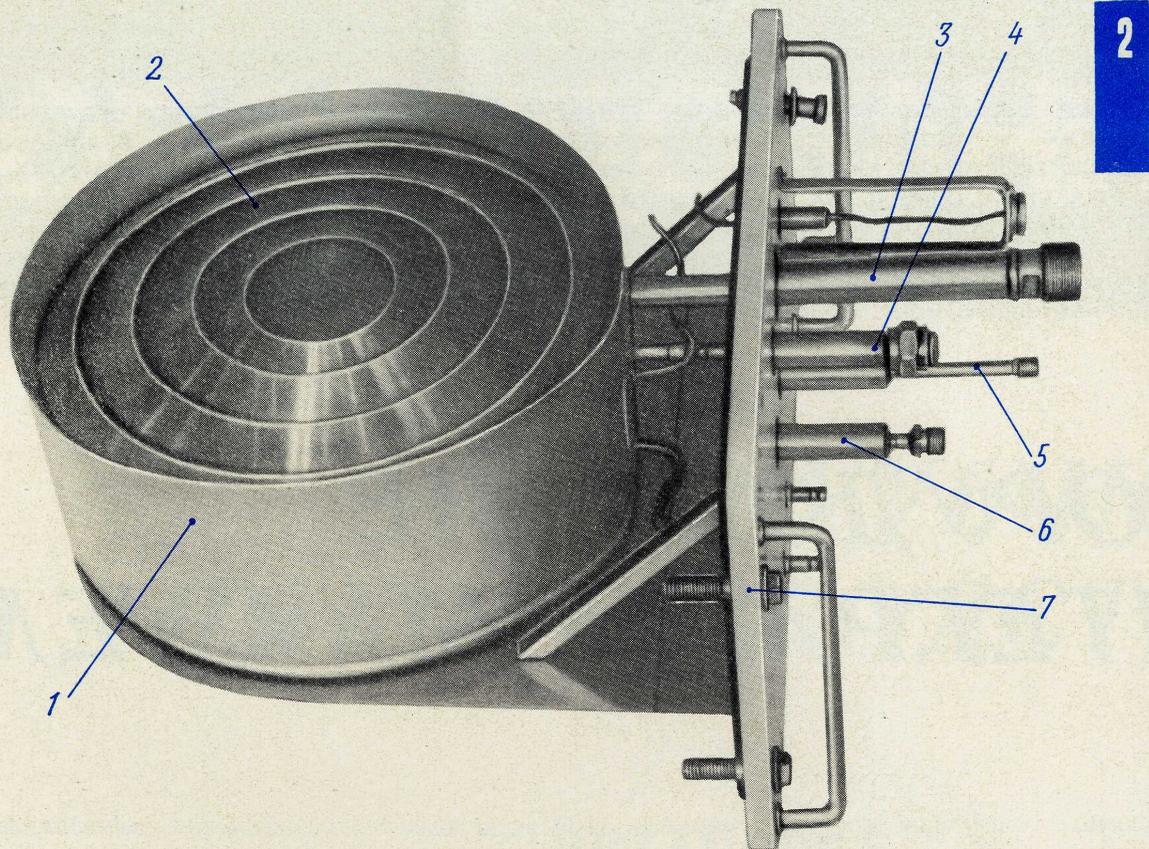
ОБОРУДОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

кладки выполнены из вакуумной резины марки 9024.

Конструктивно криогенный насос (рис.2) построен по обычной классической схеме [3]. Откачивающий элемент насоса (криопанель) выполнен в виде сосуда емкостью 1 л, окруженного азотоохлаждаемыми экранами 1 и 2. Нижний (жалюзий-

ный) экран является одновременно вымораживающей ловушкой для вспомогательного паромасляного насоса. Все трубки для подачи сжиженного гелия и азота в насос и для выхода испаряющихся газов (3, 4, 5 и 6 соответственно), а также элементы крепления насоса расположены на боковом фланце 7, что дает возможность производить ре-



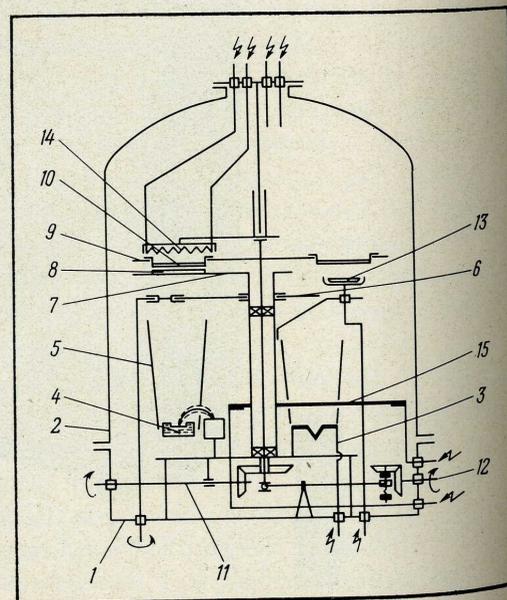


визию, ремонт и чистку без разборки всей вакуумной системы. Насос присоединяется к рабочему объему через высоковакуумный затвор с проходным отверстием 380 мм, благодаря чему развакуумирование установки между циклами осаждения пленок осуществляется без размораживания крионасоса. Под криогенным насосом (в качестве вспомогательного средства откачки) расположен паромасляный насос Н-5С-М1. Над его входным патрубком в качестве защиты от миграции паров рабочей жидкости в откачиваемый объем предусмотрены две ступени оптически плотных жалюзийных ловушек. Нижняя ловушка охлаждается водой, верхняя, являющаяся одновременно нижним экраном крионасоса, — жидким азотом.

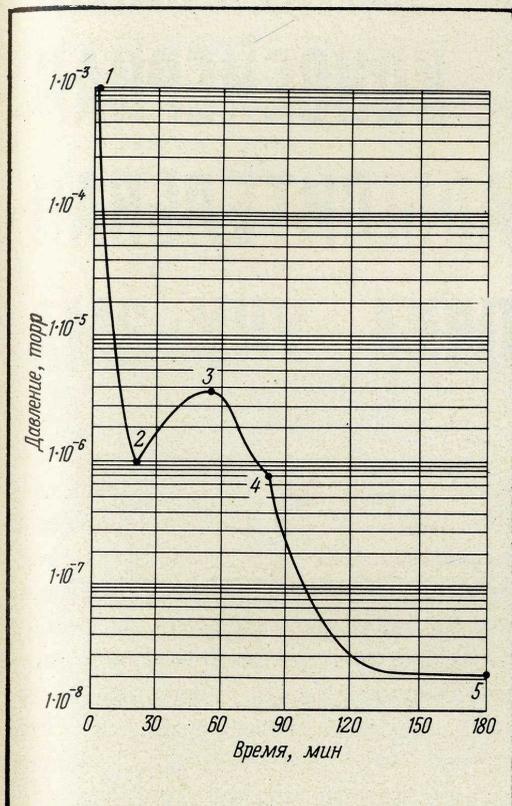
Форвакуумная откачка осуществляется механическим насосом типа ВН-7Г. Для защиты рабочего объема от попадания паров масла из механического насоса на форвакуумной магистрали поставлена адсорбционная ловушка, которая позволяет сократить миграцию паров на 99% при снижении скорости откачки на 20%. Время работы без регенерации примерно 300 ч.

На рис. 3 схематически изображено внутрикамерное устройство. На нижнем основании 1 рабочей камеры 2 расположены два резистивных испарителя 3 мощностью до 2 кВт и один электроннолучевой испаритель 4 с экраном 5. Над испарителями имеется заслонка 6, управляемая вручную (от кнопки) или автоматически (от реле времени). Над заслонкой установлена неподвижная плита 7 с

отверстиями для установки трех маскодержателей 8. Над неподвижной плитой расположена вращающаяся карусель 9 с шестью подложкодержателями 10. Расстояние от подложек до резистивных испарителей составляет 150–300 мм, до электроннолучевого испарителя — 250 мм. Поворот, подъем и опускание карусели подложек при совмещении с масками осуществляются соответственно двумя ручными приводами 11 и 12, выведенными через основание рабочей камеры. Каждая подложка может находиться на позиции и электроннолучевого испарителя, и двух резистивных испарителей, и



ионной очистки 13. Над каждой из позиций нанесения пленок имеются нагреватели подложек 14, обеспечивающие их нагрев до 400°C. Температура подложек поддерживается вручную с помощью системы регулирования и непрерывно контролируется в процессе испарения. В качестве датчиков температуры используются термометры сопротивления. Для прогрева рабочей камеры и деталей внутрикамерных устройств с целью обезгаживания предусмотрен ленточный нагреватель 15.



4

На рис. 4 приведены усредненные результаты многократных циклов откачки установки УВН-84Р-2. Участок 1-2 соответствует откачке установки диффузионным насосом с азотоохлаждаемой ловушкой; участок 2-3 - прогреву колпака с помощью ленточного нагревателя, 3-4 - откачке колпака с охлаждением его проточной водой после выключения нагревателя; 4-5 - откачке крионасосом. Из этого графика видно, что вакуум $3 \cdot 10^{-8}$ торр практически может быть получен за 2 ч. На установке при более длительных циклах прогрева и откачки возможно получение предельного вакуума порядка 10^{-9} торр. Эффективная быстрая откачка камеры по воздуху, замеренная методом постоянного давления, около 3000 л/сек.

Состав остаточной среды в рабочей камере, снятый при помощи быстродействующего динамического квадрупольного масс-спектрометра типа КМ-1 [4] в диапазоне масс от 2 а.е.м. до 150 а.е.м. представлен в таблице.

Остаточные газы	Масса, а. е. м.	Парциальное давление, торр	
		при $7,5 \cdot 10^{-3}$ торр без гелиевого насоса	при $2,9 \cdot 10^{-3}$ торр с гелиевым насосом
Кислород	32	$4,0 \cdot 10^{-9}$	$1,0 \cdot 10^{-10}$
Пары воды	18(17)	$3,6 \cdot 10^{-8}$	$2,1 \cdot 10^{-8}$
Углекислый газ	44	$1,0 \cdot 10^{-10}$	Не обнаружен
Азот	28	$1,9 \cdot 10^{-8}$	$3,0 \cdot 10^{-9}$
Водород	2	$9 \cdot 10^{-9}$	$4,0 \cdot 10^{-9}$
Остаточные пары и газы	-	$7,0 \cdot 10^{-9}$	$1,0 \cdot 10^{-9}$

Наличие следов тяжелых углеводородов можно объяснить тем, что все уплотнительные прокладки выполнены из обычной вакуумной резины типа 9024.

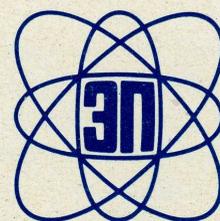
В процессе испарения меди и алюминия при работе резистивного испарителя (мощность 2 кВт) и испарения тантала и ниобия при работе электроннолучевого испарителя (мощность 2 кВт) вакуум в рабочей камере поддерживался на уровне $(3-5) \cdot 10^{-7}$ торр.

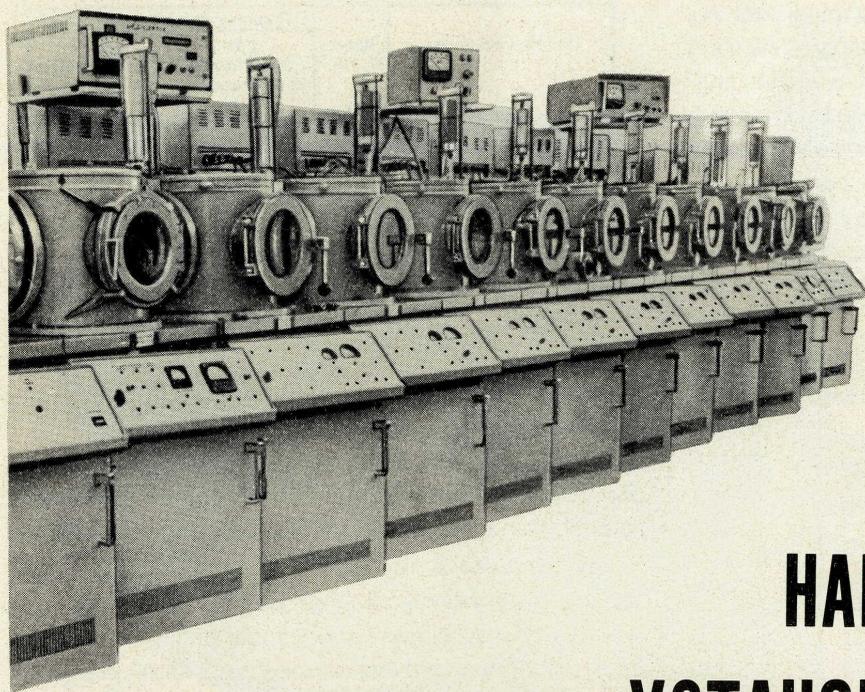
При условии хорошего предварительного обезгаживания испаряемых материалов и испарительных устройств можно в процессе осаждения обеспечить вакуум $1 \cdot 10^{-7}$ торр и выше. На проведение одного цикла напыления требовалось 10 л жидкого азота и около 3 л жидкого гелия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gaswell H.L. J. Appl. Phys., 1961, v.32, N1, p.105
2. Paul M.C., Nonson M.M. J. Appl. Phys., 1966, v.37, N10, p.3743.
3. Лазарев Б.Г., Боровик Е.С., Федорова М.Ф., Цин Н.М. УФЖ, 1957, т.2, № 2, стр.175.
4. Слободенюк Г.И., Титов А.И., Воронин В.С., Ивашкин В.И. ПТЭ, 1968, № 3, стр.141.

УДК 621.523:539.216.2





ВАКУУМНАЯ КОНВЕЙЕРНАЯ НАПЫЛИТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА УНУ-ЗМА

М.И.Меньшиков, Г.С.Селях, В.Н.Сергеев,
А.Б.Хейфец, В.Е.Шемякин, Н.А.Горбанев

Техническая характеристика

Предельное разрежение в рабочих камерах	$5 \cdot 10^{-7}$ торр
Размер подложки	60×48×10 мм
Способ совмещения подложки с маской	автоматический, в угол
Точность совмещения подложки с маской	±40 мкм
Управление линией	ручное—кнопочное или дистанционное—автоматическое
Мощность испарителя	
резистивного	2 квт
электроннолучевого	4,5 квт
ионно-плазменного	4,5 квт
Производительность установки	1 подложка за 10–16 мин
Габариты одного модуля	550×1550×2000 мм
Вес	305 кг

В последнее время создан ряд вакуумных многопозиционных напылительных установок [1, 2], позволяющих резко увеличить выпуск микросхем. Однако все они работают циклически, что значительно удлиняет технологический процесс. Одним из наиболее рациональных путей повышения производительности при изготовлении микросхем и

улучшения качества выпускаемой продукции является переход к автоматизированному конвейерному способу производства.

В описываемой напылительной установке УНУ-ЗМА осаждение слоев микросхем и вспомогательные операции производятся в едином вакуумном цикле. Технологическая линия для осаждения тонких пленок комплектуется такими установками (модулями) в соответствии с числом наносимых слоев. Каждый модуль представляет собой вакуумную камеру с автономной системой откачки, механизмами перемещения подложек и совмещения их с масками, испарителем и нагревателями. Модули, расположенные на концах линии, снабжены магазинами этажерочного типа емкостью 25 подложек.

На фото представлен вариант компоновки установки УНУ-ЗМА, позволяющий в едином вакуумном цикле изготавливать 11-слойные тонкопленочные микросхемы. В состав установки входят десять модулей, одна камера загрузки и одна камера выгрузки подложек. На переднюю панель каждого модуля вынесена система управления и контроля технологического процесса, включающая в себя управление перемещением подложек, управление режимом работы испарителя, переключатель местного и дистанционного управления. Все стадии технологического процесса обозначаются световыми сигналами.

Вакуумная система модуля, собранная по классической схеме [2, 3], обеспечивает в камере разрежение порядка $2 \cdot 10^{-6}$ торр за 20–30 мин. Предельный вакуум составляет $5 \cdot 10^{-7}$ торр.

Нагрев подложек в напылительной камере предусмотрен на двух позициях. Предварительный нагрев производится на промежуточной позиции, а окончательный нагрев с целью точного поддержания требуемой температуры — на позиции осаждения пленок. Нагревателем подложек служит радиационный излучатель с параболическим зеркалом, в фокусе которого помещена малогабаритная кварцевая йодидная лампа КИМ 30/300 (30 в, 300 вт). Нагрев подложки до 360°C занимает не более 5 мин, поэтому за время осаждения пленки на подложку, расположенную на напылительной позиции, успевает нагреться очередная подложка на предварительной позиции. Напылительные камеры УНУ-ЗМА могут быть снабжены взаимозаменяемыми испарителями.

На установке УНУ-ЗМА возможно выполнение технологических операций по перемещению подло-

жек, совмещению их с масками (если это требуется), очистке подложек ионной бомбардировкой (при закрытых межкамерных затворах), нагреву подложек до 360°C и одновременному осаждению всех материалов, используемых в микроэлектронике.

ЛИТЕРАТУРА

1. М е л е х и н Ю. Я. Вакуумные напылительные установки. "Обмен опытом в электронной промышленности", 1968, № 1, стр.36.
2. М е н ь ш и к о в М. И. Развитие техники получения вакуума, ПТЭ, 1969, № 4.
3. Ц е й т л и н А. Б. Пароструйные вакуумные насосы. Изд-во "Энергия", 1965.

УДК 621.523:539.23



**С материалами можно ознакомиться
в отделе фондов ЦНИИ "Электроника"
(Москва, 117415, проспект Вернадского, 39).**

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ПОСТОЯННОГО НАТЯЖЕНИЯ НА ЛЕНТАХ ПРИ НАМОТКЕ СЕКЦИЙ КОНДЕНСАТОРОВ

ДЭ-341, 22 стр., 7 рис.

Ю.И.БАКЛАНОВ, Г.С.ЕРЕМЕНЧУК, И.В.РОДИОНОВ

Рассматривается конструкция натяжного устройства, в котором усилие натяжения лент поддерживается постоянным, что позволяет вести намотку секций при значительных биениях рулонов (до 30 мм).

Приведена методика определения величины смещения П-образной рамки относительно оси вращения рулона.

УДК 621.318.44:621.319.4

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБА ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНИЯ ОТ НЕКОНТРОЛИРУЕМЫХ ПРИМЕСЕЙ РАСТВОРАМИ ПОЛИМЕРОВ

ДЭ-356, 5 стр., 2 табл.

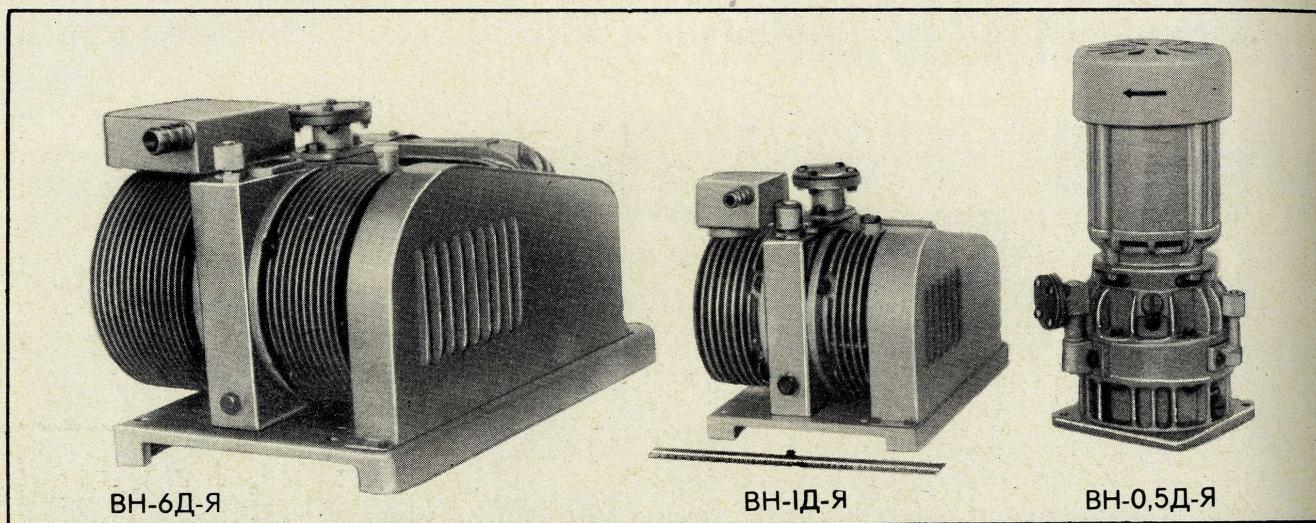
А.Г.ПЕТРОВА, А.В.РАКОВ, Д.НИШАНОВ, Ю.А.ПОПОВ, И.Л.ФОМИНА

Для десорбции примесей используются растворы полимерных пленкообразующих веществ. Методами радиоактивных индикаторов и спектрального анализа обнаружено влияние чистоты раствора полимера на эффект десорбции примесей с поверхности кремния. Показано, что применение очищенных растворов полимеров высокоэффективно для очистки поверхности как от неорганических, так и от органических загрязнений.

УДК 621.315.592:546.28

ВАКУУМНЫЕ НАСОСЫ

Современные технологические процессы изготовления изделий электронной техники неразрывно связаны с использованием вакуумных систем. Разработана широкая гамма вакуумных насосов, удовлетворяющих требованиям получения высокого вакуума, для использования в различном технологическом оборудовании. Уменьшение габаритов оборудования требует применения малогабаритных вакуумных насосов. Для создания в вакуумных системах предварительного разрежения разработаны и выпускаются промышленностью пластинчато-роторные насосы ВН-0,5Д-Я; ВН-1Д-Я; ВН-3Д-Я и ВН-6Д-Я, оригинальная конструкция рабочих камер которых позволила повысить быстроту откачки и производительность при значительном уменьшении габаритов и веса. Для получения сверхвысокого вакуума методом безмасляной откачки в короткий срок освоен серийный выпуск малогабаритных магнитоэлектрических насосов НОРД-10; НОРД-25; НОРД-100 и НОРД-250. Насосу НОРД-100 присвоен Знак качества.



ДВУХСТУПЕНЧАТЫЕ ВАКУУМНЫЕ НАСОСЫ С ВРАЩАЮЩИМИСЯ КАМЕРАМИ

Н.П.Яценков, В.Е.Шемякин, Г.Г.Волынец

Механические вакуумные насосы с масляным уплотнением выпускаются в основном трех типов: пластинчато-статорные, плунжерные и пластинчато-роторные [1, 2]. Наличие неуравновешенных частей (эксцентрик и плунжер) в пластинчато-статорных и плунжерных насосах (точная балансировка которых почти невозможна), а также ограничение скорости скольжения движущихся частей насоса вследствие возникновения крекинга рабочей жидкости лимитирует число оборотов вала насосов. Повысить производительность этих насосов можно либо путем увеличения объема рабочих камер (соответственно существенно возрастают габариты и вес насосов), либо путем

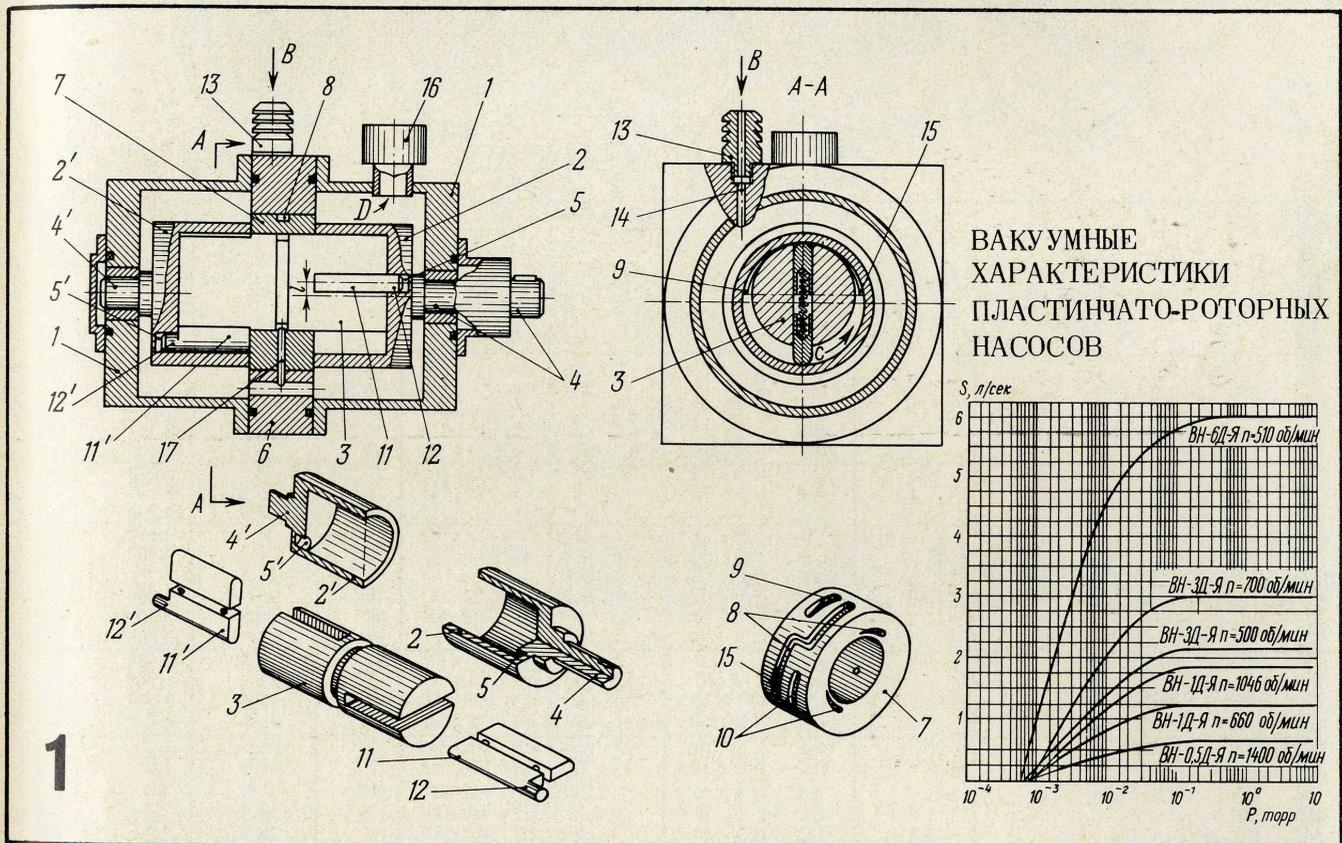
повышения числа оборотов, что приводит к увеличению полного остаточного давления в откачиваемом объеме. Это явление обусловливается большими скоростями скольжения лопаток (пластин ротора) по корпусу, в результате чего повышается температура масла, в насосе возникает полусухое трение, происходят прорывы масляной пленки, появляются легколетучие фракции в масле, ухудшающие остаточное давление.

Разработана новая конструкция двухступенчатого пластинчато-роторного вакуумного насоса (рис.1), в котором для уменьшения скорости скольжения лопаток ротора в рабочей камере осуществляется вращение в одном направлении и с одина-

ковым числом оборотов ротора с лопаткой и рабочих камер, выполненных в виде стаканов [3].

В корпусе 1 насоса установлены на подшипниках скольжения стаканы 2 и 2', в которых с эксцентриситетом e относительно их оси вращения помещен ротор 3 с подпружиненными лопатками. Каждый из стаканов, расположенных в корпусе соосно и оппозитно, с внешней торцевой стороны имеет приводной вал 4 и 4'. С внутренней стороны стаканов (в торце) выполнены глухие цилиндрические отверстия 5 и 5'. В промежуточной детали 6 запрессована втулка 7, выполняющая роль подшипника ротора и изолирующая один от другого стаканы, которые являются рабочими камерами.

пластины 12' — стакану 2'. Откачиваемый газ через ввод 13, канал 14 промежуточной детали и канал 9 во втулке поступает в полость стакана 2'. При вращении ротора газ из полости первой ступени по каналам 15 и 8 вытесняется во вторую ступень насоса, где процесс повторяется, а газ по каналу 10 поступает к выхлопному клапану (на рисунке не показан), встроенному в промежуточную деталь, а затем вытесняется в полость корпуса, заполненного до определенного уровня маслом, откуда через маслоотбойник 16 выбрасывается в окружающую среду или соответствующую коммуникацию. Смазка трущихся поверхностей ротора и пластин осуществляется через отверстие 17. Стрел-



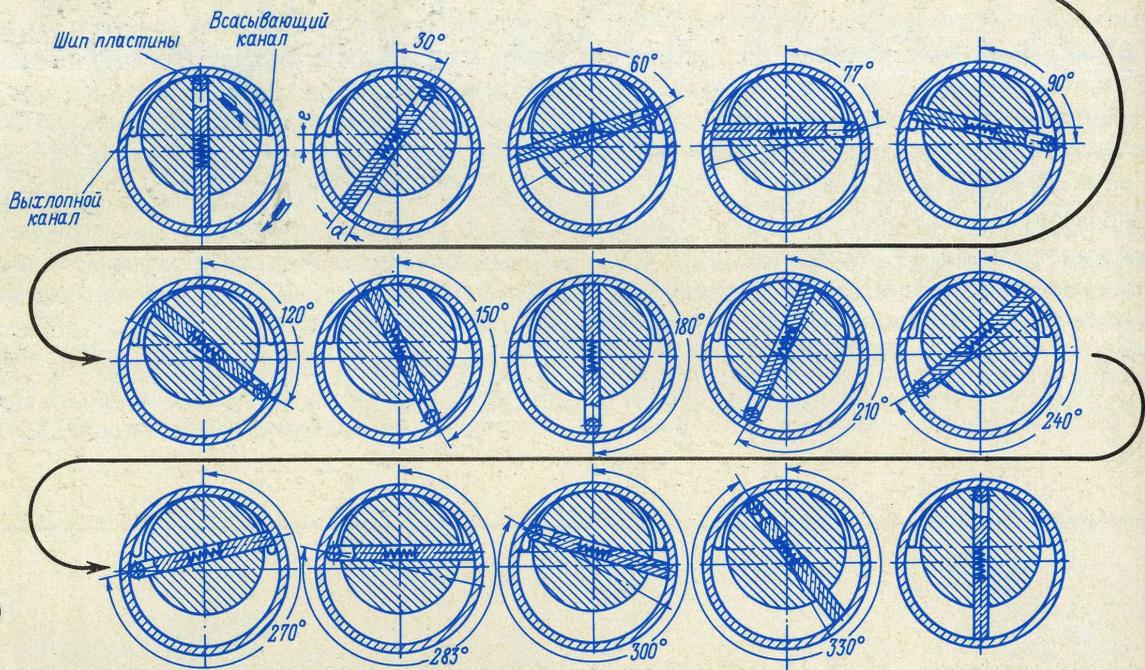
Втулка имеет канал 8, обеспечивающий при последовательном соединении рабочих камер образование двух ступеней насоса (первая ступень — стаканом 2', вторая ступень — стаканом 2) и каналы для подвода 9 и отвода 10 откачиваемого газа. В прорезях ротора, расположенных под углом 90°, размещено по паре подпружиненных пластин (лопаток) 11 и 11'. Пластины имеют в торцевой части цилиндрические выступы 12 и 12', входящие в глухие отверстия стаканов.

В процессе работы вращение подается на вал и стакан 2. Стакан передает вращение ротору посредством цилиндрического выступа 12 пластины, а ротор посредством цилиндрического выступа

ки В, С и D показывают направление движения откачиваемого газа.

Такая конструкция позволяет значительно увеличить число оборотов насоса и повысить его производительность без существенного ухудшения вакуумных характеристик при значительно меньших габаритах. На рис.2 приведена схема, поясняющая изменение объема в рабочей камере.

Разработаны пластинчато-роторные насосы с вращающимися камерами четырех типов (ВН-0,5Д-Я; ВН-1Д-Я; ВН-3Д-Я; ВН-6Д-Я), технические характеристики которых приведены в сравнительной таблице [4, 5]. Пластинчато-роторные насосы с вращающимися камерами при одина-



2

Марка насоса	Быстрота откачки, л/сек	Число оборотов вала насоса в минуту	Остаточное давление, мм рт. ст.		Габариты, мм	Вес, кг	Отношение веса насоса к быстроте откачки, кг л/сек	Мощность электродвигателя, кВт
			полное	парциальное				
ВН-0,1 (СССР)	0,1	1390	$3 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-3}$	140 × 135 × 295	6,6	66	0,080
ВН-025-2 (СССР)	0,25	450	$5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-4}$	330 × 229 × 243	16,5	66	0,180
ВН-494 (СССР)	0,2	360	$2 \cdot 10^{-2}$	$(0,5 \div 1) \cdot 10^{-3}$	437 × 300 × 325	34	170	0,600
DUO-1 (Balzers)	0,28	1400	$2 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4}$	335 × 183 × 240	15,2	54	0,185
D1 (Leybold)	0,28	1400	$< 6 \cdot 10^{-2}$ *	$1 \cdot 10^{-4}$	350 × 154 × 265	18	64	0,180
ВН-0,5-2 (СССР)	0,5	450	$5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-4}$	380 × 288 × 268	26,5	53	0,270
ВН-0,5Д-Я (СССР)	0,65	1400	$< 9 \cdot 10^{-3}$	$< 4 \cdot 10^{-4}$	210 × 200 × 345	14,7	22,6	0,270
D2 (Leybold)	0,58	500	$1 \cdot 10^{-2}$ *	$< 2 \cdot 10^{-4}$	450 × 315 × 316	34	58,6	0,220
ВН-1-2 (СССР)	1,23	450	$5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-4}$	450 × 325 × 335	38	38	0,400
ВН-1Д-Я (СССР)	1,85	660	$< 8 \cdot 10^{-3}$	$< 1 \cdot 10^{-3}$	336 × 235 × 237	26,4	21,5	0,400
DUO-5 (Balzers)	1,4	1000	$8 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	420 × 225 × 277	36,5	26	0,500
D6 (Leybold)	1,67	480	$1 \cdot 10^{-2}$ *	$< 2 \cdot 10^{-4}$	450 × 343 × 340	56	33,5	0,370
ВН-461M (СССР)	0,78	540	$2 \cdot 10^{-2}$	$(0,5 \div 1) \cdot 10^{-3}$	530 × 294 × 415	64	82	0,600
ВН-3-2 (СССР)	3	450	$5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-4}$	545 × 359 × 433	67,5	22,5	0,600
ВН-3Д-Я (СССР)	3	700	$8 \cdot 10^{-3}$	$< 1 \cdot 10^{-3}$	456 × 295 × 260	42	14	0,600
D12 (Leybold)	3,33	420	$1 \cdot 10^{-2}$ *	$< 2 \cdot 10^{-4}$	615 × 485 × 465	78	23,4	0,800
D12SL (Leybold)	3,33	960	$5 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-3}$	360 × 265 × 500	41	12,4	0,550
ВН-6-2 (СССР)	6	450	$5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-4}$	575 × 485 × 410	75	12,5	1,0
ВН-6Д-Я (СССР)	6	510	$< 9 \cdot 10^{-3}$	$< 1 \cdot 10^{-3}$	524 × 370 × 314	71,5	11,9	1,0
DUO-25 (Balzers)	7	500	$8 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-4}$	574 × 400 × 400	125	17,8	1,3
D25 (Leybold)	7	420	$1 \cdot 10^{-2}$ *	$< 2 \cdot 10^{-4}$	927 × 440 × 525	155	22,1	1,5
ВН-2MГ (СССР)	5,8	525	$2,3 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-3}$	822 × 486 × 575	187	32,2	1,7

* Остаточное давление с балластным газом.

ковых скоростях откачки и потребляемой мощности превосходят пластинчато-роторные насосы по габаритам и весу.

Проведенные испытания показали возможность дальнейшего повышения производительности за счет увеличения числа оборотов вала без ухудшения вакуумных характеристик (см.рис.1).

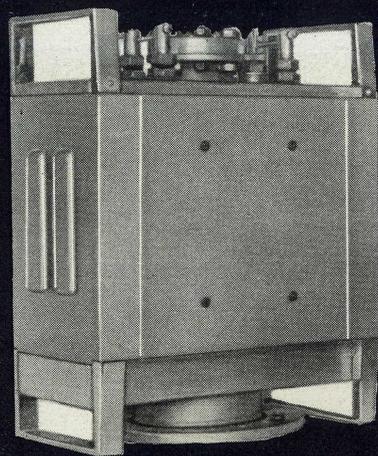
■ *Пластинчато-роторные насосы с вращающимися рабочими камерами благодаря хорошим вибрационным и шумовым характеристикам, а также небольшим габаритам можно рекомендовать для использования в технологическом оборудовании при производстве интегральных схем, полупроводниковых приборов, в линиях откачки ЭВП. Конструкция этих*

насосов запатентована в США, Англии, Франции, Японии и других странах.

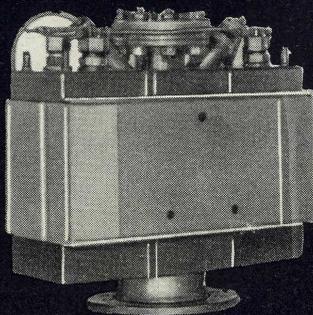
ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов В.И. Механические вакуумные насосы. Госэнергоиздат, 1959.
2. Пипко А.И., Плисковский В.Я., Пенчко Е.А. Оборудование для откачки вакуумных приборов. Госэнергоиздат, 1965.
3. Яненков Н.П. Авт. свид. № 149850. "Бюлл. изобретений", 1962, № 17.
4. R. Rotierende Pumpen. HV 110, 10/1963. Leybold.
5. Zweistufige Dreheschieberpumpe DU01, DU05, DU025 gemäß Katalogblättern A9/10, A11/12, A13/14 Bestell NN 31008, 31002, 31004 Balzers.

УДК 621.521



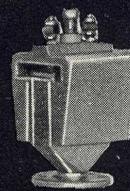
НОРД-250



НОРД-100



НОРД-25



НОРД-10

НОРД ВАКУУМНЫЕ МАГНИТОРАЗРЯДНЫЕ НАСОСЫ С ОХЛАЖДАЕМЫМ АНОДОМ

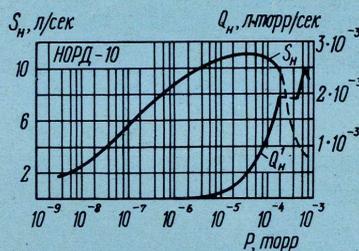
*М.И.Виноградов, М.С.Галиев
О.К.Курбатов, Е.М.Рудницкий*

Основной трудностью при разработке новых насосов являлся выбор охлаждаемого электрода, поскольку одновременное охлаждение анода и катодов привело бы к усложнению конструкции насоса из-за необходимости электрически изолировать линию охлаждения одного из электродов. Сравнение характеристик насоса при различных вариантах охлаждения показало, что охлаждение анода дает существенно больший эффект [1], при этом сохраняется простота устройства сменных деталей насоса — катодов. Эти обстоятельства определили основные черты конструкции насосов: анод находится под потенциалом корпуса, а на катоды подается высокое от-

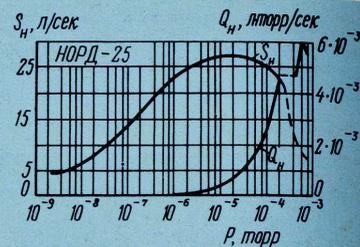
рицательное напряжение, что затрудняет распространение разряда по всему объему насоса в период его запуска (такое явление имеет место в магниторазрядных насосах в случае подачи положительного напряжения на анод [2,3]). Ограничение области, занятой разрядом, приводит к увеличению разрядного тока непосредственно в промежутках анод-катод и, тем самым, к сокращению стартового периода работы насоса.

Разработано четыре охлаждаемых магниторазрядных насоса: НОРД-10 (неразборный), НОРД-25, НОРД-100 и НОРД-250 (разборные). Технические характеристики насосов приведены в таблице.

Технические характеристики



НОРД-10



НОРД-25

Быстрота откачки, л/сек

10

25

Наибольшее рабочее давление, торр

$8 \cdot 10^{-4}$

$8 \cdot 10^{-4}$

Давление запуска, торр

$(5-10) \cdot 10^{-2}$

$(5-10) \cdot 10^{-2}$

Предельное разрежение, торр

$2 \cdot 10^{-9}$

$2 \cdot 10^{-9}$

Максимальный откачиваемый поток газа, л · торр/сек

$2,5 \cdot 10^{-3}$

$6 \cdot 10^{-3}$

Вес, кг

7,5

13,5

Габариты, мм

228×120×100

320×200×200

Наибольший потребляемый ток, а

3

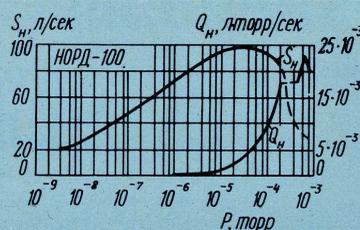
7

Ток короткого замыкания источника питания, а

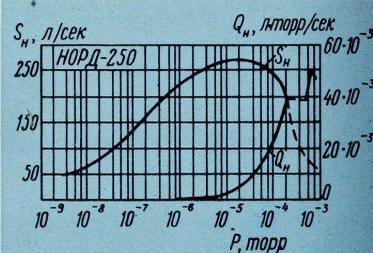
0,1

0,2

Технические характеристики



НОРД-100



НОРД-250

Быстрота откачки, л/сек

100

250

Наибольшее рабочее давление, торр

$8 \cdot 10^{-4}$

$8 \cdot 10^{-4}$

Давление запуска, торр

$(5-10) \cdot 10^{-2}$

$(5-10) \cdot 10^{-2}$

Предельное разрежение, торр

$2 \cdot 10^{-9}$

$2 \cdot 10^{-9}$

Максимальный откачиваемый поток газа, л · торр/сек

$23 \cdot 10^{-3}$

$50 \cdot 10^{-3}$

Вес, кг

46

120

Габариты, мм

395 × 390 × 175

550 × 425 × 255

Мощность нагревателя, квт

1,0

1,5

Наибольший потребляемый ток, а

20

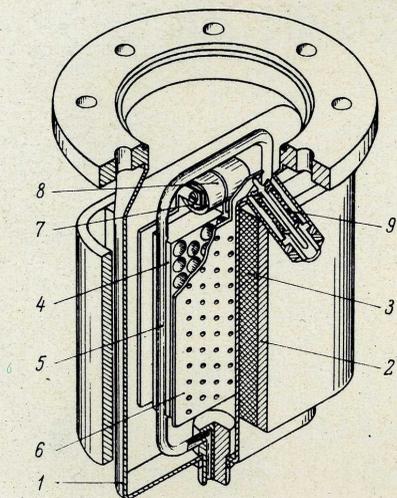
40

Ток короткого замыкания источника питания, а

0,65

2 × 0,65

Рабочим элементом насоса НОРД-25 (см. рисунок) является электродный блок, состоящий из охлаждаемого медного анода и двух титановых катодов, установленных на высоковольтных изоляторах. Насос НОРД-100 содержит четыре, НОРД-250 — шесть таких электродных блоков, разделенных на две группы, каждая из которых соединена с собственным электроводом. Это позволяет в случае необходимости отключать одну из групп. Корпус и магнитная система насосов НОРД-100 и НОРД-250 устроены в основном так же, как в насосе НЭМ-100 [4].



Устройство насоса НОРД-25:

- 1 - корпус; 2 - магнитопровод; 3 - магнит; 4 - анод; 5 - трубка охлаждения; 6 - катод; 7 - изолятор; 8 - экран; 9 - электровод

Обезгаживание может быть достигнуто прогревом снаружи до температуры $400-450^{\circ}\text{C}$ при снятой магнитной системе; кроме того, насосы НОРД-100 и НОРД-250 снабжены внутренними нагревателями, с помощью которых, не снимая магнитной системы, можно прогреть насосы до $200-250^{\circ}\text{C}$.

Для питания насосов разработаны выпрямители с падающей вольт-амперной характеристикой.

Благодаря применению круглых анодных ячеек небольшого размера ($\phi 12 \text{ мм}$) максимум скорости откачки таких насосов смещен в сторону повышенных давлений по сравнению с насосами НЭМ. Быстрота откачки в области сверхвысокого вакуума несколько ниже, а в области высоких давлений существенно выше, чем у неохлаждаемых насосов типа НЭМ. Насосы могут работать продолжительное время при давлении до $8 \cdot 10^{-4} \text{ торр}$. Об-

ласть давления от $2 \cdot 10^{-4}$ до $5 \cdot 10^{-4} \text{ торр}$ характеризуется неустойчивой работой насосов, связанной с переходом пеннинговского разряда от режима с отрицательным объемным зарядом к плазменному режиму.

Охлаждаемые насосы легко запускаются с давления $1 \cdot 10^{-1} - 5 \cdot 10^{-2} \text{ торр}$. Насосы НОРД способны длительное время (более 800 ч) откачивать воздух при максимальном рабочем давлении $8 \cdot 10^{-4} \text{ торр}$. Быстрота откачки водорода насосами НОРД примерно в три раза выше быстроты откачки воздуха, однако она возможна лишь ограниченное время, определяемое насыщением поверхности катодов водородом. При давлении $4 \cdot 10^{-5} \text{ торр}$ насосы сохраняют повышенную и постоянную быстроту откачки водорода в течение приблизительно 200 ч, затем она резко снижается. Прогрев наружным нагревателем или разрядом в аргоне приводит к восстановлению быстроты откачки водорода.

Наличие отверстий в катодах насосов типа НОРД обеспечивает повышенную (примерно в два раза) быстроту откачки инертных газов по сравнению с обычными диодными насосами.

При откачке гелия наблюдается монотонное снижение быстроты откачки во времени. Если вначале (при $P = 5 \cdot 10^{-5} \text{ торр}$) она составляет 65% быстроты откачки воздуха, то через 20 ч. снижается до 15%. Продолжительность стабильной откачки гелия насосами НОРД при давлении $5 \cdot 10^{-5} \text{ торр}$ равна примерно 550 ч, после чего стабильность работы нарушается (подобно известному явлению "аргонной нестабильности").

Обладая всеми достоинствами магниторазрядных насосов (долговечностью, надежностью, бесшумностью, возможностью работы в любом положении и т.д.), насосы НОРД имеют несколько меньший вес и габариты.

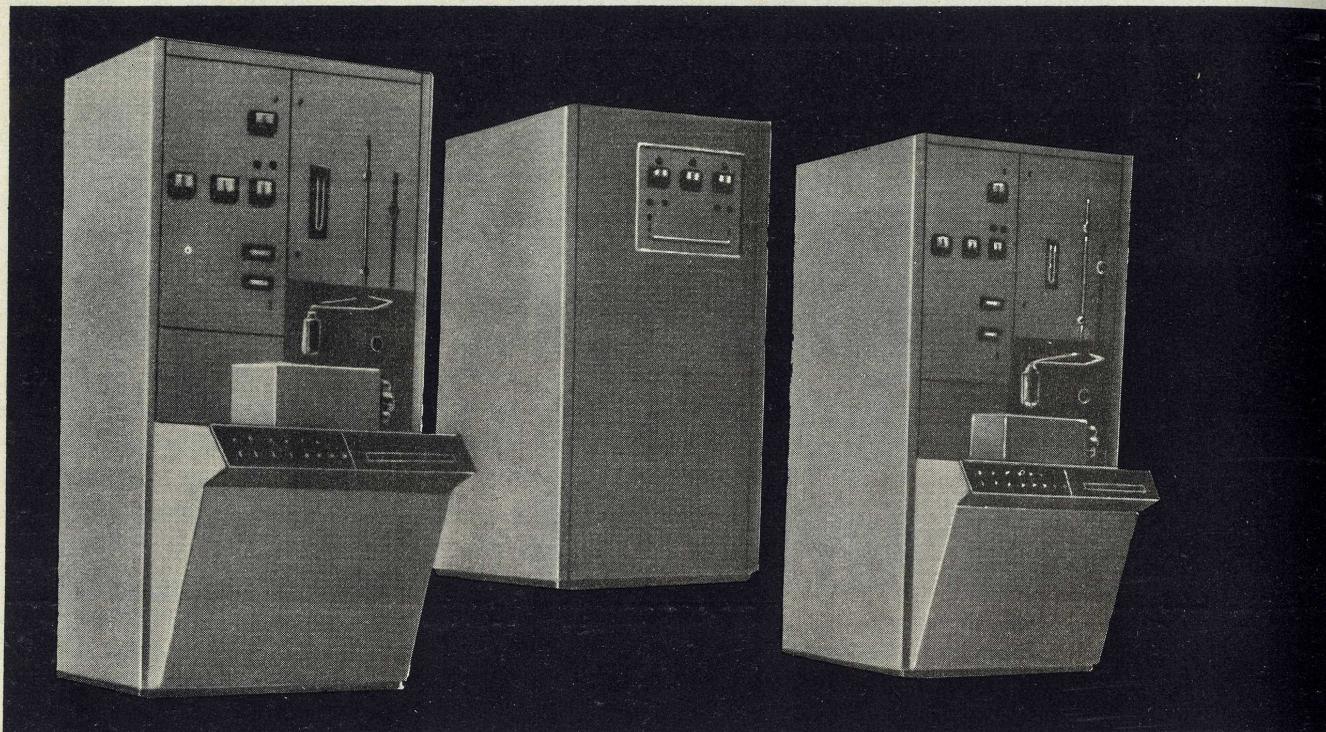
ЛИТЕРАТУРА

1. Рудницкий Е.М. ЖТФ, XXXVIII, 1968, № 5, стр.830.
2. Rivera M., Zaphiropoulos R., Nagra D. Nat. Symp. Amer. Vac. Soc. 1960.
3. Пауэр Б.Д. Высоковакуумные откачные устройства, М., «Энергия», 1969 (перевод с англ.).
4. Контор Е.И., Рудницкий Е.М. «Вопросы радиоэлектроники», сер. IV, 1965, № 6, стр.57.

УДК 621.521



Установка УЛП-6М для литья микропроводов в стеклянной изоляции



- УЛП-6М незаменима при производстве высококачественных микропроводов, надежно работающих в любых изделиях электронной и радиоэлектронной техники. Впервые электрические и механические параметры установки жестко стабилизированы и обеспечивают постоянство геометрических и электрофизических характеристик получаемых микропроводов. Одновременно достигнута высокая воспроизводимость процесса литья.
- Оригинальная схема установки и ее конструкция, при которой один специальный высокочастотный генератор снабжает энергией два автономных технологических устройства литья проводов, позволяют одновременно и независимо друг от друга производить не только идентичные провода, но и провода из различных материалов с разной величиной погонного сопротивления.
- Установка снабжена всеми необходимыми системами защиты и сигнализации. Тщательная экранировка высокочастотных узлов надежно защищает обслуживающий персонал от влияния высокочастотных и магнитных полей, исключает радиопомехи.
- Всесторонние испытания и длительное использование установки УЛП-6М в промышленных и лабораторных условиях подтвердили ее отличные эксплуатационные качества: экономичность, высокую производительность, надежность и стабильность получаемых микропроводов.

ОБМЕН ОПЫТОМ

НОВЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ВНУТРИ КИНЕСКОПА

показывает, что при вакуумной обработке в конце цикла откачки давление внутри кинескопа может оказаться ниже, чем на входе диффузионного насоса, что может привести к проникновению паров масла в кинескоп. Даются рекомендации по выбору момента отсоединения кинескопа от откачной системы.

В.И.БАРАНОВСКИЙ, А.М.ПЕРЕЛЬЦВЕЙГ

В комплексе требований, предъявляемых к кинескопам, одним из основных условий является стабильность величины тока катода при длительной эксплуатации, что необходимо для сохранения четкого и контрастного изображения в телевизоре. Стабильность тока катода определяется в частности и уровнем технологического процесса вакуумной обработки. При прогреве кинескопов в печи выделение газов весьма интенсивно, и в случае недостаточно быстрого их удаления значительным станет обратное поглощение газов. Хотя скорость удаления газов из объема определяется в основном пропускной способностью штенгеля, при давлениях, близких к предельным значениям рабочих давлений насоса (начальном и конечном), скорость откачки насоса может существенно влиять на этот процесс.

Конструкция современных вакуумных систем предусматривает наличие маслоотражателей и ловушек,

препятствующих миграции масла из насоса в откачиваемый объем. Однако в некоторых случаях изготовители кинескопов отказываются от их использования из-за значительного снижения скорости откачки. Работы последних лет показали, что для оценки качества откачки необходимо измерение давления остаточных газов не столько на входном фланце диффузионного насоса, сколько непосредственно в объеме обрабатываемого электровакуумного изделия, так как в определенных условиях эти величины могут существенно отличаться друг от друга.

При интенсивном газовыделении давление в кинескопе будет существенно больше, чем у сопла диффузионного насоса. Естественно, что миграция масла в этих условиях затруднена. Однако, в конце цикла откачки при остывании кинескопа, когда адсорбционная емкость внутренних элементов кинескопа резко повышается, давление в ки-

нескопе приближается к давлению на входе насоса и может оказаться ниже его. В таких случаях отсутствие ловушки может создать благоприятные условия для интенсивного проникновения масла в обрабатываемый кинескоп.

Для исследования изменений давления в системе откачного агрегата и в кинескопе был проведен эксперимент, в котором в качестве обрабатываемого кинескопа был взят кинескоп типа 47ЛК2Б. Для измерения давления внутри кинескопа помещались электроды манометрической лампы ЛМ-2, что потребовало некоторого конструктивного изменения лампы, в частности уменьшения диаметра ее коллектора с 25 до 20 мм.

Монтаж лампы ЛМ-2 осуществлялся на ножке кинескопа (рис.1), от которого сохранялся только катодно-модуляторный узел и куда были выведены

гался обработке по определенному технологическому режиму.

С момента входа кинескопа в печь и до выхода из нее одновременно снимались показания вакуумметров, подключенных к лампе, находящейся в кинескопе, и к лампе, стоящей на входе в насос.

Изучение кривых, полученных на основании измерений давления (рис.2) показало, что необходимый для нормальной работы ЛМ-2 вакуум достигается в кинескопе на участке 19-22 м печи обезгаживания, что соответствует давлению на входе насоса примерно $1,5 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-5}$ торр. В период включения высокой частоты на участке 33-43 м наблюдаются довольно резкие скачки давления, что объясняется обезгаживанием деталей арматуры кинескопа. Повторение спадов и повышений давления происходит из-за прерывистого

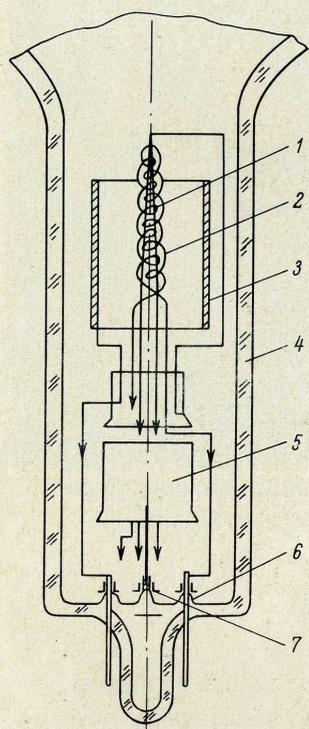


Рис.1. Схема монтажа ЛМ-2:

1-катод; 2 - сетка; 3-коллектор; 4-горловина кинескопа; 5-модулятор с катодно-подогревательным узлом; 6-ножка; 7 - экраны ножки

коллектор и остальные электроды лампы. С целью исключения влияния утечек между электродами были применены защитные экранчики. Изменение геометрии ЛМ-2 потребовало проведения градуировки, для чего на входе диффузионного насоса была вставлена вилка, состоящая из обычной манометрической лампы и лампы с уменьшенным диаметром коллектора. Различия в показаниях этих ламп были в дальнейшем учтены.

Исследование процесса вакуумной обработки кинескопа проводилось на одной из позиций конвейерной откачной машины. Смонтированный на ножке макет ЛМ-2 заваривался в колбу, и кинескоп устанавливался в гнезде откачной позиции. В процессе движения на машине кинескоп подвер-

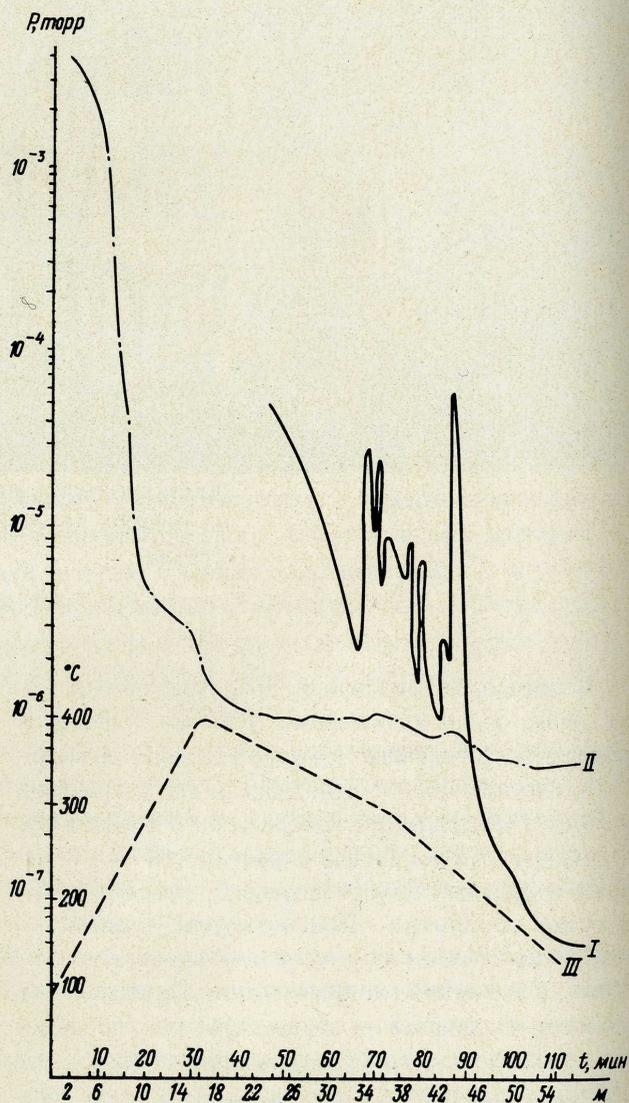


Рис. 2. Измерение давления в приборе и на входе в насос:

I - изменение давления внутри кинескопа; II - изменение давления на входе в диффузионный насос; III - температурная кривая прогрева оболочки кинескопа

действия генераторов высокой частоты.

На отметке 42 м печи обезгаживания начинается активировка катода, которая сопровождается значительным повышением давления, вплоть до 10^{-3} торр. После этого наблюдается довольно быстрый спад кривой вплоть до 10^{-7} торр. Кривая II, показывающая изменение давления на входе насоса, постепенно переходит к установившемуся значению ($1 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-6}$ торр) и не имеет резких всплесков. Измерение высокого давления производилось с помощью термпарного манометра с лампой ЛТ-2.

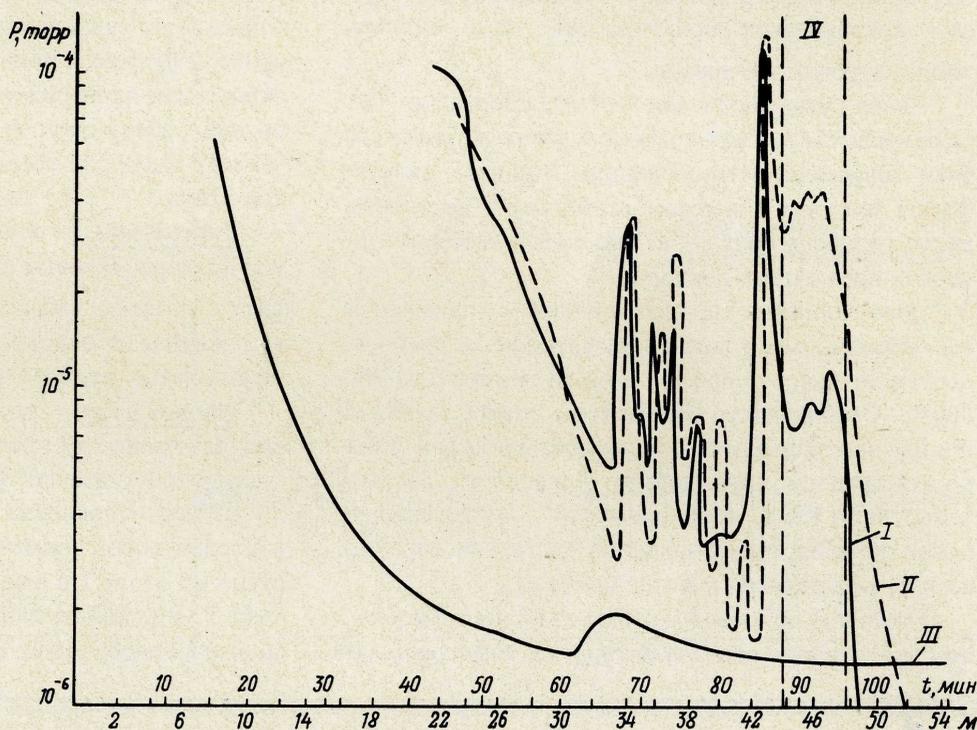
Как видно из кривых, давление в кинескопе и на входе в насос может различаться на порядок и более. С целью выяснения причины этого перепада проведены те же измерения, но уже без подачи накала на подогреватель катода, т. е. без

термирующего действия ЛМ-2. С учетом последнего точка уравнивания давлений несколько смещается вправо, на отметку 45 м печи обезгаживания.

Следовательно, при дальнейшем нахождении кинескопа на конвейере вакуумной обработки давление в нем будет меньше, чем в насосе, что приведет к интенсивному проникновению паров из насоса в обработанный кинескоп. Поэтому целесообразно отделить кинескоп от насоса до сравнения давлений. Естественно, что внутри печи конвейера это легче всего сделать при помощи автоматического электроотпая.

В процессе электроотпая наблюдается небольшое колебание давления внутри откачиваемого объема, что свидетельствует о газовыделении из стекла при его размягчении. Последующий спад давления (рис.3) показывает, что в герметизированном

Рис. 3. Измерение давления при электроотпаяе: I, II — изменение давления внутри кинескопов (два образца); III — изменение давления на входе в диффузионный насос; IV — участок электроотпая



активировки катода. В результате проведенного эксперимента установлено, что процесс активировки геттерирующего действия не оказывает. Поскольку манометрическая лампа сама обладает геттерирующим действием, были проведены измерения давления при периодическом включении ЛМ-2, т.е. только на момент измерения. При сравнении результатов этого эксперимента с предыдущими видно, что характер изменения давления остался тот же, хотя на последнем участке и наблюдается некоторое уменьшение перепада давления. Таким образом, перепад давления между кинескопом и вакуумной системой является результатом не только действия сорбционных свойств внутренних элементов кинескопа, но также и гет-

кинескопе происходит дальнейшее улучшение вакуума.

После проведения описанных исследований была изготовлена опытная партия кинескопов в количестве 40 штук. При этом активировка катода была перемещена с отметки 42-49 на 38-44 м печи обезгаживания, а включение электроотпая проводилось сразу же после окончания активировки. Во время электроотпая подогреватель катода нагревался током для предотвращения отравления активированного катода газами, выделяющимися при размягчении стекла штенгеля. Комплексный анализ параметров кинескопов опытной партии показал их существенное преимущество перед кинескопами, обрабатываемыми в обычном режиме.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ПРИБОРОВ

В.С.СТРЕЛКОВ, О.Я.МЛОДИК

Наметившаяся тенденция использования твердых припоев для соединения основных элементов газоразрядных приборов вызвана повышением эксплуатационных требований к стабильности основных электрических характеристик в широком температурном интервале.

Ранее существовавшие методы сборки с использованием мягких припоев и флюса не удовлетворяют современным требованиям, так как наличие флюса является основным источником нестабильности газового состава и, как следствие, электрических параметров приборов.

Использование твердых припоев с применением керамических узлов в газоразрядных приборах допускает прогрев при откачке до температур 400–600°C. Стабильность параметров таких приборов в процессе эксплуатации существенно выше, однако эти приборы очень дороги. Последнее обстоятельство, а также необходимость модернизации ранее разработанных приборов заставили вернуться к использованию мягких припоев.

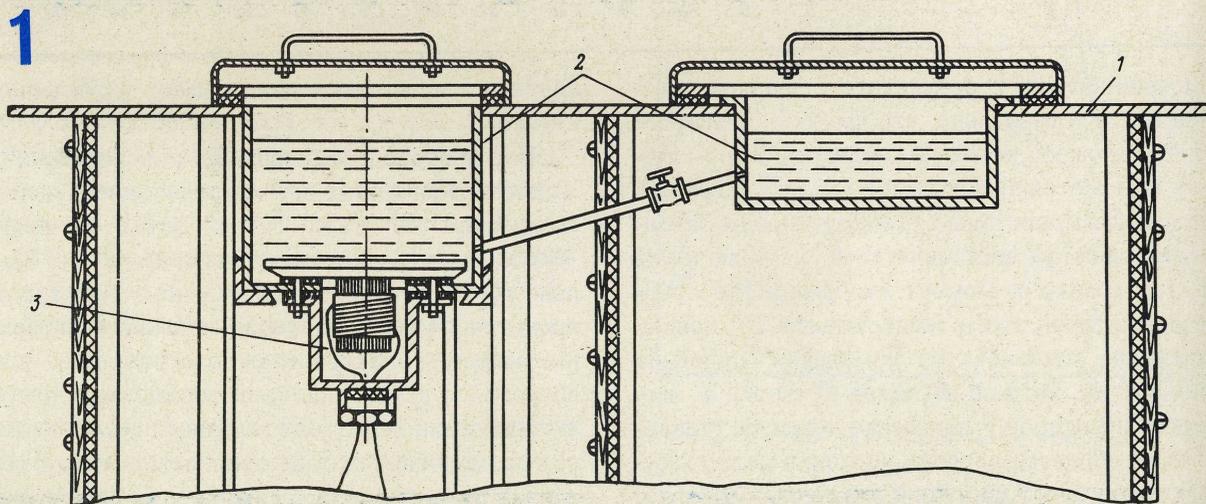
Основной причиной возникающей нестабильности газового состава для интервала температур от

–60 до +85°C является загрязнение поверхности флюсом. Газоотделение же за счет диффузии из внутренних областей металла сказывается меньше. Поэтому можно было ожидать, что тщательная очистка внутренней поверхности газоразрядного прибора от флюса приведет к резкому возрастанию стабильности электрических параметров. Была проведена работа по усовершенствованию технологического процесса сборки, включившего в себя три этапа:

Первый этап – пайка и облуживание элементов прибора мягкими припоями с применением флюса (раствор хлористого цинка). Для улучшения защиты от окисления паяемых поверхностей используется инертный газ.

Второй этап – тщательная интенсифицированная ультразвуком промывка элементов прибора в ваннах для удаления флюса.

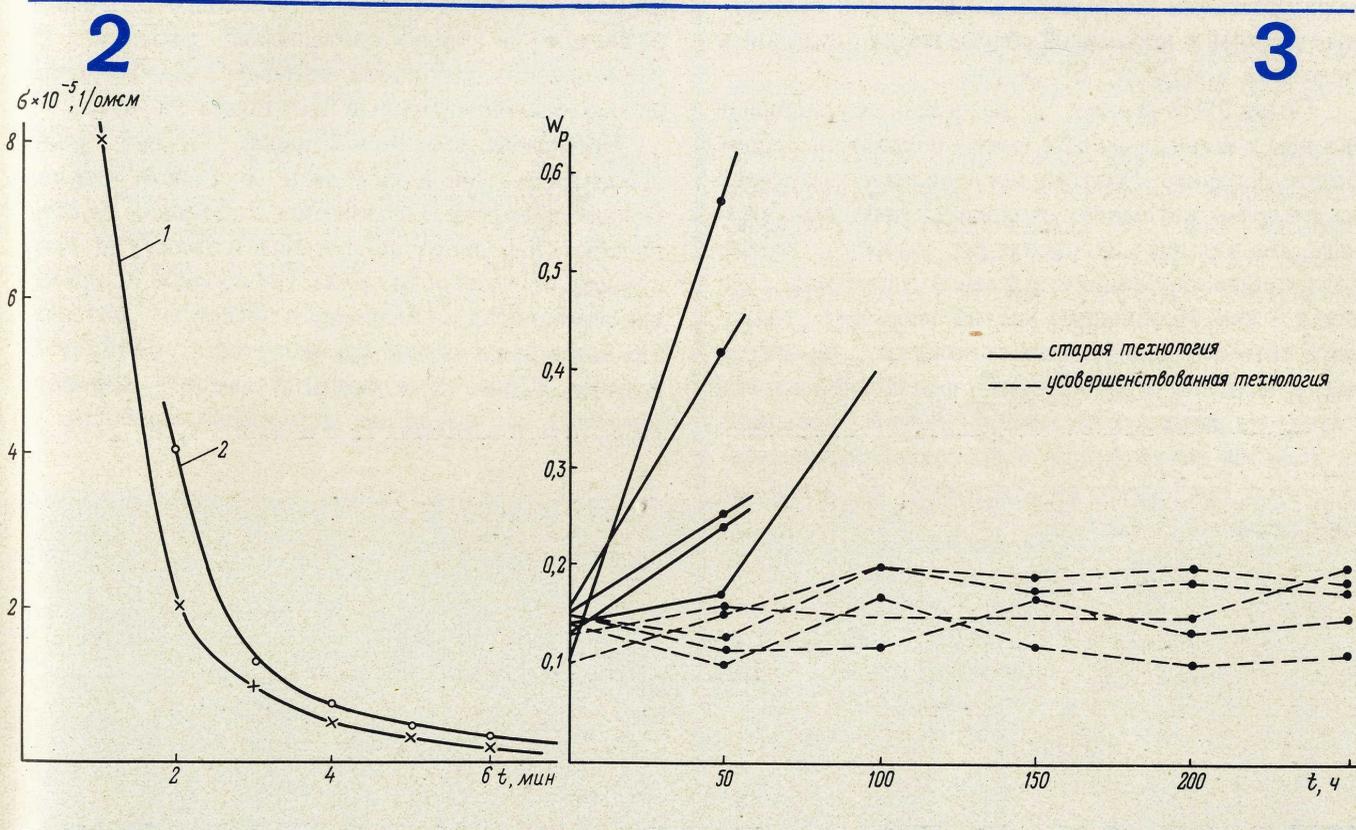
На рис. 1 показана конструкция установки для ультразвуковой промывки прибора. Установка состоит из стола 1 с вмонтированными двумя ваннами 2. В одной из ванн установлен магнитоэлектрический преобразователь 3 типа МП–1,5. Другая



Конструкция установки для ультразвуковой промывки приборов:
1 - стол; 2 - ванна для промывки в ультразвуковом поле; 3 - магнитоэлектрический преобразователь

ванна предназначена для окончательной промывки приборов. Ванны со всех сторон наглухо закрыты и имеют войлочное уплотнение для подавления кавитационных шумов. Промывка приборов производится так, чтобы их открытая полость была ориентирована перпендикулярно фронту ультразвуковой волны. Частота ультразвуковых колебаний 20 кГц, температура воды (дистиллированной) 50°C. Сушка осуществляется горячим воздухом ($T = 120^\circ\text{C}$). Качество промывки оценивается по изменению удельной электропроводности промывной среды с помощью кондуктометра. На рис. 2 приведена зависимость удельной электропроводности промывной среды от времени ультразвуко-

звук, показало, что их электрические характеристики значительно стабильнее, чем у приборов, изготовленных обычным способом. Долговечность таких приборов в несколько раз превышает долговечность приборов, собранных по старой технологии при условии эксплуатации их при температуре 70°C. Рис. 3 иллюстрирует изменение одного из электрических параметров прибора (энергии пика — W_p) во время его испытаний на долговечность при температуре окружающей среды 70°C. Аналогичное повышение стабильности достигнуто и для других параметров.



вой промывки приборов различных размеров. Кривая 1 соответствует прибору размером 2 см³, кривая 2 — прибору размером 10 см³.

Третий этап — ультразвуковая пайка элементов прибора на специально разработанной установке [1].

Исследование газоразрядных приборов, в технологии изготовления которых применен ультра-

ЛИТЕРАТУРА

1. Стрелков В.С. Ультразвуковая пайка окон газоразрядных приборов. «Обмен опытом в электронной промышленности», 1967, № 6.
2. Бергман Л. Ультразвук и его применение в науке и технике. Изд. 2, М., ИИЛ, 1957.

УДК 621.387.002.2



ХОЛОДНАЯ ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ КОРПУСОВ СВЧ ДИОДОВ

В.Н.ЛАРИН, О.С.МОРЯКОВ

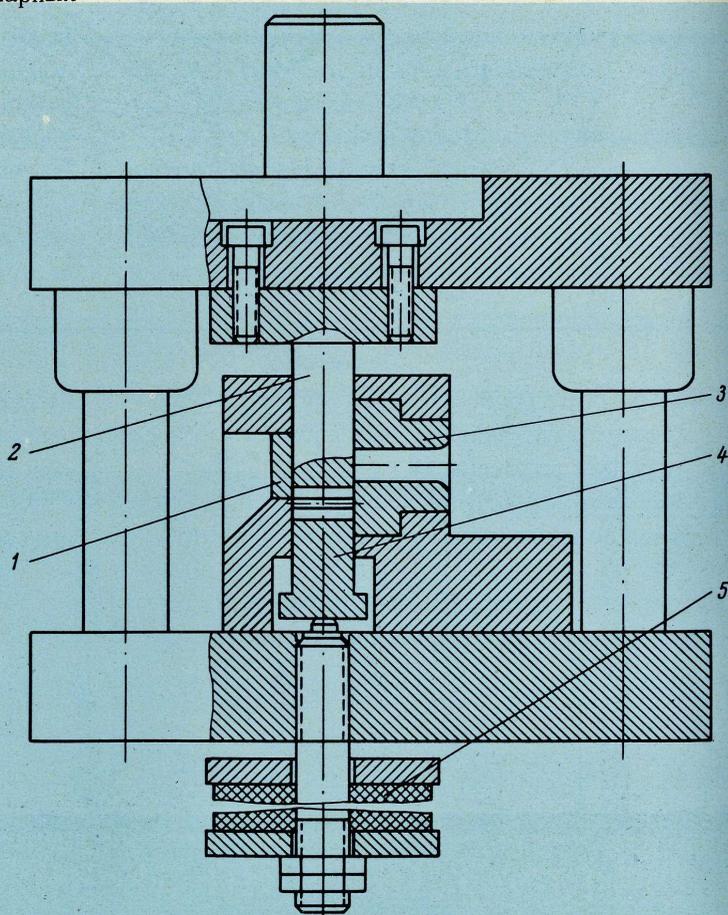
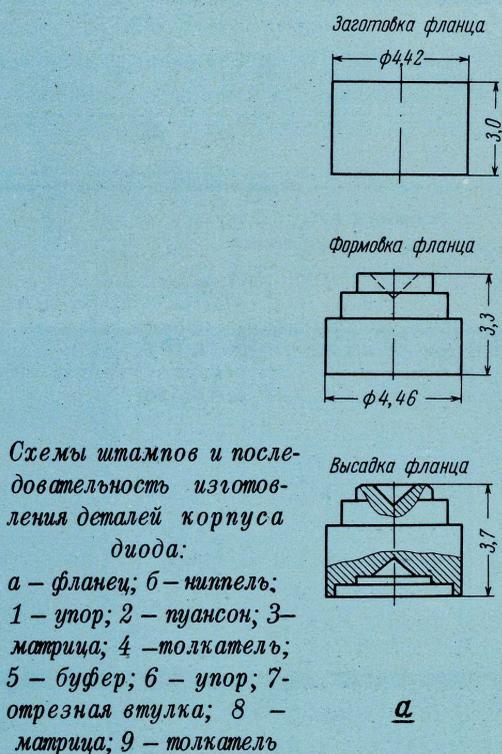
Изготовление коваровых деталей СВЧ диодов методом объемной штамповки экономически выгодно, так как не требует применения дорогостоящих токарных автоматов. Производительность труда при этом методе увеличивается в четыре-пять раз, снижает стоимость изготовления деталей, кроме того, повышается коэффициент использования металла, в данном случае сплава 29НК.

В настоящее время для корпусов СВЧ диодов применяют коваровые детали, которые спаивают с керамическими (керамикой 22-ХС). Спай коваровых деталей с керамикой обеспечивает получение надежных корпусов СВЧ диодов.

Сплав 29НК (ковар), из которого изготавливают фланцы и ниппели диодов, плохо поддается обработке (резанию). Поэтому изготовление деталей на токарных автоматах становится нецелесообразным, так как цикл изготовления одной детали (полуфабриката), например фланца, примерно равен 1,5 мин. Необходима частая остановка токарного автомата для смены или заточки режущего инструмента. Таким образом, производительность токарного автомата в смену в среднем составляет 250-300 деталей (полуфабрикатов). Окончательно детали приходится обрабатывать на токарных операционных станках.

Первой операцией изготовления указанных деталей методом холодной объемной штамповки (см. рисунок) является отрезание заготовки с точными размерами по длине и срезанными торцами на высокопроизводительных штампах. Коэффициент использования материала составляет 90-95%.

Нарезание заготовок фланцев имеет свою особенность. Длина заготовки в данном случае меньше диаметра. Отрезаемая заготовка подвергается поперечному нагружению (зажиму) по одну сторону от плоскости среза. Поперечное нагружение изменяется по величине в процессе резания, так как в этом случае применяется резиновый прижим. Торцы заготовок получаются хорошего качества, что важно для дальнейшей обработки.

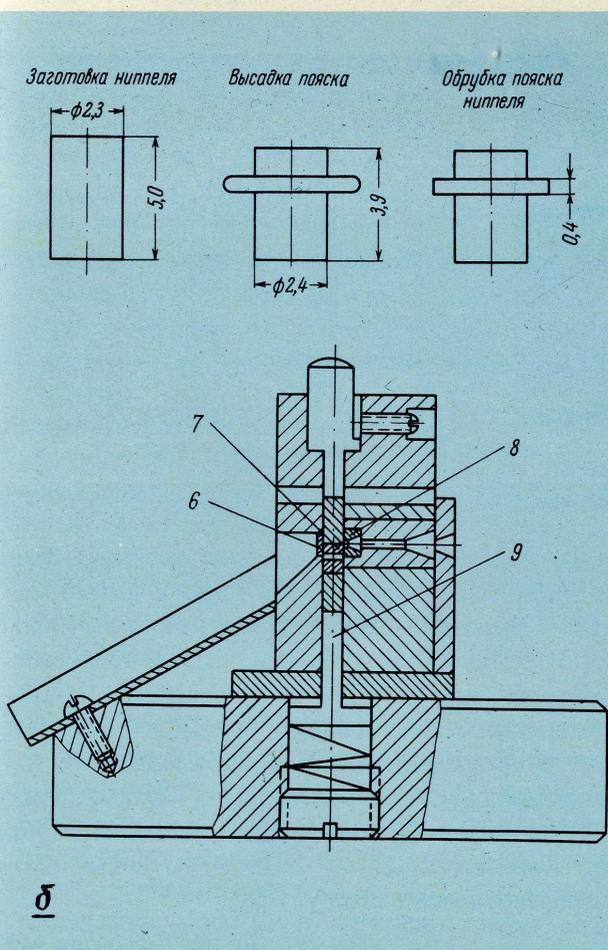


Резание заготовок ниппелей производится отрезными втулками, так как длина заготовки больше его диаметра примерно в два раза.

Заготовки перед холодным выдавливанием (прессованием) подвергают специальной обработке, которая включает процессы обезжиривания в четыреххлористом углероде, сушки в сушильном шкафу при температуре $110 \pm 10^\circ\text{C}$, отжига коваровых заготовок в водородной камерной печи при температуре $830-880^\circ\text{C}$ с выдержкой в течение 25–35 мин, меднения коваровых заготовок (для уменьшения коэффициента трения и устранения налипания ковара на рабочий инструмент при объемной штамповке), которое производят химическим способом в растворе медного купороса с добавлением цинка (толщина покрытия 2–3 мкм). Слой меди является как бы смазкой, снижающей усилие штамповки. Для уменьшения коэффициента трения дополнительно к меди можно применять легкое смазывание заготовок веретенным маслом.

Прессование фланца происходит в два этапа: предварительное холодное выдавливание и окончательное прессование на штампе (усилие прессования составляет примерно $6,5 T$). Затем производится высадка ниппеля и обрубка по диаметру 3,6 мм.

УДК 621.385.2.029.64.032.002.2



δ

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ МАТРИЦ ШТАМПОВ СЛОЖНОГО ПРОФИЛЯ

О.С. МОРЯКОВ, В.Н. ЛАРИН

В корпусах полупроводниковых приборов применяют детали, изготовление оснастки для которых является трудоемкой работой. К таким деталям относятся кристаллодержатели сложной конфигурации (рис. 1 и 2). Отношение минимальной ширины кристаллодержателя к его толщине (0,45 : 0,5) составляет 0,9. Такое соотношение размеров затрудняет работу штампа. Применение

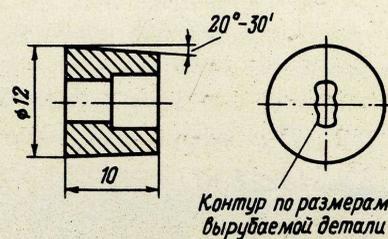


Рис. 1. Матрица для вырубki кристаллодержателя

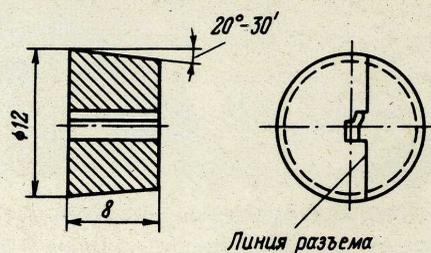


Рис. 2. Составная матрица для вырубki кристаллодержателя

инструментальной стали для изготовления рабочего инструмента штампов не обеспечивает необходимой стойкости и высокого качества изготовленных деталей. Например, при штамповке кристаллодержателей после изготовления 500–800 деталей на штампах с рабочим инструментом из инструментальной стали появляются заусенцы выше допустимой величины, а рабочий инструмент быстро выходит из строя. После 10–15-кратной

заточки рабочий инструмент штампа приходит в полную негодность и его необходимо заменять новым.

Применение твердых сплавов для пуансонов и матриц увеличивает стойкость инструмента в 15–20 раз по сравнению со стойкостью инструмента, изготовленного из инструментальной стали, но увеличивает стоимость штампа примерно в 1,5–2 раза; кроме того, обработка твердого сплава при изготовлении штампов малых размеров и сложной формы требует высокой квалификации рабочего и определенных навыков. Наиболее сложной деталью для изготовления является матрица.

Твердосплавные матрицы сложного профиля изготавливают электроискровым методом, при котором отверстия прошиваются с помощью электрода или вырезается контур отверстия проволокой по шаблону (заданной программе).

Технологический процесс изготовления цельной матрицы для вырубki кристаллодержателя (см. рис. 1) методом прошивки состоит из таких основных операций, как изготовление механическим способом круглой заготовки из пластифицированного твердого сплава с отверстием в центре; спекание твердосплавной заготовки матрицы; шлифовка торцов спеченной заготовки матрицы алмазной чашкой; прошивка отверстия в матрице для выхода отхода детали при штамповке; прошивка рабочего отверстия в матрице с припуском под доводку 0,01–0,02 мм; доводка рабочего отверстия матрицы по размеру и чистоте поверхности ($\nabla 9 - \nabla 10$) с помощью притиров, шаржированных алмазом, и алмазных микропорошков САМ40, САМ15 и САМ5; заточка и доводка матрицы с помощью алмазной чашки на микропорошке САМ10.

С целью исключения трещин в матрице пластифицированный твердый сплав при его обработке на токарном станке зажимают в разрезном кольце, а не в кулачках токарного патрона.

Прошивают отверстие в матрице на электроискровом станке типа 4В721 с помощью электродов, изготовленных из латуни ЛС–59–1 или вольфрамоникиелемедного сплава ВНМ–5

Ориентировочный режим электроискровой обработки при прошивке матрицы: емкость батареи конденсаторов 3800 мкф; длительность импульса 4 мксек; частота 20 кгц. Производительность при этом 10–20 мм³/мин.

Технологический процесс изготовления сборных твердосплавных матриц методом вырезки профиля проволокой по шаблону или по заданной программе (см. рис. 2) состоит из следующих основных операций: изготовления заготовки с припуском по наружному диаметру из пластифицированного твердого сплава механическим способом; разметки заготовки; разрезки заготовки по разметке; спекания; обработки рабочего контура отдельных элементов матрицы на профильно-

шлифовальном станке или вырезки контура на проволочном электроискровом станке; доводки размеров и поверхности рабочего контура отдельных элементов матрицы и пригонки отдельных элементов друг к другу; обработки матрицы электроискровым способом по наружному контуру; сборки элементов матрицы при наблюдении на экране часового проектора и закрепления их в струбцине (рис. 3) с последующим контролем ОТК рабочего контура матрицы; шлифовки торца матрицы со стороны отверстия для выхода отхода (детали); изготовления латунной оправки на токарном станке и припайки припоем ПОС–30 к ней матрицы нерабочей стороной; снятия струбцины; шлифовки матрицы по наружному периметру с изготовлением конуса в пределах от 30' до 1°; подгонки ее по обойме (матрице-держателю); запрессовки твердосплавной матрицы в обойму; отпайки оправки от матрицы и зачистки ее торца от припоя; электроискровой обработки отверстия в матрице и обойме под контрольный штифт с последующей его доводкой; запрессовки штифта; заточки матрицы алмазным инструментом.

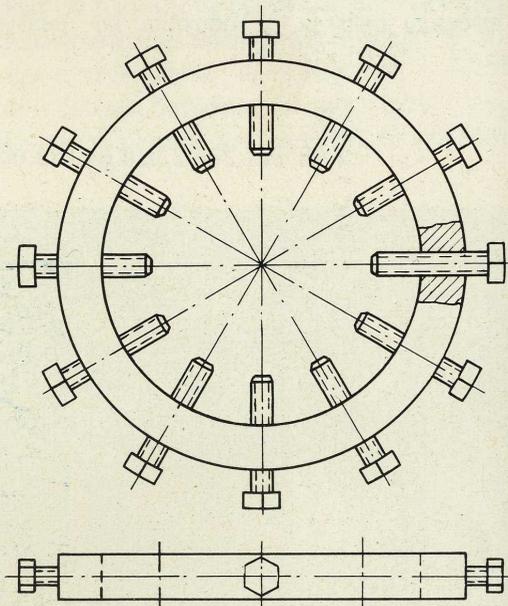


Рис. 3. Струбцина для сборки составных матриц

Для изготовления твердосплавных вырубных матриц желательно применять твердый сплав марки ВК–15М или ВК–20М. Вырезка рабочего контура в элементах матрицы или в цельной заготовке матрицы производится на проволочных электроискровых станках различных моделей (латунная проволока марки ЛС–59–1 диаметром 0,1 мм). Охлаждающей средой служит керосин. Керосин подается под давлением в место реза, что способствует более интенсивному охлаждению и быстрому удалению отходов резки.

УДК 621.382.002.2:621.383.932

КОНТРОЛЬ ДИФФУЗИИ

Метод измерения удельного сопротивления полупроводниковых материалов по сопротивлению растекания точечного контакта, предложенный Мазуром и Дикем в 1966 г. [1, 2], был использован нами для исследования сопротивления эпитаксиальных и диффузионных слоев в кремнии. В этой статье показана возможность применения метода для контроля глубины диффузии и распределения сопротивления (или концентрации примеси) при глубокой встречной диффузии, а также определены ошибки метода.

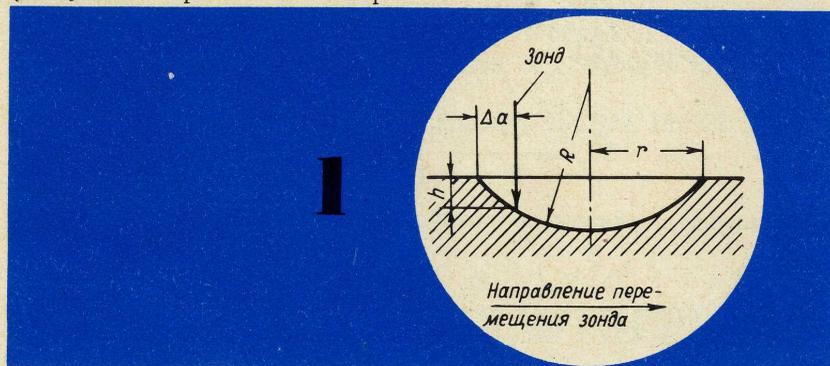
Исследовалось распределение фосфора в диффузионных слоях, полученных в кремнии КЭФ-7,5 в результате длительной разгонки.

Загонка фосфора проводилась в кремниевые пластины при температуре 1200°C в течение 5 ч методом открытой трубы в потоке аргона, разгонка – при температуре 1100°C в течение 30 ч в потоке сухого кислорода.

После удаления окиси кремния на пластине изготавливался шаровой шлиф на глубину около 200 мкм при общей толщине пластины 350 мкм. Для получения необходимой глубины и качества полированной поверхности шлифа абразивная смесь из мелкозернистого алмаза и часового масла менялась дважды без остановки вращающегося шара-шлифовальника и подъема пластины (вначале применялся алмазный порошок с размером зерна 5 мкм, затем – 1 мкм). Для повышения точности метода в измерительной установке были приняты специальные меры, устраняющие люфт и обеспечивающие воспроизводимость нагрузки на зонд. Подъем и спуск зонда с постоянной скоростью в момент касания измеряемой поверхности производился специальным устройством. Острие используемого в установке зонда из карбида вольфрама было заточено на пирамиду с помощью субмикронного алмазного порошка АСМ-05. При этом исходное положение зонда (диаметр шлифа совпадал с направлением перемещения столика с измеряемым образцом) фиксировалось установкой на нуль микрометра, соединенного со столиком (рис. 1). С помощью этого микрометра при измерениях производился отсчет перемещения зонда в направлении диаметра шлифа. Глубина расположения измеряемого слоя может быть с точностью до 2% определена по приближенной формуле

$$h = \frac{2r \Delta a - \Delta a^2}{2\sqrt{R^2 - r^2}},$$

где h – глубина расположения измеряемого слоя (расстояние от поверхности образца до измеряемого слоя); Δa – расстояние от края шлифа, отсчитанное по микрометру; r – радиус высверленного шлифа (радиус круга на поверхности пластины); R – радиус высверливающего шара.



На практике удобно пользоваться величинами Δa , рассчитанными заранее для каждого r и R при заданных значениях h . В этом случае при перемещении зонда вдоль шлифа на микрометре выставляется величина Δa , соответствующая заданному h , что дает возможность сопоставить значения сопротивлений, измеренных на одной и той же глубине.

По-видимому, партия пластин в целом может быть охарактеризована лишь некоторым средним распределением сопротивления диффузионного слоя по глубине. Для оценки точности измерения и разброса внутри диффузионной партии был использован однофакторный дисперсионный анализ с повторениями [3]. Этот метод позволяет одновременно дать оценку дисперсий, обусловленных как разбросом внутри партии, так и ошибкой измерений. Для этого на каждой из k пластин делается по одному шлифу, измеряемому p раз по всей глубине h_0 с шагом Δh . Результаты измерений заносятся в табл. 1.

Таблица 1

R	l					...	i			...	k			$\bar{\rho}_l$
	1	...	j	...	n		1	...	n		1	...	n	
0	ρ_{011}	...	ρ_{0j1}	...	ρ_{0n1}	...	ρ_{01i}	...	ρ_{0ni}	...	ρ_{01k}	...	ρ_{0nk}	$\bar{\rho}_0$
Δh	ρ_{111}	...	ρ_{1j1}	...	ρ_{1n1}	...	ρ_{11i}	...	ρ_{1ni}	...	ρ_{11k}	...	ρ_{1nk}	$\bar{\rho}_1$
$2\Delta h$	ρ_{211}	...	ρ_{2j1}	...	ρ_{2n1}	...	ρ_{21i}	...	ρ_{2ni}	...	ρ_{21k}	...	ρ_{2nk}	$\bar{\rho}_2$
$3\Delta h$	ρ_{311}	...	ρ_{3j1}	...	ρ_{3n1}	...	ρ_{31i}	...	ρ_{3ni}	...	ρ_{31k}	...	ρ_{3nk}	$\bar{\rho}_3$
...
...
...
h_ℓ	$\rho_{\ell 11}$	...	$\rho_{\ell j1}$	...	$\rho_{\ell n1}$	...	$\rho_{\ell 1i}$	...	$\rho_{\ell ni}$	...	$\rho_{\ell 1k}$	...	$\rho_{\ell nk}$	$\bar{\rho}_\ell$

Средняя кривая распределения сопротивления диффузионного слоя по глубине строится по точкам

$$\bar{\rho}_\ell = f(h_\ell),$$

где $\bar{\rho}_\ell = \frac{1}{kn} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n \rho_{ij\ell}; \ell = 0, 1, 2, \dots, \frac{h_0}{\Delta h}.$

Рассчитывают дисперсию, характеризующую ошибку измерений,

$$S_0^2 = \frac{Q_1 - Q_2}{k(n-1)},$$

и дисперсию, связанную с разбросом внутри партии,

$$S^2 = \frac{Q_2 - Q_3}{k-1},$$

где $Q_1 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n \rho_{ij}^2; Q_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k (\sum_{j=1}^n \rho_{ij})^2;$

$$Q_3 = \frac{1}{kn} \left[\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n \rho_{ij} \right]^2.$$

Сравнивают по критерию Фишера рассчитанные дисперсии

$$F_{\text{расч}} = \frac{S^2}{S_0^2}.$$

Если $F_{\text{расч}} \leq F_{\text{табл}}$ со степенями свободы $f_1 = k - 1$ и $f_2 = k(n - 1)$, то разброс внутри партии можно считать незначимым и оценка генеральной дисперсии ошибки измерений будет

$$\sigma_0^2 = \frac{Q_1 - Q_3}{kn - 1}.$$

При значимом разбросе внутри партии (при $F_{\text{расч}} > F_{\text{табл}}$) оценка влияния этого разброса на значения сопротивления будет

$$\sigma^2 \approx \frac{S^2 - S_0^2}{n}.$$

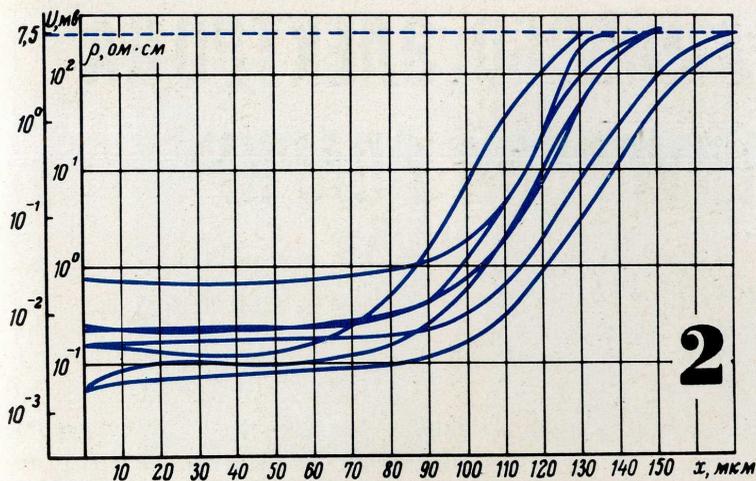
Для сравнения разброса по кривым $\rho_\ell = f(h_\ell)$ удобно пользоваться относительными единицами для ошибки измерений и разброса внутри партии:

$$V_{ol} = \frac{\sigma_{ol}}{\bar{\rho}_\ell} \cdot 100\% \text{ при } F_{\text{расч}} \leq F_{\text{табл}};$$

$$V_{ol} = \frac{S_{ol}}{\bar{\rho}_\ell} \cdot 100\% \text{ и } V_\ell = \frac{\sigma_\ell}{\rho_\ell} \cdot 100\%$$

при $F_{\text{расч}} > F_{\text{табл}}.$

В табл. 2 в качестве иллюстрации приведены значения измеренных потенциалов на различных глубинах вне шлифа. Расчет показал, что относительная ошибка измерений в среднем составляет 2,5% и не превышает 6%.



На рис. 2 показано распределение удельного сопротивления в пластинах одной партии по глубине. Очевидно, что различная глубина залегания диффузионного слоя, соответствующая КЭФ-7,5, а также различный градиент сопротивления должны оказать влияние на электрические характеристики приборов, изготовленных из пластин такой партии.

Авторы выражают благодарность Ю.А.Концевому за постановку работы и обсуждение методики и результатов измерений.

Таблица 2

R, мкм	U ₁ , мв				...	U _i , мв			...	U _k , мв			U ₁ , мв	
	1	...	j	...		n	1	...		n	1	...		n
0	0,15	...	0,01	...	0,012	...	0,052	...	0,17	...	0,28	...	0,06	0,145
20	0,14	...	0,014	...	0,014	...	0,056	...	0,17	...	0,28	...	0,07	0,145
40	0,14	...	0,012	...	0,016	...	0,06	...	0,22	...	0,3	...	0,09	0,150
60	0,13	...	0,018	...	0,016	...	0,82	...	0,28	...	0,36	...	0,08	0,150
...
...
200	210	...	170	...	240	...	200	...	190	...	250	...	160	230

ЛИТЕРАТУРА

1. Mazur R.G., Dickey D.H. "J. Electrochem. Soc.", 1966, v. 113, N 3, p. 255-259.
2. Mazur R.G. "J. Electrochem. Soc.", 1967, v. 114, N 3, p. 255-259.
3. Пустыльник Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений, М., "Наука", 1968.

УДК 539.293.011.25:621.317.3

НОВЫЕ СТАНКИ ДЛЯ ДОВОДКИ МАЛЫХ ОТВЕРСТИЙ

В.А. Коровинский

С целью механизации слесарных работ созданы специальные электрохимические доводочные станки мод. ДСФ-1 и ДСФ-2 для размерной доводки круглых и фасонных отверстий, пазов (размерами более 0,3 мм), выпуклых рифлений в деталях штампов, прессформ, литейных форм из высоколегированных сталей, твердых сплавов и т.д. Класс чистоты доведенных поверхностей $\nabla 8 - \nabla 12$. Отклонения от заданных размеров при обработке прямоугольного участка составляют $\pm 0,0025$ мм, круглого отверстия $- \pm 0,008$ мм. Точность обработки отверстий по шагу $\pm 0,005$ мм. Точность обработки сложноконтурных поверхностей $\pm 0,02$ мм. Обработка производится специальным инструментом с одновременным электрохимическим растворением материала деталей.

Производительность процесса доводки на слесарно-сборочных работах в результате применения станков мод. ДСФ-1 и ДСФ-2 повысилась в 10 раз.

УДК 621.38.002.5:621.924

ЭРОЗИЯ ВОЛЬФРАМОВОГО ЭЛЕКТРОДА ПРИ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКЕ

В.М. ЕЛАГИН

При аргонодуговой сварке применяются электроды из технически чистого вольфрама марки ВА и из вольфрама с присадкой окислов тория марки ВТ-6 и ВТ-15. Недостатком электродов из чистого вольфрама является их низкая стойкость по сравнению с электродами, легированными окислами тория, которые при тех же плотностях тока находятся в твердом состоянии и длительное время могут сохранять первоначальную геометрическую форму. Установлено, что при определенной концентрации окиси тория электроды после нескольких минут горения дуги существенно теряют свои эмиссионные свойства, а длительная работа таких электродов сопровождается интенсивным разрушением их рабочей поверхности [1], так как окисел тория быстро испаряется с рабочей поверхности катода и происходит разрушение рабочего конца электрода из-за уменьшения концентрации легирующих элементов [2].

Вольфрамовый электрод в процессе аргонодуговой сварки претерпевает обратимую и необратимую деформации. При обратимой деформации вследствие теплового расширения во время горения дуги происходит удлинение конца вольфрамового электрода, что ведет к сокращению дугового промежутка. Изменение напряжения и длины дуги, вызванное такой деформацией, компенсируется автоматическим регулированием напряжения дуги. При необратимой деформации вольфрамового электрода вследствие физического разрушения его рабочего конца происходит изменение первоначальной геометрической формы. Изменения технологического режима сварки, возникающие при необратимой деформации электрода, скомпенсировать автоматическим регулированием напряжения дуги не удается.

Проведено исследование характера деформации и разрушения рабочего конца вольфрамового электрода (катода) в условиях дугового разряда постоянного тока прямой полярности. Сварочную горелку жестко закрепляли над приспособлением для вращения анода; сварочную дугу, питаемую током стандартного источника, возбуждали при помощи осциллятора; дуговой разряд и нагретый конец электрода проектировали на экран при помощи оптического устройства с увеличением $\times 50-100$,

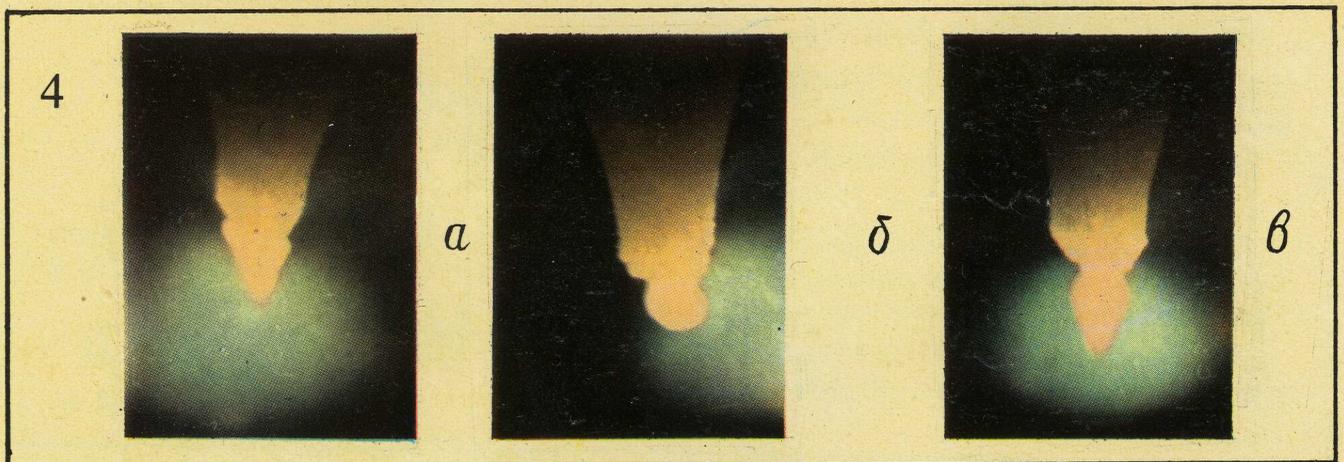
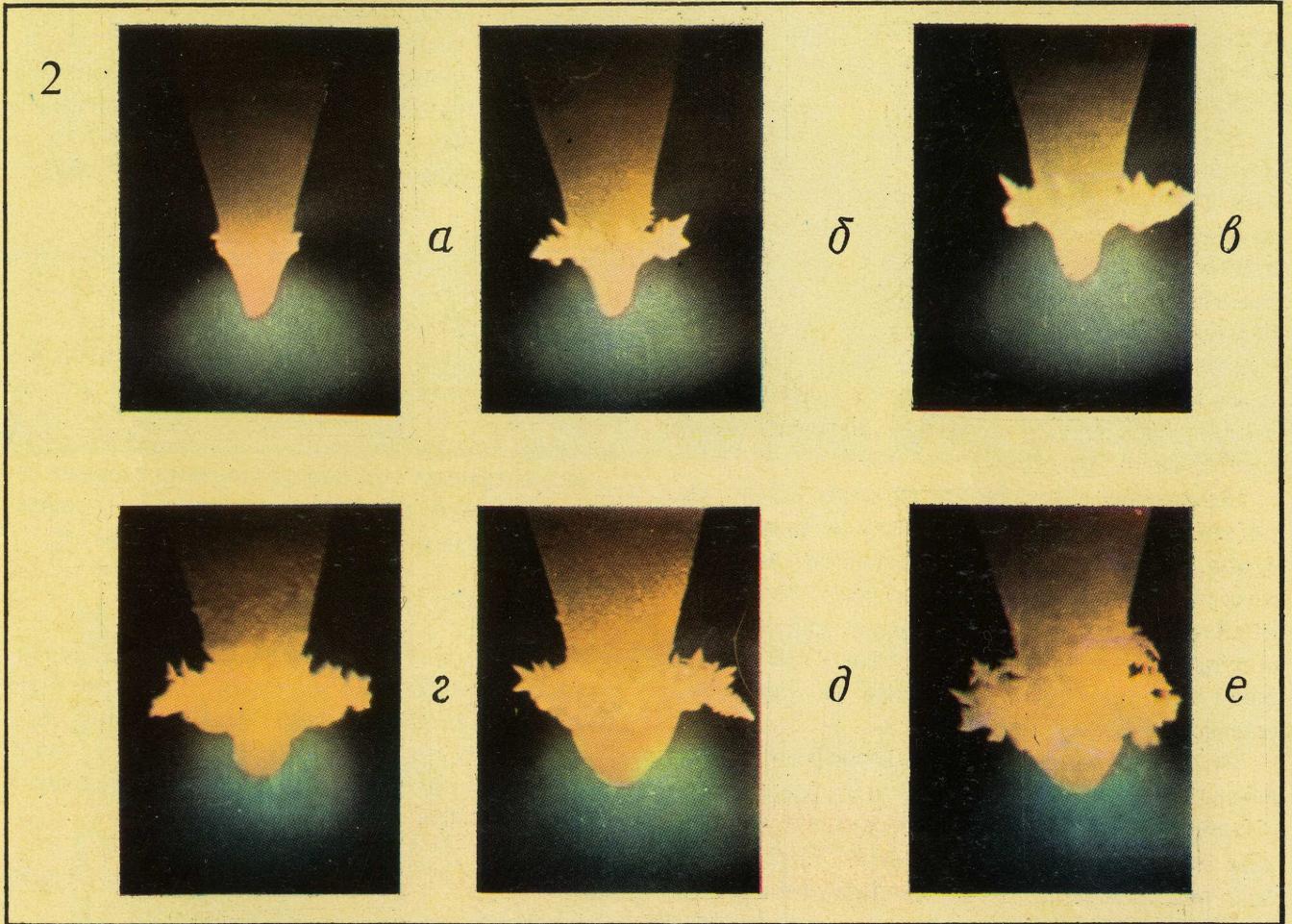
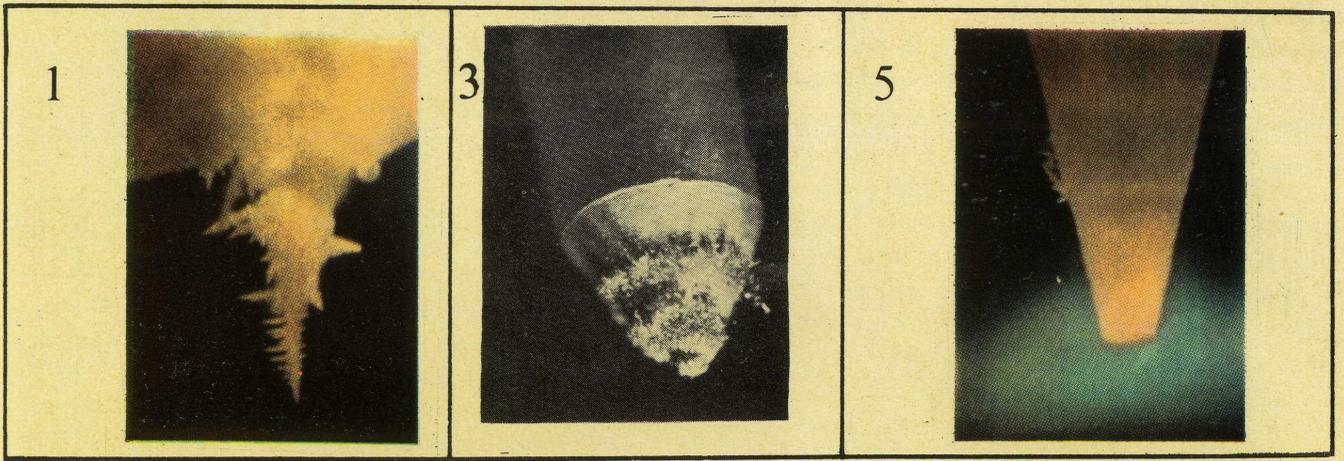
а изображение дуги на экране регистрировали фото- и киносъемкой. Вследствие того, что величины светимости столба дуги и конца электрода близки и фоторегистрация на черно-белой пленке не позволяет получать четкие границы рабочего конца электрода, фотографирование и киносъемку дугового разряда проводили на цветную пленку.

Анод изготавливался из различных материалов (меди МБ, нержавеющей стали 1Х18Н9Т, кобальта Н29К18, медно-никелевого сплава МН-80 или титана ВТ-1) и представлял собой цилиндр, охлаждаемый водой, протекающей по внутренней полости, что позволило вести наблюдения за процессом разрушения электрода в течение всего опыта.

Испытывались электроды (катоды) из вольфрама марки ВА, ВТ-6 и ВТ-15 с присадками окислов тория различной концентрации. Защитной средой являются аргон и гелий, расход которых поддерживался постоянным. Электроды предварительно затачивались на конус с углами при вершине 90, 60, 45 и 30°.

В результате наблюдений установлено, что разрушение конца электрода, легированного окислами тория различной концентрации, имеет неодинаковый характер. Непосредственно после возбуждения дуги на поверхности электрода на некотором расстоянии от катодного пятна начинает образовываться кольцеобразный нарост дендритовидных кристаллов (рис. 1). Эти кристаллы растут в направлении, перпендикулярном оси электрода до того момента, пока под действием силы тяжести не начнут изгибаться и провисать, как бы образуя "корону" над концом электрода. В результате этого явления кристаллы попадают в зону с более высокой температурой, где частично или полностью оплавляются, образуя сначала бесформенные наросты, а затем, после полного оплавления, конец электрода принимает каплевидную форму, типичную для чистого вольфрама. С течением времени или при увеличении тока начинается рост следующего кольца дендритовидных кристаллов, которое располагается над предыдущим.

Рис. 2 иллюстрирует процесс разрушения рабочего конца электрода из вольфрама марки ВТ-15 с присадкой окиси тория 1,51%. Электрод имел предварительную заточку под углом 30°. Рост ко-



роны дендритовидных столбчатых кристаллов начинается практически мгновенно после возбуждения дуги (рис. а), на второй минуте дендриты достигают 0,3 мм (рис. б), на пятой минуте дендриты вырастают до 1–1,5 мм и начинают оплавляться (рис. в). По истечении шести минут, вследствие оплавления дендритов, рабочий конец электрода начинает утолщаться (рис. г) и на восьмой минуте принимает форму капли, которая состоит из жидкого металла (рис. д). При повышении тока наблюдается усиленный рост новой короны, которая располагается над первой (рис. е).

Аналогично, но менее интенсивно разрушается электрод (из того же материала), заточенный под углом 60°. На фотографии (рис. 3) отчетливо видны кольца дендритов на рабочем конце такого электрода после 30 мин работы при токе 120 а и напряжении дуги 10,2 в.

Иначе протекает процесс разрушения электрода из вольфрама марки ВТ–6 с присадкой окиси тория 0,5–0,8%. При больших плотностях тока конец электрода быстро оплавляется; внешне он ничем не отличается от конца электрода из чистого вольфрама. При малых плотностях тока на конце электрода образуется шейка, которая быстро развивается (рис. 4, а), после чего на конце электрода образуется пульсирующая капля (рис. 4, б); процесс горения дуги становится неустойчивым, дуга блуждает (рис. 4, в).

Наблюдения показали, что на характер и интенсивность разрушения электрода не влияют величина напряжения дуги, химический состав материала анода, скорость сварки и род защитного газа (характер разрушения одинаков, как при сварке в аргоне, так и при сварке в гелии). Не оказывает также существенного влияния и пространственное расположение катода.

От величины тока зависит интенсивность разрушения и расстояние от конца электрода до образующего кольца дендритов. Поскольку от величины тока зависит также и градиент температуры вдоль оси электрода, то можно предположить, что

образование кольца дендритов связано с физико-химическими превращениями металла электрода (катода) в определенной температурной зоне.

На рис. 5 показан электрод, непрерывно работавший при токе 100 а в течение 60 мин без каких-либо заметных изменений первоначальной геометрической формы. Этот электрод из вольфрама марки ВТ–15 содержал присадку окиси тория 1,98%.

Таким образом, можно считать, что разрушение и необратимая деформация электрода зависят только от химического состава электрода (катода).

В процессе саморазрушения электрода наблюдаются интенсивные возмущения технологического режима сварки. Так, по мере образования дендритов и их оплавления возрастает напряжение дуги на 1,5–2 в по сравнению с заданным напряжением, вследствие чего изменяются геометрические размеры сварного шва (ширина и глубина проплавления); блуждание дуги приводит к смещению ее столба от стыка свариваемых деталей, и в результате отдельные участки шва проплавляются неполностью.

В процессе сварки саморазрушается рабочий конец электродов марки ВТ–6 и ВТ–15 и образуются короны дендритовидных кристаллов.

Явление саморазрушения электрода приводит к нарушению установленного режима сварки и блужданию дуги, что в свою очередь приводит к нестабильному проплавлению.

Для получения высококачественных сварных соединений следует применять электроды марки ВТ–15 с содержанием окиси тория примерно 2%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Galan Paul. Vergleich der Eigenschaften von sechs Wolframelektroden für das Wigschweißen. "Schweisstechnik", 1969, 23, N 2.

2. Иванова О.Н. Поступление в дугу присадок вольфрамового электрода "Автоматическая сварка", 1968, № 2.

УДК 621.385.032.21



ДЕПОНИРОВАНИЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ПОПЕРЕЧНОГО СКЛАДКООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СЕКЦИЙ ПЛОСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ

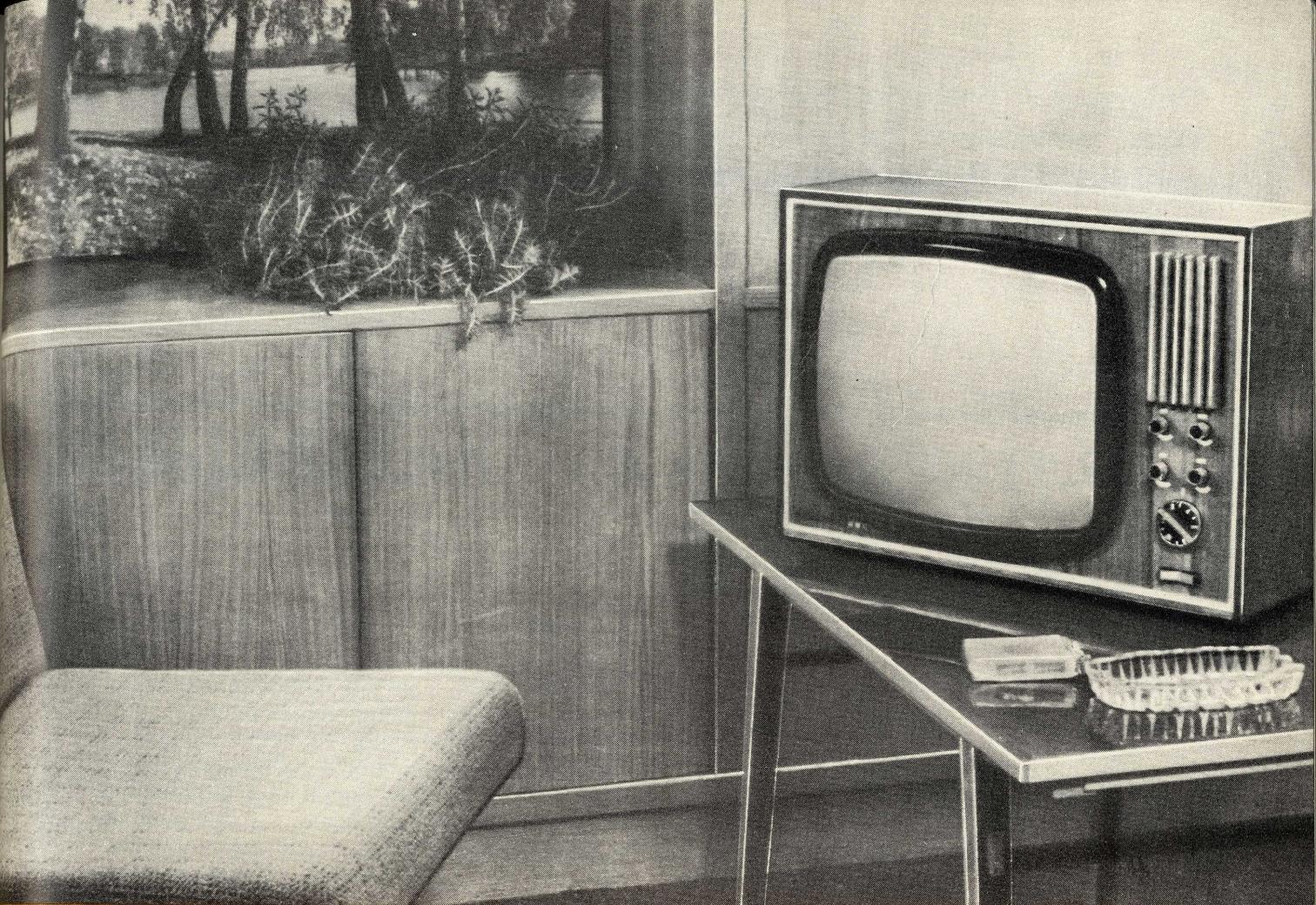
ДЭ–351, 21 стр., 5 рис.

Г.С.ВРЕМЕНЧУК

Получена зависимость изменения усилия натяжения лент во время намотки секций. Определены силы, сжимающие намоточную оправку. Указаны пути устранения причин складкообразования при изготовлении плоскопрессованных секций конденсаторов.

Для ознакомления с материалом следует обращаться в ЦНИИ "Электроника" (Москва, 117415, проспект Вернадского, 39, Отдел фондов).

УДК 621.319.4.002:621.318.44



**Изделия
электронной
промышленности
культурно-бытового
назначения**

**ТЕЛЕВИЗОР
«ЦТ-100»**

собиран полностью на интегральных микросхемах и полупроводниковых приборах

ПРЕДНАЗНАЧЕН для приема цветных и черно-белых изображений по любому из 12 каналов

- КИНЕСКОП 40ЛК4Ц
- ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ 50-100 мкв
- ПИТАНИЕ ОТ СЕТИ 127; 220в
- ГАБАРИТЫ 515x350x400 м.м
- ВЕС 25,3кг
- ЦЕНА 400руб.

Решающим условием дальнейшего подъема сельского хозяйства является укрепление его материально-технической базы, всемерная интенсификация сельскохозяйственного производства.

Из Директив XXIV съезда КПСС.

ЭЛЕКТРОНИКА — СЕЛЬСКОМУ

Переговорное устройство ОГПУ-5, рассчитанное на 5-10 абонентов, обеспечивает стабильную оперативную связь между МТС, полевыми станциями, фермами.

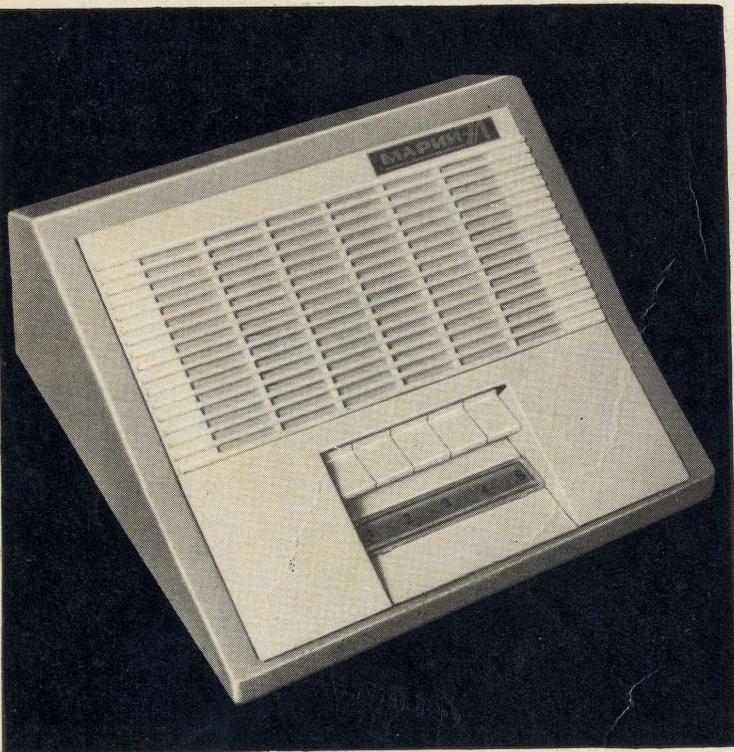
XXIV съезд КПСС поставил новые большие задачи перед сельским хозяйством нашей страны. В девятой пятилетке среднегодовой прирост продукции сельского хозяйства должен возрасти на 20-22% по сравнению с 1966-1970 гг. Иными словами, сельскому хозяйству в текущем пятилетии предстоит обеспечить более полное удовлетворение возрастающих потребностей населения в продуктах питания и промышленности в сырье.

Для решения этих задач необходимо, чтобы по техническому оснащению, степени использования достижений науки, производительности труда сельское хозяйство встало в один ряд с промышленностью. Индустриализация сельского хозяйства страны является всенародной задачей, в осуществлении которой должны принять активное участие все отрасли промышленности.

Выполняя решения июльского (1970 г.) Пленума ЦК КПСС, коллективы предприятий и организаций МЭП в период с июля 1970 г. по январь 1971 г. разработали и внедрили в серийное производство большое количество приборов и оборудования для нужд сельского хозяйства. Разработка их была в основном направлена на дальнейшую механизацию и автоматизацию процессов производства продуктов сельского хозяйства. При этом были использованы все современные достижения электронной промышленности. В текущей пятилетке производство приборов и оборудования для сельского хозяйства на предприятиях отрасли возрастет в три раза (ежегодный прирост выпуска в среднем 25%).

Наиболее интересные приборы и оборудование экспонируются на выставке "Электроника — сельскому хозяйству". Экспозиция состоит из следующих разделов:

- связь и приборы защиты связи;
- приборы и оборудование для сельскохозяйственного машиностроения;
- автоматизация и механизация сельскохозяйственных производственных процессов;

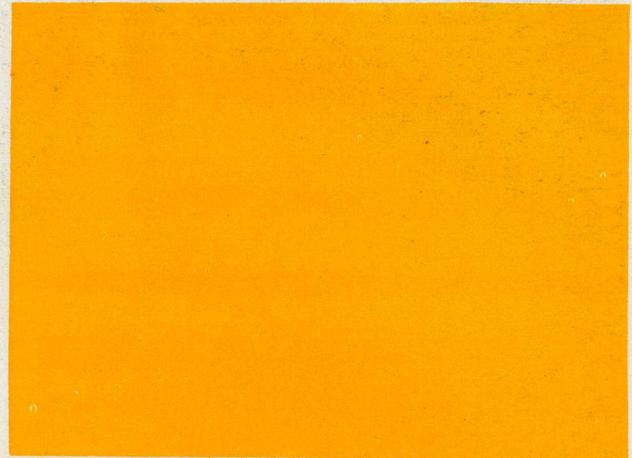


ХОЗЯЙСТВУ

- приборы и оборудование для выращивания, обработки и хранения сельскохозяйственных культур;
- приборы и оборудование, используемые в животноводстве и птицеводстве.

Станция связи "Электроника – С" (совместная разработка предприятий МЭП и Министерства связи СССР) представляет собой комплекс сверхвысокочастотной многоканальной аппаратуры связи с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ – СВЧ). В комплекс аппаратуры ИКМ – СВЧ входят два приемопередатчика и аппаратура импульсно-кодовой модуляции с уплотнением. Станция обеспечивает беспроводную связь на расстоянии 25–30 км, а с установкой блока дополнительного питания дальность ее действия увеличивается до 40 км. Станция ИКМ – СВЧ работает в режиме одного или двух стволов связи (каждый ствол – 120 каналов) и осуществляет передачу информации с помощью телефонной, телеграфной и фототелеграфной связи. Кроме того, ее можно использовать для передачи широкоэмитательных программ. Аппаратура уплотнения и импульсно-кодовой модуляции станции (стойка ИКМ) выполнена на полупроводниковых приборах и интегральных схемах и может быть применена в условиях действующей телефонной кабельной связи для увеличения (уплотнения) количества абонентов без монтажа новых коммуникаций. Станцию "Электроника–С" целесообразно применять для связи с труднодоступными районами, в условиях затрудненной прокладки подземной или наземной связи, а также в геологоразведочных работах, при строительстве нефте- и газопроводов для организации временной связи.

Привлекают внимание посетителей выставки портативные средства связи. Наиболее интересными из них являются *переговорные устройства типа ОГПУ–5, ОГПУ–10, ПТУ–10*, обеспечивающие стабильную оперативную связь, рассчитанную на 5–10 абонентов. Такие устройства целесообразно устанавливать на сельскохозяйственных предприятиях (фермах, МТС и т.д.) для связи между ними.



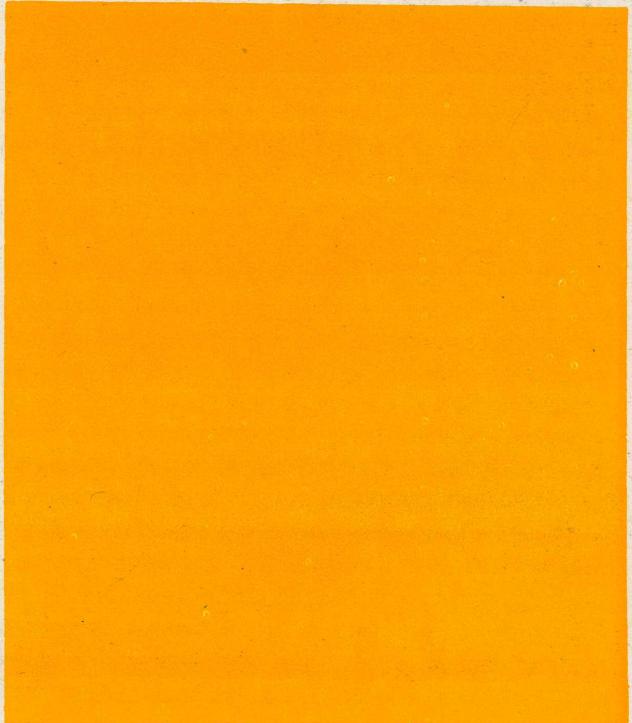
НОВОСТИ



СООБЩЕНИЯ

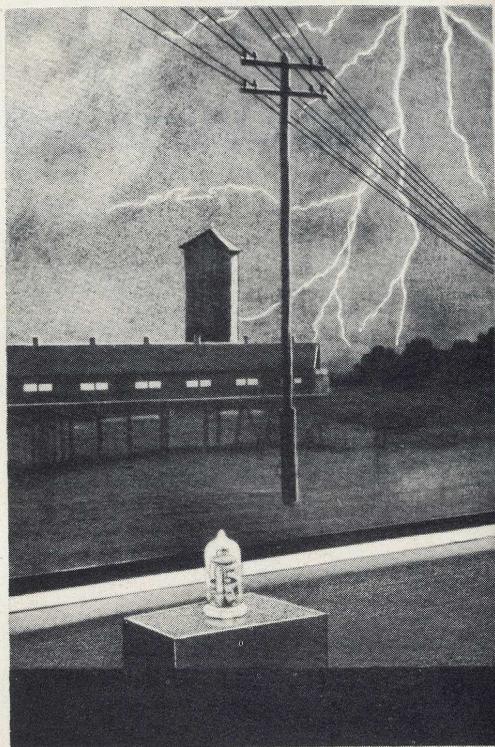


ХРОНИКА





Переговорное устройство ПТУ-10

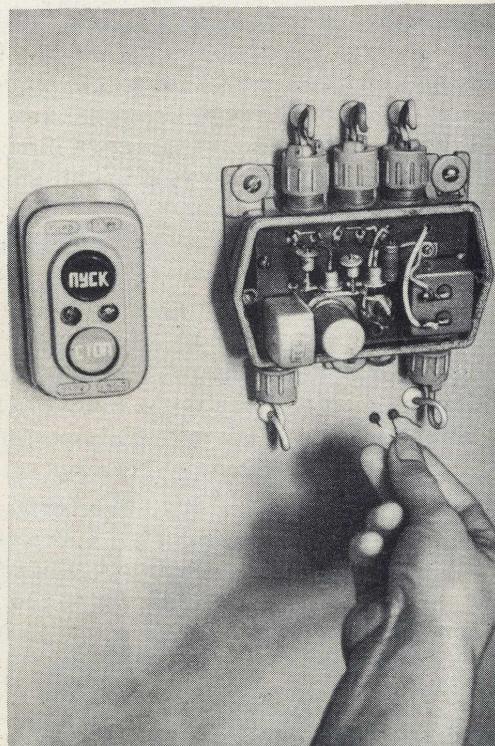


Разрядник Р-27 нейтрализует разряд молнии силой тока до 2000 а

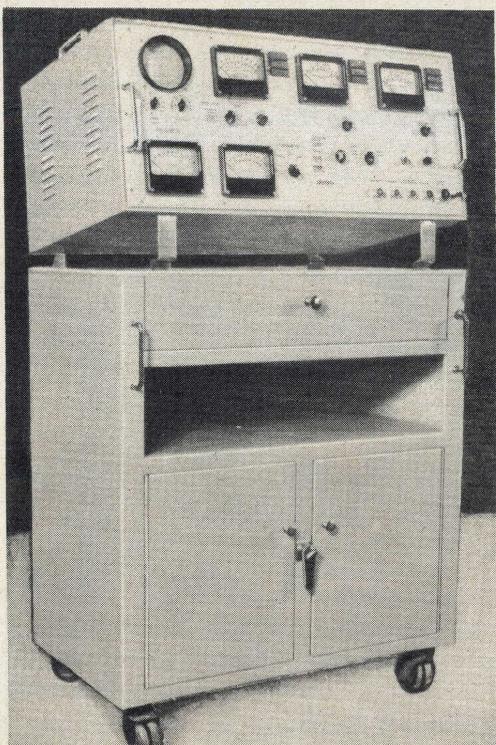
Разрабатывая новые средства связи для сельского хозяйства, МЭП СССР придает большое значение защите существующих телефонно-телеграфных линий. Сильные грозовые разряды, особенно в районах с повышенной влажностью, часто приводят к авариям на линиях связи. В настоящее время разработан и запущен в серийное производство *разрядник Р-27*, способный нейтрализовать разряд молнии силой тока до 2000 а. Разрядник может быть применен и как громоотвод для защиты сельскохозяйственных построек (ферм, силосных башен и т.д.).

Министерством электронной промышленности уделяется большое внимание созданию различных средств для исследования и ремонта сельскохозяйственной техники. Разрабатывая такие средства, специалисты прежде всего заботились о максимальном облегчении труда работников ремонтных заводов, станций и постов диагностики сельскохозяйственной техники.

Встроенная температурная защита асинхронных электродвигателей типа УВТЗ-4 предназначена для предотвращения аварий из-за температурных перегрузок вследствие нестабильности напряжения в сети питания. С помощью оригинальной схемы, включающей в себя реле, полупроводниковые при-



Встроенная температурная защита асинхронных двигателей типа УВТЗ-4 предотвращает аварии из-за температурных перегрузок.



Мотор-тестер КИ-4897 служит для комплексной проверки (без демонтажа) карбюраторных двигателей

Система ЧЕК-1 для измерения средних силовых параметров и угловых скоростей в узлах и деталях машин в полевых условиях

боры и термодатчики СТ-5-1 (позисторы, монтируемые непосредственно в обмотку статора), происходит автоматическое отключение двигателя при температуре, близкой к критической. По данным "Союзсельхозтехники", из каждых 5 млн. двигателей, применяемых в сельском хозяйстве, 1 млн выходит из строя по причине возникновения перегрузок в сети питания. Применение средств тепловой защиты даст возможность сохранить эти двигатели и обеспечит ежегодную экономию около 53 млн.руб.

Изготовленный предприятиями МЭП по заказу "Союзсельхозтехники" мотор-тестер КИ-4897, с помощью которого осуществляется комплексная проверка (без демонтажа) карбюраторных двигателей типа УАЗ-450, ГАЗ-53, ГАЗ-51, ЗИЛ-130, ЗИЛ-134, поможет улучшить работу ремонтных предприятий и совхозов. Диагностику дизельных двигателей обеспечивает стробоскопический прибор типа КИ-4890, входящий в комплект мотор-тестера. Оба прибора портативны, надежны и весьма просты в употреблении.

Информационно-измерительная система ЧЕК-1, смонтированная на шасси вездехода УАЗ-450, предназначена для измерения средних силовых параметров и угловых скоростей в узлах и деталях машин в полевых условиях. Измерение и регистрация параметров работы сельскохозяйственной техники ведется по 12 независимым каналам с помощью тензорезисторов, выполняющих функции

датчиков. Оператор системы руководит испытанием прямо из машины с помощью громкоговорителя, установленного на крыше кузова машины. Длина кабеля (125 м), связывающего систему с испытуемым объектом, обеспечивает относительную свободу маневрирования. Применение системы ЧЕК-1 позволит втрое сократить время испытаний новой сельскохозяйственной техники, значительно улучшить ее эксплуатационные качества. В дальнейшем предполагается оснастить систему ЧЕК-1 аппаратурой связи ИКМ - СВЧ, которая обеспечит оперативную прямую связь пункта, где происходят испытания, с институтом или заводом.

Универсальный стенд с портативным мегометром предназначен для диагностики и исследования электродвигателей (без их демонтажа). Кроме того, с помощью этого стенда можно проверять и настраивать тепловую и токовую защиту, производить профилактическую сушку обмоток электродвигателей и т.д.

Для замера степени компрессии (сжатия) в двигателях внутреннего сгорания применяется компрессометр на механотронных преобразователях. Благодаря применению этого прибора можно быстро и точно измерить сжатие газов в каждом цилиндре двигателя или во всех цилиндрах сразу. Информация выдается на специальный портативный прибор.

Раздел "Приборы и оборудование для выращивания, обработки и хранения сельскохозяйствен-

ных культур" — самый большой в экспозиции выставки. Здесь представлен ряд приборов оригинальной конструкции, разработанных на высоком техническом уровне, которые в значительной мере способствуют решению проблемы механизации и автоматизации труда в сельском хозяйстве. Интересны термометры, выполненные с применением изделий электроники и предназначенные для замера температуры сельскохозяйственных продуктов и почвы. Так, например, мешкотарный термометр удобен тем, что позволяет определять температуру сыпучих продуктов (зерна, муки, круп и т.д.), не распаковывая тары. С помощью специального электрического термометра можно измерить температуру хранения корнеплодов и силоса на глубине до 3 м, что очень важно для сохранения продуктов.

Блок автоматического управления процессом сушки зерна БАЗ-1, который устанавливается на зернопунктах и семеочистительно-сушильных заводах, применяется для автоматизации процесса сушки зерна и позволяет автоматически регулировать заданную влажность зерна. Комплект из шести-восьми таких блоков обслуживает один оператор.

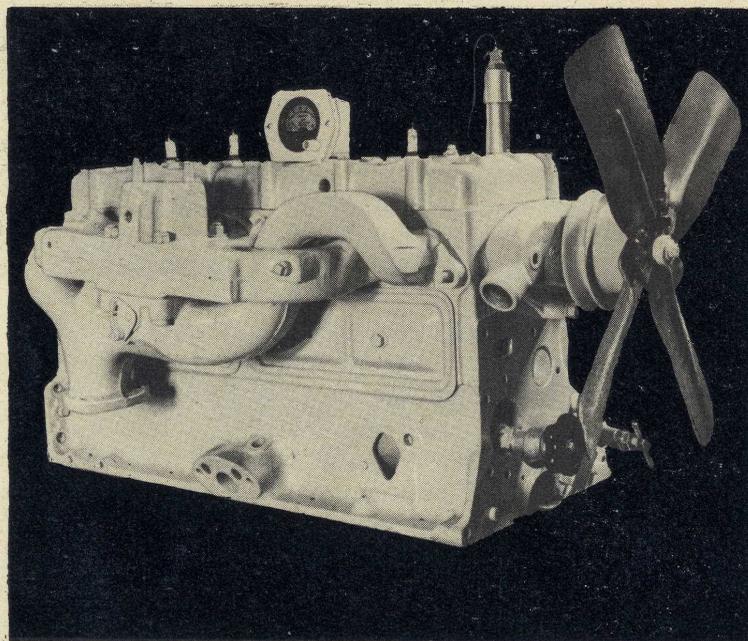
Уникальным в СССР прибором является СВЧ влагомер, позволяющий в течение 3–4 сек с высокой точностью определить влажность зерна. Бийская станция Министерства заготовок СССР, проводившая испытания этого прибора, дала отличную оценку влагомеру.

Несомненный интерес у специалистов, занимающихся вопросами агрохимических анализов, вызовет портативный атомно-абсорбционный фотометр, разработанный МЭП СССР по заказу Министерства сельского хозяйства. Прибор заменяет лабораторию из 8–10 специалистов и применяется для экспресс-анализа образцов почв и сельскохозяйственных продуктов на содержание многих элементов периодической таблицы Менделеева (до 32). Благодаря применению метода абсорбции и использованию специальных ламп, содержащих реагенты этих элементов, процесс анализа ускоряется в десятки раз (время его сокращается до 1–1,5 мин).

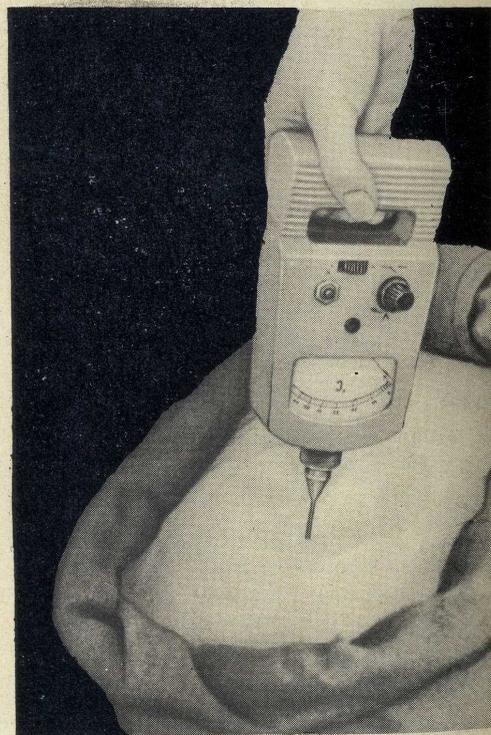
Большое значение придается вопросам переработки сельскохозяйственных культур и разработки средств и способов хранения.

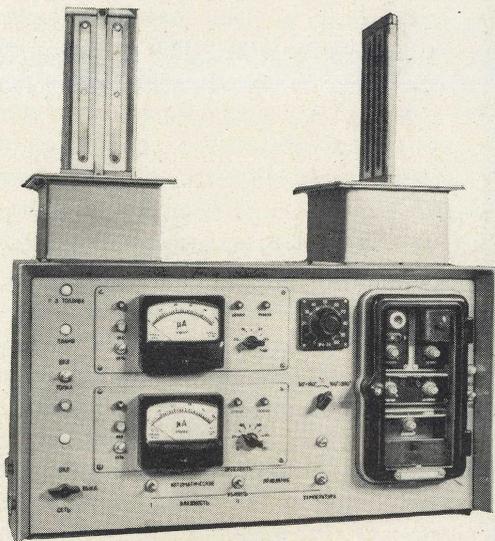
В обработке сельскохозяйственных культур весьма перспективно применение СВЧ энергии. В экспозиции выставки представлен промышленный комплекс оборудования для термокоагуляции (спекания) мяса, позволяющий изготавливать сосиски без целлофановой оболочки и тем самым значительно удешевить производство сосисок, не ухудшая их питательных и вкусовых качеств. Такая линия производительностью 100 кг мяса в час установлена на одном из заводов, где ведутся промышленные испытания метода СВЧ обработки мяса. В стадии апробации находятся работы по применению СВЧ энергии для обработки молока и молочных продуктов, в ча-

Мешкотарный термометр для определения температуры сыпучих продуктов

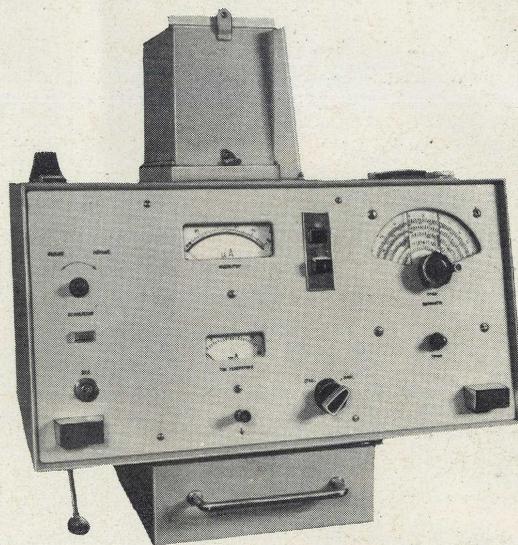


Компрессометр на механотронных преобразователях для замера степени компрессии в двигателях внутреннего сгорания





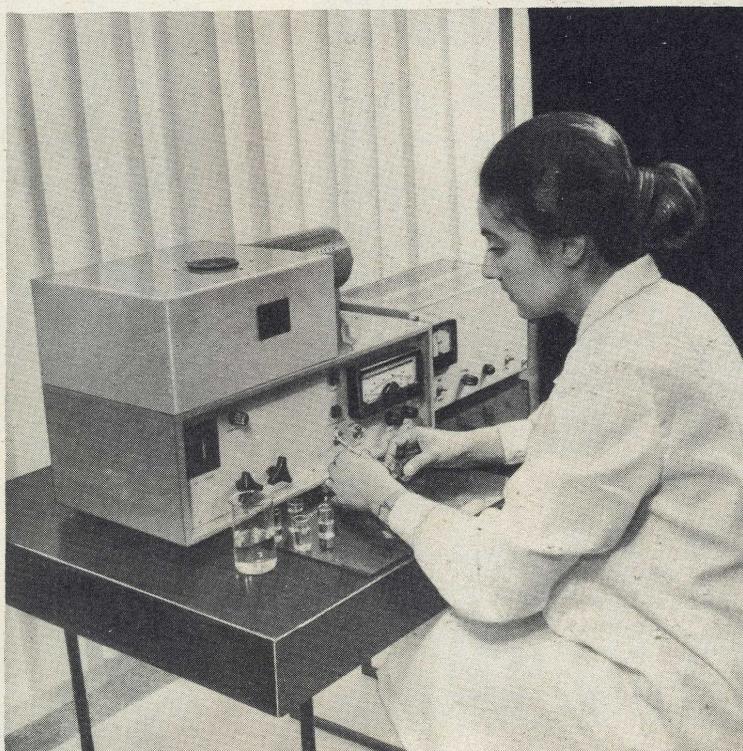
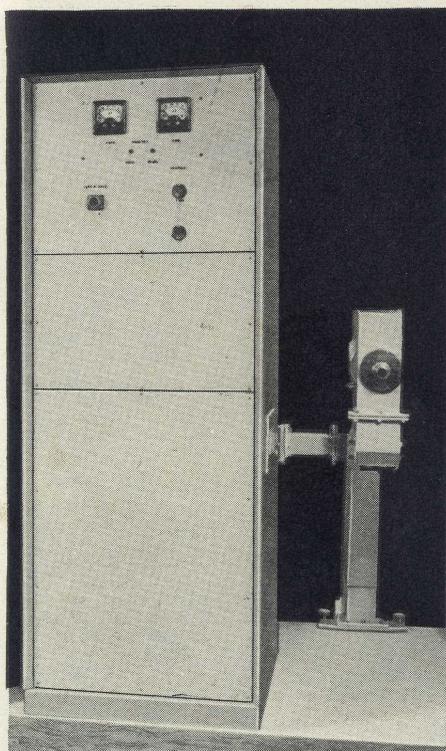
Блок автоматического управления процессом сушки зерна БАЗ-1



СВЧ влагомер позволяет с высокой точностью определить влажность зерна в течение 3-4 сек

Комплекс оборудования для термокоагуляции значительно удешевляет производство сосисок

Портативный атомно-абсорбционный фотометр заменяет лабораторию из 8-10 специалистов





Благодаря применению ртутно-люминесцентной лампы ДКСТВ можно получить за 55 дней с площади 12 м² около 300 кг огурцов

стности сыров. Молоко, обработанное СВЧ энергией, не портится и сохраняет вкусовые и питательные качества в течение длительного времени.

Для хранения продуктов сельского хозяйства предприятия отрасли выпускают специальную тару из полиэтилена.

В парниковых и тепличных хозяйствах все большее применение находят источники искусственного света самой различной мощности. Элек-

тронной промышленностью разработан ряд искусственных источников света, позволяющих резко повысить сроки созревания зерновых и овощных культур. На выставке представлены лишь наиболее интересные из них. Внимание ученых-селекционеров привлекла дуговая ксеноновая лампа ДКСТВ мощностью 6 кВт. Исследования, проведенные в институте физиологии растений им.К.А.Тимирязева АН СССР, показали большую перспек-

Ртутно-люминесцентная лампа ДРЛ-400Р для тепличных хозяйств



тивность источников света этого типа. Высокая интенсивность свечения, максимальная близость спектра излучения ламп к солнечному, высокая долговечность (500–700 ч непрерывного свечения) позволили ученым института получить отличные результаты при выращивании овощей и злаков. Сдана такая лампа с водяным охлаждением освещает площадь до 12 м² и позволяет получить с этой площади за 55 дней около 300 кг огурцов, по вкусовым качествам значительно лучших, чем огурцы, выращенные под другими искусственными источниками света. Министерство электронной промышленности приступило к серийному изготовлению дуговых ксеноновых ламп.

В конце 1970 г. был разработан другой источник искусственного света для тепличных хозяйств. Это *ртутно-люминесцентная лампа типа ДРЛ-400 Р* мощностью 400 вт, по своим параметрам не уступающая лучшим зарубежным образцам.

На многих фермах нашли широкое применение лампы типа *ИКЛ-1000-220* и электроковрики, предназначенные для обогрева молодняка.

Организовано серийное производство ламп *накаливания с зеркальным отражением типа ИКЗ* (мощность – 250 вт). Купол лампы имеет термостойкое покрытие, поглощающее большую часть видимого спектра и хорошо пропускающее излучение в области инфракрасного спектра.

Предприятиями МЭП совместно с предприятиями Министерства авиационной промышленности соз-

дан комплекс оборудования для механизации и автоматизации производственных процессов в птицеводческих хозяйствах, что позволило снизить трудоемкость затрат и себестоимость продукции, сократить численность работающих. Кроме того, предприятия электронной промышленности изготовили ряд пультов управления вентиляционным режимом животноводческих помещений.

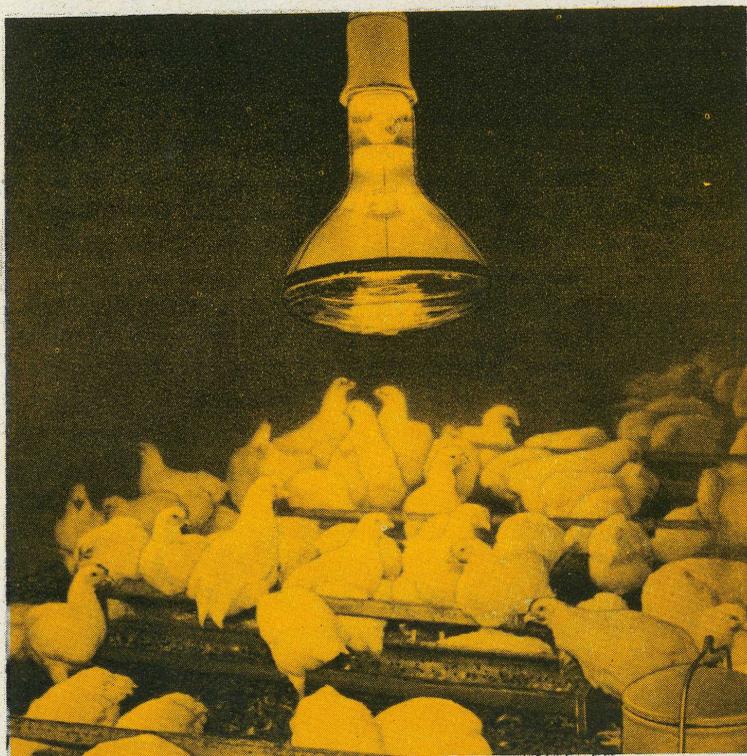
Интересна конструкция *дискретного уровнемера "Нептун"*, предназначенного для измерения и автоматического поддержания уровня воды в каналах, оросительных системах и т.д. Применение в схеме магнитоуправляемых контактов (герконов) обеспечивает выдачу предупредительных световых и звуковых сигналов в аварийных случаях.

Перечень оборудования и приборов, представленных на выставке "Электроника-сельскому хозяйству", далеко не исчерпывает объема разработок, направленных на техническое перевооружение колхозного и совхозного производства. В настоящее время в нашей отрасли разрабатываются десятки видов приборов, которые в самом ближайшем будущем займут свое место на полях, фермах, в агролабораториях. Плодотворный союз электроники и сельского хозяйства несомненно будет способствовать успешному решению программы дальнейшего развития сельского хозяйства, намеченной партией.

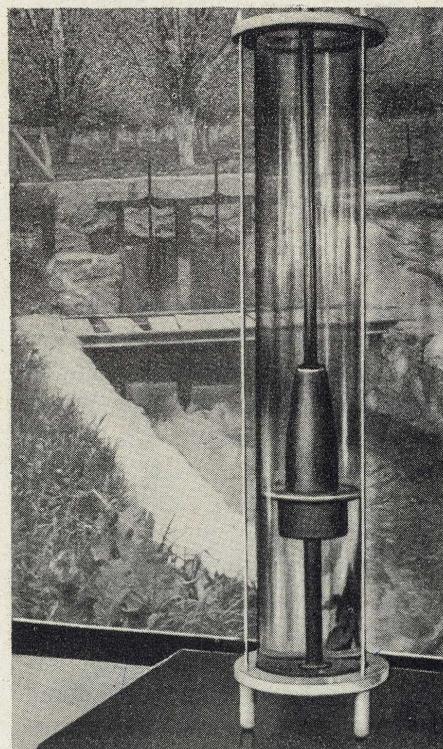
В.М.Голомзин

А.О.Караяев

Лампа накаливания с зеркальным отражением типа ИКЗ для обогрева молодняка



Уровнемер "Нептун" предназначен для измерения и автоматического поддержания уровня воды в оросительных системах



ежегодная международная конференция по полупроводниковой электронике

17–22 февраля, Филадельфия, США, 1971 г.

Электронная промышленность США испытывает сейчас значительные трудности. Резко сократились заказы на электронное оборудование. Разоряются мелкие фирмы, а такие крупные фирмы, как Sylvania и Philco-Ford, прекращают выпуск полупроводниковых приборов. Многие инженеры, занятые в электронной промышленности, оказались безработными. Интенсивный процесс "утечки мозгов" теперь идет в обратном направлении, т.е. из США в Англию, Францию, Австралию, Японию. В такой обстановке в США в помещении Пенсильванского университета проходила 14-я Международная конференция по физике твердого тела и интегральным схемам.

В работе конференции приняли участие более 1000 специалистов и технических руководителей фирм, в основном американских, ученые и инженеры Англии, Японии, ФРГ, Голландии, Италии, Франции, Швейцарии, Австралии и других стран.

В адрес подготовительного комитета конференции поступило более 200 докладов, из которых отобрано 78 (64 – США, 4 – Японии, 4 – Голландии, 2 – ФРГ, 2 – Швейцарии, 1 – Италии). Большее число докладов представлено фирмами Bell Telephone Labs., IBM, RCA и Phillips, семь докладов – высшими учебными заведениями США (Стенфордским университетом и Университетом шт. Флорида, Массачусетским технологическим институтом и др.).

Работа конференции проходила по секциям: полупроводниковые запоминающие устройства (ЗУ), СВЧ элементы и устройства, машинное проектирование, линейные схемы и технология, оптоэлектроника, применение электроники в медицине, аналоговые схемы.

На официальном открытии конференции профессор Д. Хилл (Англия), руководитель Международного общества по применению электроники в медицине, сотрудник института хирургии осветил основные проблемы, связанные с применением электроники и микроэлектроники в медицине и биологии, и сообщил о достигнутых в этой области успехах. Особое внимание Д. Хилл уделил вопросам надежности электронных компонентов, используемых во вживляемых в организмы при-

борах, и указал на необходимость создания малогабаритных долговечных источников питания. Кроме того, внимание участников конференции было обращено на проблемы разработки электронных протезов с широкими функциональными возможностями, применение малогабаритных источников излучения, вводимых в организм человека, использование малых ЭВМ для диагностики и наблюдения за поведением пациента и на необходимость введения стандартизации на инструменты, аппаратуру и методику.

СЕКЦИИ 1 и 7. Схемы и системы полупроводниковых ЗУ. Проблемы, связанные с созданием полупроводниковых ЗУ как на биполярных, так и на МОП-транзисторах, совместимых с логическими интегральными схемами, являются основными при построении третьего и четвертого поколения ЦВМ. В настоящее время такие ведущие фирмы США, как IBM, Bell Telephone Labs., Intel Corp., Burroughs и Hewlett Packard наладили промышленный выпуск полупроводниковых ЗУ.

По вопросам ЗУ было прочитано 11 докладов. Кроме того, основной темой двух больших дискуссий было определение технической политики в области ЗУ на ближайшие полтора – два года. Из докладов, представленных фирмами Bell Telephone Labs., IBM, Intel (США) и "Хитати" (Япония), следует, что основными разработками являются ЗУ на биполярных транзисторах, ЗУ на МОП-транзисторах с емкостью на одном кристалле не менее 2048 бит, модульные биполярные ЗУ с информационной плотностью не менее 512 бит на модуль для массового производства машин типа IBM-360 и IBM-370.

Главная цель разработок в области полупроводниковых ЗУ – практическое построение в ближайшие полтора – два года блоков памяти ЦВМ емкостью 10^6 – 10^9 бит при снижении удельной стоимости до 3 цент/бит и рассеиваемой мощности до 3 вт на 10^6 бит.

СЕКЦИЯ 2. Генераторы СВЧ мощности. Представитель фирмы Hughes Aircraft Co. отметил, что при современном уровне технологии изготовления лавинно-пролетных диодов (ЛПД)

излучаемая приборами мощность составляет несколько сотен милливольт в диапазоне частот 30–42 Гц. Рассмотрены результаты исследований характеристик генераторов накачки на ЛПД для параметрического усилителя. Усилитель на ЛПД может быть использован вместе со стабилизируемым генератором в тех случаях, где для возбуждения многокаскадных параметрических усилителей требуется большая мощность.

Фирма Bell Telephone Labs. сделала сообщение о создании генератора СВЧ мощности на ЛПД для использования в приемопередатчиках с рабочей частотой 6 Гц, обеспечивающих связь на дальние расстояния. Генератор стабилизирован по частоте и характеризуется низкими ЧМ шумами и высокой надежностью.

Представитель Брауншвейгского института (ФРГ) предложил математическое описание варактора на МИП структуре (металл – изолятор – полупроводник). Исследована работа варактора на высоких частотах и при больших уровнях сигнала, а также в параметрических усилителях и умножителях частоты.

Специалист фирмы Hewlett Packard Co. сообщил о разработке транзисторного устройства для генерации и усиления сигналов в диапазоне частот 3–6,5 Гц. Максимальная частота генерации СВЧ транзистора, примененного в устройстве, более 11 Гц.

СЕКЦИИ 4 и 10. Моделирование и машинное проектирование. Доклады в основном были представлены фирмами Bell Telephone Labs., Hewlett Packard, General Electric, Motorola и учеными некоторых университетов. Обсуждались важнейшие проблемы использования ЭВМ для проектирования сложных дискретных приборов и интегральных схем. Значительное место в докладах занимали результаты расчетов, оптимизация электрических параметров и вопросы конструирования маломощных и мощных СВЧ транзисторов. К последним достижениям в этой области можно отнести изготовление маломощного СВЧ транзистора с максимальной частотой генерации 17 Гц, рассчитанного с помощью ЭВМ. Коэффициент усиления 11,5 дБ на частоте 4 Гц и 6 дБ на 8 Гц можно получить при ширине эмиттера не более 1,5 мкм.

Значительный интерес представляют попытки, предпринятые в области создания математических моделей, характеризующих работу приборов в различных режимах. С решением этой задачи значительно упростится расчет интегральных схем, повысится его точность, станут возможными автоматизация процесса расчета. Ведутся разработки систем с автоматическим выбором такой модели активного элемента из библиотеки моделей

в устройстве памяти ЭВМ, которая в наибольшей степени соответствовала бы определенному режиму работы активных элементов в схеме.

Несколько докладов этой секции посвящены созданию программ по расчету и проектированию больших гибридных интегральных схем. Отмечено, что основные трудности связаны с большим объемом необходимой информации, способом ее хранения и оперативным использованием. Многие специалисты направили усилия на разработку подсистем хранения информации и обработки данных. Для осуществления подобных программ необходимо применение больших ЭВМ типа 6E635; экрана со световым пером для оперативной связи оператора с ЭВМ, большой библиотеки стандартных компонентов в памяти ЭВМ. Иногда можно использовать методы блочного проектирования схемы с унифицированной системой разводки каждой матрицы элементов либо сетку, в ячейках которой расположены элементы схемы с определенной ориентацией электродов.

Специалисты целого ряда крупных фирм работают над созданием сравнительно простых и достаточно точных методов расчета не только статических, но и динамических параметров схем. Как правило, основная цель подобных работ – проектирование комплекта фотошаблонов схемы.

СЕКЦИЯ 8. СВЧ схемы. Фирма Phillips предложила устройство для многоканальной линии радиосвязи на дальние расстояния. Входной каскад включает в себя малощумящий балансный смеситель и схему умножения частоты в 4 раза. Умножитель частоты, изготовленный на подложках из сапфира и окиси алюминия, возбуждается транзисторным генератором, синхронизированным частотой 1,5 Гц. Применение балансного смесителя на микрополосковой линии на входе позволило отказаться от усилителя на туннельном диоде и получить коэффициент шума менее 6 дБ. Особое внимание уделено способам подавления вторых гармоник.

Сотрудник Лаборатории Линкольна Массачусетского технологического института сообщил о создании усилителей, в которых используются микрополосковые линии и согласованные пары туннельных диодов. В результате экспериментальных исследований установлено, что при работе в узкой полосе частот усилитель на параллельно включенных туннельных диодах с одним источником питания может обеспечить динамический диапазон, сравнимый с двухтактным усилителем.

СЕКЦИЯ 11. Детекторы излучения и приборы для передачи изображения. Программа работы секции включала пять докладов о фоточувствительных матрицах и новых типах полевых фототранзисторов.

В докладах фирмы Phillips рассматривалась твердотельная матрица на фотодиодах и фототранзисторах для передачи изображения, обладающая низким уровнем шумов в режиме переключения, и передающая телевизионная трубка с кремниевой мишенью, сканируемой электронным лучом. Представляют интерес математическая двумерная модель трубки и модель мишени, основанная на эквивалентной модели диодов. Модель мишени учитывает процессы заряда и релаксации, происходящие в резистивном покрытии.

Доклад фирмы Fairchild посвящен вопросам конструирования фотодиодных матриц со сканирующими генераторами на МОП транзисторах. Рассмотрена работа линейной фотодиодной матрицы в режиме накопления заряда совместно с двухфазным динамическим автосканирующим регистром сдвига. Емкость обедненной области диода перезаряжается во время его опроса.

Сотрудники фирмы RCA и Стенфордского университета являются авторами докладов о полевых фототранзисторах, которые могут быть использованы в качестве инвертора в логических схемах с большой помехозащищенностью, а также для построения схем преобразования светового потока в импульсное напряжение (частота следования импульсов является функцией интенсивности освещенности). Транзистор фирмы RCA выполнен на арсениде галлия и чувствителен к инфракрасной области спектра.

СЕКЦИЯ 13. Приборы на основе зарядной связи (ПЗС) и на основе использования доменов. Конференция продемонстрировала возрастающий интерес к приборам такого типа. Представитель фирмы Fairchild привел в своем выступлении результаты количественного анализа и экспериментальной проверки работы МОП конденсатора в режиме заряда и разряда с учетом дрейфовой и диффузионной составляющих. Результаты анализа показали, что более инерционным является процесс разряда, при котором около 90% заряда переносится в основном за счет дрейфовой составляющей тока.

В докладе фирмы Bell Telephone Labs. рассматривается возможность использования двухфазных и трехфазных регистров сдвига на МОП транзисторах для построения зарядных регенераторов. Принцип зарядной регенерации основан на зависимости величины потенциала на поверхности полупроводника от наличия (или отсутствия) неосновных носителей в потенциальной яме под передающим электродом. Для передачи этого потенциала на соседний регистр сдвига используют расположенный под передающим электродом диффузионный слой, который управляет потенциалом регенеративного затвора регистра. Используя этот принцип, можно построить зарядный

регенератор и систему логических элементов "НЕ – И", "НЕ – ИЛИ".

Специалист фирмы RCA осветил принцип работы регистров сдвига с регенеративной связью. Рассматривается двухфазный регистр сдвига на МОП структурах с кремниевыми затворами и различным распределением потенциалов на каждой структуре, обусловленным различной толщиной окисла под электродом затвора. По мнению автора, на основе таких структур можно создать схемы с плотностью информации порядка $6 \cdot 10^{-4} - 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^2/\text{бит}$ и быстродействием $10^7 - 10^8 \text{ бит/сек}$.

Представитель фирмы General Electric в своем выступлении рассмотрел возможность построения памяти с последовательной выборкой информации на основе прибора нового типа "поверхностно-зарядного транзистора" (ПЗТ). Использование этих приборов для создания двухфазных регистров сдвига позволяет получить выигрыш в плотности информации и скорости ее передачи по сравнению с трехфазной системой. На основе ПЗТ можно построить регистры сдвига с неполной передачей заряда. В процессе перезаряда скорость переноса заряда увеличивается за счет дрейфовой составляющей (диффузионная составляющая отсутствует). Более того, можно закодировать информацию таким образом, чтобы в процессе переноса участвовала лишь половина полного заряда, а другая половина (логический ноль) формировала следующий информационный сигнал. Изготовлены образцы регистров сдвига с информационной плотностью порядка 100 кбит/см^2 .

СЕКЦИЯ 14. СВЧ схемы на ЛПД. В докладе фирмы Bell Telephone Labs освещена работа ЛПД и приведены экспериментальные данные, показывающие зависимость между выходной мощностью и ЧМ шумами для ЛПД на Si и Ga As, используемых в качестве синхронизированных генераторов.

Основные усилия специалистов были направлены на разработку элементов, необходимых для повышения мощности модулированных по фазе сигналов в диапазоне миллиметровых волн. Докладчик привел теоретические расчеты и результаты экспериментальных исследований работы таких элементов, выполненных на ЛПД, в установившемся режиме в диапазоне миллиметровых волн.

Представитель фирмы "Ниппон дэнки" (Япония) сообщил участникам конференции о возможности получения на ЛПД в микрополосковой линии мощности, равной 110 Вт на частоте $2,67 \text{ ГГц}$ (вторая гармоника) при к.п.д. 22% и 64 Вт на частоте 4,85 ГГц при к.п.д. 15%. Основная частота – это частота колебаний в аномальном ре-

жиме (TRAPATT). Выделение третьей гармоники позволило расширить частотный диапазон вплоть до X-диапазона при значительном уровне выходной мощности. Описываемые ЛПД изготовлены из кремния по планарной технологии.

Пожалуй, наиболее интересным было сообщение фирмы Hughes Aircraft о получении генераторов мощности при антипараллельном включении четырех диодов. Диоды включаются в линию передач в противоположной полярности на расстоянии, приблизительно равном половине длины волны. Они связаны электрически, но термически изолированы друг от друга. Этот метод антипараллельного включения диодов очень эффективен, например, в непрерывном режиме, где каждый диод рассеивает большую мощность. Два диода, включенные антипараллельно, работают аналогично мультивибратору в режиме свободных колебаний. Экспериментально в схеме на коаксиальных линиях получена мощность 329 *вт*. Максимальный к.п.д. составил 24,6%. Отмечено, что несколько лучшие результаты получены в схеме на полосковых линиях.

Как изготовителей полупроводниковых приборов и схем, так и разработчиков ЭВМ интересует создание машин четвертого поколения. Осуществление этой идеи в значительной степени зависит от разработки и внедрения в серийное производство схем полупроводниковых ЗУ. Многие американские и японские фирмы уже добились в этой области значительных успехов.

Работа конференции продемонстрировала все возрастающий интерес к созданию СВЧ устройств различного назначения на лавинно-пролетных диодах, варакторах и транзисторах. Конструирование подобных схем и элементов, входящих в их состав, практически невозможно без широкого применения ЭВМ для расчета и оптимизации параметров. Этот факт нашел свое отражение в работе ряда секций. Примечательно, что доклады, как правило, сопровождалась демонстрацией конкретных результатов работы: программы расчета, полученного комплекта фотошаблонов или готового прибора.

А.А. ВАСЕНКОВ



ЗА РУБЕЖОМ

США

Линейные интегральные схемы

Специалисты фирмы Signetics считают, что к 1972 г. резко увеличится уровень интеграции линейных интегральных схем (ЛИС), в частности схем для бытовой аппаратуры и систем связи. Применение БИС в бытовой аппаратуре станет возможным лишь после снижения их стоимости при одновременном увеличении функциональной плотности на кристалле. Фирмы-изготовители смогут снизить стоимость выпускаемых ЛИС главным образом за счет использования автоматизированного оборудования на операциях сборки, испытаний и контроля.

Общий объем продаж ЛИС в США в 1970 г. составил 90 млн.долл., а к 1973 г. он возрастет до 150 млн.долл., причем 45 процентов общего объема составят операционные и дифференциальные усилители, компараторы и усилители считывания. Есть предположение, что в 1972 г. на долю ЛИС,

выпускаемых для бытовой аппаратуры, придется 30 процентов общего объема продаж.

К 1973 г. ожидается увеличение более чем в два раза объема продаж интегральных схем УВЧ, УПЧ, модуляторов и цепей фазовой автоподстройки, на долю которых в настоящее время приходится 7 процентов. [1]

Кремниевые пластины большого диаметра

Использование кремниевых пластин большого диаметра и улучшение качества поверхности кристалла должно привести к снижению стоимости и увеличению процента выхода годных приборов. Президент фирмы Galamber Industries высказывает предположение, что к 1973 г. в промышленности США начнется широкое применение кремниевых пластин с диаметром около 80 *мм*, а в последующем десятилетии следу-

ет ожидать увеличения диаметра до 150 *м.м.* При этом плотность дислокаций, которая до недавнего времени составляла 10 000 *с.м.⁻²*, снизится до нуля. Для выращивания беспримесных монокристаллов кремния потребуются создать новое оборудование. По мнению президента фирмы, ежегодно применение кремния будет возрастать на 20 процентов. [2]

Материалы для светодиодов

Наиболее распространенным материалом для светодиодов является арсенид-фосфид галлия (GaAsP), что обусловлено целым рядом причин. Так, диоды из GaAsP могут быть изготовлены по стандартной планарной технологии. В промышленном масштабе можно получать пластины большого диаметра. Применение GaAsP дает возможность выпускать светодиоды не только с красным, но и с желтым и оранжевым (правда, с меньшей эффективностью) свечением.

Весьма перспективным материалом является также фосфид галлия (GaP), который по сравнению с GaAsP характеризуется большей эффективностью. Диоды из GaP могут излучать свет в красной, зеленой и оранжевой областях спектра. GaP является полупрозрачным материалом, поэтому излучаемый в различных направлениях свет может быть отражен в обратном направлении для повышения мощности излучения. К недостаткам GaP следует отнести необходимость высоких температур и большого давления для выращивания кристаллов.

Специалисты считают, что карбид кремния, применяемый для изготовления светодиодов, не может конкурировать с GaAsP или GaP из-за плохой воспроизводимости параметров диодов, малой эффективности, а также из-за трудностей его обработки.

Усилия разработчиков направлены главным образом на повышение эффективности светодиодов. В индикаторных устройствах преимущественно используются светодиоды на GaAsP, а также на GaP. Типичная высота воспроизводимых знаков не превышает 6 *м.м.* Ожидается, что в будущем удастся увеличить в два раза высоту знака.

Фирма Fairchild продает семисегментные индикаторные устройства на светодиодах типа FND-10 с высотой цифр около 3 *м.м.* Цена устройства 5,8 долл. при закупочной партии 1000 шт.

Специалисты фирмы Hewlett-Packard разработали индикаторные панели на 4x7 матрицах с вспомогательными схемами стоимостью 10 долл. при закупочной партии около 1000 шт. [3]

Специалисты фирмы Bell Telephone Labs. предполагают, что к 1980 г. в быстродействующих оперативных запоминающих устройствах (ОЗУ) с временем обращения менее 1 *мксек* будут использоваться преимущественно полупроводниковые запоминающие устройства. По данным фирмы General Instruments, в 1971 г. следует ожидать быстрого роста объема выпуска стандартных схем на МОП-транзисторах с низким пороговым напряжением, большинство из которых составят ОЗУ, ПЗУ и регистры сдвига. Эти запоминающие устройства можно будет успешно применять совместно с биполярными ТТЛ схемами в вычислительных устройствах. Расширению объема продаж схем на МОП-транзисторах в 1971 г. в основном препятствуют высокая удельная стоимость и относительно длительный период разработки ЗУ по сравнению с широко применяемыми в настоящее время. Так, ЗУ центрального вычислительного устройства ЭВМ, как правило, разрабатывается в течение двух лет. Фирма IBM приступила к созданию ЭВМ, в которой ОЗУ для ЦВУ выполнено на МОП-структурах.

По мнению специалистов фирмы Four-Phase Systems информационная емкость полупроводниковых ОЗУ в ближайшем будущем достигнет 4000 бит, а ПЗУ -24000 бит. В настоящее время выпускаемые ОЗУ на МОП-структурах имеют максимальную емкость 2000 бит на кристалл. [1]

Устройство для измерения параметров транзисторов

Фирма Fairchild разработала программируемое автоматическое устройство для измерения параметров транзисторов, в котором используется запоминающее устройство на МОП-транзисторах емкостью десять 56-разрядных слов. Программирование осуществляется с помощью клавишного устройства. ЗУ можно запрограммировать для последовательного проведения 96 испытаний. Параметры транзисторов (ток утечки, напряжение пробоя, коэффициент усиления в статическом режиме, напряжение насыщения и др.) могут измеряться в автоматическом режиме и в режиме с применением ручного управления. Можно испытывать транзисторы с коллекторным током до 10 *а* и напряжением пробоя 600 *в*. Устройство работает по принципу «годен - не годен» и позволяет проводить до 62 измерений / сек.

Стоимость установки 12,9 тыс.долл. (ЗУ емкостью 10 слов) или 20 тыс.долл. (ЗУ емкостью 96 слов). [9]

ЯПОНИЯ

СВЧ печи

Первоначально потребность японских рынков в СВЧ печах на 1970 г. была оценена в 700 тыс.шт. Однако после того, как в Японии и США появились сообщения о том, что доза излучаемой печами энергии может быть опасной для потребителя, спрос на них резко упал. Только с февраля по июнь 1970 г. объем продаж сократился с 60 тыс. до 15 тыс.шт. и продолжал падать. В августе было продано только 10 тыс.печей.

В силу сложившихся обстоятельств был разработан новый стандарт, устанавливающий допустимый уровень излучения для бытовых электроприборов (СВЧ печи, цветные телевизоры и др.). В Японии он вступил в силу 30 декабря 1970 г. и соответствует 0,3-0,5 мВт/см². [4] В США новый стандарт вступит в силу в октябре 1971 г. и будет соответствовать 5 мВт/см² (в период эксплуатации) и 1 мВт/см² (в период изготовления). Оба уровня излучения измеряются на расстоянии 5 см от внешней поверхности печи. [5]

На основании стандарта в разработанных японскими фирмами СВЧ печах новых моделей излучение энергии прекращается, как только потребитель открывает дверцу печи. После выпуска новых моделей спрос на печи стал возрастать и в четвертом квартале 1970 г. их уже было продано 45 тыс. Всего в Японии за 1970 г. продано 350 тыс. печей, т.е. объем продаж остался на уровне 1969 г. [6]

ФРГ

Индикаторы на жидких кристаллах

Фирма Siemens проводит интенсивные исследования в области создания индикаторов на жидких кристаллах. Получение положительных результатов можно будет рассматривать как реальный вклад в развитие «плоского» телевидения. Большие надежды специалисты возлагают на использование в индикаторах слоя из ферроэлектрической керамики.

Фирмой разработаны два варианта матричных индикаторов на жидких кристаллах. В этих приборах имеется керамический слой, на противоположных сторонах которого по горизонтали и вертикали расположены электроды. В первом варианте индикатор выполняет функции накопления. В нем применен дополнительный считываю-

щий электрод. Принцип работы устройства основан на изменении степени поляризации накопительных элементов. Во втором варианте используется керамический слой толщиной 100 мкм, не обладающий «запоминающей способностью». Между керамическим слоем и расположенными в вертикальной плоскости проводниками помещена пленка жидкого кристалла толщиной 10 мкм. В результате образуются соединенные последовательно линейный и нелинейный конденсаторы. [7]

АНГЛИЯ

Фосфид индия для изготовления генераторов СВЧ мощности

Специалисты Научно-исследовательского радиолокационного института и фирмы Plessey считают фосфид индия более перспективным по сравнению с арсенидом галлия материалом для изготовления генераторов СВЧ мощности. Диапазоны рабочих температур и настройки приборов на фосфиде индия шире при относительно высоком к.п.д. по сравнению с приборами на арсениде галлия. Кроме того, фосфид индия более технологичен.

В Научно-исследовательском радиолокационном институте изготовлены экспериментальные образцы приборов на эпитаксиальном материале n-типа с рабочими частотами до 40 ГГц, однако их излучаемая мощность недостаточна. Приборы, изготовленные фирмой Plessey, излучают мощность в непрерывном режиме 7,5 мВт на частоте 36 ГГц при к.п.д. 1 процент. [8]

ЛИТЕРАТУРА

1. EDN, 1971, v.16, N 2, p.29.
2. EDN, 1970, v.15, N 23, p.20.
3. EDN, 1971, v.16, N 3, p.27.
4. Electronic Design, 1970, N 6, p.U167.
5. Electronic World, 1971, N 1, p.6.
6. Japan Electronic Industry, 1971, v.18, N 2, p.89.
7. Electronics, 1971, v.44, N 7, p.25.
8. Electronics, 1971, v.44, N 6, p.27.
9. Electronics, 1971, v.44, N 10, p.135.

В 1971 г. выйдут из печати

МИКРОЭЛЕКТРОНИКА

сборник статей, выпуск 5
под ред. *Ф.В.Лукина*

Издательство «Советское радио»

Статьи посвящены проблемам микроэлектроники, микросхемотехники, методам проектирования, технологии изготовления и контроля микроэлектронной аппаратуры. Освещены новые направления микроэлектроники.

ЦИФРОВЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ НА МДП-ТРАНЗИСТОРАХ

*К.А.Валиев, А.Н.Кармазинский,
М.А.Королев*

Издательство «Советское радио»

Рассматриваются принципы работы транзисторов в качестве различных компонентов интегральной схемы. Дается классификация параметров полевых транзисторов, приводятся типовые цифровые элементы на их основе. Особое внимание уделено вопросам технологии изготовления многофункциональных интегральных схем с учетом их схемотехнических особенностей.

Книга представляет интерес для инженеров и научных работников, специализирующихся в области микроэлектроники.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Сборник статей, выпуск 5
под ред. *Я.А.Федотова*

Издательство «Советское радио»

Темы статей - новые перспективные направления полупроводниковой электроники: силовая электроника, СВЧ приборы, оптоэлектроника, полупроводниковые квантовые генераторы и т.д. В сборнике помещены также статьи, посвященные полупроводниковым приборам, их расчету и вопросам схемного применения.

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ТРАНЗИСТОРОВ

А.Ф.Трутко

Издательство «Энергия»

Предлагается методика расчета параметров транзистора по заданной структуре. Приводятся эквивалентные схемы и характеристические параметры транзисторов. Даются методы расчета бездрейфовых и дрейфовых транзисторов и примеры их расчета.

Книга предназначена для инженерно-технических работников, специализирующихся в области разработки и изготовления полупроводниковых приборов.

МАШИННЫЙ РАСЧЕТ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Под ред. *Г.Герсковица*
Издательство «Мир»

Рассмотрены модели активных и пассивных компонентов, пригодные для машинного расчета широкого класса электронных схем. Изложены методы машинного расчета линейных и нелинейных цепей. Теоретические разделы удачно сочетаются с разделами, содержащими конкретные программы и примеры их применения для расчета линейных, цифровых и СВЧ ИС.

Материал может быть использован разработчиками электронных схем.

ТЕОРИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Х.Шенк

Издательство «Мир»

Даны общие принципы подбора и проектирования приборно-инструментальной части эксперимента, методы контроля и техника исключения неправильных результатов. Рассмотрены элементы статистического анализа и способы графической и математической обработки результатов измерения.

Книга рекомендуется инженерам и научным работникам.

ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ЦВМ

*Я.А.Хетагуров, В.В.Малишевский,
О.С.Потураев*

Издательство «Советское радио»

Излагается методика инженерного проектирования управляющих цифровых вычислительных машин (основных устройств, систем элементов и узлов). Вводятся критерии для оптимального проектирования с учетом надежности, временных и стоимостных характеристик. Даны общие принципы построения, расчета и контроля системы элементов на полупроводниковых приборах и интегральных схемах.

Книга рассчитана на инженерно-технических работников, занимающихся разработкой и проектированием ЦВМ.

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

С.В.Ключанцев

Издательство «Энергия»

Предлагаются методы автоматизации контроля параметров полупроводниковых приборов и исследуются погрешности каждого метода. Приведены основные технические характеристики лучшего отечественного и зарубежного автоматизированного оборудования для контроля параметров.

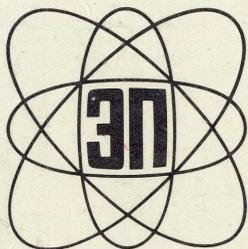
Книга предназначена для инженерно-технических работников, эксплуатирующих контрольное оборудование.

Электро- эрозионный станок

■ предназначен для автоматического перфорирования деталей, имеющих форму тел вращения.

■ Благодаря применению оригинального устройства компенсации износа электрода достигнута высокая точность изготовления отверстия $0,01$ мм и чистота обрабатываемой поверхности $0,0016-0,0032$ мм.

- Скорость обработки поверхности $5-10$ мм³/мин.
- Потребляемая мощность 3 квт
- Вес 150 кг



РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор К.И.МАРТЮШОВ

Члены редколлегии: В.А.Афанасьев, А.Р.Бодиков, А.А.Васенков, В.Е.Вершин, В.И.Виноградов, В.И.Владиславлев, Е.А.Гайлиц, М.М.Гришин, А.А.Захаров, В.В.Иванов, А.И.Казьмин, Н.Г.Кашников, В.Г.Колесников, А.А.Константинов, А.М.Коршанов, С.И.Крохин, В.Г.Мавродиadi, И.С.Марченко, М.И.Меньшиков, Ю.Б.Митюшин, В.И.Павлов, В.М.Пролейко (зам.главного редактора), А.В.Пивоваров, М.Л.Русецкий, В.В.Савин, А.Г.Салин, А.А.Сорокин, М.Ф.Стельмах, П.М.Стуколов (зам.главного редактора), В.М.Сычев, Г.Г.Татаровская (ответственный секретарь), А.Ф.Трутко, Г.А.Умнов, В.А.Федоренчик, В.Ф.Федоров, О.Ф.Филатов, С.К.Цаллагов, Ю.Г.Шелюхин

На первой странице обложки: фотография микронеоднородностей на участке поверхности пластины кремния (к статье "Применение растрового электронного микроскопа для наблюдения дефектов в полупроводниках" на стр.41); на четвертой странице обложки и цветных вклейках: изделия электронной промышленности культурно-бытового назначения.

Ответственный редактор Г.Г. Татаровская
Ответственные за выпуск Г.П.Попова, Л.И.Васильева

Художественно-технический редактор А.В.Дайлидо
Фото В.П.Прохорова

Подписано в печать 13.VI. 71 г.
Тираж 2400

Т10513
Формат 60 × 90/8

Объем 17,0 п.л.
Цена 1 р.40 к.

Уч.-изд.16,625
Заказ 1096

ИЗДЕЛИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
КУЛЬТУРНО-БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

