



# ЭЛЕКТРОННАЯ

6  
1979

# ПРОМЫШЛЕННОСТЬ





# 1979

## МИНИСТЕРСТВО ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР • НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А. А. Чернышев  
*(главный редактор)*

В. А. Афанасьев  
Ф. И. Бусол  
А. А. Васенков  
И. Н. Воженин  
Е. А. Гайлиш  
Г. Я. Гуськов  
Н. Д. Девятков  
В. И. Иванов  
А. Ф. Казаков  
А. А. Константинов  
Ю. Г. Кувшинников  
Э. А. Лукин  
А. А. Маклаков  
А. Ю. Малинин  
В. И. Машкин  
Ю. Б. Митюшин  
Ю. П. Поцелуев  
В. М. Пролейко *(зам.  
главного редактора)*

Ю. А. Райнов  
А. И. Савин  
А. А. Сорокин  
В. Д. Степанов  
Ю. Б. Степанов  
В. Н. Сретенский  
П. М. Стуколов *(зам.  
главного редактора)*  
Г. Г. Татаровская  
*(ответственный секретарь)*  
И. Ф. Фадеев  
Я. А. Федотов  
О. В. Филатов  
С. К. Цаллагов

● Основные методологические установки, принятые при составлении первого пятилетнего плана, 50-ю годовщину которого наша страна отмечает в этом году, действуют до настоящего времени. В числе таких установок — преимущественное развитие ключевых отраслей народного хозяйства, систематическое снижение себестоимости продукции, неуклонный рост производительности труда. Особое место среди ведущих отраслей промышленности занимает электроника, уровень развития которой является подлинным мерилем научно-технического, экономического и оборонного потенциала страны.

● Электронная промышленность освоила выпуск микропроцессоров целого ряда серий, которые могут быть использованы в самых разнообразных областях — от создания сложных систем управления производственными процессами, контроля и измерения, автоматизации проектирования и т.п. до широкого применения в быту. Наличие микропроцессорных вычислительных систем обеспечивает построение высоконадежных распределенных сетей обработки и передачи данных, осуществление комплексной автоматизации управления энергосистемами, разработку и внедрение в производство универсальных средств управления оборудованием, используемым в производстве ИЭТ.

● Проблема защиты от коррозии изделий электронной техники, металлических конструкций и оборудования в процессе их эксплуатации и длительного хранения многоаспектна. Это — и использование специальных химических веществ — ингибиторов, изменяющих условия протекания реакций, которые ведут к коррозионному разрушению металлических поверхностей, и нанесение беспористых антикоррозионных покрытий, и замена традиционно применяемых в конструкциях изделий и оборудования металлических материалов полимерными, и поиск новых технологических приемов, увеличивающих коррозионную стойкость металлов и сплавов.

# ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

**1979** **6**  
ГОД ИЗДАНИЯ ДЕСЯТЫЙ • ВЫПУСК (78)

OldPC.su

музей компьютеров

## СОДЕРЖАНИЕ

### ИЗДЕЛИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

- 3 *Стуколов П.М.*, К 50-летию первого пятилетнего плана развития народного хозяйства СССР

- 9 *Глазков И.М.*, Микропроцессоры и микро-ЭВМ для решения задач автоматизации энергосистемы Белоруссии
- 11 *Лугинский Я.Н.*, Применение микро-ЭВМ в электроэнергетике
- 15 *Онегин Е.Е.*, Мини- и микро-ЭВМ в оптико-механическом оборудовании
- 16 *Некрасов Л.Т., Никонов Ю.П., Плешаков В.А.*, Микропроцессоры и микро-ЭВМ в АСУТП
- 18 *Альферович В.Н., Болдырев В.П., Скляров А.П., Степанец В.Я.*, Применение комплекса 15УТ-4-017 в системе проектирования на базе ЕС ЭВМ
- 21 *Межов В.Е., Ратмиров Н.Л., Талов И.Л., Толстых Б.Л.*, Программное обеспечение системы 15УТ-4-017
- 24 *Маслеников Ю.А., Усик В.Г., Чебыкин Н.Е., Штурц И.В.*, Автоматизация проектирования цифровых микропроцессорных систем
- 29 *Бутомо И.Д., Котляров В.П., Морозов Н.Б., Резник А.Е., Самочадин А.В.*, Редакционно-отладочный комплекс для микро-ЭВМ семейства "Электроника С5"
- 33 *Антонова Г.Ф., Кузнецов Е.Ю., Минкин Л.К.*, "Электроника БЗ-30" — однокристалльный карманный микрокалькулятор

### ТЕХНОЛОГИЯ

- 38 *Персианцева В.П.*, Ингибиторы атмосферной коррозии для защиты изделий из металлов при их транспортировке и хранении
- 43 *Гериш Т.В., Ефимов Е.А., Яскевич М.Е.*, Способ получения золотых покрытий высокой чистоты
- 44 *Гериш Т.В., Ефимов Е.А.*, Непосредственное меднение коваровых изделий

## ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЬНО- ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

- 45 *Анурова Н.К., Дубинин Г.Н., Королев Б.Г., Роцупкин А.В.* Повышение технологичности и коррозионной стойкости магнитов
- 47 *Юркова Ю.Н.* Аммиакатный электролит цинкования
- 49 *Суворов Э.В.* Методы рентгеновской топографии в исследованиях реальной структуры кристаллов
- 55 *Барышев В.Н., Еловиков С.С., Марин В.П., Меньшенин Ю.В.* Применение электронной оже-спектроскопии в исследованиях состояния поверхности металлокерамических катодов
- 59 *Васильев В.Т., Попов В.К., Харитонов В.С.* Приборы для измерения низкочастотных параметров маломощных транзисторов
- 61 *Анцыферов С.С., Куртев Н.Д., Смирнов А.В.* Технологичный способ построения тепловизионных систем

## ОБМЕН ОПЫТОМ

- 63 *Аствацатуров А.В., Бербасов В.В., Демченко П.И., Тушкин Е.Р.* Применение микростереопроектора при сборке интегральных схем
- 65 *Аксенов А.П., Епифанов Г.И., Нанушьян С.Р., Северный В.В., Ушанов С.М.* Эластичный кремний-органический компаунд для защиты полупроводниковых приборов и микросхем
- 67 *Гоман Л.В., Кадомский И.А., Корнелюк А.И., Павликов Ф.А., Пильвинис Р.П., Чухлиб В.И.* Автоматизированная установка контроля совмещаемости фотошаблонов
- 69 *Боков Ю.С., Брайнес А.С., Лаврищев В.И., Малышов К.М.* Перспективный метод очистки поверхностей материалов и изделий электронной техники
- 72 *Демиденко В.В., Осипенко В.А., Шабельников Л.Г.* Пайка кристаллов мощных транзисторов эвтектическим припоем AlGe
- 74 *Рябов А.П.* Опыт серийного изготовления прецизионного оптико-механического оборудования

## СООБЩЕНИЯ

- 11 *Татаровская Г.* Совещание по вопросу внедрения микропроцессоров и микро-ЭВМ в энергетике. Совещание в Абовяне
- 48 *Николаев Ю.Н., Стременов И.А., Шутилин В.Н.* ПЛП-3 — полуавтомат ломки полупроводниковых скрайбированных пластин на кристаллы

## НОВОСТИ

- 76 *Пащенко Н.А.* Новости зарубежной электроники

# к 50-летию

## ПЕРВОГО ПЯТИЛЕТНЕГО ПЛАНА

## РАЗВИТИЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР

**П.М.СТУКОЛОВ**

В этом году наша страна отмечает славный юбилей: 50 лет назад XVI конференция ВКП (б) одобрила, а V Всесоюзный съезд Советов утвердил первый пятилетний план развития народного хозяйства СССР.

С пятилетками неразрывно связаны все завоевания советского народа – индустриализация страны, коллективизация сельского хозяйства, создание военной экономики, восстановление разрушенного в Великой Отечественной войне народного хозяйства, построение развитого социалистического общества.

Первый пятилетний план, разработанный по директивам XV съезда партии, основывался на научном фундаменте марксизма-ленинизма, на глубокой теоретической разработке экономических и социальных проблем формирования социалистического общества. В первой советской пятилетке реализованы ленинские идеи организации социалистической экономики на основе централизованного планирования, позволяющего превратить социалистические цели в действительность.

Ленинское учение об экономической природе общественной собственности, особенностях и характере экономических законов при социализме, экономической роли социалистического государства, о необходимости планового управления общественным производством служили важнейшими ориентирами в экономической политике нашей партии при составлении первого и последующих пятилетних планов.

Общегосударственная собственность на средства производства определяет объективную необходимость в общегосударственном плане, и поэтому В. И. Ленин рассматривал его как важнейшее средство решения политических и социальных задач развития общества. На каждом историческом этапе социалистического строительства, учил Ленин, необходимо определять ведущее звено в цепи экономических проблем, подлежащих решению. Примером такого решения является план ГОЭЛРО. Вместе с тем, В.И. Ленин отмечал необходимость правильного сочетания централизованного управления с инициативой и самостоятельностью крупных предприятий и хозяйственных объединений в деле распоряжения финансовыми средствами и материальными ресурсами.

На основе опыта хозяйственного строительства в первые годы Советской власти В.И. Ленин выдвинул идею пятилетнего планирования: "...мы теперь, – указывал он, – получили довольно редкий в истории случай устанавливать сроки, необходимые для производства коренных социальных изменений, и мы ясно видим теперь, что можно сделать в пять лет и для чего нужны гораздо большие сроки" \*.

Первый пятилетний план (1928–1932 гг.) открыл новый этап в воплощении партией ленинских идей строительства социалистического общества.

\* В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 45, с. 385.

Первая пятилетка представляла собой грандиозную по тем временам программу работ по превращению СССР из аграрной страны в индустриальную, по созданию экономического фундамента построения социалистического общества.

Основные задачи этого плана заключались в опережающем развитии тяжелой промышленности — машиностроения, металлургии, электроэнергетики и ряда других отраслей, позволяющих технически перевооружить всю промышленность и транспорт, переводе мелкотоварного сельского хозяйства на пути крупного обобщественного производства, обеспечении решительной победы социалистического сектора в городе и деревне, преодолении хозяйственной и культурной отсталости страны, укреплении обороноспособности государства.

Главной проблемой первого пятилетнего плана явилась проблема темпов роста и пропорций развития народного хозяйства. Ускорить темпы можно было только путем ломки сложившихся хозяйственных пропорций, свойственных отсталой в экономическом отношении аграрной стране, и создания новых пропорций передового социалистического хозяйства. На XV съезде партии было указано: "Наиболее быстрый темп развития должен быть придан тем отраслям тяжелой индустрии, которые поднимают в кратчайший срок экономическую мощь и обороноспособность СССР, служат гарантией возможности развития в случае экономической блокады, ослабляют зависимость от капиталистического мира и содействуют преобразованию сельского хозяйства на базе более высокой техники и коллективизации хозяйства"

Первый пятилетний план выполнялся за счет собственных ресурсов страны: ликвидации непроизводительного потребления паразитических классов, вовлечения в производительный труд всего работоспособного населения страны, быстрого роста производительности труда и снижения себестоимости продукции и был выполнен досрочно: за 4 года и 3 месяца.

Одним из мощных факторов досрочного выполнения первого пятилетнего плана явилось массовое социалистическое соревнование. Именно в годы первой пятилетки родились такие эффективные формы соревнования, как ударничество и встречное планирование. С тех пор соревнование всегда было неотделимо от плана.

Основные методологические установки, заложенные при составлении первого пятилетнего плана, действуют до настоящего времени. Это преимущественный рост производства средств производства, приоритет развитию перспективных отраслей народного хозяйства, сбалансированность развития отраслей и экономических регионов, оптимальное сочетание производства, потребления и накопления, систематическое снижение себестоимости продукции и неуклонный рост производительности труда.

Первая пятилетка означала революционные преобразования на экономическом фронте социальной структуры общества, изменения социального характера труда.

Советские пятилетки показали огромные преимущества социалистического строя перед капиталистическим. "Каждая из пятилеток, — говорил товарищ Л. И. Брежнев, — это важная веха в истории Родины. Каждая из них по-своему примечательна, несет на себе неповторимые черты своего времени, и каждая запечатлена в памяти народа. В то же время они неотделимы друг от друга. Это замечательные главы одной великой книги, повествующей о героическом труде нашего народа во имя социализма и коммунизма".

За годы советских пятилеток объем промышленной продукции вырос в 128 раз, в результате чего доля СССР в мировом промышленном производстве возросла до 20%, сельское хозяйство страны преобразовано в крупное механизированное производство, выполнена огромная программа культурного, жилищного и бытового строительства. В СССР уничтожена неграмотность, нищета, безработица, неуклонно улучшается народное благосостояние, растут доходы населения. В результате реализации планов пятилеток выровнены уровни экономического и социального развития всех союзных и автономных республик.

Достижения хозяйственного и социального строительства закреплены в новой Конституции нашего государства. В статье 15 Конституции СССР сказано: "Высшая цель обществен-

\* КПСС в резолюциях и решениях, 1970, т. 4, с. 38.

ного производства при социализме — наиболее полное удовлетворение растущих материальных и духовных потребностей людей. Опираясь на творческую активность трудящихся, социалистическое соревнование, достижения научно-технического прогресса, совершенствуя формы и методы руководства экономикой, государство обеспечивает рост производительности труда, повышение эффективности производства и качества работы, динамичное, планомерное и пропорциональное развитие народного хозяйства”.

Современная экономика СССР, построенная на плановых началах, характеризуется соединением достижений научно-технической революции с преимуществами социалистической системы хозяйства.

Партией проводится ленинский курс на развитие техники, построенной по последнему слову науки, ключевых отраслей, определяющих научно-технический прогресс в народном хозяйстве. К числу таких отраслей, являющихся, по выражению товарища Л.И.Брежнева, катализаторами научно-технического прогресса, относится и электронная промышленность.

Уровень развития электронной техники в настоящее время является подлинным мерилем научно-технического, экономического и оборонного потенциала страны. Сейчас нет ни одной отрасли народного хозяйства, ни одной области науки и техники, развитие которых не опиралось бы на достижения электроники. За короткую историю своего существования электронная промышленность сделала гигантский скачок в своем развитии. Придавая большое значение роли электронной промышленности в ускорении научно-технического прогресса, партия и правительство создали все необходимые условия для быстрого развития ее производственной и научной базы. Реализуя созданные возможности, электронная промышленность в 8, 9 и 10-й пятилетках добилась стабильно высоких показателей роста эффективности производства: производительности труда, фондоотдачи, снижения себестоимости выпускаемой продукции. Все это позволяет отрасли досрочно выполнять пятилетние задания. Так, 9-й пятилетний план был выполнен за 4,5 года.

Товарищ Л.И.Брежнев в письме, обращенном к работникам электронной промышленности, оценил досрочное выполнение 9-й пятилетки как выдающуюся трудовую победу. Письмо Леонида Ильича вызвало большой политический и трудовой подъем среди рабочих и инженерно-технических работников отрасли.

За последние годы разработано и освоено большое количество новых видов электронных приборов на базе микроэлектроники, лазерной техники, оптоэлектроники и других прогрессивных направлений техники, интенсивно внедряются прогрессивные технологические процессы, новое современное специальное технологическое оборудование, передовые формы организации производства, труда и управления.

В отрасли широко развернуто социалистическое соревнование. Тысячи передовиков досрочно выполняют свои социалистические обязательства, личные творческие планы. Трудовой энтузиазм работников отрасли воплощается в патриотических инициативах и починах. Массовую поддержку получили починь: “2% к плану за счет повышения качества труда и продукции”, “Производительность труда на каждом рабочем месте — на уровень заданий следующего года”, “Работать без отстающих”. Развернуто соревнование за звание “Лучший по профессии”. Значение этих починов не столько в рекордных достижениях новаторов, сколько в их повторении, в дальнейшем углублении и развитии их опыта — испытанного метода повышения эффективности производства на каждом рабочем месте. Все это обеспечило значительное перевыполнение заданий трех лет пятилетки и создало предпосылки для досрочного выполнения плана 10-й пятилетки.

Успешное выполнение заданий 9-й и 10-й пятилеток стало возможным благодаря комплексу мер по совершенствованию управления в отрасли.

В соответствии с постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР “О некоторых мероприятиях по дальнейшему совершенствованию управления промышленностью” в отрасли была развернута работа по повышению уровня концентрации производства на основе создания объединений, разработана и успешно реализуется генеральная схема управления отраслью. В настоящее время в объединениях производится 80,1% промышленной продукции, выполняется 80,7%

общего объема научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, трудятся 78,9% всех работников отрасли. В результате создания объединений помимо улучшения основных технико-экономических показателей сократился цикл "исследование—производство", повысились темпы обновления выпускаемой продукции, улучшилось ее качество.

Высокие темпы роста электронной промышленности, углубление специализации и усложнение кооперированных связей, интеграция производства и науки в объединениях потребовали с учетом специфики отрасли серьезной переработки методологии долгосрочного прогнозирования, перспективного и текущего планирования, анализа производственно-хозяйственной деятельности. В последние годы соответствующие методические материалы были разработаны и используются предприятиями и объединениями отрасли.

Для обоснования плановых заданий главным управлениям, объединениям и предприятиям по основным показателям применяется методика оценки напряженности плана, основанная на стимулировании роста эффективности производства.

Широко используются в управлении отраслью экономико-математические методы и современная вычислительная техника, ЭВМ находят применение в отрасли на всех этапах разработки государственных планов и контроля за ходом их выполнения: при определении потребности в продукции отрасли, составлении вариантов текущего и перспективного планов, распределении фондов по всем предприятиям отрасли, сборе и первичной аналитической обработке практически всей статистической и бухгалтерской отчетности. На автоматизированном информационном диспетчерском пункте ежедневно контролируется ход производства в отрасли.

Положительный опыт отрасли по совершенствованию плановой работы отмечен газетой "Правда" от 5 января 1979 года.

На XXIV и XXV съездах КПСС была выработана стратегическая линия экономической политики, долгосрочная программа совершенствования хозяйственного механизма, направленная на повышение эффективности и качества работы, на достижение конечных результатов общественного производства. В материалах этих съездов, в докладах и выступлениях товарища Л.И. Брежнева дан глубокий научный анализ современных проблем управления экономикой и путей их решения.

На современном этапе коммунистического строительства, исходя из объективных условий развития экономики зрелого социалистического общества, партия выдвинула задачу крутого подъема народного благосостояния на основе ускоренного внедрения достижений научно-технической революции, более рационального использования трудовых, материальных и природных ресурсов.

Все это требует решительного перехода отраслей народного хозяйства на пути интенсивного развития, преодоления сил инерции в планировании и экономическом стимулировании, повышения гибкости и маневренности в организации производства и управления, в использовании капитальных вложений и ассигнований на научные исследования и одновременно повышения ответственности руководителей за принятие напряженных плановых заданий и безусловное их выполнение по всем устанавливаемым показателям.

Отмечая 50-летний юбилей первого пятилетнего плана, работники отрасли направляют свои усилия на дальнейшее совершенствование методологии планирования, на выполнение и перевыполнение 10-го пятилетнего плана, на качественную разработку 11-го пятилетнего плана и основных направлений экономического и социального развития до 1990 г.

Рост масштабов производства межотраслевых и региональных связей, расширение круга решаемых экономических и социальных задач требуют дальнейшего совершенствования планирования и экономического стимулирования производства.

Предстоит еще многое сделать для ускорения научно-технического прогресса в отрасли, что является важнейшим условием роста эффективности не только в ней самой, но и в народном хозяйстве в целом. Внедрение интенсивных форм экономического развития — важнейшая составная часть экономической стратегии партии на современном этапе,



Необходимо сделать рост эффективности исходным пунктом всей системы планирования и экономического стимулирования, распределения ресурсов между отраслями, объединениями и предприятиями. Решение этой задачи должно проходить по пути усиления действенности пятилетних планов, их большей научной обоснованности, сбалансированности и превращения в основную форму планового руководства.

Важное значение имеет обеспечение в пятилетних планах комплексного решения важнейших перспективных народнохозяйственных и отраслевых проблем, на которых должны быть сконцентрированы основные силы и ресурсы. Эти проблемы будут решаться путем разработки и осуществления научно-технических, экономических и социальных программ. Широкое применение программно-целевых методов и их увязка с пятилетней формой планирования позволяют преодолевать ведомственные тенденции в работе.

Большое значение для повышения эффективности экономики отрасли имеет реализация и разработка комплекса мероприятий, направленных на повышение ответственности поставщиков за удовлетворение народнохозяйственных потребностей, увеличение роли потребителей в формировании планов производства продукции и оценке деятельности поставщиков.

Многое еще предстоит сделать по усилению влияния экономических нормативов на процесс планирования.

Еще недостаточно используются преимущества крупных объединений в росте эффективности производства, во внедрении достижений научно-технического прогресса и повышении качества продукции.

В условиях развитого социализма соревнование стало мощным двигателем экономического и социального прогресса, духовного и нравственного роста людей труда.

Социалистическое соревнование органически связано с узловыми вопросами экономической политики партии. В настоящее время соревнование во все большей степени определяется задачами интенсификации общественного производства, соответственно изменилось его содержание и критерии.

В повышении производительности общественного труда все большее значение приобретает борьба за улучшение использования накопленных богатств, снижение материалоемкости и рост фондоотдачи основных фондов. Встречное планирование трудовых коллективов также ориентируется сейчас на достижение поставленных целей за счет внутренних ресурсов, освобождающихся вследствие превышения плановых заданий по росту эффективности производства. Особенностью современного этапа развития соревнования является его связь с научно-техническим прогрессом. Именно на путях внедрения новой техники, прогрессивной технологии и организации производства и управления достигаются наилучшие результаты в социалистическом соревновании.

Партия проводит большую и важную работу по повышению действенности соревнования, развитию новых форм и методов организации соревнования в соответствии с требованиями развитого социалистического общества, придавая первостепенное значение ориентации на качество работы, комплексности целей соревнования, ответственности за конечные результаты, социальному развитию коллектива, комплексному развитию личности.

Достижения нашей страны за пятьдесят лет со дня принятия первого пятилетнего плана огромны. Они убедительно свидетельствуют о том, что социализм дает народам возможность осуществлять немыслимые в условиях капитализма темпы развития общества.

Все работники отрасли полны стремления отметить знаменательный юбилей нашей страны новыми трудовыми успехами. Опираясь на достигнутый опыт и учитывая современные требования, они приложат все силы и знания для реализации решений XXV съезда партии и последующих пленумов ЦК КПСС, дальнейшего совершенствования планирования.

# ЭЛЕКТРОПРОИГРЫВАЮЩЕЕ СТЕРЕОФОНИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ВЫСШЕГО КЛАССА

Б1-04

Б1-04

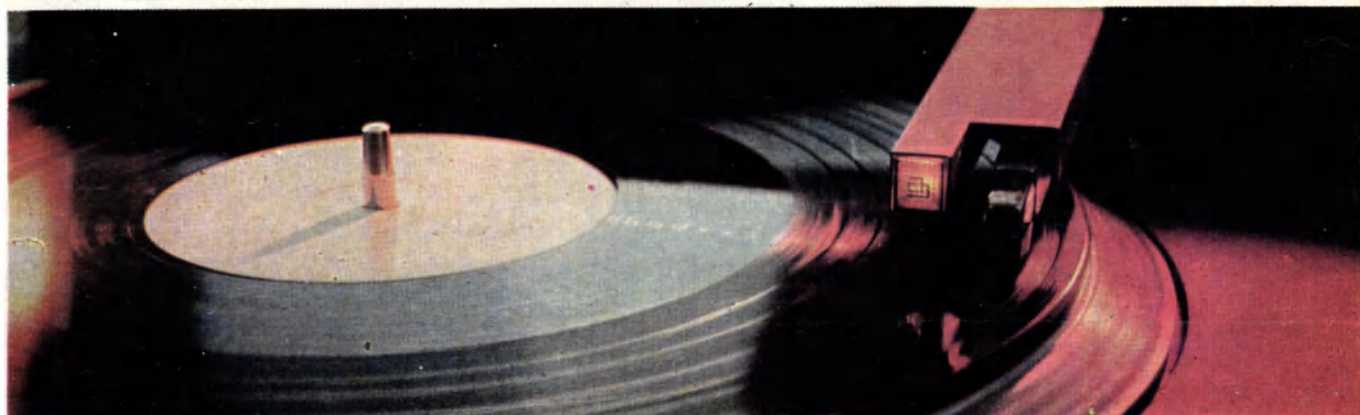
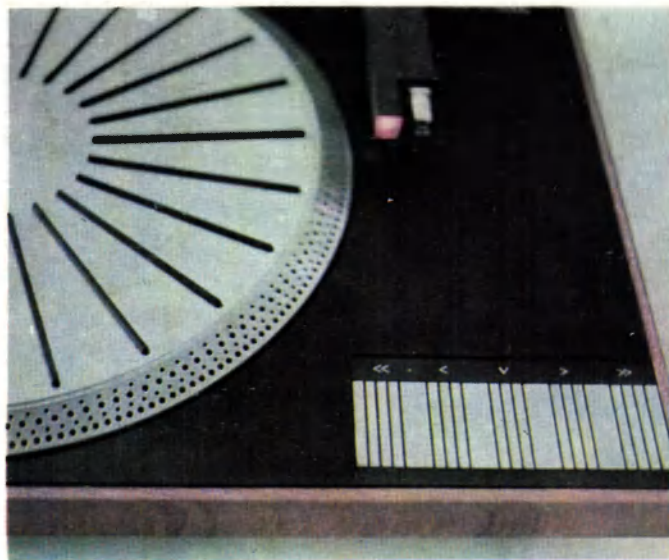
Б1-04



## • ЭЛЕКТРОНИКА Б1-04 •

Электропроигрыватель "Электроника Б1-04" обеспечивает высокое качество воспроизведения стереозаписи, что достигается использованием тангенциального тонарма и перемещением звуковоспроизводящей магнитной головки по радиусу пластинки. Электронная система поиска и автоматической установки звукоснимателя на любую запись по выбору потребителя и сенсорное управление создают максимальный комфорт в эксплуатации.

Благодаря применению специальной следящей системы, управляющей тонармом, исключается возможность повреждения иглы головки звукоснимателя при отсутствии грампластинки на диске, при любых возможных комбинациях переключений, а также при отключении питания. Дистанционное управление перемещением тонарма гарантирует сохранность пластинок.



# ИЗДЕЛИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

С момента своего появления микропроцессор пользуется повышенным интересом со стороны специалистов различных областей техники. Электронная промышленность освоила выпуск МП ряда серий, которые могут удовлетворять требованиям применения во всех возможных направлениях. Использование МП в контрольно-измерительной аппаратуре значительно расширяет ее функциональные возможности, позволяет автоматизировать процесс измерения и обработки данных, существенно повысить точность и надежность измерений. Создание дешевых микропроцессорных вычислительных систем обеспечивает построение высоконадежных распределенных сетей передачи и обработки данных. Не ограничены возможности применения МП и в технике связи. Микропроцессоры применяются практически в любых областях человеческой деятельности, преобразуют ее, наделяют новыми качествами.

И. М. ГЛАЗКОВ

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ  
СОВЕТА МИНИСТРОВ БССР

## МИКРОПРОЦЕССОРЫ И МИКРО-ЭВМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ БЕЛОРУССИИ

Перспективными планами народного хозяйства предусмотрено значительное увеличение мощности всех электростанций БССР в одиннадцатой и двенадцатой пятилетках. Решить эту задачу посредством расширения действующих или строительства новых электростанций на традиционных видах топлива не представляется возможным. Путь к решению этой проблемы лежит в развитии ядерной энергетики республики, строительстве атомных электростанций, теплоэлектроцентралей и котельных.

Особо важное значение в связи с этим приобретает создание единой автоматизированной энергосистемы Белоруссии на основе высокопроизводительных радиоэлектронных систем, автоматизации многофункциональных процессов преобразования массивов информации и управления физикой процессов по линиям обратной связи.

Проблема комплексной автоматизации в энергетике требует решения целого ряда фундаментальных задач:

- прецизионного экспресс-анализа большого массива экспериментальных данных с выработкой оперативных решений для управления физическими процессами;
- системного контроля и управления всеми составными компонентами установок, комплексов и предприятий, обеспечивающих высокую производительность, надежное прогнозирование и предотвращение аварийных ситуаций;

— эффективного системного самоконтроля средств автоматизации для обеспечения их высокой работоспособности и надежности, автоматического выявления и устранения неисправностей, адаптивной перестройки системной организации средств автоматизации и динамического резервирования основных ветвей программного функционирования;

— проектирования и организации магистральных линий, связывающих физические и радиоэлектронные комплексы в единую автоматизированную систему.

Решение перечисленных задач требует наличия следующих технических средств:

— программно-управляемых информационно-измерительных комплексов, предназначенных для восприятия, выделения, обработки и накопления большого массива экспериментальных данных от управляемых физических процессов, от составных компонентов самих установок, комплексов и предприятий, от систем диагностики средств автоматизации;

— специализированных мини-ЭВМ, составляющих совместно с упомянутыми выше программно-управляемыми информационно-измерительными комплексами единую систему управления. Такая мини-ЭВМ должна иметь значительную вычислительную мощность, современную систему математического обеспечения, развитую систему ввода-вывода, включая выход на интерфейсы типа КАМАК, и быстродействие не менее  $5 \cdot 10^5 - 10^8$  операций/с;

— отдельных исполнительных электромеханических узлов и блоков систем автоматизированного управления, типовых магистральных линий связи между элементами этих систем.

В настоящее время в Минэлектронпроме накоплен существенный опыт разработки технических средств, использование которого позволит перейти к созданию и внедрению перечисленных устройств. Наиболее перспективными изделиями электронной техники, на основе которых могут быть выполнены необходимые технические средства для автоматизации в области энергетики, следует считать микропроцессоры и микро-ЭВМ. Их можно с успехом использовать для построения систем противоаварийной автоматики, релейной защиты, телемеханизации, диспетчерского информационного комплекса, в тренажеростроении, в системах отображения информации, связи, для автоматизации управления производственными процессами, анализа производственно-хозяйственной деятельности, испытаний, профессионального отбора и др. Спектр этих применений достаточно широк, и наращивание темпов в осуществлении разработок указанных систем позволит накопить необходимый опыт для дальнейшего эффективного применения микропроцессоров и микропроцессорных систем при решении многих из кардинальных задач энергетики.

Не вызывает сомнений, что комплексная автоматизация энергосистемы БССР — дело весьма трудоемкое и успех его во многом будет зависеть от организации работ Минэлектронпрома совместно с энергетиками. Формы совместной работы могут быть самыми различными — от хозяйственных и бюджетных до общественных.

Возможности микроэлектроники огромны, но и затраты на массовое внедрение ее в такой отрасли, как энергетика, тоже немалые. С целью сокращения сроков и стоимости разработок следует изучать и широко использовать накопленный опыт разработки и проектирования средств вычислительной техники, предназначенных для программного управления и комплексной автоматизации, включая аппаратные средства и средства математического обеспечения. Необходимо деятельное участие специалистов, ученых, инженеров, конструкторов в обсуждении всех вопросов, связанных с разработкой, внедрением и дальнейшим развитием микропроцессоров и микро-ЭВМ для автоматизации и управления энергосистемой БССР.



# ЭП СООБЩЕНИЯ

## СОВЕЩАНИЕ ПО ВОПРОСУ ВНЕДРЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРОВ И МИКРО-ЭВМ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Одной из важных проблем энергетики в настоящее время является необходимость комплексной автоматизации некоторых республиканских энергосистем. В связи с этим в г. Минске было проведено совещание, где обсуждался вопрос о перспективах применения микроэлектронных устройств управления в энергетических системах, с тем чтобы проверенные в условиях эксплуатации принципы, схемы и конструкции систем ввести как стандарты в нормы технологического проектирования отрасли.

На совещании, в котором приняли участие 75 организаций шести союзных министерств, проходившем под председательством заместителя Председателя Совета Министров Белорусской ССР тов. И.М. Глазкова, были рассмотрены технические возможности, эксплуатационные характеристики средств вычислительной техники на основе микропроцессоров и микро-ЭВМ и определены перспективы и основные направления их применения в энергетике. Вступительный доклад, публикуемый нами с сокращениями, был сделан д.т.н. Глазковым И.М. С докладами от различных министерств и ведомств выступили гг. Пролейко В.М., Цветов В.П., Семенов В.А., Лугинский Я.Н. и др.

Тов. Пролейко В.М. в докладе "Микропроцессоры и микро-ЭВМ и их применение" рассказал о революционизирующей роли микропроцессоров в развитии техники, определяемой их массовостью, невысокой стоимостью, универсальностью и малыми габаритами, подробно охарактеризовал однокристалльные и многокристалльные МП, а также семейства микро-ЭВМ различных типов и дал детальный анализ особенностей их применения. Он подчеркнул, что, по расчетам специалистов, применение микро-ЭВМ повысит производительность труда в управлении газо- и нефтепроводами в 2,5 раза, в телеграфной аппаратуре в 4-8 раз, в АСУТП прокатного производства в 15-20 раз. В связи с наметившейся огромной потребностью в этих изделиях в отрасли проведена большая работа по унификации микропроцессоров и выделены три основных класса:

- унифицированные МП, предназначенные для широкого круга изделий;
- ориентированные МП, используемые в

Я.Н. Лугинский

## ПРИМЕНЕНИЕ МИКРО-ЭВМ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

УДК 681.3-181.4:621.31

Управление основным оборудованием электрической части энергосистем строится по иерархическому принципу и включает в себя три основных уровня: отдельные элементы - генераторы, трансформаторы (или блоки генератор - трансформатор), а также линии электропередач; отдельные объекты - электростанции, подстанции и, наконец, системы из этих объектов - энергоузлы, энергосистемы и энергообъединения.

Число ежегодно вводимых в эксплуатацию генераторов, трансформаторов и магистральных линий электропередачи исчисляется десятками, поэтому устройства управления наиболее широко внедряются именно на этом уровне. Число крупных электростанций и подстанций, вводимых за год, исчисляется единицами. Однако здесь может потребоваться оснащение уже существующих объектов новыми устройствами управления трансформаторами с регулированием отпаек под нагрузкой (РПН). На третьем уровне редко вводится более трех-четырёх информационных и управляющих систем в год. Но в будущем планируется модернизация существующих средств телемеханики путем создания информационных сетей.

Таким образом, число объектов, на которых устанавливаются устройства управления, сравнительно невелико. Однако их номенклатура чрезвычайно обширна. Так, на блоках генератор - трансформатор крупных электростанций устанавливается свыше 20 типов релейных защит, несколько регуляторов и других систем автоматики и контроля. На магистральных линиях электропередачи применяется 7 разновидностей защит, 3 вида автоматики повторного включения, устройство резервирования отказов выключателей и другая автоматика. Значительное число различных устройств автоматики нормального режима, противоаварийной автоматики, телемеханики и связи эксплуатируется на втором и третьем уровнях управления энергосистемами. Номенклатура их также весьма широка. Следовательно, общий большой объем средств управления и контроля складывается из сравнительно малого числа устройств того или иного вида при

изделиях только одного класса (например, для построения больших ЭВМ);

— заказные МП, применяемые в нескольких однотипных изделиях.

Разработка номенклатуры унифицированных МП производится на основе изучения заявок потребителей и областей применения. Планирование разработок ведется на базе внутри- и межотраслевой кооперации.

Особо остановившись на перспективах применения микропроцессоров в энергетике, тов. Пролейко В.М. подчеркнул, что для управления технологическими процессами в этой отрасли целесообразно использовать микро-ЭВМ, элементная база которых построена на КМОП БИС, так как данная технология позволяет строить помехоустойчивые вычислительные системы ("Электроника ИЦ-03Т"). Не менее важная область применения — это модульные системы с распределенной коммутацией. Хотя сети энергоснабжения по своей структуре являются распределенными, функционирование входящих в нее узлов носит централизованный характер. Появление МП делает возможной распределенную обработку, которая экономически более эффективна и универсальна, но более сложна как в построении средств сопряжения с сетью, так и в управлении.

Разработчики систем энергоснабжения и сетей электросвязи, используя МП, могут вводить "интеллект" в узлы сети или распределять функции внутри данной системы управления энергоснабжением. При использовании МП и микро-ЭВМ для управления и регулирования на удаленных объектах часть информации перерабатывается на местах, а в центральный пункт управления передается результирующая информация и информация об изменениях на удаленных объектах, что позволяет создать высокопроизводительную систему управления при минимальных затратах.

Доклад тов. Цветова В.П. был посвящен применению микро-ЭВМ семейства "Электроника С5" в различных отраслях народного хозяйства. В основу разработки микро-ЭВМ "Электроника С5" (С5-01; С5-02; С5-11; С5-21), характеристики которых описаны в научно-техническом сборнике "Электронная промышленность" (вып.5, 1978), положены следующие основные принципы: общая элементная база; единая система команд; полная программная совместимость и общее математическое обеспечение; совместимый интерфейс по цифровым каналам; унификация конструктивно-технологических решений; единые технологические средства для организации серийного производства.

Математическое обеспечение серии включает средства автоматизации программирования и отладки на универсальных ЭВМ и резидентные программы. Отладочным комплексом

весьма существенном многообразии этих видов. Поэтому своевременное оснащение энергосистем такими средствами весьма затруднительно. Положение осложняется еще и тем, что по мере количественного роста энергосистем происходит и качественное изменение требований к рассматриваемым средствам управления, что приводит к необходимости изменения существующих и внедрения новых устройств автоматики и информационной техники (особенно на среднем и высшем уровнях). Этот процесс происходит примерно в том же темпе, в каком меняются и возможности самой техники управления. Однако сложный путь, который должны проходить при своем создании и внедрении в промышленное производство устройства управления обычного типа (не программируемые), не позволяет оперативно реализовать эти новые возможности, что приводит к быстрому моральному старению многих устройств и недостаточной их эффективности.

Программируемые средства на базе ЭВМ позволят резко сократить этот путь, а внедрение микро-ЭВМ дает возможность избежать чрезмерной централизации средств автоматики, свойственной системам с мини-ЭВМ, одновременно повысив их гибкость и надежность и упростив программирование (за счет полного или частичного отказа от мультипрограммной работы). Кроме того, изготовители оборудования связывают с встроенными ЭВМ возможность существенного уменьшения номенклатуры комплектующих изделий (что особенно важно при выпуске изделий малыми сериями) и уменьшения трудоемкости производства.

Предварительные расчеты показывают, что если все основные средства защиты, автоматики, контроля и управления реализовать на базе микро-ЭВМ, то число машин, которые будут вводиться в действие в течение года только на объектах, указанных выше (не говоря о более мелких энергетических объектах), уже в ближайшее время может дойти до нескольких сотен. Однако при этом число различных программ будет также велико и использование ПЗУ с записью информации на заводе окажется нецелесообразным. Ориентироваться следует только на применение ППЗУ.

Важной особенностью рассматриваемой области применения микро-ЭВМ является требование высокой надежности и достоверности обработки информации. Ошибки в работе управляющих устройств, построенных на микро-ЭВМ, могут привести к ложному отключению генераторов (а иногда и групп таких генераторов) и линии с нагрузкой, измеряемой сотнями тысяч киловатт. Еще более опасны

для одноплатной микро-ЭВМ "Электроника С5-11" является телетайпная конфигурация микро-ЭВМ "Электроника С5-01", позволяющая вести отладку задач с объемом программы до 5 тыс. слов. Для отладки программ большего объема созданы комплексы на базе универсальной вычислительной машины.

Применение микро-ЭВМ семейства "Электроника С5" в различных отраслях науки и техники позволило получить значительный экономический эффект благодаря снижению трудоемкости изготовления приборов и систем в 2–3 раза, увеличению производительности управляемого оборудования в 1,5–2 раза, экономии электроэнергии в 3–4 раза, повышению надежности в 5–10 раз и создать новое поколение приборов агрегатов и систем с широкими функциональными возможностями.

В результате работы совещания было принято решение о дальнейшем развитии автоматизации и совершенствовании управления энергосистемой на основе применения новых технических средств, главными из которых являются микропроцессоры и микро-ЭВМ. Использование микроэлектронной техники признано основным направлением работ в области создания технической основы для эффективного выполнения программы комплексной автоматизации республиканской энергосистемы.

## СОВЕЩАНИЕ В АБОВЯНЕ

С 14 по 16 мая 1979 г. в Абовяне проходило второе межотраслевое совещание, работа которого была организована по двум секциям: "Применение микро-ЭВМ в промышленности" и "Применение микро-ЭВМ в технике эксперимента и научном приборостроении. Математическое обеспечение". На пленарном заседании выступили гг. Пролейко В.М., Петросян Э.А., Цветов В.П., Васенков А.А., Иванов В.И., Плотников В.В. и др. На секциях были заслушаны доклады о применении микро-ЭВМ семейства "Электроника С5", "Электроника НЦ", "Электроника ТЗ", а также "Электроника-60" в технологическом производстве, системах автоматического оповещения и обмена информацией, в комплексах разведочного бурения, оптико-механических приборах, легкой промышленности, медицине, для контроля за состоянием воздушной среды, в вычислительных и измерительных комплексах, станках с числовым программным управлением, автоматизированных системах учета, контроля и оперативного управления энергопотреблением, в управлении физическими экспериментами и др.

Материалы работы данного совещания и текст решения будут опубликованы в специальном выпуске нашего сборника — №11 за 1979 г.

*Г. Татаровская*

отказы во время возмущения (на фоне сильных электростатических влияний и электромагнитных помех), а также в условиях дефицита времени, когда никакой косвенный контроль невозможен. Поэтому прибегают к синхронному дублированию или даже мажорированию процесса обработки информации и автоматической реконфигурации оборудования. Применение микро-ЭВМ делает такой подход экономически оправданным.

Рассмотрим особенности применения микро-ЭВМ в некоторых устройствах управления (объемы вводимой и выводимой информации приведены в таблице).

Релейная защита энергосистем — это система устройств для быстрого селективного отключения поврежденных элементов. Она представлена на среднем уровне защитой шин, на нижнем — защитой генераторов, трансформаторов, линий. Каждый тип защиты имеет пусковое устройство, которое работает непрерывно, измерительное устройство, работающее только во время аварии, и небольшую логическую часть. Пусковая программа защиты одной линии напряжением 500 кВ проходит на ЭВМ М-6000 за 300–400 мкс. Программа измерительного устройства должна работать не более 20 мс, что возможно на этой машине только при наличии арифметического расширителя.

Примерные характеристики устройств управления и контроля в электроэнергетике

Устройство	Число аналоговых сигналов		Цикл обновления, с	Число дискретных сигналов	
	вход	выход		вход	выход
Релейная защита 500кВ линий	12	—	0,01	20	—
Устройство автоматического повторного включения линий	—	—	—	40	40
Аппаратура дозирования воздействия	60–80	—	2	400–500	24 двоичных разряда
Устройство распределения воздействий	12	12	—	12	12
Устройство реализации воздействий	2	1	—	2	—
Регулятор возбуждения синхронных генераторов "сильного действия"	6	1	0,067	—	—
Устройства сигнализации теплового и механического состояния генераторов	300–400 от термодатчиков 100 от вибродатчиков 100–150 от других датчиков	—	1 (по десяти датчикам)	—	10–15
Устройство управления трансформаторами с РПН	5–7	—	30–120	—	Сигнал "привести", "убавить"
Терминал для передачи данных	32	—	1	32–250-двоичных сигналов	На модем

К системе релейной защиты относится *устройство автоматического повторного включения линий*, которое отличается наличием весьма развитой логической части. Оно работает только во время аварии и должно реализовать свыше 30 различных подпрограмм объемом от 10 до 50 логических операций.

Противоаварийная автоматика энергосистем — это система устройств, предназначенная для локализации нарушений нормального режима работы энергосистем и предотвращения перерастания их в аварии. При нарушениях режима работы энергосистем она отключает часть генераторов, быстро изменяет механическую мощность агрегатов и т.п. На высшем уровне противоаварийная автоматика представлена *аппаратурой дозирования воздействия (АДВ)*, на среднем уровне — *устройствами распределения воздействия* и на нижнем — *устройством реализации воздействия*.

*АДВ* работает в нормальном режиме, подготавливая и записывая в специальное ЗУ повышенной надежности информацию о воздействиях на случай всех возможных нарушений режима. Общий объем памяти для хранения вводимой информации и периодически обновляемых констант составляет 14–16 кбайт. Основная задача, решаемая в *АДВ*, — реализация нескольких (порядка 10) регрессионных моделей энергосистемы, выражаемых полиномом второго порядка с числом переменных до 7 и числом удерживаемых членов около 20. Допустимый цикл расчетов равен 10–20 с, что достигается на мини-ЭВМ с быстродействием 30–40 тыс. операций/с.

*Устройства распределения воздействия на ТЭС* работают непосредственно после возмущения и выполняют задачу линейного программирования для 12 агрегатов станции.

*Устройство реализации воздействия на ТЭС* работает в тех же условиях, реализует замкнуто-разомкнутый контур регулирования активной мощности агрегата. Допустимое время цикла составляет 50 мс, а полученное по программе для ЭВМ SBC 80/20 фирмы *Intell* — 5 мс.

К системе противоаварийной автоматики относится также *регулятор возбуждения синхронных генераторов* (так называемый регулятор сильного действия), который реализует замкнутый контур регулирования возбуждения синхронного генератора по отклонению напряжения и производной частоты с учетом различных ограничений. Допустимый цикл расчетов равен 40 мс, а для ЭВМ SBC 80/20 — 2–3 мс.

*Устройства сигнализации теплового и механического состояния генераторов электростанций* (техническая диагностика) выполняют гармоническое разложение и восстановление сигналов с основной частотой 50–100 Гц, сопоставление мгновенного и эффективного значений сигналов с нормированными. Предусматривается передача данных в общестанционную ЭВМ. Требуемая память для хранения констант составляет 32 кбайта для гидрогенераторов и на порядок меньше для турбогенераторов.

*Устройство управления трансформаторами с РПН* поддерживает оптимальный уровень напряжения, обеспечивающего минимум потерь в сетях, реализует регрессионную модель прилегающей сети (вид модели уточняется) с периодичностью 1 раз в час и замкнутый контур импульсного регулирования напряжения с периодом 30–120 с.

Микро-ЭВМ может быть использована в качестве *терминала для передачи данных* по коммутируемым телефонным каналам со станций и подстанций на диспетчерские пункты (ДП) энергосистем с автоматическим вводом в мини-ЭВМ. К задачам такого терминала относятся ввод данных по диспетчерской ведомости, ввод оперативных данных и справочной информации. Разработано программное обеспечение для дисплейного терминала на базе микро-процессора K580ИК80, связанного с машиной ЕС 1010. Объем программ достигает 1 кбайта.

*Передачики и приемники информационной сети.* Передатчик осуществляет сбор информации на электростанции или подстанции в объеме 64 байта с периодом обновления 1 с и выводом ее на аппаратуру канала связи 50–600 бод. Приемник на ДП (один на 10–30 контролируемых пунктов) обеспечивает вывод в ЭВМ ДП 1 кбайта информации каждые 5 с и вывод на щит до 250 байт.

Круг задач, решаемых в электроэнергетике с помощью микро-ЭВМ, не ограничен приведенным перечнем. Наиболее широкое применение описанные управляющие устройства смогут найти на уровне управления подстанциями распределительной сети.

Результаты экспериментов по применению мини- и микро-ЭВМ в устройствах управления оборудованием энергосистем позволили сформулировать некоторые специфические требования к этим машинам, которые кратко сводятся к следующему:

— повышенная надежность (наработка на отказ до 50 тыс. ч, наработка на сбой 30 тыс. ч);



- возможность работы в условиях сильных электрических и магнитных полей;
  - питание от аккумуляторной батареи напряжением 220 В с импульсными перенапряжениями 2–2,5 кВ длительностью порядка единиц микросекунд;
  - наличие полупостоянной (программируемой постоянной) памяти (в некоторых случаях — хотя бы возможности автоматического быстрого восстановления содержимого оперативной памяти, утраченного в результате отклонения питания);
  - наличие АПП на 10–12 разрядов, 32 канала (или 2x16);
  - наличие модема на 50–1200 бод по рекомендациям МККТТ или хотя бы сопряжения со стандартным модемом.
- Выполнение этих требований будет способствовать эффективному применению микро-ЭВМ в области электроэнергетики.

Статья поступила 3 марта 1979 г.

Е. Е. Онегин

## МИНИ- И МИКРО-ЭВМ В ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ

УДК 681.3–181.48.004

Тенденция к увеличению плотности упаковки элементов на кристалле электронного прибора обуславливает ужесточение требований к техническим характеристикам оптико-механического оборудования, используемого для производства изделий электронной техники: точности, производительности, надежности, уровню автоматизации и т. д. При этом непрерывно возрастает сложность электронных устройств управления оптико-механическим оборудованием, к основным особенностям которого относятся большое число управляемых координат (до 10 и более), малая дискретность перемещений (0,05–1 мкм) и связанная с этим большая длина информационных слов, значительные объемы обрабатываемой информации (до  $10^{10}$  бит), высокие

скорости перемещений исполнительных механизмов (25–300 мм/с), что выдвигает требования увеличения скорости обработки информации. Решить эту задачу позволяет применение средств вычислительной техники.

Примером эффективного использования ЭВМ в оптико-механическом оборудовании может служить преобразование и оптимизация входной информации с помощью мини-ЭВМ "Электроника 100" и "Электроника 100 И" в групповых генераторах изображений ЭМ-539 и ЭМ-539А. Применение этих машин позволило в десятки раз сократить объем входной информации на перфоленте и значительно повысить надежность ввода управляющей информации.

Микро-ЭВМ "Электроника 60" в комплекте с накопителем на магнитной ленте "Изот-5003" и устройством управления магнитными лентами применяется в генераторах изображений: групповом (ЭМ-539Б), сканирующих (ЭМ-559 и ЭМ-559А, рис. 1) — для изготовления промежуточных фотооригиналов и ЭМ-549А — для изготовления промежуточных металлизированных фотооригиналов. В этих устройствах микро-ЭВМ не только выполняет функции ввода информации с накопителя на магнитной ленте и ее преобразование, но и управляет скоростью перемещения прецизионных координатных столов и фотонаборной диафрагмы, экспонированием фоточувствительного слоя, а также осуществляет контроль и диагностику состояния оптико-механического устройства.

Успешно применена микро-ЭВМ "Электроника 60" и в устройстве управления высокоскоростным графопостроителем ЭМ-732 (рис. 2). С помощью цифропечатающего устройства "Консул-260", используемого как пультовый терминал, в ЭВМ вводятся данные об изменении параметров системы, задаются режимы работы, отображаются сооб-



Рис. 1. Генератор изображения ЭМ-559

щения оператору о состоянии системы. Входная информация может либо вводиться с внешних носителей информации на перфоленте или магнитной ленте, либо поступать от ЭВМ пользователя (например, ЭВМ системы машинного проектирования) через стандартный модуль параллельного обмена. Микро-ЭВМ "Электроника 60" осуществляет прием информации на языке машинной графики, производит необходимые расчеты для загрузки интерполятора, обращается к внутренней библиотеке алфавитно-цифровых символов. Обладая достаточной емкостью ОЗУ, "Электроника 60" дает возможность принимать входную информацию большими массивами, что при работе с ЭВМ пользователя обеспечивает экономию системного времени, затрачиваемого на обмен информации.

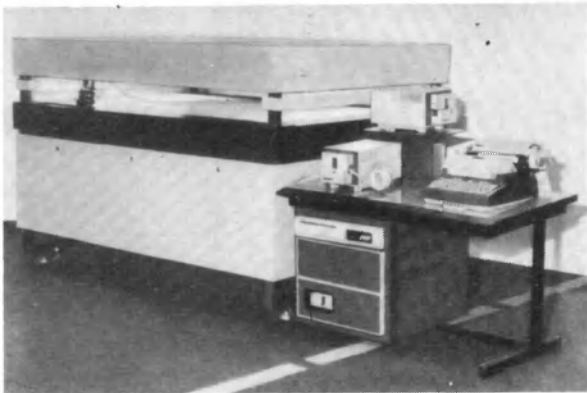


Рис. 2. Графопостроитель ЭМ-732

Использование микро-ЭВМ "Электроника 60" в генераторах изображений и графопостроителях, кроме расширения функциональных возможностей, позволило значительно уменьшить объемы электронных устройств управления, повысить в 1,5–2 раза их надежность, сократить затраты на проектирование и изготовление аппаратной части электронных устройств, совместить по срокам разработку математического обеспечения и изготовление опытных образцов, повысить качество разработок технологического оборудования.

Статья поступила 22 января 1979 г.

Л. Т. Некрасов, Ю. П. Никонов,  
В. А. Плешаков

## МИКРОПРОЦЕССОРЫ И МИКРО-ЭВМ В АСУТП

УДК 681.325.5:658.012.011.56

Внедрение микропроцессоров в АСУТП связано с созданием специализированных контроллеров. Автономность и гибкость перестройки контроллеров позволяют распределить функции управления между отдельными элементами системы таким образом, чтобы оптимально решать вопросы связи с оператором, функциональной надежности, технического обслуживания, т.е. делают возможным создание децентрализованных систем управления. Благодаря развитым логическим и вычислительным возможностям микропроцессоров устройства управления, созданные на их основе, способны реализовать широкий спектр функций управления: от простейших типа "время-команда" до сложных алгоритмов прямого цифрового регулирования. Использование в составе технических средств АСУТП микропроцессорных устройств управления дает возможность собрать подробную информацию о ходе технологических процессов и получить модели объектов для последующего оптимального управления.

АСУТП может быть построена на основе универсальных микро-ЭВМ (которые можно использовать и как ЭВМ более высокого иерархического уровня) и специализированных микропроцессорных контроллеров (программаторов), являющихся элементами децентрализованной системы управления.

Система управления на основе микро-ЭВМ характеризуется гибкостью перестройки, однако требует сравнительно больших затрат на разработку аппаратной части и специального программного обеспечения. Поэтому ее целесообразно применять для управления группой технологических установок.

Системы управления на базе микропроцессорных БИС (автономные контроллеры) имеют меньшую стоимость и несравненно более простое управление (программирование). Поэтому их целесообразно использовать для управления отдельными технологическими объектами или отдельными устройствами установок.

Для управления производственными процессами применяются автономные контроллеры двух типов:

– программно-логические для управления циклом работы технологических установок, напри-

мер контроллеры, реализующие управление типа "время-команда", "параметр-команда" и т.п.;

– цифровые регуляторы, используемые в системах прямого цифрового регулирования вместо традиционных аналоговых регуляторов.

Анализ применений микропроцессоров [1–6] послужил основой для разработки технических средств АСУТП с использованием серийной микро-ЭВМ и микропроцессорного контроллера. Например, в системе управления процессом диффузии в

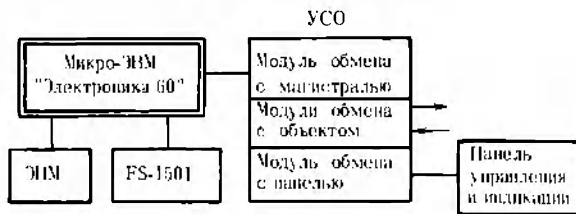


Рис. 1. Структурная схема соединения микро-ЭВМ



Рис. 2. Устройство согласования с объектом УСО-3

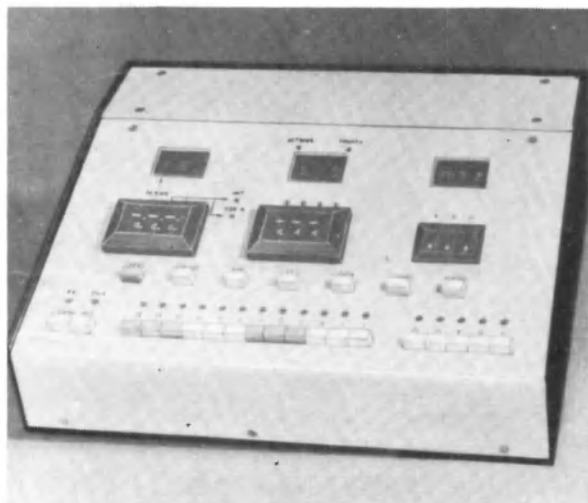


Рис. 3. Панель управления и индикации

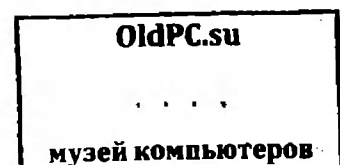
производстве изделий электронной техники применяется микро-ЭВМ "Электроника 60". Объект управления в данном случае – диффузионный агрегат, оснащенный датчиками и исполнительными устройствами со стандартными сигналами. Связь датчиков и исполнительных устройств с микро-ЭВМ осуществляется с помощью устройства согласования с объектом (УСО) (рис.1), имеющего модульное исполнение. Система рассчитана на управление циклом работы диффузионного агрегата в режимах "время-команда" и "параметр-команда". Программирование (ввод и контроль программ) работы агрегата является алгоритмическим, и оператор осуществляет его с помощью переключателей панели управления и индикации, входящей в состав устройства УСО. Канал вывода микро-ЭВМ рассчитан на работу с четырьмя устройствами УСО, из которых одно снабжено панелью управления и индикации. Согласование интерфейсной платы и модуля обмена с магистралью устройства УСО выполняется программным способом. Связь панели управления и индикации с устройством УСО осуществляется с помощью модуля обмена с панелью.

**Техническая характеристика системы**

Объем памяти микро-ЭВМ	16 кбайт
Число независимых каналов управления	≤ 6
Число программируемых временных интервалов для одного канала управления	< 99
Длительность временных интервалов	от 1 с до 1 ч 59 с
Основные режимы	работа, останов, условный останов, переходы условные и безусловные, конец цикла, диагностика аварийных ситуаций на ЭПМ "Консул"
Число программируемых дискретных выходов на одном интервале	≤ 24
Число программируемых аналоговых выходов на одном интервале	≤ 5
Число программируемых дискретных и аналоговых входов на одном интервале	≤ 8

Разработка специального программного обеспечения для системы управления проводилась на мини-ЭВМ "Электроника-100/16И", программно совместимой с микро-ЭВМ "Электроника 60".

Аналогичную систему управления можно создать и на базе микропроцессорного контроллера. Для построения контроллера выбран комплект БИС серии К-589 [7]. В качестве устройства согласования с объектом управления использовано серийное устройство УСО-3 (рис. 2), которое (за исключением блока питания) аналогично описанному выше устройству УСО. Устройство УСО-3, кроме стандартных модулей связи с объектом управления, содержит специально разработанные модуль микропроцессора и модуль обмена информацией с панелью управления и индикации.



На четырех платах модуля МП, объединенных общей системой шин, размещены микропрограммное управляемое 12-разрядное АЛУ с системой команд, ориентированной на систему команд ЭВМ "Электроника-100/И", ПЗУ микроинструкций емкостью 256x36 бит, ПЗУ для хранения управляющей программы контроллера емкостью 1К 12-разрядных слов, ОЗУ для хранения переменных емкостью 3К 12-разрядных слов, интерфейс, предназначенный для связи шин модуля МП с системой шин устройства УСО-3. Предусмотрена возможность наращивания объема памяти и подключения интерфейсных плат (например, интерфейса для считывания с перфоленты или перфоратора).

Программирование контроллера осуществляется с панели управления и индикации (рис. 3), содержащей элементы управления и контроля, регистры и усилители индикаторов.

Микропроцессорный контроллер предназначен для управления технологическими установками в режимах "время-команда" и "параметр-команда". Контроллер имеет следующие характеристики:

Число независимых каналов управления	≤ 4
Число программируемых временных интервалов для одного канала управления	≤ 99
Длительность временных интервалов	0,001–999 мин
Основные режимы работы	работа, останов, условный останов, переходы условные и безусловные, конец цикла, изменение выходных сигналов по линейному закону, обмен информацией с мини-ЭВМ "Электроника-100/И" через систему шин устройства УСО-3

Число программируемых выходов на одном интервале	12
Число программируемых входов на одном интервале	12

Тип входных и выходных сигналов определяется номенклатурой модулей, используемых в устройстве УСО-3.

Разработка специального программного обеспечения, отладка управляющего алгоритма контроллера и микроинструкций выполнения команд в модуле МП проводились с помощью технических средств комплексов КТС-1 и ЭВМ "Электроника-100/И" [8]. При отладке управления программы контроллера, кроме стандартного программного обеспечения ЭВМ использовался диалоговый язык КТС-МО [9].

В результате проведенных работ по созданию технических средств АСУТП на основе микро-ЭВМ и программируемого микропроцессорного контроллера разработаны элементы децентрализованных

систем управления производственными процессами.

Контроллеры, построенные на базе универсальной микро-ЭВМ и микропроцессорных БИС, предполагается использовать для управления технологическими установками и элементами автоматизированных поточных линий в производстве изделий микроэлектроники.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Applied Materials, Inc. (USA). Instruction manual. Versatyme 3000 process controller. 1974.
2. Inficon Leybold-Heareus, Inc. (USA). Instruction manual. Models XM S-1, XM S-3. 1974.
3. Industrial Solid State Controls, Inc. (USA). Industrial programmable controller IPC-4000. 1975.
4. Industrial Solid State Controls, Inc. (USA). Industrial programmable controller systems IPC-300. 1976.
5. А у с л е н д е р Д.М., Та к а х а с и Я., То ш и д з у к а М. Применение микропроцессоров для прямого цифрового управления процессами и алгоритмы для контроллеров на микропроцессорах. — ТИИЭР, 1978, т. 66, № 2.
6. Honeywell (USA). TDC-2000. A new approach to process control. 1976.
7. "Электронная пром-сть", 1978, вып. 5.
8. Кузнецов М.Н., Некрасов Л.Т. Комплексы технических средств КТС-1 АСУТП. Тезисы докладов и рекомендаций научно-технических конференций, совещаний и семинаров по электронной технике. — "Электронная техника. Сер. 3. Микроэлектроника", 1976, вып. 2.
9. Никонов Ю.П., Плешаков В.А. Автоматизация процесса составления и отладки управляющих программ. — "Электронная техника. Сер. 9. Экономика и системы управления", 1977, вып. 3.

Статья поступила 9 февраля 1979 г.

В.Н.Альферович, В.П.Болдырев,  
А.П.Скляров, В.Я.Степанец

## ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСА 15УТ-4-017 В СИСТЕМЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА БАЗЕ ЕС ЭВМ

УДК 681.3:621.3.049.77.001.2

Автономный вычислительный комплекс 15УТ-4-017 включает в себя быстродействующую управляющую ЭВМ (мини-ЭВМ "Электроника 100-25") и рабочие места, оборудованные кодировщиками, алфавитно-цифровыми и графическими



дисплеями. Математическое обеспечение комплекса позволяет вводить топологическую информацию не только с кодировщика, но и непосредственно с экрана графического дисплея, а также проводить редактирование информации в интерактивном режиме [1].

Благодаря возможности оперативного редактирования с одновременным просмотром результата корректировки на экране графического дисплея исключаются непроизводительные затраты времени на этапах кодирования и редактирования информации и почти в два раза сокращается время машинной обработки. Однако ресурсы комплекса по виртуальной памяти и быстродействию управляющей ЭВМ недостаточны для решения многих задач контроля топологии, моделирования компонентов, размещения элементов и трассировки топологического варианта, восстановления электрической и логической схемы, схемотехнического и логического анализа синтезированной схемы, практическая необходимость которых диктуется проектированием СБИС [2–5]. Чтобы решить эти задачи, требуется большой объем быстродействующей виртуальной памяти и высокого быстродействия ЭВМ, что предполагает использование ЭВМ типа ЕС-1060. Вместе с тем необходимо предусмотреть диалоговый режим взаимодействия проектировщика с ЭВМ по оценке результатов отработанных этапов и корректировке исходных и промежуточных данных через удобные средства редактирования информации — алфавитно-цифровые и графические дисплеи, в качестве которых целесообразно использовать периферийные технические средства комплекса 15УТ-4-017. Применение этого комплекса вызвало необходимость его увязки с ЕС ЭВМ в единую вычислительную систему.

Анализ цикла проектирования топологии БИС показал возможность разделения его на этапы расчета, требующие больших ресурсов, и этапы просмотра ручного анализа и редактирования, требующие малых ресурсов ЭВМ.

На основе выполненного анализа сделан вывод о возможности эффективного использования комплекса 15УТ-4-017 в автоматизированной системе проектирования (АСП) на базе ЭВМ серии ЕС при обмене информацией между ними посредством магнитной ленты (МЛ). Выбор такого способа связи оказался возможным благодаря идентичности файлов на МЛ мини-комплекса и ЕС ЭВМ. При таком обмене информацией весь цикл проектирования топологии БИС подразделяется на десять этапов:

1 — проектирование эскиза компоновки и трас-

сировки кристалла на основе функциональной схемы;

2 — анализ и редактирование эскиза кристалла;

3 — синтез топологии компонентов;

4 — анализ и редактирование топологии компонентов;

5 — контрольный расчет отредактированной топологии компонентов;

6 — синтез топологии кристалла на основе эскиза и топологии компонентов;

7 — анализ и редактирование топологии кристалла;

8 — синтез функциональной схемы из разработанной топологии;

9 — контрольный расчет синтезированной функциональной схемы;

10 — преобразование топологии кристалла в информацию управления МФНУ.

Этапы 1, 3, 5, 6, 8, 9 ориентированы на большую ЭВМ, этапы 2, 4, 7 — на комплекс 15УТ-4-017. Операции этапа 10 распределены между большой ЭВМ и мини-комплексом для обеспечения полной загрузки всех имеющихся генераторов изображений.

Для выполнения информационной связи между подсистемами АСП на ЕС ЭВМ разработан комплекс программ ввода (вывода) топологической информации, осуществляющий обмен информацией с той или иной степенью детализации и учитывающий специфику представления информации в подсистемах. Обмен данными происходит на уровне исходных и декомпилированных файлов, записанных на МЛ в комплексе 15УТ-4-017 или в АСП, что обеспечивает совместимость маршрутов системы и мини-комплекса.

Разработанное математическое обеспечение на уровне декомпилированных и исходных файлов позволило:

— организовать контроль и редактирование подготовленной в АСП управляющей информации для генераторов изображений ЭМ-159, ЭМ-549 на комплексе 15УТ-4-017;

— разработать в рамках АСП комплекс программ математического обеспечения генератора изображений ЭМ-539 с использованием в качестве входной информации набора декомпилированных файлов, подготовленного на комплексе 15УТ-4-017;

— оперативно проводить все работы, связанные с анализом и редактированием получаемых в АСП эскизов размещения и трассировки топологии кристалла, а также топологии его базовых компонентов, используя возможности комплекса 15УТ-4-017;

— осуществлять в АСП синтез топологии кри-

сталла на основе отредактированных на мини-комплексе топологий компонентов и эскизов размещения и трассировки топологии кристалла;

— проводить редактирование ранее разработанных и вновь синтезированных в АСП топологий кристалла на комплексе 15УТ-4-017;

— осуществлять в АСП синтез функциональной схемы из разработанной топологии и ее контрольный расчет с последующим окончательным редактированием топологии кристалла (по результатам расчета) на мини-комплексе;

— проводить на комплексе 15УТ-4-017 технологический контроль топологии кристалла.

Особый интерес представляет разработка комплекса программ для генератора изображений ЭМ-539, который является одним из перспективных устройств изготовления фотошаблонов регулярных схем, известных в настоящее время. Среди технических данных генератора, наиболее существенно влияющих на математическое обеспечение установки, следует отметить необходимость сохранения фрагментарного описания топологии микросхемы (при его высоком качестве) до этапа вывода управляющей информации, а также возможность оперативного контроля и редактирования пофрагментного описания наряду с контролем и редактированием полного описания топологии.

Выбранный способ информационной связи между комплексом 15УТ-4-017 и системой АСП на основе ЕС ЭВМ, в состав которой входит мощный аппарат математического обеспечения генераторов изображений, позволил создать двухуровневый комплекс программ математического обеспечения генератора ЭМ-539. При этом технические средства и математическое обеспечение комплекса 15УТ-4-017 выполняют задачу оперативной и качественной подготовки пофрагментарного описания топологии, а математическое обеспечение ЕС ЭВМ обеспечивает преобразование описания в команды управления генератором изображений с учетом рекомендаций по техническим режимам экспозиции, вводимых в диалоговом режиме.

Выбор декомпилированного файла комплекса 15УТ-4-017 для реализации данной разработки обусловлен наиболее простой структурой присутствующих в файле контуров (экспозиций, заданных в машинном виде), а также возможностью указания в нем ссылок на библиотечные элементы. Разработанное программное обеспечение ЕС ЭВМ включает программу поиска на МЛ и преобразования требуемого декомпилированного файла в файл АСП и программу выдачи управляющей информации для изго-

товления промежуточных оригиналов с использованием инструментальных фотошаблонов одиночного набора, растра и фрагментов фотомонтажа. Кроме того, программное обеспечение содержит программу выдачи по данным анализа ссылок на библиотечные элементы управляющей информации в кодах ЭМ-539 для изготовления необходимых инструментальных фотошаблонов: растра и фрагмента фотомонтажа. Одним из наиболее существенных этапов подготовки информации к выводу на генератор изображений ЭМ-539 является этап формирования исходной таблицы используемых инструментальных фотошаблонов с целью наиболее оптимального соотношения между одиночным и групповым фотонаборами. По заданным наименованиям фрагментов топологии программа оптимизации работы установки ЭМ-539 извлекает операторы ссылок и по ним формирует таблицу предполагаемого изготовления промежуточного оригинала с использованием одиночного и группового фотонабора. Пользователь имеет возможность оперативно корректировать полученную таблицу с помощью пишущей машинки.

Опыт эксплуатации разработанной двухуровневой информационной связи между АСП и мини-комплексом посредством магнитной ленты подтвердил ее высокую эффективность на всех этапах проектирования топологии СБИС. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о возможности создания рабочих мест, схемотехнического и логического проектирования. В результате реализации выбранного варианта связи комплекса 15УТ-4-017 с АСП удалось создать единую систему проектирования с высокой мобильностью, позволившую существенно сократить сроки проектирования и резко повысить качество разработок микросхем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Межов В.Е., Ратмиров Н.Л., Талов И.Л., Толстых Б.Л. Применение мини-ЭВМ "Электроника 100-25" в автоматизированной системе схемотопологического проектирования. — "Электронная пром-сть", 1978, вып. 10.
2. Гурвич Е.И., Матюхин Н.Я. Автоматизированная система проектирования цифровых автоматов АСП-1. — "Обмен опытом в радиопромышленности", № 4.
3. Вепринский Г.Ю. Общая организация автоматизированной системы технического проектирования цифровых устройств (АСТП-1). — В кн.: Вычислительная техника. Т. III. Каунасский политехнический институт, 1972.
4. Лошаков В.Н. Машинное проектирование гибридных БИС с помощью АСП-12. — В кн.: Микроэлектроника в вычислительной технике. Материалы семинара молодых ученых и специалистов. ЛДНТП, 1974.
5. Селютин В.А., Гуревич Д.З. Автоматизированная система разработки и изготовления фотошаблонов БИС. — "Управляющие системы и машины", 1974, № 5.

Статья поступила 6 февраля 1979 г.

В.Е.Межов, Н.Л.Ратмиров,  
И.Л.Талов, Б.Л.Толстых.

# ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ 15УТ-4-017

УДК 681.3.068

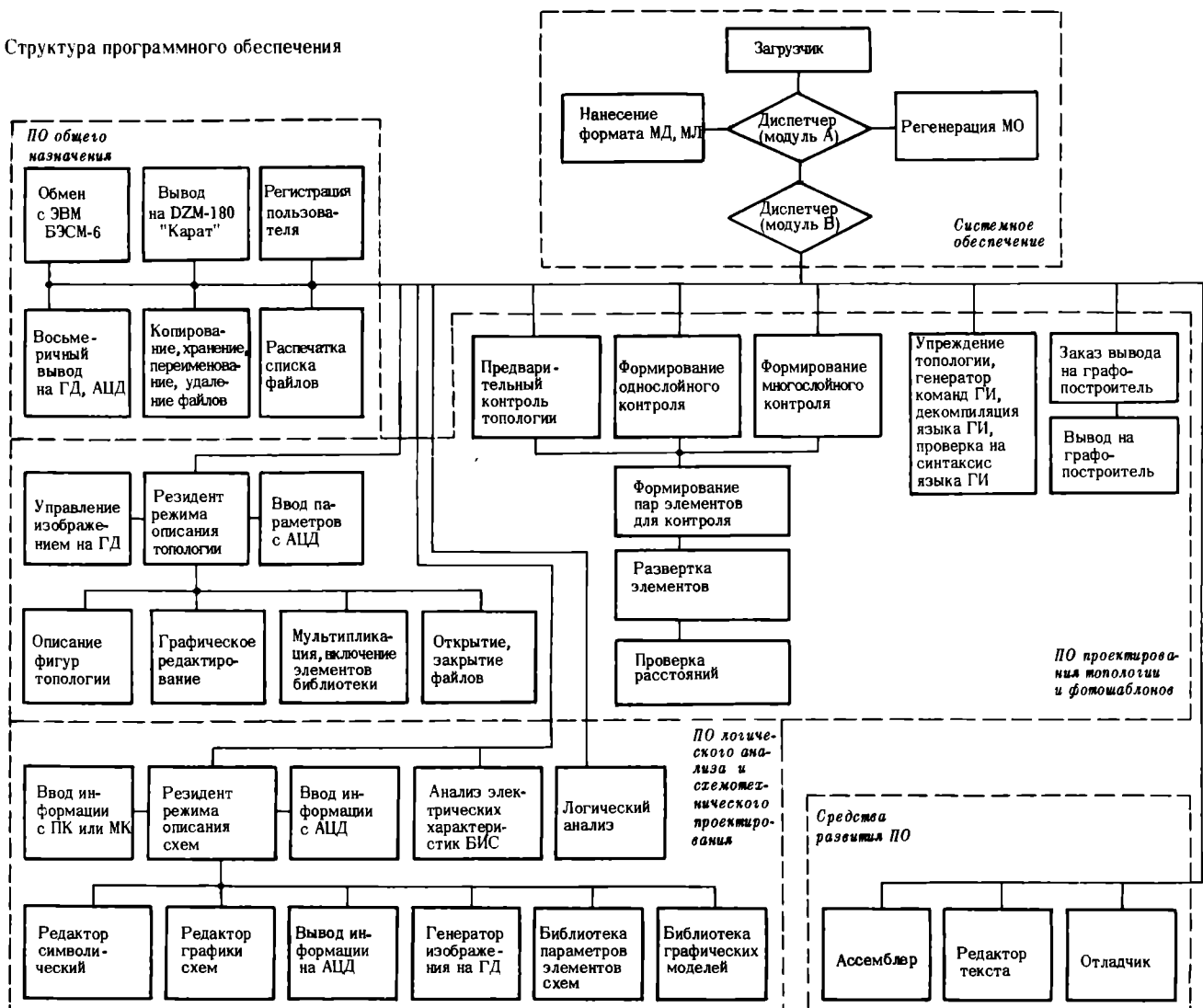
Программно-аппаратные средства системы 15УТ-4-017 \* обеспечивают решение сложных задач логического анализа, расчета электрических характеристик функциональных блоков БИС, проектирова-

ния топологии в интерактивном режиме, позволяют автоматизировать наиболее трудоемкие процессы, связанные с вводом, проверкой, редактированием, хранением, поиском, документированием алфавитно-цифровой и графической информации.

По функциональному назначению программное обеспечение (ПО) системы (см. рисунок) можно разделить на пять групп:

- системное;
- специализированное прикладное для логического анализа и схемотехнического проектирования;
- специализированное прикладное для проектирования топологии и фотошаблонов;
- общего назначения;
- средства развития ПО.

Структура программного обеспечения



\*Межов В.Е., Ратмиров Н.Л., Талов И.Л., Толстых Б.Л. Применение мини-ЭВМ "Электроника 100-25" в автоматизированной системе схемотехнического проектирования. — "Электронная пром-сть", 1978, вып. 10.

К первой группе относится диспетчер системы, который состоит из супервизора ввода-вывода (модуль А), резидентной и нерезидентной частей

(модуль В). Супервизор обеспечивает работу системы с разделением времени, обработку многоступенчатого прерывания от внешних устройств и внутренних (программных) прерываний, обмен с внешними устройствами.

Нерезидентная часть формирует: содержимое регистров аппаратного диспетчера памяти ЭВМ для защиты памяти, исполнения системных программ в режиме ЯДРО и прикладных в режиме ПОЛЬЗОВАТЕЛЬ, что обеспечивает многопрограммный режим работы системы; векторы прерываний и адреса драйверов обработки прерываний внешних устройств; резидентные и нерезидентные области памяти ЭВМ для прикладных программ; карту памяти пользователей; параметры, определяющие конфигурацию системы. Модуль В организует также службу времени.

Резидентная часть осуществляет ввод, формирование, проверку на синтаксис директив пользователя, поиск по имени в каталоге и загрузку файлов, передачу управления на программные модули, идентификацию программных ошибок и сбоев внешних устройств, операцию ОКНО над вектором; формирует данные, управляющие обменом с внешними устройствами, и подпрограммы расширенной арифметики с удвоенной точностью, возведения в степень, извлечения квадратного корня, тригонометрические и обратные функции.

Вторую группу составляет комплекс прикладных программ, который реализует следующие режимы:

- полное описание информации о логических и принципиальных электрических схемах с помощью символьного дисплея, автоматическую генерацию конфигурации схем на графическом дисплее (ГД) по текстовой информации и получение конструкторской документации;

- описание эскиза логических и принципиальных электрических схем с помощью полуавтоматического кодировщика с параллельной визуализацией изображения на экране ГД; синтез конфигураций схем с помощью ГД;

- автоматическое формирование массива связей элементов в схеме;

- контроль и редактирование текстовой и графической информации о схемах;

- формирование библиотеки параметров типовых элементов логических и принципиальных электрических схем, графических моделей элементов схем и их функциональных блоков;

- формирование информации в необходимых форматах для программ логического моделирова-

ния и расчета электрических характеристик БИС;

- логический анализ функциональных блоков (ФБ) БИС в статическом и динамическом режиме;

- анализ электрических характеристик ФБ БИС;

- обработку результатов анализа характеристик ФБ БИС и формирование информации для их документирования в текстовом и графическом виде.

Графосимволический язык "ЯЗСОС-У" дает возможность описать информацию о схемах различной степени детализации в виде комбинаций текстовых сообщений и графических построений. Операторы входного языка включают операторы описания схемы, описания данных, контроля и редактирования, сопровождения.

К первым относятся операторы описания графических элементов схемы (ОГЭ), графического и символьного описания коммутационных связей элементов схемы (ГКС и СКС). С помощью операторов ОГЭ вводится информация о типах элементов или фрагментов, об ориентации графической модели и точки привязки. Операторы ГКС используются для ввода информации о связях элементов схем методом графического описания координат точек излома связей.

Данные о параметрах моделей элементов схемы, параметрах логических элементов, групповых и технологических параметрах схем, задания на расчет и вывод результатов описываются и выбираются с использованием операторов блока описания данных.

Операторы сопровождения позволяют сделать задание на прорисовку схем, передачу и прием информации по каналу связи мини-ЭВМ—центральная ЭВМ, сформировать информацию для записи в библиотеку, организовать работу с архивом.

К третьей группе относится комплекс программ непосредственно обеспечивающих:

- описание совмещенного топологического чертежа с помощью полуавтоматического кодировщика с параллельной визуализацией многослойного изображения на экране ГД; проектирование топологии

- в интерактивном режиме; графическое редактирование топологии с помощью ГД; формирование и использование библиотеки элементов. В результате выполнения этого режима формируется файл, имя которого заносится в каталог дисковой памяти;

- выделение слоя из совмещенной топологии;

- разбиение фигур на маски, размер и дискретность которых ориентированы на конкретный генератор изображений (ЭМ-519Б, ЭМ-549А, ЭМ-559, ЭМ-539А);

- упреждение фигур по контуру и по маскам;
- формирование управляющей информации для ГИ с минимизацией времени отработки в зависимости от длины перемещения стола и частоты изменения размера масок;
- синтаксический анализ управляющей информации для ГИ;
- декомпилирование управляющей информации ГИ в язык исходного описания для последующего вывода на ГД, графопостроитель и редактирования;
- проверку на конструкторско-технологические ограничения (инвариантность относительно технологии) с формированием специального файла для вывода на ГД и графопостроитель;
- вывод фрагментов топологии на графопостроитель в заданном масштабе в режимах *on-line* и *of-line*. Элементы библиотеки любой степени иерархии могут выводиться на экран ГД и графопостроитель как в символьном виде, так и в раскрытом. В последнем случае выводится полная информация о топологии элементов библиотеки.

Отметим некоторые особенности языка описания и конструирования топологии. Топологические фигуры, описываемые с помощью кодировщика или ГД инвариантны относительно технологии изготовления БИС. Описание топологии осуществляется в основном графически с параллельной обработкой на экране ГД, что позволяет не прибегать к цифровому отображению информации. В случае необходимости контроль координатной информации идет через специальные цифровые индикаторы X и Y, значения которых показывают в динамике положение курсоров кодировщика или ГД. Синтез топологии также осуществляется графическим способом с вызовом элементов библиотеки по имени из каталога с соответствующей ориентацией. Представление данных в виде списковых структур дает возможность эффективно применять методы фрагментации топологии как в процессе описания, так и на всех этапах проектирования вплоть до получения управляющей информации для ГИ. Таким образом система обеспечивает проектирование топологии БИС практически любой степени сложности.

Наличие активных (для редакции) и пассивных (для наблюдения) слоев при выводе топологии на экран ГД предохраняет информацию от возможных ошибок оператора. Режим описания топологии содержит все необходимые директивы графического редактирования, что весьма существенно при выявлении ошибок на самом раннем этапе проектирования. Присутствие на экране поля потенциально равноправных графических директив описания и редак-

тирования упрощает работу оператора с ГД и не требует от программиста особых усилий для замены их функциональных значений. Представление элементов библиотеки (или целых фрагментов) в символьном и геометрическом образах увеличивает информативность ГД и позволяет работать с изображением любой степени сложности.

К четвертой группе относятся директивы:

- регистрация пользователей через идентификатор;
- работа с файлами: копирование, перезапись с диска на диск, с диска на МЛ, с МЛ на диск, переименование файлов, копирование файлов из области одного пользователя в область другого, сжатие и упорядочение файлов на диске, распечатка списка файлов с датой формирования, идентификатором пользователя, длиной и местом расположения на диске или МЛ;
- служба времени для каждого пользователя;
- сжатие файлов после процедур графического редактирования, упорядочение файлов на диске;
- формирование пакета заданий для фоновой работы;
- вывод содержимого сектора в восьмеричном виде на экран ГД и АЦД;
- вывод конструкторской документации в виде таблиц координат на печатающее устройство DZM-180 и устройство микрофильмирования "КАРАТ";
- двухсторонний обмен по каналу прямого доступа с ЭВМ БЭСМ-6;
- нанесение формата диска и МЛ.

В пятую группу входят программные средства, позволяющие совершенствовать системное и прикладное ПО. Блочная структура ПО расширяет функциональные возможности системы. Диспетчер системы является унифицированным, что облегчает разработчику ПО адаптацию нового периферийного оборудования.

Программное обеспечение комплекса 15УТ-4-017 позволяет использовать его в качестве унифицированного рабочего места логического моделирования, схемотехнического проектирования и проектирования топологии фотомасок БИС. При этом обеспечивается оптимальный режим взаимодействия проектировщик-ЭВМ. Комплекс можно использовать как в составе автоматизированных систем проектирования изделий электронной техники, так и в качестве автономного рабочего места.

Маслеников Ю.А., Усик В.Г.,  
Чебыкин Н.Е., Штурц И.В.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ

УДК 681.325.5-181.4.02

При проектировании и разработке систем на основе микропроцессоров и микро-ЭВМ время и объем работ, связанных непосредственно с аппаратной частью, весьма незначительны. Основная трудность заключается в составлении, корректировке и отладке программ, а также в совместной отладке аппаратных и программных средств. Время, необходимое для разработки микропроцессорной системы, и ее стоимость определяются в основном составом и надежностью программного обеспечения.

Минимальное программное обеспечение включает кросс-программы, выполняемые на универсальной ЭВМ и содержащие транслятор с машинно-ориентированного языка, программу моделирования системы команд микро-ЭВМ и сервисные программы ведения библиотеки. Дальнейшее развитие средств проектирования связано с созданием проблемно-ориентированных систем автоматизации прикладного программирования или, что то же самое, проектирования (САПР) [1].

Они предоставляют разработчикам, т.е. непрофессиональным программистам, возможность задавать алгоритмы проектируемой системы в машинно-независимой, удобочитаемой, но достаточно строгой форме. САПР должны содержать средства, обеспечивающие автоматическую трансляцию алгоритмов на машинный язык микро-ЭВМ, их моделирование с целью отладки, а также накопление библиотеки проекта, работу с ней и выпуск технической документации. САПР такого рода могут сопрягаться с САПР БИС (в частности, БИС ПЗУ) посредством машинных носителей. Применение САПР позволит ускорить внедрение микро-ЭВМ в различные автоматические и автоматизированные системы управления, аппаратуру связи, измерительную технику [2].

### СТРУКТУРА САПР

В структуре САПР (рис.1) можно выделить два контура: контур разработки и моделирования algo-

ритмов и контур синтеза и отладки программ. Двухконтурное построение позволяет снизить трудоемкость программирования, отладки и восприятия структуры и поведения программы, а также оптимизировать программы, используя формальные методы и знание специфики архитектуры конкретной микро-ЭВМ.

При таком построении САПР алгоритм записывается на входном языке высокого уровня и транслируется в первом контуре в коды ЕС ЭВМ. Первый контур состоит из транслятора с входного языка САПР Зенит в промежуточный язык (подмножество языка ПЛ/1), транслятора с промежуточного языка в коды ЕС ЭВМ и редактора связей ЕС ЭВМ и обеспечивает функциональное моделирование алгоритма, что позволяет выявить и исправить до 95% всех ошибок [3]. Моделирование алгоритма выполняется в первом контуре в режиме исполнения, а не интерпретации, что во много раз сокращает расход машинного времени на отладку и позволяет выполнить значительно большее число тестов. Отладка алгоритма проводится с использованием мощных отладочных

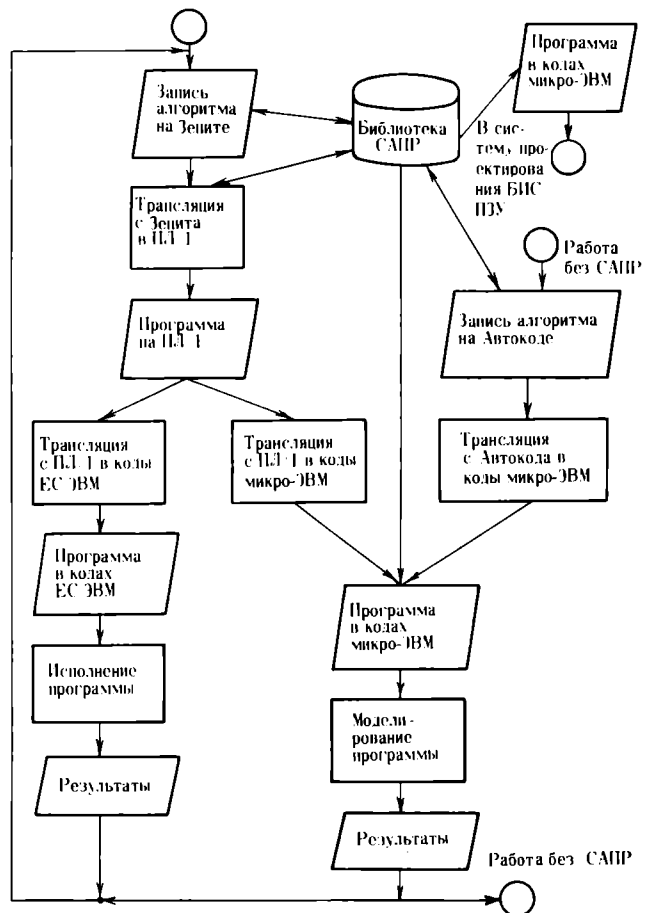


Рис. 1. Структурная схема работы САПР



средств ЕС ЭВМ, ускоряющих поиск и диагностику ошибок.

После отладки на первом контуре разрабатываемая в САПР программа на промежуточном языке используется в качестве входа во второй контур, который состоит из транслятора с промежуточного языка в коды микро-ЭВМ, редактора связей, моделирующей программы микро-ЭВМ и транслятора с автокода микро-ЭВМ. В этом контуре программа с помощью кросс-транслятора преобразуется в коды микро-ЭВМ и исполняется (интерпретируется) программой, моделирующей работу микро-ЭВМ. К надежности "защищаемых" в ПЗУ программ микро-ЭВМ предъявляются очень высокие требования, что и оправдывает исполнение программы в режиме интерпретации. Несмотря на то, что этот режим требует больших затрат на программирование интерпретатора (программы моделирующей микро-ЭВМ) и больших затрат машинного времени, интерпретация — более удобное средство, нежели работа на реальном прототипе, с точки зрения генерации тестов и протоколирования хода отладки.

Специфика программирования задач в реальном масштабе времени состоит в том, что, как правило, всегда находится сегмент программы, к которому предъявляются очень жесткие требования эффективности. Используя машинно-независимый язык высокого уровня и универсальный транслятор, обеспечить высокую эффективность вряд ли возможно. Для сегментов, критических по времени, после отладки целесообразно переписать программы с входного языка САПР непосредственно на Автокод микро-ЭВМ, тем более, что транслятор с Автокода существует и хорошо себя зарекомендовал [4].

Библиотека САПР служит для хранения программ на исходных языках Зенит, Автокод и ПЛ/1 (исходных модулей), результатов работы трансляторов в кодах ЕС ЭВМ и микро-ЭВМ (объектных модулей), а также редактора связей микро-ЭВМ (абсолютных модулей). Модули могут помещаться в библиотеку на временное (до конца задания) или постоянное (до требования на удаление) хранение.

Библиотека обслуживается набором сервисных программ, выполняющих функции создания библиотеки, каталогизации, перфорации и удаления модулей, редактирования исходных модулей, печати оглавления и сжатия библиотеки. Отлаженную в САПР программу можно вывести из библиотеки на перфоноситель в формате САПР БИС ПЗУ. Управляется САПР с помощью управляющих операторов, которые вводятся с устройства ввода перфокарт или с пульта оператора, анализируются и интерпретиру-

ются монитором системы. Допускаются девять основных режимов работы САПР: ввод исходного текста в библиотеку, синтаксический контроль, редактирование, трансляция на промежуточный язык и запись в библиотеку, функциональное моделирование алгоритма, которое может быть организовано с различной глубиной и охватом процессов, решающих задачу управления объектом, трансляция в коды микро-ЭВМ, редактирование связей модуля и интерпретация его моделирующей программой микро-ЭВМ, трансляция текста на Автокоде в коды микро-ЭВМ, вывод отлаженной программы для изготовления БИС ПЗУ.

Процесс создания программ носит интерактивный характер: ошибки, выявляемые при анализе результатов моделирования, устраняются на уровне входного языка.

#### ВХОДНОЙ ЯЗЫК САПР

Основной причиной трудностей прикладного программирования для микро-ЭВМ является отсутствие достаточно строгой формы представления целевых алгоритмов, которая была бы одинаково понятна специалистам разного профиля (системным алгоритмистам, программистам и разработчикам аппаратуры), участвующим в проектировании. Входной язык САПР должен способствовать устранению трудностей, взаимного "непонимания" и стать единой основой для описания алгоритмов независимо от способа дальнейшей их реализации — в виде программ для микро-ЭВМ или аппаратной части. При таком подходе описание проектируемой системы на входном языке должно отражать функциональное строение всей системы в сочетании с логически полной спецификацией процедур, обеспечивающих исполнение системных функций, а также с указанием межпроцедурных связей, включая интерфейсы системы со средой.

Алгоритмическое описание системы может быть использовано как средство общения разработчиков систем управления и, в частности, алгоритмистов и программистов, как документ, фиксирующий проектные решения (на первых стадиях проекта иные формы документов отсутствуют), как текст-посредник между САПР и ее пользователями.

Указанными функциональными назначениями описания диктуются следующие, во многом противоречивые, требования к языку:

— высокий уровень абстракции, независимость

от реализации, т.е. от конкретной границы между аппаратной и программной частями, от элементной базы оборудования, от языка микро-ЭВМ, числа процессоров и т.п.;

– возможность постепенной, поуровневой детализации алгоритма в ходе проектирования, реализации и отладки системы;

– наглядность записи алгоритма, обзорность его структуры и понятность для непрофессиональных программистов;

– возможность ввода текста на входном языке в ЭВМ и его автоматическая трансляция;

– возможность исследования полноты и непротиворечивости описания системы современными методами тестирования и верификации.

При разработке языка были использованы принципы структурного программирования [5], позволяющие создать язык, в значительной степени отвечающий сформированным требованиям. Он содержит средства для осуществления технологии проектирования "сверху-вниз" и интерфейсно-модульной техники программирования и не имеет в составе управляющих операторов оператора безусловного перехода на произвольно установленную метку. Нотация элементов и конструкций языка приближена по возможности к символике распространенных алголоподобных языков. Структура функций системы и соответствующих им процедур может быть задана в графической форме (для ввода в машину требуется несложная кодировка изображения).

В отличие от общеупотребительных процедурно-ориентированных языков входной язык содержит средства описания взаимодействующих параллельных процессов. Подобные средства используются при создании операционных систем [6]. Работа проектируемой системы представляется как комплекс параллельных процессов, под которыми понимаются и процессы, происходящие одновременно в различных внешних устройствах вычислительной системы, и псевдоодновременные процессы выполнения задач (программ) в центральном процессоре. Последнее означает, что от проектировщика скрыт реальный механизм чередования задач в процессоре при мультипрограммном режиме работы. При этом на раннем этапе проектирования не делается различия между программными и внешними процессами. Такой подход дает возможность четко разделить между исполнителями работы по реализации процессов, т.е. по разработке целевых программ и, если это требуется, нестандартных внешних устройств. Реализация мультипрограммного режима, осуществляемого с помощью системы прерываний, не затемняет логики процессов, которые рассматриваются проектиров-

щиком как непрерываемые.

Автономность процессов относительна: они используют общие данные в памяти и обмениваются сообщениями. Для описания такого взаимодействия в языке есть операторы синхронизации, т.е. указания ожидания события и сигнализации о нем. Это операторы высокого уровня, не использующие понятий системы прерываний. Предусмотрено два типа операций: семафорные операции типа "ждать" и "сигнал" и операции "послать, получить порцию" сообщения или место для порции в специальной области памяти – буфере. Операции синхронизации реализуются как процедуры монитора. Он ведет учет событий, управляет очередями процессов к ресурсам и переключает процессор на выполнение одного из программных процессов. Монитор может программироваться проектировщиком или представлять собой один из стандартных алгоритмов, настраиваемых на конкретную систему.

Для выполнения требований работы в реальном масштабе времени процессам назначаются приоритеты, соответствующие срочности их выполнения. Кроме того, имеются операторы задержки и условной задержки, задающие максимально допустимое время ожидания события.

В целом средства языка можно разделить на шесть групп.

*Средства задания структуры системы.* Алгоритм делится на пять блоков: процесса, подпрограммы, монитора, головной программы и фрагмента (часть текста, выделяемая для наглядности).

*Средства описания данных.* Применяются элементарные данные целого, вещественного, логического и строкового типов; структурные – массивы и буферы; семафоры. Имеется возможность задания констант в виде двоичных кодов.

*Оператор присваивания.* Имеет традиционное назначение и форму.

*Операторы управления:* условный, переключатель и оператор цикла.

*Операторы синхронизации и временного управления.*

*Операторы отладки.* Задают отладочную печать, запрос указаний пользователя, ввод исходных данных.

Разработанный язык Зенит нетрудно адаптировать к задачам управления технологическим оборудованием или процессами и автоматизации научных экспериментов, системам передачи данных и т.д. Как показывает опыт [7], входной язык САПР должен представлять собой семейство языков, в котором каждый член является развитием языка-ядра.

## РЕАЛИЗАЦИЯ САПР

Одна из важных задач при разработке САПР – получение “эффективной” программы для микро-ЭВМ, что предполагает оптимизацию транслятора с промежуточного языка в коды микро-ЭВМ как по скорости (уменьшение времени выполнения программы), так и по памяти (уменьшение объема памяти, занимаемого программой). Для микро-ЭВМ более важна оптимизация по скорости, так как малое время реакции в системах управления относится к наиболее жестким требованиям, тогда как память микро-ЭВМ можно увеличить подключением дополнительных блоков. Микро-ЭВМ находят применение в основном в системах реального времени, что предъявляет повышенные требования к надежности программ и увеличивает сложность их отладки.

В САПР используются методы статической и динамической отладки. Статическая отладка заключается в полной проверке синтаксиса и возможно более полной проверке семантики программ, выполняемой трансляторами САПР. Некоторую статическую проверку проводит редактор связей. Сложность отладки программы реального времени объясняется постоянными изменениями временных соотношений работы параллельно исполняемых взаимодействующих программ и внешнего оборудования. В САПР проверяется корректность одновременного исполнения программ, т.е. правильность операторов, синхронизирующих исполнение сообщающихся параллельных программ. Динамическая отладка программы осуществляется в процессе исполнения в

первом контуре и интерпретации во втором. С помощью средств отладки можно организовать генерацию определенных тестовых последовательностей, проверку текущего значения переменных, установку счетчиков в ветвях рабочей программы, выдачу сообщений пользователю, изменение хода эксперимента, остановку моделирования и т.п. В систему проверки могут входить отдельные операторы, их группы, а также модули процессов.

В первом контуре проверяемая система дополняется моделью среды с заданным поведением и способностью измерять реакцию системы. Конструкции модели помечаются знаком %, не отличаясь по синтаксису и семантике от операторов, реализующих рабочие функции системы.

При интерпретации исходного модуля моделирующей программой в распоряжении пользователя находятся следующие средства динамической отладки:

- останов по чтению, записи или выполнению команды из указанных ячеек памяти;
- останов после выполнения определенного числа команд;
- трассировка, отслеживание изменения значений заданных переменных;
- моментальный снимок, вывод областей памяти в указанных точках программы;
- вывод содержимого памяти при ненормальном завершении задания;
- контрольная точка, запоминание состояния программы и внешней среды;
- возврат к контрольной точке;
- доступ для проверки и модификации к любо-

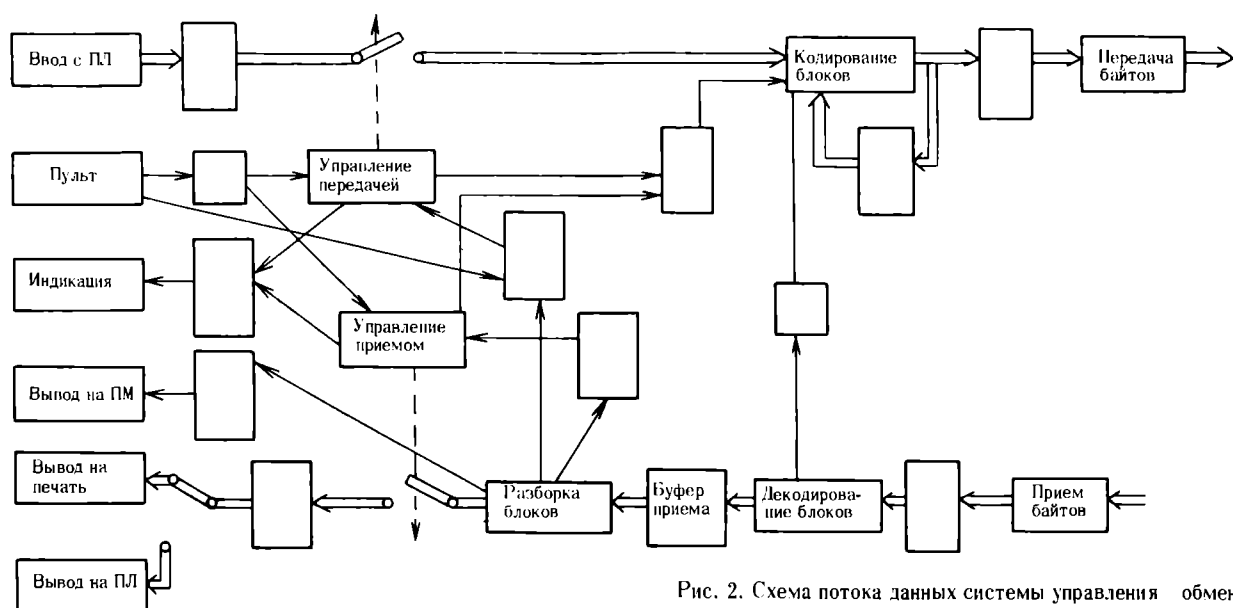


Рис. 2. Схема потока данных системы управления обменом дискретных сообщений

му ресурсу микро-ЭВМ и внешней среды.

Отладочная информация может быть задана в терминах входного языка САПР, Автокода или абсолютных адресах микро-ЭВМ. Результаты моделирования могут выдаваться в терминах языка при отладке программы и в абсолютных адресах микро-ЭВМ при сверке результатов моделирования программы в САПР с результатами выполнения ее копии на микро-ЭВМ.

Время, затрачиваемое на отладку, зависит от степени доступа к программе. При отладке в пакетном режиме оно больше, так как расходуется на лишние прогоны программы из-за описок, ошибок перфорации и т.д. Значительно меньше время отладки программы при интерактивном режиме; пользователь, может исправить мелкие ошибки, изменить начальные данные, повторить выполнение программы с любой из контрольных точек. САПР имеет средства отладки как в пакетном, так и в интерактивном режиме.

Рассмотрим пример разработки устройства управления оконечным пунктом системы передачи данных на основе микро-ЭВМ. Процесс проектирования начинается с определения комплекса параллельных процессов в виде схемы потока данных (рис. 2), представляющей собой двудольный граф, в котором чередуются два типа вершин: *процессы* (горизонтально ориентированные прямоугольники) и *области памяти* — буферы (вертикальные прямоугольники) или общие области (квадраты). Направление обмена сообщениями указывается двойными стрелками, управляющей информацией — односторонними.

Затем выполняется поуровневая детализация алгоритмов процессов и оформление их в виде блок-схем и записей на языке Zenit. Каждый процесс представляет собой бесконечный цикл, запускаемый в начале работы системы. Синхронизация этих циклов, так же как и вложенных в них, задается операторами синхронизации. Любые два процесса, сообщающиеся через буфер, взаимодействуют по схеме "производитель" — "потребитель" [6].

Пример записи алгоритма процесса "разборка блоков" на языке Zenit приведен ниже.

```

1 ZENIT СВЯЗЬ;
2 PROCESS РАЗБЛО;
3 PRIORITY 03;
4 DECLARE N !ДЛИНА БЛОКА! :INTEGER COMMON;
5   БЛОК : ARRAY 128 CHAR;
6   СИМВ !БАЙТ БЛОКА! :CHAR;
7   К !НОМЕР БАЙТА БЛОКА! :INTEGER;
8   БУФПРИ !БУФЕР ПРИЕМА! :BUFFER 3 ARRAY
      128 CHAR;
```

```

9   S !СОСТОЯНИЕ АВТОМАТА РАЗБОРА! :INTEGER
      INITIAL 0;
10 ENDD;
11 LOOP MACRO ПОДГЦИКЛА;
12   TAKE БЛОК MES БУФПРИ;
13   WHILE К < N DO
14     СИМВ := БЛОК(К);
15     IF S = 17 THEN MACRO РАЗБОР ЗАГОЛ;
16       ELSE MACRO РАЗБОР ТЕКСТА;
17     ENDI; К := К + 1;
18   ENDW;
19   SEND БЛОК PUL БУФПРИ;
20   FRAGMENT ПОДГЦИКЛА;
21   . . . . .
   .
   .
N-2 ENDE;
N-1 ENDL;
N   ENDZ;
```

Функция этого процесса состоит в чтении декодированного блока из буфера приема, его посимвольном анализе и пересылке символов другим процессам. Служебные слова языка в тексте подчеркиваются; комментарии выделяются восклицательными знаками.

Поясним смысл отдельных операторов.

- 1 — имя проекта, к которому относится процесс;
- 2 — заголовок процесса;
- 3 — уровень приоритета процесса;
- 4—10 — описания переменных;
- 4 — целая величина  $N$  в общей области;
- 5 — массив БЛОК из 128 символов (байтов);
- 6 — однобайтовая переменная СИМВ;
- 7 — целая величина  $K$ , локальная для данного процесса;
- 8 — буфер БУФПРИ, содержащий 3 места для порций по 128 символов в каждой;
- 9 — номер состояния  $S$  с начальным значением 0;
- 10 — конец описания;
- 11 — начало главного цикла процесса; ссылка на фрагмент, начинающийся с двадцатой строки, который будет подставлен во время трансляции;
- 12 — оператор синхронизации: "получить порцию" из буфера приема. В этой точке алгоритма возможна задержка выполнения процесса, если буфер пуст. Тогда возобновление процесса произойдет при выполнении оператора "послать порцию" процессом "декодирование блоков";
- 13 — заголовок цикла анализа и пересылки символов блока;
- 14 — пересылка  $K$ -го символа в рабочую ячейку;

15, 16 — выбор одного из двух алгоритмов анализа и пересылки в зависимости от того, какой части сообщения принадлежит символ;

17 — конец условного оператора; счетчик цикла.

18 — конец цикла;

19 — оператор синхронизации: "послать место" в буфер приема. Порция обработана, и процесс сигнализирует процессу "декодирование блоков" об освобождении места для новой порции;

20 —  $N$  — тексты трех фрагментов, на которые были ссылки выше;

$N-1$  — конец главного цикла процесса;

$N$  — конец текста процесса.

Тексты алгоритмов процессов переносятся на перфокарты, вводятся в ЭВМ САПР, где накапливаются в библиотеках на магнитных носителях и транслируются в соответствии со схемой, представленной на рис. 1.

Предлагаемая методика автоматизированного проектирования систем на базе микро-ЭВМ позволяет упорядочить процесс разработки на основе формализации промежуточной технической документации и разделения функций специалистов разного профиля. Трудоемкость программирования целевых задач и требования к уровню квалификации разработчика снижаются благодаря возможностям входного языка высокого уровня и автоматизации рутинных видов работы. Связанная с этим некоторая потеря эффективности целевых программ вполне окупается ускорением процесса разработки и уменьшением числа логических ошибок.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов Ю.В., Маслеников Ю.А., Чебыкин Н.Е., Шебаршин А.В., Штурц И.В. Вопросы проектирования систем автоматизации разработки программ для микро-ЭВМ. — "УСМ", 1978, № 5.
2. Глушков В.М., Капитонова Ю.В., Летицкий А.А. Методика проектирования вычислительных машин четвертого и следующих поколений. — "Кибернетика", 1973, № 1.
3. Ross D.T., Pike H.E. Automating control computer software production. — "Control. Eng", 1972, vol. 19, N 10.
4. Гальперин М.П., Жуков Е.И., Кузнецов В.Я. и др. Семейство отечественных микро-ЭВМ широкого назначения. — "УСМ", 1976, № 6.
5. Глушков В.М., Вельбицкий И.В. Технология программирования и проблемы ее автоматизации. — "УСМ", 1976, № 6.
6. Пикритзис Л., Бернштейн Ф. Операционные системы. М., "МИР", 1977.
7. Bass Ch. PLZ: a family of system programming languages for microprocessors. — "Computer", 1978, vol. 12, N 3.

Статья поступила 3 апреля 1979 г.

И.Д.Бутомо, В.П.Котляров,  
Н.Б.Морозов, А.Е.Резник,  
А.В.Самочадин

## РЕДАКЦИОННО- ОТЛАДОЧНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МИКРО-ЭВМ СЕМЕЙСТВА "ЭЛЕКТРОНИКА С5"

УДК 681.3.00

Широкому использованию современных микро-ЭВМ способствует простота их ориентации на специализированные применения, что достигается при помощи стандартизованных средств взаимосвязи с объектом и фиксации в ПЗУ алгоритмов управления или контроля.

Основное время в процессе ориентации тратится на разработку и отладку проблемных программ и создание БИС ПЗУ. Уменьшить временные издержки можно с помощью систем автоматизации проектирования (САПР) БИС и отладочных комплексов для конкретных семейств микро-ЭВМ [1].

Известны отладочные кросс-комплексы для микро-ЭВМ семейства "Электроника С5" [2], созданные на базе больших универсальных ЭВМ (БЭСМ-6, ЕС ЭВМ), работающих в пакетном режиме. Хотя кросс-комплексы и решают поставленную задачу, но отличаются невысокой производительностью на этапе отладки программ и не позволяют проверять физические особенности реального взаимодействия микро-ЭВМ с объектом.

Отладочные резидентные комплексы, построенные на основе микро-ЭВМ, свободны от этих недостатков, но из-за ограниченного объема памяти, отсутствия библиотек и макросредств не обеспечивают тех удобств, которые предоставляют пользователю кросс-системы.

При построении отладочного комплекса для микро-ЭВМ семейства "Электроника С5" учтены как положительные, так и отрицательные стороны обоих технологических направлений. Разработанный комплекс содержит кросс- и резидентную компоненты (рис. 1, 2), между которыми разделены все функции разработки и отладки программ.

Резидентный отладочный комплекс, структурная схема которого приведена на рис. 1, имеет в своем

составе микро-ЭВМ "Электроника С5-01, 02", цветной дисплей на базе телевизора "Электроника Ц 430", функциональную клавиатуру и набор стандартных средств связи с объектом. Он обеспечивает: отладку программ (в том числе в реальном масштабе времени) с помощью системы ОТЛАДЧИК; исправление ошибок, а также редактирование исходных и отлаженных текстов с помощью системы РЕДАКТОР ПРОГРАММ; формирование входных перфоленов для САП с текстами, подготовленными для фиксации в БИС ПЗУ, с помощью системы РЕДАКТОР ПРОГРАММ; отображение и корректировку информации на экране дисплея с помощью системы КОРРЕКТОР ДИСПЛЕЯ.

Взаимодействие между перечисленными компонентами, а также связь с дисплеем, функциональной клавиатурой и телетайпом обеспечиваются УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММОЙ вместе с программами ДИАЛОГА.

Функциональные программы ОТЛАДЧИКА, РЕДАКТОРА и КОРРЕКТОРА реализуют следующие средства программного обеспечения.

СТОПЕР – программа, обеспечивающая реализацию выбранного режима приостановки вычислительного процесса. СТОПЕР предоставляет пользователю возможности останова: по защите при нарушении границ области отлаживаемой задачи; после каждой команды; по списку значений счетчика ко-

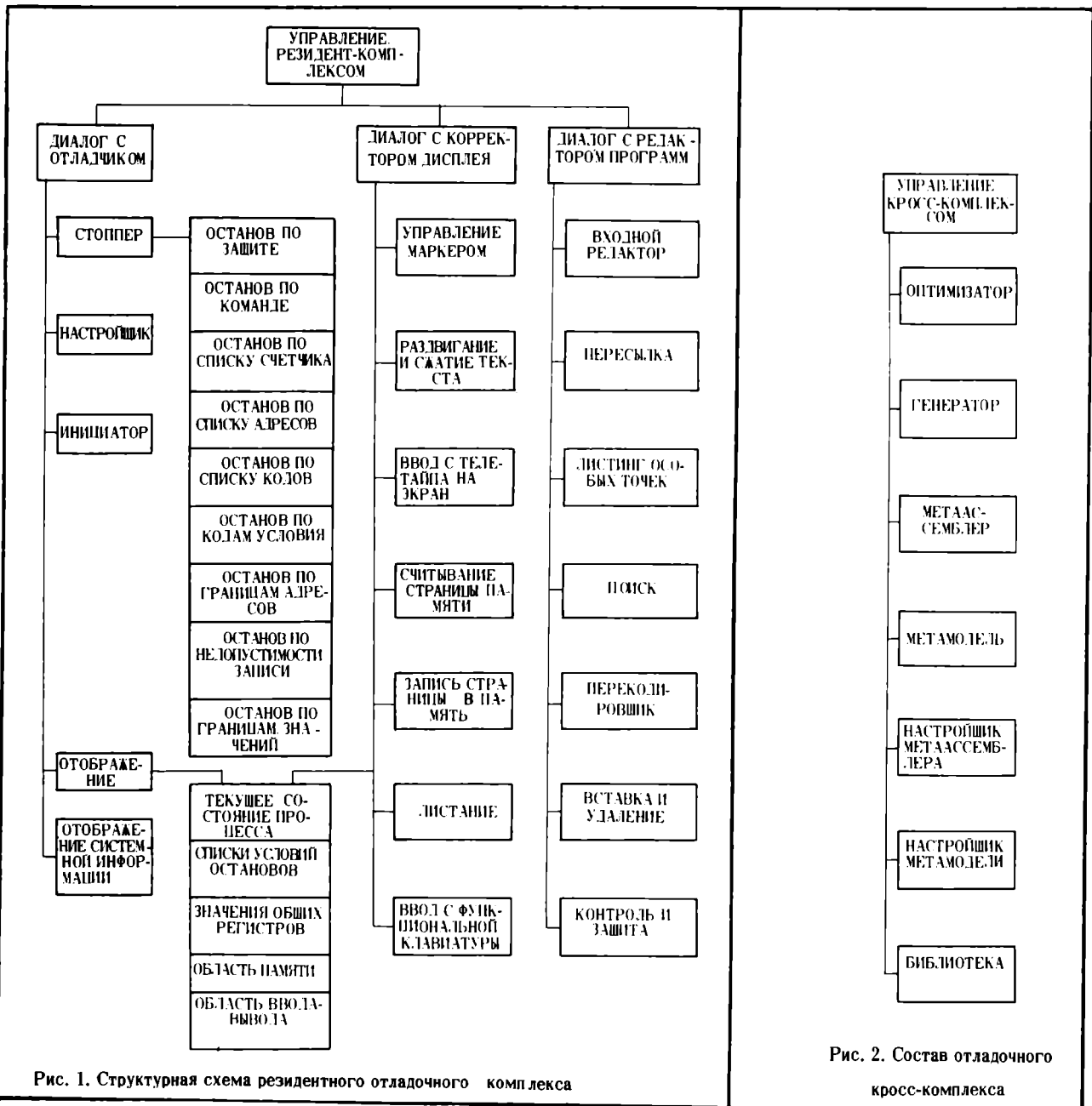


Рис. 1. Структурная схема резидентного отладочного комплекса

Рис. 2. Состав отладочного кросс-комплекса



манд; по списку адресов операндов; по списку кодов операций или модификаторов команд; по списку значений счетчика и кода условия; по нарушению границ адреса; по недопустимости записи; по выходу значений списка переменных из заданных границ. Возможны остановы по некоторым комбинациям перечисленных причин. Каждая "остановка" завершается переводом микро-ЭВМ в состояние динамического останова, которое прерывается нажатием кнопки ПРОДОЛЖЕНИЕ на функциональном пульте.

Любому останову, инициируемому СТОППРОМ, соответствует определенное состояние экрана дисплея, обеспечиваемое программой ОТОБРАЖЕНИЕ. Обычно эта программа использует две верхних и две нижних строки экрана для вывода текущих значений счетчика и регистра команд, кода состояния процессора, исполнительных адресов (с учетом различных уровней косвенности), операндов и результата. Информация, размещаемая в двух нижних строках экрана, может быть изменена посредством функциональной клавиатуры, что дает возможность экспонировать элементы списков, содержащих различные условия остановов. Существует режим, в котором программа ОТОБРАЖЕНИЕ использует весь экран, что позволяет экспонировать любую часть оперативной и постоянной памяти, начиная с адреса, заданного на функциональном пульте; отображать значения общих регистров; полностью отображать списки, содержащие условия остановов и область ввода-вывода любого периферийного устройства. Кроме того, в процессе динамического останова подпрограмма НАСТРОЙЩИК, входящая в состав программы ОТОБРАЖЕНИЕ, позволяет с помощью КОРРЕКТОРА ДИСПЛЕЯ вносить изменения в области оперативной памяти, списки остановов и содержимое общих регистров с помощью функционального пульта.

Интересной особенностью ОТЛАДЧИКА является его аппаратно-программная реализация, использующая сигнал окончания текущей команды микро-ЭВМ как источник прерывания, инициирующий задачу отладочного комплекса. На время работы программы аппаратная схема запрещает прерывание от источника и вновь восстанавливает возможность его появления только после перехода на уровень отлаживаемой задачи. Этот механизм значительно ускоряет отладку, доводя ее интерпретационные издержки до 3 команд вместо обычных 15–20 в пересчете на исполненную команду.

Программа ВХОДНОЙ РЕДАКТОР применяется для редактирования текстов, введенных с перфолен-

ты и состоящих из символьных строк, чисел и кодовых последовательностей операторов, и входит в состав РЕДАКТОРА ПРОГРАММ. ВХОДНОЙ РЕДАКТОР удаляет ошибочные последовательности символов, появившиеся на перфоленте в процессе набивки, одновременно сжимая текст, после чего программа ПЕРЕСЫЛКА обеспечивает перепись отредактированного текста в заданную область оперативной памяти. Однако при этом не выполняется коррективка адресных констант, привязывающих тексты программ или данных к определенным точкам памяти. Большая часть команд, содержащих такие адресные константы, обнаруживается программой ЛИСТИНГ ОСОБЫХ ТОЧЕК, которая печатает список старых и скорректированных адресов для шести модификаций команд перехода и пересылки, содержащих адресные константы. Используя программу ЛИСТИНГ, пользователь контролирует особые точки и, если это соответствует логике алгоритма, корректирует адресные константы. Контроль и защита редактируемой информации обеспечивается одноименным блоком РЕДАКТОРА ПРОГРАММ, использующим методику автоматически формируемых контрольных сумм и смысловых проверок, учитывающих количественные ограничения.

Наряду с компоновкой полностью отлаженных программ часто возникает необходимость переработки фиксируемых текстов в процессе редактирования. Этой цели служат программы ПОИСК, ПЕРЕКОДИРОВЩИК, ВСТАВКА И УДАЛЕНИЕ. Программа ПОИСК позволяет последовательно находить адреса элементов текста по некоторому списку признаков или ключевых кодов. Программа ПЕРЕКОДИРОВЩИК с помощью кодирующих таблиц выполняет произвольное преобразование алфавитов редактируемых текстов. Программа ВСТАВКА и УДАЛЕНИЕ обеспечивает соответствующие изменения текста редактируемой программы, его расширение или сжатие, что сопровождается автоматической коррекцией относительных приращений в командах переходов и выдачей списка адресов особых точек.

Программа УПРАВЛЕНИЕ МАРКЕРОМ входит в состав КОРРЕКТОРА ДИСПЛЕЯ и позволяет осуществить наиболее употребительные функции редактирования локальных участков программ: перемещение маркера в любое поле экрана в четырех направлениях (посимвольно либо с пятигерцевой частотой); стирание текста в пределах строки или экрана; заполнение экрана постоянными символами. Программа РАЗДВИГАНИЕ И СЖАТИЕ ТЕКСТА позволяет делать любые вставки или сокращения текста в пределах экрана. На экране специально

зарезервировано 4 строки для введения новой информации в корректируемый текст. Программа СЧИТЫВАНИЕ СТРАНИЦЫ ПАМЯТИ НА ЭКРАН позволяет отобразить на дисплее 16 строк текста оперативной памяти, начиная с заданного адреса. Программа ЗАПИСЬ СТРАНИЦЫ В ПАМЯТЬ обеспечивает фиксацию отредактированного на экране дисплея текста в заданную область оперативной памяти, причем выполнению процедуры записи предшествует лексический и синтаксический контроль фиксируемого текста. Функции считывания и записи текстов КОРРЕКТОРА ДИСПЛЕЯ взаимодействуют с соответствующими функциями РЕДАКТОРА ПРОГРАММ, что обеспечивает проведение коррекции текста не только в пределах страницы, но и всего редактируемого объема. Функции визуального просмотра большого текста из оперативной памяти выполняются программой ЛИСТАНИЕ, которая отображает на экране последовательные страницы программного текста, появляющиеся в зависимости от режима в порядке возрастания или уменьшения адресов. Наконец, программы ВВОД ИНФОРМАЦИИ НА ЭКРАН С ТЕЛТАЙПА И ВВОД С ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ КЛАВИАТУРЫ позволяют вводить на экран корректирующую информацию с функционального пульта, клавиатуры телетайпа или перфоленды.

Перечисленные средства резидентного комплекса полностью обеспечивают решение задачи компоновки текстов для фиксации в БИС ПЗУ. В перфоленточной версии резидентного редакционно-отладочного комплекса заложена способность к параметрической перенастройке на черно-белый или цветной дисплей с произвольным размером экрана, на различные комплекты периферийных устройств, на изменение объемов основной памяти. Настроенный на особенности конкретной микро-ЭВМ резидентный комплекс обычно фиксируется в двух сменных платах постоянной памяти.

Отладочный кросс-комплекс, работающий на ЕС-1022 в режиме пакета, дополняет возможности резидентного комплекса, обеспечивая оптимизацию отлаженной программы с помощью введения в ее текст идентичных функций в виде закрытых либо открытых подпрограмм; повторную генерацию выходной программы, связанную с модернизацией аппаратных средств специализированной микро-ЭВМ или изменением технического задания на характеристики программы; перенос мобильных программ на микро-ЭВМ с другой системой команд; кросс-отладку для пользователей, не имеющих отладочного резидентного комплекса.

В состав отладочного кросс-комплекса (см.рис.2) входят программа ОПТИМИЗАТОР, которая просматривает функционально отлаженный исходный текст, поступающий из резидентного комплекса на промежуточном языке [3], и принимает решение о замене его операторов на эквивалентные открытые или закрытые подпрограммы машинно-ориентированного языка.

Программа ГЕНЕРАТОР по указаниям ОПТИМИЗАТОРА создает результирующий текст, представленный в зависимости от режима либо на машинном языке, либо на языке метаассемблера, допускающем последующее перенесение алгоритма на машинные языки других микро-ЭВМ. Мобильные алгоритмы на языке метаассемблера или на промежуточном языке хранятся в БИБЛИОТЕКЕ исходных модулей, входящей в состав системы. Функции перевода подобных программ на различные микро-ЭВМ обеспечиваются средствами программы МЕТААССЕМБЛЕР, а моделирование и проверка созданных алгоритмов — программой МЕТАМОДЕЛЬ. Настройка МЕТААССЕМБЛЕРА и МЕТАМОДЕЛИ осуществляется программами НАСТРОЙЩИК МЕТААССЕМБЛЕРА и НАСТРОЙЩИК МОДЕЛИ. Это специализированные генераторы, способные по информации о языке АССЕМБЛЕРА, машинном языке и интерфейсных соглашениях, принятых в конкретной микро-ЭВМ, сгенерировать конкретный ассемблер и моделирующий алгоритм, позволяющие вести на инструментальной машине разработку программ для микро-ЭВМ.

Схема разработки программного обеспечения с помощью отладочного комплекса изображена на рис.3. Сначала проблемные алгоритмы отлаживаются на резидентном комплексе с подключенным к нему комплектом измерительных устройств и органов управления. После подтверждения работоспособности алгоритма перфоленды с текстом на промежуточном языке поступает в кросс-комплекс, где обеспечивается оптимизация алгоритма и его перевод в машинное представление. Перфоленды с алгоритмом, зафиксированным на машинном уровне,



Рис. 3. Последовательность операций разработки программного обеспечения с помощью отладочного комплекса

вновь поступает в резидентную систему, где повторно проходит проверку работоспособности на подготовленных заранее тестовых задачах. За этой фазой следует новая редакция алгоритма и выдача перфоленты, поступающей в САПР БИС.

Испытания отладочного комплекса на комплекте демонстрационных программ DEMON 2 общим объемом 10 кбайт показали, что комплекс успешно решает задачи разработки и отладки программ и достаточно удачно входит в технологическую схему САПР БИС постоянной памяти. Традиционная схема подготовки информации для САПР БИС на базе инструментальной машины, работающей в пакетном режиме, реализуется значительно медленнее.

Общий объем программного обеспечения резидентного комплекса составляет 4 кбайт постоянной памяти, 0,5 кбайт оперативной. Объем кросс-комплекса составляет 70 кбайт оперативной памяти.

Следующая фаза разработки редакционно-отладочного комплекса предполагает его использование в рамках системы разработки программ, написанных на языках АССЕМБЛЕР и БЕЙСИК, применение более глубоких процедур оптимизации и переход на работу в интерактивном режиме во всех фазах отладки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гальперин М.П., Масленников Ю.А., Никитин Э.А., Шебаршин А.В. Принципы создания программного обеспечения микро-ЭВМ семейства "Электроника С5". — "Электронная пром-сть", М., 1978, вып. 5.
2. Иванов Ю.И., Колосовский Л.И., Чебыкин Н.Е., Штурц И.В. Кросс-средства разработки и отладки программ для микро-ЭВМ. — "Электронная пром-сть", М., 1978, вып. 5.
3. Бутomo И.Д., Котляров В.П. Внутренний язык конвейерного процессора с общими ресурсами. — "Автоматизированные системы управления", Л., 1977, вып. 4.
4. Бутomo И.Д., Котляров В.П. Структура языка программирования для микро-ЭВМ "Электроника С5-01". — "Электронная пром-сть", 1978, вып. 5.

Статья поступила 11 марта 1979 г.

— Г.Ф. Антонова, Е.Ю. Кузнецов,  
Л.К. Минкин

## "ЭЛЕКТРОНИКА БЗ-30" — ОДНОКРИСТАЛЬНЫЙ КАРМАННЫЙ МИКРОКАЛЬКУЛЯТОР

УДК 681.32 — 181.4.

Новая модель 8-разрядного миниатюрного микрокалькулятора — крохотный компьютер в форме записной книжки. Быстро и точно выполняет арифметические действия, операции с приближенными числами, извлекает корень, вычисляет проценты. Отличается рациональной организацией вычислительных операций. Использование одного схемного кристалла ДМДП БИС позволило уменьшить число связей с пультом управления и ЖКИ, значительно упростить сборку и повысить надежность микрокалькулятора.

#### ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Вводимое число и результат вычислений отображаются на индикаторе (8 цифровых разрядов и один для указания переполнения и знака результата). При переполнении высвечивается буква "Е", при отрицательном знаке результата "—". Режим переполнения при выполнении арифметических операций может быть снят нажатием на клавишу "ск". При этом на индикаторе высвечивается приближенный результат, действительное значение которого равно  $AAAAAAAA \times 10^8$ .

Приближенный результат можно использовать в дальнейших вычислениях. При выполнении некорректных операций (например, деление на "0", извлечение квадратного корня из отрицательного числа) на индикаторе появляется "0" и символ Е. Возврат в режим вычислений осуществляется нажатием на клавишу "с".

Число при вводе и выводе представляется в десятичной системе счисления с естественной запятой. Операции выполняются в порядке их последовательной записи. Нажатием клавиш "=" (после операций "÷" и "х") в микрокалькуляторе запоминаются последние набранные операция и операнд,

который в дальнейшем используется в качестве константы. Примеры последовательностей нажатия клавиш при различных вычислениях приведены в таблице.

ПРИМЕРЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Задача	Последовательность нажатия клавиш	Результат
Сложение и вычитание $1,23+456-458+3 = 2,23$	1 [ ] 23 [ ] 456 [ ] 458 [ ] 3 [ ]	2.23
Умножение $(-123) \times 456 = -56088$	[ ] 123 [ ] 456 [ ]	56088.-
Деление $5 \div 9 = 0,555555$	5 [ ] 9 [ ]	0.5555555
Вычисление с константой $5 \times 9 = 45$	5 [ ] 9 [ ]	45.
$5 \times 6 = 30$	6 [ ]	30.
$5 \div 9 = 0,555555 \dots$	5 [ ] 9 [ ]	0.5555555
$6 \div 9 = 0,666666 \dots$	6 [ ]	0.6666666
$5525 - (5525 \times 25\%) = 4143,75$	5525 [ ] 25 [ ] % [ ] - [ ]	4143.75
$100 \times (20\%) = 20$	100 [ ] 20 [ ] %	20.
$5 \div 9 = 0,55555555 \dots$ (55.555555...%)	5 [ ] 9 [ ] %	55.555555
Возведение в степень $2^2 = 4$	2 [ ] ^ [ ]	4.
$2^3 = 8$	2 [ ] ^ [ ] 3 [ ]	8.
Извлечение корня $\sqrt{23 \times 456} = 236,829052$	23 [ ] x [ ] 456 [ ] = [ ]	236.82905
Переполнение индикатора $12345678 \times 123 = 151851394$	12345678 [ ] x [ ] 123 [ ]	15.185139E (15.185139.10)

СТРУКТУРА И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Микрокалькулятор (структурная схема приведена на рис.1) состоит из БИС микропроцессора с устройствами управления вводом-выводом, ЖКИ, преобразователя напряжения, блока питания (или автономного источника питания), пульта управления.

Однокристалльная ДМДП БИС К145ИП14-К представляет собой процессор с устройствами управления вводом с пульта управления и выводом на ЖКИ. Обеспечивает выполнение всех вычислительных, операционных и системных функций микрокалькулятора. Изготовлена на кремниевом кристалле по усовершенствованной низкороговой ( $U_{пр} = 1,5 \div 2,0$  В,  $U_{пл} = 2,0 \div 3,0$  В) ДМДП-технологии с алюминиевыми затворами и включает 6000 транзисторных структур и корректирующих емкостей.

Кристалл микросхемы содержит 41 контактную площадку. Он защищен двухслойным керамическим носителем с линейными размерами 14,3x14,3x1,0 мм. Кристалл герметизируется кремнийорганическим таблетированным компаундом КД-3. Габариты БИС 14,3x14,3x2,7 мм, масса 0,5 г, потребляемый ток 150 мкА. Ниже приведена техническая характеристика микрокалькулятора.

- Основной элемент . . . . . ДМДП БИС
- Индикатор . . . . . ЖКИ
- Разрядность . . . . . 8+1
- Источник питания
  - автономный . . . . . 2 аккумулятора Д-0,06
  - сетевой блок питания . . . . . Д2-11
- Форма представления чисел . . . . . с естественной запятой
- Время выполнения арифметической операции, с . . . . .  $\leq 1$
- Диапазон представления чисел . . . . .  $\pm 10^{-7} \pm 10^8 - 1$
- Индцируемые знаки . . . . . "0-9", "-", ".", "%", "E" (переполнение)
- Потребляемая мощность, мВт . . . . .  $< 5$
- Рабочая температура, °С . . . . .  $+10 \div +35$
- Габариты, мм . . . . . 109x66x9,5
- Масса, кг . . . . . 0,1

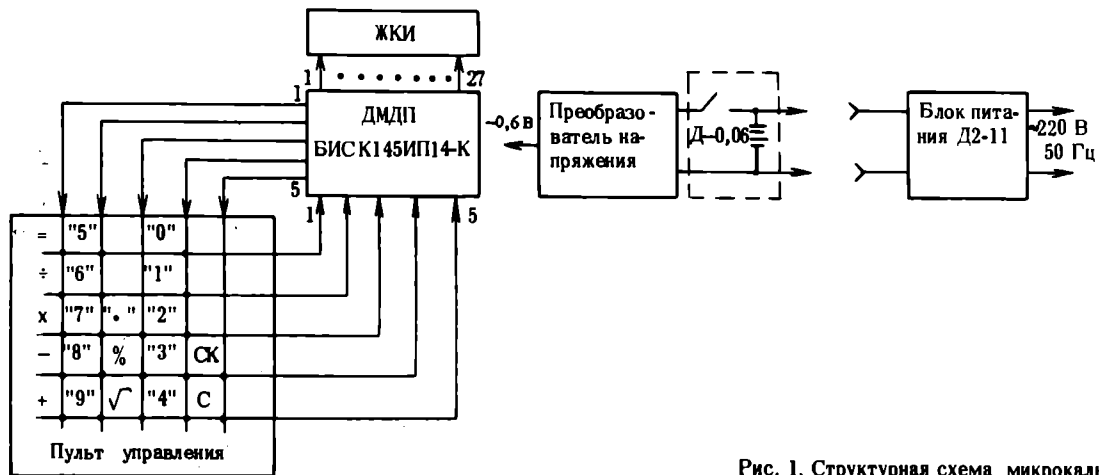


Рис. 1. Структурная схема микрокалькулятора

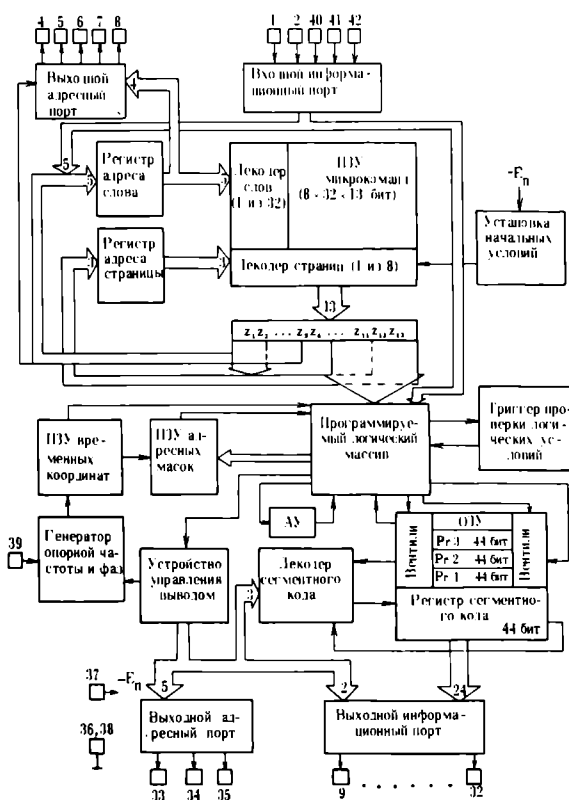


Рис. 2. Структурная схема БИС

БИС процессора включает следующие основные функциональные узлы (рис.2): устройство синхронизации; устройство управления; арифметическое устройство; ОЗУ регистрового типа; устройства управления вводом и выводом.

Устройство синхронизации предназначено для формирования периодических последовательностей импульсов, синхронизирующих во времени процессы обработки информации в БИС. Состоит из управляемого по частоте генератора опорной частоты и фаз (частота изменяется дискретно в пределах 50–100 кГц), ПЗУ временных координат (двоичных адресов), ПЗУ адресных масок (десятичных адресов).

Устройство управления представляет собой микропрограммный автомат с "хранимой" логикой и принудительной адресацией микрокоманд. Включает микропрограммное ПЗУ емкостью 3328 бит, организованное в 8 страниц по 32 13-битных слова на каждой; программируемый логический массив и триггер проверки условий, обеспечивающие формирование управляющих сигналов, распределенных во времени и в пространстве; адресные регистры слова и страницы ПЗУ.

Арифметическое устройство (АУ) предназначено для выполнения арифметических операций сложения и вычитания двух операндов, представленных в двоично-десятичном последовательно-последовательном коде и хранящихся в регистрах оперативного ЗУ. В состав АУ входят тетрада промежуточной суммы, два однобитных двоичных сумматора-вычитателя и схема коррекции псевдосуммы.

ОЗУ предназначено для хранения цифровой информации, вводимой оператором, и результата вычислений. Состоит из трех сдвиговых динамических регистров (Рг1–Рг3) по 44 бит каждый (11 десятичных цифр) с вентилями на входе и выходе, которые обеспечивают запись, регенерацию и считывание информации под управлением сигналов из устройства управления.

Устройство управления вводом обеспечивает связь с клавиатурой пульта управления и состоит из входного информационного порта, выходного адресного порта и схемы ИЛИ анализа входов. При отжатых клавишах на входах 1, 2, 40, 41, 42 входного информационного порта установлена лог. "1", а на выходе схемы ИЛИ – лог. "0". Циклически выполняемая микропрограмма индикации опрашивает состояние схемы ИЛИ. При нажатии любой из клавиш состояние на выходе схемы ИЛИ меняется на лог. "1", что обнаруживается микропрограммой индикации. Управление пере-

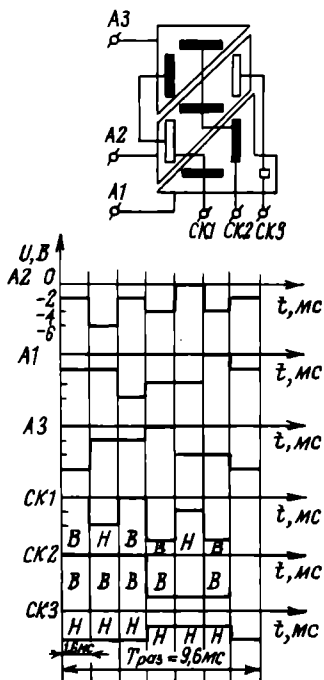


Рис. 3. Схема цифрового разряда ЖКИ и временные диаграммы выходных сигналов при отображении цифры "5": T<sub>раз</sub> – период развертки; В – сегмент возбужден; Н – сегмент не возбужден

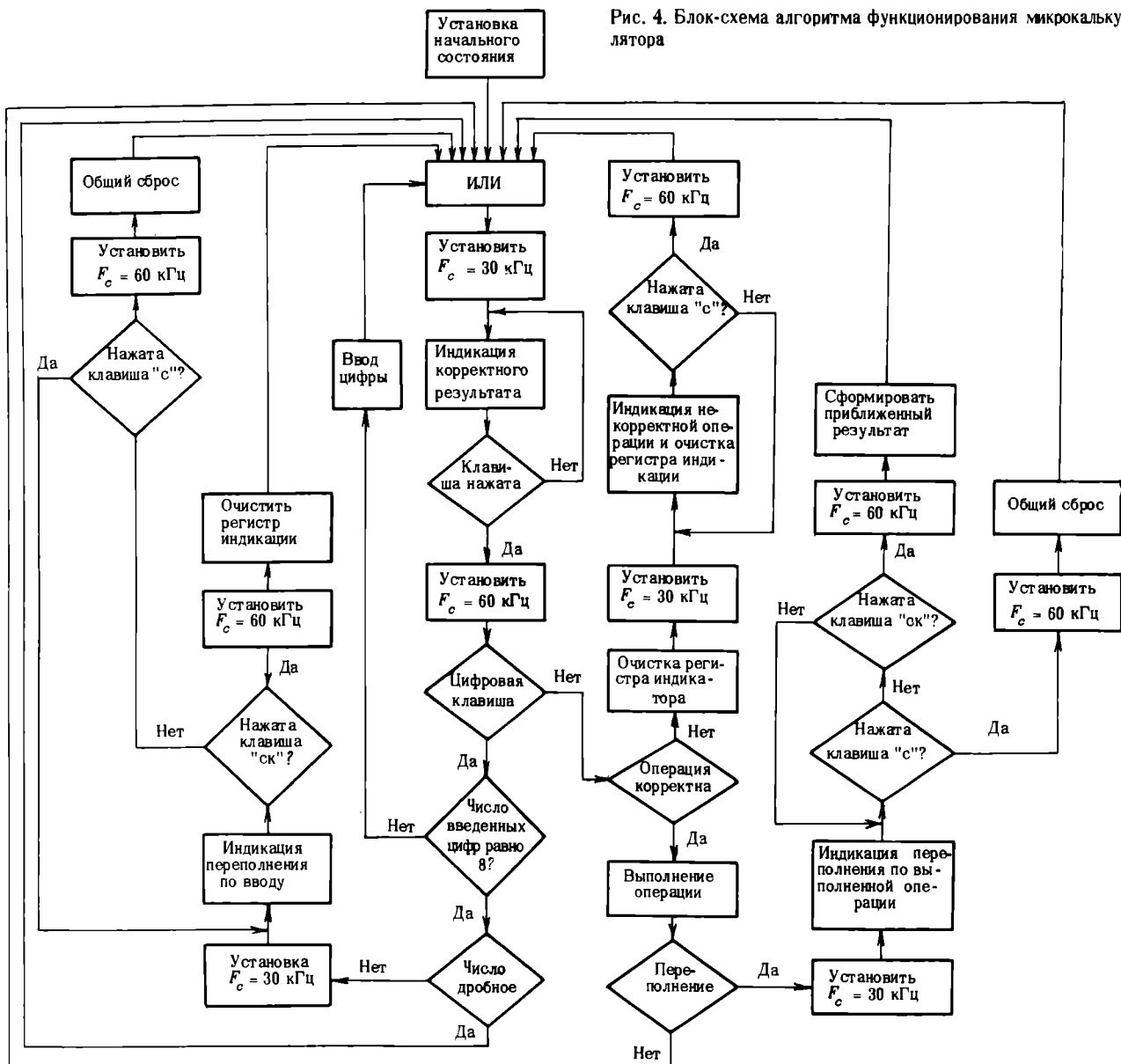
дается микропрограмме ввода, по которой состояния входов модифицируют содержимое адресного регистра слова ПЗУ и тем самым позволяют идентифицировать нажатую клавишу.

Устройство управления выводом на ЖКИ формирует необходимые информационные и адресные сигналы управления 9-знакоместным индикатором. Состоит из декодера сегментного кода, преобразующего двоично-десятичный код числа в семисегментный плюс десятичная точка код; устройства управления выводами, формирующего адресные последовательности; 44-битного регистра сегментного кода; выходных 3-битного адресного и 24-битного информационного портов, обеспечивающих формирование возбуждающих сигналов индикатора по специальному закону.

Схема цифрового разряда ЖКИ и временные диаграммы выходных сигналов (при  $U_{п жки} = 2,1 В$ ;  $U_{р жки} = 6 В$ ;  $\tau_{уст.} = 50 \div 100 мс$ ;  $\tau_{гаш} = 100 \div 200 мс$ ), поясняющие работу одного цифрового разряда индикатора при отображении цифры 5, приведены на рис. 3.

При включении микрокалькулятора блок установки начальных условий (см. рис. 2) вырабатывает сигнал блокировки считывания текущей микрокоманды из ПЗУ длительностью 500–700 мс. В течение этого времени очищаются регистры ОЗУ и регистр сегментного кода, в регистрах адресов ПЗУ устанавливается начальный адрес микропрограммы установки исходного состояния (очистки). Таким образом обеспечивается устранение неопределенности в выборе первой микрокоманды программы

Рис. 4. Блок-схема алгоритма функционирования микрокалькулятора





"очистка" при переходных процессах в момент включения питания.

По завершении программы "очистка" частота генератора опорной частоты уменьшается вдвое, и микрокалькулятор переходит в режим индикации и ожидания команд оператора.

Блок-схема алгоритма функционирования микрокалькулятора приведена на рис.4. Как видно из рисунка, микрокалькулятор может находиться в следующих режимах:

— основном (индикация результата корректной операции и ожидание команд оператора);

— промежуточном (индикация переполнения по вводу, по выполнению операции, индикация некорректной операции, выполнение операции).

При этом в любом режиме индикации частота синхронизации  $F_c = 30$  кГц, а при выполнении операции — 60 кГц. Режим индикации корректной операции характеризуется выводом на индикатор корректного результата выполненной операции; выход из этого режима осуществляется нажатием любой клавиши пульта управления.

Переход в режим индикации переполнения по вводу возможен при вводе девятой цифры целого числа. Выход из этого режима осуществляется нажатием на клавишу "ск" и очисткой индикаторного регистра, или на клавишу "с" с общей очисткой ОЗУ. Переход в режим индикации переполнения по выполнению операции происходит тогда, когда результат превышает разрядную сетку процессора; выход осуществляется нажатием на клавишу "ск" (при этом на индикаторе сохраняется приближенное число) или на клавишу "с" с общей очисткой ОЗУ. Режим индикации некорректной операции соответствует делению на "0" или извлечению квадратного корня из отрицательного числа. Для выхода из режима надо нажать клавишу "с". Все операции выполняются под управлением определенных микропрограмм, записанных в ПЗУ. Развертка индикатора осуществляется за три такта в одном кадре с частотой смены кадра, равной 100 Гц.

Преобразователь напряжения (см. рис.1) обеспечивает получение напряжения  $6 В \pm 10\%$  для питания микросхемы микрокалькулятора. Состоит из однотактного блокинг-генератора с цепью стабилизации выходного напряжения и однополупериодного выпрямителя со сглаживающим фильтром емкостного типа. Схема стабилизации обеспечивает стабильность выходного напряжения в пределах  $6 В \pm 3\%$  при изменении напряжения питания от 2,0 до 4,2В. Частота генерации импульсов блокинг-генератора варьируется в диапазоне 200–500 кГц. Выходная

мощность не превышает 10 мВт. Преобразователь выполнен на малогабаритных дискретных навесных элементах, смонтированных на общей печатной плате микрокалькулятора.

Пульт управления выполнен в виде матрицы 5x5 с 20 цифровыми и операционными клавишами, предназначенными для ввода информации в микрокалькулятор.

#### КОНСТРУКЦИЯ

Микрокалькулятор состоит из следующих компонентов:



— двухсторонней однослойной печатной платы размером 60x81 мм, на которой смонтированы все функциональные элементы (ЖКИ, БИС, преобразователь напряжения, неподвижные контакты пульта управления). Ширина проводников 0,3–0,8 мм, расстояние между ними составляет не менее 0,3 мм;

— пульта управления, представляющего собой клавишный механизм с 20 клавишами и диафрагму из токопроводящей резины, которые образуют подвижные контакты пульта;

— корпуса, выполненного способом литьевого прессования пластика с последующей металлизацией.

Микрокалькулятор "Электроника-БЗ-30" удобен в эксплуатации, технологичен, удовлетворяет эстетическим требованиям и соответствует лучшим зарубежным образцам подобного класса.

Статья поступила 12 февраля 1979 г.

		<b>РЕКЛАМА</b>
<p><b>НОВАЯ КНИГА</b></p> <p><b>МИКРОПРОЦЕССОРЫ. ТЕХНОЛОГИЯ, АРХИТЕКТУРА, ПРИМЕНЕНИЕ</b></p> <p><b>Д.Макглин</b></p> <p>М., "Энергия", 1979 Пер. с англ., 16 л., 6000 экз.</p> <p>Книга содержит обширные сведения о микропроцессорах, микро-ЭВМ и микропроцессорных системах. Наряду с общими принципами построения микропроцессоров и их математического обеспечения рассмотрено оснащение микропроцессоров. микро-ЭВМ и микропроцессорных систем программными средствами для надежного обслуживания и эксплуатации, что позволяет поставить систему в реальные условия и проанализировать ее поведение. Рассмотрены вопросы проектирования микропроцессоров.</p> <p>Книга рассчитана на широкий круг инженеров и, в первую очередь, на разработчиков и пользователей микропроцессоров, микро-ЭВМ и микропроцессорных систем.</p>		

# ТЕХНОЛОГИЯ

Проблема защиты от коррозии изделий электронной техники, металлических конструкций и оборудования в процессе их эксплуатации и длительного хранения — многоаспектна. Это — и использование специальных химических веществ — ингибиторов, изменяющих условия протекания реакций, которые ведут к коррозионному разрушению металлических поверхностей, и нанесение беспористых антикоррозионных покрытий, и замена традиционно применяемых в конструкциях изделий и оборудования металлических материалов полимерными, и поиск новых технологических приемов, увеличивающих коррозионную стойкость металлов и сплавов.

В. П. Персианцева

## ИНГИБИТОРЫ АТМОСФЕРНОЙ КОРРОЗИИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЕТАЛЛОВ ПРИ ИХ ТРАНСПОРТИРОВКЕ И ХРАНЕНИИ

Защита ингибиторами атмосферной коррозии является наиболее универсальным и перспективным способом консервации на длительный срок всевозможных изделий из металлов, в том числе сложных приборов радиотехнической и электронной промышленности, в различных климатических условиях.

УДК 620.197.2

Защита изделий от коррозии при их длительном хранении является весьма сложной задачей, трудность решения которой заключается прежде всего в том, что различные материалы, используемые для изготовления приборов и механизмов, требуют различного подхода к условиям и средствам защиты. Например, при хранении металлических изделий целесообразно создавать такие условия, при которых влажность не повышается выше определенного

предела, поскольку коррозионная стойкость металлов увеличивается при понижении влажности. В то же время физико-механические свойства резины и некоторых других материалов резко ухудшаются с понижением влажности. Кроме того, средства защиты, пригодные для одних металлов, иногда недостаточно хорошо защищают другие и даже вызывают их коррозию.

Потребность длительного хранения в жестких климатических условиях самой разнообразной техники и приборов вызвала необходимость учитывать специфическое воздействие климатических условий не только на процесс коррозии металлов, но и на средства защиты. В результате такого воздействия происходит, например, возникновение плесени и разрушение вследствие этого упаковочных материалов, изменение свойств масел и смазок, разрушение химических средств защиты.

Работами, выполненными за последнее время [1], показано, что средствами защиты, в наименьшей степени подверженными воздействию климатических условий, являются ингибиторы коррозии. Они надежно защищают изделия из самых разнообразных металлов от коррозионного разрушения в процессе их длительного хранения и транспортировки (даже в случаях пленочной конденсации влаги на поверхности металла).

### Основные пути защиты от атмосферной коррозии

Атмосферная коррозия представляет собой разрушение металлов и сплавов в атмосфере вследствие протекания на их поверхности электрохимиче-

ских реакций. Отличительной особенностью этих реакций является то, что они происходят в тонких слоях электролита, возникающих на поверхности металла при непосредственном попадании на нее атмосферных осадков или адсорбции и конденсации влаги [2]. Атмосферная коррозия металлов развивается в условиях усиленного подвода кислорода к их поверхности. Поэтому коррозионное разрушение металла может быть уменьшено или полностью подавлено, если устранить доступ агрессивных компонентов к металлической поверхности, удалить из атмосферы, в которой находится защищаемое изделие, компоненты, участвующие в электрохимических реакциях коррозионного процесса, или изменить энергетические условия протекания этих реакций. Предотвратить доступ агрессивных компонентов можно путем нанесения на изделие покрытий, которые механически защищают его от воздействия атмосферы. К числу таких покрытий относятся смазки и масла, нашедшие широкое применение в промышленности благодаря доступности и низкой стоимости. Однако пленки смазок и масел проницаемы для паров воды и газов, поэтому продолжительность защиты ими невелика. К тому же, для защиты ряда изделий, например электронных и радиотехнических приборов, масла и смазки вообще непригодны.

Удаление вредных компонентов из атмосферы, в которой находится изделие, осуществляется помещением в упаковочное пространство веществ, поглощающих влагу, кислород [3], или заменой воздуха инертными газами. Эффективность такого способа зависит от степени герметизации упаковочного объема. Однако, поскольку полностью герметизированную систему создать трудно, то со временем наблюдается насыщение адсорбента агрессивными компонентами. Поэтому в процессе хранения требуется тщательное наблюдение за состоянием адсорбента и своевременная его замена. В случае замены воздуха инертными газами необходимо постоянное наблюдение за поддержанием в защищаемой системе избыточного давления газа. Изменение энергетических условий протекания электрохимических реакций достигается введением в коррозионную среду специальных химических веществ – ингибиторов.

Защита от атмосферной коррозии ингибиторами позволяет сохранять изделия в присутствии влаги, кислорода и других агрессивных компонентов воздуха и не требует наблюдения за состоянием ингибитора и его замены в процессе хранения изделий. Применение ингибиторов упрощает технологию консервации изделий из металлов, увеличивает сроки их

хранения без переконсервации, позволяет в ряде случаев заменить отапливаемые хранилища на неотапливаемые.

#### Механизм защиты металлов ингибиторами атмосферной коррозии

Механизм защиты ингибиторами коррозии основан на том, что в их состав входят специальные группы, которые изменяют энергетические условия реакций перехода иона (атома) металла в раствор и взаимодействия электрона с кислородом. Одни ингибиторы образуют на поверхности металлов сплошные тонкие фазовые пленки из окислов или продуктов взаимодействия металла и ингибитора, другие – лишь притягиваются активными участками металла и удерживаются на нем свободными валентностями поверхностных атомов. Если металл перенести из агрессивной среды, содержащей ингибитор, в агрессивную среду, где его нет, то коррозия пойдет так, будто металл не был подвергнут его воздействию. Следовательно, взаимодействие между металлом и ингибитором, с которым связано замедление коррозии, процесс обратимый. Это обстоятельство очень важно. О нем надо всегда помнить и не допускать условий, при которых ингибитор может исчезнуть с поверхности металла.

Существует два типа ингибиторов атмосферной коррозии: летучие и контактные. Летучие способны самопроизвольно попадать на поверхность металла и защищать ее от коррозии. Защитное действие контактных ингибиторов проявляется лишь при искусственном нанесении их на поверхность металла. В состав летучих ингибиторов, в отличие от контактных, наряду с группами, тормозящими развитие коррозионного процесса, вводятся такие группы, которые придают веществу необходимую летучесть.

Метод защиты летучими ингибиторами очень прост и заключается в том, что их вносят в упаковочное пространство, в котором находятся изделия. Ингибиторы испаряются в обычных условиях и насыщают пространство своими парами, которые адсорбируются на поверхности металла, переводя его в пассивное состояние.

Исследования смещений стационарного потенциала во времени (косвенно характеризующих процесс адсорбции) двух железных электродов, находящихся в парах летучего ингибитора, свидетельствуют о том, что и в случае насыщения ингибитором поверхности до нанесения на нее пленки электролита и в случае насыщения ингибитором через пленку электролита посредством диффузии про-

исходит адсорбция ингибитора поверхностью металла. В первом случае, однако, смещение потенциала достигает 200, во втором лишь 50–60 мВ (рис.1). Следовательно, адсорбция ингибитора на сухую поверхность металла из газовой фазы облегчена по сравнению с адсорбцией его через пленку электролита. Таким образом, для надежного перевода металла в пассивное состояние при применении летучих ингибиторов необходимо создавать такие условия, при которых поступление ингибитора на поверхность металла произойдет прежде, чем на нем сконденсируется пленка влаги.

Смещение потенциала зависит и от времени воздействия паров ингибитора на металл: чем оно больше, тем больше смещение, тем прочнее адсорбционная связь ингибитора с металлом и устойчивее пассивное состояние металла. Из рассмотрения зависимостей изменения потенциала во времени от продолжительности контакта поверхности электрода с парами летучего ингибитора (рис. 2, 3) видно, что наибольшее положительное значение потенциала и сохранение его неизменным во времени достигается лишь при длительном воздействии ингибитора — свыше 42 ч. Значит, перевод металла в пассивное состояние происходит не мгновенно, а в течение некоторого критического времени, обеспечивающего насыщение упаковочного пространства парами ингибитора и их адсорбцию поверхностью металла.

Летучие ингибиторы применяют главным образом путем введения их в упаковочную бумагу, картон, ткань, целлюлозные пленки, джутовые мешки, латексы и другой упаковочный материал. Можно помещать хлопчатобумажные пакеты с сухим порошком на дно тары, на различные части изделия или продувать через него воздух, насыщенный парами ингибитора [4]. Вместе с тем изделие обязательно тщательно упаковывать в малопроницаемый материал. В зависимости от упаковочного материала срок защиты от коррозии одним и тем же ингибитором может изменяться в 10–30 раз.

В табл. 1 и 2 представлены результаты испытаний универсальных летучих ингибиторов в морской атмосфере (теплоход, курсирующий в южных широтах в течение шести месяцев). Из приведенных данных видно, что в тех случаях, когда не обеспечено предотвращение утечки ингибитора из упаковочного пространства (парафинированная бумага), через короткое время наблюдается коррозионное разрушение металлов.

Летучие ингибиторы целесообразно применять для защиты изделий сложной конфигурации, имеющих труднодоступные полости, узкие щели и зазо-

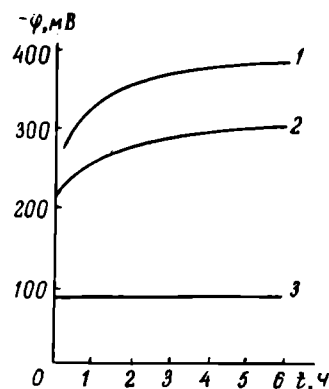


Рис. 1. Изменение во времени стационарного потенциала Ст 3 под пленкой  $0,01\text{N Na}_2\text{SO}_4$  толщиной 160 мкм: 1 — поверхность металла не подвергалась воздействию ингибитора; 2 — поверхность металла насыщалась ингибитором через пленку электролита; 3 — поверхность металла насыщалась ингибитором до нанесения на него пленки электролита

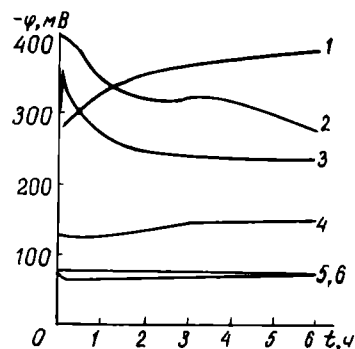


Рис. 2. Изменение стационарного потенциала Ст 3 под пленкой  $0,01\text{N Na}_2\text{SO}_4$  в зависимости от длительности предварительной выдержки металла в атмосфере летучего ингибитора: 1 — без выдержки ; 2–6 — выдержка в течение 1, 17, 24, 42, 72 ч соответственно

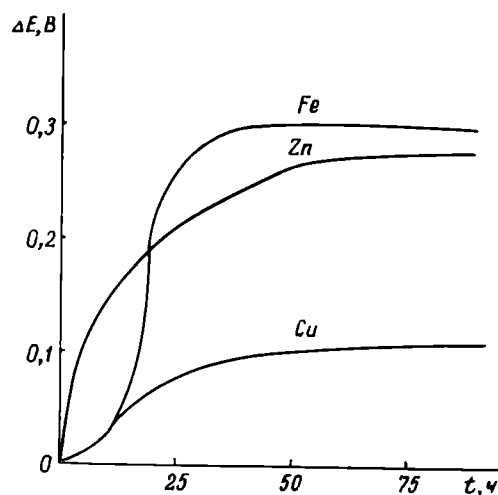


Рис. 3. Влияние времени предварительного контакта металлов с парами ингибитора ИФХАН-1 на потенциал металлов под пленкой электролита (30 мг/л хлорида натрия + 70 мг/л сульфата натрия) толщиной 150 мкм

Таблица 1

Защитная способность ингибиторов Г-2 и Г-4 в условиях тропического морского климата

Ингибитор	Барьерный материал	Условия испытаний	Защитная способность по отношению к различным металлам, %							
			Железо	Медь	Латунь	Цинк	Кадмий	Магний	Алюминий	Олово
Мета-нитробензоат гексаметилен-имина (Г-2)	Парафинированная бумага + битуминированная бумага	На палубе	70	50	60	45	65	60	50	100
		В трюме	90	70	70	50	75	70	100	100
3,5-динитробензоат гексаметилен-имина (Г-4)	Парафинированная бумага + битуминированная бумага	На палубе	100	100	100	100	100	90	100	100
		В трюме	100	100	100	100	100	95	100	100
3,5-динитробензоат гексаметилен-имина (Г-4)	Полиэтиленовый чехол (0,2 мм)	На палубе	60	90	70	50	85	65	80	100
		В трюме	100	100	100	100	100	100	100	100
3,5-динитробензоат гексаметилен-имина (Г-4)	Полиэтиленовый чехол (0,2 мм)	На палубе	100	100	100	100	100	90	100	100
		В трюме	100	100	100	100	100	100	100	100

Таблица 2

Защитная способность ингибиторов класса ИФХАН в промышленной и морской атмосферах

Ингибитор	Барьерный материал	Атмосфера, в которой проводились испытания	Защитная способность ингибиторов при различном времени испытаний, %			
			1 год	2 года	3 года	6 лет
ИФХАН-1	Парафинированная бумага	Промышленная	80	70	70	—
	Полиэтиленовый чехол	Промышленная Морская	100	—	100	100 90
ИФХАН-5	Парафинированная бумага	Промышленная	90	80	80	—
	Полиэтиленовый чехол	Промышленная Морская	100	100	100	— —

ры. Расконсервация изделия достигается путем снятия упаковочного материала и удаления носителя ингибитора (бумаги или мешочка). Если ингибитор нанесен в виде порошка, то удалить его с поверхности можно, оставив изделие на некоторое время открытым.

Изделия простой конфигурации, не имеющие щелей и зазоров, а также запасные части, на поверхность которых нанести ингибитор не представляет труда, выгоднее защищать контактными ингибиторами. Они наносятся из растворов, после чего изделие упаковывают в бумагу для предотвращения механического удаления ингибитора с поверхности металла.

Для защиты черных металлов наиболее часто применяют приведенные ниже ингибиторы.

**Водные растворы нитрита натрия** в присутствии кислых компонентов воздуха, например паров  $SO_2$  и  $HCl$ , теряют защитные свойства. Недостатком консервации водными растворами нитрита натрия является также то, что в сухое время года его кристаллы могут осыпаться с поверхности изделия, а в условиях повышенной влажности, растворившись в пленке влаги, стечь вместе с водой. Концен-

трация нитрита натрия в пленке влаги может снизиться до 2 г/л и менее, что повлечет за собой возникновение очагов коррозии.

**Вязкие растворы нитрита натрия** лишены недостатков водных растворов. Введение веществ, повышающих вязкость, обеспечивает нахождение ингибитора на поверхности металла в течение всего срока хранения (имеются данные, свидетельствующие о сохранении коррозионной стойкости изделиями в течение 8–10 лет в различных климатических зонах). Повышенная вязкость раствора создает дополнительное торможение электрохимических реакций, образуя более надежную защиту по сравнению с водными растворами.

**Нитрит дициклогексиламина (НДА)** применяется так, чтобы расстояние от носителя ингибитора до защищаемой поверхности не превышало 20–30 см. В случаях, когда первоначально возможно появление на изделиях коррозии, целесообразно к НДА добавить другой ингибитор, обладающий большей упругостью паров, например карбонат циклогексиламина.

**Смеси на основе нитрита натрия** весьма дешевы, готовить их довольно просто, а компоненты вполне доступны. Наиболее эффективна нитритуротропиновая смесь. Однако общим недостатком подобных смесей является относительно короткий срок защиты.

**Карбонат циклогексиламина (КЦА)** обладает высокой летучестью, его можно располагать от поверхности изделий на расстоянии до 75 см. Однако срок защиты при его использовании невелик. Весьма эффективно сочетание НДА с КЦА. Большая летучесть последнего обеспечивает защиту металла в начальный период его хранения; малая летучесть НДА, а также наличие в нем весьма эффективной защитной группы ( $NO_2$ ) повышает надежность хранения изделия в течение длительного времени.

Карбонат моноэтаноламина обладает большой летучестью, поэтому быстро испаряется. Учитывая, что он очень дешев, его целесообразно использовать для защиты изделий при коротких сроках хранения.

Однако все перечисленные ингибиторы не защищают цветные металлы.

За последнее время получены летучие ингибиторы, защищающие как черные, так и цветные металлы. К ним относятся нитробензоаты аминов (НБА), хромат циклогексиламина и некоторые другие (табл.3). Они применяются главным образом в виде ингибированной бумаги для консервации сложной аппаратуры, защита которой не может быть осуществлена другими средствами. Причем расстояние от носителя (бумаги) до поверхности металла не должно превышать 15–20 см. Согласно проведенным исследованиям, эти ингибиторы не изменяют специфических свойств радиотехнических и электронных приборов.

Таблица 3  
Ингибиторы для защиты черных и цветных металлов

Ингибитор	Способы применения	Защищаемый металл	Примерный срок защиты	Области применения
Мета-нитробензоат гексаметиленмина (П-2) 3,5 – динитробензоат гексаметиленмина (П-4) 3,5 – динитробензоат пиперидина	1. Упаковка изделий в бумагу, пропитанную ингибитором (содержание ингибитора в бумаге от 1,5 до 15 г/м <sup>2</sup> ) 2. Нанесение ингибитора на поверхность металла из спиртового раствора (1,5–3,0 г/м <sup>2</sup> )	Все черные и цветные металлы, за исключением магния нефторированного и неспасивированного	Свыше пяти лет	Изделия машиностроительной, радиотехнической, приборостроительной и других отраслей промышленности
Бензотриазол	1. Нанесение ингибитора на поверхность металла из 0,15–1,0% -ных растворов (водных или в органических растворителях) 2. Упаковка изделий в бумагу, пропитанную ингибитором (содержание ингибитора в бумаге – 2% от ее массы)	Медь и медные сплавы	Свыше трех лет	Изделия и узлы из указанного металла
Хромат циклогексиламина (ХЦА)	1. Упаковка изделий в бумагу, пропитанную ингибитором (содержание ингибитора в бумаге 18–20 г/м <sup>2</sup> ) 2. Нанесение ингибитора на поверхность металла в виде порошка (10–12 г/м <sup>2</sup> )	Сталь, медь и медные сплавы	До двух лет	Изделия и узлы машиностроительной промышленности
Бензоат натрия	Упаковка изделий в бумагу, пропитанную ингибитором (содержание ингибитора в бумаге 25–30 г/м <sup>2</sup> )	Сталь, цинк, алюминий, никель, хром, олово	До двух лет	Изделия машиностроительной промышленности, запасные части
ИФХАН-1	1. Упаковка изделий в бумагу, пропитанную ингибитором (содержание ингибитора в бумаге 3–7 г/м <sup>2</sup> ) 2. Упаковка изделий в полиэтиленовый чехол или в другой малопроницаемый для пара и влаги материал с размещением в них мешочков с ингибитором	Все черные и цветные металлы, в том числе магниевый нефторированный и неоксидированный	Свыше пяти лет	Изделия машиностроительной, радиотехнической, приборостроительной и других отраслей промышленности

ПРИМЕЧАНИЯ: 1. Изделия, упакованные бумагой, пропитанной нитритом натрия, завертываются дополнительно в kraft-оберточную бумагу. Изделия, законсервированные остальными ингибиторами, упаковываются дополнительно в полимерные пленки, оберточную бумагу, металлические контейнеры.  
2. Срок защиты зависит от характера упаковки и условий хранения. В таблице даны сроки для упаковки в полиэтиленовый чехол.  
3. Подробная технология консервации с помощью летучих ингибиторов дана в ГОСТе 13168–67 "Консервация металлических изделий".

Новые универсальные ингибиторы коррозии класса ИФХАН отличаются от ингибиторов класса НБА тем, что наряду с другими металлами защищают магниевые и магниевые сплавы, неоксидированные и нефторированные (рис.4). Высокая летучесть ингибиторов этого класса позволяет помещать их на

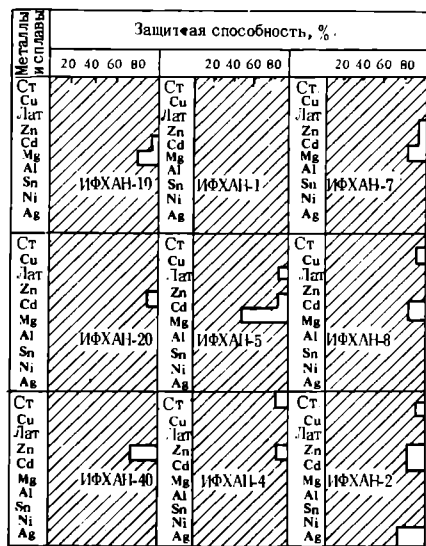
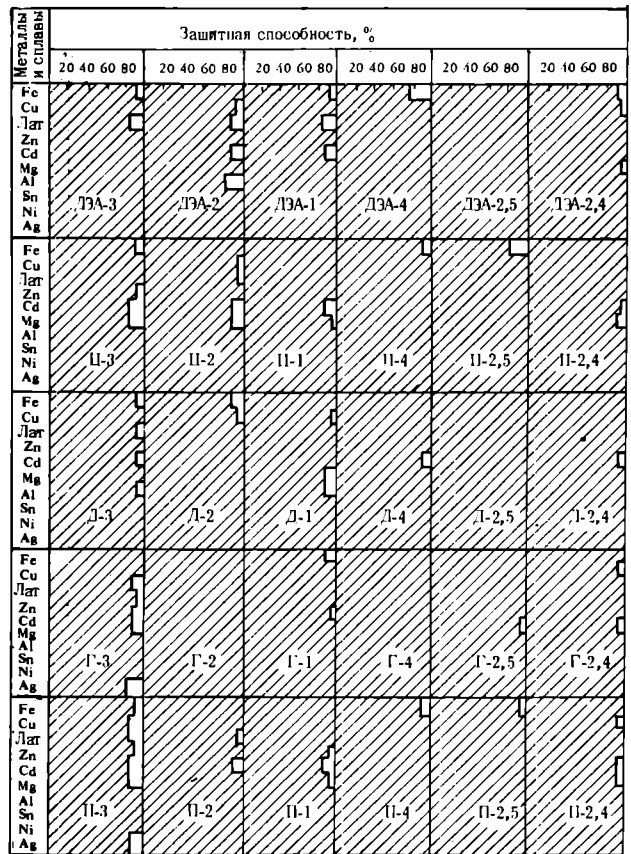


Рис. 4. Защитная способность универсальных летучих ингибиторов классов НБА в течение 10 лет (а) и класса ИФХАН в течение 8 лет (б) в промышленной атмосфере. (Барьерный материал—ингибированная бумага + полиэтиленовый чехол)

расстоянии 100 см и более от защищаемой поверхности. Поэтому ИФХАН пригодны для защиты крупногабаритных и протяженных конструкций. Ингибитором пропитываются неорганические адсорбенты, которые затем в мешочках закладываются в упаковочное пространство или в само изделие.

Таким образом, ингибиторы классов НБА и ИФХАН защищают практически все металлы, применяемые в промышленности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. "Итоги развития науки и техники. Сер. Коррозия и защита от коррозии", 1978, т. 7. (ВИНИТИ).
2. Розенфельд И.Л. Атмосферная коррозия металлов. М., Изд-во АН СССР, 1960.
3. Garland W.F. News packing material. — "Modern Packaging", 1963, N 36.
4. Персианцева В.П. Ингибиторы атмосферной коррозии. Тула, 1974. (ТПИ).

Статья поступила 4 апреля 1978 г.

Т. В. Гериш, Е. А. Ефимов,  
М. Е. Яскевич

## СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ЗОЛОТЫХ ПОКРЫТИЙ ВЫСОКОЙ ЧИСТОТЫ

Использование процесса двухслойного золочения из предложенных электролитов обеспечивает высокую пробность золотого покрытия (99,99%), позволяя снизить его толщину до 2–3 мкм при качественном проведении сборочных операций.

УДК 621.357.74.669.21

Гальваническое золочение широко используется в полупроводниковой промышленности для обеспечения сборочных операций (термокомпресии, получения эвтектического сплава, пайки и т.д.). Минимальная толщина наносимого слоя золота определяется в частности чистотой осаждаемого материала. Поэтому получение золотого покрытия высокой степени чистоты (99,99%) — один из путей сокращения расхода этого драгоценного металла.

Все используемые в настоящее время в промышленности электролиты золочения (цитратный, цианистый, цитратно-фосфатный, гидразин-фосфатный) в ходе эксплуатации в той или иной степени загрязняются посторонними примесями, и в особенности ионами меди, никеля, кобальта, железа. Эти металлы попадают в электролит в основном в результате растворения элементов подвесок и покрываемых деталей. Соосаждаясь вместе с золотом, они ухудшают чистоту золотого покрытия, повышают его твердость, а тем самым увеличивают толщину покрытия, необходимую для осуществления сборочных операций. В состав покрытия могут включаться также углерод (в основном из дицианоурата калия), водород, кислород, азот.

В связи с этим для получения золотых покрытий высокой степени чистоты ("мягкое" золочение) необходимо соблюдать одновременно по крайней мере два условия:

- использовать электролиты, обеспечивающие получение золотых покрытий максимально возможной чистоты;
- предупреждать загрязнение электролита и накопление в нем при эксплуатации ионов посторонних металлов.

Проведенные исследования показали, что золотые покрытия чистотой 99,99% можно получить, если процесс золочения проводить при pH=6–7 (условие, обеспечивающее наименьшее включение углерода) и использовать для буферирования электролита наряду с цитратами фосфаты. Для этой цели рекомендуется следующий состав электролита, г/л:

Дицианоурат калия (в пересчете на металлическое золото) . . . . .	7–9
Лимоннокислый калий трехзамещенный . . . . .	190
Лимонная кислота . . . . .	10
Фосфат калия двухзамещенный . . . . .	25
Фосфат калия однозамещенный . . . . .	10

Удельный вес электролита 1,14–1,20 г/л.

#### Рекомендуемый режим работы

Температура, °С . . . . .	65–70
Катодная плотность тока, А/дм <sup>2</sup> . . . . .	0,3–0,6
Скорость перемешивания, см/с . . . . .	10–20
Скорость осаждения при максимальной катодной плотности тока, мкм/мин . . . . .	0,3

Осадки, получаемые из данного электролита, мелкозернистые, при толщине выше 3 мкм практически беспористые. Качество покрытия не ухудшается до толщины 20 мкм. Удельное электрическое сопротивление такого покрытия составляет 2,9–3,1·10<sup>-6</sup> Ом.см, переходное сопротивление при нагрузке 100 г — 0,3 мОм, что свидетельствует о высокой чистоте осаждаемого золота. Микротвердость, измеренная на приборе ПМТ-3 по методу Виккерса при толщине осадка 10 мкм и нагрузке



алмазной пирамиды 5 г составляла 65–70 кгс/мм<sup>2</sup>. Предложенный электролит по сравнению с основным промышленным электролитом – цитратным – характеризуется более высокой катодной поляризацией. Рассеивающая способность, измеренная в ячейке Харинга-Блюма при расстояниях от анода до ближайшего и дальнего катодов соответственно 1 и 5 см, составляет 84% при  $D_K = 0,3$  А/дм<sup>2</sup> и 89% при  $D_K = 0,6$  А/дм<sup>2</sup>. Улучшение рассеивающей способности с ростом плотности тока связано с уменьшением выхода по току. Так, при  $D_K = 0,3$  А/дм<sup>2</sup> выход по току составляет 97%, а при  $D_K = 0,6$  А/дм<sup>2</sup> – 85–89%. Внешне выделение водорода практически незаметно. Однако анализ его содержания в покрытии, проведенный методом вакуумной экстракции при нагреве до 350°C, свидетельствует о его присутствии в осадке в количестве 0,031 см<sup>3</sup> на 1 г осажденного золота.

Предотвращение попадания металлических загрязнений в цитратно-фосфатный электролит мягкого золочения обеспечивается проведением процесса нанесения покрытия в два этапа из разных по составу электролитов.

Перед основным золочением из цитратно-фосфатного электролита, в процессе которого осаждается покрытие необходимой толщины (2–3 мкм), целесообразно на покрываемую деталь нанести тонкое золотое покрытие (~0,02–0,03 мкм) из ванны предварительного золочения. Это подслоное золочение препятствует растворению материала покрываемой детали и защищает электролит основной ванны от загрязнений. Его можно проводить из электролита с более низким, чем при нанесении основного покрытия, содержанием золота, г/л:

Дицианоаурат калия (в пересчете на металлическое золото) . . . . .	1
Лимонная кислота . . . . .	3,5
Лимоннокислый калий трехзамещенный . . . . .	64
Кобальт лимоннокислый трехзамещенный . . . . .	0,3

Удельный вес электролита 1,037–1,040 г/л.

#### Режим предварительного золочения

pH . . . . .	6,2–7,0
Катодная плотность тока, А/дм <sup>2</sup> . . . . .	0,6–0,8
Температура, °С . . . . .	18–25
Продолжительность электролиза, с . . . . .	20–25

Введение в электролит ионов кобальта обеспечивает повышенную твердость подслоного золота, что улучшает проведение сборочных операций.

Предложенные электролиты подслоного и основного золочения просты в корректировке, стабильны в процессе эксплуатации.

Статья поступила 30 января 1979 г.

Т. В. Гериш, Е. А. Ефимов

## НЕПОСРЕДСТВЕННОЕ МЕДНЕНИЕ КОВАРОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Предлагаемый цитратно-фосфатный электролит позволяет осаждать медь непосредственно на ковар, имеет более высокую по сравнению с пирофосфатным электролитом рассеивающую способность и дает возможность получать мелкозернистые, беспористые покрытия с хорошей адгезией к основе.

УДК 621.357.74:669.3

Для защиты металлов от коррозии широко используются гальванические покрытия с медным подслоем. Осаждение меди на ковар обычно осуществляется из цианистых и пирофосфатных электролитов [1]. Однако цианистые электролиты сильно токсичны, а пирофосфатные обладают недостаточно высокой рассеивающей способностью и не всегда обеспечивают хорошую адгезию меди к подложке.

Непосредственное меднение ковара возможно из электролита, содержащего сернокислую медь, лимоннокислый калий, одно- и двухзамещенные фосфаты калия. Анион лимонной кислоты играет роль лиганда, наличие фосфатов поддерживает постоянство pH электролита. Оптимальный состав электролита, г/л:  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  – от 60 до 100;  $\text{K}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$  – от 140 до 150;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  – 10;  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  – 25 (pH=5,8–6,2).

При комнатной температуре катодная плотность тока  $D_K = 0,3–0,5$  А/дм<sup>2</sup>, при перемешивании и нагревании электролита до 50°C она может быть увеличена до 0,8–1 А/дм<sup>2</sup>.

Медное покрытие, полученное при использовании такого электролита, мелкозернисто, имеет прочное сцепление с коваровой подложкой. При многократном изгибе медной пластинки под углом 90° отслаивания покрытия не наблюдалось. Вместе с тем при снижении концентрации медного купороса ниже 60 г/л, а лимоннокислого калия ниже 120 г/л покрытие становилось некачественным.

Исследования пористости методом наложения фильтровальной бумаги, смоченной раствором железосинеродистого калия и хлористого натрия [2], показали, что покрытия толщиной 1 мкм и

выше беспористы, а при толщинах 0,2–0,5 мкм имеют 2–3 поры на 1 см<sup>2</sup>.

Катодный выход по току составляет 100% при  $D_K = 0,2$  А/дм<sup>2</sup> и 98% при  $D_K = 0,5$  А/дм<sup>2</sup>.

Медный анод в цитратно-фосфатном электролите не пассивируется. При анодной плотности тока 0,3–1,0 А/дм<sup>2</sup> он растворяется с выходом по току 95–100%.

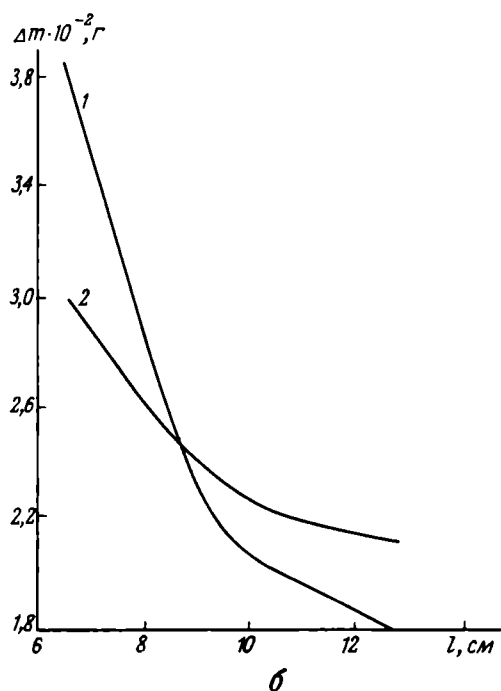
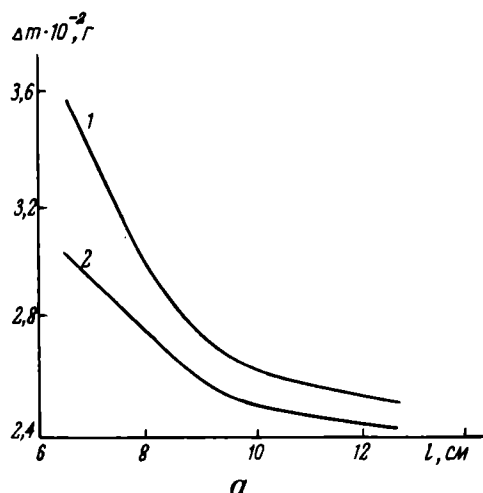
Оценка рассеивающей способности получаемых медных покрытий на основании данных о привесе катодов  $\Delta m$  в зависимости от их расстояния до анода ( $l$ ) свидетельствует о том, что цитратно-фосфатный электролит меднения обладает более высокой рассеивающей способностью, чем пирофосфат-

ный электролит, применяемый для осаждения меди на сталь и ковар (см. рисунок). Кроме того, цитратно-фосфатный электролит характеризуется довольно высокой катодной поляризацией, которая возрастает с увеличением концентрации лимоннокислого калия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лайнер В.И. Защитные покрытия металлов. М., "Металлургия", 1974.
2. Каданер Л.И. Справочник по гальваностегии. Киев, "Техника", 1976.

Статья поступила 30 января 1979 г.



Рассеивающая способность пирофосфатного электролита (1) и цитратно-фосфатного электролита (2) при катодной плотности тока 0,3 А/дм<sup>2</sup> (а) и 0,5 А/дм<sup>2</sup> (б)

Н.К. Анурова, Г.Н. Дубинин,  
Б.Г. Королев, А.В. Рощупкин

## ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ И КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ МАГНИТОВ

Алитирование и хромоалитирование магнитных сплавов типа ЮДНК позволяет не только исключить из технологического процесса изготовления магнитов окончательную шлифовку, но и значительно повысить их коррозионную стойкость.

УДК 621.318.2

Литые сплавы типа ЮДНК широко применяют - ся при изготовлении постоянных магнитов, являющихся одними из основных элементов магнитных систем, в разнообразных промышленных устройствах, приборах и оборудовании. Эти сплавы обладают высокими магнитными характеристиками, однако имеют существенный недостаток - низкую технологичность: окончательное шлифование магнитов после закалки и отпуска, проводимое для удаления дефектного слоя, образующегося в результате такой обработки, приводит к увеличению потерь от брака из-за сколов, выкрашиваний и трещин.

В целях устранения этого недостатка и увеличения выхода годной продукции предложено перед

термической обработкой магнитов подвергать их диффузионному насыщению алюминием и хромом. Такая обработка, обеспечивая надежную защиту поверхности шлифованных магнитов от высокотемпературного окисления, не только позволяет исключить процесс трудоемкого и малопродуктивного окончательного шлифования, но и делает возможным проведение, в случае необходимости, повторной термомагнитной обработки [1]. Кроме того, в результате диффузионного насыщения значительно повышается коррозионная стойкость магнитов.

Диффузионное насыщение образцов проводилось в смеси (%)  $50 \text{ FeAl} + 49 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 1 \text{ NH}_4\text{Cl}$  (алитирование) или  $20 \text{ FeAl} + 25 \text{ Cr} + 51 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 4 \text{ NH}_4\text{Cl}$  (хромоалитирование) при температурах  $900\text{--}1050^\circ\text{C}$  в течение  $2\text{--}8$  ч.

Результаты исследования фазового состава, концентрации алюминия и хрома и толщины диффузионного слоя до и после термической обработки сплава ЮНДК24, прошедшего алитирование и хромоалитирование, приведены в табл. 1.

В процессе выбора оптимальных режимов насыщения, обеспечивающих требуемые магнитные свойства, была установлена взаимосвязь между толщиной диффузионного слоя и линейными параметрами магнита. Как показали исследования, толщина покрытия, достаточно надежно защищающего поверхность от окисления в процессе термообработки, должна составлять не более  $\frac{0,01 b h}{b + h}$  (для магнитов прямоугольного сечения) и не более  $0,01 R$  (для магнитов круглого сечения). Причем, с увеличением размера сечения магнита влияние диффузионного слоя на магнитные свойства уменьшается.

Анализ зависимостей магнитных свойств от толщины диффузионного слоя показывает (табл. 2), что с увеличением толщины слоя больше допустимого предела ( $50$  мкм) наблюдается некоторое ухудшение магнитных свойств. При этом один и тот же режим насыщения при алитировании и хромоалитировании может оказывать различное действие на магнитные свойства. Особенно это заметно при исследовании магнитов небольшого сечения (до  $15\text{--}20$  мм<sup>2</sup>).

Высокое содержание алюминия ( $18,8\text{--}23,6\%$ ) на поверхности магнита после диффузионного насыщения и термической обработки позволяет проводить повторную термомагнитную обработку. На образцах, толщина диффузионного слоя которых составляла не менее  $15\text{--}20$  мкм (при хромоалитировании) и  $25\text{--}30$  мкм (при алитировании), сохраняется исходный класс шероховатости поверхности.

Исследования коррозионной стойкости алитированных и хромоалитированных магнитов (испы-

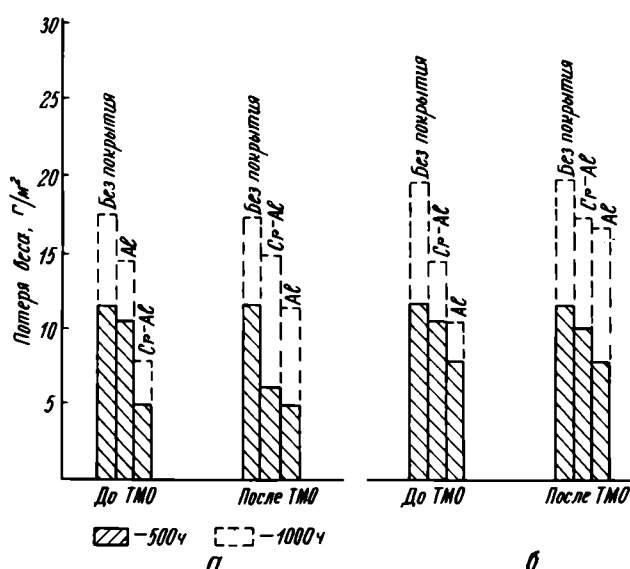
тания проводились в течение 10 суток в атмосфере с влажностью  $95\%$  и в средах, рекомендованных в работе [2], в течение  $500$  и  $1000$  ч) показали,

Таблица 1

Вид и режим диффузионного насыщения	До термической обработки				После термической обработки			
	Фазовый состав	Al, %	Cr, %	Толщина слоя, мкм	Фазовый состав	Al, %	Cr, %	Толщина слоя, мкм
Алитирование $1000^\circ\text{C}$ , 6 ч	FeAl, $\alpha$	42,5	—	37	Al, O, FeAl, $\alpha$	18,8	—	180
Хромоалитирование $1000^\circ\text{C}$ , 6 ч	FeAl, $\alpha$	30,0	13,5	15	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , FeAl, $\alpha$	23,6	1,0	80

Таблица 2

Вид и режим насыщения	Толщина диффузионного слоя, мкм	Магнитные свойства			Класс шероховатости поверхности
		$H_c$ , кА/м	$B_r$ , Т	$BH_{\text{макс}}$ , Т·кА/м	
Алитирование $900^\circ\text{C}$ , 4 ч	22	53,4	1,25	44,0	6–7
Алитирование $1000^\circ\text{C}$ , 6 ч	67	52,5	1,25	38,6	7
Алитирование $1050^\circ\text{C}$ , 8 ч	120	51,2	1,22	34,4	7
Хромоалитирование $900^\circ\text{C}$ , 4 ч	16	54,4	1,26	42,4	6–7
Хромоалитирование $1000^\circ\text{C}$ , 6 ч	40	53,6	1,26	41,6	7
Хромоалитирование $1050^\circ\text{C}$ , 8 ч	100	51,2	1,22	36,0	7
Без насыщения после термомагнитной обработки и шлифования	—	53,6	1,25	41,6	7–8



Коррозионная стойкость сплавов типа ЮНДК, алитированных и хромоалитированных при температуре  $1000^\circ\text{C}$  в течение  $6$  ч, до и после термомагнитной обработки (ТМО), оцененная весовым методом после испытаний в растворах  $0,1 \text{ N NaCl} + 0,1 \text{ N Na}_2\text{SO}_4$  (а) и  $4\% \text{ NaCl}$  (б)

что сплав ЮНК24 после диффузионного насыщения имеет более высокую (в 1,5–2 раза) коррозионную стойкость по сравнению с изготовленным по обычной технологии (см. рисунок). Такое повышение коррозионной стойкости объясняется образованием на поверхности сплава плотной пленки окисла  $Al_2O_3$ . Большая коррозионная стойкость алитированного сплава по сравнению с хромоалитированным, по-видимому, связана с большей концентрацией алюминия на поверхности.

Практика внедрения диффузионных процессов в производство показала, что для всех сплавов типа ЮНК (ЮНК15, ЮНК24Т2, ЮНК25БА) изменение свойств и закономерности насыщения имеют общий характер.

Таким образом, диффузионное алитирование после термической обработки обеспечивает более надежную защиту от влияния климатических условий, чем диффузионное хромоалитирование. Однако, учитывая, что хромоалитирование, обуславливая меньшую толщину диффузионного слоя при одинаковых режимах насыщения, оказывает меньшее влияние на магнитные свойства, конкретный режим диффузионного насыщения следует выбирать в соответствии с техническими условиями эксплуатации магнитов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Дубинин Г. И., Рошупкин А. В., Королев Б. Г., Одесский Э. Я. Применение жаростойких покрытий при изготовлении постоянных магнитов из сплавов типа ЮНК. — "Электронная техника. Сер. Материалы", 1978, вып. 8.
- Томашов Н. Д. Теория коррозии и защиты металлов. М., Из-во АН СССР, 1959.

Статья поступила 13 марта 1979 г.

Ю. Н. Юркова

## АММИКАТНЫЙ ЭЛЕКТРОЛИТ ЦИНКОВАНИЯ

Применение разработанного электролита дает возможность быстро получать на деталях и изделиях блестящие покрытия, обладающие высокой коррозионной стойкостью.

УДК 621.357.74.035.4:669.5

Для получения блестящего защитно-декоративного покрытия на стальных деталях опробован и внедрен в производство слабокислый аммикатный

электролит цинкования. Этот электролит отличается хорошей кроющей способностью, высокими катодным выходом по току (до 98%) и проводимостью и позволяет получать зеркально-блестящие цинковые покрытия, хорошо поддающиеся пассивированию. Блеск покрытий достигается введением в аммикатный электролит цинкования стабильных блескообразующих добавок (ликонд). Их количество можно изменять в значительных пределах без существенного ухудшения качества цинковых покрытий.

Высокая электропроводность электролита имеет существенное значение при нанесении покрытия на мелкие детали в колоколах и барабанах, так как дает возможность проводить процесс при больших плотностях тока, используя источники тока с напряжением 6В.

Цинковые покрытия, получаемые из этого электролита, не уступают по коррозионной стойкости цинковым осадкам, полученным из других электролитов.

Предлагаются следующие составы аммикатного электролита для покрытия деталей в различных условиях:

	На подвесках в стационарных ваннах	В барабанах и колоколах
Цинк хлористый, г/л	100 (±10%)	50 ± 5
Аммоний хлористый, г/л	200 (±10%)	180 ± 10
Ликонда ZnSR, мл/л		
А	50 ± 5	50 ± 5
В	5–6	5–15
С	для корректировки	

#### Режим работы

рН	4,7–5,5
Катодная плотность тока, А/дм <sup>2</sup>	0,6–5
Температура электролита, °С	15–25
Напряжение постоянного тока, В	
для подвесок	2–5
для барабанов	4–12

Корректировка величины рН осуществляется водным аммиаком или соляной кислотой. Скорость осаждения цинка при плотности тока 2 А/дм<sup>2</sup> составляет для подвесок 0,5, для барабанов 0,15–0,20 мкм/мин и увеличивается при непрерывной фильтрации электролита, а также при движении деталей в нем.

После нанесения цинкового покрытия из аммикатного электролита необходима хорошая промывка деталей, так как этот электролит содержит в больших количествах анионы  $Cl^-$ , которые могут вызвать коррозию цинкового покрытия в условиях влажного воздуха. Кроме того, перед пассивированием рекомендуется освет-

лять цинковые покрытия в растворе азотной кислоты с целью удаления солевых осадков и пленок.

Для пассивирования успешно применяются растворы "Ликонда-22" ("Ликонда-22А" — 4 г/л; "Ликонда-22В" — 0,1 г/л; азотная кислота — 5–6 мл/л) и "Ликонда ZnSR" ("Ликонда ZnSR -А" — 70–80 г/л; "Ликонда ZnSR -В" — 0,9–1,1 г/л, серная кислота — 2 мл/л). В первом случае рН не контролируется, во втором составляет 1,6–2,2. Пассивируют покрытия при температуре 15–30°C в течение 20–40 с при использовании подвесок и 30 с — барабанов. Вид блестящей цинковой поверхности после пассивирования остается без изменений или приобретает слегка синеватый оттенок. Получаемые пленки стойки на истирание.

Как показали коррозионные испытания, осадки, полученные из указанного электролита, по коррозионной стойкости не уступают цинковым осадкам, полученным из других электролитов.

Статья поступила 17 апреля 1978 г.

## ЭП СООБЩЕНИЯ ЭП

Ю. Н. Николаев, И. А. Стременов, В. Н. Шутилин

### ПЛПЗ ПОЛУАВТОМАТ ЛОМКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СКРАЙБИРОВАННЫХ ПЛАСТИН НА КРИСТАЛЛЫ

УДК 621.382.002.2



Техническая характеристика

Производительность, пластин/ч	60
Максимальный диаметр пластины, мм	75
Максимальное усилие прижима, кгс	150
Толщина адгезивных пленок, мм	0,25
Диаметр адгезивных пленок, мм	150
Время автоматического цикла разламывания пластины в одном направлении, с	10
Скорость прокатки, мм/с	10–20
Напряжение питания, В	220 (+10%)
Питание пневмосети	от магистрали сжатого воздуха с избыточным давлением $(2-4) \cdot 10^5$ Па
Габариты, мм	1000x740x1085

В полуавтомате используется принцип ломки полупроводниковых скрайбированных пластин путем их прокатки между двумя вращающимися цилиндрическими валиками, обладающими различной жесткостью. Верхний валик имеет эластичное покрытие, а нижний — жесткий.

Пластины, скрайбированная поверхность которых защищается полиэтиленовой пленкой, разламывают с сохранением ориентации кристаллов, укрепленных на поливинилхлоридных пленках-носителях. Ориентация пластины относительно образующих валиков осуществляется оператором с помощью микроскопа.

Полуавтомат оснащен механизмом нагружения валиков, допускающим изменение величины нагрузки. Возможно разламывание пластин на кристаллы квадратной и прямоугольной формы толщиной  $t = 0,2-0,5$  мм с размером сторон кристалла  $l = 1-5$  мм при величине соотношения между длинной и короткой сторонами кристалла 5:1. Хорошее качество разламывания обеспечивается при показателе ломкости  $(l/t)^2 = 9$ . Поэтому при использовании данного устройства в ряде случаев можно отказаться от предварительного утончения пластин с готовыми структурами микросхем.

Загрузка пластин, совмещение перед разламыванием и выгрузка осуществляются оператором, а все остальные операции выполняются автоматически, что способствует повышению выхода годных кристаллов. Режимы ломки выбираются в зависимости от размеров кристаллов и диаметра пластины.

## ЭП РЕКЛАМА

### НОВАЯ КНИГА

#### ИНЖЕНЕРНАЯ ГАЛЬВАНОТЕХНИКА В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Под ред. А. М. Гринберга

М., "Машиностроение", 1977, 512 с., 19000 экз.

Рассмотрены особенности применения гальванотехники в приборостроении. Большое внимание уделено выбору защитных, защитно-декоративных и специальных покрытий для деталей приборов, работающих в различных эксплуатационных условиях. Описана технология процесса металлизации пластмасс.

Обсуждаются вопросы водоиспользования, нормирования работ и материалов в гальваническом производстве, контроля качества покрытий и автоматизации их нанесения.

Приведены данные по осаждению магнитных покрытий тонких магнитных пленок для элементов памяти ЭВМ, а также сведения по изготовлению печатных плат и полых деталей.

# ИЗМЕРЕНИЯ И КОНТРОЛЬНО- ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА



Э.В.Суворов

## МЕТОДЫ РЕНТГЕНОВСКОЙ ТОПОГРАФИИ В ИССЛЕДОВАНИЯХ РЕАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ КРИСТАЛЛОВ

Применение современных средств визуализации рентгеновского изображения с одновременным увеличением мощности источников рентгеновского излучения открывает широкие возможности в использовании методов рентгеновской дифракционной топографии для контроля реальной структуры монокристаллов и изделий из них как в научно-исследовательских учреждениях, так и на производстве.

УДК 548.73

Среди неразрушающих методов исследования реальной структуры кристаллов особое место занимает рентгеновская дифракционная топография. Возможность исследования больших по толщине ( $\sim 1$  мм) и по площади ( $\sim 10^3$  мм<sup>2</sup>) непрозрачных для оптического диапазона длин волн монокристаллов и изделий из них, высокая чувствительность к несовершенствам кристаллической решетки, позволяющая изучать границы блоков, микротрещины, дислокации, доменные границы сегрегации примесей,

обусловили широкое применение методов рентгеновской микроскопии в различных областях науки и техники.

В числе возможностей рентгеновской дифракционной топографии — определение типа и пространственного расположения дислокаций в объеме кристалла по трансмиссионным топограммам, получаемым с двух взаимно перпендикулярных его граней

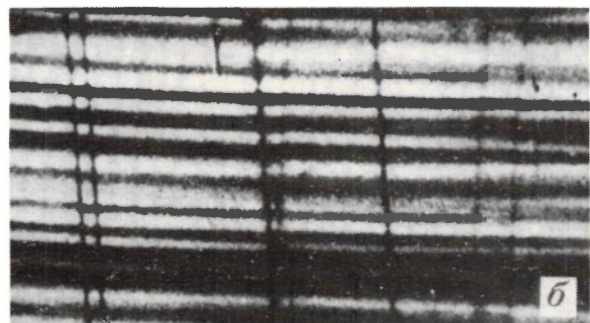
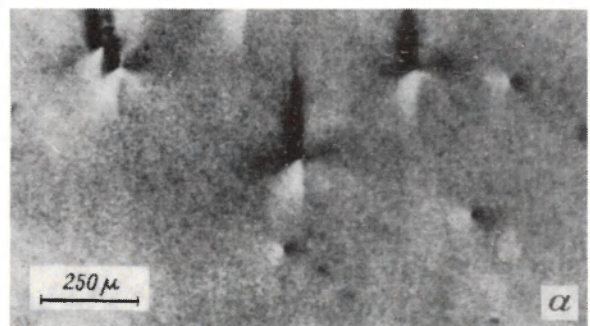


Рис. 1. Рентгеновские топограммы монокристалла кремния, имеющего вид призмы ( $2,5 \times 2,5 \times 25$  мм) с гранями (001), (011), (101), полученные при распространении рентгеновского пучка перпендикулярно (а) и параллельно (б) осям дислокаций. Отражение (022); излучение  $\text{CuK}\alpha$ ; время экспозиции одной топограммы 5 ч





Рис. 2. Топограмма монокристалла кремния с введенными при пластической деформации дислокационными полупетлями. Толщина кристалла 0,5 мм; излучение  $\text{MoK}\alpha$ ; отражение (220); время экспозиции 10 ч

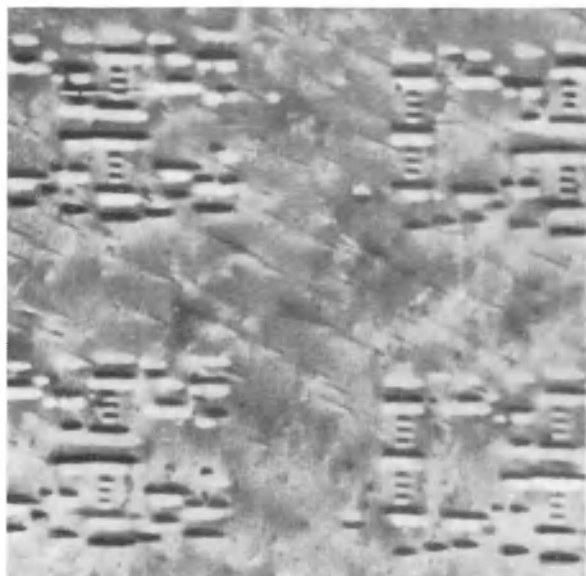


Рис. 3. Рентгеновская дифракционная топограмма фрагмента монокристалла кремния с рисунком интегральной схемы



Рис. 4. Фрагмент топограммы железо-иттриевого граната. Толщина кристалла 180 мкм; излучение  $\text{AgK}\alpha$ , отражение (800); время экспозиции 60 ч

(рис. 1, а, б) [1]. Наряду с дислокациями можно наблюдать и слои роста, обусловленные неоднородным распределением примесей в процессе выращивания кристалла.

Анализ погасаний контраста при отражении от плоскостей разных типов (рис. 2) [2] дает возможность установить тип дислокаций при пластическом изгибе монокристаллических образцов и ориентацию вектора Бюргера.

Методами рентгеновской топографии можно изучать не только монокристаллы, но и изделия из них на различных стадиях технологического процесса. Так, на рентгеновской дифракционной топограмме пластины монокристалла кремния с нанесенным рисунком интегральной схемы (рис. 3) [3] наряду с ростовыми дислокациями (в виде коротких косых линий) можно выявить и микродеформации на границах разных материалов, наблюдаемые в виде контраста на элементах микросхемы.

В последнее время топографические методы стали широко применяться для исследования доменной структуры ферромагнетиков и сегнетозлектриков. На топограмме монокристалла железо-иттриевого граната (рис. 4) [4] хорошо видна магнитная доменная структура и ростовые дефекты в виде включений другой фазы и дислокаций. Анализ аналогичных топограмм позволил выяснить степень и характер влияния упругих полей микронапряжений, связанных с дефектами роста, на характер доменной структуры.

Вместе с тем рентгеновской топографии, как и другим рентгенотопографическим методам, присущ основной недостаток — большое время, необходимое для получения топограмм: в зависимости от метода исследования, параметров аппаратуры и характеристик образца оно может составлять от единиц до сотен часов. Ясно, что использование столь длительных методов исследования в условиях промышленного производства ограничено. Повысить экспрессность методов можно двумя путями — повышением мощности источников рентгеновского излучения или использованием высокочувствительных устройств регистрации изображения и его непосредственной визуализации.

#### Современные источники рентгеновского излучения

В современной технике успешно развиваются два направления, обеспечивающие увеличение мощности рентгеновских источников. С одной стороны, разрабатываются мощные рентгеновские трубки с враща-

ющимися анодами (табл.1) [5, 6], с другой – все более широкое применение в качестве источника рентгеновского излучения находят ускорители заряженных частиц – синхротроны (табл.2) [7].

Применение в рентгеновской топографии таких мощных рентгеновских источников, как, например, RU-1000 с анодным током 1000 мА, сокращает время экспозиции по крайней мере на два порядка. В настоящее время изучаются возможности создания рентгеновских источников излучения с током трубки до нескольких ампер.

Используя синхротроны, можно еще более увеличить плотность потока рентгеновского излучения. Спектр синхротронного излучения непрерывный, длина волны в максимуме спектрального распределения определяется энергией электронов и радиусом

орбиты (рис.5). Синхротронное излучение имеет ряд особенностей, важнейшими из которых являются полная поляризация излучения в плоскости электронной орбиты и очень малая расходимость потока рентгеновских лучей (от долей угловой секунды до нескольких секунд в зависимости от параметров ускорителя). Непрерывность рентгеновского спектра, большое поперечное сечение пучка и малая

Таблица 1  
Некоторые типы мощных рентгеновских аппаратов с вращающимися анодами

Тип прибора	Размер фокуса, мм <sup>2</sup>	Ток трубки, мА	Напряжение на трубке, кВ
RU-200P (Ригаку, Япония)	0,05×10	200	60
	0,5×1		
	0,01×1 0,1×0,1	10	60
RU-500 (Ригаку, Япония)	0,05×10	500	60
	0,5×1		
	0,015×2 0,15×0,2	45	60
RU-1000 (Ригаку, Япония)	0,1×10	1000	60
	1×1		
	0,015×2 0,15×0,2	65	60
GX-21 (Marconi Elliot, Англия)	0,5×10	300	60
	0,1×1,0	40	60
АРТВА-5 (СССР)	0,5×5,0 0,3×3,0	200	50
АРТВА-2 (СССР)	0,2×2 0,1×1	80	60

Таблица 2

Синхротроны, используемые в рентгеновской топографии

Тип прибора	Энергия, ГэВ	Радиус орбиты, м	Максимальный ток, мА	Длина волны в максимуме спектрального распределения, нм	Расстояние до экспериментальной установки, м
DESY (Гамбург, ФРГ)	7,5	31,7	45	0,017	40
NINA (Даресбург, ФРГ)	5	20	25	0,038	47
SPEAR (Стенфорд, США)	2,7	12,7	200	0,15	14
D. S. I. (Орсэй, Франция)	1,8	4	500	0,16	14–24
DORIS (Гамбург, ФРГ)	3,5–1,75	12,4	20–6000	0,068–0,55	40

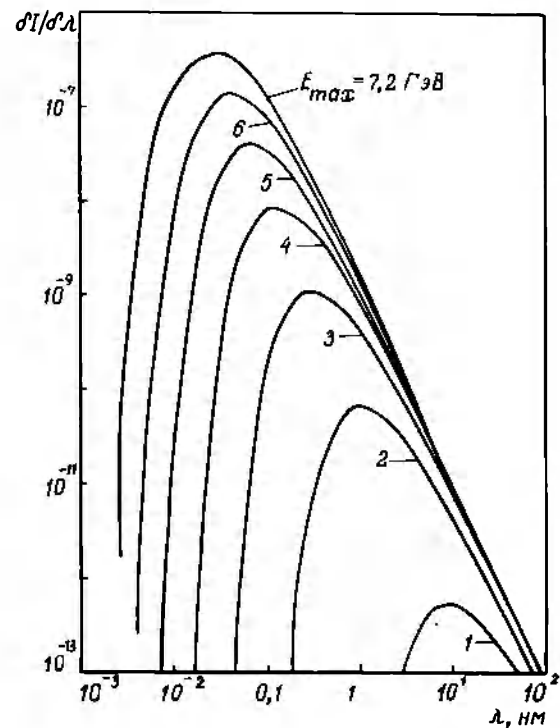


Рис. 5. Спектр излучения синхротрона DESY

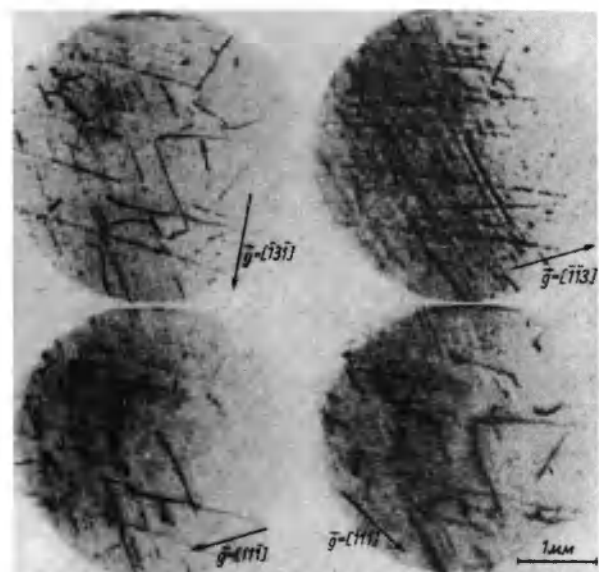


Рис. 6. Фрагменты синхротронограммы монокрystalла кремния. Толщина кристалла 0,35 мм; энергия синхротрона 7,2 ГэВ; ток в кольце 7 мА; время экспозиции 40 с



его расходимость позволяют проводить на синхротроне уникальные исследования динамического рассеяния рентгеновских лучей на кристаллической решетке, в частности получать своеобразные лауэграммы, каждое пятно которых является топограммой кристалла [7, 8]. Таким образом можно получить целый набор топограмм, соответствующих различным длинам волн, отраженным от плоскостей с различными индексами [9]. На синхротронограмме (рис. 6) видны дислокации роста. Одновременно наблюдается более 15 сильных отражений. Время экспозиции составляет 40 с, в то время как для получения одной такой топограммы на рентгеновском аппарате (40 кВ, 15 мА) необходимо около 30 ч. Анализ топограмм, полученных с помощью синхротрона, позволяет достаточно полно описать реальную структуру кристалла.

В том случае, когда требуется получение определенного спектрального состава излучения, необходимо использовать монохроматоры (тип монохроматора определяется конкретной задачей исследования). Однако даже в этом случае интенсивность синхротронного излучения почти на два-три порядка выше, чем для самых мощных известных трубок с вращающимся анодом. В то же время следует иметь в виду, что использование синхротрона целесообразно лишь при постановке уникальных экспериментов, проведение которых на обычных рентгеновских аппаратах затруднительно.

### Системы визуализации рентгеновского изображения

Для непосредственного наблюдения рентгеновского изображения в настоящее время используются рентген-электронные и рентген-электронно-оптические преобразователи (РЭОП) изображения, позволяющие существенно усиливать его яркость, а также различного рода рентгено-телевизионные системы, имеющие значительно более высокое по сравнению с РЭОП разрешение. В табл. 3 приведены основные характеристики различных систем визуализации, используемых в рентгеновской топографии [10–16, 19]. Анализ данных таблицы показывает, что применение усилителей яркости изображения с большими коэффициентами усиления позволяет использовать рентгеновские аппараты со средней мощностью (~1 кВт). Однако при этом разрешение не превышает 70–100 мкм. Существенно улучшить разрешение (до 15–25 мкм) удастся на специальных телевизионных системах, но при этом необходимо увеличить и мощность рентгеновских источников

(примерно до 10 кВт). Исключение составляет система со сканирующей рентгеновской трубкой, где благодаря использованию высокоэффективного сцинтилляционного детектора удается получить яркое изображение при очень малой мощности рентгеновской трубки. Рассмотрим более подробно системы, получившие наиболее широкое применение.

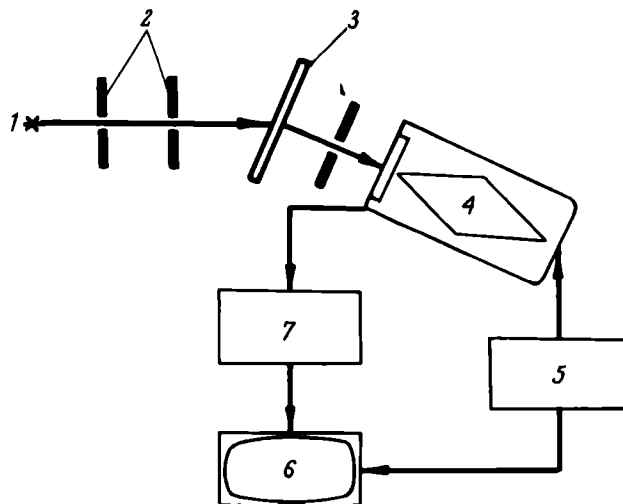


Рис. 7. Блок-схема рентгеновской телевизионной системы для непосредственного наблюдения топограмм: 1 - источник рентгеновского излучения; 2 - коллимационная система; 3 - образец; 4 - рентгено-чувствительный видикон; 5 - система управления телевизионным каналом; 6 - монитор; 7 - устройство формирования топограммы

Таблица 3

Основные характеристики различных систем визуализации изображения, используемых в рентгеновской топографии

Тип системы визуализации рентгеновского изображения	Коэффициент усиления изображения	Разрешение, мкм	Мощность источника рентгеновских лучей, кВт
Видикон; флуоресцентный экран, 3-каскадный усилитель изображения (ЭОП) [10]	$6 \cdot 10^4$	800–1800	2
Иконоскоп; флуоресцентный экран, 1-каскадный усилитель изображения (ЭОП) [11]	$5 \cdot 10^3$	20–300	0,72
Видикон; флуоресцентный экран, 4-каскадный усилитель изображения [12]	$5 \cdot 10^4$	100	0,8
Ортикон; флуоресцентный экран [13]	$2 \cdot 10^4$	100	0,675
Канальный усилитель [14]		50	0,5
Рентгеновский видикон с мишенью из Si [15]	200	25	—
Рентгеновский видикон с мишенью из PbO [16]	150	25	30
Сканирующая рентгеновская трубка прострельного типа, сцинтилляционный детектор [19]	1	40	0,02

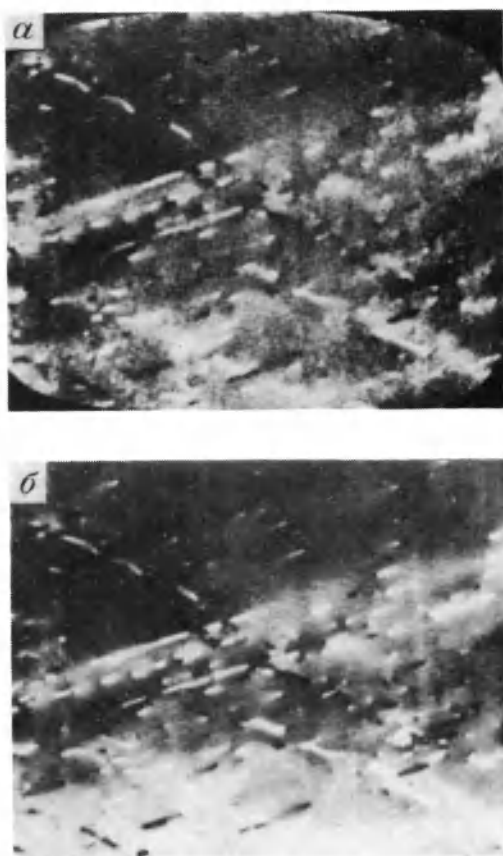


Рис. 8. Рентгеновские топограммы монокристалла кремния, полученные с экрана телевизионного монитора (а) и обычным способом на фотопластинке (б). Излучение  $\text{MoK}\alpha$ ; отражение (220); толщина кристалла 0,5 мм. Источник рентгеновского излучения —  $\text{Ru-500}$ . Время накопления изображения на мониторе 9 с

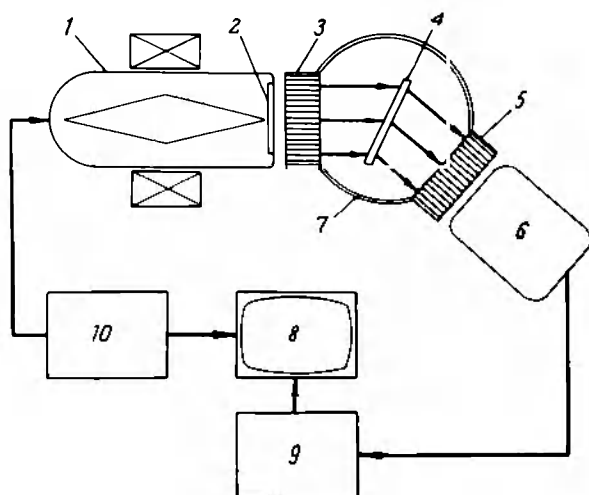


Рис. 9. Блок-схема установки для наблюдения рентгеновских топограмм с рентгеновской сканирующей трубкой: 1 — рентгеновская трубка; 2 — мишень-анод; 3, 5 — микроканальные коллиматоры; 4 — образец; 6 — сцинтилляционный детектор; 7 — гониометр; 8 — монитор; 9 — система формирования изображения рентгеновской топограммы; 10 — блок управления рентгеновской трубкой и монитором

Использование рентгенотелевизионной системы на базе рентгеновского видикона с мишенью из  $\text{PbO}$  [16–18] (блок-схема этой системы приведена на рис. 7) при наблюдении рентгеновских топограмм по методам Ланга, Бормана, Берга-Барретта дает возможность получить разрешение не хуже 25 мкм, причем для синтеза телевизионного изображения топограммы с размерами 9x13 мм, которое формируется на экране монитора, требуется не более 10 с. Порог чувствительности элемента мишени с размером 25x25 мкм составляет около 8 квантов. С помощью этой системы изучены дислокации роста в монокристаллах кремния (рис. 8), а также движение дислокаций в процессе пластической деформации материала [17].

Телевизионная система с рентгеновской сканирующей трубкой и двумерной матрицей микроканальных коллиматоров, формирующей пучок рентгеновских лучей требуемого диаметра и расходимости (блок-схема установки приведена на рис. 9 [19]) обладает разрешением 40–80 мкм. Изображение кристалла размером 20x20 мм<sup>2</sup> формируется на экране монитора за 100–500 с при мощности источника излучения 20 Вт. Причем, в отличие от рассмотренной выше системы, где топограмма регистрируется последовательно от точки к точке рентгеновским видиконом, в системе со сканирующей рентгеновской трубкой топограмма формируется последовательно по мере перемещения электронного луча по аноду рентгеновской трубки.

#### Количественные методы исследования упругого поля дефектов кристаллической решетки

До недавнего времени методы рентгеновской дифракционной топографии позволяли в основном изучать лишь геометрию расположения, а в некоторых случаях и тип дефектов, без количественной оценки поля упругих деформаций, связанных с дефектами.

В последние годы достигнут значительный прогресс в понимании основных механизмов, формирующих дифракционное изображение дефектов кристаллической решетки [20, 21], что позволило разработать ряд новых рентген-топографических количественных методов упругого поля дефектов. В основе большинства количественных методов лежат интерференционные явления, обусловленные взаимодействием двух типов блоховских волн, возбуждаемых в кристаллической решетке при дифракции

рентгеновских лучей. Возникающая при этом интерференционная картина может наблюдаться в дифрагированных пучках на выходе из кристалла (на рис. 10 приведена типичная интерференционная картина совершенного плоскопараллельного кристалла). Упругие деформации кристаллической решетки приводят к появлению дополнительной разности между блоховскими волнами, описываемыми

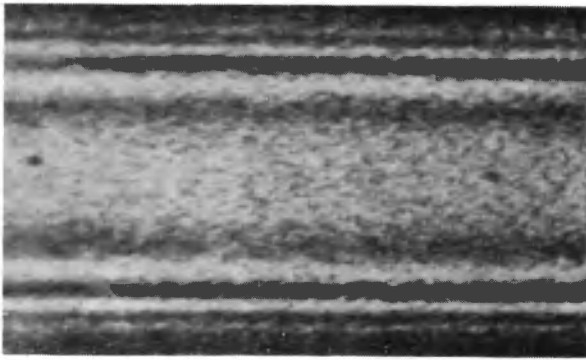


Рис. 10. Секционная топограмма идеального кристалла кремния толщиной 410 мкм. Излучение  $\text{MoK}\alpha$ ; отражение  $(220)$ ; время экспозиции 50 ч на аппарате D4-C (50 кВ, 1 мА) с размером фокуса 30–40 мкм

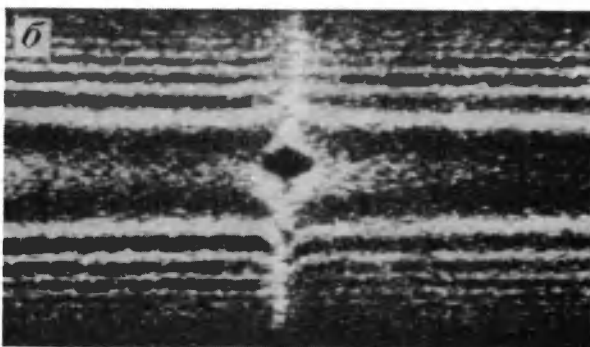
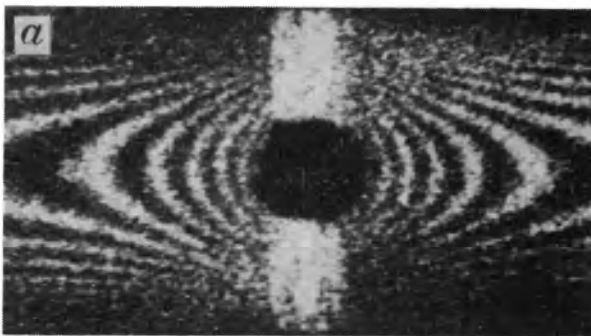


Рис. 11. Секционные топограммы монокристалла кремния с дислокациями: винтовая дислокация с вектором Бюргерса  $1/2 \langle 110 \rangle$  (а); группа из 14 близко расположенных дислокаций с эффективным вектором Бюргерса  $7 \langle 110 \rangle$  (б). Толщина кристалла 500 мкм; отражение  $(220)$ ; излучение  $\text{MoK}\alpha$ ; время экспозиции 60 ч

разными листами дисперсионной поверхности, и, следовательно, к смещению интерференционной картины совершенно так же, как это происходит в обычных двухлучевых интерферометрах. Впервые этот метод был применен для исследования деформаций на краю окисной пленки, нанесенной на поверхность монокристалла кремния [22], и подтвердил основные представления о характере деформаций, которые при этом возникают. Исследования поведения траекторий и фаз блоховских волн в упругом поле дислокаций [23–25] позволили разработать ряд методов определения величины и знака вектора Бюргерса. На рис. 11 приведены секционные топограммы, соответствующие двум значениям величины вектора Бюргерса. В зависимости от особенностей секционной топограммы и величины дифракционной мощности дислокаций  $(\vec{g}\vec{b})$  могут быть использованы различные способы анализа. В случае, если на топограмме есть несколько дополнительных интерференционных полос (см. рис. 11, а), задача упрощается, так как число этих полос равно  $1/2 (\vec{g}\vec{b})$ . Когда дополнительных полос нет, необходимо измерить смещение интерференционной полосы и по соответствующим формулам [25] определить величину вектора Бюргерса (см. рис. 11, б).

Возможны и другие более сложные методы анализа, основанные на исследовании формы экстинкционных полос.

В последнее время появился ряд работ, в которых описаны новые интерференционные явления, например динамическая дифракционная фокусировка рентгеновских лучей, эффект резонансного подавления ультразвуком аномального прохождения рентгеновских лучей и другие, открывающие широкие возможности в создании уникальных рентгенооптических систем и рентгеновских методов исследования реальной структуры кристаллов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Данильчук Л.Н., Никитенко В.И. Прямые наблюдения винтовых дислокаций, перпендикулярных поверхности монокристалла кремния. — "Физика твердого тела", 1967, т. 9, № 7.
2. Ерофеев В.Н., Никитенко В.И., Половинкина В.И., Суворов Э.В. Исследование особенностей рентгенодифракционного контраста и геометрии дислокационных полупетель в кремнии. — "Кристаллография", 1971, т. 16, № 1.
3. Marconi Elliott Avionics. The Bristol Lang topography camera. [Проспект фирмы, 1977].
4. Генделев С.Ш., Дедух Л.М., Никитенко В.И., Половинкина В.И., Суворов Э.В. Связь доменной структуры монокристаллов ИЖГ с несовершенствами их строения. — "Известия АН СССР. Сер. Физическая", 1971, т. 35, № 6.
5. Ригаку дэнки. Rotaflex series. [Проспект фирмы, 1975].
6. Marconi Elliott Avionics. GX-21 rotating anode X-ray diffraction generator. [Проспект фирмы, 1977].

7. Sauvage M. Topography with synchrotron radiation. Collected lect. Internat. summer school on X-ray dynamical theory and topography. Limoges (France), 1975.

8. Роуф Э., Уивер Дж. Использование синхронного излучения. — УФН, 1978, т. 126, № 2.

9. Tuomi T., Naukkarinen, Rabe P. Use of synchrotron radiation in X-ray diffraction topography. — "Phys. Stat. Sol. (a)", 1974, vol. 25, N 1.

10. Reifsnider K., Green Jr. Image intensifier systems for dynamic X-ray diffraction studies. — "Rev. Sci. Instr.", 1968, vol. 39, N 11.

11. Meieran E.S., Landra J.K., Hara S.O. Direct video imaging of X-ray topography. — "Appl. Phys. Lett.", 1969, vol. 14, N 12.

12. Lang A.R., Reifsnider K. Rapid X-ray diffraction topography using a high-gain image intensifier. — "Appl. Phys. Lett.", 1969, vol. 15, N 8.

13. Hashizume H., Kohra K., Yamaguchi, Kinoshita K. Application of an image orthicon camera tube to X-ray diffraction topography utilizing the double-crystal arrangement. — "Appl. Phys. Lett.", 1971, vol. 18, N 6.

14. Parpia, Tanner B.K. Display of X-ray topographic images using a channel plate. — "Phys. Stat. Sol. (a)", 1971, vol. 6, N 3.

15. Chester A.N., Koch F.B. Instantaneous display of X-ray diffraction using a diode array camera tube. — "Advances of X-ray analysis", 1969, vol. 12.

16. Chikawa J., Fujimoto I. X-ray diffraction topography with a vidicon television image system. — "Appl. Phys. Lett.", 1968, vol. 13, N 11.

17. Chikawa J., Fujimoto I., Abe T. X-ray topographic observation of moving dislocations in silicon crystals. — "Appl. Phys. Lett.", 1972, vol. 21, N 6.

18. Chikawa J., Fujimoto I., Endo S., Mase S. X-ray television topography for quick inspection of Si crystals. — In: Semiconductor silicon. Ed. Huff H.R., Burgers R.R., 1973, (Electrochemical Society Princeton).

19. Беляев Б.Ф., Глушков Ю.Б., Гушин В.А., Ефанов В.П., Комяк Н.И., Лютцау В.Г. Микроскоп рентгеновский дифракционный "Белур 20". — В кн.: Материалы Всесоюзного совещания "50 лет отечественного приборостроения", Л., 1978. (ЛНПО "Буревестник").

20. Инденбом В.Л., Чуховский Ф.И. Проблема изображения в рентгеновской оптике. — "УФН", 1972, т. 107, № 2.

21. Суворов Э.В., Мухин К.Ю., Половинкина В.И., Эвтин И.Р., Никитенко В.И., Инденбом В.Л. Дислокационный контраст. Материалы IV совещания по динамическим эффектам рассеяния рентгеновских лучей и электронов. Л. 1977. (ФТИ им. А.Ф.Иоффе).

22. Kato N., Patel J.R., Ando Y. X-ray diffraction topography of silicon crystals with superposed oxid film. — "J. Appl. Phys.", 1973, vol. 44, N 3, N 10.

23. Суворов Э.В., Половинкина В.И., Никитенко В.И. Экспериментальное исследование дифракции пространственно неоднородных рентгеновских пучков на совершенных кристаллах. — "ФТТ", 1971, т. 13, № 9.

24. Suvorov E.V., Polovinkina V.I., Nikitenko V.I., Indenbom V.L. Investigation of image formation of straight-line dislocations in the case of extinction contrast. — "Phys. Stat. Sol. (a)", 1974, vol. 26, N 1.

25. Indenbom V.L., Nikitenko V.I., Suvorov E.V., Kaganer V.M. Section topography as single-crystal interferometry. — "Phys. Stat. Sol. (a)", 1978, vol. 46, N 1.

Статья поступила 26 февраля 1979 г.

В.Н. Барышев, С.С. Еловигов,  
В.П. Марин, Ю.В. Меньшенин

## ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ ОЖЕ-СПЕКТРОСКОПИИ В ИССЛЕДОВАНИЯХ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ КАТОДОВ

Повышение содержания оксидов иттрия и алюминия в катоде с последующим покрытием его оксидом иттрия приводит к образованию приповерхностной зоны (на глубине 5–50 нм) с постоянной концентрацией эмиссионно-активного вещества, сохраняющейся при длительной эксплуатации приборов, что позволяет стабилизировать их работу и значительно повысить долговечность.

УДК 543.42

Одним из основных требований, предъявляемых к мощным ЭВП с металлокерамической катодной системой на основе вольфрама, является долговечность.

При работе таких систем в условиях высоких температур и интенсивной электронной бомбардировки происходит снижение эмиссионной способности катодов, уменьшение стабильности параметров приборов и сокращение срока их службы. Поскольку эмиссионные характеристики во многом определяются состоянием поверхности, то для более глубокого понимания принципов работы металлокерамических систем, а также для определения путей совершенствования катодов необходимо знать, какие изменения связаны со структурной перестройкой материала и составом приповерхностной области.

С этой целью исследовалась приповерхностная зона металлокерамических эмиттеров  $W + Y_2O_3 + Al_2O_3$  с различным содержанием эмиссионной составляющей  $Y_2O_3$  в объеме и на поверхности катодов. Использование метода электронной оже-спектроскопии (ЭОС) [1] позволило получить достоверную информацию об элементном составе тончайших поверхностных слоев, а также определить

профили распределения состава образца по глубине при послойном травлении последним ионным пучком инертного газа.

Анализ образцов проводился в сверхвысоковакуумной камере с оже-спектроскопической приставкой. Электронные спектры оже-электронов регистрировались в энергетическом диапазоне от 65 до 525 эВ и снимались непосредственно с эмиттирующей поверхности и в приповерхностной зоне при послойном травлении катода ионами аргона на глубину до 0,05 мкм. (Такое травление исключает искажение результатов, которое может возникнуть вследствие адсорбции углерода и кислорода на поверхности образцов после пребывания их на воздухе). Состояние образцов катодов изучалось после их длительной работы в серийных ЭВП и сравнивалось с образцами, прошедшими только технологическую обработку. В качестве объектов исследования были выбраны металлокерамические катоды трех составов, отличающихся по содержанию окиси иттрия

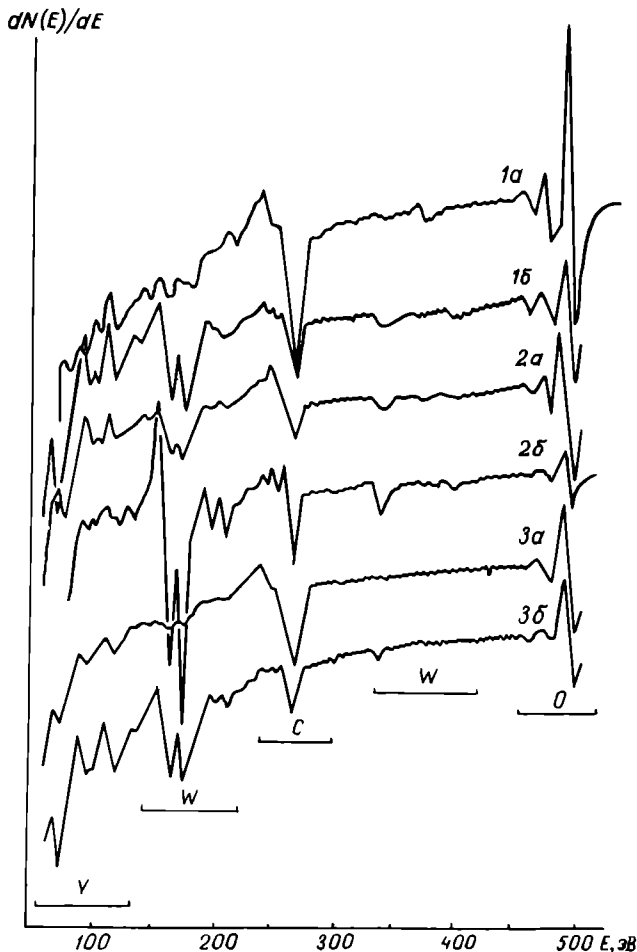


Рис. 1. Спектры оже-электронов, полученные до (а) и после (б) ионного травления катода 1 в спеченном состоянии (1), после работы в течение 850 ч (2) и 1880 ч (3)

и активирующей присадки окиси алюминия: катоды 2 и 3 отличаются от катода 1 повышенным содержанием окисей иттрия и алюминия, а катод 3 к тому же покрыт пленкой окиси иттрия.

Результаты послойного профильного анализа катода 1 (рис. 1) показали, что последовательные оже-электронные спектры, отражающие наличие основных элементов, входящих в состав материала катода, для приповерхностной зоны на глубине 5–50 нм практически не изменяются. Это позволяет судить о постоянстве химического состава катода. Однако в регистрируемом энергетическом диапазоне не обнаружен пик оже-электронов алюминия, но выявлен пик углерода — единственно сопутствующей примеси в металлокерамическом материале.

Как отмечалось выше, эмиссионные свойства рассматриваемых катодов в основном определяются содержанием окиси иттрия — основного поставщика электронов, поэтому о стехиометрическом составе материала можно судить по соотношению пиков Y и O с пиком W. Сопоставление спектров, характеризующих состав приповерхностного объема (спектры 1б, 2б, и 3б), показывает, что после работы катода в течение 850 ч наблюдается anomalous изменение интенсивности пиков оже-электронов основных элементов: соотношение пиков Y и W минимально (0,055), в то время как соотношение величин пиков O и Y максимально (4,62). Приведенные факты говорят о том, что область катода, непосредственно примыкающая к эмиттирующей поверхности, обедняется атомами Y в большей степени, чем атомами O. Согласно результатам работы [2], именно недостаток свободных атомов металла (т.е. иттрия) приводит к снижению эмиссионной способности катодного материала на основе окислов РЗМ.

Интересно отметить, что рентгеноспектральный анализ, локальность которого по глубине составляет 1–2,5 мкм [3], показал пониженное содержание  $Y_2O_3$  на поверхности аналогичных катодов. С другой стороны, из сопоставления пиков оже-электронов Y и W (см. рис. 1) на поверхности и в глубине следует, что эмиттирующая поверхность обогащена иттрием по сравнению с приповерхностной зоной на всех этапах работы катода, в том числе и после 1880 ч эксплуатации.

Более эффективным по своим эмиссионным характеристикам и долговечности работы является катод 2. Повышенное содержание атомов Y на эмиттирующей поверхности наблюдается и для этой серии образцов (рис. 2). Исключение составляет катод, проработавший 2000 ч. Однако характерным является постоянство соотношения пиков оже-электронов O и Y (в пределах  $2,04 \pm 0,01$ ) для глу-

бинных слоев, что коррелирует с результатами рентгеноспектрального анализа. В приповерхностной зоне наблюдается стабильное содержание эмиссионно-активного вещества на протяжении длительной эксплуатации катода и большие запасы окиси иттрия даже после работы свыше 2000 ч. Последний факт говорит о большой потенциальной работоспособности подобного катодного материала.

Исследования спеченного катода 3 показали, что поверхностный слой его достаточно сильно обогащен металлическим иттрием (рис. 3, спектр 1,а). Об этом свидетельствует, во-первых, меньшее по сравнению с предыдущими случаями соотношение  $O$  и  $Y$  (0,44) и, во-вторых, характер пиков оже-электронов  $Y$ , которые в большей степени сходны с пиками оже-электронов металлического иттрия [4]. Избыток адсорбированных на поверхности атомов металлического  $Y$ , по-видимому, связан с процессом спекания катода в атмосфере водорода, когда часть атомов иттрия восстанавливается из его окиси. Характерно, что в

первоначальный период работы прибора эмиссия такого катода была максимальной и определялась повышенной поверхностной концентрацией атомов  $Y$ . Высокая эффективность катода сохранялась в течение длительного времени эксплуатации прибора, что обусловлено стабильностью концентрации иттрия и кислорода в приповерхностной области исследуемых образцов (см. рис. 3, спектры 2а и 2б). Естественно, что на разветвленной поверхности катода после ионного травления присутствуют атомы адсорбированного аргона (см. рис. 3, спектры 1б, 2б).

Анализ полученных данных (см. рис. 1–3) свидетельствует о закономерном уменьшении количества углерода по отношению к иттрию – от катода 1 к катоду 3. Отношения пиков оже-электронов от  $Y$  к  $C$  в среднем соответственно равны ~1,0; 2,3 и 5,0 (эти отношения для исключения влияния углеродных загрязнений, возникающих при экспозиции образцов в атмосфере, вычислялись для слоев, залегающих на глубине). При сопоставлении аналогич-

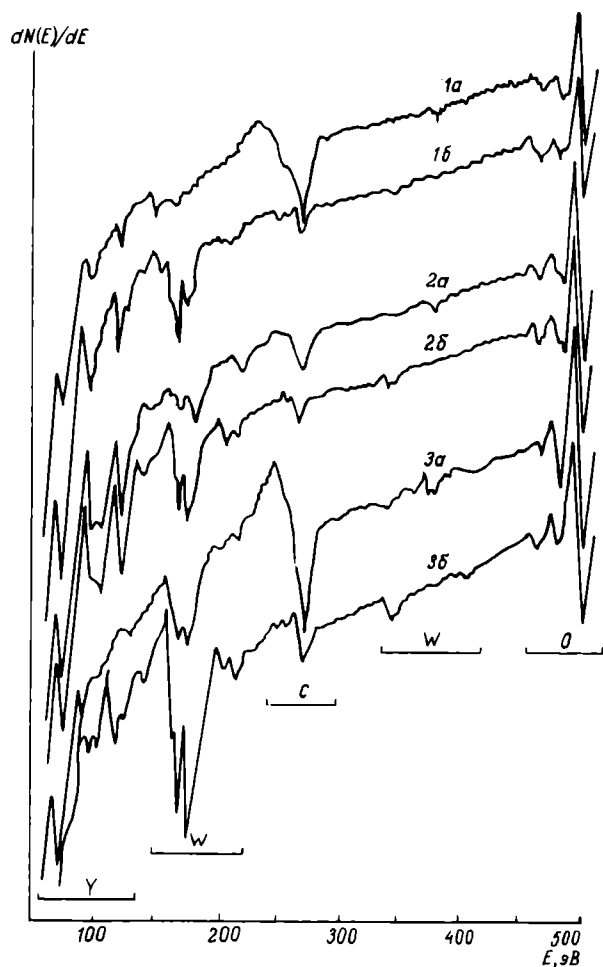


Рис. 2. Спектры оже-электронов, полученные до (а) и после (б) ионного травления катода 2 в спеченном состоянии (1), после работы в течение 820 ч (2) и 2000 ч (3)

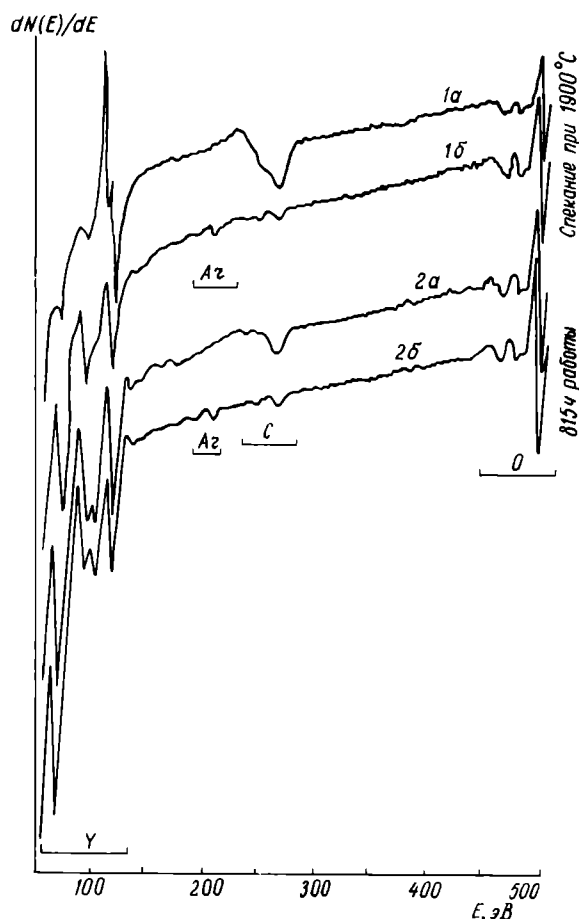


Рис. 3. Спектры оже-электронов, полученные до (а) и после (б) ионного травления катода 3 в спеченном состоянии (1), после работы в течение 815 ч (2)

ных соотношений пиков оже-электронов  $W$  и  $C$  для двух первых типов катодов (2,0 и 2,9 соответственно, рис. 1 и 2) становится очевидным, что одним из источников объемных загрязнений углеродом является его первоначальное присутствие в объеме вольфрама эмиттеров, хотя не исключено наличие следов пластификатора (углеродсодержащего парафина), оставшегося в результате неполного выгорания после спекания металлокерамической массы. Можно предположить, что улучшение эмиссионных характеристик металлокерамических систем по мере увеличения в их составе количества окиси иттрия обусловлено прежде всего снижением количества углерода.

Иногда на катоде в области выхода электромагнитного сигнала наблюдалось образование темных пятен. Исследования спектров оже-электронов этих участков, а также участков на которые подавался электромагнитный сигнал, показали, что они отличаются лишь распределением углерода по глубине в слое толщиной до  $\sim 100$  нм. Сама эмиттирующая поверхность катода незначительно загрязнена углеродом (рис. 4).

Если на участке входа электромагнитного сигнала обогащение углеродом наблюдается в слое на глубине  $\sim 20$  нм от поверхности, то на выходе повышенная концентрация углерода остается постоянной в процессе ионного травления до глубины  $\sim 50$  нм. Иными словами, содержание углерода в целом в приповерхностной области на участке выхода электромагнитного сигнала больше, чем на входе, что может быть связано с увеличением количества электронных столкновений и ускорением диффузионных

процессов из-за дополнительного разогрева при усилении обратной электронной бомбардировки. Более того, изменение окраски указанных участков катода, по-видимому, объясняется образованием карбидов в местах с большим содержанием углерода, о чем свидетельствует смещение пиков оже-электронов углерода в сторону меньших энергий.

Исходя из результатов проведенной работы, можно сделать следующие выводы.

Для рассматриваемого класса катодов присутствие на эмиттирующей поверхности избытка свободных атомов металлического иттрия улучшает эмиссионные характеристики.

Процесс частичной активации металлокерамических катодов, характеризующийся образованием избыточных восстановленных атомов иттрия, происходит в период технологического изготовления катодов при высокотемпературном спекании в остроосушенном водороде, причем вероятность образования таких атомов увеличивается с повышением общего содержания  $Y_2O_3$  в приповерхностной области при варьировании состава катодного материала.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ш у л ь м а н А.Р., Ф р и д р и х о в С.А. Вторично-эмиссионные методы исследования твердого тела. М., Наука, 1977.
2. К у л ь в а р с к а я Б.С. Анализ влияния некоторых факторов на термоэмиссию катодов из окиси редкоземельных элементов (на примере окиси иттрия). — "ЖТФ", 1976, т. 46, вып. 7.
3. Электронно-зондовый микроанализ. М., "Мир", 1974.
4. P a l m b e r g P.W. Handbook of Auger electron spectroscopy. Physical Electronics Industries. Inc. 2-nd ed. Edina, 1976.

Статья поступила 19 января 1979 г.

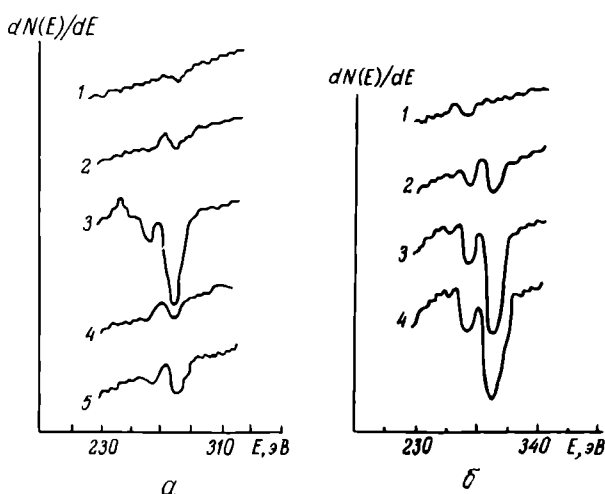


Рис. 4. Спектры оже-электронов углерода на различных участках катода: а — вход электромагнитного сигнала; б — выход электромагнитного сигнала: 1 — до травления ионами аргона; 2, 3, 4 и 5 — после травления в течение 10, 40, 70 и 100 мин соответственно

•ЭП•
РЕКЛАМА

**НОВАЯ КНИГА**

**СТЕКЛОМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОРПУСА  
ДЛЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ  
И ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫХ ПРИБОРОВ**

**Л.В.Кондакова, В.А.Михайлова**

М., "Энергия", 1979, 7 л., 7000 экз.

Рассматриваются вопросы, связанные с применением в электронике ряда новых стекол и других оптических материалов. Приведены способы спаивания стекол с металлами и неметаллическими материалами (сапфиром, кремнием, германием). Описывается технология обработки стекла и сплавов, в том числе использование процессов матирования и химической полировки.

В.Т.Васильев, В.К.Попов,  
В.С.Харитонов

## ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАЛОМОЩНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

Применение в приборах, построенных по единой структурной схеме, измерителя отношения переменных напряжений позволило использовать выходной индикатор без переградуировки шкалы, исключить влияние нестабильности источника сигнала на результаты измерений и тем самым повысить их точность.

УДК 621.317.799:621.382.3

Разработанный комплект включает в себя измерители статического коэффициента передачи тока  $h_{21E}$  и коэффициента передачи тока  $h_{21e}$ , а также измеритель входного сопротивления транзисторов  $h_{11}$ .

### Основные технические характеристики приборов

Пределы измерения	10–30; 30–100;
$h_{21E}$ , $h_{21e}$	100–300; 300–1000
$h_{11}$ , Ом	1–3; 3–10; 10–30; 30–100
Погрешность измерения, %	±5 от верхнего предела
Напряжение коллектора, В	0,3–30
Ток эмиттера, мА	
при измерении $h_{21E}$	2; 3; 5; 10
при измерении $h_{21e}$ , $h_{11}$	0,5–30
Погрешность задания напряжения, %	+1,5 от верхнего предела
Погрешность задания тока, %	
при измерении $h_{21E}$	±2,5
при измерении $h_{21e}$ , $h_{11}$	+1,5 от верхнего предела

Внешний вид измерителя коэффициента передачи тока приведен на рис. 1, структурная схема — на рис. 2.

Измерение коэффициента передачи тока проводится в соответствии с ГОСТом 18604.7–74. Ток эмиттера частотой 10 кГц измеряемого транзистора задается генератором тока. Напряжение  $U_{\text{э}}$ , пропорциональное току эмиттера, с токосъемного резистора  $R_{\text{э}}$  подается в канал числителя измерителя отношения переменных напряжений [1]. На-

пряжение  $U_{\text{с}}$ , пропорциональное току базы транзистора, с токосъемного резистора  $R_{\text{б}}$  поступает на вход усилителя и далее в канал знаменателя измерителя отношения. С выхода измерителя отношения напряжение, пропорциональное отношению напряжений числителя и знаменателя, поступает на выходной прибор — индикатор  $h_{21e}$ .

Коэффициент передачи тока согласно ГОСТу 20003–74 равен

$$h_{21e} + 1 = \frac{U_{\text{э}} R_{\text{б}}}{U_{\text{с}} R_{\text{э}}}$$

При фиксированных значениях токосъемных резисторов в цепях эмиттера и базы измеряемого



Рис. 1. Измеритель коэффициента передачи тока

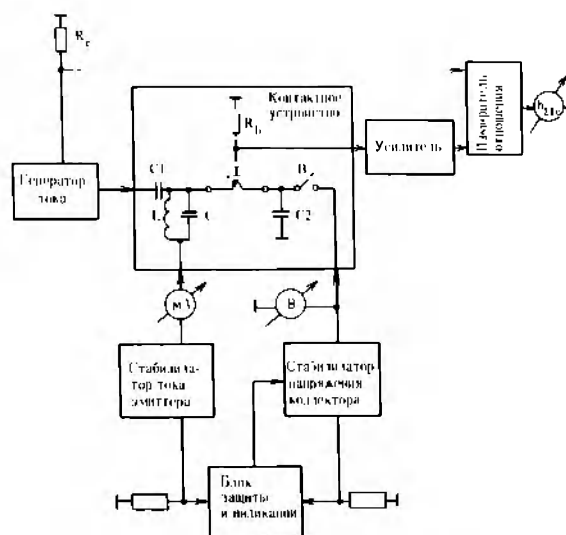


Рис. 2. Структурная схема измерителя коэффициента передачи тока



транзистора коэффициент передачи тока определяется отношением напряжений на этих резисторах. Так как информация о коэффициенте усиления содержится в величине напряжения  $U_6$  на токосъемном сопротивлении в цепи базы, то, как правило, приборы для измерения этого параметра имеют обратную шкалу [2]. Благодаря использованию измерителя отношения с подачей измеряемого сигнала в канал знаменателя отпадает необходимость в переградуировке шкалы отсчетного прибора.

Измеритель статического коэффициента передачи тока отличается от описанного отсутствием генератора переменного тока и наличием импульсного источника тока эмиттера. Для преобразования импульсного напряжения на токосъемных резисторах в цепях базы и эмиттера измеряемого транзистора в пропорциональное ему синусоидальное напряжение используются избирательные каскады, настроенные на первую гармонику импульсного напряжения. В измерителе отсутствует прибор контроля тока эмиттера. Эмиттерный ток задается дискретно, длительность импульсов составляет 10 мс при скважности 10.

Переключение пределов измерения в измерителях коэффициента передачи тока осуществляется изменением токосъемных резисторов в цепи базы измеряемого транзистора. В режиме калибровки с  $R_3$  и  $R_6$  в каналы числителя и знаменателя измерителя отношения подаются одинаковые напряжения. При этом прибор калибруется на конец шкалы.

Измерение статического коэффициента передачи тока транзистора проводится в соответствии с ГОСТом 18604.2-73, входного сопротивления транзистора — с ГОСТом 18604.10-76.

Измеритель входного сопротивления отличается от измерителя коэффициента передачи тока схемой включения транзистора. В этом приборе база измеряемого транзистора заземляется. Входное сопротивление определяется путем измерения падения напряжения на переходе эмиттер-база транзистора. При этом напряжение с токосъемного резистора в цепи эмиттера транзистора, пропорциональное току эмиттера, подается в канал знаменателя измерителя отношения, а напряжение на переходе эмиттер-база транзистора после усиления — в канал числителя измерителя отношения.

Переключение пределов измерения осуществляется аттенуатором усилителя. При калибровке прибора вместо перехода эмиттер-база транзистора включается калибровочный резистор величиной 100 Ом и по этому значению калибруется выходной индикатор.

Режим короткого замыкания в коллекторной цепи измеряемого транзистора при измерении всех параметров осуществляется заземлением коллектора по переменному току через конденсатор  $C_2$  (рис. 2). Постоянный ток эмиттера подается через индуктивность  $L$  параллельного контура  $LC$ , настроенного на частоту измерения 10 кГц. Этим обеспечивается развязка по переменному току стабилизатора тока эмиттера от генератора тока. По постоянному току генератор тока развязан со стабилизатором тока эмиттера конденсатором  $C_1$ . Напряжение на коллектор измеряемого транзистора подается через микровыключатель В, который замыкается при закрывании крышки контактного устройства. В приборах имеется также блок защиты измеряемого транзистора при его неправильном включении. С помощью этого же блока контролируется наличие коллекторного тока транзистора. Использование конструктивных емкостей в контактных устройствах, тщательное экранирование отсеков позволило устранить возбуждение транзисторов при их контроле. Блок защиты и индикации, стабилизаторы напряжения коллектора и постоянного тока эмиттера, используемые в приборах, аналогичны примененным в измерителях высокочастотных параметров транзисторов [3].

Контактные устройства являются сменными узлами и разработаны для нескольких типов корпусов транзисторов. В настоящее время имеется четыре модификации контактных устройств, в том числе для транзисторов ГТ330, ГТ362, КТ383, КТ306 и др.

Построение приборов по единой структурной схеме упростило их настройку и поверку, улучшило ремонтпригодность. Эксплуатация измерителей на ряде предприятий при серийном выпуске транзисторов показала их высокую надежность и эффективность.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев В.Т., Попов В.К., Сафронов А.А., Харитонов В.С. Измеритель отношения переменных напряжений. — ПТЭ, 1978, № 1.
2. Транзисторы. Параметры, методы измерений и испытаний. М., "Сов.радио", 1968.
3. Васильев В.Т., Попов В.К., Харитонов В.С. Комплект приборов для измерения высокочастотных параметров ВЧ и СВЧ транзисторов. — "Электронная пром-сть", 1976, вып. 4.

Статья поступила 9 ноября 1978 г.

С. С. Анцыферов, Н. Д. Куртев,  
А. В. Смирнов

## ТЕХНОЛОГИЧНЫЙ СПОСОБ ПОСТРОЕНИЯ ТЕПЛОВИЗИОННЫХ СИСТЕМ

Предлагаемый способ построения тепловизионных систем позволяет получать изображения высокого качества, снижает требования к технологии изготовления приемной камеры тепловизора, предоставляет возможность использовать для воспроизведения теплопортрета стандартную цветную и черно-белую телевизионную аппаратуру и осуществлять хранение информации и выдачу ее на ЭВМ.

УДК 615.47:621.398

В связи с широким внедрением тепловидения в самые различные сферы науки и техники становится все более актуальной проблема создания промышленных серийных образцов тепловизионных систем. При ее решении необходимо, наряду с достижением высоких технических и эксплуатационных параметров системы, обеспечить ее простоту, технологичность изготовления и низкую стоимость.

Как известно [1–3], в большинстве устройств, предназначенных для анализа низкотемпературных полей, используется принцип оптико-механического сканирования. Для удовлетворения указанных выше требований желательно использовать невысокую скорость сканирования, однако специфика восприятия изображений человеческим глазом требует, чтобы скорость сканирования была не менее 16–20 кадров/с, что существенно усложняет технологию изготовления такой аппаратуры. Это противоречие можно устранить, включив в состав тепловизионной системы преобразователь, который превращает тепловизионный сигнал в стандартный телевизионный. Структурная схема такого преобразователя представлена на рис. 1.

При преобразовании тепловизионного сигнала в телевизионный стандарт информация, поступающая из тепловизора через устройство сопряжения, записывается в ЗУ со скоростью, соответствующей скорости развертки сканирующей системы тепловизора, а считывание осуществляется со скоростью, соответствующей стандартной скорости телевизион-

ной развертки. Синхронизация ЗУ при считывании информации выполняется устройством управления, в состав которого входит генератор импульсов телевизионного стандарта. В преобразователе предусмотрена также возможность хранения изображения выбранного кадра в течение длительного времени.

Наличие такого прибора в составе тепловизионной системы позволяет не только воспроизводить тепловизионную информацию на экране стандартной телевизионной аппаратуры с частотой кадров 50 Гц, но и выполнять преобразование тепловизионного изображения в условное цветное. Необходимость в цветном представлении сигнала вызвана тем, что в процессе анализа оператору часто приходится сравнивать яркости различных участков изображения, имеющего малый контраст (единицы процента). Используемый метод цветового кодирования основан на представлении всего диапазона возможных значений видеосигнала в виде уровней. Каждому уровню соответствует свой цвет (всего 8 цветов), образуемый комбинацией включенных и закрытых прожекторов кинескопа. Структурная схема устройства цветовой кодировки показана на рис. 2.

В зависимости от предъявляемых требований в состав тепловизионной системы помимо тепловизора и преобразователя тепловизионного сигнала в телевизионный стандарт могут включаться черно-белое ВКУ или блок цветности, или и то и другое вместе.

Входящий в состав разработанной тепловизионной системы для медицинской диагностики (рис. 3,4) среднескоростной тепловизор АТП-12М [2,4] с числом строк 250 формирует кадр изобра-



Рис. 1. Структурная схема преобразователя тепловизионного сигнала в телевизионный стандарт



Рис. 2. Структурная схема устройства цветовой кодировки

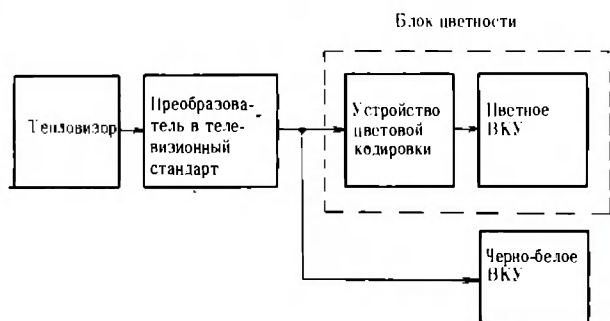


Рис. 3. Структурная схема тепловизионной системы

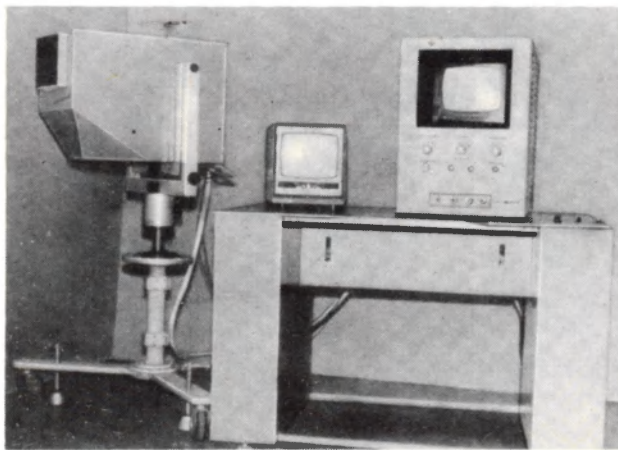


Рис. 4. Общий вид тепловизионной системы

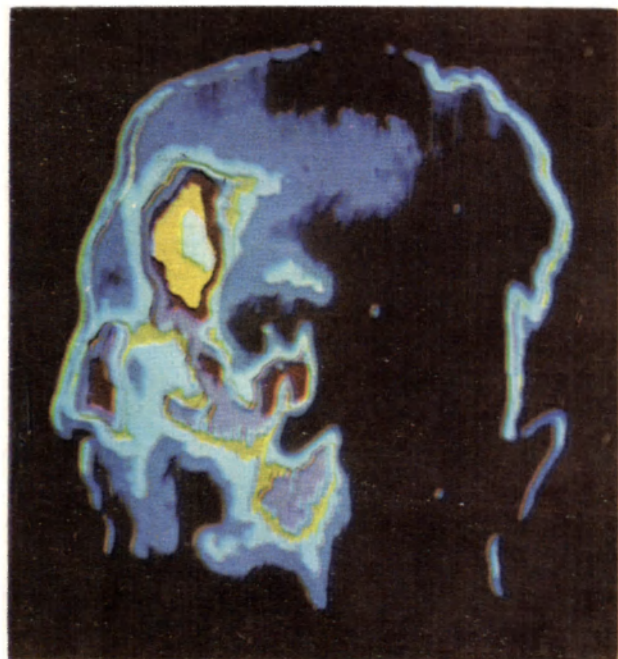


Рис. 5. Фотография лица человека с экрана цветного ВКУ



Рис. 6. Фотография руки человека с экрана цветного ВКУ

жения за 5 с и характеризуется малыми геометрическими искажениями, высокой равномерностью температурного и пространственного разрешения в пределах всего поля зрения.

Изображения (рис.5,6), полученные с использованием разработанного тепловизионного устройства, отличаются высоким качеством, теплопортрет нагляден и удобен для восприятия. Предлагаемый способ построения тепловизионной системы позволяет снизить требования к технологии изготовления приемной камеры тепловизора, дает возможность использовать для воспроизведения теплопортрета стандартную телевизионную аппаратуру и одновременно наблюдать его на нескольких экранах, а также осуществлять хранение информации и выдачу ее на ЭВМ для дальнейшей обработки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мирошников М.М. Теоретические основы оптико-электронных приборов. Л., "Машиностроение", 1977.
2. Куртев Н.Д. Тепловизионная аппаратура и некоторые задачи ее совершенствования. — "Тепловидение", 1976, вып. 1, (МИРЭА).
3. Ллойд Дж. Системы тепловидения. М. "Мир", 1978.
4. Анализатор тепловых полей АТП-12М. Проспект, 1978. (ВЛНХ).

Статья поступила 8 января 1979 г.

# ОБМЕН ОПЫТОМ



А. В. Аствацатуров, В. В. Бербасов,  
П. И. Демченко, Е. Р. Тушкин

## ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОСТЕРЕОПРОЕКТОРА ПРИ СБОРКЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Использование при сборке ИС микростереопроектора вместо микроскопа позволяет снизить зрительное и общее утомление оператора, повысить качество и производительность труда.

УДК 621.3.049.77.002.72:621.365.833.2

В технологическом процессе производства интегральных схем выполнение целого ряда сборочных операций (посадки кристаллов ИС, разварки выводов и др.) возможно только при стереоскопическом наблюдении объектов. Для этих целей широко применяются биологические стереоскопические микроскопы типа МБС-1, однако работа с ними вызывает значительное зрительное и общее утомление оператора [1]. Одним из способов его уменьшения является вывод изображения микрообъекта на просветный экран.

Современные серийно выпускаемые микропроекторы дают только плоское изображение рассматриваемого микрообъекта на экране, что ограничивает область их применения, например, не позволяет использовать их на самых массовых и трудоемких (требующих зрительного напряжения) сборочных операциях ИС.

Разработанный микростереопроектор (МСП) дает возможность получить на экране объемное изображение микрообъектов (рис.1). Он выполнен в виде насадки к серийному микроскопу МБС-1 с использованием всех оптических компонентов этого микроскопа (за исключением осветителя, который не обеспечивает достаточной яркости изображения на экране).

Оптическая схема МПС приведена на рис.2. Объект освещается двумя источниками света. Парал-

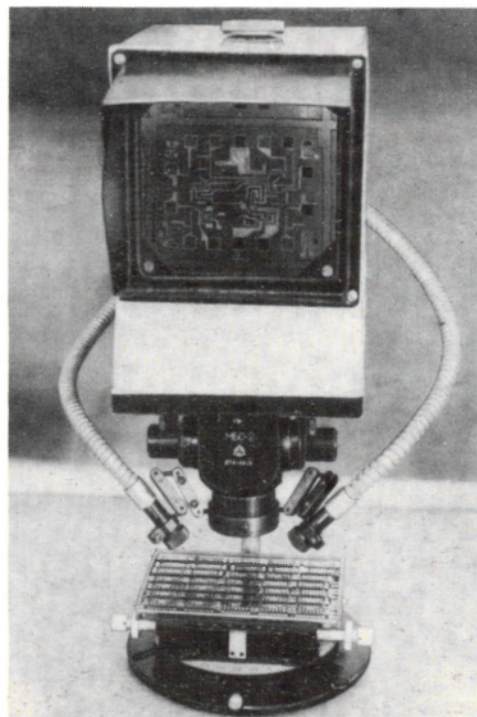


Рис. 1. Микростереопроектор



тельно установленные галилеевы системы, перед которыми расположен общий основной объектив и тубусные объективы, через призмы Шмидта (11 и 12) строят в плоскостях два отдельных промежуточных изображения объекта. Призма 12 осуществляет поворот правого и левого изображений на  $180^\circ$  для того, чтобы правое изображение попадало в правый глаз наблюдателя, смотрящего на экран, а левое — в левый, и изменяет ход лучей на  $45^\circ$ . Призма 11 компенсирует поворот каждого изображения, происходящий в призме 12, изменяет ход лучей еще на  $45^\circ$  и совмещает оптические оси каждой из ветвей на расстояние, достаточное для размещения проекционных окуляров. Окуляры и зеркала 7 и 8 проектируют промежуточные изображения объекта в плоскости экрана ( $130 \times 130$  мм), состоящего из двух коллективных линз и установленного вплотную к линзовому растру, изготовленному фотомеханическим способом и имеющему шаг элементов 0,22 мм (при большей величине шага на экране появляется заметная сетка элементов).

Использование линзового раstra в качестве светорассеивающей структуры обеспечивает по сравнению с матовым экраном повышенную яркость изображения в пределах всей зоны обзора, а также высокое качество изображения по разрешающей способности и глубине резкости (рис.3). Значения фокусных расстояний элементов раstra лежат в пределах 0,8–0,9 мм, поперечник каждой монокулярной зоны равен 40–50 мм, расстояние между центрами зон 60 мм. Значительные размеры поперечников зон обеспечивают свободу перемещения наблюдателя относительно экрана. Линзовый растр представляет собой регулярную оптическую систему, состоящую из большого числа плоско-выпуклых микролинз, которые расположены в гексагональной системе координат, обеспечивающей рациональное и плотное размещение их на пластине. Регулярная структура раstra расширяет изображения выходных зрачков МСП в резко очерченные зоны и тем самым обеспечивает полную сепарацию правого и левого изображений стереопары. Совмещение изображений на экране осуществляется параллельным смещением проекционных окуляров относительно центров промежуточных изображений, благодаря чему угол между плоскостями изображений стереопары на экране равен нулю и устраняется трансформация изображений, т.е. достигается одинаковое качество стереозффекта по всему экрану. Коллективные линзы строят изображение выходных зрачков на экране на расстоянии 250–300 мм от оператора.

Хотя МСП имеет меньшую разрешающую спо-

собность, чем микроскоп МБС-1 (см. рис.3), но при основном рабочем увеличении ( $30^{\times}$ ) она достаточна для выполнения таких сборочных операций, как посадка кристаллов в корпус и термокомпрессия. Используемые в качестве проекционных окуляров в МСП окуляры микроскопа МБС-1 с увеличением  $12,5^{\times}$  можно заменять на окуляры с увеличением  $6^{\times}$  и  $8^{\times}$ .

Технические характеристики МСП приведены в таблице.

Кратность увеличения	Поле зрения, мм	Разрешающая способность, мкм	Глубина резкости, мм
9	13,6	30	2,3
15	8,4	20	1,8
30	4,2	14	0,8
60	3,1	11	0,5

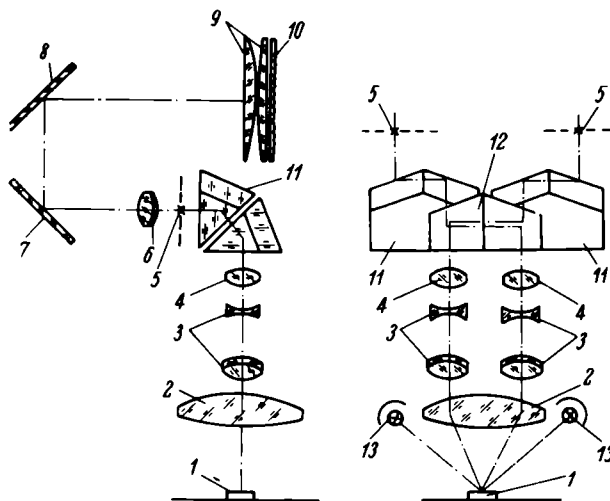


Рис. 2. Оптическая схема МСП: 1 — микрообъект; 2, 4 — объективы; 3 — галилеева система; 5 — плоскость промежуточного изображения; 6 — окуляр; 7, 8 — зеркала; 9 — коллективные линзы; 10 — линзовый растр; 11, 12 — призмы Шмидта; 13 — источник света

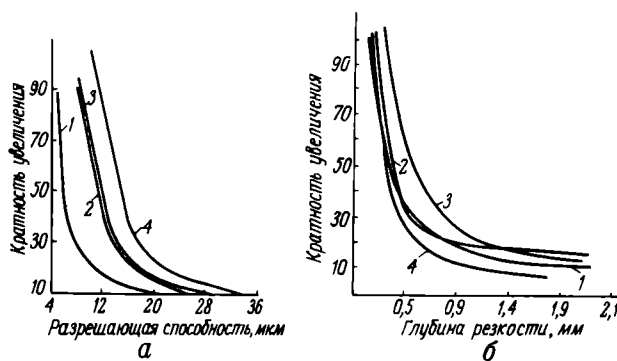


Рис. 3. Зависимость разрешающей способности (а) и глубины резкости (б) от кратности увеличения для микроскопа МБС (1), МСП с матовым экраном (2), МСП с линзовым растром (3), МСП с линзой Френеля (4)

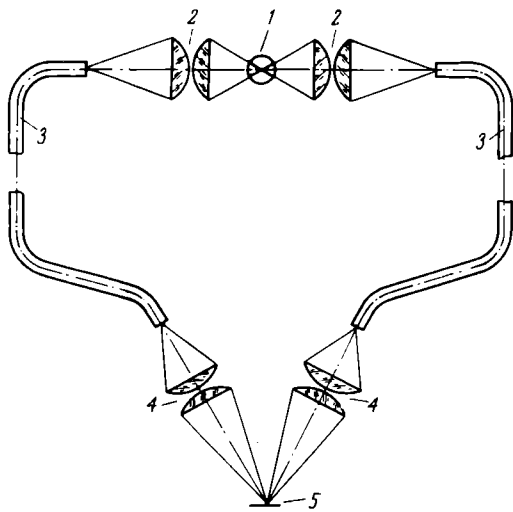


Рис. 4. Оптическая схема осветителя МСП: 1 – источник света; 2, 4 – конденсоры; 3 – волоконный световод; 5 – микрообъект

Осветитель МСП, схема которого представлена на рис. 4, выполнен на волоконных световодах. В качестве источника света используется малогабаритная галогенная лампа КГМ-9-70, световой поток от которой, сформированный двухлинзовыми асферическими конденсорами 2 на торцах световодов, с помощью конденсоров 4 направляется на объект. Световые потери в световодах (около 50%) частично компенсируются использованием светового потока, испускаемого источником света в обоих направлениях. Благодаря симметричной схеме оба изображения имеют одинаковую яркость, что облегчает объемное восприятие изображения на экране. Причем освещенность экрана при увеличении  $30^{\times}$  составляет 30 лк, что удовлетворяет требованиям, предъявляемым к микропроекторам [2]. Другим преимуществом использования световодов в МСП является возможность получения на экране стереоизображения объекта в светлом или в темном поле. Это достигается изменением угла падения лучей света на объект. Изменение их положения относительно объекта не вызывает затруднений, так как световоды закреплены на шарнирах.

Эксплуатация экспериментальных образцов МСП на сборке ИС показала эффективность их использования по сравнению с микроскопами МБС-1.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Научные проблемы охраны труда на современном этапе технического прогресса. М., Профиздат, 1977.
2. Майраков П.В., Никифоров Э.Я., Сыроегина Л.Н., Кононович А.Ю., Капелевич И.И. Оптические приборы для визуального контроля в технологическом оборудовании. – "Электронная пром-сть", 1972, вып. 5.

Статья поступила 22 января 1979 г.

А.П.Аксенов, Г.И.Епифанов,  
С.Р.Нанушьян, В.В.Северный, С.М.Ушанов

## ЭЛАСТИЧНЫЙ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИЙ КОМПАУНД ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ И МИКРОСХЕМ

Эластичный кремнийорганический компаунд 159–167 по сравнению с другими материалами, используемыми для защиты полупроводниковых приборов ИС, характеризуется улучшенными физико-механическими свойствами, низким содержанием ионогенных примесей и способностью отверждаться при температуре 20–200°C без выделения вредных летучих продуктов.

УДК 621.315.616.97

Преимущества, связанные с применением полимерных материалов для защиты и герметизации полупроводниковых приборов и микросхем, общеизвестны. Это, прежде всего, значительное уменьшение стоимости приборов в результате замены металлокерамических и металлоглазанных корпусов пластмассовыми, удешевление сборки изделий вследствие автоматизации процесса их герметизации, возможность резкого уменьшения массы и габаритов приборов, повышение их механической прочности и т.д. Приборы отдельных классов, например СВЧ, оптоэлектронные, могут герметизироваться лишь с помощью пластмассы.

Расширение производства приборов с пластмассовой герметизацией, предназначенных не только для бытовой, но и для промышленной аппаратуры, поставило задачу повышения их надежности. Работы, проводимые в этом направлении, в частности показали, что улучшая физико-механические свойства защитных полимерных материалов и конструкцию приборов с учетом специфики работы полимеров, можно значительно снизить вероятность обрывов выводов. Повышение чистоты этих полимеров с одновременным улучшением качества окисла и применением многослойной металлизации структур позволяет существенно повысить влагостойкость приборов и стабильность их параметров. Решением

указанной задачи явилась разработка защитных материалов с высокими физико-механическими свойствами, минимальным содержанием ионогенных примесей, хорошими диэлектрическими и технологическими свойствами.

Защитные материалы представляют собой, как правило, эластичные, обычно кремнийорганические (реже эпоксикремнийорганические и эпоксидные) полимеры. В качестве таковых широко используются одно- или двухкомпонентные материалы холодного отверждения (получившие за рубежом название RTV) и двухкомпонентные материалы ускоренного отверждения LTV). Первые отверждаются обычно при комнатной температуре в присутствии влаги воздуха (после чего возможен высокотемпературный отжиг) с выделением небольших количеств побочных продуктов. К ним относятся такие эластомеры, как эластосил 21-03, материалы типа КЛ, ГТ-0, Вискиты ПК-68, К-18 и др.

Материалы ускоренного отверждения (НК-1, эластосил 159-26) отверждаются при температуре 100–150°C без выделения вредных побочных продуктов и после отверждения обладают более высокими физико-механическими параметрами по сравнению с материалами холодного отверждения.

Специально для нужд электронной промышленности разработан еще один материал ускоренного отверждения — компаунд 159-167 (СИЭЛ). Он предназначен для защиты дискретных приборов и микросхем, работающих в диапазоне температур от -60 до +200°C (ТУ-6-1-299-77). Компаунд представляет собой смесь модифицированного кремнийорганического каучука и олигодиметилгидридсилоксана с 1%-ным раствором платинохлористоводородной кислоты в изопропиловом спирте. В неотвержденном состоянии это — однородная прозрачная жидкость, имеющая вязкость не более 50 Па·с, жизне-

способность при 20°C не менее 6 ч. Компаунд отверждается без выделения вредных побочных продуктов в интервале температур от 20 до 200°C. Без катализатора компоненты компаунда могут храниться при комнатной температуре в течение года. Специальная очистка компонентов материала СИЭЛ от ионно-содержащих примесей снижает эффективную концентрацию последних до  $10^{-6}$  %, что соответствует уровню концентрации хороших зарубежных образцов материалов этого типа.

Анализ основных характеристик компаунда СИЭЛ и характеристик отвержденных компаундов ГК, НК-1 и эластосил 21-03 (табл. 1, 2) свидетель-

Таблица 1

Основные свойства компаунда 159-167  
(режим отверждения: 6 ч при 150°C)

	Температура, °C		
	-60	+20	+200
Внутренние напряжения, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	0,8 (8)	0,15 (1,5)	—
Коэффициент запаса прочности	5,5	24	> 20
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·м	—	$5 \cdot 10^{17}$	$5 \cdot 10^{18}$
Тангенс диэлектрических потерь на частоте 1 кГц	—	$1 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-2}$
Относительная диэлектрическая проницаемость на частоте 1 кГц	—	2,9	2,5
Электрическая прочность, МВ/м	—	25	—
Водопоглощение, %	—	0,2	—
Содержание ионогенных примесей, %	—	$10^{-6}$	—
Светопропускание в видимой области спектра пленки полимера толщиной 0,5 мм	—	> 95 %	—
Светопропускание пленки толщиной 0,5 мм, пигментированной окисью хрома	—	< 1 %	—

Таблица 2

Основные физико-механические свойства защитных эластомеров при различных режимах отверждения

	159-167 (СИЭЛ)					Эластосил 21-03			ГК		НК-1	
	20°C 48 ч	60°C 15 ч	100°C 10 ч	150°C 6 ч	200°C 2,5 ч	20°C 48 ч	60°C 15 ч	100°C 10 ч	60°C 15 ч	100°C 10 ч	60°C 15 ч	100°C 10 ч
Модуль упругости, МПа	0,5	1,5	2,5	2,9	2,7	0,36	0,42	0,48	0,68	0,72	1,2	1,3
Прочность при растяжении, МПа	0,42	1,7	3,3	3,6	3,5	0,28	0,3	0,34	0,58	0,7	0,75	0,85
Относительное удлинение перед разрывом, %	275	145	120	105	100	140	125	85	315	330	70	80
Адгезия покрытий, МПа												
к кремнию	—	1,8	3,5	4,2	4,5	0,4	0,5	—	0,1	0,5	0,25	0,3
к золоту	—	—	—	1,5	1,6	—	—	—	—	—	—	—
к алюминию	—	0,45	1,5	2,0	2,2	—	—	—	—	—	—	—
к стеклу	—	—	3,5	4,0	4,0	—	—	—	—	—	—	—
к стеклотекстолиту	—	1,3	3,6	4,0	4,2	0,5	0,6	—	0,1	0,6	0,1	0,1

Примечание. Компаунд ГК и эластосил 21-03 перед отверждением при 60 и 100°C должны выдерживаться сутки при 20°C.

ствует о преимуществах СИЭЛ по сравнению с другими компаундами, используемыми в полупроводниковой промышленности. Прежде всего, разработанный компаунд способен быстро отверждаться при умеренных температурах (60–150°C). При необходимости процесс вулканизации можно проводить при комнатной температуре, что позволяет применять его для защиты не только кремниевых, но и германиевых приборов.

Удругие и прочностные свойства компаунда 159–167 в несколько раз выше, чем у эластосила 21–03 и компаундов ГК и НК-1. Это имеет первостепенное значение при использовании подобных материалов в качестве эластичных подслоев при опрессовке, трансферном литье, других видах герметизации приборов жесткими пластмассами и при использовании эластичного компаунда в качестве герметика.

Неизменность физического состояния полимера в диапазоне температур от –60 до +200°C, а также высокий коэффициент запаса прочности обеспечивают надежную работу покрытия и соответственно приборов, защищенных этим покрытием, в широком диапазоне температур.

Низкий уровень содержания ионогенных примесей и малое влагопоглощение в совокупности с высокими удельным сопротивлением и адгезией обуславливают стабильность параметров защищенных приборов в условиях повышенной влажности.

Низкий тангенс диэлектрических потерь в широком диапазоне температур делает возможным применение компаунда для защиты СВЧ приборов и устройств.

Высокая прозрачность ненаполненного компаунда позволяет применять его для заливки световых диодов и матриц из них, а также ряда фотоэлектронных приборов и устройств. В то же время легкое подкрашивание компаунда, делающее его практически непрозрачным, дает возможность использовать СИЭЛ для защиты активных структур, которые нежелательно подвергать воздействию света.

В настоящее время компаунд 159–167 успешно применяется для защиты интегральных схем блоков наручных электронных часов, а также целого ряда серийно выпускаемых диодов и транзисторов.

Статья поступила 5 октября 1978 г.

Л.В.Гоман, И.А.Кадомский,  
А.И.Корнелюк, Ф.А.Павликов,  
Р.П.Пильвинис, В.И.Чухлиб

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА КОНТРОЛЯ СОВМЕЩАЕМОСТИ ФОТОШАБЛОНОВ

В установке использован фотоэлектрический метод контроля совмещаемости фотошаблонов в плоскости предметов, обеспечивающий большую точность измерения ( $\pm 0,1$  мкм на поле 60x60 мм) по сравнению с оптическим методом контроля совмещаемости в плоскости изображений.

УДК 621.3.049.77.002.56:776

Существующие методы контроля совмещаемости фотошаблонов основаны на их наблюдении с помощью микроскопа сравнения, обеспечивающего оптическое наложение друг на друга двух фотошаблонов, окрашенных в дополнительные цвета (красный и зеленый). Совмещенные участки изображений наблюдаются в нейтральном цвете, несовмещенные — как окрашенные изображения. Это существенно облегчает качественный контроль топологий фотошаблонов, поскольку благодаря окрашенности изображений оператор легко замечает малейшие отличия в геометрии рисунка. Измерение величины рассовмещаемости контролируемых фотошаблонов проводится в плоскости изображения с помощью микрометров, встроенных в оптические каналы микроскопа сравнения. Наряду с очевидными достоинствами, установки, реализующие указанный способ контроля, имеют и недостатки, в частности не обеспечивают точности более 1/2–1/3 допуска на рассовмещаемость, т.е. не отвечают требованиям, предъявляемым современным производством к оборудованию такого типа.

Дальнейшее повышение точности контроля в установках, основанных на измерении рассовмещаемости в плоскости изображения, связано с преодолением серьезных технических трудностей, поскольку на погрешность контроля существенно влияют такие факторы, как качество изображения в оптических каналах, расфокусировка изображений, разномасштабность увеличений в каналах сравнения, субъективные ошибки оператора при наведении и т.п.



Более перспективным с точки зрения достижения высокой точности контроля является метод контроля совмещаемости в плоскости предметов.

В разработанной установке контроля совмещаемости фотошаблонов измерение величины рассовмещаемости в плоскости предметов осуществляется с помощью фотоэлектрического микроскопа (ФЭМ) и датчиков линейного перемещения. Предусмотрено усреднение результатов измерения, автоматическое ориентирование контролируемой пары фотошаблонов с заданной точностью и автоматический контроль совмещаемости в пределах рабочего поля 125x125 мм по заданной программе.

В состав установки входит двухкоординатный стол на аэростатических направляющих, имеющий две позиции для установления контролируемой пары фотошаблонов. Перемещение стола производится линейными двигателями постоянного тока, а измерение величины перемещения — датчиками на дифракционных решетках. Упрощенная оптическая схема установки показана на рис. 1.

Контроль совмещаемости, заключающийся в измерении взаимного положения знаков или элементов топологии контролируемых фотошаблонов, проводится по двум оптическим каналам. Для этого край выбранного знака при перемещении координатного стола подводится под оптическую ось фотоэлектронного микроскопа. В момент совмещения края с оптической осью ФЭМ вырабатывает импульс наведения, по которому производится отсчет координаты положения стола.

Для исключения влияния вибраций и электрических шумов на точность измерения выполняется 32 наведения на край знака фотошаблона и отсчета координаты положения стола с последующим вычислением ее средне-арифметического значения. Для измерения рассовмещаемости по осям X и Y служат разные ФЭМ.

Наведение на край знака фотошаблона, переключение каналов и расчет величины рассовмещаемости осуществляются в автоматическом режиме без участия оператора.

При контроле совмещаемости на рабочем поле фотошаблонов возможны два варианта траектории обхода: "змейка" (рис. 2, а) и "крест" (рис. 2, б). В первом случае контроль совмещаемости может проводиться по произвольному числу модулей, во втором — по пяти модулям.

Перед началом работы контролируемые фотошаблоны автоматически ориентируются по жесткой программе. Предварительно оператор выбирает знаки (реперные или элементы топологии фото-

шаблонов), задает на пульте управления расстояние между ними и устанавливает допустимую величину погрешности ориентации. После ориентации по осям X и Y начинается цикл контроля совмещаемости по заданной траектории обхода. Результаты контроля выводятся на цифropечатающее устройство.

Автоматизация процесса контроля совмещаемости позволяет получить большой объем информации о фотошаблонах (вплоть до измерения величины рассовмещения в каждом модуле), что дает возможность применять установки не только для оперативного контроля фотошаблонов, но и в научно-исследовательских целях. В последнем случае предусмотрена возможность модификации блока выдачи информации — дополнительный вывод результатов на ленточный перфоратор типа ПЛ-150,

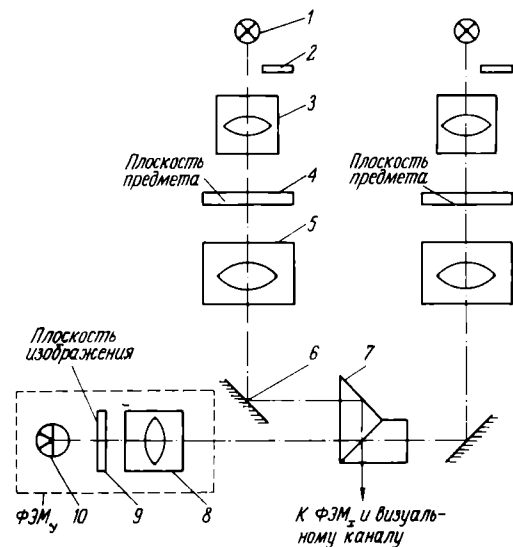


Рис. 1. Оптическая схема установки: 1 — лампа; 2 — затвор; 3 — конденсор; 4 — контролируемый фотошаблон; 5 — объектив; 6 — зеркало; 7 — блок наложения изображений; 8 — объектив фотоэлектрического микроскопа; 9 — анализирующая диафрагма; 10 — фотоприемник

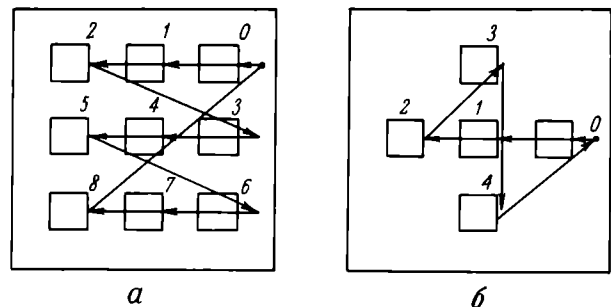


Рис. 2. Траектория обхода топологии фотошаблонов при контроле: а — "змейка"; б — "крест"

что обеспечивает обработку результатов на ЭВМ типа ЕС-1022.

Рассмотренный фотоэлектрический метод контроля совмещаемости в плоскости предметов дает возможность получить более высокую точность, чем метод контроля в плоскости изображений: погрешность контроля совмещаемости на поле 60x60 мм составляет  $\pm 0,1$  мкм при доверительной вероятности  $P=0,95$ . Этому в значительной степени способствует наличие на установке системы автоматической ориентации фотошаблонов, а также двухпозиционная конструкция установочного стола. Кроме того, предлагаемый метод позволяет существенно снизить требования к качеству оптической системы, в частности, к полевым аберрациям.

Статья поступила 26 января 1979 г.

Ю.С.Боков, А.С.Брайнес,  
В.П.Лаврищев, К.М.Малышов

## ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Предложенная технология очистки может применяться на различных этапах производства полупроводниковых приборов и микросхем. Она способствует повышению производительности труда на операциях очистки в 4–6 раз, увеличению выхода годных приборов на 2–3% и повышению их качества. Перспективно использование этой технологии для очистки пластин от полирующих паст и клеящих материалов, а также для обработки корпусов и деталей приборов.

УДК 621.7.022/024

Повышение степени интеграции изделий электронной техники, необходимость увеличения выхода годных предъявляют жесткие требования к

качеству очистки изделий на всех стадиях их изготовления. В этой связи методы кислотной обработки, характеризующиеся длительностью процесса и недостаточно высоким качеством подготовки поверхности, заменены более прогрессивной технологией перекисно-аммиачной обработки, обусловившей повышение производительности труда в два раза и улучшение параметров приборов, зависящих от состояния поверхности.

Дальнейшее развитие методов очистки идет в направлении разработки универсальных экономичных процессов, позволяющих использовать их на различных стадиях изготовления продукции. Одним из таких методов является плазменная обработка поверхностей. Однако возможное разрушение или изменение поверхности изделий при такой обработке ограничивает ее использование.

Наиболее широкое применение за последние годы нашел метод десорбционной очистки поверхностей с применением хладона-113, обеспечивающий не только высокую чистоту и качество обрабатываемой поверхности, но и улучшение параметров структур и приборов, формируемых на пластине.

Технологический цикл очистки этим методом включает последовательные операции обработки эмульсией, состоящей из воды, хладона-113 и поверхностно-активного вещества, удаления остатков эмульсии с поверхности изделия и его сушки. В связи с тем, что расход растворителей в процессе очистки может достигать значительных величин, разработано устройство (рис. 1), осуществляющее одновременно с улавливанием и конденсацией паров растворителя его дистилляцию, что не только сокращает расход очищающего вещества, но и позволяет производить очистку каждый раз в свежем растворителе.

В нижней части рабочей камеры этого устройства, куда заливается растворитель, находится нагреватель. Пары растворителя при нагревании поступают в холодильник, откуда конденсат стекает в камеру с очищаемыми пластинами, уровень наполнения которой определяется высотой U-образной трубки. После того, как растворитель достигает верхней части трубки, происходит слив всей его порции, затем (через каждые 3 мин) цикл очистки повторяется. Возврат растворителя составляет 70%, а для более высококипящих растворителей – 100%. При увеличении размеров холодильника возврат хладона – 113 может быть доведен до 90–95%. С помощью такого устройства в двух литрах растворителя (без его замены) можно очистить 2000 пластин. Загрязненный хладон-113 после

отработки может быть подвергнут дополнительной перегонке.

Установка для десорбционной очистки с помощью хладона-113 содержит два блока с нагревателями и два (или четыре, в зависимости от требуемой чистоты обработки и материала очищаемой поверхности) без нагревателей, которые монтируются в обеспыленный скафандр (рис. 2).

Процесс очистки происходит на границе двух фаз, где сосредоточено все поверхностно-активное вещество. Эмульсия обладает большой способностью к адсорбции, что обуславливает уменьшение свободной энергии системы поверхность – загрязнение, понижение поверхностного и межфазного натяжения и замену на поверхности раздела фазы твердое тело – загрязнение фазой твердое тело – мицелла. Подобная коллоидная система поглощает растворенные в воде минеральные соли и различные органические загрязнения. На следующих этапах очистки коллоидный раствор вместе с загрязнениями удаляется вначале в холодном, а затем в горячем растворителях. Обработка в горячем растворителе приводит к десорбции остатков эмульсии и обезвреживанию поверхности. В следующем блоке, содержащем горячий хладон-113, происходит удаление остатков механических и органических загрязнений, а также завершается процесс сушки пластин или сформированных на них структур.

С целью удаления ионов натрия с поверхности полупроводниковых пластин целесообразно (как показали изотопные исследования) подвергать их обработке на установке кистевой мойки. Оценка методом нейтронно-активационного анализа содержания ионов  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cu}^{++}$ ,  $\text{Au}^+$  на поверхности кремниевых пластин после первичной обработки с применением хладона-113 показывает, что их количество на порядок меньше, чем при перекисно-аммиачной обработке, и составляет  $2 \cdot 10^{12}$ ,  $5 \cdot 10^{10}$  и  $10 \text{ ат} \cdot \text{см}^{-2}$  соответственно [2]. Весь процесс очистки на установке с применением хладона-113 занимает 15 мин, в том числе кистевая отмывка – 10 мин.

Предложенный процесс очистки может быть использован на всех этапах создания интегральных схем, но, как показали исследования, его применение наиболее эффективно перед операциями окисления, диффузии бора и фосфора, напыления, фотолитографии и при отмывке готовых приборов.

Эллипсометрические измерения свидетельствуют о том, что очистка кремниевых пластин перед первым окислением с использованием хладона-113

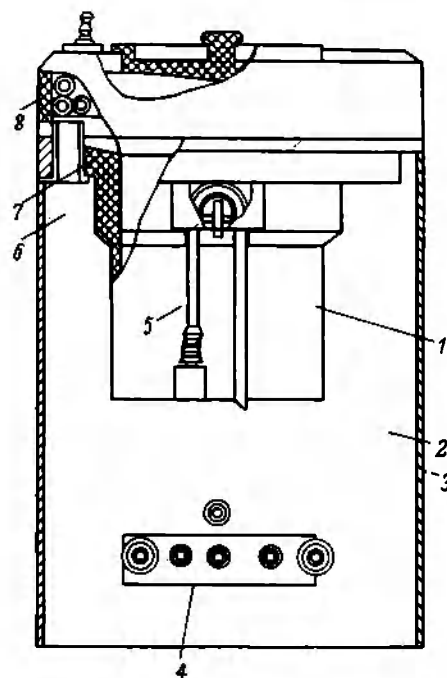


Рис. 1. Схема устройства для десорбционной обработки поверхностей пластин: 1 – камера для размещения подложек; 2 – емкость для заливки растворителя; 3 – двойная стенка наружной камеры; 4 – нагреватель; 5 – U-образная трубка для слива растворителя; 6 – эвапорационная часть; 7 – раструбная часть камер с отверстиями; 8 – холодильник



Рис. 2. Установка очистки и сушки поверхности с применением хладона-113

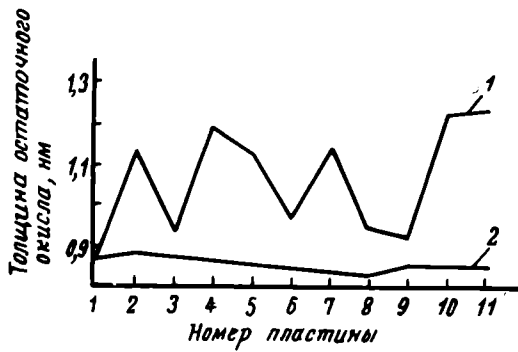


Рис. 3. Толщина остаточного окисла SiO<sub>2</sub> на кремниевых пластинах после обработки перекисно-аммиачным методом (1) и с применением хладона-113 (2)

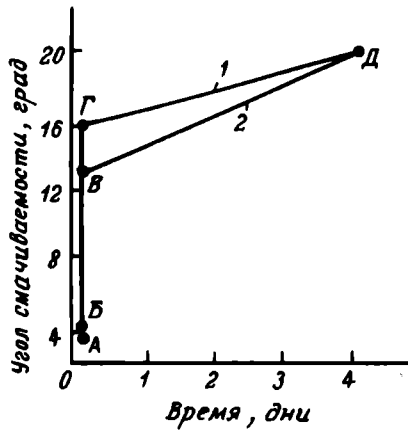


Рис. 4. Изменение угла смачиваемости кремниевых пластин: 1 – при предварительной обработке с использованием хладона-113; 2 – при обработке толуолом; А, Б, – исходное значение; В, Г – после однократной двухминутной обработки пластин сразу после диффузии фосфора; Д – после обработки по истечении четырех дней хранения пластин на воздухе

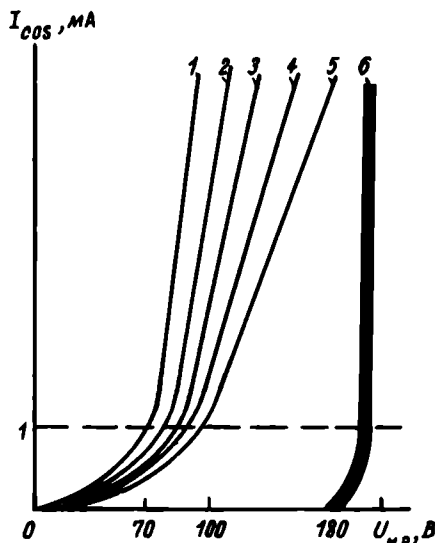


Рис. 5. ВАХ – характеристики приборов после обработки с применением толуола (1-5) и хладона-113 (6)

позволяет получить остаточный окисел, равномерно распределенный по поверхности и меньший по толщине (до 0,5 нм) по сравнению с обработкой перекисноаммиачным методом (рис. 3), что особенно важно для формирования туннельно тонких пленок окисла толщиной 1–3 нм [1].

Обработка предложенным методом полупроводниковых пластин с эпитаксиальным слоем перед диффузией способствует улучшению параметров диффузионных областей. Промежуточная обработка перед напылением позволяет удалять с поверхности ионы Cu<sup>++</sup>, Fe<sup>++</sup>, Au<sup>+</sup> [2].

Использование хладона-113 для обработки изделий после длительного хранения, после диффузии или окисления с целью улучшения адгезии фоторезиста к поверхности пластин дает возможность исключить из технологического процесса изготовления полупроводниковых приборов термообработку, обычно применяемую в подобных случаях (рис. 4).

При отмывке готовых приборов перед скрайбированием с помощью указанного метода часть приборов переходит в группы с более жесткими параметрами. Например, часть транзисторов КТ-802 переходит в группы КТ-803 и 2Т-803, так как в результате обработки брак по ВАХ исчезает, а напряжение смещения увеличивается до 180–200 В против 70–100 В при обработке толуолом (рис. 5). Этот же эффект наблюдается у кремниевых ВЧ и германиевых СВЧ приборов.

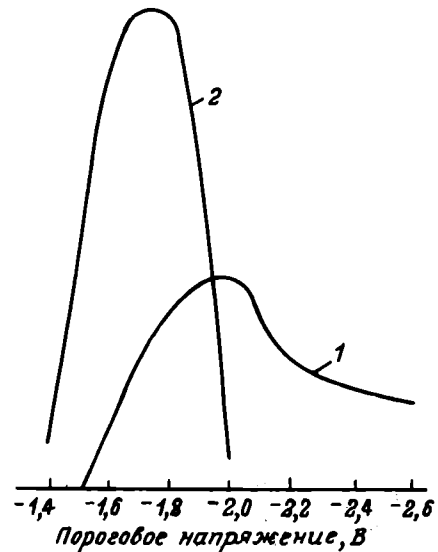


Рис. 6. Нормальное распределение пороговых напряжений приборов, полученных на кремниевых пластинах, обработанных перекисно-аммиачным методом (1) и с применением хладона-113 (2)

Статистический анализ результатов измерений пороговых напряжений МОП-структур показал, что максимальная плотность распределения величин порогового напряжения для приборов, прошедших обработку с применением хладона-113, смещена в область  $\sim 1,7$  В (рис. 6), при этом выход годных приборов увеличивается.

Производительность труда предложенного процесса очистки в 4 раза выше, чем при перекисно-аммиачной обработке. Технология достаточно универсальна, может применяться для стекла, ситалла [3], полупроводниковых материалов [1, 4], в том числе для  $A_3B_5$ , и приборов.

Опыт работы в этой области позволяет предполагать, что технология очистки с применением хладона-113 может быть использована на всех этапах в производстве полупроводниковых приборов и интегральных схем. Экономический эффект от ее применения только за счет повышения производительности труда составит 50 тыс.руб. в год

на одном предприятии. Кроме того, технология гарантирует улучшение параметров готовых приборов и увеличение выхода годных.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Коробов И.В., Сухоруков О.Г., Брайнес А.С. Влияние подготовки поверхности на величину поверхностной пленки окисла при формировании МНОП-структур для элементов памяти. — "Электронная техника. Сер. Материалы", 1976, вып. 2.
2. Красовский В.М., Кандыба П.Е., Пережогин А.П. Остаточные загрязнения кремниевых пластин после химической обработки. — "Электронная техника. Сер. Микроэлектроника", 1976, вып. 3.
3. Брайнес А.С., Кадосова Л.И., Кандыба П.Е., Кулагин И.Е., Шестопалов И.А. Быстрый эффективный способ очистки ситалловых подложек. — "Электронная техника. Сер. Микроэлектроника", 1974, вып. 4.
4. Брайнес А.С., Боков Ю.С., Васильева Т.И., Лаврищев В.П. Сравнительный анализ двух методов очистки кремниевых пластин. — "Электронная техника. Сер. Микроэлектроника", 1975, вып. 3.

Статья поступила 14 августа 1978 г.

В.В.Демиденко,  
В.А.Осипенко, Л.Г.Шабельников

#### ПАЙКА КРИСТАЛЛОВ МОЩНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ ЭВТЕКТИЧЕСКИМ ПРИПОЕМ $AlGe$

Применение  $AlGe$  припоя в производстве мощных транзисторов дает возможность снизить тепловое сопротивление приборов и повысить их мощность на 20–40%.

УДК 621.382.3.002.2:621.781.3

Одной из наиболее сложных задач, стоящих перед разработчиками мощных полупроводниковых приборов, в частности, мощных транзисторов является создание надежного коллекторного омического контакта полупроводник-металл, обладающего высокой электро- и теплопроводностью, что необходимо для обеспечения хорошего отвода тепла. Наиболее широко для этих целей

используются эвтектические припои на основе золота-кремния и золота-германия ( $AuSi$ ,  $AuGe$ ), так как они обладают высокой электро- и теплопроводностью и позволяют получить достаточно низкие значения теплового сопротивления  $R_{\theta}$ . Однако разработка более мощных полупроводниковых приборов, в частности транзисторов, требует еще более низких тепловых сопротивлений.

Дальнейшее снижение  $R_{\theta}$  при использовании припоев на основе  $AuSi$  и  $AuGe$  возможно лишь за счет уменьшения толщины припоя под кристаллом. Но уменьшение толщины припоя более чем на 10–20 мкм (в зависимости от размера кристалла) приводит не к уменьшению, а напротив к увеличению  $R_{\theta}$  вследствие резкого снижения качества пайки.

Одним из путей уменьшения  $R_{\theta}$  является использование для пайки эвтектики  $AlGe$  [1, 2], которая может растворяться как в кремнии, так и в молибденовом компенсаторе. Взаимная растворимость материалов, используемых при посадке кристаллов в корпус — необходимое условие улучшения согласования коэффициентов теплового

расширения и снижения теплового сопротивления прибора.

Использование эвтектического припоя  $AlGe$  дает возможность проводить ускоренные испытания при более высоких температурах, так как температура плавления сплава  $AlGe$  равна  $424^{\circ}C$ , сплава  $AuSi$  —  $370^{\circ}C$ . В работе [3] показано, что выдержка приборов при температуре  $400^{\circ}C$  в течение 33 ч равноценна выдержке приборов при температуре  $300^{\circ}C$  в течение 1000 ч и при  $50^{\circ}C$  в течение 110 млн.ч.

Для контроля качества соединения, полученного с использованием эвтектического припоя  $AlGe$ , была разработана рентгенодефектоскопическая методика, позволяющая в отличие от методик, описанных в работах [4, 5], получить не только качественную, но и количественную оценку паяного соединения. Рентгенограммы паяных соединений получали на рентгеноструктурной установке УРС-0,02, острофокусная труба которой дает возможность при полезных коэффициентах увеличения изображения  $K=2+3$  добиться линейного разрешения не хуже 100 мкм. (На полученных рентгенограммах непропаям соответствуют участки повышенного почер-

нения). Промер рентгенограмм проводился на анализаторе изображения Quantimet. Погрешность измерения при этом составляла 7–10% и определялась контрастностью промеряемого участка. Качество пайки оценивали по отношению площади непропаев к общей площади кристалла.

Для исследования влияния металлизации кристалла и кристаллодержателя на качество пайки были изготовлены образцы-свидетели из кремниевых пластин, на которые методом термического испарения в вакууме на установке УВН-71Р-3 наносилась однослойная металлизация из Al или двухслойная металлизация из Al и Ge. Слои Al (0,5–1 мкм) и Ge (0,05–0,1 мкм) последовательно напылялись в одном цикле из разных испарителей. После металлизации пластины разделялись на кристаллы (5x5 мм) и подложки (9x9 мм). Затем кристаллы напаялись на подложку припоем. AlGe при температуре  $450 \pm 10^\circ\text{C}$  в среде азота. Как видно из табл. 1, качество пайки практически не зависит от металлизации компенсатора. Однако, оно несколько хуже в случаях использования алюминиевой металлизации на обеих соединяемых деталях. Более тщательное притирание паяемых поверхностей повышает качество паяного соединения, но при этом сильно увеличивается трудоемкость процесса пайки.

Поскольку пайка кристаллов эвтектическим припоем AlGe обеспечивает удовлетворительное качество паяного соединения, то она может быть успешно использована при производстве мощных транзисторов. При сборке транзисторов в корпусах типа SOT-123, KT-18, KT-25 с использованием эвтектики AlGe, а также с помощью припоя AuSi (для сравнения) кристаллы брались с одной пластины. Металлизация на посадочные места в корпусе наносилась методом вакуумного термического испарения с использованием специальных масок.

Качество пайки оценивалось по предельной мощности транзистора  $P_{K\max}$

Таблица 1

Материалы соединяемых деталей	Si	Mo	Si	Mo	Si	Mo
	Материалы покрытия соединяемых деталей	AlGe	AlGe	Al	Al	Al
Отношение площади непропаев к общей площади кристалла, %	2,25	2,65	4,49			

Таблица 2

Тип корпуса	Припой	Параметры транзисторов испытываемых партий							
		1		2		3		4	
		$P_{K\max}$ Вт	$R_{\theta j-c}$ °C/Вт	$P_{K\max}$ Вт	$R_{\theta j-c}$ °C/Вт	$P_{K\max}$ Вт	$R_{\theta j-c}$ °C/Вт	$P_{K\max}$ Вт	$R_{\theta j-c}$ °C/Вт
SCT-123	AuSi	81,2	1,755	84	1,67	68	1,64	84	1,61
	AlGe	140	1,0	142,8	0,99	140	0,989	145,6	0,97
KT-18	AuSi	72	1,4	100	1,09	100,8	1,13	98	1,2
	AlGe	126	0,98	130	0,955	131	0,945	128	0,97
KT-25	AuSi	60,8	2,4	59,4	2,5	54	2,24	57	2,05
	AlGe	66	1,85	68	1,83	70	1,77	69	1,8

и тепловому сопротивлению. При измерении  $R_{\theta j-c}$  контроль температуры перехода осуществлялся с помощью термо-

индикаторов с  $T_{\text{ПЛ}} = 175^\circ\text{C}$ , а температуры корпуса – термопарой хромель-копель и прибором ЦУИП-1. Для проведения измерений мощности и теплового сопротивления было собрано 4 партии транзисторов по 10 штук в каждой. Сравнение среднеарифметических значений мощности  $P_{K\max}$  и  $R_{\theta j-c}$  для различных типов корпусов, приведенных в табл. 2, показывает, что при использовании припоя AlGe понижается тепловое сопротивление на 20–40% (при этом, как видно из рисунка, из-за взаимного растворения припоя и материала компенсатора граница раздела между ними не имеет четких очертаний) и повышается мощность приборов.

Полученные результаты убедительно свидетельствуют о перспективности применения эвтектического припоя AlGe для пайки кристаллов мощных транзисторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ruggiero E.M. Aluminum bond is key to 40-watt microcircuits. – "Electronics", 1965, vol. 38, N 17.
2. Патент США № 34661462, кл. 29–429 (B23k, B01j).
3. Sikora G.C. and Miller L.E. Applications of power step stress technique to transistor life predictions-1 n: Third Annual Symposium on Physics of Failure of Microelectronic Devices. Chicago, 1964.
4. Денисюк В.А., Дуболазов В.А., Кабузан Н.В., Мень Я.Н., Фролов В.Д., Шеревеня А.Г. Контроль процесса пайки кристаллов БИС. – "Электронная пром-сть", 1976, вып. 3.
5. Денисюк В.А., Казарцев В.Н., Ляшенко В.И., Рабцун Н.И., Шкурацкая И.М. Рентгенотелевизионный метод контроля ИС. – "Электронная пром-сть", 1974, вып. 11.

Статья поступила 22 января 1979 г.



Шлифы блоков арматуры мощного транзистора при пайке кристалла к молибденовому компенсатору припоем AuSi (а) и припоем AlGe (б)

А. П. Рябов

### ОПЫТ СЕРИЙНОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРЕЦИЗИОННОГО ОПТИКО-МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Серийное изготовление прецизионного оптико-механического оборудования требует решения ряда сложных организационно-технических проблем.

УДК 681.7

Успехи отечественной электроники, достигнутые в последние годы, в значительной степени связаны с разработкой и промышленным освоением прецизионного оптико-механического оборудования, действующего, как правило, в составе автоматических линий и автоматизированных технологических комплексов, ориентированных на серийное изготовление гибридных и интегральных микросхем.

Современные прецизионные оптико-механические устройства включают в себя прецизионные механические узлы, сложные электронные приборы, высокоточные оптические системы. Новизна и оригинальность конструктивных решений указанных устройств требует высокого технического уровня производства. Кроме того, в процессе серийного изготовления необходимо решать задачи, связанные с быстрыми темпами смены моделей оборудования, что обусловлено бурным развитием электроники.

Главной в числе этих задач является техническое оснащение предприятий-изготовителей высокоточным механическим оборудованием. Существующие станки для механической обработки крупногабаритных деталей обеспечивают 1 класс точности и 10–12 классы чистоты поверхности. При установке таких станков (например, типа 5822Б3, на котором изготавливается ходовой винт координатографа КПА-1200) на виброзащитный фундамент накопленная погрешность составляет 25 мкм при длине вала 1200 мм. Вместе с тем необходимость изготовления ряда деталей с допусками, составляющими микроны, а иногда и доли микрона, потребовала оснащения установок оптическими визирными

устройствами, использования станков с программным управлением, создания уникального микроинструмента. Для изготовления такого микроинструмента из твердых сплавов были разработаны электро-искровая координатно-прошивная установка с тиратронным генератором импульсов и специальный шлифовальный станок для заточки твердосплавных сверл диаметром 0,25 мм.

Решение проблемы автоматизации монтажных работ, имеющих большой удельный вес в технологическом процессе производства прецизионного

оптико-механического оборудования, стало возможным при изготовлении полуавтоматической установки монтажа методом накрутки (рис. 1) и применении координатно-сверлильных полуавтоматов с программным управлением (рис. 2). Установка монтажа позволила получать до 300 накруток в час, свести к минимуму ошибки оператора при выполнении монтажных работ и весьма существенно повысить надежность контактных соединений, а оснащение координатно-сверлильных автоматов экранами обеспечило непрерывный контроль процесса сверления плат.



Рис. 1. Полуавтоматическая установка монтажа методом накрутки

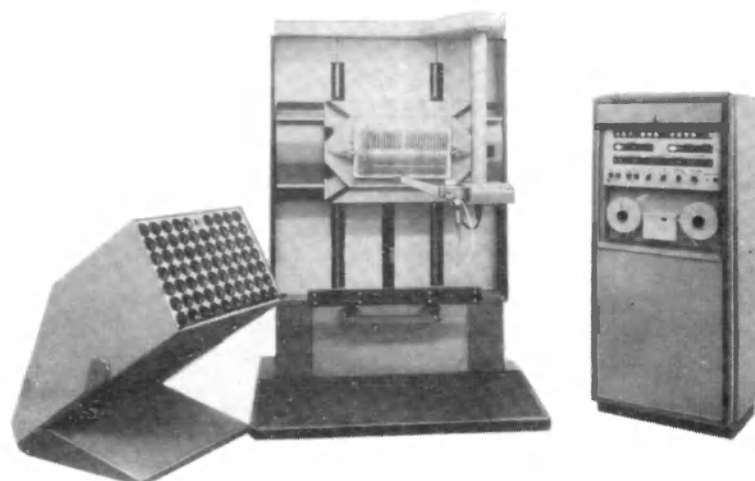


Рис. 2. Координатно-сверлильный полуавтомат с программным управлением



Разработка и применение новейшего оборудования неразрывно связаны с решением широкого круга задач повышения технической культуры производства: совершенствованием технологии, использованием эффективных методов контроля качества продукции, поддержанием вакуумной гигиены, созданием на участках сборки прецизионного оборудования необходимых температурно-константных условий, подготовкой высококвалифицированных кадров во всех звеньях производства и управления. В частности, высокой профессиональной подготовки рабочих требуют участки, на которых выполняются наиболее ответственные операции изготовления и сборки оборудования (например, участок регулировки).

Специфика серийного производства прецизионного оптико-механического оборудования требует применения новых форм и методов конструкторской и технологической подготовки производства, имеющих целью сокращение сроков разработки и освоения производства новой техники. В этом

отношении большое значение имеет повышение роли изготовителя в процессе подготовки опытной партии изделий, особенно таких сложных, как прецизионные оптико-механические установки, которые могут морально устареть за этот период.

Общая продолжительность разработки и освоения нового оборудования существенно сокращается в условиях организационной структуры НПО, когда предприятие-изготовитель играет активную роль в разработке новых изделий, начиная с самого первого этапа – согласования технического задания и особенно на стадии изготовления опытного образца. Тесное взаимодействие с конструкторским бюро-разработчиком нового изделия позволяет существенно сократить сроки поиска и отработки оптимального варианта конструкции, подготовить серийный выпуск изделия в значительной мере уже на стадии разработки. В ряде случаев оказывается целесообразным идти на допустимый инженерно-конструкторский риск, исключая или сводя к минимуму отдельные этапы

разработки и начиная выпуск изделий еще до окончательного оформления части конструкторской документации (технических условий на изделие, технических описаний или руководств по эксплуатации, инструкции по наладке и регулировке и т.п. документов). Так, использование прогрессивных форм организации разработки и промышленного освоения генераторов изображения ЭМ-542А позволило на два года сократить сроки их создания по сравнению со сроками освоения установок того же класса ЭМ-519 и ЭМ-522А, менее сложных по конструкции.

Необходимо отметить, что решение указанных проблем значительно повышает экономическую эффективность прецизионного оптико-механического оборудования, определяемую повышением производительности труда, улучшением качества производимой продукции и снижением производственных затрат.

Статья поступила 5 сентября 1978 г.

·ЭП·



РЕКЛАМА

## НОВЫЕ КНИГИ

### ЭПИТАКСИАЛЬНЫЕ КРЕМНИЕВЫЕ СЛОИ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДЛОЖКАХ И ПРИБОРЫ НА ИХ ОСНОВЕ

В.С. Палков, М.Б. Цыбульников  
М., Энергия, 1979, 5,5 л., 9000 экз.

Рассматриваются вопросы получения гетероэпитаксиальных структур кремния на сапфире и шпинели и формирования на их основе интегральных схем. Описан процесс изготовления структур кремния на диэлектрических подложках. Исследуются электрофизические, структурные и механические свойства этих структур. Книга предназначена для специалистов, занятых в области производства материалов для микроэлектроники и приборостроения, а также для разработчиков полупроводниковых приборов и микросхем.

### МИКРОПРОЦЕССОРЫ. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ

Под ред. А.А. Васенкова

М., "Сов. радио", 1979, 21 л., 30000 экз.

Рассмотрены принципы построения и применения микропроцессоров. Обоснован типовой комплект БИС для реализации структуры микропроцессоров. Описаны полупроводниковые запоминающие устройства микропроцессорных вычислительных средств, устройства и БИС сопряжения микропроцессоров с объектами контроля, измерения и управления.

Книга рассчитана на инженерно-технических работников, связанных с созданием и эксплуатацией цифровых вычислительных средств, а также на студентов вузов соответствующих специальностей.

ЭП	НОВОСТИ	ЭП
----	---------	----

## НОВОСТИ ЗАРУБЕЖНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

В последнее время все большее значение придается твердотельным СВЧ приборам. Одновременно ведутся работы по созданию модулей, блоков и устройств на их основе.

По оценке специалистов, тенденция перехода от простых интегральных схем, выполняющих одну функцию, к сложным многофункциональным СВЧ модулям ("суперкомпонентам"), удовлетворяющим требованиям нового поколения СВЧ систем, проявляется в основном на частотах более 1 ГГц.

Благодаря отсутствию разъемов в многофункциональных блоках их масса и габариты меньше, чем у блоков на дискретных элементах. Устранение разъемов упростило изготовление модулей с жесткими допусками на такие параметры, как коэффициент шума и фаза выходного сигнала. Эти модули считаются перспективными для применения в системах связи и РЛС (в частности, в РЛС с ФАР и моноимпульсных РЛС автоматического сопровождения).

Успехи в конструировании СВЧ модулей во многом зависят от параметров активных компонентов и интегральных схем. При изготовлении подложек СВЧ микрополосковых схем, используемых в модульных конструкциях, предпочтение отдается материалам с большой относительной диэлектрической проницаемостью (~10), в частности окиси алюминия и сапфиру.

В США такие работы часто финансируются военными ведомствами. Так, например, фирмой Texas Instruments завершен первый этап работ по программе, предусматривающей создание твердотельной самолетной РЛС с ФАР. Основные усилия специалистов были сосредоточены на разработке твердотельных СВЧ передатчиков. Созданы четырехкаскадные усилители на интегральных схемах, в оконечном каскаде которых использовался полевой транзистор или диод Рида, а первые три каскада, выполненные на почевых транзисторах из арсенида галлия, представляли собой возбудитель с выходной мощностью 1,6 Вт и коэффициентом усиления 20 дБ. При использовании в выходном каскаде полевых транзисторов усилитель обеспечивал выходную мощность около 4 Вт, коэффициент усиления 24 дБ и КПД 20% в полосе частот 8,9–9,9 ГГц. Усилители с диодом Рида в выходном каскаде обеспечивали максимальную выходную мощность 6 Вт, коэффициент усиления 26 дБ и КПД 18% в более узкой полосе частот (9,2–9,9 ГГц).

На следующем этапе работ предполагается создать дополнительно 10 четырехкаскадных усилителей на полевых транзисторах. При этом для металлизации затвора вместо алюминия специалисты фирмы намерены использовать многослойную структуру титан–платина–золото.

В настоящее время специалисты ВМС изыскивают возможность использования кремниевых биполярных

транзисторов в РЛС с ФАР дециметрового диапазона и в приемопередатчиках. Фирмой General Electric заключены два контракта на проведение работ по оценке надежности мощных транзисторов дециметрового диапазона.

Сотрудниками Научно-технического института шт. Джорджия исследуется возможность эпитаксиального выращивания арсенида галлия с помощью молекулярного пучка. Новый метод был использован для получения слоев этого материала на низкоомной подложке, легированной кремнием. При изготовлении смесительных диодов выращивались буферные слои толщиной 1 мкм, легированные оловом до концентрации  $10^{18} \text{ см}^{-3}$ , и активные слои толщиной 0,2–0,3 мкм с концентрацией легирующей примеси  $(1-6) \times 10^{17} \text{ см}^{-3}$ . Для получения барьера Шоттки использовался золотой контакт. Некоторые диоды имели коэффициент шума 4,85 дБ на частоте 35 ГГц, что сопоставимо со значением этого параметра для лучших из 300 обследованных коммерческих приборов [1].

Однако в настоящее время отсутствуют твердотельные СВЧ-приборы, с помощью которых можно осуществлять прямое усиление слабых сигналов. Поэтому особое значение уделяется разработке смесителей миллиметрового диапазона, используемых в системах связи на короткие расстояния, во вновь разрабатываемых приемных устройствах РЛС и в специальной аппаратуре.

Специалисты фирмы Bell Labs (США) на 8-й Европейской конференции по СВЧ технике (1978 г.) представили доклад о достижениях в разработке маломощных смесителей миллиметрового диапазона на диодах с барьером Шоттки. Успехи полупроводниковой техники и технологии получения тонких пленок позволили создать приборы с очень низкой шумовой температурой: порядка нескольких сот градусов Кельвина на частоте 100 ГГц и около 1000 К на частоте 200 ГГц. Смесители, смонтированные в волновой секции или полосковой схеме, работали при криогенной или комнатной температуре. В них использовались диоды, изготовленные методом эпитаксиального выращивания с помощью молекулярного пучка или обычным методом эпитаксии из паровой фазы [2].

Одна из важнейших проблем, стоящих перед разработчиками как мощных, так и маломощных СВЧ-приборов, – проблема повышения надежности.

Недостатками легкоплавких металлов, используемых для получения металлического затвора полевых СВЧ транзисторов, являются их довольно высокая химическая активность и наличие горизонтальной диффузии между металлическим затвором и полупроводниковым материалом. Некоторые тугоплавкие металлы, в частности вольфрам, не вступают в реакцию с арсенидом галлия даже при высокой температуре. Однако вольфрам имеет довольно низкую электропроводность (примерно в 100 раз ниже, чем у платины), поэтому применение его для металлизации приводит к увеличению сопротивления затвора до недопустимо высокого значения.

Специалисты фирмы Varian (США) предложили использовать Т-образную многослойную структуру затвора с нижним слоем из вольфрама и верхним из золота, что позволяет снизить сопротивление затвора до приемлемой величины. Слой золота имеет большую ширину, чем

вольфрамовый слой, что обуславливает дальнейшее уменьшение сопротивления затвора. Кроме того, T образная структура упрощает изготовление затвора субмикронной длины и позволяет получать самосовмещенные области стока и истока.

Влияние высоких температур на характеристики прибора с вольфрамовым затвором определялось на диодах с барьером Шоттки и диаметром вольфрамового контакта 250 мкм. После отжига диода в атмосфере водорода в течение 10 мин при каждом из двух значений температур (450 и 575°C) из-за удаления паров воды с поверхности диода ток утечки при обратном смещении уменьшался [3].

Ряд интересных разработок в области СВЧ-техники осуществлен в Великобритании.

Специалистами фирмы AEI Semiconductors Ltd. созданы многофункциональные СВЧ модули на интегральных схемах (приемопередатчики и приемные устройства для систем связи и РЛС), которые по своим параметрам не уступают или превосходят обычные блоки на дискретных элементах. Путем применения модульной конструкции удалось улучшить характеристики балансового смесителя трехсантиметрового диапазона. Коэффициент шума одного смесителя составлял 6,5 дБ, добавление встроенного циркулятора привело к увеличению коэффициента шума смесительного блока до 7 дБ и повышению уровня развязки сигнала гетеродина от входного сигнала с 15 до 30 дБ. Блок смесителя на дискретных элементах имел более высокий коэффициент шума (7,5 дБ), что обусловлено вносимыми потерями в двух разземах.

Отмечается, что добавление встроенной конструкции усилителя промежуточной частоты приведет к дальнейшему улучшению характеристик смесителя, так как в этом случае можно добиться оптимального согласования смесителя с усилителем. Такое объединение конструкций наиболее целесообразно при работе на высоких промежуточных частотах (для современных систем связи с высокой скоростью передачи данных требуются промежуточные частоты от 500 МГц до 2 ГГц).

Для аппаратуры спутниковых систем связи и РЛС созданы интегральные конструкции чувствительных СВЧ приемников. Такой приемник представляет собой многофункциональный блок на интегральных схемах, где на одной и той же подложке монтируются транзисторный СВЧ усилитель, твердотельный ограничитель мощности для защиты усилителя от перегрузок и циркулятор, включенный между антенной и ограничителем для устранения отраженных сигналов.

Принцип конструирования, основанный на использовании многофункциональных гибридных интегральных схем, использован также при создании блока приемопередатчика для портативных РЛС. Блок работает как антенный переключатель. Он содержит балансный смеситель, циркулятор для развязки входного сигнала от сигнала блока АПЧ, пассивный ограничитель для защиты балансного смесителя от перегрузок и ответвитель для подведения сигнала передатчика к балансному смесителю. Усилитель промежуточной частоты и гетеродин выполнены в виде отдельных блоков.

По оценке специалистов, СВЧ модули, предназначенные для космической, самолетной и портативной передвижной аппаратуры, где их применение наиболее перспективно, имеют такую же надежность, как и СВЧ блоки обычной конструкции. Поскольку надежность СВЧ модулей определяется надежностью составляющих элементов, в том числе их способностью противостоять перегрузкам, особое внимание обращается на необходимость использования активных или пассивных устройств защиты [4].

В области микроэлектроники особое внимание уделяется проблемам освоения производства СБИС. Число транзисторов на одном кристалле ИС увеличилось за последние годы с 10 до десятков тысяч. Такой результат можно назвать взрывоподобным. И хотя специалистам приходилось решать весьма сложные проблемы, сам процесс увеличения сложности ИС носил скорее эволюционный, нежели революционный характер. Однако в настоящее время в связи с освоением технологии изготовления СБИС (когда возрастает сложность не только логических схем, но и их топологии и процессов обработки кристаллов) возникла проблема "управления проектированием". В предвидении длительных сроков разработки СБИС, сложности их проектирования и изготовления, большого риска, обусловленного огромными затратами людских и материальных ресурсов, многие ведущие полупроводниковые фирмы (Intel, Fairchild, National Semiconductor, Texas Instruments, Rockwell International и др.) приступили к проведению долгосрочных программ создания СБИС. Все программы имеют четко определенные цели, несмотря на то, что реальный выход ожидается не ранее середины 80-х годов.

Можно назвать два класса приборов, которые могут быть выполнены в виде СБИС со 100 тыс. и более элементов на одном кристалле:

- устройства с фиксированными функциями, выполняющие сложные операции и выдающие относительно простые результаты;
- программируемые устройства – приемники существующих микропроцессоров, только более сложные и быстроедействующие.

По данным фирмы Motorola, ситуация в полупроводниковой промышленности складывается таким образом, что СБИС в основном будут использоваться для создания устройств, выполняющих такие специализированные функции, как синтезирование речи и распознавание рукописного текста. При работе этих приборов не возникают проблемы функционального описания схемы и выполнения оптимальной разводки выводов, что характерно для сложных устройств обработки данных. С другой стороны, специалисты фирмы Zilog считают, что в будущем на рынке будут преобладать СБИС программируемых микропроцессоров и микро-ЭВМ. Это мнение совпадает с прогнозами руководства фирмы Intel, которое считает, что основной продукцией полупроводниковой промышленности США, по-видимому, станут программируемые СБИС, важной областью применения которых будет вычислительная техника.

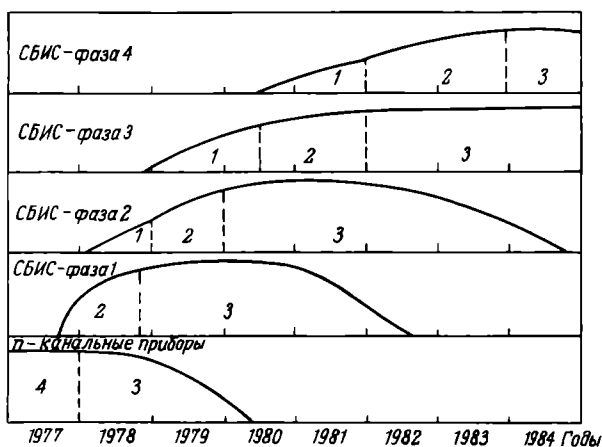
Из других областей применения СБИС технологии наиболее перспективными являются создание аналоговых устройств, например блоков обработки сигналов цветности

телевизора, аналоговых фильтров, схем синтеза и распознавания речи и др. Сложность цифровых ИС увеличилась на три порядка, а аналоговых устройств – всего лишь на порядок.

Из-за длительного периода разработки СБИС (несколько лет против одного года для создания БИС) (см. рисунок) возникает необходимость долгосрочного планирования работ в этой области, в том числе разработок новых и совершенствования уже имеющихся материалов и оборудования, технологических процессов, а также новых конфигураций схем.

Сложными считаются проведение испытаний и проверка готовых СБИС, в которых насчитываются десятки тысяч недоступных для проверки внутренних узлов. Еще более сложными являются проблемы, связанные с испытанием аналоговых схем, поскольку на проведение одного теста затрачивается не менее одной минуты. С целью решения данной проблемы разрабатывается несколько методик: в СБИС встраиваются специальные схемы, осуществляющие самопроверку; добавляются регистры сдвига для обеспечения последовательного вывода данных из недоступных устройств, как в случае использования методики LSSD. Из этих методов последний считается наиболее приемлемым. Поскольку машинная генерация тестовых сигналов оправдана только для приборов с ограниченным числом узлов (время испытаний приблизительно пропорционально квадрату/кубу числа узлов), разделение СБИС на функциональные блоки и использование методик, подобных LSSD, делает проблемы испытаний разрешимыми.

С большими трудностями связан также переход на полностью машинные методы проектирования. Вопросам машинного проектирования СБИС уделяется большое внимание, правда, основной объем работ проводится в области создания машинных методов получения топологии схемы. По мнению специалистов Калифорнийского технологического университета, синтезу логических устройств



Этапы проектирования и создания СБИС (данные фирмы Rockwell International Corp.):

1 – перспективные исследования; 2 – разработка процесса и освоение опытного производства; 3 – освоение промышленного производства; 4 – разработка процесса, освоение опытного производства, воспроизведение прибора другими фирмами

уделялось меньше внимания, чем физическому проектированию. До сих пор нет отработанной методики проектирования, обеспечивающей построение сверхбольших ИС. При внедрении методов машинного проектирования помимо чисто технических трудностей возникают психологические.

Одной из причин разделения программ по созданию СБИС на отдельные сегменты является необходимость освоения нового оборудования литографии по мере уменьшения размеров транзисторов. Сроки внедрения оборудования будут определяться их экономической эффективностью.

Большое внимание уделяется определению возможных областей применения рентгено- и электронолитографии. Ряд изготовителей отдает предпочтение электронолитографии, позволяющей без труда создавать линии шириной 0,25 мкм. Главным недостатком электроно-лучевой литографии является высокая стоимость и малая производительность оборудования. В мире пока еще нет ни одной коммерческой системы такого рода, за исключением оборудования для изготовления шаблонов. Ожидается, что в момент появления на рынке такое оборудование будет стоить не менее 1 млн. долл. По оценкам экспертов, полупроводниковая промышленность становится такой же капиталоемкой, как и сталелитейная: у фирм часто не хватает средств для участия в "гонке", не говоря уже о том, чтобы начать новое производство. В ближайшие пять лет характер промышленности сильно изменится, однако уже ясно, что в области создания СБИС не появится ни одной новой фирмы [5].

Естественно, что расширение работ по созданию СБИС влечет за собой появление принципиально новых технологических решений, создание нового "экзотического" оборудования. Но одновременно не исключено возникновение и парадоксальной ситуации: развитие производства СБИС повлечет за собой снижение темпов освоения новых научно-технических достижений. Это обусловлено тем, что для удовлетворения постоянно увеличивающегося спроса на сложные БИС, сохранения конкурентоспособности на рынке и обеспечения возможности разработок новых СБИС, полупроводниковые фирмы уже сейчас затрачивают большие средства на внедрение новых промышленных линий и расширение производственных площадей.

Увеличение стоимости технологического оборудования влияет и на деятельность его изготовителей [6].

Как известно, для ускорения разработок СБИС правительствами ведущих капиталистических стран приняты решения (в рамках специальных программ) о выделении средств частным фирмам для стимулирования этих разработок. Для сохранения самостоятельности отдельные фирмы отказываются от государственных дотаций. Так, например, группа полупроводниковых фирм концерна ИТТ намерена самостоятельно финансировать программы по созданию СБИС. С этой целью фирме Intermetall GmbH – ведущему изготовителю полупроводниковых приборов, за период с 1977 г. по настоящее время было отчислено более 13 млн. долл. на ввод в строй нового предприятия с центрами автоматизированного проектирования, изготовления фотошаблонов с помощью электронолитографии и проведения диффузии при разработке и изготовлении СБИС. В ближайшее время на реализацию программы создания СБИС предполагается затратить еще 5–7 млн. долл. [7].

Наряду с перспективными разработками СБИС, ведущие полупроводниковые фирмы продолжают совершенствовать разрабатываемые ранее приборы, изыскивают новые области применения для твердотельной электроники.

Фирма Texas Instruments предложила новую однотранзисторную ячейку памяти для схем динамических ЗУПВ. Благодаря структуре с суживающимся с двух сторон канала окисным слоем транзистор имеет два порога срабатывания, соответствующих логическим "0" и "1". К достоинствам ячейки относят простоту изготовления (один поликристаллический слой вместо двух-трех в современных схемах ЗУПВ) и считывания (с выхода снимается сигнал тока, а не напряжения), а также возможность хранения данных в течение минуты без регенерации информации (вместо нескольких миллисекунд в обычных динамических ЗУПВ). Предполагается, что новая структура станет основным элементом для построения ЗУПВ емкостью более 256 кбит [8].

Фирмой IBM разработаны так называемые микромеханические переключатели и схемы, выполненные в виде трехмерных структур на кремниевых кристаллах. Управляемые напряжением переключатели с четырьмя выводами могут изготавливаться с помощью обычной полупроводниковой технологии. Это позволит объединить на одном кристалле электронные и механические устройства. Приборы предназначены для переключения аналоговых сигналов, а также для применения в оптических ЗУ [9].

Растет производство дискретных полупроводниковых приборов.

В 1978 г. объем продаж дискретных полупроводниковых приборов американского производства в стоимостном выражении увеличился в сравнении с предыдущим годом на 12–15%, а в количественном – на 20%. В 1979 г. ожидается дальнейшее увеличение объема продаж на 5–8% в стоимостном и на 15–20% в количественном выражениях. Увеличение объема продаж характерно не для всех типов дискретных приборов: маломощные приборы по-прежнему вытесняются ИС (хотя темпы уменьшения их сбыта меньше прогнозируемых). Самые высокие темпы роста объема продаж характерны для мощных устройств, число поставщиков которых постоянно возрастает. Увеличению сбыта этих приборов способствуют появление модульных устройств и рост популярности VМОП транзисторов. Стоимость дискретных полупроводниковых приборов стабилизировалась. В 1979 г. стоимость маломощных транзисторов и диодов незначительно снизится, а мощных приборов увеличится до 10%. В результате создания нового высокопроизводительного промышленного оборудования большая часть американских изготовителей отказывается от осуществления сборочных операций в странах Дальнего Востока [10].

В области разработок кинескопов не наблюдается каких-либо существенных сдвигов. Работы в основном направлены на создание более экономичных, надежных и качественных приборов по сравнению с существующими.

Так, например, специалистами японской фирмы "Хитати" разработан кинескоп, на экране которого изображение появляется через 1 с после включения напряжения. Предполагается, что благодаря малой массе и компактности телевизоры с таким кинескопом будут пользоваться большим спросом потребителей [11].

Наибольший объем потребления цветных кинескопов приходится на долю наиболее развитых стран, согласно оценкам специалистов консультативной фирмы Mackintosh (Великобритания), одна треть мирового объема продаж цветных кинескопов – на долю западноевропейского рынка. В 1977 г. мировой объем продаж кинескопов, поставленных 13 основными фирмами-изготовителями, составил 2 млрд.долл.

По мнению специалистов фирмы Mackintosh, до 1990 г. европейские изготовители телевизоров будут использовать в основном цветные кинескопы с теневой маской [12].

Согласно оценкам специалистов американской консультативно-прогностической фирмы Venture Development Corp (VDC), объем продаж графических терминалов с выводом информации на ЭЛТ и систем, в которых они используются, увеличится с 275 млн.долл. в 1978 г. до 1,1 млрд.долл. в 1983 г. Самые быстрые темпы роста объема продаж ожидаются для графических терминалов с выводом информации на ЭЛТ с растровой разверткой [13].

В области квантовой электроники, как и прежде, большое внимание уделяется разработке приборов военного назначения и расширению областей применения лазеров.

Консультативной фирмой Frost & Sullivan опубликован прогноз развития рынка устройств ночного видения и лазерной техники военного назначения, согласно которому сумма ассигнований, включая затраты на исследование, разработку, испытания и внедрение, за период с 1978 по 1982 финансовые годы составит 9,2 млрд.долл. при среднем ежегодном приросте 82%. При этом сумма затрат на устройства ночного видения будет самой большой – 3,2 млрд.долл. Наибольшие темпы прироста (~100% за пятилетие) будут характерны для рынка лазерных дальнометров, целеуказателей, устройств слежения и ИК преобразователей изображения. Обозреватели отметили появление на рынке новых фирм, занятых созданием устройств ночного видения и лазерной техники следующего поколения [14].

Отделением Data Systems фирмы Philips (Нидерланды) создано оптическое дисковое ЗУ емкостью 10 млрд.бит (что в два раза превышает объем лучших магнитных дисковых ЗУ) с временем выборки ~250 мс. ЗУ представляет собой два прозрачных пластмассовых диска (толщина 1 мм и диаметр 304,8 мм), разделенных воздушным зазором. На внутренние поверхности дисков нанесен слой теллура толщиной 30 нм, на который записывается информация в виде выжигаемых лазером отверстий диаметром 1 мкм. При такой конструкции чувствительные поверхности дисков защищены от пыли, царапин и отпечатков пальцев. Информация записывается с помощью излучения полупроводникового лазера, представляющего собой кристалл арсенида галлия-алюминия со стороной квадрата 0,1 мм [15].

Фирмой Western Electric разработана автоматизированная быстродействующая лазерная система точечной приварки выводов к миниатюрным реле. Производительность установки, определяемая быстродействием контроллера на базе микропроцессора, составляет 20 контактов/с, что примерно в четыре раза выше, чем у современных систем приварки выводов. Получаемые контакты характеризуются высокой надежностью и однородностью, что облегчает их визуальный контроль [16].

Специалисты фирмы Energy Analysis Co. по контракту с Министерством энергетики США изучили возможность применения лазеров для передачи энергии со спутниковых систем, преобразующих солнечную энергию в энергию постоянного тока. В отчете, подготовленном фирмой, отмечается, что благодаря успехам, достигнутым при усовершенствовании мощных лазеров, можно создать спутниковые энергетические системы, использующие лазерное излучение для передачи энергии на Землю. Общий КПД таких систем составит 1–2% (при современном уровне лазерной технологии). Согласно прогнозам, КПД систем с использованием СВЧ излучения для передачи энергии на Землю будет равен 6–7%. Стоимость лазерной системы, вращающейся на низкой околоземной орбите, составит 6,5 млрд. долл.; СВЧ системы, вращающейся на геостационарной орбите, — 14–15 млрд. долл. [17].

Наиболее широкое применение нашли устройства отображения информации военного назначения. Согласно отчету консультативно-прогностической фирмы Frost & Sullivan, объем продаж дисплеев военного и гражданского назначения на рынке США удвоится за период с 1978 по 1983 гг. (с 921 млн. до 1,8 млрд. долл.). Почти половина объема продаж военных устройств отображения информации придется на долю дисплеев для военно-воздушных бортовых систем вооружения. Затраты ВВС на бортовые системы отображения информации после 1983 г. будут непрерывно расти в связи с освоением лазерных РЛС [18].

В области новых материалов интерес представляет сообщение, что Лабораторией перспективных исследований (Laboratoire d'Etudes et Recherches Avancées — LERA, Франция) определяются возможности применения тонких органических пленок в качестве фоторезистов, а также изготовления на их основе гигрометров и конденсаторов.

По данным исследователей Комиссии по атомной энергии Франции (где проводится большой объем работ в области технологии органических тонких пленок), органические пленки толщиной даже в один атомный слой имеют более высокую стабильность характеристик, чем широко используемые металлические пленки [19].

В США и Великобритании ведутся разработки нового класса пьезоэлектрических приборов. С целью повышения частоты этих приборов без уменьшения их размеров специалисты Королевского радиолокационного общества (Великобритания) и фирмы TRW (США) исследуют возможность создания устройств на базе объемных волн, возникающих при распространении поверхностных акустических волн (ПАВ). Новые приборы, в которых используется объемная волна, распространяющаяся по поверхности (Surface-Skimming Bulk Wave — SSBW), в сравнении с устройствами на ПАВ, характеризуются не только более высокими рабочими частотами, но и меньшими коэффициентами затухания сигнала и чувствительностью к загрязнению поверхности, лучшей температурной стабильностью.

Специалистами Королевского радиолокационного общества изготовлены SSBW кристаллические генераторы и полосовые фильтры, работающие на частотах до 2,3 ГГц [20].


Применение роботов на участках сборки относительно небольших устройств до недавнего времени рассматривалось как перспектива. Роботы, как правило, выполняли относительно малокачественную работу, такую, как окраска, сварка или манипулирование деталями массой

более сотни килограммов. Но в ноябре 1978 г. фирма Unimation Inc. продемонстрировала первый управляемый микропроцессорами робот PUMA (Programmable Universal Manipulator for Assembly — программируемый универсальный манипулятор для сборки). Робот предназначен для работы на линиях сборки различных устройств ЭВМ, приборов или двигателей; он может манипулировать относительно легкими деталями (массой менее 3,5 кг) при точности установки деталей  $\pm 100$  мкм и скорости перемещения 1 м/с [21].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. "Microwave Journal", 1978, vol. 21, N 8, p. 26.
2. "Microwave Journal", 1978, vol. 21, N 8, p. 78–80, 83.
3. "Electronics Letters", 1978, vol. 14, N 16, p. 514–515.
4. "New Electronics", 1978, vol. 11, N 18, p. 74, 78, 84, 86.
5. "Electronics", 1978, vol. 51, N 24, p. 111–125.
6. "Electronics", 1978, vol. 51, N 24, p. 87–88.
7. "Electronics", 1979, vol. 52, N 1, p. 68, 70.
8. "Electronics", 1978, vol. 51, N 26, p. 31–32.
9. "Electronics", 1978, vol. 51, N 26, p. 32–33.
10. Приложение к "Electronic News", 1978, vol. 23, N 1210.
11. "JEI", 1978, vol. 25, N 10, p. 48.
12. "Electronics Weekly", 1978, N 945, p. 8; "New Electronics", 1978, vol. 11, N 21, p. 10.
13. "Electronics Weekly", 1978, N 947, p. 14.
14. "Laser Weekly", 1978, vol. 12, N 43, p. 1–3.
15. "Electronics", 1978, vol. 51, N 24, p. 75–76.
16. "Electronic Packaging and Production", 1978, vol. 18, N 11, p. 23, 25.
17. "Microwaves", 1978, vol. 17, N 11, p. 11, 15.
18. "Electronics Weekly", 1978, N 944, p. 15.
19. "Electronics", 1978, vol. 51, N 24, p. 76, 78.
20. "Electronics", 1979, vol. 52, N 1, p. 81–82.
21. "Electronics", 1978, vol. 51, N 24, p. 41–42.

Н. А. Пащенко

·ЭП·

РЕКЛАМА

НОВАЯ КНИГА

ОПТИЧЕСКИЕ ЗАПОМИНАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

В.А. Вуль

Л. "Энергия", 1979, 12,5 л., 15000 экз.

Рассматриваются вопросы расчета и проектирования перспективных оптических запоминающих устройств для хранения массивов информации емкостью порядка в миллионы бит. Описано использование лазера в качестве источника лучистой энергии, обеспечивающего наибольшую плотность представления информации на носителе.

Книга предназначена для инженеров и техников, проектирующих или эксплуатирующих вычислительные машины.



СТЕРЕОФОНИЧЕСКИЙ КАССЕТНЫЙ ПЕРЕНОСНЫЙ ЧЕТЫРЕХДороЖЕЧНЫЙ МАГНИТОФОН

# // ЭЛЕКТРОНИКА - СТЕРЕО //

МАГНИТОФОН КОМПАКТЕН, НАДЕЖЕН В РАБОТЕ, ПРОСТ В ОБРАЩЕНИИ, КРАСИВО ОФОРМЛЕН

# СТЕРЕО



Купив магнитофон "Электроника-стерео", вы сможете слушать стереозаписи не только дома, но и в автомобиле, на даче, в каюте теплохода или в туристском походе.

Ему не страшна дорожная тряска, он может работать в любом положении. Питание аппарата универсально: от внутренней батареи напряжением 9 В, автомобильного аккумулятора, сети переменного тока.

Подключение выносных акустических систем дает возможность еще более усилить стереозвук.

Магнитофон "Электроника-стерео" позволяет проводить запись моно- и стереофонических программ от магнитофона, электропроигрывателя, радиоприемника, телевизора.

# СТЕРЕО

Полоса воспроизводимых звуковых частот, Гц . . . . . 63—10000  
Максимальная выходная мощность на канал, Вт . . . . .  $\geq 1,5$

Время работы одной кассеты (в зависимости от типа ленты), мин. . . . . 60—120  
Потребляемая мощность, Вт . . . . .  $\leq 10$   
Габариты, мм . . . . . 350x232x90  
Масса (с батареями), кг . . . . .  $\approx 5$

На первой странице обложки: мини-ЭВМ К 200 и микро-ЭВМ "Электроника С5-11"; на четвертой странице обложки: микрокалькулятор "Электроника БЗ-30" (см. статью на с.33)

Ответственные за выпуск С. И. Баранова, Г. В. Потапова  
Художник В. А. Чернецов Технический редактор Г. М. Корнеева  
Цветные фото Б. В. Борисевича  
Корректоры А. В. Смирнова, Т. В. Балицкая



Подписано в печать 5/VI—1979 г.  
Т—09066 Формат 60x90/8 Объем 10 п. л.  
Уч. изд. л. 9,5 Индекс 3833 25 статей, 10 реф.  
Заказ 622 Тираж 3850 Цена 2 руб. 90 коп.

Производственно-издательский отдел ЦНИИ "Электроника"

Москва, 117415, проспект Вернадского, 39



# СВЕРХТОНКИЙ МИКРОКАЛЬКУЛЯТОР «ЭЛЕКТРОНИКА» БЗ · 30

Н.Т.Б



ИНДИКАТОР НА ЖИДКИХ КРИСТАЛЛАХ