



# ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

3  
1980



НАШИ УСПЕХИ  
БУДУТ ЕЩЕ БОЛЕЕ  
ЗНАЧИТЕЛЬНЫМИ,  
ЕСЛИ РАЗУМНО,  
ПО-ХОЗЯЙСКИ  
ИСПОЛЬЗОВАТЬ  
МАТЕРИАЛЬНЫЕ,  
ДЕНЕЖНЫЕ  
И ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ

# 1980

## МИНИСТЕРСТВО ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР-НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**А. А. Чернышев**

*(главный редактор)*

**В. А. Афанасьев**

**Ф. И. Бусол**

**А. А. Васенков**

**И. Н. Воженин**

**Е. А. Гайлиш**

**Г. Г. Горбунова**

*(ответственный секретарь)*

**Г. Я. Гуськов**

**Н. Д. Девятков**

**В. И. Иванов**

**А. Ф. Казаков**

**А. А. Константинов**

**Ю. Г. Кувшинников**

**Э. А. Лукин**

**А. А. Маклаков**

**В. И. Машкин**

**Ю. Б. Митюшин**

**Ю. П. Поцелуев**

**В. М. Пролейко** *(зам.*

*главного редактора)*

**Ю. А. Райнов**

**А. И. Савин**

**А. А. Сорокин**

**В. Д. Степанов**

**Ю. Б. Степанов**

**В. Н. Сретенский**

**П. М. Стуколов** *(зам.*

*главного редактора)*

**И. Ф. Фадеев**

**Я. А. Федотов**

**О. В. Филатов**

**С. К. Цаллагов**

**Повысить эффективность  
использования  
материальных ресурсов.  
Всемерно  
снижать  
материалоемкость продукции  
путем  
более широкого  
применения  
прогрессивных  
конструкторских решений,  
совершенствования  
технологических процессов,  
увеличения выпуска  
экономичных видов  
и уменьшения  
удельных расходов сырья  
и материалов,  
более глубокой  
и комплексной  
их  
переработки,  
расширения использования  
вторичных ресурсов.**

Основные направления развития народного  
хозяйства СССР на 1976—1980 годы

# ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

**1980** **3**  
ГОД ИЗДАНИЯ ОДИННАДЦАТЫЙ-ВЫПУСК(87)

## СОДЕРЖАНИЕ

- 3 Чернышев А.А. Основные направления экономии материальных ресурсов

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ — ЭФФЕКТИВНЫЙ ПУТЬ ЭКОНОМИИ МАТЕРИАЛОВ

- 5 Райнов Ю.А. Современная технология и вопросы повышения эффективности использования материальных ресурсов

### ЭКОНОМИЯ ОСТРОДЕФИЦИТНЫХ, ДРАГОЦЕННЫХ И ДОРОГОСТОЯЩИХ МАТЕРИАЛОВ

- 8 Голубев А.П., Иванов В.И., Худяков К.И. Пути экономии кобальтосодержащих сплавов и драгоценных металлов в конструкциях ИС
- 13 Бусол Ф.И., Болгов И.С., Снесаревский В.П., Хозилов В.С., Яковлев С.П. Локальное золочение методом электрического взрыва фольги
- 14 Мороков В.И., Туманов А.Н., Файфер С.И. Экономия остродефицитных материалов при производстве электродов источников ВИС
- 15 Коржавый А.П., Файфер С.И. Новые методы получения полых цилиндрических катодов
- 17 Хоперия Т.Н. Метод химической металлизации с использованием никель-фосфорного сплава в производстве изделий электронной техники
- 20 Бенуа Э.Ф., Бирюков М.И., Загоруй А.Д. Применение безвольфрамовых твердых сплавов для изготовления инструмента

- 21 Варганова К.Н., Евдокимова Н.В., Лебедева В.А. Сокращение расхода серебра при нанесении гальванических покрытий на контакты электросоединителей
- 22 Мушкарев В.Г., Райнов Ю.А., Татеосов В.Г., Южный О.В. Радиоизотопные методы анализа и их роль в экономии золота

### НОВЫЕ ЭКОНОМИЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

- 24 Черный Б.И. Применение "свободных" масок в технологии изготовления фотошаблонов
- 26 Ивановский Г.Ф. Использование сухих процессов в микроэлектронике
- 27 Гринченко В.Т., Ивановский Г.Ф. Применение вакуумной плазменно-дуговой металлизации в производстве изделий электронной техники
- 28 Загон Г.А., Распоркин Б.Г., Шеленшкевич В.А. Применение пиронитрида бора в серийном производстве интегральных схем
- 28 Бенуа Э.Ф., Гончаренко В.П., Загоруй А.Д., Картацев В.С., Маслов А.И., Петров Э.М. Методы повышения стойкости и долговечности инструмента и технологической оснастки

### ПРОГРЕССИВНЫЕ МЕТОДЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

- 31 Букин К.Д., Кишиневский Л.И., Предеин В.П., Фуксман В.М. Снижение удельной металлоемкости и трудоемкости получения заготовок и полуфабрикатов

- 33 *Кузнецов В. П., Пучков В. Г., Швагер Л. К.* Вакуум-пленочный метод получения отливок
- 35 *Кудрявцев Л. В.* Изготовление деталей электровакуумных приборов сферодвижной штамповкой
- 37 *Гикал В. Н., Костюк С. Н.* Применение метода порошковой металлургии при изготовлении инструментальной оснастки
- 38 *Зазулин А. В., Стрижаков Е. Л., Юневич В. Б.* Изготовление деталей ИЗТ методом порошковой металлургии
- 39 *Житник С. М., Украинец В. В., Федотов В. И.* Поперечно-клиновая прокатка в изготовлении выводных элементов

**СОЗДАНИЕ НОВЫХ  
МАЛОГАБАРИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ  
ПРИБОРОВ И УЗЛОВ –  
ПУТЬ СНИЖЕНИЯ ИХ МАТЕРИАЛОЕМКОСТИ**

- 42 *Бакрунов О. А., Газаров А. А., Гусев А. А., Гуськов Г. Я., Стукалов В. Н., Шаранок В. И., Шлыков А. А.* Комплексная микроминиатюризация электронной аппаратуры

**РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
МАТЕРИАЛОВ – РЕЗЕРВ ИХ ЭКОНОМИИ**

- 51 *Сакатунов Ю. С.* Стандартизация сырья и материалов – средство повышения их качества

- 54 *Дьяков Ю. Н., Федоров В. А.* Резервы экономии монокристаллического кремния в производстве эпитаксиальных структур для БИС и СБИС
- 58 *Грибов Б. Г., Прилипко В. И., Родионов Р. А.* Снижение потребления дефицитного сырья в производстве фотошаблонных заготовок
- 61 *Болгов И. С., Бусол Ф. И., Хозиков В. С.* многослойные ленты с полосчатым плакированием в производстве изделий электронной техники
- 62 *Жучков А. И., Кравченко О. И., Минаждинов М. С., Невский О. Б.* Снижение материалоемкости производства эпитаксиальных структур GaP
- 64 *Измайлов М. Р.* Оснастка и инструмент из металлокерамических твердых сплавов
- 64 *Иофис Н. А.* Проведение организационно-технических мероприятий по экономии материалов в производстве ЭЛП
- 66 *Бухман А. А., Сакатунов Ю. С.* Острodefицитные металлы – под контроль

**РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ПРОЦЕССОВ  
РЕГЕНЕРАЦИИ И УТИЛИЗАЦИИ –  
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК РЕСУРСОВ**

- 68 *Бухман А. А.* Отходы редких металлов – в производство
- 69 *Фитисков В. И.* Организация работ по реставрации и регенерации материалов
- 70 *Землянухин А. В.* Производственные отходы – источник вторичного сырья
- 71 *Пархоменко Ю. В.* Совершенствование организации обеспечения отрасли сырьем и материалами

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИИ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

А. А. Чернышев

УДК 658.56:338.984

Ноябрьский (1979 г.) Пленум ЦК КПСС поставил перед отечественной промышленностью ряд задач, направленных на совершенствование производства и экономное расходование материальных и трудовых ресурсов.

Говоря о состоянии развития металлургии и машиностроения, товарищ Л. И. Брежнев в своей речи на Пленуме отметил, что дефицит в продукции металлургического производства вызван рядом причин, в том числе отставанием внедрения новых технологических процессов в основных отраслях-потребителях металла, неудовлетворительным его хранением и использованием не по назначению, высокой металлоемкостью продукции машиностроения, большими отходами при металлообработке, медленным внедрением точных заготовок.

Л. И. Брежнев в разряд общегосударственных задач поставил задачу экономии тепловой и электрической энергии, указав что "на экономию топлива и энергии должны быть направлены усилия каждого коллектива, каждого труженика".

Выполнение этих задач в отрасли при сохранении высоких темпов роста объемов производства изделий электронной техники связано с обеспечением строжайшего режима экономии всех видов сырья и материалов, тепловой и электрической энергии, проведением постоянной работы по выявлению резервов экономии.

В электронной промышленности ежегодно экономится значительное количество материальных, энергетических и трудовых ресурсов, но в свете задач, поставленных ноябрьским Пленумом ЦК КПСС, вопросам экономного расходования всех видов сырья и материалов следует уделять еще большее внимание.

Для выполнения этих задач государственного значения необходимо наладить постоян-

ную работу по выявлению резервов экономии, а они в отрасли есть.

Значительное снижение потребления материалов может быть достигнуто за счет дальнейшего внедрения новых прогрессивных технологических процессов на всех стадиях изготовления изделий электронной техники, и в частности на этапе их формообразования. В этих целях необходимо расширить создание специализированных участков, в первую очередь в машиностроительных подразделениях отрасли, на которых используются прогрессивные процессы формообразования (точное литье, размерная штамповка, порошковая металлургия, гальванопластика и т.д.), что позволит существенно повысить коэффициент использования материалов и тем самым снизить отходы, в том числе долю стружки в них.

Основным показателем экономного расходования материалов является итоговый коэффициент их использования, характеризующий прогрессивность не только применяемого при изготовлении деталей процесса формообразования, но и процессов сборки узлов и изделий, в которых используется данная деталь. Поскольку итоговый коэффициент зависит от процента выхода годных, то задачей разработчиков и технологов должно быть постоянное совершенствование технологичности разрабатываемых и выпускаемых изделий как основы повышения процента выхода годных. В связи с этим недопустимы случаи, когда разработчики передают в серийное производство неотработанную конструктивную и технологическую документацию. Разрабатывающих НИИ и КБ должен быть соответствующим образом налажен контроль разработок на технологичность. Вместе с тем, значительным резервом экономии является достижение единого процента выхода годных по дублируемым изделиям.

Серьезное внимание должно быть уделено отходам производства как источнику дополнительных ресурсов. Такой опыт имеется в отрасли. Так, например, отходы от штамповки рам цветных кинескопов используются при изготовлении более мелких деталей того же кинескопа или при изготовлении изделий культурно-бытового назначения. К сожалению, утилизация отходов на предприятиях электронной промышленности налажена слабо, и доля их сдачи на заводы Вторчермета снижается медленно.

Основным потребителем черных металлов в отрасли (44% от общего объема) является производство технологического оборудования. Несмотря на ряд причин (в том числе мелкосерийность при большой номенклатуре выпуска оборудования), сдерживающих резкое повышение коэффициента использования металлов, в этой подотрасли имеются значительные резервы экономии и сокращения потребления металлов. В первую очередь, к ним относится сокращение металлоемкости выпускаемого оборудования. С этой точки зрения представляется целесообразным введение в техническое задание на разработку оборудования дополнительных критериев его прогрессивности, таких как металлоемкость и энергоемкость на единицу производимой продукции, которые должны быть оговорены в ОСТах на проведение НИОКР по разработке технологии и оборудования.

Значительное сокращение потребления металлов может быть достигнуто за счет повышения коэффициента использования материалов при увеличении мощности машиностроительных подразделений предприятий. Укрупнение таких цехов в масштабах объединения, создание крупных машиностроительных производств и заводов позволит организовать специализированные участки и заготовительные цеха с использованием прогрессивных способов раскроя металла и формообразования. Повышению коэффициента использования материалов будет способствовать также организа-

ция централизованного изготовления стандартизованных деталей и узлов оборудования (деталей и узлов вакуумных систем, запорно-регулирующей аппаратуры, каркасных деталей и др.) для всех предприятий отрасли.

Одной из основных предпосылок осуществления экономии сырья и материалов является хорошо организованная система нормирования. От четкой работы нормативных служб отрасли в значительной степени зависит обоснованность и прогрессивность норм расхода, которые выполняют роль регулятора расхода материалов на выпуск промышленной продукции и являются основой для определения потребности отрасли в сырье и материалах.

Наличие на предприятиях самостоятельных бюро и лабораторий нормирования материалов с различным их подчинением исключает единообразие подхода к нормированию, что в значительной степени снижает его качество.

Недопустимы случаи, когда нормы, утверждаемые на планируемый период, превышают достигнутые, не пересматриваются в течение ряда лет, задания по снижению норм расхода и экономии материалов выполняются не в полном объеме.

Значительную роль в совершенствовании системы нормирования материалов, повышении технического уровня работ по нормированию сыграет разрабатываемая в отрасли автоматизированная система нормирования материалов. Переход на механизированный расчет норм расхода, в том числе средневзвешенных, определение обоснованной нормативной потребности и фактического расхода позволят в кратчайшие сроки проводить анализ правильности расходования материалов, оценку прогрессивности норм расхода и динамики их снижения.

Задача экономного расходования материалов в одиннадцатой пятилетке будет стоять еще более остро, поэтому уже в течение 1980 г. надо существенным образом активизировать работу всех служб отрасли в направлении всемерного сокращения расхода материалов, топлива и электроэнергии.

Статья поступила 18 февраля 1980 г.

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ — ЭФФЕКТИВНЫЙ ПУТЬ ЭКОНОМИИ МАТЕРИАЛОВ

Ю.А.Райнов

## СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 621.38.002.2:33/024.3

Успешное решение поставленных перед отраслью задач по повышению эффективности производства в значительной степени обеспечивается проведением комплекса работ, направленных на совершенствование существующей и внедрение прогрессивной технологии, комплексной автоматизации и механизации производства, совершенствование форм и методов организации управления производством.

Основными направлениями работ в области технологии являются:

— разработка технологических процессов, позволяющих создавать новые изделия электронной техники и повышать технические показатели существующих;

— разработка и внедрение технологических процессов, способствующих повышению технико-экономических показателей производства, а также обеспечивающих экономию трудовых и материальных ресурсов, и в первую очередь остродефицитных материалов и драгоценных металлов.

Острота проблемы экономии материалов обусловлена не только дефицитом сырья, но и тем, что наша отрасль развивается опережающими темпами по сравнению с отраслями, обеспечивающими поставку материалов для электронной промышленности, а, следовательно, их поставка в необходимых количествах крайне затруднена.

В выступлении на ноябрьском (1979 г.) Пленуме ЦК КПСС товарищ Л.И. Брежнев отмечал, что одним из главных направлений в настоящий момент является "последовательное проведение режима экономии, рациональное использование материальных и финансовых ресурсов".

Отрасль добилась значительных успехов по внедрению прогрессивных технологических процессов, обеспечивающих экономию материалов. В 1979 г. сэкономлено материалов на сумму

109,6 млн.руб. против 104,9 млн.руб., предусмотренных планом и социалистическими обязательствами. При значительном росте объема производства в 1979 г. потребление драгоценных металлов не увеличилось, а расход серебра сокращен на 5,25% по сравнению с объемом потребления в 1978 г. Только в 1979 г. сэкономлено (в тоннах): проката черных металлов — 8123, цветных металлов — 3008. Предприятиями отрасли проведено большое число научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, направленных на сокращение расхода материалов, замену дефицитных на менее дефицитные.

Наиболее материалоемкими являются процессы формообразования, механо- и металлообработки. Дальнейшее совершенствование формообразования остается одной из важнейших задач повышения технического уровня и эффективности производства в отрасли, а также сокращения расхода материалов.

К сожалению, коэффициент использования материалов в производстве отдельных изделий электронной техники низок, потери металла все еще значительны. В 1978 г. отходы черных металлов составили 40,8%, в том числе стружки — 5,3%; отходы цветных металлов — 39%, в том числе стружки — 10,6%. В последние годы предприятиями отрасли проведена значительная работа по созданию и внедрению прогрессивных высокопроизводительных и малоотходных процессов формообразования.

Разработанная технология получения вакуумплотных заготовок методом литья в азоте (вместо вакуума) позволила, помимо увеличения производительности труда в 2 раза, повысить коэффициент использования металла. Перевод на такую технологию деталей 11 наименований дает ежегодную экономию около 120 т медного проката.

В последнее время получил распространение способ сферодвижного прессования сложнопрофильных деталей из цветных и черных металлов, позволяющий за счет сложного колебательного движения пуансона и противодавления в 10 раз повысить номинальное давление прессы и создать на заготовке удельное давление до  $2 \cdot 10^{10}$  Па. В настоящее время эта технология успешно используется в отрасли для изготовления сложных пуансонов, а также деталей, работающих при повышенных нагрузках.

Значительный эффект за счет повышения коэффициента использования металла при изготовлении стержневых деталей ИЭТ дает применение поперечно-клиновой прокатки взамен точения. Внедрение этой технологии в производство стержневых деталей штепсельных разъемов и пьезоре-

зонаторов обеспечило повышение коэффициента использования металла с 0,3–0,5 до 0,85 при одновременном повышении производительности труда в 2–3 раза. В ближайшие два года на предприятиях отрасли будут созданы специализированные участки по изготовлению контактов изделий, участки изготовления деталей переменных резисторов и выводов кварцевых резонаторов этим методом.

Дальнейшее развитие в 1980–1985 гг. получат работы по порошковой металлургии, которая в настоящее время занимает лишь небольшой объем в общем объеме изготовления заготовок из черных и цветных металлов. Разработаны рекомендации по применению методов порошковой металлургии в производстве изделий культурно-бытового назначения, оборудования и ряда деталей электронных приборов, что позволит в 11-й пятилетке утроить объем заготовок, получаемых этим методом. С этой целью на предприятиях отрасли дополнительно создаются специализированные участки формирования заготовок методом порошковой металлургии, в том числе для производства деталей отраслевого машиностроения. В 1980 г. по технологии порошковой металлургии будет изготовлено более 150 т инструмента и оснастки, деталей основного производства и изделий бытовой электроники.

Говоря о повышении коэффициента использования материалов, и в первую очередь остродефицитных, следует особо остановиться на технологии гальванопластики, т.е. технологии получения деталей различной формы (плоских и объемных) осаждением из расплава солей. При этом коэффициент использования материала составляет 0,95–0,98.

В настоящее время около 30 млн. электронных приборов, в частности такие, как микротрансформаторы, индикаторные лампы, некоторые типы ИС, выпускаются с применением методов гальванопластики. По этой прогрессивной технологии изготавливаются из магнитных сплавов экраны оптических квантовых генераторов. В текущем году все производство этих изделий будет переведено на такую технологию, которая обеспечит повышение выхода годных в 2–3 раза. В прошедшем году проведена отработка технологии изготовления выводных рамок методом гальванопластики из никеля и сплава фени взамен кобальтосодержащих сплавов. На ряде предприятий заканчиваются испытания технологических процессов и приборов, изготовленных этим методом. К 110-й годовщине со дня рождения В.И.Ленина такая технология будет внедрена в промышленное производство, что обеспечит уже в текущем году экономию 6 т кобальтосодержащего проката. Кроме того, внедрение методов гальванопластики в производство СВЧ транзисторов для изготовления деталей из серебра и золота позволит сократить на 20–30% расход этих драгоценных металлов.

Решается задача изготовления выводных рамок ИС методом гальванопластики с локальным золочением траверс, что позволит обеспечить значительное сокращение потребления золота.

В 10-й пятилетке с ростом объемов производства ИЭТ резко увеличился выпуск отдельных "гальваноемких" приборов, что обусловило рост затрат на гальванопокрытия примерно в 3,7 раза по сравнению с затратами в 9-й пятилетке.

В производстве ИЭТ широкое распространение получили не только защитные, защитно-декоративные и декоративные покрытия, но и специальные виды покрытий, к которым относятся покрытия из тугоплавких материалов (вольфрама, молибдена и т.д.), сплавов (олово–висмут, золото–кобальт, никель–железо), из драгоценных металлов, наносимых на керамику, полимерных материалов и т.д.

Поэтому большое значение для экономии материалов приобретает создание и внедрение технологических процессов, обеспечивающих:

- резкое сокращение толщины покрытий без ухудшения их качества за счет управления процессом с применением микро-ЭВМ и микропроцессоров, использования импульсных источников питания;
- локальное нанесение покрытий;
- регенерацию и рекуперацию электролитов.

Отдельно следует остановиться на важнейших для отрасли вопросах селективного и локального золочения плоских и объемных деталей.

Для локального золочения металлостеклянных корпусов разработана оснастка, применение которой позволяет снизить расход золота на 1000 корпусов более чем в 2,5 раза. При локальном золочении металлокерамических корпусов также применяется специальная оснастка, в результате чего на отдельных операциях экономится до 70% золота.

С использованием установок локального золочения выводных рамок ИС: УЛЗ-75, УЛЗ-76 и УЛЗ-78 – можно существенно снизить расход золота.

Для локального покрытия драгоценными металлами деталей электрических соединителей разработаны методы и специальная технологическая оснастка, обеспечивающие изоляцию непокрываемых частей или частичное погружение в электролит, что позволяет снизить расход драгоценных металлов на 60–70%.

Однако недостаточный выпуск в отрасли разработанного специализированного оборудования и технологической оснастки для локальных покрытий драгоценными металлами ограничивает применение этих методов. В ряде случаев еще велик процент безвозвратных потерь золота; например, при локальном золочении выводных рамок ИС струйным методом такие потери достигают 10–12%.

Как известно, в производстве изделий электронной техники первостепенное значение имеет

обеспечение высокой чистоты поверхности элементов электронных приборов, для чего в технологии очистки используются различные дефицитные растворители. Их экономия является одной из важных проблем.

Широкое внедрение технологических процессов очистки изделий с непрерывной регенерацией и рекуперацией паров трихлорэтилена обеспечило ежегодную экономию его около 20 тыс. т. На предприятиях отрасли задействовано несколько сот установок очистки различной производительности, обеспеченных блоками регенерации трихлорэтилена.

Результаты работ в этом направлении приобрели народнохозяйственное значение. Оборудование отрасли оснащено ряд заводов смежных отраслей.

В последние годы уделялось большое внимание расширению внедрения перспективных неметаллических материалов, химических и нефтехимических продуктов в производство ИЭТ. Внедрение неметаллических материалов позволяет на 20–30% снизить вес некоторых изделий, частично заменить дефицитные металлы (вольфрам, титан и другие) недефицитными.

Применение литевых термопластов дает возможность повысить коэффициент использования материалов до 95% и обеспечить экономию 5–7 т металла на каждую тонну полимера.

Продолжаются работы по переводу ИС и полупроводниковых приборов общего применения в пластмассовые корпуса. В настоящее время в них герметизируются 27% объема выпуска полупроводниковых приборов и 50% интегральных схем. В результате герметизации ИС серии К140 в пластмассовый корпус только на одном предприятии получена экономия 2 млн. корпусов типа ТО-5. Выпуск транзисторов типа КТ805 в пластмассовом корпусе типа ТО-220 позволил сэкономить только в 1979 г. 15,6 т кобальта и 96,2 т меди.

Значительная экономия материалов, в частности кремния, может быть обеспечена за счет уменьшения размеров, оптимизации топологии кристаллов и уменьшения толщины пластин при производстве твердотельных приборов. Проведенная в этом направлении работа позволила в 1979 г. сэкономить более 6 т монокристаллического кремния и получить экономический эффект в размере более 6,2 млн. руб.

Дальнейшее развитие в производстве изделий микроэлектроники получили процессы плазмохимической и ионно-плазменной обработки. Их внедрение создает предпосылки для создания качественно новых приборов с субмикронными размерами элементов. В производстве серийных изделий применение сухих процессов обеспечивает повышение выхода годных, исключение жидкостных процессов травления и обработки пластин, снижение трудоемкости, а также в значительной мере сокращение

расхода кислот и растворителей. Применение ионно-плазменных методов травления позволяет автоматизировать процесс обработки полупроводниковых пластин.

Внедрение сухих процессов сопровождается сокращением потребностей в таких химических реактивах, как фтористый, хлористый и двууглекислый аммиак, плавиковая, азотная, фосфорная, уксусная кислоты, диметилформамид и др. Так, в результате освоения плазмохимических методов обработки пластин на ряде предприятий сокращен расход ценных химических реактивов: аммиака — в 13 раз, плавиковой кислоты — в 3 раза, соляной кислоты — в 16 раз.

Неоспоримые преимущества этих методов подтверждают необходимость дальнейшего широкого их применения.

Одним из эффективнейших направлений экономии материалов является широкое применение методов микроэлектроники при изготовлении традиционных ИЭТ. Переход к твердотельной и пленочной технологии дает возможность решить не только задачу резкого уменьшения габаритов и массы всего изделия, но и расхода различных материалов. Так, освоение технологии изготовления тонкопленочных конденсаторов на основе пленок нитрида бора взамен керамических и слюдяных позволяет в 3 раза снизить трудоемкость, а главное, в 2,5 раза расход материалов, в том числе серебра. Еще более высоких показателей можно достичь при переводе на твердотельную технологию электровакуумных СВЧ приборов.

Интегрированным показателем использования материальных и трудовых ресурсов является выход годных изделий. В результате внедрения и дальнейшего совершенствования существующих технологических процессов процент выхода годных большинства серийно выпускаемых изделий повысился, что привело к значительному снижению расхода материалов в расчете на годные приборы.

Благодаря выполнению комплекса работ по совершенствованию технологии изготовления двух серий ИС, направленного на значительное повышение выхода годных, в 1979 г. сэкономлено 40 тыс. пластин с диэлектрической изоляцией и 7 млн. металлостеклянных корпусов для ИС.

О значительных резервах повышения выхода годных свидетельствует прежде всего тот факт, что до сих пор еще для однотипных изделий, выпускаемых отдельными предприятиями, процент выхода годных различен.

Наряду с постановкой НИР и ОКР, направленных на дальнейшее повышение выхода годных приборов, решению этой задачи должны способствовать разработка и реализация планов оргтехмероприятий, организация социальноразмерного соревнования на промышленных предприятиях.

Следует уделять внимание экономному расходованию хлопчатобумажных тканей, широко

используемых в производстве электронных приборов. Необходимо отметить, что на ряде предприятий недостаточно экономно расходуются салфетки из этих тканей, не отлажен процесс передачи использованных салфеток с финишных операций на начальные. В настоящее время предприятия отрасли развернули работу по экономии хлопчатобумажных тканей, и в ближайшее время можно ожидать значительных успехов в этом направлении.

Большое значение в проведении политики, направленной на экономию материалов, имеет повышение технологичности ИЭТ на стадии их разработки. В настоящее время основная цель, которую ставят перед собой конструкторы — достижение высоких качественных показателей прибора. При этом нередко недооценивается важность обеспечения высокого процента выхода годных при производстве и высокого коэффициента использования материала, что не менее важно. Недооценка этих факторов на этапе конструирования ИЭТ привела к тому, что на протяжении ряда лет технологом не удается значительно повысить выход годных по отдельным группам приборов. Это, в свою очередь, влечет за собой лишний расход материалов. Кроме того, нетехнологичность отдельных деталей не позволяет применять прогрессивные технологические процессы, обеспечивающие высокий коэффициент использования материалов.

С целью совершенствования системы нормирования в отрасли разрабатывается автоматизированная система нормирования материалов (АСУНМ), направленная на обеспечение строжайшего режима экономии и повышение технического уровня работ по нормированию материалов. АСУНМ предназначена для перевода на механизированный расчет норм расхода материалов (подетальных, специфицированных, сводных и средневзвешенных по подотраслям и отрасли в целом), нормативной потребности и фактического расхода, что обеспечит проведение объективного анализа правильности расходования материалов, динамики снижения норм расхода и т.д. Внедрение АСУНМ в полном объеме позволит в значительной степени выявить резервы и использовать их в дальнейшей работе предприятий, направленной на экономию материалов.

Основной задачей предприятий по обеспечению экономии и сокращению расхода материалов на последний год 10-й пятилетки является широкая мобилизация усилий коллективов НИИ и КБ на проведение работ, направленных на замену таких дефицитных материалов, как ковар, бериллиевая керамика, вольфрам, молибден, нержавеющая сталь, иридий, платина, на менее дефицитные — графит, алюминиевую фольгу, полистирол, кремний монокристаллический и другие.

Статья поступила 14 февраля 1980 г.

**ELECTRONZAGRANPOSTAVKA**

24/2, Ul. Ustovicha, Moscow 125315, USSR Cable:  
Exop Telephone: 185-49-15 Telex: 7626



### ПЛАСТИНЫ КРЕМНИЯ

Используются для изготовления эпитаксиальных структур и непосредственно в производстве изделий электронной техники.

#### Основные данные

Тип проводимости	..... п. р
Диаметр, мм	..... до 100
Толщина, мкм, не более	..... 600
Отклонение по толщине в партии, мкм	..... ±20
Прогиб, мкм, не более	..... 40
Поверхность	..... полированная

Упаковка: полистироловые коробки.

Дополнительные характеристики (параметры) и условия поставки оговариваются в заказе.

### ЭКОНОМИЯ ОСТРОДЕФИЦИТНЫХ, ДРАГОЦЕННЫХ И ДОРОГОСТОЯЩИХ МАТЕРИАЛОВ

А.П.Голубев, В.И.Иванов, К.И.Худяков

## ПУТИ ЭКОНОМИИ КОБАЛЬТОСОДЕРЖАЩИХ СПЛАВОВ И ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ В КОНСТРУКЦИЯХ ИС

УДК 621.3.049.77-213:669.2.004.18

Как известно, конструкция ИС состоит из трех основных частей: кристалла — основного функционального элемента; корпуса, обеспечивающего защиту полупроводникового кристалла от климатических, механических воздействий и удобство монтажа в аппаратуре; проводников, осуществляющих электрическую связь между кристаллом и выводами корпуса. ИС в корпусе должна отвечать требованиям, предъявляемым к радиоэлектронной аппаратуре. Эти требования, а также технологические факторы процесса сборки и производства корпусов определяют конструктивные особенности ИС и выбор материалов для корпуса и проводников.

В настоящее время в производстве ИС используются четыре основных конструктивно-технологических варианта корпусов.

*Металлостеклянный корпус.* Этот тип корпуса цилиндрической формы со штыревыми выводами (ТО-5) одним из первых стал применяться для ИС как логическое развитие конструкции транзистор-

ного корпуса. Затем более широкое распространение получила конструкция 14-выводного корпуса с планарными выводами. Металлические части основания корпуса — рамка, дно, ободок — выполняются из ковара, имеющего близкий к кремнию КТР, для обеспечения условий крепления кремниевого кристалла ИС к основанию корпуса и согласования по КТР всей конструкции основания корпуса посредством металлостеклянного спаивания через стекло С-48. Металлические части основания корпуса имеют золотое покрытие толщиной 3–5 мкм для осуществления монтажа кристалла, приварки золотых или алюминиевых проводников, герметизации и пайки на печатные платы. Корпус герметизируется припоем типа ПОС-60.

**Пластмассовый корпус.** В пластмассовом корпусе со штыревыми выводами типа ДИП выводные рамки изготавливаются штамповкой из ленты никель–ковар–никель с полосой золота шириной 6–10 мм (в зависимости от размеров кристалла и числа выводов корпуса) и толщиной 4,5 мкм. При этом золото наносится методом плакирования сплошной полосой. При изготовлении ИС в этих корпусах золото используется для приварки золотых проводников и монтажа кристалла к кристаллодержателю рамки.

**Металлокерамический корпус** с планарными выводами и штыревыми выводами типа ДИП для БИС и СБИС изготавливается по достаточно сложной, но обеспечивающей широкие конструктивные возможности и высокую надежность изделия технологии многослойной керамики. Металлические части корпуса — выводная рамка и ободок — выполняются из ковара и имеют золотое покрытие толщиной 3–5 мкм (наносимое гальваническим способом после спекания керамики и припайки выводов и ободка серебряным припоем), которое обеспечивает монтаж кристалла, приварку золотых или алюминиевых проводников, герметизацию и пайку на печатные платы.

**Стеклокерамические корпуса (САА/САМ)** со штыревыми выводами типа ДИП и планарными выводами типа ФП имеют выводную рамку из железно-никелевого сплава 42Н (фени-42), специально обработанную в полирующем травителе, либо полосу алюминия шириной 6–10 мм и толщиной 5–8 мкм для приварки алюминиевых проводников. Полость чашки корпуса типа САМ для монтажа кристаллов имеет золотое покрытие толщиной ~ 10 мкм, которое наносится из золотосодержащей пасты.

Как видно, в рассмотренных конструкциях корпусов для обеспечения технологичности сборки и гарантированной надежности ИС к внешним воздействиям используется ряд дефицитных и драгоценных металлов: кобальт (в составе ковара), серебро, золото.

### Кобальт в конструкциях корпусов ИС

Кобальт в составе сплава 29НК ГОСТ 10994-74 (ковар) применяется в конструкциях металлостеклянных, металлокерамических и пластмассовых

корпусов для рамки, ободка и дна корпуса. Причем, использование ковара мотивируется не столько условиями обеспечения требований к механическим и климатическим воздействиям, сколько технологическими возможностями изготовления корпусов.

Вместе с тем, в отечественной и зарубежной практике испытана и доказана высокая надежность конструктивных элементов корпусов из бескобальтосодержащего ферроникелевого сплава 42Н ГОСТ 10994-74 (фени-42, класса нержавеющей стали) с КТР  $(4,5-5,5) \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ , удовлетворяющего требованиям посадки кристалла и хорошо согласованного по КТР с алюмооксидной керамикой. Выводные рамки из сплава 42Н после специальной химической обработки и покрытия сплавом олово–свинец или олово–висмут выдерживают климатические испытания, в том числе и по требованиям к специальной аппаратуре.

Сплав 42Н, применяемый в настоящее время в конструкции стеклокерамических корпусов ДИП и ФП, имеет перспективу использования в конструкции пластмассовых и металлокерамических корпусов. В частности, применяемая для пластмассовых корпусов лента никель–ковар–никель может быть заменена на ленту никель–фени–никель–(золото) или на ленту фени–(алюминий). В конструкциях металлокерамических корпусов целесообразность замены ковара на сплав 42Н не вызывает сомнения в связи с тем, что этот сплав хорошо согласован по КТР с алюмооксидной керамикой, используемой для данных корпусов.

Наиболее сложным является вопрос замены ковара в конструкции металлостеклянных корпусов. Конструкция этих корпусов разработана исходя из многолетней практики применения в радиоэлектронных компонентах металлостеклянного спаивания ковар–стекло С-48. В связи с этим замена ковара в металлостеклянных корпусах практически повлечет за собой изменение всей конструкции прибора, разработки новых металлостеклянных спаиваний и использования более надежных индивидуальных гермовыводов, что создаст большие технологические сложности, особенно для многовыводных корпусов.

Рядом предприятий отрасли для рамок пластмассовых корпусов используется — как заменяющий ковар — сплав 47НД. Однако сравнение характеристик сплавов (табл. 1) показывает, что сплав 42Н, являющийся двухкомпонентным (47НД — трехкомпонентный), не только содержит на 10 % меньше цветных металлов, но и имеет КТР, более близкий к КТР ковара. Кроме того, сплав 42Н более универсален с точки зрения использования его в различных конструкциях корпусов — пластмассовом, стеклокерамическом и металлокерамическом.

Таблица 1

Сплав	КТР сплава, $10^{-6} \cdot 1/^\circ\text{C}$	Химический состав, %			
		Кобальт	Никель	Медь	Железо
29НК (ковар)	4,5–6,5	17,5	29	—	53,5
42Н (фени)	4,5–5,5	—	42	—	58
47НД	9,0–11,0	—	47	5	48

Таким образом, из четырех рассмотренных конструкций корпусов ИС стеклокерамические не содержат ковара, в металлокерамических и пластмассовых его можно с успехом заменить на оскобальтовый сплав 42Н, а замена ковара в конструкции металлостеклянных корпусов технически сложна.

### Серебро в конструкциях ИС

Серебро в конструкциях ИС используется в основном в составе металлокерамических корпусов — в очень незначительных количествах для целей посадки кристалла на основание корпуса или платы свинцово-серебряным припоем ПСр 2,5. В ряде случаев серебро в виде серебряно-медного припоя ПСр 72 применяется для припайки выводов корпуса и ободка к металлизированной керамике.

Практика показывает, что использование припоя ПСр 2,5 для посадки кристаллов технически обосновано, так как альтернативой может быть лишь золото-оловянный припой ПЗ80 (80 % золота, 20 % олова).

### Золото в конструкциях ИС

Для улучшения быстродействия ИС при формировании их структуры в область базы транзисторов вводится примесь золота. При этом слой золота толщиной 0,02 мкм наносится распылением в вакууме на обратную сторону пластины и проводится ее последующая термообработка. Относительная доля расхода золота на эти цели невелика.

Монтаж кристаллов ИС на основание корпусов осуществляется пайкой на эвтектический сплав золото-кремний. Такое соединение обеспечивает минимальное тепловое сопротивление кристалл-корпус, необходимую прочность и термостойкость для проведения последующих операций присоединения проводников и герметизации. Присоединение кристалла ИС на золото-кремниевую эвтектику технически и экономически целесообразно прежде всего для ИС с высокой выделяемой мощностью, а также в тех случаях, когда требуется электрическое соединение основания кристалла ИС с корпусом конструкции БИС, СБИС в высоконадежных металлокерамических корпусах.

Площадь монтажной площадки с золотым покрытием должна быть несколько больше размеров кристаллов и в существующих корпусах (включая корпус для БИС) составляет 10–40 мм<sup>2</sup>, т.е. незначительную часть от общей площади золоченой поверхности корпуса. Толщина золота, необходимая для образования соединения, составляет 3–11 мкм и зависит от качества поверхности, на которую наносится золотое покрытие, способа нанесения и размера кристалла.

Для кристаллов БИС с размером более 2×2 мм с целью образования качественного соединения используется дополнительная прокладка из золота или золото-кремниевое сплава, размеры которых выбираются в зависимости от размеров кристалла (табл. 2).

Создание соединений между кристаллом ИС и выводами корпуса осуществляется термокомпрес-

Таблица 2

Размер стороны кристалла, мм	Размер стороны прокладки, мм	Расход золотой фольги на 1000 шт. ИС, г
2–3	1	0,4
3–4	1,5	0,9
4–5	2	1,6

сионной или ультразвуковой сваркой проводников на основе пластичных материалов — золота или алюминия: в виде проволоки марки Зл 999,9 ( $\phi$  30 или 40 мкм) — для термокомпрессионной сварки или проволоки марки АК 0,9 из алюминий-кремниевое сплава — для ультразвуковой сварки.

Существенным фактором, влияющим на надежность ИС, является вид соединения, получаемого на кристалле и траверзе корпуса.

Известно, что соединение алюминий-золото или золото-алюминий имеет ограниченную термостойкость и надежность при повышенных температурах (вследствие образования интерметаллических соединений) по сравнению с монометаллическими соединениями золото-золото и алюминий-алюминий.

С учетом особенностей соединений и методов сварки в настоящее время применяются:

— термокомпрессионная сварка "шариком" (золотой проволокой) — преимущественно для сборки ИС в пластмассовые корпуса, где требуется наибольшая прочность соединений и проводников для противодействия прямым нагрузкам при заливке и деформации пластмассы, а также необходимо надежное соединение на траверзе корпуса вследствие недостаточной влажностойкости пластмассовых корпусов. В настоящее время этот метод наиболее автоматизирован, достигнутая производительность на автоматах термокомпрессии составляет до 14 тыс. сварок/ч.

— УЗ сварка алюминиевой проволокой — преимущественно для сборки ИС в герметичные, имеющие внутреннюю полость металлокерамические, стеклокерамические и металлокерамические корпуса, где механические воздействия на проводники и соединения возникают вследствие инерционных нагрузок; поскольку удельный вес алюминия  $\sim$  в 7,5 раз меньше удельного веса золота, относительная прочность соединений алюминиевой проволокой (при равноценных ускорениях) будет в 3–4 раза выше прочности соединения золотой проволокой. Однако из-за особенностей метода достигнутая производительность автоматов УЗ сварки примерно в 2 раза ниже, чем автоматов термокомпрессии.

Основным требованиям, предъявляемым к проволоке при сварке (прочность, пластичность, коррозионная стойкость, способность образования неокисленного "шарика" определенной формы и размеров), в большей степени отвечает проволока из золота. Ее расход при  $\phi$  40 мкм составляет около 1 г на 1000 шт. физических ИС в 14-, 16-выводных корпусах.

Использование более тонкой золотой проволоки ( $\phi$  30,25 мкм) требует разработки более прецизионных технологических режимов, оборудования и инструмента, повышения стабильности ее меха-

нических свойств в процессе хранения и проведения монтажа.

Соединения, выполненные проволокой из сплава алюминия, имеют прочность на 20–40 % ниже, чем соединения, выполненные золотой проволокой. Для их создания целесообразно применение более совершенного метода ультразвуковой сварки.

Оптимальный размер контактной площадки, покрытой золотом, в корпусе составляет  $0,5 \times 0,6 \text{ мм}^2$ , таким образом, необходимая для присоединения проводника к траверзам выводов 14- или 16-выводного корпуса площадь золотого покрытия корпуса составляет менее  $5 \text{ мм}^2$ .

Для герметизации металlostеклянных и металлокерамических корпусов используется метод пайки или контактной роликовой приварки крышки к основанию корпуса. В качестве припоя применяется ПОС-61, который не в полной мере отвечает требованиям надежности (недостаточная термостойкость паяного соединения и необходимость использования спирто-канифольного флюса).

В зарубежных конструкциях для герметизации металлокерамических корпусов используется в основном метод пайки припоем олово—золото (ПЗ80, 80 % золота), реже метод контактной роликовой сварки.

Наличие золотого покрытия на соединяемых деталях — крышке и ободке корпуса — позволяет проводить пайку без применения кислотных флюсов, приводящих к отказам микросхем, бесфлюсовую пайку припоем олово—золото и контактную роликовую сварку.

Площадь золочения ободка 14- или 16-выводного корпуса составляет 10–15  $\text{мм}^2$ .

Для монтажа ИС на печатные платы аппаратуры методом пайки вывода корпуса должны иметь покрытие, обеспечивающее хорошую паяемость. Золотое покрытие на выводах корпуса способствует хорошей смачиваемости, однако для данных целей применение золота недостаточно оправдано, так как имеются конструкции корпусов (пластмассовые, стеклокерамические) с облуженными выводами, которые удовлетворяют требованиям паяемости к платам.

Ориентировочный баланс содержания золота в различных конструкциях корпусов с 14- или 16-выводами, включая золото, которое используется для проводников и прокладок, приведен в табл. 3. (Здесь и в табл. 4 в скобках приведено содержа-

ние золота в приборе).

Общая оценка показывает, что более 90 % золота в конструкциях ИС используется в корпусах и менее 10 % — для монтажных проводников и прокладок. Причем наибольшее содержание золота в металлокерамических и металlostеклянных конструкциях корпусов, наименьшее — в стеклокерамических. Поэтому основным направлением экономии золота и кобальта в конструкциях ИС при сохранении параметров надежности оказывается изменение структуры серийного выпуска ИС. Целесообразно:

— заменить металlostеклянные корпуса с большим содержанием золота и кобальта на стеклокерамические плоские корпуса типа ФП САА/САМ, не содержащие кобальта, с минимальным содержанием золота (ФП САМ) или без золота (ФП САА). Необходимо отметить, что стеклокерамические корпуса ФП САА/САМ имеют и более высокие технико-экономические показатели: повышенную надежность вследствие бесфлюсовой герметизации и образования монометаллических соединений алюминий—алюминий на кристалле и рамке, а также меньшую стоимость;

— расширить выпуск ИС в стеклокерамических корпусах ДИП САА/САМ, обладающих высокой надежностью и относительно низкой стоимостью;

— заменить корпуса, герметизируемые пайкой с применением флюса, на металлокерамические или стеклокерамические, герметизируемые без применения флюса.

*Совершенствование конструкции ИС в пластмассовых корпусах* с целью уменьшения и исключения золота и кобальтосодержащих сплавов должно осуществляться одновременно с повышением достигнутых технико-экономических показателей и параметров надежности или при минимальном их ущербе.

За последние годы достигнут значительный прогресс в автоматизации сборки ИС в пластмассовых корпусах с помощью автоматов термокомпрессии типа ЭМ-490 золотой проволокой с использованием ленты с полосчатым золочением типа НКНЗ, а также ленты, плакированной алюминием, и в беспроводной сборке на полиимидной ленте-носителе.

Поскольку использование этих направлений в серийном производстве неодинаково, рассмотрим три этапа совершенствования конструкции пластмассового корпуса, направленного на повышение технико-экономических показателей и надежности ИС.

*Первый этап.* Замена ленты никель—ковар—никель—золото (НКНЗ) на ленту никель—сплав 42Н—никель—золото (НФНЗ) с меньшей толщиной золотого покрытия для использования в процессе сборки с помощью автоматов термокомпрессионной сварки не отражается на параметрах надежности корпуса и удешевляет материал рамки. Использование сплава 42Н вместо ковара целесообразно с точки зрения унификации этого материала для трех типов корпусов: пластмассовых, стеклокерамических, металлокерамических.

Таблица 3

Элементы конструкции ИС	Оценочный выпуск, %	Содержание золота на 1000 шт., г	Общее количество золота, %
Пластмассовые корпуса	60–70	14 (3,8)	45–50
Металlostеклянные корпуса	20–25	38 (19)	35–45
Металлокерамические корпуса	3–5	40–70 (20–30)	10
Стеклокерамические корпуса	4–5		
в том числе ДИП САМ	1–2	2,5	2
ДИП САА	2–4	0	—
Золотые проводники	80–90 (корпусов)	0,6–1	3–5
Золотые прокладки	10–20 (корпусов)	0,4–1,6	менее 1

Уменьшение толщины золотого покрытия обусловлено прежде всего исключением операции термической рихтовки выводных рамок. Известно, что в процессе термической рихтовки при температуре 630–650°С происходит интенсивный процесс взаимной диффузии золота и никеля, что не позволяет использовать золотое покрытие толщиной менее 4,5 мкм. В то же время для термокомпрессионной сварки при температуре 300–320°С достаточна толщина золотого покрытия 1,5–2 мкм.

Замена термической рихтовки на механическую открывает возможность значительного сокращения толщины золотого покрытия, а также уменьшения толщины никелевого подслоя с 20 до 3–5 мкм. Следует отметить, что процесс перехода на механическую рихтовку должен проводиться с одновременной корректировкой параметров ленты по исходной твердости в состоянии поставки.

При достижении толщины золотого покрытия менее 2 мкм расход золота уменьшится до 5 г в ленте (менее 2 г в приборе) на 1000 шт. и приблизится к уровню, достигнутому при локальном золочении гальваническим методом, широко используемом в зарубежной практике.

С учетом расхода на золотую проволоку  $\phi$  30 мкм (0,4–0,5 г на 1000 шт.) общий расход золота в пластмассовом корпусе может составить до 5,5 г, а в приборе менее 2,5 г на 1000 шт.

*Второй этап.* Проведенные исследования по использованию рамок из ленты фени–алюминий показали, что приборы с выводными рамками из такого материала удовлетворяют требованиям устойчивости к механическим и климатическим воздействиям. Однако испытания на влагостойкость и на облуживаемость выдерживают только рамки, у которых перед сборкой чистота поверхности доведена методом химического полирования до 9–10 класса. Таким образом, серийное освоение материала фени–алюминий связано с внедрением производительного оборудования для химического полирования либо с централизованной поставкой полированных выводных рамок.

Промежуточным вариантом является лента НФНА, в которой вопросы коррозионной стойкости и облуживаемости решаются, как и для ленты НКНЗ, за счет подслоя никеля. Хотя конструкция ленты более сложная и не унифицирована с конструкцией ленты для стеклокерамических корпусов, в которых может использоваться только лента фени–алюминий, учитывая состояние подготовки производства на первом этапе целесообразно использование ленты НФНА.

Применение ленты ФА или НФНА предусматривает только механическую рихтовку рамок вследствие низкой температуры плавления алюминия.

При использовании ленты с алюминием при термокомпрессионной сварке золотой проволокой  $\phi$  30, 40 мкм расход золота составит 1,0–0,5 г на 1000 шт. Применение алюминиевой проволоки при УЗ сварке технически сложно из-за жесткости траверз выводной рамки пластмассового корпуса.

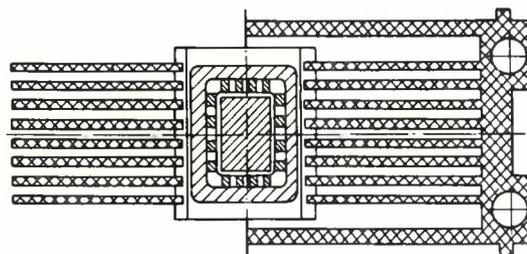
*Третий этап.* Метод беспроволочной сборки с

групповыми лепестковыми выводами на ленте-носителе алкминий–полиимид с использованием рамок из ленты ФА, НФНА позволяет полностью исключить золото из конструкции ИС в пластмассовом корпусе, не снижая требований по надежности, повысить производительность труда на монтажных операциях и уменьшить долю труда оператора с микроскопом. В этом методе используются монометаллические соединения алюминий–алюминий на кристалле и рамке корпуса, причем площадь соединения на рамке (250×250 мкм<sup>2</sup>) в 20 раз больше площади проволочного соединения (40×80 мкм<sup>2</sup>), что обеспечивает высокую надежность конструкции. Присоединение к кристаллу осуществляется методом последовательной УЗ сварки каждого лепестка со скоростью до 10 сварок в секунду, присоединение к рамке – методом групповой ударной термокомпрессионной сварки.

*Совершенствование конструкций ИС в стеклокерамических корпусах* проводится в направлении снижения температуры герметизации с теплоприемом с 490 до 450°С, что обеспечивает более широкое применение таких корпусов для различных классов ИС и повышение выхода годных при сборке.

*Совершенствование конструкций ИС в металлокерамических корпусах.* В металлокерамических корпусах, как и в других корпусах с герметичной внутренней полостью, технически более обосновано использование алкминиевых проводников не столько с целью экономии золота, сколько с целью повышения устойчивости к механическим воздействиям.

Что касается расхода золота в конструкции корпусов, то, например, в 16-выводном плоском металлокерамическом корпусе (см. рисунок и табл. 4), технически обосновано использование только 8% золота для целей присоединения проводников, монтажа кристалла и герметизации; 92% золота на наружных выводах и технологиче-



Зоны золотого покрытия (обозначены штриховкой) металлокерамических и металlostеклянных корпусов

Таблица 4

Зона	Площадь покрытия, мм <sup>2</sup>	Площадь покрытия, %	Расход золота на 1000 шт., г
Контактные площадки для присоединения проводников	7	1	0,4
Монтажная площадка для кристалла	15	2	0,8
Ободок для герметизации	30	5	2,0
Наружные выводы с технологической рамкой	594 (290)	92 (83)	36,8 (17,8)
Всего	646 (342)	100 (53)	40 (21)

ской рамке обусловлено существующим технологическим процессом золочения и с точки зрения требований по устойчивости к климатическим воздействиям может быть заменено другим покрытием. Кроме того, почти половина золота находится на технологической рамке, которая вообще отделяется от прибора после операций сборки.

Таким образом, решающим мероприятием по экономии золота должно стать широкое применение технологии локального золочения для осуществления присоединения проводников, посадки кристалла и герметизации с последующим достижением минимальной толщины покрытия при обеспечении его качества. Исключение кобальта из конструкции металлокерамических корпусов достигается заменой кобара на сплав 42Н.

Статья поступила 7 февраля 1980 г.

**Ф.И.Бусол, И.С.Болгов, В.П.Снесаревский,  
В.С.Хозиков, С.П.Яковлев**

## ЛОКАЛЬНОЕ ЗОЛОЧЕНИЕ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВЗРЫВА ФОЛЬГИ

УДК 621.357.74:669.21

Как известно, золото широко применяется в производстве полупроводниковых приборов и интегральных схем для нанесения гальванического покрытия на металлические части металлокерамических корпусов. Такие покрытия, во-первых, обеспечивают возможность крепления кристаллов терморезистивной пайкой эвтектиками  $Au-Si$  и  $Au-Ge$ , во-вторых, позволяют присоединять к траверсам корпуса золотые и алюминиевые микропровода термокомпрессионной или ультразвуковой сваркой, в-третьих, защищают металлические части корпуса от окисления при повышенных температурах в процессе выполнения сборочных операций. Кроме того, золотое покрытие выполняет и ряд других функций, например обеспечивает смачивание выводов легкоплавкими припоями. Если проанализировать необходимость применения золота во всех перечисленных случаях, то оказывается, что оно обязательно только при терморезистивной пайке кристаллов. Выполнение других операций принципиально может быть осуществлено без золота — с использованием покрытий из менее дефицитных материалов, а также путем совершенствования технологии сборки приборов.

Так, в корпусах, герметизируемых сваркой (например, типа ТО-5), золото технически необходимо только в зоне пайки кристалла — диаметром 3 мм. Реализация такого варианта потребовала создания технологии нанесения золотого по-

крытия только в зону пайки кристаллов, так как известные способы и оборудование для гальванического локального золочения не обеспечивали получения покрытий столь определенных размеров без использования масок.

Технология безмасочного локального нанесения покрытий, основанная на явлении электрического взрыва фольги и ее эрозии в импульсном дуговом разряде [1, 2], позволяет наносить различные металлы, включая золото, на металлические и керамические подложки. Особенностью этой технологии является повышенный по сравнению с гальваническим нанесением покрытий процент безвозвратных потерь (до 30%). Поэтому ее применение целесообразно только в тех случаях, когда площадь золочения незначительна (как, например, на корпусах типа ТО-5) или не требуется большой толщины покрытия (например, на керамических корпусах). Однако за счет усовершенствования уловителей процент безвозвратных потерь может быть сокращен вдвое.

Автомат АЛЗ-2М, разработанный для локального золочения корпусов ТО-5 по указанной технологии (см. рисунок), при замене двух деталей механизма подачи корпусов и сопел может быть использован для локального нанесения покрытий и на корпуса других типов или иные детали ИЭТ.



Автомат локального золочения корпусов АЛЗ-2М

Локализация покрытия обеспечивается газодинамическим направляющим соплом. Технологией предусматривается применение золотой фольги толщиной 8–10 мкм, что позволяет получить толщину покрытия 8–9 мкм и припаивать кристаллы без золотой прокладки. Загрузка оснований корпусов типа ТО-5 проводится из кассет, но имеется возможность установки вибробункера. Производительность автомата составляет до 1200 корпусов в час и не зависит от толщины наносимого покрытия. Его использование обеспечивает сокращение расхода золота при производстве приборов в корпусах типа ТО-5 в 10–15 раз (в зависимости от числа выводов корпуса).

Существенной особенностью технологии локального золочения путем электрического взрыва фольги является то, что не требуется специальной подготовки корпусов перед нанесением покрытия и никаких промывок после. Однако широкое внедрение этого экономичного, эффективного процесса связано с решением комплекса вопросов по сборке приборов в корпусах с локальным золочением. Так, в случае использования нагревателей колоночного типа при пайке кристаллов выводы корпуса находятся в зоне максимальных температур (до 500°C), а фланец, на который припаяется кристалл, нагревается до температуры не выше 440°C. Такая конструкция нагревателя не дает возможности применять корпуса с локальным золочением, так как практически любые покрытия из недргоценных металлов, применяемые в электронике, при температурах выше 450°C активно окисляются. Следовательно, для установок пайки кристаллов (а также для установок термокомпрессионного присоединения микропроводов) необходимо применять не колоночные, а плоские нагреватели, обеспечивающие требуемую температуру фланца корпуса и минимальный нагрев выводов.

Необходимо также решить вопрос присоединения микропроводов к траверзам. В корпусах типа ТО-5 эта операция выполняется, как правило, на установках термокомпрессии. Здесь, вероятно, возможны следующие варианты: использование для защитного покрытия корпуса драгоценного металла минимальной толщины (в 2–3 раза меньше применяемой) или нанесение недргоценного металла, обеспечивающего не только возможность присоединения золотого микропровода термокомпрессией, но и защиту корпуса от окисления в процессе сборки.

Работы по защите корпусов серебряным покрытием толщиной 1,5–2 мкм показали принципиальную возможность сборки приборов в корпусах с таким покрытием и локальным золочением. Это позволило в четыре раза сократить расход драгоценного металла. Однако этот вариант не является оптимальным.

Для обоих вариантов необходимо свести тепловое воздействие на корпус к минимуму. Этого можно достигнуть как применением плоского нагревателя, так и повышением температуры непосредственно в точке микросварки. Такой путь не требует создания нового сборочного оборудования, нужна лишь модернизация существующего. Коррозионная защита корпуса может быть обеспечена нанесением на него после герметизации защитного покрытия типа олово-висмут. Рассмотренная технология локального золочения может быть распространена практически на все типы корпусов, герметизируемые сваркой.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Снесаревский В.П., Яковлев С.П., Хозиков В.С., Рыженко Л.А., Александров А.Е., Рязанов О.В., Фридендер М.А. Применение электрического взрыва фольги для локального золочения металлокерамических корпусов полупроводниковых приборов. — *Электронная техника. Сер. Материалы*, 1974, вып.7.
2. Гревцев Н.В., Егоров А.В., Коншин В.В., Костинский Л.Н., Красулин Ю.Л., Петров Ю.П. Установка для напыления пленок методом электрического взрыва фольги. — *Электронная промышленность*, 1970, вып.1, с.67–69.

Статья поступила 8 февраля 1980 г.

В.И.Мороков, А.Н.Туманов С.И.Файфер

## ЭКОНОМИЯ ОСТРОДЕФИЦИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРОДОВ ИСТОЧНИКОВ ВИС

УДК 621.385.032.002.2:681.7.03

Рост производства аппаратуры квантовой электроники, в частности оптических источников высокоинтенсивного излучения (ВИС), влечет за собой увеличение расхода остродефицитных материалов. При изготовлении электродов ламп накачки этого можно избежать, используя следующие пути:

- совершенствование и оптимизацию конструкции электродных узлов и комплектующих их изделий;

- применение новых эффективных электродных материалов с повышенными эксплуатационными свойствами и прогрессивных способов их получения;
- совершенствование технологии производства электродов и технологической аппаратуры.

Теоретические и расчетные данные по оптимизации конструкции электродов и результаты их испытаний в приборах показали, что для целого ряда источников ВИС (ИФП-20000-40000) можно уменьшить диаметр электрода с 8 до 6 мм при со-

хранении их рабочих параметров. Это позволяет экономить ежегодно до 40% электродных материалов. Использование сварной конструкции электродного узла, состоящего из молибденового керна и рабочей головки, дало возможность 70% общей длины электрода изготавливать из менее дефицитного материала, чем вольфрам и окислы РЗМ.

Одним из технологических приемов, позволяющих добиться значительной экономии вольфрама и окислов тория, иттрия и РЗМ, является получение электродов путем совместного прессования исходной шихты, состоящей из активной части ( $W - R_2O_3$ ) и вспомогательной (молибден, никель, вольфрам), с последующей термической обработкой спрессованных заготовок, что обеспечивает получение компактных образцов с переменным по высоте составом. Конструктивно активная часть, изготовленная из  $W - R_2O_3$ , занимает 3–4 мм рабочей части электрода, остальная часть его, выполняющая роль держателя рабочей головки и токоподвода, выполнена из менее дефицитного материала. Такая технология изготовления электродов позволяет существенно снизить отходы материала на последующей механической обработке заготовок, так как они прессуются в размер, близкий к размеру готового изделия с учетом минимально допустимого припуска на обработку.

В последние годы все большее применение в источниках ВИС находят спеченные бесториевые электродные материалы. Использование таких материалов: ВоИ-3, ВоД-3 и ВоС-5Н — позволяет увеличить срок службы приборов средней и большой мощности в 3–5 раз (источники ВИС типа ДКсТ-50000, Х-50/3, Х-200/3, ИФП-40000 и др.). Применение бесториевых электродных материалов ВоИ-5, ВоС-5, обладающих более высокими эксплуатационными свойствами, дает возможность уменьшить длину электродов для ламп ДКсТ-10000 (20000) более чем вдвое, для ламп ИФП-800 — на 1/4, для ламп ДКсТ-50000 — на 2/3.

Значительным резервом, обеспечивающим экономию материалов, является разработка и применение новых эффективных способов получения электродных материалов с низким содержанием примесей. Например, использование аммиачного метода осаждения обеспечивает снижение содержания примесей в 3–5 раз и увеличение дисперсности смеси, применение карбонатного способа осаждения способствует упрощению технологического процесса и увеличению выхода годных на 10–12%.

Постоянное совершенствование технологического процесса за счет применения более современного технологического оборудования, автоматизации и механизации работ, разработки и использования в технологическом процессе современных методов контроля также является существенным резервом экономии материалов. Так, использование более современных реакторов на операциях химического синтеза позволяет снизить содержа-

ние примесей (Si, Al, Mg) в 3–5 раз и увеличить дисперсность исходных смесей с 2000 до 5000 см<sup>2</sup>/г, что в свою очередь способствует увеличению выхода годных изделий и повышению их качества. Применение полуавтоматического оборудования в технологическом процессе обеспечивает повышение качества выпускаемых изделий (плотность материалов ряда марок возросла с 95 до 99%, что существенно сказалось на увеличении долговечности электродов).

Таким образом, разработка новых эффективных электродных материалов и способов их производства позволила изыскать значительные резервы по снижению расхода целого ряда остродефицитных материалов.

Дальнейший путь экономии торированного вольфрама состоит в расширении областей применения бесториевых материалов. Теоретические предпосылки показывают, что бесториевые материалы могут успешно использоваться во всех типах импульсных и большинстве дугowych источников света. Проведение комплексных испытаний на предприятиях отрасли позволит в ближайшее время завершить работу по внедрению бесториевых материалов при производстве ВИС почти всех типов.

Обеспечению высокой эффективности использования бесториевых электродов будет способствовать разработка материала со специальными структурными характеристиками, получение которых достигается применением горячей экструзии предварительно спеченных заготовок. Ориентированная текстура таких материалов заметно повышает эрозионную стойкость электродов. По предварительным данным, срок службы приборов с электродами из экструдированного материала в 4–6 раз выше, чем из обычного. Кроме того, этот материал может быть использован во всех без исключения типах ламп, в том числе и в тех, в которых до настоящего времени единственно приемлемым материалом является торированный вольфрам. Использование экструдированных электродов позволит сократить потребление не только торированного вольфрама, но и других дефицитных материалов, идущих на изготовление приборов.

Статья поступила 5 февраля 1980 г.

А.П.Коржавый, С.И.Файфер

## НОВЫЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КАТОДОВ

УДК 621.38.002.2:620.22.004.18

Изделия из благородных и дефицитных материалов с внутренней рабочей полостью широко используются в электронной технике. При изготов-

лении катодов наибольшее применение получили полые цилиндры из бериллия и платины, отличающиеся высокой устойчивостью к распылению в условиях тлеющего разряда. Такие цилиндры получают, как правило, механической обработкой прутков, изготовленных из особоочистых порошковых материалов. Благодаря использованию алмазно-расточных полуавтоматов на гидравлических подшипниках трудоемкость изготовления полых цилиндров этим способом сведена к минимуму при высоком выходе годных изделий и обеспечении низкой шероховатости поверхности. Однако существенным недостатком указанного метода является низкий процент полезного использования исходных прутковых материалов.

Анализ различных способов изготовления полых цилиндров показывает, что одним из прогрессивных является метод штамповки-вытяжки. Исходным материалом в данном случае служит лента. Возможность подбора оптимальной толщины ленты обеспечивает не только экономное расходование материала, но и получение изделий практически с заданными размерами. Однако и этот метод не лишен существенных недостатков. Во-первых, после штамповки-вытяжки необходимо обрабатывать внутреннюю рабочую полость цилиндров для обеспечения низкой шероховатости поверхности. Во-вторых, дуктильную ленту можно получить только из платины и ее сплавов. Из бериллия до настоящего времени не получена лента, которая могла бы в необходимой степени поддаваться пластическому деформированию.

Учитывая, что вклад в эмиссионную способность вносят достаточно тонкие слои материала катода, наиболее целесообразно использовать в качестве последнего полые цилиндры с тонкими пленками катодных материалов.

*Полые изделия с покрытиями из бериллия.* Проведенные в последние годы комплексные физико-химические исследования пленочных систем позволили разработать полые изделия с пленкой бериллия, обладающие уникальными свойствами. Покрытие из бериллия на алюминиевой подложке с толщиной пленки  $\text{BeO}$  порядка 10–40 нм по стойкости к распылению в тлеющем разряде не уступает системам из монолитного бериллия.

В настоящее время разработана технология производства тонкой проволоки из дистиллированного бериллия. Такая проволока (толщиной 0,3–0,8 мм) может быть успешно использована в качестве испаряемого материала для нанесения слоя бериллия толщиной 0,5–5 мкм методом вакуумного термического распыления, который обеспечивает воспроизводимое получение покрытий с заданными свойствами, хорошую равномерность толщины пленки по поверхности подложки.

При использовании такой технологии цилиндры

катодов изготавливают из тонкостенных труб алюминиевого сплава Д16Т на высокопроизводительных многошпиндельных полуавтоматах ВС-597. Внутренняя рабочая поверхность цилиндров после такой обработки характеризуется высотой неровностей 0,06 мкм. Нанесение бериллиевого покрытия на внутреннюю полость алюминиевых цилиндров производится любым известным методом в среде чистого кислорода. Причем, если на изготовление одного цилиндрического катода с размерами  $30 \times 150$  мм из пруткового бериллия расходуется 360 г материала, то для аналогичного изделия с покрытием из бериллия на алюминиевой подложке — не более 1 г. Кроме того, применение для механической обработки алюминиевых труб высокопроизводительного оборудования значительно (в 30 раз) сокращает трудоемкость изготовления катодов, а исключение из технологического цикла операций сверления, точения, расточки, шлифовки и полировки покрытия не только снижает расход исходного материала, но и значительно улучшает условия труда при переработке бериллия, поскольку устранены источники выделения его аэрозолей.

*Изделия из многослойных лент с покрытием из платиновых сплавов.* Предложенное выше техническое решение в принципе может быть применено и для нанесения катодных пленок из платиносодержащей проволоки на внутреннюю полость цилиндров. Однако при напылении часть материала проволоки будет осаждаться на экранах тугоплавких материалов, используемых в устройствах напыления, что в дальнейшем затруднит процесс регенерации платины.

Поскольку платиновые сплавы с активными присадками являются дуктильными, наиболее целесообразно для изготовления полых цилиндров с внутренним слоем из такого сплава применять метод холодного плакирования. Вместо пруткового сплава или ленты на основе платины, используемых обычно для изготовления полых изделий, эксплуатируемых в кислородосодержащих средах, применяется многослойная лента типа платиновый сплав — сталь — медь с толщиной первого слоя до 10 мкм. Такая многослойная лента с тонким рабочим покрытием из платины по своим эксплуатационным свойствам не только не уступает, но в ряде случаев значительно превосходит аналоги из монолитного материала.

Изготовление цилиндрических изделий из многослойной ленты несложно (см. рисунок). Вырубка заготовки из ленты производится с помощью эластомеров (полиуретана) в штампах, операция вытяжки осуществляется эластичной матрицей по жесткому пуансону с перемещающимся прижимом. Вследствие значительных сил трения между пуансоном и заготовкой при обжатии заготовки эластичной матрицей был достигнут коэффициент

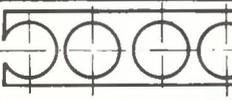
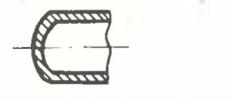
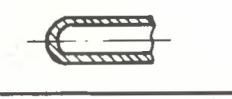
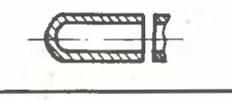
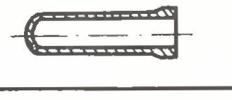
Раскрой ленты	
Вырубка заготовки	
Вытяжка первая	
Обрезка припуска	
Вытяжка вторая (и последующая)	
Обрезка припуска	
Ротационное выдавливание	
Отрезка дна и припуска	

Схема изготовления полых цилиндров из многослойных лент

вытяжки 2,7–2,8 для первой операции и 1,8–1,9 — для второй. Для обеспечения низкой шероховатости поверхности платиносодержащего слоя применено ротационное выдавливание из заготовки, полученной вытяжкой. Такой способ позволяет получать качественные изделия непосредственно в размер при высоком проценте выхода годных и незначительном расходе платиносодержащего сплава. Так, при изготовлении одного цилиндра из многослойной ленты расход платины уменьшается примерно в 20 раз по сравнению с изготовлением аналогичного изделия из монолитной платиносодержащей ленты.

Разработка автоматизированных многопозиционных установок, оптимизация технологии нанесения покрытий и формообразования полых изделий позволяет еще более снизить трудоемкость их изготовления и уменьшить толщину покрытий берилля и платины, что в конечном счете обеспечит реализацию практически безотходного производства такого типа изделий.

Статья поступила 5 февраля 1980 г.

Т.Н.Хоперия

## МЕТОД ХИМИЧЕСКОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НИКЕЛЬ-ФОСФОРНОГО СПЛАВА В ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

УДК 621.793/794:621.38

*В порядке обсуждения*

Металлизация неметаллических материалов (керамики, кварца, стекла, полупроводников, пластмасс) применяется с целью получения на их поверхности токопроводящих линий, нанесения электродов, для соединения неметаллических деталей с металлическими, создания теплопроводящей поверхности, подслоя для последующего электроосаждения металлов, декоративной отделки, повышения износостойкости и других целей.

В производстве ИС, конденсаторов, кварцевых резонаторов, пьезокерамических излучателей, электрических изоляторов, катушек индуктивности и других изделий массового изготовления на процессы металлизации расходуется большое количество серебра и золота.

Постоянно возрастающее использование серебра в мировой промышленности по расчетам зарубежных экспертов [1] может привести к тому, что к 2000 г. мировая потребность в этом металле в два раза превысит его количество, содержащееся в известных месторождениях.

Мировое потребление золота для технических целей в 1971 г. составило более 230 т [2], в частности для нужд электроники — 186,6 т. [3]. Такое положение дел объясняется в значительной степени недостатками используемых методов металлизации, обуславливающими потери и значительный расход драгоценных металлов, к числу которых относятся длительность технологических процессов, сложность оборудования, неудовлетворительное качество структуры осажденного металла или недостаточная прочность сцепления покрытия с основой и другие. Это заставляет искать новые, более экономичные способы нанесения металлических слоев на неметаллические материалы.

К таким способам можно отнести метод нанесения покрытий путем химического восстановления металлов, например никеля [4], из растворов [5–7]. Возможность получения равномерного по толщине покрытия на поверхности сложного рельефа, достаточная химическая стойкость, хорошая паяемость и высокая твердость покрытия, возможность регулирования в широких пределах его механических свойств и электропроводности открывают большие перспективы для широкого применения этого метода в технике.

Однако его использование для металлизации неметаллических материалов, в частности диэлектриков различной природы и полупроводников, сдерживалось по ряду причин. Это прежде всего трудность получения беспористых, селективных, износостойких, а также блестящих покрытий с толщинами, необходимыми для тонкопленочной технологии, и кроме того, неудовлетворительная адгезия нанесенного металла к неметаллическим материалам с высоким классом чистоты обработки поверхности.

Комплекс исследований, проведенный в лаборатории химической металлизации Института металлургии АН Грузинской ССР, направленный на изучение механизма процесса химического никелирования с использованием в качестве восстановителя гипофосфита и включающий изучение элементарных актов реакций восстановления металлов химическим способом и выявление факторов, которые определяют скорость течения процессов и свойства покрытий, позволил установить механизмы процесса химического восстановления металлов, что в итоге дало возможность заменить серебро и золото в некоторых отраслях промышленности никель-фосфорным сплавом.

Химически нанесенные никель-фосфорные пленки, обеспечивая практически беспористые (при толщине  $\sim 0,1$  мкм) блестящие покрытия, обладают высокой прочностью сцепления и тиражестойкостью. По маскирующим характеристикам они не уступают пленкам хрома.

Исходя из теоретических предпосылок и данных оптимизации основных стадий процесса создано новое направление химической металлизации полированных неметаллических материалов без снижения класса чистоты обработки их поверхности. Для реализации этого процесса необходимым является сообщение неметаллическим поверхностям каталитических свойств, обуславливающих инициирование реакции восстановления никеля. Это обычно достигается путем последовательного проведения двух процессов (иногда объединяемых) — сенсибилизации и активирования. Сенсибилизация чаще всего осуществляется погружением изделия в кислый раствор соли двухвалентного олова; активирование — в раствор хлористого палладия. При этом на поверхности происходит восстановление палладия, являющегося катализатором реакции восстановления никеля (кобальта и некоторых других металлов) гипофосфитом.

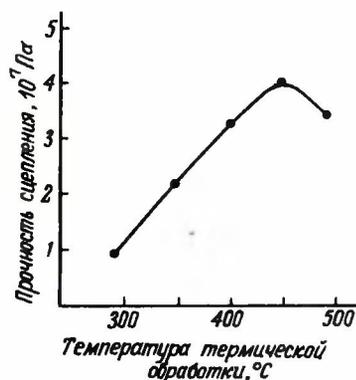
Поскольку величина адгезии слоя металла к неметаллическому материалу имеет немаловажное значение для конструкции, например, кварцевого пьезоэлемента, вопрос об условиях повышения прочности сцепления Ni-P сплава с поверхностью полированного кварца был рассмотрен особо. С этой целью до и после отжига при  $400\text{--}500^\circ\text{C}$  в течение 1 ч при остаточном давлении  $4 \cdot 10^{-2}$  Па к созданному на поверхности слою металла оловянно-свинцовыми припоями (ПОС-61) припаявались проволочные токоотводы из фосфористой бронзы диаметром 0,8 мм. В качестве флюса использовали солянокислый анилин. Испытание покрытия на разрывной машине типа РМ-0,05 (скорость растя-

гивания в процессе отрыва была 30 мм/мин) показали, что сцепление покрытия с полированным кварцем существенно возрастает после отжига (см. рисунок), причем зависимость прочности сцепления от температуры отжига имеет экстремальный характер.

Полученный результат может быть объяснен тем, что в ходе термообработки происходит окисление металлического слоя [8,9], ведущее к образованию в нем окислов и увеличению площади контакта, ответственного за связь с поверхностью основы. Кроме того, в результате прогрева нанесенной пленки до  $450^\circ\text{C}$  из граничного слоя металл-диэлектрик удаляются блокирующие поверхность контакта молекулы воды и гидроксильных групп (не исключена и возможность заполнения в таких условиях имевшихся в поверхностном слое основы пустот и зазоров компонентами сплава) [10–13], а также происходит образование мелкокристаллической структуры сплава с повышенной дефектностью. Это, по-видимому, приводит к увеличению энергии атомно-молекулярного взаимодействия термообработанной пленки с поверхностью основы [14]. Слоистость сплава после термообработки уменьшается или вовсе исчезает, что также ведет к повышению прочности сцепления покрытий с основой. Вместе с тем, в покрытиях, полученных из кислых растворов с содержанием фосфора  $\sim 9\%$  по массе, распределенная в объеме сплава фаза  $\text{Ni}_3\text{P}$  при  $350\text{--}450^\circ\text{C}$  действует как своего рода барьер, препятствующий коагуляции зерен никеля и благоприятствующий адгезии [15].

Падение адгезии при увеличении температуры отжига выше  $450^\circ$ , по-видимому, связано с различием температурных коэффициентов расширения металлической пленки, основы и отдельных фазовых составляющих сплава, а также с укрупнением кристаллов  $\text{Ni}_3\text{P}$  и происходящим при этом уменьшением площади границ зерен сплава с основой.

Проведенные исследования позволили найти оптимальные условия металлизации и разработать технологический процесс химического никелирования пьезоэлектрических кварцевых элементов как с низким, так и с высоким классом чистоты обработки поверхности, включая полирование.



Зависимость прочности сцепления никель-фосфорного сплава с полированной кварцевой пластиной от температуры термической обработки

Изучение влияния толщины никель-фосфорного слоя на качество кварцевого резонатора показало, что лучшие параметры прибора достигаются при толщинах металлической пленки 0,2–0,4 мкм.

Пьезоэлектрические резонаторы с электродами из никель-фосфорного сплава, нанесенными указанным способом, имеют долговременную стабильность почти в два раза выше, чем посеребренные дьезокварцевые элементы того же частотного диапазона (изменение частоты резонатора за первый год эксплуатации составляет  $15 \cdot 10^{-6}$  для посеребренного пьезокварцевого элемента и  $8 \cdot 10^{-6}$  для химически никелированного), и динамическое сопротивление на 30% больше.

Более высокие электрические характеристики таких резонаторов обусловлены тем, что монтаж кварцевого вибратора при никелировании не требует предварительного вжигания подслоя серебра из пасты, приводящего к нежелательным изменениям физических свойств основы. Вместе с тем, разработка процесса химического никелирования для покрытия различных срезов пьезокварцевых пластин потребовала некоторого совершенствования конструкции кварцевых резонаторов, способных работать устойчиво при существующих уровнях возбуждения, в частности, корректировки размеров пьезоэлементов, угла среза и подавления нежелательных видов колебаний.

Использование химического никелирования при производстве кварцевых элементов обеспечивает значительный технико-экономический эффект: помимо экономии серебра исключаются трудоемкие и сложные процессы вакуумного напыления серебряных электродов и вжигания серебряной пасты, увеличивается прочность сцепления электродов с поверхностью пластин, повышается прочность припайки выводов, что приводит не только к упрощению технологии и стабилизации производства, но и к улучшению характеристик резонаторов, повышению их качества, процента выхода годных, увеличению надежности и долговечности приборов.

Использование метода химического восстановления металлов из водных растворов при изготовлении фотошаблонов — вместо вакуумного способа хромирования стекла — сталкивается с решением ряда вопросов технологического характера.

Обычно покрытия, получаемые химическим способом на стекле, имеют матовую поверхность и непригодны без последующей полировки для оптических целей. Считалось также, что химически нанесенный никель можно использовать только в качестве подслоя для получения покрытий из меди, хрома, серебра или золота, причем для получения удовлетворительной прочности сцепления никеля с гладкой поверхностью неметаллических материалов последние необходимо перед покрытием механически шлифовать. Однако результаты проведенной работы показали возможность получения на полированном стекле, кварце, ситале и некоторых других материалах блестя-

щих, практически беспористых при толщине 80–100 нм износостойких покрытий, прочность сцепления с исходной поверхностью которых обеспечивает изготовление прецизионных фотошаблонов и их надежную эксплуатацию [16].

Никелированные однослойные фотошаблоны имеют количество дефектных модулей ниже 14%, что соответствует пределам, допускаемых нормами. Оптическая плотность  $D$  никель-фосфорных слоев при толщине  $S=100-150$  нм лежит в пределах 3,2–3,8, что является вполне достаточным для целей маскирования в технологии фотолитографии, и превышает оптическую плотность хромовых слоев (2–2,5). Коэффициент отражения  $R$  никель-фосфорного слоя на 45–55% ниже, чем у хромовых слоев, что является более предпочтительным для фотолитографии (см. таблицу).

Оптические характеристики никель-фосфорных пленок

$S$ , нм	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750
$R$ , %	45	49,3	49,3	52,8	39,6	39,6	41	44	47,1	50,5	51,6	52,8
$D$	—	—	—	—	3,8	3,36	3,35	3,35	3,34	3,32	3,28	3,25

Возможность получения практически бездефектных и в то же время износостойких фотошаблонов, удовлетворяющих современным требованиям, достигнута путем создания двухслойного рисунка из маскирующих материалов. Элементы рисунка верхнего слоя (защитного) идентичны по форме элементам рисунка нижнего (копируемого), но меньше их по площади; причем оси симметрии соответствующих элементов рисунка обоих слоев совпадают. Это осуществляется путем вакуумного напыления на стекло нижнего слоя кремния (прозрачного в видимой и непрозрачного в ультрафиолетовой области спектра) и последующего химического осаждения никель-фосфорного сплава (непрозрачного в упомянутых областях спектра). После проведения фотолитографии проводят вытравливание рисунка схемы в верхнем слое никеля в травителе специального состава.

В процессе эксплуатации такого фотошаблона исключается трение краев прозрачного рисунка, определяющих точность воспроизведения заданной копии, об экспонируемую поверхность подложки ИС, и тем самым обеспечивается высокая износостойкость фотошаблона. С другой стороны, выполнение краев копируемого рисунка фотошаблона на одном слое определяет его высокую разрешающую способность.

Метод химического осаждения металлов из водных растворов может быть использован также для получения защитных покрытий на элементах интегральных схем. Исследованиями установлено, что слой из никель-фосфорного сплава удовлетворительно поддается термокомпрессии, импульсной сварке, паяется оловянно-свинцовыми припоями и бескислотными флюсами, имеет необходимую механическую прочность, низкое контактное сопротивление.

Характеристики керамических конденсаторов с электродами из никель-фосфорного сплава —

величина напряжения электрического пробоя, тангенс угла диэлектрических потерь, прочность сцепления, паяемость, электрическая емкость и количество включений — отвечают требованиям современных ТУ.

Проведенные работы выявили возможность успешной металлизации никель-фосфорным сплавом участков из молибдено-марганцевой пасты на керамических микроплатах, а также металлических частей стеклометаллических корпусов для ИС и СВЧ диодов вместо их серебрения и золочения. Указанным способом могут быть созданы омические контакты к германию, кремнию, арсениду галлия различного типа проводимости и удельного сопротивления.

Таким образом, метод химической металлизации с использованием никель-фосфорного сплава дает возможность получать покрытия удовлетворительного качества на материалах различной химической природы и степени шероховатости — стекле, кварце, стеатите, тиконде, термокорунде, пьезокерамике, ультрафарфоре, ситалле, коваре, полупроводниках, пластмассах, поликоре, вожженной Mo—Mn пасте и др. Это позволяет исключить применение драгоценных металлов из ряда технологических операций, упростить технологические процессы, увеличить съем продукции с 1 м<sup>2</sup> производственной площади, резко сократить продолжительность технологического цикла, повысить долговечность и качество изделий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. За рубежом, 1973, № 706, с. 20.
2. Metal Finish J., 1971, vol. 17, N 201, p. 249.
3. Krishna murthy S. — Electroplat. and Metal Finish., 1975, vol. 28, N 8, p. 18, 20.
4. Khoreria T.N., Kharati R.G. — Plating, 1972, vol. 59, N 3, p. 232.
5. International society of electrochemistry: 29th Meeting: Extended abstracts, Budapest, 1978, part 2, p. 989.
6. Физико-химические основы процесса химического кобальтирования/ Горбунова К.М., Никифорова А.А., Садаков Г.А., Моисеев В.П., Иванов М.В. — М.: Наука, 1974.
7. Шалкаускас М.М., Вашкялис А.Ю. Химическая металлизация пластмасс. — Л.: Химия, 1977.
8. Benjamin P., Weaver C. — Proc. Roy. Soc. (London), 1969, A261, p. 16.
9. Pai S.T., Marton J.P. — J. Electrochem. Soc.; 1973, vol. 120, p. 1280.
10. Брануэр С. Пустоты в твердых телах. — В кн.: Наука и человечество. — М.: Знание, 1970.
11. Оккерс К. Строение и свойства адсорбентов и катализаторов: Под ред. Б.Г. Линсена — М.: Мир, 1973, с. 233.
12. Vuyterhoeven J., Hellinckx E., Fripiat J.J.-Silik. Ind., 1963, vol. 28, p. 241.
13. Журавлев Л.Т., Киселев А.В. — ЖФХ, 1965, т. 39, 453.
14. Треппел Б. Хемосорбция. — М.: ИЛ, 1958.
15. Зимон А.Д. Адгезия пленок и покрытий. — М.: Химия, 1977.
16. А.С. 513118 (СССР). Способ подготовки полирования неметаллической поверхности перед химическим никелированием/ Хоприя К.Н., Рюмина Н.В. Оpubл. в Б.И., 1976, № 17.

Э.Ф.Бенуа, М.И.Бирюков, А.Д.Загоруй

## ПРИМЕНЕНИЕ БЕЗВОЛЬФРАМОВЫХ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА

УДК 621.315.592.4.002.2

Изготовление твердосплавного инструмента методом порошковой металлургии известно давно. Его применение позволяет существенно экономить сырье и резко снижает трудовые затраты. В качестве компонентов исходного сплава обычно применяются вольфрам (80–85%) и кобальт. Однако для этих целей можно использовать более дешевые и менее дефицитные материалы, такие как карбиды, нитриды и дибориды титана. Этому способствует открытие нового в порошковой металлургии метода самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) тугоплавких соединений.

Сущность метода заключается в том, что металлы (титан, цирконий, ниобий и другие), сгорая в присутствии окислителей (бор, кремний, углерод, сера, азот), образуют соединения, получение которых в обычных условиях связано с большими техническими трудностями и значительными затратами энергии. Эти соединения отличаются повышенной чистотой, так как имеющиеся примеси выгорают.

Карбид и диборид титана, полученные методом СВС, имеют высокую твердость, оцениваемую в 8,5–9 единиц по шкале Мооса. Сравнение сплавов на основе композиций, содержащих вольфрам и кобальт (типа ВК и ТК), с металлокерамическими композициями на основе карбида титана выявило, что удельный вес титановых композиций в 2,5–2,6 раза ниже, чем сплавов типа ВК и ТК.

Процесс получения карбида и диборида титана методом СВС во много раз дешевле и быстрее традиционного. Эти особенности обусловили использование указанных соединений вместо дорогостоящих твердых сплавов типа ВК и ТК при изготовлении твердосплавного инструмента, в первую очередь расточных резцов, твердосплавных пластин для припиловочных приспособлений, микроинструмента, рабочих частей вырубных и гибочных штампов.

При получении безвольфрамового твердого сплава цементирующей связкой служит связка на основе железа, менее дефицитного материала по сравнению с кобальтом.

Опыт изготовления изделий из сплавов диборида и карбида титана, полученных методом СВС показывает, что качество инструмента во многом зависит от правильного выбора режимов заточки и шлифовки, а также от подбора алмазных кругов для этих целей.

Работами, проведенными на универсально-заточном станке ЗМ 641, установлено, что наилучшие результаты — высокая производительность, отсут-

ствии трещин на твердом сплаве, минимальная шероховатость обрабатываемой поверхности — достигаются при использовании алмазного круга АСК 125/100 А2 на связке Б1. Алмазный круг АСК 125/100 на связке М016 менее производителен, при пользовании им возможны даже сколы режущей кромки. Поэтому, применяя его для заточки (шлифовки) инструмента на основе диборида титана, необходимо уменьшить глубину резания и продольную подачу.

Рекомендуемые режимы при обдирке и чистой заточке: скорость вращения круга — 29,3 м/с, глубина врезания круга — 0,012 и 0,003 мм/дв, ход и продольная подача — 11,8 и 8,15 м/мин соответственно.

Для того, чтобы максимально использовать твердосплавные координатно-расточные резцы из безвольфрамового твердого сплава, необходимо применять наиболее рациональные режимы резания. Так, оптимальная скорость резания высоколегированных инструментальных сталей типа 4Х13, Х12М составляет 30 м/мин при скорости подачи 0,065 мм/об и глубине резания 0,2 мм (при черновом растачивании) и 0,15 мм (при чистовом). Такой режим резания обуславливает отсутствие следов выкрашивания, сколов и заглуплений на режущих кромках резцов (кроме следов первичной приработки по задней грани величиной до 0,1 мм), что соответствует ГОСТу 18062-72.

Применение материала на основе диборида титана позволило повысить стойкость инструмента в 1,2 раза.

Работоспособность припиловочных приспособлений из стали УВА, армированных безвольфрамосодержащим твердым сплавом на основе карбида титана с применением в качестве связки, молибдена и никеля (вместо кобальта), увеличилась в 1,5 раза.

Однако для изготовления вырубных и гибочных штампов и микроинструмента необходим более износостойчивый и менее хрупкий сплав. С этой точки зрения представляет интерес использование метода СВС не только для получения порошков твердых сплавов или сырья для последующего формирования и спекания в заготовки инструмента и изделий, но и для непосредственного изготовления готовой металлокерамической детали в тугоплавкой пресс-форме. В этом случае операции размла брикетов, последующего формирования в детали и длительного спекания в вакуумных печах исключаются, а готовая деталь нуждается только в незначительной заточке. Таким методом получают тугоплавкие тигли, запорную арматуру для печей и резцы.

Статья поступила 11 февраля 1980 г.

К.Н. Варганова, Н.В. Евдокимова,  
В.А. Лебедева

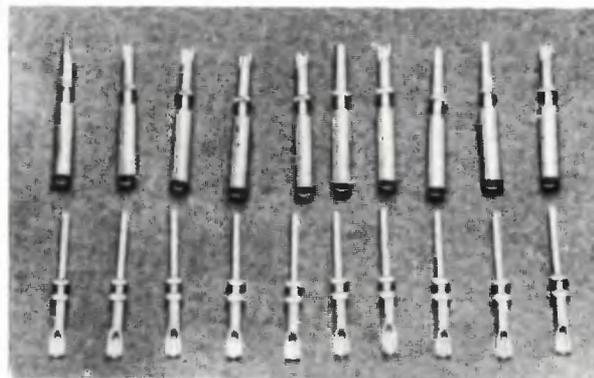
## СОКРАЩЕНИЕ РАСХОДА СЕРЕБРА ПРИ НАНЕСЕНИИ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА КОНТАКТЫ ЭЛЕКТРОСОЕДИНИТЕЛЕЙ

УДК 621.357.6

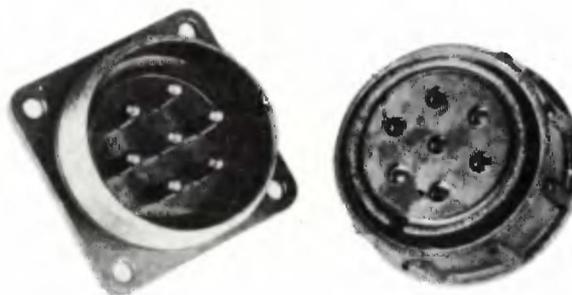
Основными материалами для покрытий контактных пар электросоединителей (см. рисунок) являются серебро и золото, которые обеспечивают малое переходное сопротивление и высокую антикоррозионную защиту в условиях длительной эксплуатации.

Обычно для этих целей применяются серебряные покрытия, легированные сурьмой, и золотые покрытия, легированные серебром и медью: МСр-Су (99,3—99,9)9; МСр-Су (99,3—99,9)9; Зл-Ср-М (98—99,6; 1—0,2)3.

Трудность осаждения тонких слоев золота и серебра на контакты из медных сплавов (например, ЛС59-1, БрОЦ4-3) связана с диффузией меди из основы в покрытие при повышенных температурах, что приводит к ухудшению его электрических и коррозионных свойств.



а



б

Контактные пары электросоединителей: а — штыри; б — гнезда

Использование никелевого подслоя, наносимого на поверхность детали перед серебрением и золочением, позволяет не только снизить толщину покрытия драгоценными металлами, но и повышает его износостойкость. Так, в результате нанесения никелевого подслоя толщиной 1 мкм можно уменьшить толщину серебряного покрытия до 6 мкм. Увеличение толщины этого подслоя до 3 мкм позволяет вообще исключить нанесение серебряного подслоя под золотое покрытие толщиной 3 мкм.

Никелирование производится из стандартного сернокислого электролита, золочение — из лимоннокислого электролита, обеспечивающего хорошее сцепление золотого покрытия с никелевым подслоем.

Контакты с покрытиями, полученными с использованием никелевого подслоя, выдерживают испытания на воздействие температуры (+150°C) в течение 1000 ч, смены температур от -60 до +150°C (серебряное покрытие) и от -60 до +250°C (золотое покрытие), тропической влажности в течение 56 сут и соляного тумана в течение двух суток.

В соединителях, эксплуатирующихся в средних условиях, вместо серебряного покрытия целесообразно использовать сплав олово-висмут по медному подслою. Нанесение такого покрытия проводится из электролита следующего состава (г/л):

Олово сернокислое .....	40-60
Висмут сернокислый .....	0,5-1,5
Кислота серная .....	110-140
Натрий хлористый .....	0,2-0,5
Клей мездровый .....	1-2
Вспомогательное вещество (ОП-7 или ОП-10) .....	2-5

Содержание висмута в покрытии, получаемом при температуре электролита 18-30°C и катодной плотности тока 0,5-1 А/дм<sup>2</sup>, составляет 0,5-2%.

Соединители с контактами, покрытыми вместо серебра МСр-Су (99,3-99,9)6 сплавом олово-висмут М3.0-Ви (98-99,5)6, выдержали испытания на воздействие высокой температуры (+80°C) в течение 1000 ч, холода (-50°C) в течение 4 ч, влаги в течение 56 сут (при температуре +20°C), соляного тумана в течение двух суток и плесневых грибов.

Контактное сопротивление при испытании на надежность изменялось от 2-4 МОм до 2-9 МОм.

Покрытие электросоединителей сплавом олово-висмут вместо серебра при широком применении в отрасли даст значительную экономию драгоценных металлов.

Статья поступила 18 февраля 1980 г.

В.Г.Мушкарев, Ю.А.Райнов,  
В.Г.Татеосов, О.В.Южный

## РАДИОИЗОТОПНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ИХ РОЛЬ В ЭКОНОМИИ ЗОЛОТА

УДК 669.21.002.2.004.18

Одним из основных условий надежной работы полупроводниковых приборов и интегральных микросхем является их качественная герметизация и надежность конструкции корпуса, которые обеспечиваются с помощью гальванических покрытий. Наиболее часто для этих целей используется золото. Рациональное расходование этого металла в процессе нанесения покрытий может быть обеспечено путем применения современной технологии, обуславливающей получение равномерного слоя минимально возможной толщины, сокращения безвозвратных потерь и использования неразрушающих экспрессных, достаточно точных методов контроля золота в покрытиях, электролитах, различных видах отходов и браке.

Прогрессивными методами контроля являются радиоизотопные методы анализа вещества, основанные на взаимодействии излучений радиоактивных источников с исследуемым объектом и последующем измерении характеристик рассеянного, поглощенного или вторичного излучения.

Гамма-электронным методом [1] с достаточной точностью может быть осуществлено измерение толщины покрытия. Для практической реализации этого метода разработан гамма-электронный толщиномер [2], выполненный в виде одного блока, в котором функционально совмещены датчик гамма-излучения и измерительное устройство (рис.1). Этот прибор позволяет контролировать толщину покрытия на деталях любой конфигурации, в частности, толщину золотого покрытия на корпусах полупроводниковых приборов и интегральных схем. Диапазон толщин — 0-20 мкм, погрешность — 1-5% (в зависимости от сложности конфигурации деталей), время одного измерения не превышает 2 мин. Так как площадь исследуемых изделий может колебаться в пределах от 4 до 10000 мм<sup>2</sup>, толщиномер может быть использован для контроля толщины покрытия как на единичных деталях, так и на целой их партии. Поэтому гам-

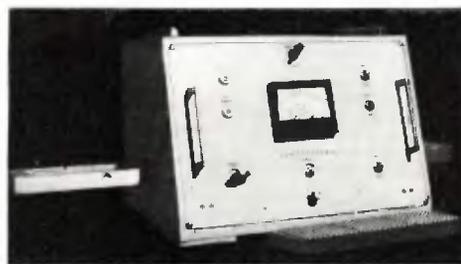


Рис. 1. Гамма-электронный толщиномер

ма-электронный метод применяется не только для стопроцентного контроля качества деталей и учета расхода драгоценных металлов, но и для оптимизации технологического процесса гальванического нанесения покрытий [3]. Внедрение гамма-электронных толщиномеров позволяет получить значительный экономический эффект как за счет уменьшения расхода драгоценных металлов, так и за счет увеличения выхода годных изделий.

Для определения основного компонента в электролитах, отходах и браке гальванического производства целесообразно использовать гамма-абсорбционный анализ, который является упрощенным вариантом рентгено-абсорбционного метода [4]. Поскольку однозначное определение содержания анализируемого компонента в пробе этим методом возможно при условии постоянства поверхностной плотности вещества-поглотителя, то анализ порошкообразных проб указанным методом



Рис. 2. Установка гамма-абсорбционного анализа

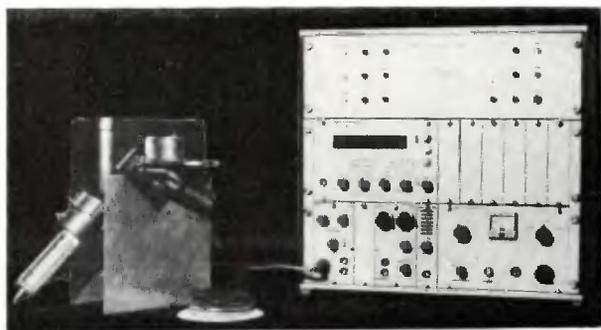


Рис. 3. Установка рентгенорадиометрического анализа

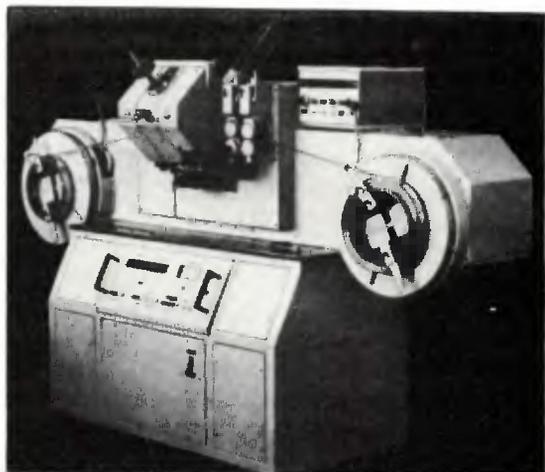


Рис. 4. Установка контроля количества золота на плакированной ленте

не представляет трудности, в то время как определение элементного состава монолитных образцов и электролитов с различной плотностью затруднено. В этом случае применяется методика, заключающаяся в использовании для контроля образцов дополнительного измерения стандартных проб, не содержащих искомого компонента, но имеющих ту же плотность, что и исследуемые пробы.

Установка для гамма-абсорбционного анализа (рис. 2) состоит из свинцового датчика с вмонтированным в него источником гамма-излучения и кареткой для размещения исследуемой пробы, а также измерительного комплекса, который включает в себя детектор гамма-излучения, фотоэлектронный умножитель, предусилитель, пересчетный прибор и блоки питания.

Гамма-абсорбционный метод применяется для учета количества золота при производстве *p-n* переходов некоторых сплавных диодов, где используют сплав золото-сурьма. Этот метод выгодно отличается от используемого обычно в таких случаях расчетного способа контроля золота, который не позволяет установить истинное содержание золота в каждой партии, а химический анализ золота в переходе является разрушающим и трудоемким. При использовании гамма-абсорбционного метода время анализа одной пробы не превышает 2 мин, погрешность — 2,8%. Контроль количества золота в электролитах этим методом осуществляется с погрешностью 1,6%, а в отходах производства — 2,6%.

Использование гамма-электронного метода измерения толщины покрытий и гамма-абсорбционного анализа электролитов и отходов позволяет осуществлять оперативный контроль за ходом проведения гальванического процесса, поддерживать заданный режим, а следовательно, добиваться меньшего технологического разброса по толщине покрытия и эффективнее использовать гальваническое оборудование и материалы. В настоящее время принципиально отработана схема управления процессом гальванического нанесения покрытий, позволяющая использовать гамма-абсорбционный метод для контроля золота в электролитах непосредственно в ваннах и поддержания его содержания в заданных пределах.

Наиболее универсальным, высокопроизводительным и достаточно точным из числа радиоизотопных методов является флуоресцентный рентгенорадиометрический анализ вещества [4,5]. Поскольку этот метод характеризует вполне определенная энергия фотонов характеристического излучения для каждого элемента, а также сравнительно простая систематика спектров, его использование эффективно при анализе многокомпонентных отходов производства, в частности, установления в них количества золота. Экспрессность метода (время анализа не превышает 5–7 мин) позволяет в зависимости от массы подвергать анализу либо всю партию, либо путем отбора проб анализировать до 40% ее объема. Точность определения не уступает химическому методу и составляет 2–3%.

Установка для рентгенорадиометрического анализа (рис. 3) состоит из незначительно модернизированного датчика прибора "Минерал-3" [ 5 ] (в котором помещаются источники излучения, анализируемые образцы и фильтры) и спектрометра 22024 с детектором типа VA-S-50. Использование кремниевоего полупроводникового детектора позволило проводить прецизионный анализ электролитов с погрешностью не более 0,9%, с порогом обнаружения  $2 \cdot 10^{-3} \% \text{ Au}$ .

Рентгенорадиометрический метод может быть использован также и для определения количества драгоценного металла на плакированных лентах, которые все шире применяются в отрасли для изготовления корпусов полупроводниковых приборов и интегральных схем. Химический метод в этом случае не является точным и не позволяет контролировать распределение толщины покрытий по длине ленты. Разработанные методика и установка (рис. 4) для неразрушающего контроля количества золота на плакированных лентах позволяют по интенсивности генерируемого в слое плакирования характеристического излучения (которая зависит от толщины слоя) определять содержание золота по всей ленте при ее движении в непрерывном режиме или снимать топограммы распределения толщины покрытий по длине ленты. Производительность установки — до 100 м/ч, погрешность анализа не превышает 1–2%. Возможность снятия топограмм распределения толщины золотого покрытия может служить основанием для создания автоматической системы управления процессом плакирования; кроме того, такие измерения позволяют оперативно управлять выходом годных на ряде операций, например, на операции термомпрессионного присоединения выводов. Объективное и точное определение количества золота на лентах дает возможность достаточно просто измерять его содержание в отходах штамповки, что полностью решает проблему учета расхода золота для данного производства. Разработанная установка может применяться практически для всех лент, используемых в отрасли.

Широкое внедрение рассмотренных методов в производство позволит существенно повысить качество продукции и снизить расход драгоценного металла.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Применение гамма-электронного метода для определения толщины покрытий на деталях полупроводниковых и электровакуумных приборов/ Южный О.В., Миндлин Н.Л., Самодуров Б.Д. и др. — Электронная техника, Сер. 12. Управление качеством и стандартизация, 1971, вып. 5.
2. Гамма-электронный толщиномер покрытий/ Южный О.В., Миндлин Н.Л., Титесов В.Г. и др. — Электронная техника. Сер. 12. Управление качеством и стандартизация, 1971, вып. 5.
3. Оценка количества золота на деталях полупроводниковых приборов гамма-электронным методом/ Власов И.А., Пшенная Н.И., Удов Ю.А. и др. — Электронная техника, Сер. 7. Технология, организация производства и оборудование, 1975, вып. 4.
4. Плотников Р.И., Пшеничный Г.А. Флюоресцентный рентгенорадиометрический анализ. — М.: Атомиздат, 1973.
5. Якубович А.Л., Зайцев Е.И., Пржиляговский С.Н. Ядерно-физические методы анализа минерального сырья. — М.: Атомиздат, 1973.

Статья поступила 8 февраля 1980 г.

## НОВЫЕ ЭКОНОМИЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Б.И.Черный

### ПРИМЕНЕНИЕ «СВОБОДНЫХ» МАСОК В ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОТОШАБЛОНОВ

УДК 621.382.049.77.002:776

При изготовлении полупроводниковых приборов, ИС, изделий вакуумной техники и других приборов ряд технологических операций — вакуумное термическое напыление пленок, ионное легирование, ионно-химическое травление — целесообразно осуществлять с применением "свободных" масок (трафаретов), позволяющих исключить в ряде случаев процесс фотолитографии и соответственно применение таких материалов, как фоторезисты, стеклянные фотошаблоны, химические реактивы для травления подложек или пленок на ней. Понятно, какой мощный резерв экономии заключается в этом: ведь для изделий электроники затраты на изготовление фотошаблонов и проведение фотолитографии в среднем составляют 40–50% всех затрат технологического цикла [ 1 ]. Кроме того, применение "свободных" масок в ряде изделий приводит к повышению их качества и увеличению процента выхода годных по сравнению с изделиями, полученными с применением методов фотолитографии, так как исключаются такие дефекты на поверхности подложки, как неудаленные частицы фоторезиста, изменение геометрических размеров напыляемых элементов из-за подтравливания материала пленки и т.п., а также "мокрые" операции при формировании рисунка [ 2 ].

Следует отметить, что значительное снижение дефектности элементов, получаемых с помощью свободной маски, обусловлено тем, что отверстия маски свободны от дефектов типа непрозрачных элементов на светлом фоне, свойственных фотошаблонам, а участки между отверстиями, как правило, не имеют проколов вследствие того, что они изготавливаются из относительно толстого материала.

Существенным ограничением области применения этого метода являются трудности создания масок, имеющих отверстия в виде сложных рисунков большой протяженности, и невозможность создания затеняющих элементов, не связанных с прочими затеняющими элементами. Однако при использовании методов напыления (травления), характеризующихся непрямолинейным распространением частиц испаряемого вещества (например, катодного распыления), эти трудности можно устранить, приме-

няя конструкцию маски, у которой затеняющие элементы связаны между собой балочными элементами, расположенными выше уровня плоскости подложки, благодаря чему напыление пленки производится на участках подложки, находящихся под балками [3, 4].

Известны различные методы изготовления масок и способы крепления их на подложке, в частности, механическим прижатием, с помощью жесткой рамки, укрепленной на периферии маски [5], электростатическими силами [6] и с использованием магнитных сил — для масок, изготовленных из ферромагнитного материала [7].

Для выбора метода изготовления масок и способов фиксации их на подложках, в наибольшей степени удовлетворяющих требованиям серийного производства ИС и полупроводниковых приборов, проведено исследование масок, изготовленных методами гальванопластики, а также кремниевых и металлических масок, полученных локальным химическим травлением. Через маски осуществлялась защита активной области полупроводникового кристалла при вакуумном термическом распылении стекла.

Маски, изготовленные методом гальванопластики на специально подготовленной кремниевой матрице [8], представляют собой тонкую (толщиной 4–6 мкм) никелевую фольгу с отверстием, укрепленную для увеличения механической прочности между стальными кольцами, как показано на рис. 1. Для осуществления контакта маски с подложкой, применяется кольцо с укрепленными на нем упругими лапками, с помощью которых обес-

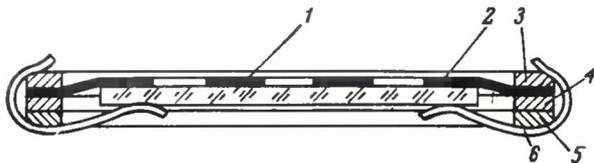


Рис. 1. Конструкция крепления маски, полученной методом гальванопластики на подложке: 1 — подложка; 2 — маска; 3, 4 — укрепляющие кольца; 5 — прижимное кольцо с пружиной 6

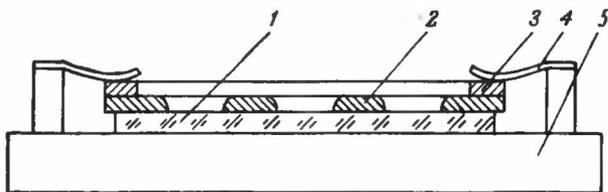


Рис. 2. Конструкция крепления кремниевой маски на подложке: 1 — подложка; 2 — маска; 3 — укрепляющее кольцо с пружиной 4; 5 — подложкодержатель

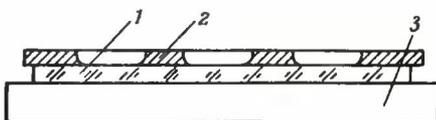


Рис. 3. Конструкция крепления коваровой маски: 1 — подложка; 2 — маска; 3 — магнит

печивается равномерный прижим подложки к маске по всей ее поверхности. Такая конструкция обеспечивает при напылении стекла точное воспроизведение конфигурации отверстия, без подпыления под края маски. Однако, для достижения требуемой адгезии пленки напыляемого стекла к подложке необходимо нагревать последнюю. В процессе нагрева начинает сказываться разница коэффициентов температурного линейного расширения никеля и кремниевой подложки, вследствие чего уход размеров элементов маски на краях подложки превышает допустимую величину. Кроме того, после проведения ряда операций напыления, связанных с нагревом подложки, маска начинает растягиваться, что ограничивает срок ее службы.

При использовании кремниевых масок, полученных методом анизотропного локального травления [9], не наблюдается смещений отверстий маски относительно подложки. Маска (рис. 2) с наклеенным на нее упрочняющим кольцом, изготовленным из ковара, накладывается на подложку и укрепляется на ней с помощью пружинок подложкодержателя. Материалом маски служит монокристаллический кремний с ориентацией (100), толщиной порядка 200 мкм. Отверстия вытравливаются в травителе на основе раствора щелочи и изопропилового спирта. При этом в качестве маскирующего слоя применяется термический окисел толщиной 1,2 мкм. Однако повышенная хрупкость кремниевой маски не позволяет проводить более 20 процессов напыления. Кроме того, крепление маски по периферийному кольцу не обеспечивает плотного прижатия участков маски, удаленных от кольца, что приводит к подпылению стекла на контактные площадки.

Наиболее приемлемыми оказались маски, полученные локальным химическим травлением фольги из ковара толщиной 100 мкм. Точность воспроизведения размеров полученных отверстий не хуже  $\pm 7$  мкм. Низкое значение коэффициента температурного линейного расширения ковара уменьшило уход размеров маски до допустимой величины, а хорошие магнитные свойства позволили обеспечить плотный контакт маски с подложкой. На рис. 3 изображена маска, находящаяся на подложке и удерживаемая на ней магнитом. Такая конструкция обеспечивает легкость снятия и контактирования маски с подложкой, плотность прижатия маски к подложке. Кроме того, стоимость этих масок в настоящее время не превышает 3 руб. и в дальнейшем может быть снижена при организации их серийного производства. Длительная эксплуатация коваровых масок показала их высокую надежность, способность выдерживать многократные процессы напыления, подвергаться реставрации и обеспечивать высокое качество напыленных защитных пленок стекла. Количество напылений через одну маску составляет не менее 60.

Применение свободных масок на операции за-

щиты поверхности кристаллов улучшило условия контактирования выводов с контактными площадками, исключило зависимость качества защиты от толщины напыляемой пленки стекла и разброс ее толщины по пластине, что позволило увеличить процент выхода годных кристаллов на операции разбраковки по внешнему виду в 1,2–2 раза по сравнению с кристаллами с защитной пленкой, полученной с помощью фотолитографии.

Исключение применения фотошаблонов и операции фотолитографии позволило сократить расход фоторезиста, химических реактивов и других материалов в среднем на 5–10% по изделию. Применение этого метода на операции защиты кристаллов дало экономический эффект 200 тыс.руб. в год.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Боков Ю.С., Данилин Б.С., Лаврищев В.П. Тенденции развития технологии микроразработки. — Электронная промышленность, 1976, № 5, с. 22.
2. Пат. 4.013.502 кл. 156/608, (США).
3. Hammer R. Solving the "stencil" problem in vacuum deposition masks using rib-supported structures. — J. Vac. Sci. Technol., 1977, vol. 14, N 5, p. 1208–1210.
4. Hammer R., Rasilo J. Fabricating RIB-supported vacuum deposition masks out of metal — IBM Technical Disclosure Bulletin, 1978, vol. 21, N 2, p. 842–845.
5. Технология тонких пленок. Справочник, т. 1. Под ред. Л. Майсела, Р. Глянга. Пер. с англ. — М.: Сов. радио, 1977, гл. 7.
6. Пат. 3518226 кл. 21/263 (США).
7. Jingle F.W. Ashadow Mask for Sputtered Films. — The Review of Scientific Instruments, 1974, vol. 5, N11, p. 1460–1461.
8. Пат. 3.878.061 кл. 204/11 (США).
9. Vassous E. Fabrication of Novel Three-Dimensional Microstructures of Novel Three-Dimensional Microstructures by the Anisotropic Etching of [100] and [110] silicon. — IEE Transactions on Electron Devices, 1978, vol. ED-25, N 10, p. 1178–1185.

Статья поступила 14 февраля 1980 г.

Г.Ф.Ивановский

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУХИХ ПРОЦЕССОВ В МИКРОЭЛЕКТРОНИКЕ

УДК 621.3.049.77.002.2:658.011.46

За последние 15 лет развития микроразработки степень интеграции микросхем возросла от 10–50 до десятков тысяч элементов на одном кристалле. Увеличение степени интеграции в 1000 раз потребовало уменьшения геометрических размеров элементов всего в 8–10 раз. Однако получение элементов с минимальными размерами 1–2 мкм и менее и использование хорошо отработанных методов жидкостного химического травления с разрешающей способностью и допусками на геометрические размеры до  $\pm 1,5$  мкм из-за изотропности химического воздействия стало узким местом в планарной технологии, а в ряде случаев оказалось вообще неприменимым.

С созданием методов плазмохимического и ионно-химического травления (сухих процессов) появилась возможность получать требуемые точности разрешения, допуска на геометрические размеры топологических рисунков и др. параметры (см. таблицу). В отрасли выпускаются для этих целей такие технологические установки, как "Плазма-600", "Плазма-600Т", УРМ 329045, УРМ 3279037, УРМ 3279053. В то время как планарный процесс, включающий в себя 5–12 операций фотолитографии и последующую химическую обработку, требует огромного количества высококачественных, токсичных и экологически опасных органических и неорганических реактивов, применение плазмохимических и ионно-химических процессов обработки дает возможность резко снизить потребности в них.

Метод травления	Разрешающая способность (минимальные размеры), мкм	Допуск на размеры, мкм	Неровность края, мкм	Дефектность пленки, ОТН.ед.	Избирательность процесса
Жидкостное химическое травление	2–5	$\pm 1,5$	2–0,3	1	Есть
Плазмохимическое травление	1–2	$\pm 0,5$	0,3–0,5	0,5	Есть
Ионно-химическое травление	$< 0,2$	0	$< 0,1$	0,5	Есть (по химическому взаимодействию)
Ионное травление физическим распылением	$< 0,2$	$\pm 0,2$ (определяется фоторезистом)	0,1–0,2	0,5	Есть (по коэффициентам распыления)

Так, например, при использовании одной установки "Плазма-600" на операции снятия фоторезиста за один год экономится (в тоннах): серной кислоты — 8, этилового спирта — 1,5, изопропилового спирта — 2, ацетона — 4, диметилформамида — 2; итого — 17,5. В стоимостном выражении это составляет 23,5 тыс.руб.

Применение ионно-химического травления при вскрытии окон в  $\text{SiO}_2$  (например, на установках УРМ 3279045) последовательно после всех операций фотолитографии приводит к экономии следующих количеств химических реактивов в расчете на 1000 пластин кремния (в килограммах): азотной кислоты — 33,3, фосфорной кислоты — 96,0, серной кислоты — 57,0, плавиковой кислоты — 31,0, ледяной уксусной кислоты — 216,6.

Помимо прямой экономии химических реактивов, получена существенная экономия от снижения трудовых затрат и сырья, необходимых для нейтрализации промышленных стоков сильнодействующих кислот и веществ, а также экономия больших количеств деионизованной воды (десятков тысяч кубических метров в год на одну установку).

Таким образом, широкое освоение плазмохимических и ионно-химических процессов в серийном производстве — залог успешного решения не только сложной технической, но и большой социально-экономической задачи.

Статья поступила 12 февраля 1980 г.

В.Т.Гринченко, Г.Ф.Ивановский

## ПРИМЕНЕНИЕ ВАКУУМНОЙ ПЛАЗМЕННО-ДУГОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

УДК [621.793.74:621.52]:621.38.002

Широко известно, что использование вакуумно-плазменно-дугового метода нанесения упрочняющих покрытий на металлорежущий инструмент позволяет повысить его стойкость в 2–3 раза [1, 2]. Бесспорна целесообразность применения этого метода и для создания толсто пленочной металлизации (толщиной до 50 мкм) на различных неорганических диэлектриках, используемых в производстве изделий электронной техники.

В сравнении с существующими вакуумный плазменно-дуговой метод обладает рядом несомненных преимуществ: высокими скоростями эрозии (не менее  $5 \cdot 10^{-5}$  г/Кл) и конденсации ( $> 250$  атомов/с) в условиях высокого вакуума ( $1,33 \cdot 10^{-3}$ – $1,33 \cdot 10^{-4}$  Па), значительной скоростью и температурой (от 1500 до 5000 К) нейтральных частиц, большой величиной (от 20 до 95%) ионной составляющей с энергией до 100 эВ в потоке, возможностью переноса металлов и сплавов при сохранении ионной стехиометрии, малыми рабочими напряжениями (15–30 В) и т.д. В процессе горения вакуумной дуги наблюдается эрозия вещества в виде перегретых капель с размерами от десятых долей до нескольких микрон.

В сочетании с предварительной обработкой металлируемой подложки ионами инертных и химически активных газов с энергией от 0,1 до 2 кэВ при плотности тока до 1 мА/см<sup>2</sup> метод вакуумной плазменно-дуговой металлизации позволяет полностью отказаться от традиционной технологии толсто пленочной металлизации неорганических диэлектриков, исключив при этом ручной труд, термические операции вжигания и т.п.

Созданы принципиально новые пары диэлектрик-металлическое покрытие, а в ряде случаев исключены остродефицитные и драгоценные металлы. Методом вакуумной плазменно-дуговой металлизации пленки из Mo, Ni, Cu, W, Fe, Ti, Cr наносились на широко распространенные диэлектрики типа 22ХС, А-995, КМ, М-7, КТ-30, брокерит, кварц, сапфир, ситалл и др. В подавляющем большинстве случаев была обеспечена необходимая прочность сцепления, вакуумная плотность при термоциклировании, не критичность к продолжительности пайки.

Широко известна технология нанесения пленок на основе серебросодержащих паст в производстве пьезокерамических изделий и конденсаторов. При-

менение вакуумной плазменно-дуговой технологии для металлизации пьезокерамических элементов позволило в условиях промышленного производства решить проблему замены серебра на недефицитный, коррозионностойкий сплав — например, монель-металл. Создана промышленная вакуумно-дуговая автоматизированная установка УРМ 3279.051, позволяющая производить двухстороннюю металлизацию плоских пьезоэлектриков полезной площадью до 1,2 м<sup>2</sup>, толщиной 4–6 мкм в течение 40 мин (при общем машинном времени цикла не более 2,5 ч с учетом откачки, остывания и т.д.).

Произведена замена серебряного контактного пояска полупрецизионных и прецизионных дискретных резисторов на никелевый. Вакуумный плазменно-дуговой метод оказался единственно приемлемым для создания контактной площадки бесколлатного резистора.

При металлизации пьезокерамических элементов и резисторов полностью удовлетворяются требования, предъявляемые к покрытиям: высокие прочность сцепления, электрофизические свойства изделий, достаточная сплошность покрытия, достигаемая при значительно меньшей толщине пленки, паяемость, стабильность и коррозионная стойкость.

Перспективно использование вакуумной плазменно-дуговой технологии для нанесения токопроводящих слоев в дискретных резисторах с гарантированным разбросом по номиналу в пределах от 0,3 до 150 Ом/кв. и температурным коэффициентом сопротивления менее  $10^{-4}$  °С<sup>-1</sup>. Производительность созданного для этой цели оборудования в 4 раза больше, чем существующего.

Кроме того, технология вакуумного плазменно-дугового напыления может успешно применяться для металлизации проволок, нанесения слоев тугоплавких металлов (W, Mo, Ta) и сплавов с требуемым комплексом геометрических и физических параметров и т.д.

Таким образом, использование вакуумной плазменно-дуговой металлизации позволяет уже в настоящее время улучшить электрофизические характеристики и повысить надежность приборов, в ряде случаев существенно повысить производительность труда, заменить остродефицитные и драгоценные металлы на менее дорогие и дефицитные, сократить численность работающих, повысить съем продукции с производственных площадей и существенно облегчить условия труда.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Лунев В.М., Падолка В.Г., Хороших В.М. Исследование некоторых характеристик плазмы вакуумной металлической дуги. — ЖТФ, 1977, № 7, с. 1491.
2. Блинов В.Н., Батов В.Г., Паршин Н.И. Установки ионного нагрева для упрочнения деталей машин и инструментов. — Электротехника, 1979, № 9, с. 44–46.

Г.А.Загон, Б.Г.Распоркин, В.А.Шеленшкевич

## ПРИМЕНЕНИЕ ПИРОНИТРИДА БОРА В СЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

УДК 621.315.592.4.049.77.002.2

Одним из путей сокращения расхода кремния в производстве ИС является увеличение выхода годных. Оно достигается, в частности, благодаря использованию новых технологических приемов изготовления ИС, например диффузии из твердотельных источников. К таким источникам относится пиронитрид бора\*, который в виде пластин толщиной 1–2 мм применяют в качестве параллельных источников бора для разделения и создания базы в производстве биполярных ИС и МОП БИС.

При использовании пиронитрида бора значительно упрощаются технологический процесс диффузии бора и оборудование для его проведения. Одновременно в реактор может загружаться до 80–100 пластин. При этом исключается применение взрывоопасного летучего материала  $BBr_3$  (используемого в традиционном методе диффузии из газообразного источника), благодаря чему увеличивается срок службы кварцевых труб, а также отпадает потребность в применении дефицитной платины.

Указанная технология позволяет получать слои кремния, легированного бором, с поверхностным сопротивлением от 6–7 до 200–220 Ом/кв. см и глубину залегания  $p-n$  переходов до 5–7 мкм.

Благодаря тому, что разброс  $R_s$  по пластине кремния и от пластины к пластине в партии достаточно мал, выход годных на операции диффузии при использовании пластин пиронитрида бора в качестве твердотельного источника повышается на 5%. При этом выход приборов с "жесткими" ВАХ достигает 99–100%.

Хотя для данного метода характерна сложность термохимической обработки пластин пиронитрида бора перед процессом диффузии (окисление пластин для формирования боросиликатной пленки и ее подоисление через каждые 5–10 циклов, а также полное удаление старого окисла и наращивание нового) и после проведения ряда циклов диффузии (длительность использования пластин пиронитрида бора зависит от их исходной толщины: при толщине 1 мм, например, она составляет не менее полугода), а также повышенная по сравнению с традиционными методами

диффузии стоимость процесса, его использование целесообразно при производстве ИС.

Статья поступила 5 февраля 1980 г.

Э.Ф.Бенуа, В.П.Гончаренко, А.Д.Загоруй,  
В.С.Картавец, А.И.Маслов, Э.М.Петров

## МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ИНСТРУМЕНТА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

УДК 621.91.02

Современные темпы развития производства предъявляют повышенные требования к надежности используемого инструмента и оснастки. В условиях дефицита в быстрорежущих сталях и твердых сплавах проблема повышения стойкости инструмента и оснастки приобретает важнейшую роль.

Одним из эффективных способов повышения стойкости и долговечности режущего инструмента и технологической оснастки является нанесение износостойких покрытий на основе нитридов и карбидов тугоплавких металлов (Mo, Ti, Cr и др.), характеризующихся необходимым для инструмента комплексом физико-механических свойств: высокими твердостью, износостойкостью и окислостойкостью [1]. Нанесение таких покрытий (толщиной 3–5 мкм) на рабочие кромки и поверхности инструмента и оснастки, изготовленных из твердых сплавов, быстрорежущих и инструментальных сталей типа X12M, повышает стойкость инструментов в 2–5 раз.

В настоящее время в промышленности находят широкое применение метод конденсации плазменного потока на поверхности инструмента и оснастки с использованием ионной бомбардировки [2]. Этот метод, разработанный в Харьковском физико-техническом институте и известный как метод КИБ, по сравнению с другими методами нанесения покрытий (например, газовой фазой, активированного реактивного распыления, реактивного электронно-лучевого плазменного осаждения) имеет ряд преимуществ. В их числе – возможность проведения эффективной ионной очистки поверхности при подаче на катод ускоряющего напряжения 1–1,5 кВ, а также активации и распыления поверхностных слоев ионами плазмы указанной энергии [3]. Наряду с распылением и травлением поверхностных слоев при бомбардировке происходит очаговая

\* Шарупин Б.И. Структура и свойства пиронитрида бора. – В кн.: Химическое газозольное осаждение тугоплавких неорганических материалов. ГИИХ АН СССР, 1975, с. 66–100.

конденсация вещества катода (молибдена) и образование продуктов взаимодействия его с компонентами стали и остаточного газа. При температуре подложки 200–600°C на ее поверхности обнаруживаются соединения, температура образования которых составляет приблизительно 1000°C (карбиды, нитриды), а твердость достигает  $3 \cdot 10^{10}$ – $4 \cdot 10^{10}$  Па. Получаемые на поверхности покрытия обладают высокой адгезионной прочностью и не ухудшают ее чистоту.

Износостойкие покрытия на основе нитрида молибдена и титана, полученные по методу КИБ, значительно улучшают стойкостные характеристики инструмента, изготовленного из твердого сплава и быстрорежущих сталей [4]. Например, детали технологической оснастки из стали Х12М с износостойким покрытием, нанесенным по методу КИБ, имеют стойкость в 2–3 раза выше, чем без покрытия.

Установка для нанесения износостойких покрытий по методу КИБ изготовлена на базе серийного вакуумного агрегата УВН-70А2 [5], включающего в себя форвакуумный и диффузионный насосы, электромагнитные и пневматические клапаны, вакуумную камеру и блок управления вакуумной системой. Процесс откачки вакуумной камеры можно проводить в автоматическом, ручном и наладочном режимах. Газовый блок осуществляет плавную регулировку скорости натекания газа-реагента в вакуумную камеру, а в сочетании с вакуумметром ВЗМБ-1 поддерживает заданное давление в камере в процессе напыления. Данная установка, позволяя упрочнять несколько сот единиц режущего инструмента за смену (пятигранные твердосплавные пластинки, сверла и торцевые фрезы диаметром  $\leq 10$  мм), отличается высокой надежностью в работе и простотой обслуживания.

В таблице приведены результаты производственной эксплуатации инструмента и оснастки,

Наименование инструмента и технологической оснастки	Материал инструмента (оснастки)	Обрабатываемый материал	Повышение стойкости, раз
Торцевые фасонные фрезы	P6M5	ХВГ	2–2,5
Торцевые насадные фрезы	ВК8 (5-гранные непереключаемые пластины)	Чугун	2
Дисковые фрезы	P6M5	Сталь 20	2–3
Сверла $\varnothing$ 4–10 мм	P6M5	X18H10T	2–2,2
Фрезы $\varnothing$ 3,7; 4,7 для станков с ЧПУ	P6M5	12X18H10T	1,5–2
Твердосплавные непереключаемые пластины	T3K4	12X18H10T	2–3
	T15K6	Сталь 20	2–4
	ВК8	P18	2–3
Пилки для распиловки отверстий	P6M5	Медь МБ	2
Штампы гибочные	X12M	X18H10T	3–4
	X12M	Сталь 10	2,5–3
Мастер-пуансоны для холодного выдавливания	X12M	Сталь 20	
		Сталь 10	2–2,5

рабочие поверхности которых упрочнены пленкой нитрида титана.

При эксплуатации режущего инструмента, упомянутого указанным способом, отмечается уменьшение силы резания и повышение чистоты обрабатываемой поверхности. Особенно эффективно применение метода КИБ для упрочнения инструмента, используемого на станках с ЧПУ, поскольку при этом уменьшается время на переналадку станков. На рабочих поверхностях гибочных штампов, мастер-пуансонов холодного выдавливания значительно уменьшается налипание обрабатываемого материала, что приводит к повышению чистоты поверхности.

Дальнейшие работы по совершенствованию конструкции электродуговых плазменных источников (ускорителей) позволили применить магнитную фокусировку плазменного потока [6] (что значительно повысило скорость нанесения покрытия и улучшило его качество) и использовать в качестве плазменного источника электродуговой испаритель с магнитной фиксацией катодных пятен на эродирующей поверхности катода. Такой источник характеризуется более эффективной ионизацией плазменного потока и повышенной энергией ионов. В процессе эрозии катода его поверхность остается плоской, что обеспечивает стабильность параметров плазмы за время выработки полного ресурса катода. При этом появляется возможность применить электронную систему поджига вакуумной дуги, характеризующуюся высокой надежностью и быстрым действием. В настоящее время разработана установка нанесения износостойких покрытий по методу КИБ на базе высокопроизводительных плазменных источников с магнитной стабилизацией катодного пятна, магнитной фокусировкой плазменного потока и системой электронного поджига [7]. Скорость нанесения покрытия в этой установке повышается в 5–6 раз по сравнению с установками на базе вакуумного агрегата УВН-70А2.

Другим эффективным методом, позволяющим сократить расход в инструментальном производстве остродефицитных быстрорежущих и легированных сталей, является лазерное упрочнение деталей технологической оснастки и инструмента [8].

Лазерный метод упрочнения основан на явлении высокоскоростного разогрева локальной области металла под действием лазерного излучения и быстрого последующего охлаждения ее за счет отвода тепла в основную массу металла. В зоне воздействия луча лазера происходит изменение структуры, подобное тому, которое наблюдается при обычной закалке — образуется мартенсит, остаточный аустенит и карбиды. Микротвердость в зоне лазерной обработки повышается с 500–850 до 850–1100 кг/мм<sup>2</sup>, что обусловлено не только образованием мелкозернистого мартенсита, но и фиксацией большого количества дефектов в решетке в результате высоких скоростей разогрева

и охлаждения, о чем свидетельствуют данные рентгеноструктурного анализа.

Проведенные исследования влияния лазерной обработки на износостойкость и теплостойкость инструментальных сталей показали, что лазерная закалка позволяет получать на инструменте и технологической оснастке упрочненный поверхностный слой, теплостойкость которого на  $80^{\circ}\text{C}$  выше, а сопротивление износу на 20% больше, чем у исходных материалов. Шероховатость поверхности после лазерной закалки не ухудшается, следовательно, ее можно применять как окончательную операцию при изготовлении деталей технологической оснастки и инструмента.

Для проведения лазерного упрочнения используется серийно выпускаемая установка для сварки и термообработки материалов "Квант-16". Она позволяет получать на обрабатываемых деталях и инструменте упрочненный слой толщиной до 0,15 мм. Обработка деталей оснастки и инструмента производится с 50%-ным перекрытием зон лазерного воздействия на обрабатываемой поверхности, так как оно обеспечивает более равномерную по глубине толщину упрочненного слоя. Производительность обработки при этом составляет до  $80\text{ мм}^2/\text{мин}$  упрочненной поверхности.

Лазерной закалке на установке "Квант-16" подвергаются вырубные, гибочные, вытяжные и прочие штампы, изготовленные из сталей У8, У8А, У10, Х12М, ХВГ и других, а также сверла, метчики, развертки, фрезы, долбяки и калибры из сталей У10, У12, Р6М5, Р6М3.

С помощью упрочненных оснастки и инструмента можно обрабатывать самые разнообразные материалы: конструкционные и нержавеющие стали, алюминий, дюралюминий, медь, латунь, керамику, пластмассы, картон, а также металлы с диэлектрическими покрытиями. Детали оснастки и инструмент с шероховатостью поверхности более 0,32 можно обрабатывать на воздухе, а с меньшей шероховатостью — в среде аргона. Обработка в аргоне исключает образование окисного слоя на поверхности детали, а также препятствует попаданию продуктов обработки на объектив энергетического канала установки.

В результате лазерной закалки стойкость технологической оснастки повышается в 2 и более раз (на отдельных вытяжных штампах в 10 раз), стойкость инструмента в 1,5–2,5 раза. Средний годовой экономический эффект от внедрения оборудования и технологии на одну установку "Квант-16" составляет около 30 тыс.руб., средний срок окупаемости менее одного года.

Однако опыт производственной эксплуатации установок "Квант-16" выявил ряд ограничений их технологических возможностей и необходимость дальнейшего совершенствования оборудования и технологии в направлении повышения производительности обработки, увеличения глубины упрочненного слоя.

Новая лазерная установка для сварки и термообработки материалов "Квант-18" [9] отличается большей по сравнению с "Квант-16" энер-

гией излучения (80 и 30 Дж соответственно), более высокой производительностью обработки (до  $950\text{ мм}^2/\text{мин}$  упрочненной поверхности), характеризуется лучшей равномерностью распределения энергии по диаметру лазерного луча. Для обеспечения безопасности работы оператора в ее конструкцию введена телевизионная система наблюдения за процессом упрочнения.

Физико-механические свойства упрочненного слоя, полученного на установке "Квант-18", такие же, как слоя, упрочненного лазерной закалкой на "Квант-16". Использование в установке "Квант-18" лазера многостержневой конструкции, панкратического объектива и возможность варьирования в широком диапазоне размеров лазерного луча на обрабатываемой поверхности позволили производить упрочнение протяженных поверхностей сложного профиля, характерных для деталей пресс-форм.

Исследования по определению режимов упрочнения сталей новых классов и оптимальных схем комбинированной обработки (химико-термической и лазерной) показали, что наименьший износ инструмента получается при лазерном упрочнении традиционно термически обработанных сталей и последующем их хромировании. Детали, упрочняемые таким способом, целесообразно обрабатывать на воздухе, так как в процессе предварительной очистки перед хромированием окисная пленка, образовавшаяся при лазерной обработке, легко удаляется. Производственная эксплуатация упрочненных пресс-форм свидетельствует о повышении их стойкости в 1,5–2,5 раза. Внедрение установок "Квант-18" на предприятиях отрасли позволяет получить годовой экономический эффект на единицу оборудования  $\approx 50$  тыс.руб.

В последнее время привлекает внимание опыт использования непрерывных лазеров на  $\text{CO}_2$  для упрочнения деталей машин и механизмов [10, 11]. С целью определения эффективности использования мощных непрерывных лазеров в инструментальном производстве были проведены исследования по обработке сталей на установке "Катунь". Лазерное упрочнение образцов из сталей У8, ХВГ, Х12М, Р6М5 с применением поглощающих покрытий и без них, в защитной (аргон) и окислительной (воздух, кислород) средах дало возможность отработать режимы получения упрочненных слоев толщиной до 0,4 мм с микротвердостью  $800\text{--}1100\text{ кг}/\text{мм}^2$ . Стойкость технологической оснастки после упрочняющей обработки лазером на  $\text{CO}_2$  возрастает не менее чем в 2 раза. Применение лазеров непрерывного действия в технологических целях ввиду их высокой производительности особенно целесообразно при обработке протяженных поверхностей, а также деталей цилиндрической формы.

Другой возможной областью применения лазеров на  $\text{CO}_2$  является получение на инструменте износостойких слоев с заданными физико-механическими свойствами путем лазерного легирования поверхностного слоя определенными химическими элементами. Таким образом, на инструменте, изготовленном из дешевых низкоуглеродистых и даже конструкционных сталей, можно получать локальные участки, химический состав которых соответствует составу высоколегированных сталей.

Благодаря возможности фиксации неравновесного раствора химических элементов в сталях вследствие высоких скоростей нагрева и охлаждения эксплуатационные свойства такого инструмента могут быть значительно выше, чем у используемого в настоящее время.

Необходимо отметить, что рассмотренные выше прогрессивные методы упрочнения, каждый из которых может использоваться для обработки любого инструмента и технологической оснастки, нисколько не исключают, а даже дополняют друг друга, поскольку каждый метод имеет наиболее эффективные сферы применения. Так, напыление износостойких покрытий наиболее целесообразно производить на режущий инструмент, работающий в режиме интенсивного износа и высоких температурных нагрузок. При этом за один цикл напыления в вакуумную камеру можно загружать несколько десятков единиц инструмента. Локальная импульсная лазерная термообработка наиболее применима к штампам и пресс-формам, поскольку площадь рабочих поверхностей, подвергающихся наиболее интенсивному износу, как правило, мала и затраты на обработку в этом случае минимальны. Термообработку с использованием газовых лазеров лучше всего использовать для целей легирования и упрочнения оснастки с протяженными рабочими поверхностями.

В ряде случаев возможно комплексное применение указанных методов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Самсонов Г. В., Виницкий И. М. Тугоплавкие соединения. — М.: Металлургия.
2. Богачев Г. П., Гончаренко В. П., Маслов А. И., Сулов А. Т. Повышение стойкости инструмента вакуумным напылением. Технология и организация производства, Киев, 1976, № 11.
3. Бабаев В. Г. — В кн.: Доклады III Всесоюзной конференции по взаимодействию атомных частиц с твердым телом. К.: Наукова думка, 1974.
4. Брень В. Г. и др. Изменение фазового состава и структуры поверхностных слоев стали под воздействием бомбардировки ионами молибдена, ФХОМ, 1979, № 4.
5. Маслов А. И., Бурнаев Е. С. Вакуумная установка ионно-плазменного напыления по методу конденсации с ионной бомбардировкой: Информлисток Белгородского ЦНТИ, № 156-77.
6. Аксенов И. И. и др. Тезисы докладов IV Всесоюзной конференции по импульсным ускорителям и ионным инжекторам, М., 1978, с. 375.
7. Гончаренко В. П. и др. Повышение стойкости инструмента и технологической оснастки напылением износостойких покрытий в вакууме (КИВ). — В кн.: Тезисы докладов конферен. "Прогрессивные методы изготовления технологической оснастки", Рига, 1979.
8. Великих В. С., Гончаренко В. П., Картацев В. С., Коврижкин В. С., Тарасова Е. Н., Тимофеев А. И., Чельный А. А. Импульсная лазерная закалка технологического инструмента. — Электронная промышленность, 1976, вып. 1 (49).
9. Рудычев В. Г. Упрочнение технологической оснастки и специнструмента на установке "Квант-18". — В кн.: Тезисы докладов конференции "Прогрессивные методы изготовления технологической оснастки", Рига, 1979, с. 123.
10. Анненков В. Д. и др. Исследование структуры стали и чугуна в зоне воздействия непрерывного излучения ОКГ. ФХОМ, 1974, № 2.
11. Fred D. Seaman, Daniel S. Gnanamuthu. Surface hardening and Alloying with a laser beam sistem. — Industrial Heating, 1974, v. 241, N 7.

#### ПРОГРЕССИВНЫЕ МЕТОДЫ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

К. Д. Букин, Л. И. Кишиневский,  
В. П. Преденн, В. М. Фуксман

### СНИЖЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ МЕТАЛЛОЕМКОСТИ И ТРУДОЕМКОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАГОТОВОК И ПОЛУФАБРИКАТОВ

УДК 621.9.004.18

Резкое снижение удельной металлоемкости изделий и трудоемкости их изготовления может быть достигнуто только при комплексном подходе к совершенствованию металлообрабатывающей базы, требующем решения взаимосвязанных проблем технологического, организационного, управленческого и социологического аспектов обработки деталей.

Использование прогрессивных методов формирования — безотходного разделения проката, точного литья, объемной штамповки и других — служит не только основой для получения точных и идентичных заготовок для последующей их обработки давлением либо автоматизированной обработки резанием, обеспечения высокой чистоты поверхностей полуфабрикатов, нуждающихся в минимальной доводке до требуемых размеров, сокращения удельных расходов на оснастку и изготовления указанным методом основной массы заготовок и полуфабрикатов (в том числе деталей очень малых серий), но и обеспечивает комплексный подход к анализу всей совокупности изготавливаемых деталей, их классификации, проектированию оптимальных схем обработки групп изделий и технических средств для ее осуществления.

Рассмотрим оптимальные схемы и технические средства получения различных видов заготовок.

Размеры заготовок из прутка, подвергающихся в дальнейшем обработке на автоматизированном оборудовании, максимально приближают к окончательным размерам деталей на радиально-обжимных машинах (РОМ). Большая часть материалов (включая титан, тантал) обжимается на этих машинах с точностью  $\pm 0,05$  и чистотой  $2,5$ . Использование РОМ позволяет снизить число типоразмеров поставляемых прутков и тем самым сделать производство менее чувствительным к недопоставкам прутков отдельных диаметров. В результате все штучные заготовки из прутка можно изготавливать по одной из схем, для которых характерно безотходное разделение (рис. 1). Используемые при этом технические средства — автомат для рубки коротких заготовок, штамповые агрегаты с дифференцированным усилием зажи-

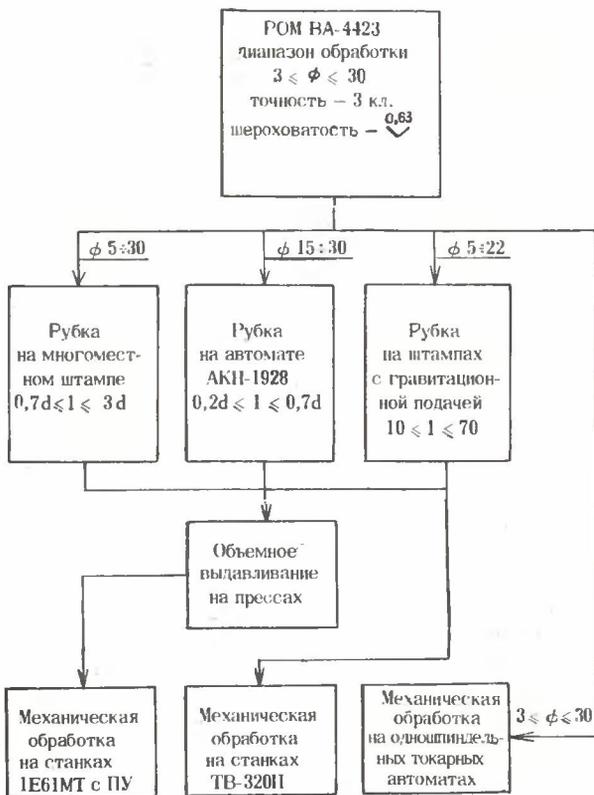


Рис. 1. Схема получения штучных заготовок из прутка

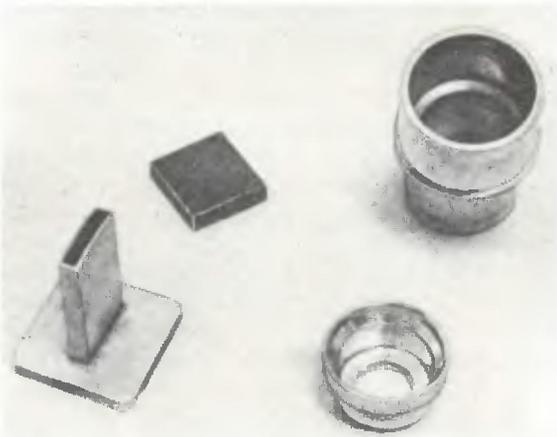


Рис. 2. Образцы деталей, получаемых на чеканочном прессе

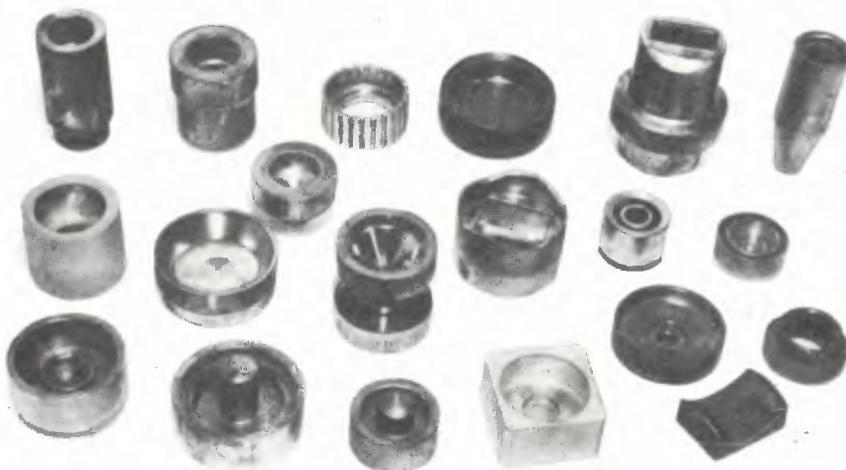


Рис. 3. Образцы деталей, получаемых объемным выдавливанием

ма, штампы многорезной рубки, штампы с гравитационной подачей — создают в зоне реза условия для всестороннего сжатия металла либо близкие к ним, что обеспечивает точность заготовок. Указанные технические средства имеют высокую производительность — 150–400 заготовок/ч. Переход на изготовление заготовки с другими длиной и диаметром требует лишь смены комплекта ножей и регулировки упоров.

Радиальным обжатием и безотходной рубкой в настоящее время получают более 60 % всех заготовок. Штучные заготовки, как правило, в дальнейшем подвергаются объемной штамповке. Модернизация используемого для этих целей оборудования при применении точных исходных заготовок обеспечивает получение деталей со сложными наружными и внутренними контурами, имеющими окончательные размеры в пределах 3–4 классов точности. Особенностью этого оборудования являются: создание радиальных усилий в условиях всестороннего сжатия; статическое положение пуансона, уменьшающее усилия нагрузки на него; наличие составных матриц и пуансонов, позволяющих снять напряжение в местах их концентрации; наличие скользящих по пуансону вкладышей, обеспечивающих его жесткость и центричность.

Применение специализированных прессов для объемного выдавливания и чеканки с жестким колено-кривошипным механизмом и возможностью регулировки хода ползуна с точностью 0,01 мм позволяет получать готовые детали, нуждающиеся в незначительной доработке (рис. 2).

Совершенствование схем объемной штамповки предусматривает модернизацию процессов с целью создания условий всестороннего сжатия при формовке сложных деталей, а также комбинацию методов чистовой вырубкой и чеканки, литья и штамповки и т. д.

В настоящее время 35 % полуфабрикатов получают объемной штамповкой (рис. 3), это составляет 90% от количества деталей, которые рационально получать этим методом.

Широко используемым методом получения полуфабрикатов является точное литье, в основном, литье под давлением. Исследования по располо-

жению литниковых систем, способов предотвращения коррозии сложных точных деталей с большой поверхностью, внедрение в инструментальное производство методов поэлементного выдавливания полостей пресс-форм дали возможность отливать под давлением детали, которые считались "нелитейными" (рис. 4). При этом экономия трудоемкости в расчете на годовую программу составила только по одной детали, приве-

денной на этом рисунке, 30 тыс. нормо-ч; экономия сплава АМЦ — 4 т; цикл изготовления сокращен на 25 дней.

Детали, которые целесообразно получать литьем, классифицированы по группам, определен наиболее рациональный способ литья для каждой группы, исходя из технических и экономических характеристик, а также разработаны конструкции пресс-форм, минимизированные по удельной стоимости и времени переналадки.

Анализ технических средств формообразования, которыми располагает сейчас промышленность, позволяет по-новому подойти к конструированию изделий, изготовление которых связано с механической обработкой. Перевод на прогрессивную технологию обеспечивает, например, экономию по трудоемкости узла одного из приборов (рис. 5) в пересчете на годовую программу 3 тыс. нормо-ч., по материалу — 1,5 т.

Единый подход к решению технических и организационных проблем обуславливает создание крупного литейно-заготовительного производства с прессовыми, литейными и механическими подразделениями под единым руководством, согласующим свои действия с руководством лабораторий и КБ, которые разрабатывают новые и унифицированные технологические процессы, оборудование, принципиальные основы оснащения и организацию производства по всему циклу изготовления деталей, что обеспечивает выбор наиболее рациональных заготовок и полуфабрикатов, оптимизированных по критериям материалоемкости и трудоемкости всего процесса. Это, в свою

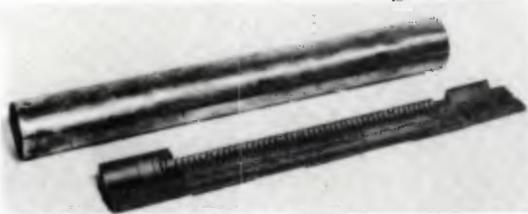


Рис. 4. Корпус, отлитый под давлением, и заготовка, из которой деталь изготавливалась до перевода на литье

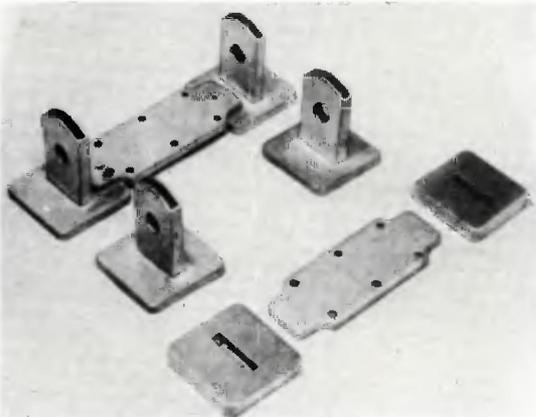


Рис. 5. Модернизированный узел

очередь, дает возможность в 2,4 раза увеличить объем производства заготовок и полуфабрикатов, без снятия стружки (вес снимаемой стружки для сопоставимых объемов выпуска уменьшился на 41%), а трудоемкость изготовления деталей уменьшить на 30%.

Дальнейшее развитие комплексных работ предусматривает расширение объема изготавливаемых деталей освоенными методами формообразования, внедрение порошковой металлургии, штамповки с подогревом и других новых методов формообразования, механизацию процессов в литейно-заготовительном корпусе и автоматизацию технологической подготовки производства, в первую очередь создание АСТПП заготовительной фазы.

Статья поступила 8 февраля 1980 г.

В.Г.Пучков, Л.К.Швагер, В.П.Кузнецов

## ВАКУУМ-ПЛЕНОЧНЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК

УДК 621.74:621.52

Важнейшая роль в решении задачи максимального приближения литых заготовок по формам, размерам и массе к готовым деталям принадлежит принципиально новому технологическому процессу изготовления отливок методом вакуум-пленочной формовки. Принцип этого метода заключается в герметизации синтетической термопластичной пленкой толщиной 0,075–0,1 мм внутреннего объема опоки (со стороны лада и контрлада) и последующем вакуумировании этого объема вплоть до затвердевания отливки [1–4].

Технология изготовления литейной формы и получения отливки таким методом не сложнее метода литья в песчаные формы и заключается в следующем (см. рисунок).

Синтетическую пленку, закрепленную в специальной рамке, путем нагрева при помощи газового или электрического устройства переводят в термопластичное состояние и вместе с рамкой накладывают на модель и модельную плиту, установленные на формовочном столе, имеющем вакуумную полость, которую подключают к вакуумной системе. Воздух, находящийся между моделью и синтетической пленкой, отсасывается и под действием разности давлений пленка, растягиваясь, плотно облицовывает модель и модельную плиту.

На облицованную пленкой поверхность модели наносится слой противпригарного покрытия. После этого на модельную плиту устанавливается специальная опока, соединяемая посредством гибкого шланга с патрубком отсасывающего устройства. Внутренняя стенка опоки имеет мелкие отверстия, через которые воздух отсасывается из внутреннего ее объема.

В опоку засыпают сухой мелкозернистый песок и производят предварительное его уплотнение посредством легкой вибрации. Отформовывают литниковую воронку, удаляют избыток песка с контрлада полуформы, накладывают на его поверхность синтетическую пленку и подключают опоку к вакуумной системе. Песок под действием атмосферного давления уплотняется.

После отключения полости формовочного стола от вакуумной системы воздух по каналам проникает между моделью и синтетической пленкой, что позволяет легко отделить готовую полуформу с пленкой, облицовывающей ее рабочую поверхность, от модельной плиты.

Нижняя полуформа изготавливается аналогично верхней. При необходимости в нижнюю полуформу устанавливают стержни, производят сборку и заливку формы. Во время сборки, заливки и затвердевания металла опоки остаются подключенными к вакуумной системе. После достаточного охлаждения отливки опоки отключаются от вакуумной системы и песок вместе с отливкой легко удаляется.

Внедрение и промышленное использование данного метода в сравнении с литьем в традиционные

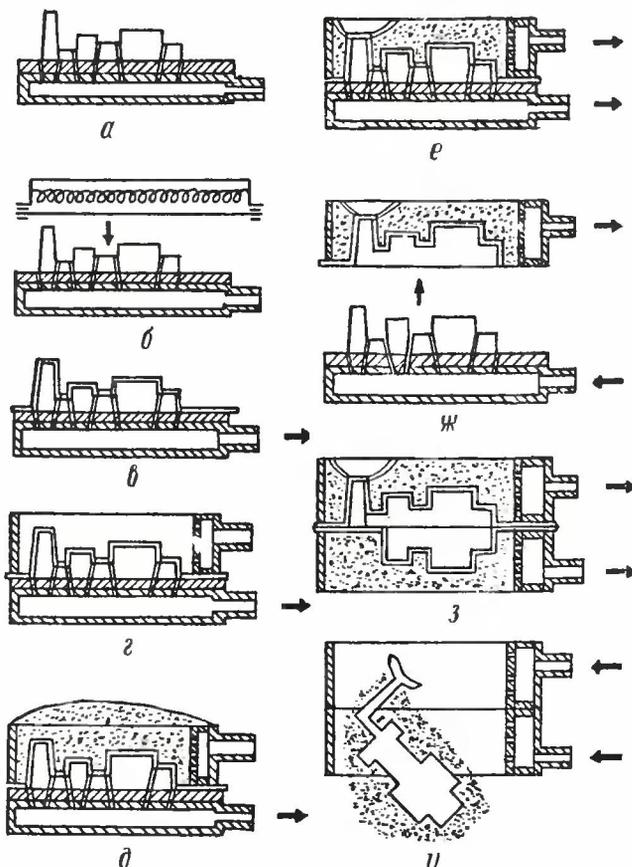


Схема изготовления отливок по вакуум-процессу: а — модель с модельной плитой и формовочным столом; б — нагрев и наложение на модель синтетической пленки; в — облицовка модели и модельной плиты пленкой; г — установка опоки; д — засыпка опоки песком и уплотнение его вибрацией; е — накрывание опоки с песком пленкой и откачка воздуха из объема песка (формовка); ж — отключение формовочного стола от вакуумной системы и съем готовой полуформы; з — сборка и заливка формы жидким металлом; и — выбивка отливки

сырые песчаные формы позволяют снизить расход металла на 9–16% за счет уменьшения на 20–25% минимально допустимой толщины стенки отливки благодаря повышению жидкотекучести металла, обусловленному малой теплоаккумулирующей способностью форм, отсутствием в составе песка газотворных добавок, дополнительным действием вакуума [5], а также за счет снижения в 1,2–1,3 раза припусков на механическую обработку, в 2 раза — величины формовочных уклонов и повышения точности размеров вследствие высокой воспроизводимости конфигурации модели, значительного облегчения процесса ее удаления, отсутствия слоя огнеупорного покрытия на рабочей поверхности отпечатка формы.

Объем механической обработки деталей и изделий, полученных указанным методом, уменьшается в 1,3–1,4 раза. Благодаря многократному использованию в качестве наполнителя формы сухого кварцевого песка, подготовка которого после выбивки сводится лишь к просеву, сепарации и охлаждению, расход формовочных материалов снижается на 75%. Добавка свежего песка осуществляется только для восполнения потерь на просыпание, отсос пылевидных фракций вентиляционной системой и потерь, связанных с отливками, которые составляют около 2% от находящегося в обороте объема песка.

Сокращается на 25% и расход стержневой смеси за счет получения внутренних полостей отливки болванками формы.

Трудоемкость изготовления 1 т литья на 30% ниже, чем литья в сырые песчаные формы, так как отсутствуют операции по уплотнению смеси в опоке, ее выбивке и т.д. и исключен тяжелый ручной труд.

Технология вакуум-пленочного литья позволяет намного повысить качество литья. Так, потери от брака уменьшаются в 2 раза за счет ликвидации таких массовых видов брака, как засоры и газовые раковины. Причем шероховатость поверхности отливок соответствует  $R_z^{80} - R_z^{40}$  по ГОСТу 2789–73, т.е. соответствует отливкам, изготовленным литьем по выплавляемым моделям.

К числу достоинств рассмотренного метода относятся и такие, как снижение на 40–50% затрат на ремонт и восстановление оснастки опоки (отсутствие прямого контакта формовочного песка с поверхностью модели, исключение ударных нагрузок на модель при формовке и удалении модели из формы, отсутствие вибрации при выбивке отливок из опок); увеличение в 1,5–2 раза съема литья с 1 м<sup>2</sup> площади; сокращение капитальных вложений и эксплуатационных расходов на оборудование в результате исключения использования сложного и крупногабаритного оборудования для операций смесеприготовления, сушки форм и выбивки литья; снижение себестоимости 1 т литья на 13–20% и значительное улучшение санитарно-гигиенических условий труда вследствие отсутствия газыделения из форм при заливке и затвердевании металла.

По предварительной оценке (на основании изу-

ченной номенклатуры литья) на новую технологию может быть переведено до 35% литья, изготавливаемого в настоящее время в традиционных сырых песчаных формах. Наиболее целесообразно применение этой технологии при изготовлении единичного и мелкосерийного литья.

Анализ преимуществ технологии изготовления отливок методом вакуум-пленочной формовки показывает, что широкое применение этого метода в литейных цехах позволило бы при минимальных капитальных затратах увеличить выпуск литья на тех же площадях без увеличения численности работающих, повысить точность размеров и качество литья, резко повысить коэффициент использования металла, механизировать или автоматизировать трудоемкие операции на формовке и выбивке. Эти важнейшие преимущества новой технологии открывают заманчивые перспективы для ее широкого внедрения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. РЖ ТОЛП, 1975, № 1, 1Г218, с. 42–43.
2. РЖ ТОЛП, 1976, № 8, 8Г206, с. 30.
3. Ш е р б а к о в К.А. Современное состояние вакуум-пленочного изготовления песчаных форм. — Литейное производство, 1976, № 4, с. 27–28.
4. РЖ ТОЛП, 1975, № 5, 5Г228, с. 41.
5. РЖ ТОЛП, 1979, № 12, 12354, с. 51.

Статья поступила 5 февраля 1980 г.

Л.В.Кудрявцев

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫХ ПРИБОРОВ СФЕРОДВИЖНОЙ ШТАМПОВКОЙ

УДК 621.385.002.2:621.98

В электривакуумных приборах находят широкое применение детали типа стаканов, фланцев, колец или дисков, которые изготавливаются точением или фрезерованием заготовок, отрезанных от прутков, труб или полученных вырезкой из толстолистового материала. Кроме того, применяются паяные узлы, состоящие из 2–3 деталей, изготовление которых по существующей технологии вызывает довольно большие потери металла, требует применения дефицитного припоя и высококвалифицированного труда рабочих.

При получении деталей с размерами в плане более 60–80 мм методами объемной штамповки (выдавливание осадка и чеканка) применяется мощное прессовое оборудование, которое весьма дорого, энергоемко, занимает большие производственные площади, не всегда обеспечивает необходимую вакуумную плотность деформируемого материала и заполнение формообразующих полостей штампов.

Для изготовления таких деталей предложен метод сферодвижной штамповки (рис. 1). Сущность этого метода заключается в том, что деформируемые участки заготовки подвергаются локальному последовательному пульсирующему нагружению, которое достигается за счет придания рабочему подвижному инструменту, пуансону или матрице сложного механического движения — кругового качательного от сферодвижного механизма и вертикального поступательного от ползуна гидравлического прессы. Таким образом, уменьшение контактной поверхности, пульсирующий характер нагружения и изменение схемы действия сил в зоне очага деформации оказывают большое влияние на изменение условий контактного трения, значительно снижают удельное давление и позволяют в 10–15 раз уменьшить технологическое усилие.

Сферодвижный механизм изготовлен в виде съемной приставки и может быть установлен на гидравлических прессах усилием  $(2,5-4) \cdot 10^6$  Н.

#### Техническая характеристика сферодвижного механизма

Максимальное усилие на ползуне прессы .....	$1,3 \cdot 10^6$ Н
Максимальный размер штампуемой детали .....	200 мм
Число колебаний водила .....	80/мин
Угол наклона оси водила .....	$3^\circ$
Мощность привода .....	$2 \times 10,5$ кВт
Габариты .....	$1865 \times 745 \times 700$ мм
Масса .....	1,8 т

Этот метод целесообразно использовать для формоизменяющих и разделительных операций как в холодном, так и в горячем состоянии. На рис. 2 показаны некоторые возможные технологические схемы штамповки симметричных и несимметричных в плане деталей. Максимальные габариты

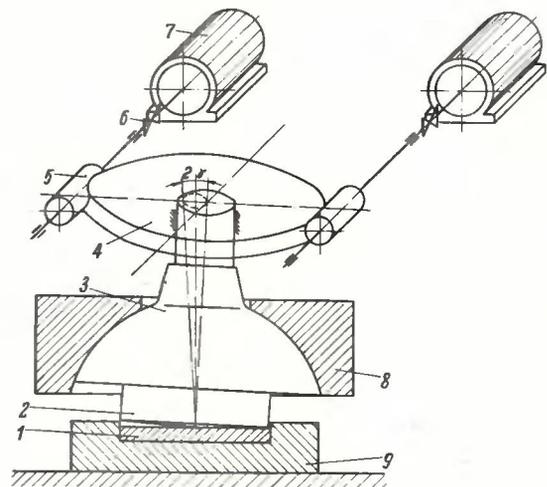


Рис. 1. Принципиальная схема конструкции сферодвижного прессователя: 1 — заготовка; 2 — пуансон; 3 — водило; 4 — червячное колесо; 5 — червяк; 6 — муфта; 7 — электродвигатель; 8 — подпятник; 9 — матрица

ритные размеры изготавливаемых деталей могут достигать 400 мм и более, их выбор ограничивается экономической целесообразностью создания прессователей необходимой мощности.

Сравнение типовых технологических процессов изготовления деталей обычными способами и с использованием холодного выдавливания и сферодвижной штамповки свидетельствуют о значительной простоте и экономичности последних.

Так, изготовление стакана с дном и фланцем обычно производится точением на универсальном оборудовании медного прутка  $\phi 75$  мм. По новой технологии заготовкой служит труба из сплава марки Мб  $\phi 65 \times 7,5$  мм. Резка заготовок производится на пилах либо на токарных станках. Затем заготовки промываются, смазываются и поступают на операцию холодного выдавливания, осуществляемого с помощью блока и сменного пакетного штампа. Формообразование дна и фланца детали методом сферодвижной штамповки производится без отжига и дополнительной смазки также с помощью сменного пакетного штампа. При этом усилие пресса составляет  $9 \cdot 10^5$  Н, число колебаний пуансона — 15. В случае выполнения такой операции по схеме закрытой осадки потребовалось бы усилие около  $8 \cdot 10^6$  Н и удельные давления порядка  $(1,5-1,8) \cdot 10^5$  Па.

При необходимости сферодвижной штамповкой можно достичь полного закрытия центрального

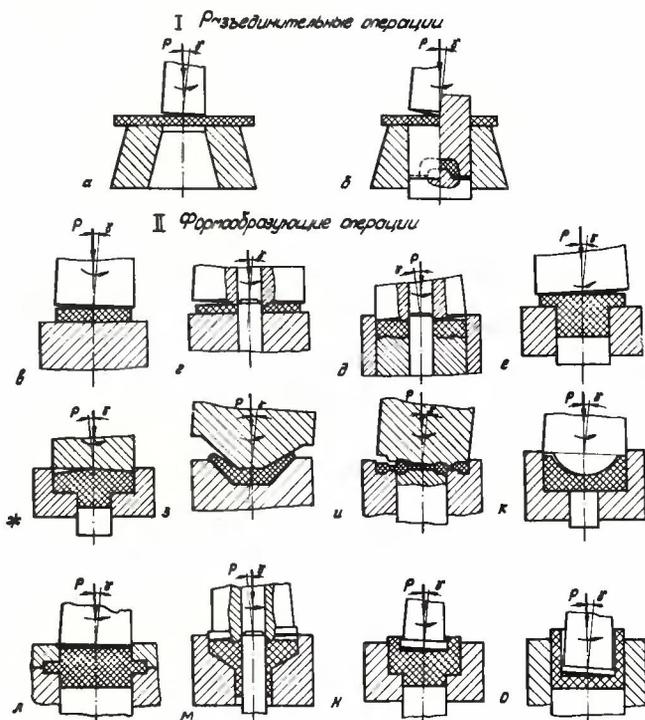


Рис. 2. Технологические схемы формообразования деталей на сферодвижном прессователе: а — вырубка; б — вырубка с формовкой; в — открытая осадка сплошной заготовки; г — открытая осадка кольцевой заготовки; д — закрытая осадка кольцевой заготовки; е — открытая осадка фланца; ж — закрытая осадка фланца; з — полуоткрытая формовка; и-к — закрытая формовка; л — попережное выдавливание фланца; м-о — прямое, комбинированное и обратное выдавливание

отверстия, увеличив число колебаний пуансона до 20, при этом заполнение всех полостей штампа хорошее, с четким оформлением всех переходов и радиусов. Изготовление детали по новой технологии обеспечило снижение нормы расхода меди с 1,73 до 0,69 кг на одно изделие и трудоемкости токарных работ на 46%.

При изготовлении медного фланца со стойкой (рис. 3) по старой технологии фланец вырезался из полосы меди толщиной 20 мм с последующей токарной обработкой, а стойка полностью точилась из прутка  $\phi 48$  мм, после чего обе детали соединялись между собой медно-серебряным припоем. По новой технологии исходной заготовкой каждой детали служит медный прут  $\phi 60$  мм. После промывки и нанесения смазки производится операция холодного выдавливания на гидравлическом прессе (усилие  $4 \cdot 10^6$  Н), оснащенный специальным блоком и сменными пакетными штампами. После выдавливания заготовки промываются и отжигаются в защитной атмосфере. Фланец детали образуется за счет сферодвижной осадки выступающей части заготовки с помощью специального штампа с усилием пресса  $10^6$  Н при числе колебаний пуансона, равном 30. Выполнение такой осадки по обычной схеме с заполнением нижнего кольцевого выступа не представляется возможным.

Раскатанные заготовки имеют вакуумно-плотную структуру по всему сечению. Механическая доработка таких заготовок успешно осуществляется на станках с ЧПУ при минимальных отходах металла в стружку. Дальнейшие разработки позволят изготовить детали с минимальной механической доработкой (подрезка торцев, сверление мелких отверстий, нарезка резьб, проточка канавок и т.п.).

Изготовление детали (показанной на рис. 3) по новой технологии позволило снизить норму расхода меди с 5,76 до 2,75 кг и трудоемкость токарных работ на 48,5%.

Таким образом, внедрение новой технологии обеспечивает значительную экономию материалов и трудовых затрат. В настоящее время методом сферодвижной штамповки освоено изготовление 25 наименований деталей, что позволило получить го-

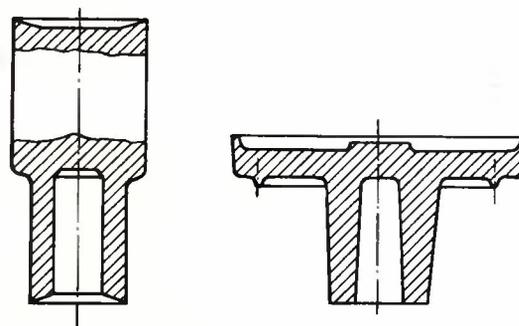


Рис. 3. Типовой технологический процесс изготовления фланца со стойкой: а — заготовка после холодного выдавливания; б — заготовка после сферодвижной штамповки

довую экономию меди более 100 т, в среднем на 25–30% снизить трудоемкость изготовления и заменить ряд паяных узлов монолитными деталями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Агеев Н.П., Пехота А.Д. Анализ силовых параметров процесса осадки низкой заготовки на сферодвижном прессователе. — Технология электротехнического производства, Тр.ВНИИЭСО, Л., 1976, Вып. 8, с.112–120.

2. Сферодвижная штамповка заготовок. — Автомобильная промышленность, 1975, с. 37–38.

Статья поступила 5 февраля 1980 г.

В.Н.Гикал, С.Н.Костюк

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ОСНАСТКИ

УДК 621.762:621.9.02.002.2

Опыт работы по внедрению методов порошковой металлургии в производство точных заготовок формообразующих деталей пресс-форм для прессования пластмасс показал целесообразность широкого использования этих методов и в изготовлении инструментальной оснастки. При незначительных капитальных затратах на организацию специального участка порошковой металлургии (смесеприготовительное оборудование, пресс для прессования и печь для спекания) можно на основе железного порошка с небольшим добавлением легирующих компонентов получить спеченный материал, удовлетворяющий как эксплуатационным параметрам создаваемой детали, так и технологическим требованиям, предъявляемым к ее обработке.

Однако необходимость высокой плотности, хорошей обрабатываемости материала для деталей инструментальной оснастки на металлорежущем оборудовании, сохранения заданной точности размеров при проведении химико-термической и термической обработок требует использования исходных порошковых материалов со строго регламентированным химическим составом, прессуемостью, чистотой, зернистостью.

В инструментальном производстве получение наружного контура детали методом порошковой металлургии без механической доработки (как это имеет место при изготовлении большинства конструктивных деталей) не всегда выполнимо и це-

лесообразно, поскольку требуется высокая точность (7–8 качество точности) наружных базовых размеров детали, и размерная цепь ее, как правило, достаточно сложна. Обычно детали имеют сетку точных отверстий, которые более выгодно получать механической обработкой. Тем не менее метод порошковой металлургии может успешно применяться при создании деталей, у которых не только сложный наружный контур с пазами, выступами, закруглениями, но и сложная формообразующая полость. При этом получают практически готовую деталь по наружному контуру (припуск на доработку составляет 0,6–0,8 мм) с формообразующей полостью, имеющей окончательные размеры (с припусками не более 0,02–0,03 мм под полировку после химико-термической и термической обработок).

Для изготовления точной формообразующей полости в заготовке более эффективно использование метода объемного пластического деформирования (холодного выдавливания) спеченного материала, чем метода прессования. Применяя метод порошковой металлургии для создания заготовки с заданным наружным контуром и метод холодного выдавливания для последующего получения оформляющей полости, можно улучшить качество заготовки с точными формообразующими полостями высокой сложности, обеспечить стабильность размеров в процессе всех видов обработки, ликвидировать поверхностную пористость за счет высокой плотности материала на рабочей части детали. Этим методом целесообразно изготавливать детали форм прессования пластмасс массой от 0,1 до 0,4 кг (при усилении пресса 2000–2500 кН) с относительной глубиной оформляющей полости, определяемой по формуле

$$h/d = 0,8 \div 1,2 \text{ max или } h/\sqrt{l \cdot b} = 0,5 \div 0,6 \text{ max,}$$

и с отношением

$$S/h \geq 1,$$

где  $h$  — глубина выдавленной полости, мм;  $d$  — диаметр полости, мм;  $l$  — длина прямоугольной полости, мм;  $b$  — ширина прямоугольной полости, мм;  $S$  — толщина стенки полости, мм.

При соблюдении указанных общих условий заготовки могут быть получены практически с окончательными размерами оформляющей полости и по наружному контуру. В отдельных случаях деталь должна быть проанализирована на технологичность изготовления. При этом, если необходимо, может быть увеличен наружный размер заготовки с целью создания только оформляющей полости.

Технология порошковой металлургии внедрена в серийное производство получения точных заготовок формообразующих деталей пресс-форм. Стой-

кость деталей, изготовленных предлагаемым методом, в ряде случаев превышает стойкость аналогичных деталей из стального проката в 1,5–1,8 раза (в зависимости от сложности детали и условий эксплуатации). Себестоимость одной детали в среднем снижена на 20%, трудоемкость изготовления – на 25%, экономия металла достигла 40% по весу.

В стоимостном отношении порошковые материалы дороже, чем компактные (стальной прокат). Однако преимущества внедрения порошковой металлургии в производство инструментальной оснастки отражают не только приведенные выше цифры, они заключаются также в существенном сокращении цикла производства за счет исключения целого ряда заготовительных операций (резки,ковки, обдирки) и значительном уменьшении объема механической обработки, которая в этом случае включает в себя практически лишь доводочные операции. При изготовлении 3000 заготовок методом порошковой металлургии получен экономический эффект более 13 тыс.руб.

Статья поступила 5 февраля 1980 г.

А.В.Зазулин, Е.Л.Стрижаков, В.Б.Юневич

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ИЭТ МЕТОДОМ Порошковой МЕТАЛЛУРГИИ

УДК 621.762:621.38.002

Порошковая металлургия (ПМ) широко применяется в отрасли при производстве таких изделий, как ферриты, электроды ЭВП, термокомпенсаторы, геттеры, а также деталей оборудования конструкционного назначения, изделий культурно-бытового назначения (магнитофонов и видеомагнитофонов), оснастки и инструмента. Однако широкое внедрение этого метода в производство конструктивных деталей ИЭТ сдерживалось тем, что получаемые при этом изделия имеют остаточную пористость (в пределах от 20 до 1%), в то время как к конструктивным деталям приборов предъявляются повышенные требования по герметичности, вакуумной плотности, электрофизическим свойствам.

В настоящее время на предприятиях отрасли проведены работы по переводу на изготовление методом ПМ ряда деталей ИЭТ: резонаторов, волноводных фланцев, узлов вывода энергии, деталей газоразрядных приборов и др. Предварительные исследования показали техническую возможность и экономическую целесообразность этого мероприятия. Так, резонаторы и волноводные фланцы, полу-

ченные из порошков меди, латуни и алюминия методом холодного статического прессования, несмотря на остаточную пористость 5–6% удовлетворяют всем предъявляемым к деталям техническим требованиям. При этом коэффициент использования металла повышается до 0,8–0,9.

С целью обеспечения повышенных механических свойств деталей, например стальных корпусов штепсельных разъемов, при их изготовлении целесообразно применять динамическое горячее прессование, которое позволяет получать детали с относительной плотностью 96–99%, характеризующиеся минимальным припуском на механическую обработку при повышении в 2 раза коэффициента использования металла.

Обеспечение минимального припуска на механическую обработку имеет особое значение для деталей, изготавливаемых из порошков тугоплавких металлов (вольфрама, молибдена и др.) с целью экономии этих материалов и снижения трудоемкости изготовления деталей.

При конструировании новых электронных приборов повышенной мощности возникла необходимость разработки катодных материалов, способных работать в условиях высоких электрических полей, интенсивной ионной бомбардировки, повышенных эмиссионных токов и высоких температур (порядка 2000°C). Создание таких материалов на основе дисперсно-упрочненных сплавов и соединений тугоплавких металлов с бором, углеродом, азотом, кремнием и др. [1] возможно только методами порошковой металлургии.

Хотя при изготовлении деталей ЭВП из композиций на основе порошков вольфрама, иридия, окиси иттрия, лантана, рения в отрасли применяют метод холодного статического прессования, этот способ не является оптимальным, так как с его помощью невозможно получить равноплотные тонкостенные цилиндрические эмиттеры. Наиболее целесообразен в этом случае метод с радиальным приложением давления прессования – горячего магнитно-импульсного прессования в вакууме.

Предварительный разогрев (примерно до 1000°C) порошка в вакууме приводит к снижению высоких давлений, необходимых для прессования порошков тугоплавких металлов. Кроме того, проведение процесса в вакууме ( $6,5 \cdot 10^{-3}$  Па) предохраняет композицию от загрязнения вредными примесями (кислорода, азота, углерода), ухудшающими физико-механические свойства и электрические параметры катодных материалов [2]. Полученные с помощью этого метода тонкостенные эмиттеры обладают равномерной плотностью, что положительно сказывается на их эмиссионных свойствах.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Цукерман С. А. Порошковые и композиционные материалы. – М.: Наука, 1976.
2. Раковский В. С., Силаев А. Ф., Ходкин В. И., Фаткулин О. Х. Порошковая металлургия жаропрочных сплавов и тугоплавких металлов. – М.: Металлургия, 1974.

Статья поступила 18 февраля 1980 г.

С.М.Житник, В.В.Украинец, В.И.Федотов

## ПОПЕРЕЧНО-КЛИНОВАЯ ПРОКАТКА В ИЗГОТОВЛЕНИИ ВЫВОДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

УДК 621.771:621.38.032.531

В изделиях электронной техники большой удельный вес занимают малогабаритные детали типа тел вращения. Это — выводы электронно-лучевых приборов, кварцевых резонаторов, приемно-усилительных ламп, полупроводниковых приборов, контактные пары электрических соединителей и т.п. (рис. 1). Изготовление таких деталей производят в основном на токарных автоматах продольного точения. Однако существующая технология точения характеризуется низкой производительностью труда, большим расходом дорогостоящих цветных металлов и сплавов, низким коэффициентом использования металла (до 0,27). В некоторых случаях качество обработанной поверхности неудовлетворительно, что ухудшает такие параметры приборов, как, например, прочность электрических контактов и вакуумная плотность. Все это увеличивает себестоимость указанных изделий электронной техники.

Применение метода холодной поперечно-клиновой прокатки (ПКП) [1,2] выводных элементов по сравнению с технологией точения имеет следующие преимущества: коэффициент использования материалов увеличивается до 0,7–0,9, трудоемкость изготовления деталей снижается в 2–3 раза, производительность труда повышается в 4–5 раз. Причем одной единицей оборудования ПКП высвобождается до 4–6 единиц металлорежущего оборудования. Экономический эффект от внедрения одной единицы оборудования ПКП достигает 20–50 тыс. руб.

Полученные холодной ПКП детали имеют повышенные износостойкость, коррозионную стойкость, твердость и другие физико-механические свойства и более высокую электропроводность, которые являются следствием холодного деформирования, упрочняющего металл и позволяющего качественно улучшить его структуру путем уменьшения зернистости и текстурной направленности волокон (рис. 2).

Вместе с тем, несмотря на преимущества, процесс ПКП не получил широкого промышленного применения из-за отсутствия достаточно обоснованных рекомендаций по выбору технологических параметров, обеспечивающих прокатку с требуемой точностью и качеством, а также из-за того, что отечественной промышленностью не освоено серийное производство оборудования для холодной ПКП.

Сущность метода холодной прокатки деталей заключается в том, что в процессе прокатки заготовка, деформируясь, вращается вокруг своей оси под действием сил трения, возникающих в очаге деформации между контактирующими поверхно-

стями. При этом два инструмента с нанесенными на их рабочие поверхности клиньями по профилю детали, перемещаясь в противоположные стороны, формируют деталь и отрезают ее в размер по длине. Этим методом можно получать детали диаметром от 0,8 до 6 мм.

Параметрами процесса являются: угол заострения клина  $\beta$ , угол наклона деформирующей грани  $\alpha$ , степень обжатия  $\epsilon = D/d$  или степень деформации  $\lambda = \ln D/d$  (где  $D$  — диаметр заготовки,  $d$  — диаметр детали), скорость прокатки  $V$ .

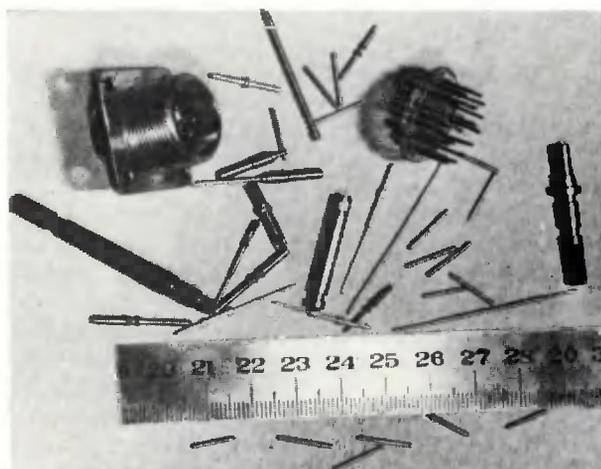


Рис. 1. Детали, изготавливаемые методом ПКП

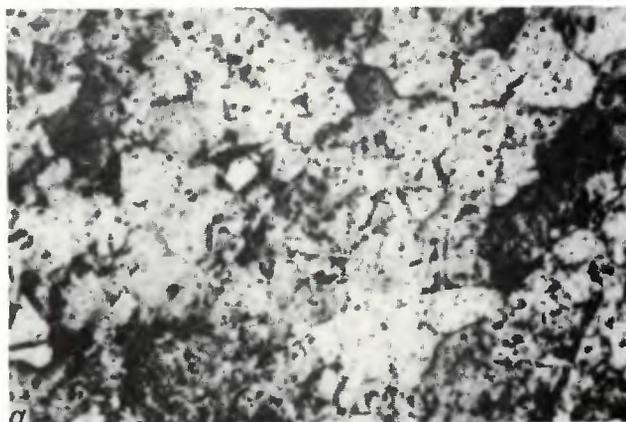


Рис. 2. Микроструктура образцов бронзы БРБ2 — до прокатки (а) и после нее (б)

Угол  $\beta$  определяет скорость распространения деформации вдоль оси заготовки и соответственно длину рабочей поверхности инструмента, угол  $\alpha$  — величину очага деформации, а  $\epsilon$  — интенсивность деформации и величину упрочнения прокатываемого металла.

Основным условием осуществления прокатки является устойчивое вращение заготовки, которое обеспечивается превышением момента сил вращения заготовки над моментом сил деформации, препятствующих ее вращению. Это условие зависит от режимов проката, геометрических параметров клинового инструмента и применяемой смазывающе-охлаждающей жидкости.

В настоящее время для изготовления деталей выводных элементов применяются две схемы ПКП: поперечная прокатка клиньями, расположенными на валках (рис. 3), и поперечная прокатка плоским клиновым инструментом (рис. 4). Первым способом можно прокатывать детали большей длины и вести прокатку при меньшей площади контакта инструмента с заготовкой, что приводит к локализации очага напряженно-деформированного состояния металла, а следовательно, к уменьшению усилий прокатки. В то же время при прокатке с плоским клиновым инструментом выше диаметральная точность и меньше непрямолинейность образующей прокатанных деталей. Эта схема дает возможность получать детали диаметром менее 1,5 мм. Кроме того, плоский клиновидный инструмент проще в изготовлении.

В результате проведенных работ определены параметры процесса ПКП, обеспечивающие изготовление деталей выводных элементов из различных материалов (табл. 1).

Таблица 1

Параметры процесса поперечно-клиновой прокатки

Материал	Параметры инструмента		Максимальная степень обжатия	Диаметральная точность, класс	Шероховатость, $R_a$
	Угол $\alpha$	Угол $\beta$			
Латунь Л63	40°–45°	50'–1°	1,5	2а	0,63–0,180
Проволока ЛКРП (ГОСТ 1066–75)					
Бронзовая проволока БРБ2–3Т–250 (ГОСТ 15834–70)	40°–55°	50'–1° 30'	1,6	3	0,63–0,130
Проволока 29 НК (ГОСТ 14081–78)	30°–35°	24'–30'	1,3	2а	1,25–0,63

Процесс холодной ПКП может быть использован не только для получения деталей из указанных материалов, но и деталей тел вращения из любой низкоуглеродистой стали, обладающей повышенными пластическими свойствами [4].

При прокатке можно применять смазывающе-охлаждающие жидкости с разным процентным содержанием компонентов (индустриального масла,

керосина, алейновой кислоты, сульфозфрезола). Проектирование клинового инструмента производят исходя из условий сложности конфигурации детали и соблюдения принципа равенства осевых сил, действующих на боковые противоположные грани.

Электрические соединители типа 2РМ, штыри которых изготовлены методом холодной ПКП, соответствуют требованиям ГОСТа "В" 21269–75, предъявляемым к контактным парам электрических соединителей по омическому сопротивлению, усилию расчленения контактов, контактной прочности, виброустойчивости, тепло- и влагостойкости.

Широкому применению в отрасли метода ПКП препятствовала сложность изготовления инструмента: валков шириной 20–80 мм и диаметром 250–400 мм (для валковой прокатки) и плашек размерами: длиной 200–600 мм, шириной 10–60 мм, высотой 10–40 мм (для плоской прокатки) — с нанесенным на их рабочей поверхности клином по профилю детали. Разработка технологических процессов изготовления такого инструмента с использованием отечественного оптического профилировального оборудования обеспечила повышение производительности труда в 1,5–3 раза по сравнению с технологией изготовления инструмента на универсальном оборудовании.

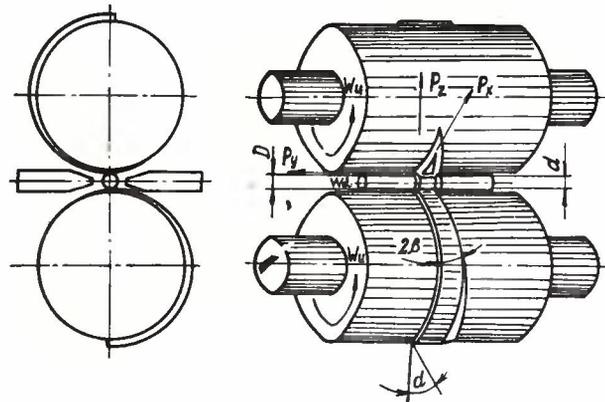


Рис. 3. Схема валковой ПКП

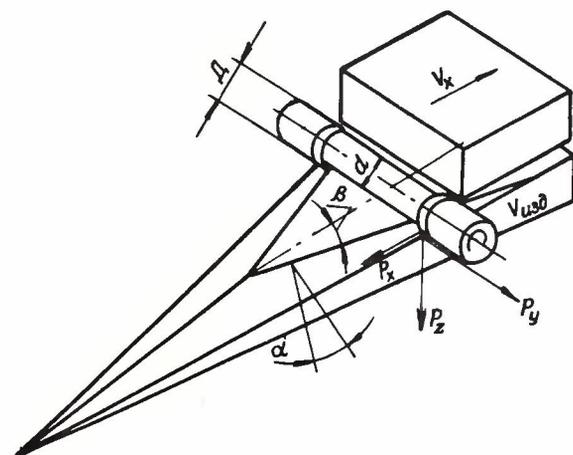


Рис. 4. Схема плоской ПКП

Для осуществления ПКП разработано оборудование двух типов: стан холодной поперечно-клиновой прокатки 05 ПРП60-1 и автомат профиленакатный 05ПРП35-1, которые по своим техническим характеристикам лучше токарного оборудования продольного точения (табл. 2).

Таблица 2

Технические характеристики оборудования

	Токарные автоматы продольного точения		Оборудование для ПКП		
	"Tornos"	1А10Б, 1В10Б	С валковым клиновым инструментом		С плоским клиновым инструментом
			UPW 25.1А	05ПРП-60-1	
Производительность, шт. мин	3-12	3-12	20-60	20-60	40
Диаметры заготовок, мм	0,8-5	1,5-5	1,5-5	1,5-5	0,8-3
Длина обрабатываемой поверхности заготовки, мм	3-25	3-25	3-25	3-25	0,5-10
Длина заготовки, мм		2000	3000	3000	букта
Класс точности обработки	2-2а	2-3	2а-3а	3а-3	2а
Шероховатость обработанной поверхности	2,5-1,25	2,5-1,25	1,25-0,130	1,25-0,130	1,25-0,130
Габариты оборудования:					
длина, мм	1500	1250	1630	1450	1410
ширина, мм	700	810	1265	1050	1500
высота, мм	1600	1430	1200	1500	1400
Масса, кг	700	630	2750	2500	1050

Следует отметить, что недостаточная степень обжатия цветных металлов ( $\epsilon = 1,6$ ) при холодной ПКП, а также задачи получения этим способом сложных по конфигурации деталей и повышения стойкости клинового инструмента требуют совершенствования технологии ПКП, одним из путей которого является многократная прокатка заготовок с отжигом после каждой операции ПКП. Такая технология позволит значительно повысить степень обжатия без ухудшения качества получаемых деталей. Создание оборудования ПКП с поштучной подачей заготовок в зону прокатки и выявление оптимального состава компонентов смазочно-охлаждающей жидкости, повышение стойкости клинового инструмента обеспечат широкое внедрение в отрасли метода ПКП как эффективного способа получения отдельных элементов ИЭТ.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Поперечно-клиновая прокатка / Под ред. Е.М. Макушка. Минск, Наука и техника, 1974.
2. Малинкин В.С., Никольский Л.Н. О некоторых технологических параметрах холодной поперечно-клиновой вальцовки. — В кн.: Оборудование и технология кузнечно-штамповочного производства. Воронеж, 1975.

Статья поступила 18 февраля 1980 г.

**ELECTRONZAGRANPOSTAVKA**

24/2, Ul. Usievicha, Moscow 125315, USSR Cable: Exop  
Telephone: 155-48-15 Telex: 7626



**ФОТОШАБЛОННАЯ ЗАГОТОВКА**

Предназначена для изготовления эталонных и рабочих фотошаблонов.

**Основные данные**

Типоразмеры — 70x70; 76x76; 102x102; 127x127  
Маскирующие слои: хром или окись железа.

Неплоскостность, мкм, не более:  
для пластин размером

70x70 мм . . . . .	3
76x76 мм . . . . .	3
102x102 мм . . . . .	4
127x127 мм . . . . .	6

Плотность дефектов размером более 1,5 мкм по маскирующему слою, см<sup>-2</sup>, не более . . . . .

0,15

Оптическая плотность слоя хрома на длине волны 400 нм, не менее . . . . .

2,5

Оптическая плотность слоя окиси железа на длине волны 400 нм . . . . .

1,2-1,8

Время травливания слоя хрома, мин, не более . . . . .

1,0-3,0

Время травливания слоя окиси железа, мин, не более . . . . .

2

Разброс времени травливания, %, не более . . . . .

±10

Примечание: По требованию заказчика поставка пластин может осуществляться с фоторезистом.

Упаковка: пластины поставляются в индивидуальной или групповой таре.

Дополнительные характеристики (параметры) и условия поставки оговариваются в заказе.

# СОЗДАНИЕ НОВЫХ МАЛОГАБАРИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИБОРОВ И УЗЛОВ — ПУТЬ СНИЖЕНИЯ ИХ МАТЕРИАЛОЕМКОСТИ

О.А.Бакрунов, А.А.Газаров, А.А.Гусев,  
Г.Я.Гуськов, В.Н.Стукалов,  
В.И.Шаранок, А.А.Шлыков

## КОМПЛЕКСНАЯ МИКРОМИНИАТЮРИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

УДК 621.3.396 — 181.48

В условиях современной научно-технической революции развитие радиоэлектронной аппаратуры происходит в направлении непрерывного ее усложнения при одновременном снижении массы и габаритов. По мере проникновения РЭА в различные отрасли народного хозяйства возрастает актуальность проблемы рационального расходования материалов и снижения материалоемкости аппаратуры.

Одно из эффективных средств решений этой проблемы — комплексная микроминиатюризация, т.е. создание микроэлектронной аппаратуры (МЭА). Комплексная микроминиатюризация РЭА подразумевает, прежде всего, увеличение степени интеграции микросхем и разрешающей способности межсоединений [1]. В то же время выбор межсоединений тесно связан с выбором компоновочной схемы и влияет на материалоемкость аппаратуры [2].

С развитием элементной базы совершенствуются, а иногда и принципиально изменяются конструктивно-технологические методы создания элементов, блоков и узлов аппаратуры, а также средства их реализации (новые материалы, производственное оборудование, инструмент и т.д.). При этом, как правило, сохраняются требования минимизации физического объема.

Повышение степени интеграции микросхем обуславливает и технику их компоновки в функционально законченные устройства. Необходимо стремиться к эффективному сочетанию достоинств элементной базы с оптимальным конструктивным решением.

В настоящее время различают два направления в развитии компоновочных структур МЭА (рис. 1).

Первое направление (варианты I—IV) предусматривает использование корпусированных интегральных схем различной степени интеграции. ИС малой (вариант I) или средней (вариант II) степени интеграции при компоновке МЭА монтируются на печатной (коммутационной) двухсторонней или многослойной плате с одной или двух сторон, плата обрамляется несущей конструкционной рамой, а набор плат, закрепленных между собой шарнирно и соединенных электрически при помощи проводного жгутового монтажа, заключается в общий пыле-влагозащитный корпус (кожух).

Компоновка МЭА по варианту III отличается от предыдущей только использованием многокристалльных ИС-и БИС, а по варианту IV применением корпусированных БГИС, представляющих собой закон-

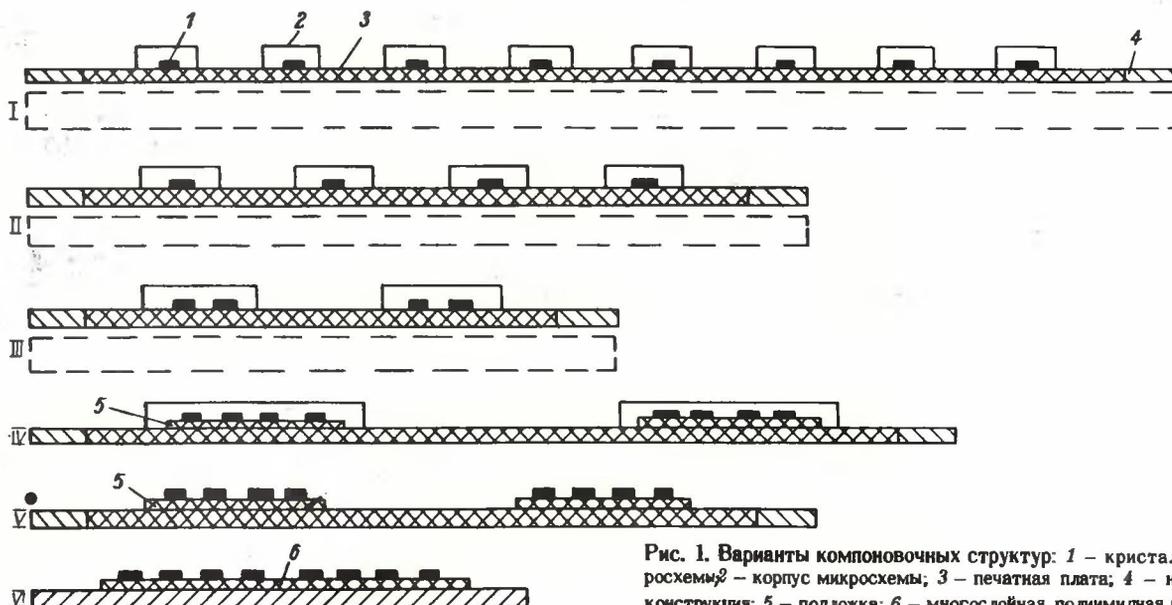


Рис. 1. Варианты компоновочных структур: 1 — кристалл микросхемы; 2 — корпус микросхемы; 3 — печатная плата; 4 — несущая конструкция; 5 — подложка; 6 — многослойная полиимидная плата

ченные функциональные узлы с установленными на подложке бескорпусными полупроводниковыми элементами [3].

Второе направление компоновочной структуры — варианты V—VI — (см. рис. 1) возникло как средство конструктивного совмещения и электрического согласования бескорпусных ИС различной степени интеграции.

Компоновка МЭА по варианту V характеризуется тем, что бескорпусные БГИС устанавливаются на специализированные конструкционные рамы, которые одновременно выполняют роль несущей конструкции и теплоотвода. Коммутация между БГИС осуществляется с помощью печатных плат.

В компоновочной структуре варианта VI вместо печатных плат для соединения ИС и БГИС применяются коммутационные элементы, выполненные по тонкопленочной технологии на полиимидных двухслойных или многослойных платах. Конструкция образует "непрерывную" микросхему с общей герметизацией в корпусе [3].

Объем устройства на бескорпусных полупроводниковых элементах, герметизированного с помощью резиновых уплотнителей во фланцевых разьемах, в 4 раза, а при герметизации вскрываемым паяным швом в 6 раз меньше по сравнению с устройством на аналогичных элементах в индивидуальных корпусах.

Если принять за единицу физический объем устройства, скомпонованного по варианту VI, то для устройств вариантов I—V условный физический объем составит 32, 22, 13, 5 и 3, соответственно.

При таком методе конструирования функциональные узлы и блоки, построенные на бескорпусных полупроводниковых ИС и ГИС, легко поддаются унификации и стандартизации, что позволяет применять высокопроизводительное технологическое оборудование для производства, сборки, контроля и испытаний функциональных узлов и аппаратуры в целом. Необходимо формализовать и унифицировать габариты и установочные размеры полупроводниковых бескорпусных ИС, шаг и типоразмеры выходных контактных площадок, обеспечивающих применение унифицированного технологического оборудования, номиналы напряжений питания ИС с привязкой к единым контактным площадкам, а также разработать переходные коммутационные элементы с едиными габаритно-присоединительными размерами (с учетом числа выходов).

Сложность конструкции МЭА уменьшается с ростом степени интеграции (замена ИС на БИС и БГИС). Объем устройства также уменьшается, так как сокращается не только несущая часть конструкции, но и объем, занимаемый соединениями, которые выполняются в системе БИС и БГИС [3].

Ниже проводится оценка методов создания межсоединений по показателям материалоемкости с учетом известных и перспективных разработок цифровой МЭА [1, 2, 4, 5, 6]. Рассмотрим четыре модели

компоновки блока цифрового устройства, содержащего 830 16-выводных полупроводниковых микросхем серии К765, размещенных в ячейках размером 78×95 мм.

Для модели 1 аппаратуры (рис. 2) характерна компоновка блока, собранного из функциональных ячеек с корпусированными ИС, размещенных с двух сторон многослойной печатной платы (МПП) [1]. В данном блоке используется три вида межсоединений:

— соединения ИС с внешними выводами корпуса проволочными перемычками [7] — *первый уровень коммутации*;

— соединения корпусированных ИС в ячейке с применением МПП — *второй уровень коммутации*;

— соединения ячеек в блоке жгутами из объемных проводов, заключенных в гибкую резиновую матрицу, — *третий уровень коммутации*.

Блок модели 2 (рис. 3) собран из пакета функциональных ячеек с бескорпусными ИС [4]. Конструкция ячейки состоит из двух металлических рамок, с внешних сторон которых закреплены четыре микросборки размером 24×60 мм с установленными на них бескорпусными ИС, между рамками размещена многослойная комбинированная плата, представляющая собой четырехслойную МПП попарного прессования и две двухслойные полиимидные пленки, соединенные с МПП балочными выводами.

В данном случае используются четыре вида межсоединений:

— соединения бескорпусных ИС в микросборках с применением двухслойной трассировки, выполненной методом тонкопленочной технологии на поли-

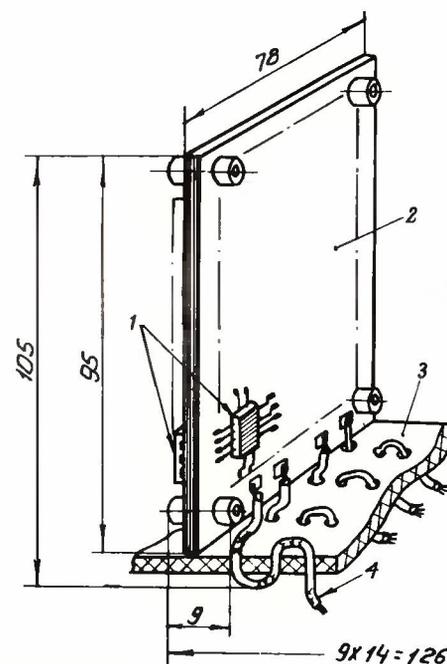


Рис. 2. Межсоединения в блоке модели 1: 1 — ИС в металлокерамическом корпусе; 2 — многослойная печатная плата ячейки; 3 — гибкая (резиновая) матрица; 4 — жгут из проводов внутриблочных межсоединений

имидной пленке, закрепленной на керамической подложке, — *первый уровень коммутации*;

— соединения микросборок в ячейке с помощью двухслойной трассировки на полиимидной коммутационной плате с применением проволочных переключателей — *второй уровень коммутации*;

— соединения внешних выводов полиимидных плат с внешними контактами ячейки четырехслойной МПП — *третий уровень коммутации*;

— соединения ячеек в блоке объемными проводами в резиновой матрице — *четвертый уровень коммутации*.

В блоке модели 3 (рис. 4) функциональные ячейки с микросхемами в керамическом корпусе установлены на многослойных керамических платах, которые размещаются на многослойной коммутационной печатной плате.

В этой компоновочной схеме также применяется четырехуровневая коммутация:

— соединения ИС с внешними выводами корпуса проволочными переключками (в перспективе — методом перевернутого кристалла) — *первый уровень коммутации*;

— соединения корпусированных ИС в ячейке с помощью многослойной трассировки на керамической плате — *второй уровень коммутации*;

— соединения ячеек с применением многослойной трассировки на фольгированных печатных платах — *третий уровень коммутации*;

— соединения внешних выводов коммутационной платы ячеек с выводами внешних разъемов блока объемными проводами — *четвертый уровень коммутации*.

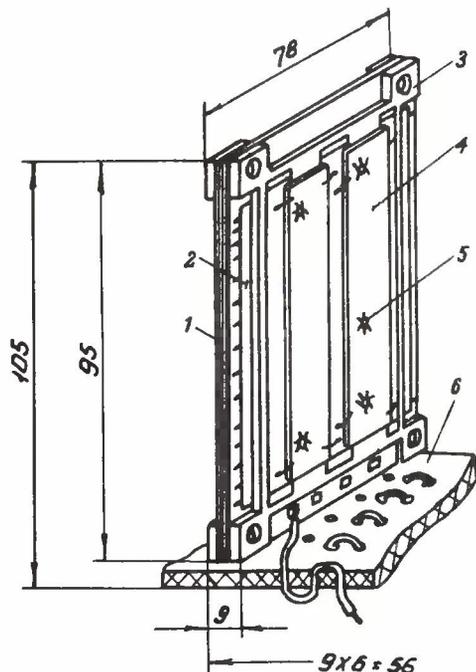


Рис. 3. Межсоединения в блоке модели 2: 1 — многослойная печатная плата ячейки; 2 — полиимидная коммутационная плата микросборок; 3 — рамка-теплоотвод; 4 — полиимидная плата микросборки; 5 — бескорпусная ИС; 6 — гибкая матрица со жгутами из объемных проводов

Модель 4 (рис. 5) представляет собой перспективную компоновочную схему блока, собранного на функциональных ячейках с эластичными контактными элементами. Ячейки соединены в блоке с помощью многослойной полиимидной платы [2, 5].

В данной компоновочной схеме применяется четырехуровневая коммутация:

— соединения бескорпусных ИС с балочными выводами на плечном полиимидном носителе — *первый уровень коммутации* [5];

— соединения ИС на многослойной полиимидной плате (МП—ПМ) в ячейке с трассировкой, выполнен-

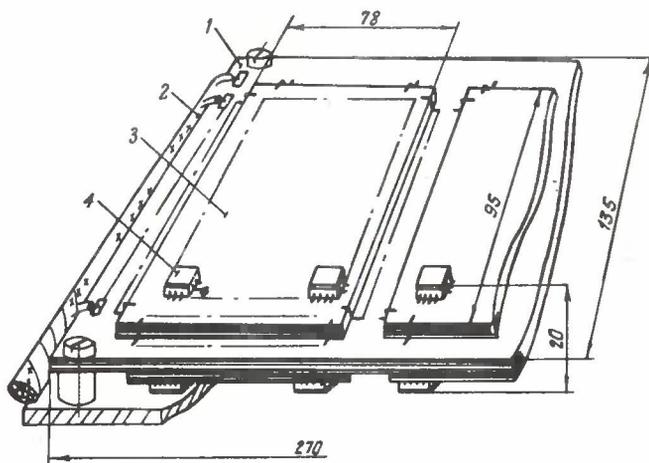


Рис. 4. Межсоединения в блоке модели 3: 1 — многослойная коммутационная печатная плата ячеек; 2 — жгут из объемных проводов; 3 — многослойная керамическая плата ячейки; 4 — ИС в керамическом корпусе

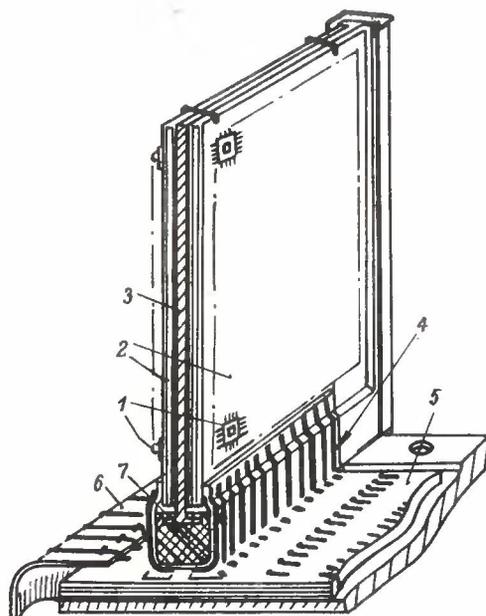


Рис. 5. Межсоединения в блоке модели 4: 1 — бескорпусная ИС на полиимидном носителе; 2 — многослойная полиимидная плата ячейки; 3 — рамка-теплоотвод ячейки; 4 — контакты эластичного соединителя; 5 — многослойная полиимидная коммутационная плата ячеек; 6 — полиимидный печатный шлейф; 7 — эластичный элемент соединителя

ной методами тонкопленочной технологии и вакуумного спая межслойных переходов — *второй уровень коммутации* [5];

— соединения эластичных контактов ячеек с помощью многослойной полиимидной коммутационной платы ячеек в блоке — *третий уровень коммутации*;

— соединения внешних выводов коммутационной платы с выводами внешних разъемов блока печатными прямыми шлейфами — *четвертый уровень коммутации*.

За критерий оценки материалоемкости коммутации можно принять массу материалов, используемых для создания межсоединений в той или иной модели. Исходные данные и результаты расчета основных показателей, влияющих на материалоемкость межсоединений, сведены в табл. 1. Во всех моделях не учитывается уровень коммутации между элементами ИС.

Таблица 1

Основные показатели, влияющие на материалоемкость межсоединений	Модели компоновки цифрового устройства			
	1	2	3	4
Число ИС серии К765 в блоке	830	830	830	830
Число металлокерамических корпусов для ИС	830	—	830	—
Суммарная масса материалов корпусов для ИС с учетом паяных соединений, г	1200	—	900	—
Число ячеек в блоке (тип платы межсоединений ИС)	14 (МПП)	6 (МПП-комб.)	6 (МПП-керам.)	5 (МП-ПМ)
Суммарная масса плат ячеек, г	350	170	320	110 (с учетом массы эластичного разъема и ПМ носителей ИС)
Суммарная масса материала подложек микросборок (24 подложки размером 24×60 мм), г	—	40	—	—
Масса коммутационной платы ячеек в блоке, г	—	—	150 (270×135×2 мм)	4 (50×95×9,6 мм)
Масса объемных проводов типа МГТФ, г	750	320	40	20 (печатные шлейфы)
Суммарная масса материала всех межсоединений блока, г	2300	530	1410	131
Удельная масса межсоединений, г/ИС	2,75	0,64	1,7	0,16
Объем, занимаемый компоновочной схемой, дм <sup>3</sup>	0,9	0,4	0,7	0,45

Из данных таблицы следует:

— наименьший объем можно получить в блоках моделей 2 и 4 с бескорпусной элементной базой. Снижение объема в свою очередь влияет на материалоемкость внешнего корпуса блока, массу и габариты аппаратуры;

— применение в модели 4 эластичного разъема соединителя позволяет значительно повысить степень интеграции межсоединений и снизить ее материалоемкость по сравнению со жгутовым монтажом и традиционным исполнением внутрислойных соединений на врубных разъемах. Например, габариты 100-контактного разъема типа РПС-2 с ответной частью и фурнитурой заделки составляют

65×13×6 мм (объем 5 см<sup>3</sup>), тогда как 150-контактный эластичный разъем имеет габариты 75×8×8 мм (объем 4,8 см<sup>3</sup>), т. е. по степени интеграции (числу контактов) в 1,5 раза превышает субминиатюрный разъем РПС-2. Масса материала эластичного соединителя (4 г) почти вдвое меньше массы разъема РПС-2 без учета заделки (7,5 г);

— материалоемкость (масса материалов межсоединений) модели 4 примерно в 16 раз меньше, чем модели 1 и в 10 раз, чем модели 3. Это объясняется отсутствием индивидуальных корпусов ИС и применением на всех уровнях коммутации двухслойных и многослойных полиимидных печатных плат с повышенной степенью интеграции трассировки;

— только комплексный подход к миниатюризации всех уровней межсоединений в блоке позволяет существенно снизить материалоемкость конструкции. Так, например, материалоемкость модели 2 в 4 раза больше, чем модели 4, так как модель 2 содержит элементы межсоединений модели 1 (МПП и жгут).

Рассмотрим вопросы микроминиатюризации межблочных связей. По своим габаритам низкочастотные многвыводные разъемы несовместимы с микронэлектронными устройствами МЭА [2]. Например, необходимый шаг установки 50-контактного разъема типа РРС-3 на внешний корпус блока составляет 50 мм, а субминиатюрных разъемов типа РПС-37 и СНО-47 — не менее 15 мм, длина ответных (кабельных) частей этих разъемов 45–60 мм, что соизмеримо с габаритами блока, а в отдельных случаях превышает их. Необходимость герметичной заделки блочных частей разъемов, особенно в аппаратуре на бескорпусных микросхемах, существенно влияет на материалоемкость конструкции.

Опыт разработок показал, что в случае применения облегченных проводов типа ГФ-100, ФД и МГТФ на долю межблочных кабельных соединений в цифровых комплексах МЭА приходится до 20% по массе и до 30% по объему.

В настоящее время намечаются успехи в проектировании и изготовлении миниатюрных источников и приемников оптического излучения — светодиодных и фотодиодных матриц с малым (100–500 мкм) шагом расположения единичных элементов, оптического единичного световолокна диаметром 80 мкм и на его основе — световолоконного жгута диаметром 300 мкм, многожильных волоконно-оптических кабелей с различным количеством и формой укладки жил [6].

Использование этих достижений в передаче цифровой информации по волоконно-оптическим линиям связи (ВОЛС) позволяет не только улучшить электро-технические параметры (помехо- и криптозащищенность, радиационную стойкость, пропускную способность до 500 Мбит/с), но и существенно снизить материалоемкость межблочных соединений в цифровых комплексах МЭА. Так, применяя ВОЛС вместо традиционных кабелей и пространственно-

временное или частотное уплотнение цифровых каналов на участке линии передачи длиной 10 м, состоящей из 90 каналов, можно получить выигрыш по массе в 60 раз, по габаритам (разница в диаметре) — в 8 раз [6].

При разработке цифровой МЭА с применением ВОЛС необходимо решить в комплексе следующие конструктивно-технологические и схемотехнические задачи:

- ввести схемы усилителей и оптоэлектронных преобразователей в цифровое устройство (рис. 6);
- создать светодиодные и фотодиодные матрицы с оптимальным расположением единичных элементов, идентичным расположению оптических жгутов в волоконно-оптических кабелях;
- разработать герметичные волоконно-оптические разъемы и оптические клеи для установки оптоэлектронных матриц с обеспечением минимальных оптических потерь и исключением взаимовлияния оптических каналов;
- оснастить заводы-изготовители цифровой аппаратуры необходимым оборудованием, волоконно-оптическими компонентами, а также усовершенствовать технологию сборки волоконно-оптических компонентов цифровых комплексов МЭА.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что методы компоновки и создания межсоединений взаимосвязаны и, в свою очередь, влияют на выбор способа герметизации аппаратуры и разработку конструктивных элементов.

Герметизация на уровне ИС или ГИС с различной степенью интеграции не обеспечивает требуемой защиты элементов межсоединений, а наличие микросхем в индивидуальных корпусах существенно влияет на массо-габаритные характеристики МЭА. Поэтому выбор оптимального метода герметизации корпуса блока остается актуальной задачей в конструировании МЭА на бескорпусных ИС [2].

При вакуум-плотной герметизации блоков МЭА обеспечивается конструктивная надежность и за-

щита блоков от воздействия окружающей среды. На корпусах блоков больших объемов с этой целью выполняются ребра жесткости, которые одновременно служат для улучшения теплообмена. Чтобы уменьшить массу корпуса применяются более легкие конструкционные материалы: магниевые, магниеволитиевые, алюминиевые сплавы и т.д. Однако металлоемкость конструкции МЭА остается относительно высокой и составляет 30–50% от массы устройства.

Вопросы прогрессивного формообразования конструктивных элементов тесно связаны с необходимостью выбора материала конструкции и метода герметизации, а также с обеспечением механической и климатической защиты бескорпусных ИС. Кроме того, при выборе типа металлоконструкции необходимо учитывать серийность изготовления и оснащенность завода-изготовителя [2]. Как правило, большинство металлоконструкций МЭА в малосерийном производстве выполняется фрезерованием с использованием станков с программным управлением.

Необходимыми условиями внедрения прогрессивных методов формообразования являются унификация, типизация, стандартизация конструктивных элементов и технологических процессов изготовления. Например, унификация типоразмеров функционально законченных узлов позволяет выполнять их методом литья, штамповки или сварки. Разработка конструкции внешнего корпуса из тонколистового материала (например, АМГ-6) для герметичных блоков штампованно-сварным методом позволила сократить расход металла в 30 раз.

Использование прогрессивных методов формообразования, в частности порошковой металлургии, в сочетании с прогрессивными технологическими методами сборки (лазерной и аргоно-дуговой сваркой, пайкой в солях и др.) позволяет сократить расход материалов.

Только комплексное осуществление конструктивно-технологических мероприятий по созданию и внедрению новых видов формообразования, новых принципов компоновки и форм конструктивных элементов поможет решить задачи снижения металлоемкости и массы конструкции МЭА.

Опыт разработки, изготовления и эксплуатации радиотехнических систем показал эффективность применения СВЧ устройств в микроэлектронном исполнении.

Для достижения максимального экономического эффекта к выбору конструкторско-технологических решений на всех уровнях выполнения аппаратуры — от пассивной части ГИС СВЧ до изделия в целом следует подходить дифференцированно.

Задача получения необходимых электрических и надежности характеристик ГИС СВЧ выдвигает жесткие требования к выбору материалов для изготовления элементов их пассивной части (под

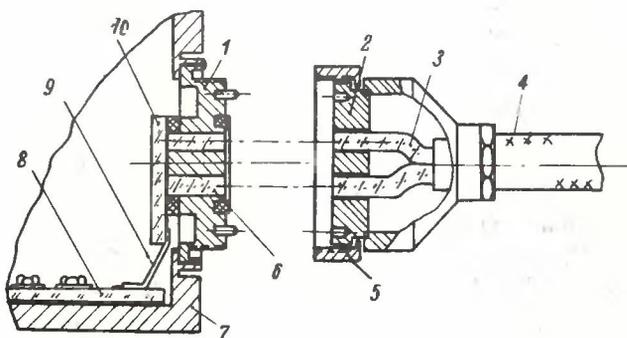


Рис. 6. Блок с волоконно-оптическим разъемом: 1 — блочная часть разъема; 2 — установочная плата; 3 — оптическая жила кабеля; 4 — волоконно-оптический кабель; 5 — кабельная часть разъема; 6 — оптическая вставка; 7 — корпус блока; 8 — микросборка оптоэлектронного преобразователя; 9 — печатный шлейф; 10 — оптоэлектронная матрица

ложек, проводников, резисторов). Наиболее широкое распространение получили подложки из алюмооксидной керамики (поликор) и ферриты.

Анализ технологических методов изготовления пассивной части ГИС СВЧ показывает, что наиболее полно заданные характеристики воспроизводятся при использовании методов тонкопленочной технологии.

Разработаны процессы регенерации поликорových подложек с целью их многократного использования для напылений.

Помимо навесных элементов СВЧ тракта в состав ГИС СВЧ в ряде случаев вводятся низкочастотные логические или силовые навесные элементы цепей управления, питания, измерения и т.д., что позволяет уменьшить количество внутриблочных соединений, снизить уровень помех, наводимых на провода коммутации, и уменьшить сложность конструкции функциональных блоков СВЧ.

Тонкопленочная технология изготовления пассивной части ГИС СВЧ позволяет выполнять микрополосковые линии в условиях серийного производства с точностью до 5 мкм. Технология формирования рисунка на фольгированных СВЧ материалах (ПТ, СТ, ФАФ, микаполе и других) не обеспечивает такой точности, в результате чего полосковые линии выполняются большей ширины за счет увеличения толщины диэлектрика и уменьшения его диэлектрической проницаемости, а, следовательно, требуется значительное увеличение полезной площади рисунка по сравнению с микрополосковыми линиями. В среднем объем и масса аппаратуры, выполненной с применением микрополосковых ГИС, в 5 раз меньше, чем аналогичной аппаратуры на полосковых линиях.

Дальнейшее повышение точности (до долей микрометра) технологии нанесения изображения позволяет использовать материалы с большими значениями диэлектрической проницаемости и сапфир. Наибольший эффект с точки зрения уменьшения массогабаритных показателей аппаратуры (в отдельных случаях в 10 раз) дает применение микрополосковых линий ГИС СВЧ на сапфире при проектировании маломощных усилителей, приемных трактов и других устройств с незначительной по величине мощностью рассеяния. Несмотря на высокую стоимость сапфира при использовании его в качестве материала подложки ГИС СВЧ достигается значительное уменьшение материалоемкости аппаратурного блока.

Кроме того, для снижения материалоемкости блоков СВЧ применяются гибкие подложки. Хрупкие подложки из поликора приходится конструктивно защищать от деформаций, возникающих вследствие механических и температурных воздействий на аппаратуру (из-за разности температурных коэффициентов линейного расширения материалов подло-

жек ГИС СВЧ и основания блока), путем обеспечения достаточной жесткости основания.

Гибкие подложки (некерамические) не требуют большой жесткости основания блока, при этом влияние коэффициентов линейного расширения снижается и компенсируется за счет деформации самой подложки.

Гибкие пленки из диэлектрического материала (толщиной 50–100 мкм) с низким коэффициентом диэлектрической проницаемости (2–2,5) рационально применять для изготовления коротких гибких СВЧ трактов, внутриблочной коммутации (шлейфов СВЧ) вместо коаксиальных кабелей, применение которых требует специальных переходов микрополосок — коаксиал.

Использование в качестве элементов СВЧ тракта микрополосковых линий на платах из поликора, ситалла, сапфира и других диэлектрических материалов с последующей установкой на этих платах бескорпусных активных элементов, конструирование по принципу непрерывной микросхемы обеспечивают значительное уменьшение геометрических размеров функциональных узлов. Однако при выполнении таких узлов в виде отдельного функционального блока и при агрегатировании последних в устройство возникает нежелательная дезинтеграция, обусловленная необходимостью их законченного конструктивного оформления (создания элементов герметизации, коммутации, деталей заземления и т.д.), последующей компоновки этих блоков в устройстве и, что самое главное, неизбежной необходимостью введения кабелей межблочной коммутации НЧ и СВЧ цепей в состав устройства. Габариты большинства функциональных блоков СВЧ чаще всего определяются не содержащимися в них схемотехническими узлами ГИС СВЧ, а числом разъемов СВЧ и НЧ коммутации. Дополнительный объем, необходимый для размещения таких блоков и обеспечения межблочной коммутации, как правило, превышает физический объем самих блоков. Обычно для достижения высокой стабильности параметров каждый функциональный СВЧ блок герметизируется в корпус, используются входные и выходные разъемы для индивидуальной настройки блоков, а также их проверки в составе устройства. Промежуточные (технологические) СВЧ разъемы служат только для настройки блоков.

Такое традиционное выполнение устройств линейной техники и особенно СВЧ устройств с использованием отдельных функциональных герметичных блоков исчерпало свои возможности и в настоящее время препятствует дальнейшему снижению массогабаритных показателей изделий вследствие большого числа разъемов и кабелей коммутации.

Изучение опыта и тенденций развития конструирования МЭА показывает, что генеральным на -

правлением является переход *от интеграции схем к интеграции систем*. При этом под системой подразумевается радиоэлектронное устройство заданной сложности [3, 8].

Проанализированы три варианта конструкций систем СВЧ аппаратуры [9]. Варианты компоновки системы СВЧ аппаратуры приведены в табл. 2.

Таблица 2

Конструктивный вариант	Число блоков и устройств	Число СВЧ кабелей	Число НЧ разъемов в комплекте
Раздельное исполнение приемных и передающих модулей (рис. 7, а)	500	750	580
Совмещенное исполнение приемо-передающего модуля (рис. 7, б)	240	500	324
Четырехканальное исполнение приемных и передающих модулей (рис. 8, а, б)	80	240	136

Сравнительный анализ показывает, что предпочтительной является компоновка системы на основе четырехканальных блоков.

Следующим шагом в развитии микроэлектронной СВЧ аппаратуры являются многоканальные СВЧ устройства с общей герметизацией и жидкостным охлаждением, что дает возможность снизить массу в 2 раза и объем в 5 раз по сравнению с устройством, выполненным на основе отдельных функциональных блоков, устанавливаемых на общей плате с жидкостным охлаждением. При этом выигрыш получен только за счет уменьшения металлоемкости конструкции устройства и исключения кабелей коммутации.

Микроминиатюризация вторичных источников питания (ВИП) основана на разработке новой элементной базы, освоении передовой технологии и новых принципов конструирования, что позволяет постоянно улучшать массо-габаритные характеристики. Определяющим для микроминиатюризации ВИП является применение бескорпусных полупроводниковых приборов, оптимизация габаритов трансформаторов и дросселей путем повышения рабочей частоты преобразования до 200 кГц и более [10].

Основным конструктивным узлом ВИП является функционально-законченная гибридная микросборка, выполненная на ситаловой или поликоровой подложке методом вакуумного напыления коммутационных и пассивных элементов (резисторов, конденсаторов) с последующим монтажом на ней активных элементов (транзисторов, диодов), трансформаторов, дросселей и т.д. Преимущественной формой конструкции ВИП становится планарная, обеспечивающая свободный доступ к любому элементу на уровне микросборки, ячейки и блока. Основной конструктивный элемент ячейки — рамка, а герметичного блока —

корпус. Рамка или корпус являются одновременно радиатором с развитой поверхностью, на которой устанавливаются гибридные микросборки. Наиболее теплонепригодные элементы монтируются непосредственно на рамку или корпус.

Коммутационным элементом, обеспечивающим электрическую связь между микросборками и ЭРЭ, является печатная плата с двухсторонним расположением печатных проводников.

Комплексный подход к решению конструктивно-технологических и схмотехнических вопросов при проектировании ВИП позволяет достигнуть более высокого уровня микроминиатюризации за счет разработки гибридных микросборок и их компоновки

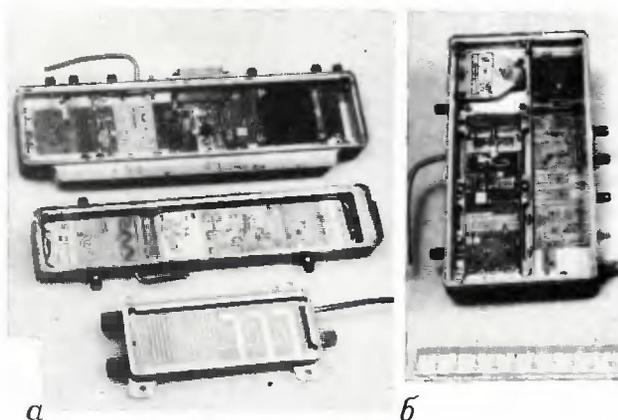


Рис. 7. Передающий и приемный модули и фильтр (а); совмещенный приемо-передающий модуль (б)

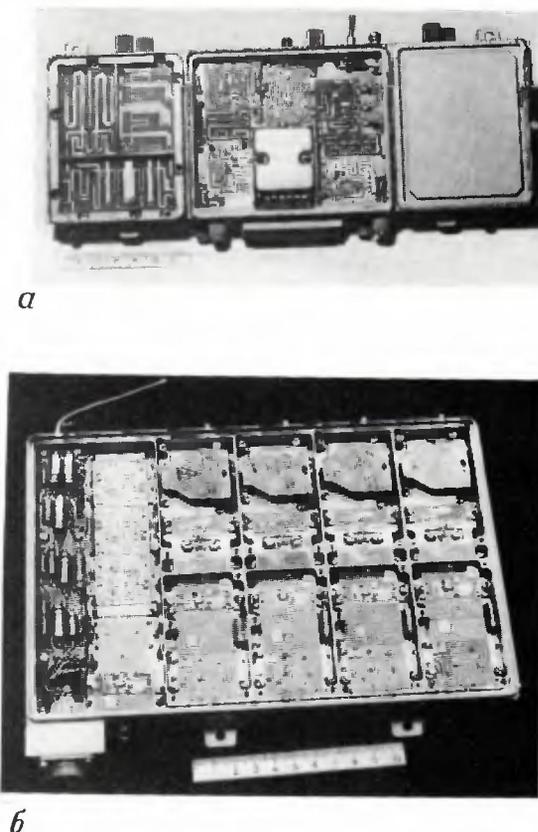


Рис. 8. Счетверенный модуль: а — приемный; б — передающий

в ячейки или блоки с применением непрерывной коммутации между ними, т.е. без использования печатных плат.

Конструирование ВИП на основе гибридных микросборок без использования печатных плат, специальных радиаторов, установочных изделий, монтажных стоек позволяет повысить качество разработки, улучшить удельные характеристики и уменьшить материалоемкость конструкции. Удельные характеристики для ячеек — 100–150 Вт/дм<sup>3</sup>; 60–80 Вт/кг; для блока — 40–50 Вт/дм<sup>3</sup>; 20 Вт/кг.

Удельные характеристики аналогичного блока, выполненного на дискретных элементах, составляют 8 Вт/дм<sup>3</sup>; 10 Вт/кг.

При оценке влияния комплексной микроминиатюризации на материалоемкость РТС необходимо учитывать требования, предъявляемые к системам обеспечения тепловых режимов. Рассмотрим некоторые такие системы, наиболее характерные с точки зрения материалоемкости.

Структура системы обеспечения тепловых режимов, ее масса и энергопотребление зависят от конструкции электронных устройств, величины рассеиваемой ими мощности, применяемой элементной базы, а также от условий эксплуатации электронной аппаратуры. Для конструкций микроэлектронных устройств характерно наличие хороших тепловых "мостов" между выделяющими теплоэлектрическими компонентами и внешней поверхностью блоков, непосредственно участвующей в теплообмене с окружающей средой. Эти тепловые "мосты" в микроэлектронной аппаратуре совмещают функции теплоотвода и силовой части конструкции.

Перегрев электронного компонента  $\Delta t$  (°C) относительно температуры окружающей среды можно определить по формуле:

$$\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2,$$

где  $\Delta t_1$  — перегрев электронного компонента вследствие прохождения тепловой энергии по конструкции блока (внутренний перегрев);  $\Delta t_2$  — перегрев в результате теплового взаимодействия поверхности корпуса блока с окружающей средой (внешний перегрев).

Величина допустимого суммарного перегрева определяется максимальной температурой окружающей среды и предельно допустимой температурой электрических компонентов. Уменьшение величины внутреннего перегрева в микроэлектронных блоках при сохранении величины суммарного перегрева позволяет увеличить допустимую величину внешнего перегрева, что оказывает непосредственное влияние на материалоемкость и энергопотребление систем обеспечения тепловых режимов микроэлектронной аппаратуры. Это вытекает из следующих соотношений:

$$\Delta t_1 = P / \alpha F,$$

где  $P$  — рассеиваемая блоком мощность, Вт;  $\alpha$  — коэффициент теплообмена между корпусом блока и окружающей средой, Вт/м<sup>2</sup> град;  $F$  — площадь поверхности блока, участвующая в теплообмене с окружающей средой, м<sup>2</sup>.

Увеличение  $\Delta t_1$  позволяет либо при неизменном коэффициенте теплоотдачи уменьшить площадь поверхности блока, что соответственно уменьшает массу блока, упрощает технологию его изготовления (отказ от оребрения поверхности блока), либо при неизменной поверхности теплообмена применить менее интенсивные системы обеспечения тепловых режимов, имеющие по сравнению с первоначальной меньшую массу (материалоемкость).

Например, в случае использования для охлаждения вынужденной воздушной конвекции коэффициент  $\alpha$  пропорционален  $v^{0,8}$ , где  $v$  — скорость воздушного потока. Энергопотребление вентиляционного агрегата пропорционально  $v^3$ . Следовательно, с уменьшением коэффициента теплоотдачи  $\alpha$  в 2 раза уменьшается энергопотребление вентиляционного агрегата примерно на порядок (примерно в такой же пропорции уменьшается и масса вентилятора).

Таким образом, применение методов комплексной микроминиатюризации приводит к существенному снижению массы систем обеспечения тепловых режимов за счет более рациональной конструкции блоков.

Системы обеспечения тепловых режимов МЭА можно структурно подразделить на подсистемы обеспечения хладагентом (насосы, вентиляторы), трансформации тепловой энергии (различного рода теплообменники), контроля и регулирования работы системы обеспечения тепловых режимов (СОТР) (датчики и регуляторы температуры, давления, расхода). Исключительно перспективно применение достижений микроэлектроники для миниатюризации системы контроля, регулирования, управления СОТР. Зависимость некоторых электрических параметров компонентов от температуры и давления позволяет использовать достижения тонкопленочной и полупроводниковой микроэлектроники при проектировании электрических датчиков и устройств контроля и регулировки электрических величин, исключительно эффективных для применения в системах обеспечения тепловых режимов МЭА, обладающих лучшими технико-экономическими характеристиками по сравнению с их прототипами.

На рис. 9 показаны два температурных регулятора, из которых один имеет объемную конструкцию, а другой изготовлен в виде тонкопленочной гибридной интегральной схемы частного применения, герметизируемой в специальном корпусе.

Применение гибридной тонкопленочной технологии при проектировании устройств температурного контроля и регулирования МЭА позволило создать образцы, имеющие по массе выигрыш в 5–6 раз

по сравнению с аналогами на корпусированных ИС.

На рис. 10 представлены образцы измерителей давления, один из которых выполнен по традиционному электромеханическому принципу, а другой с применением достижений микроэлектроники.



Рис. 9. Датчики температуры

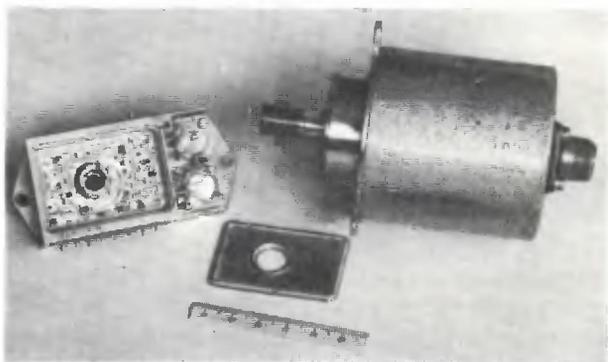


Рис. 10. Датчики давления

Чувствительным элементом микроэлектронного устройства измерения давления является кремниевая мембрана с выращенными на ней методом планарно-эпитаксиальной технологии тензорезистивными элементами. Схема усиления температурной компенсации изготовлена в виде специальной тонкопленочной гибридной интегральной схемы частного применения. Датчик подобного типа по сравнению с аналогом имеет выигрыш в массе примерно в 20 раз и при этом обладает значительно лучшими метрологическими характеристиками.

\* \* \*

Итак, основная тенденция развития современной электронной аппаратуры — ее непрерывное усложнение при одновременном стремлении к снижению массы, габаритов, потребляемой мощности и увеличению надежности. Эффективным путем решения этих задач является комплексная микроминиатюризация, т.е. перевод электронной аппаратуры на интегральные схемы с применением некоторых дискретных элементов и узлов трансформаторов, элементов электромонтажа, индикации и управления.

Изготовление электронной аппаратуры в микроэлектронном исполнении требует использования элементной базы повышенной степени интеграции с разработкой новых способов компоновки; эффективных конструкторских решений при реализации электромонтажных связей, особенно тех, которые исключают такие материалоемкие элементы электромонтажа, как коаксиальные кабели и разъемы; групповой, ремонтпригодной герметизации больших количеств бескорпусных компонентов; высокопроизводительных методов формообразования узлов конструкции из различных материалов; применения легких материалов с высокой теплопроводностью и эффективных способов теплоотвода; создания миниатюрных вторичных источников питания; совмещения выполнения одними и теми же элементами и узлами силовых (несушащих) и теплоотводящих функций.

Перечисленные выше конструкторско-технологические способы только при их комплексной реализации дают возможность снизить материалоемкость электронной аппаратуры. В статье не рассматривалось влияние увеличения степени интеграции элементной базы на материалоемкость МЭА, что весьма важно для решения задачи экономии материалов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Основы проектирования микроэлектронной аппаратуры. Под ред. Б.Ф. Высоцкого — М.: Советское радио, 1977.
2. Шлыков А.А., Газаров А.А. Современное состояние и перспективы конструирования микроэлектронной аппаратуры. — Электронная техника. Сер. 10. Микроэлектронные устройства, 1979, вып. 6(18), с. 3—9.
3. Конструирование микроэлектронной аппаратуры. — МЭИ. Сер. Электроника. Под ред. Б.Ф. Высоцкого — М.: Советское радио, 1975.
4. Волков В.Я., Яковлев В.А. Проектирование коммутационных элементов на основе печатной платы и полиимидной пленки — путь к повышению уровня интеграции МЭА. — Электронная техника. Сер. 10. Микроэлектронные устройства, 1979, вып. 6 (18), с. 38—41.
5. Тамонова Т.В., Соловьев А.А., Лобенцов В.А. Ячейки МЭА на многослойной плате с высокой разрешающей способностью. — Электронная техника. Сер. 10. Микроэлектронные устройства, 1979, вып. 6(18), с. 42—44.
6. Гусев А.А., Матаев Ю.С. Некоторые вопросы конструирования стекловолоконных кабелей. — Электронная техника. Сер. 10. Микроэлектронные устройства, 1979, вып. 6(18), с. 45—49.
7. Ефимов И.Е., Горбунов Ю.Т., Козырь И.Я. Микроэлектроника, физические и технологические основы, надежность. — М.: Высшая школа, 1977. — 416 с.
8. Кхамбата А. Большие интегральные схемы: Пер. с англ. — М.: Мир, 1971.
9. Газаров А.А., Бакрунов О.А., Гусев А.А., Николаенко С.Н. Вопросы конструирования МЭА АФАР СВЧ диапазона. — Электронная техника. Сер. 10. Микроэлектронные устройства, 1979, вып. 6(18), с. 58—62.
10. Электронная техника в автоматике. Вып. 5. Под ред. Конева Ю.И., — М.: Советское радио, 1979.

Статья поступила 8 февраля 1980 г.

# РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ — РЕЗЕРВ ИХ ЭКОНОМИИ

Ю.С.Сакатунов

## СТАНДАРТИЗАЦИЯ СЫРЬЯ И МАТЕРИАЛОВ — СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ИХ КАЧЕСТВА

УДК 621.315.5/61:621.38 (083.74)

Процесс повышения эффективности общественного производства в условиях социалистического планового ведения народного хозяйства невозможен без опережающей стандартизации.

Опережающая стандартизация — целенаправленный процесс разработки и внедрения стандартов, учитывающий наиболее эффективные достижения и динамику развития науки, техники и производства. Опережающие стандарты должны устанавливать несколько ступеней качества и сроки их внедрения в действие. Первая ступень является обязательной и действует на правах Государственного стандарта, последующие ступени — рассчитаны на перспективу и вводятся после прекращения действия предыдущей.

В настоящее время большинство утверждаемых и внедряемых стандартов отражают достигнутый уровень науки и техники. Однако существующая система разработки, согласования, утверждения и внедрения стандарта (особенно, если согласование осуществляется на межотраслевом уровне) значительно сокращает сроки его фактической прогрессивности в связи с бурным развитием науки и техники и частой сменяемостью объектов производства.

Принципы опережающей комплексной стандартизации особенно существенны для повышения эффективности производства материалов и ИЭТ, так как характерной чертой их производства является почти полное изменение номенклатуры выпуска за несколько лет.

Показатели качества любого изделия зависят от большого числа факторов, но определяющим является качество исходных материалов, так как неудовлетворительность его не всегда можно компенсировать в процессе производства ИЭТ.

Практически все специальные исходные материалы и многие металлы должны удовлетворять особым требованиям, предъявляемым к их физико-химическим параметрам, и иметь очень высокую воспроизводимость этих параметров как внутри партии поставки, так и от партии к партии. Например, относительная чистота германия и кремния, используемых в производстве полупроводниковых приборов, должна быть не хуже  $10^{-8}$  %, а диэлектрические материалы (пленочные, полиэтилен, фторопласт, керамика и другие), применяемые при производстве ИЭТ для высокочастотной техники, должны обладать высокой стабильностью диэлектрических свойств, что, в свою очередь, зависит от качества сырья и стабильности технологии получения из него исходных материалов.

Во многих случаях некоторые показатели качества используемых материалов определяют основные параметры ИЭТ. Так, применение галлия с чистотой 99,9999% вместо 99,999% позволяет повысить яркость свечения цифро-знаковых индикаторов красного цвета в 2–2,5 раза, а галлия более глубокой очистки — приблизиться к теоретическому пределу по результатам яркости. Аналогичная картина наблюдается и с хлористым водородом: от степени его очистки зависит яркость свечения светодиодов электронных часов, микрокалькуляторов и других измерительных и управляющих приборов. Кроме того, повышение степени чистоты хлористого водорода существенно упрощает технологию производства и повышает выход годных светодиодов.

В то же время воспроизводимость качества материалов, как правило, зависит от качества сырья и технологии его переработки в исходные материалы.

Все это говорит о том, что опережающие комплексные стандарты должны создаваться на единой научно-методологической основе и регламентировать показатели качества как сырьевых, так и исходных материалов для ИЭТ, методы и средства испытаний и контроля их физико-химических параметров, а также предусматривать технологию их производства.

Комплексная стандартизация изделий и создание опережающих стандартов связаны с целым рядом задач, решаемых на предприятиях различных отраслей промышленности.

Опережающая комплексная стандартизация массовых ИЭТ, входящих в состав различной радиотехнической, электротехнической, приборостроительной и другой продукции народнохозяйственного назначения, по существу приближается к системе программного планирования. Такие программы являются средством повышения качества важнейшей продукции, начиная от исходных материалов и кончая изделием в целом.

Многие стандарты предприятий, входящие в системы управления качеством продукции, регламентируют использование прогрессивных технологий, обеспечение качества выполнения технологических процессов, оборудования и измерительной техники, труда исполнителей и в конечном итоге качества продукции.

Рассмотрим некоторые вопросы состояния стандартизации и качества материалов в отрасли.

В 1979 г. предприятиями электронной промышленности изготовлено 10,5 тыс. типоразмеров материалов и полуфабрикатов, в том числе — ферритовых материалов, изделий и приборов на их основе по четырем ГОСТ, трем ОСТ, 321 ТУ; 1400 типоразмеров материалов и изделий из стекла по 6 ОСТ и 132 ТУ; 106 типоразмеров полимерных материалов, клеев и различных пленочных материалов по одному ОСТ и 80 ТУ; более 600 типоразмеров металлов, сплавов и пленочных epitaxиальных структур, катодных и тугоплавких материалов для ИЭТ по двум ГОСТ, одному ОСТ и 180 ТУ; 850 типоразмеров магнитов и магнитных систем по двум ГОСТ, 11 ОСТ и 575 ТУ.

Технический уровень продукции, поставленной в 10-й пятилетке по указанной выше документации, находится на уровне лучших мировых стандартов (продукция II категории качества не производится). Многие типы изделий поставляются на экспорт в социалистические и капиталистические страны.

В отрасли действуют планы систематического (не реже одного раза в 5 лет) пересмотра ГОСТ, ОСТ и ТУ на материалы и ИЭТ, направленные на повышение их качества и потребительских свойств, гарантийного срока службы, надежности, и другие. В соответствии с этими планами разработаны и пересмотрены стандарты в области органических, металлических, полупроводниковых материалов и полуфабрикатов в количестве: ГОСТ — 4, ОСТ — 15, ТУ — 163 (1978 г.); ГОСТ — 2, ОСТ — 13, ТУ — 216 (1979 г.).

За четыре года текущей пятилетки при росте объема выпуска материалов и ИЭТ объем производства материалов с государственным Знаком качества вырос в 8,7 раза.

В установленном порядке систематически разрабатываются и представляются в смежные министерства заявки для включения их в нормативно-

техническую документацию на материалы с требуемыми показателями качества. Только в 1977 — 1979 гг. было передано в смежные отрасли около 300 предложений по пересмотру и разработке стандартов и технических условий.

Однако реализация предложений нашей отрасли по повышению качества материалов смежными министерствами осуществляется, не полностью.

Из выполненных работ следует отметить следующие:

— согласованы новые технические условия для приборов, в которых предусмотрено использование калиброванных слитков монокристаллического кремния увеличенного диаметра строго определенных номиналов — 60, 76, 100 ( $\pm 0,5$ ) мм — для обеспечения возможности применения механизированной линии "Лада" в производстве интегральных схем, введены материалы новых марок с пониженной плотностью дислокаций и отклонением удельного сопротивления от номинала (повышено совершенство монокристалла);

— пересмотрены ТУ на неотожженные молибденовые полосы, трубки и проволоку из металлокерамического молибдена вакуумной плавки, трубки бесшовные из молибдена, ниобия и сплавов на их основе с ужесточенными параметрами;

— выпущены ТУ 14-1-2447-78 (сроком действия до 1983 г.) на проволоку из сплава 52НВИ для магнитоуправляемых герконов, предусматривающие повышение качества материала; введены ограничения по содержанию кислорода и требования к качеству поверхности с уточнением методики ее контроля.

Предстоит продолжить работу со смежными министерствами по пересмотру стандартов, наиболее актуальных для электронной промышленности. К ним прежде всего относятся стандарты на слитки монокристаллического арсенида галлия и арсенида индия, на прутки из сплава 44НХМТ (перевод ЧМТУ в межотраслевые ТУ ускорит освоение серийного производства электронно-механических фильтров); на крупнозернистую пемзу для механической обработки кинескопов, применение которой позволит резко улучшить качество изделий и снизить расход дефицитного материала, повысить производительность труда, увеличить выход годных экранов кинескопов; на клей-герметик кремнийорганический Эластосил (ТУ 6-02-857-75); лаки ФЛ-582 (ТУ 6-10-1236-72), ЭП-730 (ГОСТ 20824-75), АК-113 и АК-113Ф (ТУ 6-10-1296-75).

Существующие ТУ 21-25-164-75 и ТУ 21-7-33-72 на каолин для изделий радиокерамики не удовлетворяют предприятия МЭП, так как предусматривают повышенное содержание окиси железа

и двуокиси титана:  $1,2\% \text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $1,0\% \text{TiO}_2$ . Требуемому содержанию этих окислов соответствует ГОСТ 21286—75 на каолин. Однако старая редакция ГОСТ предусматривала еще и содержание щелочей ( $0,55\%$ ) и необходимый порог структурообразования. Поэтому в ГОСТ 21286—75 "Каолин обогащенный для керамических изделий" следует внести требования по нормированию суммарной массовой доли окиси калия и окиси натрия (не более  $0,55\%$ ) и порогу структурообразования ( $1,18 - -1,36 \text{ г/см}^3$ ) для спецкерамики, которая используется в изготовлении высоковольтных конденсаторов большой реактивной мощности, оснований непроволочных резисторов и других изделий. Ограничение содержания в каолине  $\text{K}_2\text{O}$  и  $\text{Na}_2\text{O}$  позволит обеспечить требуемые электрические свойства радиокерамики: ионную проводимость и электрическое сопротивление при повышенной температуре. Установление предлагаемых предельных значений порога структурообразования каолиновой суспензии будет способствовать повышению выхода годных радиокерамических изделий, изготавливаемых методом протяжки.

В отрасли продолжается работа со смежными министерствами, направленная на повышение качества поставляемых материалов. Для этого пересматриваются и разрабатываются специальные стандарты и ТУ в соответствии с техническими требованиями МЭП. С целью повышения эффективности этой работы Госстандарт должен утверждать годовые и перспективные планы стандартизации министерствам-поставщикам только после согласования их с нашим министерством и при необходимости рассматривать возникающие разногласия по техническим требованиям.

Разработанная в отрасли на 1981—1985 гг. программа комплексной стандартизации предусматривает повышение качества материалов на основе проведения НИОКР с последующим выпуском ТУ на материал или пересмотра уже существующих документов на поставку, а также в результате пересмотра нормативно-технических документов (НТД) с целью ужесточения технических требований, предъявляемых к материалам. Кроме того, должны быть разработаны единые методики испытаний материалов, дающие максимально точные и сопоставимые результаты, способствующие повышению качества и долговечности изделий электронной техники. Выдвинут ряд требований к министерствам-поставщикам на создание специализированных стандартов на материалы, применяемые в электронной промышленности.

Реализация намеченных планов по стандартизации будет способствовать успешному решению широкого круга задач, стоящих перед смежными министерствами по обеспечению нашей отрасли высококачественными материалами.

Предприятия, занимающиеся разработкой и изготовлением изделий микроэлектроники, должны быть обеспечены газовыми смесями заданного качества и концентрации, особочистыми реактивами с лимитированным содержанием взвешенных частиц, электроно- и рентгенорезистами для БИС и СБИС, бездислокационным, бескластерным кремнием увеличенного диаметра, высокой степени однородности, монокристаллическим калиброванным арсенидом галлия с пониженной плотностью дислокаций.

Для предприятий отрасли, разрабатывающих и выпускающих индикаторные устройства, требуются жидкокристаллические и электрохромные материалы с улучшенными свойствами.

Необходимо удовлетворить потребности производства ЦЭЛТ на лицензионном оборудовании в исходных материалах, в том числе в гранулированном высококачественном сырье для стекловарения, пигментах для люминофоров, поливинилового спирте с необходимой вязкостью, крупноформатных пластинах с высокой и нормальной разрешающей способностью требуемого качества. Предусмотрено создание электролюминофоров постоянного тока синего, зеленого, красного цветов свечения для ГИП, вакуумно-плотных клеев для ЭВП, а также самозатухающих полимерных материалов, воспроизводство стальных лент для бандажирования ЦЭЛТ.

В области радиодеталестроения и конденсаторостроения предстоит расширение номенклатуры тонких конденсаторных пленок, в том числе полипропиленовой, поликарбонатной, полисульфоновой, полиимидной с улучшенными свойствами, создание наполненных термопластов с минимальными колебаниями усадки.

В связи с разработкой новых изделий электронной техники, модернизацией изделий серийного производства, а также совершенствованием технологических процессов производства возникает необходимость в расширении номенклатуры применяемых материалов. Большое значение для установления рациональной номенклатуры этих материалов, необходимой и достаточной для обеспечения выпуска высококачественных изделий, имеет работа по ограничительной стандартизации.

Проведенный анализ общеминистерских ограничительных стандартов показал, что номенклатура материалов, применяемых в ИЭТ, неоправданно возросла. Это объясняется тем, что разработчики различных ИЭТ, не связанные между собой единым руководством и не имеющие единых для отрасли ограничительных стандартов на материалы, при разработке деталей одной и той же группы изделий использовали для одних и тех же целей различные материалы.

В процессе выполнения работ по ограничительной стандартизации был проведен анализ обеспеченности электронной промышленности необходимыми НТД на материалы, а также анализ применения в отрасли материалов с целью установления номенклатуры и степени научно-технической обоснованности их выбора. Намечены к разработке стандарты на черные и цветные металлы и сплавы, пластмассы, резины и компаунды, лакокрасочные и гальванические покрытия, флюсы и припои и другие конструкционные материалы.

В результате проведенной работы номенклатура применяемых материалов в среднем по отрасли сокращена на 35%, а также проведена замена 10% устаревших материалов на более перспективные.

Вторым этапом в проведении ограничительной стандартизации было выполнение работ по материалам, используемым в производстве ИЭТ для технологических целей.

Из-за отсутствия НТД, регламентирующей области применения материалов для технологических целей, их номенклатура исчислялась тысячами. На одних и тех же технологических операциях использовалось несколько однотипных материалов. Например, для обезжиривания деталей от одних и тех же смазочных материалов применялось до 10 марок однотипных растворителей; для пайки одинаковых деталей — 6 марок флюсов.

Завершенная головными организациями по стандартизации разработка ограничительных перечней материалов по группам изделий, на наш взгляд, произведена не полностью с недостаточной степенью обоснованности применяемых материалов, поэтому требует своего логического продолжения.

Проектом плана комплексной стандартизации предусмотрена разработка ограничительных перечней материалов для технологических целей. Эта работа крайне важна для дальнейшего развития электронного материаловедения, так как позволит более качественно и объективно ставить задачи перед смежными министерствами по разработке и улучшению качества материалов для электронной промышленности.

Опережающая комплексная стандартизация — сложная и трудоемкая работа, однако технико-экономический эффект, который получит народное хозяйство при ее осуществлении, огромен: только в МЭП экономический эффект будет измеряться десятками миллионов рублей в год.

Статья поступила 14 февраля 1980 г.

Ю.Н.Дьяков, В.А.Федоров

## РЕЗЕРВЫ ЭКОНОМИИ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СТРУКТУР ДЛЯ БИС И СБИС

УДК 621.3.049.77—416.002.2

Расширение объемов производства СБИС, стремление к снижению их стоимости и наметившийся дефицит дорогостоящего исходного кремния диктуют необходимость изыскания путей снижения технологических потерь на различных этапах их изготовления — получения объемных монокристаллов, пластин и эпитаксиальных структур со скрытыми слоями (ЭСС).

*Пути экономии кремния в производстве объемных монокристаллов.* Выращивание монокристаллов кремния методом Чохральского, осуществляемое на высокоавтоматизированных установках, производится при исходной загрузке поликристаллического кремния в тигель, как правило, в количестве 28—35 кг. Переход на большегрузные установки и увеличение размеров выращиваемых монокристаллов способствуют улучшению технико-экономических показателей процесса, так как в этом случае уменьшается количество расплава, остающееся в тигле после выращивания, т.е. снижаются технологические потери поликристаллического кремния.

Таблица 1

Технологические потери кремния  
и пути их снижения при производстве монокристаллов  
по методу Чохральского

Источники потерь	Технологические потери, %	Пути снижения потерь	Относительный уровень снижения потерь, %
Неоднородность удельного сопротивления по длине монокристалла	45	Увеличение допустимого интервала разброса до 35%	50—70
Срыв бездислокационного роста	35	Разработка технологии и оборудования для непрерывного выращивания	60—70
Неоднородность удельного сопротивления, обусловленная термодонорами	15	Двухстадийная термообработка	10
Потери при измерении электрофизических и структурных свойств монокристаллов	5	Внедрение методики оптимальной резки монокристаллов	2—5

Примечание: Здесь и в табл. 2 и 3 сумма всех технологических потерь принята за 100%.

Анализ структуры технологических потерь при производстве монокристаллов по методу Чохральского (табл. 1) выявил основные источники потерь:

— неоднородность удельного сопротивления по длине монокристаллов, обусловленная сегрегационными процессами и испарением легирующей примеси из расплава. Большое влияние на неоднородность электрических свойств и точность легирования оказывают посторонние примеси, в частности кислород, который является основной причиной образования термодоноров;

— срыв бездислокационного роста и зарождение структурных несовершенств типа дислокаций, двойников и поликристаллических зерен.

Традиционный метод экономии материала, заключающийся в многократной переработке отходов производства в целях повышения выхода годной продукции, связан с увеличением производственных затрат и не всегда оправдан. Так, например, значительное количество монокристаллического кремния  $p$ -типа проводимости с удельным сопротивлением  $10 \text{ Ом} \cdot \text{см}$  с разбросом  $\pm 20\%$ , требуемым заказчиком, используется в качестве подложечного материала, применяемого в биполярной технологии. Вместе с тем, предварительное рассмотрение этого вопроса выявляет возможность существенного расширения интервала допуска (до  $\pm 35\%$ ) на удельное сопротивление материала, используемого для данных целей, что позволит в 1,5 раза увеличить выход годных монокристаллов.

Одним из важнейших путей экономии кремния является совершенствование технологического процесса и создание соответствующего технологического оборудования. Например, использование установок выращивания, снабженных вакуумной шлюзовой камерой, позволит производить выгрузку монокристаллов и повторное выращивание без охлаждения тигля с расплавом, что на 60–70% снизит потери, обусловленные появлением структурных несовершенств, и уменьшит расход кварцевых тиглей в 2–3 раза.

Совершенствование технологического процесса с целью снижения потерь кремния, связанных с образованием в выращенных монокристаллах термодоноров, должно идти в направлении разработки новых технологических режимов, например двухстадийной термической обработки монокристаллов кремния, которая предусматривает выравнивание концентрации термодоноров по объему монокристалла с последующим их разрушением, позволяя повысить выход годной продукции на 5–10%.

Сокращение потерь монокристаллического кремния на операции измерений электрофизических свойств по длине слитка с целью определения годной продукции связано с совершенствованием методики измерений. Действующая методика предусматривает последовательное отрезание шайб-спутников от верхнего и нижнего торца монокристалла, измерение на них электрофизических свойств и определение по результатам измерений годной части монокристалла. Внедрение методики оптимального раскрытия монокристаллических слитков кремния, предусматривающей определение среднего удельного сопротивления по объему слитка

на основании корреляционной зависимости  $\rho_{\text{ср}}$  от удельного сопротивления на торцах монокристалла и его образующей, обеспечит дополнительное увеличение выхода годной продукции на 2–5%.

Использование метода бестигельной зонной плавки позволяет выращивать монокристаллы кремния с однородными электрофизическими свойствами. Вследствие отсутствия взаимодействия между кварцевым тиглем и расплавом кремния этот метод дает возможность получать высокоомные бескислородные монокристаллы кремния [1], которые подвергают облучению тепловыми нейтронами до заданного номинала удельного сопротивления и придания нужных электрофизических свойств. В результате точность легирования возрастает до 1%, а неоднородность электрофизических свойств не превышает  $\pm 5\%$  по объему монокристалла. К недостаткам этого метода следует отнести высокие термические напряжения в монокристаллах и трудности выращивания монокристаллов диаметром более 80 мм.

В последние годы усилия разработчиков направлены на создание технологии выращивания монокристаллов кремния в виде лент, что позволит устранить такие операции обработки монокристаллов, как резка на пластины, шлифовка, полировка и т.п. При этом достигается существенная экономия кремния, так как на операциях обработки теряется более 50% исходного монокристалла.

В настоящее время получены поликристаллические ленты кремния. Выращивание лент с монокристаллической структурой затруднено в связи с загрязнением расплава частицами материала фильеры и высокой величиной степени переохлаждения расплава. Однако очевидные достоинства монокристаллических лент требуют продолжения работ в этом направлении.

Таким образом, совершенствование технологии выращивания монокристаллов, создание нового технологического оборудования, определение экономически обоснованных требований к параметрам монокристаллов позволят в ближайшее время увеличить выход годного кремния в 1,3–1,5 раза.

*Основные направления в экономии кремния при производстве кремниевых пластин.* Переход промышленности на кремниевые пластины увеличенного диаметра (75 и 100 мм) с сохранением жестких требований к геометрическим параметрам и качеству поверхности обусловил необходимость совершенствования технологии производства пластин.

Действующий технологический процесс изготовления пластин включает калибровку и резку монокристаллов на пластины, полировку, снятие фаски, травление, очистку, контроль и упаковку пластин, которые характеризуются определенным уровнем потерь (табл. 2).

Как известно, промышленные монокристаллы кремния длиной не менее 70 мм имеют отклонения от заданного номинала диаметра  $\pm 2,5 \text{ мм}$ , что

Потери кремния при производстве  
полированных пластин

Таблица 2

Источники потерь	Потери и расход (%) для пластин	
	φ 76 мм	φ 100 мм
Калибровка монокристалла	3,5	2,0
Отрезание торцов монокристалла	2,0	1,9
Резка слитка на пластины	32,2	24,2
Обработка поверхности пластин	11,0	8,3
Доведение толщины пластин до номинальной	38,3	43,6
Другие потери	13,0	20,0

приводит при калибровке монокристаллов к потерям от 2,0 до 3,5% (в зависимости от диаметра). Снижение допуска на диаметр промышленных монокристаллов до  $\pm 1$  мм, которое может быть достигнуто с помощью высокоточных автоматических систем регулирования диаметра для установок выращивания позволит снизить потери кремния при калибровке в 2–2,5 раза.

Часть кремния теряется при отрезании торцов монокристалла. Однако указанные потери могут быть снижены в 5–6 раз при увеличении длины монокристаллов до 500–600 мм с требуемой ориентацией их оси.

Существенные резервы экономии материала имеются и на операции резки монокристаллов на пластины. Потери кремния на этой операции – наибольшие и составляют от 24 до 32% (в зависимости от диаметра). Снижение уровня отходов на операции резки может быть достигнуто путем уменьшения ширины пропила за счет использования отрезных кругов минимально допустимой толщины (0,25 мм) вместо используемых в настоящее время толщиной 0,32 мм. Уменьшение ширины пропила на каждые 10 мкм позволяет снизить потери кремния приблизительно на 1%.

Среди мероприятий, направленных на экономию кремния в производстве пластин, важное место занимают работы, связанные с уменьшением допусков на обработку. В частности, усовершенствование процесса резки с целью обеспечения высоких геометрических параметров пластин будет способствовать сокращению числа последующих операций обработки. В результате этого припуск на обработку может быть уменьшен на 60 мкм.

Перспективной с точки зрения сокращения потерь является двухсторонняя обработка пластин на доводочных станках. В результате работ, выполненных совместно с МВТУ им. Н.Э. Баумана, потери при обработке снижены на 20% благодаря сокращению числа технологических операций.

Существенная экономия кремния может быть получена за счет уменьшения толщины готовых пластин. Введение в технологию производства пластин операций травления слитков, округления кромок, термической обработки, средств автоматизации оборудования и контроля приводит к увеличению их механической прочности и сокращению источников потерь. При этом появляется возмож-

ность снижения номинальной толщины пластин диаметром 76 мм с 500 до 350–380 мкм.

В числе комплексных мероприятий, направленных на дальнейшее снижение расхода кремния и увеличение эффективности производства пластин, основными являются:

– перевод производства на высокопроизводительное оборудование с программным управлением технологического процесса;

– улучшение качества вспомогательных материалов (абразивных порошков, отрезных дисков, полировальников и др.);

– внедрение автоматизированной системы управления производством и качеством продукции.

Все это позволит существенно сократить технологические потери кремния на операциях изготовления пластин.

*Основной резерв экономии кремния в производстве ЭСС – повышение выхода годных.* За последние годы выполнен большой объем работ по совершенствованию технологии и организации производства, разработке нового оборудования для изготовления ЭСС. Достигнуты высокие показатели по выходу годных при формировании маски для локальной диффузии (до 96%) и скрытого диффузионного слоя (до 90%), на операции эпитаксиального наращивания (до 85%). Вместе с тем значительные объемы производства ЭСС требуют тщательного анализа путей дальнейшего сокращения технологических потерь.

В табл. 3 приведена укрупненная технологическая схема изготовления ЭСС и процент технологических потерь на различных этапах производства применительно к ЭСС диаметром 76 мм. Анализ позволяет выявить основные причины потерь и предложить мероприятия по их снижению.

Таблица 3  
Технологические потери в процессе производства ЭСС, %

Этапы формирования ЭСС	Причины технологических потерь					
	Дефектность поверхности	Механические повреждения	Отклонение от норм электрофизических параметров	Кристаллографическое несовершенство	Дефектность фотолитографического рисунка	Прочие потери
Формирование маски для локальной диффузии	1–2	6–8	–	–	3–5	1
Формирование скрытого диффузионного слоя	12–19	10–15	6–8	–	–	4
Эпитаксиальное наращивание	26–37	1–2	6–10	7–10	–	6
Усредненные потери	43	20	16	8	4	9

Потери, связанные с дефектностью поверхности на всех этапах производства ЭСС, обусловлены наличием различного рода загрязняющих воздействий. Специфика эпитаксиальных процессов

состоит в том, что морфология и структурное совершенство растущего на поверхности монокристаллической подложки эпитаксиального слоя крайне чувствительны к самым разнообразным примесным воздействиям. Это относится как к примесным загрязнениям, аккумулированным на поверхности подложки в результате выполнения предэпитаксиальных операций, так и к воздействиям, обусловленным качеством проведения собственно эпитаксиального процесса.

Одним из наиболее серьезных воздействий, приводящих к возникновению самого характерного дефекта поверхности эпитаксиального слоя — "бугров", является попадание на поверхность пластины частиц кремния в результате травмирования края пластин. В настоящее время эффективный прием борьбы с этим явлением — использование пластин с фаской. Однако даже применение таких пластин не служит достаточной гарантией существенного снижения их загрязнения. Например, нередки случаи, когда процент потерь вследствие наличия "бугров" на поверхности ЭСС для различных групп операторов может отличаться более чем в 2 раза. Поскольку в существующей технологии пока невозможно полностью отойти от практики индивидуального ручного контакта операторов с пластиной, то уровень навыка обращения оператора с пластинами — один из существенных факторов, определяющих степень их травмирования. Существенное влияние на дефектность поверхности оказывает также конструкция межоперационной тары и приспособлений для работы с пластинами.

Вероятность технологических потерь, обусловленных дефектностью поверхности, повышается в результате вынужденного выдерживания пластин между отдельными этапами технологического процесса, которое характерно для многономенклатурного производства. Уменьшение влияния этого фактора требует организационной перестройки производства с тем, чтобы перед эпитаксиальным процессом пластины не подвергались дополнительным переукладкам и длительному хранению.

Значительные потери связаны с дефектами пластин, появляющимися на операциях диффузии скрытого слоя при легировании примесями с низким коэффициентом диффузии (сурьма, мышьяк), требующем высоких температур (1150–1250°C). Время выдержки пластин при экстремальных температурах составляет от нескольких часов до нескольких суток. При подобных интенсивных высокотемпературных воздействиях критичными являются неконтролируемые загрязнения, попадающие на поверхность кремниевой пластины. Так, например, при ампульной диффузии мышьяка образуются различные эрозийные дефекты поверхности. При диффузии сурьмы, связанной с применением сурьмяносиликатных стекол, имеет место явление кристаллизации маскирующего и легированного окислов. Длительные высокотемпературные выдержки

вызывают также интенсивную кристаллизацию стандартной оснастки из кварцевого стекла (диффузионные трубы, лодочки и т.п.), в результате чего до 10% пластин бывают безвозвратно поражены продуктами расстеклования оснастки. Резервами экономии в данном направлении являются усовершенствование технологии изготовления кварцевого стекла и изделий из него, а также применение новых перспективных конструкционных материалов (например, карбида кремния).

Потери, обусловленные механическими повреждениями пластин, являются вторыми по значимости и, как правило, характеризуют общий технический уровень состояния производства.

Отечественная промышленность на протяжении последних лет приобрела значительный опыт применения на фотолитографических и теххимических операциях оборудования "Лада". По сравнению с предыдущим комплектом типа "Корунд" на новом оборудовании в производстве ЭСС диаметром 76 мм удалось повысить выход годных за счет стабилизации условий обработки пластин, автоматизации процесса на операциях фотолитографии и снизить до 4–5% число пластин, подвергаемых регенерации. Однако практически без изменения остались безвозвратные потери, связанные с механическими повреждениями пластин (сколами, трещинами, боем).

Потери, связанные с отклонением от норм значений электрофизических параметров диффузионных и эпитаксиальных слоев, можно разбить на две группы.

К первой группе относятся потери, обусловленные отклонениями параметров диффузионных скрытых слоев (поверхностного сопротивления, глубины диффузии) в результате нарушения технологических режимов и настройки температурных уровней и профилей диффузионных печей.

Ко второй группе относятся потери вследствие неоднородности электрофизических параметров эпитаксиальных слоев (толщины, удельного сопротивления), которые в значительной степени определяются уровнем технологии и применяемого оборудования. Так, суммарный разброс толщины эпитаксиального слоя (менее  $\pm 10\%$  от номинального значения) в основном обусловлен способом формирования потоков парогазовой смеси в эпитаксиальном реакторе, возможностями установок воспроизводить условия проведения процесса в течение длительного времени. Однородность удельного сопротивления эпитаксиального слоя зависит от способа подавления автолегирования и от возможности оборудования воспроизводимо поддерживать и прецизионно регулировать малые расходы легирующих газовых смесей.

Необходимо отметить, что наряду с текущими задачами по повышению выхода годных ЭСС следует рассмотреть принципиально новые решения технологии производства с тем, чтобы обеспечить экономию кремния для качественно более высоких

уровней интеграции и функциональной сложности ИС.

В перспективном технологическом процессе изготовления ЭСС в первую очередь должно быть осуществлено снижение температуры термических процессов и ограничение их числа. Наиболее успешно с этой точки зрения применение технологии ионной имплантации. Использование скрытых ионно-имплантированных слоев позволяет устранить как минимум две высокотемпературные обработки — термическое окисление для формирования защитной окисной маски и собственно диффузионное введение примеси в скрытый слой кремния.

Прогресс в области эпитаксиальной технологии связан также с освоением низкотемпературных процессов. В настоящее время в промышленности доминирует эпитаксиальный процесс, основанный на восстановлении тетрахлорида кремния в водороде. Температурный диапазон этого процесса 1150–1250°C. Использование же таких кремнийсодержащих веществ, как дихлорсилан и моносилан, позволяет снизить температуру эпитаксии на 100–200°C [2], что в свою очередь обеспечивает снижение дефектности растущих эпитаксиальных слоев (и ЭСС в целом) и повышение однородности их электрофизических параметров.

Целесообразно также использование пониженного давления при эпитаксиальном наращивании [3]. Этот метод, в частности, решает вопросы подавления процессов автолегирования эпитаксиального слоя и более рационального использования объемов эпитаксиального реактора при обработке пластин увеличенного диаметра.

В настоящее время проводятся интенсивные исследования по применению лазерного отжига [4] ионно-имплантированных скрытых слоев, который позволит исключить вообще термические процессы при изготовлении скрытого слоя. Предварительные исследования показывают, что при применении ионной имплантации, лазерного отжига и плазмохимической обработки поверхности пластин число операций формирования скрытого слоя сокращается более чем в 2 раза, что является немаловажным фактором с точки зрения снижения технологических потерь.

Таким образом, во всем цикле производства монокристаллов, пластин и эпитаксиальных структур существуют значительные резервы экономии дорогостоящего кремния. Установленные причины потерь и намеченные организационно-технические пути их устранения позволят не только в значительной мере устранить существующий дефицит монокристаллического кремния, но и повысить качество кремниевых материалов и эффективность технологии производства, что в результате обеспечит условия снижения стоимости кремниевых пластин и ЭСС.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ратиков Д.Г. Труды V симпозиума по процессам роста и синтеза полупроводниковых кристаллов и пленок. Новосибирск, ИНХ СО АН СССР, 1978.

2. Hammond H.L. Silicon epitaxy. — *Solid-State Technology*, 1978, vol. 21, N11, p. 68–75.

3. Duchemin M.J. — P. et al. Kinetics of silicon growth under low hydrogen pressure. — *J. Electrochem Soc.*, 1978, vol. 125, N 4, p. 637.

4. Bell A.E. Review and analysis of laser annealing. — *RCA Rev.*, 1979, vol. 40, N 3, p. 295.

Статья поступила 15 февраля 1980 г.

Б.Г.Грибов, В.И.Прилипко, Р.А.Родионов

## СНИЖЕНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ ДЕФИЦИТНОГО СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ФОТОШАБЛОННЫХ ЗАГОТОВОК

УДК 666.1.002.2:621.793.3

Усложнение технологии интегральных схем и увеличение степени их интеграции предъявляют все более жесткие требования к материалам, используемым в микроэлектронике.

Основные параметры, по которым оцениваются фотошаблонные заготовки, это плоскостность подложки и дефектность маскирующего слоя. Величина плоскостности лимитируется глубиной резкости фотоповторителя при производстве фотооригиналов проекционным методом и составляет для пластин размером 102×102 мм ~ 4 мкм. Шаблонные заготовки с плоскостностью до 15 мкм обеспечивают точность размеров рисунка при производстве рабочих шаблонов контактным способом, а уровень дефектности маскирующего слоя 0,1 прокола на 1 см<sup>2</sup> — достаточно высокий процент выхода годных фотошаблонов наиболее сложной топологии. Дальнейшее снижение дефектности фотошаблонных заготовок практически не сказывается на выходе годных шаблонов в производстве контактным методом, так как этому методу литографии свойственно привнесение дефектов. Фотошаблонные заготовки с меньшей дефектностью целесообразно использовать только в производстве шаблонов проекционным методом.

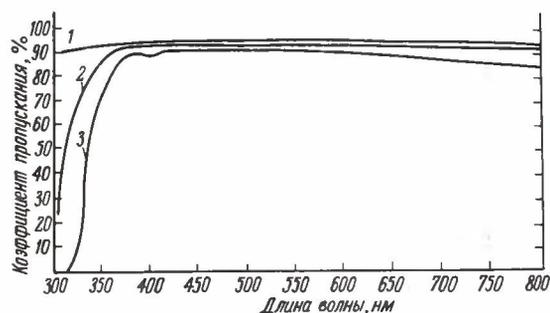
Качество фотошаблонных заготовок в значительной мере определяется качеством исходных материалов и уровнем применяемой технологии. Основными материалами, используемыми в производстве фотошаблонных заготовок, являются: стекло (подложка), абразивные материалы и материалы полировальников, моющие составы, материалы, применяемые для формирования маскирующего слоя, светочувствительные материалы.

В основе производства прецизионных пластин для фотошаблонов лежат успешные достижения оптико-механической промышленности в области обработки оптического стекла марки К-8, подготовки его поверхности и осуществления контрольных операций. Однако в качестве подложки для фотошаблонов могут быть использованы и другие материалы, обработка и подготовка которых значительно проще. К таким материалам относится термически полированное листовое стекло, получаемое по так называемому "флоат-процессу". Использование зеркала расплавленного олова с целью формирования поверхности стекла позволяет достичь высокой плоскостности.

Сравнение спектров пропускания и физико-химических свойств стекла марки К-8, известково-натриевого ("флоат-процесса") и кварца (см. таблицу и рисунок) показывает, что листовое известково-натриевое стекло имеет ряд технических и экономических преимуществ по плоскостности, неограниченности габаритных размеров, стоимости и другим параметрам перед оптическим марки К-8. В то же время 10–15% пластин размером 102 × 102 мм листового стекла "флоат-процесса" имеют плоскостность <math>\leq 4\text{ мкм}</math> без применения операций шлифовки и полировки. Поэтому, если учесть, что оптическое стекло марки К-8 является дефицитным, а изготовление из него стеклозаготовок большого размера (до 153 × 153 мм) является сложной и дорогостоящей технической задачей, то его замена на более доступное и дешевое стекло "флоат-процесса" является важной технической и экономической проблемой.

Сравнительные физико-химические свойства различных стеклянных подложек

Тип стекла	Коэффициент термического расширения, 1°С	Коэффициент преломления	Модуль Юнга, 10 <sup>9</sup> кг/см <sup>2</sup>	Химическая стойкость (потери при кипячении), мг/см <sup>2</sup>	
				5% HCl; 24 ч	50 NaOH; 6 ч
Оптическое	4,2 · 10 <sup>-6</sup>	1,47	0,64	0,005	1,1
Известково-натриевое	8,6 · 10 <sup>-6</sup>	1,51	0,70	0,02	0,5
Кварц	5,6 · 10 <sup>-7</sup>	1,46	0,74	0,001	0,7



Спектры пропускания стеклянных пластин толщиной 2 мм: 1 — кварц; 2 — оптическое стекло марки К-8; 3 — известково-натриевое стекло

До настоящего времени механическая обработка стеклянных заготовок для фотошаблонов проводилась главным образом на плоскошлифовальных станках одностороннего шлифования и полирования (типа ЗШП-350). Технологический цикл обработки пластин на таких станках включает в себя большое количество операций: блокирование (приклейка); шлифование, полирование и лакирование (защита) первой стороны; разблокирование; блокирование, шлифование, полирование и лакирование (защита) второй стороны; разблокирование; отмывка пластин от смол и нитроэмали. Такой метод обработки пластин отличается многостадийностью и высокой трудоемкостью, связан с большим расходом вспомогательных материалов и пожароопасен. Кроме того, крайне затруднена и недостаточно эффективна финишная отмывка пластин от смол и нитроэмали.

Разработка технологии двухсторонней шлифовки и полировки и односторонней обработки стекла "бесприклеечным методом" (обработка в сепараторах) и методов контроля позволила решить вопрос о замене оптического стекла марки К-8 на листовое стекло, полученное методом "флоат-процесса" [1–3]. Учитывая низкую стоимость листового стекла экономически целесообразно проводить предварительный отбор стеклянных заготовок перед механической обработкой по плоскостности. Это дает возможность сократить количество операций механической обработки пластин в два раза.

Использование листового стекла взамен оптического марки К-8 при массовом производстве фотошаблонных заготовок дает экономический эффект на сумму несколько миллионов рублей в год. Помимо прямой экономии применение стекла "флоат-процесса" позволило решить и технические задачи: повысить соотношение высшей группы (для проекционной печати) фотошаблонных заготовок до 60% и разработать технологию производства заготовок размером до 153 × 153 мм.

В целях экономии фоторезистов в производстве фотошаблонных заготовок при их нанесении методом центрифугирования целесообразно использовать дозаторы, которые обеспечивают нанесение строго заданного количества светочувствительного материала на пластину. В сочетании с дополнительной фильтрацией с помощью фильтров с диаметром пор 0,2 мкм применение дозаторов позволяет не только значительно сократить потребление фоторезистов, но и повысить качество фоторезистивного слоя за счет его большей равномерности и отсутствия включений.

Основным фактором, определяющим повышение качества и снижение потребления дефицитного сырья в производстве фотошаблонных заготовок, является совершенствование существующей и разработка новой технологии производства.

Операция маскирования является определяющей в технологии производства фотошаблонных заготовок. Из применяемых в настоящее время твердых маскирующих покрытий на основе ряда металлов и их окислов предпочтение отдается покрытиям на основе окислов металлов, полученным термическим осаждением из газовой фазы — наиболее перспективным методом с точки зрения реализации бездефектных покрытий и обеспечения стабильности их эксплуатационных характеристик [4–7]. В отличие от распространенных методов термического или ионно-плазменного напыления металлов или их окислов в основе упомянутого метода лежат диффузионно-адсорбционные процессы, позволяющие получать практически бездефектные пленки, а микрокристаллическая структура их обеспечивает высокую износоустойчивость и эластичность покрытия [5, 6]. Технология выращивания маскирующего слоя из газовой фазы отличается высокой производительностью, простотой аппаратного оформления и высокой воспроизводимостью параметров.

Суть метода термического осаждения окиси железа из паровой фазы заключается в разложении паров пентакарбонила железа на нагретой поверхности стеклянных заготовок [5, 8]. Низкая температура ( $\sim 130^\circ\text{C}$ ) проведения процесса при атмосферном давлении и использование шелевого реактора дают возможность не только упростить и удешевить процесс нанесения маскирующего слоя, но и получить равномерные, однородные слои окиси железа практически на любых по размерам стеклянных заготовках. Низкий коэффициент отражения железистых маскирующих покрытий ( $\sim 20\%$ ) позволяет более воспроизводимо получать малые размеры рисунка, чем в случае использования хромированных покрытий.

Для промышленного производства железистых фотошаблонных заготовок термическим разложением пентакарбонила железа служит специальная установка [9]. Равномерность потока парогазовой смеси в ней достигается тем, что реактор состоит из соединенных под углом  $1-20^\circ$  камеры смешивания исходных газов и реакционной камеры, выполненной с равномерно изменяющейся площадью проходного сечения, на конце которой расположено устройство регулирования площади выходного сечения.

Конструкция позволяет получить зону равномерного осаждения пленки длиной 800–1000 мм и шириной 200–300 мм. Она дает возможность в 5–6 раз увеличить производительность процесса по сравнению с вакуумно-напылительными установками. При этом дефектность получаемых покрытий не превышает  $0,05-0,1 \text{ см}^{-2}$ .

Высокая скорость осаждения и простота конструкции установки делает метод осаждения окиси железа термическим разложением пентакар-

бонила железа высокопроизводительным (свыше 100 шаблонных заготовок размером  $102 \times 102$  мм в час) и экономичным. Это позволяет не только экономить дефицитное сырье, используемое в производстве шаблонных заготовок, но и значительно сокращать трудовые и энергетические затраты. Железистые фотошаблонные заготовки в сравнении с хромированными имеют и ряд существенных технических преимуществ: более низкую дефектность, повышенную износоустойчивость маскирующего слоя, стабильность фотолитографических параметров. В связи с этим железистые заготовки получили широкое распространение в производстве наиболее сложных фотошаблонов и объемы их производства и потребления постоянно увеличиваются.

В ближайшее время следует ожидать не только увеличения объема производства фотошаблонных заготовок этим методом, но и выпуска заготовок увеличенного размера ( $153 \times 153$  мм). В перспективе предполагается производство шаблонных заготовок со слоем электронного резиста, разрабатываемых для изготовления промежуточных фотооригиналов и шаблонных заготовок, с использованием источников глубокого ультрафиолетового излучения.

Внедрение в производство фотошаблонных заготовок листового стекла "флоат-процесса", разработка технологии получения железистых маскирующих слоев термическим окислением пентакарбонила в паровой фазе позволили не только значительно повысить качество фотошаблонов, но и получить значительный экономический эффект за счет сокращения потребления ряда дефицитных материалов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Логинов И.А., Грибов Б.Г., Мазин А.М., Родионов Р.А., Крапивкин Ф.С. — Электронная техника. Сер. Материалы, 1977, вып. 3, с. 115–119.
2. Шевякова Л.Н., Мазин А.М., Федорова Д.Л., Родионов Р.А., Грибов Б.Г. — Электронная техника. Сер. Материалы, 1979, вып. 4, с. 96–101.
3. Григорович С.Л., Грибов Б.Г., Ефремова С.Д., Логинов И.А., Родионов Р.А. — Электронная техника, Сер. Материалы, 1978, вып. 5, с. 90–93.
4. Sinclair W.R., Sullivan M.V., Fastnacht R.A. — J. Electrochem. Sol., 1971, vol. 118, N. 2, p. 341.
5. Кошкинко А.В., Кольцов Ю.И., Румянцева В.П., Грибов Б.Г., Мельникова Н.В. — Электронная техника. Сер. Материалы, 1973, вып. 11, с. 21–25.
6. Грибов Б.Г., Кошкинко А.В., Малинин А.Ю., Румянцева В.П., Соболев И.В. — Электронная промышленность, 1974, вып. 2, с. 21–25.
7. А.с. 466045/Грибов Б.Г., Кошкинко А.В., Румянцева В.П., Кольцов Ю.И. Оpubл. в Б.И., 1975, № 13.
8. Mas Chesney J.B., O'Connor I.B., Sullivan M.V. — J. Electrochem. Sol., 1971, vol. 118, N 5, p. 776.
9. А.с. 588579/Малинин А.Ю., Гарба Л.С., Логинов И.А., Грибов Б.Г. и др. Оpubл. в Б.И., 1978, № 2.

Статья поступила 14 февраля 1980 г.

И.С.Болгов, Ф.И.Бусол, В.С.Хозиков

## МНОГОСЛОЙНЫЕ ЛЕНТЫ С ПОЛОСЧАТЫМ ПЛАКИРОВАНИЕМ В ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

УДК 621.38.002.2:669.2

Развитие электронной промышленности в последнее десятилетие характеризуется резким увеличением объемов выпуска электронных приборов различных типов и их широким внедрением в народное хозяйство страны. Это сопровождается значительным ростом потребности в драгоценных и дефицитных металлах, тем более, что конструктивно-технологические решения начала 70-х годов предусматривают большой их расход на единицу изделия. Наряду с совершенствованием конструкции и технологии производства приборов, а также с более рациональным использованием драгоценных и дефицитных металлов, проблема сокращения их расхода решается путем разработки и применения новых конструкционных материалов, что является одной из важнейших задач электронного материаловедения.

Характерным примером эффективного решения такой проблемы является разработка и внедрение в производство полупроводниковых приборов и интегральных схем многослойных лент с продольным полосчатым плакированием.

Создание этих лент вызвано необходимостью организации массового производства дешевых полупроводниковых приборов и интегральных схем путем применения экономичных материалов и прогрессивных методов сборки, обеспечивающих резкое снижение трудоемкости их производства.

До недавнего времени при создании таких изделий широко использовались конструкционные детали из кобальта, полностью покрываемого золотом гальваническим методом, и преимущественно индивидуальные методы сборки. Однако для коррозионной защиты деталей из кобальта можно использовать покрытия из менее дефицитных и дорогостоящих металлов, а припайку кристаллов осуществлять за счет локального нанесения золота. Этим требованиям удовлетворяет многослойная лента никель—ковар—никель с полосой золота (НКНЗ). Она представляет собой кобальтовую ленту, на которую методом холодного плакирования с двух сторон нанесено никелевое покрытие и с одной стороны узкая полоса золота, необходимая для пайки кристалла и термокомпрессии соединений. В результате замены части кобальта никелем при сохранении общей толщины ленты обеспечивается заданная жесткость конструкции, на 30% сокра-

щается потребление кобальта, улучшается отвод тепла от прибора, обеспечивается коррозионная защита элементов корпуса. Применение полосчатого плакирования золотом позволяет в несколько раз уменьшить его расход.

Внедрение в производство разнообразных типонаминалов ленты НКНЗ позволило организовать массовый выпуск дешевых полупроводниковых приборов (транзисторов, диодов, диодных матриц) и ИС в пластмассовых корпусах, применить прогрессивные поточно-механизированные и групповые методы сборки приборов, повысить производительность труда на основных операциях их изготовления в 5–10 раз, а выход годных на 15–20%, существенно снизить стоимость прибора. Для ряда интегральных схем, где не требовался низкий коэффициент термического расширения и одновременно предъявлялись более высокие требования по коррозионной стойкости, в качестве материала для корпусов была разработана никелевая лента с полосой золота (НЗ), что обеспечило 100%-ную экономию кобальтосодержащего прецизионного сплава.

С повышением технологического уровня процессов сборки создались предпосылки для замены в целом ряде приборов и интегральных схем золотого полосчатого покрытия покрытием из алюминия. Была разработана никелевая лента с полосой алюминия (НА), что позволило полностью отказаться от применения золота.

В тех случаях, когда коррозионная стойкость не являлась лимитирующей, но предъявлялись повышенные требования к механическим характеристикам изделий, оказалась целесообразной замена никеля в подложке ленты НА железо-никелевым сплавом 42Н. Новая лента фени-алюминий (ФА) позволяет в два раза сократить расход никеля. О высокой эффективности применения лент НА и ФА свидетельствует большое сокращение расхода золота (около 600 кг на каждый миллион метров применяемых лент НА и ФА).

В настоящее время серийно выпускается около 30 типонаминалов лент НКНЗ, НЗ, НА и ФА. Они применяются для изготовления сотен миллионов приборов. В целом их разработка и внедрение в производстве полупроводниковых приборов и ИС позволили за 1971–1979 гг. получить экономию десятков тонн золота и более 1000 т кобальта и никеля.

Применение указанных материалов позволяет решить проблему экономии драгоценных и дефицитных металлов при создании сравнительно маломощных типов приборов (например, транзисторов КТ-315, интегральных схем серии К133 и др.).

В приборах с большей удельной мощностью для обеспечения теплоотвода необходима посадка кристалла на материал с высокой теплопроводимостью и низким коэффициентом термического расширения. Для этих целей разработана многослойная лента ковар—медь—ковар с односторонней полосой золота (КМКЗ). В настоящее время выпу-

скается три типономинала ленты КМКЗ, обеспечивающих производство около 20 типов приборов в корпусах ТО-92 и ТО-126 с мощностью рассеяния до 15 Вт. Это позволило также отказаться от сплошного гальванического золочения конструктивных деталей, заменив его локальным, в результате чего расход золота на одно изделие сократился в 6–7 раз и его экономия составила несколько тонн.

Высокоэффективным оказалось применение материалов с полосчатым плакированием и в целях экономии других драгоценных металлов, в частности серебра. Создание и внедрение ленты из сплава 42Н с полосками припоя ПСр72 позволило не только существенно сократить трудоемкость сборки приборов, но и получить значительную экономию серебра за счет устранения операции сплошного гальванического серебрения рамок корпусов.

Известно, что в различных контактных устройствах (разъемах, переключателях и др.) электрический контакт обеспечивается сравнительно небольшим участком рабочей поверхности детали, покрытой золотом, серебром или сплавами на их основе. В то же время локальное нанесение покрытий из драгоценных металлов трудно осуществить с помощью широко распространенных гальванических методов. Использование для производства деталей контактных устройств лент с полосчатым покрытием может дать значительную экономию драгоценных металлов. В настоящее время создано два таких материала: латунь и медь с полосой серебра. Применение ленты никель–латунь–никель с односторонним сплошным покрытием мягким припоем позволяет создать экономичную технологию изготовления штырей разъемов и резко сократить расход серебра. Однако темпы внедрения разработанных материалов в производство приборов нельзя считать удовлетворительными.

Наряду с многослойными материалами с полосчатым плакированием, разрабатываются профильные многослойные материалы, ленты с торцевым соединением, более износостойкие и экономичные сплавы для покрытий, заменяющие серебро и золото. Учитывая большую номенклатуру контактных устройств, значительный объем их производства, необходимо расширить работы по созданию новых экономичных материалов для их изготовления.

При производстве конденсаторов, особенно электролитических танталовых, широко используется серебро. В частности, катоды этих конденсаторов изготавливаются из серебряной ленты толщиной 0,2–0,3 мм. Однако, серебряные ленты можно заменить на многослойные – из меди со сплошным покрытием из серебра или его сплавов. Еще более эффективное решение проблемы экономии серебра в производстве конденсаторов – создание специальных сплавов, содержащих не более 2% драгоценных металлов и способных заменить серебро. В то же время создание этих материалов еще не исчерпывает проблемы экономии серебра при производ-

стве конденсаторов. Необходимо разрабатывать более эффективные сплавы и многослойные материалы с более высоким уровнем физико-химических свойств, обеспечивающих создание конденсаторов с улучшенными параметрами при минимальном расходе драгоценных и дефицитных металлов.

За последние годы создан ряд новых сплавов, позволяющих наряду с решением других задач решить проблему экономии материалов. Так, использование сплавов на основе системы Sm–Co, при производстве постоянных магнитов и фокусирующих систем с высокой энергией (до  $20 \cdot 10^6$  ГсЭ) дает возможность уменьшить габариты и массу приборов, улучшить их параметры, а также сэкономить платину, кобальт и другие материалы.

Разработанные сплавы на основе палладия успешно используются в производстве фильтров тонкой очистки водорода, биметаллическая лента нейзильбер–серебро – для модульных переключателей, в технологии производства термометалла со стыковым соединением для держателей масок цветных кинескопов.

В последнее время разработана и внедрена многослойная лента медь–железо–никель, необходимая для изготовления малогабаритных источников питания.

Приведенные примеры достаточно полно характеризуют эффективность внедрения в электронной технике новых металлических материалов.

Наряду с этим в отрасли существует целый ряд нерешенных проблем, связанных, в первую очередь, с необходимостью в предстоящей пятилетке значительно увеличить объемы выпуска различных полуфабрикатов из металлов и сплавов.

Необходимо наращивать мощности предприятий отрасли по созданию новых материалов с тем, чтобы в кратчайшие сроки успешно решить важную народнохозяйственную проблему – резко сократить потребление драгоценных и дефицитных металлов в производстве изделий электронной техники.

Статья поступила 5 февраля 1980 г.

А.И.Жучков, О.И.Кравченко,  
М.С.Минаждинов, О.Б.Невский

## СНИЖЕНИЕ МАТЕРИАЛОЕМКОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СТРУКТУР GaP

УДК 539.231:620.26

Эпитаксиальные структуры GaP являются наряду со структурами на основе твердых растворов GaAsP основным материалом для инъекцион-

ных светодиодов и цифробуквенных индикаторов [1,2]. К преимуществам светоизлучающих приборов на основе эпитаксиальных структур GaP можно отнести: возможность генерации излучения при электролюминесценции различного цвета свечения (от красного до зеленого) в зависимости от типа и профиля концентрации легирующих примесей; высокий квантовый выход, обеспечивающий большие удельные яркости при малых рабочих токах; стабильность параметров при длительном (более 10 тыс. ч) сроке эксплуатации. Поэтому производство светоизлучающих структур GaP методом жидкофазной эпитаксии непрерывно возрастает [3].

Усовершенствовать технологию получения высокоэффективных эпитаксиальных структур GaP методом жидкофазной эпитаксии позволили исследования по кинетике кристаллизации эпитаксиальных слоев GaP [4], а также по влиянию высокотемпературной термообработки на свойства этих структур, выращенных из растворов галлия [5].

На рисунке представлена технологическая схема получения структур GaP. В качестве подложек используются ориентированные по плоскости (111) пластины, вырезанные из монокристаллов GaP марки ФГЭС-3-17, легированных серой до концентрации носителей тока  $(2-4) \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ , с плотностью дислокаций не более  $(1-2) \cdot 10^5 \text{ см}^{-2}$ .

Процесс эпитаксиального наращивания проводится на установках, сконструированных на базе



Технологическая схема получения структур GaP для светоизлучающих приборов

диффузионных печей типа СДО-125/4А, которые снабжены блоками программированного изменения температуры, газовыми пультами для контроля и регулирования газовой среды в реакторе, нагревателями для испарения цинка и т.п. Используемые в процессах эпитаксиального наращивания кассеты поршневого типа, изготовленные из особо чистого графита марки МПГ-6 или МПГ-7, позволяют производить заливку раствора галлия на подложки при высоких температурах и в случае необходимости осуществлять слив раствора с поверхности эпитаксиального слоя. Толщина раствора из которого проводится наращивание в этих кассетах, не превышает 1,5 мм. В зависимости от типа кассеты и диаметра используемого реактора в одну кассету могут быть загружены подложки общей площадью 200–600 см<sup>2</sup>.

В технологической схеме (см. рисунок) предусмотрена возможность регенерации бракованных структур GaP (химико-механическое удаление дефектного эпитаксиального слоя) с целью повторного их использования в качестве подложек, а также применение структур GaP площадью менее 3 см<sup>2</sup> (после снятия эпитаксиального слоя *p*-типа проводимости) для насыщения раствора галлия фосфором. Таким образом, разработанная схема позволяет практически полностью исключить непроизводительные потери дорогостоящего материала. Кроме того, в технологический процесс получения структур фосфида галлия введена специальная термическая обработка графитовой кассеты с раствором галлия с целью очистки его от основной примеси, препятствующей повторному использованию раствора, — цинка, применяемого для перекомпенсации раствора с целью последующего наращивания слоя *p*-типа проводимости, а также для снижения до минимума концентрации остаточного кислорода и фоновых примесей. Такая обработка раствора перед процессом эпитаксиального наращивания позволяет использовать один и тот же объем раствора галлия более 20 раз, что в сочетании со способом наращивания из тонкого слоя раствора обеспечило резкое снижение расхода дефицитного галлия в расчете на 1 см<sup>2</sup> годной продукции.

Внедренный в производство усовершенствованный технологический процесс наращивания структур GaP характеризуется существенно меньшей материалоемкостью. Это достигнуто как за счет относительно высокого процента выхода годных структур, так и за счет многократного использования раствора галлия, а также снижения потерь монокристаллического GaP. Общий расход материала в расчете на 1000 см<sup>2</sup> снижен почти в 2 раза. Снизить материалоемкость производства светоизлучающих структур GaP можно с помощью автоматизированных установок для жидкофазной эпитаксии, которые позволяют повысить процент выхода годных структур и обеспечивают более высокую производительность процесса жидкофазной эпитаксии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Берг А., Дин П. Светодиоды — М.: Мир, 1979.
2. Обзор по электронной технике: Состояние работ и перспек-

тивы развития материалов для твердотельных диодов спонтанного излучения. Малинин А.Ю., Гарба Л.С., Соколов Е.Б., Ивашкин Л.А.-М.: 1977. Вып. 1 (446). Сер. Материалы.

3. Когъ рза мэтару, 1979, № 69, с. 11-14.

4. Malinin A.I.; Nevsky O.B., Khrjapov V.T., Mipazhdinov M.S., Noginov A.L. - J. Electron. Mat., 1978, v. 7, N 6, p. 775.

5. Малинин А.Ю., Невский О.Б., Минаждинов М.С., Виданов А.П., Михаэлян В.М. - Физика и техника полупроводников, 1979, т. 13, № 8, с. 1617.

Статья поступила 18 февраля 1980 г.

М.Р.Измайлов

## ОСНАСТКА И ИНСТРУМЕНТ ИЗ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

УДК 621.38.002.2:621.9.02.004

Металлокерамические твердые сплавы находят широкое применение в народном хозяйстве страны, особенно в машиностроении и приборостроении, в частности при обработке металлов и неметаллических материалов резанием, а также при бесстружковой обработке металлов.

Современная технология производства изделий электронной техники ориентирована на высокий уровень автоматизации и требует значительного инструментального оснащения. Кроме того, высокие скорости обработки резанием (свыше 100 м/мин) и штамповки (500-1000 ход/мин) предъявляют повышенные требования к износостойкости инструмента. Металлокерамические твердые сплавы являются наиболее износостойкими из всех общедоступных и сравнительно недорогих материалов и уступают только сверхтвердым материалам (алмазам и кубическому нитриду бора).

Опыт изготовления и эксплуатации инструмента и оснастки из таких сплавов показал, что в настоящее время они являются наиболее эффективными материалами для производства резьбофрез диаметром 7, 8, 10, 15 и 22 мм, автоматных резцов, спиральных и перовых сверл, фрез, зенкеров, резьбонакатного инструмента "ролик-сектор", цанг люнета, различных фильтров, а также штампов для быстрходных пресс-автоматов.

Стойкость режущего инструмента из металлокерамических твердых сплавов по сравнению с аналогичным инструментом из быстрорежущих сталей выше в 10-12 раз, а стойкость штампов в 20-25 раз.

Освоение серийного выпуска твердосплавного инструмента и оснастки потребовало комплексного подхода к разработке технологии их изготовления и организации производства. Прежде всего на базе широкой стандартизации созданы оптимальные кон-

струкции инструмента и оснастки из твердых сплавов, а для их изготовления применены инструменты из синтетических алмазов. Проведенный комплекс исследований позволил определить оптимальные технологические параметры процессов алмазного и алмазно-электролитического шлифования, что дало возможность разработать мероприятия по практической реализации полученных результатов. Налажено производство фасонных алмазных кругов и другого специального инструмента методом гальваностегии и спекания порошковых композиций. Проведены работы по модернизации имеющихся станков с разработкой различных приспособлений для кругов форм АПП, А2П, А5П и специальных профилей: резьбошлифовальных станков модели 5822, универсально-заточных 3В642, круглошлифовальных 3810, 3УЮС, плоскошлифовальных 3701. Они снабжены специально разработанными приводами для алмазных кругов в режиме правки, токосъемниками и источниками технологического тока.

Созданы станки для высокоскоростной резки, профильного алмазно-электролитического глубинного шлифования твердых сплавов, специальные станки для шлифования и доводки фильер, фасонной доводки, а также станки для вибрационной и растровой доводки. Комплекс оборудования позволяет изготавливать твердосплавную оснастку и инструмент с трудоемкостью, не превышающей трудоемкость их изготовления из сталей. Годовой экономический эффект от использования инструмента и оснастки из металлокерамических твердых сплавов составил 450 тыс. руб.

Статья поступила 5 февраля 1980 г.

Н.А.Иофис

## ПРОВЕДЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭКОНОМИИ МАТЕРИАЛОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛП

УДК 621.385.002.003.13

Предприятиями отрасли систематически проводятся работы по уменьшению расхода, снижению материалоемкости, улучшению использования, хранения и соблюдения режима экономии сырья и материалов.

В производстве ЭЛП эти работы, проводимые в комплексе, принесли немалый экономический эффект. К их числу можно отнести: внедрение реставрации экраномасочного узла и пружин в производстве цветных кинескопов, которая позволяет экономить сталь (марки 08КП, листовую конструкционную и декапированную) и прецизионные сплавы; внедрение новой конструкции термокомпенсирующих пружин из стыкового термометалла в производстве кинескопов 61ЛКЗЦ, что позволило сэкономить значительное количество термометалла и прецизионного сплава 36НХТЮМ; усовершенствование технологического процесса нанесения люминофорных покрытий и освоение технологии регенерации красного люминофора в производстве ЦЭЛТ; переход на многовитковую взрывозащиту в производстве черно-белых кинескопов 61ЛКЗБ; замену обработки ацетоном в производстве отдельных типов приборов процессом сушки; усовершенствование технологии изготовления и регенерацию подогревателей, которые обеспечивают экономию молибденовой и вольфрамовой проволоки; разработку новой рецептуры рубиновой массы с уменьшенным содержанием хлористого серебра и технологии повторного использования ее отходов после зачистки колб в производстве ламп инфракрасного излучения; снижение толщины покрытия серебром колб термосов; замену серебросодержащего припоя ПСр-45 медно-фосфорным, что существенно снижает расход серебра.

Значительный вклад в экономию материальных ресурсов внесли мероприятия по совершенствованию технологических процессов и разработке новых с использованием прогрессивных норм расхода материала. Так, разработана технология изготовления штампованной рамы из листа толщиной 1,8 вместо 2,5 мм в производстве цветных кинескопов; выштамповка рам кинескопов 61ЛКЗЦ использована при изготовлении кинескопов 32 ЛКЦ; платиновое покрытие ножек в производстве суперортиконов заменено химическим никелированием; изменение конструкции молибденовых лодочек для обжига подогревателей (применение листового молибдена б-0,6 вместо б-0,8) позволило сэкономить 383 кг молибдена, а использование новой конструкции огневого припаса подогревателей в один слой — вольфрамовой проволоки 65 тыс.м и молибденовой проволоки 117 тыс.м.

Проведение мероприятий по улучшению качественных характеристик катодно-подогревательных узлов обеспечило увеличение долговечности приборов в 2 раза. Разработка ряда новых газопоглотителей на высокоактивном составе для цветных кинескопов позволила значительно улучшить эксплуатационные характеристики кинеско-

пов за счет большей сорбционной емкости газопоглотителя и уменьшения количества бария, а разработка новых конструкций катодных элементов из керамики М-7, обладающей большой электрической и механической прочностью, позволила повысить срок службы и надежности работы катодных плат в 3 раза.

Применение биметаллического материала никель-железо-никель в производстве газопоглотителей позволяет сэкономить 60% нержавеющей стали и 80% никелевой ленты.

Работы по совершенствованию технологического процесса получения фианитов с целью увеличения выхода годных монокристаллов обеспечили экономический эффект за счет снижения себестоимости 1 кг годного материала и соответственно уменьшения расхода двуокси циркония.

В области экономии электроэнергии разработан и внедрен новый материал для изготовления изоляторов "кварцаль", который среди прочих преимуществ по сравнению с миналундом имеет более низкую температуру спекания (1100°C вместо 1700°C), что позволяет сократить расход электроэнергии.

Разработка катодно-подогревательного узла мгновенной готовности с потребляемой мощностью 1,25 Вт, который обеспечивает появление изображения на кинескопе за 3—4 с, позволяет сэкономить более 11 кВт/ч электроэнергии на каждом кинескопе. Кроме того, конструктивные изменения узла позволяют сократить по сравнению с выпускаемым в настоящее время КПУ—использование никеля на 80%, вольфрамо-рениевого сплава на 85%.

Создание прямонакального эмиттера, потребляемая мощность которого ~10 мВт, позволит снизить расход электроэнергии на питание катодов в кинескопах в 200 раз.

Необходимо отметить, что экономический эффект был бы значительно больше, если бы поставляемые смежными министерствами материалы соответствовали необходимым для производства ЭЛП допускам (нержавеющая и никелевая ленты).

Несмотря на то, что ГОСТом предусмотрена высокая точность изготовления нержавеющей ленты, она поставляется только повышенной точности и имеет допуск по толщине 20%; поэтому во избежание прожога подложки газопоглотителей в период его распыления применяется лента толщиной 0,3 мм вместо 0,2 мм. При этом ухудшаются эксплуатационные свойства приборов. Применение ленты высокой точности позволило бы сэкономить свыше 15 т дефицитного материала.

Работы по повышению качества ЭЛП показали, что применение в катодно-подогревательных узлах никелевой ленты толщиной 70 мк обеспечивает лучшие параметры приборов, чем используемая в настоящее время лента толщиной 100 мк.

Переход на более тонкую ленту повысит качество КПУ и одновременно даст экономию 30% никеля.

Вместе с тем, резервы экономии в производстве ЭЛП далеко не исчерпаны. В числе мероприятий, которые позволяют добиться увеличения экономического эффекта, следующие:

- разработка и внедрение в производство ЦЭЛТ уголковых рам с одним сварным швом. Проведение этой работы в полном объеме в производстве кинескопа 61ЛКЗЦ обеспечит сокращение расхода проката черных металлов с одновременным повышением с 0,28 до 0,8 коэффициента использования металла при изготовлении рамы;

- введение в суспензию люминофоров при производстве цветных кинескопов пластифицирующих добавок с целью повышения плотности люминофорных покрытий и сокращения времени экспонирования;

- реставрация деталей, узлов и приборов (с точного узла, держателей, стаканов, диафрагм и др.) для повторного их использования в производстве ЭЛТ;

- внедрение однослойного отжига подогревателей в загрузочной таре новой конструкции;

- разработка, изготовление и внедрение промышленного оборудования и технологии меднения термосов, что позволит получить условно-годовую экономию серебра 160 кг;

- использование в гальванопокрытиях палладия и его сплавов вместо золота на деталях ПУЛ;

- совершенствование технологического процесса отжиг-формовка в производстве подогревателей в целях уменьшения отходов вольфрамовой проволоки.

Статья поступила 5 февраля 1980 г.

**А.А.Бухман, Ю.С.Сакатунов**

## ОСТРОДЕФИЦИТНЫЕ МЕТАЛЛЫ — ПОД КОНТРОЛЬ

УДК 658.562:669

Предприятия отрасли систематически проводят работу, направленную на повышение эффективности использования черных и цветных металлов в производстве и строительстве. Особое внимание уделяется рациональному расходованию и экономии остродефицитных цветных металлов: вольфрама, молибдена, кобальта, рения, титана, меди, олова, свинца, цинка, а также нержавеющей, быстро-

режущих, инструментальных и жаропрочных сталей.

С целью усиления режима экономии в отрасли организована и действует отраслевая служба технической экспертизы применения и рационального использования остродефицитных металлов при проектировании и производстве изделий электронной техники, оборудования, оснастки и инструмента, изделий культурно-бытового назначения и хозяйственного обихода, а также при строительстве и реконструкции предприятий, цехов и других объектов, для ремонтно-эксплуатационных нужд. Кроме того, проводится экспертиза заявок, подаваемых предприятиями отрасли на приобретение в смежных отраслях оборудования и ряда комплектующих, выполненных с применением остродефицитных металлов, а также на приобретение кабельной продукции, изготовленной с использованием свинца и меди. Определенная часть заявок на остродефицитные металлы защищается в Межведомственной комиссии по экономии и рациональному использованию металлов.

Отраслевой службой технической экспертизы проделана значительная работа по упорядочению применения и экономии остродефицитных металлов на предприятиях отрасли. В результате внедрения прогрессивных конструкторских и технологических решений остродефицитные металлы и сплавы заменены недефицитными или менее дефицитными, полимерными и комбинированными материалами, (без снижения технических требований и качества изделий), повышен коэффициент использования металлов и снижены нормы расхода. Условная экономия от внедрения этих мероприятий на нескольких десятках тысяч объектов составила более 6000 т металла.

Однако на ряде предприятий вопросам применения и рационального использования остродефицитных металлов не уделяется достаточного внимания. Так, на одном из предприятий при разработке штепсельных разъемов предусматривалось их изготовление из высоколегированной никелем нержавеющей стали, хотя могла быть использована недефицитная хромсодержащая сталь. В другом случае при производстве импульсного генератора применен высоколегированный припой ПОС-61, причем норма расхода была завышена: экспертизой установлено, что расход на единицу продукции может быть снижен на одну треть, если в качестве припоя применить менее дефицитный материал.

При проектировании "плавких вставок" неправильный выбор толщины никелевого покрытия и площади покрываемой поверхности приводит к завышению потребности в никелевых анодах в два раза.

При производстве ряда деталей для стереофонического электропроигрывателя целесообразно сплав ЦАМ заменить менее дефицитными и недо-

рогими алюминиевыми сплавами, а метод литья "в землю" — более прогрессивными и эффективными методами литья.

Зачастую заявки от предприятий, желающих приобрести в смежных отраслях оборудование, ряд комплектующих, кабельную продукцию из остродефицитных металлов, технически необоснованны.

Рациональное использование остродефицитных металлов закладывается на этапе разработки конструкций изделий и технологии их изготовления. Этот этап является определяющим с точки зрения дефицитности и металлоемкости применяемых материалов. Поэтому необходимо резко повысить ответственность всех инженерно-технических служб за выбор исходных материалов для производства и строительства. При этом следует руководствоваться действующим ОСТом. Неудовлетворительная конструкторско-технологическая проработка новых изделий создает значительные трудности в обеспечении серийного производства необходимыми материалами.

Для правильного выбора и применения материалов при разработке и модернизации изделий необходимо иметь достоверную информацию об их свойствах. С этой целью в отрасли разработаны и введены справочники на различные материалы. Кроме того, действуют ограничительные стандарты по группам материалов и изделий. Однако система разработки, ведения и управления ограничительными стандартами нуждается в доработке. Справочники необходимо дополнить сравнительными характеристиками остродефицитных материалов и аналогичных менее дефицитных.

Другими важными факторами экономии остродефицитных металлов являются применение передовой технологии, прогрессивных методов литья и механической обработки; внедрение порошковой металлургии, точных заготовок и профилей; экономный раскрой металла; унификация деталей, узлов, изделий; регенерация и вторичное использование деталей и отходов; правильное нормирование расхода.

Для успешного внедрения менее дорогих и дефицитных материалов взамен дорогостоящих остродефицитных металлов на предприятиях следует предусмотреть разработку премиальной системы, при которой выплата соответствующего вознаграждения отчислялась бы из сумм фактической экономии.

Работы по экономии и рациональному расходу остродефицитных металлов должны вестись в комплексе и повседневно.

Статья поступила 7 февраля 1980 г.

**ELECTRONZAGRANPOSTAVKA**

24/2, Ul. Usievicha, Moscow 125315, USSR Cable: Exop

Telephone: 155-49-15 Telex: 7626



## МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ ТЕЛЛУРИД КАДМИЯ

Используется для изготовления фотосопротивлений с высокой чувствительностью, счетчиков радиоактивного излучения, солнечных батарей, модуляторов когерентного излучения и оптических окон в ИК-диапазоне.

### Основные данные

Тип проводимости . . . . .	n, p
Удельное сопротивление, Ом.см	0,1 ÷ 1; 10 <sup>5</sup> ÷ 10 <sup>8</sup>
Подвижность электронов при 300 °С, см <sup>2</sup> /В.с . . . . .	400 ÷ 1200
Подвижность дырок при 300 °К, см <sup>2</sup> /В.с . . . . .	70 ÷ 100
Тангенс угла диэлектрических потерь . . . . .	0,003
Содержание примесей (массовая концентрация), %, не более:	
медь . . . . .	8 · 10 <sup>-5</sup>
магний . . . . .	6 · 10 <sup>-5</sup>
алюминий . . . . .	7 · 10 <sup>-5</sup>
железо . . . . .	6 · 10 <sup>-5</sup>

Примеси серебро, цинк, хром, титан, олово, свинец, никель, марганец, висмут спектральным анализом не обнаруживаются.

Упаковка: полиэтиленовые пакеты с монокристаллами, уложенные в полистироловые коробки.

Дополнительные характеристики (параметры) и условия поставки оговариваются в заказе.

# РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕГЕНЕРАЦИИ И УТИЛИЗАЦИИ — ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК РЕСУРСОВ

А.А.Бухман

## ОТХОДЫ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ — В ПРОИЗВОДСТВО

УДК 669.2:338

В последние годы в связи с развитием новой техники потребность в рассеянных элементах, таких как галлий, индий, рений, значительно превышает уровень их производства. Поэтому исключительно актуальны задачи повышения полноты использования этих металлов, снижения безвозвратных потерь, максимально возможного сбора отходов при их обработке, своевременного и качественного их возвращения в виде кондиционных отходов в систему вторичного сырья.

В настоящее время коэффициент использования редких металлов при производстве ИЭТ остается невысоким. Образующиеся отходы редких металлов весьма разнообразны, они включают и чистые материалы и отходы, содержащие незначительное количество основного вещества.

Особое внимание следует уделять галлийсодержащим отходам, т.к. существующий уровень технологии получения полупроводниковых материалов на основе галлия не обеспечивает требуемого процента выхода годных. Так, значительную долю исходного арсенида галлия, применяемого при изготовлении подложек для эпитаксиальных структур, составляют возвратные и безвозвратные отходы. На возвратные галлийсодержащие потери приходится 70–80% от потребляемого количества.

По своему характеру образующиеся галлийсодержащие отходы могут быть твердые (куски, бой пластин, структуры), увлажненные (порошки после резки, шлифовки, полировки), жидкие (травители). После первичной обработки эти отходы классифицируются в зависимости от содержания галлия и их химического состава. В настоящее время на предприятиях, перерабатывающих отходы редких металлов, внедрена технология переработки восьми видов галлийсодержащих отходов, которая обеспечивает высокую степень извлечения галлия.

Индий применяется в основном в виде сплавов, а также в виде полупроводниковых соединений  $A^{III}B^V$ : антимонида, фосфида и арсенида индия.

Индийсодержащие отходы разделяются на три группы. К первой группе относятся отходы, близкие по составу к исходным сплавам (обрезь, концы

прутков, остатки от вырубки ленты, дисков и т.д.); ко второй — отходы производства полупроводниковых соединений индия, в первую очередь, антимонида индия. Из отходов второй группы возвратными являются куски и крошка от зонной очистки антимонида индия, остатки слитков после вытягивания монокристаллов, влажные порошки после резки и шлифовки, концы заточенных слитков, а также отбракованные шайбы, не удовлетворяющие заданным электрофизическим свойствам. Содержание индия в отходах арсенида, фосфида и антимонида индия колеблется в пределах 40–70%. Таким образом, концентрация этого рассеянного металла более чем в 5000 раз превышает содержание индия в минеральных источниках сырья. Третью группу отходов составляют бракованные приборы.

Установлено, что ресурсы вторичного индия при более тщательном отборе бракованных приборов и их переработке с извлечением полезных компонентов могут быть увеличены в 1,5 раза.

В целом объем вторичного индия, получаемого преимущественно из технологических отходов предприятий отрасли, составляет 10–12% от объема металла, извлекаемого из исходного сырья.

К рениевой продукции относятся перенат аммония, металлический рений и его сплавы с вольфрамом и молибденом в виде порошка, штабиков, слитков и проката, а также сплавы рения с вольфрамом, получаемые из перената аммония, и сплавы рения с никелем и железом, получаемые из металлического рения.

Рений незаменим в производстве целого ряда электровакуумных и газоразрядных приборов. При изготовлении деталей ЭВП с повышенной пластичностью и прочностью в области высоких температур, в частности подогревателей оксидных катодов и наиболее "горячих" сеток, применяются сплавы вольфрама с рением (от 5 до 20% рения), молибдена с рением (от 5 до 50% рения). С использованием сплавов рения изготавливаются катоды электронных приборов с высокой стабильностью параметров, с расширенным диапазоном рабочих температур, высоким коэффициентом вторичной электронной эмиссии, керны оксидных катодов для особо надежных и долговечных ЭВП, электродов ГРП с повышенной эрозионной стойкостью.

При производстве полуфабрикатов, а также электровакуумных приборов образуются ренийсодержащие отходы, представляющие собой ценное вторичное сырье: высква металлических порошков, лом штабиков, обрез фольги и проволоки, бракованные отливки и стружки от механической обработки слитков, а также алундированные подогреватели, катодно-подогревательные и катодно-модуляторные узлы, паяные детали со стеклом,

керамикой, пластмассой, различные бракованные детали, узлы, приборы и т.д.

В результате переработки ренийсодержащих отходов получают конечный продукт в виде семиоксида рения высокой чистоты (необходимый компонент для каталитических процессов в нефтехимии). В случае надобности она может быть восстановлена до металлического порошкообразного рения.

В соответствии с "Межотраслевым координационным планом по рациональному использованию отходов редких металлов и их соединений" в отрасли проведены качественные и количественные исследования галлий-, индий- и ренийсодержащих отходов. В настоящее время ведутся аналогичные работы по исследованию отходов самария, иттрия и ниобия. На основании выполненных работ составлены и утверждены технические условия, инструкция по сбору и первичной переработке исходного сырья, преискуранные цены.

Руководствуясь государственной задачей рационального использования остродефицитных редких металлов, предприятия отрасли должны усилить работу по повышению технического уровня их использования и по организации мероприятий, направленных на упорядочение утилизации отходов, что может в значительной мере удовлетворить потребность смежных отраслей промышленности, где технические требования менее жесткие, и в результате высвободить ресурсы редких металлов высокой чистоты для нужд электронной промышленности.

Статья поступила 5 февраля 1980 г.

**В.И.Фитисков**

## ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО РЕСТАВРАЦИИ И РЕГЕНЕРАЦИИ МАТЕРИАЛОВ

УДК 338:620.21.004.18

Вопросам экономического использования материальных ресурсов уделяется большое внимание. На протяжении ряда лет объединение участвует во Всесоюзном общественном смотре эффективности использования сырья, материалов и топливно-энергетических ресурсов и по результатам смотра неоднократно занимало первые классные места. Значительный вклад в экономию материальных ресурсов вносит повторное использование забракованных узлов и деталей после их реставрации, а также растворителей и масел после регенерации. Создан специальный цех по переработке и реализации отходов производства, разборке забракованных приборов, узлов и деталей с целью определения возможностей вторичного их использования в производстве и извлечения драгоценных и дефицитных материалов для сдачи их на переработку. Разработанные в объединении технологические процессы дают возможность разбирать приборы и

узлы без нарушения их геометрических размеров. Особое внимание уделяется извлечению деталей, выполненных из дефицитных материалов, материалоемких и трудоемких в изготовлении. В 1979 г. возвращено в производство на повторное использование 49 наименований деталей и узлов на сумму около 400 тыс.руб. В основном это детали из молибдена, вольфрама, кобальта, меди, ниобия, керамики, слюды.

Так, например, в целях экономии молибденовой проволоки при воспроизводстве ламп 6П45С для строчной развертки цветных телевизоров разработаны мероприятия, направленные на значительное сокращение норм расхода этого материала, а также технология извлечения молибденовых рамок из забракованных приборов. За год реставрировано 700 тыс. рамок, что позволило дополнительно изготовить около 100 тыс. ламп 6П45С. Кроме того, реставрировано 180 тыс. слюдяных изоляторов на сумму 54 тыс. руб.

При изготовлении приборов ГС-12А применяется крупногабаритная слюда. Реставрация слюды вышедших из строя приборов позволила дополнительно получить этого материала на сумму 12100 руб.

Для полупроводникового производства реставрируются детали БИС. За 1979 г. возвращено на повторное использование коваровых рамок 200 тыс. шт. на сумму 8 тыс. руб., доньшек 145 тыс. шт. на сумму 1500 руб., колец—155 тыс. шт. на сумму 1200 руб.

Детали из дефицитных материалов, которые нельзя использовать повторно, сдаются на переработку в цеха "Вторчермета" и "Вторцветмета".

Так, за 1979 г. сдано три тонны молибдена, четыре тонны вольфрама, три тонны кобальта, много золота и других драгоценных металлов.

Большая работа проводится по вторичному использованию растворителей и нефтепродуктов. Отрегенерировано 333 т трихлорэтилена на сумму 147 тыс. руб. (что позволило сократить потребность в нем с 850 до 500 т), 30 т спирта на 16 тыс. руб., 21 т машинного масла на 2500 руб. Процесс регенерации этилового спирта заключается в полной очистке отработанного спирта от механических примесей, эфиров, альдегидов, сивушных масел, ацетона и увеличении его концентрации до 94—96,5% согласно ГОСТу 5962-67.

При повторном использовании реставрируемых деталей и узлов стоимость каждой детали уменьшается в четыре раза по сравнению с первоначальной. Поэтому вопросам реставрации приборов и регенерации материалов в объединении уделяется постоянное внимание. Расширяются участки реставрации, совершенствуются технологические процессы, строится новый участок регенерации, который позволит значительно увеличить объем работ. Все это способствует дальнейшему повышению эффективности производства, рациональному использованию материалов и выполнению социалистического обязательства — сэкономить в 1980 г. материалов на общую сумму 3,3 млн.руб.

Статья поступила 5 февраля 1980 г.

А.В.Землянухин

## ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ОТХОДЫ — ИСТОЧНИК ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

УДК 338:620.21.004.18

Производственные отходы, получаемые в процессе очистки загрязненных промышленных стоков, отходящих газов, вентиляционных выбросов и вывозимые с предприятий для хранения в отвалах городов или могильниках, могут быть вновь вовлечены в цикл производства и стать сырьем для изготовления промышленной продукции. Это не только сократит расходы, связанные с транспортировкой и хранением, но и явится лучшим способом защиты окружающей среды от загрязнений. Так, на базе реальных отходов, возникающих при изготовлении цветных кинескопов — осадков абразивных и химически загрязненных стоков, компонентов шихты для варки стекла, стеклобоя — можно создать рентабельное производство декоративного стекла, облицовочной стеклоплитки, гранулированного стекла, пеностекла, вспененной массы и гранул.

Технология переработки указанных отходов включает приготовление шихты, глазури, формирование и спекание плитки. На участке приготовления шихты осуществляется дробление стеклобоя, сушка обезвоженных осадков очистных сооружений и стоков механической обработки стекла, а также переработка бракованной плитки. При прессовании плитки в качестве пластификатора используется карбоксиметилцеллюлоза. Глазурь изготавливается из фритты стекла, содержащего соли свинца, и из стеклобоя, которые дробятся отдельно, а затем смешиваются в шаровых мельницах. Помол стекла и красителей осуществляется в растворе карбоксиметилцеллюлозы. Отпрессованная из продуктов шихты плитка после сушки и нанесения на нее глазури спекается и затем охлаждается на воздухе. Охлажденную плитку разбраковывают и упаковывают в тару.

Данная технология предусматривает непрерывное изготовление плитки независимо от колебаний объемов производственных отходов в пределах, характерных для технологических процессов производства кинескопов. Используется серийное отечественное оборудование. По сравнению с изготовлением аналогичных керамических изделий рассмотренный технологический процесс отличается меньшей энергоемкостью и требует меньших производственных площадей.

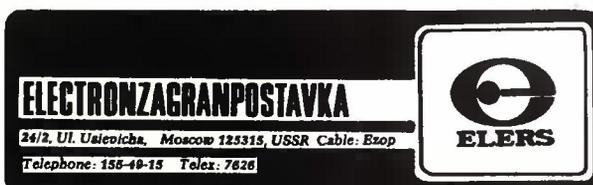
Предварительные экономические расчеты показали, что себестоимость декоративной плитки в два раза ниже, чем на Кученском комбинате керамических изделий, а срок окупаемости производства декоративной облицовочной плитки по указанной технологии составит 4–5 лет.

Уже сейчас в отрасли может быть получено 4,5 – 5 млн. м<sup>2</sup> декоративной плитки из отходов

производства. Для изготовления такого же количества керамической облицовочной плитки требуется до 55 тыс. т. качественной глины и другого дефицитного сырья.

Таким образом, изготовление строительных материалов из отходов производства кинескопов позволяет расширить производство дефицитных строительных облицовочных материалов и существенно снизить их себестоимость.

Статья поступила 15 февраля 1980 г.



### ТОНКИЕ ЭПИТАКСАЛЬНЫЕ КРЕМНИЕВЫЕ СТРУКТУРЫ СО СКРЫТЫМИ СЛОЯМИ

Используются для изготовления полупроводниковых интегральных микросхем.

#### Основные данные

Диаметр подложки p-типа проводимости, мм .....	60; 76
Толщина структуры, мкм .....	350–500
Удельное сопротивление подложки, Ом.см .....	1–10
Тип проводимости скрытого слоя .	электронный
Толщина скрытого p <sup>+</sup> слоя, мкм . . . . .	2–4
Концентрация легирующей примеси в скрытом слое, см <sup>3</sup> , не менее .....	6·10 <sup>18</sup>
Толщина эпитаксиального слоя, мкм . .	1–2,5
Удельное сопротивление эпитаксиального слоя, Ом.см .....	0,1–1,5
Плотность дислокаций в эпитаксиальном слое, см <sup>-2</sup> , не более .....	1·10 <sup>3</sup>
Толщина нижнего слоя SiO <sub>2</sub> , мкм . . . . .	0,06–0,1
Толщина нитрида кремния Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , мкм	0,1–0,18
Толщина верхнего слоя SiO <sub>2</sub> , мкм . . .	0,17–0,23

Упаковка: полистироловые коробки.

Дополнительные характеристики (параметры) и условия поставки оговариваются в заказе.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОТРАСЛИ СЫРЬЕМ И МАТЕРИАЛАМИ

Ю.В.Пархоменко

УДК 620.21.022.33.004.18

С каждым годом своевременное и полное обеспечение предприятий отрасли многими видами сырья и материалов усложняется. Это обусловлено, с одной стороны, высокими темпами развития электронной промышленности, а с другой — недостаточным приростом производственных мощностей ряда предприятий смежных отраслей, выпускающих специальные материалы. Кроме того, некоторые заводы неудовлетворительно выполняют поставки отдельных материалов, поскольку они составляют незначительный удельный вес в общем объеме выпускаемой ими продукции, а трудоемкость изготовления этих материалов высока вследствие жестких требований, предъявляемых к их качеству.

Принятое ЦК КПСС и Советом Министров СССР постановление "Об улучшении планирования и усилении воздействия хозяйственного механизма на повышение эффективности производства и качества работы" создает необходимые предпосылки для улучшения работы по обеспечению предприятий отрасли материальными ресурсами. Постановление предусматривает проведение комплексной системы мер по упрочению связей между производством и потребителем, непрерывности их планирования, по рациональному и эффективному использованию материальных ресурсов, которыми располагает народное хозяйство. Необходимо достоверно и своевременно определять потребности в сырье и материалах, распределяемых централизованно Министерством и отделами снабжения главных управлений, в сроки, предусмотренные установленным в стране порядком разработки и утверждения балансов материальных ресурсов. Сроки разработки и утверждения номенклатурных планов производства, особенно по изделиям внутриминистерской кооперации, а также норм расхода материалов должны согласовываться со сроками разработки и утверждения материальных балансов и проведения заготовительных работ.

Следует наладить работу и взаимодействие служб снабжения предприятий, объединений, главных управлений и Министерства по регулированию запасов сырья и материалов на предприятиях и маневрированию имеющимися ресурсами, чтобы не допустить образования значительных сверхнормативных остатков по одной номенклатуре сырья

и материалов и повысить уровень остатков по другой номенклатуре для ритмичной работы предприятий отрасли.

Дальнейшее совершенствование учета фактического расхода сырья и материалов, а также отчетности по материально-техническому снабжению позволит избежать принятия ошибочных управленческих решений на уровне Министерства и планирующих органов. Предусматривается организация действенного контроля за ходом специфицирования и прикрепления выделенных фондов к предприятиям-поставщикам в период заготовки, а также систематического и эффективного контроля за реализацией выделенных фондов и выполнением поставок.

Службы снабжения главных управлений и Министерства обязаны проводить систематическую работу по номенклатуре материалов, распределяемых территориальными управлениями Госснаба СССР, и оказывать должное влияние на решение вопросов обеспечения подведомственных предприятий.

Важнейшим условием улучшения работы по определению потребности предприятий отрасли в материальных ресурсах является повышение роли перспективных планов. Наряду с пятилетними и годовыми планами будут разрабатываться планы по основным направлениям экономического и социального развития на 10 лет и комплексная программа научно-технического прогресса на 20 лет. Основой деятельности каждого предприятия, объединения, главного управления и отрасли в целом будет служить пятилетний план, в котором кроме заданий по производству и других показателей будут устанавливаться объемы поставок основных видов материальных ресурсов на пять лет, а годовые планы будут разрабатываться на основе заданий и нормативов пятилетнего плана на данный год и включать в себя встречные планы, увязанные с материальными ресурсами. Не менее важно составлять пятилетние и годовые планы на основе экономических и инженерных расчетов, не допуская установления плановых заданий только из сложившейся динамики соответствующих показателей.

Усиление роли перспективных планов создает предпосылки для улучшения определения потребности в материальных ресурсах. Повышается обоснованность норм расхода сырья и материалов, своевременного и оперативного их пересмотра и корректировки на основе внедрения новой технологии и конструкторских решений, передового опыта и фактически достигнутого уровня расхода. В связи с этим первостепенное значение приобретает улучшение учета расхода материальных ресурсов по направлениям деятельности, проведение анализа фактического расхода и разработка исполнительных балансов, в которой должны принять совместное участие службы снабжения и нормирования.

В проводимой работе по определению потребности в материальных ресурсах на 1981 год, первый год одиннадцатой пятилетки, очень важно добиться тесного взаимодействия и сотрудничества служб планирования производст-

ва, нормирования расхода материалов и снабжения. В основу расчетов должны быть положены показатели, полученные в результате совместного анализа исполнительных балансов за 1979 год и уточненных плановых заданий на 1980 год.

Предусмотренное постановлением о совершенствовании хозяйственного механизма утверждение в пятилетних планах объемов поставки основных видов материально-технических ресурсов и заданий по среднему снижению норм расхода (с распределением по годам) значительно увеличит объем и изменит содержание работы по обеспечению отрасли сырьем и материалами. Госплан СССР и Госснаб СССР в настоящее время определяют номенклатуру материалов, по которой будут разрабатываться балансы и планы распределения и устанавливаться задания по среднему снижению норм расхода, уточняют порядок распределения, спецификации и занарядки материальных ресурсов, разрабатывают предложения по нормативам материальных резервов, предусматриваемых в государственных пятилетних планах, и мероприятия по усилению контроля за реализацией плана поставок по номенклатуре и ассортименту в соответствии с договорами на поставку материальных ресурсов. Службам планирования производства, нормирования расхода материалов и материально-технического снабжения предприятий, объединений, главных управлений и Министерства предстоит провести большую и ответственную работу по улучшению взаимодействия между собой, а также с Госпланом СССР. Госснабом СССР, союзными снабженческо-сбытовыми органами, министерствами и предприятиями-поставщиками материалов, территориальными управлениями. Главное состоит в том, чтобы обеспечить разработку проектов пятилетних планов экономического и социального развития на этапе проведения, работы по определению номенклатуры (ассортимента) материалов, осуществляемой органами сбыта совместно с поставщиками. Это послужит прочной основой для заключения хозяйственных договоров. Особое внимание следует обратить на своевременную и тщательную разработку плана производства изделий внутриминистерской кооперации. От качества этой работы во многом будет зависеть ритмичное обеспечение отрасли сырьем и материалами, что позволит производственным объединениям (предприятиям) и организациям определять в годовых планах номенклатуру (ассортимент) производимой продукции по заказам потребителей.

Второй важной задачей предприятий, объединений, главных управлений и Министерства является резкое повышение качества и оперативности учета и отчетности о фактическом расходе сырья и материалов по направлениям деятельности, реализации выделенных фондов, наличии и движении запасов материальных ресурсов и усиление ответственности за представляемую информацию.

Важное значение приобретает ускорение внедрения методов определения потребности в матери-

альных ресурсах с помощью ЭВМ не только на один год, но и на пятилетку, а также методов прогнозирования потребности на более длительную перспективу. Предстоит по-новому вести разработку методов управления материально-техническим снабжением с помощью ЭВМ. Практика разработки и внедрения ОАСУ МЭП показывает, что в условиях "позадачного" использования ЭВМ эффективность, например, АСУ МТС незначительна и не может удовлетворить ни работников коммерческих служб, ни интересы отрасли. В настоящее время подготавливаются предложения по решению с помощью ЭВМ оптимизационных и других логических задач и совершенствованию на этой основе управления материально-техническим снабжением отрасли.

Как известно, в 1980 году должен в основном завершиться перевод производственных объединений и предприятий на прямые длительные хозяйственные связи. Службам снабжения предприятий, объединений, главных управлений и Министерства необходимо улучшить работу с территориальными управлениями, союзглавснабсбытами и управлениями Госснаба СССР и уточнить номенклатуру сырья и материалов, по которой целесообразно перевести предприятия на прямые длительные хозяйственные связи в одиннадцатой пятилетке.

В работе территориальных органов Госснаба СССР должна получить дальнейшее развитие и совершенствование система гарантированного комплексного снабжения. Службам снабжения главных управлений и Министерства необходимо продолжить работу по совершенствованию хозяйственного механизма в части увеличения объемов комплектных поставок и производственных услуг, оказываемых подведомственным предприятиям, по коренному улучшению этой работы, повышению ответственности союзглавснабсбытов за создание широкого устойчивого ассортимента запасов материалов.

Для организации ритмичного снабжения важное значение имеет решение задачи по завершению, в основном в десятой пятилетке, перехода на централизованную доставку материалов со снабженческо-сбытовых баз территориальных органов Госснаба СССР.

Многое предстоит сделать, чтобы улучшить контроль за правильным и рациональным использованием и хранением материальных ресурсов на предприятиях отрасли. Проведенные проверки показывают, что еще имеются случаи расходования материальных ресурсов на цели, не предусмотренные планом, потери отдельных видов сырья и материалов в производстве, при хранении и транспортировке. Не всегда и не в полном объеме выполняются задания по снижению материалоемкости, пересмотру и сокращению норм расхода.

Службам снабжения предприятий, объединений, главных управлений и Министерства следует значительно усилить контроль за использованием материальных ресурсов и привести уровень этой работы в соответствие с задачами сегодняшнего дня.

### ПОЛУПРОВОДНИКОВОЕ ХАЛЬКОГЕНИДНОЕ СТЕКЛО

Используется в качестве материала для получения фоточувствительного подслоя термопластического носителя информации.

#### Физические свойства:

Состав, % ат. . . . .	$As_{40}S_xSe_{60-x}$
Структура . . . . .	стеклообразная аморфная
Плотность, г/см <sup>3</sup> . . . . .	3,50–4,15
Температура размягчения, °С	180–200
Температура кристаллизации, °С	300–360
Температура плавления, °С . . .	360–390
Удельное сопротивление, Ом.см	$1 \cdot 10^{13} - 5 \cdot 10^{15}$
Стойкость к кислотной среде (рН=4), более . . . . .	12 часов

*Упаковка: полиэтиленовые пакеты, содержащие по 50–500 г стекла, упакованные в полистироловые коробки.*

Дополнительные характеристики (параметры) и условия поставки оговариваются в заказе.

### МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ ФОСФИД ГАЛЛИЯ

Используется для изготовления полупроводниковых монокристаллических пластин в производстве изделий электронной техники.

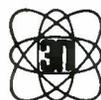
#### Основные данные

Диаметр, мм . . . . .	30–70
Ориентация . . . . .	(111),(100)
Концентрация носителей заряда, см <sup>-3</sup> . . . . .	$2 \cdot 10^{16} - 5 \cdot 10^{18}$
Подвижность носителей заряда при температуре 300 °К, см <sup>2</sup> /В.с . . .	40–200
Удельное сопротивление (полупроводящего GaP), Ом.см, не менее	$10^7$
Плотность дислокаций, см <sup>-2</sup> , не более . . . . .	$1 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^5$
Легирующая примесь: сера, теллур, цинк, хром, марганец	

*Упаковка: полиэтиленовые пакеты с монокристаллами упаковываются в полистироловые коробки.*

Дополнительные характеристики (параметры) и условия поставки оговариваются в заказе.

Ответственные за выпуск С. И. Баранова, Г. В. Потапова, С. М. Мкртчян  
Художник В. А. Чернецов Технический редактор Г. М. Корнеева  
Цветные фото Б. В. Борисевича  
Корректоры А. В. Смирнова, Н. С. Русецкая, Л. П. Данченкова



Т – 06031

Подписано в печать 6/III–1980 г.

Формат 60x90/8 Объем 9 п. л.

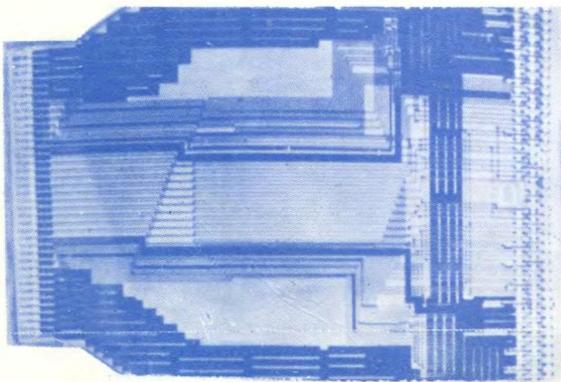
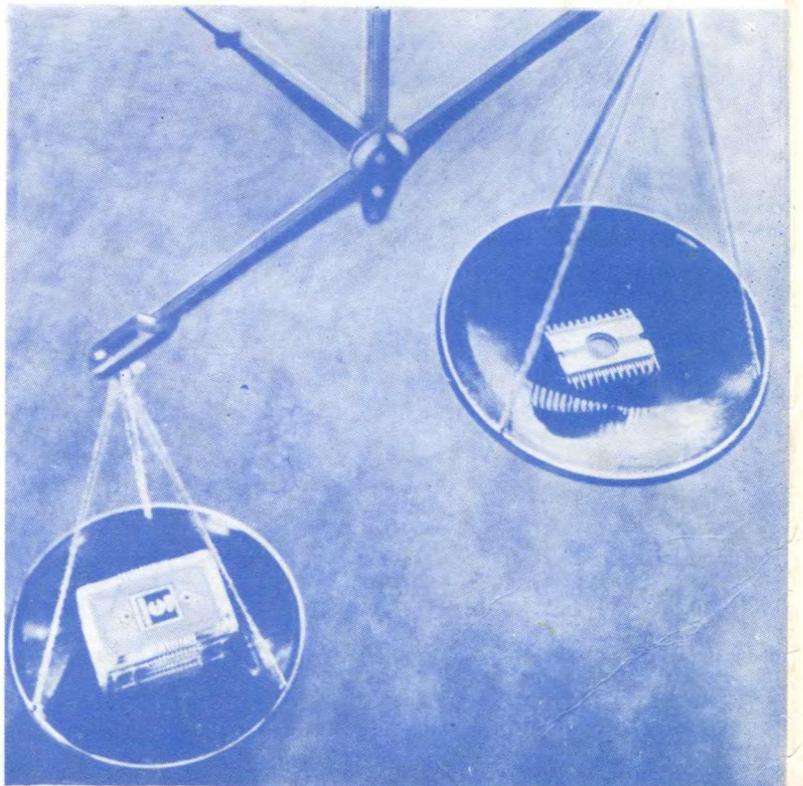
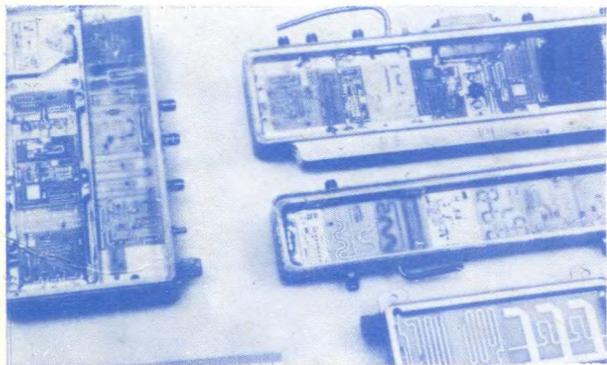
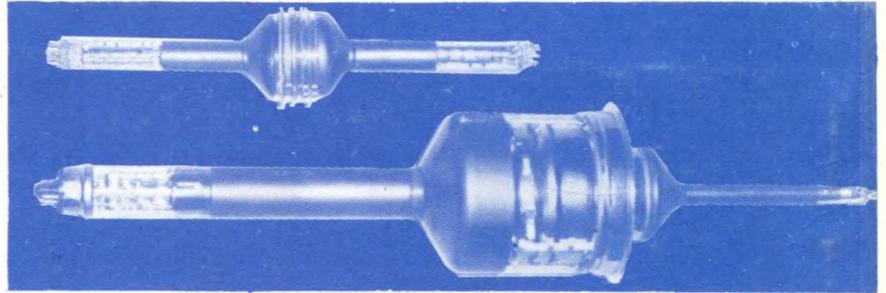
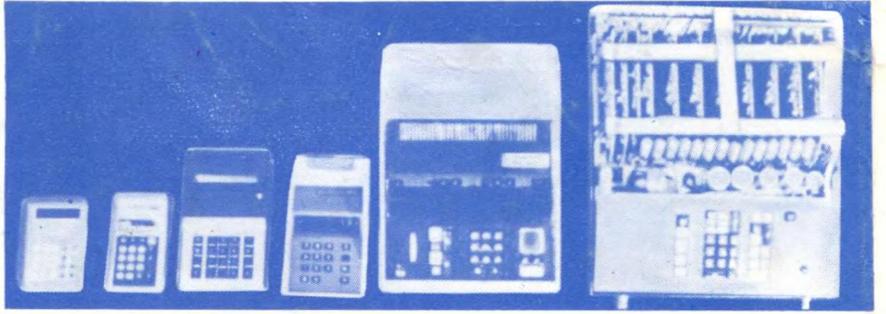
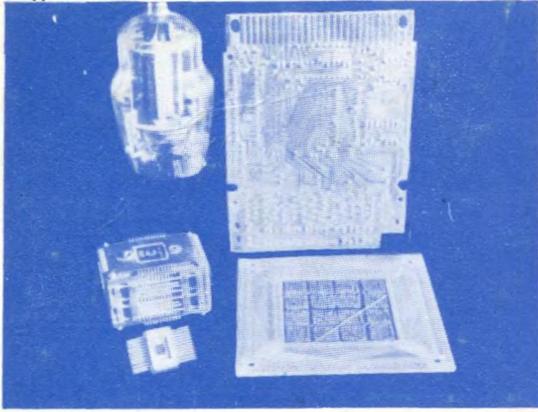
Уч.–изд. л. 8,5 Индекс 3833 34 статьи, 8 реф.

Заказ 270

Тираж 4200 Цена 2 руб. 90 коп.

Производственно-издательский отдел ЦНИИ "Электроника"

Москва, 117415, проспект Вернадского, 39



### ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Страница	Колонка	Строка	Следует читать
8	левая	1–5 снизу	дефицитных материалов, как ковар, бериллиевая керамика, вольфрам, молибден, нержавеющая сталь, иридий, платина, на менее дефицитные.
19	левая	14 сверху	сопротивление на 30% меньше.
19	правая	15–17 сверху	форного слоя 45–55%, что ниже, чем у хромовых слоев, и является более предпочтительным для фотолитографии (см. таблицу).
20	левая	25 снизу	5. Хо пер и я Т.Н., У л а н о в а А.В., Е г а н о в а Л.Г. International society of electrochemistry: 29 th Meeting: Extended abstracts, Budapest, 1978, part 2, p. 989.