

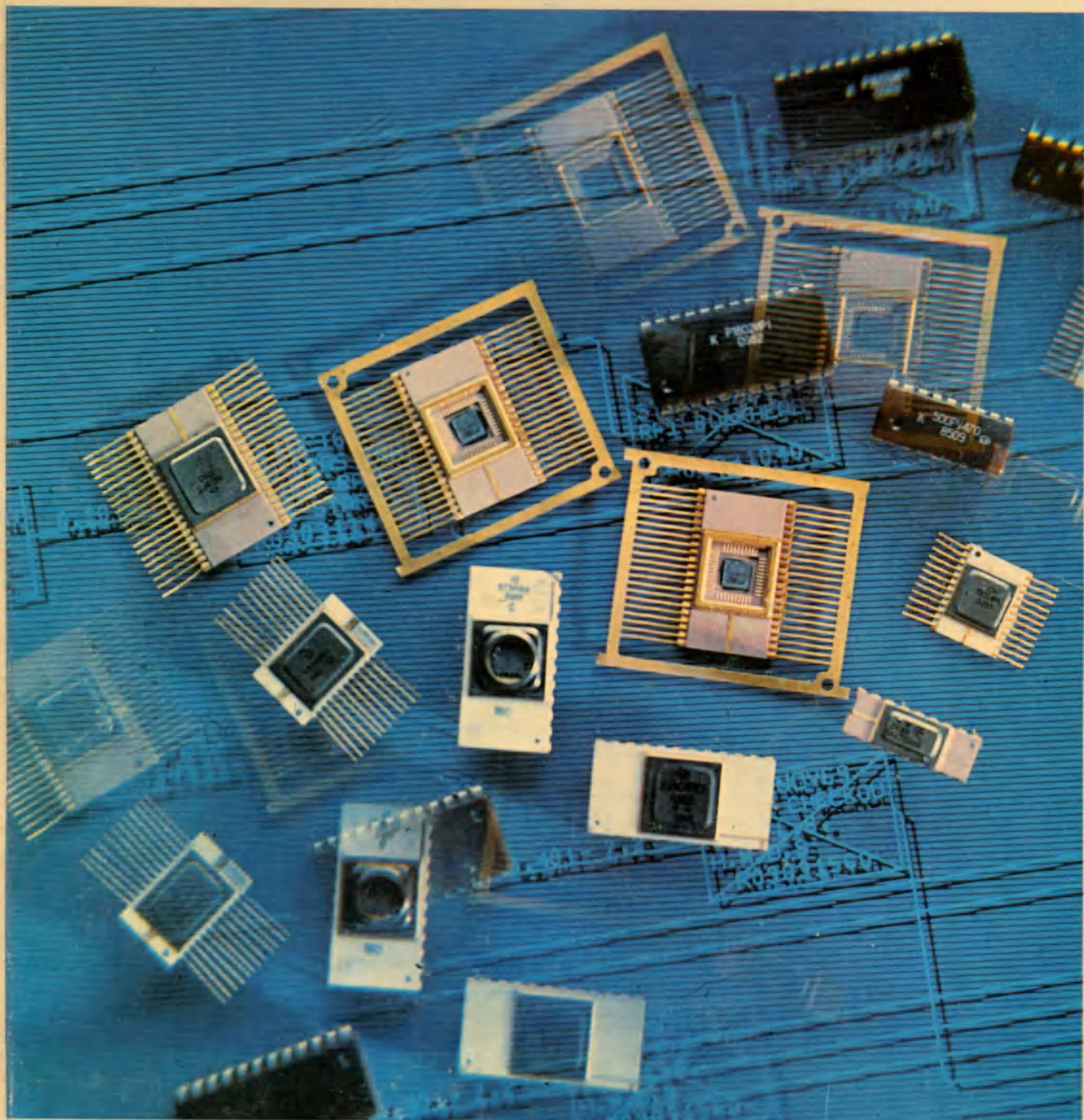


ISSN 0207—6357

12

1991

# ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ





**ЦИУ врачей  
Кафедра физиологии  
развития**

**и нетрадиционных методов  
оздоровления детей**

129327, Москва, Ленская ул., 26  
Тел.: 471-44-27

**РУКОВОДИТЕЛЯМ  
ПРЕДПРИЯТИИ, ФИРМ,  
АССОЦИАЦИИ**

**КАФЕДРА ФИЗИОЛОГИИ  
РАЗВИТИЯ  
И НЕТРАДИЦИОННЫХ  
МЕТОДОВ  
ОЗДОРОВЛЕНИЯ ДЕТЕЙ  
Центрального института  
усовершенствования врачей**

**ИЩЕТ СПОНСОРА  
И ГОТОВА ПРЕДОСТАВИТЬ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНУЮ  
БАЗУ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ АППАРАТУРЫ,  
ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИИ,  
ПРОВЕРКИ МЕТОДИК ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ  
МЕРОПРИЯТИЙ В ОБЛАСТИ ПЕДИАТРИИ.  
Кафедра располагает детским садом для часто болеющих  
детей, детской поликлиникой и домом ребенка.**

Тесное сотрудничество педиатров, психологов, педагогов обеспечивает проведение глубоких научных исследований и эффективное решение проблем физиологии развития, сохранения и укрепления здоровья детей раннего и дошкольного возраста.

Циклы занятий рассчитаны на участковых педиатров, заведующих отделениями и главных врачей детских поликлиник и санаториев, преподавателей вузов, медицинских, педагогических училищ, на медицинских сестер.

В процессе обучения используются персональные компьютеры, видеотехника и другие технические средства.

В циклах дисциплин, предназначенных для преподавателей, особое внимание уделяется методике преподавания, разработке наглядных пособий, рабочим местам для курсантов, экзаменационным тестам, обучающим программам.

Слушатели получают современные знания по следующим разделам:

— диагностика и прогнозирование уровня развития и здоровья с использованием компьютерной техники;

— диагностика начальных отклонений в здоровье и развитии детей раннего и дошкольного возраста, в том числе скрининг-диагностика преморбидных состояний и основы иридиагностики;

— подготовка детей к поступлению в дошкольное учреждение и школу, прогнозирова-

ние особенностей адаптации, коррекция проявлений адаптационной болезни;

— медико-психологическая коррекция ранних отклонений в развитии и поведении детей;

— оздоровление часто болеющих детей;

— психотерапия пограничных состояний;

— нетрадиционные методы профилактики и оздоровления детей раннего и дошкольного возраста (основы фитотерапии, рефлексотерапии, йоготерапии, гомеопатии и др.);

— основы интенсивного закаливания;

— физиологический, точечный и сегментарный массаж с профилактической и оздоровительной целью;

— организация рабочего времени и оборудование места врача, алгоритмизированная форма контроля за развитием и здоровьем детей, история развития ребенка (форма 112Ц), ее компьютеризированный вариант.

**Знания, полученные на кафедре в области диагностики ранних отклонений в состоянии здоровья детей и их коррекции традиционными и нетрадиционными методами, для любого специалиста служат основой обеспечения полноценного развития ребенка, сохранения и укрепления его здоровья.**

# ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛ

OldPC.su

музей компьютеров

12 / 1991

Издается с 1970 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ТЕХНОЛОГИЯ

- Характеристики модифицированного фоторезиста ФП-051МК и результаты его применения в опытном производстве СБИС с 1,2-мкм топологическими нормами. *Фролов В. М.* . . . . . 3
- Создание систем с контактными окнами микронных размеров, сформированных методом лазерной вакуумной литографии. *Точицкий Э. И., Попов Ю. П., Обухов В. Е., Ашейчик С. А., Шарендо А. И., Бокша В. В.* . . . . . 10

### Материалы

- Экономнолегированная сталь и ее применение в производстве цветных кинескопов. *Яшин В. Н., Филимонов В. Н.* . . . . . 14
- Сплавы для высококоэрцитивных постоянных магнитов типа  $(Sm, Zr) (Co, Cu, Fe)_2$ . *Дормидонтов А. Г., Супонев Н. П., Левандовский В. В., Шаморикова Е. Б., Некрасова Е. М.* . . . . 18
- Вакуумные резисты и процессы сухой литографии на их основе. *Ляхов М. Н., Могутов А. Н., Симонов В. В.* . . . . . 23
- Очистка от загрязнений технологической одежды, используемой в ЧПП высоких классов чистоты. *Сальников М. А., Смирнов Е. В., Зайцев Г. В.* . . . . . 27

### НАДЕЖНОСТЬ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

- Оптимизация параметров рентгенолитографической системы экспонирования в пучках синхронного излучения. *Мазуренко С. Н., Мануйлов В. В., Матвеев В. М.* . . . . . 29
- Статистико-физический подход к исследованию надежности изделий электронной техники. *Гродзенский С. Я.* . . . . . 33
- Эффективность метрологического обеспечения производства ИЭТ. *Тупикин В. Д., Ерлашов В. П.* . . . . . 36
- Активный зонд для контроля параметров СВЧ структур на пластине в мм-диапазоне длин волн. *Трошин А. И.* . . . . . 38
- Зондовый контроль СВЧ структур на пластине. *Трошин А. И., Храмов Н. Н.* . . . . . 41
- Цифровой микроверберметр. *Грудцин В. Н., Стромов Д. М., Федоренко В. Н.* . . . . . 41

### ИЗДЕЛИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

- Высокоэффективные и быстродействующие излучающие диоды для фотоэлектрических устройств. *Коган Л. М., Андреев Ю. П., Вишневская Б. И., Ковырева Н. И., Родкин В. С., Чехимова В. Е.* . . . . . 44
- Микросхема КЕ1852ВГ1. *Рэйлян И. Д., Мокрицкий О. А., Балым Ю. А., Гервас М. И., Цуркан В. В.* . . . . . 47
- Применение линейной фоточувствительной микросхемы с зарядовой связью К1200ЦЛ6 в телефаксе группы G3/G2. *Макаров Д. А., Рябов А. Н.* . . . . . 51
- Полевой транзистор с двойным потенциальным управлением — новая элементная база для СБИС. *Мурашев В. И., Орлов О. М.* . . . . . 55
- Многостандартная СБИС КР1051УР1 для радиоканала телевизоров новых поколений. *Викторов Г. С., Алехин А. Г., Мечкаев А. Е.* . . . . . 56
- БИС КР1051УР3 стереофонического сопровождения телевизоров. *Мечкаев А. Е., Митин В. С., Абрамов В. К.* . . . . . 58
- СБИС цифроаналогового интерфейса КР1051ХА8 для телевизоров с шиной управления I<sup>2</sup>C. *Сурайкин А. И., Алехин А. Г., Майоров Е. Л.* . . . . . 59
- СБИС мультисистемного процессора цветности К174ХА32. *Лебедев С. В.* . . . . . 61

СБИС аналогового усилителя записи-воспроизведения звука для нормативных видеокамер КФ1053ХА2. <i>Арискин Н. А., Никитанов В. А., Падаров В. П.</i> . . . . .	62
БИС КР1054УР1 усилителя телевизионных сигналов яркости и цветности для видеоманитофонов. <i>Майоров Е. Л., Викторов Г. С., Абрамов В. К.</i> . . . . .	63
Оптический скоростной преобразователь . . . . .	64
Оптически управляемый силовой переключатель . . . . .	64
Автомат управления освещением А-2 . . . . .	65

**ОБОРУДОВАНИЕ**

Установка для осаждения слоев аморфного кремния. <i>Белоусов В. С., Осипенков Г. Я., Петров С. В., Приходько Е. Л., Юшенков Г. А.</i> . . . . .	67
Конвейерная электропечь "Альтаир" для термообработки ИЭТ в водородсодержащих средах. <i>Протопопов И. В., Клепинин Б. Н., Кучеров В. Д., Руденок В. В.</i> . . . . .	70
Химически стойкий турбомолекулярный насос ТМН-3500Х. <i>Скоркин А. С., Жлукто Б. Д., Выскуб В. Т., Маишев Ю. П., Журич Н. А., Дмитриев Ю. А.</i> . . . . .	71
Оценка качества молекулярных источников. <i>Богонин И. А., Валиев К. А., Гиваргузов И. Е., Иошкин В. А., Орликовский А. А.</i> . . . . .	74
Испытательные стенды для индикаторов. <i>Сучков О. В.</i> . . . . .	77
Объективы с переменным фокусным расстоянием. <i>Медведев А. В., Касауров Б. С., Гринкевич А. В., Князев С. Н.</i> . . . . .	78

---

**Главный редактор Ю. А. КОЗЛОВ**

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

В. А. Афанасьев, А. И. Боровской, С. С. Булгаков, В. П. Буц, В. Д. Вернер, Г. Г. Горбунов (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, В. В. Симонов, В. А. Сотников, В. Д. Степанов, П. М. Стуколов (зам. главного редактора), В. М. Терехов, А. Н. Тихонов, А. С. Уксусов, В. Н. Уласюк, В. Н. Фетисов, А. Т. Яковлев.

---

Научные редакторы: Крылова Т. Р., Кокорева И. В., Дмитриев В. М.  
 Выпускающий редактор Кононенко Н. И.  
 Технический редактор Румянцева Л. М.  
 Художники: Чернецов В. А., Киселев В. Е.  
 Корректоры: Грачева В. П., Зотова И. П., Козырева Л. П.

---

Формат 60x90/8	Подписано в печать 9.12.91 г.	Объем 11 п. л.	Уч.-изд. л. 13
Индекс 3833	Тираж 3300 экз.	Заказ 14	Цена 6 р. 70 к.

---

Адрес редакции: 117415, Москва, просп. Вернадского, 39.  
 Телефоны: 432-92-72, 432-92-27  
 Справки по опубликованным материалам — телефон 432-91-31

## ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДИФИЦИРОВАННОГО ФОТОРЕЗИСТА ФП-051МК И РЕЗУЛЬТАТЫ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ В ОПЫТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ СБИС С ТОПОЛОГИЧЕСКИМИ НОРМАМИ 1,2-мкм

канд. техн. наук В.М.Фролов,  
НИИ молекулярной электроники

Освоение промышленного производства СБИС с микронными и субмикронными топологическими нормами предполагает необходимость решения комплекса проблем, связанных с фотолитографией, включающего совершенствование оборудования, улучшение характеристик фоторезистов, разработку новых технологических процессов формирования фоторезистивного рельефа.

Возможности проекционной фотолитографии оцениваются известным соотношением:

$$l = k\lambda / NA,$$

где  $l$  — разрешение в фоторезистивном рельефе;  $\lambda$  — длина волны актиничного излучения;  $NA$  — числовая апертура оптической системы степпера;  $k$  — коэффициент, определяющий качество комплекса «фоторезист — технология формирования фоторезистивного рельефа».

В настоящее время для условий промышленного производства СБИС практическим разрешением принято считать трехкратное значение разрешения, определенное по критерию Рэля ( $k=1,8$ ), в то время как лучшие лабораторные разработки указанного комплекса обеспечивают разрешение, соответствующее значению  $k=0,4-0,5$  [1].

Таким образом, актуальность проблемы сокращения разрыва между лабораторными достижениями и возможностями производства представляется очевидной, и успех исследований в данном направлении имеет решающее значение для достижения рентабельности производства СБИС с микронными и субмикронными топологическими нормами.

Особая сложность решения этой проблемы состоит в необходимости обеспечения приемлемости разработок для производства по экономическим характеристикам (производитель-

ность, фондоемкость, уровень расходов на обеспечение экологической безопасности производства и т.д.). При этом должно выполняться условие: снижение удельной себестоимости производства нового поколения СБИС по сравнению с ранее выпускаемой продукцией.

Практический интерес представляет способ достижения субмикронного разрешения, основанный на подавлении действия эффекта стоячей волны и ослаблении объемного эффекта за счет включения в композицию фоторезиста модифицирующего компонента — щелочерастворимого полимера с высокой (более 50000) молекулярной массой [2]. В работе [3] механизм действия указанного компонента рассмотрен подробно, поэтому в данной работе исследованы основные литографические характеристики модифицированного фоторезиста и проанализированы результаты его применения в опытном производстве СБИС с 1,2-мкм топологическими нормами.

**Состав композиции модифицированного фоторезиста.** Модифицированный фоторезист (рабочее название ФРП-20Т) представляет собой смесь серийного фоторезиста ФП-051МК (ТУ6-14-1940.279-88) с фоточувствительной композицией КФ-20Т (ТУ11-89) в соотношении

$$(ФП-051МК):(КФ-20Т)=(4-5):1.$$

КФ-20Т представляла собой 30% раствор в диглиме смеси светочувствительного продукта (СЧП) № 332 с сополимером метилметакрилата (ММА) и метакриловой кислоты (МАК) состава ММА:МАК=70:30 при соотношении компонентов смеси по массе: СЧП № 332:сополимер=1:1.

Непосредственно перед использованием раствор ФРП-20Т фильтровали через фторопластовый фильтр с диаметром пор 0,2 мкм. Толщина пленок ФРП-20Т для диапазона ско-

рости вращения ротора центрифуги 3000—6000 об/мин находилась в пределах 1,7—1,2 мкм, а уровень стрий (радиальной разнотолщинности пленки), не превышал 6 нм по уровню  $3\sigma$ , что свидетельствовало о хорошем качестве пленки и ее однородности.

#### Терминология.

**Предельное разрешение** — половина минимального шага прорабатываемой с определенной воспроизводимостью периодической структуры в пленке фоторезиста толщиной не менее 1 мкм на планарной подложке из монокристаллического кремния. Критерии проработки: отсутствие вуали и островков недопроявленного фоторезиста на вскрываемых участках периодической структуры; отсутствие смыкания нижних кромок линий в периодической структуре; равенство высоты линий в периодической структуре высоте крупно-размерных элементов фоторезистивного рельефа.

**Практическое разрешение** — половина минимального шага прорабатываемой периодической структуры по всей площади поля экспонирования с точностью воспроизведения ширины линий  $\pm 0,1$  мкм от номинальной ширины линии по уровню  $\pm 3\sigma$  в пленке фоторезиста толщиной не менее 1 мкм на планарной подложке из монокристаллического кремния.

**Теллостойкость** — температура, при которой начинается деформация профиля фоторезистивного рельефа без изменения его линейных размеров.

**Плазмостойкость** — отношение скоростей травления алюминия и фоторезиста в плазме хлорсодержащих газов (селективность по Al).

**Микродефектность** — плотность светорассеивающих микронеоднородностей с эффективной поверхностью от 0,06 мкм<sup>2</sup> в пленке фоторезиста или на поверхности подложки, регистрируемая измерителем «Surfscan».

**Технологическое и контрольно-измерительное оборудование.** Для нанесения фоторезиста на пластины диаметром 100 мм (ЕТО.035.287ТУ), предварительно гидрофобизированные гексаметилдисилазаном, применялась установка EATON System 6000 (Великобритания). Термообработка фоторезистивных пленок выполнялась на нагревательной плите этой же установки. Экспонирование выполнялось на степерах AÜR (Jenoptik,  $\lambda=436$  нм,  $NA=0,35$ ) и AÜR-2 ( $NA=0,29$ ). Положение плоскости фокусировки, время экспонирования и режимы постэкспозиционной термообработки (ПЭТ) изменялись в зависимости от цели исследований. Проявление экспонированных пленок выполняли в 0,3N растворе буферного проявителя ПП-051 на соответствующем треке установки System 6000. Контроль линейных размеров проявленного рельефа производился на измерительной системе MPV-CD2 на базе оптического микроскопа (ф. Leitz, ФРГ), а также на растровом электронном микроскопе мод. 806 (ф. Hitachi, Япония) при увеличении до 30000. Толщина пленок измерялась микро-спектрофотометром «Nanospec» (ф. Nanomet-

rics, США), микродефектность — измерителем «Surfscan», показатель преломления пленок — автоматическим эллипсометром ф. Rudolph Research (США).

**Предельное и практическое разрешение, ширина дозы облучения, глубина резкости.** Для определения указанных характеристик пленки фоторезиста ФРП-20Т толщиной от 1,2 мкм до 1,7 мкм экспонировались через фотошаблон-миру EAV (Jenoptik) с минимальным шагом решетки 1,2 мкм, подвергались ПЭТ при 110°C в течение 1 мин и проявлялись в течение 45с в указанных выше условиях. Результаты измерений представлены в таблице (для сравнения представлены аналогичные данные для фоторезиста-прототипа ФП-051МК).

Глубина резкости для проработки линий шириной 1 мкм с точностью  $\pm 0,1$  мкм ( $3\sigma$ ) на степере AÜR-2 ( $NA=0,29$ ) в пленках фоторезистов ФРП-20Т и ФП-051МК была равна  $\pm 2$  мкм и  $\pm 1$  мкм соответственно (при глубине по критерию Рэлея  $\pm 2,6$  мкм для данных параметров оптической системы).

Результаты, приведенные в таблице, и данные по диапазонам глубины резкости позволяют сделать вывод, что серийный фоторезист ФП-051МК не пригоден для применения в производстве СБИС с топологическими нормами 1,0—1,2 мкм, в то время как характеристики его модификации — фоторезиста ФРП-20Т делают возможной организацию такого производства. На рис. 1 представлен фрагмент маски из ФРП-20Т (топология ДОЗУ1М).

#### Предельное практическое разрешение и ширина экспонирования фоторезистов ФП-051МК и ФРП-20Т ( $NA=0,35$ )

Измеренное значение ширины линии мкм	Ширина экспонирования фоторезиста, $\pm\%$	
	ФП-051МК	ФРП-20Т
для степера AÜR ( $NA=0,35$ )		
0,6 $\pm$ 0,1	не проработано	3
0,7 $\pm$ 0,1	3	10
0,8 $\pm$ 0,1	3	10
1,0 $\pm$ 0,1	6	14
1,4 $\pm$ 0,1	15	20
2,0 $\pm$ 0,1	18	24
для степера AÜR-2 ( $NA=0,29$ )		
0,6 $\pm$ 0,1	не проработано	не проработано
0,7 $\pm$ 0,1	— «—	3
0,8 $\pm$ 0,1	— «—	7
1,0 $\pm$ 0,1	3	12
1,4 $\pm$ 0,1	9	18
2,0 $\pm$ 0,1	16	24



Подписывайтесь на журнал

# ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

ИНДЕКС 3833

С 1992 года из отраслевого узковедомственного  
журнал преобразуется в межрегиональный  
научно-информационный журнал  
инженеров и руководителей.

*Надеемся, что к концу 1992 года журнал станет интересным  
для каждого.*

## ПОЧЕМУ ВЫ НЕ ПОДПИСАЛИСЬ НА ЖУРНАЛ «ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ»?

Вас интересуют статьи только по проблемам: \_\_\_\_\_

Вам нужна более подробная информация по: \_\_\_\_\_

Вас не устраивает \_\_\_\_\_

Вы предполагаете заказать у нас (укажите объем)

рекламу в журнале \_\_\_\_\_

проспекты, каталоги, буклеты \_\_\_\_\_

Если Вы все-таки подписались на журнал, проверьте:

Р.С. № 000263835 в Москомбанке «Санва» (Черемушкинское отделение Промстройбанка г. Москвы), код 9201493, МФО 201490, индекс 117335 банковским поручением (почтовым переводом)

Подписчик	Индекс издания	Подписная цена, р., к.	Число заказанных экз.	Общая сумма, р., к.
Предприятие	3833	210—00		
Частное лицо	3833,1	50—40		

## ПОЧЕМУ ВЫ НЕ ПОДПИСАЛИСЬ НА ЖУРНАЛ «ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ»?

Вас интересуют статьи только по проблемам: \_\_\_\_\_

Вам нужна более подробная информация по: \_\_\_\_\_

Вас не устраивает \_\_\_\_\_

Вы предполагаете заказать у нас (укажите объем)

рекламу в журнале \_\_\_\_\_

проспекты, каталоги, буклеты \_\_\_\_\_

Если Вы все-таки подписались на журнал, проверьте:

Р.С. № 000263835 в Москомбанке «Санва» (Черемушкинское отделение Промстройбанка г. Москвы), код 9201493, МФО 201490, индекс 117335 банковским поручением (почтовым переводом)

Подписчик	Индекс издания	Подписная цена, р., к.	Число заказанных экз.	Общая сумма, р., к.
Предприятие	3833	210—00		
Частное лицо	3833,1	50—40		

Подписную сумму (для предприятий — 210 руб.,  
для частных лиц — 50 руб. 40 коп.)  
следует перечислить в Москомбанк «Санва»  
(Черемушкинское отд. ПС15),  
на расчетный счет № 000263835, МФО 201490, индекс 117335  
и сообщить в адрес редакции.

КОМЕРСИА

# ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Нашим постоянным подписчикам мы предоставляем приоритетное право  
на срочное опубликование статей,  
размещение рекламы, изготовление проспектов, буклетов и каталогов.  
*Посредникам выплачивается 10—15% стоимости рекламы.*

КОНВЕРСИЯ

## ПОЧТОВАЯ КАРТОЧКА

Место  
для  
марки

Куда 117415, Москва, проспект Вернадского, 39,  
ЦНИИ «Электроника»,  
редакция журнала  
«Электронная промышленность»

Почтовый индекс

Адрес подписчика

## ПОЧТОВАЯ КАРТОЧКА

Место  
для  
марки

Куда 117415, Москва, проспект Вернадского, 39,  
ЦНИИ «Электроника»,  
редакция журнала  
«Электронная промышленность»

Почтовый индекс

Адрес подписчика

Адрес редакции: 117415, Москва, пр. Вернадского, 39,  
Редакция журнала «Электронная промышленность».

Телефоны: Отв. секретарь 431-58-21

Научные редакторы 432-92-21, 432-91-89

Зав. редакцией 132-92-72

Отд. рекламы 432-92-72

ЭЛЕКТРОННАЯ  
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

ЭЛЕКТРОННАЯ  
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ





# ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

**ELECTRONIC INDUSTRY**

CONVERSION

Is reviewed in English for the first time.  
Inter-branch scientific information journal.  
Have been published since 1970.

It is intended for heads of the firms, technologists,  
designers, students.

The latest news in science and engineering, problems of  
industrial production in the most important companies,  
stock exchange and commercial news and advertisements  
are published in the journal.

Price for a one-year set is 150 US dollars.  
Raschetny schet 97087054/001  
Vneheconombank JSSR TsOU Gosbank of Mosoow.  
Korrespondentsky schet 000165004, MFO 299112.

----- ✂

**PLEASE SEND ME \_\_\_\_\_  
SETS OF JOURNAL "ELECTRONIC  
INDUSTRY"**

----- ✂

**PLEASE SEND ME \_\_\_\_\_  
SETS OF JOURNAL "ELECTRONIC  
INDUSTRY"**

CONVERSION



# ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

ELECTRONIC INDUSTRY

Is reviewed in English for the first time.  
Inter-branch scientific information journal.  
The latest news in science and engineering.

CONVERSION

39, VERNADSKOGO PR.  
MOSCOW 117415  
USSR



---

---

---

---

39, VERNADSKOGO PR.  
MOSCOW 117415  
USSR



---

---

---

---

Subscribers have a priority in terms of publication of the materials, issue of catalogues, booklets and prospects. All questions and requests should be send to the editor by the following address:

39, VERNADSKOGO PR., MOSCOW 117415, USSR,  
TEL. (095) 431.58.21. TIX 411668 BIT SU.

ЭЛЕКТРОННАЯ  
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

ЭЛЕКТРОННАЯ  
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

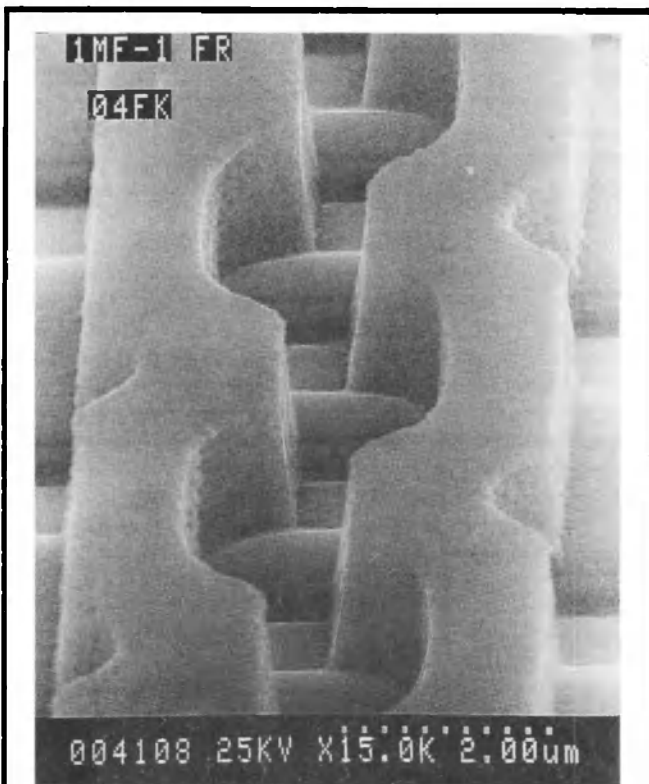


Рис. 1. Фрагмент маски из фоторезиста ФРП-20Т (топология ДОЗУ 1М)

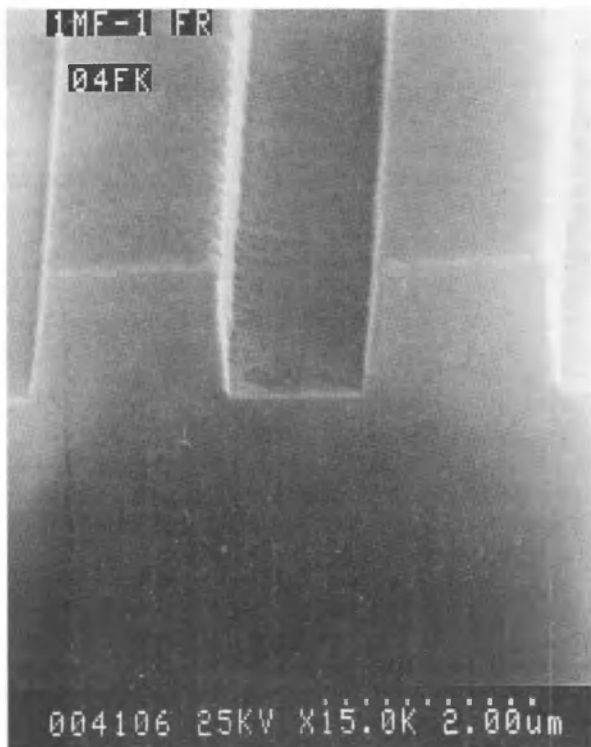
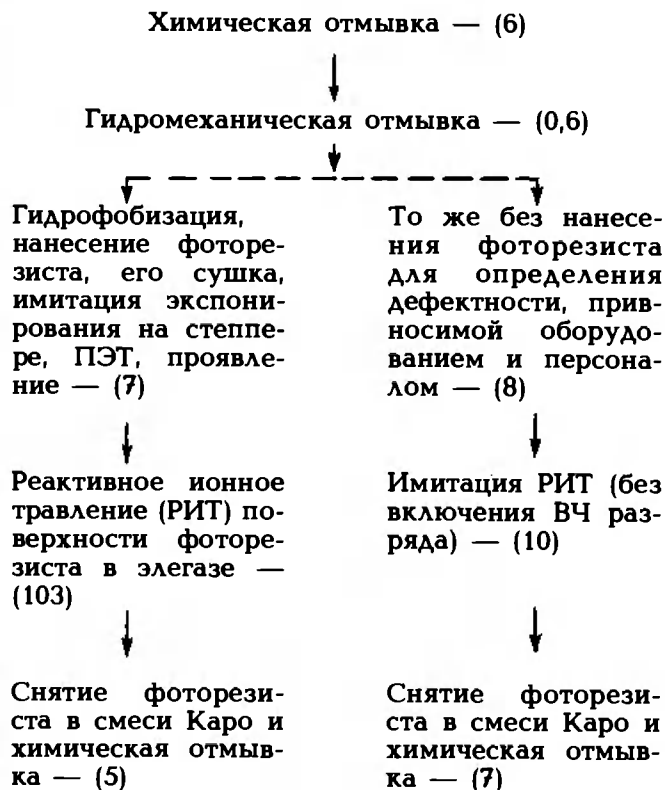


Рис. 2. Форма профиля рельефа из ФРП-20Т после термообработки при 160°C (с применением ПЭТ при 150°C) 1 мин [4]

**Тепло- и плазместойкость.** Теплостойкость фоторезистивного рельефа, определяемая температурой вязкотекучести полимера-пленкообразователя, для ФП-051МК не превышает 115°C. Эта же характеристика у ФРП-20Т благодаря присутствию в его составе сополимера ММА/МАК (температура текучести которого равна 200°C) равна 135°C, а с применением высокотемпературной ПЭТ [4] достигает 160°C (рис. 2).

Хотя плазместойкость модифицирующего сополимера ММА/МАК в 2—3 раза ниже, чем у основного пленкообразующего компонента — новолачной смолы, плазместойкость ФРП-20Т такая же, как у немодифицированного фоторезиста ФП-051МК, что, видимо, обусловлено низким (около 10% от массы пленки) содержанием сополимера. На рис. 3 представлены результаты реактивного ионного травления пленки алюминия толщиной 1 мкм через маску ФРП-20Т толщиной 1,3 мкм. Остаточная толщина маски равна 1,0 мкм.

**Микродефектность и сохраняемость.** Исследования микродефектности пленок ФРП-20Т выполнялись после каждой операции цикла формирования фоторезистивного рельефа: для выделения фона микродефектности, приносимой оборудованием, параллельно контролировались пластины без фоторезистивного покрытия. Результаты измерений (учитывались все неоднородности, зафиксированные измерителем «Surfscan», имеющие эффективную поверхность от 0,06 мкм<sup>2</sup> и более, что соответствует минимальному диаметру дефекта 0,25 мкм), статистически обработанные, представлены на схеме (цифры в скобках — плотность дефектов на 1 см<sup>2</sup> поверхности пластины или пленки фоторезиста):



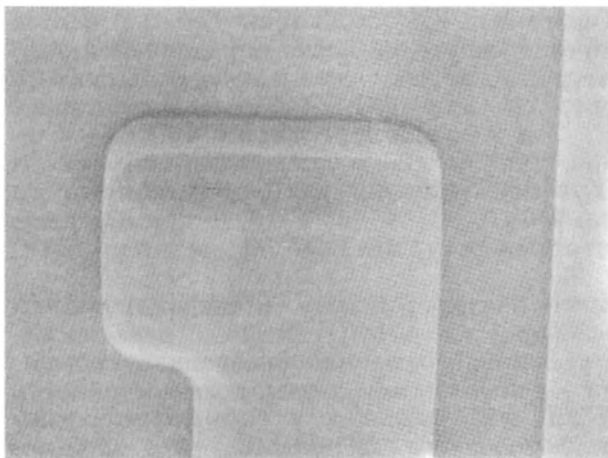


Рис. 3. Маска из ФРП-20Т после РИТ пленки алюминия толщиной 1 мкм

Как видно из данной схемы, основной вклад в величину уровня микродефектности вносит не фоторезист, а оборудование и персонал производственного участка (аналогичные данные были получены для фоторезистов ФП-051МК и Р-3100 ф. ОСГ). Из этой же схемы видно, что фоторезист ФРП-20Т обеспечивает надежное маскирование поверхности пластины в процессе РИТ. Результаты испытаний ФРП-20Т на сохраняемость показали, что после шести месяцев хранения при 20°C харак-

теристики разрешения, ширины экспонирования, чувствительности и контраста не изменились, а уровень микродефектности пленок (перед нанесением фоторезист дополнительно фильтровался) не превысил уровня микродефектности только что приготовленной композиции (1—2 дефекта размером от 0,25 мкм на 1 см<sup>2</sup>).

Таким образом, модифицирование серийного фоторезиста ФП-051МК композицией ФК20Т обеспечивает существенное улучшение основных результатов процесса проекционной фотолитографии и позволяет организовать производство СБИС с 1,0—1,2 мкм топологическими нормами на базе низкоапертурного оборудования для экспонирования, о чем также свидетельствует более чем двухлетний опыт применения фоторезиста ФРП-20Т в опытном производстве НИИ точной технологии в г. Зеленограде.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мороз У. Микролитография, т. 1.— М.: Мир, 1990, с. 478.
2. Бокков Ю.С., Селиванов Г.К., Фролов В.М. Универсальный термостойкий фоторезист.— Тезисы докл. VII междунар. конф. «Microelectronics-90».— Минск, 16—18 окт. 1990, т. 1, с. 112.
3. Фролов В.М.— Достижение субмикронного разрешения в проекционной фотолитографии.— Электронная промышленность, № 4, 1991, с. 33.
4. Фролов В.М.— Высокотемпературная обработка фоторезиста.— Электронная промышленность, № 11, 1990, с. 29.

## СОЗДАНИЕ СИСТЕМ С КОНТАКТНЫМИ ОКНАМИ МИКРОННЫХ РАЗМЕРОВ, МЕТОДАМИ ЛАЗЕРНОЙ ВАКУУМНОЙ ЛИТОГРАФИИ

Э.И.Точичский, Ю.П.Попов, В.Е.Обухов, С.А.Ашейчик, А.И.Шарендо, В.В.Бокша

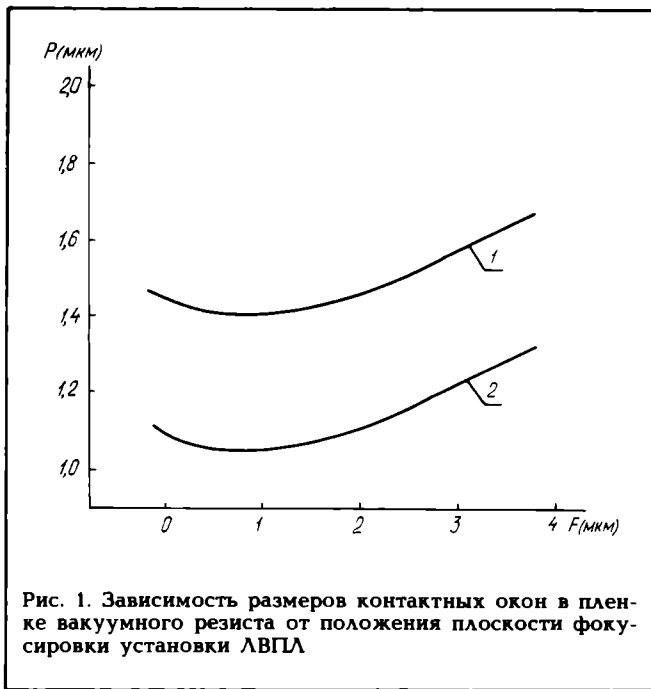
Процесс лазерной вакуумной проекционной литографии (ЛВПЛ) включает в себя меньшее число операций по сравнению с проекционной оптической, поэтому более предпочтительна в производстве БИС.

Специалисты НПО «Интеграл» (г. Минск) установили корреляцию между литографическими и электрическими параметрами контактных систем с элементами микронных размеров, сформированных полностью сухими методами, начиная с создания маски из вакуумного резиста (ВР) и кончая процессами металлизации.

Формирование маски из органического материала методом ЛВПЛ для создания контактных систем осуществлялось по методике,

режимам и с помощью оборудования, описание которых приведено в работе [1]. Перенос рисунков масок в слой диэлектрика и металлизации выполнялся методом плазмохимического травления (ПХТ), удаление масок — в кислородосодержащей плазме (ПХУ), качество полученных топологических рисунков контролировалось с помощью растровой электронной микроскопии, а элементный состав поверхности технологических слоев и распределение элементов по глубине слоя оценивалось методом оже-спектроскопии. Экспериментально исследовано влияние дефокусировки изображения на литографические характеристики контактных окон (их форму и размеры) и осуществлен выбор оптимальных режимов операции ПХТ SiO<sub>2</sub>.

На рис. 1 представлен график экспериментально полученной зависимости размеров кон-



тактных окон от положения плоскости фокусировки (ПФ) установки ЛВПЛ. Изменения размеров окон от положения ПФ согласуются с теоретическими результатами, полученными в работе [2]. Положение рабочей ПФ было выбрано на уровне, соответствующем экстремуму фокусировочной кривой на рис. 1. В этом положении плоскости фокусировки отклонение размеров изображения от номинального (соответствующего экстремуму) при неизбежных дефокусировках за счет погрешности работы датчика фокусировки и неплоскостности пластины должно быть минимальным. В данном случае это отклонение не превышает 0,05 мкм при дефокусировке  $\pm 0,5$  мкм (см. рис. 1). Полученные экспериментальные данные коррелируют с результатами моделирования процессов традиционной проекционной литографии для когерентного освещения и объекта в виде решетки из протяженных линий шириной 0,9 мкм в резисте толщиной 0,5 мкм [3]. По результатам моделирования процесса ЛВПЛ, представленным в работах [2] (формирование линий размером 0,8 мкм в вакуумном резисте толщиной 0,5 мкм) и [4] (формирование линий размером 0,9 мкм в вакуумном резисте толщиной 1 мкм), отклонения размеров элементов при дефокусировке  $\pm 0,5$  мкм составляют 0,03 мкм и 0,06 мкм, соответственно, что согласуется с экспериментальными результатами, полученными в настоящей работе.

Вышеприведенные сравнительные результаты влияния дефокусировки на отклонение размеров элементов рассматривались для элементов на поверхности резиста в виде линий размером 0,8 и 0,9 мкм [2, 4]. Экспериментальные зависимости размеров элементов на границе «пленка—подложка» от дефокусировки (см. рис. 1) хорошо коррелируя с данными, приведенными в работе [3], существенно от-

личаются от соответствующих теоретически полученных зависимостей [2, 4]. Согласно экспериментальным данным, при дефокусировке до  $\pm 1,5$  мкм величина клина проявления остается постоянной, в то время, как по теоретическим расчетам [2, 4] при указанной дефокусировке клин проявления изменяется сложным образом. Видимо, использование уравнения теплопроводности при решении тепловой задачи для моделирования ЛВПЛ, учет влияния тепловых характеристик подложки и дифракционной структуры воздушного изображения топологического элемента позволяют устранить указанное несоответствие.

Для выбора оптимальных условий формирования контактных окон проводилось экспонирование пленок вакуумного резиста различными дозами лазерного излучения при фиксированных уровнях фокусировки. Изменение размера контактного окна при увеличении экспозиции в два раза составляло 0,03 мкм при оптимальной фокусировке и 0,15 мкм при дефокусировке 0,4 мкм. Интересно отметить, что по результатам моделирования традиционного процесса фотолитографии при когерентном освещении ( $\lambda=0,35$  мкм,  $NA=0,4$ ) изменение размеров элементов при двукратном увеличении дозы и наилучшей фокусировке составляет 0,26 мкм [3]. Это свидетельствует о гораздо меньшей чувствительности процесса лазерной вакуумной проекционной литографии к изменению дозы излучения при оптимальной фокусировке по сравнению с традиционным процессом фотолитографии.

Проведенные исследования позволили установить режимы экспонирования, а также плазмохимического травления, с использованием которых были получены окна с минимальными размерами 0,3 мкм в пленках ВР и диэлектрика.

Последовательность основных технологических операций изготовления контактных систем (тестовых матриц, содержащих наборы контактных окон различных размеров) с использованием ЛВПЛ следующая:

создание знаков совмещения методом ЛВПЛ; подготовка поверхности пластин; окисление ( $h=0,29$  мкм); нанесение Al (I металл,  $h=0,45$  мкм); напыление слоя ВР; ЛВПЛ металла I; ПХТ металла I; ПХУ ВР; вжигание металла I; осаждение плазмохимического оксида (ПХО,  $h=0,65$  мкм); напыление слоя ВР; ЛВПЛ (контакты); ПХТ ПХО; ПХУ ВР; нанесение Al (металл II,  $h=0,95$  мкм); нанесение слоя ВР; ЛВПЛ металл II; ПХТ металла II; ПХУ ВР; вжигание металла II; исследование контактной системы.

С точки зрения создания качественных контактных систем наиболее критичными являются режимы формирования второго слоя («контактные окна»). По приведенной последовательности операций было изготовлено две опытные партии контактных систем, различающихся между собой режимами ПХ травления металла I. Изменение контактного сопротивления ( $R_k$ ) проводилось шестизондовым

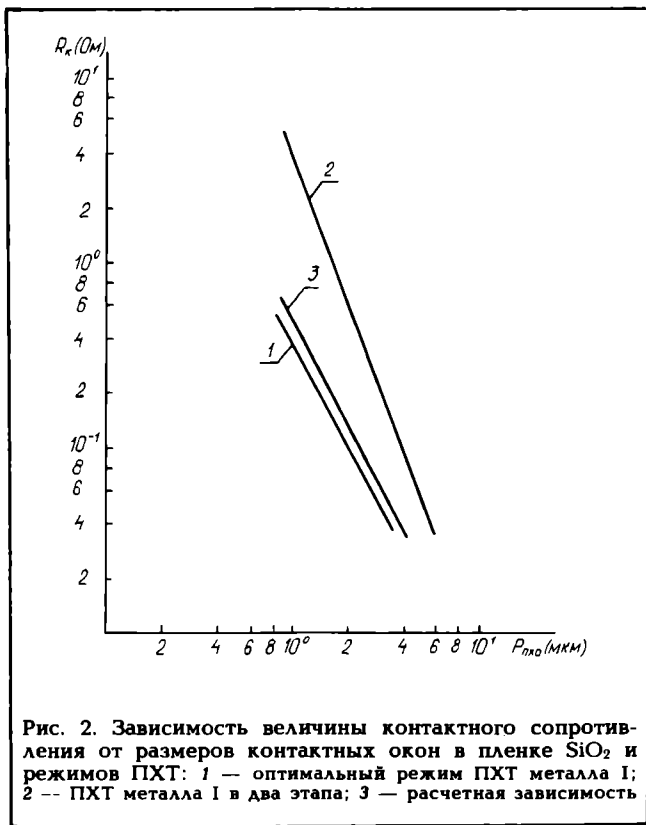


Рис. 2. Зависимость величины контактного сопротивления от размеров контактных окон в пленке  $\text{SiO}_2$  и режимов ПХТ: 1 — оптимальный режим ПХТ металла I; 2 — ПХТ металла I в два этапа; 3 — расчетная зависимость

методом Кельвина. Для каждого контакта делалось четыре замера, при которых определенным образом менялся порядок токовых площадок и площадок измерения напряжения. Контактное сопротивление являлось средним арифметическим всех четырех замеров. Таким образом удавалось уменьшить погрешность, вносимую в измерение  $R_k$  размещением контактного окна относительно топологии первой металлизации.

На рис. 2 представлены результаты исследования зависимости величины контактного сопротивления от размеров контактных окон в пленке  $\text{SiO}_2$  и режимов ПХТ. Кривые 1 и 2 построены как результат усреднения от 10 до 30 значений  $R_k$  для каждого размера контактного

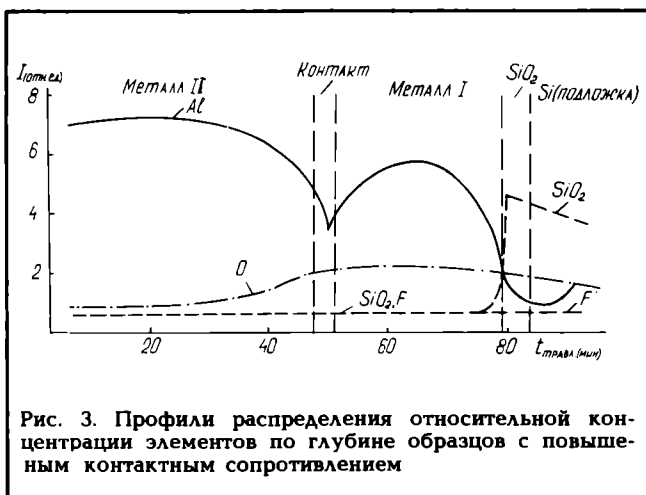


Рис. 3. Профили распределения относительной концентрации элементов по глубине образцов с повышенным контактным сопротивлением

ного окна, при этом среднеквадратичное отклонение (СКО), характеризующее разброс значений  $R_k$  для точек, соответствующих кривой 1, не превышало значения 0,07 Ом. Общее ухудшение проводимости на образцах, значения контактного сопротивления которых представлены на кривой 2, и СКО значений  $R_k$  для них, превышающее 1 Ом, обусловлены, по-видимому, образованием комплексов алюминия с кислородом в пленке металла I за счет неоптимизированного режима ПХТ. Экспериментально полученная зависимость контактного сопротивления от размера контактного окна (рис. 2, кривая 1) является обратноквадратичной и хорошо коррелирует с результатами расчета (рис. 2, кривая 3), выполненного в предположении, что удельное контактное сопротивление для системы Al—Al составляет  $\rho_k = 5 \cdot 10^{-9}$  Ом·см<sup>2</sup>.

Оже-спектральный анализ элементного состава технологических слоев на образцах с повышенным контактным сопротивлением проводился на электронном оже-спектрометре УАЗ.ОПП-1-006 (диаметр электронного пучка до 15 мкм, энергия электронов 3000 эВ, глубина анализа 2—3 нм). С целью изучения элементного состава технологических слоев по глубине проводился их послойный анализ в области контакта «металл I—металл II» путем травления поверхности ионами Ar ( $E=3600$  эВ) в течение 120 мин и регистрации оже-спектров через определенные интервалы времени (60 с). После обработки полученной информации на ЭВМ построены профили распределения углерода, алюминия, кислорода, фтора, кремния и окисла кремния по глубине образца (рис. 3). Из рисунка следует, что в области контакта «металл I—металл II» наблюдается заметное возрастание концентрации кислорода по мере приближения к зоне контакта со стороны металла II. Концентрация кислорода в алюминии при этом достигает постоянного уровня в области контакта и сохраняет такое значение во всей области металла I, что позволяет утверждать о значительном присутствии в пленке металла I комплексов алюминия, связанных с кислородом, ухудшающих проводящие свойства металла I и электрические характеристики всей системы в целом.

Таким образом, из рассмотрения спектров при послойном элементном оже-анализе следует, что пленка металла I на данных образцах содержит в себе значительное количество кислорода, который, находясь, по-видимому, в комплексах с Al, ухудшает ее проводящие свойства и обуславливает значительное увеличение как среднего значения  $R_k$  (примерно на порядок), так и его СКО.

Разработан технологический процесс изготовления с использованием метода ЛВПЛ трехслойной структуры «металл—диэлектрик—металл» для исследования электрических характеристик систем с контактными окнами микронного диапазона. Полученная с помощью такой структуры зависимость контактного сопротивления от размера контактного окна является обратноквадратичной и коррелирует с расчетной зависимостью. При этом,

с уменьшением размеров контактных окон от 3 до 1 мкм, контактное сопротивление изменяется от 0,05 до 0,5 Ом при токе через контакт от 1 до 17 мА (средний ток — 12 мА).

Экспериментально полученные зависимости размеров контактных окон от положения плоскости фокусировки для ЛВПЛ хорошо согласуются с результатами моделирования проекционной фотолитографии для случая когерентного освещения.

Авторы выражают признательность Якубовскому Л.З. и Дулинцу Ю.Ч. за постоянную высококвалифицированную помощь в проведении экспериментов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Формирование субмикронных контактных окон методом лазерной вакуумной литографии/С.А.Ашейчик, В.В.Бокша, В.Б.Гурский и др.— Электронная промышленность, 1990, вып. 1, с. 5—7.
2. Т о ч и ц к и й Э.И., Ш а р е н д о А.И. Исследование «сухого» метода литографии.— Поверхность (физика, химия, механика), 1987, № 11, с. 76—79.
3. Г л а з к о в И.М., Г у р с к и й В.Б. Моделирование проекционной фотолитографии в субмикронной области.— Электронная промышленность, 1984, вып. 4, с. 3—8.
4. Применение моделирования с целью повышения реального разрешения проекционной фотолитографии/И.М.Глазков, В.Б.Гурский, Э.И.Тоцицкий, А.И.Шарендо.— Электронная промышленность, 1988, вып. 1, с. 44—48.

**СЕВЕРОДОНЕЦКИЙ  
ЗАВОД  
СОПРОТИВЛЕНИЙ  
ПРЕДЛАГАЕТ**

## ЧИП-РЕЗИСТОРЫ С ПОДСТРОЙКОЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ

для автоматизированного поверхностного монтажа  
на печатные платы и гибридные схемы

Номинальная мощность рассеяния	0,125 Вт
Диапазон сопротивлений	100—2 · 10 <sup>4</sup> Ом
Допускаемое отклонение сопротивления	±1%
Стабильность в течение 1000 ч наработки	±0,5%
Диапазон регулирования величины сопротивления (от номинального значения)	±20%
Количество циклов регулирования	10 <sup>4</sup>
Амплитуда импульсного регулирующего напряжения	35—60 В
Длительность импульсов регулирующего напряжения	1—100 мкс
ТКС в интервале температур от —60 до 125°С, не более	±(100;250;500) · 10 <sup>-6</sup> 1/°С
Уровень шумов резисторов, не более	1 мкВ/В
Масса	0,015 г
Размеры (L×B×A×m)	3,2×1,6×0,6×0,3

Конструктивно резисторы выполнены по ГОСТ 20.39.405-84 (группа XI, исполнение 2).

Монтаж резисторов на поверхность проводится пайкой волной припоя ПОС 61 (ГОСТ 20.39.405-82) или вручную паяльником, возможен монтаж с помощью паяльных паст. Допускается ИК нагрев в соответствии с ГОСТ 20.39.405-84.

Регулировка величины сопротивления резистора осуществляется импульсами положительной и отрицательной полярности, подаваемыми на управляющую контактную площадку.

Для подстройки используются стандартные генераторы прямоугольных импульсов типа Г5-54.

Резисторы позволяют осуществлять с высокой точностью плавную и прецизионную многократную подстройку сопротивления непосредственно после изготовления и в процессе эксплуатации.

Условия эксплуатации: диапазон температур от —60 до 70°С; максимально-допустимая рабочая температура (при снижении мощности рассеяния) 125°С; наработка на отказ 15000 ч; сохраняемость 15 лет.

*Завод ищет партнеров по совместной разработке  
изделия и организации производства.*

По всем вопросам обращаться по адресу: 349940, г. Северодонецк, Луганская обл., ул. Новикова, 4.



4-11-30.

## ЭКОНОМНОЛЕГИРОВАННАЯ ТЕПЛОСТОЙКАЯ СТАЛЬ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЦВЕТНЫХ КИНЕСКОПОВ

В.Н.Яшин, В.Н.Филимонов

Разработанная в Центральном научно-исследовательском институте черной металлургии им. И.П.Бардина безвольфрамовая теплостойкая сталь 95Х6М3Ф3СТ (ЭК80) после термической обработки по оптимальным режимам имеет свойства, близкие, а иногда и превышающие свойства быстрорежущих сталей типа Р6М5 [1, 2]. Однако, если в стали Р6М5 суммарное содержание остродефицитных легирующих элементов вольфрама и молибдена составляет 11% (а в других быстрорежущих сталях и того больше), то в стали ЭК80 содержится всего 3% молибдена, т.е. новая теплостойкая сталь является предельно легированной и не может рассматриваться в качестве универсального заменителя быстрорежущих сталей. Однако в ряде случаев применение стали ЭК80 вместо стали Р6М5 может обеспечить значительное повышение стойкости инструмента [1, 3].

Важной задачей является определение областей эффективного применения безвольфрамовых сталей взамен вольфрамсодержащих. Ее решение позволит значительно сократить применение быстрорежущих сталей, содержащих вольфрам, молибден, кобальт, а следовательно, приведет к экономии валютных средств за счет сокращения закупок таких сталей по импорту.

В серийном производстве стеклодеталей цветных кинескопов в качестве материала для ножей отрезки капли расплавленной стекломассы применяются остродефицитные вольфрамсодержащие стали Р18, Р6М5, Р6М5К5. Однако высокая температура стекломассы (1000—1100°С), ее повышенные эрозионные и коррозионные свойства, высокие контактное давление и скорости скольжения, происходящие на небольшой площади режущих кромок и термоцикличность приводят к снижению стойкости ножей.

В этих условиях, одновременно с процессом изнашивания ножей, увеличивается пло-

щадь касания режущих кромок и при достижении определенной величины износа геометрия режущих кромок искажается, увеличивается след реза и ножи бракуются. Замена ножей для переточки и связанная с этим установка прессы, а также повышенный расход абразивного инструмента на операции шлифовки и полировки экранов кинескопов до полного исчезновения следа реза приводят к снижению производительности оборудования, повышенному расходу энергоресурсов и увеличению себестоимости продукции.

Предлагается использовать безвольфрамовую сталь ЭК80 в качестве материала для ножей отрезки капли стекла. Ножи изготавливались из промышленной партии прутков диаметром 90 мм методомковки на заготовки 40×120×300 мм и 40×40×700 мм, которые затем прокатывались на полосы сечением 12×250×800 мм и прутки 14×14 мм.

Температуры нагрева при ковке и прокатке составляли соответственно 1100—1200 и 1050—1080°С [2]. После горячей прокатки полосы и прутки подвергали отжигу при 800°С 4 ч; охлаждению до 600°С в печи, далее на воздухе. Твердость стали после отжига составляла 235—240 НВ. По разработанной технологии были изготовлены партии ножей на заводе НИИЭСа и Воронежском заводе ЭВП.

Для оптимизации режима термообработки из прутков сечением 14×14 мм изготовили образцы для испытаний на изгиб и ударную вязкость. Образцы закаливались в соляных ваннах при температурах от 1050 до 1250°С. Исследовалось также влияние температуры отпуска на механические свойства стали. Результаты представлены на рис. 1—3.

На основании выполненных исследований был выбран оптимальный режим термообработки, включающий в себя трехступенчатую закалку, импульсный нагрев и двукратный отпуск. Причем, данный режим обеспечивает минимальное коробление ножей (не более



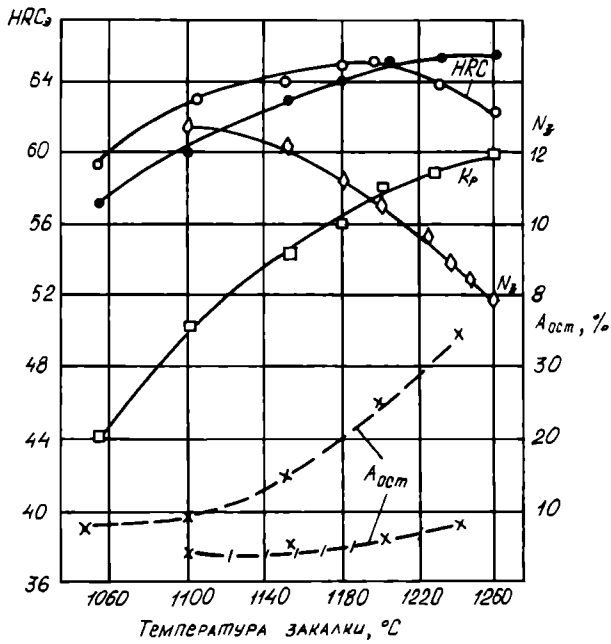


Рис. 1. Зависимость твердости, теплостойкости, величины зерна аустенита и количества остаточного аустенита от температуры закалки. Отпуск двукратный при 550°C по 1 ч: —○—○— твердость после закалки; —●—●— твердость после закалки и отпуска; —x—x— количество остаточного аустенита после закалки; —/—/— количество остаточного аустенита после закалки и однократного отпуска

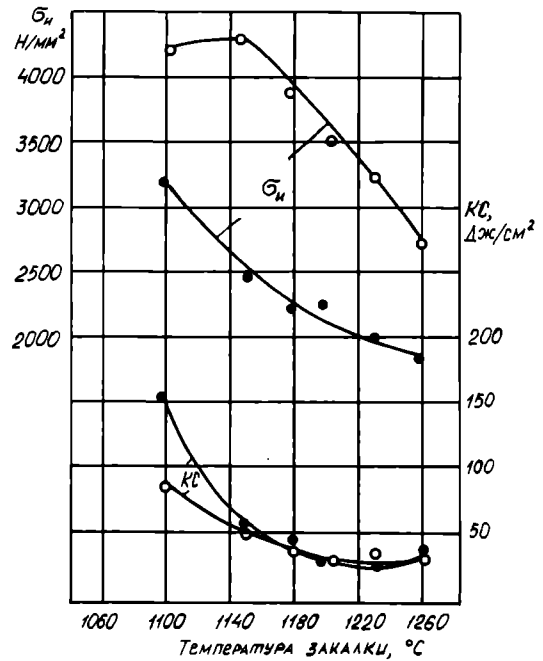


Рис. 2. Зависимость прочности на изгиб и ударной вязкости стали ЭК80 от температуры закалки: —○—○— двукратный отпуск при 550°C по 1 ч; —●—●— однократный отпуск при 150°C, 1 ч

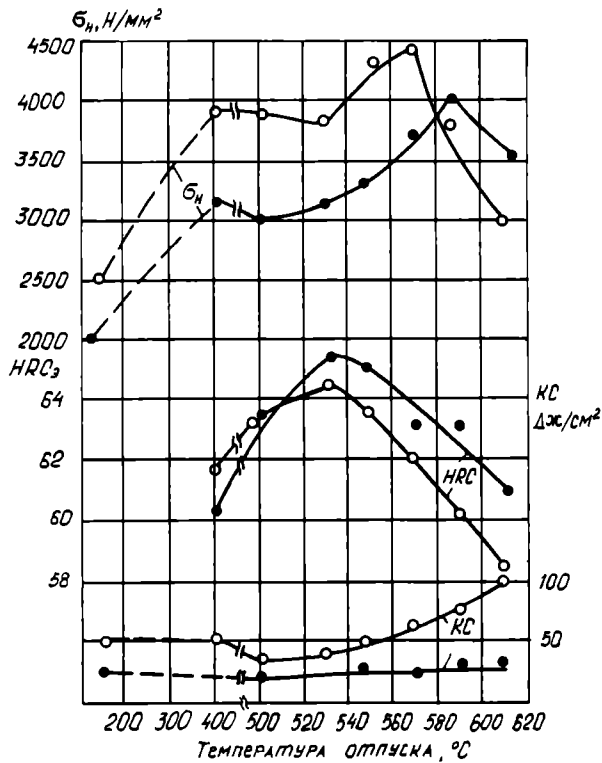


Рис. 3. Зависимость твердости, предела прочности на изгиб и ударной вязкости стали ЭК80 от температуры отпуска: —○—○—  $T_{зак} 1150^\circ\text{C}$ ; —●—●—  $T_{зак} 1230^\circ\text{C}$

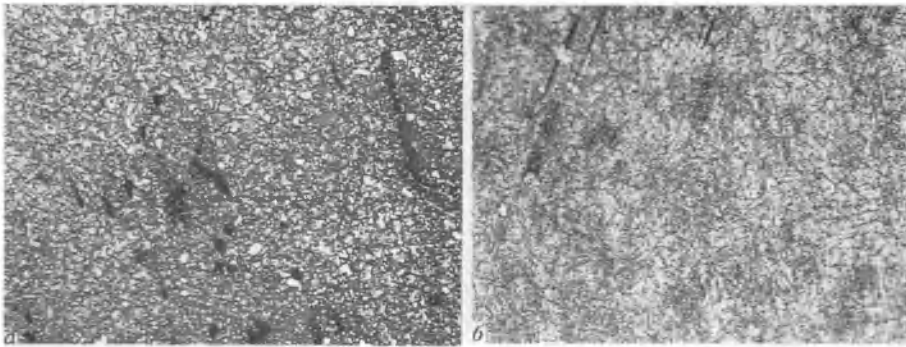


Рис. 4. Микроструктура ножей:  
а — из стали ЭК80 (×500); б — из стали Р6М5 (×500)

0,5 мм) без применения принудительного охлаждения под давлением в металлических пластинах, резко снижающего эффективность термической обработки.

Результаты испытаний показали, что стойкость ножей из стали ЭК80, обработанных по оптимальному режиму, в 2—4 раза превышает стойкость серийных ножей из быстрорежущих сталей типа Р6М5. Время непрерывной работы ножей до переточки составляет соответственно 40—70 и 10—20 ч.

Изучение профилограмм наружной сферы экранов 61ЛК4Ц показало, что применение ножей из безвольфрамовой стали обеспечивает снижение шероховатости поверхности в области следа реза с 50—60 мкм для серийных ножей до 18—20 мкм. Это объясняется тем, что режущие кромки ножей из стали ЭК80 сохраняют свою остроту в процессе эксплуатации. Данные исследования подтвердились и замеры величины съема стекла на операции шлифования сферы экранов — величина следа реза уменьшается на 10—20%.

Кроме вышеуказанных исследований проводилось изучение микроструктуры серийных ножей из стали Р6М5 и ножей из стали ЭК80, термообработанных по оптимальному режиму.

Микроструктура сталей Р6М5 и ЭК80 существенно отличаются. Структура стали ЭК80 представляет собой мартенсит (игольчатость 2-й и 3-й балл) с незначительным количеством избыточных карбидов (рис. 4, а, б). Границы зерен аустенита не выявляются. Для структуры стали Р6М5 характерно наличие значительного количества избыточных карбидов различных размеров. Мелкие карбиды, как правило, имеют округлую форму, а крупные — угловатую.

Повышенная стойкость ножей из безвольфрамовой стали может быть объяснена более качественной структурой и высокой износостойкостью стали ЭК80 по сравнению со сталью Р6М5, в которой большое количество избыточных карбидов приводит, очевидно, под воздействием высоких контактных и изгибающих давлений к их выкрашиванию, а следовательно, к увеличению шероховатости режущих кромок и снижению стойкости. Кроме того, сталь ЭК80 обладает более высокой теплопроводностью за счет сниженного почти в три раза содержания таких легирующих элементов, как молибден и вольфрам.

Таким образом, применение новой безвольфрамовой стали ЭК80, термообработанной

по оптимальному режиму, для изготовления ножей отрезки капли расплавленной стекломассы обеспечивает повышение стойкости ножей в 2—4 раза при одновременном ощущением уменьшении величины следа реза.

Экономический эффект от снижения потерь стекломассы во время простоев прессы 2АПР-11М в серийном производстве экранов 61ЛК4Ц на Опытном заводе при НИИЭС составил 38 тыс.руб.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Филимонов В.Н., Киселев А.С., Грубин А.И. Влияние температуры закалки и отпуска на механические свойства новой безвольфрамовой стали.— Станки и инструмент, 1987, № 10, с. 18—19.
2. Филимонов В.Н., Ланская К.А., Доронин В.М. Высокотемпературная прочность и пластичность стали 95Х6М3ФЭСТ.— Сталь, 1986, № 9, с. 79—82.
3. Панахов Ф.М., Яшин В.Н. Износ и стойкость ножевой пары для отрезки капель стекла. Тезисы докладов на республиканской конференции «Пути повышения эффективности металлообрабатывающего инструмента». — Баку, 1988.
4. Филимонов В.Н., Яшин В.Н. Повышение стойкости ножей для резки жидкой стекломассы за счет применения безвольфрамовой стали ЭК80.— Сборник тезисов докладов конференции «Металло- и энергосберегающая технология термической и химико-термической обработки». Часть 2, М., 1990.

## МИКРОСБОРКИ ПО ТОНКОПЛЕНОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Модули на многослойных керамических  
платах в кратчайшие сроки разработает  
и изготовит ОКБ «Орбита»  
Уфимского приборостроительного  
объединения

450009, г. Уфа-9, ул. 50 лет СССР,  
ОКБ «Орбита», ОМЭ.  
Тел. 32-10-70.

# БИРЖА ЭЛЕКТРОННОЙ ИНДУСТРИИ

В СОСТАВЕ ЖУРНАЛА  
ПРЕДУСМАТРИВАЕТСЯ СПЕЦИАЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ —  
«БИРЖА ЭЛЕКТРОННОЙ ИНДУСТРИИ».  
ПРЕДЛАГАЕМ ВАМ  
ПРИБРЕСТИ ЗДЕСЬ БЕСПЛАТНО  
СВОЕ ПОСТОЯННОЕ  
«БРОКЕРСКОЕ» МЕСТО.  
ЗАЯВКИ НАПРАВЛЯЙТЕ  
В РЕДАКЦИЮ,  
УКАЗАВ ОБЪЕМ (1/4 ПОЛОСЫ ЖУРНАЛА, 1/8 И Т.Д.).  
В СПЕЦИАЛИЗАЦИЮ БИРЖИ  
ВХОДИТ: ПРОДУКЦИЯ  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ,  
ТЕХНОЛОГИИ, ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ МОЩНОСТИ,  
ПРОЕКТЫ, РАЗРАБОТКИ, КАДРЫ И Т.Д.



НАША БИРЖА  
БУДЕТ СПОСОБСТВОВАТЬ  
ВАШЕЙ КОММЕРЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.  
ЗАРУБЕЖНАЯ ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛ  
ПОМОЖЕТ ВАМ УСТАНОВИТЬ  
КОНТАКТЫ С ИНОСТРАННЫМИ ИНВЕСТИТОРАМИ.  
Наш адрес: 117415, Москва, просп. Вернадского, 39  
Редакция журнала «Электронная промышленность».  
Контактные телефоны: 432-92-72, 432-92-27.

OldPC.ru

музей компьютеров

# СПЛАВЫ ВЫСОКОКОЭРЦИТИВНЫХ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ ТИПА (Sm, Zr) (Co, Cu, Fe)<sub>z</sub>

канд. физ.-мат. наук А.Г.Дормидонтов,  
канд. физ.-мат. наук Н.П.Супонев,  
канд. физ.-мат. наук В.В.Левандовский,  
Е.Б.Шаморикова, Е.М.Некрасова

Исследована структура сплавов для высококоэрцитивных постоянных магнитов типа (Sm, Zr) (Co, Cu, Fe)<sub>z</sub> и предложена модель ее формирования.

Прогресс в науке, технике и промышленности обусловлен созданием как новых, все более совершенных процессов и технологий, так и приборов и устройств для их практической реализации. Потребительские свойства любого прибора и устройства количественно определяются тремя общими для всей техники параметрами, которые, при возрастании уровня функциональных характеристик, должны быть минимизированы — это масса, габариты и потребляемая мощность. Для ряда изделий электротехники, электроники, приборостроения, средств связи и других отраслей применение в их конструкциях изделий магнитных систем на постоянных магнитах позволяет решить проблему. Эффективность снижения массо-габаритных характеристик и энергопотребления изделий тем больше, чем выше энергоемкость, температурно-временная стабильность и оптимальность геометрии магнитов.

Особое место среди различных типов соединений, используемых для постоянных магнитов, занимают материалы на основе сплавов редкоземельных металлов с железом или кобальтом. Они имеют наилучшие магнитные характеристики по сравнению с другими известными материалами. Периодические магнитные системы микроволновых приборов, гироскопы, двигатели, бесконтактные подшипники и муфты, громкоговорители, томографы, масс- и ЯМР-спектрометры — вот далеко не полный перечень изделий с постоянными магнитами. Поэтому магниты на основе сплавов редкоземельных и переходных металлов привлекают все большее внимание исследователей, производителей и потребителей и все шире применяются в технике.

В последние годы достигнуты значительные успехи в разработке и производстве постоянных магнитов этого типа. Значение максимального энергетического произведения  $(BH)_{max} = 50$  МГс·Э, полученное на магнитах типа неодим-железо-бор, более, чем в четыре раза, превосходит величину этого параметра лучших магнитов типа алнико [1, 2]. Часто на практике при условии гарантированной стабильности магнитного потока можно не предъявлять жестких требований к величинам  $(BH)_{max}$  и остаточной магнитной индукции  $B_r$ . На основе сплавов редкоземельных металлов с кобальтом, частично замещенным на медь и железо, удается получить магниты с заранее заданными значениями обратимого температурного коэффициента магнитной индукции, близкими к нулю в определенном температурном интервале [3, 4].

Сплавы типа (R, Zr) (Co, Cu, Fe)<sub>z</sub> (R — редкоземельный металл) являются сложными металлургическими системами, гистерезисные свойства и структурное состояние которых тесно связаны с химическим составом и режимами термических обработок. Несмотря на значительное число работ, посвященных исследованию структуры и свойств этих сплавов и магнитов на их основе, природа высококоэрцитивного состояния в них и процессы его формирования до конца не выяснены. На основе анализа результатов исследований [5—9] в данной работе предлагается модель формирования высококоэрцитивного состояния в сплавах типа (Sm, Zr) (Co, Cu, Fe)<sub>z</sub>, отличающаяся от известной модели металлургического поведения этих сплавов в процессе термообработки [10, 11]. Результаты, полученные авторами настоящей статьи, позволяют представить формирование структуры сплавов данного типа как процесс распада твердых растворов на основе фаз типа 2:17 и 1:5 в процессе изотермического отпуска и при последующем охлаждении.

## Получение образцов

Исследовались шесть групп сплавов общей формулы  $Sm_{1-x}Zr_x(Co_{1-a-b}Cu_bFe_a)_z$ . Коэффициенты по группам:

1.  $x = 0,13$ ;  $a = 0,088$ ;  $b = 0,210$ ;  $z = 6,0-6,8$ ;
2.  $x = 0,15$ ;  $a = 0,088$ ;  $b = 0,210$ ;  $z = 6,0-6,8$ ;
3.  $x = 0,17$ ;  $a = 0,088$ ;  $b = 0,210$ ;  $z = 6,0-6,8$ ;
4.  $x = 0,19$ ;  $a = 0,088$ ;  $b = 0,210$ ;  $z = 6,0-6,8$ ;
5.  $x = 0,15$ ;  $a = 0,075$ ;  $b = 0,260$ ;  $z = 6,0-6,8$ ;
6.  $x = 0,13$ ;  $a = 0,070$ ;  $b = 0,240$ ;  $z = 6,1-6,5$ .

Сплавы получены методом индукционной плавки в защитной атмосфере переплавом чистых компонентов. Применялось медленное охлаждение расплава с тиглем для получения крупнозернистого слитка. После разделения зерен их подвергали термообработке на высококоэрцитивное состояние под слоем геттера того же химического состава. Термическая обработка включала в себя: обработку на твердый раствор (высокотемпературная обработка — ВТО) при 1150—1190°C, изотермический отпуск (первая низкотемпературная обработка — НТО1) при 750—900°C и отпуск при охлаждении до 400°C (вторая низкотемпературная обработка — НТО2). Зерна сплавов обрабатывались механически до получения сферических образцов диаметром 2,5—3 мм. Все исследованные образцы были магнитоодноосны, что контролировалось магнитометрическим и металлографическим методами. Химический состав контролировался методом рентгеновского флуоресцентного анализа.

Магнитные свойства исследовались при помощи вибрационного магнитометра в полях  $\pm 30$  кЭ с градуировкой по никелевому эталону ( $\sigma_s = 54,4$  Гс·см<sup>3</sup>·г<sup>-1</sup>) при 20—1000°C. Образцы предварительно намагничивались в импульсном магнитном поле 100 кЭ. По окончании магнитных измерений образцы размагничивались знакопеременным, убывающим по амплитуде полем, и из них готовились микрошлифы.

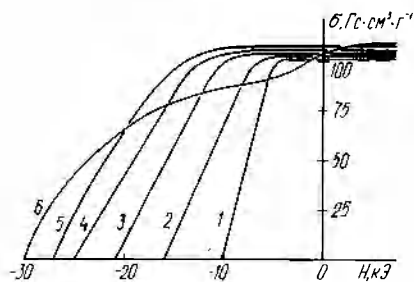


Рис. 1. Размагничивающие участки полных петель гистерезиса литых магнитоодноосных образцов  $\text{Sm}_{0,85}\text{Zr}_{0,15}\text{Co}_{0,702}\text{Cu}_{0,088}\text{Fe}_{0,210}z$  в высококоэрцитивном состоянии, где  $z=6,0$  (1); 6,2 (2); 6,3 (3); 6,4 (4); 6,5 (5) и 6,8 (6). Размагничивающий фактор  $N=1/3$ .

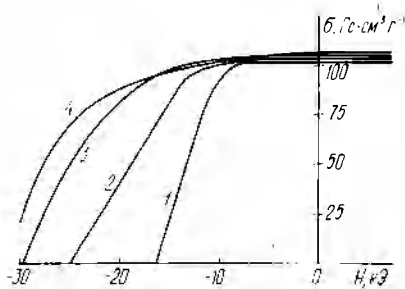


Рис. 2. Размагничивающие участки полных петель гистерезиса литых магнитоодноосных образцов  $\text{Sm}_{1-x}\text{Zr}_x(\text{Co}_{0,702}\text{Cu}_{0,088}\text{Fe}_{0,210})z$  в высококоэрцитивном состоянии, где  $x=0,13$  (1); 0,15 (2); 0,17 (3) и 0,19 (4).  $N=1/3$ .

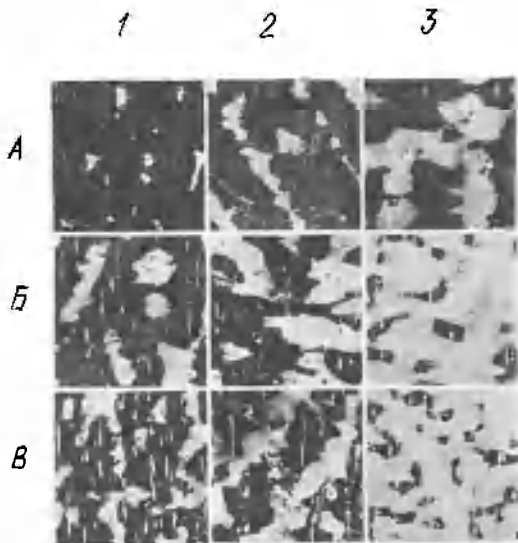


Рис. 3. Микроструктуры литых магнитоодноосных образцов  $\text{Sm}_{1-x}\text{Zr}_x(\text{Co}_{0,702}\text{Cu}_{0,088}\text{Fe}_{0,210})z$  в высококоэрцитивном состоянии, где  $x=0,13$  (A1-3); 0,15 (B1-3) и 0,19 (B1-3), и  $z=6,2$  (1); 6,4 (2); 6,7 (3). Призматическая плоскость. Увеличение  $200\times$ .

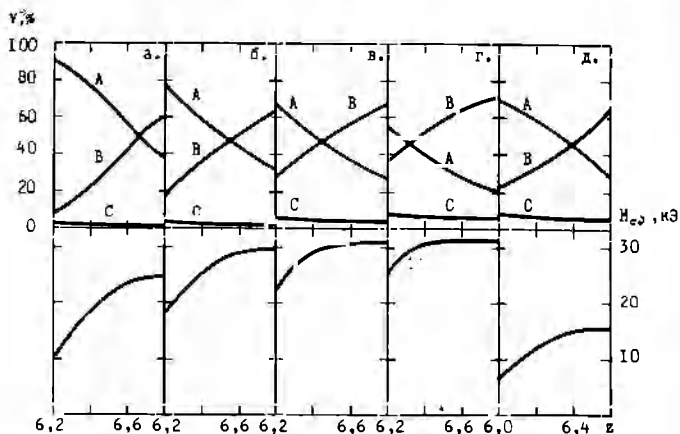


Рис. 4. Диаграмма химический состав-объем структурных составляющих — коэрцитивная сила сплавов  $\text{Sm}_{1-x}\text{Zr}_x(\text{Co}_{0,702}\text{Cu}_{0,088}\text{Fe}_{0,210})z$  где  $x=0,13$  (а); 0,15 (б); 0,17 (в); 0,19 (г) и  $\text{Sm}_{0,85}\text{Zr}_{0,15}(\text{Co}_{0,665}\text{Cu}_{0,075}\text{Fe}_{0,260})z$  (А).

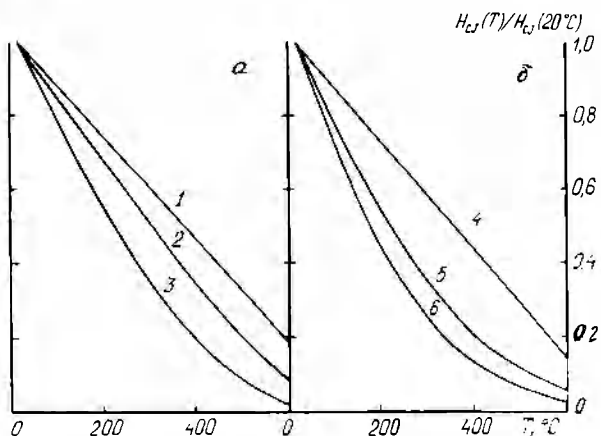


Рис. 5. Температурные зависимости коэрцитивной силы образцов  $\text{Sm}_{1-x}\text{Zr}_x(\text{Co}_{0,702}\text{Cu}_{0,088}\text{Fe}_{0,210})z$ , где  $x=0,15$  (а) и  $z=6,1$  (1); 6,3 (2); 6,6 (3) и  $x=0,19$  (б) и  $z=6,0$  (4); 6,4 (5); 6,7 (6). Приведено к  $H_{c2}$  ( $20^\circ\text{C}$ )

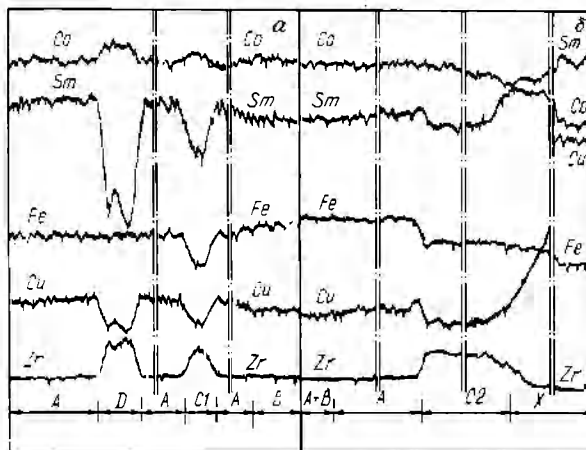


Рис. 6. Концентрационные кривые распределения элементов в структурных составляющих образцов  $\text{Sm}_{0,85}\text{Zr}_{0,15}(\text{Co}_{0,702}\text{Cu}_{0,088}\text{Fe}_{0,210})z$  (а) и  $\text{Sm}_{0,87}\text{Zr}_{0,13}(\text{Co}_{0,890}\text{Cu}_{0,070}\text{Fe}_{0,240})z$  (б) в высококоэрцитивном состоянии. РЭМ, РСМА

Изучение доменной структуры и процессов ее перестройки во внешних полях проводилось с использованием магнитооптического эффекта Керра. Микроструктура изучалась на базисных и призматических плоскостях образцов, травленных 1%-ным раствором HNO<sub>3</sub> в этаноле. Количественные соотношения структурных составляющих определялись по методу Глаголева [12]. Состав структурных составляющих исследован на растровом электронном микроскопе, оснащенный волновыми дисперсионными спектрометрами, а тонкая фазовая структура — в режиме вторичного электронного изображения.

### Результаты экспериментов

Закономерности изменения параметров полных петель гистерезиса литых магнитоодноосных образцов (Sm, Zr) (Co, Cu, Fe)<sub>z</sub> в высококоэрцитивном состоянии при монотонном изменении химического состава сплавов аналогичны для всех шести экспериментальных групп. Размагничивающие участки полных петель гистерезиса образцов при  $x = 0,15$ ;  $a = 0,088$ ;  $b = 0,210$  приведены на рис. 1. На рис. 2 показаны размагничивающие участки петель гистерезиса образцов с фиксированным  $z = 6,4$ , взятых из разных групп сплавов. Наблюдается монотонное изменение их магнитных параметров, в частности, рост намагниченности насыщения и коэрцитивной силы при увеличении  $z$  (при  $x = \text{const}$ ) и  $x$  (при  $z = \text{const}$ ).

Микроструктура исследованных образцов в высококоэрцитивном состоянии качественно идентична и при исследовании оптическим микроскопом установлено, что она представляет собой суперпозицию трех структурных составляющих A, B, C, количественные соотношения между которыми монотонно меняются при изменении химического состава в каждой группе сплавов (рис. 3). Примечательно, что изменение объемных соотношений двух структурных составляющих — A и B, занимающих 80—95% объема сплавов, коррелирует с изменением гистерезисных параметров образцов, в частности, коэрцитивной силы (рис. 4). Корреляция наблюдается как в отдельных группах сплавов и между группами с одинаковыми относительными концентрациями кобальта, меди и железа (рис. 4, a—r), так и при изменении соотношения этих металлов в сплаве (рис. 4, g).

Выявлены различия температурных зависимостей гистерезисных характеристик сплавов при варьировании в каждой группе, при изменении объемных соотношений структурных составляющих в сплаве. Зависимости коэрцитивной силы от температуры для двух групп сплавов показаны на рис. 5.

С помощью растрового электронного микроскопа обнаружено большее число структурных составляющих, чем выявлено методами оптической металлографии (рис. 6). В частности, показано, что структурная составляющая C в образцах имеет три модификации — C1, C2 и D. Кроме того, в некоторых образцах внутри структурной составляющей A выявлена составляющая X. При перестаривании образцов составляющая X обнаружена в образцах всех групп сплавов, исследованных в работе. Составы структурных составляющих, определенные методом микрорентгеноспектрального анализа, приведены в таблице.

Следует отметить, что при изменении интегрального химического состава сплавов для всех структурных составляющих практически не меняются концентрации самария, циркония и соотношения  $z$ . В то же время, с увеличением  $z$  сплавов содержание меди в составляющей A монотонно воз-

A	Sm <sub>0,88</sub> Zr <sub>0,14</sub> (Co <sub>0,76</sub> Cu <sub>0,10</sub> Fe <sub>0,20</sub> ) <sub>6,3</sub>	Sm(Co <sub>0,80</sub> Cu <sub>0,10</sub> Fe <sub>0,14</sub> Zr <sub>0,07</sub> ) <sub>7,5</sub>
B	Sm <sub>0,88</sub> Zr <sub>0,14</sub> (Co <sub>0,76</sub> Cu <sub>0,07</sub> Fe <sub>0,23</sub> ) <sub>7,1</sub>	Sm(Co <sub>0,80</sub> Cu <sub>0,07</sub> Fe <sub>0,22</sub> Zr <sub>0,02</sub> ) <sub>8,4</sub>
C1	Sm <sub>0,37</sub> Zr <sub>0,63</sub> (Co <sub>0,78</sub> Cu <sub>0,05</sub> Fe <sub>0,17</sub> ) <sub>3,6</sub>	Sm(Co <sub>0,67</sub> -Cu <sub>0,04</sub> Fe <sub>0,14</sub> Zr <sub>0,15</sub> ) <sub>11,6</sub>
C2	Sm <sub>0,56</sub> Zr <sub>0,44</sub> (Co <sub>0,78</sub> Cu <sub>0,08</sub> Fe <sub>0,16</sub> ) <sub>4,0</sub>	Sm(Co <sub>0,84</sub> Cu <sub>0,07</sub> Fe <sub>0,15</sub> Zr <sub>0,10</sub> ) <sub>8,0</sub>
D	Sm <sub>0,16</sub> Zr <sub>0,80</sub> (Co <sub>0,78</sub> Cu <sub>0,03</sub> Fe <sub>0,21</sub> ) <sub>3,8</sub>	Sm(Co <sub>0,83</sub> Cu <sub>0,02</sub> Fe <sub>0,17</sub> Zr <sub>0,19</sub> ) <sub>46,2</sub>
X	Sm(Co <sub>0,50-0,63</sub> Cu <sub>0,22-0,40</sub> Fe <sub>0,10-0,15</sub> ) <sub>3,5-5,0</sub>	

растает на 1—3 ат. %, а в составляющей B на 0,5—2 ат.%. Концентрация железа снижается на 0,5—2 ат.% и на 1—2 ат.% в составляющих A и B соответственно.

Примечательно, что изменение содержания меди и железа в составляющих A и B в основном зависит от отношения концентраций железа и циркония. В частности, при увеличении  $z$  сплавов пятой и шестой групп возрастание содержания меди и снижение железа происходит значительно динамичнее и в более широком концентрационном интервале.

Формирование составляющих C1, C2 и D тоже имеет свои особенности: в сплавах, в которых преимущественный объем занимает составляющая A ( $V_A > V_B$ ), обнаружены составляющие C1 и C2, а в сплавах, где  $V_A < V_B$  — преимущественно составляющая D.

В отличие от составляющих A, B, C1, C2 и D структурная составляющая X имеет переменный химический состав, зависящий как от интегрального состава, так и от режима термической обработки. При уменьшении скорости охлаждения образцов в процессе НТО2 возрастает содержание меди в составляющей X и уменьшается ее  $z$ .

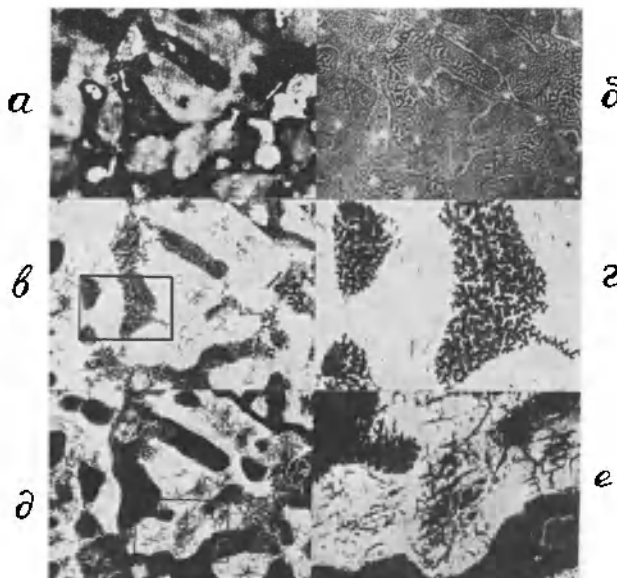


Рис. 7. Микроструктура (a) и доменная структура (б—e) образца Sm<sub>0,85</sub>Zr<sub>0,15</sub>(Co<sub>0,665</sub>Cu<sub>0,075</sub>Fe<sub>0,260</sub>)<sub>6,3</sub> в состоянии размагничивания значительным убывающим по амплитуде полем (б), и при перемагничивании из состояния насыщения в полях — 5 кЭ (в, г) и — 10 кЭ (д, е). Увеличение 250 $\times$  (a—в, д) и 750 $\times$  (г, е). Базисная плоскость.

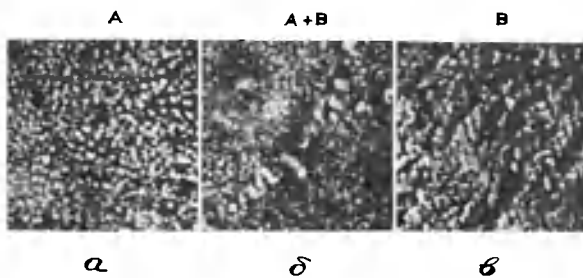


Рис. 8. Типичные фазовые структуры составляющей *A*, переходной области (*A+B*) и *B*. Увеличение 30000<sup>x</sup> РЭМ, ВЭИ.

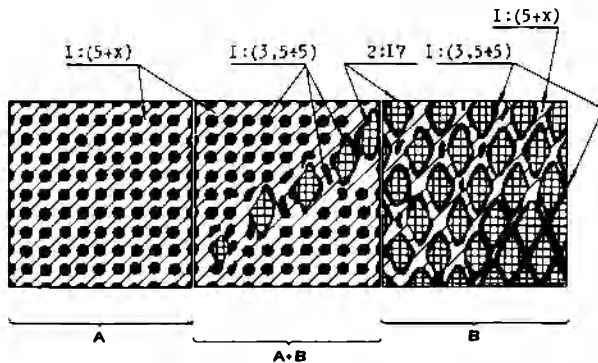


Рис. 9. Схематическое изображение высококоэрцитивной фазовой структуры основных структурных составляющих *A*, *B* и переходной области (*A+B*), и стехиометрические отношения формирующихся в них фаз.

Доменная структура основных структурных составляющих *A* и *B* и процессы ее перестройки во внешних полях имеют качественные отличия (рис. 7). Доменная структура составляющей *A* аналогична ранее наблюдавшейся на квазибинарных соединениях типа  $R(\text{Co}, \text{Me})_5$  и  $R(\text{Co}, \text{Fe}, \text{Me})_{5+x}$  [13] с модулированной фазовой структурой. Развитие доменов обратного знака при перемагничивании происходит в узком диапазоне полей из ограниченного числа центров, а наблюдаемые домены имеют «дендритный» характер (рис. 7, в, г). Доменная структура составляющей *B* представляет собой сетку, образованную доменами субмикронной ширины (рис. 7, г, е). Ее развитие при перемагничивании происходит из большого числа центров в широком интервале полей при практически неизменной ширине доменов, за счет увеличения их числа, то есть уплотнения доменной сетки.

Указанные особенности перемагничивания составляющих *A* и *B* свидетельствуют о наличии в них различных центров задержки смещения доменных границ, что подтверждается данными исследования их тонкой фазовой структуры. В структуре составляющей *A* обнаружены квазисферические преципитаты (рис. 8, а) с контрастом, аналогичным контрасту составляющей *X*. Результаты детального исследования структуры свидетельствуют о том, что составляющая *X* образуется в результате коалесценции квазисферических, характерных для *A* преципитатов. Структурная составляющая *B* характеризуется «ячеистой» [10, 11, 14, 15] фазовой структурой (рис. 8, в). Кроме того, во всех образцах присутствуют обшир-

ные переходные области от структурной составляющей *A* к составляющей *B* с промежуточным композиционным контрастом и с выделениями характерными для обеих составляющих (рис. 8, б). Детальное исследование областей (*A+B*) показало, что преципитаты, типичные для структурной составляющей *A* сохраняются как в промежутках между «ячеистой» фазой вблизи *A*, так и вблизи *B*. То есть, сужение границ между «ячеистыми» выделениями при переходе от составляющей *A* к *B* не приводит к исчезновению квазисферических преципитатов, а лишь выстраивает их вдоль границ «ячеек». По всей вероятности внутри составляющей *B* границы между «ячейками» не являются фазой в классическом смысле, а представляют собой смесь фаз, аналогичную структурной составляющей *A*. Составляющие *C1*, *C2*, *D* и *X* не имеют тонкоструктурной гетерогенности.

Анализ химического состава, распределения и морфологии преципитатов показывает, что структура основных составляющих *A* и *B* может рассматриваться как единая матрица с двумя типами выделений (рис. 9). Практически непрерывные области внутри составляющей *A* приобретают дискретный характер при переходе от *A* к (*A+B*) и постепенно трансформируются в границы между «ячеистыми» выделениями в составляющей *B*. Эти области характеризуются составом  $(\text{Sm}, \text{Zr})(\text{Co}, \text{Cu}, \text{Fe})_6$  (в дальнейшем  $1:(5+x)$ ) и квазисферическими выделениями  $\text{Sm}(\text{Co}, \text{Cu}, \text{Fe})_{3,5-5,0}$ . Области с составом  $\text{Sm}(\text{Co}, \text{Cu}, \text{Fe}, \text{Zr})_{8,4}$  (в дальнейшем  $2:(17-x)$ ) представляют собой совокупность граничных дискретных областей  $1:(5+x)$  и «ячеистой» фазы. Плотность «ячеистой» фазы максимальна в центральных областях составляющей *B* и снижается при переходе к (*A+B*). Для центральных областей составляющей *A* ( $1:(5+x)$ ) присутствие «ячеистой» фазы не характерно.

Известно [16, 17], что в зависимости от соотношения объемов составляющих *A* и *B* динамика изменения  $H_c$  сплавов в процессе отпуска различна. После обработки на твердый раствор коэрцитивная сила во всех группах сплавов не превышает сотен эрстед. При проведении НТО1 с последующей закалкой (при отсутствии НТО2) в сплавах с  $V_A > V_B$   $H_c$  повышается до 1,5–4 кЭ, а в сплавах с  $V_A < V_B$  — до 20 кЭ. Это свидетельствует о том, что формирование «ячеистой» фазы в областях с составом  $2:(17-x)$  завершается в основном при изотермическом отпуске, что вполне согласуется с результатами [10, 11, 15]. Динамика изменения  $H_c$  и микроструктуры при изотермическом отпуске указывает на механизм фазовой перекристаллизации типа «зарождение—рост», что говорит о преимущественно эвтектоидном характере распада.

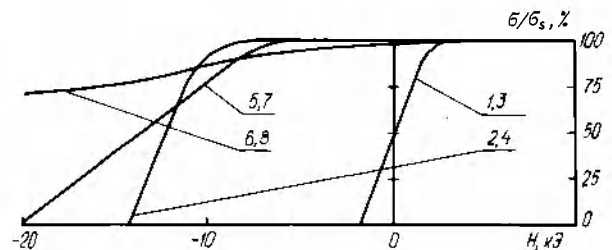


Рис. 10. Полные петли гистерезиса образцов  $\text{Sm}_{0,85}\text{Zr}_{0,15}(\text{Co}_{0,702}\text{Cu}_{0,088}\text{Fe}_{0,210})_z$ , где  $z=6,1$  (1–4) и  $z=6,7$  (5–8) после термообработок: НТО1 (1 и 5); НТО1+НТО2 (2 и 6); (2 и 6)+нагрев на 20 мин. до Тнто1 (3 и 7); (3 и 7)+НТО2 (4 и 8);  $N=1/3$ .

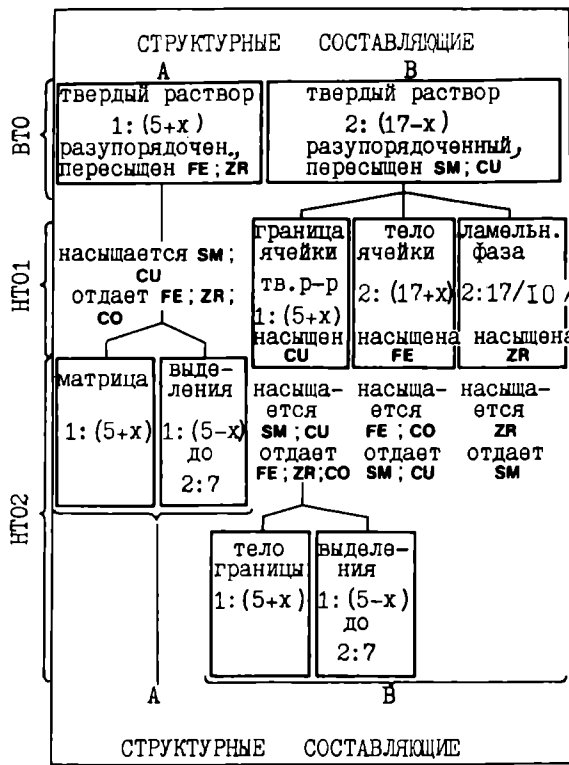


Рис. 11. Модель формирования высококоэрцитивной структуры основных структурных составляющих сплавов  $(\text{Sm}, \text{Zr})(\text{Co}, \text{Cu}, \text{Fe})_2$  при термообработках.

После проведения НТО2 коэрцитивная сила образцов с  $V_A > V_B$  возрастает в 4–8 раз, а образцов с  $V_A < V_B$  в 1,5–2 раза. Формируются квазисферические преципитаты-центры задержки смещения доменных границ в областях  $1:(5+x)$ . Изменение гистерезисных характеристик в результате проведения НТО2 обратимо и после кратковременного нагрева до температуры НТО1 величина  $H_c$  снижается до значений, достигаемых после окончания НТО1 закалкой (рис. 10). Это указывает на то, что процесс растворения квазисферических преципитатов центров задержки — смещения доменных границ, характерен для областей с составом  $1:(5+x)$ , а «ячеистая» фаза при этом не претерпевает изменений.

Обратимый характер изменения  $H_c$ , зависимость состава  $X$  от условий проведения отпуска и химического состава сплава, а также непрерывное изменение состава  $X$  при переходе от матрицы вглубь выделения (рис. 6, б) позволяют предположить наличие при распаде областей  $1:(5+x)$  реакции спиновального характера.

С учетом вышеизложенного предлагается следующая модель формирования структуры сплавов для постоянных магнитов типа  $(\text{Sm}, \text{Zr})(\text{Co}, \text{Cu}, \text{Fe})_2$  в процессе термической обработки на высококоэрцитивное состояние (рис. 11).

При высокотемпературной обработке формируются области твердых растворов  $1:(5+x)$  и  $2:(17-x)$ .

В процессе изотермического отпуска происходит формирование ячеистой фазы вследствие выделения по эвтектоидному механизму граничных областей с составом  $1:(5+x)$  и в А, и в В не имеют тонкоструктурной гетерогенности, центры задержки доменных границ в них малоэффективны.

При последующем медленном охлаждении области с составом  $1:(5+x)$  распадаются по спиновальному механизму. Образуются эффектив-

ные центры задержки смещения доменных границ по всему объему сплава.

Составляющие С1, С2 и D не имеют тонкоструктурной гетерогенности, но их пространственное распределение, по-видимому, играет определенную роль в процессе формирования микрогетерогенной структуры составляющих А и В.

Квазисферические выделения  $\text{Sm}(\text{Co}, \text{Cu}, \text{Fe})_{3,5-5,0}$  и результат их коалесценции — X, вероятно, служат наиболее эффективным препятствиями смещению доменных границ, так как их химический состав должен приводить к наиболее значительным градиентам основных магнитных констант на границе с матрицей. Кроме того, группа сплавов с составами аналогичными X [13] обладают максимальной коэрцитивностью в системе  $\text{Sm}-\text{Co}-\text{Cu}$ .

Необходимо отметить, что вследствие более значительной степени пересыщения дискретные области  $1:(5+x)$  — границы между «ячеистой» фазой в В, по-видимому, могут практически полностью перекристаллизовываться в фазу  $\text{Sm}_2(\text{Co}, \text{Cu}, \text{Fe})_7$  (предельный состав квазисферических преципитатов и X) даже при высоких скоростях охлаждения после НТО1. Это обуславливает высокую  $H_c$  сплавов с  $V_A < V_B$  при отсутствии НТО2 и порошковых магнитов определенных химических составов, что отмечалось в [16–18].

В идеальном случае для достижения повышенных магнитных характеристик при комнатной температуре состав сплава  $(\text{Sm}, \text{Zr})(\text{Co}, \text{Cu}, \text{Fe})_2$  и режим его термической обработки должны быть такими, чтобы по окончании отпуска его структура была образована в основном ячеистой фазой 2:17 и граничной 2:7. Однако, на практике подобные условия чрезвычайно трудно реализуются.

На рис. 12 приведены характеристики постоянных магнитов типа  $(\text{Sm}, \text{Zr})(\text{Co}, \text{Cu}, \text{Fe})_2$  различного химического состава, полученных методом порошковой металлургии с использованием результатов настоящей работы. Следует отметить, что значения  $(BH)_{\text{max}} = 26-34 \text{ МГс} \cdot \text{Э}$ , характерные для порошковых магнитов типа  $(\text{Sm}, \text{Zr})(\text{Co}, \text{Cu}, \text{Fe})_2$ , могут быть повышены. Это, в частности, показывают результаты измерений литых магнитоодноосных образцов аналогичных составов в высококоэрцитивном состоянии. В зависимости от химического состава на литых образцах реализу-

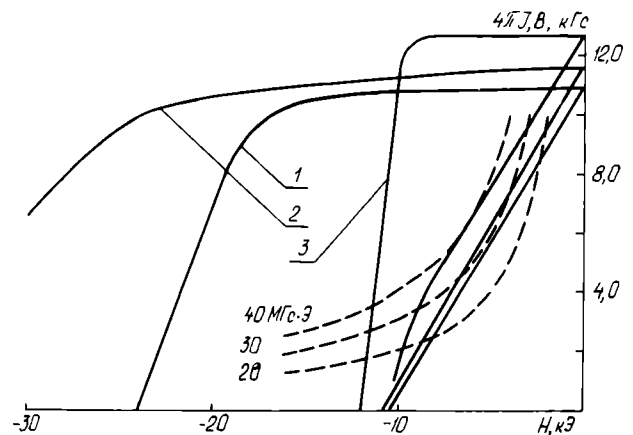


Рис. 12. Размагничивающие участки полных петель гистерезиса порошковых магнитов типа  $(\text{Sm}, \text{Zr})(\text{Co}, \text{Cu}, \text{Fe})_2$  различного химического состава (1 и 2) и литого магнитоодноосного образца (3) после оптимизации термообработки.



ются значения  $(BH)_{max}=36-42$  МГс·Э (рис. 12, кривая 3). По-видимому, дальнейшее повышение основных характеристик порошковых магнитов будет связано с появлением новых технологических решений их изготовления.

В заключении авторы выражают признательность за полезные дискуссии при обсуждении результатов работы доктору физ. мат. наук, профессору Д.Д.Мишину, а также, отмечают существенный вклад в работу ныне покойного доктора техн. наук Т.В.Симонишвили.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Magnetic properties of the bcc phase at the grain boundaries in the Nd—Fe—V permanent magnet/ M.Sagawa, S.Hirosawa, H.Yamamoto et al.— IEEE Trans. Magn., 1986, vol. MAG-22, N 5, p. 910—912.

2. Егоров С.М. Влияние хрома и молибдена на гистерезисные свойства постоянных магнитов на основе сплавов Nd—Fe—V — В кн.: Физика магнитных материалов.— Калинин, 1987, с. 131—137.

3. Сплавы РЗМ — Zr—Co—Cu—Fe с повышенной температурной стабильностью/ М.Б.Ляхова, В.В.Левандовский, А.Г.Пастушенков, С.М.Егоров.— В кн.: Физика магнитных материалов.— Калинин, 1985, с. 117—123.

4. Liu S., Ray A.E., Mildrum H.F. Temperature compensated 2:17-type permanent magnets with improved magnetic properties.— J. Appl. Phys., 1990, vol. 67, N 9, p. 4975—4977.

5. Литые и порошковые постоянные магниты на основе сплавов Sm—Zr—Co—Cu—Fe./ В.В.Левандовский, Е.Б.Шаморикова, С.М.Егоров, Ю.В.Бабушкин.— В кн.: Физика магнитных материалов.— Калинин, 1986, с. 44—52.

6. Фазовый состав сплавов Sm—Zr—Co—Cu—Fe/ Н.П.Супонев, Ю.В.Титов, Е.Б.Шаморикова, Т.В.Симонишвили, В.В.Левандовский, А.Г.Дормидонтов.— В кн.: Физика магнитных материалов.— Калинин, 1987, с. 33—50.

7. Структура и магнитные свойства сплавов Sm—Zr—Co—Cu—Fe в высококоэрцитивном состоянии. Структурные составляющие и процессы перемангничивания/ Н.П.Супонев, Е.Б.Шаморикова, А.Г.Дормидонтов, Ю.В.Титов, А.А.Лукин, В.В.Левандовский.— В кн.: Физика магнитных материалов.— Калинин, 1988, с. 93—106.

8. Структурные составляющие и процессы перемангничивания в высококоэрцитивных сплавах (Sm,Zr) (Co, Cu, Fe)<sub>2</sub>/ Д.Д.Мишин, А.Г.Дормидонтов, Н.П.Супонев и др.— XVIII Всесоюзная конференция по физике магнитных явлений. Тезисы докладов, Калинин, 1988, с. 930—931.

9. Формирование высококоэрцитивного состояния в сплавах (Sm, Zr) (Co, Cu, Fe)<sub>2</sub>/ Т.В.Симонишвили, Н.П.Супонев, А.Г.Дормидонтов, В.В.Левандовский.— XVIII Всесоюзная конференция по физике магнитных явлений. Тезисы докладов.— Калинин, 1988, с. 945—946.

10. Ray A.E. The development of high energy product permanent magnets from 2:17 RE-TM alloys.— IEEE Trans. Magn., 1984, MAG-2, N 5, p. 1615—1618.

11. Ray A.E. A revised model for the metallurgical behavior of 2:17 type permanent magnet alloys.— J. Appl. Phys., 1990, vol. 69, N 9, p. 4972—4974.

12. Салтыков С.А. Стереометрическая металлография.— М.: 1958.— 444 с.

13. Бирюков В.С. Магнитные свойства квазибинарных соединений на основе редкоземельных металлов и кобальта. Дисс. на соиск. ученой степени канд. физ.-мат. наук.— Калинин, 1978.— 201 с.

14. Fidler J., Skalicky P., Rothwarf F. High resolution electron microscope study of Sm(Co, Fe, Cu, Zr)<sub>7,8</sub> magnet// IEEE Trans. Magn., 1983, vol. MAG-19, N 5, p. 2041—2043.

15. Micromagnetic analysis of precipitation hardened permanent magnets/ H.Kronmuller, K.-D.Durst, W.Ervens, W.Fernengel.— IEEE Trans. Magn., 1984, vol. MAG-20, N 5, p. 1569—1571.

16. Пущкарь Ю.Е., Ляхова М.Б. Влияние термических обработок на формирование высококоэрцитивного состояния в сплавах Gd—Zr—Co—Cu—Fe.— В кн.: Физика магнитных материалов.— Калинин, 1987, с. 118—125.

17. Влияние термических обработок на магнитные свойства сплавов Sm—Zr—Co—Cu—Fe различного фазового состава/ О.И.Русанов, Ю.Е.Пущкарь, М.Б.Ляхова, Н.Н.Гусева.— В кн.: Физика магнитных материалов.— Тверь, 1990, с. 81—93.

18. Ray A.E., Mildrum H.F., Krupar J.B. Magnetic and metallurgical properties of Sm(Co, Fe, Cu, Zr)<sub>2</sub> alloys near z=8,5.— IEEE Trans. Magn., 1983, vol. MAG-19, N 5, p. 2044—2045.

## ВАКУУМНЫЕ РЕЗИСТЫ И ПРОЦЕССЫ СУХОЙ ЛИТОГРАФИИ НА ИХ ОСНОВЕ

М.Н.Ляхов, А.Н.Могутов, В.В.Симонов

В современном производстве микросхем большинство литографических операций выполняется на полуавтоматизированном дискретном оборудовании с использованием жидкостных методов нанесения и проявления резистов. В то же время основными направлениями развития микроэлектроники остаются миниатюризация элементов интегральных схем, автоматизация технологических процессов их изготовления, создание гибких автоматизированных систем с сокращенным технологическим циклом и переход от жидкостных химических операций к сухим процессам формирования структур. Применение жидкостных резистов нарушает единство технологического цикла, сдерживает автоматизацию литографического процесса, ограничивает его разрешающую способность, кроме того оно связано с использованием большого количества особо чистых реактивов и требует утилизации отходов. Возникают также определенные трудности при формирова-

нии топологического рисунка на неплоских поверхностях и крупногабаритных изделиях.

В последние годы за рубежом с нарастающей интенсивностью ведутся работы по замене жидкостных литографических операций сухими и созданию полностью сухого литографического процесса. Было синтезировано большое количество радиационно-чувствительных материалов для сухой литографии, но лишь немногие из них приближаются по литографическим характеристикам к соответствующим жидкостным резистам [1, 2]. При этом основное внимание разработчики уделяют процессу сухого проявления, оставляя стадию нанесения резиста жидкостной и применяя при проявлении плазмохимические [3] и вакуумно-термические [4, 5] методы или совмещая проявление с процессом экспонирования (самопроявление) [6]. Поэтому в зарубежной научно-технической литературе вместо понятия «сухие резисты» обычно используется «резисты сухого проявления».

В нашей стране успешнее других развивалось направление по созданию резистов с сублима-

ционным методом нанесения (вакуумных резистов), позволяющих рационально реализовать полностью сухой литографический процесс. Ниже приведены характеристики наиболее перспективных материалов.

**Вакуумные резисты из класса октасилесквioxидов.** Из известных кремнийорганических соединений особый интерес в качестве негативных вакуумных резистов представляют олигоорганическxвioxиды общей формулы  $(RSiO_{1,5})_n$ , где  $n=6-12$ . Молекулы этих соединений имеют структуру кремнийкислородного каркаса. Их основные литографические характеристики (чувствительность, разрешающая способность, контраст) определяются радикалами  $R$ , связанными с атомами кремния.

В классе октасилесквioxидов ( $n=8$ ) наилучшие литографические характеристики имеет октавинилсилесквioxид (винил- $T_8$ ) формулы  $(C_2H_3SiO_{1,5})_8$  [7], промышленный выпуск которого освоен в 1989 году (электронрезист вакуумный негативный ЭВН-1). Этот резист чувствителен к электронному ( $5 \cdot 10^{-6}$  Кл/см<sup>2</sup>), ионному ( $5 \times 10^{-7}$  Кл/см<sup>2</sup>) и рентгеновскому (50 мДж/см<sup>2</sup>) излучению, а также к фотонному излучению с длиной волны 190–200 нм.

Винил- $T_8$  наносится в вакууме при давлении в рабочей камере не более  $10^{-3}$  Па и температуре 180°C. Под воздействием излучения резист полимеризуется, образуя нелетучие соединения. Проявление скрытого изображения происходит при нагреве подложки со слоем резиста до 70–100°C. Формируемая резистивная маска термостабильна при температурах до 400°C, и качество изображения не зависит от перегрева подложки в процессе проявления.

Форма характеристической кривой винил- $T_8$  при электронном экспонировании (рис. 1, кривая 1) отличается от соответствующих зависимостей для жидкостных негативных электронрезистов и практически не зависит от режимов нанесения и проявления. Насыщение наступает при дозе, превышающей пороговую чувствительность на два порядка. Поэтому в слое резиста, примыкающем к экспонируемым областям, доза рассеянных электронов оказывается достаточной для полимеризации, и непосредственно после термического проявления резистивная маска не пригодна для создания топологического рисунка с высоким разрешением. Однако было установлено, что резистивные маски, сформированные электронным облучением дозой менее  $10^{-4}$  Кл/см<sup>2</sup>, имеют низкую плазмотстойкость во фторсодержащей среде, тогда как при более высоких дозах плазмотстойкость возрастает в десятки раз. Кратковременная плазмохимическая обработка (допроявление) решает проблему низкого контраста резиста: кривизна характеристической кривой возрастает и контраст увеличивается с 0,4 до 2,5 (рис. 1, кривая 2). Это позволяет получить предельное разрешение в группе линий 0,4 мкм.

Исследование травления облученных и проявленных областей резиста винил- $T_8$  разными методами показало, что избирательное воздействие фторсодержащей среды в зависимости от дозы электронного экспонирования качественно не зависит от методов и режимов травления. При ионном экспонировании допроявление не требуется вследствие рассеяния ионов на меньшие углы и отсутствия эффекта близости.

Обработка резистивных слоев винил- $T_8$  в кислородной плазме приводит лишь к усадке из-за частичного или полного удаления органических радикалов (рис. 2). В результате такой обработки образуется твердый окисный слой с низкими ди-

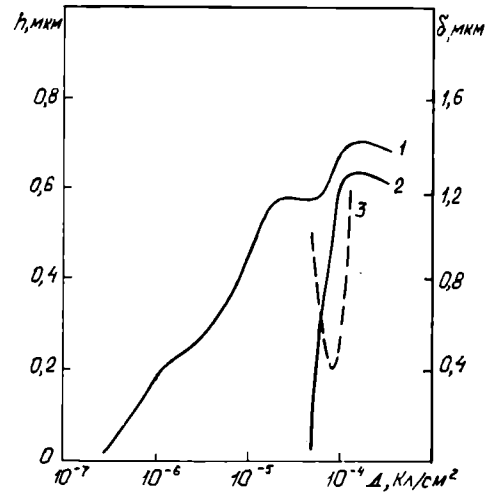


Рис. 1. Зависимость остаточной толщины  $h$  резиста винил- $T_8$  (1, 2) и разрешающей способности  $\delta$  (3) от дозы электронного экспонирования: 1 — после проявления; 2, 3 — после проявления и плазмохимической обработки во фреоне ( $E=30$  кэВ).

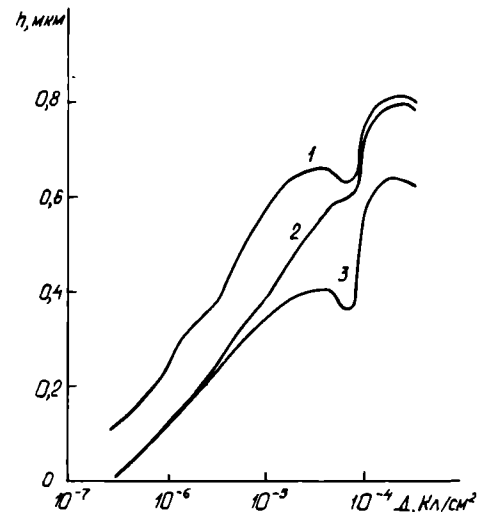
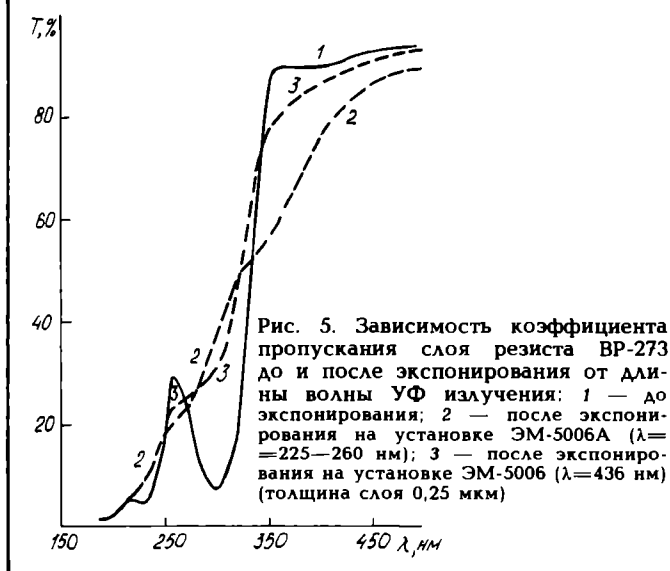
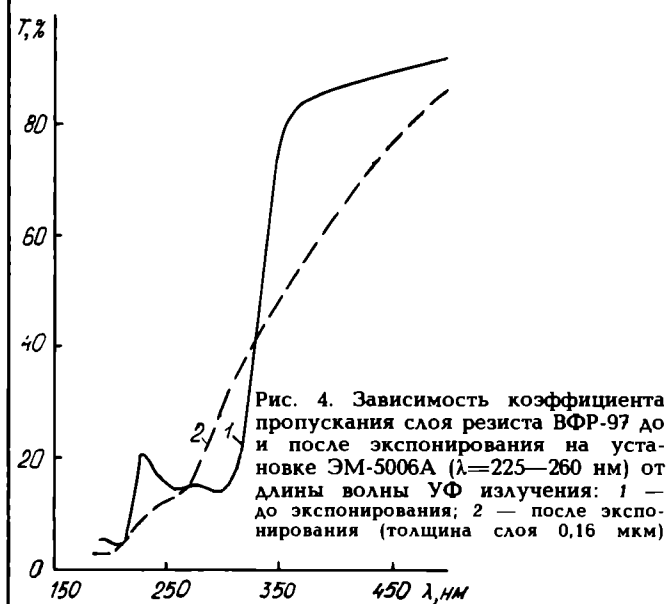
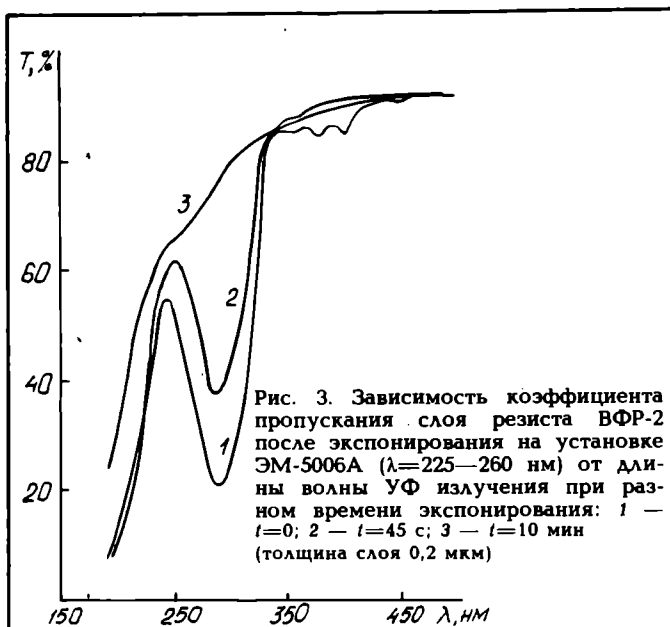


Рис. 2. Зависимость остаточной толщины резиста винил- $T_8$  от дозы электронного экспонирования: 1 — после проявления; 2 — после проявления и плазмохимической обработки в кислороде в течение 30 с; 3 — после проявления и плазмохимической обработки в кислороде в течение 1 мин и более (установка «Плазма-600Т», ВЧ — мощность 300 Вт)

электрическими свойствами. Полное плазмохимическое удаление резиста может проводиться во фторсодержащей среде, при этом оптимальной средой является смесь фреон-кислород.

По стойкости в плазме четыреххлористого углерода винил- $T_8$  превосходит лучшие образцы жидкостных электронных резистов: селективность травления алюминия не менее 7. Скорость ионно-лучевого травления резиста в аргоне в 1,7 раз превосходит скорость травления двуокиси кремния.

Методы синтеза и очистки не влияют на основные параметры резиста — чувствительность,



разрешающую способность, плазмостойкость, — но определяют некоторые эксплуатационные характеристики процесса напыления: количество нелетучего осадка и полезный выход вещества. С этой точки зрения предпочтительнее оказалась сублимационная очистка в высоком вакууме, при которой весовое количество нелетучего осадка в испарителе невелико (доли процента) и определяется в основном сроком и способом хранения резиста. Суммарное количество микропримесей не превышает  $3 \cdot 10^{-4}\%$ . Их уровень может быть уменьшен на порядок при дополнительной глубокой очистке материала.

Из класса октасилсесквиоксидов в качестве негативного фоторезиста может быть рекомендовано соединение, сенсибилизированное бромированием алкенильных заместителей. — окта(винил, бром)силсесквиоксид (ВФР-1). Этот резист имеет удовлетворительную чувствительность в диапазоне дальнего УФ. Например, при экспонировании на установках ЭМ-5006А ( $\lambda=225-260$  нм) и ЭМ-5026 ( $\lambda=250$  нм) она составляет около  $300$  мДж/см<sup>2</sup>. В случае применения более коротковолновых источников излучения чувствительность возрастает в несколько раз. При оптимальной толщине слоя резиста 0,15—0,2 мкм и контактном способе экспонирования разрешающая способность составляет 0,5 мкм. Как электронрезист ВФР-1 уступает резисту винил-Т<sub>8</sub>, но имеет близкие с ним технологические характеристики (температуру сублимации, плазмостойкость).

Благодаря высокой кислородостойкости вакуумные резисты из класса октасилсесквиоксидов могут использоваться в двухслойных резистивных системах [8].

**Вакуумные резисты на основе β-дикетонатов редкоземельных элементов.** Перспективные радиационно-чувствительные материалы для вакуумной фотолитографии были обнаружены в классе β-дикетонатов редкоземельных элементов и их аддуктов с различными дополнительными лигандами [9]. Меняя тип лиганда в этих соединениях, можно целенаправленно управлять чувствительностью в широком спектральном диапазоне. Характерной особенностью большинства соединений является частичное самопроявление в процессе экспонирования УФ излучением с формированием неглубокого позитивного рельефа. Однако, обычно этот рельеф не удается усилить ни термообработкой в вакууме, ни плазмохимическими методами. В результате термического проявления формируется негативное изображение.

В этой группе заслуживает внимания аддукт пивалоилтрифторацетатного комплекса с дифенилантраценом (ВФР-2). Исследование процессов фотохимических превращений в этом материале позволило установить, что в зависимости от дозы облучения в пленках ВФР-2 могут преобладать процессы деструкции или полимеризации. Поэтому применение соответствующего способа сухого проявления позволяет получить как негативное (вакуумно-термическое проявление), так и позитивное (проявление в кислородной плазме) изображение.

Спектральные характеристики резиста представлены на рис. 3. Наличие пиков поглощения в широком спектральном диапазоне делает возможным использовать для экспонирования наряду с коротковолновыми источниками излучения наиболее распространенное сегодня литографическое оборудование, работающее в диапазоне ближнего УФ. Однако чувствительность резиста в этом случае невысока.

ВФР-2 наносится при температуре 100—140°C. Проявление негативного изображения проводит-

ся в диапазоне температур 50—100°C, при этом наиболее высокая чувствительность (100 мДж/см<sup>2</sup>) соответствует минимальной температуре проявления. Чувствительность резиста при формировании позитивного изображения травлением в плазме O<sub>2</sub> 4 Дж/см<sup>2</sup>. Разрешающая способность ВФР-2 0,6—0,8 мкм.

Технологические характеристики резиста (высокая плазмотойкость) позволяют использовать его для формирования однослойной резистивной маски и в качестве верхнего радиационно-чувствительного слоя в двухслойных резистивных системах ограниченной толщины с переносом изображения в нижний слой плазмохимическим или реактивным ионным травлением в кислороде.

**Вакуумные резисты из класса нитридов.** Перспективной областью поиска вакуумных резистивных материалов является также обширный класс непредельных нитридов. Это обусловлено способностью ряда соединений на их основе сублимировать в вакууме с образованием на подложке аморфных слоев высокого качества со стабильной структурой и наличием двойных связей, способствующих полимеризации.

К этому классу относится вакуумный негативный фоторезист ВФР-97 (брутто-формула C<sub>19</sub>H<sub>15</sub>N<sub>5</sub>O<sub>2</sub>), обладающий хорошими пленкообразующими свойствами. Он наносится при температуре около 160°C и проявляется в диапазоне температур 70—110°C. Сформированная при 110°C резистивная маска термически устойчива, что делает процесс проявления в этом случае некритичным к температуре. Резист имеет предельную чувствительность 200 мДж/см<sup>2</sup> и интенсивное поглощение в широком спектральном диапазоне коротковолнового УФ-излучения. Спектральные характеристики приведены на рис. 4.

Поскольку основная часть излучения поглощается в приповерхностном слое резиста толщиной до 0,15 мкм, качественное изображение с субмикронным разрешением можно получить в слое резиста толщиной не более этого значения. В противном случае удаление незаполимеризованного материала, расположенного ниже слоя, поглотившего излучение, приводит в процессе проявления к усадке резистивной маски, ее разнотолщинности, отслаиванию и искажению формы субмикронных элементов. В то же время в ряде случаев практического применения, когда не требуется высокое разрешение, возможно формирование резистивной маски толщиной до 1 мкм с приемлемой производительностью, в том числе с использованием оборудования, работающего в ближнем диапазоне УФ излучения. При этом температура проявления должна быть минимальной.

Из-за низкой кислородостойкости в двухслойных резистивных системах ВФР-97 непригоден. Для выполнения требований технологии кремниевых СБИС на его основе был разработан модифицированный вариант — универсальный вакуумный резист ВР-273, содержащий атомы кремния и ориентированный на двухслойную резистивную систему с электронным и УФ экспонированием. Его спектральные характеристики приведены на рис. 5.

При сублимационном методе проявления формируется негативное изображение, причем в случае экспонирования УФ излучением в коротковолновом диапазоне резист имеет высокую чувствительность в пределах 30—100 мДж/см<sup>2</sup>, зависящую от температуры проявления. Как негативный электронорезист ВР-273 уступает по всем параметрам резисту винил-Т<sub>а</sub>.

При формировании позитивного изображения проявлением в кислородной плазме ВР-273 обладает высокой чувствительностью к УФ излучению (100 мДж/см<sup>2</sup>) и удовлетворительной — к электронному (до 1 · 10<sup>-4</sup> Кл/см<sup>2</sup>). Чувствительность может быть увеличена, если допустить уход толщины резистивной маски в процессе плазменного проявления более 0,04 мкм при оптимальной исходной толщине слоя 0,2—0,25 мкм.

По кислородостойкости ВР-273 уступает кремнийорганическим соединениям, но высокая селективность реактивного ионного травления органических полимеров в кислороде относительно резиста допускает формирование двухслойной резистивной маски толщиной более 1 мкм.

Основные литографические характеристики вакуумных резистов приведены в таблице.

Для экспонирования вакуумных резистов может применяться любое электро-, ионо- и рентгенолитографическое оборудование. В фотолитографии целесообразно использовать установки, работающие в коротковолновом диапазоне УФ излучения (λ=190—300 нм), прежде всего с точки зрения производительности. Плаз-

Резист	Проявление	Чувствительность	Разрешающая способность, мкм
Октавинилсилсесквиоксан (ЭВН-1)	Вакуумно-термическое (негатив), T=70—100°C	5 · 10 <sup>-6</sup> —	0,4—0,5
		1 · 10 <sup>-4</sup> Кл/см <sup>2</sup> (электроны);	0,4—0,5
		0,05 Дж/см <sup>2</sup> (рентген);	0,1—0,2
		5 · 10 <sup>-7</sup> —	
		1 · 10 <sup>-6</sup> Кл/см <sup>2</sup> (ионы)	
Окта (винил, бром) силсесквиоксан (ВФР-1)	Вакуумно-термическое (негатив), T=70—100°C	0,3 Дж/см <sup>2</sup> (УФ, λ=225—260 нм)	0,5
Аддукт пивалойатрифтороацетатного комплекса с дифенилантраденом (ВФР-2)	Вакуумно-термическое (негатив), T=50—100°C	0,1—0,5 Дж/см <sup>2</sup> (УФ, λ=225—260 нм)	0,6—0,8
	Травление в плазме O <sub>2</sub> (позитив)	4 Дж/см <sup>2</sup> (УФ, λ=225—260 нм)	0,8—1,0
Нитрил (ВФР-97)	Вакуумно-термическое (негатив), T=70—110°C	0,2—1 Дж/см <sup>2</sup> (УФ, λ=225—260 нм);	0,6—0,7
		2—5 Дж/см <sup>2</sup> (УФ, λ=436 нм)	0,7—0,8
Силилированный нитрил (ВР-273)	Вакуумно-термическое (негатив), T=70°C	0,03 Дж/см <sup>2</sup> (УФ, λ=225—260 нм)	0,6—0,7
		0,1 Дж/см <sup>2</sup> (УФ, λ=225—260 нм)	0,6—0,7
		Травление в плазме O <sub>2</sub> (позитив)	0,7—0,8
		0,1 Дж/см <sup>2</sup> (УФ, λ=225—260 нм)	0,7—0,8
		1 · 10 <sup>-4</sup> Кл/см <sup>2</sup> (электроны, E=10 кэВ);	0,7—0,8
		3 · 10 <sup>-4</sup> Кл/см <sup>2</sup> (электроны, E=20. кэВ)	0,7—0,8

мохимическое проявление рекомендуется проводить на серийных установках с объемным реактором или в реакторах планарного типа.

В качестве наиболее простого оборудования для термического нанесения и проявления резистов в лабораторных условиях могут применяться стандартные установки вакуумного напыления после небольшой их модернизации. В этом случае процесс технически просто осуществим, но малопроизводителен и связан с неэкономичным расходом резистивного материала. Радикальным решением является создание специализированных устройств и оборудования, учитывающих специфику материалов и требования литографического процесса.

В НПО «Вакууммашприбор» разработан комплекс литографических процессов на основе вакуумных резистов с электронным, ионным и УФ экспонированием применительно к ряду изделий электронной техники. Созданы компактные устройства для нанесения и проявления вакуумных резистов в условиях производства, пригодные для работы в составе автоматизированных модулей с поштучной обработкой пластин.

Конструкция устройств нанесения резистов обеспечивает высокую равномерность молекулярного потока и коэффициент использования резистивного материала до 0,8. По технологическим возможностям эти устройства можно разделить на две группы: низкотемпературные и высокотемпературные. Первые предназначены для работы с материалами, имеющими температуру сублимации до 200°C, к которым относятся все представленные выше вакуумные резисты. Высокотемпературные испарители служат для нанесения материалов, сублимирующих при температуре до 400°C, и предназначены для формирования нижних слоев в двухслойных резистивных системах. Во всех случаях в процессе нанесения резиста подложка имеет комнатную температуру.

Разработанные устройства позволяют работать с пластинами диаметром до 200 мм. В то же время идеи, положенные в основу их конструкции, могут быть использованы при создании специализированных устройств нанесения и проявления резистов, например, для литографии на крупногабаритных изделиях.

## ОЧИСТКА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОДЕЖДЫ, ИСПОЛЪЗУЕМОЙ В ЧПП ВЫСОКИХ КЛАССОВ ЧИСТОТЫ

М.А.Сальников, Е.В.Смирнов, Г.В.Зайцева

Применение специальной технологической одежды в чистых производственных помещениях (ЧПП) высоких классов чистоты (100 и 10) — обязательное требование для поддержания необходимых условий производства БИС и СБИС. Соблюдение этих требований обусловлено правильным выбором материала технологической одежды, ее конструкцией и правилами эксплуатации.

По мнению специалистов английской фирмы "Майкрон-Клин", 85% загрязнений происходит от работающего персонала [1], остальные загрязнения от неплот-

Таким образом, в настоящее время существует полный набор вакуумных резистивных материалов и технических средств, позволяющих решать разнообразные технологические задачи как на отдельных этапах формирования структуры приборов, так и по полному циклу их изготовления вплоть до создания автоматизированного малооперационного экологически чистого производства.

Авторы благодарят Т.Н.Мартынову (ИНХ СО АН СССР), Н.В.Дубинина (МНПО «НИОПИК»), Г.К.Селиванова (НИИМВ) и их сотрудников за представленные резистивные материалы.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Taylor G.N., Wolf T.M. The status of dry-developed resists for each lithographic technology.— VLSJ Electronics: Microstructure Science, 1983, vol. 6, P. 217—253.
2. Taylor G.N., Wolf T.M., Stillwagon L.E. The role of inorganic materials in dry-processed resist technology.— Solid State Technology, 1984, N 2, p. 145—155.
3. Novel plasma developable resist compositions and performance of total dry microfabrications in submicron lithography/ M.Tsuda et.al.— J. Vac. Sci. Technol., 1981, N 6, p. 1351—1357.
4. Jto H., Schwalb R. Thermally developable, positive resist systems with high sensitivity.— J. Electrochem. Soc., 1989, N 1, p. 241—245.
5. Jto H., Ueda M., Renaldo A.F. Thermally developable, positive tone, oxygen RJE barrier resist for bilayer lithography.— J. Electrochem. Soc., 1989, N 1, p. 245—249.
6. Zeigler J.M., Harrah L.A., Johnson A.W. Self-developing polysilane deep-UV resists — photochemistry, photophysics, and submicron lithography.— Proc. Soc. Photo-Opt. Instrum. Eng., 1985, vol. 539, p. 166—174.
7. Korchakov V.P., Martynova T.N., Danilovich V.S. All dry vacuum submicron lithography.— Thin Solid Films, 1983, N 4, p. 369—372.
8. Многослойные резистивные системы для сухой микролитографии/ Л.А.Битейкина, М.Н.Ляхов, Н.С.Паршикова, В.В.Симонов.— Электронная промышленность, 1991, вып. 2, с. 15—17.
9. Мартынова Т.Н., Корчakov В.П., Никulina Л.Д. Аддукты шивалонатрифторацетонатов РЗЭ с макроциклическими полиэфирами.— Координационная химия, 1985, № 9, с. 1196—1201.

ности строительных конструкций, от оборудования. Предусмотрены определенные требования при одевании технологической одежды, ношении ее в производственных помещениях, а также при очистке от загрязнений и подготовке к дальнейшей эксплуатации.

Сохранность свойств технологической одежды в течение максимально длительного периода — главный критерий при определении способов ее очистки после носки. Ткань технологической одежды, применяемой в помещениях высоких классов чистоты, содержит хрупкие антистатические нити, чувствительные к химическим и механическим воздействиям, в том числе к тем, которые возникают при очистке с использованием моющих средств или органических растворителей.

В связи с этим было исследовано влияние процесса очистки на технические характеристики материала тех-

нологической одежды: антистатические свойства и величину пылевыведения.

Очевидно, что определять пылевыведение ткани после очистки следует в условиях загрязнения технологической одежды аэрозольными частицами из воздуха помещения, предназначенного для стирки или химической очистки. Поэтому помещение, в котором очищается технологическая одежда от загрязнений, должно иметь ту же степень чистоты воздушной среды, что и помещение, в котором одежда носится.

По данным информации зарубежных фирм [2, 3] используют два варианта очистки технологической одежды для ЧПП высоких классов чистоты фирмы "СНДИ" (Франция) и "Линен Суплай" (Италия) применяют двухступенчатую очистку, совмещающую поочередно стирку и сухую чистку в органических растворителях, фирмы ФРГ "Майснер унд Вюрст", "Кесслер унд Лух" – только стирку [4, 5].

Анализ обоих способов очистки показал преимущества мокрой обработки технологической одежды:

- при сухой очистке загрязнения от технологической одежды находятся в растворителе во взвешенном состоянии и могут вновь ресорбироваться тканью;

- проблема устранения бактерий при сухой чистке не решается, в то время как воду для стирки можно специально подготовить и очистить от бактерий;

- применяемая для технологической одежды синтетическая ткань обладает гидрофобностью, поэтому загрязнения не проникают во внутренние слои ткани, а находятся на поверхности и легко смываются водным моющим раствором;

- наибольший недостаток сухой чистки – применение химических растворителей (например, фреона, использование которого в настоящее время ограничивается международной конвенцией);

- мокрый способ очистки экономически более выгоден в сравнении с сухим.

Отработка технологии стирки проводилась по следующим направлениям:

- выбор последовательности операций очистки;

- продолжительность операций;

- подбор моющего средства;

- исследование влияния моющих средств на структуру волокон ткани технологической одежды;

- оценка наличия в ткани аэрозольных частиц, образовавшихся в процессе стирки;

- обеспечение отсутствия в ткани после стирки ионов  $P^{+3}$ ,  $K^{+}$ ,  $Na^{+}$ ;

- обеспечение сохранности структурных характеристик ткани.

Поскольку технологическая одежда выполнена из полиэфирной ткани, при подборе режимов стирки за основу были взяты режимы, рекомендуемые для стирки синтетических материалов. В результате пробных стирок технологической одежды по режимам в кратности 5, 10, 25 и 100 раз было установлено, что при использовании для полоскания обычной водопроводной воды не происходит полного выполаскивания моющих средств. Спектральный анализ ткани, подвергающейся пробным стиркам, показал, что происходит накопление в ткани ионов щелочных металлов, которые не должны присутствовать в атмосфере ЧПП при производстве микросхем. Подсчет количества частиц, вымываемых из ткани потоком деионизованной воды, измеренный ЛАМ-1, показал, что наибольшее количество частиц вымывается из ткани после ее промывания в течение 30 мин. Эти результаты были подтверждены измерениями количества аэрозольных частиц на поверхности материала, проводимыми с помощью счетчика аэрозольных частиц "Ройко". Результаты данных исследований были учтены при выборе режима обработки техноло-

гической одежды для использования в помещениях классов чистоты 100, 10 и 1000.

Была разработана технология обработки технологической одежды. Параллельно проводились разработка и подбор синтетических моющих средств. С этой целью был исследован характер загрязнений, которые могут присутствовать на технологической одежде в результате ее носки. Технологическая одежда, предназначенная для использования в производственных помещениях высоких классов чистоты с требованием ежедневной ее замены, загрязняется в основном белковыми и жировыми веществами, которые содержатся в поте человека. При исследованиях, проводимых с целью подбора моющих средств были опробованы средства, серийно выпускаемые отечественной промышленностью: "Биомиг", "Дас", "Экс", "Лотос" и импортные средства: "Хай-топ" фирмы "Хион" (Япония) и "Персиль" фирмы "Хенкель" (ФРГ).

После исследования различных моющих средств установлено, что наибольший эффект дает применение СМС, содержащих различные биокомпоненты. Однако серийно выпускаемые средства являются в основном сильно щелочными, что приводит к накоплению в ткани ионов щелочных металлов, а это недопустимо. Поэтому при разработке моющего средства требуется, чтобы оно было малощелочным; жидким или пастообразным (так как порошок "пылит"), могло хорошо выполаскиваться и дозироваться, использованный раствор моющего средства должен разлагаться в воде.

Совместные испытания, проведенные в лабораторных и производственных условиях специалистами химической промышленности и НИИТТ показали, что наибольший эффект по очистке технологической одежды из полиэфирной ткани с антистатическими нитями типа японской "Селгард" или итальянской "Вектрон" был достигнут при использовании моющего средства ТУ 6–39–91. При этом были получены оптимальные белизна ткани технологической одежды (в соответствии с ГОСТ 22567.П-82), отсутствие аэрозольных частиц и ионов  $K^{+}$ ,  $Na^{+}$ ,  $P^{+}$  (что было определено спектральным анализом).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Информационные материалы английской фирмы «Майкрон Клин», 1990.
2. Информационные материалы французской фирмы «СНДИ», 1990.
3. Информационные материалы итальянской фирмы «Линен суплай», 1990.
4. Информационные материалы фирмы ФРГ «Майснер унд Вюрст», 1990.
5. Информационные материалы фирмы ФРГ «Кесслер унд Лух», 1990.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕНТГЕНОЛИТОГРАФИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЭКСПОНИРОВАНИЯ В ПУЧКАХ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

С.Н.Мазуренко, В.В.Мануйлов,  
В.М.Матвеев

Применение рентгенолитографии в пучках синхротронного излучения (СИ) для создания микроструктур с большой степенью интеграции элементов [1, 2] перспективно не только в области микроэлектроники. Этот технологический метод позволяет решить многие задачи микромеханики и оптики [1—3].

При всей физической и технологической сложности процесса возможность точного контроля и управления параметрами источника излучения, оптическими характеристиками элементов системы экспонирования позволяет создать оптимальные условия для реализации максимальной производительности и высокого контраста [4, 5]. Однако правильный выбор оптимальных технологических параметров, обеспечивающих формирование в резисте структур с размерами элементов  $<0,5$  мкм по горизонтали с заданной точностью и максимальным соотношением «высота-ширина», может быть осуществлен только при использовании адекватной математической модели полного цикла рентгенолитографического процесса. Такая модель [6] позволяет учесть основные физические эффекты, определяющие процессы экспонирования и проявления пленки резиста. Результаты моделирования показывают, что за счет дифракции на краях элементов рисунка при сложных амплитудно-фазовых соотношениях для рентгеновского излучения, проходящего через различные участки рентгеношаблона, профили скрытого изображения существенно различны при различных условиях экспонирования [2, 7, 8]. Все это приводит к необходимости обработки большого количества статистического материала и большим затратам времени при подборе оптимальных условий репликации тех или иных структур. Сложность в выборе критерия качества получаемой резистивной маски связана с тем, что ее форма существенно зависит от большого числа параметров [8]. Предложенный в работе [9] критерий качества профиля проявленной пленки резиста (площадь сечения проявленного профиля должна быть не меньше половины площади геометрической тени шаблона в пленке резиста) не представляется убедительным, так как не указаны пути его достижения.

Задачу оптимизации процесса удобно разбить на два последовательных этапа. На первом этапе вырабатываются требования к параметрам рентгеноли-

тографической системы экспонирования с точки зрения реализации оптимальных производительности и контраста. На втором этапе оптимизируется профиль формируемой резистивной маски. Исходя из характеристик источников СИ и элементов системы экспонирования были выработаны следующие требования к параметрам. Критическая длина волны спектра СИ должна быть  $\lambda_c = 1-2$  нм (для строящегося специализированного накопительного комплекса «Зеленоград» эта величина составляет в зависимости от режима работы  $\sim 1,2-1,6$  нм); вакуумное окно из бериллия толщиной  $\sim 20$  мкм (или сходных с ним по рентгенопрозрачности полимерных материалов с достаточной механической и радиационной стойкостью); рентгеношаблоны с мембранами — на основе кремния (Si;  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ; SiC, композиты  $\text{Si}_3\text{N}_4-\text{SiO}_2$  и т.д.) или сходных с ними материалов толщиной  $\sim 2$  мкм. Выбор материала для маскирующего покрытия рентгеношаблона (Au, Ta, W) зависит от многих условий, связанных с возможностями конкретных технологий. Главное условие — маскирующее покрытие должно обеспечивать высокий контраст, чтобы снизить долю проходящего сквозь поглотитель излучения и влияние фазовых соотношений на форму реплицируемого рисунка. Для выбранных соотношений на форму реплицируемого рисунка. Для выбранных параметров источника и системы транспортировки луча толщина пленки золота должна быть  $\lambda_{\text{Au}} \approx 0,5$  мкм.

Форма скрытого изображения в рентгенолитографии определяется в основном дифракционным распределением интенсивности [7—9]. На форму скрытого изображения, кроме длины волны излучения, влияют следующие технологические величины: геометрические размеры экспонируемого элемента шаблона ( $d$ ) и зазор шаблон — пластина ( $G$ ). Для экспонирующего излучения с длиной волны  $\lambda_c = 1,6$  нм и при стандартном канале вывода (вакуумное окно — 20 мкм Be, мембрана рентгеношаблона — 2 мкм Si) были рассчитаны профили скрытого изображения линейных элементов различной ширины  $d < 1$  мкм [2, 6—8]. Пленки ПММА имели толщину 1 мкм, а Au маскирующее покрытие рентгеношаблона — 0,5 мкм. В расчетах учитывались реальный спектральный состав излучения, оптические свойства всех элементов системы экспонирования,

а также влияние генерируемых излучением в резисте и подложке фото- и оже-электронов на форму профиля скрытого изображения. Сложность формы и ее зависимость от величины зазора (при постоянном значении размеров элемента) не позволяет получить какого-либо простого аналитического выражения, пригодного для оптимизации величины  $G$  непосредственно из теории дифракции. Известное выражение для размера первой зоны Френеля  $D = (\lambda G/2)^{1/2}$  может быть использовано для оценки требуемой величины зазора при экспонировании шаблона монохроматическим излучением, однако здесь не учитывается спектральное распределение и конечный контраст рентгеношаблона.

Несмотря на сложность дифракционных распределений интенсивности и зависимость их формы от величины зазора, наблюдается общая закономерность: для случая дифракции на цели, начиная с некоторой величины зазора  $G$ , распределение интенсивности принимает куполообразную форму (в светлой области) и при дальнейшем увеличении зазора меняется лишь форма купола (купол расширяется) и его «высота» в центре щели. Так как величина локальной поглощенной энергии (пропорциональной интенсивности) определяет локальную скорость проявления резиста, то для получения качественных резистивных масок отношение интенсивности в центре щели  $I_c$  к интенсивности под краем маски (то есть на расстоянии  $d/2$  от центра щели)  $I_E$  должно быть наибольшим. Расчет интенсивности излучения для двух этих точек выполняется быстрее, чем для полного профиля, и поэтому легко может быть проведен для целого набора величин зазоров.

На рис. 1 (кривая 1) приведена зависимость отношения  $I_c/I_E$  от величины зазора шаблон — пластина при экспонировании светлой щели шириной  $d=0,3$  мкм излучением с  $\lambda_c=1,6$  нм в стандартной оптической системе. Осцилляции этой зависимости при малых значениях величины зазора связаны с качественным изменением формы скрытого изображения (колокол еще не образовался). При выборе оптимальной величины зазора необходимо выполнение требования: время проявления щели не должно сильно отличаться от времени проявления ( $t_0$ ) полностью открытых участков резиста (имеются в виду большие области, где дифракционные эффекты практически не сказываются, например области контактных площадок с размерами  $\sim 100 \times 100$  мкм). Технологически эти требования выполнить не трудно. Таким образом, отношение интенсивности в центре щели  $I_c$  к интенсивности на открытом участке  $I_0$  не должно сильно отличаться от единицы. Из сравнения многих результатов моделирования процессов экспонирования в лучках СИ и проявления рентгенорезиста установлено, что качественный профиль проявления формируется при значении  $I_c \approx 1,2 \cdot I_0$ . На рис. 1 (кривая 2) показана зависимость отношения  $I_c/I_0$  от величины зазора. Значение  $I_c/I_0 > 1$  наблюдается при  $18 < G < 86$  мкм, отношение  $I_c/I_E$  в этой области больше 4,5, а учитывая контраст системы резист-проявитель  $\alpha$ , который обычно более 2 [8, 9], скорости проявления в центре щели и на ее крае будут отличаться более, чем в 20 раз. Для обеспечения сохранности рентгеношаблонов следует, выбирать максимально возможные значения величин зазоров, т.е. в нашем случае ( $\lambda_c=1,6$  нм, стандартный канал,  $h_{\text{ли}}=0,5$  мкм,  $d=0,3$  мкм) оптимальная величина зазора — 80 мкм. При меньших значениях  $G$  качество репликации не ухудшается, что дает возможность оценить оптимальный зазор для рисунка рентгеношаблона с различными по величине элементами по их минимальному размеру. Проведя подобный анализ для различных размеров элементов, можно получить аппроксимационную зависимость между минимальной ши-

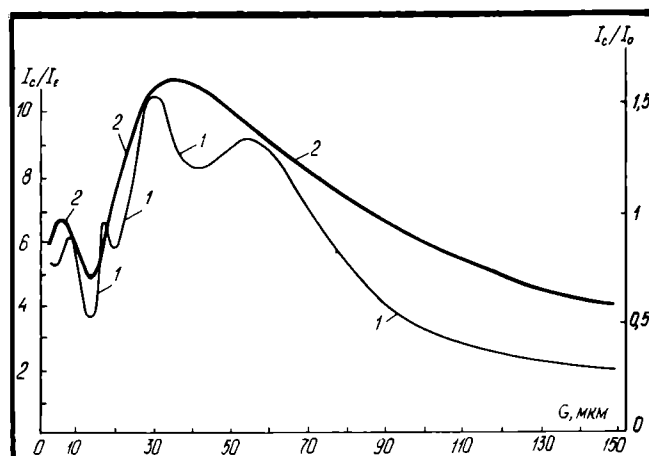


Рис. 1. Зависимость  $I_c/I_E$  (кривая 1) и  $I_c/I_0$  (кривая 2) от величины зазора для щели шириной  $d=0,3$  мкм при экспонировании СИ с  $\lambda_c=1,6$  нм в стандартном канале вывода

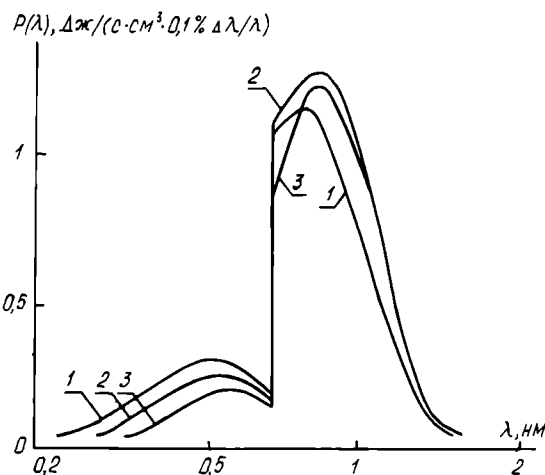


Рис. 2. Распределение поглощенной в резисте энергии (дозы)  $\lambda_c=1$  нм (кривая 1),  $\lambda_c=1,6$  нм (2),  $\lambda_c=2$  нм (3). Стандартный канал

риной щели и оптимальным зазором для указанных условий экспонирования:

$$G(\text{мкм}) = 954,373 d^{2,0243} (\text{мкм}).$$

На рис. 2 показаны спектральные зависимости поглощенной энергии в пленке ПММА толщиной 1 мкм при ее экспонировании синхротронным излучением с  $\lambda_c=1$  нм (суперкомпактный накопитель «Аугога» фирмы Сумитомо, Япония),  $\lambda_c=1,6$  нм (накопитель «Зеленоград» СССР) и  $\lambda_c=2$  нм (накопитель BESSY, Зап. Берлин) в стандартном канале вывода. Спектр экспонирующего резист излучения незначительно зависит от  $\lambda_c$  спектра синхротронного излучения при  $1 < \lambda_c < 2$  нм. Это дает возможность пользоваться приведенной выше зависимостью при работе с источниками такого типа. При этом размер первой зоны Френеля  $D$  и зазор шаблон-пластина для  $\lambda \approx 0,8$  нм (максимум в приведенных распре-



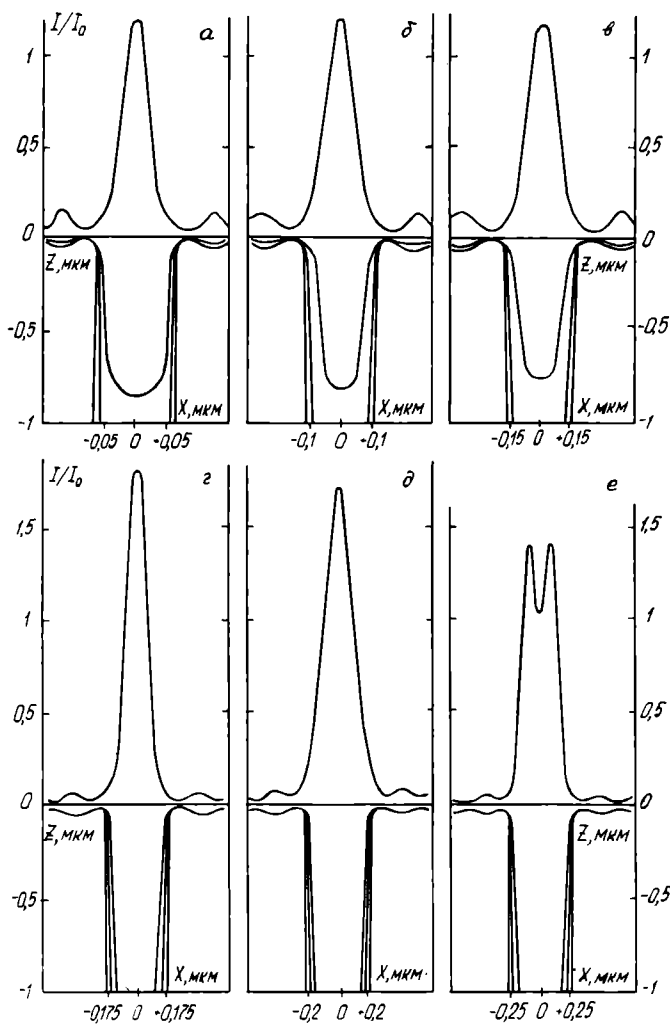


Рис. 3. Профили скрытого изображения и проявления с оптимизацией: а —  $d=0,1$  мкм,  $G=9$  мкм; б —  $d=0,2$  мкм,  $G=37$  мкм; в —  $d=0,3$  мкм,  $G=85$  мкм и без оптимизации зазора: г —  $d=0,35$  мкм; д —  $d=0,4$  мкм; е —  $d=0,5$  мкм,  $G=50$  мкм. Время проявления:  $t=0,5 t_0$ ;  $t=t_0$ ;  $t=1,5 t_0$ , кривые 1, 2 и 3 соответственно

лениях) связаны следующим соотношением:  $G \approx 2500 D^2$ .

Для других условий экспонирования необходимо провести подобный анализ и получить конкретное соотношение между  $d$  и  $G$ . Заметим, что приведенная выше зависимость величины зазора от размера первой зоны Френеля обеспечивает «оптимальность» по зазору и для темных щелей (полосок) соответствующих размеров. Таким образом, приведенная выше формула позволяет выбирать оптимальную величину зазора по минимальному размеру реплицируемого элемента.

На рис. 3 приведены профили скрытого изображения и проявления светлых и темных щелей различной ширины с оптимизацией зазора для стандартной системы экспонирования накопителя «Зеленоград» и показателя контрастности проявителя  $\alpha = 2,5$ . Приведенные данные моделирования полного цикла рентгенолитографического процесса доказывают возможность получения качественных резистивных масок с размерами элементов до  $0,1$  мкм в реальных условиях. Оптимизация одного из технологических параметров — зазора шаблон-пласти-

на — позволяет формировать скрытое изображение элементов рисунка с требуемыми характеристиками (отношения  $I_c/I_E$  и  $I_c/I_0$ ). В случае репликации рисунка с элементами различных размеров оптимизация зазора должна проводиться по наименьшему из них. При этом обеспечиваются условия полного (до подложки) проявления минимальных элементов за время полного проявления открытых участков. Элементы рисунка с большими размерами могут проявиться за меньшее время (см. рис. 3), но за счет большой величины соотношения  $I_c/I_E$  перепроявление для них не приводит к существенному искажению геометрических размеров. Таким образом, представленный способ оптимизации процесса рентгенолитографического экспонирования в пучках СИ обеспечивает получение резистивных масок как с одинаковыми, так и с разнородными по размерам элементами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Wilson A.D. X-RAY lithography: CAN it be justified?— Solid State Technol., 1986, vol. 29, N 5, p. 249—255.
2. Мазуренко С.Н., Мануйлов В.В., Матвеев В.М. Потенциальные возможности рентгенолитографии в пучках синхротронного излучения.— Электронная промышленность, 1989, вып. 3, с. 36—39.
3. Fabrication of microstructures with aspect ration and great structural heights by synchrotron radiation lithography, galvanofarming and plastic moulding (liga-process)/ E.W.Becker, W.Enrfield, P.Hagmann et.al.— Microelectronic Eng., 1986, 4.
4. Calculation of the optimum electron energy of a dedicated storage ring for X-RAY lithography/ H.Betz, F.K.Fey, A.Heuberger, R.Tischer.— IEEE Trans. on electron Dev., 1979, vol. ED-26, N 4, P. 693—697.
5. Литвинов Ю.М., Мазуренко С.Н., Матвеев В.М. Синхротронное излучение микроэлектронике. Ч. 1. Свойства и применение в микроэлектронной технологии.— Обзоры по электронной технике. Сер. 3. Микроэлектроника, 1989, вып. 6, с. 60.
6. Мазуренко С.Н., Мануйлов В.В., Матвеев В.М. Комплект программ для моделирования рентгенолитографии в пучках синхротронного излучения.— Электронная промышленность, 1989, вып. 11, с. 30—31.
7. Мазуренко С.Н., Мануйлов В.В., Матвеев В.М. Влияние параметров шаблона на формирование резистивной маски в рентгенолитографии с применением синхротронного излучения.— Электронная техника. Сер. 3. Микроэлектроника, 1990, вып. 1, с. 84—86.
8. Мазуренко С.Н., Мануйлов В.В., Матвеев В.М. Физические аспекты использования синхротронного излучения в микролитографии.— Электронная техника. Сер. 3. Микроэлектроника. В печати.
9. Suzuki M., Kaneko T., Saitoh Y. Replicated resist pattern resolution with synchrotron orbital radiation.— J. Vac. Sci. Technol. B, 1989, vol. 7, N 1, P. 47—54.

# Кооператив «НАВАСАРД»

поставляет по прямым связям универсальные программаторы ПКН, ПКН-01, ПКН-02, ПКН-03, ПКН-04, ПКН-05

для программирования распространенных микросхем серий: К155РЕЗ; КР556РТ4, РТ5, РТ11, РТ16, РТ17, РТ18; КР556РТ6, РТ7, РТ7А; К573РФ2, РФ4, РФ5, РФ6, а также ПЛМ КР556РТ1, РТ2; 556РТ1, РТ2

Программатор ПКН (отдельный модуль) подключается к каналу МПИ вычислительного комплекса (ВК) на базе микроЭВМ типа «Электроника 60» и семейства ДВК через коннектор.

Габаритные размеры 310×265×35 мм

Масса не более 1,4 кг

Операционная среда RT-11, ОС ДВК, ФОДОС

Питание программатора от ВК

Программатор ПКН-01 (отдельный модуль) подключается к ПЭВМ типа IBM PC XT/AT; ЕС1840 и т.д. через интерфейс PS-232 (стык С2).

Габаритные размеры 310×265×55 мм

Масса не более 2,0 кг

Операционная среда MS-DOS, Альфа-ДОС

Источники питания +5 В (—2 А);

+12 В (—0,7 А)



Программатор ПКН-02 — автономный, двухмодульное исполнение. Имеет интерфейс ИРПР для подключения печатающего устройства.

Габаритные размеры 310×265×55 мм

290×200×100 мм

Масса не более 3,5 кг

Питание 220 В +10% (50 Гц)

—15%



Программатор ПКН-03 (отдельный модуль) подключается через коннектор к каналу МПИ. Предназначен для программирования ПЛМ КР556РТ1, РТ2; 556РТ1, РТ2 под управлением микроЭВМ (типа ДВК).

Габаритные размеры 310×265×35 мм

Масса не более 1,4 кг

Операционная среда RT-11, ОС ДВК, ФОДОС

Питание программатора от ВК

Программатор ПКН-04 (отдельный модуль) работает под управлением ВК на базе микроЭВМ (типа ДВК) или ПЭВМ (типа ЕС 1840).

Габаритные размеры 310×265×55 мм

Масса не более 2,5 кг

Операционная среда RT-11, ОС ДВК, ФОДОС;

MS-DOS, Альфа-ДОС

Программатор ПКН-05 имеет двухмодульное исполнение, может работать как автономно, так и в составе ВК на базе микроЭВМ (типа ДВК) или ПЭВМ (типа ЕС 1840).

Габаритные размеры 310×265×55 мм

290×200×100 мм

Масса не более 4,0 кг

Операционная среда RT-11, ОС ДВК, ФОДОС;

MS-DOS, Альфа-ДОС

Программаторы отличаются возможностью расширения базового комплекта программируемых микросхем по требованию заказчика.

Программаторы поставляются в течение трех месяцев после заключения договора, по требованию заказчика возможна наладка программаторов.

При заказе пяти и более программаторов предусмотрена скидка в размере 10% от общей суммы, срочный ремонт производится у заказчика.

Кооператив принимает также заявки на разработку и изготовление изделий МСВТ и программного обеспечения.

Адрес : 378510, Армения,  
г. Абовян, ул. Сараланджи, 7/49,  
Кооператив «Навасард».  
Тел. 2-47-32.

# СТАТИСТИКО-ФИЗИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ НАДЕЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

канд.техн.наук С.Я.Гродзенский

Предлагается оригинальный метод исследования надежности, основанный на оценке параметров статистического распределения моментов наступления отказов изделий. Численные значения параметров связываются с характером (физическим механизмом) отказов. Рассматривается традиционная вейбулловская модель, а также более реалистичная модель, представляющая собой композицию распределений экспоненциального и Вейбулла.

Современная теория надежности прошла в своем развитии несколько этапов. Первоначально применялись статистические методы, в которых многообразие возможных физических состояний устройств сводится к двум состояниям: «исправно» или «неисправно». Рассчитываемые при этом показатели надежности не связываются непосредственно с физическими характеристиками, т.е. игнорируются физические и физико-химические процессы, определяющие старение и износ и ограничивающие ресурс изделий.

В то же время при физическом (детерминистическом) подходе, основанном на изучении соотношения прочности объекта и приложенной к нему нагрузки, игнорируется случайный характер отказов, что не позволяет оценивать вероятностно-статистические показатели надежности.

Понимание недостаточности как «чисто статистических», так и «чисто физических» методов исследования приводит к необходимости поиска комбинированных подходов к решению проблемы надежности. Несмотря на различные названия таких подходов: «физико-статистические», «математико-физические», «физико-вероятностные» и др., все они выявляют распределение наработки до отказа, которое определяется статистическими характеристиками процессов деградации.

Целесообразно выделить два основных направления комбинированных подходов: физико-статистический и статистико-физический. К первому следует от-

нести методы оценки показателей надежности и статистических характеристик на основе физических представлений (изучения физических и физико-химических процессов, приводящих к нарушению работоспособности). Первая попытка преобразовать информацию о деграционных процессах в материале в информацию о показателях надежности, была сделана в 1969 г. [1].

Различные методы определения природы и характера отказов на основе вида и параметров их статистических распределений логично именовать статистико-физическими. Для их реализации необходимо знание вида статистического распределения моментов отказов исследуемых изделий. Для анализа надежности различных типов изделий электронной техники (ИЭТ) применяется распределение Вейбулла, при котором функция надежности имеет вид:

$$P(t) = e^{-\left(\frac{t}{T}\right)^s} \quad (1)$$

где  $P(t)$  — вероятность безотказной работы за время  $t$ ;  $T$ ,  $s$  — параметры масштаба и формы распределения.

Численное значение параметра формы определяет характер временной зависимости интенсивности отказов: в случае экспоненциального распределения ( $s=1$ ) она постоянна, при  $s>1$  — монотонно возрастает, а при  $s<1$  — убывает (рис. 1). Исходя из статистико-физического подхода, можно утверждать, что величина параметра формы связана с видом отказа. Если  $s<1$ , то отказ происходит в период приработки, вызван конструктивно-технологическими дефектами, и возможно, представляет скрытый брак; при  $s=1$  имеет место «нормальная эксплуатация», а при больших значениях параметра формы — естественное старение и износ.

Такой метод был использован при анализе эксплуатационной надежности СВЧ прибора: мощной ЛБВ и усилителя М-типа [2, 3]. Для ЛБВ характерны отказы двух видов:

- обрыв цепи подогревателя вследствие конструкторско-технологических дефектов подчиняется распределению Вейбулла с параметром формы 1,5, т.е. обрыв цепи сочетает в себе особенности случайного отказа и отказа вследствие износа;

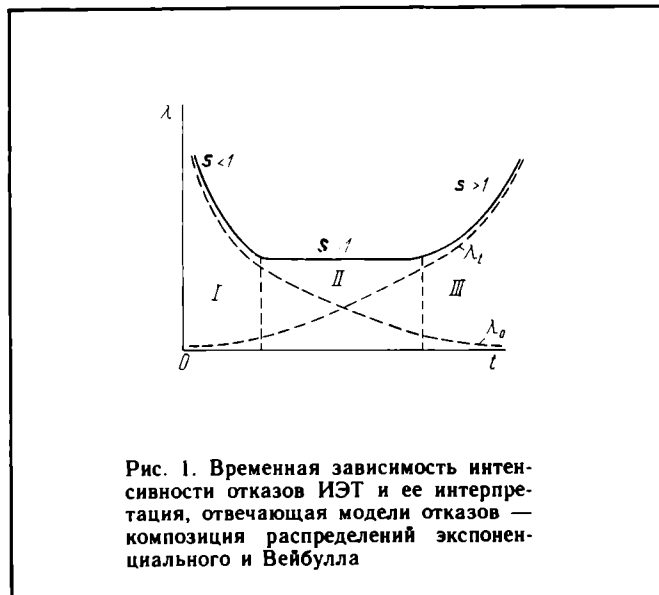
- проплавление пролетного канала замедляющей системы как результат нарушения нормального режима эксплуатации ЛБВ по ускоряющему напряжению или уровню входного сигнала. Этот вид отказа подчиняется экспоненциальному закону ( $s=1$ ).

Для усилителя М-типа при эксплуатации характерны отказы трех видов:

- перегорание подогревателя из-за нарушения структуры материала — рекристаллизации. Этот вид отказа подчиняется такому же закону, что и отказы вследствие износа, что подтверждается высоким значением параметра формы, равным 2,0;

- ухудшение эмиссионных свойств катода вследствие расходования активного вещества. Интенсивность отказа имеет такой же характер, как и в случае отказов вследствие износа;

- разрушение керамического диска вывода энергии, происходящее как в результате нарушений нор-



мальных условий эксплуатации (превышение номинального режима, неисправности волноводного тракта), так и вследствие недостаточного запаса прочности отдельных керамических дисков. Этот вид отказа не имеет стабильного закона распределения, параметр формы равен 0,8—1,3.

Для устранения отказов проведена конструкторско-технологическая доработка изделий и приняты меры по улучшению условий эксплуатации. Эффективность проведенных мероприятий также можно оценить по значению параметра формы распределения Вейбулла. Для ЛБВ весь массив наработок отказавших приборов распределен с параметром формы — 1,3, а изделий, в которых был применен доработанный подогреватель — 1,7. Усилитель М-типа имел в целом распределение Вейбулла с  $s=1,2$ , приборы с усовершенствованным катодом — 1,5, а эксплуатируемые с пониженной мощностью накала — 1,6.

Позднее были собраны дополнительные данные об отказах в эксплуатации тех же ЛБВ и усилителя М-типа: значение параметра формы для приборов, выпускаемых разными заводами, оказалось одним и тем же — 2,6. Статистико-физический подход позволяет в данном случае сделать вывод: отказы этих изделий связаны главным образом с выработкой их ресурсов.

Статистико-физический подход был применен к исследованию отказов при эксплуатации клистрона КИУ-12 [4].

Таким образом, распределение Вейбулла очень удобно для оценки надежности приборов. Однако, когда временная зависимость интенсивности отказов имеет явно выраженные периоды приработки (I) и износа (III) (рис. 1), то распределение Вейбулла оказывается недостаточно универсальным.

В работе [3] предложена модель расходования ресурса, согласно которой в период I надежность объекта обусловлена в основном его начальным качеством, а в период III — определяется скоростью накопления необратимых изменений. Наблюдаемая зависимость интенсивности отказов от времени (рис. 1) определяется двумя составляющими: одна вызвана неоднородностью начального качества изделий  $\lambda_0$ , а другая  $\lambda$  — случайным характером накопления необратимых изменений.

Исходя из этого, для описания надежности ИЭТ предложено [5] использовать композицию экспоненциального и вейбулловского распределений. Вероятность безотказной работы задается выражением

$$P(t) = ce^{-\frac{t}{T_1}} + (1-c)e^{-\left(\frac{t}{T_2}\right)^s} \quad (2)$$

где  $T_2 > T_1$ ,  $0 \leq c \leq 1$ ,  $s \geq 1$ .

Легко устанавливаются частные случаи функции (2): при  $c=1$  она совпадает с экспоненциальной, при  $c=0$  — с распределением Вейбулла, при  $s=1$  действуют две экспоненты. Все параметры, входящие в зависимость (2), имеют физический смысл:  $T_1$  характеризует скорость приработки (чем ниже значение  $T_1$ , тем быстрее устанавливается нормальная эксплуатация);  $T_2$  определяет интенсивность отказов в период нормальной эксплуатации;  $s$  — скорость процесса износа (чем выше значение  $s$ , тем сильнее выражены процессы старения и износа);  $c$  определяет начальное значение интенсивности отказов (при  $t=0$ ;  $\lambda(0) = \frac{c}{T_1}$ ) и долю внезапных отказов.

При практическом использовании композиции двух распределений появляются трудности, связанные с определением входящих в нее параметров. При использовании метода моментов нужно составить систему четырех уравнений (по количеству неизвестных параметров):

$$k!cT_1^k + (1-c)T_2^k \cdot \Gamma\left(1 + \frac{k}{s}\right) = \frac{\sum_{i=1}^N t_i^k}{N}, \quad (3)$$

где  $k=1, 2, 3, 4$ .

Метод максимального правдоподобия сводится к решению четырех трансцендентных уравнений:

$$c = \frac{c}{N} \sum_{i=1}^N \frac{\varphi(t_i)}{f(t_i)};$$

$$T_1 = \frac{T_1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{c\varphi(t_i) \frac{t_i}{T_1} + (1-c)\varphi(t_i)}{f(t_i)};$$

$$T_2 = \frac{T_2}{N} \sum_{i=1}^N \frac{c\varphi(t_i) + (1-c)\varphi(t_i) \left(\frac{t_i}{T_2}\right)^s}{f(t_i)};$$

$$s = \frac{s}{N} \sum_{i=1}^N \frac{c\varphi(t_i) - (1-c)\varphi(t_i) \ln\left(\frac{t_i}{T_2}\right) s \left[1 - \left(\frac{t_i}{T_2}\right)^s\right]}{f(t_i)},$$

где  $f(t) = c\varphi(t) + (1-c)\varphi(t)$ ;

$$\varphi(t) = \frac{1}{T_1} e^{-\frac{t}{T_1}}; \quad \varphi(t) = \frac{s}{T_2} \left(\frac{t}{T_2}\right)^{s-1} e^{-\left(\frac{t}{T_2}\right)^s}.$$

Устойчивость итерационной процедуры в случае применения метода максимального правдоподобия связана с необходимостью иметь начальные значения параметров. В качестве последних рекомендуется использовать графоаналитические оценки [6]. Суть графоаналитического метода в данном случае сводится к следующему. При малых  $t$  массив наработок наносится на вероятностную бумагу экспоненциального распределения (в координатах  $t, -\ln P$ ). График представляет собой прямую, проходящую через начало координат под углом  $\hat{\gamma}_1$  (рис. 2). Отсюда  $\hat{c}/\hat{T}_1 = \text{tg} \hat{\gamma}_1$ ;

$$\hat{T}_1 = \hat{c} \text{ctg} \hat{\gamma}_1. \quad (5)$$

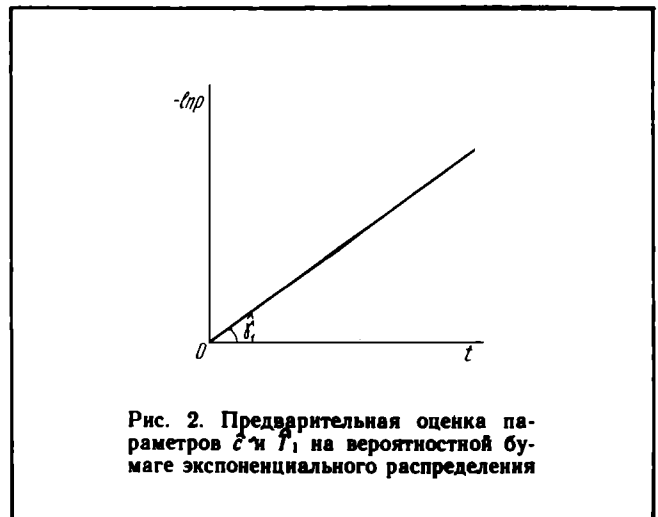


Рис. 2. Предварительная оценка параметров  $\hat{c}$  и  $\hat{T}_1$  на вероятностной бумаге экспоненциального распределения

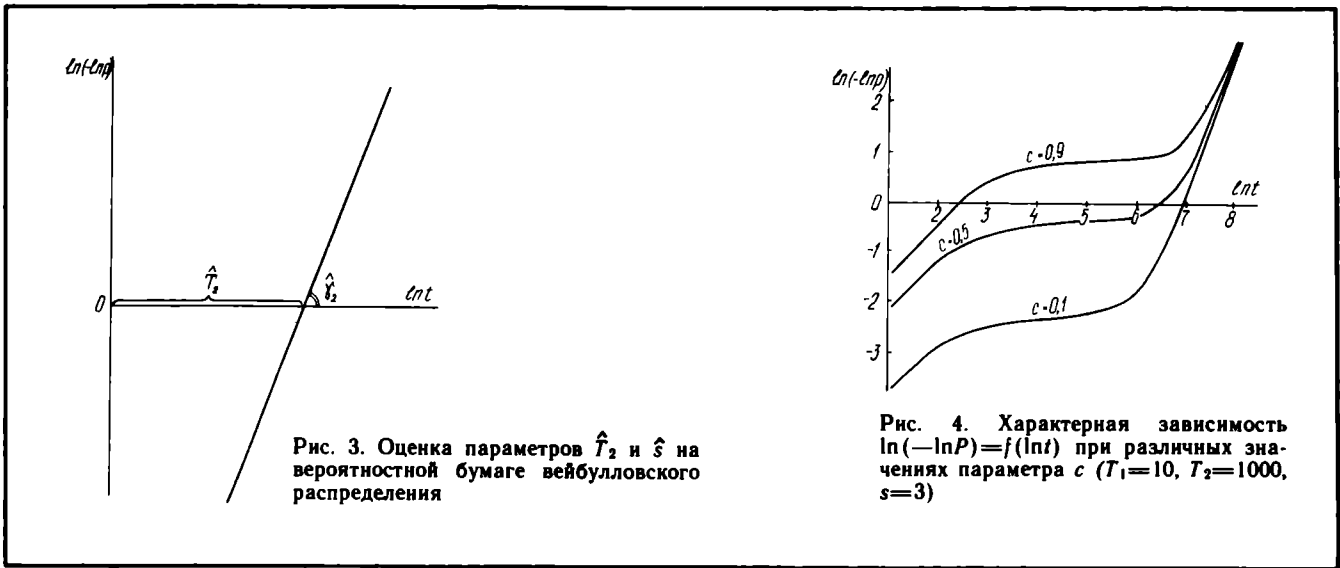


Рис. 3. Оценка параметров  $\hat{T}_2$  и  $\hat{s}$  на вероятностной бумаге вейбулловского распределения

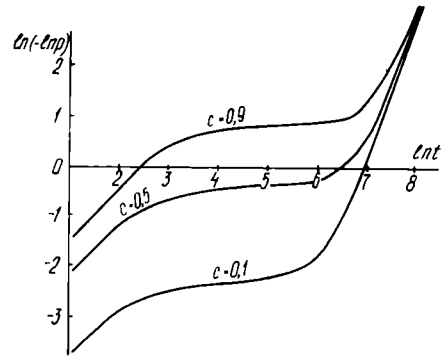


Рис. 4. Характерная зависимость  $\ln(-\ln P) = f(\ln t)$  при различных значениях параметра  $c$  ( $T_1=10$ ,  $T_2=1000$ ,  $s=3$ )

При больших значениях  $t$  на вероятностной бумаге распределения Вейбулла (в координатах  $\ln t$ ,  $\ln(-\ln P)$ ) должна получиться прямая, пересекающая ось абсцисс под углом  $\hat{\gamma}_2$ . При этом  $\operatorname{tg} \hat{\gamma}_2 = \hat{s}$ , а отрезок оси абсцисс от начала координат до точки пересечения с прямой определяет оценку  $\hat{T}_2$  (рис. 3). Характерная зависимость функции  $\ln(-\ln P) = f(\ln t)$  в случае распределений экспоненциального и Вейбулла представлена на рис. 4.

Оценка параметра  $\hat{c}$  находится по методу моментов из первого уравнения системы (3) ( $k=1$ ):

$$\hat{c} = \frac{\frac{\sum_{i=1}^N t_i}{N} - \hat{T}_2 \Gamma\left(1 + \frac{1}{\hat{s}}\right)}{\hat{T}_1 - \hat{T}_2 \Gamma\left(1 + \frac{1}{\hat{s}}\right)} \quad (6)$$

По формуле (5) с учетом рассчитанного по выражению (6) значения  $\hat{c}$  находим  $\hat{T}_1$ .

При необходимости графоаналитические оценки могут быть уточнены методом максимального правдоподобия. Для этого начальные приближения подставляются в правые части уравнений (4) и рассчитываются новые значения параметров. Последовательные приближения завершаются при выполнении условий, характеризующих заданную точность оценки (по всем четырем параметрам).

Методом моделирования на ЭВМ псевдослучайных чисел, имеющих распределение смеси, исследовалось качество оценок параметров, получаемых разными способами. Установлено, что оценка параметра  $\hat{c}$  в соответствии с уравнением (6) является состоятельной, несмещенной и эффективной, если известны истинные значения  $T_1$ ,  $T_2$  и  $s$ .

Графоаналитический метод позволяет получить эффективные оценки при отношении  $\frac{T_2}{T_1} \gg 1$ . В случае смеси распределений с близкими масштабными параметрами (например, при  $\frac{T_2}{T_1} = 2$ ) качество получаемых оценок тоже приемлемо для практического статистико-физического анализа, так как удается установить, в каком диапазоне находится истинное значение параметров (например,  $c$  больше 0,5 или меньше 0,5).

Эффективность статистико-физического подхода продемонстрирована на примере двух усилительных клистронов КИУ-12 и КУ-318. В качестве исходной ин-

формации использовались данные о наработках приборов, отказавших в эксплуатации. Параметры оценивались графоаналитическим методом.

Уравнение надежности клистрона КИУ-12 получено в виде

$$P(t) = 0,03e^{-\frac{t}{310}} + 0,97e^{-\left(\frac{t}{6170}\right)^{1,75}} \quad (7)$$

На основании уравнения (7) можно сделать выводы относительно эксплуатационной надежности клистрона КИУ-12:

- доля приборов, теряющих работоспособность в результате каких-либо скрытых дефектов, не превышает нескольких процентов (по значению  $\hat{c} = 0,03$ );
- отказы изделий, представляющих скрытый брак, распределены во времени экспоненциально со средней наработкой 310 ч. ( $\hat{T}_1 = 310$ );
- средняя наработка приборов, отказывающих вследствие естественного износа, составляет 5490 ч (рассчитана по значениям  $\hat{T}_2$  и  $\hat{s}$ ).

Уравнение надежности клистрона КУ-318 имеет вид

$$P(t) = 0,85e^{-\frac{t}{5100}} + 0,15e^{-\left(\frac{t}{11000}\right)^{1,2}} \quad (8)$$

Высокое значение параметра  $\hat{c} = 0,85$  в уравнении (8) свидетельствует о том, что доля деградиционных отказов при эксплуатации клистрона КУ-318 невелика, а достигнутые к настоящему времени показатели эксплуатационной надежности и максимальные наработки изделий не характеризуют ресурсные возможности прибора.

Результаты статистико-физического анализа позволяют наметить пути повышения надежности изделий. В частности, для клистрона КИУ-12 следует проводить конструктивную доработку, направленную на улучшение ресурсных свойств катода (в уравнении (7)  $\hat{c}$  мало, отношение  $\hat{T}_2/\hat{T}_1$  велико).

Что касается клистрона КУ-318, то здесь имеются еще неиспользованные возможности по совершенствованию условий эксплуатации, сопряжению прибора с аппаратурой (вывод сделан, исходя из численных значений параметров в уравнении (8): высоко  $\hat{c}$ , низко  $\hat{s}$ , малого отношения  $\hat{T}_2/\hat{T}_1$ ).

Применение на практике статистико-физического метода дает возможность, оперируя со статистически-

ми данными, физически обоснованно подходить к решению актуальных прикладных задач: установлению физической природы отказов, оценке эффективности мероприятий, направленных на повышение качества изделий, планированию форсированных испытаний и некоторым другим.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Stewart R.G. Effect of failure kinetics on time-to-failure distributions.— IEEE Trans. on Electron Devices, 1969, vol. ED-16, N 4, p. 401—402.
2. Гродзенский С.Я., Гонтарев Г.Г. Опыт оценки эксплуатационной надежности электронных приборов.— Электронная техника. Сер. 1. Электроника СВЧ, 1978, вып. 9, с. 74—78.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЭТ

В.Д.Тупикин, В.П.Ерлашов

**Конкурентоспособность, качество и надежность ИЭТ при снижении их себестоимости связаны с метрологическим обеспечением производства как сложных электронных изделий, так и электронных компонентов. Рассмотрена роль традиционных методов контроля в повышении качества изделий. Получен критерий оптимальности метрологического обеспечения, намечены основные направления развития средств контроля.**

Для обеспечения конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынке, защиты прав потребителя и поддержки на достаточно высоком уровне торговой марки предприятия-изготовителя ИЭТ требуется постоянный контроль с целью сохранения и повышения качества выпускаемых изделий. Это важно как для сложных ИЭТ, так и для электронных компонентов (транзисторов, микросхем, ЭВП и др.).

В настоящее время качество и стоимость выпускаемых изделий рассматриваются совместно, так как они связаны общей характеристикой потерь [1]. Причем, одновременно рассматриваются потери как со стороны потребителя (неудовлетворение требова-

3. Гродзенский С.Я. Физические методы обеспечения и оценки надежности электронных приборов: Обзоры по электронной технике. Сер. 1. Электроника СВЧ.— М.: ЦНИИ «Электроника», 1981, вып. 8.
4. Гродзенский С.Я., Звонарев Ю.Е., Скрябина М.Ю. Показатели эксплуатационной надежности мощных ЭВП СВЧ.— Электронная техника. Сер. 1. Электроника СВЧ, 1984, вып. 10, с. 55—57.
5. Гродзенский С.Я. О виде статистического распределения моментов отказов ЭВП СВЧ.— Электронная техника. Сер. 1. Электроника СВЧ, 1987, вып. 2, с. 59—61.
6. Гродзенский С.Я., Эренбург Э.С. Графоаналитический метод оценки параметров смеси распределений Вейбулла и экспоненциального. Электронная техника. Сер. 1. Электроника СВЧ, 1990, вып. 6, с. 50—53.
7. Гродзенский С.Я. Физико-статистические методы исследования надежности электронных приборов: Обзоры по электронной технике. Сер. 1. Электроника СВЧ.— М.: ЦНИИ «Электроника», 1990, вып. 14.

ний по параметрам, безопасной работе, внешнему виду, безотказности, потребительским свойствам, выполняемым функциям), так и со стороны производителя (затраты на контроль, испытания, управление, обучение персонала, восстановление забракованной продукции и др.).

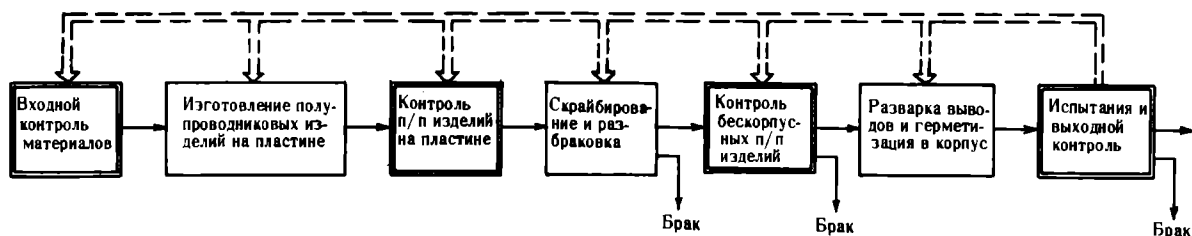
С одной стороны, отсутствие контроля в производстве ИЭТ из-за воздействия на технологический процесс неучитываемых факторов приводит к возникновению брака и выпуску потенциально ненадежных изделий и, как следствие, к увеличению потерь от брака. С другой стороны, в производстве ИЭТ невозможно решать вопросы повышения качества без дополнительных затрат на контрольно-испытательные операции. Поэтому качество как комплексное понятие означает не только гарантии потребительских свойств, но и потенциальную возможность снижения его себестоимости.

Урупненная структурная схема технологического процесса изготовления полупроводниковых изделий (см. рисунок) показывает основные последовательные стадии процесса, каждая из которых имеет логически завершенную структуру. При полном цикле выходной контроль предыдущих стадий является выходным контролем последующих.

Каждая стадия технологического процесса имеет свои особенности, связанные со спецификой изделия (или узла), его сложностью, контролепригодностью, качеством входных материалов, деталей, трудоемкостью последующих операций до следующей операции контроля.

Например, стадия изготовления полупроводниковых изделий на пластине характеризуется совокупностью нескольких циклов основных операций: окисления, диффузии и фотолитографии. Завершающими в стадии изготовления полупроводниковых пластин являются операции металлизации контактных площа-

Информационная обратная связь



Структурная схема изготовления полупроводниковых изделий

док и соединений. До их выполнения изделия непригодны для неразрушающего контроля контактным способом. Характерная черта этой стадии — групповой способ производства, когда одновременно в одном цикле изготавливается несколько тысяч одинаковых изделий, т.е. стоимость технологической операции, отнесенная к единице изделия, минимальна. Другая особенность — это высокая стоимость последующих операций, поскольку далее начинается индивидуальная работа с каждым отдельным изделием.

Для повышения эффективности контроля в технологический процесс часто включают испытательные операции (искусственное старение, вибрации, термоциклирование и др.), что служит выявлению скрытых дефектов и потенциально ненадежных элементов.

Допустим, после проведения целенаправленных мероприятий по начальной стабилизации технологического процесса установлены приведенные ниже параметры. При объеме выпуска изделий  $V$  относительный уровень выхода годных (вероятность получения на выходе годного изделия) равен  $P_r$ ; доля дефектной продукции  $P_d = 1 - P_r$ ; стоимость пропуска дефектного изделия в следующую стадию технологического процесса составляет  $C_{пр}$ , что представляет собой сумму затрат на дальнейшие операции сборки, испытания, бракования, отыскания дефекта, восстановления или утилизации. Для выходного контроля готового изделия  $C_{пр}$  — это затраты, связанные с получением рекламаций, с предпродажами или гарантийным ремонтом. В долгосрочном плане практически все потери потребителя оборачиваются в конечном счете потерями производителя: снижение конкурентоспособности изделия, отказ от реализации, потеря рынков сбыта.

Дополнительные затраты на создание коммерческих партий изделий или узлов, пригодных для дальнейшего использования, обозначим как  $C_{кио}$ . Они включают в себя стоимость контрольно-измерительного оборудования, число единиц которого по совокупной производительности обеспечивает: необходимый выпуск изделий при 100%-ном контроле по полной программе; заработную плату контролеров, работающих на оборудовании; затраты на обслуживание, программирование, поверку и ремонт оборудования; амортизационные отчисления и др.

Данные расходы должны быть минимизированы за счет совершенствования КИО — повышения производительности, уровня автоматизации, безотказной работы, упрощения обслуживания и ремонта.

Компенсация расходов на проведение контроля достигается снижением количества дефектных изделий, поступающих на последующие дорогостоящие операции от уровня  $(1 - P_r)V$  до  $P_{пр}(1 - P_r)V$ , где  $P_{пр}$  — вероятность пропуска дефектного изделия, которая характеризует метрологические и диагностические возможности данного КИО и представляет собой вероятность попадания дефектных изделий в партию, признанную годной по результатам контроля. Она зависит в общем случае от эффективности операции контроля.

Для простых одно-двухпараметровых изделий  $P_{пр}$  определяется как вероятность пропуска брака при контроле из-за погрешности измерений. При этом используют сведения о математическом ожидании и среднем квадратическом отклонении погрешности измерений и виде ее функции распределения [2].

Для более сложных многофункциональных и многопараметровых изделий  $P_{пр}$  зависит от диагностических способностей системы контроля. Диагностический контроль является вероятностным процессом. Если тест имеет положительный исход, т.е. указывает на отсутствие отказа, то на самом деле появляется некоторый достоверный уровень для события «Отказ присутствует». Моделью в этом случае являются формулы Байеса, обсуждение которых применительно к

тестированию можно найти в [3]. Поскольку тесты обычно несовершенны, некоторое количество неисправных изделий будет признано годным.

Кроме того, необходимо учитывать ряд факторов в операции контроля, влияющих на увеличение  $P_{пр}$ : сбои программы, ошибки оператора, механические и другие повреждения, не приводящие к отказам, скрытые дефекты, не вызывающие немедленных отказов, и др. В единичном и мелкосерийном производстве при индивидуальной работе с каждым изделием  $P_{пр}$  близка или равна нулю. В крупносерийном и массовом производстве при групповой обработке  $P_{пр}$  увеличивается с увеличением количества изделий в партии.

Другие расходы при проведении контрольно-измерительной операции определяются стоимостью возврата забракованного изделия  $C_{вз}$ , связанной с его восстановлением или утилизацией.

Очевидно, что возврат дефектного изделия на более ранней стадии технологического процесса обходится всегда дешевле, чем на более поздней, поскольку связан с меньшим объемом работ по утилизации изделия: его разборке, восстановлению исходных материалов и др.

Таким образом, должно быть:

$$C_{пр} > C_{вз} + C_{кио}/V.$$

В противном случае теряет смысл проведение контроля. Практически вариант  $C_{пр} < C_{вз} + C_{кио}/V$  возможен, если стоимость последующих операций, включая операцию контроля и возврата, ниже предыдущей операции контроля и возврата или когда благодаря хорошей расчленяемости ИЭТ, его высокой ремонтнопригодности, наличию встроенных систем самоконтроля и самодиагностики, поиск и обнаружение дефектного узла в изделии обходится дешевле, чем автономная проверка работоспособности того же самого узла на мало приспособленном для этого КИО. Здесь  $C_{кио}/V$  — затраты на КИО, отнесенные к одному изделию.

Критерий эффективности контрольно-измерительной операции может быть выражен следующим образом:

$$C_n - C_k > 0,$$

где  $C_n = P_d V C_{пр}$  — потери от брака до введения операции контроля;  $C_k = [P_{пр} P_d C_{пр} + (1 - P_{пр}) P_d C_{вз} + C_{кио}/V] V$  — затраты после введения операции контроля.

Вычитая из  $C_n$   $C_k$ , получим снижение затрат при введении контроля, которое должно быть больше нуля, т.е.

$$C_{пр} - C_{вз} > \frac{C_{кио}}{V P_d (1 - P_{пр})}$$

или в другом виде:

$$P_d (1 - P_{пр}) \frac{C_{пр} - C_{вз}}{C_{кио}} V > 1.$$

Последнее неравенство является условием введения контрольно-измерительной операции в технологический процесс. Оно учитывает состояние технологического процесса по относительному уровню выхода годных —  $P_r$ , качество применяемого КИО —  $P_{пр}$ , специфику технологического процесса, положение контрольно-измерительной операции в линии, конструктивные особенности изделия —  $(C_{пр} - C_{вз})$ , объем выпуска —  $V$ , затраты на КИО —  $C_{кио}$ .

Если  $P_d$  — начальная доля дефектных изделий на выходе технологической стадии до введения контроля,

$P_d^k = P_d^n P_{пр}$  — доля дефектных изделий после введения операции контроля,  $\Delta C = C_{кио}/V$  — стоимость контроля одного изделия, то условие введения операции контроля принимает вид:

$$\frac{P_d^n - P_d^k}{\Delta C} > \frac{1}{C_{пр} - C_{вз}},$$

$\frac{\Delta C}{C_{пр} - C_{вз}}$  — точка безубыточности [4]. При этом  $C_{вз}$

часто включает в стоимость введения контроля, поэтому точка безубыточности получает завышенные значения. Правую часть неравенства, которая для конкретного технологического процесса является величиной постоянной и положительна по условию (обозначим ее  $K$ ). Тогда критерий оптимизации метрологического обеспечения процесса имеет вид:

$$\frac{\Delta P_d}{\Delta C} > K \quad (\text{где } \Delta P_d = P_d^n - P_d^k)$$

и представляет собой отношение величины снижения доли дефектных изделий к увеличению стоимости изделия. Это отношение должно быть всегда больше постоянной величины, определенной для данного процесса.

Данный критерий является универсальным по отношению к виду производства ИЭТ и характеризует соотношение повышения качества продукции и снижения ее стоимости [5].

Введение контрольно-измерительной операции всегда предполагает возникновение в технологическом процессе информационной обратной связи (ИОС), формальной или неформальной. Формальная ИОС предусматривает первичную целенаправленную статистическую обработку диагностической информации, формирование базы данных и передачу данных по локальной линии связи для реализации алгоритма управления технологическим процессом [6]. Неформальная ИОС воздействует непосредственно на технический персонал участка, побуждая его принимать меры по отработке технологического процесса.

И в том и в другом случае в результате целенаправленных мер происходит устранение причин, порождающих брак, и повышение относительного выхода годных  $P_g$ . При этом  $\Delta P_d$  уменьшается и наступает момент, когда критерий оптимальности метрологического обеспечения перестает выполняться. К этому времени должны полностью окупиться затраты на КИО и, начиная с этого момента, оно может исполь-

зоваться как инспекционное — для выборочного контроля и поддержания технологического процесса на достигнутом уровне.

Проведенные обследования технологических процессов производства ИЭТ показывают, что все они отличаются в первую очередь структурой кооперации, числом внутренних и внешних связей, количеством и содержанием технологических стадий, объемом испытаний и конструкцией выпускаемых изделий. Поэтому не может быть единой универсальной системы метрологического обеспечения всех видов производства.

С другой стороны, идентичность контролируемых и настраиваемых параметров на всех стадиях производства, необходимость повышения производительности и объективности операций настройки позволяют сформулировать основные принципы метрологического обеспечения производства:

— создание инструментальной базы (функциональных блоков, генераторов, измерителей, измерительных установок и средств управления), достаточной для организации рабочих мест контроля на любой стадии производства;

— возможность объединения конечных операций доводки узлов или изделий с операциями объективного контроля по полной или сокращенной программе;

— построение установок и систем контроля по гибкому блочно-модульному принципу с возможностью реконфигурации структуры на базе стандартных интерфейсов, конструктивной и программной совместимости функциональных блоков.

## ЛИТЕРАТУРА

1. «Семь инструментов качества» в японской экономике.— М.: Изд-во стандартов, 1990.— 88 с.
2. МИ 1317-86. Результаты и характеристики погрешности измерений формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров: Методические указания.— М.: Изд-во стандартов, 1986.— 29 с.
3. Malcolm J.G. Practical applications of Bayes' formulas: Annual reliability and maintainability symposium.— IEEE Proc., 1983, p. 180—186.
4. Михайлова Н.В. Статистический приемочный контроль.— Надежность и контроль качества, 1991, № 2, с. 49—57.
5. Kamija Iu. Measurement control handling method in the 90s.— Instrumentation, 1989, 38, N 4, p. 621—629.
6. Тупикин В.Д., Ерлашов В.П., Ягудин Г.Х. АСУ СТО для производства, контроля и испытаний ИЭТ.— Электронная промышленность, 1990, вып. 12, с. 52—55.

## АКТИВНЫЙ ЗОНД ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ СВЧ СТРУКТУР НА ПЛАСТИНЕ В ММ-ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН

А. И. Трошин

В Центральном научно-исследовательском институте измерительной аппаратуры разработана конструкция активных зондов для контроля параметров СВЧ структур на пластине в мм-диапазоне длин волн в диапазоне до 94 ГГц (за рубежом созданы образцы зондовых головок, работающих до 65 ГГц [1]).

Основной составной частью активных зондов являются зондовые головки, позволяющие подвести и снять СВЧ сигнал с контактных площадок измеряемых структур.

При разработке зондовых головок с диапазоном работы выше 94 ГГц возникают трудности, связанные с необходимостью создания новых нестандартных линий передачи, используемых в зондовых головках,



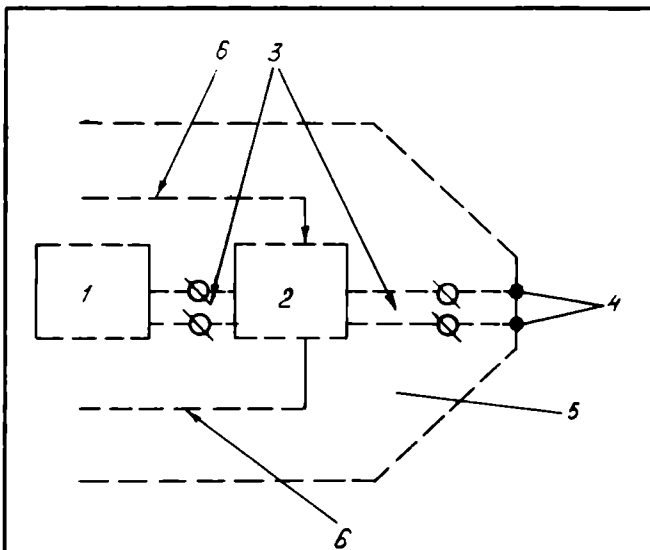


Рис. 1. Активный зонд: 1 — переход копланарный волновод — коаксиальная линия; 2 — 5-кратный умножитель частоты; 3 — 50-омный копланарный волновод; 4 — контактирующие элементы; 5 — диэлектрическая подложка; 6 — линии постоянного тока

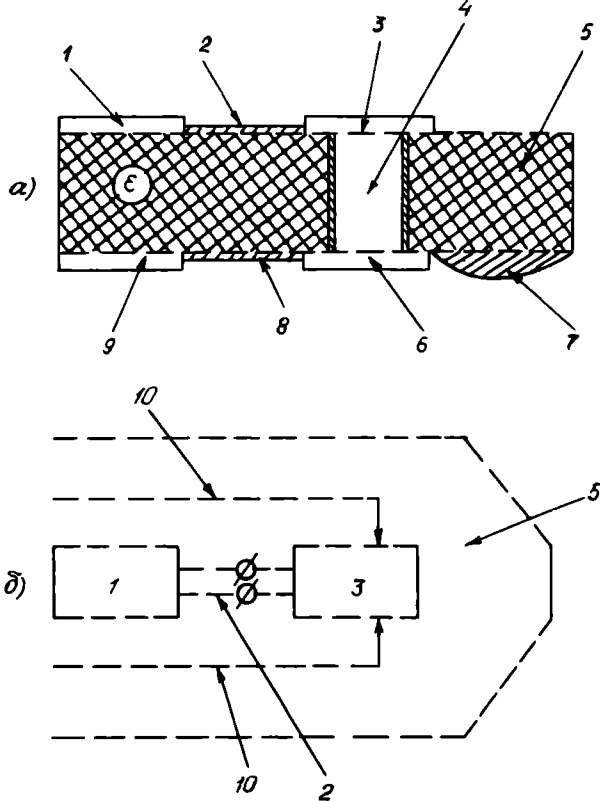


Рис. 2. Выходной активный зонд: а — общий вид выходного активного зонда; б — вид зонда сверху; 1 — коаксиальный вход; 2 — 50-омный копланарный волновод; 3 —  $(n-1)$  кратный умножитель частоты; 4 — металлизированное отверстие; 5 — диэлектрическая подложка; 6 — смеситель частоты; 7 — контактирующие элементы; 8 — 50-омный копланарный волновод; 9 — коаксиальный выход; 10 — цепи питания умножителя частоты; 11 — цепи питания смесителя частоты

чтобы избежать больших потерь вследствие излучения. Уменьшать излучение можно с помощью различных типов экранировки линий.

Наряду с трудностями создания зондовых головок в диапазоне свыше 94 ГГц возникают проблемы

разработки различных элементов СВЧ тракта для средств контроля.

Использование электронно-лучевого метода контроля СВЧ параметров связано с большой стоимостью установки и необходимостью дальнейшей доработки математического аппарата.

Альтернативный подход к решению задачи контроля параметров структур на пластине представлен в работе [2], где предложена схема активного зонда для подачи СВЧ сигнала на контактные площадки СВЧ структур.

Основное отличие предлагаемого зонда от ранее разработанных заключается в генерировании сигнала мм-волн в локальной области самого зонда.

Принцип работы активного зонда (рис. 1): СВЧ сигнал серийно выпускаемого микроволнового источника частотой  $f$  подается на коаксиальный вход зонда, который через копланарно-волноводный переход соединяется с  $n$ -кратным умножителем частоты, где сигнал преобразуется в высшую гармонику на частотах ММВ, а затем через копланарно-волноводный переход сигнал подается на контактирующие элементы. Умножитель частоты конструктивно расположен близко к контактирующим элементам, т.е. длина копланарно-волноводного перехода, по которому распространяется сигнал ММВ, минимальная, поэтому минимальны и потери на излучение. Однако разработанный зонд позволяет только подавать сигнал ММВ на измеряемое СВЧ устройство и не позволяет снимать прошедший СВЧ сигнал.

Для съема прошедшего сигнала предлагается зонд, структурная схема которого приведена на рис. 2.

Процесс измерения с помощью данных зондов сводится к следующему. СВЧ сигнал от микроволнового генератора частотой  $f$  подается на вход делителя мощности, на выходе которого снимаются два сигнала. Один подается на входной активный зонд, описанный в работе [2], где преобразуется в сигнал кратностью  $nf$ , поступающий на вход измеряемого устройства. Другой подается на вход 1 предлагаемого выходного активного зонда; затем через 50-омный копланарный волновод 2 сигнал частотой  $f$  поступает на вход  $(n-1)$  кратного умножителя частоты 3, где преобразуется в сигнал кратности  $(n-1)f$ . С выхода умножителя 3 сигнал подается на вход смесителя 6. На другой вход смесителя через контактирующие элементы 7, и на измеряемый СВЧ прибор подается сигнал кратности  $nf$ .

На выходе смесителя 6 снимается промежуточный сигнал, частота которого намного ниже частоты измерения.

Сигнал промежуточной частоты  $f$  через 50-омный копланарный волновод 8 поступает на выходную коаксиальную линию 9.

Разработанный активный зонд совместно с стандартной КИА сантиметрового диапазона длин волн (СВЧ генераторы, измерители амплитуды и разности фаз, ответвители и др.) позволяет вести контроль параметров СВЧ структур непосредственно на пластине в ММВ.

Использование в составе активного зонда умножителя частоты кратности  $n=5-10$  позволяет при подаче на вход активного зонда 20 ГГц получать на его выходе 100—200 ГГц, т.е. существенно расширить частотный диапазон работы по сравнению с известными зондовыми измерениями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Wafer probe captures test data at 65 GHz.— *Microwaves and RF*, 1989, vol. 28, N 11, p. 146—147.
2. M a j i d i-A n y R., B l o o m D.M. Millimetre-wave active probe frequency-multiplier for on-wafer characterisation of GaAs devices and ICs.— *Electronics Letters*, 1989, vol. 25, N 1, p. 6—8.

**НИЖЕГОРОДСКИЙ  
НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНЫЙ  
ИНСТИТУТ «КВАРЦ»**

**предлагает организациям  
и предприятиям**

**ДИОДЫ С НАКОПЛЕНИЕМ ЗАРЯДА  
04ПП033 (ДНЗ),**

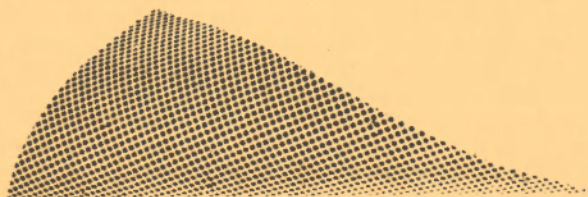
**по основным параметрам  
превосходящие лучшие**

**отечественные  
и зарубежные  
аналоги**

Применяются для широкополосного умножения частоты и формирования крутых перепадов напряжения пикосекундной длительности большой амплитуды.

**РЕКОРДНО МАЛОЕ ВРЕМЯ  
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОБРАТНОГО  
СОПРОТИВЛЕНИЯ  
МАЛЫЕ ПАЗИТНЫЕ  
ПАРАМЕТРЫ  
ШИРОКАЯ ПОЛОСА  
ПРОПУСКАНИЯ**

Время восстановления обратного сопротивления (на уровне 0,2—0,9)	не более 30 нс
Эффективное время жизни неосновных носителей	не менее 0,5 нс
Емкость при нулевом смещении	не более 0,25 пФ
Последовательное сопротивление (при $I=50$ мА)	не более 3 Ом
Пробивное напряжение	не менее 10 В
Максимально допустимая непрерывная рассеиваемая мощность	не более 0,3 Вт
Интервал рабочих температур	от —30 до 80°C
Габаритные размеры	$\varnothing 0,6 \times 0,4$ мм
Масса	не более 0,005 г



Обращаться по адресу:  
603009, Нижний Новгород,  
пр. Гагарина, 176, НИИПИ «Кварц».  
Тел. 66-34-97, 69-81-80.

Диоды выпускаются в специальных корпусах, соответствуют техническим условиям ЯНТИ 434841.006 ТУ.

Использование диодов 04ПП033 — наиболее простой и эффективный путь расширения частотного диапазона СВЧ устройств до 78—118 ГГц. Диоды поставляются по договорным ценам. Возможна разработка и поставка лавинно-пролетных диодов с частотой генерации ~250 ГГц.

Готовы рассмотреть Ваши предложения по деловому сотрудничеству.

**ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКОЕ  
БЮРО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО  
ОБЪЕДИНЕНИЯ «ПРОТОН»**

**разработает, изготовит и поставит**

**оборудование для измерения параметров светоизлучающих  
диодов и цифро-знаковых индикаторов с автоматической  
загрузкой и классификацией**

**Принимаются заказы на изготовление  
2—7 единиц опытных образцов по  
государственным расценкам**

**Гарантия качества — десятилетний опыт работы предприя-  
тия в области измерительной техники.**

Адрес: 302027, г. Орел, ул. Лескова, 19,  
ОКБ ПО «Протон».

Телефоны: 4-46-65, 4-91-15, 4-92-70.

# ЗОНДОВЫЙ КОНТРОЛЬ СВЧ СТРУКТУР НА ПЛАСТИНЕ

А.И.Трошин, Н.Н.Храмов

С повышением степени интеграции интегральных схем СВЧ диапазона и расширением их функциональных возможностей возрастают требования контроля параметров разрабатываемых и выпускаемых СВЧ структур [1, 2].

Для контроля параметров СВЧ структур создаются зондовые станции, позволяющие проводить измерения непосредственно на пластине [3, 4].

В Центральном НИИ измерительной аппаратуры разработана универсальная зондовая станция, позволяющая подводить и снимать СВЧ сигнал непосредственно с контактных площадок измеряемых структур; производить перемещение пластины (кристалла) СВЧ структур по четырем координатам:  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  и углу  $\Phi$ ; осуществлять визуальный контроль перемещения кристалла с СВЧ структурой.

Для подведения и снятия СВЧ сигнала непосредственно на контактные площадки измеряемых структур используются СВЧ зондовые головки. Конструкции зондовых головок позволяют использовать их в комплекте со стандартной КИА. Зондовые головки поставляются с коаксиальными соединителями типа  $N$  сечением 7/3,04; 3,5/1,52; 2,4/1,042. При необходимости зондовые головки комплектуются соответствующими коаксиально-волноводными переходами.

Зондовые головки характеризуются прецизионностью, широкополосностью, стабильностью электрических параметров, надежностью в работе.

Зондовые головки снабжены сменными зондами, которые легко монтируются и регулируются. Замена зонда занимает около одной минуты.

Основные СВЧ параметры зондовых головок

Модель	223-020	223-100	223-110	223-120
Диапазон частот, ГГц	0,1—55	0,1—12	0,1—18	0,1—37
Максимальные потери, дБ	3,0	0,5	1,0	2,0
$K_{ст} U$ , не более	2,0	1,5	2,0	2,0
Сечение коаксиала, мм	2,4/1,042	7/3,04	7/3,04 3,5/1,52	3,5/1,52

Примечание. Топологии измеряемых СВЧ структур согласуются с заказчиком.

В состав зондовой станции входит механизм позиционирования, позволяющий перемещать столик  $D$  60 мм, на котором расположена измеряемая пластина (кристалл), по осям  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  и поворачивать на угол  $\Phi$ .

Перемещение, мм:

по оси  $X \pm 40$

по оси  $Y \pm 20$

по оси  $Z$  не менее 5.

Вращение стола вокруг своей оси,  $\Phi$ , град  $\pm 180$

Механизм позиционирования, зондовые головки, телекамера (микроскоп) для визуального контроля перемещения СВЧ структур размещены на одной плите, обеспечивающей устойчивость комплекса.

Разработанные зондовые станции в комплекте со стандартной КИА позволяют вести технологический контроль разрабатываемых СВЧ структур непосредственно на пластине, до их установки в корпус.

## ЛИТЕРАТУРА

1. 100 GHz GaAs MMIC sampling head: Techn. Dig./ R.A.Masland, V.Valdia, C.J.Madden etc.— In: Int. Electron Devices Meet, San Francisco, Calif., Dec. 11—14, 1988.— New York, 1988, p. 897—899.

2. Краткий обзор материалов 12 ежегодного симпозиума по GaAs интегральным схемам.— Новости зарубежной электроники, 1991, № 7, с. 2—6.

3. ALESSI REL-4300. Microwave probe station: advertisement.— Microwave and RF, 1990, vol. 29, N 8, p. 177.

4. Test set checks. MICs and MMICs: advertisement.— Microwave and RF, 1990, vol. 29, N 8, p. 183.

## ЦИФРОВОЙ МИКРОВОБЕРМЕТР

В.Н.Грудцин, Д.М.Стромов, В.Н.Федоренко



Диапазон измерения  $2 \cdot 10^{-8}$ — $2 \cdot 10^{-3}$  Вб, точность измерения 1%

Предназначен для измерения магнитного потока, используется при исследовании магнитных свойств различных материалов и при измерении параметров магнитных полей.

Принцип действия прибора основан на индукционном методе измерений: э. д. с., индуцируемая в контуре, определяется формулой  $e = -\omega d\Phi/dt$ , где  $\omega$  — число витков контура,  $\Phi$  — магнитный поток сквозь поверхность, ограниченную контуром.

Входной величиной веберметра является скорость изменения магнитного потока, пронизывающего измерительный преобразователь, который выполняется в виде многовитковой катушки. Выходной сигнал преобразователя интегрируется для определения значения магнитного потока.

Веберметр, основанный на индукционном методе измерения, имеет линейную функцию преобразования в

широком диапазоне измерений, высокую стабильность характеристик, малые температурную погрешность и габариты преобразователя.

Разработанный в Центральном научно-исследовательском институте измерительной аппаратуры интегрирующий микровеберметр (флюксметр) имеет цифровой отсчет значений постоянного и медленно меняющегося магнитного потока. Возможность дистанционного управления прибором позволяет применять его в автоматизированных измерительных комплексах. Имеется аналоговый выход для подключения самопишущего прибора при записи статических петель гистерезиса.

Перспективно применение веберметра в производственной линии при разбраковке магнитных изделий. В соответствии с этим в приборе предусмотрена возможность установки компараторов для задания уровня разбраковочных групп с цифровой индикацией номера группы и границы между группами.

Диапазон измерения, Вб	.....	$2 \cdot 10^{-8} - 2 \cdot 10^{-3}$
Поддиапазоны измерений, Вб	.....	$2 \cdot 10^{-5}; 5 \cdot 10^{-5}; 1 \cdot 10^{-4};$ $2 \cdot 10^{-4}; 5 \cdot 10^{-4}; 1 \cdot 10^{-3}; 2 \cdot 10^{-3}$
Точность измерений, %	.....	1
Дрейф за 30 с, Вб	.....	$10^{-7}$
Входное сопротивление, кОм	.....	1,0
Максимальное сопротивление первичного преобразователя, Ом	.....	50
Диапазон частот, Гц	.....	$10^{-2} - 10^2$
Индикация	.....	цифровая, 3 1/2 разряда
Питание	.....	220 В (50 Гц)
Габаритные размеры, мм	.....	435x435x180
Масса, кг	.....	9

Веберметр не имеет отечественных аналогов, выполнен на уровне лучших зарубежных образцов (флюксметр MF-5D фирмы Walker, США).

Поставка прибора осуществляется по отдельным договорам.

Адрес: 410002, г. Саратов, пр-т Ленина, 66.  
Центральный научно-исследовательский институт измерительной аппаратуры.

*Специалисты Новгородского СКТБ по релейной технике, имеющие опыт в проектировании специального технологического оборудования и контрольно-измерительной аппаратуры, разработают и изготовят*

## ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ БЕСКАРКАСНОЙ НАМОТКИ ИЗДЕЛИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОВОДОВ С ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКИМ КЛЕЯЩИМ СЛОЕМ

*на уровне лучших мировых образцов.*

173000, г. Новгород, ул. Нехинская, 55,  
СКТБ по релейной технике.  
Телефон 98-081.  
Телетайп 237131 НОВГОРОД СТАРТ КИМУ.

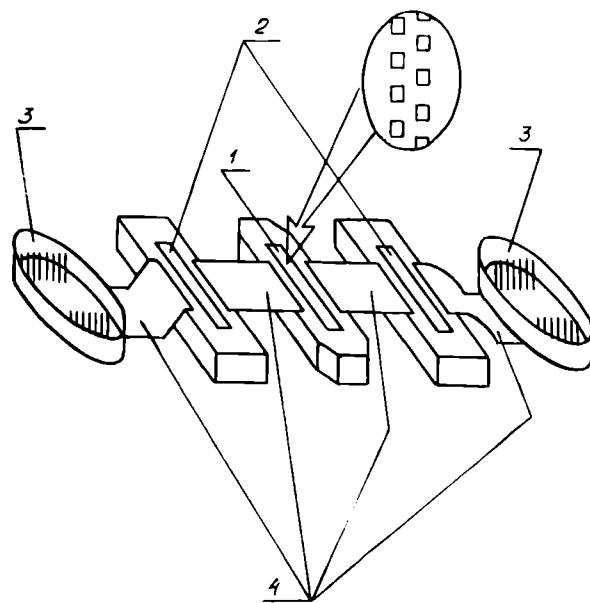
НПО «ПУЛЬСАР»  
ПРЕДЛАГАЕТ

# МНОГОЭЛЕМЕНТНЫЙ ФОТОПРИЕМНИК ДЛЯ ТЕПЛОВИДЕНИЯ

**ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ:** медицинская термография, наземные, авиационные и космические системы экологического контроля, рациональное природопользование и разведка полезных ископаемых, энергосберегающие технологии, системы охраны различных объектов.

**КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ** — бескорпусное, что позволяет обеспечить охлаждение холодильными машинами замкнутого цикла и стыковку отдельных модулей в большие фоточувствительные массивы. Основные компоненты: узел фотоприемника, узлы предпроцессорной обработки (мультиплексоры), электрические разъемы (вариант — герморазъемы), гибкие многорожечные кабели.

**ПОСТАВКА** — в герметизированной таре-спутнике. Количество чувствительных элементов, их размеры и топология фотоприемника могут быть изменены по требованию заказчика.



1 — фотоприемник,  
2 — мультиплексоры,  
3 — электрические разъемы,  
4 — гибкие кабели

## ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Число каналов вывода информации (число мультиплексоров)  
Интегральная вольтовая чувствительность в спектральном диапазоне 8—14 мкм при частоте вывода информации по каждому каналу 1 МГц  
Пороговая чувствительность

2 или 1

$(0,5-1) \cdot 10^8$  В/Вт

обеспечивает температурное разрешение тепловизора 0,07 К (в реальном масштабе времени, с оптико-механической системой с относительным отверстием 1:2)

## ФОТОПРИЕМНИК

Топология  
Число элементов  
Размеры чувствительных площадок  
Спектральный диапазон чувствительности

линейная или билинейная до 260

от 35×35 до 100×100 мкм

2—17 мкм

## МУЛЬТИПЛЕКСОРЫ

Конструкция  
Функции

на основе ПЭС  
накопление сигнала, аналоговое удаление части его фоновой компоненты и мультиплексирование

Частота вывода информации  
Рабочая температура фотоприемника

до 1 МГц

22—28 К (при фоновой засветке  $1 \cdot 10^{-5} - 2 \cdot 10^{-3}$  Вт/см<sup>2</sup> в диапазоне 8—14 мкм)  
40—100 К

мультиплексора  
Необходимая хладопроизводительность криомашины, Вт, не более  
на уровне 22—28 К  
на уровне 40—100 К

0,15  
0,1—0,4 (в зависимости от частоты вывода информации)

Масса узла фотоприемника мультиплексора

20 г  
25 г

В.В.Чернокожи, Ю.И.Завадский, Б.Д.Зворыкин  
105187, Москва, Окружной проезд, 27.  
Тел. 366-55-44.

## ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ И БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ ИЗЛУЧАЮЩИЕ ДИОДЫ ДЛЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Л.М.Коган, Ю.П.Андреев, Б.И.Вишневская,  
Н.И.Ковырева, В.С.Родкин, В.Е.Чехимова

В настоящее время полупроводниковые излучатели широко применяются для целей индикации и подсветки, в оптопарах. В связи с повышением эффективности и быстродействия излучателей расширяется их использование в фотоэлектрических устройствах, например, для дистанционного управления бытовой и промышленной радиоаппаратурой; в волоконно-оптических линиях связи, в том числе с пластмассовыми световодами; в линиях связи через атмосферу; в медицинском приборостроении; при газоанализе и влагометрии; в оптопарах в силовой полупроводниковой технике; в процессе записи информации оптическим принтером на основе линейки светодиодов; для бесконтактного измерения углов между поверхностями, угловых перемещений и скоростей, параметров вибрации, ухода гиросприборов; в системах передачи звука ИК лучом для обслуживания конференций в больших залах и т.п.

Существенное повышение внешнего квантового выхода излучения ( $\eta_{\text{вн}}$ ) и быстродействия можно получить при использовании двойных гетероструктур (ДГС) и многопроходных двойных гетероструктур (МДГС) в системе  $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$  [1—5].

Применение ДГС на подложке GaAs с тонкой активной областью приводит к повышению  $\eta_{\text{вн}}$  по сравнению с одиночным гетеропереходом за счет эффекта «электронного ограничения» и снижения поглощения излучения в активной области. Создание между активной областью и подложкой GaAs «переизлучающего» фотолюминесцентного слоя  $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$  дополнительно повышает квантовый выход  $\eta_{\text{вн}}$ .

Удаление поглощающей свет подложки GaAs приводит к реализации эффекта «многопроходности», вследствие которого фотоны, направленные к нижней грани кристалла, а также отраженные внутрь кристалла верхней и боковыми гранями, испытывают многократное внутреннее отражение без поглощения в активной области и тем самым вносят вклад в выводимое излучение.

Излучающие диоды ИК диапазона изготавливались из ДГС  $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$  с переизлучающим слоем на подложке GaAs типа  $r_{\text{подл}}-r_{\text{фл}}-r_{\text{р}}-r_{\text{ракт}}-n_{\text{в}}$  (ЭСАГА-20) и из МДГС  $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$  с удаленной подложкой GaAs типа  $n_{\text{пасс}}-n_{\text{в}}-r_{\text{ракт}}-r_{\text{р}}$  (ЭСАГА-107). Светодиоды с красным свечением изготавливались из МДГС

$\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$  с удаленной подложкой GaAs типа  $n_{\text{пасс}}-n_{\text{в}}-r_{\text{ракт}}-r_{\text{р}}$  [6].

Структуры содержали активную область толщиной 1—3 мкм. Толщина пассивной области МДГС с ИК излучением составляла ~70 мкм, с красным свечением ~100 мкм; общая толщина МДГС примерно равна 100 и 120 мкм, соответственно. Состав пассивных областей обеспечивал их прозрачность для генерируемого излучения.

Омические контакты к  $r$ -слою создавались вакуумно-термическим напылением композиции (Au—Zn/Au). Поверхность эпитаксиального  $r$ -слоя предварительно легировалась цинком до концентрации дырок  $\sim 10^{19} \text{ см}^{-3}$ . Омические контакты к  $n$ -слою создавались напылением композиции (Au—Ge/Au). Вплавление контактов проводилось в атмосфере азота.

Излучающие кристаллы имели размеры  $\sim 0,4 \times 0,4$  мм (ДГС) и  $\sim 0,35 \times 0,35$  мм (МДГС), верхний омический контакт  $\sim 0,14 \times 0,14$  мм. Нижний омический контакт прозрачных МДГС с целью снижения оптических потерь был выполнен в виде точек  $\varnothing 80$  мкм и занимал 15—20% площади нижней грани, в непрозрачных ДГС он был сплошным. Кристалл со стороны верхней грани содержал мезаструктуру  $\sim 0,32 \times 0,32$  мм.

Мощность излучения кристаллов при токе 10 мА — 0,25—0,35 мВт (при изготовлении из ДГС типа ЭСАГА-20), 0,5—0,75 мВт (МДГС типа ЭСАГА-107) и 0,3—0,6 мВт (МДГС с красным свечением). В последнем случае сила света кристаллов составляла 3—6,5 мкд.

В излучателях кристаллы монтировались на токопроводящий клей на медном или бронзовом (сплав БрОФ 6,5—0,15) держателе с встроенным отражателем бокового излучения с углом наклона боковых стенок  $\sim 45$  град и глубиной  $\sim 0,3$  мм (рис. 1). Полимерный корпус изготавливался из эпоксидного компаунда с показателем преломления  $n \approx 1,58$  и имел полусферическую или эллиптическую световыводящую поверхность [5], либо плоскую световыводящую поверхность (см. рис. 1, а и б, соответственно). Полусферический полимерный купол позволяет формировать необходимую диаграмму направленности излучения в диапазоне углов излучения 15—120 град за счет варьирования отношения  $S/R$  [7]. Использование эллиптического полимерного купола позволяет по-

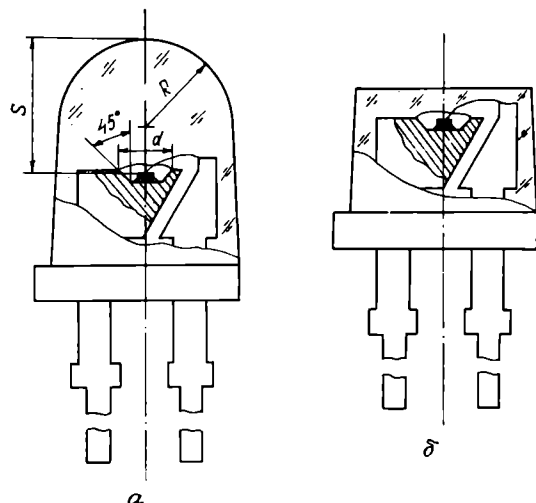


Рис. 1. Конструкции излучающих диодов с полимерным корпусом с полусферической (а) и плоской (б) световыводящей поверхностью

лучить угол излучения 5—15 град [8]. Плоская световыводящая поверхность полимерного корпуса необходима для повышения эффективности ввода излучения в волокно, для осуществления внешней оптической обработки выходящего излучения при необходимости формирования почти параллельного пучка лучей, для создания эффективных оптопар в силовой полупроводниковой технике.

Для излучателей на основе прозрачных для генерируемого излучения кристаллов МДГС максимальная мощность излучения достигается при определенном соотношении размеров  $S:R:d \approx 2,3:1,55:1$ . Одновременно при этом соотношении обеспечивается угол излучения  $\sim 40$  град. При создании приборов с меньшим углом излучения мощность излучения приборов снижается (см. таблицу).

Достоинством рассматриваемой конструкции является также эффективный теплоотвод от кристалла. Тепловое сопротивление излучателя составляет  $R_T \approx 150^\circ\text{C}/\text{Вт}$  в случае использования медного держателя и  $R_T \approx 270^\circ\text{C}/\text{Вт}$  в случае использования бронзового держателя. Мощность рассеяния конструкции  $\sim 300$  мВт.

Мощность излучения приборов измерялась в угле 90 град калиброванным кремниевым фотодиодом ФД-7К. Для определения  $\eta_{\text{вн}}$  измерялась полная мощность излучения в «комнате» фотоэлементов.

Внешний квантовый выход излучения приборов существенно зависит от длины волны излучения:  $\eta_{\text{вн}}$  приборов на основе ДГС  $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$  на подложке GaAs достигает 3,3% в красной области спектра и 8% в ИК диапазоне (рис. 2). Величина  $\eta_{\text{вн}}$  МДГС  $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$  достигает 11% в красной области спектра и 22% в ИК диапазоне. В промежуточной спектральной области следует ожидать возрастания  $\eta_{\text{вн}}$  при изменении  $\lambda_{\text{макс}}$  от 670 до 800 нм.

Зависимости мощности излучения в угле 90 град ( $P_e$ ) и  $\eta_{\text{вн}}$  от постоянного прямого тока для приборов с полусферическим полимерным куполом приведены на рис. 3. В диапазоне до 100 мА она близка к линейной. Отклонение от линейности при токе 100 мА для приборов из ДГС и МДГС на бронзовом держателе составляет 15—20%. Для приборов на основе МДГС на медном держателе (лучший теплоотвод) отклонение от линейности при токе 100 мА не пре-

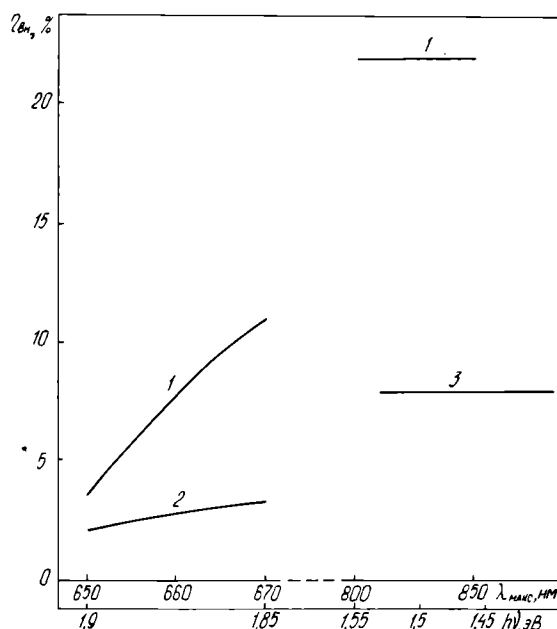


Рис. 2. Зависимость внешнего квантового выхода излучения от длины волны излучения приборов из МДГС (1), ДГС на подложке GaAs (2) и ДГС с переизлучающим слоем на подложке GaAs (3)

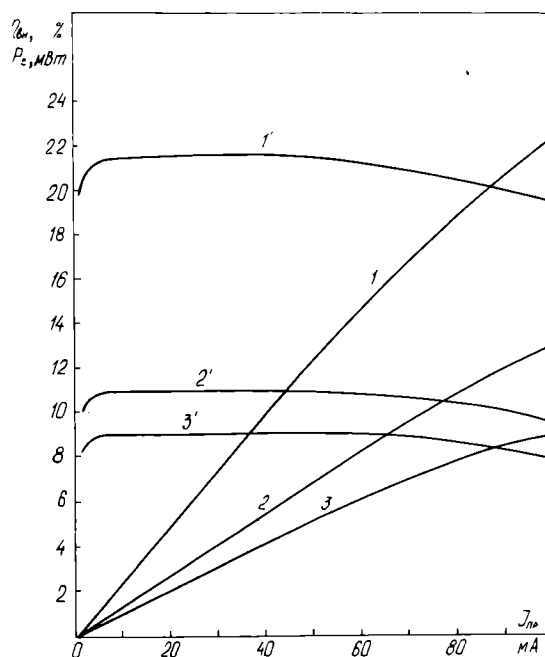


Рис. 3. Зависимость мощности излучения (1, 2, 3) и внешнего квантового выхода излучения (1', 2', 3') от постоянного прямого тока для излучателей на основе: 1, 1' — МДГС с инфракрасным излучением, 2, 2' — МДГС с красным излучением, 3, 3' — ДГС с переизлучающим слоем с инфракрасным излучением

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ

Вид структуры	$\lambda_{\text{макс}}$ , нм	$P_e$ в угле $90^\circ$ , мВт		$J_e$ , мВт/ср. Типовые значения	Угол излучения, $\theta$ , град. Типовые значения	$t_n$ и $t_{cp}$ по уровням 0,1—0,9, нс, типовые значения	$U_{пр}$ , В, типовые значения	Конструкция
		типовые значения	максимальные значения					
ДГС Ga1-xAlxAs на подложке GaAs (ЭСАГА-20)	870±30	6	8	20	20	15	1,4	рис. 1, а, Ø 3 и 5 мм
	—	7	9	10	40	—	—	рис. 1, а, Ø 5 и 3 мм
МДГС Ga1-xAlxAs с инфракрасным излучением (ЭСАГА-107)	830±20	19	22,5	30	40	25	1,5	рис. 1, а, Ø 5 мм
	—	13	15	80	10	—	—	—
	—	17	18,5	40	30	—	—	рис. 1, а, Ø 3 мм
	—	12	20	4	100	—	—	рис. 1, б, Ø 3 и 5 мм
МДГС Ga1-xAlxAs с красным излучением	660±10	2	3	4*	40	25	1,75	рис. 1, а, Ø 5 мм
	—	1,5	2	10**	10	—	—	—
	—	1,8	2,5	0,5***	100	—	—	рис. 1, б, Ø 5 мм

при токе 100 мА

при токе 20 мА

Примечание. Типичная сила света излучателей с красным свечением: \* 150 мкд, \*\* — 1000 мкд, \*\*\* — 8 мкд.

вышает 10%. Линейность зависимости  $P_e=f(I_{пр})$  делает перспективным использование излучателей в аналоговых оптоэлектронных устройствах.

Фотометрические и электрические параметры созданных излучателей приведены в таблице. Излучатели на основе ДГС типа ЭСАГА-20 имеют типичную мощность излучения 6—7 мВт и силу излучения 10—20 мВт/ср (при токе 100 мА). Этих величин вполне достаточно для обеспечения дистанционного управления бытовыми радиоэлектронными приборами. Излучатели ИК диапазона на основе МДГС с полусферическим полимерным куполом имеют значительно большую мощность излучения — 13—22 мВт и высокую силу излучения (от 30 до 80 мВт в зависимости от угла излучения приборов), что позволяет повысить дальность оптического взаимодействия.

Мощность излучения излучателей с красным свечением на основе МДГС находится в диапазоне 1,5—3 мВт при токе 20 мА, что делает возможным их использование в медицинском приборостроении и других устройствах.

Мощность излучения ИК диодов и красных светодиодов на основе МДГС в конструкции с плоским полимерным корпусом также весьма велика, что делает возможным использование их в ВОЛС и в оптопарах. Широкая диаграмма направленности излучения позволяет обрабатывать выходящее излучение внешними оптическими системами.

Быстродействие излучателей характеризуется временами нарастания и спада излучения по уровням 0,1—0,9 ( $t_n$  и  $t_{cp}$ ). Измерения при амплитудном токе 50 мА показали, что  $t_n$  и  $t_{cp}$  находятся в диапазоне 15—25 нс, что обеспечивает предельную частоту модуляции излучения 10—50 МГц.

Спектр излучения приборов на основе ДГС типа

ЭСАГА-20 благодаря наличию фотолюминесценции имеет типичную полуширину ~40 нм. В связи с наличием переизлучения в подложке GaAs спектр содержит побочную полосу с  $\lambda_{\text{макс}} \approx 900$  нм интенсивностью 1—5% от интенсивности основной полосы. Спектр излучения приборов на основе МДГС содержит одну полосу полушириной 25—27 нм. Полностью отсутствует побочная полоса переизлучения в подложке, что весьма важно для оптоэлектронных измерительных приборов в медицине, газоанализе и т.п.

Низкие величины прямого напряжения и дифференциального сопротивления прямой ветви вольт-амперной характеристики ИК излучателей ( $r_g \approx 1$  Ом для излучателей на основе ДГС и ~1,5 Ом — на основе МДГС) приводят к низкой величине прямого напряжения при импульсном токе, что весьма важно для устройств с автономным питанием. Так, при  $J_{пр.н} = 2,5$  А величина  $U_{пр}$  не превышает 4—5 В. Величина  $r_g$  для излучателей на основе МДГС с красным свечением равна ~5 Ом.

Рассматриваемые излучатели широко используются в импульсных режимах работы. ИК излучатели при длительности импульса  $\tau = 10$  мкс и частоте следования  $f \leq 1$  кГц имеют максимально допустимый импульсный прямой ток  $J_{пр.н.макс} = 2,5$  А, при  $f \leq 3,5$  кГц  $J_{пр.н.макс} = 1,5$  А. Импульсная мощность ИК излучения при токе 2,5 А для приборов на основе структур ДГС достигает 0,2 Вт, для приборов на основе МДГС — 0,5 Вт. Возможны другие режимы импульсной работы ИК диодов при обеспечении среднего тока 25—40 мА. Проведенные испытания подтвердили стабильность работы приборов при  $J_{пр.н} = 4$  А,  $\tau = 10$  мкс,  $f = 1$  кГц и температуре +85°C.

Излучатели красного свечения на основе МДГС стабильно работали в режиме:  $J_{пр.н} = 0,3$  А,  $\tau = 100$  мкс,  $f = 300$  Гц.



Продолжается изучение работоспособности приборов в импульсных режимах, в том числе при импульсных токах 5—10 А.

Излучатели показали стабильную работу на постоянном токе. Испытания приборов из ДГС типа ЭСАГА-20 в режиме: температура  $T=90^{\circ}\text{C}$ , ток — 85 мА (плотность тока  $\sim 80 \text{ А/см}^2$ ) в течение 100 ч, ИК диодов из МДГС в режиме:  $T=70^{\circ}\text{C}$ ,  $I_{\text{пр}}=100 \text{ мА}$  (плотность тока  $140 \text{ А/см}^2$ ) в течение 300 ч и красных светодиодов из МДГС в режиме:  $T=70^{\circ}\text{C}$ ,  $I_{\text{пр}}=50 \text{ мА}$  (плотность тока  $70 \text{ А/см}^2$ ) в течение 500 ч показали, что относительное изменение мощности излучения не превышает погрешности измерения ( $\pm 15\%$ ). Полученные данные свидетельствуют о том, что излучатели из МДГС более стабильны и способны работать при более высоких плотностях тока, чем излучатели из других материалов. Это обусловлено, по-видимому, снятием механических напряжений с гетероструктуры после удаления подложки.

В заключение следует отметить, что для полученных излучателей из МДГС характерно сочетание высоких значений внешнего квантового выхода излучения и быстродействия. Имеется перспектива повышения  $\eta_{\text{вн}}$  ИК диодов до 30—35% и красных светодиодов до 15—20%.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Новые излучающие диоды с красным и инфракрасным излучением на основе гетероструктур в системе  $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$ / Л.М.Коган, И.Т.Рассохин, Т.Ю.Горещкая

и др.— В кн.: Тез. докл. III Всесоюзной конф. «Физические процессы в полупроводниковых гетероструктурах».— Одесса, 1982, с. 136—137.

2. High efficient GaAlAs light emitting diodes of 660 nm with a double heterostructure on a GaAlAs substrate/ Higuro, K.Sawa, S.Nagao et. al.— Appl. Phys. Letters, 1983, vol. 43, N 11, p. 1034—1036.

3. Гетеросветодиоды с красным свечением из  $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$  с частично удаленной подложкой с силой света 1300 мкд при токе 20 мА/ Л.М.Коган, М.А.Водовозова, Н.И.Ковырева, И.Т.Рассохин.— В кн.: Тез. докл. IV Всесоюзной конф. «Физические процессы в полупроводниковых гетероструктурах». Минск, 1986, с. 120—121.

4. Ishimatsu S., Okuno Y. High efficiency GaAlAs LED.— Optoelectronics-devices and Technolgis, 1989, vol. 4, N 1, p. 21—32.

5. Новые светоизлучающие диоды/ Л.М.Коган, С.М.Ковыкин, В.С.Родкин, Ю.П.Андреев.— Электронная промышленность, 1990, № 9, с. 22—28.

6. Красные ДГС  $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$  — светодиоды с  $\eta_{\text{вн}}=3,3\%$  (на подложке GaAs) и  $\eta_{\text{вн}}=70\%$  (с удаленной подложкой)/ М.А.Водовозова, Д.В.Галченков, Л.М.Коган и др.— В кн.: Тез. докл. XII Всесоюзной конференции по физике полупроводников.— Киев, 1990, ч. 2, с. 325—326.

7. Коган Л.М. Полупроводниковые светоизлучающие диоды.— М.: Энергоатомиздат, 1983.— 208 с.

8. Светодиоды с узконаправленным излучением/ Л.М.Коган, М.А.Водовозова, Б.И.Вишневская и др.— Электронная техника. Сер. 2. Полупроводниковые приборы, 1988, вып. 1, с. 17—23.

## МИКРОСХЕМА KE1852BG1

И.Д.Рэйлян, О.А.Мокрицкий, Ю.А.Балым, М.И.Гервас, В.В.Цуркан

Таблица 1

Назначение и функции выводов микросхемы KE1852BG1

Большая интегральная схема канального интерфейса KE1852BG1 выполняет функции интерфейса стандарта ГОСТ 28.003-80 (СТ СЭВ2740-80) KE1852BG1, осуществляет связь между каналом общего пользования (КОП) и устройствами, управляемыми микропроцессором.

Функциональные возможности схемы: передача данных, протокол синхронизации обмена, процедуры адресации приемников/передатчиков, очистка и запуск устройств, запрос обслуживания, последовательный и параллельный опрос, переключение управления с дистанционного на местное, функция контроллера с передачей управления другому устройству, контроллера системы, возможность прямого доступа к памяти. Микросхема изготавливается по полупроводниковой технологии на  $n$ -канальных МОП-транзисторах, конструктивное оформление в 40-выводном металлополимерном DIP-корпусе. Условное графическое обозначение приведено на рис. 1, назначение выводов в табл. 1, электрические параметры в табл. 2, структурная схема на рис. 2, типовое включение микросхемы на рис. 3.

Микросхема KE1852BG1 состоит из следующих основных узлов: буфера шины данных МП; буфера шины данных КОП; блока диаграмм состояния и управляющей логики; дешифратора мультилинейных сообщений; дешифратора вспомогательных команд; логики сравнения адреса; логики прерывания; семи регистров записи; шести регистров чтения; дешифратора адреса регистров логики чтения/записи, ПДП; блока формирования задержек; внутренней шины данных МП; внутренней шины данных КОП.

Номер вывода	Тип вывода	Обозначение	Назначение
1	ВЫХ (Д/В)	ACCRQ	<b>Запрос ПДП.</b> При установке этого вывода в низкий уровень формируется запрос ПДП.
2	ВХ	ACCGR	<b>Подтверждение ПДП.</b> При подтверждении ПДП на шину данных помещаются данные для вывода или ввода в режиме ПДП. Если нет ПДП, вывод ACCGR должен находиться на высоком уровне.
3	ВХ	CE	<b>Выбор кристалла.</b> При низком уровне разрешает доступ к регистрам записи и считывания интерфейса. Если CE на высоком уровне, D0—D7 находятся в состоянии высокого импеданса (пока ACCGR не перейдет на низкий уровень).
4	ВХ	WE	<b>Разрешение записи.</b> При низком уровне разрешается запись в регистры интерфейса.
5	ВХ	DBIN	<b>Разрешение ввода по шине данных МП.</b> При высоком уровне микропроцессор готов выполнить считывание.

Номер вывода	Тип вывода	Обозначение	Назначение
6	BX	RS0	Линия выборки регистра. Определяется, какой регистр адресуется микропроцессором во время операции считывания или записи.
7	BX	RS1	
8	BX	RS2	
9	ВЫХ (О/С) (не отключается)	INT	Запрос прерывания. При низком уровне устанавливается запрос на прерывание.
10	BX/ВЫХ (Д/В)	D7	Шина данных микропроцессора. Выводы порта подключаются к шине данных микропроцессора.
11		D6	
12		D5	
13		D4	
14		D3	
15		D2	
16		D1	
17		D0	
18	BX	SYN	Синхросигнал. Внешний синхросигнал используется только для схемы формирования задержки и может иметь любую величину в пределах 500 кГц—5 МГц.
19	BX	RESET	Аппаратный сброс. Инициализирует интерфейс.
20	BX	OU	Общий вывод.
21	ВЫХ (Д/В)	TE	Разрешение передачи. Управляет направлением передачи приемопередатчиков.
22	BX/ВЫХ (О/С)	REN	Дистанционное управление. Линия управления КОП. Выбирает дистанционный или местный способ управления устройством.
23	BX/ВЫХ (Д/В)	IFC	Очистка интерфейса. Линия управления КОП переводит интерфейсные функции в определенные исходные состояния.
24	BX/ВЫХ (Д/В)	NDAC	Данные не приняты. Линия синхронизации КОП. Приемник устанавливает линию в высокий уровень, когда приняты данные с шины КОП.
25	BX/ВЫХ (Д/В)	NRED	Не готов к приему данных. Линия синхронизации КОП. Приемник устанавливает линию в высокий уровень, когда нет готовности к приему данных с КОП.

Номер вывода	Тип вывода	Обозначение	Назначение
26	BX/ВЫХ (Д/В)	DAU	Данные достоверны. Линия синхронизации КОП. Устанавливается источником в низкий уровень, когда достоверные данные присутствуют на шине КОП.
27	BX/ВЫХ (Д/В)	EO1	Конец передачи или идентификация. Линия управления КОП. Если ATN установлен в высокий уровень, то низкий уровень EO1 означает конец блока данных. Если ATN и EO1 установлены в низкий уровень, то действующий контроллер проводит параллель.
28	BX/ВЫХ (Д/В)	ATN	Внимание. Линия управления КОП. Посылается контроллером. Если ATN установлен в низкий уровень, по шине данных КОП посылаются команды интерфейса. Если ATN установлен в высокий уровень, по шине данных передаются данные.
29	BX/ВЫХ (Д/В)	SRQ	Запрос на обслуживание. Линия управления КОП. Устанавливается в низкий уровень при запросе на обслуживание.
30	ВЫХ (Д/В)	SONT	Используется для управления направлением передачи SRQ и ATN. Если CONT установлен в низкий уровень SRQ находится в третьем состоянии. Если CONT установлен в высокий уровень, ATN находится в третьем состоянии.
31	BX/ВЫХ (Д/В)	D108	Шина данных КОП. Выводы порта подключаются к шине КОП через неинвертирующие приемопередатчики.
32		D107	
33		D106	
34		D105	
35		D104	
36		D103	
37		D102	
38		D101	
39	ВЫХ (Д/В)	TR	Запуск. Активизируется командой GET или fget.
40	BX	5Y	Напряжение питания.

Условные обозначения: Д/В — двухтактный выход; О/С — выход с открытым стоком с внутренним отключением.

Буфер шины данных МП представляет собой двунаправленный 8-разрядный буфер с тремя состояниями выводов и служит для сопряжения внутренней шины данных МП микросхемы с шиной данных микропроцессора.

Буфер шины данных КОП представляет собой двунаправленный 8-разрядный буфер с тремя состояниями выводов и служит для сопряжения внутренней шины данных КОП микросхемы с неинвертирующими приемодатчиками. Этот буфер может управляться микропроцессором посредством записи определенных кодов в регистры записи или команд управления с канала общего пользования.

Блок диаграмм состояний и управляющей логики реализует интерфейсные функции (SH, AH, T, TE, L, LE, SR, RL, DT, DC, C) в соответствии с диаграммами состояний интерфейса стандарта ГОСТ26.003-80 (СТ СЭВ 2740-80). Информация поступает с шины данных КОП и с внутренних регистров и объединяется с текущим состоянием микросхемы для создания управляющих сигналов загрузки регистров или обработки линий синхронизации или линий управления КОП.

Дешифратор мультилинейных сообщений декодирует команды и сообщения, поступающие с КОП, и вырабатывает управляющие сигналы для блока диа-

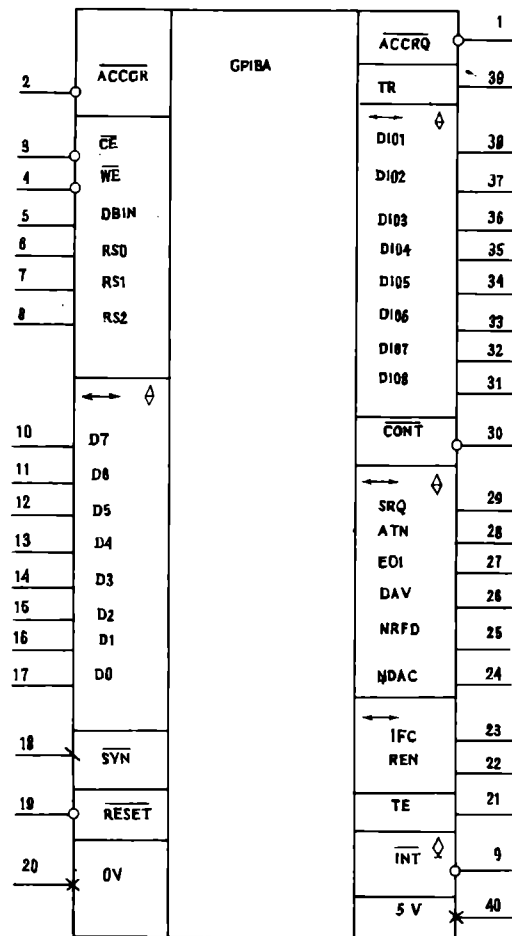


Рис. 1. Условное графическое обозначение KE1852BG1

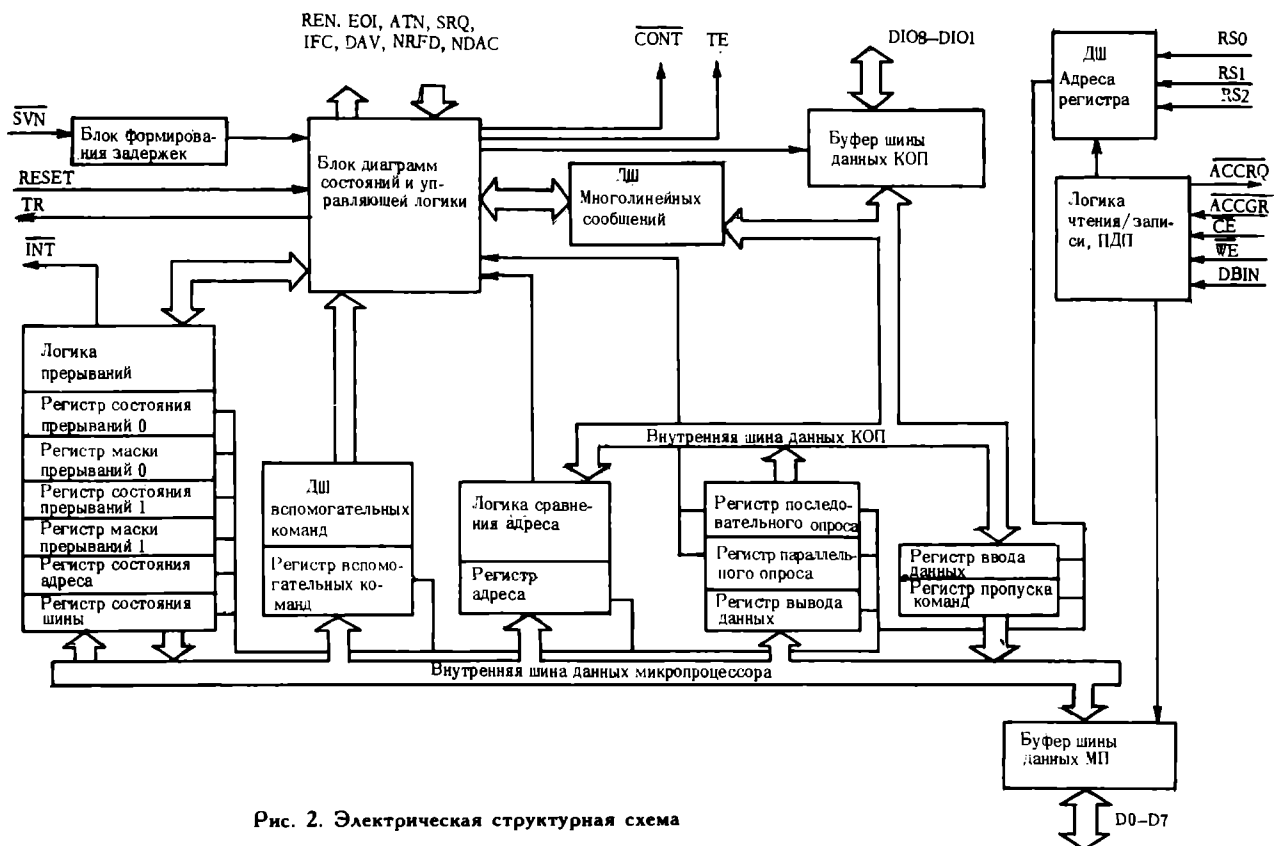


Рис. 2. Электрическая структурная схема

Основные электрические параметры микросхемы KE1852BG1 для диапазона температур от  $-10$  до  $70^{\circ}\text{C}$ 

Наименование параметра, единица измерения	Буквенное обозначение		Норма		Режим измерения
	отечественное	международное	не менее	не более	
Выходное напряжение, В высокого уровня кроме выводов REN, IPC, INT выводы REN, IPC низкого уровня	$U_{\text{внх}}$	$U_{\text{OH}}$	2,4	—	$I_{\text{OH}} = -0,4 \text{ мА}$
	$U_{\text{внх}}$	$U_{\text{O}}$	2,2	—	$I_{\text{OH}} = -0,1 \text{ мА}$
Входной ток, мкА высокого уровня низкого уровня	$I_{\text{вх}}$	$I_{\text{H}}$	—	10	
	$I_{\text{вх}}$	$I$	-10	—	$I_{\text{O}} = 2 \text{ мА}$
Выходной ток, мкА высокого уровня в состоя- нии «выключено» низкого уровня в состоя- нии «выключено»	$I_{\text{внхА}}$	$I_{\text{OZH}}$	—	10	
	$I_{\text{внхА}}$	$I_{\text{OZ}}$	-10	—	
Ток потребления, мА	$I_{\text{пот}}$	$I_{\text{CC}}$	—	150	
Время выбора данных D относительно сигнала, нс CE DBIN ACCGR	$t_{\text{в}}(\text{CE}-\text{D})$	$t_{\text{CS}}(\text{CE}-\text{D})$	—	150	
	$t_{\text{в}}(\text{DBIN}-\text{D})$	$t_{\text{CS}}(\text{DBIN}-\text{C})$	—	150	
	$t_{\text{в}}(\text{ACCGR}-\text{D})$	$t_{\text{CS}}(\text{ACCGR}-\text{D})$	—	150	
Время выбора, нс данных D101—D108 отно- сительно сигнала E01 ложного сигнала NRED ложного от- носительно сигнала DAV ложного сигнала TE относительно сигнала E01 истинного сигнала TE относительно сигнала E01 ложного	$t_{\text{в}}(\text{EDI}-\text{D})$	$t_{\text{CS}}(\text{EDI}-\text{D})$	—	140	
	$t(\text{DAV}-\text{NRED})$	$t_{\text{CS}}(\text{DAV}-\text{NRED})$	—	180	
	$t_{\text{в}}(\text{EDI}-\text{TE})$	$t_{\text{CS}}(\text{EDI}-\text{TE})$	—	125	
	$t_{\text{в}}(\text{EDI}-\text{TE})$	$t_{\text{CS}}(\text{EDI}-\text{TE})$	—	125	
Время восстановления, нс сигнала ACCRQ ложного относительно сигнала ACCGR  сигнала NDAC истинного относительно сигнала ATN истинного сигнала NRED истинного относительно сигнала ATN ложного сигнала NDAC ложного относительно сигнала WE сигнала ACCRQ относи- тельно сигнала NDAC ложного	$t_{\text{вос}}(\text{ACCGR}-\text{ACCRQ})$	$t_{\text{REC}}(\text{ATCCGR}-\text{ACCRQ})$	—	100	
	$t_{\text{вос}}(\text{ATN}-\text{NDAC})$	$t_{\text{REC}}(\text{ATN}-\text{NDAC})$	—	195	
	$t_{\text{вос}}(\text{ATN}-\text{NRED})$	$t_{\text{REC}}(\text{ATN}-\text{NPED})$	—	140	
	$t_{\text{вос}}(\text{WE}-\text{NDAC})$	$t_{\text{REC}}(\text{ATN}-\text{NDAC})$	—	230	
	$t_{\text{вос}}(\text{NDAC}-\text{ACCRQ})$	$t_{\text{REC}}(\text{NDAC}-\text{ACCRQ})$	—	300	

грамм состояний и управляющей логики.

Дешифратор вспомогательных команд декодирует вспомогательные команды, поступающие с шины данных микропроцессора, и вырабатывает управляющие сигналы для блока диаграмм состояний и управляющей логики.

Блок или узел логики сравнения адреса сравнивает адрес, поступающий по шине данных КОП, с адресом, записанным в регистр адреса, и вырабаты-

вает необходимые для блока диаграмм состояний управляющие сигналы.

Блок логики прерываний вырабатывает сигналы прерывания для микропроцессора в соответствии с состоянием прерываний и записанной в регистры маски прерываний информации.

Регистры записи позволяют разработчику посредством записи в них определенных кадров реализовать микропрограммирование микросхемы KE1852BG1.

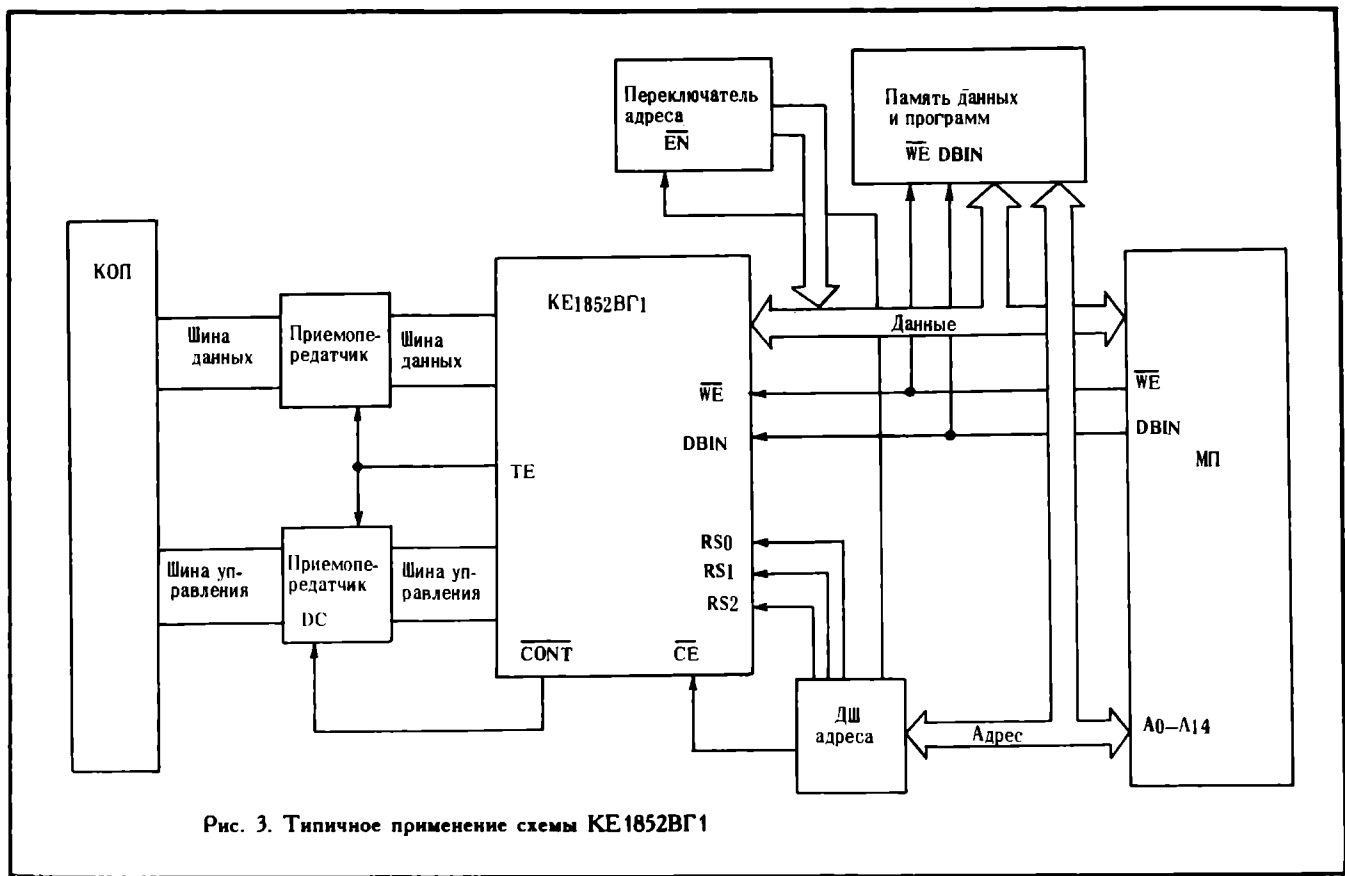


Рис. 3. Типичное применение схемы KE1852BG1

Регистры чтения обеспечивают разработчику возможность осуществлять контроль за состоянием КОП посредством их считывания микропроцессором. Режим работы устройств — считывать информацию.

Дешифратор адреса регистров декодирует внешние управляющие сигналы и адресует информацию с микропроцессора в соответствующие регистры записи, а информацию из регистров чтения на шину данных микропроцессора.

Блок логики чтения/записи, ПДП управляет процессом двунаправленного обмена информацией между микросхемой и микропроцессором, управляет режимом

ПДП, переводит буфер шины данных МП в состояние «выключено».

Блок формирования задержек формирует необходимые задержки установления сигналов линии управления и синхронизации шины КОП, определенные стандартом ГОСТ 26.004-80 (СТ СЭВ 2740—80).

Внутренние шины данных КОП и МП микросхемы обеспечивают передачу информации от регистров записи к логическим схемам интерфейсных функций и на КОП, а также передачу данных от КОП к микропроцессору.

## ПРИМЕНЕНИЕ ЛИНЕЙНОЙ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНОЙ МИКРОСХЕМЫ С ЗАРЯДОВОЙ СВЯЗЬЮ К1200ЦЛ6 В ТЕЛЕФАКСЕ ГРУППЫ G3/G2

Д.А.Макаров, А.Н.Рябов

Одной из наиболее распространенных областей линейных фоточувствительных микросхем с зарядовой связью (ФМЭС) является факсимильная техника. Высокие технические параметры и низкая стоимость советских линейных ФМЭС делает их перспективными для использования в телефаксах группы G3/G2. Линейная ФМЭС К1200ЦЛ6 [1] обладает

лучшими характеристиками, чем схема К1200ЦЛ2, о применении которой было сообщено ранее [2].

Стандарт Международного Консультативного Комитета по Телефонии и Телеграфии — МККТТ (ССИТТ) для телефаксов группы G3/G2 регламентирует следующие параметры, определяющие выбор ФМЭС [3]. Разрешение — 1728 элементов для строки длиной 215 мм ± 1%, допустимые варианты — 2048 элементов для строки длиной 255 мм ± 1% и 2432 — для строки длиной 303 мм ± 1%. Время передачи всей кодированной строки развертки: реко-

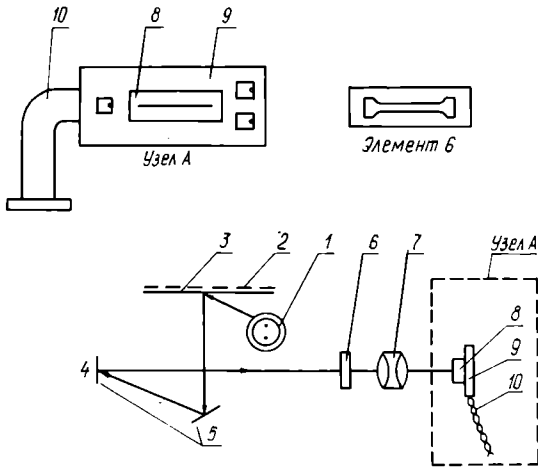


Рис. 1. Схема оптико-электронного тракта телефакса: 1 — газоразрядная лампа; 2 — входящий образец; 3 — предметное стекло; 4, 5 — зеркала; 6 — компенсационная диафрагма; 7 — объектив ( $f'=22$  мм;  $D=1:4$ ); А — узел ФМЭС; 8 — собственно линейная ФМЭС; 9 — плата электронного оформления; 10 — кабель с разъемами

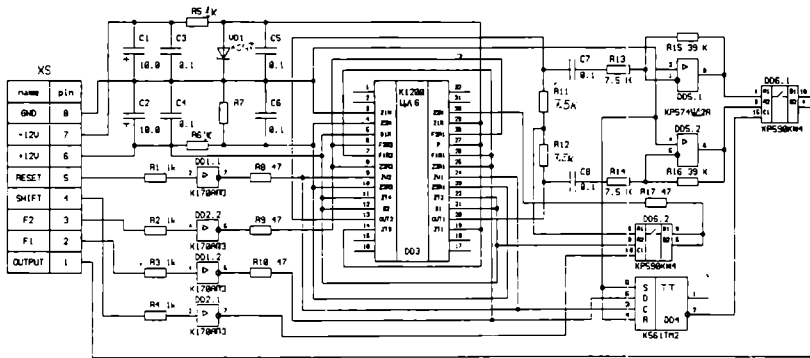


Рис. 2. Электрическая принципиальная схема платы управления линейной ФМЭС в телефаксе группы G3/G2 (узел А)

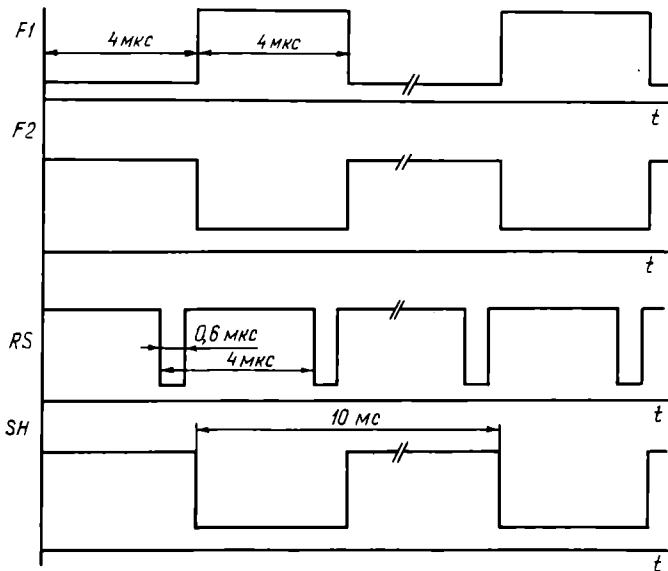


Рис. 3. Диаграммы импульсов управления, поступающие на вход платы управления линейной ФМЭС: F1 и F2 — первой и второй фаз, RS — сброса; SH — переноса

Рис. 4. Изображение теста DIN 32742: а — эталонное; б — полученное телефаксом группы G3/G2 с линейной ФМЭС TCD-102C-1 в режиме «нормал»; в — с линейной ФМЭС K1200ЦЛ6 в режиме «нормал»; г — с линейной ФМЭС K1200ЦЛ6 в полутонном режиме с 16 градациями уровня серого

DIN-TESTVORLAGE  
für Fernkopierer  
nach DIN 32 742 Teil 7

7 6 5 4 3 2 1

abcde fghijklmnopqrstuvwxy 1234567890  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 2345678901  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 3456789012  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 4567890123  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 5678901234  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 6789012345  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 7890123456  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 8901234567  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 9012345678  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 0123456789

COURIER 72 LS5H2 YQD4C ZQNDR KJZWR RHZSW JLRY5  
 7J34X 83XBR CD7LA Z27KB 6X8KU SNNCW GTCOO  
 5NYED OE7N7 NZAML YPY2W P44FS N468R MXA3W

340

btegb kkkad izmdo oebma weik fijsa vnrsg usyvm  
 khjfi yllga andno dlnwn arvea icmlid gasiq msvxb

PRESTIGE ELITE 72 YVPE NYGV3 VHM 45V6 GDJUU KD38N 2FYI3

AASND EFZDS NQ8SC HZVL JUVK NKQZG L69R2 JCSDE

MKNBP R8PMQ ZAUIC 7LSZC CAKUR KEGJK VK8AJ 4L8TD  
 KQ5S LAAP 478Y BAVJ QVSC Q20B HRYT 238RL 208K ZURR 6JCR

saeon grdlw haurd japey byyto narap umels ujijw ubdxx navft  
 raybl mbnt sweeb backd ofxew enald noekx mabab epaka dooivo

CENPY CLK9D TLQ9P LAQSP GORLW KATIE X888E ELITE 72  
 CTY8Z 9K1SD LC0TD OI8KK O8VTE X8Y8R XN88E  
 4P8WS TRUJY WQ8P8 D9PML 8788P 88Q8V 7888W

200 252

Verstärkt durch Beuth Verlag GmbH  
 Berlin 30

a

DIN-TESTVORLAGE  
für Fernkopierer  
nach DIN 32 742 Teil 7

7 6 5 4 3 2 1

abcde fghijklmnopqrstuvwxy 1234567890  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 2345678901  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 3456789012  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 4567890123  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 5678901234  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 6789012345  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 7890123456  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 8901234567  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 9012345678  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 0123456789

COURIER 72 LS5H2 YQD4C ZQNDR KJZWR RHZSW JLRY5  
 7J34X 83XBR CD7LA Z27KB 6X8KU SNNCW GTCOO  
 5NYED OE7N7 NZAML YPY2W P44FS N468R MXA3W

340

btegb kkkad izmdo oebma weik fijsa vnrsg usyvm  
 khjfi yllga andno dlnwn arvea icmlid gasiq msvxb

PRESTIGE ELITE 72 YVPE NYGV3 VHM 45V6 GDJUU KD38N 2FYI3

AASND EFZDS NQ8SC HZVL JUVK NKQZG L69R2 JCSDE

MKNBP R8PMQ ZAUIC 7LSZC CAKUR KEGJK VK8AJ 4L8TD  
 KQ5S LAAP 478Y BAVJ QVSC Q20B HRYT 238RL 208K ZURR 6JCR

saeon grdlw haurd japey byyto narap umels ujijw ubdxx navft  
 raybl mbnt sweeb backd ofxew enald noekx mabab epaka dooivo

CENPY CLK9D TLQ9P LAQSP GORLW KATIE X888E ELITE 72  
 CTY8Z 9K1SD LC0TD OI8KK O8VTE X8Y8R XN88E  
 4P8WS TRUJY WQ8P8 D9PML 8788P 88Q8V 7888W

200 252

delta

DIN-TESTVORLAGE  
für Fernkopierer  
nach DIN 32 742 Teil 7

7 6 5 4 3 2 1

abcde fghijklmnopqrstuvwxy 1234567890  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 2345678901  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 3456789012  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 4567890123  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 5678901234  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 6789012345  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 7890123456  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 8901234567  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 9012345678  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 0123456789

COURIER 72 LS5H2 YQD4C ZQNDR KJZWR RHZSW JLRY5  
 7J34X 83XBR CD7LA Z27KB 6X8KU SNNCW GTCOO  
 5NYED OE7N7 NZAML YPY2W P44FS N468R MXA3W

340

btegb kkkad izmdo oebma weik fijsa vnrsg usyvm  
 khjfi yllga andno dlnwn arvea icmlid gasiq msvxb

PRESTIGE ELITE 72 YVPE NYGV3 VHM 45V6 GDJUU KD38N 2FYI3

AASND EFZDS NQ8SC HZVL JUVK NKQZG L69R2 JCSDE

MKNBP R8PMQ ZAUIC 7LSZC CAKUR KEGJK VK8AJ 4L8TD  
 KQ5S LAAP 478Y BAVJ QVSC Q20B HRYT 238RL 208K ZURR 6JCR

saeon grdlw haurd japey byyto narap umels ujijw ubdxx navft  
 raybl mbnt sweeb backd ofxew enald noekx mabab epaka dooivo

CENPY CLK9D TLQ9P LAQSP GORLW KATIE X888E ELITE 72  
 CTY8Z 9K1SD LC0TD OI8KK O8VTE X8Y8R XN88E  
 4P8WS TRUJY WQ8P8 D9PML 8788P 88Q8V 7888W

200 252

beta

DIN-TESTVORLAGE  
für Fernkopierer  
nach DIN 32 742 Teil 7

7 6 5 4 3 2 1

abcde fghijklmnopqrstuvwxy 1234567890  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 2345678901  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 3456789012  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 4567890123  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 5678901234  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 6789012345  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 7890123456  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 8901234567  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 9012345678  
 abcde fghijklmnopqrstuvwxy 0123456789

COURIER 72 LS5H2 YQD4C ZQNDR KJZWR RHZSW JLRY5  
 7J34X 83XBR CD7LA Z27KB 6X8KU SNNCW GTCOO  
 5NYED OE7N7 NZAML YPY2W P44FS N468R MXA3W

340

btegb kkkad izmdo oebma weik fijsa vnrsg usyvm  
 khjfi yllga andno dlnwn arvea icmlid gasiq msvxb

PRESTIGE ELITE 72 YVPE NYGV3 VHM 45V6 GDJUU KD38N 2FYI3

AASND EFZDS NQ8SC HZVL JUVK NKQZG L69R2 JCSDE

MKNBP R8PMQ ZAUIC 7LSZC CAKUR KEGJK VK8AJ 4L8TD  
 KQ5S LAAP 478Y BAVJ QVSC Q20B HRYT 238RL 208K ZURR 6JCR

saeon grdlw haurd japey byyto narap umels ujijw ubdxx navft  
 raybl mbnt sweeb backd ofxew enald noekx mabab epaka dooivo

CENPY CLK9D TLQ9P LAQSP GORLW KATIE X888E ELITE 72  
 CTY8Z 9K1SD LC0TD OI8KK O8VTE X8Y8R XN88E  
 4P8WS TRUJY WQ8P8 D9PML 8788P 88Q8V 7888W

200 252

epsilon

мендованный стандартный период — 20 мс, допустимый вариант — 10 мс, с обязательным переходом к стандартному периоду — 20 мс и 0 мс с обязательным переходом к стандартному периоду 20 мс.

Считывание передаваемого образца в телефаксах группы G3/G2 осуществляется электронным сканированием по горизонтали (по строке) и механическим по вертикали (по кадру). Схема оптико-электронного тракта с использованием ФМЭС в качестве чувствительного элемента на рис. 1. Образец 2, находящийся на предметном стекле 3, освещается источником света 1. Световой поток, после отражения зеркалами 4, 5, преломляется объективом 7 ( $f'=22$  мм,  $A=1:4$ ) на линейную ФМЭС 8, находящуюся на печатной плате 9 — узел А. Диафрагма 6 служит для компенсации неравномерности освещенности по строке, которая возникает в результате виньетирования пучка в короткофокусном объективе.

Электрическая принципиальная схема управления линейной ФМЭС представлена на рис. 2. На входной разъем платы XS поступают четыре импульсных сигнала: первой F1 и второй F2 фаз, сброса RS, переноса SH и аналоговый выход OUT, а также напряжения питания: +12 В, —12 В и общий — GND. Временные диаграммы представлены на рис. 3. Сформированные процессорным блоком логические управляющие сигналы F1, F2 и RS преобразуются в линейные буферными преобразователями DD1 и DD2 и поступают на входы F1, F2 и RS ФМЭС DD3. Резисторы R1—R4, R8—R10 и R17 служат для согласования нагрузки. Импульс переноса SH формируется с помощью аналогового коммутатора DD6.2, величина размаха сигнала SH равна 17 В. Сигналы с выходов линейной ФМЭС DD3 усиливаются операционными усилителями DD5.1 и DD5.2, после чего мультиплексируются аналоговым коммутатором DD6.1 и поступают в тракт обработки выходных сигналов — OUTPUT. Переключение коммутатора DD6.1 происходит по переднему фронту импульса фазы F1 с помощью триггера DD4. Уровни напряжений, необходимые для питания линейной ФМЭС DD3 формируются из напряжений +12 В и —12 В цепочкой C1—C4; R5—R7; C5—C6 и VD1. Учитывая жесткие конструктивные и стоимостные требования, режим работы линейной ФМЭС задан комбинацией постоянных напряжений трех уровней: 5 В; 12 В и 17 В относительно подложки, что обеспечивает необходимые оптические характеристики. Время накопления равно 10 мс.

Особенностью применения линейной ФМЭС K1200ЦЛ6 является полная взаимная заменяемость узла, содержащего K1200ЦЛ6, на аналогичный узел, включающий линейную ФМЭС TCD-102C-1 [4] (ф. Тошиба, Япония). Характеристики этих схем приведены ниже. Параметры схем K1200ЦЛ6 и TCD-102C-1 близки, однако схема K1200ЦЛ6 имеет приблизительно в 2 раза более высокую чувствительность, чем TCD-102C-1. Несовпадение каталожных и экспериментальных данных появляется, по-видимому, из-за различных источников света, примененных при измерении чувствительности. Но в целом при применении линейной ФМЭС K1200ЦЛ6 в телефаксе группы G3/G2 снижаются требования к источнику света и оптическому тракту телефакса, что дает определенные преимущества.

Для испытаний линейной ФМЭС K1200ЦЛ6 в составе телефакса группы G3/G2 был выбран тест DIN 32742, который широко применяется для испытаний факсимильной аппаратуры и специально модифицирован для телефаксов группы G3/G2 [5]. Из анализа тестов, приведенных на рис. 4, а, б, в, г следует, что телефакс, содержащий линейную ФМЭС K1200ЦЛ6, полностью соответствует требованиям международных стандартов, предъявляемых к телефаксам группы G3/G2. Наличие муара на полосах

штрихов в центре изображения вызвано не недостатками линейной ФМЭС, а было специально предусмотрено тестом.

#### Характеристики ФМЭС TCD-102C-1 и K1200ЦЛ6

	TCD-102C	K1200ЦЛ6
Число фоточувствительных элементов	2048	2048
Общее число элементов в регистре	2084	2×1032
Размеры фоточувствительных элементов, мкм	14×14	13×13
Чувствительность, В/лк калиброванный по источнику света (тип)	10×10 <sup>-3</sup> (B4)	8×10 <sup>-3</sup> (A)
Неравномерность чувствительности, %	10	5
Выходное напряжение насыщения, В	0,8—1,0	1,4

На основании проведенных исследований возможно оценить конкурентную способность линейной ФМЭС K1200ЦЛ6 по сравнению с образцами ведущих фирм. Для применения в факсимильной технике K1200ЦЛ6 по оптическим и электрическим параметрам не уступает конкурентоспособным образцам. Существенным недостатком K1200ЦЛ6 является неоправданно большая ширина корпуса и наличие лишних выводов, что может быть критично при современных требованиях к миниатюризации в факсимильной и периферийной технике. Уровень цен на линейные ФМЭС достаточно высок, например CCD143ADC фирмы Fairchild стоит 245 дол. при закупке 100 шт и 74 дол. при закупке более 10 тыс. шт., RL2048DAG-011 фирмы E&G Reticon — 220 дол. для 100 шт., а TCD-102C-1 фирмы Toshiba — 35 дол. для 10 тыс. шт. Учитывая такие цены, можно сказать, что K1200ЦЛ6 может быть конкурентоспособна. Тенденции развития факсимильной техники позволяют предположить, что применение линейных ФМЭС будет расширяться и при переходе к телефаксам группы G4 [6].

Авторы благодарят А.В.Вето, К.П.Петрова и Б.Сапунджиева за внимание и помощь при выполнении работы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Костюков, Е.В., Павлова З.В., Пресс Ф.П. Линейные фоточувствительные микросхемы с зарядовой связью K1200ЦЛ5, K1200ЦЛ6.— Электронная промышленность, 1987, № 3, с. 19—22.
2. Макаров Д.А., Рябов А.Н. Применение ПЭС K1200ЦЛ2 в факсимильном аппарате группы G3/G2.— Электронная промышленность, 1990, № 9, с. 17—19.
3. Хантер Р., Робинсон А.Х. Международные стандарты кодирования для цифровой факсимильной связи.— ТИИЭР. 1980, т. 68, № 7, с. 112—118.
4. Charge coupled device TCD-102C-1. Technical data.
5. Deutche norm. Buro- und batentechnik. Fernkopierer. Tastevorlage.— DIN 32742, teil 7, Mai, 1984.
6. Facsimile. Datapro Reports on Copiers & Duplicators, 1989, vol. 13, N 5.



# ПОЛЕВОЙ ТРАНЗИСТОР С ДВОЙНЫМ ПОТЕНЦИАЛЬНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ — НОВАЯ ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА ДЛЯ СБИС

В.И.Мурашев, О.М.Орлов

Значительное повышение степени интеграции, быстродействия, радиационной стойкости и других характеристик СБИС возможно только на основе создания принципиально новой элементной базы. Работы, проводимые за рубежом [1—3], были посвящены в основном изучению возможностей «классических» короткоканальных полевых транзисторов (ПТ), управляемых областью пространственного заряда  $p$ — $n$ -перехода или барьера Шотки. Эти транзисторы имеют преимущества по сравнению с МОП-транзисторами по крутизне, и в них меньше сказывается влияние эффектов «короткого канала».

Разработанные в СССР новые полевые транзисторы с двойным потенциальным управлением (ПТДПУ) [4] являлись функциональными аналогами МОП-транзисторов (в рабочем режиме практически отсутствует ток затвора). Отличие ПТДПУ от МОП-транзисторов состоит в том, что в ПТДПУ отсутствует диэлектрик в области затвора. Подвижность носителей заряда в ПТДПУ выше, чем в МОП-транзисторах, так как область канала находится в глубине полупроводника [5].

В кремниевом полевом транзисторе ПТДПУ в качестве управляющего затвора используются два встречно включенных  $p$ — $n$ -перехода, один из которых образован входным диодом, второй — областью канала и анодом входного диода. При этом область анода  $p$ -типа является квазинейтральной (или близка к ней) в закрытом состоянии прибора при логическом «0» на входе.

При подаче логической «1» на вход происходит смыкание областей пространственного заряда входного и канального  $p$ — $n$ -переходов с проникновением поля входного диода в канал транзистора, что приводит к его открыванию.

Теория работы транзистора ПТДПУ основана на приближении «плавно меняющегося канала» [6], что позволяет с удовлетворительной точностью рассчитывать вольт-амперные и входные характеристики и крутизну прибора. Получены аналитические выражения для тока стока в области, где характеристика крутые, и для тока стока в режиме отсечки, величины крутизны в пологой области и максимально возможного входного тока.

Учет короткоканальных эффектов ( $\sim 0,6$  мкм) и омических сопротивлений областей стока и истока значительно усложняет расчет характеристик транзистора. Поэтому короткоканальные приборы изучались с помощью двумерного численного моделирования их характеристик.

Для этого была составлена система уравнений непрерывности и Пуассона в двумерной области с заданными граничными условиями:

$$\begin{aligned} \operatorname{div} j_n &= -g(G - R) \\ \operatorname{div} j_p &= g(G - R) \\ \Delta \varphi &= \frac{q}{\epsilon \epsilon_0} (\rho - n - N_s + N_a) \\ j_n &= g D_n \nabla n - g \mu_n n \nabla \varphi \\ j_p &= -g D_p \nabla p - g \mu_p p \nabla \varphi \\ (G - R) &= (G - R)_{th} + (G - R)_{Aug} + G_A. \end{aligned}$$

Граничные условия на  $\varphi$  имеют вид:

$$\varphi_{AB} = V_s + \ln \left( \frac{n_{AB}}{n_i} \right).$$

Граничные условия изменения концентрации электронов и дырок установлены на основе требований омичности контактов:

$$n_{AB} = N_{AB/2} + \sqrt{N_{AB/2}^2 + n_i^2}.$$

Граничные условия Неймана на величину тока:

$$\left. \frac{\delta I_n}{\delta k} \right|_{\text{гр}} = \left. \frac{\delta I_p}{\delta k} \right|_{\text{гр}} = 0.$$

Обозначения в вышеприведенных математических выражениях:  $n, p$  — концентрации электронов и дырок,  $\varphi$  — электростатический потенциал,  $j_n, j_p$  — плотности электронного и дырочного токов,  $\mu_n, \mu_p$  — подвижности электронов и дырок,  $D_n, D_p$  — коэффициенты диффузии электронов и дырок,  $n_i$  — собственная концентрация носителей,  $N_s, N_a$  — концентрации акцепторной и донорной примесей,  $(G - R)_{th}$  — генерационно-рекомбинационный член Шокли-Риди,  $(G - R)_{Aug}$  — член, связанный с оже-рекомбинацией,  $G_A$  — генерационный член ударной ионизации.

Численное решение данных уравнений методом конечных разностей позволило учесть размерные эффекты, возникающие на коротких каналах. В модели подвижности учтено воздействие продольных и поперечных полей, уменьшающих подвижность, а также эффекты насыщения скорости дрейфа носителей тока и ударной ионизации носителей, проявляющейся при высоких полях в стоковой и затворной области пространственного заряда.

Опытные образцы были изготовлены по «совместимой» технологии, топологическая норма — 1,5; 3,0 мкм. При формировании областей стока, истока, затвора используются операции высокоэнергетичной ионной имплантации с  $E \geq 200$  кэВ и отжиг при низкой температуре. Технологический маршрут формирования структуры включает всего четыре основные операции фотолитографии. Характеристики  $n$ -канальных ПТДПУ-транзисторов с «плавающим потенциалом» показаны на рис. 1 и 2. Транзисторы имели пороговое напряжение  $U_T = 0$ , исходный канал отсутствовал либо был мал. Данные приборы эффективно управляются при низких напряжениях на затворе. Опытные образцы имели высокую крутизну —  $g_m \sim 40$  мкА/В. Приборы  $p$ -канальные с «фиксированным потенциалом» имели пороговое напряжение порядка  $U_T = 1$  В, которое уменьшалось до нуля при изменении потенциала подложки (рис. 3, 4, 5, 6).

Таким образом, разработанные новые полупроводниковые приборы ПТДПУ могут стать перспективной элементной базой кремниевых СБИС. От полевых транзисторов они отличаются отсутствием входного тока в рабочем режиме; от МОП-транзисторов — большой крутизной, стабильностью параметров при коротких каналах, малым уровнем шумов.

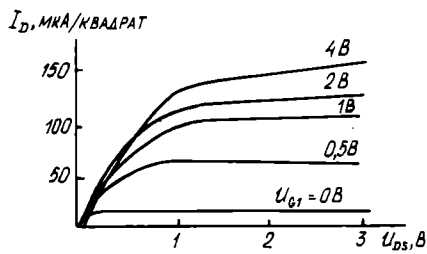


Рис. 1

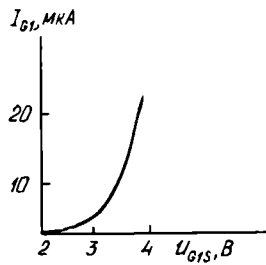


Рис. 2

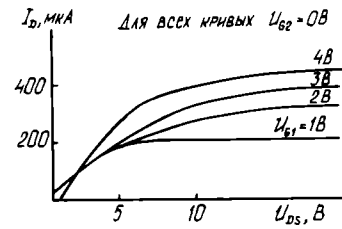


Рис. 3

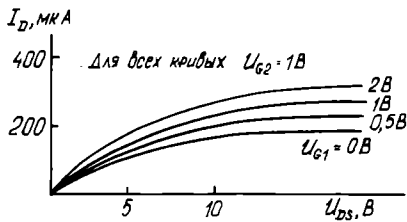


Рис. 4

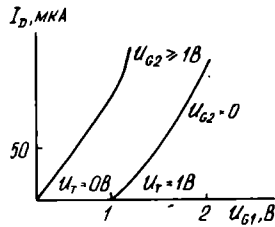


Рис. 5

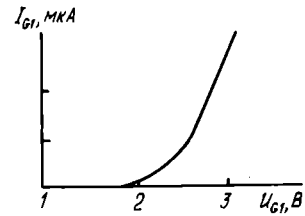


Рис. 6

Рис. 1—6. Входные и выходные характеристики полевых транзисторов с двойным потенциальным управлением (рис. 1, 2 — *n*-канальные транзисторы с «плавающим потенциалом», рис. 3—6 — *p*-канальные транзисторы с «фиксируемым потенциалом»). Обозначения:  $U_{DS}$  — напряжение на стоке;  $U_{G1}$  — напряжение на затворе (входе);  $U_{G2}$  — напряжение на дополнительном затворе;  $I_D$ ,  $I_{G1}$  — ток стока и затвора.

Важным достоинством нового прибора является его интегрируемость с традиционными биполярными и МДП-транзисторами, что расширяет область его применения в микроэлектронных устройствах, в частности в матричных СБИС.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Sakae M., Murase K., Amemiya Y. Self-aligned half-micrometer silicon MASFET's with metallic amorphous silicon gate.— IEEE Trans. Electron Devices, 1986, vol. 33, N 7, p. 997—1004.

2. Короткоканальный кремниевый полевой транзистор с барьером Шоттки, изготовленный с помощью новой технологии самосовмещения.— Дэнси Пусин Гаккай Ромбун Си, 1984, т. G67, № 7, с. 581—587.

3. Арсенид-галлиевые полевые транзисторы с управляющим барьером Шоттки с малой длиной канала.— IEEE Electron Devices Letters, 1985, vol. 6, N 9, p. 471—472.

4. А.с. 1221.690 (СССР). Оpubл. в Б.И., 1986, № 12.

5. Пожелая Ю., Юцене В. Физика быстродействующих транзисторов.— Вильнюс: Монас, Академия Наук Литовской ССР, 1989, с. 76.

6. Зи С. Физика полупроводниковых приборов.— М.: Мир, 1984.— Т. 1, с. 20.

## МНОГОСТАНДАРТНАЯ СБИС КР1051УР1 ДЛЯ РАДИОКАНАЛА ТЕЛЕВИЗОРОВ НОВЫХ ПОКОЛЕНИЙ

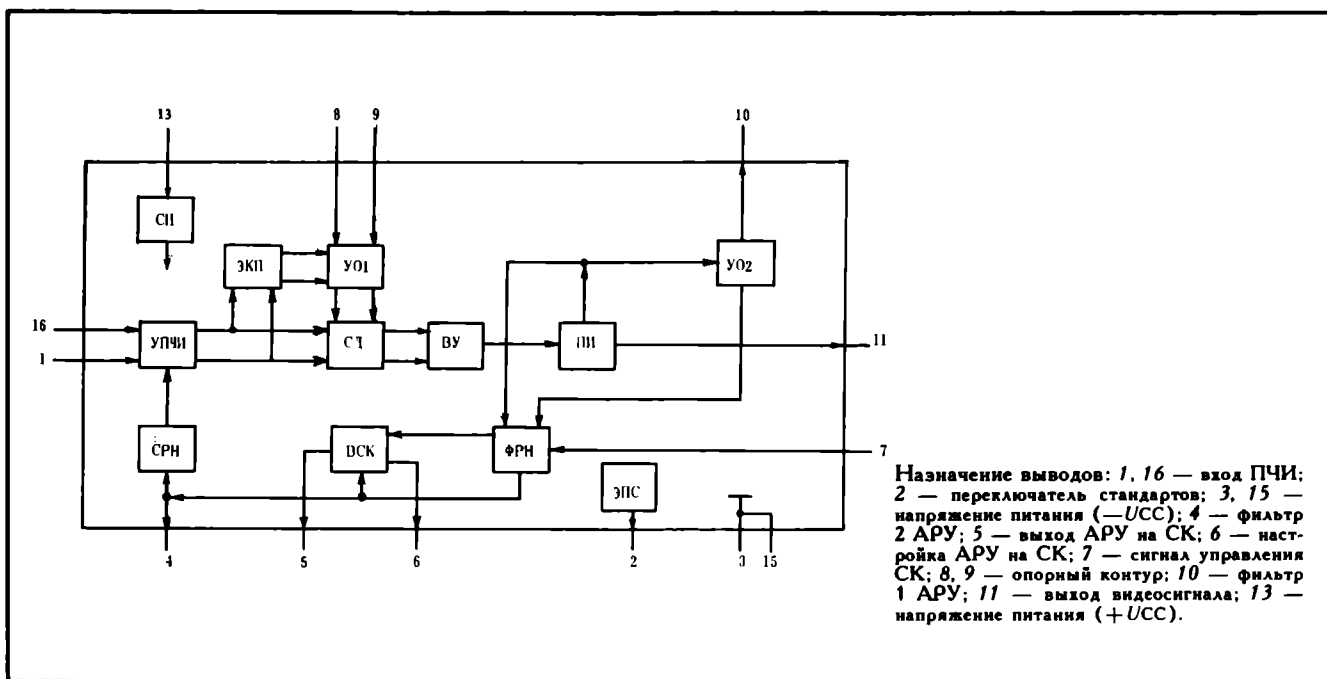
Г.С.Викторов, А.Г.Алехин, А.Е.Мечкаев

Разработка многостандартных микросхем радиоканала телевизора обусловлена необходимостью обеспечения высококачественного приема телевизионных передач различных телевизионных стандартов, действующих в СССР и других странах мира; установлением более тесных контактов по взаимному обмену информацией с зарубежными странами; расширением экспортных поставок телевизоров; появлением спутникового телевидения; распространением кабельного теле-

видения и быстрым развитием передающей телевизионной сети, увеличением мощности передающих станций.

Для создания многостандартного телевизора необходимо прежде всего разработать многостандартный радиоканал, включающий каналы изображения и звука, так как именно в радиоканале сосредоточены все проблемы приема и обработки сигналов различных стандартов телевизионного вещания (в настоящее время в мире действует десять телевизионных стандартов)\*.

\* Сети телевизионного и звукового СВЧ ЧМ вещания. Справочник/М. Г. Локшин, А. А. Шур, А. В. Кокорев и др. — М.: Радио и связь, 1988, с. 134—136.



Разработанная многостандартная СБИС КР1051УР1 предназначена для применения в радиоканале новых перспективных моделей многостандартных аналоговых, аналого-цифровых и цифровых телевизоров с улучшенным качеством цветного изображения и звукового сопровождения телевизионных передач, с реализацией новых дополнительных функций.

СБИС работает практически на все мировые телевизионные стандарты: с негативной модуляцией видеосигнала — восточно-европейский  $D/K$ , западно-европейский  $V/G$ , английский  $I$ , американо-японский  $M$ , южно-американский  $N$ ; с позитивной модуляцией видеосигнала — французский  $L$ .

СБИС выполняет функции усилителя сигнала промежуточной частоты изображения (УПЧИ) с автоматической регулировкой усиления (АРУ), электронного коммутатора полярности сигнала промежуточной частоты изображения (ПЧИ), управления АРУ на селектор каналов (СК). СБИС содержит следующие функциональные узлы (см. рисунок): трехкаскадный широкополосный регулируемый УПЧИ, усиливающий до требуемого уровня в диапазоне частот 30–50 МГц поступающий на вход СБИС (1, 16 выходы) сигнал ПЧИ выбранного телевизионного стандарта; усилитель-ограничитель (УО1), формирующий из усиленного УПЧИ сигнала стабильный по амплитуде и фазе опорный сигнал управления синхронного амплитудного детектора (СД); СД, обеспечивающий демодуляцию видеосигнала; видеоусилитель (ВУ), усиливающий демодулированный видеосигнал; преобразователь импеданса (ПИ), согласующий выход ВУ с реальной нагрузкой; электронный коммутатор полярности сигнала ПЧИ (ЭКП) для обеспечения обработки телевизионных сигналов с негативной и позитивной видеомодуляциями; электронный переключатель стандартов (ЭПС);

систему АРУ, состоящую из усилителя-ограничителя (УО2), схемы формирования регулирующего сигнала (ФРС), внешних емкостных фильтров 1 и 2 АРУ, подключенных к выводам 10 и 4 СБИС, схемы выхода АРУ на СК (ВСК), схемы распределения регулирующего напряжения по каскадам УПЧИ. Стабильность работы каскадов СБИС при изменениях напряжения питания и температуры окружающей среды обеспечивается схемой внутреннего стабилизатора напряжения (СН).

#### Основные электрические параметры СБИС

Напряжение питания, В	10,8–13,2
Ток потребления, мА	35–75
Выходное напряжение видеосигнала, В	
для негативной модуляции	2,50–3,25
для позитивной модуляции	2,35–3,20
Чувствительность, мкВ, не более	150
Диапазон АРУ по напряжению, дБ, не менее	54

СБИС изготовлена по стандартной планарно-эпитаксиальной технологии с изоляцией элементов обратнорасположенным  $p-n$ -переходом, выполнена в стандартном 16-выводном пластмассовом корпусе типа 2103.16-9 с двухрядным расположением выводов. На кристалле СБИС размером 2,8x2,0 мм размещается 383 элемента.

Реализация радиоканала телевизоров на СБИС КР1051УР1 с малым количеством внешних навесных элементов позволяет создать высококачественные, надежные и компактные модули радиоканала перспективных моделей многостандартных телевизоров новых поколений с улучшенным качеством изображения, конкурентоспособных на мировом рынке.

# БИС КР1051УР3 СТЕРЕОФОНИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ТЕЛЕВИЗОРОВ

А.Е.Мечкаев, В.С.Митин, В.К.Абрамов

Возрастающие требования к техническому качеству телевизионного вещания и поиск оптимальных методов повышения качества звукового сопровождения (ЗС) телевизионных передач предполагает использование новых эффективных способов передачи и обработки телевизионных сигналов изображения и звука [1]. Введение стереофонического ЗС повышает естественность и чистоту звучания, расширяет звуковую панораму, улучшает динамичность и эмоциональное воздействие телевизионных передач, прозрачность и богатство тембров [2, 3].

БИС КР1051УР3 предназначена для работы в канале звука перспективных моделей аналоговых, аналого-цифровых и цифровых телевизоров со стереофоническим сопровождением телевизионных передач по западно-европейскому стандарту В/Г с частотной модуляцией двух независимых несущих звука.

Особенностью схмотехнического исполнения БИС (см. рисунок) является наличие двух идентичных симметричных каналов обработки и преобразования поступающих на ее входы телевизионных сигналов вторых промежуточных частот (ПЧ2) звука с частотами 5,5 и 5,742 МГц в низкочастотные (НЧ) звуковые сигналы стереопары, снимаемые с БИС и обрабатываемые далее в стереодекодере.

БИС выполняет следующие функции: усиление и ограничение входных сигналов ПЧ2 звука с частотами 5,5 и 5,742 МГц, частотное детектирование этих сигналов, предварительное усиление и фильтрацию демодулированных НЧ сигналов ЗС, преобразование выходного импеданса для согласования с реальной нагрузкой, электронную коммутацию сигналов ЗС с помощью внешнего управляющего напряжения для реализации стереофонического и монофонического ЗС телевизион-

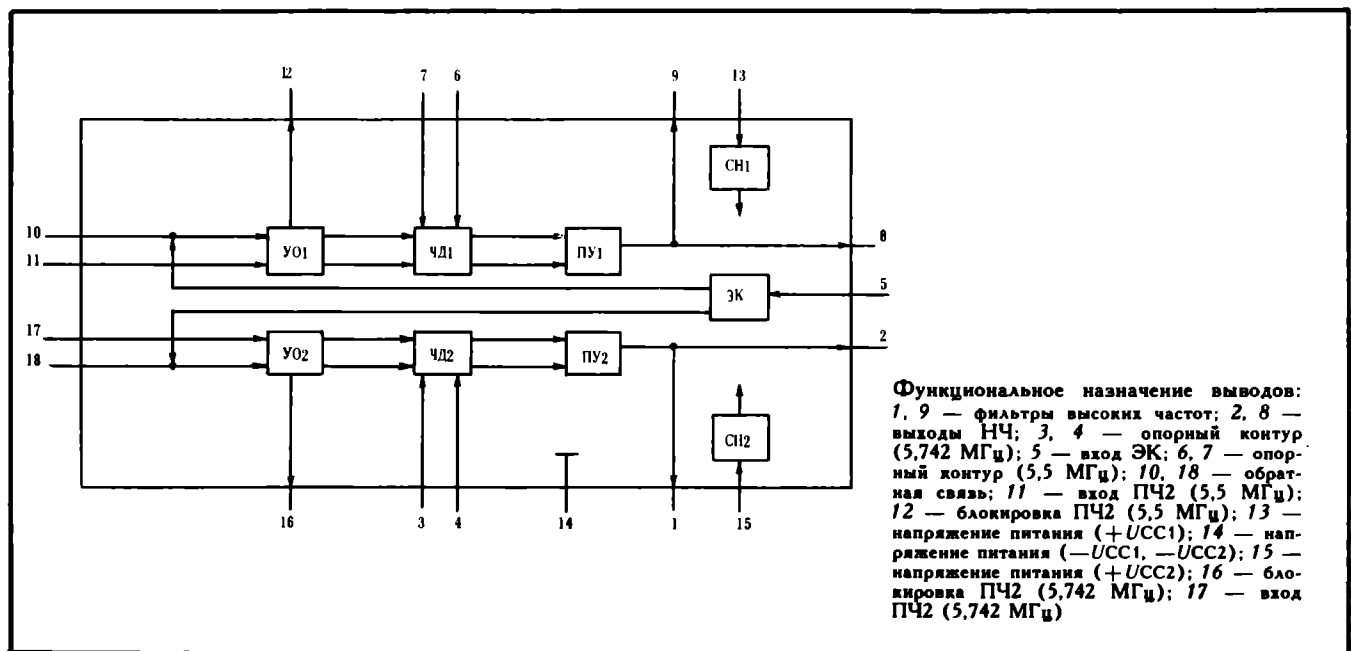
ных передач, блокировку каскадов обработки сигналов ПЧ2 звука при работе телевизора с видеоманитофоном.

БИС КР1051УР3 содержит следующие функциональные узлы: широкополосные восьмикаскадные усилители-ограничители (УО1, УО2) сигналов ПЧ2 звука с частотами 5,5 и 5,742 МГц, обеспечивающие усиление по напряжению (72–80) дБ и формирующие стабильные по амплитуде и фазе управляющие импульсы напряжения для работы частотных детекторов (ЧД1, ЧД2); квадратурные частотные детекторы ЧД1, ЧД2 на базе балансного аналогового перемножителя, подключенные соответственно к внешним опорным резонансным контурам, настроенным на частоты 5,5 и 5,742 МГц; предварительные усилители демодулированных НЧ сигналов ЗС (ПУ1, ПУ2); электронный коммутатор (ЭК) сигналов ЗС; стабилизаторы напряжения (СН1, СН2), обеспечивающие стабильность работы каскадов БИС при изменениях напряжения питания и температуры окружающей среды.

## Основные электрические параметры БИС

Напряжение питания, В	10,8–13,2
Ток потребления, мА	18–30
Выходное напряжение НЧ звука, мВ	450–750
Расхождение выходных напряжений НЧ звука, %, не более	±0,5
Коэффициент гармоник выходных напряжений НЧ звука, %, не более	0,5
Минимальное входное напряжение второй ПЧ звука, мкВ, не более	500
Коэффициент подавления амплитудной модуляции, дБ, не менее	50
Выходной импеданс, Ом	25
Уровень выходного напряжения НЧ звука в режиме блокировки, дБ, не менее	60
Переходное затухание, дБ, не менее	60

БИС изготовлена по стандартной планарно-эпитаксиальной технологии с изоляцией элементов обратнорасположенным *p-n*-переходом. На кристалле БИС размером 2,6x1,9 мм расположено 272 элемента. Конструктивно БИС выполнена в стандартном 18-выводном двухрядном пластмассовом корпусе типа 2104.18–6. Применение БИС КР1051УР3 с малым количеством внешних навесных элементов в типовой схеме включе-



ния позволяет получить высококачественные, надежные и компактные модули звукового канала новых перспективных моделей телевизоров с улучшенным качеством ЗС телевизионных передач, конкурентоспособных на мировом рынке с лучшими моделями зарубежных телевизоров.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. БИС К174УР8 квазипараллельного звукового канала для телевизоров и видеомагнитофонов/А.Е.Мечкаев, Н.А.Ари-

скин, В.К.Абрамов и др.— Электронная промышленность, 1990, вып. 1, с. 50.

2. Ковалгин Ю.А., Однолько В.В. Стерефонический звук в телевизионном вещании.— Техника кино и телевидения, 1984, № 7, с. 35.

3. Кононович Л.М., Ковалгин Ю.А. Стерефоническое воспроизведение звука.— М.: Радио и связь, 1981, с. 6, 7.

## СБИС ЦИФРОАНАЛОГОВОГО ИНТЕРФЕЙСА КР1051ХА8 ДЛЯ ТЕЛЕВИЗОРОВ С ШИНОЙ УПРАВЛЕНИЯ I<sup>2</sup>C

А.И.Сурайкин, А.Г.Алехин, Е.Л.Майоров

Основным направлением развития современного телевидения является применение в аппаратуре микропроцессоров и микроЭВМ, элементов цифровой техники. Для этой цели широко используются стандартные и специальные интегральные схемы для хранения, индирования данных, преобразования цифровых и аналоговых функций [1].

Существуют различные пути сопряжения аналоговых ИС с микроЭВМ. В последнее время получил распространение способ связи с помощью специализированной шины I<sup>2</sup>C, которая состоит из двух линий: по одной передаются последовательно биты данных (SDA), по другой осуществляется синхронизация (SCL).

Микросхема КР1051ХА8 выполняет функции интерфейса, преобразующего цифровую информацию, передаваемую по шине, в аналоговые величины, управляющие яркостью, контрастностью, насыщенностью и звуком в телевизорах цветного изображения (ТЦИ).

В СБИС КР1051ХА8 входят четыре функциональных блока (рис. 1), внешнесинхронизируемый приемопередатчик шины I<sup>2</sup>C (СПП), детектор уровня питающего напряжения (ДУП), блок цифроаналоговых преобразователей (ЦАП0–ЦАП3), блок ключей (К1, К2, К2И).

СПП — основная интерфейсная часть ИС — выполняет следующие функции: побайтную интерпретацию информации, передаваемую по шине I<sup>2</sup>C; хранение информации между циклами перезаписи; формирование сигнала ответа на линии SDA по окончании приема каждого байта информации.

В стандарте шины I<sup>2</sup>C одна команда представляет собой три последовательно передаваемых байта.

Первый байт — байт адреса — производит выборку ИС на шине I<sup>2</sup>C. Второй байт — байт инструкций — определяет функциональный узел (ФУ) внутри ИС. Третий байт — байт данных — задает состояние выбранного ФУ. По окончании приема байта информации ИС КР1051ХА8 вырабатывает "ответ" на линии SDA (на линии SDA формируется сигнал низкого уровня), который служит признаком того, что байт принят и ИС

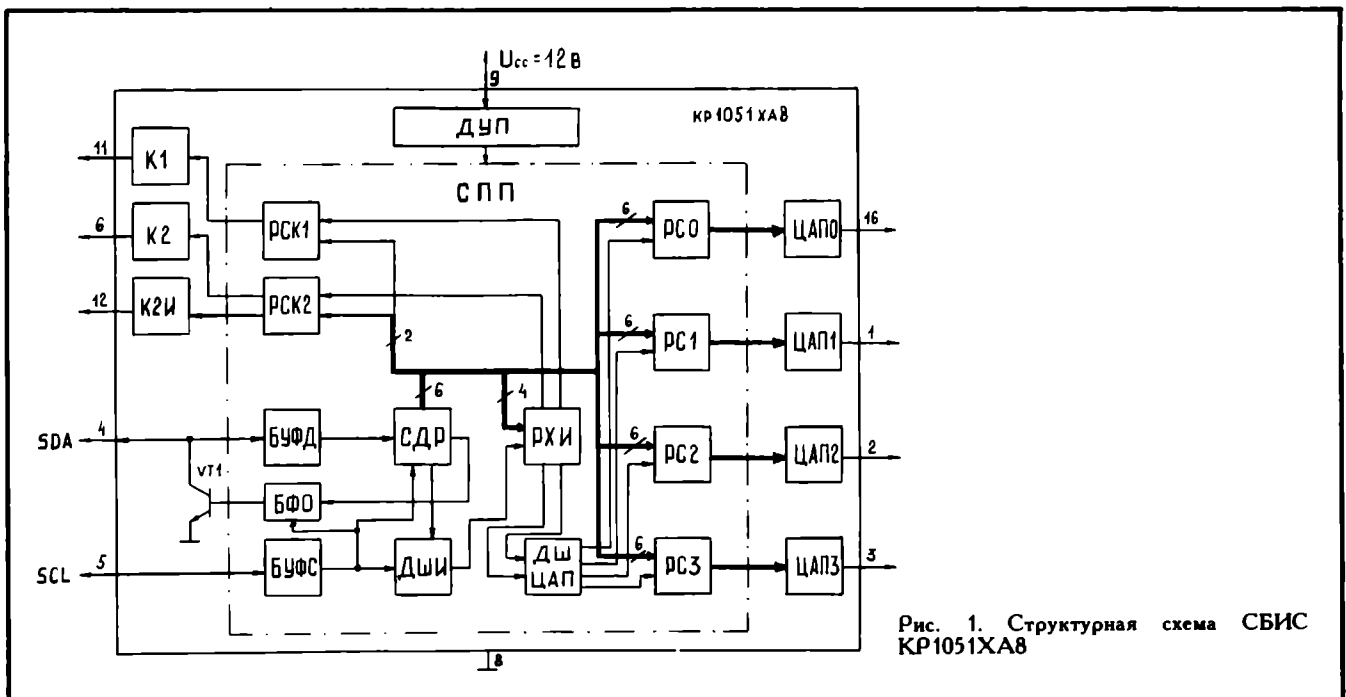


Рис. 1. Структурная схема СБИС КР1051ХА8

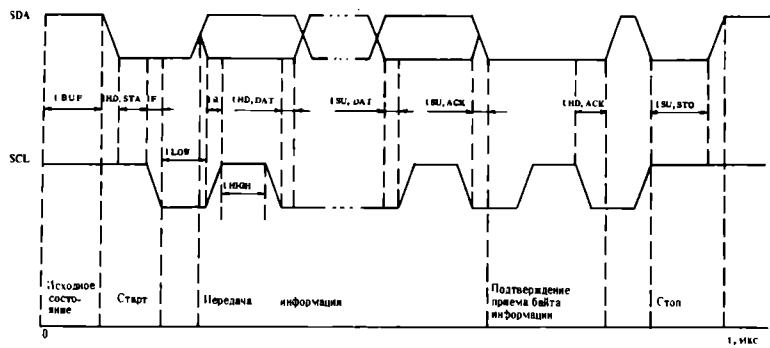


Рис. 2. Временные диаграммы передачи информации по шине I<sup>2</sup>C

готова к приему следующего байта. Если шина работает в синхронном режиме, то контроллер не ожидает ответа от ИС. Все три байта информации передаются в соответствии с алгоритмом работы контроллера шины I<sup>2</sup>C. При этом, для обеспечения устойчивого режима работы, особенно при высокоскоростной передаче информации, в стандарте шины необходимо задать максимальное время на ожидание "ответа" —  $t_{su, ACK}$ , которое обусловлено технологическими и конструктивными параметрами изготовления ИС.

На рис. 2 представлены временные диаграммы передачи информации по шине I<sup>2</sup>C. Для простоты изображен лишь один байт информации, так как передача двух других байтов совершенно аналогична. Максимальная скорость передачи информации по шине составляет 100 Кбит в секунду. Ниже приводятся предельные временные характеристики шины I<sup>2</sup>C.

#### Предельные временные характеристики шины I<sup>2</sup>C

Длительность начальной установки	$t_{BUF}$ , мкс, не менее	4
фиксации условия старта	$t_{HD, STA}$ , мкс, не менее	4
низкого уровня на линиях SDA и SCL	$t_{LOW}$ , не менее	4
высокого уровня на линии SCL	$t_{HIGH}$ , мкс, не менее	4
положительного фронта на линиях SDA и SCL	$t_R$ , мкс, не более	1
отрицательного фронта на линиях SDA и SCL	$t_F$ , мкс, не более	0,3
Время установки данных перед записью	$t_{SU, DAT}$ , мкс, не менее	1
Время записи данных	$t_{HD, DAT}$ , мкс, не менее	1
Длительность формирования сигнала подтверждения на линии SDA	$t_{SU, ACK}$ , мкс, не более	3,5
Время записи подтверждения	$t_{HD, ACK}$ , мкс	0
Время установки условия окончания команды	$t_{SU, STO}$ , мкс, не менее	4

В исходном состоянии на линиях SDA и SCL установлены высокие уровни, соответствующие уровням ТТЛ. Эти сигналы задаются контроллером шины I<sup>2</sup>C и поступают на выводы ИС 4 и 5. Через вывод 4 переда-

ются информационные биты, синхронизируемые сигналом на выводе 5 (см. рис. 1).

Входные буферы данных (БУФД) и синхронизации (БУФС) служат для преобразования ТТЛ — уровней в уровни И<sup>2</sup>Л, так как СПП выполнен на основе интегрально-инжекционной логики.

Информация с линии SDA поступает на сдвиговый регистр (СДР), который состоит из девяти динамических D-триггеров.

По окончании приема байта инструкций, дешифратор инструкций (ДШИ) формирует отрицательный перепад импульса, по которому четыре младших разряда из СДР записываются в регистр хранения инструкций (РХИ).

Возможны два случая:

1. РХИ хранит инструкцию для одного из ЦАП. Адреса ЦАП записываются в инверсном виде.

Эти адреса поступают на дешифратор ЦАП и после записи в СДР байта данных элементы управляющей логики вырабатывают стробирующий сигнал, который активизирует ДШЦАП. При этом ДШЦАП открывает соответствующий регистр состояния (PC0—PC3), в который записываются шесть младших разрядов СДР. ЦАП преобразует эту информацию в уровень постоянного напряжения.

2. РХИ хранит инструкцию для блока ключей. Тогда по окончании записи байта данных производится установка регистра состояния ключа K1 (PCK1) или ключа K2 (PCK2). На выходе ключа K1 будет устанавливаться высокий уровень  $\approx 11,3$  В, а на выходе K2  $\approx 11,9$  В. Ключ K2И формирует инверсное по отношению к K2 состояние.

После приема каждого байта, блок формирования ответа (БФО) вырабатывает сигнал, который открывает транзистор VT1. На линии SDA при этом устанавливается низкий уровень (логический "0").

Детектор уровня питания (ДУП) выполняет функцию начальной установки регистров СПП и, кроме этого, позволяет сохранять информацию в регистрах при снижении напряжения питания до 8 В.

ЦАП формирует выходной сигнал пропорционально "взвешенной" сумме токов [2]:

$$J = 2^5 a_5 J_0 + 2^4 a_4 J_0 + 2^3 a_3 J_0 + 2^2 a_2 J_0 + 2 a_1 J_0 + a_0 J_0,$$

где  $J_0$  — эталонный ток,  $(a_5, a_4, a_2, a_1, a_0)$  — двоичное число, хранящееся в PC0—PC3.

## Основные электрические параметры ИС КР1061ХА8:

Напряжение питания, В	12
Ток потребления, мА	13
Ключ К1: выходной ток в состоянии высокого уровня, мА, не менее	14
Ключи К2, К2И: выходное напряжение в состоянии низкого уровня, В, не более	0,4
ЦАП 0	
максимальное выходное напряжение (выход не нагружен), В, не менее	3
минимальное выходное напряжение (выход не нагружен), В, не более	1,0
наименьшее значение приращения при $I_H = 2 \text{ мА, мВ}$	24–100
ЦАП 1, ЦАП 2	
максимальное выходное напряжение (выход не нагружен), В, не менее	4
минимальное выходное напряжение (выход не нагружен), В, не более	1,7
наименьшее значение приращения при $I_H = 2 \text{ мА, мВ}$	27–120
ЦАП 3	
максимальное выходное напряжение (выход не нагружен), В, не менее	10
минимальное выходное напряжение (выход не нагружен), В, не более	1,0
наименьшее значение приращения при $I_H = 2 \text{ мА, мВ}$	107–350

Следует отметить, что минимальная нелинейность наблюдается при токе нагрузки  $I_H = 2 \div 3 \text{ мА}$  для всех четырех ЦАП. То есть в этом диапазоне тока, нагрузка максимально согласована с выходом ЦАП.

## ЛИТЕРАТУРА

- Федорков Б.Г., Телец В.А. Микросхемы ЦАП и АЦП: функционирование, параметры, применение.— М.: Энергоатомиздат, 1990.
- Быстродействующие интегральные микросхемы ЦАП и АЦП и измерение их параметров/Под общ. ред. А.-И.К.Марцинкявичюса, Э.-А.К.Багданскиса.— М.: Радио и связь, 1988.

# СБИС МУЛЬТИСИСТЕМНОГО ПРОЦЕССОРА ЦВЕТНОСТИ К174ХА32

С.В.Лебедев

В связи с развитием спутникового и кабельного телевидения, распространением многосистемных телевизоров и видеомагнитофонов значительно возрастает потребность в телевизионных приемниках цветного изображения, способных обрабатывать телевизионные сигналы различных систем с автоматическим опознаванием сигналов этих систем. Традиционное построение таких мультисистемных декодеров цветности базировалось до сих пор на применении нескольких интегральных микросхем, каждая из которых использовалась в качестве декодера определенной системы передачи цвета с автоматическим опознаванием системы: так, например, СБИС декодеров цветности К174ХА16,

К174ХА31 для системы SECAM и совместимая с ними СБИС К174ХА28 для системы PAL.

Однако растущая потребность в телевизорах и видеомагнитофонах с многосистемными декодерами цветности диктует экономическую и техническую целесообразность разработки СБИС многосистемного декодера цветности с автоматическим опознаванием систем (PAL, SECAM, NTSC).

СБИС К174ХА32 многосистемного процессора цветности предназначена для работы в блоке цветности телевизоров цветного изображения в качестве декодера цветоразностных сигналов в существующих системах цветного телевидения PAL, SECAM, NTSC 3,58 МГц, NTSC 4,43 МГц с автоматическим опознаванием систем\*.

Структурная схема СБИС К174ХА32 приведена на рисунке. Все функциональные узлы СБИС можно разделить на две группы: блоки, обрабатывающие видеосигнал, и блоки, вырабатывающие управляющие, синхронизирующие и опорные сигналы для первой группы блоков. Видеосигнал обрабатывается внешними полосовыми фильтрами (ПФ) и из него выделяется сигнал цветности. Этот сигнал через вывод 15 СБИС поступает на вход блока автоматической регулировки усиления (АРУ), состоящего из управляемого усилителя (УУ), петли обратной связи (ОС) и фазового детектора (ФД). В блоке АРУ сигнал цветности ограничивается по амплитуде. При этом целевая функция ограничения различна для разных стандартов: для SECAM ограничивается весь сигнал цветности, а для стандартов PAL и NTSC — только вспышка. С выхода блока АРУ сигнал поступает через схему гашения вспышки (СГВ) на выходной усилитель канала задержки (УКЗ) и блок демодуляторов (БД). БД включает в себя три отдельных демодулятора для стандартов PAL, SECAM и NTSC. Получаемые на выходе БД цветоразностные сигналы — (R-Y) и — (B-Y) поступают на выходные каскады (ВК), которые обеспечивают необходимое усиление цветоразностных сигналов, их блокировку при выключении цвета, а для стандарта SECAM — коррекцию НЧ предискажений сигналов. Сигнал цветности с выхода АРУ поступает также и на блок идентификации стандартов (БИ). Этот блок состоит из трех отдельных схем опознавания для стандартов PAL, SECAM, NTSC. С выходов схем опознавания сигналы поступают в цифровой блок выбора стандарта (БВС).

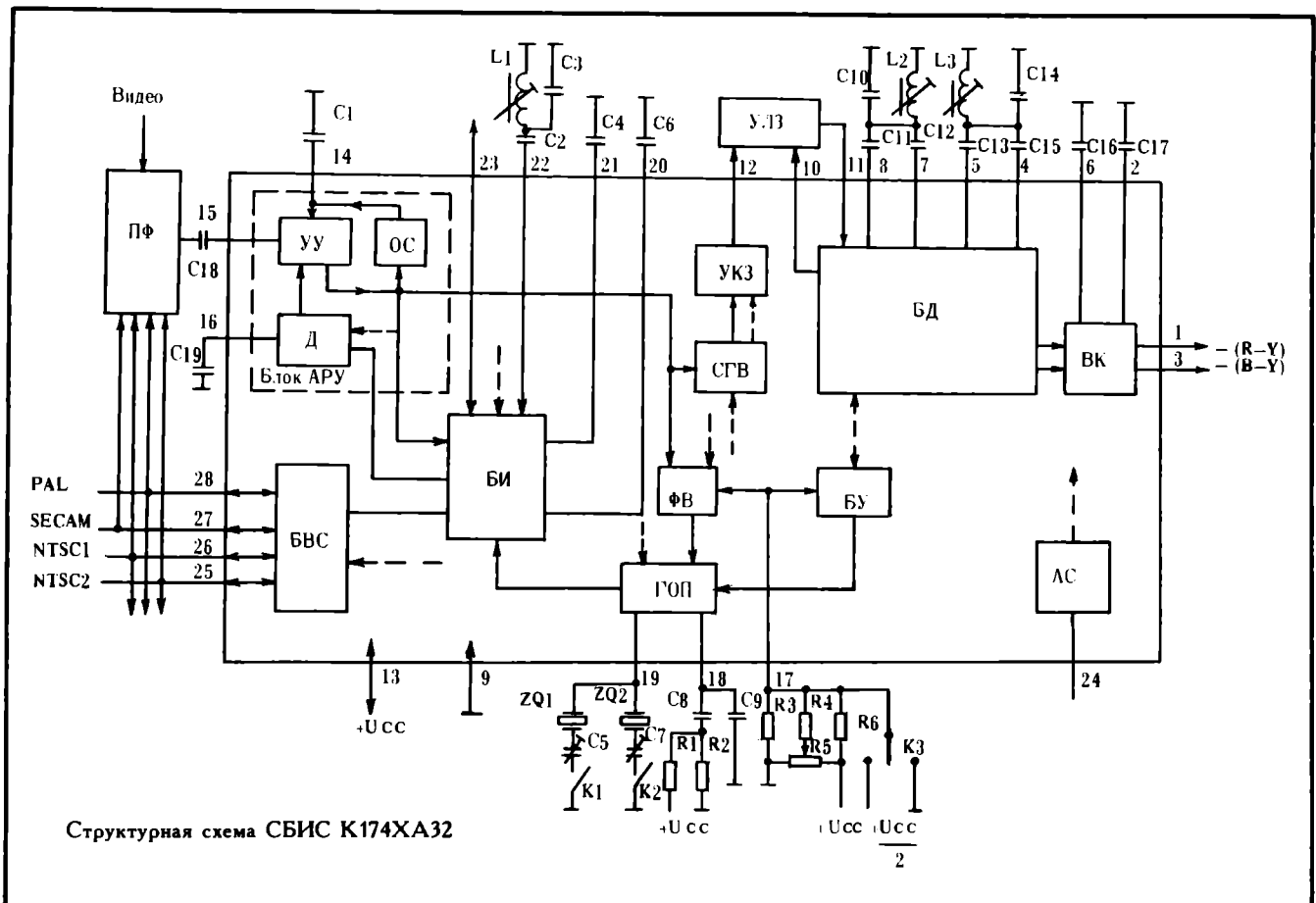
Управляющие сигналы, задающие режимы работы блоков, обрабатывающих сигнал цветности, вырабатываются БВС, а также дополнительным блоком управления (БУ). Сигналы синхронизации выделяются амплитудным селектором (АС) из смешанного сигнала, поступающего на вывод 24 СБИС. Опорная частота для синхронных и фазовых детекторов в БД и БИ вырабатывается генератором опорной поднесущей (ГОП).

Помимо всех вышеперечисленных блоков в СБИС используются различные источники опорного напряжения и тока, необходимые для задания рабочего режима блоков, обрабатывающих сигнал цветности.

## Основные электрические параметры СБИС К174ХА32

Напряжение питания, В	10,8–13,2
Ток потребления, мА	55–75
Размах выходных цветоразностных сигналов в режимах PAL, SECAM, NTSC:	
по каналу (R-Y), В	0,83–1,32
по каналу (B-Y), В	1,03–1,68
Отношение размахов цветоразностных сигналов в режимах PAL, SECAM, NTSC	0,71–0,87
Диапазон регулировки цветового тона в режиме NTSC 3,58 МГц при позитивной и негативной регулировках, град. не менее	30

\* Хохлов Б. Н. Декодирующие устройства цветных телевизоров. — М.: Радио и связь, 1987. — 286 с.



Конструктивно СБИС выполнена в стандартном 28-выводном пластмассовом корпусе типа 2121.28-12. На кристалле СБИС размером 4,65 x 3,50 мм расположено 1474 элемента. К технологическим особенностям формирования структуры СБИС следует отнести использование смешанной технологии, позволяющей формировать на одном кристалле аналоговые и цифровые элементы. За счет введения дополнительной операции базовые области аналоговых элементов и элементов И<sup>2</sup>Л формируются в разных технологических циклах, что является компромиссным решением, удовлетворяю-

щим особенности формирования на кристалле СБИС как аналоговых, так и цифровых (И<sup>2</sup>Л) элементов.

Применение многосистемной СБИС К174ХА32 в телевизорах цветного изображения позволяет уменьшить количество используемых СБИС декодеров, значительно сократить число используемых внешних навесных элементов в типовой схеме включения, существенно упростить модуль цветности и, как следствие, снизить стоимость сборки и регулировки телевизора, повысить надежность его работы.

## СБИС АНАЛОГОВОГО УСИЛИТЕЛЯ ЗАПИСИ- ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ЗВУКА ДЛЯ ПОРТАТИВНЫХ ВИДЕОКАМЕР КФ1053ХА2

**Н.А.Арискин, В.А.Никитанов, В.П.Падеров**

СБИС КФ1053ХА2 представляет универсальную схему усилителя записи и воспроизведения сигнала монофонического звукового сопровождения на видеокассету перспективных видеокамер с помощью магнитной головки.

В состав СБИС входят отдельные каналы записи и воспроизведения звука с электронным переключателем режимов работы "запись" и "воспроизведение" звука, электронная схема "паузы" сигналов и усилитель мощности. Управление электронным переключателем режимов работы и схемой "паузы" осуществляется постоянным напряжением от общего источника питания СБИС. Канал записи имеет внутреннюю схему автоматической регулировки усиления записи, позволяющую без проблем оперативно вести запись с линейного входа или встроенного микрофона видеокамеры.



### Основные электрические параметры СБИС

Напряжение питания, В	6–12
Ток потребления, мА	8–15
Напряжение шумов, приведенное по входу, мкВ, не более	1
Выходное напряжение канала записи, мВ	400
Выходное напряжение канала воспроизведения, мВ	300
Коэффициент гармоник канала записи, %	0,3
Коэффициент гармоник канала воспроизведения, %	0,1
Подавление выходного сигнала в режиме "пауза", дБ, не менее	70

СБИС изготовлена по стандартной планарно-эпитаксиальной технологии с изоляцией элементов обратнорасположенным  $p-n$ -переходом.

Конструктивно СБИС выполнена в 20-выводном стандартном пластмассовом корпусе типа 4321.20 (минидип). Кристалл СБИС размером 3,40x2,55 содержит 349 элементов.

СБИС КФ1053ХА2 может использоваться также в звуковом тракте перспективных моделей видеомагнитофонов и магнитофонов с аналоговой обработкой звуковой информации. Возможность поверхностного монтажа СБИС и элементов схемы включения на плату модуля повышает технический уровень изделия, позволяет создать более технологичные, надежные и компактные узлы портативных видеокамер, видеомагнитофонов и магнитофонов.

## БИС КР1054УР1 УСИЛИТЕЛЯ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИГНАЛОВ ЯРКОСТИ И ЦВЕТНОСТИ ДЛЯ ВИДЕОМАГНИТОФОНОВ

**Е.А.Майоров, Г.С.Викторов, В.К.Абрамов**

Разработанная БИС КР1054УР1 предназначена для применения в канале записи сигнала изображения цветного кассетного видеомагнитофона "Электроника ВМ-20" и других перспективных моделей видеомагнитофонов.

БИС выполняет функции суммирования телевизионных сигналов яркости, усиления полученного частотно-модулированного (ЧМ) сигнала, преобразования его в ток записи, а также коммутации записываемого ЧМ сигнала на первый или второй выходы БИС с помощью внешнего управляющего напряжения. БИС содержит следующие каскады: смеситель сигналов яркости и цветности, предварительный усилитель, усилитель тока записи, электронный коммутатор, стабилизатор напряжения.

### Основные электрические параметры БИС КР1054УР1

Напряжение питания, В	10,8–13,2
Ток потребления, мА	25–50
Размах сигнала цветности, мВ	150–300
Размах сигнала яркости, мВ	200–400

БИС изготовлена по планарно-эпитаксиальной технологии с изоляцией элементов обратнорасположенным  $p-n$ -переходом. К технологическим особенностям изготовления структуры БИС можно отнести использование процесса встречноизолирующей диффузии (ВИД-про-

цесса) для формирования разделительных областей посредством диффузии бора в разделительные дорожки. Применение ВИД-процесса дает следующие преимущества по сравнению с обычной технологией: уменьшение бокового ухода диффундирующей примеси при разделительной диффузии, что позволяет уменьшить размеры изолирующих областей формирования элементов (карманов) БИС, уменьшить линейные размеры элементов и увеличить конструктивные запасы, увеличить плотность упаковки элементов; сокращение времени формирования разделительного слоя; снижение температуры формирования элементов структуры; увеличение пробивных напряжений транзисторной структуры.

Конструктивно БИС выполнена в стандартном 18-выводном двухрядном пластмассовом корпусе типа 2104.18–6. Кристалл БИС размером 1,85x1,85 мм содержит 135 элементов. Применение БИС позволяет заменить построенные на дискретных элементах блоки смесителя сигналов и усилителя записи, выполнить эти блоки на качественно новом уровне, более компактные и надежные.

### ДЕПОНИРОВАНИЕ

*В. Г. Доронин. К решению оптимизационных многокритериальных задач уменьшением числа факторов. – 7 с. (Рукопись деп. в ЦНИИ "Электроника", 1992 г., № Р-5466).*

Предложен метод оптимизации полиномиальных моделей путем уменьшения числа факторов. Метод применим для моделей, включающих более одной целевой функции, каждая из которых зависит от различных переменных аргументов.

*В. Г. Доронин. Оптимизация многокритериальной задачи методом множителей Лагранжа. – 7 с. (Рукопись деп. в ЦНИИ "Электроника", 1992 г., № Р-5465).*

Рассмотрены возможности применения условной оптимизации методом множителей Лагранжа к решению многокритериальной задачи. Условием применения является наличие главного частного критериального показателя качества для технической системы, значение которого нужно оптимизировать, а на остальные частные показатели можно наложить различные ограничения (односторонние и двусторонние).

## ОПТИЧЕСКИЙ СКОРОСТНОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

Оптический скоростной преобразователь предназначен для передачи сигналов управления с центрального пульта на периферийное исполнительное устройство (процессор), обеспечивает гальваническую развязку управляющими и исполнительными схемами. Используется для автоматизации технологического оборудования, а также организации внутриобъектовой связи.

В состав оптического скоростного преобразователя входят малогабаритные квантовые электронные модули: передающий КЭМ-1 и приемный КЭМ-2, волоконно-оптическая линия связи (ВОЛС).

Управляющий электрический сигнал подается на вход КЭМ-1 и преобразуется в оптический, который поступает по ВОЛС на КЭМ-2, осуществляющий обратное преобразование сигналов. Модули устанавливаются на печатных платах. Для уменьшения влияния электромагнитных наводок на схемы и предотвращения механических повреждений КЭМ-1 и КЭМ-2 заключены в экран, соединенный с общей шиной питания.

Оптический скоростной преобразователь имеет два гальванически развязанных входа для ввода цифровых и аналоговых сигналов.

Напряжение питания	±5 В
Цифровой вход	
ток высокого уровня	15 мА
максимальная частота сигнала (при скважности, равной 2)	3 МГц
Аналоговый вход	
минимальный ток	0,15 мА
динамический диапазон преобразования сигнала	30 дБ
максимальная частота сигнала	50 кГц
Выход	
ток низкого уровня	20 мА
частота переключений	
в режиме передачи цифровой информации	3 МГц
в режиме передачи аналоговой информации	0,5 МГц
Температурный диапазон	1—55°C
Габаритные размеры	
КЭМ-1, КЭМ-2	55×40×18 мм
Масса	1 кг

В комплект поставки ОСП входят передающий модуль — 1 шт., приемный модуль — 1 шт., ВОЛС с оптическими разъемами — 20 м.

Цена изделия: партия до 10 шт. — 1500—2000 руб., свыше 10 шт. — 1000—1250 руб.

## ОПТИЧЕСКИ УПРАВЛЯЕМЫЙ СИЛОВОЙ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЬ

Оптически управляемый силовой переключатель предназначен для передачи сигналов управления с центрального пульта на силовые блоки (двигатели, клапаны и т.п.), обеспечивает гальваническую развязку между управляющими и исполнительными цепями. Используется для автоматизации технологического оборудования.

Оптически управляемый переключатель состоит из квантовых электронных модулей — передающего КЭМ-1 и приемного КЭМ-2, волоконно-оптической линии связи (ВОЛС).

Управляющий электрический сигнал подается на вход КЭМ-1 и преобразуется в оптический, который подается по ВОЛС на КЭМ-2, осуществляющий обратное преобразование сигналов.

В конструкции КЭМ-1 два входа — цифровой и аналоговый, гальванически развязанные от электронной схемы КЭМ-1, что обеспечивает подключение к процессору одного или нескольких передающих модулей. Для уменьшения влияния электромагнитных наводок, предотвращения электрического пробоя схем и механических повреждений модули заключены в экран, соединенный с общей шиной питания. Малые габаритные размеры и масса позволяют монтировать непосредственно на платах.

Напряжение питания	
КЭМ-1	—5, +5 В
КЭМ-2	+15 В
Цифровой вход	
ток высокого уровня	15 мА
максимальная частота сигнала	40 кГц
Аналоговый вход	
минимальный ток	0,15 мА
динамический диапазон управления	20 дБ
максимальная частота сигнала	40 кГц
Выход	
максимальное коммутируемое напряжение	300 В
напряжение насыщения	2,5 В
коммутируемый ток	2 А
частота переключений	40 кГц
Габаритные размеры	
КЭМ-1	32
КЭМ-2	120
Масса	1,5 кг

В комплект поставки ОУСП входят передающий модуль — 1 шт., приемный модуль — 1 шт., ВОЛС с оптическими разъемами — 20 м.

Цена изделия: партия до 10 шт. — 1500—2000 руб., свыше 10 шт. — 1000—1250 руб.

## АВТОМАТ УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ А-2

Новый малогабаритный прибор для регулирования освещенности в помещениях: при недостатке естественного освещения включаются источники искусственного света, а когда яркость естественного фона в помещении превышает определенный порог — они отключаются.

Простота конструкции, малые габаритные размеры и масса достигнуты благодаря использованию новых микроэлектронных компонентов.

Автомат состоит из выносного, светочувствительного, миниатюрного и легкого датчика освещенности и силового исполнительного блока, соединенных между собой тонким двужильным экранированным кабелем. К исполнительному блоку может подключаться либо непосредственно источник освещения, либо пусковое устройство, включающее более мощные осветительные приборы. Датчик может находиться на значительном удалении от исполнительного силового блока.

Автомат питается от сети переменного тока 220 В. Обладает высокой надежностью и помехозащищенностью вследствие предотвращения ложного срабатывания при кратковременном изменении освещенности.

Максимальная коммутируемая мощность	1,5 кВт
Порог срабатывания	40—800 Лк
Мощность, потребляемая в дежурном режиме, не более	0,1 Вт
Максимальное расстояние между датчиком и блоком управления,	20 м
Температура окружающей среды	от —20 до 45°С

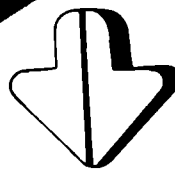
*Цена прибора в зависимости от конструктивного исполнения от 150 до 250 руб. (при поставке малых партий до 50 шт.) и от 100 до 200 руб. (при поставке партий более 50 шт.).*

Возможна организация  
кооперации по совместному  
выпуску и продаже автоматов А-2

# ДЕЛЬТА

Адрес: 105122, Москва, НИИ «Дельта».

НАЛЬЧИКСКИМ  
ЭЛЕКТРОВАКУУМНЫМ ЗАВОДОМ  
И ВНИИЭФ РАЗРАБОТАН



## МАЛОГАБАРИТНЫЙ ИСТОЧНИК ВЫСОКОВОЛЬТНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Предназначен для питания передающих телевизионных трубок типа суперкремникон, включая модульный.

Входное напряжение (регулируемое), В	3—10
Выходное напряжение (пропорциональное входному), кВ	3—10; 6—20
Максимальный ток потребления в высоковольтной цепи, мкА	5
Пульсация напряжения, %	не более 0,002
Ток потребления от источника энергии, мА	60
Масса, г	не более 190
Ориентировочная стоимость, руб.	300

Использование малогабаритного источника высоковольтного напряжения позволит применить в передающих телевизионных камерах, работающих на дюймовых видиконах с магнитными фокусировкой и отклонением луча, (после незначительной их доработки) суперкремникон ЛИ702, получив при этом выигрыш в чувствительности на несколько порядков при хорошем качестве изображения. Разработанные источники питания могут быть применены в различных областях техники, где требуется высокое напряжение.

Обращаться по адресу: 360603,  
КБССР, г. Нальчик, Нальчикский  
электрорадиотехнический завод с СКТБ.

Научно-  
технический  
центр  
«ОПТОНИКА»  
предлагает  
комплект  
«Излучатель-  
приемник»  
для ВОЛС

из спектрально согласованных светоизлучающего диода и фотодиода в оптических разъемах с диаметром сопряжения 2,5 мм, М8×0,5.

Рабочая длина волны 0,8 мкм.

**ИЗЛУЧАТЕЛЬ** — мощность излучения, вводимого в волокно диаметром 200 мкм — не менее 200 мкВт, диаметром 50 мкм — не менее 50 мкВт, время нарастания (спада) — не более 5 нс (при  $I_{пр} = 50$  мА).

**ПРИЕМНИК** — монохроматическая чувствительность на рабочей длине волны — не ниже 0,35 А/Вт, время нарастания (спада) — не более 0,5 нс (при  $U_{обр} = 10$  В).

«ОПТОНИКА» предоставит также оптоэлектронные компоненты для ВОЛС в диапазонах 0,7; 1,33; 1,55 мкм.

Телефон 365-58-56.  
Адрес: 109542, г. Москва, а/я 69,

НТЦ «ОПТОНИКА».

**ВНИИ**  
• **ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ** •  
**И ПО**  
• **ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ** •  
**ПРЕДЛАГАЮТ**  
**НОВЫЙ КЛАСС**  
**ПРИБОРОВ — СИЛОВЫЕ**  
**ГИБРИДНЫЕ**  
**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ**  
**МОДУЛИ (СГИМ)**

на базе полевых транзисторов со статической индукцией (СИТ) и запираемых тиристоров (ЗТ). В едином корпусе прибора объединены переключающие элементы силовой схемы и систем управления, регулирования, диагностики и защиты преобразовательных устройств. Использование СГИМ в качестве новой элементной базы силовой электроники позволит:

- значительно сократить массо-габаритные показатели;
- повысить надежность преобразовательных агрегатов;
- встраивать системы управления в объекты регулирования;
- довести частоту преобразования электроэнергии до уровня 0,5—1 МГц;
- упростить защиту и согласование цепей управления силовых полупроводниковых ключей;
- снизить производственные затраты при серийном выпуске преобразовательных агрегатов, вторичных источников питания, устройств электротехнологии.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	СГИМ	
	СИТ	ЗТ
Максимальное коммутирующее напряжение, В . . . . .	450	—
Номинальный средний ток, А . . . . .	50	—
Время включения, мкс . . . . .	0,02	4
Время рассасывания, мкс . . . . .	3	—
Время спада (выключения) тока, мкс . . . . .	0,2	8
Повторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии, В . . . . .	—	1200
Повторяющийся импульсный запираемый ток, А . . . . .	—	200
Входной ток, мА . . . . .	—	10
Напряжение гальванической развязки, В . . . . .	—	1200
Статическое напряжение, В . . . . .	0,5	1,7
Габаритные размеры, мм . . . . .	102 × 63,5 × 30;	102 × 63,5 × 30

Для поставки небольшой партии приборов или для разработки СГИМ по Вашему заказу обращайтесь по адресу:  
330600, г. Запорожье, ГСП-187, ВНИИ «Преобразователь» телефон: 57-39-28.

## УСТАНОВКА ДЛЯ ОСАЖДЕНИЯ СЛОЕВ АМОРФНОГО КРЕМНИЯ

В.С.Белоусов, Г.Я.Осипенков,  
канд.техн.наук С.В.Петров, канд.техн.наук,  
вед.науч. сотр. Е.Л.Приходько,  
Г.А.Юшенков

Разработанная высокопроизводительная трехкамерная установка для химического осаждения из газовой фазы позволяет получать слои аморфного кремния с улучшенными электрофизическими свойствами.

Установка состоит из трех прямоугольных изолированных камер (загрузочной, технологической и разгрузочной), разделенных между собой герметичными затворами. Первая камера — загрузочная — предназначена для загрузки и обезгаживания подложкодержателя с подложками, представляет собой герметичный объем размером  $650 \times 620 \times 260$  мм, в котором расположены ламповый нагреватель мощностью 5 кВт, транспортер для перемещения подложкодержателя в технологическую камеру; пневмозатвор клиновидного типа с резиновым уплотнением, отсекающий камеру загрузки от технологической камеры. Камера загрузки снабжена средствами откачки (обычно используемое остаточное давление —  $1,3 \cdot 10^{-3}$  Па), системами подачи азота и водорода с регулировкой от РРГ.

Вторая камера — технологическая — представляет собой герметичный объем размером

$650 \times 580 \times 250$  мм с размещенной в нем плоскопараллельной разрядной системой, включающей нижний высоковольтный ВЧ-электрод прямоугольного сечения размером  $400 \times 400$  мм и верхний электрод с резистивным нагревателем, обеспечивающим нагрев расположенного под ним подложкодержателя до номинальной температуры  $300^\circ\text{C}$  и максимальной  $350^\circ\text{C}$  (подложки укладываются в подложкодержатель рабочей стороной вниз). Для отработки технологического процесса предусмотрена возможность контролируемого изменения зазора между ВЧ-электродами в интервале от 5 до 50 мм посредством перемещения высоковольтного электрода без разгерметизации реактора. В рабочей камере также расположен транспортер для перемещения подложкодержателя из камеры загрузки в технологическую камеру и камеру выгрузки.

Для создания в реакторе значительных скоростей газовых потоков в широком диапазоне в установке используется вакуумный агрегат с механическим бустерным насосом производительностью 50 л/сек. Для равномерной откачки по периметру реактора используется специальный экран-обтекатель.

При плазмохимической технологии применяется низкое давление — обычно в диапазоне 1—1000 Па. Если не предпринимать специальных мер по программируемой откачке реакционного объема, турбулентные потоки, возникающие в процессе откачки, переносят твердые продукты, образующиеся на конструктивных элементах

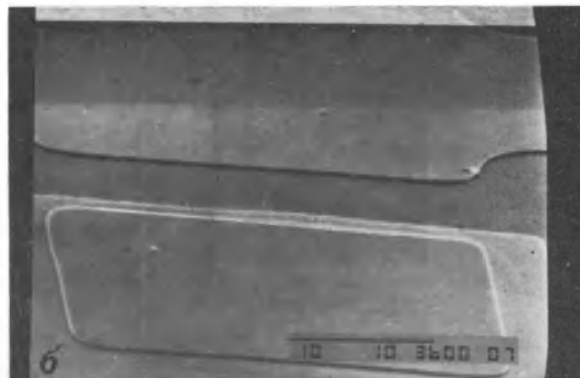
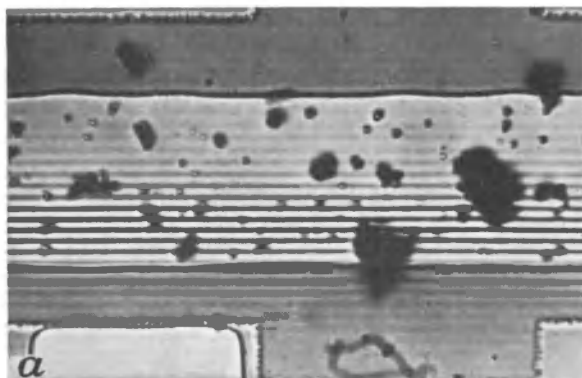


Рис. 1. Типичная морфология пленок аморфного кремния, полученных при турбулентной (а) и ламинарной (б) откачке газов из реактора

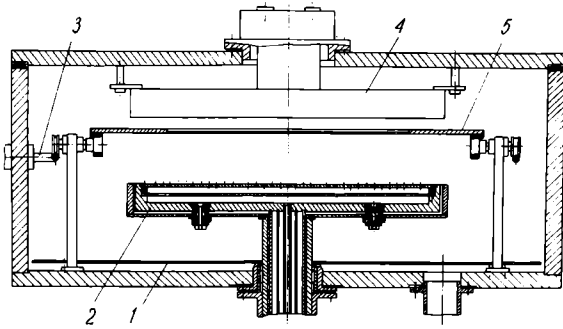


Рис. 2. Элементы конструкции рабочей камеры промышленной установки: 1 — экран-обтекатель, 2 — нижний ВЧ-электрод со встроенной системой газораспределения, 3 — транспортер, 4 — резистивный нагреватель, 5 — подложкодержатель

реактора, на поверхность подложек, что не позволяет получить однородные пленки. Типичная морфология таких пленок показана на рис. 1 а. Плотность точечных дефектов превышает  $150 \text{ см}^{-2}$ .

Исследования на рентгеновском микроанализаторе М-46 типа «Комека» показали, что из всего спектра дефектов выделяются локальные округлой формы, содержащие железо и кремний, имеющие в плане размер от 5 до 15 мкм (при толщине осажденного слоя аморфного кремния 0,1 мкм). По-видимому, железо и кремний в этих дефектах содержатся в виде силицида железа. Откачка газа из реакционной камеры в программируемом режиме уменьшает вероятность переноса микрочастиц кремния и железа на поверхность подложки, и таким образом, обеспечивает улучшение качества осажденных слоев (рис. 1 б).

Отсутствие турбулентных потоков газов в камерах технически обеспечивается регулированием скорости откачки с помощью автоматических поворотных заслонок, а стабильность и воспроизводимость давления рабочих газов в реакторе — автоматическим напуском азота через регулятор расхода.

Равномерность распределения рабочей газовой смеси по площади подложкодержателя определяется конструкцией нижнего ВЧ-электрода, в которой расположена система газораспределения (рис. 2). После смешивания газовых компонентов в коллекторе рабочая газовая смесь поступает в буферный объем, из которого выводится в реактор через прямоугольную систему душирования через 1225 отверстий диаметром 1 мм. Такая геометрия распределения газовой смеси обеспечивает раскрытие газовых струй и их перекрещивание до поверхности осаждения. Конструкция обеспечивает осаждение слоев аморфного кремния на площади  $300 \times 300 \text{ мм}$  с однородностью толщины  $\pm 7\%$ .

Газовая схема установки позволяет формировать рабочие газовые смеси для получения слоев аморфного кремния, двуокси кремния, нитрида кремния и оксинитрида кремния с любым фазовым составом. До смешивания в коллекторе каждый из газовых компонентов доставляется по индивидуальному газовому каналу. Каждый газовый канал включает в себя входной запорный вентиль, регулятор давления, фильтр тонкой очистки, регулятор расхода газа и пневматический клапан.

Третья камера — разгрузочная — предназначена для приема подложкодержателя из рабочей камеры и его охлаждения в среде водорода или

азота. Она имеет транспортер для перемещения подложкодержателя и пневмозатвор клиновидного типа для отсечения объема разгрузочной камеры от технологической. Камера обеспечена автономной форвакуумной откачной системой.

Все узлы трехкамерной установки, имеющие эластичные уплотнительные элементы, охлаждаются водой. Возбуждение ВЧ-разряда в рабочей камере производится устройством на рабочей частоте 13,58 МГц с регулируемой мощностью в диодном зазоре от 0,05 до 0,4 Вт/см<sup>2</sup>. Конструкция установки обеспечивает всесторонний доступ к аппаратуре и коммуникациям для обслуживания, ремонта и настройки.

Трехкамерная промышленная установка получения слоев аморфного кремния имеет следующие преимущества по сравнению с однокамерной:

- повышаются электрофизические характеристики осажденных слоев за счет высокой чистоты реакционной камеры, что достигается предельным обезгаживанием подложкодержателя с подложками в камере загрузки и постоянным поддержанием реактора в вакууме;

- в 2—3 раза повышается производительность установки ввиду автономности работы каждой камеры. Операции медленной откачки загрузочной камеры, обезгаживание подложкодержателя, выгрузка подложкодержателя из камеры выгрузки производятся одновременно с процессом роста слоев аморфного кремния;

- установка позволяет использовать несколько рабочих камер, состыкованных вакуумными затворами, при необходимости реализации технологии многослойных структур на основе аморфного кремния. Так, при изготовлении солнечных батарей на аморфном кремнии установка должна состоять из трех рабочих камер для получения  $p-i-n$ -структур аморфного кремния (рабочее тело фотопреобразователя); при изготовлении управляющих матриц тонкопленочных полевых транзисторов на аморфном кремнии для плоских ЖК-экранов установка также должна содержать три рабочие камеры (для изготовления затворного диэлектрика, аморфного кремния собственной проводимости и аморфного кремния  $n^+$ -типа) и т.д. в зависимости от типа изделия.

## НОВАЯ КНИГА

Румак Н. В. Компоненты МОП-интегральных микросхем/Под ред. А. П. Достанко. — Мн.: Навука і тэхніка, 1991, — 311 с.

Систематизированы современные представления и изложены оригинальные данные о влиянии условий получения на структуру и свойства основных компонентов МОП-интегральных микросхем: кремниевых подложек, подзатворных диэлектриков, пленок затвора межслойной и межкомпонентной изоляции, контактов и межсоединений. Предназначена для научных и инженерно-технических работников, студентов, аспирантов.

ЯРОСЛАВСКОЕ НПО  
«ЭЛЕКТРОПРИБОР»

ФОТОТЕРМИЧЕСКАЯ  
ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ  
СИСТЕМА

# ФТДС-30



ПРЕДНАЗНАЧЕНА ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ И ПОДПОВЕРХНОСТНОЙ СТРУКТУРЫ ТВЕРДЫХ ТЕЛ НА НАЛИЧИЕ В НИХ ТРЕЩИН, РАЗЛИЧНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ, ПОЛОСТЕЙ, ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ, А ТАКЖЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ И ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И ВЫЯВЛЕНИЯ УЧАСТКОВ ПЛЕНОЧНЫХ СТРУКТУР С ОСЛАБЛЕННОЙ АДГЕЗИЕЙ

Область применения — микроэлектроника, приборостроение, машиностроение и металлургическая промышленность.

Принцип действия основан на возбуждении исследуемого образца лучом импульсного лазера и съеме информационного сигнала пьезоэлектрическим датчиком.

Система выполнена в едином конструктиве с согласующим модулем для ввода в ЭВМ. Технический уровень соответствует мировым образцам.

## ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Максимальное пространственное разрешение, мкм	10
Разрешающая способность при выявлении дефекта, мкм	0,01
Время считывания информации, мин	не более 5
Увеличение, крат	3—300
Напряжение питания, В	220 (50 Гц)
Потребляемая мощность, кВт	2
Габаритные размеры, мм	1820×1400×1014
Масса, кг	не более 150

Система поставляется в двух вариантах: ФТДС-30 (цена 250 тыс.руб.) и ФТДС-30, компьютер IBM PC AT/XT, плата цифровой обработки видеосигнала, программное обеспечение (цена 315 тыс.руб.).

Срок поставки по согласованию с заказчиком.

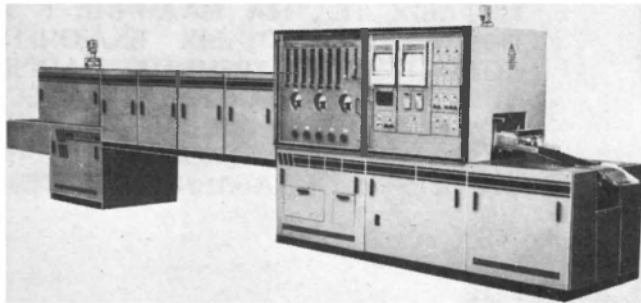
Разработчик и изготовитель —

Проектно-технологический и научно-исследовательский институт (ПТНИИ) Ярославского НПО «Электронприбор».

Адрес: 150000, Ярославль, Советская пл., 1/19.  
Телефоны: 32-95-51, 32-82-25.

# КОНВЕЙЕРНАЯ ЭЛЕКТРОПЕЧЬ «АЛЬТАИР» ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ ИЭТ В ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ СРЕДАХ

И.В.Протопопов, Б.Н.Клепинин,  
В.Д.Кучеров, В.В.Руденок



## Техническая характеристика

Максимальная температура в рабочем канале, °С	600
Погрешность поддержания температуры, °С	±2
Число зон нагрева с независимым регулированием	4
Общая длина зон нагрева, мм	2400
Скорость движения конвейерной ленты, мм/мин	20—300
Ширина конвейерной ленты, мм	250
Проходная высота над конвейерной лентой, мм	75
Рабочие газы	азот, водород, инертные газы, их смеси
Максимальная электрическая мощность, кВт	32
Габаритные размеры, мм	7800×1000×1900

Конвейерная газонаполненная электропечь «Альтаир», разработанная в НИИ «Изотерм» (г. Брянск), представляет собой специализированное термическое оборудование для процессов бесфлюсовой герметизации корпусов ИМС в среде водорода, бесфлюсовой пайки элементов мягкими металлическими припоями и светлого отжига деталей.

В состав электропечи входят: стол загрузки, входная камера, муфель с нагревательной камерой, охлаждающее устройство, стол выгрузки, конвейерная лента сетчатой конструкции с приводным устройством, панель газовой системы, панель управления и контроля. Внутренние поверхности входной камеры, муфеля и охлаждающего устройства герметично соединены между собой и образуют рабочий канал прямоугольного сечения. В продольном сечении рабочий канал имеет два излома («горбатый» тип канала), так, что уровень пода в центральной части выше, чем на краях. Канал данного типа позволяет эффективно удерживать водородную среду внутри рабочего пространства электропечи, снизить вредное воздействие сквозняков на состав газовой среды.

В электропечи «Альтаир» получил дальнейшее развитие принцип блочно-модульного конструирования [1, 2]. Нагревательная камера состоит из 4-х однотипных модулей — зон нагрева. Первые три зоны служат для предварительного нагрева изделий, четвертая — зона пайки.

Нагреватель каждой из зон представляет собой витую спираль из проволоки сплава

X20H80-H [3], уложенную в пазах керамической плиты, и позволяет создать в рабочем канале максимальную температуру 600°C.

Охлаждающее устройство состоит из двух модулей и служит для поддержания заданного режима охлаждения изделий и требуемой газовой среды, для чего тепловоспринимающие поверхности выполнены водоохлаждаемыми и предусмотрена подача водорода в центре холодильного устройства. Это предотвращает подкисление паяного шва. Длина охлаждающего устройства может быть увеличена (по заявке заказчика) от 1770 до 2670 мм, для чего предусмотрена возможность установки третьего модуля. В конструкции модулей охлаждающего устройства предусмотрены окна и соответствующие заглушки, позволяющие производить очистку внутренних полостей рубашек водяного охлаждения, что продлевает срок их эксплуатации.

Чистота газовой среды в рабочем канале обеспечивается эффективной работой газовых (азотных) затворов, размещенных на его входе и выходе, а также возможностью подачи водорода в зону предварительного нагрева, зону пайки и центр охлаждающего устройства.

С целью повышения объективности контроля температуры в зоне пайки, внутрь рабочего канала герметично введен «горячий» спай термoeлектрического преобразователя ТХК.

По сравнению с электропечью аналогичного назначения модели FB-150-Z6-200 фирмы PSE (Франция) [4] электропечь «Альтаир» обеспечивает более высокую производительность термообработки за счет большей шири-



ны рабочего пространства (250 мм по сравнению с 150 мм у аналога).

Компоновка электропечи «Альтаир» и расположение органов управления отвечают современным эргономическим требованиям.

Эксплуатация электропечи возможна как в ручном, так и в полуавтоматическом режимах. Регулирование и поддержание температуры и скорости конвейера с заданной погрешностью осуществляется автоматически по программе с помощью микропроцессорных регуляторов «Протерм-100» и блока ЭПУ2-1-272М. Электропечь оснащена устройствами, сигнализирующими о нарушениях параметров технологического процесса, а также устройствами цифровой индикации температуры в зонах нагрева, и скорости движения ленты конвейера. Кроме того, вышеуказанные параметры фиксируются на диаграммной ленте самопишущих приборов.

При работе электропечи в составе автоматической линии предусмотрена возможность управления от управляющего центра на базе ЭВМ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Фетисов В.Е. Повышение эффективности отраслевого машиностроительного производства.— *Электронная промышленность*, 1987, вып. 9, с. 23—27.
2. Фетисов В.Е. Электронное машиностроение на современном этапе развития.— *Электронная промышленность*, 1989, вып. 7, с. 3—6.
3. Сплавы для нагревателей/Л.А.Жуков, И.М.Племянникова, М.Н.Миронова и др.— М.: *Металлургия*, 1985.— 144 с.
4. Brasage, Soldering reflow furnaces.— Проспект фирмы PCE (Франция), 1989 г.

Статья поступила 19 марта 1991 г.

## ХИМИЧЕСКИ СТОЙКИЙ ТУРБОМОЛЕКУЛЯРНЫЙ НАСОС ТМН-3500Х

А.С.Скоркин, Б.Д.Жлукто, В.Т.Выскуб,  
Ю.П.Маишев, Н.А.Журин, Ю.А.Дмитриев

Внедрение в производство изделий электронной техники новых технологических процессов, таких как реактивное ионно-пучковое и плазмохимическое травление (РИЛТ и ПХТ), связанных с применением химически активных газов  $CCl_4$ ,  $CF_4$ ,  $C_3F_8$  и др., обусловило необходимость создания высоковакуумных средств откачки, в частности турбомолекулярных насосов (ТМН), работающих в диапазоне входных давлений менее 1,0 Па и стойких к воздействию агрессивных сред.

При использовании агрессивных газов наиболее уязвимым узлом серийно выпускаемых отечественной промышленностью ТМН 01АВ-450-003, 01АБ-1500-004, 01ОВ-3500-006 [1] является опорно-приводной узел, в котором смазка подшипников ТМ-1, изготовленная на основе углеводородных соединений, взаимодей-

ствуя с этими газами, быстро разрушается. Подвержен коррозионному разрушению также подшипник из стали ШХ-15 и электродвигатель из трансформаторной стали.

С учетом сведений, полученных в результате анализа отечественной и зарубежной информации, разработан турбомолекулярный насос ТМН-3500Х в химически стойком исполнении (рис. 1). В его основе — техническое решение [2], обеспечивающее ряд преимуществ перед зарубежными конструкциями ТМН и превосходящее известные технические решения в отношении защиты опорно-приводных узлов от воздействия активных компонентов откачиваемой парогазовой смеси.

Вакуумные, массогабаритные характеристики и присоединительные размеры насоса идентичны аналогичным параметрам базовой модели 01ОВ-3500-006 [3]. Насос ТМН-3500Х поставляется и работает в комплекте с серийным блоком питания БП-232М. Защита опорно-приводного узла обеспечивается за счет газовой завесы и "наддува" защищаемой полости нейтральным газом. Устройство проточной части и корпуса заимствовано из базовой конструкции.

Критериями выбора смазки подшипников служили наименьший момент сопротивления вращению ротора и наименьшая температура подшипникового узла в установившемся режиме работы (при термостабилизации). Предъявляемым требованиям в наибольшей степени отвечала смазка ТМФ-1. При ее использовании не увеличивался расход охлаждающей воды и токопотребление электродвигателя по сравнению с базовой моделью.

Существенным преимуществом разработанного насоса перед зарубежными аналогами является меньший — в 3–6 раз — расход инертного газа для защиты опорно-приводного узла от воздействия агрессивных газов [4]. Это предотвратило необходимость использования средств предварительной откачки повышенной мощности. Рекомендуемое оборудование для форвакуумной откачки — два параллельно включенных насоса НВР-16ДМ химически стойкого исполнения. Кроме того, применение в системе напуска защитного газа



Рис. 1. Турбомолекулярный насос ТМН-3500Х



Рис. 2. Установка РИЛТ (внизу слева — насос ТМН-3500Х)

клапана-мембраны в качестве обратного клапана, разделяющего форвакуумную и опорно-приводную полости насоса, полностью защищает (чего нет в зарубежных аналогах) шарикоподшипники от попадания в них твердых механических частиц при напуске в насос атмосферы.

Насос ТМН-3500Х использован в установке РИЛТ, предназначенной для проведения процессов микротравления функциональных слоев на подложках из соединений  $A^{III}B^V$  ионами как инертных, так и химически активных газов (рис. 2).

В состав установки входят блок питания и управления, а также вакуумно-технологический пост, включающий в себя технологическую камеру, четырехпозиционную карусель, многопучковый источник ионов с холодным катодом типа "Радикал М-300" и вакуумную систему. Источник формирует однородный пучок ионов химически активных газов диаметром 300 мм с плотностью тока до  $1 \text{ mA/cm}^2$ .

Вакуумная система обеспечивает откачку технологической камеры до заданной величины давления, напуск в источник ионов рабочего газа, поддержание рабочего давления в технологической камере при травлении, напуск в нее сухого воздуха (азота) после окончания процесса травления.

Измерения зависимости эффективной скорости откачки  $S_{эф}$  технологической камеры от давления в ней (рис. 3) показали, что абсолютное значение  $S_{эф}$  увеличивается на 10–15% при откачке ТМН двумя форвакуумными насосами, а плато кривой расширяется (смещается) вправо (в сторону больших давлений), что позволяет значительно увеличить ионный ток пучка,

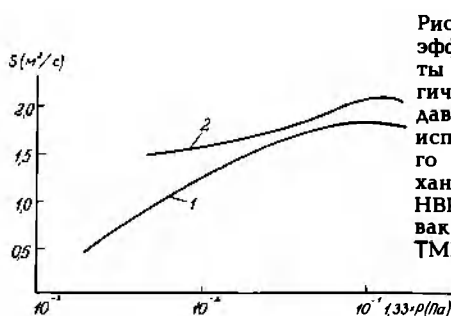


Рис. 3. Зависимость эффективной скорости откачки технологической камеры от давления в ней при использовании одного (1) и двух (2) механических насосов НВР-16ДМ на форвакуумной стороне ТМН

формируемого источником ионов "Радикал М-300". Работа этого источника проверена в диапазоне давлений от  $6 \cdot 10^{-2}$  до  $2,3 \cdot 10^{-1}$  Па.

Проведенные процессы травления структур с размерами до 0,5 мкм в пленках  $\text{SiO}_2$ , Si, GaAs, Ta подтердели высокую точность и воспроизводимость размеров. Скорость и селективность травления сопоставимы с этими параметрами, полученными при использовании такого же источника ионов на установке с откачкой паромасляным насосом.

Эксплуатация установки показала, что ТМН-3500Х сохраняет работоспособность после продолжительной (более 200 ч) откачки продуктов взаимодействия при проведении процессов реактивного ионно-лучевого травления с использованием газов  $\text{CHF}_3$ ,  $\text{CF}_4$ ,  $\text{C}_3\text{F}_8$ .

В связи с тем, что насос ТМН-3500Х в установке предназначен главным образом для откачки агрессивных газов в процессе реактивного ионно-лучевого травления, требующего относительно высокого рабочего вакуума ( $10^{-1}$ – $10^{-2}$  Па), в данной разработке защитные покрытия проточной части насоса не применялись. Однако для использования ТМН-3500Х в процессах плазмохимического травления обеспечить химическую стойкость проточной части можно нанесением на нее фторопластовой пленки из суспензии Ф-2М"СД" ТУ6-05-041-645-77 с последующей ее полимеризацией. Такая технология опробована при модернизации серийного выпускаемого насоса 01АБ-1500-004.

В заключение следует отметить, что насос ТМН-3500Х при условии дресселирования откачиваемого потока на его входе может применяться и для откачки агрессивных газов в вакуум-технологических процессах с повышенными входными давлениями — более  $10^{-1}$  Па.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Скоркин А.С. Научно-технические проблемы создания и эксплуатации современных ТМН и пути их решения.— Вопросы атомной науки и техники. Сер. Общ. и ядерная физика, 1987, вып. 1, с. 21—28.
- А.с. 1418494 (СССР). Турбомолекулярный насос для откачки агрессивных газов/А.С.Скоркин, В.Г.Шугаев, В.В.Редичева, Б.Д.Жлукто.— Оpubл. в БИ № 312308.88.
- Скоркин А.С., Жлукто Б.Д., Шугаев В.Г. Новые разработки современных турбомолекулярных вакуумных насосов.— В кн.: Тезисы докладов V Всесоюзной конференции «Физика и техника высокого и сверхвысокого вакуума» НТО «Приборпром» им. акад. С.И.Вавилова.— Ленинград, 1985. Ч. 1, с. 104—105.
- Каталог фирмы Alcatel Vacuum Technology, 1988.

Статья поступила 10 января 1991 г.

#### НОВАЯ КНИГА

Хруцкий В.Е., Корнеева И.В., Автухова Е.Э. Современный маркетинг /Под ред. В.Е. Хруцкого. — М.: Финансы и статистика, 1991. — 256 с., ил.

Что такое современный маркетинг? Каким образом предприятие может эффективно подготовиться к переходу на рыночные отношения? Как осуществить сегментацию рынка? На эти вопросы можно найти ответы в данной книге. Конкретные методы и приемы анализа рынка в современных условиях показаны на примерах наиболее преуспевающих компаний США, Японии, Западной Европы.

# МИНСКИЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПРИБОР СПЕКТРАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССОВ ПЛАЗМЕННОГО ТРАВЛЕНИЯ ПЛЕНОЧНЫХ СТРУКТУР

ВНЕДРЕННЫЙ НА РЯДЕ ПРЕДПРИЯТИЙ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ, ПРИБОР ОСУЩЕСТВЛЯЕТ СПЕКТРАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ МОМЕНТА ОКОНЧАНИЯ ПЛАЗМЕННОГО ТРАВЛЕНИЯ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ ПЛЕНОЧНЫХ СТРУКТУР, АЛЮМИНИЯ И СПЛАВОВ Al—Si НА УСТАНОВКАХ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ И ГРУППОВОЙ ОБРАБОТКИ ПОДЛОЖЕК.

**ОСНОВНЫЕ УЗЛЫ ПРИБОРА:** оптоэлектронный блок с узкополосными интерференционными светофильтрами, фотозлектронным умножителем, источником высокого напряжения и блок управления модульного типа, встраиваемый в стойку управления установки.

**ОТЛИЧИЕ ПРИБОРА ОТ ИЗВЕСТНЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ УСТРОЙСТВ АНАЛОГИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ:**

— размещение в оптоэлектронном блоке трех интерференционных светофильтров с перестраиваемой длиной волны, что обеспечивает в едином технологическом цикле проведение контроля и управления процессами травления трех и более различных структур. Возможность их точной настройки на контрольную длину волны излучения плазмы повышает надежность и точность контроля и увеличивает срок службы светофильтров. Кроме того, изменение длины волны в максимуме пропускания позволяет использовать светофильтры с большей, чем требуется по технологическому процессу, длиной волны, что расширяет номенклатуру применяемых дорогостоящих интерференционных светофильтров;

— выбор и установка в рабочее положение необходимого по технологическому процессу светофильтра — автоматически по управляющим командам ЭВМ установки или в ручном режиме;

— возможность точной настройки светофильтра на контролируемую длину волны и обеспечение оригинальным схемотехническим решением минимального соотношения «шум—полезный сигнал», позволяющие полностью автоматизировать процесс травления пленочных структур при суммарной травимой площади вплоть до 1—2% от площади подложки;

— оснащение прибора комплектом программного обеспечения, предназначенным для определения следующих основных технических параметров вакуумной системы установки: скорости вакуумирования разрядной камеры до приемлемого остаточного давления за определенное время; скорости натекания в шлюз и разрядную камеру за контрольное время; скорости натекания в реакционную камеру при разгерметизации шлюза. Комплект программного обеспечения используется также для проведения работ по

наладке и регулировке блоков и устройств установки, тестирования и ремонта дискретных и аналоговых устройств блока управления ЭВМ.

Число контролируемых процессов	не менее 3
Тип фотоумножителя	ФЭУ-114
Рабочий диапазон длин волн	200—800 нм
Уровень выходного сигнала	0—10 В
Потребляемая мощность	50 Вт
Напряжение питания	220 В (50 Гц)
Габаритные размеры оптоэлектронного блока	150×150×80 мм
блока управления	100×120×150 мм
Масса	не более 6 кг

Задание уровня чувствительности прибора и времени задержки сигнала на выключение высокого напряжения после стравливания слоя рабочего материала обеспечиваются программным путем. Программа тестирования установки с выдачей информации на экран монитора отработана и внедрена в производство на установке 08ПХО-125/50-008.

Прибор контроля позволяет полностью автоматизировать процессы травления пленок поли-Si, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, SiO<sub>2</sub>, W, V, Mo в плазме SF<sub>6</sub>, SF<sub>6</sub>+C<sub>2</sub>F<sub>3</sub>Cl<sub>3</sub>, SF<sub>6</sub>+N<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub>+O<sub>2</sub>, а также Al и сплавов Al—Si в плазме CCl<sub>4</sub>+N<sub>2</sub>, CCl<sub>4</sub>, SiCl<sub>4</sub>+Ar. Контролируемыми полосами и линиями, адекватно отражающими ход травления пленок поликремния, были: — F<sub>1</sub> (λ=703,7 нм), S<sub>2</sub> (λ=456, 282, 364 нм), Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>—N<sub>2</sub> (λ=580,4 нм), Al—AlI (λ=396,5; 394,4 нм), AlCl (λ=261,0—261,4 нм). Стандартный перепад сигнала для определения момента окончания травления составляет от 2,4 до 7,7 В.

Таким образом, при использовании набора из трех интерференционных светофильтров прибор контроля практически полностью автоматизирует технологические процессы плазменного травления большинства пленочных материалов современных серийных ИС на установках 08ПХО-125/50-008, 08ПХТ-100/10-006, (006М), УТП.ПДЭ-125-009 и других.

А.П.Достанко, М.Н.Босляков, Т.Н.Бондаренко,  
Д.В.Жук, А.А.Зайков, Ю.А.Лопатын,  
О.В.Возный, В.М.Лобан

220600, г. Минск, ул. П.Бровки, 6, МРТИ,  
кафедра ТРЭА, тел. 39-88-60.

# ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МОЛЕКУЛЯРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

И.А.Богонин, акад. К.А.Валиев, И.Е.Гиваргизов,  
В.А.Иошкин, д-р техн.наук А.А.Орликовский

Предложена комплексная методика определения качества подготовки молекулярных источников, в которой анализ адатомов на поверхности кристаллов с помощью оже-спектрометра дополнен измерениями потоков с помощью КМС и анализом химического состава материалов тигля с помощью лазерно-активационной масс-спектропии. Продемонстрировано, как с помощью данной методики определялось качество источников для МЛЭ. Показано, что кроме химического состава пиролитического нитрида бора на газовыделение из тиглей большое влияние оказывает их пористость.

Большое влияние на качество эпитаксиальных пленок полученных методом молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ) оказывают исходные материалы, степень очистки молекулярных источников и камеры. Была проведена оценка качества молекулярных источников с пиролитическим нитридом бора, изготовленным в ГИПХ (г. Ленинград) и на ЭЗНП (г. Черноголовка). Для этого использовались следующие методы:

- определение корреляции между соотношением интенсивности парциальных давлений  $\text{CO}$  и  $\text{Ga}$  в процессе роста и качеством выращенных эпитаксиальных пленок;
- определение с помощью квадрупольного масс-спектрометра и оже-спектрометра состава потока из нагретого до  $1200^\circ\text{C}$  источника;
- определение корреляции между газовой выделением из нагретого источника и содержанием примесей в пиролитическом нитриде бора с помощью лазерно-активационной масс-спектропии.

При работе с квадрупольным масс-спектрометром и оже-спектрометром использовался режим счета электронов (ионов). Этот метод более чувствителен по сравнению с распространенными измерениями в аналоговом режиме [1, 2].

Работа была выполнена на усовершенствованной установке ЭП 1301 АН СССР. Для оже-анализа использовался цилиндрический энергоанализатор зеркального типа выпускаемый КНТЦ «Физик» (г. Алма-Ата), который был состыкован с необходимыми для реализации режима счета электронными блоками. Электронная часть включала в себя усовершенствованные блоки питания электронной пушки энергоанализатора от прибора ЭП1301, разработанный широкополосный усилитель, счетчик и управление разверткой, реализованные в стандарте КАМАК, а также вычислительную машину СМ1420. Оже-спектрометр имеет следующие характеристики: разрешение по энергии в режиме  $dE/E = \text{const}$  не хуже 0,3%; скорость счета на пике кремния (91 эВ) составляет не менее  $2 \cdot 10^4$  имп/с при разрешении по энергии не хуже 0,25%, токе первичного луча электронов 50 нА, фокусе первичного луча 100 мкм, отношении сигнал/шум не менее 100, времени снятия в точке 0,5 с, при одном проходе.

Молекулярный источник устанавливали напротив квадрупольного масс-спектрометра. Образец с помощью манипулятора можно располагать либо

напротив источника, либо напротив оже-анализатора.

Для масс-спектрометрического анализа был использован квадрупольный масс-спектрометр МС 7303 из состава ЭП1301, в котором широкополосный усилитель был заменен на разработанный. Измерения проводились как в типовом ростовом модуле установки, так и в аналитическом.

Были использованы молекулярные источники конструкций 1Г2-967-618 и 1Г2-967-622, изготовленные на ЭЗНП (рис. 1). В обоих случаях источник состоял из танталового нагревателя 1, вольфрамовой термодары ВР-5/20 2, тигля из пиролитического нитрида бора 3, объемом  $20 \text{ см}^3$  при длине 72 мм и диаметре 18 мм, цилиндрических танталовых экранов 4 вокруг тигля. В источнике 1Г2-967-618 использован тигель из пиролитического нитрида бора производства ГИПХ без отбортовки. Его нагреватель выполнен из танталовой проволоки, а первый экран из нитрида бора. В источнике 1Г2-967-622, тигель производства ЭЗНП сделан с отбортовкой, имеет нагреватель самоподдерживающейся конструкции. За счет этого число деталей из пиролитического нитрида бора уменьшено. Детали из пиролитического нитрида бора для источника 1Г2-967-618 были дополнительно очищены по следующей методике:

- трехкратная отмывка в растворе  $\text{H}_2\text{O}_2$  (15%) +  $\text{NH}_3$  (15%) +  $\text{H}_2\text{O}$  (70%). Сопротивление деионизованной воды составляло не менее  $2 \cdot 10^6$  Ом·см;
- кипячение в деионизованной воде;
- сушка в термощкафу при температуре  $120 - 150^\circ\text{C}$ ;
- отжиг в атмосфере кислорода при температуре  $950^\circ\text{C}$  в течение 2 ч;

- отжиг в высоковакуумной печи при температуре  $1600^\circ\text{C}$ . Общее время отжига при температуре не ниже  $1200^\circ\text{C}$  составляло не менее 24 ч, при температуре  $1600^\circ\text{C}$  не менее 6 ч. После вакуумного отжига выполнялся визуальный контроль поверхности деталей.

Детали источника из тантала отжигались предварительно при температуре  $2000^\circ\text{C}$ .

Тигель производства ЭЗНП был очищен по стандартной заводской технологии. Рост арсенида галлия проводился как из источников конструкции 1Г2-967-618, так и 1Г2-967-622; Материалы для роста (мышьяк и галлий) брались с атомарной чистотой не хуже  $1 \cdot 10^{-5}\%$ . Эпитаксиальное выращивание проводилось в технологическом модуле установки ЭА1301. Была определена зависимость интенсивности потока  $\text{CO}$  из источника от концентрации углерода в пленках  $\text{GaAs}$  (рис. 2). Данные измерений газовой выделений с помощью КМС позволяют говорить, что поток  $\text{CO}$  из источника сос-

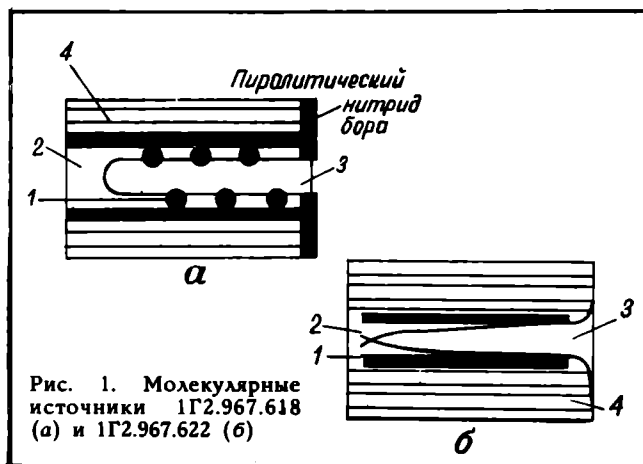


Рис. 1. Молекулярные источники 1Г2.967.618 (а) и 1Г2.967.622 (б)

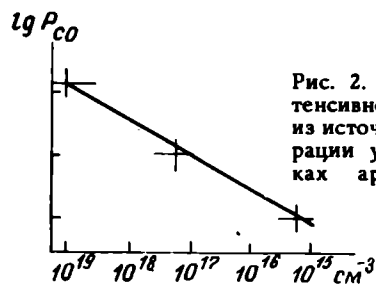


Рис. 2. Зависимость интенсивности потока CO из источника от концентрации углерода в пленках арсенида галлия

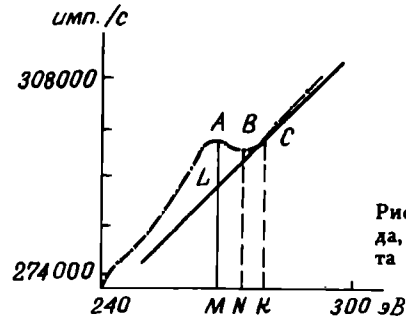


Рис. 3. Оже-пик углерода, снятый в режиме счета электронов

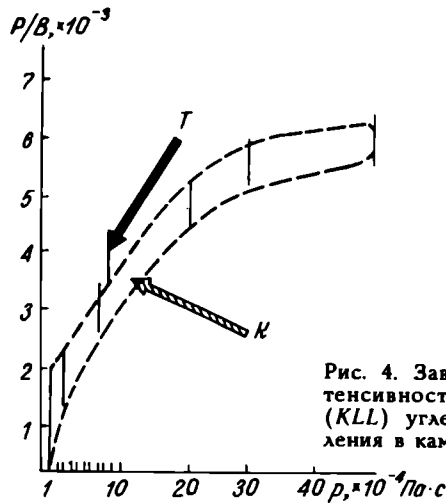


Рис. 4. Зависимость интенсивности оже-пика (KLL) углерода от давления в камере

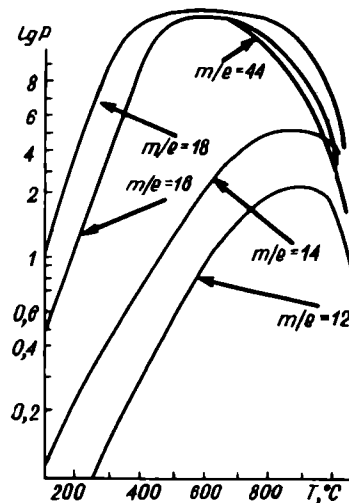


Рис. 5. Зависимость интенсивности пиков масс от температуры источника 1Г2.967.622

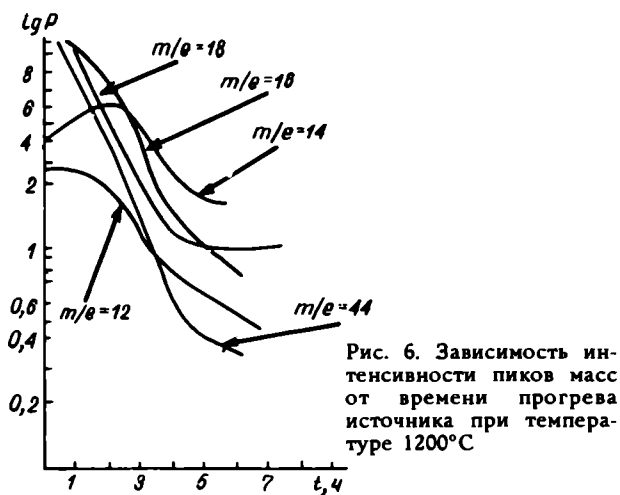


Рис. 6. Зависимость интенсивности пиков масс от времени прогрева источника при температуре 1200°C

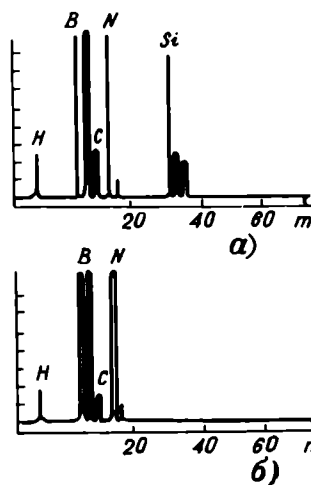


Рис. 7. Спектры газовой выделения, снятые на приборе для лазерно-активационного масс-спектрометрического анализа LAMA1000 с пиролитического нитрида бора производства ГИПХ (а) и ЭЗНП (б)

тавляет от  $1 \cdot 10^{-6}$  до  $5 \cdot 10^{-8}$  Па  $\cdot$  с. Убывание потока произошло после 26 ч работы источника галлия (давление по азоту составляло от  $3 \cdot 10^{-5}$  до  $5 \cdot 10^{-5}$  Па на образце). Расстояние от тигля до образца — 120 мм. Изначально тигель заполнен был на две трети объема.

Чтобы определить, что является источником CO (молекулярный источник или галлий), было проведено измерение с помощью оже-спектрометра количества углерода, осажденного на поверхность (100) кристалла кремния марки КДБ-12, очищенного радиационным нагревом до 1200°C в вакууме, из разогретого до 1200°C пустого молекулярного

источника. Для работы был использован молекулярный источник 1Г2.967.622, предварительно отожженный при температуре 1200°C в течение 24 ч. Оже-спектр был снят в следующем режиме: время счета в точке 0,5 с, шаг по энергии 0,5 В, первичный ток электронов 50 нА, диаметр первичного луча на образце 100 мкм, т.е. плотность тока составляла  $5 \cdot 10^{-4}$  А/см.

Для учета влияния качества подготовки камеры и газовой выделения со стороны стенок, была снята зависимость интенсивности оже-пика (KLL) углерода от давления в камере. Интенсивность пика углерода определялась аналогично работам 3, 4 сле-

дующим образом (рис. 3). Сначала находили точки  $M$  и  $N$ , соответствующие локальным максимуму и минимуму энергии  $A$  и  $B$ . Потом определялась точка  $C$ , так чтобы  $MN=NK$ . В точке  $C$  строилась касательная, по пересечению которой с отрезком  $AM$ , определялась точка  $L$ . Далее вычислялось искомого отношение  $P/B=AL/LM$  и, зная давление в камере и время экспозиции пластины кремния, определялось произведение давления на время.

После этого снималась аналогичная зависимость интенсивности оже-пика углерода от времени экспозиции кремния перед пустым нагретым до  $1200^\circ\text{C}$  источником. При этом вакуум в камере не опускался ниже  $2 \cdot 10^{-7}$  Па. Исходя из давления в камере и времени экспозиции, определялось произведение давления на время. Соответствующая времени  $t$  точка  $T$  нанесена на графике (рис. 4).

Были определены погрешности измерений. Средняя величина ошибки определения отношения  $P/B$  составила 20%. Видно, что данная конструкция тигля является источником углерода в эпитаксиальных пленках. С помощью кривой  $K$  можно оценить коэффициент прилипания для смеси газов  $\text{CO}$  и  $\text{CH}_4$ . Его величина должна составлять  $0,04 \pm 0,02$ . По этой же кривой определяется и предельное значение произведения давления на время, которое можно зарегистрировать с помощью данной методики на приборе ЭП 1301. Оно для вакуумной камеры с давлением не выше  $1 \cdot 10^{-7}$  Па составляет не менее  $3 \cdot 10^{-9}$  Па  $\cdot$  с. В данном случае экстраполяция результатов дает парциальное давление углеродосодержащих газов порядка  $1 \cdot 10^{-7}$  Па.

Газовыделения из источников анализировались также с помощью квадрупольного масс-спектрометра, работающего в режиме счета. Предельная регистрируемая величина потока для используемого прибора составляла около  $2 \cdot 10^{-11}$  Па  $\cdot$  с.

Были определены следующие зависимости интенсивностей пиков масс от температуры источника 1Г2.967.622 при линейном росте температуры со временем (рис. 5) и от времени его прогрева при температуре  $1200^\circ\text{C}$  (рис. 6). Спектры снимались в ростовом модуле установки при охлажденных криопанелях. Видно, что рост парциального давления азота ( $m/e=14$ ) из материала тигля, соответствующий росту температуры тигля, сопровождается ростом парциальных давлений (диапазон давлений от  $1 \cdot 10^{-7}$  до  $1 \cdot 10^{-6}$  Па углеродосодержащих соединений  $\text{CH}_4$  ( $m/e=16$ ),  $\text{CO}_2$  ( $m/e=44$ ), пика  $m/e=12$  и воды ( $m/e=18$ ). Аналогичные результаты наблюдались при отжиге конструкции 1Г2.967.622.

На рисунке 7 приведены спектры, снятые на приборе для лазерно-активационного масс-спектрометрического анализа LAMA 1000 с пиролитического нитрида бора производства ГИПХ (а) и ЭЗНП (б). Оценка чистоты по ним показала для образца а значение не хуже 1 частицы на миллион и для б — не хуже 1 частицы на десять миллионов. При этом для материала б среди загрязнений значительно меньше доля кремния и углерода.

Анализ спектров показывает, что одним из основных источников углерода является молекулярный источник. При анализе спектров квадрупольного масс-анализатора видно, что углерод выделяется в виде соединений с кислородом и водородом. В основном это монооксид углерода (на спектрах 5 и 6 не показан), углекислый газ и метан. С увеличением времени отжига тигля доля монооксида углерода и метана растет. Их давление хорошо коррелирует с давлением азота, выделяемого из пиролитического нитрида бора при нагреве тигля (см. рис. 5, 6). Принимая во внимание данную связь, конструктивные особенности источников (см. рис. 1, б) в камеры ростового модуля (наличие на

торце источника защитных экранов, использование криопанелей) можно сказать, что это газовыделение деталей из пиролитического нитрида бора. Учитывая полученное значение коэффициента прилипания для такой смеси, можно оценить ожидаемый уровень легирования углеродом эпитаксиальных пленок. Для парциального давления порядка  $1 \cdot 10^{-7}$  Па получаем поток  $1 \cdot 10^{12}$  см $^{-2}$   $\cdot$  с $^{-1}$ , что при коэффициенте прилипания 0,04 даст  $4 \cdot 10^{10}$  см $^{-2}$   $\cdot$  с $^{-1}$  и при скорости роста эпитаксиальной пленки 1 монослой/с — уровень легирования порядка  $4 \cdot 10^{15}$  см $^{-3}$ , что совпадает в пределах ошибки 50% с значениями для полученных при таких условиях эпитаксиальных пленок арсенида галлия. Сравнивая результаты анализов с помощью КМС, ПЗА и LAMA1000, можно сделать вывод, что газовыделения в значительной степени связаны с плотностью применяемого пиролитического нитрида бора и его высокой слоистостью. С этим же выводом хорошо согласуется и тот факт, что при нагреве выше  $1200^\circ\text{C}$  выделения углерода на пиролитическом нитриде бора, как правило, образуются между слоями в местах наибольшего растрескивания. Именно для образцов, прошедших без таких потемнений предварительные отжиги до  $1600^\circ\text{C}$ , наблюдалось резкое уменьшение интенсивности газовыделения углеродосодержащих соединений при непродолжительных прогревах на вакууме (см. рис. 2).

Предложенная методика определения газовыделений обладает по сравнению с методиками, рассмотренными в работах [1, 2] большей чувствительностью. Так, плотность тока электронов меньше на два порядка. За счет этого можно существенно понизить электронно-стимулированные процессы на поверхности кремния. Например, при наблюдении поверхности (100) кремния марки КДБ-12 в поглощенных электронах с плотностью тока выше  $1 \cdot 10^{-3}$  А/см $^2$  видны изменения состояния поверхности. Увеличение чувствительности позволило определить влияние камеры на исследуемый процесс.

Авторы выражают большую признательность коллективу сотрудников ОГТ ЭЗНП, сотрудникам ФИАН СССР А.В.Квиту и А.К.Кузакову за содействие в работе.

## ЛИТЕРАТУРА

- Закурдаев И.В., Кобецов Т.Д., Махов И.Е. Применение оже-спектроскопии для исследования молекулярных источников и конструкционных материалов. — Электронная промышленность, 1990, вып. 10, с. 22—25.
- Барбашов М.Ю., Горелик В.А., Протопопов О.Д. Количественный оже-анализ гомогенных систем — Электронная техника. Сер. 8. Управление качеством, стандартизация, метрология, испытания, 1980, вып. 2—3, с. 141—152.
- An important step in quantitative Auger analysis: the use of peak to background ratio/ J.P.Langeron, L.Minel, J.L.Vigner et al.— Surface Science, 1984, vol. 138, p. 610—628.
- Studied by quantitative Auger-analysis using peak to background ratio/ J.L.Vigner, P.Denjeau, J.Le Hericy, J.P.Langeron.— In Proc. 6th ICIF, Stockholm, 1984.

# ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ СТЕНДЫ ДЛЯ ИНДИКАТОРОВ

О.В.Сучков

Стенд для испытаний на безотказность, долговечность и электротермотокковую тренировку управляемых индикаторов ИПВ-73А-5Х7Л и ИПВ-71Б-5Х7Л. В состав индикаторов входят два 14-и разрядных сдвиговых регистра и четыре светодиодных индикаторных матрицы 5×7. Стенд позволяет контролировать электрические параметры и функционирование индикаторов.

## Техническая характеристика

Число одновременно испытываемых индикаторов, шт . . . . . не более 72  
Температура, устанавливаемая в термостате стенда, °С . . . . . 30—90  
Напряжение питания индикаторов, В . . . . . 3,5—5,5  
Параметры импульсов на входах столбцов  
Диапазон регулируемого напряжения, В . . . . . 2,5—5,5  
Частота, Гц . . . . . 1+—0,1;  
100+—10  
Скважность . . . . . 5+—0,5  
Параметры импульсов на входах тактовом и информации:  
Амплитуда, В . . . . . не менее 2,4  
Частота, кГц . . . . . 10+—1  
Скважность . . . . . 2+—0,2  
Параметры импульсов на входе гашения:  
Амплитуда, В . . . . . не менее 2,4  
Частота, кГц . . . . . 10+—1  
Диапазон регулирования скважности . . . . . 1,25—2  
Габаритные размеры, мм . . . . . не более 1000×1000×2000  
Масса, кг . . . . . не более 500

Стенд для испытаний на долговечность индикаторных матриц АЛС340. Осуществляет также контроль функционирования индикаторных матриц.

## Техническая характеристика

Ток подаваемый в сегменты индикаторных матриц, мА . . . . . 5—60  
Емкость загрузки стенда, шт. . . . . 350  
Температура испытаний . . . . . комнатная  
Габаритные размеры, мм . . . . . не более 1000×1000×2000  
Масса, кг . . . . . не более 300

Стенды для испытаний на долговечность знаковосинтезирующих индикаторов. Предназначены для испытаний индикаторов. АЛС321, АЛС324, АЛС333 в количестве 120 шт.; АЛС339 — 240 шт.; КЛЦ202А, КЛЦ302 — 240 шт., а также АЛС321, АЛС324, АЛС333 в количестве 720 шт.

## Техническая характеристика

Ток, подаваемый в сегменты индикаторов, мА . . . . . 1—25  
Температура испытаний . . . . . комнатная  
Габаритные размеры, мм . . . . . не более 1000×1000×2000  
Масса, кг . . . . . не более 300

Стенд испытаний на технологический запас знаковосинтезирующих индикаторов АЛС321, АЛС324, АЛС333, АЛС339, КЛЦ202, КЛЦ302.

## Техническая характеристика

Ток подаваемый в сегменты индикаторов, мА . . . . . 1—100  
Габаритные размеры, мм . . . . . 1000×1000×2000  
Масса, кг . . . . . не более 300

## Производственное объединение «Гранат» предлагает

### магнитомягкие порошки аморфных сплавов для ферромагнитной основы высокочастотных магнитодиэлектриков

Высокая начальная магнитная проницаемость порошков аморфных сплавов, минимальные потери в высокочастотных электромагнитных полях, высокая временная и температурная стабильность магнитных характеристик, а также устойчивость к механическим воздействиям позволяет в 2—3 раза повысить индуктивность и добротность высокочастотных дросселей и микротрансформаторов при использовании порошков в сердечниках и магнитопроводах.

Адрес: 248650, г. Калуга, ПО «Гранат».



7-59-73.

# ОБЪЕКТИВ С ПЕРЕМЕННЫМ ФОКУСНЫМ РАССТОЯНИЕМ «ВИДЕО-В»

А.В.Медведев, Б.С.Касауров,  
А.В.Гринкевич, С.Н.Князева

Разработка малогабаритных объективов с переменным фокусным расстоянием — актуальная задача при создании портативной бытовой видеоаппаратуры. Технические характеристики вариообъективов, разрабатываемых зарубежными фирмами, постоянно улучшаются [1].

Создание объективов с переменным фокусным расстоянием, удовлетворяющих современным требованиям по габаритам и качеству возможно благодаря использованию новых сортов стекол. Построение таких объективов по схеме трансфокатора с механической компенсацией сдвига плоскости изображения [2] позволяет обеспечить небольшие габариты и возможность модификации параметров путем изменения только афокальной насадки переменного увеличения или постоянной, независимо корригированной части.

При проектировании объектива «Видео-В» с переменным фокусным расстоянием для цветной видеокамеры, работающей на ПЗС матрице «Цвет», были заданы следующие характеристики: интервал фокусных расстояний 12—72 мм, относительное отверстие 1:1,4—1:1,7, линейное поле зрения 12 мм, наличие режима макросъемки, частотно-контрастная характеристика (ЧКХ) не менее 40% на частоте 20 лин/мм, масса 0,26 кг.

Объектив «Видео-В» (рис. 1) содержит шесть компонентов. Из них первые четыре (1, 3, 4 и 6) образуют афокальную насадку переменного увеличения.

Изменение ее увеличения в пределах от  $0,36^{\times}$  до  $2,11^{\times}$  происходит благодаря перемещению второго 3 и третьего 4 компонентов по сложному закону.

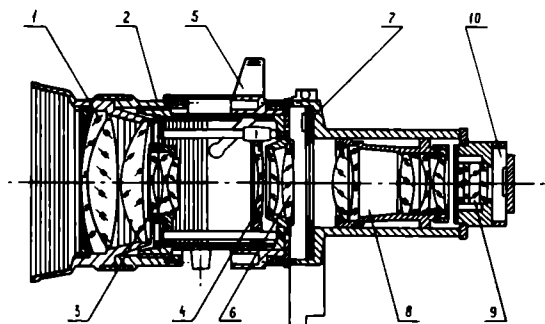


Рис. 1. Объектив «Видео-В» в разрезе: 1 — первый компонент; 2 — шкала дистанций; 3, 4 — соответственно второй и третий подвижные компоненты; 5 — кольцо фокусных расстояний; 6 — четвертый компонент; 7 — диафрагма; 8, 9 — соответственно пятый и шестой компоненты; 10 — узел крепления ПЗС фотоприемника

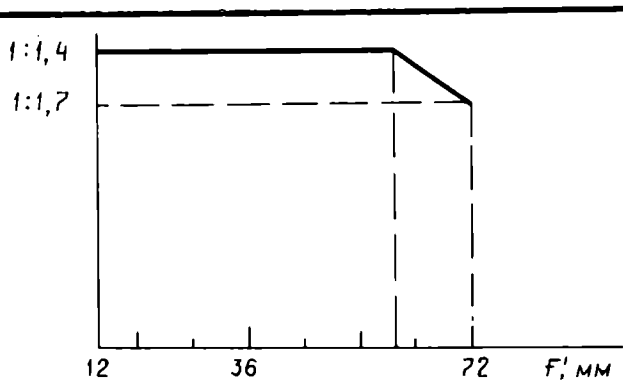


Рис. 2. Изменение относительного отверстия объектива при изменении фокусного расстояния

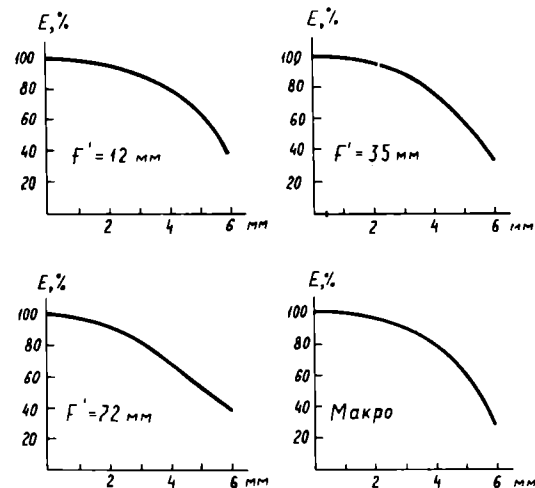


Рис. 3. Падение освещенности по полю изображения для полного относительного отверстия объектива

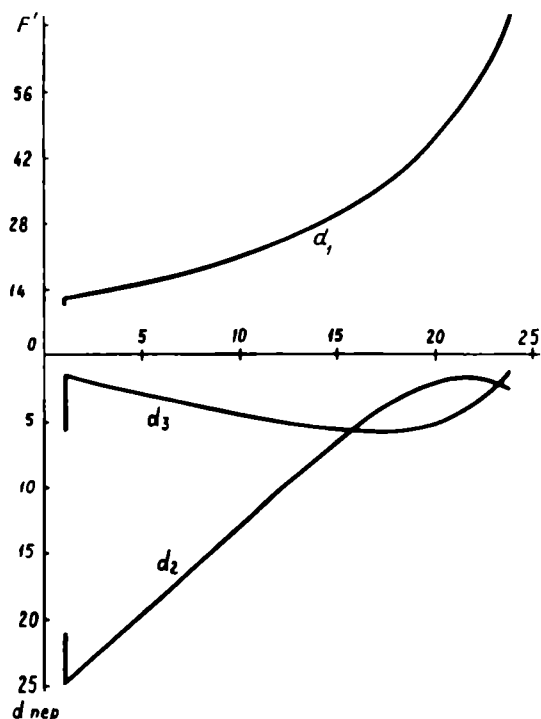


Рис. 4. Зависимость фокусных расстояний и переменных воздушных промежутков  $d_2$  и  $d_3$  от независимого переменного воздушного промежутка  $d_1$



Аберрации объектива

F'	Точка на оси				Точка вне оси					
	tgσ'	S'e	ΔY'e	S'g—S'e	σ <sub>1</sub> /Y <sub>1</sub>	T <sub>p</sub>	Z's	Z'm	Y'-Y' <sub>0</sub> %	Y'g—Y'c
12	0,00	1,407	0,00	-0,106	0°00'	35,43	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,227	1,335	-0,016	-0,032	-15°52'	35,73	-0,036	-0,067	-2,72	-0,061
	0,330	1,449	0,014	0,069	-22°27'	36,37	-0,059	-0,116	-5,46	-0,079
	0,376	1,441	0,013	0,039	-27°30'	37,98	-0,058	-0,188	-7,73	-0,086
35	0,00	1,407	0,00	-0,040	0°00'	114,2	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,227	1,370	-0,008	0,021	-5°21'	118,3	-0,012	-0,004	0,70	-0,003
	0,329	1,472	0,021	0,099	-7°34'	123,9	-0,014	-0,034	1,80	-0,003
	0,374	1,444	0,014	0,108	-9°17'	132,2	-0,002	-0,154	3,61	-0,003
72	0,00	1,407	0,00	-0,008	0°00'	220,6	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,193	1,345	-0,012	0,082	-2°39'	227,5	-0,075	-0,170	1,22	0,065
	0,280	1,450	0,012	0,205	-3°45'	235,7	-0,113	-0,164	2,54	0,091
	0,318	1,546	0,044	0,279	-4°36'	245,5	-0,072	0,317	3,88	0,106
МАКРО	0,00	1,407	0,00	-0,379	0,00	35,16	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,228	1,263	-0,033	-0,302	-13,59	35,59	-0,174	-0,473	-4,69	-0,008
	0,333	1,310	-0,032	-0,203	-18,75	36,45	-0,321	-0,902	-9,86	-0,007
	0,380	1,260	-0,055	-0,179	-22,97	38,03	-0,442	-1,277	-15,73	-0,007

Таблица 2

Аберрации объектива при фокусировке на дистанцию 1,3 м

F'	Точка на оси				Точка вне оси					
	tgσ'	S'e	ΔY'e	S'g—S'e	Y <sub>1</sub>	T <sub>p</sub>	Z's	Z'm	Y'-Y' <sub>0</sub> %	Y'g—Y'c
12	0,00	1,407	0,00	-0,109	0,00	40,71	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,227	1,335	-0,016	-0,036	363,5	41,70	-0,033	-0,064	-2,105	-0,058
	0,330	1,449	0,014	0,065	513,9	43,41	-0,053	-0,136	-3,653	-0,073
	0,376	1,441	0,013	0,038	629,4	47,34	-0,056	-0,425	-3,601	-0,076
35	0,00	1,407	0,00	-0,067	0,00	136,8	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,227	1,363	-0,010	-0,004	119,9	142,1	0,006	0,061	0,571	0,006
	0,330	1,460	0,017	0,075	169,6	149,1	0,036	0,185	1,402	0,008
	0,374	1,429	0,008	0,092	207,7	158,8	0,112	0,459	2,585	0,006
72	0,00	1,407	0,00	-0,121	0,00	290,9	0,00	0,00	0,00	0,00
	0,152	1,299	-0,016	-0,058	59,12	301,3	-0,060	-0,086	1,100	0,082
	0,217	1,281	-0,027	0,022	83,61	313,0	-0,039	0,270	2,085	0,113
	0,245	1,310	-0,024	0,068	102,4	325,3	0,129	1,506	2,728	0,126

Фокусировка обеспечивается передвижением первого компонента 1; величина его перемещения составляет 1,9 мм при изменении дистанции съемки от бесконечности до 1,3 м. Съемка с очень короткого расстояния — 5 мм (режим макросъемки) осуществляется перемещением третьего компонента 4 при неподвижном втором компоненте 3 в положении минимального увеличения афокальной насадки (минимального фокусного расстояния объектива).

Пятый компонент 8 представляет собой независимо корригированный объектив, шестой 9 — ИК-фильтр и оптический фильтр низких пространственных частот (ОФНПЧ), ограничивающий спектр пространственных частот цветодельных изображений. ОФНПЧ состоит из кварцевых пластин с определенной толщиной и ориентацией оптической оси.

Апертурная ирисовая диафрагма 7 расположена между четвертым 6 и пятым 8 компонентами. В ней же — нейтральный фильтр для дополнительного ослабления светового потока при малых диаметрах диафрагмы. Это обеспечивает пределы диафрагмирования до 1:40 и до 0 при полном закрытии диафрагмы.

Габариты объектива невелики: длина от первой поверхности до последней, включая ОФНПЧ — 123,7 мм, максимальный световой диаметр — 43 мм. Вес объектива — 0,258 кг.

Оправы с компонентами перемещаются по стержневому направляющему. Движение им передается от пазового цилиндрического кулачка, точность изготовления пазов которого обеспечивает постоянство положения плоскости изображения с точностью

Расчетные значения полихроматической ЧКХ

$F'$	При фокусировке на бесконечность			При фокусировке на дистанцию 1,3 м		
	в центре изображения	в точке 3,4 мм от центра изображения	в точке 6 мм от центра изображения	в центре изображения	в точке 3,4 мм от центра изображения	в точке 6 мм от центра изображения
12	0,42	0,36/0,39	0,21/0,35	0,34	0,31/0,34	0,10/0,29
35	0,44	0,36/0,41	0,25/0,34	0,31	0,26/0,29	0,25/0,28
72	0,31	0,32/0,27	0,13/0,29	0,21	0,13/0,10	0,10/0,12
МАКРО	0,40	0,39/0,39	0,41/0,42	—	—	—

$\pm 0,02$  мм.

На оправках управления фокусировкой и изменением фокусного расстояния выполнены зубчатые венцы для микросервоприводов. Диафрагма управляется поводом от гальванометрического микросервопривода.

На рис. 2 показано изменение относительного отверстия объектива при изменении фокусного расстояния, на рис. 3 — падение освещенности для трех фокусных расстояний объектива и для режима макросъемки. Рис. 4 отражает зависимость фокусных расстояний и переменных воздушных промежутков  $d_2$  и  $d_3$  от независимого переменного воздушного промежутка  $d_1$  ( $d_1$  — между первым и вторым компонентом,  $d_2$  — между вторым и третьим компонентом,  $d_3$  — между третьим и четвертым компонентом).

Расчетные aberrации объектива при фокусировке на бесконечность представлены в табл. 1, а при фокусировке на конечную дистанцию 1,3 м — в табл. 2. Как видно из таблиц, aberrации меняются незначительно (за счет оптимального подбора марок стекол в первом компоненте).

Линейное поле зрения объектива 12 мм. Расчетные значения полихроматической ЧКХ (спектральный диапазон от 435,8 нм до 656,3 нм) в плоскости Гаусса при максимальном относительном отверстии

и при фокусировке на бесконечность и конечную дистанцию 1,3 мм приведены в табл. 3 (на пространственной частоте 20 лин/мм). Плоскость наилучшей установки сдвинута от плоскости Гаусса на следующие расстояния: — для  $F'=72$  мм на +0,064 мм;  $F'=35$  мм на +0,023 мм;  $F'=12$  мм на -0,005 мм; макро на -0,123 мм.

Конструктивно объектив содержит узел крепления ПЗС фотоприемника 10, а для компенсации разброса положения фоточувствительной площадки ПЗС относительно посадочных плоскостей пятый компонент 8 имеет независимую подвижку вдоль оптической оси в пределах  $\pm 1$  мм.

Объектив должен найти применение во многих изделиях различного назначения. В настоящее время изготавливаются его опытные образцы и ведется подготовка производства к серийному выпуску.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. С а в о с к и н В.М. Объективы с переменным фокусным расстоянием.— Техника кино и телевидения, 1987, № 12, с. 55—61.
2. В о л о с о в Д.С. Фотографическая оптика.— М.: Искусство, 1978.

*Миниатюрные ЛБВ средней мощности  
для исследовательских работ и стендовых  
измерений в кратчайшие сроки может  
разработать и поставить СКБ при заводе «Знамя»*

#### Параметры ЛБВ

Диапазон частот  
Ширина рабочей полосы частот  
Выходная мощность  
Коэффициент усиления  
Масса  
Охлаждение

1—60 ГГц  
до 120%  
до 20 Вт  
до 40 дБ  
не более 0,7 кг  
конструктивное

Адрес: 314002, г. Полтава, ул. Автобазовская, 2/9, СКБ при заводе «Знамя». Тел. 3-85-79.

**Перечень материалов, опубликованных  
в вып. 1—12 научно-технического журнала  
"Электронная промышленность"  
за 1991 год**

	Вып.	Стр.		Вып.	Стр.
<b>ТЕХНОЛОГИЯ</b>					
Использование электронно-лучевых процессов в создании базовых технологий ЭПФЭП. <i>Дудко Г. В., Кулов С. К., Розз Ю. А., Максимова Н. Г.</i> . . . . .	1	41	Основы конструирования прецизионных контактных устройств зондового оборудования. <i>Ярош А. В., Карпович С. Е.</i> . . . . .	10—11	38
Изготовление фотоэлектрических структур с памятью методами фотостимулирования. <i>Виноградов С. Л., Горина Ю. И., Карузский А. Л., Ковалевский В. Е.</i> . . . . .	1	45	Методы и средства метрологической аттестации имитаторов и регистраторов помех для испытаний сборочного оборудования на электромагнитную совместимость. <i>Минченко В. А., Вискушенко А. А., Борейко М. Р.</i> . . . . .	10—11	39
Одностадийное формирование дисилицида титана при импульсной термообработке. <i>Заровский Д. И., Пилепенко В. А., Попов Ю. П., Носенко А. В.</i> . . . . .	1	48	Контактирующее устройство для контроля матриц ЖКЭ. <i>Дмитриев В. К.</i> . . . . .	10—11	58
Формирование силицида титана осаждением из газовой фазы при пониженном давлении. <i>Евдокимов В. Л., Манжа Н. М., Патюков С. И., Приходько П. С.</i> . . . . .	1	50	Тензоэффект для излучения локальных зон механических напряжений в кристаллах БИС после пайки. <i>Горлов М. И., Золотухина О. М.</i> . . . . .	10—11	58
Локальное осаждение пленок вольфрама для многослойной металлизации СБИС. <i>Евдокимов В. Л., Лукьянов Е. В., Манжа Н. М.</i> . . . . .	1	52	Увеличение широкополосности контактных устройств для контроля параметров БИС на пластине. <i>Ярош А. В., Минченко В. А., Кононов В. С.</i> . . . . .	10—11	58
Тенденции развития субмикронной фотолитографии. <i>Фролов В. М., Невский А. Б.</i> . . . . .	2	3	Влияние метода сварки на качество присоединения кристаллов. <i>Рыдзевский А. П., Майракова М. К., Семенов Л. Г., Твердов О. К., Авербах В. И.</i> . . . . .	10—11	62
Оптическая литография в производстве СБИС. <i>Богачев И. Ю., Боков Ю. С., Кустов В. Л.</i> . . . . .	2	11	Повышение качества сварки. <i>Дуброва З. П., Рыдзевский А. П., Свентицкий А. А., Яковлев И. П.</i> . . . . .	10—11	63
Многослойные резистивные системы для сухой микролитографии. <i>Битейкина Л. А., Ляхов М. Н., Паршикова Н. С., Симонов В. В.</i> . . . . .	2	15	Влияние режимов сварки на качество присоединения кристаллов. <i>Дуброва З. П., Рыдзевский А. П., Майракова М. К., Яковлев И. П.</i> . . . . .	10—11	64
Оптимизация процессов получения аморфного кремния. <i>Айвазов А. А., Бодягин Н. В., Приходько Е. Л.</i> . . . . .	2	18	Уменьшение локальных напряжений в кристаллах при сварке. <i>Дуброва З. П., Рыдзевский А. П., Семенов Л. Г., Твердов О. К., Авербах В. И.</i> . . . . .	10—11	71
Стабилизация окисленной поверхности кремния. <i>Денисюк В. А., Попов В. М.</i> . . . . .	2	19	Замена золото-кремниевой эвтектики на сплав цинк—алюминий—германий при монтаже кристаллов. <i>Снесаревский В. П., Хозилов В. С., Чернов В. С.</i> . . . . .	10—11	72
Достижение субмикронного разрешения в проекционной фотолитографии. <i>Фролов В. М.</i> . . . . .	4	33	Влияние материалов крепления кристаллов на их напряженно-деформированное состояние. <i>Дуброва З. П., Рыдзевский А. П., Авербах В. И.</i> . . . . .	10—11	72
Получение слоев GaAs с заданной структурой. <i>Краснов А. А., Акмаров А. А.</i> . . . . .	4	35	Механические напряжения в тонких пленках на кремнии. <i>Дуброва З. П., Рыдзевский А. П., Семенов Л. Г.</i> . . . . .	10—11	73
Сплавы для прецизионных резисторов. <i>Мараканов В. В., Недорезов В. Г.</i> . . . . .	4	40	Замена золота сплавами никеля при монтаже ИС в корпусе. <i>Емельянов В. А., Ланин В. Л., Хмыль А. А.</i> . . . . .	10—11	76
Герметизация интегральных микросхем в металло-керамических корпусах. <i>Катин В. С., Стадник А. А., Чернышев А. А.</i> . . . . .	4	41	Применение покрытий никель—бор при монтаже ИС в стеклокерамические корпуса. <i>Яковлев И. П., Рыдзевский А. П., Майракова М. К., Твердов О. К.</i> . . . . .	10—11	76
Прогнозирование надежности ИС по плотности тока. <i>Бирюлин И. А., Родионов Ю. П., Нестеров Л. А.</i> . . . . .	4	46	Дефектообразование в полупроводниковых и керамических материалах при лазерной размерной обработке. <i>Смирнов С. В., Вологодина Л. И.</i> . . . . .	10—11	77
Моделирование и создание АРМ пучковых технологий и средств контроля. <i>Ермошин С. Н., Колсанов В. В., Кустов В. Л.</i> . . . . .	5	12	Характеристики модифицированного фоторезиста ФП-051МК и результаты его применения в опытном производстве СБИС с 1,2-мкм топологическими нормами. <i>Фролов В. М.</i> . . . . .	12	3
Снижение дефектности кремния с помощью формирования внутреннего геттера. <i>Прокофьева В. К., Никифорова-Денисова С. Н., Макеев М. Х., Сергеева Ж. М.</i> . . . . .	5	16	Создание систем с контактными окнами микронных размеров, сформированных методом лазерной вакуумной литографии. <i>Тоцицкий З. И., Попов Ю. П., Обухов В. Е., Ашейчик С. А., Шаренда А. И., Бокша В. В.</i> . . . . .	12	6
Устройство проверки разновысотности зондов УКФ. <i>Боянков П. В., Завало З. М.</i> . . . . .	5	18	<b>Инновации производства</b>		
Новый метод изоляции элементов ИС для повышения быстродействия и плотности элементов ППЗУ. <i>Старицын В. К., Алексеев Н. А., Дзягилев В. Н., Львович А. А.</i> . . . . .	7	36	Повышение светоотдачи катодолюминесцентных экранов. <i>Саранча Л. А., Трофимова Е. Н.</i> . . . . .	1	54
Новый метод диэлектрической изоляции пассивных и активных компонентов в ГИС. <i>Андреев В. М., Малинин А. А., Тарасов С. В., Тузовский К. А., Ушкар М. Н.</i> . . . . .	7	40	Совершенствование процесса осаждения слоев аморфного кремния. <i>Белоусов В. С., Приходько Е. Л., Подлесный Г. Г.</i> . . . . .	1	56
Оптимизация режимов работы системы обеспечения инертной среды при герметизации ИС. <i>Безрадetskий А. В., Ерошенко Р. А., Воловенко Н. А., Кобзарь С. В., Кочан А. Д.</i> . . . . .	7	42			
Предельные механические характеристики локальнозамкнутого шагового двигателя. <i>Цемкало В. Н., Карпович С. Е.</i> . . . . .	10—11	37			

	вып.	Стр.		Вып.	Стр.
Гидромеханическая отмывка пластин кремния в серийном производстве. <i>Живов М. Д., Богданов Е. И., Репик В. П.</i> . . . . .	1	57	Оптимизация процесса проявления позитивного фоторезиста ФП-051МК. <i>Фролов В. М.</i> . . . . .	9	34
Нанесение толстых пленок методом электрофореза. <i>Борисов А. Г., Чиликина Т. Д.</i> . . . . .	2	23	Экспресс-контроль геометрических параметров детали ЭВП с осевой симметрией. <i>Заморский С. В., Семенов В. Е.</i> . . . . .	9	36
Осаждение пленок оксидов металлов магнетронным реактивным распылением. <i>Фартушная В. М., Фомин А. А.</i> . . . . .	2	24	Очистка ионообменных смол от микроорганизмов в системах финишной подготовки воды марки А. <i>Дударчик А. И., Донвар Н. А., Кисель А. И., Медведева А. Б., Иванов Г. И.</i> . . . . .	9	38
Монтаж кремниевых кристаллов с использованием многослойной металлизации. <i>Полехов В. В., Лебедев С. Л.</i> . . . . .	2	25	Перспективы создания специальной технологической одежды для чистых производственных помещений. <i>Сальников М. А., Смирнов Е. В., Зайцева Г. В.</i> . . . . .	9	40
Усовершенствование способа напайки кремниевого кристалла. <i>Полехов В. В., Лебедев С. Л., Саратовский Н. К.</i> . . . . .	2	26	Электроразрядный детектор аэрозольных частиц для испытания высокоэффективных фильтров. <i>Загнитько А. В., Никулин Е. А., Трощенко Н. М.</i> . . . . .	9	42
Клеящий состав для крепления полупроводниковых пластин. <i>Богданов Е. И., Живов М. Д., Любак Р. В.</i> . . . . .	2	26			
Повышение прочности микросварного соединения. <i>Перельгин Ю. П.</i> . . . . .	2	27	<b>Материалы</b>		
Получение молибдено-медных композиционных материалов и их применение в электронной технике. <i>Пономарев В. А., Сидоров В. А., Демиденко В. В.</i> . . . . .	2	27	Карбид кремния. Состояние и перспективы. <i>Дмитриев В. А., Иванов П. А., Челноков В. Е.</i> . . . . .	5	19
Новый метод оперативного неразрушающего межоперационного контроля. <i>Айвазова Л. С., Брайчевский С. М., Строчков В. И., Ужва В. И.</i> . . . . .	3	94	Металлоорганические соединения особой чистоты для газофазной эпитаксии. <i>Козыркин Б. И., Орлов В. Ю.</i> . . . . .	9	26
Высоковакуумный герметизирующий элемент . . . . .	3	95	Улучшение электрофизических свойств аморфного кремния при термообработке. <i>Айвазов А. А., Будаян Б. Г., Петров С. В., Белоусов В. С., Приходько Е. Л.</i> . . . . .	9	29
Прецизионный гидропривод поступательного перемещения с магнитореологическим распределителем. <i>Анисимов В. В., Дуллин Е. А., Казаков А. Ф., Михайлов В. П., Проньков М. А.</i> . . . . .	3	96	Керамический газовый сенсор на основе трифторида лантана. <i>Бутурлин А. И., Евсеев Н. А., Чахунашвили Г. Б.</i> . . . . .	9	31
Улучшение условий труда на прессовом участке. <i>Савчанчик И. И., Твердовский М. А.</i> . . . . .	3	96	Экономно легированная сталь и ее применение в производстве цветных кинескопов. <i>Яшин В. Н., Филимонов В. Н.</i> . . . . .	12	14
Особенности демонтажа БИС с поверхности плат. <i>Грачев А. А., Рывкин Е. М., Полищук В. В.</i> . . . . .	5	36	Сплавы для высококоэрцитивных постоянных магнитов типа (Sm, Zr) (Co, Cu, Fe) <sub>z</sub> . <i>Дормидантов А. Г., Супонев Н. П., Левандовский В. В., Шаморикова Е. Б., Некрасова Е. М.</i> . . . . .	12	18
Нанесение клеев штыревым аппликатором при поверхностном монтаже. <i>Грачев А. А., Рывкин Е. М., Полищук В. В.</i> . . . . .	5	38	Вакуумные резисты и процессы сухой литографии на их основе. <i>Ляхов М. Н., Мозутов А. Н., Симонов В. В.</i> . . . . .	12	23
Лазерное термоупрочнение пресс-инструмента в производстве ЭЛТ. <i>Емельянов В. А., Кондратенко В. С., Танасейчук А. С., Шершнев Е. Б.</i> . . . . .	6	47	Очистка от загрязнений технологической одежды, используемой в ЧПП высоких классов чистоты. <i>Сальников М. А., Смирнов Е. В., Зайцева Г. В.</i> . . . . .	12	27
Экономия полимерных материалов при изготовлении переменных непроволочных резисторов. <i>Васильев С. И., Горшкова В. А.</i> . . . . .	6	49			
Физико-химический контроль технологического процесса изготовления прецизионных тонкопленочных резисторов. <i>Весновская В. П., Шахверди Н. М., Киселев Н. И., Миклина Г. А., Наумова О. Н., Иванова И. К., Туманов А. А.</i> . . . . .	6	51	<b>Экология и производство</b>		
Улучшение параметров керметных толстопленочных резисторов. <i>Каминская Т. П., Недорезов В. Г., Иванов Г. М., Хуртова Т. А., Камышанский С. И.</i> . . . . .	6	53	Цифровой измеритель-сигнализатор микровлажности технологических газов. <i>Крутоверцев С. А., Штулин В. А., Тарасова А. Е., Тимофеев К. В., Ильинский Д. В.</i> . . . . .	5	26
Использование трибозлектрического способа полировки для изготовления ИС. <i>Клюев В. А., Колобов М. А., Толоров Ю. П., Иванов Л. А., Пачевский В. М.</i> . . . . .	7	46	Диагностирование аэрозоля и очистка поверхностей интенсивными лазерными пучками. <i>Белов Н. Н.</i> . . . . .	5	27
Перспективный метод пайки поверхностно монтируемых печатных узлов. <i>Кириллов Ю. В., Горянина И. И., Свиридов В. А.</i> . . . . .	7	48	Датчики на основе гетерополисоединений для контроля утечек восстанавливающих газов. <i>Крутоверцев С. А., Сорокин С. И., Субочева О. А., Тарасова А. Е.</i> . . . . .	5	29
Повышение надежности соединений в металлостеклянных корпусах ИМС. <i>Емельянов В. А., Михайлов Г. К., Ануфриев Л. П.</i> . . . . .	7	51	Микроэлектронные датчики для контроля влажности. <i>Крутоверцев С. А., Тарасова А. Е., Сорокин С. И., Зорин А. В.</i> . . . . .	5	31
Экологически безопасное плазменное травление кремнийсодержащих материалов. <i>Новожилов А. Ф., Путря М. Г., Рыбачек Е. Н., Чаплыгин Ю. А.</i> . . . . .	8	42	Микробиологические загрязнения в технологии микроэлектроники. <i>Безручко С. М., Елисеева Г. Б., Кузьмин С. М., Назарова Н. В., Просий А. Д., Чайка Н. В.</i> . . . . .	5	33
Контроль качества отмывки поверхности стекла К-8. <i>Жиронкин В. И., Паршин Г. С., Сеин Н. Н., Фроленков К. Ю., Ходырева М. А.</i> . . . . .	8	44			
ГПМ получения эпитаксиальных структур для диодов с барьером Шотки. <i>Кирзон В. С., Глазов В. П., Друзь Б. Л., Никулин Е. А.</i> . . . . .	8	46	<b>Электроника и медицина</b>		
Фотополимерные микрорельефные антибликовые фильтры для средств отображения информации. <i>Ходосевич О. А., Каминский Б. В.</i> . . . . .	8	49	Исследование и разработка новой модели искусственного клапана сердца "Элмак". <i>Агафонов А. В., Добрава Н. Б., Калугин В. И., Козыркин Б. И., Кузнецова Е. И., Пойманова И. А.</i> . . . . .	5	40
Сборка в пластмассовые корпуса матриц с различной многослойной изоляцией. <i>Коваленко М. В., Занковец К. Л., Дроздов В. Н.</i> . . . . .	9	33	Бионическое моделирование воздействия оператора в мм-диапазоне длин волн: устройство и метод инфракрасно-волновой терапии. <i>Колбун Н. Д.</i> . . . . .	5	43
			Использование устройства для локального лазерного облучения экспериментальной язвы желудка. <i>Буданцева С. И., Якушева Е. Н., Звонков В. С.</i> . . . . .	5	45
			Влияние излучения аргонового лазера на регенерацию язвы желудка (эксперимент). <i>Буданцева С. И., Якушева Е. Н., Звонков В. С.</i> . . . . .	5	46

Вып.		Стр.	Вып.		Стр.
<b>ОБОРУДОВАНИЕ</b>					
Установка плазмохимического травления "Электроника ТМ-1102". Сологуб В. А., Гушин О. П., Кохан Н. П., Николаев Ю. Н., Никонов Ю. П., Ячменев В. В. . . . . .		1	28	7	3
Использование установки "Оратория-2М" для получения тонкопленочных резистивных структур. Смирнов А. М., Гневушев В. Л. . . . . .		1	30	7	20
Автоматизированный комплекс оборудования подготовки и монтажа ЭРЗ на печатные платы. Кириллов Ю. В., Пушкин Э. И., Горянина И. И. . . . . .		1	31	8	52
Система активных постов контроля и управления качеством ИЭТ. Туликин В. Д., Никифоров А. П., Назаров С. И., Майбородин А. В., Ерлашов В. П. . . . . .		1	33	8	54
Автоматизированный многопараметровый комплекс для контроля СВЧ синтезаторов частот. Туликин В. Д., Майбородин А. В., Ерлашов В. П. . . . . .		1	35	10-11	3
Измеритель толщины диэлектрических пленок. Журавлев А. А., Попов В. А., Стоянов Ю. В. . . . . .		1	37	10-11	8
Электропривод для установок контроля механических параметров материалов. Старкин В. И., Фалеев М. В., Киселев А. А. . . . . .		1	38	10-11	10
Устройство для контроля микросварных соединений при изготовлении ИС. Позний А. П. . . . . .		1	39	10-11	12
Установка для осаждения слоев аморфного кремния. Белоусов В. С., Осипенков Г. Я., Петров С. В., Приходько Е. П., Юшенков Г. А. . . . . .		12	67	10-11	13
Конвейерная электропечь "Альтаир" для термообработки ИЭТ в водородосодержащих средах. Протопопов И. В., Клепинин Б. Н., Кучеров В. Д., Руденко В. В. . . . . .		12	70	10-11	16
Химический стойкий турбомолекулярный насос ТМН-3500Х. Скоркин А. С., Жлукто Б. Д., Высокуб В. Т., Маишев Ю. П., Журин Н. А., Дмитриев Ю. А. . . . . .		12	71	10-11	18
Оценка качества молекулярных источников. Богони И. А., Валцев К. А., Гиваргизов И. Е., Иошкин В. А., Орликовский А. А. . . . . .		12	74	10-11	23
Испытательные стенды для индикаторов. Сучков О. . . . . .		12	77	10-11	24
Объектив с переменным фокусным расстоянием. Медведев А. В., Касауров Б. С., Гринкевич А. В., Князева С. Н. . . . . .		12	78	10-11	25
<b>Специальное технологическое</b>					
Автоматизация сборки миниатюрных деталей на роторных линиях. Талапан А. И., Антияня А. А., Дегонян А. С. . . . . .		2	50	10-11	25
Несинхронные конвейерные системы. Кулаков А. В. . . . . .		2	51	10-11	29
Электротермическое оборудование для низкотемпературной пайки ИЭТ. Грачев А. А., Ткачев Н. И., Рывкин Е. М., Крупченко Е. П., Кисильченко И. Н., Мизашко В. А. . . . . .		2	52	10-11	29
Многокамерное оборудование для металлизации СБИС в вакууме. Одинокоев В. В. . . . . .		5	3	10-11	32
Электронно-лучевая вакуумная установка "Электроника ТМ-1205". Беденко В. В., Беляков А. И., Майоров А. А., Мирошкин С. И., Одинокоев В. В., Рагузин В. Д. . . . . .		5	5	10-11	32
Вакуумная установка импульсной термической обработки ИТО-18МВ. Светличный А. М., Сеченов Д. А., Бурштейн В. М., Воронцов Л. В., Поляков В. В., Соловьев С. И., Агеев О. А. . . . . .		5	6	10-11	33
Интегрально-оптический фазовый модулятор ФМ-2 для интерферометров Майкельсона и Самьяка. Багликов В. Б., Иодко Н. В., Колчин В. В., Краснопецева О. Н., Никишин В. И., Петрова Т. В. . . . . .		5	8	10-11	36
Контактные устройства УКФ-520 и оборудование для их сборки. Богданов В. Н., Боянков П. В., Гунчи О. И., Завало З. М., Кононов В. С. . . . . .		5	9	2	57
Установка ионно-стимулированного осаждения. Горбунов И. С., Зенкевич А. В., Колосов Ю. Н., Неволин В. Н., Хабелашвили И. Д. . . . . .		5	10		
Лазерные источники, материалы и оборудование для лазерографии. Васенков А. А., Гукетлев Ю. Х., Гарицын А. Г., Потанов С. Е. . . . . .				7	3
Датчики оперативного технологического контроля процессов нанесения и травления пленок. Демидов Ф. П., Аммосова Л. М. . . . . .				7	20
Установка плазмохимического осаждения и травления полупроводниковых и диэлектрических слоев. Кудряшов Б. Г., Литвиненко С. А., Юдин В. С. . . . . .				8	52
Стол для точного позиционирования полупроводниковых пластин. Чуприн В. Д., Демидов И. И. . . . . .				8	54
Двухкоординатный стол для сборки и контроля деталей. Несвижский В. Б., Тюлин В. А., Фефер А. И. . . . . .				8	54
Состояние и перспективы развития сборочного оборудования. Зенькович А. В., Школык С. Б. . . . . .				10-11	3
Высокопроизводительное сборочное оборудование для массового производства транзисторов. Иваш А. М., Смирнов В. А., Черкасов В. М. . . . . .				10-11	8
Выбор оборудования и структуры модуля разделения пластин — ключ к автоматизации последующей сборки. Зенькович В. А., Караев А. Л., Ярош А. В. . . . . .				10-11	10
Новое поколение сварочного оборудования для сборки БИС массовых серий. Шуньков С. И., Нестерович А. В., Твердов О. К., Школык С. Б. . . . . .				10-11	12
Новое оборудование для сборки многокристалльных модулей. Губич Л. И. . . . . .				10-11	13
Автоматизированные комплексы оборудования для сборки многокристалльных модулей. Лифлянд В. Н., Свириденко А. П., Афанасенко А. В., Николенко С. В. . . . . .				10-11	16
Модификации автоматов присоединения кристаллов ЭМ-4085. Барбарчук Д. В., Большаков Ю. В., Бондаренко С. Н., Журавлев Б. Я. . . . . .				10-11	18
Особенности технологии и оборудования сборки многовыводных БИС. Рыдзевский А. П., Твердов О. К., Школык С. Б., Шуньков С. И., Яковлев И. П. . . . . .				10-11	23
Универсальное оборудование для присоединения выводов уменьшенного и увеличенного диаметров. Мазаник В. М., Романенко А. Н., Шевцов В. В., Булыгин А. В. . . . . .				10-11	24
Устройство ультразвуковой микросварки. Озер Ю. Н., Белкин В. М., Беляков А. И., Рыдзевский А. П., Акимов В. Н. . . . . .				10-11	25
Инструмент для микросварки. Ананич Г. В., Рыдзевский А. П., Твердов О. К., Яковлев И. П. . . . . .				10-11	25
Проблемы и возможности машинного зрения современных автоматов присоединения проволочных выводов. Битко Л. Г. . . . . .				10-11	29
Быстродействующая модульная система технического зрения. Урбанович В. К. . . . . .				10-11	29
Модификации автомата присоединения выводов мощных транзисторов ЭМ-4140. Твердов О. К., Мазаник В. М., Бусел В. В., Вертинский В. Ф., Лобунец А. В. . . . . .				10-11	32
Комплект лазерного технологического оборудования для обработки подложек ГИС. Вертинский Ю. Ф., Гайдук В. Я., Гронский С. И., Корнилов А. В., Радковский С. Г., Ретюхин Г. Е. . . . . .				10-11	32
Автомат герметизации ИС контактной роликовой сваркой в МКК и МСК в ленточном носителе. Федоренко А. В. . . . . .				10-11	33
Ультразвуковой генератор нового поколения. Козич А. А., Гавриленко А. И. . . . . .				10-11	34
Интегральные датчики для специального технологического оборудования. Буслова О. Н., Жуков В. В., Малащук И. В., Акимов В. Н. . . . . .				10-11	36
<b>Контрольно-измерительная аппаратура</b>					
Диагностический контроль биполярных транзисторов по электрофизическим параметрам в условиях массового производства. Рыскин Е. З., Тимохин И. П. . . . . .				2	57

	Вып.	Стр.		Вып.	Стр.
АТМ для оперативного контроля полупроводниковых структур. <i>Гурский Л. И., Покрышкин А. И., Кучун К. К., Шишмолин В. Н.</i> . . . . .	2	59	Фотоакустическая микроскопия как средство диагностики и неразрушающего контроля. <i>Рабодзей Н. В., Борисов В. А., Авербах В. И., Рыдзевский А. П.</i> . . . . .	10-11	50
Автоматизированная установка для измерения параметров приемных устройств. <i>Козлов В. В., Назаров С. И.; Стаценко Н. И., Мутовалов В. Я., Туликун В. Д.</i> . . . . .	2	60	Диагностирование микросварных и микропаяных соединений СБИС методом фотоакустической микроскопии. <i>Авербах В. И., Рабодзей Н. В., Рыдзевский А. П., Зенькович В. А., Твердов О. К., Школык С. Б.</i> . . . . .	10-11	52
Стенд для испытаний микросхем. <i>Бидный Д. И., Демьянчук Т. М., Прокопиев М. Д.</i> . . . . .	2	63	Контроль качества монтажа кристаллов фотоакустическим методом. <i>Бальвас Н. Н., Авербах В. И., Дуброва З. П., Майракова М. К., Рыдзевский А. П., Борисов В. А.</i> . . . . .	10-11	54
Устройство функционального контроля СБИС ОЗУ. <i>Тогидный О. Б., Губаревич И. А., Баринев В. В.</i> . . . . .	2	64	Контроль качества эвтектической пайки кристаллов методом лазерной интерферометрии. <i>Майракова М. К., Дуброва З. П., Рыдзевский А. П., Авербах В. И., Твердов О. К.</i> . . . . .	10-11	55
Автоматизированные установки измерения параметров пирозлектрических приемников УИП-1 и УИП-3. <i>Белова Г. Н., Бильдерт В. А., Волков А. А., Голуб Я. С.</i> . . . . .	2	65	Диагностический комплекс на базе ZRM-20 для отладки опытных образцов ИС. <i>Бровков В. А., Юрченко В. И., Сысоев В. Г.</i> . . . . .	10-11	56
Цилиндрический зеркальный энергоанализатор с фокусировкой третьего порядка. <i>Горелик В. А., Трубицын А. А.</i> . . . . .	2	67	Установка проверки прочности присоединения ленточных выводов ЭМ-6027. <i>Плифлянд В. Н., Свириденко А. П., Акимов В. Н., Вертинский В. Ф., Тарасенко Е. Ю., Афанасенко А. В.</i> . . . . .	10-11	57
Установка для измерения шумовых характеристик микросхем и дискретных транзисторов на пластинах. <i>Гарбар Н. П., Лукьянчикова Н. Б., Абру У. Р., Жариков В. А., Кролман Д. И.</i> . . . . .	7	27	<b>Аналитическое приборостроение</b>		
Универсальный автоматический эллипсомер. <i>Васильев Н. Н., Ковалев В. И., Рукавишников А. И., Соколова Т. Л.</i> . . . . .	7	29	Использование растрового электронного микроскопа для контроля линейных размеров полупроводниковых структур. <i>Куликов В. А., Кораблин А. С., Матвеев Ю. А., Ушаков М. А.</i> . . . . .	3	86
Электронно-лучевой логический анализатор для функциональных испытаний СБИС. <i>Прокопенко В. И., Просеков А. Н., Колачев М. Г., Сутягин В. Г., Зырянов О. Н.</i> . . . . .	7	30	Эллипсометрические исследования фоторезистивных слоев в микропитографии. <i>Шапиро А. Г., Котова О. В.</i> . . . . .	3	88
Комплекс функционального контроля винчестерских накопителей. <i>Баронец В. Д., Гречихин М. А., Демидов С. А., Смирнов Г. И.</i> . . . . .	8	55	<b>Системы и средства автоматизации</b>		
Моделирование в РЭМ-метрологии линейных размеров. <i>Куликов В. А., Матвеев Ю. А., Ушаков М. А.</i> . . . . .	8	57	Техническое перевооружение механообрабатывающих производств на базе гибких производственных модулей и ресурсосберегающей технологии. <i>Мороз В. А., Вахтель В. К., Новак А. Я., Ошерев С. Б.</i> . . . . .	9	45
Исследование метрологических характеристик периодических мер, аттестуемых с помощью поверхностных акустических волн. <i>Куликов В. А., Тимашев В. В., Федорев В. Н.</i> . . . . .	8	60	Техническое перевооружение сборочных цехов электролитических конденсаторов с применением АРКЛ. <i>Пономарев В. П., Козлов В. Н., Королева Г. Н.</i> . . . . .	9	48
Бесконтактный цифровой термометр БЦТ-001. <i>Никулин В. Б., Фишель И. Ш., Кононов В. Ю.</i> . . . . .	8	63	Новое поколение средств комплексной автоматизации для сборочного производства кинескопов. <i>Арапов В. А., Емцев В. А.</i> . . . . .	9	49
Установка для контроля статических параметров и функционирования СБИС ЗУ "Электрон СФ-ЗУ40". <i>Данилин Н. Н., Моисеев Н. А., Тамонин О. В.</i> . . . . .	9	58	АСУ сборочным производством на базе сети ПЭВМ. <i>Довбня Н. М., Первой П. И.</i> . . . . .	9	52
Диалоговая система составления программ контроля БИС. <i>Лыщенко В. И., Трускова С. М., Сучкова Э. Г.</i> . . . . .	9	60	Агрегатно-модульная программно-управляемая конвейерная система со свободным адресованием грузопотока. <i>Новаченко С. И.</i> . . . . .	9	54
Программное обеспечение системы контроля БИС ЗУ. <i>Лыщенко В. И., Орлов Е. В., Трускова С. М., Васильев Е. П.</i> . . . . .	9	61	Унифицированное программное обеспечение автоматизированных транспортных систем. <i>Кузнецова В. М., Межуев О. И.</i> . . . . .	9	56
Микропроцессорный интеллектуальный регулятор температуры диффузионного оборудования. <i>Бараник Ю. С., Кузнецов М. Н., Куриленко В. А., Мухин Б. С., Ядыкин И. Б.</i> . . . . .	9	64	<b>ИССЛЕДОВАНИЯ. РАЗРАБОТКИ. ПРОЕКТИРОВАНИЕ</b>		
Неразрушающая и бесконтактная диагностика имплантированных слоев кремния. <i>Еременко В. Г., Чупров П. Н.</i> . . . . .	9	67	Однократно программируемые элементы памяти на основе аморфного кремния. <i>Айвазов А. А., Бодягин Н. В., Приходько Е. Л., Белоусов В. С.</i> . . . . .	1	3
Вихревые расходомеры с металлополимерными чувствительными элементами. <i>Гладков Ю. И., Хачидзе Т. И.</i> . . . . .	9	70	СВЧ полевые транзисторы с барьером Шотки на $\delta$ -структурах. <i>Гладышева Н. Б., Лубышев Д. И., Мигаль В. П., Стенин С. И., Чернявский А. А.</i> . . . . .	1	4
Особенности технологии и современное оборудование зондового контроля БИС. <i>Ярош А. В.</i> . . . . .	10-11	42	Микросхема универсального высокочастотного конвертора отрицательного сопротивления. <i>Липко С. И., Негоденко О. Н., Наумченко А. С., Мирошниченко С. П.</i> . . . . .	1	6
Универсальное автоматическое зондовое оборудование. <i>Филиппович Е. В., Дьяконова А. И., Козел В. П., Кузнецов А. В.</i> . . . . .	10-11	43	Метод конечно-элементного моделирования ИЭТ с минимальным объемом входной информации. <i>Щербakov Ю. Н., Якунин А. Н.</i> . . . . .	1	8
Аналитические зондовые установки для диагностических исследований. <i>Виноградов В. И., Бухвалов Ю. А.</i> . . . . .	10-11	45	Нелинейная макромоделль низковольтного вентиля вертикальной инжекционной логики. <i>Маркин В. В., Кочанов С. К.</i> . . . . .	1	9
Специальные контактные устройства УКФ и оборудование для их изготовления. <i>Гунчи О. И., Завало Э. М., Кононов В. С., Ярош А. В.</i> . . . . .	10-11	45	Аналого-цифровой базовый матричный кристалл для низковольтных ИС систем синхронизации и слежения. <i>Маркин В. В., Кочанов С. К.</i> . . . . .	1	13
Автоматизированное оборудование контроля и сортировки кристаллов ИС. <i>Зайцев В. А., Галабурда П. Н., Ярош А. В.</i> . . . . .	10-11	47	Интегральная схема низковольтного стереодекодера. <i>Кочанов С. К.</i> . . . . .	1	16
Применение акустической микроскопии для исследования кремниевых кристаллов. <i>Рыдзевский А. П., Майракова М. К., Сологуб Л. В., Буйко Л. Д., Авербах В. И.</i> . . . . .	10-11	48			

	Вып.	Стр.		Вып.	Стр.
Программируемые полужаказные ИС для помехоустойчивых систем синхронизации и устройств обработки АМ-колебаний. <i>Кочанов С. К.</i> . . . . .	1	20	<b>НАДЕЖНОСТЬ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА</b>		
Низковольтные оксидно-цинковые варисторы. <i>Петухов А. П., Тарабанов Г. А.</i> . . . . .	1	25	Метрологическая аттестация средств испытаний на ВВФ и нагрузки. <i>Якушенко Е. А., Лысов В. Б., Пулина Н. А.</i> . . . . .	1	63
Нанотехнология и наноэлектроника. <i>Никишин В. И., Лускинович П. Н.</i> . . . . .	3	4	Тестовые структуры для контроля параметров слоев поликремния на диэлектрике. <i>Дружинин А. А., Кеньо Г. В., Козут И. Т., Костур В. Г.</i> . . . . .	1	65
Сканирующий туннельный и силовой микроскопы для сверхплотной записи и считывания информации. Возможности практической реализации накопителей информации большой емкости. <i>Адамчук В. К., Ермаков А. В., Федосеев С. И.</i> . . . . .	3	14	Повышение эффективности использования систем контроля БИС. <i>Ефремов Д. А., Назалин А. Ю.</i> . . . . .	1	68
Базовые элементы наноэлектроники. <i>Адамян В. М., Лускинович П. Н., Никишин В. И., Ткаченко И. М.</i> . . . . .	3	26	Проблемы качества ИЭТ в условиях рыночных отношений. <i>Геликман В. Ю., Кристаллинский Л. Л.</i> . . . . .	4	20
Управляемый массоперенос с нанометровым разрешением. <i>Неволин В. К.</i> . . . . .	3	30	Система обеспечения качества ИЭТ с учетом международного опыта. <i>Нехай А. П., Торгашев Ю. Н., Крель Н. П.</i> . . . . .	4	25
Формирование функциональных структур с помощью туннельного микроскопа. <i>Вернер В. Д., Дьяков Ю. Н., Неволин В. К.</i> . . . . .	3	33	Автоматизированный измерительный комплекс для контроля полупроводниковых пластин и технологических процессов формирования БИС. <i>Федотова Н. Д., Адамчук А. Н., Урсу А. Г., Штейнман Б. И.</i> . . . . .	4	27
Сканирующий туннельный микроскоп "Скан": конструкция и области применения. <i>Васильев С. И., Моисеев Ю. Н., Никитин Н. И., Савинов С. В., Яминский И. В.</i> . . . . .	3	36	Испытание на герметичность пластмассовых корпусов. <i>Ануфриев А. Н., Ходос Ю. А.</i> . . . . .	4	30
Применение атомно-силового микроскопа для исследования структуры поверхности различных материалов. <i>Моисеев Ю. Н., Панов В. И., Савинов С. В., Яминский И. В.</i> . . . . .	3	39	Оптимизация параметров рентгено-литографической системы экспонирования в пучках синхронного излучения. <i>Мазуренко С. Н., Мануйлов В. В., Матвеев В. М.</i> . . . . .	12	29
Зондирующие эмиттеры для сканирующей туннельной микроскопии. <i>Васильев С. И., Савинов С. В., Яминский И. В.</i> . . . . .	3	42	Статистико-физический подход к исследованию надежности изделий электронной техники. <i>Гродзенский С. Я.</i> . . . . .	12	33
Программное обеспечение СТМ. <i>Леонов В. Б.</i> . . . . .	3	45	Эффективность метрологического обеспечения производства ИЭТ. <i>Туликин В. Д., Ерляшов В. П.</i> . . . . .	12	36
Цифровая обратная связь в сканирующем туннельном микроскопе. <i>Евдокимов А. А., Евдокимов М. В., Евтихивев Н. Н., Платонов Н. С., Сарычев В. Н.</i> . . . . .	3	52	Активный зонд для контроля параметров СВЧ структур на пластине в мм-диапазоне длин волн. <i>Трошин А. И.</i> . . . . .	12	38
Пьезокерамические микроманипуляторы для сканирующего туннельного микроскопа. <i>Ерофеев А. А., Бойцов С. В., Поппевкин Т. А.</i> . . . . .	3	54	Зондовый контроль СВЧ структур на пластине. <i>Трошин А. И., Храмов Н. Н.</i> . . . . .	12	41
Лазерные методы создания специализированных СБИС. <i>Васенков А. А., Гукетлев Ю. Х., Гарицын А. Г., Федоренко В. В.</i> . . . . .	4	3	Цифровой микроверберметр. <i>Грудцин В. Н., Стромов Д. М., Федоренко В. Н.</i> . . . . .	12	41
Физические основы методов стимулированного управления свойствами ионно-легированных полупроводников. <i>Мордкович В. Н.</i> . . . . .	4	13	<b>ИЗДЕЛИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ</b>		
Лазерография — основа перспективных технологий создания СБИС. <i>Васенков А. А., Гукетлев Ю. Х., Гарицын А. Г., Федоренко В. В.</i> . . . . .	6	3	К6500, КН6500 — сверхбыстродействующие цифровые микросхемы на арсениде галлия. Особенности применения. <i>Адамов Ю. Ф., Кравченко Л. Н., Хлыбов А. И.</i> . . . . .	1	70
Лазерография элементов СБИС. <i>Гарицын А. Г.</i> . . . . .	6	17	Некоторые аспекты применения микросхемы К1002ХЛ1. <i>Неволина Л. И.</i> . . . . .	1	72
Лазерно-химическое травление арсенида галлия. <i>Горячева Т. В., Дерновский В. И.</i> . . . . .	6	30	Комплементарные высокочастотные транзисторы, совместимые с вентилем интегральной инъекционной логики. <i>Кочанов С. К.</i> . . . . .	2	31
Мажоритарная фотолитография. <i>Райхман Я. А., Скрипниченко В. С.</i> . . . . .	6	33	Конструкция лавинно-пролетных диодов для автоматизированной сборки. <i>Шухостанов А. К., Хакулов Б. М.</i> . . . . .	2	37
Особенности процесса осаждения оксида олова методом газозольной лазерографии. <i>Галиулин Э. А., Дерновский В. И., Поволоцкая Л. В.</i> . . . . .	6	35	Танталовый оксидно-полупроводниковый чип-конденсатор с торцовыми выводами. <i>Бочарова В. И., Есеева Р. П., Левитский А. А., Мудролюбоев Ю. М., Югай А. А.</i> . . . . .	2	38
Радиальный 9-канальный СВЧ переключатель на р- $\bar{i}$ -п-диодах. <i>Александров А. А., Виненко В. Г., Перинский В. В.</i> . . . . .	6	38	Компоненты для поверхностного монтажа. <i>Кирпиллов Ю. В., Горянина И. И.</i> . . . . .	2	40
Влияние металлических покрытий на свойства пленок сплавов висмута. <i>Марков Ф. В., Волоснов А. А.</i> . . . . .	6	40	Сегнетоэлектрические пленки ЦТС керамики для акусто- и оптоэлектроники. <i>Ахматов В. В., Сотников И. Л., Стрельцова Н. Н., Фомин А. А.</i> . . . . .	2	41
Диагностирование привносимой дефектности в производстве СБИС. <i>Полов Ю. П., Ерема В. В., Бокша В. В., Белякова В. В., Воловая В. Г.</i> . . . . .	6	43	Микропроцессорная система автоматизированного управления для лазерного технологического комплекса. <i>Нижаде-Гавгани Э. А., Вигдоревич В. Н., Гонтарь В. Г.</i> . . . . .	2	44
Исследование оптоэлектронных свойств пленок для солнечных элементов. <i>Абдуллаев М. А., Ахмедов А. К., Магомедов М.-Р. А., Хохлачев П. П.</i> . . . . .	7	32	Исследование параметров пространственно-временных модуляторов света со структурой "жидкий кристалл-фотоприемник". <i>Дужий Т. М., Парадосский Б. П., Садчихин А. В., Труфанов А. М.</i> . . . . .	2	46
Исследование магнитосопротивления в пленках для солнечных элементов. <i>Магомедов М.-Р. А., Абдуллаев М. А., Амирханова Дж. Х.</i> . . . . .	7	33	Усовершенствование ЭОС осциллографических ЭЛТ. <i>Аккисов Ю. А., Зименков В. А., Нальников Т. Х.</i> . . . . .	2	49
Характеристики элементов КМОП ИС на основе КНИ- и КНС-структур. <i>Руденко Т. Е., Руденко А. Н., Лысенко В. С., Лиманов А. Б., Гиваргизов Е. И.</i> . . . . .	8	36	Схема измерения тока варисторов. <i>Бакарян М. Г., Акунов С. В.</i> . . . . .	2	49
Свойства аморфных пленок сплавов тугоплавких металлов, полученных методом ионно-плазменного распыления. <i>Чистяков Ю. Д., Мочалов А. И., Ахумян А. Л.</i> . . . . .	8	41			

	Вып.	Стр.		Вып.	Стр.
Новые микросхемы на арсениде галлия серии К6500 для контрольно-измерительной аппаратуры. <i>Адамов Ю. Ф., Кравченко Л. Н., Сапельников А. Н., Хлыбов А. И., Цыганков В. Г.</i> . . . . .	5	47	Мощный СВЧ выпрямитель. <i>Росновский В. К., Сигорин К. И.</i> . . . . .	9	14
Матричные ЭСЛ БИС серии К1520ХМ5 — новая высокоэффективная элементная база ЭВМ. <i>Игнатьев С. М., Кошманов В. Ф., Михайлов В. М., Мызгин О. А.</i> . . . . .	5	50	Высокоэффективные и быстродействующие излучающие диоды для фотоэлектрических устройств. <i>Козан Л. М., Андреев Ю. П., Вишнева Б. И., Ковырева Н. И., Родкин В. С., Чехимова В. Е.</i> . . . . .	12	44
Спектральный детектор на аморфном кремнии. <i>Приходько Е. Л., Петров С. В., Соколов Е. М., Белоусов В. С., Селезнев В. Н.</i> . . . . .	5	52	Микросхема КЕ1852ВГ1. <i>Рэйлян И. Д., Мокрицкий О. А., Балым Ю. А., Гервас М. И., Цуркан В. В.</i> . . . . .	12	47
Тонкопленочные резисторы Р1-24. <i>Весновская В. П., Смирнова Л. Н., Чарушина С. Д.</i> . . . . .	5	54	Применение линейной фоточувствительной микросхемы с зарядовой связью К1200ЦЛ6 в телефаксе группы <i>G3/G2</i> . <i>Макаров Д. А., Рябов А. Н.</i> . . . . .	12	51
Исследование работоспособности в диапазоне СВЧ постоянных непроволочных цилиндрических резисторов. <i>Николаев Ю. И., Караштина Г. А.</i> . . . . .	5	56	Полевой транзистор с двойным потенциальным управлением — новая элементная база для СБИС. <i>Мурашев В. И., Орлов О. М.</i> . . . . .	12	55
Электролитические конденсаторы фирмы <i>Frolyt</i> . . . . .	5	59	Многостандартная СБИС КР1051УР1 для радиоканала телевизоров новых поколений. <i>Викторов Г. С., Алехин А. Г., Мечкаев А. Е.</i> . . . . .	12	56
Мощные микроволновые электровакуумные приборы для систем связи и промышленного применения. <i>Артох И. Г.</i> . . . . .	6	57	БИС КР1051УР3 стереофонического сопровождения телевизоров. <i>Мечкаев А. Е., Митин В. С., Абрамов В. К.</i> . . . . .	12	58
Титроны — новые высоковольтные электровакуумные приборы. <i>Гинзбург В. Е.</i> . . . . .	6	61	СБИС цифроаналогового интерфейса КР1051ХА8 для телевизоров с шиной управления <i>12С</i> . <i>Сурайкин А. И., Алехин А. Г., Майоров Е. П.</i> . . . . .	12	59
Сверхмощный усилитель М-типа для линейного ускорителя. <i>Хеоров М. И., Мясников В. Е., Сенатов О. И.</i> . . . . .	6	65	СБИС мультисистемного процессора цветности К174ХА32. <i>Лебедев С. В.</i> . . . . .	12	61
Разработка сверхмощных гиротронов в диапазоне частот 140 ГГц. <i>Запевалов В. Е., Кейер А. П., Мясников В. Е., Флягин В. А., Малыгин С. А.</i> . . . . .	6	71	СБИС аналогового усилителя записи-воспроизведения звука для портативных видеокамер КФ1053ХА2. <i>Арискин Н. А., Никитанов В. А., Падеров В. П.</i> . . . . .	12	62
Импульсные ЛПД 3-сантиметрового диапазона с горизонтальной структурой. <i>Шухостанов А. К., Ташилов А. С.</i> . . . . .	6	78	СБИС КР1954УР1 усилителя телевизионных сигналов яркости и цветности для видеомагнитофонов. <i>Майоров Е. П., Викторов Г. С., Абрамов В. К.</i> . . . . .	12	63
Система схемотехнического проектирования СВЧ ГИС усилителей на полевых <i>GaAs</i> транзисторах. <i>Гарбер Г. З., Зубков А. М., Красильников В. Д., Михайлов Г. Б.</i> . . . . .	6	81	Оптический скоростной преобразователь . . . . .	12	64
Однократно программируемые элементы памяти на аморфном кремнии и возможность их использования в технологии СБИС. <i>Айвазов А. А., Филатова И. В., Будагян Б. Г., Мейтин М. Н.</i> . . . . .	7	54	Оптически управляемый силовой переключатель . . . . .	12	64
Новый тип программируемых элементов и семейство ППЗУ на их основе. <i>Львович А. А., Приходько П. С., Романец А. Н., Глухов А. В.</i> . . . . .	7	56	Автомат управления освещением А-2 . . . . .	12	65
Диоды Ганна для твердотельных перестраиваемых генераторов. <i>Наливайко Б. А., Божков В. Г., Неудахин В. И.</i> . . . . .	7	58	<b>Электроника и медицина</b>		
Состояние и перспективы развития сверхширокополосных коаксиальных узлов диапазонов СВЧ и КВЧ. <i>Туликун В. Д., Мещанов В. П., Кац Б. М., Попова Н. Ф.</i> . . . . .	8	3	Устройства для рефлексотерапии. <i>Майбородин А. В., Медведева Н. И., Гулейков М. Ю.</i> . . . . .	7	68
СБИС квазипараллельного канала звука с низкочастотным демодулятором для телевизоров и видеомагнитофонов. <i>Мечкаев А. Е., Григорьев В. С.</i> . . . . .	8	13	Масс-спектрометр <i>Plasma-Quad PQ-2 Turbo plus</i> . . . . .	7	69
Многостандартная СБИС звукового тракта телевизоров. <i>Мечкаев А. Е., Абрамов В. К., Григорьев В. С.</i> . . . . .	8	15	Ультразвуковая диагностическая аппаратура и перспективы ее клинического применения. <i>Назиев В. А.</i> . . . . .	9	16
Многофункциональная СБИС КР1051УР2 звукового тракта многостандартных телевизоров новых поколений. <i>Мечкаев А. Е., Абрамов В. К., Григорьев В. С., Арискин Н. А.</i> . . . . .	8	16	Комплексная автоматизированная неинвазивная диагностика заболеваний периферического и мозгового кровообращения. <i>Овчаренко К. И., Ильин М. П., Ромашов С. А., Косичкин М. М.</i> . . . . .	9	20
БИС звукового канала телевизоров со стереофоническим звуковым сопровождением. <i>Мечкаев А. Е., Григорьев В. С., Митин В. С.</i> . . . . .	8	18	Компьютерная гаммасцинтиграфия в диагностике костных заболеваний. <i>Миралимов М. М., Яновская Э. М., Рязанцева В. И., Горбунов И. С.</i> . . . . .	9	22
СБИС видеопроцессора К174ХА33 для обработки телевизионных видеосигналов. <i>Сурайкин А. И., Синицын В. С.</i> . . . . .	8	20	<b>ЭЛЕКТРОНИКА И МЕДИЦИНА</b>		
Модель системы синхронизации, проектируемой на основе библиотеки полузаказных ИС функциональных узлов. <i>Кочанов С. К., Маркин В. В.</i> . . . . .	8	24	Электроника-КВЧ в здравоохранении. <i>Писанко О. И.</i> . . . . .	3	59
Нелинейная динамическая макро модель полузаказной ИС управляемого генератора. <i>Кочанов С. К., Маркин В. В.</i> . . . . .	8	28	Эколого-физические факторы как основа нового медицинского направления. <i>Гассанов Л. Г., Писанко О. И., Пясецкий В. И., Муськин Ю. Н.</i> . . . . .	3	64
Электронные приборы отображения информации. <i>Уласюк В. Н.</i> . . . . .	9	3	Аппараты КВЧ-терапии серии "Электроника-КВЧ". <i>Гассанов Л. Г., Писанко О. И., Балаба А. Н., Склярков А. П.</i> . . . . .	3	67
Би КМДП ОЗУ ЭСЛ-типа емкостью 4Кx4 бит. <i>Сергеев А. Г., Бляхеров А. И., Левашев А. И., Неклюдов В. А., Ковалев Р. А., Темкин Г. С.</i> . . . . .	9	11	Эффективность КВЧ-терапии в раннем восстановительном периоде после вирусных гепатитов. <i>Серебряна Л. А., Бондарчук Г. Ф., Гаврилкина М. А.</i> . . . . .	3	70
			Применение аппаратов "Электроника-КВЧ" в комплексной терапии ишемических состояний конечностей. <i>Пясецкий В. И., Дрюк Н. Ф., Бахарев А. М., Писанко О. И.</i> . . . . .	3	71



ПРОИЗВОДСТВО И ЭКОЛОГИЯ		Вып.	Стр.	Вып.	Стр.	
Средства проектирования экологически малоопасных ресурсосберегающих технологических операций для производства ИЭТ. <i>Иванова Г. Н., Стулеченко А. А.</i> . . . . .		4	47	Излучающие ИК диоды. <i>Богачев Д. Л., Калинин Ю. М., Днепровский С. Н., Вилисов А. А.</i> . . . . .	4	93
Схема описания экологически опасных отходов технологических операций. <i>Иванова Г. Н., Стулеченко А. А.</i> . . . . .		4	52	Измерительный диод АП154. <i>Вилисов А. А., Поспелова Е. Т., Купцова Т. А., Ничипуренко Б. А.</i> . . . . .	4	93
Новый метод контроля чистоты высокочистых технологических газов. <i>Большаков А. А., Голованков Н. В.</i> . . . . .		4	53	Диоды Ганна 8-мм диапазона длин волн. <i>Баннова Т. А., Узденов О. М., Неудачин В. И., Прохвониченко Л. П., Носков И. С.</i> . . . . .	4	94
Изотопно-хромато-спектральный анализ воздуха и высокочистых неорганических газов. <i>Алексеев А. М., Немец В. М., Соловьев А. А., Фунтов В. Н.</i> . . . . .		4	56	Волноводные трансформаторы полных сопротивлений сантиметрового диапазона. <i>Ланкетич В. К., Попов В. К., Козлов В. В.</i> . . . . .	4	101
Испытание высокоэффективных фильтров для тонкой очистки технологических газов. <i>Загнитко А. В., Ковтун В. В.</i> . . . . .		4	59	СВЧ резистор на керамике из окиси бериллия. <i>Бородавская Т. В., Николаева Л. С., Шмелев Ю. Ф.</i> . . . . .	4	107
Исследование качества ионитов, используемых в производстве деионизованной воды. <i>Сальников М. А., Беляев И. А., Замбровская Е. В., Щеглов Л. Л.</i> . . . . .		4	60	СВЧ резистор. <i>Симаков С. В.</i> . . . . .	4	109
Микровибрация в чистых комнатах и технологические требования к размещению оборудования для производства СБИС. <i>Алексеев С. В.</i> . . . . .		4	62	ЦАП и АЦП . . . . .	4	91
Влияние характеристик технологических процессов на разработку и выбор конструкций пылезащитного оборудования. <i>Хомутецкий Ю. Н., Знаменский Р. Б.</i> . . . . .		4	64	Оптоэлектронная микросхема К849ПП1 . . . . .	4	92
Альтернативные средства транспортирования изделий микроэлектроники. <i>Гоманьков И. Л., Масляный А. Д., Редин В. М., Яковлев А. Т.</i> . . . . .		4	66	Фотоприемные устройства ФУО-612; -613; -614; Ф-611 . . . . .	4	96
Разработка экологически чистых процессов фотолитографии в производстве БИС. <i>Родионова А. А., Нестерова Л. А.</i> . . . . .		4	68	Лавинные фотодиоды . . . . .	4	97
Экологически чистый процесс литографии. <i>Берестенко М. К., Бочканов А. Е., Шевченко А. И., Александров Ю. М., Якименко М. Н.</i> . . . . .		4	69	Конденсаторы. Резисторы. Варисторы. Кинескопы. Индикаторы . . . . .	4	103, 108, 110, 111
Применение численного моделирования чистых помещений на персональных ЭВМ. <i>Минкин М. Л., Шестов В. И., Редин В. М., Терещенко А. М.</i> . . . . .		4	71	Состояние и перспективы развития рентгеновизуализирующих систем. <i>Рабодзей Н. В.</i> . . . . .	5	70
Новый фильтрующий материал для чистых производственных помещений. <i>Тулицин И. И., Проволович О. В., Канарский А. В., Кайпоксин Л. К., Кибардин Р. Н.</i> . . . . .		4	73	Разработка парка телевизионных установок нового поколения для дефектоскопии. <i>Виноградов М. Н., Михайлов В. Н.</i> . . . . .	5	75
Глубокая осушка газов адсорбционным методом. <i>Морозов В. С., Гладких П. А., Яковлев Ю. А., Беляев И. А., Биренберг И. И., Сальников М. А., Баранова Г. А.</i> . . . . .		4	76	Рентгенотелевизионный комплекс с цифровой обработкой изображения. <i>Орловский В. П., Оганов А. Е., Мирзоянц А. С., Афоненко Г. П.</i> . . . . .	5	79
Глубокая очистка водорода криоадсорбционным методом. <i>Морозов В. С., Яковлев Ю. А., Богуславский С. В., Шишимаров А. А., Гладких П. А., Беляев И. А., Сальников М. А.</i> . . . . .		4	79	Контроль геометрических параметров кремниевых мембран с помощью рентгеновского координатного детектора. <i>Смирнов В. И.</i> . . . . .	5	81
<b>ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА</b>				Рентгенотелевизионный микроскоп для диагностики семян и зерен. <i>Оганов А. Е.</i> . . . . .	5	82
Контактная форма организации и оплаты труда в НИИ и КБ. <i>Жильцов В. И., Лякса-Тиминский В. Я., Плетнев Ю. Н.</i> . . . . .		5	61	Видикон для экспрессной рентгеновской топографии кристаллов. <i>Оганов А. Е., Аветян К. Т.</i> . . . . .	5	84
<b>ИЗДЕЛИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ</b>				Рентгеновские трубки и малогабаритные микрофокусные излучатели для медицины, промышленности и научных исследований. <i>Боровской А. И., Щукин Г. А.</i> . . . . .	5	86
Анализатор тепловых полей АТП-46. <i>Куртнев Н. Д., Сазонов О. М.</i> . . . . .		4	83	Мощные источники рентгеновского излучения с большой площадью излучающей поверхности. <i>Артемьев Б. В., Барабанов В. М., Корнеев В. Д., Мусатов А. П., Степанов Ю. Д.</i> . . . . .	5	95
Автоматизированное оборудование для измерения характеристик прецизионных резисторов. <i>Ганопольский Л. С., Кузнецов Е. Н., Цыпин Б. В., Шишков Ю. В.</i> . . . . .		4	84	Рентгенотелевизионная система для исследований динамических объектов. <i>Орловский В. П., Оганов А. Е., Мирзоянц А. С., Иванов В. И.</i> . . . . .	5	96
Накопитель на магнитной ленте "Электроника МС 5202". <i>Андреев А. И., Буц В. П., Гладько А. В., Евтифеев В. М., Петров В. К.</i> . . . . .		4	85	Регистрация рентгеновского изображения на ФТПН СКБ "Элепринт". <i>Баратов А. Г., Хачатурян Г. Г., Ордян А. Г.</i> . . . . .	5	98
Микропроцессоры. Однокристалльные микроЭВМ . . . . .		4	87	Комплекс цифровой обработки изображений. <i>Абрамов В. И., Гозман Я. Ю.</i> . . . . .	5	99
Широкополосный усилитель мощности. <i>Лебедев С. Л., Румянцев А. Н., Саратовский Н. К.</i> . . . . .		4	88	Серия мощных импульсных арсенидогаллиевых диодов Ганна ЗА750А-Л, ЗА762-П. <i>Ким Я. И., Давыдова О. И.</i> . . . . .	7	79
Бескорпусные ИС КБ1563БР1А-4 и КБ1563БР1Б-4. <i>Мелентьев Н. Г.</i> . . . . .		4	89	Импульсный лавинный полупроводниковый диод АД530. <i>Архипова Л. И., Каримбаев Д. Д., Приходько Г. Л.</i> . . . . .	7	81

	Вып.	Стр.		Вып.	Стр.
Конденсаторы . . . . .	7	96	КР153ЗИП15 — микросхема кода для контроллеров локальных сетей. <i>Жлобич В. П., Табаров В. Н.</i> . . . . .	6	91
Интегральные микросхемы . . . . .	7	99	Операционные усилители . . . . .	6	93
Базовые матричные кристаллы типа ТТЛШ серии К1548. <i>Ермаков А. Е., Крюков В. П., Назаров Н. Б., Петров Л. Н.</i> . . . . .	7	105	ИС источников вторичного электропитания . . . . .	6	94
Электронно-лучевые трубки . . . . .	7	106	КФ/КР1533 . . . . .	9	74
"УВСТИ-1" Безочковая стереотелевизионная установка. <i>Василевский О. Н., Чунин Н. С.</i> . . . . .	7	107	КФ/КР1533 . . . . .	10—11	89
Матричные ЭСЛ-БИС серии К1520. <i>Кошманов В. Ф., Михайлов В. М., Попов В. И., Розинов В. Л., Савостин Ю. А.</i> . . . . .	8	74	<b>Полупроводниковые приборы</b>		
Интегральные релейторные микросхемы КФ1100СКЗА, Б. <i>Волгин Л. И.</i> . . . . .	8	77	СВЧ лавинно-пролетные диоды А717, А743, А749; А752; А756, А757, А758; Интегрированная система передачи информации . . . . .	1	101—104
КМОП БИС многофункционального временного устройства КР512ПС12. <i>Куценко А. А., Шемякин Н. В.</i> . . . . .	8	81	Мощные высоковольтные МДП-транзисторы КР705, КР706; Кремниевые, эпитаксиальные, планарные, генераторные, СВЧ, импульсные транзисторы КТ9127А, КТ9127Б, КТ9134А, Б; КТ9121А, Б, В, Г; КТ9146А, Б, В; Полевой арсенид-галлиевый транзистор типа АР925А-2; Б-2; Кремниевый усилительный транзистор типа КТ996А-2, Б-2; КТ9111А . . . . .	2	84—94
Новый монолитный 10-разрядный ЦАП КС1118ПА6А, Б с временем установления 10 нс. <i>Марцинкявичюс А.-И., Андрюнас В. А.</i> . . . . .	8	84	<b>Компоненты</b>		
Микросхема КР537РУ11В . . . . .	8	85	Ограничители напряжения; Фоторезисторы; Серия интеллектуальных контрольно-измерительных систем; Автоматизированная система разбраковки и подбора пар стереотелефонов . . . . .	1	105—111
Диодная оптопара АОД149А с открытым оптическим каналом для устройства автоматического учета потребляемой электроэнергии. <i>Алешин А. В., Биленко Ю. Д., Сурков Л. В.</i> . . . . .	8	86	Комплекты измерителей сопротивления и напряжений. <i>Сучков О. В.</i> Индикатор напряжений и комплект индикаторных устройств. <i>О. В. Сучков.</i> Приборы контроля индикаторов. <i>Сучков О. В.</i> . . . . .	2	74, 77
Фоточувствительные матричные ПЗС для телевизионных систем высокой четкости. <i>Вишневецкий Г. И., Выдревич М. Г., Писаревский А. Н., Татаурщиков С. Г.</i> . . . . .	8	87	Прецизионные тонкопленочные резисторы из сплава РС2802М. <i>Озолс К. К., Хромов А. Д., Маркарянц А. Е., Тюрин Г. С., Ермолаев Я. Ф.</i> . . . . .	6	103
Гибридный прибор на основе усилителя яркости с микроканальной пластиной и ПЗС-матрицы. <i>Михайлов-Теплов Н. Н., Гусова С. Б., Плахов С. А., Звонарев О. Ф.</i> . . . . .	8	91	Резисторы. Терморезисторы. Газорезисторы. Конденсаторы . . . . .	6	95—102, 104—115
Приборы фоточувствительные . . . . .	8	92	<b>Микропроцессорные средства и системы</b>		
Полупроводниковые приборы . . . . .	8	93	Обеспечение отраслевых ПЭВМ программными средствами ФАП МСВТ. <i>Балуян Б. Х., Человский Ю. А., Юдин В. А.</i> . . . . .	6	87
Изделия квантовой электроники . . . . .	8	94	Новое в семействе программаторов. <i>Гагарина Л. Г., Жуков А. А., Лукоянов В. Ю., Маренков Л. Н.</i> . . . . .	6	90
Рентгеновские приборы . . . . .	8	97	<b>Устройства отображения информации</b>		
Новые малогабаритные защитные разрядники. <i>Березина Т. И., Пожарская Г. Т.</i> . . . . .	8	99	Супервидиконы — высокочувствительные механически прочные передающие телевизионные приборы. <i>Венедиктов Н. Я.</i> . . . . .	2	95
Радиодетали . . . . .	8	101	Тепловой приемник оптического излучения на основе диоксида ванадия. <i>Олейник А. С.</i> . . . . .	2	96
Импульсно-периодический азотный лазер с повышенной наработкой на отказ и стабильной мощностью. <i>Бретьенкова Г. Л., Горлов А. И., Зубарев Н. Н., Матвеев В. И., Скоз В. С., Токунов Ю. М.</i> . . . . .	8	104	Новые низковольтные оксидно-цинковые варисторы. <i>Петухов А. П., Макарова Л. Ф.</i> . . . . .	2	98
<b>Интегральные микросхемы</b>			Силовые полупроводниковые приборы . . . . .	2	100
Гибридные интегральные микросборки; Быстродействующие маломощные КР1533ЛА21, КР1533ЛА22, КР1533ЛА23, КР1533ЛИ8; К1832ИР1 — ТТЛ для сверхоперативной памяти; Контроллер КР101ЗВГ1; КР1564ЛЕ1, КР1564ЛИ1; КР1564ЛЕ4, КР1564ЛИЗ; К555РЕ4. Монолитная линия задержки . . . . .	1	83—100			
КМОП БИС для автоматического регулирования скорости вращения электродвигателей в видеомэгнитофоне; КМОП БИС многофункционального формирователя управляющих импульсов субблока цветности; Гибридная интегральная микросборка; Микросхема КФ1100СК4; КФ1032УД1 . . . . .	2	78—83			

## ЖУРНАЛ В 1992 ГОДУ

Приближается 2000 год, к которому все мы активно готовились, много говорили, писали, намечали рубежи. Готовила рубежи и наша электронная промышленность.

Что стало с ними сегодня?  
Каковы наши достижения, успехи, перспективы?

Все устойчивее становится мнение о необходимости электроники зарубежной. О необходимости превратить наших ученых и инженеров в сборщиков и наладчиков аппаратуры на «чужих» компонентах.

Талантливость наших специалистов, исследователей, конструкторов, математиков неоспорима.

Превосходящий уровень многих принципиально новых разработок делает отечественную продукцию вполне конкурентоспособной на мировом рынке. Это признают и западные ученые и бизнесмены.

Процесс всеобщей децентрализации разрушил старые информационные связи, резко сократил поток информации, ее многочисленные источники оказались разобщенными.

В этих условиях, усугубленных финансовой нестабильностью, отсутствием современных технических средств и материалов, издание научно-технической периодики становится делом особенно трудным, но тем более важным, что это единственно надежное средство общения профессионалов, сохранения приоритета научных и технических достижений.

Конверсия позволила нам расширить границы журнала, наделять его содержание новым качеством — аналитичностью, полнотой и нетрадиционным подходом к его формированию. Мы стремимся к тому, чтобы этот журнал, учрежденный 20 лет назад, сохраняя свои лучшие традиции, стал межотраслевым, межрегиональным изданием научно-технической интеллигенции.

Такому единению будет способствовать участие в нашей работе лучших специалистов, их авторитет, содружество, неординарность мышления, преданность делу, которому отданы лучшие годы их жизни.

Мы приглашаем к сотрудничеству тех, чьи работы имеют широкомасштабное значение, научную новизну, оригинальность или возможную популярность.

Г.Г.

### ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛ "ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ" ПРОДОЛЖАЕТСЯ

#### СТОИМОСТЬ ПОДПИСКИ:

для индивидуальных подписчиков 50 руб. 40 коп. (с налогом),  
для предприятий и организаций 210 руб. (с налогом).

*Подписную сумму перечислить в Москомбанк "Санва" (Черемушкинское отд. ПСБ), расчетный счет 000263835, МФО 201490, инд. 117335 банковским поручением или почтовым переводом с пометкой "За журнал "Электронная промышленность". Копию платежного документа с подробным адресом получателя следует выслать по адресу:*

117415, Москва, пр. Вернадского, 39, ЦНИИ "Электроника", группа подписки. Телефон для справок 432-92-25.



# 1992

## ЯНВАРЬ

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

## ФЕВРАЛЬ

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

## МАРТ

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

## АПРЕЛЬ

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

## МАЙ

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

## ИЮНЬ

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

## ИЮЛЬ

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

## АВГУСТ

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

## СЕНТЯБРЬ

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

## ОКТАБРЬ

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

## НОЯБРЬ

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

## ДЕКАБРЬ

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