

# ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

ISSN 0207-6357

3  
1986



# 1986

## МИНИСТЕРСТВО ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР • НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

РЕДАКЦИОННАЯ  
КОЛЛЕГИЯ:

А. А. Чернышев  
(главный редактор)

В. А. Афанасьев  
И. Н. Букреев  
С. С. Булгаков  
Ф. И. Бусол  
А. А. Васенков  
И. Н. Воженин  
Г. Г. Горбунова  
(ответственный секретарь)

А. П. Грибачев  
Б. Г. Грибов  
Г. Я. Гуськов  
Н. Д. Девятков  
В. И. Жильцов  
(зам. главного редактора)

С. П. Жолобов  
Г. М. Зверев  
В. И. Иванов  
Н. А. Киреев  
А. А. Константинов  
Э. А. Лукин  
В. И. Машкин  
Ю. Б. Митюшин  
Ю. П. Поцелуев  
Ю. А. Райнов  
А. И. Савин  
В. Д. Степанов  
В. Н. Сретенский  
П. М. Стуколов  
(зам. главного редактора)

Я. А. Федотов  
В. Е. Фетисов  
О. В. Филатов  
С. К. Цаллагов



### XXVII СЪЕЗДУ КПСС

В УСЛОВИЯХ ПОСТОЯННОГО РОСТА ОБЪЕМОВ ВЫПУСКА ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ УСПЕШНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОВЫШЕНИЮ ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ НА БАЗЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА, ПОСТАВЛЕННЫХ В ДВЕНАДЦАТОЙ ПЯТИЛЕТКЕ, МОЖЕТ БЫТЬ ОБЕСПЕЧЕНО ПРОВЕДЕНИЕМ КОМПЛЕКСА РАБОТ, НАПРАВЛЕННЫХ НА СОБЛЮДЕНИЕ СТРОЖАЙШЕГО РЕЖИМА ЭКОНОМИИ ВСЕХ ВИДОВ СЫРЬЯ И МАТЕРИАЛОВ, ВЫЯВЛЕНИЕ, СБОР, ПЕРЕРАБОТКУ И ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕСУРСОВ, ВНЕДРЕНИЕ РЕСУРСΟΣБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ, А ТАКЖЕ ВНЕДРЕНИЕМ КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ – ОТ ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ И ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ДО РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ С ЕГО ОПТИМИЗАЦИЕЙ, КОНТРОЛЕМ, ИСПЫТАНИЯМИ И УПРАВЛЕНИЕМ КАЧЕСТВОМ ИЗДЕЛИЙ.

НАСТОЯЩИЙ ВЫПУСК ВКЛЮЧАЕТ СТАТЬИ, В КОТОРЫХ РАССМОТРЕНЫ:

- ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ЗАДАЧИ ПЕРЕВОДА ОТРАСЛИ НА НОВЫЕ УСЛОВИЯ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ;
- ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЦЕНТРОВ КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ НА КРУПНЫХ НПО;
- АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ И УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ;
- РОБОТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА В ОТРАСЛИ;
- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ;
- МЕТОДЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ ПЕРЕДОВЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ НАУКИ;
- ЗАДАЧИ ОТРАСЛИ ПО РЕАЛИЗАЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА ТОВАРОВ НАРОДНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ;
- ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ КОЛЛЕКТИВНЫХ ФОРМ ОРГАНИЗАЦИИ И СТИМУЛИРОВАНИЯ ТРУДА.

ПУБЛИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ, ИМЕЮЩИХ ЦЕЛЬЮ ОЗНАКОМИТЬ С ПЕРЕДОВЫМ ОПЫТОМ, ДОСТИГНУТЫМ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОТРАСЛИ В УКАЗАННОМ НАПРАВЛЕНИИ, БУДЕТ ПРОДОЛЖЕНА В ПОСЛЕДУЮЩИХ ВЫПУСКАХ.

# ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

# 1986

# 3

ИЗДАЕТСЯ С 1970 г. • ВЫПУСК (151)

OldPC.su

....

музей компьютеров

## СОДЕРЖАНИЕ

- 3 *Стуколов П. М.* Основные принципы и задачи перевода отрасли на новые условия хозяйствования

### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

#### Автоматизация производства и управления

- 13 *Степанов В. Ф., Филатов О. В.* Построение ВЦКП и информационно-вычислительной сети в крупном НПО
- 15 *Волков В. В., Мичков А. Н., Пивняк Н. Л.* Цеховая система контроля и анализа изготовления ИС
- 18 *Бойко Т. А., Наумов Н. М.* Автоматизированная система оперативно-диспетчерского управления производством ИС
- 20 *Мичков А. Н., Плотникова Н. И., Хмелева М. В.* Система программирования ЭВМ "Электроника-60", встраиваемых в контрольно-измерительное оборудование

### ИССЛЕДОВАНИЯ. РАЗРАБОТКИ. МЕТОДЫ РАСЧЕТОВ

#### Системы автоматизированного проектирования

- 23 *Мироненко Л. Н., Ступаченко А. А.* Задачи оптимизации при проектировании объектов конденсаторостроения
- 29 *Казеннов Г. Г., Соколов А. Г.* Системы автоматического проектирования ИС — эффективное средство повышения производительности проектных работ
- 34 *Бачманов В. А., Горлач Е. Г., Мухин Ю. А., Подобаев А. П.* Система автоматизированного проектирования МДП матричных БИС "ТО-ПАЗ-3000"

### ОБОРУДОВАНИЕ

#### Автоматизация производства. Повышение производительности труда

- 37 *Гаврилюк Е. К., Сандалов А. М., Фетисов В. Е.* Роботизация производства в отрасли: достижения, основные направления и перспективы развития
- 40 *Беляевский Е. И., Онегин Е. Е.* Комплексно-модульное проектирование электроприводов с программным управлением
- 42 *Медников М. И.* Повышение эффективности использования высоковакуумных электрических печей с контейнерной загрузкой
- 46 *Анискевич В. М., Баранов И. А., Кондратов Н. М., Кучко Р. Д., Овчинников О. В.* Автоматизированная установка для нанесения двухсторонней металлизации

### ТЕХНОЛОГИЯ

#### Переход к новым технологическим системам. Эффективные ресурсосберегающие технологии. Технологический контроль

- 47 *Костин В. Н., Молоствов А. Н., Хохлов М. В.* Структуры "кремний на изоляторе" для МДП ИС, полученные методом зонной рекристаллизации
- 48 *Коржавый А. П.* Порошковая металлургия в материалосберегающих технологиях изготовления катодных узлов ИЭТ
- 49 *Болгов И. С., Файфер С. И.* Перспективные направления разработок плакировочных материалов для производства твердотельных приборов

- 51 *Кузьмичев Г. П., Сайганов В. А.* Использование твердокаменных пород в метрологии и точном машиностроении
- 54 *Гуров В. А., Емельянов В. А., Хмыль А. А., Шевцов В. И.* Совершенствование технологии обогащения кварцевого сырья с высоким содержанием примесей
- 55 *Ануфриев Л. П., Емельянов В. А.* Рационализация использования золота при изготовлении ИС
- 56 *Гукетлев Ю. Х.* Экономичный метод вихревой обработки пластин в производстве ИЭТ
- 57 *Ермашов С. К., Лукьяненко И. А., Тихомиров Э. Б.* Замена нержавеющей стали полимером при изготовлении корпусов датчиков и регуляторов расхода газа
- 58 *Быковский И. П., Гожая Э. С., Головина К. Н., Салеева Н. М.* Безотходная технология обезжиривания алюминиевых заготовок в трихлорэтилене
- 58 *Васильев И. Г., Ермаков А. А., Перфильев А. И., Пильдон В. И., Смагина С. В.* Опыт экономии германия в производстве полупроводниковых приборов
- 60 *Дружинин Н. А., Жакевич О. А., Игнатьев В. И., Фитасов А. А.* Регенерация и повторное использование технологических отходов в производстве металлопленочных резисторов
- 61 *Райнова Ю. П., Турилин С. М.* Применение голографической интерферометрии для исследования тепло- и массопереноса в газофазных процессах
- 62 *Беляев И. А., Денисов Л. К., Ихенов Д. А., Казачек В. Н., Никифоров В. Г., Сальников М. А., Сивоволов В. А.* Контроль содержания органических примесей в технологических средах микроэлектроники с помощью лазерного флуориметра
- 64 *Васенков А. А., Кулипанов Г. Н., Литвинов Ю. М., Мазуренко С. Н., Михайлов М. А., Панченко В. Е.* Контроль дефектов и рентгено-топографические исследования материалов микроэлектроники с использованием синхротронного излучения
- 66 *Безручко С. М., Подшивалов В. Н., Фисун А. И.* Прибор для бесконтактного определения подвижности носителей заряда в полупроводниковых структурах
- 63 *Андреев Ю. Ф., Егоренков В. А., Жучкова А. В., Клевцов В. В., Чеботаренко Л. А.* Автоматизированный комплекс для определения СВЧ-параметров смесительных диодов
- 69 *Голуб Н. П., Лагунова Н. Г., Моротская С. В., Потапов В. Ф., Токарев В. Ф.* Автоматизированный комплекс для измерения и обработки температурных зависимостей подвижности носителей заряда в полупроводниковых слоях
- 74 *Гусев Ю. Ю., Журба Б. И., Матасов В. Ф., Тугарин В. Г., Филатов А. Б.* Автоматический измеритель толщины тонких прозрачных пленок

#### ИЗДЕЛИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

- 77 *Стуколов П. М.* Производство товаров для населения — на уровень новых задач

#### НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС И КАДРЫ

- 81 *Волкова Н. П., Сергеева В. Д.* Внедрение и совершенствование коллективных форм организации и оплаты труда
- 83 *Колот Ю. И.* Опыт внедрения бригадных форм труда в производственном объединении
- 84 *Богатов С. М., Осипов А. И., Серболина Н. С., Шишкин А. С.* Опыт создания укрупненных хозрасчетных бригад

#### ЛЮДИ ТРУДОВОЙ СЛАВЫ

- 85 *Гаврилина Н. А.* С комсомольским задором
- 86 *Лушпинин К. В.* Честь смолоду
- 87 *Жбанков А. В.* Про Любу Корякину
- 88 *Лобанов В. В.* Ступени мастерства

#### СООБЩЕНИЯ

- 3 стр. обл. XII Пленум Центрального комитета профсоюза рабочих радиоэлектронной промышленности

#### РЕКЛАМА

- 12 Инженерный микрокалькулятор "Электроника МК-71" на солнечных элементах. Программируемые микрокалькуляторы "Электроника МК-52" и "Электроника-61"
- 22 Электронные наручные часы в пластмассовом корпусе
- 32—33 Видеоманитофон "Электроника ВМ-12"
- 72 Игры с микропроцессорным управлением
- 76 Радиоуправляемые игрушки
- 4 стр. обл. Бытовой компьютер "Электроника БК 0010"

# ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ЗАДАЧИ ПЕРЕВОДА ОТРАСЛИ НА НОВЫЕ УСЛОВИЯ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ

УДК 658.589.011.46:338.984.3

П. М. СТУКОЛОВ

В проекте Основных направлений экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года поставлена задача комплексного совершенствования системы управления и хозяйствования, обеспечивающего органическое единство и эффективное взаимодействие планирования, экономических рычагов и стимулов, организационных структур управления. Эта система должна быть нацелена на использование интенсивных факторов роста производства, ускорение научно-технического прогресса, наиболее полное удовлетворение потребностей общества.

Выполнение поставленных задач требует повышения научного уровня планирования, усиления его воздействия на интенсификацию производства, внедрения научно-технических программ, сбалансированного и пропорционального развития производства и эффективного его использования, широкого применения нормативных методов планирования на всех уровнях управления и совершенствования системы плановых показателей.

Переведенные в порядке эксперимента на новые условия хозяйствования отдельные отрасли промышленности значительно улучшили технико-экономические показатели своей деятельности. Это достигнуто в основном за счет расширения самостоятельности и ответственности объединений, внедрения системы стимулирования и санкций за конечные результаты работы, повышения сбалансированности планов поставок и материально-технического обеспечения, широкого использования нормативов длительного действия, внедрения принципа планирования ресурсов и образования средств на поощрение в зависимости от прироста объема продукции.

Как известно, электронная промышленность должна перейти на новые условия хозяйствования с 1 января 1987 г. В связи с этим необходимо рассмотреть основные принципы новой системы планирования в отличие от существующей и своевременно осуществить всестороннюю подготовку к ее внедрению.

Для всех отраслей, переводимых на новые условия хозяйствования, значительно сокращается количество утверждаемых показателей и нормативов в пятилетнем и го-

довом планах. При этом постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 12 июля 1985 г. "О широком распространении новых методов хозяйствования и усилении их воздействия на ускорение научно-технического прогресса" министерствам и ведомствам СССР запрещается доводить до подведомственных производственных объединений (предприятий) в качестве утверждаемых показатели, не предусмотренные новыми условиями хозяйствования, введенными в соответствии с решениями Правительства СССР. Указывается, что органы управления могут сообщать производственным объединениям (предприятиям) при разработке плана только те расчетные показатели, которые необходимы для сбалансирования и увязки различных его разделов.

По производству и реализации продукции в *пятилетнем плане* утверждается три показателя:

- производство основных видов продукции в натуральном выражении, включая изделия новой техники и продукцию для экспорта;

- производство ТКБиХН в розничных ценах;

- объем производства продукции высшей категории качества.

Показатель темпа роста товарной (валовой) продукции переходит из утверждаемых в расчетные.

В *годовом плане* утверждается четыре показателя:

- объем реализуемой продукции — для оценки выполнения обязательств по поставкам;

- производство основных видов продукции в натуральном выражении, включая изделия новой техники и продукцию для экспорта;

- объем производства ТКБиХН в розничных ценах;

- объем производства продукции высшей категории качества.

В целях своевременной подготовки производства к выпуску нужной народному хозяйству продукции, новых высокоэффективных изделий Госплан СССР в предварительном порядке доводит до министерств задания по производству продукции в натуральном выражении до 10 августа и фонды на материально-технические ресурсы по

широкой номенклатуре до 1 сентября года, предшествующего планируемому.

Задания по изготовлению опытных образцов и освоению серийного производства основных видов новой техники включаются в план в натуральном выражении. Для более полного учета выполнения этой части плана при оценке конечных результатов и в целях повышения ответственности и заинтересованности объединений (предприятий) в своевременном проведении работ по освоению новой техники в объеме реализуемой продукции включается стоимость этих работ, оплачиваемых из средств единого фонда развития науки и техники или фонда освоения новой техники. Невыполнение предусмотренных планом заданий по новой технике учитывается при оценке плана реализации продукции исходя из обязательств по поставкам в соответствии с заключенными договорами (заказами).

Для усиления заинтересованности объединений (предприятий) в увеличении производства продукции на экспорт Министерство внешней торговли и Государственный комитет СССР по внешним экономическим связям обязаны производить отчисления объединениям (предприятиям) в иностранной валюте за поставку продукции и оказываемые услуги на свободно конвертируемую валюту в процентах к фактическим валютным поступлениям от экспорта машиностроительных изделий: по крупносерийной и мелкосерийной машиностроительной продукции соответственно 5—15 и 10—20%, по запасным частям 50%.

По развитию науки и техники, внедрению достижений науки и техники в пятилетнем и годовом плане устанавливаются следующие показатели:

— объем затрат на НИОКР (по источникам финансирования);

— фонд заработной платы работников НИИ (КБ);

— численность работников НИИ (КБ);

— задания по разработке, освоению, внедрению и расширению использования новой техники и технологических процессов.

В управлении научно-техническим прогрессом возрастает значение объективной оценки качества продукции, ее аттестации. В соответствии с указанным выше постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР аттестация продукции проводится теперь только по двум категориям качества — высшей и первой, что повышает спрос с ее изготовителей.

Уровень научно-технического прогресса оценивается, во-первых, по соответствию выпускаемой продукции лучшим мировым образцам, во-вторых, по конечным показателям, характеризующим применение новейших достижений науки и техники, таким как снижение материалоемкости изделий,

переход к прогрессивным технологиям их изготовления. Кроме того, учитывается освоение и переход к массовому выпуску новых, высокоэффективных изделий, а также выполнение наиболее крупных мероприятий по внедрению новой техники, подготовке к ее производству.

Наиболее существенным критерием оценки технического уровня производства является соответствие выпускаемой продукции лучшим мировым образцам. Предусмотрены действенные экономические рычаги и стимулы, побуждающие производить подобные изделия.

Показатели ускорения научно-технического прогресса должны на деле стать организационной частью всех разделов государственного плана, его основой. При разработке планов необходимо обеспечить переход к принципиально новой технике и технологическим системам для достижения наивысшей эффективности производства и перевооружения всех объединений и предприятий отрасли.

Объективная оценка качества и технического уровня изделий служит основой дифференциации оптовых цен, применения к ним надбавок и скидок. Более требовательно и обоснованно должны устанавливаться надбавки к оптовым ценам (до 30%) на продукцию высшей категории качества. Принято решение, что надбавка сохраняется, если продукции при последующей аттестации вновь присваивается высшая категория качества.

Предусмотрено применение скидки с оптовой цены продукции производственно-технического назначения, отнесенной при аттестации к первой категории качества, в первый год в размере 5%, во второй год — 10% и в третий год — 15%. Если при второй аттестации продукция не будет отнесена к высшей категории качества, она должна быть снята с производства. С разрешения Госплана СССР и Госнаба СССР ее выпуск может быть сохранен до двух лет, но скидка при этом увеличивается до 30%.

Скидки с оптовых цен не только уменьшают доходы предприятия-изготовителя. Средства в размере до 70% суммы скидок возмещаются за счет фонда материального поощрения (ФМП). Определена граница этого уменьшения: ФМП сокращается не более чем на 20% плановой величины.

Таким образом, вводится система экономических санкций, которую характеризует ряд новых признаков: неизбежность экономической ответственности предприятия; повышение этой ответственности при длительном производстве морально устаревшей продукции; необходимость снятия с производства такой продукции по истечении строго определенного периода; существен-

ное усиление материальных наказаний коллективов за выпуск продукции, не соответствующей современным требованиям.

Предстоит многое сделать, чтобы поднять работу по аттестации на должную высоту, улучшить ее организацию, информационное обеспечение аттестационных комиссий, повысить их ответственность за достоверность и объективность оценок.

Уже сейчас следует определить состав выпускаемой в отрасли продукции по категориям качества, уточнить перечень неаттестуемых изделий, составить планы-графики работы по совершенствованию и переаттестации ИЭТ, оценить возможные потери от производства продукции неаттестованной и первой категории качества, составить перечни изделий, рекомендуемых для экспорта, и планы реализации мероприятий, включенных в отраслевые научно-технические программы повышения эффективности, качества и надежности продукции.

По труду и заработной плате к числу утверждаемых показателей отнесены:

- рост производительности труда;
- норматив прироста фонда заработной платы (ФЗП) промышленно-производственного персонала (ППП) действующих предприятий за каждый процент прироста объема продукции (вместо норматива заработной платы на один рубль продукции);
- ФЗП работников непромышленного персонала;
- ФЗП работников вновь вводимых в действие предприятий и объектов на период планового срока достижения проектных технико-экономических показателей (в настоящее время ФЗП рабочих и служащих утверждается без выделения ФЗП ППП);
- нормативное соотношение между приростами средней заработной платы (с учетом выплат из ФМП) и производительности труда.

Общий ФЗП, как и прежде, будет расчетным.

Не подлежит утверждению в пятилетних и годовых планах экономического и социального развития лимит численности рабочих и служащих. Численность персонала будет определяться объединениями (предприятиями) на основе утверждаемых показателей.

Порядок утверждения в годовых планах нормативного соотношения между приростами средней заработной платы и производительности труда сохраняется прежним, но существенно меняется порядок образования фонда заработной платы ППП. Этот фонд формируется как сумма ФЗП базового года и дополнительного фонда, исчисленного по нормативу за каждый пункт (процент) прироста объема продукции. Базовым ФЗП объединения для разра-

ботки плана на планируемый год является фактический ФЗП ППП предыдущего года. Базовый ФЗП ППП увеличивается на сумму относительной его экономии за вычетом из этой суммы средств, перечисленных в конце года в ФМП в порядке, утвержденном в постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 12 июля 1979 г. (пункт 53).

Для производственных объединений, допустивших перерасход ФЗП ППП при невыполнении плана по объему продукции, базовый ФЗП уменьшается на сумму превышения фактически начисленной заработной платы против планового ФЗП в предплановом году.

Базовый ФЗП сохраняется при условии, если рост производительности труда равен или превышает задание пятилетнего плана на соответствующий период нарастающим итогом с начала пятилетки.

В новых условиях хозяйствования расширяются права министерств, объединений и предприятий в области оплаты труда. Администрации объединений (предприятий), участвующих в эксперименте, предоставлено право устанавливать по согласованию с профсоюзным комитетом за счет экономии ФЗП:

*повышенные доплаты* к тарифным ставкам высококвалифицированным рабочим, занятым на особо ответственных работах, за профессиональное мастерство (рабочим III разряда — до 12%, IV — до 16%, V — до 20%, VI — до 24% тарифной ставки; сейчас надбавки к тарифным ставкам составляют 4; 8; 12% ставки присвоенного разряда в пределах межразрядной разницы);

*надбавки* высококвалифицированным инженерно-техническим работникам и служащим в размере до 50% должностного оклада (сейчас высококвалифицированным ИТР и служащим выплачивают до 30% оклада, конструкторам и технологам — до 50%). Указанные надбавки, как и доплаты рабочим, уменьшаются или отменяются полностью при ухудшении производственных показателей;

*доплаты* за совмещение профессий (должностей) работникам, относящимся к различным категориям персонала (производятся без утверждения перечня совмещаемых профессий вышестоящими организациями);

*оклады* высококвалифицированным рабочим, занятым на особо важных и ответственных работах, в размере до 250 руб. в месяц (но не выше должностных окладов мастеров с учетом 50%-ной надбавки).

Министрам и руководителям ведомств СССР по согласованию с Государственным комитетом СССР по стандартам предоставле-

но право выплачивать руководящим и инженерно-техническим работникам объединений (предприятий) промышленности надбавки к должностным окладам в размере до 20% (сверх установленных размеров надбавок за счет экономии ФЗП) на срок 1 год в пределах планового ФЗП по министерству (ведомству) в целом за обеспечение производства значительной доли продукции, соответствующей мировым достижениям, существенное расширение экспорта продукции и повышение технического уровня производства. Надбавки и доплаты к должностным окладам (тарифным ставкам) работников аппарата управления не включаются в предельные ассигнования на содержание аппарата управления.

По себестоимости и прибыли в пятилетнем плане из состава утверждаемых исключен показатель "прибыль от промышленной деятельности в оптовых ценах предприятий", а утверждается для отрасли и предприятий "предельный уровень затрат на рубль товарной продукции". В годовых планах в составе утверждаемых показателей сохраняются "предельный уровень затрат на рубль товарной продукции" и "прибыль"; показатель "лимит (предельный уровень) материальных затрат" исключается.

По капитальному строительству в пятилетних и годовых планах предусмотрены лимиты государственных централизованных капитальных вложений и нормативы образования фонда развития производства.

В целях повышения самостоятельности и ответственности объединений (предприятий) за техническое совершенствование основных фондов установлено, что затраты на техническое перевооружение из средств фонда развития производства предусматриваются в составе государственных капитальных вложений и выделяются в плане отдельно как нецентрализованные капитальные вложения наряду с централизованными. Средства фонда развития производства, накопленные объединениями (предприятиями), изъятию не подлежат.

По материально-техническому снабжению установлены лимиты (в пятилетнем плане) и фонды (в годовом плане) на основные виды материально-технических ресурсов (по укрупненной номенклатуре продукции), а также задания по среднему снижению норм их расхода. Госплан СССР обязан доводить до министерств фонды на материально-технические ресурсы по широкой номенклатуре до 1 сентября года, предшествующего планируемому, что значительно повысит уровень сбалансированности планов.

В финансовом годовом плане сохраняется утверждаемый показатель "платежи в бюджет и ассигнования из бюджета". Объединениям (предприятиям) разрешается образовывать финансовые резервы за счет остающихся в их распоряжении 80% сверхплановой прибыли (подлежащей взносу в бюджет в виде свободного остатка) и части надбавок к оптовым ценам на высокоэффективную продукцию, но не более 5% норматива собственных оборотных средств. Учреждениям банков разрешается предоставлять объединениям (предприятиям) в пределах планов долгосрочного кредитования кредиты на проведение высокоэффективных мероприятий по техническому перевооружению основных фондов при условии их окупаемости в срок до пяти лет со дня выдачи первой ссуды. Погашение кредита осуществляется за счет средств фонда развития производства, а при их недостаточности — за счет сверхплановой прибыли.

Установлено, что платежные кредиты предоставляются на срок до 90 дней, разрешается продление этого срока до 120 дней. В случае, если объединения (предприятия) не возвращают кредита в установленный срок, дальнейшее кредитование приостанавливается либо осуществляется под гарантию вышестоящих организаций. За пользование указанными кредитами сверх 60 дней взимаются повышенные проценты. Банкам предоставлено право дифференцировать (снижать или повышать до 20%) процентные ставки за кредит в зависимости от выполнения объединениями (предприятиями) основных плановых показателей, рационального использования собственных оборотных средств, сокращения (увеличения) сверхнормативных запасов товарно-материальных ценностей.

По фондам экономического стимулирования вместо нормативов образования ФМП, рассчитывавшихся в процентах к ФМП по пятилетнему плану, вводятся нормативы их прироста. ФМП на плановый год образуется из ФМП по плану базового года и суммы прироста фонда, исчисленной по нормативам за каждый пункт снижения предельного уровня затрат на рубль товарной продукции по сравнению с предельным уровнем затрат на рубль товарной продукции базового года. При снижении темпов роста производительности труда в плановом году по сравнению с запланированными на одиннадцатую пятилетку базовый ФМП уменьшается по нормативам в размере 1% ФМП базового года за каждый процент снижения темпов роста производительности труда по сравнению со среднегодовыми темпами на 1981—1985 гг.

Абсолютный размер отчислений в фонд материального поощрения будет увеличи-

ваться или уменьшаться в зависимости от:

- выполнения плана реализации продукции с учетом обязательств по поставкам в соответствии с заключенными договорами и принятыми к исполнению заказами-нарядами;

- роста выпуска товаров народного потребления на рубль фонда заработной платы;

- дополнительной прибыли, фактически полученной за счет поощрительных надбавок к оптовым ценам на новую высокоэффективную продукцию и на продукцию с государственным Знаком качества (скидок с оптовых цен на продукцию, подлежащую снятию с производства).

Усилено стимулирование выполнения плана реализации продукции с учетом поставок по договорам. За полное выполнение договоров ФМП увеличивается на 15% (против 10% по действующей системе), за невыполнение плана поставок уменьшается на 3% за каждый процент невыполнения плана (против 1% по действующей системе).

За срыв поставок вводятся и меры экономической ответственности. Размер неустойки определяется в процентах от стоимости всего комплектного оборудования, агрегата, технологической линии, а не от стоимости непоставленного узла, детали, как принято в настоящее время. Таким образом, виновное предприятие вынуждено в какой-то мере компенсировать убыток из-за срыва поставки. Определены и границы этой компенсации: штраф составляет 5% стоимости комплектного оборудования, но не более 20% плановой прибыли предприятия, нарушившего сроки поставки.

В целях повышения ответственности за качество поставляемой продукции предусматривается уменьшение отчислений в ФМП предприятия-поставщика до 5% (против 3% по действующей системе) за каждый процент возвращенной некачественной продукции, но не более 20% (против 10%) размера планового ФМП.

Отчисления средств в фонд премирования объединений (предприятий), поставляющих продукцию для экспорта на свободно конвертируемую валюту, производятся по крупносерийной машиностроительной продукции в размере 5% от стоимости продукции, по мелкосерийной машиностроительной продукции и продукции индивидуального изготовления в размере 6%, по запасным частям — 10%.

Изменяется порядок образования фонда социально-культурных мероприятий и жилищного строительства (ФСКМиЖС). По действующей системе он образуется в процентах от ФМП, а в новых условиях формируется из суммы ФСКМиЖС по плану базового

года и прироста этого фонда за каждый процент прироста производительности труда, исчисленного нарастающим итогом к базовому году, в размере 4%. Министерством разрешено дифференцировать указанный норматив в зависимости от потребности в жилье и детских учреждениях.

В годовых планах отдельно утверждается фонд материального поощрения и ФСКМиЖС работников вновь вводимых предприятий и объектов; общие суммы фондов экономического стимулирования устанавливаются только для министерства (расчетно).

Фонд развития производства в новых условиях образуется за счет прямых отчислений по стабильным на пятилетку нормативам от амортизационных отчислений, предназначенных для полного восстановления основных фондов, и от прибыли.

Министерство может устанавливать отдельным объединениям (предприятиям) дифференцированные нормативы отчислений в фонд развития производства с учетом их планов технического перевооружения. Средства этого фонда могут накапливаться в банке для проведения необходимых мероприятий в последующие периоды, и банк за их использование выплачивает проценты. Руководителям объединений (предприятий) с согласия трудовых коллективов предоставляется право направлять средства фонда развития производства не только на финансирование технического перевооружения и реконструкцию действующих производств, но также и на подготовку выпуска новой техники, внедрение прогрессивных технологических процессов, проведение мероприятий по устранению узких мест, расширение выпуска товаров культурбыта, повышение качества продукции и снижение ее себестоимости.

Средства фонда развития производства, накопленные объединениями (предприятиями), изъятию не подлежат.

Таким образом, в новых условиях объединения (предприятия) будут не получать, а зарабатывать фонды зарплаты и экономического стимулирования в зависимости от выполнения ими плановых заданий по росту реализации продукции, поставок продукции по номенклатуре (ассортименту), качеству и в срок в соответствии с заключенными договорами (заказами), основных заданий по повышению технического уровня (качества) продукции, росту производительности труда, предельному уровню затрат на рубль товарной продукции, вводу в действие основных фондов и объектов.

Все это вызывает необходимость пересмотреть положение о внутрихозяйственном расчете с целью приближения его к новой системе плановых показателей, образования фондов заработной платы, материального поощрения, социально-культурных мероприятий и жилищного строительства, развития производства, а также к новой системе премирования; разработать положение о порядке установления надбавок и доплат работникам, исходя из их личного вклада в достижения коллектива; скорректировать нормы и нормативы расходования материально-технических ресурсов с учетом заданий по их снижению, а также провести расчеты технико-экономических показателей, нормативов и необходимых ресурсов на 1987—1990 гг. применительно к новым условиям хозяйствования.

Не менее важно выявить оптимальные направления расходования фондов социально-культурных мероприятий и жилищного строительства и фондов развития производства в условиях расширения прав предприятий с учетом их конкретных задач, а также наметить мероприятия по расширению хозяйственного способа строительства в целях более оперативного и эффективного использования средств ФСКМЖС и ФМП.

По расширению прав в области оплаты труда и премированию установлено следующее. Премии за основные результаты хозяйственной деятельности выплачиваются по трем ее целевым самостоятельным частям, стимулирующим выполнение и перевыполнение планов (заданий, норм):

- реализации продукции с учетом обязательств по поставкам в соответствии с заключенными договорами;

- повышению производительности труда;

- снижению предельного уровня затрат на рубль товарной продукции.

Максимальный размер премии, выплачиваемой одному руководящему работнику объединения (предприятия) из фонда материального поощрения, составляет 0,50 месячного должностного оклада в расчете на месяц, в том числе:

- за выполнение и перевыполнение плана по реализации продукции с учетом обязательств по поставкам в соответствии с заключенными договорами не менее 0,3 месячного оклада в расчете на месяц. При выполнении полностью плана поставок в соответствии с заключенными договорами премии за основные результаты увеличиваются до 15%, но в пределах установленного максимального размера;

- за выполнение и перевыполнение плана по росту производительности труда

не более 0,2 месячного должностного оклада в расчете на месяц.

Кроме того, установлена премия руководящим работникам объединений (предприятий) за снижение затрат на рубль товарной продукции, которая не может превышать 0,25 месячного должностного оклада и выплачивается при условии выполнения плана по предельному уровню затрат на рубль товарной продукции.

Для ИТР и служащих (кроме мастеров, старших мастеров, начальников участков, смен) сохраняется действующий максимальный размер премий — 0,75 должностного оклада в расчете на месяц за выполнение и перевыполнение установленных показателей премирования.

При невыполнении планов по созданию и освоению новой техники, внедрению прогрессивной технологии и передового опыта общая сумма премий руководящим работникам за основные результаты хозяйственной деятельности уменьшается не менее чем на 25%.

Кроме того, предусмотрено премирование руководящих работников по итогам года:

- за выполнение поставок продукции в соответствии с заключенными договорами — на сумму до двух должностных окладов;

- за выполнение установленных плановых обобщающих показателей научно-технического прогресса, заданий по повышению технического уровня производства, обновлению номенклатуры и улучшению качества продукции, повышению производительности труда, улучшению использования материально-технических ресурсов и за получение экономического эффекта от внедрения в производство достижений науки и техники — на сумму до двух должностных окладов.

Каждая из указанных премий выплачивается независимо от выполнения других показателей премирования.

Установлены премии по специальным системам (до двух с половиной должностных окладов), которые выплачиваются в течение года только за создание и внедрение новой техники, технологии и поставку изделий на экспорт и за ввод в действие производственных мощностей и объектов строительства.

Переход на новые условия хозяйствования выдвигает и ряд других задач, среди которых особое значение приобретают планирование научно-технического и социально-экономического развития и выявление

путей дальнейшего повышения эффективности производства.

Планы научно-технического прогресса, создающие задел для будущего, по своему характеру перспективны и долгосрочны. Они должны стать основой для остальной плановой работы. В связи с этим, совершенствуя систему отраслевого планирования, следует добиваться более тесной связи перспективных планов социально-экономического развития и развития науки и техники как по срокам, так и по ресурсам, необходимым для их выполнения. Управление научно-техническим прогрессом должно быть ведущим звеном управления отраслью. Необходимо создавать комплексные и сквозные разделы плана научно-технического прогресса для всех уровней управления (отрасли, объединения, предприятия), включающие все звенья научно-производственных циклов (исследования, разработка, производство новой техники, ее применение), а также их обеспечение материальными, финансовыми и трудовыми ресурсами. В планах научно-технического прогресса должны определяться конечные народнохозяйственные и хозяйственные результаты: прирост продукции и экономия ресурсов, которые будут получены за счет реализации научно-технических мероприятий и программ научно-технического прогресса в целом. Однако несмотря на то, что критерием ценности технического решения должен быть социально-экономический результат (эффект), нередко на технических советах новую технику оценивают лишь по степени технической новизны, без привлечения экономических данных, характеризующих ее полезность для отрасли и народного хозяйства.

Ускорение темпов технического обновления производства должно в конечном счете приводить к росту экономии на единицу рабочего времени. Поэтому внедрение нового оборудования требует обязательного планирования не только его технического, но и технико-экономического уровня, включая показатели экономической эффективности с учетом социальных факторов. Техническое обновление производства не является конечным его результатом, а лишь средством для постоянного возрастания получаемой экономии, и результаты научно-технического прогресса должны обгонять затраты на их получение. Это диктует при проектировании новой техники применение методов функционально-стоимостного анализа (ФСА), позволяющих найти наиболее эффективный по затратам вариант, что особенно важно для предприятий, выпускающих оборудование и

товары культбыта. Следует признать, что ФСА недостаточно широко используется в работе конструкторских, технологических и экономических служб предприятий отрасли. Многие руководители предприятий полностью перекалывают эту работу на экономические службы. Однако создание новой техники и технологических процессов, а также их совершенствование начинается в конструкторских и технологических отделах, и следует внедрять методы ФСА в работу этих служб, что будет способствовать снижению затрат на создание новой продукции и повышению ее качества.

Результаты научно-технического прогресса должны находить свое отражение и в динамическом процессе обновления выпускаемой продукции, повышении доли новой продукции, увеличении общего объема производства. В то же время технический прогресс приводит к стабилизации количества одних и тех же изделий в пределах одной серии (доминирующим становится выпуск мелкими и средними сериями) при резком расширении их ассортимента, что вызвано все возрастающими требованиями потребителей к технико-экономическим характеристикам ИЭТ, расширением сфер их применения и ростом потребности в целом ряде изделий внутри серий.

Ускорение внедрения новой техники в этих условиях возможно только на основе коренного технического перевооружения и внедрения таких производственных и организационных решений, которые позволяли бы упреждать резкое изменение структуры ассортимента (номенклатуры) изделий.

Если массовый выпуск однотипной продукции обеспечивается на основе узкой специализации, и оборудование при этом имеет одноцелевое назначение, то сегодня необходимо создавать такое оборудование, которое имеет большую гибкость, т.е. способно обеспечивать выпуск широкого ассортимента изделий. К такому оборудованию относятся станки с числовым программным управлением от ЭВМ, которые являются средством автоматизации рабочего места; обрабатывающие центры, позволяющие интегрировать на рабочих местах такие функции, как контроль и управление, загрузка и разгрузка, наладка, транспортировка, складирование и ремонт; промышленные роботы-манипуляторы, играющие решающую роль в автоматизации основных и вспомогательных операций.

Наличие такого оборудования обеспечивает переход к так называемым гибким производственным системам (ГПС) и в

итоге — к "безлюдной" технологии. ГПС позволяют изготавливать большую номенклатуру изделий и быстро реагировать на изменение потребности в них. Кроме того, снижаются затраты основного, вспомогательного времени и времени обслуживания в технологических процессах, так как в ГПС интегрируется целый ряд функций, которые до настоящего времени выполнялись порознь, включая вспомогательные процессы, обработку информации, контроль и управление.

Особенностью ГПС является соединение систем автоматизированного проектирования (САПР) и автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП). Уже на стадии автоматизированного проектирования следует разрабатывать не только параметры изделия, но и программу его изготовления в условиях ГПС с учетом инструмента и оснастки. Одновременно с этим должны составляться календарные планы, определяться потребность в сырье, материалах и других ресурсах. Включение САПР в ГПС обеспечивает возможность выпуска продукции сразу же по завершении ее проектирования, что ускоряет процесс освоения новой техники.

Эти прогрессивные тенденции вызывают необходимость нового подхода к планированию и организации производства, обеспечивающего полную загрузку указанных средств труда, т. е. их работу в трехсменном режиме, так как затраты, связанные с разработкой и внедрением ГПС, достаточно велики.

Если сегодня при ошибках в оперативном-календарном планировании и срывах в материальном снабжении перегрузки отдельных видов оборудования ликвидируются за счет организации трехсменной работы других установок, имеющих резерв по коэффициенту сменности, то в условиях ГПС, когда мощность и соответственно план рассчитываются исходя из трехсменной работы, такие отклонения будут приводить к нарушению производственного процесса и срывам выпуска продукции. Поэтому особое значение приобретают обеспечение развития мощностей в соответствии с изменением структуры выпускаемой продукции и высокая точность расчетов загрузки оборудования. В свою очередь это требует совершенствования производственной структуры объединений и предприятий на основе создания интегрированных производств, централизации ряда функций и сокращения излишних звеньев управления.

Большую роль в новых условиях играет

разработка методов планирования подготовки производства и материального обеспечения, а также планирования технического обслуживания и ремонта оборудования исходя из специфики ГПС.

В основу решения этих задач должна быть положена система технико-экономических нормативов, охватывающая все уровни управления и предусматривающая создание на всех стадиях производства комплексных заделов сырья, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для обеспечения опережающего запуска продукции в производство.

Особое значение при формировании плана производства должно придаваться вопросам определения текущей и перспективной потребности в выпускаемых изделиях. Лучшее изучение требований и критический анализ заявок потребителей даст возможность исключить излишние затраты труда и материалов и на основе максимального использования имеющихся ресурсов, среди которых важное место занимают производственные мощности, полностью удовлетворить потребности в выпускаемой продукции. Производственная мощность является основой разработки номенклатурных планов выпуска продукции, определения потребности в конкретных типах оборудования, квалифицированных кадрах и необходимых капитальных вложениях, и ее состояние должно быть в центре внимания руководителей служб управления производством.

Надо признать, что на ряде предприятий не налажена работа по учету изменения пооперационной трудоемкости и движения оборудования, оптимизации его загрузки, определению узких мест, составлению планов ликвидации устаревшего и закупки нового оборудования, планов создания и развития мощностей на следующий год и на пятилетку. Недостаточно ведется работа по автоматизации учета и расчету мощностей, паспортизации оборудования с целью изъятия или модернизации морально и физически устаревшего, анализу режима работы и увеличению сменности роботизированного, дорогостоящего и уникального оборудования.

Следует обеспечить концентрацию средств по техническому перевооружению и реконструкции на тех производствах, которые определяют научно-технический прогресс в электронной промышленности.

Учитывая комплектующий характер продукции, выпускаемой в отрасли, необходимо уточнить проекты технического

первооружения и реконструкции действующих предприятий с целью обеспечения опережающего ввода новых мощностей по сравнению с ростом потребностей в продукции и повышения эффективности производства.

Переход к оценке деятельности предприятия по выполнению договорных обязательств требует решительной перестройки планирования производственной программы. Речь идет о построении единой системы планирования и управления, направленной на стопроцентное выполнение договорных обязательств. В настоящее время на многих предприятиях этот процесс разорван, а действующая система АСУ-сбыт осуществляет лишь контрольные функции. Для достижения единства планирования и управления необходимо параллельно с выделением фондов на будущий год и кварталным их распределением рассчитывать мощности, позволяющие полностью обеспечить фондируемую номенклатуру изделий. С учетом выявленных узких мест и возможностей их ликвидации на основе проведения многовариантных расчетов должна строиться производственная программа выпуска по заданной номенклатуре на будущий год, предусматривающая и материально-техническое обеспечение производства. Программа должна охватывать не только цехи сборки, но и все сопряженные с выпуском фондируемой продукции цехи и участки предприятия. Заблаговременное проведение таких расчетов исходя из оптимальной загрузки оборудования и полного удовлетворения потребности позволит уже в текущем году наметить мероприятия, обуславливающие стопроцентное выполнение планируемой номенклатуры на будущий год, и приступить к заключению договоров с потребителями.

Уточнение прошедших за этот период специфицированных заявок по срокам и отдельным видам изделий потребует небольших изменений в программе расчетов мощности, в соответствии с которыми с помощью ЭВМ можно в короткие сроки скорректировать производственную программу и на ее основе, используя портфель заказов, построить оперативно-календарный план.

Заказ—расчет мощностей — согласование заказа с мощностями — построение производственной программы и согласование ее с материальными ресурсами — составление графиков поставки — контроль за исполнением графиков. Такова должна быть схема действия системы планирования и

управления ходом выполнения договорных обязательств.

В этой связи весьма важным является разработка заводских инструкций (стандартов) о порядке заключения договоров на поставку продукции, определяющих правила планирования поставок, оформления, визирования и подписания проектов договоров, ведения учета выполнения заданий и обязательств по поставкам продукции, урегулирования разногласий с контрагентами, изменения, расторжения, учета и хранения договоров, организации претензионно-исковой работы.

Своевременное заключение договоров с заказчиками и расширение прямых длительных хозяйственных связей, особенно по внутриотраслевой кооперации, внедрение новой техники вызывает изменение структуры трудового коллектива и повышает требования к каждому работнику. Механизация и автоматизация изменяют трудовые функции. Многие из них переходят из стадии производства в стадию его подготовки.

С ростом автоматизации производства сокращается потребность в привлечении рабочих узкой специализации и возникает необходимость в многостороннем использовании как отдельного рабочего, так и целых коллективов. Это требует совершенствования системы подготовки кадров, оплаты и стимулирования труда, улучшения социальных условий. Немаловажное значение имеет создание квалификационных структур и такой организации труда на рабочих местах, которая исключала бы неравномерную по времени и содержанию загрузку обслуживающего персонала.

Совершенствование организации труда в цехах и службах предприятий должно быть основано на аттестации рабочих мест, четкой регламентации их обслуживания, повышении производительности, ликвидации рабочих мест с тяжелыми условиями труда, избыточных или малопродуктивных, а также на развитии хозяйственного расчета в комплексных и сквозных бригадах.

Своевременная и качественная подготовка необходимых нормативных и методических материалов и положений обеспечивает эффективную работу электронной промышленности в новых условиях хозяйствования. И это должно быть в центре внимания всех служб предприятий, объединений и отрасли.



## «ЭЛЕКТРОНИКА МК-71»

**инженерный микрокалькулятор  
с питанием от батарей  
солнечных элементов**

Предназначен для выполнения научных расчетов с высокой точностью. Основным элементом калькулятора является КМДП БИС. Контроль ввода данных и считывание результатов вычислений осуществляется с помощью жидкокристаллического индикатора, имеющего 11 цифровых разрядов и один позиционный.

Диапазон экспоненциального представления чисел . . . . . от  $\pm 10^{-10}$  до  $+ [9,9999999 \times 10^{99}]$   
 Габаритные размеры, мм . . . . . 130x73x8,8  
 Масса, кг . . . . . 0,1

## ПРОГРАММИРУЕМЫЕ МИКРО КАЛЬКУЛЯТОРЫ

Современные вычислительные устройства, незаменимые для оперативного и надежного проведения экономических, статистических и инженерных расчетов.

«ЭЛЕКТРОНИКА-52» И «ЭЛЕКТРОНИКА-61» имеют 105 шагов программы, 15 адресных регистров памяти, 4 стековых регистра памяти, разрядность чисел  $8+2$ , диапазон их представления от  $\pm 10^{-99}$  до  $9,9999999 \times 10^{99}$ , питание автономное и от сети, массу 0,25 кг.

Для составления программ и автоматизации процесса их отладки в микрокалькуляторе «Электроника МК-61» предусмотрены: команды организации циклов, косвенной адресации, обращения по меткам, условных переходов, обращения к подпрограммам, а также пошаговый режим выполнения и просмотра программ с отображением кодов трех шагов на индикаторе.



# ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И УПРАВЛЕНИЯ

УДК 681.324:658.5

В.Ф.Степанов, О.В.Филатов

### ПОСТРОЕНИЕ ВЦКП И ИНФОРМАЦИОННО- ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ В КРУПНОМ НПО

Одним из путей интенсификации развития экономики на основе использования достижений научно-технического прогресса является переход от локальной автоматизации отдельных процессов (проектирования, производства, управления) к интегрированной, комплексной автоматизации всего научно-производственного цикла "исследование—разработка—производство". Для его осуществления необходимо создавать интегрированные производственные системы, обеспечивающие комплексную автоматизацию научных исследований, разработки, производства продукции и управления всеми стадиями этих процессов.

В объединении разработана и успешно функционирует экономико-организационная АСУ, охватывающая основные аспекты управления его научно-производственной и хозяйственной деятельностью, широко используется САПР всех видов разрабатываемых и совершенствуемых изделий электронной техники, введены в действие несколько АСУТП и АСУ цеховым производством, ведутся работы по созданию гибких автоматизированных производств. Однако потенциальные возможности комплексной автоматизации реализуются пока еще не полностью из-за разрозненности систем, некомплексного подхода к их созданию и выбору объектов автоматизации, а также из-за локальности ведения нормативной, справочной, плановой и отчетной информации для каждой системы.

Существующие одноуровневые локальные вычислительные центры отдельных комплексов и производственных единиц объединения не могут обеспечить комплексной автоматизации всех видов научно-производственной и управленческой деятельности. Комплексование автоматизированных систем, развитие системы теледоступа с размещением терминальных средств непосредственно в службах объединения, создание АСУ цеховым производством, гибких производственных систем требуют оснащения служб управления, конструкторско-технологических подразделений, производств и цехов средствами вычислительной техники, организации автоматизированных рабочих мест (АРМ). Однако разрозненные, не связанные в единую информационную систему технические средства не могут обеспечить достижения поставленной цели в приемлемые сроки.

Для построения интегрированной автоматизированной системы управления объединением использован принцип организации вычислительных систем в виде сети сопряженных ЭВМ разных классов. В свою очередь, каждая ЭВМ связана с комплексом

видеотерминалов, размещенных непосредственно на рабочих местах в службах объединения. По выполняемым функциям такая система представляет собой вычислительный центр коллективного пользования (ВЦКП), а в совокупности с коммуникационной системой и терминалами служб — информационно-вычислительную сеть (ИВС) объединения. Структура ВЦКП должна соответствовать иерархической структуре управления объединением и, следовательно, иметь в своем составе следующие основные компоненты:

- ВЦ объединения (ВЦО);
- ВЦ предприятия (ВЦП), научно-производственных (ВЦНПК) и производственных (ВЦПК) комплексов, заводов;
- комплексные терминальные системы автоматизации всех стадий разработки новой продукции (АСНИ, САПР, АСТПП) и терминальные вычислительные системы (ТВС) цехового уровня;
- гибкие производственные системы (ГПС);
- гибкие производственные модули и автоматизированное технологическое оборудование.

Каждый из указанных компонентов, с одной стороны, является составным элементом сети вышестоящего уровня управления, а с другой — основным узлом локальной сети, охватывающей элементы систем нижестоящего уровня. Тем самым обеспечивается функционирование ИВС в соответствии с организационно-управленческими принципами работы объединения как единого хозяйственного комплекса.

Для ВЦКП и ИВС объединения принято следующее обобщенное распределение функций.

ВЦО составляет основу АСУО и решает задачи высшего ранга на уровне руководства и центральных служб объединения: технико-экономического планирования, распределения и анализа использования ресурсов, взаимоувязанного управления всеми стадиями полного научно-производственного цикла разработки, производства и реализации продукции. АСУО передает системам второго уровня нормативную и плановую информацию, принимает от них и агрегирует учетные и отчетные данные, обеспечивает двухсторонний информационный обмен с отраслевой АСУ и автоматизированными системами территориальных органов управления. Технической базой ВЦО является комплекс технических средств АСУО (КТС АСУО), в состав которого входит несколько мощных ЭВМ ЕС, объединенных в многомашинную ассоциацию под единым управлением, а также разветвленная система теледоступа, терминальные средства которой (дисплеи, принтеры, АРМ) размещены непосредственно на рабочих местах служб и связаны с ЭВМ ЕС. КТС АСУО, соединенный коммуникационной системой с ВЦ предприятий, производственных и научно-производственных комплексов (ВЦП, ВЦПК, ВЦНПК), представляет собой первый уровень информационно-вычислительной сети объединения.

ВЦП (ПК, НПК) составляют основу АСУП (НПК, ПК) и решают взаимоувязанные задачи автоматизации управления научно-производствен-

ным циклом создания продукции и управления всеми видами ресурсов предприятия (ПК, НПК). Каждая АСУП (НПК, ПК) в свою очередь является центральным узлом собственной локальной ИВС второго уровня, охватывающей подчиненные системы третьего уровня.

Третий уровень включает большой набор терминальных вычислительных систем, обеспечивающих автоматизацию работ по выполнению всего научно-производственного цикла вплоть до создания конструкторско-технологической документации и технической подготовки производства. Особо важным для комплексирования систем этого уровня является оптимальное распределение функций между человеком и техническими средствами. Разнообразие конструктивно-технологических особенностей и сложность выпускаемых ИЭТ обуславливают использование широкого спектра структурных решений при реализации данных систем (от применения одной микроЭВМ до организации многомашинных комплексов в составе ИВС). Цеховые терминальные вычислительные системы обеспечивают функционирование АСУ цеховым производством и решение комплекса задач управления цехом — внутрицехового планирования, пооперационного учета выпуска продукции и затрат материальных ресурсов, ежедневного начисления заработной платы персоналу цеха, планирования и управления гибкими производственными системами, распределения работ и диспетчирования, управления качеством труда и качеством продукции и т. д. По существу цеховые АСУ — это комплексные системы, обеспечивающие автоматизацию конечного этапа создания продукции — ее производство. Они представляют собой проблемно-ориентированные системы реального времени, работающие в режиме "запрос-ответ" и обеспечивающие сбор, обработку, хранение, распределение и отображение информации, обмен данными и программами с АСУ вышестоящего уровня и с гибкими производственными системами.

Конкретные технические решения АСУ цеховым производством определяются специфическими условиями работы данного цеха (составом оборудования, номенклатурой и конструкторско-технологическими особенностями выпускаемой продукции, численностью, степенью автоматизации производства и др.). Для небольших цехов возможно применение одноуровневого КТС на базе одной-двух микроЭВМ с автоматизированными рабочими местами управленческого персонала цеха, индивидуальными пультами рабочих мест, устанавливаемыми на ключевых операциях технологических процессов изготовления продукции. Если в цехе функционирует одна или несколько ГПС, цеховой комплекс технических средств представляет собой ИВС, в состав которой входят центральная ЭВМ цеха и сопряженные с ней ЭВМ систем управления ГПС.

Четвертый и пятый уровни характерны для цехов с автоматизированным производством, использующим ГПС (гибкие автоматизированные линии, гибкие автоматизированные участки, гибкие производственные модули).

Четвертый уровень представляет собой управляющий вычислительный комплекс (УВК) ГПС. Его базой является мини- или микроЭВМ с автоматизированным рабочим местом оператора ГПС, который осуществляет общий контроль за ходом производственного процесса и принимает решения в экстремальных ситуациях (например, при отка-

зах оборудования, при перебоях в поставках материалов, в комплектации и др.). УВК ГПС обеспечивает выполнение необходимых функций по диспетчеризации и управлению производственным процессом, получает от АСУ цехом информацию для планирования работы ГПС (например, сменно-суточные задания), программы и данные для перестройки производства при смене номенклатуры выпускаемых изделий. В свою очередь, УВК ГПС передает АСУ цехом данные о ходе производства (о выпуске продукции, наличии материалов, сведения о нарушениях нормального хода процесса и др.), обеспечивает подчиненные ему системы пятого уровня программами и данными для управления конкретными технологическими операциями, контролирует работу систем этого уровня.

Пятый уровень охватывает автоматизированное технологическое оборудование со встроенными микроЭВМ и микропроцессорами (гибкие производственные модули, автоматизированные транспортно-складские системы, станки с ЧПУ и т. п.). Состав оборудования определяется конкретным технологическим процессом, реализуемым ГПС. Например, для ГПС механообработки характерно применение станков с ЧПУ и пристаночных роботов в качестве гибких производственных модулей, транспортных роботов, автоматизированных складов и т. п.

Создание ИВС объединения — сложная задача, требующая многолетнего труда, большого коллектива высококвалифицированных специалистов разного профиля, централизованного использования всех средств вычислительной техники в масштабах объединения и значительных капитальных вложений.

В XII пятилетке предусматривается создание в объединении первой очереди ИВС, включающей: многомашинный комплекс АСУО, состоящий из 4–5 ЭВМ ЕС; разветвленную сеть теледоступа на головной площадке с оснащением терминальными средствами 40–50 служб и подразделений; коммуникационную систему для головной площадки и удаленных филиалов; 10–12 терминальных вычислительных систем НПК, заводов и цехов.

Применение средств вычислительной техники на рабочих местах конструктора, технолога, оператора изменяет характер труда, делает его более привлекательным, повышает общую культуру труда, что благоприятно влияет на его производительность, способствует социальному прогрессу трудовых коллективов.

Комплексная автоматизация на базе применения вычислительной техники, достижений научно-технического прогресса — главный стратегический рычаг интенсификации, ее техническая основа. Однако важнейшим условием успешного создания и эффективного использования комплексных автоматизированных систем является дальнейшее совершенствование хозяйственного механизма и его ориентация на интенсивное развитие экономики.

*Статья поступила 24 сентября 1985 г.*

УДК 621.3.049.77.002.56:681.3

В.В.Волков, А.Н.Мичков, Н.Л.Пивняк

## ЦЕХОВАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И АНАЛИЗА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИС

Для обеспечения высокого уровня технологии изготовления ИС, отличающейся сложностью и необходимостью учета большого числа факторов, вводятся контрольные операции, удельный вес которых может достигать 30% и более от общего количества операций технологического маршрута. Однако несмотря на большие усилия, затрачиваемые на операционный контроль, его эффективность недостаточна. Происходит это в первую очередь из-за того, что наиболее информативные оценки качества отдельных операций и маршрута в целом получаются только на основе статистической обработки параметров исследуемых операций и связей между ними, которая к тому же используется в цеховых условиях весьма редко из-за высокой трудоемкости подготовки исходных данных.

Радикальным решением этой проблемы явилась разработка автоматизированного ввода и накопления информации непосредственно с мест ее возникновения в реальном времени, положенная в основу реализации цеховой системы контроля и анализа технологического процесса изготовления ИС. Накопление данных с возможностью последующей выборки по запросам позволяет провести их подготовку для автоматической обработки. В этом случае ввод информации становится частью повседневной производственной деятельности персонала цеха, что гарантирует непрерывный поток данных, отражающих все этапы технологического процесса.

Рассмотрим основные компоненты цеховой системы контроля и их взаимодействие. Технические средства этой системы состоят из информационно-вычислительного комплекса (ИВК), рабочих мест технологов (РМТ) и пультов ввода-вывода операторов (ПВВ), расположенных на технологических участках. ИВК реализован на ЭВМ "Электроника-100/25" с набором дополнительных устройств. Минимальный комплект технических средств должен включать ОЗУ емкостью  $\geq 96$  Кслов, внешнюю память на магнитных дисках емкостью  $\geq 10$  Мбайт, два накопителя на магнитной ленте (МЛ), 16-канальный мультиплексор последовательных линий связи МПА-1 и интерфейсный блок (4КС-16-039).

Рабочие места технологов (их может быть до четырех) состоят из видеотерминалов 15-ИЕ-013 и печатающих устройств ДЗМ-180 или ЕС7076. Видеотерминал подключается к одному из каналов мультиплексора МПА-1, а печатающее устройство через плату преобразования интерфейсов (ИРПР/ПС) — к интерфейсному блоку 4-КС-16-039. Рабочее место технолога, таким образом, подключается к ИВК по двум выделенным 4-проводным телефонным линиям связи (максимальное удаление от ИВК — до 1 км).

В качестве пульта ввода-вывода оператора может использоваться любой терминал, имеющий полную клавиатуру, устройство отображения на 32 и более символов и последовательный интерфейс ИРПС. В данной реализации системы задействованы видеотерминалы 15-ИЕ-013 и однострочные дисплеи

на базе термопечатающего устройства 15-ВВП-80-004. ПВВ подключаются к мультиплексору МПА-1 по выделенной 4-проводной линии связи, в количестве не более 32.

Программное обеспечение системы на языках Фортран и Макроассемблер функционирует в операционной системе ОС РВ [1]. Применение мультипользовательской операционной системы реального времени позволило реализовать программное обеспечение в виде комплекса функционально законченных задач, связанных средствами межадачного обмена.

База данных системы — закрытого типа, состоит из набора справочных и оперативных файлов. Справочные файлы содержат каталог изделий, маршрутные карты (МК), описания технологических участков (ФТУ), коды брака, список пользователей. При запуске системы часть данных из файлов каталога изделий и кодов брака копируется в разделяемую общую область оперативной памяти для повышения реактивности системы.

Логическая структура справочных данных представлена на рис. 1. Файл каталога изделий — последовательного типа, запись файла соответствует одному изделию. Тип изделия обозначается уникальным кодом (число в диапазоне 1 — 32767). Каждому изделию соответствует номер маршрутной карты, определяющий файл МК для этого изделия. Дополнительные имена изделий (до четырех на одно изделие) позволяют объединять их при групповых запросах по признакам серий, типам технологической и т. д. Базовый кристалл определяет комплект фотошаблонов данного изделия. Имеется также ряд полей для вспомогательной информации — тип

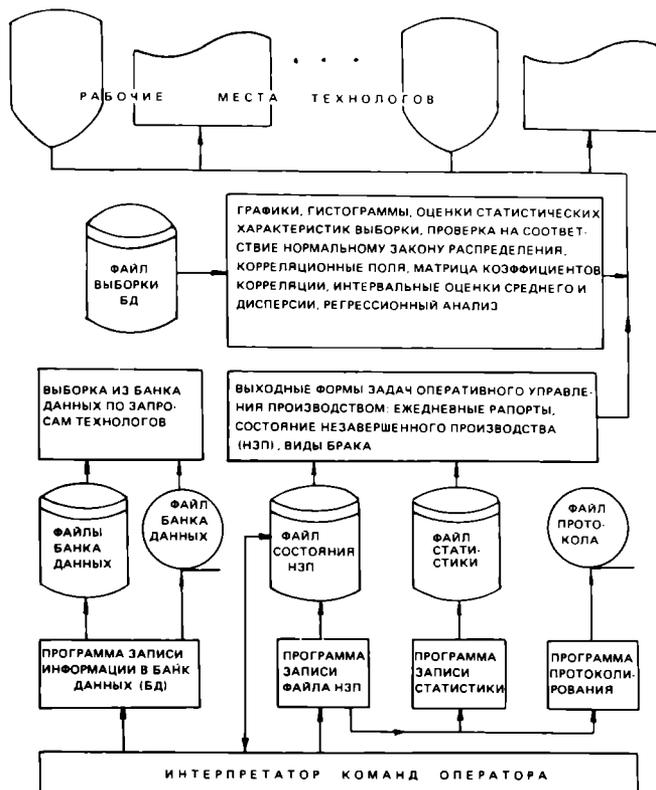


Рис. 1. Состав и структура справочных файлов цеховой системы контроля и анализа технологического процесса

(диаметр) пластин, количество изделий на пластине и т. д.

Технологический маршрут описывается двумя наборами файлов: ФТУ и МК. Первые содержат наборы записей, соответствующих всем операциям, выполняемым на участке. Номер участка плюс номер операции составляют уникальный код операции. Такой подход позволил использовать стабильную кодировку операций при любых модификациях технологических маршрутов, а также обеспечил смысловую однородность данных по операциям с одинаковой кодировкой в разных маршрутах.

Запись ФТУ включает в себя имя операции и указатель на список параметров данной операции. Элемент списка определяет параметр, который должен быть введен в систему по завершении операции. Для каждого параметра определен его уровень. Уровень 0 указывает на то, что параметр будет распространяться на группу партий, участвовавших в одной групповой операции, уровень 1 — что параметр характеризует партию изделий в целом, а уровни 2 и 3 соответствуют отдельным пластинам и кристаллам. Параметр может быть представлен в виде целого числа, числа с плавающей запятой и текста фиксированной длины. Согласно плану контроля, для параметра определено минимальное и максимальное количество вводов в систему.

Файл МК содержит последовательность записей, каждая из которых соответствует одной операции маршрута. Поле "тип операции" позволяет выделить технологические или контрольные операции, "допустимое MBX" определяет максимальное время хранения после операции, список норм параметров устанавливает допустимые их границы и точно соответствует списку параметров в файле описания участка.

Набор справочных файлов обслуживается набором программ-утилит, обеспечивающих формирование, корректировку и представление файлов. Одна из утилит (по МК и ФТУ) формирует бланк сопроводительного листа, обеспечивая точное соответствие машинного представления маршрута реальному технологическому маршруту.

Оперативные файлы отражают состояние незавершенного производства (НЗП) цеха и накапливают результаты проведения операций. Файл состояния НЗП содержит данные о всех партиях изделий, находящихся в производстве, и реализован в виде файла прямого доступа с хеш-адресацией записей фиксированной длины [2]. Запись соответствует одной партии НЗП и содержит код изделия, номер партии, количество пластин, номер участка и операции, дату и время выполнения последней операции и т. д. В файле накопления статистики о работе цеха собираются данные о количестве обработанных и забракованных пластин за смену и с накоплением от начала месяца — объеме НЗП (в пластинах) на данной операции и количестве пластин, принятых на операцию за смену. В конце каждой смены статистическая информация записывается в банк данных. Хотя файл статистики и является избыточным (дублирует содержание файлов банка данных), введение его в систему оправдано, необходимо для оперативного выполнения часто возникающих запросов.

Наибольшую трудность при разработке системы представлял выбор структуры хранения информации в банке данных и связанные с ней проблемы выборки и реорганизации банка данных. Анализ универсальных систем управления базами данных,

таких как КВАНТ, ФОБРИН, СЕТОР показал их непригодность для данного применения. При анализе учитывались следующие основные критерии:

- возможность гибкого управления набором и количеством вводимых данных,
- надежность хранения данных,
- скорость записи данных и объем оперативной памяти,
- коэффициент использования внешней памяти,
- возможность восстановления и удаления устаревших данных.

В результате была принята наиболее простая организация хранения — по типу хронологического файла [3]. Банк данных реализован в виде набора последовательных файлов, размещенных на магнитных дисках и лентах системы. Сообщения в файлах записаны в хронологическом порядке. Каждое из них содержит результаты выполнения одной операции над партией изделий. Внутренний формат сообщения полностью определяется описанием операций в ФТУ. Новые сообщения записываются в конец текущего файла. По достижении заданного размера файл закрывается и запись продолжается в новый файл. В случае переполнения магнитных дисков самый старый файл записывается на магнитную ленту.

Программное обеспечение системы имеет структуру, приведенную на рис. 2. Диалог с ПВВ обеспечивает интерпретатор команд оператора (ИКО), установленный в операционной системе на правах интерпретатора командных строк (CLI) [1]. В этом режиме задача автоматически запускается по получении команды оператора. Операционная система автоматически порождает необходимое количество копий этой задачи при одновременной активности нескольких ПВВ. ИКО проводит синтаксический и семантический анализ команды и формирует сообщения задачам записи в банк данных и модификации файла НЗП. В данном варианте системы предусмотрены команды оператора для ввода в систему новых партий изделий, перемещения партий по технологическому маршруту, снятия их с учета, ввода результатов операций, указания причин забракования партий и отдельных пластин. Предусмотрено несколько вариантов справок для операторов и мастеров участков. Контролируется количество пластин в партии изделий и время межоперационного хранения. Задача записи данных в банк получает соответствующее сообщение от ИКО и записывает их в порядке поступления. Аналогично функционирует задача модификации файла НЗП, дополнительно формируя сообщения для задач накопления статистики и протоколирования работы системы. Протокол работы записывается на магнитной ленте и позволяет провести восстановление системы в случае разрушения оперативных файлов.

Выделение специальных задач для записи и модификации оперативных файлов позволило всем остальным задачам постоянно иметь к ним доступ в режиме чтения и повысило надежность системы.

Технологический и управленческий персонал цеха взаимодействует с системой через рабочие места технологов, обеспеченные комплектами прикладных задач. Комплект, предназначенный для оперативного управления производством, включает в себя:

- отчет по состоянию НЗП цеха,
- сменный рапорт по изделию,
- сменный рапорт по участку,

- отчет по выходу годных,
- отчет о выполнении плана,
- распределение по видам брака.

Комплект задач для анализа качества технологических операций и маршрутов обеспечивает:

- выборку из банка данных,
- построение графиков зависимостей параметров друг от друга и от времени,
- построение гистограмм и вычисление статистических характеристик выборки,
- проверку на соответствие выборки нормальному закону распределения,
- построение линейной и квадратичной регрессии,
- построение корреляционных полей и матриц коэффициентов корреляции набора параметров,
- определение интервальных оценок для среднего и дисперсии.

В целом комплекс программ статистического анализа дает возможность проводить оценку качества отдельных операций путем сравнения статистических характеристик операций за различные промежутки времени, определять зависимость выходных параметров от предыдущих операций, выявлять операции, ответственные за снижение выхода годных изделий.

Программное обеспечение системы развивается по пути наращивания новых функций, таких как планирование сменных заданий, учет поступления и расхода комплектующих изделий и материалов, учет состояния оборудования, подготовка исходных данных для расчетов себестоимости изделий и для начисления заработной платы.

В разработанной системе необходимо отметить следующие особенности реализации:

- диалог с операторами в реальном времени с помощью CLI-системы;
- применение отдельных задач для записи данных в оперативные файлы;

хеш-адресация в оперативных файлах, требующих быстрого доступа к записям;

использование структуры банка данных с высокой скоростью записи-обновления данных и автоматическим удалением устаревших данных;

ликвидация ограничений на количество и степень детализации параметров технологических и контрольных операций.

Особо следует остановиться на использовании CLI и возможности ввода произвольного набора параметров. Как известно [1], в ОС РВ поддерживается до 16 задач типа CLI одновременно. Назначение CLI происходит в момент регистрации пользователя в системе. Это означает, что может существовать до 16 групп (категорий) пользователей с совершенно независимым языком общения с системой, наилучшим образом приспособленным для работы данной группы. Кроме того, появляется возможность контролировать право доступа пользователя к программам и данным системы.

Возможность ввода любого требуемого набора параметров по завершении операции имеет особое значение на стадии освоения новых изделий, сопровождаемой, как правило, повышением объемов контроля и требований к анализу технологического процесса. По мере освоения изделия количество вводимой информации можно сократить до минимума, необходимого для оценки стабильности операций. Это особенно важно при включении в систему автоматизированного контрольно-измерительного оборудования, позволяющего автоматиче-

чески получать и анализировать большие объемы данных вплоть до оценок распределения параметров по площади пластин.

Внедрение системы выявило проблемы организационного и технического характера. Организационные возникают при начальном запуске системы, когда обучение персонала идет последовательно по участкам, а ввод данных требуется сразу по всему технологическому процессу. Для преодоления этой трудности был введен специальный режим работы системы, разрешающий пропуск ввода данных по нескольким операциям маршрута. Технические проблемы связаны с банком данных. Это, во-первых, значительное (до 40 мин) время выборки информации, обусловливаемое последовательным просмотром содержимого банка. Во-вторых, ограничение возможности записи данных, не являющихся параметрами операции, из-за хранения описания параметров в ФТУ. В связи с этим ведется работа по ускорению выборки в рамках той же

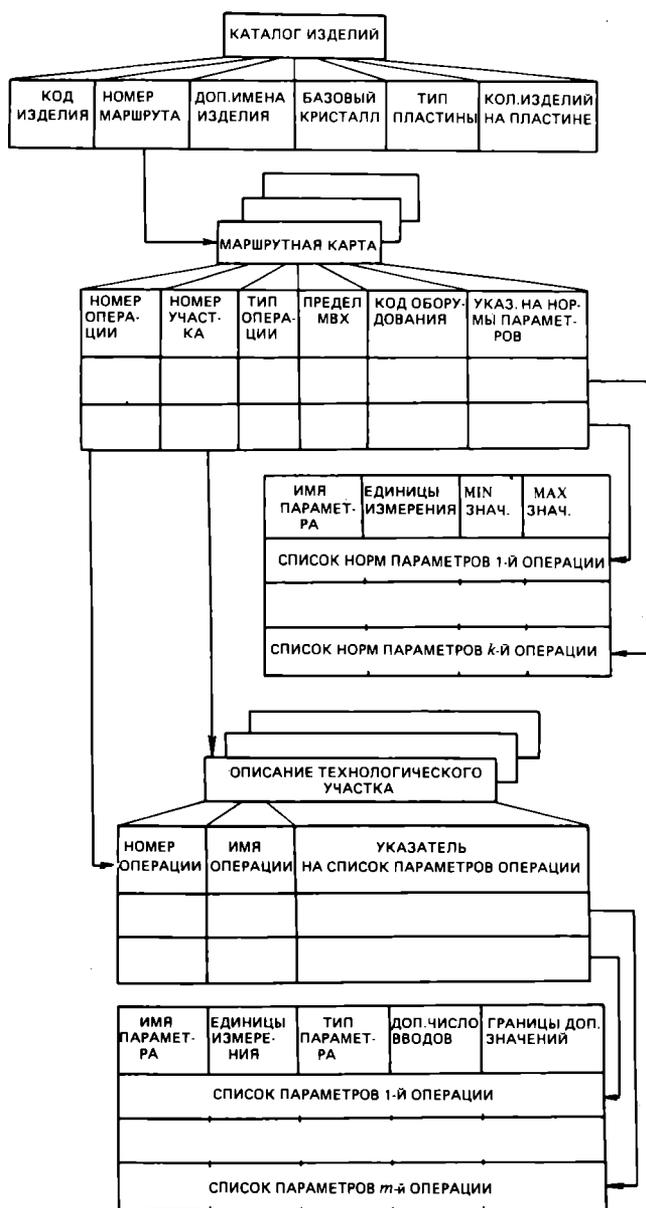
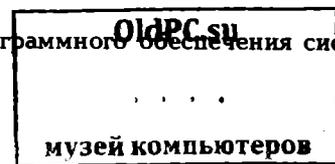


Рис. 2. Структура программного обеспечения системы



структуры хранения (опережающее чтение с большим коэффициентом блокирования записей), а также поиск новых, более эффективных структур банка данных.

В целом система успешно решает поставленные перед ней задачи сбора данных с рабочих мест в реальном времени и оперативного обеспечения управленческого и технологического персонала необходимой информацией и средствами ее обработки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Операционная система ОС-РВЗ, интерпретатор командных строк. Справочные материалы. 00086-01 97 01. Центропрограммсистем.— Калинин, 1984.— 40 с.
2. Кнут Д. Искусство программирования для ЭВМ, т. 3.— М.: Мир, 1978.— 601 с.
3. Мартэн Д. Базы данных: Практические методы.— М.: Радио и связь, 1983.— 278 с.

Статья поступила 3 октября 1985 г.

УДК 621.3.049.77.002:681.3.06

Т.А.Бойко, Н.М.Наумов

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ ИС

Для обеспечения ритмичной работы, лучшего использования производственных мощностей и повышения технико-экономических показателей производства интегральных микросхем необходимы эффективные системы диспетчерского управления движением партий пластин по технологическому маршруту, а также контроля и управления ходом технологического процесса. Решение задач диспетчерского управления основывается на информации о текущем состоянии незавершенного производства, реальных объемах выработки за определенные интервалы времени (смену, сутки, декаду и т.д.), состоянии технологического оборудования, распределении потерь по операциям технологического маршрута. Контроль и управление ходом технологического процесса основывается на информации о параметрах физических структур, полученных в результате выполнения технологических операций, и степени влияния отклонений этих параметров на выход годных кристаллов с пластины. Работы, посвященные решению указанных задач с применением средств вычислительной техники, затрагивают или только задачи диспетчеризации [1, 2] или только задачи контроля и управления ходом технологического процесса [3, 4].

Разработанная автоматизированная система оперативно-диспетчерского управления (АСОДУ) обеспечивает одновременное решение диспетчерских и технологических задач на уровне цеха на основе

информации, накапливаемой в результате контроля движения партий по технологическому маршруту.

АСОДУ работает в режиме реального времени и решает следующие задачи:

- прием с технологических участков информации об изменении состояния обрабатываемых партий, т.е. информации о выполнении очередной операции технологического маршрута, параметрах, характеризующих качество выполнения операций, возврате партии на реставрацию, изменении технологического маршрута отдельных партий, причинах забраковки пластин, задержки обработки отдельных партий и т.д.;

- оперативный контроль вводимой информации на соответствие справочникам и текущему состоянию незавершенного производства;

- накопление данных о партии с возможностью последующего отбора информации для обработки и анализа;

- оперативный вывод по запросам диспетчеров на экран дисплея или печатающее устройство информации о распределении незавершенного производства по изделиям и операциям, об объемах выработки за требуемый интервал времени с возможностью детализации по участкам, операциям, изделиям и т.д.;

- оперативный вывод по запросам технологов на экран дисплея или печатающее устройство информации о параметрах физической структуры на отдельных операциях за требуемый период времени с возможностью детализации по изделиям и партиям;

- выполнение статистической обработки накопленной информации с выводом на экран дисплея или печатающее устройство гистограмм, интегральных кривых, корреляционных полей, графиков зависимости одних параметров от других, уравнений линейной и параболической регрессии.

Разработанная система имеет следующие технические характеристики:

Число партий в незавершенном производстве . . .	до 1500
Число пластин в партии . . . . .	до 50
Число типов изделий . . . . .	до 120
Общее число типов технологических операций . . . . .	до 255
Число операций на одном маршруте . . . . .	до 120
Число технологических маршрутов . . . . .	до 64
Число пультов для ввода информации . . . . .	до 16
Удаление пультов от ЭВМ, м . . . . .	до 200

Основой системы служит мини-ЭВМ "Электроника-100/25", к которой с помощью устройства согласования в стандарте КАМАК может быть подключено до 16 устройств ввода и отображения информации на основе индикатора ПИУ-2 [5]. Оперативная память ЭВМ должна быть не менее 64 Кслов. Объем дисковой памяти зависит от количества партий, стоящих на учете. Магнитная лента используется для ведения журнала изменений.

Программное обеспечение АСОДУ реализовано на базе операционной системы реального времени ОС РВ [6] и состоит из комплекса задач, функционирующих квазинеzáвисимо друг от друга. Обмен информацией между задачами происходит через общие файлы на магнитных дисках и общие области памяти. Синхронизация событий выполняется с помощью флагов событий, устанавливаемых в общих областях оперативной памяти. Такая структура программного обеспечения делает систему откры-

той для ввода новых задач, что повышает эффективность ее применения.

Программное и информационное обеспечение АСОДУ состоит из следующих основных элементов:

- программы-монитора пультов, обеспечивающей обмен информацией между ЭВМ и устройствами ввода и отображения информации [7];
- программы приема сообщений об изменении состояния партий на технологическом маршруте;
- общих областей памяти, в которых расположены каталог партий, каталог пользователей, спецификации файлов, рабочие массивы для ведения диалога с устройствами ввода и отображения информации;
- комплекта оперативных файлов, содержащих информацию о текущем состоянии партий и результатах их обработки на предыдущих операциях;
- комплекта справочных файлов с информацией о пользователях системы, технологических операциях, технологических маршрутах, обрабатываемых изделиях;
- журнала изменений на магнитной ленте, в котором запоминается информация, поступающая с устройств ввода об изменении состояния партий пластин;
- комплекта программ для обработки накопленной информации в соответствии с запросами, поступающими с терминалов;
- комплекта программ для сопровождения справочных файлов;
- комплекта программ для восстановления информации.

Следует отметить, что только задача приема сообщений может изменять оперативные файлы, поэтому легко обеспечивается восстановление информации по записям в журнале изменений на магнитной ленте.

Состав сообщений, поступающих в систему при возможных изменениях в маршруте партии, приведен на рисунке. Основной учетной единицей является партия пластин, которой присваивается номер в интервале 1... 999. Номер партии вместе с номером изделия является идентификатором партии. Основное сообщение в АСОДУ — это данные о выполнении очередной технологической операции над партией пластин, в которых указывается код изделия, номер партии, код выполненной операции, количество обработанных и годных пластин, значения параметров, характеризующих качество выполнения операций. Если число годных пластин меньше, чем обработанных, то система запрашивает код брака и число забракованных пластин. Перечисленные параметры дополняются кодом пользователя (опознается по паролю), датой и временем ввода сообщения и запоминаются в оперативных файлах системы, что в последующем позволяет проводить обработку за заданный интервал времени.

Прием сообщения выполняется в форме диалога в определенной последовательности, например:

- Код сообщения = 111-02;
- Пароль = XXXXX;
- Изделие, партия = 316, 789;
- Код выполненной операции = 45;
- Обработано, годных = 47,45;
- Параметры: дефектность = 1;
- линейный размер = 5,2;
- Код брака, количество пластин (02) = 1,2.

Состав запрашиваемых параметров определяется описанием технологической операции. Код брака

запрашивается в случае, если количество годных пластин не равно количеству обработанных. Контроль вводимых данных осуществляется на каждом шаге диалога, в случае обнаружения ошибки выдается сообщение о ней и запрос повторяется.

Вывод информации на экран дисплея или печатающее устройство в виде типовых форм осуществляется с помощью программ обработки, которые выполняются по следующему алгоритму:

- используя модуль формирования задания на обработку, программа ведет диалог для ввода запроса на вывод данных, причем запрос можно сформировать с детализацией до изделия, партии, участка, операции, бригады, периода времени и указать тип устройства, на которое необходимо вывести результаты обработки;
  - с помощью типового модуля выводится заголовок формы с перечислением условий, при которых была выполнена обработка;
  - на основе использования соответствующих формул и программ обработки оперативных файлов формируется и выводится на дисплей или печатающее устройство запрошенная форма.
- В системе имеются следующие типовые формы вывода информации:
- состояние партий на момент запроса;
  - распределение незавершенного производства в пластинах по операциям и изделиям;
  - перечень задержанных партий с указанием по

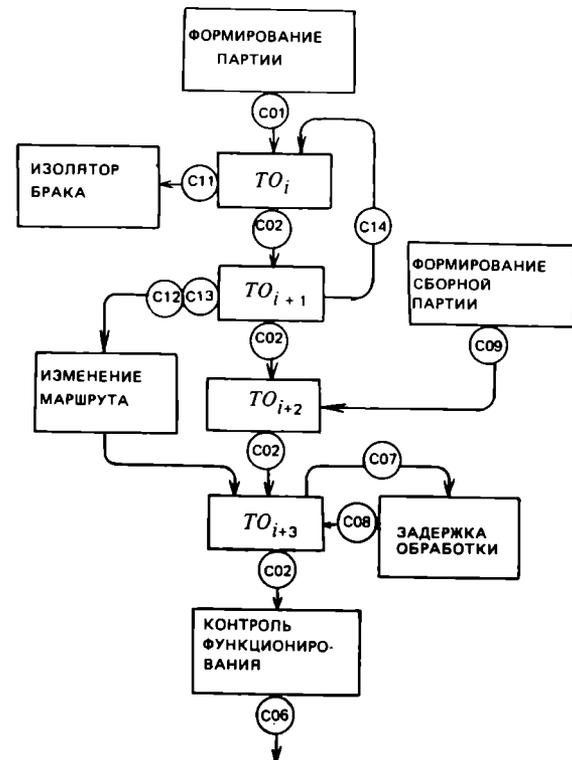


Схема движения партии обрабатываемых пластин по технологическому маршруту и соответствующие сообщения:

C01 — о формировании партии; C02 — о выполнении операции; C06 — о результатах контроля на функционирование; C07 и C08 — о приостановке и возобновлении обработки; C09 — о формировании сборной партии; C11 — о браке всей партии, C12; C13 — об изменении маршрута обработки партии; C14 — о возврате партии на реставрацию;  $TO_i$ - $l$ -я технологическая операция

каждой партии причины и срока задержки;

— сводка об объемах выработки по операциям и изделиям за заданный интервал времени;

— распределение партий по операциям;

— список партий, обработанных на заданной

операции за заданный интервал времени, с выводом по каждой партии параметров, характеризующих качество выполнения операции;

— список партий, прошедших обработку на данном участке за заданный интервал времени, с указанием процента выхода годных на каждой операции.

Комплект программ статистической обработки обеспечивает расчет средних значений и дисперсий параметров, построение гистограмм и интегральных кривых распределения параметров, корреляционных полей, позволяет рассчитать линейную и квадратичную регрессионную модель зависимости одного параметра от другого.

Процедура статистической обработки выполняется в два этапа. На первом этапе с помощью программы выборки из оперативных файлов извлекаются параметры, заданные указанными условиями выборки, и помещаются в промежуточный файл реализаций. За один проход можно отобрать до 16 параметров для последующей обработки. При формировании запроса на отбор параметров указываются условия выборки, включая перечень партий, интервал времени и т.д. В качестве параметра можно отобрать код изделия, номер партии, номер бригады. На втором этапе выполняется статистическая обработка отобранных параметров с помощью соответствующих программ обработки. Описанная процедура оказывается достаточно гибкой и позволяет получить ответ на широкий круг вопросов, которые возникают у технологов цеха при анализе хода технологического процесса.

При разработке системы учитывалось, что основным пользователем информации будет персонал цеха, имеющий минимальные сведения о средствах вычислительной техники и программном обеспечении, поэтому запуск системы, ее выключение, статистическая обработка выполняются с применением косвенных командных файлов с выдачей детальных инструкций и рекомендаций на экран дисплея, а все запросы к ЭВМ идут в форме диалога на естественном языке с выдачей подсказок. Система ориентирована на круглосуточную работу с обслуживанием технических средств в обеденные перемены и выходные дни.

Экономический эффект от внедрения системы проявляется в увеличении выхода годных кристаллов с пластины за счет оперативного контроля параметров технологических операций и сокращении длительности цикла изготовления микросхем вследствие ужесточения контроля за межоперационным временем хранения.

Описанная система внедрена в производстве БИС, ее эксплуатация подтвердила эффективность принятых решений по составу технических средств и структуре программного и информационного обеспечения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Система оперативно-диспетчерского управления «Электроника НЦ-26»/А.А.Петюшин, В.Е.Похлебкин, В.Н.Трояновский, А.Я.Шевченко.— Электронная промышленность, 1983, вып. 9, с. 71—72.
2. Автоматизированная система управления и оперативного планирования сборки ИС/Ю.Ю.Ан-

дрощенко, А.И.Радкевич, В.В.Синев-Кончиц, В.А.Таран.— Электронная техника. Сер. 9. Экономика и системы управления, 1982, вып. 3, с. 26—29.

3. Автоматизированная система сбора и обработки информации о параметрах БИС/Л.В.Бельмесова, П.М.Кайдаулов, В.Н.Карпов, В.А.Кулешов.— Электронная техника. Сер. 9. Экономика и системы управления, 1978, вып. 1, с. 96—99.

4. Казуров Б.И., Ларина Т.Н., Мотренко Э.И. Алгоритмы комплексного статистического анализа технологической информации о качестве ИС.— Электронная техника. Сер. 3. Микроэлектроника, 1982, вып. 5—6, с. 89—93.

5. Лукашов Б.Н., Наумов Н.М. Устройство ввода и отображения информации на основе индикатора ПИУ-2.— Электронная техника. Сер. 7. Технология, организация производства и оборудование, 1983, вып. 1, с. 73—74.

6. Операционная система реального времени ОС РВ. Основные сведения о системе.— Калинин: НПО Центрпрограммсистем, 1981, с. 53.

7. Быкова Э.Я., Наумов Н.М. Программно-монитор пультов.— Электронная техника. Сер. 7. Технология, организация производства и оборудование, 1983, вып. 1, с. 72—73.

Статья поступила 3 октября 1985 г.

УДК 681.3.066

А.Н.Мичков, Н.И.Плотникова, М.В.Хмелева

## СИСТЕМА ПРОГРАММИРОВАНИЯ ЭВМ «ЭЛЕКТРОНИКА-60», ВСТРАИВАЕМЫХ В КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ЭВМ «Электроника-60» находит широкое применение в создании автоматизированного контрольно-измерительного оборудования. Обычно для этого используются минимальные комплекты ЭВМ, а программное обеспечение записывается в ПЗУ.

Однако для эффективной разработки программного обеспечения (ПО) требуется гораздо больше программных и технических ресурсов, чем для реализации рабочих алгоритмов установки. Естественный выход из этого — применение инструментальной ЭВМ (ИЭВМ) более высокого класса. При этом, как правило, объектная ЭВМ «Электроника-60» (ОЭВМ) соединяется с ИЭВМ каким-либо каналом передачи данных. Известен ряд таких систем, различающихся способом соединения ЭВМ, операционными системами и языками программирования.

Наиболее интересные решения заложены в системе [1], где на верхнем уровне используется операционная система ОС РВ, а связь между ЭВМ осуществляется по последовательным линиям связи с интерфейсом ИРПС. Известны три способа разработки программ для ЭВМ нижнего уровня: 1) на языке Макроассемблер с перфоленточной операционной системой; 2) на языке Фортран в среде операционной системы МОС РВ; 3) на языке Фортран с нестандартным вводом/выводом через подпрограммы пользователя. Однако эти способы либо весьма трудоемки, либо накладываются существ-

венные ограничения на разрабатываемые программы, и только третий из них позволяет разрабатывать программы, пригодные для размещения в ПЗУ. К тому же они не предполагают отладки программ.

Существует еще одна проблема, по крайней мере при разработке измерительных установок операционного контроля интегральных микросхем, — слабое взаимодействие разработчиков методов измерения и программистов, в результате чего сильно удлиняется самая напряженная фаза проектирования — комплексная отладка установки.

Разработанная система программирования, развивающая идеи, изложенные в работе [1], позволяет повысить производительность труда и сократить сроки разработок программного обеспечения малых комплектов ЭВМ "Электроника-60". В основу разработки системы положены следующие требования:

- возможность одновременного обслуживания нескольких объектных ЭВМ;
- применение технических средств, серийно выпускаемых в конструктиве ЭВМ "Электроника-60";
- использование языков высокого уровня с минимальными ограничениями и достаточными средствами отладки;
- создание программного обеспечения, пригодного для записи в ПЗУ.

Для функционирования системы на этапе разработки программного обеспечения в состав объектной ЭВМ дополнительно вводятся плата последовательного интерфейса ИРПС (УПО или И12) и плата ППЗУ емкостью не менее 1 Кслов (15 УЗПП-4КХ16 или ПП2). На стороне ИЭВМ необходимо иметь достаточное количество каналов ИРПС и другие ресурсы, обеспечивающие функционирование ОС РВ в многопользовательском режиме. В качестве линии связи используется 4-проводная выделенная телефонная линия длиной до 300 м.

В комплект разработанного программного обеспечения входят следующие компоненты:

- эмулятор терминала ИЭВМ и загрузчик программ из линии связи;
- программа передачи файлов образа задач в линии связи (LDS);
- модифицированная исполняющая система (OTS) языка Фортран-IV (FØRLIB.ØLB);
- отладчики программ в кодах ЭВМ (ODT60) и на языке Фортран-IV (FDT60);
- программа обслуживания ввода-вывода на линии связи (IOF);
- модифицированный интерпретатор языка Бейсик с набором EXF-функций для взаимодействия с оборудованием (BAS60);
- программы чтения/записи Бейсик-программ по линиям связи (BLD и BSV).

Эмулятор терминала и загрузчик программ записаны в ПЗУ объектной ЭВМ, что дает возможность пользователю с терминала установки работать точно так же, как и с любого другого терминала ИЭВМ. В этом режиме пользователь может производить трансляцию и построение своих задач стандартным для ОС РВ образом с использованием модифицированной OTS языка Фортран-IV (FØRLIB.ØLB).

Кроме того, пользователь может дать заказ на загрузку файлов образа задач в LDA или .TSK формате путем запуска программы LDS, которая посылкой специальных кодов переводит програм-

му на стороне ОЭВМ из режима эмуляции терминала в режим загрузки программ в ОЗУ ОЭВМ. С помощью решающей обратной связи обеспечивается повторная передача искаженных фрагментов программ. Таким образом выполняется загрузка тестового программного обеспечения, интерпретатора языка Бейсик и построенных Фортран-задач пользователя. Разумеется, все вышеизложенное распространяется на программы, написанные на языке Макроассемблер. Модифицированная OTS языка Фортран построена на основе OTS ОС РАФОС совместно с модулем имитации среды SIMRT. В основном изменения были сделаны в модуле SIMRT и в ряде модулей обслуживания ввода-вывода. С новой OTS стало возможным стандартное построение Фортран-задач в ОС РВ, а также ввод/вывод данных по одному каналу в файлы ИЭВМ с помощью операторов READ/WRITE языка Фортран. При этом на стороне ИЭВМ обмен данными ведется в режимах задач IOF. Отладчик Фортран-программ FDT60 аналогичен по возможностям FDT [2], но работает без поддержки операционной системы. Бейсик-система построена на основе Бейсик-интерпретатора перфоленточной операционной системы. В настоящее время в него введена возможность чтения/сохранения программ в файлах ИЭВМ. Предполагается также обеспечить возможность ввода/вывода данных из Бейсик-программ.

Набор EXF — функций обеспечивает интерфейс программ, написанных на Бейсике, с цифровым универсальным измерительным прибором (ЦУИП), секцией КАМАК, модулями АЦП, ЦАП и платой И2, входящей в комплект ЭВМ "Электроника-60".

Комплект системного программного обеспечения был успешно применен при разработке ряда установок операционного контроля технологического процесса изготовления ИС с различными методами измерений (фотоэлектрическими, эллипсометрическими, C-V-метрическими и т. д.). С внедрением системы существенно повысилась производительность труда при разработке программного обеспечения, причем основной эффект достигнут за счет активного участия разработчиков методов в создании и отладке измерительных алгоритмов. Появилась возможность испытывать наиболее ответственные части алгоритма задолго до окончания работ.

Централизованное хранение программного обеспечения улучшило контроль за разработками и повысило надежность хранения программ и данных. Использование более производительной ЭВМ сократило время трансляции и построения задач, что особенно важно на стадии отладки программного обеспечения. Предлагаемая система может быть использована также при автоматизации научных исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Тимофеев Е.М. Разработка математического обеспечения ГПС фрезерной и токарной обработки. — Электронная промышленность, 1985, вып. 4—5, с. 126.
2. Программное обеспечение СМ ЭВМ. Операционная система РАФОС. Фортран-отладчик: Руководство программиста. — Калинин: Центр программистов, 1980. — Т. 5, кн. 2, ч. 5. — 53 с.



## ЭЛЕКТРОННЫЕ НАРУЧНЫЕ ЧАСЫ В ПЛАСТМАССОВОМ КОРПУСЕ

Электронные наручные часы в пластмассовом корпусе — недорогие, практичные, удобные. Имеют ускоренную корректировку показаний, автоматический календарь, снабжены подсветкой. Выполнены из современных материалов, элегантно оформлены.

ЧАСЫ,  
МИНУТЫ, ЧИСЛО  
СЕКУНДЫ  
ТОЧНОСТЬ ХОДА  $\pm 15$  с В СУТКИ  
СРОК СЛУЖБЫ БАТАРЕЙНОГО  
ЭЛЕМЕНТА ПИТАНИЯ —  
НЕ МЕНЕЕ ГОДА  
ЦЕНА 20 РУБ.

# ИССЛЕДОВАНИЯ. РАЗРАБОТКИ. МЕТОДЫ РАСЧЕТОВ

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

УДК 621.319.4.001.63

Л.Н.Мироенко, А.А.Ступаченко

## ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОБЪЕКТОВ КОНДЕНСАТОРОСТРОЕНИЯ

Научно-технический прогресс конденсаторостроения, как и электронной промышленности в целом, предполагает существенное повышение уровня потребительских свойств изделий при одновременном снижении их ресурсоемкости — удельных совокупных затрат (труда, материалов, энергии, капиталовложений) — и обеспечении экологической чистоты производства. Анализ этапов научно-технической подготовки производства новых конденсаторов (охватывающий поисковые и прикладные НИР, ОКР и технологическую подготовку) позволяет выделить основные объекты технического проектирования подотрасли и соответствующие им задачи оптимизации. В число основных объектов проектирования входят: конструкции конденсаторов, конструктивы, материалы конденсаторостроения, технологические операции, средства технологического оснащения.

Главная цель постановки и решения задач оптимизации в любой отрасли (подотрасли) промышленности и, соответственно, в конденсаторостроении — минимизация приведенных совокупных затрат на этапах производства и использования (применения) изделий, что в равной степени относится ко всем рассматриваемым объектам: типам конденсаторов в целом, номиналам типа, конструктивам, материалам, технологическим операциям и пр. Достижение этой цели предполагает выработку определенного компромисса между повышением уровня потребительских свойств объектов и минимизацией ресурсоемкости их производства.

Если не рассматривать задачи разработки средств технологического оснащения (традиционно самостоятельный класс объектов проектирования, не специфичный только для данной подотрасли), то основные задачи оптимизации в конденсаторостроении можно классифицировать следующим образом:

*Класс 1.* Оптимизация номенклатуры в пределах следующих подклассов:

- типы конденсаторов;
- номиналы конденсаторов в составе каждого типа;
- типовые конструктивы (сборочные единицы, детали);
- конфигурации, размеры, допуски на размеры конденсаторов и их конструктивов;
- типовые технологические операции;
- материалы, используемые в конденсаторостроении.

Критерии оптимизации:

- области (диапазоны) значений главного или

главных параметров, характеризующих основные потребительские свойства объектов данного подкласса, покрываемые параметрическим (типоразмерным) рядом объектов, входящих в номенклатуру;

— приведенные совокупные затраты на производство всей номенклатуры конденсаторов, обусловленные номенклатурой объектов каждого данного подкласса.

Ограничения: на ресурсы, выделяемые для производства объектов данного подкласса.

*Класс 2.* Оптимизация конструкторских решений совокупно для всех номиналов, входящих в состав данного типа конденсаторов.

Критерии оптимизации:

— область (диапазон) значений основных потребительских свойств данного типа конденсаторов;

— совокупные приведенные затраты на производство всех номиналов, входящих в тип (показатели: средневзвешенная по всем номиналам удельная материалоемкость; количество основных конструктивов в расчете на 100 номиналов типа; коэффициент сложности сборки; коэффициент унификации конструкции и др.).

Ограничения: на средние значения и степень однородности свойств изделий; степень пригодности для изготовления в условиях гибкого автоматизированного и роботизированного производства; средние значения и степень однородности свойств основных конструктивов; показатели ресурсоемкости изделий.

*Класс 3.* Оптимизация технологических решений на уровне отдельных технологических операций, цепочек операций, технологического процесса в целом.

Критерии:

— средние значения и степень однородности потребительских свойств продукта;

— эффективность операции (показатели: средний процент выхода годного продукта, производственная мощность, длительность цикла);

— совокупные приведенные затраты на реализацию (ресурсоемкость: трудоемкость, степень использования материалов, энергоемкость, фондоемкость); возможность применения автоматов, степень использования типовых решений; экологическая чистота.

Ограничения: на свойства сырья и степень их однородности; возможность реализации в условиях гибкого автоматизированного и роботизированного производства; на свойства оборудования, среды, а также квалификацию обслуживающего персонала.

*Класс 4.* Оптимизация совокупности материалов.

Критерии:

— средние значения и степень однородности основных свойств материала;

— степень использования (процент содержания) остродефицитных компонентов;

— степень использования (процент содержания) компонентов, определяющих экологическую безопасность материала.

Ограничения: на средние значения и степень однородности свойств компонентов; показатели технологичности материала.

*Класс 5.* Оптимизация моделей, отображающих свойства основных объектов проектирования: материалов, технологических операций, конструкций, конденсаторов.

Критерии:

- достоверность описания;
- степень полноты описания;
- точность описания;
- совокупные приведенные затраты (потери) на этапах построения и использования моделей.

Ограничения: на ресурсы, выделяемые для построения и использования моделей.

Задачи оптимизации, входящие в разработанную спецификацию, подлежат решению по согласованным между собой целевым установкам (критериям и ограничениям). Главной и важнейшей является задача оптимизации номенклатуры типов конденсаторов. Иерархически ей подчиняются задачи оптимизации номенклатуры номиналов внутри каждого типа и номенклатуры объектов остальных классов, которые, в свою очередь, предполагают развернутое во времени формирование множеств новых, оптимальных в соподчиненном смысле материаловедческих, конструкторских и технологических решений.

#### *Методология решения задач оптимального проектирования*

Главная особенность задач оптимального технического проектирования заключается в их многокритериальности, т.е. наличии многих показателей эффективности при оценке проектных решений. Разработанный ряд актуальных показателей приведен в работе [1]. Для выбора оптимальной на множестве оценок проектных решений проектировщиком должно быть задано отношение предпочтения. Для задач с одним показателем эффективности это не вызывает трудностей, если задана шкала значений оценки по выбранному показателю. При наличии нескольких показателей эффективности оценка проектного решения строится на основе оценок его по каждому из показателей. Это может быть векторная оценка, т.е. результирующий вектор оценок по каждому из показателей, или некоторая обобщенная оценка, представляющая собой функцию от векторной. Очевидно, что для построения обобщенной оценки должно быть полностью задано отношение предпочтения. Однако и при неполном задании отношения предпочтения на множестве векторных оценок можно приступать к выбору наиболее предпочтительных решений. Обычно в этом случае на множестве векторных оценок решений задается бинарное отношение предпочтения (доминирования) Парето, т.е. из двух векторных оценок предпочтительной признается та, у которой все компоненты (значения оценок по показателям эффективности) не хуже и хотя бы одна из них лучше. Для дальнейшего выявления системы отношений предпочтения необходимы дополнительные действия. Среди них можно выделить следующие: проверку условий независимости по предпочтению показателей эффективности; нормализацию векторных оценок; формирование приоритета показателей эффективности.

Проверка условий независимости, а также формирование приоритета показателей эффективности осуществляется на основе сравнения проектировщиком или группой экспертов некоторых так называемых "опорных решений" [2, 3]. При выявлении приоритета это могут быть, например, решения, наилучшие по каждому из показателей эффективности, или некоторые отношения предпочтения или эквивалентности для самих показателей эффективности, заданные проектировщиком [4].

Большинство принципов нормализации основывается на введении понятия "идеального качества", т.е. вектора желательных (идеальных) значений оценок по показателям эффективности. Нормализованная оценка по показателю эффективности в таком случае представляет собой некоторую меру близости (используются термины "потери", "затраты", "эффект", "выигрыш", "полезность" и т.д.) исходной, ненормализованной оценки к ее желательному значению, причем нормализация оценки должна ставить целью достижение сопоставимости оценок по различным показателям эффективности и обеспечение возможности строить для них обобщенную оценку. Это достигается использованием единой меры близости, введением общих единиц измерения.

Обычно в основе системы задаваемых проектировщиком бинарных отношений предпочтения лежит тот или иной выбранный им принцип компромисса [5].

В настоящее время при решении задач оптимального технологического проектирования широко применяется принцип выделения главного показателя эффективности, заключающийся в том, что более предпочтительным считается то решение, у которого наилучшее значение оценки по важнейшему (с наибольшим приоритетом) показателю эффективности, а значения оценок по остальным показателям находятся в заданных для них пределах. Применяются и другие принципы (равномерности, справедливой уступки), приводящие к заданию отношения предпочтения на основе обобщенной оценки. Широко используется аддитивная обобщенная оценка, однако для ее построения необходимо выполнение условий независимости показателей эффективности по предпочтению [6].

Для решения сложных многокритериальных задач были предложены [7] итеративные процедуры с участием человека и машины, на каждом шаге которых анализ результатов предыдущего шага позволяет уточнить (модифицировать) оценки проектных решений и систему бинарных отношений предпочтения на множестве оценок и соответственно изменить метод и процедуру выбора предпочтительных решений. Процесс такого уточнения продолжается до тех пор, пока результаты анализа полученного решения не удовлетворят лицо, принимающее окончательное решение (проектировщика).

Анализ математических моделей, а также опыт решения практических задач оптимального проектирования в конденсаторостроении показал, что в большинстве случаев могут быть эффективно использованы общие математические методы теории принятия решений. Можно выделить две ситуации, в которых происходит выбор оптимальных решений при проектировании [8]: а) выбор из заданного множества вариантов решений (выбор из перечислений); б) выбор в заданной допустимой области варьирования управляемых факторов (выбор в про-

странстве состояний). В первой ситуации можно использовать простой метод просмотра всех решений с отбрасыванием менее предпочтительных [9]. Формируемое при этом множество предпочтительных решений (ядро заданной системы отношений предпочтения) можно постепенно сужать на основе выявленных в процессе решения новых отношений предпочтения. На первом шаге решения по этому методу обычно формируется множество парето-оптимальных решений — так называемая область компромисса.

Во второй ситуации определение области компромисса значительно усложняется. В связи с этим для нахождения наиболее предпочтительного решения необходимо на множестве векторных оценок сформировать обобщенную оценку решения, исходя из выбранного принципа компромисса, или, как делается в случае выделения главного показателя, наложить ограничения на значения оценок по всем показателям эффективности, кроме одного, важнейшего. При этом для решения задач оптимизации могут быть использованы методы математического программирования.

#### *Модели и методы решения задач оптимизации номенклатуры*

На первом этапе решения задач оптимизации номенклатуры любых объектов в качестве главного критерия выступают области (диапазоны) значений основных потребительских свойств, подлежащие покрытию членами ряда номенклатуры, и налагаются слабые ограничения на основные виды затрат при производстве данной номенклатуры. После выявления возможной области использования объектов данного класса задача оптимизации номенклатуры ставится как задача о покрытии заданной области (диапазона) значений основных параметров (потребительских свойств) объектов с минимальными затратами на их производство.

В тех случаях, когда можно считать, что минимизация затрат на производство обеспечивается, главным образом, за счет уменьшения числа членов ряда номенклатуры, задача оптимизации может быть математически поставлена следующим образом:  
найти

$$\min \sum_{j=1}^N x_j, \quad (1)$$

$$(x_1, \dots, x_N)$$

если  $\sum_{j=1}^N a_{ij} x_j \geq 1, i = 1, \dots, M,$

где  $N$  — число рассматриваемых объектов;

$M$  — число требуемых значений основных параметров (например, номинальных значений емкости и напряжения);

$x_j = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-й объект включен в номенклатуру} \\ 0, & \text{если } j\text{-й объект не включен в номенклатуру,} \end{cases}$

$a_{ij}$  — матрица инцидентий.

Каждая строка матрицы соответствует определенному вектору требуемых значений основных параметров (или требуемому значению, в случае одного параметра). Если  $j$ -й объект используется для

получения соответствующих значений параметров, то  $j$ -му элементу строки матрицы присваивается 1, в противном случае — 0. Число строк матрицы инцидентий равно числу заданных (требуемых) значений потребительских свойств, а число столбцов — числу рассматриваемых объектов. Решение данной задачи оптимизации может быть осуществлено методами линейного программирования, в частности симплекс-методом.

Если члены ряда номенклатуры объектов данного класса существенно различны с точки зрения затрат на производство изделий, использующих эти объекты, и в связи с этим минимизация приведенных совокупных затрат может быть достигнута не только за счет уменьшения числа членов ряда, но и в результате включения в номенклатуру новых членов ряда, с лучшими оценками по указанным затратам, то рассматривается обобщенная оценка этих затрат для объектов, включаемых в номенклатуру, например аддитивная оценка:

$$\sum_{j=1}^N c_j x_j, \quad (2)$$

где  $c_j$  — оценка затрат на производство изделий, обусловленных использованием  $j$ -го члена ряда из номенклатуры объектов данного класса. В таком случае мы имеем взвешенную задачу о покрытии, которая может быть решена методами линейного программирования, обычно целочисленного. К подобной задаче сводятся задачи оптимизации номенклатуры изделий, потребность в которых ("функция спроса") существенно различается для различных значений параметров [10].

Общепринятая методология проектирования конденсаторов ориентирована на единичное изделие — отдельный член параметрического ряда, номинал. Проектирование начинается с выбора материала рабочего тела и ряда параметров последнего. Затем формируется схема конструкции (ее вид, форма, линейные размеры, допуски и пр.). Для оптимального проектирования всех номиналов, входящих в данный тип конденсаторов, недопустимо прямое перенесение принципов принятия инженерных решений при создании каждого отдельного номинала. Оптимальное использование в типе в целом различных видов ресурсов требует применения методов, позволяющих совместно формировать материаловедческие, конструкторские и технологические решения для всех номиналов серии.

#### *Модели и методы решения задач оптимизации конструкторских решений*

Конструируемые конденсаторы могут быть классифицированы:

— по назначению: для бытовой, промышленной, специальной аппаратуры;

— по природе рабочего диэлектрика: керамические, стеклокерамические, электролитические и оксиднополупроводниковые (на вентиляльных металлах: алюминии, тантале, ниобии), на основе органического диэлектрика (полипропиленовые, поликарбонатные, ПЭТФ, фторопластовые, бумажные, комбинированные);

- по типу электродов: фольговые, металлизированные;
- по степени сложности, которую характеризуют:
- число показателей эффективности типа в целом (удельная емкость, энергия, надежность, материалоемкость) ( $\leq 10$ );
- число ограничений на свойства (назначение, технологические, экономические особенности всех или только части номиналов типа) ( $\leq 20$ );
- число номиналов, входящих в тип ( $\leq 300$ );
- число конструктивов номинала ( $\leq 10$ );
- число параметров конструктива ( $\leq 10$ );
- мощность множества конструктивов каждого типа ( $\leq 200$ ).

Современная инженерная концепция утверждает, что форма объекта, его линейные размеры и допуск на них — важнейшие ресурсы инженерных решений и следует настоятельно сводить к минимуму их многообразию. Поэтому за главный показатель приведенных затрат на производство изделий (к примеру всей серии номиналов в пределах одного типа конденсаторов) во многих задачах оптимального конструирования принимается количество основных используемых конструктивов. Так, при конструировании конденсаторов выделяется главный показатель — минимум числа корпусных, формобразующих, элементов и согласованных с ними элементов рабочего тела (пленочного диэлектрика, керамических пластин и т. д.), а на значения оценок по другим показателям, в частности потребительским свойствам (удельному заряду, надежности, ...) и показателям ресурсоемкости каждого отдельного или всех номиналов, накладываются ограничения таким образом, чтобы относительные отклонения этих показателей от их наилучших возможных значений для каждого номинала не превосходили заданных пределов. Процесс решения задачи совместного конструирования всех номиналов в пределах одного типа складывается из:

- расчета допустимых вариантов конструкции для каждого из заданных номиналов;
- выделения из множества решений, допустимых для каждого номинала, подмножества, удовлетворяющего заданным ограничениям на показатели эффективности и ресурсоемкости;
- выбора такого варианта конструкции каждого номинала, чтобы номенклатура конструктивов данного типа была минимальной.

При математической постановке задачи оптимизации номенклатуры (1, 2) каждая строка матрицы инцидентий соответствует определенному типоминималу и формируется таким образом, что для каждого из рассматриваемых конструктивов (например, корпуса) определяется, используется ли он в выделенных для этого типоминимала вариантах конструкции, и, если используется, то соответствующему элементу матрицы присваивается значение 1, если нет — 0. Число строк матрицы равно числу заданных типоминималов, а число столбцов — числу рассматриваемых конструктивов.

В результате решения задачи линейного программирования (1) выбираются такие конструктивы, чтобы при минимальном их количестве для каждого из типоминималов мог быть использован хотя бы один из выбранных конструктивов. В качестве оптимальных проектировщику предлагаются варианты, использующие выбранные конструктивы.

В тех случаях, когда потребность в проектируемых номиналах (спрос, важность)  $\alpha_j$  различна, за-

дача сводится к взвешенной задаче о покрытии (2). Вес  $C_j$   $j$ -го конструктива характеризует затраты при его производстве и использовании и является функцией от взвешенных удельных показателей затрат для каждого типоминимала, использующего этот конструктив, и функции спроса (важности) конструктива в соответствующей номенклатуре.

Например,

$$C_j = 1 - \frac{\beta_j \sum_i \alpha_i a_{ij} \frac{q_{\min}^i}{q_j^i}}{\sum_j \beta_j \sum_i \alpha_i}$$

- где  $\alpha_i$  — значение функции спроса (вес важности)  $i$ -го номинала,  
 $\beta_j$  — значение функции спроса (вес важности)  $j$ -го конструктива,  
 $q_j^i$  — значение показателя удельной материалоемкости для  $i$ -го номинала при использовании  $j$ -го конструктива,  
 $q_{\min}^i$  — наименьшее возможное значение показателя удельной материалоемкости для  $i$ -го номинала.

В настоящее время решение задачи оптимального конструирования в первом варианте (без весов) с использованием САПР позволило при конструировании новых типов конденсаторов сократить число конструктивов в расчете на 100 номиналов на 30% и более.

#### Модели и методы решения задач оптимизации материаловедческих и технологических решений

Проектируемые технологические операции (цепочки операций) могут быть классифицированы:

- по назначению: формирующие свойства изделия в целом или свойства конструктива; испытательные, подготовительные, вспомогательные;
- по процессам, лежащим в их основе: электрохимические, химические, электротермические, термические, вакуумного напыления, герметизации и т. п.;

- по характеру протекания: стационарные (квазистационарные), дискретные и непрерывные;
- по степени сложности;

Как правило,  $(N_1 + N_2) \leq 15$ ;  $(K_1 + K_2 + K_3) \leq 30$ , где  $N_1$  — число формируемых свойств продукта;

$N_2$  — число формируемых/учитываемых внешних свойств проектируемой операции;

$K_1$  — число учитываемых свойств предмета проектируемой операции (сырьевых материалов, заготовок);

$K_2$  — число управляемых/учитываемых внутренних свойств проектируемой операции (физико-химические основы, принцип действия);

$K_3$  — число учитываемых свойств среды (оборудования, реализующего операцию, и условий его функционирования).

Используемые материалы могут быть классифицированы:

- по назначению: материалы рабочего тела из-

делия; конструкционные, защитные, используемые в технологическом процессе и пр.

— по природе: диэлектрические (керамические, органические, оксидные), полупроводниковые, резистивные (металлдиэлектрические), проводниковые (металлические, электролитические, проводящие клеи и т. д.).

— по сложности: число свойств назначения ( $\leq 15$ ) и число компонентов состава ( $\leq 10$ ).

В задачах оптимизации рецептур материалов и в задачах поиска оптимальных технологических режимов решение ведется в условиях неопределенности, в качестве схем связи в моделях объектов рассматриваются обычно системы регрессионных уравнений, показатели эффективности представляют собой средние значения тех или иных свойств объектов. Особенность рассматриваемых задач заключается в том, что проведение эксперимента для построения математических моделей объектов связано со значительными затратами времени и средств, поэтому естественно проводить одновременно ограниченную серию экспериментов в заданной области варьирования управляемых факторов  $X$ , а не обращаться к последовательному поиску оптимального решения.

По результатам такой серии экспериментов методом наименьших квадратов можно построить несмещенную статистическую оценку регрессионной зависимости показателя эффективности от управляемых факторов в области  $X$ . Истинное значение показателя эффективности  $Y(x)$  неизвестно, однако для него можно построить доверительный интервал в каждой точке области  $X$ :

$$\hat{Y}(x) - t_{(1+\alpha)/2} \cdot \hat{U}(x) \leq Y(x) \leq \hat{Y}(x) + t_{(1+\alpha)/2} \cdot U(x), \quad (3)$$

где  $\alpha$  — доверительная вероятность,

$\hat{U}(x)$  — оценка дисперсии  $\hat{Y}(x)$ ,

$t_{(1+\alpha)/2}$  — квантиль  $t$ -распределения порядка  $(1+\alpha)/2$ .

Если для заданного значения  $\alpha$ , достаточно близкого к 1, длина доверительного интервала при любом  $x$  мала, т. е. всюду мала  $\hat{U}(x)$ , можно полагать  $Y(x) = \hat{Y}(x)$  и для  $\hat{Y}(x)$  строить оценку решения по данному показателю эффективности, например, функцию эффекта (выигрыша)  $f(y) = f(\hat{y})$ . Таков традиционный подход к оценке решения в рассматриваемых задачах.

Однако даже при оптимальном планировании эксперимента не всегда удастся получить достаточно малое  $\max_{x \in X} U(x)$ , к тому же, при пассив-

ном эксперименте величина  $U(x)$  значительно изменяется в области  $X$ . Следовательно, далеко не всегда можно использовать традиционный подход к оценке решения, и необходимо рассмотреть возможность учета дисперсии оценок регрессионных функций.

Обычно функция эффекта  $f(y)$  монотонна (часто линейна), тогда из (3) можно определить доверительный интервал  $[f_1^\alpha, f_2^\alpha]$  эффекта  $f$  с доверительной вероятностью  $\alpha$ .

Рассмотрим лотерею из двух событий: события  $A_1$ , заключающегося в том, что  $f \in [f_1^\alpha, f_2^\alpha]$ , и со-

бытия  $A_2$ , заключающегося в том, что  $f \in [f_1^\alpha, f_2^\alpha]$ . Вероятность события  $A_1$ , очевидно, равна  $\alpha$ , вероятность  $A_2$  равна  $(1 - \alpha)$ .

Ожидаемая полезность этой лотереи:

$$E(U) = U(f_{A_1}) \cdot \alpha + U(f_{A_2}) \cdot (1 - \alpha), \quad (4)$$

где  $U(f)$  — функция полезности, определенная на множестве эффектов для событий  $A_1$  и  $A_2$ , обычно линейная.

Так как конкретное значение эффекта для каждого из этих событий неопределенно, то для задания  $f_{A_1}$  и  $f_{A_2}$  можно использовать принципы компромисса при неопределенности, а именно принцип максимина (оценка гарантированным уровнем эффекта) или принцип недостаточного основания (равновероятен любой из возможных эффектов).

Рассмотрим два подхода к оценке решения:

1. Задается достаточно большое (близкое к 1) значение доверительной вероятности  $\alpha$ . В таком случае можно пренебречь вторым слагаемым в (4).

2. Задается достаточно малая (абсолютная или относительная) длина доверительного интервала, в этом случае для события  $A_1$  можно положить  $f(y) = f(\hat{y})$ .

В первом случае при использовании принципа недостаточного основания мы, очевидно, имеем традиционный подход, при использовании принципа максимина  $U \approx U(f_1^\alpha)$ . Во втором случае при использовании принципа недостаточного основания

$$f_{A_2} = \frac{f_{\max} + f_{\min}}{2}, \quad E(U) = U(f(\hat{y}))\alpha + U(f_{A_2})(1 - \alpha),$$

при использовании принципа максимина

$$f_{A_2} = f_{\min}, \quad E(U) = U(f(\hat{y}))\alpha.$$

Полагая  $U(f_{\min}) = 0$ , получаем:

$$E(U) = U(f(\hat{y}))\alpha.$$

Выше уже упоминалось, что для решения рассматриваемых задач используются методы математического программирования. Сложность заключается в том, что регрессионные функции, представляемые обычно полиномами 2–3 порядка, имеют сложный вид (содержат седла, овраги). Кроме того при использовании принципа выделения главного показателя эффективности на часть показателей эффективности накладываются ограничения. В связи с этим даже при допустимой области простого вида (например, гиперпараллелепипеде) образуется сложная область  $G$  поиска экстремума оценки по главному показателю эффективности с относительно малым объемом, которая может быть невыпуклой и даже многосвязной. Тогда даже в том случае, когда оценка по главному показателю эффективности в исходной простой области имеет единственный экстремум, в области  $G$  может существовать несколько локальных экстремумов на границе. Возникает также проблема найти хотя бы одну точку, принадлежащую  $G$ . С учетом всех рассмотренных особенностей задач для их решения необходимы:

а) методы просмотра области;

б) методы поиска экстремума, осуществляющие вход в область, если начальная точка не принадлежит ей, путем минимизации так или иначе определенного расстояния точки от области.

Методы просмотра области дают либо общую картину области, т.е. некоторое конечное множество точек, в том или ином смысле равномерно расположенных в области, и значения показателей эффективности в этих точках (например, метод Соболя [10] или метод Монте-Карло), либо лишь точки, лежащие в некоторой окрестности локальных экстремумов оценки по важнейшему показателю или обобщенной оценки, так называемые точки, подозрительные на экстремум (например, метод непрерывного обучения с направляющим конусом — случайный поиск [11]).

Для решения рассматриваемых задач успешно применялись методы поиска экстремума, а именно:

- метод Розенброка [12] для области вида:

$$l_i(x) \leq g_i(x) \leq h_i(x), i = 1, \dots, m,$$

где  $l_i(x)$ ,  $g_i(x)$ ,  $h_i(x)$  — заданные функции вектора управляемых факторов  $x$ ;

— метод штрафных функций [13] и метод скользящего допуска [14] для области вида:

$$g_i(x) = 0, i = 1, \dots, m_1,$$

$$g_i(x) \geq 0, i = m_1 + 1, \dots, m;$$

— метод глобального случайного поиска Ю. А. Сушкова [15] в гиперпараллелепипеде.

Вход в область поиска экстремума осуществлялся методами безусловного поиска, наиболее широкое применение нашли методы, не использующие производных, а именно, метод Розенброка и метод Нелдера и Мида.

Дальнейшее развитие методологии решения рассматриваемых задач оптимизации в значительной степени обуславливается развитием и введением новых моделей основных классов объектов: конструкций конденсаторов, технологических операций (процессов) и материалов, что целесообразно выполнять в рамках создания соответствующих САПР.

Модели основных типов конструкций конденсаторов должны отображать связи структуры конструкции, а также состава и параметров конструктивов (сборочных единиц, деталей) не только с показателями полей разрушающих нагрузок (электрических, температурных, механических и пр.), т.е. с надежностью изделий, но и с показателями ресурсоемкости (материалоемкости, трудоемкости, фондоемкости) последних.

Дальнейшее развитие моделей технологических операций предполагает введение в них показателей производительности и ресурсоемкости (затрат на реализацию операции). Необходимо приступить к разработке моделей, отображающих в целом технологические процессы, используемые в конденсаторостроении. Создание и использование банков данных позволит широко применять для задач оптимизации номенклатуры решение по типу представления "выбор из перечисления". Для решения таких задач могут быть предложены следующие правила сравнения векторных оценок проектных решений:

- по главному показателю эффективности при введении ограничений на остальные;

- по принципу Парето (лучше то решение, у

которого оценка по большинству показателей эффективности лучше);

- по обобщенной оценке;

- по методу Электра (лучше то решение, у которого оценки по большинству показателей эффективности лучше и достаточно малое ухудшение оценок по остальным показателям) и др.

Эффективность тех или иных правил, методология их применения для различных классов задач могут быть выявлены лишь как результат решения многих практических задач. Использование некоторых правил требует отработки методологии нормализации векторных оценок, формирования приоритета (весов важности), показателей эффективности и ряда других действий. Требуют своего развития и работы по реализации рассмотренной методологии, в частности метода решения взвешенной задачи о покрытии в задачах оптимизации номенклатуры.

## ЛИТЕРАТУРА

1. С т у п а ч е н к о А.А., Б у р а г о Н.В. Номенклатура показателей для анализа и прогноза тенденций развития конденсаторов.— Электронная техника. Сер. 5. Радиодетали и радиокомпоненты, 1985, вып. 1, с. 26—32.

2. Л а р и ч е в О.И. Метод оценки проектов проведения прикладных исследований и разработок.— Автоматика и телемеханика, 1972, № 8, с. 121—127.

3. Г л о т о в В.А., П а в е л ь е в В.В. Экспертные методы определения весовых коэффициентов.— Автоматика и телемеханика, 1976, № 12, с. 95—107.

4. Современное состояние теории исследования операций/Под ред. Н.Н.Моисеева.— М.: Наука, 1979.— 464 с.

5. Модели и методы векторной оптимизации/С.Е.Емельянов, В.И.Борисов, А.А.Малевиц, А.М.Черкашин.— Итоги науки и техники. Сер. Техническая кибернетика, 1973, т. 5, с. 386—448.

6. К и н и Р.Л., Р а й ф а Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещение.— М.: Радио и связь, 1981.— 560 с.

7. О з е р н о й В.М., Г а ф т М.Г. Методология решения дискретных многокритериальных задач.— В кн.: Многокритериальные задачи принятия решений.— М.: Машиностроение, 1978, с. 191—197.

8. С т у п а ч е н к о А.А. Задача проектирования радиодеталей в обобщенной постановке и основные типы представлений ее для решения.— Электронная техника. Сер. 5. Радиодетали и радиокомпоненты, 1980, вып. 2, с. 3—6.

9. О з е р н о й В.М., Б у я н о в Б.Б., В а с ь к и н а Л.М. Алгоритм выделения множества неподчиненных решений в многокритериальных задачах.— Сборник трудов Института проблем управления, 1974, вып. 5, с. 61—67.

10. С о б о л ь И.М. Многомерные квадратурные формулы и функции Хара.— М.: Наука, 1969.— 288 с.

11. Т а р н о п о л ь с к и й Ю.Я. Алгоритм глобальной оптимизации многопараметрических функций методом случайного поиска.— В кн.: Алгоритмы и программы случайного поиска.— Рига: Зинатне, 1969, с. 374—379.

12. Р о з е н б р о к Х., С т о р н С. Вычислительные методы для инженеров-химиков.— М.: Мир, 1968.— 443 с.

13. Ф и а к н о А., М а к - К о р м и к Г. Нелинейное программирование: Методы последовательной безусловной минимизации.— М.: Мир, 1972.— 240 с.

14. Х и л ь м е л ь б л а у Д. Прикладное нелинейное программирование.— М.: Мир, 1975.— 534 с.

15. С у ш к о в Ю.А. Об одном способе организации случайного поиска.— В кн.: Исследование операций и статистическое моделирование.— Л.: ЛГУ, 1972, вып. 1, с. 180—186.

УДК 621.3.049.77.001.2—52

Г.Г.Казеннов, А.Г.Соколов

## СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИС — ЭФФЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЕКТНЫХ РАБОТ

В настоящее время весь цикл создания нового изделия от его разработки до серийного выпуска организуется на основе автоматизированных систем: научных исследований (АСНИ), проектирования (АСП или САПР), управления технологическим процессом изготовления (АСУТП), управления производством на уровне предприятия (АСУП), объединения (главка), отрасли (АСУ). Все они должны быть взаимно увязаны и согласованы по входной и выходной информации, организации ее обработки, мощности вычислительных средств и т. д.

Процесс создания САПР интегральных микросхем как наиболее массового изделия микроэлектроники включает в себя решение следующих задач:

- разработку методики проектирования ИС, т.е. определение этапов проектирования, математическую постановку задач каждого этапа, анализ путей решения этих задач с помощью ЭВМ и выбор методов их решения;

- разработку математического обеспечения, т.е. определение структуры и состава прикладного программного обеспечения, формирование технологических маршрутов проектирования, разработку языков проектирования, выбор математического аппарата, разработку методов и алгоритмов решения наиболее трудоемких задач на всех этапах проектирования ИС, при этом, как правило, выделяются отдельные группы обеспечения: программное, информационное и лингвистическое;

- создание системы технических средств, обычно имеющей в своем составе центральный вычислительный комплекс (ЦВК), периферийные устройства для отображения, редактирования и документирования алфавитно-цифровой и графической информации в процессе проектирования, организованные в рабочие места проектировщиков соответствующих типов ИС, средства передачи информации и специальный коммутатор каналов, объединяющий ЦВК и периферийные устройства в единый комплекс;

- организацию работ в САПР как организационно-технического обеспечения.

В развитии САПР можно выделить условно три периода: теоретические исследования возможности решения электротехнических и конструкторских задач на ЭВМ (1950—1960 гг.); разработка методов, алгоритмов и программ решения отдельных задач различных этапов проектирования (1960—1970 гг.); разработка автоматизированных систем проектирования (с 1970 г. — по настоящее время).

Существуют различные по своему назначению САПР, имеющие общую характерную особенность — они сохраняют структуру отдельных проблемно-ориентированных программных модулей (ПРОПМ), которые ранее создавались

разными разработчиками из многих организаций. Для эффективного решения широкого спектра задач проектирования ИС данные ПРОПМ объединялись в интегрированные САПР (ИНСАПР), а отдельные ПРОПМ — в пакеты прикладных программ (ППП) целевого назначения со своими входными языками, своей совместимостью в пределах данного ППП. Единая структура каждого ППП имеет ряд преимуществ: например, обеспечивается возможность не только последовательной (вертикальной), но и параллельной (горизонтальной) интеграции программ в пределах каждого ППП, когда с помощью одной и той же программы решаются задачи из различных этапов проектирования БИС. Реализация такой структуры сыграла положительную роль в создании работоспособных и эффективных САПР различного назначения [1, 2].

ИНСАПР являются до сих пор необходимыми для создания и исследования новых системно-схемно-технологических решений при разработке ИС различного назначения и отражают накопленный опыт разработчиков программного обеспечения. ИНСАПР требуют достаточно развитых технических средств.

Появление БИС и СБИС заказного и полузаказного профиля стимулировало появление иных САПР — систем сквозного автоматизированного проектирования (ССАПР), характерными особенностями которых являются единый язык высокого уровня для описания объекта проектирования, единый язык описания заданий и конвейерная обработка информации. Они могут быть как ориентированными на решение узких проблем (относительно малое время разработки ССАПР со средними требованиями к техническим средствам), так и достаточно универсальными (значительное время разработки и очень высокие требования к техническим средствам). Наиболее широкое распространение такие САПР могут найти на предприятиях-потребителях заказных и полузаказных БИС и СБИС.

В идеальном случае разработчику нужна система автоматического проектирования, на вход которой подаются ТЗ (с использованием языка очень высокого уровня), а на выходе получают конструкторскую документацию на изготовление СБИС. Но создание таких САПР является делом ближайшего будущего [3].

Сейчас определились два наиболее интересных подхода к проектированию СБИС: структурное проектирование и кремниевое компилирование [4, 5], которые подчинены различным целевым назначениям. Для структурного проектирования — это получение наилучших характеристик СБИС без учета временных затрат, для кремниевого компилирования — получение работоспособных СБИС в предельно сжатые сроки при допустимой неоптимальности площадей и характеристик кристаллов СБИС.

*Структурное проектирование* [4]. Этот метод основан на использовании вместо вентилей булевой логики в качестве элементного базиса ключей на МОП-транзисторах, циклических сдвигателей, функциональных блоков, из которых и строятся более крупные подсистемы. Он, безусловно, перспективен при разработке уникальных СБИС с предельными характеристиками. Однако, даже с учетом возможности распараллеливания работ, трудоемкость его значительно превосходит трудоемкость проектирования систем, например на универсальных вентилярных матрицах (УВМ). Кроме того, практическое

применение метода требует выполнения достаточно большого комплекса предварительных исследований.

*Кремниевое компилирование* [5]. Известно, что конечным продуктом проектирования системы на СБИС служит топология, т. е. информация на изготовление фотошаблонов, содержащая в цифровой форме миллионы координат точек, которые должны удовлетворять определенным ограничениям. Множество топологических форм не должно противоречить требованиям "кремниевого синтаксиса". К тому же проект должен обеспечить выполнение требований к электрическим параметрам. Естественно, что как в случае языков программирования высокого уровня в системном математическом обеспечении создается компилятор для трансляции какого-то частного сообщения на данном языке в коды конкретной ЭВМ, так и для указанного "кремниевого языка" высокого уровня необходимо создание своего кремниевого компилятора для полностью автоматической трансляции описания требуемой системы (сообщения) в безошибочную топологическую информацию. Причем работающие кремниевые компиляторы воспроизводят топологию за час, тогда как на подготовку описания поведения системы требуется неделя. Такие кремниевые компиляторы (КРЕМКОМ) могут эффективно разрабатываться всего тремя-пятью высококвалифицированными специалистами. Большинство КРЕМКОМ используют обычные языки программирования типа Паскаль, Бейсик и Лисп и проблемно-ориентированные, например язык интегральных схем (ICL), который был специально разработан применительно к СБИС [5].

Важная особенность КРЕМКОМ состоит в том, что он работает по принципу "делать сразу хорошо" в отличие от существующих САПР СБИС, работающих по принципу "делать и проверять".

Любой КРЕМКОМ должен работать с двумя языками [6, 7]: исходным, на котором разработчик описывает поведение проектируемой системы (сообщение), и с целевым языком описания возможностей кремниевой технологии, используемым для задания сложных двумерных (цветных) фигур (топологии). Работа с этими языками возможна только при наличии очень развитого банка данных о логических, схематехнических и топологических ре-

шениях, расположенных по иерархическому принципу. Качество КРЕМКОМ характеризуется [5-7] степенью сложности описания процесса поведения системы (сообщения) с помощью исходного языка, а также используемой площадью кристалла и рабочей частотой готовой системы на кристалле.

Как правило, КРЕМКОМ, как и любая САПР СБИС, содержит следующие составляющие части: язык описания проекта системы, транслятор с исходного языка, блок моделирования системы, компилятор исходного языка в топологические изображения, генератор информации о фотошаблонах.

В ином аспекте КРЕМКОМ можно характеризовать как систему, с помощью которой возможно получение весьма подробной топологии кристалла на основе поступившего от разработчика сравнительно небольшого объема исходных данных.

Конструкторские задачи в данной системе упрощаются благодаря использованию укрупненного базиса. Основной компонент системы — ячейка (блок), которая может содержать простейшие геометрические элементы и ссылки на другие ячейки. Простейшие ячейки разрабатываются вручную и заносятся в библиотеку. Используемые в данной системе ячейки по сравнению с ячейками стандартных библиотек представляют собой более обобщенные процедурные элементы. Каждая такая ячейка по сути дела является программой, которая прорисовывает соответствующий ей элемент топологии, трансформирует его, вычисляет потребляемую мощность и т.д. Блоки соединяются при помощи выводов, представляющих собой контактные площадки в ячейках. Общее расположение ячеек и их внутренние детали остаются неопределенными вплоть до завершающих этапов разработки, что позволяет достичь максимальной гибкости. Информация, задаваемая пользователем, включает в себя форматы микроинструкций, длину слова, разрядность данных и спецификации сигнальных шин, расположенных на кристалле, а также перечень элементов, содержащихся в ядре СБИС, со значениями соответствующих параметров. КРЕМКОМ вначале синтезирует топологию ядра, состоящего из иерархически организованного набора ячеек одинаковой размерности, а также необходимых информационных шин. Затем генерируется часть



Структура кремниевого компилятора

СБИС. Методология проектирования СБИС содержит четыре основных этапа [7]:

- описание поведения будущей схемы: введение промежуточных уровней интерпретации на алгоритмическом подуровне (микропрограммы); преобразование алгоритмов путем представления сложных операций с помощью простых (например, умножение заменяется последовательностью сложения и сдвига), трансляция инструкций в заданный формат, соответствующий стандартной организации информационной части; извлечение спецификаций информационной и управляющей частей из точного описания поведения проектируемой схемы;

- этап проектирования информационной части, включающий генерирование топологии информационной части из ее спецификации; информационная часть организована с помощью бит-модулей, архитектура и принципиальная электрическая схема которых стандартизована, что позволяет вести их проектирование простой сборкой заранее рассчитанных ячеек;

- этап проектирования управляющей части, включающий выбор проекта управляющей части и генерирование содержания повторяющихся частей по спецификации управляющей части;

- проектирование промежуточных частей.

Для сохранения надежности проекта генераторы информационной и управляющей частей выдают всю необходимую информацию об их работе на электрическом и логическом уровнях. Структура современного КРЕМКОМ представлена на рисунке. С его помощью можно проектировать микропроцессоры, периферийные контроллеры, системы автоматического управления и программируемые логические матрицы.

Язык описания поведения схемы используется для однозначного описания поведения проектируемой схемы и ее функциональной организации (структуры), которая необходима для записи результата промежуточных этапов проектирования. Структура такого языка находится в поэлементном соответствии с компонентами СБИС. Данная особенность является ключевой при однозначном описании любой цифровой схемы.

Экстрактор является инструментом получения спецификации структуры операционной и управляющей частей проектируемой схемы на основе описания поведения. Экстрактор собирает все инструкции действий и структуру управления и образует формат микроинструкции.

Генератор операционной части начинает работу с последовательного рассмотрения формата микроинструкций, занесенных в память переменных и параметров, генерирует организацию операционной части как относительное расположение множества блоков, взятых из библиотеки, т.е. рассчитывает топологическую организацию и оптимизирует операционную часть для модуля, обрабатывающего 1 бит информации.

Генератор управляющей части состоит из нескольких структурных единиц, которые начинают работать согласно структуре микропрограмм и топологии связей управления, чтобы генерировать регулярные блоки управляющей части. К его структурным единицам относятся:

- блок селекции проекта — экспертная программа, созданная с привлечением искусственного интеллекта, определяющая стратегию выбора организации управляющей части из накопленных ранее решений;

- преобразователь Мура-Милея — программа, обеспечивающая баланс принятия важных решений на уровне последовательных автоматов (подход Мура) и на уровне генерации действий (подход Милея);

- генераторы повторяющихся частей, предназначенные для генерации содержания повторяющихся компонентов (память, ПЛМ), с заданием соответствующего выбора управляющей части; генераторы также обеспечивают их логическое описание;

- оптимизатор ПЛМ, генерирующий и оптимизирующий ПЛМ, специфицированную предыдущими программами;

- блок контроля топологии, оценивающий статистическими методами на каждом шаге различные варианты топологии.

На основании рассмотренного можно сделать следующие выводы. Для разработки новых ИС с заданными свойствами на основе новых технологических решений наиболее выгодно иметь ИНСАПР и использовать структурное проектирование. Для создания ИС и систем на полужаказных и заказных ИС эффективнее применять САПР и САВПР (типа КРЕМКОМ).

САПР следующего поколения должны предусматривать [8]: автоматическую генерацию информации о проекте, пригодную для разных устройств проектирования; языки высочайшего уровня; адаптивные интерактивные системы взаимодействия разработчик — ЭВМ; доступ к информации при одновременной защите файлов от разрушения; наличие автоматизированных банков данных; простоту обслуживания; быструю настройку на требуемый проект.

Требования к идеальной САПР могут возрастать и, по оценкам специалистов, она будет развиваться в направлении все большей интеллектуализации и в конечном счете станет консультантом разработчика любой СБИС.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов А.Г., Савченко Л.Л., Карасев А.Ф. ИСАПРС — принципы построения и математическое обеспечение. — Электронная техника. Сер. 3. Микроэлектроника, 1981, вып. 1, с. 12—15.
2. Диалоговый язык описания радиозлектронных схем/В.В.Бравов, Г.Г.Казеннов, А.Ф.Карасев, Л.Л.Савченко, А.Г.Соколов, А.Н.Филиппов. — Электронная промышленность, 1981, вып. 7—8, с. 138—140.
3. Шива С.Г. Автоматизированный синтез аппаратных средств. — ТИИЭР, 1983, т. 71, № 1, с. 95—109.
4. Mead C.A., Conway L.A. Introduction to VLSI systems. — Reading Mass. T.I. Addison-Wesley, 1980, p. 396.
5. Ayres R.F. Silicon compilation and the art of automatic microchip design. — Prentice-Hall Inc., 1983, p. 481.
6. VLSI 81. Ed. J.P.Gray. Academic Press. 1981, p. 363.
7. VLSI Architecture. Ed. B.Randell. Prentice-Hall Inc. 1983, p. 426.
8. Begg V. Developing expert CAD systems. Kogan Page. 1984, p. 118.

Статья поступила 31 октября 1985 г.

**УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВИДЕОМАГНИТОФОНА ВЫДВИГАЮТ ЕГО НА ОДНО ИЗ ПЕРВЫХ МЕСТ СРЕДИ ИЗВЕСТНЫХ СРЕДСТВ ЗАПИСИ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ. КРУПНЕЙШИЕ СОБЫТИЯ СОВРЕМЕННОСТИ, ОТРАЖАЮЩИЕ ПОВОРОТНЫЕ МОМЕНТЫ ИСТОРИИ, ВЫДАЮЩИЕСЯ ДОСТИЖЕНИЯ НАУКИ, ИСКУССТВА, СПОРТА, УНИКАЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИРОДЫ, НЕПОВТОРИМЫЕ СОБЫТИЯ ИЗ ЖИЗНИ ЛЮДЕЙ, ПОЛЮБИВШИЕСЯ ИМ ФИЛЬМЫ, ШЕДЕВРЫ МИРОВОГО ИСКУССТВА, ПОЗНАВАТЕЛЬНЫЕ И ОБУЧАЮЩИЕ ПРОГРАММЫ МОГУТ БЫТЬ ЛЕГКО ВОСПРОИЗВЕДЕНЫ С ПОМОЩЬЮ ЭТОГО УСТРОЙСТВА. ШИРОКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИДЕОМАГНИТОФОНОВ БУДЕТ СПОСОБСТВОВАТЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА МЕЖДУ ЛЮДЬМИ, УЛУЧШЕНИЮ ИХ ВЗАИМОПОНИМАНИЯ, БОЛЕЕ ГЛУБОКОМУ ПОЗНАНИЮ МИРА И ПРОИСХОДЯЩИХ В НЕМ ПРОЦЕССОВ, СДЕЛАЕТ ИНДИВИДУАЛЬНО ДОСТУПНЫМИ КИНО, ТЕАТР, МАССОВЫЕ ЗРЕЛИЩА РАЗЛИЧНЫХ СТРАН И КОНТИНЕНТОВ.**



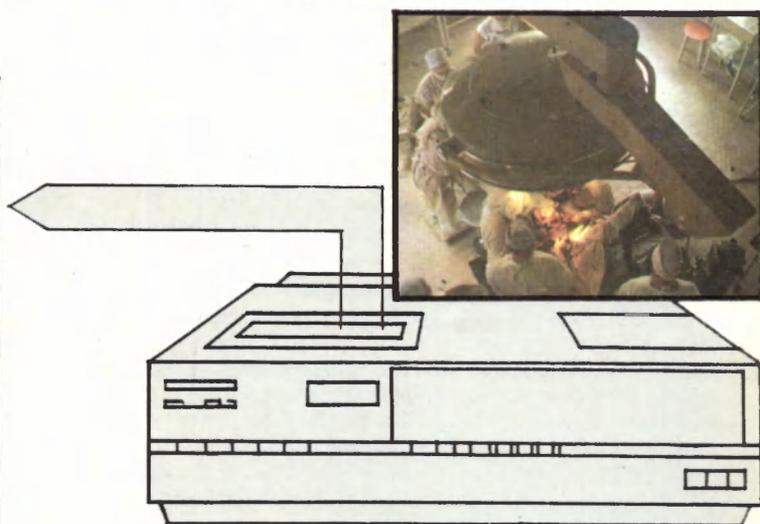
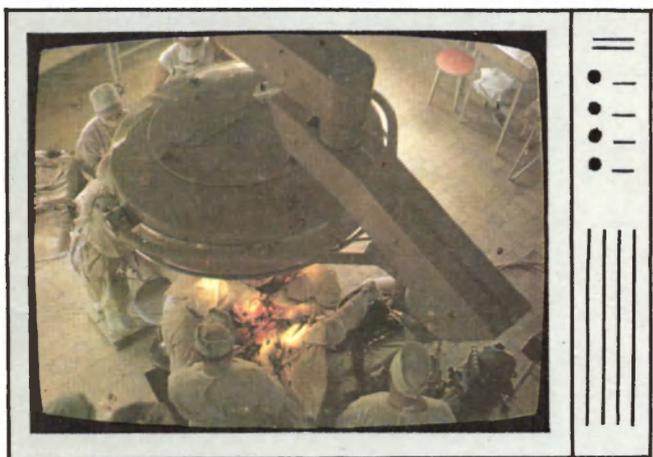
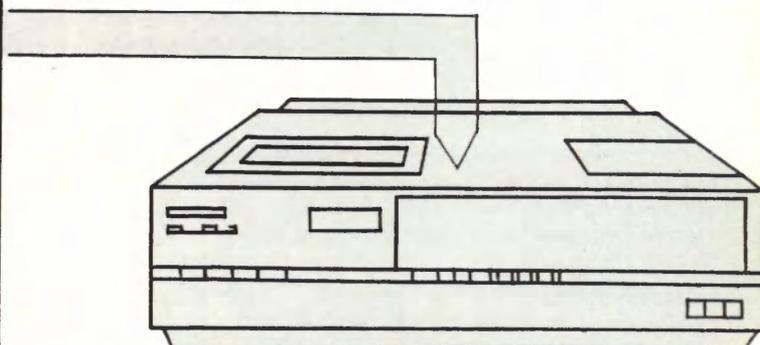
## **ВИДЕОМАГНИТОФОН ЭЛЕКТРОНИКА ВМ-12**

Предназначен для записи и воспроизведения цветного и черно-белого изображения и звука на всех телевизионных каналах метрового диапазона с применением кассет ВКМ-30, ВКМ-120, ВКМ-180, рассчитанных на работу в течение 30, 120 и 180 мин соответственно.

Обеспечивает прослушивание звука с помощью телефона, перемотку ленты в обоих направлениях, ускоренное и замедленное воспроизведение, «стоп-кадр». Имеет таймер.

Воспроизводит записанные программы на 6-м и 7-м каналах телевизора. Может автоматически включаться и выключаться в заданное время в течение 14 суток для записи необходимой телепрограммы.

# ВИДЕОМАГНИТОФОН ЭЛЕКТРОНИКА ВМ-12



Скорость движения магнитной  
 ленты, м/с .....  $2,339 \pm 0,3\%$   
 Время перемотки полной катушки  
 в кассете, мин ..... не более 7  
 Частотный диапазон канала  
 записи-воспроизведения  
 звука, Гц ..... 100—8000

Напряжение питания, В .....  $220 \pm 22$   
 Потребляемая  
 мощность, Вт ..... не более 43  
 Габаритные  
 размеры, мм .....  $480 \times 367 \times 136$   
 Масса, кг ..... 10

УДК 621.3.049.77.001.63—52

В.А.Бачманов, Е.Г.Горлач, Ю.А.Мухин,  
А.П.Подобаев

## СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МДП МАТРИЧНЫХ БИС «ТОПАЗ-3000»

Матричные БИС на основе базового матричного кристалла (МБИС/БМК) [1] наиболее эффективны и экономически целесообразны для создания интерфейсов микропроцессорных БИС. В связи с введением существенных конструктивно-технологических и логико-схематических ограничений они допускают более высокий по сравнению с обычными БИС уровень автоматизации проектирования, изготовления проектной документации и проверок. Наличие библиотеки логических и схемных функций, соответствующих серийным ИС, ускоряет решение системных проблем разработки БИС и аппаратуры на основе БИС.

Применение МБИС/БМК в качестве основной элементной базы радиоэлектронной аппаратуры возможно только в комплексе с САПР, обеспечивающей все этапы проектирования — от электрической схемы на основе библиотечных схемных фрагментов (БСФ) до магнитных лент для генераторов изображений и контрольно-измерительного оборудования (КИО); автоматический учет особенностей реализации МБИС; сокращение трудоемкости проектирования и цикла получения первых работоспособных образцов МБИС. Предполагается минимизация ручного вмешательства в процесс проектирования, применение высокоэффективных методов математического обеспечения (МО), высокопроизводительного программного обеспечения (ПО) и наличие средств аттестации проекта МБИС на работоспособность и контролепригодность.

Ниже представлено обоснование структуры, состава и особенностей МО и ПО САПР, используемой при разработке  $n$ -канальных и КМДП матричных БИС, содержащих до  $3 \times 10^3$  вентилей.

БМК МБИС выполняется в виде прямоугольной матрицы регулярно расположенных нескоммутированных подматриц из нескоммутированных транзисторов и выводов (рис. 1), представляющих собой посадочные места для комбинационных, усилительных, триггерных, комбинированных и буферных БСФ. Последним соответствуют подматрицы, образующие периферийные столбцы и строки матрицы и содержащие кроме транзисторов контактные площадки МБИС, резисторы и диоды.

БСФ отличаются функциональной избыточностью. Их описание включает имя БСФ, схему соединения элементов, логические соотношения или таблицы, топологию внутриффрагментной коммутации на одной (см. рис. 1, а) или нескольких однотипных подматрицах. Последний случай возможен не для всех БМК и реализуется, как правило, в пределах внутреннего столбца на смежных подматрицах (см. рис. 1, б). В БМК всех типов БСФ не обязательно используют все компоненты под матрицы.

Для выполнения внутри- и межфрагментной коммутации предусматриваются дополняющие топологические слои (ДТС), конфигурация которых определяет конкретную схему МБИС. В качестве

ДТС используется слой металлизации, обычно алюминия ( $\alpha$ ), и межслойные переходы (МП). Для наиболее распространенных БМК предусмотрен один ДТС. В этом случае межфрагментная коммутация невозможна без использования шин-заготовок слоя БМК. Обычно применяются шины поликремния ( $\psi$ ). На БМК, кроме компонентов подматриц и шин-заготовок, заранее реализуются также шины питания, заземления и другие вспомогательные компоненты. К межтиповым параметрам БМК и ДТС относятся наличие или отсутствие запретных зон для шин  $\alpha$ ,  $\psi$  и МП; количество контактных площадок, подматриц, транзисторов и источников питания; размеры БМК, набор значений ширины и длины транзисторных каналов; пропускная способность коммутационных каналов (количество продольных шин); базовая технология ( $n$ -канальная или КМДП); материал технологических слоев БМК; удельные электрофизические параметры (емкость, сопротивление, крутизна).

Параметры БСФ включают количество параметров БСФ (десятки—сотни), суммарное количество типов логических, нелогических элементов и специальных компонентов (десятки), оптимальные величины питающих напряжений (4–10 В), внутренние задержки элементов (1–15 нс), задержки на выходах элементов в зависимости от нагрузки, максимальные допустимые значения коэффициентов разветвления элементов. Параметры БСФ, БМК и ДТС определяют статические и динамические параметры проектируемой МБИС.

Исходной информацией для САПР МБИС/БМК является эскизный логический проект (ЛП) — эскизный чертеж схемы и набор тестовых проверок работоспособности (ТПР), который может разрабатываться до, после или одновременно с выбором БМК. Описание ЛП на основе БСФ (ЛП/БСФ) выполняется вручную в соответствии с документацией на БМК и инструкцией по применению средства аттестации ЛП — программы логического моделирования (ЛМ) в комплексе с бло-

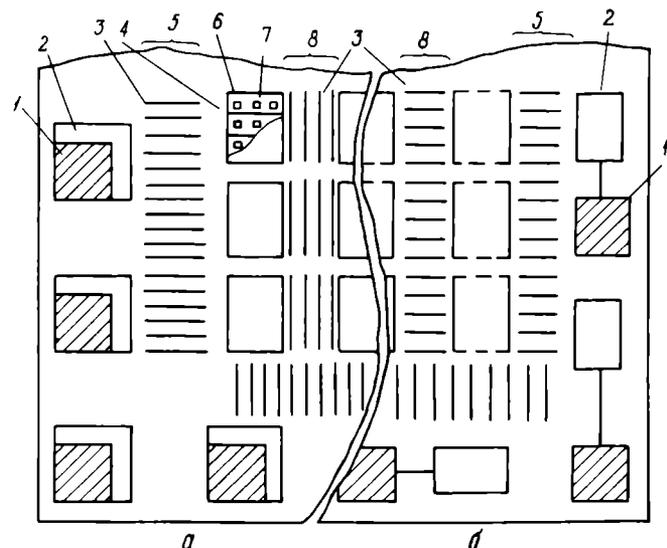


Рис. 1. Фрагмент конструкции КМДП БМК (а — внутриффрагментная коммутация на одной подматрице, б — на смежных подматрицах): 1 — контактные площадки БИС; 2 — подматрицы для буферных БСФ; 3 —  $\psi$  шины заготовки; 4 — выводы подматриц; 5 — кольцевой канал коммутации; 6 — подматрицы; 7 — транзисторы; 8 — канал коммутации

ком синтаксического контроля описания ЛП. Применение БСФ не избавляет схемотехнический проект (СП) от некорректных схемных решений: критичных к  $R$ ,  $C$ -параметрам и структурам реальных связей и безусловно неприемлемых. Обнаружение критичных решений позволяет сформировать или дополнить ограничения на синтез топологии ДТС, а обнаружение и коррекция безусловно неприемлемых решений — избежать их топологической реализации. Следовательно, аттестация СП на корректность схемных решений — одна из мер повышения качества проектирования МБИС.

Действенность аттестации СП на основе программы ЛМ ограничена уровнем адекватности принятой в ней схемной модели: возможен корректный учет лишь одного из схемотехнических параметров — внутренней (не зависящей от нагрузки) задержки логического элемента. Этого недостатка лишена программа схемотехнического моделирования (СМ), но ее применение для аттестации СП проблематично из-за ограниченных возможностей в схемно-временной фрагментации проекта МБИС. Более целесообразно применение программы логико-электрического моделирования (ЛЭМ), базирующейся на макромоделном представлении элементов БСФ и связей.

Синтез топологии ДТС предполагает выполнение таких проектных процедур, как назначение каждого БСФ на конкретную подматрицу (частная задача размещения) и определение положений и длин коммутационных шин, положений МП, реализующих межфрагментные связи (задача трассировки) с учетом минимума суммарной длины связей, приоритетности в их трассировке, заданного размещения буферных БСФ в случае известной цоколевки МБИС и т. п. Программы синтеза топологии (СТ) не обеспечивают 100%-ной разводки межфрагментных связей, разводка примерно 5–10% связей производится вручную. Поэтому контроль топологии ДТС на соответствие проектным нормам — необходимая процедура и в САПР МБИС. Обоснованная коррекция отдельных связей проводится по результатам аттестации топологического

проекта (ТП) на работоспособность и контролепригодность. Конечные цели такой аттестации — исключение случаев реализации неработоспособных ТП в кристалле и ложной аттестации кристаллов МБИС на КИО.

Таким образом, для аттестации СП и ТП схемная модель программы ЛЭМ должна быть дополнена  $R$ ,  $C$ -параметрами и особенностями функционирования периферии КИО, а положительно аттестованные ТПР — аналогизированы с учетом этих особенностей. При этом в случае аттестации СП нарушение работоспособности и контролепригодности устраняется коррекцией безусловно неприемлемых схемных решений, а в случае аттестации ТП — коррекцией разведенных связей с неприемлемой величиной задержки.

Положительно аттестованный ТП и результаты моделирования — основа для формирования управляющей информации на МЛ для генератора изображений и КИО.

Структура системы «Топаз-3000» (рис. 2) отражает традиционное разбиение процесса проектирования БИС на этапы с фиксацией в банке данных выходной информации отдельных подсистем.

На этапе логико-схемотехнического проектирования используются подсистемы «Невод», «Лэммис», «Оса» и др. Подсистема «Невод» отличается 6-значным алфавитом, событийным асинхронным моделированием, иерархическим описанием ЛП, библиотекой логических моделей БСФ МБИС/БМК, а также наличием факультативных подпрограмм, например автоматизированного формирования управляющей информации для КИО (см. рис. 2). Директивы управления заданиями и описание ЛП вводятся отдельным пакетом в архив пользователя в системе «Краб». Подсистема обеспечивает аттестацию ЛП МБИС для схемы и набора ТПР, содержащих, соответственно, до  $10^4$  вентилях и  $10^5$  элементарных проверок. Время счета проверки — до 0,12 с. Результаты счета выводятся на печатающее устройство. В отдельных случаях подсистема «Невод» может использоваться для грубой аттестации СП и ТП, так как снабжена параметрами динамической ком-

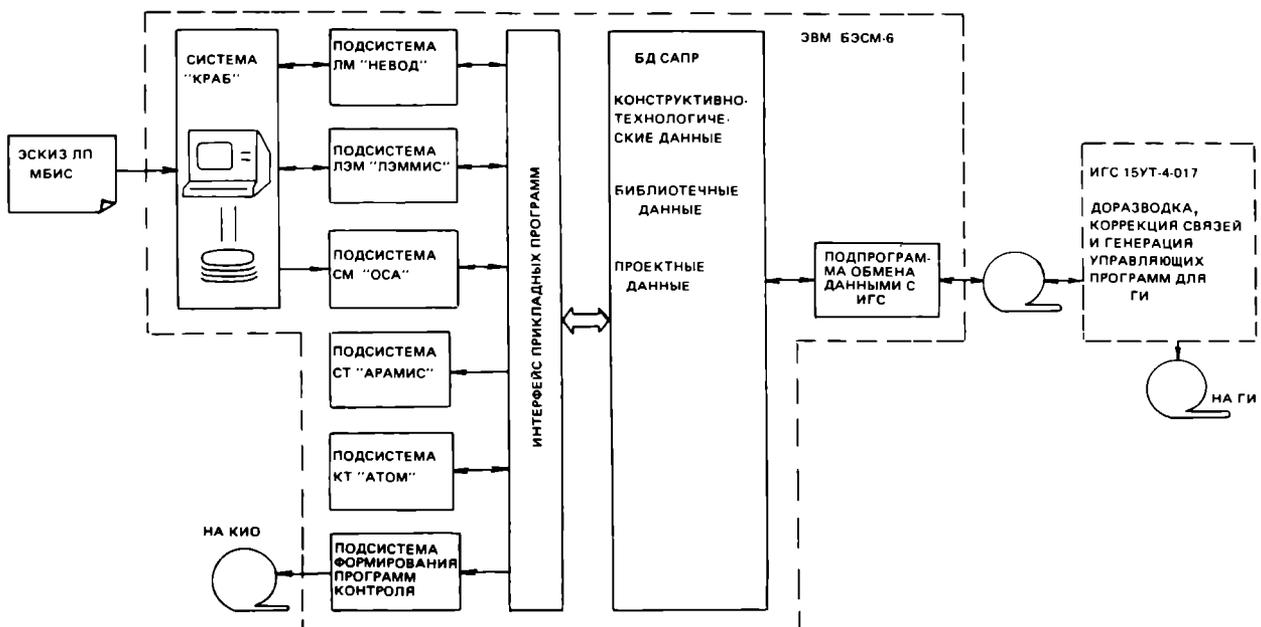


Рис. 2. Структура и состав системы «Топаз-3000»

поненты макромоделей подсистемы "Лэммис" и возможностью доступа к задержкам реальных связей.

Подсистема "Лэммис" предназначена для аттестации СП и ТП МБИС на основе ЛЭМ переходных процессов, отличается библиотекой логико-электрических макромоделей элементов БСФ МБИС, корректным учетом в СП и ТП внутри- и межфрагментных задержек и других параметров в комплексе с  $R$ ,  $C$ -параметрами и особенностями функционирования периферии КИО; автоматическим макро моделированием мононаправленных связей; событийным моделированием на уровне электрического аналога логической переменной. Входная информация — положительно аттестованный ЛП, который при аттестации ТП автоматически дополняется  $R$ ,  $C$ -параметрами реальных связей, рассчитываемыми по топологии МБИС. Выходная информация — потенциалогаммы и логические уровни переходных процессов, выводимые на печать. Подсистема обеспечивает аттестацию СП и ТП МБИС для схемы и набора ТПР, содержащих соответственно: до  $3 \times 10^3$  вентилях и до  $10^3$  элементарных проверок. Время счета проверки — до 10 с при погрешности счета ~ 15%.

Подсистема "Оса" — высокоэффективная, ориентированная на МДП БИС программа СМ [2]. Снабжена библиотекой элементов БСФ на уровне транзисторов. В "Топаз-3000" используется как средство системной математики при исследовании БСФ и идентификации параметров макромоделей для подсистемы "Лэммис".

Подсистема "Арамис" [3] предназначена для иерархического автоматизированного проектирования топологии ДТС и формирования ее на МЛ в формате ИГС (см. рис. 2), обеспечивает ввод иерархического описания схемы на языке подсистемы "Невод", варьирование иерархии схемы с целью оптимизации размещения БСФ, автоматизированное размещение БСФ с учетом заданных ограничений, автоматизированную двухэтапную трассировку связей, автоматический расчет  $R$ ,  $C$ -параметров связей для подсистемы "Лэммис", а также задержек связей для выдачи на печать и в подсистему "Невод". Этот расчет выполняется факультативной подпрограммой при положительных результатах контроля ДТС и содержит следующие этапы: построение  $R$ ,  $C$ -деревьев связей по их топологической реализации; расчет значений  $R$  и  $C$  для ветвей и вершин дерева; расчет задержек для всех пар вершин "выход" — "вход" с использованием динамической компоненты макромоделей подсистемы "Лэммис". Подсистема "Арамис" обеспечивает 100%-ную трассировку связей для МБИС, содержащих до  $3 \times 10^3$  вентилях и заполняющих БМК на 65–70% при пропускной способности каналов 6–8.

Подсистема "Атом" [4] осуществляет комплексный контроль топологии МБИС, включая проверку выполнения правил размещения, трассировки, восстановление схемы в базе БСФ из топологии и проверку ее на соответствие исходной схеме. В подсистему входят программы формирования структуры и расчет  $R$ ,  $C$ -параметров межэлементных связей по описанию ДТС.

Подсистема управления БД САПР предназначена для организации записи, хранения и доступа к данным при выполнении прикладных подсистем. Банк данных имеет двухуровневую структуру: оператив-

ный архив (ОАРХ), доступный прикладным подсистемам на чтение и запись, и долговременный архив (ДАРХ) для продолжительного хранения данных. Обслуживание БД САПР осуществляется в интерактивном режиме диалогового монитора подсистемы "Атом" с помощью набора процедур: распределение пространства ОАРХ и ДАРХ, просмотр каталогов, исключение, копирование, слияние и редактирование информации. Интерфейс прикладных подсистем содержит процедуры чтения и записи файлов, чтения и записи отдельных записей в режиме буферизации, исключения файлов из ОАРХ, запроса наличия файлов и др. В программах обмена реализован механизм отказов и захватов, обеспечивающий параллельный доступ к физическим томам ОАРХ нескольких задач.

Архив БД располагается на магнитных дисках емкостью 7,5 и 29 Мб и делится на ряд блоков ("пространств"). Каждой прикладной программе доступно на чтение и запись файлов только одно пространство, указанное при запуске программы. В ОАРХ выделено специальное (общее) пространство, доступное любой прикладной программе только на чтение.

Файлы данных в БД идентифицируются составным текстовым именем, физическое расположение определяется каталогом пространства, в котором записан файл. По управлению БД обеспечивает защиту файлов пользователя от несанкционированного доступа со стороны программ других пользователей.

Система "Топаз-3000" реализована на двухуровневом машинном комплексе, включающем ЭВМ БЭСМ-6 и ИГС 15УТ-4-017. Прикладное программное обеспечение написано на языках Фортран, Мадлен, Астра в операционной системе ДИСПАК. Используется при разработке МДП МБИС, проектируемых на основе  $n$ -канальных и КМДП БМК, содержащих 1500 и 3000 вентилях. Время полного цикла проектирования — от 4 до 6 месяцев при потоке разработки до 100–150 типов МБИС в год.

Система обеспечивает автоматизацию всех этапов проектирования и изготовления проектной документации, включая подготовку программ контроля для КИО и управляющих программ различных типов ГИ. Промышленная эксплуатация системы показала высокую эффективность и приемлемую трудоемкость проектирования при ее использовании.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Адамов Ю.Ф., Розин В.Л. Полузаказные логические БИС и тенденции их развития. — За рубежом электронная техника, 1985, вып. 4, с. 3–64.
2. Метод степенного продолжения решения уравнений электронных схем цифровых ИС/В.А.Бачманов, Ю.А.Мухин, В.И.Плис, И.М.Хузин. — Электронная техника. Сер. 3. Микроэлектроника, 1982, вып. 5, с. 55–61.
3. Бутов А.С. Синтез топологии матричных БИС. — Электронная техника. Сер. 10. Микроэлектронные устройства, 1982, вып. 1, с. 3–7.
4. Горлач Е.Г., Мухин Ю.А., Подобаев А.П. Контроль качества топологического проектирования больших интегральных схем. — В кн.: Автоматизация проектирования и конструирования. Материалы II Всесоюзного совещания, ч. 2. — М.: ИПУ, 1983, с. 120–121.

Статья поступила 14 августа 1985 г.

УДК 007.52:658.51:621.38

Е.К.Гаврилюк, А.М.Сандалов, В.Е.Фетисов

### РОБОТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА В ОТРАСЛИ: ДОСТИЖЕНИЯ, ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

На современном этапе экономического развития страны, когда факторы экстенсивного развития народного хозяйства практически себя исчерпали и дальнейшее повышение эффективности общественного производства возможно лишь путем перехода на интенсивный путь развития, необходимо использование в производстве всех достижений научно-технического прогресса, особенно в отраслях, которые связаны с массовым изготовлением трудоемких изделий высокой сложности. Ускоренные темпы научно-технического прогресса обусловили появление и развитие одного из средств автоматизации — робототехники. Она возникла на стыке таких наук, как электроника, вычислительная техника, кибернетика и машиноведение и прочно заняла доминирующее положение среди известных средств автоматизации.

Широкое внедрение средств робототехники, прежде всего промышленных роботов (ПР), позволяет более рационально и гибко решать проблемы механизации и автоматизации производственных процессов в условиях высоких темпов роста и обновления номенклатуры изделий.

Применение ПР непосредственно влияет на повышение производительности труда, сокращение доли ручного труда и обеспечение его безопасности, улучшение качества изделий и условий работы, на что в последнее время обращается особое внимание. Прогресс в роботостроении, разработке станков-автоматов с ЧПУ и соответствующих технологических процессов привел к созданию полностью автоматических линий, участков и цехов, к появлению первых гибких производственных систем (ГПС).

Как показывает анализ образцов роботов на последних международных смотрах, развитие робототехники привело к возникновению группы широко распространенных моделей ПР, которые в основном позволяют обеспечить создание ГПС в машиностроительных и приборостроительных отраслях. Примером могут служить ПР типа НЦТМ, РФ, РПМ, 094.0101, "Skilam", "Puma", ASEA. В последние годы появилось значительное количество образцов ПР второго поколения, характеризующихся возможностью адаптации к внешним условиям благодаря развитой сенсорной системе и применению в системах управления микропроцессоров и микроЭВМ. Однако для использования в сложных и "безлюдных" ГПС существующие ПР имеют все еще недостаточный уровень надежности, ограниченные возможности схватов, систем адаптации и автома-

тического перепрограммирования. Поэтому при создании ГПС в отраслях, выпускающих технологически и конструктивно сложные изделия, требуется не только повышение надежности имеющихся моделей, но и разработка ПР специального назначения и поиски новых путей повышения "интеллектуальности" роботов. К таким разработкам относятся гибкие модульные автоматизированные подсистемы, включаемые в ГПС непрерывного контроля с целью предупреждения возникновения отклонений от заданных параметров (например, допусков) и режимов при работе технологического оборудования, что исключает саму возможность появления брака.

За последнее время в ходе роботизации как производства основных изделий отрасли, так и машиностроения, было разработано 30 моделей ПР, в том числе 17 моделей с микропроцессорным управлением.

За истекшую пятилетку в отрасли накоплен определенный опыт в создании и широком внедрении средств робототехники, что позволило существенно изменить структуру парка ПР (в настоящее время с учетом моделей, эксплуатируемых в производстве ИЭТ и машиностроения, этот парк составляет 40 моделей, половина которых — электромеханические) и начать осваивать ПР второго поколения с управлением от микропроцессорной техники, число которых ежегодно возрастает в 3—3,5 раза.

Таблица 1

Классификация применяемых моделей  
промышленных роботов

Признак робота	Число моделей
Грузоподъемность, кг	
менее 1	11
1 — 5	7
5 — 10	6
10 — 25	8
25 — 100	4
более 100	4
Тип исполнения:	
стационарные	
напольные	10
встроенные в оборудование	16
подвижные	
подвесные монорельсовые	9
напольные	5
Тип силового привода:	
пневматический	18
электромеханический	19
гидравлический	2
пневмоэлектромеханический	1
Тип системы программного управления:	
на базе микропроцессорной техники	17
позиционная, цикловая	23
Точность позиционирования:	
± (0,01÷0,1)	14
± (свыше 0,1÷0,5)	9
± (свыше 0,5÷1)	2
± (свыше 1÷5)	10
± (свыше 5÷10)	3
свыше 10	2

Табл. 1 дает представление о классификации применяемых роботов по различным признакам.

Структурные изменения парка ПР полностью отвечают требованиям будущих ГПС в отношении повышения гибкости, обеспечения совместимости систем программного управления, применения единой элементной базы, в том числе управляемого электропривода. На начальном этапе роботизации выявлено, что наибольший эффект достигается при групповом использовании ПР. Это значительно сокращает затраты на их освоение и обслуживание. Подтвердилась также целесообразность использования ПР на отдельных операциях в производствах с высоким уровнем ручных работ. В ходе дальнейшей роботизации осуществлялось создание модулей и комплексов для будущих ГПС; внедрение ПР совместно с оборудованием, снабженным ЧПУ; линий, позиционных машин и установок со встроенными элементами робототехники и системами управления на базе микропроцессорной техники.

Ниже приведены наиболее значительные итоги внедрения робототехники за пятилетку:

- создание и ввод в эксплуатацию ГПС механообработки на базе токарных станков с ЧПУ типа

16K20T1, ПР "Электроника НЦ-ТМ-01", ПР "Электроника НЦ-ТМ-03" грузоподъемностью 50 кг и транспортных ПР грузоподъемностью 50 и 500 кг, управляемых от микроЭВМ, позволило увеличить выработку на одного рабочего-станочника в 3—4 раза, выработку с единицы производственной площади — в 2 раза, сократить дефицит рабочих-станочников, высвободить значительное число работников;

- передача в опытную эксплуатацию гибких производственных модулей (ГПМ) токарной обработки 014.0001 вдвое снизило трудоемкость механообработки. Эти модули имеют более рациональную компоновку, чем аналогичные по назначению модули фирмы "Фанук" (Япония). В них нет "центрального" ПР, который занимает значительную производственную площадь, они более безопасны для обслуживающего персонала. Комплекс, содержащий такие модули, обеспечивает изготовление в автоматическом режиме деталей типа тел вращения диаметром 20—130 мм, длиной 20—500 мм, весом до 12 кг;

- создание и ввод в эксплуатацию роботизированного цеха холодной штамповки деталей с расчетной мощностью 50 млн.детале-операций в год и повышенной в 1,5 раза производительностью труда, в котором внедрено 35 единиц ПР типа "Момент", "Комплекс", ПР-10И позволило снизить трудоемкость штамповки в 1,5 раза, число штамповщиц — в 10 раз, количество действующих прессов — вдвое. Изучение опыта работы цеха поможет решить ряд организационных и технических проблем, связанных с условиями оплаты труда операторов-наладчиков, методами планирования при групповой обработке изделий, изготовлением оснастки и инструмента, повышением надежности работы ПР и оборудования;

- создание и внедрение роботизированной линии изготовления штампованных деталей с применением серийных ПР типа МП-9С, которую обслуживает один оператор, дало возможность высвободить значительное число штамповщиц, снизить трудоемкость изготовления деталей в семь раз, поднять производительность труда в три раза;

- создание и ввод в эксплуатацию участка прецизионной обработки цветных металлов (первая очередь) на базе специальных прецизионных

станков со встроенными ПР и управлением от микроЭВМ "Электроника-60" позволило автоматически осуществлять загрузку, выгрузку и контроль точности обработки (обеспечивается II класс точности), измерение поверхностей производить лазерным интерферометром с точностью 1 мкм;

- внедрение РТК микропайки и микросварки выводов в производстве изделий микроэлектроники позволило осуществить автоматизацию технологического процесса сборки приборов, в результате чего один оператор может обслужить от 4 до 10 РТК. Внедрение РТК типов ЭМ-4020, ЭМ-4015, ОЗУН и других обеспечило увеличение производительности труда на операциях сборки в 3—4 раза.

Потребность отрасли в средствах робототехники удовлетворяется в основном за счет изготовления робототехнических устройств на отраслевых предприятиях. Основные типы выпускаемых и намечаемых к выпуску ПР представлены в табл. 2. Такое многообразие роботов позволяет успешно решать задачи локальной роботизации производственных процессов. Однако внедрение в отрасли ГПС предъявило к ПР качественно новые требования: они должны автоматически перестраиваться, переходя к работе с новым изделием из числа закрепленных по номенклатуре и к новой операции, а также работать с неориентированными изделиями. Поскольку существующие модели не соответствуют в полной мере этим требованиям, ведется разработка ПР второго поколения (адаптивных), первые образцы которых уже созданы.

За рубежом роботостроение наиболее интенсивно развивается в Японии, США, Швеции, ФРГ, Финляндии. Более 200 фирм занимаются разработкой и изготовлением серийно и поштучно ПР первого и второго поколений. Ведущее положение занимают фирмы: "Юнимэйшн", "Цинциннати Милакрон" и "Праб Робот" (США), "Кавасаки", "Хитачи", "Тосиба Сейки", "Фанук" и "Мицубиси" (Япония), АСЕА и "Электролюкс" (Швеция), БОШ и фирма Кука (ФРГ), "Нокия" и "Розенлев" (Финляндия). По данным Американского института робототехники (RIA), численность роботов на 1 января 1984 г. составляет: в Японии — 31900, в США — 6300, в западноевропейских странах (ФРГ, Швеции, Финляндии, Италии, Франции) — 17000 шт.

Заметны высокие темпы роста парка ПР в Японии, США, странах Западной Европы, где в 1984 г. прирост его составил 37%.

В качественном отношении в развитии зарубежного роботостроения прослеживается переход от ПР первого поколения к робототехническим системам с сенсорными элементами, телекамерами, компьютерами с интерфейсом, процессорами. Доля нового поколения роботов с высокой степенью интеллекта и совместимостью с другими средствами автоматизации в настоящее время составляет 6%, к 1987 г. она должна составить 24%. В 1990 г. 25% всех роботов будут обладать техническим зрением, 88% — управляться от ЭВМ, 50% будут адаптивными. В 1995 г. предполагается 30% всех роботов выпускать сопряженными с АСУТП и САПР, 10% — способными сортировать и выбирать из тары неупорядоченные изделия.

Перспективными задачами ближайшего будущего являются:

- дальнейшее развитие принципов модульного конструирования всех типов ПР и основанных на них ГПС;

- создание ПР следующих поколений с адаптив-

Таблица 2

## Основные типы выпускаемых и намечаемых к выпуску ПР

Этап освоения моделей ПР	Обозначение ПР	Грузоподъемность, кг	Назначение	Тип привода	Тип системы программного управления
Изготавливаются отраслью	НЦТМ-01 НМ-003 А ТПАРМ 094.0101-01	3,5 3 6 25	Загрузка-разгрузка токарных станков с ЧПУ	Электромеханический	Позиционная на базе микропроцессорной техники (МП)
	НЦТМ-25	500	Внутрицеховое транспортирование изделий машиностроения	—"	Позиционная на базе МП процессорной техники
	УЗС.А ОЗУН	—	Сборка ИС	—"	Позиционная на базе МП
	ЭМ-4020 ЭМ-4020А				—"
	ЭМ-4025 ЭМ-490				Позиционная
	094.0069 094.0073	25	Загрузка-разгрузка оборудования в производстве кинескопов	Пневматический	—"
	133 117 Момент РС-222 7605	0,5 1 1 2 3	Обслуживание прессоштамповочного оборудования	—"	—"
	МРЛ-901 МРЛ-90-901	0,02 0,2	Сборка ИЭТ	—"	—"
	АТ-50 АТ-160	50 160	Автоматизация складских работ	Электромеханический	—"
	Подлежат освоению в производстве	094.0101	25	Взамен 094.0069,73	—"
Модульные ПР по типу 094.0106		25	Модульные для ГПС механообработки и основного производства	—"	Контурная на базе МП
НЦТМ-Т 094.0103		50	Транспортные операции на участках ГПС	—"	Позиционная на базе МП
РТШ8.50 РТШ8.250		50 250	Транспортирование внутрицеховое	—"	—"
094.0104		0,1	Сборка микродеталей	—"	—"
094.0105		2	Перегрузка печатных плат	Пневматический	Позиционная
Подлежат освоению в двенадцатой пятилетке (ПР второго поколения)	094.0116 НЦТМ-30	2,5	Сборка ИЭТ, окраска, сварка и другие	Электромеханический	Контурная на базе МП
	Робокар	200	Транспортирование ИЭТ внутрицеховое	—"	—"

ным управлением, объемным техническим зрением главным образом для автоматизации сборочных, монтажных и контрольных операций, в том числе для машиностроения;

— совершенствование и универсализация конструкций подвижных (транспортных) роботов, способных ориентироваться в частично детерминированной среде;

— создание типовых гибких модулей на базе новейших технологических процессов (плазменной обработки, лазерной технологии и т. п.); эти модули должны охватить прежде всего производства с относительно стабильной номенклатурой изделий и устойчивой технологией; производство конденса-

торов разных типов, резисторов, полупроводниковых приборов, индикаторов, кинескопов;

— дальнейшее развитие и углубление работ по созданию основы робототехники — современной элементной базы, удовлетворяющей потребности отрасли (приводов, датчиков, передаточных механизмов и т. д.);

— создание и организация серийного изготовления систем управления, построенных по модульному принципу с использованием серийных микропроцессоров или микроЭВМ.

Проведение работ в указанных направлениях намечается в первую очередь применительно к производству кинескопов, конденсаторов, рези-

стором, герконов. На базе робототехники создаются проекты ГПС для производства микросхем, индикаторов, полупроводниковых приборов, изделий отраслевого машиностроения, а также культурно-бытового назначения.

Создание высокоинтеллектуальных ПР с техническим зрением, пригодных для сборочных операций, разработка робототехнических комплексов для типовых технологических процессов позволит в ближайшем будущем завершить полную роботизацию основных массовых и среднесерийных производств ИЭТ и автоматизировать практически все заготовительные и погрузочно-разгрузочные операции при изготовлении ИЭТ. Эти цели положены в основу программы, к разработке которой приступили предприятия отрасли.

Внедрение ПР предусматривается в основном в составе ГПС в рамках технического перевооружения производства. Роботизацию предполагается осуществлять по следующим направлениям:

- создание автоматических производств массовых ИЭТ (более 1 млн. в год) с устойчивой номенклатурой на основе ПР общего назначения, осуществляющих организацию оборудования в линии, в участки, в системы;

- создание ГПС для производства серийных изделий (100 тыс. ÷ 1 млн. шт.) с изменяемой номенклатурой по их весовым, размерным и другим параметрам; основой их создания могут быть как универсальные, так и специальные ПР модульной конструкции;

- создание типовых РТК и ячеек на основе специализированных ПР и роботов-машин;

- создание ГПС на машиностроительных предприятиях отрасли с достаточно стабильной номенклатурой изделий; основой могут служить ПР общего и специального назначения (например, транспортные);

- создание типовых РТК на основе использования новейших технологических процессов, характерных для отрасли (плазменной обработки, лазерной технологии, порошковой металлургии, магнетронного напыления и др.);

- автоматизация сборочных процессов на основе разработки и применения ПР второго поколения;
- автоматизация заготовительных и вспомогательных операций на базе применения модульных конструкций универсальных ПР.

Для решения перечисленных задач разработчикам и изготовителям промышленных роботов в отрасли необходимо стремиться к достижению уровня параметров ПР, определяемого следующими значениями:

Точность позиционирования, мм:	
для сборочных ПР	±0,05
для установочно-перегрузочных	±0,25
Уровень надежности (наработка на отказ), ч	800—1000
Рабочая скорость перемещений:	
линейная, мм/с	1500
угловая, град/с	120

Обобщая накопленный опыт создания средств робототехники и учитывая направления развития роботизации, можно сделать следующие выводы:

- роботизация в отрасли как одно из эффективных средств автоматизации производства развивается в соответствии с утвержденной программой;

- научно-технический уровень разработанных за пятилетку ПР соответствует по основным параметрам мировому уровню;

- разработка новых моделей ПР подчинена, главным образом, задачам создания в отрасли ГПС;

- новые модели ПР разрабатываются, как правило, с целью автоматизации технологических процессов основных производств отрасли;

- дальнейшее развитие робототехники должно быть основано на отраслевой элементной базе с использованием принципа модульности (включая СУ) и, охватывая все технологические процессы производства основных изделий отрасли и машиностроения, служить основой создания ГПС.

Статья поступила 17 сентября 1985 г.

УДК 621.3.049.77.002.5—83

Е.И.Белявский, Е.Е.Онегин

## КОМПЛЕКСНО-МОДУЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

На основе разработанного по комплексной программе нового поколения модульных электроприводов с программным управлением за короткое время создано технологическое оборудование с улучшенными техническими характеристиками.

Темпы технического прогресса в электронике и особенно микроэлектронике в большой степени определяются возможностями машиностроения. Выпуск сложных БИС и СБИС, в технологическом процессе изготовления которых насчитывается несколько сот операций, требует принципиально нового подхода к созданию оборудования.

Микроэлектроника поставила перед создателями прецизионного технологического оборудования небывалые для машиностроения требования по точности, соизмеримые, а подчас и превосходящие требования, предъявляемые к уникальному метрологическому оборудованию. В то же время технологическое оборудование, предназначенное для массового или крупносерийного производства изделий микроэлектроники, должно обладать высокой производительностью и быть пригодным для изготовления крупными партиями и быстрого оснащения промышленности. Кроме того, поскольку чрезвычайно высокие темпы развития микроэлектроники требуют возможности его оперативной замены, времени для его отладки остается очень мало. Оборудование должно быстро проектироваться, осваиваться в серийном производстве и внедряться в отрасли с учетом того, что, отработав относительно короткий срок, оно будет заменено новым, более совершенным. Таким образом, с одной стороны — непрерывное усложнение технологического оборудования, увеличение его точностных, динамических и эксплуатационных характеристик, создание робототехнологических комплексов, а с другой — необходимость быстрой смены поколений оборудования — вот те сложные задачи, которые стоят перед разработчиками технологического обо-

рудования для микроэлектроники и решить которые можно лишь при изменении подхода к проектированию.

В первую очередь необходимо использовать принцип блочно-модульного построения, так как это значительно сокращает затраты на разработку, производство и эксплуатацию оборудования, повышает его относительную производительность, делает доступным для среднего звена обслуживающего персонала. При этом имеется в виду не простое разделение автоматов на модули, выделенные лишь конструктивно как отдельные блоки, а глубокий комплексный анализ технологического оборудования с целью выделения функционально законченных устройств и узлов, принадлежащих как можно большему классу автоматов этого ряда. Диагностика работоспособности автоматов также должна осуществляться на уровне модулей. При отказе автомата, вернее, одного или нескольких модулей, устройства диагностики будут сообщать диспетчерской службе или центральной управляющей ЭВМ координаты автоматов и блоков, вышедших из строя. Созданный на заводе фонд резервных модулей даст возможность исключить простой оборудования, а наладка модулей будет осуществляться в специальной лаборатории независимо от автомата.

Блочно-модульное построение оборудования позволит обойтись без ряда сервисных устройств, которые вводятся разработчиками с целью облегчения эксплуатации и наладки оборудования, но на деле нередко усложняют и делают его недоступным для потребителя.

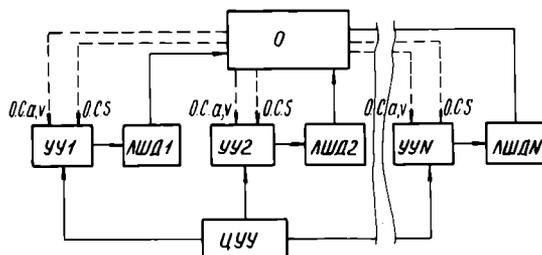
При создании оборудования нового поколения, требующего реализации сложных многокоординатных, точно согласованных движений, актуально исследование многокоординатных устройств с целью улучшения их технических характеристик и стабильности, а также сокращения сроков разработки, тем более, что до настоящего времени не удавалось унифицировать существующие в большом разнообразии модульные конструкции как механизмов перемещения, так и устройств управления координатных систем, содержащих сложные кинематические звенья.

Координатные и исполнительные устройства с программным управлением предназначены для осуществления установочных и рабочих перемещений объектов по заданной программе с необходимой точностью. При установочных перемещениях по нескольким координатам одновременно, как правило, не накладывается никаких ограничений на траекторию движения и выдвигается только требо-

вание максимальной точности и быстродействия с целью увеличения производительности автоматизированного оборудования. Осуществление рабочих перемещений (в большинстве случаев по одной координате) во многих системах должно отвечать требованиям не только точной остановки в заданной позиции, но и регулирования скорости исполнительных устройств в широком диапазоне в процессе движения, поскольку скорость в этих случаях оказывается технологическим параметром.

Применявшиеся до настоящего времени координатные устройства прецизионного технологического оборудования громоздки, конструктивно сложны и требуют значительных усилий разработчика для получения хороших точностных и динамических характеристик. Кроме того, их несовершенство не всегда позволяет осуществлять рабочие перемещения с широким варьированием параметров движения, что предусматривается технологическим процессом для улучшения качества выполнения операции. В конце 70-х — начале 80-х годов стало очевидным, что традиционные координатные устройства позиционирования, построенные по структурной схеме с применением кинематических звеньев, непригодны для решения современных задач одновременного обеспечения быстродействия, точности фиксации координат и стабильности исходных метрологических характеристик при длительной эксплуатации. Сложные кинематические схемы требуют индивидуального подхода при конструировании автоматов разного технологического назначения, что исключает блочно-модульное построение координатных и исполнительных устройств и служит препятствием для быстрой смены поколений оборудования.

Указанные технические проблемы и трудности, а также требования к новому поколению технологического оборудования привели к необходимости применения координатных и исполнительных устройств с полным отсутствием трансмиссий (см. рисунок). Технические особенности таких устройств (необходимость реализации электронного редуцирования, программного разгона и торможения, демпфирования колебаний в консервативных звеньях) обуславливают возможность их создания лишь при комплексном подходе к проектированию электромеханических преобразователей и технологического оборудования с программным управлением, выполняющего различные операции (зондовый контроль, разделение, посадку пластин, монтаж проволочных выводов и т. д.). При этом как оборудование, так и устройства управления должны отвечать модульному принципу построения, т.е. устройства управления при модернизации (введении обратных связей, программных коррекций, применении новой элементной базы и принципов построения) должны сохранять электрический и по возможности конструктивный интерфейсы. Таким образом обеспечивается взаимозаменяемость устройств, что значительно сокращает время создания оборудования с улучшенными техническими характеристиками. Иллюстрацией может служить модернизация установки монтажа проволочных выводов ЭМ-4060. Ранее в ней использовалось устройство координатных перемещений УКП-1\*, построенное по разомк-



Структурная схема многокоординатного устройства на базе ЛШД: О — объект; УУ1—УУN — устройства управления; ЛШД1—ЛШДN — линейные шаговые двигатели; ЦУУ — центральное устройство управления

\*Высокоскоростные прецизионные координатные системы для сборочного оборудования/Е.И.Белявский, В.А.Власов, С.П.Ступень, В.А.Щеткин, В.А.Яновская.— Электронная промышленность, 1983, вып. 10, с. 14—16.

нудой структуре с электромагнитным демпфированием колебаний подвижного элемента.

К настоящему времени разработано устройство УКП-4, реализующее структуру с обратными связями по скорости и ускорению и выполняющее программную коррекцию погрешности перемещения. Поскольку оно взаимозаменяемо с УКП-1, использование его в установке ЭМ-4060 позволило простой заменой получить сварочный автомат, с повышенными в 1,5—2 раза точностью и скоростью.

Результатом комплексных исследований в рамках единой программы явилось не только создание серии электромагнитных модулей на магнитно-воздушной подвеске, но и разработка на основе их топологических преобразований ряда шаговых электродвигателей ДШИ-200 и ДШ-200 с внедрением последних в серийное производство. В итоге новое поколение электроприводов с программным управлением дало возможность за короткое время разработать технологическое оборудование, обладающее на порядок улучшенными параметрами. Конструкции разработанных координатных и исполнительных устройств данного оборудования обеспечили максимальную интеграцию узлов привода с рабочим органом автомата или предметом обработки и совмещения рабочих и транспортных операций. Созданные устройства — новое поколение модульных электроприводов с программным управлением — представляют собой элементную базу для построения робототехнологических комплексов не только в электронной промышленности, но и в других отраслях народного хозяйства.

*Статья поступила 17 сентября 1985 г.*

УДК 621.365.5—982:621.38.002

**М.И.Медников**

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЫСОКОВАКУУМНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ С КОНТЕЙНЕРНОЙ ЗАГРУЗКОЙ**

**Сравнительный анализ основных параметров позволил выявить оптимальные типы высоковакуумных печей для применения в мелкосерийных многономенклатурных и крупносерийных производствах, а также наметить пути повышения эффективности их проектирования и внедрения в отрасли.**

Вакуумные электрические печи в современном производстве изделий электронной техники среди других типов вакуумно-технологического оборудования по своему общему парку занимают одно из первых мест. Они применяются при вакуумном отжиге материалов, обезгаживании деталей и узлов ЭВП, пайке в вакууме, спекании в вакууме изделий из порошковых материалов, термической диффузии и многих других процессах.

В системах управления печами все шире применяются микроЭВМ, обеспечивающие как автоном-

ное автоматическое управление технологическим процессом в печи (локальная АСУТП), так и возможность встраивания такой печи в гибкий автоматизированный комплекс (ГАЗ или АСУП).

В связи со значительным разнообразием находящихся в эксплуатации вакуумных печей возникает необходимость в выработке базовых критериев для их сравнительного анализа и выбора наиболее рациональных и эффективных конструкций печей как основы для разработки их промышленных модификаций в целях оснащения существующих вакуумных производств. На рисунке представлены конструктивные схемы основных применяемых вакуумных электрических печей периодического и непрерывного действия с контейнерной загрузкой.

Самая простая по конструкции однокамерная печь (рис. а) имеет наименьшую по сравнению с другими типами печей производительность вследствие того, что при каждой смене обрабатываемых контейнеров необходимо развакуумировать нагревательную камеру, что приводит к удлинению цикла ее откачки и времени остывания контейнера. У печи такого типа темп обработки контейнеров совпадает с их цикловой производительностью и определяется полным временем обработки одного контейнера.

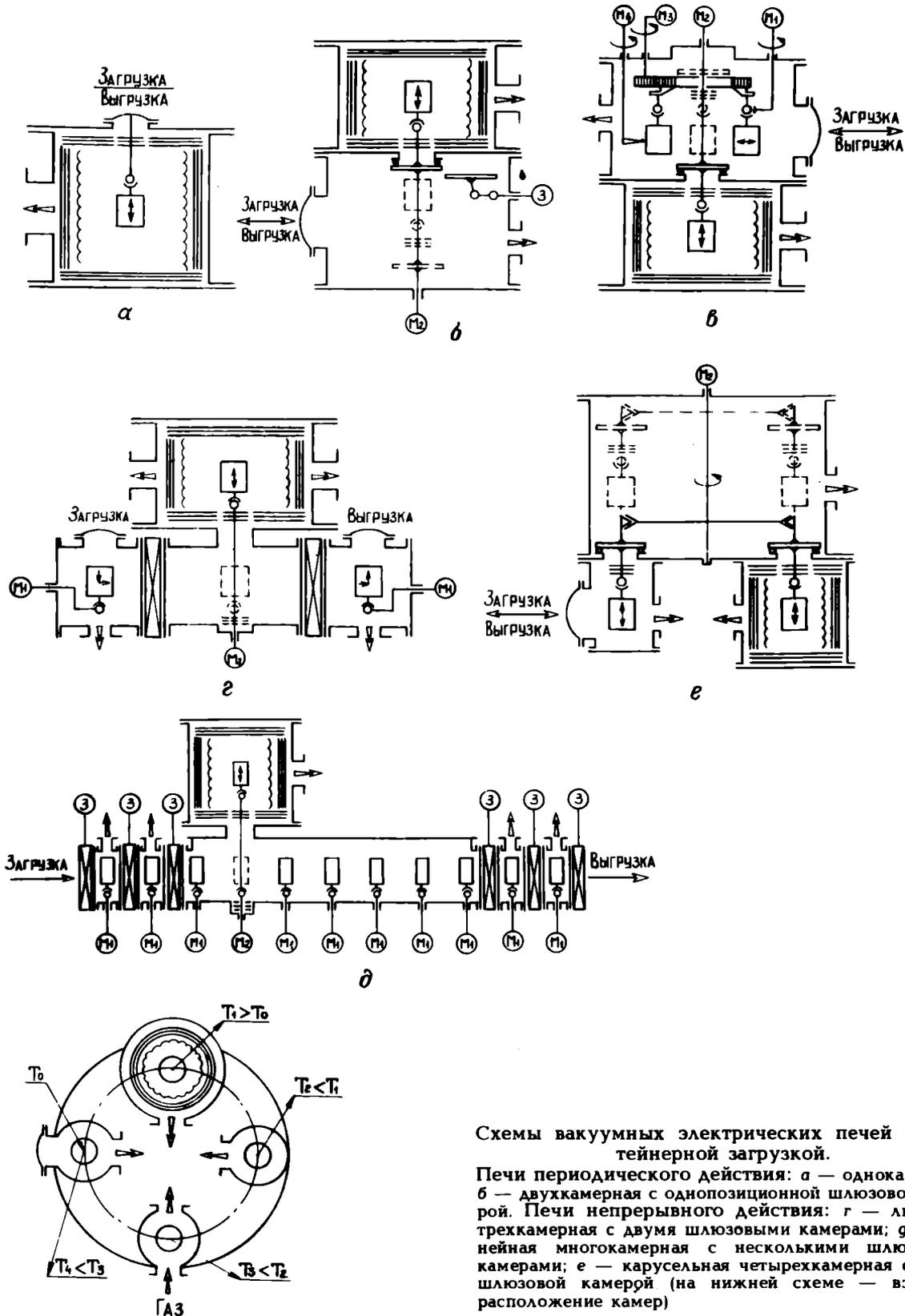
В двухкамерных печах (рис. б, в) в нагревательной камере благодаря шлюзованию всегда поддерживается высокий вакуум, а финишное остывание контейнеров может осуществляться в шлюзовой камере, что обеспечивает существенное повышение производительности. Наибольшая производительность двухкамерных печей может быть достигнута в случае применения многопозиционных шлюзовых камер [1], в которых одновременно производятся две операции — вакуумно-термическая обработка контейнеров в нагревательной камере и остывание обработанных контейнеров в шлюзовой камере. При этом, если у двухкамерных печей с однопозиционной шлюзовой камерой темп обработки определяется так же, как и у однокамерных печей, длительностью полного цикла обработки одного контейнера, то при использовании многопозиционных шлюзовых камер темп выдачи партии одновременно загруженных в шлюзовую камеру контейнеров снижается, а цикловая производительность подобных печей растет с увеличением числа одновременно загружаемых контейнеров. Дополнительное преимущество двухкамерных печей с многопозиционными шлюзовыми камерами заключается в возможности за один производственный цикл осуществлять обработку разных контейнеров по индивидуальным технологическим режимам, что значительно повышает эффективность использования вакуумных печей в мелкосерийных многономенклатурных производствах со сменной и партионной цикличностью. Многопозиционные шлюзовые камеры двухкамерных печей могут к тому же эффективно использоваться в качестве промежуточных объемов для межоперационного хранения всех обработанных за один цикл изделий в контролируемой вакуумной или газовой среде.

Сравнение конструкций показывает, что если для обеспечения функционирования однопозиционных шлюзовых камер необходимы, в принципе, только один функциональный механизм для транспортирования контейнеров в нагревательную камеру  $M_2$  и вакуумный затвор  $Z$  (рис. б), то для работы многопозиционных камер требуется еще два дополнительных механизма:  $M_1$  для перегрузки контейнеров и

М<sub>3</sub> для перемещения многопозиционного загрузочного устройства (см. рис. в). Четвертый функциональный механизм М<sub>4</sub>, подводящий к последнему остывающему контейнеру термопару для автоматического контроля его температуры и определения момента развакуумирования шлюзовой камеры для выгрузки из нее обработанных контейнеров, может

быть предусмотрен и в однопозиционной шлюзовой камере.

Основным преимуществом вакуумных печей непрерывного действия является возможность обеспечения требуемого темпа выдачи обработанных изделий, что особенно важно для непрерывных крупносерийных производств. В печах такого типа



Схемы вакуумных электрических печей с контейнерной загрузкой.

Печи периодического действия: а — однокамерная; б — двухкамерная с однопозиционной шлюзовой камерой. Печи непрерывного действия: г — линейная трехкамерная с двумя шлюзовыми камерами; е — линейная многокамерная с несколькими шлюзовыми камерами; д — карусельная четырехкамерная с одной шлюзовой камерой (на нижней схеме — взаимное расположение камер)

может быть достигнута наибольшая производительность, если темп их работы определяется только временем цикла обработки изделий в нагревательной камере. В электровакuumном производстве применяются непрерывные вакуумные печи линейного и карусельного типов. Для печей линейного типа характерно, как правило, наличие одной нагревательной камеры и отдельных шлюзовых камер для загрузки и выгрузки контейнеров, причем в шлюзовой камере выгрузки в случае необходимости может быть обеспечено форсированное принудительное охлаждение контейнеров различными способами (в газовой среде, за счет контакта с водоохлаждаемым холодильником и т. д.) с целью обеспечения заданного темпа работы печи. При этом в наиболее простой по конструкции трехкамерной печи (рис. 2) [2] темп выдачи изделий определяется, как правило, временем остывания контейнера в шлюзовой камере выгрузки, поэтому в более сложных многокамерных печах (рис. 3) темп выдачи может быть увеличен за счет увеличения числа позиций, которые проходит контейнер в процессе остывания.

Следует отметить, что повышение темпа работы печей линейного типа в реальных условиях требует увеличения числа шлюзовых камер с индивидуальными средствами откачки, усложнения вакуумных систем, роста числа необходимых для их функционирования специализированных вакуумных затворов  $Z$  и механизмов для межпозиционной перегрузки контейнеров  $M_1$ .

Переход с линейной на карусельную компоновку непрерывной печи значительно упрощает конструкцию, сокращает габариты и повышает удобство обслуживания (рис. 4) [3]. Карусельные печи имеют более высокую надежность по сравнению с многокамерными линейными печами благодаря уменьшению количества необходимых для функционирования вакуумных механизмов и возможности всех перемещений контейнеров в печи без их промежуточных перегрузок. В такой печи для обеспечения одновременных возвратно-поступательных вертикальных перемещений всех четырех контейнеров при загрузочно-разгрузочных операциях и карусельных перемещений контейнеров в транспортной камере может быть использован один специализированный функциональный механизм  $M_2$ .

Дополнительные технологические преимущества и повышение темпа работы могут быть обеспечены в непрерывных вакуумных печах, оснащенных несколькими нагревательными камерами, благодаря возможности отдельной поэтапной вакуумно-термической обработки изделий.

В транспортной камере печей подобной конструкции, так же как и в двухкамерных печах периодического действия с многопозиционной шлюзовой камерой, может осуществляться, в случае производственной необходимости, межменное хранение обработанных контейнеров в контролируемой среде.

Поскольку в непрерывных многокамерных вакуумных печах время пребывания контейнеров на каждой позиции фиксировано и определяется наиболее длительной операцией, очень трудно обеспечить оптимизацию процесса обработки изделий одновременно во всех камерах. В связи с этим вакуумные печи непрерывного действия целесообразно применять в тех крупносерийных производствах, где предъявляются повышенные требования к ограничению межоперационного времени хранения деталей и узлов после их обработки в печи,

например перед сборкой приборов. В подобных случаях непрерывная подача термообработанных изделий на последующие операции с заданным ритмом может обеспечить необходимый ритм всего производства.

Для выбора определенного типа специализированного вакуумно-термического оборудования применительно к конкретному производству необходимо сравнение имеющихся конструкций с использованием объективных критериев. Общепринятый экономический критерий — величину полезной отдачи оборудования, т. е. отношение стоимости производимой на нем полезной продукции ко всем затратам на его разработку, освоение, обслуживание, ремонт, — в данном случае применить не удается ввиду значительных колебаний стоимости обрабатываемой на рассматриваемом оборудовании продукции. Поэтому представляется целесообразным принять следующие удельные экономические показатели, отражающие взаимосвязь между достигнутыми при разработке основными технико-экономическими параметрами печей и их производственными возможностями, которые характеризуются объемом контейнера  $V$  и условной часовой производительностью  $p$  (число контейнеров в час) при максимальных температурах нагрева изделий:

— удельная материалоемкость  $Y_M = \frac{M}{Vp}$ , где  $M$  — масса печи, кг;

— удельная трудоемкость  $Y_T = \frac{T}{Vp}$ , где  $T$  — трудоемкость изготовления печи, норм-ч;

— удельная энергоемкость  $Y_3 = \frac{3}{Vp}$ , где  $3$  — максимальная потребляемая печью электрическая мощность, кВт;

— удельная стоимость  $Y_C = \frac{C}{Vp}$ , где  $C$  — стоимость печи, руб.;

— удельная эксплуатационная стоимость  $Y_{3c} = \frac{C}{Vp}$ , где  $C$  — расчетные суммарные среднегодовые затраты на эксплуатацию печи, руб.

С помощью этих удельных показателей целесообразно определять по известным методикам технический уровень каждой вновь разрабатываемой печи в сравнении с соответствующим аналогом.

Принимая во внимание масштабы применения каждого типа печей и особенности их эксплуатации в различных производствах ИЭТ, можно рекомендовать следующие относительные величины коэффициентов весомости для вышеуказанных показателей: 0,1 для  $Y_M$  и  $Y_C$ ; 0,2 для  $Y_T$ ; 0,3 для  $Y_3$  и  $Y_{3c}$ . Для сравнительной оценки печей различных конструкций по максимальной температуре нагрева  $T$  и рабочему давлению  $D$  в нагревательной камере при максимальной температуре в ней, которые и определяют, в основном, технологические возможности вакуумной печи, предлагаемые удельные показатели, очевидно, надо принимать с учетом сравнительного коэффициента

$$K_T \cdot K_D = \frac{T}{T_a} \cdot \frac{D}{D_a},$$

где  $T$ ,  $D$  и  $T_a$ ,  $D_a$  — соответственно параметры сравниваемой печи и печи-аналога.

Сравнительный анализ параметров разработанных электрических печей с конвейерной загрузкой (в качестве базового параметра сравнения принята температура 1100°C) позволяет сделать следующие выводы (см. таблицу):

- наиболее эффективными в производстве ИЭТ печами с точки зрения обеспечения оптимальных стабильных вакуумно-термических условий обработки изделий при наилучших технико-экономических параметрах оказались вакуумные печи, оснащенные шлюзовыми загрузочно-разгрузочными камерами;
- для мелкосерийных многономенклатурных производств с односменным или двухсменным режимом работы и запуском изделий в производств партиями наиболее эффективны периодические

двухкамерные печи с многопозиционной шлюзовой камерой, поскольку они могут быть использованы как для внутрициклового последовательного остывания контейнеров после их обработки в нагревательной камере, так и для межсменного хранения изделий в контролируемой вакуумной или газовой среде, что исключает необходимость применения специализированных шкафов хранения изделий;

- для мелкосерийных и крупносерийных производств с непрерывным режимом работы наиболее эффективны многокамерные печи карусельного типа непрерывного действия, так как они обеспечивают лучшие технико-экономические показатели;
- применение непрерывных многокамерных печей линейного типа ввиду их сложности, громозд-

Сравнительные параметры вакуумных печей периодического и непрерывного действия с контейнерной загрузкой (при условно одинаковом режиме обработки изделий)

Параметр	Печи периодического действия			Печи непрерывного действия		
	Однокамерные (рис. а)	Двухкамерные		Линейные		Карусельные четырехкамерные (рис. в)
		с однопозиционной шлюзовой камерой (рис. б)	с четырехпозиционной шлюзовой камерой (рис. в)	трехкамерные (рис. г)	многокамерные (рис. д)	
Максимальная температура нагрева, °C	1800	1100	1100	1200	1200	900
Максимальное давление, Па в нагревательной камере перед началом нагрева в шлюзовой камере	5×10 <sup>-6</sup> –	1×10 <sup>-5</sup> (3÷4) ×10 <sup>-4</sup>		1,5×10 <sup>-5</sup> (3÷4) ×10 <sup>-4</sup>	2×10 <sup>-5</sup> до 3–4	(3÷4) ×10 <sup>-6</sup> до 3–4
Габаритные размеры контейнера: диаметр × высота, мм	130×180	145×180		100×120	200×315	110×240
объем, см <sup>3</sup>	2300	2800		900	9800	2100
Габаритные размеры печи (с пультами), мм	3000×2150×1875	2150×2970×2550		4580×2320×2480	8170×1870×3540	1800×1500×2500
Занимаемая производственная площадь, м <sup>2</sup>	20	7,5		30,0	40,0	10,0
Масса, кг	1800	2000		2600	4380	2500
Максимальная потребляемая мощность*, кВт	60	25		55	75	22
Управление (при ручной загрузке)	Дистанционное ручное	Автоматическое от ЭВМ "Электроника-60"		Автоматическое		Автоматическое от программатора
Относительная** условная производительность	1,0	1,6	3,2	1,0	1,0	1,0
Относительная трудоемкость изготовления	1,0	1,2	1,4	1,0	3,0	0,8
Относительная стоимость	1,0	1,8	1,9	1,0	2,7	0,9
Относительная удельная материалоемкость	1,0	0,6	0,3	1,0	0,2	0,5
Относительная удельная трудоемкость	1,0	0,6	0,4	1,0	0,3	0,4
Относительная удельная энергоемкость	1,0	0,6	0,3	1,0	0,1	0,2
Относительная удельная стоимость	1,0	0,9	0,5	1,0	0,3	0,5

\* Для температуры 1100°C P<sub>потр</sub> = 20 кВт.

\*\* При расчете относительных параметров печей периодического действия в качестве базовой принята однокамерная печь; для печей непрерывного действия – трехкамерная.

кости, наличия значительного количества механизмов в вакууме и т. п., может быть целесообразным только в отдельных специфических условиях крупносерийных и массовых непрерывных производств;

— для повышения эффективности проектирования и освоения перспективных типов вакуумных печей со шлюзовой контейнерной загрузкой, необходимо перейти на поагрегатную разработку основных функциональных устройств базовых типов установок с максимальной унификацией узлов и учетом возможности применения печей в составе гибких автоматизированных комплексов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Медников М.И. Автоматизированный комплекс агрегатированного вакуумно-технологического оборудования для производства малогабаритных ЭВП.— *Электронная промышленность*, 1983, вып. 10, с. 3—7.

2. Смородинов А.Т. Полуавтомат безмасляного высоковакуумного отжига.— *Электронная техника. Сер. 7. Технология, организация производства и оборудование*, 1983, вып. 1, с. 115—118.

3. А.с. 832285 (СССР). Карусельная вакуумная печь/А.А.Гаврилов. Опубл. в Б.И., 1981, № 19.

*Статья поступила 24 сентября 1985 г.*

УДК 621.793.7:621.9.048.7

**В.М.Анискевич, И.А.Баранов,  
Н.М.Кондратов, Р.Д.Кучко, О.В.Овчинников**

### АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ДУХСТОРОННЕЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ

Разработанная автоматизированная установка УРМЗ.279.064, использующая безмасляные средства откачки, предназначена для получения особо чистых покрытий с хорошей адгезией методом электронно-лучевого испарения.

Основным элементом безмасляных средств откачки в установке служит комбинированный геттеро-ионный насос. Два электронно-лучевых испарителя (ЭЛИ) с мощными (до 12 кВт) трехэлектродными высокопервиансными пушками снабжены системой стабилизации высокого анодного напряжения, тока электронного пучка, токов отклонения и фокусировки пучка и быстродействующей защитой от высоковольтных пробоев с автоматическим отключением при часто повторяющихся пробоях (более 5—6 пробоев в течение 1 с). Программатор сканирования электронного пучка позволяет задавать траекторию движения пучка в технологическом процессе по поверхности испаряемого материала. Предусмотрена стабилизация скорости напыления и ее контроль, а также измерения толщины напыляемых покрытий с помощью кварцевого датчика; имеется система очистки подложек тлеющим разрядом.

Автоматизированная система управления технологическим процессом обеспечивает откачку рабо-

чей камеры (внутренний размер 710x380x710 мм) до остаточного давления  $1,33 \cdot 10^{-5}$  Па, нагрев подложек до температуры 350°C, вывод по программе на режим электронно-лучевых испарителей, напыление с заданной скоростью четырех последовательных слоев при контроле скорости напыления и толщины, отключение ЭЛИ по достижении заданных значений толщин, отключение установки.

В карусели с кассетами предусмотрена возможность путем замены оси с держателем придавать кассете вращение, обеспечивающее одностороннее напыление на подложки. Нагреватель подложек состоит из шести галогенных ламп суммарной мощности 6 кВт. Электронные пушки, формирующие высокопервиансные пучки, представляют собой аксиальные трехэлектродные системы с продольной компрессией пучка. Характерная особенность пушки — замедление электронов пучка на участке между диафрагмой и анодом за счет более низкого потенциала на аноде. Замедление электронов вызывает продольную компрессию пучка, обеспечивая большие плотности тока при меньших потенциалах, т. е. высокий первианс пучка.

Конструкция пушки предусматривает выход в вакуумную камеру уже сформированного пучка, поэтому элементы конструкции пушки удалены от зоны испарения. Это практически полностью исключает запыление деталей пушки испаряемым материалом, уменьшает число пробоев и повышает надежность и стабильность работы установки. Кроме того, увеличивается срок службы катода, так как он не подвергается бомбардировке ионами, создающимися в объеме пучка вне пушки, поскольку участок диафрагма-анод является ионной ловушкой.

#### Технические характеристики установки

Предельное остаточное давление в технологической камере, Па	$1,33 \cdot 10^{-5}$
Время достижения рабочего давления $1,33 \cdot 10^{-4}$ Па, мин	45
Число электронно-лучевых испарителей	2
Максимальная мощность одного испарителя, кВт	12
Максимальный ток пучка, А	1,5
Рабочие анодные напряжения при дискретной регулировке, кВ	5,5; 7; 8
Диапазон плавной регулировки рабочего напряжения диафрагмы пушки, кВ	0—3
Частота сканирования электронного пучка по двум координатам, Гц	0,01—50
Число одновременно загружаемых на карусель подложек размером 75x160 мм, шт	20
Предельная температура нагрева подложки, °С	350
Число водоохлаждаемых тиглей	2
Емкость однопозиционного тигля, см <sup>3</sup>	100
Емкость одной позиции четырехпозиционного тигля, см <sup>3</sup>	25
Напряжение питания, В	220x3 и 380x3
Максимальная потребляемая мощность, кВт	40
Габаритные размеры, мм	3200x2800x1900
Масса, кг	3000

В процессе эксплуатации установки УРМЗ.279.064 отработаны режимы испарения хрома, меди, никеля, алюминия, титана, молибдена, вольфрама. Испытания показали стабильность параметров установки и технологических режимов при длительных процессах.

*Статья поступила 13 сентября 1985 г.*

УДК 548.53:546.28

В.Н.Костин, А.Н.Молоствов, М.В.Хохлов

## СТРУКТУРЫ «КРЕМНИЙ НА ИЗОЛЯТОРЕ» ДЛЯ МДП ИС, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ ЗОННОЙ РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ

Увеличение площади кристалла, характерное для современных МДП БИС ОЗУ, приводит к росту вероятности отказов ИС из-за дефектности технологических слоев, к усилению паразитных связей в кристалле ИС, обостряет проблему отвода тепла. Трехмерные ИС позволяют повысить степень интеграции и плотность упаковки при тех же топологических размерах элементов. Наиболее перспективным направлением развития трехмерной интеграции является создание многоуровневых ИС с несколькими активными слоями, разделенными диэлектриком [1], имеющих все достоинства структур с полной диэлектрической изоляцией. Изоляция между приборами позволяет полностью исключить тиристорный эффект, присущий объемной КМДП-технологии; приборы могут быть сближены, что приводит к увеличению плотности упаковки элементов ИС; устойчивость схемы к проникающей радиации повышается благодаря резко сокращенному объему кремния. Быстродействие таких схем достаточно высоко из-за сниженной емкости диффузионных областей и ослабления паразитных связей [2].

Разработанная технология — вариант получения КНИ-структур — представляет собой процесс зонной рекристаллизации пленок поликристаллического кремния (ППК) на диэлектрике [3]. Решить проблему воспроизводимости структуры слоя можно, обеспечив направленную кристаллизацию расплавленного кремния за счет различного поглощения энергии лазерного излучения [4] путем создания оптимальных условий охлаждения распла-

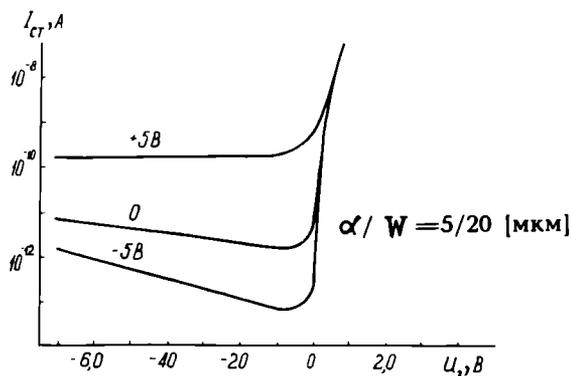


Рис. Зависимость тока стока от напряжения на затворе для транзисторов в рекристаллизованном кремнии при различных напряжениях на монокристаллической подложке;

ва. Наиболее перспективный способ достижения направленной кристаллизации — использование островковых структур поликремния [5], благодаря чему, во-первых, устраняется зародышеобразование на периферии фронта кристаллизации, во-вторых, снижаются термомеханические напряжения, возникающие из-за различия КТР кремниевой пленки и диэлектрической подложки, и, в-третьих, обеспечивается возможность получения монокристалла в строго заданном месте подложки в соответствии с топологическим рисунком.

В ходе проведенных исследований были изучены особенности управления процессом лазерной рекристаллизации островковых слоев поликремния, параметры МДП-транзисторов, изготовленных в этих островках, и влияние лазерной обработки на параметры нижележащих приборов.

При сканировании зоны обработки лазерное излучение поглощается в ППК и приводит к плавлению островка поликремния и нагреву кремниевой подложки, прилегающей к островку под слоем окисла. После прохождения зоны обработки центральная и периферийная области островка охлаждаются с различными скоростями: в центре тепло уходит в холодную подложку, на периферии — в нагретую, вследствие чего температура зародышеобразования достигается сначала в центральной части островка, а затем на его периферии. При этом кристаллизация начинается из точечного зародыша, находящегося в вершине угла на краю островка.

Разработанный процесс рекристаллизации использовался при создании активных приборов по КНИ-технологии, аналогичной КНС-технологии; *n*- и *p*-канальных МДП-транзисторов с затвором из поликристаллического кремния. По значениям подвижности носителей в канале приборы, изготовленные в рекристаллизованном кремнии (РК), превосходили КНС-приборы, приближаясь к объемным.

Результаты показали, что разделительный слой  $\text{SiO}_2$  толщиной 1,0 мкм полностью предотвращает разрушение приборов нижнего уровня от теплового воздействия лазерного излучения, приводя только к некоторому снижению пробивных напряжений.

Таким образом, рассмотренный процесс направленной рекристаллизации ППК на  $\text{SiO}_2$  с использованием непрерывного излучения аргонового лазера позволяет получать в слое РК МДП-транзисторы, пригодные для использования в МДП БИС. Анализ характеристик приборов нижнего уровня свидетельствует о возможности использования данного процесса для производства многоуровневых ИС.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Jastrzebski L. Comparison of different SOI technologies: assets and liabilities. — RCA Review, 1983, vol. 44, June, p. 250.
2. Satwinder DS Malhi et al. Characteristics and three-dimensional integration of MOSFET's in small-grain LPCVD polycrystalline silicon. — IEEE Journal

of Solid-State Circuits, 1985, vol. SC-20, N 1, p 178—201  
3 Adams A E, Godfrey D J, Ibbes K G. Radiant-beam processing of semiconductor structures — GEC Journal of Science and Technology, 1982, vol 48, N 2, p 112

4. Галлажер Р.Т. Селективный лазерный отжиг, позволяющий получать КМОП-схемы с многослойной структурой. — Электроника. Пер. журн. США «Electronics», 1982, № 9, с. 17—18.

5 Biegelsen D.K., Johnson N.M., Bartenketal D.J. Laser induced crystallization of silicon islands on amorphous substrates: multilayer structures — Applied Physics Letters, 1981, vol 38, N 3, p 150—152

Статья поступила 25 июня 1985 г.

УДК 621.762.004:621.38.032.2

А.П.Коржавый

## ПОРОШКОВАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ В МАТЕРИАЛОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КАТОДНЫХ УЗЛОВ ИЭТ

Применение новых методов прессования и термообработки композиционных изделий, изготавливаемых на основе порошковых сырьевых компонентов, и вакуумное распыление прессованных и спеченных мишеней обеспечивают значительную экономию исходных материалов и повышают качество изделий.

Методы порошковой металлургии — принципиально безотходного производства — дают возможность создавать композиционные катодные материалы с высокими эксплуатационными характеристиками при меньших затратах на их производство и экономии материалов в результате снижения норм расхода и повышения выхода годных. Ниже рассмотрены перспективные приемы использования порошковой металлургии в изготовлении ИЭТ (см. рисунок).

Термоэлектронные катоды на основе тугоплавких металлов или соединений и пористые матрицы



Катоды и катодные элементы, изготовленные из порошковых сырьевых материалов с малым припуском на обработку эффективными приемами порошковой металлургии

для пропитанных активным веществом термокатодов получали путем гидростатического холодного прессования навесок шихты заданного состава с малыми припусками на последующую обработку. Для изготовления торцевых катодов прессовались штабики, а цилиндрических — втулки [1]. С целью увеличения коэффициента использования материалов при получении пропитанных катодов спиральной формы прессовалась тонкостенная втулка на специальных полированных оправках, помещенных в эластичную оболочку. В отличие от широко используемого способа, где исходной прессовкой является штабик [1], здесь нет необходимости в высверливании центральной части штабика. Получение шихты и прессование штабиков и втулок различной геометрии проводились по технологии, изложенной в работе [1], а требуемые физико-механические и эмиссионные свойства формировались на этапе длительного предварительного спекания в прецизионном режиме. Высокое качество всех спекаемых прессовок обеспечивалось оптимизированными режимами предварительной термообработки и правильным подбором гранулометрического состава исходных порошков.

Прессовки на основе вольфрама и гексаборида лантана подвергались термообработке, включающей жидкофазное спекание.

Режимы термообработки и рабочие среды подбирались для каждого материала, что определяло хорошее качество и однородность свойств по всей длине изделия.

При последующей резке на диски и кольца, а также механической обработке съем материала со спеченных заготовок был незначителен. Пропитка готовых матриц алюминатом, алюмосиликатом или алюмобериллатом барриера, кальция занимает незначительную долю времени по сравнению с предварительной термообработкой.

Такая технологическая схема помимо большой экономии сырьевых компонентов обеспечивает

повышенное качество готовых изделий, поскольку прецизионная обработка не приводит к образованию дефектов и значительных нарушенных слоев в обрабатываемых заготовках.

Вторично-эмиссионные катоды на основе систем тугоплавкий металл — окисел изготавливаются по технологическим схемам, близким к рассмотренным. Поскольку среди них имеются катоды из композиций на основе пластичных металлов (никеля, меди, платины, палладия и др.) с окислами щелочных и щелочноземельных элементов [2], а при определенном содержании активной окисной фазы в пластичной основе эмиссионный материал удовлетворительно деформируется, из таких материалов могут быть получены полосы или ленты требуемой толщины и качества путем прокатки смеси порошков [3]. Это способствует резкому снижению трудоемкости изготовления и повышению коэффициента использования исходных материалов, а расчеты на ЭВМ позволяют свести к минимуму отходы при их раскросе или вырубке.

Некоторые материалы для долговечных вторично-эмиссионных катодов имеют в составе значительное количество активного вещества на основе окислов и сложных соединений и не могут формироваться путем прокатки порошков. В этом случае катоды получали по одной из двух схем: путем изготовления и последующей пропитки матрицы эмиссионным веществом, например алюмобериллатом, или путем прессования и спекания (практи-

чески в размер) изделий из порошковой шихты на основе металлов с окислами щелочных, щелочно-земельных металлов, а также сложных соединений.

Вторая схема предпочтительнее с точки зрения экономии исходных сырьевых материалов и улучшения эмиссионных параметров изделий при использовании холодного гидростатического прессования в вакуумированных эластичных оболочках и горячего магнитно-импульсного прессования в вакууме [4]. Последний метод обеспечивает получение спеченных тонкостенных вторично-эмиссионных катодов с однородной плотностью по всей длине и малым содержанием нежелательных примесей благодаря радиальному приложению давления при нагреве шихты в вакууме.

Катодные элементы термоэлектронных и вторично-эмиссионных приборов изготавливались путем соединения готовых эмиттеров с кернами методами электростатической, диффузионной и магнитно-импульсной сварки. Сварка импульсным магнитным полем в вакууме [5], совмещенная в единый технологический цикл с горячим магнитно-импульсным прессованием катодов, наряду со значительной экономией материалов и снижением трудоемкости, обеспечивает надежность и повышенные эмиссионные свойства готовых элементов. Окончательная плотность эмиттирующего элемента достигается, как правило, путем его обкатки с использованием стандартных методов [1].

Перспективным с точки зрения значительного снижения расхода сырьевых материалов представляется широкое использование при изготовлении катодных элементов различных методов вакуумного нанесения. Распыляемой мишенью обычно служит прессованная, а в ряде случаев и спеченная, заготовка определенного состава. Эмиссионный материал в виде катодной пленки заданной толщины наносится непосредственно на подложку (кern) с наружной или внутренней стороны в зависимости от условий применения катодного узла в электровакуумном или газоразрядном приборе [2].

Расход эмиссионного вещества на изготовление катода в этом случае снижается на два порядка, так как толщина эмиттера составляет несколько микрометров.

Во многих случаях при изготовлении элементов ИЭТ применение методов порошковой металлургии — единственно возможный путь обеспечения требуемого комплекса их свойств. Новые приемы получения катодов и катодных элементов расширяют возможности названных методов и существенно снижают расход исходных эмиссионных материалов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Обзор по электронной технике: Новые катодные материалы, методы и оборудование для их производства/А.П.Коржавый, Д.Н.Сигов, С.И.Файфер.— М., 1980.— Вып. 5. Сер. 6. Материалы.— 34 с.
2. Обзор по электронной технике: Вторично-эмиссионные материалы, методы исследования и прогнозирования их свойств/А.П.Коржавый.— М., 1984.— Вып. 11. Сер. 6. Материалы.— 44 с.
3. Пономарев В.А., Шмелев Л.С., Хозиков В.С. Освоение производства лент из молибдено-медных псевдосплавов прокаткой порошка.— Порошковая металлургия, 1981, № 3, с. 101—103.
4. Зазулин А.В., Стрижаков Е.А., Юевич В.В. Изготовление деталей ИЭТ методом порошковой металлургии.— Электронная промышленность, 1980, вып. 3, с. 38.

5. Магнитно-импульсная сварка в вакууме с предварительным разогревом/Е.А.Стрижаков, С.Н.Неретин, Л.И.Янчевская, В.В.Курганов.— Сварочное производство, 1981, № 2, с. 14—15.

Статья поступила 16 сентября 1985 г.

УДК 621.793.7:621.3.049.77—213

И.С.Болгов, С.И.Файфер

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗРАБОТОК ПЛАКИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Использование для выводных рамок корпусов ИС ленточных материалов, плакированных медью, алюминием, а также лент из псевдосплавов на основе тугоплавких материалов и меди при совершенствовании технологической схемы производства обеспечит дальнейшее улучшение параметров твердотельных приборов.

Быстро возрастающая зависимость развития современной микросэлектроники от прогресса в области используемых в ней материалов и технологических процессов стимулирует непрерывное расширение номенклатуры и повышение качества как полупроводниковых материалов, так и металлов и сплавов со специальными свойствами.

Наибольшее количество металлов и сплавов расходуется на изготовление выводных рамок для различного типа корпусов приборов: металло-керамических, металлостеклянных, стеклокерамических, пластмассовых. Стоимость этих рамок [1] составляет более 25% общей стоимости всех материалов для ИС и полупроводниковых приборов. Выводные рамки изготавливаются из лент прецизионных сплавов с заданными значениями коэффициентов теплового расширения и плакированных многослойных материалов, которые служат не только конструктивным элементом, но и средством транспортировки приборов в процессе сборки.

В современном массовом производстве выводных рамок используются десятки типов многослойных лент с плакирующими слоями из золота, алюминия, меди, некоторых других металлов и специальных припоев в виде полос разной ширины, толщины и расположения относительно кромок лент. Однако разработка новых перспективных приборов и переход на высокопроизводительную автоматизированную сборку требуют изыскания новых и улучшения уже известных типов многослойных материалов. Ниже рассматриваются некоторые из перспективных направлений этих исследований и разработок.

Поскольку возрастание тепловых нагрузок ускоряет протекание деградиционных процессов в материалах элементов ИС [2], то одним из важнейших способов повышения надежности и долговечности этих изделий является обеспечение нормальных тепловых режимов их работы. Отвод выделяемого в приборе тепла зависит не столько от активной

площади кристалла и способа его посадки, сколько от теплового сопротивления перехода кристалл-корпус прибора, которое может быть оптимизировано за счет применения выводных рамок заданной теплопроводности, обеспечивающих эффективную передачу генерируемого в кристалле тепла к корпусу прибора и среде. В последние годы широкое распространение получают выводные рамки корпусов, изготавливаемые с использованием меди и специальных низколегированных сплавов, содержащих до 97–99,9% меди [3, 4, 5]. В производстве твердотельных приборов железоникелевый сплав Н42 и медные сплавы используются примерно поровну [6]. Однако медные сплавы по механическим характеристикам, окисляемости в агрессивных средах, термостойкости и ряду других свойств зачастую не обеспечивают необходимую технологическую и эксплуатационную надежность приборов, поэтому во многих случаях экономически и технологически более оправдано применение специальных многослойных плакированных материалов с использованием высококачественной меди типа КМКЗ, ФМФЗ и т. п. [7–11, 12]. Такие ленты обеспечивают выпуск приборов с рассеиваемой мощностью до нескольких ватт и имеют коэффициент теплопередачи в несколько раз выше, чем сплав Н42, что значительно снижает тепловое сопротивление цепи тепловода. Однако этого не достаточно для более мощных приборов, например, с предельно допустимой мощностью рассеивания в десятки ватт — тепловое сопротивление перехода кристалл-корпус этих приборов должно быть не более 3–5° С/Вт. Это говорит о необходимости разработки новых многослойных лент с повышенной теплопроводностью, обеспечивающих надежную пайку. Такие ленты позволят разработать новые типы мощных полупроводниковых приборов и повысить эксплуатационные характеристики серийно выпускаемых изделий.

Следует отметить высокую усталостную прочность и специфические преимущества ленточных материалов, плакированных медью, при работе в диапазоне высоких частот: их электросопротивление из-за скин-эффекта становится равным сопротивлению чистой меди. В ряде случаев, если допустимы даже незначительные напряжения в спае керамики и кристалла из-за различия коэффициентов термического расширения материалов, применяются псевдосплавы на основе тугоплавких материалов и меди, получаемые в виде лент и полос методом прокатки порошков [13, 14]. Эти материалы при высокой (на уровне алюминия) теплопроводности имеют достаточно низкий коэффициент термического расширения, высокую формоустойчивость и прочность, хорошо обрабатываются, в том числе путем пластической деформации, позволяют получать надежные паяные соединения с керамикой и с монокристаллическими пластинами кремния, германия, арсенида галлия и других активных материалов. Молибдено-медные псевдосплавы МД40, МД50НЧК, МД5НЦ, МД50НГ и другие используются в качестве конструктивных деталей корпусов некоторых мощных транзисторов. Ленты из молибдено-медных псевдосплавов в качестве высокотемпературных теплоотводов в конструкциях ряда интегральных схем и полупроводниковых приборов обеспечили значительное повышение стойкости этих изделий к термоциклическим нагрузкам. Представляется целесообразной разработка псевдосплавов на основе вольфрамо-молибдено-медных композиций, практически полностью согласованных

с алюмооксидной, бериллиевой и другими типами керамики, применение которых позволяет снизить брак корпусов по негерметичности, значительно повысить выходную мощность приборов и увеличить их эксплуатационную надежность.

Быстрое увеличение объемов выпуска твердотельных приборов делает все более важной проблеме сокращения расхода драгоценных и дефицитных металлов. Эффективному ее решению способствует разработка и внедрение в производство многослойных плакированных лент [7, 8]. Освоенный к настоящему времени выпуск многих типонаименований лент НКНЗ, НЗ, НА, ФА и других позволил получить значительную экономию золота, кобальта и никеля [9]. Успехи последних лет на пути замены золота в лентах типа ФМФЗ, КМКЗ алюминиевыми сплавами позволяют рассчитывать на полное исключение золота из технологии многослойных лент.

Дальнейшее совершенствование технологии высокоскоростной автоматизированной сборки твердотельных приборов во многих случаях требует применения многослойных лент с толщиной плакирующего слоя алюминия до 3 мкм. При существующей технологии толщина алюминиевой полосы составляет не менее 6 мкм и ее снижение практически невозможно из-за низкой механической прочности исходной алюминиевой фольги. Плакированные ленты после холодной прокатки получают нагартованными на 70–80%, проведение же отжига, достаточного для полного снятия напряжений, в большинстве случаев затруднено из-за образования интерметаллидов на границе алюминия с никелем или железо-никелевыми сплавами. В связи с этим необходим поиск принципиально новых технологических схем производства многослойных лент. Например, метод вакуумного напыления алюминия на непрерывно движущуюся ленту [15, 16] позволяет снизить толщину слоя до 1 мкм и менее, обеспечивая высокую химическую чистоту и хорошую адгезию пленки к основе, а также возможность локального нанесения алюминия на выводные рамки микросхем. Применение вакуумного напыления в производстве многослойных лент дает возможность также управлять их механическими свойствами. Метод вполне конкурентоспособен с методом холодной плакирования, поскольку позволяет получать готовую продукцию за один технологический цикл. Использование многослойных лент с тонким покрытием алюминием увеличивает стойкость микросварного инструмента, повышает качество сварки и улучшает эксплуатационную надежность приборов.

Производство многослойных лент включает совершенно разнородные операции, которые практически трудно объединить в едином непрерывном технологическом цикле с целью автоматизации и роботизации. Поэтому в ближайшие годы наиболее перспективными направлениями совершенствования технологических процессов производства многослойных ленточных материалов для изделий электронной техники будут, по-видимому, увеличение мощности единичного оборудования, повышение скорости прокатки и отжига, увеличение рядности и ширины прокатываемых лент, внедрение микропроцессорного управления по заданным программам (для однотипного оборудования), механизация вспомогательных операций.

Таким образом, дальнейшее совершенствование твердотельных приборов и технологии их изготовления, в том числе освоение высокопроизводительной

сборки, требует проведения широкого комплекса работ по изысканию новых и совершенствованию уже известных типов многослойных плакированных материалов и методов их производства.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 A forecast of the material for semiconductor production on the world market. — *Electronic Business*, 1982, vol. 8, N 4, p. 37—39.
- 2 Simons RE Thermal management of electronic packages. — *Solid State Technology*, 1983, vol. 26, N 11, p. 131—137.
- 3 Zarlingo SP, Scott J.R. Leadframe materials for packaging semiconductors — *Semiconductor International*, 1982, vol. 5, p. 111—124.
- 4 Сакамото М. Новые медные сплавы для корпусов БИС. — *Kogyo Reanietaru Tokyo (Industrial Rare Metals)*, 1983, № 80, p. 63—66.
5. Migafuji M. Применение медных сплавов в электронной промышленности. — *Кобэ сейко гихо (Kobe Steel Engineering Reports)*, 1982, vol. 32, N 2, p. 48—51.
- 6 Sakamoto Terno. Материалы для электроники. — *Tokushuko (Special Steel)*, 1982, vol. 31, N 6, p. 6—12.
7. Лебедев В.С., Луцевский В.И., Пермиловская Э.Т., Суворов В.А., Хозиков В.С. Многослойная лента с полосой алюминия для сборки транзисторов в корпусах ТО-126. — *Электронная промышленность*, 1984, вып. 5, с. 57—58.
8. Ленточные материалы, плакированные легкоплавкими припоями/И.С.Болгов, Ф.И.Бусол, Ю.Н.Лаврентьев, В.С.Хозиков. — *Электронная промышленность*, 1984, вып. 5, с. 52—55.
9. Болгов И.С., Бусол Ф.И., Хозиков В.С. Многослойные ленты с полосчатым плакированием в производстве изделий электронной техники. — *Электронная промышленность*, 1980, вып. 3, с. 61—62.
10. Хозиков В.С., Лебедев В.С., Пермиловская Э.Т., Лапидская В.Н., Невструева Е.В. Некоторые особенности изготовления и применения ленты ковар-медь-ковар с тонким золотым покрытием. — *Электронная техника. Сер. 6. Материалы*, 1979, вып. 2, с. 14—20.
11. Лайнбек Р. Выводные рамки с медным покрытием. — *Электроника. Пер. жур. США «Electronics»*, 1980, 54, № 16, с. 4—6.
12. Dance F.J., Condusky J.M. Copper clad stainless steel lead frame material offer performance improvements — *Semiconductor International*, 1982, vol. 5, N 4, p. 187—192.
13. Молибденовые псевдосплавы — перспективные материалы в конструкции полупроводниковых приборов/В.А.Пономарев, В.С.Хозиков, К.И.Худяков, А.А.Стадник, А.Я.Сафронов, В.Г.Миронов, Ю.Е.Германский. — *Электронная техника. Сер. 6. Материалы*, 1974, вып. 4, с. 3—8.
14. Пономарев В.А., Шмелев Л.С., Хозиков В.С. Освоение производства лент из молибдено-медных псевдосплавов прокаткой порошка. — *Порошковая металлургия*, 1981, № 3, с. 100—103.
15. Получение лент с полосчатым покрытием алюминием методом конденсации в вакууме/Л.Д.Харитонов, Р.И.Терешкина, И.Г.Дьяков, В.Г.Муравьев, С.М.Манякин. — *Электронная техника. Сер. 6. Материалы*, 1983, вып. 7, с. 59—62.
16. Локальное нанесение алюминия на выводные рамки микросхем/В.Г.Гринченко, С.В.Зимин, В.А.Смирнов, А.С.Яшкин. — *Электронная промышленность*, 1985, вып. 6, с. 37—39.

Статья поступила 16 сентября 1985 г.

УДК 549.004:621.3

Г.П.Кузьмичев, В.А.Сайганов

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТВЕРДОКАМЕННЫХ ПОРОД В МЕТРОЛОГИИ И ТОЧНОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

При конструировании базовых деталей (оснований, станин, траверс) прецизионного обрабатывающего и контрольно-измерительного оборудования традиционно широко применяются серые чугуны СЧ 15 — СЧ 20, а в качестве материала направляющих — конструкционные стали самых различных марок. Однако эти материалы зачастую не обеспечивают требуемую временную стабильность точностных характеристик изготовленных из них деталей из-за протекания процессов релаксации напряжений. Путем многократных стабилизирующих старений во многих случаях не удается полностью снять остаточные напряжения в деталях, что приводит впоследствии к их короблению и в конечном счете — к потере оборудованием первоначальной точности.

В связи с поисками материалов, заменяющих металлы для названных применений, внимание привлекли естественные природные материалы — твердокаменные породы (ТКП), к которым относятся горные породы, имеющие твердость по шкале Мооса 6—7 (граниты, габбро-диабаз, диорит, сиенит, кварцит и т. п.).

Процесс естественного старения ТКП обеспечил их плотную равномерную структуру, практически лишенную внутренних напряжений. Поэтому при условии сохранения и поддержания равновесного исходного состояния в процессе добычи и обработки блоков, заготовок и деталей из ТКП открывается возможность удовлетворить требования машиностроения в части точности и стабильности оборудования.

Следует отметить, что в последнее десятилетие использованию ТКП благоприятствовало широкое внедрение в камнеобрабатывающую промышленность недорогого и высокопроизводительного алмазного инструмента на основе синтетических алмазов [1—7].

Среди ТКП наибольшее применение в машиностроении получили благодаря хорошим физико-механическим свойствам различные типы гранитов и диабаз. У нас в стране это граниты Янцевского и Глушковичского месторождений, а также габбро-диабаз Роп-ручейского месторождения.

Для прецизионного машиностроения представляет интерес целый ряд уникальных свойств ТКП: отсутствие внутренних напряжений; низкая объемная масса, в 2,5—3 раза меньшая, чем у стали и чугуна; способность демпфирования механических вибраций, в 10—15 раз большая, чем у чугуна; низкий температурный коэффициент линейного расширения (ТКЛР), в 1,5—6 раз меньший, чем у сталей и чугуна в диапазоне температур 293—393 К; высокая твердость, которая в пересчете на шкалу Роквелла составляет 45—70 единиц; износостойкость, превышающая в 8—10 раз износостойкость чугуна; пассивность к воздействию электрических и магнитных полей, а также агрессивных сред. Детали из этих материалов не требуют антикоррозионных покрытий, а шлифованные и полированные

Таблица 1

Показатель	Твердокаменная порода		Металл		
	Габбро-диабаз	Гранит янцевский	Гранит глушковичский	Сталь 45	Чугун СЧ20
Цвет	Черный с белыми вкраплениями	Светло-серый	От светло-серого до темного	Металлический серый	Металлический серый
Плотность, кг·м <sup>-3</sup>	2760–3160	2580–2820	2587–2834	7814	7200
Пористость, %	0,53–0,69	0,37–1,64	0,74–1,97	–	–
Водопоглощение, %	0,06–0,90	0,10–2,24	0,11–0,35	–	–
Скорость распространения продольных волн, м·с <sup>-1</sup>	6758–6930	5820	5650–5920	5900–6100	5900–6100
Микротвердость агрегатная	529–759	921	693–795	551–649	170–240
Истираемость	0,01–0,40	0,17–0,31	0,10–0,90	–	–
Предел прочности, МПа					
при сжатии	309,50	202,5–231,0	204,1–215,1	–	800–900
при растяжении	24,44	11,8	13,4–16,5	610	210
при изгибе	31,16	18,6	26,47–30,5	–	400
Удельная ударная прочность, Дж·см <sup>-3</sup>	3,37	0,82	1,12	–	–
Модуль упругости, МПа	95700	52800	57000–70000	204000	75000–85000
Кэффициент Пуассона	0,25	0,19	0,23	–	–
Теплопроводность, Вт·м <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup>	3,11–3,37	2,70–2,75	2,80–2,92	66,3	29,3
Удельная теплоемкость, Дж·кг <sup>-1</sup> ·К <sup>-1</sup>	920–925	890–895	879–895	469	624
ТКЛР, α · 10 <sup>-7</sup> , К <sup>-1</sup> при 293–373К	45,1	47,9	47–61,5	117	104

поверхности отвечают самым высоким требованиям технической эстетики.

Однако, как и большинству природных материалов, ТКП присущи специфические недостатки: значительная неоднородность в массиве горной породы как физико-механических свойств, так и структуры и текстуры; межкристаллические и внутрикристаллические поры, занимающие до 1,5–4% общего объема; зоны объемных и поверхностных макро- и микротрещин; способность материалов адсорбировать влагу (наличие водопоглощения), что обуславливается, в первую очередь, присутствием пор и трещин.

Основные физико-механические свойства ТКП, используемых в отечественном прецизионном машиностроении (в сравнении со сталью и чугуном), приведены в табл. 1, а минералогический состав — в табл. 2.

Габбро-диабаз — смешанная магматическая порода, образовавшаяся в результате интрузии (внедрения) диабазовой магмы в габбро земной коры. Цвет породы — от темно-зеленого до черного с белыми вкраплениями. В отличие от гранитов, габбро-диабаз не содержит минералов кварца, что и обуславливает его меньшую агрегатную микротвердость. Присутствие до 15–35% пироксенов и 10% рудных материалов способствует увеличению в 1,1–1,2 раза общей плотности породы и в 1,5–2,2 раза прочности при сжатии, растяжении и изгибе. Удельная ударная прочность габбро-диабазы в 3–4,1 раза превышает этот показатель у гранитов Янцевского и Глушковичского месторождений. Большая плотность габбро-диабазы по сравнению

Таблица 2

Породы	Содержание минералов, %						
	Кварц	Полевые шпаты		Слюда биотит	Пироксены	Рудные минералы	Роговая обманка
		Плагиоклаз	Ортоклаз				
Габбро-диабаз	–	50–55	–	1,5–3	15–35	5–10	5–10
Гранит глушковичский	32	58	–	8	–	2	–
Гранит янцевский	25–30	30–52	12–35	2–4	–	2	–

с гранитами способствует увеличению в 1,1–1,2 раза скорости распространения в материале ультразвуковых продольных волн.

Гранит — наиболее распространенная глубинная магматическая горная порода серого, желтоватого или красноватого цвета. У гранитов Глушковичского и Янцевского месторождений, как и вообще у гранитов, ТКЛР выше, чем у габбро-диабазов, и составляет соответственно (47–61,5) · 10<sup>-7</sup> и 47,9 · 10<sup>-7</sup> К<sup>-1</sup>, что в 1,3–2,5 раза меньше, чем у стали 45 и чугуна СЧ20.

ТКП обладают большей удельной теплоемкостью, чем сталь 45, чугун СЧ20, а также большинство других металлов и сплавов. Теплопроводность гранитов и габбро-диабазы в 10–20 раз меньше, чем у сталей и чугуна, что с одной стороны, вместе с

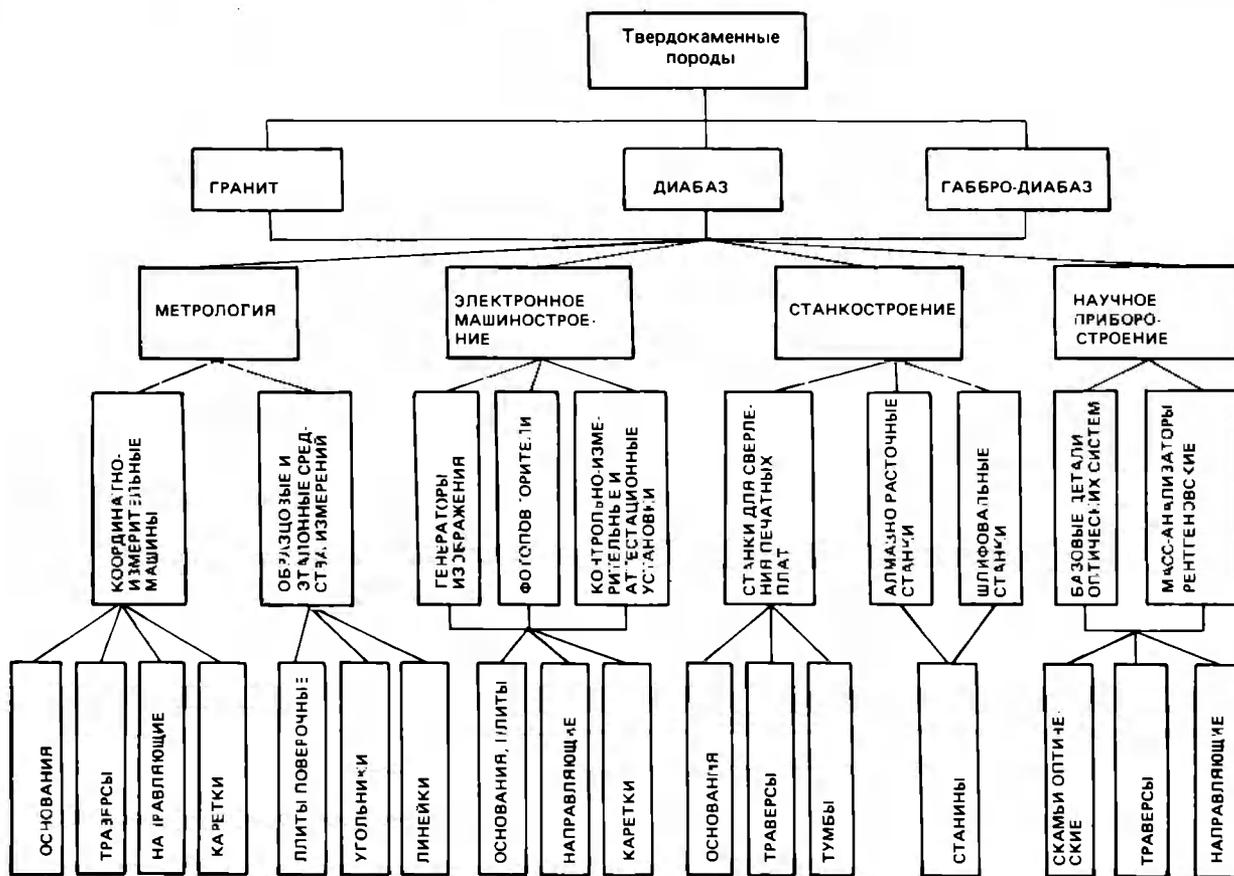


Рис. 1. Структурная схема использования твердокаменных пород в прецизионном машиностроении

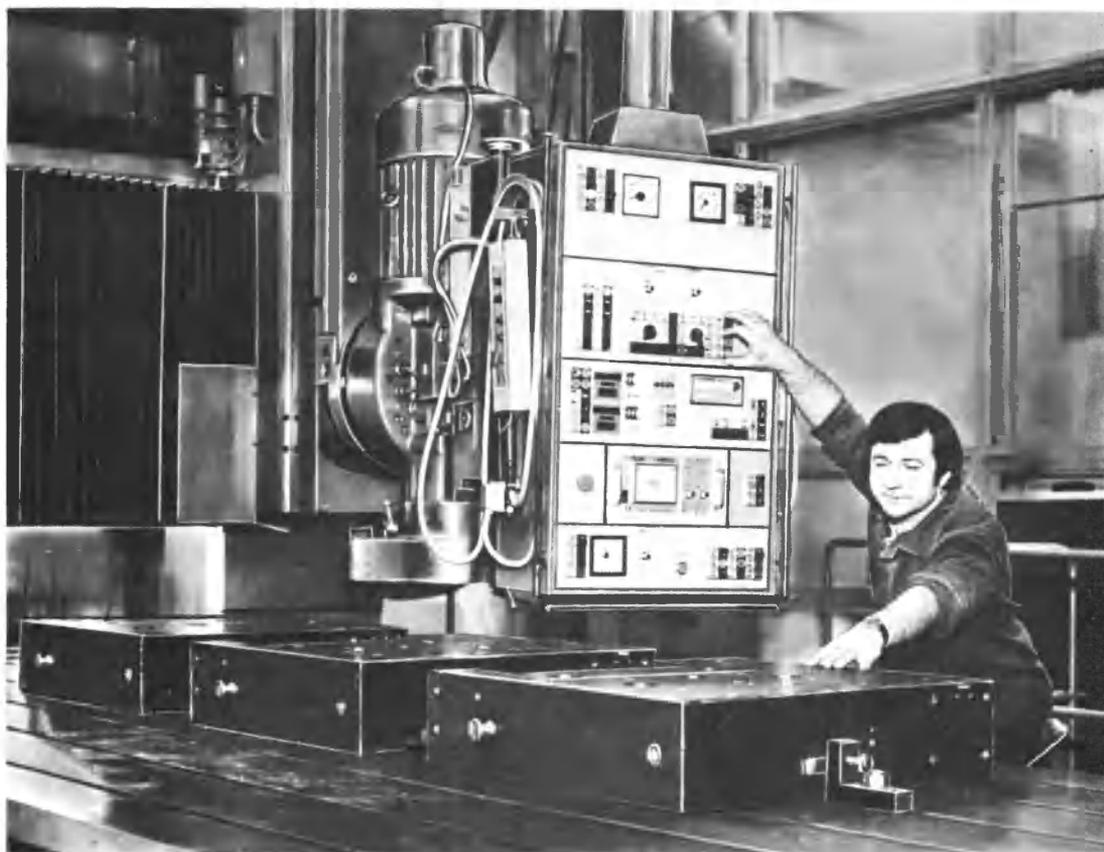


Рис. 2. Шлифование плит из габбро-диабаз (отклонение от плоскостности 0,004 мм)

низким значением ТКЛР способствует повышению термостабильности размеров и формы деталей из ТКП, а с другой — требует большего времени для выдержки деталей перед началом прецизионных измерений.

Современные области использования ТКП в прецизионном машиностроении иллюстрирует рис. 1. Наибольшее применение ТКП получили в метрологии [8].

В настоящее время выпускаются нормализованные средства для прецизионных линейно-угловых измерений (рис. 2, 3), специальные детали и сборочные единицы из ТКП, проводятся работы по использованию деталей из гранита в конструкциях координатно-разметочных и координатно-измерительных машин [9].

На международной выставке "Электротехнология-80" в Москве демонстрировался станок для сверления отверстий в печатных платах модели СМ-600, в конструкции которого для изготовления основания, траверсы и направляющих использованы гранит янцевский и габбро-диабаз роп-ручейский. Основные характеристики (точность и производительность обработки) станка соответствуют характеристикам лучших мировых образцов.

В последнее время ТКП, и в первую очередь габбро-диабаз, стали широко использоваться в качестве материала для изготовления прецизионных базовых деталей оптико-механического оборудования взамен деталей из чугуна и сталей [10]. Переход от выпуска отдельных образцов оборудования с использованием ТКП в координатных системах к серийному выпуску стал возможным благодаря выполнению большого объема исследовательских и опытно-конструкторских работ по изучению физико-механических свойств ТКП из более чем 18 месторождений страны, выбору пород, отвечающих требованиям прецизионной техники, а также созданию специализированного производства по их предварительной и финишной обработке. При контроле блоков и заготовок ТКП используются методы неразрушающего контроля — визуальный, капиллярный и ультразвуковой, что вызвано наличием значительных внешних и внутренних дефектов, в частности зон объемной и линейной трещиноватости, а также повышенной пористости. Неразрушающий контроль позволил сократить коэффициенты запуска заготовок в 1,5–2 раза. После контроля блоки поступают на алмазно-распиловочный станок для распиловки на плиты, а затем на окантовку плит в необходимые размеры с помощью отрезного алмазного круга.

Предварительное шлифование заготовок на специализированном плоскошлифовальном станке производится по плавающей схеме торцевой головкой, оснащенной шестью абразивными сегментами. Меняя зернистость абразивных брусков, можно варь-

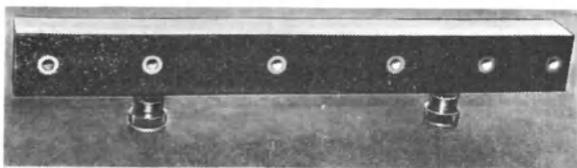


Рис. 3. Направляющая из габбро-диабаз (размеры 690×70×45 мм; отклонения от плоскостности, параллельности и перпендикулярности граней 0,002—0,004 мм)

ировать фактуру обработанной поверхности от шлифованной начерно до полированной.

Сверление функциональных и технологических отверстий производится твердосплавными и алмазными кольцевыми сверлами. Окончательная обработка деталей производится тонким шлифованием на обычных плоскошлифовальных станках и ручной доводкой с использованием чугунных притиров и алмазно-абразивных микропорошков [10].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов А.М. Добыча и обработка природного камня.— М.: Стройиздат, 1977.— 349 с.
2. Сычев Ю.Н., Берлин Ю.Я., Шалаев И.Я. Оборудование для распиловки камня.— Л.: Стройиздат, 1983.— 288 с.
3. Варданян К.С. Современные камнеобрабатывающие станки и поточные линии.— Ереван: Айстан, 1975.— 227 с.
4. Берлин Ю.Я., Сычев Ю.И., Шалаев Н.Я. Обработка строительного декоративного камня.— Л.: Стройиздат, 1979.— 232 с.
5. Александров В.А. Обработка природного камня алмазным дисковым инструментом.— Киев: Наукова думка, 1979.— 240 с.
6. Бессчастный А.В., Касаточкин А.В. Технология алмазного сверления железобетона.— М.: Стройиздат, 1980.— 104 с.
7. Опыт применения алмазного инструмента для обработки неметаллических материалов: Обзор.— М.: НИИМаш, 1979.— 44 с.
8. Бирюков Г.С. Использование гранита в измерительных приборах для линейных измерений.— Измерительная техника, 1982, № 2, с. 22—23.
9. Лурье Г.Б. Координатно-разметочная машина сокращает ручной труд.— Машиностроитель, 1980, № 12, с. 14—15.
10. Прецизионные детали из твердокаменных пород/Г.Д.Ускевич, И.А.Кадомский, Г.П.Кузьмичев, В.С.Ткачев.— Электронная техника. Сер. 7. Технология, организация производства и оборудование, 1982, вып. 3, с. 70—71.

Статья поступила 17 сентября 1985 г.

УДК 666.192.05

В.А.Гуров, В.А.Емельянов, А.А.Хмыль,  
В.И.Шевцов

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ КВАРЦЕВОГО СЫРЬЯ С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ПРИМЕСЕЙ

Для удовлетворения постоянно возрастающих запросов промышленности в высококачественных изделиях из кварцевого стекла требуется кварцевое сырье высокой чистоты, запасы которого ограничены\*, в то время как огромные запасы жильного и гранулированного кварцевого сырья не могут использоваться из-за большой загрязненности примесями полевых шпатов, слюды, сфена,

\* Арашкевич В.М. Основы обогащения руд.— М.: Недра, 1973.— 190 с.

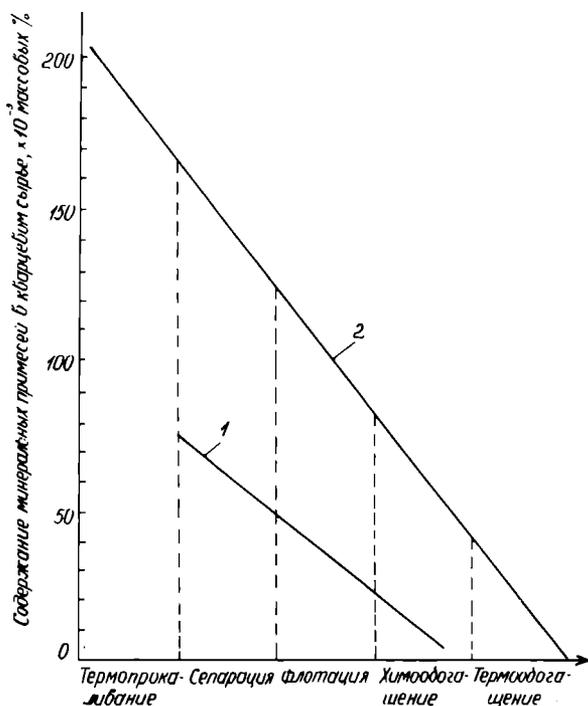
роговой обманки, рутила и ряда других минералов.

Традиционные методы обогащения — флотационные, гравитационные, магнитные, химические, электростатические — не обеспечивают получение концентрата сырья необходимой чистоты.

На предприятии разработан технологический процесс обогащения жильного гранулированного кварцевого сырья, отличающийся введением двух дополнительных операций малой трудоемкости: во-первых, прокаливанию исходного сырья в среде кислорода перед традиционными процессами обогащения и, во-вторых, финишной термообработки обогащенного сырья.

Камера для прокаливанию представляет собой вращающуюся кварцевую трубу, которая разогревается инжекционными газовыми горелками до температуры 1000–1100°C (прокаливание) и 1100–1200°C (термообработка). С помощью вибропитателя в камеру подается кварцевое сырье в виде крупки и противотоком пропускается кислород со скоростью 4–6 м<sup>3</sup>/ч. Введение термической обработки позволяет значительно повысить эффективность таких методов обогащения, как электромагнитная сепарация, флотация и химическая обработка. При суммарной загрязненности кварцевого сырья минеральными примесями до 0,2 процента по массе новая технология позволяет за один этап обогащения достигать суммарного содержания примесей не более  $0,3 \cdot 10^{-3}$  процентов по массе (см. рисунок).

Как показали проведенные исследования, введение новых операций обеспечивает не только повышение степени обогащения кварцевого сырья, но и увеличение на 4–7% определяющего для производства прозрачного и оптического кварцевого стекла показателя качества сырья — его свето-



Сравнительная диаграмма степени обогащения кварцевой крупки: 1 — традиционная технология; 2 — технология с дополнительной термообработкой сырья

пропускания, а также ликвидацию углеродсодержащих включений, что в итоге значительно улучшает качество стекла в отношении капиллярности (наличие газовых полостей).

Внедрение данной технологии позволило получить высококачественные изделия (трубы, штабики, оптические заготовки) из малодефицитного и недорогостоящего жильного гранулированного кварца, не уступающие по своим свойствам изделиям, полученным из импортных горных хрусталей при одинаковом расходе сырья, что обусловило значительный экономический эффект.

Разработанная установка внедрена и входит в состав цехового технологического оборудования.

Статья поступила 20 ноября 1985 г.

УДК 621.382.002:621.357.74:669.21

Л.П.Ануфриев, В.А.Емельянов

## РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛОТА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ИС

Применение золочения в конструкциях корпусов ИС и полупроводниковых приборов наряду с требованием обеспечения высокого качества покрытия выдвигает задачу постоянного снижения удельного расхода золота. Решение этой задачи возможно путем комплексного подхода с учетом двух факторов: с одной стороны, необходимости совершенствования технологии подготовки поверхности изделий перед нанесением покрытия, стабилизации электролита золочения и оперативного контроля его состава, контроля с помощью приборов количества осажденного золота, использования стабилизированных источников тока, внедрения процесса нестационарного электролиза; с другой стороны, — необходимости совершенствования конструкций самих изделий и оснастки для их золочения.

Разработка и внедрение ряда указанных мероприятий позволили за годы одиннадцатой пятилетки сэкономить при производстве металlostеклянных корпусов ИС и полупроводниковых приборов значительное количество золота.

Определяющее влияние на качество сцепления гальванического покрытия с подложкой оказывает подготовка поверхности изделия перед электролизом. Традиционные методы подготовки — декапирование в растворах кислот или щелочей — требуют тщательной последующей промывки, которая, не исключая загрязнения электролита золочения из-за переноса в него следов травителя, неизбежно ухудшает состояние подготавливаемой поверхности. Этих недостатков лишен разработанный и внедренный в производство процесс декапирования перед золочением в фосфатной электролите в растворе на основе фосфорной кислоты с добавкой сернокислого гидразина, т.е. в буферном по отношению к электролиту золочения. Такой электролит эффективно очищает металлическую поверхность и позволяет исключить дополнительную промывку после декапирования. Состав электролита золочения поддерживается на заданном уровне за счет

поступления в него порций фосфорной кислоты и гидразина с изделиями, подлежащими золочению (введение в фосфатный электролит сернокислого гидразина в количестве 0,7–1,5 г/л позволяет существенно стабилизировать процесс электролиза благодаря предотвращению перехода одновалентного иона золота в трехвалентный и удалению выделяющегося кислорода из прикатодного слоя).

Разработанный гальванический комплекс позволяет осуществлять контроль за количеством осажденного золота, стабилизацию токовых режимов, поддержание заданной концентрации золота в электролите. Этот комплекс содержит автоматический расходомер золота, стабилизированный источник тока и дозатор электролита. В результате его использования значительно снизился разброс привесов золота по партиям, получена экономия золота за счет возможности более точного контроля его расхода, сужения и смещения диапазона нормативных толщин покрытия в сторону нижних предельных значений. Этим же целям служит установка нестационарного электролиза УНЭЛ, определяющая в соответствии с задаваемой программой режим золочения путем изменения амплитуды тока, длительности импульсов и формы периодического сигнала на различных стадиях нанесения покрытия. Это дает возможность целенаправленно влиять на структуру осадка, обеспечивает высокую прочность его сцепления с основой, низкую пористость и высокую чистоту.

Для технологического контроля и своевременной корректировки содержания золота в электролите использован концентратометр "Радиометр", позволяющий оперативно регулировать концентрацию в каждой ванне золочения.

Проведена модернизация оснастки для золочения — заменены контактирующие узлы, уменьшен диаметр контактной проволоки, созданы приспособления, защищающие электропроводящие контакты от попадания электролита. Разработана также оснастка, обеспечивающая возможность дифференцированного покрытия металлостеклянных корпусов ИС всех выпускаемых типоразмеров. В результате ее применения расход золота снизился на 25–40%.

С целью снижения расхода золота внесены изменения и в конструкцию изделий — модернизирована выводная рамка и ободок корпусов "Микро-2", исключено металлическое дно корпуса 401.14–6, изменена конструкция корпуса КТ–1, для сборки некоторых типов ИС используются корпуса 401.14–3 и 401.14–4 с покрытием из сплавов никель-индий и никель-олово.

Следует однако отметить, что совершенствование методов нанесения золотых покрытий не исключает дальнейших поисков сплавов, позволяющих замедлить золото при конструировании изделий микроэлектроники.

*Статья поступила 24 сентября 1985 г.*

УДК 621.794.4

Ю.Х.Гукетлев

## ЭКОНОМИЧНЫЙ МЕТОД ВИХРЕВОЙ ОБРАБОТКИ ПЛАСТИН В ПРОИЗВОДСТВЕ ИЭТ

Современный уровень технологии предъявляет постоянно возрастающие требования к чистоте ответственных рабочих поверхностей изделий электронной техники (ИЭТ). Основным производственным процессом, дающим возможность с достаточной экономичностью получать необходимую степень чистоты поверхности полупроводниковых пластин, служит в настоящее время жидкостная химическая обработка [1].

Жидкостная обработка может предусматривать погружение заготовок в очищающую среду или подведение очищающей среды к заготовкам [2], причем применение сжатого газа в установках, использующих последний метод, дает возможность интенсифицировать процесс, резко изменив принцип построения оборудования.

Установка, реализующая метод вихревой обработки полупроводниковых пластин, состоит из рабочей камеры, блока подачи химических реактивов, блока подачи и фильтрации деионизованной воды, блока управления. Фторопластовая оснастка характеризуется высокой химической стойкостью и исключает диффузионное загрязнение пластин.

При обработке пластин в статическом режиме камера полностью заполняется подогретым до нужной температуры очищающим раствором. После выдержки пластин в растворе в течение заданного времени раствор вытесняется сжатым газом, затем пластины отмываются и просушиваются. Такой процесс отличается плохой однородностью и воспроизводимостью результатов обработки и требует больших временных затрат.

В динамическом режиме обработка поверхности осуществляется вихревым жидкостным или аэрозольным потоком. Вихревая обработка позволяет интенсифицировать процесс путем увеличения тепло- и массообмена на поверхности пластин и удалять твердые частицы без применения гидромеханических устройств.

Для усиления динамического воздействия на микрочастицы при аэрозольной обработке следует увеличивать плотность смеси в потоке, которая определяется соотношением расходов жидкости и газа, хотя это ведет к большему расходу реагента. Режим, обеспечивающий заданную чистоту поверхности с минимальным расходом реагента, обычно подбирается эмпирическим путем.

При обработке поверхности вихревым потоком жидкости в установке предусмотрена возможность многократного использования реагента. С целью стабилизации температурных режимов обработки перед началом процесса через систему пропускается нагретый до необходимой температуры поток жидкости или газа. Обработка поверхности вихревым потоком жидкости обеспечила повышение качества и сокращение времени процесса по сравнению с аэрозольной обработкой после оптимизации параметров потока и реагента. Была обеспечена однородность степени обработки по поверхности и воспроизводимость ее от пластины к пластине, определены режимы, позволившие в 2–3 раза повы-

суть качество обработки пластин при сокращенном расходе реагента.

Разработанное оборудование, использующее вихревые методы, позволяет проводить цикл химической обработки, отмывки и сушки пластин в автоматическом режиме по заданной программе. При одинаковой с традиционным оборудованием производительности технологический комплекс занимает по сравнению с ним производственные площади, меньшие в 10–15 раз; в 7–8 раз уменьшилась материалоемкость оборудования; в 3 раза сократилось энергопотребление; обслуживающий персонал сокращен в 8 раз. Оборудование легко встраивается в существующие технологические линейки.

Весь процесс очистки, отмывки деионизованной водой и сушки пластин в потоке нагретого газа протекает в одной и той же герметичной камере, что исключает межоперационные загрязнения и повышает безопасность труда оператора. Автоматическая регулировка температуры и времени обработки, автоматическая дозировка фильтрованных химикатов и деионизованной воды при составлении очищающих растворов гарантируют воспроизводимость результатов.

Метод вихревой обработки и оборудование для его использования позволяют резко увеличить съем продукции с единицы производственных площадей с одновременным уменьшением трудоемкости процесса и повышением качества ИЭТ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Старшинов И.П. Требования к процессам очистки кремниевых пластин.— Электронная промышленность, 1983, вып. 10, с. 33–34.

2. Обзор по электронной технике: Процессы отмывки кремниевых подложек в производстве полупроводниковых приборов/А.Е.Шуляковский, В.С.Сотников, В.И.Иванов.— М., 1984.— Вып. 2(1016). Сер. 2. Полупроводниковые приборы.

*Статья поступила 18 ноября 1985 г.*

УДК 681.586'33

**С.К.Ермашов, И.А.Лукьяненко,  
Э.Б.Тихомиров**

## ЗАМЕНА НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ ПОЛИМЕРОМ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КОРПУСОВ ДАТЧИКОВ И РЕГУЛЯТОРОВ РАСХОДА ГАЗА

Применяемые в технологическом оборудовании датчики и регуляторы расхода газа, преобразующие объемный расход газа в электрический сигнал напряжения постоянного тока, имеют корпуса, выполненные из нержавеющей стали 12Х18Н10Т.

Эти датчики и регуляторы могут применяться только для таких газовых сред, которые не вызывают коррозию стали названной марки, никеля и не разрушают фторопласт Ф26. Стабильность их выходных параметров, величины основной и до-



Корпуса регуляторов и датчиков расхода газа: 1 — из нержавеющей стали 12Х18Н10Т; 2 — из пентапласта БГ-1 (армирован втулками из нержавеющей стали); 3 — из пентапласта БГ-1

полнительной погрешностей определяются точностью выполнения газовых каналов, причем наличие шероховатости поверхностей этих каналов снижает химическую стойкость материала корпуса и чистоту технологического процесса.

Прецизионное механическое изготовление корпусов оказывалось трудоемким и малопродуктивным, в отходы при этом уходило до 70% материала.

С целью повышения эксплуатационных характеристик корпуса из нержавеющей стали заменили на корпуса из полимерного материала. Был выбран пентапласт марки БГ-1 ТУ6-05-1422-74, отличающийся высокой химической стойкостью, достаточной механической прочностью, малой текучестью под нагрузкой. Материал превосходно обрабатывается литьем под давлением (процесс отличается высоким коэффициентом использования материала), герметичен, имеет малое газовыделение в вакууме и достаточно продолжительный срок службы до начала старения. При оптимальном режиме обработки изделия из пентапласта имеют крайне малые остаточные напряжения по сравнению с изделиями из других полимеров, вследствие чего их геометрия в ходе эксплуатации остается без изменений. Это позволяет применять пентапласт в конструкциях, армированных металлом.

Корпуса датчиков и регуляторов расхода газа из пентапласта БГ-1 изготовлялись методом литья под давлением при температуре 200–230°C и давлении 120 МПа на термопластавтомате. Продолжительность цикла составляла 60 с. Корпуса были армированы втулками из стали 12Х18Н10Т, газовые каналы выполнены по 8–12 качеству с шероховатостью 0,4–0,8.

Датчики и регуляторы расхода газа с корпусами из пентапласта БГ-1 (см. рисунок) успешно прошли испытания в реальных условиях.

Замена нержавеющей стали 12Х18Н10Т на пентапласт БГ-1 в корпусах датчиков и регуляторов расхода газа позволила расширить диапазон рабочих сред, сэкономить остродефицитный материал, сни-

зять трудоемкость изготовления и массу изделий. Годовой экономический эффект на предприятии составил сотни тысяч рублей.

*Статья поступила 30 сентября 1985 г.*

УДК 621.7.025

**И.П.Быковский, Э.С.Гожая, К.Н.Головина,  
Н.М.Салеева**

## **БЕЗОТХОДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБЕЗЖИРИВАНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ ЗАГОТОВОК В ТРИХЛОРЭТИЛЕНЕ**

На одном из предприятий отрасли совместно с ГОСНИИхлорпроектом разработана и внедрена безотходная технология обезжиривания алюминиевых заготовок в трихлорэтилене, стабилизированном СТАТ-1, что обеспечивает длительную стабильность трихлорэтилена при температуре кипения в рабочем режиме и при регенерации. Стабилизатор СТАТ-1 надежно предотвращает разложение трихлорэтилена при контакте с металлами — алюминием, магнием, медью, их сплавами и различными сталями, а также предохраняет от коррозии обезжириваемые изделия и оборудование. При этом существенно не меняется значение рН исходного трихлорэтилена, а имеющаяся щелочность закрепляется.

Применение стабилизатора в количестве 1% от веса трихлорэтилена позволило проводить процесс обезжиривания алюминиевых заготовок в три стадии: в кипящем трихлорэтилене, паровой зоне и зоне охлаждения, что значительно улучшило качество обезжиривания и заметно интенсифицировало процесс очистки.

В ходе процесса обезжиривания отработанный растворитель подвергается регенерации путем простой перегонки при температуре 110°C, при этом в перегонном кубе накапливается маслянистая труднотопящая смесь с массовым содержанием трихлорэтилена до 40%. С целью полного его извлечения из накопившихся отходов и защиты окружающей среды ГОСНИИхлорпроектом была разработана и внедрена на предприятии технология азеотропной перегонки маслосодержащих растворов трихлорэтилена.

Метод азеотропной перегонки маслосодержащих растворов трихлорэтилена основан на свойстве трихлорэтилена образовывать с водой гетерогенный азотроп с массовым содержанием растворителя 93%. С целью создания в кубе дистиллятора однородной эмульсии трихлорэтилен-масло-вода азеотропную отгонку проводят с помощью эмульгаторов, в качестве которых используются неионогенные, или амфотерные, маслосодорастворимые поверхностно-активные вещества (ПАВ).

Применение разработанной технологии позволяет извлекать трихлорэтилен из кубовых маслосодержащих остатков. Массовое содержание хлора в очищенном масле — менее 0,01%. Образующую в процессе разделения воду можно употребить на приготовление нового раствора ПАВ (окиси алкилдиме-

тиламина) а извлеченный трихлорэтилен — вновь использовать в процессе обезжиривания. Процесс регенерации продолжается 3 ч.

Внедрение безотходной технологии обезжиривания алюминиевых заготовок трихлорэтиленом при изготовлении декоративных шильдиков позволило сэкономить 15% трихлорэтилена и решить одну из экологических проблем: исключить выброс отходов трихлорэтилена в окружающую среду и сжигать на обычном оборудовании отработанные отходы консервационных масел.

В процессе модернизации технологической установки она была укомплектована автооператором ОТ-274-ПС, что позволило автоматизировать процесс, улучшив условия труда и повысив качество обезжиривания.

*Статья поступила 30 сентября 1985 г.*

УДК 621.382.002:546.289

**И.Г.Васильев, А.А.Ермаков, А.И.Перфильев,  
В.И.Пильдон, С.В.Смагина**

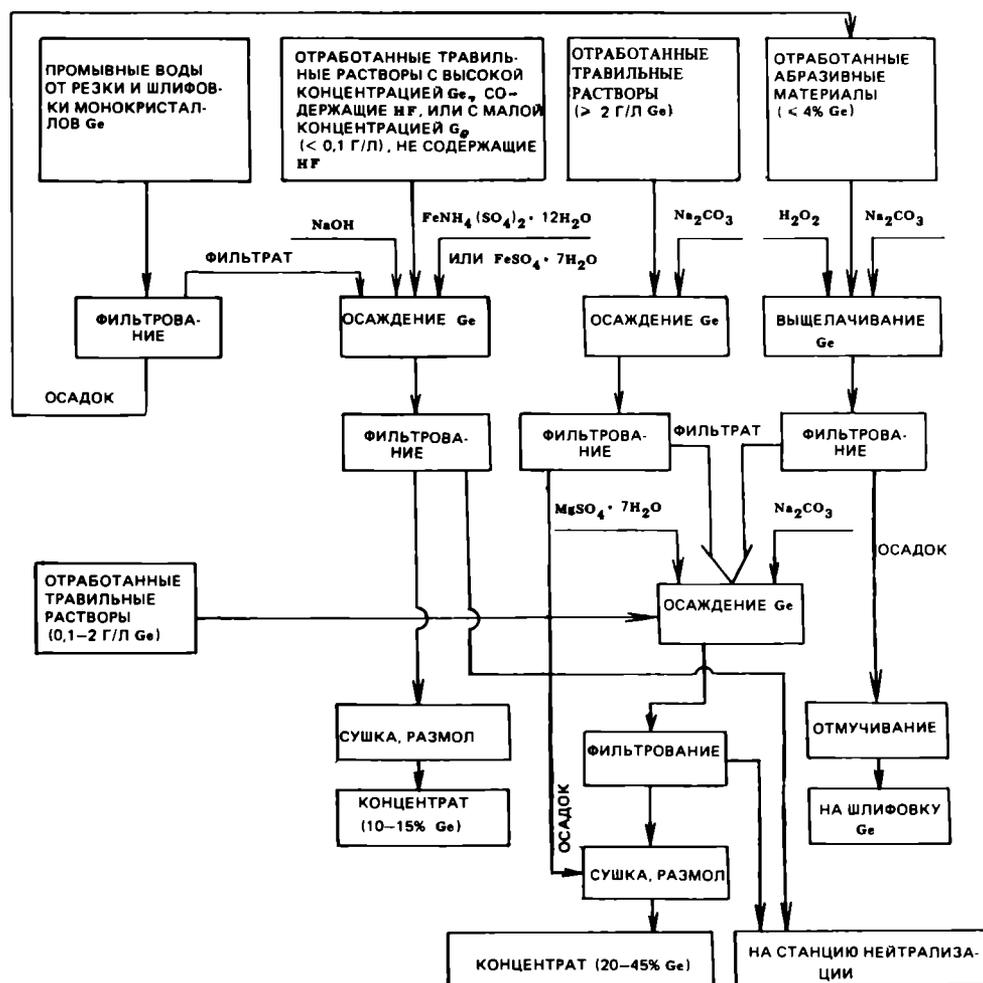
## **ОПЫТ ЭКОНОМИИ ГЕРМАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ**

В условиях постоянно расширяющегося производства полупроводниковых приборов и интегральных схем, где широко используются дефицитные и высококачественные материалы, в том числе редкие, цветные и дорогостоящие металлы, особенно актуальны проблемы сбережения материальных ресурсов. Экономии материалов можно добиться не только за счет снижения материалоемкости изделий и оптимизации технологии, но и за счет их регенерации из отходов [1—4].

Система сбора, хранения, первичной обработки и сдачи отходов обрабатывалась в условиях производства германиевых полупроводниковых приборов. Германий — редкий материал — широко применяется также в оптике, химии, производстве средств связи и т.д. Увеличение производства германия сдерживается во всем мире постепенным истощением его ресурсов — для получения 200 г германия необходимо переработать 1 т руды. Вместе с тем, при производстве приборов до 85% германия переходит в отходы, причем свыше 25% отходов содержится в промывных водах и отработанных травильных растворах [5].

Разработанная комплексная система сбора и первичной обработки германийсодержащих отходов предполагает создание новых и совершенствование существующих методов.

Применявшиеся до сих пор методы извлечения германия из жидких отходов [6] несовершенны, так как не обеспечивали достаточно высокого содержания германия в концентратах, характеризовались плохой фильтруемостью суспензий и требовали больших количеств реагентов, что приводило к высокой энергоемкости процессов и большим трудозатратам. Из некоторых растворов и отрабо-



Универсальная схема переработки германийсодержащих отходов

танных шлифпорошков, содержащих менее 4% германия, последний вообще не извлекался.

На основе теоретических и экспериментальных исследований разработаны высокоэффективные способы извлечения германия из промывных вод и травильных отработанных растворов (при содержании его до 10 мг/л) и абразивных порошков (при содержании до 1%). Так, внедрение применявшегося ранее только в металлургии метода карбонизации [7] с использованием карбонатов щелочных металлов, аммония, цинка и магния позволило устранить основной недостаток гидратных способов концентрирования германия — низкую скорость фильтрации суспензий. Оработаны также способы извлечения германия из жидких отходов, в которых его концентрация изменяется в широких пределах, в том числе из тех, где присутствует фтористоводородная кислота (до последнего времени из таких растворов германий практически не извлекали). В результате внедрения универсальной схемы переработки всех видов германийсодержащих отходов (см. рисунок) удалось повысить содержание германия в концентратах с 5–20 до 10–40%, увеличить в 5–10 раз скорость фильтрации суспензий, снизить энергоемкость процессов.

Дальнейшие шаги на пути экономии германия были связаны с совершенствованием методик определения его концентрации в растворах. Тради-

ционные методы дают значения, заниженные на 5–20%, если растворы содержат окислители (пероксид водорода, хлор), и это предопределяет дополнительные потери германия, поскольку технологический режим его осаждения может оказаться неоптимальным. Усовершенствование методик анализа исходных кислых (солянокислых) пергидрольных и полировочных растворов, а также замена визуально-колориметрического способа определения концентрации в сбросных водах фотометрическим позволили на 2–5% уменьшить потери германия и в 2–10 раз сократить время анализа растворов.

Следует отметить, что для комплексного решения проблемы экономии германия на каждом предприятии необходимы, кроме научных и технических мероприятий, также и организационные — семинары по обмену опытом, разработка регламентирующих руководящих материалов, обучение персонала.

Внедрение на предприятии комплексной программы по сбору и регенерации отходов германия позволило добиться того, что 70–80% используемого сырья составляет вторичный германий, благодаря чему уже удалось вернуть в производство десятки тонн дорогостоящего материала.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кафаров В.В. Принципы создания безотходных химических производств. — М: Химия, 1982.

2. Волобуев В.Ф., Довгий И.И., Аннудинов Н.В. Заготовка и переработка вторичных металлов.— М.: Металлургия, 1980.

3. Вторичные материальные ресурсы цветной металлургии: Лом и отходы (оборудование и использование): Справочник.— М.: Экономика, 1984.

4. Туболнин А.Ф. Производство без отходов.— Л., 1980.

5. Тананаев И.В., Шпирт М.Я. Химия германия.— М.: Химия, 1967.

6. Собинякова Н.М., Балякина С.И. и др.— В кн.: Минеральное сырье.— М.: ВИМС, 1972.— Вып. 23, с. 129—134.

7. Вассерман И.М. Химическое осаждение из растворов.— Л.: Химия, 1980.

Статья поступила 10 сентября 1985 г.

УДК 621.316.8—416

Н.А.Дружинин, О.А.Жакевич, В.И.Игнатьев, А.А.Фитасов

## РЕГЕНЕРАЦИЯ И ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ МЕТАЛЛОПЛОЧНЫХ РЕЗИСТОРОВ

При производстве металлопленочных резисторов технологические отходы, которыми являются не только заготовки, но и готовые резисторы, забракованные по таким параметрам, как номинал сопротивления, ТКС, ЭДС шумов, недорез активной

зоны, качество окраски, маркировки и т. п., составляют от 15 до 70% общего объема партии. Опыт показывает, что резисторы, отбракованные по электрическим параметрам и по несоответствию технологическим требованиям, после регенерации могут быть возвращены в производство. Для этого в существующий технологический процесс изготовления металлопленочных резисторов типа МЛТ вводится ряд дополнительных операций, которые объединены в участок регенерации (рис. 1).

Технологические отходы после их классификации по виду передаются для регенерации на соответствующие технологические операции.

**Удаление лакокрасочного покрытия.** Из существующих способов удаления лакокрасочных покрытий предпочтение отдано смывке. Этот способ наименее трудоемок благодаря возможности групповой обработки.

Вместе с тем выпускаемые смывки не отвечают в полной мере требованиям к веществам, применяемым для удаления эмалей ЭП-921, ПЭ-922, КО-5140, что обусловило необходимость разработки других рецептур смывки. Модернизированный состав смывки содержит следующие компоненты (массовая доля, %): хлористый метилен — 75,8; этиловый спирт 10,7; глицерин — 5,6; аммиак 25%-ный — 6,2; синтанол — 1,5; уротропин — 0,2. Обычный для стандартного состава смывки СП-7 эмульгатор ОП-7 заменен в новой рецептуре синтанолом, а в качестве ингибитора коррозии введен уротропин. Метиленхлорид выступает в роли активного растворителя, проникающего под лакокрасочную пленку и нарушающего адгезию пленки с подложкой. Этиловый спирт также обладает высокой проникающей способностью и является эффективным "соразстворителем" метиленхлорида. Глицерин способствует замедлению испарения летучих компонентов смывки, а водный раствор аммиака является разрыхлителем лакокрасочного покрытия и служит для

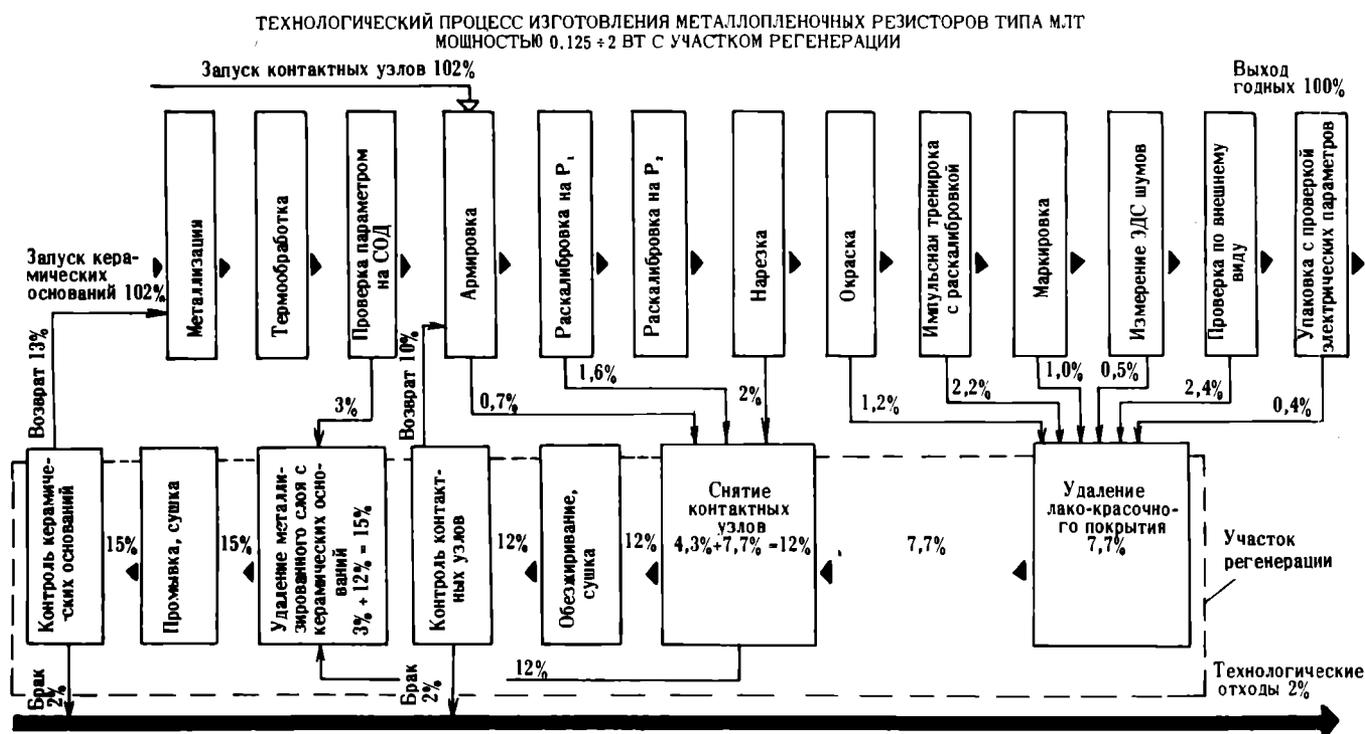


Рис. 1. Структурная схема технологического процесса изготовления резисторов типа МЛТ, предусматривающая регенерацию и возврат отходов в производство

облегчения диффузии растворителей в пленке.

При использовании указанной смывки время удаления лакокрасочного покрытия составляет 10–15 мин. Расход смывки на 1000 резисторов не превышает 1 кг.

**Разармирование резисторов.** Поскольку колпачки и основания выполнены из материалов с различными коэффициентами линейного расширения, для снятия контактных узлов применяется распрессовка с индукционным нагревом колпачков токами высокой частоты. Этот способ обеспечивает разармирование резисторов без их повреждения.

Для выполнения указанной операции разработана автоматическая установка типа УДИРПА-1500-2 (рис. 2) производительностью 1500 контактных узлов в час. Потребляемая электрическая мощность установки — 2,5 кВт, габаритные размеры 740х640х1400 мм; масса — 300 кг.

Для индукционного нагрева колпачков в установке используется специальный индуктор. Съем контактных узлов производится за выводы с помощью механизмов захвата. Во время съема резистор на рабочей позиции удерживается путем прижима его к диэлектрической опоре одной из направляющих планок гравитационного накопителя. Планки накопителя, имеющие форму квадрата, охватывают резистор за основание между колпачками, что обеспечивает размещение колпачков во время индукционного нагрева в зоне рабочих участков индуктора. Необходимое усилие прижима резистора к опоре создается в момент съема контактных узлов с помощью электромагнита.

Для повышения производительности установка снабжена приводом с храповой однооборотной муфтой и двумя фотодатчиками, расположенными на механизмах захвата.

**Удаление токопроводящего слоя с керамических оснований.** Способ выполнения этой операции основан на обработке металлизированных оснований в шаровых мельницах и барабанах в присутствии абразивного порошка и приточной воды. Способ пригоден для групповой обработки большого количества оснований. Правда, некоторое изменение

размера наружного диаметра у части оснований и образование на поверхности пятен токопроводящего слоя позволяют применять такие основания только для низкоомных резисторов.

Другой существующий способ удаления токопроводящего слоя — с помощью лазерного луча — имеет невысокую производительность.

С использованием регенерированных контактных узлов были изготовлены опытные партии резисторов. Их испытания на соответствие ГОСТ 7113-77 показали, что операция разармирования не ухудшает характеристик резистора. Вместе с тем, у некоторой части разармированных резисторов было выявлено отклонение внутренних диаметров колпачков от чертежных до 0,02 мм, что является следствием больших натягов при армировке, когда разность сопрягаемых диаметров колпачка и керамического основания составляет 0,8–0,1 мм.

Преодолеть указанный недостаток можно:

— приведением внутренних размеров колпачков разармированных контактных узлов к чертежным;

— обеспечением калибровки керамических оснований (отбором их по диаметру, имеющему отклонение в верхнем пределе, и организацией специального потока в технологическом процессе);

— изготовлением керамических оснований специально для использования их с регенерированными контактными узлами и организацией их самостоятельного потока в технологическом процессе.

Предпочтение отдано первому способу, и в настоящее время проводится разработка оборудования для калибровки колпачков, т.е. приведение их к чертежным размерам, используемым при существующей технологии.

Реализация указанных мероприятий позволит получить значительный экономический эффект за счет экономии цветных и драгоценных металлов и некоторой части керамических оснований.

Статья поступила 26 апреля 1985 г.

УДК 681.787.2

Ю.П.Райнова, С.М.Турилин

## ПРИМЕНЕНИЕ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОСА В ГАЗОФАЗНЫХ ПРОЦЕССАХ

**Двухэкспозиционная голографическая интерферометрия является инструментальным методом изучения механизма эпитаксии, который может быть использован для оптимизации газодинамических условий его протекания.**

Проблема оптимизации тепло- и массопереноса в газофазных процессах является актуальной при изготовлении изделий микроэлектроники методами эпитаксии, диффузии, осаждения диэлектрических и проводящих пленок. Особое значение эта проблема приобретает для создания алгоритма процесса эпитаксии кремния, оптимальный режим которого соответствует диффузионному.



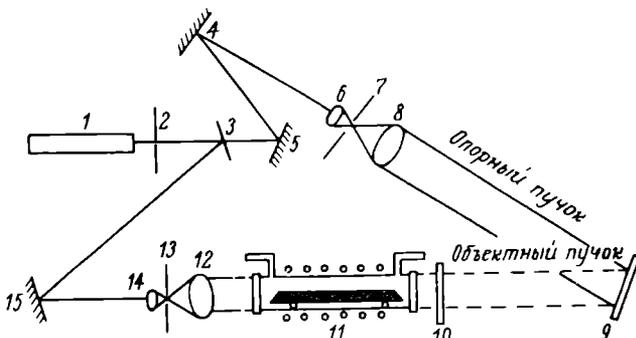
Рис. 2. Установка демонтажа резисторов УДИРПА-1500-2

Известны способы исследования полей температур и концентрации в газофазных процессах по распределению образующегося дыма, прямые аналитические методы (масс-спектрометрия, абсорбционная спектроскопия, газовая хроматография [1]), а также физическое и математическое моделирование. Однако перечисленные методы либо не пригодны для использования в объеме реактора, либо лишь косвенно характеризуют картину газораспределения, либо их реализация требует введения возмущений в газовый поток. Метод, описанный в работе [2], позволяет определять поля температур и концентраций в объеме реактора, но его чувствительность уменьшается с ростом температуры подложки выше 900 К и существенно зависит от природы и парциального давления компонентов газовой фазы.

Поэтому при исследовании тепло- и массопереноса целесообразнее использовать метод голографической интерферометрии, который позволяет визуализировать прозрачные среды в реальных газодинамических условиях реакционной камеры непосредственно во время процесса [3].

Метод основан на эффекте взаимодействия двух когерентных волн, одна из которых искажается при прохождении через исследуемый объект (оптически неоднородное пространство над нагретым пьедесталом с подложками, на поверхности которых идет гетерогенная реакция), а другая проходит в невозмущенной области [4]. С помощью этого метода при использовании лазеров непрерывного действия можно в реальном времени наблюдать изменение интерференционной картины одновременно с изменением оптической неоднородности среды. На голограмме регистрируется интерференция эталонной (без исследуемой неоднородности) и опорной волн. После обработки голограмма устанавливается в исходное положение и освещается объектным (с введенной неоднородностью) и опорным пучками. При этом наблюдается интерференция восстановленной с голограммы эталонной волны с объектной волной, проходящей через исследуемую среду в данный момент.

Сложность реализации метода заключается в необходимости антивибрационной защиты всех элементов оптической системы голографирования, объекта и фотопластины, а также установки голограммы с точностью долей длины световой волны. При смещении во время регистрации голограммы на величину порядка  $\lambda/2$  яркость восстановления изображения уменьшается вплоть до полного его исчезновения.



Принципиальная оптическая схема голографирования газовой фазы при эпитаксии: 1 — импульсный рубиновый лазер; 2, 7, 13 — диафрагмы; 3 — полупрозрачное зеркало; 4, 5, 15 — зеркала; 6, 8, 12, 14 — линзы; 9 — голограмма; 10 — светофильтр; 11 — реактор эпитаксиальной установки

Эти недостатки устраняются решением задачи визуализации газовой фазы при эпитаксии методом двухэкспозиционной голографической интерферометрии [4] с использованием импульсного лазера (см. рисунок). Для записи голограмм экспонирование объекта осуществлялось дважды, в различные моменты времени — когда в объектный пучок введена исследуемая неоднородность (т. е. в процессе эпитаксии) и когда эта неоднородность отсутствует (при комнатной температуре пьедестала).

При восстановлении такой голограммы происходит интерференция волновых фронтов двух отдельных изображений с образованием голографической интерферограммы. Применение импульсного лазера позволяет устранить влияние внешних вибраций на качество изображения. Для восстановления изображения не требуется наличия объекта. Поскольку в голограмме запечатлены оба изображения, она может быть воспроизведена без прецизионной установки.

Полученные данным методом голографические интерферограммы применялись при исследовании тепло- и массопереноса в хлоридном процессе получения автоэпитаксиальных слоев кремния. Метод голографической интерферометрии может быть эффективно использован для выяснения механизма процесса эпитаксии и оптимизации газодинамических условий его протекания.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Kern Werner, Ban V.S. Chemical vapor deposition of inorganic thin films.— Thin Film Processes, 111-2. Academic Press, New York—San Francisco—London, 1978, p. 260.
2. Determination of temperature and partial pressure by Raman scattering inside a CVD reactor/J. Bouix, M.P. Berthet, M. Boubehira et al.— J. Electrochem. Soc., 1982, vol. 129, N 10, p. 2338—2343.
3. Giling L.J., Extended abstract.— Int' l. Conf. on Crystal Growth. Boston, 1977, p. 17—22.
4. Голографическая интерферометрия фазовых объектов.— Л.: Наука, 1970.

Статья поступила 9 декабря 1985 г.

УДК 66.067:621.373.826

И.А.Беляев, Л.К.Денисов, Д.А.Ихенов,  
В.Н.Казачек, В.Г.Никифоров, М.А.Сальников,  
В.А.Сиволов

### КОНТРОЛЬ СОДЕРЖАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДАХ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОГО ФЛУОРИМЕТРА

Испытания подтвердили эффективность для экспресс-анализа и высокую чувствительность предложенного метода оперативного контроля.

Один из существенных факторов, влияющих на качество изделий электронной техники, — степень чистоты поверхностей. Загрязнение поверхностей

приводит, в частности, к увеличению объемного заряда, температурной нестабильности, ухудшает качество затворного окисла [1]. Отсюда становится очевидной роль очистки технологических сред, в особенности воды, применяемой для промывок, приготовления растворов и т.д. Основную долю загрязнений этой воды составляют органические примеси — растворенное органическое вещество (РОВ). По существующим нормам, предельно допустимое содержание органических примесей в воде — 0,2 мг/л.

Применяемый в настоящее время полярографический метод контроля содержания органических веществ в технологической воде требует для анализа десятков минут, не обеспечивая быстродействия, необходимого для экспресс-анализа.

В данной работе рассмотрен лазерный флуориметр, принцип действия которого основан на методике, предложенной В. В. Фадеевым и В. Я. Бартеневым. Метод лазерной флуориметрии характеризуется быстродействием (время анализа — 2—3 мин), достаточным для того, чтобы отслеживать внезапные, кратковременные (до нескольких минут) изменения концентрации РОВ, и высокой чувствительностью. Принципиальная особенность метода — возможность осуществления дистанционного контроля без отбора проб. К достоинствам лазерной флуориметрии следует отнести также то, что она не требует принятия специальных мер для получения сигнала сравнения, а в качестве внутреннего репера используется сигнал  $I_{кр}$  комбинационного рассеяния (КР) света в воде, по отношению к которому измеряется сигнал флуоресценции  $I_{фл}$  органических примесей [2]. Отношение  $\Phi_D = I_{фл} / I_{кр}$ , называемое флуоресцентным параметром, служит мерой содержания органических примесей.

Лазерный флуориметр (рис. 1) состоит из азотного лазера ЛГИ-501, излучение которого через линзу и призму направляется в кювету с исследуемой пробой; сферического зеркала и конденсора, собирающих свечения флуоресценции и КР, которые прошли через фильтры, на входную щель монохроматора (с помощью фильтров подавляются фоновые засветки и выбирается масштаб оптических сигналов); монохроматора, выделяющего участки спектра с сигналами флуоресценции и КР; фотоэлектронного умножителя ФЭУ-39А, преобразующего оптический сигнал в электрический; системы регистрации, с помощью которой осуществляется усиление аналогового сигнала, преобразование его в цифровой код и вычисление  $\Phi_D$ .

**Технические характеристики флуориметра**

Минимальное регистрируемое значение флуоресцентного параметра, отн.ед.	1·10 <sup>-3</sup>
Длина волны возбуждения флуоресценции и КР, нм	337
Спектральный диапазон измерения, нм	300—800
Мощность излучения в импульсе, кВт	до 40
Длительность импульса, нс	10—20
Чувствительность, мкг/л	1,0
Время регистрации, мин	2—5
Объем анализируемой пробы, мл	5
Воспроизводимость результатов, %	10

В процессе испытаний разработанного прибора в течение полутора месяцев проводился контроль чистоты технологической воды в 15 точках непрерывной линии очистки. Значения  $\Phi_D$  изменялись от 8,0·10<sup>-1</sup> для проб исходной, артезианской воды

до 7·10<sup>-3</sup> у воды, прошедшей все этапы очистки, в том числе УФ-облучение. В течение периода измерений трижды были отмечены случаи резкого (примерно на порядок) превышения среднего уровня содержания РОВ, что, по-видимому, связано с заменой ионно-обменных смол в очищающих колонках.

Средние значения  $\Phi_D$  для некоторых точек линии очистки по ходу движения очищаемой воды составляют: для артезианской воды — 0,48, для фильтрата

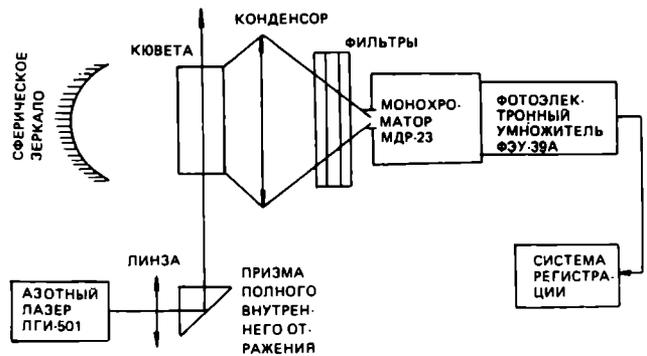


Рис. 1. Функциональная схема лазерного флуориметра

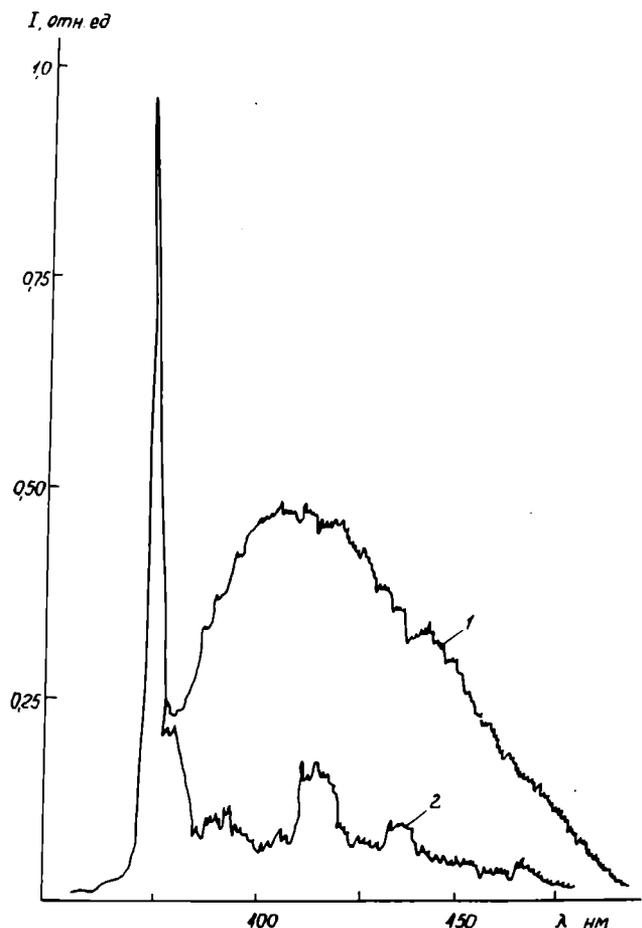


Рис. 2. Примеры спектров флуоресценции и КР: 1 — исходная вода (сигнал КР ослаблен в 9 раз); 2 — вода после заключительного этапа очистки-обработки УФ излучением (сигнал КР ослаблен в 264 раза)

механического фильтра — 0,34, фильтрата катионита — 0,27. На последующих этапах наблюдается резкое уменьшение средних значений  $\Phi_0$ : после анионита — 0,017; после фильтра смешанного действия — 0,014 и после УФ-облучения — 0,011. Примеры спектров флуоресценции и КР (рис. 2) соответствуют длине волны сигнала КР 381 нм, максимуму сигнала флуоресценции в области 420 нм.

Процесс очистки влияет различным образом на различные компоненты; в перспективе представляется возможной идентификация компонент спектра, в частности — методом нелинейной флуориметрии [3].

Сравнение данных лазерной флуориметрии и полярографического анализа, проведенное после обработки результатов на ЭВМ [4], показало, что для концентраций примесей выше 0,1 мг/л данные полярографии хорошо согласуются с  $\Phi_0$  (коэффициент корреляции 0,9). Для более низких концентраций результаты двух методик не согласуются (коэффициент корреляции 0,3), что, возможно, связано с наличием примесей в тетрабутиламмонии (ТБА), используемом для калибровки полярографа.

По полученной линии регрессии и с учетом сечения КР воды [5] получено значение сечения флуоресценции органических примесей (РОВ) — 5,0·10<sup>-22</sup> см<sup>2</sup>/ср.

В процессе испытаний метода оказалось возможным с помощью лазерной флуориметрии определять содержание органических примесей в растворах серной кислоты и перекиси водорода, применяемых для обработки кремниевых пластин, а также анализировать присутствие в растворах микроорганизмов.

В настоящее время завершено внедрение метода в цеховом технологическом процессе производства ИС.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Черняев В.Н. Технология производства интегральных микросхем. — М.: Энергия, 1977. — 375 с.
2. Bristow M.P.F., Houston W.R., Measures R.M. Development of a laser fluorosensor for airborne surveying of the aquatic environment. — NASA conference on the use of lasers for hydrographic studies, NASA, SP-375, 1973, p. 119—136.
3. Фадеев В.В., Чекалюк А.М., Чубаров В.В. Нелинейная лазерная флуориметрия сложных органических соединений. — Доклады АН СССР, 1982, т. 262, с. 338.
4. Математическое обеспечение ЕС ЭВМ. Вып. 2. М.: Институт математики, 1973, с. 29—31.
5. Романов Н.П., Шукнин В.С. Сечение комбинационного рассеяния жидкой воды. — Оптика и спектроскопия, 1975, т. 38, № 6, с. 1120—1124.

Статья поступила 13 июня 1985 г.

УДК 620.19:543.422.8

А.А.Васенков, Г.Н.Кулипанов,  
Ю.М.Литвинов, С.Н.Мазуренко,  
М.А.Михайлов, В.Е.Павченко

## КОНТРОЛЬ ДЕФЕКТОВ И РЕНТГЕНОТОПОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Увеличение степени интеграции при создании СБИС и ССИС требует повышения уровня структурного совершенства как исходных материалов, так и создаваемых в ходе технологического процесса слоев, и сохранения его на всех стадиях изготовления ИС. Необходимо, чтобы структурный технологический контроль проводился с максимальной быстротой и был неразрушающим тем, чтобы годные пластины возвращались в технологический процесс, а негодные отбраковывались.

Рентгеновская дифракционная топография с использованием традиционных источников рентгеновского излучения — рентгеновских трубок — является эффективным инструментом неразрушающего исследования степени дефектности материалов микроэлектроники. Она позволяет исследовать дефекты как в поверхностных областях материала, так и в его объеме с достаточным пространственным разрешением, определяемым геометрией съемки [1], но из-за недостаточной экспрессности этот метод нельзя перевести из разряда лабораторных в разряд промышленных методов неразрушающего контроля технологического процесса. Вместе с тем такие распространенные в микроэлектронике материалы, как полупроводниковые соединения A<sup>III</sup> B<sup>V</sup>, A<sup>II</sup> B<sup>VI</sup>, кристаллы и пленки ферритгранатов, сильно поглощают рентгеновское излучение, что заставляет при их контроле ограничиваться применением в основном методов на отражение, а не на прохождение [2].

Сравнительные характеристики методов  
рентгеновской топографии

Характеристика метода	Метод Ланга	Метод Берга-Баррета	Метод двухкристалльной топографии	Метод лауэ-топографии в СИ
Расходимость, ед. пространственного угла	~1	~10	~0,1	~30
Чувствительность к деформациям решетки, отн. единиц	3·10 <sup>-4</sup>	3·10 <sup>-3</sup>	5·10 <sup>-7</sup>	1·10 <sup>-4</sup>
Интенсивность, фотон·с <sup>-1</sup> мрад <sup>-2</sup>				
острофокусные трубки	< 5·10 <sup>7</sup>	< 5·10 <sup>7</sup>	< 5·10 <sup>7</sup>	5·10 <sup>12</sup>
трубки с вращающимся анодом	< 10 <sup>9</sup>	< 10 <sup>9</sup>	< 10 <sup>9</sup>	—
Геометрическое разрешение, мкм	≅ 1	≅ 1	≅ 1	≅ 2

Чрезвычайно перспективным представляется использование в рентгеновской дифракционной топографии высокоинтенсивных источников рентгеновского излучения, в частности источников синхротронного излучения [3], обладающего уникальными свойствами: непрерывностью спектра излучения, высокой интенсивностью и высокой степенью естественной коллимации.

Из сопоставления различных методов рентгеновской топографии (табл. 1) видно, что высокая степень естественной коллимации источника синхротронного излучения, сравнимая с коллимацией в методе Ланга, обеспечивает достаточно высокую чувствительность к деформациям решетки — значительно большую, чем в методе Берга-Баррета, хотя и меньшую, чем в методе двухкристальной топографии. Существенно большая по сравнению с рентгеновскими трубками (на 3–4 порядка) интенсивность источника синхротронного излучения обеспечивает значительное сокращение времени экспозиции (до нескольких секунд) при сравнимых площадях топографирования. Геометрическое разрешение (величина которого имеет один порядок с разрешением, обеспечиваемым традиционными методами) существенно не ухудшается при увеличении расстояния образец-детектор.

Непрерывность спектра, высокие интенсивность и степень коллимации синхротронного излучения позволяют значительно упростить аппаратное оформление метода рентгеновской топографии и в ряде случаев отказаться от монохроматизации излучения. Наиболее доступный и простой в аппаратном оформлении метод рентгеновской топографии в синхротронном излучении — это метод лауэ-топографии в полихроматическом излучении (рис. 1) [4]. Синхротронное излучение, генерируемое при ускоренном движении электронов по круговой орбите радиуса  $R$ , в направлении касательной к орбите, выходит из поворотного магнита и попадает в коллиматор 2, который вырезает из потока излучения цилиндрический пучок с высокой и относительно равномерной по сечению интенсивностью, направляемый на образец 3, где происходит дифракция. Так как на образец попадает сплошной спектр, условие Вульфа-Брэгга  $2d_{hkl} \sin \theta_B = n\lambda$ , (где  $d_{hkl}$  — межплоскостное расстояние,  $\theta_B$  — угол отражения,  $n$  — порядок отражения,  $\lambda$  — длина волны) удовлетворится при определенных отражениях  $h, k, l$ . На фотопластинке 4 возникает дифракционная картина в виде системы лауэ-пятен, каждое из которых представляет собой топограмму участка образца.

Метод топографии в полихроматическом излучении имеет следующие преимущества:

- не требует, в отличие от методов Ланга и двухкристальной топографии, высокой точности установки образца: для большинства исследований достаточна точность установки в доли градуса, а не секунды; совершенная стабильность системы требуется только на время экспозиции, которое составляет не десятки часов, как у названных методов, а не более десятков секунд;

- обеспечивает быстрое получение одновременно на одной лауэ-топограмме нескольких рефлектов, в том числе и стереопар, что позволяет за короткое время определить, например, вектор смещения на дефекте упаковки, пространственное расположение дислокаций и их векторы Бюргерса;

- позволяет получить однородные по интенсив-

ности изображения даже для изогнутых образцов, что важно при технологическом контроле различных термических операций. Поскольку образец облучается сплошным спектром, каждой его части соответствует определенная длина волны из сплошного спектра; монотонный изгиб образца приводит к изменению длины волны и сдвигу брэгговского угла по длине образца, вследствие чего могут быть сняты топограммы поликристаллических образцов;

- дает возможность благодаря высокой интенсивности и степени коллимации источника синхротронного излучения увеличивать расстояние между объектом исследования и детектором дифрагированного излучения без значительной потери разрешения; это позволяет проводить рентгено-топографические исследования *in situ* при воздействии температур и напряжений в реальном масштабе времени;

- позволяет использовать при визуализации рентгеновских изображений менее чувствительные к рентгеновскому излучению детекторы, поскольку источник синхротронного излучения имеет высокую интенсивность.

К недостаткам метода лауэ-топографии в полихроматическом излучении следует отнести зависимость геометрического разрешения от ориентации детектора и угла Брэгга. Если детектор (фотопластинка) перпендикулярен падающему лучу, разрешение ухудшается пропорционально множителю,

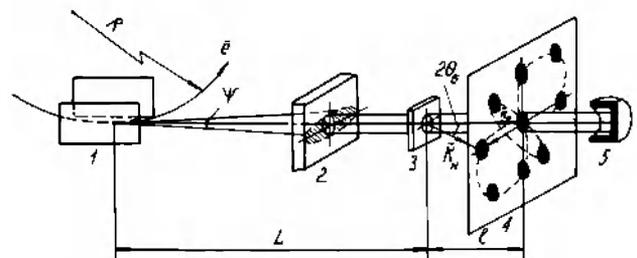


Рис. 1. Схема получения лауэ-топограмм в синхротронном излучении:  
1 — поворотный магнит; 2 — коллиматор; 3 — образец; 4 — детектор (фотопластинка); 5 — ловушка

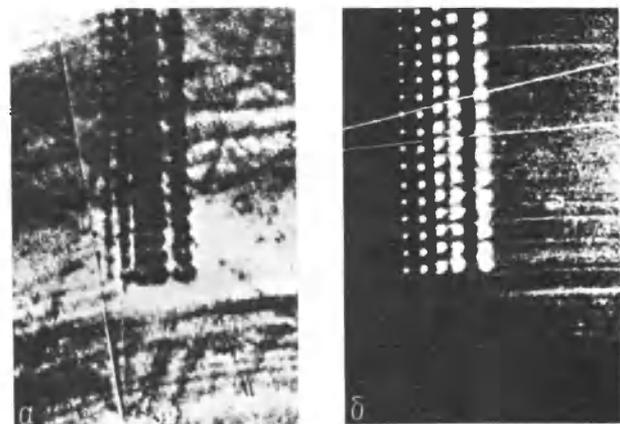


Рис. 2. Лауэ-топограмма, снятая в синхротронном излучении (а), и двухкристальная рентгено-топограмма (б) одного и того же участка пластины гадолиний-галлиевого граната (а — отражение 511,  $t_{\text{экс}}=5$  сек, б — отражение 840,  $t_{\text{экс}}=8$  ч)

$1/\cos \theta_B$ , поэтому при анализе дефектной структуры рекомендуется использовать отражения с малыми брэгговскими углами.

Ширина изображения дефектов на лауэ-топограммах с источником СИ больше, что ведет к ухудшению разрешения даже при хорошей геометрической разрешающей способности. Однако при несколько худшем разрешении получается существенный выигрыш в экспозиции. Разрешение может быть значительно улучшено при переходе к монохроматическому излучению большей длины волны (экстинкционное расстояние, определяющее ширину изображения, уменьшается) при небольшом — не более чем в два—три раза — увеличении экспозиции [5, 6].

Использование рентгенотопографии в синхротронном излучении наиболее эффективно при исследовании сильно поглощающих рентгеновское излучение материалов, используемых в микроэлектронике. Это подтвердили исследования пластин гадолиний-галлиевого граната толщиной 0,5 мм, типичной для применения в производстве. При такой толщине материал практически не прозрачен для излучения обычных рентгеновских трубок. Была выполнена синхротронная лауэ-топография и съемка двухкristальных топограмм на отражение в излучении  $\text{Cu K } \alpha_1$ , отражение 840 (рис. 2). Из

сравнения этих рентгенотопограмм видно, что даже при большей ширине изображения дефектов (полос роста, поверхностных и заполированных царапин, полей деформаций от уколов индентора), на синхротронной лауэ-топограмме наблюдаются те же детали, что и на двухкristальной топограмме и даже некоторые дополнительные (на последней не видны заполированные царапины). При этом обеспечивается выигрыш в экспозиции (5 с по сравнению с 8 ч).

Таким образом, на основе подтвержденного эксперимента сопоставления возможностей традиционных методов рентгеновской топографии и синхротронной лауэ-топографии по разрешению, чувствительности к деформациям, продолжительности экспозиции можно сделать вывод, что при несколько худшем разрешении и сопоставимой чувствительности к деформациям синхротронная лауэ-топография имеет неоспоримые преимущества в экспрессности анализа при топографировании сравнимых по площади образцов. Разрешение может быть существенно улучшено монохроматизацией синхронного излучения при незначительном увеличении времени экспозиции.

Применение рентгенотопографии в синхротронном излучении наиболее эффективно для неразрушающего экспресс-контроля степени совершенства материалов микроэлектроники на различных этапах изготовления приборов, особенно если материалы сильно поглощают рентгеновское излучение.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Characterization of crystal growth defects by x-ray methods. — New York, London: Ed. W.K.Tahner, D.Keit Bowen, 1980, p. 1—589.
2. Glass H.L. X-ray double crystal topography of epitaxial magnetic bubble domain garnets. — Mater. Res. Bull., 1972, vol. 7, N 5, p. 385—396.
3. Кулипанов Г.Н., Скринский А.М. Использование синхротронного излучения. Состояние и перспективы. УФН, 1977, т. 122, вып. 3, с. 369—376.
4. Tuomi T., Kelna V., Naukkarinen K., Blomberg M. Synchrotron x-ray topography: A multiterescopic imaging technique. — Acta Politechnica Scandinavica, Appl. Phys. Ser., 1981, N 132, p. 12.

5. Naukkarinen K., Rabe P., Tuomi T. Use of synchrotron radiation in x-ray diffraction topography. — Phys. Status Sol. (A), vol. 25, N 1, p. 93—101.

6. Применение синхротронного излучения для высокотемпературных исследований кремния с использованием горизонтальной плоскости дифракции/ В.А.Кусиков, М.Г.Мильвидский, В.Б.Освенский, В.Е.Панченко, В.Г.Фомин, Ю.В.Юшков. — Аппаратура и методы рентгеновского анализа, 1983, вып. 29, с. 64—71.

Статья поступила 31 июля 1985 г.

УДК 621.317.799:539.23

С.М.Безручко, В.Н.Подшивалов, А.И.Фисун

### ПРИБОР ДЛЯ БЕСКОНТАКТНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОДВИЖНОСТИ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУРАХ

Разработанный прибор обеспечивает измерение подвижности носителей в субмикронных слоях бесконтактным СВЧ-методом с точностью  $\pm 5\%$ .

Бесконтактные СВЧ-методы измерения могут быть использованы для конструирования аппаратуры стопроцентного контроля параметров полупроводниковых структур на различных стадиях технологического процесса. Применение такой аппаратуры позволяет повысить производительность труда при измерении и оптимизировать процесс изготовления быстродействующих ИС с высокой степенью интеграции.

Принцип действия разработанного прибора (рис. 1) для определения подвижности  $\mu$  и произ-

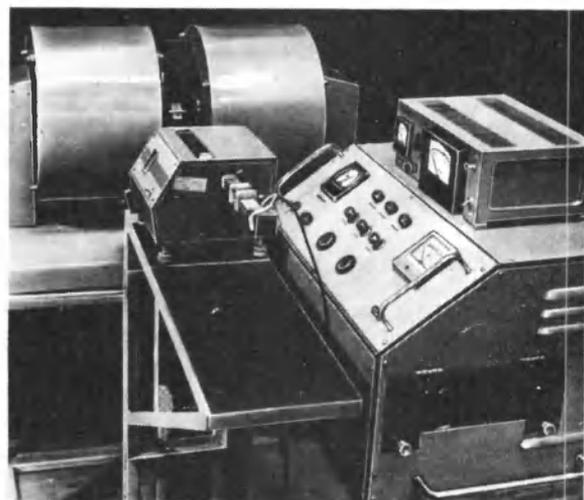


Рис. 1. Прибор для определения подвижности носителей бесконтактным СВЧ-методом

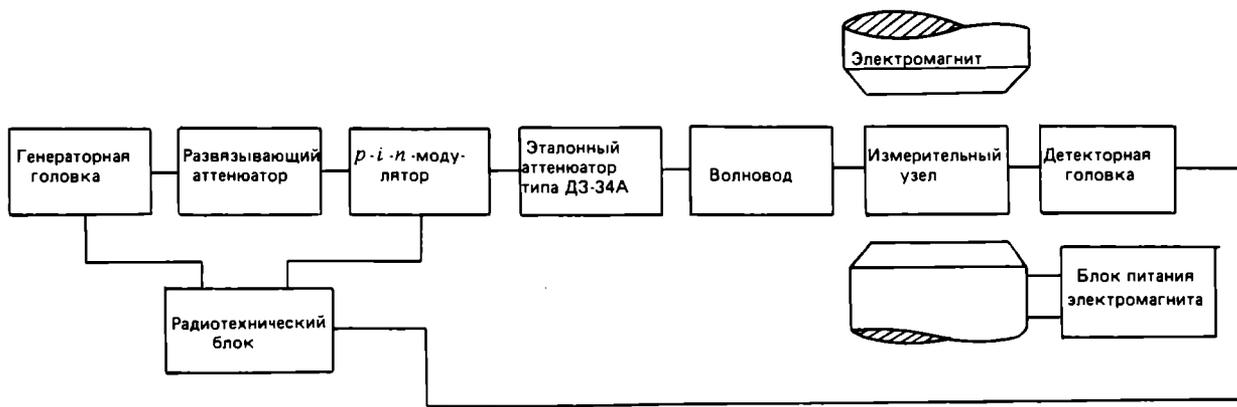


Рис. 2. Структурная схема прибора для определения подвижности свободных носителей заряда

ведения концентрации свободных носителей заряда  $n$  на толщину активного слоя  $d$  в полупроводниковых пленках на полуизолирующей подложке основан на зависимости СВЧ-потерь в полупроводнике от величины постоянного магнитного поля [1, 2]. Для определения подвижности носителей заряда в активном слое необходимо измерить затухание СВЧ-колебаний в волноводе, содержащем контролируемую полупроводниковую структуру, при двух значениях магнитной индукции: нулевом и выбранном фиксированном. Параметр  $n \cdot d$  рассчитывается по значениям подвижности и затухания при нулевом магнитном поле.

При работе прибора (рис. 2) СВЧ-колебания, генерированные головкой, активным элементом которой служит диод Ганна, через развязывающий аттенуатор, выполняющий одновременно функции волноводного перехода, подаются на  $p-i-n$ -модулятор, осуществляющий амплитудную модуляцию излучения меандром, затем через эталонный аттенуатор типа ДЗ-34А и волновод — в измерительный узел, представляющий собой отрезок волновода со щелью, в которую вставляется диэлектрическая кассета с контролируемой структурой. Радиотехнический блок обеспечивает питание генераторной головки и  $p-i-n$ -модулятора, а также регистрацию сигнала, принятого детекторной головкой. Электромагнит создает в пространстве вблизи измерительного узла магнитное поле с индукцией  $\sim 1$ Тл.

Затухание электромагнитной волны в измерительном узле с контролируемой структурой определяется методом замещения.

Конструктивная основа прибора — тумба с электромагнитом, к которой крепится консоль с расположенными на ней СВЧ-узлами и радиотехническим блоком. Блок питания магнита выполнен в виде отдельной стойки.

Прибор может работать непрерывно в течение 8 ч. При условии модернизации кассеты возможно измерение структур диаметром до 60 мм.

**Технические характеристики прибора**

Диапазон измеряемых значений подвижности, $\text{см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$ . . . . .	2000—8000
Погрешность измерения подвижности, % . . . . .	$\pm 5$
Диапазон измеряемых значений параметра $n \cdot d$ , $\text{см}^{-2}$ . . . . .	5·10 <sup>11</sup> —5·10 <sup>12</sup>
Погрешность измерения параметра $n \cdot d$ (для определенной структуры), % . . . . .	$\pm 7$
Диапазон толщин активного слоя полупроводниковой структуры, мкм . . . . .	0,15—20
Диаметры контролируемых структур, мм . . . . .	20—40

Время измерения одной структуры, мин . . . . .	3
Время подготовки прибора к измерениям, мин . . . . .	30
Напряжение питания, В . . . . .	220 $\pm$ 10% и 3 $\times$ 380 $\pm$ 10% (частота 50 Гц)
Потребляемая мощность, кВт . . . . .	$< 3$
Расход воды на охлаждение электромагнита, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	0,5
Давление охлаждающей воды, Па . . . . .	(1,5 $\pm$ 2) · 10 <sup>5</sup>
Габаритные размеры прибора (без блока питания магнита), мм . . . . .	1132 $\times$ 696 $\times$ 1070
Габаритные размеры блока питания магнита, мм . . . . .	450 $\times$ 600 $\times$ 900
Масса прибора (без блока питания магнита), кг . . . . .	$\leq 370$
Масса блока питания магнита, кг . . . . .	$\leq 60$

С помощью разработанного прибора контролируются структуры типа  $n^+-i$ ,  $n^+-n_{\bar{b}}-i$ , полученные эпитаксиальным наращиванием или ионным легированием арсенида галлия, фосфида индия и других полупроводников, а также осуществляется технологический контроль структур с контактным слоем типа  $n^{++}-n^+-n_{\bar{b}}-i$  (этом случае определяется подвижность, усредненная по контактному и рабочему слоям, и поверхностное сопротивление структуры).

Эксплуатация прибора в производственных условиях на заводе-изготовителе полупроводниковых структур и на предприятиях-потребителях позволила ввести стопроцентный контроль изделий по подвижности носителей и показала более высокую точность ее определения, чем по методу Ван-дер-Пау. Прибор обеспечивает высокую производительность измерений, надежен и прост в обслуживании; его использование совместно с аппаратурой для измерения профиля концентрации вольффарадным методом позволяет определять все основные электрофизические параметры структур типа  $n^+-i$ ,  $n^+-n_{\bar{b}}-i$ .

В малогабаритном исполнении прибор демонстрировался на ВДНХ СССР [3] и был отмечен медалью.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Определение подвижности носителей заряда в пленках арсенида галлия бесконтактным методом/ Ю.Г.Качуровский, Л.Н.Кравченко, В.Н.Подшивалов, А.В.Родионов.— В кн.: Метрология в радиоэлектронике: Тез. докл. V Всесоюзной научно-технической конференции.— ВНИИФТРИ, 1981, с. 157.
2. Измерение подвижности носителей заряда методом СВЧ магнитосопротивления/В.С.Банников, Ю.Г.Ка-

чуровский, И.В.Петренко, В.Н.Подшивалов, А.В.Родионов, Ю.Н.Свешников.— Электронная промышленность, 1982, вып. 9, с. 48—49.

3. Прибор для бесконтактного измерения подвижности носителей тока в полупроводниках/В.С.Банников, С.М.Безручко, Ю.Г.Качуровский, В.Н.Подшивалов.— В кн.: Современные полупроводниковые элементы и приборы: Тез. докл. конференций. Сер. 2. Полупроводниковые приборы.— М.: ЦНИИ «Электроника», 1984, вып. 1, с. 25—26.

Статья поступила 14 августа 1985 г.

УДК 621.317.799:621.382.22.029.64

Ю.Ф.Андреев, В.А.Егоренков, А.В.Жучкова, В.В.Клевцов, Л.А.Чеботаренко

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВЧ-ПАРАМЕТРОВ СМЕСИТЕЛЬНЫХ ДИОДОВ

Автоматизированный измерительный комплекс, в котором использован расчетный метод определения СВЧ-параметров диодов, в 3—4 раза повышает производительность труда на измерительных операциях, позволяет выявлять брак на ранних стадиях изготовления диодов и снижает трудоемкость их производства.

Разработка методов и средств измерений, обеспечивающих повышение производительности труда на контрольно-измерительных операциях, является

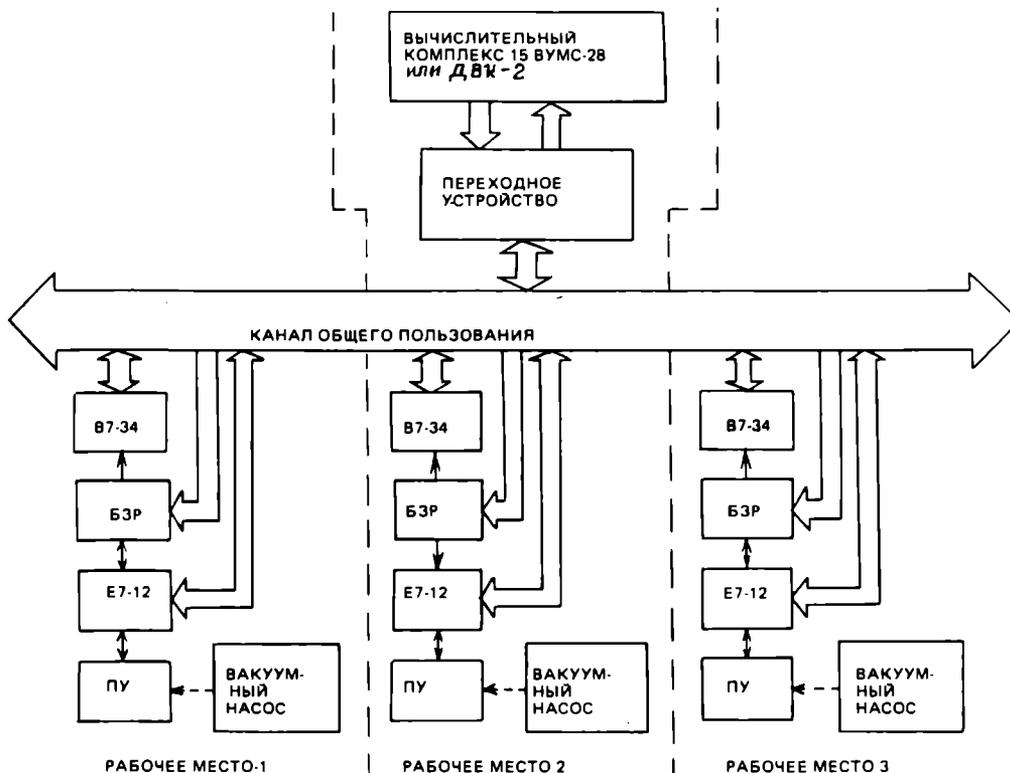
одной из актуальных задач при производстве смесительных диодов СВЧ.

Обычно применяемый способ оценки смесительных диодов [1, 2, 3], основанный на непосредственном измерении СВЧ-параметров, обладает рядом существенных недостатков:

- процесс измерения имеет низкую производительность (40 диодов в час) и требует больших трудовых затрат (30% всей трудоемкости изготовления диода составляют измерительные операции);
- измерение возможно только у собранных диодов; на ранних стадиях их изготовления (пластина, кристалл) СВЧ-параметры не могут быть измерены;
- получаемые результаты измерения характеризуют диод только с точки зрения однофункционального применения, в то время как эти приборы широко используются для детектирования, модуляции и коммутации;
- автоматизация измерений СВЧ-параметров затруднена из-за необходимости соблюдения специфических режимов и использования нестандартных приборов с ручным управлением.

Одним из путей повышения производительности труда на операциях определения СВЧ-параметров смесительных диодов является использование расчетного метода. Метод основан на измерении параметров ВАХ и эквивалентной схемы диодов, которое проводится на низких частотах, и последующем расчете СВЧ-параметров. Перечисленных выше недостатков метод не имеет, однако необходимым условием его использования служит корреляция между рассчитанными и измеренными непосредственно на СВЧ-параметрами.

Ранее, при несовершенной технологии изготовления диодов и низком уровне развития измерительной и вычислительной техники, не допускавшем соединения процессов измерения и расчета, этот метод не мог быть реализован.



Структурная схема автоматизированного комплекса

В последнее время в ряде работ показано, что метод [3] может успешно использоваться в том случае, если его аппаратным воплощением будет автоматизированный комплекс с использованием ЭВМ.

Структурная схема комплекса, обеспечивающего измерение и расчет параметров полупроводниковых диодов, представлена на рисунке. Пунктирной линией выделена часть комплекса, рассчитанная на одно рабочее место. Расширение числа рабочих мест осуществляется подключением указанных в схеме приборов через унифицированный разъем к каналу общего пользования и введением программы, обслуживающей многопостовый вариант комплекса.

Производительность комплекса при контроле всех перечисленных параметров — не менее 150 диодов в час.

Принцип действия комплекса основан на автоматическом задании режима диоду блоком задания режимов (БЗР), измерении параметров  $U_{пр}$ ,  $U_{обр}$  или  $I_{обр}$  с помощью вольтметра В7-34, измерении параметров эквивалентной схемы ( $C_d$ ,  $r_{пос}$ ,  $r_{диф}$ ) с помощью измерителя Е7-12 и последующем расчете на ЭВМ всех остальных параметров ( $r_{пос}$ ,  $\alpha$ ,  $n$ ,  $I_o$ ,  $r_{вых}$ ,  $L_{прб}$ ,  $N_{ш}$ ,  $F_{норм}$ ).

Приборы комплекса объединены системой интерфейса [4] и управляются по соответствующим программам от вычислительного комплекса. Система интерфейса включает в себя канал общего пользования, выполняющий функции магистрали для передачи информации, и переходное устройство, обеспечивающее управление прохождением информации по его линиям.

Измерение параметров диодов различных конструкций (корпусных, бескорпусных) на различных стадиях изготовления обеспечивается набором подключающих устройств. Вакуумный насос служит для вакуумного поджима полупроводниковых пластин при измерении структур на пластине.

В комплексе максимально использованы современные серийные приборы измерительной и вычислительной техники. В их числе — вычислительные комплексы 15ВУМС-28, ДВК-2 и ДВК-3, характеризующиеся необходимыми объемом памяти и быстродействием, а также наличием дисплея и печати.

Программное обеспечение комплекса написано на языках Фортран и Макроассемблер и имеет модульную структуру, которая включает в себя основную программу и 21 подпрограмму. Программное обеспечение позволяет работать в режиме диалога, управлять работой устройств, входящих в комплекс, дает возможность измерять параметры по определенным алгоритмам и решать задачи вычислительного характера при обработке результатов измерений.

Подпрограммы решают задачи проверки комплекса, измерения параметров смесительных диодов, вольт-амперной и вольт-фарадной характеристик.

Диапазон измеряемых параметров

Прямой ток $I_{пр}$ , А	.....	$10^{-8} - 10^{-1}$ , $\delta I_{пр} = \pm 1\%$
Прямое напряжение $U_{пр}$ , В	.....	0,01-5, $\delta U_{пр} = \pm 1\%$
Обратный ток $I_{обр}$ , А	.....	$10^{-4} - 10^{-7}$ , $\delta I_{обр} = \pm 1\%$
Обратное напряжение $U_{обр}$ , В	.....	1-100, $\delta U_{обр} = \pm 2\%$
Емкость диода $C_d$ , пФ	.....	0,05-1,5, $\delta C_d = \pm 6\%$

Дифференциальное сопротивление  $r_{диф}$ , Ом ..... 5-10,  $\delta r_{диф} = \pm 10\%$

Диапазон рассчитываемых параметров

Последовательное сопротивление $r_{пос}$ , Ом	.....	1-30, $\delta r_{пос} = \pm 15\%$
Крутизна ВАХ $\alpha$ , В <sup>-1</sup>	.....	10-39, $\delta \alpha = \pm 10\%$
Коэффициент идеальности $n$	.....	1,02-4, $\delta n = \pm 10\%$
Ток насыщения $I_o$ , А	.....	$10^{-15} - 10^{-18}$ , $\delta I_o = \pm 20\%$
Показатель степени ВАХ $X$	.....	2-28, $\delta X = \pm 15\%$
Потери преобразования $L_{прб}$ , дБ	.....	3-10, $\delta L_{прб} = \pm 1,0$ дБ
Шумовое отношение $N_{ш}$	.....	0,5-3, $\delta N_{ш} = \pm 20\%$
Выходное сопротивление $r_{вых}$ , Ом	.....	100-500, $\delta r_{вых} = \pm 30\%$
Нормированный коэффициент шума $F_{норм}$ , дБ	.....	5-12, $\delta F_{норм} = \pm 1,2$ дБ

Рассмотренный автоматизированный комплекс внедрен в производство серийно выпускаемых диодов КА112 и КА120. Предполагается использовать его для контроля других групп диодов СВЧ — переключательных и ограничительных.

Экономический эффект от внедрения автоматизированного комплекса определяется увеличением производительности на измерительных операциях и возможностью прогнозирования брака диодов по СВЧ-параметрам на ранних стадиях изготовления.

#### ЛИТЕРАТУРА

- ОСТ 11.336.917-80. Диоды полупроводниковые сверхвысокочастотные. Система параметров.
- ГОСТ 25529-82. Диоды полупроводниковые. Термины, определения и буквенные обозначения параметров.
- ГОСТ 19656-4-74. Диоды полупроводниковые СВЧ. Методы измерения потерь преобразования.
- ГОСТ 26003-80. Система интерфейса для измерительных устройств с байт-последовательным, бит-параллельным обменом информацией.

Статья поступила 3 октября 1985 г.

УДК 621.317.3:[539.216.2:537]

Н.П.Голуб, Н.Г.Лагунова, С.В.Моротская, В.Ф.Потапов, В.Ф.Токарев

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ПОДВИЖНОСТИ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СЛОЯХ

Автоматизированный измерительный комплекс для определения удельного сопротивления, концентрации и подвижности носителей заряда в диапазоне температур 77—300 К позволяет наряду с управлением измерительными блоками и расчетом электрофизических параметров оперативно осуществлять обработку температурных зависимостей подвижности с целью анализа механизмов рассеяния в полупроводниковых слоях.

Одним из основных электрофизических параметров полупроводниковых материалов, применяемых в СВЧ-электронике, является подвижность

носителей заряда, определяющая частотные и усиленные свойства полупроводниковых приборов.

Для полупроводниковых материалов типа  $A^{III}B^V$  связь между концентрацией и подвижностью носителей заряда не однозначна, поэтому необходимо раздельное определение каждого параметра. Если между количеством лигатуры эпитаксиального процесса и концентрацией носителей заряда можно найти связь опытным путем, то для определения подвижности, величина которой зависит от большого числа различных характеристик материала, такой путь практически неприемлем.

Поскольку подвижность носителей заряда связана с механизмами рассеяния в полупроводнике, наилучшим методом ее определения следует считать температурные измерения, которые позволяют оценивать такие характеристики, как концентрация областей пространственного заряда, коэффициент компенсации [1] и т.п. Наличие большого количества видов рассеяния в полупроводниковых слоях  $A^{III}B^V$  значительно усложняет анализ температурных зависимостей подвижности, требует для их расшифровки привлечения вычислительной техники. Сама операция измерения электрофизических параметров в диапазоне температур также достаточно трудоемка. Эти причины, вероятно, и затрудняют использование при промышленном контроле полупроводниковых структур методов измерения и анализа температурных зависимостей подвижности, ограничивают их применение в научных исследованиях.

В настоящее время разрабатываются автоматизированные установки и стенды для температурных измерений подвижности [2, 3], которые однако не

позволяют осуществлять оперативный анализ измеряемых температурных зависимостей. В то же время применение малогабаритных комплексов, выпускаемых отечественной промышленностью на базе микроЭВМ "Электроника-60" и "Электроника-ИЦ-80-01Д" позволяет решать задачи не только по измерению, но и по обработке температурных характеристик подвижности [4].

Созданный автоматизированный комплекс для измерения удельного сопротивления, концентрации и подвижности носителей заряда в полупроводниковых слоях методом Ван-дер-Пау [5] в диапазоне температур 77–300 К дает возможность проводить расчет электрофизических параметров и обработку температурных зависимостей подвижности с целью нахождения коэффициентов, определяющих различные механизмы рассеяния основных носителей заряда в полупроводниковых структурах  $A^{III}B^V$  в процессе измерения.

Структурная схема автоматизированного комплекса (рис. 1) состоит из серийно выпускаемых интерфейсных модулей, вычислительного комплекса 15ВУМС-28-025, источников питания, измерительных приборов. К нестандартным средствам относятся блок коммутаций, зондовое устройство, электромагнит с источником питания, стабилизатор тока.

Технические средства объекта управления комплекса обеспечивают: диапазон измерения температуры 77–300 К; измерение полупроводниковых слоев с удельным сопротивлением  $5 \cdot 10^{-3} - 10 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ ; индукцию магнитного поля при зазоре 60 мм между полюсами электромаг-

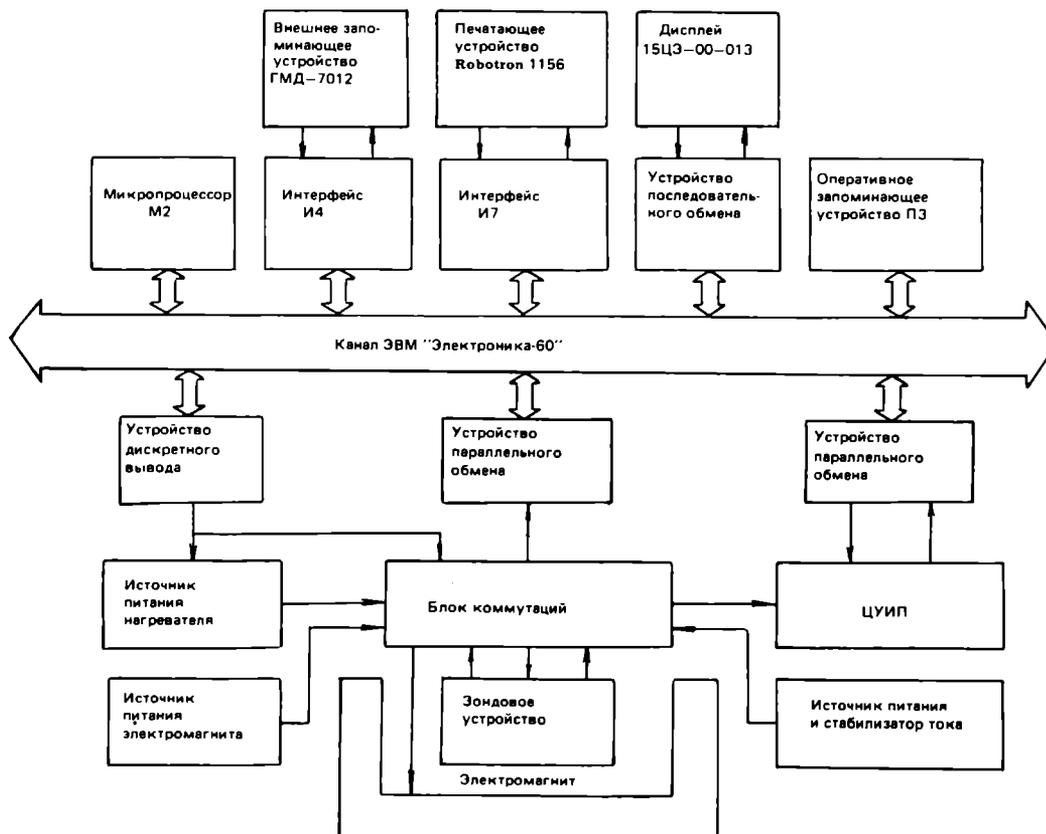


Рис. 1. Структурная схема автоматизированного комплекса

нита 0,1–0,4 Т; величину тока  $1 \div (3,5 \cdot 10^2)$  мкА с точностью  $\pm 0,1\%$ .

Автоматизированный комплекс реализован на базе автоматизированной системы измерения параметров полупроводниковых структур, которая выполняет следующие операции: управление коммутацией контактов на образце, контроль установленных коммутаций, считывание температуры с заданной дискретностью, считывание напряжений Ван-дер-Пау и э. д. с. Холла, расчет значений поправочной функции, вычисление параметров удельного сопротивления, подвижности и концентрации носителей заряда; расчет параметров рассеяния по оптимальной модели; вывод результатов расчета на печатающее устройство в виде таблицы; вывод графика температурной зависимости подвижности носителей тока на экран дисплея или печатающее устройство.

Автоматизированная система формирует потоки информации:

по управлению: сигналы девяти каналов коммутации контактов на образце и десяти каналов управления источником питания нагревателя;

по контролю: сигналы девяти каналов дискретного контроля коммутации контактов, канала дискретного контроля сигнала "Готовность", 29 каналов считывания кодов напряжений с ЦУИП, и 18 каналов считывания значений тока через образец.

Программное обеспечение системы состоит из нескольких модулей. В головном программном модуле RESERT задается диапазон изменения температуры и по рассчитанной характеристике термопары определяются значения температуры, при которых проводятся измерения напряжений Ван-дер-Пау и э. д. с. Холла.

Управление нагревом и контроль выхода на заданное значение температуры осуществляются в модуле UPRHOL, который вызывается из модуля RESERT. Входными данными для модуля UPRHOL является массив напряжений, соответствующих рассчитанным значениям температуры. При выходе на заданное значение температуры модуль UPRHOL формирует коды управления блоком коммутации и снимает значения напряжений Ван-дер-Пау и э. д. с. Холла, которые засылаются в массив, и осуществляется управление выходом на следующее значение температуры.

Результатом работы модуля UPRHOL является формирование массива экспериментальных данных, содержащего значения температуры, напряжений Ван-дер-Пау и э. д. с. Холла. Эти данные, а также величина толщины образца, магнитной индукции и силы тока используются в качестве входных параметров для подпрограммы EFFSUB, которая на основании экспериментальных данных рассчитывает параметры удельного сопротивления и концентрации носителей заряда измеряемого образца. Значения поправочной функции [5], необходимой для расчета удельного сопротивления, вычисляются методом итерации в подпрограмме-функции FITERA.

Для построения оптимальной модели рассеяния основных носителей заряда из модуля RESERT вызывается модуль OPTIM. Входными параметрами для него являются: количество факторов рассеяния, значения температуры, удельного сопротивления, концентрации носителей заряда в точках измерения.

На основании экспериментальных данных в модуле OPTIM вычисляются значения "экспериментальной" подвижности. Сглаживание рассчитанных

значений осуществляется с помощью подпрограммы SQUAR1.

Подпрограмма CORE, вызываемая из модуля OPTIM, осуществляет выбор оптимальной функции для вычисления теоретической подвижности путем перебора различных комбинаций факторов рассеяния. Критерием качества результатов расчета служит минимум остаточной дисперсии между величинами, обратными к экспериментальной и теоретической подвижности.

Для построения оптимальной модели используется метод наименьших квадратов. Формирование коэффициентов нормальных уравнений проводится в подпрограмме SCHET. Подпрограмма SUBGAU решает систему нормальных уравнений методом Гаусса.

В программе обработки температурной зависимости подвижности при нахождении оптимальной модели рассеяния носителей заряда учитываются следующие механизмы рассеяния: на акустических фононах, на поляронах, пьезорассеяние, на ионизованных примесях и областях пространственного

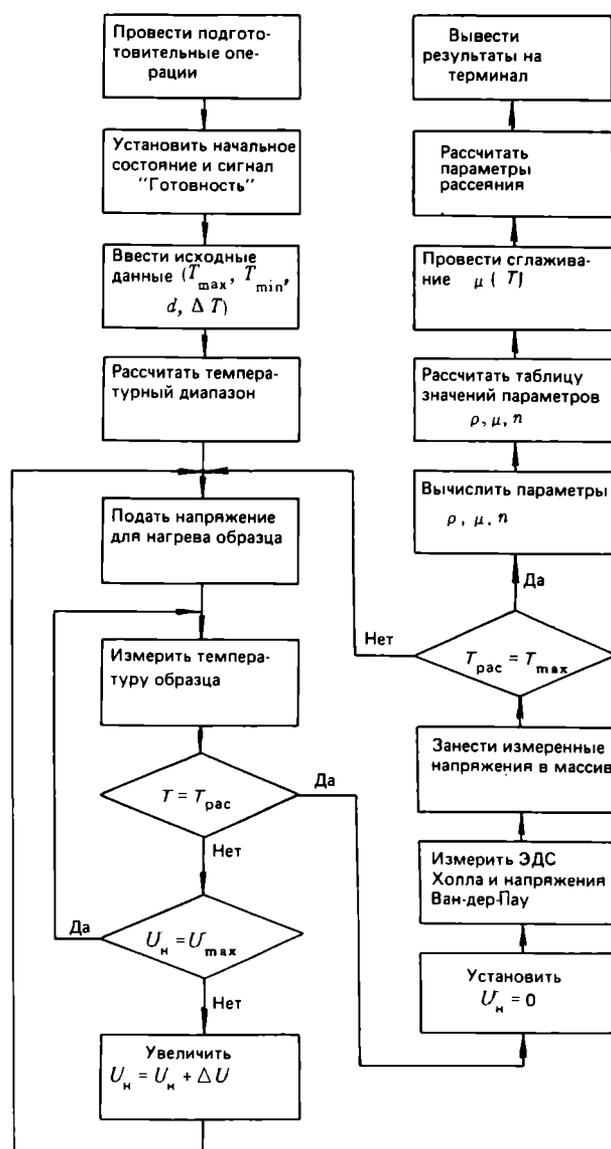


Рис. 2. Схема алгоритма работы автоматизированного комплекса

**ОТ ИГРУШЕК И ИГР**

**С МИКРО-  
ПРОЦЕССОРНЫМ**

**УПРАВЛЕНИЕМ-**

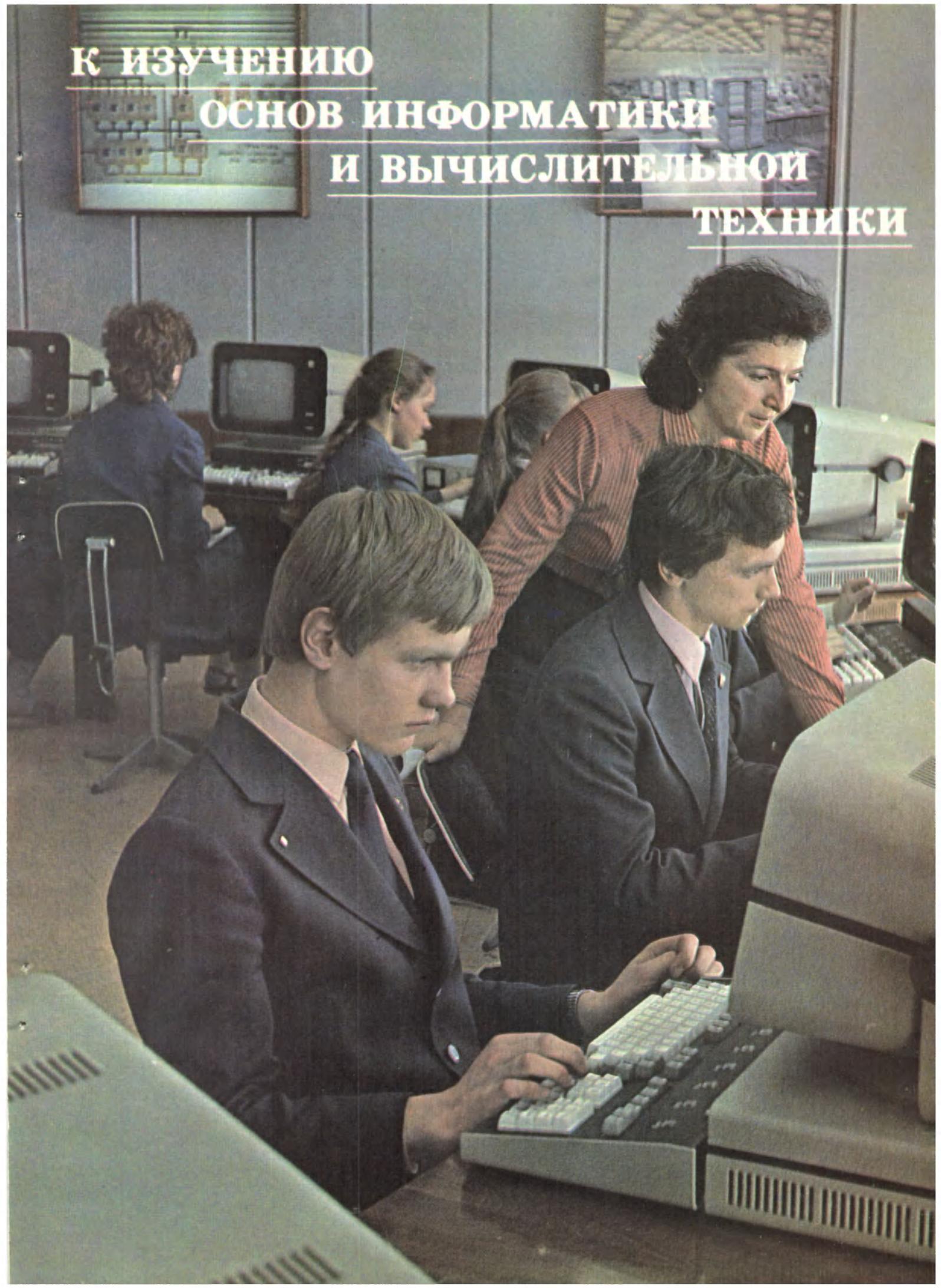


**К ИЗУЧЕНИЮ**

**ОСНОВ ИНФОРМАТИКИ**

**И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ**

**ТЕХНИКИ**



заряда [6], дипольное рассеяние, образованное ионизированными примесями разного знака [7], рассеяние на нейтральных примесях [8]. Вместе с тем, при желании программа позволяет дополнить эту модель другими механизмами рассеяния.

Анализ механизмов рассеяния осуществляется при допущении аддитивности обратных величин подвижности носителей заряда, обусловленных различными механизмами рассеяния [1, 6].

Для построения графика зависимости экспериментальной и теоретической подвижности от температуры используется подпрограмма GRAF. Входными данными для нее являются массивы значений температуры, экспериментальной и теоретической подвижностей. График выдается на дисплей и по желанию пользователя может быть выведен на печатающее устройство.

Результатом работы модуля ОПТИМ являются массивы значений экспериментальной и теоретической подвижностей, остаточная дисперсия, значения коэффициентов рассеяния (на ионах, на областях пространственного заряда, на нейтральных примесях и на диполях), график зависимости экспериментальной и теоретической подвижности от температуры. Параметры оптимальной модели распечатываются в виде таблицы.

На рис. 2 приведена блок-схема работы автоматизированной системы.

Вначале работа ведется в диалоговом режиме: ЭВМ запрашивает, а оператор вводит исходные данные. По исходным температурным данным ( $T_{\max}$ ,  $\Delta T$ ,  $T_{\min}$ ) и толщине образца ( $d$ ) ЭВМ рассчитывает температурный диапазон и по заданному алгоритму формирует управляющее напряжение для нагрева образца.

При совпадении измеренного значения температуры с расчетным сбрасывается управляющее напряжение нагревателя и проводится измерение напряжений Ван-дер-Пау и э.д.с. Холла. Значения напряжений заносятся в массив. После заполнения массива напряжений для расчетного температурного диапазона проводится вычисление и вывод на печать удельного сопротивления ( $\rho$ ), концентрации ( $n$ ) и подвижности носителей заряда ( $\mu$ ).

ЭВМ вновь переходит в диалоговый режим и проводит сглаживание температурной характеристики подвижности  $\mu(T)$ ; по полученным значениям определяются коэффициенты параметров рассеяния, на основе которых проводится расчет по нескольким моделям. На основе расчета выбирается оптимальная модель, которая наилучшим образом приближается к экспериментальным данным, после чего рассчитывается коэффициент рассеяния для оптимальной модели.

Таким образом, непосредственно в ходе измерений электрофизических параметров полупроводниковых структур осуществляется обработка экспериментальных данных и анализ механизмов рассеяния по температурной зависимости подвижности носителей заряда. Это позволяет увеличить производительность измерений в 9–10 раз и сократить время измерений и обработки температурной характеристики подвижности до часа, что обеспечивает возможность температурных измерений в промышленном производстве полупроводниковых структур. Увеличение экспрессности и информативности производственного контроля позволит более оперативно оптимизировать технологию изготовления полупроводниковых структур.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Малинин А.Ю. и др. Оценка качества эпитаксиальных слоев фосфида индия.— Электронная техника. Сер. 6. Материалы, 1977, вып. 12, с. 82—87.
2. Федоров Ю.Ю. и др. Основные электрофизические параметры эпитаксиальных структур для СВЧ полевых транзисторов и методика их контроля.— Электронная техника. Сер. 1. Электроника СВЧ, 1982, вып. 11, с. 54—57.
3. Лэху Р.А., Коротченков Т.С., Молодян И.П. Автоматизированная установка для измерения температурной зависимости электропроводности, коэффициента Холла и магнитосопротивления полупроводников.— ПТЭ, 1978, № 5, 262.
4. Мячев А.А. Организация управляющих вычислительных комплексов.— М.: Энергия, 1980.
5. Van der Pow L.J. A method of measuring specific resistivity and Hall effect of dices of arbitrary shape.— Philips Research Reports, 1958, vol. 13, p. 1—9.
6. Pödör B., Nador N., Bertöty I. On the role of space-charge scattering in epitaxial GaAs.— Physica status solidi (a), 1975, vol. 29, p. 173—182.
7. Цердвандзе А.А.— Физика и техника полупроводников, 1969, т. 3, с. 409.
8. Зеегер К. Физика полупроводников.— М.: Мир, 1977, с. 200.

Статья поступила 3 сентября 1985 г.

УДК 535.243:539.216.2

Ю.Ю.Гусев, Б.И.Журба, В.Ф.Матасов,  
В.Г.Тугарин, А.Б.Филатов

## АВТОМАТИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ТОЛЩИНЫ ТОНКИХ ПРОЗРАЧНЫХ ПЛЕНОК

При производстве эпитаксиальных феррит-гранатовых слоев (ЭФГС), используемых в качестве активной среды для хранения и обработки информации, большое практическое значение имеет прямое измерение толщины [1].

Для измерения толщины ЭФГС методом двухлучевой интерференционной спектрофотометрии [2] разработана установка, состоящая из спектрофотометра СФ-26, снабженного приставкой отражения, и микроЭВМ "Электроника-60М". Толщина слоя без учета фазового сдвига вычисляется из соотношения

$$d = \frac{\Delta N}{2n(\nu_i - \nu_j) \cos \varphi},$$

где  $\Delta N$  — число полос между частотами  $\nu_i$  и  $\nu_j$ ;  $n$  — показатель преломления;  $\varphi$  — угол преломления излучения.

Спектральная зависимость коэффициента отражения исследуемых слоев определяется с помощью приставки отражения, в которой луч света, пройдя входное окно кюветного пространства и отразившись от плоского зеркала, попадает на исследуемый образец через диафрагму. Отраженный от образца луч зеркалом направляется через выходное окно монохроматора на фотоприемник. Применение спектрофотометра, например СФ-26, позволяет быстро собирать и легко настраивать установку.

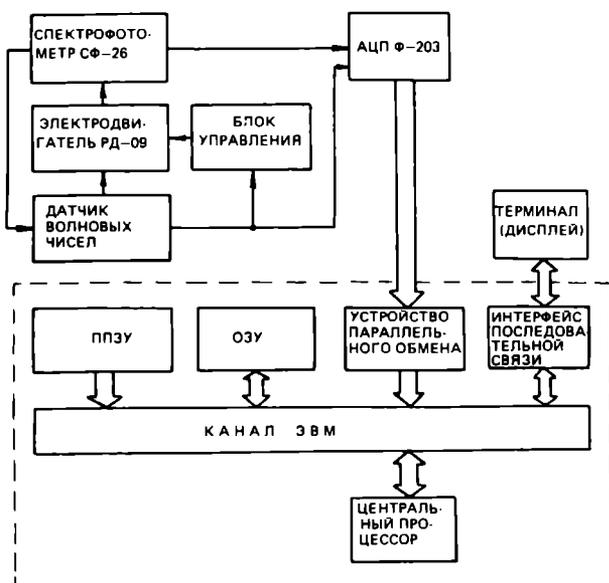
Использование приставок отражения с различным углом падения дает возможность проводить измерения как толщины пленок, так и показателя преломления.

Структурная схема автоматического измерителя толщины ЭФГС приведена на рисунке. В кювете спектрофотометра размещена приставка отражения, позволяющая измерять коэффициент отражения ЭФГС. Электрический сигнал спектрофотометра, пропорциональный коэффициенту отражения, регистрируется цифровым вольтметром типа Ф-203, работающим в режиме внешнего запуска и выполняющим функции аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Запуск вольтметра осуществляется импульсами, генерируемыми датчиком волновых чисел, связанным с механизмом развертки спектра спектрофотометра. Вращение механизма развертки спектра производится электродвигателем РД-09, который работает по командам, поступающим из устройства управления. Информация из АЦП поступает в канал ЭВМ через устройство параллельного обмена (УПО) [3]. Дисплей связан с процессором интерфейсом последовательной связи (ИПС).

Для увеличения оперативной памяти ИВМ до 8 Кслов применено запоминающее устройство П215У30-4-003. Программа обработки спектра и измерения толщины хранится в ППЗУ.

Спектр отражения обрабатывается методом ступенчатой аппроксимации, сглаживающим спектральную зависимость отражения. Затем определяются экстремальные значения спектра отражения и соответствующие им волновые числа. Расчет толщины производится по каждому двум соседним экстремумам для всего спектрального диапазона. Усредненное значение толщины выводится на экран дисплея. Период развертки спектра составляет 14 с.

Применение автоматического измерителя толщины ЭФГС позволяет повысить производительность до 150 измерений в час и сдвинуть нижний предел измеряемых толщин до 0,35 мкм при расходимости серии измерений менее 0,5% и коэффициенте надежности 0,95 за счет исключения субъективной ошибки оператора при визуальном снятии показаний.



Структурная схема измерителя

## ЛИТЕРАТУРА

1. О'Делл Т. Магнитные домены высокой подвижности.— М.: Мир, 1978.— 194 с.
2. Технология тонких пленок: В 2-х т./Под ред. А.Майссела и Р.Глэнга.— М.: Сов. радио, 1977.— Т. 1.— 664 с.
3. ЭВМ «Электроника-60М» 15ВМ. Центральный процессор М2: Техническое описание и инструкция по эксплуатации 3.852.382ТО.— М.: ЦНИИ «Электроника», 1979.— 220 с.

Статья поступила 24 сентября 1985 г.

## НОВЫЕ КНИГИ

### ПЛЕНОЧНЫЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИКИ

Т. Д. Шермергор, Н. Н. Стрельцова

М.: Радио и связь, 1986. — 11 л.

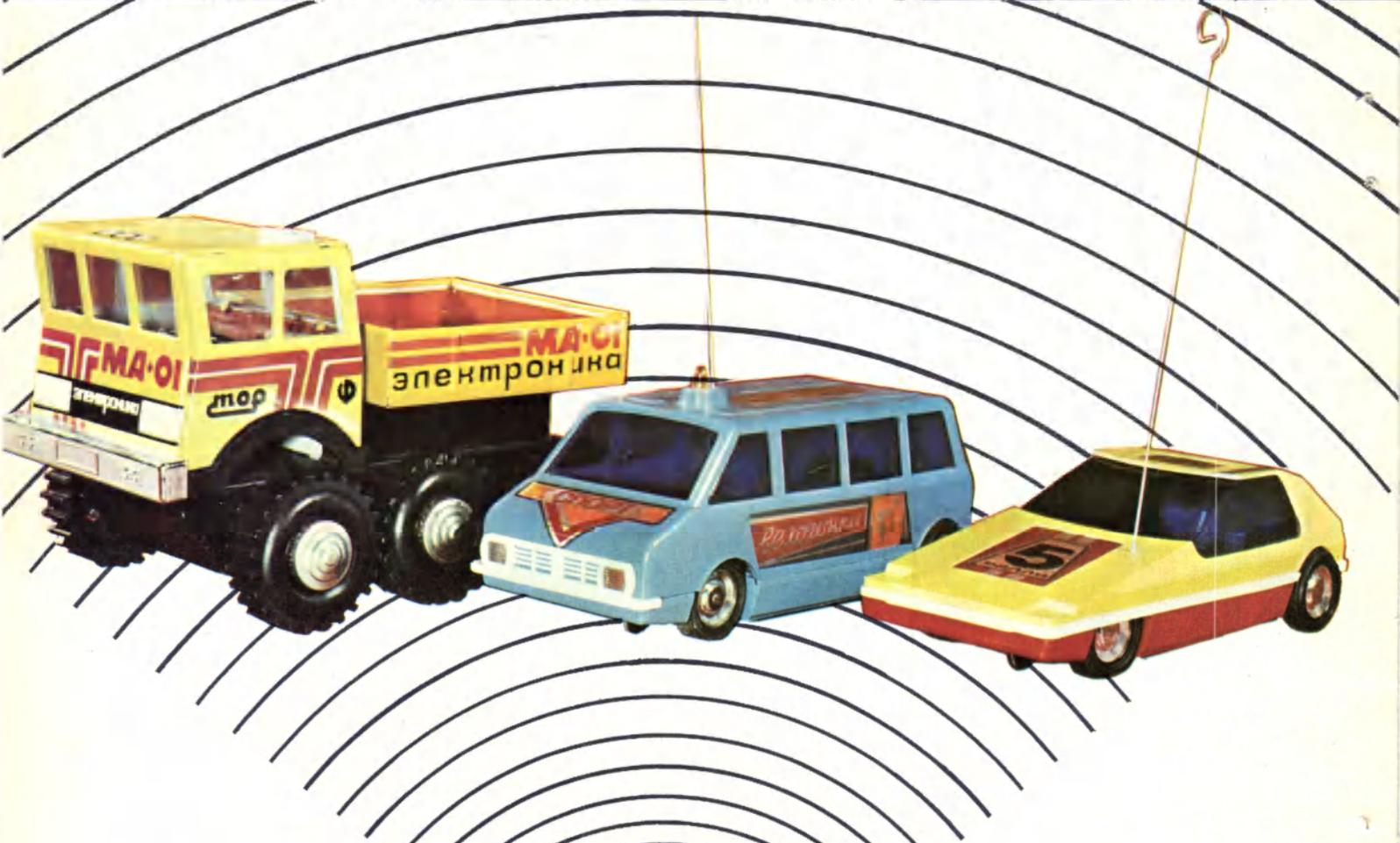
Кратко описаны физические свойства пьезоэлектрических материалов, используемых в микроэлектронике. Дан сравнительный анализ технологии получения пленок этих материалов. Приведены зависимости свойств пленок от условий их получения. Рассмотрены технология изготовления приборов на основе пьезоэлектрических пленок, области их применения и характеристики.

### ИОННО-ПЛАЗМЕННАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ

Г. Ф. Ивановский, В. И. Петров

М.: Радио и связь, 1986. — 19 л.

Рассматриваются физико-химические основы и принципы применения ионно-плазменной обработки материалов в вакууме с целью очистки их поверхностей, травления на поверхности структур субмикронного размера, а также получения пленочных покрытий различных материалов. Анализируются основные закономерности и теоретические представления о процессах ионно-плазменной обработки, рассматриваются характеристики оборудования для ее осуществления, возможности автоматизации процессов.



# РАДИОУПРАВЛЯЕМЫЕ ИГРУШКИ

**Впервые  
знакомят ребенка  
с возможностями современных машин и механизмов,  
развивают  
простейшие навыки работы  
с пультами управления.**

# ИЗДЕЛИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

УДК 658.589.011.46:338.984.3

П.М.Стуколов

## ПРОИЗВОДСТВО ТОВАРОВ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ — НА УРОВЕНЬ НОВЫХ ЗАДАЧ

Одиннадцатая пятилетка явилась важным этапом в реализации генеральной линии КПСС — повышении уровня жизни советских людей. В ходе выполнения решений XXVI съезда партии достигнуты новые успехи, обеспечивающие подъем благосостояния советских людей, развитие всех отраслей экономики. Полнее стали удовлетворяться потребности населения во многих товарах и услугах. Укрепилась материально-техническая база специализированных отраслей, выпускающих продукцию для народа. Наряду с ними товары народного потребления выпускают и другие отрасли. Появилась устойчивая тенденция постоянного роста объемов их производства и реализации.

Дальнейшему развитию производства товаров для населения партия и правительство придают большое значение. Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР в сентябре 1985 г. утверждена Комплексная программа развития производства товаров народного потребления и сферы услуг на 1986—2000 годы (Программа по товарам и услугам), разработанная в соответствии с решениями XXVI съезда КПСС, установками апрельского (1985 г.) Пленума ЦК КПСС. Программа является составной частью "Основных направлений экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года", в которых записано: "Высшей целью экономической стратегии партии был и остается неуклонный подъем материального и культурного уровня жизни народа. Реализация этой цели в предстоящем периоде требует ускорения социально-экономического развития, всемерной интенсификации и повышения эффективности производства на базе научно-технического прогресса".

Программа по товарам и услугам направлена на достижение высшей цели экономической стратегии партии и должна внести коренной перелом в удовлетворение растущих потребностей трудящихся, обеспечить расширение производства товаров и услуг для народа, улучшение их качества на основе использования достижений научно-технического прогресса.

Отличительной особенностью программы является привлечение к производству товаров народного потребления наряду со специализированными отраслями практически всех отраслей народного хозяйства, объединений и предприятий.

В программе впервые взаимосвязанно решаются вопросы развития производства и реализации товаров и сферы услуг. В ней поставлена задача более полно удовлетворять растущие потребности советских людей в высококачественных и разно-

образных товарах и услугах, по значительному кругу товаров достигнуть научно обоснованных норм рационального их потребления, а по остальным видам вплотную приблизиться к этому уровню. Намечено создать высокоразвитую индустрию услуг с целью резкого сокращения затрат труда на ведение домашнего хозяйства.

Министерствам и ведомствам СССР предложено осуществить мероприятия, предусматривающие:

коренное улучшение ассортимента и качества товаров, своевременную перестройку работы объединений и предприятий на выпуск изделий с высокими потребительскими свойствами, пользующихся спросом у населения;

увеличение выпуска товаров и объемов услуг в первую очередь за счет улучшения использования производственных мощностей, снижения материалоемкости продукции, экономного расходования всех видов ресурсов, повышения эффективности капитальных вложений;

направление капитальных вложений преимущественно на техническое перевооружение и реконструкцию действующих предприятий по выпуску и реализации товаров и оказанию услуг, а также на строительство новых предприятий и их филиалов в городах и поселках, располагающих необходимыми трудовыми ресурсами;

создание специализированных предприятий, производств и цехов по выпуску товаров народного потребления;

использование для оказания услуг населению возможностей всех предприятий и организаций независимо от их ведомственной подчиненности;

доступность основных видов товаров и услуг для потребителей с различным уровнем материальной обеспеченности.

Программой по товарам и услугам предусматривается увеличить выпуск товаров народного потребления в 1,3—1,5 раза, а также "существенно повысить вклад отраслей тяжелой индустрии и оборонной промышленности в обеспечение населения высококачественными и разнообразными промышленными товарами, особенно длительного пользования"; намечены конкретные задания отдельным отраслям, среди которых электронная промышленность поставлена на одно из первых мест.

Предприятиями отрасли проделана большая работа по организации и увеличению выпуска товаров культурно-бытового и хозяйственного назначения (ТКБиХН). По сравнению с 1965 г. в 1985 г. их производство увеличилось в 40 раз. В настоящее время отраслью выпускаются разнообразные товары, представляющие 19 так называемых товарных групп. Причем, если в годы девятой пятилетки предприятиями производились в основном такие изделия, как сувениры, посудо-хозяйственные товары, электротовары, игрушки и елочные украшения, занимавшие более половины общего объема выпуска ТКБиХН, то в десятой и одиннадцатой пяти-

летках наметился переход к производству более сложных изделий. Так, по сравнению с 1971 г. в 1985 г. доля выпуска радиотоваров увеличилась с 17,9 до 22%, а объем производства часов и микрокалькуляторов составил 13% в общем объеме товаров народного потребления. В настоящее время выпуском ТКБНиХН занято около 750 участков, цехов и специализированных производств.

Отраслью выпускается почти две тысячи наименований товаров культурно-бытового и хозяйственного назначения, в их числе: 400 тыс. телевизоров, 1,0 млн. магнитофонов, 16 тыс. электропроигрывателей, 5 млн. электронных часов, 2 млн. микрокалькуляторов, 220 тыс. цветомузыкальных установок, 600 тыс. электронных фото вспышек, 15 тыс. микроволновых печей, 5 млн. термосов.

В последнее время номенклатура выпускаемых товаров пополнилась такими сложными изделиями, как видеоманитофоны, микрокалькуляторы на солнечных элементах питания, электронные игры, инженерные микрокалькуляторы с функциями ЭВМ, использующие язык "Бейсик", миниатюрные кассетные магнитофоны, разнообразные наручные электронные цифровые часы и т. д.

Значительно улучшилось качество выпускаемых изделий. Так, только в 1984 г. обеспечено повышение наработки на отказ по телевизорам цветного изображения почти на 12% по сравнению с 1983 г., снижен уровень рекламаций на 2,5%; по магнитофонам наработка на отказ увеличилась на 13%, по микрокалькуляторам — на 50%. В целях улучшения гарантийного и послегарантийного ремонта выпускаемых в отрасли товаров в настоящее время создано 53 региональных центра по ремонту бытовой радиоэлектронной аппаратуры. Предприятиями отрасли заключены договоры на техническое обслуживание и гарантийный ремонт выпускаемой РЭА со всеми предприятиями Минбыта союзных республик. Разработан, согласован с Минбытом и утвержден перспективный план мероприятий на 1983—1986 гг. по оснащению ремонтных мастерских необходимым оборудованием, оснасткой, контрольно-измерительной аппаратурой и инструментом.

С целью повышения надежности выпускаемой отраслью бытовой РЭА на предприятиях-изготовителях намечено в 1985—1987 гг. внедрение информативной системы управления качеством, обеспечивающей проведение сплошного или выборочного входного контроля и испытаний всех комплектующих ИЭТ с систематической информацией поставщика о качестве комплектующих изделий, электротермотренировку блоков, узлов и готовой продукции, выборочные испытания наработку, позволяющие постоянно оценивать надежность выпускаемой аппаратуры, создание "цехов качества".

Наряду с производством товаров для народа ведется большая работа по оказанию услуг населению. Так, по данным единовременного учета, проведенного в отрасли, полная фактическая стоимость оказанных услуг независимо от источников их погашения только в 1984 г. составила 115,6 млн. руб., причем более 80% от общей суммы приходится на услуги детских, жилищно-коммунальных и санаторно-курортных учреждений.

В отрасли разработана отраслевая комплексная программа развития производства ТКБНиХН и системы услуг населению на 1986—2000 годы, которая вошла составной частью в общегосударственную комплексную программу.

Все это характеризует большой объем проведенных в отрасли работ по увеличению выпуска ТКБНиХН и услуг населению. В результате за годы одиннадцатой пятилетки объем производства ТКБНиХН возрос на 171%, а выпуск товаров на 1 рубль фонда зарплаты в 1985 г. увеличился по сравнению с 1980 г. на 133%. Сверх заданий одиннадцатой пятилетки произведено товаров культуры более чем на 100 млн. руб.

Наряду с положительными результатами в работе предприятий отрасли по развитию производства ТКБНиХН имеется ряд недостатков, к которым в первую очередь следует отнести:

- слабое изучение потребности и ее структуры и замедленная реакция на изменение конъюнктуры рынка, что привело к падению спроса на целый ряд товаров;

- стремление дублировать выпускаемую другими предприятиями отрасли продукцию или изготавливать сложные дорогостоящие изделия (электропроигрыватели и стереофонические магнитофоны высшего класса, миникомплексы, телевизоры, электрофоны и др.), которые выпускают высоко специализированные предприятия министерств средств связи и радиопромышленности, что приводит к повышенным издержкам производства вследствие небольшой серийности и убыточности ряда изделий;

- ослабление внимания руководителей отдельных предприятий к развитию мощностей, направленных на выпуск ТКБНиХН. В результате более 25 предприятий в отрасли выпускают на 1 рубль фонда заработной платы товаров на сумму менее 30 коп.

Нельзя не отметить также низкий уровень технологии и медленное внедрение автоматизированной сборки и контроля отдельных узлов и товаров культуры. На ряде предприятий доля ручного труда колеблется от 30 до 80%, что существенно повышает себестоимость изделий.

Устранению указанных недостатков должна была в значительной степени способствовать разработка в отрасли комплексно-целевых программ (КЦП) развития производства ТКБНиХН, обеспечивающая организацию работ на всех стадиях "жизненного цикла" изделий. Однако из 21 программы, которые были разработаны в одиннадцатой пятилетке, ни одна не выполнена в полном объеме и в соответствии с утвержденным положением по их формированию. Общим недостатком программ является низкий уровень обоснованности в них потребности в товарах, капитальных вложениях, оборудовании и материалах для производства ТКБНиХ, сроков создания и внедрения изделий, что не позволяет использовать эти КЦП при формировании соответствующих разделов текущих и перспективных планов.

Не выполнены программы создания автоматизированных линий и участков по производству телевизоров, наручных часов, кассетных магнитофонов, микрокалькуляторов, видеоманитофонов.

Во многом это объясняется тем, что головные организации до сих пор ограничиваются разработкой программ, подготовкой предложений в отраслевом плане, не уделяя должного внимания прогнозированию развития направления, определению технической политики отрасли на ближайший и долгосрочный периоды, вопросам координации разработок по закрепленному направлению. Кроме того, в КЦП необходимо отражать не только технические параметры, которые определены ГОСТа-

ми, но и потребительские свойства ТКБиХН: минимальную стоимость, наработку на отказ, показатели энергоемкости, веса, габаритов, дополнительных функциональных возможностей.

В соответствии с общесоюзной комплексной программой по товарам и услугам предусмотрено к 1990 г. довести производство радиоприемных устройств в количественном выражении до 11,2–12 млн., магнитофонов — до 5,8–6 млн., телевизоров — до 10,6–11 млн., в том числе цветного изображения до 6,7–7 млн., что позволит повысить обеспеченность ими населения до уровня, приведенного в таблице.

Изделия	Количество изделий на 100 семей	
	1985 год	1990 год
Радиоприемные устройства	95	105
Телевизоры	96	108
Магнитофоны	36	47
Бытовые часы	525	541

В решении этой задачи немаловажная роль отводится электронной промышленности, которая должна обеспечить комплектующими изделиями отрасли, выпускающие продукцию, основанную на электронной технике, при одновременном увеличении собственного выпуска товаров культуры, объем которых к 1990 г. в денежном выражении должен составить 3100 млн. руб. Выполнение этой задачи потребует больших усилий всех предприятий отрасли. Необходимо создать на них специализированные и высокомеханизированные цехи и участки с передовой технологией и организацией производства по выпуску товаров для народа, используя имеющийся научно-технический потенциал отрасли.

Решением коллегии Министерства электронной промышленности предусмотрено к 1990 г. подготовить мощности для выпуска 200 тыс. видеомагнитофонов, 8 млн. электронных часов, значительно расширить производство дешевых часов в пластмассовом корпусе, магнитофонов — до 1,0 млн., микроволновых печей — до 100 тыс., микрокалькуляторов — до 10 млн. (причем особое развитие должны получить микрокалькуляторы с функциями ЭВМ, использующие язык "Бейсик"), освоить выпуск электронных игр на сумму до 400 млн. руб. Необходимо уже сейчас разработать комплекс организационных, экономических и научно-технических мероприятий, обеспечивающих достижение названных показателей. В этих товарах заключены потенциальные возможности расширения рынка, и они соответствуют "природе" производства нашей отрасли.

Все указанные направления должны быть охвачены комплексно-целевыми программами. По таким направлениям, как видеомагнитофоны, микрокалькуляторы, СВЧ печи, фотовспышки, электронные цифровые часы, наша отрасль является головной и разработка этих программ имеет особо важное значение.

Комплексные программы должны предусматривать наиболее эффективные пути реализации поставленных задач с учетом не только отраслевых производственно-технических возможностей, но и межотраслевых связей, в том числе:

— изучение существующих, формирующихся и новых потребностей и спроса населения;

— определение оптимальной серийности выпуска при организации производства однотипных товаров на разных предприятиях, рациональной кооперации;

— обеспечение рентабельности намеченных к выпуску изделий;

— совместное со смежными отраслями решение вопросов по разработке новых видов материалов, оборудования и аппаратуры и по увеличению производства материалов.

Особое внимание необходимо обратить на увязку планов производства ТКБиХН с планами производства ИЭТ, узлов и блоков в рамках внутриотраслевой кооперации, так как срывы в выполнении планов производства сложных в техническом отношении изделий происходят в основном из-за плохой организации внутриотраслевых поставок. Видимо, целесообразно расширить номенклатуру товаров, по которым формируются планы поставок дефицитных комплектующих изделий (в настоящее время этот план составляется лишь по нескольким наименованиям). Только при этих условиях комплексно-целевые программы могут включаться в государственные планы экономического и социального развития отрасли.

В вопросах организации производства и повышения качества товаров немаловажное значение имеют проектно-конструкторские решения изделий, в разработке которых активную роль должен играть экспертно-художественный совет.

В 1985 г. экспертно-художественным советом рассмотрено лишь 25% из освоенных предприятиями отрасли изделий. Это привело к тому, что многие предприятия-изготовители шли по пути самостоятельного утверждения образцов без учета складывающейся конъюнктуры рынка, а также обеспеченности комплектующими изделиями и материалами. Кроме того, это обусловило нерациональное использование остродефицитных материалов, которые следует применять лишь в производстве изделий, имеющих высокую рентабельность. Как видно из приведенного ниже примера, расход полистирола и сополимеров стирола в различных группах ТКБиХН (в килограммах на 1000 руб. выпуска) значительно колеблется:

Игрушки и влочные украшения	14,8
Фотовспышки	9,4
Магнитофоны	8,6
Телевизоры	6,9
Микрокалькуляторы	6,7
Бытовые часы	1,5

В этой связи целесообразно также создать в отрасли программу применения материалов и разработки прогрессивных технологических процессов декоративной отделки и внедрения их на ведущих предприятиях, а также провести аттестацию технологических процессов производства ТКБиХН.

Увеличивая выпуск товаров культуры, нельзя упускать из виду развитие производства посуды, хозяйственных, спортивных товаров, предметов бытовой техники и других изделий, имеющих массовый спрос. При этом следует выбирать такую номенклатуру, которая, обеспечивая спрос области или республики, могла бы иметь выход и за их пределы. Нельзя ограничиваться выпуском единственного изделия, так как в условиях хозрасчета узкая специализация без расширения ассортимента выпускаемых товаров, давая сиюминутную экономию, в последующем, при переходе на другое из-

делие, приводит к большим убыткам, омертвлению средств и несбалансированности в выпуске изделий в связи с постоянным изменением спроса. Такая же закономерность характерна и для производства основных (профильных) изделий нашей отрасли. И в этой связи необходимо подчеркнуть значение изготовления ТБНиХН для обеспечения устойчивого финансово-хозяйственного положения предприятия.

Решению задачи реализации ТБНиХН должна способствовать имеющаяся в отрасли сеть фирменных магазинов "Электроника", размещенных в ряде столиц союзных республик и крупных промышленных центрах страны. Однако информация о деятельности этих магазинов недостаточна для того, чтобы обеспечить решение задач текущего и перспективного планирования производства по номенклатуре и ассортименту, активное воздействие на производство, максимальное приближение выпуска товаров народного потребления к потребностям населения по объему и ассортиментной структуре, более оперативное маневрирование товарными ресурсами. Для получения надежной комплексной информации о состоянии и перспективах развития спроса и правильного ее использования в плановой и коммерческой деятельности необходимо шире использовать выставки-продажи, покупательские конференции, печать, радио, телевидение, улучшить рекламу товаров, повысить эффективность ярмарок по оптовой продаже товаров народного потребления, организовать на ярмарках продажу материалов и комплектующих изделий.

И, наконец, в двенадцатой пятилетке стоит задача по значительному улучшению работы в сфере платных услуг, оказываемых предприятиями отрасли населению. Увеличение платных услуг должно способствовать созданию дополнительных удобств для трудящихся, сокращению потерь рабочего времени, повышению производительности труда, более полному удовлетворению возросшего спроса населения на различные услуги. Предприятия должны изыскивать все новые и новые возможности для расширения этой сферы, которая включает в себя:

- строительство, ремонт, оборудование жилищ и гаражей;
- ремонт бытовых машин, телеаппаратуры, прокат этих предметов;
- перевозку мебели и других грузов;
- предоставление общежитий и гостиниц для временного проживания;
- организацию лекториев науки и техники, вечеров отдыха, дискотек, курсов по радиоделу и др.;
- услуги детских учреждений;
- услуги спортивных баз и лагерей и т. п.

Следует отметить, что начиная с 1986 г. полученная от реализации услуг прибыль полностью остается в распоряжении предприятий и организаций.

Выполнение намеченных мер по организации выпуска новых товаров и оказанию услуг населению, а также по расширению выпуска товаров, пользующихся повышенным спросом, позволит успешно реализовать установленные отраслью задания Комплексной программы развития производства товаров народного потребления и сферы услуг на 1986–2000 годы.

*Статья поступила 12 декабря 1985 г.*

## НОВЫЕ КНИГИ

### ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

М. Л. Селезнев

М.: Радио и связь, 1986. — 8 л.

Рассматриваются вопросы повышения эффективности обработки данных путем создания типовых информационно-вычислительных систем (ИВС). Предложен метод определения рационального состава технических средств, включаемых в систему. Дается новый подход к оценке эффективности создаваемых систем обработки данных, основанный на количественной оценке уровня их типизации. Высокий уровень таких систем и коллективное использование ресурсов обеспечивают повышение эффективности работы всех абонентов ИВС.

Для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием и эксплуатацией систем обработки данных.

### АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОНОМИКИ РАДИОПРИБОРОСТРОЕНИЯ

С. В. Моисеев, А. С. Аветисян, В. А. Бормотова и др.

М.: Радио и связь, 1986. — 19 л.

Рассмотрены актуальные вопросы экономики радиоэлектронных отраслей с учетом их специфики и применения системного подхода и экономико-математических методов. Освещены особенности совершенствования деятельности отраслей и их первичных звеньев на базе развития хозяйственного механизма, вопросы использования достижений научно-технического прогресса базовых отраслей и совершенствования методологии определения его экономической эффективности.

# НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС И КАДРЫ

*В общественном производстве все более прочные позиции занимают бригадные формы труда как наиболее эффективное средство экономии трудовых и материальных ресурсов. В подрядных коллективах крепче дисциплина, быстрее осваивают мастерство молодые рабочие. Бригадная форма организации и стимулирования труда, обеспечивающая каждому работнику возможность реально представить свой вклад в решение задач коллектива, является действенным рычагом повышения эффективности работы предприятий, широкого вовлечения трудящихся в управление производством.*

*В предлагаемой подборке статей отражена практика внедрения бригадных форм труда на ряде предприятий отрасли.*

**Н.П.Волкова, В.Д.Сергеева**

## **ВНЕДРЕНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОЛЛЕКТИВНЫХ ФОРМ ОРГАНИЗАЦИИ И ОПЛАТЫ ТРУДА**

Бригадная форма организации труда с оплатой по конечным результатам внедрялась одновременно со становлением предприятия. Необходимость перехода на бригадную форму работы диктовалась такими особенностями производства, как сложность индивидуального учета выполненного объема работ в массовом производстве с номенклатурой более тысячи наименований и постоянное перемещение рабочих на операциях.

Особо важное значение развитию бригадного метода на предприятии стало придаваться после выхода постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР "О дальнейшем совершенствовании хозяйственного механизма и задачах партийных и государственных органов".

Администрацией предприятия совместно с партийной и профсоюзной организацией были разработаны методические материалы по созданию и развитию коллективных форм организации и оплаты труда рабочих, условия социалистического соревнования среди бригад, определены функциональные обязанности и ответственность работников подразделений по организации планирования и учета работы производственных бригад.

Для организационно-методического руководства по внедрению и совершенствованию бригадной формы организации и оплаты труда и контроля за ходом этой работы на предприятии в цехах созданы и работают комиссии. Проведены семинары с начальниками цехов, экономистами, нормировщиками и председателями цеховых комитетов профсоюза. Организовано обучение бригадиров по 62-часовой программе.

В настоящее время в бригадах трудится 84,5% рабочих предприятия. Бригадами охвачено свыше 90% основного производства и более 60% вспомо-

гательного. Большинство бригад работают на единый наряд с оплатой по конечным результатам, заработная плата распределяется с учетом коэффициента трудового участия.

Планами развития и совершенствования бригадных форм организации труда на предприятии в последние годы предусматривалось не увеличение процента охвата БФОТ, а укрупнение действующих бригад и перевод их на хозрасчет. В этой связи были пересмотрены обязанности служб завода по внедрению и развитию бригадных форм организации и оплаты труда, положения по организации хозрасчетной деятельности производственных бригад, уточнялось соответствие действующих норм операциям технологического процесса.

Результатом проведенной работы явилось создание хозрасчетных бригад с охватом 82% рабочих, занятых в бригадах. Работа в условиях хозрасчета показывает, что сочетание экономически обоснованного планирования и материального стимулирования коллектива за полученную конечную продукцию дает ощутимое высвобождение численности за счет совмещения профессий и расширения зон обслуживания, обеспечивает снижение простоев и повышение качества продукции.

Преимущества бригадной формы труда на основе хозрасчета можно проиллюстрировать на примере работы цеха пленочных конденсаторов, где 80% бригад, охватывающих 83,2% всех рабочих, было переведено на бригадный хозрасчет. Работая в течение года с меньшей численностью, цех обеспечил рост выпуска нормативно-чистой продукции. Производительность труда увеличилась на 145%. Средняя заработная плата возросла на 5,6%. Сократилась текучесть кадров, вырос процент выхода годных. Объем продукции, сдаваемой с первого предъявления, приближается к 100 процентам.

Каждой хозрасчетной бригаде устанавливаются следующие плановые показатели (на год, квартал, месяц): выпуск продукции в натуральном выражении, объем продукции, объем производства в номенклатуре, численность, выработка одного рабочего, общий фонд зарплаты, средняя зарплата, снижение трудоемкости, качество продукции, расход материалов, выход годных, сдача продукции с первого предъявления.

Учет расхода технологических материалов ведется по лицевым счетам экономии.

За экономией дефицитных технологических материалов рабочие премируются в пределах 50% стоимости сэкономленных материалов.

Для каждой комплексной бригады разработаны комплексные нормы и расценки, которые определены как сумма трудовых затрат отдельных технологических операций, закрепленных за бригадой. Объединение рабочих в комплексные бригады дало выигрыш в повышении производительности труда за счет сокращения подготовительного времени и продолжительности обслуживания рабочих мест, предусмотренных нормами в расчете на индивидуальную организацию труда и за счет устранения простоев, возникающих ранее из-за разобченности трудовых операций. В отдельных бригадах удалось благодаря этому снизить трудоемкость изготовления изделий более чем на 10%.

Переход на новую форму труда предоставил больше времени и нормировщикам для дальнейшего совершенствования нормирования, поскольку разработка и внедрение комплексных норм и расценок и работа членов бригады на один наряд позволили сократить число платежных документов и упростить начисление зарплаты.

Оплата труда в бригадах производится по конечным результатам за годную продукцию, принятую ОТК и сданную на склад готовых изделий. Начисленная зарплата распределяется между членами бригады по фактически отработанному времени и разряду выполняемой работы с учетом КТУ.

Диапазон КТУ составляет 0,5—1,5. Основными показателями оценки качества труда рабочих являются: выполнение и перевыполнение норм выработки, освоение смежных профессий и их совмещение, расширение зон обслуживания, повышение качества продукции, соблюдение технологической и трудовой дисциплины.

С внедрением бригадной формы организации труда переработаны и премиальные положения. Раньше основным показателем премирования являлось выполнение технически обоснованных норм. Теперь же рабочие бригад премируются по показателям, установленным в целом по бригаде. Основные из них — это выполнение плана производства, производительность труда, выполнение и перевыполнение технически обоснованных норм, сдача продукции с первого предъявления.

Премирование производится как из фонда зарплаты, так и из фонда материального поощрения. 50% общего размера премии выплачивается за количественные показатели, остальные 50% — за качественные. На предприятии действует система бездефектного труда.

Особое внимание на предприятии уделяется созданию комплексных бригад с включением в их состав вспомогательных рабочих. Так, в заготовительном цехе на основе шести малочисленных бригад было создано три комплексных бригады. В бригадный фонд заработной платы включается и тарифная заработная плата вспомогательных рабочих. Присутствие в бригаде наладчиков технологического оборудования позволило решить ряд экономических и социальных проблем, рабочее время наладчиков использовать с большей полнотой. В составе бригады наладчики технологического оборудования помимо своей основной работы выполняют работу штамповщиков. Заработная плата их стала на 25% выше, чем у наладчиков, не

входящих в состав бригад. Аналогичные бригады были созданы в сборочных цехах. На предприятии сформировано 26 бригад с включением вспомогательных рабочих.

В целях своевременного и бесперебойного обеспечения цехов необходимыми материалами на предприятии внедрена централизованная доставка технологических материалов и комплектующих изделий с диспетчерским контролем. Организовано две бригады грузчиков (по бригаде на смену), за каждым электрокаром закреплен строго определенный маршрут. При этом грузчикам-водителям электрокар созданы условия для овладения смежными профессиями. За совмещение профессий водитель получает 30%-ную доплату к заработку. Оплата труда грузчиков производится за готовую продукцию, сданную цехами на склад по нормам, разработанным на основе нормативов на транспортные работы и выполненных фотографий рабочего дня. Зарплата грузчиков после перевода их в бригаду повысилась на 25%.

В целях своевременного и качественного обслуживания оборудования были переведены на бригадный метод труда наладчики и ремонтники, благодаря чему неполадки в оборудовании стали возникать в два раза реже.

Совмещение функций по обслуживанию оборудования обеспечило повышение занятости рабочих в течение смены и способствовало более полному использованию рабочего времени основных рабочих благодаря улучшению обслуживания рабочих мест. Оплата труда комплексных бригад производится по конечному результату работы каждого цеха, т. е. зарплата отдельного рабочего целиком зависит от количества и качества продукции, выпущенной данным цехом. Поэтому бригада заинтересована в увеличении выпуска продукции, сокращении сроков ремонта. Коэффициент сменности работы оборудования повысился до 1,8.

В настоящее время проводится работа по укрупнению действующих бригад с целью объединения рабочих всего участка и включения в состав бригад мастеров и других ИТР. Разработано и утверждено положение о порядке оплаты их труда и материального стимулирования. В таких бригадах, уже созданных на предприятии, легче осуществляется внедрение полного хозрасчета, планирование и учет производится согласно нормативным калькуляциям.

Внедрение и совершенствование бригадной формы организации труда на предприятии позволило значительно повысить эффективность его работы. Предприятие не раз занимало классные места в соревновании, награждалось Почетной грамотой министерства и ЦК профсоюза. Вместе с тем, еще нельзя сказать, что все возможности бригадного метода на предприятии уже использованы. На пути распространения этой перспективной формы организации труда еще немало препятствий. Так, в некоторых случаях внедрение хозрасчета тормозится из-за неудовлетворительного материально-технического снабжения, большой трудоемкости вычислительных операций, связанных с планированием и учетом по каждой бригаде.

Дальнейшее совершенствование бригадной формы работы на предприятии предполагается проводить в направлении укрупнения хозрасчетных бригад, улучшения нормирования и оплаты труда по конечным результатам.

Ю.И.Колот

## ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ БРИГАДНЫХ ФОРМ ТРУДА В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ОБЪЕДИНЕНИИ

Бригадная форма организации и стимулирования труда стала основной в объединении уже в одиннадцатой пятилетке. Организация бригад на предприятиях объединения сопровождается работой по улучшению внутривиртуального планирования, технологии, организации производства и труда, систем его оплаты. В 1985 г. лабораторией НОТ головного завода с учетом накопленного опыта существенно переработаны руководящие материалы по развитию и внедрению бригадной формы организации труда (БФОТ), которые в настоящее время включают в себя положения о производственной бригаде и ее совете, ее бригадире, совете бригадиров цеха, завода, о хозяйственном расчете в бригадах; перечислены в них и функциональные обязанности служб завода по внедрению и развитию БФОТ.

За пятилетку в объединении были организованы как специализированные, так и комплексные бригады, охватывающие 77,0% основных и вспомогательных рабочих.

На подготовительном этапе внедрения БФОТ все рабочие объединения были разделены на несколько функциональных групп: производственные, занятые непосредственно в основном производстве; вспомогательные, обслуживающие рабочих первой группы; занятые изготовлением, ремонтом оборудования и оснастки; рабочие общезаводских служб (лаборатории, связи, энергоснабжения и т. д.).

На различных участках производства организовывались различные по профессиональному составу бригады. Комплексные, например, создавались на производственных участках, где требуются согласованные действия рабочих различных профессий, где необходимо выполнение комплекса технологически разнородных, но взаимосвязанных работ. Специализированные бригады были сформированы на участках с технологической специализацией, там, где максимальная эффективность труда достигается в результате согласованных действий рабочих одной профессии.

Члены производственных бригад, как правило, не закрепляются постоянно за определенными рабочими местами — признано целесообразным создавать им все условия для освоения смежных и вторых профессий.

С самого начала создания бригад администрация и профсоюзная организация объединения вплотную занялась внедрением НОТ в рабочих зонах бригад. В настоящее время работа по оснащению бригад всем необходимым оборудованием, по рациональному его размещению, созданию для каждого рабочего безопасных условий труда и т. д. проводится в рамках мероприятий по аттестации рабочих мест. В ходе смотров-конкурсов по этим мероприятиям поступило 170 предложений, 40 из которых внедрено.

В объединении получают широкое распространение бригады нового типа — укрупненные, комплексные с оплатой труда по единому наряду, когда наряд или задание выдается на всю бригаду в целом

на имя ее бригадира, а не на каждого рабочего в отдельности, что, однако, не исключает индивидуального учета внутри бригады. В объединении 76,6% рабочих трудятся на единый наряд с оплатой по конечному результату. Другая важная особенность бригад нового типа — оплата труда ее членов с учетом коэффициента трудового участия (КТУ), определяющего вклад каждого рабочего в общие результаты работы. В объединении такой системой оплаты охвачено 78,6% рабочих.

Важная особенность бригадной формы организации труда — использование экономических методов в управлении бригадами, и прежде всего перевод их на хозяйственный расчет, что является необходимым условием осуществления режима экономии. В объединении 70,3% рабочих — членов бригад — работают в условиях хозрасчета по следующим показателям: НЧП, выработка, численность, средняя заработная плата, фонд заработной платы, снижение трудоемкости, сдача продукции с первого предъявления, экономия сырья и материалов.

В целях реализации постановления ЦК КПСС и СМ СССР "Об усилении работы по экономии и рациональному использованию сырьевых, топливно-энергетических и других материальных ресурсов" в деятельности хозрасчетных бригад объединения внедряются разработанные ЛНОТ головного завода лицевые счета экономии.

В коллективах объединения, работающих на хозрасчете, наблюдаются наиболее высокие темпы роста выработки, производительности труда и заработной платы.

Работа по развитию БФОТ положительно сказалась на выполнении предприятиями объединения основных технико-экономических показателей. Возросла стабильность трудовых коллективов.

Наряду с обеспечением экономической эффективности бригадная форма труда оказалась действенной и в плане решения социальных вопросов. В объединении разработан и внедряется паспорт производственных бригад, где помимо технико-экономических показателей работы бригады фиксируются социально-демографические, профессиональные данные о рабочих, их трудовые почiny и начинания. Бригада стала основным первичным звеном трудового коллектива, в котором конкретно реализуются планы развития производства и ведется активная воспитательная работа. Бригада имеет свою систему управления и самоуправления и располагает необходимыми правами и средствами для решения производственных и социальных задач. На предприятиях объединения созданы советы бригад, сформированы советы бригадиров в цехах, на предприятиях и в объединении. Деятельность советов бригадиров осуществляется под руководством заместителя генерального директора объединения по производству, партийной, профсоюзной и комсомольской организаций.

Под руководством партийной организации объединяются усилия всех общественных организаций по политическому, трудовому и производственному воспитанию трудящихся с учетом особенностей различных групп работающих и задач внедрения в массовом масштабе новых форм организации труда. Большая роль в этом принадлежит школам коммунистического труда, где проводится обучение бригадиров и членов бригад основам организации и управления производством.

Работа по развитию и внедрению БФОТ на предприятиях объединения проводится на основе

планов, составленных на текущую пятилетку с разбивкой по годам. Для каждого цеха определены задания по развитию БФОТ, с указанием конкретных организационно-технических мероприятий, ход выполнения которых контролируется профсоюзными организациями.

Бригадная форма труда поднимает действенность социалистического соревнования. В объединении проводятся смотры-конкурсы по БФОТ за звание лучшего цеха, лучшей бригады. Достижения бригад в целях придания движению широкой гласности отражаются на стендах "Передовой опыт". Профсоюзные комитеты предприятий объединения организуют социалистическое соревнование на основе договоров между бригадами, связанными взаимными поставками. На базе головного завода объединения устраиваются совещания по обмену передовым опытом внедрения БФОТ. Все коллективы бригад участвовали в борьбе за досрочное выполнение планов одиннадцатой пятилетки.

**С.М.Богатов, А.И.Осипов, Н.С.Серболдина, А.С.Шипшикин**

## ОПЫТ СОЗДАНИЯ УКРУПНЕННЫХ ХОЗРАСЧЕТНЫХ БРИГАД

Совершенствованию организации труда, поиску ее новых форм, способствующих повышению темпов и качества работы, на предприятии постоянно уделялось первостепенное внимание. Практика последних лет показала, что наиболее эффективна бригадная форма, которой в настоящее время охвачено около 80% рабочих.

Организационно-методическое руководство внедрением бригадного хозрасчета осуществляет общезаводская комиссия, в которую входят представители производственно-экономического отдела, отдела труда и заработной платы, лаборатории научной организации труда, главной бухгалтерии и других подразделений.

На предприятии разработаны положения: об организации бригадного хозяйственного расчета в цехах основного производства, о смотре-конкурсе за звание лучшего подразделения завода по развитию бригадной формы организации труда, о премировании работников за внедрение мероприятий по совершенствованию организации труда, производства и управления производством.

Планирование и оценка качества работ по бригадной форме организации труда (БФОТ) осуществляется на основе пятилетнего и ежегодных планов дальнейшего развития БФОТ и плана работы совета бригадиров при директоре завода. Основное внимание в настоящее время уделяется созданию укрупненных сквозных хозрасчетных бригад, работающих на единый наряд с оплатой по конечным результатам и применением коэффициента трудового участия (КТУ) при распределении общебригадного приработка и премии. Ряд укрупненных сквозных хозрасчетных бригад уже успешно функционирует на предприятии. Показать процесс организации такой бригады можно на примере работы коллектива одного из цехов научно-производственного стекольного комплекса.

До создания сквозной хозрасчетной единой бригады в этом цехе действовали два самостоятельных участка: выработки конусов цветных кинескопов и их шлифовки. Организация и методы стимулирования труда на них нецеливали рабочих на условный конечный продукт — изготовление заготовок конусов и шлифованных конусов. Участок изготовления заготовок конусов, как правило, успешно справлялся с производственной программой: основная часть заготовок поступала по технологической цепочке на операцию приварки цилиндра к конусу, затем на участок шлифовки; другая часть заготовок шла в задел. Участок же шлифовки выполнял график производства с большим напряжением вследствие значительного брака, допущенного ранее на других участках (скрытые дефекты стекла) и постоянной нехватки кадров.

Результаты анализа работы этих участков показали необходимость их объединения и создания на их базе сквозной комплексной хозрасчетной бригады изготовления конусов цветных кинескопов, работающей на единый наряд — сдачу годных конусов после ОТК в сборочный цех. Было разработано и соответствующее положение об организации и оплате труда этой бригады.

В результате такой реорганизации работы участков цеха удалось сократить численность инженерно-технических работников на пять человек (при общей численности бригады 92 человека), уменьшить пропуск брака на операцию шлифовки, поднять качество конусов, обеспечить взаимозаменяемость рабочих на наиболее трудоемких технологических операциях. С момента создания бригады уже дважды — за период с декабря 1984 г. по июнь 1985 г. — пересмотрены нормы выработки в целом по всем операциям. Снижение трудоемкости за первое полугодие 1985 г. составило 8667 нормо-часов с годовым экономическим эффектом 19779 руб. Технологический выход годных конусов в целом по участку повысился с 70,4% до 72,2%. Сэкономлено значительное количество шихты.

Сквозной хозрасчетной бригаде изготовления конусов цветных кинескопов планируются на основе трудового паспорта бригады следующие технико-экономические показатели: объем товарной продукции, номенклатура, численность рабочих в бригаде, фонд заработной платы, снижение трудоемкости, расход шихты на 1000 конусов. Распределение коллективного приработка и премии, доплат за экономию материалов и полуфабрикатов производится с применением КТУ советом бригады, при начислении заработной платы членам бригады используется АСУ. Руководство сквозной хозрасчетной бригадой осуществляется старшим мастером участка.

На предприятии также накоплен опыт организации и внедрения сквозных хозрасчетных бригад в сборочных цехах. Так, в цехе сборки цветных кинескопов организованы сквозные хозрасчетные бригады склейки и сборки ЦЭЛТ, работающие на единый наряд с оплатой по конечному результату — сдаче годных кинескопов после второго испытания. Сквозная хозрасчетная бригада сборки ЦЭЛТ работает с меньшей численностью, более 50% рабочих владеют смежными профессиями. Распределение коллективного приработка бригады и доплат за экономию материалов производится по КТУ, который для каждого члена сквозной бригады определяется в два этапа: для каждой смены сквозной бригады — как отношение среднечасовой выработки смены к среднечасовой выработке по участку; для каждого

рабочего смены в зависимости от его трудового вклада — как отклонение от сменного КТУ.

На заводе проводится большая работа по дальнейшему развитию и совершенствованию БФОТ среди вспомогательных рабочих цехов и участков на основе планирования этим бригадам хозрасчетных показателей: норматива численности, планового фонда зарплаты, нормированных заданий на основе отраслевых нормативов. Организованы специализированные бригады, численность которых меньше установленного норматива. Расширение зоны обслуживания и повышение квалификации членов этих бригад позволяют им выполнять установленный объем работ. Общебригадная премия и доплаты за работу меньшей численностью распределяются в бригаде по КТУ.

Заслуживает также внимания инициатива совета бригадиров одного из заводских подразделений по принятию взаимной материальной ответственности за соблюдение трудовой дисциплины между рабочими и администрацией. Согласно разработанному и принятому бригадами положению, коллективам бригад, в которых не было нарушений трудовой дисциплины и общественного порядка в течение года, присваивается звание "Коллектив высокой дисциплины труда" и всем членам бригады увеличивается годовое вознаграждение. В случае прогула или нарушения общественного порядка каким-либо членом бригады премия в целом по бригаде снижается, а нарушитель лишается ее полностью за месяц, в котором было совершено нарушение. Внедрение взаимных договоров о коллективной ответственности бригад и администрации цехов за состояние трудовой дисциплины и общественного порядка позволило значительно сократить потери рабочего времени.

В развитии и совершенствовании бригадных форм организации труда на предприятии встречаются, конечно, и свои проблемы. Так, при разработке новых изделий и оборудования не учитываются требования разделения и кооперации труда, нормирования материальных затрат, учета и оценки технико-экономических показателей труда бригад, комплексного проектирования НОТ. Заметно тормозит развитие БФОТ и отсутствие отраслевых нормативов по определению численности отдельных категорий вспомогательных рабочих, имеются сложности планирования и учета нормированных заданий для них. Опыт работы предприятия показывает, что при наличии обоснованных нормированных заданий доплата вспомогательным рабочим за работу меньшей численностью производиться не должна, а труд рабочих-повременщиков в бригаде следует оплачивать, исходя из количества выработанных бригадой нормо-часов или с учетом натуральных показателей.

В настоящее время коллектив предприятия работает над вопросом включения ИТР в состав бригад и заключения договоров о содружестве ИТР с бригадой о выполнении конкретных мероприятий. Наиболее приемлемым здесь представляется заключение договоров о содружестве с целью упрощения расчетов заработной платы членам бригады и объективности ведения учета выполняемых работ. Широкое распространение на предприятии бригадной формы организации и стимулирования труда и постоянное ее совершенствование полностью себя оправдало. В значительной степени это подтверждается тем фактом, что на протяжении многих лет коллектив предприятия занимает первое место в соревновании и награждается переходящим Красным знаменем Центрального Комитета профсоюза.

---

## ЛЮДИ ТРУДОВОЙ СЛАВЫ

---

*Трудовая активность каждого работника — неисчерпаемый резерв интенсификации общественного производства. В условиях все возрастающей важности по-хозяйски заинтересованного, ответственного, сознательного подхода трудящихся к решению проблем ускорения научно-технического прогресса особое значение приобретает пример передовиков производства.*

*В публикуемой подборке статей рассказывается о молодых новаторах производства, которые благодаря отличному качеству работы, высокому профессиональному мастерству и научно-техническому творчеству добились выдающихся результатов во Всесоюзном социалистическом соревновании.*

### С КОМСОМОЛЬСКИМ ЗАДОРОМ

Всего шесть лет работает в сборочном цехе головного завода сварщик интегральных микросхем ПЕШКО Валентина Григорьевна. Уже в течение

первого года работы она добилась наивысшей на своей операции производительности труда при отличном качестве выполняемой работы. С самого начала была и четкость движений, и умение мобилизовать свои силы и сосредоточиться на главном.

Пешко В. Г. выполняет нормы по изготовлению микроэлементов на 140–150%, что позволило ей

задание четырех лет пятилетки завершить к 1 Мая 1984 года. Вся продукция сдается с первого предъявления, плановый процент выхода годных изделий перевыполняет на 1,5%. Только за один год изготовила дополнительно продукции на пять тысяч рублей.



Обладая качествами хорошего организатора, она умеет настроить коллектив на выполнение напряженных заданий, пользуется авторитетом у своих товарищей. Все это помогает ей успешно справляться с обязанностями неосвобожденного бригадира комсомольско-молодежного коллектива имени 62-й годовщины ВЛКСМ, который по итогам работы за 1983 год был признан победителем во Всесоюзном социалистическом соревновании среди комсомольско-молодежных коллективов отрасли.

В. Г. Пешко не только ударно трудится, она — член районного комитета комсомола, наставник молодежи, инструктор производственного обучения.

За год Пешко В. Г. обучила профессии сварщика 9 учениц, которые уже через два месяца начали выполнять установленную норму выработки — это в два раза быстрее, чем предусмотрено инструкциями. Тогда же она руководила школой передовых методов труда, в которой занимались 15 сварщиц. В итоге выполнение норм выработки увеличилось на 10%, с одновременным ростом выхода годных изделий.

Активно участвует В. Г. Пешко во всех формах индивидуального соцсоревнования, не раз была победителем конкурсов профессионального мастерства, ударных трудовых вахт. В честь 40-летия Победы советского народа в Великой Отечественной войне приняла повышенное обязательство — выполнить личное пятилетнее задание к 9 мая 1985 года. Обязательство выполнила досрочно — 20 апреля.

Как бригадир Валентина Григорьевна проводит значительную работу по совершенствованию организации производства, повышению производительности труда, экономии материалов, комплектующих изделий.

На основе руководимого ею комсомольско-молодежного коллектива создана специализированная бригада, установлена материальная ответственность

за расход драгоценных металлов в целом по бригаде, разработано и внедрено бригадное положение о премиях, осуществляется индивидуальный контроль за работой каждого члена коллектива. Только за I квартал 1985 года повышение планового процента выхода годных оснований с кристаллами дало экономический эффект на сумму 12318 руб.

Коллектив бригады проводит шефскую работу в Доме ребенка, с учащимися средней школы и СГПТУ.

С 1984 года В. Г. Пешко — член КПСС. За высокие производственные показатели, активную комсомольскую работу она награждена бронзовым Знаком ЦК ВЛКСМ "Молодой гвардеец пятилетки", Знаком ЦК ВЛКСМ "Трудовая доблесть", Почетной грамотой ЦК ВЛКСМ. Ей неоднократно присваивалось звание лучшего молодого рабочего по предприятию и отрасли республики.

В качестве инструктора производственного обучения Валентина Григорьевна проделала значительную работу по повышению квалификации рабочих участка, а также их общеобразовательного уровня. На участке более 40% рабочих овладели смежными профессиями, 65% рабочих учатся в школах коммунистического труда, школах передовых методов труда.

Рабочие комсомольско-молодежного коллектива, возглавляемого В. Г. Пешко, досрочно выполнили личные задания 11-й пятилетки к 9 мая, а задания 1985 года — к Дню Конституции СССР. Пешко В. Г. постоянно повышает свою квалификацию — шлифует профессиональное мастерство.

Н. А. Гаврилова

## ЧЕСТЬ СМОЛОДУ



Пять лет на предприятии — не такой уж большой срок для трудовой деятельности, но сколько, оказывается, он может вместить событий в жизни молодого человека.

В 1980 году после службы на Северном флоте пришел Виктор ПАСТУШЕНКО на завод наладчиком электронно-вычислительной аппаратуры. Интересное

и непростое дело требовало хорошей теоретической подготовки, творческого подхода и увлеченности.

За короткое время Виктор освоил сложную вычислительную технику, внес несколько рационализаторских предложений по внедрению АСУ технологическими процессами.

В тот год на предприятие поступили новейшие станки с программным управлением. Для их освоения и наладки требовалось знание теоретических основ электроники и необходимо было иметь навыки профессии металлста. Среди комсомольцев, которые откликнулись на призыв комитета ВЛКСМ и молодежи завода "Молодежь — на новейшее оборудование", был и Виктор. Вскоре он становится к пульту фрезерного станка с программным управлением, одновременно учится на вечерних курсах в политехническом институте. К началу 1982 года он уже в совершенстве владеет станком и досрочно получает четвертый разряд.

Принадлежит к типу людей, которые не ищут легких путей в жизни, Виктор, увлеченный идеями совершенствования технологии изготовления сложных деталей, ведет большую рационализаторскую работу. Как-то в беседе с молодыми рабочими других подразделений Пастушенко попросили назвать наиболее крупные из внесенных им рационализаторских предложений. Виктор начал было перечислять: "Инструмент для групповой обработки деталей повышенной сложности, фрезы специальной конструкции и повышенной износостойкости, приспособления, позволяющие использовать групповое сочетание инструмента" и вдруг остановился растерянно, пояснив: "Это за последние полгода, а все не помню". И действительно, упомянуть их все нелегко — ведь им было подано и внедрено в производство 18 рационализаторских предложений с экономическим эффектом 20,5 тыс. рублей.

С 1982 года Пастушенко — постоянный участник комплексного творческого комсомольско-молодежного коллектива по освоению важнейших новых изделий. Активно включился и в движение молодежи предприятия "Каждому молодому рабочему предприятия — лицевой счет экономии", записав только за один год на свой лицевой счет экономленного сырья, материалов и энергии на 5,2 тыс. рублей.

Виктор принимает участие в конкурсах профессионального мастерства, проводимых на заводе и в городе. Он победитель заводских и городского конкурсов.

Стремясь передать свое мастерство другим, Виктор организовал комсомольско-молодежную бригаду, на 50% укомплектовав ее вчерашними выпускниками ПТУ. В социалистическом соревновании среди комсомольско-молодежных коллективов в честь 40-летия Победы советского народа над фашистской Германией коллектив бригады занял первое место, а бригадире было присвоено звание "Ударник коммунистического труда".

Комсомольцы цеха не раз выдвигали Виктора Пастушенко в состав комсомольского бюро, членом заводского комитета ВЛКСМ. В 1985 году трудящиеся предприятия избрали его депутатом в районный Совет народных депутатов.

В настоящее время Виктор работает в счет 12-й пятилетки — личное плановое задание 11-й пятилетки он завершил ко Дню Победы.

Ударная работа Виктора Пастушенко отмечена Почетными грамотами и высокими наградами

страны, коммунисты завода приняли его кандидатом в члены КПСС. Летом прошлого года Виктор был в числе делегатов на XII Всемирный фестиваль молодежи и студентов.

Таковыми были события пяти лет в жизни рабочего человека — Виктора Федоровича Пастушенко.

К. В. Лушпинин

## ПРО ЛЮБУ КОРЯКИНУ



Из комсомольского возраста Люба КОРЯКИНА — монтажница изделий электронной техники — еще не вышла, но уже имеет высокие правительственные награды.

Родилась и выросла она в селе, где и теперь живут ее близкие. Родные места богаты и полями широкими, и перелесками зелеными, и тихими, задумчивыми речками. Они, наверное, и повлияли на характер Любы — столько в нем красоты и скрытой силы.

— После школы, — рассказывает Люба, — девчата разбрелись кто куда. Некоторые в колхозе остались. А мне, сама не знаю почему, запало в душу слово "электроника". Таинственным, загадочным казалось оно. Когда узнала, что в городе есть училище, которое готовит рабочих для одного из заводов электронного приборостроения, решила поступить в него.

Начальник цеха, старший мастер, товарищи по работе говорят о Любиной настойчивости, рассудительности, о том, что не любит она громких слов о долге, не жалуется на трудности, что щедра она добротой своей и всеми уважаема.

За время работы на заводе Люба освоила монтаж шести приборов. В 1982 году в конкурсе профессионального мастерства заняла второе место среди монтажниц предприятия. Ей неоднократно присваивались звания "Лучший молодой рабочий", "Лучший по профессии". Она — ударник коммунистического труда, была инициатором движения "Задание восьми месяцев — к 60-летию присвоения комсомолу имени В. И. Ленина".

Производственное задание 1984 года Люба завершила в октябре, а производственное задание первого полугодия минувшего года выполнила, как и обещала, к 40-летию Победы.

Всю продукцию Люба сдает с личным клеймом качества. Она очень бережлива: экономия электроэнергии составила у нее в 1984 году 737,2 кило-

ватт-часа. На сэкономленной электроэнергии ею было отработано пять дней.

Люба считает, что без таких наставниц, как Аня Харитонова, Надя Голованова, она не добилась бы успеха. И вообще убеждена, что ей повезло в жизни на хороших людей: Анна Степановна Тихонова, Вера Александровна Кондрина, Виктор Иванович Воржеинов, Виктор Викторович Ветров работают с ней рядом. В общении у Любы тоже сложились хорошие отношения с людьми. "Живем одной семьей, — говорит Люба, — с удовольствием работаем и отдыхать умеем".

Недавно коммунисты завода принимали Любу Корякину — вчерашнего комсомольского секретаря участка — в партию. И приняли единогласно.

А. В. Жбанков

## СТУПЕНИ МАСТЕРСТВА



Лена ФРОЛОВА пришла на завод сразу после окончания средней школы. Сначала работала комплектовщицей. Не так уж сложна была ее первая рабочая профессия, но требовала, как и любая другая, собранности, аккуратности, внимания. Под руководством опытного наставника Лена быстро освоила все особенности комплектовки, старалась работать так, чтобы по ее вине не было задержек на технологической линии.

А начиналось все, казалось бы, с малого. В школе Лена считала для себя зазорным не выполнить поручение, не подготовиться как следует к уроку. Дома, в семье, охотно помогала старшим, не росла белоручкой. Постепенно требовательность к самой себе становилась чертой характера.

Когда на заводе создавался участок по производству новых изделий и Е. Фроловой предложили перейти на него, она приняла это предложение с радостью и стала монтажницей. А через три месяца самостоятельной работы начала осваивать смежные

операции. Сейчас Лена может заменить других и на лужении, и на намотке, и на вязке жгутов — на любой операции по изготовлению продукции, выпускаемой цехом.

Появились у Фроловой и рационализаторские предложения. Например, заметила она как-то, что сдерживается монтаж из-за одной неудобной прокладки, предложила изменить ее форму. Сделали. В результате снизилась трудоемкость операции.

Ударник коммунистического труда, 11-ю пятилетку Е. Фролова выполнила на 14 месяцев раньше срока. Елена Михайловна — так ее, двадцатичетырехлетнюю, уважительно называют и при подведении итогов соревнования, и при награждении — между тем шагнула в 1984 году еще на одну важную в ее жизни ступеньку: стала победителем в конкурсе профессионального мастерства среди монтажников отрасли. К этому моменту добилась того, что все выходящие из ее рук изделия принимаются ОТК только с первого предъявления, на "отлично". Иначе и не может теперь работать Елена Фролова, обладатель почетного рабочего звания "Отличник качества".

Несмотря на молодость Е. Фроловой, все ее знают как производственного наставника. Она уже обучила своей профессии пятерых новичков: Е. Рычкову, Е. Журину, Н. Тихонова, Т. Тистол, В. Маслова. Комсомольско-молодежная бригада, в которой работает Фролова, стала победительницей Всесоюзного социалистического соревнования, коллективу вручили знамя ЦК ВЛКСМ.

Успехи бригады конкретны и весомы. Е. Фролова и ее товарищи по труду не только перевыполняют нормы и производственные задания, стремятся выпускать продукцию только отличного качества, они учатся быть рачительными и заботливыми хозяевами. На участке у всех на виду — лицевой счет эффективности работы членов бригады. От экономии материалов и комплектующих изделий только в прошлом году на этот счет было записано около пяти тысяч рублей.

И в то, что комсомольская организация цеха стала одной из лучших в смотре-конкурсе первичных комсомольских организаций завода, самый активный, непосредственный вклад внесла Е. Фролова. Заместитель секретаря комсомольского бюро, она и в общественных делах успевает многое, активно участвует в художественной самодеятельности и в организации молодежных вечеров. Ответственность, инициатива, творческая активность сопутствуют ей во всем.

Недавно Елену Фролову выбрали в областной Совет депутатов трудящихся. С прошлого года она — член Коммунистической партии. Жизнь предлагает ей все новые ступени для роста. Преодолевая их, Лена поднимается к высотам профессионального мастерства и совершенствуется как личность.

В. В. Лобанов

## **XII Пленум Центрального комитета профсоюза рабочих радиоэлектронной промышленности**

21 ноября 1985 г. состоялся XII Пленум ЦК профсоюза рабочих радиоэлектронной промышленности, на котором были обсуждены задачи профсоюзных организаций, вытекающие из решений октябрьского (1985 г.) Пленума ЦК КПСС и Комплексной программы развития производства товаров народного потребления и сферы услуг на 1986—2000 годы.

Пленум ЦК профсоюза одобрил развернутый план практических действий по участию профсоюза в осуществлении Комплексной программы и призвал отраслевые профсоюзные организации широко развернуть соревнование за увеличение выпуска, улучшение ассортимента и повышение качества товаров народного потребления, использовать дополнительные эффективные формы морального и материального поощрения коллективов и отдельных трудящихся за выпуск высококачественных изделий.

Обращено внимание на необходимость изыскания внутренних резервов для принятия встречных планов и социалистических обязательств по увеличению выпуска высококачественных товаров народного потребления на 1986 год и двенадцатую пятилетку на основе технического перевооружения, аттестации и рационализации рабочих мест, бригадной формы организации и стимулирования труда, повышения квалификации кадров, укрепления дисциплины и сокращения потерь рабочего времени.

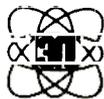
Республиканским, краевым, областным, городским комитетам профсоюза предложено активизировать общественный контроль работы предприятий сферы услуг отрасли, выполнения установленных планов оказания платных услуг объединениями и предприятиями.

Президиуму ЦК профсоюза совместно с министерствами поручено изучить практику работы профсоюзных комитетов и хозяйственных руководителей в новых условиях хозяйствования, а также некоторых отраслевых объединений и предприятий в проведении эксперимента по ценообразованию на товары народного потребления и разработать по этим вопросам соответствующие рекомендации.

В принятом постановлении подчеркнуто, что решение задач, выдвинутых октябрьским (1985 г.) Пленумом ЦК КПСС и Комплексной программой развития производства товаров народного потребления и сферы услуг на 1986—2000 годы, требует коренного улучшения стиля и методов организаторской и воспитательной работы профсоюза. Необходимо и дальше совершенствовать формы и методы деятельности комитетов профсоюза и профсоюзных организаций по развитию политической и трудовой активности работников, привлечению их к управлению производством, усилить требовательность к профсоюзным кадрам, воспитывать их в духе высокой личной ответственности за порученное дело.

Пленум ЦК профсоюза заверил ЦК КПСС, ВЦСПС в стремлении трудовых коллективов отраслей промышленности внести достойный вклад в осуществление программы коммунистического строительства, новыми трудовыми свершениями встретить XXVII съезд КПСС.

Ответственные за выпуск *М.М.Березкина В.М.Дмитриев*  
Технический редактор *Г.М.Корнеева*  
Художник *В.А.Чернецов*  
Цветные фото *Б.В.Борисевича*  
Корректоры *А.П.Данченкова, Т.В.Пришлина, Н.С.Русецкая*



Подписано в печать 30.01.86 г.  
Т— 02852    Формат 60x90/8    Объем 11 п.л  
Уч.-изд.л. 13    Индекс 3833    39 статей, 8 реф.  
Заказ 111    Тираж 4960    Цена 2 руб. 60 коп.



## **БЫТОВОЙ КОМПЬЮТЕР ЭЛЕКТРОНИКА БК 0010**

**МИКРОЭВМ  
ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ**

### **НАЗНАЧЕНИЕ**

Решение разнообразных задач  
в режиме программируемого калькулятора

Выполнение обучающих программ  
с применением сменных ПЗУ

### **Использование**

в качестве персонального банка данных,  
хранящегося

на магнитофонных кассетах

Проведение интеллектуальных игр

### **Управление**

различными бытовыми приборами

по составленным Вами программам

Работает совместно с телевизорами типа  
ЗУСЦТ-61, ЗУСЦТ-67, 4УПИЦТ-51 и кассетным  
магнитофоном «Электроника 302».

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ** представлено  
прикладными программами, написанными на  
языке высокого уровня, программами,  
составленными Вами самостоятельно на  
машинном языке, и контролирующей про-  
граммой, с помощью которой проверяется  
работоспособность микроЭВМ.

Компьютер «Электроника БК 0010» может  
стать надежным помощником руководителей,  
инженерно-технических работников и эконо-  
мистов.

Объем ПЗУ, кбайт .....	32
из них ПЗУ пользователя .....	8
Количество информационных строк на экране ТВ .....	25
Максимальное количество символов в строке .....	64
Длина магнитной ленты для записи информации объемом 1 кбайт, см .....	40
Тип магнитной ленты .....	МК60-1
Потребляемая мощность, Вт .....	20
<b>Габаритные размеры, мм</b>	
ИВУ .....	360×195×65
блока питания .....	180×100×80
Масса, кг .....	4
<b>Объем ОЗУ, кбайт</b>	
пользователя .....	16
экранной памяти .....	16