

ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

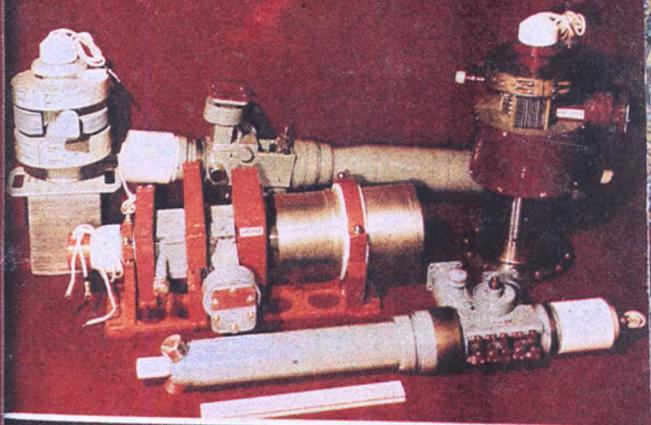
5
1991

*Рентгеновские трубки
для медицины,
дефектоскопии
и научных
исследований.*

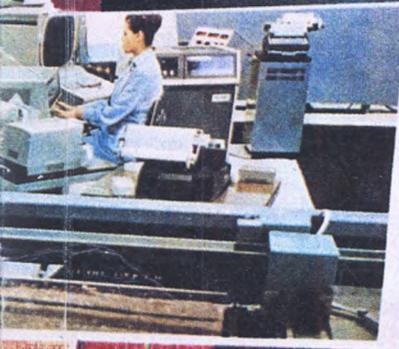


ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

6
1991



МОЩНЫЕ
ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫЕ
ПРИСОЕДИНЕНИЯ
СОХРАНЯЮТ
ЛИДЕРУЮЩЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ
СРЕДИ
ИСТОЧНИКОВ
МИКРОВОЛНОВОЙ
ЭНЕРГИИ



Итого: газетчиков
двухсманьяна
булок К1531ИР39
ЗУП. ЗСП
архивским
рнч К1500
Фосфорный регистр
138ИИ2
ЗМС
пагоного
модера
летности КР1021ХА4
Ющым
ереклюющаюи МДП
ранкстор КР121А

ОБ ОПЫТЕ
ОКАЗАНИЯ
ПЛАТНЫХ УСЛУГ
НА СЕРВИСНО

*Объявляется подписка
на журнал
«Электронная промышленность»
на 1992 год
для ПРЕДПРИЯТИЙ, ОРГАНИЗАЦИЙ
И ИНДИВИДУАЛЬНЫХ
ПОДПИСЧИКОВ*

Публикуемые в журнале

обзоры по различным направлениям развития электроники;
результаты фундаментальных исследований;
новые прогрессивные технологии и инновации производства;
сообщения о новых электронных приборах, компонентах, перспективных материалах;
методы и средства разработки радио- и электронной аппаратуры

знакомят читателей с современным уровнем развития электроники и представляют научный и практический интерес для специалистов. Разнообразны разделы журнала:

Исследования. Разработки. Проектирование.
Технология и организация производства.
Электронное машиностроение.
Изделия электронной техники и их применение.
Надежность и контроль качества.
Реклама. Информация. Новости.

Реклама, широко публикуемая в журнале, ориентирована на его читателей и всегда гарантирует высокое качество предлагаемых изделий, технологий, оборудования.

Стоимость подписки для индивидуальных подписчиков не меняется — 50 руб. 40 коп. (48 руб. + 2 руб. 40 коп.). Для предприятий и организаций — 210 руб. (200 руб. + 10 руб.).

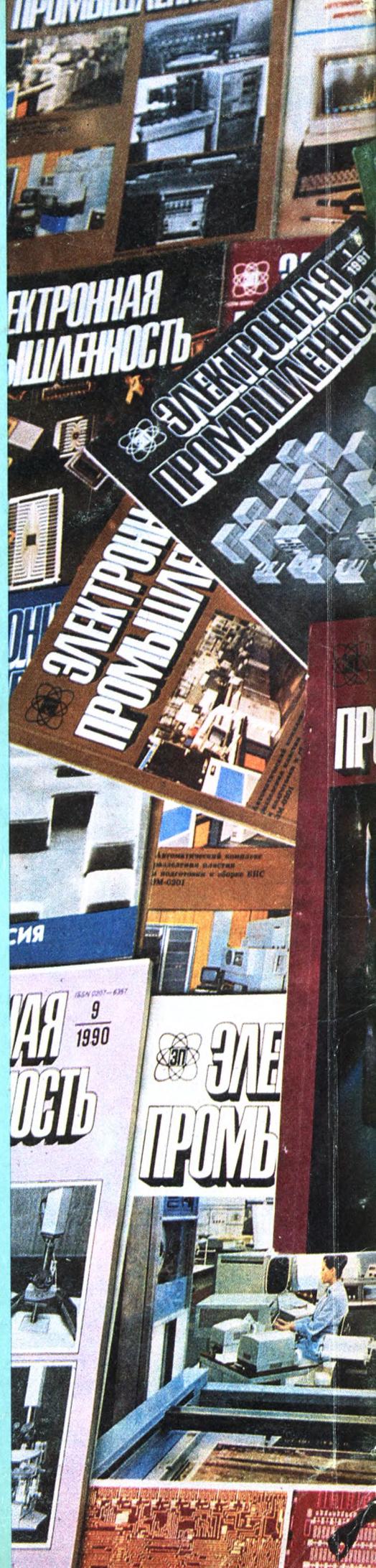
С 1992 года журнал будет выходить также на английском языке и распространяться по подписке за рубежом.

Предприятиям и организациям — постоянным подписчикам журнала — будет выслан как обычно «Перспектив издания по электронной технике». Предприятия, организации и частные лица, оформляющие подписку впервые, должны перечислить необходимую сумму в Московский банк «Санва» (Черемушкинское отд. ПСБ), МФО 201490, инд. 117335 банковским поручением или почтовым переводом с пометкой «За журнал «Электронная промышленность» и выслать копию платежного документа с подробным адресом получателя в редакцию.

Приложение «Изделия электронной техники» отдельно издаваться не будет. Оно войдет в состав журнала самостоятельным разделом.

Адрес редакции: 117415, Москва, просп. Вернадского, 39,
ЦНИИ «Электроника», редакция журнала
«Электронная промышленность».

Телефоны: Отв. секретарь 431-58-21
Зав. редакцией 432-92-72
Редакторы 432-92-27, 432-91-89



ЛАБОРАТОРИЯ РАДИАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЦЕНТРА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ВЫСОКОТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ЛЕНИНГРАДСКОМ НПО «ПОЗИТРОН»

оснащена комплексом электрофизических установок, в числе которых:
кобальтовая гамма-установка К-120000;
ускорители электронов РТЭ-1В и ИЛУ-6;
генератор быстрых нейтронов НГ-200У, представляющий собой источник ускоренных протонов, дейтронов, ионов молекулярного водорода и гелия; малогабаритный изохронный циклотрон МГЦ-20.

В разработках используется современная научно-исследовательская база Центра физико-химических исследований и высокоточных измерений.

Лаборатория радиационных исследований предлагает свои услуги в области радиационного материаловедения при разработках и применении радиационных методов в технике, технологии, медицине.

Лаборатория выполняет:

неразрушающий анализ состава многослойных, многоэлементных тонкопленочных структур с микронными и субмикронными слоями методом обратного резерфордовского рассеяния заряженных частиц;

рентгеновский спектральный анализ с возбуждением рентгеновского излучения пучком ускоренных протонов с энергиями 3—5 МэВ;

активационный анализ основного и примесного состава различных материалов;

прогнозирование отказов полупроводниковых структур на основе анализа изменения их свойств при гамма-облучении;

определение радиационной стойкости материалов и изделий электронной техники, а также путей ее повышения;

определение газовой выделенности органических материалов при радиационном воздействии, поиск путей повышения радиационной стойкости полимерных материалов.

Лаборатория осуществляет радиационную обработку материалов и изделий, позволяющую:

регулировать время жизни неосновных носителей заряда в диодных, тиристорных, транзисторных и других полупроводниковых структурах, в том числе локально по площади и глубине, для улучшения их частотных характеристик;

очищать от неконтролируемых примесей кремниевые и германиевые пластины с целью устранения структурных дефектов и увеличения времени жизни носителей заряда;

управлять профилями распределения легирующих примесей в кремниевых и германиевых пластинах;

формировать межэлементную изоляцию, уменьшать токи утечки в ИС и СВЧ приборах на основе арсенида галлия;

формировать границы активных областей оптоэлектронных приборов на основе

$\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ (фотодиодов, светодиодов, полосковых гетеролазеров и др.);

повышать обратные рабочие напряжения силовых приборов на основе арсенида галлия;

формировать омические контакты к полупроводниковым приборам и резкие малощумящие переходы в ионно-имплантированных и термодиффузионных слоях;

получать термостабильный, до 1000°C, твердый раствор золота в кремнии с целью создания высокоомных подложек фотоприемников, ПЗС-структур и др.;

локально (по площади) легировать электроактивными примесями на глубину до нескольких сотен микрометров кремний и арсенид галлия методом ядерных реакций (трансмутаций);

повышать тепловую и химическую стойкость, улучшать адгезионные свойства, увеличивать механическую прочность и стойкость к растрескиванию при низких температурах полимерных материалов;

придавать изделиям из фторопласта и полиэтилена способность к термоусадке (эффект «памяти»);

регулировать вязкость пленкообразующих составов на основе поливинилбутирала, используемых для изготовления тонких, толщиной 9 мкм и более, керамических пленок;

проводить отверждение разработанных в лаборатории радиационно-отверждаемых влагозащитных покрытий на основе модифицированных эпоксидных смол;

изготавливать бесклеевой резинопластик (материал с жесткостью гетинакса, текстолита и с упругими свойствами резины) и изделия из него;

осуществлять вулканизацию резиновых изделий на основе кремнийорганических, фторорганических и других каучуков (листовые, фасонные, тонкостенные изделия);

проводить радиационную полимеризацию мономеров с целью получения высококачественных полимерных стекол, в частности медицинского назначения;

стерилизовать медицинские изделия, инструменты и оборудование для биохимических и биофизических исследований;

получать радиоактивные изотопы, в том числе для изготовления радиофармацевтических препаратов.

Лаборатория радиационных исследований Центра физико-химических исследований и высокоточных измерений принимает заказы на проведение технологического облучения на оборудовании лаборатории, а также на разработку, реализацию и освоение в производстве новых радиационных технологических процессов, в том числе совместимых с оборудованием заказчика.

Телефоны: (812) 552-63-15 (812) 552-67-38 (812) 552-98-96

СОДЕРЖАНИЕ

ОБОРУДОВАНИЕ

Специальное технологическое

- Лазерные источники, материалы и оборудование для лазерографии. *Васенков А. А., Гукетлев Ю. Х., Гарицын А. Г., Поталов С. Е.* 3
- Датчики оперативного технологического контроля процессов нанесения и травления пленок. *Демидов Ф. П., Аммосова Л. М.* 20

Контрольно-измерительное

- Установка для измерения шумовых характеристик микросхем и дискретных транзисторов на пластинах. *Гарбар Н. П., Лукьянчикова Н. Б., Абриу У. Р., Жарииков В. А., Кропман Д. И.* 27
- Универсальный автоматический эллипсометр. *Васильев Н. Н., Ковалев В. И., Рукавишников А. И., Соколова Т. Л.* 29
- Электронно-лучевой логический анализатор для функциональных испытаний СБИС. *Прокопенко В. И., Просеков А. Н., Колачев М. Г., Сутягин В. Г., Зырянов О. Н.* 30

ИССЛЕДОВАНИЯ. РАЗРАБОТКИ. ПРОЕКТИРОВАНИЕ

- Исследование оптоэлектронных свойств пленок для солнечных элементов. *Абдуллаев М. А., Ахмедов А. К., Магомедов М.-Р. А., Хохлачев П. П.* 32
- Исследование магнитосопротивления в пленках для солнечных элементов. *Магомедов М.-Р. А., Абдуллаев М. А., Амирханова Дж. Х.* 33

ТЕХНОЛОГИЯ

- Новый метод изоляции элементов ИС для повышения быстродействия и плотности элементов ППЗУ. *Старицын В. К., Алексеев Н. А., Дягилев В. Н., Львович А. А.* 36
- Новый метод диэлектрической изоляции пассивных и активных компонентов в ГИС. *Андреев В. М., Малинин А. А., Тарасов С. В., Тузовский К. А., Ушкар М. Н.* 40
- Оптимизация режимов работы системы обеспечения инертной среды при герметизации ИС. *Безрадetskий А. В., Ерошенко Р. А., Воловенко Н. А., Кобзарь С. В., Кочан А. Д.* 42

Инновации производства

- Использование трибозлектрического способа полировки для изготовления ИС. *Клюев В. А., Колобов М. А., Топоров Ю. П., Иванов Л. А., Пачевский В. М.* 46
- Перспективный метод пайки поверхностно монтируемых печатных узлов. *Кириллов Ю. В., Горянина И. И., Свиридов В. А.* 48
- Повышение надежности соединений в металлостеклянных корпусах ИМС. *Емельянов В. А., Михайлов Г. К., Ануфриев Л. П.* 51

ИЗДЕЛИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

- Однократно программируемые элементы памяти на аморфном кремнии и возможность их использования в технологии СБИС. *Айвазов А. А., Филатова И. В., Будагян Б. Г., Мейтин М. Н.* 54
- Новый тип программируемых элементов и семейство ППЗУ на их основе. *Львович А. А., Приходько П. С., Романец А. Н., Глухов А. В.* 56
- Диоды Ганна для твердотельных перестраиваемых генераторов. *Наливайко Б. А., Божков В. Г., Неудахин В. И.* 58

Электроника и медицина

Устройства для рефлексотерапии. *Майбородин А. В., Медведева Н. И., Гудейков М. Ю.* 68
Масс-спектрометр Plasma-Quad PQ-2 Turbo plus 69

ИЗДЕЛИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Серия мощных импульсных арсенидогаллиевых диодов Ганна ЗА750А-Л, ЗА762А-Л. *Ким Я. И., Давыдова О. И.* 79
Импульсный лавинный полупроводниковый диод АД530. *Архипова Л. И., Каримбаев Д. Д., Приходько Г. Л.* 81
Линейный ФППЗ с гарантируемой величиной коэффициента передачи модуляции. *Василевская Л. М., Хатунцев А. И.* 82
Фоточувствительный прибор с зарядовой связью типа А-1131. *Скрылеев А. С., Старовойтов В. И., Фрост Н. И.* 83
Экспериментальные фотоприемные модули. *Марков А. Н., Хатунцев А. И.* 84
Арсенидогаллиевые полевые транзисторы с каналом *n*-типа 88
Новая комплементарная пара мощных высоковольтных эпитаксиально-планарных транзисторов КТ8101А, Б (*n-p-n*), КТ8102А, Б (*p-p-p*). *Артюков А. К.* 92
Конденсаторы 96
Интегральные микросхемы 99
Базовые матричные кристаллы типа ТТЛШ серии К1548. *Ермаков А. Е., Крюков В. П., Назаров Н. Б., Петров Л. Н.* 105
Электронно-лучевые трубки 106
"УВСТИ-1" Безочковая стереотелевизионная установка. *Василевский О. Н., Чунин Н. С.* 107
РЕКЛАМА 35, 45, 67, 69-76, 78, 81, 82, 87, 94, 95, 103, 106

Главный редактор Ю. А. КОЗЛОВ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ: В. А. Афанасьев, А. И. Боровской, С. С. Булгаков, В. П. Буц, В. Д. Вернер, Г. Г. Горбунова (ответственный секретарь), А. П. Грибачев, Б. Г. Грибов, Ю. Х. Гукетлев, Г. Я. Гуськов, Н. Д. Девятков, В. Л. Дшхунян, Н. Н. Евтихийев, В. А. Егоров, В. И. Жильцов, Г. М. Зверев, В. И. Иванов, Ю. А. Кузнецов, В. В. Лебедев, С. Н. Мазуренко, Б. Н. Махалин, А. Р. Назарьян (зам. главного редактора), В. И. Никишин, А. Г. Олейников, Е. Е. Онегин, А. Г. Семенов, В. В. Симонов, В. А. Сотников, В. Д. Степанов, П. М. Стуколов (зам. главного редактора), В. М. Терехов, А. П. Тихонов, А. С. Уксусов, В. Н. Уласюк, В. Е. Фетисов, А. Т. Яковлев

Научные редакторы: *Кокорева И. В., Крылова Т. Р., Михайлова Л. Н.*

Выпускающий редактор *Щербакова Т. Э.*

Технический редактор *Румянцева Л. М.*

Художники: *Чернецов В. А., Киселев В. Е.*

Корректоры: *Зотова И. П., Козырева Л. П., Русецкая Н. С.*

Формат 60 x 90/8
Индекс 3833

Подписано в печать 18.07.91 г.
Тираж 3300 экз.

Объем 13,5 п. л.
Заказ 787

Уч.-изд. л. 15,5
Цена 4 р. 10 к.

Адрес редакции: 117415, Москва, просп. Вернадского, 39. Телефоны: 432-92-72, 432-92-27

Справки по опубликованным материалам — телефон 432-91-31

ЛАЗЕРНЫЕ ИСТОЧНИКИ, МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЛАЗЕРОГРАФИИ

канд. техн. наук, доц. А.А.Васенков,
д-р техн. наук Ю.Х.Гукетлев,
канд. техн. наук А.Г.Гарицын,
канд. техн. наук С.Е.Потапов

Технологические процессы лазерографии реализуются под стимулирующим воздействием лазерного излучения в диапазоне длин волн 190 - 1050 нм при плотности мощности $10^4 - 10^7$ Вт/см² [1,2]. Лазерные контрольно-измерительные методы реализуются в диапазоне длин волн 190-760 нм, при мощности импульсов менее 0,01 Дж, длительности импульсов 0,01- 10,0 нс и частотах следования импульсов 10-100 кГц [2,3]. Качество лазерного источника применительно к задачам лазерографии характеризуют следующие параметры:

- расходимость лазерного пучка (обычно не должна превышать долей миллирадиан);
- модовый состав лазерного излучения (предпочтительны одномодовые источники);
- однородность светового потока в области фокусировки;
- стабилизация мощности и возможность управления энергетическими параметрами лазерного пучка.

В зависимости от назначения и конструкции лазерные системы для лазерографии должны отвечать ряду специфических требований.

Проекционные оптические системы

Наиболее критичным требованием к таким оптическим системам является необходимость повышения разрешающей способности оптики при сохранении и даже увеличении рабочего поля.

Улучшение разрешающей способности в проекционных оптических системах может быть достигнуто тремя основными путями: увеличением числовой апертуры объектива, уменьшением длины волны источника излучения, применением технологических

процессов с существенно нелинейными фоточувствительными характеристиками.

Следует отметить, что основным источником погрешностей для свободной от аббераций (идеальной) проекционной системы является расфокусирование. Допустимая величина расфокусирования обратно-пропорциональна квадрату числовой апертуры. Поэтому, учитывая наличие топологического рельефа микроструктур СБИС предпочтительно уменьшать длину волны и использовать проекционные объективы с малой числовой апертурой. Это в достаточной мере обеспечивается выбором рабочей длины волны лазерного источника в диапазоне 193 - 360 нм. Этот же диапазон волн наиболее эффективен для реализации технологических процессов лазерографии.

Требования к лазерному источнику для технологического оборудования, реализующего процессы лазерографии в проекционном режиме, можно разделить на несколько групп. К ним относятся, во-первых, требования, обусловленные использованием объектива-монохроматора и кварцевой оптики:

- сужение спектра генерации до $\pm 0,003$ нм,
- стабильность спектра во времени $\pm 0,001$ нм,
- однородность пучка в пределах $1 - 3\%$,
- минимальный модовый состав излучения;

во-вторых, использованием технологических процессов лазерографии:

- высокая энергия импульсов 0,1 - 1,0 Дж,
- высокая частота импульсов ~ 1 кГц,
- стабильность энергии импульсов $\pm 1\%$,
- длительность импульсов 50 - 500 нс,
- возможность управления энергией импульсов;

в-третьих необходимостью работы лазера в чистых

условиях производства СБИС :

- надежность,
- простота ремонта и обслуживания,
- минимизация количества генерируемой пыли, вибраций, тепла и электромагнитных помех.

Одномлучевые системы лазерной пантографии

Требования к лазерным источникам для лазерной пантографии и для проекционной обработки существенно различаются, что связано в первую очередь с режимом работы оптической системы. В установках лазерной пантографии оптическая система должна обеспечивать максимально возможную для данной длины волны фокусировку лазерного пучка на подложке СБИС. Диапазоны длин волн лазерных источников для пантографии и проекционной обработки близки по величине. В лазерной пантографии широко используется непрерывный режим работы лазерного источника. Применяется также квазинепрерывный режим работы лазера с высокой (более 10 кГц) частотой следования импульсов.

К параметрам лазерного источника для лазерной пантографии предъявляются следующие специфические требования:

- непрерывный или квазинепрерывный (с частотой следования импульсов более 10 кГц) режим работы;
- средняя мощность излучения более 1 Вт;
- одномодовый состав излучения;
- стабилизация интенсивности излучения с точностью не хуже 1 %;
- возможность регулирования мощности излучения в автоматическом режиме.

Лазерные контрольно-измерительные системы

Лазерные системы сканирующего контроля структур СБИС имеют две важнейшие области применения в технологии СБИС :

- неразрушающий сканирующий контроль полупроводниковых структур в ходе технологического процесса на соответствие конструктивно-технологическим требованиям процесса;
- зондовый лазерный контроль функционирования чипов СБИС.

Примером области применения может служить лазерный сканирующий микроскоп. Конструктивное исполнение оптических систем этого микроскопа и лазерного пантографа аналогично. Различаются лишь диапазоны длин волн: для сканирующего микроскопа в некоторых случаях диапазон расширяется в

инфракрасную область вплоть до 1 - 1,5 мкм.

Вторая область применения существенно отличается от ранее рассмотренных, что заключается в использовании ультрафиолетового излучения, вызывающего в полупроводниках и металлах поверхностный фотоэффект. Это необходимо для локального возбуждения и считывания электрических сигналов внутри структуры СБИС. Кроме того, лазер применяется как источник импульсов в стробоскопической измерительной системе, что налагает на него жесткие требования по длительности, частоте повторения и синхронизации импульсов. Лазерные источники таких измерительных систем имеют следующие дополнительные требования:

- длительность излучаемых импульсов 10 - 50 пс;
- частота следования импульсов не менее 100 кГц;
- диапазон рабочих длин волн 200 - 300 нм;
- электронная синхронизация начала импульсов.

Твердотельные лазеры

Твердотельные лазеры характеризуются высокой удельной мощностью, что объясняется большой концентрацией активных элементов в их рабочем веществе. Другая отличительная особенность, определяющая промышленное применение - высокая надежность твердотельных лазеров.

В зависимости от используемого рабочего вещества твердотельные лазеры делятся на несколько классов: лазеры на активированных стеклах, на диэлектрических кристаллах, на кристаллах с ионной структурой и полупроводниковые. Кроме того, твердотельные лазеры различаются по используемым методам накачки и другим конструктивным признакам.

Рассмотрим твердотельные лазеры, выпускаемые серийно и применяемые в электронной промышленности. К ним относятся в первую очередь лазеры на алюмоитриевом гранате (АИГ), которые обеспечивают наиболее высокие выходные характеристики по сравнению с другими промышленными твердотельными лазерами. Использование второй и третьей гармоник АИГ-лазеров позволяет реализовать как пиролитические ($\lambda_2=532\text{нм}$), так и фотолитические ($\lambda_3=355\text{нм}$) процессы. АИГ-лазеры, работающие с преобразованием частоты на четвертой гармонике ($\lambda_4=266\text{нм}$), позволяют реализовать фотолитические процессы с высоким пространственным разрешением. Особенностью АИГ-лазеров является возможность реализовать квазинепрерывный режим работы с высокой частотой следования импульсов и большой средней

мощностью излучения. Среди твердотельных лазеров. АИГ-лазеры наиболее перспективны для применения в лазерографических установках. Основным недостатком лазеров на основе АИГ, как и большинства лазеров, с точки зрения применения в технологическом оборудовании является низкий КПД и, следовательно, большая потребляемая мощность и габариты блока питания.

Проблема потребляемой мощности и габаритов может быть решена при использовании полупроводниковых лазеров. Несмотря на то, что по выходным характеристикам, в особенности по выходной мощности, полупроводниковые лазеры значительно уступают другим твердотельным лазерам, они перспективны для применения в технологическом оборудовании. Использование полупроводниковых светоизлучательных диодов для накачки АИГ лазеров позволит создать малогабаритные высокоэффективные и

надежные лазеры для лазерографических систем.

Отечественная промышленность серийно выпускает твердотельные лазеры различного назначения. Лазеры предназначенные для применения в микроэлектронике (см. табл.1) [4,5], характеризуются высокой стабильностью параметров и гарантируемыми значениями выходной мощности, расходимости излучения и относительно большой наработкой на отказ.

За рубежом различными фирмами выпускаются коммерческие твердотельные лазеры (см. табл. 2) [6-8], перекрывающие широкий диапазон параметров.

Лазеры инфракрасного и видимого диапазонов на инертных газах и парах металлов

Газовые лазеры широко применяются в промышленности (см. табл.3) [5,9]. Серийно

Параметры отечественных твердотельных лазеров для микроэлектроники

Таблица 1

Тип лазера	Длина волны излучения, нм	Средняя мощность, Вт	Энергия импульса, Дж	Длительность импульса, нс	Частота импульсов, Гц	Расходимость излучения, мрад	Наработка на отказ, имп/ч
I	2	3	4	5	6	7	8
Импульсные и непрерывные лазеры на АИГ с непрерывной накачкой							
ЛТИ-103	1064	250	-	-	-	12	-/200
ЛТИ-501	1064	8	-	-	до50кГц	дифракц	-/200
ЛТИ-502	1064	16	-	-	до50кГц	дифракц	-/200
ЛТИ-701	532	4	-	-	до25кГц	дифракц	-/200
ИЛТИ-402	532	4	-	-	-	-	-/100
ИЛТИ-503	1079	5	-	-	до50кГц	-	-/100
ИЛТИ-504	1340	4	-	-	до20кГц	-	-/100
ИЛТИ-703А	540	16	-	-	до50кГц	-	-/100
ИЛТИ-703Б	540	8	-	-	до50кГц	-	-/100
Малогабаритные твердотельные лазеры с полупроводниковой накачкой							
ЛТИ-302-1/2	1064 1079 1318	0,03	-	-	-	-	-
ЛТИ-306-1/2	1340	0,01	-	-	-	2,2	-
ЛТИ-404	532	0,001	-	-	-	2,6	-
Лазеры на АИГ с модуляцией добротности и импульсной накачкой							
ЛТИ-205	1060	-	0,4	15	50	-	10 ⁷
ЛТИ-207	1079	-	1,0	15	30	6	10 ⁷
ЛТИ-208	1064	-	0,05	10	50	1,4	10 ⁷
ЛТИ-214	1064	-	0,15	15	50	-	10 ⁷
ЛТИ-215	1064	-	0,03	15	50	-	10 ⁷
ЛТИ-418-2	532	-	0,05	15	25	-	10 ⁷
ЛТИ-406	1064	-	0,25	10	50	1,4	10 ⁷
ЛТИ-408	532	-	0,02	15	25	1,5	5*10 ⁶
ЛТИ-409	355	-	0,01	15	50	1,5	10 ⁷
ЛТИ-411	532	-	0,07	15	12,5	-	2,5*10 ⁶
ИЛТИ-205	1064	-	0,3	15	50	-	10 ⁷
ИЛТИ-207	1079	-	1,0	8	30	6	10 ⁷
ИЛТИ-405Б	532	-	0,025	15	25	-	10 ⁷
ИЛТИ-407Б	532	-	0,07	15	12,5	-	2,5*10 ⁶
ИЛТИ-409	532	-	0,01	5-15	50	1,5	10 ⁷

Параметры зарубежных твердотельных лазеров для микроэлектроники

Таблица 2

Тип лазера	Длина волны излучения, нм	Средняя мощность, Вт	Энергия импульса, Дж	Длительность импульса, нс	Частота импульсов, Гц	Расходимость излучения, мрад	Фирма производитель, страна
I	2	3	4	5	6	7	8
Коммерческие модели АИГ:Nd-лазеров с непрерывной накачкой							
TWO-15AC	0,53	0,025	-	-	-	3	General Photon. (США)
TWO-16	1,052	0,5	-	-	-	3	-/-
117R-Q/CW	1,06	18	-	-	-	1,4	Quantro nix (США)
346Q	1,06	7,5	-	-	-	1,5	Spectra Physics (США)
и модуляцией добротности							
9560QTGV	0,265	0,15	-	-	-	2	Laserme nrics (США)
9560 QTG	0,53	3	-	-	-	2	-/-
117R-O/QS	1,06	18	-	-	-	1,4-10	Quantro nix (США)
212P	1,32	15	-	-	-	10	CVI Control Laser (США)
и синхронизацией мод							
3460/342	0,53	0,75	-	-	-	1,5	Spectra Physics
416ML/342	0,53	1,0	-	-	-	1,0	Quantro nix (США)
416ML	1,06	10	-	-	-	1,4	-/-
416ML-2L	1,32	1	-	-	-	-	-/-
Коммерческие модели АИГ:Nd-лазеров с импульсной накачкой							
Clа 020	1,06	-	5,0	10	100мкс	-	Lasag Швейцар
45	1,06	-	0,5	2500	100мкс	6	P/M Laser Systems
и модуляцией добротности							
YG581CPHG	0,266	-	0,085	10	7	0,7	Quantel Int (США)
YG482THG	0,35	-	0,21	10	11	0,6	-/-
YG482SHG	0,53	-	0,65	10	12	0,6	-/-
и синхронизацией мод							
Серия AML	0,266	-	0,025	10	0,1	1	JK Laser Ltd.
YG501C	0,355	-	0,045	-	0,1	0,6	Quantel Int (США)
Экспериментальные и промышленные полупроводниковые лазеры							
TOLD-120	0,78	20мВт	-	-	-	-	Toshiba Япония
SDL-2410	0,79-0,84	100мВт	-	-	-	-	Spectra DiodeL. (США)
SDL2410-11	0,79-0,84	200мВт	-	-	-	-	-/-
экс.обр.	0,679	20мВт	-	-	-	-	Toshiba
-/-	0,78	80мВт	-	-	-	-	Hitachi
-/-	0,8	200мВт	-	-	-	-	Matsu-shita
-/-	0,84	2,6Вт (интегрированная ф.решетка)	-	-	-	-	Xerox Palo Alto

Параметры отечественных серийных газовых лазеров для микроэлектроники

Таблица 3

Тип лазера	Длина волны излучения, нм	Средняя мощность, Вт	Энергия импульса, Дж	Длительность импульса, нс	Частота импульсов, Гц	Расходимость излучения, мрад	Наработка на отказ, имп/ч
1	2	3	4	5	6	7	8
Атомарные гелий-неоновые лазеры							
ЛГН-III	630	25 мВт	-	-	-	-	2000
ЛГН-III3	630; 1150	15 мВт	-	-	-	3	5000
ЛГН-215	630	55 мВт	-	-	-	0,5	2000
ЛГН-220	630	70 мВт	-	-	-	1,0	1000
ЛГН-303	632,991	1 мВт	-	-	-	-	10000
Аргонные ионные лазеры							
ЛГ-106М-I	460-520	1 многомодовый	-	-	-	1,2	500
ЛГН-402	450-510	4	-	-	-	1,5	5000
ЛГН-502	450-510	2	-	-	-	0,9	5000
ЛГН-503	480	1	-	-	-	0,9	5000
ЛГН-511	454-514	10 одномодовый	-	-	-	0,5	5000
ЛГН-512	457,9 488,0 514,5	1,0 5,0 5,0	одномодовый, одночастотный	-	-	0,5	5000
ЛГН-513	351	0,25 одномодовый	-	-	-	0,5	5000
Ионные лазеры на парах меди							
УЛ-102	510-570	0,5-3,0	-	15	8000	-	500
ЛГН-101	510-570	3,0	-	15	10000	2	500
ГЛ-201	510-580	10,0	-	15	8000	-	500
Азотные молекулярные лазеры							
ИЛГН-503	337	3кВт в импульсе	-	10	100	-	2000
ЛГН-504	337	50кВт в импульсе	-	6-8	до1000	-	5000
ЛГН-505	337	15кВт в импульсе	-	6-8	до1000	3	5000
Молекулярные лазеры на двуокиси углерода							
ЛГН-901Б	10550 10570 10590	5,5 6,5 10,59	-	-	-	4,2	1000
ИЛГН-801	10600	23	-	-	-	-	500
ЛГ-25Б	10600	23	-	-	-	-	500
ИЛГН-704	10600	25	-	-	-	-	1000
ИЛГН-709	10600	100	-	-	-	5	500
Молекулярные лазеры на окиси углерода							
ИЛГН-711	5-6мкм	20	-	-	-	-	500
Экцимерные лазеры на хлориде ксенона							
ЛГН-509	308	1МВт в импульсе	40	-	100	6	-

выпускаются газовые лазеры следующих классов: лазеры на нейтральных атомах, на ионизированных газах, молекулярные газовые, на парах металлов, эксимерные. Последний класс газовых лазеров приобретает в последнее время особенно важное значение для технологических задач лазерографии.

Лазеры на нейтральных атомах (в частности гелий-неоновые) получили широкое распространение в промышленности в качестве контрольно-измерительного инструмента.

Из газовых лазеров наилучшими характеристиками для лазерной пантографии обладают ионные аргонные лазеры. Важнейшее достоинство этих лазеров - высокая стабильность характеристик (высокочастотная стабилизация выходной мощности и большой рабочий

ресурс), хороший модовый состав излучения, малая расходимость излучения и необходимый набор частот (в частности, наличие частот $\lambda_1=514\text{нм}$; $\lambda_2=351\text{нм}$).

Из серийных молекулярных лазеров наилучшие характеристики для целей лазерографии имеют лазеры на молекулах азота. Главные достоинства азотных лазеров - высокая импульсная мощность и большая допустимая частота следования импульсов.

Широкие возможности открывает использование лазеров на парах меди, которые характеризуются большим диаметром пучка и высоким оптическим коэффициентом усиления, что позволяет создавать на их основе лазерные проекционные микроскопы с возможностью обработки объекта высокоэнергетичным лучом.

В табл. 4 [9,10] приведены справочные данные по лучшим коммерческим газовым лазерам ведущих зарубежных фирм.

Экцимерные лазеры ультрафиолетового диапазона

Экцимерные лазеры - относительно новый класс лазеров, в которых активной средой служат квазимолекулы, существующие только в возбужденном состоянии (эксимерные молекулы). Возбужденное состояние создается либо электронным пучком, либо с помощью электрического разряда (как самостоятельного, так и с предварительной ионизацией активной среды различными способами). Переходя в основное состояние, эксимерные молекулы испускают кванты ультрафиолетового излучения. Благодаря

Параметры зарубежных серийных газовых лазеров для микроэлектроники

Таблица 4

Тип лазера (активная среда)	Длина волны излучения, нм	Средняя мощность, Вт	Энергия импульса, Дж	Длительность импульса, нс	Частота импульсов, Гц	Расходимость излучения, мрад	Фирма производитель, страна
1	2	3	4	5	6	7	8
Коммерческие газовые лазеры в непрерывном режиме							
Innova-20 (Ar)	0,45-0,514	20	-	-	-	0,5	Coherent (США)
65-1 (Ar-Kr)	0,475-0,514	0,1	-	-	-	0,9	Lesel (США)
CD4801R (He-Cd)	0,4416	0,1	-	-	-	0,5	Kimmon Electric (США)
Sp-125A (He-Cd)	0,6328	0,05	-	-	-	0,7	Newport Corp. (США)
405 (CO ₂)	10,6	45-55	-	-	-	3,5	Direct Laser I (США)
1-102 (CO ₂)	10,6	100	-	-	-	2,2	Laser Ingen. (США)
Коммерческие газовые лазеры в импульсном режиме							
Innova-90/468 (Ar)	0,45-0,53	-	2 · 10 ⁻⁸	0,2	2,3 · 10 ⁸	0,6	Coherent (США)
Cu-25 (Cu)	0,511	25-30	-	-	-	2	Oxford Lasers Англия
1005 (Au)	0,629	5	-	50	5-15	3	Quantron Pty Ltd, Австрал

высокой выходной мощности УФ-излучения на длине волн 157 - 353 нм эксимерные лазеры весьма эффективны для применения в технологическом оборудовании для изготовления СБИС.

Параметры эксимерных лазеров определяются прежде всего составом активной газовой среды. В зависимости от состава квазимолекулы газовую активную среду эксимерных лазеров можно разделить на три основные группы: на димерах инертных газов (Ar_2 , He_2 , Kr_2 и др.); на молекулах, включающих атом галогена (XeF , $XeCl$, KrF и др.); на оксидах инертных газов (XeO , KrO и др.).

Кроме этих основных групп существуют также лазеры на эксимерных молекулах инертных газов и щелочных металлов ($LiHe$, $NaHe$ и др.), инертных газов и металлов II группы Периодической таблицы ($BeNe$, $MgNe$ и др.), на парах металлов ($TeHg$, $NaHg$, $CdHg$, Mg_2 , Hg_2 , и др.), на двухатомных гомоядерных молекулах галогенов (F_2 , J_2 , Br_2 и др.).

Лазеры на димерах инертных газов излучают в вакуумной УФ-области спектра, в которой создание высококачественных оптических систем с малыми потерями и высоким разрешением, способных передавать излучение большой мощности, представляет собой сложную техническую проблему. Поэтому применение активных сред на квазимолекулах димеров до настоящего времени весьма ограничено.

Лазеры на оксидах инертных газов работают на переходах между состоянием квазимолекулы, составленной из атома инертного газа и возбужденного атома кислорода. Малая энергия связи в этих квазимолекулах ведет к образованию лишь небольшого числа возбужденных атомов кислорода, несмотря на значительное количество невозбужденных атомов. В результате, лазеры такого типа имеют невысокие выходные параметры [8].

Наиболее высокие КПД и среднюю мощность по сравнению с другими эксимерными лазерами имеют лазеры на галогенидах инертных газов. Активная среда

Наилучшие достигнутые параметры промышленных эксимерных лазеров

Таблица 5

Рабочий газ лазера	Энергия импульса, Дж	Рабочая частота, Гц	Средняя мощность, Вт	Расходимость пучка, мрад
F_2	1,0 (EMG 200)	100 (EMG 102)	25 (EMG 200)	0,2 (EMG 150)
ArF	0,5 (EMG 200E)	250 (EMG 203MSC)	40 (EMG 203MSC)	-
KrF	1,5 (TE 290)	750 (EXC 410)	100 (EMG 203MSC)	- (EMG 150E)
$XeCl$	1,5 (TE 290X)	1000 (EXC 410)	120 (XMPinc)	- (EMG 150ET)
XeF	0,4 (401 XR)	200 (EMG 103E)	15 (EMG 103E)	-

таких лазеров состоит в основном из буферного газа (неона или гелия) и небольших добавок инертных и галогеносодержащих газов. Компоненты рабочей смеси газов имеют следующее соотношение давлений: $He(Ne) : Ar(Kr, Xe) : F_2(NF_3, Cl_2, BCl_3$ и др.) = 100 1,0 : 0,1. Общее давление смеси составляет примерно 10^5 Па.

В серийных эксимерных лазерах в качестве активной среды используют только молекулы фтора и галогенидов инертных газов. В таблице 5 приведены наилучшие достигнутые на сегодня параметры серийно выпускаемых эксимерных лазеров. Ожидается, что в

Параметры лучших серийных эксимерных лазеров зарубежных фирм

Таблица 6

Тип лазера	Рабочий газ	E, мДж	f, Гц	P, Вт	τ , нс	θ , мрад
1	2	3	4	5	6	7
лазеры фирмы		Lambda	Physik	(ФРГ)		
EMG 101	ArF	200	40	6	14	2 * 4
	KrF	275	40	11	16	
	$XeCl$	170	40	6	10-20	
	XeF	90	40	3	14	
	N ₂	-	40	-	4	
	F ₂	-	40	-	6	
EMG 102	ArF	200	60	8	14	2 * 4
	KrF	250	100	14	16	
	$XeCl$	150	100	9	10-20	
	XeF	100	100	5	14	
	F ₂	10	100	-	6	
	N ₂	10	75	0,5	4	
EMG 103E	ArF	200	200	20	-	-
	KrF	275	200	40	-	
	$XeCl$	170	200	20	-	
	XeF	90	200	15	-	
EMG 150	ArF	-	40	-	-	0,2
	KrF	300	40	-	-	
	$XeCl$	-	40	-	-	
EMG 150E(ET)	XeF	-	40	-	-	0,2
	KrF	300	25	-	-	
EMG 200	ArF	900	25	-	-	-
	$KrCl$	80	25	-	-	
	KrF	100	25	-	-	
	$XeCl$	700	25	-	-	
	XeF	600	25	-	-	
	F ₂	70	25	-	-	
EMG 201E	ArF	400	25	8	-	-
	KrF	800	25	16	-	
	$XeCl$	500	25	10	-	
	XeF	300	25	5	-	
EMG 203MSC	KrF	250	100	-	-	-
	$XeCl$	250	65	-	-	
	ArF	250	40	-	-	
лазеры фирмы		Litonics (Канада)				
TE 860 2-4	KrF	250	150	18	12	-
	ArF	200	150	10	10	
	$XeCl$	80	200	8	10	
	XeF	80	150	6,5	8	
	F ₂	12	150	1	6	
	N ₂	6	100	0,4	4	
TE 861T 4	ArF	140	200	15	-	-
	KrF	250/500	20	32	-	
	$XeCl$	110/500	300/500	15/4	-	
	XeF	125/300	200	14	-	
	F ₂	12	200	1	-	
	N ₂	-	-	-	-	
лазеры фирмы		Tachisto (США)				
800/801XR	Kr	750	100	25	-	-
	KrF	500	200	60	30	
810XR	$XeCl$	350	200	50	30	-
лазеры фирмы		Questek (США)				
2000	KrF	200	100	-	-	-
2200	KrF	350	100	35	-	-
2400	KrF	350	100	35	-	-

ближайшие годы будут созданы эксимерные лазеры с энергией излучения 2 – 5 Дж/имп., частотой повторения импульсов свыше 1кГц и средней мощностью 100 Вт. Параметры наиболее известных промышленных отечественных и зарубежных эксимерных лазеров сведены в таблицу 6 [5,7,8].

Вследствие высокой энергии в импульсе (более 400 мДж) и малой длительности импульса (десятки наносекунд) пиковая мощность излучения эксимерного лазера достигает 10 МВт. При фокусировании такого мощного излучения в технологических установках может наблюдаться разрушение элементов оптического тракта. В связи с этим необходимо создать стойкие к такому излучению оптические материалы.

Эксимерные лазеры целесообразно применять для следующих работ:

- изготовление фотоповторителей, реализующих фотолитические процессы лазерографии в проекционном режиме;
- фотостимулированное тотальное осаждение, травление и легирование структур;
- очистка поверхности подложки от загрязнений.

Материалы для лазерографии

Важнейший объект, реагирующий на лазерное излучение в технологии лазерографии – активные газовые среды. Для лазерностимулированного осаждения применяются четыре основные группы материалов: металлоорганические соединения, карбонилы, гидриды и галогениды [11–14]. Для лазерностимулированного травления применяются материалы, подобные газовым средам, получившим распространение в плазмохимической технологии. В процессах лазерографии часто применяются нейтральные газовые среды. Основные назначения таких сред – разбавление активных газовых смесей, промывка реакторных камер между различными процессами и их заполнение при термическом отжиге и рекристаллизации. В качестве нейтральных газовых сред используются инертные газы. Выбор газа в каждом конкретном случае определяется технологическими и экономическими соображениями. Технические требования к степени очистки нейтральных сред и активных газов совпадают.

Для активных газовых сред можно выделить следующие группы требований: к чистоте газовых сред; связанные с взаимодействием газовой среды с лазерным излучением; связанные с взаимодействием с

обрабатываемым объектом (подложкой); связанные с образованием и утилизацией отходов реакции.

В каждой из этих групп можно выделить требования, относящиеся ко всем газовым средам, и частные, зависящие от типа технологического процесса и применяемой среды. В группе требований, определяющих чистоту газовых сред, общими техническими можно считать требования, касающиеся механических загрязнений. Общим упрощенным правилом можно считать, что размер механических загрязнений не должен превышать 10% от величины минимального обрабатываемого элемента. В целом же можно руководствоваться требованиями стандартов на чистоту газовых сред для микроэлектроники, в частности отраслевого стандарта минэлектронпрома ОСТ III4.3302-87 и федерального стандарта США FS290D. Требования к химическому составу в части допустимого содержания примесей следует отнести к частным техническим требованиям, определяемым отдельно для каждого процесса.

В группе требований, касающихся взаимодействия лазерного излучения с газовой средой, общим требованием для фотолитических процессов является необходимость превышения энергии фотонов над энергией активации молекул газовой среды или соединений, адсорбированных на поверхности подложки. Для пиролитических процессов это требование может быть выражено через температуру активации, характерную для данной газовой среды. Остальные требования, связанные с поглощением газовой средой лазерного излучения, являются специфическими для каждого типа процесса.

Основными требованиями к активным газовым средам в части взаимодействия с обрабатываемой подложкой является обеспечение высокой адгезии формируемого осадка и отсутствие в осадке остатков непрореагировавшего вещества. Кроме того, взаимодействие активной газовой среды с подложкой не должно повреждать последнюю. В ходе лазерностимулированного процесса выделяются продукты реакции, полезная часть которых должна прореагировать с подложкой или образоваться на ней в виде осажденной структуры. Остатки молекул активных газовых сред должны полностью удаляться из реакционной камеры, для чего они в процессе реакции соединяясь с газом носителем или с дополнительными газами активной смеси должны образовывать летучие соединения, откачиваемые из реакционной камеры. Кроме того, к выделяющимся в процессе реакции отходам предъявляется требование минимальной токсичности.

Таблица 7

Соединения	E, эВ	D ₁ , эВ	D ₂ , эВ	D ₃ , эВ	D, эВ
Al(CH ₃) ₃	1,95				2,69
Al(C ₂ H ₅) ₃					2,50
As(CH ₃) ₃					2,37
Cd(CH ₃) ₂	1,98	1,99	0,91		1,44
Cd(C ₂ H ₅) ₂					1,13
Ga(CH ₃) ₃	2,58	2,56	1,52	3,38	2,50
Hg(CH ₃) ₂	2,17	2,17	0,52		1,30
Hg(C ₂ H ₅) ₂	1,84	1,86	0,13		1,00
In(CH ₃) ₃	2,05	2,04		1,73	
Zn(CH ₃) ₂	2,05	2,04	1,60		

E - энергия активации, D_i - энергия диссоциации i-связи, D - средняя энергия диссоциации в спектре поглощения

Элементоорганические газовые среды

Для лазернотимулированного осаждения материалов (в особенности металлов) широко используются газовые среды на основе элементоорганики, среди которых наиболее известны алкилы металлов.

Типичная структура алкила металла $M R_n$, где M - металл; R - радикал метила - (C H₃) или этила - (C₂ H₅), n - целое число. Эти молекулы легко разлагаются на металлические и газообразные органические компоненты при диссоциации M - R - связи. Полоса сильного поглощения этих молекул находится в спектральном диапазоне от 250 до 300 нм. В таблице 7 [15-20] представлены спектры поглощения и энергия диссоциации наиболее часто используемых алкилов металлов.

Алкилы благородных металлов не могут существовать при комнатной температуре. Поэтому их можно осаждавать из соответствующих ацетилацетонатов.

Основное преимущество элементоорганических соединений - возможность их использования при низкотемпературных процессах лазерографии. Однако этим соединениям (в частности, алкилам металлов) свойственны и такие недостатки, как образование органических остатков в формируемых осадках металлов, что повышает электрическое сопротивление пленок металлов. Кроме того, они высоко токсичны.

Карбонильные газовые среды

Фотолитическое осаждение металлов может осуществляться также из карбонильных металлов $M(CO)_n$, где M - металл - (Cr, Fe, Mn, Mo, Ni, W), n - целое число (см. табл.8) [15-20].

Основные преимущества карбонильных соединений -

Таблица 8

Осаждаемый материал	Исходные молекулы	Длины волн необходимого лазерного излучения, нм
Mn	Mn ₂ (CO) ₁₀	337,4-356,4
Mo	Mo(CO) ₆	260 - 270
Cr	Cr(CO) ₅	257,260-270
Fe	Fe(CO) ₅	257
W	W(CO) ₆	257
Cr	Cr(CO) ₆	257

это их доступность и простота применения, что в первую очередь связано с малой токсичностью большинства наиболее употребляемых карбонильных.

Недостатки активных газовых сред на основе карбонильных во многом совпадают с недостатками алкилов металлов. В процессе формирования пленочных структур при лазернотимулированном осаждении из карбонильных газов происходит встраивание углеродсодержащих остатков карбонильных молекул в материал пленки. Это затрудняет получение пленок с высокими электрофизическими характеристиками.

Галогенидные газовые среды

Кроме двух вышеуказанных групп активных газовых сред осаждение металлов может также осуществляться из галогенидов металлов (C F₃I, Ti Cl₄ и др.).

Галогенидные газовые среды (табл.9) [15-20] широко применяются в электронной промышленности, где хорошо отработаны методы их получения и очистки. Несмотря на высокую токсичность галогенидных газовых сред, их применение достаточно хорошо отработано с точки зрения техники безопасности.

Важным преимуществом галогенидных газовых сред в отличие от алкилов и карбонильных металлов является отсутствие в их составе органических соединений. Это

Параметры основных соединений на основе галогенидов

Таблица 9

Тип соединения	Связь	Энергия связи, кДж/моль	Длина волны кванта с энергией связи, мкм
SiCl ₄	Si-Cl	382	0,314
Si ₂ Cl ₆	Si-Si	176	0,68
SiBr ₄	Si-Br	321	0,356
SiF ₄	Si-F	603	0,197
GeCl ₄	Ge-Cl	326	0,348
GeBr ₄	Ge-Br	271	0,42
GeI ₄	Ge-I	208	0,548
GeF ₄	Ge-F	455	0,251

Таблица I0

Тип соединения	Связь	Энергия связи, кДж/моль	Длина волны кванта с энергией связи, мкм
SiH ₄	Si-H	313	0,363
GeH ₄	Ge-H	280	0,408
AsH ₃	As-H	290	0,405

обеспечивает относительную чистоту формируемых пленок. Отсутствие в них углерода позволяет получать микроструктуры с высокими электрофизическими характеристиками.

Гидридные газовые среды

Гидридные соединения используются в основном для осаждения полупроводниковых соединений. С этой целью выбираются исходные газы, химически не взаимодействующие между собой до осаждения и имеющие одинаковое сечение поглощения. В таблице I0 приведены данные о наиболее распространенных гидридных газах [15-20], используемых в лазернестимулированных процессах.

Процессы, проводимые с гидридными газами, характеризуются высокой чистотой формируемых структур. Применение смесей гидридных газов позволяет формировать многокомпонентные структуры. Поскольку гидридные газы широко применяются для проведения процессов эпитаксии, их производство с высокой степенью очистки достаточно освоено.

Газовые среды для лазернестимулированного травления

Для большинства процессов лазернестимулированного травления применяются те же газы, что и для плазмохимического травления. Основные газы для травления - летучие метилы галогенидов (CH₃Cl, CH₃Br, CH₃I) и другие галогеносодержащие газы (SF₆, Cl₂, XeF₂, CF₃Br, CF₂Cl₂) [14,17].

В таблице II приведены химические травители, используемые в процессах лазернестимулированного травления полупроводников, диэлектриков и металлов.

Газы-травители для лазернестимулированных процессов характеризуются высокой химической активностью, что осложняет их применение. Это связано в основном с пассивацией элементов газового тракта и реакционной камеры химически стойкими веществами, а также с проблемой утилизации отходов

Таблица II

Тип подложки	Травители	Длина волны лазерного излучения нм
Si	Br ₂ , Cl ₂	488
Si	HCl	488
Si	XeF ₂	488
Si	COF ₂	193
Ge	Br ₂	488,514
GaAs	Cl ₂ , CCl ₄	488
GaAs	CH ₃ Br, CH ₃ Cl	193
SiO ₂	Cl ₂	488
SiO ₂	CCl ₂ F ₂	248
InP	CF ₃ I	488
CdS	HNO ₃	488
GaP	KOH	488
W	COF ₂	193
Al	H ₂ PO ₄ :HNO ₃ :K ₂ Cr ₂ O ₇	488
Ag	Cl ₂	337,355

технологических процессов. В установках, использующих эти газы, необходимо применять вымораживающие ловушки с последующей утилизацией отходов в специальных установках.

Совершенствование лазерного оборудования для микроэлектроники

В последние годы в производстве СБИС и оборудования для микроэлектроники наметились две тенденции: первая - с ростом степени интеграции СБИС резкое увеличение их номенклатуры, в основном за счет расширения области применения СБИС. Причем новые СБИС, за исключением стандартных СБИС таких как СБИС ЗУ и микропроцессорных комплектов, имеют ограниченные объемы производства. Поэтому освоение новых областей применения СБИС требует создания мобильного производства с минимальными начальными затратами на освоение новой продукции. Вторая тенденция - в связи с наращиванием степени интеграции СБИС непропорциональный рост расходов на создание новых модернизированных производств. Такие затраты могут окупиться лишь при громадных объемах производства СБИС. Это противоречие сдерживает расширение областей применения СБИС и может быть разрешено только путем перехода к качественно новым методам производства СБИС.

Сложившаяся ситуация в производстве СБИС напоминает ситуацию в области вычислительной техники до появления персональных компьютеров. Сделать технику СБИС доступной широкому кругу потребителей

может только создание нового класса "персонального" технологического оборудования, дешевого и доступного потребителю, позволяющего производить СБИС высокой степени интеграции малыми сериями с простейшей подготовкой производства. Это позволит устранить монополизм массовых производителей СБИС, резко уменьшить цены на

специализированные СБИС и внедрить тем самым технику СБИС практически во все области народного хозяйства.

Некоторые зарубежные фирмы (см. табл.12) [25-33] начали производство таких упрощенных технологических линий, получивших название 'MINIFAB'. Практически все оборудование такого рода основано на применении лазернстимулированных

Таблица 12

Лазерное оборудование для производства СБИС

Фирма (исследовательский центр, лаборатория) Установка	Краткая характеристика метода	Достигнутый результат
1. Lasa Industries Inc. США, Санта-Клара, шт. Калифорния Уст. QT-GA, 3 млн. \$ * 1986 г.	Формирование соединительной металлизации аддитивным методом двух заключительных слоев микронного размера на стандартных вентильных матрицах, смонтированных в корпусе. В 1987г. вместо 3 камер в системе используется 4. Осаждаемый материал-W,S102	За 6 ч - партия из 8-и кристаллов сложностью около 5 тыс. вентиляей. Минимальный размер элемента металлизации 1 мкм, число вентиляей на матричном кристалле-до 100 тыс. (1988г.)
2. Lassaray Corp. США, Эрвин, шт. Калифорния Автономный комплекс Microfab, 4.2 млн. \$, 1986г. Имеет Европейский филиал в Швейцарии (входит в группу фирм FEELA	Формирование на базовых пластинах путем прямого экспонирования фоторезиста с помощью лазерного генератора изображения конфигурации соединительной металлизации 2 мкм КМОП матриц с готовой двухслойной металлизацией. Единственно необходимая модификация пластин - добавление запатентованной фирмой сеточной маски	24 ч проходит от утверждения готовой схемы до готовых кристаллов. На одной пластине возможно 16 вариантов рисунков. Специализируется вентильная матрица до примерно 41 тыс. вентиляей
3. Elron Electronik Industries Ltd. Израиль, Хайфа, Quich, 0.5млн. \$	Специализируется корпусированный кристалл путем разрезания лазером соединительных линий в заданных точках. Все уровни металлизации уже созданы.	Готовая схема через несколько часов. Специализируется вентильная матрица от 5 тыс. вентиляей (достигнутое) до 50 тыс. (проектируемое)
4. Laser Path США, Саннивейл, шт. Калифорния Установка на ИАГ лазере (фирма сотрудничает с Lassaray Corp. (Тундорф, Швейцария)) 1986г.	Специализируется корпусированный кристалл путем разрезания лазером соединительных линий в заданных точках. Все уровни металлизации уже созданы. КМОП вентильные матрицы с 2 мкм нормами	Готовая схема за 24 ч. Выполнение заказа - не более 7 дней. Специализируется вентильная матрица до 8400 вентиляей. 1988 г. Есть сведения о прекращении разработки оборудования из-за высокой стоимости.
5. XMR Corp. США, шт. Калифорния. Установки микро-обработки на эксимерных лазерах а) LMMC-1985г., 170-250 тыс. \$; б) Система лазерного легирования 1986г., 500 тыс. \$	а) LMMC-удаление с высокой точностью до 1 мкм материала без повреждения подложки и окружающего материала, с минимальной толщиной до 0,1 мкм с помощью эксимерного лазера. б) Установка легирования - создание сверхмелких p-n(n-p) переходов 50-120нм	а) Широко используется в производстве ИС для прожигания микронных отверстий для межсоединений в Si, GaAs. б) Время создания единой структуры 200 нс, предполагается использовать в производстве ЗУПВ емкость 4 Мбит.

6. Florod Corp. США, Лос-Анджелес. Установка микро- обработки на импульс- ном газовом лазере на парах ксенона. 1986г.	Фирма Trilogy Ltd (Купартино, шт. Калифор- ния) с помощью данной установки формирует сквоз- ные контактные отверстия через несколько слоев металлизации.	Площадь обработки менее 10 мкм ²
7. Dallas Semiconductor Corp. США, шт.Техас. Система специализации СПБИС (1986г.)	Оригинальная система специализации кристаллов на поздней стадии, записывающая кодовые слова в кремневые структуры на полностью изготовленном кристалле	Около 10% окончательных проектных решений реализовано с помощью лазерного программирования
8. Inova Mikroelektronik Corp. США, Кэмпбелл, шт.Калифорния. Установка на ИАГ- лазере. 1986г.	Разрушение соединительных проводников	Используется в технологии формирования соединений при изготовлении СИП- пластин
9. Electro Scientific Industries Inc. США, Портленд, шт.Орегон. Лазерные системы программирования ИС	Программирование приборов памяти и лазерная подгонка аналоговых ИС	Программируются резервные строки и столбцы запоминающих элементов, подгоняются тонко- и толстопленочные резисторы
10. Национальная лабор- атория им.Лоуренса США, Ливемор, шт.Калифорния. Исследовательская установка. 1985г. (Лаборатория работает над проектом супер- компьютера S-1, уста- новка на лазере Ar.)	Применяется для трассировки больших вентильных матриц. Осаждаемый материал - поликремний	Автоматически выполняет трассировку межсоединений, превращая матричный кристалл в специа- лизированный под заданный процессор
11. Линкольновская лаборатория, МТИ, США, Лексингтон, шт.Массачусетс. Исследовательская установка на Ar лазере	Непосредственное лазер- ное формирование схемных рисунков	Формируется с помощью лазерного луча до 10 соединений в секунду

технологий, чему способствовало несколько причин:

-осуществимость с помощью лазерных
микротехнологий практически всех процессов,
необходимых для создания СБИС;

-наличие относительно дешевых и надежных
лазерных источников излучения;

-наличие необходимых высокочистых и
относительно дешевых газов-реагентов.

*Управление технологическими процессами
лазерографии*

В области лазерностимулированных технологий
наиболее интенсивно развивается локальная обработка
микроструктур, которую можно охарактеризовать общим
термином лазерография. К ней относятся лазерная

пантография, лазерно-химическое осаждение,

лазерно-химическое травление и легирование.

Технологические процессы лазерографии можно
разделить на два крупных класса:

-лазерная пантография (ЛПГ) - обработка
остросфокусированным пучком, перпендикулярным к
поверхности чипа;

-лазерная проекционная обработка (ЛПО) -
обработка высокоинтенсивным световым потоком,
представляющим собой спроецированное в лазерном
пучке изображение микроструктур СБИС.

Метод ЛПГ освоен на промышленном уровне в
установке для специализации матричных СБИС,
выпускаемой фирмой **Lasa Industries** (США) (см.
табл.12) [27]. Этот метод позволяет осуществлять

Таблица 13

Наименование параметров		Диапазоны изменения/точность установления или контроля параметров				
		Очистка поверхности	Осажден. пленок	Травлен. пленок	Легиров. полу-проводн.	Термический отжиг
Управляемые параметры	Средняя плотность мощности излучения, Вт/см ²	3 4 10 -10 5-10%	4 5 10 -10 1-3%	3 4 10 -10 1-3%	5 6 10 -10 1-3%	4 6 10 -10 1-5%
	Плотность энергии лазерного импульса, Дж/см ² ***	10-100 10%	10-1000 1-5%	1-10 1-5%	100-1000 1-5%	10-1000 5-10%
	Частота следования лазерных импульсов, Гц ***	10-100 -	10-1000 -	100-1000 -	100-1000 -	100-1000 -
Контролируемые параметры	Скорость сканирован. лазерного луча, мм/с	1-100 -	1-100 10%	1-100 10%	- -	1-100 10%
	Давление газовой смеси, кПа	1-13 10%	1-13 10%	1-13 10%	1-13 10%	- -
	Исходная температура подложки, °С	0-200 5-10%	0-300 1-3%	0-200 1-3%	0-400 1-3%	- -

* - фотолитические процессы

** - пиролитические процессы

*** - для тотальных процессов

бесшаблонное формирование микроструктур, однако имеет относительно низкую производительность.

Метод ЛПО проходит интенсивные лабораторные исследования. Основное преимущество метода - высокая производительность формирования микроструктур, может быть реализовано при создании высокопроизводительных оптоэлектронных генераторов изображений и отработке технологии ЛПО в ультрафиолетовом диапазоне.

В табл.13 приведены диапазоны изменения контролируемых и управляемых параметров основных технологических процессов лазерографии.

Как следует из таблицы, управление технологическими процессами лазерографии можно осуществить изменением таких параметров воздействующего лазерного излучения, как средняя мощность, энергия импульса, а также скорость сканирования и частота следования импульсов. Это основные управляемые параметры. Их изменение и контроль осуществляется современными лазерными и оптическими системами в реальном масштабе времени. Остальные параметры, такие как давление газа и температура в реакционной камере, поддерживаются в ходе технологического процесса постоянными и контролируемы. Кроме того, можно сделать вывод, что все приведенные в таблице процессы реализуемы при близких параметрах источников излучения.

Следовательно, возможно создание системы, осуществляющей необходимые технологические процессы одним или, в крайнем случае, двумя источниками излучения.

Полная автоматизация управления технологическими процессами может быть достигнута путем применения адаптивного регулирования технологических процессов, которое обеспечивает более высокую точность при существенном изменении динамических свойств технологического процесса, оптимизацию режимов работы установок, повышение надежности системы [24]. Параметры процесса изменяются в большинстве случаев по случайному закону, что обусловлено влиянием окружающей среды, отклонением характеристик используемого сырья, разладкой технологического оборудования за счет старения и износа. Применение механизма микрогетерогенных реакций локализует рабочий объем и уменьшает влияние внешней среды. Отклонение характеристик газовых сред и полупроводниковых подложек можно компенсировать регулированием параметров лазерного излучения. Получение информации о дефектах полупроводниковых кристаллов, либо отклонениях в составе технологической газовой смеси создает возможность для генерации номиналов управляющих параметров.

На рис.1 а,б показаны схема и алгоритм регулирования элементарного технологического процесса лазерографии. Предполагается, что регулирование протекания процесса осаждения или травления осуществляется путем изменения падающей мощности лазерного излучения в реальном масштабе времени. Источником информации для выработки управляющих воздействий является отраженная и рассеянная от подложки мощность излучения, параметры подложки и газовой среды в микрокамере. Критерии регулирования определяются в ходе экспериментальной отработки технологических процессов.

Однако даже контроль параметров технологического процесса в реальном масштабе времени не гарантирует от возможного возникновения дефектных областей, а также отклонения топологии элементов от заданной в результате неполного учета влияния рельефа подложки или сбоя аппаратуры в ходе технологического процесса. Устранить такие дефекты и отклонения топологии можно путем повторной обработки этих областей после их обнаружения методами лазерного сканирующего неразрушающего контроля [26]. На рис.2 а,б показаны схема и алгоритм управления

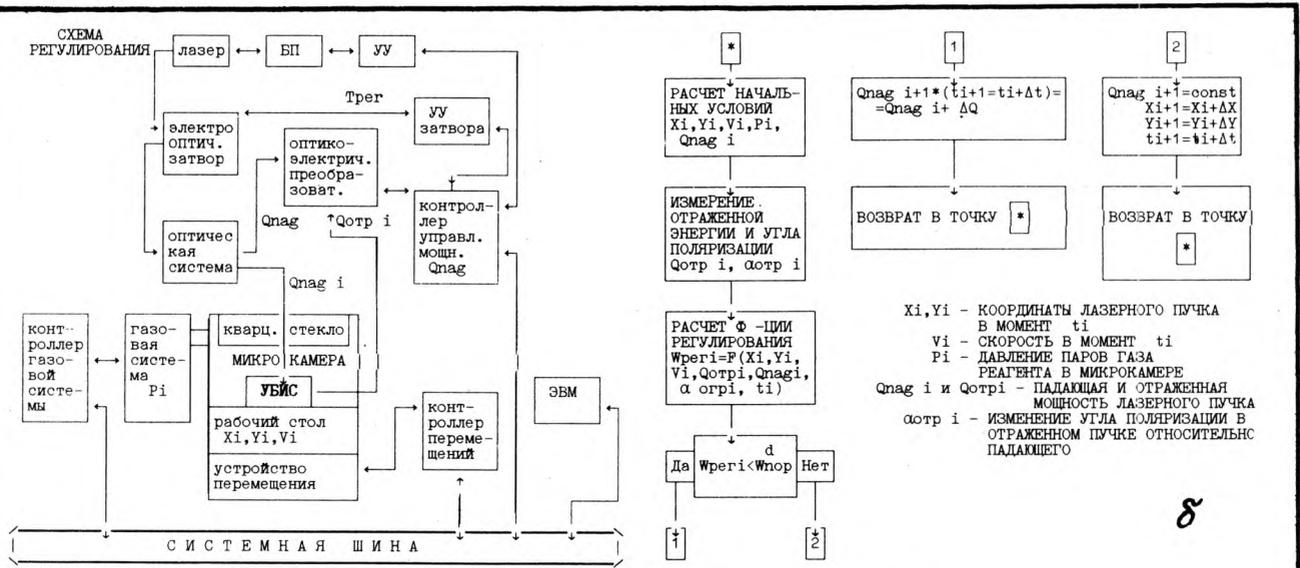


Рис. 1. Адаптивное регулирование элементарного процесса лазерного осаждения (травления) пленок: а — схема регулирования, б — алгоритм регулирования

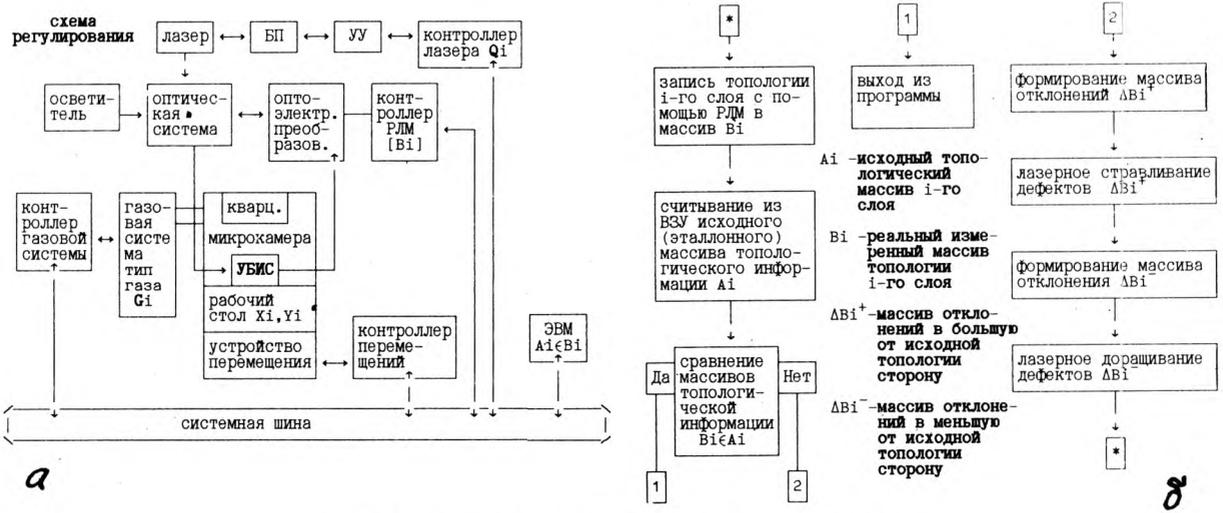


Рис. 2. Адаптивная коррекция дефектов топологии УБИС: а — схема регулирования, б — алгоритм регулирования

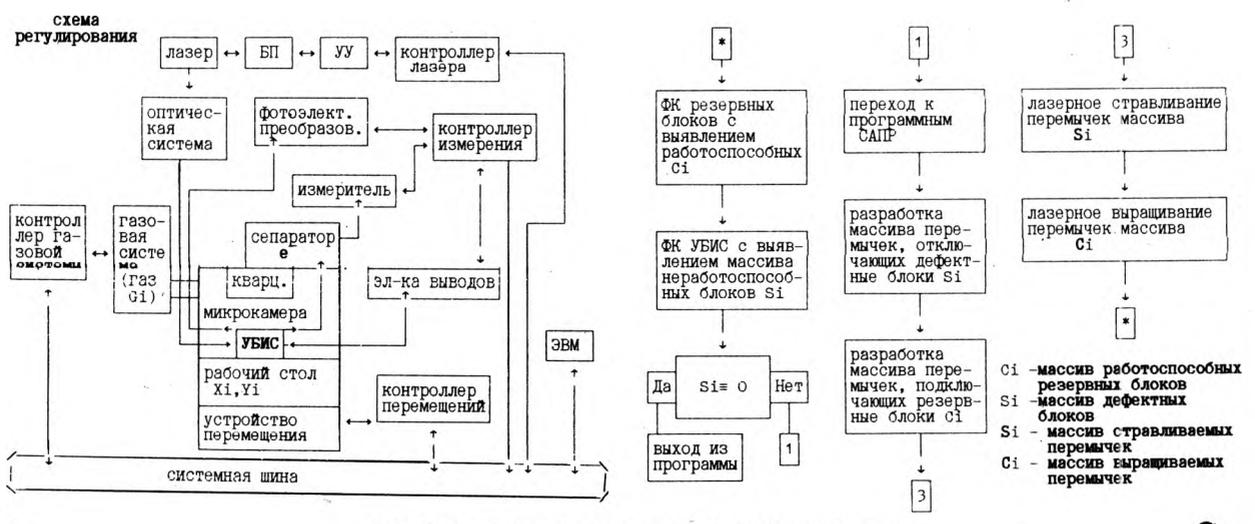


Рис. 3. Адаптивное восстановление функционализированных дефектных блоков УБИС: а — схема регулирования, б — алгоритм регулирования

установкой лазерографии в режиме устранения дефектов или "ремонта" ошибок в топологии УБИС.

Но и двухстадийный процесс адаптивного регулирования технологических процессов и коррекции топологии микроструктур не гарантирует работоспособности всех элементов УБИС. Применение лазерного зондирования в УФ диапазоне спектра позволяет осуществить функциональный контроль УБИС непосредственно в реакционной микрокамере [26]. Это гарантирует возможность подключения резервных устройств вместо выявленных нефункционирующих в ходе технологического процесса изготовления УБИС. Схема и алгоритм управления установкой лазерографии в режиме адаптивного восстановления функционирования УБИС показаны на рис.3 а,б.

Лазерные методы контроля микроструктур СБИС

Методы контроля структур СБИС можно разделить на два крупных класса: контроль физико-топологических параметров микроструктур; контроль электрических параметров СБИС.

Первый класс методов относится к ранним стадиям технологического процесса и, в свою очередь, подразделяется на два подкласса методов: методы прямого измерения параметров и косвенного

исследования технологических процессов и микроструктур.

В рис.4 приведены основные методы контроля параметров процессов и микроструктур в технологии лазерографии. Из их анализа следует, что большинство необходимых контрольных операций можно выполнять в реальном масштабе времени в ходе технологических процессов. При этом можно совмещать контрольно-измерительные системы с технологическими системами лазерографии.

На этом же рисунке показаны основные методы контроля электрических параметров СБИС с помощью лазерного микрозонда. Выделено два подкласса методов контроля параметров СБИС в микроне, различающихся конструктивной реализацией: оптические и опто-электронные. Использование оптических методов не налагает специфических ограничений на газовакуумную систему микрокамеры, тогда как для опто-электронных методов требуется применение высоковакуумных систем. Поэтому с технологической системой лазерографии наиболее совместимы методы оптического зондирования; однако и они требуют применения специальной лазерной системы, формирующей весьма короткие пикосекундные импульсы в УФ диапазоне.

Основные технические системы лазерографических установок

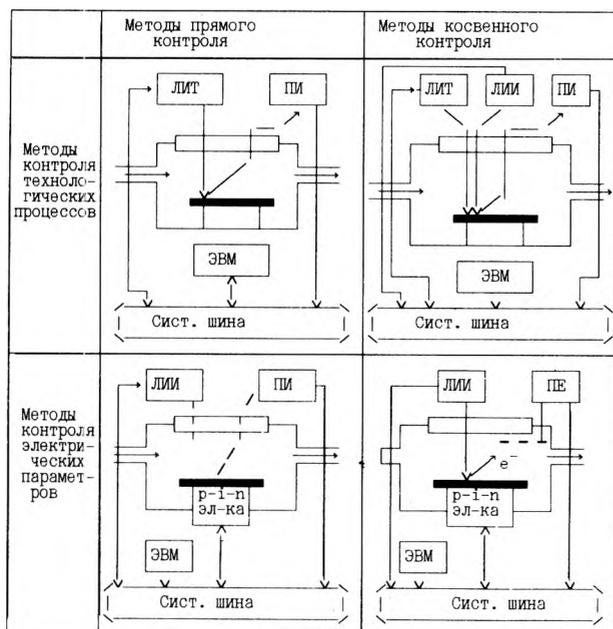
Оптико-механические системы для лазерографии

Подобно технологическим процессам лазерографии оптико-механические системы (ОМС) установок для их реализации делятся на два класса: ОМС для лазерной пантографии и ОМС для лазерной проекционной обработки.

ОМС для ЛПГ подразделяются по способу сканирования лазерного пучка на системы с механическим сканированием и с комбинированным сканированием (оптико-электронным с помощью дефлектора в узком диапазоне размеров, механическим - в широком диапазоне размеров).

ОМС для ЛПО отличаются применением механической системы пошагового перемещения образца (см. рис.5).

Сканирующий неразрушающий контроль микроструктур СБИС обеспечивает установка с ОМС, показанной на рис.6. Функциональный контроль СБИС может быть реализован путем дополнения этой схемы функциональным тестером с соответствующей pin-электроникой, при этом функции лазерного



ЛИТ - лазерный источник технологический
 ПИ - приемник излучения
 ЛИМ - лазерный источник измерительный
 ПЕ - приемник электронов

Рис. 4. Основные методы контроля параметров процессов лазерографии и электрических параметров СБИС

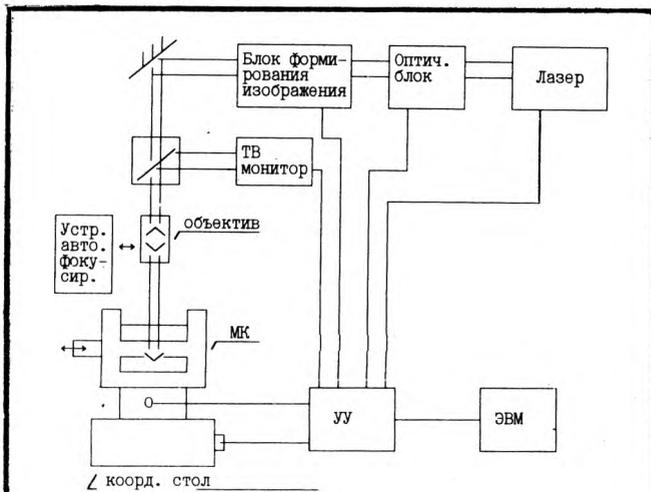


Рис. 5. Проекционная оптико-механическая система для лазерографии

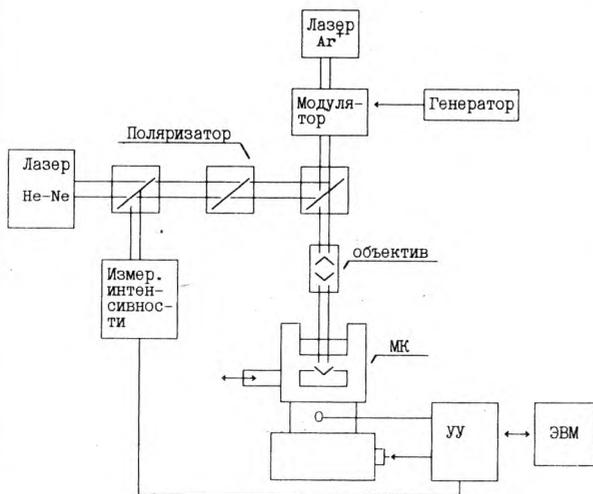


Рис. 6. Оптико-механическая система сканирующего лазерного контроля микроструктур

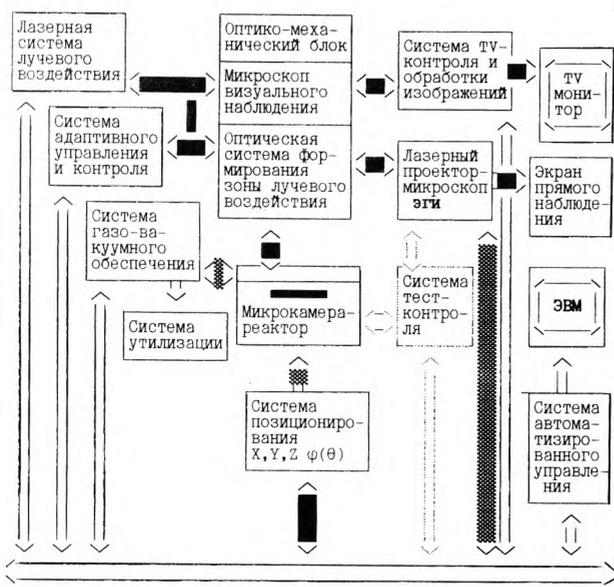


Рис. 7. Комплексная оптико-механическая система установки лазерографии

микронзонда должна выполнять технологическая часть установки лазерографии.

Анализ ОМС для ЛПГ, ЛПО и сканирующего контроля с учетом технологических требований, предъявляемых к ним процессами лазерографии, позволяет сделать вывод о возможности объединения в одной установке ОМС, реализующих, как ЛПГ, так и ЛПО (рис.7). Проектирование и реализация такой системы осложнены необходимостью создания разветвленной оптической системы с малыми световыми потерями и использования оптики высокого разрешения, ахроматизированной на две длины волны, с объективами, обладающими большой апертурой и относительно большим рабочим полем.

Газо-вакуумные системы для лазерографии

Для лазернестимулируемых процессов в большинстве случаев используются стандартные коррозионностойкие вакуумные системы с небольшой рабочей камерой, рассчитанной на индивидуальную обработку образцов, применяемые в плазмохимических процессах. Стартовый вакуум в камере составляет 10^{-3} - 10^{-4} Па. Широкое распространение в лабораторных установках лазерографии получили непроточные вакуумные системы. Производительность таких установок невелика, поэтому объема газовой смеси, сосредоточенной в микрокамере, оказывается достаточно для проведения реакций без заметного изменения парциального давления газов.

Механическое сканирование образца осуществляется одним из следующих способов: сканирование образца в реакционной камере относительно неподвижного луча лазера, сканирование реакционной микрокамеры с неподвижно закрепленным в ней образцом относительно неподвижного луча лазера; сканирование оптической системы относительно неподвижно закрепленных образца и реакционной камеры.

Первый способ требует применения дорогостоящих коррозионностойких вакуумных координатных систем перемещения образца внутри реакционной камеры и не гарантирует от загрязнений ее объема микрочастицами, генерируемыми системой сканирования в процессе работы.

Третий способ значительно усложняет оптическую систему и затрудняет достижение предельного разрешения оптики.

При обработке относительно небольших образцов (пластина диаметром 100-150 мм) наиболее эффективно применение второго способа механического

сканирования реакционной микрокамерой. Основная проблема реализации этого способа – необходимость применения координатных систем сканирования, устойчивых к воздействию боковых нагрузок, создаваемых сильфонной системой.

Комплексирование систем лазерографических установок

Вышеописанные системы установок лазерографии по ряду параметров выполнены на пределе современного уровня техники. Технические требования к некоторым системам противоречивы. Комплексирование таких систем представляет собой сложнейшую техническую задачу, разрешимую лишь в том случае, если из комплексируемых систем только одна выполнена на пределе технических возможностей.

Поэтому состав и технические характеристики систем, комплексируемых в одну установку, определяют область ее применения: исследовательская лабораторная установка, промышленная лазерографическая установка для создания опытных образцов специализированных СБИС, промышленная технологическая линия (минифабрика) для серийного производства специализированных СБИС.

Исследовательские установки – дорогостоящее низкопроизводительное оборудование с предельно высоким разрешением контрольно-измерительных систем и высокоразвитым мониторингом.

Для создания минифабрик необходимо наличие дешевых и хорошо отработанных в производстве мощных лазерных систем и высокопроизводительных генераторов изображений с электронным управлением. Для разработки таких систем необходимо поэтапное наращивание технического уровня сложности лазерных и оптических систем.

Поэтому, первым этапом создания оборудования для лазерографии должна стать разработка установки для изготовления опытных образцов специализированных СБИС.

Проблемы создания лазерных минифабрик СБИС

В настоящее время известно несколько принципиально отличающихся способов организации производства СБИС. К ним относится, в первую очередь традиционная "открытая" технология производства СБИС. Она характеризуется использованием "открытых" (негерметизированных) технологических объемов и реакторов, в которых обрабатываются и транспортируются пластины. С увеличением интеграции СБИС требуется повышать

степень очистки технологических сред и помещений, с которыми соприкасаются пластины в процессе обработки. Учитывая, что объем "чистых" сред в "открытой" технологии в 10^5 – 10^6 раз превышает объем одновременно обрабатываемой продукции, затраты на очистку технологических сред непропорционально увеличиваются. Об этом свидетельствуют данные о снижении экономической эффективности финансовых вложений в традиционные производства СБИС. Поиски выхода из этого противоречия традиционной технологии производства СБИС привели к появлению новых способов организации производства СБИС, основанных на использовании обработки пластин в замкнутых герметичных объемах.

К таким новым способам в первую очередь следует отнести так называемую СМИФ-технологию. Этот способ организации производства СБИС основан на использовании специального герметичного контейнера со стандартным механическим интерфейсом (СМИФ), в котором пластины перемещаются между замкнутыми герметичными "чистыми" объемами (реакторами) технологического оборудования и хранятся в межоперационное время.

Другая альтернатива традиционной технологии – использование технологических линий с вакуумным транспортом. При таком способе производства СБИС пластины перемещаются с помощью вакуумной транспортной линии, герметически пристыкованной к "чистым" внутренним объемам технологического оборудования.

Использование СМИФ и вакуумного транспорта позволяет резко сократить необходимые объемы "чистых" технологических сред и тем самым достичь более высокой степени интеграции СБИС при меньших по сравнению с традиционной технологией затратах на очистку технологических сред. Однако при использовании обоих методов пластины необходимо перемещать внутри герметичных "чистых" или вакуумных объемов. Это неизбежно вызывает генерацию пыли и других загрязнений от движения транспортных механизмов. Создание "непылящих" транспортных устройств, а также очистка от пыли, генерируемой внутри замкнутых вакуумных объемов, представляют собой особенно сложные технические задачи.

Альтернативу традиционным способам производства СБИС представляет собой технология "in situ". Проведенный ранее [1–3] анализ показывает, что лазерные микротехнологии пригодны для реализации полного технологического цикла изготовления СБИС в замкнутом микрообъеме. Такой полный технологический

цикл создания СБИС может быть основан на технологических процессах лазерографии и реализоваться с помощью минимального комплекта технологического оборудования (в пределе - одной установки) - микрофабрики. При этом задача перемещения обрабатываемой пластины между отдельными единицами технологического оборудования для реализации полного технологического цикла создания СБИС может быть решена путем использования герметичного контейнера - микрореактора со стандартизованными узлами взаимодействия с газовакуумной и оптической системами.

Такой принцип организации производства СБИС может быть условно назван СОМИР (стандартный оптико-механический интерфейс - реактор). При использовании такого принципа пластина однократно в начале технологического процесса загружается в герметичный контейнер-микрокамеру с СОМИР, в которой и проходит весь цикл технологических обработок. В этом случае отпадает необходимость механических перемещений пластины внутри микрокамеры в "чистой" технологической среде, все перемещения как в ходе технологических процессов, так и в межоперационных промежутках осуществляются внешним перемещением микрокамеры с неподвижно укрепленной в ней пластиной. Смена технологического процесса осуществляется путем замены активных газовых сред через механический интерфейс и изменения лазерного воздействия на зону реакции через оптический интерфейс. Основной принципиальной технической проблемой применения контейнера-микрокамеры с СОМИР является устранение эффекта "памяти" газовых сред. Это достигается применением специальной конструкции контейнера-микрокамеры и циклически повторяющихся фотохимических обработок. На основе применения СОМИР может быть построено компактное автоматизированное производство типа лазерной минифабрики СБИС.

Главные отличия минифабрики от вышеописанной комплексной установки лазерографии состоят в полностью автоматизированном управлении технологическими процессами и более высокой производительности.

Высокая производительность микрофабрики может быть достигнута путем применения специализированных на определенные типы операций высокопроизводительных установок. На базе этих установок создается автоматическая линия, объединяемая роботоманипулятором, транспортирующим контейнеры-микрокамеры с СОМИР.

Газовая система такой линии может быть выполнена общей для всех установок и располагаться в отдельном, специально оборудованном помещении. По принципу действия газовая система должна представлять собой станцию подготовки, фильтрации и розлива готовых газовых смесей. Поскольку потребление газовых смесей в лазерографических установках относительно небольшое, наиболее удобно применение не магистральных газовых систем, а миниатюрных газовых баллонов, подключаемых к каждой установке индивидуально. Это существенно упростит газовое хозяйство микрофабрики и следовательно, повысится чистота газовых смесей за счет исключения загрязнений, вносимых магистралями.

Лазерная минифабрика СБИС может иметь следующий минимальный состав:

- лазерографический мультипликатор для реализации ЛПО;
- лазерографический пантограф для реализации ЛПГ;
- установка тотальной обработки в УФ излучении;
- установка тотальной обработки в ИК излучении;
- тестер функционального контроля СБИС;
- робот-манипулятор для передачи контейнеров-микрокамер между установками;
- газовая система подготовки и розлива газовых смесей.

Для создания такой минифабрики требуется решить следующие основные проблемы:

- освоение проекционных методов формирования полупроводниковых структур;
- создание унифицированной системы микрокамер-реакторов, пригодных для процессов лазерной пантографии, проекционной и тотальной обработки СБИС;
- создание лазерных систем видимого и ультрафиолетового диапазона, обеспечивающих генерацию излучения со средней мощностью более 10 Вт;
- создание необходимых элементов оптического тракта, обеспечивающих обработку ультрафиолетового излучения высокой мощности и формирование изображений микроструктур СБИС с субмикронным разрешением;
- создание миниатюрных унифицированных элементов газовакуумных систем, обеспечивающих молекулярную чистоту газовых смесей;
- создание высоконадежных координатных систем перемещения с субмикронной точностью позиционирования;

-освоение промышленного производства дешевых химически стойких контейнеров-микрокамер;

-освоение промышленного производства широкой номенклатуры особоличтых газов-реагентов.

Целесообразно поэтапное решение перечисленных проблем. Следует отметить, что уже сегодня промышленный уровень таких ведущих наукоемких отраслей, как электронная промышленность, достаточен для реализации первых упрощенных моделей лазерных минифабрик.

На первом этапе такими моделями будут лазерографические установки для специализации вентилятных матриц. При этом конструкция таких установок должна допускать наращивание технических систем для постепенного усложнения технологических процессов по мере их освоения.

На втором этапе будет создаваться лазерная минифабрика с полным технологическим циклом изготовления СБИС. Из-за отсутствия многих вышеперечисленных систем производительность такой минифабрики будет небольшой. Однако потребность в подобных минифабриках весьма высока в исследовательских центрах, конструкторских бюро и промышленных предприятиях, занимающихся мелкосерийным производством электронной аппаратуры.

На третьем этапе, по мере решения вышеуказанных проблем, станет возможным создание полноразмерных лазерных минифабрик для производства СБИС и УБИС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лазерные методы создания специализированных СБИС / А.А.Васенков, Ю.Х.Гукетлев, А.Г.Гарицын, В.В.Федоренко - Электронная промышленность, 1991, N 4, с. 3-12.
2. Лазерография - основа перспективных технологий создания СБИС / А.А.Васенков, Ю.Х.Гукетлев, А.Г.Гарицын, В.В.Федоренко - Электронная промышленность, 1991, N 6, с. 13-15.
3. Гарицын А.Г. Лазерография элементов СБИС - Электронная промышленность, 1991, N 6, с. 17-29.
4. Справочник по лазерам. / Пер. с англ. под редакцией А.М.Прохорова в двух томах. - М., Сов. радио, 1978.
5. Лазеры. Отраслевой каталог. - М.: ЦНИИ "Электроника", 1989, 93с.
6. Лазеры для изготовления специализированных ИС. - Экспресс-информация, 1988, Вып.33(4336).
7. Серийные эксимерные лазеры для технологического оборудования полупроводниковой промышленности. - Экспресс-информация, 1987, Вып.70/71(4115/4116).
8. Басов Ю.Г., Ермаков Н.И., Пашков А.С. Серийные эксимерные лазеры. - Зарубежная электронная техника, 1985, N 5, с.45-67.
9. Шелегина Р.В. Коммерческие газовые лазеры - Электронная техника, 1984, № 1, с. 108-123.
10. Colella R., Luccio A. Proposal for a free electron laser in the X-ray region - Optics Comm., 1984, vol. 50, No 1, p. 41-44.
11. Рабинович В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник. Изд. 2. - М., Химия, 1978, 392 с.
12. Энергии разрыва химических связей. Потенциалы ионизации и сродство к электрону. / Гурвич Л.В., Караченцев Г.В. и др. - М.: Наука, 1978.
13. Краткая химическая энциклопедия. Т. I-4. - М.: Советская энциклопедия, 1967.
14. Справочник химика. Т. I,2. - Л.: Химик, 1971.
15. Свойства элементов. Изд. 2. - М.: Металлургия, 1976.
16. Термические константы веществ. Вып. 7. - М.: изд. ВИНТИ, 1974.
17. Энциклопедия неорганических веществ. Т. I, - Киев, 1977.
18. Немец В.М., Петров А.А., Соловьев А.А. Спектральный анализ неорганических газов. - Л.: Химия, 1988.- 240с.
19. Анализ неорганических газов. - Л.: Наука, 1983.- 216с.
20. Аналитическая лазерная спектроскопия. / Под ред. Н.Оменетто. - М.: Мир, 1982.-606с.
21. Лазерная аналитическая спектроскопия. / Под ред. В.С.Летохова. - М.: Наука, 1986.-318с.
22. Сверхчувствительная лазерная спектроскопия. / Под ред. Д.Клайджерса. М.: - Мир, 1986.-520с.
23. Большов М.А. и др. Определение малых концентраций примесей методом атомной флуоресценции с использованием импульсных лазеров на органических красителях. - М.: изд-во ИС АН СССР, 1976, препринт N 2/27.-47с.
24. Пузырев В.А., Герасимова А.С. Адаптивное управление технологическими процессами производства БИС. - Зарубежная радиоэлектроника, 1988, вып. I, с.44-58.
25. Лазерная установка для ускоренного изготовления специализированных ИС. - Электроника, 1986, вып.8, с.64-70.
26. High-speed integrated circuit testing by time-resolved photoemission. / R.Clauberg, H.K.Seitz, A.Blach et al.- IBM Zurich Research Laboratory, CH-8803 Ruschlikon, Switzerland, 1987.
27. Stetgmeier F.F., Andersset H. Elastic light scattering techniques for semiconductor ionization and srodство к электрону. / Гурвич Л.В., Караченцев Г.В. и др. - М.: Наука, 1978.
13. Краткая химическая энциклопедия. Т. I-4. - М.: Советская энциклопедия, 1967.
14. Справочник химика. Т. I,2. - Л.: Химик, 1971.
15. Свойства элементов. Изд. 2. - М.: Металлургия, 1976.
16. Термические константы веществ. Вып. 7. - М.: изд. ВИНТИ, 1974.
17. Энциклопедия неорганических веществ. Т. I, - Киев, 1977.
18. Немец В.М., Петров А.А., Соловьев А.А. Спектральный анализ неорганических газов. - Л.: Химия, 1988.- 240с.
19. Анализ неорганических газов. - Л.: Наука, 1983.- 216с.
20. Аналитическая лазерная спектроскопия. / Под ред. Н.Оменетто. - М.: Мир, 1982.-606с.

21. Лазерная аналитическая спектроскопия. / Под ред. В.С.Летохова. - М.: Наука, 1986, -318с.
22. Сверхчувствительная лазерная спектроскопия. / Под ред. Д.Клайджерса. М.: - Мир, 1986.-520с.
23. Большов М.А. и др. Определение малых концентраций примесей методом атомной флуоресценции с использованием импульсных лазеров на органических красителях. - М.: изд-во ИС АН СССР, 1976, препринт N 2/27.-47с.
24. Пузырев В.А., Герасимова А.С. Адаптивное управление технологическими процессами производства БИС. - Зарубежная радиоэлектроника, 1988, вып. I, с.44-58.
25. Лазерная установка для ускоренного изготовления специализированных ИС. - Электроника, 1986, вып.8, с.64-70.
26. High-speed integrated circuit testing by time-resolved photoemission. / R.Clauberg, H.K.Seitz, A.Blacha et al.- IBM Zurich Research Laboratory, CH-8803 Ruschlikon, Switzerland, 1987.
27. Stetgmeyer F.F., Andersset H. Elastic light scattering techniques for semiconductor technology. - RCA Reutew, 1985, vol.46, p.3-18.
28. Tsao I.Y., Ehrlich D.J. Laser - controlled chemical etching of aluminium. - Appl. Phys. Letters, 1983, vol.43, p.146.
29. Лайнбек Дж.Р. Расширение применения лазеров в производстве СБИС. - Электроника, 1986, вып. I, с.93-98.
30. Айверсен У. Фабрика будущего для производства ИС малыми сериями.- Электроника, 1989, вып. I, с.3-4.
31. Коул Б. Лазерная установка для специализации вентиляльных матриц. - Электроника, 1987, вып.9, с.47.
32. Burns D.L., Elsea A.R. Laser Processing of Semiconductors - A Production Machine.; SPIE, 1988, vol.945, p.97-102.
33. Лаймен Д. Перспективы использования лазеров для изготовления ИС. - Электроника, 1986, вып.2, 15-16.

Статья поступила 19 марта 1991 г.

УДК 621.793.1

ДАТЧИКИ ОПЕРАТИВНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССОВ НАНЕСЕНИЯ И ТРАВЛЕНИЯ ПЛЕНОК

Ф.П.Демидов, Л.М.Аммосова

Прогресс ионно-плазменной технологии в производстве сверхбольших интегральных схем (СБИС) связан с развитием методов контроля и управления этими процессами. Повышение качества, надежности и процента выхода годных изделий в значительной мере определяется уровнем контроля и диагностики процессов нанесения и травления пленок.

Современное оборудование для таких процессов обладает достаточно широким набором средств контроля и управления технологическим процессом: эмиссионная спектроскопия, лазерная интерферометрия, масс-спектрометрия, отражательная спектрофотометрия, эллипсометрия, контроль по изменению параметров плазмы, давления, пьезокварцевый метод и др. [1-3].

Разнообразие видов контролирующей аппаратуры определяется разнообразием технологических процессов травления и нанесения в микроэлектронике и множеством задач, решаемых при этом. Более того, в ряде случаев необходимо применение комплекта (двух или более) датчиков, контролирующих ту или иную фазу процесса.

Переход от нанесения или травления монослойных структур к многослойным вызывает необходимость проведения тщательного контроля каждой стадии процесса. Для этого разработаны функциональные и оперативные датчики контроля. В отличие от функциональных датчиков контроля, которые регистрируют значения

рабочих параметров (ток, напряжение, мощность, давление и состав рабочих газов и т.д.), оперативные датчики контроля предназначены для измерения параметров как обрабатываемых тонкопленочных структур на пластинах, так и обрабатывающей среды, например плазмы, потока ионов и нейтральных частиц, непосредственно во время выполнения технологических операций с оценкой скорости проведения процесса и определением времени его начала и окончания.

С учетом современных требований к технологическим процессам ионно-плазменного нанесения и травления многослойных структур СБИС на пластинах отдельные датчики или система датчиков оперативного технологического контроля должны:

- обеспечить неразрушающий контроль геометрических и физических параметров обрабатываемого изделия, в том числе толщины слоев на пластине и скорости их нанесения или локального травления;

- обладать высокой эксплуатационной надежностью, малыми габаритами и легкостью встраивания в технологические модули;

- иметь микропроцессорное устройство для обработки рабочих сигналов с точным определением начала, скорости и окончания технологического процесса по специальным программам;

- иметь канал внешней связи с другими датчиками, управляющей системой более высокого уровня и некоторыми исполнительными устройствами технологического модуля для организации распределенной и адаптивной системы контроля и управления в пределах данного модуля

Методы и оборудование, применяемые для измерения толщины пленок в напылительных системах [3]

Наименование фирмы и оборудования	После окончания процесса осаждения пленки					Во время процесса осаждения пленки					
	Эллипсометрия	Отражательная спектрофотометрия	Термоволновая диагностика	Рентгеновская флюоресценция	ИК-спектроскопия	Эллипсометрия	Отражательная спектрофотометрия	Пьезокаварцевый метод	Масс-спектрометрия	Эмиссионно-спектральный метод	Атомная адсорбция
Axic 100											
Balzars BPU/ECU/UMS				•				•	•		
Bio-Rad Digilab PL 6100					•						
Braker Analytische IFS 48					•						
Dainippon Screen STM-602/802		•									
GRO Instruments E-Probe Series	•	•									
Gaertner Scientific L115/116											
& L126 Series	•										
HNU Systems Tefa monitor				•							
Intelemetrics (K.J. Lesker)											
JEOL Optical monitor JIR 40T					•						
JST											
Kevex XRMF 900				•				•			
E. Leitz (Wild Leitz Usa) MPV-SP											
Leybold Inficon Sentinel III											
IC 6000/XTC								•			
Maxtek TM Series											
Nanometrics Nanospec/AFT & VT Series											
Nicolet ECO 8S		•									
Plasmos SD 2300					•						
Prozesstechnik Quik Test 1100 Series	•										
Prometrix SM-200/e & FT-500		•									
Rigaku (Marubeni Int'l) 3620											
Rudolph Research Auto EL Series				•							
Sagax International T25/225	•										
Seiko Instruments SFT Series	•										
Sopra (Aries) MOSS	•			•							
Temescal											
Div. of Edwards FDC-8000											
Tencor Instruments TF 1		•									
Therma-Wave ThermaProbe		•									
Twin City International 6000 Series				•							
TVlan TVger	•										
Ulvac CRTM ARM-2											
Veeco Instruments QM Series											•
Veeco/UPA 300											
Verity Instruments LS-300				•							
Xinix 9000											
3030											
Carl Zeiss UMSP-501R		•									•

с возможностью проведения технологического процесса и использованием его оптимизированных математических моделей.

Перечень методов и оборудования, применяемых для контроля процессов напыления, приведен в табл. 1 [2, 3, 5—8]. Все оборудование выпускается серийно, имеет высокие характеристики, микропроцессорное управление. Необходимо отметить, что расширяется применение методов контроля не только после процесса нанесения, но и во время самого процесса.

Наибольшее распространение в процессах осаждения получил пьезокварцевый метод контроля толщины пленки. Пьезокварцевые приборы выпускают ~60% фирм, производящих приборы для контроля процессов осаждения; эллипсометры — 21% фирм; приборы на основе атомной адсорбции — 14,5%. Остальное приходится на другие методы, в том числе термоволновой. Обычно фирмы специализируются на выпуске оборудования одного вида. Однако такие фирмы, как Balzers, GRQ Instruments производят два вида:

Таблица 2

Приборы для контроля технологических процессов нанесения и травления пленок

Наименование оборудования	Параметр	Достигнутый уровень 1990 год		Прогнозируемый уровень 1995 г.
		средний	наивысший	
ОПТИЧЕСКИЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ Отражательные спектрофотометры для процессов нанесения (степень распространения в процессах нанесения — 36%, в основном после окончания процесса нанесения)	Минимальный размер светового луча, мкм	2—4	I (MPV-SP, E. Leitz Wetriar, Германия)	0,3—0,5
	Время измерения, с	1,5—3 с	0,3 (Nanospec-AFT, Nanometric, США)	0,1—0,3
	Максимальное число слоев в контролируемой пленке	1—3	3 (Quick-Test, 1000 Process Control, США)	3
	Толщина пленки, мкм	0,1—5,0	0,02 (Nanospec-AFT Nanometric, США)	0,02
	Автоматизация процесса контроля	Применение микропроцессора	Статистический количественный контроль, режим самодиагностики голографическое изображение на экране (Lambda ACE STM-603PE Dainippon Screen, Япония) ±5·10 ⁻⁴ (Multissem 440, SD-20 Sofie Instrum., Фр.)	Режим самодиагностики с автоматической калибровкой контура и его настройкой, голографическое изображение
Спектрально-эмиссионный метод (Степень распространения для контроля процессов травления — 75%. Применяется также для контроля пленок после окончания процесса нанесения)	Разрешение, мкм	5·10 ⁻¹	±5·10 ⁻⁴ (Multissem 440, SD-20 Sofie Instrum., Фр.)	±3·10 ⁻⁴
	Время сканирования всего спектра, с	10	2,5 (Multissem 440, SD-20)	2,5
	Скорость сканирования, мкм/с	—	5·10 ⁻² (Multissem 440, SD-20)	5·10 ⁻²
	Контроль конца травления на площади, мкм ²	—	5·10 ⁻⁴ В режиме самодиагностики (Multissem 440, SD-20)	5·10 ⁻⁴ В режиме самодиагностики
	Автоматизация процесса контроля	Микропроцессор	Микропроцессор, режим самодиагностики	
	Автоматическая калибровка	Отсутствует	Автоматическая калибровка с воспроизводимостью 2·10 ⁻⁴ мкм (Multissem 440, SD-20 Sofie Instrum., Фр.)	2·10 ⁻⁵
Лазерно-интерферометрический метод контроля (Степень распространения для контроля процессов травления — 10%)	Поляризованный лазер мощностью, Вт	—	5·10 ⁻³ (Multissem 440, SL-50 Sofie Instrum., Фр.)	0,5·10 ⁻²
	Диаметр светового пучка, мм	—	1—5 (Multissem 440, SL-50 Франция)	1
	Калибровка лазерной головки	Отсутствует	Автоматическая калибровка (Multissem 440, Multissem 330)	Автоматическая калибровка
	Количество фотодетекторов	1	2 (Multissem 440, SL-50)	2
	Возможность автоматического контроля глубины травления и момента окончания	Контроль либо глубины травления, либо момента окончания травления	Контроль либо глубины травления, либо момента окончания травления	Контроль глубины и момента окончания травления, режим самодиагностики (Multissem 550, SL-50)
	Движение лазерной головки по осям X, Y	Только по оси X	Движение по осям X и Y (Multissem 440, SL-50)	X, Y, Z
	Автоматизация процесса контроля	Микропроцессор	Микропроцессор, режим самодиагностики (Multissem 440, SL-50)	Микропроцессор, режим самодиагностики

Наименование оборудования	Параметр	Достигнутый уровень 1990 год		Прогнозируемый уровень 1995 г.
		средний	наивысший	
Эллипсометрический метод контроля (Степень распространения для контроля нанесения : во время процесса — 21% после процесса — 28% Для контроля процессов травления 10% Один из перспективных способов контроля)	Разрешение, мкм	$1 \cdot 10^{-2}$	$\pm 1 \cdot 10^{-3}$ (Sagax 225, Sagax Instrum., США)	$\pm 1 \cdot 10^{-3}$
	Время анализа, с	10	0,33 (Sopra Moss, США)	0,33
	Определение момента окончания травления	Отсутствует	есть (LPS-0,1, Leybold-AG, Германия и фирмы Dage, Applollo Optical Services, обе Великобритания)	Контроль процесса травления и момента окончания процесса травления
	Автоматизация процесса контроля и программное обеспечение для статистического контроля	Микропроцессор, программное обеспечение отсутствует	Микропроцессор, есть программное обеспечение (Rudolph Research, США Leybold-AG, Германия)	Микропроцессор, в режиме самодиагностики
Пьезо-кварцевый метод контроля Степень распространения для контроля процессов нанесения : во время процесса — 60%; после процесса — незначительно, для контроля процессов травления — 30%)	Диапазон индикации толщины покрытий, мкм	0—99,99	0—99,99 (XTC, Leybold-AG, Германия)	0—99,99
	Разрешение, мкм	—	$\pm 1 \cdot 10^{-4}$ (XTC, Leybold-AG)	$\pm 1 \cdot 10^{-4}$
	Минимальное значение контролируемой скорости нанесения покрытий, мкм/с	—	$1 \cdot 10^{-4}$ (XTC, Leybold-AG)	$1 \cdot 10^{-5}$
	Автоматизация процесса измерения	Микропроцессор	Микропроцессор (XTC, Leybold-AG)	Микропроцессор, режим самодиагностики

например, Balzers — пьезокварцевые датчики и масс-спектрометры, GRQ Instruments — эллипсометры и приборы на принципе отражательной спектрофотометрии.

В процессах плазменного травления обычно контролируются те же параметры, что и в процессах осаждения [1—4, 9]. Основным параметром, определяющим успешное проведение процесса, является момент окончания травления (MOT). При надежном способе его определения можно осуществлять многостадийное сложное травление, улучшать управляемость процесса за счет регулирования степени подтравливания.

Наибольшее распространение в установках сухого травления получили эмиссионно-спектральные датчики (75% установок), далее идут лазерно-интерферометрические и эллипсометрические (10%) и сочетание лазерно-интерферометрических средств контроля с эмиссионно-спектральными (10%) методами [10]. Иногда по согласованию с заказчиком фирмы устанавливают в оборудование в дополнение к названным и другие типы датчиков контроля процесса травления.

Параметры датчиков оперативного технологического контроля нанесения и травления тонких пленок, пользующихся спросом на мировом рынке в 1990 г., приведены в табл. 2.

Для контроля процесса нанесения наиболее распространен метод отражательной спектрофотометрии (~36%) вследствие его пригодности для измерения широкого диапазона толщин и

типов пленок (поликристаллический кремний, окись кремния, нитриды, арсенид галлия, фоторезисты и т.п.). Лидерами в производстве такого оборудования являются фирмы США, Японии, Германии [3]. К 1995 г. ожидается улучшение характеристик почти по всем указанным в таблице параметрам, а также переход на голографическое изображение профиля пленки, режим самодиагностики.

В установках травления наибольшее распространение получил спектрально-эмиссионный метод, который применяется также для контроля пленок после окончания процесса нанесения. Эмиссионно-спектральные датчики выпускают за рубежом фирмы Франции, США, Великобритании, Германии [10].

Лучшие эмиссионные спектрометры снабжены микропроцессорами, позволяющими производить автоматическую обработку полученных данных. Часть фирм, например, ЕСВ, Princeton Applied Research Plasma Term, UTI (США) применяют компьютеры, использование которых позволяет сравнивать спектры, выделять фон, регистрировать представляющую наибольший интерес часть спектра.

Ведущей в производстве эмиссионных спектрометров является фирма Sofie Instruments (Франция). Последние модификации спектрометров SD20 и Medium 10 позволяют произвести контроль MOT на площади менее $5 \cdot 10^{-4}$ мкм в диапазоне спектра 0,2—0,8 мкм со скоростью сканирования $5 \cdot 10^{-2}$ мкм/с [11]. Устройства поставляются не

только в составе установки, но и как самостоятельные приборы для контроля. Определение момента окончания процесса травления можно также производить приборами FTM-800 фирмы SC Technology (США).

Следует отметить, что к 1995 г. приборы этого типа будут иметь разрешение — $\sim \pm 3 \cdot 10^{-4}$ мкм, время сканирования — $< 2,5$ с, скорость сканирования $< 5 \cdot 10^{-4}$ мкм/с, возможность проведения контроля МОТ на площади $< 5 \cdot 10^{-4}$ мкм².

Лазерная интерферометрия — один из самых распространенных методов точного определения МОТ [1—3, 9]. Лучшие лазерные интерферометры фирмы Sofie Instruments модели SL-50 полностью автоматизированы [11]. В них соединен принцип интерферометрии и многократного отражения пучка от поверхности, что позволяет контролировать во время процесса толщину пленки, осуществлять контроль скорости нанесения или травления, а также определять МОТ. Фирма CIT Alcatel (Франция) оснащает лазерными интерферометрами свои установки типа Gir, Lina, Puma [10].

Измерение толщины пленок с помощью эллипсометрии стали применять в промышленных установках с середины 80-х годов. Ряд известных фирм Rudolf Research, Sadax Instruments (США), Plasmoss Process GMB (ФРГ) и др. выпускают эллипсометры, позволяющие производить измерение с высокой точностью (лучшие $1 \cdot 10^{-3}$ мкм), толщин оксидов, нитридов, поликристаллического кремния, фоторезистов и других многослойных пленок. Модель Sagax-225 с разрешением $\pm 1 \cdot 10^{-3}$ мкм может применяться и для определения момента окончания травления. Эллипсометры LPS-0,1 фирмы Leybold AG также определяют МОТ [12]. Таким образом, эллипсометрические датчики применяются для оперативного контроля. Фирма Rudolf Research рекламирует эллипсометр S2000, который способен производить контроль многослойных структур [13]. Эллипсометрия за несколько лет из экзотического метода исследования превратилась в промышленный метод процесса контроля нанесения и травления. Это один из перспективнейших методов контроля, позволяющих получать уникальные результаты.

Устройства контроля выпускаются и как самостоятельные приборы, так и в составе специально разработанных систем технологических установок. Например, фирма Sofie Instruments (Франция) специализируется на разработке и продаже комплексов типа Multissem, Digissem, Digilem, в состав которых входят несколько датчиков оперативного контроля: лазерный, эмиссионно-спектральный, масс-спектрометрический и др. Такие системы выпускают и фирмы США, ФРГ, Великобритании, Японии.

В последнее время для контроля процессов травления стали применять и пьезо-кварцевый метод (3%) [3]. Лидерами в производстве пьезо-кварцевых приборов являются фирмы Leybold AG (Германия), Balzers (Лихтенштейн).

Leybold AG производит автоматическую систему контроля типа ХТС [8], которая при измерениях скорости нанесения покрытия в медленных процессах обеспечивает разрешение $1 \cdot 10^{-4}$ мкм/с, что является наилучшим достижением для этого метода. Ожидается, что к 1995 г. этот показатель достигнет величин $1 \cdot 10^{-5}$ мкм/с.

Следует указать, что масс-спектрометрический метод контроля при процессах напыления также получает все более широкое распространение [1, 2, 14—16]. Фирма Hiden Analytical (Великобритания) предлагает новую серию датчиков определения МОТ, основой которых является квадрупольный масс-спектрометр (КМС), обеспечи-

вающий высокоточное определение МОТ — $1 \cdot 10^{-3}$ мкм в многослойных структурах [15]. Эти датчики позволяют с большой точностью определить состав газовой фазы до начала травления, обнаружить утечку и наличие загрязнений в системе и МОТ, например, SiO₂ на полупроводниках III—V группы. КМС фирмы снабжены микропроцессорами, которые дают возможность автоматизировать процесс измерения, обработку полученных данных, процесс построения графиков в двухмерном и трехмерном видах.

Отечественное оборудование для ионно-плазменного нанесения и травления многослойных структур на пластинах недостаточно укомплектовано датчиками и устройствами оперативного технологического контроля, что существенно снижает его практическую ценность, потребительские свойства и конкурентную способность, хотя в выпускаемых в СССР устройствах контроля технологических процессов реализованы почти все физические принципы, используемые для этой цели за рубежом.

Выпускаются приборы на основе пьезокварцевого метода — кварцевый измеритель толщины пленки КИТ-1. Его модификации — КИТ-4, КИТ-5 и КИТ-6 — отличаются высокой точностью, малыми габаритами. Эти датчики устанавливаются непосредственно в установках, например, в установке вакуумного осаждения 01НЭ-7-008 [17].

Пьезокварцевый датчик-цифровой контроллер для измерения толщины и скорости осаждения пленок проводников, полупроводников и диэлектриков в процессе вакуумного напыления [18] имеет следующие технические характеристики: диапазон измерения скорости напыления 1,0—99,9 нм, диапазон измерения толщины пленки 1,0—9999 нм, максимальная погрешность измерения $\pm 1\%$. Контроллер позволяет одновременно контролировать скорость и толщину напыления, предусмотрена возможность задания скорости и толщины напыляемой пленки от ЭВМ. Прогреваемый пьезокварцевый датчик со стабилизацией температуры кварцедержателя и четырехпозиционный автоматизированный датчик позволяют контролировать многократное нанесение четырех различных материалов [19].

Минский радиотехнический институт, совместно с ОП Минского радиотехнического завода разработал и изготовил модуль контроля и управления процессом напыления [21]. В качестве датчиков скорости напыления и толщины в модуле имеется кварцевый резонатор, измеряющий толщину пленок в интервале 0—20 мкм, резистивный датчик «Свидетель», работающий в диапазоне 0,1—1000 кОм и лазерный интерферометр. Модуль оснащен микропроцессором, что позволяет осуществлять не только измерение толщины пленки, но и контроль скорости напыления в диапазоне 0— 10^{-1} мкм/с или 10^{-3} — 10^{-6} ом⁻¹, с⁻¹. Кроме того измеряется температура подложки.

В НПО «Вакууммашприбор» создан лазерно-интерферометрический индикатор окончания процесса травления ИЛОТ-2 [4], который может встраиваться в плазмохимические установки типа 08ПХО-100Т-001, 08ПХО-100Т-095. Датчики ИЛОТ-2 в 1990 г. освоены в серийном производстве, в 1991 г. планируются к выпуску спектральный датчик ИСОП и комплект этих датчиков ИЛС-1. Все эти датчики оснащены микропроцессорами, либо имеют выход на вычислительный комплекс типа ДВК.

Для фиксации момента окончания процесса плазмохимического травления разработан комплекс оборудования на базе двухканального фотоэлектрического прибора ИУП-5 для спектрально-

Характеристики отечественных масс-спектрометров

Наименование характеристик	Марка масс-спектрометра			
	МХ-7304 (г. Сумы)	МХ-7305 (г. Сумы)	Авто-матризованный квадрупольный масс-спектрометр (г. Рязань)	ВПД-1 (г. Москва)
Разрешающая способность (на уровне 50% высоты пика) в диапазоне массовых чисел 1—200 а.е. м., М/М	2	4	5	1
Диапазон регистрируемых масс, А/Па	2—200	1—200	1—600	1—99
Чувствительность по аргону, А/Па	10^{-3}	10^{-1}	—	—
Наименьшее парциальное давление (аргон), Па	10^{-9}	10^{-10}	—	$2 \cdot 10^{-8}$
Время регистрации полного спектра, с	—	—	2—400	150
Наибольшее рабочее давление, Па	—	—	10^{-2}	10^{-2}
Непрерывность работы, ч	—	—	—	120
Масса, кг	—	150 (без ЭВМ)	—	9,6

го и лазерного контроля процессов с микропроцессорным управлением [22].

В работе [23] описан лазерный интерферометр на основе лазера ЛГ-126 для измерения толщины, разнотолщинности и показателя преломления тонких пластин и пленок, прозрачных для излучения волн 0,63 и 1,15 мкм. Диапазон измеряемых толщин 5—500 мкм, максимальные размеры контролируемого изделия 100×100 мм. Погрешность измерения толщины $\pm 5\%$.

В толщиномере диэлектрических пленок на базе микроЭВМ «Электроника 60М» метод измерения основан на лазерной интерферометрии в тонких диэлектрических пленках в видимом диапазоне длин волн [24]. Снятие спектра отражения и последующая обработка позволяют определить толщину пленки. Прибор может измерять однослойные (двуокись кремния, нитрид кремния, резисты негативный и позитивный, поликристаллический кремний, полиимид на кремнии, резист позитивный на алюминии) и двухслойные структуры (резисты негативный и позитивный, нитрид кремния, поликремний с подслоем двуокиси кремния; двуокись кремния — подслоем поликремния) толщиной от $3 \cdot 10^{-3}$ до 4 мкм и временем одного измерения 10 с.

Двухлучевой лазерно-интерференционный толщиномер [25] позволяет контролировать пленки с оптическими толщинами не менее 6 мкм.

С помощью двухканального спектрального устройства для контроля и управления плазменными технологическими процессами можно регистрировать спектр на длине волны $2,5 \cdot 10^{-1}$ мкм в диапазоне $(2-6) \cdot 10^{-1}$ мкм и на длине $5 \cdot 10^{-1}$ мкм в диапазоне $(4-8) \cdot 10^{-1}$ мкм [26]. Ширина выделяемого монохроматором спектрального интервала — $1 \cdot 10^{-3}$ мкм. Предусмотрена работа в автоматическом режиме [26].

В работе [27] описывается система лазерно-интерферометрического контроля процессов плазмохимического травления, оснащенная микропроцессором, работающим в режиме самодиагностики.

Измерительный автоматизированный комплекс, предлагаемый в работе [28], применяется для контроля толщины пленок в диапазоне $5 \cdot 10^{-3}$ —10 мкм с погрешностью измерений 0,0003 мкм и контроля шероховатости от 0,005 до 1 мкм при длине трассы профилографирования — 200 мкм.

Для измерения эпитаксиальных пленок кремния, германия, арсенида галлия на одноименных подложках с удельным сопротивлением 0,01 Ом·см в диапазоне толщин 1,5—220 мкм может применяться измеритель УИТЭ-ТЛЭ-100/1,5-002, который представляет собой автоматический фурье-толщиномер [29]. Измеритель быстродействующий. Спектрофотометр разработан в Риге.

В табл. 3 приведены характеристики отечественных масс-спектрометров, предназначенных для анализа и контроля состава паров, газов в технологических процессах производства изделий электронной техники.

ВПД-1 является первым отечественным измерителем парциальных давлений разряженных газов, позволяющим измерять величину парциального давления с нормируемой погрешностью. Прибор позволяет также измерять величину полного давления газов. В нем имеется микропроцессорное управление и наличие устройства сопряжения с внешней ЭВМ. Датчик вакуумметра присоединяется к технологической установке с помощью стандартного малогабаритного фланца Ду-50.

Следует отметить, что масс-спектрометр, представленный в работе [30], может также работать

в составе ионного микрозонда для послойного и материального анализа приповерхностной области твердого тела методом вторично-ионной масс-спектрометрии. В режиме управления от ЭВМ обеспечивается программная обработка информации, документирование графической и символьной информации на бумаге, отображение текущей и символьной информации на мониторе, накопление архива данных на гибких магнитных дисках.

В работе [31] сообщается о возможностях одной из модификаций квадрупольного масс-спектрометра 09 НОС-200-008, предназначенного для контроля состава газов в установках молекулярно-лучевой эпитаксии. Масс-спектрометр работает в диапазоне 2—200 а.е.м. и давлений 10^{-2} — 10^{-6} Па.

В настоящее время при производстве СБИС используется большое разнообразие контрольной и диагностической аппаратуры, с помощью которой повышается выход годной продукции.

Лидерами в производстве такого оборудования являются, по-прежнему, фирмы Франции, США, ФРГ, Великобритании, Японии.

Появление приборов с более высокой чувствительностью, чем уже было достигнуто в 1988 г., не наблюдалось. Однако наметилась тенденция усложнения контрольно-диагностической функции, о чем свидетельствует появление нового поколения приборов. Так, наряду с измерением толщины пленок производится контроль пленок по химическому составу (фирмы SC Technology и Ketley (США)), контролируется также неоднородность толщины пленки по всей ее поверхности и ее удельное сопротивление (фирма SC Technology). В США расширился выпуск эллипсометров, в 1989 г. к их выпуску приступила Франция.

Фирма Sagax Instruments и Leybold AG сконструировали эллипсометры, которые определяют

момент окончания травления, т.е. эллипсометры становятся датчиками оперативного контроля.

В нашей стране расширяется применение приборов для контроля технологических процессов напыления и травления.

Минским радиотехническим институтом совместно с ОП Минского радиотехнического завода выпущен модуль контроля и управления процессом напыления, в котором применено три типа датчика: лазерно-интерферометрический, пьезокварцевый и резистивный.

Увеличилось число приборов и устройств, в которых обработка данных автоматизирована, однако некоторые способы контроля, такие как с помощью приборов на термоволновом принципе контроля и атомной адсорбции, до сих пор еще не освоены в промышленности.

Таким образом, разработчикам устройств и приборов контроля технологических процессов необходимо, во-первых, способствовать скорейшему промышленному освоению разработанных и выпускаемых в небольших количествах датчиков и, во-вторых, продолжать усовершенствование этих устройств по пути исследования новых физических принципов и повышая точность измерения контролируемых параметров технологического процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ивановский Г.Ф., Петров В.И. Ионно-плазменная обработка материалов.— М.: Радио и связь, 1986.
2. Плазменная технология в производстве СБИС.— М.: Мир, 1987.
3. Burgat P. How Thick are your Thin films?— Semiconductor International, 1988, vol. 11, N 9, p. 96—103.
4. Демидов Ф.П., Босов В.С., Шкиров В.С. Датчики контроля ионно-плазменных процессов нанесения и травления тонкопленочных структур.— Электронная промышленность, 1989, № 6, с. 29—32.
5. Harrington H.W. Can a FTIR Spectrometer really be that sensitive.— Research and Development, 1988, N 9, p. 82—88.
6. Fisher H. Microprocessor controlled ultrahigh vacuum evaporations of critical thin film, multilayer structures and coevaporated materials.— Journ. Vac. Sci and Technol. 1988, vol. 6A, N 3, p. 2103—2108.
7. Patrick L. Try termal wave measurements for Dry etch process diagnostics.— Semiconductor International. 1988, vol. 11, N 8, p. 144—147.
8. Leybold Heraeus. Техника тонких покрытий. Каталог, 1988.
9. MMT'S. Dry. Equipment Selection Guide.— Microelectronic Manufacturing and Testing, 1988, vol. 11, N 8, p. 66—70.
10. MMT'S. Dry Equipment Selection Guide.— Microelectronic Manufacturing and Testing, 1989, N 12. p. 12.
11. Sofie Instruments, 1990.
12. Inspection and Test.— European Semiconductor, 1988, vol. 10, N 2, p. 51.
13. Spectroscopic Ellipsometer Rudolph Research.— Physics today, 1989, vol. 42, N 3, p. 133.
14. Fisher H. Microprocessor controlled ultrahigh vacuum evaporations of critical thin film, multilayer structures and thin evaporated materials.— Journ. Vac. Sci. and Technol., 1988, vol. 6A, N 3, p. 2103—2108.
15. End-points detectors. Hiden Analytical, Ltd.— Physics today, 1989, vol. 42, N 6, p. 90.
16. Day A.P. Reexamine Mass Spectrometry for end-point Detection.— Semiconductor International, 1989, N 12, p. 110—113.
17. Денисов А.Г. Приборы и аппаратура для анализа поверхности в вакууме.— Физика и техника высокого и сверхвысокого вакуума. (V Всесоюзная конференция).— Рязань: НИТМ, 1985, с. 4—5.
18. Измеритель цифровой. Информационный листок № 83-1112, 1983.
19. Демидов Ф.П., Лоскутов А.И., Ершов В.К. Применение пьезокварцевого микровзвешивания при изготовлении тонкопленочных структур.— Электронная промышленность, 1989, вып. 11, с. 20—21.

20. Устройство для измерения толщин тонких полупроводниковых слоев неразрушающим способом. Информационный листок № 86-0107, 1986.

21. Модуль контроля и управления процессом тонких пленок. Каталог приборов.— Минск: Наука и техника, 1988, с. 152—153.

22. Двухканальный фотоэлектрический прибор для спектрального и лазерного контроля процессов плазмохимического травления/ В.М.Долгополов, Н.П.Кохан, В.М.Сироткин и др.— Электронная промышленность, 1988, вып. 7, с. 39—41.

23. Установка измерения толщины пластин. Информационный листок № 86-2708, 1986.

24. Измеритель толщин диэлектрических пленок на базе микроЭВМ «Электроника-60М»/ В.А.Мальшев, В.А.Попов и др.— Электронная промышленность, 1988, вып. 5, с. 70.

25. Самойленко Т.В., Смирнов И.К., Тюкаев А.В. Двухлучевой интерференционный лазерный толщиномер.— Электронная промышленность, 1986, вып. 5, с. 70.

26. Универсальное устройство спектрального контроля плазменных технологических процессов/ В.В.Баласников, А.А.Лабуда и др.— Электронная промышленность, 1988, вып. 8, с. 55—56.

27. Система лазерного контроля процессов плазмохимического травления/ В.А.Сокол, С.С.Сухоруков и др.— Электронная промышленность, 1989, вып. 1, с. 57.

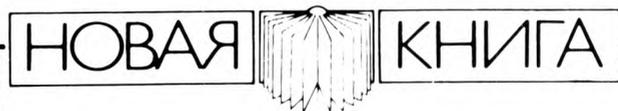
28. Измерительный комплекс для контроля толщины пленок и шероховатости поверхности/ В.П.Бабенко, В.А.Горбаренко, Н.Н.Евтихий и др.— Электронная промышленность, 1989, вып. 6, 3-я стр. обл.

29. Измеритель толщины эпитаксиальных пленок/ И.Р.Винников, А.А.Журавлев, В.А.Мальшев и др.— Электронная промышленность, 1989, вып. 5, с. 59.

30. Автоматизированный квадрупольный масс-спектрометр. Проспект.

31. Автоматизированный квадрупольный масс-спектрометр на диапазон массовых чисел 1—300 и 2—600 а.е.м./ И.В.Коненков, В.И.Кратенко, Г.А.Могильченко и др.— Электронная промышленность, 1988, вып. 7, с. 51—52.

Статья поступила 27 апреля 1991 г.



УИТСОН Дж. 500 практических схем на ИС: Пер. с англ. — М.: Мир, 1991 (III кв.). — 25 л.: ил.

Книга содержит более 500 практических электронных схем, построенных на ИС. В ней собраны разнообразные схемы усилителей, генераторов, счетчиков, интерфейсных и оптоэлектронных схем, узлов, построенных на основе микропроцессоров, устройств охранной сигнализации, звуковых, высокочастотных и связанных схем. В отличие от традиционных книг по схемотехнике здесь приведено большое количество формул, таблиц и графиков для расчета и настройки схем.

УДК [621.317.34:621.391.822]:621.3.049.77

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МИКРОСХЕМ И ДИСКРЕТНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ НА ПЛАСТИНАХ

канд. физ.-мат. наук Н.П.Гарбар,
д-р физ.-мат. наук Н.Б.Лукьянчикова,
канд. техн. наук У.Р.Абру, В.А.Жариков,
канд. физ.-мат. наук Д.И.Кропман

Разработанная высокочувствительная установка позволяет проводить контроль шумовых характеристик и отбраковывать высокошумящие микросхемы и дискретные транзисторы, а также другие полупроводниковые устройства и их элементы непосредственно на пластинах. Установка может быть использована как в промышленном производстве, так и при разработке новых малошумящих изделий микроэлектроники.

При разработке и промышленном выпуске малошумящих и надежных изделий микроэлектронной техники важной является проблема измерения и контроля шумовых характеристик микросхем и дискретных транзисторов непосредственно на пластинах. Эти измерения позволяют:

- проводить отбраковку сильно шумящих изделий прямо на пластине;
- прогнозировать результаты испытаний, проводимых на контрольных партиях изделий, т.е. экономить время и материалы, затрачиваемые на изготовление таких партий;
- оперативно устанавливать источники и причины появления избыточного шума в процессе изготовления изделий и вносить коррективы в соответствующие технологические режимы;
- выяснять влияние операций резки, монтажа и сборки на шумовые характеристики изделий и обрабатывать оптимальные их режимы;
- получать данные о степени неоднородности распределения шумовых характеристик микросхем или дискретных транзисторов на пластинах.

Разработанная установка позволяет проводить измерения спектральной плотности флуктуаций

напряжения $S_V^{\text{вых}}$ на выходе микросхем и транзисторов, а также коэффициента их усиления K_T и определять приведенную ко входу спектральную плотность шумового напряжения $S_V^{\text{вх}}$ на частоте 1 кГц.

Коэффициент усиления K_U установки на частоте 1 кГц достигает значения $K_U = K_{\text{max}} = 2 \cdot 10^6$. Установка имеет достаточно узкую полосу пропускания, которая на уровне $0,71 K_{\text{max}}$ равна 150 Гц.

Для корректного измерения спектральных плотностей шумовых сигналов, имеющих, как известно, сплошные спектры, важным является существенное подавление сигналов в области крыльев кривой $K_U(f)$, так при небольшой расстройке по частоте спад величины K_U составляет 26 дБ на октаву, а при сильной расстройке — 14 дБ на октаву. Такое ослабление вполне достаточно для надежного подавления возможного вклада в измеряемую величину шумового сигнала как от низкочастотного, так и высокочастотного хвостов шумового спектра практически при любой встречающейся на опыте его форме.

Эквивалентное шумовое сопротивление установки $R_{\text{ш}}^{\text{эkv}}$ равно 240 Ом. Так как для микросхемы и транзисторов обычно $K_T \gg 100$, то с помощью данной установки можно измерять чрезвычайно малые значения (до $2,15 \cdot 10^{-11}$ В · Гц^{-1/2}) приведенного по входу микросхемы или транзистора

шумового напряжения (величины $\sqrt{S_V^{\text{вх}}}$).

Входное сопротивление установки может достигать 10 МОм.

Калибровка измерительного тракта осуществляется с помощью теплового шума [1] калибровочных резисторов.

Проведенные исследования показали, что зависимость $V_k^2(R_k)$ имеет характер линейный, причем специальные измерения коэффициента усиления K_{max} и эффективной шумовой полосы пропускания установки $\Delta f_{\text{ш}}$ свидетельствуют, что при этом выполняется соотношение Найквиста [1]:

$$U_k^2 - U_0^2 = 4kTR_k K_{\text{max}}^2 \Delta f_{\text{ш}},$$

где U_k и U_0 — шумовые сигналы на выходе установки при подключении ко входу калибровочного сопротивления R_k и при коротком замыкании на входе, соответственно.

Это указывает на корректность используемого в установке способа калибровки. Его достоинством является независимость результатов определения значений $S_V^{\text{вых}}$ от значений K_{max} и $\Delta f_{\text{ш}}$ и, следовательно, отсутствие необходимости их контроля при измерениях.

Для измерения K_T , при котором одновременно осуществляется и проверка работоспособности исследуемой микросхемы или транзистора, в установке имеется генератор, настроенный на частоту 1 кГц.

Приведенная ко входу микросхемы (транзистора) спектральная плотность шумового напряжения определяется по формуле:

$$S_U^{вх} = S_U^{вых} / K_T^2$$

Установка может быть модернизирована, что позволяет проводить измерения:

- при любых фиксированных частотах в диапазоне 20 Гц—100 кГц;
- в широкой полосе частот — 100 Гц—10 кГц;
- при фиксированном значении коэффициента усиления микросхемы K_T .

Измерения шумовых характеристик микросхем и их элементов на пластинах проводили на микросхемах различного типа, а также на расположенных на тех же пластинах тестовых транзисторных элементах в обычных режимах их работы.

Пластины с микросхемами закрепляли на держателе автомата ЭМ-6010, с помощью зондовых электродов которого микросхемы подключали к установке. В результате этих измерений установлено, что для большинства пластин значения $\sqrt{S_U^{вх}}$ расположены в диапазоне (5,5—7) нВ/Гц^{1/2}, а для некоторых — составляет 4 нВ/Гц^{1/2}.

Из паспортных данных величина $\sqrt{S_U^{вх}}$ в рассматриваемых микросхемах составляет (4,2—7) нВ/Гц^{1/2}. Таким образом, уже эти данные свидетельствуют о соответствии результатов измерения шума на пластинах и на готовых изделиях.

Исследование пространственной неоднородности распределения шумовых характеристик по пластине показали, что величины $\sqrt{S_U^{вх}}$ могут быть распределены как достаточно однородно, так и весьма неоднородно, причем на краях пластины разброс значений $\sqrt{S_U^{вх}}$ может быть больше, чем в ее центре.

На основе рассматриваемых микросхем были изготовлены приборы и в тех же условиях были

определены значения величин $\sqrt{S_U^{вх}}$. Результаты этих измерений приведены в таблице. Там же даны значения $\sqrt{S_U^{вх}}$, полученные для каждой из микросхем при измерениях на пластине. Видно, что в большинстве случаев результаты измерений шума на пластине практически совпадают с результатами измерений шума в готовых изделиях.

Таким образом, проводя выборочные измерения шума на пластинах, можно получать те же результаты, которые сейчас получают путем изготовления контрольных партий изделий. Более того, установленная корреляция результатов измерений шума на пластине и в готовом изделии означает возможность сплошного контроля шумовых характеристик изделий и отбраковки сильношумящих микросхем еще на стадии пластин.

Кроме того, совпадение уровней шума в микросхемах на пластине и в готовых приборах указывает на то, что операции, выполняемые при изготовлении из расположенных на пластинах микросхем готовых приборов, обычно не вносят дополнительного шума, т.е. являются практически бесшумными, даже в тех случаях, когда шум микросхем весьма мал.

Проводя измерения шумовых характеристик тестовых элементов, расположенных на пластинах, и пользуясь недавно разработанным новым методом анализа этих характеристик [2], удалось установить природу избыточного шума, определяющего наблюдаемые значения величины $S_U^{вх}$.

Оказалось, что основным его источником являются флуктуации ширины истощенного слоя эмиттерного перехода транзистора, расположенного на входе микросхем, обусловленные флуктуациями заселенности имеющихся в этом слое локальных центров. При этом причиной наблюдаемого шума является то, что такие флуктуации модулируют величину базового тока (его рекомбинационную составляющую), а также толщину базовой области и, следовательно, величину коллекторного тока.

При этом было обнаружено, что чем меньше коэффициент усиления транзистора по току β , тем больше уровень рассматриваемого шума. Такую взаимосвязь можно объяснить, если предположить, что шумящие центры представляют собой центры рекомбинации. В самом деле, рост концентрации таких центров должен увеличивать как уровень шума, так и ток рекомбинации в эмиттерном переходе, а, следовательно, уменьшать величину β .

Для выяснения природы шумящих центров представляют интерес и результаты сопоставления значений спектральной плотности избыточных флуктуаций базового тока S_{π} со значениями генерационного времени жизни τ , которое, как известно, зависит от параметров существующих в полупроводнике центров и которое для различных исследованных пластин также оказалось различным.

Для измерения τ на пластинах изготавливались специальные МДП-структуры, использующие коллекторный окисел биполярных транзисторов. Значения τ определяли по скорости релаксации емкости неравновесного обеднения этих МДП-структур. Для исследованных пластин значения τ составляли: 7, 13, 20, 45, 65 и 145 мкс.

Исследования показали, что какая-либо корреляция между S_{π} и τ отсутствует. Поскольку МДП-структуры изготавливались на коллекторном окисле, можно полагать, что величины τ в

Сопоставление результатов измерения шума в микросхемах, на пластинах и в готовых приборах

№ п/п	МС		Прибор		МС		Прибор	
	$\sqrt{S_U^{вх}} \cdot 10^9, \text{В} \cdot \text{Гц}^{-1/2}$							
1					8,5		8,0	
3	5,4							
6	5,5				4,3		4,0	
8	5,4				3,8		3,3	
11	5,6		5,6	5,8				
13	5,7				3,8		3,6	
14					6,0		6,0	
16	5,6							
17					3,8		3,4	
18	5,4		5,6	6,0	3,8		3,4	
19	6,0							
20	5,4		5,6	6,0				
22			5,8	6,4				
23			7,0	8,0				
24	5,7		9,0	9,6	3,8		3,5	
25			5,3	5,6				
28			6,3	6,4	3,8		3,4	
29	6,4		6,2	6,6	4,0		3,5	
31	6,4		5,6	6,0				
33			7,2	7,6	6,5		4,8	

значительной степени были обусловлены свойствами исходного материала и, в первую очередь, концентрацией и характером имеющихся в нем центров, а также центров, которые могут образовываться под воздействием термообработок, которым подвергается пластина при изготовлении микросхем. Поэтому отсутствие корреляции значений S_{λ} и τ могут быть следствием того, что в формировании ответственных за существование избыточного шума центров основную роль играют дефекты, возникающие в процессе легирования эмиттерной, а, возможно, и базовой областей. Это следует учитывать при разработке способов снижения шума рассматриваемых микросхем.

Возможность измерения шумовых характеристик тестовых транзисторов непосредственно на

пластинах, обеспечиваемая установкой, позволила при этих исследованиях избежать трудоемкой и поэтому весьма нежелательной работы — специального изготовления большого количества тестовых элементов в корпусах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ван-дер-Зил А. Флуктуационные явления в полупроводниках. Пер. с англ./ Под ред. Ф.В.Бункина.— М.: ИЛ, 1961.— 232 с.
2. Исследование механизмов формирования $1/f$ шума в $p-n$ -переходах/ Н.Б.Лукьянчикова, Н.П.Гарбар, М.В.Петричук, Д.И.Кропман.— ФТП, 1990, т. 24, вып. 9, с. 1659—1667.

Статья поступила 26 февраля 1991 г.

УДК 621.382.658.562.6

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ ЭЛЛИПСОМЕТР

Н.Н.Васильев, В.И.Ковалев, А.И.Рукавишников, Т.А.Соколова

Создан макет универсального автоматического эллипсометра на новой, нетрадиционной элементной базе. Оптический тракт эллипсометра обеспечивает работоспособность в широком спектральном диапазоне от 0,5 до 11 мкм без смены поляризационных элементов. Управление эллипсометром, обработка выходных сигналов и решение обратной задачи эллипсометрии осуществляется микроЭВМ. Универсальный автоматический эллипсометр обладает широкими функциональными возможностями и предназначен для использования в микроэлектронике.

Метод эллипсометрии с дискретной модуляцией состояния поляризации при работе со слабыми световыми пучками сочетает преимущества методов: нулевых (точность, стабильность, простые требования к линейности приемно-усилительного тракта) и ненулевых (высокое отношение сигнал/шум, широкий спектральный диапазон, простой алгоритм измерений). Подробное изложение метода дискретной модуляции приводится в работе [1].

В ЦНИИИА (г. Саратов) разработан универсальный автоматический эллипсометр, который предназначен для неразрушающего контроля толщины тонких эпитаксиальных (менее 1,6 мкм) слоев, выращенных на сильнолегированных подложках кремния или арсенида галлия, а также для контроля толщины пленок SiO_2 , Si_3N_4 и любых прозрачных слоев в однослойных и многослойных структурах. Погрешность определения толщины эпитаксиальных слоев по воспроизводимости составляет не более 0,01—0,02 мкм на длине волны $\lambda=10,6$ мкм, а погрешность определения толщины пленки однослойных покрытий по воспроизводимости не превышает 0,1 нм на длине волны $\lambda=0,6328$ мкм.



Универсальный автоматический эллипсометр, характеризуется большими функциональными возможностями и позволяет измерять в видимой и ИК областях спектра. К обычной схеме нулевого эллипсометра добавлен переключатель состояния поляризации (ПСП), выполненный в виде вставного блока. Это позволяет осуществлять измерения методами: дискретной модуляции состояния поляризации, нулевым и методом вращающегося анализатора. Излучение лазеров ЛГН-207А и ЛГ-74 направляется плоскими зеркалами на ахроматический компенсатор (ромб Френеля из BaF_2), далее плоским и сферическим зеркалами через поляризатор отражательного типа, ПСП и ахроматический компенсатор — на горизонтально расположенный образец. Отраженное от образца излучение через анализатор поступает на блок фотоприемников (фотоприемник ФД-24К для излучения с длиной волны $\lambda=0,6328$ мкм и МГ-30 для излучения с длиной волны $\lambda=10,6$ мкм).

В состав системы обработки информации входят управляемые коммутатор и усилитель, аналого-цифровой преобразователь, блок связи и управления шаговыми двигателями, микроЭВМ типа ДВК-2. Соосный ПСП с малыми оптическими

потерями, широкой линейной апертурой и высокой степенью поляризации переключаемых пучков включает в себя элемент пространственного разделения и сведения ортогонально поляризованных пучков из кальцита и механизмы прерывания пучков, управляемые от микроЭВМ. ПСП работает в области спектра от 0,25 до 2,5 мкм. Соосный ахроматический компенсатор [2] содержит ромб Френеля из плавленого кварца и два плоских зеркала. Поляризатор и анализатор снабжены приводами от шаговых двигателей ДШИ-200. Оптический тракт эллипсометра с использованием ахроматических поляризационных элементов, разработанных в ИРЭ АН СССР, позволяет без смены этих элементов работать в спектральной области от 0,5 до 11 мкм. Эллипсометр может быть использован не только с лазерными источниками, но и с монохроматорами. Предусмотрена возможность автоматических эллипсометрических измерений нулевым, фотометрическим и ДМСП методами, измерений методом угла Брюстера, поляризметрических а также прецизионных измерений степени анизотропии образцов, кругового и линейного дихроизма. Универсальный эллипсометр превос-

ходит по абсолютной точности измерений известные ИК эллипсометры на основе CO_2 лазеров вследствие использования общего оптического тракта для He—Ne и CO_2 лазеров и соответствующего повышения точности калибровки и юстировки. Точность измерений углов ψ и Δ по воспроизводимости составляет 0,01—0,03° на длине волны $\lambda = 0,6328$ мкм и 0,1—0,2° на длине волны $\lambda = 10,6$ мкм. Время двухзонных измерений ψ и Δ соответствует 30—40 с, время измерений методом ДМСП не превышает 10—20 с.

Универсальный эллипсометр может служить базовой моделью для различных эллипсометров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эллипсометрия с дискретной модуляцией состояния поляризации/В.И.Ковалев, В.М.Габучян, М.И.Елинсон и др.— Эллипсометрия в науке и технике.— Новосибирск: Наука, 1987, с. 43—49.

2. А.с. № 1337860 (СССР). Ахроматическое фазосдвигающее устройство/ В.И.Ковалев.— Оpubл. в Б.И., 1987, № 34.

Статья поступила 12 апреля 1991 г.

УДК 621.317.799:621.3.049.77

ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗАТОР ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ СБИС

канд.техн.наук, ст.науч.сотр. В.И.Прокопенко,
А.Н.Просеков, мл.науч.сотр. М.Г.Колачев,
мл.науч.сотр. В.Г.Сутягин, О.Н.Зырянов

Аппаратно-программный комплекс обеспечивает проведение бесконтактных функциональных испытаний и исследование работы ИС на базе растрового электронного микроскопа. Система, работа которой основана на методе потенциального контраста, представляет собой электронно-лучевой тестер первого поколения и позволяет получать диаграммы логических состояний внутренних узлов ИС в режиме пошагового исполнения тестовой программы.

По мере возрастания сложности ИС и увеличения в связи с этим плотности упаковки значительно усложняется поиск и исправление ошибок, возникающих на этапах проектирования и опытного производства. Для этих целей обычно применялись функциональные тестеры в сочетании с механическими зондовыми системами, которые успешно использовались для исследований микросхем малой и средней степени интеграции.

С уменьшением проектных норм производства СБИС позиционирование механического зонда на внутренней шине микросхемы становится практически невозможным. Введение дополнительных контактных площадок для контроля узловых точек внутри микросхемы всегда связано с уменьшением полезной площади кристалла. И хотя при проектировании СБИС широко используются методы и средства автоматизированного проектирования и различные вспомогательные испытательные средства, опытные образцы больших схем далеко не всегда начинают сразу работать. Предусмотренные во многих новых схемах встроенные средства тестирования улучшают возможности выполнения испытаний и проверки этих схем, но для выявления ошибок проек-

тирования, по-прежнему требуется проверять сигналы в отдельных внутренних узлах ИС. Из-за высокой сложности таких СБИС осуществить эту задачу может только система, построенная на принципе бесконтактного зонда.

Электронно-лучевое зондирование внутренних межсоединений и элементов ИС для проверки их логических состояний представляет собой перспективный метод, позволяющий заменить механические зонды [1—3].

В Институте автоматики и электроники СО АН СССР разработан внутрисхемный логический анализатор, позволяющий контролировать работу ИС и осуществлять поиск их неисправностей.

Система построена на базе серийного растрового микроскопа ZRM-12, который может работать с достаточно низкими ускоряющими напряжениями (2—5 кэВ), имеет штатный детектор вторичных электронов, бланкирующий конденсатор и систему управления координатным столом на базе ЭВМ KSR-4100.

Для электронно-лучевого тестирования создана система подачи тестовых воздействий на ИС, сбора и обработки информации, получаемой от детектора вторичных электронов. В частности, разработаны цифровой видеобuffer, цифровая система позиционирования электронного луча, аналого-цифровой преобразователь, устройство управления бланкированием и генератор тестовых векторов.

Программное обеспечение поддерживает два режима работы: ручной и автоматический. В ручном режиме оператор производит так называемое "тестирование с экрана", т.е. он может наблюдать статическое распределение потенциалов на внутренних шинах микросхемы, что дает возможность определить логическое состояние любого внутреннего узла ИС. Этот режим целесообразно применять при обнаружении разрывов или замыкания проводников, отсутствия или неполной металлизации переходных отверстий, дефектов в каналах транзисто-

ров и др. В этом режиме используется цифровая обработка сигналов, улучшающая визуальные характеристики изображения.

В ручном режиме реализован подрежим низкочастотного осциллографа для исследования форм сигналов во внутренних узлах ИС при невысокой частоте подачи тестовых воздействий (до 10 кГц) и разрешающей способности по напряжению 0,5 В.

При ручном анализе оператор сам анализирует сигналы в узлах, исследуя изображения или логические состояния на мониторе. Но если необходимо проверить много узлов, большой набор тестовых векторов или целые циклы функционирования приборов, то число требуемых для этого изображений логических сигналов и время их анализа делают эту работу практически невыполнимой. Для упрощения данной процедуры предусмотрен автоматический режим анализа ИС. В этом режиме оператор с помощью программно-аппаратного маркера обозначает на мониторе узлы микросхемы, подлежащие анализу, и задает параметры тестирования. Система автоматически осуществляет пошаговое выполнение тестовой программы с соответствующей регистрацией изображения. С подачей каждого следующего тест-вектора данные, соответствующие выбранному узлам, запоминаются, обрабатываются, и по окончании процедуры тестирования выводятся на монитор, в файл или на принтер в виде диаграммы логических состояний. Таким образом, система может использоваться как многоканальный внутрисхемный анализатор.

Реализация рассмотренных режимов стала возможной благодаря оснащению системы видео-памятью. Наличие видео-буфера позволяет осуществлять обработку изображения цифровыми методами, что необходимо при работе с малыми ускоряющими напряжениями, когда качество исходного изображения недостаточно хорошее. Благодаря двумерной фильтрации и последующим нелинейным преобразованиям интенсивности значительно повышается информативность изображения. Наличие в видео-буфере двух банков памяти размером 512x512 байт дает возможность производить арифметические операции с изображениями для выделения потенциального контраста. Например, если изображение, полученное до прикладывания напряжения, вычтется из изображения после подачи тестового вектора на ножки ИС, то топографический контраст частей микросхемы исчезнет, оставляя только потенциальный контраст. Полученное изображение может быть затем подвергнуто бинарному преобразованию и наложено на первоначальное, что улучшает визуальные характеристики изображения.

Способность системы производить подобные операции, а также регистрировать изображение при однократном сканировании особенно важна при работе с пассивированными ИС. Это объясняется тем, что сканирование кристалла электронным лучом с энергией первичных электронов 2–3 кэВ заряжает окисел до тех пор, пока между падающими и испускаемыми электронами не установится равновесие. Если логическое состояние электрического узла под окислом изменится с 1 до 0, то окисел в этом месте будет перезаряжаться, и соответствующий участок изображения станет светлее. При многократном сканировании равновесное состояние восстановится, и контраст по напряжению исчезнет. Таким образом, из процесса подготовки ИС к тестированию исключается этап удаления окисла с поверхности кристалла.

Следует особо выделить проблему поиска фрагмента схемы, подлежащего тестированию. Для удобства работы оператора система оснащена цветной графической станцией [4] и пакетом программных средств [5], позволяющими отображать на TV-мониторе топологию СБИС, полученную в процессе проектирования,

а также определять относительные координаты фрагмента топологии схемы. Эти координаты передаются в блок управления столом и столик с объектом позиционируется в нужную точку с точностью 1 мкм при диапазоне перемещений 8x8 см. Для перемещений в пределах 1x1 мм используется блок цифрового позиционирования луча, который может работать в двух режимах: векторного сканирования и сканирования в пределах заданного "окна".

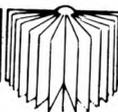
Система может быть применена в качестве составной части системы автоматизированного проектирования СБИС. Используемые в системе модули могут быть применены в качестве независимых устройств для тестирования ИС, регистрации и обработки изображений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fujioka H., Nakamae O, Ogra K. Functional testing of bipolar IC's and LSI's with the stroboscopic scanning electron microscope.— IEEE Journal of solid-state circuits, 1980, April, vol. 15, N 2, p. 177–183.
2. Takashima S. State of development of semiconductor equipment — electron beam testers.— JST Reports, 1985, Autumn, vol. 1, N 2, p. 37–46.
3. Electron beam testing. Characterization of very high speed semiconductor devices and integrated circuits.— SPIE, 1987, vol. 795, p. 165–211.
4. Ковалев А.М., Талныкин Э.А. Графический дисплей растрового типа для систем двухкоординатного проектирования.— Автотестрия, 1984, № 4.
5. Система цифровой регистрации и обработки изображений, получаемых на растровом электронном микроскопе/В.И.Прокоренко, В.Г.Сутягин, А.Н.Просеков и др.— Автотестрия, 1988, № 5, с. 84–92.

Статья поступила 12 апреля 1991 г.

НОВАЯ



КНИГА

Пилипович В.А., Есман А.К., Поседько В.С. Многоэлементные фотоприемники в преобразователях перемещений. Мн.: Навука і тэхніка, 1991 (IV кв.) — 10 л.

Впервые систематизированы сведения о принципах действия и особенностях первичных преобразователей линейных и угловых перемещений на основе многоэлементных фотоприемников. Подробно рассмотрены принципы построения растровых фотоэлектрических преобразователей со случайной структурой и на кодовых шкалах, выполненных в виде псевдослучайной последовательности. Приводятся оригинальные структурные и схемные решения линейных и угловых датчиков с нерегулярной структурой на основе многоэлементных твердотельных фотодетекторов. Даны рекомендации по выбору структурных схем и алгоритмов для решения задачи автоматизации процесса измерения.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ СВОЙСТВ ПЛЕНОК ДЛЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр.
 М.А. Абдуллаев, мл. науч. сотр. А.К. Ахмедов,
 науч. сотр. М.-Р.А. Магомедов,
 науч. сотр. П.П. Хохлачев

Солнечные элементы на основе тонких пленок диселенида индия-меди обладают хорошей эффективностью и высокой надежностью [1]. Это обусловило дальнейшее изучение таких фундаментальных свойств данных пленок, как электропроводность и оптическое поглощение.

В институте физики Даг. ФАН СССР (г. Махачкала) исследовались тонкие пленки CuInSe_2 , полученные методом испарения из одного или двух автономных источников [2] или методом испарения вспышки. Для испарения применялись поликристаллические слитки, полученные вертикальным методом Бриджмена из стехиометрического расплава составляющих элементов высокой чистоты. Техника получения и очистки слитков близка к описанной в работе [3]. Слитки размельчались до размера гранул 150 мкм и помещались в танталовые и графитовые испарители.

Пленки наносились при давлении 10^{-3} — 10^{-4} Па на подложки из оптического стекла, лавсановой пленки, молибденовой, медной и алюминиевой фольги. Ячейка для испарения из двух автономных источников содержала графитовый испаритель для CuInSe_2 , графитовый испаритель для Se, вольфрамовый нагреватель, катушку для масок, держатель подложек и экран. Режимы процесса нанесения: температура подложек 100—230°C, испарителя индия и меди 800—1300°C и испарителя селена 100—300°C. Время напыления 3—20 мин.

Температуры испарителя и подложек за один цикл напыления выдерживались точно фиксированными.

При получении пленок методом испарения вспышкой применялся резистивный нагреватель танталовой лодочки с тонким экраном из вольфрама. Танталовая лодочка нагревалась до 1350°C при давлении 10^{-3} Па [4]. Толщина пленок, измеренная интерференционным микроскопом, составляла 1,5—2,5 мкм, размеры кристаллических зерен — до 50 нм. С увеличением температуры подложки размеры кристаллитов возрастали.

В таблице приводятся данные электропроводности σ [$\text{Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$], постоянной Холла R [$\text{см}^3/\text{Кул}$] некоторых исследованных образцов, полученных обоими методами.

При определении состава пленок методом рентген-анализа наблюдались отклонения от стехиометрии на несколько процентов в однофазных пленках халькопиритной структуры. В некоторых пленках, полученных методом испарения из одного или двух источников наблюдался недостаток меди.

Отжиг пленок в вакууме уменьшал сопротивление в 3—4 раза, что, по-видимому, связано с появлением поверхностных уровней. При наличии

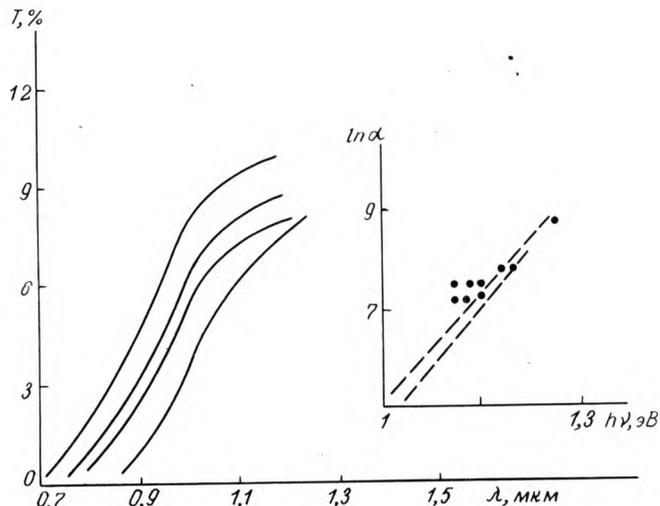
Тип проводимости	До отжига				После отжига		
	σ_{300}	σ_{77}	R_{300}	R_{77}	σ_{300}	σ_{77}	R_{300}
p	1,4	0,16	$7 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^3$	—	—	—
p	0,2	0,007	680	901	—	—	—
n	0,8	0,1	6,2	14	2,5	0,14	4,5
n	0,3	0,04	3,5	28	0,91	0,6	2,6
p^*	—	—	—	—	—	—	—
n^*	350	294	2,5	0,78	12	0,03	350

* Образцы получены методом вспышки

избыточного селена в пленках наблюдается дырочная проводимость. Подвижность пленок n -типа при 27°C изменяется в пределах 5—28 $\text{см}^2/\text{Вс}$, в образцах p -типа — 0,1—3 $\text{см}^2/\text{Вс}$.

В однородных пленках были исследованы спектры пропускания (см. рисунок) и отражения. Образцы устанавливались в держателе у входного окна спектрометра ИКС-21.

Коэффициент пропускания T меньше, чем у образцов стехиометрического состава. Причем, наблюдается линейная зависимость T от глубины залегания уровней, связанных с вакансиями селена.



Спектры пропускания однородных пленок диселенида индия-меди, полученные с помощью спектрометра ИКС-21

Коэффициент поглощения α был рассчитан по данным измерения коэффициентов пропускания T и отражения R по формуле [5]:

$$\alpha = \frac{1}{d} \ln \left\{ \frac{(1-R)^2}{2T} + \left[\frac{(1-R)^4}{4T^2} + R^2 \right]^{1/2} \right\},$$

где d — толщина пленки. В спектральной области 0,6—1,1 эВ коэффициент отражения близок к 0,24 для большинства образцов. Исследование полученных спектров показало, что энергетическое положение края фундаментального поглощения зависит от композиционного состава образцов. Ширина запрещенной зоны ε_g определялась по точке пересечения кривой зависимости $(\alpha h\nu)^2$ от $h\nu$ с осью абсцисс (см. вставку на рисунке), она составляет в одних образцах 0,98—0,99 эВ в других — 1,09—1,20 эВ. Наличие вакансий или междоузельных включений ведет к уменьшению плотности состояний в валентной зоне и к уменьшению ε_g . За счет отклонения от стехиометрии фундаменталь-

ный край поглощения может быть смещен в коротковолновую область до 1,3 эВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Современные проблемы полупроводниковой фотоэнергетики/ Под ред. Т.Коутса, Лж.Микина. Пер. с англ. под ред. М.М.Колтуна.— М.: Мир, 1988.— 307 с.
2. Исследование электрофизических свойств тонких пленок CuInSe_2 , полученных термическим испарением в вакууме/ М-Р.А.Магомедов, Ю.В.Рудь, Г.А.Медведкин и др.— В сб.: Транспортные и магнитные явления в полупроводниках и металлооксидах.— Махачкала: Даг. ФАН СССР, 1989, с. 65—72.
3. W e n g W.S., Y i p L.S., S h i n J. Crystal growth of CuInSe_2 by the Bridgman method.— Can. J. Phys., 1989, vol. 67, N 4, p. 294—297.
4. CuInSe_2 thin films: Preparation and properties/ A.N.Y.Saman, R.Yaidhyathan, R.Noufi, K.D.Tomlinson.— Solar cells. 1986, vol. 16, p. 181—198.
5. П а н к о в Ж. Оптические процессы в полупроводниках.— М.: Мир, 1973.— 455 с.

Статья поступила 17 апреля 1991 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТОСОПРОТИВЛЕНИЯ В ПЛЕНКАХ ДЛЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

науч.сотр. М.-Р.А.Магомедов,
канд.физ.-мат.наук, ст.науч.сотр.
М.А.Абдуллаев, канд.физ.-мат.наук,
ст.науч.сотр. Дж.Х.Амирханова

В институте физики Даг. ФАН СССР (г. Махачкала) в результате исследований при температуре жидкого гелия в халькопиритных пленках CuInSe_2 обнаружены отрицательные значения магнитосопротивления с неквадратичной зависимостью от напряженности магнитного поля.

Тонкие пленки тройного полупроводника диселенида индия меди перспективны в солнечной фотоэнергетике [1]. Наряду с публикациями по их оптическим и фотоэлектрическим свойствам [2, 3] в литературе практически отсутствуют данные о тепловых и электрических параметрах при низких температурах.

Поликристаллические пленки CuInSe_2 были получены термическим распылением в вакууме 10^{-3} — 10^{-4} Па на подложках из оптического стекла, лавсановой пленки или тонкой слюды из одного или двух независимых источников. Ячейка для испарения содержала два угольных тигля с вольфрамовым нагревателем, температура источника которого составляет 1030—1300 К, и добавочный источник селена (температура 470—600 К). Температура подложек изменялась от 423 до 573 К и значительно влияла на свойства пленок. Весь процесс напыления описан в работе [4]. Исходный материал готовился сплавлением в откачанных кварцевых ампулах очищенных компонентов, взятых в стехиометрическом соотношении. Контактные площадки для измерения электрических параметров наносились из золота или меди. Для облегчения пайки были применены слои индия.

Величина сопротивления, отнесенная к квадрату площади пленки при 300 К, изменялась в разных образцах в широких пределах (от 0,01 до 1 МОм) и зависела в основном от степени нару-

шения стехиометрии, уменьшаясь в пленках с избытком меди или индия [5]. Совершенные крупноблочные слои при изучении макроструктуры пленок имели проводимость σ , близкую к 10^{-5} Ом $^{-1}$ см $^{-1}$, однако рентгеноспектральный анализ показал, что химический состав таких пленок обеднен медью. В качестве образцов использовались пленки толщиной 0,2—2 мкм, шириной 2—3 мм, длиной до 10 мм. Электрические параметры измерялись планарным зондовым методом, точность измерения σ на постоянном токе составила $\sim 2 \cdot 10^{-4}$ без учета градуировки магнитного поля.

На рис. 1 приводятся графики температурных зависимостей $\sigma(T)$ трех из исследованных образцов с шириной запрещенной зоны, определенной из эффекта Холла и оптического поглощения, близкой к ее значению для объемных монокристаллов (1,04 эВ) [6]. Значения σ при 300 К изменялись в разных образцах от 4,0 до 0,01 Ом $^{-1}$ см $^{-1}$, а концентрация электронов или дырок, определенная по эффекту Холла — от $0,5 \cdot 10^{17}$ до $1 \cdot 10^{18}$ см $^{-3}$. На температурных зависимостях $\sigma(T)$ можно выделить несколько характерных

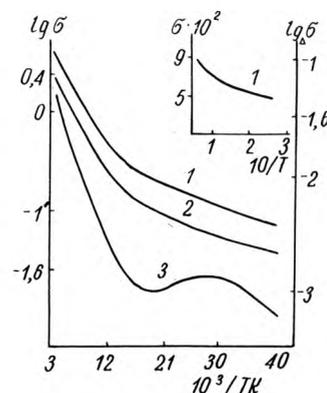


Рис. 1. Температурные зависимости электропроводности пленок CuInSe_2 .

участков. При $T < 30$ К в образцах 1 и 2, имеющих n -тип проводимости, σ слабо изменяется в зависимости от температур, а при $T > 100$ К возрастает экспоненциально. В образце 3 дырочного типа при температуре 4,2—16 К эта зависимость описывается формулой $\sigma = \sigma_0 \exp(T_0/T)^{-0,3}$ (см. вставку рис. 1).

Для трехмерных поликристаллических пленок такая зависимость связана с прыжковой проводимостью по локализованным состояниям вблизи уровня Ферми [7]. Величина T_0 в показателе экспоненты приведенной формулы определяется радиусом локализации a и диэлектрической постоянной ϵ :

$$T_0 = 2,8e^2/a\epsilon,$$

откуда при заданных значениях n и ϵ [8, 9] получаем $a = 4,4$ нм, близкое к вычисленному при более высоких температурах с металлической стороны перехода Мотта. Значения $\Delta Q/Q$ при гелиевых температурах в образце 3 положительны по величине и на два порядка превышают теоретически рассчитанные значения при заданном параметре рассеяния A [10]:

$$\Delta Q/Q = A (\mu H/c)^2,$$

где $\mu H/c$ — Холл-фактор.

В то же время при дальнейшем повышении температуры значения $\Delta Q/Q$ становятся меньше погрешности эксперимента. Чувствительность схемы при измерении $\Delta Q/Q$ увеличивалась с помощью модуляционной методики, когда измерялся постоянный ток I и переменный $I' = H'dI/dH$, вызванный модуляцией магнитного поля с помощью дополнительных катушек с переменным магнитным полем. Согласно данным теории [11], магнитопроводимость с металлической стороны перехода металл-диэлектрик пропорциональна H^2 (где H — напряженность магнитного поля), а в сильных полях — $\sim \sqrt{H}$. При этом значения H определяются квантовыми условиями:

$$H_1 \approx hc/4eD\tau_\varphi; H_2 = \pi c\tau/ieD,$$

где H_1 — слабое поле, H_2 — сильное, $D = e/cNd$ — коэффициент диффузии, N — плотность состояний на уровне Ферми, τ_φ — время релаксации фазы волновой функции из-за неупругих столкновений. Тогда в образце 3 значение $\tau_\varphi = 2 \cdot 10^{-11}$ с при 4,2 К оценивается в магнитных полях выше $1,6 \cdot 10^6$ А/м, где наблюдается неквадратичная зависимость магнитопроводности от H .

В образцах 1 и 2 электронного типа значения $\Delta Q/Q$ при 77 К отрицательны, т.е. сопротивление уменьшается с ростом магнитного поля, а при дальнейшем понижении температуры значения меньше погрешности эксперимента.

На рис. 2 приводятся графики температурных зависимостей подвижности исследованных образцов. По сравнению с объемными образцами [12] подвижность носителей заряда в пленках меньше рассчитанных величин. Для дырочных образцов $\mu = 1$ см²/Вс, а для электронных — не более 10,5 см²/Вс. Значения μ возрастают с ростом температуры. Так, в образцах 2 и 3 $\mu \sim T^a$, где $a < 0,2 < 0,3$ при $T > 180$ К. В образце 5 $\mu \sim T^{0,8}$ при $T > 77$ К. Для монокристаллических и поликристаллических объемных образцов эти величины имеют значение от 40 до 150—200 в образце 1 p -типа и образце 4 n -типа соответственно. Подвижность носителей заряда в пленках умень-

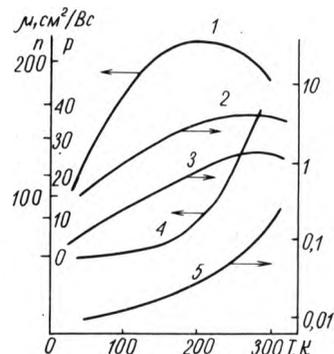


Рис. 2. Температурные зависимости подвижности пленок (2, 3, 5) и кристаллов (1, 4) CuInSe_2

шается по сравнению с объемными образцами обычно благодаря размерному эффекту, который проявляется при толщине пленки, сравнимой с длиной свободного пробега носителей заряда. Но, как показали оценки, длина свободного пробега в образце 4 (см. рис. 2) при $m_n = 0,1m_0$ [13] составляет 15 нм, что на два порядка меньше толщины пленки.

Границы кристаллов также могут служить рассеивающими нейтральными дефектами, с ними могут быть связаны также поверхностные состояния, которые изменяют объемные свойства кристаллитов на глубину дебаевской длины экранирования:

$$l = (\epsilon\epsilon_0KT/e^2n)^{1/2}.$$

При $n = 5 \cdot 10^{17}$ см⁻³ и $\epsilon = 10$ в $l = 2...3$ нм, что значительно меньше размеров кристаллитов (10—40 нм по данным рентгеноанализа).

Поэтому можно предположить, что в пленках все электроны, участвующие в электропереносе делятся на две группы: электроны зоны проводимости и примесной зоны, отщепленной от дна зоны проводимости. Концентрация и подвижность в этих зонах оценивается исходя из соотношений:

$$R = \frac{1}{en} \frac{1 + (n_2/n_1)(\mu_2/\mu_1)^2}{1 + (n_2\mu_2/n_1\mu_1)^2};$$

$$\sigma = en_1\mu_1 + en_2\mu_2$$

при $n_1 = 5 \cdot 10^{17}$; $\mu_1 = 150$ см²/Вс — в зоне проводимости, $n_2 = 2 \cdot 10^{18}$; $\mu_2 = 0,5$ см²/Вс — в примесной зоне. При этом следует полагать, что при 300 К проводимость по примесной зоне незначительная. Таким образом, аномальные значения магнитосопротивления и уменьшение подвижности в пленках CuInSe_2 при низких температурах обусловлены прыжковой проводимостью по локализованным состояниям.

Авторы выражают благодарность профессору И.-Х.К.Камилову за поддержку и содействие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Современные проблемы полупроводниковой фотоэлектроники/ Под ред. Т.Коутса и Дж.Микина. Пер. с англ. Под ред. А.М.Колтуна.— М.: Мир, 1988.— 307 с.
2. Медведкин Г.Н., Рудь Ю.В., Таиров М.А. Анизотропия оптических процессов в одноосных полупроводниках.— Препринт ФТН им. А.Ф.Иоффе АН СССР, 1988, № 1272.— 67 с.
3. S a m a n A.N.Y., Y a i d h y a n t e n R., N o u f i R., T o m l i n s o n K.D. CuInSe_2 thin films: Preparation and properties.— Solar cells, 1986, vol. 16, p. 181—198.

4. Исследование электрофизических свойств тонких пленок CuInSe_2 , полученных термическим испарением в вакууме/ М.Р.А.Магомедов, Ю.В.Рудь, Г.А.Медведкин и др.— В сб.: Транспортные и магнитные явления в полупроводниках и металлооксидах.: Махачкала, Даг. ФАН СССР, 1989, с. 65—72.

5. Effects of the argon partial pressure and hydrogen admixtures on the properties of sputtered CuInSe_2 thin films/ F.Sanchez-Quesada, C.Case, R.Beaulien et al.— Appl. Surface Sci., 1988, vol. 33—34, p. 844—853.

6. Neumann H. Growth, structural and electrical properties CuInSe_2 .— Cryst. Res. and Technol., 1983, vol. 18, N 4, p. 483—490.

7. Полянская Т.А., Шмарцев Ю.В. Квантовые поправки к проводимости в полупроводниках с двумерным и трехмерным электронным газом.— ФТП, 1989, т. 23, № 1, с. 3—32.

8. Neumann H., Kühn G., Möller W. Heat capacity and lattice anharmonicity in Cu-III-VI_2 chalcopyrite

compound.— Phys. Stat. Sol. (b), 1987, vol. 144, N 2, p. 565—573.

9. Jrie T., Endo S., Kimura S. Electrical properties of p - n -type CuInSe_2 single crystals.— J. Appl. Phys., 1979, vol. 18, p. 1303—1308.

10. Аскеров Б.М. Электронные явления в полупроводниках. М.: Наука, 1985.— 307 с.

11. Altschuler B.L., Aronov A.G. Modern problems in condensed matter science/ Ed. by A.L.Efros, M.Pollak. Amsterdam, 1985, p. 153.

12. Influence of impurities and free carriers on the optical properties of CuInSe_2 / H.Sobotta, H.Neumann, V.Riede, G.Kühn.— Phys. Stat. Sol. (a), 1980, vol. 60, p. 531—538.

13. Tell B., Shau I.L., Kasper H.M. Room-temperature electrical properties of I-III-VI_2 semiconductors.— J. Appl. Phys., 1972, vol. 43, p. 2469—2472.

Статья поступила 17 апреля 1991 г.

ДАТАСКАН



Автоматические идентификационные системы

Автоматические идентификационные системы

Высокую скорость и достоверность обрабатываемой информации гарантируют Вам системы штрихового кодирования, выпускаемые советско-австрийским совместным предприятием «ДатаСкан».

Внедрив эти системы,

Вы получите достоверную информацию в реальном масштабе времени о движении печатных плат, микросборок и других электронных узлов по всему технологическому циклу; сможете автоматически поддерживать минимально необходимый уровень запасов на складах;

осуществите контроль за работой технического персонала.

АИС комплектуются оптико-электронным оборудованием производства концерна «Data logic» — фирмы с мировым именем.

Для анализа технологических проблем на Вашем производстве и их технического решения «ДатаСкан» привлекает ведущих советских и зарубежных специалистов. Проводит обучение на предприятии или на ведущих фирмах США, Японии, ФРГ или Италии.

«ДатаСкан» обеспечивает сервисное обслуживание своих систем с минимальными для заказчика затратами.

Сотрудничество с «ДатаСкан» позволит заказчикам сэкономить 50% иностранной валюты — разработка программного обеспечения оплачивается в советских рублях.

«ДатаСкан» ждет Ваших предложений.
Наш адрес: 111112 Москва, шоссе Энтузиастов, 6.
Телефон 361-48-23
Телефакс 3614823, 3628070

НОВЫЙ МЕТОД ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ИС ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ И ПЛОТНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ППЗУ

В.К.Старицын, Н.А.Алексеев, В.Н.Дягилев, А.А.Львович

Разработана новая технология изготовления быстродействующих биполярных ППЗУ на основе изоляции вертикальными диэлектрическими областями с программируемым элементом нового типа, которая обеспечивает сокращение площади, занятой активным элементом, до 70—110 мкм² и увеличение быстродействия до 35 нс.

Биполярная технология ИС ППЗУ, как известно, занимает лидирующее положение среди других технологий изготовления быстродействующих ППЗУ.

Помимо уменьшения минимального топологического размера элемента, реализуемого методами литографии, развитие этой технологии происходит по двум основным направлениям. Первое характерно для всех типов биполярных ИС и заключается в совершенствовании методов изоляции компонентов и уменьшении толщины транзисторной структуры. Второе является специфическим для ППЗУ и состоит в совершенствовании конструкции программируемого элемента.

В 60—70 годы в ППЗУ применялись изоляция $p-n$ -переходом и программирование логического элемента путем пережигания током нихромовых перемычек. Толщина такой транзисторной структуры составляла 3—5 мкм.

В период 1975—1985 гг. для изготовления быстродействующих ППЗУ с толщиной транзисторной структуры 1—1,5 мкм использовалась изопланарная технология. При минимальном топологическом размере 2 мкм эта технология позволила получить микромощный транзистор с площадью 300 мкм² (по средней линии изоляции). Однако в первой половине 80-х годов возможности изопланарной технологии по дальнейшему повышению плотности размещения компонентов были исчерпаны, так как площадь транзисторов определялась уже в основном особенностями структуры, не зависящими от минимального размера фотолитографии,— боковым уходом скрытого слоя под изоляцию, наличием зазора между соседними слоями и возникновением так называемого «птичьего клюва». Значительная торцевая емкость коллектор—подложка и боковая емкость $p-n$ -перехода между n^+ -скрытым слоем и p^+ -противоканальным слоем ограничивали быстродействие приборов.

Предпринимались попытки совершенствовать изопланарную технологию, направленные главным образом на устранение «птичьего клюва» [1], которые не привели к кардинальному решению вопроса. С начала 80-х годов начались интенсивные исследования технологических процес-

сов создания «щелевой» изоляции, устраняющей упомянутые недостатки изопланарной технологии. Сущность щелевой изоляции заключается в формировании глубоких вертикальных канавок, заполненных изолирующим материалом и прорезающих n^+ -скрытый слой до подложки. При этом ширина изолированной мезаобласти и изолирующей канавки определяются только минимальным размером элемента и при топологическом элементе 2 мкм площадь транзистора уменьшается до 120 мкм² (рис. 1). Боковая емкость $p-n$ -перехода коллектор—подложка—скрытый слой также резко сокращается, так как область p^+ -противоканального слоя не соприкасается с n^+ -скрытым слоем. В настоящее время ведущие фирмы—изготовители ИС за рубежом используют различные варианты щелевой изоляции [2].

Одновременно с разработкой нового метода изоляции компонентов проводились работы по совершенствованию конструкции программируемого элемента. Первоначально программируемый

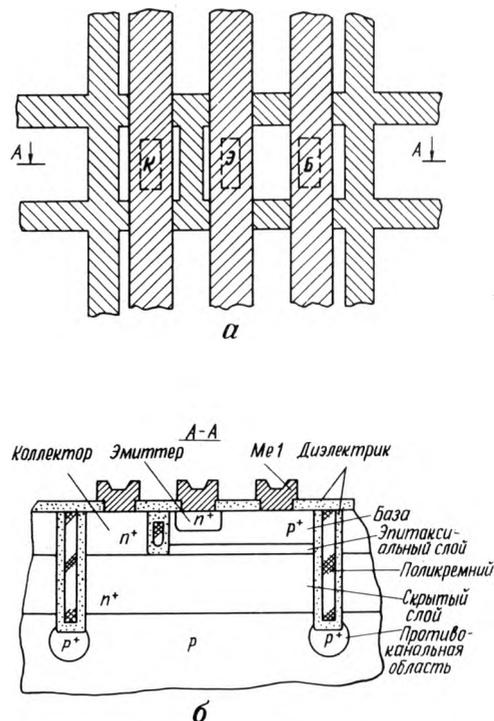


Рис. 1. Топология (а) и разрез структуры (б) микромощного транзистора со щелевой изоляцией

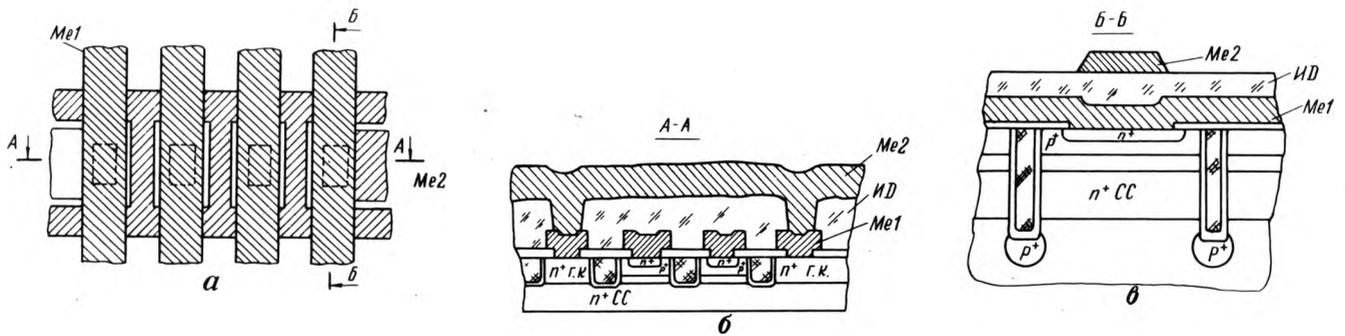


Рис. 2. Фрагмент матрицы программируемых элементов: а — топология; б, в — поперечные разрезы структуры

элемент включал в себя активный элемент (диод коллектор—база), нихромовую перемычку и переходное окно из первого уровня металлизации во второй. Так как нихром не образует омического контакта с кремнием, то применение нихромовых перемычек требовало дополнительной площади для размещения контактных головок перемычек, которые создавали контакт между перемычкой и шиной металла [3]. Переход от нихромовой перемычки с контактными головками к перемычкам из сплава титан—вольфрам, расположенного на всей поверхности под шинами первого металла, позволил уменьшить площадь программируемого элемента с 400 до 300 мкм² (при минимальном топологическом размере элемента 2 мкм и изоляции $p-n$ -переходом).

Применение изопланарной изоляции вместо изоляции $p-n$ -переходом снизило площадь элемента до 250 мкм². В 1982 г. была предложена конструкция программируемого элемента на основе пробоя $p-n$ -перехода [4], которая дала возможность совместить программируемый элемент с анодом диода коллектор—база, а переходное окно расположить над коллектором диода, причем один коллектор приходится на 2—4 программируемых элемента. В сочетании с изопланарной изоляцией это нововведение уменьшило площадь элемента до 150 мкм². Столь значительное сокращение площади обеспечивалось не только устранением площади, занимаемой перемычкой, но и уменьшением площади активного элемента, так как была исключена необходимость выдерживать ток пережигания перемычки в активном режиме. Поэтому контактное окно нового программируемого элемента имело минимальный топологический размер.

Соединение программируемого элемента такой конструкции с щелевой изоляцией позволило при минимальном топологическом размере 2 мкм довести площадь элемента до 110 мкм², а при размере 1,5 мкм — до 70 мкм². Дальнейшее уменьшение площади элемента ограничено шириной шин металла первого уровня, требуемой для пропускания тока программирования. В технологии щелевой изоляции площадь транзистора не влияет на величины пробивных напряжений коллектор—база и коллектор—эмиттер.

На рис. 2 приведены профиль и топология программируемого элемента с щелевой изоляцией. Программируемый элемент представляет собой

транзистор $n-p-n$ -типа с оборванной базой. Программирование осуществляется подачей на элемент напряжения, превышающего пробивное напряжение эмиттер—коллектор, до наступления теплового пробоя эмиттерного перехода. На рис. 3 приведена фотография программируемого элемента после его программирования. Взаимодействие алюминия разводки с кремнием в эмиттерном окне под действием нагрева при пробое $p-n$ -перехода привело к встречной диффузии алюминия и кремния вдоль поверхности раздела окисел—кремний.

Диффузия имела место, очевидно, в локальной области $p-n$ -перехода, где плотность тока и, соответственно, выделяемая тепловая мощность были максимальными, т.е. имела место «микроплазма». В результате диффузии образуется электрический проводящий канал длиной порядка 1,5 мкм, пересекающий $p-n$ -переход. В момент закорачивания проводящим каналом эмиттерного перехода напряжение пробоя и выделяемая тепловая мощность резко падают, и дальнейшее развитие эвтектического канала прекращается. Так как при подготовке образца алюминий

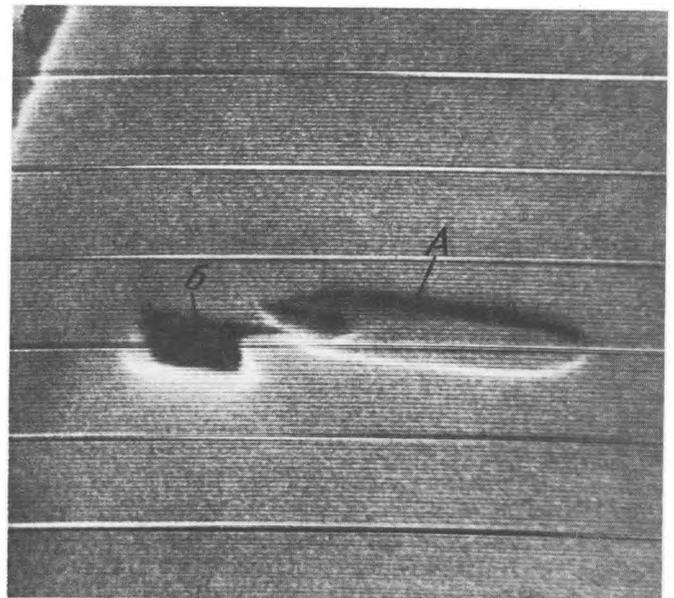


Рис. 3. Фотография программируемого элемента после программирования. Растровый электронный микроскоп, $\times 13000$. С образца стравлен алюминий и окисел. А — контур эмиттерного окна в кремнии, Б — след от проводящего канала

был стравлен, то на фотографии в месте расположения проводящего канала видна ямка, пересекающая контур эмиттерного окна.

По одной строке все программируемые элементы находятся в общей области скрытого слоя, зашунтированной периодически после каждых 2—4 элементов шиной металла второго уровня через коллекторный контакт и переходное окно. Карманы разных строк отделяются друг от друга глубокими изолирующими канавками, прорезающими скрытый слой до подложки. В одном кармане p^+ -области соседних элементов отделяются друг от друга и от контактов к коллектору мелкими изолирующими областями, прорезающими эпитаксиальный слой до скрытого слоя (см. рис. 2)

Технологический процесс включает в себя формирование эпитаксиальной структуры с двумя типами скрытых слоев n^+ - и p^+ -типа. Скрытый слой p^+ -типа используется для создания контакта к подложке за счет смыкания с областью базы в процессе изготовления транзисторной структуры. Далее проводятся операции:

- последовательное формирование мелких изолирующих канавок глубиной 1,5 мкм, глубоких изолирующих канавок глубиной 6 мкм, противоканального p^+ -слоя на дне глубоких канавок, диэлектрика на стенках канавок;

- заполнение канавок поликремнием методом осаждения из газовой фазы при низком давлении;

- планаризация структуры, т.е. удаление поликремния с поверхности изолированных областей с минимальным перепадом рельефа между межаобластью и канавкой.

Затем изготавливаются транзисторная структура и межсоединения по обычной технологии. Необходимо отметить, что все изолирующие канавки, как мелкие, так и глубокие, выполняются

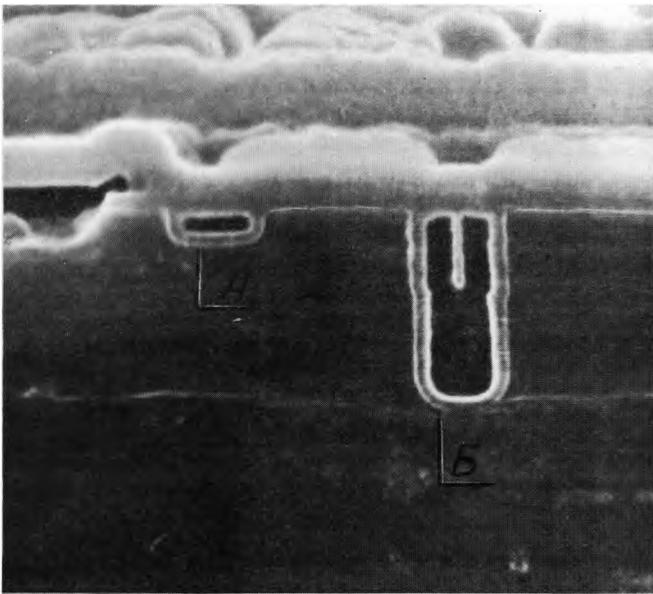


Рис. 4. Фотография изолирующих областей на скеле кристалла ИС. Растровый электронный микроскоп, $\times 5000$. Образец обработан в травителе кремния для повышения контрастности. А — мелкая изолирующая область, Б — глубокая изолирующая область

одинаковой ширины, равной минимальному размеру фотолитографии. В процессе заполнения канавок поликремнием происходит встречное наращивание поликремния на стенках канавок до их полного заполнения. При этом канавки любой глубины, но одинаковой ширины, заполняются поликремнием одновременно (рис. 4).

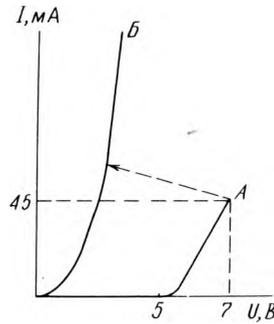
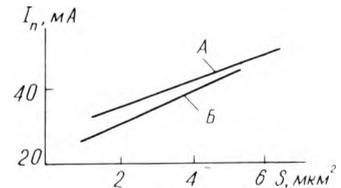


Рис. 5. Типичные ВАХ программируемого элемента до пробоя (А) и после пробоя (Б)

Рис. 6. Зависимость тока пробоя программируемого элемента от его площади для элемента прямоугольной (А) и треугольной (Б) формы



Для обеспечения программируемости элементов при высоком выходе годных эмиттерных диодов глубина эмиттерной области должна составлять 0,4—0,5 мкм, а для металлизации необходимо использовать сплав алюминия с кремнием. Существует опасность, что при закорачивании эмиттерного перехода алюминиевой эвтектикой в процессе программирования произойдет и закорачивание перехода коллектор—база, так как ширина активной базы обычно составляет 0,2—0,3 мкм. Чтобы избежать этого, в программируемом элементе формируют более глубокую область базы, чем область базы активных транзисторов. Ширина области активной базы в программируемом элементе должна составлять не менее 0,5 мкм.

На рис. 5 приведена ВАХ пробоя программируемого элемента. При пробое эмиттерного перехода элемента пробивное напряжение коллекторного перехода увеличивается от величины $U_{кз}$, характерной для транзистора, до величины $U_{кб}$ коллекторного диода. Утечки коллектор—база после программирования отсутствуют.

На рис. 6 приведена зависимость тока программирования от площади эмиттерного окна программируемого элемента квадратной и треугольной формы. Наименьшее значение тока программирования имеет элемент с окном треугольной формы размером $1,5 \times 1,5$ мкм. Тем не менее, исходя из надежности реализации элемента методами фотолитографии, в ИС ППЗУ использовано прямоугольное окно размером $1,5 \times 2,5$ мкм.

Помимо сокращения площади кристалла ППЗУ новая технология дает возможность значительно повысить быстродействие, так как из-за умень-

Параметры программируемого элемента	Среднее значение (отклонение от среднего значения)
Напряжение программирования, В	5,5 (0,3)
Ток программирования, мА	42 (2)
Напряжение $U_{кз}$ до программирования, В	13 (2)
Напряжение $U_{эк}$ до программирования, В	4,1 (0,45)
Напряжение $U_{кб}$ после программирования, В	25 (3)
Прямое падение напряжения после программирования при токе 10 мА, В	0,770 (0,028)
Параметры активных микроощных транзисторов	Среднее значение (отклонение от среднего значения)
Статический коэффициент усиления V	110 (20)
Пробивные напряжения, В	
$U_{кз}$	11 (1,5)
$U_{кб}$	32 (3)
$U_{кп}$	42 (7)
$U_{эб}$	6,2 (0,17)
Прямое падение напряжения $U_{эб}$ при токе 1 мА, В	0,836 (0,021)

шения площади и глубины транзисторов в схемах обрамления и в матрице паразитные емкости всех $p-n$ -переходов уменьшаются в несколько раз. Уменьшается по этой же причине и паразитная емкость металлизации.

Использование нового типа программируемого элемента и щелевой изоляции позволило уменьшить площадь кристалла ППЗУ — 64 Кбит типа ТТЛШ с 40 до 25 мм² и улучшить быстродействие с 85 до 35 нс. По описанной технологии изготовлены образцы ИС ППЗУ емкостью 64, 128 и 256 Кбит [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Sakuma K., Arita Y., Dokem M. A new self-aligned planar oxidation technology.— J. Electrochem. SOS., 1987, 134, N 6, p. 1503—1507.
2. Технология вертикально-интегрированных полупроводниковых структур для создания СБИС/Д.Д.Гордеев, Ю.А.Парменов, В.Н.Дягилев, В.К.Старицын.— Зарубежная электронная техника, 1987, № 10, с. 3—55.
3. Moore C., Gilbert D.M. Reliability of NiCr fusible link used in PROMs.— J. Electrochem. SOS., 1973, N 8, p. 1001—1003.
4. Пат. № 4.536.858 (США).
5. Новый тип программируемых элементов и семейство ППЗУ на их основе/ А.А.Львович, П.С.Приходько, А.Н.Романец, А.В.Глухов.— См. наст. вып., с. 56



Алексеев Н. А. — инженер-технолог II категории. В 1987 г. окончил МИЭТ. Занимается разработкой технологии интегральных схем памяти большой емкости на основе щелевой изоляции.

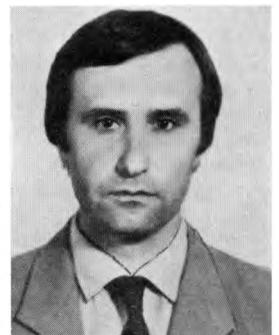


Дягилев В. Н. — кандидат технических наук, лауреат премии Ленинского комсомола. С 1965 г. работает в НИИ молекулярной электроники, начальник отделения по разработке кремниевых СБИС. Имеет более 30 научных публикаций и 20 изобретений в области технологии изготовления кремниевых схем памяти, микропроцессоров, программируемых и других СБИС.

Старицын В. К. — кандидат технических наук, начальник лаборатории перспективной технологии СБИС в НИИ молекулярной электроники. Занимается разработкой технологических маршрутов кремниевых СБИС. Имеет 19 изобретений и 21 публикацию.



Львович А. А. — начальник лаборатории НИИМЭ, ведущий разработчик ППЗУ серии 556. В 1976 г. окончил МИЭТ. Автор 9 изобретений.



НОВЫЙ МЕТОД ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ ПАССИВНЫХ И АКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ГИС

проф., д-р техн. наук В.М. Андреев,
канд. техн. наук А.А. Малинин,
мл. науч. сотр. С.В. Тарасов,
канд. техн. наук К.А. Тузовский,
доц., канд. техн. наук М.Н. Ушкар

Разработан новый способ создания элементов гибридных ИС — двухуровневых коммутационных плат, конденсаторов и резисторов, основанный на использовании высокоомного поликристаллического кремния, который дает возможность увеличить плотность размещения элементов ГИС.

Кремний, пассивированный пленкой диоксида, используется как основа для нанесения коммутационных шин полупроводниковых интегральных схем. Но благодаря таким его свойствам, как высокая теплопроводность (в 5 раз больше, чем поликора, и в 100, чем ситалла), совместимость по температурному коэффициенту линейного расширения (ТКЛР) с кристаллами полупроводниковых ИС, возможность получения качественно обработанной поверхности и большая технологическая точность геометрических размеров, кремний, пассивированный SiO_2 , может применяться в качестве подложек и в гибридных интегральных схемах (ГИС) и коммутационных платах.

Однако вследствие большой ширины и длины коммутационных шин и их высокой погонной емкости структура, пригодная для полупроводниковых ИС, оказывается неприемлемой для ГИС и коммутационных плат.

Одним из способов снижения паразитных емкостей является увеличение толщины диэлектрика — усиление его с внешней стороны полиимидным лаком [1, 2]. Однако эта технология, разрабатываемая уже с 1975 г., все еще находится на стадии научно-исследовательских работ, так как многие проблемы — пористость лака, ненадежность металлизации глубоких переходных отверстий, слабая адгезия при неизбежной разнице в ТКЛР и т.д. — пока не решены. Специалисты МАИ им. Серго Орджоникидзе и МИЭТа предлагают другой путь снижения паразитных емкостей — усиление диэлектрика с внутренней стороны за счет повышения удельного сопротивления кремния. Для этого разработана и внедрена на Светловодском заводе чистых металлов технология высокоскоростного наращивания поликремния с удельным сопротивлением 10^5 Ом·см [3].

Такой материал в сочетании с диэлектрической пленкой SiO_2 обеспечивает снижение погонной емкости на два порядка за счет большой дебаевской длины экранирования в высокоомном полупроводнике.

Разработанный способ обладает высокой производительностью и в отличие от технологии оксидированных полуизолирующих пленок, известных под названием SIPOS, даст возможность получать толстые пластины диаметром 60 и 75 мм.

Использование нового материала в качестве только подложки было бы не оправдано экономически (ее цена 10–20 руб. за штуку), если бы не повышение функциональной насыщенности подложки за счет введения в нее низкоомных областей-карманов, изготовленных по технологии КСДИ (ЕРИС-процесс).

Базовый функциональный элемент структуры с диэлектрической изоляцией пассивных и активных компонентов (ДИПАК) представляет собой пластину полупроводникового поликремния с проводящими областями низкоомного монокристаллического кремния, изолированными пленкой диоксида (рис. 1). Такое сочетание материалов обеспечивает высокую эффективность структуры ДИПАК вследствие следующих ее особенностей:

- использование принципа двойной изоляции низкоомных шин (пленка SiO_2 и высокоомный поликремний) позволяет избежать утечек даже через каналы высокой проводимости — поры в пленке, исключить которые полностью не удается. Повышается также надежность контактных зон, в которых пленка диоксида ослабляется вследствие термоударов при пайке или сварке;

- пленки термического окисла, имеющие малую пористость, в качестве диэлектрика тонкопленочных конденсаторов и для межуровневой изоляции удовлетворяют повышенным требованиям, предъявляемым к коммутационным платам ГИС, которые имеют площадь в сотни раз большую, чем в полупроводниковых ИС;

- скрытый уровень разводки в ДИПАК выполнен из предельно низкоомного кремния, имеющего удельное сопротивление $0,5-1 \cdot 10^{-3}$ Ом·см. Такой кремний обладает плохими механическими характеристиками, и он может быть применен только в виде структуры, подобной ДИПАК, где его прочность не требуется. Благодаря использованию специальных марок кремния и сравнительно большой толщине шин, скрытые уровни разводки имеют поверхностное сопротивление порядка $0,05-0,1$ Ом/кв. см, т.е. не намного хуже, чем алюминиевые;

- структура ДИПАК изготавливается по одному из промышленных вариантов полупроводниковой технологии. Идеология ГИС на ДИПАК близка к идеологии базовых матричных кристаллов (БМК), и для подключения низкоомных проводящих шин скрытого уровня требуются лишь две стандартные операции — вскрытие окон в SiO_2 и металлизация алюминием.

Отработанность всех без исключения операций изготовления структуры и компоновки ее в схему, совместимость и надежность используемых материалов обусловили высокую технологичность ГИС ДИПАК.

В составе ГИС ДИПАК в зависимости от топологии скрытого и внешнего уровня разводки компонуются следующие основные элементы: пересечение провод-

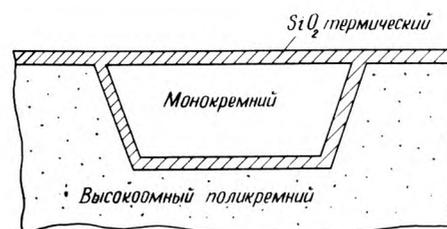


Рис. 1. Базовый элемент структуры ДИПАК

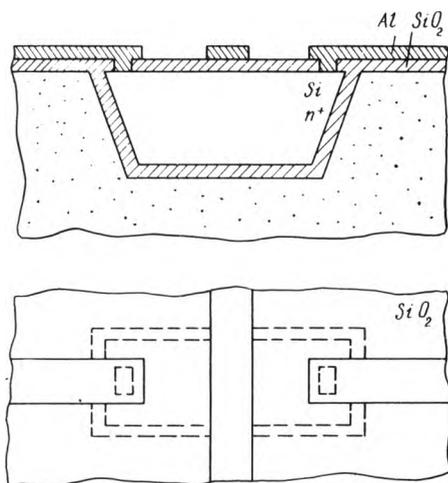


Рис. 2. Пересечение проводников

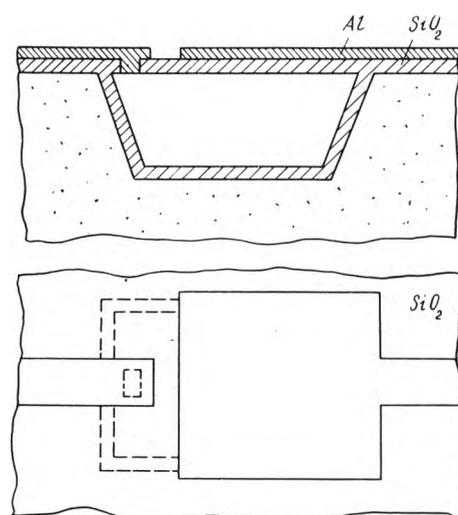


Рис. 3. Конденсатор ДИПАК

ников двухуровневой коммутационной платы, МОП-конденсаторы, пленочные резисторы.

Основной параметр двухуровневых коммутационных плат сложной радиоэлектронной аппаратуры — трассировочная способность — определяется в основном размерами межуровневого перехода, которые всегда больше площади пересечения шин. Использование базового элемента в качестве пересечений проводников двухуровневой разводки показано на рис. 2. Сравнение различных типов плат с ортогональными шинами, расположенными в двух уровнях, показывает, что при ширине линий в 30 мкм трассировочная способность плат ДИПАК в 50 раз больше, чем печатных и в 5 — меднополиимидных. Другие параметры пересечений ДИПАК, замеренные на тестовых схемах, приведены ниже.

Общее сопротивление	0,5–0,7 Ом
Паразитная емкость пересечения при толщине пленки SiO ₂ 0,5–1 мкм	
для линий шириной 30 мкм	0,03–0,015 пФ
100 мкм	0,3–0,15 пФ
Разброс удельного поверхностного сопротивления по площади пластины диаметром 60 мм	±50%

Приведенные параметры вполне приемлемы для сигнальных шин цифровых микросхем; шины питания и земли следует размещать в верхнем уровне разводки, в скрытом же уровне их ширина должна быть значительно большей, чтобы снизить число квадратов до минимального значения.

Поскольку выигрыш в технологичности, надежности, ремонтпригодности ДИПАК по сравнению с платами других предыдущих поколений очевиден, они должны быть использованы для создания многокристальных модулей ЭВМ и персональных компьютеров, где только коммутация высокой плотности позволяет реализовать вычислительную мощность и быстрое действие БИС [4].

Термический окисел кремния применяется в конденсаторостроении для создания надежных тонкопленочных конденсаторов. Конденсаторы с нижней обкладкой из монокристаллического кремния и SiO₂ в качестве диэлектрика имеют низкую добротность — 10–20 на 100 МГц, низкую надежность в местах присоединения контакта и непригодны для малых номиналов.

Созданы МДМ-конденсаторы гигагерцевого диапазона с повышенной добротностью, но технология их изготовления, основанная на травлении всего слоя кремния с последующей заменой его пленкой

золота, образующей нижнюю обкладку, пригодна, естественно, только для специальных целей, но не для массового применения.

Конденсаторы ДИПАК (рис. 3) свободны от перечисленных недостатков. Благодаря применению предельно низкоомного кремния добротность в экспериментальной партии повышена до 100–150, надежность зоны контактирования обеспечена высоким удельным сопротивлением поликремниевой матрицы: технологический разброс емкости в пределах пластин оказался меньше, чем точность измерительного прибора (±2%). Учитывая повышенную стоимость, конденсаторы ДИПАК целесообразно использовать только там, где нет конкуренции, например, в качестве миниатюрных высокочастотных подстроечных и матричных в РС-фильтрах для устройств воспроизведения компакт-дисков.

Низкоомные полупроводниковые резисторы могут изготавливаться непосредственно по технологии ДИПАК, причем в отличие от диффузионных они обладают высокой технологической точностью, определяющей лишь разбросом геометрических размеров элементов при фотолитографии, т. е. на уровне ±(2–5)%. Кроме того, удельное сопротивление и его температурная зависимость могут в широком диапазоне задаваться при выращивании монокристалла. Очевидно, что требования к материалу низкоомной области и резистора различны, поэтому полупроводниковые резисторы ДИПАК целесообразны в матричном исполнении, причем обеспечивается высокая точность и устойчивость соотношения при изменении внешних условий.

Преимущества тонкопленочных резисторов, изготовленных на подложках пассивированного кремния — более высокая точность, чем на диэлектрических подложках и большая рассеиваемая мощность. Однако, такие резисторы обладают высокой паразитной емкостью и не могут использоваться на высоких частотах. Если те же тонкопленочные резисторы напыляются обычными методами на подложку ДИПАК, они имеют погонные паразитные емкости — 0,3 пФ/см (при ширине 100 мкм) и высокую мощность рассеяния — до 30 Вт/см².

Резистивные матрицы ДИПАК в двух вариантах — полупроводниковом или тонкопленочном — можно совместить на одном кристалле с активными элементами, что означает новый шаг в развитии БМК.

Таким образом, структуры ДИПАК открывают возможности для дальнейшего развития гибридной технологии и перехода к ГИС высокой степени интеграции, включающих тонкопленочные конденсаторы, резисторы (в двух вариантах), двухуровневую коммутацию

высокой плотности, а также в перспективе — и активные элементы.

Освоение ГИС ДИПАК позволяет унифицировать две основные технологии и осуществить в конечном итоге их слияние в производстве радиоэлектронной аппаратуры нового поколения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Moore W., Jesshope C. Wafer Scale Integration.— Bristol, 1986.— 274 p.

2. Узбер С. Многокристалльные модули — перспективное направление в области СБИС.— Электроника, 1989, № 7, с. 63—71.

3. А.с. № 4131496/23-26 (СССР). Устройство для вакуумного осаждения слоев/А.М.Алешин, В.А.Брижатый, В.А.Краснов и др.

4. Лаймен Д. Многокристалльные модули — высокоэффективное средство сборки новых поколений СБИС.— Электроника, 1989, № 6, с. 10—13.

5. Гончарова Т.С. Полиимидные пленки в качестве межслойных изолирующих и пассивирующих слоев ИС.— Зарубежная электронная техника, 1989, № 8, с. 53—82.

Статья поступила 6 марта 1991 г.

УДК 621.38.002-76:621.791.76

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНЕРТНОЙ СРЕДЫ ПРИ ГЕРМЕТИЗАЦИИ ИС

А.В.Безрадетский, Р.А.Ерошенко,
Н.А.Воловенко, С.В.Кобзарь, А.Д.Кочан

При эксплуатации БИС и СБИС в бытовой и специальной аппаратуре от 60 до 80% всех отказов происходят в результате интерметаллической коррозии, главной причиной которой является наличие влаги в корпусном объеме ИМС [1, 2]. Для нормирования влагосодержания газовой среды в отраслевые стандарты (ОТУ, СОТУ) введен новый, определяющий показатель качества микросхем: влажность среды в корпусном объеме ИМС не должна превышать 0,5 объемных процента (5000 ppm) при 100°C. Одним из главных условий обеспечения заданного параметра является выполнение требований стандарта ОСТ 11 20.9903-86 (см. п. 13.5) и «Программы поэтапного

внедрения в производство интегральных микросхем новых требований ОТУ, СОТУ на предприятиях Минэлектронпрома» (см. п. 52), согласно которым влагосодержание среды в зоне герметизации ИМС не должно превышать 5 ppm (точка росы — 65°C).

Важнейшими технологическими параметрами системы обеспечения среды являются влагосодержание подаваемого в систему газа, объемный расход и избыточное давление газа, протекающего через систему. Кроме этих факторов, существенное влияние на влагосодержание среды и время достижения его оптимального значения оказывают сорбционные характеристики материалов,



Рис. 1. Общий вид установки герметизации ИМС в инертной среде УГС.СД-500-40-1 с системой обеспечения среды СО.СДУ-40-1: 1 — входной шлюз, 2 — скафандр, 3 — электронный блок управления, 4 — гигрометр, 5 — выходной шлюз, 6 — пневмоблок, 7 — стойка для элементов пневмоаппаратуры низкого давления, 8 — стойка с блоками питания и управления

контактирующих с инертной средой [3], размеры рабочих емкостей (скафандра и шлюзов), период контакта разгерметизированной емкости с атмосферой цеха и герметичность емкости [4, 5].

Определение оптимальных режимов работы проводилось на установке герметизации ИМС в инертной среде УГС.СД-500-40-1 (рис. 1), содержащей систему обеспечения среды СО.СДУ-40-1, разработанную с использованием современных зарубежных аналогов фирм SSEC и SLEE [6, 7]. Установка содержит герметично состыкованные рабочие емкости — входной и выходной шлюзы, скафандр, в котором размещен механизм герметизации. Объемы шлюзов и скафандра сообщаются между собой через герметично уплотняемые затворы шибберного типа с ручным приводом. На лицевой и тыльной сторонах скафандра и лицевых сторонах шлюзов имеются отбортованные отверстия для неопределенных рукавов-перчаток. Шлюзы и скафандр имеют герметично уплотняемые крышки, оснащенные электрическими блокировками. В пневмоблоке установлены элементы пневмоаппаратуры высокого давления для напуска и регулирования потока газа (азота), подаваемого из заводской магистрали. В стойке 8 расположены блоки питания и управления конвейерным механизмом герметизации. В стойке 7 сосредоточены элементы пневмоаппаратуры низкого давления, через которые газ выходит из рабочих объемов: напорометр для измерения и сигнализации величины избыточного давления инертной среды, заполненные вакуумным маслом барботеры (масляные затворы) и регулируемые вентили. Управление пневмоаппаратурой, контроль избыточного давления и влагосодержания среды по выходному сигналу гигрометра 4 осуществляется электронным блоком управления 3, содержащим таймеры, устанавливающие временные режимы продувки рабочих емкостей. Этот блок также содержит автоматические устройства, сигнализирующие о нарушении допустимого влагосодержания среды или режимов продувки, и предотвращающие несанкционированный доступ в рабочие объемы.

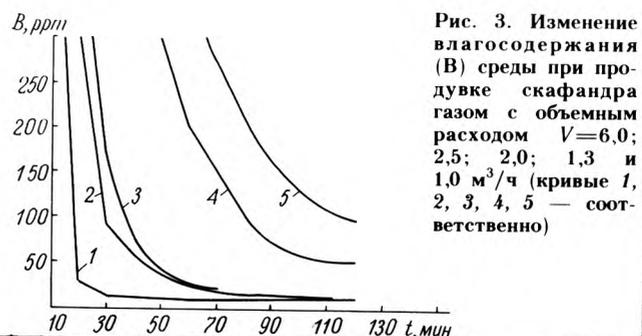
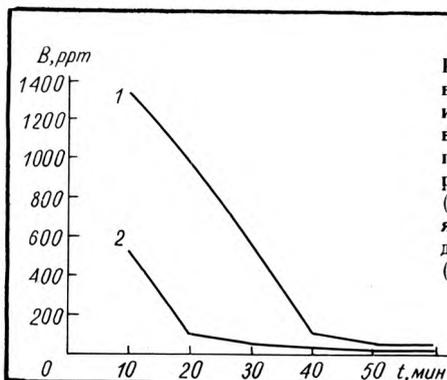
Определение оптимальных характеристик процесса герметизации на установке УГС.СД-500-40-1 проводилось в два этапа. На первом этапе определялись оптимальные параметры продувки системы: избыточное давление и объемный расход газа для шлюзов и скафандра. На втором этапе оценивалось влияние на влагосодержание среды наличия в скафандре механизма, кассет и других предметов.

Оптимальные параметры системы обеспечения инертной среды. Используемый газ имел объемную концентрацию влаги 2,5 ppm (-70°C точка росы) и давление 1 кгс/см². Как показывают результаты, приведенные на рис. 2, изменение избыточного давления при постоянном расходе газа практически не влияет на время достижения заданного влагосодержания среды: оно колеблется в пределах нескольких процентов. Обратный эффект получен при регулировании расхода газа и постоянном избыточном давлении. Время продувки скафандра существенно зависит от расхода газа и увеличивается в несколько раз при его уменьшении. Следовательно, основным параметром системы, определяющим время продувки, является объемный расход газа.

После отключения газовой магистрали влагосодержание среды начинает быстро возрастать за счет десорбции влаги внутренними поверхностями системы и натекания атмосферы цеха. Экспериментально установлено, что верхний уровень остаточного влагосодержания среды зависит от герметичности системы. По данным фирмы «Elmatic Electronics» [5] приемлемое повышение остаточного влагосодержания среды до 1500 ppm после отключения системы на 8 ч было получено, когда герметичность системы удовлетворяла требованию: падение избыточного давления в диапазоне от 2,5 до 1,5 г/см² не более, чем за 10 мин. Следует отметить, что даже кратковременная разгерметизация системы вызывает резкое повышение влагосодержания среды, восстановление которого требует длительного времени. Например, снятие перчатки с фланца сухого бокса объемом 0,34 м³ на несколько минут приводит к возрастанию влагосодержания среды до 400 ppm. На восстановление же среды до уровня 20 ppm потребовалась продувка системы в течение 1 ч.

При определении минимальной величины расхода газа при продувке скафандра, необходимой для поддержания влагосодержания среды на уровне 50 ppm, установлено, что эта величина должна превышать 1 м³/ч для продувки шлюза, объем которого почти на порядок меньше объема скафандра, приемлемая величина расхода находится на уровне 0,8—1 м³/ч.

При определении оптимальной величины объемного расхода газа, необходимого для достижения минимального времени продувки системы после разгерметизации скафандра и контакта с атмосферой цеха в течение 10 мин, было установлено, что расход газа 6 м³/ч позволяет в течение 80 мин достигнуть влагосодержание среды



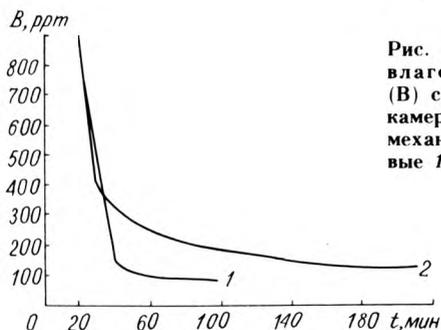


Рис. 4. Изменение влагосодержания (В) среды в пустой камере и в камере с механизмами (кривые 1 и 2)

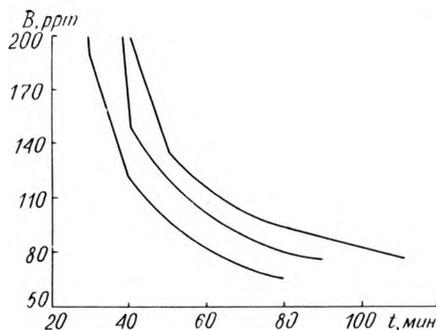


Рис. 5. Изменение влагосодержания (В) среды после контакта внутренних поверхностей камеры с атмосферой цеха в течение 5; 60 и 120 мин (кривые 1, 2 и 3, соответственно)

(8,5 ррт), близкое к нормативному (5 ррт) (рис. 3). Однако в процессе дальнейшей продувки влагосодержание возрастает до 12,9 ррт, а затем снова начинает падать. Колебание влагосодержания среды объясняется неполной десорбцией поверхностей в быстром потоке осушенного газа. По-видимому, турбулентный поток газа делает нестабильным процесс продувки. При расходах газа 2—2,5 м³/ч влагосодержание среды постоянно понижается и через 90 мин становится равным 12—13 ррт (точка росы примерно равна -57°C), что вполне приемлемо для герметизации ИМС.

Дальнейшее понижение содержания влаги возможно только путем длительной продувки системы газом с исходным влагосодержанием 1—1,5 ррт [7]. При расходах в диапазоне 1—1,3 м³/ч влагосодержание среды понижается крайне медленно. Таким образом, наиболее приемлемым с точки зрения длительности и стабильности процесса продувки, а также экономии газа является расход азота на уровне 2,0—2,5 м³/ч.

Влияние на параметры инертной среды механизмов, кассет с изделиями и других предметов, расположенных внутри рабочего объема. Вакуумная камера из нержавеющей стали объемом 0,6 м³ продувалась аргоном (ГОСТ 10157-79) с точкой росы -61... -65°C. Расход газа 1 м³/ч при избыточном давлении внутри камеры 10 г/см². Представленные на рис. 4 результаты опытов показывают, что при отсутствии механизмов влагосодержание 80 ррт достигается в течение 80 мин, а при их наличии даже длительная продувка не позволяет получить уровень 80 ррт. Следует заметить, что на параметры среды оказывают существенное влияние не только материал, но и способ обработки его поверхности (табл. 1).

Полированная нержавеющая сталь имеет самый низкий коэффициент сорбции влаги. Применение обычных красок, эмалей, лаков недопустимо, так как их коэффициент сорбции влаги на порядок выше нержавеющей стали. По данным работы [8] на влагосодержание среды влияют также оголенные руки оператора, работающего без перчаток: при внесении рук в скафандр на 27 с влагосодержание возрастает от 40 до 500 ррт.

Время продувки камеры зависит также и от времен контакта ее внутренних поверхностей с атмосферой цеха (рис. 5). При этом оно значительно возрастает, если в камере находятся механизмы. При одинаковом времени контакта с атмосферой в камере без механизмов величина влажности 85 ррт была достигнута за 120 мин, а в камере с механизмами за 210 мин продувки было получено всего 210 ррт.

Таблица 1

Коэффициенты сорбции влаги для материалов с различной обработкой поверхностей [3]

Материал	Обработка поверхностей	Коэффициент сорбции	Оценка СКО
		г/(см ² ·%)	10 ⁸
Титан	Полировка	2,44	0,40
Нержавеющая сталь	Полировка	1,61	0,24
Сталь Ст3	Полировка	6,38	1,0
	Воронение	7,3	1,5
Дуралюминий	Полировка	3,8	0,5
Алюминий	Полировка	2,3	0,8
	Оксидирование	7,8	2,2
	Масляная краска	11,7	1,8
	Нитроземаль	11,0	1,8
	Лак	11,0	3,6

Таблица 2

Технологические режимы работы системы СО.СДУ-40-1 установки УГС.СД-500-40-1

Режим работы	Рабочий объем	Контакт с атмосферой	Расход, м ³ /ч	Время продувки	Влагосодержание, ррт
Стартовый	Скафандр	Более 2—3 недель	2—2,5	18—20 ч	40
	— « —		2—2,5	150—200 ч	20
	Шлюз	1,0	40 мин.	30	
Пусковой	Скафандр	10 мин.	2—2,5	50 мин.	40
	— « —	10 мин.	2—2,5	90 мин.	13
	Шлюз	10 мин.	1,0	30 мин.	50
	— « —	10 мин.	1,0	40 мин.	22
	— « —	10 мин.	1,0	50 мин.	20
Рабочий	Скафандр	—	1,2	—	20
	Шлюз	—	0,6	—	20

На основании анализа данных экспериментальных работ и в результате опытно-промышленной эксплуатации разработаны технологические режимы работы оборудования, которые приведены в табл. 2. В стартовом режиме осуществляется первоначальный запуск системы или запуск после длительного контактирования внутренних поверхностей с внешней средой. Пусковой режим используется после проведения ремонтных или профилактических работ в разгерметизированной системе. Рабочий режим — это основной режим, в котором функционирует система.

Таким образом, основными параметрами, определяющими влагосодержание инертной среды в зоне герметизации, являются влагосодержание осушенного газа на входе в систему, объемный расход газа и время продувки. Величина избыточного давления несущественно влияет на параметры среды, однако при повышенном давлении оператор, работающий в рукавах-перчатках, ощущает неприятное давление на руки. Избыточное давление должно находиться в пределах $1-3 \text{ г/см}^2$ [5, 6, 7].

Вследствие существенного влияния на производительность оборудования времени контакта разгерметизированного скафандра с атмосферой цеха продолжительность ремонтных и профилактических работ внутри скафандра должны занимать минимальное время, поскольку даже 10-минутная разгерметизация скафандра приводит к потере 70—90 мин на восстановление инертной среды.

Так как на параметры среды влияют материалы и покрытия внутренних поверхностей системы, то для работы в сухой среде следует по возможности выбирать коррозионностойкие материалы с полированными или специально покрытыми поверхностями. Не допускается применение обычных лаков, красок и эмалей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закиров Р.Г., Банецкий В.В. Герметизация микросхем контактной шовой сваркой в инертной среде.— Электронная техника. Сер. VII.ТОПО, 1987, вып. 4, с. 33—34.
2. Чернышев А.А., Крутоверцев С.А., Бутурлин А.И. Контроль влажности в корпусах интегральных микросхем.— Зарубежная электронная техника, 1987, вып. 2, с. 3—63.
3. Бегунов А.А. Теоретические средства и технические основы гигрометрии.— М.: Издательство стандартов, 1988.
4. Solid State Equipment Corporation. Model GD900. Recirculating Gaz Dryer. Installation and Instructions. Fort Wachington, PA.
5. Modular Construction Gloveboxes. Elmatec Electronics. Рекламный проспект.
6. Solid State Equipment Corporation. Model 1000. Parallel Seam Sealing Machine. Virginia Drive, Fort Wachington.
7. Model 2180. Advanced Parallel Seam Sealing System. Рекламный проспект.
8. НИР «Разработка требований к методу контроля влажности окружающей среды в месте проведения процесса герметизации ИС». Отрасл. регистр. № 7005753.— С. 65.

НИИ ГИРИКОНД

ЛАБОРАТОРИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ КЕРАМИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ И МАТЕРИАЛОВ

выполняет комплекс работ на
договорной основе:

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

- эквивалентного последовательного сопротивления (R_{Σ}) и добротности (Q) керамических конденсаторов (КК) различных типов — постоянной емкости и подстроечных — в диапазоне частот 10 МГц — 20 ГГц;
- собственной резонансной частоты КК до 12 ГГц;
- собственной индуктивности КК;
- допустимой реактивной мощности КК;
- активной мощности рассеяния при заданных температурах перегрева КК;
- параметров керамических диэлектрических резонаторов в диапазоне частот 3—80 ГГц;
- добротности (Q_{11});
- собственной резонансной частоты;
- температурного коэффициента частоты в интервале от -60 до $+150$ °С.

ИЗМЕРЕНИЕ

- параметров диэлектрических материалов в диапазоне частот 1—80 ГГц;
- температурных зависимостей диэлектрической проницаемости керамических материалов и емкости конденсаторов в интервале температур от -60 до $+500$ °С на частотах: 1 ; 10^2 ; 10^3 кГц.

АНАЛИЗ конструктивно-технологических решений КК серийного производства.

Полученные результаты могут быть использованы для регламентации в НТД указанных параметров КК и материалов, внесения в нее соответствующих изменений, для создания рекламных проспектов и каталогов выпускаемой продукции.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРИБОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СПОСОБА ПОЛИРОВКИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИС

канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр. В.А.Клюев,
мл. науч. сотр. М.А.Колобов,
д-р хим. наук Ю.П.Топоров,
канд. техн. наук, доц. Л.А.Иванов,
д-р техн. наук В.М.Пачевский

Известно, что в процессах механической обработки металлов широко используются электрические поля [1]. Обычно для этого применяют внешние источники электрического тока. В то же время при трении диэлектриков возникают трибоэлектрические поля столь высокого напряжения, что следует ожидать в определенных условиях проявления электроэрозионного действия этих полей на трущиеся поверхности.

При изучении процессов трибоэлектризации диэлектриков наблюдалось электроэрозионное действие трибоэлектрических полей на трущиеся поверхности при трении в условиях вакуума [2].

Исследования проводились в паре трения вращающийся ролик — плоская поверхность. Ролик касался плоскости своей боковой поверхностью.

Для устранения механического износа поверхность ролика была покрыта мягким ворсистым материалом (мехом), а усилие нормального прижима не превышало 0,1 Н. Скорость вращения ролика составляла 1200 об/мин (при диаметре ролика 40 мм). Пара трения помещалась в камеру, где создавался вакуум до 10^{-3} Па.

Результаты исследований показали, что трение в указанных режимах приводит к электризации контактирующих поверхностей с довольно высокой напряженностью электрического поля. Об этом свидетельствует то, что процесс трения сопровождается эмиссией заряженных частиц (в частности, электронов), энергия которых достигает нескольких десятков кэВ. Следовательно, напряженность возникающего электрического поля достигает в среднем 10^6 В/см. В отдельных участках (на вершинах выступов) напряженность может быть еще больше. Такие поля приводят к электроэрозионному стравливанию материала выступов.

Как видно из рис. 1, после трения в вакууме наблюдается значительное сглаживание микрорельефа поверхности кварцевой пластины. Профилограмма показывает, что при полировке такой же поверхности пластины при той же продолжительности (30 мин) на воздухе сглаживания поверхности не наблюдается. Это связано с тем, что при трении на воздухе напряженность электрических полей ограничена величиной пробивного напряжения и не достигает столь высоких значений, как при трении в вакууме. Кроме того, электрический разряд между трущимися поверхнос-

тями в вакууме существенно отличается от разряда при атмосферном давлении.

Явление электроэрозионного стравливания наблюдается при полировке не только диэлектриков, но и полупроводников. Исследовалась возможность использования трибоэрозионного метода полировки для обработки поверхности кремниевых пластин, для ИС.

Известно, что качество подложек существенно влияет на результаты последующих технологических операций. В частности, дефекты поверхности подложек при реализации высокотемпературных процессов (окисления, напыления и фотолитографии) приводят к 90% технологических потерь.

Поскольку особое место в технологическом цикле механической обработки кремниевых подложек занимает финишная обработка, были проведены сравнительные испытания качества поверхности подложек после различных финишных обработок. При этом наряду с трибоэлектрическим были исследованы следующие способы полирования: алмазной пастой АСМ 05/0, двуокисью кремния, двуокисью циркония, ионами меди (по стандартной технологии и по оптимизированной за счет технологических режимов технологии).

Качество поверхности подложек оценивалось по значениям физико-механических параметров: величине механических напряжений, деформации и величине нарушенного слоя. При этом деформация (прогиб) подложек измерялась бесконтактным оптическим мето-

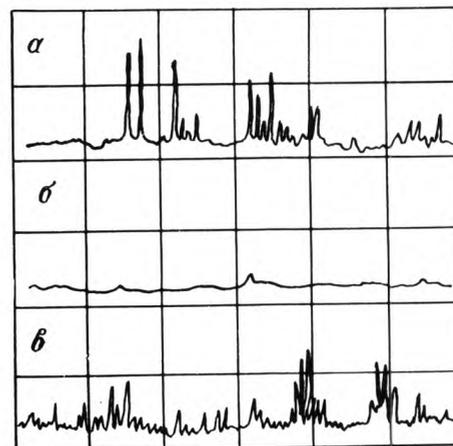
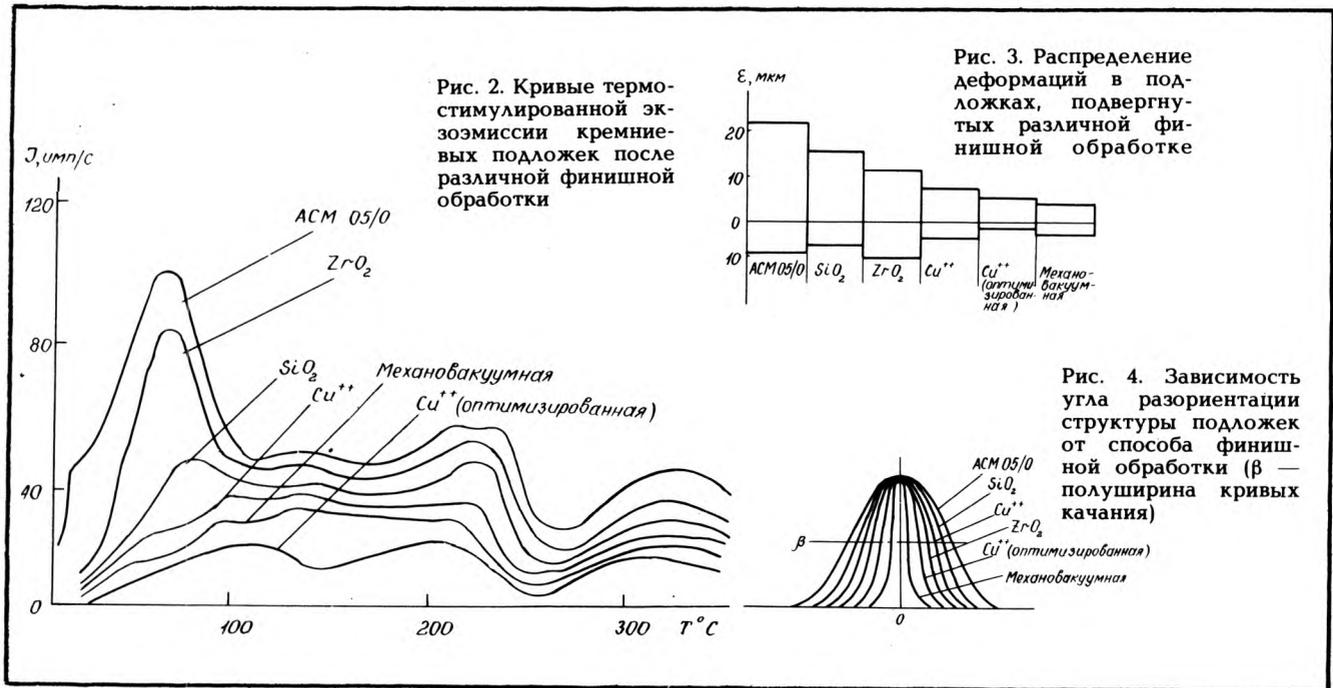


Рис. 1. Профилограммы поверхности кварцевой пластины в исходном состоянии (а), после полировки в вакууме (б) и после полировки на воздухе (в)



Результаты измерений нестабильности порогового напряжения и его среднеквадратичных отклонений МДП-транзисторов на кремниевых подложках, предварительно подвергнутых различной финишной обработке

Финишная обработка подложек	Параметры	Время электротермотренировки, ч						Условные отказы	
		0	140	296	444	592	740	до испытаний	после испытаний
ACM ^{05/0}	$U_{\text{пор.}}$, В	1,75	1,51	1,52	1,20	1,419	1,670	5	4
	σ , В	0,2	0,205	0,18	0,24	0,240	0,548	—	—
SiO ₂	$U_{\text{пор.}}$, В	1,68	61,483	1,54	1,55	1,623	1,71	2	4
	σ , В	1,135	0,185	0,26	0,34	0,633	0,53	—	—
ZrO ₂	$U_{\text{пор.}}$, В	1,78	1,44	1,37	1,51	1,421	1,423	3	2
	σ , В	0,169	0,144	0,112	0,2	0,419	0,648	—	—
Cu ⁺⁺ (типовая)	$U_{\text{пор.}}$, В	1,65	1,39	1,49	1,51	1,695	1,92	1	5
	σ , В	0,126	0,146	0,26	0,65	0,734	1,22	—	—
Cu ⁺⁺ (по оптимизированным режимам)	$U_{\text{пор.}}$, В	1,771	1,497	1,46	1,48	1,525	1,625	1	2
	σ , В	0,67	0,099	0,139	0,158	0,297	0,53	—	—
Трибозерозионная	$U_{\text{пор.}}$, В	1,739	1,507	1,46	1,443	1,46	1,539	1	2
	σ , В	0,139	0,298	0,23	0,27	0,346	0,272	—	—

дом с помощью интерференционного микроскопа. Механические напряжения оценивались на рентгеновской установке методом двухкристального спектрометра. Глубина нарушенного слоя определялась методом термостимулированной экзоэмиссии.

Результаты исследований приведены на рис. 2–4, из анализа которых следует, что лучшим качеством поверхности по всем измеренным параметрам (величине и дисперсии деформации, величине механических напряжений и глубине нарушенного слоя) обладают подложки, подвергнутые финишной полировке трибозерозионным способом. Их качество выше, чем у подложек, подвергнутых полировке ионами меди по оптимизированной заводской технологии.

Была проведена также интегральная оценка качества подложек. В производственных условиях на подложках, различающихся финишной обработкой, были изготовлены структуры Si–SiO₂–Al и МДП-

транзисторы как наиболее чувствительные к состоянию поверхности. Полученные структуры были испытаны методами микропробоев и снятия высокочастотных C–V-характеристик.

Значения электрофизических параметров структур и приборов, изготовленных на подложках с финишной полировкой трибозлектрическим (трибозерозионным) способом и ионами меди по оптимизированной технологии, оказались лучшими, чем в остальных партиях. Таким образом, эти данные коррелируют с полученными при испытаниях результатами по физико-механическим параметрам подложки.

Дополнительные данные о качестве границы раздела Si–SiO₂ получены на основе анализа нестабильности порогового напряжения $U_{\text{пор}}$ МДП-транзисторов. (Измерения проводились тестером Т 4502 при температуре 125°C с отрицательным смещением на затворе, управление от ЭВМ 100/164 с автоматической записью и

обработкой данных).

Результаты этих измерений приведены в таблице, из которой следует, что число условных отказов и соотношение среднеквадратичных отклонений минимально для подложек с суперфинишной обработкой трибоэрозионным методом и полировкой ионами меди по оптимизированной технологии. Это — дополнительное подтверждение высокого качества подложек.

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы:

трибоэрозионный способ полировки может применяться в технологии механической обработки подложек в качестве суперфинишной полировки;

достоинство метода трибоэрозионной полировки заключается в сравнительной простоте технологического процесса и обеспечении высокого качества подложек по сравнению с традиционными методами;

промышленная реализация трибоэрозионного метода полировки подложек в планарной технологии позволит повысить надежность и процент выхода кондиционных изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю д и н Д.П. Электрофизические методы обработки. — БСЭ, т. 30. — М.: Сов. энциклопедия, 1978, с. 118—120.
2. Электроэрозионный износ диэлектриков в вакууме/ Ю.П.Топоров, Т.Н.Владыкина, В.А.Клюев, Б.В.Дерягин/ Сб. Влияние качества поверхности на эксплуатационные свойства подвижных соединений. — Тезисы докл. Всес. научно-техн. совещания. ч. II. (Рыбинск, — М.: 1979, с. 194—196).

Статья поступила 3 апреля 1991 г.

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД ПАЙКИ ПОВЕРХНОСТНО МОНТИРУЕМЫХ ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ

Ю.В.Кириллов, И.И.Горянина, В.А.Свиридов

Рассмотрены методы пайки печатных плат с использованием элементов поверхностного монтажа. Приведено описание установки для ИК пайки на платах шириной до 400 мм, управляемой от микро-ЭВМ, с выводом на монитор технологических параметров, в том числе температурного профиля.

Пайка широко применяется в технологии сборки печатных узлов, где практически все электрорадиоэлементы припаиваются к плате. В результате смачивания поверхности металла жидким припоем в месте пайки образуется связующий участок — диффузионная зона, которая обусловлена физической заменой атомов металла. Атомы основного металла переходят в припой, а атомы припоя — в основной металл. (Обмен атомами может происходить только на химически чистых поверхностях). Формирование диффузионной зоны зависит от степени подвижности атомов и времени, отсюда наличие двух важных для пайки факторов: времени и температуры пайки. Увеличение температуры и времени пайки увеличивает ширину диффузионной зоны.

Диффузионные процессы происходят также при комнатной температуре, вследствие чего диффузионная зона увеличивается пропорционально времени хранения, чем обусловлен процесс старения.

Диффузионная зона представляет собой металлические соединения, которые по сравнению с отдельными металлами могут иметь повышенную твердость и хрупкость.

Окисленная поверхность металлической зоны практически не подвергается повторному смачиванию. Смачивание происходит только на химически чистых поверхностях металлов. Для этого необходимо предварительно удалить все загрязнения и окисленные слои (с применением флюсов). Чем выше степень смачиваемости твердой поверхности металла, тем лучше на ней распространяется припой и тем надежнее паяное соединение. Диффузионная зона механически ослабляет паяное соединение, но она необходима, поэтому она должна иметь минимальную толщину. Это значит, что

пайка должна производиться при возможно более низкой температуре и в минимально короткое время.

При пайке детали с луженой поверхностью диффузионная зона может распространиться на весь оловяный слой. Диффузионная зона выйдет на поверхность и окислится, вследствие чего деталь не может быть использована в дальнейшем производстве. Следовательно, необходимо следить за сроками хранения комплектующих.

Все виды пайки можно условно разделить на две группы. К первой относится нанесение припоя в процессе пайки (пайка протягиванием и пайка волной припоя), ко второй — предварительное нанесение припоя или пасты на поверхность платы (пайка в паровой фазе и ИК оплавлением).

В методе поверхностного монтажа предъявляется ряд дополнительных требований к пайке из-за увеличения плотности монтажа, отсутствия гибких выводов у радиоэлементов, что не позволяет крепить их в отверстия плат при традиционной сборке. Поэтому при реализации методов пайки учитываются требования поверхностного монтажа.

При пайке протягиванием все комплектующие элементы укладываются в стационарную ванну для пайки под определенным углом погружения. Глубина погружения составляет около половины толщины платы. После выдержки узлы извлекаются также под определенным углом.

Установки для пайки протягиванием представляют собой ванну с нагревателем и системой поддержания и регулирования температуры. Такие конструкции используются практически только для облуживания выводов.

Современные установки для пайки волной поверхностно монтируемых компонентов оснащены двумя волновыми системами. При этом первая волна, так называемая волна поверхностного монтажа, осуществляет собственно пайку, а вторая — выполняет в основном функцию очистки. Турбулентность в этих волновых системах необходима для наилучшего обволакивания всех соединений. Первая волна должна обеспечивать прочное паяное соединение, так как на этой стадии поверхность подготовлена для пайки и в достаточной степени смочена флюсом.

Для обеспечения процесса пайки протягиванием и волной необходимы флюсы и припой. Качественная пайка невозможна без предварительной очистки поверхности плат, и нередко после пайки проводится очистка от флюсов.

Флюс выполняет следующие функции:

растворяет абсорбционный слой и создает свободную от налета поверхность металла путем преобразования оксидов, сульфидов;

защищает поверхность от повторного окисления при рабочей температуре;

снижает поверхностное натяжение между припоем и субстратом;

предотвращает негативное воздействие продуктов распада флюса на процесс растекания припоя при формировании места пайки (продукты распада должны легко вытесняться жидким припоем). Если остаточные продукты не смываются, они должны быть электрически нейтральны и не гигроскопичны.

Флюсы состоят из трех основных компонентов:

носитель (канифоль, синтетическая смола);

активатор: безгалогенный (моно- ди-углекислота), галогеносодержащий органический (хлораминовая соль), или неорганический (хлористое и бромистое соединения);

растворитель (спирт, вода, пенная добавка).

Обычно флюс наносится путем вспенивания. Для нанесения пены используются пенные трубчатые фильтры. В наносимые с помощью пенных флюсователей флюсы должны вводиться пенные добавки.

Пайка двойной волной широко применяется при смешанном монтаже, когда на одной плате устанавливаются элементы, поверхностно монтируемые и выводные в отверстия печатных плат. К недостаткам пайки волной относится непригодность ее для пайки микросхем с расстоянием между выводами менее 1 мм.

В случае пайки печатных узлов с элементами поверхностного монтажа требуется их предварительное крепление с помощью клея во избежание попадания элементов в волну припоя, а также сушка клея. Некоторые элементы, такие как катушки индуктивности, переключатели и другие не могут быть погружены в волну припоя, следовательно, необходима последующая ручная доустановка и допайка этих элементов.

К методам оплавления заранее нанесенного припоя можно отнести пайку в паровой фазе, ИК пайку. Эти методы не требуют предварительного флюсования, так как в пасте уже имеются необходимые флюсующие добавки. Пайка в паровой фазе обеспечивает хорошее качество для высокоплотных двусторонних печатных плат, однако сложность и высокая стоимость оборудования и рабочей жидкости не позволяют широко использовать этот метод в производстве.

В случае применения только поверхностно монтируемых элементов на односторонней, так и на двусторонней плате более перспективен метод ИК пайки, который обеспечивает высокую производительность и хорошее качество пайки практически всех элементов. При переходе от смешанного к чисто поверхностному монтажу, метод ИК пайки более приемлем, чем пайка волной.

Установка ИК пайки обеспечивает нагрев плат, движущихся по конвейеру, в заданных температурных режимах.

Вначале происходит предварительный нагрев платы (рис. 1) до температуры 100–125°C с заданной скоростью в течение 1 мин с целью уменьшения термического удара в последующей пайке, затем — нагрев с заданной скоростью до температуры пайки и пайка в течение 30–40 с. Обычно для оплавления используется ИК нагрев с длиной волны в диапазоне 1–6 мкм. Плата

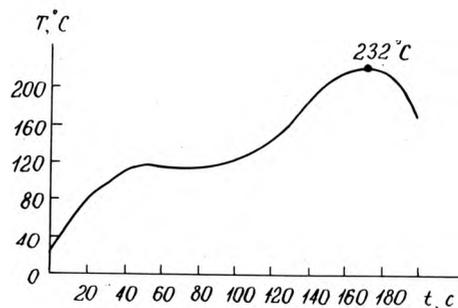


Рис. 1. Температурный профиль нагрева печатной платы

проходит через зоны ИК нагрева и нагревается за счет излучения и конвекции.

Очень важным параметром процесса ИК пайки является скорость повышения температуры, составляющая менее 8°C/с (обычно 1–4°C/с). Превышение скорости нагрева более 8°C/с может привести к выходу из строя элементов, например, многослойных керамических конденсаторов.

Заданный профиль температуры устанавливается с помощью контроля температуры и скорости конвейера. Число регулируемых зон печи обычно — не менее трех. Из них первая и вторая зоны осуществляют предварительный нагрев, третья — оплавление.

В качестве нагревательных элементов предпочтительнее использовать ИК лампы, которые нагревают не только поверхностный, но и внутренний слой расплава. При использовании резистивных нагревателей поверхность расплава нагревается быстрее, чем внутренние слои, что приводит к разбрызгиванию, пустотам и появлению шариков расплава.

Зарубежные фирмы разрабатывают оборудование для пайки, в котором резистивные нагреватели используются для предварительного нагрева, ИК — для пайки и УФ излучение — для сушки [1–3].

Отличительное оборудование для пайки печатных узлов [4] позволяет обрабатывать платы шириной не более 300 мм, что не удовлетворяет требованиям современного производства. Необходимо обрабатывать платы больших размеров и задавать температурный профиль для каждой платы, так как из-за различной плотности монтажа и размеров печатных узлов требуется индивидуально задавать технологические параметры и хранить технологические режимы в памяти системы управления. Кроме того, целесообразно проводить сушку и оплавление в едином модуле.

Разработана удовлетворяющая указанным требованиям установка сушки и оплавления, в которой сушка адгезива осуществляется с применением УФ облучения, а оплавление паяльной пасты — при ИК нагреве. Плата с нанесенной паяльной пастой или клеем и установленными элементами поступает на транспортере с заданной скоростью в блок УФ сушки, где происходит отверждение клея, затем — в зоны нагрева, где оплавляется паста.

В соответствии с алгоритмами (работы регулятора температуры, измерения и регулировки скорости конвейера) разработано программное обеспечение для управления работой установки. Это позволяет осуществить задание и регулирование температуры по десяти каналам, а также задание и поддержание скорости транспортирования, что значительно снижает габариты системы управления и стоимость установки. Благодаря управлению от микропроцессорного блока технологические параметры задаются с клавиатуры и информация выводится на экран монитора. Независимое регу-

лирование температуры в десяти секциях позволяет создавать практически любой профиль температуры, что делает установку универсальной.

Установка включает в себя следующие основные узлы: камеру, систему транспортирования печатных плат, систему управления на базе микропроцессорного блока, зону УФ сушки, систему охлаждения.

Техническая характеристика установки сушки и оплавления

Габаритные размеры обрабатываемого печатного узла, мм	
максимальные	360×380×35
минимальные	80×90×1,5
Толщина печатной платы, мм	1—5
Скорость конвейера, м/мин	0,4—2,1
Ширина регулируемого цепного конвейера, мм	40—400
Число секций регулирования и контроля температуры	10
Число зон предварительного нагрева	2
Число зон оплавления	1
Диапазон регулируемых температур, °С	50—300
Точность поддержания температуры в точке, °С	±5
Число зон УФ облучения	1
Длина зоны естественного охлаждения, мм	не более 300
Габаритные размеры, мм	2720×840×1715
Масса, кг	600

Камера длиной 1500 мм состоит из 10-и секций нагрева, которые сгруппированы в три зоны. В каждой секции расположены две ИК лампы (сверху и снизу конвейера), и установлена термопара. Первая зона предварительного нагрева состоит из двух секций, вторая — из трех, зона оплавления — из пяти секций. Возможно отключение любых нижних ламп в каждой из 10-и секций.

Такая конструкция нагревателей обеспечивает ее универсальность для любых термических процессов сушки и оплавления плат любой конструкции. Типичный температурный профиль оплавления припойной пасты ПЛ-112 представлен на рис. 1. При таком режиме были получены паяные соединения хорошего качества (блестящие, без образования шариков).

Известно, что температура печатного узла, обрабатываемого ИК методом, зависит от скорости нагрева, сложности геометрии узла, его массы и теплопроводности материалов.

На рис. 2 изображены профили пайки поверхностно монтируемых элементов на платах различных размеров с использованием пасты ПЛ-112. При оплавлении на ПУ печатном узле с размерами 120x100x1,5 мм и с малой

плотностью печатного монтажа максимальная температура в зоне пайки достигла значения 225°C (кривая 1). Область пайки изображена на рисунке заштрихованной. При тех же заданиях температуры в зонах и скорости транспортировки обрабатывался печатный узел с теми же размерами, но с высокой плотностью печатного монтажа (кривая 2). Скорость роста температуры по зонам и значение температуры в зоне оплавления в данном случае были недостаточны для проведения процесса пайки. При этом необходимо изменение технологических режимов: увеличение температуры в зонах или (и) увеличение времени процесса. Кривая 3 представляет собой профиль температуры, полученной при обработке ИК методом печатных узлов с платой размерами 220x120x1,5 мм и малой плотностью печатного монтажа. Использовались те же технологические режимы, что и в случае обработки печатных узлов с размерами печатной платы 120x100x1,5 мм. Как видно из рисунка, в зоне оплавления не удалось достичь температуры, необходимой для проведения процесса пайки. Здесь также необходима корректировка технологических режимов, для чего применяется микропроцессорный блок, обеспечивающий возможность запоминания до 90 различных технологических режимов, что значительно сокращает время на подготовку установки к работе в случае многономенклатурного производства.

Несмотря на то, что температура на плате меняется в зависимости от конструктивных размеров печатного узла, при правильно подобранных режимах метод ИК пайки обеспечивает хорошее качество паяных соединений, не требует применения технологических жидкостей, как при пайке в паровой фазе.

Использование разработанной установки ИК пайки для печатных узлов шириной до 400 мм позволяет автоматизировать процесс пайки.

ЛИТЕРАТУРА

1. IR solder system. Рекламный проспект на систему IR-1148 фирмы Heller Industries.— Electronic Packaging & Production, 1988, N 5, p. 94.
2. Рекламный проспект на систему оплавления RTC фирмы Radiant Technology Corporation.— Electronic Packaging & Production, 1988, N 5, p. 127.
3. Рекламный проспект на установку SMD-1422 фирмы Vitronics Corporation.— Electronic Packaging & Production, 1988, N 3, p. 101.
4. Межотраслевая выставка «Прогресс-87». Каталог ВИМИ, ч. I.— М., 1987, с. 86—87.

Статья поступила 3 апреля 1991 г.



Рис. 2. Температурные профили пайки печатных узлов

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ В МЕТАЛЛОСТЕКЛЯННЫХ КОРПУСАХ ИМС

В.А.Емельянов, Г.К.Михайлов, Л.П.Ануфриев

Безотказное и долговечное функционирование корпусов ИМС возможно лишь при высоком качестве гальванического покрытия металлических поверхностей. Предлагаемый оптимальный химический состав и режим травления корпусов перед никелированием позволяет обеспечить полное удаление оксидных слоев с поверхности металла, улучшить микрорельеф, повысить прочность и надежность соединений ковара с гальваническим покрытием.

Корпуса интегральных микросхем (ИМС) и полупроводниковых приборов (ПП) представляют собой сложные многокомпонентные изделия.

Их безотказное и долговечное функционирование возможно лишь при надежном соединении металла и изолятора, высокая механическая прочность и герметичность которых обеспечивается тщательным подбором материалов проводника и изолятора, а также специальной технологией их соединения.

В качестве изоляторов, как правило, используют различные электровакуумные стекла (С52-1, С76-2 и др.) или композиции этих стекол с керамикой, для проводящих частей — никель или никельсодержащие сплавы. Наиболее широко применяют сплав 29НК (ковар).

В исходном состоянии коваровая лента толщиной 0,15—0,20 мм имеет высокое качество поверхности (9—12 класс шероховатости поверхности), который обеспечивается многократной прецизионной прокаткой с промежуточным отжигом в вакууме или инертной среде. Однако необходимо отметить, что с точки зрения дальнейшего нанесения гальванических покрытий поверхностный слой ковара не является оптимальным: после многократного обжата он имеет «наклеп», с разрушенной микроструктурой, а так как наилучшее срастание наносимых гальванических слоев возможно тогда, когда рост кристаллов покрытия продолжает кристаллическую структуру подложки [1], то на практике часто приходится применять не только легкое травление (декапирование) подложки перед нанесением гальванического покрытия для снятия оксидной пленки, но и относительно глубокое травление для вскрытия основной структуры металла и обеспечения условий для надежного срастания слоев.

На качество металлических поверхностей негативно влияют ряд технологических операций: формообразование (штамповка, хим. фрезерование, формовка, чеканка, галтовка, сварка, пайка); обработка в травителях и моющих

средах; термическая обработка с целью снятия внутренних напряжений, восстановительный отжиг в среде водорода, окислительно-восстановительный отжиг; высокотемпературные окислительно-восстановительные воздействия при формировании вакуум-плотного спая с изолятором. Последние оказывают наиболее сильное воздействие на качество поверхности ковара. Процесс образования спая стекла с металлом основанный на физико-химическом взаимодействии расплава стекла с тонкой окисной пленкой на поверхности ковара, включает стадии нагрева выше температуры плавления стекла (550—750)°С, растворение окисной пленки металла в стекле (950—1050)°С и медленное охлаждение. Применяемые температурные режимы значительно превышают температуры фазовых превращений в коваре, т.е. происходит разрушение его кристаллической структуры. Кроме того, при медленном охлаждении изделия, необходимым для получения согласованного спая и частичного снятия тангенциальных напряжений на границе металл-стекло, в коваре образуется новая кристаллическая структура, имеющая, как правило, значительно более крупные кристаллы, чем у исходного материала.

Таким образом, металлические элементы металлостеклянных корпусов интегральных схем и полупроводниковых приборов перед нанесением гальванических покрытий имеют крупнокристаллическую структуру с глубоко окисленной поверхностью. Толщина оксидной пленки зависит от технологического процесса, предшествующего гальванической обработке, и составляет 3—7 мкм и более.

Подготовка поверхности перед нанесением гальванического покрытия должна обеспечивать качественное и высокопроизводительное удаление с поверхности жировых и масляных загрязнений, окисных пленок и остатков травильного шлама, а также равномерность травливания окислов по всей металлической поверхности и минимальное локальное перетравливание вследствие неоднородности оксидной пленки и сложности геометрической формы изделия. Моющие и травильные составы должны обладать сглаживающей (полирующей) способностью, легко подвергаться нейтрализации и регенерации.

Качество подготовки поверхности перед нанесением гальванического покрытия оценивалось по исследованию микроструктуры поверхности ковара после обработки на растровом электронном микроскопе РЭМ-200 (ток электролита 140—150 мкА, ускоряющее напря-

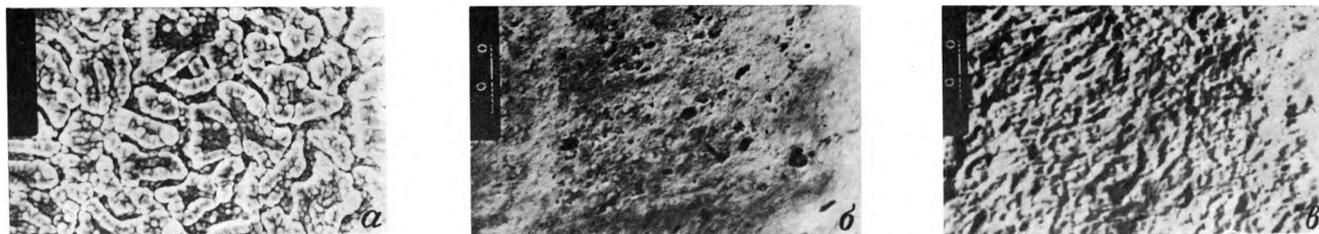


Рис. 1. Микроструктура поверхности ковара после травления ($\times 1000$): а — в соляной кислоте 8—10 мин; б — в смеси соляной и азотной кислот 30 сек; в — в смеси соляной и азотной кислот 2 мин

жение — 15 кВ, разрядении в камере — $5 \cdot 10^{-6}$ торр. и увеличении $\times 1000$). Фиксирование микроструктуры исследуемой поверхности осуществлялось на фотопленку с высокой разрешающей способностью и малой зернистостью. Шероховатость поверхности определялась в соответствии с ГОСТ 2789-73 на профилографе-профилометре П201.

Влияние режима подготовки на качество сцепления наносимого покрытия оценивалось по устойчивости к воздействию повышенной температуры. В качестве гальванического покрытия использовался никель, осаждаемый из стандартного электролита состава, (г/л): NiSO_4 — 150 ÷ 200; Na_2SO_4 — 50 ÷ 70; H_3BO_3 — 30; MgSO_4 — 20; NaCl — 5 ÷ 10. Процесс проводили при $\text{pH}=4 \div 5$, температуре 45—55 °С, плотности тока 1,5 А/дм². Расчетная толщина никелевого покрытия составляла 3 мкм. Перед никелированием детали подвергали травлению в разбавленной (1:1) соляной кислоте при температуре 20—25 °С в течение 3 мин.

Критерием оценки прочности сцепления никелевого покрытия с основой служило отсутствие вздутия и отслаивания его при последовательном нагревании изделия на термостабирированной поверхности до температуры 380 °С в течение 8 мин и 420 °С в течение 2 мин, что имитирует тепловые воздействия в процессе сборки, испытаний и монтажа прибора. Отслоение и вздутие покрытия определялось визуально с помощью микроскопа МБС-9 при увеличении $\times 16$ на 100 деталях из 5 параллельных опытов.

Оксидная пленка на поверхности металла (ковара) представляет собой плотный слой, толщиной 3—7 мкм, состоящий, в основном, из смеси оксидов двух- и трехвалентного железа и никеля. Для травления этих оксидов применяют растворы серной, соляной и азотной кислот или их смесей [2]. Учитывая, что оксиды железа труднорастворимы в серной и азотной кислотах и что при ее попадании через поры в оксидном слое идет преимущественное травление железа и никеля, травление изделий проводится в две стадии. На первой стадии — травление в 20% растворе соляной кислоты при температуре (50—55) °С в течение 8—10 мин. Под воздействием соляной кислоты происходит преимущественное травление оксидов железа, интенсивное растравливание в микротрещинах и порах окисной пленки (рис. 1,а). Поверхность приобретает матовый, серый цвет, становится рыхлой с

множеством пор и каналов. То есть происходит разрыхление и растравливание оксидного слоя. Дальнейшее травление ведет к более интенсивному травлению основы — железа и никеля в местах проникновения травителя сквозь окисную пленку, что сопровождается интенсивным выделением водорода, поверхность металла наводораживается, становится хрупкой. Поэтому вторую стадию желательно проводить с применением более агрессивных травителей в течение короткого времени. В качестве травителя используется смесь (мл/л): соляная кислота — 150—200; азотная кислота — 50—100 при температуре 65—75 °С. Для снижения количества выделяемого водорода в качестве ингибитора добавляется уротропин (гексаметилентетрамин) в количестве 2—4 г/л. В результате бурно протекающей реакции происходит интенсивное удаление оксидного слоя частично за счет его растворения, частично за счет механического удаления вместе с отрывающимися пузырьками водорода. Уже через 30 с поверхность приобретает светло-серый матовый цвет, однако металл еще сохраняет остатки аморфной оксидной пленки, на поверхности еще множество нерастворенных, прочно сцепленных частиц (рис. 1,б). Травление в течение 1,5—2,0 мин приводит к полному удалению оксидов, вскрытию основной микроструктуры металла (рис. 1,в). Поверхность приобретает резко выраженный рельеф, структура которого определяется формой и размером кристаллов ковара в приповерхностном слое. Дальнейшее травление нецелесообразно, так как оно идет за счет стравливания основного материала, при этом увеличивается ее шероховатость, появляются локальные вытравы. Развитая, шероховатая поверхность со вскрытой основной микроструктурой материала является благоприятной основой для последующих электролитических слоев как с точки зрения их сцепления (адгезии) с подложкой, так и с точки зрения формирования кристаллической решетки покрытия, которая в начальный момент повторяет структуру подложки [1], т.е. граница раздела имеет согласованную с минимальными напряжениями структуру. Однако такое покрытие не всегда пригодно для проведения дальнейших технологических операций. Особенно негативно сказывается шероховатость при ультразвуковой микросварке, когда желательно иметь сглаженный микрорельеф поверхности, который гарантировал бы максимальную площадь ка-

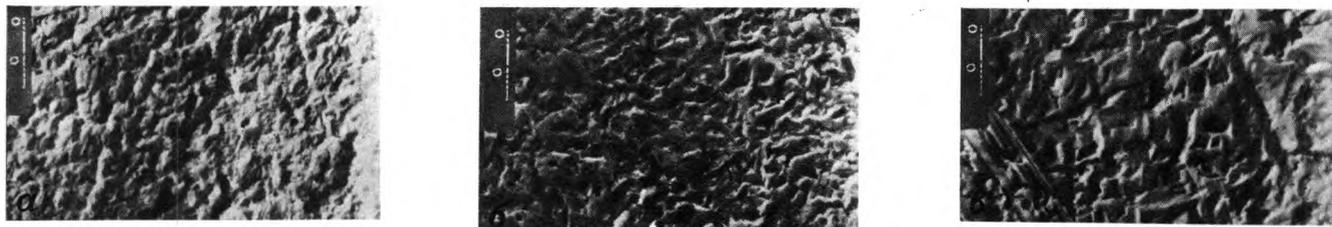


Рис. 2. Микроструктура поверхности ковара после травления в травителе с полирующими добавками (x 1000): а — в течение 2 мин; б — 4 мин; в — 8 мин

сания проволочных выводов с контактными площадками корпусов.

Для сглаживания микрорельефа поверхности ковара широко применяются сглаживающие и полирующие добавки в составах травителей, как органические, так и неорганические [3]. В данной работе использовались добавки (мл/л): 2-бутиндиол 1,4 — 0,20 ÷ 0,50; ОС-20 — 2,5 ÷ 5,0; уайт-спирт — 10 ÷ 20.

Микроструктура поверхности ковара после травления с полирующими добавками представлена на рис. 2 а, б, в.

Введение добавок в раствор для травления заметно замедляет процесс травления. После 2 мин травления микроструктура поверхности (рис. 2,а) начинает приобретать более сглаженный характер, но покрытие остается матовым, после 4 мин травления (рис. 2,б) появляется блеск, при длительном полировании в течение 8 мин (рис. 2,в) удается получить относительно гладкие, блестящие покрытия.

Изменение характера микропрофиля (рис. 3) поверхности показывает, что при использовании травителя с полирующими добавками можно в 3—4 раза уменьшить размер микронеровностей. Необходимо отметить, что получение блестящей поверхности требует глубокого травления (толщина стравливаемого слоя металла составляет 15—25 мкм), что недопустимо для выводов ИМС ввиду малого допуска на разброс их толщины.

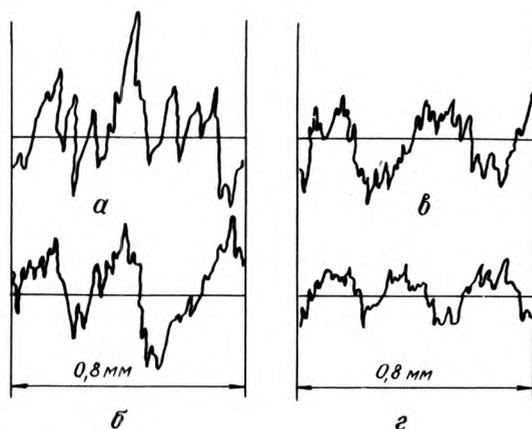


Рис. 3. Профилограммы поверхности ковара после травления (x 1000): а — в смеси соляной и азотной кислот в течение 2 мин, $R_2=2,8$ мкм; б, в, г — в том же травителе с полирующими добавками в течение 2, 4 и 8 мин $R_2=2,2$ мкм; 1,6 мкм; 0,8 мкм соответственно

Состав травителя	Температура травления, °С	Время травления, мин	Шероховатость R , мкм	Вздутие, отслоение покрытия, %
Соляная кислота	50—55	10	3,9	100
Смесь соляной и азотной кислот	60—70	0,5	3,4	30—40
	60—70	2,0	2,8	2—5
Смесь соляной и азотной кислот с полирующими добавками	50—60	2,0	2,2	4—6
	50—60	4,0	1,6	6—10
	50—60	8,0	0,8	20—40

Анализ качества сцепления покрытия никеля с поверхностью ковара (см. таблицу) показывает, что гладкие блестящие поверхности подложки не обеспечивают надежного соединения гальванических слоев. Наличие остаточной окисной пленки на поверхности металла приводит к полному отслоению покрытия.

Таким образом проведенные исследования показывают, что при выборе режимов травления поверхности ковара перед нанесением гальванических покрытий на металлостеклянные корпуса необходимо учитывать толщину окисной пленки, шероховатость поверхности металла после травления и полноту удаления оксидов с ее поверхности, прочность сцепления покрытия с основой. Наиболее оптимальным является слабо полирующее травление до шероховатости $R_2=2,0-2,5$ мкм. Дальнейшее улучшение качества поверхности возможно за счет оптимизации условий травления и совершенствования микроструктуры металла и режимов его термообработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хмыль А.А., Ланин В.Л., Емельянов В.А. Сравнительная эффективность гальванических покрытий интегральных схем и микросборок.— Мн.: Бел. НИИНТИ, 1983, 47 с.
2. Прикладная электрохимия/Под ред. док.техн.наук, проф. А.П.Томилова.— М.: Химия, 1984.
3. Г р л и х е с С.Я. Обезжиривание, травление и полирование металлов.— Л.: Машиностроение, 1977.

Статья поступила 15 марта 1991 г.

УДК 621.315.592:533.213

ОДНОКРАТНО ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПАМЯТИ НА АМОРФНОМ КРЕМНИИ И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ СБИС

д-р физ.-мат.наук А.А.Айвазов,
канд.техн.наук И.В.Филатова,
канд.физ.-мат.наук Б.Г.Будагян,
М.Н.Мейтин

Применение аморфного кремния α -Si:H в качестве переключающего слоя в однократно программируемых элементах памяти ПЗУ позволит значительно увеличить информационную емкость схем.

Программируемые элементы (ПЭ) вертикальной конструкции [1] представляют собой сэндвич-структуру типа Me— α -Si:H—Me. ПЭ такого типа позволяют не только существенно снизить площадь и энергетику программирования (при площади программируемого слоя около 10^{-8} см² токи программирования $<10^{-4}$ А), но и сохранить малое время считывания, высокую надежность хранения информации и работоспособность при спецвоздействиях [2].

Однако применение ПЭ на основе α -Si:H в СБИС ограничивается необходимостью проведения высокотемпературных обработок (до 450°C) после стадии формирования слоя программирования, например, при изготовлении многослойной металлизации Al—TiW [3]. В то же время известно [4], что при температурах 400—450°C в аморфном кремнии возможна интенсивная эффузия водорода, приводящая к необратимым изменениям электрофизических характеристик материала. В этой связи представляет интерес исследование влияния термических обработок на вид и параметры ВАХ тонкопленочных структур на основе α -Si:H.

В качестве подложек для изготовления структур использовались пластины кремния (КЭФ-1) со сформированным методом ионной имплантации слоем *p*-типа. Пленки α -Si:H наносились методом ВЧ разложения силана в плазме тлеющего разряда [4]. Толщина пленок α -Si:H составляла 0,06—0,08 мкм. Для выявления влияния подслоя PtSi, используемого обычно в технологии СБИС для создания омического контакта, были исследованы структуры со слоем PtSi на подложке, и без него.

Полученные структуры на аморфном кремнии подвергали термообработке при температурах 400 и 450°C в течение 30 минут в атмосфере азота. На поверхность пленки α -Si:H через маску наносили контакты из Al и измеряли ВАХ полученных структур в планарном варианте. Следует отметить, что алюминий наносили на образцы после термообработок для исключения его диффузии в пленку аморфного кремния. Для анализа изменений в составе и структуре пленок под действием термообработки исследованы ИК спектры поглощения пленок α -Si:H нанесенных на подложку кремния марки КДБ-10 на установке «SHIMADZU».

На рис. 1 показана типичная ВАХ полученных структур на основе α -Si:H, она имеет нелинейный вид и характеризуется экспоненциальной зависимостью тока от напряжения (кривая 1). При определенном пороговом значении напряжения $U_{пр}$ (напряженность поля порядка $5 \cdot 10^6$ В/см) происходит эффект переключения (пробоя) и ВАХ структуры уже представляет собой линейную зависимость (кривая 2). Это свойство ВАХ позволяет рассматривать структуры данного типа как основу для программируемых элементов в устройствах ПЗУ.

Важными параметрами ВАХ, характеризующими процесс переключения или пробоя являются, кроме напряжения и тока пробоя ($U_{пр}$ и $I_{пр}$), сопротивление на начальном участке ВАХ

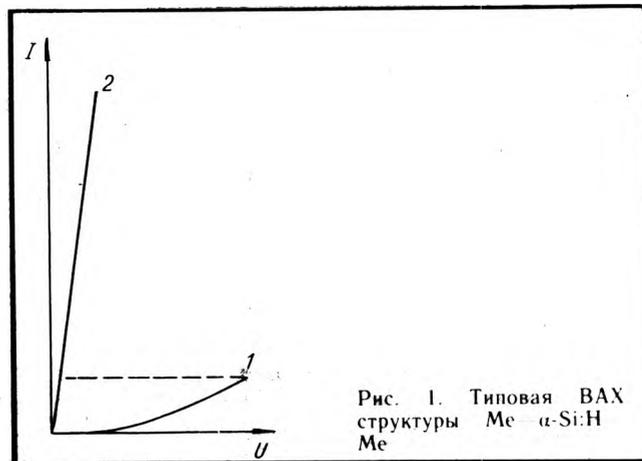


Рис. 1. Типовая ВАХ структуры Me— α -Si:H—Me

Таблица

Зависимость R_n , $R_{ост}$, $R_{ост}/R_n$ и содержания водорода от температур обработок программируемого элемента (Me— α -Si:H—Me)

$T_{обр}$, °C	Структура с подслоем PtSi			Структура без подслоя PtSi			Содержание H, ат. %
	R_n , кОм	$R_{ост}$, кОм	$R_{ост}/R_n$	R_n , кОм	$R_{ост}$, кОм	$R_{ост}/R_n$	
—	1000	0,05	0,00005	54	2,4	0,044	12
400	1300	0,21	0,00016	60	2,5	0,042	9,8
450	2500	0,55	0,00022	104	5,5	0,053	4,8

при фиксированном напряжении до пробоя (R_n) и остаточное сопротивление ($R_{ост}$) после пробоя. Оценка R_n проводилась при $U=2$ В. Следует отметить, что вид ВАХ структур как с подслоем PtSi, так и без него, одинаков. Однако, отношение $R_{ост}/R_n$ для структур с подслоем PtSi на три порядка ниже и составляет 0,00005 (см. таблицу). Таким образом, материал подслоя влияет на значения величин сопротивления до и после пробоя, но не изменяет переключательной способности структур.

На рис. 2 представлено изменение величин R_n и $R_{ост}$ под влиянием термообработок рассматриваемых структур при 400 и 450°C. Изменение указанных параметров незначительно зависит от термообработок при 400°C как в структурах с подслоем PtSi, так и без него. При повышении температуры обработки до 450°C значения R_n и $R_{ост}$ увеличиваются, однако при этом вид ВАХ и соотношение $R_n/R_{ост}$ изменяются незначительно. Анализ данных исследования позволяет сделать вывод, что проведенные термообработки не вызывают диффузии материала подслоя (PtSi) в аморфный кремний, т.е. можно сказать, что эффект переключения связан с объемными свойствами α -Si:H и свойствами границы раздела Me— α -Si:H.

В таблице также представлены данные оценки концентрации водорода в пленках α -Si:H по мере повышения температуры на основе анализа

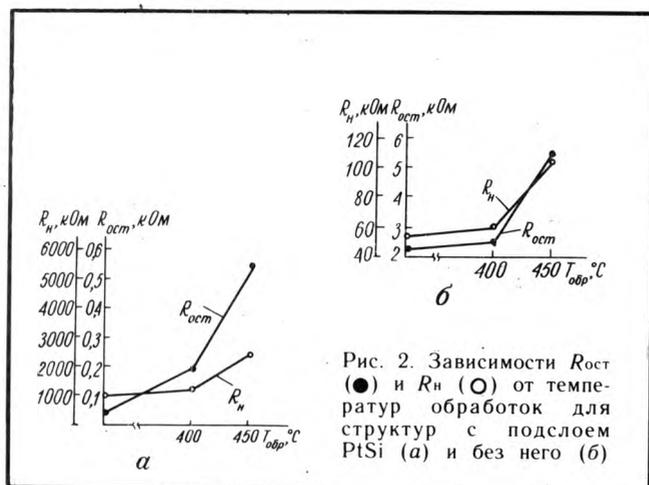


Рис. 2. Зависимости $R_{ост}$ (●) и R_n (○) от температур обработок для структур с подслоем PtSi (а) и без него (б)

спектров ИК-поглощения. Резкое снижение концентрации H при температуре 450°C подтверждает факт интенсивной эффузии водорода из α -Si:H при этой температуре. В этом случае увеличение значений R_n и $R_{ост}$ при $T_{обр}=450^\circ\text{C}$ может быть связано с возрастанием плотности дефектов в материале, типа оборванных связей, пассивированных в присутствии водорода. В то же время сохранение вида ВАХ и отношения $R_{ост}/R_n$ при этих условиях показывает, что эффект переключения слабо зависит от содержания водорода в пленке (до 5 ат.%) и, по-видимому, обусловлен дефектами в структурной матрице кремния [4].

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

— высокотемпературные обработки не оказывают существенного влияния на функцию переключения;

— эффузия водорода влияет на R_n и $R_{ост}$ не изменяя при этом характера ВАХ;

— эффект переключения связан с объемными свойствами α -Si:H и свойствами границы раздела Me— α -Si:H;

— для изготовления схем памяти на основе пленок α -Si:H могут быть использованы стандартные технологии, включающие термообработки при температурах порядка 450°C.

ЛИТЕРАТУРА

1. Программируемый элемент на основе аморфного азотированного кремния для ППЗУ и ПЛИС/А.Э.Нестеров, Г.В.Степанов, О.Ф.Шевченко, Ю.И.Щетинин. — Микроэлектроника, 1991, № 4.
2. Проводимость структур металл—диэлектрик—полупроводник после пробоя диэлектрической пленки/Г.В.Степанов, Н.С.Мукайлов, О.Ф.Шевченко, Б.А.Малахов. — Микроэлектроника, 1982, т. 11, вып. 5, с. 451—452.
3. Многослойная металлизация на основе Al—TiW в кремниевых ИМС/О.В.Никулин и др. — Электронная техника. Сер. 6. Материалы, 1990, вып. 8, с. 19—23.
4. Физика гидрогенизированного аморфного кремния. Вып. 1. Структура, приготовление и приборы/Пер. с англ., под ред. Дж.Джоунпулоса, Дж.Люковски. — М.: Мир, 1987. — 368 с.

Статья поступила 17 апреля 1991 г.

НОВАЯ КНИГА

Синтез комбинационных ПЛИМ-структур для СБИС. П. Н. Библио. Мн.: Наука і тэхніка, 1992 (III кв.). — 16 л.

Рассматриваются задачи синтеза комбинационных схем, входящих в состав заказных СБИС. В качестве базисных элементов используются регулярные программируемые матричные структуры типа программируемых логических матриц (ПЛИМ) и их различных модификаций. Описываются методы оптимизации ПЛИМ-структур по площади кристалла и быстродействию. Изучается свертка, секционирование, совмещение шин и другие методы топологического проектирования матричных макроэлементов СБИС. Показана целесообразность применения разработанных методов синтеза для кремниевых компиляторов СБИС.

Книга рассчитана на научных и инженерно-технических работников, занимающихся проектированием цифровых интегральных схем и разработкой систем автоматизированного проектирования СБИС, а также на аспирантов и студентов соответствующих специальностей.

НОВЫЙ ТИП ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И СЕМЕЙСТВО ППЗУ НА ИХ ОСНОВЕ

А.А.Львович, канд.техн.наук П.С.Приходько,
А.Н.Романец, А.В.Глухов

Развитие биполярных ППЗУ идет по двум направлениям: увеличение быстродействия и увеличение информационной емкости. Эти основные параметры ППЗУ определяются типом программируемого элемента и конструкцией ячейки матрицы (она занимает большую часть площади кристалла и на нее приходится наибольшие динамические потери).

Традиционным программируемым элементом для ППЗУ являлась плавкая перемычка. Используемая при проектировании ППЗУ современного уровня диодная матрица с NiCr плавкими перемычками (ППЗУ емкостью 16 К — 556РТ7) имеет большую площадь — 1051 мм², так как для обеспечения изоляции соседних эпитаксиальных карманов требуются дополнительные области, что ведет к потере площади.

При переходе на транзисторную матрицу, состоящую из $n-p-n$ -транзисторов, расположенных в одном изолированном кармане, площадь запоминающей ячейки сокращается. Был разработан широкий спектр таких ППЗУ емкостью от 1 до 16 К (556РТ4, 556РТ5, 556РТ13, 556РТ15, 556РТ7А). Наибольшая плотность была достигнута в ППЗУ емкостью 16 К (556РТ7А), где площадь ячейки составляет 351 мкм².

Дальнейшее уменьшение площади ячейки сдерживалось выбором самого материала плавкой перемычки — обычно применяемый для этого NiCr не образует контакта с кремнием, что приводит к необходимости иметь дополнительную площадь для размещения переходного контакта Al—NiCr. Применение сплава Ti—W, лишнего этого недостатка, в ППЗУ емкостью 64 Кбит (556РТ16) позволило сократить площадь ячейки до 260 мкм². Дальнейшее увеличение емкости ППЗУ привело к необходимости отказаться от плавкой перемычки.

Специалисты НИИМЭ (г. Зеленоград) предлагают использовать в качестве программируемого элемента «вертикального» типа на основе обратно смещенного $p-n$ -перехода. Принцип ра-

боты такого элемента следующий: во время прожода тока через обратно смещенный переход база—эмиттер происходит разогрев области $p-n$ -перехода и образующаяся эвтектика Al закорачивает эмиттерную область с базовой.

Запоминающая ячейка представляет собой $n-p-n$ -транзистор с оборванной базой. При программировании напряжение прикладывается между эмиттером и коллектором и в результате происходит закоротка база—эмиттерного перехода, после программирования в качестве развязывающего элемента остается переход коллектор—база.

Использование программируемого элемента на основе пробоя $p-n$ -перехода позволило сократить площадь ячейки до 110 мкм² (рис. 1). Теперь накопитель ППЗУ представляет собой набор ортогонально расположенных шин металла первого и второго уровня (рис. 2).

При программировании запоминающих элементов на пробое $p-n$ -перехода существует опасность, что эвтектика продиффундирует сквозь базу $n-p-n$ -транзистора и закоротит оба $p-n$ -перехода, а это приведет к устранению развязывающего элемента в матрице. Чтобы избежать этого, базовую диффузию для $n-p-n$ -транзисторов в матрице проводят на большую глубину. Особенностью программирования схем ППЗУ с пробоем $p-n$ -перехода является то, что после программирования ток не прекращается через выбранную ячейку матрицы, как в случае с плавкой перемычкой, а наоборот возрастает, так как обратно включенный переход закорачивается. Поэтому в таких ППЗУ необходимо ограничивать внешними устройствами уровень то-

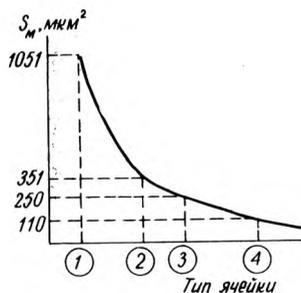


Рис. 1. Уменьшение размера ячейки матрицы в зависимости от используемых конструктивно-схематических решений: 1 — диодная, NiCr; 2 — транзисторная, NiCr; 3 — транзисторная, TiW; 4 — диодная, $p-n$ -переход

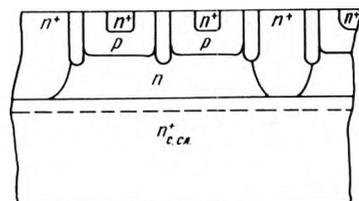
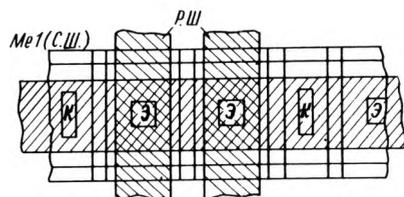


Рис. 2. Топология и структура ячейки ППЗУ на основе пробоя $p-n$ -перехода

Таблица 1

Зависимость тока программирования от подложки и формы запоминающего элемента

Форма	Размеры, мкм	Ток пережигания, мА
Прямоугольная (а×в)	2,5×2,5	48
	2,5×1,5	40
	1,5×1,5	36
	1,0×1,0	нет надежного контакта
Равносторонний треугольник (а)	2,5	48
	2,0	42
	1,5	32

ка программирования. Для разработанных схем ППЗУ ограничение находится на уровне 60 мА.

Проведены исследования характеристик запоминающих элементов различной площади и конфигурации (табл. 1).

Наилучшие результаты достигнуты при использовании программируемых элементов треугольной формы с размером 1,5 мкм. Однако в рабочих кристаллах для обеспечения надежного контакта был выбран элемент прямоугольной формы с размером (2,5×1,5) мкм².

На основе нового типа программируемого элемента на обратно смещенном *p-n*-переходе было разработано семейство СБИС ППЗУ емкостью 64 К, 128 К, 256 К.

С увеличением информационной емкости ППЗУ и быстродействия обострилась проблема эффективного распределения мощности. Использование традиционных схем построения дешифратора приводит к уменьшению переключающих токов и соответственно к увеличению времени задержки переключения. Система двухступенчатой дешифрации позволяет увеличить токи переключения. При этом мощность подается только на одну секцию дешифратора второй ступени. Число адресных формирователей для первой и второй ступеней выбирается так, чтобы время задержки при заданной мощности было минимальным.

Еще одной особенностью разработанного семейства является принцип разделения тракта считывания и программирования. Традиционно в ППЗУ использовались одни и те же транзисторы в дешифраторе и селекторе для прохождения сигнала в режиме считывания и в режиме программирования. Преимуществом такого режима была простота схемной реализации. Однако необходимость пропускать большие токи программирования приводила к значительному увеличению площади компонентов в дешифраторе и селекторе, что в свою очередь вызывало неизбежные динамические потери. Увеличение требований по быстродействию ППЗУ заставило пойти на

разделение тракта считывания и программирования, хотя это и повлекло за собой усложнение схемотехники. В разработанном семействе ППЗУ было реализовано разделение тракта программирования и считывания по выходному дешифратору. Тракт прохождения сигналов разделяется начиная с адресных формирователей. Следует отметить, что в режиме считывания адресные формирователи и дешифраторы, предназначенные для программирования, мощности не потребляют. Разделение тракта считывания и программирования позволило использовать пережигающие транзисторы большой площади ($S_3 = 900$ мкм²), а транзисторы для считывания в селекторе малой площади ($S_3 = 30$ мкм²).

Семейство СБИС ППЗУ разрабатывалось по технологии с изоляцией глубокими канавками, что позволило уменьшить паразитную емкость коллектор—подложка транзисторов и сократить площадь кристалла, так как ширина изолирующих областей составляет по этой технологии 2,5 мкм, в то время как в изопланарной технологии ширина областей изоляции не менее 10 мкм. Изоляция глубокими канавками позволяет также увеличить пробивные напряжения транзисторной структуры и изоляции, так как устраняет зависимость глубины скрытого и эпитаксиальных слоев от ширины изоляции.

Проектирование велось с минимальными проектными нормами 1,5 мкм. При этом размеры кристаллов разработанных СБИС следующие: ППЗУ — 64 К: 24,96 (5,2×4,8) мм², ППЗУ — 128 К: 38,88 (7,2×5,4) мм², ППЗУ — 256 К: 64,68 (8,4×7,7) мм².

Разработанным микросхемам присвоены следующие типонаименования: ППЗУ 64 К — КР556РТ161, ППЗУ 128 К — КР556РТ9, ППЗУ 256 К — 556РТ10.

Таблица 2

Основные параметры семейства СБИС ППЗУ

Параметры	КР556РТ161	КР556РТ9	КР556РТ10
Организация памяти	8К×8	16К×8	32К×8
Напряжение питания, В	5±5%	5±5%	5±10%
Ток потребления, мА	190	200	200
Время выборки адреса, нс	35	50	100
Число выводов корпуса	24	28	28

Микросхемы полностью совместимы по входам и выходам с уровнями ТТЛ, основные параметры приведены в табл. 2.

В настоящее время производится поставка микросхем КР556РТ161 и КР556РТ9, на микросхемах 556РТ10 завершаются испытания.

ДИОДЫ ГАННА ДЛЯ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ПЕРЕСТРАИВАЕМЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

канд. физ.-мат. наук Б.А. Наливайко,
д-р техн. наук В.Г. Божков,
канд. техн. наук В.И. Неудахин

Развитие технологии полупроводникового производства, способов создания эпитаксиальных структур на арсениде галлия с заданными параметрами позволили создать гамму диодов Ганна сантиметрового и миллиметрового диапазонов длин волн с выходными мощностями от единиц до сотен милливатт, обеспечивающих возможность разработки твердотельных малошумящих генераторов малой и средней мощности.

Разработанные в настоящее время диоды Ганна охватывают диапазон рабочих частот от 4 до 150 ГГц с выходной непрерывной мощностью от сотен милливатт в низкочастотной его части до единиц милливатт в коротковолновой части миллиметрового диапазона длин волн. Диоды Ганна делятся на диоды сантиметрового (СМДВ) и миллиметрового (ММДВ) диапазонов длин волн. Граница между ними весьма условна и для волновода сечением $11 \times 5,5 \text{ мм}^2$ граница рабочего диапазона частот принимается равной 17 или 26 ГГц.

В диапазоне частот до 60 ГГц диоды, как правило, работают на основной частоте генерации, близкой к про-

летной частоте, на частотах же выше 60 ГГц используют конструкции резонансных систем с выводом второй и третьей гармоник. При этом для диодов, работающих в режимах генерации второй и третьей гармоник, специально оптимизированы как конструкция кристалла и корпуса, так и параметры активного слоя полупроводниковой структуры.

На рис. 1, 2 приведены диаграммы, которые дают общее представление о разработанных диодах.

Диоды сантиметрового диапазона длин волн выпускаются в двух типах корпусов по ГОСТ 18472-88 и двух видах бескорпусных конструкций, а миллиметрового диапазона длин волн — в четырех типах корпусов по ГОСТ 18472-88 и трех видах бескорпусных конструкций. Возможна поставка диодов всех типов в конструктивном исполнении 5 по ОСТ В 11 336.018-82 (кристалл) по согласованным с потребителем параметрам и методам контроля качества. Основные электрические параметры и конструктивное оформление диодов приведены в табл. 1-7.

По конструктивно-технологическому исполнению диоды делятся на два основных типа:

— диоды с прямым монтажом кристалла (кристалл припаян к теплоотводу со стороны подложки и отвод тепла осуществляется от анодной области). В этом случае на крышку корпуса подается отрицательный потенциал, а на кристаллодержатель — положительный.

— диоды с обратным монтажом кристалла (кристалл припаян к теплоотводу верхней плоскостью мезаэлемента и отвод тепла осуществляется от катодной области). При этом напряжения подаются противоположной полярности.

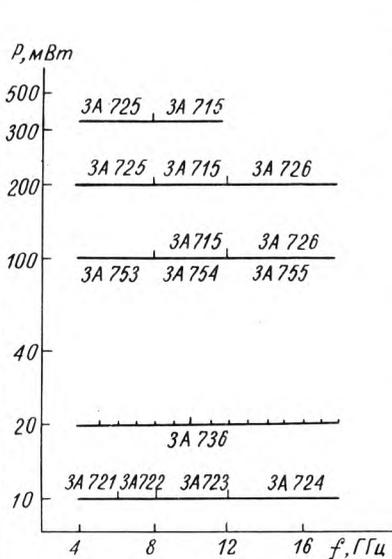


Рис. 1. Заполнение плоскости мощность—частота диодами Ганна сантиметрового диапазона длин волн

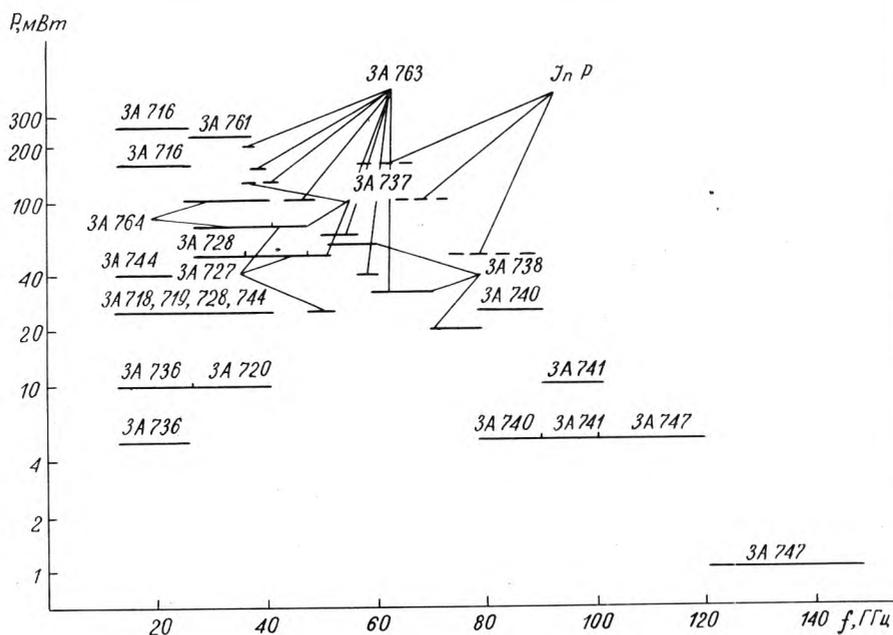
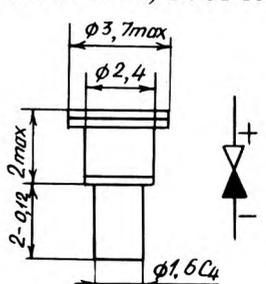


Рис. 2. Заполнение плоскости мощность—частота диодами Ганна миллиметрового диапазона длин волн

Основные параметры диодов СМДВ в корпусном исполнении

Тип диода	Диапазон рабочих частот, ГГц	Выходная мощность минимальная (типовая), мВт	Рабочее напряжение, В	Рабочий ток максимальный (типовой), А	Технические условия и конструктивное исполнение
3A703A (AA703) Б	8,24–12,5	10(22) 20(45)	8,5–9,0	270(220) 320(240)	ФЫ0.336.003 ТУ (аА0.336.013 ТУ)
3A705A	5,2–8,2	20(35) 50(70)	10 10	280(230) 300(250)	ФЫ0.336.010 ТУ (аА0.336.012 ТУ)
3A715A (AA715) Б	8–9,5	100(220)	9,5–10,5	1,2(1,1)	аА0.339.085 ТУ КД-109
В	8–9,5	200(250)	”	1,3(1,15)	(аА0.336.317 ТУ) ГОСТ 18472-88
Г	9–10,5	100(220)	”	1,2(1,1)	
Г ₁	9–10,5	200(250)	”	1,5(1,15)	
Д	9–9,5	280	”	1,5	
Е	9–10,5	300(400)	”	1,5(1,25)	
Ж	10–11,5	100(220)	9,5–10	1,2(1,1)	
И	10–11,5	200(250)	”	1,3(1,15)	
К	10–11,5	300(400)	”	1,5(1,25)	
Л	11–12,5	100(200)	”	1,2(1,1)	
М	”	200(250)	”	1,3(1,15)	
	”	300(500)	”	1,5(1,25)	
					
					КД-109 ГОСТ 18472-88
3A721	3,86–5,96		9–12	370(235)	аА0.339.100 ТУ (аА0.336.411 ТУ)
3A722	5,6–8,24	10(25)	8–11	370(240)	
3A723	8,15–12,42		7–9	400(245)	
3A724	11,71–17,85		5–7	420(320)	
3A725A (AA725) Б	5–6	200(270)		1,5(1,3)	аА0.339.132 ТУ КД-109 ГОСТ 18472-88 (аА0.336.344 ТУ)
В	6–7	200(270)		1,5(1,3)	
Г	7–8,24	200(270)		1,5(1,3)	
Д	5–6	300(380)	11	2,0(1,4)	
Е	6–7	300(380)		2,0(1,4)	
	7–8,24	300(380)		2,0(1,4)	
3A726A (AA726) Б	12–13,5	100(150)	5–8	2(1,4)	аА0.339.133 ТУ КД-109 ГОСТ 18472-88 (аА0.336.345 ТУ)
В	13,5–15	100(150)	”	”	
Г	15–16,7	100(150)	”	”	
Д	12–13,5	200(250)	”	”	
Е	13,5–15	200(250)	”	”	
Ж	15–16,7	200(250)	”	”	
И	16,7–18	100(150)	4–8	”	
	16,7–18	200(250)	4–8	”	

Тип диода	Диапазон рабочих частот, ГГц	Выходная мощность минимальная (типовая), мВт	Рабочее напряжение, В	Рабочий ток максимальный (типовой), А	Технические условия и конструктивное исполнение
AA736A	$f_0 = \pm 1\%$ из диапазона	25 (35)	$U_{\text{инд}}$ из интервала	0,18 (0,135)	aA0.336.494 ТУ
Б		10 (20)	10–15 В для	0,13 (0,09)	КД-109 ГОСТ 18472-88
В	5–18 ГГц	5 (10)	$f = 5–8$ ГГц;	0,1 (0,06)	
Г	$f_0 = \pm 1\%$ из диапазона	25 (35)	8–13 В для	0,25 (0,175)	
Д	18–26 ГГц	10 (20)	$f = 8–12$ ГГц;	0,2 (0,135)	
		5 (10)	6–11 В для	0,15 (0,1)	
			$f = 12–18$ ГГц		
			4–9 для		
			$f = 18–26$ ГГц		
3A753A	5,64–5,8		Индивидуальное из указанного диапазона		
Б	5,8–6,0				
В	6,0–6,2				
Г	6,2–6,4				
Д	6,4–6,6				
Е	6,6–6,8	100 (140)	11–15	0,32 (0,3)	aA0.339.677 ТУ
Ж	6,8–7,0				КД-109 ГОСТ 18472-88
И	7,0–7,2				
К	7,2–7,4				
Л	7,4–7,6				
М	7,6–7,8				
Н	7,8–8,0				
П	8,0–8,24				
3A754A	8,24–8,5		Индивидуальное из указанного диапазона		
Б	8,5–8,7				
В	8,7–9,0				
Г	9,0–9,2				
Д	9,2–9,5				
Е	9,5–9,7	100 (140)	8–13	0,32 (0,3)	aA0.339.677 ТУ
Ж	9,7–10,0				КД-109 ГОСТ 18472-88
И	10–10,2				
К	10,2–10,5				
Л	10,5–10,7				
М	10,7–11,0				
Н	11,0–11,2				
П	11,2–11,5				
Р	11,5–11,8				
С	11,8–12,05				
3A755A	12,05–12,3				
Б	12,3–12,6				
В	12,6–12,9				
Г	12,9–13,2				
Д	13,2–13,5				
Е	13,5–13,8				
Ж	13,8–14,1	100 (150)	7–11	0,4 (0,35)	aA0.339.677 ТУ
И	14,1–14,4				КД-109 ГОСТ 18472-88
К	14,4–14,7				
Л	14,7–15,0				
М	15,0–15,3				
Н	15,3–15,7				
П	15,7–16,0				
Р	16–16,4				

Тип диода	Диапазон рабочих частот, ГГц	Выходная мощность минимальная (типовая), мВт	Рабочее напряжение, В	Рабочий ток максимальный (типовой), А	Технические условия и конструктивное исполнение
ЗА755С	16,4–16,7	100 (150)	Индивидуальное из диапазона 7–11	0,4 (0,5)	
Т	16,7–17,1				
У	17,1–17,44				

Таблица 2

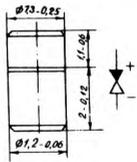
Основные параметры диодов СМДВ в бескорпусном исполнении

Тип диода	Диапазон рабочих частот, ГГц	Выходная мощность минимальная (типовая), мВт	Рабочее напряжение, В	Рабочий ток максимальный (типовой), А	Технические условия и конструктивное исполнение
ЗА721АМ ЗА722АМ ЗА733АМ ЗА724АМ	Параметры те же, что и у ЗА721–ЗА724 (см. табл. 1)				Дополнение 1 к аА0.339.100 ТУ Поставляется в корпусе КД-109 без крышки (тара спутник)
ЗА735А-6 (АА735) Б-6 В-6 Г-6 Д-6	4–5,5 5,3–8,5 8–12,5 11,7–18,5 8,15–17,85	25 (45) 25 (45) 25 (45) 25 (45) 20 (25)	9–13 8–12 6–10,2 5–8,2 5–10,2	0,7 (0,4) 0,7 (0,4) 0,8 (0,47) 0,8 (0,47) 0,7 (0,47)	аА0.339.302 ТУ (аА0.336.492 ТУ)
ЗА746А-6 (АА746) Б-6 В-6 Г-6 Д-6 Е-6 Ж-6 И-6	12–13,5 13,5–15 15–16,7 12–13,5 13,5–15 15–16,7 16,7–18 16,7–18	100 (150) 100 (150) 100 (150) 200 (250) 200 (250) 200 (250) 100 (150) 200 (250)	5–8 4–7 4–7	2 (1,5)	аА0.339.474 ТУ (аА0.336.724 ТУ)

Таблица 3

Основные параметры диодов ММДВ, работающих на основной частоте генерации

Тип диода	Диапазон рабочих частот, ГГц	Выходная мощность минимальная (типовая), мВт	Рабочее напряжение, В	Рабочий ток максимальный (типовой), А	Технические условия и конструктивное исполнение
ЗА716А (АА716) Б В Г Д Е Ж И	18–20 18–20 20–22 20–22 22–24 22–24 24–26 24–26	150 (200) 250 (280) 150 (220) 250 (280) 150 (220) 250 (280) 150 (220) 250 (280)	4,0–6,3 4,0–6,3 4,0–6,3 4,0–6,3 4,0–6,3 4,0–6,3 4,0–6,3 4,0–6,3	2,0 (1,5) 2,0 (1,5) 2,0 (1,5) 2,0 (1,5) 2,0 (1,5) 2,0 (1,5) 2,0 (1,5) 2,0 (1,5)	аА0.339.093 ТУ (аА0.336.314 ТУ) КД-105 ГОСТ 18472-88
ЗА718А (АА718) Б В Г Д Е Ж И	17,4–20,0 20–23 23–26 26–29,2 29,2–32,9 32,9–35,2 35,2–37,5 37,5–40,2	25 (35) 25 (35) 25 (35) 25 (35) 25 (35) 25 (35) 25 (35) 25 (35)	5,5 5,0 5,0 4,0 4,0 4,0 4,0 4,0	1,0 (0,6) 1,0 (0,6) 1,0 (0,6) 1,2 (0,9) 1,2 (0,9) 1,2 (0,9) 1,2 (0,9) 1,2 (0,9)	аА0.339.099 ТУ (аА0.336.310 ТУ) КД-107 ГОСТ 18472-88

Тип диода	Диапазон рабочих частот, ГГц	Выходная мощность (минимальная (типовая)), мВт	Рабочее напряжение, В	Рабочий ток максимальный (типовой), А	Технические условия и конструктивное исполнение	
3A719A (AA719A)	17,4–25,9	25 (50)	4,0–6,3	1,2 (0,7)	аА0.339.101 ТУ (аА0.336.390 ТУ) КД-107 ГОСТ 18472-88	
3A720A (AA720A)	25,9–40,0	10 (20)	3,0–4,0	1,3 (0,7)	аА0.339.101 ТУ (аА0.336.390 ТУ) КД-107 ГОСТ 18472-88	
3A727 (AA727) А	37,5–42,0	75 (100)	3,0–4,0	1,7 (1,1)	аА0.339.134 ТУ (аА0.336.313 ТУ) КД-107 ГОСТ 18472-88	
Б	37,5–42,0	50 (75)	3,0–4,0	1,5 (0,8)		
3A727 В	42,0–47,0	50 (75)	2,5–3,5	1,5 (0,9)		
Г	47,0–52,3	25 (50)	2,4–3,1	1,5 (0,8)		
3A728 А	25,0–29,3	50 (60)	3,0–4,5	1,5 (1,0)	аА0.339.135 ТУ (аА0.336.343 ТУ) КД-107 ГОСТ 18472-88	
(AA728) Б	29,0–33,3	50 (60)	3,0–4,5	1,5 (1,0)		
В	33,3–37,5	50 (60)	3,0–4,5	1,5 (1,0)		
Г	25,9–37,5	25 (35)	3,0–4,5	1,5 (1,0)		
3A761 А	25,9–29,3	225 (300)	4,5–5,5	1,45 (1,2)	аА0.339.791 ТУ КД-107 ГОСТ 18472-88 1	
Б	29,3–33,3	225 (270)	4,0–5,0	1,45 (1,2)		
В	33,3–37,5	225 (250)	3,5–5,5	1,45 (1,2)		
3A764 А	25,9–37,5	75 (90)	2,5–5,5	1,45 (1,2)	АЕЯР.432137.034 ТУ КД-107 ГОСТ 18472-88 1	
Б	25,9–37,5	50 (70)	2,5–5,5	1,45 (1,2)		
3A737 А	37,0–38,0	150 (180)	3,0–4,2	2,0 (1,1)	аА0.339.335 ТУ КД-130 ГОСТ 18472-88 1	
Б	37,5–40,0	100 (115)	3,0–4,2	2,0 (1,1)		
В	40,0–42,0	100 (115)	3,0–4,2	2,0 (1,1)		
Г	42,0–44,0	75 (90)	2,5–3,8	2,0 (1,1)		
Д	44,0–47,0	75 (90)	2,5–3,8	2,0 (1,1)		
Е	47,0–50,0	50 (75)	2,5–3,8	2,0 (1,1)		
Ж	50,0–52,6	50 (75)	2,5–3,8	2,0 (1,1)		
И	48,5–49,5	100 (115)	2,5–3,8	2,0 (1,1)		
К	37,5–53,5	25 (50)	2,5–4,2	2,0 (1,1)		
						
3A738А	52,6–54,0	60 (70)	2,0–4,0	1,6 (0,9)		аА0.339.349 ТУ КД-130 ГОСТ 18472-88 1
Б	54,0–56,0	60 (70)	2,0–4,0	1,6 (0,9)		
В	56–58	60 (70)	2,0–4,0	1,6 (0,9)		
Г	58–60	60 (70)	2,0–4,0	1,6 (0,9)		
3A763А	37–38	200 (250)	3,0–5,0	1,5 (1,2)	АЕЯР.432137.022 ТУ КД-130 ГОСТ 18472-88 1	
Б	38–40	150 (210)	3,0–5,0	1,5 (1,2)		
В	40–42	130 (170)	3,0–5,0	1,5 (1,2)		
Г	42–47	100 (120)	3,0–5,0	1,5 (1,2)		
Д	47–50	100 (120)	3,0–5,0	1,5 (1,2)		
Е	50–52,6	60 (75)	3,0–4,5	1,5 (1,1)		
Ж	52,6–56	60 (75)	3,0–4,5	1,5 (1,1)		
М	37,5–53,57	26 (40)	3,0–4,5	1,5 (1,1)		

Основные параметры диодов ММДВ, работающих на второй гармонике

Тип диода	Диапазон рабочих частот, ГГц	Выходная мощность минимальная (типовая), мВт	Рабочее напряжение, В	Рабочий ток максимальный (типовой), А	Технические условия и конструктивное исполнение
ЗА738Д	60–62	30(40)	3,5–5,0	1,6(0,9)	аА0.339.349 ТУ КД-130 ГОСТ 18472-88
Е	62–64	30(40)	3,5–5,5	1,6(0,9)	
Ж	64–66	30(40)	3,5–5,5	1,6(0,9)	
И	66–68	30(40)	3,5–5,5	1,6(0,9)	
К	68–70	30(40)	3,0–5,0	1,6(0,9)	
Л	70–72	20(25)	3,0–5,0	1,6(0,9)	
М	72–74	20(25)	3,0–5,0	1,6(0,9)	
Н	74–76	20(25)	3,0–5,0	1,6(0,9)	
П	76–78,3	20(25)	3,0–5,0	1,6(0,9)	
ЗА741А	90–100	5(6)	3,0–5,0	2,0(0,7)	аА0.339.377 ТУ КД-131 ГОСТ 18472-88
Б	90–92	10(13)	3,0–5,0	2,0(0,7)	
В	92–94	10(13)	3,0–5,0	2,0(0,7)	
Г	94–96	10(13)	3,0–5,0	2,0(0,7)	
Д	96–98	10(13)	3,0–5,0	2,0(0,7)	
Е	98–100	10(13)	3,0–5,0	2,0(0,7)	
ЗА740А	78,3–90,0	5(6)	3,0–5,0	2,0(0,7)	аА0.339.377 ТУ КД-131 ГОСТ 18472-88
Б	78,3–80,0	25(27)	3,0–5,0	2,0(0,7)	
В	80–82	25(27)	3,05–5,0	2,0(0,7)	
Г	82–84	25(27)	3,0–5,0	2,0(0,7)	
ЗА740Д	84–86	25(27)	3,0–5,0	2,0(0,7)	
Е	86–88	25(27)	3,0–5,0	2,0(0,7)	
Ж	88–90	25(27)	3,0–5,0	2,0(0,7)	
ЗА747А	100–110	5(6,9)	3,0–5,0	2,0(0,7)	аА0.339.484 ТУ КД-131 ГОСТ 18472-88
Б	110–120	5(6,3)	3,0–5,0	2,0(0,7)	
Е	100–102	10(13)	3,0–5,0	2,0(0,7)	
ЗА763И	56–60	40(60)	3,0–6,0	1,3(1,1)	АЕЯР.432137.022 ТУ КД-131 ГОСТ 18472-88
К	60–70	30(50)	3,0–6,0	1,3(1,1)	
Л	70–78,3	25(40)	3,0–6,0	1,3(1,1)	

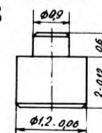


Таблица 5

Основные параметры диодов ММДВ, работающих на третьей гармонике

Тип диода	Диапазон рабочих частот, ГГц	Выходная мощность минимальная (типовая), мВт	Рабочее напряжение, В	Рабочий ток максимальный (типовой), А	Технические условия и конструктивное исполнение
ЗА747В	120–130	1,0(1,7)	3,0–5,0	2,0(0,7)	аА0.339.484 ТУ КД-131 ГОСТ 18472-88
Г	130–140	1,0(1,3)	3,0–5,0	2,0(0,7)	
Д	140–150	1,0(1,2)	3,0–5,0	2,0(0,7)	
Ж	120–122	5,0(6,3)	3,0–5,0	2,0(0,7)	

Основные параметры диодов ССДВ в бескорпусном исполнении

Тип диода	Диапазон рабочих частот, ГГц	Выходная мощность минимальная (типовая), мВт	Рабочее напряжение, В	Рабочий ток максимальный (типовой), А	Технические условия и конструктивное исполнение
3А744А-6	17,44–25,96	40 (60)	3,5–6,5	1,4 (0,7)	аА0.339.458 ТУ а (аА0.336.748 ТУ) б в
(АА744) Б-6	25,95–37,50	25 (50)	2,5–5,0	1,65 (1,0)	
3А744А1-6	17,44–25,96	40 (60)	3,5–5,5	1,4 (0,7)	
Б1-6	25,95–37,50	25 (50)	2,5–5,0	1,65 (1,0)	
3А744А-5	17,44–25,90	40 (60)	3,5–6,5	1,4 (0,7)	
Б-5	25,95–37,50	25 (50)	2,5–5,0	1,65 (1,0)	

Примечание к таблицам. Цифрой 1 в графе Примечания отмечены диоды, не освоённые в серийном производстве и поставляемые опытными партиями по договорным ценам.

Таблица 7

Основные параметры диодов СМДВ, работающих в импульсном режиме

Тип диода	Диапазон рабочих частот, ГГц	Выходная мощность минимальная (типовая), мВт	Рабочее напряжение, В	Рабочий ток максимальный (типовой), А	Технические условия и конструктивное исполнение
3А750А	8,24–8,5		35–50		аА0.339.540 ТУ КД-109 ГОСТ 18472-88
Б	8,5–8,9		Индивид.		
В	8,9–9,3				
Г	9,3–9,7				
Д	9,7–10,1				
Е	10,1–10,5	10 (15)	30–50	25 (15)	
Ж	10,5–10,9		Индивид.		
И	10,9–11,3				
К	11,3–11,7				
Л	11,7–12,05				
3А762А	8,24–8,5		60–120	25 (15)	аА0.339.792 ТУ КД-109 ГОСТ 18472-88
Б	8,5–8,9		”		
В	8,9–9,3		Индивид.		
Г	9,3–9,7				
Д	9,7–10,1				
Е	10,1–10,5	25 (30)	60–100		
Ж	10,5–10,9		Индивид.		
И	10,9–11,3				
К	11,3–11,7				
Л	11,7–12,05				

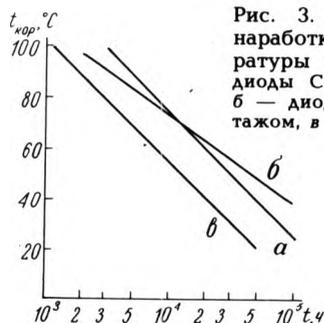


Рис. 3. Зависимость минимальной наработки диодов Ганна от температуры окружающей среды: а — диоды СМДВ с «прямым» монтажом, б — диоды СМДВ с «обратным» монтажом, в — диоды ММДВ

Все диоды допускают эксплуатацию в диапазоне температур окружающей среды от -60 до 70°C . Типичные зависимости минимальной наработки диодов от условий эксплуатации (теплого режима корпуса диода), которые позволяют выбрать оптимальный температурный режим диода в зависимости от назначения аппаратуры и условий ее эксплуатации, приведены на рис. 3.

Дальнейшие разработки диодов Ганна связаны с освоением новых полупроводниковых материалов и, в первую очередь, фосфида индия. Прогнозируемые разработки диодов на InP в пролетном режиме до частот порядка 100 ГГц показаны на рис. 2 пунктиром. Для реализации этих разработок предстоит решить комплекс сложных технологических проблем, определяющих надежность фосфид-индиевых диодов в непрерывном режиме генерации.

Диоды Ганна импульсного режима имеют большие потенциальные возможности. В диодах сантиметрового диапазона длин волн сравнительно легко достигается мощность в импульсе в несколько десятков ватт, причем предвидятся пути ее дальнейшего повышения. При разработке диодов коротковолнового диапазона длин волн возникают трудности с созданием импульсных источников напряжения, обеспечивающих в несколько десятков ампер на сопротивлении нагрузки $0,02-0,1$ Ом при длительности импульса менее 100 нс и скважности более 1000 . Увеличение длительности импульса и уменьшение скважности затруднительно из-за напряженного теплового режима диода. При работе в импульсном режиме диоды допускают подогрев кристалла постоянным током при напряжении в $2-3$ раза меньшем порогового напряжения для непрерывного режима. Принудительный подогрев кристалла постоянным током существенно облегчает запуск генератора при температурах окружающей среды ниже -10°C и повышает стабильность работы генератора.

В настоящее время мало исследованы нетрадиционные режимы работы диодов Ганна, такие как автодинный и двухчастотный режим. Однако имеются сведения о возможности создания автодинных преобразователей с потенциалом порядка $90-95$ дБ при очень простой конструкции преобразователя и малой его стоимости.

Одним из важнейших свойств генераторов с одновременной генерацией первой и второй гармоник является повышенная стабильность обоих выходов генераторов при изменении параметров нагрузки. Без специ-

Таблица 8

Основные параметры диодов в корпусном исполнении

Тип диода	Емкость диода при $U = -6$ В, пФ	Коэффициент пер., мин. при $U_{обр} = 0-50$ В	Добротность на 1 ГГц при $U = -6$ В минимальная (типовая)	Обратное напряжение минимальное (типовое) В, при $U_{обр} = 10$ мкА	Рассеиваемая мощность минимальная, мВт	Емкость корпуса, пФ	Индуктивность корпуса максимальная, нГн	Технические условия и конструктивное исполнение
3A610A (AA610)Б	1,8-2,7	4(0-25 В) 5,5(0-50 В)	50(95)	30(45) 50(70)	100	0,18-0,25	1	ФЫ0.336.0210У КД-104 (а) (аА0.360.006ТУ) ГОСТ 18472-88
3A627A (AA627)	1,4-2,2	5,6	100(150)	55(65)	100			
3A628A (AA628A)	0,9-1,5	5,0	120(170)	55(65)	75			
3A629A	0,6-1,0	4,2	180(220)	55(65)	55	0,12	0,2	
3A630A (AA630A)	0,4-0,7	3,4	220(260)	55(65)	45			
3A631A (AA631A)	0,3-0,5	2,8	250(300)	55(65)	37			
3A632A (AA632A)	0,2-0,35	2,2	270(330)	55(65)	30			

альных мер развязки параметры генераторов нечувствительны к изменениям параметров нагрузки до $K_{ст} U$, равном 5.

Диапазон рабочих частот СВЧ варикапов на арсениде галлия — 1–60 ГГц. Конструкция диодов позволяет применять их как в волноводных и коаксиальных конструкциях, так и в микрополосковых гибридно-интегральных схемах радиоэлектронных устройств. Диаграмма, связывающая основные параметры варикапов (емкость и добротность) с диапазоном рабочих частот, приведена на рис. 4. Технические условия на рассматри-

ваемые диоды не имеют ограничений на частотный диапазон применения. Электрические параметры и конструктивное оформление диодов приведены в табл. 8, 9.

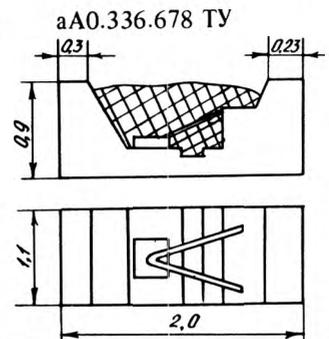
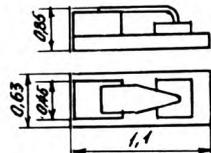
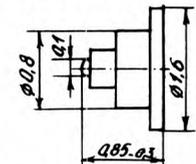
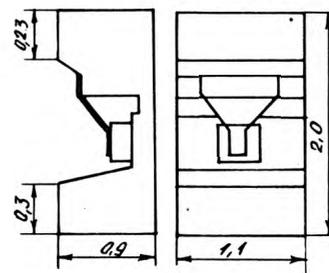
Конструктивно диоды выполнены в виде кристаллов с барьером Шотки и омическим контактом на противоположных поверхностях. Кристаллы смонтированы в металлокерамических корпусах или на керамических и металлокерамических держателях.

Все диоды допускают эксплуатацию в диапазоне окружающих температур от -60 до 70°C . Типичные зависимости минимальной наработки при различных мощ-

Таблица 9

Основные параметры диодов в бескорпусном исполнении

Тип диода	Емкость диода при $U = -6$ В, пФ	Коэффициент пер., мин	Добротность на 1 ГГц при $U = -6$ В минимальная (типичная)	Обратное напряжение минимальное (типичное), В при $U_{обр} = 10$ мкА	Рассеиваемая мощность минимальная, Вт	Емкость корпуса, пФ	Индуктивность корпуса максимальная, нГн	Технические условия и конструктивное исполнение			
3A618A-6 AA618A-6	1,4–2,2	5,8	90(130)	55(60)	100	0,1–0,12 констр. емкость	0,2	aA0.339.109 ТУ (aA0.336.346 ТУ)			
3A619A-6 AA619A-6	0,9–1,5	5,6	120(150)	55(60)	75						
3A620A-6	0,6–1,0	5,0	180(230)	55(60)	55						
3A621A-6 AA621A-6	0,4–0,7	4,2	220(270)	55(60)	45						
3A622A-6 AA622A-6	0,3–0,5	3,5	250(300)	55(60)	36						
3A623A-6 AA623A-6	0,2–0,35	2,8	270(330)	55(60)	30						
3A637A-6 (AA637)Б-6	0,16–0,24	9,0	250(348)	27(35)	30				—	—	aA0.339.276 ТУ (aA0.336.475 ТУ)
В-6	0,2–0,35	9,5	220(332)	27(35)	35						
Г-6	0,3–0,5	10	200(280)	27(35)	40						
Д-6	0,4–0,7	10	170(266)	27(35)	50						
	0,6–1,0	11	150(329)	27(35)	60						
3A639A-6 (AA639)Б-6	0,2–0,3	2,5	800(1200)	15(18)	25	0,03	—	aA0.339.418 ТУ (aA0.336.705 ТУ)			
В-6	0,14–0,26	2,5	1000(1450)	15(18)	20						
В-6	0,06–0,14	1,8	1200(1946)	15(18)	15						
AV137A-6 Б-6	2–2,3 1,8–2,6 (при $U_{обр} = 25$ В)	5,5 5,0	50(170) 70(80)	— —	5 5	—	0,32	aA0.336.678 ТУ			



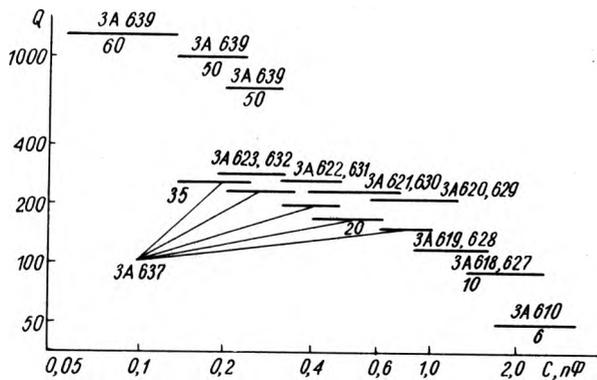


Рис. 4. Заполнение плоскости емкость—добротность варикапами на GaAs (над чертой указываются возможный диапазон емкостей диодов и соответствующие им добротности, приведенные к частоте 1 ГГц, а под чертой — предельная частота эксплуатации)

ностях рассеивания от условий эксплуатации приведены на рис. 5.

Перспективы дальнейшего развития варикапов СВЧ связаны с повышением рабочего диапазона частот до 100–150 ГГц при уменьшении нормированной емкости до 0,05–0,03 пФ и соответствующем повышении доб-

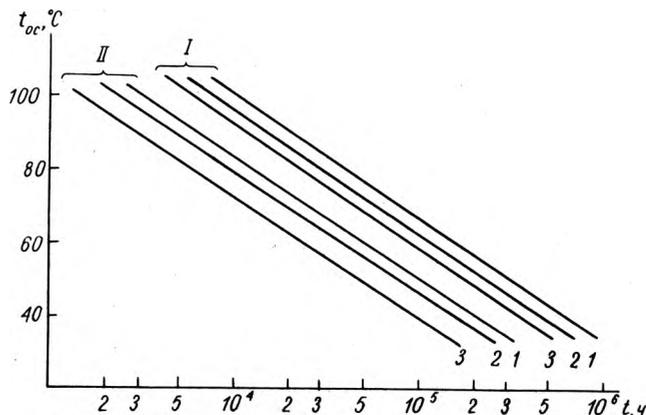


Рис. 5. Зависимость минимальной наработки от температуры окружающей среды при различных рассеиваемых мощностях (1 — 1 мВт, 2 — 50 мВт, 3 — 100 мВт): I — диоды на керамических держателях, II — диоды в корпусах и на металлических держателях

ротности до 1000–1200 (на 1 ГГц). Возможна разработка диодов в корпусном исполнении для частот до 60–80 ГГц и диодов с балочными выводами во всем миллиметровом диапазоне длин волн.

Статья поступила 6 марта 1991 г.

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ДОКА»

ПРЕДЛАГАЕТ

МИКРОЭЛЕКТРОННЫЕ ИЗДЕЛИЯ И МАТЕРИАЛЫ

— кремниевые пластины и структуры для интегральной технологии и дискретных приборов;

— материалы соединения $A^{III}B^V$ для СВЧ приборов и оптоэлектроники;

— материалы соединения $A^{II}B^{VI}$ для лазерной оптоэлектроники;

— изделия из монокристаллического сапфира для оптоэлектроники, интегральной технологии, часовой промышленности, медицины;

— лазерные активные элементы на основе гадолиний-галиевого граната;

— фотошаблонные заготовки и комплекты фотошаблонов с высокой разрешающей способностью;

— сверхбольшие интегральные схемы биполярные и по КМОП-технологии;

— ЖКИ-индикаторы для медицинских, бытовых и технических применений;

— тензодатчики на основе КНС-структур;

— лазерные квантоскопы на основе $A^{II}B^{VI}$;

— кремниевые детекторы.

ДЛЯ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ

— химического осаждения пленок халькогенидов металлов;

— нанесения защитного покрытия графитовых изделий;

— технология и оборудование для получения тонких эпитаксиальных пленок;

— технологическое, вспомогательное и контрольное оборудование для чистых комнат;

— фотопреобразующие модули с цифровым выводом информации;

— установки лазерного контроля толщины и скорости;

— системы считывания, обработки и отображения информации;

— высокоточные неразрушающие методы контроля параметров материалов микроэлектроники.

ПРОГРАММНУЮ ПРОДУКЦИЮ

— психодиагностические автоматизированные системы;

— информационно-поисковые системы;

— обучающие программы;

— информационно-справочные системы;

— игровые программы;

— автоматизированный словарь.

К услугам заказчика — дополнительная информация из банка коммерческой информации, содержащего несколько тысяч изготовителей и потребителей изделий электроники; исследования маркетинга в области электроники, а также помощь в поиске потребителя.

Предложения направляйте по адресу: 103482, Москва, корп. 360, А/О «ДОКА», служба маркетинга. Тел. 535-62-95.

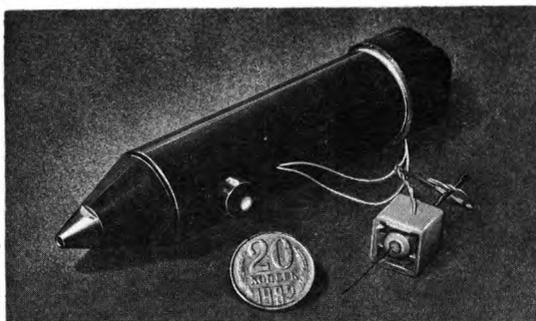
УСТРОЙСТВА ДЛЯ РЕФЛЕКСОТЕРАПИИ

канд. техн. наук
А.В. Майборodin,
Н.И. Медведева,
М.Ю. Гулейков

В медицинской технике, предназначенной для рефлексотерапии, широко используются новые методы и средства микроэлектроники. Так, разработано устройство, в котором реализовано комплексное воздействие на точку акупунктуры с помощью иглы и управляемого теплового импульса (рис. 1).

Устройство содержит полиэтиленовый корпус 1 с иглой 2 и липким слоем 3, а также расположенные в нем нагреватель 4, охладитель 5 и датчик температуры 6. Нагреватель, охладитель и датчик соединены с генератором тепловых импульсов 7, состоящим из регуляторов охлаждения 7б и нагрева 7а, схем сравнения 7в, задания температуры 7г, задания длительности теплового импульса 7д (см. рис. 1,а). С помощью схем 7г,д устанавливаются следующие параметры теплового импульса, формируемого в игле: t_1^0 , t_2^0 , Δt_1 , Δt_2 , t_n (рис. 1,б). На вход схемы 7в поступает сигнал U_1^0 с датчика температуры.

При достижении температуры t_2^0 схема сравнения уменьшает ток через нагреватель с помощью регулятора нагрева и увеличивает через охладитель. С помощью регулятора охлаждения скорость охлаждения (скорость нарастания тока через охладитель) задается схемой, определяющей длительность импульса t_n . Как только температура иглы достигает значения



t_1^0 , схема сравнения переходит в противоположное состояние и через нагреватель увеличивает ток, а через охладитель — уменьшает. Температуры 4 и 5 образуют скользящий тепловой контакт, регулируемый специальным винтом А (см. рис. 1,а). Таким образом на игле формируются тепловые импульсы, регулируемые в широком температурном и временном интервалах. Для исключения нежелательных для пациента температур в регуляторах предусмотрены ограничители тока. В зависимости от выбранного типа охладителя, нагревателя (например, термоэлектрические микроохладители, работающие на эффекте Пельтье, типа ТЭМО) и теплофизических свойств материалов конструкции устройства форма тепловых импульсов может быть получена, например, в виде синусоиды или одиночных импульсов различной формы, значений температур и периода следования, необходимых для конкретного случая лечения.

Устройство позволяет повысить точность дозирования теплового воздействия, автоматизировать этот процесс с учетом времени воздействия на точку акупунктуры или систему точек в соответствии с программой, составленной для конкретного случая лечения.

Комплексное воздействие на точку акупунктуры с помощью иглы и управляемого механического воздействия реализовано в другом устройстве (рис. 2).

Полиэтиленовый держатель 1 иглы 2 встроен в полиэтиленовый корпус 3 между двумя параллельно расположенными пьезокерамическими пластинами (вибраторами) 4 и 5, вставленными в корпус перпендикулярно игле через отверстие в корпусе.

Игла вставляется через направляющее отверстие в корпусе и держатель, выполненный в виде втулки, имеющей по оси отверстие, диаметр которого обеспечивает прохождение иглы через это отверстие и фиксацию ее таким образом, что механические колебания держателя, исходящие от вибраторов при подключении к ним электрических сигналов, передаются игле.

При подаче на вибраторы переменных электрических сигналов

$$U_1 = U_0 \sin \omega t, \quad U_2 = U_0 \sin(\omega t + \varphi),$$

имеющих одинаковую фазу $\varphi=0$, колебания иглы будут преимущественно иметь направление по оси Y, что соответствует фазе введения иглы. При изменении разности фаз между сиг-

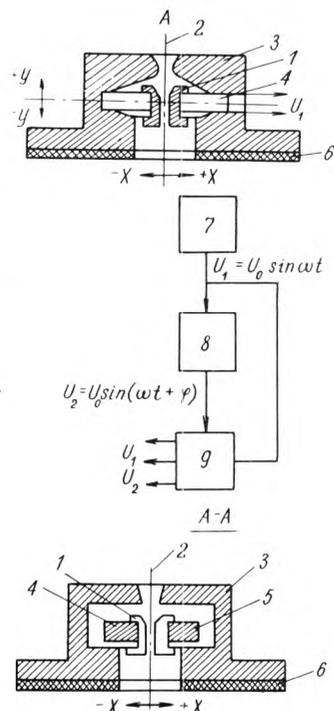


Рис. 2. Конструкция устройства для рефлексотерапии с использованием пьезоэффекта

налами U_1 и U_2 с $\varphi=0$ на $\varphi=\pi$ преимущественные колебания иглы будут по оси X, что соответствует фазе стимуляции.

Формирование сигналов U_1 и U_2 происходит с помощью генератора качающейся частоты (ГКЧ) 7, управляемого фазовращателя 8 и переключателя 9. На выходе ГКЧ формируется сигнал $U_1 = U_0 \sin \omega t$ (при работе ГКЧ на фиксированной частоте ω). При настройке фазовращателя 8 на сдвиг фазы входного сигнала U_1 на $\varphi=\pi$ на выходе его формируется противофазный сигнал $U_2 = U_0 \sin(\omega t + \pi) = -U_0 \sin \omega t$. Под действием этих сигналов на основе обратного пьезоэлектрического эффекта пластины 4 и 5 будут деформироваться в противоположные стороны $+Y$ и $-Y$, при этом втулка (игла) будет колебаться по оси X. Если $\varphi=0$, то пьезокерамические пластины будут иметь одинаковую фазу колебаний — игла будет колебаться по оси Y. Режим колебания иглы выбирается с помощью переключателя. Амплитуда, частота и длительность колебаний иглы регулируются амплитудой U_0 , частотой ω и периодом T перестройки частоты ω сигнала с выхода ГКЧ, а также фазой φ фазовращателя в зависимости от выбранной методики лечения. Размеры корпуса обоих устройств зависят от того, на каких частях тела их используют.

Габариты и вес разработанных конструкций по сравнению с существующими значительно уменьшены, и сокращено время процедур за счет обеспечения возможности одновременного управления несколькими закрепленными в точках акупунктуры устройствами.

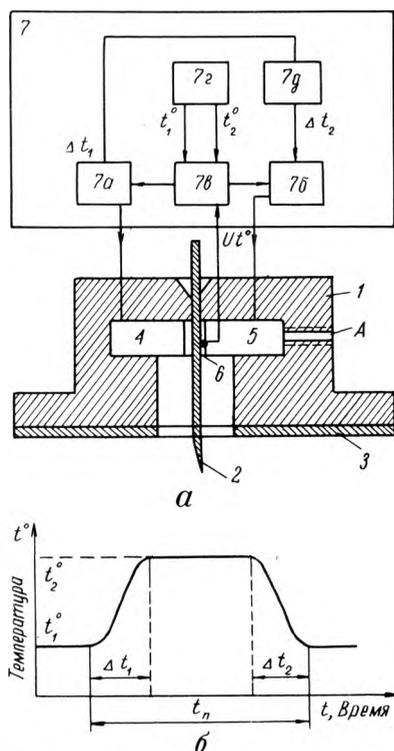
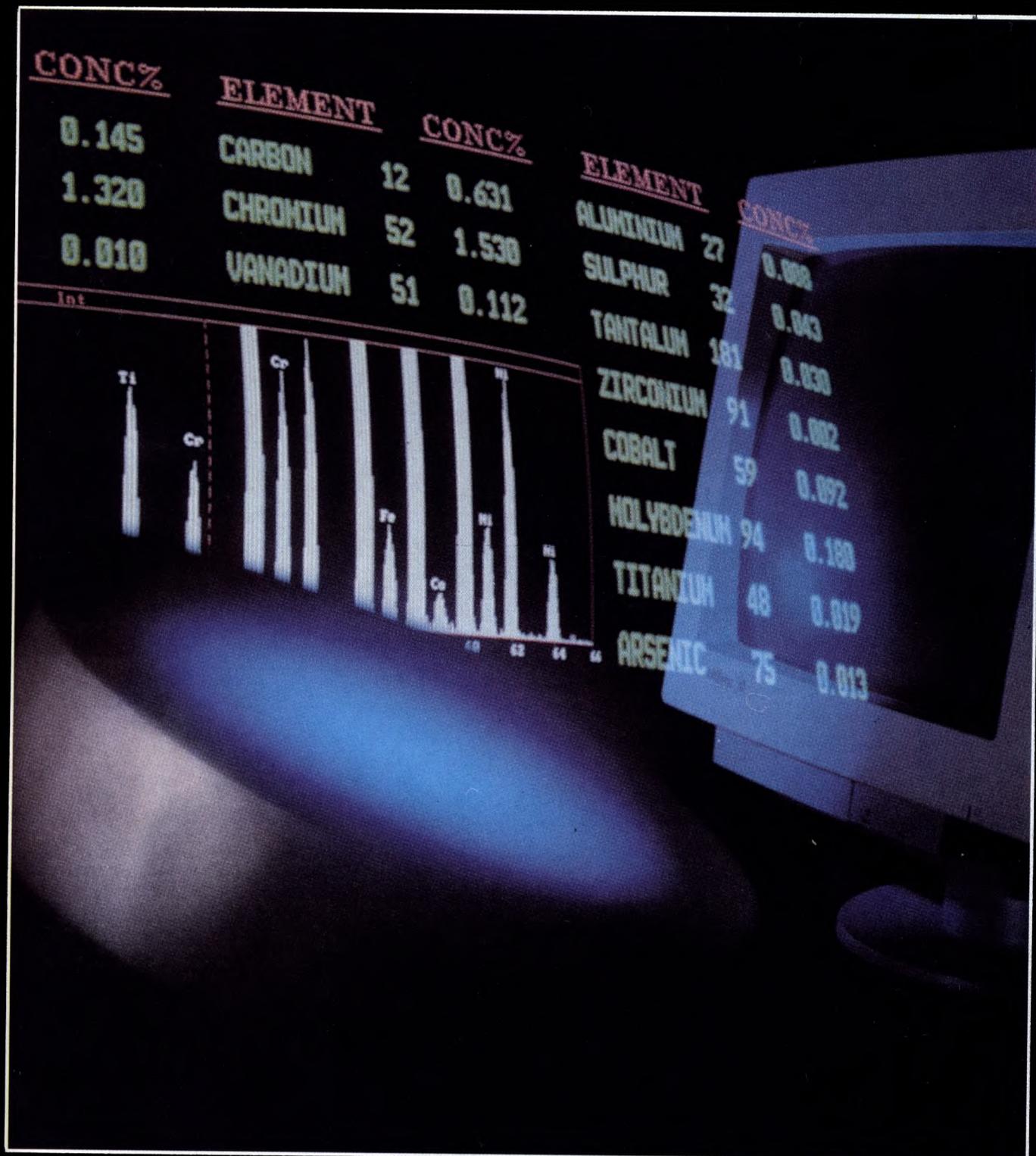


Рис. 1. Конструкция устройства для рефлексотерапии с использованием эффекта Пельтье

МАСС-СПЕКТРОМЕТР ДЛЯ ЭЛЕМЕНТНОГО
И ИЗОТОПНОГО АНАЛИЗА
С ИОНИЗАЦИЕЙ В ИНДУКТИВНО СВЯЗАННОЙ ПЛАЗМЕ

PlasmaQuad PQ2-Turbo plus



Plasma Quad PQ2-Turbo plus

Производство изделий высокого качества для современных рынков непосредственно связано с качеством сырьевых материалов, в особенности, когда многие из этих материалов представляют собой твердые вещества высокой чистоты. В прошлом методы элементного анализа, например, атомно-абсорбционной или атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой, были ограничены по скорости или чувствительности анализа из-за необходимости растворения твердых веществ. Поскольку чистота состава становится все более критичной, пределы обнаружения, достижимые при помощи атомно-абсорбционной и атомно-эмиссионной плазменной спектроскопии, фактически ограничивают их применимость. Поэтому эти методы уступили место масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой, которая сочетает в себе высокую производительность с улучшенными пределами обнаружения и уменьшенным влиянием мешающих компонентов.

Тем не менее, скорость такого анализа также снижается из-за наличия этапа растворения, тем более, что некоторые материалы чрезвычайно трудно растворить. Приготовление суспензий или распыление проб позволяет избежать этого этапа, но загрязнение пробы в процессе размельчения может привести к ошибкам в анализе.

Плазменная масс-спектропия с лазерным испарением (ЛИ-ИСПМС) представляет собой новый метод, позволяющий исследователю осуществлять быстрый многоэлементный анализ твердых проб в диапазоне концентраций от единиц процентов до субмиллиардных долей на одном приборе.

Исследователь уже не должен выбирать между одноэлементным анализом с низкими пределами обнаружения (например, методом атомно-абсорбционной спектроскопии с графитовой печью) и многоэлементным анализом с ухудшенными пределами обнаружения (например, методом оптической спектроскопии с индуктивно связанной плазмой).

Хотя были опробованы и другие методы на основе лазерной техники, например такие, как лазерный масс-спектрометрический микроанализ, лазерный ионный анализ и плазменная оптическая эмиссионная спектроскопия, метод ЛИ-ИСПМС оказался наиболее успешным, поскольку в нем процесс испарения отделен от процесса ионизации, в результате чего намного меньше сказывается влияние матричных эффектов по сравнению с другими методами.

Чтобы это осуществить была разработана система VG "LaserLab" для плазменного масс-спектрометра "PlasmaQuad". Это устройство построено на принципе импульсного Nd: YAG-лазера с энергией 550 мДж, который может работать при частоте повторения импульсов 15 Гц. Выходная энергия лазера и частота повторения импульсов оптимизируются для каждого типа матрицы. Луч лазера фокусируется на поверхности исследуемой пробы, которая находится в испарительной ячейке. Короткий импульс лазерной энергии испаряет нанограммы количества материала. Образующийся аэрозоль втягивается потоком газа-носителя аргона в плазму, где происходит атомизация и ионизация, после чего ионы анализируются по массам.

Этот сухой плазменный метод дает аналитические преимущества по сравнению с плазменной масс-спектрометрией растворов, поскольку в случае сухой плазмы меньше видов молекулярных ионов, чем при анализе методом плазменной масс-спектрометрии растворов. Эти виды молекулярных ионов $\text{ArN}^+(54)$, $\text{ArO}^+(56)$ и $\text{ArAr}^+(80)$ скорее всего появляются в результате взаимодействия между присутствующими наиболее распространенными видами молекул, газом-носителем и растворителем, например, H_2 или HNO_3 .

Другое преимущество метода ЛИ-ИСПМС состоит в том, что могут анализироваться наборы проб или же небольшие части или элементы в пределах данной матрицы. Прямой анализ твердых веществ представляет особый интерес для техники, в которой манипуляции с пробой должны быть сведены к минимуму.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ БОЛЬШОГО ЧИСЛА ЭЛЕМЕНТОВ НА НИЗКИХ УРОВНЯХ КОНЦЕНТРАЦИИ

ОСНОВНЫЕ ДОСТОИНСТВА ПРИБОРА

- пределы обнаружения лучше, чем 10^{-9} г/мл
- простота получаемых масс-спектров
- быстрый полуколичественный анализ
- разнообразные процедуры полного количественного анализа
- высокая достоверность данных элементного анализа
- расширенное программное обеспечение, включающее автоматический режим, при котором обеспечиваются оптимальные параметры регистрации для каждого образца, практически не требуется участие оператора и значительно экономится время анализа

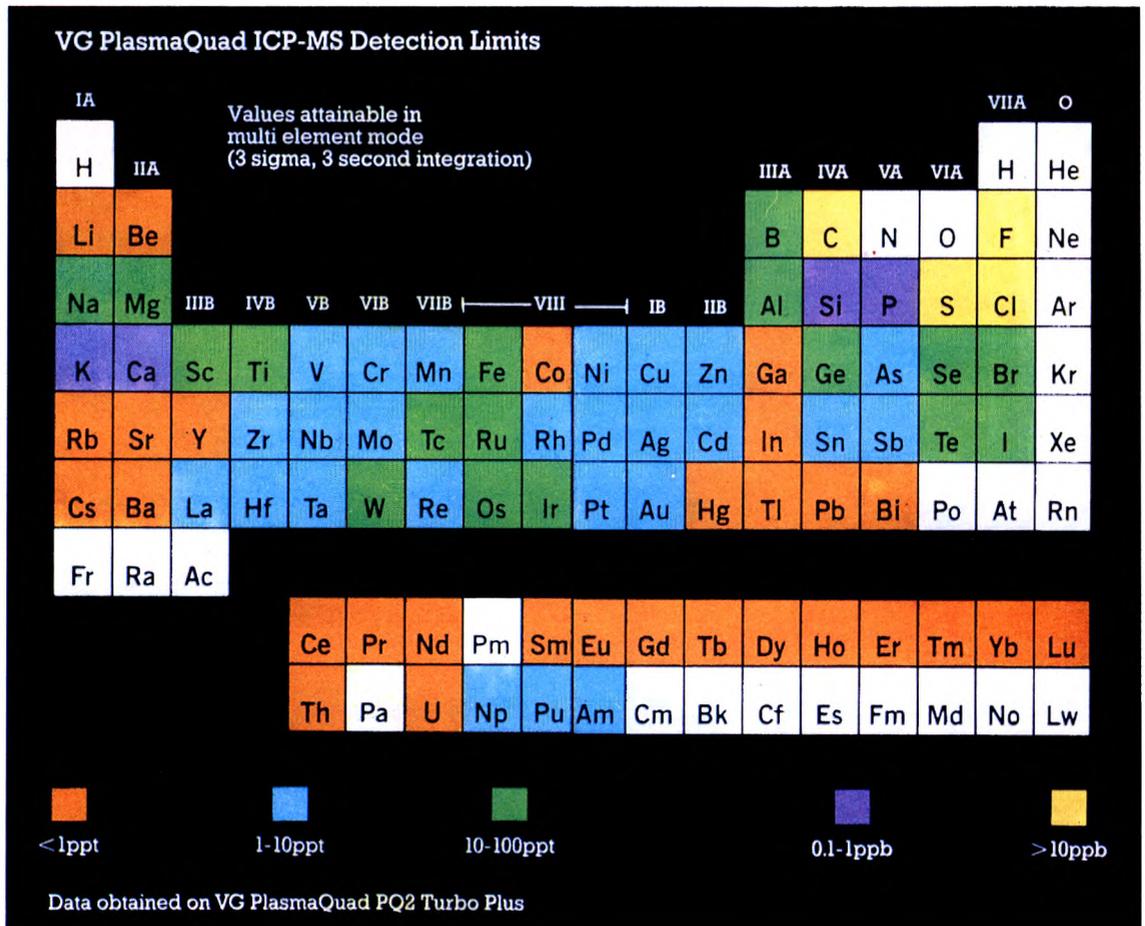
Масс-спектрометрия с ионизацией в индуктивно-связанной плазме (ИСП-МС) — исключительно эффективный аналитический метод, который позволяет определить концентрации элементов и изотопов, содержащихся в растворе на уровнях ниже 10^{-9} г/мл. Проба в виде мелкодисперсного аэрозоля вводится в центральный канал плазменного факела, где происходит ее эффективная атомизация и ионизация. Образующиеся в плазме ионы экстрагируются из плазмы через отверстие пробоотборника и попадают в вакуумную камеру, где расположен квадрупольный масс-анализатор. Ионный ток с выхода масс-анализатора

детектируется вторичным электронным умножителем. Импульсы умножителя после усиления поступают на вход многоканального анализатора и накапливаются в течение анализа. Полученный массив данных затем обрабатывается высокопроизводительным компьютером.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИБОРА

МАЛЫЕ ПРЕДЕЛЫ ОБНАРУЖЕНИЯ

Пределы обнаружения, достигаемые на приборе Plasma Quad, в 100—1000 раз лучше, чем в методе оптической эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой.



Обеспечивается сочетание быстрого многоэлементного анализа и наивысшей чувствительности в одном устройстве

ПРЯМОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗОТОПНЫХ ОТНОШЕНИЙ

Для раствора Ag с концентрацией 100 мкг/мл отношение изотопов 107/109 определяется с относительным стандартным отклонением не более 0,2% за время 5 мин.

РАСШИРЕННЫЙ ДИНАМИЧЕСКИЙ ДИАПАЗОН

Двухрежимная система регистрации ионных токов AutoRange TM обеспечивает расширенный динамический диапазон по концентрации 8 порядков. Это позволяет

определять содержание элементов в пробе на уровнях от единиц процентов до 10^{-10} г/мл в течение однократной процедуры анализа.

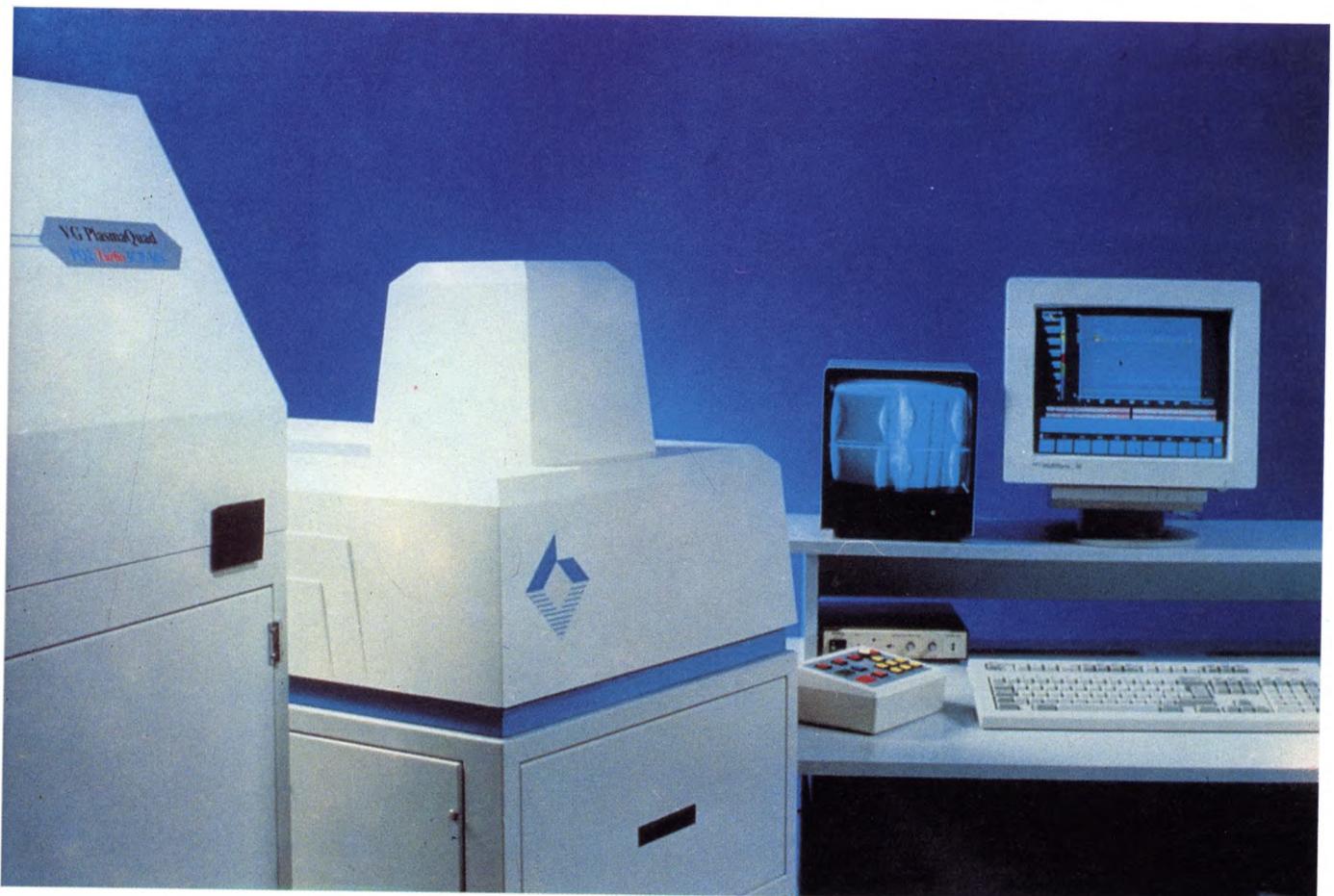
МОЩНЫЙ СИСТЕМНЫЙ ПРОЦЕССОР И МНОГОЦЕЛЕВОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

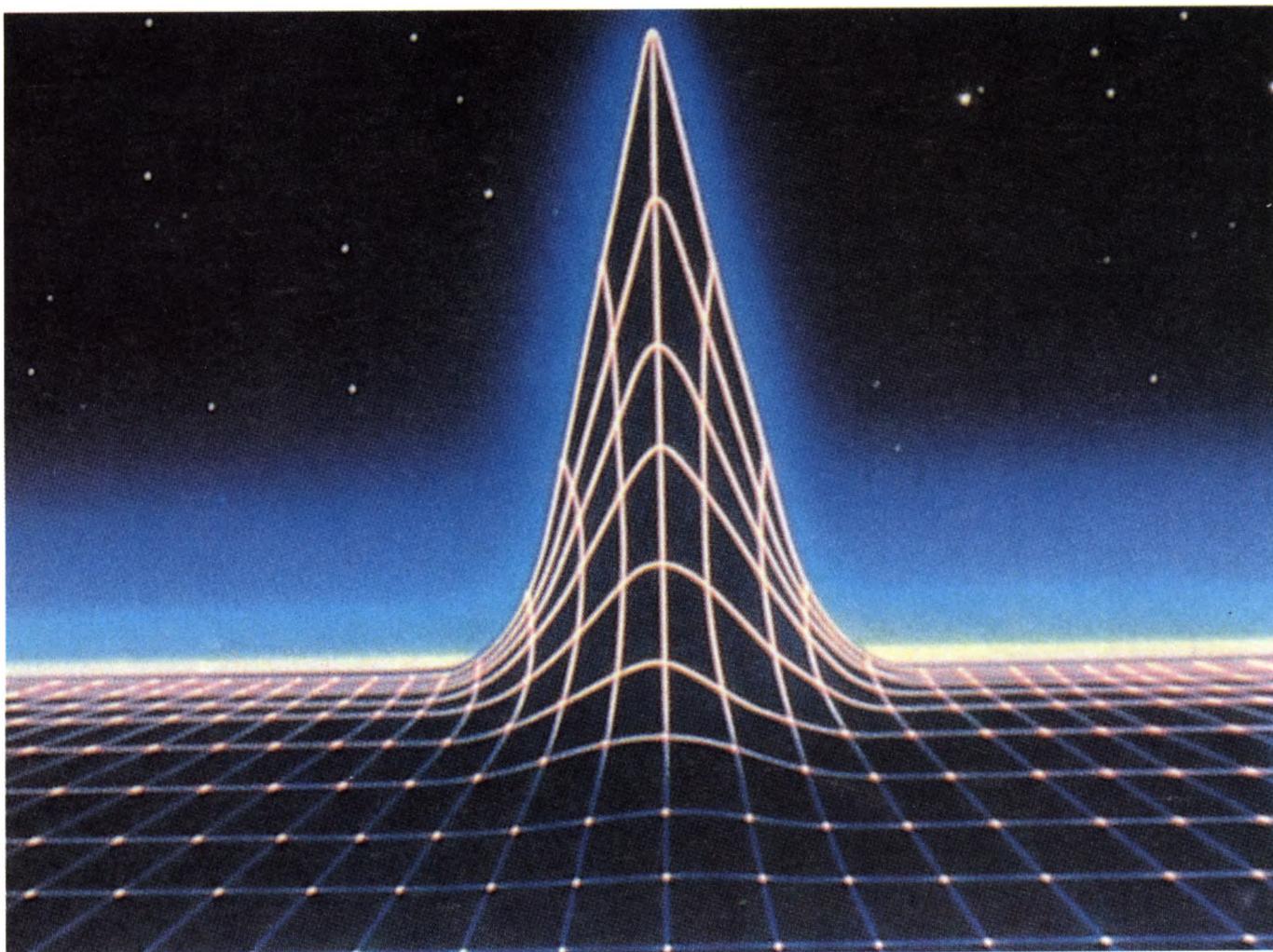
Прибор управляется персональным компьютером на базе 386 микропроцессора с тактовой частотой 20 МГц и объемом оперативной памяти 4 Мбайт.

Программное обеспечение разработано на основе операционной системы OS/2 с учетом всех требований пользователя в любой области применения. Пакет

программ обеспечивает:

- автоматический запуск и останов прибора от компьютера,
- автоматическое сканирование в динамическом диапазоне регистрации 10^8 ,
- наличие макрокоманд для реализации различных процедур анализа,
- единую систему команд управления для работы с различными вариантами ввода проб (стандартный распылитель, система лазерного испарения, проточно-инжекционная система, система электротермического испарения, автосамплер),
- стандартные программы калибровки,





- вывод данных о концентрации в реальном масштабе времени,
- возможность автоматической диагностики состояния системы.

ГИБКОСТЬ СИСТЕМ ВВОДА ПРОБ

Возможности прибора Plasma Quad значительно расширяются при использовании дополнительных систем ввода проб. Эти системы поставляются по желанию заказчика.

- Система лазерного испарения Laser Lab на основе Nd:YAG-лазера для прямого анализа твердых проб:

- определение весового содержания элементов от 1 до 10^{-9} %,
- экспресс-анализ всех элементов за 60 с,

- широкий спектр анализируемых проб, имеющих гладкую и шероховатую поверхность: керамика, стекло, кремниевые подложки, труднорастворимые пробы (нитрид бора, цирконий, нитрид кремния, руды, горные породы, металлы, порошки, пластмассы, полимеры, биологические ткани, продукты питания),
- сканирование по поверхности с разрешением 20 мкм,
- наблюдение испаряемой поверхности на экране видеомонитора,
- быстрая смена проб — высокая производительность.

- Система электротермического испарения:
 - многоэлементный анализ жидких и твердых проб микролитровых объемов,

- абсолютные пределы обнаружения на уровне фемтограммов (10^{-15} г)
- 100-кратное улучшение пределов обнаружения по сравнению с пневматическим распылением.

- Проточно-инжекционная система:

- анализ растворов с высоким уровнем содержания солей.

- Система для анализа газовых проб:

- горелка специальной конструкции,
- прямой анализ газов, в том числе пирофорных и органо-металлических.

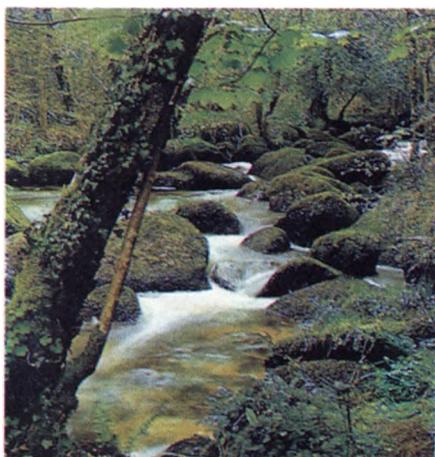
- Система автоматической подачи проб (автосамплер) на 80 или 200 образцов.

- Передаточный бокс — для работы с вредными веществами.

МНОГООБРАЗИЕ ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ

ПОЛУПРОВОДНИКОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

- Чистота исходных материалов — определение соответствия стандартам микроэлектронной промышленности
- Контроль качества легирующих материалов
- Определение примесных элементов в керамических материалах
- Примеси в газах, используемых при химическом осаждении из паров металлоорганических соединений
- Примеси в реактивах, используемых для травления в микроэлектронике



ЭКОЛОГИЯ

- Анализ загрязнений в природных водах, промышленных стоках, питьевой воде
- Анализ загрязнений почв, грунтов, донных осадков

ГЕОЛОГИЯ

- Полное количественное определение микроэлементов, и проведение анализа с использованием одного внутреннего стандарта
- Анализ редкоземельных элементов без предварительного разделения и концентрирования
- Прямой анализ геологических пород с использованием приставки лазерного испарения
- Определение изотопных отношений
- Полное описание типов горных пород

Уникальное сочетание низких пределов обнаружения, возможность определять содержание 79 элементов периодической системы и их изотопов, наличие простого и свободного от интерференции спектра, широкий спектр анализируемых объектов в твердом, жидком и газообразном состояниях, высокая производительность — все это определяет многообразие применения приборов семейства Plasma Quad в различных областях науки и промышленности.



ХИМИЯ

- Входной контроль сырья и контроль качества готовой продукции
- Контроль состава катализаторов
- Определение микроэлементов в органических материалах

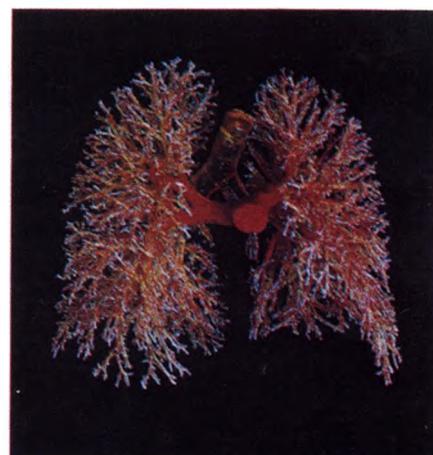
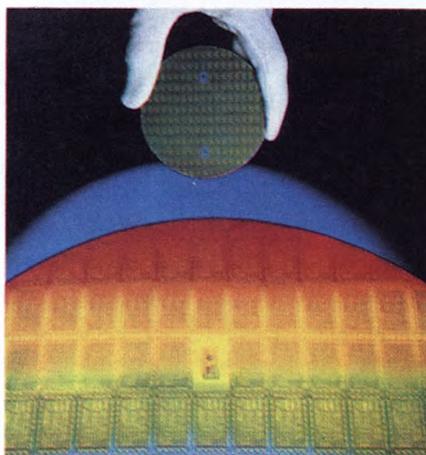
МЕТАЛЛУРГИЯ

- Примеси в металлах высокой чистоты
- Легирующие элементы в сталях и сплавах



ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

- Контроль процессов изотопного обогащения
- Контроль следовых загрязнений в ядерном топливе



БИОЛОГИЯ, МЕДИЦИНА

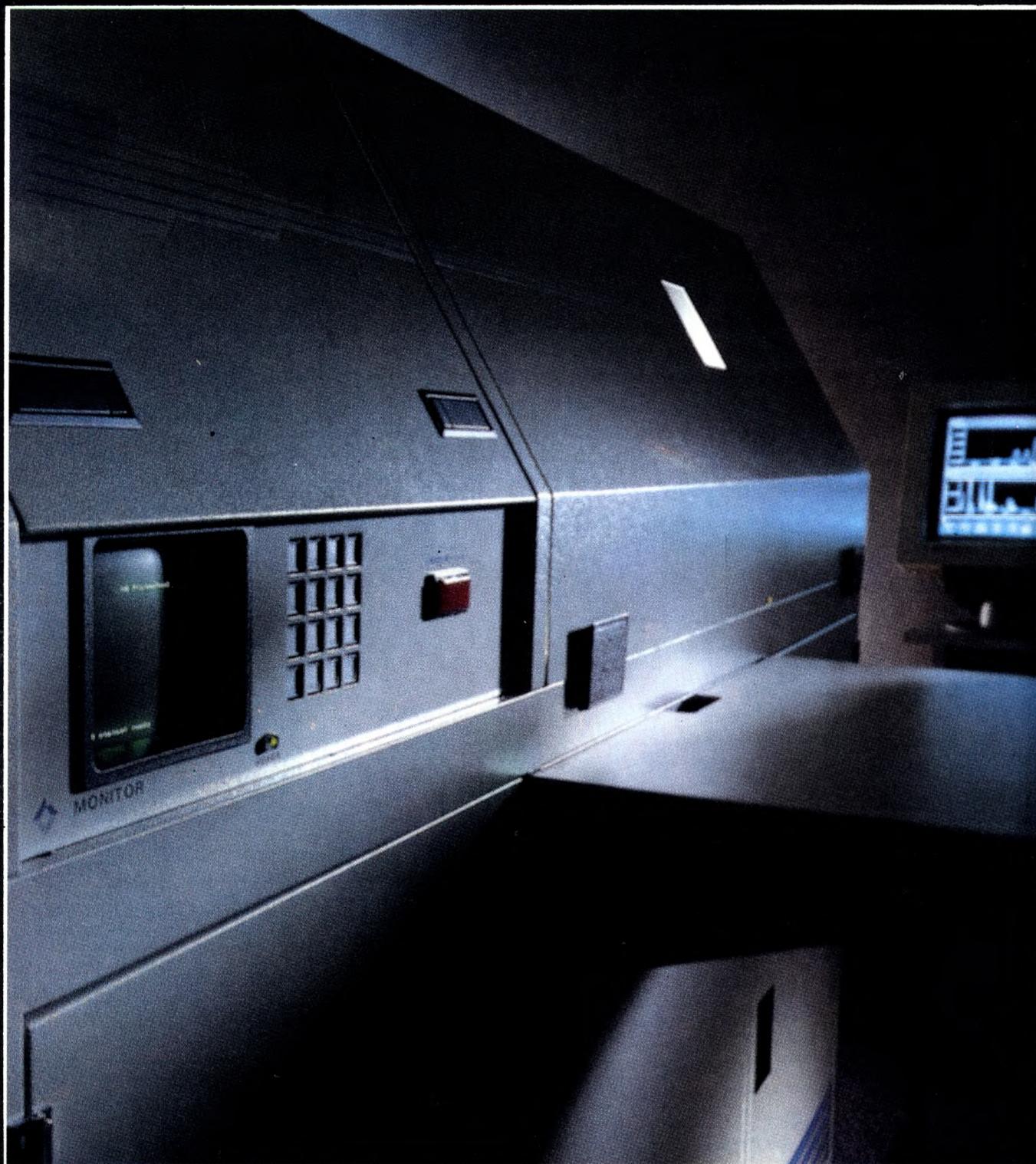
- Исследования методом изотопных меток
- Определение микроэлементов в биологических тканях и жидкостях
- Анализ следовых элементов в лекарственных препаратах и пищевых продуктах



Поставка прибора заказчику осуществляется в течение шести месяцев со дня заключения контракта.

ВА Инструментс гарантирует 48-часовой сервис приборов Plasma Quad

Высококвалифицированные специалисты ВА Инструментс осуществляют методическую поддержку и обучение Вашего персонала в рамках учебной программы, разработанной ведущими специалистами СССР и Великобритании в области элементного анализа



Более подробную информацию
о приборе PlasmaQuad
можно получить по адресу:

198103, Ленинград,
просп. Огородникова, 26,
ВА Инструментс.
Телефоны:
(812) 251-88-89, 252-67-59
Телекс: 121549.
Телефакс: (812) 252-10-03



**Только
на
«Светлане»
Вы
можете
приобрести**

**портативные
микрофокусные
рентгеновские
излучатели
серии РЕИС
и аппараты
«Электроника»,
изготовленные на их
основе.**

Наша аппаратура широко применяется в медицине, научных исследованиях, промышленности и сельском хозяйстве.

Портативность излучателей серии РЕИС в сочетании с полной радиационной защитой и возможностью питания от батарейки позволяет использовать их в полевых условиях.

Применение источников серии РЕИС

Высокоразрешающая дефектоскопия, рентгеноспектральный анализ — «РЕИС-25И» (4150 руб.)

Дифрактометрия монокристаллов — «РЕИС-25ДФ» (4150 руб.)

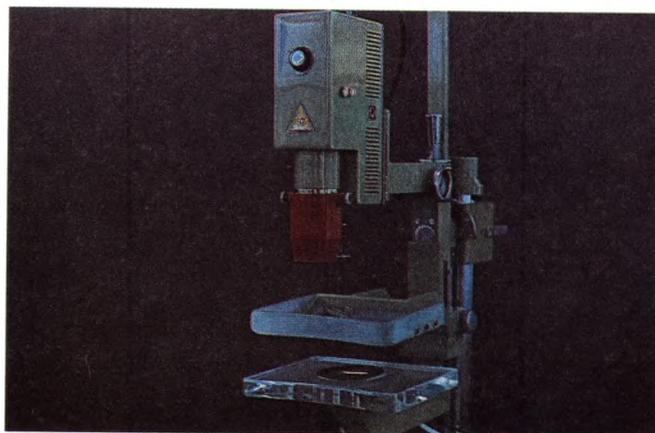
Рентгенодиагностика конечностей, рентгенотерапия — «РЕИС-Д» (3410 руб.)

Рентгенодиагностика медико-биологических объектов, препаратов мягких и костных тканей, дефектоскопия композиционных материалов и др., рентгеноструктурный анализ, рентгеноспектральный анализ — «РЕИС-И» (3410 руб.)

Высокоразрешающая дефектоскопия, рентгеноспектральный анализ, рентгеноструктурный анализ — «РЕИС-100И» (5940 руб.)

Высокоразрешающая дефектоскопия, рентгеноспектральный анализ тяжелых элементов до 92, замена радиоактивных изотопов, микротомография — «РЕИС-150И» (около 10000 руб., изготавливается по разовым заявкам)

Применение микрофокусных рентгеновских аппаратов серии «Электроника»



Рентгенография молочных желез с целью раннего выявления и диагностики заболевания — «Электроника» (6815 руб.)



Диагностика семян и зерен — «Электроника-25» (3125 руб.)



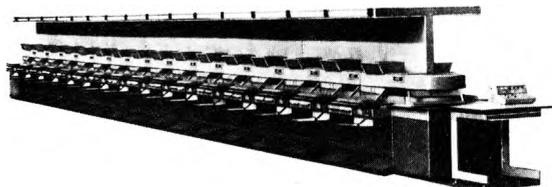
Рентгенодиагностика практически всех отделов тела человека — «Электроника-100Д» (8485 руб.)

Обращайтесь по адресу:
198170, Ленинград, Промышленная ул., 5,
ОКБ РП
Телетайп: 321267, Стекло Телекс: 121466
Телефоны: 186-95-66, 186-59-55, 186-59-44

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «ТИССА» ПРЕДЛАГАЕТ

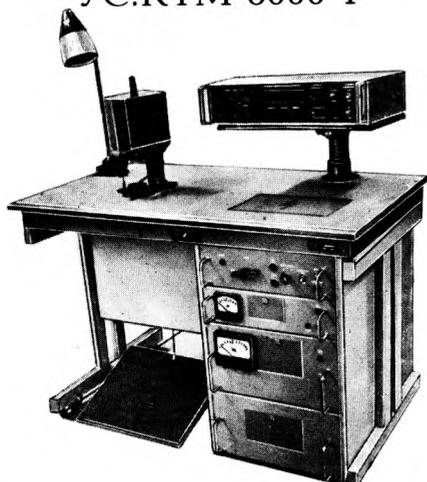
ЛИНИЯ СБОРКИ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ «РИТМ-М»

Количество рабочих мест	36
Шаг платформ	1000 мм
Скорость движения платформ	0,13 м/с
Максимальная нагрузка на одну платформу	30 кг
Освещенность рабочего места	1000 лк
Потребляемая мощность	не более 15 кВт
Питание	380 В
Частота	50 Гц



В автоматическом режиме ритм работы 10 с — 99 мин. Возможны варианты изготовления с различным количеством рабочих мест (по индивидуальному заказу). Дискретность 10 с.

УСТАНОВКА КОНТАКТНО-ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ УС.КТМ-6000-1



Для сборки и контактной точечной сварки деталей и сборочных единиц ИЭТ (электронно-оптических систем и электронно-лучевых приборов) из различных металлов и сплавов.

Применяется автономно и в составе линии или встраивается в установку обеспыливания «Лада-2М».

Максимальная производительность	6000 сварок/ч
Усилие сжатия электродов	10—150 Н
Регулируемый зазор между электродами	0—20 мм
Вылет электродов	160 мм
Поворот сварочных электродов	60±5 градусов
Толщина свариваемых деталей (по никелю)	от 0,05 до 1 мм
Потребляемая мощность	5 кВт
Габаритные размеры	1150×670×1185 мм
Масса	300 кг

Обеспечивает три независимых режима сварки. Отличительная особенность — возможность контроля основных параметров режима сварки с помощью цифрового измерителя энергии ЦИЭ-1, обеспечивающего измерение энергии — 12—999 Дж, количества электричества — 5—999 Кл, напряжения — 2—400 В.

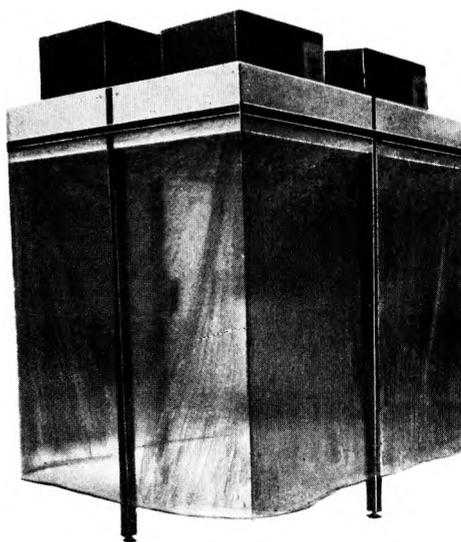
Погрешность измерений ±15%, форма отображения информации цифровая и альтернативная, потребляемая мощность 0,1 кВт, масса 12 кг, габаритные размеры 482×395×135 мм.

КАМЕРА ОБЕСПЫЛИВАНИЯ К-4

Для размещения различного оборудования и приборов, необходимых для выполнения технологических операций в обеспыленной воздушной среде при производстве изделий электронной техники.

Применяется автономно и в составе линии в помещениях класса чистоты воздушной среды 100000 по ГОСТ 25991-83. КПД фильтров тонкой очистки для частиц размером 0,5 мкм составляет 99,9%.

Скорость воздушного потока	0,3—0,4 м/с
Питание	380 В, частотой 50 Гц
Потребляемая электрическая мощность	5 кВт
Размеры рабочего объема	2660×1760×2500 мм
Габаритные размеры камеры	2970×2220×3350 мм
Освещенность	400 лк
Масса	830 кг



Обращаться по адресу:
294010, г. Ужгород, ПО «Тисса»,
ул. П.Коммуны, 4,
тел.отд.сбыта 3-70-15.

СЕРИЯ МОЩНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ АРСЕНИДОГАЛЛИЕВЫХ ДИОДОВ ГАННА ЗА750А-Л, ЗА762А-Л

Арсенидогаллиевые, мезазпитаксиальные, генераторные диоды на эффекте Ганна предназначены для применения в генераторах трехсантиметрового диапазона длин волн в импульсном режиме. Рассчитаны на эксплуатацию в диапазоне температур окружающей среды от -60 до 70°C , при вибрационных нагрузках на частотах от 10 до 5000 Гц с ускорением до $40g$ и одиночных ударных нагрузках до $1500g$ (длительность от 0,1 до 2 мс). Оформлены в корпусах КД-109 — металлокерамических, с жесткими выводами. Масса диода не более 0,15 г.

Тип диода приводится на групповой таре. В групповой упаковке указывается индивидуальное импульсное рабочее напряжение для каждого диода. Отрицательный вывод — со стороны крышки.

Применение и эксплуатация. Основной вид электрического присоединения диодов — прижимной контакт и цанговое крепление (за

Основные электрические параметры

Минимальная импульсная мощность в рабочем диапазоне частот при длительности импульса не более 100 нс и скважности более 500, Вт	
ЗА750А-Л	10...15*...25*
ЗА750К-1	8...14*...25*
ЗА762А-Л	25...30*...40*
Рабочий диапазон частот, ГГц	
ЗА750А, ЗА762А	8,24—8,50
ЗА750Б, ЗА762Б	8,50—8,90
ЗА750В, ЗА762В	8,90—9,30
ЗА750Г, ЗА762Г	9,30—9,70
ЗА750Д, ЗА762Д	9,70—10,1
ЗА750Е, ЗА762Е	10,1—10,5
ЗА750Ж, ЗА762Ж	10,5—10,9
ЗА750И, ЗА762И	10,9—11,3
ЗА750К, ЗА762К	11,3—11,7
ЗА750К-1	11,3—11,7
ЗА750Л, ЗА762Л	11,7—12,05
Импульсный рабочий ток, А	
Сопротивление диода при постоянном токе не более 10 мА, Ом	
при $T_{o.c} = 25^{\circ}\text{C}$ ЗА750А-Л	0,13...0,25*...0,35*
ЗА750К-1	0,15...0,20*...0,35*
ЗА762А-Л	0,2...0,3*...0,5*
при $t_{o.c} = -60^{\circ}\text{C}$ ЗА750А-Л	0,07...0,35
ЗА750К-1	0,08...0,35
ЗА762А-Л	0,13...0,5
при $t_{o.c} = +85^{\circ}\text{C}$ ЗА750А-Л	0,13...0,40
ЗА750К-1	0,15...0,40
ЗА762А-Л	0,2...0,65
Емкость корпуса при $f = 10$ МГц, пФ	0,2—0,5
Индуктивность диода при $f = 10$ ГГц, нГн	0,2—0,5
Коэффициент полезного действия, %	3*...4,5*...6,5*

* Данные при температуре $25 \pm 10^{\circ}\text{C}$

Предельные эксплуатационные данные

Рабочее импульсное напряжение $U_{и.р}$ — индивидуальное для каждого диода из интервала, В	
для ЗА750А-Д	35...55
ЗА750Е-Л	30...50
ЗА762А-Д	60...120
ЗА762Е-Л	60...100
Максимально допустимое импульсное напряжение в диапазоне температур от -60 до 85°C , В	
для ЗА750 $U_{и.р}$	+4,0 В
ЗА762 $U_{и.р}$	+8,0 В
Температура окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$	$-60...+70$
Минимальная наработка, ч	15000
Срок сохраняемости — 25 лет	

держатель — анодный вывод). Допускается пайка при температуре не более 155°C в течение 5 с и не более трех перепаяек. Время нагрева диода до этой температуры — не менее 5 с.

Максимальное сжимающее усилие, прикладываемое к диоду, не должно превышать 20 Н (2 кгс), а изгибающий момент 0,05 Н·м (0,005 кгс·м). Допустимый статический потенциал 1000 В. Если на диод не подано напряжение, специальные меры защиты от статического электричества не требуются. В рабочем режиме должна быть предусмотрена схемная или техническая защита от статического электричества.

Допускается превышение максимально допустимого напряжения $U_{и.мах}$ (на время не более 10 с) до напряжения, при котором происходит срыв генерации (срыв заднего фронта огибающего радиоимпульса). После снижения напряжения до $U_{и.мах}$ работоспособность диодов гарантируется.

Работа диодов возможна при напряжениях, меньших $U_{и.р}$ на 30%. При этом выходная импульсная мощность снижается. Допускается выброс напряжения обратной полярности не более 20% от амплитуды импульсного рабочего напряжения.

Во время работы диодов ЗА750 в интервале температур окружающей среды от $+10$ до -60°C допускается подогрев током, пропускаемым через диод (с соблюдением полярности). При этом средняя рассеиваемая мощность нагрева не более 4 Вт.

В интервале температур окружающей среды от $+10$ до -60°C работоспособность диодов ЗА762 и заданный уровень их выходной

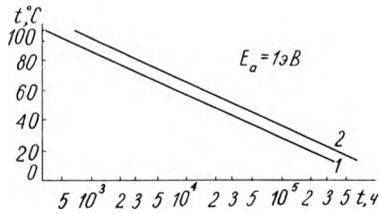


Рис. 1. Зависимость минимальной наработки диодов (1) и 95%-ного ресурса (2) от температуры

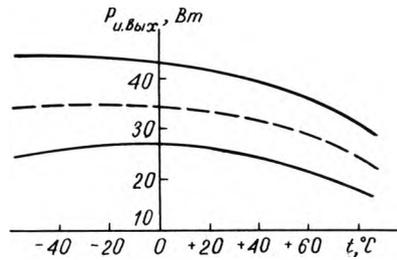


Рис. 4. Типовая зависимость импульсной выходной мощности диодов 3A762 от температуры с границами 95%-ного разброса (с подогревом в диапазоне температур от +10 до -60°C): --- типовая, — граница 95%-ного разброса

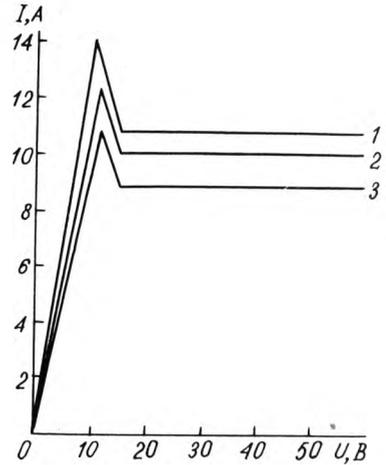


Рис. 6. Вольт-амперные характеристики диодов 3A750, при $t_{0.c} = -60^\circ\text{C}$ (1); $t_{0.c} = 25 \pm 10^\circ\text{C}$ (2); $t_{0.c} = 85^\circ\text{C}$ (3)

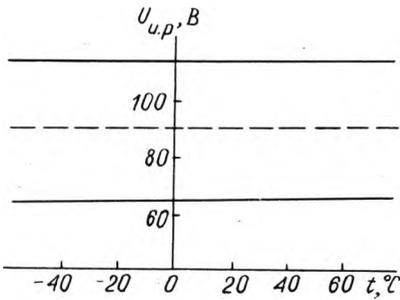


Рис. 2. Типовая зависимость импульсного рабочего напряжения диодов 3A762 от температуры с границами 95%-ного разброса (с подогревом в диапазоне температур от +10 до -60°C): --- типовая, — граница 95%-ного разброса

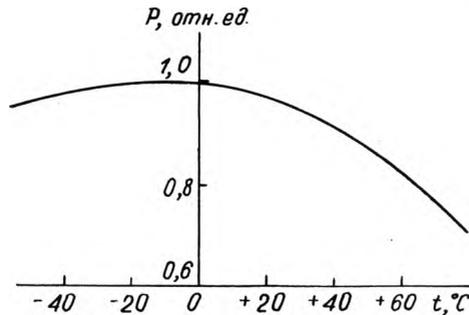


Рис. 5. Типовая зависимость импульсной выходной мощности от температуры диодов 3A750 (с подогревом в диапазоне температур от -60 до +10°C)

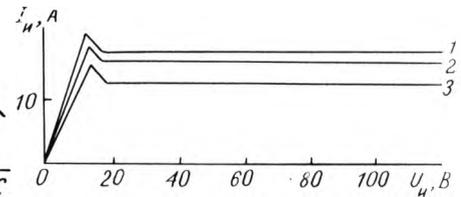


Рис. 7. Вольт-амперные характеристики диодов 3A762 при $t_{0.c} = -60^\circ\text{C}$ (1); $t_{0.c} = 25 \pm 10^\circ\text{C}$ (2); $t_{0.c} = 85^\circ\text{C}$ (3)

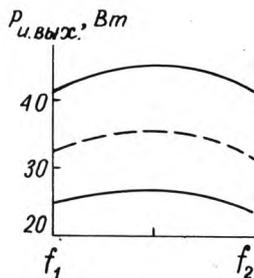


Рис. 3. Типовая зависимость импульсной выходной мощности диодов 3A762 от частоты внутри рабочего диапазона частот при $t = (25 \pm 10^\circ\text{C})$ с границами 95%-ного разброса (f_1 — нижняя частота рабочего диапазона, f_2 — верхняя частота рабочего диапазона): --- типовая, — граница 95%-ного разброса

мощности обеспечиваются подогревом пропускаемым через них током (импульсным, пульсирующим или постоянным), с соблюдением полярности. При этом эффективное значение тока подогрева не должно превышать 3,5 А, а максимальное значение импульсного и пульсирующего тока подогрева 7 А.

При настройке в аппаратуре потребителя допускается подогрев диода (в условиях, когда $t_{0.c} = 25 \pm 10^\circ\text{C}$) пропускаемым через него током в описанном выше режиме в течение суммарного времени не более 30 мин. Время минимальной наработки диодов уменьшается при этом на 50%.

При настройке диодов в генераторной камере на заданную выходную мощность и частоту допускается подстройка рабочего импульсного напряжения в пределах максимально допустимого импульсного напряжения.

Я.И.Ким, О.И.Давыдова

Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов,
634042, г. Томск, ул. Красноармейская, 99-а.

ИМПУЛЬСНЫЙ ЛАВИННЫЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ДИОД АД530

Диод с S-образной вольт-амперной характеристикой и субнаносекундным временем переключения из закрытого в открытое состояние предназначен для формирования видеопульсов наносекундной длительности с амплитудой 40—80 В и частотой повторения до 300 кГц. Может применяться в модуляторах для питания диодов Ганна, полупроводниковых лазеров и светодиодов, а также в качестве ключа для ударного возбуждения резонансных контуров или широкополосных антенн.

Минимальная наработка диода зависит от режима его работы. При среднем токе 1,5 мА и температуре окружающей среды 35°C минимальная наработка составляет 25000 ч, а при среднем токе 13,5 мА и температуре окружающей среды 50°C — 3000 ч.

Изготовлен на основе арсенидогаллиевых эпитаксиальных структур, получаемых методом газовой эпитаксии с использованием мезотехнологии. Конструктивно выполнен в металлокерамическом корпусе таблеточного типа. Возможен вариант конструктивного оформления с герметизацией оптически прозрачным компаундом для управления переключением диода с помощью светового сигнала.

Диод разработан взамен ранее выпускавшегося диода этого класса типа АА732*.

Основные параметры при температуре окружающей среды 25 ± 10°C

Напряжение включения, В	
вариант А	100—180
вариант Б	150—210
Остаточное напряжение, В	не более 0,2 $U_{вкл}$
Время переключения, нс	не более 0,5
Время восстановления обратного сопротивления, мкс	не более 3,0
Постоянный обратный ток (при $U_{обр} = 35$ В), мкА	не более 1,0
Максимальный средний ток, мА	13,5
Максимальный импульсный ток, А	15

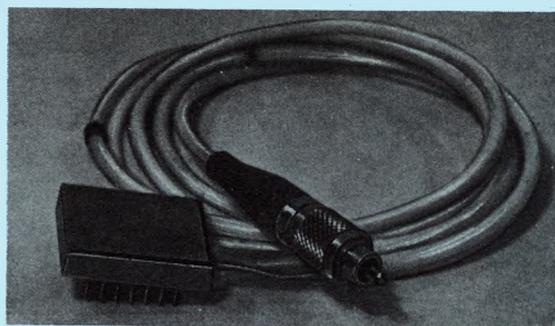
Л.И.Архипова, Д.Д.Каримбаев, Г.Л.Приходько

Научно-исследовательский институт полупроводниковых приборов,
634042, г. Томск, ул. Красноармейская, 99-а.

* Каримбаев Д.Д., Павлов Ю.Д., Приходько Г.Л. Импульсные лавинные полупроводниковые диоды АА732, АА742, АА801А-6.— Электронная промышленность, 1986, вып. 5, с. 21.

ФОТОПРИЕМНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

высокочувствительные трансимпедансные и интегрирующие PINFET со спектральным диапазоном чувствительности



1,2—1,6 мкм

Для использования в магистральных, зонавых и внутриобъектовых волоконно-оптических системах передачи в широком диапазоне рабочих температур.

Выполнены в герметичном металлокерамическом корпусе (25×20×6 мм) с отрезком одно- или многомодового волоконно-оптического кабеля.

По желанию потребителя возможно другое конструктивное исполнение.

Трансимпедансные ФПУ

Полоса пропускания, МГц	Шумовая полоса, МГц	Чувствительность, дБм	
		минимальная	типовая
8	2—6	—56...—52	—58...—54
20	9	—50	—52
40	25	—45	—47
120	100	—39	—40

Трансимпедансные ФПУ

Полоса пропускания, МГц	Шумовая полоса, МГц	Чувствительность, дБм	
		минимальная	типовая
150	115	—40	—43
300	200	—39	—42
650	500	—33	—35

Москва, 111123,
НПО «Орион».
Тел. 176-72-21

ЛИНЕЙНЫЙ ФППЗ С ГАРАНТИРУЕМОЙ ВЕЛИЧИНОЙ КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕДАЧИ МОДУЛЯЦИИ

Образец линейного фоточувствительного прибора с переносом заряда (ФППЗ) с гарантируемой величиной коэффициента передачи модуляции (K_m) изготовлен на базе изделия К1200ЦЛ2*.

Результаты измерения коэффициента передачи модуляции на пространственной частоте, равной половине частоты Найквиста, у входного и выходного устройств одного из регистров на частоте 500 кГц в зависимости от величины выходного сигнала черно-белого перепада (обеспечивалась измерением уровня освещенности) представлены на рис. 1.

В качестве осветителя применен источник типа А с фильтром СЗС 23. Величина $K_m \approx 90\%$ не зависит от уровня выходного сигнала в пределах от 3 мВ до уровня насыщения (700 мВ). Высокое значение коэффициента передачи модуляции ($\geq 80\%$) сохраняется в ультрафиолетовом и видимом диапазонах. Спектральная

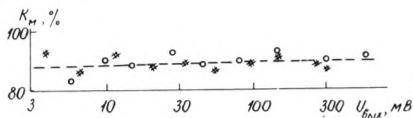


Рис. 1. Зависимость K_m от величины выходного сигнала о — у входного диода, X — у выходного устройства

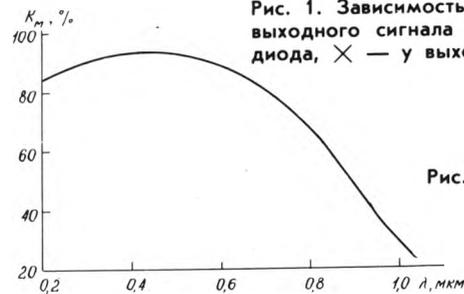


Рис. 2. Спектральная зависимость K_m

зависимость коэффициента передачи модуляции показана на рис. 2.

Подобные приборы с гарантируемой величиной коэффициента передачи модуляции могут эффективно использоваться как измерительные при юстировке и контроле оптических систем, в качестве формирователей тестового сигнала при отладке выходных устройств фотоприемных модулей на ФППЗ, при контроле работоспособности и параметров автономных фотоприемных систем.

Л.М.Василевская; А.И.Хатунцев

* Василевская Л.М., Костюков Е.В., Павлова З.В. Линейная фоточувствительная схема с зарядовой связью типа К1200ЦЛ2.— Электронная промышленность, 1982, вып. 7, с. 10—13.

ПРЕДЛАГАЕТСЯ

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПАЯЛЬНИК С АВТОМАТИЧЕСКОЙ РЕГУЛИРОВКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЛЯ ПАЙКИ ЭЛЕКТРО — И РАДИОЭЛЕМЕНТОВ

Оригинальная конструкция нагревателя, состоящего из пакета керамических пластин с нанесенными резистивными нагревательными элементами и пластины с термодатчиком, исключает контакт с воздухом и его окисление.

Материалом для паяльника может служить некондиционное сырье и отходы металлокерамического производства.

Стоимость комплекта технической документации — 500 руб.

Номинальное напряжение 12—24 В
Потребляемая мощность 10—15 Вт
Температура паяющего стержня до 400 °С
Время разогрева до рабочего состояния не более 20 с
Габаритные размеры — 20×20×200 мм
Масса 0,04 кг

По всем вопросам обращаться в Марийский ордена Дружбы народов политехнический институт им. А.М.Горького к авторам В.К.Сальникову и С.И.Сербулову или в патентный отдел по адресу: 424024, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3. Телефон: 9-60-62.

ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР С ЗАРЯДОВОЙ СВЯЗЬЮ ТИПА А-1131

Предназначен для преобразования двумерных оптических изображений в электрический видеосигнал. Применяется в телевизионной аппаратуре, системах технического зрения, устройствах автоматики, робототехнике.

Представляет собой матричный формирователь видеосигнала, смонтированный в герметичном металлокерамическом корпусе с оптическим окном над светочувствительной областью и 32 планарными выводами, расположенными в два ряда.

Оригинальная конструкция матрицы расширяет функциональные возможности прибора, позволяя проводить обработку воспринимаемых изображений непосредственно на кристалле в аналоговой форме. В зависимости от логической последовательности тактовых диаграмм прибор функционирует как в стандартном телевизионном режиме с накоплением кадра, так и в режиме межкадрового вычитания изображений.

Межкадровая обработка изображений, заключающаяся в накоплении, одновременном считывании и вычитании на внешнем устройстве видеосигналов двух последовательных кадров, позволяет прибору А-1131 выделять нестандартные малоконтрастные объекты на сложном неподвижном фоне высокого контраста.

Конструкция матрицы обеспечивает широкие функциональные возможности прибора: устранение неуправляемого растекания заряда от локальных 100-кратных пересветок за счет встроенного устройства антиблуминга в каждом элементе фотоочувствительной области;

электронную регулировку чувствительности не менее 100 крат;

работу в стандартном телевизионном режиме с накоплением и переносом кадра, а также в режиме межкадрового вычитания, обеспечивающего селекцию нестационарных сигналов.

В конструкцию прибора входят:

одна светочувствительная секция с числом элементов разложения 144×230 ;

две секции хранения, защищенные от света, с числом элементов разложения 144×230 каждая;

два выходных сдвиговых регистра с числом элементов переноса 240, с устройствами ввода-вывода информации.

Конструктивные и типовые фотоэлектрические параметры прибора А-1131

Размер фотоэлемента 27×24 мкм
Канал накопления и переноса заряда — объемный, л-типа
Число фаз в секциях накопления, памяти, регистрах — 3
Напряжение насыщения выходного сигнала 0,2 В
Монохроматическая чувствительность ($\lambda=0,67$ мкм) — $2,5$ В/мкДж.см⁻²
Неравномерность выходного сигнала 3%
Неравномерность темнового сигнала 1%
Коэффициент передачи модуляции 60%
Время накопления 20 мс
Спектральный диапазон 0,4—1,1 мкм
Диапазон тактовых частот регистра 0,1—10 МГц
Масса 7 г.

А.С.Скрылев, В.И.Старовойтов, Н.И.Фрост

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ

КОММУТАТОРЫ

590КН19

— ИС 8-канального коммутатора с дешифратором и регистром на входе.

Выполнена на основе КМОП-технологии.

Для многоканальных систем сбора и обработки информации, АЦП и ЦАП, систем

ввода-вывода ЭВМ, контрольно-измерительной аппаратуры.

Сопrotивление в открытом состоянии 100 Ом

Время переключения 150 нс

Коммутируемое напряжение ± 15 В

Ток утечки 70 мА

Изготовитель — ЛОЭП «Светлана».

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ФОТОПРИЕМНЫЕ МОДУЛИ

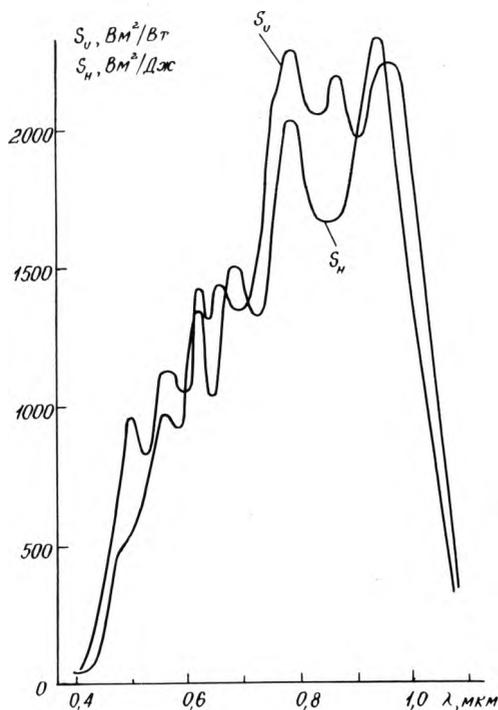
ФПМ-М17, ФПМ-М19 — высокочувствительные, с охлаждаемым ФППЗ с цифровым выводом информации

Модуль ФПМ-М17 разработан для анализа изображений, формируемых лазером с $\lambda=0,63$ мкм в импульсном режиме, ФПМ-М19 — для отработки систем астроориентации.

В модулях применены матричные фоточувствительные приборы с переносом заряда (ФППЗ) типа А-1094* с встроенным холодильником.

Модуль ФПМ-М17 работает в автономном режиме (внутренний запуск) с фиксированными частотами вывода информации от 750 до 23 кГц. Время накопления формируется внешними импульсами, поступающими в модуль через оптрон К293ЛП1. При этом может регулироваться как момент начала процесса накопления, так и его длительность синхронно с работой модуля. В период между оконча-

нием вывода информации и началом накопления система управления работает в режиме вывода.



Спектральные характеристики для ФПМ-М17 (S_H) и ФПМ-М19 (S_U)

Модуль ФПМ-М19 может работать как в автономном режиме с частотой вывода 750 кГц и временем накопления около 0,9 с, так и с запуском внешними импульсами (ТТЛ) длительностью 60—100 нс и частотой, в шесть раз превышающей частоту вывода (но не более 4,5 МГц).

ФППЗ работает в режиме без секции хранения — в течение времени накопления все элементы экспонируются оптическим излучением, а затем в течение 0,9 с осуществляется вывод накопленной информации. Сигналы из модуля выводятся через разъем типа СНП 10-разрядным параллельным двоичным кодом. Выходное сопротивление сигнала логической единицы — 680 Ом, предельный ток сигнала логического нуля — 40 мА.

Конструктивное исполнение модулей аналогично конструкции модуля ФПМ-М15. Дополнительно введена радиаторная секция для отвода тепла от термобатареи ФППЗ. С радиатора сбор тепла может осуществляться естественной конвекцией, принудительным обдувом, водяным охлаждением или через одну из боковых плоскостей радиатора контактированием. В нормальных условиях работа без принудительного охлаждения. Предусмотрена возможность оперативной замены ФППЗ.

* Марков А.Н. Фоточувствительный прибор с зарядовой связью типа А-1094.— Электронная промышленность, 1990, № 1, с. 68

Параметры модулей ФПМ-М17 и ФПМ-М19 для автономного режима со светодиодными осветителями при $\lambda=0,67$ мкм

	ФПМ-М17	ФПМ-М19		710	1024
Число элементов разложения	800×800	800×800	Максимальный выходной сигнал $U_{\text{макс}}$, ЕМР		
Размер фоточувствительной области, мм	12×12	12×12	Выходной уровень отсчета, ЕМР	~0	6
Размер фоточувствительного элемента, мкм	15×15	15×15	Число темновых дефектов, превышающих уровень 32 ЕМР (3% от $U_{\text{макс}}$)	—	0
Частота выходного сигнала, кГц	750 (возможно переключение на 375, 187, 94, 47 и 23 кГц)	750 (возможен внешний запуск)	Рекомендуемое тепловое сопротивление системы охлаждения, К/Вт	не более 2	не более 2,3
Время накопления	внешние импульсы	0,86 с или внешние импульсы	Напряжение (ток) питания, В(мА)	+15(150) +5(380) -15(160)	+15(60) +5(500) -15(140)
Максимальная экспозиция	$1,2 \cdot 10^{-3}$ Дж/м ²	$2,6 \cdot 10^{-3}$ Вт/м ²	Ток (напряжение) термобатареи, А(В)	0,8(6,9)	0,35(3)
Чувствительность	1400 В·м ² /Дж	1500 В·м ² /Вт	Потребляемая мощность, Вт	12	6,5
Динамический диапазон (по среднеквадратичному шуму)	1800 раз	3800 раз	Габаритные размеры, мм	75×75×238	75×75×238
Тип АЦП	К1108ПВ1	К1108ПВ1	Масса, кг	1,37	1,46
Напряжение, соответствующее 1 ЕМР, мВ	2,5	3			

А.Н.Марков, А.И.Хатунцев

ФПМ-М15 — широкоформатный на основе матрицы ПЗС



Предназначен для стационарных медицинских рентгеночувствительных приемников изображения. Осуществляет преобразование импульсного видимого изображения в видеосигнал (преобразование «рентген-видимый свет» происходит вне модуля). В модуле применен неохлаждаемый вариант ПЗС матрицы 800×800 элементов.

Достоинство модуля — высокая разрешающая способность и чувствительность.

Управление — частота работы, особеннос-

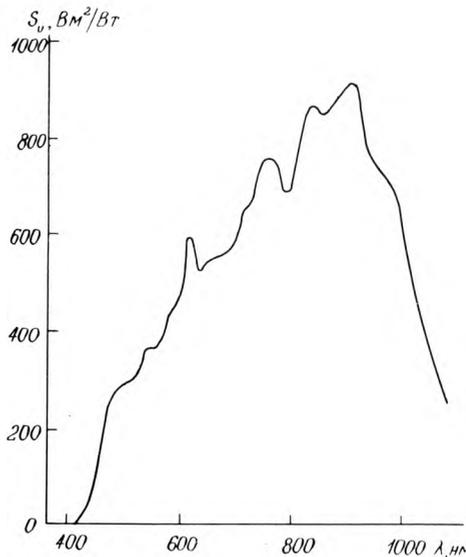
ти временных диаграмм системы управления матрицей ПЗС и др. — внутреннее, при необходимости может быть организована связь с внешней управляющей ЭВМ. Режим работы матрицы ПЗС непрерывный. Во время накопления все ее элементы воспринимают оптическую информацию, затем в течение 1 с производится вывод этой информации, т.е. работа осуществляется без секции хранения. Возникающий при непрерывном экспонировании «смаз» не превышает 0,2%. Благодаря применению в выходном устройстве двойной коррелированной выборки вид выходного сигнала («огибающий») удобен для его дальнейшей обработки как в аналоговой, так и цифровой форме.

Для совместной работы модуля как с видео-контрольным устройством, так и с аналого-цифровыми преобразователями и импульсными источниками освещения предусмотрены необходимые синхриимпульсы в уровнях ТТЛ.

Конструктивно модуль выполнен из четырех съемных секций: логической, управления, выходного устройства и фотоприемной. Боко-

вые стенки — съемные. Передняя панель — съемно-сменная, что позволяет потребителю производить установку и крепление конструктивных элементов оптического канала (на фото приведен вариант установки широкоугольного объекта типа «Мир-1В»). Подключение внешних электрических цепей производится с задней панели модуля. Теплообмен с внешней средой облегчается вентиляционными отверстиями. Крепление модуля осуществляется при помощи шести резьбовых отверстий М3, расположенных в его нижней части. Эксплуатация возможна в нормальных условиях. При пониженных температурах параметры улучшаются.

Модуль или его модификации могут применяться в различных устройствах приема изображений видимого и ближнего ИК диапазона, где возникает необходимость в жесткой координатной привязке изображения, высокой разрешающей способности и чувствительности.



Спектральная характеристика модуля ФПМ-М15

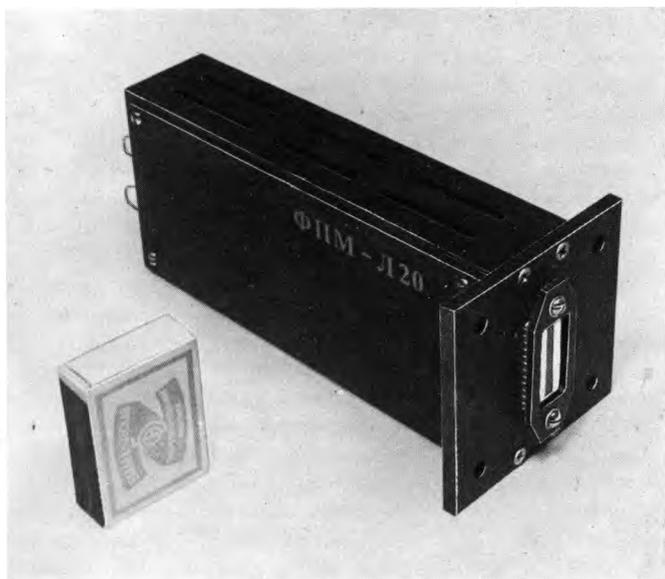
ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ МОДУЛЯ ФПМ-М15

Число элементов разложения	800×800
Размер изображения	12×12 мм
Размер фоточувствительного элемента	15×15 мкм
Спектральный диапазон	0,44—1,1 мкм
Время накопления	1 с (предусмотрена возможность установки 0,1 с)
Чувствительность на длине волны 0,67 мкм	530 В·м²/Вт
Максимальная освещенность на длине волны 0,67 мкм	4·10 ⁻³ Вт/м² (соответствует ~1 лк)

Динамический диапазон	1250
Частота выходного сигнала	780 кГц
Максимальный выходной сигнал	2 В
Выходное сопротивление	50 Ом
Напряжение и токи питания	+5 В(190 мА) +15 В(110 мА) -15 В(80 мА)
Потребляемая мощность	3,5 Вт
Габариты	78×75×194 мм
Масса	0,94 кг

А.Н.Марков, А.И.Хатунцев

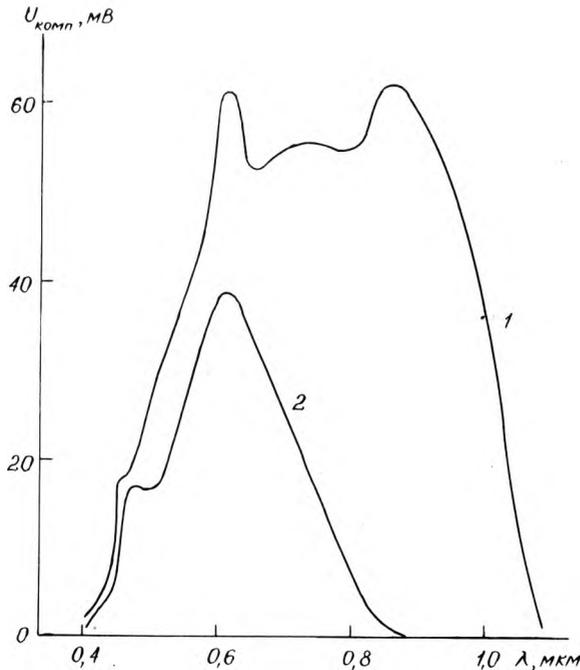
ФПМ-Л20 — пороговый фотоприемный



Модуль предназначен для устройств автоматизированного контроля топологии печатных плат и микросборок. В качестве приемника изображения использован фоточувствительный прибор с переносом заряда (ФППЗ) типа К1200ЦЛ2. По сравнению с пороговым модулем ФПМ-10Л имеет более высокую — в 14 раз — частоту вывода информации всего при двухкратном увеличении потребляемой мощности. Это достигнуто благодаря применению оптимизированного варианта структурной организации системы управления и обработки выходного сигнала ФППЗ, в котором количество комплектующих изделий сокращено без ухудшения параметров модуля.

Система управления модуля обеспечивает непрерывный режим работы регистров ФППЗ с внутренним запуском.

При необходимости уровень компарации



Спектральная зависимость уровня компарации, соответствующего уровню выходного сигнала ФППЗ, при отсутствии (1) и наличии (2) цветного светофильтра СЗС 24. Уровень освещенности во всем диапазоне соответствует 1 Вт/см^2

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ФОТОПРИЕМНОГО
МОДУЛЯ ФПМ-Л20

Длина фоточувствительного поля	24 мм
Ширина фоточувствительного поля	10 мкм
Число фоточувствительных элементов	2000
Максимальная рабочая освещенность при длине волны 670 нм, светодиода АЛ3076БМ	13,5 Вт/м
Время накопления	480 мкс
Частота вывода информации	4,2 МГц
	(возможно установить частоту 2,1 МГц)
Пространственная чувствительность	83 эл/мм
Неравномерность пространственной чувствительности	1 элемент
Энергетическая чувствительность при использовании светофильтра СЗС24	$30 \text{ мВ} \cdot \text{м}^2/\text{Вт}$
без светофильтра	$50 \text{ мВ} \cdot \text{м}^2/\text{Вт}$
Допустимый уровень изменения освещенности	16 раз
Уровни сигнала и синхронизации	ТТЛ
	(нагрузочная способность — 10 единиц нагрузки ТТЛ)
Максимальный уровень компарации	700 мВ
Динамический диапазон по уровню компарации	61 дБ
Потребляемая мощность	4,2 Вт
Габаритные размеры	$75 \times 38 \times 168 \text{ мм}$
Масса	500 г

может регулироваться оператором, однако достигнутые модуляционные характеристики позволяют сохранить работоспособность модуля без подстройки уровня компарации при 16-кратном изменении уровня освещенности. Конструктивно обеспеченная жесткая привязка фоточувствительной поверхности ФППЗ

к посадочной плоскости модуля обеспечивает возможность его эксплуатации в условиях вибрации и ударов.

Питание — от внешних стабилизированных источников напряжения +5В (524 мА), +12 В (104 мА) и —12 В (26 мА).

А.И.Хатунцев



Надежные ЭКСИМЕРНЫЕ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНЫЕ ЛАЗЕРЫ из КБ АН Эстонии

Современный дизайн, высокая средняя мощность (до 50 Вт) ультрафиолетового излучения (193 : 351 нм), частотный режим работы (до 150 имп./с), высокая стабильность выходных параметров, развитая система управления как от ЭВМ, так и ручная, высокий ресурс газовой смеси (более 2 млн. имп.) и надежность в работе, мелкосерийный выпуск — таков результат десятилетнего опыта создания эксимерных лазеров нашей фирмой.

Основные области применения — накачка лазеров на красителях, спектроскопия, физические исследования, микроэлектроника, фотохимия, маркирование, медицина, лазерные системы...
Наша фирма готова к сотрудничеству по созданию новых эксимерных лазеров и комплексов.

Наш адрес:
200108 г. Таллинн, Академия тез 19
КБ АН Эстонии, тел. [0142] 53-98-52
Телетайп 173383 «Дизайн»
Телефакс [0142] 52-72-04

АРСЕНИДОГАЛЛИЕВЫЕ ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ С КАНАЛОМ n-ТИПА

АП607А-2 — усилительный СВЧ транзистор

Предназначен для усилителей мощности, генераторов, работающих на частоте 10 ГГц в составе гибридных интегральных микросхем.

Изготовлен по эпитаксиально-планарной технологии, в негерметичном металлокерамическом держателе с гибкими выводами. Кристалл монтируется в корпус методом прямого монтажа.

Рассчитан на эксплуатацию в диапазоне температур окружающей среды от -60 до 125°C при вибрационных нагрузках на частоте 1—5000 Гц с ускорением до 40 g, многократных ударных нагрузках 150 g (длительность 1—5 мс), одиночных ударных нагрузках 1500 g (1—2 мс) и линейных нагрузках не более 500 g.

Электрические параметры при $t_{окр}$ от -60 до 125°C

- Крутизна характеристики при $U_{си} = 3$ В, $U_{зи} = -2$ В, мА/В не менее 80
- Начальный ток стока при $U_{си} = 3$ В, $U_{зи} = 0$, мА . . не более 1600
- Ток утечки затвора при $U_{зи} = -5$ В, мА при $t_{окр} = 25 \pm 10^\circ\text{C}$ не более 0,4
- 125 ± 5°C 0,8
- 60 ± 3°C 0,4
- Выходная мощность при $U_{си} = 8$ В, $f = 10$ ГГц, $P_{вх} = 380$ мВт, Вт не менее 1
- Коэффициент усиления по мощности при $U_{си} = 8$ В, $f = 10$ ГГц, $P_{вх} = 380$ мВт, дБ не менее 4,5
- Коэффициент усиления по мощности в линейной области амплитудной характеристики при $U_{си} = 5$ В, $f = 10$ ГГц, $P_{вх} = 100$ мВт, дБ не менее 4,0
- Коэффициент полезного действия стока при $U_{с.пит} = 8$ В, $P_{вх} = 380$ мВт, $f = 10$ ГГц, % не менее 20
- Остаточный ток стока при $U_{си} = 3$ В, $U_{зи} = -5$ В, мА не более 5
- Сопротивление сток—исток в открытом состоянии, Ом не более 6

Предельно допустимые режимы эксплуатации

- Постоянное напряжение затвор—исток, В 5
- Напряжение питания стока, В 8
- Средняя рассеиваемая мощность в динамическом режиме при $t_{окр}$ от -60 до 25°C, Вт 3,5*
- Постоянная рассеиваемая мощность при $t_{окр}$ от -60 до 25°C, Вт 3,5*

* В диапазоне температур от 35 до 125°C значения мощности линейно снижаются до 1,08 Вт. Постоянная рассеиваемая мощность рассчитывается по формуле

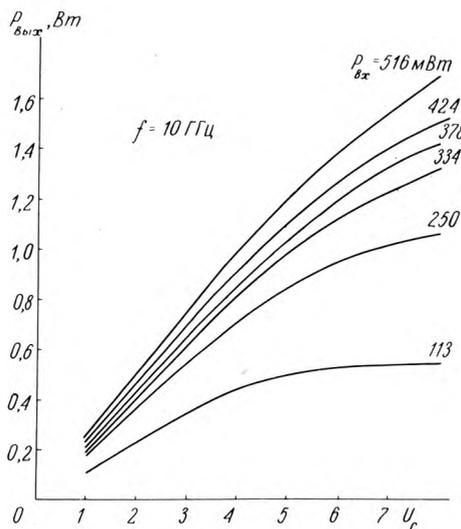
$$P_{max} = \frac{I_{п.мах} - I_{кр}}{R_{т,п-кор}}, \text{ Вт,}$$

где $R_{т,п-кор} < 37^\circ\text{C/Вт}$; $t_{кр}$ — температура кристаллодержателя; $I_{п.мах} = 165^\circ\text{C}$.

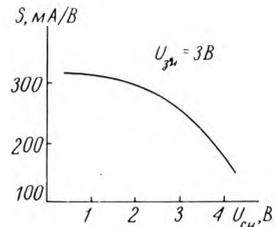
Средняя рассеиваемая мощность в динамическом режиме составляет

$$P_{ср.мах} = U_{с.пит} I_{сп} (P_{вых} - P_{вх}), \text{ Вт,}$$

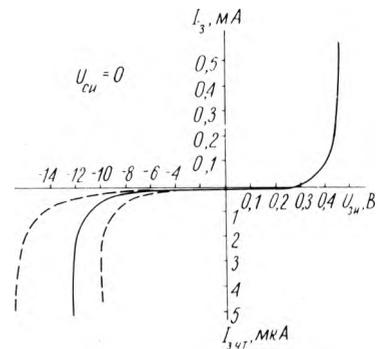
где $I_{сп}$ — постоянная составляющая тока стока транзистора.



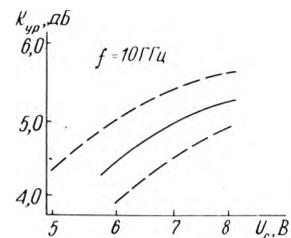
Типовые зависимости выходной мощности от напряжения стока



Типовая зависимости крутизны характеристики от напряжения сток—исток при $t_{кр} = 25 \pm 10^\circ\text{C}$

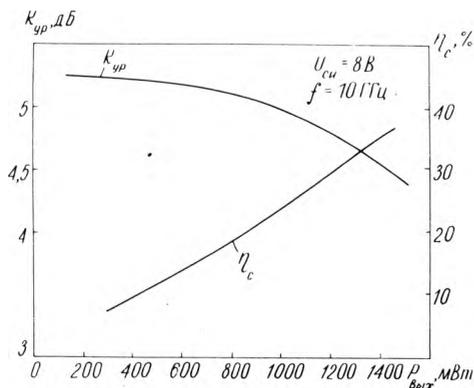


Типовые вольт-амперные характеристики прямой и обратной ветви барьера Шоттки при $t_{кр} = 25 \pm 10^\circ\text{C}$

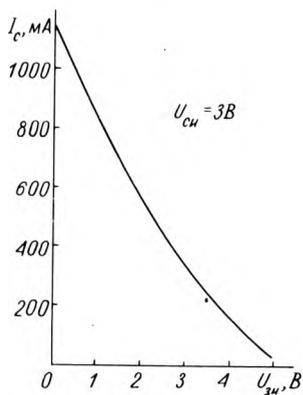


Зависимости коэффициента усиления по мощности от напряжения стока: — типовая, — — — граница 95%-ного разброса

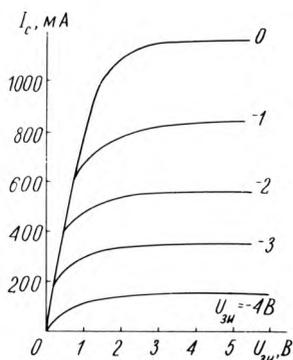
АП915Б-2 — транзистор с барьером Шотки



Типовые зависимости коэффициента усиления по мощности и коэффициента полезного действия стока от выходной мощности при $t_{кр} = 25 \pm 10^\circ\text{C}$



Типовая передаточная характеристика при $t_{кр} = 25 \pm 10^\circ\text{C}$



Типовые выходные вольт-амперные характеристики при $t_{кр} = 25 \pm 10^\circ\text{C}$

Предназначен для применения в усилителях мощности и генераторах в диапазоне частот до 8 ГГц в составе гибридных интегральных микросхем, блоков и аппаратуры, обеспечивающих герметизацию и защиту транзисторов от воздействия влаги, соляного тумана, плесневых грибов, росы, агрессивных газов и смесей.

Изготовлен по планарной технологии. Уформление бескорпусное с гибкими выводами, на кристаллодержателе. Масса не более 5 г.

Рассчитан на эксплуатацию в диапазоне температур окружающей среды от -60 до 85°C , при вибрационных нагрузках на частоте от 1 до 5000 Гц с ускорением до 60 g, многократных ударных нагрузках 150 g (длительность 1—5 мс), одиночных ударных нагрузках 1500 g (0,1—2,0 мс).

Предельно допустимые режимы эксплуатации при $t_{окр}$ от -60 до 85°C

- Постоянное напряжение затвор—исток, $U_{з.и. max}$, В 5
- Постоянная рассеиваемая мощность, P_{max} , Вт 12*
- Средняя рассеиваемая мощность в динамическом режиме, $P_{ср. max}$, Вт 12*
- Напряжение питания стока, $U_{с.пит. max}$, В 7
- Температура канала, $t_{к. max}$, $^\circ\text{C}$ 170

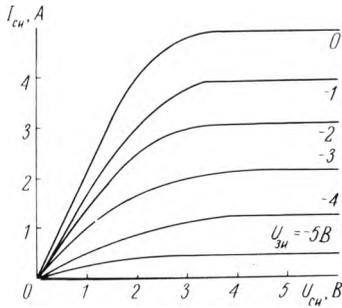
* В диапазоне температур кристаллодержателя от 40 до 85°C значение P_{max} , $P_{ср. max}$ линейно снижаются до 8 Вт;

$$P_{ср. max} = U_{с.пит} \cdot I_c(n) - (P_{вых} - P_{вх}), \text{ Вт,}$$

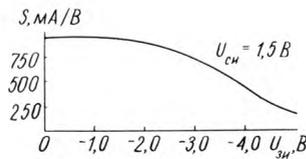
где: $U_{с.пит}$ — напряжение питания стока, $I_c(n)$ — постоянная составляющая тока стока.

	АП915А-2	АП915Б-2
Крутизна характеристики при $U_{си} = 1,5 \text{ В}$, $I_c = 0,5 \text{ А}$, мА/В, не менее	350	300
Ток утечки затвора при $U_{си} = 0$, $U_{зи} = -5 \text{ В}$, мА, не более при $t_{окр} = 25 \pm 10^\circ\text{C}$	1,0	1,0
$t_{кр} = 85 \pm 5^\circ\text{C}$	—	5,0
$t_{окр} = -60 \pm 3^\circ\text{C}$	—	1,0
Выходная мощность при $U_{си} = 7 \text{ В}$, $f = 8 \text{ ГГц}$, Вт, не менее		
$P_{вх} = 2,5 \text{ Вт}$	5,0	—
$P_{вх} = 1,5 \text{ Вт}$	—	3,0
Коэффициент усиления по мощности при $U_{си} = 7 \text{ В}$, $f = 8 \text{ ГГц}$, дБ, не менее		
$P_{вх} = 2,5 \text{ Вт}$	3,0	—
$P_{вх} = 1,5 \text{ Вт}$	—	3,0
Коэффициент усиления по мощности в линейной области амплитудной характеристики при $U_{си} = 4 \text{ В}$, $f = 8 \text{ ГГц}$, $P_{вх} = 0,3 \text{ Вт}$, дБ, не менее	3,0	3,0
Коэффициент полезного действия стока при $U_{си} = 7 \text{ В}$, $f = 8 \text{ ГГц}$, %, не менее		
$P_{вх} = 2,5 \text{ Вт}$	25	—
$P_{вх} = 1,5 \text{ Вт}$	—	15

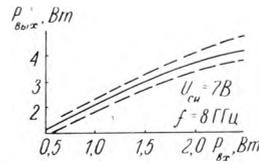
В.И.Данилин, В.А.Буробин,
А.А.Морозов, Н.С.Логунова,
А.И.Иванов, Г.К.Богданова



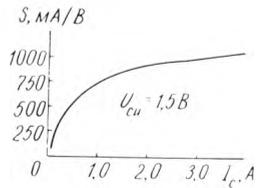
Типовые выходные вольт-амперные характеристики при $t_{кр} = 25 \pm 10^\circ \text{C}$



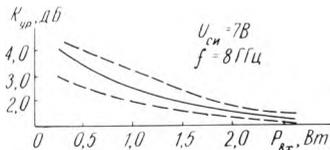
Типовая зависимость крутизны характеристики от напряжения затвор-исток при $t_{кр} = 25 \pm 10^\circ \text{C}$



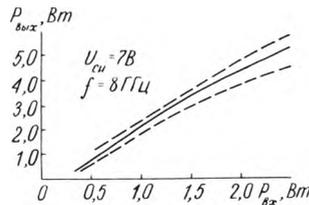
Зависимость выходной мощности от входной мощности транзистора АР915Б-2 при $t_{кр} = 25 \pm 10^\circ \text{C}$



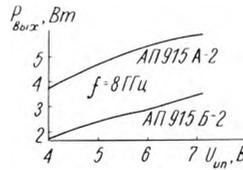
Типовая зависимость крутизны характеристики от тока стока при $t_{кр} = 25 \pm 10^\circ \text{C}$



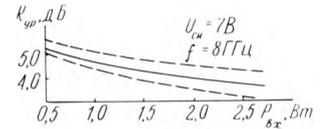
Зависимость коэффициента усиления по мощности от входной мощности транзистора АР915Б-2 при $t_{кр} = 25 \pm 10^\circ \text{C}$



Зависимость выходной мощности от входной мощности транзистора АР915А-2 при $t_{кр} = 25 \pm 10^\circ \text{C}$



Зависимости выходной мощности транзистора от напряжения питания при $t_{кр} = 25 \pm 10^\circ \text{C}$. Для АР915А-2 $P_{вх} = 2,5 \text{ Вт}$, для АР915Б-2 $P_{вх} = 1,5 \text{ Вт}$



Зависимость коэффициента усиления по мощности от входной мощности транзистора АР915А-2 при $t_{кр} = 25 \pm 10^\circ \text{C}$

Е.И.Гантман, В.Н.Данилин,
В.А.Буробин, В.Е.Дединец,
А.Г.Лобанов

АП930А-2, АП930Б-2, АП930В-2 — СВЧ транзистор с барьером Шотки

Предназначен для широкополосных усилителей мощности в полосе частот 5,7—6,3 ГГц. Изготовлен по эпитаксиально-планарной технологии.

Поставляется с гибкими выводами на кристаллодержателе. Масса — не более 10 г.

Рассчитан на эксплуатацию в диапазоне температур от -60 до 125°C на кристаллодержателе, при вибрационных нагрузках на частоте 10—5000 Гц с ускорением до 40 g, многократных ударных нагрузках до 150 g (длительность от 0,1 до 2 мс), одиночных ударных нагрузках до 15000 g (от 1 до 5 мс) и линейных нагрузках до 500 g.

Электрические параметры при $t_{кр} = 25 \pm 10^\circ \text{C}$

Крутизна характеристики при $I_c = 4,0 \text{ А}$,

$U_{си} = 3 \text{ В}$, mA/B не менее 1000

Ток утечки затвора при $U_{зи} = -5 \text{ В}$, mA не более 0,5

Начальный ток стока при $U_{си} = 3 \text{ В}$, $U_{зи} = 0$, A не более 4,5

Остаточный ток стока при $U_{си} = 3 \text{ В}$,

$U_{зи} = -5 \text{ В}$, mA не более 15

Выходная мощность при $U_{с.пит} = 8 \text{ В}$,

$Z_{вх} = Z_{вых} = 50 \text{ Ом}$, $\Delta j = 5,7-6,3 \text{ ГГц}$, Вт, не менее

АП930А-2 ($P_{вх} = 1,4 \text{ Вт}$) 5,0

АП930Б-2 ($P_{вх} = 2,4 \text{ Вт}$) 7,5

АП930В-2 ($P_{вх} = 3,6 \text{ Вт}$) 10,0

Коэффициент усиления по мощности при

$U_{с.пит} = 8 \text{ В}$, $Z_{вх} = Z_{вых} = 50 \text{ Ом}$, $\Delta j = 5,7-6,3 \text{ ГГц}$,

не менее

АП930А-2 ($P_{вх} = 1,4 \text{ Вт}$) 5,5

АП930Б-2 ($P_{вх} = 2,4 \text{ Вт}$) 5,0

АП930В-2 ($P_{вх} = 3,6 \text{ Вт}$) 4,5

Коэффициент полезного действия стока при

$U_{с.пит} = 8 \text{ В}$, $Z_{вх} = Z_{вых} = 50 \text{ Ом}$, $\Delta j = 5,7-6,3 \text{ ГГц}$, %,

не менее

АП930А-2 ($P_{вх} = 1,4 \text{ Вт}$) 25

АП930Б-2 ($P_{вх} = 2,4 \text{ Вт}$) 30

АП930В-2 ($P_{вх} = 3,6 \text{ Вт}$) 40

Предельно допустимые режимы эксплуатации в диапазоне температур от -60 до 125°C

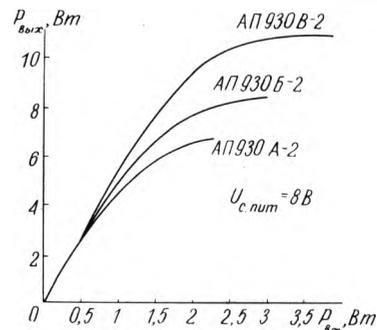
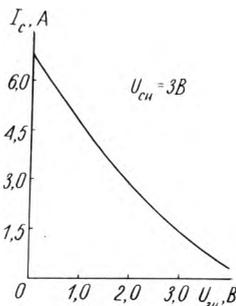
Постоянное напряжение затвор—исток, В 5
 Напряжение питания, В 8
 Мощность в диапазоне температур от -60 до 35°C, Вт постоянная рассеиваемая* 21
 рассеиваемая в динамическом режиме** 21

* В диапазоне температур от 35 до 125°C мощность линейно снижается по формуле

$$P_{max} = \frac{I_{n,max} - I_{кр}}{R_{т.п-кор}}$$

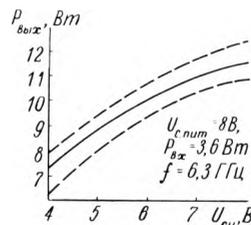
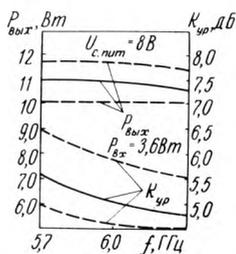
где $R_{т.п-кор} = 6,0^\circ\text{C}/\text{Вт}$, $I_{n,max} = 150^\circ\text{C}$.
 ** $P_{ср,max} = U_{с.пит} \cdot I_{сн} - (P_{вых} - P_{вх})$, Вт,

где $I_{сн}$ — постоянная составляющая тока стока.



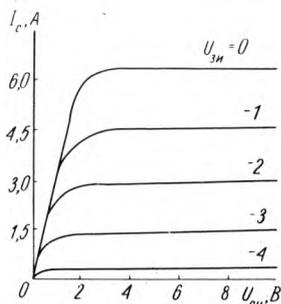
Типовая переходная характеристика при $t_{кр} = 25 \pm 10^\circ\text{C}$

Типовые зависимости выходной мощности от входной при $t_{кр} = 25 \pm 10^\circ\text{C}$

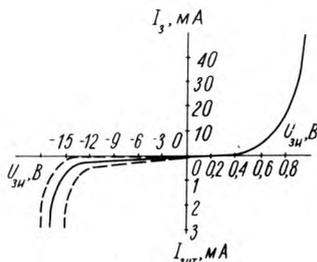


Зависимости выходной мощности и коэффициента усиления по мощности от частоты транзистора АР930В-2 при $t_{кр} = 25 \pm 10^\circ\text{C}$: — типовая; — граница 95%-ного разброса

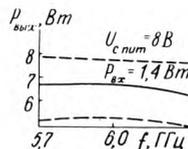
Зависимости выходной мощности от напряжения сток—исток транзистора АР930В-2 при $t_{кр} = 25 \pm 10^\circ\text{C}$: — типовая; — границы 95%-ного разброса



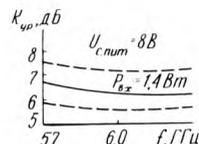
Типовые выходные вольт-амперные характеристики при $t_{кр} = 25 \pm 10^\circ\text{C}$



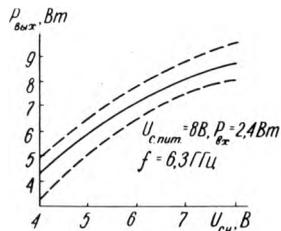
Прямая и обратная ветви вольт-амперной характеристики барьера Шотки при $t_{кр} = 25 \pm 10^\circ\text{C}$



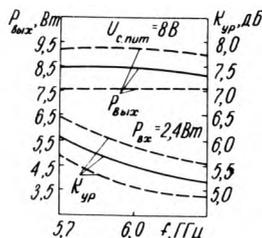
Зависимости выходной мощности от частоты транзистора АР930А-2 при $t_{кр} = 25 \pm 10^\circ\text{C}$: — типовая; — граница 95%-ного разброса



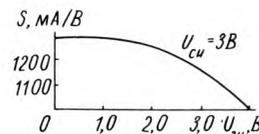
Зависимости коэффициента усиления по мощности от частоты транзистора АР930А-2 при $t_{кр} = 25 \pm 10^\circ\text{C}$: — типовая; — граница 95%-ного разброса



Зависимость выходной мощности от напряжения сток—исток транзистора АР930Б-2 при $t_{кр} = 25 \pm 10^\circ\text{C}$: — типовая; — граница 95%-ного разброса



Зависимость выходной мощности и коэффициента усиления по мощности от частоты транзистора АР930Б-2 при $t_{кр} = 25 \pm 10^\circ\text{C}$: — типовая; — граница 95%-ного разброса



Типовая зависимость крутизны характеристики от напряжения затвор—исток при $t_{кр} = 25 \pm 10^\circ\text{C}$

В.А.Буробин, Е.И.Гантман,
 В.Н.Данилин, В.Е.Дединец,
 А.И.Иванов

Изготовитель — НИИ «Пульсар», г. Москва

НОВАЯ КОМПЛЕМЕНТАРНАЯ ПАРА МОЩНЫХ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЭПИТАКСИАЛЬНО-ПЛАНАРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ КТ8101А, Б ($n-p-n$), КТ8102А, Б ($p-n-p$)

Предназначены для работы в оконечных каскадах усилителей звуковой частоты. Могут быть использованы в стабилизаторах напряжения, преобразователях, в другой радиоэлектронной аппаратуре.

Расширенная область безопасной работы, слабая зависимость коэффициента передачи тока от тока эмиттера и напряжения коллектора позволяют значительно улучшить качественные и энергетические характеристики усилителей звуковой частоты.

Конструктивно выполнены в пластмассовом корпусе КТ43 (ГО-218).

Расчитаны на эксплуатацию в диапазоне температур окружающей среды от -60°C до температуры корпуса $+125^{\circ}\text{C}$.

МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ РЕЖИМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР ОТ $t_{\text{корп}} = -60^{\circ}\text{C}$ ДО $t_{\text{корп}} = 125^{\circ}\text{C}$

Постоянное напряжение, В	
коллектор-эмиттер	
при $R_{63} \leq 100 \text{ Ом}$	
КТ8101А, КТ8102А	200
КТ8101Б, КТ8102Б	160
коллектор-база	
КТ8101А, КТ8102А	200
КТ8101Б, КТ8102Б	160
эмиттер-база	6
Ток коллектора, А	
постоянный	16
импульсный	25
Ток базы, А	
постоянный	2
импульсный	4
Постоянная рассеиваемая мощность коллектора, Вт	
в диапазоне температур	
от $t_{\text{корп}} = -60$ до 25°C с теплоотводом	150
от $t_{\text{окр}} = -60$ до 25°C без теплоотвода	2
Скорость нарастания обратного напряжения, В/мкс	200
Температура перехода, $^{\circ}\text{C}$	150

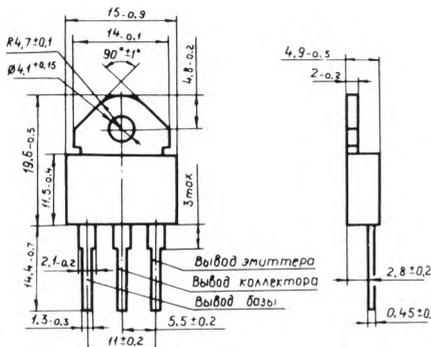


Рис. 1. Транзисторы КТ8101А, Б и КТ8102А, Б

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРИ $t_{\text{корп}} = 25^{\circ}\text{C}$

Обратный ток коллектора при $U_{кб} = 200 \text{ В}$ для КТ8101А, КТ8102А и $U_{кб} = 160 \text{ В}$ для КТ8101Б, КТ8102Б, мА	1
Граничное напряжение, $U_{кз \text{огр}}$ при $I_{к} = 50 \text{ мА}$, $L = 160 \text{ мГн}$, $I_{к \text{нас}} = 200 \text{ мА}$, $I_{б} = 10 \text{ мА}$, В	160
КТ8101А, КТ8102А	120
КТ8101Б, КТ8102Б	120
Статический коэффициент передачи тока при $U_{кб} = 10 \text{ В}$, $I_{з} = 2 \text{ А}$	не менее 20
Напряжение насыщения коллектор-эмиттер и база-эмиттер при $I_{к} = 6 \text{ А}$, $I_{б} = 0,6 \text{ А}$, В	не более 2
Граничная частота коэффициента передачи тока при $U_{кз} = 10 \text{ В}$, $I_{к} = 0,2 \text{ А}$, МГц	не менее 10
Обратный ток эмиттера при $U_{эб} \approx 6 \text{ В}$, мА	не более 3
Емкость коллекторного перехода при $U_{кб} = 5 \text{ В}$, $f = 1 \text{ МГц}$, пФ	не более 1000

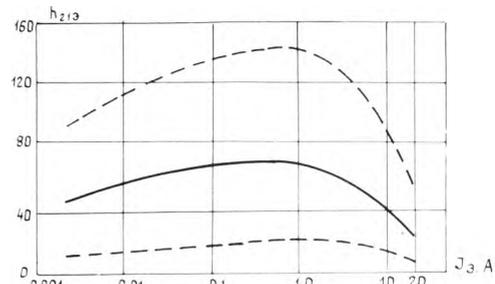


Рис. 2. Зависимость статического коэффициента передачи тока от тока эмиттера при $t_{\text{корп}} = 25 \pm 10^{\circ}\text{C}$, $U_{кб} = 10 \text{ В}$: — типовая; - - - граница 95%-ного разброса

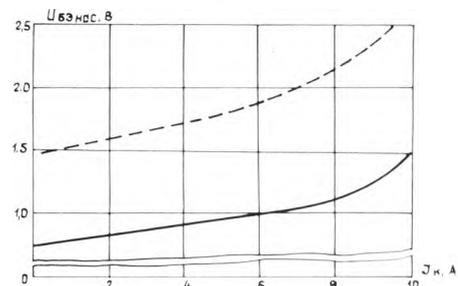


Рис. 3. Зависимость напряжения насыщения база-эмиттер от тока коллектора при $t_{\text{корп}} = 25 \pm 10^{\circ}\text{C}$, $I_{б} = 0,6 \text{ А}$: — типовая; - - - граница 95%-ного разброса

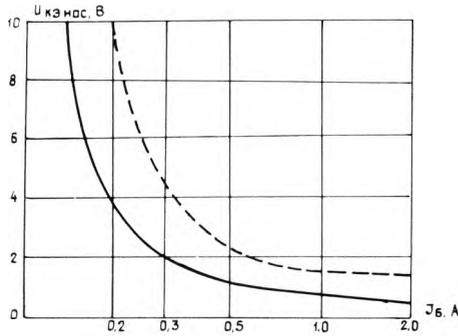


Рис. 4. Зависимость напряжения насыщения коллектор-эмиттер от тока базы при $t_{корп}=25\pm 10^\circ\text{C}$: — типовая; --- граница 95%-ного разброса

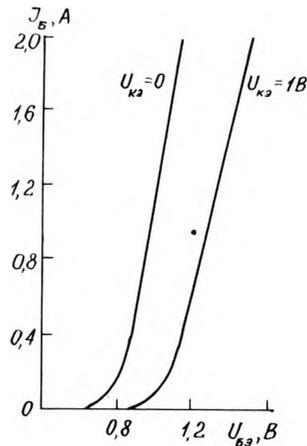


Рис. 7. Типовые входные вольт-амперные характеристики в схеме с общим эмиттером при $t_{корп}=25\pm 10^\circ\text{C}$

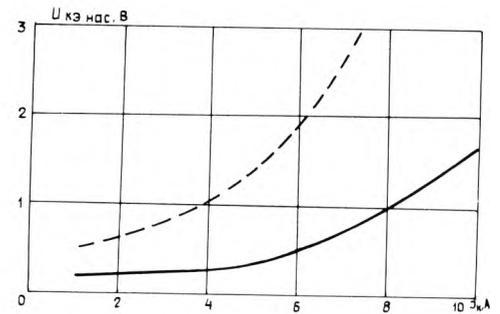


Рис. 10. Зависимость напряжения насыщения коллектор-эмиттер от тока коллектора при $t_{корп}=25^\circ\text{C}$, $I_b=0,6\text{ А}$

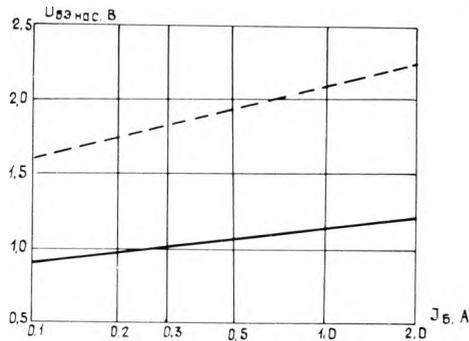


Рис. 5. Зависимость напряжения насыщения база-эмиттер от тока базы при $t_{корп}=25\pm 10^\circ\text{C}$: — типовая; --- граница 95%-ного разброса

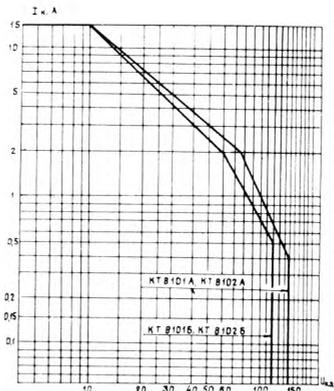


Рис. 8. Области безопасной работы транзисторов при $t_{корп}\leq 25^\circ\text{C}$ в статическом режиме

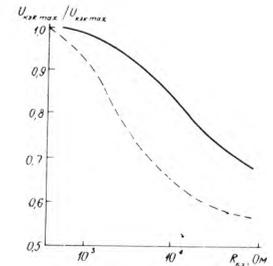


Рис. 11. Приведенная зависимость пробивного напряжения коллектор-эмиттер от сопротивления в цепи базы при $t_{корп}=25\pm 10^\circ\text{C}$: — типовая; --- граница 95%-ного разброса

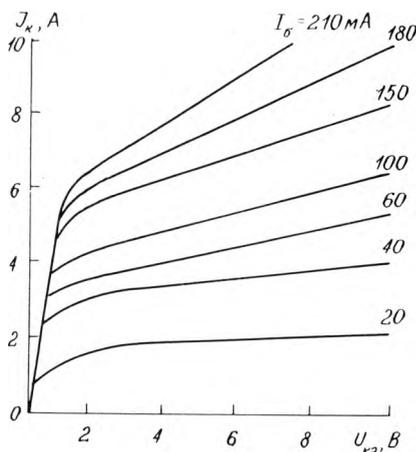


Рис. 6. Типовые выходные вольт-амперные характеристики в схеме с общим эмиттером при $t_{корп}=25\pm 10^\circ\text{C}$

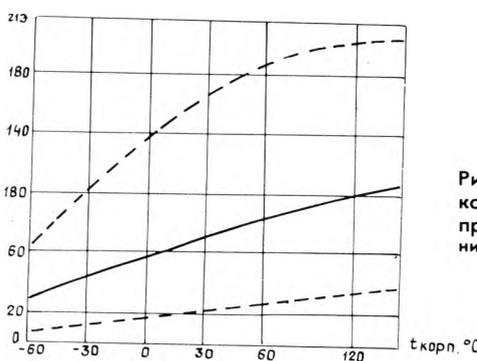


Рис. 9. Зависимость статического коэффициента передачи тока от температуры корпуса при $U_{кб}=10\text{ В}$, $I_b=2\text{ А}$: — типовая; --- граница 95%-ного разброса

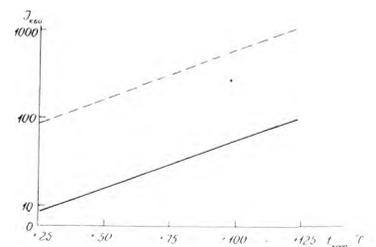


Рис. 12. Зависимость обратного тока коллектора от температуры корпуса при $U_{кб}=200\text{ В}$: — типовая; --- граница 95%-ного разброса

А.К.Артюков

Обращаться по адресу:
241037, Брянск, ПО «Кремний».
Тел. 1-66-76

РАДИОСПЕКТРОМЕТР ЭЛЕКТРОННОГО ПАРАМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

АЭ4700

— малогабаритный, трехсантиметрового диапазона, с микропроцессорным управлением.

Применяется для решения научно-исследовательских и прикладных задач в лабораторной, производственной и клинической практике, в биологии, геологии, в биомедицинских, физико-технических и других исследованиях.

Встроенная микроЭВМ значительно расширяет использование радиоспектрометра, обеспечивая выполнение функций: задание параметров регистрации спектра, сглаживание спектра, выделение фрагмента спектра, вывод спектра на самописец, метрологическая поверка.

Выбор функций и работа в каждой из них осуществляется посредством простого, удобно организованного диалога, с использованием специализированных клавиатуры (20 клавиш) и алфавитно-цифрового графического дисплея (16×16 символов, 256×256 точек).

Управлять радиоспектрометром можно и от внешней ЭВМ. Предусмотрена возможность передачи информации внешней ЭВМ посредством интерфейса типа ИРПР.

Спектрометрический блок содержит функциональные узлы:

датчик ЭПР (электромагнит, резонатор, тракт сверхвысокой частоты, предусилитель, схема автоматической подстройки частоты);

устройство управления магнитным полем на основе датчика Холла;

устройство автоматической настройки тракта СВЧ;

источники питания (электромагнита, усилителя мощности модулятора, генератора СВЧ).

Рабочая частота генератора СВЧ	9,4±0,4 ГГц
Чувствительность	не более $1 \cdot 10^{15}$ Спин/т
Относительная разрешающая способность	не более $2 \cdot 10^{-5}$
Нестабильность резонансных условий	не более $5 \cdot 10^{-5}$ 1/h
Мощность генератора СВЧ	не менее 50 мВт
Ослабление мощности генератора СВЧ	не менее 40 дБ
Диапазон изменения индукции поляризирующего поля	0,025—0,7Т
Частота модуляции магнитного поля	100 кГц
Дискретность регистрации спектрограмм	4096 точек
Габаритные размеры каждого из двух блоков	420×450×270 мм
Масса	не более 80 кг
Цена	45 тыс.руб.

ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС

СПЕКТР-ДК-01

НАЗНАЧЕНИЕ: обработка многоканальных цифровых изображений. Используется для дистанционного зондирования Земли, в сейсмо-разведке, картографии, медицине, материаловедении, метеорологии, геологии, в области экологии, для проведения научных экспериментов.

ОСНОВНЫЕ ДОСТОИНСТВА:

Прием многоканальной информации с предварительной обработкой в реальном времени с одновременной визуализацией.

Большой объем оперативной памяти для хранения изображений.

Высокая скорость обработки изображения спецпроцессором.

Отображение информации на цветном ВКУ повышенного разрешения с высокой достоверностью.

Возможность использования в качестве управляющей любой отечественной или зарубежной ЭВМ, совместимой с IBM PC/XT/AT.

Развитая сеть периферийных устройств.

Модульный принцип построения.

Использование популярной операционной системы, открытого принципа построения программных средств.

Серийный выпуск, гарантийное обслуживание и сопровождение.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Скорость поступления входной информации	
параллельной	до 8 Мбайт/с
последовательной	до 8 Мбит/с
аналоговой	до 1 МГц
Память изображений	
число	от 2 до 16
размер	от 256×256×8 до 512×512×8 (1024×1024×8)
общий объем	до 4 Мбайт (16 Мбайт)

ВИДЕОКОНТРОЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ВКУ-51-Ц

Кинескоп	«Калина-Д»
Разрешение	1000×1000
Число элементов отображения информации	700×512
Тип развертки	прогрессивная
Время обновления	20 мс

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

ДРАЙВЕРЫ ДЛЯ ВВОДА ИЗОБРАЖЕНИЙ: с высокоплотной магнитной ленты устройства КУМР, с машинной магнитной ленты формата СМ ЭВМ, с магнитных дисков с УВВИ «FEAG-200».

ДРАЙВЕРЫ ДЛЯ ВЫВОДА ИЗОБРАЖЕНИЙ: на машинную магнитную ленту в формате СМ ЭВМ, на магнитные диски, на УВВИ «FEAG-200», на устройство печати.

УПРАВЛЕНИЕ РЕСУРСАМИ КОМПЛЕКСА: захват кадра, выбор конфигурации памяти, определение фрагмента изображения, выбор таблиц видеопроцессора.

ОПЕРАЦИИ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ: арифметические и логические с одним или двумя изображениями, геометрические преобразования, яркостные преобразования, фильтрация изображений, масштабирование и сдвиги изображений.

АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ: получение яркостных характеристик и гистограмм распределения яркостей, выделение контуров.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ: управление по принципу функционального «меню», маркировка изображений при помощи алфавитно-цифровой информации, тестирование устройств комплекса.

ГРАФИЧЕСКИЙ ДИСПЛЕИ

ВКУ-32-Ц

Кинескоп	32ЛКД1Ц
Разрешение	1000×1000
Число элементов отображения информации	640×200
Тип развертки	прогрессивная
Время обновления	20 мс

ВИДЕОПРОЦЕССОР

Число видеовыходов	3
Разрядность	8 бит
RGB выход	16 млн. оттенков
Число уровней яркости	256
Таблицы преобразования	8 по 256 на 32 бита
Наложение графики, канал обратной связи, масштабирование и сдвиги	

ИНТЕРФЕЙСЫ

с СМ1420	ИРПР
с СМ2М	ИРПС
с «FEAG-200»	контроллер трекбола
с НМЛ-СМ5309	расширитель шины
с ПЗС — телекамерой	

СПЕЦПРОЦЕССОР

Шина адреса	20 разрядов
Шина данных	32 разряда (4×8)
Принцип управления	микропрограммный
Поле микрокоманд	128 бит
Скорость	10 млн. операций в секунду

Габаритные размеры
3200×600×1500

Вес
не более 150 кг

Потребляемая мощность
1,5 кВт · А

Ориентировочная цена
80—90 тыс.руб.

Заказы направлять по адресу:
290014, Львов, ул. Нищинского, 35,
СКБ МП,
патентно-информационный отдел.
Тел. 79-94-83

КОНДЕНСАТОРЫ ОКСИДНО-ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ТАНТАЛОВЫЕ

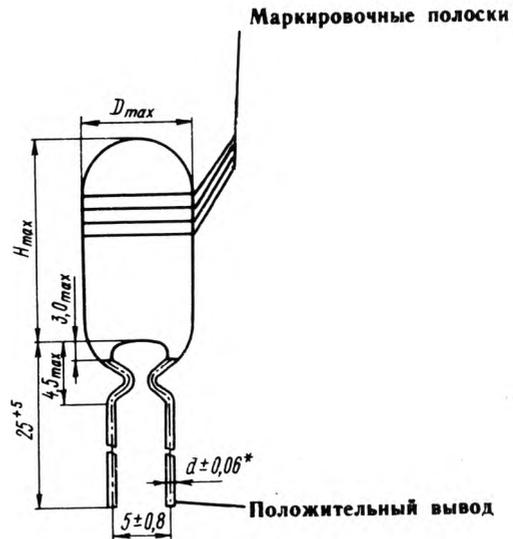
К53-34

Для работы в качестве встроенных элементов внутреннего монтажа аппаратуры в цепях постоянного, переменного и пульсирующего тока. Для ручной сборки и автоматизированного монтажа.

Изготавливаются для умеренного и холодного климата; с $H_{\max} = 8,5$ и $9,5$ мм — во всеклиматическом исполнении (В)

Номинальное напряжение, В
Номинальная емкость, мкФ
Тангенс угла потерь, %, макс
Максимальный ток утечки, мкА
Диапазон рабочих температур, °С

1—50
0,68—680 ($\pm 20,30$ %)
20
0,02 СИ
—60...+85



Размеры и масса конденсаторов, ДхН, мм

Номинальная емкость, мкФ	1,6В _{НОМ}	3,2В _{НОМ}	4,0В _{НОМ}	6,3В _{НОМ}	10В _{НОМ}	16В _{НОМ}	20В _{НОМ}	32В _{НОМ}	40В _{НОМ}	50В _{НОМ}
0,68										5x8,5 1
1									5x8,5 1	5x8,5 1
1,5									5x8,5 1	6x9,5 1,5
2,2									5x8,5 1	6x9,5 1,5
3,3								5x8,5 1	6x9,5 1,5	7,1x12 2,5
4,7							5x8,5 1	5x8,5 1	6x9,5 1,5	7,1x12 2,5
6,8						5x8,5 1	5x8,5 1	6x9,5 1,5	7,1x12 2,5	9x12 3,5
10				5x8,5 1	5x8,5 1	5x8,5 1	6x9,5 1,5	6x9,5 1,5	7,1x12 2,5	9x12 3,5
15				5x8,5 1	5x8,5 1	5x9,5 1,5	6x9,5 1,5	7,1x12 2,5	7,1x12 2,5	
22			5x8,5 1	5x8,5 1	6x9,5 1,5	6x9,5 1,5	7,1x12 2,5	7,1x12 2,5		
33		5x8,5 1	5x8,5 1	6x9,5 1,5	6x9,5 1,5	7,1x12 2,5	7,1x12 2,5	9x12 3,5		
47	5x8,5 1	5x8,5 1	6x9,5 1,5	6x9,5 1,5	7,1x12 2,5	7,1x12 2,5	9x12 3,5	9x16 4,5		
68	5x8,5 1	6x9,5 1,5	6x9,5 1,5	7,1x12 2,5	7,1x12 2,5	9x12 3,5	9x12 3,5	9x16 4,5		
100		6x9,5 1,5	7,1x12 2,5	7,1x12 2,5	9x12 3,5	9x12 3,5	9x16 4,5			
150		7,1x12 2,5	7,1x12 2,5	9x12 3,5	9x12 3,5	9x16 4,5				
220		7,1x12 2,5	9x12 3,5	9x12 3,5	9x16 4,5	9x16 4,5				
330		9x12 3,5	9x12 3,5	9x16 4,5						
470		9x12 3,5								
680		9x16 4,5								

Диаметр выводов 0,6 мм; для ДхН = 5x8,5 — 0,05 мм

КОНДЕНСАТОРЫ КЕРАМИЧЕСКИЕ ПОДСТРОЕЧНЫЕ

с наилучшими для данного класса удельными характеристиками

КТ4-30

для эксплуатации в цепях постоянного и переменного токов, а также в диапазоне СВЧ (1—12 ГГц) и в импульсных режимах.

Выпускаются в двух вариантах — а и б.

Номинальное напряжение, В	500
Тангенс угла потерь	не более $10 \cdot 10^{-4}$
Сопротивление изоляции, Ом	не менее 10^{10}
Износостойчивость, циклов	25
Реактивная мощность, ВАр	
для номинальной емкости 0,3/1,2 пФ	30
для остальных номиналов	100
Масса, г	
для номинальной емкости 0,3/1,2 пФ	не более 0,2
для остальных номиналов	не более 0,5

Условия эксплуатации

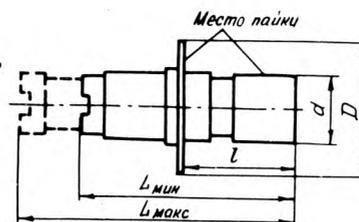
Диапазон рабочих температур, °С	—60...+125
Относительная влажность воздуха при 25°С, %	до 80
Атмосферное давление, Па	от $133 \cdot 10^{-6}$ до $294 \cdot 10^3$

Механические нагрузки при креплении за выводы конденсаторов варианта б и за контактные поверхности варианта а

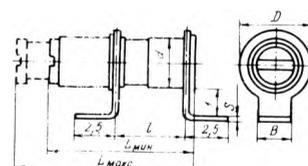
Вибрации в диапазоне частот с ускорением (1—1200 Гц)	
вариант а	до 20 g
вариант б	до 10 g
Одинокные удары с ускорением	
вариант а	до 1500 g
вариант б	до 1000 g
Линейное ускорение	до 100 g

Таблица 1

Габариты, мм	Номинальная емкость			
	0,4/2; 1/5;1/10	0,3/1,2	0,4/2; 1/5;1/10	0,3/1,2
	Вариант а		Вариант б	
<i>D</i>	5,3	3,8	3,8	2,8
<i>d</i>	2,8	1,8	2,8	1,8
<i>L_{мин}</i>	9	5	9	5
<i>L_{макс}</i>	12	7,1	12	7,1
<i>l</i>	$4,2 \pm 0,5$	$1,8 \pm 0,3$	$3,5 \pm 0,5$	$1,4 \pm 0,3$
<i>B</i>	0,3	0,25	2,8	1,9
<i>S</i>	—	—	0,3	0,25



Вариант а



Вариант б

Таблица 2

Номинальная емкость, пФ	Установленная емкость, пФ	Собственная резонансная частота, ГГц
0,3/1,2	0,3	12,39
	1,2	4,25
0,4/2	0,4	7,25
	2	2,35
1/5	1	4,59
	5	1,48
1/10	1	4,59
	10	1,04
3/15	3	4,2
	15	0,85

Таблица 3

Максимальная номинальная емкость, Пф	Добротность	Частота, ГГц
15	145	0,76
10	160	0,83
5	290	0,88
2	365	1,0
1,2	400	1,1

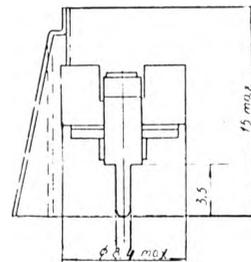
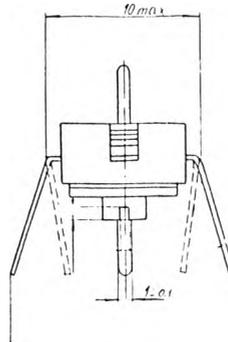
КТ4-32

для эксплуатации в качестве встроенных элементов видеоманитрофонов типа «Электроника».
Изготавливаются в исполнении для умеренного и холодного климата

Группа ТКЕ	M1000
Номинальное напряжение	200 В
Номинальная емкость	3; 8 пФ
$C_{мин}$	60; 80 пФ
$C_{макс}$	
Температурный коэффициент емкости, при 20...85°C, 1/°C	$(-1000 \dots +600) \cdot 10^{-6}$
Максимальный тангенс угла потерь	$30 \cdot 10^{-4}$
Минимальное сопротивление изоляции, МОм	10^4
Реактивная мощность при $T = -10 \dots 85^\circ\text{C}$, В·Ар	12

Условия эксплуатации

Диапазон рабочих температур, °C	-10...+85
Атмосферное давление, кПа	70
рабочее	19,4
предельное	
Относительная влажность воздуха при $T = 25^\circ\text{C}$, %	98



КТ4-33

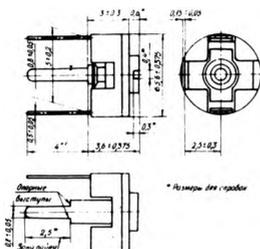
для эксплуатации в цепях постоянного и переменного токов и в импульсных режимах
Изготавливаются во всеклиматическом исполнении, в двух вариантах — а и б.

Номинальные емкости, пФ	4; 6; 8; 10; 12 (мин) 40; 60; 80; 100; 120(макс)
Группа ТКЕ	M1000
Номинальное напряжение, В	100
Тангенс угла потерь	не более $30 \cdot 10^{-4}$
Сопротивление изоляции, Ом	не менее 10^{10}
Износоустойчивость, циклов	100
Масса, г	не более 0,4

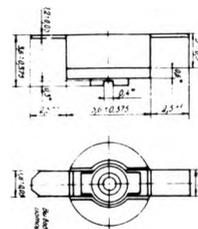
Условия эксплуатации

Диапазон рабочих температур, °C	-60...+85
Относительная влажность воздуха при 35°C, %	до 98
Атмосферное давление, Па	$133 \cdot 10^{-6} \dots 294 \cdot 10^3$
Механические нагрузки при креплении за выводы конденсаторов варианта а и креплении за корпус варианта б	
Вибрация в диапазоне частот с ускорением	
вариант а (1—2000 Гц)	до 20 g
вариант б (1—5000 Гц)	до 40 g
Одиночные удары с ускорением	
вариант а	до 1000 g
вариант б	до 1500 g
Многokrратные удары с ускорением	до 150 g
Линейное ускорение	500 g

Вариант а



Вариант б



ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ

ДЛЯ ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

КР556РТ181

— БИС однократно программируемого ПЗУ ТТЛШ-типа.

Используется в новых процессорных разработках для хранения микропрограмм и реализации аппаратных процедур.

Информационная емкость 16 кбит (организация 2 кбит × 8)

Время выборки адреса 25 нс

Корпус пластмассовый 24-выводной типа 239.24-2.

К1500РУ474А

Выполнена в расширение серии К1500.

Предназначена для применения в вычислительных комплексах. Позволит повысить быстродействие и надежность, снизить вес, габариты и себестоимость аппаратуры.

Информационная емкость 4 кбит (организация 1 кбит × 4)

Время выборки 15 нс

КР1500РУ422А

— БИС статического ОЗУ ЭСЛ типа.

Используется в качестве оперативной памяти ЗУ и систем КЭШ-памяти для контроля локальных сетей графических контроллеров, для буферных и локальных ОЗУ в радиоэлектронной аппаратуре.

Информационная емкость 1 кбит (организация 256 кбит × 4)

Время выборки 7 нс

Корпус пластмассовый типа 239.24-2.

КР537РУ19, КР537РУ20

— БИС статического ОЗУ КМОП типа.

Используются как основная элементная база для ЭВМ и РЭА.

Изготавливаются на базе вновь разработанного мезаэпипланарного технологического процесса получения структур с боковой диэлектрической изоляцией областей карманов, основанного на использовании новых технологических операций плазмохимического вытравливания углублений в кремниевой подложке и их заполнения методом локальной эпитаксии.

Информационная емкость

КР537РУ19 64 кбит (организация 64 кбит × 1)

КР537РУ20 256 кбит (организация 256 кбит × 1)

Время выборки адреса

КР537РУ19 70 нс

КР537РУ20 100 нс

Корпус

КР537РУ19 24-выводной типа 239-24.2

КР537РУ20 пластмассовый типа 239-24.2

К1500РУ480

Выполнена в расширение серии К1500. Предназначена для применения в вычислительных комплексах. Позволит повысить быстродействие и надежность, снизить вес, габариты и себестоимость аппаратуры.

Информационная емкость 16 кбит (организация 16 кбит × 1)

Время выборки 15—25 нс

Корпус пластмассовый типа 239.24-2.

КМ1609РРЗ

— БИС перепрограммируемого ЗУ (РПЗУ) с электрическим стиранием, с плавающим затвором.

Для ЭВМ, в том числе бортовых, и систем промышленной автоматики и связи с корректируемым содержанием памяти программ.

Информационная емкость 64 кбит (организация 8 кбит \times 8)

Время выборки адреса 250 нс

Корпус типа 2121.28-6.03

КР1611РР1

— БИС РПЗУ с электрическим стиранием МНОП. Технологически представляет собой РПЗУ на основе нитридно-окисных запоминающих (МНОП) транзисторов с поликремниевым затвором.

Предназначена для хранения изменяемых микропрограмм в блоках энергонезависимой памяти вычислительных и управляющих систем.

Информационная емкость 64 кбит (организация 8 \times 8 кбит)

Время выборки адреса 300 нс

Корпус пластмассовый 28-выводной типа 2121—28-5

Изготовитель — НПО «Микропроцессор», завод «Квазар».

КР565РУ8

— СБИС динамического ОЗУ *n*-типа.

Основная элементная база для ЭВМ и РЭА. Используется в электронном оборудовании всех видов и в универсальных дисплеях.

Информационная емкость 256 кбит (организация 256 кбит \times 1)

Время выборки адреса 120—250 нс

Изготовитель — ПО «Интеграл», завод им. Дзержинского.

КР1625РП1

— БИС ОЗУ КМОП-типа с выходом на интерфейс.

Для магнитофонов типа «Электроника», аппаратуры бытового и промышленного назначения.

Информационная емкость 1 кбит (организация 128 кбит \times 8)

Напряжение питания 2,5—6 В

Корпус типа 2101.8-1.

Изготовитель — завод «Экситон».

КМ1611РР2

— БИС РПЗУ с электрическим стиранием на основе МДП-транзистора с плавающим затвором.

Для ЭВМ и систем автоматики с корректируемым в процессе работ содержанием памяти программ.

Информационная емкость 256 кбит (организация 32 \times 8 кбит)

Время выборки адреса 300 нс

Корпус металлокерамический типа 2121.28-6.03.

КС1626РФ1

— БИС РПЗУ с ультрафиолетовым стиранием информации КМОП.

Применяется в системах репрограммируемой памяти и в цифровых управляющих системах (с ограниченным энергопотреблением) с возможностью длительного хранения информации.

Информационная емкость 64 кбит (организация 8 \times 8 кбит)

Время выборки 200 нс

Корпус типа 2121.28-13.

К1500РУ480Б

Выполнена в расширение серии К1500.

Предназначена для применения в вычислительных комплексах. Позволит повысить быстродействие и надежность, снизить вес, габариты и себестоимость аппаратуры.

Информационная емкость 16 кбит (организация 16 кбит \times 1)

Время выборки 20 нс

Корпус стеклокерамический типа 4153.20-4.

КР537РУ16, Н537РУ16

— БИС статического ОЗУ КМОП-типа. Используются как основная элементная база для ЭВМ и РЭА.

Информационная емкость 64 кбит (организация 8 кбит \times 8)

Время выборки 150 нс

Изготовитель — завод «Ангстрем».

ЛОГИЧЕСКИЕ ИС, ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ (ПЛИС)

КР556РТ22

— ПЛИС ТТЛШ с обратной связью.

Для вычислительной и радиоэлектронной аппаратуры широкого применения.

Организация $14 \times 48 \times 6$

Быстродействие 20 нс

Ток потребления 130 мА

Корпус типа 239.24-2

Изготовитель — завод «Азон».

КР1558ЯТ1А,Б; КР1558ЯФ1А,Б

— ПЛИС КМОП с электрическим программированием и УФ стиранием информации.

Для построения систем обрaмления микропроцессоров, устройств вычислительной техники и других применений.

Организация $20 \times 160 \times 16$

Число эквивалентных вентилях 716

Рабочая частота 40 МГц

Корпус типа 2120.24-3

Изготовитель — КНИИМП.

ЦИФРОВЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ

КР1554КП2, КР1554КП12, КР1554КП16

— быстродействующие селекторы-мультиплексоры.

Для радиоэлектронной аппаратуры широкого применения.

Быстродействие 3,2 нс/вент.

Потребляемая мощность 0,0025 мВт/вент.

Корпус типа 2102.14-1.

Изготовитель — НПО «Интеграл».

КОМПАРАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ

КР597СА4А, КС597СА4А, КР597СА4Б, КС597СА4Б

— ИС быстродействующих компараторов напряжения.

Для детекторов и приемников сигналов по линиям связи и других узлов РЭА.

Время задержки 2 нс

Время распространения 3 нс

Напряжение смещения нуля ± 5 мВ

Входной ток 20 мкА

Разность входных токов 5 мкА

Изготовитель — НИИ «Вента».

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ДЛЯ БЫТОВОЙ РЭА

КР1506ХЛЗ

— БИС передатчика ИК-дистанционного управления.

Выполнена по КМОП-технологии с 3-мкм поликремниевым затвором.

Используется в системе дистанционного управления видеомагнитофоном.

Ток потребления ≤ 10 мкА

Напряжение питания 2...7 В

Выходное напряжение

низкого уровня 0,3 В

высокого уровня ($U_{\text{пит}} - 0,3$) В

Входное напряжение 0...7 В

Выходной ток —0,4...—0,6 мА

Корпус пластмассовый 28-выводной DIP типа 2121.28-1.

Изготовитель — завод «Экситон».

КР1051ХА6, КФ1051ХА6

— ИС приемника ИК-дистанционного управления.

Выполнена по биполярной технологии.

Для портативной аппаратуры дистанционной связи, телевидеотехники.

Ток потребления 3...4 мА

Входное сопротивление 7,5...10 кОм

Напряжение питания 5 В

Корпус типа 288.16-2, 4308.16-1.

Изготовитель — ТЭТЗ им. Х.Пегельмана.

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ДЛЯ ВИДЕОТЕХНИКИ И ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПРИЕМНИКОВ

К1027ХА2

— ИС регулятора скорости вращения вала электродвигателя с электромеханической обратной связью.

Выполнена по биполярной технологии.

Предназначена для использования в магнитофоне-проигрывателе «Дуэт-ПМ-81-01 стерео».

Напряжение питания $6,0 \text{ В} \pm 10\%$

Ток потребления — не более 5 мА

Выходное напряжение

высокого уровня — не менее 2,4 В

низкого уровня — не более 0,4 В

Входной ток — не более 1,5 мкА

Длительность выходного импульса 0,35...0,55 мс

Корпус пластмассовый типа 1102.8-1.

КР1043ХА2

— ИС управления цифровой сервосистемы видеоманитофона ВМ-18.

Выполнена по *n*-МОП-технологии.

Напряжение питания $5,0 \text{ В} \pm 10\%$

Ток потребления 10...50 мА

Чувствительность усилителя сигнала кварцевого

генератора не более 50 мВ

Размер кристалла $3,9 \times 4,2 \text{ мм}$

Корпус пластмассовый типа 2108.22

КР1043ХА1

— ИС сопряжения цифровой сервосистемы с блоком видеоголовок видеоманитофона ВМ-18.

Выполнена по биполярной технологии.

Напряжение питания $5,0 \text{ В} \pm 10\%$

Ток потребления 5...20 мА

Коэффициент усиления синхроимпульсов не менее 400

Чувствительность усилителя-ограничителя — не более 100 мВ

Время задержки сигнала переключения видеоголовок — не менее 2 мс

Длительность импульса тренинга 19—21 мс

Размер кристалла $2 \times 2,5 \text{ мм}$

Корпус пластмассовый типа 2104.18

КР1043ХА3

— ИС сопряжения цифровой сервосистемы с двигателем ведущего вала видеоманитофона ВМ-18.

Выполнена по биполярной технологии

Напряжение питания $5,0 \text{ В} \pm 10\%$

Ток потребления 10...18 мА

Чувствительность усилителя не менее 50 мВ

Выходное напряжение буферного усилителя 2,4...2,5 В

Коэффициент передачи буферного усилителя не более 1

Входное сопротивление буферного усилителя не менее 15 МОм

Размер кристалла $2,5 \times 3,4 \text{ мм}$

Корпус пластмассовый типа 2104.18

К1043ХА6

— ИС регулировки коммутацией видеоголовки видеоманитофона.

Выполнена по биполярной технологии.

Напряжение питания $9,0 \text{ В} \pm 10\%$

Ток потребления — не более 5,0 мА

Чувствительность — не менее 1,0 В

Выходное напряжение

высокого уровня — не менее 6,5 В

низкого уровня — не более 0,15 В

Размер кристалла $2,0 \times 1,8 \text{ мм}$

Корпус типа 1102.8-1

Изготовитель — НИИ «Вента».

**ВЫСОКОДОБОТНЫЕ СВЧ ВАРАКТОРЫ
С БАРЬЕРОМ МЕТАЛЛ — АРСЕНИД ГАЛЛИЯ**

для применения в радиоэлектронной аппаратуре сантиметрового и миллиметрового диапазона длин волн в целях преобразования частоты, сверхмалощумящего параметрического усиления сигнала, генерации гармоник, фазовой и амплитудной модуляции сигнала, перестройки частоты генераторов и др. На базе предлагаемых диодов возможно создание конкурентоспособных переключателей и ограничителей мощности как для СВЧ устройств, так и для низкочастотной аппаратуры бытового назначения.

Устройства на варакторах с барьером Шоттки обладают высоким быстродействием, имеют малое потребление мощности, низкий уровень шумов и высокую эффективность.

Диоды изготавливаются в миниатюрных металлокерамических корпусах двух типов с минимальными габаритными размерами и паразитными параметрами или в виде кристалла (чипа) с контактными площадками. Применимы в волноводных, волноводно-полосковых и микрополосковых конструкциях РЭА.

Субмикронные эпитаксиальные структуры арсенида галлия в сочетании с барьером Шоттки обеспечивают низкие последовательное сопротивление диода (R_s) и произведение ($R_s \times C_j = \tau$) или высокое значение предельной частоты ($F_c = 1/2 \times \pi \cdot R_s \times C_j$) при слабой ее температурной зависимости в широком диапазоне рабочих температур (-269...+25°C).

КА1045ХА1

— ИС канала воспроизведения стереомагнитофонов на пониженное напряжение питания.

Для переносных и носимых кассетных магнитофонов с автономными источниками питания.

Напряжение питания 1,8...6,6 В ($\pm 0,9... \pm 3,3$ В)

Коэффициент усиления напряжения 1000—1500

Приведенное ко входу напряжение шумов — не более 0,7 мкВ

Ток потребления — не более 7 мА

Корпус пластмассовый, 24-выводной, типа 4114.24-4, пригодный для автоматизированной сборки.

КА1045ХА2

— ИС канала записи стереомагнитофонов на пониженное напряжение питания.

Для переносных и носимых кассетных магнитофонов с автономными источниками питания, электропроигрывателей и других видов бытовой РЭА.

Напряжение питания 1,8...6,6 В ($\pm 0,9... \pm 3,3$ В)

Коэффициент усиления напряжения 35...85

Приведенное ко входу напряжение шумов — не более 1,5 мкВ

Ток потребления — не более 10 мА

Корпус типа 4114.24-4.

КА1045ХА3

— ИС двухканального оконечного усилителя для стереотелефонов на пониженное напряжение питания.

Для переносных и носимых кассетных магнитофонов с автономными источниками питания, электропроигрывателей, магнитофонов-приставок и других видов бытовой РЭА.

Напряжение питания 1,8...6,6 В ($\pm 0,9... \pm 3,3$ В)
Коэффициент усиления напряжения при $U_n = 1,8$ В 18...22

Приведенное ко входу напряжение шумов при $U_n = 6,6$ В — не более 25 мкВ

Коэффициент гармоник каждого канала при $U_n = 6$ В, $R_n = 16$ Ом, $U_{\text{вых}} = 1$ В, $F = 400$ Гц — не более 1%

Корпус 4114.24-4.

Изготовитель — КНИИМП.

Параметры	Различные серии диодов					
	d 2,4x1,9	d1,2x1,5	d1,2x1,5	0,5x0,5x0,14	0,35x0,35x0,14; 0,25x0,25x0,14	0,36x0,36x0,18
Диапазон емкостей перехода C_j , пФ, при $U = 0$, В	0,1—0,8	0,08—0,45	0,35—0,85	0,03—0,2	0,01—0,05	0,05—0,15
Максим. значение постоянной времени τ , пс, при напряжении, В	0,3; 0,4—1 (-2В)	0,2; 0,3; 0,4; 0,5 (-2В)	0,25; 0,3; 0,3; 0,5 (-6В)	0,25; 0,4 (-2В)	0,16; 0,2 (-2В)	0,2 (-6В)
Максим. допустимое обратное напряжение, В, при 25°C	6	6	5; 25	6	6	15
Максим. допустимая непрерывная рассеиваемая мощность, мВт	30	30	60; 120	30	25	60
Индуктивность диода, нГн	0,13; 0,2	0,11	0,11	—	—	—
Конструктивная емкость диода, пФ	0,26; 0,3	0,12	0,12	—	—	—
Диапазон в ходных рабочих частот (ориентировочно), ГГц	1—15	4—40	3—30	10—40	35—150	20—75
Ориентировочная цена, руб.	130	150	150	125	125	130
ЗАРУБЕЖНЫЕ АНАЛОГИ						
Тип корпуса	F54c; F54b, F59c; 082—001	F59c; F94a; 290—001	F59c; F94a; 290—001	"honey-comb chip"	"honey-comb chip"	
Тип диода (фирма-изготовитель, страна)	DVE6722A-F ("Alpha Ind.", США) V100 ("NEC", Япония)	DVE6810A-F ("Alpha Ind.", США) V101 ("NEC", Япония)	DVF4559-11, -27 ("Alpha Ind.", США)	VD009 ("Science and Technology")	VD009-012 ("Science and Technology")	—

Обращайтесь по адресу: 109542, Москва, а/я 69, НТЦ "Оптоника", тел. 365-58-56

АНАЛОГОВЫЕ ИС РАДИОСВЯЗНОЙ АППАРАТУРЫ

К174ХА26

— ИС преобразователя частоты, усилителя ПЧ и частотного детектора — для УПЧ-ЧМ тракта.

Выполнена по эпитаксиально-планарной технологии с использованием процессов ионного легирования для создания высокоомных резисторов.

Используется в трактах обработки ЧМ-сигналов радиоприемной аппаратуры.

Напряжение питания $6 \text{ В} \pm 10\%$
Ток потребления не более 6 мА
Выходное напряжение низкой частоты не менее 450 мВ
Входное напряжение ограничения не более 8 мкВ
Коэффициент усиления напряжения низкой частоты не менее 40 дБ
Выходной ток не менее 1,5 мА
Выходное сопротивление не более 10 Ом
Коэффициент ослабления амплитудной модуляции не менее 40 дБ
Минимальный размер элемента 6 мкм
Корпус типа 238.18-3
Изготовитель — НИИ «Дельта», завод «Эллинг».

К174УВ5

— ИС широкополосного видеоусилителя.

Выполнена по эпитаксиально-планарной технологии.

Применяется в трактах воспроизведения сигналов с дисковых магнитных накопителей.

Ток потребления не более 24 мА
Коэффициент усиления напряжения не менее 125
Коэффициент ослабления усиления на частоте 30 МГц (режим I, однофазный) не менее 3 дБ
Коэффициент ослабления сигнала синфазного входного напряжения (режим II) не менее 60 дБ
Входное сопротивление (режим II) не менее 10 кОм
Коэффициент гармоник не более 5%
Модуль разности выходных напряжений в статическом режиме не более 0,7 В
Минимальный размер элемента 4 мкм
Корпус типа 201-14-2.
Изготовитель — НИИ «Дельта», заводы «Эллинг» и «Диск».

КА1414УЛ2

— ИС широкополосного усилителя записи-воспроизведения с малым уровнем шумов.

Изготавливается по эпитаксиально-планарной технологии.

Используется в составе накопителя цифровой информации на магнитных дисках.

Ток потребления не более 80 мА
Нормированное напряжение шума не более $2,1 \text{ нВ}/\sqrt{\text{Гц}}$
Верхняя граничная частота не менее 35 МГц
Коэффициент усиления 80...120
Коэффициент подавления синфазного сигнала 60 дБ
Время нарастания и спада тока записи не более 15 нс
Минимальный размер элемента 4 мкм
Корпус типа 4119.28-7
Изготовитель — НИИ «Дельта»

КР1043ХА4

— ИС модулятора радиочастотного сигнала. Изготовлена по биполярной технологии.

Предназначена для устройств радиочастотного согласования с телевизионными приемниками видеоманитофонов типа «Электроника» и устройств аналогичного назначения.

Напряжение питания 12 В
Коэффициент гармоник сигнала звукового сопровождения 1,5%
Выходное напряжение несущей изображения 2...5 мВ
Частота несущей изображения 640 МГц
Ток потребления не более 40 мА
Корпус типа 2104.18-6.
Изготовитель — ПО «Планета».

БАЗОВЫЕ МАТРИЧНЫЕ КРИСТАЛЛЫ ТИПА ТТЛШ СЕРИИ К1548

Микросхемы серии К1548 представляют собой базовые матричные кристаллы (БМК) типа ТТЛШ и предназначены для построения на их основе полужаказных быстродействующих БИС. В составе серии два БМК: «тысячник» К1548ХМ1 и «трехтысячник» К1548ХМ3. Оба кристалла имеют канальную архитектуру и включают в себя внутреннюю и периферийную части.

Внутренняя часть кристалла К1548ХМ1, фрагмент которой показан на рис. 1, образована матрицей из 1026 базовых ячеек (БЯ), размещенных в 19 столбцов по 14 строк (4 БЯ во фрагменте строка/столбец за исключением последней строки, фрагмент которой содержит 2 БЯ). На основе каждой БЯ может быть реализован логический вентиль (ЛВ) типа 2И-НЕ или 4И-НЕ. Между столбцами расположено 19 трасс межсоединений, выполняемых в слое Me1, между строками 22 трассы, выполняемых в слое Me2, между внутренней и периферийной частями кристалла — 23 слева, 31 справа и по 12 трасс сверху и снизу. По периметру кристалла расположены 82 периферийные базовые ячейки (ПБЯ), на основе каждой из которых может быть построен ЛВ, реализующий функцию входного буферного вентиля и одного из трех возможных типов выходного буферного вентиля: со стандартным ТТЛ выходом, с «открытым коллектором» или с «тремья состояниями». Кроме того, на основе одной ПБЯ может быть реализован двунаправленный буферный вентиль. Всего в составе библиотеки 21 тип буферных вентиляей.

Матричная часть БМК К1548ХМ3 (фрагмент показан на рис. 2) образована 18 столбцами, в каждом из которых симметрично относительно вертикальной оси расположено 84 пары БЯ (всего 3024 БЯ). На основе каждой БЯ может быть реализован ЛВ типа 2И-НЕ, 4И-НЕ, 6И-НЕ или 8И-НЕ. Между столбцами размещается 39 трасс межсоединений, выполняемых в слое Me1. Трассы, выполняемые в слое Me2, могут быть проведены в ортогональном направлении к трассам Me1 непосредственно над БЯ (до 7 трасс над одной ячейкой) в пяти зонах, ограниченных шинами «земля» (всего 536 трасс по полю матричной части кристалла). Между внутренней и периферийной частями кристалла могут быть проведены трассы, выполняемые в слое Me1, слева и справа — по 32, сверху и снизу — по 22. 112 ПБЯ, расположенных по периметру кристалла, построены аналогично ПБЯ БМК К1548ХМ1.

БМК К1548ХМ1 и К1548ХМ3 изготавливаются по планарно-эпитаксиальной технологии типа «Изопланар» с двухуровневой металлизацией. Конструктивно микросхемы К1548ХМ1 выполнены в 48- или 88-выводном планарном

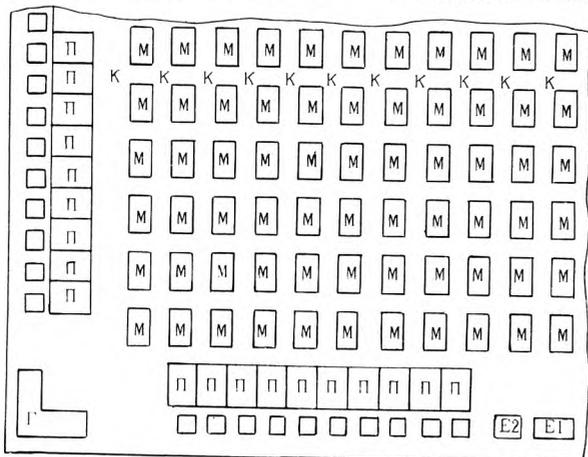


Рис. 1. Общий вид базового матричного кристалла К1548ХМ1: М — фрагмент БМК, включающий четыре базовых ячейки; П — периферийная базовая ячейка; К — каналы трассировки межсоединений, выполняемых в слое Me1; E1, E2 — контактные площадки «питание» и «земля»

корпусе, а микросхемы К1548ХМ3 — в 132-выводном планарном корпусе. Кроме того, микросхемы К1548ХМ1 могут поставляться на гибком ленточном носителе.

Проектирование полужаказных БИС на основе БМК К1548ХМ1 и К1548ХМ3 осуществляется с использованием САПР, которая функционирует как на ЭВМ семейства «Электроника», так и на ЕС ЭВМ. В качестве исходных данных используются функциональная схема БИС, разработанная в базе библиотеки функциональных элементов (БФЭ) БМК, и тесты функционального контроля. БФЭ БМК К1548ХМ1 включает в себя 39 фрагментов первого уровня и 32 фрагмента второго уровня функциональных аналогов микросхем серии КР1533. БФЭ БМК К1548ХМ3 состоит из 26 фрагментов первого и 53 фрагментов второго уровня.

Цикл проектирования полужаказных БИС на основе БМК, включающий в себя логическое моделирование, подготовку управляющей информации для фотонаборных установок, изготовление фотошаблонов и экспериментальных образцов, составляет 16—17 недель. В зависимости от формы представления исходной информации, количества поставляемых образцов, вида конструктивного исполнения и т.д. ориентировочная стоимость разработки одного типа БИС — в пределах от 50 тыс. до 150 тыс. руб.

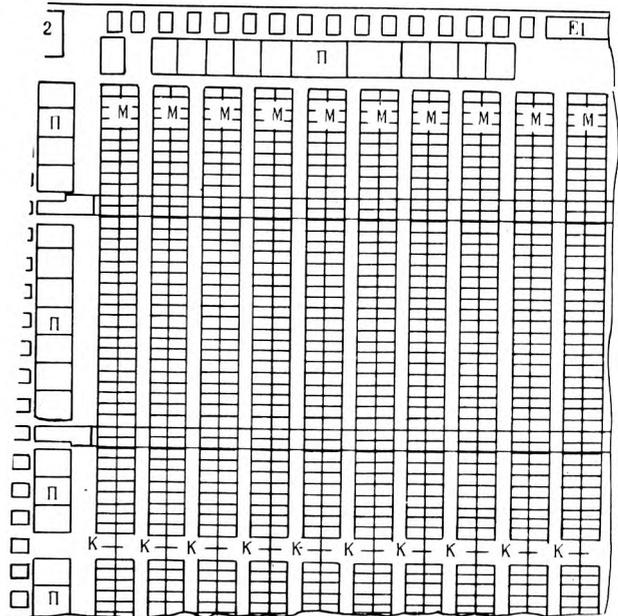


Рис. 2. Общий вид базового матричного кристалла К1548ХМ3: М — фрагмент БМК, включающий 84 пары базовых ячеек; П — периферийная базовая ячейка; К — каналы трассировки; E1, E2 — контактные площадки «питание» и «земля»

Напряжение питания ПБЯ, В	5 + 5%
Напряжение питания БЯ, В	2 + 5%
Время задержки переключения, нс, не более	
базовой ячейки	2
только для К1548ХМ3	1,3
Мощность потребления, мВт, не более	12
базовой ячейки	0,5
только для К1548ХМ3	1,0
Выходное напряжение низкого уровня	
при токе нагрузки 10 мА, В, не более	0,5
Выходное напряжение высокого уровня	
при токе нагрузки 1 мА, В, не менее	2,4
Диапазон рабочих температур, °С	—10...+70
Размер кристалла, мм	
для К1548ХМ1	6,6×6,9
для К1548ХМ3	9,05×9,05
Число эквивалентных ЛВ	
для К1548ХМ1	1600
К1548ХМ3	9860

А.Е.Ермаков, В.П.Крюков, Н.Б.Назаров, Л.Н.Петров,
Научно-исследовательский институт электронной техники
394042, Воронеж, тел. 23-42-75

ПРИЕМНЫЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫЕ ТРУБКИ 17ЛП2П, 17ЛП2А, 17ЛП2И

— ЭЛТ проекционная катодолюминесцентная.

Применяется в проекционных телевизионных устройствах для отображения знакографической и полутоновой информации на экраны коллективного пользования.

Яркость свечения экрана	
красный	14000 кд/м ²
синий	5000 кд/м ²
зеленый	30000 кд/м ²
Диагональ экрана	150 мм
Разрешающая способность	600 тел.лин
Номинальное напряжение на аноде	30 кВ
Контраст в крупных деталях:	
красный	40 отн.ед.
синий	20 отн.ед.
зеленый	40 отнд.ед.

Изготовитель — НПО «Платан».

ИНДИКАТОРНЫЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫЕ ТРУБКИ ДЛЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОЙ ИНДИКАЦИИ

4ЛК6Б

— цветной малогабаритный кинескоп.

Для видеоискателя малогабаритной телевизионной камеры.

Яркость свечения экрана	400 кд/м ²
Разрешающая способность,	
центр/край	600/500 тел.лин.
Контраст в крупных деталях	40:1
Напряжение модуляции	15 В
Масса	0,35 кг

Изготовитель — ЛКБ «Эротрон».

ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ МАЛОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ЛИНИЗ» (г. Таллинн) совместно с ФИРМОЙ «МИКРОФОРТ» (г. Ленинград) предлагает

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

	DC-35M	DC-31M
Частота работы МП 1816 в эмуляторе	6 МГц	12 МГц
Объем эмулируемой памяти	4 Кбайт	64 Кбайт
Число контрольных точек прерывания в режиме кроссотладчика	до 8 (при 16 условиях в точке)	
эмуляции	до 16	

Выпуск производится серийно

С предложениями по заключению договоров на поставку (возможно в комплекте с IBM PC) обращаться по адресу: 200090 г. Таллинн-90, а/я 3129 ГНТМП «ЛИНИЗ»

Телефоны:
г. Таллинн (0142) 448-306, 552-314
г. Ленинград (812) 233-34-10

ВНУТРИСХЕМНЫЕ ЭМУЛЯТОРЫ DC-31M и DC-35M с РЕЗИДЕНТНЫМ ПАКЕТОМ ПРОГРАММ — ОТЛАДОЧНЫЙ КОМПЛЕКС для разработки программ, проверки в реальном времени, локализации аппаратных неисправностей в системах контроллеров на базе МП K1816BE31/51 (аналог 8051) и МП K1816BE35/48/49 (аналог 8035).

Пакет программ (ПП) включает текстовый редактор, компилятор с языка ассемблера 8051 (8048), подсистему управления файлами и программную модель микросхем 8051 (8048). Эксплуатируется на ПЭВМ типа PC IBM или совместимого с ним под управлением MS DOS 3.30 и выше. В состав ПП может войти версия языка ФОРТ-51 для 8031.

Внутрисхемный эмулятор работает в микропроцессорных устройствах пользователя в реальном времени вместо ОМК и выполняет функции аппаратного ВВ и канала связи между схемой пользователя и резидентным ПП.

Изделия можно приобрести через специализированный салон приборов г. Ленинграда



«УВСТИ-1» БЕЗОЧКОВАЯ СТЕРЕОТЕЛЕВИЗИОННАЯ УСТАНОВКА

Установка визуализации стереотелевизионного изображения «УВСТИ-1» формирует стереоизображения с двух мониторов и обеспечивает работу оператора без очков или специальных очков. Позволяет наблюдать объемное изображение при достаточно свободном положении головы оператора и пользоваться обычными очками для коррекции зрения. Это повышает комфортность и дает возможность одновременно с наблюдением управлять манипулятором или вести записи.

Стереоизображения на двух мониторах формируются от двух телевизионных камер в реальном масштабе времени или в видеозаписи. В системе визуализации использовано оригинальное техническое решение оптической системы. Качество черно-белого или цветного изображения определяется примененным телевизионным каналом.

Установка «УВСТИ-1» может быть использована в различных областях: в радиоэлектронике — совместно со стереомикроскопом для проведения монтажа объемных микроминиатюрных сборок и схем, а также их контроля после монтажа; в медицине — для наблюдения объемного операционного поля при проведении операций с использованием стереомикроскопов и в учебных целях; для дистанционного управления различными манипуляторами и радиоуправляемыми механизмами и роботами; при проведении геологоразведочных, ремонтных и спасательных работ с помощью дистанционно управляемых глубоководных аппаратов.

Технические характеристики установки «УВСТИ-1»

Диагональ монитора 16 см
Габаритные размеры 540×540×360 мм
Масса (без телевизионных камер) 28 кг

В установке могут быть применены различные телевизионные камеры.

Технические характеристики телевизионных камер для установки «УВСТИ-1»

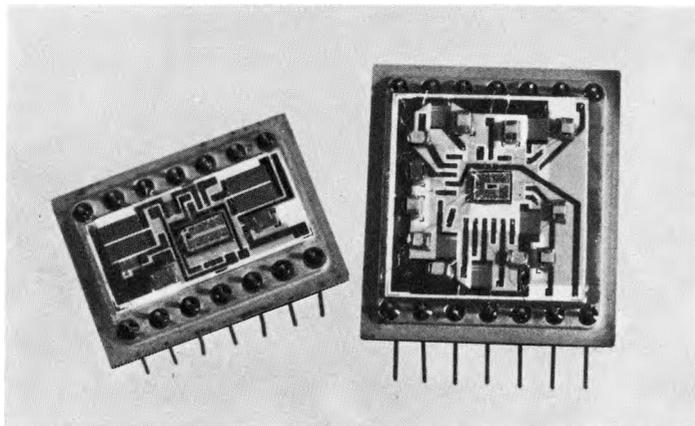
Параметр	КТ-4	КТ «Контроль»	КТ-7Ц цветная
Разрешающая способность в центре, тел. линий	600	600	260
Выходной сигнал, В	1±0,1	1±0,1	1±0,1 СЕКАМ; 1±0,3 RGB
Мощность потребления, Вт	7,5	5,5	10,0
Масса*, кг	1,2	0,4	2,0
Габариты*, мм	202×95× ×108	140×54× ×60	268×93× ×132
Напряжение питания, В	12±0,6	12±0,4	12±0,6

* С учетом применения объектива «Вега» ($f = 20$ мм)

Оптические системы телевизионных камер и установки визуализации стереоизображения могут быть рассчитаны в соответствии с требованиями заказчика в зависимости от специфики работы.

О.Н.Василевский, Н.С.Чуниев

предлагает два типа активных линий задержки — У2БР2081 и У2БР1971, разработает и поставит по Вашему заказу линию на любую задержку с дискретом от 5 до 1000 нс.



АЛЗ применяются в вычислительной технике и устройствах ЧПУ для задержки ТТЛ и ТТЛШ-сигналов с заданной дискретностью.

По электрическим характеристикам предполагаемые АЛЗ превосходят зарубежные аналоги:

серии 0447 фирмы Bel fuse Inc. (США), серий TQS, TQLS, TQA, TRS фирмы Showa Electric Wire & Cable Co., Ltd. (Япония), серии DDL фирмы Nytronics Components (США) и серий ряда других фирм.

Выполняются по тонкопленочной технологии в металлостеклянных корпусах, тип и размеры которых определяются заданными номиналами и количеством дискретов задержки. Корпус для У2БР2081 14-выводной 1203.14-8 размером 19,5×14,5×5 мм, для У2БР1971 14-выводной 1206.14-2 размером 19,5×22×5 мм.

Время задержки распространения сигнала при выключении, нс	
У2БР2081	(20±2), (30±2), (40±2), (50±2,5), (60±3)
У2БР1971	(50±2,5), (100±5), (150±7,5), (200±10), (250±12,5)
АЛЗ, выполняемая по заказу	5—1000 Точность ±2 нс (5%)

Число дискретов	по заказу
Максимальная рабочая частота при длительности входного сигнала не менее 1/4 времени задержки, МГц	не менее 20 (частота входного сигнала не влияет на время задержки)

Выходное напряжение, В	
высокого уровня	не менее 2,4
низкого уровня	не более 0,5
Напряжение питания, В	5±0,25
Рабочая температура окружающей среды °С	от 0 до 70

Нагрузочная способность — до 10 ТТЛШ-входов по каждому выходу активной линии задержки одновременно.

Заказы принимаются по адресу:

150000, Ярославль, Советская пл., 1/19, НПО «Электронприбор». Телефон 22-17-01. Телетайп Наука 165.

ДОБИТЬСЯ

СТАБИЛЬНОСТИ
И НАДЕЖНОСТИ
ИЗДЕЛИЙ

НА ОСНОВЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
СОВЕРШЕНСТВА

ВАМ ПОМОЖЕТ
ФИЗИКО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
«ДИАГНОСТИКА»

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА г. РЯЗАНЬ

ФИЗИКО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР

используя самые современные методы физико-химического анализа,
с помощью новейшего прецизионного оборудования выполняет:

● Исследования химического состава и структуры поверхности, границ раздела и микрообъемов твердого тела (полупроводники, диэлектрики, металлы)

● Оптимизацию на базе аналитической информации технологии производства ИЭТ в широком плане и по отдельным процессам, явлениям и технологическим операциям, например, контроль и корректирование:

1. Адсорбции и миграции частиц по поверхности, химических реакций на поверхности и в микрообъемах.

2. Начальных стадий роста кристаллов.

3. Диффузии, поверхностной сегрегации и обеднения приповерхностного слоя.

4. Дефектообразования.

5. Коррозии и катализа.

6. Формирования различных многослойных, многокомпонентных тонкопленочных структур, защитных пленок и покрытий.

7. Очистки и отмывки поверхности, адгезии пленок.

8. Ионной имплантации.

9. Пайки и сварки.

10. Формирования эмиттеров различного назначения.

● Решение технологических задач, связанных с материаловедческими проблемами.

● Получение ценной информации о микроскопических свойствах атомных слоев исследуемых веществ: идентификация химических элементов и соединений в микрообъемах с пределом обнаружения $\approx 10^{16} \text{ см}^{-3}$, в пленках $\approx 0,01$ моноатомного слоя; построение «карт» распределения химических элементов по глубине и по поверхности с разрешением $\approx 10-15 \text{ \AA}$ и 1 мкм соответственно; определение концентрации глубоких центров в полупроводниковых барьерных структурах с пределом обнаружения $\approx 10^8 \text{ см}^{-3}$ и др.

предлагает также услуги:

1. Разработку или освоение совместно с Заказчиком новейших, перспективных технологий производства ИЭТ.

2. Разработку, изготовление, наладку и внедрение совместно с Заказчиком нового физико-аналитического оборудования, сервисное обслуживание оборудования до конца срока его службы.

3. Разработку методического и программного обеспечения, технологических инструкций контроля.

4. Обучение персонала работе на физико-аналитическом оборудовании, а также индивидуальную стажировку.

Вашей технологией и материаловедением будут заниматься высококвалифицированные специалисты, имеющие богатый опыт работы в различных отраслях промышленности.

ФИЗИКО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР

ГАРАНТИРУЕТ ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОВОДИМЫХ РАБОТ.

Наш адрес: 390011, Рязань, пр. Яблочкова, 11,
Научно-исследовательский технологический институт.
Телефон 79-72-20 (код 0912). Телетайп «Символ».