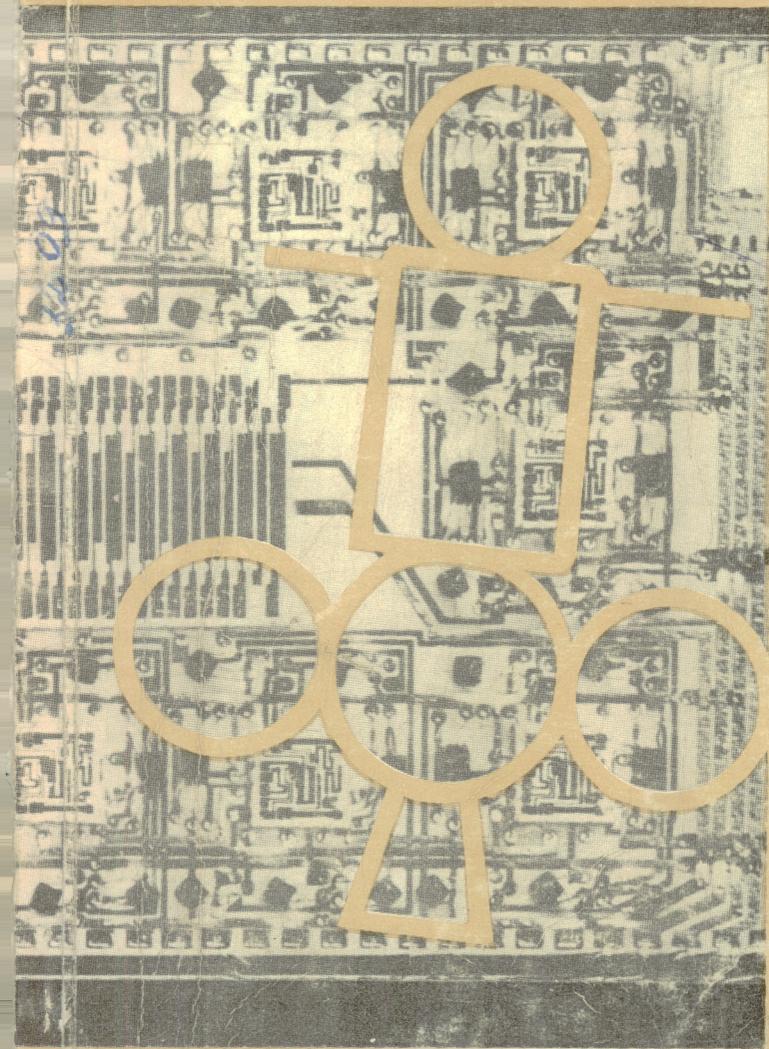


# ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

6  
1976



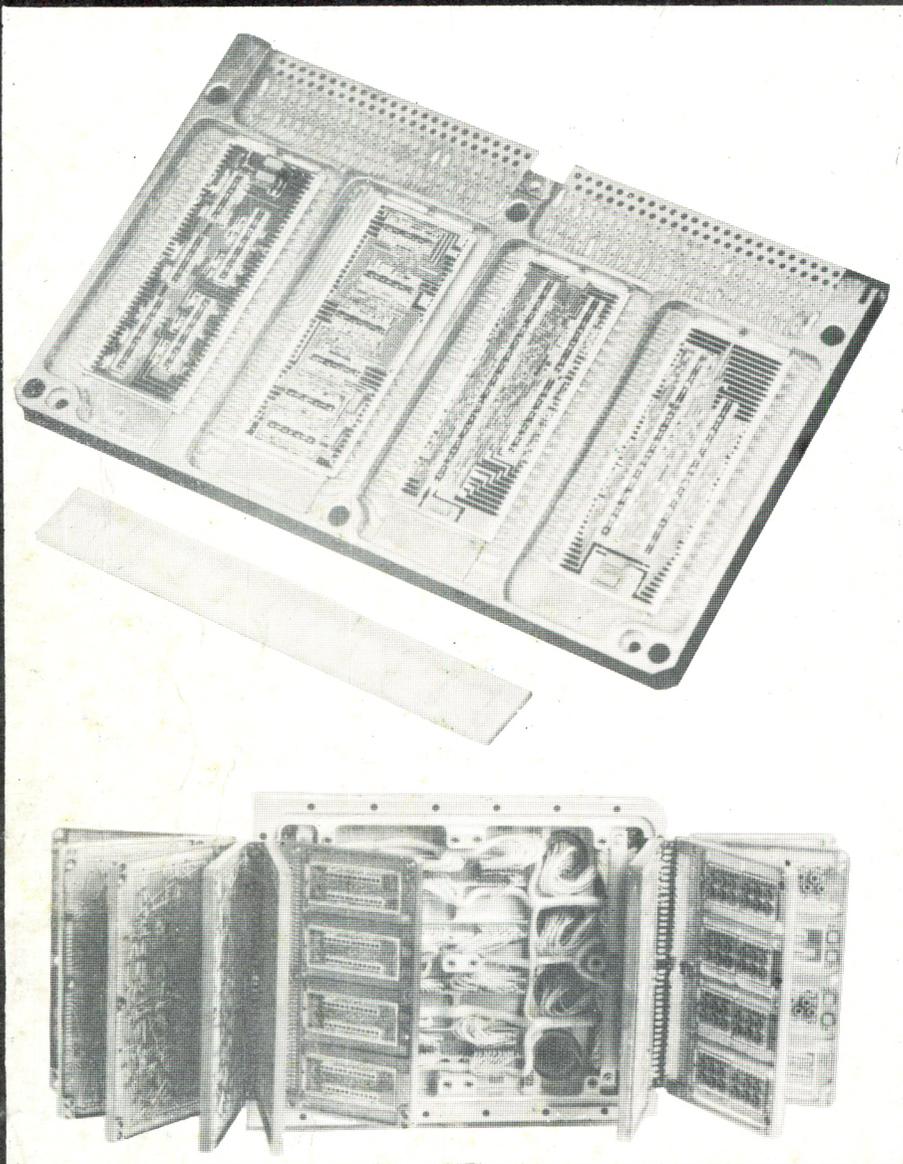
ИТЭИ-576

МИКРОМИНИАТЮРИЗАЦИЯ ИЗДЕЛИЙ  
ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ — ОСНОВА СОЗДАНИЯ  
АППАРАТУРЫ  
САМОГО РАЗНООБРАЗНОГО  
НАЗНАЧЕНИЯ

# НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

ГОД ИЗДАНИЯ СЕДЬМОЙ

МИНИСТЕРСТВО  
ЭЛЕКТРОННОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
СССР



## *В номере*

СОКРАЩЕНИЕ ЦИКЛА РАЗРАБОТКА — ПРОИЗВОДСТВО И  
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКАМИ В  
УСЛОВИЯХ СЕКТОРНОЙ СТРУКТУРЫ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МИКРОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ НА ОСНОВЕ  
БЕСКОРПУСНЫХ БИС

НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОНИКИ

ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

# ВАШНОСТЬ

ВЫПУСК  
(54)

# 6

ПРОЛЕТАРИИ ВСЕХ СТРАН, СОЕДИНЯЙТЕСЬ!

# ПРОГРЕСС

---

ЭКОНОМИКА  
И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА **3**

---

ИССЛЕДОВАНИЯ. РАЗРАБОТКИ.  
МЕТОДЫ РАСЧЕТОВ **19**

---

ТЕХНОЛОГИЯ **41**

---

ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЬНО-  
ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА **60**

---

ОБМЕН ОПЫТОМ **63**

---

ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС  
И КАДРЫ **74**

---

ЦНИИ • ЭЛЕКТРОНИКА •

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- 3 Шелюхин Ю. Г. Сокращение цикла разработка—производство в условиях совместной работы НИИ с заводом
- 6 Ковалевский В. К. Совершенствование управления разработками и производством в условиях секторной структуры
- 8 Капитанова В. В., Топчилов Н. А., Фролов В. Г. Совершенствование планирования деятельности НИИ (КБ)
- 10 Дюкре А. Л. Как оценить труд научного коллектива
- 12 Крамный В. В., Скворцов Н. Н. Моделирование технико-экономической деятельности производственного объединения

### ИССЛЕДОВАНИЯ. РАЗРАБОТКИ. МЕТОДЫ РАСЧЕТОВ

- 20 Белоусов О. К., Ганелин В. Я., Иванова А. К., Ковшиков Е. К., Корнилов И. И. Сплавы с термомеханической памятью в электронной технике
- 24 Баранов А. К., Гришечкин М. И., Заварцев Ю. Д. Пленки  $\text{CoGd}$  — возможный конкурент гранатовых пленок при построении ЗУ
- 26 Антонов А. В., Игнатьев И. А. Матричные структуры отображения информации на основе эпитаксиальных пленок гранатов
- 28 Карлушева З. Д., Штейнер Г. С. Оптимизация процесса напыления фоточувствительных пленок
- 31 Гуськов Г. Я. Принципы проектирования микроэлектронной аппаратуры
- 36 Вальков В. М., Ильющенко Ю. М. Конструирование управляющих вычислительных комплексов на основе бескорпусных БИС

### ТЕХНОЛОГИЯ

- 42 Гонтарев Г. Г., Гуськов Г. В., Морозов А. М., Хмара В. А. Тугоплавкие покрытия — эффективный путь повышения надежности и качества приборов
  - 45 Богданович В. Б., Казанович Э. Б., Костенко В. К., Першина Н. Ф., Свечников С. В. Формирование топологии ИС на пленках  $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$
  - 46 Вихлянцева О. Ф., Зиновьев К. В., Коледов Л. А., Патрик Н. И., Пережогин Г. А. Снижение дефектности диффузионных слоев
- Материалы электронной техники
- 49 Коптев Е. А., Любимов В. К., Марин К. Г., Молотков В. А., Хашимов Ф. Р., Хохлов А. И. Сфероидизированный порошок алюмосиликатного стекла

- 51 Грибов Б. Г., Козыркин Б. И. Металлоорганические соединения
- 53 Афонин Л. Н., Мордкович В. Н., Смирнов Б. В., Соловьев С. П., Темпер Э. М., Харченко В. А. Радиационно-легированный кремний для высоковольтных приборов
- 55 Захарова А. Н., Казанцева К. Е., Клименская Д. А., Колосова Н. Н. Токопроводящие клеи
- 57 Грицук А. Н., Заварзина З. Я., Пейкарова А. А., Проколова Т. В. Диаллилфталаты

### ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

- 60 Минскова Л. В., Сендерук Ю. С., Толдов А. П., Шаров А. И., Шибанов А. П. Контактное устройство для измерения параметров СВЧ микросхем
- 61 Генералов И. В., Троицкий Г. В., Чердаков Ю. А., Шкляр П. Э. Фотоэлектрический спектрополяриметр высокой точности

### ОБМЕН ОПЫТОМ

- 63 Авдеев Е. В., Вашакидзе Ю. Н., Гринченко И. Д., Назаров С. И., Потапова В. И. Выбор конструкции многокристалльной БИС с учетом взаимного влияния межсоединений
- 66 Горбунов Н. И., Зверева Е. А., Лямкина З. В., Фроленкова А. А. Применение эпоксидных порошков для защиты конденсаторов
- 68 Плещева В. В., Хакуринов Т. Т. Металлизация сквозных отверстий при изготовлении многослойных печатных плат
- 70 Джатиев А. А., Хумаров Р. Т., Цегоев А. У. Новые термопластичные пресс-материалы для изготовления деталей резисторов

### ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС И КАДРЫ

- 74 Кузнецов Е. С., Розенштейн Л. М. Опыт организации работы по профессиональной ориентации молодежи
- 77 Лукичев А. В. Работа с молодыми специалистами на предприятии
- 79 Гордеев В. Н., Зуева Р. М. Моральное и материальное стимулирование мастеров на предприятиях отрасли
- 81 Люди трудовой славы

К 70-летию Генерального секретаря  
Центрального Комитета  
Коммунистической партии Советского Союза  
товарища Леонида Ильича БРЕЖНЕВА



*Генеральному секретарю  
Центрального Комитета  
Коммунистической партии  
Советского Союза*

*Маршалу Советского Союза  
товарищу ЛЕОНИДУ ИЛЬИЧУ БРЕЖНЕВУ*

**ДОРОГОЙ ЛЕОНИД ИЛЬИЧ!**

**ПРИМИТЕ ОТ КОЛЛЕКТИВА РАБОТНИКОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ОТ КОЛЛЕГИИ МИНИСТЕРСТВА СЕРДЕЧНОЕ ПОЗДРАВЛЕНИЕ И САМЫЕ ДОБРЫЕ ПОЖЕЛАНИЯ В ЗНАМЕЧАТЕЛЬНЫЙ ДЕНЬ ВАШЕГО РОЖДЕНИЯ.**

**СОВЕТСКИЙ НАРОД И ВСЕ ПРОГРЕССИВНЫЕ ЛЮДИ МИРА ВИДЯТ В ВАС ВЕРНОГО ПРОДОЛЖАТЕЛЯ ДЕЛА ВЕЛИКОГО ЛЕНИНА, ВЫДАЮЩЕГОСЯ ПОЛИТИЧЕСКОГО ДЕЯТЕЛЯ СОВРЕМЕННОСТИ, БЕСПРЕДЕЛЬНО ПРЕДАННОГО ДЕЛУ КОМУНИЗМА, ТАЛАНТЛИВОГО ОРГАНИЗАТОРА, НЕСГИБАЕМОГО БОРЦА ЗА МИР ВО ВСЕМ МИРЕ.**

**МЫ РАДЫ ДОЛОЖИТЬ ВАМ, ЧТО ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ В ПЕРВОМ ГОДУ ДЕСЯТОЙ ПЯТИЛЕТКИ ДОБИЛАСЬ ЗНАЧИТЕЛЬНЫХ УСПЕХОВ В РАЗВИТИИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОВЫШЕНИИ ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ. ПЛАН 1976 ГОДА БУДЕТ ВЫПОЛНЕН ДОСРОЧНО – 27 ДЕКАБРЯ. СВЕРХ ПЛАНА БУДЕТ ИЗГОТОВЛЕНО БОЛЬШОЕ КОЛИЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ, В ТОМ ЧИСЛЕ ТОВАРОВ КУЛЬТУРНО-БЫТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА 23 МЛН. РУБЛЕЙ. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА ВОЗРАСТЕТ НА 15,2%, ФОНДООТДАЧА – НА 8%, СЕБЕСТОИМОСТЬ ПРОДУКЦИИ СНИЗИТСЯ НА 6,3%. С ЯНВАРЯ 1976 Г. НА ПРОДУКЦИЮ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ БЫЛИ СНИЖЕНЫ ЦЕНЫ НА СУММУ 1,4 МЛРД. РУБЛЕЙ.**

**ВЫПОЛНЯЯ РЕШЕНИЯ XXV СЪЕЗДА КПСС И ВАШИ УКАЗАНИЯ О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА, ТРУДЯЩИЕСЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ПРИНЯЛИ НА 1977 ГОД НАПРЯЖЕННЫЙ ПЛАН, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЙ ДОСРОЧНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ ПЛАНА ПЕРВЫХ ДВУХ ЛЕТ ПЯТИЛЕТКИ.**

**ВСЕ ЭТО СОЗДАСТ ХОРОШУЮ ОСНОВУ ДЛЯ ДОСРОЧНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ ПЛАНА ДЕСЯТОЙ ПЯТИЛЕТКИ В ЦЕЛОМ.**

**ЗАВЕРЯЕМ ВАС, ДОРОГОЙ ЛЕОНИД ИЛЬИЧ, ЧТО МЫ НЕ ПОЖАЛЕЕМ СИЛ И ЭНЕРГИИ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ ВЫСШИХ ТЕХНИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЕЕ РАЗВИТИЯ.**

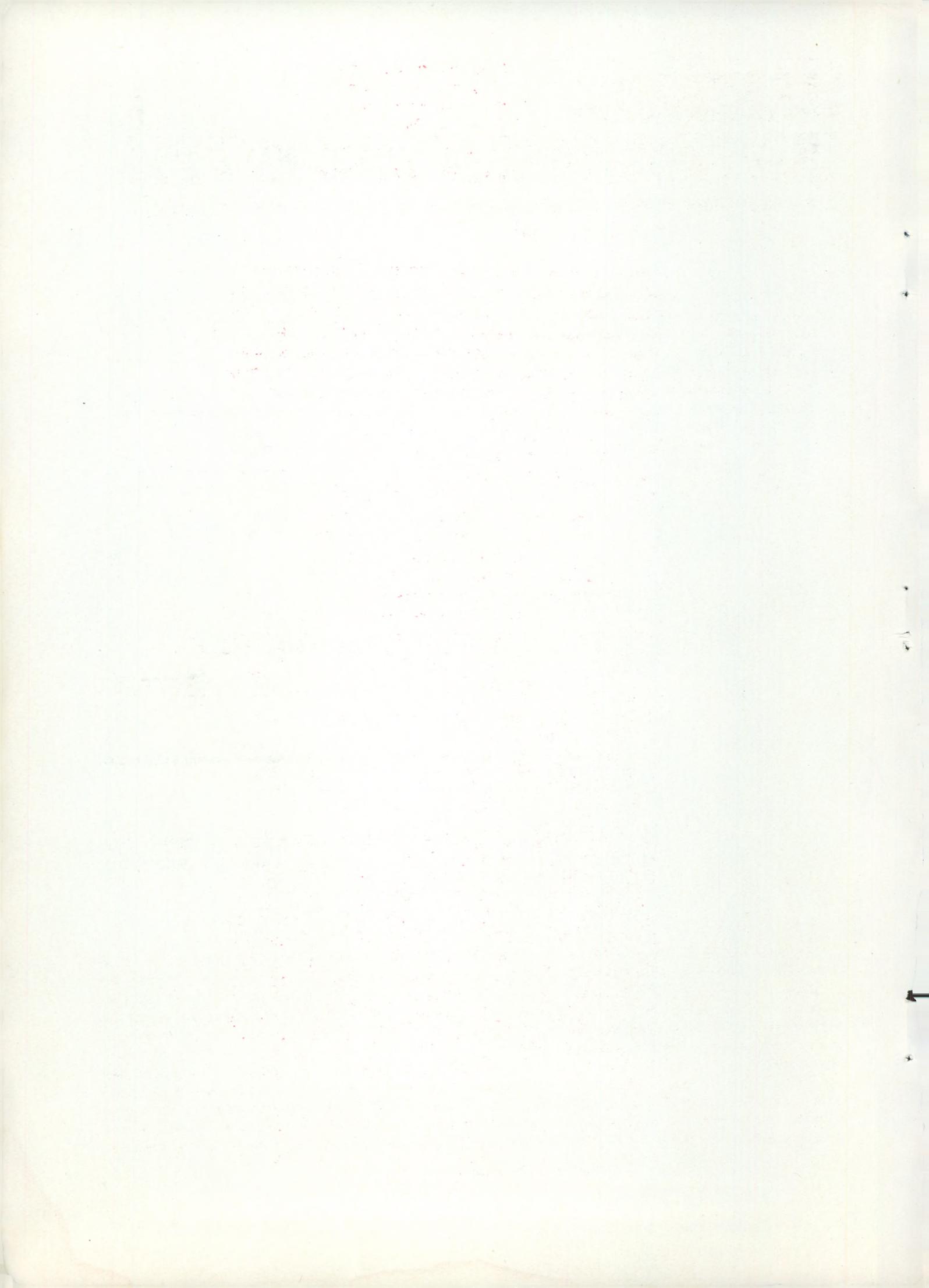
**ЖЕЛАЕМ ВАМ, ДОРОГОЙ ЛЕОНИД ИЛЬИЧ, КРЕПКОГО ЗДОРОВЬЯ, СЧАСТЬЯ И ДАЛЬНЕЙШИХ БОЛЬШИХ УСПЕХОВ В ВАШЕЙ ОГРОМНОЙ РАБОТЕ НА БЛАГО НАШЕЙ ВЕЛИКОЙ РОДИНЫ И МЕЖДУНАРОДНОГО КОММУНИСТИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ.**

*Председатель коллегии  
Министерства электронной  
промышленности  
Министр*

**А. И. ШОКИН**

*Секретарь парткома*

**С. П. МАЛАХОВ**



# ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

В Отчетном докладе ЦК КПСС XXV съезду указывается, что "революция в науке и технике требует кардинальных изменений в системе и методах хозяйственной деятельности... Она требует совершенствования планирования и экономического стимулирования с тем, чтобы создать условия, которые в полной мере способствовали бы скорейшему прохождению новых идей по всей цепи — от изобретения до массового производства".

На предприятиях электронной промышленности накоплен положительный опыт по внедрению и совершенствованию новых методов планирования НИР и ОКР, экономического стимулирования, а также прогрессивных форм материального поощрения.

Ниже публикуются статьи об опыте работы НИИ, который в 9-й пятилетке добился значительных научно-производственных успехов, в том числе за счет разработки и внедрения ряда прогрессивных форм организации НИР и ОКР, НОТ на производстве и упорядочения системы внутриинститутского хозрасчета.

## СОКРАЩЕНИЕ ЦИКЛА „РАЗРАБОТКА—ПРОИЗВОДСТВО“ В УСЛОВИЯХ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ НИИ С ЗАВОДОМ

*Ю. Г. ШЕЛЮХИН*

**НОВАЯ, СЕКТОРНАЯ ФОРМА ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА В УСЛОВИЯХ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ НИИ С ЗАВОДОМ ПОЗВОЛЯЕТ СОКРАТИТЬ ЦИКЛ РАЗРАБОТКИ ПРИБОРОВ И ИХ ОСВОЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ.**

*УДК 658.518+658.512.6*

В основу системы планирования и управления НИР и ОКР в институте положен сетевой принцип.

Дальнейшим развитием системы является разработка типовых сетевых графиков и маршрутов на различные виды работ — от поисковых НИР до подготовки производства и освоения изделий на серийных заводах.

Типовой сетевой график — результат обобщения частных графиков разработок, выполненных за несколько последних лет. На его основе легко составить график на новые НИР и ОКР, строго следуя

выверенной логической схеме и используя точно сформулированные критерии оценки трудоемкости каждой работы. В технологических маршрутах, кроме перечней работ, устанавливающих последовательность их выполнения, указаны подразделения-исполнители, определены технико-экономические показатели на каждый вид работы, оговорены формы взаимодействия между подразделениями, регламентированы процедуры согласования и утверждения организационных и технических документов, сопровождающих разработку. Работы детализированы с

учетом специализации и могут выполняться в рамках одного подразделения.

Создание типовых графиков и маршрутов позволило максимально привлечь к составлению плановых и отчетных документов, связанных с конкретными разработками, различных смет, расчетов трудоемкости и т.д. административно-управленческий аппарат, освободив от этого разработчиков. Разработанные в институте нормативы времени на различные виды работ положены в основу оценки их стоимости и дали возможность оптимально использовать трудовые ресурсы.

Конкретное планирование, постоянные критерии для определения трудоемкости каждого вида работы сделали более действенным материальное стимулирование — премия выплачивается не за отработанный период, а за результаты, достигнутые в установленный срок. Показатели деятельности НИИ сведены во "Временное положение по определению итоговых показателей и расчету уровня материального поощрения тем", которое совершенствуется по мере нахождения более простых и конкретных форм планирования, управления и отчетности. Выполненная работа позволила выявить ряд несоответствий организационного характера между разрабатываемыми и производственными подразделениями (различия в отчетных показателях, разная оплата труда, неудовлетворительная координация работ и т.д.), которые необходимо устранить. Своевременность совершенствования форм организации работ по циклу "разработка—производство" диктуется и особенностями развития современной электроники.

Одна из этих особенностей — резкое увеличение числа функций, выполняемых изделием. Изделие электроники часто представляет собой законченный функциональный узел радиотехнического устройства. Это свидетельствует о возрастающих возможностях электронной техники. Однако чем больше функций выполняет изделие, тем быстрее оно морально стареет. По мере усложнения прибор становится как бы изделием частного применения. Выпуск изделия (объем, сроки) зависит от имеющихся у предприятия возможностей по его модернизации, а порой и по созданию на его основе нового прибора, наделенного дополнительными функциями.

Другая особенность — период освоения и стоимость затрат на освоение изделия в производстве зачастую превосходят время и затраты, связанные с разработкой.

Для сокращения сроков разработки новых приборов и их освоения в производстве, создания условий, способствующих улучшению параметров уже выпускаемых приборов, а также укрепления связей между наукой и производством нами предложена и

внедрена новая форма организации работы — секторная (структура сектора представлена на рисунке).

Сущность этой формы организации сводится к двум основным положениям:

— производственные участки завода (цехи) являются базой для разработки приборов (на всех этапах ОКР);

— техническое руководство производством во всех его звеньях осуществляют подразделения института.

По технологической специализации (химия, фотолитография, диффузия, ионное легирование) рядом с производственными подразделениями располагаются соответствующие специализированные технологические лаборатории института.

Лаборатории несут ответственность за технический уровень производства, технологическую дисциплину, разработку новых процессов, квалификацию кадров. За создание новых изделий (от разработки конструкции и технологии до изготовления установочной партии) отвечают главные конструкторы лабораторий и выделенные соответствующими подразделениями их заместители.

Такая форма организации имеет следующие преимущества:

— сокращается число специалистов, участвующих в цикле "разработка—производство" — на всех этапах работу выполняют одни и те же люди; создаются условия для более полной специализации кадров;

— возможность использования освоенной технологии и существующего оборудования для изготовления разрабатываемого прибора создает объективные условия для повышения уровня стандартизации и унификации;

— отработка технологии на самых ранних этапах разработки непосредственно в производстве повышает качество изделия;

— исчезает необходимость организации подразделений (отдела или лаборатории) как замкнутого производства — это облегчает оснащение института современным дорогостоящим оборудованием и приборами;

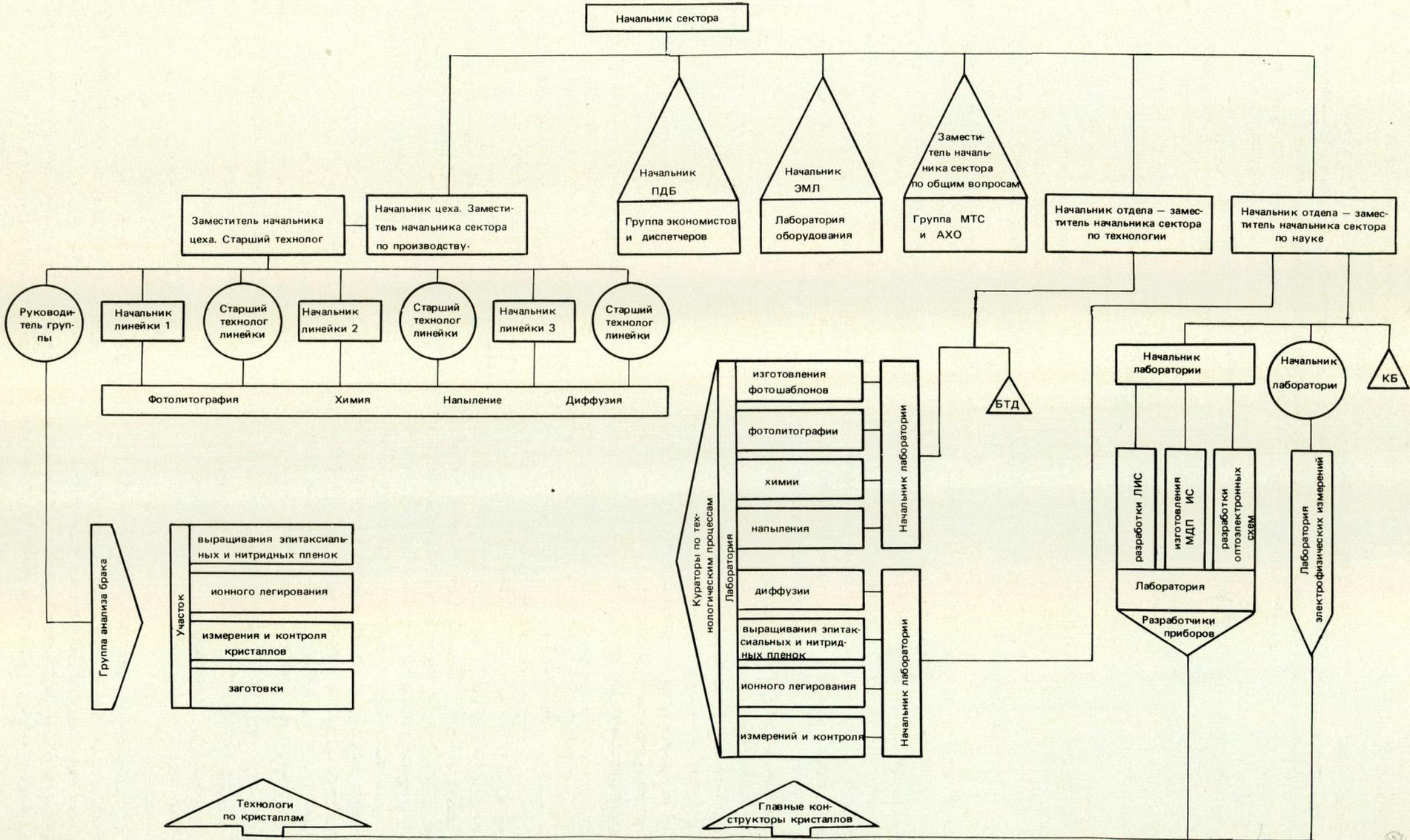
— качественно меняется оценка уровня разработки прибора, в ее основу закладываются объективные показатели производства.

Внедрение секторной организации уже дало положительные результаты. Значительно увеличился рост объема производства завода без увеличения численности работающих.

По большинству разработок задолго до их окончания ведется поставка опытных образцов. Экономический эффект в виде чистой прибыли от производства приборов за время, в течение которого они должны были только осваиваться, составил 500 тыс. руб. Кроме того, снижены затраты на освоение и приобретение оборудования.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ОРГАНИЗАЦИИ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО СЕКТОРА

«ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ», 1976, Вып. 6(54)



В условиях секторной структуры впервые по-настоящему удается увязать материальное поощрение работников цеха с показателями, характеризующими разработку, и разработчиков — с процентом выхода изделий в производстве.

Перевод на новую, секторную организацию, сопровождающийся жесткой специализацией института и курируемых заводов, подготовил новую форму взаимодействия с серийными предприятиями,

которую мы уже начали осуществлять. С усложнением электронных устройств целесообразно осваивать новые изделия на серийных заводах по этапам.

В первые годы работы по новой системе одновременно с приборами создавались научно-технический задел и технологическая база. В настоящее время созданы условия для разработки новых изделий более широким фронтом, а следовательно, для значительного повышения эффективности работы НИИ.

*Статья поступила 15 июня 1976 г.*

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТКАМИ И ПРОИЗВОДСТВОМ В УСЛОВИЯХ СЕКТОРНОЙ СТРУКТУРЫ

*В. К. КОВАЛЕВСКИЙ*

**ЗАМКНУТАЯ СЕКТОРНАЯ СТРУКТУРА ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА И ЗАВОДА ПОЗВОЛЯЕТ СОКРАТИТЬ ЦИКЛ „РАЗРАБОТКА-ПРОИЗВОДСТВО“ И СНИЗИТЬ СМЕТНУЮ СТОИМОСТЬ РАЗРАБОТОК.**

*УДК 658.518.4+658.518*

Секторная структура управления разработкой и производством представляет собой новый тип организации научно-производственной деятельности. Основу сектора составляет специализация по всему технологическому маршруту создания новых приборов. С образованием научно-производственного сектора, специализируемого по изготовлению кристаллов, сектора сборки и измерений разработка и производство твердотельной микроэлектроники были централизованы и четко разделены по функциям. Общая схема структурной организации секторов одинаковая, каждый сектор выполняет часть общей функции „разработка-производство“ приборов.

В основу структуры, например, научно-производственного сектора положен принцип замкнутого цикла „разработка— производство“. Это единая научно-техническая и экспериментально-производственная база, которая содержит:

— научно-технические лаборатории, организованные в соответствии с принципами специализации по технологии;

— научно-тематические лаборатории, созданные в соответствии с принципами специализации по виду продукции и технологии;

— экспериментально-производственный цех с участками, специализированными по технологическому признаку изготовления кристаллов;

— функциональные подразделения, выполняющие функции планирования, обеспечения материалами, наладку и ремонт оборудования.

Организация разработок в процессе производства позволяет уже на первых этапах получать образцы по действующему технологическому маршруту, выбирать оптимальные технологические и конструктивные решения, одновременно осваивать в производстве новые изделия, обеспечивать точное соблюдение технологии и контроль ОТК за разработкой.

Специализированные научно-технические лаборатории имеют возможность проверять свои технические решения непосредственно в условиях производства, выявлять слабые и неустойчивые звенья, оперативно регулировать технологические операции.

Научно-тематические лаборатории, организованные в соответствии с принципом специализации по виду продукции, обеспечивают разработку конструктивно-технологических и электрофизических па-

раметров кристаллов, конструкторско-технологической документации по всему маршруту, постановку соответствующих задач перед технологическими лабораториями, сквозной анализ технологического состояния разработки и производства.

Научно-производственный сектор состоит из двух разрабатывающих отделов, специализированных по технологическому признаку (создание *p-n*-перехода и рельефа), и производственного цеха с участками.

Безусловно, организация научно-производственного сектора и его становление не проходят без трудностей, без противоречий. Опыт двухгодичной работы свидетельствует о том, что наиболее сложно преодолеть психологический барьер, который длительное время разделял работников института и опытного завода.

Преимущества новой формы организации очевидны. Правда, на первый взгляд может показаться, что научно-технические работники получили дополнительную нагрузку — на них возложено техническое руководство изготовлением продукции: они несут ответственность за технический уровень производства, за технологическую дисциплину, квалификацию кадров. Однако нужно учитывать, что работники НИИ получили в свои руки инструмент управления, им предоставлена большая свобода в приложении творческих сил. Кроме того, секторная структура организации позволяет снизить сметную стоимость разработок благодаря выполнению их первых этапов в производстве. Так, полная сметная стоимость всех разработок в 1975 г. по сравнению с 1974 г. значительно уменьшилась, в то время как общий объем тематических работ резко повысился. Произошло организационно-техническое слияние двух частей общего цикла «разработка—производство».

Наряду с технологическими специализированными лабораториями и производственными участками цеха имеются лаборатории, объединенные с производством (ионного легирования, выращивания эпитаксиальных и нитридных пленок, измерения и контроля кристаллов и др.). Начальники участков таких лабораторий являются заместителями начальника лаборатории по производству.

Новая форма производства требует новых форм и методов организационного и экономического управления. Внутрисекторная организация требует также перестройки системы планирования и экономического стимулирования, распределения функциональных обязанностей в управлении сектором.

Опыт показывает, что в секторе необходимо сквозное управление наукой, технологией и произ-

водством. При этом сектор, выступая как единая хозяйственная единица предприятия, больше всего нуждается не в организационно-административном руководстве отдельными подразделениями, а в функциональном, охватывающем весь сектор, все стороны его деятельности. Наиболее приемлемой представляется так называемая бесцеховая структура, основными компонентами которой являются укрупненные специализированные лаборатории и производственные участки.

Существенную роль в создании секторной структуры играет организация производства. Действующая у нас схема организации производства, представляющая собой смешанный тип специализации (технологические специализированные участки и производственные специализированные линейки в виде чистых комнат), имеет определенные недостатки.

Чистые комнаты, в которых сосредоточен целый комплекс технологических процессов, ограничивают развитие мощностей и рост производительности, особенно когда в каждой из них изготавливаются изделия большой номенклатуры со своими технологическими маршрутами.

В условиях возрастающего объема производства более оптимальной организацией могут стать укрупненные участки, специализированные по технологическому признаку: участок фотолитографии — лаборатория фотолитографии, участок диффузии — лаборатория диффузии, и так по всему маршруту.

Кроме того, возможна специализация внутри самих участков, где это целесообразно. Например, процесс фотолитографии можно организовать по принципу технологических маршрутов или по технологическому признаку: фотолитография по окислу, сэндвичу, алюминию и т.п. Подобная организация закрепила бы единство науки и производства, позволила уменьшить расходы на оборудование за счет его сокращения и повышения коэффициента использования, а также обеспечить дальнейший рост объемов производства без увеличения численности работающих.

Изложенные вопросы требуют тщательного изучения и проверки на практике. Однако организация секторной структуры, как показывает опыт, обеспечивает повышение эффективности работ, выполняемых НИИ.

*Статья поступила 15 июня 1976 г.*

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЛАНИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НИИ (КБ)

*В. В. КАПИТАНОВА, Н. А. ТОПЧИЛОВ, В. Г. ФРОЛОВ*

**ВНЕДРЕНИЕ ТИПОВОГО МАРШРУТА И ТИПОВОГО СЕТЕВОГО ГРАФИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ОКР СПОСОБСТВУЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПЛАНИРОВАНИЯ, ОРГАНИЗАЦИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, СОКРАЩЕНИЮ СРОКОВ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ ИЗДЕЛИЙ.**

*УДК 658.41+001.89*

Задача повышения эффективности деятельности НИИ (КБ), сокращения сроков разработки и внедрения новых изделий требует совершенствования планирования организации научных исследований и разработок и управления ими.

В настоящее время широко используется прогрессивный и эффективный по своей сущности метод сетевого планирования и управления. Сетевой график работ по теме становится исходным документом в процессе технико-экономического и оперативного планирования.

Качество планирования работ по темам внутри НИИ (КБ) и эффективность управления выполнением тематического плана зависят полностью от качества сетевых графиков работ по темам, которое в свою очередь определяется правильностью выбранных основных и резервных направлений работ, полнотой содержания в сетевом графике работ, подлежащих выполнению.

Опыт использования сетевых графиков в ряде НИИ и КБ показывает, что в подавляющем большинстве они содержат укрупненные работы. В них не отражены все необходимые работы, поэтому их роль в планировании и распределении работ между специализированными подразделениями (секторами, отделениями, лабораториями, цехами) сводится к нулю. Нецентрализованное разукрупнение работ самими подразделениями, исполнителями укрупненных работ, во-первых, затрудняет получение информации, необходимой для оценки таких показателей, как сметная стоимость, трудоемкость, во-вторых, увеличивает затраты времени исполнителей на подключение к выполнению работ других подразделений. Планы работ подразделений, составленные на основе укрупненных сетевых графиков, по содержанию (номенклатуре) и объемам работ существенно изменяются по мере выполнения. Появляются работы, не предусмотренные сетевым графиком, но подлежащие обязательному выполнению, причем их число прямо пропорционально степени укрупнения графика.

Такое положение не только затрудняет централизованное планирование работ внутри НИИ (КБ), но и делает его невозможным. Тематический план НИИ (КБ) будет успешно выполнен, если четко определить задачи каждого структурного подразделения (включая и функциональные службы), долю его участия в этих работах и предусмотреть их в сетевом графике в виде конкретных работ.

К разработке подробного сетевого графика работ по теме необходимо привлечь специалистов различных направлений. Но труд таких специалистов окажется малопроизводительным и будут не учтены нужные работы, если не использовать дополнительные методические пособия и регламентирующие документы.

Для совершенствования планирования и организации научных исследований в институте разработаны и внедрены типовые маршруты выполнения ОКР и типовые модели сетевых графиков. Они разработаны на основе проведенных исследований и изучения характера выполняемых работ с учетом десятилетнего опыта института в применении метода сетевого планирования и управления.

Типовой маршрут выполнения ОКР представляет собой нормативно-технический документ, в котором:

- приведен перечень работ (от начала разработки изделия до внедрения его в серийное производство);
- установлены последовательность выполнения работ и их трудоемкость;
- определены исполнители работ и потребители разработок;
- указаны признаки завершения работ (технические показатели);
- показаны взаимодействия между структурными подразделениями института в процессе выполнения разработки;
- регламентированы процедуры согласования и утверждения организационных и технических документов, сопровождающих разработку;

— имеются ссылки на основные нормативно-технические документы, которыми нужно руководствоваться при выполнении работ.

При определении исполнителей работ учитывались: организационная структура института; задачи и функции структурных подразделений; существующее распределение основных направлений деятельности института между его структурными подразделениями; накопленный в институте опыт выполнения разработок; возможности каждого подразделения.

В результате этого по отдельным работам были изменены исполнители. Например, технические требования на разработку измерительного оборудования вместо главного конструктора теперь составляет отдел измерений, а на разработку испытательного оборудования — контрольно-испытательная станция; пооперационные нормы времени на изготовление изделия с определенного этапа разрабатывает отдел труда и заработной платы, а не отдел-темодержатель.

При разработке типового маршрута использованы государственные и отраслевые стандарты, стандарты предприятия, организационно-технические и распорядительные документы, действующие внутри института.

Все работы в маршруте распределены в соответствии с типовыми этапами ОКР, оговоренными отраслевыми стандартами о порядке проведения НИР, ОКР и освоения в производстве. Каждой работе присвоен трехзначный шифр. Первая цифра его означает номер этапа, две вторые — порядковый номер события на данном этапе. События 0-го этапа начинаются с 0; I этапа — с 1; II этапа — с 2 и 6; III этапа — с 3 и 7; IV этапа — с 4; V этапа — с 5.

Типовой маршрут разработки изделия содержит 363 укрупненных работы, маршрут разработки технологии — 207.

Чтобы установить долю участия каждого структурного подразделения института (в том числе и функционального) в выполнении ОКР, были разукрупнены вышеуказанные работы. Таких разукрупненных работ маршрут разработки изделия насчитывает 630, разработки технологии — 257. Разукрупненные работы имеют такой же шифр, что и укрупненные.

Маршрут предусматривает повторения (итерации) некоторых работ, связанных с экспериментальной проверкой технических решений. Число итераций определяет главный конструктор разработки, согласуя свое решение с главным инженером института или главным технологом (по подчиненности подразделения-темодержателя).

Технические показатели завершения работ (событий) включают в себя количественные показатели, по которым можно оценивать качество выполнения этих работ. Например, в технический показатель завершающего события по разработке какого-либо технологического процесса входят количественные

показатели трудоемкости выполнения данного процесса, процент выхода годных изделий, уровень контролируемых электрофизических параметров изделий.

Оценка качества выполненных работ, найденная с помощью таких показателей, используется для определения качества работы исполнителей и подразделений института в действующей внутри института системе материального стимулирования.

В типовом маршруте предусмотрены работы, связанные с внедрением разработки (от определения завода, на котором будет организовано серийное производство, до проведения установочной серии). Указанные работы начинаются со II этапа и должны выполняться параллельно разработке. Они позволяют сократить цикл «разработка-производство» за счет уменьшения времени между приемкой темы государственной комиссией и освоением в производстве.

Большинство работ, за исключением тех, которые связаны с изготовлением экспериментальных, лабораторных и опытных образцов изделия, а также нестандартного оборудования, пронормированы. Разработанные нормативы используются при составлении сетевых графиков на конкретные разработки для определения трудоемкости выполнения работ.

Типовой маршрут изображается в виде модели сетевого графика, включающей столько же событий, сколько их предусмотрено маршрутом. Эта типовая модель используется главным конструктором как основа для составления сетевого графика по теме. При этом главный конструктор обязан:

- определить необходимость выполнения работ, указанных в типовой модели графика;
- дополнить типовой график специфическими событиями для выполнения темы, присвоив им свободные номера, не занятые типовым маршрутом, и логически увязать их;
- предусмотреть резервные варианты технических решений, обеспечивающих необходимую вероятность получения планируемых результатов;
- сформулировать (совместно с куратором лаборатории сетевого планирования) показатели для специфических событий.

В сетевом графике должны быть отмечены наиболее важные события, определяющие решение задач на каждом этапе. В его составлении участвуют все основные подразделения-соисполнители (это предусмотрено в типовом маршруте). Каждый соисполнитель составляет фрагмент сетевого графика работ на выполнение задания по данной теме, полученного от главного конструктора разработки. Это способствует тщательной проработке всего комплекса необходимых работ.

Чтобы избежать неоправданного увеличения расхода средств, как правило, на начальных стадиях разработки прорабатываются резервные варианты.

Перечень работ на тему формируется на основе составленного сетевого графика и типового маршрута куратором лаборатории сетевого планирования с привлечением экономистов отделов-темодержателей. Эти перечни (в отличие от сетевых графиков темы) содержат не только укрупненные, но и разукрупненные работы, выполняемые соисполнителями.

Внедрение типовых сетевых графиков и типовых маршрутов позволило:

- улучшить качество сетевых графиков и перечней работ при резком сокращении времени на их составление (до 50%);
- планировать работы нетематическим отделам, участвующим в разработке;
- уточнить и перераспределить исполнителей отдельных работ;
- освободить главных конструкторов тем от составления перечней работ и передать это экономистам или техникам отдела-темодержателя;
- используя типовые показатели выполнения работ, достовернее оценить деятельность подразделений-исполнителей;

— создать основу для внедрения "сквозного" планирования работ, входящих в цикл "разработка-производство";

— выполнять параллельно во времени работы, входящие в цикл "разработка-производство" (работы последующих этапов начинаются на предшествующих этапах);

— повысить уровень планирования и выполнения работ за счет закрепленного маршрутом распределения их между специализированными подразделениями института;

— определить (до утверждения тематического плана) загрузку всех структурных подразделений института, внести коррективы в сроки начала и окончания этапов и тем в целом с учетом наличия трудовых ресурсов.

Типовые маршруты и типовые модели сетевых графиков составлены с учетом использования ЭВМ для расчета параметров сетевых графиков, оптимизации тематического плана института, представленного в виде сетевых графиков на каждую тему, планирования и контроля выполнения тематических работ.

*Статья поступила 15 июня 1976 г.*

## КАК ОЦЕНИТЬ ТРУД НАУЧНОГО КОЛЛЕКТИВА

*А. Л. ДЮКРЕ*

**ПРЕДЛОЖЕННАЯ МЕТОДИКА ПОЗВОЛЯЕТ ОЦЕНИВАТЬ РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ РАБОТ В НОВЫХ УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИЧЕСКОГО СТИМУЛИРОВАНИЯ.**

*УДК 658.32.03*

С января 1974 г. наш научно-исследовательский институт в порядке эксперимента переведен на новую систему экономического стимулирования и материального поощрения.

Этому способствовал многолетний опыт работы института в условиях многотемного сетевого планирования и внутриинститутского хозрасчета. Были разработаны методики, инструкции и нормативные документы, благодаря которым разрозненные положения по планированию разработок, управлению ими и стимулированию труда коллективов подразделений и отдельных исполнителей сведены в единую систему.

Совершенствование планирования, управления и оценки деятельности подразделений и исполнителей, улучшение использования трудовых ресурсов стали возможными после разработки и внедрения трудовых нормативов выполнения тематических работ, типовой модели сетевых графиков с четким определением исполнителей и их взаимодействия в процессе работы.

В НИИ установлена четкая система плановых и отчетных показателей, ежеквартально анализируется и оценивается работа подразделений и отдельных исполнителей, рассчитывается себестоимость работ на основе нормируемой трудоемкости

и стоимости человеко-дня, установленного для каждого подразделения, дифференцированно начисляется премия.

Фонды экономического стимулирования и материального поощрения поставлены в прямую зависимость от технического уровня и экономической эффективности разработок, которые определяются специально созданной экспертной комиссией и рабочей группой. Разработано и внедрено временное положение (вторая редакция), в котором установлены порядок определения и оценки результатов работы за квартал и порядок расчета размеров материального поощрения тем и исполнителей. Использование этого положения на практике дает возможность правильно стимулировать научную деятельность коллектива, добиться наибольшей результативности труда исследователей и разработчиков. Работу по теме за квартал определяют следующие оценочные коэффициенты.

*Коэффициент выполнения плана*  $K_B$  в зависимости от процента выполнения плана принимает значения от 0 до 1,1. Перевыполнение плана засчитывается только при досрочном завершении этапа по госбюджетным работам, а по договорным — при условии финансирования перевыполненных работ заказчиком.

*Коэффициент выполнения обязательной номенклатуры*  $K_O$  исчисляется по формуле

$$K_O = \frac{H_B + 0,5 H_C}{H_{ПЛ}}$$

где  $H_B$  — работы, выполненные в срок;  $H_C$  — работы, выполненные с нарушением срока;  $H_{ПЛ}$  — работы обязательной номенклатуры по плану.

*Коэффициент выполнения плана по прибыли*  $K_{П}$ , получаемый с начала работ по теме,

$$K_{П} = \frac{\Pi_{ф}}{\Pi_{ПЛ}}$$

где  $\Pi_{ф}$  — прибыль, фактически полученная с начала работ по теме;  $\Pi_{ПЛ}$  — прибыль плановая, рассчитанная согласно нормативу.

*Коэффициент организационно-технического уровня*  $K_{оту}$  темы определяется по критериям, единым для всех тем.

*Коэффициент отчислений*  $K_{отч}$  по теме устанавливается согласно техническому уровню работ или экономическому эффекту, полученному у потребителя.

*Интегральный итоговый коэффициент*  $K_{инт}$  выражается как произведение перечисленных коэффициентов:

$$K_{инт} = K_B K_O K_{оту} K_{П} K_{отч}$$

Размер квартальной премии по теме рассчитывают исходя из среднего процента по НИИ с учетом итогового коэффициента по теме.

Коэффициент организационно-технического уровня работ, выполненных отделами-исполнителями, устанавливает главный конструктор, который может увеличить или уменьшить на 0,2 значение  $K_{оту}$ .

Премия по теме распределяется среди исполнителей дифференцированно, учитывая коэффициент исполнителя  $K_{исп}$  и заработную плату (по окладам) за фактически отработанное время.

Изменен порядок оценки и стимулирования деятельности функциональных и обслуживающих подразделений, размер премии которым рассчитывается на основе технико-экономических показателей выполнения всех тем и критериев, определяющих основные функциональные обязанности, установленные для каждого подразделения.

Одновременно с итогами по темам для присуждения классовых мест победителям в социалистическом соревновании определяются результаты работы отделов, которые оцениваются интегральным или итоговым коэффициентом

$$K_{инт.отд} = K_B K_O K_{э} K_{оту}$$

где  $K_{э}$  — коэффициент экономии (себестоимости работ).

Коллективы отделов, занявших классовые места, стимулируются дополнительно из фонда материального поощрения. Показатели работы по темам и отделам взаимосвязаны.

Первые результаты работы НИИ в новых условиях экономического стимулирования и материального поощрения показали эффективность и жизнеспособность новой системы.

Статья поступила 15 июня 1976 г.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ

*В. В. КРАМНЫЙ, Н. Н. СКВОРЦОВ*

**ПРЕДЛОЖЕНА ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ, УЧИТЫВАЮЩАЯ РЕАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ, СПЕЦИФИКУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ И ОРГАНИЗАЦИОННУЮ СТРУКТУРУ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.**

*УДК 658.016.4.001.57*

В основу современных научных методов планирования производственной деятельности положен системный принцип и, как выражение его, экономико-математическое моделирование [1]. Модель, отражающая сущность процесса, позволяет рассматривать различные варианты и находить наилучшие решения, дает возможность сопоставить общественные потребности в продукции и производственные возможности предприятия (объединения) с целью наиболее полного удовлетворения этих потребностей путем соответствующего распределения и использования ресурсов.

На базе одного из объединений отрасли разработана экономико-математическая модель производственного объединения с использованием преимуществ балансовых и оптимизационных методов планирования [2, 3] в условиях функционирования интегрированной системы машинной обработки данных [4].

При построении и реализации модели исключительно важное значение приобретает выбор состава и структуры информационной базы, отображающей реальные условия деятельности, специфику, технологическую и организационную структуру производства и управления предприятием.

Наиболее перспективной формой представления информации для экономико-математического моделирования предприятий электронной промышленности являются матричные информационные модели. Основное преимущество этих моделей в том, что существующие структура производства, технология, финансы и другие составляющие процесса производства отражаются в них во взаимной связи. В то же время матрицы описывают информационные

процессы на различных уровнях иерархии, а это позволяет взаимосвязанно решить комплекс вопросов балансового планирования для всех уровней производства: от цеха до межотраслевого баланса народного хозяйства [2, 5, 6]. Формальный принцип построения матричных моделей обеспечивает возможность создания единой системы расчетов. В то же время гибкость этих моделей позволяет использовать любые размерности и единицы измерения без изменения алгоритмов расчета.

Рассматривая производственное объединение электронной промышленности как сложную экономическую систему, необходимо выделить элементарные единицы системы. Наиболее целесообразно в качестве элементарной единицы рассмотреть такое структурное подразделение, как цех, поскольку он остается достаточно организационно устойчивым в условиях создания объединения, и система моделей, описывающая структурное подразделение, получается компактной, со сравнительно небольшой размерностью. Это позволяет применять уже имеющиеся методы и средства обработки данных [7]. В настоящее время основные подразделения на предприятиях отрасли можно разделить на три вида: производящие полуфабрикаты, выпускающие готовую продукцию, осуществляющие весь цикл производства изделия.

Сложившаяся технологическая и организационная структура наиболее полно отражается в информационной модели структурного подразделения (табл. 1). На основе этой таблицы строится матрица, строки которой представляют собой ресурсы структурного подразделения (цеха), столбцы — изделия, изготавливаемые цехом, дифференцирован-

Ресурсы цеха	Нормативная база											Технические характеристики				
	Изделие 1			Изделие 2				Изделие n				Количество	Стоимость	Фонд времени	Площадь	Источник поступления
	Комплект партия	Подготовка к окислению	...	Контроль кристалла	Промывка кристалла	Напайка	...	Упаковка	Герметизация	...	Контроль					
Оборудование основное	Время загрузки оборудования на каждой операции															
Оборудование вспомогательное	Время загрузки															
Инструмент производственный	Число на операцию. Норма износа															
Инструмент мерительный	Число на операцию. Норма износа															
Материалы основные	Количество на операцию															
Материалы вспомогательные	Количество на операцию															
Трудовые ресурсы	Время на операцию и расценка															

ные по технологическим операциям (распределение ресурсов). Такое расположение информации позволяет достаточно легко математически описать производственные возможности цеха по изготовлению изделий: информация первой части — "Нормативная база" после элементарных преобразований превращается в систему линейных уравнений, описывающих производственную возможность цеха. Модель учитывает один из основных показателей производства изделий электронной техники — процент выхода годных приборов (коэффициент запуска). Вторая часть таблицы "Технические характеристики" включает описание количественных и качественных характеристик каждого элемента ресурса.

Заменяя отдельные строки, столбцы или подматрицы, можно отразить в матрице любые изменения, происходящие в производстве. Алгоритм обработки информации при этом остается прежним, что позволяет учитывать изменения технико-экономических показателей, сохраняя взаимосвязь между составляющими.

Матричная информационная модель всего объединения (табл. 2) создается на основе агрегирования информации матричных информационных моделей структурных подразделений. В ней отражаются производственные взаимосвязи основных и вспомогательных подразделений, а также наличие и использование ресурсов объединения.

Матричные информационные модели создаются и заносятся в память ЭВМ с помощью специальных машинных программ на основе существующих массивов информации и хранятся в качестве промежуточных массивов, в которые можно внести все текущие изменения производства.

При построении экономико-математической модели объединение рассматривается как сложная система и в то же время как подсистема еще более сложной системы-отрасли. Цель деятельности подсистемы, выраженная производственной программой, должна максимально способствовать достижению цели системы, находящейся на высшей ступени иерархии.

При определении производственной программы объединения электронной промышленности могут встретиться два случая. Во-первых, каждое структурное подразделение ориентировано на производство своей, присущей только ему, продукции, и никакие другие подразделения эту продукцию не выпускают. В данном случае оптимизация деятельности объединения сводится к расчетам системы оптимальных производственных программ структурных подразделений. Во-вторых, существуют два или несколько структурных подразделений, изготавливающих один и тот же вид продукции. В этом случае появляется большое число вариантов распределения производства этой продукции между соответствующими структурными подразделениями. Выбор наилучшего варианта распределения осуществляется с помощью модели объединения.

Назовем продукцию, которую можно изготовить в различных структурных подразделениях, *пересекающейся* продукцией (по аналогии с понятием "пересечение" из теории множеств). Модель объединения составляется только для пересекающейся продукции, а остальная продукция рассчитывается на моделях структурных подразделений. С нашей точки зрения критерием деятельности объединения могло бы служить количественное выраже-

## ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОБЪЕДИНЕНИЯ

Производство			Потребление										Технические и экономические характеристики								
			Основные цехи					Вспомогательные цехи					Накладные расходы	Директивное задание	Коэффициент значимости	Приоритет продукции	Себестоимость	...	Прибыль		
			Цех 1		...		Цех k		Цех 1		...									Цех p	
			Изделие 1	...	Изделие k	...	Изделие 1	...	Изделие k	Услуга 1	...	Услуга k								...	Услуга 1
Основные цехи	Цех 1	Изделие 1	...	Изделие k																	
	...	...	...	...																	
Вспомогательные цехи	Цех k	Изделие 1	...	Изделие k																	
	...	...	...	...																	
Вспомогательные цехи	Цех 1	Услуга 1	...	Услуга p																	
	...	...	...	...																	
	Цех p	Услуга 1	...	Услуга p																	
	...	...	...	...																	
Оборудование																					
Сырье, материалы, полуфабрикаты, энергия																					
Трудовые ресурсы																					
Прочие данные																					

ние степени удовлетворения общественной потребности в продукции объединения. Данный критерий можно реализовать при программно-целевом методе управления экономикой отрасли. Модель дает возможность рассчитывать варианты производственной программы по критериям, сопоставляя потребности в продукции и производственные возможности предприятия. Эти величины можно ввести в модель в качестве ограничений. Таким образом, экономико-математическая модель предприятия должна состоять из целевой функции, выражающей критерий деятельности объединения, и ограничений, описывающих общественную потребность на продукцию и производственную возможность объединения.

Математическое описание целевых функций и ограничений необходимо начинать с модели высшей ступени иерархии — объединения [8]. В ней должны найти отражение особенности объединения как сложной экономической системы в рамках отрасли. Рассматривая объединение как качествен-

но новый тип социалистического предприятия, необходимо отразить в математических выражениях преимущества концентрации, получаемые в результате устранения внешних связей между объединенными подразделениями и превращения их во внутренние (в модели эти преимущества учитываются комплексным описанием определенных видов ресурсов без дифференциации их по принадлежности к отдельным группам структурных подразделений) и углубления специализации (в модели определяются такие структурные подразделения, где соответствующие виды изделий изготавливаются с наибольшей производительностью труда и эффективностью).

В условиях объединения границы использования ресурсов значительно расширяются за счет централизации, возможностей взаимозаменяемости и маневрирования в их распределении.

Для формализации критерия, оценивающего деятельность объединения с точки зрения удовлетворения общественных потребностей, необходимы ко-

личественные характеристики каждого вида продукции —  $T_i$ .

Выражение

$$\max \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m T_i x_{ij} \quad (1)$$

характеризует возможность максимального удовлетворения потребностей при изготовлении продукции за счет выпуска тех изделий, которые в большей степени соответствуют данному критерию. Здесь  $x_{ij}$  — число изделий вида  $i$ , изготовленных в подразделении  $j$ ;  $m$  — число изделий, рассматриваемых в расчете;  $n$  — число структурных подразделений. Если коэффициент  $T$  соответствует цене прибыли от единицы продукции  $i$ , то выражение (1) реализует критерий, максимизирующий объем реализации или прибыли соответственно.

Для математического описания критерия, минимизирующего общие издержки при производстве продукции, необходима информация о фактической себестоимости  $c_{ij}$  пересекающейся продукции в структурном подразделении  $j$ :

$$\min \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m c_{ij} x_{ij} \quad (2)$$

Решением этой функции будет производственная программа, в соответствии с которой производство продукции распределяется между подразделениями так, что суммарная себестоимость всех изделий будет минимальной. Критерий, требующий наибольшей фондоотдачи, можно реализовать на базе моделей структурных подразделений, где легче учесть и выявить резервы использования оборудования.

Требуемое количество изделий вида  $i$  выразится математически:

$$r_i \geq x_i \geq R_i \quad (3)$$

где  $r_i$  — спрос на продукцию вида  $i$ , который не превышает значения  $r$  и не обязательно должен быть удовлетворен полностью;  $R_i$  — количество продукции  $i$ , которое необходимо изготовить в условиях объединения в размере не меньше  $R$ .

Выражения, описывающие производственные возможности объединения, отражают тесную взаимосвязь ресурсов и выпускаемой продукции:

$$\begin{aligned} x_{1j} &= f(x_{2j}, x_{3j}, \dots, x_{kj}, \Phi_{1j}, \Phi_{2j}, \dots, \Phi_{tj}); \\ x_{2j} &= f(x_{1j}, x_{3j}, \dots, x_{kj}, \Phi_{1j}, \Phi_{2j}, \dots, \Phi_{tj}); \\ x_{kj} &= f(x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{k-1j}, \Phi_{1j}, \Phi_{2j}, \dots, \Phi_{tj}), \end{aligned} \quad (4)$$

где  $x_{ij}$  — количество  $i$  продукта, которое можно изготовить в подразделении  $j$  в зависимости от

уже изготовленных  $k-1$  видов продукции и имеющихся в подразделении видов ресурсов  $\Phi_1 \dots \Phi_t$ ;  $k$  — число видов продукции, которые может производить данное подразделение в плановом периоде;  $t$  — число видов ресурсов, участвующих в производстве изделий.

Таким образом, имея математическое описание критериев достижения цели, общественных потребностей в продукции и производственных возможностей объединения (выражения (1), (2), (3) и (4) соответственно), можно сформировать задачу расчета производственной программы объединения.

Различные варианты производственной программы для структурного подразделения тоже могут быть получены по критериям, максимизирующим удовлетворение общественной потребности в продукции подразделения, объем реализации, прибыль — см. выражение (1).

Общественная потребность в продукции подразделения описывается ограничениями вида (3), а производственные возможности по каждому виду ресурсов — ограничением (4).

На уровне структурного подразделения целесообразно использовать критерий, максимизирующий загрузку оборудования. В соответствии с выражением

$$\max \sum_{i=1}^m \sum_{\theta=1}^l t_{i\theta} x_i$$

рассчитывается производственная программа. В этом выражении  $t_{i\theta}$  — время загрузки оборудования вида  $\theta$  при производстве изделия  $i$ ;  $l$  — число видов оборудования. Ограничения (4) описаны в неявной форме. Конкретизируем их для структурного подразделения. Если в подразделении имеется  $l$  видов оборудования ( $\theta = 1, \dots, l$ ), требующих  $t_{i\theta}$  затрат машинного времени на оборудование  $\theta$  при производстве единицы продукции, а  $\Phi_{\theta}$  — действительный фонд времени работы оборудования вида  $\theta$ , то производственные возможности подразделения по основному оборудованию получают выражение

$$\sum_{i=1}^m t_{i\theta} x_i \leq \Phi_{\theta} \quad (5)$$

Если трудоемкость изготовления единицы  $i$ -го изделия по  $r$ -й профессии обозначим  $Q_{ir}$ , а действительный фонд времени рабочих —  $b_r$ , то ограничение по численности основных производственных рабочих примет вид

$$\sum_{i=1}^m Q_{ir} x_i \leq b_r \quad (6)$$

Ограничение по фонду заработной платы мож-  
но выразить так:

$$\sum_{i=1}^m \left( \sum_{r=1}^c z_{ir} k_{ir} \right) x_i \leq z, \quad (7)$$

где  $z_{ir}$  — расценка на изготовление единицы изде-  
лия  $i$  по профессии  $r$ ;  $k$  — коэффициент, учиты-  
вающий процент премии по изделию  $i$ ;  $z$  — годовой  
фонд заработной платы;  $c$  — число профессий.

Производственные возможности подразделения  
по дефицитным материалам описываются выраже-  
нием

$$\sum_{i=1}^m f_{id} x_i \leq F_d, \quad (8)$$

где  $f_{id}$  — норма расхода материала вида  $d$  на еди-  
ницу изделия;  $F_d$  — количество материала  $d$ , рас-  
считанного на производственную программу.

В расчет можно ввести все ограничения или  
часть их. В общем случае модель расчета производ-  
ственной программы структурного подразделения  
запишется в виде

$$\max \sum_{i=1}^m T_i x_i \quad \text{или} \quad \max \sum_{i=1}^m \sum_{\theta=1}^l t_{i\theta} x_i \quad \text{при}$$

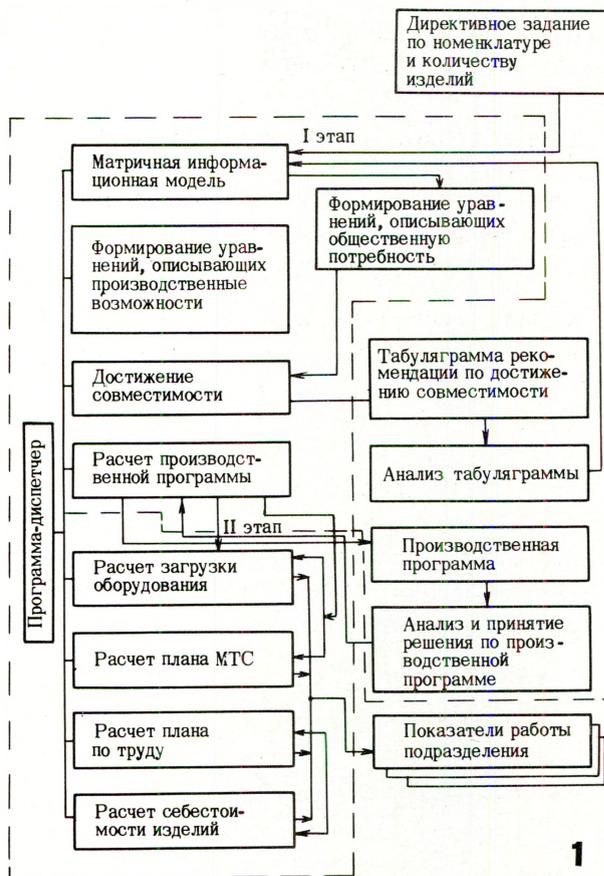
ограничениях:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m t_{i\theta} x_i &\leq \Phi_{\theta}; & \sum_{i=1}^m Q_{ir} x_i &\leq b_r; \\ \sum_{i=1}^m \left( \sum_{r=1}^c z_{ir} k_{ir} \right) x_i &\leq z; & \sum_{i=1}^m f_{id} x_i &\leq F_d. \end{aligned} \quad (9).$$

Описанные модели расчета производственной  
программы, хоть и позволяют обоснованно опреде-  
лить цель деятельности соответствующего объек-  
та, но не могут считаться полными экономико-ма-  
тематическими моделями этих объектов, так как  
для описания деятельности подразделения или все-  
го объединения необходимо рассчитать много дру-  
гих экономических показателей.

Комплексная экономико-математическая мо-  
дель структурного подразделения состоит из ин-  
формационной базы — матричной информационной  
модели структурного подразделения и последова-  
тельности программ, в которых заложены алгорит-  
мы обработки информации в соответствии с требо-  
ваниями экономических расчетов (рис. 1). Расчет  
на модели осуществляется методом последователь-  
ных приближений. Директивное задание по номен-  
клатуре и количеству изделий записывается в мат-  
ричную информационную модель, в которой форми-  
руются уравнения-ограничения, описывающие про-

СХЕМА КОМПЛЕКСНОЙ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ  
СТРУКТУРНОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ



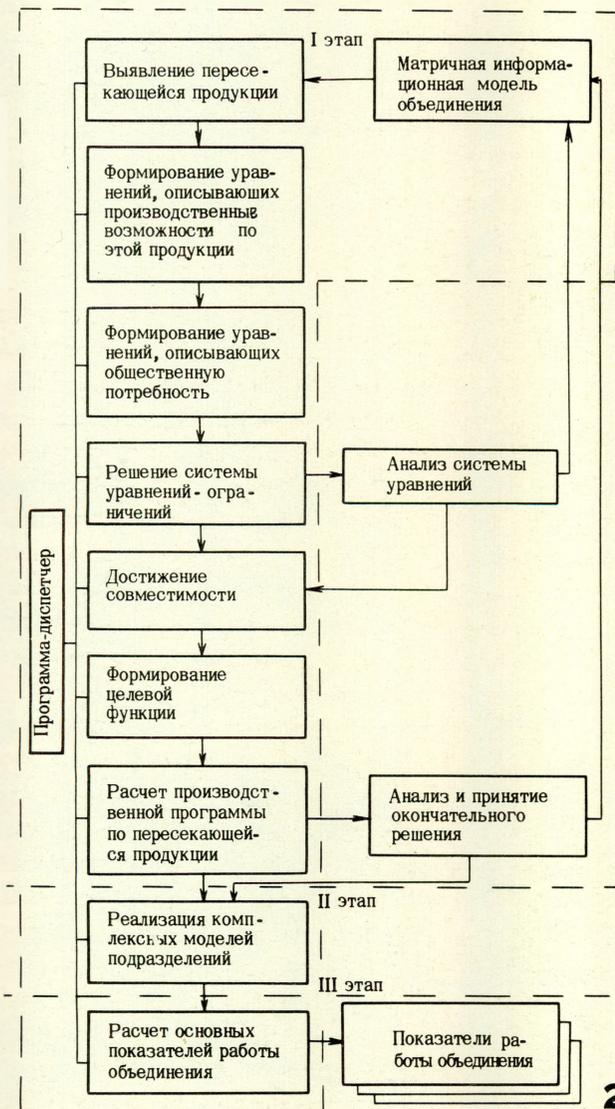
изводственные возможности подразделения и об-  
щественную потребность на продукцию. Получен-  
ную систему уравнений необходимо проверить на  
совместимость, так как вполне возможен случай,  
когда директивное задание по производству про-  
дукции превышает возможности подразделения. При  
несовместимости уравнений в табуляграмме печат-  
аются наименования ресурсов и их количество,  
недостающее для выполнения производственной  
программы. Табуляграмма анализируется, изыска-  
ются возможности приобретения недостающих ре-  
сурсов, которые затем заносятся в матричную ин-  
формационную модель, и описанные процессы обра-  
ботки информации повторяются.

Если достичь совместимости невозможно, то  
ставится вопрос перед соответствующими служба-  
ми объединения об изменении директивного зада-  
ния, после чего осуществляется оптимизационный  
расчет производственной программы в соответст-  
вии с выбранным критерием. В результате расче-  
та выдается табуляграмма "Производственная про-  
грамма", но она еще не является окончательным ре-  
шением, поскольку в модели производственной про-  
граммы невозможно формализовать всех факторов,  
от которых зависит ее выполнение (например, та-  
ких, как социальный климат подразделения и др.).

Поэтому окончательное решение по производственной программе принимается с учетом неформализованных факторов. На этом заканчивается I этап расчетов на модели, ограниченный выбором цели деятельности подразделения на планируемый период. На II этапе по известным алгоритмам рассчитываются показатели использования оборудования, плана материально-технического снабжения, по труду и заработной плате, плановая себестоимость выпускаемых изделий. Окончательные результаты расчетов, выдаваемые в виде таблицы, являются официальными плановыми документами. Расчеты на модели осуществляются в системе интегрированной обработки данных под руководством специальной программы-диспетчера.

Таким образом, экономико-математическая модель позволяет рассчитывать производственную программу и экономические показатели в различных ситуациях деятельности структурного подразделения.

СХЕМА КОМПЛЕКСНОЙ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕДИНЕНИЯ



Методика расчетов комплексной экономико-математической модели объединения (рис. 2) в основном аналогична методике расчетов модели структурного подразделения. На I этапе формируется задание для структурных подразделений объединения. На II этапе расчеты ведутся на моделях каждого структурного подразделения, позволяющих полнее выявить и учесть имеющиеся в подразделениях резервы. На III этапе рассчитываются сводные показатели объединения, которые выдаются в виде таблицы. В настоящее время модель структурного подразделения проверена на ЭВМ "Минск-32".

Данная модель позволяет рассчитывать различные варианты изменения производственных возможностей объединения при изменении общественной потребности на его продукцию.

Решение этой проблемы приобретает особую актуальность в условиях перехода к генеральной схеме управления отраслью, осуществляемого на основе дальнейшей концентрации производства.

Использование экономико-математической модели дает возможность управлять процессом концентрации производства в условиях создания объединений, достигая рационального сопряжения мощностей производственных единиц по размеру и профилю их специализации.

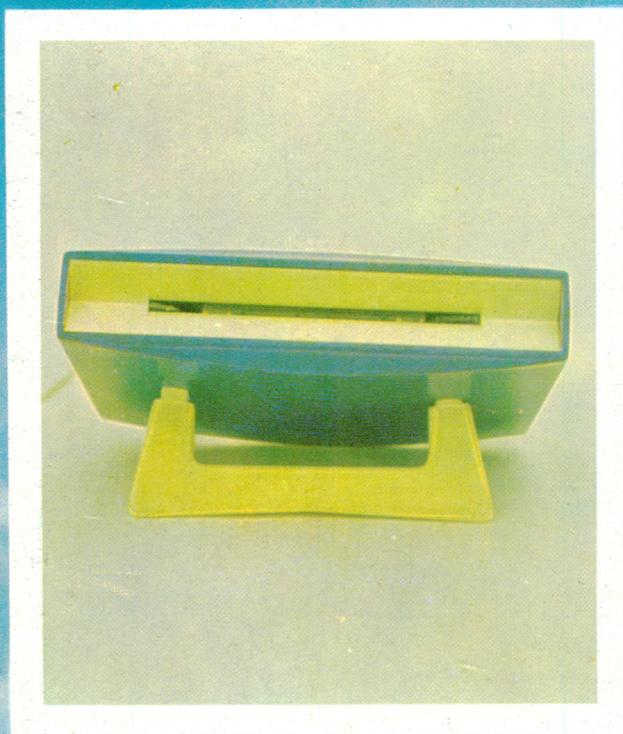
#### ЛИТЕРАТУРА

1. Скворцов Н.Н. Формирование производственной структуры, объединения и обоснования системы плановых показателей. Львов, "Знание", 1972.
2. Данилин В.И. Комплекс моделей внутризаводского планирования. - В кн.: Экономико-математические методы и модели планирования и управления. М., "Знание", 1973.
3. Завельский М.Г. Оптимальное планирование на предприятии. М., "Наука", 1970.
4. Барский А.Д. и др. Принципы построения интегрированных систем обработки данных. - "Экономика и математические методы", 1971, т. VII, вып. 4.
5. Волошин Н.И. Система матричных моделей внутризаводского планирования. В кн.: Применение математики в экономике. Т. III. М., "Мысль", 1965.
6. Исаев Б.В. Интегрированные балансовые системы в анализе и планировании экономики. М., "Наука", 1969.
7. Данилин В.И. Экономико-математические модели годового планирования на предприятии. М., "Наука", 1975.
8. Черняк Ю.И. Информация и управление. М., "Наука", 1974.

Статья поступила 9 апреля 1976 г.

# ИОНИЗАТОР ВОЗДУХА «РИГА»

ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ ИОНИЗАЦИИ ВОЗДУХА В ЖИЛЫХ И СЛУЖЕБНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ



Концентрация отрицательных аэроионов  
на расстоянии 0,5 м от  
излучателя, эл.зар/см<sup>3</sup> . . . . .  $\geq 1 \cdot 10^5$   
Напряжение питания . . . . . 220 В  
Потребляемая мощность . . . . . 0,5 Вт  
Напряжение на коронирующем электроде . . 3,5 кВт  
Напряжение на добавочном электроде . . . 1,4 кВт  
Габариты . . . . . 125x145x80 мм  
Масса . . . . . 0,5 кг

# ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗРАБОТКИ МЕТОДЫ РАСЧЕТОВ

- 20** Сплавы с термомеханической памятью в электронной технике
- 24** Пленки  $\text{CoSi}$  — возможный конкурент гранатовых пленок при построении ЗУ
- 26** Матричные структуры отображения информации на основе эпитаксиальных пленок гранатов
- 28** Оптимизация процесса напыления фоточувствительных пленок
- 31** Принципы проектирования микроэлектронной аппаратуры
- 36** Конструирование управляющих вычислительных комплексов на основе бескорпусных БИС

# 19

# СПЛАВЫ С ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ПАМЯТЬЮ В ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКЕ

О. К. БЕЛОУСОВ, В. Я. ГАНЕЛИН, А. К. ИВАНОВА, Е. К. КОВШИКОВ, И. И. КОРНИЛОВ

**РЯД ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ Ni, Ti, Fe, Co И НЕКОТОРЫХ ДРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОБЛАДАЕТ ЭФФЕКТОМ ЗАПОМИНАНИЯ ФОРМЫ, ЧТО ПОЗВОЛЯЕТ СОЗДАВАТЬ НА ИХ ОСНОВЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ, ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МИКРОСХЕМ, ДВИГАТЕЛИ С НЕРАСХОДУЕМЫМ РАБОЧИМ ТЕЛОМ И САМЫЕ РАЗНООБРАЗНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЕЙ ТЕХНИКИ.**

УДК 621.315.592.4

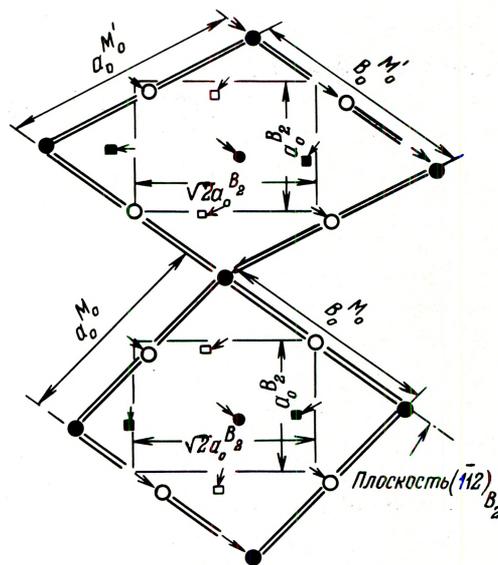
Исследования интерметаллических соединений показали, что некоторые из них обладают уникальным свойством — "эффектом памяти", которое проявляется в изменении механических свойств материала при воздействии температур.

Существующие гипотезы о природе этого явления подробно изложены в работах [1–4]. Большинство исследователей полагает, что в основе "эффекта памяти" лежит механизм термоупругого мартенситного превращения материала [2, 4–9], сущность которого заключается в следующем: при охлаждении происходит образование ориентированной низкотемпературной фазы (мартенсита), которая при нагреве превращается в исходную, стабильную при высокой температуре структуру, уничтожая пластическую деформацию, полученную в низкотемпературной фазе.

Детальное исследование [2, 5] многочисленных дифракционных картин фольги из никелида титана (сплав Ni – Ti с 55% Ni) — материала, обладающего "эффектом памяти", позволило выявить механизм преобразований, происходящих в сплаве. При деформациях исходная структура никелида титана, обозначаемая  $B_2$ , превращается в два различных вида мартенсита  $M_0$ ,  $M'_0$ , имеющих параметры  $a_0$ ,  $b_0$ , причем это превращение полностью обратимо при нагреве образца до температуры выше критической.

На рис. 1 показано движение атомов, образующих дифракционную картину обоих видов мартенсита. Перестройка кристаллической решетки происходит за счет сдвигов по плоскости  $(\bar{1}12)_{B_2}$ . Вследствие сдвига над плоскостью  $(\bar{1}12)_{B_2}$  исходная фазы превращается в моноклинную структуру

с элементарной ячейкой  $M'_0$ , а в результате сдвига ниже этой плоскости происходит превращение исходной фазы в моноклинную с элементарной ячейкой  $M_0$ . Если два вида мартенсита имеют

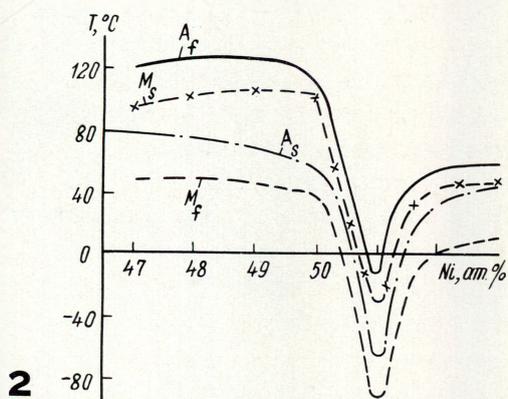


- — атомы Ti в плоскости чертежа; □ — атомы Ti ниже или выше плоскости чертежа;
- — атомы Ni в плоскости чертежа; ■ — атомы Ni ниже или выше плоскости чертежа

1

одинаковую ширину элементарной ячейки  $C_0^{M'_0} = C_0^{M_0} = \sqrt{2}a_0^{B_2}$ , то сдвиги почти полностью компенсируют друг друга. При отсутствии напряжения сдвига ничто не мешает обоим видам мартенсита возвратиться в свою первоначальную фазу, при этом деформации скольжения, двойникования и другие не наблюдаются.

При исследовании свойств никелида титана было установлено [10], что температуру, при которой проявляется эффект запоминания формы, можно изменять незначительным изменением состава NiTi (рис. 2), причем наблюдается разница в температурах начала ( $A_s, M_s$ ) и конца ( $A_f, M_f$ ) мартенситного превращения (кривые  $A$  получены при нагреве, кривые  $M$  — при охлаждении образцов).

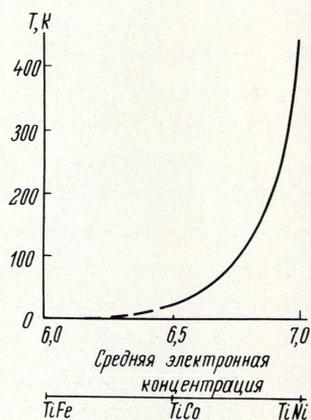


2

Избыточное количество Ni способствует образованию фазы  $TiNi_3$ , которая мешает нормальному росту кристаллов  $TiNi$ . Кроме того, малые количества нерастворимых примесей, таких, как  $TiNi_3$ ,  $Ti_4Ni_2O$ ,  $Ti_4Ni_2NTiC$ , ухудшают физико-механические свойства никелида титана.

Изучение ряда элементов Периодической системы Менделеева (Ti, Fe, Co, Ni, Zr, Ru, Rh, Pd, Hf, Os, Ir, Pt) и их сплавов [11] свидетельствует о наличии у них таких же свойств запоминания формы, которыми обладает никелид титана.

Зависимость температуры мартенситного превращения для соединений  $TiNi$ ,  $TiCo$ ,  $TiFe$  [12], а также для промежуточных трехкомпонентных сплавов  $TiNi Co_{1-x}$  и  $TiCo Fe_{1-x}$  от средней электронной концентрации (рис. 3) показывает, что сплавы Ti с Co и Fe дают более низкие температуры мартенситного превращения по сравнению со сплавом NiTi.

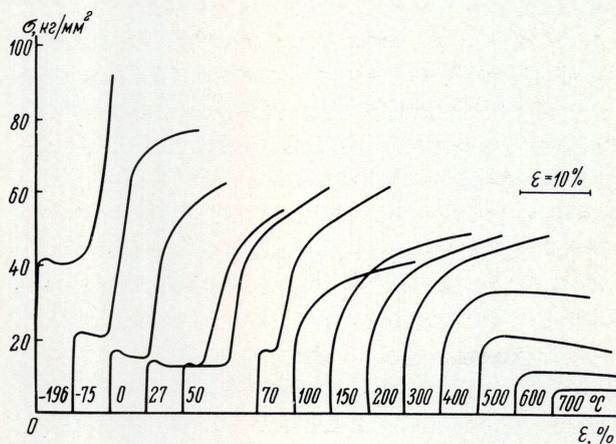


3

Что касается соединений  $ZrRu$ ,  $ZrRh$ ,  $ZrPd$ , а также  $HfOs$ ,  $HfIr$ ,  $HfPt$ , то они ведут себя так же, как и ряд  $TiFe$ ,  $TiCo$ ,  $TiNi$ . Но трехкомпонентные сплавы, например  $ZrPd Rh_{1-x}$ ,  $HfPt Ir_{1-x}$ , имеют повышенные критические температуры.

Для рассмотренных интерметаллических соединений критическая температура в зависимости от состава лежит в пределах от  $-273$  до  $+717^\circ C$ .

Механические свойства никелида титана еще мало изучены. Кривые растяжения, полученные в интервале температур от  $-196$  до  $+700^\circ C$  [9], имеют три характерных температурных интервала (рис. 4). В пределах температур от  $-196$  до  $+70^\circ C$  наблюдается четко выраженная зона текучести и незначительное снижение напряжения в этой зоне при деформации 4–7%. В зоне упрочнения определяются высокие напряжения при деформациях от 15 до 40%. В зоне температур от 100 до  $400^\circ C$  зона текучести исчезает.



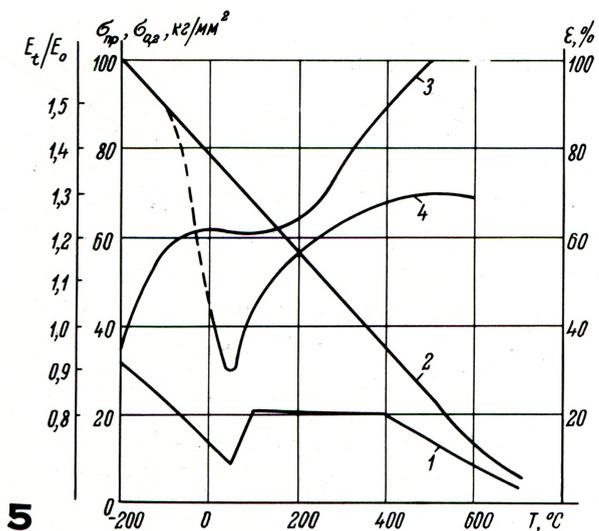
4

При температуре выше  $400^\circ C$  наблюдаются низкие напряжения при большом относительном удлинении.

Температурные зависимости предела текучести, прочности, удлинения и модуля упругости приведены на рис. 5 (кривые 1, 2, 3, 4 соответственно). Следует отметить аномальное поведение предела текучести, обнаруживающего локальный минимум при комнатной температуре и постоянство его в пределах  $100-400^\circ C$ . Предел прочности с увеличением температуры уменьшается по линейному закону. Удлинение имеет тенденцию к увеличению с повышением температуры. Необычно высокая пластичность наблюдается при температурах ниже  $-100^\circ C$ . Модуль упругости имеет ярко выраженный минимум при комнатной температуре.

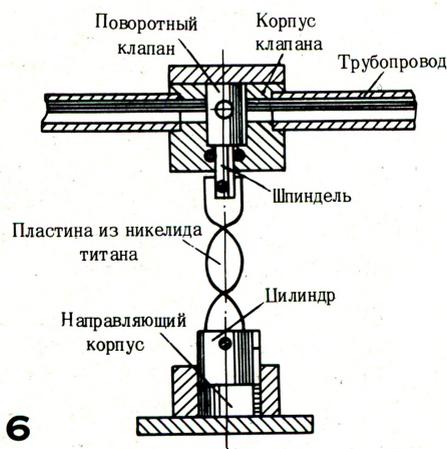
Несмотря на то, что конструкционные и эксплуатационные свойства сплавов, обладающих "эф-

фектом памяти", еще недостаточно изучены, уже запатентован ряд устройств, работа которых основана на этом принципе.



5  
Особенностью клапанного устройства [13] является наличие детали, выполненной из никелида титана (содержание Ni от 53,5 до 56,5%), деформированной при температуре ниже температуры мартенситного превращения. Эта деталь при собственном нагревании выше температуры мартенситного превращения и наступающей при этом обратной деформации (восстановлении формы) приводит в действие клапан.

На рис. 6 показан трубопровод с поворотным клапаном (изображен в закрытом положении), открывающимся за счет распрямления пластины из никелида титана, скрученной при температуре ниже температуры мартенситного превращения.

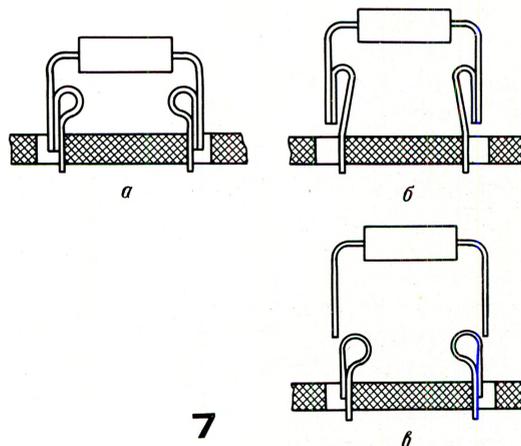


6  
Описанное клапанное устройство может найти применение как элемент автоматического управления в гидросистемах охлаждения, в особенности аварийного, пожаротушения и т.п. Работать как реверсивная система такой клапан не может.

Для обеспечения реверсивности работы устройства сконструирован привод, в котором полоса из никелида титана, закрепленная между двумя неподвижными опорами, имеет два участка: прямой отрезок и скрученный при температуре ниже температуры мартенситного превращения. В середине полосы закреплен указатель, являющийся исполнительным механизмом. Если второй отрезок нагреть выше температуры мартенситного превращения, то он, распрямляясь, закручивает первый и поворачивает указатель. При следующем такте работы наоборот нагревается первый отрезок, который, распрямляясь, поворачивает указатель в обратном направлении и закручивает второй. Далее цикл повторяется.

Этот способ реверсивного преобразования тепловой энергии в механическую можно применять, например, для дистанционного управления биполярным переключателем в системах автоматического управления.

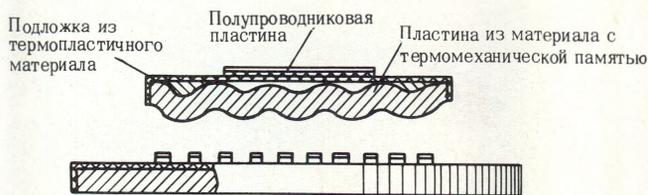
Эффект запоминания формы изделиями из никелида титана использован в целях упрощения демонтажа ИС и снижения тепловых воздействий на микросхемы [14]. ИС закрепляется пайкой на монтажной плате, выводы которой выполнены из никелида титана, обработанного при температуре выше температуры мартенситного превращения для запоминания формы, показанной на рис. 7, а.



7  
Сплав и припой подобраны таким образом, что температура плавления припоя лежит в области температуры мартенситного превращения никелида титана. В случае необходимости демонтажа ИС механическим усилием, направленным вверх от лицевой поверхности платы, корпус микросхемы переводят в положение, удобное для подведения тепла, требуемого для расплавления припоя (рис. 7, б). При расплавлении припоя вывод платы, благодаря эффекту запоминания формы, возвращается в исходное положение (рис. 7, а).

Уникальные свойства материала привлекли внимание и разработчиков технологического оборудования для производства полупроводниковых микросхем. Описано несколько вариантов использования материалов с термомеханической памятью для изготовления элементов установок для ломки и ориентированного разделения полупроводниковых пластин [15]. В устройстве для ломки кристаллов используется мембрана из материала с термомеханической памятью, на которую приклеивается полупроводниковая пластина, плотно прижимаемая к мембране упругой термопластичной пленкой. При нагреве мембрана принимает куполообразную форму, что приводит к ломке предварительно скрайбированной пластины. Дальнейшая тепловая обработка не позволяет термопластичной прижимной пленке вернуться в первоначальное положение. После ее снятия кристаллы остаются на куполообразной мембране. Клей, который удерживает кристаллы на мембране, дает возможность снимать кристаллы вакуумным захватом.

В устройстве для ориентированного разделения полупроводниковых пластин в горизонтальной плоскости пластина из материала с термомеханической памятью имеет гофрированную поверхность (рис. 8), площадь которой при нагреве выравнивается, в результате чего происходит разделение полупроводниковой пластины на кристаллы.



8

Предсказать все возможные области применения материалов с термомеханической памятью трудно.

В настоящее время представляется наиболее целесообразным использование "эффекта памяти" для прямого преобразования тепловой энергии в механическую. Весьма эффективными могут быть простые и надежные двигатели с нерасходуемым твердым рабочим телом. Выдан патент [16] на применение никелида титана в изделиях для космоса.

Уникальные свойства сплавов, обладающих "эффектом памяти", несомненно будут способствовать поиску принципиально новых конструкторских решений при создании устройств во многих областях науки и техники.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Апаев Б.А., Вороненко Б.И. Эффект запоминания формы сплава. — "Митом", 1973, № 1.
2. Marcinkowski M.J., Sastri A.S., Koskima ki D. — "Phil. mag.", 1968, v. 18.
3. Дудкина Л.П., Корнилов И.И. Исследования диаграммы равновесия системы TiNi—TiFe. — "Изв. АН СССР", сер. "Материалы", 1967, № 4.
4. Сплавы, запоминающие геометрическую форму. — "Митом", 1975, № 10.
5. Sastri A.S., Marcinkowski M.J., Koskima ki D. Nature of the Ni—Ti Martensite Transformation. — "Phys. stat. sol.", 1968, v. 25, k 67.
6. Sastri A.S., Marcinkowski M.J. Deformation Behavior in the near-equiatomic Ni—Ti alloys. — "Trans. AIME", 1968, v. 242.
7. Wasilewski R.J., Butler S.R., Hanlon J.E. On the martensite Transformation in TiNi. — "Metal Sci. J.", 1967, v. 1.
8. Buchler W.I., Wang F.E. A summary of Recent Research on the nitinol alloys and their patent application in ocean engineering. — "Ocean Eng.", 1968, v. 1.
9. Rozner A.G., Wasilewski R.J. Tensile Properties of NiAl and NiTi. — "J. of the Inst. of Metals", 1966, v. 94.
10. Корнилов И.И., Качур Е.Е., Белоусов О.К. Дилатометрическое исследование в соединении TiNi. — "ФММ", 1971, т. 32, № 2.
11. Патент США, 3558369, кл. C22т 1/18; C22с 15/00, опубли. 15 июня 1969 г.
12. Качур Е.В., Корнилов И.И., Белоусов О.К. Взаимодействие в тройной системе металлов TiFe—TiCo—TiNi. — "ДАН", 1970, т. 193, № 5.
13. Патент Швейцарии, 451599, кл. F03g, G01k, опубли. 5 апр. 1966 г.
14. Патент США, 3558618, кл. H05к 1/18, H05к 3 (34), опубли. 2 марта 1970 г.
15. Патент США, 3707760, кл. B23р 17/00, 19/00, опубли. 2 янв. 1973 г.
16. Патент США, 1116158, кл. B64g 1/00, опубли. 6 июня 1968 г.

Статья поступила 4 февраля 1976 г.

## НОВАЯ КНИГА

### НАТУРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

Э. П. ШМИДТ

М., "Сов. радио", 1976, 136с. с ил.

На основе обобщения десятилетнего опыта организации и проведения исследований влияния климатических факторов на эксплуатационные показатели электронных приборов сформулированы принципы системного подхода к методологии натуральных испытаний, которые позволяют сократить временные и материальные затраты и получить информацию, необходимую для обеспечения заданного уровня качества аппаратуры.

Рассмотрены вопросы планирования, выбора условий, методов и средств проведения натуральных испытаний. Приведены эффективные методы обработки и анализа экспериментальных данных и построения физико-математических моделей.

Книга рассчитана на широкий круг читателей, занимающихся разработкой, изготовлением, испытаниями и применением радиоэлектронных приборов.

# ПЛЕНКИ CoGd – ВОЗМОЖНЫЙ КОНКУРЕНТ ГРАНАТОВЫХ ПЛЕНОК ПРИ ПОСТРОЕНИИ ЗУ

В порядке обсуждения

А. К. БАРАНОВ, М. И. ГРИШЕЧКИН, Ю. Д. ЗАВАРЦЕВ

**АМОРФНЫЕ ПЛЕНКИ CoGd, ПОЛУЧЕННЫЕ ВАКУУМНЫМ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫМ ИСПАРЕНИЕМ, ОБЛАДАЮТ СВОЙСТВАМИ, АНАЛОГИЧНЫМИ СВОЙСТВАМ ПЛЕНОК, ПОЛУЧАЕМЫХ КАТОДНЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ, И МОГУТ РАССМАТРИВАТЬСЯ В КАЧЕСТВЕ ЗАПОМИНАЮЩЕЙ МАГНИТНОЙ СРЕДЫ.**

УДК 681.327.2:621.318.1

Аморфные пленки на основе сплавов редкоземельных элементов и переходных металлов являются перспективной средой с ЦМД, способной конкурировать с гранатовыми пленками [1]. Меньший размер ЦМД в этих пленках обеспечивает дальнейшую миниатюризацию устройств и снимает проблему дефектности подложек при изготовлении приборов.

Ниже рассмотрены некоторые свойства пленок CoGd, которые могут быть использованы в качестве магнитного носителя информации при создании ЗУ.

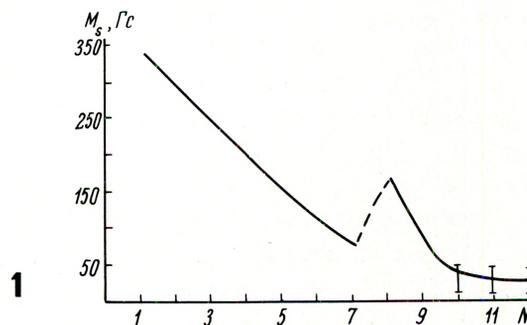
Для получения этих пленок было опробовано несколько методов. Испарение сплава CoGd с ленточных нагревателей из тугоплавких металлов оказалось безуспешным из-за высокой активности сплава, приводившей к разрушению нагревателей. Катодное распыление зачастую приводит к перегреву и окислению пленок.

Наиболее эффективным оказалось вакуумное напыление пленок CoGd с использованием электронно-лучевого испарителя. Подложками служили тонкие микроскопные стекла размером 80×80 мм, расстояние между испарителем и подложкой составляло 600 мм, радиационный нагрев последней не превышал 80°C. Сплав состава 57 Co 43 Gd (вес. %) в форме цилиндра диаметром 20 мм подавался в зону нагрева по мере испарения. Напыление проводилось в вакууме  $6 \cdot 10^{-6}$  мм рт.ст., мощность электронного луча 3,5 кВт обеспечивала скорость напыления пленки около 10 Å/с. Как показали исследования, состав пленок в начале процесса испарения из-за разности давления паров Co и Gd отличался от состава исходного сплава. Так как эффективное отношение давления паров  $P_{Co}/P_{Gd} = 2$ , то начальный состав пленок при испарении указанного выше сплава должен быть 73 Co 27 Gd,

а затем постепенно изменяться за счет обеднения зоны сплава путем испарения более летучего компонента до достижения предельных значений: для пленки – 57 Co 43 Gd, для зоны расплава – 40 Co 60 Gd.

За один цикл напыления получали серию последовательно сменявших друг друга пленок толщиной 0,5–1,5 мкм переменного состава. Частичное маскирование подложки с перемещением маски в процессе напыления позволяло получать как суммарную пленку, так и отдельные ее слои.

Данные по оценке изменения намагниченности в такой серии пленок, полученные на магнетометре (рис. 1), свидетельствуют о высоком значении намагниченности ( $M_s \approx 400$  Гс) пленок, осажденных в начале процесса с последующим плавным снижением намагниченности в дальнейшем. Эти пленки обогащены Co, поэтому их температура компенсации  $T_{\text{комп}}$  ниже комнатной, а



температурный коэффициент намагниченности  $\partial M_s / \partial T > 0$ . При свободном подвесе в магнитном поле такие пленки ориентируются своей плоскостью вдоль направления поля. Пленки, полученные после длительного испарения сплава, обла-

дают намагниченностью, сравнимой с порогом чувствительности магнетометра ( $M_s \approx 30$  Гс), а при свободной ориентации они выстраиваются своей плоскостью перпендикулярно полю. Плоскости пленок, полученных в середине процесса напыления, ориентированы под разными углами к полю.

Наряду с плавным изменением намагниченности в серии пленок наблюдаются отдельные ее выбросы значительной амплитуды с последующим плавным снижением намагниченности. Вероятной причиной этого является колебание химического состава пленок, вызванное дискретной подачей сплава в зону испарения.

Используя полярный эффект Керра (увеличение установки  $100^\times$ , разрешающая способность до 3 мкм) на пленках с малой намагниченностью, удалось наблюдать доменную структуру. Теоретические оценки [2] показывают, что устойчивый размер ЦМД в средах с одноосной перпендикулярной анизотропией близок к толщине пленки. Поэтому непосредственное наблюдение ЦМД в пленках оказалось невозможным, а исследование проводилось для полосовых структур с шириной полос от 3 до

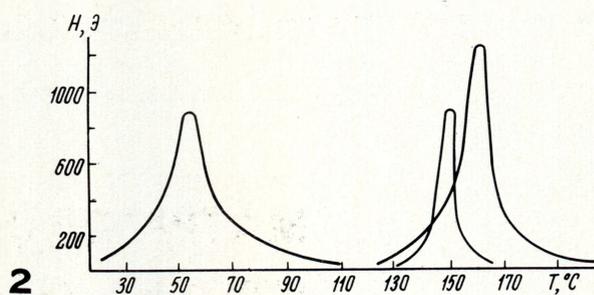
10 мкм (период полосовой структуры изменялся в широком диапазоне по площади подложки). Области вблизи края подложки, как правило, имеют укрупненную структуру, внутренние — могут различаться как периодом полос, так и температурой компенсации (температурой, при которой поля переключения достигают максимальных значений).

Из-за большой удаленности подложки от источника испарения причину значительной неоднородности доменной структуры пленки и температуры компенсации различных ее участков следует искать не в неоднородности химического состава пленки [3], а в других факторах, таких, как распределение температуры по подложке при напылении, угол падения потока и др.

Анализ отдельных слоев толщиной около  $4000\text{Å}$  показал, что их состав и свойства также варьируются в некотором диапазоне с разностью температур компенсации до  $50^\circ\text{C}$ . Поэтому пленки толщиной более 1 мкм являлись по сути дела неоднородными по толщине.

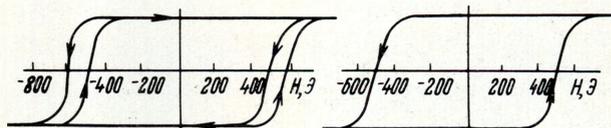
Физически наиболее интересные процессы в пленках происходят в области температуры компенсации или вблизи нее. При нагреве пленки и приближении ее температуры к  $T_{\text{комп}}$  равновесная полосовая структура (получаемая размагничиванием переменным полем) укрупняется и теряет строгую периодичность, резко возрастают пороги перемагничивания. Температурная зависимость амплитуды переменного поля частотой 50 Гц, при которой визуально наблюдается начало

колебательных перемещений доменов, показана на рис. 2. Видно, что эта зависимость имеет ярко выраженный резонансный характер с шириной полосы температур около  $15^\circ\text{C}$ . Аналогично изменяется и период полосовой структуры. Непосредственно вблизи  $T_{\text{комп}}$  гистерезисные петли ква-



2

зистатического перемагничивания пленок CoGd приобретают особый вид и становятся различными для разных сторон пленки (рис. 3). Явление это подобно наблюдавшемуся на пленках пермаллоя с подслоем окисленного Mn, образующих систему ферромагнетик-антиферромагнетик. Так как замкнутые петли для одной полярности поля можно наблюдать и для поверхностных слоев пленки CoGd и для слоев, лежащих на подложке, вероятным объяснением этого эффекта является взаимодействие двух отличающихся по свойствам слоев, один из которых находится при температуре компенсации, а другой вблизи нее.



3

Предварительные результаты по кратковременному отжигу пленок показали, что необратимые изменения намагниченности начинаются после температуры  $250^\circ\text{C}$ . Результатом отжига является изменение свойств пленок по кривой нагрева ее и "замораживание" нагретого состояния.

Сильные температурные зависимости свойств пленок делают необходимым введение третьего магнитного компонента или легирующих добавок с целью получения температурно устойчивых областей поддержания свойств. Так как устойчивая, однородная доменная структура имеет размеры, близкие к толщине пленки, для исследований следует применять аппаратуру, для которой ЦМД диаметром 1 мкм были бы нормальным рабочим объектом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Chaudhari P., Cuomo J.J., Gambino R.J. Amorphous metallic films for bubble domain applications. — "IBM J. Res. Develop.", 1973, v. 17, N 1, p. 66.
2. Cape J.H., Lehman G.W. Magnetic domain structures in thin uniaxial plates with per-

pendicular easy axis. — "J. Appl. Phys.", 1971, v. 42, p. 5732.

3. Shirakawa T., Okamoto K., Onishi K., Matsushita S., Sakurai Y. Properties of sputtered Gd-Co films for magnetic bubbles. — "IEEE Trans. Magnetics", vd. Mag-10, 1974, p. 795.

Статья поступила 2 февраля 1976 г.

# МАТРИЧНЫЕ СТРУКТУРЫ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНОК ГРАНАТОВ

А. В. АНТОНОВ, И. А. ИГНАТЬЕВ

**ДВУХСЛОЙНАЯ СТРУКТУРА НА ОСНОВЕ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНОК (BiTm), (FeGa), O<sub>12</sub> МОЖЕТ СЛУЖИТЬ ОСНОВОЙ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ, ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВСЕВОЗМОЖНЫХ СИСТЕМ ВВОДА И ВЫВОДА ИНФОРМАЦИИ, А ТАКЖЕ В КАЧЕСТВЕ ПЕРЕСТРАИВАЕМОГО ТРАНСПАРАНТА В ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВАХ.**

УДК 681.327.2:621.318.1

Матричные устройства отображения информации находят широкое применение в различных электронных системах для ввода и вывода информации. В настоящее время известны подобные устройства на жидких кристаллах, электрооптические устройства и др. Однако такие существенные недостатки, как малое быстродействие для жидких кристаллов и большие напряженности электрического поля у сегнетоэлектриков, ограничивают возможности применения этих устройств.

Создание новых магнитных материалов типа R<sub>2</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>12</sub> (где R — любой редкоземельный ион) позволило использовать их в качестве активной среды при термомагнитной записи информации [1]. Но в этом случае для получения хорошего контраста при ее считывании необходимы большие толщины магнитного слоя, тогда как для сохранения достаточной величины чувствительности при термозаписи требуются сравнительно тонкие слои материала.

Была предпринята попытка увеличить чувствительность метода за счет использования слоистой

структуры (MOPS), содержащей высококонтрастную эпитаксиальную пленку граната в сочетании с фотопроводящим покрытием [2]. Это позволило осуществлять локальный разогрев магнитной пленки выше температуры компенсации фототоком, индуцированным лазерным излучением небольшой мощности. Время записи в таких случаях составляет несколько сот микросекунд на единицу информации. Запись информации с применением токовых шин позволяет использовать достаточно толстую пленку прозрачных магнетиков, на которой удается получить очень высокую контрастность.

Двухслойная структура на основе эпитаксиальных пленок гранатов типа (BiTm)<sub>2</sub>(FeGa)<sub>2</sub>O<sub>12</sub> используется при создании устройства отображения информации матричного типа.

Элементы устройства такого типа образуются из участков эпитаксиальных пленок гранатов (ЭПГ), нанесенных на немагнитную подложку. Каждый элемент имеет два устойчивых состояния, которые обеспечиваются большой анизотропией в направлении нормали к плоскости пленки.

Запись информации осуществляется переводом каждого элемента из одного устойчивого положения в другое с помощью локального магнитного поля. Структура с записанной информацией помещается между поляризатором и анализатором и освещается источником света. Интенсивность света, прошедшего через систему, содержащую прозрачную магнитную среду, заключенную между поляризатором и анализатором [3],

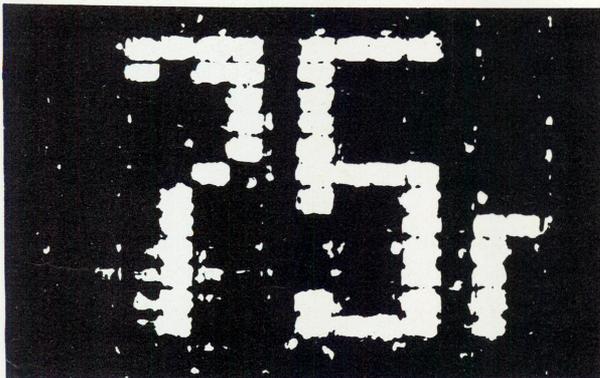
$$I = I_0 \exp(-\alpha l) \sin^2(\varphi_c + \varphi_1), \quad (1)$$

где  $I_0$  — интенсивность падающего света;  $\varphi_c$  — угол между плоскостью поляризации входящего света и плоскостью поляризации света, пропускаемого анализатором;  $\varphi_1 = Fl$  — угол поворота плоскости поляризации света после прохождения магнитной среды;  $F$  — удельное фарадеевское вращение;  $\alpha$  — коэффициент поглощения,  $l$  — толщина пленки.

Максимум интенсивности прошедшего света достигается при толщине магнитного материала  $l = (\arctg \frac{2F}{\alpha})/F$ , которая обеспечивает наибольшую величину поворота плоскости поляризации  $Fl$  при минимальном общем поглощении  $\alpha l$ .

Эпитаксиальные висмутсодержащие пленки граната, имеющие оптимальную толщину, обеспечивают отношение  $I/I_0 = 28\%$  при  $F = 4 \cdot 10^4$  град/см для зеленого света [4].

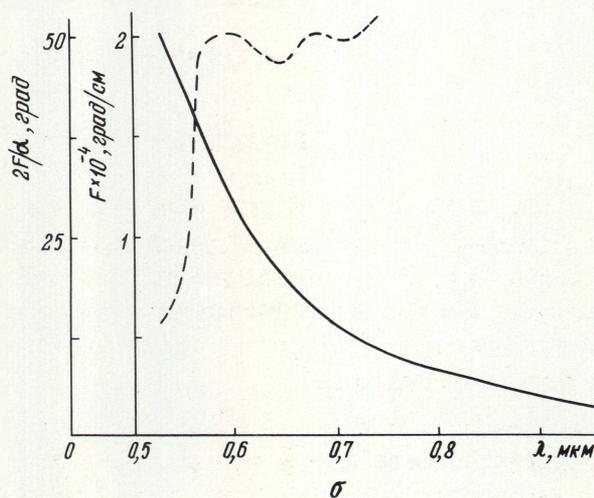
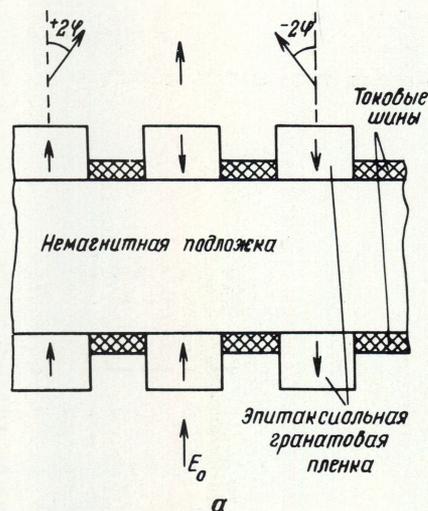
На рис. 1 показано изображение, сформированное на структуре, элементы которой представляют собой квадратные "островки" ЭПГ со стороны около 100 мкм. Для переключения такого элемента с помощью токовых шин требуется импульс магнитного поля длительностью 0,6 мкс. Это время примерно в  $5 \cdot 10^2$  раз меньше времени переключения МОРС-структуры [2]. Сформированное изображение сохраняется при отключенном питании неограниченно долго, а величина контраста при этом достигает 500:1.



1

Если указанная "островковая" структура сформирована из двух слоев ЭПГ, нанесенных на общую немагнитную подложку с обеих сторон (рис. 2, а), то

при наблюдении структуры в естественном свете возникает цветное изображение. Между элементами структуры, находящимися против друг друга, располагаются токовые шины.



2

В такой структуре величина угла  $\varphi_1$  зависит от взаимной ориентации намагнитченности в противоположно расположенных парах элементов. Для слоев с равной толщиной  $\varphi_1$  может составлять величины  $-2Fl$ ,  $0$ ,  $+2Fl$  (как показано на рис. 2, а).

Ход величины удельного фарадеевского вращення пленок типа  $(BiTm)_3(FeGa)_5O_{12}$  имеет дисперсионную зависимость (рис. 2, б). Поэтому для каждого из трех значений  $\varphi_1$  при заданной величине угла  $\varphi_c$  условие максимального пропускания выполняется при различных длинах волн. Вследствие этого наблюдаемое изображение трехцветно. На указанных пленках изображения имели зеленый, желтый, коричневый, красный, желтый, бордовый и другие цвета.

Необходимого сочетания цветов можно добиться путем изменения величины угла  $\varphi_c$ , а также варьируя толщину пленки. Следует заметить, что величина контраста при этом уменьшается до значения 10:1.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Goldberg N. — "IEEE Trans. on Mag.", 1967, v. 3, p. 605.

2. Krumme J.P. — "Digest Intermag. Conf.", 1975, v. 15, p. 1.

3. Lacklisen D.E. et al. — "Digest Intermag. Conf.", 1975, v. 15, p. 6.

4. Almási G.S. — "IEEE Trans. on Mag.", 1971, v. 7, p. 370.

Статья поступила 24 декабря 1975 г.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА НАПЫЛЕНИЯ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ПЛЕНОК

З.Д. КАРПУШЕВА, Г.С. ШТЕЙНЕР

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАПЫЛЕНИЯ ПЛЕНОК CdSe—ZnSe В КВАЗИЗАМКНУТОМ ОБЪЕМЕ ПОЗВОЛИЛО ПОЛУЧАТЬ ФОТОДИОДЫ С ХОРОШИМИ УСИЛИТЕЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ.**

УДК 539.293.011.5.002.2

Основным недостатком метода термического напыления в открытом объеме, который обычно используется для получения фоточувствительных полупроводниковых слоев, является малая контролируемость процесса.

Указанный недостаток может быть в некоторой степени уменьшен напылением пленок в квазизамкнутом объеме. Полученные этим способом пленки обладают высокой фоточувствительностью и имеют значительно меньший разброс по сопротивлению, чем пленки, напыленные в открытом объеме [1–3]. Это дает основание полагать, что пленки, напыленные в квазизамкнутом объеме, могут быть использованы в качестве фоторезисторов и фоточувствительных диодов.

Для выяснения возможности получения фоточувствительных диодов с гетеропроходом CdSe—ZnSe в вакуумной установке УВН-2М-1 при давлении  $10^{-5}$ – $10^{-6}$  мм рт.ст. из очувствляющей шихты CdSe, CuCl проводилось напыление соответствующих слоев на стеклянные пластины с предварительно нанесенными полосками из двуокиси олова. Испарителем служил стеклоглеродный тигель. Температура подложки и испарителя контролировалась термопарой типа ХА диаметром 0,3 мм.

Поиск оптимальных технологических условий изготовления фотодиодов, при которых процесс напыления обладает наибольшей устойчивостью к

колебаниям режима, осуществлялся с помощью одного из методов планирования экспериментов — дробного факторного эксперимента [4].

В качестве технологических факторов (независимых переменных) были выбраны:

$X_1$  — температура испарителя при напылении CdSe, CuCl;

$X_2$  — температура испарителя при напылении ZnSe;

$X_3$  — температура подложки;

$X_4$  — время напыления CdSe, CuCl;

$X_5$  — время напыления ZnSe.

Кроме того, учитывались два качественных фактора:  $X_6$  — условие предварительного обезгаживания подложки (в камере и вне камеры) и  $X_7$  — способ закладки в испаритель напыляемых материалов (одновременный и отдельный).

Каждый фактор варьировался на двух уровнях. При выборе условий экспериментов была использована 1/16 реплика от полного факторного эксперимента типа  $2^7$ .

Качество фотодиодов оценивалось по четырем параметрам:

$Y_1$  — темновой коэффициент усиления  $K_T$ ;

$Y_2$  — световой коэффициент усиления  $K_C$ ;

$Y_3$  — фоточувствительность прямой ветви вольт-амперной характеристики диода  $S_{пр}$ ;

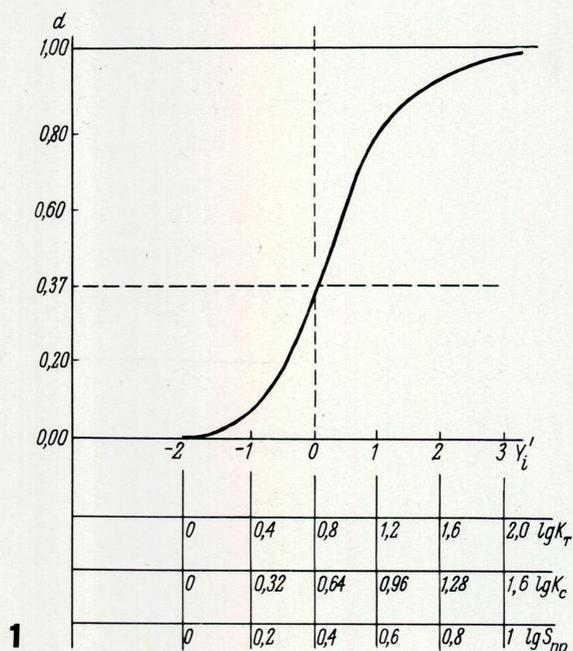
$Y_4$  — фоточувствительность обратной ветви вольт-амперной характеристики диода  $S_{обр}$ .

Каждый эксперимент проводился на шести образцах. Уровни варьирования факторов, условия и результаты экспериментов приведены в табл. 1 и 2 (для удобства математической обработки результатов средние значения параметров оптимизации приведены в виде десятичных логарифмов). Из табл. 2 видно, что только параметр  $Y_4$  имел небольшую чувствительность к изменению режима напыления, остальные три параметра существенно изменялись от опыта к опыту. Поэтому в качестве параметра оптимизации было решено принять обобщенную функцию желательности  $D$  [5, 6], учитывающую темновой коэффициент усиления  $K_T$ , световой коэффициент усиления  $K_C$  и фоточувствительность прямой ветви вольт-амперной характеристики фотодиода  $S_{пр}$ ,

$$D = \sqrt[n]{d_1 \cdot d_2 \cdot \dots \cdot d_n},$$

где  $d_i$  — желательность  $i$ -того свойства;  $n$  — число параметров оптимизации (в данном случае  $n = 3$ ).

Для представления измеренных значений в безразмерной шкале желательности была использована функция желательности для случая одностороннего ограничения (рис. 1).



1

Перевод значений  $Y_i$  в кодовые  $Y_i'$  осуществлялся по формуле

$$Y_i' = b_0 + b_1 Y_i.$$

Коэффициенты  $b_0$  и  $b_1$  определялись по двум заданным значениям  $Y_i$ , соответствующим двум значениям желательности  $d$  ( $0,2 \leq d \leq 0,8$ ). Найденные значения желательности параметров и вычисленные на их основе значения обобщенной желательности для каждого эксперимента приведены в табл. 3.

Таблица 1

Уровень	Факторы						
	$X_1, ^\circ C$	$X_2, ^\circ C$	$X_3, ^\circ C$	$X_4, \text{мин}$	$X_5, \text{мин}$	$X_6$	$X_7$
Основной	625	725	425	30	15	—	—
Верхний (+)	650	750	450	40	20	В камере	Одновременно
Нижний (-)	600	700	400	20	10	Вне камеры	Раздельно

Примечание. Интервал варьирования для  $X_1, X_2$  и  $X_3$  составляет 25, для  $X_4$  — 10, для  $X_5$  — 5.

Таблица 2

Номер опыта	Факторы							Параметры оптимизации			
	$X_1, ^\circ C$	$X_2, ^\circ C$	$X_3, ^\circ C$	$X_4, \text{мин}$	$X_5, \text{мин}$	$X_6$	$X_7$	$lg K_T$	$lg K_C$	$lg S_{пр}$	$lg S_{обр}$
1	—	—	+	—	+	+	+	1,6 (1,24)	1,42 (0,78)	0,44 (0,27)	0,77 (0,48)
2	+	+	+	—	+	—	—	0,16 (0,11)	0,35 (0,25)	0,39 (0,2)	0,18 (0,14)
3	+	—	—	+	—	—	—	1,08 (0,52)	1,4 (1,15)	0,58 (0,35)	0,74 (0,74)
4	—	+	—	+	—	+	+	0,46 (0,14)	0,42 (0,32)	0,96 (0,4)	0,68 (0,59)
5	+	—	—	—	—	+	+	1,02 (0,85)	0,81 (0,34)	0,0016 (0,006)	0,31 (0,28)
6	—	+	—	—	—	+	—	1,96 (1,14)	1,54 (1,17)	0,79 (0,16)	0,34 (0,32)
7	—	—	+	+	+	—	—	0,36 (0,25)	0,34 (0,17)	0,11 (0,05)	0,22 (0,01)
8	+	+	+	+	+	+	+	0,24 (0,17)	0,32 (0,086)	0,02 (0,01)	0,27 (0,18)

Примечание. Цифры в скобках здесь и в табл. 4 обозначают среднеквадратичное отклонение.

Таблица 3

Номер опыта	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$D$
1	0,87	0,91	0,39	0,67
2	0,01	0,085	0,37	0,14
3	0,65	0,92	0,57	0,71
4	0,08	0,14	0,98	0,43
5	0,57	0,5	0,03	0,44
6	0,98	0,97	0,85	0,93
7	0,06	0,09	0,025	0,05
8	0,02	0,07	0,0	0,0

Движение по градиенту оказалось весьма эффективным: уже на третьем этапе удалось более чем на два порядка увеличить чувствительность прямой ветви вольт-амперной характеристики диода при значительных величинах светового и темнового коэффициентов усиления (табл. 4).

Проверка найденного режима на партии контрольных диодов подтвердила его оптимальность и хорошую воспроизводимость. Вольт-амперные ха-

Таблица 4

	$X_1, ^\circ\text{C}$	$X_2, ^\circ\text{C}$	$X_3, ^\circ\text{C}$	$X_4, \text{мин}$	$X_5, \text{мин}$	Параметры оптимизации			
						$\lg K_T$	$\lg K_C$	$\lg S_{\text{пр}}$	$\lg S_{\text{обр}}$
Основной уровень	625	725	425	30	15	—	—	—	—
Интервал варьирования ( $I_i$ )	25	25	25	10	5	—	—	—	—
Коэффициент регрессии ( $b_i$ ) $I_i \times b_i$	-1,7	0,1	2,5	-2,8	-4,2	—	—	—	—
	-42,5	2,5	62,5	-28	-21	—	—	—	—
Пропорциональный перерасчет на изменение $X_i$ на 2	-4,05	0,24	5,95	-2,7	-2	—	—	—	—
Округление (шаг)	-4	0	6	-3	-2	—	—	—	—
Движение по градиенту									
опыт № 1	621	725	431	27	13	0,846 (0,9)	0,617 (0,25)	0,555 (3)	0,728 (0,45)
опыт № 2	617	725	437	24	11	1,69 (0,38)	1,76 (0,3)	1,90 (0,2)	1,86 (0,15)
опыт № 3	613	725	443	21	9	0,63 (0,22)	2,00 (0,15)	3,00 (0,2)	1,66 (0,32)
опыт № 4	609	725	449	18	7	0,43 (0,4)	0,73 (0,6)	0,72 (0,7)	0,39 (0,25)

Вычисленные по стандартным формулам коэффициенты регрессии позволили построить следующее уравнение регрессии:

$$Y = 0,42 - 0,1 X_1 - 0,26 X_2 - 0,12 X_3 - 0,26 X_4 + 0,2 X_5.$$

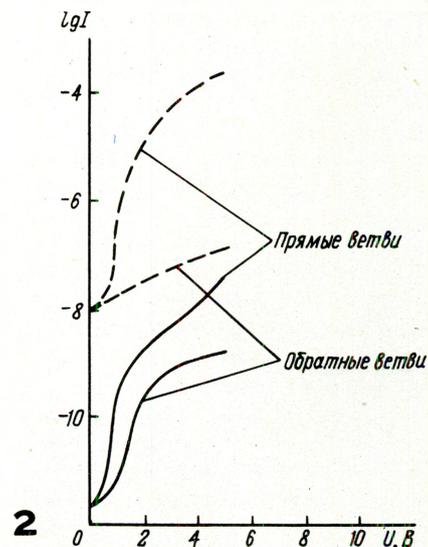
Коэффициенты при  $X_2$  и  $X_4$  оказались незначимы.

Проверка на значимость этого уравнения показала, что математическая модель адекватна для уровня значимости  $\alpha = 0,01$

$$F = 3,8 < F_{\text{табл}} \left( \begin{matrix} \alpha = 0,01 \\ n_1 = 3 \\ n_2 = 40 \end{matrix} \right) = 4,3.$$

Для получения фотодиодов с более высокими коэффициентами усиления было осуществлено движение по градиенту целевой функции. Так как факторы  $X_6$  и  $X_7$  являются качественными, то при движении по градиенту они были установлены на фиксированных уровнях:  $X_6$  — на уровне "+" (обезгаживание в камере);  $X_7$  — на уровне "-" (раздельная закладка навесок в испаритель). Остальные факторы являются количественными, и для них изменения параметров рассчитывались общепринятым способом.

характеристики (рис. 2, сплошные линии — в темноте, пунктирные — при освещении) полученных по этому режиму фотодиодов свидетельствуют об их хороших усилительных свойствах, что обусловлено образованием гетероперехода на границе CdSe—ZnSe.



Значения удельного сопротивления слоев в темноте  $\rho_T$  и при освещении  $\rho_C$ , подвижности  $u$  и концентрации электронов  $n$ , оцененные по коэффициенту Холла при комнатной температуре, составляют

$$\rho_T = 10^3 + 10^6 \text{ Ом} \cdot \text{см}; \quad \rho_C \approx 10^2 + 10^5 \text{ Ом} \cdot \text{см};$$
$$u = 3 + 45 \text{ см}^2 \cdot \text{В}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}; \quad n \approx 3 \cdot 10^9 + 2 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}.$$

Исследования показали, что максимум спектральной чувствительности пленок, напыленных в квазизамкнутом объеме, лежит в видимой области спектра и мало отличается от спектра чувствительности пленок, напыленных в открытом объеме, и от спектра чувствительности исходных порошков.

Таким образом, математическое планирование эксперимента позволило выявить степень влияния

технологических факторов на основные параметры диодов и выйти на режим, обеспечивающий изготовление фотодиодов хорошего качества.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бьюб Ф. Фотопроводимость твердых тел. М., ИЛ, 1962.
2. Физика и химия соединений А<sup>III</sup>В<sup>VI</sup>. Под ред. С.А. Медведева. М., "Мир", 1970.
3. Свечников С.В. Структура и фотоэлектрические свойства тонких пленок CdSe. Киев, "Наукова думка", 1971.
4. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М., "Наука", 1965.
5. Harrington J.P.C. — "Industrial Quality Control", 1965, v. 21, N 10.
6. Карташова Т.М., Штаркман Б.П. Обобщенный критерий оптимизации — функция желательности. АН СССР. Науч. совет по комплексной проблеме "Кибернетика". 1970, Информационные материалы № 8 (45).

Статья поступила 9 апреля 1975 г.

## ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МИКРОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Г.Я. ГУСЬКОВ

**ИСПОЛЬЗУЯ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЭА, МОЖНО В КОРОТКИЕ СРОКИ СОЗДАТЬ АППАРАТУРУ, СООТВЕТСТВУЮЩУЮ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ УРОВНЮ И НАДЕЖНОСТИ ЛУЧШИМ МИРОВЫМ ОБРАЗЦАМ.**

УДК 621.382.8.001.2

Постоянно возрастающие требования к надежности, массе, габаритам и потребляемой энергии при одновременном улучшении всех основных тактико-технических характеристик и повышении функциональной сложности микроэлектронной аппаратуры (МЭА) усложнили процессы проектирования, организации производства и эксплуатации МЭА.

В последнее время ведется интенсивный поиск лучших вариантов функционального, схемотехнического и конструктивно-технологического решения микроэлектронной аппаратуры, принципов ее построения.

Накопленный отечественной промышленностью опыт разработки и внедрения различных классов МЭА позволяет выделить оптимальные для достигнутого уровня микроэлектроники принципы и методы ее построения, более широкое использование которых позволит сократить цикл разработка-производство.

Ниже рассматриваются основные принципы построения МЭА, отвечающие как перспективным требованиям эксплуатации, так и существующим возможностям производства изделий микроэлектроники и МЭА с учетом тенденций развития подотрасли.

Комплексный подход позволяет оперативно создавать высоконадежную МЭА с учетом современного спроса, элементной базы, уровня технологии и возможностей производства.

Из-за сложности и значительного объема работ по проектированию систем, а также в связи с риском больших непроизводительных затрат в случае ошибки на одном из этапов проектирования некоторые авторы предлагают пользоваться определенной методологической схемой построения систем\*. Эта схема отражает последовательность работ

\* Цикович Э.Л. Контроль производства с помощью вычислительных машин. М., "Энергия", 1975.

и проверок результатов выполнения отдельных этапов и предусматривает раздельное решение задач анализа, оптимизации и синтеза.

Однако, как показала практика построения МЭА, каждая новая разработка начинается с построения специфичной для данных условий методологической схемы создания требуемой аппаратуры, при этом анализ, оптимизация и синтез ведутся параллельно. Попытки разработки МЭА в узкоспециализированных подразделениях (системотехнических, схемотехнических, технологических, конструкторских) без комплексного подхода к отдельным решениям часто не дают желаемого эффекта. Известно, что даже простые задачи могут содержать локальные оптимальные решения, отличные от глобального оптимума. Тем более это справедливо для сложных задач проектирования МЭА.

Эффективность применения комплексного принципа анализа, оптимизации и синтеза очевидна, но для его реализации требуется соблюдение строгой иерархии научного и практического руководства по созданию аппаратуры в целом.

В разработке методологической схемы построения МЭА, структурно-функциональной схемы, в формировании плана и его координации, в согласовании противоречивых решений основных блоков и узлов непосредственное участие должен принимать общий руководитель работ. Его главная роль сводится к практической реализации принципа комплексного анализа, оптимизации и синтеза МЭА на всех последующих уровнях руководства.

Разработкой основных узлов и блоков аппаратуры должны руководить главные конструкторы по направлениям, обладающие соответствующими административными полномочиями. Должны быть четко распределены научные и практические задачи, ответственность и полномочия между руководителями и ответственными исполнителями. Только при такой организации работ можно на практике реализовать комплексный принцип анализа, оптимизации и синтеза МЭА.

### ПРИНЦИП ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ИЗБЫТОЧНОСТИ

С увеличением числа выполняемых функций растут требования к тактико-техническим характеристикам МЭА. Так, для аппаратуры связи увеличивается число каналов приема-передачи, сопровождающееся повышением требований к дальности связи, помехоустойчивости и помехозащищенности; для специализированных вычислительных систем — увеличивается число команд, возрастает быстрдействие, емкость ОЗУ и ПЗУ;

для системы управления — растет число целевых функций, а также количество управляемых и учитываемых факторов.

Под функциональной избыточностью МЭА следует понимать наличие параметров и функций сверх предусмотренных в техническом задании на данный вид аппаратуры.

С увеличением числа функций аппаратуры одного класса расширяются области ее применения. Совмещение функций аппаратуры различных классов в одной МЭА делает ее универсальной.

Функциональная избыточность МЭА позволяет расширить сферу применения аппаратуры и увеличить срок морального старения. Кроме того, избыточность функций можно использовать для дублирования, самоконтроля параметров, диагностики неисправностей МЭА и т.д.

Естественно, не всякая избыточность ведет к универсальности и адаптивности МЭА. Для оптимизации вида и числа избыточных функций МЭА необходимо оценить техническую и экономическую эффективность введенной избыточности.

Пусть  $W_0$  — эффективность МЭА без функциональной избыточности,  $W_j$  — эффективность МЭА, имеющей  $j$ -ю избыточность. В этом случае критерием эффективности введенной избыточности можно считать отношение

$$\phi = \frac{W_j}{W_0} \geq 1.$$

Вместе с тем избыточность функций достигается удорожанием МЭА, увеличением массы, габаритов, потребляемой энергии и других показателей. Поэтому получаемый от функциональной избыточности эффект  $\phi$  должен сопоставляться с ограничениями  $\theta$  по этим показателям:

$$\sum_{i=1}^{\theta} A_i = \min \left\{ \sum_{i=1}^{\theta} A_i \right\},$$

где  $A_i$  — совокупность наиболее важных параметров.

Сравнительная оценка различных вариантов МЭА и выбор наиболее эффективного из них осуществляется с помощью некоторого обобщающего показателя, позволяющего оценивать эффективность по совокупности наиболее важных параметров: габаритам, массе, надежности, потребляемой энергии, взаимозаменяемости, универсальности и др. Для конкретных классов аппаратуры дополнительно к перечисленным показателям определяют

ся специфичные параметры. В качестве обобщающего показателя МЭА можно принять

$$f = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m b_{ij} \frac{A_i}{A_j},$$

где  $b_{ij}$  — коэффициент размерности.

Подбирая показатели  $A_i$  и  $A_j$ , можно по обобщающему показателю сравнивать различные варианты МЭА и выбирать наилучший. Например, для среднего быстродействия ( $A_i$  операций/с) и среднего числа элементов ( $A_j$  усл.ед.) обобщающий показатель  $f_1 = \frac{A_i}{A_j}$  операций/с.усл.ед. Аналогично определяется  $f$  и по другим параметрам.

### ПРИНЦИП СТРУКТУРНОЙ ИЗБЫТОЧНОСТИ

Под структурной избыточностью системы понимается введение дополнительных подсистем и взаимосвязей между ними. При этом увеличивается состав технических средств, усложняется организация системы, процесс обработки избыточной информации. Необходимость обработки избыточной информации приводит к ухудшению динамических характеристик системы: быстродействия, пропускной способности и др. Таким образом, реализация принципа структурной избыточности сопряжена со значительным усложнением МЭА как по составу технических средств, так и по организации их взаимодействия и функционирования. Следовательно, необходимы тщательный теоретический и экспериментальный анализ, оптимизация и синтез МЭА со структурной избыточностью.

Главная причина введения структурной избыточности в МЭА — недостаточная надежность составляющих ее элементов. Простое резервирование ненадежных функциональных элементов часто неприемлемо. Так, в логических элементах отказ приводит либо к  $k \equiv 0$ , либо к  $k \equiv 1$ . В этом случае отказ одного резервного логического элемента приводит к ложному сигналу дублированной системы из двух логических элементов. Отсюда следует вывод о нецелесообразности простого резервирования логических элементов.

При мажоритарном способе резервирования выбирается нечетное число каналов  $l = 2m + 1$ , выходные сигналы которых объединяются мажоритарным элементом (МЭ), т.е. логическим элементом, выходной сигнал которого совпадает со значением сигналов на большинстве входов. Его функ-

ция в общем случае описывается соотношением [1]

$$y = \text{sign} \left( \sum_{i=1}^l b_i x_i - V \right),$$

где  $x_i \in \{0,1\}$  — значение сигнала на  $i$ -м входе,  $b_i$  — весовой коэффициент;  $V$  — порог элемента,  $l$  — число входов.

Обычно по техническим и экономическим соображениям принимают  $m = 1$ , тогда  $l = 3$ , т.е. на практике применяется трехкратная избыточность при мажоритарном резервировании. Мажоритарная функция трех переменных равна

$$y(x_1, x_2, x_3) = x_1 x_2 x_3 \vee x_1 x_2 \bar{x}_3 \vee x_1 \bar{x}_2 x_3 \vee \bar{x}_1 x_2 x_3 = x_1 x_2 \vee x_1 x_3 \vee x_2 x_3.$$

Мажоритарный способ резервирования можно применять на различных уровнях МЭА.

Для обеспечения надежности МЭА, состоящей из  $10^6$  элементов (под элементами будем понимать активные и пассивные элементы и ИС), оцениваемой вероятностью безотказной работы  $P = 0,99$  за 1000 ч работы, необходимо иметь элементы, интенсивность отказов которых  $\lambda \approx 1 \cdot 10^{-10}$  1/ч. Для обеспечения такой надежности помимо работ, связанных с выбором облегченных режимов работы элементов, с трудоемкими и дорогостоящими отбраковочными испытаниями элементов, с многозвенным контролем производства МЭА, с технологическими испытаниями МЭА и др., приходится прибегать к мажоритарному способу резервирования.

Об эффективности введения структурной избыточности для повышения надежности МЭА можно судить по сравнительным данным, приведенным в таблице.

Резервирование	Число элементов	$P(t = 1000 \text{ ч})$	$\lambda$ , 1/ч
Без резерва	$10^6$	0,37	$10^{-7}$
Мажоритарное	$3 \cdot 10^6$	0,98	$10^{-9}$

Из таблицы следует, что при мажоритарном резервировании происходит трехкратное увеличение числа элементов, вероятность безотказной работы увеличивается примерно в 2,5 раза, а эквивалентная интенсивность отказов элементов снижается примерно в 100 раз. Уместно напомнить, что серия отбраковочных испытаний ИС, например, приводит к снижению интенсивности отказов только на порядок.

Если учесть, что эффективность работы МЭА зависит от ее надежности

$$\phi = \phi_0 P(t),$$

где  $\phi_0$  — эффективность МЭА в исправном состоя-

нии, то станет понятным значение структурной избыточности как одного из главных принципов обеспечения высокой надежности и эффективности аппаратуры.

### ПРИНЦИП БЕСКОРПУСНОЙ ГИБРИДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

На основании многолетнего опыта разработок, организации производства и применения различных видов МЭА удалось разработать и внедрить оптимальный на данный период принцип построения гибридной МЭА.

Сущность этого принципа состоит в следующем. На стандартизованную по габаритам ситалловую или поликоровую подложку методами гибридной тонкопленочной технологии наносятся пассивные элементы и коммутационные соединения. Затем специальным клеем приклеиваются бескорпусные транзисторы, диоды, диодные и транзисторные сборки, интегральные схемы малой, средней и большой степеней интеграции. Аналогично на подложке крепятся конденсаторы, трансформаторы, СВЧ приборы и др. (рис. 1). Такую подложку называют микросборкой. В отличие от гибридной интегральной схемы микросборка не обязательно является законченным функциональным элементом. Ее схема выбирается из удобства компоновки блока и узла конкретной МЭА. Поэтому чаще всего микросборка является бескорпусной гибридной микросхемой частного применения. Далее микросборка приклеивается к стандартизован-

ному по габаритам алюминиевому основанию также с помощью специального теплопроводящего клея. На это же основание приклеивается полиимидная пленка с коммутационным слоем (рис. 2). Такую микросборку называют ячейкой.

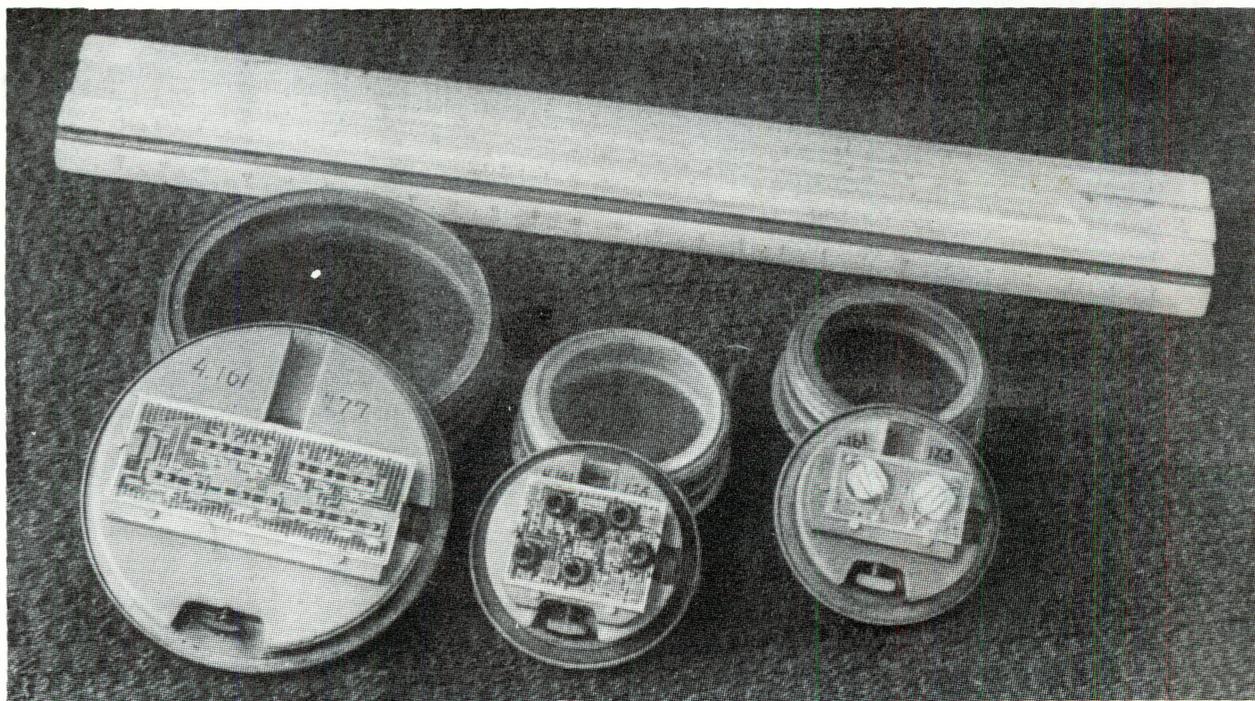
Набор стандартизованных по конструкции ячеек собирается в блок (рис. 3), выполняющий, как правило, совокупность функций.

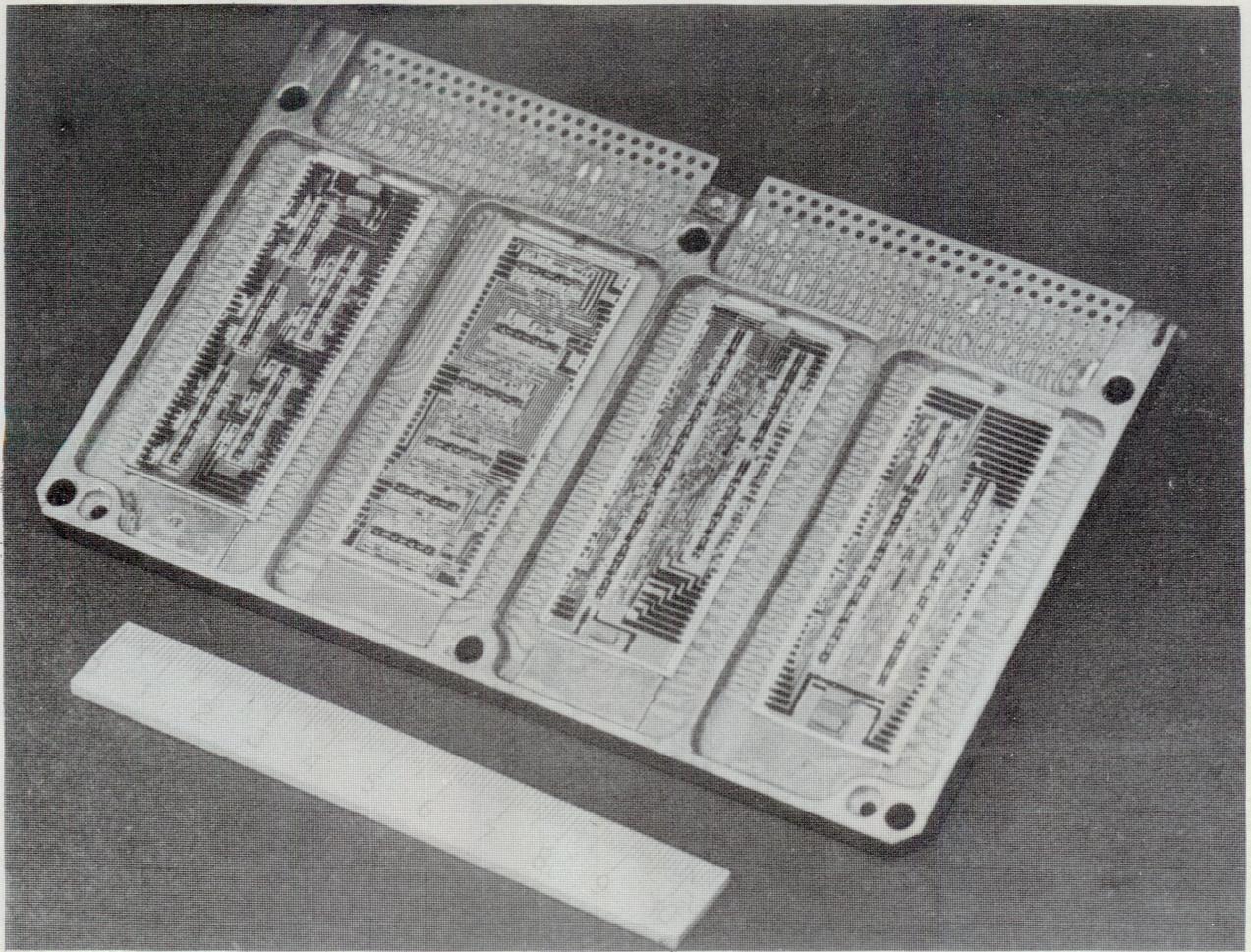
Совокупность блоков, выполненных в виде функционально законченного устройства, заключенного в единый герметичный корпус, представляет собой самостоятельную единицу МЭА (подсистему). В зависимости от назначения и сложности МЭА меняется и состав устройств.

Бескорпусная гибридная технология имеет ряд принципиальных преимуществ по сравнению с технологией построения МЭА на основе корпусных активных элементов. Выигрыш в габаритах и массе при бескорпусной гибридной технологии оценивается в 3–5 раз. Благодаря малому тепловому сопротивлению ситалловой или поликоровой подложки с алюминиевым основанием улучшаются тепловые режимы работы. Кроме того, отсутствие корпуса улучшает теплопередачу к стенкам корпуса блока и тем самым обеспечивает меньший перепад температуры между бескорпусным активным прибором и окружающей средой.

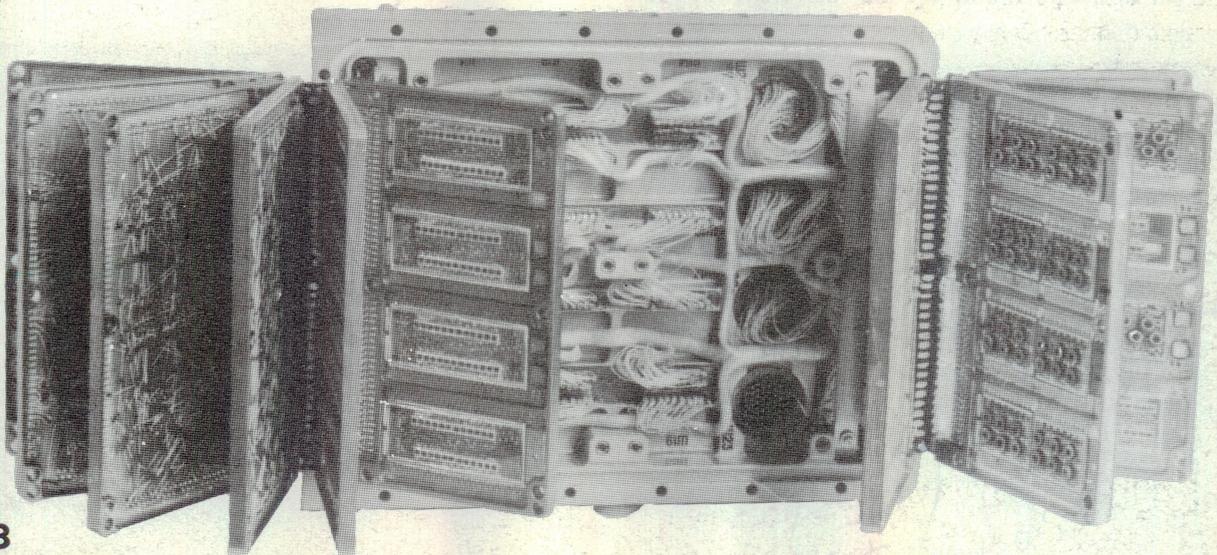
Легкость и удобство компоновки в микросборке любых новых изделий микроэлектроники, высокая плотность элементов, универсальность коммутационных соединений определяют гибкость и адаптивность бескорпусной гибридной технологии.

1





2



3

Высокая степень унификации МЭА на основе бескорпусной гибридной технологии достигается благодаря стандартизации конструкции основных составляющих компонентов — микросборок, ячеек, блоков. Удобство ремонта МЭА обеспечивается легкостью замены отказавших ячеек, блоков и устройств.

Рассмотренные принципы построения микро-электронной аппаратуры в сочетании с конкретными схмотехническими, конструктивными и технологическими методами и приемами позволили создать высококачественные и высоконадежные образцы МЭА как специального, так и общего назначения.

*Статья поступила 1 сентября 1976 г.*

# КОНСТРУИРОВАНИЕ УПРАВЛЯЮЩИХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ БЕСКОРПУСНЫХ БИС

В. М. ВАЛЬКОВ, Ю. М. ИЛЬЮШЕНКО

**КОНСТРУИРОВАНИЕ УВК ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ БЕСКОРПУСНЫХ БИС И ПЛЕНОЧНЫХ КОММУТАЦИОННЫХ ПЛАТ ПОЗВОЛЯЕТ СУЩЕСТВЕННО СНИЗИТЬ КОЭФФИЦИЕНТ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ НА УРОВНЕ УСТРОЙСТВ.**

УДК 681.3.002:621.382.825

В последние годы созданы новые типы цифровых ИС, содержащие тысячи элементов на кристалле. Резкое увеличение степени интеграции существенно влияет на развитие методов конструирования цифровой аппаратуры, в частности управляющих вычислительных комплексов (УВК) промышленного назначения. Эти УВК отличаются от универсальных вычислительных комплексов большим разнообразием электронных элементов и схем, необходимых в устройствах ввода-вывода (аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей, пультах, мнемосхемах и др.), а от УВК специального назначения — преобладанием требований экономичности над стремлением минимизировать габаритно-весовые характеристики и обеспечить защиту от внешних воздействий в специальных условиях.

При конструировании УВК промышленного назначения сохранить достигнутый к настоящему времени уровень плотности размещения элементов в одном кристалле, соответствующий сотням тысяч элементов в  $1 \text{ см}^2$ , не представляется возможным. Однако можно ставить задачу минимизации "коэффициента дезинтеграции" [1] для более высоких конструктивных уровней, используя все новейшие достижения технологии производства и методы конструирования радиоэлектронной аппаратуры.

Как известно, коэффициент дезинтеграции  $q = V/V_3$ , где  $V$  — общий объем аппаратуры УВК;  $V_3$  — суммарный объем всех электронных элементов.

В самом общем виде  $V = V_3 + V_C + V_K$ , где  $V_C$  — объем соединений между элементами на всех конструктивных уровнях;  $V_K$  — объем несущей конструкции на всех уровнях, обеспечивающей прочность и защиту элементов.

При использовании БИС как основной элементной базы УВК уменьшается величина  $V_3$ , причем тем больше, чем меньше остается элементов, не вошедших в БИС.

При возрастании степени интеграции величина  $V_C$  также уменьшается благодаря тому, что значительная часть внешних соединений БИС превращается во внутренние, т.е. увеличивается так называемый коэффициент автономности [2], который представляет собой отношение числа логических вентилях, определяющего функциональную сложность БИС, к числу внешних выводов, характеризующих трудоемкость сборки БИС в узлах следующего конструктивного уровня и надежность аппаратуры.

Наконец, уменьшается и величина  $V_K$ , поскольку при внедрении БИС конструкция упрощается.

Из вышесказанного, однако, не следует, что все составляющие общего объема аппаратуры УВК уменьшаются пропорционально степени интеграции: очевидно, что величины  $V_3$  и  $V_C$ , определяемые в основном БИС, легче минимизировать, чем величину  $V_K$ . Таким образом, коэффициент дезинтеграции при конструировании УВК на БИС можно уменьшить, используя соответствующие методы монтажа и защиты, а также миниатюризацию элементов и компонентов, не входящих в БИС (согласующих и прецизионных резисторов, устройств индикации и управления и др.). Миниатюризировать требуется и соединительные элементы (кабели, разъемы), которые могут занимать до 15% общего объема современной микроэлектронной аппаратуры [3].

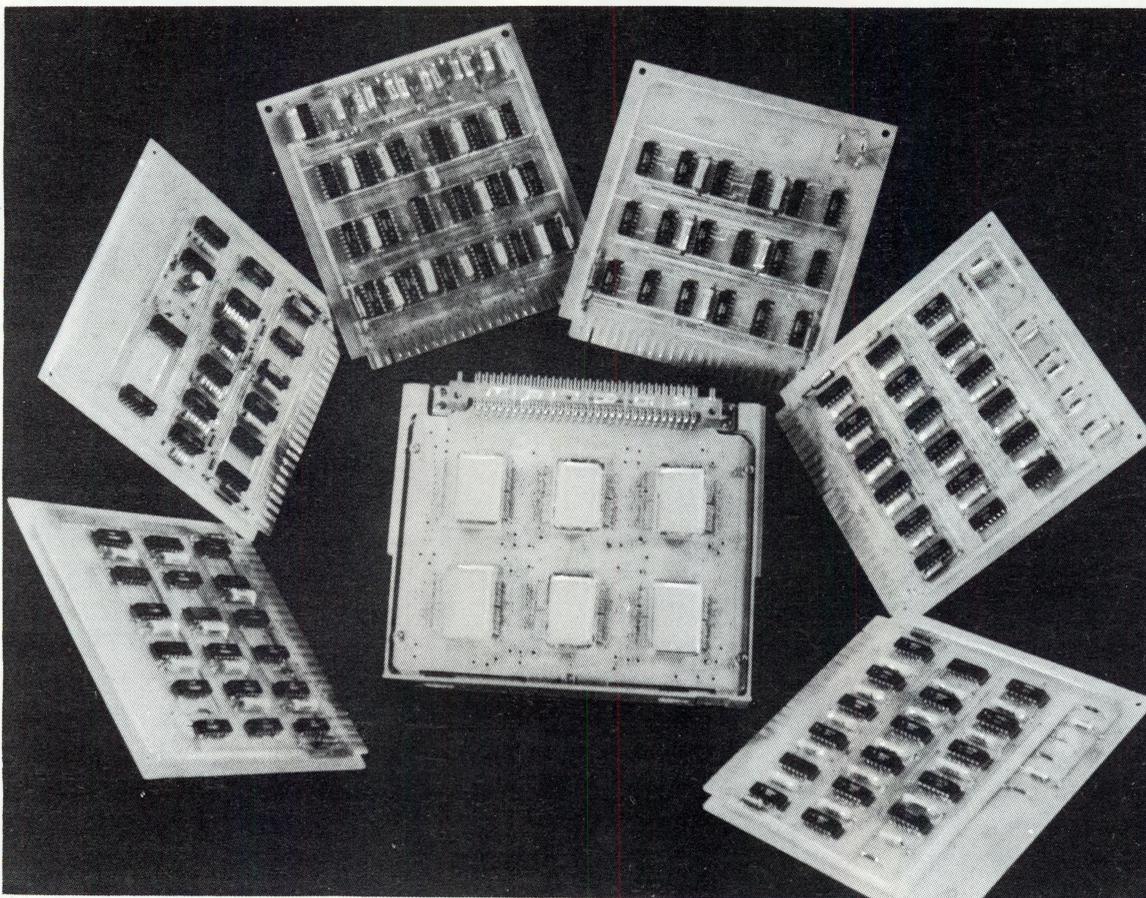
Рассмотрим некоторые способы решения задачи комплексной миниатюризации УВК на базе БИС. В настоящее время такие сложные электронные системы, как ЭВМ или УВК (ВК, ИВК), выполняются в основном в виде конструктивных модулей. На-

пример, ЭВМ третьего поколения, имеющие элементную базу в виде ИС малой степени интеграции в индивидуальных корпусах, строятся на основе типовых модульных конструкций нескольких уровней (типового элемента замены – ТЭЗ, панели, рамы, стойки) [4]. Модульность, хотя и предопределяет некоторое увеличение размеров и массы аппаратуры, но в условиях серийного производства средств вычислительной техники представляется единственным экономически оправданным решением: легко обеспечить комплектность конструкторской документации, унифицировать технологические процессы сборки, настройки, контроля и т.д. на всех конструктивных уровнях.

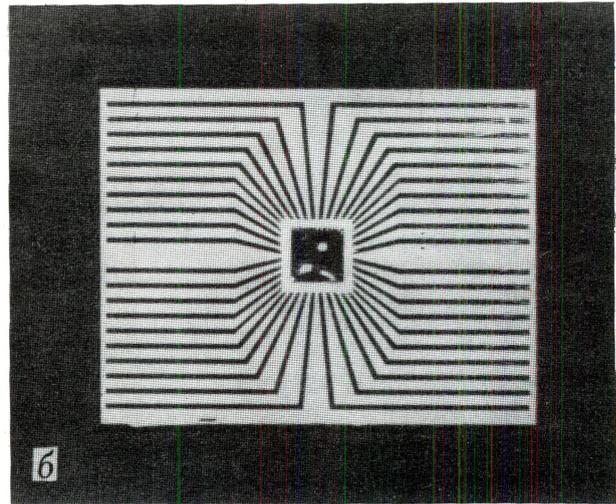
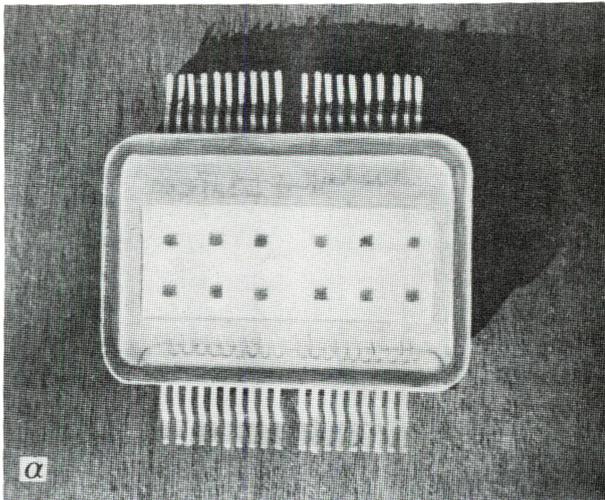
Очевидно, что модульная компоновка УВК (микроэлектронных систем) различного назначения сохранится и при внедрении БИС как основной элементной базы, однако число конструктивных уровней сократится, потому что модуль 1-го уровня превращается в функционально законченное устройство, например АЛУ микропроцессора или монолитный микропроцессор. Происходит слияние прежних конструктивных уровней, например 1-го и 2-го или 1-го, 2-го и 3-го.

Проблема дезинтеграции встала со всей остротой при создании первых микрокалькуляторов, микро-ЭВМ и микро-УВК на основе БИС в индивидуальных корпусах.

Коэффициент дезинтеграции увеличивается более чем на два порядка при переходе от БИС к следующему конструктивному уровню. Уменьшить его можно, если применить "принцип интеграции защиты" [5], т.е. отказаться от монтажа каждой БИС в индивидуальном корпусе с последующей его распайкой на печатной плате и перейти к сборке бескорпусных БИС на микроосновании, несущем тонко- или толсто пленочную соединительную коммутацию. В результате этого удастся создать гибридные БИС, соответствующие не менее, чем 5-й степени интеграции, т.е. насчитывающие не менее  $10^4$  элементов на кристалле. Такие БИС могут заключаться в специальные корпуса или собираться в блоки типа "непрерывной микросхемы" [1], с последующей общей герметизацией. Примером эффективности применения такого метода сборки для УВК промышленного назначения может служить конструктивный модуль 2-го уровня УВК "Электроника-К2000" [6]. На рис. 1 показан этот модуль (в центре) и его функциональный эквивалент на ТЭЗ ЕС ЭВМ. Конструктивный модуль 1-го уровня представляет собой гибридную БИС серии К-834, содержащую 12 монолитных бескорпусных ИС2 с уровнем интеграции  $10^3$  элементов на кристалле, смонтированных на ситалловом микроосновании с двухслойной тонкопленочной коммутационной схемой (рис. 2, а).



1



2

На рис. 2, б показана бескорпусная гибридная БИС — эквивалент БИС серии К-834. Монтаж таких БИС на аналогичное микрооснование позволяет уменьшить коэффициент дезинтеграции на уровне УВК. Например, как показали результаты проектирования, размеры конструктивно-функционального узла 2-го уровня УВК "Электроника-К2000" можно сократить в 2-3 раза.

Для защиты кристаллов БИС от механических воздействий во время хранения разработана полиэтиленовая тара. В крышке тары предусмотрены отверстия для выводов. Используя специальное контактное приспособление, можно проводить контроль схемы после ее изготовления и непосредственно перед монтажом. Данные бескорпусные БИС монтируются с помощью проволочных выводов. На наш взгляд, на современном этапе такой способ монтажа кристаллов БИС следует считать основным при создании микро-УВК. Высокий коэффициент автономности кристаллов БИС позволяет существенно снизить трудоемкость даже при монтаже каждого вывода в отдельности.

Кристаллы БИС с шариковыми выводами использовать нецелесообразно, во-первых, из-за низкого процента выхода годных и, во-вторых, потому, что при монтаже групповым методом "flip-chip" трудно обеспечить требуемую надежность контактов. В связи с этим представляется перспективным развитие принципов автоматического монтажа кристаллов в корпусах (например, на установках типа ЭМ-446) для создания бескорпусных БИС на коммутационном основании.

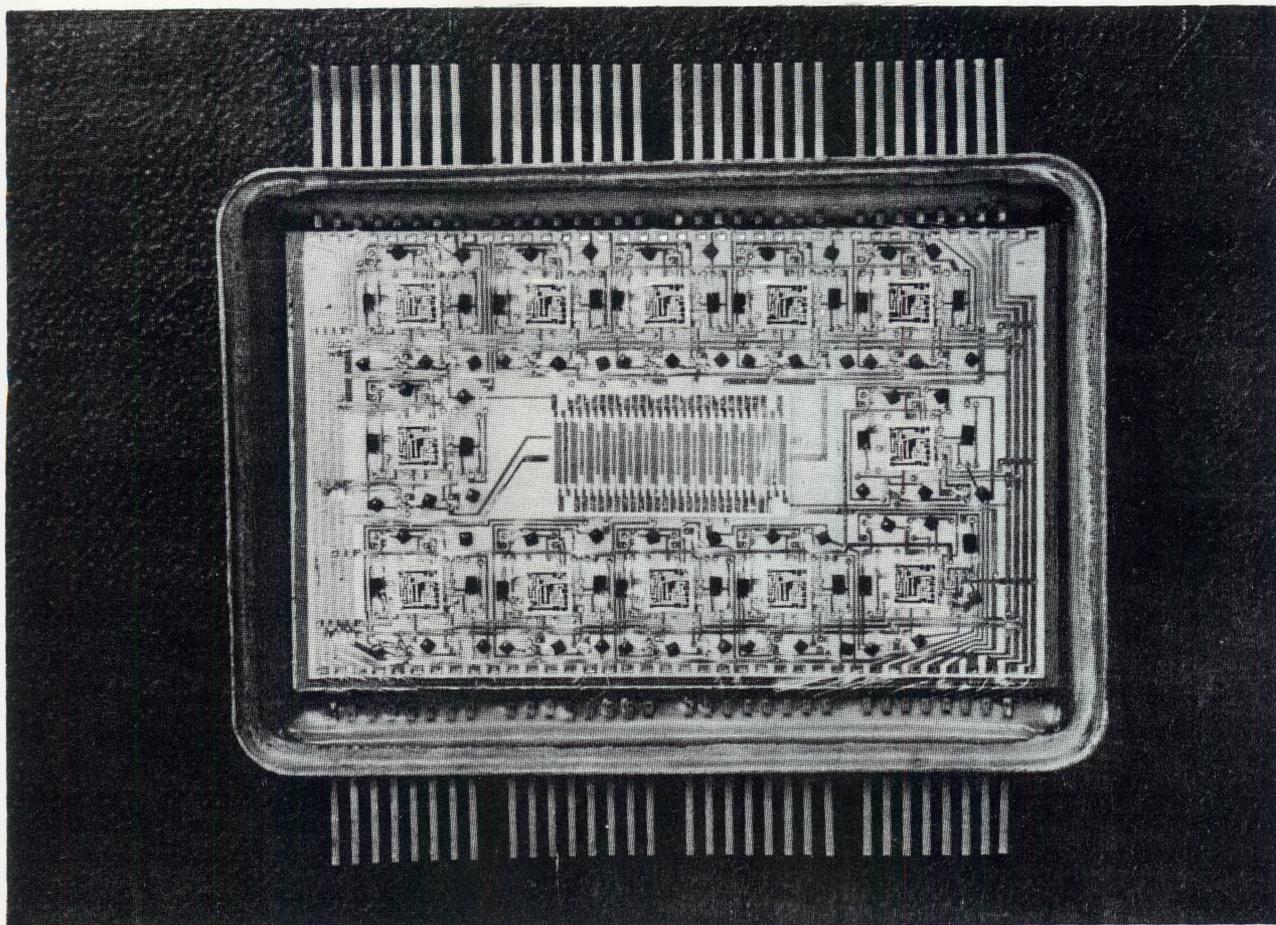
Принципиально важным в описываемом методе является применение многослойных тонкопленочных коммутационных схем, имеющих относительно высокую разрешающую способность (до 20 проводников на миллиметр при двухслойной коммутации).

Метод монтажа на ситалловом основании с общей защитой обладает достаточной универсальностью при установке и соединении различных элементов. В качестве примера на рис. 3 показан гибридный 12-разрядный преобразователь "код-напряжение" серии 250, узловым элементом которого является прецизионная тонкопленочная резистивная схема типа R-2R.

Для изготовления коммутационных схем БИС все большее распространение получает толстопленочная технология. Разрешающая способность толстопленочных схем ниже, чем тонкопленочных, но за счет более простого процесса наложения слоев удается получать многослойные (до 10 слоев) схемы, уменьшить коэффициент дезинтеграции (коэффициент дезинтеграции обратнопропорционален плотности упаковки). Ниже приведены значения плотности упаковки интегральных схем (ИС/см<sup>2</sup>) [7]:

БИС в 14-выводном корпусе на печатной плате .....	0,9
Бескорпусные БИС на однослойной подложке .....	1,7
Бескорпусные БИС на многослойной подложке .....	6,0

Гибридные БИС необходимо проверять на отсутствие коротких замыканий и разрывов в отдельных слоях многослойных пленочных коммутационных схем. Заслуживает внимания способ контроля с помощью серийно выпускаемой зондовой установки "Зонд А4-М". При этом зонды устанавливаются с шагом, соответствующим шагу между контактными площадками коммутационной схемы в виде буквы Т, что обеспечивает измерение при любой комбинации пар контактов. Последовательность проверки соединений соответствующих пар



### 3

контактов задается программой. Другой способ контроля коммутационных схем реализован в специально созданной для этой цели установке. Соединения между парами контактов проверяются с помощью двух зондов, каждый из которых перемещается по своей программе.

Широкое внедрение гибридных БИС позволит перейти к машинному проектированию многослойных коммутационных пленочных схем, а в дальнейшем — к комплексному топологическому проектированию БИС и межсоединительной разводки на коммутационном основании.

В последнее время в цифровой микроэлектронной технике все шире используются различные гибкие коммутационно-соединительные конструкции, представляющие собой диэлектрическую пленку с нанесенным на нее слоем металла. Диэлектриком чаще всего служит полиимид.

На основе металлизированных пленок методом фотолитографии изготавливают "тонкие" гибкопленочные коммутационные платы, имеющие один и более слоев коммутации при высокой плотности соединительной разводки. Фольгированные медным слоем "толстые" гибкие диэлектрические пленки используются для создания гибких кабелей и шлей-

фов [3], а также коммутационных плат, имеющих не очень высокую коммутационную плотность.

Применение дорогостоящей полиимидной пленки для создания гибкопленочных коммутационных схем оправдано в случае необходимости осуществления фотолитографии по самой диэлектрической пленке, например для создания переходных отверстий при изготовлении гибкопленочных схем с двухсторонней коммутацией. Когда достаточно иметь гибкопленочную схему с одним коммутационным слоем, вполне допустимо применять в качестве гибких диэлектрических пленок другие более дешевые материалы.

На основании однослойных гибкопленочных коммутационных плат можно создавать бескорпусные БИС, внешние выводы которых входят в состав коммутационной платы, составляя с ней единое целое. В настоящее время разработаны и изготовлены бескорпусные БИС на основе гибкопленочной "коммутационной платы с внешними выводами", выполненной методом фотолитографии из фольгированной медью гибкой пленки типа ФДФ-ЗМС1, диэлектрическую основу которой составляет фторопластовая пленка, армированная стеклотканью. Из этого же материала изготовлены пред-

назначенные для межблочной коммутации микро-УВК гибкие плоские кабели с использованием малогабаритных разъемов типа РПС-1.

Рассмотренный метод конструирования УВК на основе бескорпусных БИС ни в коей мере не исключает целесообразности производства и применения монолитных цифровых интегральных схем высокой степени интеграции с индивидуальной защитой (в корпусе). Бескорпусные БИС могут применяться для ряда вновь создаваемых в интересах отрасли микро-УВК промышленного назначения. Поэтому, несмотря на трудности организации производства и поставок бескорпусных монолитных БИС, эту задачу для отдельных типов изделий необходимо решать в ближайшем будущем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Конструирование микросхем. Под ред. Б.Ф. Высоцкого. М., "Сов. радио", 1975, с. 120. Авт.: Б.Ф. Высоцкий, А.И. Головин, В.В. Мерков и др.

2. Алексенко А.Г. Морфологические показатели цифровых микросхем. В кн.: Микросхемотехника. М., "Сов. радио", 1973, с. 42-59.

3. Плаксин Т.А., Марков В.В., Стукалов В.Н. Применение гибких печатных плат (шейфов) для внутрисхемного монтажа в микросхемной аппаратуре. — "Электронная техника. Сер. II. Комплексная микроминиатюризация радиоэлектронного оборудования и аппаратуры", 1976, вып. 1(5), с. 48-50.

4. Майоров С.А., Крутовских С.А., Смирнов А.А. Электронные вычислительные машины (справочник по конструированию). М., "Сов. радио", 1975, с. 504.

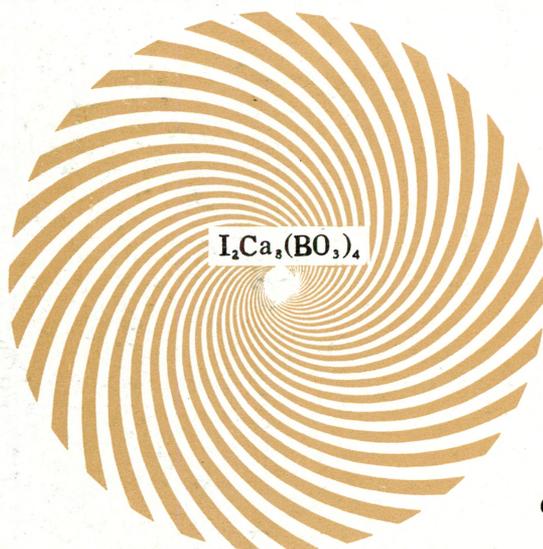
5. Старос Ф.Г. Микросхемотехника в вычислительной технике. — "Электронная промышленность", 1970, вып. 1, с. 22-27.

6. Вальков В.М., Виноградов Ю.М., Колесов В.Н., Никаноров Р.А., Павлов Ю.П., Старк Л.А., Федотов Г.Ф., Ханданов Г.Г. Управляющий вычислительный комплекс "Электроника К-2000". — "Электронная промышленность", 1976, вып. 4, с. 70.

7. Альтман. Полупроводниковые приборы — "Электроника". Пер. журн. США "Electronics", 1975, № 21, с. 57.

Статья поступила 12 июля 1976 г.

### ДВОЙНОЙ БОРАТ ИТТРИЯ С КАЛЬЦИЕМ



#### ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Молекулярный вес . . . . . 533,0  
Температура плавления, °С . . . . . 1300

#### ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

Удельная емкость, пФ/см<sup>2</sup> . . . . до 100 тыс.  
Тангенс угла  
диэлектрических потерь, % . . . . . 0,3-0,5  
Электрическая прочность, В/см . (4-7) · 10<sup>6</sup>  
Температурный коэффициент  
емкости, 1/град . . . . . (1-2) · 10<sup>-4</sup>

#### СОДЕРЖАНИЕ МИКРОПРИМЕСЕЙ, ВЕС. %

Железо . . . . . ≤ 1 · 10<sup>-2</sup>  
Алюминий . . . . . ≤ 5 · 10<sup>-3</sup>  
Магний . . . . . ≤ 1 · 10<sup>-2</sup>  
Медь . . . . . ≤ 1 · 10<sup>-2</sup>

ИСПОЛЬЗУЕТСЯ  
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ  
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ  
И ИЗОЛЯЦИОННЫХ  
СЛОЕВ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ  
КОНДЕНСАТОРОВ  
ГИБРИДНЫХ  
МИКРОСХЕМ.

ВЫПУСКАЕТСЯ В ВИДЕ ПОРОШКА  
БЕЛОГО ЦВЕТА,  
УПАКОВАННОГО  
В ПОЛИЭТИЛЕНОВЫЕ ПАКЕ-  
ТЫ, КОТОРЫЕ УКЛАДЫВАЮТСЯ  
В ПОЛИСТИРОЛОВЫЕ КОРОБКИ.

# ТЕХНОЛОГИЯ

**42** Тугоплавкие покрытия—эффективный путь  
повышения надежности и качества приборов

**45** Формирование топологии ИС  
на пленках  $Cd_xSe_{1-x}$

**46** Снижение дефектности диффузных слоев

**49** Сфероидизированный порошок  
алюмосиликатного стекла

**51** Металлоорганические соединения

**53** Радиационно—легированный кремний  
для высоковольтных приборов

**55** Токпроводящие клеи

**57** Диаллилфталаты

# 41

# ТУГОПЛАВКИЕ ПОКРЫТИЯ — ЭФФЕКТИВНЫЙ ПУТЬ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И КАЧЕСТВА ПРИБОРОВ

Г. Г. ГОНТАРЕВ, Г. В. ГУСЬКОВ, А. М. МОРОЗОВ, В. А. ХМАРА

**БРОНИРОВАНИЕ МЕДНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ МОЩНЫХ ЭВП СВЧ ДИАПАЗОНА ЗАЩИТНЫМ СЛОЕМ ВОЛЬФРАМА ЗНАЧИТЕЛЬНО ПОВЫШАЕТ РЕСУРС РАБОТЫ ЭТИХ ПРИБОРОВ В УСЛОВИЯХ ЭЛЕКТРОННОГО НАГРЕВА.**

УДК 621.385:621.793.7

Увеличение удельных тепловых нагрузок на рабочие элементы мощных ЭВП СВЧ диапазона и повышение требований к их долговечности привело к тому, что медь — традиционный материал анодных систем — во многих случаях оказывается практически неработоспособной.

Эффективным способом повышения надежности элементов таких приборов является "бронирование" меди защитным слоем тугоплавкого металла.

Применение таких биметаллических систем, сочетающих положительные свойства меди с высокой работоспособностью тугоплавкого металла в условиях интенсивного импульсного нагрева, позволяет существенно увеличить допустимые удельные нагрузки на электроды СВЧ ЭВП, снизить массу и габариты приборов, повысить их долговечность и надежность. При этом также уменьшается напыление материала анода на катод и увеличивается электрическая прочность прибора.

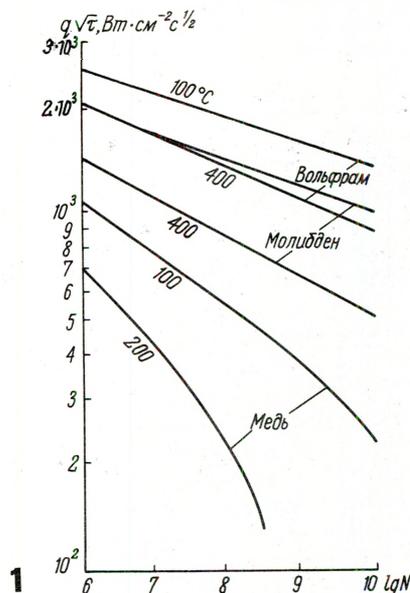
Оптимальными материалами покрытий являются молибден и вольфрам. Зависимость характеристик импульсной нагрузки  $q\sqrt{\tau}$  от числа импульсов до разрушения  $N$  для меди, молибдена и вольфрама при различных рабочих температурах (рис. 1) свидетельствует о том, что при равных тепловых нагрузках ресурс молибдена и вольфрама более чем на три—четыре порядка превосходит ресурс меди [1].

Одним из наиболее прогрессивных методов получения тугоплавких покрытий на деталях сложной конфигурации является химическое осаждение металлов из газовой фазы [2].

Технологический процесс "бронирования" электродов мощных импульсных приборов использует метод водородного восстановления гексафторида вольфрама.

Установка для осаждения тугоплавких покрытий включает в себя герметизированную реакционную камеру, в которой происходит формирование

покрытия на деталях, систему подачи гексафторида вольфрама и водорода в требуемых количествах и соотношениях, систему нейтрализации, блок энергообеспечения и необходимый комплекс контрольно-измерительной аппаратуры.

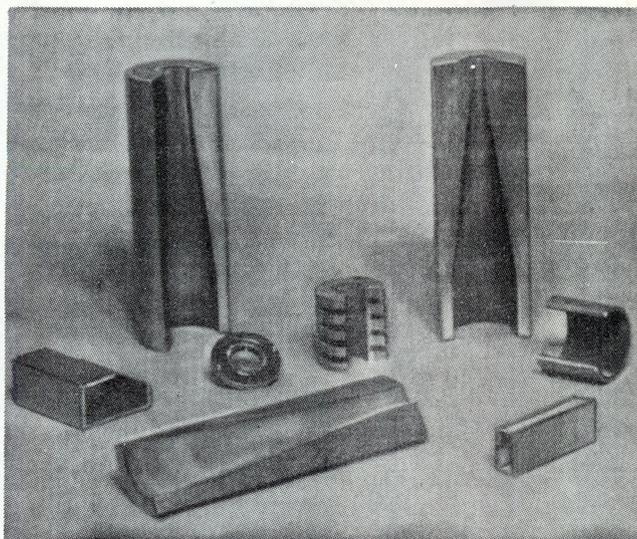


Основные параметры установки

Максимальный размер деталей, подлежащих покрытию, мм:	
диаметр . . . . .	100
высота . . . . .	200
Температура в зоне осаждения, °C . . . . .	400—650
Рабочее давление в камере осаждения, мм рт. ст. . . . .	820—850
Скорость осаждения вольфрама, мм/ч . . . . .	0,1—0,5

исследования кинетики химических транспортных реакций и процессов формирования покрытий, учет особенностей физико-химических свойств гексафторида вольфрама, обеспечение непрерывного контроля и регулирования параметров процесса (в

том числе точного дозирования малых расходов исходных реагентов), химической нейтрализации остаточных продуктов реакции и т.д. способствовало получению достаточно равномерных и плотных покрытий на изделиях различной конфигурации (рис. 2).



2

Прочностные и термомеханические испытания, которые были проведены на стадии отработки технологии, выявили зависимость прочности сцепления покрытия от материала подложки и способов технологической подготовки ее поверхности. Определено, что наиболее рациональным способом является гальваническое никелирование подложки после механической обработки с последующим высокотемпературным спеканием никеля [3].

Испытания покрытий на отрыв показали, что разрушение их происходит в основном по телу вольфрама при усилии 12–14 кг/мм<sup>2</sup>, что соответствует пределу прочности пировольфрама.

Величина усилия при испытании на срез составляет 15–17 кг/мм<sup>2</sup> и практически не меняется после 20-кратного термоциклирования образцов в диапазоне температур 20–800–20°С, со скоростью подъема температуры, соответствующей режимам пайки.

Проведены также испытания на стойкость покрытия к ударному термоциклированию (скорость подъема температуры 10 град/с в интервале 400–800°С, скорость охлаждения – 2 град/с). Исследовались образцы мелкоструктурных замедляющих систем приборов М-типа с толщиной пировольфрама 0,4 мм. После 100 термоциклов отслоений, трещин и сколов покрытия не наблюдалось.

Для оценки работоспособности покрытия электродов ЭВП в реальных условиях разработан новый объективный метод испытаний таких покрытий и

создан комплекс оборудования, позволяющий проводить испытания в условиях, адекватных эксплуатационным. Метод предусматривает проведение следующих испытаний:

– циклический нагрев электронным потоком плотностью 1–5 кВт/см<sup>2</sup> при скоростях нагрева и охлаждения от 5 до 50 град/с;

– импульсный электронный нагрев в условиях более жестких, чем эксплуатационный режим.

В таблице приведены параметры электронного нагрева при таких испытаниях.

Режим испытаний	Источник питания инжектора электронов	Импульсное напряжение, кВ	Плотность электронного нагрева, кВт/см <sup>2</sup>	Длительность импульса, с	Минимальная скважность
Циклический	Выпрямитель с коммутатором	0–6,0	0–5	1–15 Непрерывный режим	2
Импульсный	Тиристорный модулятор	4–22	1–50	1,2 · 10 <sup>-5</sup> 1,2 · 10 <sup>-4</sup>	40
	Тиратронный модулятор	2–30	0,5–200	7 · 10 <sup>-4</sup> 1,4 · 10 <sup>-3</sup>	10–25

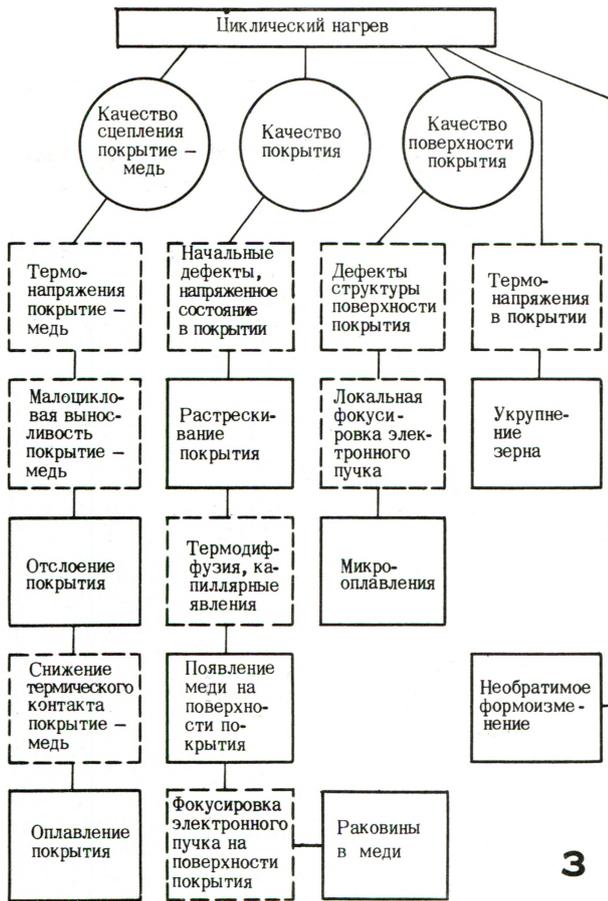
Испытания проводятся в специальной вакуумной камере. Предусмотрен контроль электрических и тепловых режимов, а также визуальный контроль и фоторегистрация процессов на поверхности образца.

Испытаниям могут подвергаться как технологические образцы с нанесенным тугоплавким покрытием, так и элементы реальных приборов.

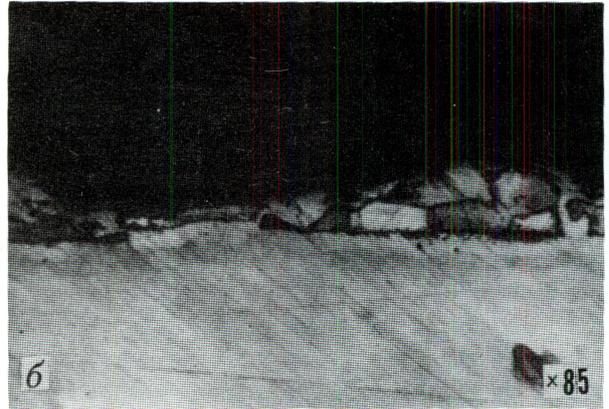
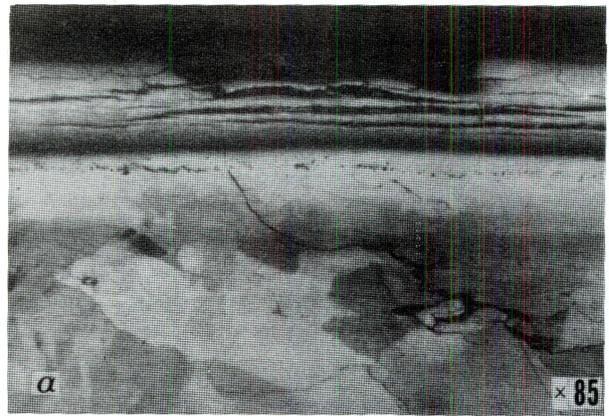
Разработан стенд, имитирующий реальные условия работы покрытия, который в отличие от испытаний в приборе обеспечивает ряд следующих преимуществ: возможность широкой вариации режимов испытаний и ускорение (в 10<sup>2</sup>–10<sup>4</sup> раз) испытаний за счет ужесточения условий работы покрытий; оперативность и минимальную стоимость испытаний; возможность анализа динамики разрушения путем фоторегистрации процессов на поверхности; однозначность и достоверность информации о работоспособности покрытия.

Эквивалентный диаметр электронного луча на поверхности испытываемого образца составляет 3–4 мм и существенно превышает толщину применяемых защитных покрытий.

Рис. 3 и 4 иллюстрируют механизмы, приводящие к потере работоспособности покрытия при циклическом и импульсном электронном нагреве (штриховой линией показаны процессы и явления,



ведущие к разрушению; сплошной – конечные эффекты, ограничивающие ресурс покрытия). Отдельные характерные виды разрушения представлены на микрофотографиях (рис. 5, а, б).



**5**

Разработанный метод испытаний позволяет объективно оценить качество и прогнозировать ресурс работы покрытий.

Исследования тугоплавких покрытий из вольфрама, нанесенного на медные электроды, показали, что работоспособность последних в условиях импульсного электронного нагрева близка к теоретическому ресурсу вольфрама.

Широкое внедрение пировольфрамовых защитных покрытий электродов ЭВП СВЧ несомненно будет способствовать дальнейшему повышению качества и надежности мощных импульсных электронных приборов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Хмара В.А. Теория разрушения металла при импульсной электронной бомбардировке. — "Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ", 1971, вып.1, с.77–82.
2. Осаждение из газовой фазы. Под ред. К.Пауэлла и др. Пер. с англ. М., Атомиздат, 1970.
3. Турнер А.Х., Плешаков В.С., Красовский А.И., Дьяченко Э.А., Голованов Ю.Н. Защита резонаторных систем электровакуумных приборов вольфрамом, осажденным из парагазовой фазы. — "Электронная техника. Сер. Технология и организация производства", 1971, вып.7, с.47–52.

Статья поступила 21 ноября 1975 г.

# ФОРМИРОВАНИЕ ТОПОЛОГИИ ИС НА ПЛЕНКАХ $CdS_x Se_{1-x}$

В. Б. БОГДАНОВИЧ, Э. Б. КАГАНОВИЧ, В. К. КОСТЕНКО,  
Н. Ф. ПЕРШИНА, С. В. СВЕЧНИКОВ

**ПРЕДЛАГАЕТСЯ ФОТОЛИТОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД СЕЛЕКТИВНОГО ТРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ТОПОЛОГИИ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СХЕМ НА ОСНОВЕ СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ  $A^{II} B^{VI}$ .**

УДК 621.382.82.002.72:776

Успех применения фотолитографии в значительной степени определяется параметрами и свойствами выбранного материала, которые в свою очередь зависят от способа получения последнего. В данном случае пленки  $CdS_x Se_{1-x}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ) получали химическим осаждением из водного раствора, содержащего хлористый кадмий, аммиачную воду, тиомочевину (в случае  $x = 1$ ), селеномочевину (в случае  $x = 0$ ) и сернистоокислый натрий, при температуре  $20-80^\circ C$  в течение 2–10 ч с последующим отжигом в шихте на основе CdS при температуре  $250-450^\circ C$  в течение 2–5 ч [1, 2]. Полученные пленки отличались зеркальной поверхностью, высокой равномерностью толщины по площади, хорошей адгезией, плотной структурой и при освещенности 200 лк имели величину удельного светового сопротивления  $50-100 \text{ Ом} \cdot \text{см}$  при отношении темного сопротивления к световому  $\approx 10^9$ . Подложками служили ситалловые (СТ50-1) или стеклянные (С48-1) пластины размером  $48 \times 60 \text{ мм}$ .

Фоторезист на основе диазосоединений наносили центрифугированием ( $900-1400 \text{ об/мин}$ ), в процессе которого осуществлялась первоначальная сушка в течение 0,5–1 мин. Затем образец 10 мин выдерживали на воздухе и после экспонирования рисунка помещали в термостат, температуру медленно повышали до  $85-95^\circ C$  и затем выдерживали фоторезист в течение 30–40 мин. Пленка фоторезиста толщиной 0,8–1 мкм обладала удовлетворительной стойкостью к агрессивным средам; воспроизводимость размеров рисунка составляла 2–3% от размера фотошаблона. Для проявления фоторезиста использовали сильноразбавленный щелочной раствор.

Незащищенные фоторезистом участки пленки  $CdS_x Se_{1-x}$  травили смесью соляной кислоты и этилового спирта при комнатной температуре в течение 1–2 мин. Получены образцы микрорельефа с шириной штрихов и окон до нескольких микрон и точностью передачи рисунка  $1 \pm 0,5 \text{ мкм}$ .

В качестве материала для омических контактов использовали тонкие пленки индия или алюминия, полученные термическим испарением в вакуу-

уме. Контактные площадки формировали с помощью фотолитографии. Незащищенные фоторезистом участки пленки индия травили смесью на основе минеральных кислот (лимонной, уксусной и азотной) при температуре  $45-50^\circ C$ , пленки алюминия – водным раствором фосфорной, азотной и уксусной кислот при комнатной температуре в течение  $\sim 1 \text{ мин}$ . Передержка в травителе приводила к резкому снижению качества травления: образованию рваных краев, протравливанию отдельных участков.

Последовательность технологических процессов при формировании топологии тонкопленочных схем на основе пленок  $CdS_x Se_{1-x}$  может несколько отличаться от описанной выше:

– нанесение двухслойной сплошной системы пленок, первая из которых – пленка  $CdS_x Se_{1-x}$ , полученная из водного раствора, вторая – индиевая или алюминиевая, полученная термическим испарением;

– формирование совместной топологии фоточувствительной и металлической пленок травлением обеих пленок через фоторезистивную маску;

– формирование топологии омических контактов селективным травлением через фоторезистивную маску металлической пленки.

Благодаря применению фоторезиста на основе диазосоединений было получено высокое качество топологического чертежа на пленках  $CdS_x Se_{1-x}$ . Точность воспроизведения элементов схем составила 1–2 мкм.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Богданович В.Б., Великанов А.А., Каганович Э.Б., Матчина С.И., Островская И.К., Свечников С.В. Разработка технологии получения высокофоточувствительных химически осажденных из водного раствора пленок CdS. – "Электронная техника. Сер. Материалы", 1972, вып. 10, с. 51.

2. Богданович В.Б., Великанов А.А., Каганович Э.Б., Матчина С.И., Островская И.К., Свечников С.В. Фоточувствительные химически осажденные из водного раствора пленки CdSe. – "Электронная техника. Сер. Материалы", вып. 7, 1973, с. 114.

Статья поступила 11 декабря 1975 г.

# СНИЖЕНИЕ ДЕФЕКТНОСТИ ДИФФУЗИОННЫХ СЛОЕВ

О. Ф. ВИХЛЯНЦЕВ, К. В. ЗИНОВЬЕВ, Л. А. КОЛЕДОВ, Н. И. ПАТРИК, Г. А. ПЕРЕЖОГИН

ПРОВЕДЕНИЕ ДВУХКОМПОНЕНТНОЙ ДИФФУЗИИ ПРИМЕСЕЙ В КРЕМНИЙ ИЗ ЛЕГИРУЮЩИХ ИСТОЧНИКОВ НА ОСНОВЕ ТЕТРАЗТОКСИСИЛАНА СПОСОБСТВУЕТ УЛУЧШЕНИЮ И СТАБИЛИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ, А ТАКЖЕ ПОВЫШЕНИЮ ВЫХОДА ГОДНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ И ИС.

УДК 539.293.011.25

Многочисленные термические операции в процессе изготовления полупроводниковых приборов и ИС, сопровождающиеся появлением градиентов температуры и концентрации в первоначально однородном, кристаллически совершенном полупроводниковом материале являются причиной возникновения дислокаций в области  $p-n$  переходов, что приводит к ухудшению параметров приборов и уменьшению выхода годных. Чисто термического генерирования дислокаций можно избежать, применяя плавные режимы нагрева и охлаждения. Исключить появление диффузионно введенных дислокаций несоответствия [1,2] в объеме полупроводникового материала при предельно высоких концентрациях диффузанта в случае применения традиционных методов однокомпонентной диффузии легирующей примеси практически невозможно.

Радикальным решением этой проблемы является метод многокомпонентной диффузии [3-6]. Сущность его заключается в том, что напряжения, возникающие в решетке кристалла полупроводникового материала при диффузии основной легирующей примеси, можно скомпенсировать одновременным проведением диффузии другой примеси, создающей противоположные по знаку напряжения.

Из различных способов проведения многокомпонентной диффузии (метод открытой трубы с использованием твердых, жидких и газообразных источников, ампульный метод с использованием в качестве источника примесей легированного порошка кремния и др.) выбран способ диффузии из легированной окисной пленки кремния, сформированной на поверхности полупроводниковой пластины осаждением из органических растворов тетраэтоксисилана  $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$  [7]. Легирующий состав диффузанта на основе тетраэтоксисилана применялся как при однокомпонентной (бор, фосфор), так и при двухкомпонентной (бор с мышьяком, фосфор с мышьяком) диффузии. Мышьяк использовался в качестве компенсирующей примеси.

Применение легирующих композиций на основе тетраэтоксисилана для проведения одновременной диффузии нескольких примесей имеет ряд преимуществ

перед остальными методами. Во-первых, при изменении числа и вида диффундирующих примесей меняется лишь состав исходной легирующей композиции, а все операции технологического процесса остаются неизменными. Во-вторых, регулирование поверхностной концентрации каждого диффузанта достигается изменением его концентрации в легирующей композиции, что значительно проще и точнее, чем регулирование другими способами. Кроме того, равномерность распределения примесей по пластине значительно выше, а то, что при диффузии из пленки источник примеси и полупроводниковая пластина находятся при одной и той же температуре, существенно упрощает технологию.

При расчете состава легирующих композиций задавался желаемый состав окисной пленки в весовых процентах входящих в нее окислов (предполагалось, что в процессе формирования пленки не происходит улетучивания веществ, содержащих легирующую примесь).

В случае однокомпонентной диффузии использовались легирующие композиции, из которых получали окисные источники с расчетным содержанием  $\text{P}_2\text{O}_5$  и  $\text{B}_2\text{O}_3$  — 50 и 30% соответственно. Такие легирующие композиции давали возможность получать поверхностные концентрации примеси в диффузионных слоях заведомо выше критических, при которых начинается интенсивное генерирование диффузионно введенных дислокаций.

При совместной диффузии фосфора или бора с мышьяком были сформированы окисные источники, расчетное содержание окислов легирующей и компенсирующей примесей в которых составляло (вес, %): 28  $\text{B}_2\text{O}_3$  и 7  $\text{As}_2\text{O}_5$ ; 26  $\text{B}_2\text{O}_3$  и 15  $\text{As}_2\text{O}_5$ ; 48  $\text{P}_2\text{O}_5$  и 5  $\text{As}_2\text{O}_5$ ; 45  $\text{P}_2\text{O}_5$  и 11  $\text{As}_2\text{O}_5$ .

Диффузию бора проводили в кремний, легированный фосфором до концентрации  $3 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$  (КЭФ-0,5), а диффузию фосфора в кремний, легированный бором до концентрации  $1,4 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$  (КДБ-10). Пластины кремния были ориентированы в плоскости (111). Исходная плотность дислокаций на пластинах КДБ-10 составляла  $10 \cdot 10^{-2}$ ; на КЭФ-0,5 — до  $10^3 \text{ см}^{-2}$ .

На поверхности пластин методом центрифугирования формировалась однородная прозрачная пленка легированного окисла толщиной 0,18-0,3 мкм.

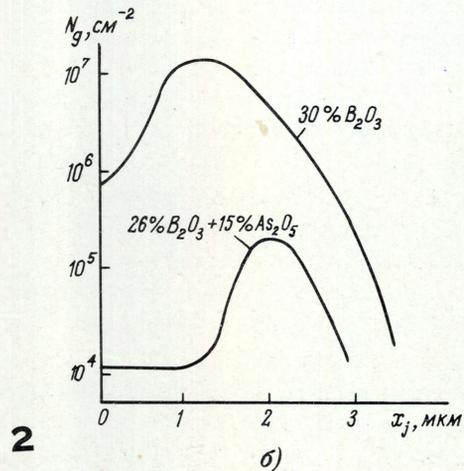
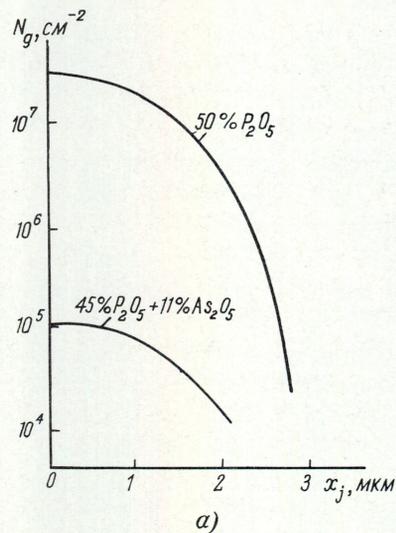
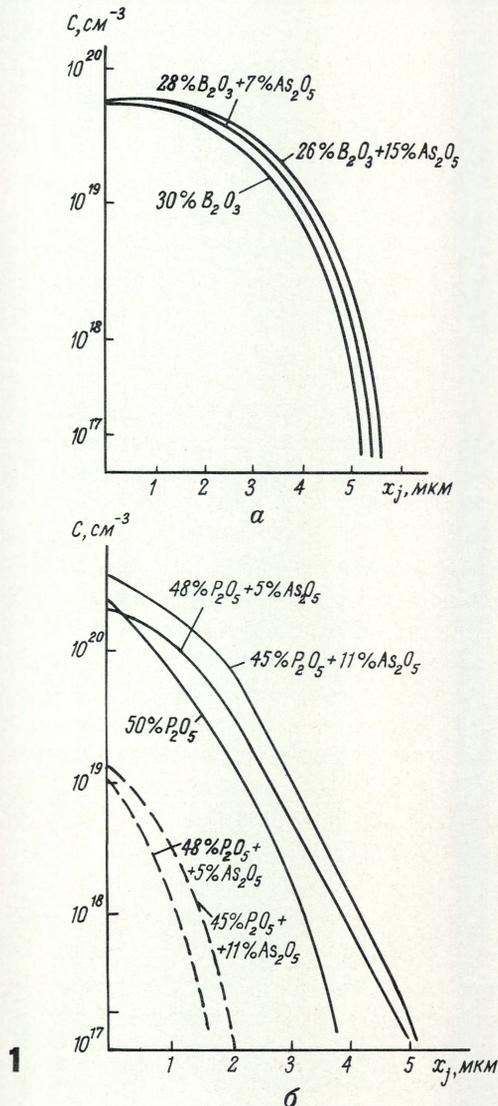
Отжиг пластин при диффузии бора, а также совместной диффузии бора с мышьяком проводился при температурах 1100, 1150 и 1200°C. Время диффузии изменялось от 15 мин до 9 ч.

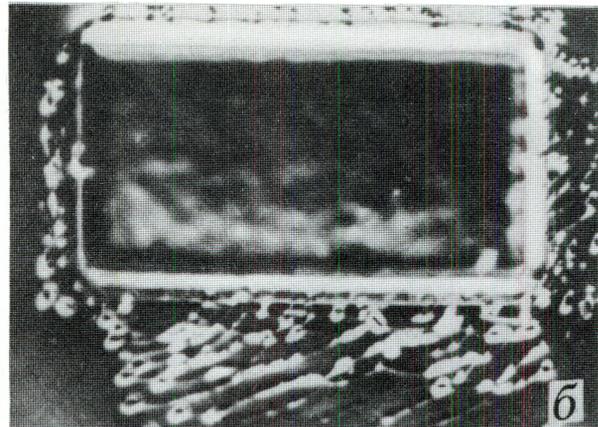
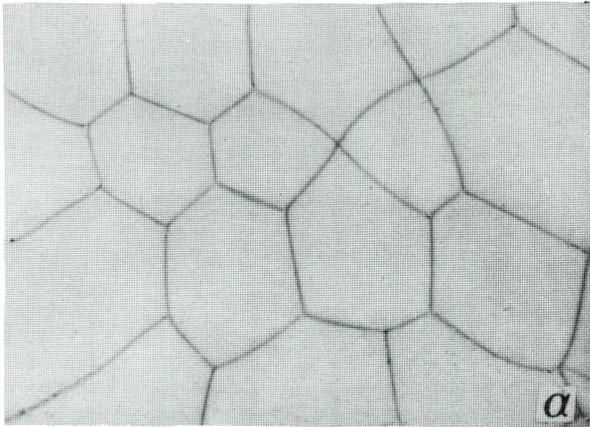
Отжиг пластин при диффузии фосфора и совместной диффузии фосфора с мышьяком проводился при температурах 950, 1050 и 1200°C. Время диффузии — от 10 мин до 4,5 ч.

С целью изучения влияния состава газовой среды диффузия проводилась в потоках  $N_2$ ,  $O_2$  и их смеси в соотношениях 10:1; 5:1; 1:1.

Влияние компенсирующей примеси на характер распределения основной примеси при двухкомпонентной диффузии невелико. Так, при диффузии мышьяка одновременно с бором из окисных источников в атмосфере  $N_2:O_2=10:1$  коэффициент диффузии бора при его поверхностной концентрации  $5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$  практически не изменяется (рис. 1, а). Некоторое расхождение кривых распределения бора при наличии мышьяка в диффузионном слое и без него находится в пределах ошибки измерений.

При совместной диффузии фосфора с мышьяком в атмосфере  $O_2$  наблюдается некоторое ускорение диффузии фосфора (рис. 1, б — сплошные кривые) в присутствии мышьяка. (Пунктирными кривыми на этом рисунке показано распределение мышьяка при одновременной диффузии с фосфором). Компенсирующая примесь существенно влияет на дефектность диффузионных слоев. Обнаружено, что при однокомпонентной диффузии бора или фосфора приповерхностные слои содержат значительное количество дислокаций (рис. 2, а, б). В диффузионных слоях фосфора в кремнии дислокационный слой распространяется до глубины, равной примерно одной трети глубины диффузионного слоя, а в диффузионных слоях бора — до половины глубины диффузионного слоя. Плотность дислокаций в таких диффузионных слоях неравномерна и монотонно уменьшается с увеличением глубины при диффузии фосфора (см. рис. 2, а). В случае диффузии бора кривая распределения плотности дислокаций по глубине имеет максимум не на поверхности диффузионного слоя, а на некоторой глубине (см. рис. 2, б). Характер распределения дислокаций по глубине после совместной диффузии фосфора с мышьяком





3

и бора с мышьяком остается тем же самым, но их плотность снижается примерно на два порядка.

Эксперименты показали, что при локальной однокомпонентной диффузии бора или фосфора в кремний одновременно с дислокациями несоответствия, которые формируются внутри контура диффузионного окна (рис.3, а), генерируются также внеконтурные дислокации (рис.3, б). При проведении локальной совместной диффузии бора с мышьяком или фосфора с мышьяком интенсивность генерации внеконтурных дислокаций резко уменьшается по сравнению с однокомпонентной диффузией. Диффузионные окна на поверхности пластины совершенно свободны от внеконтурных дислокаций при совместной диффузии из источников с расчетным содержанием  $B_2O_3$  —26 и  $As_2O_3$  —15% при  $T=1200^\circ C$  в атмосфере  $N_2:O_2=10:1$  и из источников с расчетным содержанием  $P_2O_5$  —48 и  $As_2O_3$  —5% (а также  $P_2O_5$  —45 и  $As_2O_3$  —11%) при этой же температуре в атмосфере кислорода.

На основании полученных данных можно сделать вывод о перспективности использования легирующих составов на основе тетраэтоксисилана для проведения многокомпонентной диффузии примесей в кремнии. Снижение дефектности диффузионных слоев позволит повысить и стабилизировать параметры интегральных схем, а также увеличить процент выхода годных планарных структур при их производстве.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Prussin S. Generation and distributions of dislocations by solite diffusions. — "J. Appl. Phys.", 1961, v.32, N 10, p.1876—1881.
2. Верховский Е.И., Фокин А.С., Альтшулер В.М. Дислокации в кремниевых диффузионных структурах. — "Зарубежная электронная техника", 1972, №19, с.31-62.
3. Yeh T.H., Joshi M.L. Strain compensation in silicon by diffused impurities. — "J. Electrochem. Soc.", 1969, v.116, N 1, p.73—77.
4. Murooka H., Yamamoto S., Watanabe M. PCT: perfect crystal defice technology. — "Jap. Electron. Eng.", 1971, N 51, p.31—36.
5. Taneto K., Nakura H., Yokozawa M., Tacadada S. Simultaneous diffusion of gallium and phosphorus into silicon. — "National Techn. Rep.", 1973, v.19, N 5, p.455—460.
6. Коледов Л.А., Попова Р.В. Одновременная диффузия фосфора и сурьмы в кремний. — ФТП, 1973, т.7, вып.12, с.2357-2358.
7. Борисенко А.И., Новиков В.В., Прихидько Н.Е., Митникова И.М., Чепик Л.Ф. Тонкие неорганические пленки в микроэлектронике. Л., "Наука", 1972.

Статья поступила 24 декабря 1975 г.

## НОВАЯ КНИГА

В издательстве "Наука" готовится к печати

**ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ МОДУЛЯТОРЫ СВЕТА**

10 авт. л.

Сборник содержит статьи ведущих ученых СССР и США о новых приборах, нашедших применение в голографии, оптической обработке информации, вычислительной технике и телевидении.

Книга рассчитана на специалистов в области оптики и голографии, кибернетики, вычислительной техники, материаловедения.

## СФЕРОИДИЗИРОВАННЫЙ ПОРОШОК АЛЮМОСИЛИКАТНОГО СТЕКЛА

Е. А. КОПТЕВ, В. К. ЛЮБИМОВ, К. Г. МАРИН, В. А. МОЛОТКОВ, Ф. Р. ХАШИМОВ, А. И. ХОХЛОВ

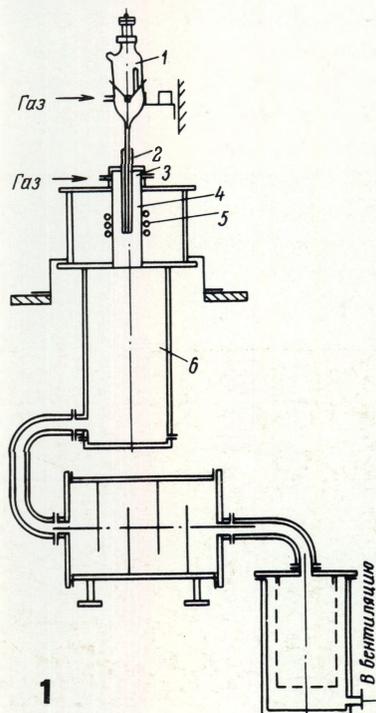
**СФЕРОИДИЗАЦИЯ ПОРОШКА АЛЮМОСИЛИКАТНОГО СТЕКЛА В ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ПЛАЗМЕ УЛУЧШАЕТ УСЛОВИЯ "ВЗРЫВНОГО" НАПЫЛЕНИЯ ТОНКИХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЕНОК, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОНДЕНСАТОРОВ, И ПОВЫШАЕТ СТАБИЛЬНОСТЬ ИХ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ.**

УДК 666.112.5.002

Одним из путей решения задачи повышения удельной емкости пленочных конденсаторов, определяемой тенденцией микроминиатюризации узлов и блоков электронной аппаратуры, является использование материалов с высокой диэлектрической проницаемостью. К таким материалам можно отнести алюмосиликатное стекло марки С44-1 ( $\epsilon = 7,0 \div 7,5$  при частоте  $10^6 - 10^8$  Гц,  $E_{пр} = (2-3) \cdot 10^6$  В/см). На основе этого стекла были получены пленочные конденсаторы с удельной емкостью до 30–50 тыс. пФ/см<sup>2</sup>. Диэлектрические слои при этом наносились методом "взрывного" вакуумно-термического испарения порошка стекла. Качество получаемых покрытий и воспроизводимость результатов напыления при использовании данного метода зависят от режима подачи исходного порошка и его гранулометрического состава. Уменьшение размеров частиц порошка способствует улучшению условий испарения, но при этом равномерность подачи продукта, а следовательно, и точность дозировки снижается. Кроме того, это может привести к выходу из строя напылительной установки в результате залипания порошка в лотке вибродозатора и последующего оплавления под действием излучения испарителя.

Подобного явления можно избежать путем сфероидизации порошков, как это было предпринято для боросиликатных стекол при "взрывном" методе нанесения тонкопленочных конденсаторов [1–2].

Сфероидизацию порошков алюмосиликатных стекол (использовались порошки двух гранулометрических фракций: -200+125 и -125+63 мкм) проводили в высокочастотном плазменном факеле на установке, собранной на базе генератора ВЧИ-63 с частотой колебательного контура 5,28 МГц и потребляемой мощностью 63 кВт (схема плазменной установки представлена на рис. 1).



В качестве плазмообразующего газа использовалась аргонокислородная смесь, которая подавалась через распределительную головку 3 в кварцевый реактор 4 с тангенциальной подачей газа. Исходный порошок стекла из вибродозатора 1 в среде транспортирующего кислорода по водоохлаждаемой металлической трубке 2 поступал в факел плазмы на уровне нижнего витка индуктора 5. Полученный продукт собирался в конденсаторе 6. Стенки кварцевого реактора охлаждались снаружи воздушной струей.

Для обеспечения сфероидизации важно определить оптимальное время пребывания обрабатываемой частицы в зоне высокотемпературного факела, в течение которого происходит расплавление частицы стекла при минимальном его испарении. Отклонение времени проведения процесса от оптимального значения ведет либо к переизмельчению частиц, к увеличению содержания сконденсировавшейся пылевидной фракции в готовом продукте, либо к неполной сфероидизации исходного порошка.

Комплексными расчетами тепловых и газодинамических режимов с последующей экспериментальной корректировкой установлено, что оптимальное время пребывания частиц алюмосиликатного стекла для указанных гранулометрических фракций составляет  $(0,77-1,12) \cdot 10^{-2}$  с.

Условия работы плазменной установки для оптимальных режимов обработки порошка представлены в табл. 1.

Таблица 1

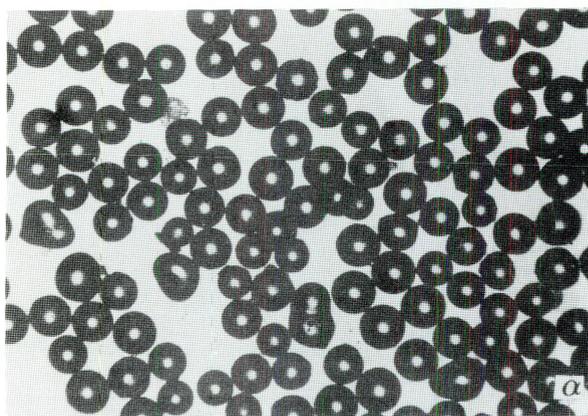
Фракция, мкм	Режим генератора			Расход газов, л/мин		
	U <sub>a</sub> , кВ	I <sub>a</sub> , А	I <sub>g</sub> , А	плазмообразующего		транспортирующего
				Аргон	Кислород	
-200+125	11	6	1,2	60	40	5
-125+63	10	5,5	1,0	70	30	6

Большое влияние на процесс сфероидизации, в частности на ресурс работы плазменной установки, оказывает организация газодинамики в зоне кварцевого реактора. Проведенные ранее работы [1] по исследованию газодинамики плазменного сгустка позволили избежать заплывания стенок реактора расплавленными частицами стекла.

В последующем установлено, что модель плазменного факела значительно усложняется при дополнительном введении в него по оси потока транспортирующего газа. Отсутствие согласования скоростного напора этого потока с другими газодинамическими параметрами плазменного сгустка приводит к возмущению последнего, при этом происходит вынос обрабатываемого порошка в холодную

периферийную зону реактора и заплывание его стенок стеклом. Данное обстоятельство сокращает ресурс безаварийной работы установки и снижает выход годного продукта на операции сфероидизации.

Полученные сфероидизированные порошки были подвергнуты химическому и спектральному анализу на содержание основных комплектов и микропримесей. Результаты химического анализа (табл. 2) свидетельствуют о том, что химический состав стекла после плазменной обработки изменился незначительно. Согласно данным спектрального анализа загрязнения продукта в процессе сфероидизации не наблюдалось. По сравнению с исходными порошками (рис. 2, а) сфероидизированные (рис. 2, б) имеют более равномерное распределение частиц по объему.



2

Таблица 2

Материал	Фракция, мкм	Содержание компонентов, вес. %				
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	TiO <sub>2</sub>
Исходный порошок	-200+125	59,2	13,7	8,1	8,0	10,0
	-125+63	59,6	13,2	8,1	8,0	10,1
Сфероидизированный порошок	-200+125	58,6	13,2	8,1	8,3	9,9
	-125+63	58,5	13,1	8,2	8,4	9,9

Основным критерием оценки качества полученных сфероидизированных порошков являлась их сыпучесть, которая определялась временем истечения определенного объема порошка стекла ( $1 \text{ см}^3$ ) из пробника через калиброванное отверстие ( $\phi 1,5 \text{ мм}$ ) в его дне. Измерения проводились при статическом положении пробника и постоянных климатических условиях (температуре  $22^\circ\text{C}$ , относительной влажности  $60\%$ ). Результаты измерения сыпучести сфероидизированных и несфероидизированных порошков стекла представлены в табл. 3.

Таблица 3

Операция обработки	Фракция, мкм	Среднее время истечения порошка, $\tau_{\text{ср}}$ , с	Диапазон отклонения от $\tau_{\text{ср}}$ , с
Механическое измельчение	-200+125	11,0	1,6
	-125+63	10,5	2,2
Сфероидизация	-200+125	8,5	0,4
	-125+63	7,5	0,6

Как видно из таблицы, режим подачи порошков после сфероидизации в плазме значительно лучше, равномерность дозировки выше примерно в четыре раза, чем при механическом измельчении порошка. Это позволило значительно увеличить выход годной продукции на операции напыления и повысить более чем на порядок стабильность электрофизических параметров конденсаторов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Труды II Всесоюзного семинара по применению низкотемпературной плазмы в технологии неорганических веществ и порошковой металлургии. Новосибирск, "Наука", 1971, с.90—97.
2. Сергеев В.С., Воженин И.Н. Гибридные интегральные схемы. М., "Сов. радио", 1973.

Статья поступила 29 декабря 1975 г.

## МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

Б. Г. ГРИБОВ, Б. И. КОЗЫРКИН

**ПИРОЛИЗОМ МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ОСОБОЙ ЧИСТОТЫ МОГУТ БЫТЬ ПОЛУЧЕНЫ ПОЧТИ ВСЕ ЭЛЕМЕНТЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ.**

УДК 621.315.592:661.78.004

При разложении металлоорганических соединений (МОС) образуются элементы или их соединения, чистота которых в основном определяется степенью чистоты исходных материалов [1]. При этом могут быть получены как аморфные или поликристаллические пленки, так и монокристаллические и эпитаксиальные структуры [2].

Современное состояние химии металлоорганических соединений обеспечивает синтез различных типов органических производных большинства элементов Периодической системы, что в сочетании с возможностью широкого выбора видов энергии, используемой для их разложения (тепловой, энергии плазмы, электронного луча, оптических квантовых генераторов, УФ и ИК излучения), позволяет разработать оптимальные технологические приемы для

решения конкретных задач. Наиболее широко применяется метод пиролиза МОС в паровой фазе.

Особенности и преимущества процесса пиролиза металлоорганических соединений в паровой фазе наиболее заметны в сравнении с другими методами получения пленок различных соединений. Так, если при напылении в вакууме требуется поддержание в системе высокого разрежения и высокой температуры нагрева испаряемого вещества, то процесс пиролиза металлоорганических соединений может быть проведен как при небольшом разрежении, так и при атмосферном давлении. Температура испарения исходных МОС невысока (от  $20$  до  $200^\circ\text{C}$ ), и поэтому загрязнение получаемых пленок материалом испарителя исключается.

Рассматриваемый метод выгодно отличается также от методов электрохимического и химического осаждения. Если при электрохимическом осаждении высаживаются только металлы на электропроводящую подложку, то методом пиролиза МОС в паровой фазе можно наносить металлы, окислы, нитриды, карбиды, полупроводниковые материалы на любые проводящие и диэлектрические подложки — от металлов и керамики до синтетических волокон и бумаги. Метод химического осаждения пленок из растворов разработан пока лишь для небольшого числа металлов и не может конкурировать с методом парофазного осаждения.

Использование металлоорганических соединений вместо обычно применявшихся галогенидов металлов при осаждении из паровой фазы позволяет значительно снизить температуру процесса осаждения пленок (до 200–500 °С), исключить коррозию аппаратуры и свести до минимума возможность загрязнения растущей пленки примесями. Проведение процесса осаждения пленок в паровой фазе в вязкостном режиме позволяет в отличие от метода вакуумного напыления наносить равномерную пленку на предметы сложной конфигурации, в том числе и на внутренние поверхности деталей даже при очень

малых размерах отверстий. К тому же пленки имеют значительно лучшую адгезию к поверхности подложек, чем при любом другом методе осаждения.

Однако при использовании МОС возникает проблема уменьшения загрязнения получаемых материалов углеродом [3]. Возможность выбора оптимальных типов МОС и управления процессами их разложения, а также специальная обработка получаемых из МОС материалов [4, 5] позволяют в ряде случаев решить эту проблему. Так, из карбониллов железа, никеля, молибдена получены соответствующие металлы с содержанием углерода  $1 \cdot 10^{-2} - 1 \cdot 10^{-3}$  вес. % [6, 7]; алюминий, полученный из триизобутилалюминия, содержит  $2 \cdot 10^{-2}$  [7], арсенид галлия — из триметилгаллия и арсина —  $2 \cdot 10^{-3}$  вес. % углерода [8].

В настоящее время разработана технология и осуществляется производство целого ряда МОС особой чистоты. Наиболее широко используемые соединения и их характеристики приведены в таблице.

Метод осаждения пленок разложением металлоорганических соединений в паровой фазе отличается простотой, экономичностью и высокой производительностью. Он даст возможность получать по единой технологии все элементы, необходимые для изготовления электронных приборов: полупроводни-

Соединение, агрегатное состояние	Формула	Т <sub>кип</sub> , град/мм рт.ст.	Степень очистки	Условия получения покрытий		
				Давление	Температура, °С	
					испарителя	подложки
МОС для получения резистивных покрытий						
Бис-бензолхром (тв.)	(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> Cr	—	ОСЧ-7-3	1 · 10 <sup>-2</sup> мм рт.ст.	200	350-400
Иодид бис-толуолхрома (тв.)	(CH <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CrI	—	ОСЧ-7-3	1 · 10 <sup>-2</sup> мм рт.ст.	200	500
Бис-этилбензолхром (ж.)	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Cr	(160-165)/2	ОСЧ-8-3	1 · 10 <sup>-2</sup> мм рт.ст.	120-150	400-450
Бис-этилбензолмолибден (ж.)	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Mo	(170-172)/1,5	ОСЧ-10-3	1 · 10 <sup>-2</sup> мм рт.ст.	150-170	300-400
МОС для получения диэлектрических покрытий						
Тетраэтоксисилан (ж.)	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O) <sub>4</sub> Si	(166-168)/760	ОСЧ-8-4	1 атм	70	400-450
Изопропилат алюминия (тв.)	(i-C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> O) <sub>3</sub> Al	120/4	ОСЧ-8-3	1 атм	130-140	350-400
Этилат ниобия (ж.)	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O) <sub>3</sub> Nb	(153-155)/1	ОСЧ-8-4	1 атм	170-180	400
Этилат тантала (ж.)	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> O) <sub>3</sub> Ta	(150-152)/1	ОСЧ-10-4	1 атм	150	400
МОС (жидкие) для получения и легирования полупроводниковых соединений						
Триметилгаллий	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Ga	56/760	ОСЧ-9-4	1 атм	20	680*
Эфират триметилгаллия	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Ga O(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub>	(97-98)/760	ОСЧ-11-4	1 атм	20	680*
Триэтилиндий	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub> In	(83-84)/12	ОСЧ-9-4	1 атм	50	495**
Триметиларсин	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> As	(50-51)/760	ОСЧ-14-4	1 атм	20	680*
Триметилстибин	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> Sb	(78-79)/760	ОСЧ-12-4	1 атм	20	495**
Диэтилцинк	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> Zn	(117-118)/760	ОСЧ-8-4	1 атм	—	—
Тетраметилолово	(CH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> Sn	78/760	ОСЧ-7-3	1 атм	—	—
Диэтилтеллурид	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> Te	(135-137)/760	ОСЧ-8-3	1 атм	—	—
Диэтилселенид	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> Se	(110-112)/760	ОСЧ-8-3	1 атм	—	—

\* Приведены условия автоэпитаксиального наращивания GaAs.

\*\* Приведены условия автоэпитаксиального наращивания InSb.

ковые монокристаллы и эпитаксиальные слои с созданными в них *p-n* переходами, проводящие, резистивные и диэлектрические пленки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Грибов Б.Г. Высокочистые вещества из металлоорганических соединений. — "Успехи химии", 1973, т. XLII, вып. 11, с. 1921.
2. Разуваев Г.А., Грибов Б.Г., Домрачев Г.А., Саламатин Б.А. Металлоорганические соединения в электронике. М., "Наука", 1972.
3. Девятых Г.Г. Современное состояние методов получения веществ особой чистоты. В кн.: Методы получения и анализа веществ особой чистоты. М., "Наука", 1970.
4. Волков В.А., Сыркин В.Г., Толмасский И.С. Карбонильное железо. М., "Металлургия", 1969, с. 38, 144.

5. Алешина И.И., Хармер С.И., Вербловский А.М., Кричевская О.Д., Есинская Г.П. Прессование и спекание карбонильных молибденовых порошков. — "Порошковая металлургия", 1969, т. 75, №3, с. 86.

6. Сыркин В.Г., Кирьянов Ю.Г. Получение железо-никелевых пленок карбонильным методом. — "Электронная техника, Сер. Ферритовая техника", 1968, вып. 1, с. 63.

7. Нечипоренко Е.Н., Криворучков В.М., Сагалович В.В., Подтыкан В.П. Влияние электрического поля на рост осадков при пиролизе карбонильного молибдена. — "Изв. АН СССР", сер. "Неорганические материалы", 1969, т. 5, №6, с. 1025.

8. P. R a i — C h o u d h u r y. Epitaxial gallium arsenide from trimethyl gallium and arsine. — "J. Electrochem. Soc.", 1969, v. 116, N 12, p. 1745.

Статья поступила 29 декабря 1975 г.

## РАДИАЦИОННО-ЛЕГИРОВАННЫЙ КРЕМНИЙ ДЛЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ПРИБОРОВ

Л. Н. АФОНИН, В. Н. МОРДКОВИЧ, Б. В. СМИРНОВ, С. П. СОЛОВЬЕВ,  
Э. М. ТЕМПЕР, В. А. ХАРЧЕНКО

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАДИАЦИОННО-ЛЕГИРОВАННОГО КРЕМНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ПРИБОРОВ СПОСОБСТВУЕТ УЛУЧШЕНИЮ ИХ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОВЫШЕНИЮ ВЫХОДА ГОДНЫХ.

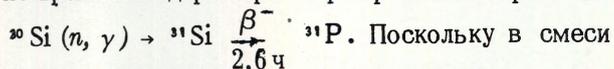
УДК 621.315.592.3

При создании полупроводниковых приборов, рассчитанных на большие мощности и высокие рабочие напряжения, серьезные требования предъявляются к качеству полупроводникового материала, в частности к однородности удельного сопротивления при значительном его номинале. Например, для кремниевых мощных высоковольтных транзисторов и выпрямительных вентилях необходим материал с удельным сопротивлением порядка 50–200 Ом·см при отклонениях от номинала, не превышающих 5%. В настоящее время получить такой материал традиционными металлургическими методами практически невозможно.

В этой связи значительный интерес представляет метод радиационного легирования, с помощью которого можно изготавливать слитки кремния, существенно превосходящие по однородно-

сти электрических свойств материал, получаемый обычными способами.

Как известно, при облучении кремния тепловыми нейтронами в ядерном реакторе протекает реакция:



Поскольку в смеси изотопов, которую представляет собой естественный кремний, атомы изотопа  $^{30}\text{Si}$  распределены равномерно, а поток тепловых нейтронов в замедляющей среде реактора изотропен, захват нейтронов ядрами указанного изотопа равновероятен в любом локальном объеме кристалла, следовательно, изотропно и распределение введенного облучением фосфора. Если концентрация фосфора  $N_p$  намного превысит концентрацию  $N_0$  исходных примесей, определявших проводимость кремния до облучения, то именно распределение фосфора

обусловит микрооднородность удельного сопротивления кремния.

Для получения заданного номинала удельного сопротивления кремния необходимо произвести расчет дозы облучения. Так как концентрация фосфора, возникшего в ядерной реакции,  $N_p = kN\sigma\phi t$ , где  $N$  — концентрация атомов Si;  $k = 0,0309$  — коэффициент, учитывающий содержание изотопа  $^{30}\text{Si}$ ;  $\sigma = 0,11$  мбарн — сечение ядерной реакции;  $\phi$  — интенсивность облучения;  $t$  — время облучения, то требуемая интегральная

доза нейтронов составляет  $\phi t = \frac{1}{e\mu kN\sigma}$  ( $\rho$  — необходимый номинал удельного сопротивления,  $\mu$  — подвижность основных носителей;  $e$  — заряд электрона).

Выбор исходного кремния проводят с учетом условия  $N_p \gg N_0$ , и после его облучения слитки выдерживают в течение времени, необходимого для спада наведенной радиоактивности до установленного санитарными нормами уровня. Практика показала, что наведенная активность определяется главным образом посторонними примесями, присутствующими на поверхности кремния, а не продуктами ядерной реакции образования  $^{31}\text{P}$ . Поэтому технология изготовления радиационно-легированного кремния включает операцию химической очистки поверхности слитков после облучения.

Исследования однородности распределения удельного сопротивления кремния, полученного радиационным легированием, методом Чохральского и бестигельной зонной плавкой (на каждом образце проводилось несколько серий измерений, каждая из которых состояла из 150–200 замеров при расстоянии между измеряемыми точками 20 мкм) свидетельствуют о несомненном преимуществе радиационно-легированного материала (см. таблицу).

Способ легирования	Среднее удельное сопротивление, Ом·см	Отклонение удельного сопротивления от среднего, %
Радиационный*	70	6
Зонная плавка	80	19
Радиационный*	30	4,5
Метод Чохральского	30	16
Радиационный*	50	5,5
Зонная плавка	80	17

\* В качестве исходного материала при радиационном легировании использовался зонный кремний  $p$ -типа с сопротивлением 2–5 кОм.

Радиационно-легированный кремний был применен для изготовления мощных высоковольтных кремниевых транзисторов с рабочими напряжениями свыше 1000 В. Опробование в условиях

опытного производства показало, что использование такого материала способствует увеличению выхода годных приборов (в особенности высоковольтных групп) и улучшению воспроизводимости параметров. Кроме того, приборы, изготовленные из радиационно-легированного кремния, характеризуются значительно более резкой формой обратной ветви ВАХ (см. рисунок).



Радиационно-легированный кремний использовался также для изготовления высоковольтных вентилях типа ПВКЛ-200, что позволило при прочих равных условиях повысить их рабочие напряжения на 400–500 В.

Таким образом, представляется весьма перспективным применение радиационно-легированного Si для создания различных высоковольтных приборов.

Статья поступила 14 июля 1976 г.

## НОВАЯ КНИГА

В издательстве "Советское радио" готовится к печати

**НАУКА: ИНФОРМАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ**

Г. М. ДОБРОВ, А. А. КОРЕННОЙ

14 авт. л.

В книге сформулированы некоторые основные принципы и задачи управления наукой. С этих позиций рассмотрены роль и методы анализа различного вида информации о функционировании научных систем, принципы создания автоматизированных систем информационного обеспечения управления наукой.

Предложены оригинальные приемы использования математического аппарата, в частности теории графов, при исследовании информационных потоков и коммуникаций в науке. Изложен опыт наукометрических исследований.

Книга рассчитана на специалистов в области теории и практики организации и управления наукой, информатики, кибернетики, системотехники. Она также представляет интерес для широкого круга научных работников и специалистов, решающих практические проблемы организации и управления научно-исследовательской деятельностью.

# ТОКОПРОВОДЯЩИЕ КЛЕИ

А. Н. ЗАХАРОВА, К. Е. КАЗАНЦЕВА, Д. А. КЛИМЕНСКАЯ, Н. Н. КОЛОСОВА

**КОНТАКТНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ, ВЫПОЛНЕННЫЕ С ПОМОЩЬЮ КОНТАКТОЛОВ, ИМЕЮТ ВЫСОКУЮ НАДЕЖНОСТЬ В ТЕЧЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИЗДЕЛИЙ.**

УДК 621.315.5:668.3

Эффективным средством выполнения соединений в технике микромонтажа, в технологии изготовления ряда радиодеталей, при нанесении токопроводящих контактов или покрытий на неметаллические поверхности является использование контактолов.

Основные характеристики контактолов, применяемых в настоящее время в радиоэлектронике, приведены в таблице.

ки контактолов контактные соединения обеспечивают даже для наиболее низкоомных резисторов достаточно высокую стабильность сопротивления.

Контактол К-8 применяется в технологии изготовления контактов ниточных резисторов типа СЗ-3. Лако-сажевая композиция, из которой изготавливается резистивный слой, имеет органическую основу, не допускающую термообработки выше 200°С, что

Марка контактола	Наполнитель	Удельное электрическое сопротивление, Ом·см	Прочность склеивания, кг/см <sup>2</sup>	Температура отверждения, °С	Максимальная рабочая температура, °С	Срок хранения
К-8	Ag	$(2-3) \cdot 10^{-4}$	50-100	120-190	155	6 мес.
К-11	Au	$(3-8) \cdot 10^{-4}$	30-50	70-100	125	6 мес.
К-12	Ag	$(0,4-2) \cdot 10^{-3}$	70-150	70-120	125	20 сут.
К-13	Ag	$(1-6) \cdot 10^{-4}$	30-50	20-120	125	6 мес.
К-16	Ag	$(2-5) \cdot 10^{-4}$	50-70	150-200	155	30 сут.
К-17	Ag	$(1-4) \cdot 10^{-4}$	150-200	170-180	200	6 мес.
К-18	Ag	$(1-4) \cdot 10^{-4}$	50-70	200	155	30 сут.
К-19	Ag	$(3-5) \cdot 10^{-3}$	70-100	20-80	80	2 ч
К-20	Ag	$(5-10) \cdot 10^{-5}$	10-20	20-80	60	6 мес.
К-21	Ag	$(2-4) \cdot 10^{-4}$	50-100	180-200	250-300	6 ч
КН-1	Ni	$(0,5-2) \cdot 10^{-2}$	100-150	20-100	70	3 сут.
КН-2	Ni	$(4-6) \cdot 10^{-3}$	70-100	170-200	155	6 сут.
КН-3	Ni	$(5-8) \cdot 10^{-3}$	300-500	200-220	155-200	6 мес.
КН-5	Ni	$(6-10) \cdot 10^{-3}$	20-30	20-70	70	6 мес.
КП-3	Pd	$(1-2) \cdot 10^{-3}$	180-250	150-180	155-200	1 мес.

Исследование ряда физико-химических и механических свойств токопроводящих клеев и их влияния на стабильность контактных соединений, выполненных на металлических поверхностях, позволило дать рекомендации по применению контактолов [1, 2]. Опыт длительного применения контактолов на многих предприятиях показал, что при соблюдении этих рекомендаций, а также технологии приготовления контактола получаемые контактные соединения имеют высокую надежность в течение длительного времени эксплуатации изделий.

С помощью контактолов осуществляется монтаж резисторов различного типа. Так, контактолы К-13 или К-12 применяются при монтаже ниточных резисторов типа СН2 на серебряные металлизированные дорожки микроплаты. После термообработ-

ки делает невозможным нанесение контактов вжиганием серебряносодержащих паст. Использование контактола К-8 позволяет осуществить стабильный электрический контакт к лако-сажевому резистивному слою при температуре термообработки 170°С. На основании результатов проведенных испытаний резисторов С2-12 и СЗ-3 установлено, что минимальная вероятность безотказной работы контактных соединений составляет 0,9999 при достоверности 0,9. В настоящее время контактол К-8 применяется также для монтажа выводов к тензодатчикам.

В технологии изготовления переменных резисторов, резистивный слой которых представляет собой сажевую композицию на основе диаллизофталатной смолы, применяется контактол К-18. Термообработку этого контактола можно проводить одно-

временно с термотренировкой резисторов, что технологически удобно. Контактол К-18 обеспечивает низкоомный контакт и высокую адгезию к резистивному слою.

Для получения низкоомных контактов с достаточно низким уровнем шумов в фоторезисторах на основе селенида или сульфида свинца обычно используется аквадаг. Контакт между контактной площадкой из аквадага и внешними выводами фоторезистора просто и надежно осуществляется с помощью контактолов К-12 и К-13.

Монтаж внешних выводов поверхностно-барьерных конденсаторов на основе керамики из титаната бария производится с помощью контактола К-17, обладающего высокой механической прочностью склеивания.

Для крепления токоотводов к металлическим пленкам в поверхностно-барьерных детекторах используется токопроводящий клей К-19, отверждающийся без нагрева.

Токопроводящие клеи применяются не только для контактирования металлов и металлизированных поверхностей, но и для создания электрического и теплового контактов с полупроводниковыми материалами. Так палладийсодержащий контактол КП-3 (температура термообработки 170°C) и никельсодержащий контактол КН-3 (температура отверждения 200°C) позволяют осуществлять тепловой и электрический контакт между основанием кремниевого кристалла и металлизацией микросхемы.

Применение контактола К-13 решило вопрос получения электрического контакта между изолированными полупроводниковыми термоэлектрическими элементами в процессе гальванического осаждения сплава Ni—Sn на коммутационные поверхности термоэлектрических модулей.

Контактолы К-13 и К-17 применяются в технологии производства ГИС и СВЧ ГИС для создания электрического и теплового контакта микросхемы с корпусом.

В настоящее время для создания электрических контактов на керамических, стеклянных и полупроводниковых подложках применяют высокотемпературные пасты, способные облуживаться. Однако зачастую контактируемые материалы, особенно полупроводниковые, не допускают нагрева выше температуры 200—250°C. В этом случае удобно применять композицию, сочетающую в себе свойства высокотемпературных паст со свойствами токопрово-

дящего клея (достаточно низкая температура отверждения и высокая адгезионная прочность). Контактол К-16, нанесенный на подложку, после термообработки при температуре 180—200°C может облуживаться припоями ПСрОСЗ-58 и ПОСК-50. Этот же контактол используется в технологии изготовления ряда танталовых оксидно-полупроводниковых конденсаторов для создания катодных покрытий, к которым припаиваются катодные выводы.

С помощью контактолов выполняются проводящие коммуникации на стандартных бумажных перфокартах, используемых в долговременных запоминающих устройствах. Для этих целей может служить краска К-20 (7), обладающая наряду с высокой элеткропроводностью  $\rho \approx (5 \div 10) \cdot 10^{-5}$  Ом см хорошими печатными свойствами, высокой эластичностью, хорошей адгезией к бумажной подложке.

Никельсодержащие контактолы КН-1, КН-2 и КН-3 позволяют создавать высокопрочные и стабильные контакты на поверхности таких металлов, как Al, Ni, Cu и т.д.

Контактол КН-1 используется при изготовлении гидроакустических преобразователей энергии для осуществления электрического контакта между металлическими электродами и поверхностью резины (порог ионизации при этом повышается примерно в три раза).

Этот же контактол, отверждающийся при комнатной температуре в течение одних—трех суток применяется с целью получения поверхности, отражающей радиоволны, на материалах, не допускающих высоких температур термообработки (например, пенопластах), а также для склеивания этих материалов с металлами (например, алюминиевыми сплавами). Коэффициент отражения при использовании этого контактола составляет 0,97-0,99. Контактолы КН-1 и КН-5 могут использоваться как экранирующие покрытия на изделиях из полистирольного и полиуретанового пенопластов, они образуют равномерный, токопроводящий слой и обеспечивают хорошую адгезию к пенопластам без нарушения структуры их поверхности.

Контактол КН-3, способный выдерживать длительное время высокие температуры (~200°C), нашел применение при создании электрического контакта на кремниевых фотоприемниках. Так же, как и контактол КН-2, он может быть рекомендован для приклейки кварцевых кристаллов в пьезодатчиках.

В работе приведены лишь некоторые примеры использования токопроводящих клеев, свидетельствующие о широких возможностях применения контактолов.

*Статья поступила 15 марта 1974 г.*



вдвое повысило выход изделий, их надежность и качество. Применение диаллизофталатных материалов ДАИФ-С-1, ДАИФ-С-2 оказалось эффективным в производстве электрических соединителей различных типов, резисторов, тропикоустойчивых герметичных вилок, держателей интегральных схем и деталей приборов с высокой термоустойчивостью для геофизических исследований. Однако сравнительно высокая стоимость диаллизофталатов сдерживает их широкое внедрение.

За последние годы (1973–1975 гг.) разработаны новые марки диаллифталатных пластмасс ДАИФ-СЛ, ДАФ-СЛК, ДАФ-СЛЗ, которые перерабатываются наиболее производительным способом – литьем под давлением. Такие пластмассы обладают рядом преимуществ перед термопластами, в частности сравнительно низкими температурами (90–100°C) их пластично-вязкого состояния и высокой технологичностью. Время отверждения деталей в форме от 30 с до 1,5 мин (в зависимости от их массы и геометрии). Показатель текучести (определялся после выдержки композиции

при температурах пластично-вязкого состояния до 120°C в течение 20 ч и после хранения их в течение 6 мес.), характеризующий реологические свойства этих литьевых материалов, не изменяется в течение 24 ч при температурах 90–100°C.

Свойства литьевых диаллифталатных материалов приведены в табл. 2, 3.

Материалы ДАИФ-СЛ, ДАФ-СЛ выпускаются в виде разноцветных гранул. Для формирования деталей из этих пластмасс служат реактопластоавтоматы типа Д-3431, Д-3528, а также термопластоавтоматы с модернизированным узлом инжекции.

Литьевые диаллифталатные материалы обладают стабильностью физико-механических свойств при высоких температурах (табл. 4).

Как показали исследования, физико-механические свойства некоторых диаллифталатных материалов могут быть существенно улучшены путем введения в них диаллифталатного полимерного наполнителя – гамма-полимера. Благодаря структурному сходству со связующим, близости коэффициентов линейного расширения и наличию оста-

Свойства пластмасс после длительного воздействия влаги

Таблица 2

Марка	Исходное состояние			Изменение параметров после воздействия влаги в течение							
	$\rho_v$ , Ом·см	$\operatorname{tg} \delta$	$\epsilon$	10 суток			30 суток			56 суток	
				$\rho_v$ , Ом·см	$\operatorname{tg} \delta$	$\epsilon$	$\rho_v$ , Ом·см	$\operatorname{tg} \delta$	$\epsilon$	$\rho_v$ , Ом·см	$\operatorname{tg} \delta$
ДАИФ-СЛ	$2 \cdot 10^{14}$	$1 \cdot 10^{-2}$	5,1	$1 \cdot 10^{14}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$	5,5	$6,3 \cdot 10^{14}$	$3 \cdot 10^{-2}$	6	$1 \cdot 10^{14}$	$3 \cdot 10^{-2}$
ДАФ-СЛК	$2 \cdot 10^{14}$	$1 \cdot 10^{-2}$	5,1	$1 \cdot 10^{14}$	$4 \cdot 10^{-2}$	5,4	$3 \cdot 10^{14}$	$4 \cdot 10^{-2}$	5,6	$5 \cdot 10^{14}$	$4 \cdot 10^{-2}$
ДАФ-СЛЗ	$2 \cdot 10^{14}$	$1 \cdot 10^{-2}$	4,4	$2 \cdot 10^{14}$	$3 \cdot 10^{-2}$	4,6	$1,5 \cdot 10^{14}$	$3 \cdot 10^{-2}$	5,2	$1 \cdot 10^{13}$	$4 \cdot 10^{-2}$

Таблица 3

Физико-механические и электроизоляционные свойства пластмасс

Показатели	ДАИФ-СЛ	ДАФ-СЛК	ДАФ-СЛЗ
Удельный вес, г/см <sup>3</sup>	2,2	2,2	1,9
Текучесть по Рашигу, мм	200	200	200
Водопоглощение, %	0,08	0,08	0,1
Усадка образцов после термообработки, %	0,6–0,8	0,6–0,8	0,6–0,7
Разрушающее напряжение, кгс/см <sup>2</sup>			
при статическом изгибе	1500	1500	1400
при растяжении	800	800	800
при сжатии	1800	1800	1800
Электрическая прочность, кВ/мм	20	20	20
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см	$8 \cdot 10^{13}$	$2 \cdot 10^{14}$	$2 \cdot 10^{14}$
Диэлектрическая проницаемость	5,9	5,3	4,4
Тангенс угла диэлектрических потерь	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-3}$
Теплостойкость по Мартенсу, °C	300	200	200

Таблица 4

Свойства пластмасс после длительного теплового воздействия

Показатели	ДАИФ-СЛ		ДАФ-СЛ	
	5000 ч при 150°C	5000 ч при 200°C	5000 ч при 180°C	1000 ч при 200°C
Разрушающее напряжение, кгс/см <sup>2</sup>				
при статическом изгибе	1500	1500	1350	1300
при растяжении	800	820	–	–
при сжатии	1700	1800	–	–
Ударная вязкость, кгс·с /см <sup>2</sup>	19	18	7	7
Электрическая прочность, кВ/мм	18	17	15	–
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см	$> 10^{14}$	$> 10^{14}$	$> 10^{14}$	$7 \cdot 10^{14}$
Диэлектрическая проницаемость	5,5	5,6	5,0	4,6
Тангенс угла диэлектрических потерь	0,008	0,008	0,006	0,01

точной неопределенности (20% двойных связей в гамма-полимере ДАИФ и 10% в гамма-полимере ДАФ) применение такого полимерного наполнителя ведет к снижению термических и усадочных напряжений в изделиях. Имеющиеся на поверхности наполнителя остаточные двойные связи вовлекаются в реакцию отверждения, что приводит к дополнительному упрочнению сшитой структуры материала. Текучесть и усадка пресс-композиции регулируются количеством вводимого гамма-полимера.

Можно предположить, что введение диаллилфталатного органического наполнителя в другие пресс-композиции на основе неопределенных связующих также окажет положительное влияние на улучшение их свойств.

Внедрение диаллилфталатных материалов позволяет значительно повысить эффективность производства пластмассовых изделий за счет повышения производительности труда, а также улучшить качественные показатели и надежность работы изделий.

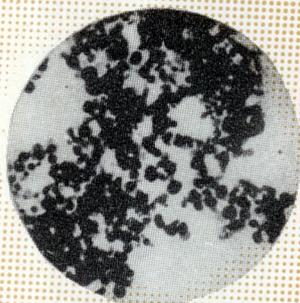
Статья поступила 4 декабря 1975 г.

"ЭЛПЛАЗ Ц" ( $ZrO_2$ )

"ЭЛПЛАЗ К" ( $SiO_2$ ),

**СИНТЕЗИРОВАННЫЕ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ПЛАЗМЕ, ИСПОЛЬЗУЮТСЯ В КАЧЕСТВЕ АБРАЗИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ФИНИШНОГО ПОЛИРОВАНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛАСТИН ПЕРЕД ПРОЦЕССОМ ЭПИТАКСИАЛЬНОГО НАРАЩИВАНИЯ.**

Выпускаются в виде порошка белого цвета с размером частиц  $< 0,5$  мкм (форма частиц сферическая) или суспензии молочного цвета с отношением твердой и жидкой фаз от 1:5 до 1:30. рН = 7-12.



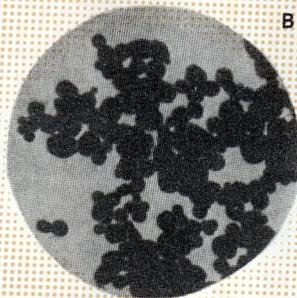
"ЭЛПЛАЗ Ц" И "ЭЛПЛАЗ К"

ВЫПУСКАЮТСЯ

Верхнеднепровским горнометаллургическим комбинатом (г. Вольногорск)

УПАКОВКА:

полиэтиленовые запаянные пакеты на 100-500 г порошка или полиэтиленовые канистры с плотно завинчивающимися крышками емкостью 0,5-5,0 л.



ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Содержание	$ZrO_2$	$SiO_2$
Фракция крупностью 0,05-0,3 мкм, %	$\geq 75$	$\geq 75$
Высокотемпературная форма, %	$\geq 75$	-
Хлор, %	$< 0,2$	$< 0,15$
Примеси, вес. %		
железо	$\leq 4 \cdot 10^{-2}$	$\leq 4 \cdot 10^{-2}$
титан	$\leq 1 \cdot 10^{-2}$	$\leq 1 \cdot 10^{-2}$
никель	$\leq 1 \cdot 10^{-2}$	$\leq 1 \cdot 10^{-2}$
хром	$\leq 1 \cdot 10^{-2}$	$\leq 1 \cdot 10^{-2}$

# ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

## КОНТАКТНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СВЧ МИКРОСХЕМ

Л.В.МИНСКОВА, Ю.С.СЕНДЕРУК, А.П.ТОЛДОВ, А.И.ШАРОВ, А.П.ШИБАНОВ

КОНТАКТНОЕ УСТРОЙСТВО С СОБСТВЕННЫМ КСВН НЕ ХУЖЕ 1,08 В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ ДО 10 ГГц ОБЕСПЕЧИВАЕТ ХОРОШУЮ ВОСПРОИЗВОДИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ ДЛЯ МИКРОСХЕМ С РАЗЛИЧНЫМИ ГАБАРИТАМИ И МОЖЕТ ИСПОЛЬЗОВАТЬСЯ КАК В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ, ТАК И В ПРОИЗВОДСТВЕ СВЧ МИКРОСХЕМ.

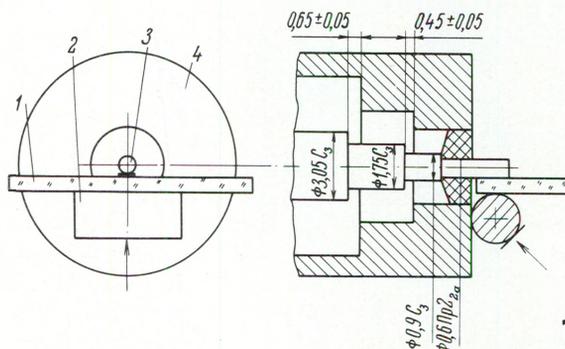
УДК 621.317.799:621.382.82.029.64

Одной из основных проблем, возникающих при разработке, исследовании и производстве СВЧ микросхем, является проблема создания контактных устройств, имеющих низкие значения КСВН, малые потери и хорошую воспроизводимость результатов измерения.

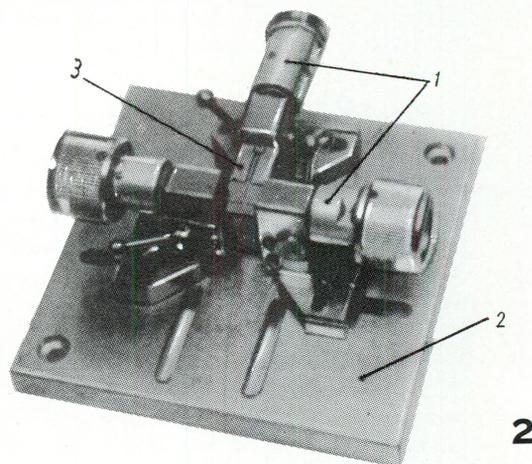
В отечественной и зарубежной практике используется ряд контактных устройств [1], обеспечивающих переход от стандартных коаксиальных или волноводных сечений к микрополосковому тракту интегральной СВЧ схемы. Главный недостаток существующих контактных устройств заключается в плохой воспроизводимости результатов измерения из-за неопределенности местоположения контакта между общим электродом микросхемы и общим электродом контактного устройства, что особенно важно при измерении фазовых характеристик.

Предлагаемый вариант контактного устройства лишен перечисленных недостатков [2] и обеспечивает в полосе частот до 10 ГГц КСВН не хуже 1,08, хорошую воспроизводимость результатов измерения, а также возможность производить измерение микросхем независимо от их габаритов.

Принцип построения контактного устройства показан на рис.1. Устройство состоит из ступенчатого перехода со стандартного коаксиального тракта сечением 7/3 мм на сечение 2/0,5 мм и прижимного механизма. Испытуемая микросхема 1 прижимается подвижным металлическим роликом 2 под углом примерно 45° к оси устройства, что обеспечивает, с одной стороны, контакт микрополоска с внутренним проводником коаксиального перехода 3, а с другой — контакт нижнего слоя металлизации микросхемы с внешним электродом 4 контактного устройства. Необходимое прижимное усилие обеспечивается пружиной. Длина ролика составляет несколько ширин микрополоска, так что контакт с внешним электродом образуется непосредственно под микрополоском в том месте, где должны протекать СВЧ токи.



Внешний вид контактного устройства показан на рис.2. Конструктивно оно выполнено в виде отдельных коаксиально-микрополосковых переходов 1, содержащих автономное



прижимное устройство. Переходы могут независимо перемещаться и прикрепляться к общему основанию 2 контактного устройства в местах, определяемых габаритами микросхемы 3 и расположением ее выводов, что позволяет использовать одно контактное устройство для различных микросхем.

*Исследование КСВН коаксиально-микрополосковых переходов.* Одной из серьезных задач, вставших при разработке и совершенствовании конструкции контактных устройств явилось экспериментальное исследование их собственного КСВН. Существуют различные методы измерения собственного КСВН коаксиально-микрополосковых переходов.

Один из методов измерения основан на снятии частотной характеристики КСВН пары таких устройств, соединенных отрезком 50-омной микрополосковой линии и нагруженных на согласованную нагрузку [3]. По соотношению максимумов и минимумов частотной характеристики суммарного КСВН делается заключение о качестве переходов. Этот метод предполагает, что испытываемые переходы абсолютно идентичны и собственные КСВН измерителя и согласованной нагрузки много меньше собственного КСВН пары переходов. Так как на практике эти условия трудно выполнимы, то для оценки качества контактных устройств была применена методика измерения собственного КСВН с помощью рассогласованной нагрузки с переменной фазой [4], приспособленная к случаю несимметричной микрополосковой линии. В качестве рассогласованной нагрузки использовался один из коаксиально-микрополосковых переходов контактного устройства, нагруженный со стороны коаксиального разъема на обычную нагрузку с КСВН около 1,2. Фаза подключения нагрузки изменялась путем подбора отрезков несимметричной микрополосковой линии с волновым сопротивлением 50 Ом. Длины отрезков отличались друг от друга на величину порядка одной двадцатой длины волны. Материалом подложки служил лейкосапфир с  $\epsilon=10,0$  и толщиной 500 мкм. Ширина линии выбрана 470 мкм [5]. Величина волнового сопротивления проверялась экспериментально: с высокой точностью измерены погонная емкость и скорость распространения волны в микрополосковой линии, а затем рассчитано волновое сопротивление. Для разных отрезков оно лежало в пределах  $50 \pm 0,5$  Ом.

Измерение собственного КСВН контактных устройств проводилось с использованием измерительной линии P1-18, имеющей собственный КСВН около 1,07, что сравнимо с собственным КСВН исследуемых переходов. Поэтому были приняты специальные меры по снижению КСВН измеритель-

ной линии, для чего в тракт линии вводилась диэлектрическая вставка. Подбором ее местоположения и последующей проверкой КСВН с помощью подвижной нагрузки были достигнуты на фиксированных частотах собственные КСВН измерительной линии 1,01–1,02. Сигнал на измерительную линию подавался с генератора сигнала. Суммарная погрешность измерения собственного КСВН коаксиально-микрополосковых переходов для значений порядка 1,07 была снижена до 5%.

Нагрузка с переменной фазой выполнялась и другим способом: в виде микрополосковой линии, нагруженной на конце полосковым резистором ( $\text{КСВН} \approx 1,2$ ). Длина линии и, соответственно, фаза подключения нагрузки изменялись путем скрайбирования и удаления части сапфировой подложки. Определение КСВН проводилось также двумя способами: в первом случае при изменении фазы нагрузки находились максимальное и минимальное значения КСВН, а затем рассчитывался собственный КСВН испытываемого перехода, во втором — измерялись КСВН и смещение минимума стоячей волны для нескольких значений фазы нагрузки. Полученные значения импедансов, нанесенные на круговую диаграмму, располагались на окружности, радиус которой определяет КСВН нагрузки, а положение центра окружности — собственный КСВН перехода. Экспериментальные результаты, полученные при измерении двумя способами с применением обоих типов подвижных нагрузок, дали хорошее совпадение.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. К у к а р к и н А. В. Переходные соединители коаксиальных СВЧ трактов с микрополосковыми линиями, "Обзоры по электронной технике", сер. "Электроника СВЧ", 1972, вып. 7 (32).
2. Ш а р о в А. И., Ш и б а н о в А. П. Контактное устройство. Авт. свид. № 430524, "Бюлл. изобретений", 1974, № 20.
3. Полосковые линии и устройства сверхвысоких частот. Под ред. В. М. Седых. Харьков, "Вища школа", 1974.
4. С т а р и к о в В. Д. Методы измерения на СВЧ с применением измерительных линий. М., "Советское радио", 1972.
5. М а л о р а ц к и й Л. Г., Я в и ч Л. Р. Проектирование и расчет СВЧ элементов на полосковых линиях. М., "Советское радио", 1972.

Статья поступила 6 января 1976 г.

## ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СПЕКТРОПОЛЯРИМЕТР ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТИ

И. В. ГЕНЕРАЛОВ, Г. В. ТРОИЦКИЙ, Ю. А. ЧЕРДАКОВ, П. Э. ШКЛЯР

ПРИБОР ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ОПТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В РАСТВОРАХ И ИЗУЧЕНИЯ СТРОЕНИЯ МОЛЕКУЛ.

УДК 535.8:535.568.1

Спектрополяриметры существующих конструкций не обеспечивают достаточной точности измерений в ультрафиолетовой области спектра при слабой интенсивности и недостаточной ста-

бильности источников света (измерения при помощи микроскопа), а также при работе с растворами, обладающими большой поглощающей или рассеивающей способностью.

Новизна предлагаемой конструкции состоит в использовании компенсационного метода устранения помех, благодаря чему достигается высокая точность измерений. Устройство выравнивания разбаланса в ней выполнено в виде последовательно соединенных усилителя низкой частоты с фазовращателем, коммутатора, двух усилителей и двух накопителей с измерительными блоками [1].

Спектрополяриметр состоит из источника света, монохроматора, поляризатора, ячейки Фарадея, кюветы для исследуемого образца, анализатора, фотоумножителя и устройства выравнивания разбаланса, подключенного к фотоумножителю.

Принцип работы прибора состоит в следующем. Модулированный поляризованный луч света, частота модуляции которого изменяется от 50 до 100 Гц, вызывает в цепи фотоумножителя фототок, который усиливается в электронном блоке и поступает через фазовращатель на электронный коммутатор. Коммутатор посылает сигнал по двум каналам на усилители, а с них на прецизионные накопительные конденсаторы.

Напряжение на конденсаторах измеряют ламповыми вольтметрами.

Частота коммутации выбрана таким образом, чтобы по каждому каналу проходил один из полупериодов тока с частотой 100 Гц. Изменения тока, протекающего через катушку ячейки Фарадея, строго синхронизированы с работой коммутатора. Для этого необходимая частота коммутации задается генератором пилообразного напряжения, который запускается переменным напряжением сети, питающей ячейку Фарадея.

Таким образом, на каждый из накопительных конденсаторов поступает часть исследуемого сигнала в определенной фазе.

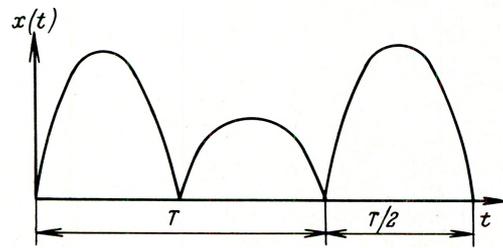
Сначала по индикатору определяют равновесное состояние системы в отсутствие исследуемого вещества. При этом анализатор полностью компенсирует угол поворота плоскости поляризации, заряды на накопительных конденсаторах одинаковые, индикаторы дают одинаковые показания. Затем на пути поляризованного света помещают оптически активное вещество. При этом анализатор не полностью компенсирует угол поворота плоскости поляризации, по одному из каналов течет больший ток и индикаторы дают разные показания. Используя отношения показаний индикаторов, с помощью простых формул рассчитывают оптическую активность исследуемого вещества.

Математическая интерпретация принципа работы фотоэлектрического спектрополяриметра следующая.

Сигнал  $z(t)$ , поступающий с фотоумножителя, состоит из полезного сигнала  $x(t)$  и белого шума  $\zeta(t)$  [2-9]:

$$z(t) = x(t) + \zeta(t).$$

Функция  $x(t)$  — периодическая с периодом  $T$  (см. рисунок).



На первый из накопительных конденсаторов сигнал попадает в интервал времени  $[(i-1)T, (i-1)T + T/2]$ , на второй — в интервал времени  $[(i-1)T + T/2, iT]$ ,  $i = 1, \dots, n$ .

Заряды  $Q_\tau^1$  и  $Q_\tau^2$ , накопившиеся за время  $\tau = nT$  на конденсаторах, определяются из соотношений

$$Q_\tau^1 = \sum_{i=1}^n u_i + \sum_{i=1}^n \alpha_i; \quad Q_\tau^2 = \sum_{i=1}^n U_i + \sum_{i=1}^n \beta_i.$$

Здесь  $u_i + \alpha_i$  и  $U_i + \beta_i$  представляют собой изменение зарядов конденсаторов за  $i$ -й промежуток времени длиной  $T$ . Величины  $u_i$ ,  $U_i$  — вклад в заряды полезного сигнала  $x(t)$ , а  $\alpha_i$ ,  $\beta_i$  — вклад помехи  $\zeta(t)$ .

Принцип измерения заключается в том, что нужно уловить равенство вкладов полезного сигнала в заряды обоих конденсаторов. Можно показать, что вклады помехи через некоторое время станут одинаковыми. Тогда, используя отношение зарядов, устраняют влияние помехи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Генералов И.В., Троицкий Г.В. Фотоэлектрический поляриметр. Авт. свид., СССР, № 399768, БИ 1973, № 39.
2. Зайдель А.Н., Островская Г.В. Техника и практика спектроскопии. М., "Наука", 1972, с. 375.
3. Рейхель Т., Недличка М. Фотоэлектронные катоды. М., "Энергия", 1968, с. 9-139.
4. Расчет фотоэлектрических цепей. М., "Энергия", 1967, с. 53-192. Авт.: Корндорф С.Ф., Дубиновский А.М., Мурова Н.С. и др.
5. Winas R., Pierson I. — "Rev. Sci. Instrum.," 1941. N 12, v. 5 p. 269.
6. Жеребцов И.П. Основы электроники. М., "Энергия", 1967, с. 114-407.
7. Фокина В.Ф. Исследование коэффициента шума транзисторов типа П-416. В кн.: Полупроводниковые приборы и их применение, вып. 10, М., "Сов.радио", 1963, с. 299-309.
8. Бялик Т.И. Ламповые широкополосные усилители. М.-Л., Госэнергоиздат, 1960, с. 3-41.
9. Грибанов Ю.И. Измерения слабых токов, зарядов и больших сопротивлений. М.-Л., Энергоиздат, 1962, с. 80.

Статья поступила 14 апреля 1976 г.

## **ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ МНОГОКРИСТАЛЬНОЙ БИС С УЧЕТОМ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ МЕЖСОЕДИНЕНИЙ**

*Е. В. АВДЕЕВ, Ю. Н. ВАШАКИДЗЕ, И. Д. ГРИНЧЕНКО, С. И. НАЗАРОВ, В. И. ПОТАПОВА*

**ПРЕДЛОЖЕННАЯ КОНСТРУКЦИЯ МНОГОКРИСТАЛЛЬНЫХ БИС ОТЛИЧАЕТСЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬЮ И ОБЕСПЕЧИВАЕТ МАЛЫЙ УРОВЕНЬ ПЕРЕКРЕСТНЫХ НАВОДОК В МЕЖСОЕДИНЕНИЯХ СХЕМ СВЕРХБЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕЙ ЛОГИКИ.**

УДК 621.382.825.001.2

Разрабатываемые в настоящее время быстродействующие логические многокристалльные БИС (МБИС) характеризуются длительностью фронта импульсного сигнала 2,0–0,8 нс с тенденцией к дальнейшему уменьшению.

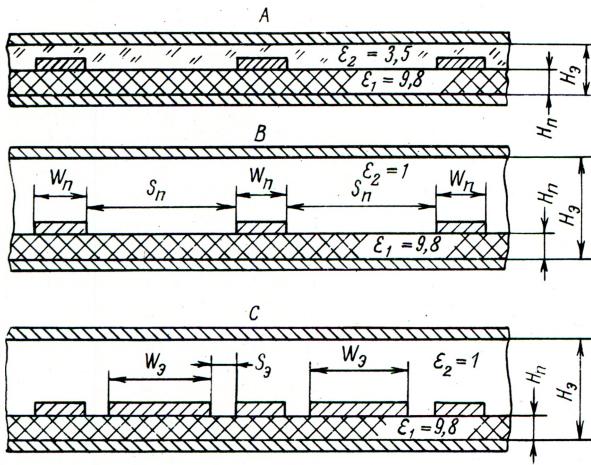
Для передачи таких сигналов без заметных искажений фронта, формы и амплитуды импульса межсоединения должны обеспечивать ширину полосы пропускания в пределах 600–1200 МГц. Реализация этого условия зависит в значительной мере от величины перекрестных наводок между проводниками.

Возникновение перекрестных наводок в схемах сверхбыстродействующей логики обусловлено наличием участков с многопроводными линиями передачи, соизмеримостью электрической длины участков с граничной длиной волны спектра передаваемого сигнала, несогласованностью характеристических сопротивлений многопроводных участков и нагрузок в граничных сечениях. Неучтенные паразитные связи чаще всего проявляются на этапе исследования разработанных и изготовленных схем и приводят, например, к делению сигнала между несущим и соседними проводниками, что влечет за собой нарушение функционирования или снижение помехоустойчивости устройства.

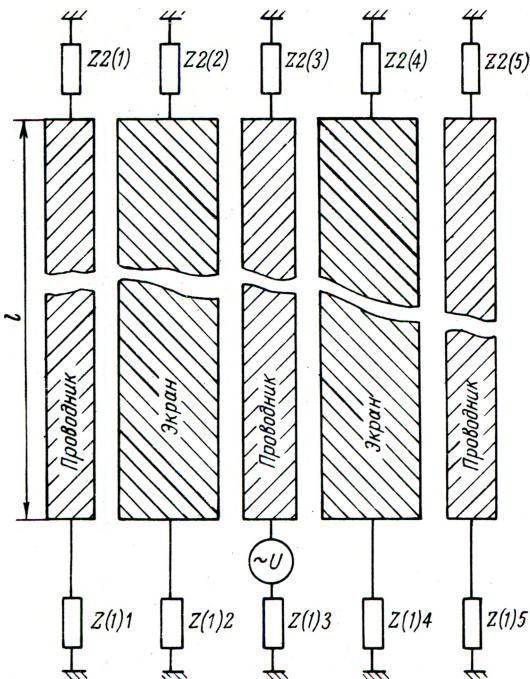
Расчет искажений импульсных сигналов в межсоединениях МБИС в линейном приближении был сведен к граничной задаче для матричных телеграфных уравнений и реализован в виде комплекса программ для ЭВМ БЭСМ-6 [1]. Применение указанного программного комплекса позволяет провести анализ конструкций таких МБИС, межсоединения в которых могут быть представлены в виде многопроводных полосковых линий передачи.

Варианты конструкций МБИС (А, В, С) и электрическая схема участка пассивной разводки для варианта С с оконечными нагрузками, представляющими собой входные и выходные сопротивления логических элементов в линейном приближении [2], а также генератор импульсов напряжения трапецеидальной формы, приведены на рис. 1, а и б, соответственно.

Во всех случаях использовалась подложка из поликора с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_r = 9,8$ . Высота расположения корпуса (экрана)  $H_3 = 1700$  мкм, длина участка связи  $l = 23$  мм, ширина экранирующего проводника  $W_3 = 50 \div 300$  мкм, ширина проводника  $W_{II} = 100$  мкм, ширина зазора между экранирующим и токонесущим проводниками  $S_3 = 10 \div 100$  мкм, толщина подложки  $H_{II} = 500$  мкм.



а



1

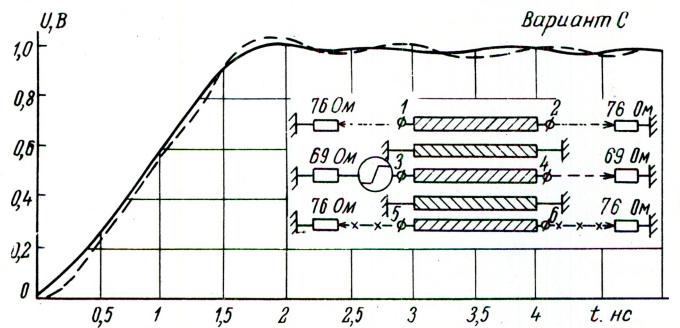
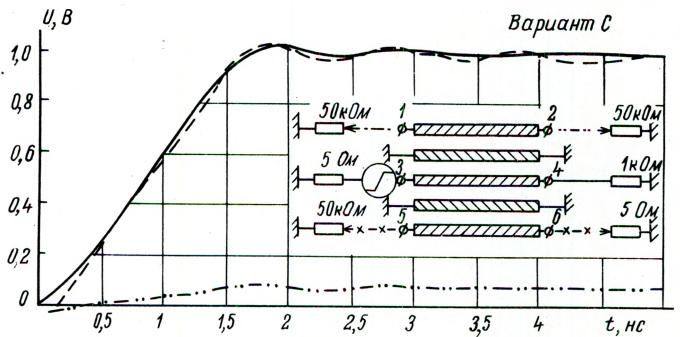
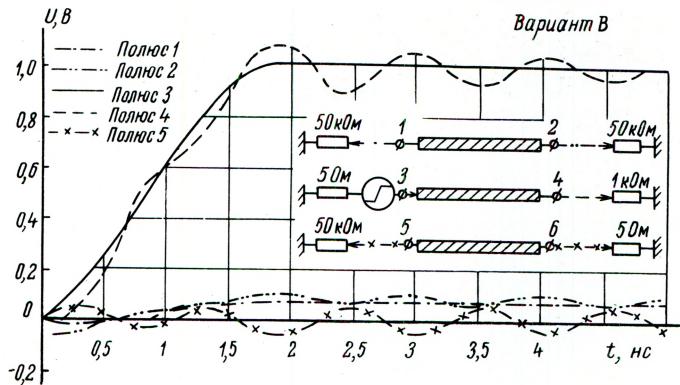
б

Для вариантов А и В экраны с подключенными к ним сопротивлениями отсутствуют. Длительность фронтов импульсного сигнала и тактовая частота выбраны равными соответственно 1,5 нс и 10 МГц.

Рассмотрим особенности трех вариантов конструкции МБИС.

**Вариант А** отличается от остальных малыми перекрестными наводками. К поверхности подложки с пассивной разводкой приклеена полиамидная пленка, верхняя сторона которой металлизирована и служит экраном. Приклеивание пленки является трудоемкой операцией и приводит к снижению процента выхода годных схем. Именно это обстоятельство послужило причиной поиска оптимальных конструктивных решений.

**Вариант В** наиболее прост в исполнении, однако для обеспечения малых перекрестных наво-



2

док требуется существенное увеличение зазора между проводниками (до  $3W_{II}$ ), что приведет к увеличению площади схемы.

**Вариант С** — экранировка токонесущих проводников осуществляется введением в зазор между ними дополнительных экранирующих проводников, заземленных с одного или обоих концов [3]. Эти проводники выполняются одновременно со всей металлической разводкой и обеспечивают низкий уровень паразитных связей. Однако при этом увеличивается число пересечений.

Конструктивные и электрические параметры рассмотренных вариантов и соответствующее каждому из них рассчитанное пиковое значение напряжения, наведенное в соседних проводниках, приведены в таблице.

Исследовались напряжения на полюсах трехпроводного участка межсоединений (рис. 2), явля-

Тип конструкции	$S_{\Pi}$ , мкм	$W_{\text{Э}}$ , мкм	$S_{\text{Э}}$ , мкм	Число проводников	Нагрузки слева*, Ом					Нагрузки справа*, Ом					$U_{\text{СВ}}$ , %
					Z 1(1)	Z 1(2)	Z 1(3)	Z 1(4)	Z 1(5)	Z 2(1)	Z 2(2)	Z 2(3)	Z 2(4)	Z 2(4)	
B	150	—	—	3	$50 \cdot 10^3$	—	5	—	$50 \cdot 10^3$	$50 \cdot 10^3$	—	$10^3$	—	5	10
A	150	—	—	3	$50 \cdot 10^3$	—	5	—	$50 \cdot 10^3$	$50 \cdot 10^3$	—	$10^3$	—	5	24
C	150	50	50	5	$50 \cdot 10^3$	0	5	0	$50 \cdot 10^3$	$50 \cdot 10^3$	0	$10^3$	0	5	8
C	150	50	50	5	$50 \cdot 10^3$	$\infty$	5	$\infty$	$50 \cdot 10^3$	$50 \cdot 10^3$	0	$10^3$	0	5	8
C	150	130	10	5	$50 \cdot 10^3$	$\infty$	5	$\infty$	$50 \cdot 10^3$	$50 \cdot 10^3$	0	$10^3$	0	5	18
C	150	10	70	5	$50 \cdot 10^3$	$\infty$	5	$\infty$	$50 \cdot 10^3$	$50 \cdot 10^3$	0	$10^3$	0	5	14
B	400	—	—	3	$50 \cdot 10^3$	—	5	—	$50 \cdot 10^3$	$50 \cdot 10^3$	—	$10^3$	—	5	4
C	400	300	50	5	$50 \cdot 10^3$	0	5	0	$50 \cdot 10^3$	$50 \cdot 10^3$	0	$10^3$	0	5	2
C	400	300	50	5	$50 \cdot 10^3$	$\infty$	5	$\infty$	$50 \cdot 10^3$	$50 \cdot 10^3$	0	$10^3$	0	5	6
C	400	200	100	5	$50 \cdot 10^3$	$\infty$	5	$\infty$	$50 \cdot 10^3$	$50 \cdot 10^3$	0	$10^3$	0	5	6
A	150	—	—	3	76	—	69	—	76	76	—	69	—	76	6
C	150	50	50	5	76	$\infty$	69	$\infty$	76	76	—	69	—	76	4

\* Сигнал по многопроводному участку передается слева направо.

ющиеся результатом воздействия логического сигнала трапецидальной формы с длительностью фронта  $\tau_{\text{ф}} = 1,5$  нс и  $F = 10$  МГц с амплитудой  $U = 1$  В.

На основании проведенных расчетов можно сделать следующие выводы.

При наличии согласования между характеристическими сопротивлениями многопроводных участков и оконечных нагрузок уровень паразитной связи не превышает 4% для  $F = 10$  МГц в конструкции C и 6% для частоты повторения  $F = 200$  МГц в наилучшем с этой точки зрения варианте A. При этом время задержки выходного сигнала составляет 0,2 нс.

Минимальные паразитные связи при несогласованности характеристических и нагрузочных сопротивлений обеспечиваются конструкцией C. При этом временная задержка выходного сигнала не меняется. Вариант C позволяет, не изменяя площади, занимаемой пассивной разводкой, обеспечить допустимый уровень паразитных связей при следующих конструктивных данных: для расстояния между проводниками  $S_{\Pi} = 150$  мкм зазоры между несущим и экранирующим проводником

$S_{\text{Э}} \leq 50$  мкм ( $U_{\text{СВ}} = 8\%$ ); для расстояния между проводниками  $S_{\Pi} = 400$  зазоры между несущим и экранирующим проводником  $S_{\text{Э}} \leq 100$  мкм ( $U_{\text{СВ}} = 6\%$ ).

Экранирующий проводник может быть заземлен с одной стороны, что увеличивает общее число пересечений на подложке не более чем на 20%.

Поскольку расчет выполнялся в линейном приближении, выводы по сравнительным характеристикам рассмотренных конструктивных вариантов остаются справедливыми, независимо от того, насколько реальные нагрузки на полюсах отличаются от принятых в данном расчете.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Авдеев Е.В., Вашакидзе Ю.Н., Шербаков В.Е. Расчет межсоединений многокристалльных БИС. В сб.: Микроэлектроника. Под ред. А.А.Васенкова. Вып. 9. М., "Сов.радио", 1976, с. 273.
2. Hall S.R. Planning to use highspeed logic? — "Electronic Design", 1972, N 26, p. 48—50.
3. Rony L. Van Tuyl, Ziechti C.A. High-speed integrated logic with GaAs MESFETs. — "IEEE International Solid-State Circuit Conference". Session X, 1974.

Статья поступила 26 апреля 1976 г.



# ПРИМЕНЕНИЕ ЭПОКСИДНЫХ ПОРОШКОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ КОНДЕНСАТОРОВ

Н. И. ГОРБУНОВ, Е. А. ЗВЕРЕВА, З. В. ЛЯМКИНА, А. А. ФРОЛЕНКОВА

**ПОРОШКООБРАЗНЫЕ КОМПАУНДЫ ПЭК-18 И ЭВН-11, НАНЕСЕННЫЕ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮТ НАДЕЖНУЮ ВЛАГОЗАЩИТУ КОНДЕНСАТОРОВ В УСЛОВИЯХ ТРОПИЧЕСКОЙ ВЛАЖНОСТИ.**

УДК 621.315.616.9.004

В настоящее время для защиты радиодеталей от воздействия климатических факторов широко применяются порошкообразные компаунды. Эти материалы характеризуются малой токсичностью, имеют длительный срок хранения и позволяют механизировать процесс нанесения покрытий.

Разработан ряд эпоксидных порошкообразных компаундов — ЭВН-10, ЭВН-11, ПЭП-177, ПЭК-18, пригодных для защиты пленочных и керамических конденсаторов.

Изучение влияния на качество влагозащиты технологических факторов процесса напыления, глубины отверждения покрытия, электроизоляционных и технологических свойств порошков показало следующее.

Наиболее перспективным способом нанесения порошкообразных компаундов в связи с малой теплоемкостью и сравнительно небольшой предельно допустимой температурой нагрева (80–150°C) большинства радиодеталей является электростатическое напыление без подогрева и с предварительным подогревом изделий.

Отработка технологических режимов нанесения покрытий проводилась применительно к пленочным и керамическим конденсаторам на установке электростатического напыления, состоящей из узла напыления, блока высокого напряжения, печей предварительного нагрева и оплавления, соединенных с цепным конвейером.

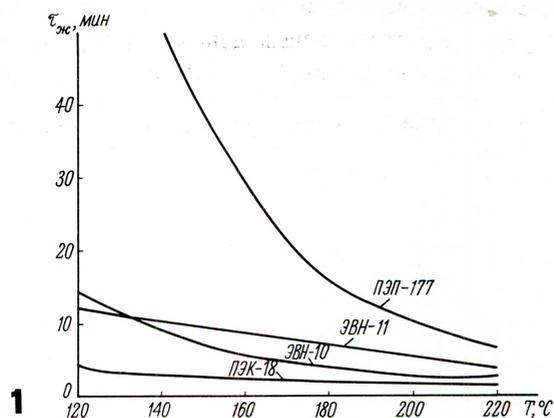
Установка позволяет изменять технологические параметры процесса напыления в достаточно широких пределах: напряжение 0–30 кВ; температура предварительного нагрева и оплавления покрытий 0–300°C; время нанесения покрытия 0–60 с; время его оплавления 0–360 с.

Одним из основных факторов, определяющих качество влагозащиты конденсаторов, является толщина покрытия. Как показали исследования, для большинства пленочных и керамических конденсаторов оптимальной является толщина

0,5–0,6 мм. Исходя из этой величины влияние технологических параметров процесса напыления на качество покрытия оценивалось по его толщине, получаемой за один цикл напыления.

Компаунды ПЭП-177, ЭВН-10 и ЭВН-11 позволяют получить максимальную толщину однослойного покрытия 400–500 мкм, ПЭК-18 — 600 мкм, а при повышении температуры предварительного подогрева до 180°C — 1 мм.

Значительное влияние на условия формирования напыленного покрытия оказывают температура и время его оплавления, которые зависят не только от конструктивных особенностей оборудования, но и от технологических свойств компаунда — времени его желатинизации и "стекаемости". На рис. 1 приведена зависимость времени желатинизации  $\tau_{ж}$  от температуры для компаундов различных марок.



Исследования показали, что применительно к описанной выше установке наиболее технологичными являются компаунды с временем желатинизации 3–10 мин.

При температурах оплавления 150–180°C наиболее технологичны компаунды ЭВН-10 и ЭВН-11,

при 200–220°C – ПЭП-177. Оптимальные технологические свойства компаунда ПЭК-18 проявляются при 125°C.

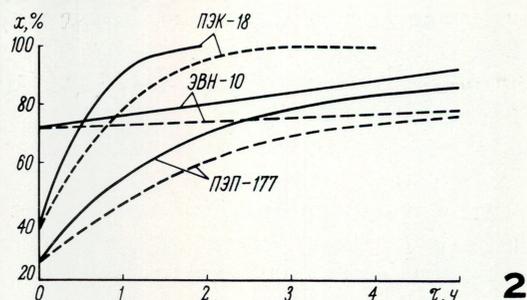
"Стекаемость" компаунда оценивалась по длине потока, образуемого при помещении таблеток этого компаунда (диаметр 20 мм, вес 1 г) в пазы вертикальной обогреваемой металлической плиты.

В процессе разработки технологии нанесения порошковых компаундов на пленочные и керамические конденсаторы было установлено, что лучшие покрытия получаются при использовании компаундов, "стекаемость" которых в рабочем интервале температур изменяется не более чем на 5 мм.

Оценивая технологические свойства различных марок используемых для напыления порошков, следует отметить, что компаунды ЭВН-10 и ЭВН-11 являются наиболее технологичными, так как отличаются оптимальными значениями времени желатинизации и "стекаемости" в достаточно широком интервале температур (140–180°C). Порошок ПЭП-177 из-за длительного времени желатинизации рационально применять в интервале температур оплавления 200–220°C. Оптимальные условия оплавления компаунда ПЭК-18 обеспечиваются при температурах 125–140°C.

В связи с тем, что влагозащитные свойства покрытий в значительной степени определяются глубиной полимеризации, при выборе оптимальных режимов отверждения компаундов контролировались степень их полимеризации и электроизоляционные характеристики:  $\rho_v$ ,  $\text{tg } \delta$  и  $\epsilon$ . Степень полимеризации отвержденных компаундов определялась в аппарате Сокслета путем экстрагирования растворимой части в ацетоне в течение 6 ч. На рис. 2 представлены зависимости степени полимеризации  $x$  для различных материалов от температуры и времени, из которых следует, что полное отверждение компаунда ПЭК-18 при 125°C (пунктирная кривая) достигается за 3 ч, а при 150°C

(сплошная кривая) – за 2 ч. Для отверждения компаундов ПЭП-177 и ЭВН-10 требуются более высокие температуры (180–200°C).



Для выбора оптимальных режимов отверждения компаундов недостаточно определения только степени полимеризации. Контроль электрических параметров компаундов показал, что даже в тех случаях, когда глубина отверждения достигает 100%, дополнительный прогрев способствует значительному повышению электрических свойств. Оптимальные режимы отверждения, выбранные на основании контроля электрических свойств (табл. 1), более длительны по сравнению с режимами, определенными по степени полимеризации.

Таблица 1

Марка компаунда	Оптимальные режимы отверждения	
	по Сокслету	по электрическим свойствам
ПЭК-18	125°C, 2 ч	125°C, 6 ч
	150°C, 1 ч	150°C, 4 ч
ПЭП-177	150°C, 5 ч	150°C, 6 ч
ЭВН-10	150°C, 4 ч	150°C, 6 ч
	180°C, 1 ч	180°C, 2 ч

Для изучения электрических и влагозащитных свойств компаундов брали образцы диаметром 35, толщиной 2 мм, а также опытные партии пленочных и керамических конденсаторов. Результаты приведены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Марка компаунда	$\rho_v$ , Ом·см		$\text{tg } \delta (f=10^3 \text{ Гц})$		После 1000 ч в условиях тропической влажности		Влагопоглощение за 1000 ч в условиях тропической влажности
	при 20°C	при 155°C	при 20°C	при 155°C	$\rho_v$ , Ом·см	$\text{tg } \delta (f=10^3 \text{ Гц})$	
ЭВН-10	$\sim 10^{15}$	$\sim 10^{16}$	0,003	0,040	$\sim 10^{12}$	0,220	1,10
ЭВН-11	$\sim 10^{15}$	$\sim 10^{11}$	0,004	0,026	$\sim 10^{13}$	0,015	0,24
ПЭП-177	$\sim 10^{16}$	$\sim 10^8 - 10^9$	0,006	1,500	$\sim 10^{11}$	0,030	2,87
ПЭК-18	$\sim 10^{15}$	$\sim 10^{16}$	0,010	0,100	$\sim 10^{14}$	0,070	1,15

Таблица 3

Марка компаунда	До испытаний		После 4 суток испытаний в условиях тропической влажности			После 56 суток испытаний в условиях тропической влажности		
	$R_{из}$ , Ом	$\text{tg } \delta$ , %	$R_{из}$ , Ом	$\frac{\Delta C}{C}$ , %	$\text{tg } \delta$ , %	$R_{из}$ , Ом	$\frac{\Delta C}{C}$ , %	$\text{tg } \delta$ , %
ПЭП-177	$10^{11} - 10^{12}$	0,50–0,60	$10^{11} - 10^{12}$	0,2–3,0	0,50–0,75	$10^{11} - 10^8$	0,4–8,0	0,60–2,85
ЭВН-10	$10^{12}$	0,50–0,52	$10^{12}$	3,7–5,0	0,50–0,57	$10^{10} - 10^{11}$	3,9–5,5	0,60–0,66
ЭВН-11	$10^{13}$	0,47–0,53	$10^{12}$	3,6–4,2	0,49–0,54	$10^{12}$	3,8–5,0	0,50–0,58
ПЭК-18	$10^{12}$	0,50–0,54	$10^{12}$	1,0–2,5	0,50–0,56	$10^{11}$	1,5–4,0	0,52–0,59

Как следует из табл. 2, наиболее высокими электрическими свойствами отличаются компаунды ПЭК-18 и ЭВН-11. Результаты испытаний пленочных конденсаторов с покрытиями из порошкообразных компаундов в условиях длительного (56 суток) воздействия тропической влажности показывают (см. табл. 3), что наиболее надежную влагозащиту их обеспечивают также компаунды ПЭК-18 и ЭВН-11. Компаунды ПЭП-177 и ЭВН-10 обладают высокими электрическими параметрами лишь при кратковременных испытаниях (10 суток). Более длительное воздействие тропической влажности приводит к значительному снижению сопротивления конденсаторов и росту  $\text{tg}\delta$ .

Таким образом, для длительной влагозащиты конденсаторов, предельно допустимая температу-

ра нагрева которых не превышает 125–140°C, может быть рекомендован компаунд ПЭК-18, обеспечивающий необходимые технологические свойства, достаточную скорость отверждения при указанных температурах и высокие электрические и влагозащитные характеристики. Компаунды ПЭП-177, ЭВН-10 и ЭВН-11 могут быть использованы для нанесения покрытий на изделия, допускающие нагрев в технологическом цикле до температур выше 150°C. По влагозащитным свойствам они (кроме ЭВН-11) уступают ПЭК-18 и могут быть рекомендованы для защиты изделий с пониженными климатическими требованиями.

*Статья поступила 24 февраля 1976 г.*

## МЕТАЛЛИЗАЦИЯ СКВОЗНЫХ ОТВЕРСТИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

*В. В. ПЛЕЩЕВА, Т. Т. ХАКУРИНОВ*

**РАЗРАБОТАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МЕТАЛЛИЗАЦИИ СКВОЗНЫХ ОТВЕРСТИЙ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ НА ОСНОВЕ ДИЭЛЕКТРИКА ФДРП, ОБЕСПЕЧИВАЕТ ХОРОШЕЕ КАЧЕСТВО ПОЛУЧАЕМЫХ ПОКРЫТИЙ И МОЖЕТ БЫТЬ ИСПОЛЬЗОВАНА В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ РАЗЛИЧНОГО ТИПА.**

*УДК 621.382.049.75:621.793*

В процессе изготовления многослойных печатных плат методом металлизации сквозных отверстий наиболее ответственной операцией перед нанесением токопроводящего слоя является придание поверхности пластмассы гидрофильных свойств. Эффективность этой операции в значительной степени определяется видом материала и способами предварительной обработки заготовки многослойной платы.

Применение нового фольгированного диэлектрика марки ФДРП для создания плат упрощает процесс металлизации сквозных отверстий и обеспечивает хорошее качество покрытия.

Было изучено влияние состава травителя, используемого для создания благоприятного микро рельефа поверхности с целью дальнейшего осаждения металла, и условий травления на морфологию поверхности сквозных отверстий в макетах много-

слойных печатных плат, изготовленных с использованием материала ФДРП.

Сравнительные опыты травления в смеси серной и плавиковой кислот, взятых в соотношении 1:5, обычно используемых в производстве печатных плат диэлектрических материалов ФДМТ, ФДМ и нового диэлектрика ФДРП, показали, что при температуре  $60 \pm 5^\circ\text{C}$  последний полностью растворяется в указанном травителе в течение 20 с, ФДМТ — в течение 60 с, тогда как ФДМ при травлении растворяется очень незначительно.

Лучшие результаты (оценка качества поверхности проводилась путем ее осмотра, а также изучением микрошлифов отверстий под микроскопом МБС-1 при 42-кратном увеличении) были получены при травлении в смеси серной и плавиковой кислот с соотношением 1:4 в течение 4 мин при комнатной температуре (18–23°C). При этом в целях увеличе-

ния поверхности торцов контактных площадок внутренних слоев травление диэлектрика проводилось на глубину 20-35 мкм.

Нанесение качественного токопроводящего слоя при изготовлении многослойных печатных плат обычно осложнено тем, что в отверстия выходят торцы контактных площадок из фольговой меди, на которую при активировании осаждается палладий.

Контактный палладий имеет плохую адгезию к металлам и, кроме того, обладает способностью поглощать до 700-800 объемов водорода, что приводит к росту сопротивления палладиевой пленки и к нарушению целостности электрических цепей в многослойных печатных платах.

Распространенный в последнее время метод активирования поверхности сквозных отверстий печатных плат в кислых растворах комплексных соединений палладий-олово мало себя оправдывает из-за сложности приготовления растворов, неустойчивости их при хранении, чувствительности к разбавлению. Целесообразнее применять раздельное активирование. Для сенсбилизации используют подкисленные соляной кислотой растворы двухлористого олова. Было опробовано несколько составов с содержанием двухлористого олова от 10 до 15 г/л, в которые добавляли минимально необходимое для растворения двухлористого олова количество соляной кислоты.

Лучшие результаты по стабильности раствора и адгезии покрытия к основе наблюдались при сенсбилизации диэлектрика ФДРП в растворе состава:  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  — 30 г/л;  $\text{HCl}$  (плотность 1,19 г/см<sup>3</sup>) — 30 мл/л при температуре 18-23°C и продолжительности экспозиции 3 мин. Активацию проводили в растворе состава  $\text{PdCl}_2$  — 0,6 г/л,  $\text{HCl}$  (плотность 1,19 г/л) — 10 мл/л при такой же температуре в течение 2 мин. Продолжительность сенсбилизации и активации установлена путем введения в соответствующие растворы радиоактивных изотопов олова  $\text{Sn}^{113}$  и палладия  $\text{Pd}^{109}$  и измерения зависимости средней активности от времени экспозиции образцов.

Найдено, что адсорбция олова и палладия при увеличении времени экспозиции сверх 3 и 2 мин соответственно практически не возрастает.

При активировании поверхности сквозных отверстий в макетах многослойных плат продолжительность сенсбилизации из-за усложнения геометрии поверхности была увеличена до 5 мин. Продолжительность активации не увеличивали, так как это могло привести к увеличению отложения контактного палладия и образованию избыточного количества активных центров. Известно, что активные центры, не использованные при химическом меднении, служат источником газообразования. Это спо-

собствует образованию пор в толще электролитической меди и препятствует эпитаксиальному росту меди через дендриты химической меди.

Чтобы исключить образование разделительного слоя, был разработан способ снятия контактного палладия перед собственно химическим меднением, позволивший получать сплошное медное покрытие поверхности сквозных отверстий.

Для получения токопроводящего покрытия в основном используются неконцентрированные растворы химического меднения. Такие растворы относительно устойчивы в работе, а покрытия получаются мелкокристаллическими, плотными, с хорошей адгезией к поверхности основы. Для большей устойчивости растворов применяют стабилизаторы. В случае изготовления многослойных печатных плат в качестве стабилизатора используют дизитон (1,5 — дифенил — тиокорбазон). Раствор химического меднения дитизином обеспечивает достаточно высокую скорость меднения (1,2-1,8 мкм/ч при pH 12,25-12,35), которая в широком интервале концентраций стабилизатора (0,8-16 мг/л) изменяется незначительно. Такой раствор устойчив в диапазоне температур 18-34°C и обладает высокой жизнеспособностью — при соблюдении всех технологических рекомендаций его можно использовать в течение года.

Использование раствора химического меднения для осаждения меди на поверхность отверстий в макетах многослойных печатных плат, изготовленных из ФДРП, при pH 12,30-12,35, температуре 18-23°C, продолжительности меднения 20 мин обеспечивало получение мелкокристаллических, сплошных покрытий, без шлама, что способствовало качественному гальваническому наращиванию меди и защитного металла. Для увеличения адгезии химически осажденной меди к основе платы просушивали при температуре  $80 \pm 5^\circ\text{C}$  в течение 2 ч. Электролитическое осаждение меди и сплава олово-свинец проводилось по известной технологии из борфтористоводородных электролитов.

Металлизированные макеты многослойных печатных плат проверялись в исходном состоянии и после механических и климатических испытаний на целостность электрических соединений, сопротивление изоляции, электрическое сопротивление соединений (в том числе перехода проводник — металлизированное отверстие) и металлизированных отверстий.

Полученные результаты полностью отвечали требованиям технических условий ЩИО.366.000 ТУ.

*Статья поступила 4 декабря 1975 г.*

# НОВЫЕ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫЕ ПРЕСС-МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ РЕЗИСТОРОВ

А. А. ДЖАТИЕВ, Р. Т. ХУМАРОВ, А. У. ЦЕГОВЕВ

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПА-12ВС И МФ-42 ПОЗВОЛЯЕТ ЗНАЧИТЕЛЬНО УПРОСТИТЬ ТЕХНОЛОГИЮ ПРОИЗВОДСТВА РЕЗИСТОРОВ И СНИЗИТЬ ИХ СТОИМОСТЬ.

УДК 621.316.8.002.2:678.675

По существующей технологии производства проволочных резисторов типа СП1В (14, 15, 22, 24) изготовление корпусов и крышек к ним производится из разных материалов: корпуса — из терморезистивного пресс-материала АГ-4В, крышки — из сплава на основе алюминия.

Процесс изготовления деталей из АГ-4В довольно трудоемок, в связи с чем необходима замена его другими материалами, которые позволят повысить производительность, а следовательно, снизить стоимость проволочных резисторов. К таким материалам можно отнести фторнаполненный поликарбонат МФ-42 (дифлон-4) и стеклонаполненные полиамиды типа ПА-12ВС.

Эти термопластичные пресс-материалы перерабатываются литьевым способом, который обеспечивает увеличение производительности в пять раз.

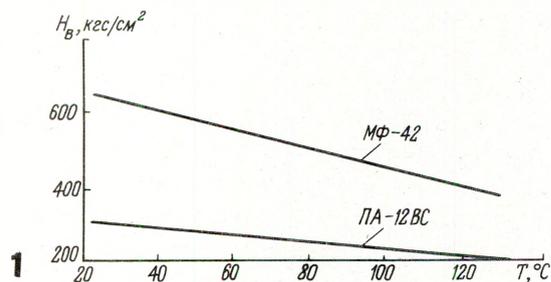
Исследование некоторых физико-механических, химических и технологических свойств пресс-материалов МФ-42, ПА-12ВС подтвердило технологическую и экономическую целесообразность использования их в производстве резисторов.

Ниже приводятся технологические показатели этих пресс-материалов:

	МФ-42	ПА-12ВС
Текучесть, г/10 мин . . . . .	1,8—6,0	1,9—5,0
Плотность, г/см <sup>3</sup> . . . . .	2,1—2,3	1,2—3,0
Размер гранул, мм . . . . .	2—4	3—7
Режим литья под давлением:		
температура расплава, °С . . . . .	250—300	250—280
температура литьевой формы, °С . . . . .	80—120	80—100
давление на входе в литьевую форму, кгс/см <sup>2</sup> . . . . .	1000—1200	1200—1300
время выдержки под давлением, с . . . . .	20—30	20—30

время выдержки под охлаждением, с . . . . .	60—70	30
Режим сушки перед литьем:		
давление, мм рт.ст. . . . .	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-2</sup>
температура, °С . . . . .	80—90	80—90
время, мин . . . . .	60—70	—
температура формы, °С	40—50	30

Твердость указанных материалов, определяемая по методу Бринелля (вдавливание стального термообработанного шарика проводилось в образцы размером 50х15х5 мм, время выдержки под основной нагрузкой 30 ± 2 с) уменьшается с увеличением температуры, однако спад твердости при нагреве образцов от комнатной температуры до 160°С практически незначителен (рис. 1).

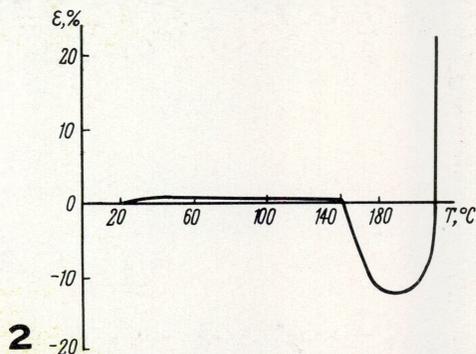


Одним из основных требований, предъявляемых к материалам для изготовления деталей резисторов, является теплостойкость по Мартенсу. Величины теплостойкости для материалов МФ-42 и ПА-12ВС, свидетельствуют о том, что максимальные температуры, при которых могут эксплуатироваться изделия из испытуемых материалов, почти одинаковы (-201 и +199,7°С).

Определение термомеханической кривой проводилось только для образцов из материала МФ-42.

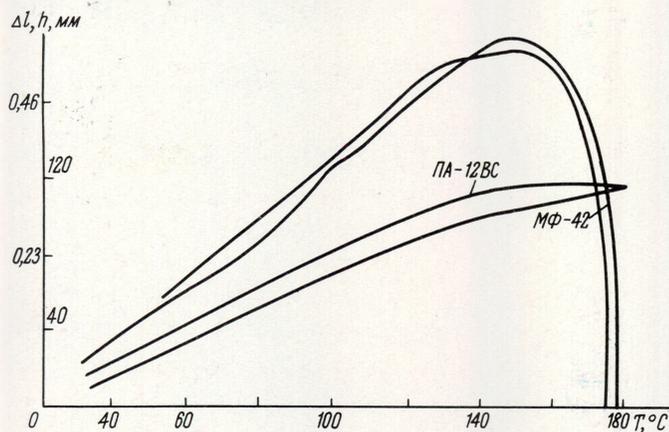
Из полученных зависимостей относительной деформации от температуры (рис. 2) видно, что усадка образца начинается при Т=40°С. Деформации,

стабильные до 140°C, скачкообразно увеличиваются при температуре 197°C, когда материал приобретает текучесть.



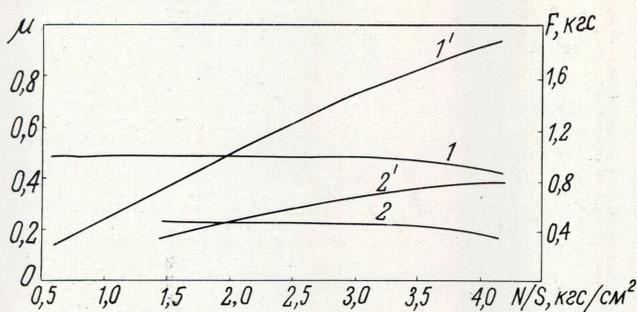
2

Изменение линейных размеров изделий, изготовленных из полиамида стеклонаполненного и поликарбоната фторнаполненного, происходит в интервале температур 142–185°C (рис. 3) (температурные кривые линейного расширения снимались на образцах в форме пластин 100x15x1,5 мм).



3

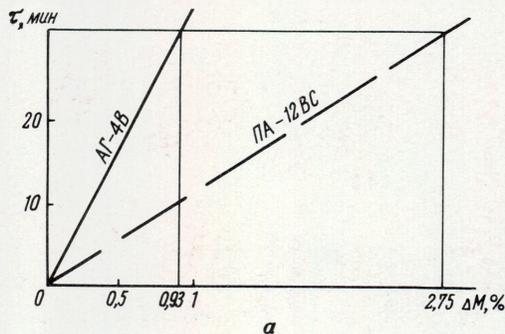
Получены зависимости коэффициента трения  $\mu$  (рис. 4, кривые 1 и 2) и силы трения  $F$  (кривые 1' и 2') от удельной нормальной нагрузки для пары образец — сталь 50 с чистой поверхностью  $\nabla 7$ , твердостью HRC 45–48. Коэффициенты трения для рассматриваемых материалов практически не зависят от нагрузки и являются величинами постоянными: для полиамида ПА-12ВС (кривая 2)  $\mu = 0,24$ , а для фторнаполненного поликарбоната МФ-42 (кривая 1)  $\mu = 0,54$ .



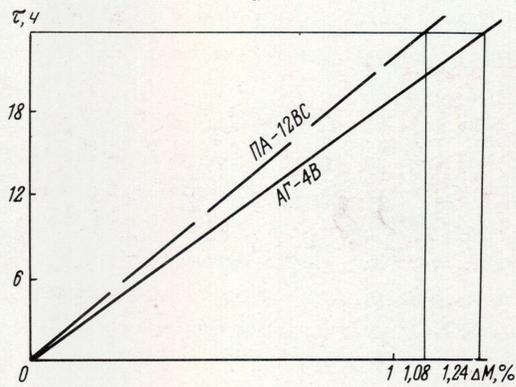
4

Сравнение адгезионных свойств термопластичного материала ПА-12ВС и терморезистивного пресс-материала АГ-4В свидетельствует о преимуществе стеклонаполненного полиамида (удельная сила отрыва образцов из полиамида, склеенных компаундом на основе смолы ЭД-20, в 2–3 раза больше, чем для образцов из АГ-4В).

Водопоглощение в холодной и кипящей воде корпусов резисторов, изготовленных из материалов АГ-4В и ПА-12ВС, представлено на рис. 5 (а — в холодной, б — в горячей воде).



а



5

б

Стойкость пластмасс к действию химических сред, определенная по изменению массы и линейных размеров образцов после выдержки в течение определенного времени в жидких химических реагентах, свидетельствует о достаточной стойкости стеклонаполненного полиамида.

Хотя электроизоляционные свойства полиамидов ПА-12ВС и АГ-4В несколько снижаются под действием влаги, после ее испарения исходные свойства ПА-12ВС восстанавливаются, в то время как у АГ-4В полного восстановления не наблюдается.

Проведенные исследования позволили рекомендовать пресс-материал ПА-12ВС взамен пресс-материала АГ-4В и металосплавов для изготовления корпусов резисторов типа СР5-1В (14, 15, 22, 24), а МФ-42 — для изготовления ходовой гайки, обеспечивающей перемещение контакта по резисторному элементу. Такая замена обеспечит значительный экономический эффект и снижение трудоемкости изготовления резисторов.

Статья поступила 13 августа 1976 г.

# НАСТОЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ ЧАСЫ «ЭЛЕКТРОНИКА»



Отличаются высокой точностью и рассчитаны на многолетнюю эксплуатацию.  
Электрическая схема выполнена на КМДП ИС. Для стабилизации частоты применяется кварцевый генератор. Цифровая индикация осуществляется на вакуумных катодно-люминесцентных индикаторах. Часы выпускаются в цветных пластмассовых корпусах или декорированных пленкой под дерево.

## Основные технические данные

Среднесуточная точность хода при температуре  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  . . . . .  $\pm 0,5\text{с}$   
Питание . . . . . от сети переменного тока, 220В  
Потребляемая мощность . . . . .  $\leq 5\text{ВА}$   
Размер высвечиваемых цифр . . . . . 20 x 12 мм  
Габариты , . . . . . 180x100x125 мм  
Масса . . . . .  $1,0 \pm 0,2$  кг



# НАРУЧНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ ЧАСЫ «ЭЛЕКТРОНИКА Б6-02»

Относятся к новому поколению электронных приборов точного времени. Представляют собой микроминиатюрную систему на МОП ИС с цифровой индикацией часов, минут, секунд, дней недели и чисел. Индикатор выполнен на жидких кристаллах. Миниатюрные батареи обеспечивают непрерывную работу в течение года. Благодаря применению кварцевого генератора с частотой 32768 Гц достигается среднемесячная точность хода  $\pm 15$  с. Модульный принцип построения основных узлов позволяет быстро заменять вышедшие из строя элементы. В часах предусмотрена защита от воздействия магнитных и электрических полей. Выпускаются в хромированном или золоченом брызгозащитном корпусе.

# ЭЛЕКТРОННЫЕ ЧАСЫ



	7	14	21	28
1	8	15	22	29
2	9	16	23	30
3	10	17	24	
4	11	18	25	
5	12	19	26	
6	13	20	27	

	5	12	19	26
6	13	20	27	
7	14	21	28	
1	8	15	22	29
2	9	16	23	30
3	10	17	24	31
4	11	18	25	

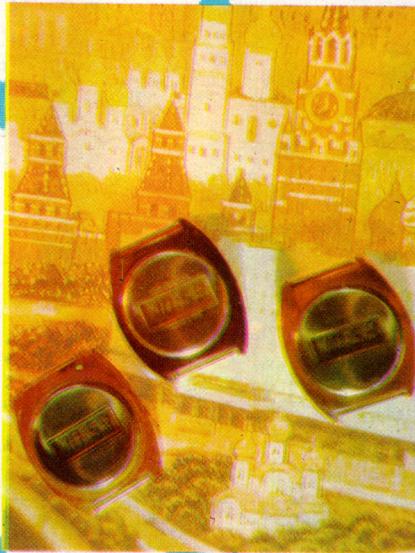
	3	10	17	24	31
4	11	18	25		
5	12	19	26		
6	13	20	27		
7	14	21	28		
1	8	15	22	29	
2	9	16	23	30	

3	10	17	24	31	Пн.
4	11	18	25		Вт.
5	12	19	26		Ср.
6	13	20	27		Чт.
7	14	21	28		Пт.
1	8	15	22	29	Сб.
2	9	16	23	30	Вс.

● 1977 ●

	7	14	21	28	Пн.
Вт. 1	8	15	22		
Ср. 2	9	16	23		
Чт. 3	10	17	24		
Пт. 4	11	18	25		
Сб. 5	12	19	26		
Вс. 6	13	20	27		

	5	12	19	26	Пн.
6	13	20	27		Вт.
7	14	21	28		Ср.
1	8	15	22	29	Чт.
2	9	16	23	30	Пт.
3	10	17	24		Сб.
4	11	18	25		Вс.



	7	14	21	28	Пн.
Вт. 1	8	15	22	29	
Ср. 2	9	16	23	30	
Чт. 3	10	17	24	31	
Пт. 4	11	18	25		
Сб. 5	12	19	26		
Вс. 6	13	20	27		

1	8	15	22	29	Пн.
2	9	16	23	30	Вт.
3	10	17	24	31	Ср.
4	11	18	25		Чт.
5	12	19	26		Пт.
6	13	20	27		Сб.
7	14	21	28		Вс.

	4	11	18	25	Пн.
Вт. 5	12	19	26		
Ср. 6	13	20	27		
Чт. 7	14	21	28		
Пт. 1	8	15	22	29	
Сб. 2	9	16	23	30	
Вс. 3	10	17	24		

	4	11	18	25	
	5	12	19	26	
	6	13	20	27	
	7	14	21	28	
1	8	15	22	29	
2	9	16	23	30	
3	10	17	24	31	

	6	13	20	27	
	7	14	21	28	
1	8	15	22	29	
2	9	16	23	30	
3	10	17	24		
4	11	18	25		
5	12	19	26		

	2	9	16	23	30
3	10	17	24	31	
4	11	18	25		
5	12	19	26		
6	13	20	27		
7	14	21	28		
1	8	15	22	29	

В условиях развивающейся научно-технической революции становятся весьма актуальными проблемы дальнейшего совершенствования подготовки квалифицированных кадров. Для электронной промышленности эти проблемы имеют особо важное значение, так как бурное развитие отрасли, постоянное обновление техники, внедрение новых технологических процессов выдвигают высокие требования к уровню профессиональной подготовки трудящихся. Труд становится все более творческим. В связи с этим неизмеримо возрастает роль знаний, всестороннего образования, роль деловых и моральных качеств человека.

Учитывая важность этих вопросов, мы предлагаем вниманию читателей статьи об опыте подготовки достойного пополнения рабочего класса, который был и остается основной производительной силой социалистического общества, и об опыте работы с молодыми учеными и специалистами предприятия.

## ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ ПО ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ МОЛОДЕЖИ

(ЗАВОД-ШКОЛА-ЗАВОД)

Е. С. КУЗНЕЦОВ, Л. М. РОЗЕНШТЕЙН

УДК 331.86

Для предприятий электронной промышленности, превосходящей по темпам развития другие отрасли народного хозяйства, проблема совершенствования подготовки кадров является острейшей, особенно сейчас, в условиях десятой пятилетки. Кадры в значительной мере определяют успех выполнения задачи дальнейшего повышения эффективности производства и качества труда. В настоящее время "человеческий фактор" производства — это не просто трудовые ресурсы, но и резерв его интенсификации, скрытый в потенциальных возможностях рабочих, инженеров и служащих. Создание оптимальных условий для использования и максимального развития этих возможностей — одна из главных задач современной кадровой политики.

Для этого необходимо прежде всего вести активную работу по профессиональной ориентации молодежи, пропаганде рабочих профессий, усилению тру-

дового воспитания молодежи. Начинать ее лучше лишь после глубокого анализа местных условий в ближайшем экономическом районе и в микрорайоне предприятия, анализа состава потенциального контингента пополнения кадров, выявления узких мест и типичных трудностей взаимодействия с этим контингентом. Только после этого можно планировать и строить на научно-методической основе профориентационную работу с подрастающим поколением.

Поскольку пополнение кадров предприятия согласно социальному прогнозу в ближайшие десятилетия будет идти преимущественно за счет притока молодежи из средних общеобразовательных школ и профессионально-технических училищ, мы решили работу по профориентации начинать с пяти подшефных школ и с базового технического училища. Как показал опыт, результаты адаптации молодых рабо-

чих к избранной профессии зависят не только от их профпригодности, но и от психологической готовности к труду вообще, от их внутренних установок на производство и ценностных ориентаций еще до прихода на завод. Следовательно, прежде чем отбирать и целесообразно расставлять на производстве молодежь по показателям профпригодности, необходимо сформировать еще в период обучения в школе положительные установки на общественно-полезный труд и обеспечить возможность обоснованного выбора каждым учащимся вида профессиональной деятельности. Опробовать определенную систему профориентационных мероприятий, направленных на выполнение этой задачи, мы решили сначала на опыте одной из наших подшефных школ.

В школе был создан кабинет профориентации (сейчас такие кабинеты имеются во всех наших подшефных школах). Один большой настенный стенд знакомит учащихся с двенадцатью основными отраслями народного хозяйства, с потребностями каждой из них в кадрах, другой — с профессиями завода-шефа. Под стендами — витрины, наглядно иллюстрирующие процесс изготовления основной продукции завода в технологической последовательности. Учащиеся могут ознакомиться с образцами готовой продукции предприятия-шефа и других предприятий района. Стенд "Правильно выбирай профессию" дает ученику представление о классификации профессий в мире труда и об этапах правильного, обоснованного выбора профессии. На электрифицированной карте-схеме нашего города показаны вузы, техникумы и профтехучилища, отвечающие отраслевому направлению. Учитывая интересы ученика, можно выбрать наиболее соответствующее его наклонностям учебное заведение.

Помимо стационарных стендов в кабинете применяется и система сменной информации с периодически меняющейся тематикой: "Ими гордится завод", "Рассказывают наши выпускники", "Училища профтехобразования" и др. На методические и другие материалы по профориентации составлены библиографические картотеки. Имеются специальные книжные витрины для учащихся, учителей и родителей. Иллюстрированный информационный справочник рассказывает об истории нашего предприятия и его трудовых достижениях, о лучших людях, об условиях труда, отдыха, учебы заводской молодежи. В целях профпросвещения используются киноаппаратура, фотоаппарат и магнитофон.

Создавая в школе кабинет профориентации, мы стремились к тому, чтобы его работа была подчинена не узковедомственным интересам предприятия, а общеобразовательным и политехническим задачам школы, максимально способствовала ускорению

процесса формирования социальной и профессиональной зрелости школьной молодежи. Традиционные формы профориентационной работы не могли нас удовлетворить. Вот почему, задумывая систему профориентационного взаимодействия "завод-школа-завод", включающую в себя и заводское техническое училище, мы решили перенести центр тяжести этой работы именно в школу, что, по нашему мнению, обуславливает наиболее массовый характер работы с молодежью.

По просьбе завода Министерство просвещения нашей республики направило в базовую школу психолога-педагога, который организовал и возглавил поисковую работу в области профориентации на базе созданного кабинета. Опыт и результаты этой работы были рассмотрены и одобрены проведенными МЭП научно-практическими конференциями, после чего на базе предприятия была создана отраслевая научно-исследовательская лаборатория профориентации и профотбора рабочих кадров. Система профориентации молодежи, опробованная в опытной школе, была рекомендована для внедрения во всех подшефных школах.

Какими же организационно-методическими принципами мы руководствовались, создавая систему совместной с подшефными школами профориентационной работы?

Кабинет профориентации в школе может выполнять не только информативную, но и консультационно-формирующую функцию. Со стороны предприятия работу по профпропаганде среди учащихся ведет инженер-организатор профпросвещения совместно с активом общественных профпропагандистов и экскурсоводов (у нас их 19). Группа заводских специалистов-профконсультантов (врач, психолог, физиолог) вместе с учителями школы проводит систематическую работу по выявлению профнаправленности и управлению выбором профессии.

Заведовать школьным кабинетом профориентации должен педагог-консультант, освобожденный от предметно-педагогической нагрузки. Он лишь ведет в старших классах курс "Основы выбора профессии", включенный в расписание учебных занятий и, следовательно, обязательный для всех учащихся старших классов. Курс вводит их в систему профессиональной подготовки в нашей стране, дает представление о классификации профессий в мире труда, о методах самопознания и самовоспитания, о способах правильного выбора профессий и т.п. В задачу педагога-профконсультанта входит обеспечение связи школы с предприятиями, профтехучилищами, техникумами, вузами, организация углубленного

изучения профнаправленности и профессиональных возможностей учащихся, их социально-психологических установок и мотивов выбора профессии. Организация в кабинете профориентации взаимообмена данными наблюдений за учащимися, индивидуально-групповых консультаций медицинского, психологического и справочно-информационного характера, комплектование групп по интересам, учет результатов трудоустройства выпускников и т.п. — вот неполный перечень обязанностей такого крайне нужного школе в современных условиях специалиста, готовить которого специально должны, на наш взгляд, высшие учебные заведения страны (педагогические и психологические факультеты).

Непосредственными помощниками педагога-профконсультанта являются учителя — классные руководители, ведущие ежегодно карточки-характеристики учащихся, профконсультанты-кураторы предприятия, ведущие медико-психологические обследования старшеклассников.

В нашем опыте четыре года функции педагога-консультанта в школе экспериментально выполнял психолог-педагог, отрабатывая определенную систему внутришкольной профконсультационной работы, для чего использовалась и база заводской психофизиологической лаборатории. Благодаря проведенной предприятием работе по профинформации и профконсультации школа получает возможность скомплектовать трудовые бригады по интересам для того, чтобы во время летней практики девятиклассники могли опробовать свои силы в избираемых профессиях. 8—12 таких бригад (слесари, станочники, конструкторы, технологи, радиомонтажники, программисты, химики, экономисты-плановики и др.) ежегодно работают у нас летом на предприятии. Мы убедились, что подобная первичная адаптация учащихся средних школ к заводским профессиям дает большой эффект: например, 56,5% выпускников 1973 г., работавших летом в бригадах, скомплектованных по интересам, трудоустроились

сразу же после выпуска именно по этим или родственным профессиям, успешно трудятся и, главное, удовлетворены работой.

Работа по управлению профессиональным самоопределением человека на школьном этапе завершается выдачей каждому выпускнику письменного совета-профрекомендации о предпочтительном для него виде трудовой деятельности и, в частности, применительно к профессиям завода-шефа. Такое профконсультационное заключение является официальным приложением к школьной характеристике выпускника (оно рассматривается и утверждается школьной профориентационной комиссией при участии заводских профконсультантов) и одновременно с этим — своеобразной памяткой ему в случае необходимости последующей корректировки жизненного плана.

В целях оказания помощи выпускникам в их самоопределении после окончания школы кабинет профориентации организует в мае—июне через районную комиссию по трудоустройству молодежи бронирование до 1 сентября рабочих мест на предприятиях района по заявкам всех желающих. Торжественный акт вручения трудовых путевок стал в нашей подшефной школе традиционным и играет большую воспитательную роль — из 120 выпускников 1974 г., получивших трудовую путевку, 102 чел. пошли на производство, из них 66 чел. пришли трудиться на свое предприятие-шеф. В случае прихода бывшего выпускника подшефной школы на наше предприятие психодиагностические данные из его профконсультационной школьной карточки передаются в заводской кабинет профподбора и учитываются в дальнейшем при создании благоприятных условий для его последующей социальной и профессиональной адаптации на заводе.

Ежегодно в октябре—ноябре школьная профориентационная комиссия подводит итоги трудоустройства и поступления в учебные заведения своих выпускников, т.е. выявляет соответствие итогов тру-

	Год выпуска			
	1972	1973	1974	1975
Количество трудоустроившихся соответственно профрекомендациям (процент от числа выпускников школы)	61,9	73,9	77,1	85,9
Количество избравших рабочие профессии предприятия-шефа (процент от числа пришедших работать в сферу производства)	58,8	77,6	72,0	73,5
Количество поступивших учиться (процент от числа поступивших в учебные заведения)				
в вузы	74,2	64,2	46,8	48,2
в училища	12,9	17,2	35,9	24,1

доустройства, с одной стороны, рекомендациям профконсультантов и профнамерениям учащихся, с другой, потребностям предприятия-шефа и всего экономического района в кадрах. По этим показателям делается вывод об уровне профориентационной работы в школе. Результаты такой работы по подшефной школе приведены в таблице.

Анализ этих результатов убеждает, что при правильной, научно обоснованной организации проф-

ориентационной работы предприятия совместно с подшефными школами такой социально значимый, но обычно стихийный процесс, как выбор молодежью профессии и формирование готовности к труду, может стать общественно управляемым процессом, если он ведется в интересах личности и с учетом потребностей общества.

*Статья поступила 28 ноября 1975 г.*

## РАБОТА С МОЛОДЫМИ СПЕЦИАЛИСТАМИ НА ПРЕДПРИЯТИИ

*А. В. ЛУКИЧЕВ*

*УДК 658.012.2*

Высокий технический уровень современного производства делает одной из насущных проблем сегодняшнего дня задачу повышения качества подготовки специалистов.

Опыт показал, что наилучшие результаты дает совместная работа вуза с предприятием, органическое сочетание академических занятий с практикой в НИИ или на заводе.

На нашем предприятии вопросам отбора, воспитания и продвижения молодых специалистов по службе уделяется много внимания. В настоящее время у нас трудится более 250 молодых специалистов (в возрасте до 30 лет) 18 специальностей. В ближайшем будущем с расширением производства и тематики научных исследований нам потребуются специалисты 30 специальностей. Для их подготовки предприятие заключило договоры о сотрудничестве с пятью вузами.

Все структурные подразделения предприятия и общественные организации, призванные работать с молодыми специалистами, действуют в тесном контакте друг с другом и постоянно совершенствуют формы и методы работы.

Вопросы подготовки молодых ИТР, их адаптации в научном или производственном коллективе и дальнейшего роста систематически выносятся на коллективное обсуждение. Воспитательная работа среди инженерно-технической молодежи стала делом первоочередной важности.

Директор предприятия осуществляет общее в масштабах НИИ и завода руководство работой по воспитанию нового поколения научно-технических специалистов. Мы считаем это хорошей традицией и надеемся развивать ее и далее, так как на молодых специалистов оказывает большое положительное

влияние возможность непосредственного общения с руководителем предприятия в ответственный момент начала их трудовой деятельности.

Постоянный тесный контакт с молодыми специалистами поддерживают руководители научного, производственного и кадрового аппаратов предприятия, осуществляющие руководство соответствующими направлениями в работе с молодыми учеными и специалистами.

Для работы с молодыми специалистами создан совет молодых ученых и специалистов (СМУиС) — выборный орган, работающий на общественных началах.

Научно-техническое руководство деятельностью совета непосредственно осуществляется главным инженером предприятия, который ежегодно утверждает планы работы совета и контролирует их выполнение. Он же координирует всю текущую внеплановую работу важнейшего характера. Непосредственно взаимодействуя с заместителем директора по кадрам и режиму, СМУиС активно участвует в решении кадровых вопросов (прием молодых специалистов на работу, их продвижение по службе и т.д.), вопросов обеспечения молодых специалистов жильем и в решении всех конфликтных ситуаций, связанных с ними.

В отделе кадров предприятия имеется уполномоченный по вопросам стажировки молодых специалистов. С его помощью осуществляется непрерывная связь с советом молодых ученых и специалистов при решении многих кадровых вопросов, в том числе касающихся учета молодых специалистов и прохождения ими стажировки и аттестации.

Методическое и идейно-политическое руководство деятельностью совета осуществляет комитет ВЛКСМ предприятия. Председатель совета молодых ученых и специалистов является членом комитета ВЛКСМ.

Непосредственную связь с молодыми специалистами на местах совет осуществляет через своих уполномоченных, назначаемых в отделах и лабораториях НИИ и в цехах завода.

Положение о совете молодых ученых и специалистов предприятия составлено на основе уже значительного опыта работы СМУиС на предприятии, а также с учетом всех новейших документов министерства, ЦК и МГК ВЛКСМ по вопросам работы с молодыми специалистами. Основными формами и методами работы СМУиС предприятия являются следующие:

1. Организация и проведение стажировки молодых специалистов на основе типовой программы стажировки молодых специалистов, окончивших высшие учебные заведения и поступивших на работу в систему министерства. Для стажировки к каждому молодому специалисту прикрепляется руководитель из числа ведущих специалистов предприятия. Составляется и утверждается план работы на год. В конце года проводится аттестация, для чего составляются рефераты и отчеты о проделанной работе.

2. Регулярное проведение на предприятии научно-технических конференций и широкое участие в них молодых ученых и специалистов родственных предприятий отрасли.

3. Участие молодых специалистов во всех этапах всесоюзного конкурса-смотрa научно-технического творчества молодежи.

4. Организация и осуществление шефства над важнейшими НИР и ОКР.

5. Ежегодное проведение смотра-конкурса на звание "Лучший молодой технолог", "Лучший молодой ученый", "Лучший мастер-воспитатель и т.д. Участие в подобных конкурсах, проводимых РК ВЛКСМ и районным СМУиС.

6. Организация и периодическое проведение циклов лекций для молодых ученых и специалистов по актуальной научно-технической тематике, по патентоведению и т.д.

7. Участие в решении вопросов, связанных с улучшением условий труда и быта молодых специалистов. Председатель СМУиС является членом аттестационных комиссий для ИТР НИИ и завода, а также членом НТС предприятия.

8. Работа со студентами-практикантами вузов и с дипломниками. На предприятии стали традиционными встречи с администрацией предприятия и ведущими специалистами. Организованы циклы лекций по структуре предприятия и по основным направлениям его научно-производственной деятельности. Студенты привлекаются к участию в научно-тех-

нических конференциях, проводимых на предприятии по линии СМУиС, а молодые специалисты предприятия в свою очередь участвуют в вузовских научно-технических конференциях. В подшефных вузах устраиваются тематические вечера-встречи со студентами: "Твоя будущая профессия", "Встреча с выпускниками" и т.п. Студенты подшефных вузов проходят на предприятии общественно-политическую практику со сдачей зачета, без которого не засчитываются итоги всей практики. Практика предусматривает обязательное участие студента в общественной жизни предприятия, выступления с лекциями, докладами, проведение политинформаций и т.д.

9. Организация системы учета (картотеки) молодых ученых и специалистов предприятия с целью получения объективной и постоянно обновляемой информации о молодых специалистах.

10. Проведение всестороннего анкетирования и статистический анализ полученных данных с целью выработки рекомендаций по улучшению работы с молодыми специалистами на предприятии.

Последовательное проведение в жизнь указанных принципов и форм работы дает хорошие результаты. Молодые ученые и специалисты предприятия быстро осваиваются в новом коллективе и еще за время пребывания в статусе молодых специалистов многие становятся хорошими, а подчас и ведущими специалистами в своей области. Достаточно упомянуть, что среди них есть старшие и ведущие инженеры, начальники участков, заместители начальников цехов.

С 1973 года молодыми учеными и специалистами предприятия подано около 40 заявок и более 80 рационализаторских предложений. За этот период опубликовано свыше 90 печатных работ и сделано около 80 докладов на научно-технических конференциях.

За последние два года свыше 100 молодых специалистов предприятия приняли участие в конкурсах научно-технического творчества молодежи. Лучшие из них удостоены звания лауреатов конкурсов. За успехи в развитии народного хозяйства пять человек награждены золотой, серебряными и бронзовыми медалями ВДНХ СССР.

Работа группы авторов — молодых специалистов отмечена премией Ленинского комсомола за 1975 г. в области науки и техники.

Несмотря на достигнутые успехи в деле подбора, воспитания и профессионального роста молодых специалистов, на предприятии предстоит сделать еще очень много для повышения целенаправленности и эффективности этой работы. В частности, требует более пристального к себе внимания задача идейно-политического воспитания молодых специалистов, где еще далеко не использованы многие хорошо известные формы и методы работы.

Решая вопросы воспитания молодых специалистов, важно создать в коллективе атмосферу подлинного творчества, энтузиазма, поддержать дух со-

циалистического соревнования, способствующий идейному и профессиональному становлению молодежи.

Статья поступила 2 сентября 1976 г.

## МОРАЛЬНОЕ И МАТЕРИАЛЬНОЕ СТИМУЛИРОВАНИЕ МАСТЕРОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОТРАСЛИ

В. Н. ГОРДЕЕВ, Р. М. ЗУЕВА

**ПРАВИЛЬНОЕ СОЧЕТАНИЕ МОРАЛЬНЫХ И МАТЕРИАЛЬНЫХ СТИМУЛОВ ПОЗВОЛЯЕТ ЗНАЧИТЕЛЬНО АКТИВИЗИРОВАТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ МАСТЕРА НА ПРЕДПРИЯТИИ.**

УДК 331.9

В условиях ускорения научно-технического прогресса возрастает роль мастера как организатора труда рабочих, повышаются требования к уровню его технических и экономических знаний, к его профессиональной подготовке.

В отрасли проводится значительная работа по повышению роли и эффективности работы мастеров. Активизации их деятельности в значительной мере способствуют созданные на предприятиях советы мастеров, которые стали действенной формой привлечения этой категории работников к управлению производством. Совет мастеров призван контролировать производственно-хозяйственную деятельность мастеров, участвовать в подборе и расстановке кадров, в решении вопросов установления окладов и персональных надбавок, поощрения мастеров и наложения на них дисциплинарных взысканий, вплоть до отстранения от занимаемой должности.

Большое внимание уделяется усилению морального и материального стимулирования мастеров, повышению их личной заинтересованности в результатах труда коллектива и ответственности за порученное дело. Разработаны условия социалистического соревнования мастеров, а также положения о присвоении почетных званий "Лучший производственный мастер", "Заслуженный производственный мастер", "Мастер 1 (II, III) класса".

При разработке условий соревнования были определены этапы, каждый из которых отличается новыми целями, новыми задачами. Такая организация

соревнования позволяет работникам лучше осознать свой рост и видеть перспективу, способствует повышению трудовой активности всех членов коллектива. Соревнование на каждом этапе предусматривает свои методы морального и материального стимулирования мастеров. Предприятия сами определяют ступени роста мастеров, учитывая специфику производства, устанавливают последовательность поощрений.

Обычно первый этап стимулирования определяется в рамках цеха. Моральным стимулом на этом этапе является присвоение звания "Лучший производственный мастер цеха". Его удостоивается тот, чья смена или участок выходили победителями внутрицехового соревнования в течение всего квартала. Определяет победителей совет мастеров, который по представлению цехового комитета профсоюза и администрации подводит итоги выполнения квартальных заданий. Мастеру-победителю вручается переходящий вымпел и денежная премия в размере от 20 до 30 руб.

Второй этап поощрения — присвоение звания "Лучший производственный мастер завода". Это звание присваивается два раза в год мастерам, участки или смены которых выходили победителями во внутрицеховом социалистическом соревновании в течение шести месяцев. Материалы на присвоение звания представляются администрацией и цеховым комитетом профсоюза после рассмотрения советом мастеров предприятия в заводской комитет проф-

союза. Каждый "Лучший производственный мастер завода" награждается дипломом и денежной премией от 30 до 50 руб.

Третий этап стимулирования — присвоение звания "Лучший производственный мастер МЭП". Оно присуждается раз в год мастерам, в течение года дважды удостоенным звания "Лучший производственный мастер завода", в соответствии с условиями Всесоюзного социалистического соревнования за звание лучшего мастера отрасли. Победители этого соревнования награждаются Почетной грамотой МЭП и ЦК профсоюза и единовременной денежной премией в размере 150 руб. Производственным мастерам, трижды удостоенным звания "Лучший производственный мастер МЭП" вручается значок "Отличник социалистического соревнования МЭП".

Одной из форм социалистического соревнования, которая способствует закреплению кадров мастеров, повышению их квалификации, усилению заинтересованности в повышении эффективности производства, улучшению на участке воспитательной работы, на предприятиях отрасли является соревнование за звания: "Мастер I класса", "Мастер II класса", "Мастер III класса", "Заслуженный производственный мастер завода". Они присуждаются тем мастерам, коллективы которых систематически занимали классные места в социалистическом соревновании и добились наилучших результатов в работе по показателям, определенным в специальных положениях.

Звание "Мастер III класса" присваивается мастерам, проработавшим в этой должности на предприятии не менее трех лет, завоевавшим звание "Лучший производственный мастер завода" в течение двух лет не менее трех раз.

Звания "Мастер II класса" удостоиваются мастера, проработавшие в этой должности на предприятии не менее пяти лет, имеющие звание "Мастер III класса".

Звание "Мастер I класса" присуждается мастерам, проработавшим в этой должности на предприятии не менее восьми лет, имеющим звание "Мастер II класса".

Почетное звание "Заслуженный производственный мастер завода" присваивается мастерам, имеющим звание "Мастер I класса" и подтвердившим это звание два раза подряд, проработавшим в должности мастера не менее 10 лет, возглавляющим "Коллективы коммунистического труда", систематически занимающие классные места в социалистическом соревновании. Присвоенное звание подтверждается один раз в три года.

Решение о присвоении и подтверждении почетных званий принимается на совместном заседании заводского комитета профсоюза и администрации на основании материалов, представленных руководителями цехов и цехкомов, согласованных с советом мастеров, и оформляется приказом по заводу.

Всем удостоенным почетных званий "Мастер (II, III) класса" вручается свидетельство и выплачивается единовременная премия: мастерам III класса в размере 20—30 руб., II класса — 30—50 руб., I класса — 50—80 руб.

"Заслуженному производственному мастеру завода" вручается свидетельство и выплачивается премия в размере 80—100 рублей. Фамилия его заносится в заводскую Книгу почета.

Каждое почетное звание мастеров дает право на внеочередное получение путевок для отдыха, а звание "Заслуженного производственного мастера" — на бесплатные путевки для всей семьи.

Лишить мастера почетного звания за какие-нибудь упущения в работе можно лишь совместным решением администрации и заводского комитета профсоюза по материалам, представленным руководством и общественными организациями цеха. В последующем это звание может быть восстановлено при условии устранения недостатков в производственной деятельности на вверенном ему участке.

Усиление роли моральных стимулов не исключает, а наоборот, предполагает дальнейшее совершенствование системы материального поощрения. Очень важно, чтобы меры морального и материального поощрения действовали в одном направлении. Для усиления материальной заинтересованности мастеров предусматривается ряд положений по преимущественному премированию этой категории работников; например за высокие достижения в социалистическом соревновании, как в индивидуальном, так и во внутрицеховом и внутризаводском, при достижении высоких производственных показателей на руководимых ими участках; за изготовление и своевременную отгрузку на экспорт высококачественной продукции; за выполнение мероприятий по новой технике и др.

Лучшим мастерам, которые в результате осуществления разработанных организационно-технических мероприятий обеспечили повышение производительности труда по сравнению с планом и экономии фонда заработной платы, устанавливается надбавка к заработной плате из сэкономленного фонда в размере до 30% должностного оклада. При снижении достигнутого уровня производительности труда доплаты к окладам могут быть уменьшены или отменены.

Конечно, для каждого предприятия необходимо найти свое сочетание моральных и материальных стимулов к труду, определить наиболее действенные меры поощрения с учетом специфики производства, контингента работающих и других конкретных особенностей. Методы и формы морального и материального стимулирования требуют постоянного совершенствования. Если они длительное время не ме-

няются, то постепенно превращаются в штампы, становятся привычными, действенность их снижается. Поэтому их необходимо время от времени пересматривать и разнообразить.

Умелое использование богатейшего арсенала моральных и материальных стимулов позволит повысить эффективность труда мастера на предприятии.

## ЛЮДИ ТРУДОВОЙ СЛАВЫ

Важнейшее условие повышения эффективности производства — ускорение научно-технического прогресса. В нашу эпоху главными становятся не отдельные, пусть самые блестящие достижения науки и техники, а высокий научно-технический уровень всего производства. Поэтому в поиск новых технических решений, направленных на увеличение объема и повышение качества выпускаемой продукции, снижение производственных затрат, включились все коллективы ОКБ нашей отрасли. Конструкторы прилагают все усилия к тому, чтобы создаваемые ими приборы, оборудование, технологическая оснастка отличались новизной инженерных идей, высокой производительностью и экономичностью, удобством в обслуживании.

Выполняя решения партии, ориентирующие нашу промышленность на ускоренное создание и внедрение новой техники, специалисты отрасли развернули широкое соревнование за звание "Лучший конструктор". По итогам 1975 года этого высокого звания удостоены 25 человек: О. А. Бакрунов, А. С. Бернштейн, Г. М. Бороненкова, Р. В. Бояринцев, Р. М. Волчак, А. А. Деев, В. А. Емцев, В. И. Камаев, О. Б. Кисляк, В. В. Колюкаев, Г. А. Кондракова, В. П. Кобытов, В. А. Котов, Г. П. Мерцалов, А. В. Ненарокомов, В. С. Озеров, Н. А. Павленко, Л. Н. Палачев, И. В. Помазкина, Л. Н. Романова, В. Ф. Семин, Л. К. Сусллова, А. И. Чесноков, А. А. Шишаков, В. П. Шляков.

О некоторых из них мы расскажем в настоящем выпуске.

● **Николай Андреевич ПАВЛЕНКО** прошел путь от инженера-конструктора до ведущего инженера и в настоящее время является одним из главных специалистов завода по разработке технологической оснастки для переработки пластмасс и стекло-керамических материалов. Им разработана и внедрена серия высокопроизводительного оборудования для прессования угловых и рамочных таблеток из стеклопорошка, а также универсальные полуавтоматические блоки и пакеты к ним для литья керамических плат некоторых изделий, в результате чего сэкономлено 25 тыс. руб.

● **Александр Владимирович НЕНАРОКОМОВ** разработал автоматы обсечки лысок и фрезеровки хвостовика гнезда и штыря разъемов, агрегатный станок для обработки ловителя втулки одного из изделий, токарный полуавтомат для механической обработки литых деталей разъемов. В результате внедрения в производство 42 единиц станков и агрегатов, разработанных им, сэкономлено 75,6 тыс. руб. Своим опытом А. В. Ненарокомов постоянно делится с молодыми специалистами, являясь лектором курсов повышения квалификации инженерно-технических работников.



**ПАВЛЕНКО** Николай Андреевич



**НЕНАРОКОМОВ**  
Александр Владимирович



**МЕРЦАЛОВ**  
Геннадий Петрович



**КОТОВ Вадим Александрович**



**КОЛЮКАЕВ  
Валерий Васильевич**



**ШИШАКОВ  
Адольф Александрович**

● **Вадим Александрович КОТОВ** на три месяца раньше намеченного срока разработал и внедрил в производство установку для навивки спиралей и станок для намотки сопротивлений высоких номиналов, который не уступает лучшим зарубежным образцам. Внедрение станка позволило применить прогрессивную технологию, в результате чего несколько ручных операций были объединены в одну полуавтоматическую. В.А.Котов разработал и внедрил установку для пайки изделий в тлеющем разряде, с использованием которой полностью изменилась технология пайки изделий, повысилась производительность труда и вырос процент выхода годных. На отдельные узлы этой установки поданы заявки на изобретение. Разработанное В.А.Котовым и внедренное в производство оборудование позволило сэкономить на предприятиях отрасли 85 тыс.руб.

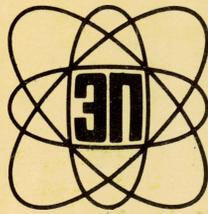
● Постоянно ищет новые прогрессивные пути для выполнения производственных заданий **Геннадий Петрович МЕРЦАЛОВ**. Спроектированная им и внедренная технологическая оснастка отличается оригинальностью, простотой и высокой производительностью. За годы девятой пятилетки им были разработаны предложения по изменению технологического процесса изготовления серебряного контакта, что позволило повысить производительность в 15 раз; сконструирован штамп для вырубки линеек, а также универсальный штамп-комбайн для вырубки лепестков, благодаря внедрению которых производительность труда намного увеличилась. Задания девятой пятилетки Г.П.Мерцалов выполнил за 4,5 года. Общая сумма экономии в результате внедренных им новшеств составила более 86 тыс.руб. Его новые обязательства по личному творческому плану направлены на улучшение качества продукции, ликвидацию трудоемких операций, на механизацию и автоматизацию производственных процессов, высвобождение производственных площадей и дефицитного оборудования, экономию сырья и материалов, улучшение культуры производства.

● **Валерий Васильевич КОЛЮКАЕВ** внес большой вклад в совершенствование производственных процессов, повышение качества и рентабельности изделий основного производства и производства товаров народного потребления. Разработанные им конструкции штампов и приспособлений имеют высокую производительность, удобны в эксплуатации, дают значительную экономию материалов, отличаются простотой и оригинальностью. Штампы с дифференциальным зажимом позволили намного повысить качество и точность заготовок, применяемых при изготовлении фланцев приборов. Благодаря применению штампов-автоматов в несколько раз снизились трудовые затраты на операциях предварительной чеканки, вытяжки, пробивки, просечки различных деталей, уменьшился процент брака и повысилось качество выпускаемой продукции. Используя новейшие методы контроля, В.В.Колюкаев проводит большую исследовательскую работу, намечая пути рационального конструирования, обеспечивающие снижение расхода материалов и трудовых затрат на изготовление инструмента и оснастки, повышение производительности труда на операциях, повышение процента выхода годных, уменьшение количества брака. Разработанная им оснастка отличается надежностью и долговечностью.

● **Адольф Александрович ШИШАКОВ** занимается разработкой автоматизированного оборудования для массового производства изделий электронной техники. Им разработан ряд автоматов для штамповки контакт-деталей, производительность которых составляет 10 000—12 000 шт/ч. Автоматы успешно внедрены в производство и обеспечили экономию около 170 тыс.руб. В его разработках оригинальные решения сочетаются с использованием ранее разработанных унифицированных конструкций.

Свой богатый инженерный опыт А.А.Шишаков охотно передает молодым специалистам, прививая им стремление творчески подходить к решению любых технических вопросов. Он внимательно относится к предложениям рабочих-рационализаторов, постоянно помогает им в работе.

Продолжая нашу рубрику "Люди трудовой славы", просим Вас присылать в редакцию материалы с фотоиллюстрациями о технологах, конструкторах, производственных мастерах, рабочих, чей опыт заслуживает широкого распространения в отрасли, а также о трудовых коллективах, добившихся наиболее высоких показателей в повышении эффективности труда, улучшении качества продукции, наибольшей экономии сырья и материалов; о социалистическом соревновании за звание лучшего среди работников своей профессии, способствующем выявлению профессионального мастерства каждого труженика.



## ЦНИИ • ЭЛЕКТРОНИКА»

### *В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ ЧИТАЙТЕ СТАТЬИ*

- **ОБ ОПЫТЕ РАЗРАБОТКИ И  
ВНЕДРЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ  
УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ**
- **КОМПЛЕКСНЫЙ ПРОГНОЗ ЦЕН НА  
ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫЕ ПРИБОРЫ**
- **КВАНТОСКОП – ЛАЗЕРНЫЙ ЭЛП ДЛЯ  
ПРОЕКЦИИ НА БОЛЬШОЙ ЭКРАН**
- **ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ВИДИКОН  
ДЛЯ МАЛОКАДРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ**
- **УСИЛИТЕЛЬ ЯРКОСТИ С ПРЯМЫМ  
ПЕРЕНОСОМ ИЗОБРАЖЕНИЯ**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор  
К.И.МАРТЮШОВ

Члены редколлегии:  
А.А.Васенков, Е.А.Гайлиш,  
А.С.Гладков, И.М.Глазков,  
Н.Д.Девятков, С.В.Жигунов,  
А.Ф.Казаков, В.Г.Колесников,  
А.А.Константинов,  
А.М.Коршанов,  
А.А.Маклаков,  
А.Ю.Малинин,  
М.И.Меньшиков,  
В.С.Морозов  
Ю.Б.Митюшин, В.И.Павлов,  
В.М.Пролейко (зам.  
главного редактора),  
В.В.Савин, А.Г.Салин,  
П.М.Стуколов (зам.  
главного редактора),  
Г.Г.Татаровская  
(ответственный секретарь),  
А.Ф.Трутко, Г.А.Умнов,  
В.А.Федоренчик,  
О.В.Филатов,  
В.М.Фокин  
С.К.Цаллагов,  
А.А.Чернышев

На второй странице обложки:  
ячейка и блок стандартизован-  
ных ячеек-микросборок на бес-  
корпусных БИС

Ответственные за выпуск  
С.И.Баранова, Т.К.Привалова

Художественно-технический редактор  
А.В.Агафонова

Художник В.А.Чернацов

Фото Б.В.Борисевича

Подписано в печать 10.12.76 г.

Т-20696

Объем 10,5 п.л.

Уч.-изд. л. 10,25

Тираж 3250      Формат 60x90/8

Цена 2 руб. 89 коп.      Заказ 883

Производственно-издательский отдел  
ЦНИИ "Электроника"  
117415, Москва,  
проспект Вернадского, 39.

6

