



# ЭЛЕКТРОННАЯ

№4-1971

4

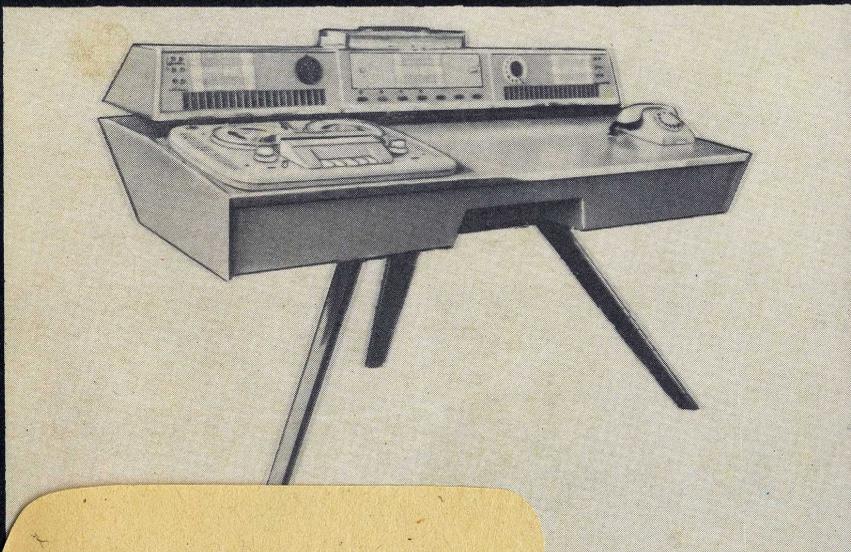
# ПРОМЫШЛЕННОСТЬ



АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ  
ПРОИЗВОДСТВО  
ЦВЕТНЫХ КИНЕСКОПОВ

# НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

МИНИСТЕРСТВО  
ЭЛЕКТРОННОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ



чеством в электронной

а НИР и ОКР  
ческих масок с по-

трубки  
ее развития  
ля народного потреб-

# ВАКЦИНОВЕДЕНИЕ

ВЫПУСК  
(6)

# 4

6316.

ПРОЛЕТАРИИ ВСЕХ СТРАН, СОЕДИНЯЙТЕСЬ!

FANUC6.RU

САЙТ О СТАРЫХ ЧПУ

На дом,  
не выдается

# ПРОМЫШЛЕНН

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА	5
ИССЛЕДОВАНИЯ. РАЗРАБОТКИ. МЕТОДЫ РАСЧЕТОВ	13
ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЬНО- ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА	27
ИЗДЕЛИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ	39
НАДЕЖНОСТЬ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА	57
ТЕХНОЛОГИЯ	73
ОБОРУДОВАНИЕ	79
ОБМЕН ОПЫТОМ	89
НОВОСТИ. СООБЩЕНИЯ. ХРОНИКА	99

Научно-техническая  
Библиотека ТПИ  
Изд. 35

ЦНИИ «ЭЛЕКТРОНИКА»

# СОДЕРЖАНИЕ

- 3 Постоянно улучшать организацию социалистического соревнования

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- 6 Сетевые методы отраслевого планирования НИР и ОКР. *В.М. Пролейко, К.Я. Дубаускас*
- 10 Опыт использования системы сетевого планирования и управления. *В.И. Анисеев, Э.А. Лукин*

## ИССЛЕДОВАНИЯ. РАЗРАБОТКИ. МЕТОДЫ РАСЧЕТОВ

- 14 Автоматизация вычерчивания технологических масок с помощью ЭВМ. *В.М. Щемелин, Г.Г. Казеннов, Б.В. Баталов, А.Л. Котко, А.В. Лебедева*
- 16 АСУТП избирательного фотомонтажа. *Л.С. Цейтер*
- 19 Статическая и динамическая мощность быстродействующих схем ТТЛ. *В.М. Должарт, Г.Х. Новик, И.И. Николаева, С.Ф. Редина*
- 22 Повышение быстродействия ИС на МДП транзисторах. *А.В. Зеленцов, В.М. Гусаков*
- 25 Депонирование

## ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

- 28 ИК техника в диагностике
- 28 Быстродействующий тепловизор. *А.Г. Жуков*
- 30 Термограф. *В.А. Зайцев, Ю.В. Иванов, Э.П. Исеев*
- 31 Система первичной обработки информации контроля микросхем. *Л.П. Дубинский, И.Ф. Петров*
- 35 Радиоактивационный анализ микрозаготовок из многокомпонентных сплавов для полупроводниковых приборов. *В.Г. Ламбрев, И.Ф. Язиков*
- 37 Рентгеновская трубка для спектрального анализа легких элементов. *Ю.Б. Иоффе, Г.М. Николаенко, Г.Д. Соболевская*
- 38 Депонирование

## ИЗДЕЛИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

- 40 Германиевый лавинный транзистор типа ГТ-338. *Ю.А. Кузнецов, Ю.А. Каменецкий, А.С. Смульский*
- 43 Объемные резисторы с проводящим элементом на основе сложных карбидов. *В.Н. Сорокин, Ю.П. Юсов, А.В. Перевезенцев, В.Г. Гребенкина, Н.Е. Просвирнина*
- 44 Переменные объемные резисторы на основе слоистых проводящих пластиков. *Ю.В. Зайцев, А.Н. Марченко*
- 49 СВЧ осциллографическая трубка с полосой пропускания 5 ГГц. *Ю.В. Чайко, Л.И. Губанова, В.В. Михеева*
- 51 Новые люминофоры и экраны для многоцветных ЭЛТ. *Н.П. Сошин*
- 52 Индикаторные цветные электроннолучевые трубки. *С.В. Виневич, Л.Н. Забабурина, Т.А. Крутилина*
- 55 Депонирование

## НАДЕЖНОСТЬ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

- 58 О системном подходе к управлению качеством в электронной промышленности. *В.М. Пролейко*
- 69 Диагностика неисправностей ГИС. *В.Н. Брюнин, Н.Е. Бобков, В.А. Бачманов*
- 71 Повышение надежности радиодеталей. *И.М. Маликов, Л.Л. Кристалинский*
- 72 Депонирование

## ТЕХНОЛОГИЯ

- 74 Электроимпульсная подгонка тонкопленочных резисторов. *Д.П. Колесников, Ю.Е. Орешков, Ю.Л. Перлич, В.С. Бутузов*
- 76 Резистивные пленки на основе окиси индия. *Р.Ф. ШUTOва, М.А. Афанасьева, Н.В. Ланцевичка, Н.А. Чефранова, Б.Я. Яковлев*
- 77 Чистые комнаты. *Г.Д. Колмогоров, И.Д. Голото, Б.П. Докучаев*
- 78 Депонирование

## ОБОРУДОВАНИЕ

- 80 Генераторы изображений и проблема надежности. *Я.А. Райтман*
- 83 Электроискровая обработка и перспективы ее развития. *Б.И. Ставицкий*
- 86 Оборудование для электроискровой обработки изделий. *Е.В. Холднов*

## ОБМЕН ОПЫТОМ

- 90 Графические символы для технологического оборудования. *В.К. Федоров, Л.К. Добровольский, А.Н. Казарцев*
- 93 Изготовление микрополосковых линий на глазурованных керамических подложках. *Г.С. Хижга, Ю.Г. Аглицев, Л.И. Биндар*
- 94 Расположение бракованных транзисторных структур на пластине кремния. *Т.А. Иоаннисиани, В.М. Петров, Ф.П. Пресс, В.С. Сироткин*
- 95 Установка для получения сплавов из благородных металлов. *В.В. Розов, А.П. Толдов*
- 96 Молибденовые защитные электроды для кремниевых *p-n-p* транзисторов. *Е.А. Склярский*
- 98 Обеспечение сохраняемости ЭВП. *Ю.П. Бакленов, А.Г. Гусев, И.И. Карпиков, О.Г. Рудин*

## НОВОСТИ. СООБЩЕНИЯ. ХРОНИКА.

- 100 Электроника в медицине. *М.И. Архангельская, В.С. Боголюбенский, Т.А. Харченко, Н.С. Макеева*
- 105 Контрольно-измерительные приборы фирмы Leitz. *И.М. Глазков, Ю.А. Саркисов, Ю.В. Стечишин*
- 107 Новости зарубежной электроники
- 110 Новые книги
- 112 Читательские конференции

# ПОСТОЯННО УЛУЧШАТЬ ОРГАНИЗАЦИЮ СОЦИАЛИСТИЧЕСКОГО СОРЕВНОВАНИЯ

---

Социалистическое соревнование всегда было могучим средством развития творческой инициативы масс. Поэтому не случайно в нынешних условиях, когда осуществляется выработанный XXIV съездом КПСС курс на всестороннюю интенсификацию производства и повышение его эффективности, партия призывает еще больше усилить внимание к соревнованию.

Для работников электронной промышленности, как и других отраслей нашего народного хозяйства, постановление ЦК КПСС "О дальнейшем улучшении организации социалистического соревнования" является конкретной программой действий.

На всех предприятиях отрасли с новой силой разворачивается соревнование за досрочное выполнение намеченных планов пятилетки. Задача этого движения — повысить творческую активность трудящихся, мобилизовать все силы на всемерное повышение производительности труда, эффективности общественного производства. Рабочие, инженерно-технические работники и служащие отрасли внесли немало предложений, направленных на дальнейшее совершенствование форм и методов организации социалистического соревнования, на решение задач ускорения темпов роста производительности труда, создания и освоения новой техники, новых видов продукции, улучшения ее качества, внедрения научной организации труда, укрепления трудовой дисциплины, достижения намеченных объемов производства без увеличения численности работающих. Коллективы многих заводов НИИ и КБ уже наметили конкретные мероприятия, которые позволят выполнить задания пятилетки с наибольшей эффективностью. Одной из наиболее действенных форм соревнования стало движение передовых рабочих под девизом: "Задания пятидневки — за четыре дня".

Большого размаха достигла борьба за высокое звание "Коллектив коммунистического труда". Его удостоены более 6 тысяч бригад, участков, смен и цехов. Это еще раз подтверждает, что социалистическое соревнование стало массовым, что оно превратилось в постоянно действующий фактор нашего развития, стало неотъемлемой чертой жизни и деятельности каждого коллектива.

Выполняя постановление ЦК КПСС, Коллегия Министерства электронной промышленности и Президиум ЦК профсоюзов рабочих радио- и электронной промышленности на совместном заседании 27 октября 1971 г. рассмотрели состояние социалистического соревнования в отрасли и утвердили мероприятия по улучшению его организации. Пересмотрены и дополнены "Условия всесоюзного социалистического соревнования коллективов предприятий". При сравнении итогов соревнования различных коллективов теперь помимо основных показателей будут учи-

тываться темпы роста реализации продукции (в том числе новой продукции, отвечающей по своим технико-экономическим показателям высшим достижениям отечественной и зарубежной техники), выполнение плана поставок изделий для комплектации важнейших заказов, плана поставок сельскому хозяйству, плана выпуска товаров культурно-бытового назначения.

В постановлении ЦК КПСС указывалось на недопустимость занижения планов. Сравнивая итоги соревнования, необходимо прежде всего учитывать напряженность плановых заданий, а не степень их перевыполнения.

Важнейшим условием успешной организации социалистического соревнования является правильное сочетание материальных и моральных стимулов. Партия придает огромное значение моральным стимулам, которые в условиях строительства коммунизма все больше становятся главнейшими побудительными силами нашего движения вперед. На предприятиях электронной промышленности используются самые разнообразные формы морального поощрения: вручение переходящих красных знамен, выпелов, почетных грамот, занесение имен победителей на Доску почета, в Книгу почета. О трудовых успехах передовиков производства сообщается в специальных плакатах-молниях. На одном из заводов отрасли регулярно проводятся вечера чествования передовиков производства, ветеранов труда. На другом предприятии в цехе-победителе соревнования зажигается красная звезда. Большую роль в моральном поощрении лучших коллективов и отдельных рабочих играет стенная и многотиражная печать, рассказывающая о трудовых достижениях передовиков.

Следует отметить положительный опыт многих руководителей хозяйственных и общественных организаций, распределяющих премии между работниками в обстановке особой торжественности, с объявлением личных заслуг каждого работника в решении коллективных задач. Необходимо окружить передовиков соревнования почетом и славой, шире пропагандировать передовые методы труда. Опыт передовиков — ценнейшее достояние всего общества, и активное распространение этого опыта, подтягивание всего коллектива до уровня передовиков — наша прямая задача.

В развитии социалистического соревнования главными инициаторами и организаторами выступают коммунисты. Сознвая свою особую ответственность за выполнение решений XXIV съезда КПСС, они постоянно направляют работу коллективов на обеспечение высоких темпов роста эффективности производства. Под руководством партийных комитетов, постоянно обобщающих опыт организации соревнования, своевременно выявляющих недостатки в этом деле, на предприятиях отрасли изыскиваются новые и новые резервы увеличения производительности труда.

Заканчивается первый год девятой пятилетки, год, который стал началом нового этапа в дальнейшем продвижении нашего общества по пути к коммунизму. Предварительные итоги соревнования свидетельствуют о том, что все основные задания, намеченные на 1971 г., будут выполнены. Порукой тому трудовой энтузиазм, с которым работники нашей отрасли включились во всенародное соревнование за успешное претворение в жизнь программы экономического развития страны, выдвинутой XXIV съездом КПСС.

# ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

6

Сетевые методы отраслевого планирования НИР  
и ОКР В.М. Пролейко, К.Я. Дубаускас

10

Опыт использования системы сетевого планирова-  
ния и управления В.И. Аникеев, Э.А. Лукин

5

# СЕТЕВЫЕ МЕТОДЫ ОТРАСЛЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ НИР И ОКР

На основе анализа современного состояния сетевого планирования и управления (СПУ) в отрасли сформулированы основные задачи дальнейшего расширения его применения.

В.М.ПРОЛЕЙКО, К.Я.ДУБАУСКАС

Постановление ЦК КПСС и СМ СССР «О мерах по повышению эффективности работы научных организаций и ускорению использования в народном хозяйстве достижений науки и техники» от 24 сентября 1968 г. наметило ряд путей совершенствования управления НИР и ОКР. Одним из них является широкое внедрение СПУ.

Первые попытки применения сетевых методов в отраслевом планировании и управлении НИР и ОКР, относящиеся к 1965-1966 гг., не привели к существенным результатам по следующим причинам.

Во-первых, сетевые методы (методы Pert, Pert Cost и др.) были созданы применительно к управлению разработками, сетевые графики которых содержат несколько тысяч событий [1], тогда как в НИР и ОКР институтов нашей отрасли число событий редко превышает 300. И разработка сетевых графиков для таких тем (а в начальный период сетевые методы использовались для планирования отдельных работ) не могла обеспечить того эффекта, какой может дать многотемное сетевое планирование, к которому НИИ и КБ пришли позже.

Во-вторых, внедрение СПУ, нуждающееся, как правило, в соответствующих мероприятиях по упорядочению организации и управления НИР и ОКР и стимулированию НИИ и КБ, не получало должной поддержки, поэтому составление сетевых графиков и отчетность по ним оказались просто дополнительной и довольно трудоемкой на начальном этапе процедурой.

Все это, а также отсутствие необходимого опыта привело к тому, что руководители ряда НИИ и КБ сочли применение СПУ нецелесообразным.

Тем не менее в последнее время большая группа НИИ и КБ отрасли вновь вернулась к сетевым методам, как к средству существенного улучшения планирования НИР и ОКР. В 1970-1971 гг. в Министерстве начался второй этап внедрения СПУ.

Вновь возникший интерес НИИ и КБ к сетевому планированию вызван рядом факторов:

- заметно повысилась сложность работ в связи с непрерывным ростом удельного веса НИР и ОКР, направленных на создание уже не отдельных приборов, а их серий, целых функциональных блоков и даже малых радиоэлектронных систем;

- в проведении многих работ участвует, как правило, несколько научно-исследовательских организаций, а к проведению ОКР все чаще привлекаются опытные и серийные заводы;

- растет число научно-производственных объединений, в которых объектом планирования и управления становится весь цикл «исследование - производство»;

- в ряде институтов начаты работы по созданию АСУ, в которых сетевые методы будут играть важную роль как в моделировании НИР и ОКР, так и в формализации всего процесса планирования и управления;

- в нескольких институтах отрасли накоплен необходимый опыт и практически доказана полезность применения сетевых методов в планировании и управлении НИР и ОКР, особенно в условиях многотемного предприятия. Если в институте одновременно проводится 10-20 работ, то правильное планирование загрузки вспомогательных подразделений и опытных производств не представляет особых трудностей, но, когда число работ превышает 100, планирование деятельности этих подразделений превращается в серьезную проблему. Для выравнивания их загрузки приходится смещать этапы самих НИР и ОКР. И только наличие сетевых графиков на весь комплекс тем позволяет сравнительно просто и, глав-

ное, правильно решить эту задачу. Кроме того, как показывает опыт, СПУ существенно улучшает планирование самих тем, хотя они и не велики по масштабам.

Сейчас большинство разработчиков признает, что составление сетевого графика в начале темы, особенно при участии специалиста по СПУ, позволяет практически исключить ошибки и упущения в планировании, заранее предвидеть возможные трудности и т.д.

Как следует из анализа докладов и сообщений, сделанных на отраслевом семинаре по вопросу дальнейшего распространения СПУ в отрасли, в работе которого участвовало более 70 специалистов, в настоящее время сетевые методы полностью или частично применяют более 15 процентов НИИ и КБ отрасли, из них в трех институтах сетевыми графиками охвачены все темы, в трех - до 75 процентов тем, в четырех - до 50 процентов и в остальных - до 25 процентов. Намечается переход к организованному внедрению СПУ.

Внедрение системы сетевого планирования, начавшееся в 1971 г., практически сразу позволило построить контроль хода работ по важнейшим темам на основе сетевых графиков и тем самым конкретизировать отношения между главными управлениями и руководимыми ими предприятиями. Полного же эффекта можно ожидать лишь в случае, когда главк внедрит всю систему (создаст у себя службу СПУ, организует диспетчирование работ и т.д.) и усовершенствует действующую планово-отчетную документацию с учетом наличия СПУ.

Работы по автоматизации СПУ, которые ведутся на ряде предприятий отрасли, позволяют выводить на АЦПУ ЭВМ, например, следующие документы: результаты расчета сетевого графика по времени и стоимости, сетевой квартальный перечень работ подразделения с балансом загрузки, квартальный план работы подразделения, месячный план работ, сводку временных характеристик работ, квартальный план работ предприятия и т.п.

Таким образом, введение в память машины необходимых данных комплекса сетевых графиков и регулярных сведений о ходе работ в виде рапортов или сообщений о свершении того или иного события сетевых графиков даст возможность получать всю остальную планово-отчетную документацию автоматически.

Как отмечается в материалах семинара, достигнутый отраслевыми институтами уровень СПУ позволяет почти полностью исключить срыв работ из-за ошибок планирования и по организационным причинам; на 12-15 процентов уменьшить затраты на НИР и ОКР и на 10-12 процентов сократить сроки работ; повысить в 1,5 раза производительность вспомогательных подразделений благодаря правильному планированию загрузки; поднять общий уровень управления НИР и ОКР и т.д.

Стопроцентный охват тематики сетевыми графиками, как показывает опыт некоторых институтов, позволяет полностью перестроить систему управления НИР и ОКР: в настоящее время разработаны и внедрены три законченные системы управления научно-исследовательскими организациями, базирующиеся на сетевых методах планирования и управления.

Первым в отрасли полностью внедрил СПУ один из институтов. В дальнейшем на основе сетевого планирования была пересмотрена и система стимулирования сотрудников предприятия - внедрены элементы внутриинститутского хозрасчета; в настоящее время успешно ведутся работы по автоматизации на базе ЭВМ ряда функций управления, в том числе по решению некоторых задач СПУ (расчет загрузки подразделений, обработка отчетной информации и т.д.) и применению сетевых моделей в прогнозировании и перспективном планировании.

Почти пятилетнее использование сетевых методов позволило институту, во-первых, тщательно отработать форму и содержание определителей событий графика, которые не только полностью раскрывают содержание краткосрочных работ в составе тем, но и включают в себя количественные критерии оценки выполнения этих работ, во-вторых, разработать полный комплекс регламентирующих и методических материалов системы. При этом учтены требования внутриинститутского хозрасчета (планово-отчетная документация содержит всю необходимую информацию для принятия решения о повышении или понижении премии каждому подразделению института [2]), а также перспектива разработки АСУ НИИ

(например, вся выходная отчетная информация будет формироваться на основе одного документа - рапорта).

Опыт другого НИИ характерен прежде всего тем, что в институте за два года полностью внедрено сетевое планирование и в настоящее время ведутся разработки автоматизированной системы управления НИР и ОКР, причем благодаря наличию СПУ удалось избежать этапа создания нормативной базы АСУ. Система строится таким образом, что нормативно-справочная база формируется и корректируется автоматически в процессе функционирования АСУ. Серьезным недостатком данной системы является обилие новых форм планово-отчетной документации (14 документов), но в процессе дальнейшей разработки и эксперимента количество форм, по-видимому, сократится. В этом отношении полезен опыт одного института, где дополнительно введено лишь два документа: сетевой график и календарный план загрузки подразделения (выписка из сетевых графиков).

Сетевой график предельно информативен. Он вычерчивается на шкале времени, нанесенной на миллиметровую бумагу, поэтому длина стрелки содержит полную временную характеристику работы: сроки начала и окончания и полную длительность в неделях (10 м.м - 1 неделя).

В результате присвоения собственного цвета крупным подразделениям и специальной нумерации - работам более мелких подразделений график приобрел максимальную ясность, его легко читать.

Формулировка работы выбирается так, чтобы после прибавления слова «окончено» получалась формулировка события.

Тщательно продуманы и другие элементы системы: корректировка графиков, диспетчирование и т.д.

Подробнее с опытом упомянутых институтов и ряда других НИИ и КБ можно будет ознакомиться в ближайшее время, когда выйдет из печати сборник материалов семинара.

В активной дискуссии участников семинара определился ряд проблем, от решения которых будет существенно зависеть дальнейшее развитие СПУ в отрасли.

Прежде всего, необходимо преодолеть психологический барьер, который мешает руководителям большинства институтов оценить по достоинству преимущества системы СПУ и уделить должное внимание совершенствованию форм и методов управления НИР и ОКР. Успех указанных институтов был бы невозможен без постоянной и деятельной поддержки подразделений СПУ со стороны руководства.

Необходимо учитывать, что системный метод совершенствования управления требует не только внутриинститутских перестроек, но и значительных изменений в масштабе всего министерства. В настоящее время в НИИ, применяющих сетевые методы, параллельно действуют два типа планово-отчетной документации: традиционная и новая (сетевая). Если, как показывает опыт одного из институтов, для внутриинститутского планирования и управления достаточно всего двух документов, то для внешних взаимоотношений (с главком, функциональными управлениями, ЦСУ и т.д.) этот институт должен сохранять комплекс форм планово-отчетных документов.

Общепромышленного решения требует и проблема устранения неопределенности положения служб СПУ в структуре институтов. Они входят в разные подразделения, подчинены различным уровням руководства, в результате чего иногда выполняют не свойственные им функции. При этом простой корректировки соответствующих документов, регламентирующих структуру НИИ и КБ, уже недостаточно. Наличие самостоятельных научно-технических (тематических) и планово-экономических отделов, которые тоже часто подчинены разным руководителям, обуславливает практическое разделение планирования на научно-техническое и экономическое.

Самой сложной в теоретическом и методологическом плане проблемой является решение вопросов оптимизации комплекса сетевых графиков, и, несомненно, что в ближайшее время необходимо сконцентрировать все усилия в этом направлении и расширить фронт работ.

В оценке перспективы СПУ в отрасли, кроме перечисленных факторов внутриинститутского значения, необходимо учитывать то, что сетевые методы должны лечь в основу планирования и управления программами, к разработке и реализации которых ряд НИИ и КБ уже приступил.

Под *программой* понимается комплекс работ и необходимых для их реализации ресурсов, направленный на достижение четко сформулированной цели. При этом под *комплексом работ* подразумеваются все работы и мероприятия, необходимые для создания и освоения в промышленности серии приборов. В понятие *ресурсы* входят все категории ресурсов вплоть до капитальных затрат и фондов на комплектацию, полуфабрикаты, материалы и т.д.; *целью программы* может быть создание серии, подкласса или даже класса приборов, решение крупной и важной технологической задачи (например, создание и внедрение на ряде заводов новых технологических процессов) и т.д.

Приведенное определение программы в целом объясняет суть программного подхода, нужно только учитывать, что полная реализация программных принципов возможна лишь при внедрении специальных, целевых (программных) методов управления.

Следовательно, в условиях программного управления объектом планирования и управления станут большие комплексы работ, в которых будут участвовать многие организации, в том числе серийные заводы и предприятия других министерств и ведомств. Очевидно, что без СПУ планирование и управление такими комплексами будет весьма сложным.

Таким образом, дальнейшее развитие и распространение СПУ необходимо как для создания АСУ НИИ (КБ), так и для совершенствования всей системы управления отраслевой наукой на основе программных принципов. Поэтому работу в данном направлении мы должны строить таким образом, чтобы в течение 1972 г. и частично 1973 г. основные проблемы, мешающие широкому внедрению СПУ, были решены и сетевое планирование вошло в практику не только большинства НИИ (КБ), но и всех остальных уровней управления отраслевой наукой. Для этого необходимо в кратчайшие сроки разработать общие методические материалы по внутриинститутской системе сетевого планирования. Ближайшие два года будут, по-видимому, переходным периодом от традиционной системы планирования к СПУ. Поэтому при выборе базовой системы нужно руководствоваться такими критериями, как ее простота и минимальность новых форм.

Параллельно нужно продолжать работы по созданию подсистемы СПУ в АСУ НИИ (КБ) и начать разработку методических вопросов внутрипрограммного планирования на базе сетевых методов. Особое внимание должно быть уделено разработке стандартного математического обеспечения для двух-трех типов ЭВМ и решению задач оптимизации многоцелевого (многоцелевого) плана. В этой части работ большую помощь окажет максимальное использование опыта указанных институтов.

Для координации работ и методического руководства необходимо создать отраслевой методический центр СПУ, который бы обобщил, проанализировал отраслевой опыт и научно обосновал целесообразность перехода на сетевые методы планирования НИР и ОКР в отраслевом масштабе.

Решение перечисленных задач при едином методическом руководстве и разумная система подготовки кадров СПУ позволит достигнуть в кратчайшие сроки поставленных целей и обеспечит тем самым необходимую базу для дальнейшего совершенствования отраслевого планирования и управления НИР и ОКР - внедрение программных методов управления научно-техническим прогрессом и создание автоматизированной системы управления наукой.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Миллер Р.В. Перт - система управления. Перев. с англ., М., «Экономика», 1965.
2. Шелюхин Ю.Г. Система планирования управления НИР и ОКР. «Обзоры по электронной технике», вып.15, М., 1970.

УДК 658.5:001.89

# ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

В.И.АНИКЕЕВ, Э.А.ЛУКИН

Многочисленные преимущества сетевых методов планирования и управления нельзя реализовать механическим перенесением в практику аналитических выводов и методик, разработанных в основном за рубежом. Для этого нужна кропотливая работа по созданию и постепенному внедрению целой системы плановых методов, организационных мероприятий и принципов управления, применимых в условиях социалистического хозяйства, причем важно, чтобы эта система, сохраняя основные принципы СПУ, учитывала характерные особенности конкретного предприятия, приносила пользу с первых дней своего существования и могла непрерывно самосовершенствоваться.

Попытка внедрения СПУ по программе «максимум» с полной формализацией информации, обработкой этой информации на ЭВМ, введением новых форм отчетности и т.п. при условии отсутствия опыта как у исполнителей, так и у работников СПУ неизбежно влечет за собой дискредитацию новых методов.

При экспериментальной проверке методики, рекомендуемой «Основными положениями по разработке и применению систем сетевого планирования и управления» ГУ по внедрению вычислительной техники при Госкомитете по координации научно-исследовательских работ СССР, определились следующие трудности:

1. В условиях многотемного института в НИР или ОКР принимает участие большое количество соисполнителей из разных подразделений и каждому из них необходимо иметь копию сетевого графика. Возникающие ежемесячно, еженедельно и даже ежедневно отклонения от запланированного хода работ должны немедленно вноситься в график и во все его копии. Но сделать это быстро и без ошибок практически невозможно.

2. «Классический» вид сети, вычерченный в одном цвете с расшифровкой работ в специальной форме без привязки к шкале времени (или со специальной временной диаграммой), недостаточно нагляден.

3. Расчет показателей по работам сетевого графика на ЭВМ при количестве работ не более 100 нецелесообразен, однако ручной просчет большого количества таких сетевых графиков по минимальному объему выходной информации, включая ранний и поздний сроки начала и окончания работы, продолжительность работы, полный и свободный резервы времени по работе, перечень работ критического пути и критической зоны, упорядоченный по срокам начала работ, сроки свершения важнейших и завершающего событий, а также комплекса операций, очень трудоемок.

4. Вероятностный метод оценки продолжительности работ по формулам, выведенным на основе закона  $\beta$ -распределения,

$$t_{ож} = \frac{3t_{мин} + 2t_{макс}}{5} \quad (1)$$

и

$$t_{ож} = \frac{t_{мин} + 4t_{н.в} + t_{макс}}{6} \quad (2)$$

в большинстве случаев не применим из-за большой дисперсии значений оценок продолжительности работ, вызванной новизной и сложностью последних. Приведем пример из конкретного сетевого графика. Сумма максимальных значений длительностей работ, ранний срок свершения завершающего события  $t_{р.макс} = 400$  дней; критический срок свершения завершающего события, подсчитанный по формуле (2),  $t_{кр} = 232$  дня. Относительная ошибка в определении срока свершения завершающего

события составит 72 процента. В настоящее время при планировании допускается погрешность 5-10 процентов, т.е. 1-2 дня при планируемом периоде месяц и 2-3 недели при планируемом периоде год. Таким образом, возможная относительная ошибка значительно превышает допустимую, а следовательно, пользоваться формулами (1) и (2) явно не имеет смысла.

Очевидно, что повышение степени сложности и новизны работ требует проведения всех необходимых расчетов на основе теории вероятности и методов статистического анализа. Но при этом нужно учитывать сложность таких расчетов и необходимость большого количества статистического материала.

5. Рекомендуемая методикой система рассчитана на предприятие с установившейся и четко функционирующей системой управления (упорядочена структура, строго определены права и обязанности подразделений, налажен контроль исполнения распоряжений и т.п.). Но, как правило, системы управления нашими институтами далеко не сбалансированы, поэтому внедрение СПУ требует известной перестройки системы управления предприятием.

6. Загруженность разработчика вспомогательными работами по СПУ (заполнением форм, сбором виз, передачей информации и т.п.) идет в ущерб его основной работе.

Внедрение СПУ на предприятии следует начинать с постепенного перехода от простейших мероприятий к формализации параметров сети и расчету их на ЭВМ. Вводимая система должна обеспечивать получение конкретных полезных результатов с самого начала своего внедрения.

Рассмотрим опыт внедрения системы СПУ на нашем предприятии.

Сетевой график вычерчивается в цвете на шкале времени. Каждому крупному подразделению присвоен свой цвет. Расшифровка более мелких подразделений дается номером в кружке (кружок на сетевом графике означает события, стрелка - работу). Например, работа цеха № 1 будет изображена красной стрелкой (цвет опытного завода) с цифрой 1 в кружке. Конкретное содержание работы пишется прямо на графике над стрелкой.

График вычерчивается на шкале времени, нанесенной на миллиметровую бумагу и, таким образом, по длине стрелки и ее положению на шкале можно судить о сроке начала и окончания работы, а следовательно, о ее длительности. При этом график не загромождается цифрами и надписями.

При вычерчивании сетевого графика на шкале времени «автоматически рассчитывается» ранний срок начала и окончания работы, так как событие, к которому ведут несколько путей, естественно, будет вычерчено в конце самого длинного из них, иначе стрелки графика будут ориентироваться навстречу течению времени на шкале. Так же автоматически получается поздний срок начала и окончания работ. Вычисления ранних и поздних сроков свершения событий нужны для последующего вычисления резервов времени событий и работ. При вычерчивании сетевого графика на шкале времени резервы времени событий и работ видны как проекция пунктиров логических связей (или фиктивных работ) на временной оси. В результате отпадает необходимость в расчете и специальном выделении критических путей, т.е. тех путей, которые содержат лишь перпендикулярные к оси времени пунктиры логических связей.

Таким образом, график, не переставая быть «сетью» со всеми ее преимуществами, приобретает дополнительные удобства привычных ленточных диаграмм (графиков Ганта). Можно, например, легко выделить все работы одного подразделения (или их трудоемкость) из многих десятков графиков за любой период.

При составлении сетевого графика продолжительность работ оценивается однозначно самим исполнителем с учетом желательного для руководителя темы срока. Накопление данных по длительности и трудоемкости работ в течение ряда лет даст возможность определить не только среднестатистические, но при необходимости и минимально допустимые длительности работ.

Фамилии всех соисполнителей выносятся на поля сетевого графика. Если ответственный за работу согласен с объемом и сроком выполнения, то он ставит свою подпись на графике, предлагая в некоторых случаях «разбить» работу, выделив соисполнителям отдельные части. В противном случае он выдвигает свои возражения и предложения. Последние

рассматриваются инженером службы СПУ совместно с заинтересованными лицами, в результате чего либо изменяется сетевой график, либо, если не удалось достигнуть согласия заинтересованных сторон, решение принимается на следующем уровне руководства.

На нашем предприятии бюро СПУ рассылает по подразделениям-исполнителям не копии утвержденных сетевых графиков, а выписки из них. Одна такая выписка работ подразделения из всех сетевых графиков является одновременно и расчетом его загрузки, т.е. несет в себе следующую информацию: формулировка работы; отдел-заказчик; тема, по которой работа финансируется; сроки начала и окончания работ; ориентировочная трудоемкость каждой работы; общая трудоемкость всех работ подразделения по видам работ в сравнении с имеющимся лимитом трудоемкости.

Упомянутая выше привязка сетевого графика к шкале времени позволяет нам использовать ЭВМ для расчета загрузки подразделений предприятия без предварительного расчета на машине многочисленных параметров сетевого графика. Расчет этой загрузки производится по специальной программе на ЭВМ «БЭСМ-4». Результаты расчета выдаются на широкую печать в буквенно-цифровом виде и представляют собой готовый документ. Этот документ является проектом плана работы подразделения на год вперед. В нем не хватает лишь финансовых показателей, которые легко получить перемножением трудоемкости на стоимость человеко-дня или нормо-часа.

Опыт показывает, что, несмотря на новизну и оригинальность большинства разработок, не менее 80 процентов работ являются типовыми по структуре и отличаются лишь трудоемкостью. На них разрабатываются своеобразные «сетевые модули», которые можно положить в основу сетевого графика, что значительно упростит процесс планирования, уменьшит количество ошибок и позволит накапливать необходимую статистику трудозатрат.

Статистические данные накапливаются на перфокартах с краевой перфорацией, что облегчает поиск аналогов разрабатываемых изделий для ориентировочной оценки трудоемкости работ сетевого графика.

Как бы тщательно не отработывался механизм сетевого планирования, он окажется практически бесполезным, если не будут разработаны и внедрены специальные методы управления комплексом этих графиков, в частности специальная процедура принятия решений по корректировке графиков. На нашем предприятии действует двухуровневая процедура принятия решения.

Инженер СПУ (нижний уровень) на своем участке, охватывающем примерно 10 тем, может и обязан принимать самостоятельные решения по оптимизации и корректировке графиков при соблюдении двух условий: сохранении конечных сроков основных этапов и всей разработки в целом и согласии всех заинтересованных лиц. И только в случае, когда вопрос не решен на уровне начальников подразделений, бюро СПУ обязано вынести его на еженедельное совещание у главного инженера (верхний уровень). Решение, принятое на этом совещании (протокол оформляется и доводится до сведения всех исполнителей не позднее чем за один день), контролируется так же, как все работы сетевого графика. Таким образом, служба СПУ осуществляет очень важную функцию устранения организационных неопределенностей, часто встречающихся при традиционном управлении из-за отсутствия достоверной и централизованной информации, причем немаловажно, что к руководству поступает не вся информация, а лишь необходимая на этом уровне. Так, например, в кабинетах директора и главного инженера предприятия находятся стенды, на которых вывешены по срокам формулировки этапов всех НИР и ОКР тематического плана. В зависимости от состояния работ бюро СПУ закрывает их светофильтрами: желтым - если работы выполнены полностью и в срок; красным - если намечается срыв; синим - если срыв был в прошлом и уже устранен.

Внедрение системы СПУ, при котором был использован положительный опыт родственных предприятий, позволило повысить уровень планирования НИР и ОКР, в частности дало возможность постоянно анализировать причины срыва сроков выполнения отдельных работ и разработать все необходимые мероприятия по их устранению.

# ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗРАБОТКИ МЕТОДЫ РАСЧЕТОВ

- 14 Автоматизация вычерчивания технологических масок с помощью ЭВМ В.М. Щемелинин, Г.Г. Казеннов, Б.В. Баталов, А.П. Котко, А.В. Лебедева
- 16 АСУТП избирательного фотомонтажа Л.С. Центер
- 19 Статическая и динамическая мощность быстродействующих схем ТТЛ В.М. Долкарт, Г.Х. Новик, И.И. Николаева, С.Ф. Редина
- 22 Повышение быстродействия ИС на МДП транзисторах А.В. Зеленцов, В.М. Гусаков
- 25 Депонирование

# 13

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫЧЕРЧИВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАСОК С ПОМОЩЬЮ ЭВМ

ТОЧЕК	X	Y
1	0,0	0,0
2	0,0	540,0
3	540,0	540,0
4	540,0	0,0
5	26,5	26,5
6	26,5	26,5
7	34	
8		
0		

*В.М.ЩЕМЕЛИНИН, Г.Г.КАЗЕННОВ, Б.В.БАТАЛОВ,  
А.П.КОТКО, А.В.ЛЕБЕДЕВА*

ПРЕДЛАГАЕМАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПОЗВОЛЯЕТ СОКРАТИТЬ СРОК РАЗРАБОТКИ ТОПОЛОГИИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СХЕМ ИЗ 100 КОМПОНЕНТОВ ДО 5-7 ДНЕЙ.

В процессе создания топологии ИПС, включающем в себя работы по размещению компонентов на кристалле, проведению внутрисхемных соединений и вычерчиванию комплекта технологических масок для изготовления фотооригиналов, наиболее трудоемким является последний этап.

Если первые два этапа в настоящее время успешно осуществляются разработчиками, то перенесение общего вида топологии ИПС на технологические маски несомненно требует автоматизации, тем более, что с ростом уровня интеграции компонентов общая трудоемкость работ значительно возрастает.

Топология схемы, состоящей из 100 компонентов, описывается координатами 10-20 тыс. точек, что при разложении вручную общего вида топологии на технологические маски неизбежно приводит к возникновению ошибок и к неоправданному удлинению разработки ИПС.

Поскольку описание топологии ИПС координатами всех его точек содержит большую избыточность информации, автоматизация перекодировки всех точек общего вида в коды вычерчивающего устройства нецелесообразна. Для транзистора, например, с геометрической точки зрения представляющего собой набор замкнутых контуров, потребовалось бы перекодировать ~200 координат. Поэтому в основу предлагаемой системы автоматизации положена идея каталогизации отдельных компонентов схемы, заключающаяся в том, что для описания каждого компонента разрабатывается программа, по которой по заданному минимальному набору геометрических размеров и форме контуров компонента вычисляются координаты его угловых точек в системе координат, соответствующей этому компоненту. Расположение компонента в общей топологии ИПС определяется координатами некоторой ее точки и углом поворота

по отношению к координатам, найденным из каталога. Использование каталога дает возможность, имея небольшой набор исходных параметров компонента, вычислять координаты всех угловых точек его структуры, что значительно сокращает объем исходной информации.

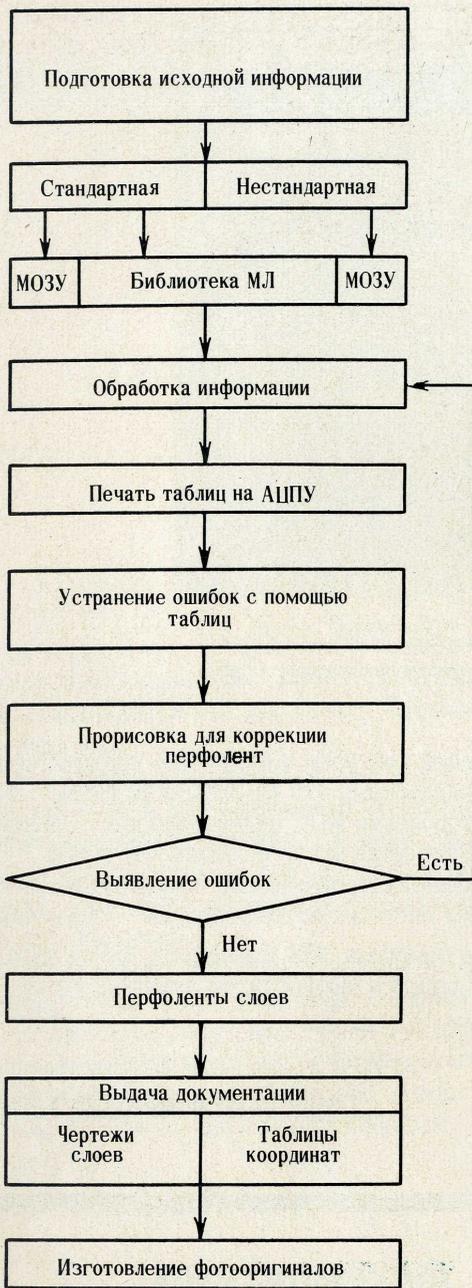
Программа предусматривает также режим обработки контуров, заданных всеми своими угловыми точками. Например, контуры, составляющие маску металлизации, не имеет смысла каталогизировать, так как они содержат небольшую избыточность информации.

Вместе с программой описания топологии компонентов в каталог записывается информация, относящаяся к технологии изготовления ИПС и определяющая соответствие контуров общего вида технологическим слоям.

Компоненты схемы, помещенные в каталог, будем называть стандартными структурами, а фигуры, задаваемые всеми угловыми точками, — нестандартными структурами.

На рис.1 показана блок-схема системы автоматизации вычерчивания фотооригиналов схемы. Система включает ЭВМ типа М-220, печатающее устройство АЦПУ, ленточный перфоратор (ЛП), перфоратор для набивки перфокарт, магнитную ленту (МЛ) с программой разложения общего вида топологии ИПС на технологические маски и каталогом подпрограмм, МЛ с программой транслятора типа ТА-1М, координатограф "Coradomat".

Программа разложения общего вида топологии ИПС на технологические маски состоит из четырех частей: каталога стандартных структур, управляющей программы, программы перекодировки координат точек в систему координат координатографа, программы выдачи конструкторской документации.



программе перекодировки координат в код координатографа.

В режиме обработки нестандартных структур выполняются четвертая и пятая операции.

Программа перекодировки записана на языке АЛГОЛ для системы кодов координатографа "Согадомат", все остальные программы составлены в системе команд ЭВМ типа ЭМ-20.

В системе может быть использован и отечественный координатограф М-703. Для схем, топология которых содержит только горизонтальные и вертикальные линии, может быть применен координатограф "Морена". Координатограф "Масштаб" дает возможность вычерчивать фигуры, контуры которых составляют с осями координат углы, кратные  $45^\circ$ . В настоящее время разработана модификация координатографа "Морена", позволяющего вычерчивать фигуры, состоящие из произвольных отрезков.

Результатом отработки программы по выдаче документации является получение перфолент отдельных слоев ИПС, составленных в кодах для координатографа, и таблиц координат точек по слоям в требуемом масштабе, распечатанных АЦПУ и оформленных в соответствии со стандартом на конструкторскую документацию. В первые два столбца таблицы помещаются координаты точек слоя, по которым изготавливаются чертежи общего вида на миллиметровке (в масштабе 300:1 по отношению к размерам прибора), в последние столбцы — координаты точек (в масштабе 1:1) для изготовления оригинала.

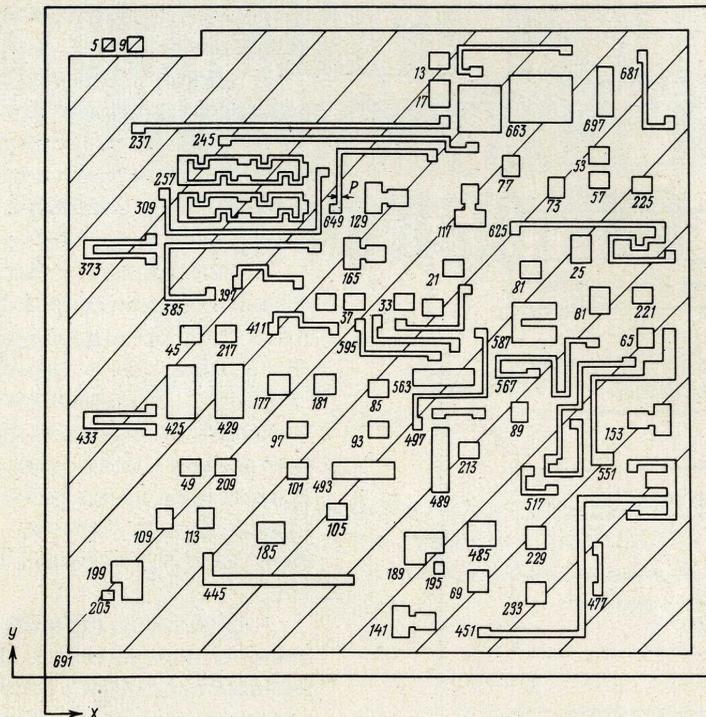
По перфолентам с помощью вычерчивающего устройства выполняются кальки отдельных слоев ИПС для изготовления фотооригиналов слоев в требуемом масштабе. На рис.2 приведен чертеж одного из слоев ИПС.

Машинное время обсчета ИПС в 100 компонентов составляет около 10 мин, перфорация занимает также 10 мин, распечатка таблиц координат точек — 1 ч 30 мин (печать одного бланка — 35 сек). Объем общей программы, не считая распечатки таблиц, — 2 тыс.команд. Все программы записаны на МЛ.

Работа по составлению технической документации начинается заполнением каталога подпрограммами, описывающими топологию стандартных структур, на том этапе проектирования ИПС, когда разработана только топология транзисторов. При этом схема, содержащая 50 транзисторов, может быть приведена к 5–8 стандартным структурам. Для последующих схем той же серии каталог пополняется 1–3 подпрограммами. Техник средней квалификации выполняет эту работу в течение 2–4 дней. После получения общего вида схемы программист решает вопрос о целесообразности каталогизации других структур ИПС, например, некоторых типов резисторов. Дополнительная каталогизация стандартных структур для ИПС в 100–150 компонентов требует 2–3 чел-дня. Под-

Каталог стандартных структур представляет собой набор записанных на МЛ подпрограмм, по которым вычисляются в безразмерных величинах координаты точек компонентов в их системе координат. Подпрограммы каталога записываются в определенные зоны МЛ. Информация к схеме содержит обычно и номера зон необходимых подпрограмм.

По управляющей программе осуществляется выбор информации об одном из компонентов схемы, обращение к соответствующей подпрограмме каталога, преобразование локальных координат в систему координат ИПС, выбор точек требуемых контуров структуры в соответствии с информацией о технологии изготовления ИПС, обращение к

**2**

готовка информации по нестандартным структурам занимает до 6 чел-дней. Чтобы избежать ошибок при подготовке информации, достаточно обычно производить одну промежуточную прорисовку общего вида топологии ИПС на координатографе. На выдачу конструкторской документации для ИПС в 100–150 компонентов требуется всего лишь 5–7 дней после получения общего вида топологии схемы.

Каталогизация структур позволяет автоматически исправлять некоторые ошибки топологии, связанные с нарушением симметрии, например,

смещение контуров в структуре транзистора. Анализ показывает, что 80–90% всех точек общего вида топологии ИПС целесообразно воспроизводить, применяя каталогизацию структур.

Дальнейшее повышение эффективности использования системы автоматизации проектирования ИПС с помощью ЭВМ может быть достигнуто стандартизацией и унификацией структур ИПС.

УДК 681.3.004:621.382.8.002.2:776

## АСУТП избирательного фотомонтажа

ПРЕДНАЗНАЧЕНА ДЛЯ МАССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ ИНТЕГРАЦИИ

Л.С.ЦЕНТЕР

Автоматическая система управления технологическим процессом избирательного фотомонтажа ЭМ-802 (рис. 1) состоит из зондовой установки ЭМ-624 1, измерителя 2, фотомонтажной установки ЭМ-516 3, управляющей ЭВМ типа УМ1-НХ 4 и устройства ввода-вывода информации 5 [1].

Зондовая установка предназначена для контроля параметров ИС на пластине.

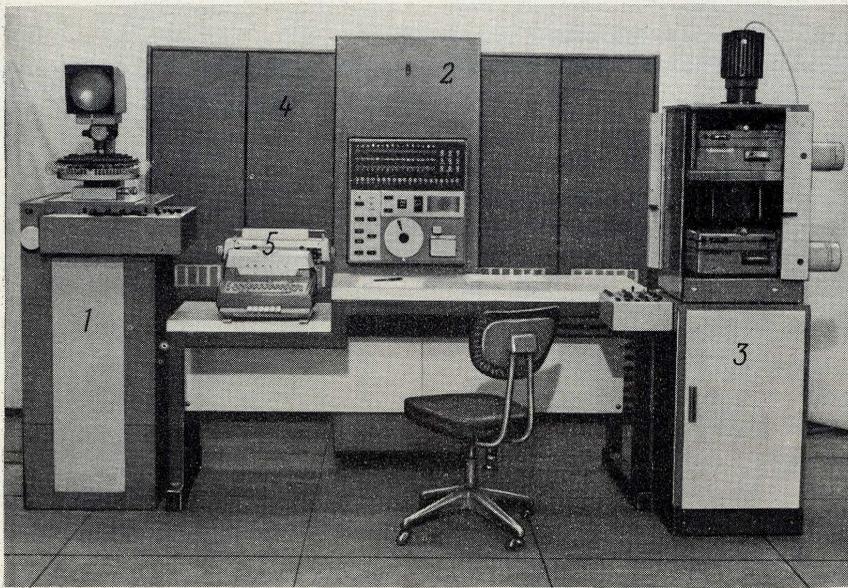
Измеритель определяет величины сигналов, поступающих с зондовой установки, и вырабатывает тесты.

Фотомонтажная установка осуществляет перемещение стеклянной пластины или кремниевой под-

ложки, покрытой фоторезистом, относительно кадрового окна, и библиотеки изображений, изготовленной в виде стеклянной пластины с нанесенным на нее набором рисунков межсоединений, также относительно кадрового окна.

Управляющая ЭВМ выполняет как раздельное управление зондовым контролем и экспонированием рисунков соединений ИС, так и одновременное управление (в режиме реального времени).

При раздельном управлении результаты разбраковки, т.е. информация о расположении на кремниевой пластине годных и дефектных ИС, фиксиру-

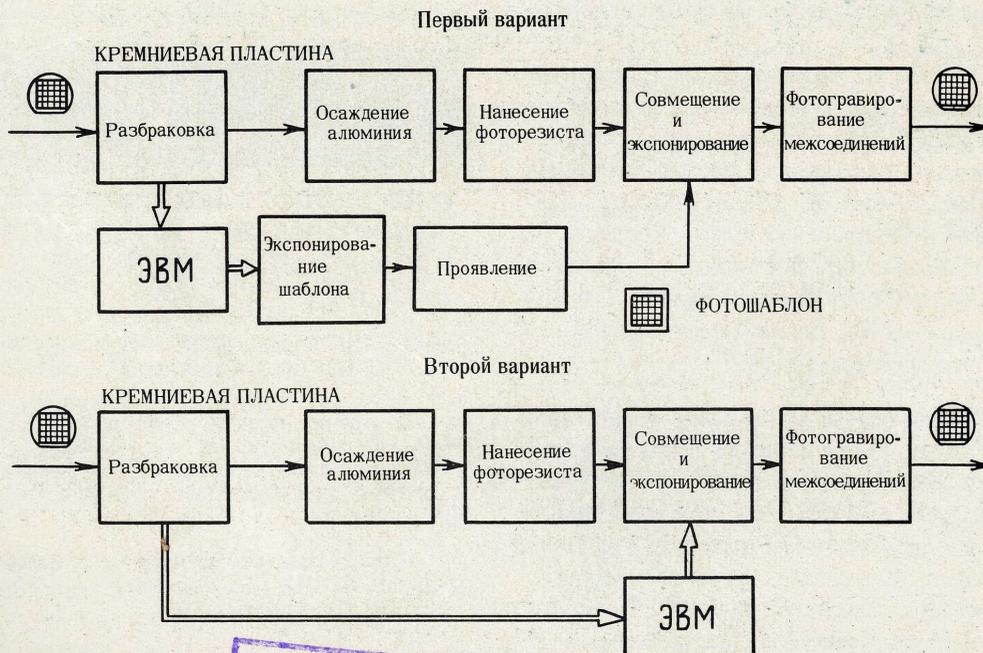


ются на перфоленте, которая вводится в устройство считывания команд для вызова требуемых рисунков соединений в кадровое окно фотомонтажной установки.

Таким образом, система ЭМ-802 осуществляет разбраковку ИС и экспонирование соединений в соответствии с алгоритмом. На вход управляющей ЭВМ поступают данные о частных результатах, на выходе получают фотошаблон с частными рисунками соединений.

Система может быть использована (рис.2) как для избирательного фотомонтажа соединений на фотошаблоне с последующим переносом изображений на кремниевую пластину (первый вариант), так и для избирательного фотомонтажа соединений непосредственно на кремниевой пластине (второй вариант) [ 2 ].

**Первый вариант.** Кремниевые пластины с БИС (нанесен первый слой соединений) подвергаются разбраковке. Информация о годности каждой схемы с одновременной регистрацией ее расположения на пластине (адрес) фиксируется с помощью ЭВМ на перфоленте (режим разделения времени) или направляется в оперативную память ЭВМ (режим реального времени) и используется для определения последовательности экспонирования фотошаблонов. В этом случае каждой годной ИС соответствует определенный рисунок соединений, который и экспонируется на фотошаблон, в дальнейшем подлежащий проявлению. Операция проявления заканчивается изготовлением фотошаблона однократного применения. Одновременно на пластину наносят второй слой соединений из алюминия (причем металлическая пленка покрывает первый



слой) и фоторезист. Затем пластина и фотошаблон поступают на совмещение и экспонирование, после чего на пластине гравировается второй слой соединений.

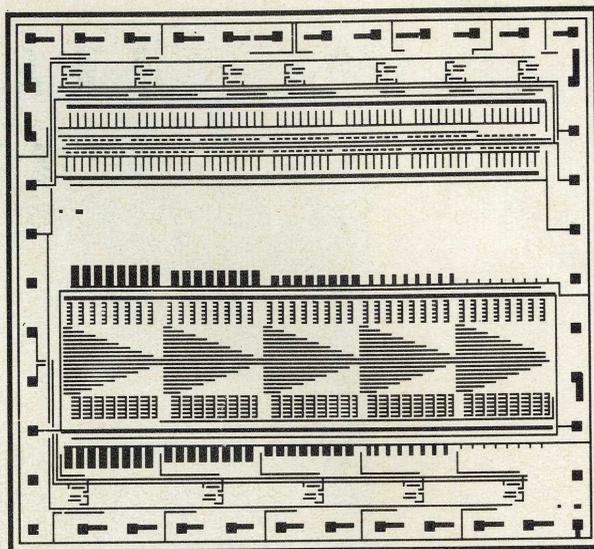
**Второй вариант.** Информация о годности схем используется для экспонирования непосредственно на кремниевую пластину рисунков второго слоя соединений, ориентированных относительно предыдущих рисунков. В этом случае отпадает необходимость в использовании и обработке фотошаблона однократного применения. Поскольку экспонирование следует за разбраковкой, фотомонтаж на кремниевую пластину выполняется только в режиме разделения времени. Информация о годности ИС, на которых имеются отметки об их расположении на пластине, фиксируется на перфоленте.

Во многих методах избирательного фотомонтажа применяются следующие технологические приемы: изготовление непрозрачного фотошаблона с прозрачными областями, которые соответствуют соединениям, ведущим к дефектным ИС, и обнаружение разрывов соединений [3]; нанесение межсоединений в два этапа: присоединение годных ИС к фиксированным контактным площадкам, а затем соединение схем между собой, а также с внешними контактными площадками для получения БИС [4]; определение с помощью разбраковки годных приборов на пластине [5, 6].

Однако при очень большом числе вариантов межсоединений, когда все рисунки межсоединений трудно или нецелесообразно подготавливать заранее [7], управляющая ЭВМ типа УМ1-НХ имеет ограниченные возможности для реализации сложных алгоритмов избирательного фотомонтажа. В этом случае систему ЭМ-802 следует дополнить универсальной ЭВМ, выполняющей трассировку межсоединений из более простых составных частей (прямоугольников или унифицированных фигур) и передающей результаты на фотомонтажную установку.

Система ЭМ-802 выдержала опытную эксплуатацию. Осуществлялись разбраковка и фотомонтаж фиксированных изображений по весьма сложным программам (выполнение сотен тестовых комбинаций, подаваемых на 40 контактных площадок, и получение нескольких тысяч координат в одном микроизображении). Фотомонтаж являлся заключительным технологическим этапом машинного проектирования ИС, реализующего сложные графические массивы (рис.3).

Несмотря на некоторое усложнение технологии изготовления ИС и потери площади кремниевой пластины на создание первого слоя межсоединений, применение системы ЭМ-802 для массового производства ИС экономически выгодно. Технологическая система ЭМ-802 адаптируется к случайным вариациям качества отдельных ИС. Технологический процесс становится менее зависимым от



**3**

случайностей, в значительной степени детерминированным [7], и следовательно, более управляемым и стабильным.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вальков В.М. и др. Авт. свид. № 27652, "Бюль изобр.", 1970, № 23.
2. Центер Л.С., Кайбанов С.Г. Авт. свид. № 287204, "Бюль изобр.", 1970, № 35.
3. Новый метод изготовления крупномасштабных ИС. "Новости зарубежной электронной техники", 1967, № 11.
4. Новый подход к изготовлению больших интегральных систем. "Электроника", (русс. перевод), 1969, № 21, стр. 35.
5. Патент США № 3.423.822, кл.29-574.
6. К вопросу об избирательных межсоединениях. "Электроника", (русс.перевод), 1970, № 25, стр.48-49.
7. В е р ш и н В.Е. Некоторые тенденции развития систем управления предприятиями электронной промышленности. "Электронная промышленность", 1970, № 1, стр.16-18.

УДК 658.51.011.56:621.382.82.002.5

## ДЕПОНИРОВАННО

### О ПОДГОНКЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ ПЛЕНОЧНЫХ РЕЗИСТОРОВ

ДЭ-433, 14 стр., 3 рис., 2 библ.

В.М.ГЛАЗОВ, С.П.ВЕРЗУНОВ, В.А.КОБЕЦКИЙ,  
В.Ф.ТАРАНЕНКО, Г.А.ФРАНК, В.Ф.ШУМЕЙКО

Излагаются вопросы повышения точности подгонки прецизионных пленочных резисторов. Приводятся рекомендации по расчету и проектированию подгоночных элементов пленочных резисторов с учетом разрешающей способности используемого оборудования.

С материалами можно ознакомиться в Сгделе фондов ЦНИИ «Электроника» (Москва, 117415, проспект Вернадского, 39).

УДК 621.316.8-416-187.4

# Статическая и динамическая мощность быстродействующих схем ТТЛ

В.М.ДОЛЖАРТ, Г.Х.НОВИК,  
И.И.НИКОЛАЕВА, С.Ф.РЕДИНА

Одним из важнейших параметров интегральных логических схем, в частности схем транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ), является величина потребляемой мощности как в статическом, так и в динамическом режимах работы.

Статическая мощность представляет собой произведение тока, потребляемого схемой в состоянии логического нуля ("0") или единицы ("1"), или среднего тока на номинальное напряжение питания. Динамическая мощность складывается из статической и дополнительной мощности, потребляемой схемой при переключении. Статическая мощность обычно указывается в справочных материалах для ненагруженной интегральной схемы при рекомендованных питающих и входных напряжениях и температуре. Для динамического режима работы указывается зависимость средней динамической мощности при температуре 20°C и рекомендованных питающих напряжениях от частоты переключения при скважности 0,5.

Мощность потребления быстродействующей схемы ТТЛ зависит от изменения параметров компонентов схемы, температуры, падения напряжения на  $p-n$  переходах, рабочей частоты и величины нагрузки на выходе. Каждый из этих факторов может быть проанализирован в отдельности.

Рассмотрим потребление мощности клапаном ТТЛ в статическом режиме в состоянии "0" и "1" при номинальных значениях напряжения питания и номинальных величинах компонентов при температуре 20°C.

На рис.1, а представлены принципиальная схема клапана и распределение токов для состояния "0". Суммарный ток, потребляемый схемой в этом случае,

$$I_{\text{пит}0} = I_1 + I_2 + I_3,$$

где  $I_3$  — ток утечки, равный нескольким микроамперам, в расчет не принимается.

Тогда

$$I_{\text{пит}0} = I_1 + I_2 = \frac{E_{\text{пит}} - 2U_{\text{бэ}} - U_{\text{бк}}}{R_1} +$$

$$+ \frac{E_{\text{пит}} - (U_{\text{кэ}} + U_{\text{бэ}})}{R_2} = 0,65 + 2,5 = 3,15 \text{ ма},$$

где  $E_{\text{пит}}$  — стандартное напряжение питания, равное 5 в;

$U_{\text{бэ}}$  — падение напряжения на переходе база-эмиттер транзисторов  $T_2$  и  $T_4$ ;

$U_{\text{бк}}$  — падение напряжения на переходе база-коллектор транзистора  $T_1$  (при  $T = 20^\circ\text{C}$ ,  $U_{\text{бэ}} = U_{\text{бк}} = 0,8 \text{ в}$ ,  $U_{\text{кэ}} = 0,2 \text{ в}$ ).

Отсюда мощность, потребляемая схемой в состоянии "0",

$$P_0 = I_{\text{пит}0} E_{\text{пит}} = 15,75 \text{ мвт}.$$

В состоянии "1" (рис.1, б) суммарный ток, потребляемый схемой,

$$I_{\text{пит}1} = I_1 + I_2 + I_3,$$

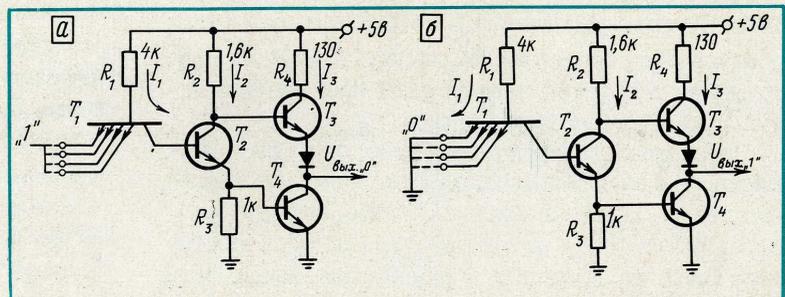
где  $I_2 + I_3$  — суммарный ток утечки транзистора  $T_4$ , равный нескольким микроамперам, в расчет также не принимается.

$$I_{\text{пит}1} = I_1 = \frac{E_{\text{пит}} - U_{\text{бэ}}}{R_1} = 1,05 \text{ ма}, \text{ а пот-}$$

ребляемая мощность  $P_1 = I_{\text{пит}1} E_{\text{пит}} = 5,25 \text{ мвт}$ ,

$$P_{\text{ср}} = \frac{P_0 + P_1}{2} = 10,5 \text{ мвт}.$$

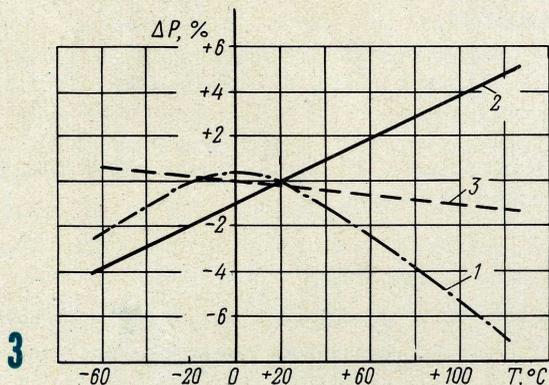
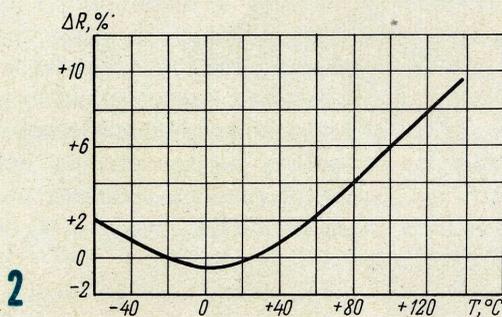
1



Сравнение расчетных данных с экспериментальными показывает, что полученное экспериментальное соотношение величин токов потребления для состояния "0" и "1", равное примерно 3,3:1, вполне удовлетворительно совпадает с результатами расчета (3:1).

С изменением температуры окружающей среды существенно меняются параметры компонентов схемы, что приводит к распределению токов, а следовательно, и потребляемой мощности.

На рис.2 показано относительное изменение номиналов сопротивлений, полученное в результате температурных испытаний клапанов ТТЛ. На рис.3 (кривая 1) приведена расчетная зависимость процентного изменения мощности от величины сопротивлений в диапазоне температур от  $-60$  до  $+120^\circ\text{C}$ .



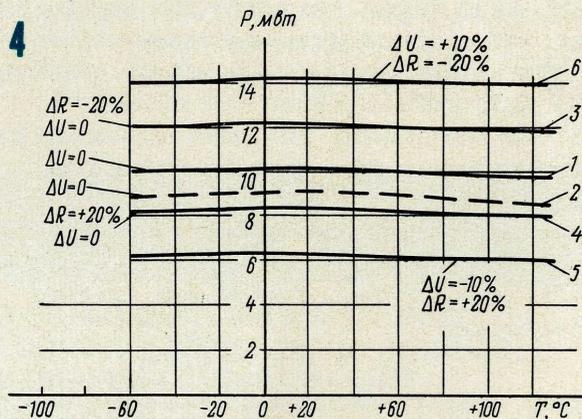
Существенное влияние на величину потребляемой мощности оказывает падение напряжения на  $p-n$  переходах, меняющееся с температурой. Экспериментальная зависимость  $U_{бэ}$  от температуры, снятая в диапазоне от  $-60$  до  $+120^\circ\text{C}$  для транзисторов  $T_1, T_2, T_3$  при постоянном токе базы  $1\text{ ма}$  и для транзистора  $T_4$  — при токе  $3\text{ ма}$ , показывает, что с увеличением температуры  $U_{бэ}$  уменьшается по линейному закону. Кривая 2 представляет расчетную зависимость процентного изменения мощности от величины  $U_{бэ}$ .

Экспериментально установлено, что для транзисторов малой мощности при двойном перевозбуждении (заданный коллекторный ток  $5\text{ ма}$ ) зависимость  $U_{кэ}$  от температуры носит линейный характер. Кривая 3 — расчетная зависимость

процентного изменения мощности от величины  $U_{кэ}$ .

Проводя алгебраическое суммирование величин изменений мощности по отдельным параметрам ( $R, U_{кэ}, U_{бэ}$ ) для определенных температур, можно получить результирующие изменения потребляемой мощности (рис.4, кривая 1). Из сравнения данной кривой с экспериментальной (кривая 2), полученной на основании измерений тех же параметров клапанов ТТЛ различных технологических партий, видно, что расчетные данные вполне удовлетворительно совпадают с экспериментальными. Аналогично кривой 1 были получены кривые 3 и 4, показывающие зависимость процентного изменения мощности при возможных в технологическом процессе отклонениях величин сопротивлений на  $\pm 20\%$ .

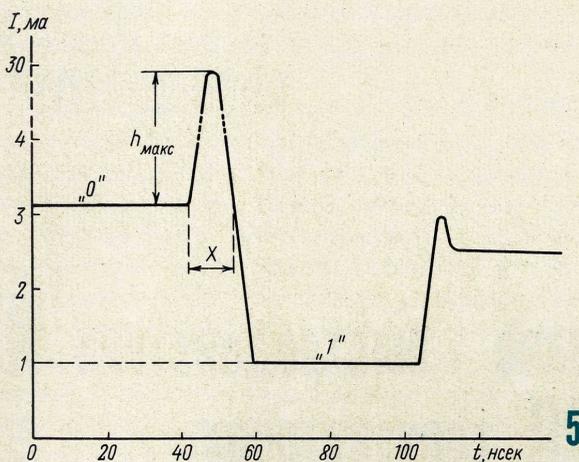
К числу параметров, вызывающих изменение статической мощности, относится также величина питающего напряжения, равная для схем ТТЛ  $+5\text{ в}$  при допустимом отклонении  $\pm 10\%$ . Так как мощность для линейных цепей изменяется пропорционально квадрату напряжения, то увеличение напряжения питания на  $10\%$  повлечет за собой увеличение потребляемой мощности на  $21\%$ . Кривые 5 и 6 на рис.4 — расчетные зависимости потребляемой мощности от температуры при  $E_{пит} = E_{ном} \pm 10\%$  и величинах сопротивлений, отличающихся от номинального значения на  $\pm 20\%$ . Сравнительный анализ кривых показывает, что схема потребляет наибольшую мощность при температуре  $20^\circ\text{C}$  и отклонении величин сопротивлений от номинальных на  $-20\%$ . Это возможное возрастание статической мощности обязательно должно учитываться при проектировании.



Поскольку в реальных условиях логические интегральные схемы работают главным образом в динамическом режиме, особое внимание следует обратить на динамическую мощность, резко увеличивающую потребление. Основными влияющими факторами в этом случае являются рабочая частота и нагрузка на выходе схемы. Увеличение динамической мощности с частотой осо-

бенно характерно для схем ТТЛ и объясняется следующим. Все интегральные схемы ТТЛ имеют в выходном каскаде два последовательно соединенных транзистора и небольшое ограничивающее сопротивление. В процессе переключения оба транзистора могут одновременно находиться во включенном состоянии вследствие различия параметров переключения.

При одновременном включении транзисторов образуется цепь с малым сопротивлением, в результате чего наблюдается всплеск тока потребления (рис.5), наибольший при переключении из состояния "0" в состояние "1", так как при этом выключается транзистор  $T_4$  и происходит разряд базовой емкости через сопротивление  $R_3$ , а время, за которое накопленные неосновные носители удаляются из базы транзистора  $T_4$ , превышает время включения транзистора  $T_3$ . При переходе из



состояния "1" в состояние "0" транзистор  $T_3$ , через который протекал небольшой ток, может быстро выключиться, поэтому величина тока значительно меньше, чем в предыдущем случае. За счет возникновения выбросов тока увеличивается общая мощность потребления. Величину возрастания мощности можно определить путем интегрирования выбросов тока по времени переходных процессов. С увеличением частоты за счет относительного увеличения доли времени переходных процессов мощность потребления также возрастает. О степени ее возрастания можно судить, сравнивая величины дополнительной мощности потребления на частотах 5 и 20 МГц при минимальной внешней нагрузке ( $n = 1, C = 5$  пф).

Кривая тока, полученная экспериментально для клапанов ТТЛ с диодной изоляцией, показывает, что максимальные всплески тока при переходе клапана из состояния "0" в состояние "1" достигают амплитуды  $h = 15 \div 30$  ма (относительно токов потребления в стационарном режиме) при ширине  $x = 20 \div 30$  нсек.

Если принять форму всплеска за треугольник, то его площадь  $S = \frac{1}{2} h x$ .

Тогда

$$\Delta I = S f = \frac{1}{2} h x f,$$

где  $\Delta I$  — приращение среднего тока за счет выбросов тока;

$f$  — рабочая частота.

Дополнительная мощность потребления

$$\Delta P = \Delta I E_{\text{пит}} = \frac{h x}{2} f E_{\text{пит}},$$

или

$$\Delta P_{\text{макс}} = 11,3 \text{ мвт (при } h = 30 \text{ ма, } x = 30 \text{ нсек, } f = 5 \text{ МГц);}$$

$$\Delta P_{\text{мин}} = 3,8 \text{ мвт (при } h = 15 \text{ ма, } x = 20 \text{ нсек, } f = 5 \text{ МГц);}$$

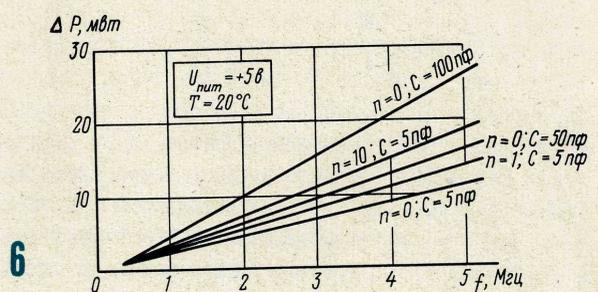
$$\Delta P_{\text{ср}} = 7,5 \text{ мвт.}$$

Аналогичный расчет, проведенный для  $f = 20$  МГц, показывает, что в данном случае ожидаемые значения будут:  $\Delta P_{\text{макс}} = 44,6$  мвт;  $\Delta P_{\text{мин}} = 15,2$  мвт;  $\Delta P_{\text{ср}} = 30$  мвт. Иными словами, степень возрастания динамической мощности с частотой для схем с минимальным потреблением составляет  $0,8$  мвт/МГц, со средним потреблением —  $1,5$  мвт/МГц, с максимальным потреблением —  $2,2$  мвт/МГц.

Экспериментальная зависимость средней мощности потребления от частоты, снятая в диапазоне частот  $1-5$  МГц, показывает, что относительное увеличение потребляемой мощности при условии  $n = 1, C = 5$  пф составляет  $2,7$  мвт/МГц.

Другим влияющим параметром является нагрузка на выходе. При наличии резистивной нагрузки увеличивается статическая мощность. С увеличением нагрузки возрастает время выключения схемы за счет большого вытекающего тока, что вызывает увеличение времени переходного процесса и потребляемой мощности.

Из сравнения экспериментальных характеристик для ненагруженного и нагруженного клапанов (рис.6) видно, что под нагрузкой клапан потребляет мощность примерно на 30% большую. Так, при частоте 5 МГц для ненагруженного клапана ( $n = 0$ ) величина дополнительной мощности  $\Delta P_{\text{ср } n=0}$  составляет 12 мвт, а для клапана, имеющего нагрузку ( $n = 10$ ),  $\Delta P_{\text{ср } n=10} = 18$  мвт.



Еще большее увеличение мощности потребления наблюдается при увеличении емкостной нагрузки, так как для перезаряда емкости на выходе схемы требуется дополнительный ток.

На рис.6 приведены экспериментальные зависимости величины дополнительной мощности потребления от частоты при определенной емкостной нагрузке. Сравнение характеристик показывает, что с возрастанием емкостной нагрузки дополнительная мощность значительно увеличивается.

С учетом всех наихудших условий и максимальной внешней нагрузки ( $n = 10$ ,  $C = 100 \text{ нф}$ ) величина дополнительной мощности, измеренная экспериментально для клапанов ТТЛ с диодной изоляцией на частоте  $f = 5 \text{ МГц}$  и номинальном напряжении питания, будет

$$\begin{aligned} \Delta P &= \Delta P_{\text{ср}f} + \Delta P_{\text{ср}n=10} + \Delta P_{\text{ср}c=100} = \\ &= 12 + 6 + 14 = 32 \text{ мвт}, \end{aligned}$$

а динамическая мощность

$$P_{\text{ср}} = P_{\text{ср}стат} + \Delta P = 10,5 + 32 = 42,5 \text{ мвт},$$

что превышает величину динамической мощности, рассчитанной для ненагруженной схемы при  $f \leq 1 \text{ МГц}$ , более чем в четыре раза.

Итак, проведенные исследования показали, что одной из особенностей быстродействующих схем ТТЛ является возрастание потребляемой мощности с увеличением рабочей частоты и нагрузки на выходе. Значительное возрастание мощности наблюдается в случае, если величина нагрузки превышает  $50 \text{ нф}$ . Статическая мощность потребления в диапазоне температур от  $-60$  до  $+120^\circ\text{C}$  достигает максимального значения при температуре  $+20^\circ\text{C}$  и отклонении номинальной величины сопротивлений от проектируемой на  $20\%$  в сторону уменьшения. При выборе параметров и режимов работы схем ТТЛ максимальная мощность рассеивания не должна превышать величины предельно допустимой мощности рассеивания на корпус интегральной схемы ( $100 \text{ мвт}$ ).

УДК 621.382.82:681.325.65

## Повышение быстродействия ИС на МДП транзисторах

А.В.ЗЕЛЕНЦОВ, В.М.ГУСАКОВ

Выпускаемые в настоящее время ИС на МДП транзисторах превосходят ИС на биполярных транзисторах по таким параметрам, как уровень интеграции, удельная потребляемая мощность и др., но существенно уступают им по быстродействию.

Теоретические расчеты показали, что предельное быстродействие МДП ИС может быть выше, чем у биполярных [1]. Это объясняется тем, что время пролета носителей тока через базу биполярного  $n-p-n$  транзистора определяется коэффициентом диффузии и равно

$$t_{\text{БТ}} = \frac{W^2}{2,4 D} = \frac{W^2}{2,4 (kT/q)\mu}, \quad (1)$$

где  $W$  — толщина базы;  
 $D = \mu kT/q$  — коэффициент диффузии неосновных носителей;  
 $\mu$  — объемная подвижность неосновных носителей в области базы;

$k$  — постоянная Больцмана;  
 $T$  — абсолютная температура;  
 $q$  — заряд электрона.

При  $W = 1 \text{ мкм}$ ,  $\mu \leq 600 \text{ см}^2/\text{в} \cdot \text{сек}$  и удельном сопротивлении области базы  $1 \text{ ом} \cdot \text{см}$  получим  $t_{\text{БТ}} = 0,28 \text{ нсек}$ .

Время пролета носителей через канал МДП транзистора обусловлено скоростью дрейфа неосновных носителей, которая зависит от величины приложенного вдоль канала напряжения, и равно

$$t_{\text{МДП}} = \frac{4}{3} \frac{L_k^2}{\bar{\mu} U}, \quad (2)$$

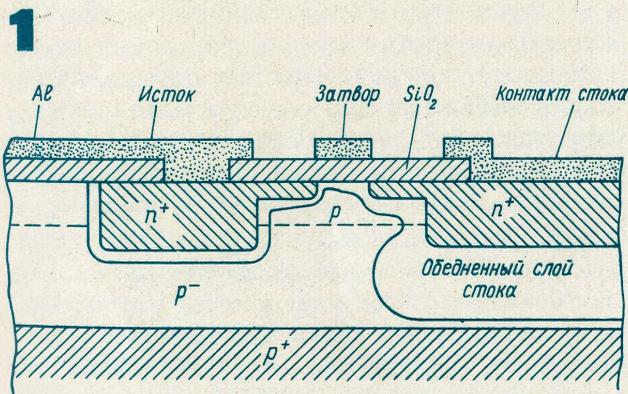
где  $L_k$  — длина канала;  
 $\bar{\mu}$  — эффективная подвижность неосновных носителей на границе кремний-окисел;  
 $U$  — приложенное вдоль канала напряжение.

При  $L_K = 5 \text{ мкм}$ ,  $U = 10 \text{ в}$ ,  $\mu = 250 \text{ см}^2/\text{в} \cdot \text{сек}$  получим  $t_{\text{МДП}} = 0,133 \text{ нсек}$ .

Однако в реальных МДП ИС ограничение по быстродействию обусловлено наличием RC цепей, состоящих из сопротивления канала транзистора  $R$  и паразитных емкостей. Величина  $R$  в первую очередь определяется длиной канала  $L_K$  и связана с величиной порогового напряжения  $U_0$ . При уменьшении величины  $U_0$  снижается сопротивление канала, а при создании МДП транзисторов с короткими каналами сокращается время пролета носителей между истоком и стоком, вследствие чего повышается быстродействие МДП ИС.

Паразитные емкости, которые ограничивают предельное быстродействие МДП ИС, обусловлены главным образом перекрытием металлизации затвора диффузионных областей истока и стока. Следует отметить, что эффективная величина емкости затвор-сток (емкость обратной связи) в момент переключения возрастает пропорционально коэффициенту передачи каскада за счет эффекта Миллера.

Диффузионная технология изготовления МДП транзисторов с пороговым напряжением  $U_0 = 3-5 \text{ в}$ , минимальной длиной канала  $4-5 \text{ мкм}$ , шириной областей стока и истока  $20 \text{ мкм}$ , перекрытием затвор-сток до  $5 \text{ мкм}$  дает возможность получить максимальную частоту переключения до  $5 \text{ МГц}$ . Поэтому основные работы в области повышения быстродействия МДП ИС без увеличения потребляемой мощности направлены в первую очередь на снижение паразитных емкостей МДП структур, а также на уменьшение длины канала и величины порогового напряжения. Последнее позволяет снизить напряжение питания схемы и тем самым уменьшить потребляемую мощность, а также облегчает задачу создания МДП ИС, совместимых с ТТЛ схемами на биполярных транзисторах.



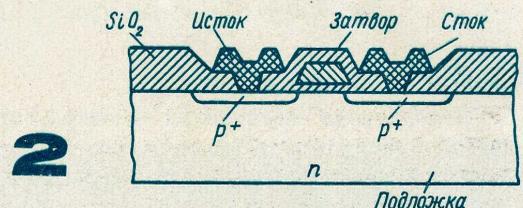
Использование технологии ионного легирования для изготовления МДП ИС приводит к значительному уменьшению величин паразитных емкостей. Благодаря самосовмещению перекрытие затвором областей стока и истока снижается настолько, что величина емкости отрицательной обратной

связи становится на порядок меньше, чем в диффузионных МДП ИС, и составляет  $0,04 \text{ пф}$  [2]. Возможность введения в кремний легирующих примесей в широком диапазоне концентраций и с более точной дозировкой, чем в процессе диффузии (особенно при концентрации примеси, равной  $10^{16} \text{ см}^{-3}$ ), позволяет регулировать величину порогового напряжения в пределах от  $-2$  до  $+4 \text{ в}$ , получать оптимальную с точки зрения быстродействия и потребляемой мощности величину сопротивления канала, а также создавать на одном кристалле МДП транзисторы со встроенным и индуцированным каналами. Применяя МДП транзистор со встроенным каналом в качестве нагрузочного сопротивления, можно повысить быстродействие инвертора в несколько раз.

В процессе ионного легирования появляется возможность существенно уменьшить размеры областей истока и стока МДП транзистора, в результате чего снижаются величины емкостей исток-подложка и сток-подложка.

В случае применения высокоомной подложки емкость сток-подложка  $C_{\text{ст-п}}$  уменьшается на порядок и более. Одна из конструкций прибора показана на рис.1, где верхний слой  $p$ -типа получен с помощью ионного легирования. Основная часть  $p$ - $n$  перехода стока расположена в малоемкостной области  $p$ -типа.

Предельно достижимая частота МДП ИС, изготовленных методом ионного легирования, соответствует  $100 \text{ МГц}$  (за рубежом в настоящее время реализованы схемы с быстродействием до  $25 \text{ МГц}$ ) [3, 4].



Технология изготовления МДП ИС с кремниевым затвором [5-6] позволяет снизить величину порогового напряжения до  $0,4 \text{ в}$ , что обусловлено меньшей работой выхода поликристаллического кремния по сравнению с алюминием (применяемым в качестве материала затвора в обычных МДП транзисторах), а также уменьшением величины заряда поверхностных состояний по сравнению как с диффузионной технологией, так и с технологией ионного легирования. В отличие от обычных МДП структур в транзисторах с кремниевым затвором, аналогично как и в МДП ИС, полученных ионным легированием, за счет самосовмещения электрода затвора и диффузионных областей истока и стока (затвор из поликристаллического кремния служит маской), перекрытие не превышает  $1 \text{ мкм}$ , в результате чего уменьшаются ве-

личины емкостей  $C_{з-и}$  и  $C_{з-ст}$ . Нет необходимости в пространственном разделении выводов стока и затвора, поскольку затвор изолирован пленкой окисла (рис.2). Это приводит к снижению величин  $C_{ст-п}$  и  $C_{и-п}$ , причем емкость обратной связи  $C_{з-ст}$  на порядок снижается, а емкость  $C_{ст-п}$  в два-три раза уменьшается по сравнению с диффузионной технологией.

К важному достоинству описываемой технологии следует отнести возможность изготовления на одном кристалле биполярных и МДП транзисторов, так как приборы с кремниевыми затворами, защищающими расположенный под ними окисел, выдерживают практически любые температуры, характерные для диффузионных процессов создания биполярных транзисторов без ухудшения характеристик.

Быстродействие МДП ИС с кремниевым затвором может достигать 50–60 МГц (в США фирмой Intel реализована схема регистра сдвига с быстродействием до 10 МГц), что несколько ниже, чем при использовании ионного легирования. Однако по технологическим соображениям предпочтение следует отдать ИС на МДП структурах с кремниевым затвором.

*"Латеральная" технология* – метод, при помощи которого, по всей вероятности, в настоящее время можно максимально увеличить быстродействие МДП ИС.

Основное достоинство МДП ИС на таких диэлектрических подложках, как сапфир, шпинель, поликристаллический кремний, заключается в том, что высокая степень изоляции элементов, созданных в эпитаксиальной пленке кремния, обеспечивается диэлектрическими свойствами подложки (рис.3). Благодаря этому взаимодействие между элементами практически отсутствует и величины емкостей областей стока  $C_{ст-п}$  и истока  $C_{и-п}$  уменьшаются более чем на два порядка. В результате МДП ИС на сапфировых подложках по быстродействию приближаются к биполярным ИС. Значительной трудностью данной технологии является выращивание пленки монокристаллического кремния на изолирующей подложке.

В США изготовлены МДП ИС, время переключения которых составляет доли наносекунд. Наибо-

лее быстродействующая схема – схема регистра сдвига на 50 бит с тактовой частотой 90 МГц [7]. Специалисты фирмы RCA предполагают получить в ближайшее время МДП ИС с тактовой частотой 250 МГц. Следует ожидать, что совместное использование латеральной технологии и ионного легирования или кремниевого затвора позволит довести быстродействие ИС до 10 ГГц.

Так называемая  $K^2$  – технология [8] позволяет совмещать на одном кристалле взаимодополняющие МДП и взаимодополняющие биполярные транзисторы. Изготовленные по  $K^2$  – технологии МДП ИС имеют в 10–25 раз большее быстродействие, чем ИС на взаимодополняющих МДП транзисторах. Эти схемы могут работать с ТТЛ схемами на биполярных транзисторах без дополнительных схем сопряжения.

Процесс изготовления МДП транзисторов методом двойной диффузии (Д/МДП транзисторы) [9–13] позволяет создавать приборы, работающие как в режиме обогащения, так и обеднения канала. По частотным свойствам Д/МДП ИС в несколько раз превосходят обычные МДП ИС. В Д/МДП структурах (рис.4) длина канала определяется разностью глубин диффузии двух примесей –  $p$  и  $n^+$ -типа в высокоомный материал  $p$ -типа (для  $n$ -канального транзистора). Эта разность может задаваться с высокой точностью. Поскольку длина канала очень мала, носители от истока к стоку движутся со скоростью дрейфа, ограничиваемой только рассеянием в кремнии. Подобрать время диффузии, можно получить малую величину  $L_K$  и обеспечить высокое быстродействие Д/МДП структур. Применяемый при создании затвора метод самосовмещения дает возможность существенно уменьшить величину паразитных емкостей обратной связи и емкостей стока и истока по сравнению с обычными МДП ИС, что также позволяет повысить быстродействие Д/МДП структур. К достоинствам таких ИС следует отнести их совместимость с ТТЛ схемами.

Широкое применение Д/МДП структуры найдут в СВЧ схемах. Специалисты фирмы Signetics разработали лабораторные образцы СВЧ транзисторов с максимальной частотой переключения 10 ГГц [13].

поверхностного заряда и особенно световые волны. В последнем случае предельное быстродействие систем будет ограничено скоростью поглощения квантов света в полупроводнике, что составляет приблизительно  $10^{-12}$  сек.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Болеки и др. Быстродействующие МОП-структуры на сапфировых подложках. "Электроника" (русс. перевод), 1970, т.43, № 15, стр.7-12.
2. Шеннон и др. Улучшение высокочастотных характеристик МОП-транзисторов, изготовленных методом ионного легирования. "Электроника" (русс. перевод), 1969, т.42, № 3, стр.30-34.
3. Бринтон, Каррен. МОП-структуры, изготовленные с помощью ионного легирования. "Электроника" (русс. перевод), 1970, т.43, № 11, стр.41-44.
4. Ion implantation gives MOS ROT bipolar speed. "Electronics", 1970, v.43, N 25, p.33-34.
5. Бридуэлл. Три способа создания МОП-схем с низкими пороговыми напряжениями. "Электроника" (русс. перевод), 1970, т.43, № 8, стр.25-30.
6. Фагген, Клайн. "Solid-State Electronics", 1970, v.13, N 8, p.1125-1144.
7. Перспективы разработки и выпуска кремниевых ИС на сапфировых подложках. "Электроника" (русс. перевод), 1970, т.43, № 12, стр.9-16.
8. Кук и др. Интегральные схемы с комплементарными структурами полевых и биполярных транзисторов на одном кристалле. "Электроника" (русс. перевод), 1970, т.43, № 18, стр.16-21.
9. DSA MOS transistor successfully developed. J.E.I. 1969, v.XII, p.78.
10. MOS FET's process offers high speed or low power. "Electronics", 1970, v.43, N 25, p.8E-9E.
11. MOS FET's switch in 3 nsecs. "Electronics", 1969, v.42, N 9, p.206-207.
12. T.P. Cauge et al. Double-diffused MOS transistor achieves microwave gain. "Electronics", 1971, v.44, N 4, p.99-104.
13. G.F. Amelio et al. Experimental verification of the charge coupled device concept. B.S.T.J., 1970, N 4, p.593-600.
14. W.S. Boyle, G.E. Smith. Charge coupled semiconductor devices. "The B.S.T.J.", 1970, N 4, p.587-593.
15. Саффи р. Пути повышения быстродействия схем на МОП-транзисторах. "Электроника" (русс. перевод), 1969, т.42, № 4, стр.20-24.

Одной из наиболее перспективных областей полупроводниковой технологии, позволяющей повысить быстродействие МДП ИС, следует считать технологию изготовления приборов со связанными зарядами [14, 15]. Прибор по существу является многозатворным МДП транзистором с равными нулю емкостями переходов истока и стока. Механизм действия прибора заключается в генерации и накоплении неосновных носителей в потенциальных ямах (пространственно ограниченных обедненных областях), перемещении зарядов вместе с потенциальными ямами вдоль границы раздела диэлектрик-полупроводник с последующим детектированием (рис.5).

Созданы экспериментальные образцы сдвигающих регистров с временем передачи информации около 100 нсек [14].

Приборы со связанными зарядами имеют ширину затвора не более 10 мкм, емкость затвора ~0,4 пф, длину канала (расстояние от середины одного электрода до середины другого) - 10 мкм.

Быстродействие МДП ИС можно повысить в 2-10 раз с помощью схемотехнических методов, которые в сочетании с существующими технологическими методами позволяют получить значительный выигрыш по быстродействию.

Схемотехнические методы повышения быстродействия основаны на введении дополнительных управляющих сигналов. В некоторых схемах для повышения быстродействия без увеличения потребляемой мощности или размеров транзисторов используют принцип четырехфазной или многофазной синхронизации.

Например, при некотором усложнении схемы и увеличении числа синхронизирующих сигналов (до четырех) были получены регистры сдвига с быстродействием ~10 МГц и оперативные ЗУ с временем выборки менее 100 нсек при обычной диффузионной технологии.

В заключение следует отметить возможность дальнейшего повышения быстродействия МДП ИС, если для переноса информации вместо электронов и дырок использовать волновые процессы, например, поверхностные акустические волны, волны

УДК 621.382.82-185.4

# ДИМОНИРОВАНИЕ

## ТЕОРИЯ ЛИНЕЙНЫХ ТРАНЗИСТОРНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

ДЭ-413, 124 стр., 38 рис., 11 библ.

М.А.ИСАКОВ

Анализируется обратная связь в Т-образной эквивалентной схеме транзистора и делается вывод о положительном знаке ее во всех трех схемах включения транзисторов. Проведен теоретический анализ коэффициента усиления транзисторного усилителя на низкой и повышенной частоте, стабильности верхней частоты и других параметров. Введены понятия фактического согласования на входе транзисторного усилителя и оптимальной стабильности коэффициента усиления.

С материалами можно ознакомиться в Отделе фондов ЦНИИ «Электроника» (Москва, 117415, проспект Вернадского, 39).

УДК 621.375.4.001

## О СТАТИСТИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ ПЛАНАРНЫХ ДИОДОВ ПО ОСНОВНЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ

ДЭ-428, 13 стр., 2 рис., 3 библ.

П.П.ГОЙДЕНКО, А.И.КАСАТКИН, Ю.Р.НОСОВ

Установлены статистические закономерности распределения планарных диодов по основным электрическим параметрам. Закон распределения диодов по прямому падению напряжения  $U_{пр}$  и обратному току отличается от нормального. Зависимость разброса диодов по  $U_{пр}$  от тока носит характер монотонно изменяющейся функции с минимумом при токах порядка 0,1-1 ма. Наилучшей воспроизводимостью по параметру  $U_{пр}$  обладают планарные диоды на однородном (не эпитаксиальном) кремнии. Наиболее широкий диапазон изменения прямого тока, в котором приборы достаточно идентичны по  $U_{пр}$ , имеют эпиланарные диоды.

УДК 621.382.233

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ МЕХАНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКА НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ

ДЭ-419, 15 стр., 5 рис., 8 библ.

А.В.БРЕСЛАВЕЦ, В.Д.ХУТОРЕНКО

Описаны теоретические и экспериментальные исследования физических процессов, протекающих при воздействии ультразвуковых колебаний на полупроводниковые приборы. Полученные результаты позволили научно обосновать причины разрушений отдельных элементов конструкции и определить критерии разрушающего воздействия ультразвуковых колебаний — резонанс и перегрузки.

УДК 621.382.681.888

## АНАЛИЗ УРОВНЯ ОРГАНИЗАЦИИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРУДА В НИИ

ДЭ-496, 12 стр., библ.

Л.И.РАТАНИН

Определены основные количественные критерии и методы оценки уровня управления научными исследованиями и организации труда на опытно-экспериментальном производстве. Использование методики позволит увеличить степень объективности принимаемых решений в процессе управления научными исследованиями и, следовательно, повысить эффективность работы НИИ.

УДК 658.387:061.6

## СОСТАВЛЕНИЕ СМЕШАННЫХ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ ОДНОЭЛЕМЕНТНОЙ ВЕТВИ

ДЭ-510, стр.7, библ.

В.В.ШАПКАРИН

Составлены гибридные уравнения для активных линейных схем с использованием одноэлементной ветви. Полученные уравнения можно использовать при проектировании электронных схем с помощью ЦВМ.

УДК 51.004:621.382.011.24

С материалами можно ознакомиться в Отделе фондов ЦНИИ «Электроника» (Москва, 117415, проспект Вернадского, 39).

# ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЬНО ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

## 28 ИК ТЕХНИКА В ДИАГНОСТИКЕ

Быстродействующий тепловизор А.Г. Жуков

30 Термограф В.А. Зайцев Ю.В. Иванов, Э.П. Исаев

31 Система первичной обработки информации контроля микросхем Л. П. Дубинский, И. Ф. Петров

35 Радиоактивационный анализ микрозаготовок из многокомпонентных сплавов для полупроводниковых приборов В.Г. Ламбрев, И.Ф. Язиков

37 Рентгеновская трубка для спектрального анализа легких элементов Ю.К. Иоффе Г.М. Николаенко, Г.Д. Соболевская

38 Депонирование

27

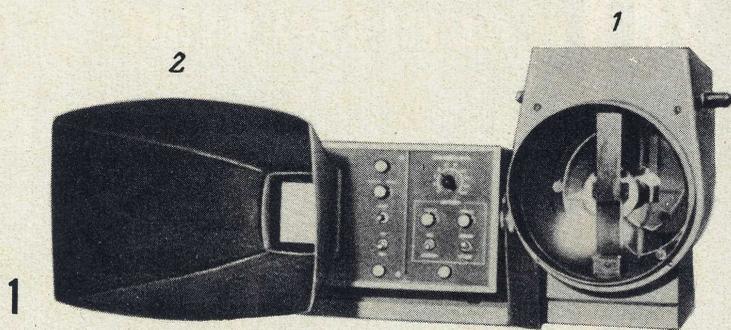
# ИК техника в диагностике

В целом ряде отраслей современной науки и техники требуются средства наблюдения за тепловыми полями нагретых тел. Эта проблема решается с помощью современных тепловизионных приборов, создаваемых на основе последних достижений ИК техники, электроники, оптики.

Все предметы с температурой выше абсолютного нуля ( $-273^{\circ}\text{C}$ ) излучают электромагнитную энергию в широком спектральном интервале, в том числе и энергию волн ИК диапазона. С помощью чувствительных приемников ИК излучение преобразуется в электрические сигналы, которые могут нести информацию о распределении интенсивности излучения вдоль поверхности нагретых объектов или о температурном поле этих объектов.

Получаемая с помощью тепловизора информация о температурных полях является решающей при диагностике различных заболеваний (злокачественных опухолей, заболеваний сердечно-сосудистой системы, воспалительных процессов), неразрушающем контроле изделий электронной техники, обнаружении теплопотерь в различных конструкциях, контроле технологических процессов, связанных с горячими операциями.

## Быстродействующий тепловизор

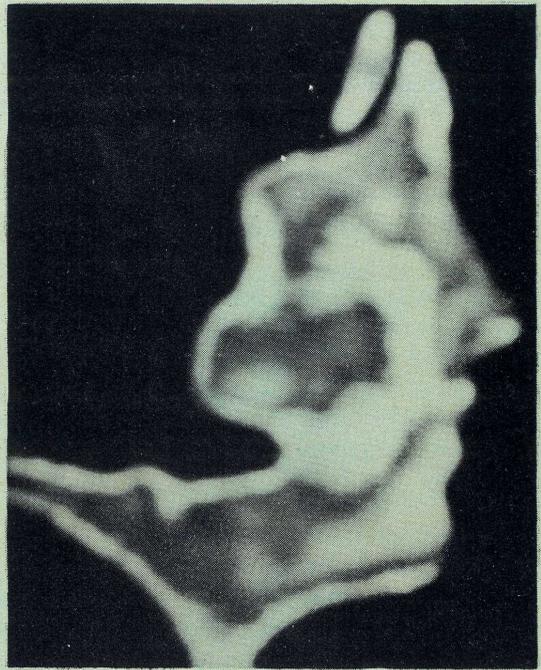


подобно передающим телевизионным устройствам имеет оптическую систему для формирования изображений. Однако в тепловизоре в отличие от передающего телевизионного устройства используется оптико-механический принцип пространственной развертки.

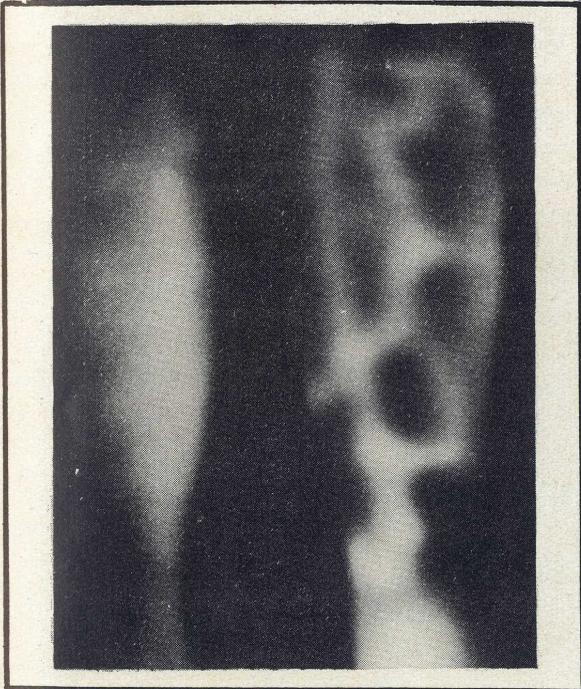
Тепловизор (рис. 1) состоит из камеры 1 для формирования изображений объекта (регистрирующее устройство) и видеоконтрольного устройства (ВКУ) 2, где усиленные сигналы от приемника излучения воспроизводятся на экране. Камера имеет зеркальный объектив, систему пространственной развертки, цепи синхронизации механической и электронной развертки ВКУ, а также приемник излучения.

Для осуществления развертки по горизонтали применяется восьмигранная призма из кремния, а по вертикали — плоское зеркало.

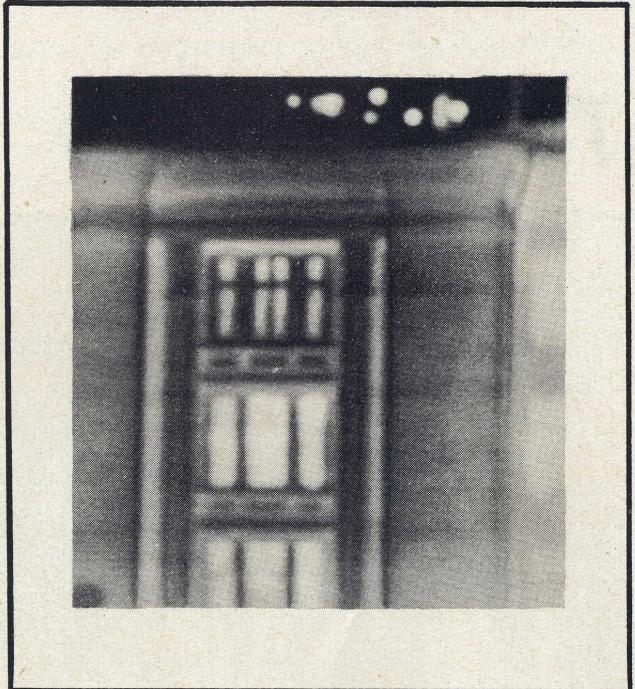
Высокое быстродействие тепловизора ( $16 \text{ кадр/сек}$ ) обеспечивается применением в качестве приемника излучения фотодиода, что позволяет наблюдать движущиеся объекты и тепловые процессы в динамике. Фотодиоды выполнены на основе InSb.



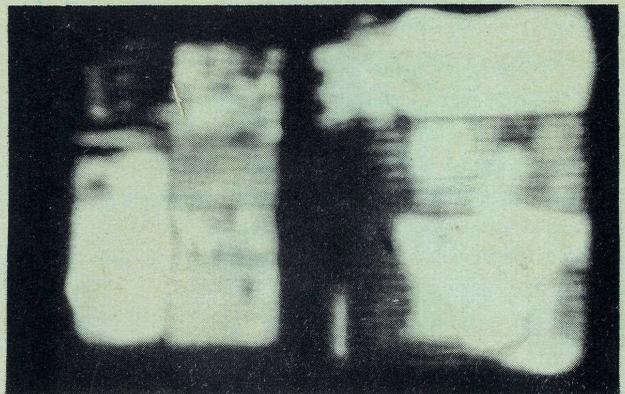
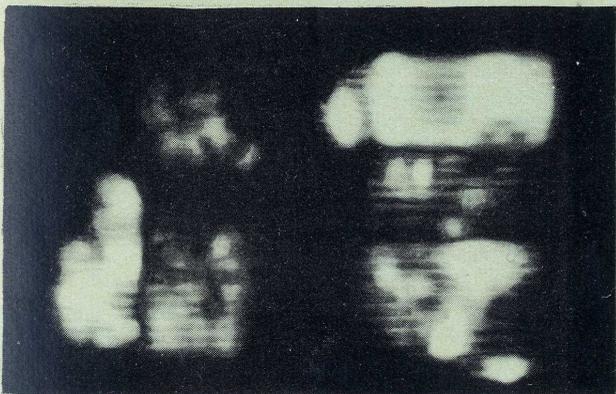
2



3



4



5

Угол зрения, град . . . . .	4,5×4
Число строк . . . . .	100
Частота кадров, гц . . . . .	16
Температурное разрешение, °С . . . . .	0,4
Интервал температур объекта, °С . . . . .	от 30 – 200
Минимальное расстояние до объекта, м . . . . .	2,5
Габариты, мм	
тепловизионной камеры . . . . .	590×385×310
видеоконтрольного устройства . . . . .	400×400×600
Вес, кг	
тепловизионной камеры . . . . .	26
видеоконтрольного устройства . . . . .	22,5
Время хранения жидкого азота в приемнике, ч . . . . .	4

Тепловизор дает возможность быстро и наглядно регистрировать отклонения от нормы в распределении температуры на поверхности тела человека.

На рис. 2 слева изображено тепловое поле лица человека с нормальным распределением температуры. Более светлые места соответствуют участкам с повышенной температурой. Специальное устройство, которым снабжено ВКУ, позволяет выделять на тепловом изображении области, темпе-

ратура которых находится в заданном интервале (рис. 2 справа).

Слева на фото 3 показана здоровая нога человека, справа – с заболеванием венозной системы.

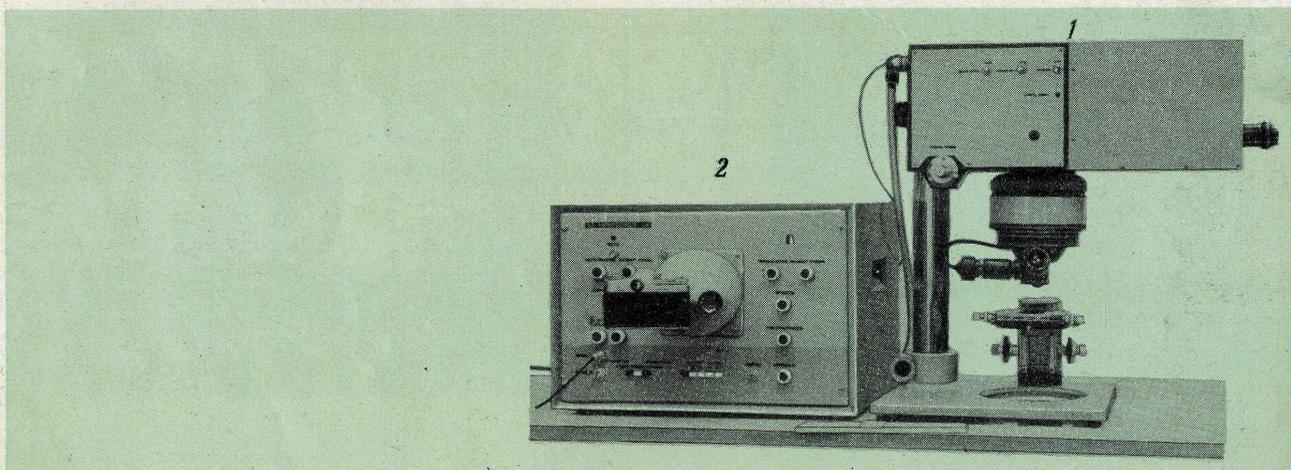
Прибор может успешно применяться для обнаружения утечки тепла в зданиях (рис. 4). Это позволит улучшить их теплоизоляцию, причем стоимость обогрева зданий существенно уменьшится.

Тепловизор может быть использован для неразрушающего контроля изделий радио- и электронной техники. Перегрев элементов радиосхемы в целом ряде случаев свидетельствует об ошибках в расчете или монтаже. Слева на фото 5 изображена невключенная схема, справа – включенная.

Перечисленные примеры далеко не исчерпывают возможности использования тепловизоров, эти приборы найдут применение в технологии, метеорологии, при картографировании местности для изучения распределения ее теплового поля, контроле линии электропередач и т.п.

А.Г. Жуков

# Термограф



предназначен для неразрушающего контроля и исследования тепловых полей транзисторов средней и большой мощности, гибридных интегральных схем при работе их в диапазоне температур от 40 до 300°С.

Термограф (см. фото) состоит из оптико-механического блока 1 и блока регистрации 2. В оптико-механическом блоке осуществляется развертка изображения в двух взаимно перпендикулярных плоскостях с помощью плоского зеркала механизма сканирования, и ИК излучение контролируемого изделия преобразуется в электрический сигнал. В блоке регистрации происходят усиление, демодуляция и регистрация электрического сиг-

нала либо в виде яркостного изображения на экране ЭЛТ, либо в виде профилограммы теплового излучения вдоль любой выбранной строки сканирования объекта (размером от 1×1 до 5×5 мм).

Температурная чувствительность прибора при температуре контролируемого объекта 100°С, °С . . . . .	0,5
Геометрическое разрешение при размере контролируемого объекта 2 × 2 мм, мкм . . . . .	15
Время формирования раstra в 180 строк при размере изображения 100 × 100 мм, сек . . . . .	18

Специальная фотоприставка позволяет фотографировать тепловое изображение с экрана ЭЛТ.

В.А. Зайцев, Ю.В. Иванов, Э.П. Исаев.

# СИСТЕМА ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ КОНТРОЛЯ МИКРОСХЕМ

Л.П.ДУБИНСКИЙ, И.Ф.ПЕТРОВ

Одним из перспективных методов контроля изделий микроэлектроники является ИК метод, не требующий никаких контактов с исследуемой схемой, позволяющий прогнозировать состояние контролируемого объекта, предсказывать интенсивность отказов, а также определять расположение микроэлементов для создания оптимальных условий рассеяния тепла схемой.

Температура компонентов может служить показателем качества изготовления и надежности схемы. Установив функциональную связь надежности с температурой на поверхности компонентов, можно значительно упростить и ускорить процессы проектирования интегральных схем, контроля качества на стадии изготовления, прогнозирования технического состояния. Характеристику теплового режима микросхемы можно получить с помощью специальных ИК микроскопов, способных обнаруживать и измерять ИК излучение.

Применение приборов, регистрирующих ИК излучение, открывает путь к полной автоматизации обнаружения причин отказов. В этой связи важную роль играет методика обработки результатов ИК контроля БИС.

Поскольку нормальному режиму работы схемы соответствует совершенно однозначный тепловой режим или профиль тепловой карты, любое нарушение электрического режима схемы можно обнаружить, сравнивая по яркости пространственный рельеф тепловой карты схемы, наблюдаемой на экране ЭЛТ сканирующего микроскопа, с эталонным, либо сравнивая с эталонными аналоговые диаграммы (осциллограммы), полученные в результате линейного сканирования ИК микроскопа по наиболее важным линиям сечения исследуемой схемы. При исследовании микросхем неоднородность эмиссионной способности компонентов БИС, их сложная топология, большое количество контролируемых точек делают задачу визуальной идентификации телевизионного термоизображения поверхности схемы (или осциллограмм ее сечений) с эталоном исключительно сложной и трудоемкой. Поэтому, не исключая визуального контроля БИС с помощью ЭЛТ, дающего в целом качественную картину теплового режима схемы, следует стремиться к максимальной автоматизации процесса ИК контроля БИС и такой обработке информации контроля, ко-

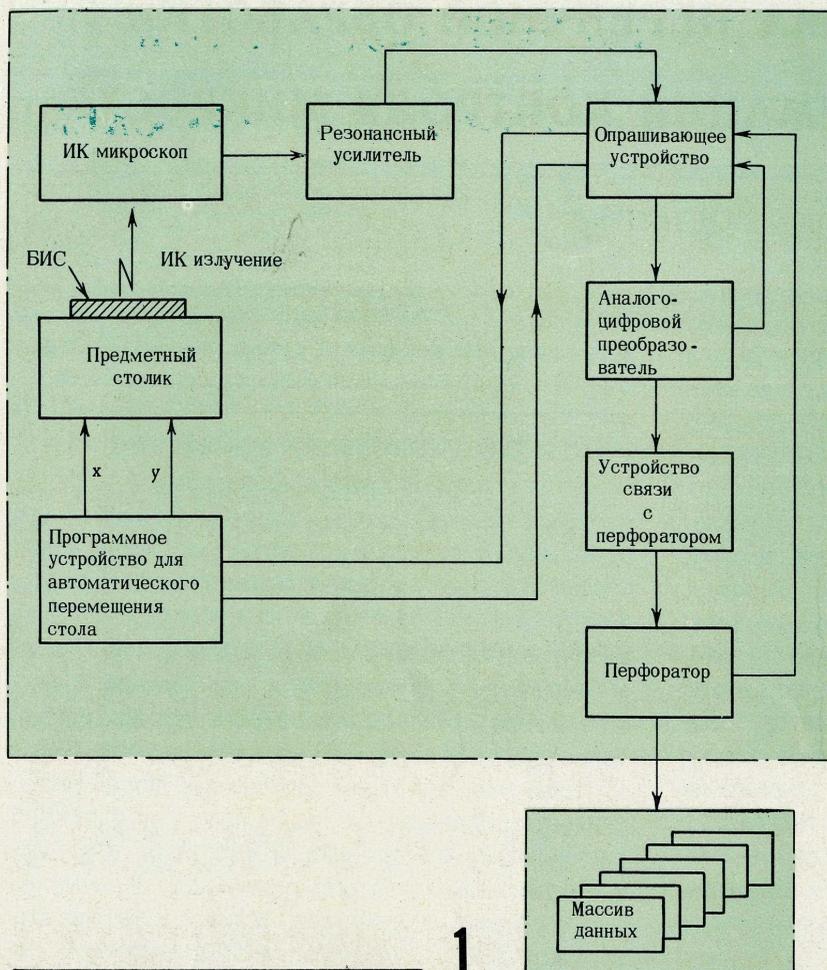
торая позволит исключить субъективность оператора и придать результатам контроля максимальную достоверность.

Наиболее целесообразное решение этой задачи сводится к преобразованию аналогового сигнала с выхода ИК микроскопа в цифровую форму, что обеспечивает возможность обработки данных с помощью ЭЦВМ путем сравнения полученного реального теплового "отпечатка" с эталоном, который вводится в память машины. Тот факт, что каждому типу отказа соответствует однозначная картина теплового режима, может быть успешно использован при диагностике отказов компонентов БИС.

Известно, что рядом зарубежных фирм интенсивно разрабатывается специальная аппаратура для обработки информации ИК контроля, а последние модели приборов, регистрирующих ИК излучение, содержат специальные системы обработки данных на ЭЦВМ [1], открывающие путь к полной автоматизации процесса контроля. Диагностический контроль радиоэлектронной аппаратуры с помощью ЭЦВМ не является новой проблемой, однако эта проблема применительно к БИС является достаточно сложной и специфичной как в плане разработки методики получения и обработки статистических данных ИК контроля, так и в плане аппаратурной реализации устройств обработки.

Для ввода результатов контроля БИС в ЭЦВМ можно использовать перфокарты, перфоленты, магнитные ленты и электрические линии связи. Подавляющее большинство отечественных вычислительных машин имеет устройства ввода с перфокарт, что объясняется рядом свойств этого вида носителя информации (неограниченная емкость, простота замены перфокарт с ошибками, возможность легкой перестановки перфокарт при вводе и т.д.). Использование перфокарт расширяет возможности проведения анализа данных ИК контроля и их интерпретацию, поэтому "температурное картирование БИС", т.е. кодирование данных ИК контроля на перфокарте, представляет собой отправной этап диагностического ИК контроля с помощью ЭЦВМ.

Построение систем температурного картирования БИС является первичной обработкой информации ИК контроля для случаев точечных измерений и сканирования по площади БИС.



1

Блок-схема системы первичной обработки информации ИК контроля БИС по точкам путем кодирования данных на перфокарты приведена на рис.1.

Исследуемый образец БИС устанавливается на предметный столик с программным управлением, обеспечивающим перемещение столика с образцом в двух направлениях по специально заданной программе. Программа определяется выбором контрольных точек БИС, характеризующих тепловое поле исследуемого объекта. Вопрос выбора контрольных точек сложен и связан с необходимостью анализа как электрической схемы, так и тепловых характеристик компонентов БИС. Можно значительно упростить программу, придерживаясь принципа равномерной дискретизации, т.е. задавая определенным значением шага по осям  $\Delta x$  и  $\Delta y$ , зависящего от линейного разрешения ИК микроскопа. Однако равномерная дискретизация во многих случаях ведет к избыточности проводимых измерений, для устранения которой и используется выбор наиболее характерных контрольных точек.

При измерении система в каждой контрольной точке выполняет следующие функции:

1. Предметный столик устанавливается по программе в положение, при котором в поле зрения ИК микроскопа появляется точка (мишень).

2. ИК излучение от мишени воспринимается микроскопом, выходной сигнал которого усиливается резонансным усилителем.

3. При остановке стола срабатывает реле и затем включается опрашивающая схема.

4. Схема опроса подает выходной сигнал ИК микроскопа на вход аналого-цифрового преобразователя (цифрового вольтметра).

5. Аналого-цифровой преобразователь считывает напряжение, выдает на опрашивающее устройство сигнал завершения считывания и посылает кодированный сигнал, соответствующий измеренному напряжению, на устройство связи с перфоратором.

6. Перфоратор регистрирует код напряжения на перфокарте. Поскольку обычно используется стандартная 80-колодная перфокарта, поле которой разбито на 12 строк, а код измеряемого напряжения не превышает 12 двоичных разрядов, запись информации целесообразно осуществлять не построчно, как принято в ЭЦВМ, а по вертикальным колонкам (коду каждой контрольной точки соответствует одна колонка). Это позволит существенно увеличить емкость перфокарты и практически обеспечить размещение всей информации контроля одного исследуемого объекта на одной перфокарте.

7. На опрашивающее устройство посылается сигнал завершения цикла опроса.

8. Опрашивающее устройство генерирует сигнал, по которому стол перемещается в следующее положение; под фокальной точкой ИК микроскопа появляется следующая мишень, и цикл повторяется.

После того, как терморельеф БИС (представленный наиболее характерными точками) закодирован на перфокарте, он может быть введен в память машины и обработан по определенному алгоритму; затем его можно сравнивать со стандартным терморельефом. Выход ЭЦВМ позволяет выявить повреждения и неисправные компоненты БИС, прогнозировать состояние последней, а также получить необходимые статистические данные. Одним из вариантов обработки, примененным американской фирмой Autonetics [1], является преобразование каждой контрольной точки исследуемой схемы в цифру,

которая обрабатывается ЭЦВМ и изображается на экране ЭЛТ. Затем изображение фотографируется и записывается на магнитную ленту.

Достоинством рассмотренной выше системы первичной обработки информации ИК контроля БИС по точкам является относительная простота построения. Однако, поскольку существенной характеристикой ИК контроля является время получения информации о тепловом состоянии объекта (особенно при непосредственном вводе данных в ЭЦВМ), к недостаткам системы следует отнести низкое быстродействие, обусловленное последовательным обзором большого количества точек исследуемого объекта.

Следует отметить, что полученные данные ИК контроля будут обладать достоверностью лишь в том случае, если геометрическая конфигурация компонентов (особенно расположение навесных транзисторов гибридных схем) и метод крепления на предметном столике будут идентичными для всех исследуемых схем данного типа и если соблюдаются условия окружающей среды (стабильная температура, отсутствие потоков воздуха) [2].

При исследовании тепловых полей радиоэлектронной аппаратуры в настоящее время широко используются быстродействующие сканирующие ИК системы, отображающие распределение температуры по всей поверхности исследуемого объекта. В наиболее часто применяемых оптико-механических сканирующих системах процесс сканирования осуществляется путем изменения направления оптической оси, при этом общее поле обзора последовательно анализируется мгновенным полем зрения оптической системы.

К сканирующим ИК системам относится быстродействующий сканирующий микропирометр с линейной разрешающей способностью 20 мкм, разрешающей способностью по температуре 1°C на уровне 300°K, скоростью сканирования 100 строк/сек, числом строк в кадре 100, постоянной времени приемника излучения 1 мксек [3].

При сканировании теплового поля БИС сигнал на выходе сканирующего ИК микроскопа представляет собой ряд аналоговых кривых — профилограмм (по числу строк растра) в виде сложных временных функций, каждая из которых соответствует характеру теплового поля по одной из линий сечения исследуемой схемы. Тогда задача первичной обработки данных разбивается на два типа:

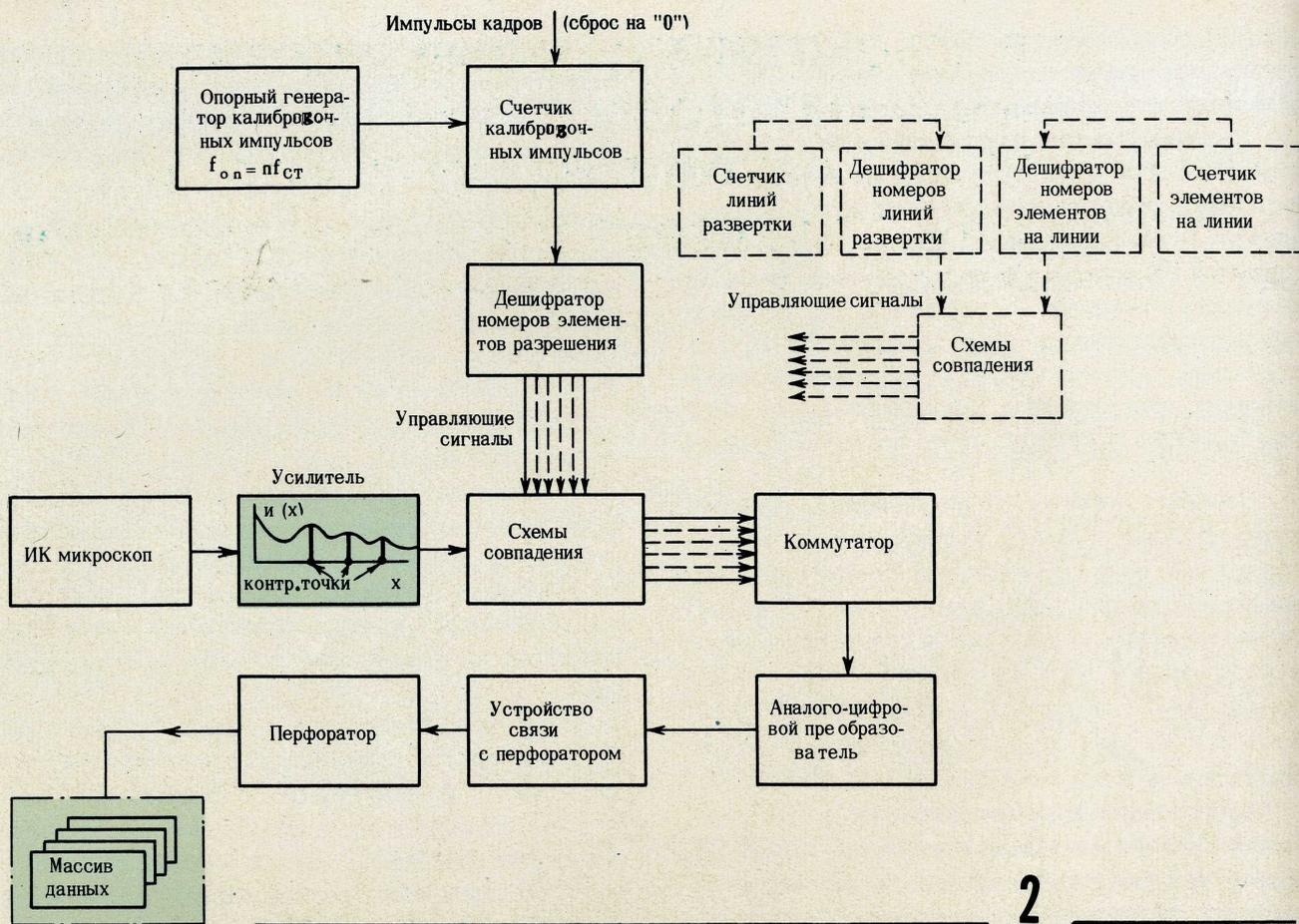
- дискретизация по заданной программе аналогового сигнала, поступающего с выхода ИК микроскопа с целью получения дискретных отсчетов, соответствующих выбранным контрольным точкам;
- преобразование полученного импульсного сигнала в цифровой код и фиксация данных на перфокартах.

Предварительно производится выбор наиболее характерных (контрольных) точек в аналоговом сигнале и их привязка к конструктивному чертежу БИС путем наложения координатной сетки на увеличенный чертеж исследуемой схемы. Сетка состоит из  $m$  линий (соответствующих ходу  $m$  линий развертки) с  $n$  элементами на каждой линии ( $n$  зависит от разрешающей способности микроскопа), что соответствует  $mn$  словам или элементам разрешения. Элементы разрешения нумеруются последовательно, и устройство первичной обработки данных может выбирать любой из множества  $mn$  элементов полного растра сканирования.

Координаты  $x$  и  $y$  контрольных точек, определяемые по номерам соответствующих элементов разрешения, вводятся в программу анализа исследуемой схемы. Тогда при сканировании схемы с помощью ИК микроскопа в устройство обработки данных поступают сигналы только от запрограммированных точек.

Блок-схема одного из вариантов сканирующей системы первичной обработки данных представлена на рис.2. Опорный генератор калибровочных импульсов формирует последовательность импульсов с частотой повторения, жестко взаимосвязанной с частотой строчной развертки, период следования калибровочных импульсов  $T_{оп}$  определяется числом элементов разрешения на каждой линии развертки. Цикл работы счетчика калибровочных импульсов определяется периодом следования кадровых импульсов  $T_k$ , каждый из которых сбрасывает счетчик на нуль после подсчета  $mn$  калибровочных импульсов, последовательно возникающих в процессе сканирования схемы — от первого элемента разрешения первой строки до  $mn$ -го элемента последней  $m$ -й строки. На выходе счетчика каждый калибровочный импульс из множества  $mn$  представлен двоичным кодом, соответствующим номеру элемента разрешения. Выходы триггеров счетчика подключены к входам дешифратора номеров элементов разрешения, определяющего программу съема информации для конкретной исследуемой схемы. Таким образом, на  $K$  выходах дешифратора будут возникать управляющие импульсные сигналы только от  $K$  запрограммированных точек, причем на каждом выходе соответствующая запрограммированная точка будет представлена последовательностью импульсов, следующих с частотой кадровых импульсов  $f_k$ .

Управляющие сигналы от запрограммированных точек с выхода дешифратора по  $K$  каналам поступают на  $K$  схем совпадения, на другие входы которых поступает аналоговый сигнал с выхода ИК микроскопа. На выходах схем совпадения от первого до  $K$ -го последовательно возникают дискретные отсчеты, амплитуда которых равна амплитуде аналогового сигнала в моменты сканирования ИК микроскопом соответствующих запрограммированных



2

точек схемы. Коммутатор поочередно подключает выходы схем совпадения ко входу аналого-цифрового преобразователя, который считывает с каждого выхода напряжение, соответствующее каждому дискретному отсчету, и посылает кодированный сигнал, соответствующий измеренному напряжению, на устройство связи с перфоратором. Перфоратор регистрирует код напряжения, характеризующего тепловое поле контрольной точки, на перфокарте.

В рассмотренном варианте построения системы координаты  $x$  и  $y$  контрольных точек определяются по порядковым номерам соответствующих элементов разрешения. Однако возможно другое решение задачи, когда координаты этих точек определяются по номерам соответствующих линий развертки и элементов разрешения на каждой линии. В этом случае вместо счетчика калибровочных импульсов и дешифратора используются счетчик линий развертки, дешифратор номеров линий, счетчик калибровочных импульсов (элементов разрешения) на каждой линии, дешифратор номеров элементов и К схем совпадения, на выходах которых управляющие сигналы от К запрограммированных точек появляются только в случае соответствия номера линии развертки номеру элемента разрешения (см. рис. 2).

Система первичной обработки информации ИК контроля при сканировании теплового поля БИС имеет преимущества перед системой точечных измерений, поскольку не содержит электромеханического устройства (перемещающегося в двух направлениях предметного столика с программным управлением), что способствует повышению быстродействия, т.е. значительному сокращению полного времени получения информации о тепловом состоянии объекта. При этом требуется, однако, некоторое усложнение системы обработки, связанное с введением ряда электронных устройств для создания координатной сетки и дискретизации аналогового сигнала с выхода ИК микроскопа.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Радиоэлектроника за рубежом, 1970, № 7, стр.18.
2. V a n z e t t i R. Infrared exposes hidden circuit flaws. "Electronics", 1967, N 7, p.100-104.
3. H a m i t e r I. Infrared techniques for the reliability enhancement of microelectronics. "SCP and Solid state technology", March 1967.

УДК 621.382.81:621.317.799.029.672

# РАДИОАКТИВАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ МИКРОЗАГОТОВОК ИЗ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ

В.Г. ЛАМБРЕВ, И.Ф. ЯЗИКОВ

Большинство сплавов, используемых для полупроводниковых приборов, гетерогены (т.е. в жидком состоянии все компоненты сплава взаиморастворимы), а при кристаллизации сплава выделяется несколько различных по составу и свойствам фаз. Размеры заготовок сплавов для полупроводниковых приборов исчисляются всего лишь десятками микрон. Примерно такие же размеры имеют структурные составляющие гетерогенного сплава. Это приводит к тому, что заготовки, полученные даже из макроскопически равномерного, но гетерогенного сплава, оказываются неоднородными по химическому составу. Поэтому важно иметь надежный метод анализа состава сплавов, позволяющий определять содержание компонентов в единичных микрозаготовках.

Авторами разработана методика инструментального нейтронно-активационного анализа. При облучении анализируемых образцов тепловыми нейтронами происходит захват нейтронов изотопами анализируемых элементов и образование радиоактивных изотопов. По величине интенсивности и энергии гамма-излучения изотопов судят о содержании того или иного элемента в образцах.

Анализируемые образцы запаивали в кварцевые ампулы и облучали потоком тепловых нейтронов  $1,2 \cdot 10^{13}$  нейтр.см<sup>2</sup>·сек<sup>-1</sup> в течение 20 ч. Одновременно облучали эталоны анализируемых элементов. После облучения поверхность ампулы обрабатывали кислотой и ампулу вскрывали. Анализируемую микрозаготовку помещали в измерительную пробирку.

Измерения проводились в однокристалльном и двухкристалльном режимах. При этом использовались свойства некоторых изотопов испускать каскадные гамма-кванты.

Для анализа облученных образцов применялся двухкристалльный сцинтилляционный гамма-спектрометр суммарных совпадений с кристаллами NaI(Tl)  $\phi$  120 × 100 мм и амплитудным 256-канальным анализатором импульсов (разрешение спектрометра по линии Cs<sup>137</sup> составляло 10%).

Образцы анализировали также при помощи полупроводникового гамма-спектрометра с Ge(Li)-детектором объемом 20 см<sup>3</sup> и 4096-канальным анализатором. Разрешение спектрометра по линии Co<sup>60</sup> — 0,5%.

Содержание элементов в сплавах определяли по изотопам In<sup>116m</sup>, Sb<sup>122</sup>, Ga<sup>72</sup>, Au<sup>198</sup>, Sn<sup>117m</sup>, Po<sup>210</sup> методом относительных измерений, сравнивая площади под фотопиками полного поглощения в спектрах изотопов и их эталонов.

Большой интерес представляют методы анализа многокомпонентных сплавов. Разработаны методы радиоактивационного анализа микрозаготовок из сплавов, включающих In, Sb, Au, Ga, Ni, Sn, Bi.

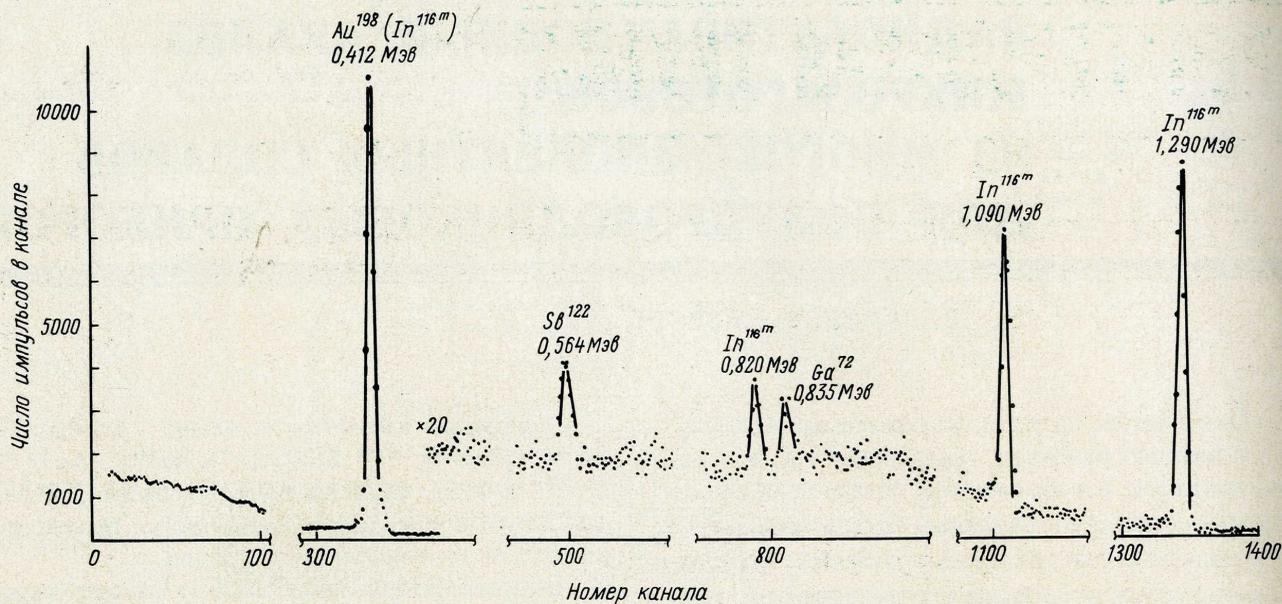
Гамма-спектры микрозаготовок из сплавов перечисленного состава, снятые в однокристалльном режиме через 3–4 ч после окончания облучения, сложны. С достаточной чувствительностью в этом режиме может быть оценено только содержание индия. Содержание сурьмы и золота также определялось в однокристалльном режиме, но спустя 30–40 ч после окончания облучения, когда активность, обусловленная изотопом In<sup>114</sup> исчезала. Содержание золота оценивалось с учетом вклада гамма-излучения сурьмы путем разложения сложного спектра на составляющие. Правильность полученных результатов подтверждалась измерением содержания золота с помощью комптоновского спектрометра суммарных быстро-медленных совпадений. Данные совпадали в пределах статистической ошибки.

Содержание галлия, олова и никеля в многокомпонентных сплавах определяли в двухкристалльном режиме. В этом случае также использовали свойство изотопов элементов испускать каскадные гамма-кванты.

При определении содержания олова учитывали, что гамма-переход Sn<sup>117m</sup> испытывает сильную конверсию, сопровождающуюся характеристическим рентгеновским излучением.

Анализ содержания висмута проводили путем регистрации альфа-излучения дочернего изотопа Po<sup>210</sup>. При измерении использовали альфа-спектрометр с полупроводниковым поверхностно-барьерным Si(Au)-детектором.

Хорошие результаты получены при использовании для анализа многокомпонентных сплавов полупроводникового гамма-спектрометра. На рисунке приведен гамма-спектр образца из сплава In—Sb—Au—Ga. Высокое энергетическое разрешение спектрометра дает возможность наблюдать фотопики гамма-переходов на сравнительно низком фоне.



Достоинство этого метода заключается в том, что для анализа сплава достаточно снять спектр только один раз и нет необходимости в использовании сложных режимов и проведении многократных измерений, которые требуются при сцинтиляционном методе. Кроме того, с помощью полупроводникового гамма-спектрометра можно обнаруживать посторонние примеси.

В таблице приведены данные анализа нескольких сплавов.

Результаты анализа микрозаготовок из сплавов, проводимого по описанной методике, характеризуются высокой достоверностью. Сведение под-

готовительных операций к минимуму, а также возможность избежать радиохимического разделения анализируемых примесей повышают точность анализа. Содержание индия, сурьмы, золота, галлия определялось с чувствительностью  $P = 10^{-10}$ , а олова, никеля, висмута — с  $P = 10^{-6}$ .

Достигнутые чувствительность и точность метода вполне отвечают требованиям, предъявляемым к анализу отдельных микрозаготовок из сплавов.

Методика измерения подобных систем опубликована в журнале "Radioanalytical Chemistry", 1970, v.6, p.431-436.

Состав анализируемого сплава (номинальный), вес. %	Количество образцов в анализируемой партии	Среднее содержание In в образце, %	Средняя концентрация элемента в сплаве, вес. %		
			Au	Sb	Ga
Pb(49,7) – In(40) – Bi(7) – Au(2) – Sb(1) – Ga(0,3)	12	$(1,01 \pm 0,06) \cdot 10^{-6}$	$2,0 \pm 0,4$	$0,26 \pm 0,05$	$0,22 \pm 0,06$
Pb(50,7) – In(40) – Bi(7) – Au(1) – Sb(1) – Ga(0,3)	8	$(1,12 \pm 0,07) \cdot 10^{-6}$	$1,0 \pm 0,2$	$0,29 \pm 0,04$	$0,33 \pm 0,05$
In(72,3) – Sn(25) – Sb(2) – Ga(0,5) – Ni(0,2)	7	$(44 \pm 3) \cdot 10^{-6}$	—	$2,3 \pm 0,3$	$0,14 \pm 0,01$
То же	9	$(16 \pm 4) \cdot 10^{-6}$	—	$2,1 \pm 0,1$	$0,42 \pm 0,06$
"	4	$(4,5 \pm 0,9) \cdot 10^{-6}$	—	$5,0 \pm 0,5$	$0,9 \pm 0,1$
In(93,5) – Sb(5) – Ga(0,5) – Ni(0,2)	6	$(2,0 \pm 0,1) \cdot 10^{-4}$	—	$4,3 \pm 0,3$	$0,57 \pm 0,05$
Pb(48,7) – In(40) – Bi(7) – Au(3) – Sb(1) – Ga(0,3)	19	$(0,94 \pm 0,08) \cdot 10^{-6}$	$2,9 \pm 0,8$	$1,6 \pm 0,4$	$0,40 \pm 0,05$

# РЕНТГЕНОВСКАЯ ТРУБКА

Для проведения химического анализа вещества на содержание легких элементов, начиная с натрия ( $z = 11$ ) и кончая железом ( $z = 26$ ), рентгеноспектральным флуоресцентным методом необходимо иметь очень мягкое рентгеновское излучение. С этой целью на основе базовой конструкции серийно выпускаемой рентгеновской трубки БХВ7 разработана рентгеновская трубка типа БХВ9, что позволило максимально унифицировать детали, узлы и технологические процессы и обеспечило взаимозаменяемость трубок в аппаратуре.

Трубка имеет цилиндрический корпус 1, внутренняя поверхность которого, выполненная в виде конуса с углом наклона  $18^\circ$ , служит анодом. На анод гальваническим методом наносится палладиевое или хромовое зеркальное покрытие толщиной до 30 мкм. Выход рентгеновского излучения — торцевой. Выходное окно закрыто вакуумноплотным бериллиевым диском 2 толщиной 0,3 мм. Катод трубки представляет собой линейную вольфрамовую спираль 3, укрепленную на металлической ножке 4, к центральному выводу которой приваривается ниобиевый колпачок 5. Колпачок и втулка 6 служат фокусирующими электродами.

С помощью колпачка и корпуса создается электростатическое поле для отклонения вторичных электронов, вылетающих с анода, от центра бериллиевого диска (что предохраняет его от перегрева).

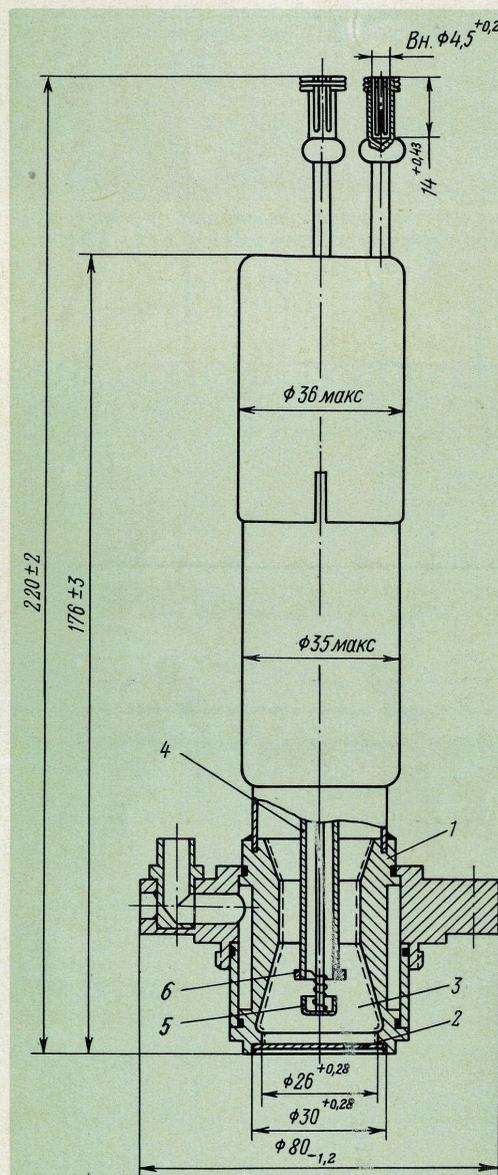
При разработке конструкции трубки основное внимание уделялось получению максимального выхода мягкого рентгеновского излучения с целью обеспечения высокой эффективности возбуждения флуоресценции легких элементов. Специальные исследования показали, что шероховатости поверхности анода приводят к значительному поглощению мягколучевых составляющих рентгеновского излучения, выходящих из анода под малыми углами. После тщательной полировки поверхности анода выход мягкого рентгеновского излучения увеличился в два раза.

Для получения высокой чистоты поверхности бериллиевого диска специально разработана технология пайки в вакууме тонких бериллиевых дисков. Уменьшение толщины выходного бериллиевого диска до 0,3 мм, повышение чистоты его поверхности и класса обработки зеркального покрытия анода, увеличение угла выхода рабочего пучка лучей (до  $18^\circ$ ) дали возможность значительно повысить (в три–четыре раза) чувствительность метода при определении содержания легких элементов, начиная от фосфора и кончая железом, и применить рентгеновские трубки БХВ9 с хромовым или палладиевым зеркальным покрытием для анализа содержания таких легких элементов, как натрий, магний, алюминий, кремний (разработанные ранее рентгеновские трубки не позволяли проводить такой анализ).

По сравнению с трубкой БХВ7Сг (с хромовым покрытием анода) эффективность возбуждения флуоресцентного излучения легких элементов при использовании трубки БХВ9Сг возросла в 3–3,5 раза, а трубки БХВ9Pd (с палладиевым покрытием анода) — в 4–4,5 раза.

## ДЛЯ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ЛЕГКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Ю.К. ИОФФЕ, Г.М. НИКОЛАЕНКО,  
Г.Д. СОВОЛЕВСКАЯ



Диаметр круглого поля облучения трубки (на торце), мм . . . . .	не менее 23
Ширина кольцевого фокуса трубки, мм . . . . .	5
Фокусное расстояние, мм . . . . .	15
Номинальное напряжение анода трубки, кВ . . . . .	25
Предельно допустимая мощность рассеяния на аноде, кВт . . . . .	2,5
Предельный ток анода, ма . . . . .	100

УДК 621.386.2.004:543.42.062

## ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ВЫХОДНОГО КОНТРОЛЯ ЦИФРОВЫХ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ

ДЭ-401, 22 стр., 3 рис., библ.

В.М.ЗЕМЛЯНСКИЙ

Предлагается общая методика построения системы тестов электронных дискретных элементов (ДЭ) потенциального типа с произвольным числом состояний и произвольным количеством выводов. Дается вывод общей формы записи достаточных условий работоспособности ДЭ при наличии разброса их параметров. При этом предполагается, что вольт-амперные характеристики выводов ДЭ являются монотонными, область возможного использования ограничивается предельно допустимым количеством выводов, подключенных к одному узлу системы, построенной из этих элементов, задан допустимый диапазон внешних воздействий и уровень помех.

На основе полученных условий работоспособности формулируются общие принципы построения системы тестов, гарантирующей работоспособность ДЭ, и определяются совокупность тестовых параметров и система выходного контроля цифровых логических схем - ДЭ с двумя дискретными состояниями.

УДК 681.325.65

## ИЗМЕРИТЕЛЬ ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ И ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫХ ПРИБОРОВ

ДЭ-427, 11 стр., 4 рис., 5 библ.

Т.Д.ГАВРА, И.А.ЕРМОЛЕНКО, Л.Н.МИХАЙЛОВ

Универсальная измерительная установка позволяет измерять шумовое напряжение как на выходе активного элемента, так и приведенное к его входу, а также спектры этих напряжений и коэффициент шума в диапазоне частот от 5 гц до 300 кгц. Кроме того, с помощью измерителя можно определить шумовые характеристики любых типов маломощных полупроводниковых и электровакуумных приборов при напряжении питания, регулируемом в пределах 0-100 в и токе 0-10 ма.

УДК 621.317.757; 621.382.3; 621.385.3

## ИЗМЕРЕНИЕ КРАТКОВРЕМЕННОЙ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ЧАСТОТЫ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

ДЭ-474, 17 стр., 6 рис., 11 библ.

Д.П.СОВОЛЕВ, Е.С.ЗАЗНОБИН

Создана установка для измерения кратковременной (10-30 мсек) нестабильности частоты высокочастотных генераторов. Измерение сигналов осуществляется в широкой полосе входных частот, определяемой сеткой гармоник опорного кварцевого генератора, с чувствительностью  $5 \cdot 10^5$ .

Процесс измерения автоматизирован за счет применения электронно-счетного частотомера, сохранение длительное время результатов измерений и их статистическую обработку обеспечивает цифropечатающая машина. Использование полупроводниковых приборов увеличило надежность, снизило потребляемую мощность, вес и габариты установки.

УДК 621.317.76

С материалами можно ознакомиться в Отделе фондов ЦНИИ «Электроника» (Москва, 117415, проспект Вернадского, 39).

# ИЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

- 40 Германиевый лавинный транзистор типа ГТ-338  
Ю.А. Кузнецов, Ю.А. Каменецкий,  
А.С. Смутьский
- 43 Объемные резисторы с проводящим элементом  
на основе сложных карбидов В.Н. Сорокин,  
Ю.П. Юсов, А.В. Перевезенцев, В.Г. Гребенкина,  
Н.Е. Просвирнина
- 44 Переменные объемные резисторы на основе сло-  
истых проводящих пластиков Ю.В. Зайцев,  
А.Н. Марченко
- 49 СВЧ осциллографическая трубка с полосой  
пропускания 5 Гц Ю.В. Чайко, Л.И. Губанова,  
В.В. Михеева
- 51 Новые люминофоры и экраны для  
многоцветных ЭЛТ Н.П. Социн
- 52 Индикаторные цветные электроннолучевые трубки  
С.В. Виневиц, Л.Н. Забабурина, Т.А. Крутилина
- 55 Делонирование

# ГЕРМАНИЕВЫЙ ЛАВИННЫЙ ТРАНЗИСТОР

## типа ГТ-338

Ю.А.КУЗНЕЦОВ, Ю.А.КАМЕНЕЦКИЙ, А.С.СМУЛЬСКИЙ

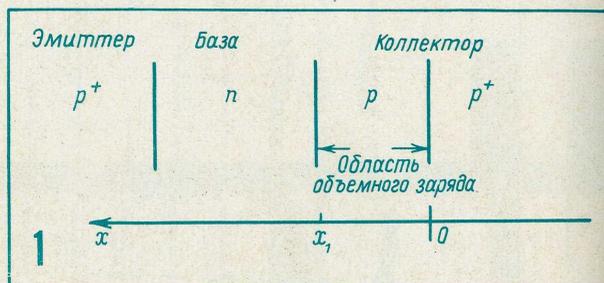
Принцип действия основан на эффекте умножения носителей в области объемного заряда коллектора. Применение ГТ-338 в схемах генераторов коротких импульсов и импульсов с крутым фронтом нано- и субнаносекундного диапазона позволяет существенно упростить схемы и улучшить их технические характеристики.

Лавинный транзистор типа ГТ-338 обеспечивает формирование лавинного импульса тока с амплитудой 200–300 мА в нагрузке 50–75 Ом и временем нарастания импульса менее 1 нсек. Плотность тока достигает  $10^3 - 10^5$  А/см<sup>2</sup>.

Максимальная мощность рассеяния коллектора, мвт .....	100
Амплитуда лавинного импульса при $R_H = 75$ Ом, емкости в цепи разряда 30 пф, в .....	10–20
Время нарастания лавинного импульса, сек .....	$10^{-9}$
Напряжение между эмиттером и коллектором в режиме насыщения, в .....	$< 0,25$
Напряжение между эмиттером и коллектором при сопротивлении в цепи базы 75 Ом и токе коллектора 100 мкА, в .....	$> 25$
Емкость коллекторного перехода при $U_{КБ} = 5$ в, пф .....	$< 2$

В качестве коллекторной области транзистора используется высокоомный слой германия, осажденный методом прямого эпитаксиального наращивания на низкоомную германиевую подложку. Базовая область создается диффузией [1]. Характерная особенность транзистора заключается в том, что область объемного заряда коллектора при напряжении пробоя занимает весь высокоомный p-слой коллектора (2–4 мкм) вплоть до границы с низкоомной подложкой (рис.1). При больших плотностях тока ( $10^3 - 10^5$  А/см<sup>2</sup>) базовая область может расширяться только до границы между высокоомной и низкоомной областями коллектора, т.е. в пределах 2–4 мкм, а не 100–150 мкм как в случае "неэпитаксиального" транзистора [2], что приводит к увеличению амплитуды и уменьшению времени нарастания лавинного импульса.

Для лавинных транзисторов, в которых из-за малых p-n переходов плотность тока в переходе достигает  $10^3$  А/см<sup>2</sup>, интересным представляется



анализ деформации области объемного заряда, коллекторного перехода в зависимости от плотности тока в электродах.

Обычно в транзисторах ухудшение частотных характеристик с ростом тока может быть обусловлено следующими причинами:

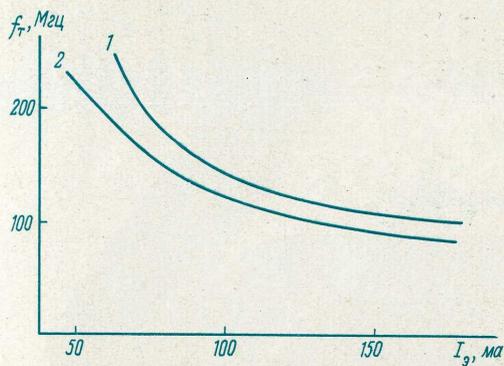
- с нарастанием тока подвижные носители накапливаются в области объемного заряда, в результате увеличивается ширина нейтральной базовой области и соответственно время пролета носителей от эмиттера к коллектору;

- поскольку плотность тока не может превышать критической величины, при нарастании тока в области объемного заряда происходит растекание его у коллекторного перехода, в результате увеличиваются длина и время пролета неосновных носителей от эмиттера к коллектору [3, 4].

Исследование зависимости граничной частоты коэффициента передачи тока и напряжения пробоя между эмиттером и коллектором от тока через транзистор дает возможность определить, что же именно лежит в основе физических процессов в эпитаксиальных транзисторах при больших плотностях тока.

Для транзистора типа ГТ-338 с толщиной высокоомного слоя коллектора 3 мкм рассчитана зависимость граничной частоты коэффициента передачи тока от тока эмиттера при допущении, что подвижные носители накапливаются в области объемного заряда коллектора (рис.2, кривая 1). Экспериментальные данные представлены кривой 2. Сравнение приведенных на рис.2 зависимостей свидетельствует о хорошем совпадении экспериментальных и расчетных данных в области больших токов.

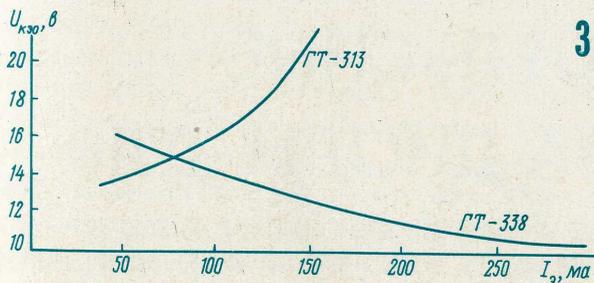
2



В транзисторах типа ГТ-338, объемный заряд коллектора которых занимает всю высокоомную область, следует ожидать уменьшения допустимого напряжения пробоя  $U_{кэ0}$  с ростом тока в случае больших его плотностей, если предположить, что при этом происходит накопление подвижных носителей в области объемного заряда коллектора. Вероятность снижения  $U_{кэ0}$  при нарастании тока обусловлена накоплением подвижных носителей в области объемного заряда, что приводит к сужению этой области и росту напряженности электрического поля в области объемного заряда, что соответствует пробоям при меньших значениях  $U_{кэ0}$ .

(В неэпитаксиальном транзисторе с ростом тока область объемного заряда коллектора расширяется и напряженность электрического поля в коллекторном переходе соответственно уменьшается).

Зависимость  $U_{кэ0}$  от тока  $I_3$  для транзистора типа ГТ-338 показана на рис.3. Для сравнения приведена аналогичная характеристика для транзистора типа ГТ-313. Уменьшение  $U_{кэ0}$  при нарастании тока подтверждает предположение о возможности накопления подвижных носителей в области объемного заряда коллектора и деформации этой области.

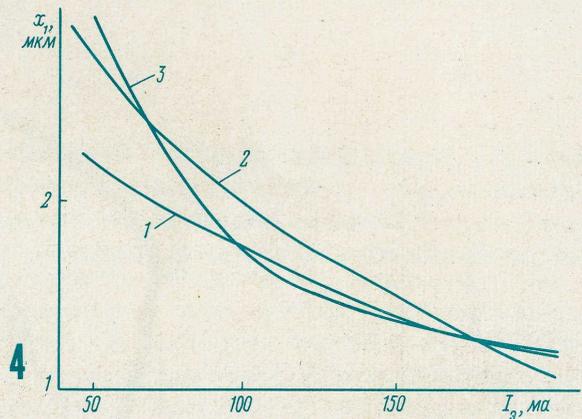


3

Если для каждого значения тока  $I_3$  известны напряжение пробоя  $U_{кэ0}$  и коэффициент передачи по току  $\alpha$ , то можно рассчитать напряжение пробоя в области объемного заряда коллектора  $U_B^*$  и ширину области объемного заряда  $x$ , при больших плотностях тока.

Результаты расчета зависимости  $x, (I_3)$  приведены на рис.4 (кривая 1). При расчете учитыва-

лось, что если  $j > 2000 \text{ а/см}^2$  (соответствует току  $I_3 > 40 \text{ ма}$ ), то коллекторный переход транзистора можно считать резким, а границу области объемного заряда со стороны коллектора неподвижной. На основании известной зависимости  $f_T(I_3)$  была рассчитана зависимость  $x, (I_3)$  (кривая 2) [4]. Для сравнения приведена зависимость ширины области объемного заряда  $x$ , от тока  $I_3$ , полученная из решения уравнения Пуассона для величин токов свыше  $50 \text{ ма}$ , т.е. для той области токов, которая представляет интерес с точки зрения лавинного режима работы транзистора (кривая 3).



Таким образом, на основании полученных результатов можно утверждать, что для транзисторов типа ГТ-338 спад коэффициента усиления по току на высокой частоте при нарастании тока с достаточной достоверностью объясняется деформацией области объемного заряда коллектора в результате накопления в ней подвижных носителей заряда.

Проведенные исследования и первые результаты применения транзистора типа ГТ-338 в стробоскопических осциллографах С-1-45, С-1-60, С-1-17/8 и схемах совпадения показали, что лавинный транзистор ГТ-338 может найти широкое использование в импульсной аппаратуре нано- и субнаносекундного диапазона.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Красилов А.В., Смутьский А.С., Кузнецов Ю.А. Эпитаксиальное наращивание германия и германиевые эпитаксиальные транзисторы. "Электронная техника", сер. "Полупроводниковые приборы", 1967, вып.4, стр.185-198.
2. Каменецкий Ю.А., Кузнецов Ю.А., Смутьский А.С. Исследование лавинного режима работы германиевых транзисторов с диффузионной базовой областью. В сб. "Полупроводниковые приборы и их применение", под редакцией Я.А. Федотова, 1968, вып.20, стр.23-43.
3. R.J.Whittier and D.A.Tremer. IEEE Trans., 1969, v. ED-15, N 1, p.39-57.
4. Данилин В.И., Филатов А.А., Чернявский А.А. Исследование механизма спада усиления транзистора при увеличении тока эмиттера. В сб. "Полупроводниковые приборы и их применение", под редакцией Я.А. Федотова, 1968, вып. 21, стр.118-132.



Максимально допустимая мощность рассеяния при 20°C, <i>вт</i> .....	275
Максимальное обратное напряжение в интервале температур от -55 до +60°C, <i>в</i> .....	20
Максимальный прямой ток при температуре 25 ± 10°C (среднее значение), <i>ма</i> ....	250
Максимально допустимый постоянный прямой ток в интервале рабочих температур от -55 до +60°C, <i>ма</i> .....	500
Время восстановления обратного сопротивления при прямом токе 500 <i>ма</i> , обратном напряжении 20 <i>в</i> , до уровня отсчета обратного тока 10 <i>ма</i> , при 25 ± 10°C, <i>мксек</i> .....	≤ 0,3
Емкость при напряжении смещения -20 <i>в</i> , <i>пф</i> .....	< 15
Постоянное прямое напряжение при 500 <i>ма</i> и 25 ± 10°C, <i>в</i> .....	< 0,55

## ГЕРМАНИЕВЫЕ ИМПУЛЬСНЫЕ МЕЗА-ДИОДЫ Д310

НАХОДЯТ ШИРОКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ В СХЕМАХ ЗАПОМИНАЮЩИХ ЛОГИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ, ШИРОКОПОЛОСНЫХ ОГРАНИЧИТЕЛЯХ, ДЕТЕКТОРНЫХ СХЕМАХ.

■ Диоды обладают высоким значением допустимого среднего прямого тока (250 *ма*), достаточным быстродействием ( $\tau_{уст} < 0,15$  *мксек*,  $\tau_{вост} < 0,3$  *мксек*), малым импульсным сопротивлением в прямом направлении ( $R_{имп} < 3 \text{ ом}$  при  $I_{а,пр} = 0,8$  *а*,  $U_{обр} = 20$  *в*).

■ Существенным преимуществом диодов Д310, собранных в корпусе КД-2, является их повышенная надежность и устойчивость к тепловым и электрическим нагрузкам.

В.Н.СОРОКИН, Ю.П.ЮСОВ,  
А.В.ПЕРЕВЕЗЕНЦЕВ, В.Г.ГРЕБЕНКИНА,  
Н.Е.ПРОСВИРНИНА

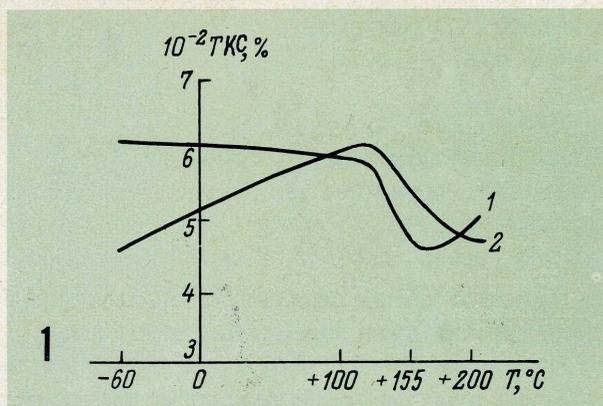
■ ПРИМЕНЕНИЕ В КАЧЕСТВЕ ПРОВОДЯЩЕГО ЭЛЕМЕНТА СЛОЖНОГО КАРБИДА ВОЛЬФРАМА И ЦИРКОНИЯ ПОЗВОЛИЛО ЗНАЧИТЕЛЬНО ПОВЫСИТЬ УСТОЙЧИВОСТЬ РЕЗИСТОРОВ К ПЕРЕГРУЗКАМ.

Токопроводящие объемные слои в переменных резисторах получают путем спекания тщательно перемешанной смеси резистивных и стекловидных материалов. Спекание происходит при высокой температуре, что обеспечивает хорошую адгезию материалов к керамической подложке. В производстве керамических резисторов в настоящее время в качестве резистивных материалов используют такие материалы, как окись индия, окись таллия, ряд амфотерных полупроводниковых окислов с узкой зоной проводимости, карбиды, нитриды, смеси вольфрама и серебра с окисью палладия, а также благородные металлы. Количество стекловидных материалов, содержащихся в окончательно изготовленном резисторе, колеблется от нескольких весовых процентов (для низкоомных резисторов) до 80–90 вес.% (для высокоомных резисторов).

В широко выпускаемых в СССР объемных переменных резисторах типа СПО токопроводящий слой представляет собой гетерогенную систему, в состав которой входят сажа (в качестве токопроводящей фазы), корундовые микропорошки (наполнитель) и стекломалевае флюсы (связка). Предпринята попытка использовать в качестве нового токопроводящего материала сложный карбид —  $Zr_{0,7}W_{0,3}C$ .

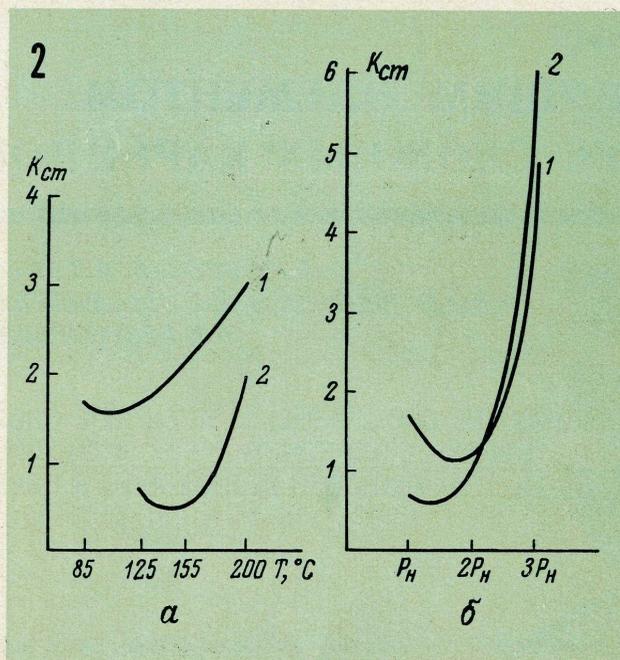
Наилучшим температурным коэффициентом сопротивления (ТКС) и коэффициентом старения обладали объемные переменные резисторы, в токопроводящих слоях которых содержалось 70 вес.% сложного карбида циркония и вольфрама [1]. Для выявления работоспособности вновь разработанных резисторов исследования проводились при температуре до 200°C. На рис. 1 показана зависимость (ТКС) в интервале температур от -60 до +200°C (кривая 1 — для сложного карбида циркония и вольфрама, кривая 2 — для сажевых композиций резисторов СПО). Минимальный ТКС для резисторов с композицией из сложного карбида получен при температуре 155°C, для сажевых слоев при 200°C. Это обусловлено тем, что стекла, применяемые в качестве связующих, были разные: для сажевых

композиций — свинцовоборосиликатные, для композиций из сложного карбида — бессвинцовоборосиликатные. Концепция о влиянии состава стекла подтверждена дальнейшими исследованиями. Были выбраны три марки стекла. Количество стекла добавляемое к сложному карбиду, составляло 30 вес.%. Полученные результаты показали, что ТКС может значительно (примерно в 10 раз) изменяться в зависимости от марки стекла, несмотря на то, что количество стекла во всех опытах бралось одинаковое и состав токопроводящей фазы оставался постоянным.



Аналогично изменяются и коэффициенты увлажнения и старения для сажевой и карбидной композиций в резистивных слоях. На рис. 2,а представлена зависимость коэффициента старения  $K_{СТ}$  от температуры при номинальной мощности  $P_N$ . Для карбидных резисторов (кривая 1)  $K_{СТ}$  лежит несколько выше, чем для сажевых композиций (кривая 2).

Объяснение этому явлению такое же, как и в случае ТКС. Коэффициент старения  $K_{СТ}$  выбирался в качестве основного критерия работоспособности



резисторов, так как он непосредственно связан с удельной мощностью, снимаемой с единицы объема токопроводящего слоя. Устойчивость к перегрузкам у резисторов с карбидной композицией возрастает при мощности, равной  $3 P_H$  (рис. 2, б). При увеличении подводимой мощности до  $4 P_H$  резисторы с сажевой композицией не выдерживают этой мощности, в то время как резисторы с карбидной композицией продолжают нормально работать, а коэффициент старения колеблется в пределах  $\pm 30\%$  (норма: от + 9 до - 15).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Власов Л.Г., Гребенкина В.Г., Перевезенцев А.В., Сорокин В.Н., Юсов Ю.П. Сб. статей III семинара по применению карбидов. Киев, 1970.
2. L y n n B r a d y. Proceedings Electronic components conference. 1967, p.238.

УДК 621.316.8

# РЕЗИСТОРЫ

## ПЕРЕМЕННЫЕ ОБЪЕМНЫЕ НА ОСНОВЕ СЛОИСТЫХ ПРОВОДЯЩИХ ПЛАСТИКОВ

Ю.В. ЗАЙЦЕВ, А.Н. МАРЧЕНКО

■ Использование для токопроводящих элементов резисторов гетинакса и текстолита с соответствующими проводящими наполнителями позволяет получить дешевые объемные резисторы, обладающие высокой износоустойчивостью и перегрузочной способностью.

На основе композиционных материалов разработана широкая серия переменных резисторов.

В радиоэлектронной аппаратуре наибольшее применение получили пленочные переменные резисторы. Однако они имеют невысокую износоустойчивость и перегрузочную способность, а нижний предел номинальных значений сопротивления для этих изделий достаточно высок (470 Ом) [1].

Переменные композиционные резисторы типов СПО и СП4 с объемным проводящим элементом обладают лучшими параметрами. Однако технология их изготовления сложна и многооперационна, что, естественно, сказывается на стоимости изделий. Резисторы типа СПО и СП4 широко применяются в электронной аппаратуре, работающей в условиях высоких температур, повышенной влажности, при значительных вибрационных и ударных нагрузках.

В аппаратуре, работающей в основном при нормальных климатических условиях, целесообразно использовать более дешевые резисторы, изоляционные основания которых выполнены на основе слоистых пластиков (гетинакса и текстолита) [2].

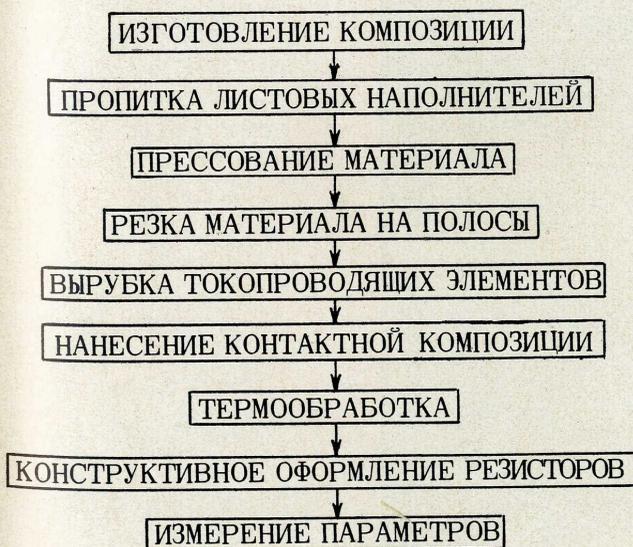
Так как по своим физико-механическим свойствам проводящие пластики близки к соответствующим изоляционным слоистым пластикам, при изготовлении резисторов на их основе можно использовать стандартное технологическое оборудование и существующие технологические режимы. При изготовлении изоляционных слоистых пластиков специальную электротехническую бумагу или стеклоткань, которые являются наполнителями, пропитывают связующими (бакелитовыми или кремнийорганическими) смолами. Пропитанные листовые наполнители собирают в пакеты заданной толщины и подвергают горячему прессованию и сушке. В про-

цессе прессования смола склеивает отдельные слои листовых наполнителей и дополнительно пропитывает их, чем достигается однородность диэлектрических свойств по листу. В производстве композиционных резисторов используют тот же тип смолы, что и в производстве гетинакса. При этом смола смешивается в определенном соотношении с проводящими компонентами (сажей и графитом) и различными наполнителями. Изменяя количество листов в пакете, можно получить различную толщину проводящего пластика, а следовательно, и различное сопротивление получаемых проводящих элементов.

Электропроводящий стеклотекстолит получают аналогичным образом. Для пропитки стеклоткани готовится полупроводящая эмаль, состоящая из эпоксинофенолформальдегидного лака, коллоидного графита и спирто-толуольной смеси. Листы пропитанной стеклоткани собирают в пакеты и подвергают горячему прессованию. Полученный по этой технологии электропроводящий стеклотекстолит СТЭФ-П обладает следующими параметрами: плотность  $1,7 - 1,9 \text{ г/см}^3$ , предел прочности при статическом изгибе не менее  $1500 \text{ кг/см}^2$ , удельное сопротивление перпендикулярно слоям  $10^3 - 10^6 \text{ ом}\cdot\text{см}$ , параллельно слоям  $10 - 10^3 \text{ ом}\cdot\text{см}$ .

После контроля удельного сопротивления листы проводящего пластика нарезаются на полосы шириной  $17 - 18 \text{ мм}$ , из которых затем на прессе вырубается подковообразные токопроводящие элементы переменных резисторов. Для создания контактов на концы элементов наносится слой низкоомной серебряной композиции. После покрытия серебряной композицией токопроводящие элементы подвергаются термообработке для полимеризации контактного слоя.

Технологический процесс изготовления объемных переменных резисторов на основе слоистых проводящих пластиков можно представить так:



По предлагаемой технологии на основе электропроводящего пластика получены объемные переменные резисторы с номинальным сопротивлением от  $6,8 \text{ ом}$  до  $1 \text{ ком}$ . Начальный скачок сопротивления не превышает  $15\%$ . На основе электропроводящего стеклотекстолита СТЭФ-П путем использования пакетов различной толщины ( $0,8$ ;  $0,5$  и  $0,35 \text{ мм}$ ) были получены резисторы с номинальным сопротивлением от  $470 \text{ ом}$  до  $1 \text{ ком}$ . Используя стеклотекстолит с различным удельным сопротивлением, можно значительно расширить диапазон номинальных сопротивлений получаемых резисторов.

Температурный коэффициент сопротивления резисторов в диапазоне температур от  $-60$  до  $+70^\circ\text{C}$  не более  $0,06 \text{ град}^{-1}$ . Вследствие высокой термостойкости стеклотекстолита резисторы на его основе имеют более высокую предельную рабочую температуру по сравнению с резисторами, выполняемыми на основе проводящего гетинакса.

Изменение сопротивления резисторов на основе проводящего гетинакса после выдержки в течение  $96 \text{ ч}$  при относительной влажности  $85 \pm 5\%$  и температуре  $25 \pm 5^\circ\text{C}$  не превышает  $8\%$ . Изменение сопротивления резисторов на основе стеклотекстолита после выдержки в течение  $48 \text{ ч}$  при относительной влажности  $98\%$  и температуре  $30^\circ\text{C}$  не превышало  $2,4\%$ , в течение  $96 \text{ ч}$  при тех же условиях не более  $6\%$ .

Изменение сопротивления резисторов после испытаний на износостойкость под электрической нагрузкой в результате воздействия  $15 \text{ тыс.}$  циклических поворотов подвижной системы не превышало  $5\%$ , что свидетельствует о высокой износостойкости токопроводящего элемента. Интенсивность отказов резисторов при испытании в течение  $500 \text{ ч}$  не превышает  $10^{-5} \text{ ч}^{-1}$ .

Предлагаемое технологическое решение позволяет получать дешевые объемные резисторы, обладающие высокой износостойкостью и перегрузочной способностью по сравнению с пленочными. Резисторы предназначены для электронной аппаратуры общего назначения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мартюшов К.И., Зайцев Ю.В., Резисторы. Изд-во "Энергия", 1966.
2. Iwinq L. Conductive plastics. "Masch. Design", 1969, v.41, N 24, p.168-172.

УДК 621.316.82





# K50-19

## КОНДЕНСАТОРЫ ПУСКОВЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЕ АЛЮМИНИЕВЫЕ

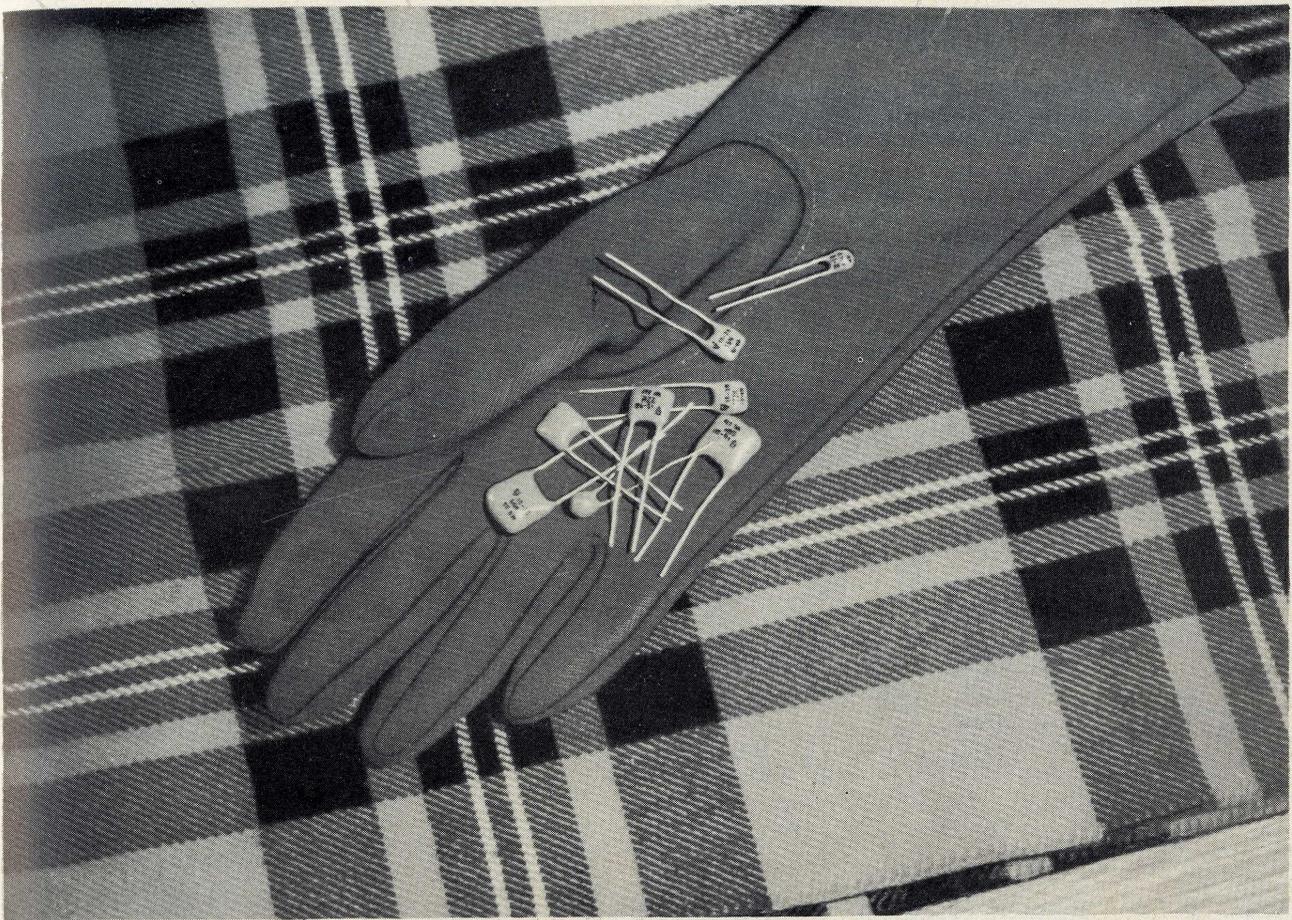
Предназначены для кратковременно-повторной работы в цепях переменного тока промышленной частоты

	Номинальное напряжение, в		
	320	150	80
Номинальная емкость, мкФ	10-100	50-250	100-750
Габариты, мм:			
высота	43-118	53-118	58-113
диаметр	26-40	26-34	34-40
Вес, г	30-230	45-180	65-200

Допустимое число включений в час  
(продолжительностью не более 3 сек) ..... 20  
 Допустимое отклонение действительной  
 величины емкости от номинальной, % ..... 20

### УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Интервал рабочих температур, °С ..... от -25 до +60  
 Относительная влажность воздуха при 40°С, % ..... ≤ 98  
 Атмосферное давление, торр ..... 400-780  
 Вибрация с ускорением 6 g в диапазоне  
 частот, гц ..... 5-200  
 Многократные удары с ускорением, g ..... < 15  
 Гарантийный срок службы - число  
 включений (в течение пяти лет) ..... 50000



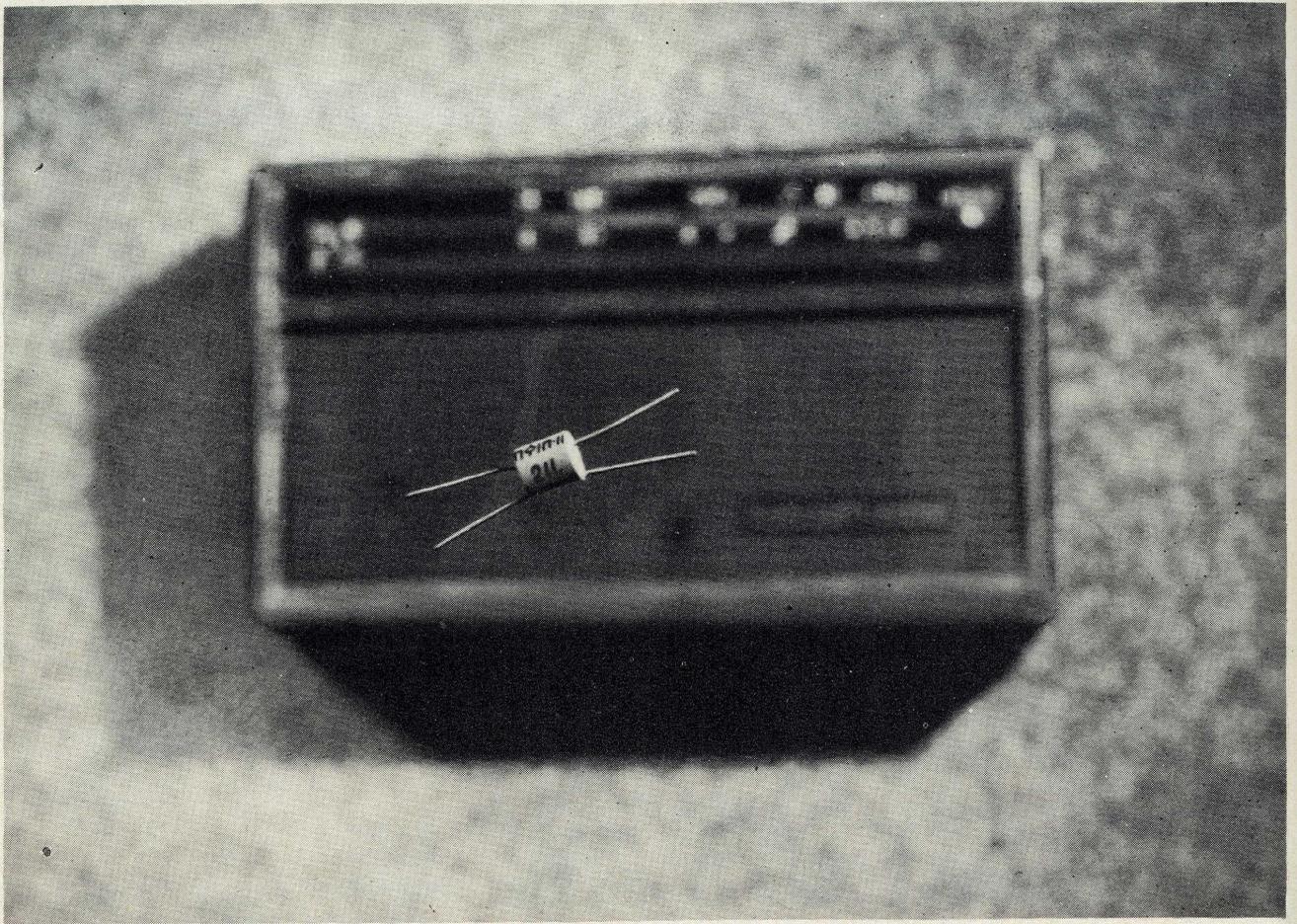
## Конденсаторы керамические K10-20

предназначены для работы в цепях постоянного и переменного токов и в импульсных режимах

Номинальная емкость .....	4700 пф - 0,068 мкф
Допустимая реактивная мощность, вар .....	0,5-1,5
Номинальное напряжение, в .....	35
Изменение емкости в интервале рабочих температур от -60 до +85°C (относительно емкости при температуре 20°C), % .....	± 50
Допустимое отклонение действительной величины емкости от номинальной, % .....	от +50 до -20
Тангенс угла потерь .....	≤ 0,035
Габариты, мм:	
длина .....	6-13
высота .....	6-13

### УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Относительная влажность воздуха при температуре 40°C, % .....	≤ 98
Атмосферное давление, торр .....	0,01-780
Вибрация в диапазоне частот (с ускорением до 4 г.), гц .....	5-80
Многократные удары с ускорением, g .....	≤ 15
Гарантийный срок службы, ч .....	5000



# ФИЛЬТРЫ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИЕ

*Применяются в усилителях промежуточной частоты транзисторных радиоприемников*

В отличие от фильтров с резонансными контурами не требуют дополнительной настройки при установке в схему и дополнительной экранировки. Обеспечивают большую избирательность при меньшем количестве деталей, имеют малые габариты и вес, удобны для монтажа. Применение их удешевляет стоимость аппаратуры.

	ФП1П-011	ФП1П-012	ФП1П-013
Средняя частота полосы пропускания, кГц .....	465 ± 2	465 ± 2	465 ± 2
Ширина полосы пропускания по уровню 6 дБ, кГц	8,5 <sup>+2</sup> <sub>-3</sub> - 1,5	8,5 <sup>+2</sup> <sub>-3</sub> - 1,5	11,5 ± 2
Неравномерность затухания в полосе пропускания, дБ .....	≤ 1	≤ 2	≤ 1
Вносимое затухание, дБ	≤ 4,5	≤ 8,5	≤ 4,5
Затухание на частоте f <sub>ср</sub> ± 9 кГц, дБ .....	≥ 12	≥ 22	≥ 9
Нагрузочное сопротивление, ком			
входное .....	2	2	2
выходное .....	1	1	1
Коэффициент прямоугольности на уровнях			
20/6 дБ .....	≥ 3		≥ 3
40/6 дБ .....		≥ 3	
Габариты, мм:			
диаметр .....	8,5	8,5	8,5
длина .....	9	19	9
Вес, г .....	≤ 2,5	≤ 5,0	≤ 2,5



## БЫТОВЫЕ РАДИОПРИБОРЫ



### ПОРТАТИВНЫЙ КАССЕТНЫЙ МАГНИТОФОН «ЭЛЕКТРОН»

для записи музыки и речи с магнитофона,  
звукоснимателя, радиоприемника, телеви-  
зора и трансляционной сети  
для воспроизведения магнитной записи  
Скорость движения ленты - 9,5 см/сек  
Диапазон частот - от 63 гц до 10 кгц,  
Выходная мощность - 0,5 вт  
Число дорожек - 2

### УСИЛИТЕЛЬ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ «РАДУГА» СО ЗВУКОВОЙ КОЛОНКОЙ ЗК-24

обеспечивает высококачественное усиление  
и воспроизведение сигналов. Применением  
акустической системы, состоящей из шести  
громкоговорителей 4ГД-28, достигается вос-  
произведение широкой полосы звуковых час-  
тот с равномерной диаграммой направленнос-  
ти до 90°



### СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЙ УСИЛИТЕЛЬ ВЫСШЕГО КЛАССА С-50,

предназначенный для усиления звучания  
адаптированных инструментов, приемни-  
ков, магнитофонов и электрофонов, может  
использоваться дома, в служебных помеще-  
ниях и концертных залах.  
Номинальная выходная мощность - 20 вт  
Рабочий диапазон частот - от 40 гц до 20 кгц,  
Потребляемая мощность - 100 вт



**В 1972 г. предприятия электронной промышленности увеличат выпуск товаров культурно-бытового назначения и хозяйственного обихода по сравнению с 1971 г. более чем на 17%.**



# КИНЕСКОП

## 59ЛК3Ц

Кинескоп предназначен для телевизионных приемников цветного изображения.

Размер экрана по диагонали 59 см. Размер изображения 380x480 мм.

Кинескоп взрывобезопасный, с прямоугольным трехцветным алюминиевым экраном точечной структуры, углом отклонения электронных лучей по диагонали 90 град, электростатической фокусировкой и магнитными системами отклонения и сведения электронных лучей. Катод кинескопа оксидный, косвенного накала.



Напряжение накала, <i>в</i> . . . . .	6,3 ± 10%	по угловым клиньям в основных цветах (красном, зеленом, синем) в условиях измерения разрешающей способности в белом цвете . . . . .	500
Ток накала, <i>а</i> . . . . .	0,9		
Напряжение второго анода, <i>кв</i> . . . . .	20–27,5	Яркость свечения экрана в белом цвете при суммарном токе трех прожекторов 1000 <i>мка</i> , <i>нит</i> . . . . .	60
Напряжение электрода, <i>в</i> ускоряющего . . . . .	250–700		
фокусирующего . . . . .	4500–5500	Прозрачность стекла экрана, % . . . . .	43
Напряжение модулятора (запирающее), <i>в</i> . . . . .	от –190 до –100		
Разрешающая способность, <i>линий</i> в центре в белом цвете при суммарном токе 500 <i>мка</i> . . . . .	600	Длина кинескопа (наибольшая), <i>мм</i> . . . . .	511
		Диаметр горловины (наибольший), <i>мм</i> . . . . .	38
		Вес, <i>кг</i> . . . . .	18,5

# КИНЕСКОП

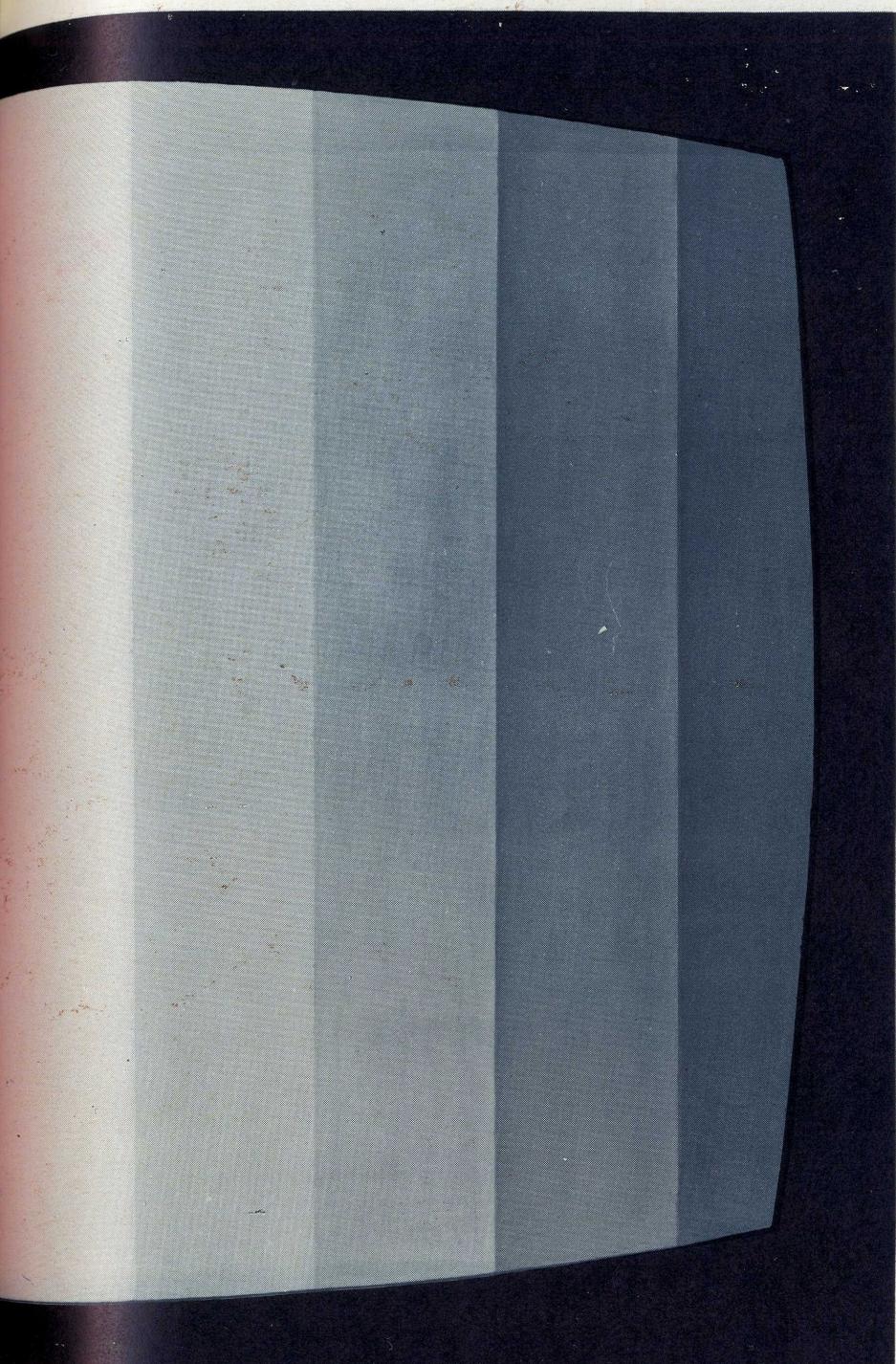
## 65ЛК1Б

Самый большой кинескоп для телевизионных приемников.

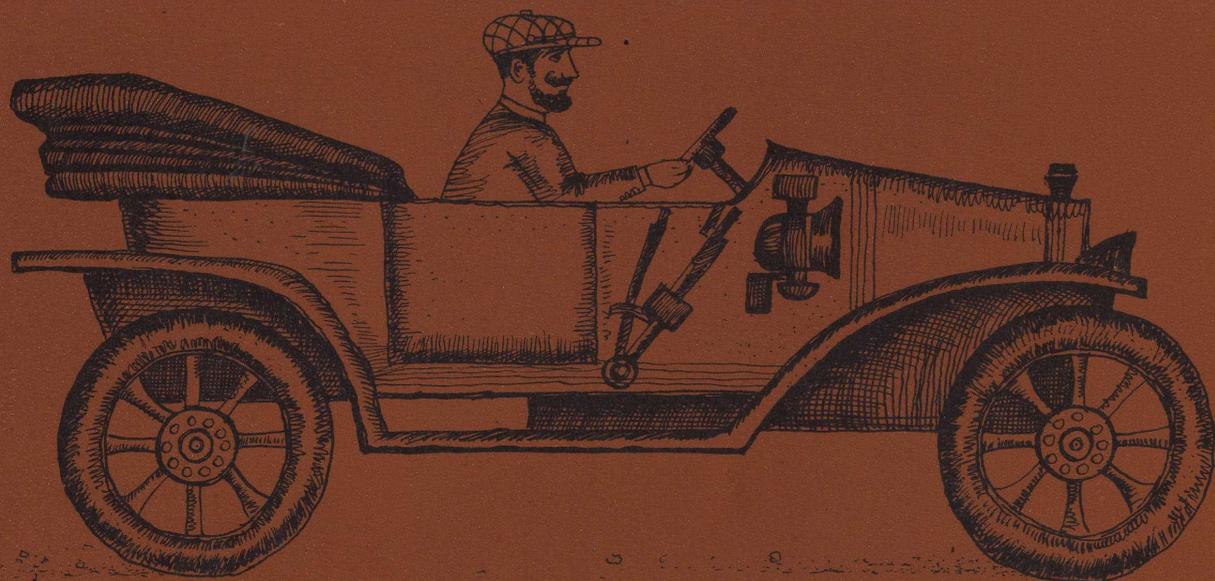
Размер экрана по диагонали 65 см. Размер изображения 530x416 мм.

Кинескоп взрывобезопасный, с прямоугольным алюминированным экраном белого свечения, углом отклонения электронного луча по диагонали 110 град, электростатической фокусировкой и магнитным отклонением электронного луча. Для повышения контрастности изображения поверхность фронтального стекла окрашена в нейтральный цвет.

Катод кинескопа оксидный, косвенного накала.

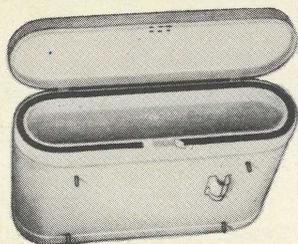


Напряжение накала, <i>v</i> . . . . .	6,3	в центре . . . . .	600
Ток накала, <i>a</i> . . . . .	0,3	по углам . . . . .	550
Напряжение анода, <i>кв</i> . . . . .	20	Яркость свечения экрана при	
Напряжение электрода, <i>v</i>		токе 450 мка, нит . . . . .	200
ускоряющего . . . . .	400	Прозрачность стекла экрана, % . . . . .	52
фокусирующего . . . . .	0-400	Длина кинескопа (наибольшая), мм . . . . .	390
Напряжение модулятора (запирающее), <i>v</i>	от -90	Диаметр горловины (наибольший), мм . . . . .	29,67
	до -40	Вес, кг . . . . .	20
Разрешающая способность при токе			
225 мка, линий			

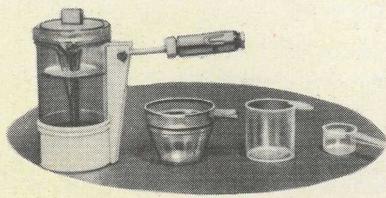


# АВТО СЕРВИС

Новые изделия электронной промышленности сделают  
Ваш автомобиль комфортабельным и современным



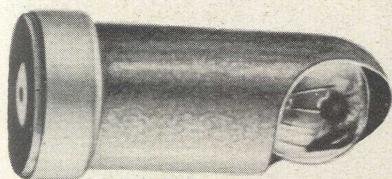
Холодильная приставка «Масис» обеспечивает хранение продуктов питания в дороге.



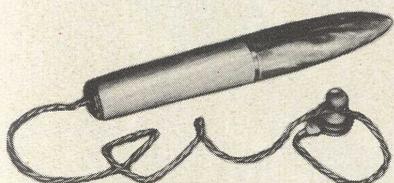
Подключив кофеварку к гнезду прикуривателя, можно приготовить чашку кофе во время движения автомобиля и на стоянке.



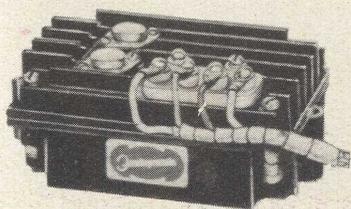
Противотуманная фара (диаметр 145 мм) мощностью 50 вт надежно освещает дорогу в густом тумане, при пыльной буре, в снегопад и ливень. Срок службы 400 ч.



Переносная лампа с магнитным креплением удобна при ремонтных работах в дорожных условиях. Она легко устанавливается на любой части автомобиля, не требуя специального монтажа.



Дефектоскоп «Поиск» поможет Вам обнаружить механические шумы, вибрации в двигателях, дефекты, вызванные износом трущихся деталей или неправильной регулировкой. Датчиком служит пьезокристалл. Питание осуществляется от двух батарей ФБС-0,25.



Прибор зажигания «Электроника» улучшит работу стандартных батарейных систем зажигания. Напряжение питания 8-12 в. Потребляемый ток 1,5 а. Габариты 142x84x64 мм.



Преобразователь напряжения для электробритвы устанавливается в любом удобном месте машины.



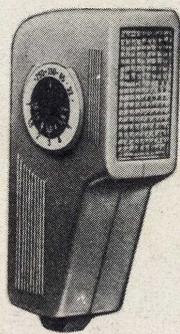
Зарядить аккумулятор от сети 127/220 в можно с помощью универсального источника питания. Прибор компактен - 180x180x220 мм. Пределы регулировки тока заряда 0-5 а, выходного напряжения 2-15 в.



Преобразователь напряжения «Электронас» предназначен для преобразования постоянного напряжения 12 в в переменное 127 в (питание маломощных электроприборов) и выпрямления переменного напряжения 127/220 в (зарядка автомобильных аккумуляторов).



## ЭЛЕКТРОННЫЕ ФОТОВСПЫШКИ



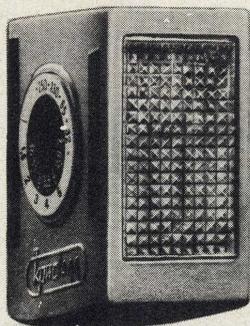
### «Свет»

Энергия вспышки - 23 дж  
 Длительность вспышки -  
 1/3000 сек  
 Угол рассеяния - 80°  
 Питание - от сети  
 Габариты - 146x72x44 мм  
 Вес - 38 г



### «Электрон»

Энергия вспышки - 20 дж  
 Число вспышек от одной  
 зарядки аккумуляторов -  
 не менее 50  
 Минимальный интервал  
 между вспышками -  
 12 сек  
 Питание - от аккумуля-  
 торных батарей и от сети  
 Габариты - 96x70x35 мм  
 Вес - 330 г



### «Кристалл»

Энергия вспышки - 12 дж  
 Длительность вспышки -  
 1/5000 сек  
 Угол рассеяния - 80°  
 Габариты - 84x70x44 мм  
 Вес - 250 г



### «Чайка»

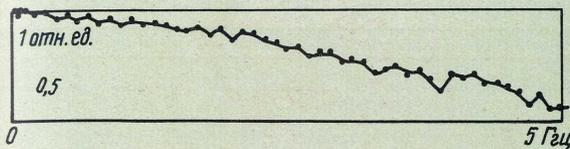
Энергия вспышки - 36 дж  
 Число вспышек от одного  
 комплекта батарей - 40  
 Минимальный интервал  
 между вспышками -  
 20 сек  
 Угол рассеяния - 45°  
 Питание - от двух бата-  
 рей КВС и от сети  
 Габариты - 178x156x75 мм  
 Вес - 1600 г

# СВЧ осциллографическая трубка с полосой пропускания 5 Гц

для наблюдения и регистрации как повторяющихся,  
так и однократных электрических процессов малой длительности

Ю.В.ЧАЙКО, Л.И.ГУБАНОВА, В.В.МИХЕЕВА

АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА



Рабочая полоса частот, Гц при неравномерности амплитудно- частотной характеристики:	
3 дБ .....	3,7
5 дБ .....	5,0
Коэффициент стоячей волны в полосе частот:	
0,5–1,5 Гц .....	≤ 1,7
1,5–3,0 Гц .....	≤ 2,3
3,0–5,0 Гц .....	≤ 3,0
Чувствительность	
по оси сигналов, мм/в .....	1,1
по оси сигналов, мм/в .....	20
по оси времени, мм/в .....	0,2
Скорость фотозаписи *, км/сек .....	2500**, 27000***
Ширина линий, мкм	
при токе пучка 10 мка .....	45–55
при 100%-ной модуляции .....	55–65
Размер рабочего поля, мм	
по оси сигналов .....	15
по оси времени .....	40

\* Использовалась пленка РФ-3 чувствительностью 900 р<sup>-1</sup>.

\*\* Скорость фотозаписи для прибора с экраном из монолитного стекла. Использовалась фотоприставка с двумя объективами "Юпитер-3" с относительным отверстием 1:1,5. Масштаб фотографирования 1:1.

\*\*\* Скорость фотозаписи для макета прибора с экраном из стекловолокна. Значения тока пучка и ширины линии те же, что и для прибора с экраном из монолитного стекла. Фотографирование осуществлялось контактным способом.

Прибор имеет отклоняющую систему "бегущей волны" в виде ленточной спирали прямоугольного сечения между двумя экранами. В отличие от существующих СВЧ осциллографических трубок в рассматриваемом приборе используются металло-керамические, вакуумноплотные коаксиальные вводы энергии. Благодаря применению металло-керамических вводов стало возможным производить сборку системы посредством пайки медно-серебряным припоем в водородной печи. Надежный электрический контакт в местах соединений различных деталей отклоняющей системы способствует улучшению высокочастотных параметров прибора.

Фокусировка пучка осуществляется электромагнитной фокусирующей системой, расположенной на блоке отклоняющих систем между вводами сигнальной системы.

Электронный пучок после отклонения дополнительно ускоряется полем, создаваемым пленочной спиралью высокого сопротивления, нанесенной на внутреннюю поверхность колбы трубки.

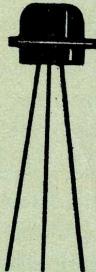
Формирование электронного пучка осуществляется триодной пушкой, конструкция катодного узла которой обеспечивает в рабочем режиме прибора получение кроссовера малых размеров при более низкой плотности тока, чем в обычных осциллографических трубках, благодаря уменьшению диаметра отверстия и толщины торцевой стенки в модуляторном цилиндре.

При напряжении анода 5 кВ напряжение запирающего (45–60) в. Ток пучка при 100%-ном модулирующем напряжении 20–30 мка. Коэффициент токопрохождения 2%. При напряжении послеускорения 25 кВ ширина линии на экране прибора, измеренная методом сжатия раstra при токе пучка 10 мка, составляет 45–55 мкм, а при 100%-ной модуляции 55–65 мкм. Поскольку коэффициент увеличения фокусирующей системы с учетом влияния послеускорения составляет 1,4, то при 100%-ном модулирующем напряжении размер кроссовера 40–45 мкм.

В режиме 100%-ной модуляции максимальная плотность тока, отбираемого с катода, превышает допустимые значения, установленные для режима постоянного отбора тока с катода. Например, при токе катода 1600 мка максимальная плотность отбираемого с катода тока составляет 4,3 а/см<sup>2</sup>. Однако это обстоятельство не может в значительной степени повлиять на долговечность СВЧ осциллографической трубки, так как она предназначена для работы с импульсами подсвета малой длительности и с небольшой частотой повторения (как правило, длительности импульсов подсвета не превышают 1 мксек при скважности не более 100). Величины средних токов, отбираемых с катода в таком режиме работы, не превышают 20 мка.

Применение в СВЧ осциллографической трубке электронной пушки, обеспечивающей высокую плотность тока, снимаемого с катода, увеличивает относительную чувствительность и скорость фотозаписи прибора.

УДК 621.385.832.029.64

<p><b>п-р-п</b> <b>КТ610А</b></p>	<p>НОВЫЕ ИЗДЕЛИЯ</p>
<p>Максимальная мощность, рассеиваемая транзистором, <math>P</math>, <i>вт</i> ..... 1,5</p> <p>Предельная частота усиления по току <math>f_T</math>, <i>МГц</i> ..... <math>\geq 1</math></p> <p>Максимально допустимое напряжение коллектор-эмиттер при отключенной базе <math>U_{КЭ0}</math>, <i>в</i> ..... 20</p> <p>Максимальный коллекторный ток <math>I_K</math>, <i>ма</i> ..... 300</p> <p>Коэффициент усиления в схеме с общим эмиттером <math>h_{21E}</math> при <math>U_K = 10</math> <i>в</i>, <math>I_E = 150</math> <i>ма</i> ..... <math>\geq 50</math></p> <p>Емкость коллекторного перехода <math>C_K</math> при <math>U_K = 10</math> <i>в</i>, <i>пф</i> ..... <math>&lt; 3,5</math></p>	<p><b>ТРАНЗИСТОР КРЕМНИЕВЫЙ</b></p> <p><b>ДЛЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ</b></p>
<p><b>п-р-п</b> <b>КТ808А</b></p>	<p><b>ТРАНЗИСТОР КРЕМНИЕВЫЙ</b></p>
<p>Максимальная мощность, рассеиваемая на коллекторе <math>P</math>, <i>вт</i> ..... 50</p> <p>Предельная частота усиления по току <math>f_T</math>, <i>МГц</i> ..... <math>&gt; 7</math></p> <p>Максимальный коллекторный ток <math>I_K</math>, <i>а</i> ..... 10</p> <p>Максимально допустимое импульсное напряжение коллектор-эмиттер <math>U_{КЭ}</math>, <i>в</i> ..... 250</p> <p>Коэффициент усиления в схеме с общим эмиттером <math>h_{21E}</math> при <math>U_K = 3</math> <i>в</i>, <math>I_K = 6</math> <i>а</i> ..... 10–50</p> <p>Емкость коллекторного перехода при <math>U_K = 10</math> <i>в</i>, <math>f = 1</math> <i>МГц</i>, <i>пф</i> ..... 500</p> <p>Время рассасывания носителей <math>t_s</math> при <math>I_K = 6</math> <i>а</i>, <i>мксек</i> ..... 2</p>	<p><b>ДЛЯ ПЕРЕКЛЮЧАЮЩИХ СХЕМ</b></p>
<p><b>п-р-п</b> <b>КТ704А</b></p>	<p><b>ТРАНЗИСТОРЫ КРЕМНИЕВЫЕ</b></p>
<p>Максимальная мощность, рассеиваемая транзистором, <math>P</math>, <i>вт</i> ..... 15</p> <p>Предельная частота усиления по току <math>f_T</math>, <i>МГц</i> ..... <math>&gt; 3</math></p> <p>Напряжение пробоя <math>U_{КЭР макс}</math> при <math>R_{БЭ} = 10</math> <i>ом</i>, <i>в</i> ..... 1000</p> <p>Максимальный ток коллектора <math>I_K</math>, <i>а</i> ..... 2</p> <p>Коэффициент усиления в схеме с общим эмиттером <math>h_{21E}</math> при <math>I_K = 1</math> <i>а</i> и <math>U_K = 20</math> <i>в</i> ..... <math>\geq 10</math></p> <p>Напряжение насыщения <math>U_{КЭ sat}</math> при <math>I_K = 2</math> <i>а</i>, <math>I_B = 1,5</math> <i>а</i>, <i>в</i> ..... <math>\leq 6</math></p>	<p><b>ДЛЯ СХЕМ АВТОМАТИКИ, ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ И СТАБИЛИЗАТОРОВ</b></p>
<p><b>п-р-п</b> <b>КТ908А</b></p>	
<p>Максимальная мощность, рассеиваемая транзистором, <math>P</math>, <i>вт</i> ..... 50</p> <p>Предельная частота усиления по току <math>f_T</math>, <i>МГц</i> ..... <math>\geq 50</math></p> <p>Напряжение пробоя <math>U_{КЭР макс}</math> при <math>R_{БЭ} = 10</math> <i>ом</i>, <i>в</i> ..... 100</p> <p>Максимальный ток коллектора <math>I_K</math>, <i>а</i> ..... 10</p> <p>Коэффициент усиления в схеме с общим эмиттером <math>h_{21E}</math> при <math>I_K = 10</math> <i>а</i>, <math>U_K = 2</math> <i>в</i> ..... 8–60</p> <p>Напряжение насыщения <math>U_{КЭ sat}</math> при <math>I_K = 10</math> <i>а</i>, <math>I_B = 2</math> <i>а</i>, <i>в</i> ..... <math>\leq 1,5</math></p> <p>Емкость коллекторного перехода <math>C_K</math> при <math>U_K = 10</math> <i>в</i> ..... <math>\leq 1000</math></p>	

# Новые люминофоры и экраны для многоцветных ЭЛТ

Н. П. СОЩИН

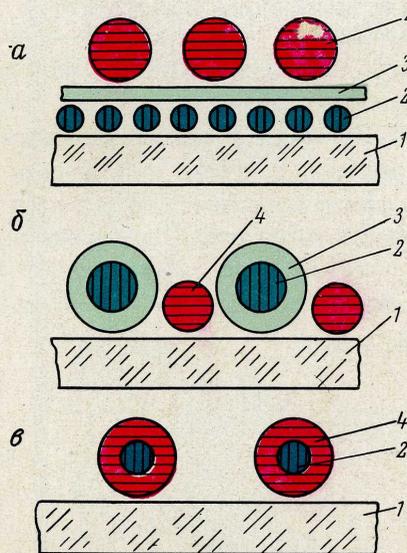
В электроннолучевых приборах широко используются монохроматические катодолуминесцентные экраны. Применение многоцветных экранов и цветового кодирования информации позволило увеличить в два и более раз информационную емкость экранов, улучшить видимость и уменьшить время различения цифробуквенной и знаковой информации, увеличить контрастность изображения, сократить время темновой адаптации глаза оператора.

Известные методы получения многоцветного изображения в электроннолучевых приборах основаны на принципе пространственного смешения цветов, поэтому люминесцентное покрытие изготавливается из чередующихся в определенной последовательности дискретных элементов, излучающих три основных цвета: красный, зеленый и синий. Возбуждение люминофорных элементов осуществляется тремя эквипотенциальными электронными пучками, для пространственного разделения которых используются специальные цветоделительные элементы, например, маски или фокусирующие сетки. Дискретная структура экрана и низкая прозрачность цветоделительных элементов ограничивают возможность получения ЭЛТ с высокой разрешающей способностью и яркостью. Кроме того, указанные приборы из-за недостаточной механической прочности трудно использовать в аппаратуре, подверженной значительным механическим перегрузкам.

Ранее были предложены конструкции многоцветных экранов с размещением цветных компонентов, излучающих при изменении энергии электронного пучка, по глубине экранного покрытия. Подобные экраны, основанные на глубинном проникновении электронов в люминесцентное вещество, были названы пенетронами [1].

Конструктивно экраны типа пенетрон могут выполняться различно: в виде слоистой структуры из тонкопленочных покрытий [2] и в виде люминесцирующих фронтальных стекол [3]. Обычно в технологии изготовления электроннолучевых приборов применяются многослойные экраны из порошковых люминесцентных материалов (рис. 1). Пучок электронов с энергией  $U$ , возбуждает ближайший к катоду люминесцентный пористый слой красного цвета свечения. Перед зернами второго люминофора для поглощения проникающего между просветами электронного потока формируется

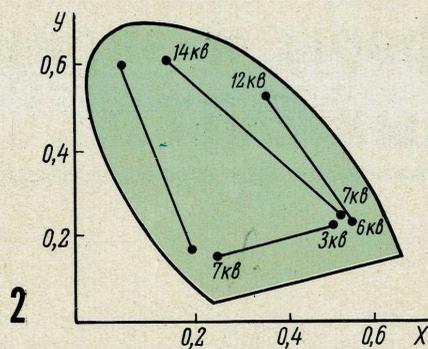
задерживающий слой — своеобразный потенциальный барьер. Если барьерный поглощающий слой изготовлен без сквозных пор и каналов (это основная технологическая сложность), то электронный поток с энергией  $U$ , будет полностью задержан; цвет свечения экрана в этом случае определяется только спектром излучения низковольтного люминофора. С повышением энергии электронного потока все больше пронизывает барьерный слой и возбуждает излучение второго люминесцирующего слоя, обычно зеленого цвета свечения. Суммарный поток излучения экрана будет иметь цветность, определяемую энергетическими и светотехническими характеристиками используемых люминесцентных порошков.



1 Конструкции многоцветных экранов:  
 а — двухслойные с внутренним барьером; б — на основе барьерных люминофоров; в — на основе гетерогенных люминофоров  
 1 — стеклоподложка; 2 — люминофор зеленого цвета свечения;  
 3 — барьерный слой; 4 — люминофор красного цвета свечения

Кривая 1 на рис. 2 (диаграмма МКО) показывает изменение цветовых характеристик многослойного экрана при модуляции энергии электронного пучка от 6 до 12 кВ.

Барьерный слой, частично поглощающий электронный поток, может быть сформирован непосредственно на люминофорном зерне, что повышает потенциал зажигания люминофора. Потенциал зажигания  $U_0$  — величина  $U_0$ , входящая в выражение для определения яркости свечения:  $B = K_j(U - U_0)^n$  [4].



Стандартные фосфоры, используемые в электроннолучевых приборах, имеют потенциал зажигания от нескольких десятков до нескольких сотен вольт. Применение люминесцентных материалов, различающихся по спектру свечения и величине потенциала зажигания, позволяет изготавливать однослойное экранное покрытие (рис. 1, б) с цветом, легко изменяющимся при модуляции возбуждающего напряжения. Например, были изготовлены экраны, цвет которых от красного переходит в зеленый (кривая 2 на рис. 2), белый или синий (кривые 3 и 4 на рис. 2, соответственно).

Варьирование длительности послесвечения барьерных люминофоров расширяет информационные возможности экранов ЭЛП.

Для повышения эффективности свечения люминофорного экрана при изготовлении зерна люминофора используется слоистая структура (рис. 1, в). Внутренняя часть зерна (кern) и его внешняя оболочка излучают в различных областях видимого спектра, например, в зеленой и желтой. Разработанная технология формирования гетерогенного по объему зерна обеспечивает высокую разрешающую способность люминесцентных покрытий.

Барьерные и гетерогенные люминофоры и экраны на их основе используются при изготовлении многоцветных экранов индикаторных и знакопечатающих ЭЛП для устройств отображения информации, запоминающих и измерительных ЭЛП.

Цветовое кодирование отображаемой информации существенно расширяет возможности приборов. Например, предполагается использование многоцветных приборов для получения цветowych разрезов метеорологической обстановки, ландшафтных карт местности, ряда специальных применений. Автоматизированные системы управления промышленностью получают приборы для наглядного воспроизведения временных и компонентных связей.

Высокая цветовая насыщенность изображения экранов в двух основных цветах создает предпосылки к получению трехцветных люминесцентных покрытий с очевидной перспективой их расширенного применения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. США № 3204.143, 31.08.1965.
2. Социн Н.П., Волкова Л.К. "Изв. АН СССР", сер. "Физическая", 1969, т. XXXIII, стр. 967.
3. Лунтер С.Г., Карапетян Г.О., Купревич В.В., Авт. свид. № 197125. "Бюлл. изобр.", 1967, № 12, стр. 9.
4. Социн Н.П. "Изв. АН СССР". сер. "Физическая", 1971, XXXV, стр. 1161.

УДК 621.385.832.72.032.36:621.315.593.7

## Индикаторные цветные электроннолучевые трубки

С.В. ВИНЕВИЧ, Л.Н. ЗАБАБУРИНА, Т.А. КРУТИЛИНА

Увеличение объема отображаемой информации на экранах индикаторных ЭЛП является весьма актуальной задачей. Современные индикаторные ЭЛП должны не только воспроизводить графическое изображение и разнообразные знаки, но в ряде случаев и обеспечивать возможность проекции на экран оптической картины.

Получение на экранах ЭЛП цветного (двухцветного или многоцветного) изображения существен-

но расширяет объем отображаемой информации, значительно облегчает работу оператора и способствует уменьшению возможных ошибок регистрации при визуальном наблюдении.

Применение для цветной индикации цветных кинескопов с цветоделительными элементами в виде масок или сеток не может считаться перспективным. Дискретная, мозаичная или штриховая структура экранов цветных кинескопов не обеспе-

чивает необходимой разрешающей способности при воспроизведении знаков малого размера. Как известно, шаг мозаики экрана масочных кинескопов составляет 0,5–0,7 мм. Шаг штриховой структуры кинескопов с фокусирующей сеткой достигает 1 мм. При высоте знака на экране 3–4 мм ширина линий, составляющих знак, не должна превышать 0,6–0,8 мм. В этом случае в каждом из основных цветов знак формируется весьма малым числом светящихся элементов и даже может быть вообще не воспроизведен.

Прозрачность теневой маски кинескопа составляет всего 15–17%, поэтому трудно получить необходимую яркость свечения знаков каждого цвета, а также яркость оптического изображения, проекция которого в современных индикаторных ЭЛП должна осуществляться с задней стороны экрана. Цветные кинескопы масочного типа чувствительны к воздействию даже сравнительно слабых внешних магнитных полей, особенно при недостаточной величине охранных поясков на люминофорных пятнах мозаичного экрана.

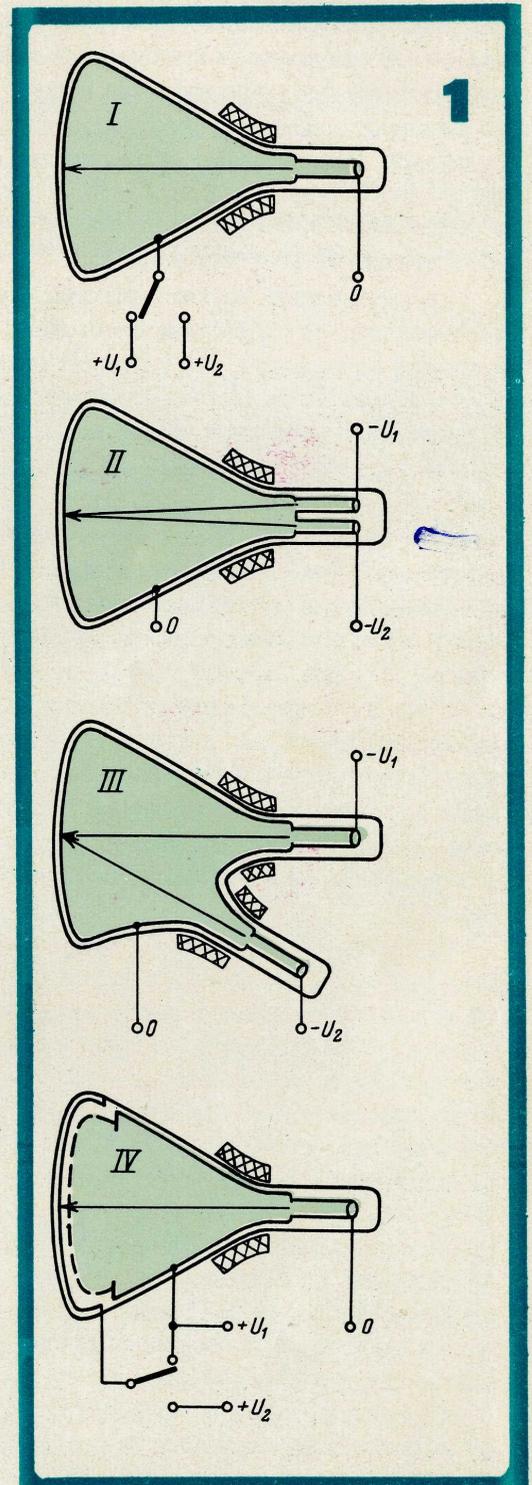
Таким образом, недостаточные разрешающая способность и яркость, а также малая надежность воспроизведения заданного цвета затрудняют, на наш взгляд, использование цветных кинескопов для целей индикации. \*  $\downarrow$

ЭЛТ с барьерными люминофорами могут обеспечить получение достаточно насыщенных двух цветов свечения при выбранных крайних значениях ускоряющего напряжения. Промежуточные величины напряжения дают гамму промежуточных цветов. Для получения различных пар основных цветов — зеленого и красного, зеленого и синего, синего и красного — можно использовать ряд люминофоров. С точки зрения цветности и яркости лучшим считается сочетание зеленого и красного цветов. Вариации люминофоров и уровней рабочих напряжений обеспечивают возможность выбора допустимых цветовых координат при желаемых яркостях свечения экрана. Получение определенных величин цветности и яркости связано с необходимостью компромиссного решения. В отличие от цветного телевидения, где предъявляются весьма жесткие требования к цветовым координатам основных цветов, в цветной индикации главным требованием является лишь четкая различимость цветов.

На основе барьерных люминофоров созданы индикаторные трубки, работающие в режиме пущего пучка и рассчитанные на методы знакогенерирования, трубки знакопечатающие, а также образцы комбинированных ЭЛТ, обеспечивающих работу

в двух режимах. В трубках применена стеклооболочка прибора 45ЛС8 с двумя горловинами и двумя оптическими окнами на конусной части, а также оболочка цветного кинескопа 40ЛК4Ц.

Вариантами конструкций трубок с барьерными люминофорами являются трубки: с одним прожектором (знакопечатающим или обычным), переключаемым в разные режимы по выходному напряжению (рис.1, I), с двумя отдельными прожекторами, каждый из которых работает на своем анодном напряжении (рис.1, II и III), с приэкранной сеткой и переключением напряжения между экраном и сеткой (рис.1, IV).



\*Известия АН СССР, сер. физическая, 1971, № 7, стр. 1161

Однопрожекторный бессеточный вариант прибора по конструкции наиболее простой. Однако при переключении прожектора из одного режима в другой по анодному напряжению происходит отклонение положения следа электронного пучка на экране вследствие изменения чувствительности к отклонению. Отклонение положения следа электронного пучка на экране должно быть скомпенсировано величиной тока в отклоняющей катушке с учетом того, что при магнитном отклонении пучка величина отклонения обратно пропорциональна корню квадратному из ускоряющего напряжения. Изменение фокусировки пучка (разрешающей способности) может быть сведено к минимуму. Например, комбинация электростатической и магнитной фокусировки пучка может обеспечить оптимальную фокусировку пучка в двух режимах по анодному напряжению без дополнительных регулировок. Независимость фокусировки от величины анодного напряжения может быть достигнута в специальной электронно-оптической системе электростатической фокусировкой.

Преимуществом трубок с отдельными прожекторами является отсутствие необходимости переключения напряжения, что упрощает схему управления. В этих трубках оба прожектора могут быть размещены в одной горловине с отклонением электронных пучков одной общей отклоняющей системой (рис.1, II), либо каждый прожектор помещен в свою горловину (рис.1, III). В последнем случае отклонение пучка ведется независимо двумя отклоняющими системами, и задача уравнивания чувствительности к отклонению решается автоматически.

У трубок с двумя прожекторами, расположенными как в одной, так и в двух отдельных горловинах, электронные пучки, сведенные в центре экрана, расходятся при отклонении. Необходимое сведение может быть осуществлено дополнительными корректирующими токами в отклоняющих катушках.

Преимуществом трубок с приэкранной сеткой является почти постоянная чувствительность к отклонению и фокусировка при переключении цвета. В связи с экранирующим действием сетки изменение напряжения на люминесцентном экране не влияет на движение электронов в пространстве между отклоняющей системой и сеткой. После отклонения траектория электронов прямолинейна до самой сетки и искривляется лишь на участке между сеткой и экраном, если между ними имеется разность потенциалов. Отклонение траектории от прямолинейной на этом участке растет с увеличением угла отклонения, разности потенциалов и расстояния между сеткой и экраном.

Смещение отклоненного электронного пятна на экране при переключении цвета (рис.2) может быть определено по формулам, применяемым для

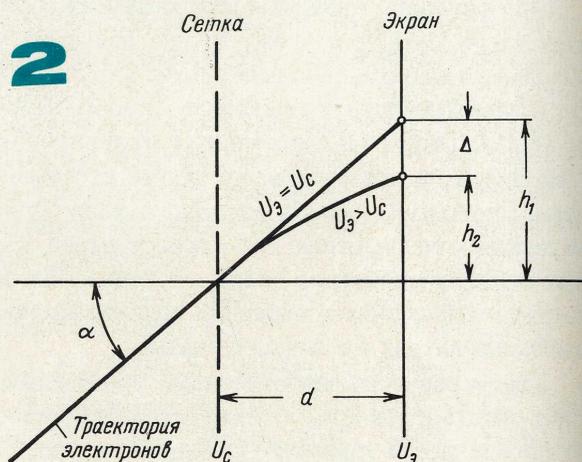
расчета цветных кинескопов с фокусирующей сеткой:

$$\Delta = h_1 - h_2 ;$$

$$h_1 = d \operatorname{tg} \alpha ;$$

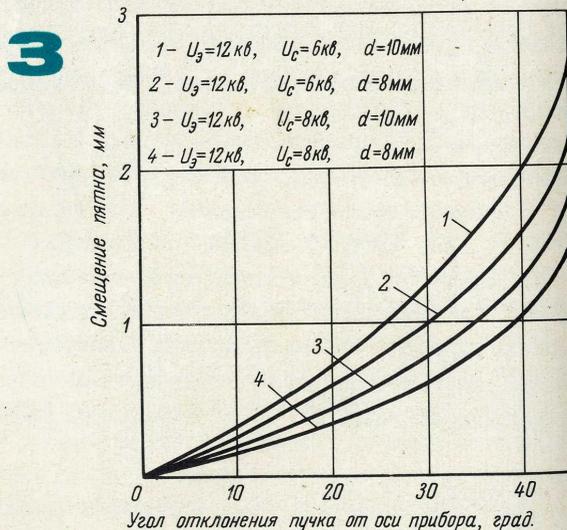
$$h_2 = \frac{d U_c}{U_9 - U_c} \sin 2 \alpha \left( 1 + \frac{U_9 - U_c}{U_c \cos^2 \alpha} - 1 \right),$$

где  $d$  – расстояние между сеткой и экраном;  $U_c$  – потенциал сетки;  $U_9$  – потенциал экрана;  $\alpha$  – угол отклонения электронного пучка от оси трубки.



При одном цвете свечения экрана потенциалы экрана и сетки равны между собой, при другом цвете свечения потенциал экрана больше потенциала сетки.

Расчет проведен для конструкции ЭЛТ на базе стеклооболочки цветного кинескопа 40ЛК4Ц. Эта оболочка имеет прямоугольный экран с диагональю 40 см. Угол отклонения электронного пучка по диагонали экрана ( $2\alpha_{\text{макс}}$ ) составляет  $90^\circ$ , по горизонтальной оси – около  $76^\circ$ , по вертикальной оси – примерно  $64^\circ$ . Результаты расчета для двух величин расстояния сетка-экран (8 и 10 мм) и для двух вариантов напряжения между сеткой и экраном (6 и 4 кВ) показаны графически на рис. 3.



Анализ распределения погрешности по полю экрана показывает, что вблизи центра экрана указанное смещение пренебрежимо мало. В круге диаметром, равным малой (вертикальной) оси экрана (площадь круга составляет около 63% всей площади экрана), величина смещения не превышает 1,4 и 1,12 мм при расстоянии сетка-экран 10 и 8 мм соответственно. Лишь непосредственно в углах экрана смещение достигает максимальной величины: 2,7 и 2,16 мм при диаметре 10 и 8 мм соответственно.

Трубка с приэкранной сеткой имеет ряд недостатков, ограничивающих области ее применения. Такая трубка по сравнению с бессеточной значительно менее устойчива к механическим воздействиям, что затрудняет ее использование в аппаратуре подвижных объектов. Для обеспечения необходимой прочности прозрачность сетки, по-видимому, не может быть выбрана больше 50%. При этом для получения заданной яркости свечения экрана требуется как минимум вдвое больший ток, чем в бессеточной трубке. Наличие сетки снижает яркость изображения, оптически проектируемого через ок-

на в конусе оболочки. При изготовлении таких трубок возникают дополнительные технологические трудности, заключающиеся в необходимости склеивания дна оболочки с конусом.

### ХАРАКТЕРИСТИКА

#### БЕССЕТОЧНЫХ ИНДИКАТОРНЫХ ЭЛП

Цвет свечения экрана	красный и зеленый
Цветовые координаты	
для красного цвета	$x \approx 0,58; y \approx 0,38$
для зеленого цвета	$x \approx 0,38; y \approx 0,52$
Ускоряющее напряжение <sup>*, кв</sup>	
для красного цвета	6-7
для зеленого цвета	12-14
Максимальная яркость свечения экрана (при плотности тока электронного пучка 1 мка/см <sup>2</sup> ), нт	
в красном цвете	30
в зеленом цвете	100
Разрешающая способность, лин/диаметр экрана	1000

\* Меньший перепад напряжения обеспечивает возможность получения промежуточных цветов свечения.

Рассмотренные выше образцы индикаторных трубок с барьерными люминофорами могут найти широкое применение в приборах цветной индикации.

УДК 621.385.832.72.085



## ИЗДЕЛИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ СО ЗНАКОМ КАЧЕСТВА

КОНДЕНСАТОРЫ КТИ; МБГ4-1; БМ-2

ФОТОЭЛЕМЕНТЫ Ф-9; Ф-10

РЕЗИСТОРЫ УЛИ

РЕНТГЕНОВСКАЯ ТРУБКА БХВ7

РАДИОЛАМПЫ 6ЕЗП, 6Э6П-Е, 6К4П,

ГУ-36Б-1

ТЕРМОРЕЗИСТОР СТЗ-17

РЕЗИСТОР ПЕРЕМЕННЫЙ СП5-28



## ДЕЛОНИРОВАНИЕ

### К ВОПРОСУ УНИФИКАЦИИ ПЕЧАТНЫХ РЕЗИСТОРОВ

ДЭ-431, 10 стр., 1 библ.

С.П.ВЕРЗУНОВ, В.А.ЗАСЛАВСКИЙ

Рассматриваются некоторые проблемы, возникающие при создании прецизионных печатных резисторов с унифицированными техническими характеристиками и размерами.

Исследовано влияние контактных узлов и токопроводов на основные метрологические параметры, даны рекомендации по выбору размеров токопроводов в зависимости от требуемой точности и температурной стабильности.

С материалами можно ознакомиться в Отделе фондов ЦНИИ «Электроника» (Москва, 117415, проспект Вернадского, 39).

# Стеклоуглерод

## СУ-1300 · СУ-2000 · СУ-2500



### Особенности стекловидного углеродного материала

- изотропность структуры и свойств,
- очень малая пористость (1-2%), обуславливающая почти полную газонепроницаемость (по гелию -  $10^{-7}$  -  $10^{-12}$  см<sup>3</sup>/сек),
- твердость (микротвердость - 200 - 300 кг/мм<sup>2</sup>).

### По сравнению с другими углеродными материалами

- обладает более высокой стойкостью к действию химических реагентов;
- практически не взаимодействует с концентрированными и разбавленными кислотами (включая фтористоводородную), растворами и расплавами щелочей, расплавами галогенидов, сульфидов, теллуридов и других соединений, а также парами фтористого водорода, брома, мышьяка, сурьмы;
- не смачивается расплавами металлов и их соединений (однако нестойк в отношении расплавов щелочных металлов);
- более устойчив к окислению в воздушной среде, в меньшей степени подвержен эрозии;
- электропроводен (удельное сопротивление - 40 - 50 ом·мм<sup>2</sup>/м, может быть нагрет как при непосредственном пропускании тока, так и в поле токов высокой частоты);
- имеет низкую теплопроводность (при 20°С - 3-6 ккал/м·ч·град);
- устойчив к термоудару и выдерживает многократный быстрый нагрев и охлаждение.

### Из стеклоуглерода изготавливают

- ТИГЛИ на 35, 50 и 2500 мл,
- ПРОБИРКИ на 5 и 15 мл,
- АМПУЛЫ на 70 и 300 мл,
- ЛОДОЧКИ длиной 50,90 и 120 мм и шириной 25 мм,
- ТРУБЫ диаметром 14, 24, 42 и 96 мм и длиной до 500 мм,
- СТЕРЖНИ диаметром 0,5-3 мм и длиной до 400 мм,
- ПЛАСТИНЫ размером до 100 x 400 мм,
- ДИСКИ диаметром 120 и 150 мм,
- РЕЗИСТИВНЫЕ ИСПАРИТЕЛИ.

Толщина стенок изделий - 1,5 - 2,5 мм.

Стеклоуглеродные изделия могут найти применение и как фильеры для протяжки калиброванной проволоки, нитеводители, многородожечные головки магнитных дисковых запоминающих устройств и т.д.

Стеклоуглерод имеет хорошую биологическую совместимость с живой тканью, что открывает широкие перспективы для его использования в медицине и биологии.

По согласованию с заказчиком возможно изготовление изделий новых конфигураций и различных размеров.

Цена на стеклоуглеродные изделия устанавливается по взаимному согласованию между поставщиком и заказчиком.

Заказы на изделия направлять по адресу: Москва, Е-123, Электродный проезд, 16, В/Т "Союзэлектрод".

# НАДЕЖНОСТЬ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

58

О системном подходе к управлению качеством  
в электронной промышленности В.М. Пролейко

69

Диагностика неисправностей ГИС В.Н. Брюнин,  
Н.Е. Бобков, В.А.Бачманов

71

Повышение надежности радиодеталей И.М. Маликов,  
Л.Л. Кристалинский

Депонирование

57

# О СИСТЕМНОМ ПОДХОДЕ К УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ В ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В.М. ПРОЛЕЙКО

Одним из наиболее действенных путей решения актуальной задачи современности — повышения производительности общественного труда — является улучшение качества продукции. По показателю качества можно судить об уровне техники, технологии и культуры производства — составляющих научно-технического прогресса. Поэтому девятую пятилетку называют пятилеткой качества. В нынешних условиях, отмечалось на XXIV съезде КПСС, лучше — это почти всегда означает и больше. Вот почему вопросам повышения качества в настоящее время уделяется такое большое внимание.

Понятие *качество* существует так же давно, как и понятие *производство*. Различают несколько этапов в формировании подхода к проблеме качества продукции. Все эти этапы вплоть до 60-х годов нашего столетия предполагали *контроль качества* в той или иной степени его развития. Изменения, происшедшие в промышленности за последние 10–15 лет, потребовали пересмотра отношения к проблемам качества продукции и его контролю. Необходимость этого пересмотра была вызвана все повышающимися эксплуатационными требованиями к продукции, автоматизацией производства и все усиливающейся тенденцией к экономической оптимизации всех процессов, формирующих качество.

Стремительное усложнение техники последних лет требует соответствующего повышения качества сырья, материалов, оборудования и готовой продукции в целом. Это положение остается верным не только для продукции специального назначения, но и для товаров широкого потребления, тем более, что связь проблемы количественного удовлетворения потребностей населения с проблемой удовлетворения все возрастающих требований к качеству становится все более очевидной.

Стоимость качества составляет все увеличивающуюся часть себестоимости продукции, и неправильная организация комплекса работ по обеспе-

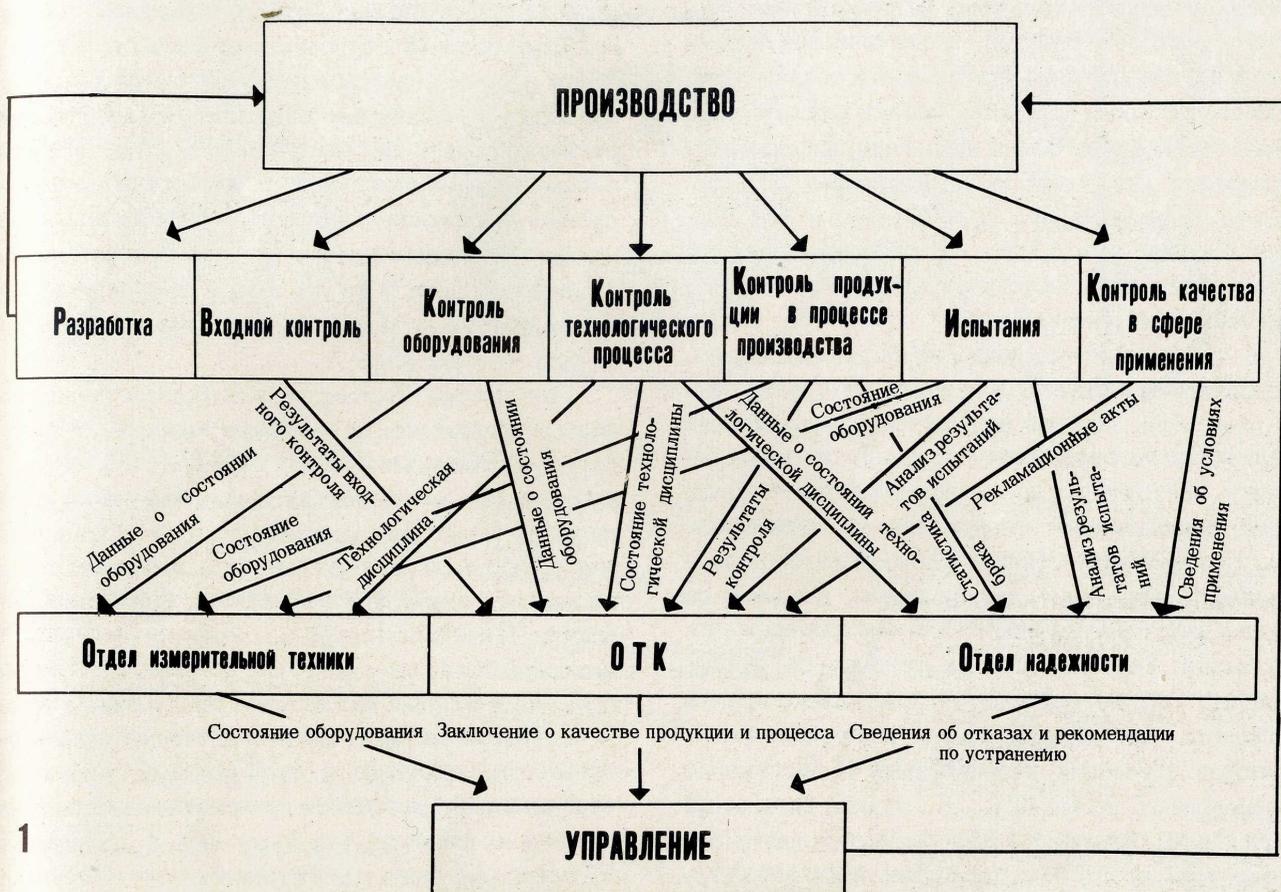
чению качества может потребовать непропорционально высоких по сравнению с конечным эффектом затрат на повышение качества.

В отечественной и зарубежной литературе встречается большое количество определений понятия качества. Все они сводятся к тому, что качество — комплексное свойство продукции удовлетворять разнообразные (иногда противоречивые) требования потребителя. ГОСТ 15467–70 определяет качество как сложное комплексное понятие, как результат взаимодействия большого количества факторов и условий в сложных сочетаниях. Для промышленной продукции технического назначения качество — это соответствие современному техническому уровню, технологичность, надежность, эксплуатационная устойчивость, ремонтнопригодность, экономическая оптимальность, высокие эстетические характеристики. Из этого следует, что качество определяется потребителем и разработчиком изделия уже на этапе составления технического задания, закладывается при разработке изделия, обеспечивается в процессе его производства и поддерживается при эксплуатации изделия.

До недавнего времени проблемы качества в отечественной промышленности рассматривались в двух аспектах: контроль качества и повышение качества. И если контролем качества занимались отделы технического контроля предприятий, имея в качестве объекта контроля чаще всего готовую продукцию, то над повышением качества работали многочисленные и разнообразные службы предприятий, причем действия этих служб не были скоординированы, не подчинялись единой четко сформулированной цели.

Приведенная на рис. 1 упрощенная схема прохождения информации о качестве на промышленном предприятии иллюстрирует различную подчиненность служб предприятия, решающих проблемы качества, дублирование некоторых их действий и, в конечном счете, разобщенность их усилий.

# СХЕМА ПРОХОЖДЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ДО СОЗДАНИЯ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ



Проблема качества выпускаемой продукции приобретает особую остроту в электронной промышленности. Высокое качество изделий электронной промышленности — это надежность и долговечность любых радиоэлектронных устройств: от простейшего узла радиоприемника до космического корабля.

Учитывая особую важность обеспечения высокого качества изделий электронной техники, за последние годы в отрасли были проведены значительные работы, направленные на создание системы управления качеством [1, 2]. Именно создание системы управления качеством, несмотря на сложность ее построения, является единственно правильным и эффективным путем повышения качества в настоящем, а разработка научно-технических, экономических и организационных принципов, уже проводимая рядом НИИ, позволит в будущем создать автоматизированную систему управления качеством.

**УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ** — понятие, пришедшее на смену традиционному термину *контроль качества* — предусматривает действия, направленные на повышение качества на этапах разработки,

производства, испытания изделия и его эксплуатации. Цель управления — требуемое повышение качества, граничные условия управления — экономическая оптимизация. Разработка процесса управления качеством потребует создания системы информационного обеспечения, комплексной стандартизации, метрологического единства, управления технологическими процессами, достоверного анализа отказов и других активных процессов, воздействующих на качество продукции на всех этапах ее формирования и поддержания. Управление качеством — процесс непрерывный. Потребитель совместно с разработчиком на основе анализа эксплуатации прототипа вырабатывает новые требования к изделию, и далее цикл управления повторяется для более высокого уровня качества.

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ.** Современное промышленное предприятие характеризуется ростом масштабов производства, усложнением производственных процессов и углублением специализации. Развитие специализации приводит к разобщенности отдельных производственных участков и элементов производственного процес-

са. Поэтому во многих отраслях промышленности разрабатываются системы управления предприятием, каждая из которых состоит из целого ряда взаимосвязанных подсистем, охватывающих основные производственные, экономические, кадровые и другие стороны деятельности предприятия. Примерами таких подсистем могут служить системы снабжения и сбыта продукции, информации, управления качеством и т.д. Некоторые из подсистем промышленного предприятия в той или иной степени уже действуют, но большинство их, в том числе и подсистему управления качеством, еще предстоит разработать.

В целом система управления промышленным предприятием будет представлять не просто сумму отдельных систем (подсистем), организация управления по системному принципу позволит получить качественно новые возможности в управлении современными промышленными предприятиями. Система управления качеством, являясь подсистемой управления предприятием, строится на основе цикла управления качеством для всех составляющих качества и всех этапов его формирования. Так как система — это комплекс методов и средств для исследования взаимосвязанных факторов и условий, направленный на достижение определенных целей [3], то только системный подход к проблеме качества позволит найти решение этой проблемы. Известная ограниченность работ по контролю качества, проводимых в промышленности до последнего времени, была связана с узкой направленностью этих работ: контроль качества осуществлялся лишь в конце технологического процесса производства продукции, недооценивался контроль самого технологического процесса, мало внимания уделялось вопросам качества в процессе разработки, недостаточно глубоко изучались эксплуатационные характеристики изделия, и, что самое главное, работы по повышению качества, проводимые на разных этапах, не были подчинены одной цели, не сводились в систему — "средство, с помощью которого выполняется процесс решения проблемы" [3].

**МОДЕЛИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ.** Основным принципом разработки единой системы управления качеством, таким образом, явилась комплексность методов, средств и действий, направленных на повышение качества при создании изделия, его производстве и эксплуатации. Внедрение этой системы потребовало конкретизации ее составляющих и создания модели системы. Модель системы управления качеством должна описать последовательность процессов, направленных на повышение качества, установить информационные и управляющие связи между этапами формирования качества и дать определенное пред-

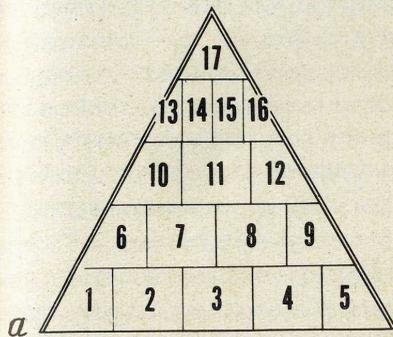
ставление о поведении большой системы. Поскольку для достижения такой программной цели, как повышение качества, может существовать несколько эффективных путей, то и моделей системы управления качеством может быть несколько. "Одни и те же аспекты изучаемой системы можно описывать различными моделями, одновременно имеющими право на существование" [4]. Действительно, анализ описанных в литературе моделей систем управления качеством, разработанных в течение последних лет в различных странах, показывает, что одна и та же цель — получение высокого качества — может быть реализована на различных моделях [5].

Рассмотрим модель, разработанную американским специалистом по контролю качества Фейгенбаумом, изображенную на рис. 2, а [6]. Модель Фейгенбаума — первая из предложенных моделей системы управления качеством и в этом ее основная ценность, однако ее действие возможно только внутри одной фирмы (модель разработана для фирмы General Electric), она не отражает влияния сбыта, обслуживания потребителей и анализа их требований на качество продукции. Кроме того, нельзя назвать строгой последовательность процессов, принятую в этой системе, многие из перечисленных процессов происходят одновременно.

Модель специалистов Европейской организации по контролю качества Эттингера и Ситтига, показанную на рис. 2, б, можно считать более логичной, хотя она и выглядит упрощенной по сравнению с моделью Фейгенбаума. К тому же в ней затронуты экономические аспекты управления качеством, а в работе авторов [7] определено понятие оптимального качества и подчеркнута необходимость связи фирмы с потребителем. Однако сама модель не отражает ни экономических, ни информационных, ни управляющих взаимодействий при управлении качеством.

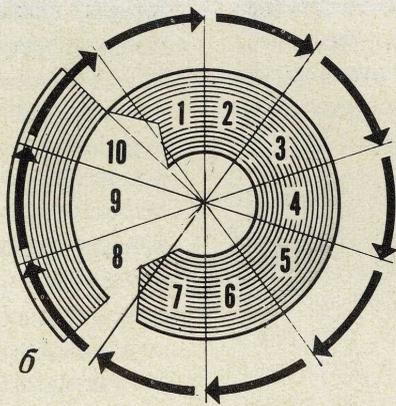
В модели американского специалиста по контролю качества Дж. М. Джурана [8] система управления качеством получила наиболее эволюционное отображение (рис. 2, в). По этой модели процесс формирования и улучшения качества происходит по спирали. Каждый новый виток (цикл уровня качества) начинается с обследования рынка, исследования эксплуатационных показателей продукции.

Несколько моделей системы управления качеством были предложены на международной конференции по управлению качеством в Токио в 1969 г. [9]. Наибольшего внимания заслуживают фирмы Nippon Electric и Yanmar Diesel Engine. Обе модели отвечают основным требованиям, предъявляемым к системе управления качеством, и охватывают все уровни руководства фирмой — от младшего руководящего состава до президента.



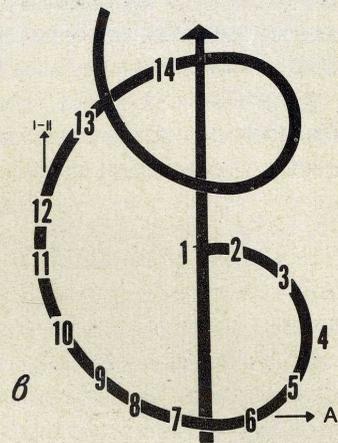
МОДЕЛЬ ФЕЙГЕНБАУМА

- 1 - выбор методов контроля качества
- 2 - оценка поставок различных поставщиков
- 3 - разработка планов приемки материалов и оборудования
- 4 - контроль измерительных приборов
- 5 - оптимизация стоимости качества
- 6 - планирование системы обеспечения качества
- 7 - испытания прототипов изделий, определение уровня их надежности
- 8 - исследование эффективности разных методов контроля
- 9 - анализ стоимости качества
- 10 - разработка технологии контроля качества
- 11 - обратная связь и контроль качества
- 12 - разработка системы сбора информации о качестве
- 13 - контроль новых проектов
- 14 - осуществление входного контроля материалов
- 15 - осуществление контроля производственных процессов и изделий
- 16 - анализ производственных процессов
- 17 - комплексный контроль качества



МОДЕЛЬ ЭТТИНГЕРА-СИТТИГА

- 1 - определение целей и задач
- 2 - составление технического задания
- 3 - проектирование
- 4 - производство
- 5 - сбыт
- 6 - гарантийное обслуживание
- 7 - реализованная продукция
- 8-10 - рынок
- 9 - сфера рынка сбыта



МОДЕЛЬ ДЖУРАНА

- 1 - обследование рынка; исследование эксплуатационных показателей изделий
- 2 - составление проектных заданий для изготовления изделий улучшенного качества
- 3 - проектно-конструкторские работы
- 4 - составление технических условий для процессов производства изделий
- 5 - разработка технологии и подготовка производства
- 6 - приобретение материалов, комплектующих деталей и изделий, технологического оборудования и инструмента (А - связь с поставщиками)
- 7 - изготовление инструмента, приспособлений и контрольно-измерительных приборов
- 8 - процесс производства изделий
- 9 - технический контроль в процессе производства
- 10 - технический контроль готовых изделий
- 11 - испытание рабочих характеристик изделий
- 12 - сбыт (I - реклама изделий; II - наладка, техническое обслуживание при монтаже и пуске в эксплуатацию)
- 13 - техническое обслуживание в процессе эксплуатации
- 14 - обследование рынка, исследование эксплуатационных показателей продукции

Представляя определенный интерес для отечественной электронной промышленности, зарубежные модели, однако, не могут быть использованы при формировании системы управления качеством. Все они обычно составлены для одной, пусть даже крупной капиталистической фирмы. Хотя эти модели и учитывают комплексность управления качеством на всех этапах его формирования, они не могут применяться в условиях социалистического предприятия (а тем более, государства в целом), поскольку

в основу их положены принципы организации капиталистического производства, предполагающего экономическую, информационную и нормативную изолированность фирмы. Кроме того, авторы зарубежных моделей описывают, как указывалось выше, только события по управлению качеством в той или иной последовательности, не разрабатывая процессов информационного, метрологического и экономического обеспечения систем управления качеством.

Из отечественных работ по созданию системы управления качеством наибольший интерес представляет опыт ряда предприятий г. Горького, сгруппировавших основные мероприятия по обеспечению качества по направлениям, соответствующим этапам формирования качества. Однако сама система с необходимыми для нее связями и каналами информации и управления создана не была [10].

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.** Для отечественной электронной промышленности разработка и внедрение системы управления качеством, учитывающей специфику этой базовой для народного хозяйства отрасли промышленности и предусматривающей связи с общегосударственной системой, имеет особое значение. При разработке такой системы ставились следующие задачи:

1. Объединение сферы разработки, производства и эксплуатации изделий электронной техники в целях обеспечения комплексности процесса формирования качества.

2. Организация взаимного обмена информацией о качестве изделий между потребителем, разработчиком и производством, анализ этой информации и осуществление на основе этого анализа управляющих воздействий.

3. Экономическая оптимизация при решении проблем повышения качества в процессе разработки, производства, испытаний и эксплуатации изделий электронной техники.

4. Создание единого нормативного и метрологического обеспечения для всех работ по контролю качества и его повышению.

5. Обеспечение возможности дальнейшей перестройки системы управления качеством в автоматизированную систему.

6. Обеспечение возможности связи отраслевой системы управления качеством изделий электронной техники с государственной системой управления качеством продукции.

Разработка системы управления качеством проводилась на основе анализа отдельных этапов формирования качества при системном подходе к требованиям по повышению качества на каждом этапе. Если для разработки системы управления качеством промышленной продукции в общем случае достаточно рассмотреть этапы разработки производства и эксплуатации изделий, то для изделий электронной техники рассматривается дополнительный этап контроля правильности их применения перед началом эксплуатации. Необходимость введения этого этапа диктуется важностью технической оптимизации применения конкретного типа изделия электронной техники в конкретной радиоэлектронной аппаратуре.

**УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ НА ЭТАПЕ РАБОТКИ** – одна из наиболее сложных задач, поскольку, с одной стороны, качество будущего изделия закладывается именно в процессе разработки, с другой стороны, все еще существует психологическая неподготовленность значительной части разработчиков к необходимости проведения специальных работ по комплексному (техническому, технологическому и экономическому) обеспечению качества в процессе разработки. Опубликованные результаты анализа эксплуатационной надежности изделий электронной техники [1] говорят о том, что около 60% отказов этих изделий в эксплуатации связаны с конструктивными или технологическими ошибками в процессе их разработки. Кроме того, из-за ошибок в документации, поступающей на заводы от разработчиков изделий, процесс их внедрения часто затягивается.

Упрощенно разработку изделия электронной техники можно разбить на шесть основных периодов:

- формулирование технического задания;
- разработка опытного образца;
- разработка конструкторской и технологической документации;
- разработка технологического оборудования;
- испытания опытных образцов;
- приемка работы.

Обеспечение качества начинается при формулировании технического задания на разработку. Уровень качества, планируемый техническим заданием, должен быть, с одной стороны, достаточно высоким, чтобы удовлетворить требования потребителя, а с другой стороны – соответствующим технологическому уровню совершенствующегося производства и экономически сбалансированным для производства. Таким образом, уже здесь при составлении технического задания закладываются те технические и технологические параметры, которые будут определять качество изделия. В процессе разработки опытного образца и нестандартного технологического оборудования, при составлении конструкторской и технологической документации особое значение приобретают проблемы комплексной стандартизации. Комплексная стандартизация обуславливается разработкой изделий электронной техники в соответствии с параметрическими рядами и строго регламентируемыми сетками параметров, применением типовых технологических процессов и типового технологического оборудования, стандартизацией применяемых материалов и режимов испытаний. Широкое применение базовых конструкций и узлов в процессе разработки также создает предпосылки для производства изделий высокого качества. Процесс разработки нового электронного прибора сопровождается широкими испытаниями материалов, уз-

лов и самих приборов, имеющими важнейшее значение при формировании качества приборов. В последние годы в электронной промышленности наряду с традиционными видами испытаний с выборкой части деталей или изделий из технологического процесса получили развитие неразрушающие испытания. Перспективность этих испытаний состоит в возможности управления технологическим процессом без его остановки или выборки части продукции из процесса, при этом информация о качестве является сигналом управления, а средства неразрушающего метода контроля — средством получения информации о качестве. Применение неразрушающих методов контроля в разработке изделий электронной техники позволяет решить и другие важнейшие для качества будущего изделия задачи — глубже проникнуть в физику отказов изделия, в структуру применяемых материалов и т.п.

Для эффективного функционирования системы управления качеством в процессе разработки должно осуществляться планирование качества, предусматривающее:

- разработку системы управления качеством для данного изделия;
- мероприятия по разработке технологии контроля и контрольного оборудования;
- экономическое регулирование процессов формирования и поддержания качества, включая вопросы ценообразования и стимулирования;
- прогнозирование качества;
- мероприятия по повышению уровня качества продукции в системе управления качеством.

Упрощенная схема подсистемы управления качеством на этапе разработки изделия представлена на рис.3. Разработка опытных образцов изделия и нестандартного технологического оборудования, необходимого для его выпуска, производится в

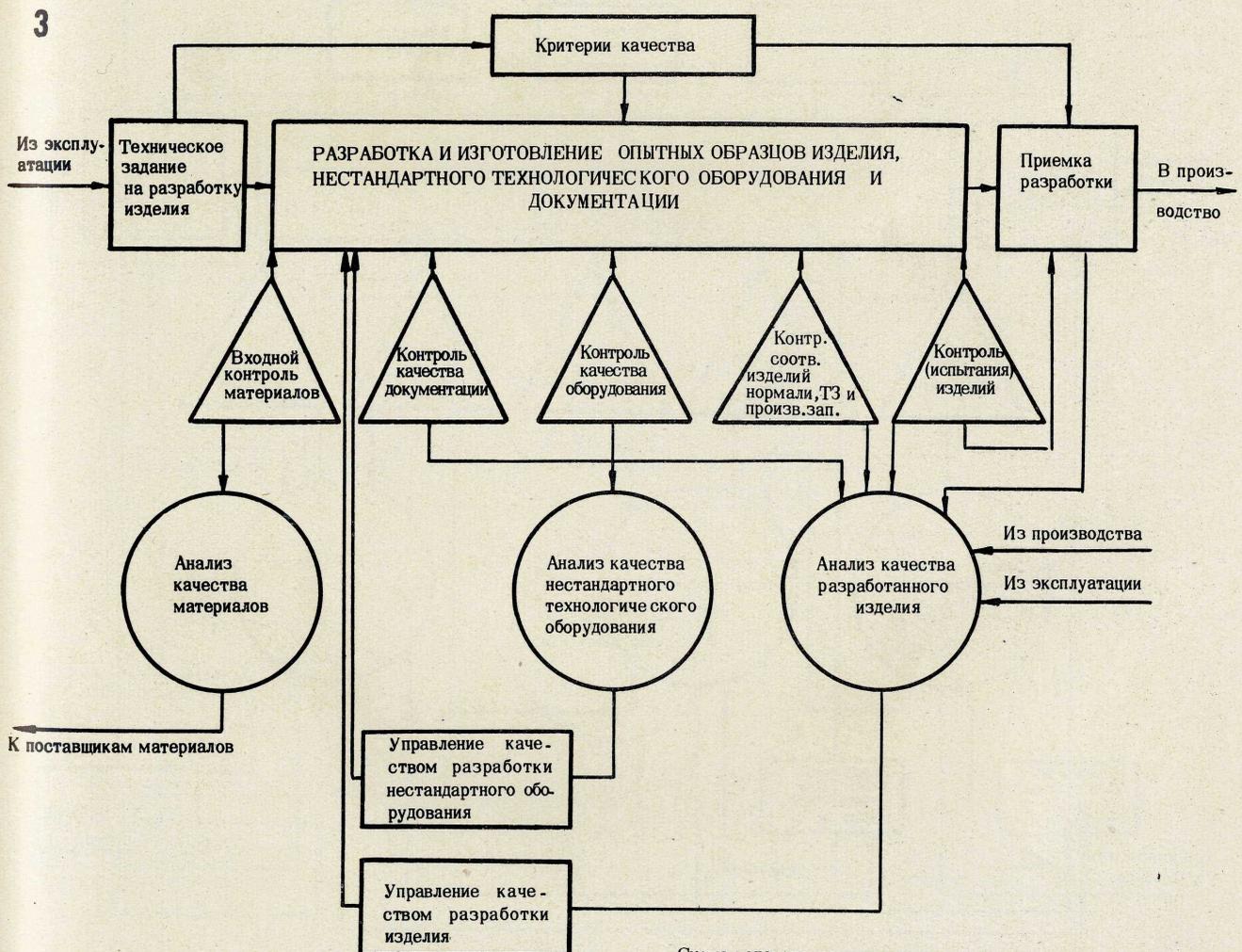


Схема подсистемы управления качеством на этапе разработки

соответствии с техническим заданием на разработку и заканчивается приемкой разработки. В процессе разработки контролируется качество используемых материалов, разрабатываемой документации и оборудования, качество опытных образцов, в том числе соответствие их нормам технического задания. Результаты анализа информации о качестве используются для управления качеством на этапе разработки.

В ряде НИИ и КБ электронной промышленности уже в течение нескольких лет действует подсистема управления качеством на этапе разработки, внедрение которой позволило сократить длительность разработки и сроки ее внедрения, повысить качество электронных приборов.

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ НА ЭТАПЕ ПРОИЗВОДСТВА является основным звеном в единой системе управления качеством. На рис. 4 показана схема подсистемы управления качеством изделий электронной техники на этапе производства.

Используя результаты анализа информации, полученной при контроле качества применяемых материалов, технологических процессов, оборудования и качества готовых изделий, можно управлять технологическими процессами, корректировать режимы применения изделий и воздействовать на разработку нового изделия или модернизацию изделия, выпускаемого в настоящее время. Для производства изделий электронной техники характерны две особенности: чрезвычайная сложность технологического процесса и массовость, крупносерийность производства. Сложность технологического процесса, его критическая зависимость от временных и температурных факторов, от стабильности среды и энергоносителей привела к необходимости разработки управляемых технологических процессов. Массовость производства позволила эффективно применять различные статистические методы контроля. Так, если для обеспечения заданного уровня качества в производстве широко применяется приемочный статистический конт-

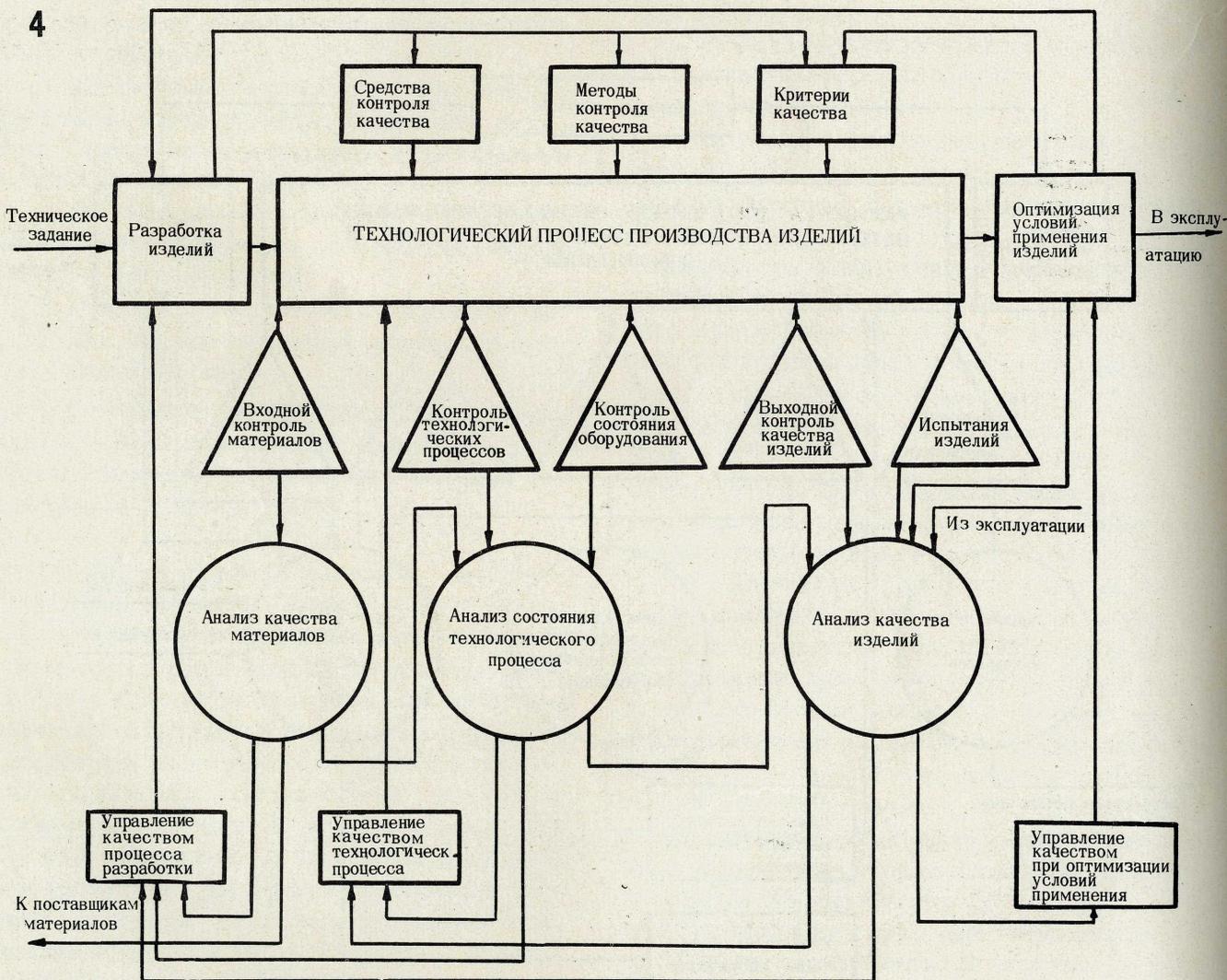


Схема подсистемы управления качеством на этапе производства

роль, то для управления технологическими процессами используется текущий предупредительный контроль) а в заготовительных цехах большой эффект получен от внедрения методов совмещенного контроля на взаимосвязанных технологических операциях – текущего и приемочного статконтроля. Эти методы в настоящее время внедрены на каждом третьем предприятии электронной промышленности. Таким образом, управление сложными технологическими процессами в электронной промышленности становится возможным благодаря внедрению статистических методов контроля. Отсюда очевидна связь между системой управления качеством и системой управления технологическими процессами. В дальнейшем наряду с системой управления технологическими процессами (АСУТП) автоматизированная система управления качеством (АСУК) войдет в состав автоматизированной системы управления предприятием (АСУП).

**УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ НА ЭТАПЕ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ.** Этот этап в системе управления качеством специфичен для электронной промышленности в силу сложности определения оптимальных режимов и условий приме-

нения изделий электронной техники в разнообразной радиоэлектронной аппаратуре. Для получения наилучших характеристик эксплуатационной надежности недостаточно, чтобы изделие электронной техники только формально отвечало всем пунктам сформулированного заказчиком технического задания или техническим условиям. Требуется взаимная увязка норм, параметров, режимов и условий применения в конкретной конструкции радиоэлектронного аппарата с учетом всех дополнительных воздействий на изделия. Эта работа проводится в электронной промышленности специальными бюро и отделами применения в соответствии со схемой подсистемы управления качеством на этапе оптимизации условий применения (рис.5). Результаты работ по оптимизации условий применения изделий электронной техники нашли свое отражение в руководствах по применению, разработанных в настоящее время для основных классов изделий. Эти руководства переводятся в государственные и отраслевые стандарты.

**УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИЗДЕЛИЯ** является одним из важнейших этапов, так как именно потребителем дается окончательная оценка качества изделий, а следовательно, и всех усилий, которые предприни-

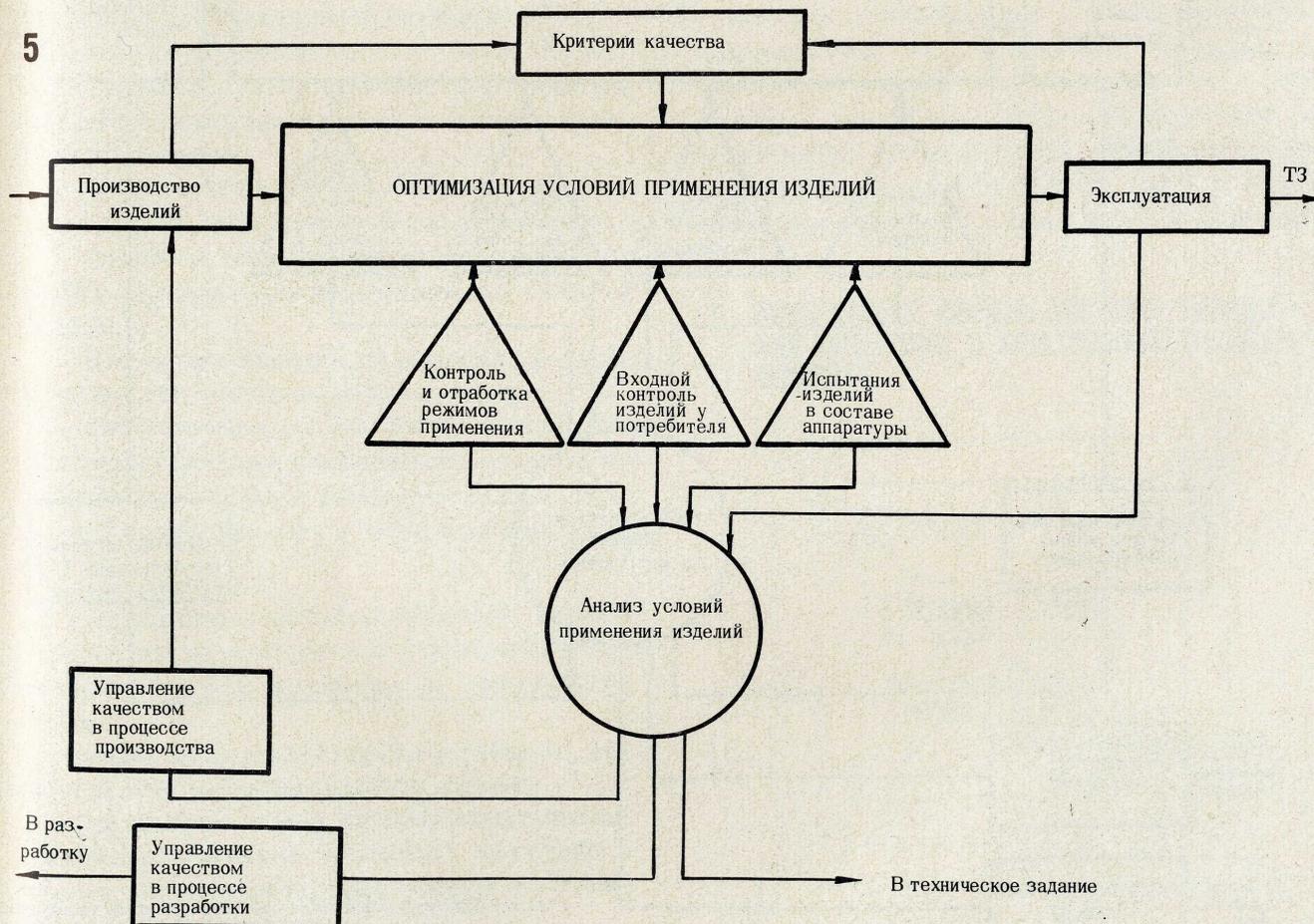


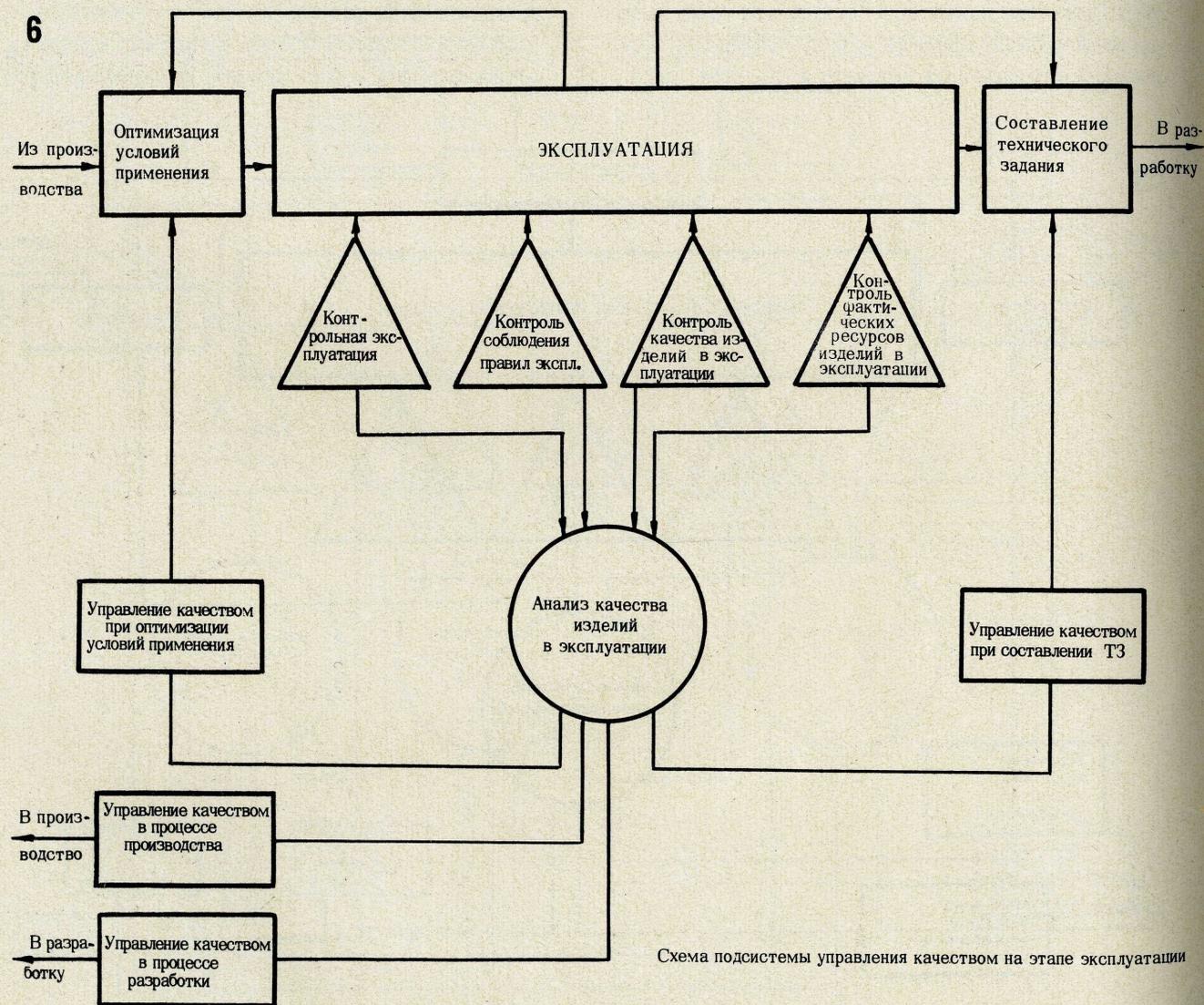
Схема подсистемы управления качеством на этапе оптимизации условий применения изделий

мались в процессе разработки изделия, его производства и отработки условий применения для обеспечения высокого качества изделия. В сфере эксплуатации можно получить наиболее ценную информацию о качестве изделия, однако для ее сбора и анализа требуется создание специальной системы. На предлагаемой схеме подсистемы управления качеством на этапе эксплуатации (рис.6) показаны направления контроля эксплуатации с целью получения нужной информации о качестве. Эта подсистема представляется наиболее трудной для разработки и внедрения именно из-за отсутствия необходимых информационных связей между изготовителями продукции и ее потребителями. На подобные же трудности ссылаются авторы зарубежных моделей системы управления качеством [6, 7]. Возможности, которые дает нам социалистическая система управления народным хозяйством, позволяют создать эффективную систему управления качеством на единой нормативной базе с разветвленными связями как подсисте-

му единой отраслевой автоматизированной системы управления (ОАСУ) с постановкой в дальнейшем задачи разработки государственной автоматизированной системы управления.

**МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.** Изучение технических, организационных и экономических проблем качества изделий электронной техники, а также анализ рассмотренных выше подсистем управления качеством на этапах разработки, производства, оптимизации условий применения и эксплуатации изделий электронной техники показывают органическую связь этих подсистем и позволяют создать единую систему управления качеством для электронной промышленности. При формулировании основных принципов единой системы управления качеством необходимо учитывать цель системы, главную ее задачу, метод решения и основные условия функционирования [3].

Цель системы – выпуск изделий электронной техники с требуемым уровнем качества при обеспечении



печении максимальной технико-экономической эффективности факторов, обуславливающих качество продукции.

Главная задача — объединение всех воздействующих на качество изделий электронной техники факторов и их постоянная координация.

Метод решения этой задачи — комплексное планирование и регулирование уровня качества изделий и процессов, определяющих создание этого качества.

Основные условия, обеспечивающие функционирование системы управления качеством:

*технические*

- единая терминологическая основа;
- единая система показателей уровня качества продукции и процессов;
- система испытаний изделий;
- единая система метрологического обеспечения;
- единая система кодирования и классификации информации по качеству;
- система анализа дефектов и отказов изделий;
- единая система технического контроля качества изделий на стадиях разработки, производства и применения;

*кибернетические*

- разработка основной математической модели системы для всех уровней управления;
- наличие комплекса частных математических моделей по регулированию типовых процессов создания и поддержания уровня качества для изделий и процессов;
- общее математическое обеспечение системы;
- специальное математическое обеспечение;
- единая система сбора, обработки и анализа технико-экономической информации по качеству изделий;

- единая система методов принятия решений по управлению качеством на всех уровнях;
- автоматизация и механизация основных процессов, связанных с обработкой и анализом информации по качеству и решением типовых задач по управлению качеством в отрасли на всех уровнях;

*организационные*

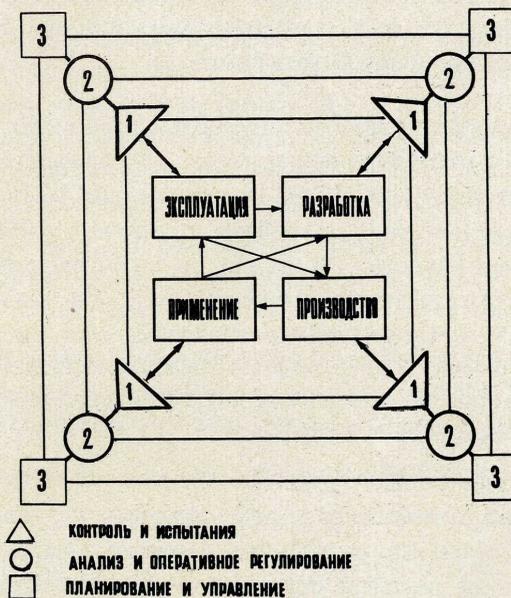
- организация управления качеством изделий и процессами на всех уровнях управления, а также на всех стадиях разработки и производства изделий;
- организация единой службы управления качеством изделий на предприятиях отрасли;
- организация единой системы взаимоотношений различных уровней управления качеством в отрасли с потребителем, заказчиком и смежными отраслями и организациями;
- организация планирования уровня качества изделий;

*экономические*

- разработка систем экономического и материального стимулирования качества (в том числе системы ценообразования с учетом уровня качества) изделий;
- четкое определение методов оценки экономической эффективности повышения качества изделий;
- оптимизация затрат на качество продукции;
- наличие экономико-математических моделей для анализа работ по качеству изделий и процессов;
- единая система технико-экономической оценки уровня качества изделий при их разработке, производстве и эксплуатации;
- единая система плановых показателей, характеризующая деятельность предприятий и отрасли в целом по разработке и выпуску изделий с учетом количества, качества и экономической эффективности продукции.

На основании изложенных принципов единой системы управления качеством изделий электронной техники и анализа подсистем для различных этапов становится возможным создание структурной модели системы управления качеством в электронной промышленности (рис. 7). В основе этой модели лежат главные этапы формирования и поддержания качества: разработка, производство, применение и эксплуатация с соответствующими связями между ними. Управление качеством, согласно этой модели, осуществляется по трем контурам, каждый из которых соответствует определенному уровню развития автоматизированных систем управления: АСУТП, АСУП и ОАСУ. В первом — контроль и испытания — испытания

**7 СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**



# СХЕМА ПРОХОЖДЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ПРИ НАЛИЧИИ ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ



для каждого этапа должны быть строго определены и оптимизированы. В этом контуре особо важное значение приобретает метрологическое обеспечение контроля и испытаний. Во втором контуре — анализ и оперативное регулирование — обеспечивается движение информации о качестве по всем этапам его формирования и поддержания, анализ этой информации с дальнейшим использованием ЭВМ для оперативного регулирования технологических процессов. В третьем контуре — планирование и управление — предусматривается планирование качества на всех этапах системы, оптимизация экономических показателей качества, руководство всеми службами, формирующими качество, т.е. комплексное управление качеством.

В соответствии с этой моделью должна измениться и структура предприятия, внедрившего у себя систему управления качеством (рис.8). Всем сложным комплексом проблем, связанных с обеспечением качества продукции, на таком предприятии должна заниматься единая служба управления качеством. Очевидно, что внедрение этой системы наиболее эффективно в производственных, научно-производственных и других объединениях, а также на крупных предприятиях.

В электронной промышленности проводится большой комплекс работ, направленных на дальнейшее углубление разработки системы управления качеством, развитие связи ее с автоматизирован-

ными системами управления технологическими процессами, разработку подсистемы управления качеством в отраслевой автоматизированной системе управления.

Выше были рассмотрены основные принципы системы управления качеством в электронной промышленности, более подробный анализ действия этой системы по главным этапам формирования качества потребует специального изложения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пролейко В.М. Единая система управления качеством на предприятиях электронной промышленности. "Электронная техника", сер.12, 1970, вып.1.
2. Пролейко В.М., Молчанов Э.Д., Юдин Б.В., Палицын Ф.И. Об основных принципах системы управления качеством изделий электронной техники. "Электронная техника", сер.12, 1970, вып.6.
3. Оптнер С.Л. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем, М., "Сов.радио", 1969.
4. Налимов В.В. Теория эксперимента. М., "Наука", 1971.
5. Бабин М.П., Гличев А.В., Дербисер А.В. О механизме управления качеством продукции. "Стандарты и качество", 1969, №3.
6. Feigenbaum A.V. The Total Quality Control. N.-Y., 1957.
7. Дж.ван Эттингер, Дж.Ситтиг. Больше... через качество. М., Изд-во стандартов, 1968.
8. Juran J.M. Quality Control Handbook. N.-Y., 1963.
9. Proceedings of International Conference on Quality Control.
10. Сейфти Т.Ф., Бакаев В.И. Канарспи. Слагаемые высокого качества. Горький, 1966.

# ДИАГНОСТИКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ ГИС

В.Н. БРЮНИН, Н.Е. БОБКОВ, В.А. БАЧМАНОВ

Предлагается метод поиска неисправностей ГИС, основанный на измерении электрических параметров с помощью существующего контрольного оборудования, позволяющий использовать при измерении лишь внешние выводы схемы и выявлять при этом не только неисправные элементы, но и разновидности неисправностей.

Как любой объект диагностики, микросхема характеризуется множеством возможных состояний  $S_1, S_2, \dots, S_n$ , каждое из которых реализуется с определенной вероятностью\*. Под состоянием здесь понимается любой возможный набор неисправностей. Существует множество контрольных тестов ( $t_1, t_2, \dots, t_k$ ), позволяющих проверить исправность схемы. При этом каждый тест имеет положительный и отрицательный исходы. Поскольку исходы тестов, как правило, обусловлены состоянием схемы, каждому состоянию соответствует  $k$ -разрядное число  $\xi$ , разряды которого есть положительные и отрицательные исходы соответствующих тестов. На основании этих данных составляются диагностические таблицы, например:

S	T						
	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$	$t_6$	$t_7$
$S_1$	0	1	1	1	1	1	1
$S_2$	0	0	1	1	0	1	1
$S_3$	0	0	1	0	0	1	1
$S_4$	0	1	1	0	0	1	1
$S_5$	0	1	1	0	0	1	1

\* Верзакон Г.Ф. и др. Введение в техническую диагностику. "Энергия", 1968.

Для простоты укажем лишь несколько встречающихся на практике состояний, каждое из которых обусловлено только одним видом неисправности: состояние  $S_1$  — обрывом в цепи элемента  $D_3$ ,  $S_2$  — коротким замыканием элемента  $D_1$ ,  $S_3$  — обрывом в цепи базы элемента  $ПП_5$ ,  $S_4$  — неправильным присоединением (не соблюдена полярность) элемента  $D_3$ ,  $S_5$  — обрывом в цепи базы элемента  $ПП_4$ . В данном случае исправность схемы проверяется следующими контрольными тестами:  $t_1$  — определяет годность схемы по параметру  $U_{\text{верх}}, \mathcal{E}_1$  (верхний уровень напряжения на эмиттере, выход  $\mathcal{E}_1$ );  $t_2$  — по параметру  $U_{\text{верх}}, \mathcal{E}_2; t_3$  —  $U_{\text{ниж}}, \mathcal{E}_1; t_4$  —  $U_{\text{ниж}}, \mathcal{E}_2; t_5$  —  $U_{\text{верх}}, \mathcal{E}_1; t_6$  —  $U_{\text{верх}}, \mathcal{E}_2; t_7$  — Уст. "0" (установка в нулевое положение).

Тесты  $t_1, t_2$  служат для проверки схемы в динамическом режиме,  $t_3 - t_7$  — в статическом режиме. Воспроизведение состояний схемы можно получить, внося те или иные неисправности в заведомо годную микросхему. Следует отметить, что имеются группы состояний, которым соответствует одно и то же число  $\xi$  (см. таблицу, состояния  $S_4, S_5$ ). Такие состояния неразличимы для контроля при использовании данных тестов. Кроме того, могут встретиться состояния, при которых элементы не могут быть заменены в силу специфики их изготовления (например, пленочные резисторы и конденсаторы), а схемы, находящиеся в одном из таких состояний, не могут быть восстановлены. Это особые состояния.

Рассмотрим группу неразличимых состояний. Пусть  $S = \{S_1, \dots, S_m, S_{m+1}, \dots, S_n\}$  есть множество всех состояний, принадлежащих данной группе, где последние  $(n - m)$  состояния являются особыми. Для восстановления схемы в этом случае будем пользоваться методом замены элементов согласно следующему алгоритму: по результатам контроля принимаем некоторое состояние  $S_{i_1} \in S$  и заменяем соответствующие элементы схемы. Если в результате повторного контроля выяснится, что схема исправна (т.е.  $S_{i_1}$  истинно), поиск прекращаем; если же неисправность схемы обнаруживается снова, переходим ко второму шагу, при котором принимаем некоторое состояние  $S_{i_2} \in S$ , причем  $S_{i_2} \neq S_{i_1}$ . Снова производим замену и контроль и т.д.  $K$ -й шаг: переходим к состоянию  $S_{i_k} \in S$  при условии  $S_{i_k} \neq S_{i_1}, \dots, S_{i_{k-1}}$ ; производим заме-

ну и контроль. Если исправления схемы добиться не удалось, дальнейшее ее восстановление считается нецелесообразным.

Таким образом, с учетом всех возможных сочетаний "обхода" состояний, общее количество алгоритмов обхода определится соотношением:

$$\sum_{k=1}^m P_m^k = \sum_{k=1}^m \frac{m!}{(m-k)!},$$

где  $P_m^k$  – число перестановок без повторов.

Далее необходимо выбрать такой алгоритм обхода, который при многократном применении (в условиях массового производства) будет оптимальным с точки зрения затрат на устранение неисправностей, возникающих с определенной степенью вероятности.

Прежде всего найдем для каждого алгоритма поиска величину средней прибыли, которую получаем благодаря применению его для восстановления одной ИС, по отношению к потерям при переводе микросхемы в брак. Если обозначить событие восстановления схемы на  $j$ -м шаге через  $A_j$ , вероятность  $j$ -го события через  $P(A_j)$ , а прибыль, получаемую в результате реализации  $j$ -го состояния, через  $H_j$ , то средняя прибыль, получаемая при восстановлении одной схемы, будет равна

$$\sum_{j=1}^{k+1} H_j P(A_j). \text{ Найдем } H_j. \text{ Пусть известны: } C > 0 -$$

стоимость схемы;  $C_i > 0$  – затраты, связанные с заменой  $i$ -го состояния;  $\pi_i > 0$  – затраты, связанные с ошибочным решением относительно истинности  $i$ -го состояния. Очевидно, что  $H_j = (C - C_i -$

$$- \sum_{l=1}^{j-1} \pi_{i_l}); j = 1, 2, \dots, k; H_{k+1} = - \sum_{l=1}^k \pi_{i_l}. \text{ Собы-$$

тие  $A_j$  происходит только тогда, когда истинно состояние  $S_{i_j}$ ; следовательно,  $P(A_j) = P(S_{i_j})$ ,

$j = 1, 2, \dots, k$ . Событие  $A_{k+1}$  говорит о том, что истинное состояние принадлежит множеству:

$$\bar{S}_{i_1}, \dots, i_k = S / \{S_{i_1}, S_{i_2}, \dots, S_{i_k}\}.$$

Отсюда

$$P(A_{k+1}) = P(\bar{S}_{i_1}, \dots, i_k) = \sum_{S_i \in \bar{S}_{i_1}, \dots, i_k} P(S_i).$$

Теперь среднюю прибыль, полученную при восстановлении одной схемы, можно выразить следующим образом:

$$H(i_1, \dots, i_k) = \sum_{j=1}^k (C - C_{i_j} - \sum_{l=1}^{j-1} \pi_{i_l}) P(S_{i_j}) - (\sum_{l=1}^k \pi_{i_l}) \sum_{S_i \in \bar{S}_{i_1}, \dots, i_k} P(S_i).$$

Итак, оптимальным следует считать алгоритм, для которого значение средней прибыли будет максимальным среди значений, соответствующих всем возможным алгоритмам. Можно показать, что если  $m = n$ , т.е. при отсутствии особых состояний, любой алгоритм, для которого  $k = n - 1$ , не является оптимальным вследствие так называемого конечного эффекта. Иначе говоря, при нахождении оптимального алгоритма можно не рассматривать алгоритмы, заканчивающиеся на  $(n - 1)$ -м шаге. В этом случае количество алгоритмов, из которых выбирается оптимальный, будет равно

$$\sum_{k=1}^n \frac{n!}{n-k}, k \neq n-1.$$

Используя контроль электрических параметров в качестве метода поиска неисправностей, получаем следующее. Если в результате контроля появилось двоичное число, соответствующее одному неособому состоянию, то элементы, обуславливающие это состояние, заменяются на заведомо годные, а схема при этом восстанавливается: в случае соответствия двоичного числа одному или группе особых состояний, схема не восстанавливается; если же двоичное число соответствует группе неразличимых состояний, то схема восстанавливается методом замены состояния по оптимальному алгоритму для данной группы.

Обозначим среднюю прибыль, соответствующую оптимальному алгоритму для  $j$ -й группы, через  $H_{oj}$ . Тогда средняя прибыль  $H$ , которую будет давать применение метода при восстановлении одной схемы, будет равна  $H = \sum_{j=1}^g H_{oj} + \sum_{i \in \bar{S}_j} (C - C_i) P(S_i)$ ,

где  $g$  – количество групп неразличимых состояний. Необходимо подчеркнуть, что второе слагаемое содержит только неособые состояния.

В целях расширения возможностей метода необходимо уменьшить количество неразличимых состояний, появление которых в одних случаях обусловлено недостаточным количеством тестов, в других – структурными особенностями схемы. Опираясь на внешние выводы, можно значительно расширить количество тестов, используя для этого допустимые по величине сигналы различной полярности, частоты, длительности и т.д.

Изложенный метод поиска неисправностей может быть использован как при создании простых устройств для обнаружения неисправностей в микросхемах, так и при создании сложных диагностических систем, сочетающих процессы измерений, обработку результатов и выдачу информации с указанием конкретного места неисправности.

УДК 621.382.82/83:621.317.799

# ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАДИОДЕТАЛЕЙ

И.М.МАЛИКОВ, Л.Л.КРИСТАЛИНСКИЙ

Развитие современной радиоэлектроники предъявляет все возрастающие требования к надежности элементов радиоаппаратуры, среди которых наиболее массовыми являются резисторы и конденсаторы. По сведениям, имеющимся в отечественной и зарубежной литературе, уровни интенсивности отказов резисторов и конденсаторов ниже, чем других элементов электронной техники, однако вследствие их большого количества в аппаратуре доля приходящихся на них отказов велика и проблема повышения надежности актуальна, особенно на этапе изготовления в условиях массового производства [1, 2].

Проведены исследования, ставившие своей целью разработку и внедрение методов повышения надежности радиодеталей в условиях массового производства, основанных на повышении однородности эксплуатационных свойств изделий в процессе производства и обеспечивающих выпуск изделий повышенной надежности без существенных изменений их конструкции и технологии изготовления.

В качестве объекта исследования были выбраны резисторы МЛТ.

На первом этапе исследований путем проведения испытаний на надежность значительного числа выборок определялись показатели надежности резисторов. В результате проведенных испытаний была обнаружена существенная неоднородность эксплуатационных свойств изделий, выразившаяся в том, что в число годных резисторов систематически попадают образцы низкой надежности, выходящие из строя значительно раньше основной массы резисторов. Поэтому следующий этап исследований был посвящен анализу процесса производства резисторов с точки зрения однородности их свойств и воспроизводимости результатов основных технологических операций.

Аналізу подвергались основные исходные материалы и полуфабрикаты, основные технологические операции, система входного, пооперационного и выходного контроля.

Для оценки воспроизводимости результатов технологических операций и однородности свойств материала применялся дисперсионный анализ, а для оценки влияния одного или нескольких производственных факторов на результат операции — регрессионный анализ [3].

Непосредственная оценка влияния производственных факторов на надежность готовых резисторов МЛТ осуществлялась путем сравнительных испытаний специально изготовленных партий резисторов.

Анализ основных исходных материалов и полуфабрикатов показал, что по некоторым важным свойствам не все заготовки и материалы соответствовали предъявляемым требованиям (например, внутренний и наружный диаметр, пористость и поверхностная структура керамических трубок, внутренний диаметр и толщина покрытия колпачков).

Исследование определяющих технологических операций позволило выявить факторы, действующие при выполнении данной технологической операции, их влияние на однородность свойств, формулируемых операций, установить воспроизводимость результата каждой операции и возможность приведения ее в подконтрольное состояние. В частности, для операции металлизации керамических трубок, являющейся основной в производстве резисторов МЛТ, было установлено, что имеется существенная неоднородность как между партиями, так и внутри одной партии трубок. Неоднородность между партиями обусловлена различиями в характеристиках отдельных партий керамических трубок, режимами выполнения операции на разных установках, разницей в режимах последующей термической обработки металлизированных трубок и т.д. Неоднородность внутри партии объясняется неравномерным распределением навески сплава по длине испарителя, неравномерным вращением керамических трубок, различиями в характеристиках отдельных керамических трубок.

Всего из 38 свойств, формируемых одиннадцатью определяющими технологическими операциями, по 12 свойствам наблюдалось несоответствие части заготовок предъявляемым требованиям (величина R и ТКР, прочность контактного узла и др.).

Анализ эффективности системы входного, пооперационного и выходного контроля в производстве резисторов МЛТ, проведенный в соответствии с современными представлениями о статистических

методах контроля качества, показал, что имевшиеся в нормативных документах методы выборочного приемочного контроля не всегда соответствовали законам математической статистики. Это приводило к значительным непроизводительным затратам и к несоблюдению требуемых уровней качества проверяемых партий материалов, заготовок и готовых резисторов.

На основе анализа существующего производства резисторов были приняты меры по обеспечению выпуска продукции повышенной надежности. Так, в технологический процесс производства резисторов МЛТ-0,25 были внесены следующие изменения и дополнения:

- предъявление обоснованных требований к параметрам ряда исходных материалов и полуфабрикатов;
- применение статистически обоснованных планов входного контроля, обеспечивающих требуемые уровни качества исходных материалов;
- введение новых контрольных операций (сплошной контроль по ТКР, контроль класса точности после маркировки);
- уточнение требований к параметрам заготовок на ряде технологических операций, а также уточнение методов и средств контроля;
- оптимизация режимов проведения импульсной тренировки;
- применение пооперационного статистического контроля по качественным и количественным признакам;
- введение в производственный процесс 100-ч тренировки готовых резисторов в номинальном режиме.

Партии исходных материалов и заготовок, не удовлетворяющие требованиям процесса производства резисторов повышенной надежности, могут быть использованы в производстве обычных резисторов.

Из методов, предложенных для обеспечения выпуска однородной и высоконадежной продукции, следует отметить разработанную и опробованную на операции импульсной тренировки резисторов МЛТ методику оптимизации технологических режимов, основанную на использовании математических методов планирования эксперимента, ранее применявшихся в химии и металлургии [4].

Для оптимального решения необходимо найти так называемую функцию отклика:

$$\eta = \phi(x_1, x_2, \dots, x_k),$$

где  $\eta$  — результат операции;  $x_1, \dots, x_k$  — параметры технологических режимов исследуемой операции.

Поверхность отклика в окрестностях точки, в которой ставится серия опытов, аппроксимируется гиперплоскостью, знаки коэффициентов регрессии уравнения которой и их относительная величина указывают направление движения к точке на поверхности отклика, соответствующей наилучшему значению  $\eta$ . Затем в этой точке ставится новая серия опытов и находятся коэффициенты уравнения гиперплоскости, определяющие дальнейшее направление "крутого восхождения". Последовательная постановка серии опытов дает возможность приблизиться к так называемой почти стационарной области [5].

Далее находится математическое описание изучаемого процесса в почти стационарной области при помощи полинома второй степени:

$$\eta = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{12} x_1 x_2 \dots$$

Для изучения почти стационарной области применялось ротационное планирование. При таком планировании эксперимента дисперсия  $\sigma^2(\eta)$ , предсказанная уравнением регрессии, постоянна для всех точек факторного пространства, находящихся на одинаковом расстоянии от центра. Дифференцируя уравнение по входящим в него переменным и приравнявая частные производные нулю, получим систему уравнений для определения значений  $x_i$ , при которых  $\eta$  является экстремумом.

В результате были определены оптимальные режимы импульсной тренировки впоследствии внесенные в технологический процесс производства резисторов повышенной надежности.

Следующим мероприятием по обеспечению требуемого качества резисторов на всех этапах производства явилась разработка системы входного, пооперационного и выходного контроля, основанная на применении статистических методов контроля качества [6]. Эффективность разработанных планов контроля проверялась путем пробного внедрения их в производство с вычислением последующих оценок. С целью отбраковки потенциально ненадежных образцов применялась тренировка готовых резисторов, введению которой в технологический процесс предшествовала экспериментальная проверка со статистической оценкой эффективности тренировки. Установлена устойчивая корреляционная связь между коэффициентами старения резисторов через 100 и 1000 ч испытаний в номинальном режиме, которая выражается линейным уравнением регрессии. С помощью полученных уравнений регрессии и доверительных границ к ним были определены критерии отбраковывания резисторов через 100 ч испытаний [7].

Для экспериментальной проверки эффективности разработанных методов повышения надежности и всего процесса производства резисторов МЛТ-0,25 повышенной надежности в целом была изготовлена установочная партия в количестве 10000 шт. различных типоминимумов, из которых 3983 образца были испытаны на надежность. Результаты испытаний показали, что интенсивность отказов резисторов установочной партии снизилась по сравнению с обычными резисторами в 10-90 раз. Наряду с повышением надежности существенно улучшились и другие качественные характеристики резисторов.

Внедрение большинства разработанных методов в массовое производство резисторов повышенной надежности обеспечило повышение надежности этих резисторов по сравнению с обычными в 2 и более раз (до 30).

Ряд методов повышения надежности, разработанных применительно к резисторам типа МЛТ, был применен и в производстве конденсаторов. Их надежность по сравнению с обычными возросла почти в 40 раз. Это свидетельствует о том, что указанные методы повышения надежности могут быть использованы для широкого класса радиодеталей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Маликов И.М., Романов Н.А. Показатели надежности современных элементов и частей сложных систем. Л., ЛЭТИ им. В.И. Ульянова (Ленина), 1964.
2. Маликов И.М. Надежность элементов электронной аппаратуры. Л., ЛЭТИ им. В.И. Ульянова (Ленина), 1967.
3. Налимов В.В. Применение математической статистики при анализе вещества. М., Физматгиз, 1960.
4. Захарова О.Г., Кристаллинский Л.Л. Использование математических методов для поиска оптимальных режимов импульсной тренировки резисторов МЛТ-0,25. "Электронная техника", сер. "Радиодетали", 1968, вып. 4 (13).
5. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экспериментов. М., "Наука", 1965.
6. Коуден Д. Статистические методы контроля качества. М., Физматгиз, 1962.
7. Кристаллинский Л.Л., Винец И.Л. Определение возможности повышения надежности резисторов путем их тренировки в номинальных режимах. Изв. ЛЭТИ им. В.И. Ульянова (Ленина), 1968, вып. 71.

УДК 621.396.69.019.3

# ДЮПИРОВАНИЕ

## О ПОВЫШЕНИИ КАЧЕСТВА И СТАБИЛЬНОСТИ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ПРЕЦИЗИОННЫХ ДЕЛИТЕЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ

ДЭ-434, 11 стр., 4 рис., библ.

Ю.Д.ЧИСТЯКОВ, С.П.ВЕРЗУНОВ, В.А.ДЕМЬЯНЕНКО, В.А.КОВЕЦКИЙ, Г.А.ФРАНК,  
В.Ф.ШУМЕЙКО

В статье рассмотрены факторы, влияющие на качество и стабильность тонкопленочных прецизионных делителей напряжения из металлосилицидного сплава. Показаны методы, снижающие воздействие внутренних напряжений, возникающих при герметизации, на изменение величины сопротивления резисторов различной конфигурации.

УДК 621.316.722.4-416.187.4

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ГОДНЫХ КРИСТАЛЛОВ ПРИ МНОГОРЯДНОМ РАСПОЛОЖЕНИИ СТРУКТУР

ДЭ-426, 5 стр., 3 рис., 2 библ.

А.В.Новиков

Предлагается статистический метод определения процента выхода годных кристаллов при многорядном расположении структур и различном количестве структур на кристалле. Метод может быть использован технологами и разработчиками полупроводниковых приборов.

УДК 681.382.3:519.2

С материалами можно ознакомиться в Отделе фондов ЦНИИ «Электроника» (Москва, 117415, проспект Вернадского, 39).

# ТЕХНОЛОГИЯ

74

Электроимпульсная подгонка тонкопленочных резисторов Д.П. Колесников, Ю.Е. Орешков, Ю.Л. Перлич, В.С. Бутузов

76

Резистивные пленки на основе окиси индия Р.Ф. Шутова, М.А. Афанасьева, Н.В. Ланцевицкая, Н.А. Чефранова, Б.Я. Яковлев

77

Чистые комнаты Г.Д. Колмогоров, И.Д. Голото, Б.П. Докучаев

78

Делонирование

73

# ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНАЯ ПОДГОНКА ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ РЕЗИСТОРОВ

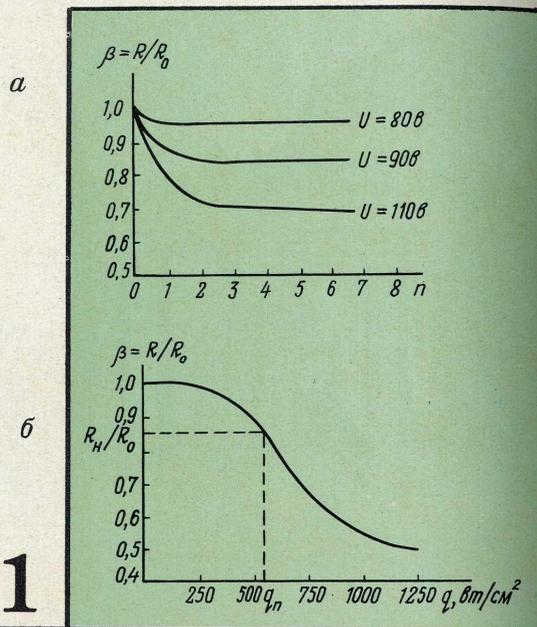
Д. П. КОЛЕСНИКОВ, Ю. Е. ОРЕШКОВ,  
Ю. Л. ПЕРЛИЧ, В. С. БУТУЗОВ

Подгонка величины сопротивления пленочных резисторов до номинального значения может быть осуществлена либо путем изменения их конфигурации, либо путем изменения удельного поверхностного сопротивления. Для изменения конфигурации резистивных пленок можно применить, например, электроискровую, лазерную или механическую обработку. Любой способ обработки требует перемещения инструмента относительно пленки, что при высоком уровне интеграции микросхем связано с применением сложных прецизионных электромеханических узлов. Поэтому представляют значительный интерес методы, основанные на изменении удельного сопротивления пленки.

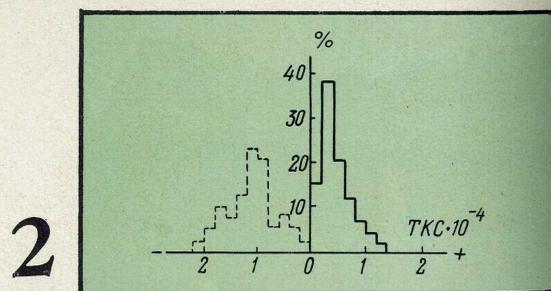
Тонкие пленки, осажденные в вакууме, характеризуются высокой концентрацией термодинамически неустойчивых дефектов структуры, таких как вакансии, избыточные атомы, границы зерен и т.д., возникающих при конденсации паров исходного материала. Эти дефекты, являясь причиной дополнительного рассеяния электронов, влияют на величину сопротивления пленок. Устранение дефектов приводит к необратимому изменению величины сопротивления. Это явление может быть использовано для подгонки в определенных пределах сопротивления резисторов.

В целях устранения дефектов в резистивной пленке применяют управляемый отжиг — нагрев путем пропускания через резистор коротких импульсов тока [1, 2].

При разработке описываемого метода подгонки тонкопленочных резисторов на основе сплава МЛТ-3М было исследовано влияние амплитуды, длительности и числа импульсов на величину изменения сопротивления. На рис. 1, а приведена экспериментальная зависимость изменения сопротивления от числа импульсов, на рис. 1, б — зависимость изменения сопротивления от удельной импульсной мощности. Поскольку после прохождения каждого импульса сопротивление резистора уменьшается, то даже при постоянной амплитуде удельная мощность с каждым последующим импульсом будет возрастать. Это дает возможность достаточно плавно приблизить величину сопротивления к заданному значению. В целях определения качества тонкопленочных резисторов из сплава МЛТ-3М были проведены сравнительные испытания резисторов до и после подгонки на термоциклирование (температура от  $-60$  до  $+125^{\circ}\text{C}$ ) и ускоренное старение под нагрузкой ( $+125^{\circ}\text{C}$ ;  $0,5 \text{ вт/см}^2$ ;  $100 \text{ ч}$ ).



Испытания показали, что по стабильности параметров резисторы существенно не различаются. Температурный коэффициент сопротивления резисторов после подгонки смещается в область положительных значений за счет устранения межзеренных барьеров. На рис. 2 приведена гистограмма ТКС резисторов до и после подгонки.



На основе исследованных режимов разработана электроимпульсная установка подгонки резисторов УПР-2 (рис. 3). Для повышения ее производительности операции измерения и подгонки совмещены во времени. Отклонение сопротивления от номинального значения устанавливается по показанию прибора с двусторонней шкалой, включенного в измерительную диагональ моста. Импульсы длительностью  $50 \text{ мсек}$  поступают на резистор от источника переменного тока через прерыватель и конденсатор.



# 3

Производительность, шт/ч	до 1000
Число резисторов на микросхеме, шт	8
Время переналадки, мин	не более 10
Диапазон подгонки, %	25 (в сторону уменьшения сопротивления)
Точность подгонки, %	не хуже 1

При наличии больших партий однотипных изделий в установке используется многозондовое (16 зондов) многопозиционное контактирующее устройство.

Для каждого типа микросхем с помощью штекерного наборного поля в установку вводятся данные о номинальных значениях, конфигурации резистивных пленок и порядке их подключения к зондам контактирующего устройства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Браун Л., Луд Д. Труды института инженеров по радиоэлектронике, 1966, т. 54, № 11, стр. 22-29.
2. Электроника (русск. перевод), 1967, № 23, стр. 86.

УДК 621.316.8-416.002.2

# ДИФФУЗИОННОЕ

## МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ПЛЕНКИ НА ИЗОЛЯТОРАХ

ДЭ-497, 61 стр., 1 рис., 229 библ.

Л.Л.Сикинчалашвили

В статье освещаются вопросы технологии выращивания пленок и создания приборов на их основе. Дано сравнение технологических методов выращивания пленок, применяемых различными фирмами-изготовителями. Патенты по указанному вопросу сведены в таблицу. Приведен тематический указатель литературы за 1960-1970 гг.

УДК 539.216.22+621.315.61

## ХАРАКТЕРИСТИКИ МОЛИБДАТА НЕОДИМА В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ НА НИЗКИХ ЧАСТОТАХ

ДЭ-475, 5 стр., 3 рис.

О.Д.Парфенов, В.К.Исаченко, К.Б.Лукин

Применение молибдата неодима в качестве материала диэлектрика позволяет значительно уменьшить габариты тонкопленочных конденсаторов интегральных микросхем.

Рассматриваются конструкции конденсаторов, технология их изготовления и результаты исследований по определению величины емкости и добротности в диапазоне частот 1-100 кГц при изменении температуры от 15 до 140° С.

УДК 621.319.4-416:621.315.61

С материалами можно ознакомиться в Отделе фондов ЦНИИ «Электроника» (Москва, 117415, проспект Вернадского, 39).

# РЕЗИСТИВНЫЕ ПЛЕНКИ НА ОСНОВЕ ОКИСИ ИНДИЯ

Р.Ф. ШУТОВА, М.А. АФАНАСЬЕВА,  
Н.В. ЛАНЦЕВИЦКАЯ, Н.А. ЧЕФРАНОВА,  
Б.Я. ЯКОВЛЕВ

Выбор окиси индия в качестве проводящей фазы в резистивной пасте обусловлен высокой стабильностью, нетоксичностью и более низкой стоимостью ее по сравнению с благородными металлами (Pd, Au, Pt, Ag), широко используемыми в производстве толсто пленочных микросхем [1-3].

В качестве диэлектрической фазы опробована серия силикатных стекол, различающихся по составу и температуре начала размягчения. При выборе типа стекла учитывались следующие основные требования: отсутствие щелочей, согласованность коэффициентов термического расширения керамического основания резистора и стекла, влагостойкость не ниже второго гидролитического класса, температура начала размягчения не ниже 500°C.

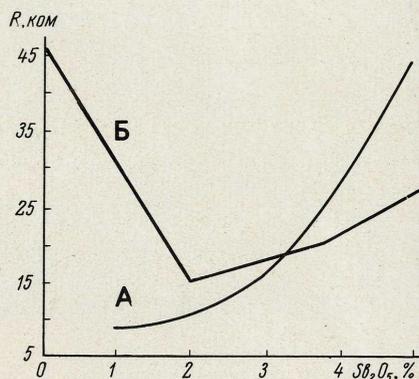
Для приготовления паст использовались окись индия марки ОСЧ-МРТУ 6-09-1243-64, окись сурьмы марки Ч-МРТУ-4268-53, окись висмута марки ОСЧ.

Перед приготовлением паст окись индия и стекло измельчались в агатовом барабане до получения удельной поверхности порядка 11000 см<sup>2</sup>/г. Основание резисторов выполнено из высокоглиноземистой керамики. Резистивные пасты вжигались в конвейерной печи в воздушной среде. Для изготовления контактов применялись серебряно-палладиевые пасты.

Исследовались стекла 21 вида. Лучшей адгезией обладали стекла систем Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, BaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>, CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Применение стекла системы SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> позволило получить резисторы с широким диапазоном номиналов, однако пленки имели неплотную монолитную структуру и плохую адгезию к керамическому основанию.

Изучение влияния добавок окиси сурьмы на параметры резисторов на основе окиси индия и стекол системы SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (см. рисунок, кривая А) и системы CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (кривая В) показало, что при введении до 2% Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> величина сопротивления пленок уменьшалась (кривая В), а при увеличении содержания Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> свыше 2% - возрастала; наиболее резкое увеличение сопротивления пленок наблюдалось при введении более 3% Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Для повышения стабильности пленок в различных климатических условиях использовалась защита стеклом системы PbO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> и стеклом специальной композиции (ситалл, окись алюминия). Два слоя стекла указанной композиции наносили на резисторы и вжигали.



В таблице приведены средние параметры 20 резисторов, покрытых защитным слоем стекла.

Резистивная паста	Сопротивление, КОМ	Коэффициент влагостойкости, %	Коэффициент термостойкости, %	ТКС · 10 <sup>-4</sup> /°С	
				от +25 до -85°С	от -60 до +25°С
In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , стекло системы Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> -B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	79	0,8	1,2	-25	-3,4
In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , стекло системы BaO-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub>	44,5	0,4	0,4	-3,1	-3,5

Резисторы с добавкой стекла системы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> испытывались в среде с концентрацией водорода ~98% в течение 16,5 сут. Минимальное изменение величины сопротивления (1,9%) наблюдалось у резисторов (без защитного покрытия), в состав которых входило не менее 60% стекла.

Таким образом, пасты на основе In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> можно считать перспективным материалом для создания толсто пленочных резисторов. Резистивные пленки на основе системы In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-стекло устойчивы к воздействию водорода и достаточно стабильны при различных климатических условиях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Патент США № 3.411.947, кл. 117-215
2. Патент Англии № 1066.125, кл. С1М
3. Т. К у б о т о. "Дэнси Дзайрэ", 1968, т. 7, № 5, р. 48

УДК 621.316.8-416:621.315.592.4

# ЧИСТЫЕ КОМНАТЫ

Г.Д. КОЛМОГОРОВ, И.Д. ГОЛОТО,  
Б.П. ДОКУЧАЕВ

Производство монолитных интегральных схем (ИС) отличается сложностью и длительностью технологического процесса. Процент выхода годных и надежность ИС в значительной степени зависят от чистоты применяемых материалов и технологической среды. Поэтому организация чистых комнат в настоящее время имеет особо важное значение.

Организация чистых комнат является одним из способов контроля атмосферы, в которой протекает процесс изготовления ИС.

Чистая комната — это помещение, в котором проводятся технологические операции, требующие особо чистой воздушной среды и строго соблюдение норм технологической гигиены, помещение, в котором тщательно контролируются такие параметры атмосферы, как запыленность, температура, влажность, перемещение воздуха, а также направление вектора его скорости. В соответствии с этими требованиями осуществляется специальная организация труда обслуживающего персонала в течение всего рабочего дня.

Сконструирована чистая комната рабочей площадью  $100 \text{ м}^2$ , в которой достигнута запыленность атмосферы, ниже указанной в нормале СН-587-66 для помещений категории 1а, т.е. менее 30 частиц пыли размером  $0,5 \text{ мкм}$  в  $1 \text{ л}$  воздуха.

Чистая комната разделена на три изолированных помещения. В ней поддерживается избыточное давление по отношению к другим помещениям от 2 до 5 мм вод. ст., температура  $21 \pm 1^\circ\text{C}$ , относительная влажность  $50 \pm 5\%$ .

Подача в комнату воздуха и его температурно-влажностная обработка осуществляются кондицио-

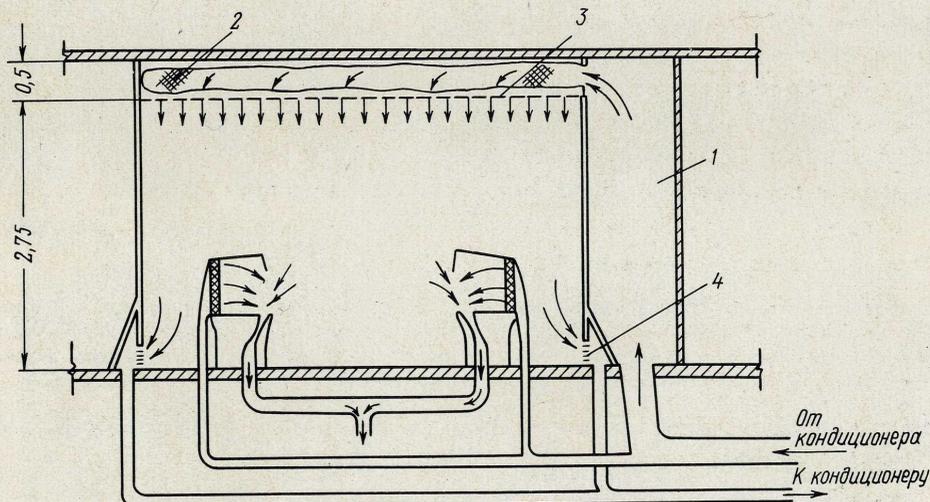
нером, обеспечивающим смену воздуха в помещении от 60 до 120 раз в час. Из кондиционера (рис. 1) воздух поступает в вентиляционный коридор 1, проходящий вдоль всех помещений чистой комнаты, откуда направляется в рукавные фильтры 2, смонтированные в подшивном потолке. Для обеспыливания применена двухступенчатая система фильтрации. Рециркуляционный воздух из чистой комнаты в смеси со свежим проходит первую ступень фильтров из пенополиуретана. Вторую ступень представляют рукавные фильтры диаметром  $400 \text{ мм}$ , выполненные из ткани ФПП-15-1,7. Применение таких фильтров способствует равномерному распределению воздуха по объему над подшивным потолком 3. Далее воздух поступает в помещение через перфорированный по всей площади потолок из оргстекла. Такая конструкция потолка препятствует возникновению турбулентных потоков воздуха после выхода его из фильтров 2.

Отвод воздуха из помещений чистой комнаты производится через щелевые перфорационные отверстия 4 в боковых панелях, расположенные на высоте  $60 \text{ мм}$  от пола.

Все стены стеклянные, за исключением верхнего и нижнего поясов боковых панелей, которые выполнены из алюминия. Для уплотнения строительных конструкций применена шпаклевка из эпоксидной смолы.

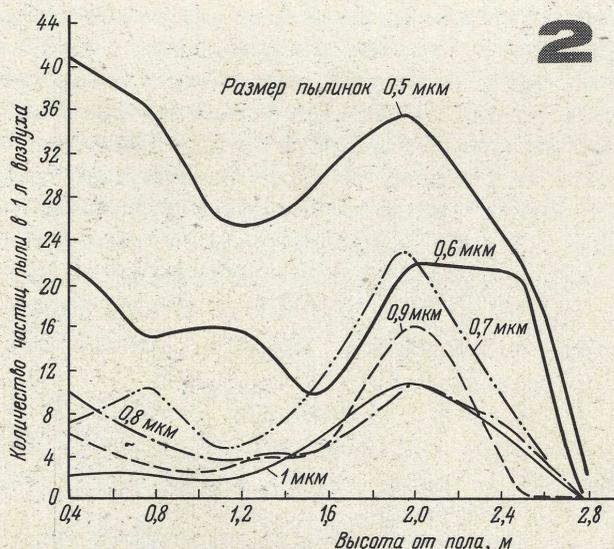
Скорость движения воздуха при направлении ее вектора сверху вниз составляет  $0,10-0,25 \text{ м/сек}$ .

При существующей системе подачи воздуха равномерность скорости его движения по всей площади комнаты обеспечивается на высоте  $0,8-2,3 \text{ м}$  от пола.



В начальный период эксплуатации чистой комнаты было определено, что при исходной запыленности атмосферы 1000–1200 частиц пыли размером 0,7 мкм в 1 л воздуха через 2–3 мин после включения вентиляции запыленность снижается до 50 частиц размером 0,7 мкм в 1 л, а через 15–17 мин — до 10–15 частиц пыли размером 0,5 мкм в 1 л.

Распределение аэрозолей по высоте помещения в зависимости от дисперсности частиц пыли изображено на рис. 2. Степень запыленности воздуха возрастает при приближении к полу, и на высоте 0,65–0,7 м превышает 30 частиц размером 0,5 мкм в 1 л.



Планирование размещения оборудования, определение характера и числа операций, которые должны выполняться в чистой комнате, осуществляют инженер-технолог и специалисты по технологической гигиене. Операции выполняются в боксах с ламинарным потоком воздуха, содержащим в 1 л не более 5 частиц пыли размером 0,5 мкм.

Размещение диффузионных печей вне помещений чистой комнаты позволяет избежать искривления направлений ламинарных потоков воздуха при движении его сверху вниз. Сушильные шкафы,

шкафы для хранения оснастки и пластин встроены в боковые панели таким образом, чтобы в чистую комнату открывался только загрузочный люк.

Электрооборудование и контрольно-измерительные приборы также размещаются вне рабочих помещений. Химические реактивы подаются к разборным кранам в химических шкафах по фторопластовым трубам. Разгерметизация заводской тары производится в специальном шкафу с обеспыленной атмосферой. Все энергоносители проходят сверхтонкую очистку.

Передача оснастки, инструмента, заготовок, изделий в чистую комнату осуществляется после предварительной очистки через передаточные шлюзы.

Каждому работнику полагается два комплекта спецодежды (смена — раз в неделю). Хранится одежда в специальных шкафах. Персонал переодевается в раздевалке, запыленность атмосферы в которой не превышает 70 частиц пыли в 1 л воздуха. Затем каждый работник в течение 15 сек поочередно подвергается обдуву сверху обеспыленным воздухом в шлюзе (скорость движения воздуха — не менее 10 м/сек). Двери шлюза электрически заблокированы между собой и с рециркуляционным вентилятором обдува. После обдува работники моют руки в специальном помещении.

В помещениях чистой комнаты одновременно могут работать 1 инженер-технолог и не более 10 операторов.

Чтобы предупредить скопление пыли в помещении в нерабочее время, вентиляционные системы, обеспечивающие подачу обеспыленного воздуха, эксплуатируются круглосуточно.

Руководство работой и сбор информации о ходе технологических процессов осуществляет диспетчер.

Опыт работы в чистой комнате показал, что изготовление ИС в помещениях с атмосферой, содержащей 10–15 частиц пыли размером 0,5 мкм в 1 л воздуха, при соблюдении норм технологической гигиены дает возможность значительно повысить процент выхода годных приборов.

УДК 628.5:621.382.82.002.5

## ДЕИОНИРОВАНИЕ

### МАСС-СПЕКТРОМЕТР ДЛЯ АНАЛИЗА ПОЛУПРОВОДНИКОВ И МЕТАЛЛОВ

ДЭ-488, 8 стр., 1 рис., 4 библ.

М.А.ВАСИЛЬЕВ, Ю.Н.ИВАЩЕНКО, В.Т.ЧЕРЕПИН

Модернизированный масс-спектрометр МИ-1305 предназначен для анализа примесей в полупроводниковых и металлических материалах. Прибор может быть использован и для изучения различных физико-химических процессов на поверхности. Диапазон измеряемых массовых чисел 1–200, относительная чувствительность 0,0001 весовых процентов.

С материалами можно ознакомиться в Отделе фондов ЦНИИ «Электроника» (Москва, 117415, проспект Вернадского, 39).

УДК 621.384.8

# ОБОРУДОВАНИЕ

80 | Генераторы изображений и проблема надежности  
Я. А. Райхман

83 | Электроискровая обработка и перспективы ее  
развития Б.И. Ставицкий

86 | Оборудование для электроискровой обработки  
изделий Е.В. Холоднов

79

# ГЕНЕРАТОРЫ ИЗОБРАЖЕНИЙ И ПРОБЛЕМА НАДЕЖНОСТИ

Я.А.Райхман

Рост степени интеграции микросхем вплоть до перехода к большим (БИС) и сверхбольшим (СБИС) интегральным системам, характеризующий современный уровень развития микроэлектроники, сопровождается значительным усложнением топологических рисунков фотошаблонов. В результате наиболее распространенный метод изготовления фотошаблонов с помощью координатографов и редуционных камер становится малоэффективным и все чаще применяется метод получения фотошаблонов с помощью генераторов изображений.

Генераторы изображений — это программно-управляемые прецизионные оптико-механические устройства, которые последовательно, в соответствии с вводимой информацией, экспонируют фотопластины таким образом, что после проявления получается промежуточный фотошаблон, используемый для мультипликации.

Различаются два типа генераторов изображений: сканирующие и микрофотонаборные.

В сканирующих установках светочувствительный слой экспонируется во время перемещения светового пятна относительно фотопластины. Световое пятно как бы вычерчивает рисунок фотошаблона. К сканирующим установкам относятся генератор PPG фирмы Bell (США) и отечественные установки ЭМ-511 и ЭМ-518.

В микрофотонаборных установках топологический рисунок набирается из одиночных элементов, обычно прямоугольной формы, которые экспонируются в соответствующих местах фотопластины. Во время экспозиции изображение наборного элемента и фотопластина практически неподвижны относительно друг друга, что немаловажно для получения высокой четкости края. Микрофотонаборные установки применяются значительно шире, чем сканирующие. Это отечественные установки ЭМ-508 и ЭМ-519, установки 1600 фирмы David W. Mann, Microflash-610 фирмы Optimechanisms (США), генератор фирмы SFA (Италия) и др.

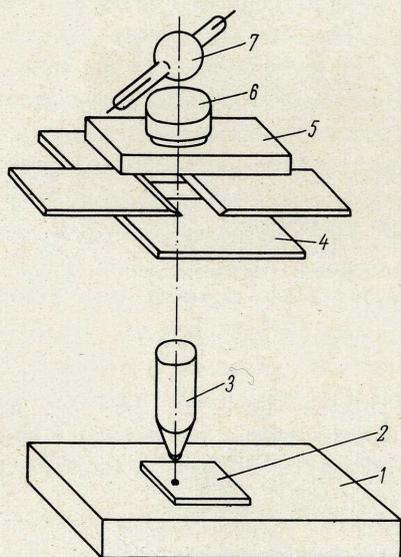
Применение генераторов изображений позволяет в десятки и сотни раз сократить время изготовления сложных фотошаблонов БИС. В системах машинного проектирования использование генераторов изображений более эффективно, чем применение программного координатографа и ре-

дукционной камеры. Тем не менее даже сейчас, через пять лет после появления первых таких установок, далеко не всегда им отдается предпочтение. Связано это с проблемой надежности изготовления промежуточных фотошаблонов. Поступление бракованных фотошаблонов на последующие операции вызывает в дальнейшем очень большие потери. Даже после мультипликации (наиболее дорогостоящей и продолжительной операции) вероятность того, что брак обнаружен, весьма мала, так как у мультиплицированных фотошаблонов проверяется в основном точность шага мультипликации и размеры отдельных элементов для исключения погрешности масштаба, а правильность топологического рисунка не контролируется. Непригодность фотошаблона выявляется только на конечных операциях изготовления микросхем по высокому проценту брака. При этом установить, какой фотошаблон является негодным, — весьма сложная задача. Иногда с экономической точки зрения целесообразнее изготовить новый комплект фотошаблонов.

Таким образом, все преимущества генераторов изображений могут быть использованы только при исключительно высокой надежности их работы. Собственно говоря, не столь важно, чтобы каждый промежуточный фотошаблон был годным. Высокая производительность современных генераторов изображений обеспечивает целесообразность их применения даже в том случае, если годен только каждый второй или третий фотошаблон. Необходимо с высокой надежностью выявить промежуточные фотошаблоны, в рисунках которых имеются ошибки, и не допустить их на дальнейшие операции.

Многие специалисты предлагают создать машину для контроля топологического рисунка, но такая машина будет гораздо сложнее и менее производительна, чем генератор изображений. Пусть промежуточный фотошаблон экспонируется на микрофотонаборной установке. В этом случае погрешность в работе установки, приводящая к негодности промежуточного фотошаблона, выражается в том, что по крайней мере одна сторона прямоугольного наборного элемента несколько смещается. В результате появится разрыв или

сместится контур фигуры и она не совместится с соответствующей фигурой другого фотошаблона. Для обнаружения таких погрешностей машина должна проверять каждую сторону наборных элементов. Так как наборные элементы имеют прямоугольную форму, контрольная машина должна осуществлять в четыре раза больше операций, чем микрофотонаборная. Если учесть, что размеры наборных элементов изменяются в весьма широких пределах, то становится понятной еще одна причина усложнения контрольной машины. Инженерная проработка вопроса о контроле топологических рисунков промежуточных фотошаблонов показала, что для обслуживания одной микрофотонаборной установки потребуются три-четыре контрольные машины, каждая из которых не менее сложна и дорога, чем микрофотонаборная установка. Выход возможен: генераторы изображений должны сами в процессе работы контролировать ошибки и с высокой достоверностью указывать на годность или брак экспонированного фотошаблона. Весьма эффективным методом такого автоконтроля является проверка "возврата в базу". Рассмотрим несколько подробнее этот метод на примере микрофотонаборной установки.



Основными узлами микрофотонаборной установки (рис. 1) являются прецизионный координатный стол 1, перемещающий фотопластину 2 относительно проекционного объектива 3, прецизионная поворотная наборная диафрагма 4 с перемещающимися шторками и осветитель 6 с лампой-вспышкой 7 или затвором 5. Причины брака промежуточного фотошаблона могут быть следующие: ошибка в перемещении координатного стола по одной из осей, что приводит к смещению всего экспонируемого элемента; ошибка в перемещении одной или двух шторок наборной диафрагмы, вызывающая смещение сторон элемента на фотошаблоне; не-

срабатывание осветителя, в результате чего один из наборных элементов не будет экспонироваться (работу осветителя легко контролировать сигналом подтверждения экспозиции с помощью фотодиода, помещенного за затвором).

Координатные столы имеют следящий привод с точными датчиками в цепях контроля перемещений. В отечественных микрофотонаборных установках применяются датчики линейных перемещений на дифракционных решетках, в установках фирм David W. Mann и SFA — датчики на основе растровых шкал, в установке фирмы Optomechanisms применен интерферометр. Все эти датчики вырабатывают импульсы на каждое единичное перемещение, и общая величина перемещений определяется реверсивным счетом числа таких импульсов с учетом направления движения.

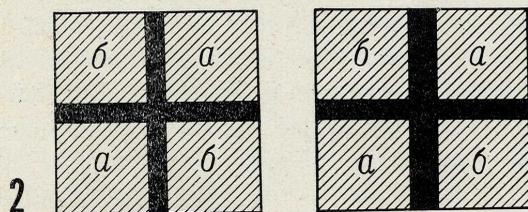
При сбое в датчике несколько импульсов может быть не сосчитано или, наоборот, сосчитано несколько лишних импульсов. Координатный стол соответственно совершит большее или меньшее перемещение. Появится погрешность относительно начального положения, которая сохранится на всех последующих перемещениях, пока новый сбой не изменит ее величину. Следовательно, если работу координатного стола начать с базового положения, которое каким-то образом можно зафиксировать, и закончить командой по приходу в это же базовое положение, то при наличии сбоев координатный стол в эту точку не вернется. Это будет сигнализировать о том, что в процессе работы была допущена ошибка и фотошаблон негоден.

Конечно, при наличии сбоев возможен случай, когда сумма всех погрешностей будет равна нулю, но вероятность такого случая весьма мала. Например, если с помощью приборов для контроля базового положения можно заметить отклонение в 1 мкм, а фотошаблон приходит в негодное состояние при отклонении наборного элемента на 2 мкм и более (речь идет о промежуточном фотошаблоне, который на операции мультипликации будет уменьшен в 10 раз), и если частота сбоев такова, что вероятность брака по вине только одного датчика равна 0,4, то вероятность того, что этот брак не будет замечен при возврате в базу (т. е. погрешности скомпенсируются) составляет  $4 \cdot 10^{-5}$ .

Для контроля базового положения координатного стола в микрофотонаборной установке ЭМ-519 используются стрелочные индикаторы с ценой деления 1 мкм. В установке фирмы SFA имеется специальный фотоэлектрический микроскоп. Привод шторок наборной диафрагмы в зарубежных установках осуществлен на шаговых двигателях, в установке ЭМ-519 — на двигателях постоянного тока с несложным фотоэлектрическим датчиком, вырабатывающим импульсы на

каждое единичное перемещение. И в том и другом случае определение величин перемещений осуществляется счетом импульсов с учетом направления движения. Следовательно, и работу наборной диафрагмы можно контролировать при возвращении в базу. В установке ЭМ-519 для фиксации базового положения шторок в диске с пазами фотоэлектрического датчика имеется один удлиненный паз. Когда шторка находится в базовом положении, свет через этот паз попадает на фотодиод, вырабатывающий сигнал о приходе в базу.

Контроль возврата в базовое положение возможен не только при помощи устройств, фиксирующих базовое положение узлов генератора изображений. Один из методов контроля непосредственно на промежуточном фотошаблоне, предложенный Г.Э. Широ, заключается в следующем. В начале работы установки вне рабочего поля фотошаблона экспонируются два квадрата, расположенные по диагонали (рис. 2, а-а); в конце работы такие же два квадрата экспонируются по другой диагонали (рис. 2, б-б) таким образом, что при отсутствии сбоя между квадратами образуется одинаковой ширины крестообразный знак. При наличии сбоя форма этого знака нарушается (рис. 2, справа).



При ширине крестообразного знака 8–10 мм хорошо заметны сдвиги менее 1 мм. Эти знаки можно наблюдать только после проявления. Они свидетельствуют о пригодности или о браке фотошаблона и потому условно названы "знаками качества".

Методом возврата в базу или методом знаков качества можно контролировать не только приводы и датчики, но и другие устройства генератора. Более того, если входную информацию представлять не координатами очередного наборного элемента и не его размерами и углом наклона, а приращениями, т.е. разностями координат, размеров и угла наклона очередного элемента и предыдущего, то сбой в любом месте устройства приведет к невозвращению в базу или к деформации знака качества. Этот момент учтен в микрофотонаборной установке ЭМ-519, которая может работать от входной информации, представленной как в абсолютных значениях, так и в приращениях.

Высокая производительность микрофотонаборных установок и надежность метода знака качества позволили использовать установку ЭМ-519

для отладки программ машинного проектирования сложных гибридных БИС. В начале работы микрофотонаборной установки экспонировались несколько половинок (два квадрата по диагонали) знаков качества и по окончании отдельных этапов экспонирования они поочередно дополнялись. По характеру деформации знаков качества узнавали, на каких этапах, в каких массивах информации имеются ошибки.

Для различения сбоя, происходящих в самой установке, и ошибок подготовленной информации на входе имеются накапливающие регистры. Если невозвращение в базу сопровождается нулем в этих счетчиках, то причиной погрешности является сбой в генераторе изображений, в противном случае следует искать ошибки во входной информации.

Высокая производительность генераторов изображений, низкая стоимость фотопластин и большие потери в производстве сложных микросхем в результате использования негодных промежуточных фотошаблонов заставляют несколько необычным образом определять надежность такого оборудования. Следует считать, что более надежным является не тот генератор изображений, вероятность отказа или сбоя которого ниже, а тот, который с большей достоверностью определяет пригодность экспонированного промежуточного фотошаблона. При этом надежность отдельных узлов, определяющих частоту отказов и сбоя, сказывается лишь на средней производительности генератора. Естественно, производительность оборудования является невторостепенным параметром и над повышением надежности узлов необходимо работать. Но надежность всего генератора изображений, надежность изготовления промежуточных фотошаблонов может быть весьма высокой, если в приводах координатного стола и наборной диафрагмы применять системы, в которых величина перемещений определяется счетом импульсов, входную информацию представлять в виде приращений и применять методы возврата в базу или знаков качества.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Читаят А.К., Лория Дж. "Зарубежная электронная техника", 1971, № 7, стр. 42–50.
2. Каст Р. "Зарубежная электронная техника", 1971, № 8, стр. 24–30.
3. Poole K.M. New Masks – New Method. "Bell Laboratories Record", 1970, v. 48, N 5.

УДК 621.382.8.002.2:776

В электронной промышленности за последние 15 лет прецизионная электроискровая обработка материалов получила наиболее широкое применение. Были разработаны новые приемы особо точного формообразования деталей и создано принципиально новое прецизионное оборудование. Все это позволило практически решить проблему прецизионного изготовления деталей из токопроводящих и полупроводниковых материалов.

# ЭЛЕКТРОИСКРОВАЯ ОБРАБОТКА И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ РАЗВИТИЯ

Б.И.СТАВИЦКИЙ

К числу способов, позволяющих упростить многие технологические операции и открывающих почти неограниченные возможности для создания оригинальных изделий электронной техники, относятся способы размерной обработки материалов, основанные на использовании высококонцентрированных источников энергии.

Одним из таких перспективных способов, обеспечивающих высокое качество изготовления деталей и отличающихся простотой выполнения, является способ электроискровой обработки, принцип которого - воздействие на обрабатываемый материал кратковременными искровыми разрядами малой энергии.

Если ранее электроискровую обработку использовали в основном для подготовительных операций или предварительного формообразования деталей, подвергаемых в дальнейшем механической обработке, то сейчас ее применяют в качестве завершающей операции при изготовлении разнообразных деталей из любых материалов с заданной точностью.

Прецизионная электроискровая обработка материалов имеет следующие преимущества:

- достигается высокая точность изготовления деталей (в отдельных случаях выше 1 класса) и получение поверхности высокого качества благодаря воздействию электрическим искровым импульсом малых энергий ( $10$  дж) и длительности ( $1,5$  мксек), но больших удельных мощностей ( $\leq 10^6 - 10^9$  вт/см<sup>2</sup>);

- величина зоны взаимодействия обрабатывающего инструмента с деталью сведена к минимуму (она определяется заданным режимом обработки);

- износ обрабатывающего электрода не влияет на точность изготовления деталей;

- отсутствуют твердые продукты разложения или их количество сведено к минимуму.

Только с помощью электроискровой обработки появилась возможность изготовить многорядные замедляющие системы и детали катодов со сверхминиатюрными элементами и создать ЛОВ миллиметрового и субмиллиметрового диапазона волн. Минимальная ширина пазов, полученных при помощи электроискровой обработки при изготовлении многорядных структур, равна 5-6 мкм, высота зуба - несколькими сотым долей миллиметра, а минимальный шаг - 15 мкм. Весьма перспективно применение электроискровой обработки для расточки микроотверстий (диаметром 0,03-0,08 мкм) в твердосплавном микросварочном инструменте. Годовой экономический эффект только на одной этой операции составил 100 тыс.руб.

Широко используется этот способ для изготовления разнообразных сеток клистронов, лучевых тетродов, приемно-усилительных ламп и других приборов. Минимальная ширина перемычек не превышает 20-30 мкм. Сетки достаточно легко могут выполняться из любых токопроводящих материалов: вольфрама, молибдена, никеля, меди.

Все возрастающие требования, предъявляемые к качеству обработки деталей, способствуют совершенствованию технологии их изготовления с помощью метода электроискровой обработки.

Например, применение воды как межэлектродной среды при изготовлении мелкоструктурных деталей практически исключило их загрязнение продуктами разложения, а использование очищенной от аквадага молибденовой или вольфрамовой проволоки в качестве электрода инструмента устранило еще один из источников загрязнения межэлектродного пространства и обрабатываемых поверхностей. Это намного облегчило процесс очистки мелкоструктурных деталей после электроискровой обработки (особенно деталей с шириной паза менее 30 мкм).

Однако существуют и другие источники загрязнения. Так, коллоидные частицы и частицы расплавленного металла, сбрасываемые в процессе обработки с поверхности детали и обрабатывающего инструмента, окисляясь, заполняют имеющиеся и вновь образующиеся при обработке микрополости, тем самым ухудшая условия эвакуации продуктов эрозии из зоны обработки, а это приводит к росту загрязнения обрабатываемой поверхности.

Кроме того, в процессе обработки на кромках пазов образуются микрозаусенцы, величина которых может быть соизмерима с размерами изготавливаемых структур. Образование таких заусенцев также ухудшает эвакуацию продуктов эрозии из зоны обработки, снижает интенсивность процесса и существенно осложняет последующую химическую очистку деталей.

Все эти факторы затрудняют создание микроминиатюрных приборов, снижают их технические характеристики и качество, а также выход годных.

Как известно, материал удаляется из микрозоны, пораженной искровым разрядом, либо в виде твердых микрочастиц, либо в расплавленном состоянии, либо за счет испарения, и удаление его зависит от удельной мощности разряда. Когда материал удаляется в виде твердых микрочастиц, на кромках возникают сколы. Если же материал удаляется в расплавленном состоянии, на кромках появляются ажурные заусенцы. В этом случае материал застывает, еще не успев оторваться от обрабатываемой поверхности.

При большой удельной мощности искрового разряда ( $\geq 10^8$  вт/см<sup>2</sup>) концентрация теплового воздействия на обрабатываемый материал столь высока, что он мгновенно испаряется и только ничтожно малая его часть расплавляется, образуя на кромках еле различимые под микроскопом заусенцы или слегка оплавленные края. При этом создаются наилучшие условия для эвакуации продуктов обработки.

Увеличением удельной мощности разряда можно на порядок уменьшить величину образующихся на кромках заусенцев при росте скорости формообразования в 3-8 раз.

Полученные результаты открывают широкие возможности в управлении качеством изготавливаемых деталей. Это приобретает особое значение при изготовлении металлических микроминиатюрных деталей, а также при резке полупроводниковых пластин на кристаллы, величина которых с применением электроискровой обработки может быть очень небольшой (менее 20-30 мкм).

Качество и производительность процесса позволяют рекомендовать электроискровую обработку для резки полупроводниковых пластин на кристаллы.

В настоящее время в области развития электроискровой обработки достигнуты определенные успехи:

- разработаны технологические процессы электроискровой изготовления деталей микроминиатюрных приборов и прецизионного инструмента для микросварки, создано соответствующее оборудование;

- начато применение способа для получения эмиссионных, антиэмиссионных и геттерных покрытий деталей электронных приборов;

- определены оптимальные режимы обработки для изготовления микроминиатюрных изделий (из металлов, их композиций и полупроводниковых материалов), обеспечивающие минимальные структурные изменения и наивысшее качество обрабатываемой поверхности при 2-8-кратном увеличении скорости обработки;

- успешно освоен серийный выпуск электроискровых установок на уровне лучших зарубежных образцов;

- обеспечивается программное управление электроискровыми прецизионными установками;

- разработана электроискровая установка для изготовления крупногабаритных деталей электродом-провоолокой (максимальная толщина обрабатываемой детали 120 мм, поле обработки 250x150 мм), при толщине детали 30 мм обеспечивается скорость обработки около 100 мм<sup>2</sup>/мин (для меди), т.е. в 2 раза превышающая уровень лучших известных образцов подобных установок.

Современное развитие способа электроискровой обработки материалов позволяет наметить новые перспективные области его применения:

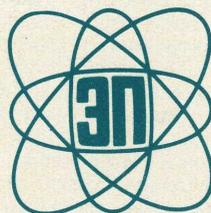
- использование в пленочной технологии (в частности, для подгонки резисторов), где скорость процесса превышает скорость, получаемую на лазерных установках, при несравнимо более простом конструктивном решении;

- осаждение разнообразных элементов при изготовлении микросхем и полупроводниковых приборов (особенно при необходимости уменьшения расхода драгоценных и дорогостоящих материалов);

- высококачественная резка полупроводниковых пластин на кристаллы при существенном повышении качества и значительном уменьшении отходов материала.

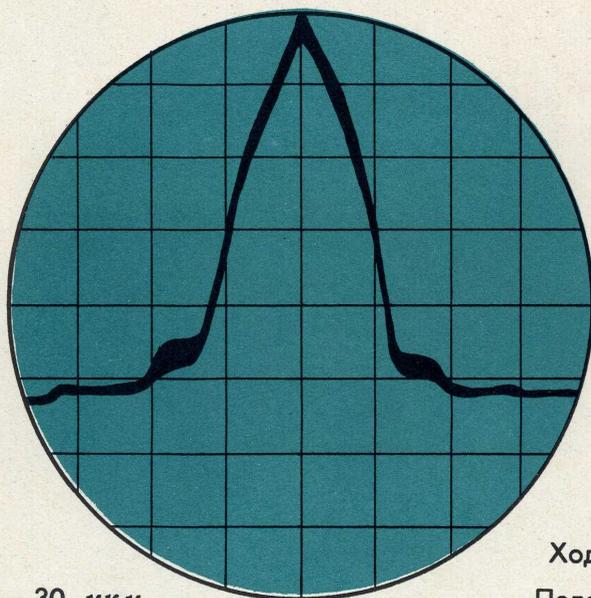
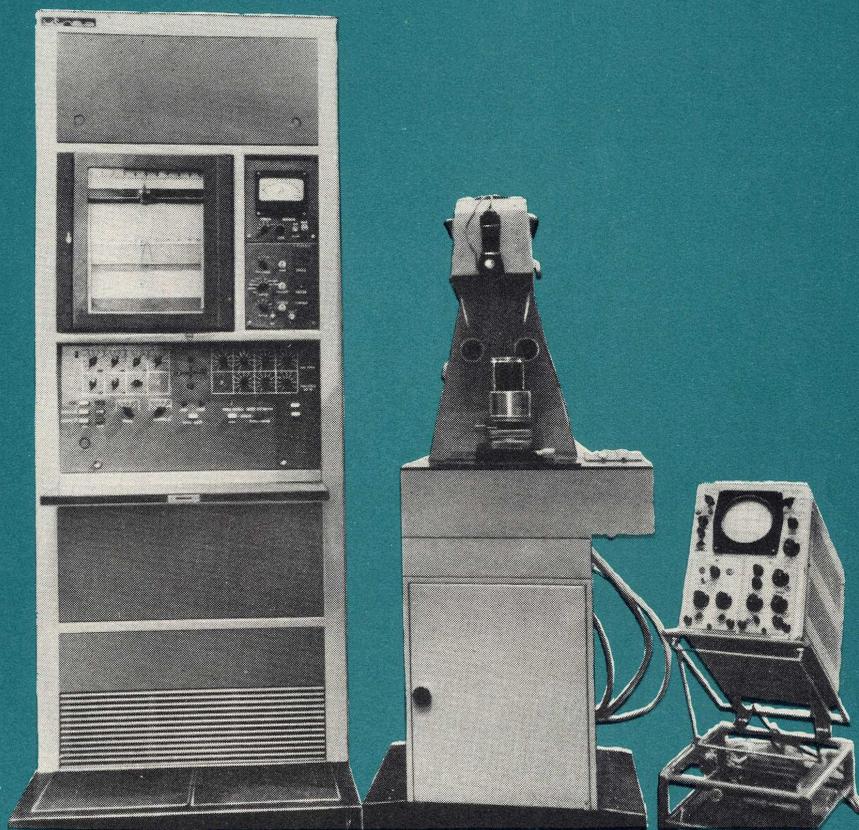
Дальнейшее внедрение метода электроискровой обработки в промышленность, особенно при серийном и массовом изготовлении деталей и изделий электронной техники, может дать огромный экономический эффект (исчисляемый многими миллионами рублей в год), позволит высвободить производственные площади, уменьшит потребность в высококвалифицированных рабочих, снизит расход дефицитных материалов, существенно повысит качество изготовления изделий.

УДК 621.38.002.5:621.9.048.4



# УСТАНОВКА ДЛЯ КОНТРОЛЯ НАДЕЖНОСТИ МИКРОСХЕМ ПО ИНФРАКРАСНОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ

обеспечивает регистрацию уровней **ИК** излучения  
в интервале температур объекта от **30** до **160°C**  
• Дает возможность визуально наблюдать тепловое  
изображение поверхности объекта на экране  
осциллографа



Температурное разрешение—1°C

Время непрерывной работы—8 ч

Потребляемая мощность—0,8 квт

Линейная разрешающая способность—30 мкм

Питание—от сети

Ход стола—70x70 мм

Поле зрения—2x2 мкм

# ОБОРУДОВАНИЕ

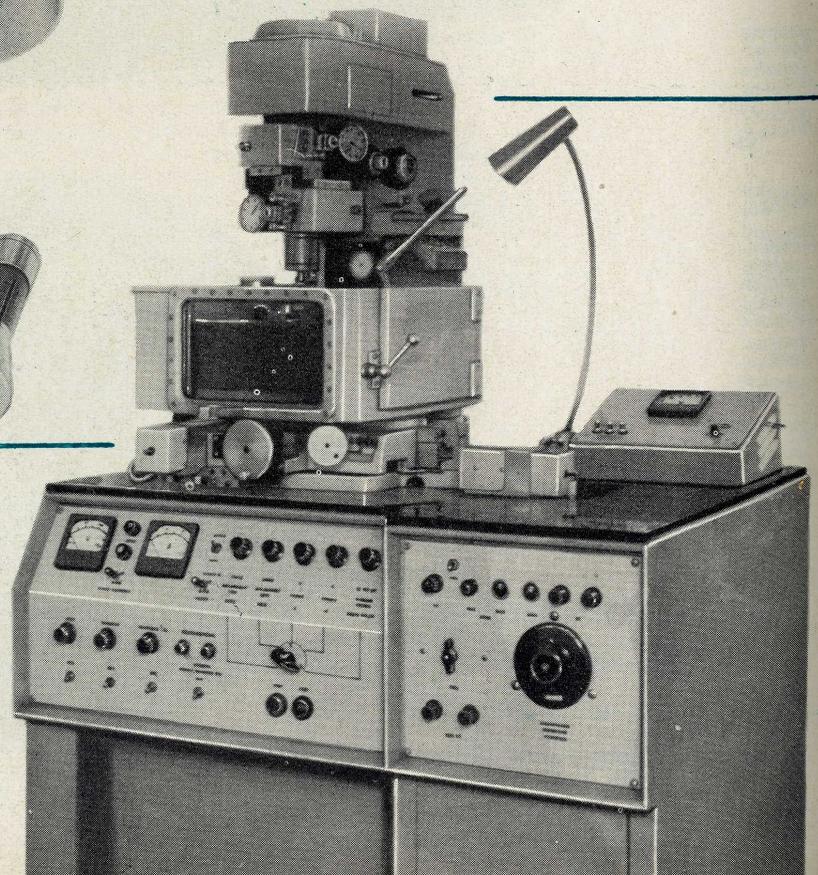
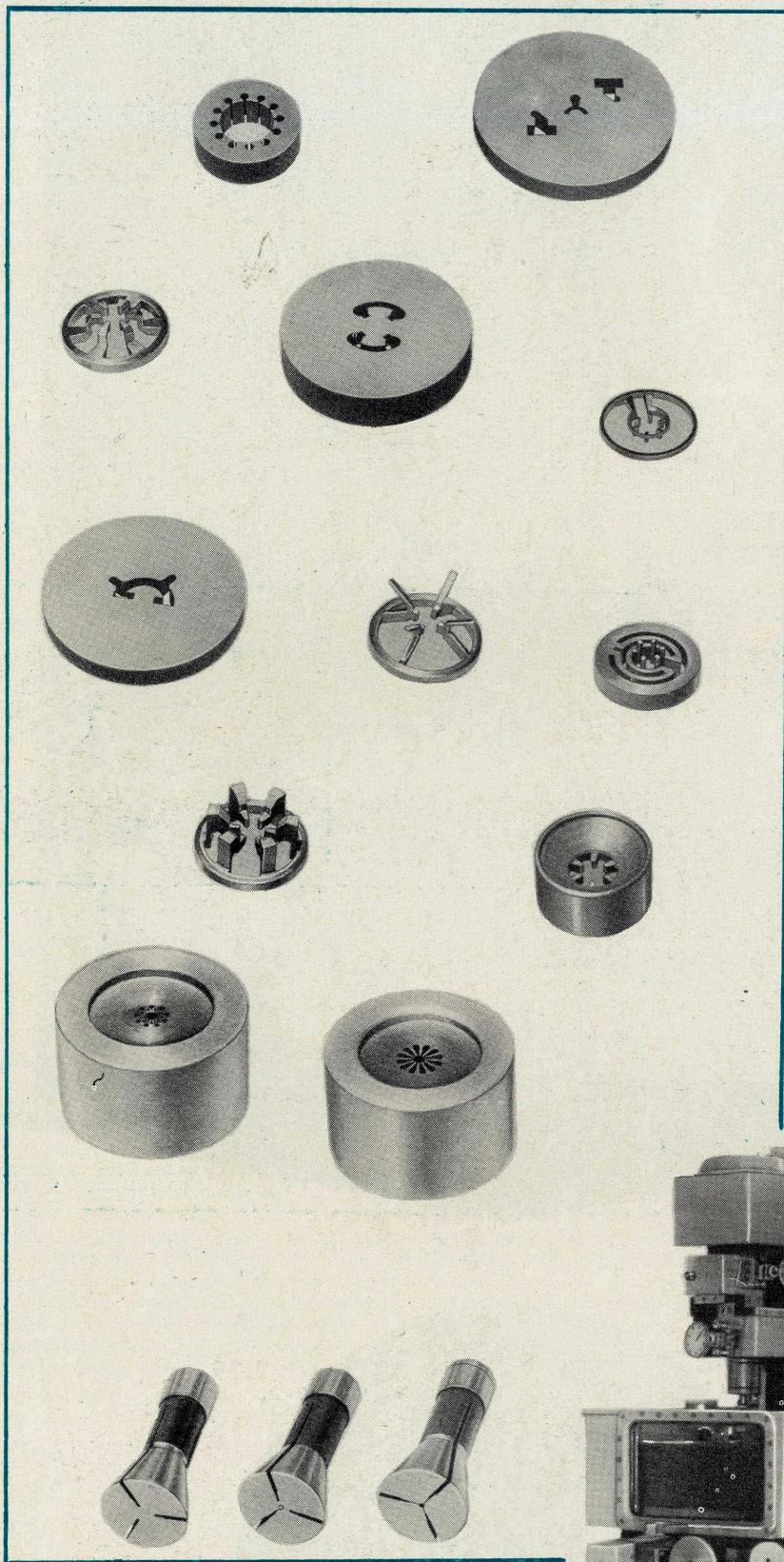
## ДЛЯ ЭЛЕКТРО- ИСКРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ

*Е.В. Холоднов*

Основными методами размерной электроискровой обработки являются: копирование профиля электрода и обработка непрофильным электродом-проволокой.

Создание оборудования для координатной расточки отверстий электродом-проволокой значительно расширило технологические возможности прецизионной электроискровой обработки [ 1 ].

Разработана целая серия установок для электроискровой обработки деталей, особое место в которой занимает прецизионная установка с программным управлением (рис. 1), предназначенная для расточки профильных от-



Точность обработки, мм	± 0,005
Шероховатость обрабатываемой поверхности, мкм	1-6
Максимальные размеры обрабатываемых деталей, мм	100x80x50
Производительность, мм <sup>2</sup> /мин	от 3 до 10
Габаритные размеры, мм	1300x1200x800
Потребляемая мощность, квт	0,7
Вес, кг	400

верстей сложной конфигурации (рис. 2). Периметр этих отверстий составлен из отрезков прямых линий, расположенных под любым углом друг к другу, окружностей различного радиуса, сопряженных с прямыми линиями, и кривых, представляющих собой спирали [ 1].

По сравнению с известными станками для электроискровой обработки с программным управлением описанная установка повышенной надежности благодаря использованию более простой системы программирования обладает рядом достоинств:

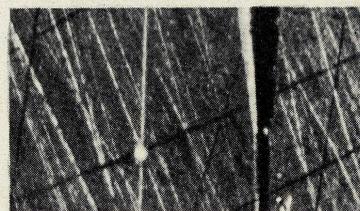
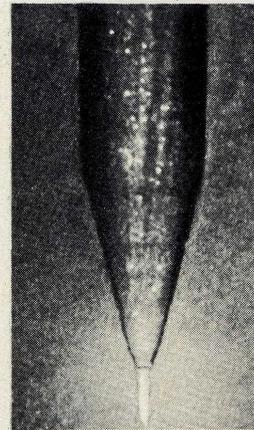
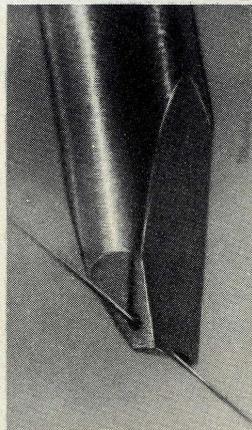
- в условиях единичного и мелкосерийного производства (особенно при изготовлении инструментов) от ее применения получают большой экономический эффект;

- при обработке поверхности достигается высокая точность и чистота.

Годовой экономический эффект от внедрения в производство одной такой установки составил 30 тыс. руб.

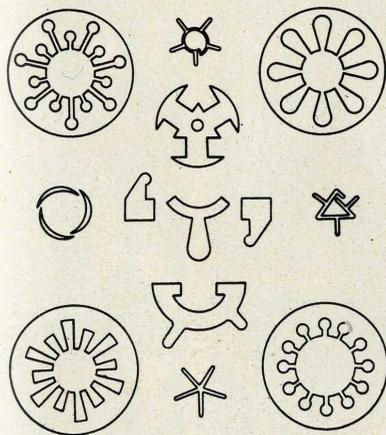
Сочетание двух методов - копирование профиля электрода-инструмента и обработка непрофилированным электродом-проволокой - положено в основу разработки оборудования нового типа.

На рис. 3 показана установка для прецизионной расточки отверстий

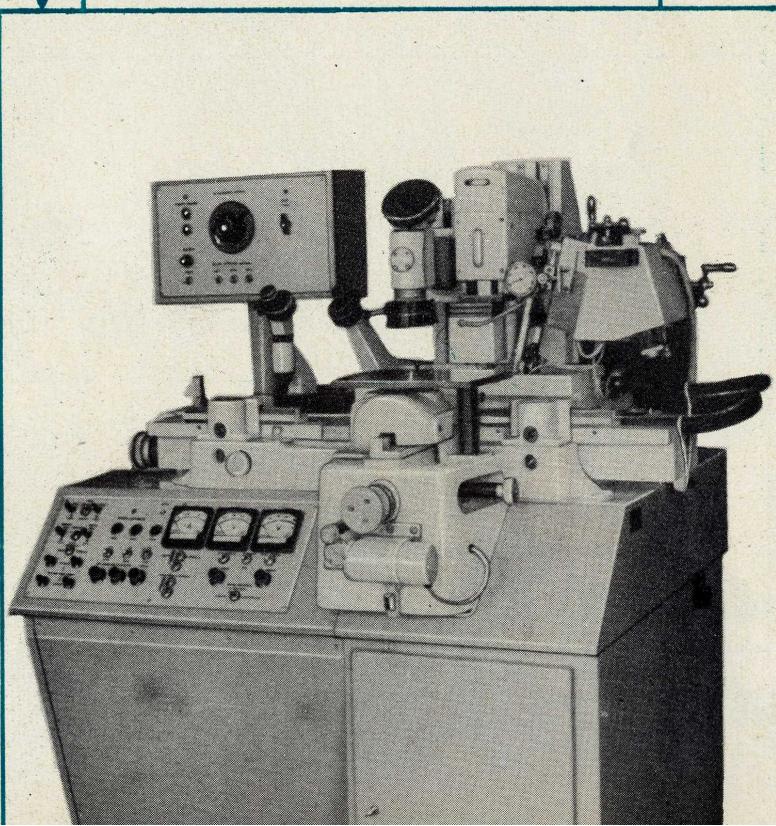


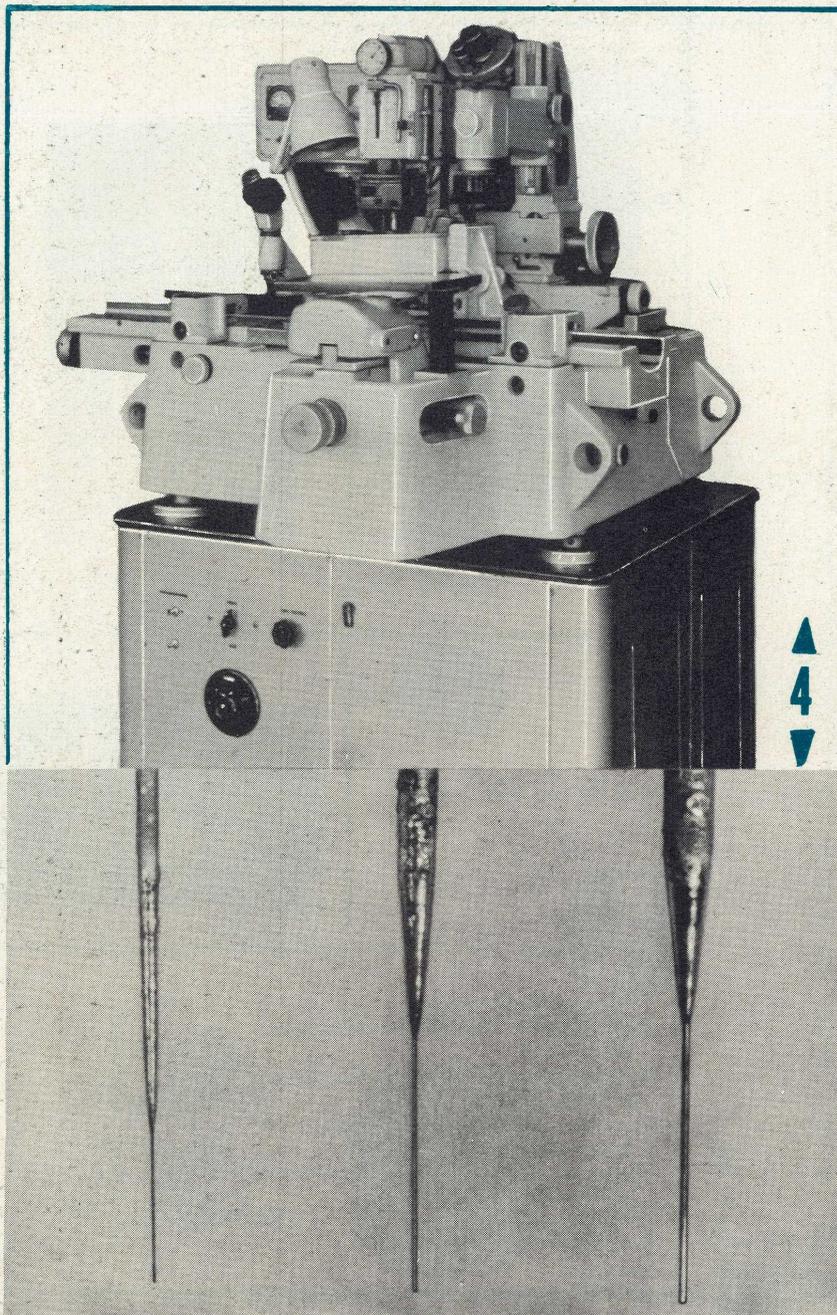
▲  
3  
▼

Точность обработки, мм	± 0,003
Шероховатость обрабатываемой поверхности, мкм	1-2
Максимальные размеры обрабатываемых деталей, мм	50x100x10
Минимальный диаметр растачиваемого отверстия (ширина паза), мкм	20
Точность относительного расположения отверстий, мм	± 0,003
Габаритные размеры, мм	1200x1000x1400
Потребляемая мощность, кВт	1
Вес, кг	700



2





ствий и пазов, обработки фильер, твердосплавных дюз, сварочного инструмента и других подобных деталей.

Для прецизионной расточки отверстий с минимальным диаметром 20 мкм и заходным конусом разработан технологический процесс и создано соответствующее оборудование (рис. 4) [2].

Годовой экономический эффект от внедрения данной технологии и установки только на одном из предприятий отрасли составил более 130 тыс. руб.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Авторские свидетельства: № 238042 (патенты в Англии, Бельгии, Франции и др. странах), № В-3993 (патенты в Бельгии, Швейцарии, Италии и заявки на выдачу патентов в Англии, Франции и др. странах), № 208849 (патенты в Бельгии, Франции и заявки на выдачу патентов в Англии, Норвегии и др. странах), № 187500, № 174934.

2. Холоднов Е.В. Электроискровое изготовление отверстий малого диаметра. "Электрофизические и электрохимические методы обработки", 1970, вып. 3.

УДК 621.38.002.5:621.9.048.4



**ВЫПУСКАЮТСЯ  
СО ЗНАКОМ КАЧЕСТВА**

УНИВЕРСАЛЬНАЯ УСТАНОВКА НАПАЙКИ КРИСТАЛЛОВ ЭМ-415

ВАКУУМНЫЙ МАГНИТОРАЗРЯДНЫЙ НАСОС НОРД-250

СТОЛЫ МОНТАЖНЫЕ ТИПА "МОДУЛЬ": СМ-3; СМП-1

СТЕНД УПРАВЛЕНИЯ ВИБРОУСТАНОВКАМИ СУВУ-3

УСТАНОВКА ТЕРМОКОМПРЕССИОННОГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ ВЫВОДОВ ЭМ-431

КООРДИНАТОГРАФ ЭМ-706

ИСПЫТАТЕЛЬ ЛАМП Л1-3

# ОБМЕН ОПЫТОМ

**90** Графические символы для технологического оборудования В.К. Федоров, Л.К. Добровольский, А.Н. Казарцев

**93** Изготовление микрополосковых линий на глазурованных керамических подложках Г.С. Хижа, Ю.Г. Агнивцев, Л.И. Биндар

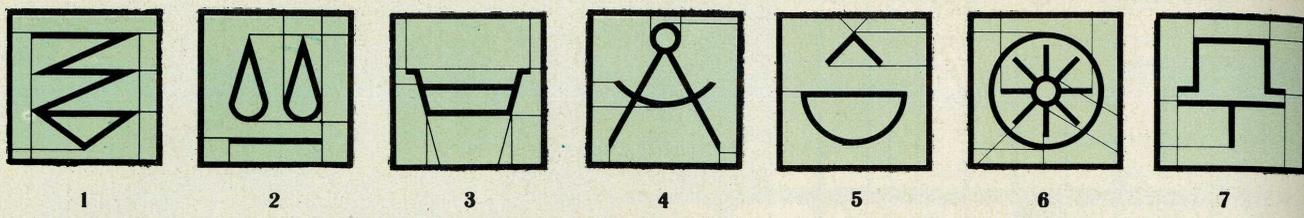
**94** Расположение бракованных транзисторных структур на пластине кремния Т.А. Иоаннисянц, В.М. Петров, Ф.П. Пресс, В.С. Сироткин

**95** Установка для получения сплавов из благородных металлов В.В. Розов, А.П. Толдов

**96** Молибденовые защитные электроды для кремниевых р-п-р транзисторов Е.А. Склярский

**98** Обеспечение сохраняемости ЭВП Ю.П. Бакленов, А.Г. Гусев, И.И. Карпиков, О.Г. Рудин

89



Разработка отраслевого стандарта

# ГРАФИЧЕСКИЕ СИМВОЛЫ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

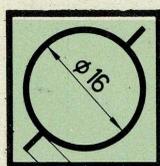
Разработка систем знакового кодирования оперативной информации на лицевых панелях технологического оборудования позволяет сократить время считывания и запоминания информации, снизить психофизиологическую нагрузку на оператора, а также улучшить компоновку лицевых панелей. В отрасли разработана система графических символов для лицевых панелей технологического оборудования, содержащая свыше 200 символов.

Компоновка лицевых панелей технологического оборудования связана с вынесением на них большого количества пояснительных надписей, команд, причем в технической терминологии, в условных сокращениях надписей нет никакого единообразия, что значительно затрудняет работу оператора.

В отрасли разработана система графических символов, применение которой позволило сократить время считывания информации, упростить компоновку элементов на лицевой панели и улучшить внешний вид оборудования. Разработке предшествовал всесторонний эргономический, инженерный и художественно-конструкторский анализ. Поиски графического начертания символов проводились исходя из особенностей психофизиологического взаимодействия оператора с оборудованием. Известно, что деятельность оператора в технологическом процессе складывается из операций приема информации и операций обслуживания системы управления оборудованием. При этом четко обозначается порядок действия:

- получение информации о работе технологического оборудования;
- оценка принятой информации, т.е. сопоставление заданных и текущих параметров состояния системы;
- принятие решения о необходимых действиях на основе проведенного анализа;
- выполнение принятого решения.

Особенности психофизиологического взаимодействия оператора с машиной на этих этапах во многом определяют подход к художественному конструированию лицевых панелей в целом и проектированию знаковой индикации, выносимой на них (в том числе графических символов). Система графических символов должна строиться на основе привычных представлений и ассоциаций,



1

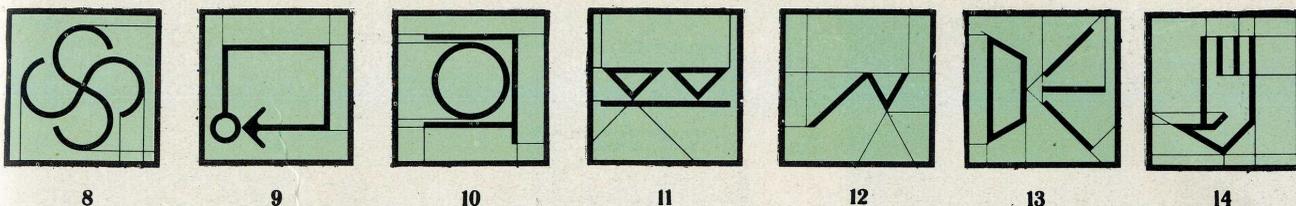


2



3

<p><b>ВАКУУМНЫЕ НАСОСЫ</b></p> <p>Вакуумный механический (1) Вакуумный струйный (2) Ионно-сорбционный (3)</p>	<p>1</p>	<p>2</p>	<p>3</p>	<p>4</p>	<p><b>ФИЛЬТРЫ</b></p> <p>Фильтр (1) Фильтр верхних частот (2) Фильтр нижних частот (3) Фильтр полосовой (4)</p>
---	----------	----------	----------	----------	---



которые сформировались у оператора при регулировании тех или иных объектов, отображать структуру регулируемого объекта. Начертание символов должно быть оптимальным. Это повышает запоминаемость символа и увеличивает скорость ответных действий оператора.

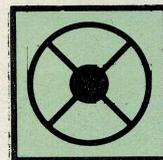
Зрительное восприятие знаковой индикации предполагает несколько этапов: обнаружение, различение и опознавание. Проектирование знаковой индикации (в данном случае системы графических символов) должно осуществляться с учетом специфики каждого этапа, а сам символ должен обеспечивать оптимальное протекание процесса зрительного восприятия на каждом этапе.

На стадии обнаружения одними из важнейших параметров символа являются его угловые размеры относительно осей симметрии и контраст между изображением и фоном. На стадии различения существенным фактором является расстояние между отдельными элементами символа и ориентация их относительно основных координатных осей. Что касается стадии опознавания, то здесь важное значение приобретает не только расстояние между элементами символа, но также размеры и количество его существенных деталей. Перечисленные факторы определили комплекс требований к графическим символам и были учтены при разработке символов.

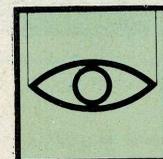
Разработанные графические символы обладают высокой ассоциативностью: в одних случаях она достигается приближением начертаний символов к графическим обозначениям в принципиальных электрических, кинематических и других схемах, в других случаях - приближением их к привычным представлениям оператора о данном объекте управления. Символы представляют собой изображение, симметрично вписанное в квадрат. Размер символа и толщина обводки устанавливаются в зависимости от расстояния считывания информации (см. таблицу).

Расстояние считывания, мм	Размер символа, мм	Толщина обводки, мм
до 700	10	0,4
700-1500	20	0,8
1500-3000	30	1,2

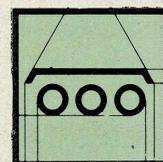
Цвет символов должен контрастировать с цветом лицевой панели и выбирается в соответствии с ОСТ.11.ПО.093.000, за исключением предупреждающих символов, цвет которых - красный.



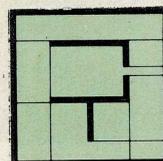
15



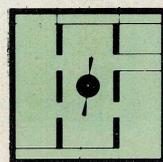
16



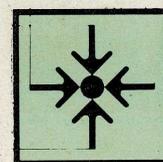
17



18



19



20

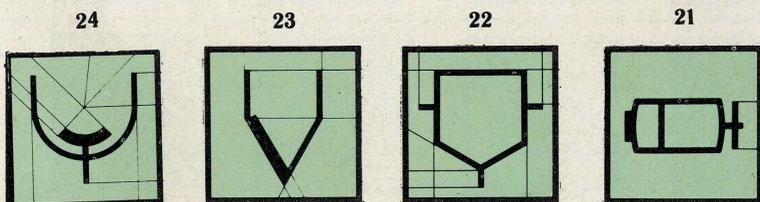
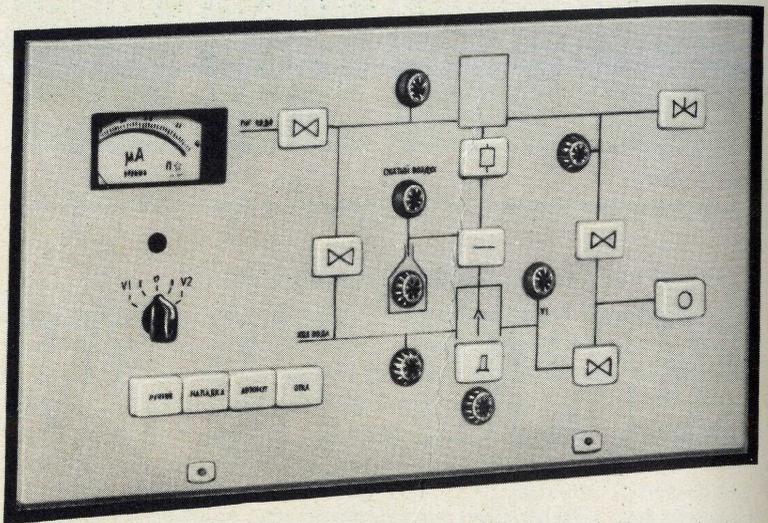
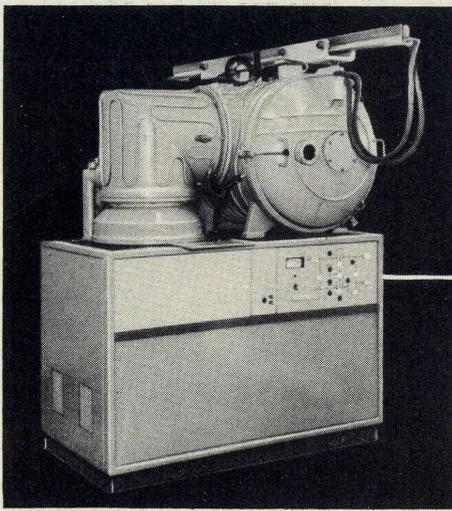
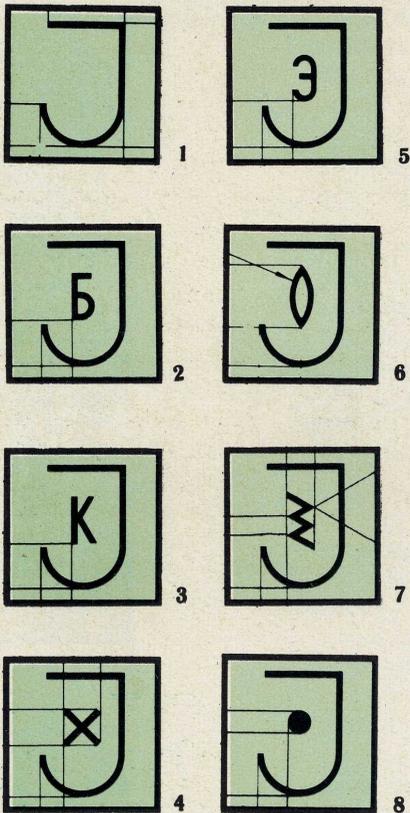


Рис.1. Графические символы:  
 1 - вибратор; 2 - влага; 3 - ванна; 4 - измерение; 5 - испарение; 6 - индикатор; 7 - камера вакуумная; 8 - карусель; 9 - конец цикла; 10 - контроль; 11 - осаждение; 12 - осциллограф; 13 - распыление; 14 - ручной режим; 15 - счетчик; 16 - следящая система; 17 - транспортер; 18 - управляющий электрод; 19 - установка защиты; 20 - фокусировка; 21 - электропривод; 22 - отстойник; 23 - терморпара; 24 - катод



**ТОК**

- Ток (1)
- Ток базы (2)
- Ток коллектора (3)
- Ток тлеющего разряда (4)
- Ток эмиттера (5)
- Ток линзы (6)
- Ток накала (7)
- Ток фокусировки (8)



Важным в обеспечении высокой читабельности и запоминаемости символов является принятый в системе принцип проведения отдельных характерных признаков, присущих группам символов, через всю систему.

Идентичность графического изображения символов достигается единообразием в их построении: едиными размерами, толщиной обводки, единым цветовым решением, а также выбором однотипных шрифтов (по ГОСТ 2930-62) в символах, где встречаются буквенные и цифровые элементы.

При разработке системы графических символов особое место занимал вопрос классификации всех символов. Наиболее рациональной оказалась классификация символов по степени важности кодируемых команд или рабочей информации: 1 - пояснительные символы; 2 - предупреждающие символы (символы безопасности); 3 - символы действия.

При разработке стандарта были установлены и типовые приемы компоновки символов на лицевых панелях.

Выбор способа нанесения графических символов на панель оборудования (фотохимический, гравировка и т. п.) определяется в зависимости от условий в каждом случае.

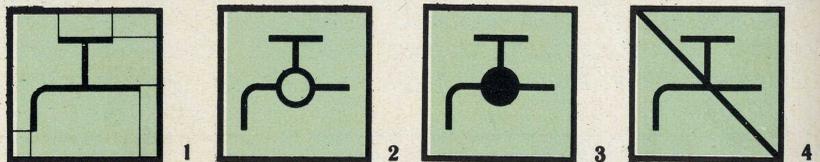
Как показал опыт, применение графических символов на лицевых панелях специального технологического оборудования взамен пояснительных надписей, рабочей информации и команд в словесной форме позволяет повысить оперативность и удобство обслуживания оборудования.

УДК 658.516:621.38-777.002.5

В.К. ФЕДОРОВ, Л.К. ДОБРОВОЛЬСКИЙ, А.Н. КАЗАРЦЕВ

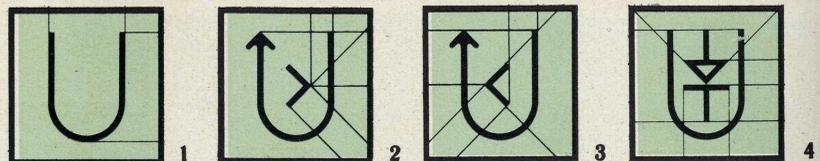
**ВОДА**

- Вода (1)
- Вода холодная (2)
- Вода горячая (3)
- Воды нет (4)



**НАПРЯЖЕНИЕ**

- Напряжение (1)
- Напряжение больше (2)
- Напряжение меньше (3)
- Напряжение на электродах (4)
- Напряжение тлеющего разряда (5)



# ИЗГОТОВЛЕНИЕ МИКРОПОЛОСКОВЫХ ЛИНИЙ НА ГЛАЗУРОВАННЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ ПОДЛОЖКАХ

Г.С.ХИЖА, Ю.Г.АГНИВЦЕВ, Л.И.БИНДАР

Для изготовления подложек СВЧ гибридных интегральных схем (ГИС) в основном используют керамику на корундовой основе (содержание  $Al_2O_3$ , 86–99,8%), отличающуюся стабильностью кристаллической структуры, хорошей теплопроводностью, малым  $tgd$ . Однако процесс механической шлифовки, а затем и полировки не всегда позволяет получить зеркально гладкую бездефектную поверхность подложек.

Нанесение на керамические подложки тонкого слоя глазури дает возможность устранить поверхностные дефекты. Глазурованная поверхность рабочих плоскостей основания ГИС имеет класс чистоты  $\Delta 12 - \Delta 14$ , что обеспечивает высокую степень однородности тонких пленок и проведение фотолитографических операций с высокой степенью разрешения ( $\leq 40$  мкм). При этом оптимальные свойства керамических подложек сохраняются.

Кроме того, глазурирование шлифованных подложек позволяет отказаться от трудоемкого и малопроизводительного процесса полировки, что особенно важно при массовом выпуске схем.

Глазурованное покрытие наносили на шлифованные (класс чистоты  $\Delta 7$ ) пластины из отечественной керамики марки ГМ-1 (содержание  $Al_2O_3$ , ~99,5%) и марки 22ХС (содержание  $Al_2O_3$ , ~95%) размером  $24 \times 30 \times 0,5$  мм и  $48 \times 60 \times 1,0$  мм соответственно. В качестве глазури использовались свинцовосиликатные и алюмоборатные составы с добавками окислов щелочноземельных металлов. Глазури не содержали окислов щелочных металлов, что дало возможность получить гладкое бездефектное покрытие.

Органическую суспензию гранулята, размолотого в шаровой мельнице до удельной поверхности  $10000$  см<sup>2</sup>/г, наносили методом пульверизации на поверхность подложки и оплавливали в муфельной печи.

Дефекты на глазурованных подложках исследовали под микроскопом при 24-кратном и 240-кратном (МИМ-7) увеличении.

Чистоту поверхности определяли по ГОСТ 2789-69 с помощью профилографа-профилометра и интерферометра МИИ-4. Дефектов в виде пузырей, включений, "ряби" и т.п. на подложках контрольной партии не обнаружили.

Класс чистоты глазурованной поверхности соответствовал  $\Delta 12 - \Delta 13$  (среднеквадратичная высота микронеровностей  $0,1 - 0,2$  мкм). Среднеарифметическое отклонение профиля составляло  $0,04$  мкм. Плоскопараллельность глазурованных подложек находилась в пределах допуска  $0,05$  мм,

разброс по толщине покрытий не превышал  $\pm 3$  мкм.

При получении микрополосковых линий по тонкопленочной технологии металлизация глазурованного слоя осуществлялась осаждением в вакууме Cr-Cu (Cr  $300 \text{ \AA}$ , Cu  $0,8$  мкм). Для улучшения адгезии хром-медной пленки к глазури металлизированные подложки отжигали в вакууме. После фотолитографии гальванически наращивали слой меди или серебра до толщины  $10 - 12$  мкм.

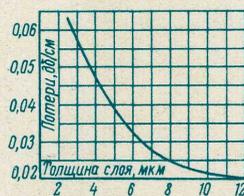
При изготовлении микрополосковых линий по толстопленочной технологии для металлизации глазурованной подложки применялись пасты на основе серебра. Температура вжигания паст соответствовала дилатометрической точке размягчения глазури Т.

В процессе отработки технологии изготовления микрополосковых линий определяли удельные потери в целях оценки качества нанесенных металлических слоев и определения требуемой толщины металлизации. Измерение линий с волновым сопротивлением  $50$  ом, полученных на глазурованных подложках толщиной  $1,0$  мм, проводили на установке Р2-18. Исследуемые линии к измерительной схеме присоединяли с помощью специальных коаксиально-полосковых переходов, имеющих соединительные разъемы.

Удельные потери определялись как отношение разности потерь в двух линиях различной длины, полученных на одной подложке, к разности длин измеряемых линий. Потери в переходах, равные  $\approx 0,15$  дБ, исключались. Измеряемые линии имели длину  $60$  и  $250$  мм. Зависимость изменения удельных потерь от толщины металлизации на частоте  $3$  ГГц показана на рисунке.

Потери в полосковых линиях, изготовленных по голсто пленочной технологии, толщиной  $10 - 12$  мкм на частоте  $3$  ГГц составляли  $0,025$  дБ/см. Заметного уменьшения удельных потерь на частоте  $3$  ГГц для линий такой же толщины, полученных по тонкопленочной технологии, не наблюдалось. Среднее значение — порядка  $0,02$  дБ/см.

Таким образом, нанесение глазури на керамические подложки позволяет значительно улучшить качество их поверхности и существенно сократить производственный цикл изготовления СВЧ ГИС.



УДК 621.382.83.002

# РАСПОЛОЖЕНИЕ БРАКОВАННЫХ ТРАНЗИСТОРНЫХ СТРУКТУР НА ПЛАСТИНЕ КРЕМНИЯ

Т.А.ИОАННИСЯНЦ, В.М.ПЕТРОВ, Ф.П.ПРЕСС, В.С.СИРОТКИН

С помощью ЦВМ определены закономерности расположения и тенденции к группировке бракованных по вольт-амперным характеристикам структур.

Обычно используемое аналитическое выражение вероятности выхода годных сложных структур  $P_N$ , состоящих из  $N$  одиночных годных структур  $P_1$ , ( $P_N = P_1^N$ ) [1], дает значение выхода годных сдвоенных структур, резко отличающееся от реального. Это выражение справедливо только для случайного распределения бракованных структур. Для выяснения характера расположения бракованных структур на пластине был применен непараметрический "критерий знаков" [1]. Подсчитывалось количество годных структур  $x_1$ , количество бракованных структур  $x_2$ , а также количество групп годных и негодных структур  $y$ . По критерию знаков математическое ожидание количества групп годных и негодных структур, случайно расположенных на пластине,

$$M = \frac{2x_1x_2}{x_1 + x_2} + 1. \quad (1)$$

Дисперсия числа групп годных и негодных структур

$$\sigma = \sqrt{\frac{2x_1x_2(2x_1x_2 - x_1 - x_2)}{(x_1 + x_2)^2(x_1 + x_2 - 1)}}. \quad (2)$$

Параметр нормального распределения подсчитывался по формуле

$$z = \frac{y - M}{\sigma}. \quad (3)$$

При вычисленном значении  $z$ , большем некоторого критического  $|z_\alpha|$ , можно считать с вероятностью  $P = (1 - \alpha)$ , что имеет место группировка. Если принять  $\alpha = 0,25$ , то значение  $|z_\alpha| = 1,5$ . Для выяснения места и характера группировки брака мысленно "отрезали" (т.е. не учитывали) край пластины толщиной 1,2, ..., 10 структур и подсчитывали процент брака и параметр нормального распределения  $z$  на оставшейся части пластины. Снижение процента брака по мере продвижения в глубь пластины свидетельствовало бы о тен-

денции бракованных структур собираться по краю пластины, а уменьшение при этом параметра  $z$  указало бы на то, что по краю брак располагается группами. Для проверки получаемых результатов использовался метод моделирования случайного расположения бракованных структур с заданной наперед конфигурацией пластины и процентом брака. Полученные шесть моделей просчитывались по формулам (1-3) и так же, как реальные пластины, подвергались операция "удаления" краев.

Экспериментальное обследование было проведено на 12 пластинах со структурами планарных эпитаксиальных транзисторов, разбракованными по вольт-амперным характеристикам. Вычисления проводились на ЦВМ "ОДРА-1013" по специально разработанной программе (хранится в библиотеке программ Московского института электронного машиностроения). В таблице приведены данные расчетов на ЦВМ для 12 исследованных пластин и 6 моделей.

Результаты расчета на ЦВМ реальных пластин и моделей

Параметр нормального распределения	ПЛАСТИНА		МОДЕЛЬ				
	Тенденция к группировке бракованных структур	Расположение брака по краям	Расположение брака по краям	Параметр нормального распределения	Тенденция к группировке бракованных структур	Расположение брака по краям	Расположение брака по краям
		одиночное	группами			одиночное	группами
-3,345	Да	Да	Да	-	-	-	-
-3,958	Да	Да	Да	-	-	-	-
-7,133	Да	Да	Да	-	-	-	-
-4,901	Да	Да	Да	-	-	-	-
-3,527	Да	Да	Да	-	-	-	-
-1,423	Нет	Нет	Да	-1,223	Нет	Нет	Нет
-5,750	Да	Да	Нет	-2,106	Да	Нет	Нет
-0,540	Нет	Нет	Нет	-2,223	Да	Нет	Нет
-3,020	Да	Да	Да	-0,569	Нет	Нет	Нет
-11,166	Да	Да	Да	-	-	-	-
-10,319	Да	Да	Да	-0,257	Нет	Нет	Нет
-2,695	Да	Нет	Да	-1,208	Нет	Нет	Нет

Сравнение данных эксперимента и моделирования показывает закономерность вывода о тенденциях к группировке брака. На моделях бракованные структуры разбросаны случайным образом; группировка на моделях отсутствует (вероятность группировки пренебрежимо мала). На пластинах наблюдается устойчивая тенденция к группированию бракованных структур. По краям пластин процент брака выше и проявляется тенденция к расположению группами, причем средний размер групп больше, чем во внутренних областях. Эта тенденция к группировке указывает на наличие в технологии неблагоприятных систематических факторов; характер их воздействия различен внут-

ри и по краям пластин. Практической задачей дальнейших исследований становится выявление и устранение этих факторов с целью повышения и стабилизации процента выхода.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ванден Варден Б.Л. Математическая статистика. ИИЛ. 1960.
2. Shwuttke G.H. New X-ray Diffraction Technique for the Study of Imperfection in Semiconductor Crystals. "J. Appl. Phys.", 1956, v.36, N 9, p.2712-2721.
3. Shwuttke G.H., Fairfield J. Dislocations in Silicon due to Localized Diffusion. "J. Appl. Phys.", 1965, v.37, N 12, p.4394-4396.

УДК 621.382.3.001.57:681.3.004

# УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СПЛАВОВ ИЗ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

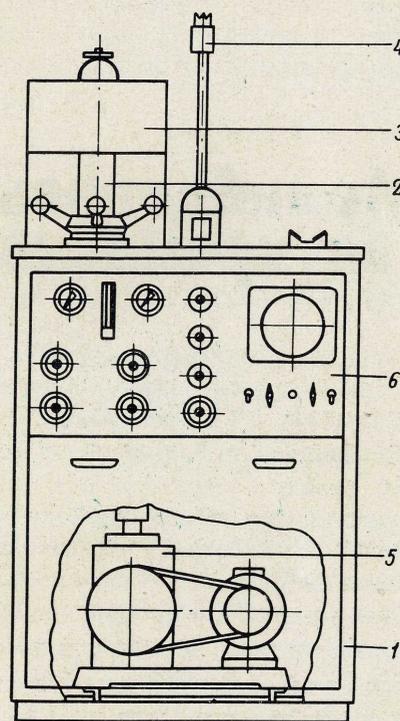
В.В. РОЗОВ, А.П. ТОЛДОВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УСТАНОВКИ ПОВЫШАЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА ПО СРАВНЕНИЮ С ДРУГИМИ МЕТОДАМИ ПЛАВКИ (НАПРИМЕР, В ЭВАКУИРОВАННЫХ АМПУЛАХ), СОКРАЩАЕТ КОЛИЧЕСТВО БРАКА И СУЩЕСТВЕННО СНИЖАЕТ ОТХОДЫ И ПОТЕРИ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ.

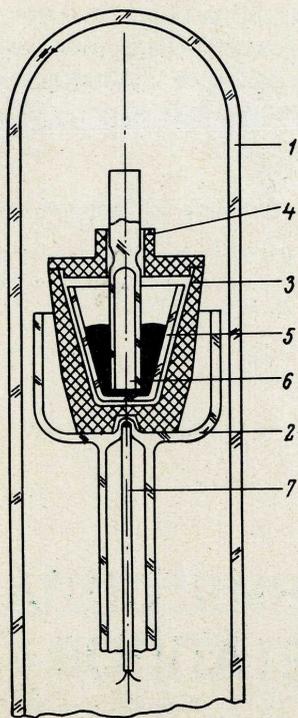
## Техническая характеристика

Максимальная температура, °С	1800
Газовая среда	водород, азот, аргон
Давление газа, <i>атм</i>	до 0,5
Объем сплава, <i>см<sup>3</sup></i>	1-10
Потребляемая мощность (без ВЧ генератора), <i>квт</i>	0,5
Производительность, <i>плавков/ч</i>	1-2
Габариты, <i>мм</i>	760x610x1520
Вес, <i>кг</i>	110

Производство сплавов из Au-Si, Ag-Au - Sb, Au-Sb, Pt-Au имеет ряд особенностей: объем плавки невелик, для расплавления шихты необходимы довольно высокие (до 1800°C) температуры, сплавы должны быть получены в виде слитков определенной (например, цилиндрической) формы. В состав некоторых сплавов входят летучие или легко окисляющиеся компоненты (сурьма, кремний). Для получения таких сплавов разработана установка (рис. 1), плавку в которой ведут в контролируемой среде. На основании 1, представляющем собой сварной металлический каркас, находится плита, на которой закреплены плавильная камера 2, высокочастотный индуктор 3 с защитным экраном, водяной затвор и запальник 4 для поджигания водорода. Внутри каркаса установлен форвакуумный насос 5 типа ВН-1 и размещены электрическая и газовая схемы. Органы управления вынесены на переднюю панель 6. Индуктор установки питается от высокочастотного генератора мощностью 8 *квт*, не показанного на рисунке.



1



2

Узел плавильной камеры (рис.2) состоит из кварцевого колпака 1, внутри которого находится кварцевый поддерживающий стакан 2 с графитовым тиглем 3, закрытым графитовой крышкой 4. В графитовом тигле помещается кварцевый тигель 5, в который вкладывается кварцевая трубка 6, запаянная сверху. Трубка со стержнем проходит сквозь отверстие в графитовой крышке 4. Снизу к графитовому тиглю подведена термопара 7. Если температура плавки превышает  $1350^{\circ}\text{C}$ , следует использовать корундовые тигли вместо кварцевых. Для измерения температуры в таком случае применяют оптический или радиационный пирометр.

Порядок работы на установке следующий. Шихту загружают в кварцевый тигель 5 и производят сборку установки согласно рис. 1 и 2. Откачивают рабочий объем и заполняют его азотом, который затем вытесняют водородом. О заполнении объема установки водородом свидетельствует появление факела над запальником. Подают напряжение на индуктор, устанавливают необходимую температуру тигля и дают выдержку, необходимую для получения сплава. Перед заполнением трубки сплавом водород вытесняет азот, затем перекрывают газовые краны и откачивают рабочий объем. Когда температура сплава понизится до необходимой для разливки (например, для эвтектики  $\text{Au-Si}$  с  $1200-1250$  до  $400^{\circ}\text{C}$ ), в плавильную камеру подают азот под давлением  $0,2-0,3 \text{ атм}$ , в результате чего трубка заполняется расплавом. После остывания установки снимают колпак плавильной камеры и извлекают готовый слиток.

При желании плавку можно вести в вакууме, обеспечиваемом форвакуумным насосом (около  $10^{-2} \text{ торр}$ ). Дополнительное перемешивание расплава в случае необходимости можно осуществить многократным перекачиванием расплава из тигля в трубку и обратно, попеременно откачивая и заполняя азотом плавильную камеру.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Розов В. В., Соболева В. М. Сплавы для полупроводниковых приборов. М., "Металлургия", 1969, стр.143.
2. Gerlach W., Goel B. "Solid State Electronics", 1967, v.10, N 6, p.589.
3. Schweisstechnik (DDR), 1967, v.17, N 9, S.402.

УДК 669

## Молибденовые защитные электроды для кремниевых $p-n-p$ транзисторов

Е.А.СКЛЯРСКИЙ

Влияние защитного металлического электрода на стабильность коллекторного  $p-n$  перехода было показано в работе [1]. Применение защитного электрода улучшало стабильность  $p-n$  переходов.

Однако наряду с положительным эффектом наличие защитного металлического электрода приводило и к возникновению отрицательных явлений: увеличению числа коротких замыканий и росту обратных токов. Последующая термообработка  $p-n$  переходов частично восстанавливала их параметры, между тем у большинства структур обратные токи оставались повышенными [2].

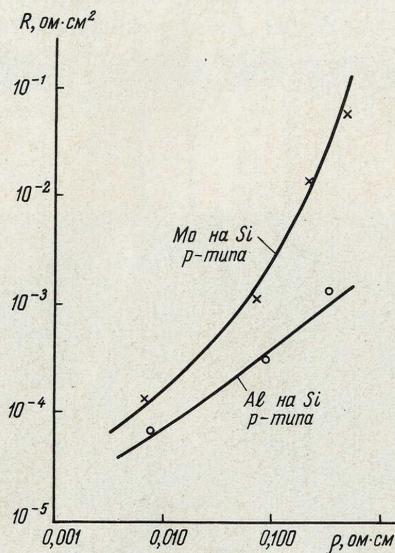
Последнее можно объяснить наличием алюминия на окисле, что способствует росту  $n$ -сдвига кремния после термообработки при  $400-600^{\circ}\text{C}$ .

Взаимодействие алюминия с двуокисью кремния может вызывать появление коротких замыканий в тех точках, где окисел имеет дефекты.

В работе [2] приведены результаты исследования влияния различных металлов, используемых в качестве защитных электродов, на величину  $n$ -сдвига, получающегося в процессе термообработки. Наиболее агрессивными металлами оказались алюминий и магний, промежуточные результаты

были получены для титана и хрома, наименьшее влияние оказывало золото, платина и молибден.

Проведенные исследования показали, что наиболее перспективным из "невзаимодействующих" металлов является молибден, обеспечивающий надежный омический контакт и имеющий малое удельное сопротивление (см. рисунок), так как он обладает хорошей адгезией как к кремнию, так и к его двуокиси.



Поскольку в быстродействующем  $p-n-p$  транзисторе предусмотрено специальное подлегирование базовой области, все его области, к которым требуется осуществить контакт, имеют поверхностную концентрацию не ниже  $10^{20} \text{ см}^{-3}$ . Следовательно, применение молибдена для создания защитного электрода даст возможность получить переходное сопротивление, достаточно близкое к величине переходных сопротивлений контакта алюминий – кремний. Это позволяет использовать молибден без дополнительного подслоя таких металлов, как алюминий, золото, платина.

С целью исследования омических контактов молибден – кремний проводились измерения переходных сопротивлений молибден – кремний и алюминий – кремний. Из-за большой плотности молибдена (в 4 раза превышающей плотность алюминия) невозможно было обеспечить надежный термокомпрессионный контакт алюминиевой и золотой проволоки, поэтому на молибден осаждали более мягкие металлы: алюминий и золото. Для выделения площадок заданных размеров проводили фототравировку молибдена.

Получение качественного рисунка на молибденовой пленке зависело не только от фотолитографии и травления, но и от адгезии молибдена к кремнию и двуокиси кремния. Поэтому перед осаждением молибдена поверхность пластины кремния тщательно обрабатывали.

Измерения переходных сопротивлений осуществляли на пластинах кремния  $p$ -типа ( $\rho \approx 0,005 \text{ ом·см}$ ),

а также на диффузионных слоях, полученных диффузией бора и фосфора (поверхностная концентрация  $10^{20} \text{ см}^{-3}$ ). На обработанные пластины реактивным осаждением или сублимацией наносили пленку молибдена толщиной  $0,3 \text{ мкм}$ .

В процессе экспериментов было выявлено, что такой способ нанесения молибдена оказывает сильное влияние на переходные сопротивления.

Для оценки степени влияния защитных электродов, изготовленных из молибдена и алюминия, были исследованы различные виды обработки поверхности с защитным электродом на параметры  $p-n$  переходов. С этой целью диффузией сурьмы в кремний  $p$ -типа в режиме получения базовой области  $p-n-p$  транзистора были изготовлены диоды. Одни из них были выполнены с защитным электродом из молибдена, другие с электродом из алюминия, третьи не имели вовсе защитного электрода. После фотолитографии диоды с защитным электродом либо из молибдена, либо из алюминия подвергались термообработке.

Из анализа полученных результатов следует, что диоды с алюминиевым электродом после вжигания алюминия обладали высокими обратными токами. Последующая термообработка приводила к их уменьшению, не обеспечивая, однако, восстановления первоначального качества переходов. Диоды же с молибденовым электродом практически не изменяли своих параметров.

Одновременно были проведены аналогичные испытания  $p-n$  переходов без защитного электрода. Результаты испытаний показали, что термообработка при  $550^\circ\text{C}$  незначительно влияет на обратные токи переходов, а при  $300^\circ\text{C}$  вообще не оказывает на них влияния. Это подтверждает тот факт, что основной причиной увеличения обратных токов является наличие алюминия над переходом.

Итак, молибден является более перспективным материалом для изготовления защитного электрода, поскольку он не взаимодействует с двуокисью кремния.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Диковский В.И. и др. "Электронная техника", сер. "Полупроводниковые приборы", 1966, вып.2, стр.172.
2. Brown D.M. "Solid State Electronics", 1968, v.11, N 12, p.1105–1112.

УДК 621.382.3.032.27:546.77

# Обеспечение сохраняемости ЭВП

Ю.Л.БАКЛЕНОВ, А.Г.ГУСЕВ, И.И.КАРПИКОВ, О.Г.РУДИН

Сохраняемость электровакуумных приборов в значительной степени зависит от способа их защиты в условиях воздействия влаги, атмосферных загрязнений, биологических факторов и т.д., вызывающих коррозионные процессы материалов вакуумных оболочек приборов.

Анализ средств и способов защиты ЭВП от коррозии при длительном хранении показывает, что применение органических ингибированных составов является наиболее перспективным как с точки зрения сохраняемости приборов, так и по технологическим и экономическим аспектам.

На основе ингибированного состава, применяемого в машиностроении, был получен новый состав защитной пленки, обеспечивающий наилучшую консервацию электровакуумных приборов. Пленка достаточно прозрачна. Удельный вес  $1 \text{ г/см}^3$ . Твердость на продавливание по ГОСТ 2400-51 1-3 мм. Пленка растворяется в органических растворителях Р-646, АС-1, толуоле, ксилоле и т.п. Температура плавления около  $125^\circ\text{C}$ , растрескивание наблюдается при температуре ниже  $-100^\circ\text{C}$ . Адгезия к стеклу, металлам, керамике и другим твердым поверхностям практически нулевая. Состав защитной пленки не токсичен, не имеет запаха. Влагопроницаемость по ГОСТ 8971-59 не более  $0,9 \text{ мл/см}^2$ . Пленка сохраняет защитные свойства примерно 8-12 лет.

Для получения рабочего раствора необходимо 30-35 вес.ч. размельченной массы залить в стеклянном сосуде 65-70 вес.ч. растворителя Р-646 и закрыть сосуд герметизирующей крышкой (пробкой). В течение 12-18 ч (время готовности) раствор перемешать 2-4 раза.

Готовый раствор представляет собой однородную жидкую массу без пузырьков воздуха и нерастворенных кусочков; при герметичном хранении пригоден для использования в течение нескольких лет. Перед применением его необходимо перемешать. На защищаемую поверхность покрытие наносится в виде тонкой пленки (0,5-2 мм), которая имеет светло-янтарный цвет с характерным блеском.

Защищенные такой пленкой приборы без обычной упаковки более трех лет назад были помещены в специальные домики со стенами-жалюзи на длительное хранение в различных климатических зонах СССР. Как показывают обследования, за этот период во всех пунктах испытаний на один прибор, покрытый пленкой, не потерял товарного вида вследствие коррозионных поражений, в то время как почти все контрольные приборы без пленки оказались негодными из-за наличия продуктов

коррозии на металлических деталях. Кроме того, при этих испытаниях выявлен очень важный эффект: ни один прибор, защищенный пленкой, не потерял рабочий вакуум, а из незащищенных по причине нарушения герметичности отказало около 15% приборов.



Приборы после испытаний в одинаковых климатических условиях

Для определения защитных свойств пленки при контактировании с различными металлами и сплавами проведены длительные испытания в термо-влажностной камере. Испытывались образцы из меди МБ, меди луженой, посеребренной и позолоченной, мельхиора, латуни никелированной, никеля, алюминия, кобальта, феррохрома и припоя ПСР. За 13 месяцев непрерывных и циклических испытаний при температуре  $40 \pm 2^\circ\text{C}$  и влажности 95-98% все образцы, покрытые пленкой, сохранились без каких-либо изменений коррозионного характера.

В результате всего комплекса испытаний установлено, что пленка может быть применена для защиты многих материалов. Исключением являются некоторые компаунды и кремнийорганическая резина.

Технология нанесения пленки проста и возможна как в лабораторных, заводских, так и полевых условиях.

Пленка снимается с приборов вручную без каких-либо приспособлений и может использоваться повторно для консервации приборов раствором.

УДК 621.315.6-416:621.385.019.38

# НОВОСТИ СООБЩЕНИЯ ХРОНИКА

100

Электроника в медицине М.И. Архангельская,  
В.С. Богоявленский, Т.А. Харченко, Н.С. Макеева

105

Контрольно-измерительные приборы фирмы **Leitz**  
И.М. Глазков, Ю.А. Саркисов, Ю.В. Стечишин

107

НОВОСТИ ЗАРУБЕЖНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

110

НОВЫЕ КНИГИ

112

ЧИТАТЕЛЬСКИЕ КОНФЕРЕНЦИИ

99

# ЭЛЕКТРОНИКА В МЕДИЦИНЕ



Электроника смело вторгается во все области современной науки, в том числе и в медицину. Уже сейчас достижения электронной техники используются в медико-биологических исследованиях, диагностике и при лечении ряда заболеваний.

В ЦНИИ "Электроника" проходила выставка "Электроника в медицине", на которой экспонировалась аппаратура самого различного назначения:

- приборы для диагностики и лечения заболеваний сердца, а также для контроля сердечной деятельности человека;
- устройства для асептики помещений;
- медицинские установки с использованием оптических квантовых генераторов;
- различные приборы и устройства для рентгенодиагностики, желудочных исследований, коагуляции варикозно расширенных вен и др.

Наиболее широко была представлена на выставке группа приборов, предназначенных для применения в кардиологии.

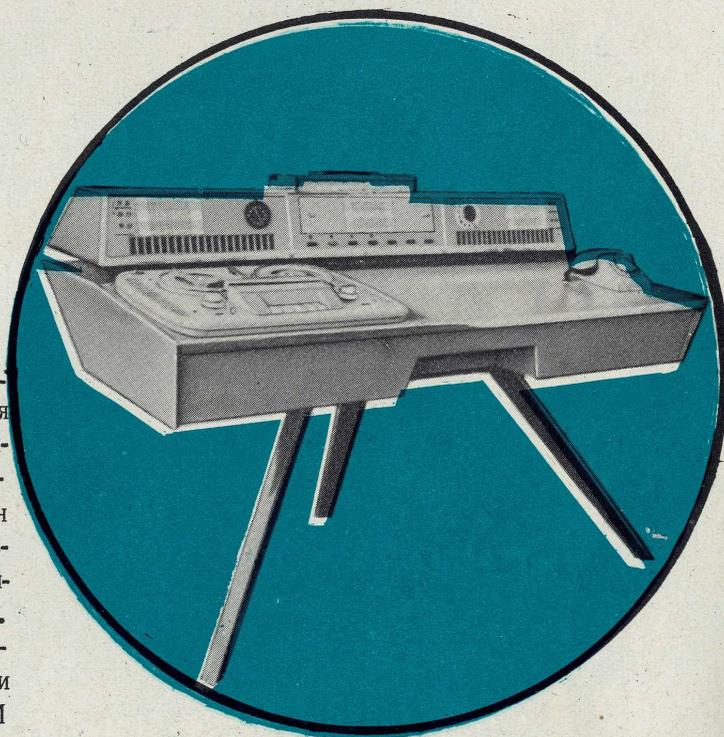
СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММ (ЭКГ) непосредственно в консультативно-кардиологический центр по радио и телефону дает возможность в экстренных случаях организовать срочную консультацию высококвалифицированных специалистов у постели больного.

Передающая часть — электрокардиопреобразователь (ЭКП) — выполнена в виде самостоятельного портативного прибора с автономным питанием. Биосигналы, поступающие на вход ЭКП, усиливаются, преобразуются в ЧМ сигналы синусоидальной формы и передаются в канал связи.

## Техническая характеристика ЭКП

Отведения, передаваемые в канал связи	I, II, III, aVR, aVL, aVF, CR, CL, CF
Чувствительность усилителя, мкв	100
Диапазон частот, гц	0,1-100
Коэффициент нелинейных искажений, %	< 3
Коэффициент подавления симфазной помехи, дб	> 60
Входное сопротивление, ом	$5 \cdot 10^5$
Выходное напряжение, в	> 0,75

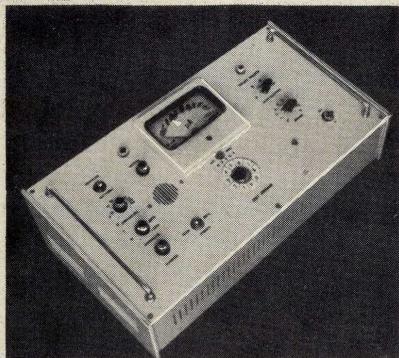
Прием информации в консультационно-кардиологическом центре лечебного учреждения осуществляется с помощью информационно-диагностического пульта (ИДП), на котором установлены стандартная аппаратура — магнитофон и электрокардиограф. На передней панели пульта расположены кнопки управления, часы и громкоговорящая дуплексная акустическая система. Хранение медицинской информации на магнитной ленте расширяет возможности ее обработки (с помощью ЭВМ). Прием информации в виде ЧМ



сигнала значительно упрощает аппаратуру сопряжения с ЭВМ, а сам способ частотной модуляции является наиболее помехозащищенным. Частотная характеристика записи на бумажной и магнитной лентах соответствует применяемой стандартной аппаратуре.

Чувствительность входа микрофонного усилителя не менее 0,1. Рабочий диапазон частот канала связи 1000–3000 *гц*. Потребляемая мощность не более 300 *вт*.

Система передачи электрокардиограмм (1 пульт с 12 кардиообразователями) успешно применяется во 2-й городской клинической больнице г. Саратова с июля 1970 г. В 1971 г. будет изготовлено 30 ЭКП с использованием телефонных каналов связи и 10 ЭКП – с радиосвязью.



**ПРИБОР ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ (ПКДС-1)** включает в себя усилитель ЭКГ, нормирующее устройство, имитатор частоты сердцебиения, измеритель пульса, генератор эталонного времени, временной селектор, запоминающее устройство, устройство подачи сигнала тревоги и регистратор прекращения сердечной деятельности. В приборе использован принцип анализа каждого интервала времени между сокращениями сердца. В случае превышения установленной врачом нормы отклонений включается сигнал тревоги (сирена и световой индикатор). При необходимости могут быть подсоединены приборы функциональной диагностики (электрокардиограф, реограф и др.), которые будут автоматически включаться по сигналу тревоги.

Чувствительность прибора не хуже 0,5 *мв*, пределы измерения ритма 30–180 ударов в минуту, потребляемая мощность 100 *вт*. Прибор работает от сети переменного тока напряжением 127/220 *в*.

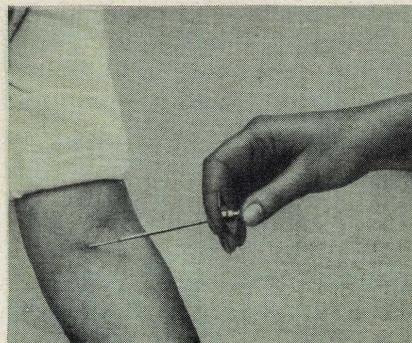
**ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПУЛЬСМЕТРЫ ПМ-2 и ПМ-3** предназначены для измерения частоты сердцебиения при исследовании функционального состояния сердечно-сосудистой системы в клинических условиях, медицинских лабораториях, в промышленной и спортивной медицине. Принцип работы прибора основан на изменении интенсивности света, отраженного от тканей пальца, освещаемого лампой накаливания. Колебания освещенности, имеющие частоту сердечных сокращений, модулируют внутреннее сопротивление фоторезистора. Сигнал усиливается и преобразуется в стандартные импульсы, которые затем суммируются. Результирующий сигнал измеряется стрелочным миллиамперметром со шкалой, отградуированной непосредственно в ударах в минуту.

Прибор позволяет наблюдать аритмию сердца. Пределы измерения пульса 30–200 ударов в минуту, погрешность измерения  $\pm 3\%$ . Источником питания служит аккумуляторная батарея 6Д-0,25 с напряжением 7,5 *в* и емкостью 0,25 *а/ч*. Время непрерывной работы 9 *ч*.



**ТРОАКАР – ПУНКЦИОННАЯ ИГЛА.** При установлении диагноза сердечно-сосудистых заболеваний в некоторых случаях невозможно обойтись без непосредственного проникновения в сердце больного. Способ зондирования, применяемый в настоящее время в клиниках, часто ведет к большой потере крови и нарушению проходимости вен. Введение зонда методом пункции было впервые осуществлено в НИИ клинической и экспериментальной хирургии. При таком способе период между зондированием сердца и оперативным лечением сокращается с шести до одного дня, вена сохраняется, нет потери крови.

Прибор прошел клинические испытания и в настоящее время рекомендован к серийному выпуску.





**УСТРОЙСТВА ДЛЯ АСЕПТИКИ ПОМЕЩЕНИЙ.** Разработанные для вакуумного и полупроводникового производства передвижные рециркуляционные воздухоочистители ВОПР-1,5 и ВОПР-0,9 нашли применение в различных областях медицины, где необходима особо чистая воздушная среда. В воздухоочистителях используется принцип непрерывной циркуляции воздуха через фильтр из ультратонких волокон, имеющих устойчивый электростатический заряд. Рециркуляторы могут работать как в чисто рециркуляционном режиме, так и с забором воздуха извне. Производительность ВОПР-1,5 —  $1500 \text{ м}^3/\text{ч}$ , ВОПР-0,9 —  $900 \text{ м}^3/\text{ч}$ . В течение 15–30 мин непрерывной работы запыленность воздуха снижается в 7–10 раз.

Рециркуляторы успешно прошли клинические испытания в ряде медицинских учреждений (МОНИКИ, ЦИТО и др.). С 1971 г. начат их серийный выпуск.

**КОНДИЦИОНЕР "ЭЛЕКТРОН"** предназначен для очистки, обеззараживания, ионизации и подогрева воздуха. Производительность установки —  $600 \text{ м}^3/\text{ч}$ , эффективность очистки воздуха от пылевых аэрозолей с размерами не менее  $0,5 \text{ мкм}$  — 99,9%, от бактериальных аэрозолей — 99,6%. Принцип действия тот же, что и для описанного выше воздухоочистителя. Широкое применение этой установки позволит сократить распространение аэрогенных инфекций.



**ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЧЕТЧИКИ АЭРОЗОЛЬНЫХ ЧАСТИЦ** АЗ-2М, АЗ-4, АЗ-5, разработанные для контроля чистоты воздуха в производственных помещениях, могут быть использованы для контроля запыленности в больничных палатах, в перевязочных, операционных, на донорских пунктах.

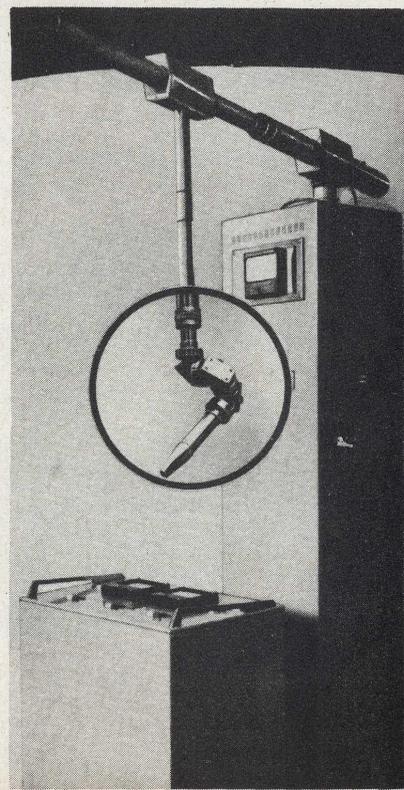
Приборы выпускаются серийно.

Совершенно новые перспективы в дальнейшем развитии медицины открыло применение квантовых генераторов. Широкие исследования по использованию лазеров в медицине проводятся во многих странах мира. Уже сейчас в области офтальмологии успешно применяются твердотельные лазеры. Продолжаются исследования, связанные с использованием квантовых генераторов в хирургии, онкологии и терапии.

**ЛАЗЕРНАЯ УСТАНОВКА ОКГ-МЗ** предназначена для хирургических операций в клинических условиях. Источником излучения является оптический квантовый генератор на основе смеси углекислого газа с азотом и гелием. Установка включает в себя основной блок с лазером и системой управления лучом, блок питания и ножной пульт управления. Система управления лучом, выполненная в виде пяти оптических шарниров, позволяет легко перемещать луч лазера по операционному полю. С помощью ножного пульта управления хирург

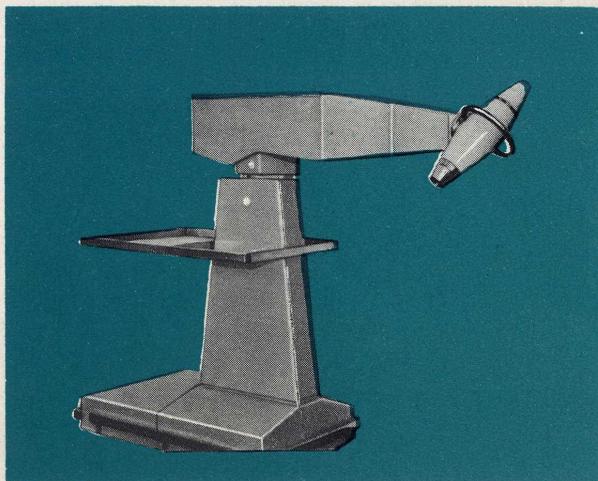
может изменять мощность излучения лазера, включать и выключать генератор. Лазерный луч обладает способностью не только разрезать ткани, но и коагулировать кровеносные сосуды, т.е. операция проходит бескровно, причем соблюдается полная стерильность, так как отсутствует непосредственный контакт инструмента с тканями организма.

Длина волны излучения  $10,6 \text{ мкм}$ . Мощность на выходе оптической системы 15–20 вт. Диаметр зоны сфокусированного излучения  $0,5\text{--}0,7 \text{ мм}$ . Потребляемая мощность 1 квт.



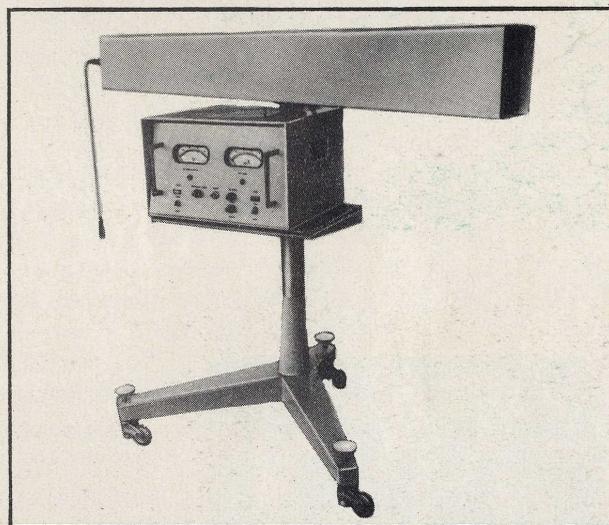
Разработана МЕДИЦИНСКАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ на базе мощного импульсного твердотельного ОКГ. Длина волны излучения 1,06 мкм, номинальная выходная энергия 500 Дж. Мощный световой луч ОКГ концентрируется с помощью оптической системы в пятно диаметром 2–45 мм.

В комплект установки входят лазерная пушка, накопитель энергии, блок питания и охлаждения, пульт управления, системы видео- и телефонной связи. Лазерная пушка снабжена головкой ОКГ, системами подвода и фокусировки излучения, системой наблюдения и датчиком дозы облучения. Управление установкой осуществляется врачом и оператором.

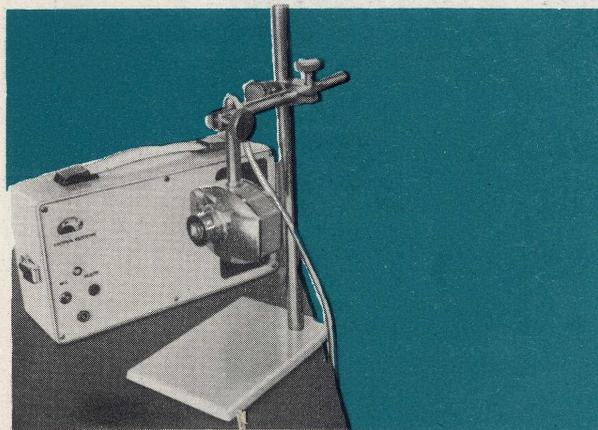


ЛАЗЕРНАЯ ТЕРАПЕВТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА предназначена для исследования и лечения ряда заболеваний: гипертонии, радикулита, полиартрита. Источником излучения является серийно выпускаемый промышленностью гелий-неоновый лазер типа ОКГ-12, генерирующий излучение в видимой красной части спектра с длиной волны 0,63 мкм (6328 Å). Установка имеет модулятор, позволяющий производить импульсное облучение исследуемого объекта, и измеритель плотности излучения в плоскости облучаемой поверхности.

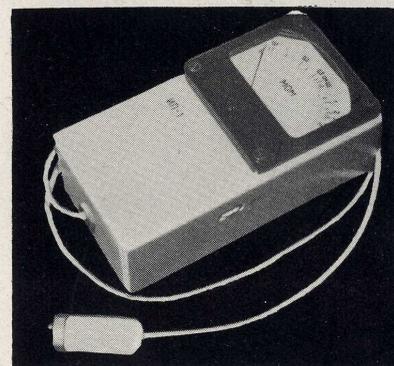
Предварительные результаты исследований дают возможность предположить, что лазерный луч с длиной волны 0,63 мкм обладает способностью стимулировать заживление открытых ран и послеоперационных швов.



МИКРОВОЛНОВЫЙ ОБЛУЧАТЕЛЬ. В результате многочисленных исследований воздействия электромагнитных колебаний сантиметровых, дециметровых и миллиметровых диапазонов длин волн на биологические объекты было обнаружено бактерицидное и стерилизующее действие этих излучений. Данный эффект был использован при создании микроволнового облучателя МО-7, с помощью которого можно ускорить процесс заживления обширных ожогов и различных поражений кожи. В качестве источника излучения используется ЛОВ с длиной волны 7,1 мм. В настоящее время облучатель проходит клиническое испытание.



ИЗМЕРИТЕЛЬ ПОТООТДЕЛЕНИЯ ИП-1, созданный для быстрого массового контроля степени потливости рук рабочего персонала сборочных цехов в электровакуумном и полупроводниковом производстве, может быть использован также в медицине. Действие прибора основано на измерении изменения активного сопротивления участка поверхности кожи. Пределы измерения: 100 ом – 2 мом.



Всеобщее внимание привлёк ТЕПЛОВИЗОР – устройство, предназначенное для визуального наблюдения распределения температурных полей на поверхности нагретых тел (см. этот выпуск, стр. 28).



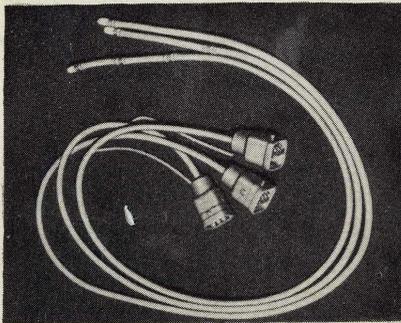
Большой интерес вызвал АППАРАТ "ЭХО" – для лечения больных, страдающих логоневрозами (заиканием). Это первый в СССР прибор индивидуального пользования.

Принцип действия аппарата заключается в следующем. Речь говорящего записывается на замкнутый кольцевой носитель. На определенном расстоянии от головки записи установлена головка воспроизведения, которая осуществляет считывание записанного сигнала. После усиления считанный и усиленный сигнал подается для прослушивания говорящему человеку. Больной слышит свой голос с задержкой. Время задержки может регулироваться в пределах от 80 до 180 мсек путем передвижения головки записи. Диапазон используемых частот 400–3000 *гц*. После считывания сигнала происходит стирание, затем процесс повторяется.

В аппарате работают одновременно два канала: записи и воспроизведения. Канал записи состоит из ларингофона, усилителя записи и головки записи, канал воспроизведения – из головки воспроизведения, усилителя и телефона.

Питание осуществляется от четырех аккумуляторов типа ЦНК–0,45.

Длительное пользование аппаратом значительно улучшает речь больного, а в отдельных случаях приводит к полному исправлению. В 1971–1972 гг. предполагается выпуск 1300 аппаратов.



pH-ЗОНД предназначен для определения кислотообразующей функции желудочно-кишечного тракта одновременно в нескольких зонах с фиксацией pH на внешнем электрическом индикаторе и на подключаемом записывающем приборе. pH-зонд позволяет регистрировать активность ионов водорода, а не просто их количество, которое выявляют бытующие в настоящее время в гастрологии методы. Кроме того, при данном методе наличие примесей (крови, желчи и т.д.) не являются помехой измерению.

Комплект состоит из трех зондов с переключающим устройством, что дает возможность быстро и точно производить обследование трех пациентов одновременно.

pH-зонд успешно прошел испытания в клиниках Москвы и других городов страны и выпускается промышленностью.

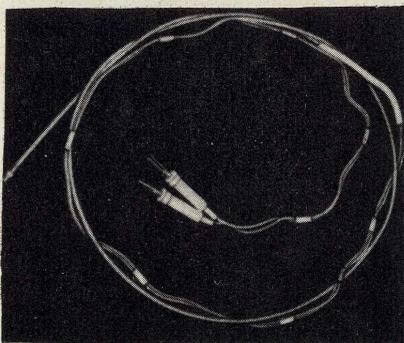
ДВУХЭЛЕКТРОДНЫЙ КОАКСИАЛЬНЫЙ ЗОНД позволяет применить принципиально новый метод лечения варикозного расширения вен. Этот метод не вызывает потери крови, не требует длительного послеоперационного лечения и почти не оставляет рубцов на коже больного. Принцип действия прибора основан на коагуляции стенок кровеносных сосудов электрическим разрядом, возникающим между электродами на конце зонда. Прибор подключается к ВЧ генератору.

Зонд прошел испытания в ряде клиник страны.

В новой пятилетке предусмотрено наряду с другими товарами народного потребления увеличить выпуск медицинского оборудования. Прошедшая выставка "Электроника в медицине" убедительно показала, какие неисчерпаемые возможности кроются в творческом содружестве электроники и медицины.

УДК 621.38:615.47

*М.И. Архангельская, В.С. Богоявленский,  
Т.А. Харченко, Н.С. Макеева*



# КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

## ФИРМЫ LEITZ

Фирмой Leitz (ФРГ), являющейся одной из ведущих оптических фирм, выпускается целый ряд контрольно-измерительных приборов и систем нового поколения, отвечающих современным требованиям электронной техники и точного машиностроения.

При изготовлении фотошаблонов для полупроводниковых приборов и интегральных схем требуется высокая точность установки измерительного стола в пределах  $0,1-0,2$  мм. С этой целью фирма Leitz выпускает модифицированный прецизионный компаратор (модель 200), работающий по принципу Аббе для контроля размеров элементов топологии эмульсионных и металлостеклянных фотошаблонов (рис.1).

Важным элементом измерительной системы компаратора является дифракционная решетка с постоянной  $20$  мм. "Захват" края элемента производится фотоэлектрическим микроскопом, обеспечивающим проведение этой операции с точностью до  $0,01$  мм.

Для измерения размеров применяется цифровая система, работающая с автоматической кор-

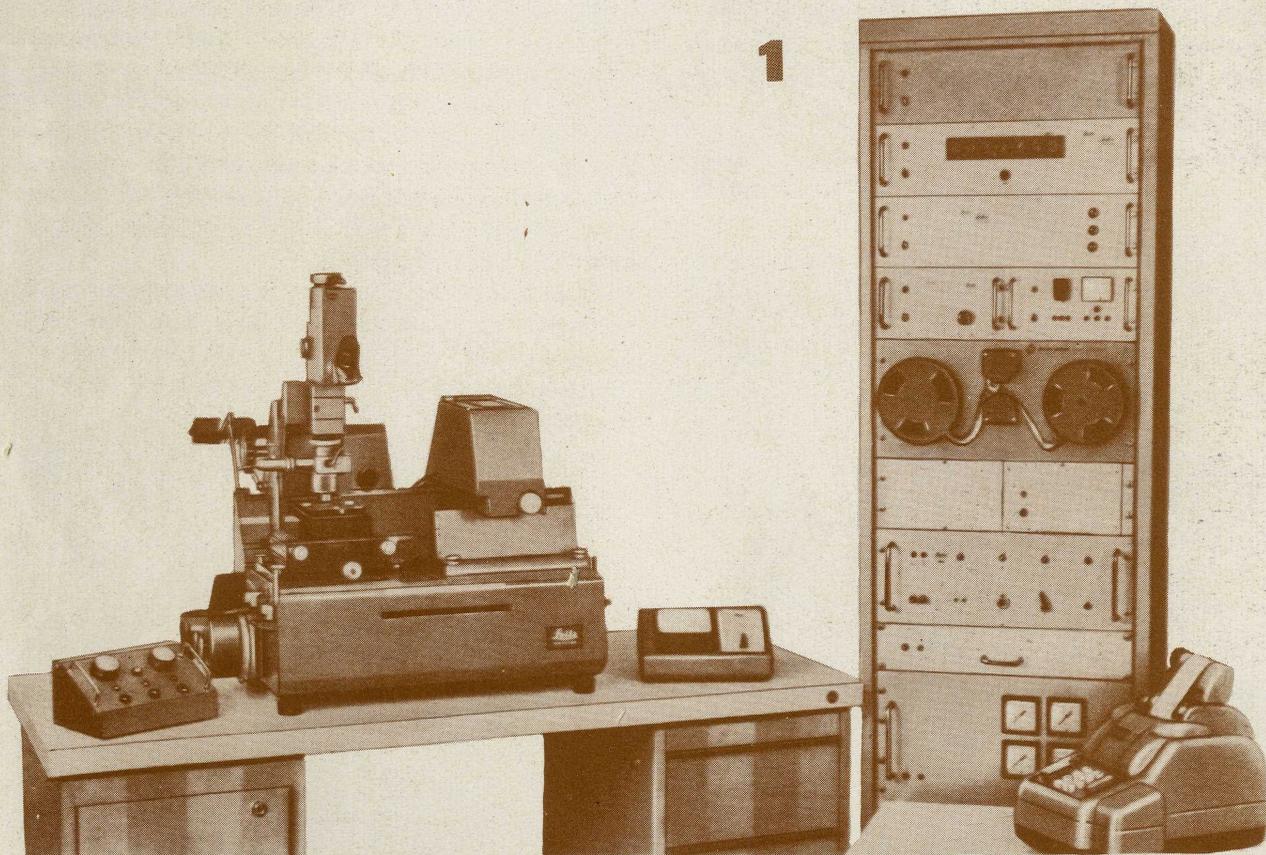
рекцией погрешностей. Цифровой шаг измерения равен  $0,2$  мм. В пределах длины измерения, равной  $200$  мм, по обоим направлениям погрешность измерения не превышает  $\pm 0,3$  мм, а в пределах поля фотошаблона —  $0,2$  мм.

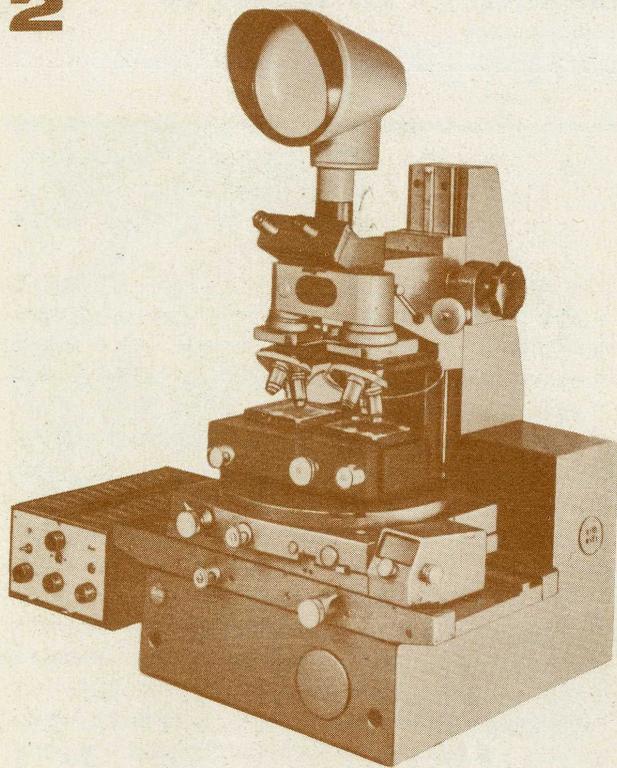
Допустимые размеры контролируемых фотошаблонов:  $50 \times 50$  мм ( $2'' \times 2''$ );  $62,5 \times 62,5$  мм ( $2,5'' \times 2,5''$ );  $76,2 \times 76,2$  мм ( $3'' \times 3''$ ).

Разработан прибор для сравнения фотошаблонов (рис.2), оценивающий линейную погрешность размеров изготовленных дубликатов.

Эталонный и рабочий фотошаблоны освещаются красным и зеленым светом; полученные одноименные изображения контролируемой структуры (или элементов критической области) оптически совмещаются и наблюдаются на проекционном экране. Отклонение контролируемого размера дубликата от заданной величины окрашено однотонным цветом и может быть измерено с точностью  $< 1$  мм.

Прибор оснащен источниками света, позволяющими работать как в проходящем, так и в отраженном свете.





Предусмотрено автоматическое перемещение измерительного стола, что дает возможность устанавливать скорость сканирования по осям  $x$  и  $y$  и размер рабочих шагов.

Для количественного анализа материала по получаемому изображению была разработана автоматизированная оптико-электронная система Classimat (рис. 3), состоящая из микроскопа



типа Orthoplan, специальной телевизионной системы, блока логики для обработки данных счетно-печатающей установки.

Для улучшения условий наблюдения контролируемых объектов возможно проведение исследований в светлом и темном полях, с интерференционным и фазовым контрастом, а также работа с поляризованным и монохроматическим светом.

Данная система позволяет по степени яркости серого тона выделять на экране составляющие элементы изображения и измерять их.

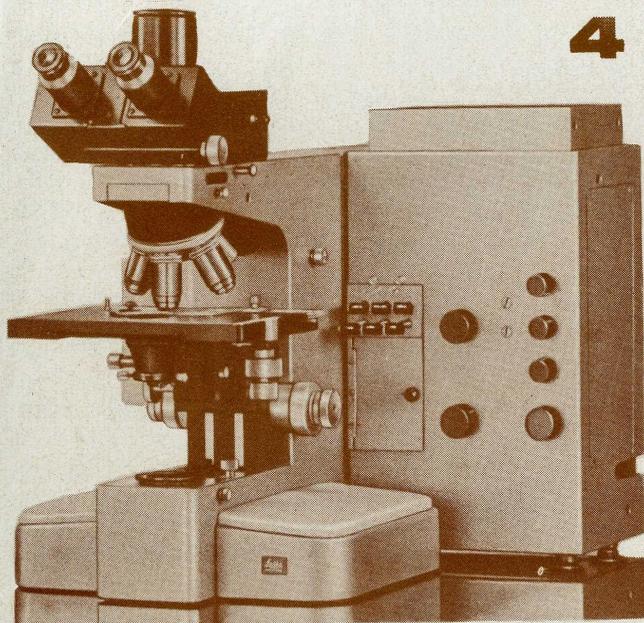
Кроме перечисленных областей применения, система Classimat может быть использована для подсчета числа критических дефектов в различных пленках, например числа проколов и островков при проведении операций фотолитографии.

В целях аттестации измерительных приборов и специальных измерительных машин (например, по таким параметрам, как угол наклона измерительного стола, погрешность измерительной решетки или ходового винта) разработан фотоэлектрический интерференционный компаратор с лазерным источником излучения.

Контролируемый объект устанавливается на каретке компаратора, где размещается и специальное контрольное зеркало. При перемещении каретки в плоскости изображения наблюдается движение интерференционных полос, фиксируемое фотоэлементами. Далее результаты измерений преобразуются электронным устройством в цифровые данные, поступающие в систему индикации. Показание счетчика в любой точке может быть выведено на перфоленту, дешифрация которой производится с помощью цифрового счетного устройства. Смещение объекта точно измеряется в пределах  $1/8$  длины волны источника света; измерительный шаг составляет  $0,07$  мкм. В протокол измерений автоматически заносятся все требуемые технические данные и отклонения от заданного значения как в цифровой форме, так и в виде "точечной" кривой.

Для проведения операции межоперационного и выходного контроля полупроводниковых интегральных схем была разработана группа стереомикроскопов, основанных на принципе Гриноу (Greenough).

Универсальный микроскоп Orthoplan (рис.4) может работать в светлом и темном полях с интерференционным и фазовым контрастом. Метод интерференционного контраста повышает четкость наблюдаемых дефектов полупроводниковых пластин. Применение установки цветного телевидения с интерференционным контрастом дает возможность улучшить условия наблюдения.



Для изготовления мелких и средних серий высокоточных деталей, комплектующих приборы точной механики, изделий оптической и электронной промышленности была разработана группа экономичных прецизионных станков типа Prëcicomб, собираемых из стандартных агрегатных узлов, комбинация которых определяется в соответствии с целевым назначением.

Три типа станков этой серии применяются на таких операциях, как многошпиндельное фрезерование и сверление, нарезка резьбы, резка, раз-вертка, сегментное фрезерование, деление, расточка.

На станках типа Prëcicomб можно одновременно обрабатывать заготовки в различных плоскостях по заданной программе с точностью до 0,01–0,02 мм; при этом достигается высокое качество обрабатываемой поверхности. Для быстрой переналадки и настройки станков имеется набор стандартных агрегатных узлов. Станок Prëcicomб–400 может выполнять до восьми различных операций в зависимости от поставленной задачи. Регулирование скорости подачи и ускоренного хода, а также установка рабочих режимов процессов обработки осуществляются независимо от заданной программы. Возможна обработка четырьмя шпинделями с двумя узлами подачи.

Следует отметить, что одну из основных проблем современной микроэлектроники — полный контроль фотошаблонов и качества фотолитографических операций с достаточной производительностью решить при помощи рассмотренного оборудования нельзя. Каждый измерительный прибор позволяет контролировать ограниченное число размеров, что при сложных рисунках фотошаблонов современных ИС и БИС не позволяет получить достаточной эффективности контроля в производстве. Тем не менее достижения фирмы Leitz в области оснащения микроэлектроники оптическим и фотоэлектрическим контрольно-измерительным оборудованием представляют интерес.

УДК 621.317.7

*И.М. Глазков, Ю.А. Саркисов,  
Ю.В. Стечишин*

## НОВОСТИ ЗАРУБЕЖНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

**США**

### ОПТОЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ

Ожидается, что в 1971 г. мировой объем продаж оптоэлектронных приборов составит 75 млн.долл. Объем продаж оптронов, вытесняющих такие компоненты, как реле и трансформаторы, к 1975 г. возрастет до 4-5 млн.долл. Оптоэлектронная промышленность в основном выпускает твердотельные

матрицы воспринимающих устройств и воспроизводящие устройства, объем продаж которых к 1975 г. достигнет 35 млн.долл.

На рынок поступают различные типы воспроизводящих устройств: от индикаторов на жидких кристаллах до обычных газоразрядных приборов и ламп накаливания. Наибольшее распространение получили семисегментные воспроизводящие устройства на светоизлучающих диодах (в 1971 г. общий объем продаж должен составить 5 млн.долл.).

По данным фирм Hewlett-Packard и General Electric, объем продаж воспроизводящих устройств на светоизлучающих диодах

# ЛАВИННО-ПРОЛЕТНЫЕ ДИОДЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ДИАПАЗОНЕ МИЛЛИМЕТРОВЫХ ВОЛН

в 1975 г. достигнет 20-25 млн.долл. Специалисты фирмы Texas Instruments называют цифру 17 млн.долл. Это будет сопровождаться дальнейшим снижением стоимости светоизлучающих приборов. По прогнозам фирмы Fairchild, ежегодное снижение стоимости светодиодов составит 30%. Так, фирма Monsanto в марте 1969 г. выпустила семи-сегментное воспроизводящее устройство ценой 25 долл., затем его цена была снижена до 11 долл., а в апреле 1971 г. - до 7,75 долл. Наиболее широкое применение такие воспроизводящие устройства найдут в вычислительных машинах, контрольно-измерительной аппаратуре, медицинском оборудовании, периферийном устройстве ЭВМ и бортовой аппаратуре. По мере снижения стоимости полупроводниковых приборов они будут использоваться и в бытовой аппаратуре. Согласно данным фирмы Motorola, в настоящее время в основном только 10 фирм поставляют индикаторы на полупроводниковых диодах.

К весьма перспективным воспроизводящим устройствам относятся устройства на жидких кристаллах, основные области применения которых - счетные машины, кассовые аппараты, автомобили, часы и другое портативное оборудование. Согласно прогнозам фирмы Texas Instruments, объем продаж индикаторов на жидких кристаллах к 1975 г. достигнет 15 млн.долл., а стоимость одного устройства в среднем составит 60 центов. Однако фирмы, производящие газоразрядные индикаторные устройства, не собираются сдавать своих позиций. Представители фирмы Sperry считают, что объем производства таких устройств в 1971 г. достигнет 50 млн.долл.

Газоразрядные приборы нашли применение в военной и космической аппаратуре, а также в коммерческом и промышленном оборудовании. Фирма Burroughs - основной изготовитель ламп «Никси» - ищет новые рынки сбыта и исследует возможности создания новых приборов.

Весьма перспективными считаются буквенно-цифровые индикаторные устройства с неоновым наполнением. Такие панели с числом знаков от 32 до 500 начинают вытеснять ЭЛТ.

Фирмой Pinlites Inc. разработано индикаторное устройство на лампах накаливания с высотой знака 15 мм. Стоимость устройства при закупке партии до 2500 шт. составляет 5 долл. В 1972 г. стоимость их должна составить 99 центов при закупке партии 100 тыс.шт.

Представитель фирмы Orsoa Inc. считает, что в настоящее время трудно представить темпы снижения цен и роста объема производства и степень влияния технологии изготовления жидких кристаллов на индикаторные устройства, выпускаемые в настоящее время на светодиодах [1].

За последнее время все большее применение находят системы, работающие в диапазоне миллиметровых волн. В связи с этим возрос спрос на твердотельные источники СВЧ мощности, в которых используются лавинно-пролетные диоды (ЛПД). Этому способствует ряд достоинств ЛПД: высокая выходная мощность в непрерывном режиме (150 мвт на частоте 100 Гц) и относительно высокий к.п.д. по сравнению с диодами Ганна, работающими в режиме ограниченного накопления объемного заряда.

Генераторы на ЛПД значительно меньше, легче и проще применявшихся ранее генераторов гармоник на варикапах. ЛПД могут эффективно работать в качестве стабильных усилителей и в настоящее время оказывают серьезную конкуренцию ЛБВ в области верхних частот миллиметрового диапазона. Кроме того, в миллиметровом диапазоне широко применяются малогабаритные генераторы развертки на ЛПД.

В системах связи миллиметрового диапазона, например в опытном оборудовании фирмы Bell Telephone Labs., ЛПД используются в качестве передатчиков и гетеродинов. Другое возможное применение - малогабаритные доплеровские радиолокационные системы для аварийной сигнализации, посадки самолетов и предотвращения столкновений.

К недостаткам ЛПД следует отнести высокий уровень шумов, возникающий в процессе лавинного умножения, хотя в ряде случаев, например в усилителях мощности, шумы не имеют существенного значения, а в параметрических усилителях проблемы, связанные с шумами, решаются с помощью стабилизирующих контуров.

В основном улучшение характеристик ЛПД достигнуто за счет уменьшения их размеров. Кроме изменения геометрии, принимаются меры по уменьшению теплового сопротивления и повышению максимально допустимой мощности рассеяния.

В современных диодах толщина высокоомного эпитаксиального слоя не превышает ширины обедненного слоя при пробое. Большая часть материала подложки также удаляется для того, чтобы уменьшить тепловое сопротивление контакта.

В последние годы для получения  $p-n$  переходов успешно применяются методы ионного внедрения, низкотемпературной диффузии. ЛПД миллиметрового диапазона

работают при напряжении не более 30 в и токах 100-300 ма. Изготовленные методом ионного внедрения ЛПД с двумя дрейфовыми областями обеспечивают выходную мощность в 1 вт при к.п.д. 10%.

При изготовлении ЛПД весьма важным моментом является выбор конструкции корпуса. В настоящее время разработан лабораторный образец корпуса: на медном теплоотводе крепится небольшая металлизированная опора из кварца, расположенная вблизи диода. Ленточный проводник соединяет опору с тыльной стороной диода. Индуктивность ленты и шунтирующую емкость можно изменять, меняя размеры и положение опоры. Однако такая конструкция корпуса не обеспечивает достаточной герметизации диода. Кроме того, малые размеры опоры затрудняют работу с ним, и его применение оправдано только в системах, где первостепенное значение имеют выходная мощность и к.п.д.

На нижних частотах миллиметрового диапазона целесообразно применять жесткий герметически запаянный корпус. Для повышения прочности корпуса применяют керамику.

На основании имеющегося опыта по испытаниям ЛПД можно заключить, что не существует принципиальных механизмов отказов, которые ограничивали бы срок службы при рабочих плотностях мощности до  $2 \cdot 10^5$  вт/см<sup>2</sup> и температурах перехода около 200° С [2].

## ПАМЯТЬ НА ОКГ

В исследовательских лабораториях фирмы RCA заканчивается разработка новой памяти на ОКГ для ЭВМ, которая должна в корне изменить конструкцию ЭВМ и ориентировочно к 1980 г. полностью заменить существующие типы памяти благодаря высокому быстродействию и способности записи-считывания. Утверждается, что по объему она не уступает, а по быстродействию в 1000 раз превосходит дисковые системы.

Запись информации в виде магнитной голограммы на Mn-Vi пленке производится излучением импульсного рубинового ОКГ, которое с помощью дефлектора из двух акусто-оптических кристаллов направляется на один из 1024 участков гололинзы, представляющей собой матрицу из 1024 микроголограмм. Гололинза расщепляет излучение на два пучка: опорный, который идет непосредственно на регистрирующий материал, и записывающий, направляемый на матрицу из 1024 миниатюрных жидких кристаллов. Общий размер матрицы 7,6x7,6 см. Жидкие кристаллы вводят в пучок информацию, преобразуя его в набор светлых и темных пятен. Затем закодируют

пучок падает на один из 1024 участков Mn-Vi пленки, где при взаимодействии с опорным пучком образует магнитную голограмму.

Считывание информации осуществляется с помощью матрицы фотодетекторов [3, 4].

## НОВЫЙ ПОТЕНЦИОМЕТР

Специалист фирмы Raytheon получил патент на потенциометр новой конструкции. Вместо трущихся деталей применена катящаяся по поверхности резистивного элемента металлическая лента. Благодаря новой конструкции удалось снизить шумы и практически устранить износ потенциометра. Результаты испытаний опытной партии показали, что после 900 тыс. поворотов оси износ потенциометра в 200 раз меньше, чем у потенциометров обычной конструкции. Среднее отклонение характеристики от линейности 6,8%, разрешающая способность лучше 0,01% [5].

## ЯПОНИЯ

## ТОНКОПЛЕНОЧНЫЙ НАКОПИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ

В Токийском технологическом институте создан накопительный элемент на тонкой пленке арсенида галлия, аналогичный элементам памяти на халькогенидных стеклах. Пленку получают осаждением слоев галлия и мышьяка толщиной 1-2 мкм на вольфрамную пластину толщиной 0,1 мм при температурах 990 и 250° С соответственно. Арсенид галлия кристаллизуется при нагревании вольфрамовой пластины до 500° С. Затем на подложку осаждают пленки теллура, алюминия и золота для создания электродов диаметром 1,5 мм.

При увеличении подводимого к элементу напряжения до 6 в материал из состояния с низкой проводимостью переходит в состояние с высокой проводимостью. Для переключения в состояние с низкой проводимостью следует приложить такое же по величине напряжение обратной полярности. Время переключения менее 1 мксек [6].

## ВЫСОКООМНЫЕ РЕЗИСТОРЫ

До последнего времени на кремниевой пластине ИС не удавалось создать компактные высокоомные резисторы с линейными характеристиками. В качестве таких резисторов использовались активные элементы ИС (но их характеристики не были линейными) или же для их изготовления применяли сложные технологические методы, например контурную эпитаксию.

Методом ионного легирования можно получить тонкие слаболегированные резисторные области с максимальным поверхностным сопротивлением 50 ом/кв. Однако при более высоких значениях поверхностного сопротивления наблюдается ухудшение линейности характеристик в результате ухода носителей в обедненный слой между резистором и подложкой.

Специалисты фирмы Mullard для улучшения линейности характеристик и повышения величины поверхностного сопротивления применили метод внедрения ионов неона.

Дефекты, вносимые ионами неона, приводят к снижению подвижности носителей и, как следствие этого, - к повышению поверхностного сопротивления внедренного слоя. Отжиг проводят при температуре 500°C (плотность дефектов не снижается). С помощью этого метода подвижность носителей уменьшена в пять раз. В настоящее время ведутся исследования стабильности работы резисторов и токов утечки, которые должны быть малыми. Исследуется также возможность создания таких резисторов в интегральных схемах на МОП-структурах [7].

## ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЛИНИЯ ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СХЕМ

Специалисты фирмы Ultra Electronic создали производственную линию по изготовлению гибридных тонкопленочных схем в соответствии с требованиями заказчика. Указывается, что работы велись в течение десяти лет и фирма затратила на НИР и ОКР 250 тыс. ф.ст.

Производительность установки для осаждения танталовых и алюминиевых пленок составляет 2,5 м<sup>2</sup> пленки в день. Схемы

на основе танталовых и алюминиевых пленок получают одновременным осаждением тантала и алюминия на стеклянные или керамические подложки. Для получения оптимального процента выхода годных схем процесс осаждения должен осуществляться непрерывно. С этой целью в установке применена вспомогательная вакуумная камера, снабженная высокоэффективной откачной системой. Одновременно в камеру загружается до 36 подложек со стороны квадрата около 80 мм, время обработки одной подложки составляет 1,5 мин. Толщина пленок 400 Å, удельное поверхностное сопротивление 100 см/кв, сопротивление резисторов от 30 ом до 200 ком. Точность подгонки составляет ±5% (по утверждению фирмы, она может быть доведена до ±0,1%).

Фирма намерена выпускать схемы для системы управления пассажирского сверхзвукового самолета «Конкорд», в которой будет использовано до 1200 тонкопленочных приборов. Это составит лишь 40% от общего числа схем, изготавливаемых на новой линии. После расширения существующих участков для создания шаблонов и испытания готовых приборов фирма приступит к изготовлению схем по требованию заказчика [8].

### ЛИТЕРАТУРА

1. Electronic News, 1971, June 28, N 825, p.1.
2. Electronics, 1971, Oct.11, v.44, N 21, p.78-81.
3. Electronics Weekly, 1971, June 9, N 562, p.23.
4. Electronic News, 1971, v.16, N 822, p.19.
5. EDN, 1971, v.16, N 9, p.45.
6. Technocrat, 1971, v.4, N 8, p.18.
7. Electronics Weekly, 1971, Oct.27, N 582, p.24.
8. Design Electronics, 1971, Sept., v.8, N 11, p.5.

## НОВЫЕ КНИГИ

В 1972 г. ВЫЙДУТ  
ИЗ ПЕЧАТИ

### ДИАГНОСТИКА ОТКАЗОВ ЦИФРОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Г.Ужен и др.  
Перев. с англ.  
Издательство «Мир»

Книга знакомит с одним из новых технических направлений — автоматической диагностикой неисправностей цифровых ЭВМ. Рассмотрены различные методы синтеза тестов и вопросы моделирования отказов в логических схемах вычислительных машин. Подробно описана структура программы «Последовательный анализатор», а также методы поиска неисправностей при помощи специальных диагностических словарей.

## **ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА**

Сборник статей

Издательство «Наука»

Сборник посвящен вопросам построения математических и физических моделей различных объектов с целью контроля и выявления их технического состояния, а также с целью прогнозирования поломок. Рассмотрены диагностические тесты, методы анализа объектов и выбора внешних воздействий, алгоритмы проверок. Представлен опыт эксплуатации технических средств контроля и объектов контроля.

Материал может быть полезен для научных и инженерно-технических работников.

## **ТЕОРИЯ ИЕРАРХИЧЕСКИХ МНОГОУРОВНЕВЫХ СИСТЕМ**

*М. Месарович, Д. Мако, Ю. Такахага*

Перев. с англ.

Издательство «Мир»

Излагаются логические основы построения многоуровневых иерархических систем управления и дается их математическая теория с учетом использования для их реализации современных электронных вычислительных машин. Значительное место в книге уделено вопросам принятия решений, координации действий и оптимизации систем управления.

Книга может быть использована специалистами при исследовании проблем управления и математического обеспечения ЭВМ, а также инженерами и экономистами.

## **МАШИННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ**

*В. Н. Ильин*

Издательство «Энергия»

Рассматриваются вопросы анализа, расчета и оптимизации нелинейных электронных схем с помощью ЦВМ. Дано систематическое описание основных задач машинного проектирования и методов их решения: от составления уравнений электронных схем до оптимизации их параметров.

Книга предназначена для широкого круга специалистов в области радиоэлектроники и вычислительной техники.

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ В ПРОЕКТИРОВАНИИ**

*Под ред. Д. Калахана, К. Фрейтага, С. Миттера*

Перев. с англ.

Издательство «Мир»

Материал книги логически делится на три раздела. В первом рассмотрены тенденции использования ЭВМ в НИР и ОКР. Второй раздел посвящен устройствам ввода-вывода информации и экранному пультам. Описаны специальные программно-ориентированные языки, методы численного моделирования и проведения модельных экспериментов. В третьем разделе собраны статьи о применении методов автоматического проектирования в различных областях техники.

В создании книги участвовали специалисты ведущих американских университетов, лабораторий и фирм.

Книга предназначена для инженеров-разработчиков аппаратуры, а также специалистов, занимающихся производством, управлением и научной организацией труда.

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УПРАВЛЯЮЩИХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН**

*С. Я. Виленкин, Э. А. Трахтенгерц*

Издательство «Энергия»

Рассматриваются современные методы организации математического обеспечения управляющих вычислительных машин: мультипрограммирование, динамическое распределение памяти, образование больших массивов информации, а также вопросы обработки информации. Приведены способы построения транслятора с языков программирования и математические методы оптимизации программ.

Книга предназначена для специалистов в области вычислительной техники.

## **АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО И РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Издательство «Энергия»

Излагаются принципы построения и вопросы проектирования систем контроля различных параметров электротехнического и радиоэлектронного оборудования в выключенном и включенном состояниях. Основное внимание уделено принципам построения и анализу погрешностей аналоговых, аналогодискретных и дискретных систем автоматического контроля.

Книга рассчитана на специалистов, занимающихся разработкой и эксплуатацией систем автоматического контроля.

## **МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЗАПОМИНАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА**

*Е. П. Балашов, А. И. Кноль*

Издательство «Энергия»

Представлен новый класс устройств вычислительной техники - многофункциональные запоминающие устройства, в которых осуществляется не только хранение информации, но и некоторые виды ее обработки. Приводятся типовые схемы многофункциональных ЗУ для логической и арифметической обработки информации, многоканального счета и пересчета, различных видов поиска.

Книга представляет интерес для широкого круга специалистов.

## **ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ СВЧ**

Перев. с англ. под ред. Ф. Бренда

Издательство «Мир»

Систематизированы результаты последних (на конец 1970 г.) разработок диодов Ганна, лавинно-пролетных диодов, приборов, основанных на использовании объемных эффектов. Описаны транзисторы, предназначенные для работы в сантиметровом диапазоне, генераторы, усилители, варакторы, детекторы и т.д. Книга рассчитана на научных работников и инженеров-разработчиков полупроводниковых СВЧ устройств и систем.

## СВЕТОВОДЫ

Л.М.Кучикян

Издательство «Энергия»

Подробно изложена теория световодов. Описана технология их изготовления из стекла, пластмасс и других материалов. Рассмотрены вопросы передачи информации через световоды с пропорционально изменяющимся сечением и изогнутые, а также вопросы прохождения когерентного излучения через световоды цилиндрической и прямоугольной формы.

## ВЫШЛА ИЗ ПЕЧАТИ

### СВЧ ЭНЕРГЕТИКА

издательство «Мир»

под ред. Э.ОКРЕССА

В книге американских специалистов освещены современное состояние и перспективы развития классических и новейших мощных СВЧ приборов, рассмотрены системы передачи СВЧ колебаний и многочисленные нетрадиционные области применения СВЧ энергии в промышленности, медицине, физике и в быту.

#### Том I. ГЕНЕРИРОВАНИЕ, ПЕРЕДАЧА, ВЫПРЯМЛЕНИЕ

Описаны генераторные и усилительные СВЧ приборы, оценены перспективы применения электровакуумных и полупроводниковых приборов, а также приборов квантовой электроники. С позиции применения и передачи значительных мощностей СВЧ колебаний рассмотрены вопросы совершенствования волноводов и проблемы непосредственной передачи энергии через свободное пространство. Описаны и сопоставлены мощные СВЧ выпрямители различных классов.

#### Том II. ПРИМЕНЕНИЕ СВЧ ЭНЕРГИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Изложены проблемы СВЧ нагрева, описаны нагревательные устройства и их элементы. Указаны особенности применения СВЧ энергии для сушки мясопродуктов, зерна, картофеля и т.п., для приготовления блюд из полуфабрикатов, а также для таких новых областей, как методы неразрушающего контроля стройматериалов, обработка древесины и пластмасс, производство листовых материалов и др.

#### Том III. ПРИМЕНЕНИЕ СВЧ ЭНЕРГИИ В МЕДИЦИНЕ, НАУКЕ И ТЕХНИКЕ

Освещены вопросы воздействия СВЧ колебаний на биологические субстанции, в частности ткани организма, вопросы СВЧ терапии и диагностики. Описано применение СВЧ энергии как в военной технике, так и в физике элементарных частиц и ядерной физике, в областях синтеза веществ и ускорения химической реакции, для решения проблемы управления термоядерной реакцией и для создания устройств непосредственного преобразования СВЧ энергии в механическую.

## ЧИТАТЕЛЬСКИЕ КОНФЕРЕНЦИИ

### I КОНФЕРЕНЦИЯ ЧИТАТЕЛЕЙ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СБОРНИКА

### «Электронная промышленность»

Читательская конференция, состоявшаяся на одном из предприятий электронной промышленности, была посвящена задачам научно-технического сборника «Электронная промышленность» в свете решений XXIV съезда КПСС.

Обсудив итоги работы сборника, участники конференции отметили, что за два года своего существования сборник получил признание специалистов отрасли, работающих как на промышленных предприятиях, так и в области научных исследований. Благодаря практической целенаправленности публикуемых в нем материалов он пользуется большим спросом у инженерно-технических работников. Высокая информативность сборника способствует повышению эффективности научных исследований и разработок в области электроники. Учитывая это, конференция решила рекомендовать информационным центрам и предприятиям отрасли активизировать работу по распространению издания.

Принимая во внимание, что интересы развития отрасли требуют усиления пропаганды научно-технических достижений, читатели выразили пожелание редакции шире рекламировать изделия электронной промышленности. Выступавшие на конференции указали на то, что в сборнике мало публикуется обзоров по состоянию и развитию электронной техники у нас и за рубежом, и предложили в дальнейшем активнее привлекать к работе в сборнике ученых и ведущих специалистов отрасли.

Редколлегия сборника благодарит всех, кто принял участие в конференции.

## II ЧИТАТЕЛЬСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

ПЕРЕВОДНЫХ ЖУРНАЛОВ

### ИЗДАТЕЛЬСТВА «МИР»

17 ноября 1971 г. в ЦНИИ «Электроника» состоялась II читательская конференция, посвященная переводным журналам «Электроника», «Труды института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике» и «Приборы для научных исследований», выпускаемым издательством «Мир».

В настоящее время, в век бурного научно-технического прогресса, вопрос оптимизации объема необходимой инженерной информации приобретает особую важность. Поэтому обсуждение переводных журналов как источников научно-технической информации о состоянии и тенденциях развития зарубежной радиоэлектроники и приборостроения прошло с живейшим интересом.

Участники конференции одобрили работу, проводимую редакциями по отбору материалов и доведению их до читателей. Выступавшие отметили большую популярность обсуждаемых журналов, в особенности журнала «Электроника», которому сегодня исполнилось 10 лет (главный редактор М.Н.Арон).

На конференции было высказано немало интересных замечаний и предложений.



## ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ В СБОРНИКЕ

1. Статьи должны обязательно сопровождаться письмом руководителя предприятия или НТС, в котором дается оценка предлагаемому материалу.

2. В аннотации, прилагаемой к рукописи, должно быть кратко изложено содержание статьи с указанием эффективности описываемого метода (прибора, оборудования и т.п.).

3. Материал, перепечатанный на пишущей машинке через два интервала, представляется в двух экземплярах.

4. Статья должна быть написана языком доступным для широкого круга читателей. Следует избегать перенасыщения материала сложными математическими выкладками, строго соблюдать единообразие терминов, размерностей, условных обозначений, сокращений.

5. Формулы аккуратно вписываются чернилами. Все буквы должны иметь печатное начертание. Прописные буквы подчеркиваются двумя горизонтальными черточками снизу ( $\underline{\underline{K}}$ ), строчные — сверху ( $\bar{k}$ ). Если в формулах применены буквы из разных алфавитов, похожие по своему начертанию, то на полях следует пометить: «к-русск.», «к-лат.». Греческие буквы обводятся красным карандашом. Показатели степени или индексов отмечаются дугой ( $a_{\psi}$  или  $a_p$ ).

6. Таблицы сопровождаются тематическими заголовками. Крупные таблицы печатаются на отдельных листах. На каждую таблицу в тексте должна быть ссылка.

7. Иллюстрации к тексту (чертежи, схемы, графики, фото) прилагаются отдельно (не подклеиваются к оригиналу) в двух экземплярах. Фотографии должны быть четкими, ясными. На обороте иллюстрации мягким карандашом пишутся фамилия автора, название статьи и порядковый номер иллюстрации согласно ссылке по тексту. Размер иллюстрации не менее 9x12 см. Снимки оборудования выполняются широкоформатной камерой.

8. Указатель литературных источников оформляется в следующем порядке. Для журнальных статей — фамилия автора, инициалы, заглавие статьи, название журнала, год, том, номер, страница. Для книг — фамилия автора, инициалы, название книги, том, часть, выпуск, место издания, издательство, год, страница.

9. Статья должна быть подписана автором (авторами) и датирована. Ниже подписи указываются полностью фамилия, имя, отчество автора (авторов), домашний адрес, номер рабочего телефона.

*Рукописи авторам не возвращаются.*

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.Гайлищ,  
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.Мавродиادي, 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.В.Филатов,  
С.К.Цаллагов, Ю.Г.Шелюхин

На второй странице обложки: вверху участок сборки; внизу информационно-диагностический пульт приема электрокардиограмм (к статье "Электроника в медицине" на стр. 100). На цветных вклейках: изделия культурно-бытового назначения и хозяйственного обихода предприятий электронной промышленности.

Ответственный редактор  
Г.Г.Татаровская

Ответственные за выпуск  
Е.А.Засядько, Н.П.Белоусова

Художественно-технический редактор  
А.В.Дайлидо

Художник А.Н.Канделаки  
Фото В.П.Прохорова

Подписано в печать 21.XII-71  
Т-30401 Объем 14,0 п.л.  
Уч.-изд. л. 13,75 Тираж 2400  
Формат 60x90/8 Цена 1 р. 15 к. Зак. 2134

Производственно-издательский отдел  
ЦНИИ «Электроника»,  
Москва, проспект Вернадского, 39

УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ  
ЦВЕТНЫХ КИНЕСКОПОВ

