

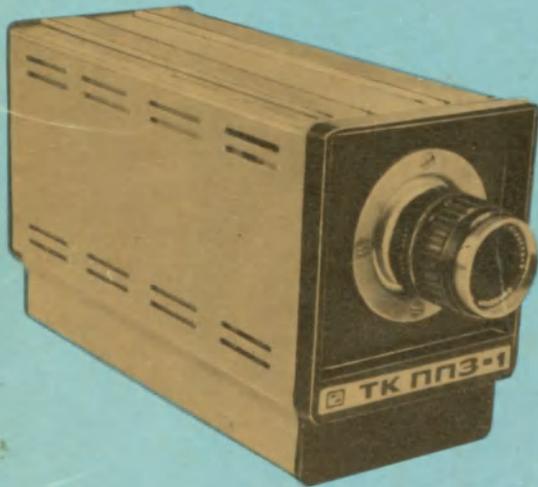
ЭЛЕКТРОННАЯ

ISSN 0207—6357

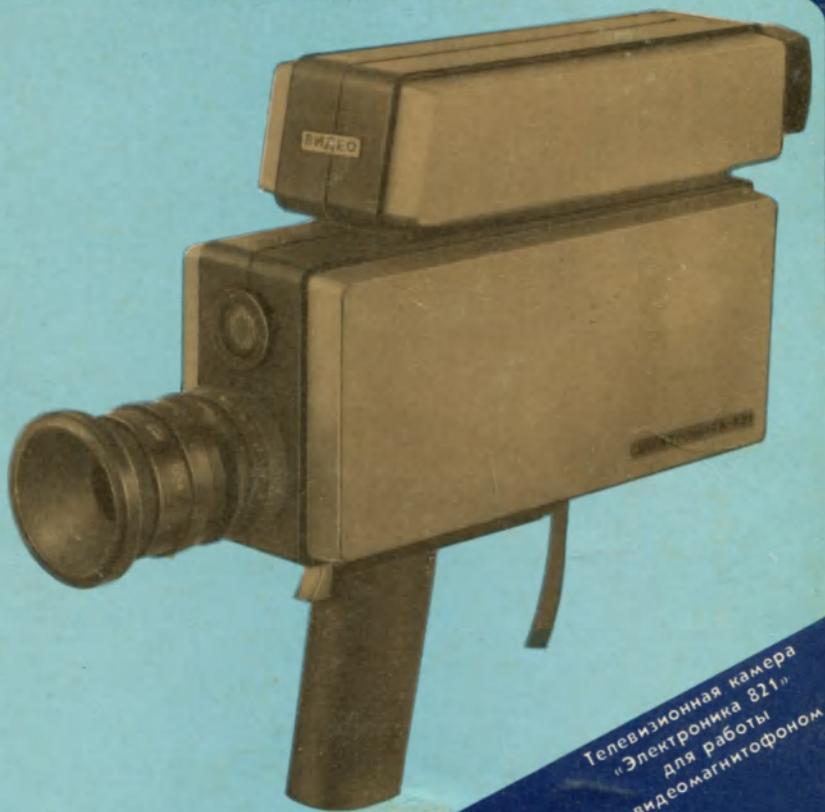
3

1984

ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

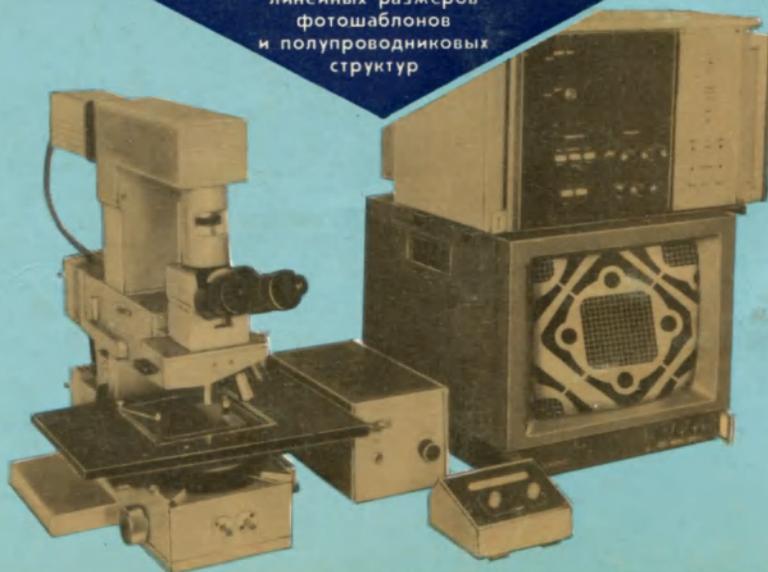


Телевизионная камера
для автомата
сборки ИС



Телевизионная камера
«Электроника 821»
для работы
с видеомэгнитофоном

Телевизионная система контроля
линейных размеров
фотошаблонов
и полупроводниковых
структур



1984

МИНИСТЕРСТВО ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР-НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А.А. Чернышев
(главный редактор)

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

А.П.Грибачев
Б.Г.Грибов
Г.Я.Гуськов
Н.Д.Девятков
С.П.Жолобов
Г.М.Зверев
В.И.Иванов
А.Ф.Казаков
А.А.Константинов
Ю.Г.Кувшинников
Э.А.Лукин
А.А.Маклаков
В.И.Машкин
Ю.Б.Митюшин
Ю.П.Поцелуев
В.М.Пролейко
(зам. главного редактора)

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

● Фотозлектронные преобразователи развиваются по трем основным направлениям: твердотельные фотозлектронные преобразователи, в том числе фоточувствительные приборы и схемы с зарядовой связью, передающие телевизионные трубки, фотозлектронные и вторично-электронные умножители.

● Принцип переноса заряда используется в различных интегральных структурах — линиях задержки, фильтрах аналоговых сигналов, цифровой памяти динамического типа и твердотельных фотозлектронных преобразователях, разработке которых уделяется особое внимание. Достоинства этих приборов — повышенная разрешающая способность, отсутствие инерционности, жесткий растр, большая плотность размещения элементов, малые габариты — обеспечили их широкое применение при построении телевизионных систем.

● Для обеспечения высококачественного цветного вещательного телевидения разработана передающая трубка с фотодиодной оксидно-свинцовой мишенью — глетикон. Специфика диодного механизма работы мишени обусловила высокую квантовую эффективность, линейную зависимость тока сигнала от освещенности, малую инерционность фотоответа, малый темновой ток.

● В устройствах считывания графической информации для ввода ее в ЭВМ, в системах отсчета размеров обрабатываемых деталей на координатно-расточных станках, в скоростных спектрометрах для регистрации одноэлектронных импульсов находят широкое применение диссекторы, отличающиеся от других преобразователей свет-сигнал работоспособностью при любом алгоритме сканирования поля зрения и при изменении алгоритма, минимизацией информации, поступающей с диссектора на дальнейшую обработку.

● Многоцветные электронно-лучевые трубки — масочные ЦЭЛТ и пенетроны — начинают широко применяться в дисплеях для отображения знаковой или графической информации. При изготовлении дисплея, воспроизводящего большое количество различных цветов с растровой разверткой, предпочтительно применение масочной ЦЭЛТ. Для обеспечения высокой разрешающей способности при ограниченной цветовой гамме с высокой надежностью индикации каждого цвета применяется пенетрон.

● Повышенная разрешающая способность цветных кинескопов достигается хорошей фокусировкой электронных пучков и применением цветоделительной маски с малым шагом. На диаметр электронного пятна влияют размер кроссовера, сферическая абберрация, коэффициент увеличения главной линзы. Электронные прожекторы с двумя и более электронными линзами, используемые в цветных кинескопах с диаметром горловины 29 и 36 см и размерами экрана 32—67 см, обеспечивают высокую разрешающую способность изображения телевизоров и дисплеев.

ЭЛЕКТРОННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

1984

3

ИЗДАЕТСЯ С 1970 г. • ВЫПУСК (131)

OldPC.su

музей компьютеров

СОДЕРЖАНИЕ

ИЗДЕЛИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

- 3 *Котов Б. А., Писаревский А. Н.* Перспективы развития приборов с переносом заряда для телевизионных систем
- 6 *Калантаров М. А., Лапук А. Г., Тимофеев О. А.* Глетикон — передающая трубка для цветного телевидения
- 9 *Бейлин А. Ф., Далиненко Н. К.* Современные диссекторы и их применение
- 11 *Александрович Н. Ю., Афонин А. И., Васильев И. С., Морозенский А. Л., Суриков И. Н.* Передающие телевизионные системы в прикладной электронике
- 13 *Белов Н. И., Докучаев Ю. П., Захаров А. Л., Збойкова А. В., Корабельников С. П., Лихтман А. Е., Свйдман Л. А.* Цветоделительное устройство для передающей телевизионной камеры с одной фотомишенью
- 16 *Пономаренко И. Е.* Электронные прожекторы для цветных кинескопов
- 18 *Вейль И. Р., Новик М. А., Рысаков О. М.* Цветные электронно-лучевые трубки для дисплеев
- 20 *Афанасьев В. П., Дегтярев Н. П., Еремин А. П., Желтов М. П., Калинин Г. Б., Лобанов Б. М., Панченко Б. В., Сиренко А. М., Усов Л. П., Шатерник В. В.* Речевой дисплей МАРС-1
- 22 *Гущин Э. В., Малкиель Б. С., Матюхин В. А., Попова Н. Н., Степанюк В. Г., Хлевная Н. Г.* Повышение качества серийных запоминающих осциллографических ЭЛТ
- 23 *Волков В. П., Глуховской Б. М., Дукор С. Г., Королькова О. С., Фельдман В. С., Чемерицын А. А.* Быстродействующие ФЭУ для регистрации излучения ОКГ

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ПРОИЗВОДСТВА, УПРАВЛЕНИЯ

- 30 *Березин В. Ю., Дрянн Ю. А., Коссов А. Г., Лазовский Л. Ю., Настальский А. Б., Хвиливицкий А. Т.* Автоматизированная система измерения параметров фоточувствительных матриц ПЗС
- 32 *Молчан Л. А.* Автоматизированная система контроля координатных искажений изображения
- 34 *Булин С. В., Осетинский М. Г.* Программное обеспечение электроолитографии для разработки фоточувствительных ПЗС
- 36 *Булин С. В., Куклане А. Н., Осетинский М. Г.* Система "Карат" для проектирования и изготовления фотошаблонов ФПЗС
- 39 *Грицюк Н. П., Иваськевич Л. С., Лачашвили Р. А., Пивень Е. Б., Траубе Л. В.* САПР осциллографических ЭЛП
- 42 *Глуховская Н. Б., Ильевский В. А.* Система автоматизированного проектирования электронно-оптических систем ФЭУ
- 44 *Альберт И. П., Лачашвили Р. А., Пионтковский А. Б., Токарь Ю. С., Фолькенфлик Е. Я.* Комплексная автоматизация проектирования и производства ЭЛП

ОБМЕН ОПЫТОМ

- 47 *Красовский В. М., Лившиц В. И., Милов А. А.* РИТМ-процесс — технология изготовления коммутационных плат микронной аппаратуры
- 51 *Варнакова Р. Г., Гринченко В. Т., Кошелев С. Н.* Миниатюрный геттерно-ионный насос НГ-1-2 для ЭЛП
- 54 *Мастяев В. Я.* Тиристорный ключевой генератор

54 *Бойцова Т. А., Виграненко Л. В., Мусалев Н. С., Попов В. В.* Оценка эффективности мембранных микрофильтров для очистки деионизованной воды

55 *Крыса А. И., Курницкий Л. И., Свистун Т. А., Сосновы́й Ю. Р.* Распыление азотосодержащих газопоглотителей в цветных кинескопах

56 *Крыса А. И., Курницкий Л. И., Свистун Т. А., Сосновы́й Ю. Р.* Контроль герметичности ЭВП с оксидным катодом

57 *Гачкевич В. Е., Гуцин Э. В., Гупаловский О. В., Зубков Р. М., Кобинец Л. О., Матюхин В. А., Попова Н. Н.* Повышение производительности труда при изготовлении осциллографических ЭЛТ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС И КАДРЫ

58 *Бурмистров А. Н., Дьяков Ю. Н.* Совершенствование структуры управления цехом

60 *Лауцявичюс Т. П., Лебедевас Б. М., Улозас В. А.* Материальное стимулирование ИТР и служащих за конечный результат

ЛЮДИ ТРУДОВОЙ СЛАВЫ

61 *Апарина Т. М.* Опережая время

62 *Мельников В. В.* Секреты мастерства. Пример бригадира. Лучший рационализатор

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

65 *Чернышев Н. А.* Видеoinформационные системы

РЕКЛАМА

27 *Ананян М. А., Турсуков И. И.* Оптоволоконные системы информационного обмена

3 стр. *Гловацкий И. Г.* Малогабаритный кинескоп для электронных видеодискателей

ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ

Следующий выпуск сборника посвящен перспективам развития субмикронной технологии изготовления ИЭТ и созданию оптико-механического оборудования для фотолитографии. Рассмотрены вопросы совершенствования методов контактной и проекционной фотолитографии, электронелитографии, различных способов напыления тонких пленок, «сухих» методов формирования рельефов поверхности для производства ИЭТ.

ИЗДЕЛИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

УДК 621.383.6

Б. А. Котов, А. Н. Писаревский

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРИБОРОВ С ПЕРЕНОСОМ ЗАРЯДА ДЛЯ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИСТЕМ

Внедрение структуры "виртуальной фазы" и меандрового канала, видиконного фоточувствительного слоя, методов охлаждения, фотолитографии и ионного легирования обеспечило разработку новых ФППЗ, находящихся широкое применение для построения цветных телевизионных камер и аппаратуры телекинопроекции.

Принцип переноса заряда используется в различных интегральных структурах — линиях задержки с электрической перестройкой, фильтрах аналоговых сигналов, цифровой памяти динамического типа и твердотельных многоэлементных фотозлектрических преобразователях. Особое внимание уделяется разработке фоточувствительных приборов с переносом заряда (ФППЗ), позволяющих создавать устройства с новыми свойствами и возможностями.

ФППЗ первого поколения представляют собой интегральные структуры с поверхностным каналом и покадровой архитектурой переноса зарядов, работающие в стандартном телевизионном режиме разложения. Число элементов таких ФППЗ составляет 256x288 для среднеформатных матриц и 512x576 для крупноформатных. На их основе реализованы охлаждаемые приборы для аппаратуры малокадрового телевидения. Выпускаются также линейные (одномерные) преобразователи с числом элементов более 2000 [1].

Пространственная разрешающая способность ФППЗ характеризуется частотно-контрастной характеристикой (ЧКХ) и определяется прежде всего геометрическими размерами фоточувствительных элементов и шагом их расположения. При равном числе элементов разложения ФППЗ со строчно-кадровой структурой имеет более высокую глубину модуляции в полосе пространственных частот, чем с покадровой. Идеальная ЧКХ, определяемая геометрическими размерами, искажается вследствие неэффективности переноса, а в ближней инфракрасной области спектра — вследствие диффузионного движения носителей заряда из глубины полупроводника, где поглощаются длинноволновые фотоны (влияние неэффективности переноса на ЧКХ существующих ФППЗ незначительно). Возникновение муара, связанное с биениями проецируемых на матричную структуру пространственных частот с дискретной структурой фоточувствительного поля, не вносит существенных искажений, а на движущихся объектах вовсе исчезает, так что пространственное разрешение даже повышается.

В телевизионных системах датчики изображения работают циклически: время накопления чередуется с быстрым считыванием информации. Полное считывание заряда при выводе информации в ФППЗ исключает эффект инерционности, наблюдаемой при

видиконном считывании электронным лучом. Достигнутые скорости вывода информации в структурах с переносом заряда не ограничивают быстродействия датчиков изображения и составляют 10–20 МГц для стандартных телевизионных систем. Перенос заряда из области накопления в секцию памяти в строчно-кадровой структуре происходит за время менее 0,1 мкс, что существенно меньше, чем в структуре с кадровым переносом, где это время составляет 2 мс (в ряде применений это имеет большое значение).

Спектральная характеристика ФППЗ определяется свойствами полупроводникового материала, а также оптическими свойствами электродов.

Для достижения высокой квантовой эффективности и чувствительности в синей и ультрафиолетовой областях спектра предпочтительно в качестве фоточувствительного элемента использовать фотодиод, спектральная характеристика которого распространяется до 0,3–0,2 мкм. Другой путь выравнивания спектральной характеристики — использование видиконного фоточувствительного слоя. При этом структура с переносом заряда служит для сканирования и считывания зарядового рельефа этого слоя, а спектральная характеристика определяется свойствами самого фотослоя, а не кремния [2].

Выходной сигнал датчиков изображения на ФППЗ связан линейной зависимостью с интенсивностью поглощенного излучения. Коэффициент линейности отличается от 1 не более чем на 1%. Это свойство ФППЗ должно учитываться в телевизионных системах: необходима коррекция, обусловленная нелинейностью устройств воспроизведения на кинескопах.

Важной характеристикой датчиков изображения являются их собственные шумы, которые определяют минимальную величину и динамический диапазон регистрируемого светового потока. Можно выделить следующие шумовые составляющие ФППЗ:

- шум считывания, не зависящий от уровня освещенности и определяемый флуктуациями темнового тока, неэффективностью переноса, шумами выходного транзистора. При использовании охлаждения для уменьшения темнового тока, скрытого канала для переноса заряда, где необходимость в фоновом заряде отсутствует, полная составляющая внутренних шумов на частотах менее 1 МГц может составить 10–30e⁻;

- дробовой шум, связанный с дискретной природой фотонного потока (флуктуации зарегистрированных фотонов пропорциональны корню квадратному из их полного числа);

- геометрический шум, вызванный геометрической неточностью изготовления фоточувствительной структуры. Уровень геометрических неоднородностей, связанный с технологией изготовления, составляет 0,1–3%.

Динамический диапазон ФППЗ, определяемый уровнем внутренних шумов и величиной полной вместимости потенциальной ямы отдельного элемента, для современных приборов составляет несколько тысяч.

Дискретная структура ФППЗ допускает использование цифровых методов обработки сигналов. Построение телевизионных систем связано с цифровым представлением изображения в памяти необходимого объема. Формирование стандартного телевизионного сигнала осуществляется соответствующим считыванием цифровых отсчетов из памяти. Ни скорость вывода информации, ни порядок обращения к отдельным элементам датчика изображения не определяются ограничениями телевизионного стандарта. Датчик изображения может содержать несколько выходов для параллельного вывода сигналов, что сокращает полосу видеосигнала, или иметь время кадра накопления, отличающееся от телевизионного стандарта как в большую, так и в меньшую стороны. Накопление слабых сигналов может вестись в цифровом виде, что позволяет осуществить цифровую фильтрацию с практически неограниченным динамическим диапазоном. Преимущества цифрового представления и обработки сигналов изображения с ФППЗ особенно наглядны при построении цветных телевизионных камер и аппаратуры телекинопроекции.

Линейные и матричные ФППЗ осуществляют пространственную дискретизацию проецируемого на них изображения. Точность шага отдельных фотоувствительных элементов, определяемая технологией изготовления, составляет доли микрометра. Таким образом, регистрируемое распределение светового потока оказывается пространственно дискретизированным с высокой степенью точности.

Известно, что ошибки, вносимые операцией дискретизации, при отдельных условиях малы. Так, теоретическая [3] ошибка оценки первого момента Гауссовского распределения при шаге квантования, не превышающем дисперсию распределения, составляет порядка 10^{-9} доли шага квантования. Шумы и геометрические неоднородности тем не менее ограничивают достижимую точность оценки при шаге расположения элементов современных преобразователей оптической информации, равном 20 мкм: точность определения положения светового пятна составляет доли микрометра. Это свойство используется для построения различного рода оптико-механических систем ориентации и измерения, а также в датчиках астроориентации космических аппаратов и астрофизических исследованиях собственного движения звездных объектов. При регистрации спектров астрономических объектов положение отдельной спектральной линии может быть зафиксировано с точностью, не достижимой для других методов.

Один из путей построения приборов регистрации предельно слабых световых потоков — создание счетчиков фотонов. Это достигается гибридизацией ФППЗ с фотокатодом в камере переноса с ускоряющим напряжением 10–20 кэВ. Каждый ускоренный электрон, поглощенный кремнием, рождает электронно-дырочную пару в среднем на 3,5 эВ поглощенной энергии, т. е. более 3000 носителей заряда. Каждое такое событие может быть зарегистрировано в цифровой памяти. Отношение сигнал-шум определяется в этом случае только статическими свойствами входного потока фотонов.

Использование фотокатода, естественно, понижает квантовую эффективность регистрации фотонов (на 10% в видимой области спектра). Существуют ограничения на величину падающего фотонного потока для исключения вероятности того, что два события регистрации в одном элементе произойдут в одном кадре.

Опыт разработки и применения ФППЗ первого поколения показал наряду с преимуществами также и недостатки. Одним из существенных недостатков является трудность получения бездефектных структур и неоднородность темнового фона. Дефекты изображения в виде белых точек и темных пятен определяются дефектами исходного материала и чистотой технологических процессов. Неравномерность темнового фона связана с темновым током.

При понижении температуры на 7–8 К темновой ток и связанная с ним неравномерность темнового фона уменьшаются приблизительно в два раза. Охлаждение необходимо при регистрации слабых сигналов и достигается с помощью термоэлектрического холодильника. При этом изменяется спектральная характеристика ФППЗ из-за увеличения ширины запрещенной зоны в кремнии при понижении температуры.

Перспективы развития ФППЗ в настоящее время связаны с совершенствованием исходного полупроводникового материала подложки, технологических приемов и технологического оборудования, а также с развитием идей в архитектуре построения ФППЗ и сочетанием их с методами цифровой обработки сигналов.

Исследования видеodefектов, наблюдаемых при работе ФППЗ, позволили идентифицировать их с неоднородностями исходной полупроводниковой подложки [4]. Стала очевидной роль электрически неактивных примесей в полупроводнике, концентрация которых часто превышает концентрацию основной электрически активной примеси на три порядка. Уменьшение доли кислорода и углерода в кремнии [5] предполагает использование в качестве материала подложки для ФППЗ кремниевых монокристаллов, выращенных методом бестигельной зонной плавки. Для исключения отрицательного влияния кислорода на характеристики ФППЗ в процессе их изготовления разрабатываются различные методы формирования приповерхностной зоны с пониженным содержанием кислорода. С другой стороны, дефекты, обусловленные электрически неактивными примесями, могут играть положительную роль, являясь стоками различного рода нежелательных примесей (железа, меди, золота и др.), которые понижают время жизни неосновных носителей. В качестве примесей, связывающих и образующих малоподвижные кластеры, могут использоваться элементы переходной группы (Ni, Mn, Co) либо редкоземельные элементы. Другим методом введения "getterирующих" дефектов является метод ионного легирования [6]. Совершенствование исходного материала и методов getterирования позволяет увеличить время жизни неосновных носителей в структурах ФППЗ и довести до уровня, превышающего 1–2 мс, что соответствует уровням темнового тока менее 0,5 нА/см².

Используемые методы фотолитографии позволяют достигнуть высокой точности воспроизведения размеров (2 мкм) на поле полупроводниковых пластин размером 100 мм, что исключает существовавшую до недавнего времени проблему генерации изображения ФППЗ.

Использование методов ионного легирования [7] дало возможность отказаться от большого количества термических операций в технологическом процессе и контролировать уровни легирования с точностью, необходимой для форми-

рования области углубленного канала и потенциальных барьеров в структуре ячейки ФППЗ.

Новые решения архитектуры построения ФППЗ базируются на структурах "виртуальной фазы" и меандрового канала [7, 8]. Достоинства ФППЗ с "виртуальной фазой" были продемонстрированы при построении линейных и матричных структур. Простота управления, "гладкая" спектральная характеристика и технологичность открывают пер-

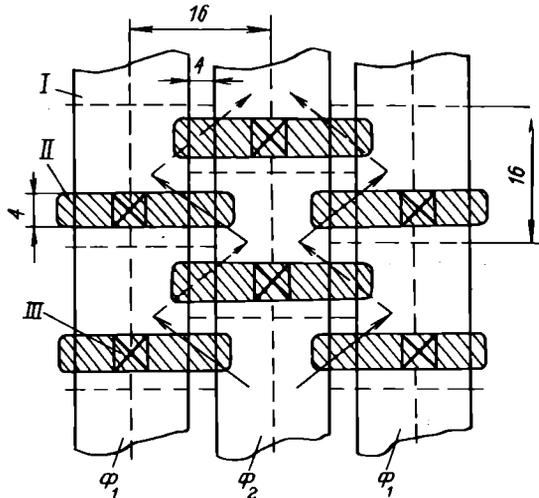


Рис. 1. Фрагмент матричной структуры ФППЗ на основе меандрового регистра: I — первый уровень металлизации; II — второй уровень металлизации; III — область контакта между слоями металлизации (штрих-пунктирными линиями показаны области «стоп-канала», стрелками — направления переноса заряда, размеры элементов даны в микрометрах)

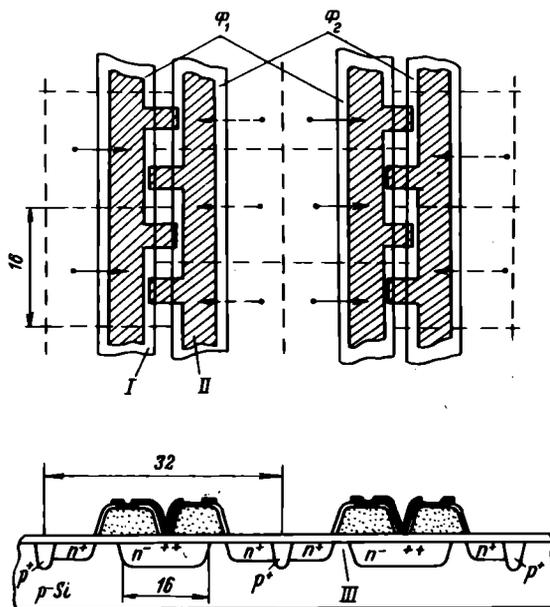


Рис. 2. Фрагмент структуры одноматричного малосигнального фотодиодного датчика изображения, предназначенного для цветного цифрового телевидения: I — первый уровень металлизации; II — второй уровень металлизации; III — область изоляции поверхностным каналом (стрелками указаны направления переноса заряда из фотодиодов в двух последовательных полях, размеры элементов даны в микрометрах)

спективы создания матричных структур с числом элементов более 10^6 .

Структура меандрового канала [8] позволяет снизить требования к допускам фотолитографии и реализовать структуры ФППЗ с большой плотностью размещения элементов (рис. 1). Совместное использование электродной структуры отдельных фаз дает возможность построения матрицы с размером элементов 16×16 мкм² при довольно умеренных требованиях к минимальному элементу структуры, равному 4 мкм, причем для реализации структуры требуется всего два уровня металлизации. Другим достоинством структуры меандрового канала является совместное использование метода изоляции с помощью "поверхностного канала" и фотодиодов в качестве фоточувствительного элемента, обладающих высокой чувствительностью в синей области спектра (рис. 2). Число элементов структуры составляет 576×702 , что соответствует стандарту цифрового телевидения. Фотодиоды одновременно являются и элементами накопления. Считывание зарядовых сигналов с первой группы фотодиодов осуществляется посредством увеличения уровня напряжения на электроде первой фазы с тем, чтобы произошел перенос заряда через барьер, определяемый уровнем поверхностного канала. После вывода зарядовых сигналов фотодиодов первой группы производится считывание сигналов с фотодиодов второй группы с помощью управления второй фазой. Использование одного и того же регистра для вывода зарядовых сигналов первой и второй групп позволяет достичь эквивалентного шага элементов 16 мкм при формате $9,2 \times 12,6$ мм². Следует заметить, что расположение первой и второй групп фотодиодов не соответствует чересстрочному разложению телевизионного стандарта. Однако цифровые методы обработки снимают ограничения телевизионного стандарта с датчика изображения.

Таким образом, достоинства ФППЗ при построении телевизионных систем различного назначения обеспечивают этим приборам дальнейшее развитие и применение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ракитин В.В., Сафонов А.Г., Тишин Ю.И. Матричный фотоприемник с памятью на ПЗС.— Электронная промышленность, 1983, вып. 7, с. 81—83.
2. Chikamura T., Wada T., Fukai M. A high-sensitivity solid-state image sensor using a thin-film ZnSe—Zn_{1-x}Cd_xTe heterojunction photosensor.— IEEE Trans., 1982, v. ED-29, N 6, p. 990—1004.
3. Корн Г.А. Моделирование случайных процессов на аналоговых и аналого-цифровых машинах — М.: Мир, 1968. — 315 с.
4. Jastrzebski L., Levine P.A., Fisher W.A. et al. Cosmetic defects in CCD imagers — J. Electroch. Soc., 1981, v. 128, N 4, p. 885—892.
5. Jastrzebski L. Origin and control of material defects in silicon VLSI technologies: an overview — IEEE Trans., 1982, v. SC-17, N 2, p. 105—117.
6. Rysseil H. Ion implantation for very scale integration — Advances in Electronics and Electron Physics, 1982, v. 58, p. 191—269.
7. Нунесек J. Virtual phas technology: a new approach to fabrication of large-area CCD's.— IEEE Trans., 1981, May, v. ED-28, p. 483—489.
8. Маекawa T., Arakawa I., Seih A 2048 — element MCCD linear image sensor — Fujitsu Scientific Technical J., 1980, N 12, p. 113—129.

УДК 621.385.832.7:621.397.132

М. А. Калантаров, А. Г. Лапук, О. А. Тимофеев

ГЛЕТИКОН — ПЕРЕДАЮЩАЯ ТРУБКА ДЛЯ ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

Малая инерционность спада и нарастания сигнала, высокая чувствительность, идентичность световых характеристик приборов, близость спектральной характеристики чувствительности к кривой видимости глаза, малые значения темнового тока и разброса геометрических искажений от прибора к прибору, высокая равномерность сигнала по полю изображения, стабильность параметров в диапазоне температур от -20 до $+50^\circ\text{C}$ выгодно отличают глетиконы от других передающих трубок.

Для обеспечения высококачественного цветного вещательного телевидения разработана новая передающая трубка с фотодиодной оксидно-свинцовой мишенью — глетикон [1], положительные свойства которого в основном определены свойствами фотопроводящей мишени (рис. 1). По энергетической структуре мишень эквивалентна р-и-п-фотодиоду с широкой базовой областью, включенному

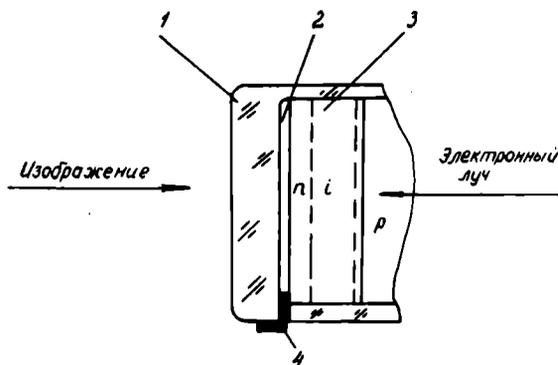


Рис. 1. Разрез мишени глетикона:

1 — входное окно; 2 — сигнальная пластина из двуокиси олова; 3 — оксидно-свинцовый слой с областями электронной (n), квазисобственной (i) и дырочной (p) проводимости; 4 — вывод сигнальной пластины

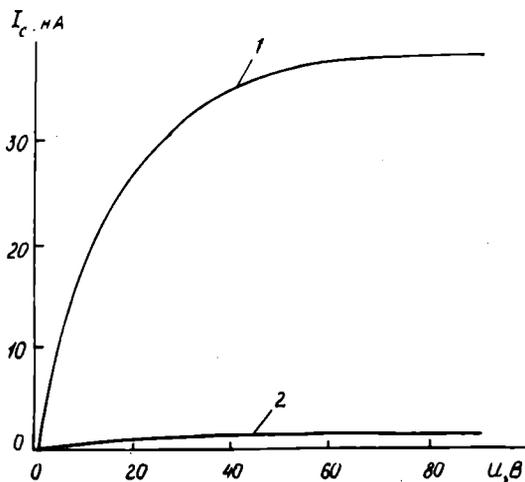


Рис. 2. Типичные зависимости тока сигнала (1) и темнового тока (2) от напряжения на сигнальной пластине

в запорном направлении. Зависимость величины сигнала от напряжения на сигнальной пластине характеризуется областью насыщения (рис. 2), при котором практически все возбужденные светом пары электрон-дырка в базовой области разделяются и выводятся в контактные области раньше, чем они будут захвачены глубокими уровнями прилипания, и рекомбинируют. Такая специфика диодного механизма работы обуславливает высокую квантовую эффективность, линейную зависимость тока сигнала от освещенности, малую инерционность фотоответа, малый темновой ток.

С кристаллографической точки зрения мишень представляет собой поликристаллический текстурированный слой окиси свинца толщиной 15-18 мкм. В непосредственной близости к прозрачной для видимого света сигнальной пластине, нанесенной на стеклянный диск-подложку и имеющей сильно выраженную электронную проводимость, размещена прослойка орторомбической модификации окиси свинца с ориентацией кристаллитов плоскостью (001) параллельно подложке. Толщина этой прослойки составляет в среднем 0,15 мкм. По мере удаления от подложки кристаллиты приобретают форму пластинок со средними размерами $0,5 \times 3 \times 0,005$ мкм, при этом окись свинца переходит в тетрагональную модификацию. Кристаллиты ориентируются длинной стороной направлением $\langle 110 \rangle$ вдоль нормали к подложке со средним углом отклонения от нормали около 8° . Между кристаллитами имеются пустоты, общий объем которых составляет около 50% от полного объема слоя. Толщина и пористость окисно-свинцовой фотодиодной мишени выбраны оптимальными с точки зрения чувствительности, инерционности и разрешающей способности прибора.

Большая толщина мишени обеспечивает почти полное поглощение света с длинами волн, лежащими в области собственного поглощения тетрагональной окиси свинца (до 650 нм). Существенное значение при этом имеет чистота фазового состава базовой области мишени, которая практически полностью состоит из тетрагональной окиси свинца с шириной запрещенной зоны 1,9 эВ. Расположение основной массы кристаллитов вдоль линий тока также способствует получению высокой чувствительности.

Для повышения чувствительности к свету с длинами волн более 650 нм в поверхность мишени на глубину около 1,5 мкм вводится сера, которая создает окисульфидные соединения с энергией активации фотопроводимости 1,4 эВ и менее. Эти соединения поглощают длинноволновый красный свет, а также свет ближней ИК области спектра.

Большая толщина и пористость обеспечивают малую емкость мишени (около 400 пФ/см²), что способствует снижению коммутационной инерционности прибора. В совокупности с практическим отсутствием инерционности фотоответа это обеспечивает меньшую, чем у всех других видиконов, инерционность.

Рассеяние света, вызванное пористостью мишени, является фактором, ограничивающим разрешающую способность прибора, поэтому технология изготовления мишени является компромиссным решением, обеспечивающим малую емкость и достаточно высокую разрешающую способность мишени. Вторым фактором, влияющим на разрешающую способность, является растекание зарядов по относительно низкоомной р-прослойке, оптималь-

ное значение проводимости которой обеспечивается технологией изготовления.

Для реализации положительных свойств толстой пористой мишени в базовой области создается сильное равномерное электрическое поле, необходимым условием образования которого является однородность проводимости по всей толщине базовой области мишени. Низкие значения проводимости и ее однородность обеспечиваются за счет точной компенсации доноров и акцепторов в базовой области, достигнутой с помощью ряда физических явлений, используемых при изготовлении мишени. В частности, компенсация избыточного свинца достигается за счет адсорбции кислорода на гранях кристаллитов при напылении слоя в газовой среде с точно подобранным давлением кислорода. Количество доноров, находящихся в объеме кристаллита, можно равномерно менять, изменяя толщину кристаллитов. Поверхностные состояния кристаллитов окиси свинца сосредоточены вблизи середины запрещенной зоны и являются в основном акцепторными. Их число при изменении толщины пластинчатого кристаллита не меняется. Высокая однородность проводимости по толщине базовой области фотослоя обеспечивает отсутствие таких отрицательных эффектов, как выжигание и послеизображение. Существенной причиной появления неоднородности проводимости по толщине мишени является наличие паров органических примесей с массой более 44 а. е. м. в спектре остаточных газов технологического вакуумного оборудования. Для устранения этого явления разработано вакуумное оборудование с безмасляными средствами откачки. В совокупности с тепловой и плазменной очистками оно обеспечило содержание органики в остаточных газах менее $2 \cdot 10^{-3}$ Па.

При получении исходной окиси свинца была решена проблема глубокой очистки окиси свинца от посторонних примесей.

Промышленностью серийно освоены глетиконы диаметром 30 мм (ЛИ432, ЛИ442) и 26 мм (ЛИ457, ЛИ458) [2], основные массогабаритные характеристики которых приведены ниже:

	ЛИ432, ЛИ442	ЛИ457, ЛИ458
Диаметр (не более), мм	30,45	26,2
Длина (не более), мм	220	169
Масса (не более), г	100	80

Все приборы имеют магнитную фокусировку и отклонение луча. Глетиконы ЛИ432 и ЛИ457 предназначены для работы в яркостном, зеленом и синем каналах многотрубочных камер цветного телевидения, глетиконы ЛИ442 и ЛИ458 — в красном.

Одной из особенностей конструкции глетиконов является специальная стеклооболочка — колба, оптическое входное окно (диск) которой в отличие от известных видиконов приварено к ее цилиндру. На открытом конце колбы имеет коваровый фланец, предназначенный для припайки колбы к устройству термического напыления фотослоя и для последующего сочленения с ножкой прибора, также имеющей коваровый фланец специальной конфигурации. В том случае, когда колба припаяна к устройству для напыления фотослоя, ее цилиндр и входное окно создают вакуумированный объем и защищают мишень от вредного воздействия атмосферы. Технология приварки диска к цилиндру колбы с одновременной сваркой тонкого немагнит-

ного платинового вывода сигнальной пластины обеспечивает сохранение чистоты поверхности диска, минимальный его прогиб, максимальную перпендикулярность к оси цилиндра. Для устранения оптических дефектов диск колбы изготовлен из стекла С52-2, относящегося по химической стойкости к первому гидролитическому классу.

При сборке колба с сигнальной пластиной и фотослоем мишени сочленяется с ножкой, несущей электронно-оптическую систему (ЭОС), с помощью низкотемпературного припоя — эвтектического сплава индий-олово. Технология изготовления припоя обеспечивает малое газовыделение при пайке, что также важно для защиты мишени от загрязнения посторонними газами.

Специфика применения глетиконов в многотрубочных передающих камерах предъявляет высокие требования к разбросу геометрических искажений от прибора к прибору. У глетиконов он составляет в центральной зоне растра с радиусом 0,4 Н (где Н — высота изображения) не более 0,05%; в зоне с радиусом, равным половине ширины изображения, — не более 0,15%; в остальной части растра — не более 0,3%. Для обеспечения этих требований колбы глетиконов калиброваны по внутреннему диаметру, уменьшены допуски на расстояние между сеткой и мишенью, применены бесшовный цилиндр фокусирующего электрода (второго анода) и паяный сеточный узел (в глетиконах ЛИ457, ЛИ458), ЭОС жестко закреплена на ножке и строго центрирована относительно стеклооболочки фиксаторами на втором аноде. С помощью специальных сборочных оправок и приспособлений обеспечена хорошая соосность второго анода и прожектора при сборках ЭОС.

В глетиконах ЛИ457, ЛИ458 в узле съема сигнала использовано опорное керамическое кольцо, приклеенное к входному окну прибора концентрично узлу сетки (с несоосностью не более 0,1 мм) и обеспечивающее точное расположение трубки в фокусирующе-отклоняющей системе и высокую точность совмещения растров глетиконов в многотрубочных камерах (рис. 3). Кроме того, на керамическое кольцо выведены два контакта сигнальной пластины, расположенные через 90° и имеющие небольшую площадь, благодаря чему выходная емкость глетиконов ЛИ457 и ЛИ458 снижена до 3,5 пФ по сравнению с 5-7 пФ у видиконов, имеющих вывод сигнальной пластины в виде металлического кольца. Уменьшение выходной емкости приборов позволило снизить шумы предварительного усилителя камеры и, соответственно, повысить отношение сигнал-шум.

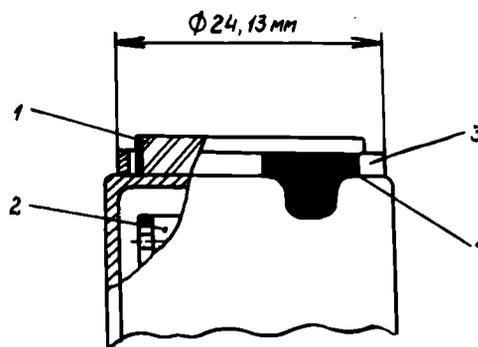


Рис. 3. Узел съема сигнала с противорефлективным диском глетиконов ЛИ457, ЛИ458: 1 — сеточный узел; 2 — противорефлективный диск; 3 — керамическое центрирующее кольцо; 4 — контакт сигнальной пластины

Соосная сборка электронного прожектора глетиконов позволяет создать пучок высокой плотности с малым разбросом электронов по скоростям и углом расхождения не более 2° , что обеспечивает высокую разрешающую способность и малую инерционность коммутации. В глетиконах ЛИ457 и ЛИ458, например, соосная сборка элементов прожектора достигнута благодаря применению сборочной оправки с двумя центрирующими стержнями разного диаметра, которые проходят через специальные технологические отверстия в модуляторе и первом аноде прожектора. Электроды собранных прожекторов жестко закреплены, что исключает их смещение. Высокую соосность отверстий прожекторов обеспечивает применение лазерного прокола отверстий в собранном прожекторе. Для прожектора глетиконов ЛИ432, ЛИ442 специально разработан металлопористый термокатод с высокой устойчивостью к отравлению и ионной бомбардировке. В глетиконах ЛИ457, ЛИ458 используется эффективный оксидный термокатод с пониженной мощностью накала.

Линейность световой характеристики глетиконов осложняет передачу пересвеченных участков изображения, особенно при движении объектов. В глетиконах ЛИ457, ЛИ458 эта проблема решена с помощью безапертурного прожектора тетродного типа, отличающегося от прожектора триодного типа в глетиконах ЛИ432, ЛИ442 наличием дополнительного электрода в полости первого анода. При подаче импульсов напряжения на дополнительный электрод, модулятор и катод (во время обратного хода луча по строке) происходит дополнительное считывание пересвеченных (с освещенностью до 300 лк) участков мишени увеличенным током луча (до 150 мкА). Это обеспечивает передачу

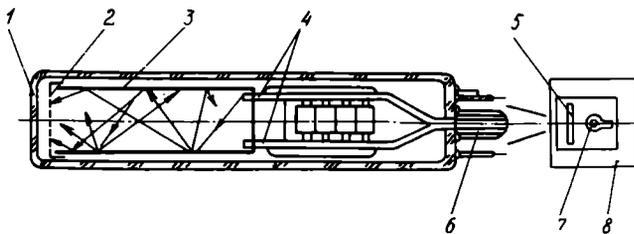


Рис. 4. Устройство для подсветки мишени глетиконов ЛИ457, ЛИ458: 1 — мишень; 2 — сетка; 3 — цилиндр второго анода; 4 — световод; 5 — фильтр; 6 — штенгель; 7 — источник света; 8 — колодка питания трубки

движущихся пересвеченных участков изображения без характерных дефектов в виде "тянучек" [3]. Следует отметить, что безапертурный прожектор обеспечивает повышенную эффективность коммутации и во время прямого хода луча по строке, формируя пучок с малым разбросом электронов по скоростям и тем самым заметно уменьшая коммутационную инерционность в глетиконах ЛИ457, ЛИ458. Дальнейшее уменьшение коммутационной инерционности этих глетиконов достигается применением внутренней подсветки мишени, повышающей эффективность считывания сигналов на слабо освещенных участках изображения за счет некоторого увеличения потенциала поверхности мишени (рис. 4). Световод, изготовленный из стеклянного штабика, сварен одним концом в штенгель, и образует собирающую линзу; другой его конец, выполненный для улучшения равномерности подсветки в виде симметричной вилки, входит в область второго анода. Торцы вилки — шлифованные, матовые. Свет от источника, расположенного в колодке питания трубки, через световод попадает в торец штенгеля, а затем по световоду — внутрь второго анода. Внутренняя поверхность второго анода матирована для получения многократного диффузного рассеяния света и равномерной подсветки мишени. Неравномерность тока мишени, созданного дополнительной подсветкой, симметрична относительно центра мишени и не превышает 15%. В связи с повышенным диффузным отражением света слоем окиси свинца все глетиконы имеют на входном окне противоореольный диск с черной боковой поверхностью, поглощающей отраженный свет (см. рис. 3). У глетиконов ЛИ442 и ЛИ458 с повышенной чувствительностью к красному свету на противоореольный диск нанесен интерференционный светофильтр для подавления чувствительности к излучению с длиной волны более 720 нм. Ниже приведен электрический режим работы приборов:

	ЛИ432, ЛИ442	ЛИ457, ЛИ458
Напряжение накала, В	6,3	6,3
Ток накала, мА	300	90
Напряжение, В		
на первом аноде	300	300
на дополнительном электроде	—	300
на втором аноде	600	500
на сетке	675	750
на сигнальной пластине мишени	45	45

Таблица 1

Наименование параметров	ЛИ432			ЛИ442	ЛИ457			ЛИ458
	Я	З	С	К	Я	З	С	К
Чувствительность, мкА/лм	460	170	70	180	460	170	55	135
Инерционность спада тока сигнала при малых* сигналах, %								
через 40 мс	14	12	23	24	6,5	6,5	12	12
через 200 мс	3	3	6	5	1,9	1,9	3,5	3
Инерционность нарастания тока сигнала при малых* сигналах через 40 мс, %	68	70	42	47	99	99	85	90
Глубина модуляции тока сигнала** на отметке 400 лин (5 МГц) в центре, %	47	47	63	50	47	47	63	47
Темновой ток (не более), нА	3	3	3	3	3	3	3	3

* 40 нА — для ЛИ432Я, ЛИ432З, ЛИ457Я, ЛИ457З; 20 нА — для ЛИ432С, ЛИ442, ЛИ457С, ЛИ458.

** При рабочих значениях тока сигнала для всех глетиконов.

Типовые (средние) значения основных параметров глетиконов приведены в табл. 1. Обеспечение высокого качества ЦВТ потребовало новых критериев оценки параметров передающих трубок-глетиконов, используемых в передающих камерах. Чувствительность глетиконов определяется величиной тока сигнала, отнесенного к величине светового потока, падающего на мишень, ее измерение проводят при освещении мишени источником с цветовой температурой 2850 К. Измерение чувствительности глетиконов, предназначенных для цветных каналов, проводят с селективными поглотителями света СС-4 (толщиной 2 мм) для синего канала, ЖЗС-9 (толщиной 3 мм) — для зеленого и ОС-13 (толщиной 5 мм) — для красного. Измерение всех параметров (кроме чувствительности) проводят при напряжении на модуляторе, обеспечивающем считывание двойного рабочего тока сигнала: для ЛИ432Я — 600 нА, для ЛИ457Я, ЛИ457З — 400 нА, для ЛИ432З, ЛИ432С, ЛИ442 — 300 нА, для ЛИ457С, ЛИ458 — 200 нА.

Глетиконы ЛИ457 и ЛИ458, практически не уступая по основным светотехническим параметрам глетиконом ЛИ432 и ЛИ442, заметно их превосходят по инерционности спада и нарастания тока сигнала, что обусловлено меньшей емкостью рабочей площади мишени и использованием безапертурного электронного прожектора. Значения этих параметров улучшаются при дополнительной подсветке мишени через внутренний световод (табл. 2), создающей ток 5 нА. Следовательно, использование дополнительной подсветки мишени при передаче слабо освещенных сцен обеспечивает малую инерционность спада тока сигнала и практически отсутствие инерционности нарастания этого тока, что делает перспективным более широкое использование глетиконов диаметром 26 мм в многотрубочных камерах ЦВТ.

Таблица 2

Наименование параметра	ЛИ457			ЛИ458
	Я	З	С	К
Инерционность спада тока сигнала при малых сигналах (40 или 20 нА), % через 40 мс через 200 мс	4	4	7	7
	< 1	< 1	2	2
Инерционность нарастания тока сигнала при малых сигналах через 40 мс, %	100	100	98	98

Анализ эксплуатации глетиконов на телецентрах страны показал соответствие этих приборов современным требованиям ЦВТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н а а n E.F., D r i f t A., S c h u m p e r g s P.P.M. The plumbicon, a new television camera tube.— Philips Technical Review, 1963/64, v. 25, N6/7, p. 133—151.
2. Видиконы с окисно-свинцовой мишенью для цветного телевидения/Г.С.Вильдгрубе, М.А.Калантаров, В.А.Козлов и др.— Техника кино и телевидения, 1981, № 1, с. 38—42.
3. Новые видиконы ЛИ457 и ЛИ458 для цветного телевидения/В.С.Белоусова, М.А.Калантаров, В.А.Козлов и др.— Техника кино и телевидения, 1980, № 1, с. 7—12.

Статья поступила 9 января 1984 г.

УДК 621.385.832.522

А. Ф. Бейлин, Н. К. Далиненко

СОВРЕМЕННЫЕ ДИССЕКТОРЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Высокие разрешающая способность и линейность световой характеристики, широкий спектральный диапазон, стабильность параметров, устойчивость к внешним воздействующим факторам и прочие характеристики, отличающие диссекторы от других формирователей видеосигнала, делают их незаменимыми в таких областях, как фотометрирование оптических полей, определение координат звезд, графическая обработка информации.

Диссекторы разнообразных конструкций находят широкое применение в различных областях науки и техники [1]. К диссекторам первого поколения относятся ЛИ604к-1, ЛИ605-1 и ЛИ605-3. Диссекторы ЛИ608-1 (вместо ЛИ605-2) с большим коэффициентом усиления и улучшенным соотношением сигнал/шум, ЛИ607 с электромагнитными фокусировкой и отклонением, а также диссекторы ЛИ610 и ЛИ610-1, предназначенные для работы в режиме счета квантов [2], представляют второе поколение этих приборов с высокими эксплуатационными характеристиками, включая работоспособность в режиме счета одиночных электронных импульсов. К третьему поколению относятся диссекторы с прифотокатодной сеткой ЛИ611—ЛИ615. Прифотокатодная сетка обеспечивает создание у фотокаатода однородного электрического поля высокой напряженности, что приводит к уменьшению аберраций вида хроматической кривизны поля и спиральной дисторсии, позволяет получить предельно малое электронно-оптическое размытие и, следовательно, высокую разрешающую способность. При ускоряющем потенциале на сетке, равном 2000 В, кружок электронно-оптического размытия не превышает нескольких микрометров и удельная разрешающая способность для эффективной апертуры в 10 мкм составляет 140—150 лин/мм при глубине модуляции 20%. Прифотокатодная сетка также обеспечивает высокую долговечность при повышенных световых нагрузках, широкий динамический диапазон рабочих освещенностей и малые геометрические искажения. Допустимая нагрузка для многощелочного фотокаатода — около 10⁵ лк·ч, геометрические искажения 1—1,5% [3].

Выполнение ряда работ позволило улучшить такие эксплуатационные характеристики диссекторов как сохраняемость, долговечность и устойчивость к воздействию механических и климатических факторов. Увеличена чувствительность в УФ области спектра, включая вакуумную УФ область за счет использования входных окон из кристалла MgF₂ и специальных эффективных фотокаатов (такие приборы изготавливаются на базе диссекторов ЛИ607 и ЛИ611).

Диссекторы ЛИ605-1 и ЛИ611 применяются в устройствах считывания графической информации для ввода ее в ЭВМ (диссектор ЛИ611 позволяет реализовать высокую разрешающую способность с диаметром поля зрения до 35 мм и работу при

повышенных освещенностях). Диссектор ЛИБ05-3 применяется в системах отсчета размеров обрабатываемых деталей на координатно-расточных станках. Диссекторы ЛИБ04К-1, ЛИБ07, ЛИБ10, ЛИБ10-1, ЛИБ10-2, ЛИБ12 применяются в системах слежения телескопов за звездами. Диссекторы серии ЛИБ13 девяти модификаций, отличающиеся друг от друга размерами вырезанных отверстий в виде щелей от $0,1 \times 1,5$ до $0,5 \times 5$ мм, используются в телевизионных измерителях проката различного профиля. Диссектор ЛИБ14 находит применение в аппаратуре для научных исследований, где необходимо обеспечить высокую разрешающую способность в поле зрения до диаметра 80 мм. Диссектор ЛИБ15 используется в высокоинформативных автоматических системах, например в скоростных спектрометрах различного назначения, работающих в аналоговом режиме и режиме регистрации одноэлектронных импульсов. Благодаря высокой разрешающей способности, наличию входного окна из кристалла MgF_2 , и спектральной чувствительности многощелочного фотокатода этот диссектор особенно эффективно используется при регистрации групп спектров, причем один диссектор может заменить несколько десятков ФЗУ.

К основным преимуществам диссекторов, определившим более широкое их применение по сравнению с другими классами преобразователей свет-сигнал, следует отнести работоспособность при любом алгоритме сканирования поля зрения и при изменении алгоритма, минимизацию информации, поступающей с диссектора на дальнейшую обработку. Примером такого применения диссектора служит переход из режима прогрессивной растровой развертки изображения в режим микрорастра. В режиме полного растра осуществляется поиск интересующего исследователя объекта, например, спектральной линии или светового пятна. Чувствительность диссектора при этом невелика, поэтому для сканирования всего растра с высокой достоверностью регистрации сигнала и высоким значением отношения сигнал-шум увеличивают время кадровой развертки до нескольких секунд и даже до десятков секунд. Некоторое увеличение времени обнаружения полезного сигнала компенсируется при переходе в режим микрорастра. Алгоритмы сканирования в этом режиме предельно просты [4], что обуславливает весьма низкую полосу частот видеосигнала и, соответственно, высокое значение отношения сигнал-шум, сравнимое с величинами, получаемыми в трубках с накоплением заряда. Но в отличие от них в режиме микрорастра диссектор обладает способностью передавать минимальную информацию о полезном сигнале, что уменьшает до минимума обработку информации в ЭВМ. Так, в устройствах гидирования телескопов диссектор позволяет с высокой точностью устанавливать ось телескопа по отношению к звездному небу без использования ЭВМ. Время поиска необходимой звезды пренебрежимо мало по сравнению с общим временем гидирования телескопа. Высокая точность достигается за счет непрерывной выдачи координат звезды с временем усреднения порядка 30 мс. За это время довольно просто обработать

видеосигнал от одной звезды, поступающий с диссектора, и практически невозможно провести обработку видеосигналов от сотен звезд, поступающих за время кадра с формирователя видеосигнала (ФВС) на передающей трубке с накоплением. Кроме того, в диссекторе точность определения координат обуславливается только электронно-оптическими aberrациями в секции переноса электронного изображения, составляющими несколько микрометров [4]. В то же время в ПЗС и передающих трубках с накоплением координату звезды можно определить с точностью, определяемой размером элемента изображения (10–20 мкм). Аналогичные преимущества обнаруживает диссектор в устройствах обработки графической информации, связанных с выделением информативного материала по какому-либо признаку. Возникающая при этом задача минимизации информационного массива обеспечивается диссектором.

Способность к фотометрированию оптических полей в отличие от других ФВС определяется такими свойствами диссектора, как широкий диапазон спектральной характеристики фотокатода (от вакуумной УФ до ближней ИК областей спектра), линейность световой характеристики, способность к регистрации отдельных квантов света, высокая стабильность параметров в течение длительного времени, чрезвычайно малое время установления выходного параметра при ступенчатом изменении освещенности.

Наиболее целесообразным оказывается использование фотометрических свойств диссектора для регистрации точечных объектов (звезд). Величина светового потока определяется зависимостью:

$$\Phi = \frac{N_c \cdot e}{S_k \cdot Q},$$

где N_c – скорость счета сигнальных импульсов, имп/с; e – заряд электрона, Кул; S_k – световая чувствительность фотокатода, А/лм; Q – эффективность счета отдельных фотоэлектронов, отн. единиц.

За величину порогового сигнала принимается такой сигнал, при котором значение отношения сигнал-шум Ψ , необходимое для уверенной регистрации, обычно равно 5. В режиме счета квантов шумы диссектора определяются исходя из пуассоновского закона распределения числа частиц в единицу времени:

$$\Psi = \frac{N_c \sqrt{t_{\text{уср}}}}{\sqrt{N_c + 2N_T}},$$

где N_T – скорость счета темновых импульсов, имп/с; $t_{\text{уср}}$ – время усреднения (время элемента разложения телевизионной системы).

Для выбранного отношения $\Psi = 5$, $t_{\text{уср}} = 30$ мс и $N_T = 10$ имп/с минимально зарегистрирован-

ное значение N_{Σ} составит порядка 900 имп/с, что для чувствительности фотокатода 160 мкА/лм соответствует световому потоку $\Phi \approx 10^{-12}$ лм. Размер точечного объекта (звезды) после объектива составляет обычно 50–100 мкм, поэтому данный световой поток соответствует освещенности $3 \cdot 10^{-4}$ лк, а экспозиционная пороговая чувствительность составляет 10^{-5} лкс, что значительно превосходит пороговую чувствительность ПЗС и видикона.

Таким образом, в узкополосных следящих системах диссектор превосходит по чувствительности некоторые виды ФВС с накоплением сигнала и является основным прибором в фотометрических системах измерения яркости звезд [5]. Другим преимуществом диссектора является работоспособность в высокоинформативных системах. Предельная разрешающая способность, составляющая 250–300 лн/мм [3], значительно превосходит возможности других ФВС. Информационная емкость одного кадра ПЗС составляет не более 10^6 элементов; в диссекторе это число может быть увеличено до $2 \cdot 10^7$ элементов.

Для регистрации столь большого числа элементов приходится существенно увеличивать освещенность или время кадра, что ограничивает возможности диссектора в таких системах. Однако при необходимости использования больших рабочих поверхностей фотокатода (до диаметра 80 мм) преимущества диссектора неоспоримы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Диссекторы — перспективные приборы для малокадровых телевизионных систем/А.Ф.Бейлин, Р.А.Букина, Н.К.Далиненко, Т.Н.Китенко.— Электронная промышленность, 1974, вып. 4, с. 46—51.
2. Бейлин А.Ф. Диссектор ЛИБ10 для работы в режиме счета фотозлектронов.— Электронная промышленность, 1978, вып. 2, с. 6—9.
3. Китенко Т.Н., Слободян С.М. Диссекторы.— В сб.: Итоги науки и техники. Сер. Электроника, 1983, т. 15, с. 118—153.
4. Eberhardt E.H. The image dissector as an optical tracker.— Optical Tracking Systems, Seminar-In-Depth, 18—19 Jan, 1971, p 145—151
5. Фотозлектрическая фотометрия с использованием диссектора/М.А.Мартirosян, А.Ф.Бейлин, Н.К.Далиненко, В.Н.Лукьянов, Л.М.Карамян.— Сообщения Бюроканской обсерватории, вып. 52.

Статья поступила 28 февраля 1984 г.

УДК 621.397.6:621.3.049.776

Н. Ю. Александрович, А. И. Афонин, И. С. Васильев, А. Л. Морозенский, И. Н. Суриков

ПЕРЕДАЮЩИЕ ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ПРИКЛАДНОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ

Первой разработкой телевизионных систем, в которой были использованы выпускаемые объединением телевизионные приборы, явилась малогабаритная телевизионная установка МТУ-1. На рис. 1 изображена телевизионная

установка МТУ-1, сочлененная с микроскопом МБС-200 на установке монтажа микросхем.

Дальнейшими разработками телевизионных систем были телевизионные камеры для бытовых видеоманитофонов и телевизионные системы для технологических установок изготовления ИЭТ.

Одним из узловых этапов производства ИС является изготовление и тиражирование фотошаблонов. Контроль качества фотошаблонов осуществляется с помощью микроскопов. При длительной работе у оператора ослабевает острота зрения. Телевизионная камера с микроскопом позволяет вести наблюдение контролируемых объектов на экране видеоконтрольного устройства, что значительно снижает усталость глаз в течение рабочей смены и положительно сказывается на производительности труда и качестве продукции. Кроме того, использование передающих трубок с высокой световой и контрастной чувствительностью позволяет наблюдать малоконтрастные объекты. Появляется возможность применения телевизионных методов контроля размеров наблюдаемых объектов путем соответствующей обработки телевизионного сигнала, а также возможность автоматизации процесса контроля.

На рис. 2 представлена передающая телевизионная система в комплекте с промышленным микроскопом и системой обработки телевизионного сигнала. Телевизионная система состоит из передающей камеры, блока управления и видеоконтрольного устройства. В камеру входит передающая телевизионная трубка ЛИ-468 диаметром 18 мм с фоточувствительным слоем CdSe. Ниже приведены основные характеристики телевизионной камеры:

Разрешающая способность, линий	550
Отношение сигнал-шум, дБ	не менее 40
Диапазон изменения освещенности на мишени видикона, лк	0,5—3,0



Рис. 1. Малогабаритная телевизионная установка МТУ-1 для монтажа ИС

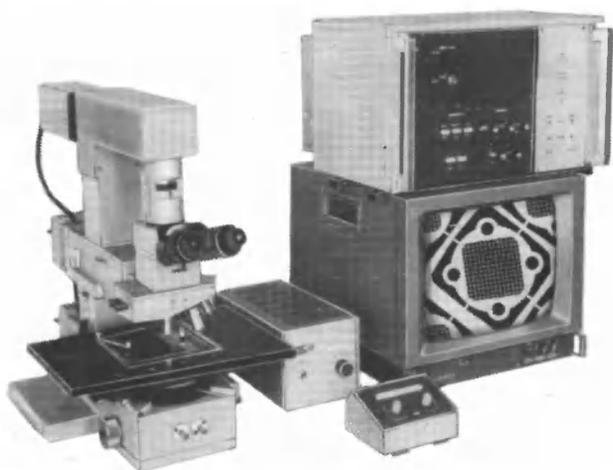


Рис. 2. Микроскоп для контроля линейных размеров фотошаблонов и полупроводниковых структур с телевизионной системой

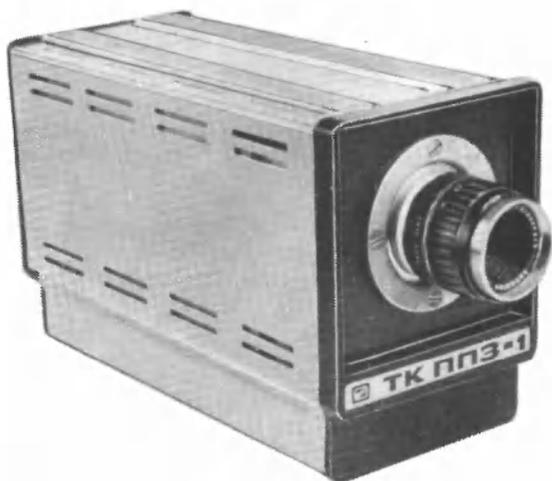


Рис. 3. Телевизионная камера для автомата сборки ИС



Рис. 4. Телевизионная камера «Электроника 821» для работы с видеомagniфоном

Несмотря на то, что камера разрабатывалась для телевизионных микроскопов, предназначенных для контроля линейных размеров элементов фотошаблонов и структур на полупроводниковых пластинах, она может быть также использована в качестве приставки к любому микроскопу или другому оптическому устройству, проецирующему оптическое изображение объекта на мишень передающей трубки. В частности, данная телевизионная система применена в установке контроля видеомagniфонных головок и в биологическом микроскопе.

При автоматизации процессов сборки ИЭТ предъявляются повышенные требования к геометрическим и нелинейным искажениям, устранить которые в аппаратуре на электронно-лучевых трубках сложно. Замена видикона матрицей на ПЗС позволяет избавиться от указанных недостатков, так как матрица обладает жестким регулярным растром. Кроме того, отсутствие в матрицах дисторсии и инерционности, высокая механическая прочность, низкие питающие напряжения, большое время наработки на отказ позволяют создать высоконадежные, малогабаритные и экономичные телевизионные камеры.

В телевизионной камере (рис. 3), разработанной для автомата сборки интегральных схем ЭМ-5016, применена в качестве преобразователя свет-сигнал матрица с числом элементов 576x512. Ниже приведены основные характеристики телевизионной камеры:

Разрешающая способность по горизонтали, лин не менее 350
 Отношение сигнал-шум, дБ не менее 40
 Освещенность на секции накопления матрицы, лк не менее 2

Для работы с видеомagniфонами разработаны телевизионные камеры «Электроника Л-801» и «Электроника 821» (рис. 4). Ниже приведены основные характеристики этих камер:

	«Электроника Л-801»	«Электроника 821»
Передающая телевизионная трубка	ЛИ437	ЛИ437-1
Разрешающая способность, лин	400	400
Отношение сигнал-шум, дБ	40	42
Освещенность на объекте, лк	150—30000	50—5000

Малогабаритная телевизионная камера «Электроника Л-801» состоит из камерной головки и камерного блока. Благодаря малым размерам и наличию оптического видоискателя камера широко применяется в научных исследованиях, учебных процессах, производстве (при автоматизации различных технологических процессов), медицине (совмещается с операционными микроскопами).

Телевизионная камера «Электроника 821», отличающаяся более высокими характеристиками, комплектуется электронным видоискателем, выполненным на базе кинескопа 4ЛК2Б. Особенностью камеры является использование в ней видиконов диаметром 13 или 18 мм.

Статья поступила 9 января 1984 г.

УДК 621.397.6

Н. И. Белов, Ю. П. Докучаев, А. Л. Захаров
 А. В. Збойкова, С. П. Корабельников, А. Е. Лихтман,
 Л. А. Сейдман

ЦВЕТОДЕЛИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПЕРЕДАЮЩЕЙ ТЕЛЕВИЗИОННОЙ КАМЕРЫ С ОДНОЙ ФОТОМИШЕНЬЮ

Разработка интерференционных фильтров для трех основных цветов на основе алгоритма и программы поиска на ЭВМ оптимальных структур с заданными спектральными характеристиками позволила создать цветоделительное устройство для передающей телевизионной камеры с одной фотомишенью.

Цветные передающие телевизионные камеры с одной фотомишенью обладают существенными преимуществами по сравнению с камерами, имеющими две или три мишени [1]. Эти преимущества достигнуты за счет усложнения цветоделительного устройства, представляющего собой прозрачную пластину, на поверхности которой расположена мозаика фильтров для трех основных цветов. Пластина прикладывается к фотомишени. Благодаря фильтрам определенные участки фотомишени воспринимает свет только заданного цвета. Для правильной цветопередачи необходимо не только выделить нужные участки оптического спектра, но и обеспечить требуемую форму спектральной характеристики фильтра, что накладывает повышенные требования на его структуру. Сложность задачи усугубляется необходимостью создания с помощью фотолитографии цветных фильтров заданной конфигурации с размером элементов 12 мкм. Это ограничивает допустимую толщину каждого цветного фильтра на уровне 2–3 мкм. При такой толщине применять цветные стекла, как это делается в обычных цветных камерах, нельзя. Фильтр цветоделительного устройства передающей камеры с одной фотомишенью представляет собой интерференционный фильтр (ИФ) с ограниченным числом слоев, спектральная характеристика которого находится в диапазоне длин волн видимого света 380–700 нм. Ниже 380 нм кремниевая фотомишень нечувствительна. В ближней ИК области чувствительность фотомишени высока, поэтому для исключения искажений, вносимых ИК лучами, эта область спектра срезана общим ИК фильтром, через который свет проходит до попадания на цветные фильтры.

Расчетным путем были найдены структуры синего (В), зеленого (G), красного (R) и ИК фильтров, имеющих заданные спектральные характеристики при толщине не более 2–3 мкм (25–30 слоев). Так как получение нужных ИФ подбором комбинаций известных равно- или кратнотолщинных стандартных структур (зеркал или фильтров Фабри-Перро) обеспечивало структуры с хорошим приближением к заданным характеристикам лишь при избыточно большом числе слоев, были разработаны алгоритмы и программы поиска на ЭВМ оптимальных структур ИФ по заданным спектральным характеристикам при ограниченном числе слоев. Сте-

пень отличия найденного решения от требуемого оценивалась величиной

$$\epsilon = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} [C(\lambda) - K_{\text{оп}} \cdot \Phi(\lambda) \cdot T(\lambda)]^2 d\lambda,$$

где $C(\lambda)$ — кривая смещения, $T(\lambda)$ — коэффициент пропускания системы, $\Phi(\lambda)$ — чувствительность мишени (отношение ее электрического сигнала к световому), $K_{\text{оп}}$ — оптимальное усиление электрического сигнала, при котором ϵ имеет наименьшее значение.

Поиск структуры заключался в минимизации этой функции. Решение представляет собой лучшую структуру, которая может получиться из исходной путем непрерывного ее улучшения, т.е. отыскивается локальный, а не глобальный минимум ϵ . На первом этапе фильтр конструируется из равнотолщинных (или с кратными толщинами) структур, каждая из которых обеспечивает какой-либо участок спектра; структуры могут разделяться согласующими слоями. Варьируемых параметров на этом этапе немного, поэтому сочетание случайного поиска с направленным позволяет приблизиться к глобальному для такого состава структур оптимуму. Найденная оптимальная структура используется в качестве исходного варианта на втором этапе поиска, на котором варьируются толщины всех слоев.

Направленный поиск оптимума осуществлялся так называемым методом Пауэлла. По быстродействию он близок к методам, использующим частные производные, но не требует вычисления последних.

Расчет ИК фильтра, почти аналогичный расчету цветных фильтров, имел ряд особенностей. Во-первых, фильтр располагался на стекле СЗС-24, поглощающем длинноволновое излучение. Во-вторых, в качестве $C(\lambda)$ для него задавалась кривая частично обеспечивающая G и R характеристики в области $700 \text{ нм} \geq \lambda \geq 540 \text{ нм}$; вне этой области $C(\lambda) \equiv 0$ при $700 \text{ нм} \leq \lambda \leq 900 \text{ нм}$ и $C(\lambda) \equiv 1$ при $380 \text{ нм} \leq \lambda \leq 540 \text{ нм}$. В-третьих, этой кривой должна была удовлетворять сама характеристика пропускания $T(\lambda)$, а не ее произведение на $\Phi(\lambda)$ и $K_{\text{оп}}$. Таким образом, минимизируемая функция имела вид:

$$\epsilon = \int_{\lambda_{\min} = 380 \text{ нм}}^{\lambda_{\max} = 900 \text{ нм}} [C(\lambda) - T(\lambda)]^2 d\lambda.$$

Сравнение рассчитанных спектральных характеристик ИФ с заданными показало, что их относительное среднеквадратичное отклонение не превышает 5–10%. Структуры всех четырех фильтров получились разнотолщинными, оптические толщины слоев лежат в диапазоне 60–370 нм. Количество слоев в В-фильтре — 25, в G-фильтре — 28, в R-фильтре — 31 и в ИК фильтре — 19. Получение разнотолщинного интерференционного покрытия является очень сложной технической зада-

чей. Для реализации таких структур важно не только строгое воспроизведение толщины всех слоев, но и коэффициента преломления каждого слоя. Получали интерференционные покрытия на вакуумной напылительной установке с турбомолекулярным насосом (рис. 1). В рабочей камере установлены два электронно-лучевых испарителя 1 (по одному для каждого вещества). Заслонки 2 поочередно закрывали испарители, давая возможность обезгазить испаряемые вещества, вывести испаритель на режим и по достижении заданной толщины прервать осаждение пленки.

Подложки 3 диаметром 76 мм и толщиной 0,3 мм закрепляли на карусели 4, которая вращалась во время процесса со скоростью примерно 14 об/мин. Нагреватель подложек 5 обеспечивал нагрев в диапазоне 400–430 К. Для улучшения адгезии осаж-

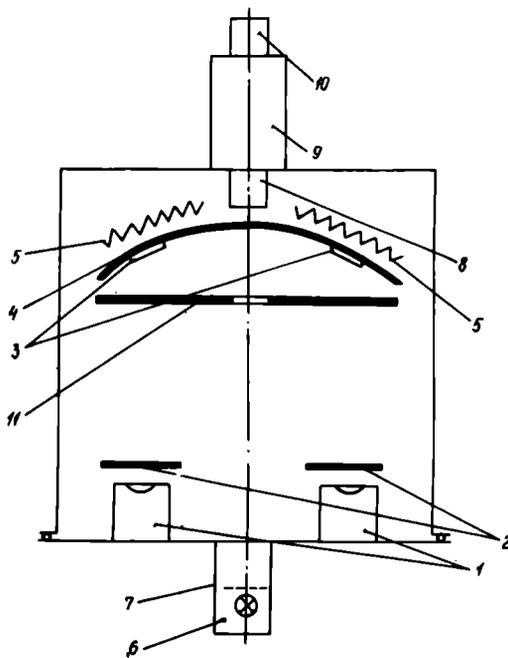


Рис. 1. Схема рабочей камеры установки

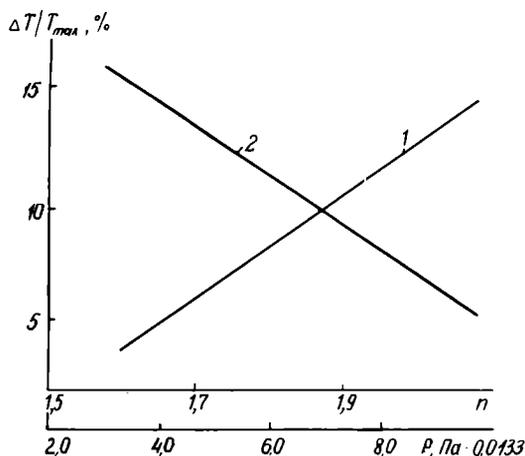


Рис. 2. Относительное изменение пропускания при осаждении четвертьволнового слоя на стеклянную подложку в зависимости от коэффициента преломления материала пленки (1) и давления в вакуумной камере (2)

даемых покрытий подложки обрабатывали тлеющим разрядом.

Контроль оптической толщины осажденной пленки проводился спектрофотометрическим устройством, состоящим из осветителя 6, прерывателя 7, держателя контрольных образцов 8, монохроматора 9 и фотоприемника 10, которым являлся кремниевый фотодиод [2]. Сигнал фотоприемника обрабатывался электронным блоком, фиксирующим малые изменения сигнала, и подавался на самописец. Поэтому оператор мог предугадывать появление экстремума и прерывать процесс сразу же после прохождения экстремума. Ошибка в толщине слоя, связанная с "проскоком" экстремума, не превышала 1–1,5%.

Способ контроля аналогичен способу, описанному в работе [3]. Для каждого вещества использовался отдельный контрольный образец. Для вещества с высоким коэффициентом преломления использовали контрольный образец из стекла, с низким коэффициентом преломления — из флюорита. Это обеспечивало большую разность коэффициентов преломления пленки и подложки и, как следствие, большую чувствительность устройства контроля.

Количество материалов, используемых для изготовления ИФ оптического диапазона путем испарения в вакууме, весьма ограничено. Такие традиционные материалы, как сернистый цинк, криолит и фтористый магний имеют невысокую механическую прочность и малую химическую устойчивость. ИФ на основе TiO_2 и SiO_2 [4] обладают более высокими эксплуатационными характеристиками, но во время процесса осаждения TiO_2 температура должна поддерживаться в пределах 500–600 К, что неприемлемо из-за низкой термостойкости фоторезистивных масок, используемых для фотолитографических процессов. Поэтому вначале была выбрана двуокись циркония с высоким коэффициентом преломления и температурой осаждения не более 400 К, а материалом с низким коэффициентом преломления — двуокись кремния. Двуокись циркония испаряли при токе луча 40–50 мА из таблеток диаметром 17 мм и высотой 9 мм. Для изготовления одного фильтра необходимо три-четыре таблетки. Двуокись кремния испаряли при токе луча 20 мА из диска диаметром 68 мм и толщиной 14 мм. Во время испарения диск во избежание проплавления непрерывно вращали, что обеспечивало стабильность скорости испарения вещества. Диаграмма направленности испарителя при этом не изменялась. Коэффициент преломления слоев веществ с большим коэффициентом преломления оценивался по изменению пропускания стеклянной подложки с этим слоем. Расчетная зависимость между коэффициентом преломления и относительным изменением пропускания образца приведена на рис. 2.

В процессе работы выявлено, что скорость осаждения распыляемого вещества на подложку не оказывает существенного влияния на коэффициент преломления. Была установлена зависимость изменения пропускания $\Delta T/T_{\max}$ от давления в ка-

мере (см.рис.2) и выявлена необходимость предварительной подготовки рабочей камеры. При недостаточной подготовке рабочей камеры и объема камеры коэффициент преломления не достигает заданной величины и может меняться от слоя к слою, что вносит значительную суммарную ошибку в полученную спектральную характеристику. Подготовка рабочей камеры осуществлялась путем обезгаживания рабочих веществ, затем они расплывались в камере до тех пор, пока не получали на контрольном образце пленку с необходимым коэффициентом преломления. Для этой цели была сделана дополнительная заслонка 11 (см. рис. 1), которая закрывала подложки от испарителя и оставляла открытым контрольный образец. Это давало возможность, сохраняя чистыми подложки, контролировать качество подготовки испаряемого вещества. Открытие дополнительной заслонки осуществлялось одновременно с началом вращения карусели.

Установлено, что двуокись циркония не обладает стабильным коэффициентом преломления каж-

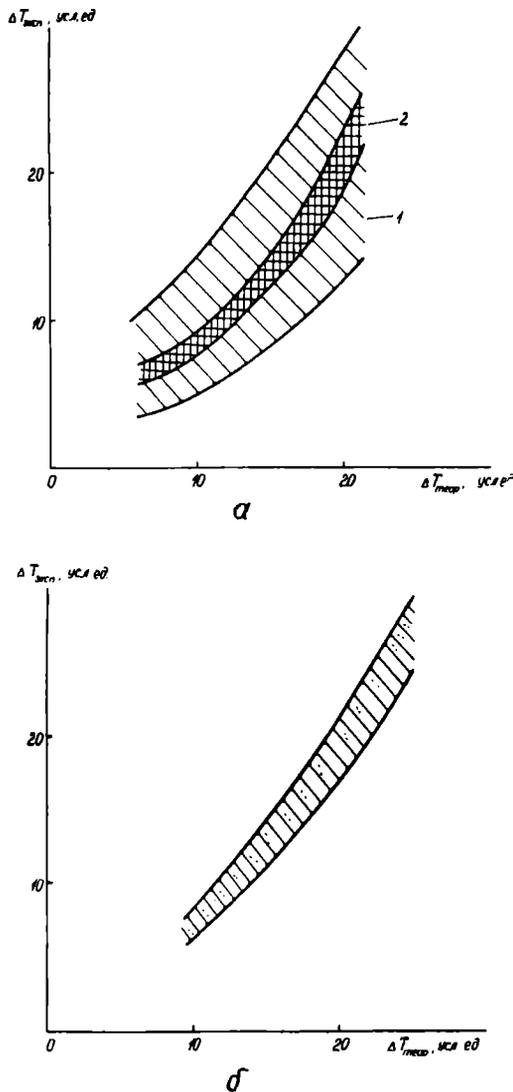


Рис. 3. Сравнение экспериментальных и теоретических данных по изменениям пропускания контрольного образца: а — для двуокиси циркония (1) и двуокиси гафния (2); б — для двуокиси кремния

дого слоя; более стабильным оказалась двуокись гафния (рис.3, а). Для слоев двуокиси гафния коэффициент преломления равен $2,0 \pm 2\%$. Воспроизводимость коэффициента преломления двуокиси кремния, равного $1,43 \pm 2\%$, показана на рис.3, б.

После получения толщины слоев и их коэффициентов преломления с указанной точностью были воспроизведены требуемые структуры. Спектральные характеристики R-фильтра приведены на рис.4. Относительное среднеквадратичное отклонение, рассчитанное по формуле

$$O_{отн} = \sqrt{\frac{\int_{\lambda_{min}}^{\lambda_{max}} C^2(\lambda) d\lambda}{C^2(\lambda_{max})}}$$

не превышает 10–12%. Спектральные характеристики ИФ трех каналов с учетом влияния ИК-фильтра приведены на рис.5.

При изменении спектральной фоточувствительности и спектрального коэффициента отражения матрицы ПЗС структура ИФ корректируется, с тем чтобы реальные спектральные характеристики каждого канала соответствовали телевизионному стан-

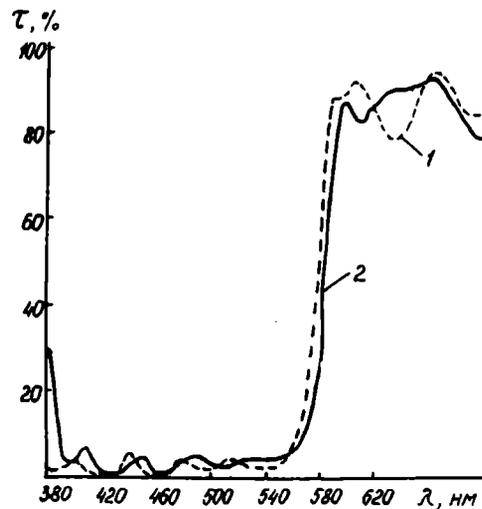


Рис. 4. Спектральные характеристики рассчитанной (1) и экспериментально полученной (2) структуры R-фильтра

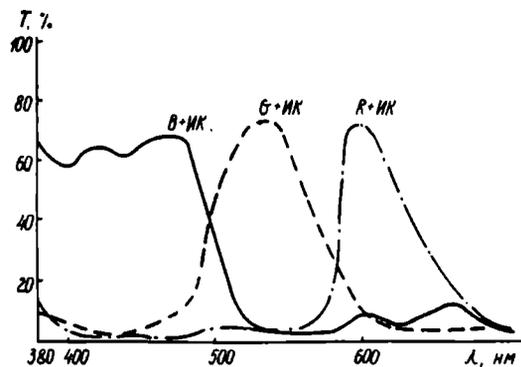


Рис. 5. Результирующие спектральные характеристики В-, G- и R-фильтров с учетом влияния ИК-фильтра

дарту. Коррекция проводится по той же методике, что и сам расчет структуры ИФ, причем за начальное приближение принимается *корректируемая* структура.

Таким образом, создана методика машинного расчета структуры ИФ по заданной спектральной характеристике, технология их изготовления, получены образцы ИФ с заданными свойствами для использования в передающей цветной телевизионной камере с одной фотомишенью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самойлов В.Ф., Хромой Б.П. Основы цветного телевидения. — М.: Радио и связь, 1982. — 159 с.
2. Фурман Ш.А. Тонкопленочные оптические покрытия. — Л.: Машиностроение, 1977. — 264 с.
3. А.с. 266223 (СССР). Способ контроля толщины тонких пленок. /Л.Б.Кацнельсон, Ш.А.Фурман.— Оpubл. в Б.И., 1970, № 11.
4. Черепанова М.Н., Титова Н.Ф. Многослойные вакуумные покрытия на основе слоев двуокиси титана и двуокиси кремния. — Оптико-механическая промышленность, 1979, № 11, с. 59—61.

Статья поступила 16 февраля 1984 г.

УДК 621.385.832.7:628.94

И. Е. Пономаренко

ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРОЖЕКТОРЫ ДЛЯ ЦВЕТНЫХ КИнесКОПОВ

Повышенная разрешающая способность цветных кинескопов достигается хорошей фокусировкой электронных пучков и применением цветоделительной маски с малым шагом. Принято считать, что кинескопы со средней разрешающей способностью имеют экран с шагом люминофорных точек 0,43 мм, с высокой и сверхвысокой разрешающей способностью — 0,31 и 0,20 мм. Кроме цветоделительной маски с малым шагом для получения повышенной разрешающей способности электронный прожектор должен обеспечивать малый диаметр электронного пучка по всей поверхности экрана. В кинескопах с планарным расположением электронных прожекторов сведение лучей по полю экрана реализуется астигматичными полями катушек отклоняющей системы. Эти поля и ряд других факторов вносят расфокусировку электронных пучков на краях экрана и тем самым ухудшают разрешающую способность.

Взаимосвязь основных факторов, влияющих на размер электронного пятна на экране кинескопа, можно выразить, используя закон синусов Аббе, как зависимость диаметра электронного пятна D_1 от состояния катода [1]:

$$D_1 = \frac{2 \cdot d_k \cdot l \cdot (kT / e\varphi_a)^{1/2}}{d_{г.л}},$$

где d_k — диаметр рабочей части катода; $d_{г.л}$

диаметр электронного пучка в главной линзе; l — длина области дрейфа электронов; T — температура катода K ; φ_a — потенциал анода. Остальные факторы, влияющие на размер электронного пятна, не рассматриваются.

Диаметр электронного пятна D_1 на основании теоремы Лагранжа—Гельмгольца может быть определен выражением

$$D_1 = a \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \sqrt{\frac{\varphi_0}{\varphi_a}}, \quad (1)$$

где a — расстояние от поверхности катода до кроссовера; γ_1, γ_2 — апертурные углы со стороны кроссовера и со стороны изображения; φ_0 — потенциал анода со стороны кроссовера.

Учитывая, что коэффициент увеличения главной линзы M определяется отношением $M = \frac{D_1}{D_k}$ (D_k — диаметр кроссовера), уравнение (1) можно записать в следующем виде: $D_1 = MD_k$.

Другим фактором, влияющим на размер электронного пятна, является сферическая абберация. Она не зависит от положения предметной точки. Изображение при такой абберации имеет форму размытого кружка, центром которого является гауссова точка изображения:

$$D_2 = BD_a^3,$$

где D_2 — диаметр пятна рассеяния на экране; B — коэффициент сферической абберации; D_a — диаметр апертуры линзы.

В электронных линзах сферическую абберацию полностью устранить не удастся, ее можно уменьшить за счет уменьшения апертуры линзы или увеличения напряженности электрического поля при соответствующем его распределении. Электронные линзы можно подобрать так, чтобы сферическая абберация имела минимальную величину. Она в большей степени влияет на фокусировку в углах экрана (однородности фокусировки).

Третьим фактором, влияющим на размер электронного пятна на экране, является кулоновское расталкивание электронов в области дрейфа. Чем больше плотность тока электронного пучка, тем больше расталкивание, а чем больше скорость движения электронов (чем больше анодное напряжение), тем меньше влияние сил расталкивания. Диаметр электронного пятна D_3 под действием этих сил увеличивается.

В результате действия вышеизложенных факторов диаметр электронного пятна D на экране кинескопа можно записать [2—4]:

$$D = [(MD_1 + D_2)^2 + D_3^2]^{1/2}.$$

Ниже рассмотрены основные типы электронных прожекторов, разработанных с учетом вышеперечисленных факторов (рис. 1, а—з).

Низковольтный электронный прожектор с бипотенциальной фокусирующей линзой (см. рис. 1, а)

и напряжением на фокусирующем электроде, составляющем 18–20% от анодного, образует электронное пятно диаметром около 2,5 мм. При этом на краях экрана возникает нежелательная расфокусировка электронного пятна. Для устранения этого недостатка был разработан высоковольтный биопотенциальный прожектор прецизионного типа (см. рис. 1, б) с уменьшенным размером электронного пятна на краях экрана (напряжение на фокусирующем электроде увеличено до 28 % относительно анодного, кратность увеличения главной линзы уменьшена). Толщина цилиндра ускоряющего электрода электронного прожектора выбрана равной 0,5 мм (у низковольтного прожектора 0,13 мм). Размер электронного пятна при токе 1 мА составляет 1,68 мм [5].

Дальнейшее совершенствование электронных прожекторов связано с комбинацией различных типов электронных линз. Высокоэффективный электронный прожектор с семью электродами (см. рис. 1, в) для кинескопов с размерами экрана 32–67 см и узкой горловиной диаметром 22,5 мм [6] состоит из предварительной однопотенциальной линзы (электроды G3–G4–G5) и главной биопотенциальной (электроды G5–G6). Такая конструкция позволяет уменьшить угол расхождения электронного пучка в главной линзе на 20 % без изменения коэффициента увеличения линзы. В предварительной линзе угол расхождения электронного пучка сужается и в главную линзу он входит под меньшим углом. Мнимая точка фокуса приближается к катоду, фокальная длина увеличивается. Фокусирующее напряжение составляет 28 % от анодного напряжения. Влияние сферической aberrации в этом электронном прожекторе уменьшено, вероятность межэлектродных пробоев также уменьшена за счет понижения разности потенциалов между электродами [3].

В другом электронном прожекторе (см. рис. 1, г), также имеющем семь электродов, предварительной является биопотенциальная линза, на которую подается анодное напряжение, а главной – однопотенциальная. Электронный прожектор имеет зазоры с тремя большими и одним малым градиентами потенциала [7].

В рассмотренных электронных прожекторах используется одна предварительная электронная линза для уменьшения угла расхождения электронов γ_1 перед главной линзой. В электронных прожекторах (см. рис. 1, д) используются две предварительные фокусирующие линзы: первая состоит из электродов G3 и G4 (на электрод G3 подается напряжение около 8 кВ), вторая – из электродов G4 и G5. Главная линза эквипотенциального типа образована электродами G4, G5, G6, сферическая aberrация которой уменьшена за счет увеличения длины электрода G5. При малых величинах тока катода разность размеров электронных пятен прожекторов, представленных на рис. 1, а и 1, д, незначительна, но при токе 3000 мкА у прожектора, представленного на рис. 1, д, диаметр электронного пятна уменьшается на 30 %, что позволяет без ухудшения разрешающей способности понизить яркость свечения экрана. Эти электронные про-

жекторы использованы в кинескопах с размером экрана 51 см и углом отклонения электронных лучей 90° [8].

Переход от дельтавидного расположения электронных прожекторов к планарному связан с уменьшением почти наполовину диаметра главной электронной линзы, что приводит к увеличению астigmatизма, большего влияния параметров M и D_2 на размеры электронного пятна на экране.

Для снижения величин M и D_2 предлагается новая конструкция электродов главной линзы [2] с прежним расстоянием между электронными пучками, но с отверстиями в виде пересекающихся окруж-

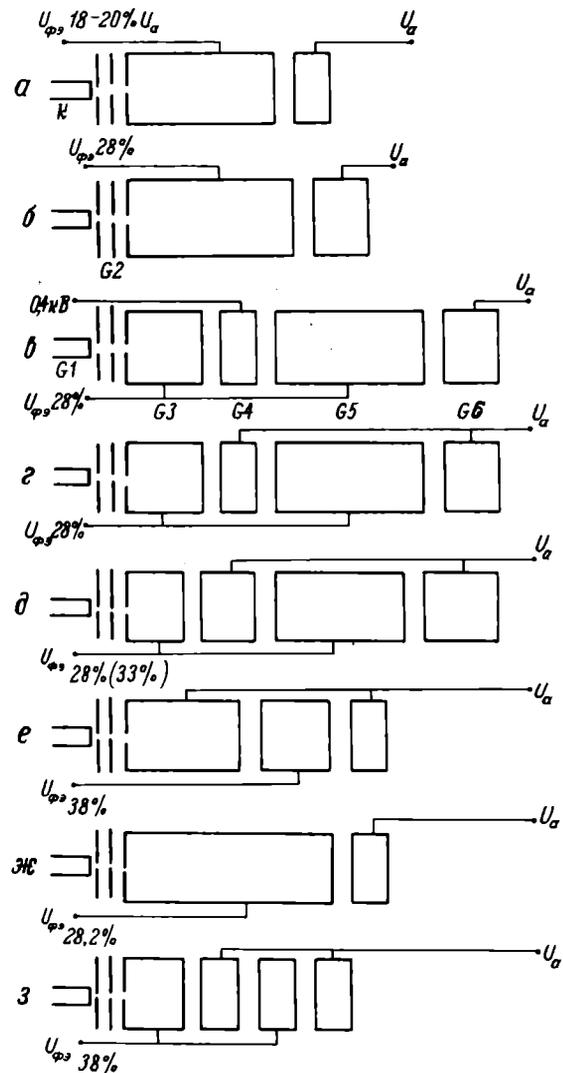


Рис. 1. Различные типы электронных прожекторов (схематическое изображение)

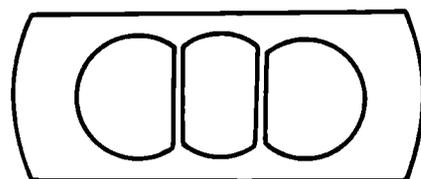


Рис. 2. Форма электрода электронной линзы

ностей (рис. 2). Эффективный диаметр этой линзы в 1,7 раза больше линзы круглого сечения. Вследствие несимметричности отверстий действие линзы в горизонтальном сечении более сильное, чем в вертикальном. Эта несимметрия используется для получения равномерной фокусировки электронного пучка по всему полю экрана.

Размер электронного пятна при токе 1 мА уменьшен на 25 % по сравнению с кинескопом, в котором используется прожектор, изображенный на рис. 1, а.

С целью получения минимального влияния сферической аберрации подбирается длина фокусирующего электрода, на который подается напряжение, составляющее 38% от анодного. Угол расхождения электронного пучка уменьшается (см. прожектор, представленный на рис. 1, е).

Дальнейшей модификацией является прожектор с фокусирующим напряжением, составляющим 28 % от анодного (см. рис. 1, ж), с высоковольтной бипотенциальной электронной линзой. Увеличение длины фокусирующего электрода позволило уменьшить угол расхождения лучей, кратность увеличения линзы и сферическую аберрацию. Диаметр электронного пятна при токе 1 мА равен 1,68 мм.

Электронный прожектор, представленный на рис. 1, з, является комбинацией двух выше рассмотренных прожекторов. Напряжение на фокусирующем электроде прожектора составляет 38 % от анодного напряжения.

Таким образом, на диаметр электронного пятна влияют размер кроссовера, сферическая аберрация, коэффициент увеличения главной линзы. Для ослабления действия этих факторов в электронных прожекторах используют две и более электронные линзы. Такие электронные прожекторы конструктивно усложнены, имеют до семи электродов, требуют высокой точности изготовления деталей и сборки прожекторов. Их использование в цветных кинескопах с диаметром горловины 29 и 36 мм и размерами экрана 32–67 см, предназначенных для применения в телевидении и в дисплеях, обеспечивают высокую разрешающую способность изображения.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 A l i g C. Kinescope electron gun.— RCA Review, 1980, vol. 41, p. 517–536.
- 2 H o s o k o s h i K., A s h i r a k i S., S u z u k i H. A new approach to a high performance electron gun design for color picture tubes — IEEE Trans on Consumer Electronics, 1980, vol. CE-26, p. 451–458.
- 3 New Hi-Fi focus electron gun for color cathode — ray tube/S Takenako, E Hamano et al.— Toshiba Review, 1979, N 121, p. 30–35.
- 4 C h i s h o l m T Influence of space charge on the langmuir limit for focused electron beams — IEEE Trans on Electron Devices, 1968, vol. ED-15, N 6, p. 374–381.
- 5 H u g h e s R.H., C h e n H.Y. A novel high-voltage bipotential CRT gun design.— IEEE Trans. on Consumer Electronics, 1979, vol. 25, N 2, p. 185–191.
- 6 H a m a n o E., O k a d a H., K o s h i g o e S. Mini-neck color picture tube.— Toshiba Review, 1980, N 126, p. 23–26.
- 7 D a v i s C.A., S a y D.L. High-performance electron guns for color TV- a comparison of recent de-

signs.— IEEE Trans on Consumer Electronics, 1979, vol. CE-25, p. 475–480.

8 W a s h i n o S., U e g a m a Y., T a k e n o b u S. Development of a new electron gun for color picture tubes.— IEEE Trans on Consumer Electronics, 1979, vol. CE-25, p. 481–490.

Статья поступила 1 марта 1984 г.

УДК 621.385.832.7

И. Р. Вейль, М. А. Новик, О. М. Рысаков

ЦВЕТНЫЕ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫЕ ТРУБКИ ДЛЯ ДИСПЛЕЕВ

Экраны дисплеев на многоцветных электронно-лучевых трубках, характеризующихся высокой разрешающей способностью, простотой управления, низкой стоимостью и стабильностью цвета свечения, значительно повышают объем и качество отображаемой информации.

В системах отображения знаковой и графической информации вместо монохромных электронно-лучевых трубок (ЭЛТ) начинают широко применяться многоцветные, что значительно повышает объем и качество воспроизводимой информации. К ним относятся масочные цветные ЭЛТ (ЦЭЛТ) и индикаторные цветные ЭЛТ с барьерным экраном (пенетроны). Целесообразность применения этих приборов определяется требованиями, предъявляемыми к дисплею.

Масочные ЦЭЛТ для устройств отображения знакографической информации незаменимы во многих областях применения вследствие большой гаммы воспроизводимых цветов с высокой однородностью цвета по полю экрана, удобства управления прибором, значительного объема воспроизводимой информации, в том числе в динамике. Для этих приборов, особенно для ЦЭЛТ, применяемых в широкоэшелетельном телевидении, имеется большой выбор готовых схемных решений и блоков, что немаловажно для разработчика аппаратуры.

Все масочные ЦЭЛТ, используемые в дисплеях, можно условно разделить на три класса.

К первому классу относятся кинескопы с самосведением лучей, в которых цветоделительным элементом является щелевая теневая маска с отверстиями сравнительно небольшой длины. Экран имеет линейчатую структуру, состоящую из сплошных люминофорных полос. Кинескоп обладает высокой яркостью, хорошей чистотой цвета в основных цветах и в белом; для уменьшения мощности отклонения электронных лучей в приборах использована моноблочная планарная электронно-оптическая система (ЭОС). Выпускаемые серийно приборы для телевизионных приемников относительно дешевы, однако их разрешающая способность ограничена и позволяет воспроизводить на экране дисплея с диагональю экрана 61 см не более 2500 знаков (символов) размером 10x8 мм, поэтому эти приборы широко применяются при создании простых и относительно дешевых растровых дисплеев.

Ко второму классу можно отнести ЦЭЛТ с дельтообразным расположением прожекторов и маской с круглыми отверстиями. Для достижения высокой разрешающей способности теневая маска имеет по сравнению с серийными телевизионными кинескопами уменьшенные шаг (0,3 – 0,5 мм) и диаметр отверстий (0,12 – 0,25 мм). В зависимости от

размера экрана такие ЦЭЛТ обеспечивают разрешающую способность 800 — 1200 телевизионных линий по горизонтали, что дает возможность воспроизвести до 8000 знаков размером 4x5 мм. Повышенная частота строчной развертки, а также необходимость регулировок динамического сведения лучей усложняет такой дисплей и увеличивает его стоимость.

К третьему классу относятся ЦЭЛТ "гибридного" типа, сочетающие ЭОС кинескопов первого типа и мелкоструктурную маску с круглыми отверстиями с шагом 0,2 — 0,5 мм. Они обладают повышенной по сравнению с серийными кинескопами разрешающей способностью (600—1000 лин) и сочетают в себе достоинства приборов первых двух типов, т.е. представляют собой интегрированный комплекс кинескоп — отклоняющая система — магнитостатическое устройство, что позволяет исключить регулировки статического и динамического сведения лучей в аппаратуре. Основные параметры перечисленных ЦЭЛТ приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные параметры	31ЛМ8Ц	61ЛМ4Ц	61ЛМ	61ЛКЦ	51ЛКЦ	42ЛКЦ
Анодное напряжение, кВ в красном цвете в желтом цвете в зеленом цвете	10	9	10		25	25
	13	12	13		25	25
	18	15	18			
Яркость свечения экрана, кд/м ² в красном цвете в белом цвете в зеленом цвете	60*	15*	75*		100	120
	—	—	—	100	120	150
	400*	200*	300*	—	—	—
Разрешающая способность по горизонтали, лин	2500	2000	2000	1200	900	700

* При скорости развертки луча 1 мм/мкс.

Пенетроны успешно конкурируют с масочными ЦЭЛТ. К их числу относятся ЭЛТ 31ЛМ8Ц, 31ЛМ8Ц-1 с электромагнитной фокусировкой и 61ЛМЦ со смешанной фокусировкой. Приборы имеют два основных цвета свечения экрана (красный и зеленый) и несколько промежуточных (оранжевый, желтый, желто-зеленый и т.д.). Для надежного распознавания информации, как правило, возможно использование только одного промежуточного цвета — желтого.

Цвет свечения экрана определяется скоростью электронов и изменяется в зависимости от величины анодного напряжения. Поэтому в отличие от масочных цветных кинескопов искажение цвета свечения за счет внешних факторов (механические воздействия, магнитные поля и т.п.) практически исключено, и цвет свечения может нести доминирующую информацию. Яркостные градации определяются током луча и могут достигать семи — восьми в каждом цвете. Все три цвета свечения в приборе обеспечивает один электронный прожектор, поэтому возможна только последовательная (покадровая) передача цветовой информации. Отсутствии цветоделительной маски, недискретный экран и электромагнитная фокусировка электронного пучка позволяют получить высокую разрешающую способность приборов (более 2000 лин при ширине 0,2 — 0,4 мм).

При разработке схемы управления пенетронами основные трудности связаны с конструированием

блока коммутации высокого напряжения. Поэтому целесообразно ограничиться скоростью переключения 8 — 100 мкс, что вполне допустимо, особенно при векторной развертке. При этом конструктивное решение блока становится относительно простым: размеры блока вместе с высоковольтным источником питания составляют всего 200x200x300 мм. Система коррекции отклоняющих и фокусирующих сигналов пенетронов конструктивной сложности не представляют. Характерной особенностью приборов является слабая зависимость разрешающей способности от тока луча, что позволяет помимо цветового кодирования широко использовать яркостное выделение информации и выравнивать яркость различных цветов свечения экрана. ЭЛТ 61ЛМ4Ц (см. табл. 1) имеет приэкранную разделительную сетку, позволяющую упразднить схемы коррекции отклонения и фокусировки при переключении цвета свечения экрана и существенно снизить яркость свечения экрана. В ЭЛТ 61ЛМЦ со смешанной фокусировкой коррекция фокусирующего напряжения осуществляется при помощи дополнительной электростатической линзы, что несколько упрощает схему управления прибором.

Таблица 2

Параметры	Цветные масочные кинескопы	Пенетроны
Количество воспроизводимых цветов	вся цветовая гамма	3 — 4
Способ передачи цвета	одновременный	последовательный
Разрешающая способность по горизонтали, лин	не более 1200	не более 2500
Ширина линий, мм	—	0,2 — 0,4
Яркость свечения экрана, кд/м ²	100 — 150	35 — 400
Надежность (по механической устойчивости) воспроизведения цвета	малая	очень высокая
Сложность схемы управления прибора	необходимо динамическое сведение лучей по полю экрана для ЭЛТ Δ-типа	требуется переключатель высокого напряжения, корректировка отклоняющего и фокусирующего сигналов при изменении цвета
Допустимые механические воздействия	ограничены	весьма большие
Предпочтительный способ развертки	растровый	векторный или растровый

Выбор прибора при разработке дисплея осуществляется в соответствии с табл. 2. Так, для изготовления дисплея в расчете на воспроизведение большого числа различных цветов с растровой разверткой предпочтительно применение масочной ЦЭЛТ; если требуется высокая разрешающая способность при ограниченной цветовой гамме

с высокой надежностью индикации каждого цвета и векторным отклонением луча, следует применять пенетрон.

Разработанные и внедряемые в серийное производство новые масочные ЦЭЛТ и пенетроны найдут широкое применение в системах отображения знакографической информации.

Статья поступила 7 февраля 1984 г.

УДК 534.782

РЕЧЕВОЙ ДИСПЛЕЙ МАРС-1

Эффективность использования вычислительных машин в значительной степени зависит от возможностей взаимодействия пользователя с ЭВМ, поэтому разработкам средств речевого взаимодействия уделяется все больше внимания.

Речевой способ общения в системах человек—машина удобен, естественен и прост. Он не требует специальной подготовки, что существенно расширяет круг потенциальных пользователей автоматизированных систем управления. Такой способ позволяет разгрузить зрительный канал при выводе информации и упростить ручные манипуляции при вводе, что увеличивает оперативность взаимодействия с ЭВМ и уменьшает число ошибок оператора, а также позволяет использовать в качестве терминалов обычные телефонные аппараты и существующую сеть телефонной связи, существенно сокращая объем капитальных затрат при вводе в действие систем человек—машина массового обслуживания.

Мультипрограммный автомат распознавания и синтеза речи (МАРС-1) предназначен для обеспечения речевого диалога пользователя с ЭВМ. Устройство должно осуществлять как автоматическое отождествление предъявляемого речевого сигнала с одним из заранее выбранных классов (распознавание речи), так и создание искусственных речевых сигналов (синтез речи). Объединение в одном устройстве функций распознавания и синтеза речи открывает новые возможности применения речевых устройств в системах управления, особенно при решении задач обработки информации, когда необходимо фиксировать про-

межуточные результаты и по ходу решения задачи вводить новые данные, давать машине инструкции.

Стратегия распознавания речи обеспечивает сравнение изолированно произнесенных команд с предварительно сформированным словарем. Поэтому организуемый диалог ограничен подмножеством слов русского языка, которое составляет словарь речевых команд.

Стратегия синтеза основана на моделировании процессов естественного речеобразования и позволяет синтезировать связную речь по произвольному орфографическому тексту, благодаря чему на организуемый диалог не накладывается никаких словарных ограничений [1].

В МАРС-1 использован программно-аппаратурный подход к реализации распознавания речевых команд и синтеза речи (см. рисунок). Анализатор речевых сигналов (АРС) является акустико-формантным процессором, предназначенным для преобразования входного речевого сигнала в формантные параметры. Принцип работы АРС основан на анализе речевого сигнала по правилам, использующим априорную информацию о формантной модели речевого сигнала [2].

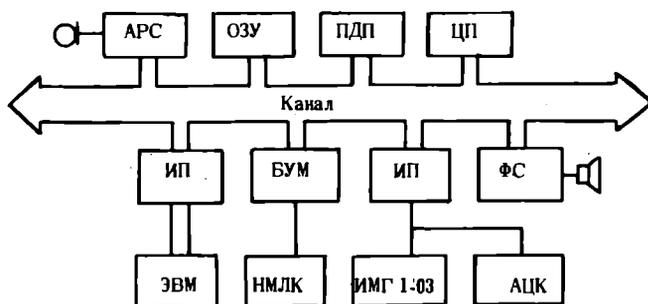
В основе алгоритма распознавания речевых команд лежит принцип сравнения [3] речевого сигнала с эталонами команд в пространстве формантного описания и выбора ближайшего эталона. Сравнение осуществляется процессором динамического программирования (ПДП) методом вычисления интегральных расстояний как меры несовпадения формантного описания произнесенной команды с эталонными описаниями хранимых в ОЗУ команд.

На основе групповых признаков, получаемых из формантного описания речевого сигнала в АРС, и интегральных расстояний, вычисляемых в ПДП, в качестве решения принимается одна из пяти гипотез: реализация тождественна одному из эталонов заданного словаря (распознавание); реализация не принадлежит заданному словарю (произнесена команда, не входящая в заданный словарь); реализация равно удалена от нескольких эталонов заданного словаря (отказ от распознавания); реализация принадлежит классу речевых сигналов, но не входит в заданный динамический диапазон (команда произнесена тихо); реализация не принадлежит классу речевых сигналов (помеха).

Алгоритм синтеза представляет собой композицию алгоритмов отдельных этапов преобразования текстовой информации, хранящейся в ОЗУ устройства. Полученные в результате преобразования орфографического текста фонемные коды элементов текущего слога являются исходной информацией для формирования динамики движения параметров речевого сигнала. Формирование динамики происходит на основе эталонных формантных портретов фонем и интонации и правил их модификации в тексте. Занесение текста в ОЗУ осуществляется либо с базовой ЭВМ системы, либо с клавиатуры.

Программа принятия решения при распознавании речи и формирование параметров управления формантным синтезатором (ФС) при синтезе речи реализуются центральным процессором (ЦП), в качестве которого использован процессор М2 ЭВМ «Электроника 60М».

Визуализация информации на экране газоразрядной панели позволяет фиксировать диалог человек—машина, увеличивая информативность терминала за счет разумного перераспределения информации между синтезатором речи и дисплеем. Дисплей используется для контроля формирования исходного словаря и синтезируемых



Структура речевого дисплея «МАРС-1»: АРС — анализатор речевых сигналов; ОЗУ — оперативное запоминающее устройство (104 Кбайт); ПДП — процессор динамического программирования; ЦП — центральный процессор; ИП — интерфейс последовательный; БУМ — блок управления магнитофоном; ФС — формантный синтезатор речевых сигналов; ЭВМ — ЭВМ типа «Электроника 100-25», СМ-4; НМЛК — накопитель на магнитной ленте кассетный (магнитофон «Электроника-302»); ИМГ 1-03 — визуальный дисплей; АЦК — алфавитно-цифровая клавиатура

текстов, при настройке и диагностике терминала. Дисплей снимает естественное вначале недоверие пользователя к неизвестному ему периферийному оборудованию (к речевому вводу-выводу информации).

Хранение рабочих программ и речевых эталонов, полученных на стадии обучения, обеспечивается внешним долговременным запоминающим устройством (ВДЗУ) на бытовом кассетном магнитофоне «Электроника 302» емкостью 82 Кбайта в речевом видеотерминале. В результате повышается оперативность управления и уменьшается время готовности к работе при включении питания. Хранение речевых эталонов различных дикторов на ВДЗУ позволяет организовать многодикторскую систему пользования в режиме разделения времени.

Связь с ЭВМ «Электроника 100-25» или «Электроника 79» необходима для организации речевого диалога в системах человек—машина, использующих безбумажную технологию.

Технические характеристики МАРС-1

Основные виды работ	однократное обучение, коррекция эталонов, распознавание, синтез, визуализация, обмен информацией
Выбор вида работы	с клавиатуры, речевыми командами
Результат распознавания	семантический код речевой команды, код «чужая» команда, код отказа от распознавания, код помехи, код недостаточной громкости произнесения речевой команды
Вид входной информации	речевой сигнал, снимаемый с динамического микрофона или телефонного аппарата
Описание речевого сигнала	формантное (1000 бит на 1 слово)
Задержка принятия решения	отсутствует (при словаре до 150 команд)
Надежность распознавания	не менее 97%
Объем ОЗУ, зарезервированный для эталонов речевых команд	20 Кбайт (200 речевых команд длительностью 1 с)
Обеспечение заданной надежности распознавания	в условиях стационарного шума до 70 дБ
Диспетчеризация памяти	системно-программная
Тип синтеза	фонемно-формантный
Качественный показатель	слитная речь неограниченного словаря
Вид входной информации	код символов орфографического текста
Фразовая разборчивость	не менее 99%
Кодирование символов текста	КОИ 7 (ГОСТ 13052-67)
Объем буферного ОЗУ текста	2 Кбайта
Система команд	микроЭВМ «Электроника 60»
Системный интерфейс	стандартный, последовательный
Скорость обмена информацией с базовой ЭВМ	9600 бод

Визуализация сообщений	дисплей ИМГ 1-03 (4 страницы, 16x10 символов)
Режим работы	автономный, системный
Кодировка клавиатуры	полная по ГОСТ 13052-74
Потребляемая мощность	200 В·А
Габаритные размеры	200x400x500 мм
Масса	25 кг

МАРС-1 работает по программе, которая обеспечивает его функционирование в основных, вспомогательных и сервисных видах работы. Выбор вида осуществляется автоматически в процессе работы устройства или пользователем с помощью голосовых команд или клавиатуры. Основными видами являются распознавание и синтез, вспомогательными — подготовка словаря команд, обучение, коррекция. К сервисным видам относятся: контроль, тестирование, выдача справочной информации, запись и считывание сформированного словаря на внешний носитель.

Словарь МАРС-1 состоит из двух частей: стандартной неизменяемой (объемом 60 слов) и произвольной, в которую могут быть включены любые команды по желанию пользователя. В стандартной части словаря выделены четыре группы команд (подсловари). К первому подсловарию относятся слова «Да» и «Нет», ко второму — команды управления с голоса работой устройства, к третьему — названия цифр, к четвертому — названия букв и знаков. Число команд, которые могут быть включены в произвольную часть словаря, зависит только от объема ОЗУ, выделенного для хранения эталонов команд, который при необходимости может быть значительно расширен. Увеличение числа команд не ухудшает таких показателей распознавания, как надежность распознавания и время принятия решения благодаря использованию в МАРС-1 диспетчера памяти эталонов, определяющего из общего словаря подсловари эталонов, с которыми осуществляется сравнение реализации на каждом конкретном шаге диалога.

В режиме распознавания решение индицируется произнесением распознанной команды или словами «Вас не понял», «Повторите», «Помеха» и «Повторите громче» в зависимости от того, какая из названных выше гипотез принята в качестве решения. Результат распознавания выводится также на экран визуального дисплея. Если команда распознана правильно, ее семантический код (последовательность букв) передается на исполнение при произнесении команды «Исполнить». Неверный результат распознавания аннулируется командой «Ошибка». Исключение составляют команды стандартного словаря — команды первого и второго подсловарей без голосовой индикации. Подтверждением правильности распознавания является правильность реакции устройства на эти команды. Из команд подсловаря названий цифр могут формироваться сложные числительные, которые произносятся синтезатором для контроля правильности после формирования всего числа по команде «Исполнить» или после ввода любой команды, не входящей в подсловарь названий цифр. Команды подсловаря названий букв и знаков позволяют сформировать произвольные слова, которые могут быть затем введены в состав словаря команд или использованы при формировании синтезируемых сообщений. Сформированное слово ин-

дицируется голосом и на экране дисплея после произнесения команды «Пробел».

В программу синтеза речи в качестве подпрограмм введены фонемное транскрибирование текста и преобразование «число-числительное» [4]. В режиме синтеза при вводе с клавиатуры синтезируемого текста осуществляется словесный контроль правильности ввода информации: после ввода каждого слова по знаку пробела введенное слово произносится синтезатором. После ввода знака в конце предложения (точки и пр.) произносится вся фраза.

В режиме подготовки словаря формируется словарь названий команд, которые пользователь считает необходимым включить в произвольную часть общего словаря. Названия команд вводятся либо с клавиатуры, либо формируются с помощью голосовых команд названий букв, входящих в данную команду. При подготовке словаря каждая новая вводимая команда сопровождается индексом подсловаря, куда она должна быть включена. Этот индекс используется при диспетчеризации памяти эталонов. Одна и та же команда может входить в несколько подсловарей (в этом случае указывается несколько соответствующих индексов).

В режиме обучения осуществляется формирование словаря эталонов тех команд, которые внесены в словарь названий. Имеется возможность речевого и визуального просмотра словаря команд, что позволяет убедиться, включены ли в словарь необходимые пользователю команды.

В режиме коррекции происходит замена эталонов команд, надежность распознавания которых не удовлетворяет пользователя, а также изменение или расширение словаря команд и эталонов.

В автономном режиме программа функционирования, программы распознавания и синтеза речи, а также сформированный ранее словарь команд и эталонов команд записываются в ОЗУ устройства с НМЛК, в качестве которого применяется бытовой кассетный магнитофон «Электроника-302».

МАРС-1 является базовой моделью, допускающей модернизацию и расширение как функций, выполняемых устройством, так и номенклатуры блоков, входящих в его состав. Например, включение в состав МАРС-1 блока телефонного автоматического устройства (ТАУ) дает возможность организации речевого диалога пользователя с ЭВМ по телефонным коммутируемым каналам связи. Апробирована система с применением телефонных аппаратов, подключенных через волоконно-оптическую линию связи.

Функциональные и технические параметры речевого дисплея МАРС-1 обеспечивают возможность применения его в информационно-справочных системах широкого назначения, АСУ, АСУП и АСУТП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лобанов Б.М., Минкевич В.В., Панченко Б.В. Фонемно-формантный синтез речевых сигналов для вывода информации из ЭВМ: — В сб.: Передача данных в локальных сетях ВЦ.— Минск, 1978.
2. Дегтярев Н.П. Анализатор акустических признаков места и способа образования звуков речи. В кн.: Тезисы докладов и сообщений 12-го Всесоюзного семинара «Автоматическое распознавание слуховых образов» (Киев—Одесса, сентябрь 1982 г.)— Киев: ИК АН УССР, 1982.

3. С л у ц к е р Г.С. Нелинейный метод анализа речевых сигналов — Труды НИИР, 1968, вып. 2,

4. П а н ч е н к о Б.В. Автоматическая обработка текста в системах синтеза речи. В кн.: Тезисы докладов Всесоюзного НТС «Проблемы автоматического контроля и управления». — М: 1976.

В. П. Афанасьев, Н. П. Дегтярев, А. П. Еремин, М. П. Желтов, Г. Б. Калинин, Б. М. Лобанов, Б. В. Панченко; А. М. Сиренко, Л. П. Усов, В. В. Шатерник

Статья поступила 7 февраля 1984 г.

УДК 621.385.832

Э. В. Гушин, Б. С. Малкиель, В. А. Матюхин,
Н. Н. Попова, В. Г. Степанюк, Н. Г. Хлевная

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СЕРИЙНЫХ ЗАПОМИНАЮЩИХ ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИХ ЭЛТ

Применение новых технологических процессов и материалов в производстве запоминающих осциллографических ЭЛТ позволяет повысить их качество при одновременном увеличении производительности труда в два—четыре раза на основных технологических операциях.

Расширение области применения запоминающих осциллографических электронно-лучевых трубок (ЗОЭЛТ) ставит задачу интенсификации их производства на основе прогрессивной технологии, обеспечивающей рациональную комбинацию технологических операций, непрерывность, малую энерго- и трудоемкость при сокращении числа операций, а также повышения надежности и улучшения основных параметров ЗОЭЛТ.

Вакуумная обработка ЗОЭЛТ по классической схеме — на откачном посту с последовательной раздельной термовакуумной и электровакуумной обработками внутренних узлов ЭЛТ при комнатной температуре — является самой продолжительной операцией для приемных ЭЛТ. Сократить время откачки более чем в три раза позволяет совмещение процессов термо- и электровакуумной обработки. При этом сокращается длительность всех операций во время термовакуумного обезгаживания и выдержка приборов (до 1 ч) при высокой температуре (~420°C). Все это обеспечило максимальное уменьшение «перекачки» газов с одних узлов прибора на другие и улучшение спектрального состава остаточных газов в откачанных приборах (рис. 1), а также создало возможность автоматизации процессов вакуумной обработки. Кроме того, формирование накопительных слоев при высокой температуре подложки приводит к повышению коэффициента вторичной электронной эмиссии (КВЭЭ) и удельного сопротивления мишени. Это, в свою очередь, обуславливает возможность увеличения скорости записи и времени памяти ЗОЭЛТ. Таким образом, эффективная работа ЗОЭЛТ во время эксплуатации связана как с составом остаточных газов, так и с параметрами монокристаллов, применяемых для формирования накопительных слоев мишени.

Известно, что свойства монокристаллов в значительной мере определяются условиями их выращивания и очистки. В случае выращивания кристаллов из расплава методом Киропулоса при-

меси ионов кислорода и гидроксильных групп приводят к уменьшению удельного сопротивления и снижению стабильности параметров мишени в процессе электронного облучения*. С целью

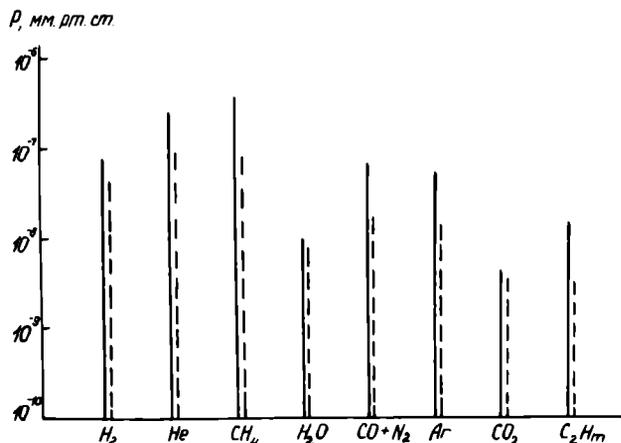


Рис. 1. Состав остаточных газов в откачанных приборах после электровакуумной обработки при комнатной температуре (сплошная линия) и температуре около 420°С (штриховая линия)

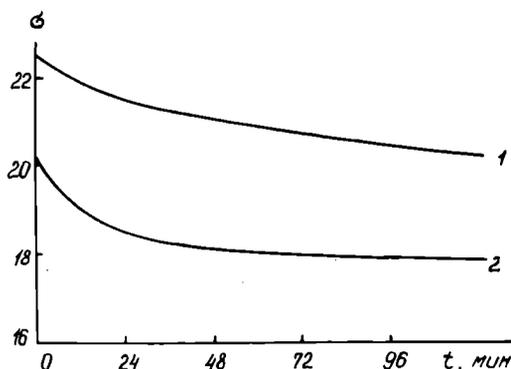


Рис. 2. Вторично-эмиссионные характеристики накопительных слоев, полученных термическим распылением монокристаллов галоидов цезия, выращенных методами Киропулоса (1) и Стокбаргера (2)

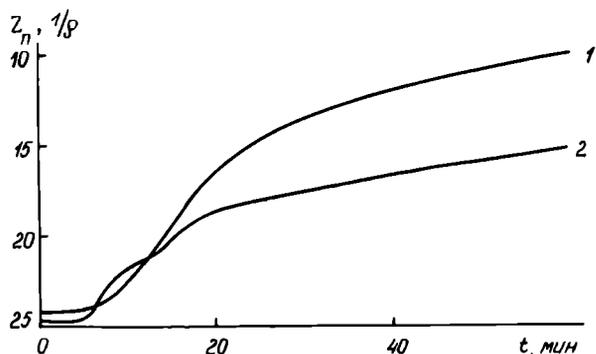


Рис. 3. Изменение проводимости накопительных слоев, полученных из монокристаллов, выращенных методами Киропулоса (1) и Стокбаргера (2), в зависимости от времени электронного облучения при энергии 1,5—2,5 кэВ и плотности тока 2—5 А/м²

* Исследование стабильности накопительных слоев галоидных соединений цезия/И.П.Антонив, Н.Н.Вашенюк, Я.А.Левницкая и др.— Радиотехника и электроника, 1976, т. 21, № 12, с. 2556—2562.

глубокой очистки исходного сырья и введения в расплав контролируемых примесей разработана на основе метода Стокбаргера технология выращивания монокристаллов галоидов цезия в эвакуированных ампулах из осушенного в вакууме сырья. Процесс роста монокристаллов по методу Стокбаргера более стабилен и меньше зависит от изменений внешних условий по сравнению с методом Киропулоса. Кроме того, за счет параллельного выращивания монокристаллов в нескольких ростовых печах по запрограммированному режиму с автоматизированным управлением повышается производительность процесса. Выращивание монокристаллов методом Стокбаргера позволяет максимально сократить время контакта монокристаллов с атмосферой производственных помещений, способствуя улучшению таких параметров, как КВЭЭ и удельное сопротивление (рис. 2, 3). Применение монокристаллов, выращенных указанным методом, обеспечивает более высокую стабильность накопительных слоев мишени по сравнению со слоями, получаемыми из монокристаллов, выращенных методом Киропулоса и, соответственно, более высокую (на 25%) долговечность ЗОЭЛТ.

Дальнейшему повышению качества и стабилизации параметров ЗОЭЛТ способствует комплекс работ по унификации конструкции и типизации технологических процессов. В частности, перевод ЭОС на плоские диафрагмы с посадкой на стеклянные штабики вместо тянутых цилиндров с закреплением на керамических стержнях обеспечил уменьшение допусков на межэлектродные расстояния, снижение в два раза трудоемкости изготовления деталей и сборки ЭОС. Применение катодно-подогревательного узла КПУ-18 с дистанционными керамическими выступами дало возможность осуществить беспейсерную сборку катодно-модуляторного узла и уменьшить разброс по запирающему напряжению в приборах. Перевод всех типов ЗОЭЛТ на сборку с унифицированными мелкоструктурными сетками из 10-мкм вольфрамовой проволоки для накопительной мишени и 14-мкм вольфрамовой проволоки для коллектора позволил сократить количество намоточных станков и повысить процент выхода при изготовлении сеточных мишеней на 5%. Использование при изготовлении указанных трубок люминофора КО-530 с оптимальной нагрузкой 4 мг/см² дало возможность сократить в четыре-пять раз время осаждения и механизировать процесс при повышении процента выхода на операции более чем на 5%.

Статья поступила 8 февраля 1984 г.

УДК 621.383.292

В. П. Волков, Б. М. Глуховской, С. Г. Дукор, О. С. Королькова, В. Е. Фельдман, А. А. Чемерицын,

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ ФЭУ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ИЗЛУЧЕНИЯ ОКГ

Фотоэлектронные умножители с полупрозрачными SbNaKCs фотокатодами и динодами на основе сплава AlMgSrTi предназначены для регистра-

ции сверхслабых импульсных сигналов оптических квантовых генераторов (ОКГ) в диапазоне длин волн 360–850 нм при работе в системах импульсных дальномеров. Особенности применения предъявляют ряд специфических требований к их параметрам. Для обнаружения сигнала по ограниченному числу импульсов излучения наносекундной длительности требуется чрезвычайно низкая средняя частота ложных тревог (\bar{F}_T) при близкой к единице вероятности правильного обнаружения сигнала (P). Однако для расчетов обнаружительной способности ФЭУ (D) недостаточно измерений таких стандартизованных параметров, как спектральная чувствительность фотокатода, спектральный эквивалент шума анодного тока и др. Поэтому в документацию в качестве характеристики обнаружительной способности ФЭУ при приеме импульсных сигналов был введен новый параметр – порог чувствительности в импульсном режиме P_λ (минимальная пиковая мощность импульсов излучения, которая может быть зарегистрирована с заданными $\bar{F}_T \rightarrow 0$ и $\bar{D} \rightarrow 1$). Методика определения этого параметра в оптической системе с испытуемым ФЭУ и схемой регистрации, состоящей из видеосушителя, дискриминатора и счетчика [1], показана на рис. 1. Напряжение дискриминации $U_{D\bar{F}_T}$ соответствует заданному значению \bar{F}_T . После установления величины $U_{D\bar{F}_T}$ (с учетом поправочных коэффициентов [1]), регулируя интенсивность импульсов излучения, получают заданную величину вероятности обнаружения D . При этом отношение части площади амплитудного распределения импульсов сигнала, расположенного слева от $U_{D\bar{F}_T}$, ко всей площади должно равняться D . Затем определяется средняя амплитуда анодных импульсов сигнала (\bar{U}_c), которой соответствует искомое значение P_λ . Величина

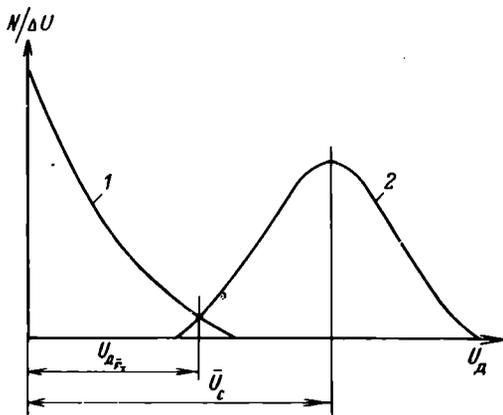


Рис. 1. Дифференциальные амплитуды распределения импульсов темного анодного тока (кривая 1) и сигнала (кривая 2)

P_λ определяется количеством импульсов темного анодного тока с амплитудами, значительно превышающими одноэлектронный уровень, и шириной амплитудного распределения импульсов сигнала.

Параметр P_λ зависит от ряда внутренних параметров ФЭУ: присутствие многоэлектронной компоненты в амплитудном распределении импульсов темного анодного тока в значительной степени обусловлено технологией изготовления и конструкцией ФЭУ [2], а также материалом диодов; ширина амплитудного распределения импульсов сигнала определяется [3] спектральной чувствительностью фотокатода, коэффициентом сбора фотоэлектронов на первый диод и эффективным коэффициентом вторичной электронной эмиссии первого диода. Таким образом, для получения истинного представления о реальной способности ФЭУ к регистрации импульсного излучения с высокой вероятностью правильного обнаружения необходимо непосредственное измерение этого параметра.

Проведенный анализ [4] показал, что параметр P_λ не является достаточно универсальным, поскольку он зависит не только от внутренних параметров ФЭУ, но и от длительности импульсов излучения и характеристик измерительного тракта. Это делает измерение чрезвычайно трудоемким для серийного производства и не позволяет сравнивать между собой различные типы ФЭУ. Поэтому было предложено [4] ввести универсальный параметр – энергетический эквивалент порога чувствительности ФЭУ в импульсном режиме (W_λ).

При амплитудной регистрации импульсного излучения с длиной волны λ таким параметром является импульсный сигнал, средняя энергия которого равна W_λ и который регистрируется ФЭУ с требуемыми характеристиками обнаружения D и \bar{F}_T .

Методика измерения этого параметра совпадает с методикой измерения параметра P_λ и проводится на установке с использованием стандартной аппаратуры микросекундного диапазона. По величине параметра W_λ можно сравнивать различные типы ФЭУ (рис. 2), а с учетом временных характеристик ФЭУ – оценивать их обнаружительную способность в конкретных условиях применения.

Помимо стандартных параметров, измеряемых по ГОСТ 11-612.75, в ТУ введены параметры, характеризующие ФЭУ при наличии фоновых излучений: спектральный эквивалент шума анодного тока от фонового потока излучения $F(\lambda)_{\text{фн}}$ и напряже-

ние дискриминации при скорости счета импульсов шума анодного тока 10^{-1} от фонового потока излучения $U_{\text{д.фн}}$.

Основные электрические и светотехнические параметры ФЭУ приведены в табл. 1, конструктивные и эксплуатационные характеристики — в табл. 2.

Таблица 1.

Наименование параметра	ФЭУ-144	ФЭУ-135*	ФЭУ-69*
Световая чувствительность фотокатода, А/лм		$3 \cdot 10^{-4}$	$9 \cdot 10^{-4}$
Спектральная чувствительность фотокатода, А/Вт			
на $\lambda = 0,83$ мкм	$4 \cdot 10^{-2}$	$7,5 \cdot 10^2$	$4,3 \cdot 10^{-2}$
на $\lambda = 0,09$ мкм		$4 \cdot 10^{-2}$	
Световая анодная чувствительность, А/лм	30	—	100
при напряжении питания, В	2000		2300
Спектральная анодная чувствительность, А/Вт			
на длине волны, мкм	10^2	10^2	10^2
при напряжении питания, В	0,53	0,69	0,53
Темновое анодный ток, А	$5 \cdot 10^{-9}$	$3 \cdot 10^{-9}$	$3 \cdot 10^{-9}$
при $S(\lambda)_2$, А/Вт	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$
Предельно допустимый средний анодный ток, А	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	10^{-4}
Время нарастания анодного импульса, нс	4	1,8	3,5
Длительность анодного импульса, нс	7	2,5	9
Предел линейности световой характеристики в импульсном режиме, А	$1 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$
Спектральный эквивалент шума темнового анодного тока на $\lambda = 0,53$ мкм, Вт/Гц ^{1/2}			$1,5 \cdot 10^{-13}$
Спектральный эквивалент шума анодного тока от фонового потока излучения на $\lambda = 0,53$ мкм, Вт/Гц ^{1/2}			
при мощности фона, Вт	$5 \cdot 10^{-13}$	—	$5 \cdot 10^{-13}$
	$6 \cdot 10^{-9}$		$4 \cdot 10^{-9}$
Энергетический эквивалент порога чувствительности в импульсном режиме, Дж			
на $\lambda = 0,53$ мкм	$8 \cdot 10^{-17}$	$4 \cdot 10^{-17}$	$2 \cdot 10^{-14}$
на $\lambda = 0,89$ мкм		$8 \cdot 10^{-17}$	
Напряжение дискриминации при скорости счета импульсов шума анодного тока 10 с^{-1} , В	0,6	—	1
при мощности фонового потока излучения, Вт	$6 \cdot 10^{-9}$		$4 \cdot 10^{-9}$

* для модифицированных конструкций

Таблица 2

Наименование параметра	ФЭУ-144	ФЭУ-135	ФЭУ-69
Диаметр рабочей поверхности фотокатода, мм	16	5 (входное окно призмы)	10
Число каскадов усиления	11	10	12
Диаметр, мм	34	44	20
Посадочная длина, мм	90	100	80
Масса, г	50	90	50
Конструкция выводов	гибкие	жесткие РШ-38	гибкие
Рабочий диапазон температур, °С	от -60 до +70	от -60 до +55	от -60 до +70

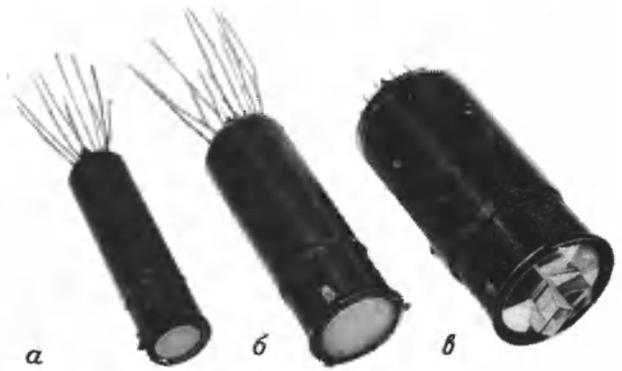


Рис. 2. Внешний вид модифицированных ФЭУ-135 и ФЭУ-69 (а и в), ФЭУ-144 (б)

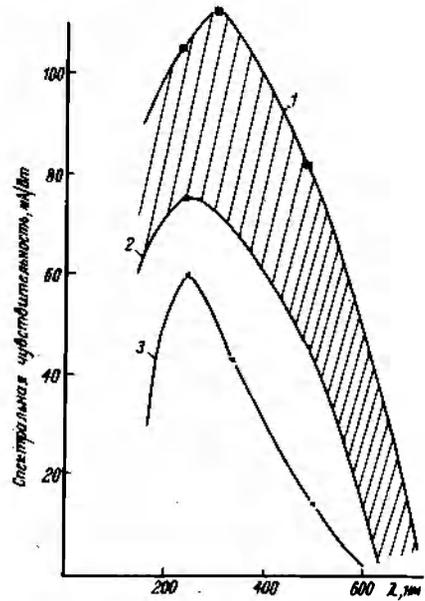


Рис. 3. Спектральные характеристики фотокатодов ФЭУ-135 (кривые 1 и 2), ФЭУ-144 (кривая 3)

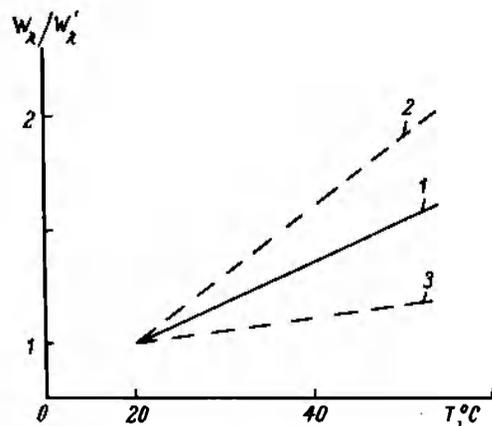


Рис. 4. Зависимости отношения энергетического эквивалента порога чувствительности ФЭУ-135 в импульсном режиме (W_λ) к значению этого параметра при $T=20^\circ\text{C}$ ($\bar{1}$ — типовое значение, 2 и 3 — предельные значения) от температуры окружающей среды

ФЭУ-144 является конструктивным аналогом ФЭУ-117 и отличается от него электрическими и светотехническими характеристиками [5]. Прибор имеет корытообразную систему динодов и управляющий электрод в катодной камере, наличие которого обеспечивает эффективное управление анодным током: уменьшение анодного тока в 10^3 раз при напряжении запирающего не более 30 В. На наружную поверхность входного окна прибора нанесена прозрачная проводящая пленка, находящаяся под потенциалом фотокатода, что обеспечивает отсутствие искажения формы анодных импульсов при наносекундных длительностях управляющих импульсов. ФЭУ-144, помимо своего основного назначения — регистрации импульсного излучения на световом фоне — может использоваться в качестве фотоприемника светодальномера, реализующего фазовый метод измерения расстояний [5].

Модифицированный ФЭУ-135 предназначен для работы в стационарной аппаратуре. Он имеет корытообразную систему динодов и анодный блок с так называемым обратным включением. Для увеличения чувствительности полупрозрачного $SbNaKCs$ фотокатода в нем использован метод полного внутреннего отражения (ПВО) [6], при котором вследствие многократного взаимодействия света с фотокатодом устраняются потери на пропускание и отражение. Эффективность поглощения света в тонких многослойных фотокатодах при больших углах падения света достаточно высока [7], что позволяет сконструировать оптическое устройство (призму ПВО), обеспечивающее четыре взаимодействия светового пучка с фотокатодом, коэффициент оптического усиления составляет 2,5 на $\lambda = 0,53$ мкм, 4 — на $\lambda = 0,69$ мкм, 4,8 — на $\lambda = 0,8$ мкм.

На рис. 3 приведена зависимость спектральной чувствительности фотокатода этого ФЭУ (с призмой ПВО) от длины волны, а также спектральная характеристика фотокатодов ФЭУ-144, в которой не используется явление полного отражения.

Исследования зависимости параметра W_λ в импульсном режиме от напряжения питания и температуры окружающей среды для ФЭУ показали, что при изменении спектральной анодной чувствительности в диапазоне $1 \cdot 10^4 - 1 \cdot 10^5$ А/Вт на $\lambda = 0,69$ мкм величина W_λ практически не изменяется. Из зависимости $W_\lambda = f(T^\circ C)$ следует, что при повышении температуры до $55^\circ C$ величина W_λ увеличивается в среднем в 1,5 раза, несмотря на то, что термоэмиссия фотокатода при этом возрастает более чем в 10 раз (рис. 4). Стабильная работа ФЭУ-135 при повышенных нагрузках (100 МГц) и при значительных фоновых нагрузках (до тока $\sim 2 \cdot 10^{-4}$ А) обеспечивается высокой токоустойчивостью материала динодов и применением газопоглотителя ПЦ-1М.

Для улучшения быстродействия (см. табл. 1) в этом ФЭУ применена система экранированного анодного блока с сетчатым коллектором электронов и анодом, выполненным из материала с высоким коэффициентом вторичной эмиссии. Уменьшение фронта и длительности импульса в такой системе достигается при его формировании за счет сдвига во времени между приходящим на анод первичным пакетом электронов и эмиттируемым анодом вторичным пакетом электронов.

Поскольку амплитуда анодного импульса в такой системе определяется разностью амплитуд импульсов, образуемых вторичными и первичными электронами, коэффициент вторичной эмиссии анода должен быть как можно более высоким (в данном случае анод выполнен из того же материала, что и диноды).

В модифицированном ФЭУ-69 применены диноды сферического типа и рефлекторный анод специальной конструкции, что позволило получить наиболее высокие быстродействие и линейность световой характеристики в импульсном режиме миниатюрных ФЭУ [8].

Технология изготовления и свойства фотокатодов всех трех типов ФЭУ идентичны, поэтому использование призмы полного внутреннего отражения, как и в ФЭУ-135, позволяет повысить квантовую эффективность фотокатодов ФЭУ-144 и ФЭУ-169 и улучшить их параметры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Измерение порога чувствительности ФЭУ при регистрации импульсного излучения/В.А.Гаванин, С.Г.Дукор, В.Е.Фельдман, А.А.Чемерицын.— В кн.: Импульсная фотометрия.— Л.: Машиностроение, 1979.— 225 с.
2. Соболева Н.А., Меламид А.Е. Фотоэлектронные приборы.— М.: Высшая школа, 1974.— 376 с.
3. Одноэлектронные фотоприемники/С.С.Ветохин, И.Р.Чулаков, А.И.Перцев, И.В.Резников.— М.: Атомиздат, 1979.— 64 с.
4. Оценка обнаруженной способности фотоэлектронных умножителей при регистрации импульсного излучения/С.Г.Дукор, Ю.В.Литвинов, В.Е.Фельдман, А.А.Чемерицын.— Электронная техника. Сер. 4. Электровакуумные и газоразрядные приборы, 1980, вып. 1, с. 57.
5. Петрухин Г.Д. Фотоэлектронные умножители в режиме радиогетеродинамирования.— М.: Радио и связь, 1983.— 88 с.
6. Лапушкина Л.В., Лебедева Г.А., Кутузова Т.Д. Использование явления полного внутреннего отражения для повышения чувствительности полупрозрачных фотокатодов.— Электронная техника. Сер. 4. Электровакуумные и газоразрядные приборы, 1968, вып. 1, с. 83.
7. Исследование оптического усиления в многослойных фотокатодах малой площади/В.А.Гаванин и др.— Электронная техника. Сер. 4. Электровакуумные и газоразрядные приборы, 1980, вып. 1, с. 65.
8. Дукор С.Г., Фельдман В.Е., Миняев В.Н. Результаты измерения временных параметров ряда типов невременных ФЭУ.— Электронная техника. Сер. 4. Электровакуумные и газоразрядные приборы, 1980, вып. 1, с. 69.

М.А.Ананян, И.И.Турсуков

ОПТОВОЛОКОННЫЕ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА

Мультиплексированные системы передачи данных, к которым относятся цифровая система передачи данных «Электроника МС-4101», оптоволоконные системы сбора данных «Электроника МС-8201» и распределения данных «Электроника МС-8401», отличаются высокой пропускной способностью, нечувствительностью к электромагнитным полям, отсутствием собственных электромагнитных излучений и источников искробразования, низкой трудоемкостью прокладки, высокой надежностью, малыми массой и габаритными размерами, отсутствием дефицитных металлов (меди и серебра).

Системы могут найти широкое применение в электронной, нефтяной и газовой промышленности, приборостроении, энергетике, транспорте, машиностроении, авиации, сельском хозяйстве и многих других областях при создании АСУ, АСУП и АСУТП, контрольно-измерительных комплексов, информационно-вычислительных систем, робототехнических производств.

Основные характеристики систем

Скорость передачи по оптическому каналу, Мбит/с	8
Вероятность появления ошибки . . .	10^{-9}
Длина оптического кабеля, м	5—300 (в отдельных случаях — до 900)
Тип передачи	симплексный
Режим работы	автономный
Диапазон рабочих температур, °С	от -10 до +55
Уровни напряжений, В	
лог. «1»	2,4
лог. «0»	0,3

Для проверки параметров оптоволоконного тракта при его прокладке и эксплуатации используется оптический тестер «Электроника-ОТ6», для контроля в процессе производства — контрольно-измерительный стенд.

Перспективы развития оптоволоконных систем связаны с созданием магистрали коллективного доступа для микропроцессорных сетей вычислительной техники, локальных сетей для ЭВМ и периферийных устройств, увеличением скорости и дальности передаваемых сообщений, организации дуплексной передачи, внутриобъектовой телефонной связи, созданием преобразователей физических величин (датчиков), оптической коммутации и интегрально-оптических схем.

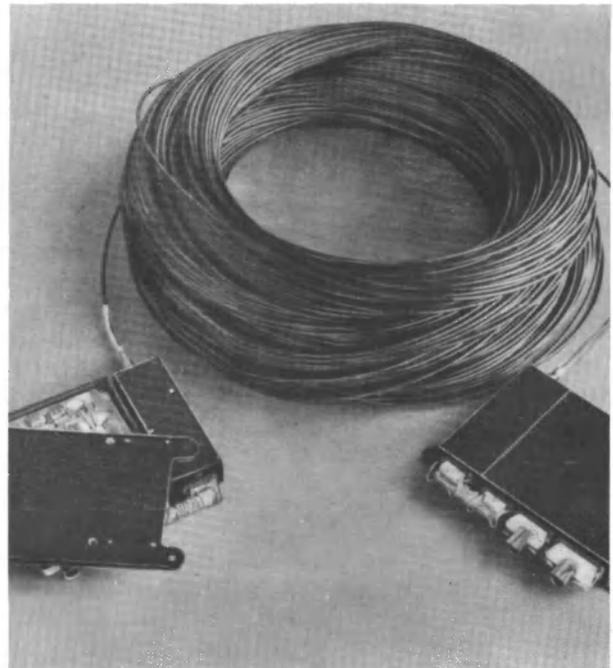
Дальнейшее совершенствование контрольно-измерительной аппаратуры и инструмента

предполагает разработку оптического тестера с цифровым индикатором, переносного переговорного устройства по оптическому кабелю, набора инструмента для ремонта оптического кабеля.

«ЭЛЕКТРОНИКА МС-4101»

ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Предназначена для преобразования параллельного формата данных в последовательный, передачи по оптоволоконному тракту и обратного преобразования. В систему входят блоки «преобразователь—передатчик», «приемник—преобразователь» и волоконно-оптический модуль.



ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ

Число параллельных входов-выходов	19
Скорость изменения информации по любому входу (максимальная), Кбит/с	150
Напряжение питания, В	$\pm 5(\pm 5\%)$; $\pm 10(\pm 5\%)$
Суммарная потребляемая мощность, Вт	не более 8
Габаритные размеры блоков, мм	не более 160x125x25
Масса системы (максимальная), кг	2.1

«ЭЛЕКТРОНИКА МС-8201» «ЭЛЕКТРОНИКА МС-8401»

ОПТОВОЛОКОННАЯ СИСТЕМА СБОРА ДАННЫХ

Предназначена для преобразования входных аналоговых сигналов в двоичный код, передачи его по оптоволоконному тракту и преобразования из последовательного формата в параллельный. Система состоит из блока сбора аналоговых данных, блока «приемник—преобразователь» и волоконно-оптического модуля.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ****АНАЛОГОВЫЕ ВХОДНЫЕ СИГНАЛЫ**

Число входов 16
 Напряжение, В ± 10
 Частота изменения, Гц 0—700
 Время преобразования и передачи (максимальное), мкс 50
 Абсолютная погрешность преобразования (максимальная), ед.мл.р +10

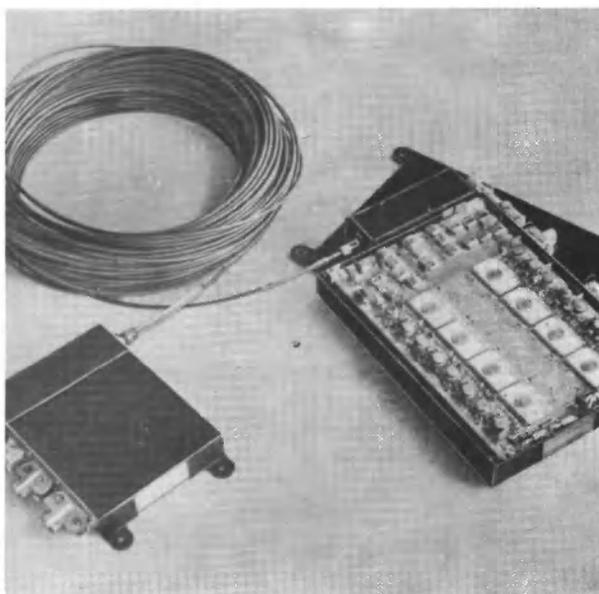
ЦИФРОВЫЕ ВЫХОДНЫЕ СИГНАЛЫ

Число разрядов 16
 информационных 11+1 зн.р.
 адресных 4
 Напряжение питания, В $\pm 5(5\%)$; $\pm 10(\pm 5\%)$; $\pm 15(\pm 5\%)$

Суммарная потребляемая мощность, Вт не более 10
 Габаритные размеры, мм не более 268x165x25
 Масса (максимальная), кг 2,4

ОПТОВОЛОКОННАЯ СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАННЫХ

Предназначена для преобразования параллельного двоичного кода в последовательный, передачи его по оптоволоконному тракту и преобразования в эквивалентное значение аналогового сигнала. Система состоит из блока «преобразователь—передатчик», блока «приемник—распределитель» аналоговых сигналов и волоконно-оптического модуля.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ****ЦИФРОВЫЕ ВХОДНЫЕ СИГНАЛЫ**

Число разрядов 16
 информационных 11+1 зн.р.
 адресных 4

АНАЛОГОВЫЕ ВЫХОДНЫЕ СИГНАЛЫ

Число разрядов 8
 Напряжение, В ± 10
 Частота изменения, Гц 0—15000
 Абсолютная погрешность преобразования (максимальная), мВ не более 50
 Напряжение питания, В $\pm 5(\pm 5\%)$; $+15(\pm 5\%)$
 Суммарная потребляемая мощность, Вт не более 10
 Габаритные размеры, мм не более 260x165x25
 Масса (максимальная), кг 2,4



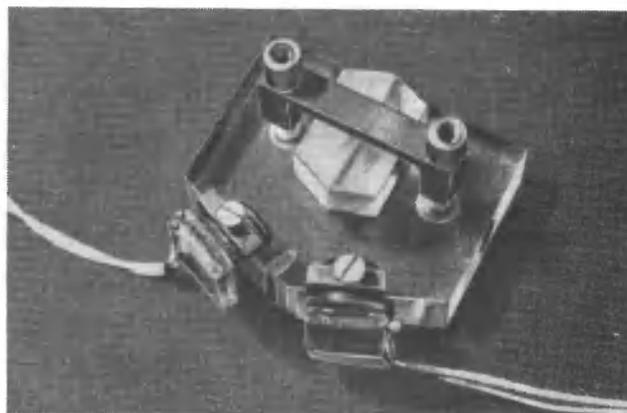
Цифровая система передачи данных как средство связи ЭВМ с дисплеем



Аппаратура для внутриобъектовой телефонной связи



Оптический тестер «ОТ-6»



Интегрально-оптическая ячейка



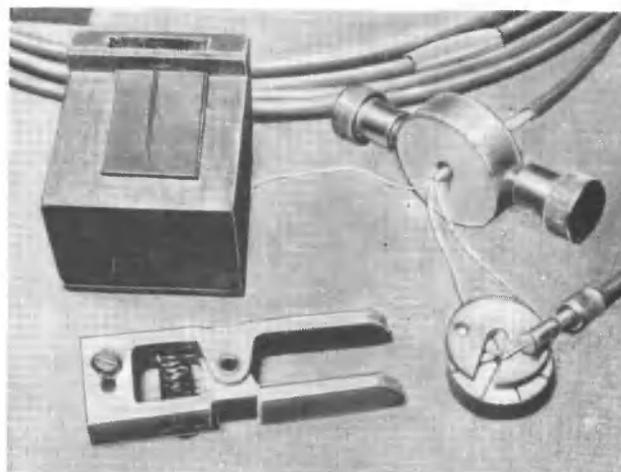
Контрольно-измерительный стенд для проверки параметров и аттестации оптоволоконных систем



Оптический тестер с цифровой индикацией



Квантово-электронные модули, применяемые в оптоволоконных системах информационного обмена



Набор инструмента для ремонта и разделки оптического кабеля

Статья поступила 29 февраля 1984 г.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ПРОИЗВОДСТВА И УПРАВЛЕНИЯ

УДК 621.383.932:621.3.049.776

В. Ю. Березин, Ю. А. Дрян, А. Г. Коссов, Л. Ю. Лазовский, А. Б. Настальский, А. Т. Хвиливицкий

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ МАТРИЦ ПЗС

Автоматизированная система, созданная на базе ЭВМ "Электроника 100-25", обеспечивает измерение с повышенной точностью электрических и фотоэлектрических параметров фоточувствительных матриц ПЗС, работающих в телевизионном и малокадровом режимах, получение результатов измерений в виде графиков и гистограмм, выделение на экране монитора произвольного фрагмента изображения с необходимым увеличением, определение количества дефектных фоточувствительных элементов приборов.

Быстрые темпы развития фоточувствительных приборов с зарядовой связью (ФПЗС) и повышение технического уровня разработок обусловили постоянный рост требований к точности, достоверности и производительности измерений характеристик этих приборов. Решить эту проблему призваны автоматизированные измерительные системы, создаваемые на базе ЭВМ. Использование вычислительной техники при измерении параметров матриц ФПЗС не только повышает производительность измерений и делает их результаты менее зависимыми от субъективных качеств оператора, но и позволяет получить дополнительные сведения о приборах, например, статистические характеристики всего массива фоточувствительных элементов.

Предназначенная для измерения параметров матриц ФПЗС в стандартном телевизионном (частота вывода 10 МГц) и малокадровом (частота вывода 500 кГц) режимах автоматизированная система создана на базе ЭВМ «Электроника 100-25». Она позволяет вводить в память ЭВМ величины сигналов всего массива фоточувствительных элементов ФПЗС, его фрагмента, отдельной строки или столбца. Обработка введенной в память информации по заданным алгоритмам обеспечивает вычисление необходимых параметров ФПЗС.

В состав автоматизированной системы, кроме ЭВМ «Электроника 100-25» с объемом оперативной памяти 64 Кбайт и стандартным комплектом внешних устройств, входят 13-разрядный аналого-цифровой преобразователь АЦПМ-2, программно-управляемый блок выделения элемента, устройство управления ФПЗС, устройство обработки сигнала и цифровая память на один кадр телевизионного изображения с возможностью непрерывной визуализации на телевизионном мониторе (рис. 1).

Устройство управления формирует все необходимые для работы ФПЗС постоянные и импульсные напряжения, а также обеспечивает синхронизацию отдельных устройств системы.

Управляемый блок выделения элемента (БВЭ) обеспечивает измерение сигнала определенного элемента ФПЗС, номер которого вводится в него программно.

Устройство обработки сигнала включает в себя усилитель и схемы привязки и выборки, реализующие двойную коррелированную выборку сигнала [1]. Использование в устройстве усилителя с низким входным сопротивлением уменьшило влияние его входной емкости [2].

Цифровая память на один кадр изображения позволяет визуально контролировать введенное в память ЭВМ изображение, что особенно важно при измерениях параметров ФПЗС в малокадровом режиме.

Стробоскопический ввод сигнала в память ЭВМ. Относительно низкая скорость обмена ЭВМ с внешними устройствами и большое время преобразования АЦП, имеющего приемлемую разрядность, не позволяют вводить сигнал ФПЗС

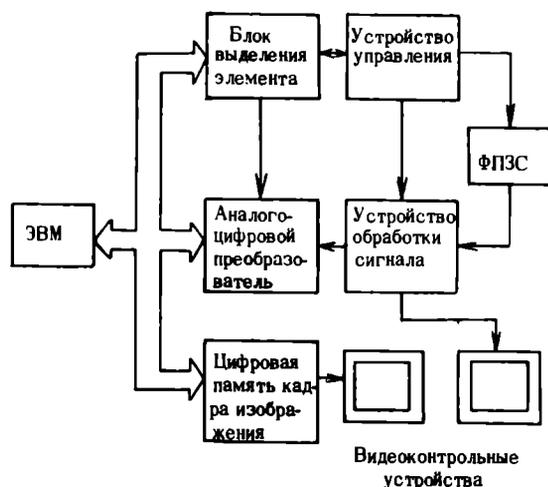


Рис. 1. Структурная схема автоматизированной измерительной системы

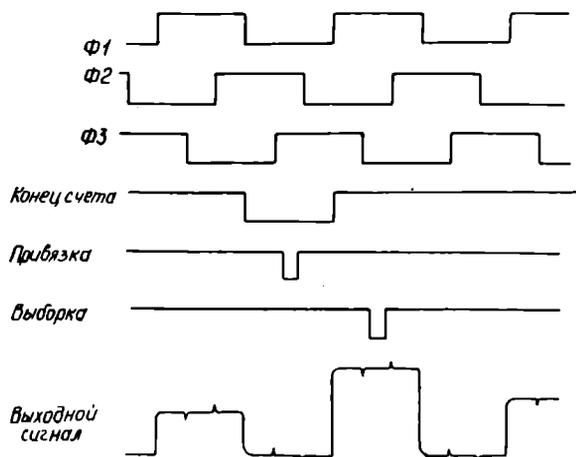


Рис. 2. Временные диаграммы ввода сигнала в память ЭВМ в малокадровом режиме работы ФПЗС

в память ЭВМ в реальном масштабе времени, поэтому в системе используется режим стробоскопического ввода сигнала — один элемент за строку. Программа ввода опрашивает флаг готовности АЦП и по окончании преобразования считывает цифровой код сигнала из регистра данных АЦП. Поскольку эта процедура повторяется в каждой строке, за время одного кадра в память ЭВМ вводится сигнал с одного столбца ФПЗС. На аналого-цифровое преобразование сигнала и ввод его в память ЭВМ отводится время одной строки. Подсчет строк осуществляется программно, что позволяет при необходимости вводить в память часть столбца, а также использовать один БВЭ для измерений параметров матриц, имеющих различное число строк. Временные диаграммы, иллюстрирующие процедуру ввода сигнала в малокадровом режиме работы ФПЗС, приведены на рис. 2.

Считывание сигнала с остановкой регистра.

При работе ФПЗС в стандартном телевизионном режиме выборка сигнала должна проводиться за время, не превышающее 100 нс. Для снижения требований к быстродействию схемы и повышения точности в системе производится остановка выходного регистра ФПЗС в момент появления на выходе сигнала с нужного элемента, при этом информационный зарядовый пакет оказывается под считывающим электродом выходного устройства, длительность остановки составляет около 2 мкс (рис. 3). Подобный прием возможен в приборах, имеющих выходное устройство как с плавающим затвором, так и с плавающей диффузией. При работе с остановкой выходного регистра следует обеспечить запас по времени вывода строки с тем, чтобы (несмотря на остановку) производить вывод всей информации во избежание смешивания сигналов соседних строк.

Результаты измерений, полученные с остановкой регистра, не отличаются от результатов, полученных без остановки регистра. Но считывание сигнала с остановкой выходного регистра в сочетании со стробоскопическим вводом в память ЭВМ позволяют значительно упростить аппаратную часть системы.

Методы измерений параметров ФПЗС. Система может применяться при приемосдаточных испытаниях и исследованиях характеристик

ФПЗС. В соответствии с методикой измерений параметров в память ЭВМ вводятся сигналы всего fotocувствительного массива или его фрагмента. Измерения проводятся при освещенности насыщения, при рабочей освещенности и в темноте. Затем вычисляются среднее напряжение сигнала насыщения, средняя величина темного сигнала и его среднеквадратичная неравномерность, чувствительность и ее среднеквадратичная неравномерность (при вычислении чувствительности и ее неравномерности из массива световых сигналов поэлементно вычитаются соответствующие темновые).

Измерение шумов осуществлялось с усреднением по времени или числу fotocувствительных элементов. В последнем случае измерение сигнала с каждого элемента проводилось дважды, а затем осуществлялось поэлементное вычитание сигналов для исключения темновой неравномерности. Результаты сравнительных измерений, выполненных по этим методикам, близки.

Измерительная система позволяет определять количество дефектных fotocувствительных элементов прибора. Дефектным считается элемент, сигнал с которого отличается от среднего сигнала всего fotocувствительного массива на величину, превышающую заданный порог. Программно определяются «белые» и «черные» дефекты, а также их распределение по зонам качества.

Кроме измерения фотоэлектрических параметров в системе осуществляется контроль режимов работы ФПЗС (постоянных и импульсных напряжений, подаваемых на прибор).

Для задач исследовательского характера создан ряд программ измерений сигнала с произвольного элемента, строки, столбца или фрагмента fotocувствительного массива заданное число раз, определений статистических параметров, построений графиков и гистограмм по результатам измерений. Цифровая память на кадр изображения позволяет выделять на экране монитора произвольный фрагмент изображения с необходимым увеличением, накладывать на изображение, переданное ФПЗС, вспомогательную информацию, например, границы зон качества и т.п.

Программное обеспечение системы включает в себя программы ввода величин сигналов в оперативную память ЭВМ, записи этих величин на магнитный диск и магнитную ленту, вычисления основных параметров, обмена данными с внешней памятью на кадр изображения, представления результатов. Программы написаны на языках ФОРТРАН IV и макроассемблер в рамках операционной системы RT-11. Для увеличения скорости вычисления параметров при обработке больших массивов данных используется несистемный драйвер магнитного диска, информация на диске хранится в нефайловом виде. Такое хранение создает ряд неудобств, поэтому в новом варианте программного обеспечения информация хранится в виде файлов и может передаваться системными средствами.

В перспективе развития системы — автоматизированная измерительная система с применением интерфейса КАМАК, что позволит более гибко наращивать аппаратные возможности. Разработан новый БВЭ, позволяющий при работе в малокадровом режиме измерять сигналы с нескольких элементов за время одной строки, что повысит производительность системы. При помощи программно-управляемого импульсного источника излучения будет автоматизировано измерение свет-сигнальных характеристик, уменьшено число действий оператора в процессе измерений. Управляемые от ЭВМ источники напряжения,

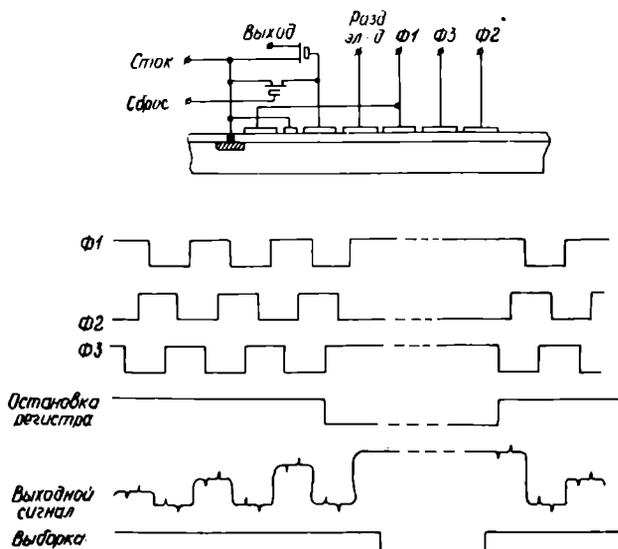


Рис. 3. Временные диаграммы считывания сигнала с остановкой выходного регистра

обеспечивающие программное задание режимов работы ФПЭС, способствуют повышению воспроизводимости измерений и решению проблемы настройки ФПЭС в оптимальный режим работы без участия оператора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Секен К., Томпсетт М. Приборы с переносом заряда.— М.: Мир, 1978, с. 66—68.
2. Лазовский Л.Ю., Тимофеев В.О., Хвидивицкий А.Т. Схемы управления ПЭС и усиления выходного сигнала.— Электронная промышленность, 1982, вып. 7, с.69—71.

Статья поступила 10 февраля 1984 г.

УДК 621.397.331

Л. А. Молчан

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ КООРДИНАТНЫХ ИСКАЖЕНИЙ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Для воспроизведения на экране электронно-лучевой трубки изображения с минимальными координатными искажениями необходимо контролировать такие его параметры, как размер, геометрическое подобие и детальность изображения [1]. Измерение геометрических и нелинейных искажений в условиях массового производства затруднено из-за сложности этих операций и отсутствия необходимого технического оснащения. Применение беспралаксной линейки требует громоздких математических вычислений [2].

Известно, что размеры изображения зависят от линейности скорости движения электронного луча по экрану, нарушение которой вызывает искажение изображения. Для измерения скорости предложен метод ее оценки по перемещению на экране изображений определенных фигур: для индикаторных устройств с растровой разверткой — прямых вертикальных и горизонтальных линий, для устройств со спиральной разверткой — концентрических окружностей с изменяющимся диаметром и т.д. Скорость перемещения измеряется фиксацией наличия изображения линий в определенных точках экрана в заданное время с помощью фотодатчиков, точность размещения которых достигается выбором конструкции устройства и их крепления. Ширина линий d соответствует одному элементу разложения, а скорость ее перемещения по экрану составляет один элемент за кадр. Нелинейные [3] геометрические искажения раstra в определенном месте экрана измеряются двумя фотодатчиками, расположенными на расстоянии, равном определенному числу элементов разложения $n \cdot d$ (рис. 1). Процесс измерения заключается в подсчете количества кадров N между сигналами,

поступающими с первого и второго фотодатчиков. Коэффициент нелинейных искажений определяется по формуле

$$K_n = \left| \frac{N}{N_{\text{ср}}} - 1 \right| \cdot 100\%,$$

где $N_{\text{ср}}$ — среднее количество кадров между сигналами, поступающими с фотодатчиков, расположенных по всему полю экрана.

Аналогично измеряются геометрические искажения раstra типа "бочка", "подушка", "параллелограмм", "трапеция". В этих случаях фотодатчики располагаются по осям симметрии и по контуру раstra (рис. 2), а процесс измерения сводится к подсчету количества кадров, проходящих за время смещения изображаемой линии от первого фотодатчика к последнему. Фиксируется срабатывание не только этих, но и остальных фотодатчиков внутри цикла измерения.

Описанный метод явился основой автоматизированной системы контроля координатных искаже-

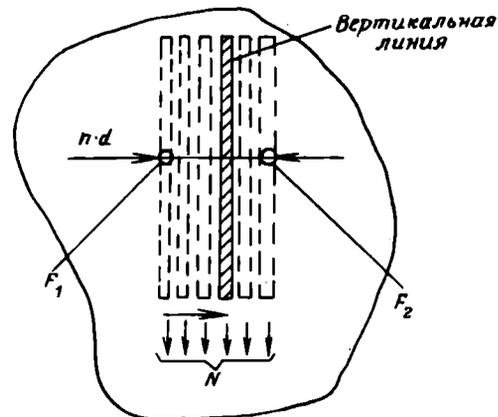


Рис. 1. Размещение фотодатчиков при измерении нелинейных искажений

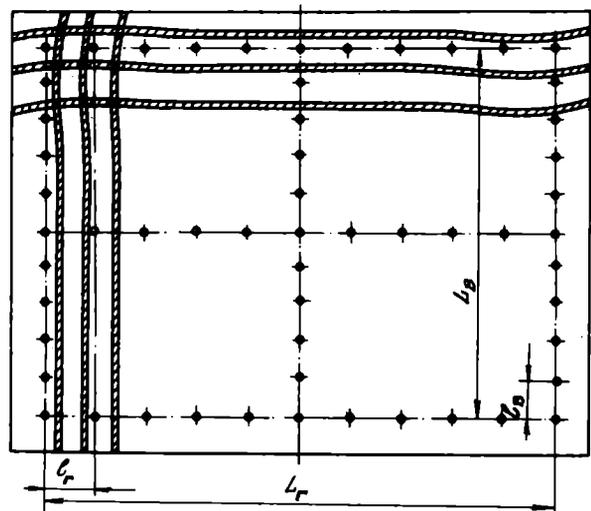


Рис. 2. Размещение фотодатчиков при измерении геометрических искажений

ний раstra на экранах электронно-лучевых трубок (рис. 3). На вход терминального устройства подается специальный тестовый сигнал, преобразующийся в изображение вертикальных и горизонтальных линий, перемещение которых обеспечивается электронным способом за счет перемещения вдоль строки или кадра соответствующего видеосигнала. Стабильность параметров видеосигнала обеспечивается кварцевым автогенератором. На экране кинескопа устанавливается фотоматрица, датчики которой в момент засветки вырабатывают импульсы напряжения. Периоды между засветками заполняются кадровыми импульсами, которые подаются на специальные счетчики. Со счетчиков информация в цифровом виде поступает на микроЭВМ, где производится расчет величин координатных искажений с последующей распечаткой данных в технологическом паспорте.

Входящие в систему прибор контроля и фотоматрица разработаны специально для измерения

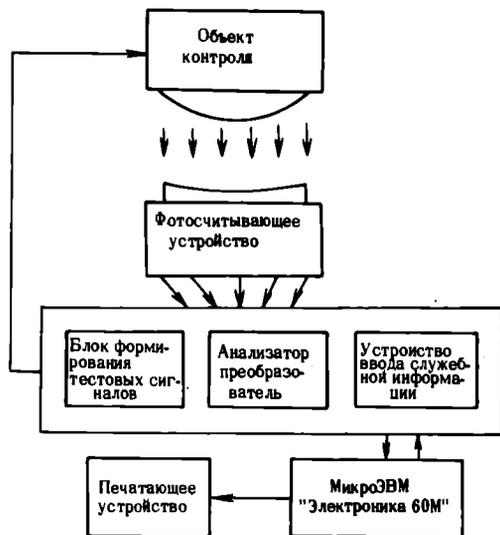


Рис. 3. Структурная схема автоматизированной системы контроля координатных искажений

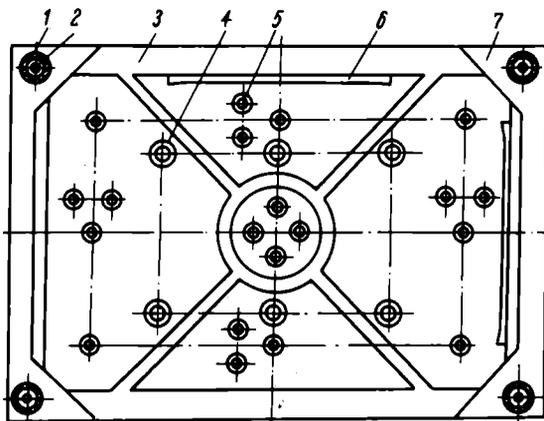


Рис. 4. Конструкция фотоматрицы: 1 — уплотнительное кольцо, 2 — прижим, 3 — держатель фотодатчиков, 4, 5 — держатель фотодиодов, 6 — направляющая, 7 — рама

искажений на экране кинескопа. В составе прибора — блок формирования тестовых сигналов, анализатор-преобразователь сигналов, (поступающих с фотодатчиков) в цифровую форму, и устройство ввода служебной информации (см. рис. 3).

Анализатор-преобразователь состоит из усилителей-ограничителей сигналов фотодатчиков и регистров хранения исходной информации, необходимой для вычисления значения координатных искажений. Исходная информация поступает в виде шестизначного кода и записывается по сигналам с выходов усилителей-ограничителей в соответствующие ячейки памяти. Считывание информации осуществляется микроЭВМ по определенным командам.

Устройство ввода служебной информации обеспечивает ее установку, кодирование, хранение и передачу в вычислительное и печатающее устройство.

Фотоматрица (рис. 4) представляет собой несущую конструкцию с размещенными в определенных местах фотодатчиками, в качестве которых используются фотодиоды.

Математическое обеспечение (МО) системы построено на базе перфоленточной операционной системы микроЭВМ "Электроника-60М" и предназначено для контроля геометрических искажений раstra, хранения и вывода на печатающее устройство информации о результатах контроля, а также статистической информации. В МО системы входит 8 программных модулей. Используется супервизор ввода-вывода микроЭВМ "Электроника 60М" и библиотека стандартных подпрограмм. Математическое обеспечение предусматривает работу системы в двух режимах, задаваемых с устройства ввода служебной информации, — полный и выборочный контроль растровых параметров. В первом случае определяется размер, центровка, геометрические и нелинейные искажения раstra, во втором — измерение по выбору любого из контролируемых параметров. Соответствующие программные модули обеспечивают вычисление значений измеряемых параметров раstra, сравнение их с допустимыми величинами и вывод на печать результатов контроля.

Эксплуатация автоматизированной системы контроля координатных искажений раstra для кинескопов телевизионных приемников показала ее высокую техническую и экономическую эффективность. Это достигнуто за счет 100%-ного охвата изделий объективным контролем, а также резкого сокращения трудоемкости T выполнения операций контроля. Величина T определяется по формуле:

$$T = 2 \left(T_{п/о} + \frac{2S}{d} T_k \right), \quad (6)$$

где T — время измерения геометрических искажений; $T_{п/о}$ — время подключения устройства к те-

левизору и отключения от него (10 с); S — расстояние от границы экрана до линии размещения фотодатчиков (в данном случае $S = 65 d$); T_k — время кадровой развертки, равное 20 мс.

Блок формирования тестовых сигналов в данной системе обеспечивает создание полного телевизионного сигнала на одном из каналов метрового диапазона с уровнем 50 мВ. Задающий кварцевый автогенератор работает на частоте 6 МГц. Систематическая информация выводится по запросу оператора. В нее входит дата, номер смены, количество проверенных телевизоров и число вводимых.

При указанных значениях исходных данных время измерения геометрических искажений составляет около 25 с, что в 5 раз меньше существующего нормативного времени, отводимого для визуального (субъективного) контроля.

На изложенных выше принципах могут быть реализованы системы автоматизированного контроля для различных электронно-лучевых терминальных устройств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Телевидение/Под ред. П.В.Шмакова — М.: Связь, 1979.
2. ГОСТ 21042-75. Тракты телевизионные вещательные цветного изображения. Приемники телевизионные.
3. А.с. 892340 (СССР). Устройство для измерения нелинейных искажений телевизионного раstra/В.И.Комаров, Л.А.Молчан. Оpubл. в Б.И., 1981, № 47.

Статья поступила 24 октября 1983 г.

УДК 621.3.049.776.002.2:681.3.06
С. В. Булин, М. Г. Осетинский

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОЛИТОГРАФИИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ПЭС

Перспективный алгоритм расчета управляющих программ для электронно-лучевых генераторов изображения расширяет функции системы автоматизации разработки и изготовления фотошаблонов "Карат", позволяет получать позитивное или негативное изображение, вводить коррекцию размеров элементов, исключать двойные экспозиции в процессе экспонирования.

Обеспечение изготовления фоточувствительных ПЭС, содержащих до 10^6 элементарных ячеек, с жесткими требованиями к точности выполнения рисунка и совмещения слоев достигается использованием методов проекционной литографии. Промежуточный оригинал в этом случае выполняется с повышенной точностью. Заметное место в ряду технических средств для осуществления указанных задач занимают электронно-лучевые генераторы изображения (ЭЛГИ) [1].

Существует два основных типа ЭЛГИ: векторные и растровые. При векторном сканировании электронный луч проходит только те участки электронорезиста, которые необходимо экспонировать, а при растровом — последовательно все поле, включаясь в местах экспонирования [2]. Способы подготовки данных для установок обоих типов различаются лишь формой представления данных на отдельных этапах. Поэтому предлагаемые ниже методы подготовки данных для векторных установок легко модифицируются и для растровых.

Принцип действия ЭЛГИ. В основе работы векторных ЭЛГИ лежит метод одиночного набора прямоугольным элементом с изменяющимися размерами (0,1—12 мкм). Однако максимальные размеры электронного пятна и угла его отклонения ограничены. Кроме того, они значительно меньше размеров подложки. Эти ограничения преодолеваются применением прецизионных координатных столов, позволяющих экспонировать подложку размером до 157 мм по отдельным рабочим полям (РП) с размером 1—2 мм.

ЭЛГИ управляется от ЭВМ по данным, передаваемым на рабочих носителях. При обработке кремниевых пластин на них предварительно наносят маркерные знаки, по которым в соответствии с управляющей программой ЭЛГИ выполняется совмещение отдельных слоев и фокусировка.

Требования к подготовке данных. Экспонирование в ЭЛГИ проводится по рабочим полям, и, следовательно, данные, управляющие электронным лучом, также должны быть разбиты на сегменты, соответствующие экспонированию одного РП. Размеры РП одинаковы и ограничены несколькими фиксированными значениями. Геометрические фигуры рисунка, попадающие на границу раздела различных РП, должны быть разбиты на подфигуры, целиком принадлежащие одному РП. Последовательность сегментов управляющей информации (УИ) на рабочем носителе должна быть упорядочена по способу обхода РП управляющей программой установки. Данные внутри сегментов должны быть упорядочены в соответствии с алгоритмом экспонирования РП, что сводится, как правило, к минимизации пути перемещения электронного луча от одной точки экспонирования к другой.

При подготовке данных для ЭЛГИ не разрешается повторное экспонирование одних и тех же участков. Малый размер наборного элемента и отсутствие его разворота определяют требования к способу покрытия геометрических фигур. Для прямоугольных фигур эти способы известны. Для фигур с наклонными элементами и криволинейными огибающими требуется разработка специализированных алгоритмов покрытия с возможностью коррекции размеров. При выполнении коррекции не должно возникать дважды экспонированных участков или изменений связности рисунка, должен обеспечиваться расчет УИ для получения позитивного и негативного изображений.

Базовые средства реализации. Программное обеспечение подготовки данных основывается на расширении возможностей системы автоматизации разработки и изготовления фотошаблонов «Карат» [3]. Реализация на мини-ЭВМ «Электроника 100/25» сложных алгоритмов, обрабатывающих массивы данных большого объема, имеет ряд особенностей, вытекающих из архитектуры ЭВМ. Сравнительно небольшой размер программного модуля, управляемого ОС, требует наличия у реализуемой задачи хорошей декомпозиции, разделяющей ее на последова-

тельность более простых подзадач. Анализ требуемой точности обработки координатной информации указал на необходимость программного моделирования арифметических операций повышенной точности.

Исходная информация. В качестве исходной информации для подготовки данных используется файл геометрических фигур, в число которых входят контуры, ограниченные отрезками прямых без самопересечений, шины постоянной ширины и круги. Каждая геометрическая фигура может сопровождаться параметрами ее размножения. Предусмотрена линейная и матричная мультипликация фигур по узлам прямоугольной и косоугольной сетки. Все алгоритмы, участвующие в подготовке данных, сохраняют сжатую форму описания регулярных частей рисунка. Кроме геометрического описания в исходные данные входят параметры проектирования, заданные пользователем в процессе диалога с системой.

Алгоритм подготовки данных. Кроме изложенных выше требований алгоритм подготовки данных должен обладать возможностью анализа окрестности обрабатываемой геометрической фигуры или ее части для того, чтобы выявить наличие наложений, контакта с расположенной рядом фигурой и т.п. Для этой цели наиболее перспективны алгоритмы, основанные на анализе пересечений боковых сторон геометрических фигур с горизонтальной секущей, перемещающейся по шагам от самой нижней к самой верхней точке изображения. Алгоритмы, основанные на этом принципе, обладают различной сложностью и ограничениями по составу исходных данных и возможностям [4—6]. Алгоритм, изложенный в работе [6], позволяет осуществлять коррекцию размеров геометрических фигур, уничтожать двойные наложения, реализовывать многосвязные области, он обладает хорошей декомпозицией, регулярной структурой и удобен для реализации. Этот алгоритм, положенный в основу подготовки данных, модифицирован для получения разбиения на рабочие поля, расчета позитивного или негативного покрытия и разбиения УИ по рабочим носителям.

Подготовка данных осуществляется в несколько этапов.

На первом этапе проводится расчет линейных сегментов геометрических фигур. В дополнение к данным, описывающим линейный сегмент в алгоритме [6], в описание каждого сегмента добавлен признак типа (геометрический или РП), номер РП, к которому относится сегмент и, если требуется, параметры мультипликации данного сегмента. Если исходная геометрическая фигура, для которой рассчитываются линейные сегменты, снабжена описанием мультиплицирования, то каждый линейный сегмент этой фигуры снабжается таким же описанием. Номер РП, к которому относится каждый сегмент на данном этапе, не определен. Результатом работы первого этапа является файл линейных сегментов, рассчитанный для полного описания геометрии.

На втором этапе, который отсутствует в базовом алгоритме, проводится расчет линейных сегментов для границ РП. Исходная информация — габаритные размеры рисунка и размеры РП, результат — файл линейных сегментов, ограничивающих рабочие поля. Каждый сегмент снабжен номером РП, назначенным в соответствии с порядком их обхода на ЭЛГИ.

На третьем этапе файлы, полученные на первых этапах, объединяются и упорядочиваются в соответствии с правилом базового алгоритма,

т.е. по возрастанию координаты Y нижних концов линейных сегментов, а если они равны, то по возрастанию координаты X . Результат этапа — упорядоченный файл линейных сегментов, состоящий из геометрических сегментов и сегментов, ограничивающих РП.

Четвертый этап — основной в подготовке данных. В процессе его выполнения вырабатывается файл УИ для покрытия рисунка наборными элементами. В соответствии с заданием на проектирование, данные отвечают либо геометрическим фигурам, либо промежуткам между ними. В обоих случаях наложения уничтожаются и производится разбиение фигур покрытия между РП. Для преодоления ограничений по емкости рабочих носителей и области ОЗУ осуществляется разбиение исходного файла описания на части и расчет УИ для каждой части. В обрабатываемую часть входят данные, относящиеся к группе РП, образующих вертикальную полосу. Задание размера части проводится предварительно для случаев, когда сложность обрабатываемых описаний известна, или в процессе работы алгоритма. После обработки одной части описания геометрии вырабатывается файл УИ для реализации этой части на ЭЛГИ и файл линейных сегментов, описывающих необработанную часть рисунка. Для полученного файла сегментов обработка повторяется. В результате этапа вырабатывается один или несколько файлов УИ, реализующих описанную геометрию. Адресация этих файлов в процессе работы ЭЛГИ осуществляется с помощью данных управления. Расчет УИ для каждой части основан на модифицированном базовом алгоритме, обработка происходит в следующей последовательности: базовый алгоритм анализа геометрии на основе шаговоперемещающейся секущей рассчитывает файл четырехугольников покрытия для геометрических фигур или промежутков между ними; каждый четырехугольник снабжается номером РП, в котором он находится; файл четырехугольников покрытия упорядочивается по возрастанию номеров РП и для одинаковых номеров по минимуму пути обхода; по полученному упорядоченному файлу рассчитывается файл УИ с помощью алгоритма покрытия.

На пятом этапе выполняется расчет управляющих данных для работы ЭЛГИ, в число которых входят размер РП и их количество, период юстировки ЭЛГИ в процессе работы, число и имена файлов с УИ управления электронным лучом, точки привязки частей геометрии на пластине и т.п. В результате этапа формируется рабочий носитель с рассчитанной управляющей информацией. Эти данные вместе с файлами управления электронным лучом образуют полный комплект данных, необходимых для реализации заданного рисунка с помощью ЭЛГИ.

Описанный способ подготовки данных для ЭЛГИ расширяет функции системы автоматизации разработки и изготовления фотошаблонов «Карат»:

- подготавливаются данные для экспонирования фотошаблона или пластины;
- исключаются двойные экспозиции в процессе экспонирования;
- параметрически задается точность покрытия криволинейных и неперпендикулярных элементов;
- возможен расчет позитивного или негативного изображения;
- параметрически задается величина коррекции размеров, компенсирующая искажения размеров при технологических операциях;
- нейтрализуется ограничение на слож-

ность геометрии и объем УИ путем разбиения УИ по рабочим носителям.

Подзадачи описанного алгоритма, такие как упорядочение массивов, расчет огибающей семейства контуров, разбиение на рабочие поля, коррекция размеров, расчет покрытия и другие имеют самостоятельное значение и могут использоваться в составе других систем автоматизации. Причем свойства алгоритмов, положенных в основу этих подзадач, позволяют легко классифицировать их по ряду важных параметров. Так, подзадача упорядочения массивов допускает простую замену способа упорядочения, а подзадача расчета покрытия — введение ограничения на минимальный размер наборного элемента и т.д. Кроме того, ядро алгоритма может использоваться для реализации задачи контроля технологических норм на расстоянии между элементами рисунка, выделения компонента связности, декомпиляции покрытия в контурное представление.

ЛИТЕРАТУРА

1. В а с и ч е в Б.Н. Электронолитография.— М.: Знание, 1982.—64 с.
2. Г л а з к о в И.М., Р а й х м а н Я.А. Генераторы изображений в производстве интегральных микросхем.— Минск: Наука и техника, 1981.— 144 с. 36.
3. Б у л и н С.В., К у к л а н е А.Н., О с е т и н с к и й И.Г. Система «Карат» для проектирования и изготовления фотошаблонов ФПЗС.— Наст. вып., с.
4. К о р н ю х и н В.Т., К о р ч а г и н И.Д., Н а з а р о в В.Г. Оптимальная модель топологии ИС на основе дважды ориентированной точки.— Электронная техника. Сер. 10. Микроэлектронные устройства, 1980, вып. 3, с. 64—73.
5. С т е м п и к о в с к и й А.А. Универсальный алгоритм подготовки данных для микрофотонаборных установок.— Электронная техника. Сер. 3. Микроэлектроника, 1978, вып. 6, с. 74—80.
6. H u a n g, C h a n. A graph-theoretic approach to the IC layout resizing problem.— IEEE Trans. on circuits and syst., 1980, vol. CAS-27, N 5, p. 380—390.

Статья поступила 9 января 1984 г.

УДК 776.002.2

С. В. Булин, А. Н. Куклане, М. Г. Осетинский

СИСТЕМА «КАРАТ» ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОТОШАБЛОНОВ ФПЗС

Уменьшение времени и повышение точности изготовления фотошаблонов ФПЗС, повышение надежности работы оборудования, возможность настройки на технологический цикл изготовления и ряд других факторов выгодно отличают систему «Карат» от систем схематологического проектирования.

Рост номенклатуры ФПЗС, числа элементов, размеров рабочих модулей приборов при одновременном уменьшении линейных размеров элементов предопределяет повышение требования к САПР фотошаблонов в отношении надежности и повыше-

ния производительности труда при проектировании. Эти требования нашли свое отражение в системе «Карат», предназначенной для расчета управляющих программ (УП) технологических установок изготовления фотошаблонов.

Система действует поэтапно с возможностью прерывания расчетов без потери промежуточной информации и возобновления работы с прерванного места. К основным этапам относятся: ввод с различных носителей исходного описания геометрии, контроль правильности и редактирование этого описания для исправления возможных ошибок; частичная (полная) прорисовка слоя (нескольких слоев) на графическом дисплее или графопостроителе; расчет технологических параметров прибора; расчет УП для требуемой установки и вывод ее на соответствующий промежуточный носитель; копирование и контроль правильности УП на носителях; получение текстовой документации на разрабатываемый прибор.

Наряду с расчетом УП для фотошаблонов ФПЗС система «Карат» позволяет получать УП для изготовления фотошаблонов микрочастных плат, коммутаторов, телевизионных тест-таблиц, мишеней кремниконов. В качестве входного языка описания конструкции фотошаблона в системе «Карат» принят язык послойного описания топологии ЯПОТ [1, 2].

Структура программного обеспечения (ПО) выполняет: разложение задачи автоматизации на независимые подзадачи, каждая из которых может быть реализована в заданных физических ограничениях; независимые разработку и отладку частей САПР и их автоматическую стыковку в рамках общей системы ПО; параметрическое распределение оперативной и внешней памяти ЭВМ для обеспечения настройки на конкретную конфигурацию аппаратных средств; несложное внесение модификаций и расширений в реализованную и эксплуатируемую САПР.

Принципы построения системы «Карат» заключаются в способе распределения функций САПР в отношении решаемых задач, способе распределения оперативной и внешней памяти и в соглашениях о связях между частями САПР и между пользователями и САПР. Связь пользователя с системой «Карат» осуществляется посредством диалога на проблемно-ориентированном уровне, заключающегося в задании команды на выполнение требуемого этапа проектирования, формировании параметров для выполнения команды, анализе полученных результатов и сопровождающегося диагностической ошибок и пояснениями. Задание сведений о распределении ресурсов ЭВМ, настройке операционной системы (ОС) или языках программирования выделено в отдельный этап настройки, выполняемый системным программистом.

Система «Карат» состоит из двух независимых по управлению частей. Основная часть, управляемая пользователем, осуществляет проблемные расчеты и построена в виде дерева: корень дере-

ва – головная программа системы – воспринимает и анализирует команду, запрошенную пользователем; ветви соответствуют подзадачам отработки основных команд (подзадача также может иметь структуру дерева). Характерной чертой основной части системы является выполнение всех расчетов по команде в одном и том же разделе ОЗУ, вследствие чего всякая задача, вызывающая другую, является выгружаемой и имеет меньший приоритет, чем вызываемая задача. Вторая часть ПО системы осуществляет асинхронное управление медленно действующими устройствами. Такая организация системы "Карат" позволяет преодолеть ограничения по размеру оперативной памяти, разделить задачу на независимые подзадачи и исключить ожидание при использовании медленно работающих устройств.

Соглашения о связях, на которых базируется взаимодействие задач и их независимость, включают в себя соглашения по передаче параметров и результатов между задачами основной части, данных от основной к асинхронной части системы, а также соглашения о форматах проблемных данных. Передача параметров и результатов между задачей и ее подзадачами осуществляется с помощью подпрограмм связи и файлов. При использовании подпрограмм связи передача данных осуществляется через общий блок, расположенный в отдельном разделе ОЗУ. Для передачи данных от основной к асинхронной части системы "Карат" используется очередь заданий, управляемая в монопольном режиме, элементом которой является файл, содержащий данные, которые необходимо обработать независимо от основной проблемной части системы.

Независимость частей и подзадач системы базируется на стандартизации файлов по типу записей и разбиении по уровням. Файлы одного уровня состоят из записей фиксированного набора структур данных; файлы одного уровня, но различных типов, состоят из различных подмножеств структур данных уровня.

Уровень 0. Файлы с описаниями геометрии слоев на языке ЯПОТ состоят из строк символов и управляются файловой ОС.

Уровень 1. Файл с описанием геометрии каждого слоя, в котором все преобразования фрагментов выполнены с учетом критерия максимального сжатия результирующей информации. Данные инвариантны по отношению к дальнейшей обработке и управляются программами расширения файловой системы для работы с записями переменной и неопределенной длины.

Уровень 2. Файлы постпроцессора определенной технологической установки управляются программами расширения файловой системы для работы с записями переменной и неопределенной длины. Структура записей зависит от типа технологической установки.

Уровень 3. Файлы с управляющей программой состоят из строк символов и управляются файло-

вой ОС и программами работы с файлами на последовательных устройствах.

Для настройки системы на максимальную эффективность в соответствии с имеющимися ресурсами оперативной и внешней памяти команды ОС, распределяющие разделы оперативной памяти и назначающие задачи в разделы, собраны в единый командный редактируемый файл инициализации системы "Карат". Назначения рабочих каталогов во внешней памяти также находятся в специальном редактируемом параметрическом файле.

В состав системы входит техническое и программное обеспечение. Часть технических средств объединена в единый комплекс с ЭВМ – это средства СМП 15УТ-4-017 [3] с расширенными возможностями (ОЗУ с объемом 96К слов, 2–4 накопителя на МЛ), а часть используется в автономном режиме. Независимые технические средства включают в себя: генераторы изображения ЭМ-549, ЭМ-559, ЭМ-5009А; электронно-лучевую установку ZBA-10/1, графопостроитель ЭМ-722, координатограф КПА-1200.

Связь с независимыми техническими средствами осуществляется через промежуточные носители информации, в качестве которых используются перфоленты и магнитная лента.

ПО системы "Карат" разделяется на общесистемное, обеспечивающее управление и взаимодействие устройств, разработку и модификацию ПО, а также на проблемное, решающее конкретные задачи системы.

В качестве общесистемного обеспечения используется ОС РВ-2 [4], в которой реализованы существенные для функционирования системы "Карат" возможности: выгружаемость задач во время терминального ввода; динамическое распределение и уплотнение памяти; наличие директив посылки – получения данных; наличие прозрачного режима ввода-вывода на терминале; расширенная динамическая память до 7К слов; наличие системной области выгрузки; круговая диспетчеризация; наличие загружаемых драйверов устройств и др.

Построение проблемного ПО проводится на базе библиотеки общих программ, расширяющих возможности общесистемного ПО в требуемом направлении. В библиотеку общих программ входят программы, выполняющие следующие основные функции:

- управление нестандартными устройствами, входящими в комплекс технических средств (символьным дисплеем, кодировщиком графической информации, запоминающим дисплеем, кнопочным пультом контроля и управления);

- расширение возможностей файловой ОС для работы с записями переменной и неопределенной длины на магнитных дисках и последовательными файлами на магнитной ленте;

- реализацию операций со строками символов;
- передачу аргументов и результатов между проблемными задачами системы.

Проблемные расчеты, управление устройствами, ведение диалога с пользователем осуществля-

ется с помощью задач, содержащихся в ряде каталогов на системном магнитном диске. Проблемные задачи разбиваются на группы по принципу их использования: управляющая головная задача системы; задачи, обслуживающие команды разработчика; задачи управления очередью заданий для графопостроителя и самим графопостроителем; служебные задачи для приведения системы в начальное состояние, формирования параметрических файлов, анализа состояния системы. Управление большинством задач проводится из головной задачи системы, воспринимающей команды разработчика. Головная задача является выгружаемой, проблемные задачи — невыгружаемые. Задачи вывода информации на графический дисплей признаны в системе "Карат" привилегированными. Это позволяет расширить виртуальное адресное пространство, используемое привилегированной задачей, до 32К слов за вычетом 32 слов.

Параметрические файлы в зависимости от характера содержащихся в них параметров разделяются на параметрические файлы настройки системы; информационно-справочные файлы; очередь асинхронного вывода и файлы ее параметров; оперативные параметрические файлы.

Время создания, частота обновления и местонахождение параметрических файлов каждой группы различно. Параметрические файлы настройки создаются на одном из этапов разработки системы и включают в себя файлы косвенных команд ОС для регистрации проблемных задач в разделах оперативной памяти и назначающих задач, а также файл распределения дисковой памяти под каталоги оперативных параметрических файлов и файлов очереди. Изменения файлов настройки относительно редки и выполняются редактором ОС при возникновении необходимости перераспределения оперативной или дисковой памяти.

Информационно-справочные файлы включают в себя тексты пояснений, запрашиваемые в процессе диалога с пользователем, файлы кадров запросов в проблемных диалогах и списки проблемных каталогов и библиотек с присвоенными им проблемными именами. При эксплуатации системы "Карат" изменению подвергаются только списки проблемных каталогов, которые выполняются системным программистом в особом режиме работы системы.

Очередь асинхронного вывода содержит задания на прорисовку графопостроителем. Она сохраняется на диске между различными запусками системы, модифицируется проблемной задачей асинхронного вывода при извлечении из нее очередного задания на прорисовку. Каталог с файлами очереди содержится в параметрическом файле настройки системы.

Оперативные параметрические файлы содержат различные параметры, передаваемые от одной задачи к другой. Эти файлы используются, если количество передаваемых параметров велико для

передачи по общесистемным соглашениям. Оперативные параметрические файлы формируются во время работы соответствующих команд и уничтожаются при их завершении.

Проблемные файлы содержат описание геометрии проектируемого прибора на различных этапах расчета управляющих программ, а также библиотеки стандартных фрагментов и параметры технологии. Проблемные файлы, относящиеся к различным приборам, разнесены по различным каталогам дисковой памяти для исключения случаев их порчи при присвоении файлам одинаковых имен. Каталог для проблемных файлов заводится при введении в каталог системы "Карат" информации по новому прибору. При этом каталогу присваивается проблемное имя, с которым оперирует разработчик. Список имеющихся в системе разработок и сопоставленных им проблемных каталогов содержится среди справочно-информационных файлов системы "Карат".

В число проблемных файлов входит файл атрибутов комплекта и файлы, документирующие проблемные диалоги пользователей.

Эксплуатация системы "Карат" для проектирования и изготовления фотошаблонов матричных и линейных ФПЗС, элементов функционального контроля ФПЗС, цветных кодирующих фильтров показала, что для перечисленного класса изделий она имеет ряд преимуществ по сравнению с системой схематологического проектирования СМП 15УТ-04-17: отсутствие ограничений при получении управляющей информации (УИ) для технологических установок на размеры схем и объемы ее регулярных элементов топологии, учет конструктивных и технологических особенностей установок для сокращения длины УИ, ведение диалога в проблемной области путем выбора из предложенных возможностей нужной альтернативы, управление файлами с помощью системных средств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Осетинский М.Г. Язык послыонного описания топологии ЯПОТ.— М.: ВИМИ. Инф.л. № 83-1785, ИЛВТ-13-11.
2. Агранов Г.А., Котов Б.А., Осетинский М.Г. Автоматизированная система подготовки данных и управления генераторами изображений фотошаблонов ИС.— *Электронная промышленность*, 1978, вып. 6, с. 12—17.
3. Межов В.Е., Ратмиров Н.А., Талов И.Л., Толстых Б.Л. Применение мини-ЭВМ «Электроника 100-25» в автоматизированной системе схематологического проектирования.— *Электронная промышленность*, 1978, вып. 10, с. 37—41.
4. Разработка и использование технических и программных средств системы малых ЭВМ (СМ ЭВМ).— М.: ИНЭУМ, 1982. — 123 с.

Статья поступила 9 января 1984 г.

УДК 658.5.012.011.56:621.317.755

Н. П. Грицюк, Л. С. Иваськевич, Р. А. Лачашвили,
Е. Б. Пивень, Л. В. Траубе**САПР ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИХ
ЭЛП**

Взаимодействие разработчика ИЭТ с техникой САПР, где на долю ЭВМ отводятся наиболее трудоемкие операции поиска и нахождения требуемого варианта конструкции с заданными параметрами, ускоряет процесс создания новых изделий, повышает технический уровень разработок.

Сокращение сроков проектирования и внедрения осциллографических электронно-лучевых приборов (ОЭЛП) в серийное производство связано с использованием системы автоматизированного проектирования (САПР). Проектирование важнейших узлов ОЭЛП — электронно-оптической системы (ЭОС) и баллона следует рассматривать как относительно независимые подсистемы [1]. Проектирование баллонов с прямоугольным экраном, применяемых в современных ОЭЛП, не обладает особенностями, присущими только данной группе приборов по сравнению, например, с баллонами кинескопов [2], поэтому основной интерес представляет проектирование ЭОС. Для ЭОС характерно широкое использование многолинзовых астигматических фокусирующих систем, сложных систем усиления отклонения и послеускорения электронного пучка, наличие нескольких режимов фокусировки и т.д. Все эти факторы усложняют создание алгоритмов численного моделирования и оптимизации, составляющих основу математического обеспечения САПР. Методика проектирования многоэлементных узлов ИЭТ [1] в полной мере применима к ЭОС ОЭЛП.

Схема процесса проектирования ЭОС (см. рисунок) отражает его альтернативный и итеративный характер. Разработчик принимает решение для каждого блока на основе имеющегося у него опыта проектирования, сведений об объекте проектирования, информации об аналогах, предыдущих проектных операциях и процедурах (количестве повторений на разных уровнях, согласованности принятых решений и т.п.).

Техническое задание (ТЗ) на проектирование прибора состоит из частных технических заданий (ЧТЗ) по проектированию узлов, в которых учитываются ограничения на значения параметров, и ограничения, связанные с параметрами других узлов. После формирования ЧТЗ на ЭОС ее проектирование осуществляется с помощью 15 проектных процедур.

Процедура 1. Принятие решения о возможности разделения ЭОС на функциональные элементы (линзы, отклоняющие системы, система формирования пучка и т.п.) и выбор метода моделирования (когда разделение ЭОС на функциональные элементы (ФЭ) невозможно, ЭОС проектируется как единый ФЭ); использование аналогов при построении структуры ЭОС (полное заимствование структуры или интерполяция по известным конструкциям, хранящимся в банке данных (БД), с изменением взаимного расположения ФЭ и т.п.); использование матриц преобразования углов и координат (упрощенная модель); использование полного набора электронно-оптических характеристик ЭОС (контрастно-частотных, токовых и других, коэффициентов аберраций и т.д.), получаемых путем траекторного анализа (уточненная модель); эв-

ристическое моделирование на основе соображений, возникающих у разработчика с учетом опыта и имеющихся экспериментальных данных.

Процедура 2. Построение структурной модели ЭОС на основе одного из методов, перечисленных в процедуре 1.

Процедура 3. Формирование ЧТЗ на каждый ФЭ, входящий в структурную модель ЭОС.

Процедура 4. Выбор одного из методов структурного моделирования ФЭ: использование аналогов для построения структуры ФЭ (включая полное заимствование или интерполяцию по известным конструкциям с изменением их конструктивных параметров, режимов работы и т.п.); использование электронно-оптических аналитических моделей ФЭ (одиночная линза, иммерсионная линза и т.п.); использование полного набора электронно-оптических характеристик ФЭ, соответствующих характеристикам ЭОС (см. процедуру 1); эвристическое моделирование.

Процедура 5. Построение структурной модели ФЭ на основе методов, перечисленных в процедуре 4.

Процедура 6. Выявление отличий выбранного базового варианта конструкции ФЭ от требуемых ЧТЗ на ФЭ, определение целевой функции (целевых функций) и ограничений на значения параметров оптимизации.

Процедура 7. Выбор метода параметрической оптимизации ФЭ. Если базовый вариант конструкции ФЭ удовлетворяет требованиям ЧТЗ, оптимизация, как правило, считается излишней и влется за процедурой 6 выполняется процедура 9.

Процедура 8. Для нахождения варианта конструкции ФЭ, удовлетворяющего требованиям ЧТЗ, применяется один из следующих методов: поиск в базе данных с использованием интерполяции по значениям параметров, определяющих целевые функции оптимизации; синтез удовлетворительного варианта с использованием аналитических зависимостей выходных характеристик, определяющих целевые функции оптимизации от конструктивных параметров; решение задач математического программирования с использованием численных моделей (прикладных программ траекторного анализа) ФЭ; эвристическое построение варианта конструкции ФЭ.

Процедура 9. Уточненный анализ полученного варианта конструкции ФЭ. При этом, как правило, используется численное моделирование (траекторный анализ) ФЭ.

Процедура 10. Сравнение параметров варианта ФЭ с параметрами, заданными в ЧТЗ. В случае несоответствия параметров требованиям ЧТЗ возможен возврат к процедурам 7 или 4. В случае многократных неудачных попыток возврата к процедурам 7 и 4 (после превышения заданного числа N попыток) осуществляется переход к процедуре 13 (задание на изобретение).

Процедура 11. Уточненный анализ полученного варианта конструкции ЭОС, включающего варианты конструкций ФЭ, по которым были приняты решения об удовлетворении требованиям ЧТЗ. При этом, как правило, используется траекторный анализ ЭОС с получением полного набора электронно-оптических характеристик и обследование экспериментальных макетов проектируемой ЭОС.

Процедура 12. Сравнение полученных параметров варианта ЭОС с требованиями ЧТЗ. При несоответствии возможен возврат к процедуре 1. При неоднократных неудачных попытках возврата к процедуре 1 (после превышения заданного числа L попыток) осуществляется корректировка ЧТЗ на ЭОС в связи с отсутствием возможности его исполнения.

Процедура 13. Нахождение технического решения по формированию структуры ФЭ, обладающего существенной новизной на уровне изобретения, необходимость выполнения которого выявляется в результате неоднократных безуспешных попыток найти вариант ФЭ, удовлетворяющий требованиям ЧТЗ в рамках известной структуры.

Процедура 14. Предварительная проверка у вновь сформированной структуры соответствия требованиям ЧТЗ на ФЭ. При отрицательном решении (новую структуру сформировать не

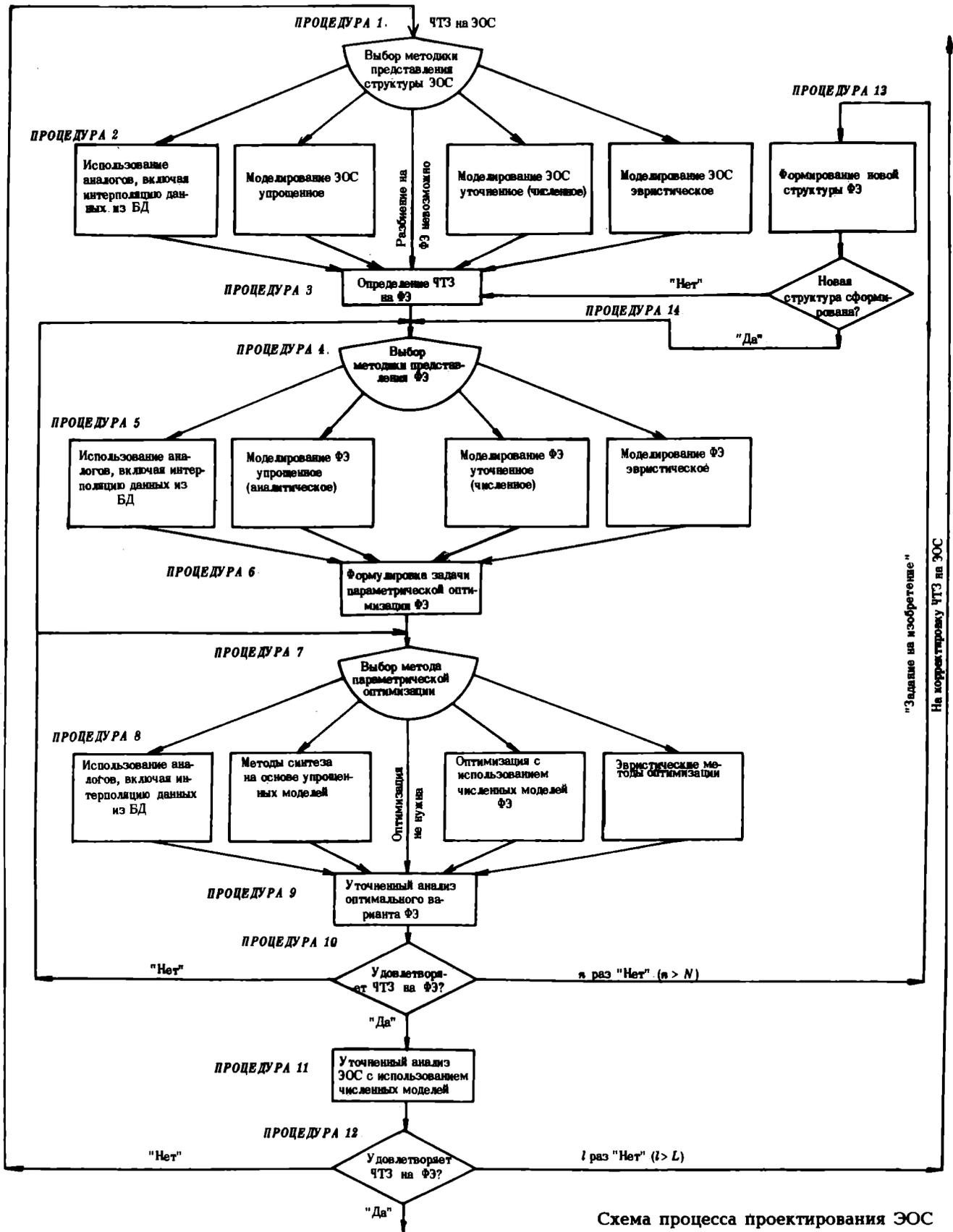


Схема процесса проектирования ЭОС

удалось) делается переход к процедуре 3, т.е. корректировка ЧТЗ на ФЭ из-за отсутствия возможности его исполнения. Рассмотренная схема процесса проектирования регламентирует взаимодействие разработчика с техникой в САПР ОЭЛП, где человеку отводится ведущая роль, а на долю ЭВМ приходится наиболее трудоемкие операции, связанные с реализацией процедур 8, 9, 11 и других, базирующихся в основном на эксплуатации пакетов прикладных программ моделирования и оптимизации элементов ЭОС. Такие особенности ЭОС ОЭЛП как многоэлементность и большое число электронно-оптических параметров делают особенно актуальным максимальное использование упрощенных моделей с целью локализации области поиска базового варианта конструкции, являющегося отправной точкой для параметрической оптимизации, реализуемой, как правило, процедурами численной оптимизации.

«Лобовое» применение этих процедур, если учесть размерность задачи, вряд ли целесообразно. Выгоднее максимально снизить размерность решаемой задачи, вводя эвристические соображения и модельные приближения. Примеры такого подхода к проектированию элементов ЭОС приведены в работах [3—5], где при решении задач синтеза оптимальных вариантов конструкций ЭОС использованы приближенные аналитические выражения. Когда получить решение в законченном виде затруднительно, а размерность задачи может быть понижена до 2—3, целесообразно применить процедуры численной оптимизации; когда же и такое понижение неосуществимо, следует использовать методы планирования эксперимента для выявления зависимостей, связывающих выходные параметры исследуемого элемента с конструктивными, аппроксимации этих зависимостей и их использования для оптимизации.

Постоянное пополнение архива рассчитанных вариантов конструкций элементов ЭОС повышает эффективность использования информационно-поискового комплекса САПР.

Примером использования САПР в проектировании ЭОС может служить решение задачи модернизации для трех серийных ОЭЛП, имеющих аналогичные конструкции и различные режимы эксплуатации. Существующая конструкция сеточной системы послеускорения приборов обеспечивает параметры по ТУ с различными уровнями технологических запасов, однако она недостаточно технологична из-за большой глубины вытяжки сетки с малым радиусом кривизны при ее вершине.

Проведенный численный анализ ЭОС показал, что конфигурация сетки не может быть изменена без снижения коэффициента усиления отклонения (что недопустимо ввиду уменьшения чувствительности приборов к отклонению), и, следовательно, задача может быть решена только с одновременной перестройкой отклоняющих систем (ОС).

В соответствии со схемой (см. рисунок) было скорректировано ЧТЗ на проектирование системы послеускорения (с соответствующей корректировкой ЧТЗ на ОС), осуществлена оптимизация ОС согласно методике, приведенной в работе [5]. Данные уточненного моделирования оптимизированных ОС были использованы при проектировании и оптимизации системы послеускорения с более технологичной конструкцией сетки. Характеристики приборов в трех режимах до и после модернизации приведены в таблице.

Параметры	До модернизации			После модернизации		
	А	В	С	А	В	С
Чувствительность отклоняющих систем, мм/В	0,51 0,51	0,72 0,72	0,72 0,72	0,60 0,55	0,90 0,82	0,90 0,82
Коэффициент усиления отклонения	1,35 1,43	1,44 1,58	1,70 1,89	1,15 1,32	1,19 1,42	1,36 1,70
Чувствительность прибора, мм/В	0,68 0,72	1,03 1,13	1,22 1,36	0,69 0,73	1,07 1,16	1,23 1,40

При некотором повышении параметров ОЭЛП достигнута основная цель модернизации конструкции системы послеускорения — одновременное уменьшение глубины вытяжки сетки и увеличение радиуса ее кривизны при вершине на 28—30%. Использование полученных рекомендаций в производстве позволяет существенно повысить технологичность конструкции и отказаться от применения дефицитных материалов. Максимальный эффект достигается при комплексном решении задач проектирования ОЭЛП, начиная с этапа эскизного проекта.

Перспективным в развитии описанной системы является использование в процедурах, включающих упрощенное моделирование или анализ расчетных вариантов конструкций ЭОС, интерактивной графической системы 15-УТ-4-017 [6] для визуализации конструктивных схем и электронно-оптических характеристик с реализацией программного обеспечения комплекса ГРАФОР [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Л а ч а ш в и л и Р.А., Ф и л а т о в В.И. Система автоматизированного проектирования изделий электронной техники. Рекомендации по разработке типовых проектов.— Методические материалы, сер. 1, —М.: ЦНИИ «Электроника», 1982.
2. Автоматизированное изготовление на станках с ЧПУ инструмента для прессования конусов баллонов кинескопов/И.П.Альберт, И.А.Бобровский, Р.М.Дедик и др.— Электронная техника, Сер. 7. Технология, организация производства и оборудование, 1981, вып. 6, с. 51—54.
3. Г р и ц ю к Н.П., И в а с ь к е в и ч Л.С.; Л а ч а ш в и л и Р.А. Автоматизированный расчет линзовых систем для ЭОС осциллографических ЭЛП.— В сб.: Методы расчета электронно-оптических систем.— Новосибирск: ВЦ АН СССР, 1983, с. 195—199.
4. К у ч е р о в Г.В., Ц ы г а н е н к о В.В. Вопросы расчета и оптимизации электронно-оптических систем с заданными параметрами изображения.— Радиотехника и электроника, 1977, т. 22, № 8, с. 1699—1705.
5. Л а ч а ш в и л и Р.А., С у х а й М.Н., Т р а у б е Л.В. Расчет и оптимизация электростатических отклоняющих систем.— Радиотехника и электроника, 1981, т. 26, № 7, с. 1522—1529.
6. М е ж о в В.Е., Р а т м и р о в Н.А., Т а л о в И.Л., Т о л с т ы х Б.Л. Применение мини-ЭВМ «Электроника 100-25» в автоматизированной системе схематологического проектирования.— Электронная промышленность, 1978, вып. 10, с. 37—41.
7. Б а я к о в с к и й Ю.М., Г а л а к т и о н о в В.А., М и х а й л о в а Т.Н. Графор: комплекс графических программ на ФОРТРАНе. Сер. 1, М.: ИПМ, 1983.— 182 с.

Статья поступила 7 февраля 1984 г.

УДК 621.383.292

Н. Б. Глуховская, В. А. Ильевский

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ФЭУ

Создание систем автоматизированного проектирования электронно-лучевых и фотозлектронных приборов (САПР ЭЛФЭП) обеспечивает решение задач, связанных с проектированием новых ЭЛФЭП, а также с модернизацией и унификацией ранее разработанных приборов, проводимых на базе использования ЭВМ и предназначенных для повышения качества проектируемых приборов, сокращения сроков их разработки и экономии материалов за счет уменьшения количества опытных образцов.

При разработке ФЭУ одним из наиболее трудоемких процессов является проектирование конструкции электронно-оптической системы прибора. САПР ЭОС ФЭУ обеспечивает расчет трехмерного электростатического поля ЭОС, состоящего из произвольного количества электродов, расчет траекторий движения и времени пролета электронов в рассчитанном поле.

Моделируемые функциональные элементы (рис. 1) должны обеспечивать максимальный сбор фотоэлектронов на первом диноде, эмиттированных с рабочей площади фотокатода с различными начальными энергиями (0–10 эВ) и углами вылета к оси ФЭУ (0–30°), минимальную дисперсию пучка электронов и времени их пролета в динодной системе и анодном узле при учете распределения вторичных электронов по энергиям и углам вылета.

Расчетная модель предполагает следующие допущения:

- трехмерное электростатическое поле ЭОС определяется только формой, расположением и потенциалами электродов (полем объемного заряда можно пренебречь в силу малой плотности тока фото- и электронной эмиссии);

- толщина электродов не учитывается;

- каждый электрод ЭОС может состоять из нескольких частей, представляющих собой участки плоской поверхности, ограниченных отрезками прямых или кривых второго порядка, либо участки, образованные вращением отрезков прямых или кривых второго порядка (цилиндр, конус, сфера и их части);

- исходной информацией служит эскиз ЭОС, который содержит только фотокатод и электроды, создающие поле в рабочей области ЭОС;

- начальное распределение электронов фото- и вторичной электронной эмиссии по энергиям, координатам и углам вылета с фотокатода и динодов может задаваться в пределах, определяемых реально существующими приборами.

Расчет ЭОС состоит из двух этапов [1]. В основе первого этапа лежит численное решение уравнения Лапласа $\nabla^2 \phi = 0$ с граничными условиями Дирихле $\phi|_{S_i} = U_i$ при $i = 1 \div N$ методом интег-

ральных уравнений относительно неизвестного распределения плотностей поверхностных зарядов σ на электродах. Для решения системы линейных алгебраических уравнений, в которую преобразовалось интегральное уравнение, используется модифицированный метод Гаусса (в памяти ЭВМ хранится информация в объеме около четверти общего количества элементов матрицы). Зная σ , можно вычислить потенциал и напряженность в произвольной точке ЭОС, не лежащей на поверхности электродов

$$\phi(\vec{r}) = \sum_{j=1}^N \iint_{S_j} \frac{\sigma(\vec{r}_j) dS_j}{|\vec{r} - \vec{r}_j|},$$

$$\vec{E}(\vec{r}) = \sum_{j=1}^N \iint_{S_j} \frac{\sigma(\vec{r}_j) (\vec{r} - \vec{r}_j)}{|\vec{r} - \vec{r}_j|^3} dS_j.$$

Контроль расчета значений потенциала и напряженности поля в произвольно задаваемых пользователем точках ЭОС осуществляется выводом на печать, либо построением семейства эквипотенциалей на графопостроителе.

На втором этапе вычисление траекторий проводится численным интегрированием уравнений

$$\text{движения электронов } \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \frac{e}{m} \vec{E}(\vec{r}), \quad \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{V}_0 \quad (\text{при}$$

$t = t_0$), $\vec{r} = \vec{r}_0$ методом Рунге–Кутты–Нистрёма.

Результаты расчета траекторий выводятся на печать в виде набора координат точек, через кото-

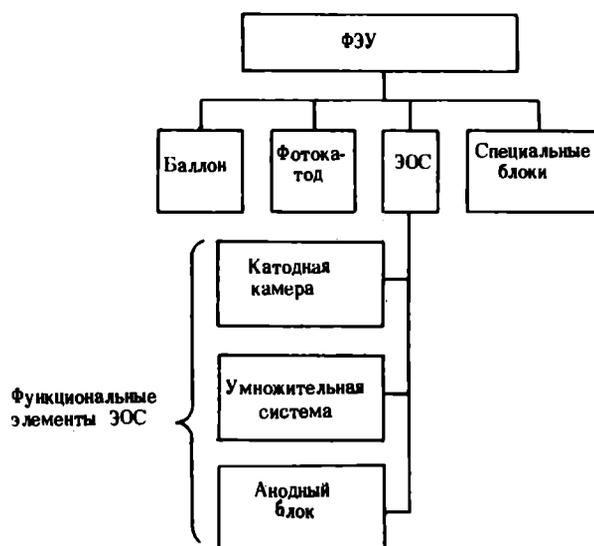


Рис. 1. Классификация ФЭУ как объекта проектирования

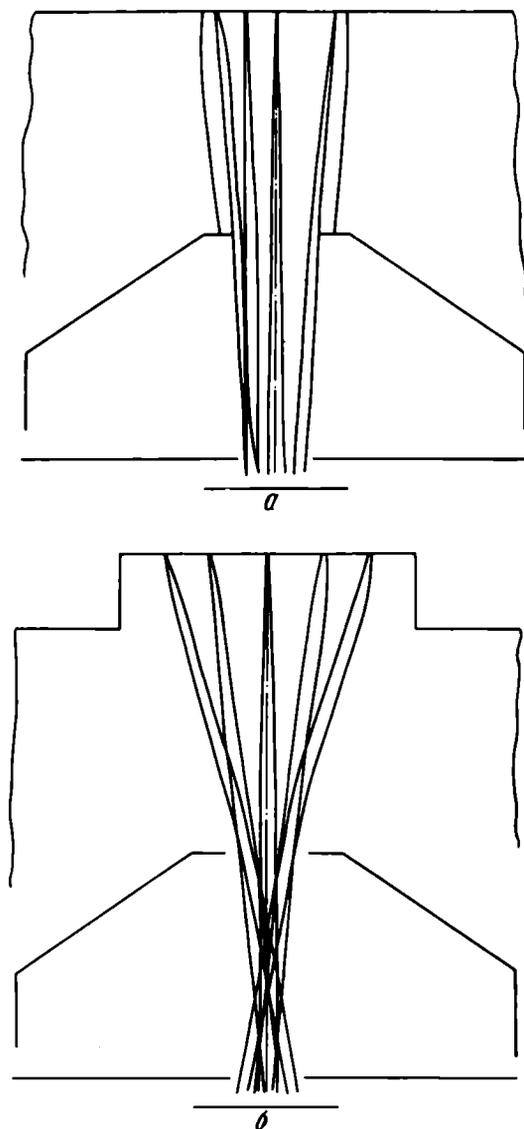


Рис. 2. Семейство траекторий фотоэлектронов при $U_0=0,5$ эВ и $\psi = \pm 15^\circ$ в катодных камерах ФЭУ-79 (а) и ФЭУ-136 (б)

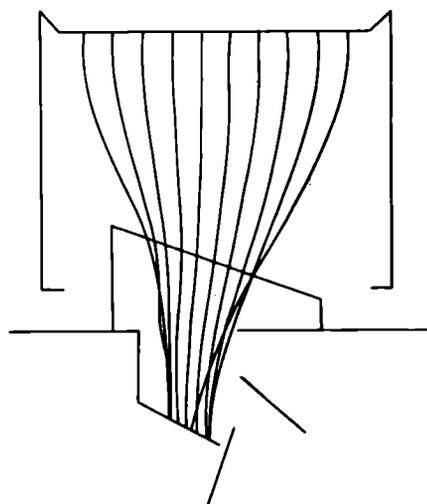


Рис. 3. Семейство траекторий фотоэлектронов при $U_0=0$ эВ и $\psi = 0^\circ$ в катодной камере сцинтилляционного ФЭУ

рые они проходят, либо прорисовываются на графопостроителе.

Программы написаны на языке ФОРТРАН-4 для ЕС-ЭВМ. Время счета одного варианта конструкции функционального элемента ФЭУ средней сложности составляет около 1,5 ч на ЕС-1033 и около 20 мин на ЕС-1060. Счетное время находится в пропорциональной зависимости от количества электродов в ЭОС, количества шагов вдоль траекторий, точности расчетов, числа траекторий в элементарном пучке и количества пучков.

Входной информацией для системы являются конструктивные размеры и потенциалы электродов ЭОС, а также структура, их количество, начальная энергия U_0 и углы вылета ψ элементарных пучков фотоэлектронов и вторичных электронов с динодов.

Для проверки работоспособности созданной САПР проводились расчеты тестовых конструкций ЭОС на примерах серийно выпускаемых ФЭУ-79 и ФЭУ-136. Существенным недостатком катодной камеры ФЭУ-79 (рис. 2, а) является малая площадь сбора фотоэлектронов из-за отсутствия фокусирующего поля на участке катод – фокусирующий электрод. Этот недостаток преодолевается в конструкции катодной камеры ФЭУ-136 (рис. 2, б), где применена подфокусировка электронов путем изменения конфигурации колбы (выступа с высотой h и диаметром D). При моделировании конструкции по этим параметрам установлено, что оптимальными размерами катодной камеры для сбора фотоэлектронов с $U_0 = 0,5 \div 1$ эВ и $\psi = 0 \div 15^\circ$ оказались $h = 4$ мм и $D = 19,6$ мм. Расчетные данные хорошо согласуются с экспериментальными и подтверждают правильность выбора конструкции серийно выпускаемого прибора.

Цель моделирования катодных камер для сцинтилляционных ФЭУ – обеспечить максимальный сбор фотоэлектронов на первом диноде при минимальной дисперсии пучка, эмиттированного со всей рабочей поверхности фотокатода (диаметр катода – 21,2 мм). Для определения дисперсии пучка рассчитывались траектории электронов, начальные условия которых различаются координатами точек вылета \vec{r}_0 ($|\vec{r}_0| < R$ фотокатода); углами наклона к нормали фотокатода ψ ($\psi = 0 \div 30^\circ$); начальными

$$\text{энергиями } U_0 \left(\sqrt{U_0} = \frac{V_0}{\sqrt{2 \frac{e}{m}}}, U_0 = 0 \div 1 \text{ эВ} \right).$$

Как показал опыт моделирования, траектории фотоэлектронов, эмиттированных с краев фотокатода, весьма критичны к малым изменениям геометрии электродов. Этот недостаток можно устранить при увеличении диаметра катодной камеры и выполнении выступа вдоль края фотокатода. По результатам расчетов была определена конструкция, в которой минимальное количество траекторий не доходит до первого динода (рис. 3).

Таким образом, САПР ЭОС ФЭУ позволяет моделировать трехмерные электростатические поля и траектории электронов в зависимости от элементов ЭОС и на основе расчета определять дисперсии сечения рассеяния и времен пролета пучков электронов, местоположение кроссовера и т. д. Несмотря на то, что перечисленные параметры не входят в перечень выходных характеристик ФЭУ, их количественные значения позволяют принимать обоснованные конструкторские решения, снижать материальные и трудовые затраты в период разработки прибора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фрейнкман Б.Г. Расчет трехмерных электро- и магнитостатических полей в электровакуумных приборах.— В сб.: Методы расчета ЭОС.— Новосибирск, 1982, с. 154—158.
2. Анисимова И.И., Глуховской Б.М. Фотоэлектронные умножители.— М.: Советское радио, 1974.— 64 с.

Статья поступила 2 февраля 1984 г.

УДК 621.385.1.002.2:658.5.012.011.56

И. П. Альберт, Р. А. Лачашивили, А. Б. Пионтковский, Ю. С. Токарь, Е. Я. Фолькенфлик

КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ЭЛП

Характерной особенностью ЭЛП является большое разнообразие конструкций, базирующихся на сравнительно ограниченном наборе функциональных элементов, довольно редко пополняющихся принципиально новыми схемами и узлами. В то же время количественное исследование взаимодействия структурных элементов ЭЛП, необходимое для принятия обоснованных проектных решений, представляет довольно сложную задачу, несмотря на немногочисленность и постоянство физических принципов, лежащих в основе этих взаимодействий. Такая специфика объекта проектирования делает актуальным и целесообразным использование при его разработке методов машинного моделирования процессов функционирования как отдельных узлов, так и прибора в целом [1].

В процессе накопления опыта эксплуатации САПР выявилась необходимость учета сравнительно большой коррекции конструктивных параметров проектируемых приборов и технологических режимов их изготовления. Это потребовало внесения соответствующих изменений в разработанные ранее математические модели, а также развития средств моделирования ряда технологических процессов и оптимизации их режимов в рамках интегрированной САПР [2]. Трудности, возникающие при создании таких средств, обусловлены прецизионным характером применяемой технологии, зависимостью ее параметров от влияния внешней среды. Однако решение поставленных задач позволяет в силу массового характера производства большинства ЭЛП, например кинескопов, получить значительный экономический эффект. Так, для ряда приборов улучшение конструкции и технологии изготовления на основе использования результатов эксплуатации САПР дало отдачу 8,25 руб. с 1 руб. затрат на ее разработку.

Другой отличительной особенностью ЭЛП является относительно большой объем инструментальной подготовки производства, включающей проектирование и изготовление технологической оснастки, прежде всего стеклоформирующего и контрольно-мерительного инструмента, используемого в производстве деталей баллонов и штампов для изготовления элементов электронно-оптических систем (ЭОС). Поскольку при этом определяются технико-экономические показатели материальной реализации разработанного проекта, особое внимание должно уделяться вопросам обеспечения преемственности процессов проектирования прибора и инструмента, точности изготовления и воспроизводства последнего. Выполнение этих работ, составляющих один из важнейших этапов технологической подготовки производства (ТПП) ЭЛП, также должно обеспечиваться средствами интегрированной САПР.

Таким образом, конкретизацией требований ускорения научно-технического прогресса применительно к разработке и производству ЭЛП в условиях производственного объединения является перестройка всего организационно-технического цикла "проектирование — ТПП — производство" на основе координации и интеграции всех действующих АСУ (включая САПР, АСУП, АСУТП и др.) с ориентацией на гибкие автоматизированные производства (ГАП).

Автоматизация проектирования и производства ЭЛП включает ряд взаимосвязанных этапов (см. таблицу).

Этапы автоматизации проектирования и производства ЭЛП

Этап	Проектирование	ТПП	Производство
I	Отдельные научно-технические расчеты		Автоматизация отдельных ТП
II	Численное модулирование		Комплексная механизация и автоматизация производства (автоматизированные линии, участки и т. п.)
III	Создание и использование "автономных" САПР	Численное моделирование и оптимизация отдельных ТП, расчеты инструмента	Широкое внедрение АСУТП в основном производстве
IV	Развитие сквозных маршрутов проектирования важнейших узлов ЭЛП	Использование станков с ЧПУ во взаимосвязи с САПР	
V	Создание и внедрение интегрированных САПР, АСУТП, АСУП. Развитие ГАП		

Для I этапа характерны приближенные аналитические выражения для объяснения процессов функционирования ЭЛП, позволяющих сформулировать задачи разработки методов и алгоритмов моделирования важнейших узлов, прежде всего ЭОС и баллона.

На II этапе созданы и апробированы алгоритмические и программные средства численного исследования этих узлов и их функциональных элементов, в том числе систем формирования и фокусирования электронного пучка, магнитных отклоняющих систем. Масштабы использования созданных средств ограничивались маломощной технической базой (ЭВМ "Минск-22" и "Минск-32") и отсутствием возможности моделировать весь прибор в целом.

Реализация такой возможности на III этапе связана с применением системного подхода и включением в состав технических средств более мощной ЭВМ БЭСМ-6. Результаты машинного моделирования баллонов и ЭОС прошли промышленную проверку на целом ряде приборов, в том числе на таких изделиях массового выпуска, как крупногабаритные черно-белые и цветные кинескопы. К этому же этапу относятся попытки численного анализа и оптимизации важнейших технологических процессов основного производства (термовакuumной обработки, осаждения люминофора, прессования и отжига стеклотеталей). Математические модели, созданные для этих целей, включены в состав базового математического обеспечения АСУТП объединения, а выявленные зависимости технологических режимов от конструктивных параметров приборов послужили основой для постановки задач создания сквозных маршрутов проектирования узлов ЭЛП и инструмента для их изготовления с прямым выходом на ТПП.

Внедрение сквозных маршрутов проектирования характеризуется установлением четкого порядка во всех звеньях цепи "проектирование — ТПП — производство", значительным сокращением сроков и трудоемкости за счет автоматизации выполняемых работ. Предпосылками для реализации сквозных маршрутов явились: развитие программного и технического обеспечения САПР, позволяющих осуществлять процесс проектирования ЭЛП и необходимого для его изготовления инструмента; широкое использование АСУТП в основном производстве; освоение станков с ЧПУ и АСУТП в инструментальной подготовке производства.

Опыт совместного использования САПР и АСУТП основного и инструментального производства выявил необходимость информационного согласования этих систем во избежание значительных потерь времени и непроизводительных трудозатрат, связанных с излишним оформлением, сверкой, перекодировкой данных, поиском и коррекцией возникающих при этом ошибок и т.п. Обеспечение такой совместимости потребовало существенной переработки программных изделий, что свидетельствует о необходимости заранее предусматривать при создании и развитии САПР наличие возможных интерфейсов с другими автоматизированными системами.

Пример сквозного маршрута проектирования и инструментальной подготовки производства баллонов ЭЛП показывает эффективность такого подхода при его надлежащем организационном обеспечении. Маршрут объединяет этапы эскизного и технического проектирования баллона, расчет рабочих поверхностей стеклоформирующего и контрольно-

мерительного инструмента, подготовку управляющих программ для графопостроителей и станков с ЧПУ, применяемых при изготовлении проектной документации и инструмента. Основой интеграции перечисленных работ явилось создание методики проектирования геометрии поверхностей баллона и рабочих поверхностей инструмента, базирующейся на представлении этих поверхностей в виде непрерывных линейных каркасов. Представление конструкции баллона в виде единой геометрической модели на всех этапах его проектирования позволяет установить тесную информационную связь между этапами, при переходе от этапа к этапу происходит целенаправленное определение и уточнение параметров модели. При проведении различных проектных расчетов (конструкторских, прочностных, оптимизационных) модель является входным описанием разрабатываемой конструкции, на основе которого формируется ее внутреннее представление, зависящее от специфики используемых физических и математических моделей.

Следует отметить, что модели напряженно-деформированного состояния баллонов, применяемые для исследования их прочностных характеристик, позволяют проводить эти исследования с различной степенью оперативности и, следовательно, точности. На этапе эскизного проектирования, которое в рамках САПР осуществляется, как правило, в режиме диалогового взаимодействия пользователя с системой, используются упрощенные модели, дающие возможность за несколько секунд получить приближенную оценку прочности рассматриваемого варианта конструкции. Упрощенные модели благодаря их экономичности используются и при оптимизационном расчете конструкции с учетом требований к ее прочности. Уточненные модели позволяют выполнять подробное численное исследование конструкции, основываясь на особенностях ее реальной геометрии, но в этом случае расчет на ЭВМ продолжается несколько часов. Поэтому такие модели целесообразно использовать на этапе технического проектирования при детальной проработке выбранного проектного решения по небольшому количеству его возможных вариантов. Пользователями системы, в зависимости от того, какая проектная операция выполняется, являются специалисты различного профиля (разработчики приборов, баллонов, инструмента, специалисты по прочностным расчетам, изготовители проектно-конструкторской документации, технологи стекольного и инструментального производств и т.д.), которые могут взаимодействовать с ней в отдельности или в определенных сочетаниях. Для эффективного функционирования сквозного маршрута необходима документальная регламентация взаимодействия всех служб, представители которых принимали участие в работе, а также соответствующих производственных участков, так как она позволяет организационно закрепить новую технологию проектирования и ТПП.

Разработка и внедрение сквозных маршрутов "проектирование — ТПП — производство" узлов ЭЛП и прибора в целом должны сопровождаться интеграцией всех автоматизированных систем, функционирующих в объединении, т.е. созданием многоуровневой интегрированной АСУ объединения (ИАСУО), включающей САПР, АСУР (АСУ разработками), АСУП, АСУТП и т.д. Разработаны и действуют автоматизированные системы организации и контроля исполнительской деятельности (АСУОИ)

и управления качеством (АСУК), дальнейшее развитие ИАСУО требует формирования единой организационной, методической, информационной и технической основы интеграции указанных систем. Для этого необходимо решить ряд задач, связанных с наличием несовместимых средств вычислительной техники, применением различных методических подходов, отсутствием единого проблемно-ориентированного программного обеспечения (систем управления базами данных, средств поддержки диалога, информационно-поисковых систем). Решение указанных задач позволит ускорить перестройку производства, связанную

с внедрением средств робототехники и ГАП, и получить максимальный технико-экономический эффект.

ЛИТЕРАТУРА

1. Математическое обеспечение системы автоматизированного проектирования ЭЛП/Н.Ф.Бубен, С.С.Григорян, Р.А.Лачашвили, О.Я.Попов, Ю.С.Токарь.— Электронная промышленность, 1977, вып. 1, с. 12—14.
2. Л а ч а ш в и л и Р.А. Развитие интегрированной системы автоматизированного проектирования ЭЛП.— Электронная промышленность, 1983, вып. 7, с. 38—40.

Статья поступила 8 февраля 1984 г.



ПЯТИРАЗРЯДНЫЙ АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

ВИМИ. Информационный листок о научно-техническом достижении № 84—0311.
УДК 681.335

Предназначен для преобразования напряжения в двоичный код. Рекомендуется для применения в автоматике и вычислительной технике для преобразования аналоговой величины в цифровую.

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) выполнен по параллельной структуре. АЦП состоит из четырех одинаковых узлов кодирования, соединенных последовательно, и узла логического объединения. Каждый узел кодирования состоит из восьми компараторов (микросхемы 597СА1) и одного дешифратора (микросхема 100 ИВ165). Выходы компараторов соединены со входами дешифратора. На выходе каждого дешифратора образуется трехразрядный двоичный код. Выходы четырех дешифраторов соединены с входами узла логического объединения, на выходе которых образуется пятиразрядный двоичный код.

Для уменьшения ошибок неоднозначности квантования для каждого компаратора используется

положительная обратная связь, а также подаются стробирующие импульсы на компараторы и дешифраторы. На АЦП может подаваться положительное, отрицательное или двухполярное опорное напряжение. В соответствии с этим АЦП может кодировать положительный, отрицательный или двухполярный входной сигнал.

Техническая характеристика

Диапазон входного сигнала, В.....	не более $\pm 3,3$
Время преобразования, нс	не более 20
Ток потребления, А	
от источника -5,2 В	не более 3
от источника +6 В	не более 0,7

Преимущество преобразователя перед аналогами, выполненными на микросхемах 521СА1, — высокое быстродействие.

УДК 621.3.049.77.002

В. М. Красовский, В. И. Лившиц, А. А. Милов

РИТМ-ПРОЦЕСС — ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОММУТАЦИОННЫХ ПЛАТ МИКРОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Новый вид коммутационной платы (РИТМ-плата) позволяет комплексно решить задачу повышения технических и экономических параметров микроэлектронной аппаратуры, поскольку при улучшенных надежностных, массогабаритных и электрических параметрах коммутации она обеспечивает экономию материальных и трудовых ресурсов благодаря возможности получения в один прием полной структуры двухуровневой разводки, отсутствию необходимости сверления и металлизации сквозных отверстий, а также совместимости с новыми видами элементной базы, ориентированными на автоматизированную сборку.

Резкое увеличение уровня интеграции ИС привело к необходимости усложнения коммутации, которая выполняется в виде многослойных коммутационных плат. В ряде случаев стоимость плат начала превышать стоимость ИС в общей стоимости аппаратуры. При наличии тенденции ежегодного снижения стоимости ИС (в пересчете на одну функцию) в отношении коммутационных плат такой тенденции (в пересчете на единицу длины коммутации) не наблюдается [1].

Наиболее перспективные коммутационные платы позволяют свести число слоев коммутации к минимуму, поскольку межслойные контакты, как правило, являются наиболее уязвимым местом платы и весьма трудоемки в изготовлении. Уменьшение числа слоев коммутации достигается уменьшением ширины проводников. Это — главная тенденция развития коммутационных плат, обеспечивающая постепенное стирание граней между методами изготовления печатных узлов и гибридных микросборок [2].

Технология разделительно-избирательного травления металлов (РИТМ-процесс), базовый вариант которого разработан для создания сложной двух-

уровневой разводки на крупноформатных основаниях [3], позволяет находить решение проблем, возникающих при изготовлении многослойных коммутационных плат, и сократить диспропорцию между уровнем интеграции межэлементной коммутации и уровнем интеграции основной элементной базы — ИС (рис. 1).

РИТМ-процесс не требует применения новых или дефицитных материалов и вписывается в типовую технологическую схему изготовления двусторонних печатных плат фотоэлектрохимическим способом. При этом исключаются наиболее трудоемкие операции — сверление и металлизация сквозных отверстий. Конечный результат РИТМ-процесса — РИТМ-плата — качественно превосходит существующую двустороннюю печатную плату по уровню интеграции межэлементной коммутации и удовлетворяет требованиям к гибридным микросборкам и узлам аппаратуры четвертого и пятого поколений.

Главная особенность РИТМ-процесса состоит в использовании цельнометаллической подложки вместо заготовки из фольгированного диэлектрика при проведении операций фотолитографии и электрохимии.

Наряду с формированием в едином технологическом цикле множества контактов между отдельными уровнями разводки в РИТМ-процессе сохраняются преимущества использования металлической матрицы для фотопереноса (рис. 2).

Процесс начинается с формирования на противоположных сторонах подложки защитной маски из фоторезиста посредством однократной двусторонней фотолитографии (на рис. 2,а показана топология проводников, пересекающихся между собой в разных уровнях разводки). Далее заготовку помещают в гальваническую ванну, где на свободные от фоторезиста участки с обеих сторон подложки происходит электроосаждение металла проводников, который позволяет проводить селективное травление металла подложки (см. рис. 2,б). После удаления фоторезиста и подтравливания подложки в травителе ранее сформированные проводники рельефно выступают над поверхностью подложки за счет бокового подтравливания ее металла (см. рис. 2,в). Затем подложка наклеивается (напрессовывается) на основание РИТМ-платы через слой диэлектрика, аналогично прессованию многослойных печатных плат, для чего может применяться прокладочная стеклоткань, пропитанная эпоксидным компаундом в состоянии частичной полимеризации.

Материал основания выбирается с учетом дальнейшего использования РИТМ-платы. К ним относятся металлы, слоистые пластики, различные виды стекла и керамики и т.п.

Заключительной операцией РИТМ-процесса является разделительно-избирательное травление, в результате которого пересекающиеся проводники разводки разделяются, и металл исходной подложки избирательно вытравливается. Удаление металла подложки происходит везде, за исключением мест перехода из одного уровня разводки на другой, где он остается в виде столбиков, поддерживающих второй уровень проводников (см. рис. 2,г).

Столбики, выполняющие роль металлизированных отверстий в коммутационных платах, удается формировать за счет того, что в требуемых местах их расположения ширину проводников второго уровня разводки значительно увеличивают по сравнению с их шириной в местах изолированных пересечений. В простейшем случае проводники второго уровня разводки имеют гантелеобразную конфигурацию. Более сложные схемы коммутации решаются Г,

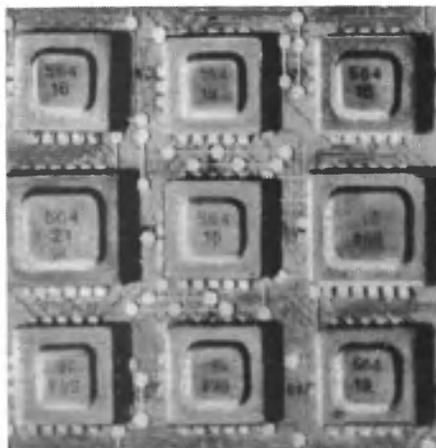


Рис. 1. РИТМ-плата

T- и X-образными узлами во втором уровне разводки с расширениями проводников на концах и в местах поворотов.

Надежное разделение пересекающихся проводников разных уровней разводки обеспечивается тем, что ширину проводников второго уровня разводки в местах изолированных пересечений выбирают соизмеримой с толщиной металлической подложки, а окончания, предусматривающие формирование поддерживающих столбиков, выполняют в 3—4 раза более широкими. При этом эффект бокового подтравливания, сопровождающий процесс селективного травления металлической подложки, приводит к желаемому результату при достаточных технологических допусках и высоком проценте выхода годных РИТМ-плат. Уменьшение указанного соотношения менее, чем в 3 раза резко увеличивает вероятность перетрава части столбиков по полю РИТМ-платы.

Другой возможной конфигурацией проводников второго уровня разводки в зонах пересечений является сетка. При выборе ширины ее элементов руководствуются теми же соображениями, что и при выборе ширины сужающихся частей гантелеобразных проводников. К преимуществам сетки относятся возможность образования объемных экранов над проводниками в первом уровне разводки, повышенная механическая прочность, а к недостаткам — усложнение топологического рисунка фотошаблонов и большая вероятность межуровневых замыканий из-за многократного увеличения числа пересечений.

Независимо от заложенных в РИТМ-плату конструктивно-технологических решений в один прием формируются два уровня разводки со всем множеством необходимых межуровневых контактов и изолированных пересечений, что является ключевым моментом РИТМ-процесса.

На микрофотографии (рис. 3) пересекающихся проводников двух уровней разводки видно, что выбранный способ формирования проводников (селективное электроосаждение) дает ровные края и выгодное соотношение толщины и ширины проводников. Проводники второго уровня разводки при правильном выборе материала, из которого они изготовлены (например, никеля, осажденного из сульфаминовой ванны), обладают достаточной механической прочностью и пластичностью, поэтому их разрыв может быть произведен только с помощью иглы и приложения значительных усилий.

При герметизации собранного на РИТМ-плате узла имеющиеся между проводниками разных уровней воздушные зазоры могут быть заполнены твердым или эластичным диэлектриком с необходимым сочетанием электроизоляционных и механических свойств. Этим обеспечивается вибрационная и ударная устойчивость узла. Поскольку величина заполняемых зазоров и их протяженность соизмеримы между собой, качественное заполнение пересечений электроизоляционным материалом в жидкотекучем состоянии не представляет технических трудностей.

Особенностью РИТМ-плат является то, что благодаря предварительному подтравливанию металлической подложки проводники первого уровня являются не наклеенными или нанесенными на поверхность основания, а заформованными в объем диэлектрика. Это исключает межуровневое замыкание, даже если проводники второго уровня по какой-либо причине прогнутся до поверхности основания (см. рис. 2, 2). В результате, мало зависящий от взаимной адгезии характер механической связи системы разводки РИТМ-платы с ее диэлектрическим основанием позволяет применять в РИТМ-платах такие электроизоляционные материа-

лы, как полиэтилен высокой плотности и фторопласт-4, целесообразные в ряде применений, но не обеспечивающие требуемой адгезии с металлом. Применение в качестве оснований подобных термопластичных материалов делает ненужной склеивающую прокладку. Таким образом, рассмотренная особенность позволяет не только выполнить проводники второго уровня достаточной для большинства практических применений длины и увеличить надежность РИТМ-плат, но и значительно расширить ряд материалов, пригодных для применения в РИТМ-процессе.

Не менее важным фактором обеспечения надежности РИТМ-платы является структура ее межуровневых электрических контактов. Для печатной платы с металлизированными отверстиями каждый из контактов является потенциальным местом отказа, поскольку в нем присутствует рыхлая прослойка, полученная химической металлизацией диэлектрика. В РИТМ-плате межуровневые контакты осуществляются непосредственно через монолитный металл подложки и поэтому являются не менее надежными, чем регулярные проводники разводки. Наибольшая надежность РИТМ-платы может быть обеспечена, если металлическую подложку с осажденными на ней проводниками подвергнуть отжигу в инертной среде в режиме диффузионной сварки металлов подложки и проводников (непосредственно после этапа РИТМ-процесса, изображенного на рис. 2, 2). При этом дополнительно увеличивается пластичность проводникового материала и релаксируют имеющиеся в нем после электроосаждения механические напряжения, что исключает возможность образования микротрещин в проводниках. Отсутствие какого-либо диэлектрика в отжигаемой структуре на этом этапе РИТМ-процесса снимает ограничения на температурные и временные режимы отжига.

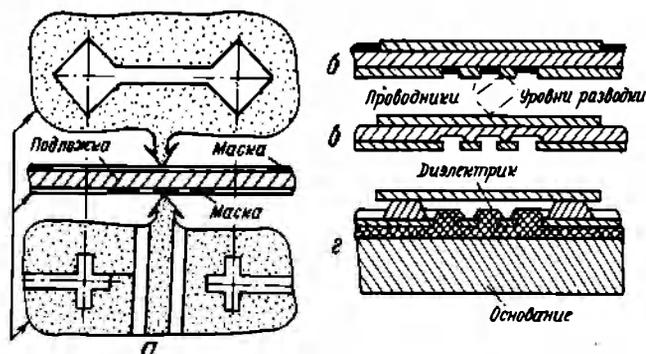


Рис. 2. Технологическая схема РИТМ-процесса

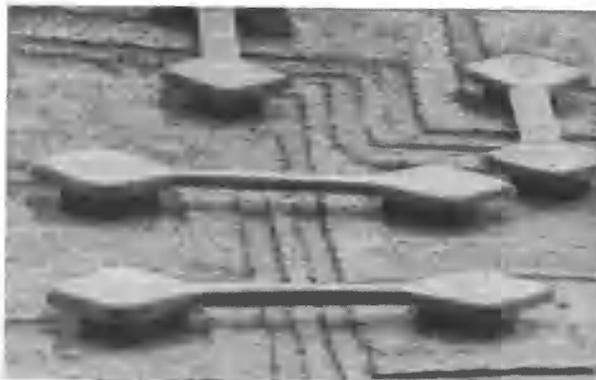


Рис. 3. Микрофотография пересекающихся проводников разных уровней разводки на РИТМ-плате

Наличие в межуровневых соединениях РИТМ-платы двух контактов разнородных металлов выдвигает необходимость с целью поддержания высокой надежности РИТМ-платы проведения ряда мер по исключению интенсивной электрокоррозии соединений. Это может быть достигнуто соответствующей конструкцией изделия (правильным выбором материалов, дополнительными покрытиями разводки, использованием влагозащитных компаундов и т.п.) и технологией его изготовления (использованием для промывки деионизованной воды, чистотой исходных материалов, контролем точки росы внутренней среды для герметизации и т.п.).

Применение РИТМ-процесса для изготовления коммутационных плат микросборок и узлов с высоким энергопотреблением облегчает проблемы создания шин питания. Требования минимального омического сопротивления и больших предельных токов протекания в обычных видах коммутационных плат могут быть удовлетворены только за счет увеличения ширины шины или введения дополнительных слоев, что увеличивает габариты платы или усложняет ее изготовление. РИТМ-процесс позволяет решить эту задачу на качественно новом уровне, сохранив в ее структуре значительно более массивную, чем проводниковая металлизация, металлическую подложку. Для этого при выполнении топологии шины питания в обоих уровнях разводки достаточно выбрать ширину шины во втором уровне, исходя из размеров межуровневых переходов-столбиков. С этой шиной могут беспрепятственно пересекаться сигнальные проводники в первом уровне разводки, для чего шину в первом уровне выполняют разорванной, а во втором — из ряда параллельных узких проводников в зоне пересечения (рис. 4).

Очевидно, что с помощью РИТМ-процесса можно легко сформировать приподнятые над поверхностью платы столбики любой конфигурации. Для их фор-

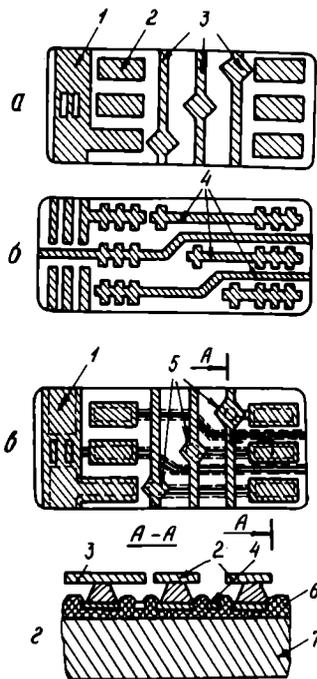


Рис. 4. Фрагмент разводки РИТМ-платы: а, б — на подложке; в — на несущем основании (в плане); г — на несущем основании (в разрезе, при увеличении); 1 — шина питания; 2 — контактная площадка; 3 — проводник I уровня; 4 — проводник I уровня; 5 — межуровневый переход; 6 — слой диэлектрика; 7 — несущее основание

мирования во втором уровне изолированных областей металлизации задаются по меньшей мере те же размеры, что и размеры межуровневых переходов. После разделительно-избирательного травления под каждой из них останется столбик из металла подложки, выступающий над поверхностью РИТМ-платы. Эти столбики целесообразно использовать в качестве выводов или контактных площадок, к которым припаиваются безвыводные компоненты — интегральные микросхемы в кристаллодержателях или бескорпусном исполнении, а также выполняется монтаж с гибких ленточных носителей. От каждого вывода, так же как и от шины питания, могут отходить проводники сразу в двух уровнях разводки, поскольку их структура идентична структуре межуровневого перехода. Это создает значительные удобства при проектировании топологии РИТМ-плат.

Относительно большая высота столбикового вывода на РИТМ-плате (100—200 мкм) позволяет беспрепятственно пропускать между выводами (даже при их плотном расположении) проводники в первом уровне разводки, поскольку контактирующие поверхности и проводники размещены по разным плоскостям (см. рис. 4,г). При такой высоте выводов возможно применение активированных пастообразных припоев, так как значительная величина обеспечиваемого высотой вывода зазора между плоскостью РИТМ-платы и монтажной поверхностью компонента позволяет удалить с помощью растворителей коррозионно-активные загрязнения после оплавления припоя.

Широкое использование ориентированной на автоматизированную сборку элементной базы с жесткими выводами сдерживается необходимостью применения согласованной по коэффициенту температурного расширения коммутационной платы [4]. РИТМ-процесс позволит получить требуемое согласование за счет применения в качестве основания пластины из соответствующего материала, например, железо-никелевого сплава. Может быть реализована и другая известная возможность термокомпенсации несогласованных между собой компонентов и коммутационной платы — гашение возникающих при термоциклировании механических напряжений слоем эластомерного покрытия между разводкой и основанием платы [5]. Для этого достаточно применить в качестве клеяющей прокладки эластичную пленку, например на основе кремнийорганических каучуков. Кроме того, значительная высота столбикового вывода придает ему новую степень свободы — угловое отклонение оси вывода от нормали к основанию РИТМ-платы без нарушения его электрических и механических свойств (роль термокомпенсаторов играют сами выводы). Это обстоятельство позволяет использовать в качестве оснований РИТМ-плат такие материалы, как малоуглеродистая сталь и алюминий, и монтировать на них элементную базу, для которой ранее требовались платы на основе более дорогих материалов типа корундовой керамики, кобальта и титана.

Использование любого из перечисленных методов термокомпенсации предъявляет повышенные требования к механической прочности удержания выводов и подходящих к ним проводников в объеме диэлектрика РИТМ-платы. Эта задача может быть решена также средствами РИТМ-процесса без усложнения его технологической схемы. Для этого увеличивают периметр оснований выводов в первом уровне разводки, задавая на фотошаблоне вместо прямоугольной крестообразной или гребенчатую область металлизации под выводами и межуровневыми переходами. Приведенные на рис. 2 и 4 топологические фрагменты построены с учетом этого требования. Любой выступающий над поверхно-

стью РИТМ-платы элемент прочно заформовывается в объем диэлектрика при напрессовке основания и выдерживает воздействие многократных термоциклов, а выводы приобретают возможность многократных перепаек. Такие меры обеспечивают повышение ремонтпригодности микросборок и узлов, выполненных на РИТМ-платах.

Спецификой РИТМ-плат является также более высокое сопротивление изоляции между соседними и пересекающимися проводниками по сравнению с аналогичными коммутационными платами, выполненными без использования РИТМ-процесса. Это обеспечивается рельефным выступлением диэлектрика в виде валиков между соседними проводниками на поверхности РИТМ-платы. В местах наиболее плотного расположения проводников (при соблюдении примерного равенства ширины проводников и зазоров между ними по минимально возможному значению) выигрыш по протяженности диэлектрической поверхности между соседними проводниками может быть двукратным. Следовательно, при той же допустимой утечке проводники РИТМ-платы могут располагаться вдвое плотнее, или при той же плотности их расположения может быть получено примерно двукратное увеличение сопротивления изоляции (сопротивление изоляции в основном определяется не объемом диэлектрика, а его поверхность, адсорбирующей влагу и прочие загрязнения из технологических растворов и окружающей среды).

Повышение качества электрической изоляции между пересекающимися проводниками наиболее отчетливо проявляется на РИТМ-платах без заливки твердым диэлектриком и инертной внутренней атмосферой, поскольку газовая изоляция лучше любой пленочной, обладающей теми или иными загрязнениями и дефектами внутренней структуры. В этих условиях обеспечивается минимальная электрическая емкость между пересекающимися проводниками, что может иметь определяющее значение для высокочастотной и быстродействующей аппаратуры.

Перспективность РИТМ-процесса связана со значительной экономией материальных и трудовых ресурсов при одновременном повышении технического уровня выпускаемой продукции. Важным

моментом является выбор материала для металлической подложки, поскольку этот материал расходуется в значительных количествах. При выборе этого материала следует учитывать комплексный характер его функции как конструкционного (межуровневые переходы, шины питания, выводы), так и технологического (временная матрица для пересекающихся проводников обоих уровней разводки) материала. В рационально сконструированной РИТМ-плате только 40—60% металла подложки переходит в травильный раствор, а оставшаяся его часть остается в готовом изделии и выполняет полезную функцию. Очевидно, что это соотношение лежит в тех же пределах, что и расход меди в широко применяемых субтрактивных способах изготовления печатных плат. Особый интерес представляет использование в качестве подложки ленты из малоуглеродистой стали толщиной 150 мкм, предназначенной для производства масок к цветным кинескопам. Отходы этой стали, образующиеся при производстве масок, можно использовать для производства РИТМ-плат меньшей площади, что значительно выгоднее их переплавки. Из этого материала, обладающего высоким качеством поверхности, при помощи пленочных фотошаблонов можно выпускать РИТМ-платы с проводниками и зазорами шириной 80 мкм. Дальнейшее снижение минимальных размеров до величины 30—50 мкм связано с необходимостью применения металлизированных фотошаблонов на стеклянных заготовках, что позволит вплотную приблизить РИТМ- процесс по степени интеграции коммутации к тонкопленочной технологии. При этом сохранится отсутствие ограничений на предельные габариты оснований, чем и определяется пригодность РИТМ-процесса как единой технологии изготовления микросборок и крупногабаритных одноплатных узлов, изготовление которых методами тонких пленок или многослойной керамики технически невозможно или нецелесообразно.

Как отмечалось выше, РИТМ-процесс вписывается в технологическую схему производства двусторонних печатных плат фотоэлектрохимическим способом. Заготовки представляют собой крупноформатные пластины, не поддающиеся деформации в процессе работы. Технология РИТМ-процесса,

Сопрягаемость элементной базы и монтажного основания ИЭТ

Элементная база		Монтажное основание					
		Односторонняя печатная плата	Двусторонняя печатная плата	Многослойная печатная плата	Толстопленочная плата	Тонкопленочная плата	РИТМ-плата
Печатные узлы	Дискретные ИЭТ (электрорадиоэлементы)	Хорошая сопрягаемость (предпочтительное применение)	Плохая сопрягаемость (ограниченное применение)	Не сопрягаемы	Не сопрягаемы	Не сопрягаемы	Не сопрягаемы
	Корпусные ИС с шагом выводов 2,5 мм (монтаж в сквозные отверстия)	Плохая сопрягаемость (ограниченное применение)	Хорошая сопрягаемость (предпочтительное применение)	Хорошая сопрягаемость (предпочтительное применение)	Не сопрягаемы	Не сопрягаемы	Плохая сопрягаемость (ограниченное применение)
	Корпусные ИС с шагом выводов 1,25 мм (планарный монтаж)	Не сопрягаемы	Плохая сопрягаемость (ограниченное применение)	Хорошая сопрягаемость (предпочтительное применение)	Плохая сопрягаемость (ограниченное применение)	Не сопрягаемы	Хорошая сопрягаемость (предпочтительное применение)
Микросборки	Кристаллодержатели с жестко ориентированными выводами	Не сопрягаемы	Не сопрягаемы	Плохая сопрягаемость (ограниченное применение)	Хорошая сопрягаемость (предпочтительное применение)	Плохая сопрягаемость (ограниченное применение)	Хорошая сопрягаемость (предпочтительное применение)
	Гибкие ленточные носители	Не сопрягаемы	Не сопрягаемы	Не сопрягаемы	Хорошая сопрягаемость (предпочтительное применение)	Хорошая сопрягаемость (предпочтительное применение)	Хорошая сопрягаемость (предпочтительное применение)
	Бескорпусные ИС	Не сопрягаемы	Не сопрягаемы	Не сопрягаемы	Плохая сопрягаемость (ограниченное применение)	Хорошая сопрягаемость (предпочтительное применение)	Плохая сопрягаемость (ограниченное применение)

осуществляемая при производстве печатных плат на том же или подобном оборудовании, по характеристике заготовок может быть названа планшетной технологией. Положительным явлением планшетной технологии является то, что при наличии действующего оборудования по производству печатных плат выпуск изделий более высокого технического уровня (микросборок и гибридных микросхем) может быть организован по технологии РИТМ-процесса в кратчайшие сроки, на тех же производственных площадях и при минимальных дополнительных капитальных затратах. Для обеспечения необходимой производительности в планшетной технологии используется групповой способ, т.е. размещение на одной крупноформатной заготовке ряда РИТМ-плат меньших размеров.

При использовании в качестве подложки неразрезанного рулона металлической ленты, непрерывно транспортируемой через установки, осуществляющие отдельные операции РИТМ-процесса, может быть получен наиболее высокий уровень автоматизации производства и максимальная производительность труда. Такая технология может быть названа рулонной, и ее следует считать наиболее перспективной для организации массового выпуска РИТМ-плат с многомиллионной программой и небольшой номенклатурой. По принципу рулонной технологии часть операций РИТМ-процесса, включая наиболее трудоемкие, может быть осуществлена на автоматизированных линиях, аналогичных линиям по производству масок к цветным кинескопам.

Для правильного использования РИТМ-плат в той или иной разработке микроселектронной аппаратуры можно воспользоваться приведенной в таблице сравнительной характеристикой различных конструктивно-технологических вариантов коммутационных плат. Таблица составлена на основании анализа большого числа данных, полученных при изготовлении коммутационных плат достаточно сложных в конструктивном отношении микроселектронных устройств и имеющегося опыта по практическому применению РИТМ-процесса. Таблица не распространяется на простые в конструктивном отношении устройства, содержащие, например, на коммутационной плате одну—две БИС и небольшое число связанных дискретных элементов.

Приведенные в таблице данные свидетельствуют о том, что РИТМ-процесс не может претендовать на полную замену всех или части других технологических изготовления коммутационных плат. Но в определенных случаях РИТМ-процесс технически совершеннее может увязать в единую схему весь комплекс разнородных технологий и конструкций, применяемых в настоящее время в печатных узлах и микросборках. Для этого имеются следующие предпосылки:

— отсутствие реальных ограничений на предельные габариты оснований при соответствующей гибридно-пленочной технологии плотности расположения проводников;

— изготовление двухуровневой системы коммутации на отдельной металлической подложке независимо от конструктивного основания будущей РИТМ-платы, простой заменой которого можно получать различные платы, используемые в базовых несущих конструкциях печатных узлов и микросборок;

— широкий диапазон возможностей выполнения разнородных проводников (сигнальных межсоединений и силовоточных шин питания) и выводов (столбиковых и ленточных) в едином конструктиве РИТМ-платы, допускающем как поверхностный монтаж компонентов, так и их установку в сквозные отверстия.

Двухуровневая разводка на РИТМ-плате позволяет выполнять неограниченный набор элект-

рических схем коммутации без использования каких-либо навесных перемычек. В конструкциях многослойных коммутационных плат проще или качественнее решаются вопросы, не связанные непосредственно с трассировкой. Однако не существует такой электрической схемы, для которой двухуровневая плата была бы принципиально непригодна из-за отсутствия возможности ее трассировки, т.е. в ряде случаев двухуровневая разводка вполне конкурентоспособна с многослойной. Согласно имеющимся данным, двухуровневая разводка на одной стороне РИТМ-платы позволила заменить четыре—шесть слоев многослойных печатных плат. Принципиально возможно также создание многослойных коммутационных структур на базе РИТМ-процесса, что позволит еще более расширить его технические возможности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Радиоэлектроника за рубежом, 1980, вып. 2(896), с. 31.
2. Радиоэлектроника за рубежом, 1979, вып. 14(882), с. 19.
3. Пат. 4.404.059 (США).
4. S a u n d e r s A.G. Trends in packaging and interconnection of IC's.— *Microelectronic Journal*, 1981, vol. 12, N 1, p. 23.
5. Р е ф а й е М.Э. Подложка с эластомерным покрытием для монтажа быстродействующих ИС с большим числом выводов.— *Электроника* (пер. жур. «Electronics»), 1982, т. 55, № 14, с. 24.

Статья поступила 10 февраля 1984 г.

УДК 621.385.032.14

Р. Г. Варнакова, В. Т. Гринченко, С. Н. Кошелев

МИНИАТЮРНЫЙ ГЕТТЕРНО-ИОННЫЙ НАСОС НГ-1-2 ДЛЯ ЭЛП

Бескорпусное исполнение миниатюрного геттерно-ионного насоса НГ-1-2, содержащего анод — испаритель из эрбия и вольфрамовый катод с оксидно-иттриевым покрытием, обеспечивает максимальное быстродействие, удобство при использовании, минимальные габариты. Применение насоса наиболее целесообразно в приборах с нетермостойкими элементами (органическими клеями, люминесцентными экранами и т. п.)

Для поддержания вакуума в ЭВП широкое распространение находят магнитоэлектрические [1—3] и геттерно-ионные [4, 5] электрофизические насосы с быстрой скоростью действия $0,05\text{--}5\text{ л}\cdot\text{с}^{-1}$. Но ряд недостатков, присущих магнитоэлектрическим насосам, ограничивают его применение: малая производительность и плохие стартовые характеристики, наличие собственного магнитного поля, отсутствие возможности работы при повышенных температурах, большие габариты и масса магнита, в 3—4 раза превышающая массу самого насоса. Этим недостаткам лишены миниатюрные геттерно-ионные насосы (ГИН) с испарителями из редкоземельных металлов (РЗМ), обладающих существенными преимуществами по сравнению с традиционным геттерным материалом насосной техники — титаном. Давление насыщенного пара РЗМ на 3—4 порядка выше, чем титана, и для его

нагрева до температуры сублимации требуется значительно меньшая удельная мощность. Соединения, образующиеся при взаимодействии РЗМ с газами, характеризуются высокой термостойкостью, давление диссоциации наименее термостойких (гидридов) при 300°C составляет $10^{-6} - 10^{-8}$ Па, что позволяет использовать насос без принудительного охлаждения при повышенных температурах. Особое значение приобретает их применение для поддержания вакуума в приборах с наличием нетермостойких элементов (органических клеев, люминесцентных экранов и др.), являющихся источниками большого газовыделения в процессе работы прибора. Газопоглотители, применяемые в таких приборах, не всегда могут поддерживать необходимый вакуум вследствие адсорбционно-диффузионного механизма поглощения ими газов и, как следствие, быстрого насыщения поверхности и значительного снижения скорости поглощения.

Геттерно-ионный насос в миниатюрном исполнении представляет собой корпус с соединительным штенгелем, в который вмонтирован цоколь с электродной системой насоса [4, 5]. Непосредственное встраивание цоколя в откачиваемый объем, т.е. выполнение насоса без корпуса значительно расширяет его функциональные возможности, так как быстрота действия насоса не ограничивается проводимостью соединительного штенгеля; насос может быть встроен в любом удобном месте; значительно уменьшаются его габариты, так как роль корпуса выполняют конструктивные элементы ЭВП.

Насос НГ-1-2 (рис. 1) в бескорпусном исполнении предназначен для комплектации электронно-лучевых приборов. Конструкция электродной системы насоса мало чем отличается от разработанных ранее миниатюрных ГИН [4, 5]. К особенностям насоса относится монтаж анода-испарителя из эрбия диаметром 5 мм и высотой 3 мм и вольфрамового катода с оксидно-иттриевым покрытием [6] на стандартной стеклянной ножке, применяемой в электронно-лучевом приборостроении; наличие пружин, которые служат направляющими элементами при встраивании насоса в ЭВП и для снятия электрического заряда с корпуса прибора; дуговая форма катода, повышающая эффективность использования его рабочей длины и увеличивающая его надежность и срок службы. Масса насоса составляет около 5 г, в комплектующий прибор он вваривается по контуру стеклянной ножки.

Насос работает в комплекте с блоком БП-179, который обеспечивает ток накала катода 1,1-1,2 А; напряжение тока накала 1,3-1,4 В; напряжение на аноде +600 В. Вакуум-технические параметры насоса исследовались на образцах, заваренных в колбу из стекла С-52-1, диаметром 25 мм и длиной 100 мм. Поверхность, запыляемая активным металлом, составляла около 20 см². Предельное остаточное давление в насосе, прогретом в течение 12 ч при температуре 573 К и давлении не более $5 \cdot 10^{-4}$ Па, составило $2-3 \cdot 10^{-7}$ Па.

При использовании насоса в диапазоне рабочих давлений $10^{-2} - 10^{-7}$ Па возникает необходимость регулирования скорости испарения активного металла, так как при низких давлениях для поглощения газа металлом требуется меньше, чем при высоких, и, следовательно, конденсацию геттера необходимо проводить с меньшей скоростью [7]. Скорость поглощения газа при заданном давлении P может быть выражена уравнением

$$n_{\Gamma} = \frac{N_A \cdot P \cdot S_{\text{уд}}}{RT}, \text{ молекул} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{см}^{-2},$$

где N_A — число Авогадро; $S_{\text{уд}}$ — удельная скорость поглощения, л.с⁻¹.см⁻²; R — универсальная газовая постоянная, равная $8,4 \cdot 10^3$ л.Па.град⁻¹.моль⁻¹; T — температура, К.

Удельная скорость поглощения $S_{\text{уд}} = S \cdot A^{-1}$, где S л.с⁻¹ — быстрота действия насоса, A см² — величина запыляемой геттером поверхности. Так как для поглощения одной молекулы газа необходимо два атома металла [7, 8], то скорость конденсации металла n_{Me} связана с скоростью поглощения газа n_{Γ} отношением $n_{\text{Me}} = 2n_{\Gamma}$.

Исследование зависимости скорости конденсации активного металла от мощности, расходуемой на аноде-испарителе (рис. 2), проводилось с помощью прибора КИТ-1, который использовался в качестве измерителя скорости конденсации эрбия. Датчик прибора КИТ-1 располагался на расстоянии 18 мм от анода-испарителя. Измерения проводились в вакууме $10^{-6} - 10^{-7}$ Па.

В соответствии с полученными данными, срок службы насоса τ в зависимости от расходуемой анодом электрической мощности W_a , или от скорости испарения активного металла с поверхности испарителя N_{Me} , может изменяться в ши-

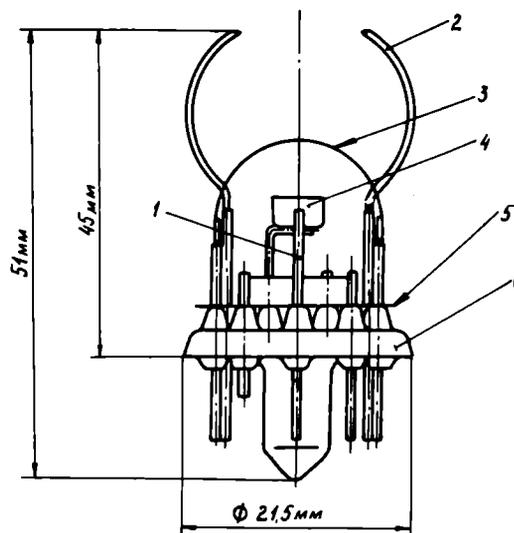


Рис. 1. Схема геттерно-ионного насоса НГ-1-2 в бескорпусном исполнении: 1 — коллектор; 2 — пружины; 3 — вольфрамовый катод с оксидно-иттриевым покрытием; 4 — анод-испаритель; 5 — экраны; 6 — стеклянная ножка

роких пределах (от десятка часов до 10000 ч) при общем запасе геттера 0,6 г (см. таблицу).

W_a , Вт	N_{Me} , атом/с·см ²	τ , ч
5	$9 \cdot 10^{13}$	$3 \cdot 10^4$
6	$2,5 \cdot 10^{14}$	$8 \cdot 10^3$
7	$9 \cdot 10^{14}$	$3 \cdot 10^3$
8	$2,5 \cdot 10^{15}$	$8 \cdot 10^2$
9	$9 \cdot 10^{15}$	$3 \cdot 10^2$
10	$2,5 \cdot 10^{16}$	$8 \cdot 10^1$

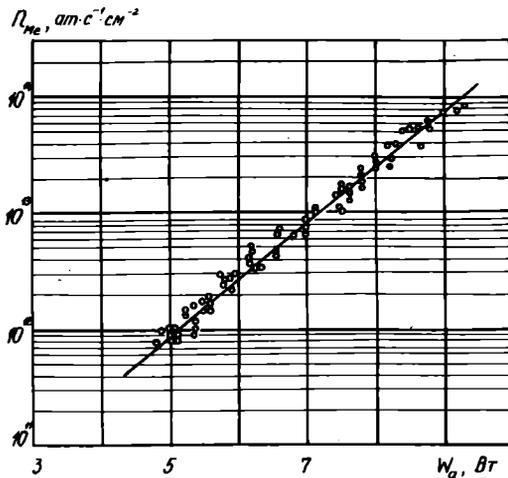


Рис. 2. Зависимость скорости конденсации эрбия от электрической мощности, расходуемой анодом-испарителем

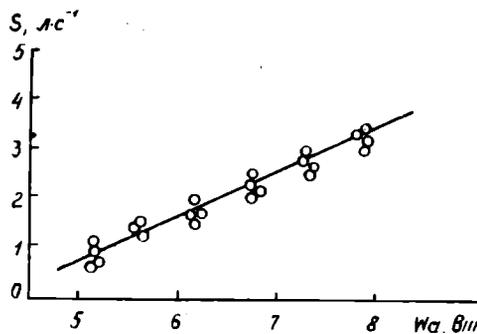


Рис. 3. Зависимость быстроты действия насоса при давлении азота 10^{-4} Па от электрической мощности, расходуемой анодом-испарителем

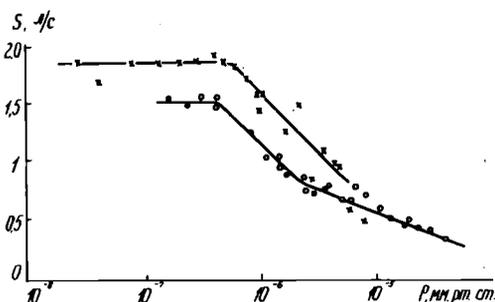


Рис. 4. Быстрота действия насоса в зависимости от давления газа при постоянной электрической мощности, расходуемой анодом-испарителем и равной 6 Вт (о — воздух, х — азот).

Зависимость быстроты действия насоса при давлении азота 10^{-4} Па от W_a представлена на рис. 3, от давления газа для азота и воздуха при $W_a = 6$ Вт — на рис. 4. Как показывают результаты опытов, после достижения давления $5 \cdot 10^{-5}$ Па быстрота действия насоса уменьшается. Объясняется это следующим обстоятельством. При $W_a = \text{const}$ скорость конденсации металла постоянна, например, для $W_a = 6$ Вт $N_{Me} = 3 \cdot 10^{12}$ атом·с⁻¹·см⁻². При этом может быть обеспечена постоянная и максимальная скорость поглощения газа $n_{\Gamma} = 1,5 \cdot 10^{12}$ молекул·с⁻¹·см⁻². Чтобы увеличить быстроту действия насоса S , необходимо увеличить скорость конденсации активного металла n_{Me} . В частности, при давлении $1 \cdot 10^{-4}$ Па для обеспечения $S = 2$ л·с⁻¹ необходимо обеспечить $n_{\Gamma} = 2,5 \cdot 10^{12}$ молекул·с⁻¹·см⁻², что возможно при $n_{Me} = 5 \cdot 10^{12}$ атомов·с⁻¹·см⁻², т.е. при $W_a = 6,5$ Вт (см. рис. 3).

Следовательно, при бескорпусном исполнении насоса достигается максимально возможная, не ограниченная проводимостью штенгеля, его быстрота действия. Возможность регулирования скорости испарения активного металла в широких пределах путем изменения мощности на аноде позволяет управлять скоростью откачки от максимального значения в момент старта и большого газовыделения из прибора до минимального значения по мере уменьшения давления в приборе. В связи с этим насос рекомендуется применять для финишной откачки ЭЛП, ЭОП в период активировки катодов и тренировки прибора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электроразрядные магнитные насосы для отпаянных ЭВП/М.А.Любимов, А.Г.Мишкин, Я.А.Юхвидин, М.И.Самарцев.— Электронная техника. Сер. 1. Электроника СВЧ, 1967, № 8, с. 105—114.
2. О применении электроразрядных насосов для поддержания вакуума в отпаянных электронных приборах/А.В.Штротмбергер, А.В.Аношкин, Б.Ф.Комиссаров и др.— Электронная техника. Сер. 10. Технология и организация производства, 1967, № 4, с. 67—71.
3. В о л к о в А.И., С а м а р ц е в М.И., Ю х в и д и н Я.А. Миниатюрный электроразрядный насос.— Электронная техника. Сер. 1. Электроника СВЧ, 1974, № 6, с. 98—100.
4. Малогабаритный геттерно-ионный насос с испарителем из эрбия/Р.Г.Варнакова, А.Г.Грушников, А.С.Назаров, М.В.Силаев.— ПТЭ, 1974, № 5, с. 141—143.
5. Малогабаритный гадолиниевый геттерно-ионный насос/Р.Г.Варнакова, А.Г.Грушников, А.С.Назаров, М.В.Силаев.— ПТЭ, 1977, № 4, с. 287.
6. Иоанизационные манометрические преобразователи для измерения давлений 10^{-10} — 10^{-4} тор/А.М.Григорьев, В.Т.Гринченко, И.А.Донской, Н.В.Цыбина.— ПТЭ, 1969, № 3, с. 163—166.
7. В а р н а к о в а Р.Г., Н а з а р о в А.С. Взаимодействие азота с пленками скандия при непрерывной конденсации металла.— ЖФХ, 1977, т. 51, № 3, с. 679—681.
8. Сорбция азота напыленными пленками титана/Г.Ф.Ивановский, А.С.Назаров, В.Г.Людковская, А.Я.Волынкина.— ЖФХ, 1969, т. 43, с. 946.

УДК 621.382.233.011.222.072.1

В. Я. Мастяев

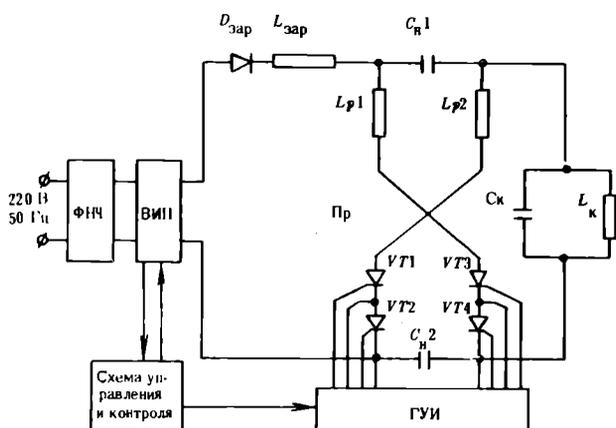
ТИРИСТОРНЫЙ КЛЮЧЕВОЙ ГЕНЕРАТОР

Индукционный нагрев токами высокой частоты (ТВЧ) в технологических процессах производства электронных приборов осуществляется с помощью ключевых генераторов ТВЧ с ударным возбуждением на импульсных тиратронах, которые в используемом диапазоне частот (0,44—1,76 МГц) превосходят по некоторым параметрам генераторы на электронных лампах: потребление электроэнергии вдвое меньше, активный элемент ключевого генератора не требует принудительного охлаждения, высокая эффективность преобразования ключевых генераторов обуславливает малые габариты и массу источников ТВЧ [1, 2].

Дальнейшее повышение эффективности ключевых генераторов ТВЧ может быть достигнуто применением тиристоров вместо тиратронов. Хотя мощные ВЧ тиристоры уступают импульсным тиратронам по частотным свойствам и величинам прямого и обратного напряжений, они обладают рядом преимуществ: большей долговечностью, отсутствием накала, мгновенной готовностью к действию, меньшей электроопасностью.

Ключевой тиристорный генератор индукционного нагрева мощностью 1 кВт и рабочей частотой 66 кГц состоит из преобразователя, выполненного по мостовой схеме [3], вторичного источника питания, генератора управляющих импульсов, схемы управления и контроля, а также фильтра низкой частоты (см. рисунок).

В мостовой схеме преобразователя используются высокочастотные тиристоры ТЧ-25 восьмого класса. В режиме ключевого генератора при частоте генерируемых колебаний 66 кГц для обеспечения работоспособности тиристоров с высоким электронным КПД целесообразно недоиспользование по напряжению и по среднему значению тока. Так как тиристоры являются безнакальными приборами и затраты мощности на их управление ничтожно малы, недоиспользование по напряжению и току не существенно с энергетической точки зрения. Указанные мероприятия позволяют обеспечить экономичный режим работы преобразовательной части генератора, при котором величина суммарных потерь мощности в четырех тиристорах не превышает 50 Вт.



Упрощенная электрическая схема тиристорного ключевого генератора

Основные технические характеристики тиристорного ключевого генератора

Мощность в колебательном контуре, Вт	1000
Частота ТВЧ, кГц	66
Электронный КПД	0,95
Потребляемая мощность, В·А	1200
Максимальное напряжение на тиристоре, В	
прямое	400
обратное	240
Амплитуда тока тиристора, А	100
Частота включений тиристора, кГц	2,5—10
Величины индуктивности	
зарядного дросселя, мГн	11
разрядной катушки, мкГн	20
колебательного контура, мкГн	3,6
Величины емкости, мкФ	
накопительных конденсаторов	0,45
колебательного контура	1,6
Напряжение вторичного источника питания, В	400
Габаритные размеры, мм	520x480x550
Масса, кг	40
Число тиристоров	4

Генератор разработан для распыления газопоглотителей в цветных кинескопах. Он может найти применение и для других технологических целей, например, для обезгаживания во время вакуумной обработки, ВЧ пайки металлостеклянных оболочек электровакуумных приборов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мастяев В.Я. Генераторы тока высокой частоты на импульсных водородных тиратронах для индукционного нагрева.— *Электровакуумная техника*, 1969, вып. 47, с. 57—65.
2. Мастяев В.Я. Генераторы на импульсных тиратронах для индукционного нагрева.— М.: Энергия, 1978.— 96 с.
3. А.с. 565373 (СССР). Генератор ударного возбуждения/В.Я.Мастяев — Опубл. в Б.И., 1977, № 26.

Статья поступила 7 февраля 1984 г.

УДК 628.16

Т. А. Бойцова, Л. В. Виграненко, Н. С. Мусалев, В. В. Попов

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕМБРАННЫХ МИКРОФИЛЬТРОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ДЕИОНИЗИРОВАННОЙ ВОДЫ

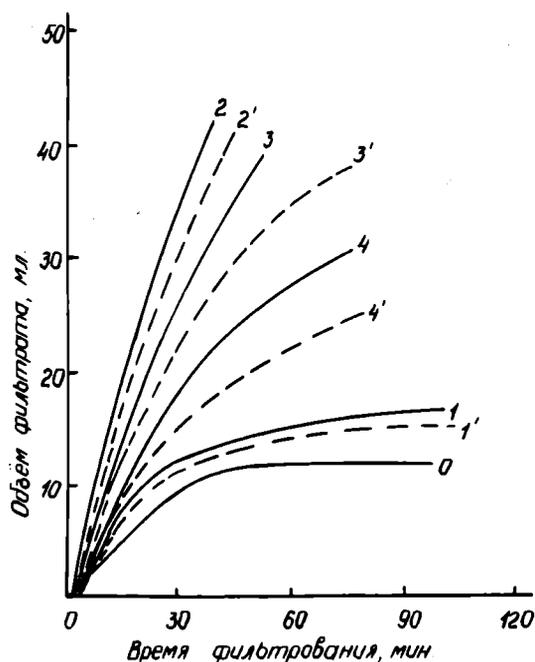
Применение сверхчистой деионизированной воды в технологии ИЭТ является необходимым условием обеспечения высокого качества продукции. Для глубокой очистки деионизированная вода фильтруется мембранными микрофильтрами с предельным размером пор 0,2 мкм, обеспечивающими эффективное задержание микрочастиц больших размеров. Однако микрозагрязнения в виде коллоидных и тонкодисперсных частиц меньших размеров способны проникать через микрофильтры и коагулировать, образуя агрегаты размером более 0,2 мкм. Поэтому глубокая очистка деионизированной воды от коллоидных и тонкодисперсных загрязнений представляет весьма важную проблему [1—3].

Предлагается модифицированный метод косвенной оценки эффективности микрофильтров относительно микрозагрязнений размерами менее 0,2 мкм. В исследованиях использовалась смесь

водопроводной воды и деионизованной воды марки А(1:10). Через микрофильтры диаметром 50 мм, отмытые от содержащихся в них механических частиц в 1 л деионизованной воды марки А под давлением 1,5 МПа, пропускался 1 л водной смеси. Фильтраты собирались в отмытые деионизованной водой склянки и с помощью счетчика определялось содержание в них микрочастиц. Кинетика фильтрования каждого фильтрата через контрольный микрофильтр «Нуклепор» (диаметром 2,4 мм с размерами пор 0,2 мкм) определялась под давлением 0,1 МПа. По данной методике были исследованы микрофильтры «Владипор» МФА-ЭМ1, «Хемофил» ПВХ и ПФИФА, «Ядерный». Результаты исследований представлены в таблице и на рисунке.

Используемый микрофильтр	Количество в 1 мл фильтрата микрочастиц, шт.		
	размером 2-5 мкм	размером 5-15 мкм	размером 15-25 мкм
Водная смесь (исходная)	202	47	2
"Владипор" МФА-ЭМ1	12	3	1
"Хемофил" ПВХ	12	4	1
"Хемофил" ПФИФА	30	16	2
"Ядерный"	9	4	1

Несмотря на то, что исследуемые микрофильтры сравнимы по эффективности очистки водной смеси от микрочастиц размером 0,2 мкм, фильтраты обнаружили различное содержание тонкодисперсных и коллоидных загрязнений. При этом, чем меньше исследуемый микрофильтр задерживает коллоидных загрязнений, тем больше их содержание в фильтрате и тем быстрее наступает насыщение фильтра «Нуклепор», а следовательно, и снижение скорости



Зависимость объема фильтрата от времени для микрофильтров «Владипор» МФА-ЭМ (1, 1'), «Хемофил» ПВХ (2, 2'), «Хемофил» ПФИФА (3, 3'), «Ядерный» (4, 4'), исходная водная смесь (0) с размерами пор 0,2 мкм (1, 2, 3, 4) и 0,5 мкм (1', 2', 3', 4')

фильтрования контролируемого фильтрата. Механизм задержания коллоидных и тонкодисперсных примесей можно, вероятно, объяснить наличием у микрофильтров коагулирующей способности, зависящей как от природы материала и структуры микрофильтра, так и от времени контакта водной смеси с микрофильтром (от давления фильтрования). Скоагулированные в агрегаты коллоидные загрязнения задерживаются на поверхности и в объеме микрофильтра.

Метод испытания мембранных микрофильтров относительно их эффективности задержания коллоидных загрязнений является простым и удобным, с его помощью можно определить технологические возможности микрофильтров в тех случаях, когда измерительная аппаратура не обладает чувствительностью, необходимой для определения загрязнения частицами деионизованной воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. А с с о m a z z o М.А. Colloidal contaminat retention testing. — Industrial Process Devision, 1982, N 7, p. 81—87.
2. К о р н е е в В.Н., Р о з е н ц в е й г И.Ю. Исследование эффективности жидкостных фильтров с помощью монодисперсных суспензий. — Электронная техника. Сер. 7. Технология, организация производства и оборудование, 1973, вып. 6, с. 52—58.
3. М и д л и ш в и л и Б.В., Ф л е р о в Г.Н. Изучение процессов фильтрации коллоидных и биологических суспензий через ядерные фильтры. — Коллоидный журнал, 1978, № 1, с. 59—69.

Статья поступила 10 февраля 1984 г.

УДК 621.385.832.7

А. И. Крыса, Л. И. Курницкий, Т. А. Свистун, Ю. Р. Сосновый

РАСПЫЛЕНИЕ АЗОСОДЕРЖАЩИХ ГАЗОПОГЛОТИТЕЛЕЙ В ЦВЕТНЫХ КИнесКОПАХ

В производстве цветных кинескопов используются азотосодержащие газопоглотители типа КРАБ, активным веществом которых является барий. В связи с плохим соединением молекулярного азота с барием после распыления газопоглотителя необходимо некоторое время (до 20 мин) для восстановления вакуума. Известно, что газы — азот, водород, углеводороды и кислород — интенсивнее поглощаются газопоглотителем в ионизированном состоянии. Отдельные случаи неустойчивого газового разряда внутри кинескопа наблюдаются во время распыления газопоглотителей. Следовательно, необходимо создать устойчивый газовый разряд в каждом распыляемом кинескопе. Для этого был проведен подбор мощности генератора распыления, поиск оптимальной конфигурации индуктора, использованы дополнительные источники энергии. Совместное воздействие поля индуктора и электрического поля генератора ударного возбуждения обеспечивало устойчивый газовый разряд в кинескопах.

Предложен следующий способ распыления: напряжение генератора ударного возбуждения ($U = 30$ кВ) подавалось на соединенные между собой выводы ножки кинескопа при заземленном выводе второго анода в течение всего времени распыления газопоглотителя (15 с для КРАБ-15АА). Газовый разряд внутри кинескопа возникал на 9-10 с от начала разогрева газопоглотителя и сохранялся до окончания распыления.

Эффективность предложенного способа распыления определяется восстановлением вакуума в кинескопах до уровня $4,8 \cdot 10^{-3}$ Па сразу же после распыления газопоглотителя, который не изменялся в течение 20-мин выдержки. При этом отпадает необходимость последующей выдержки кинескопов перед их дальнейшей обработкой, т. е. сокращается технологический цикл производства кинескопов.

С помощью дополнительного генератора проводится высокочастотный отжиг изоляции кинескопа, который с повышением давления и возникновением газового разряда переходит в эффективную ионно-плазменную очистку деталей ЭОС, что способствует повышению электрической прочности.

Просмотр электронного изображения катода на экране кинескопа показал значительное уменьшение черных точек, появляющихся в результате разрушения оксидного покрытия катода. Это связано с применением более "мягкого" ВЧ прожига и ионно-плазменной очистки деталей ЭОС. Отмечено также, что паразитная засветка экрана наблюдалась в три раза реже. Электропрочность кинескопов значительно повышена и существует возможность ее дальнейшего повышения за счет некоторого (до 35-40 кВ) увеличения выходного напряжения дополнительного генератора, а также продолжительности времени ионно-плазменной очистки.

Таким образом, подведение к электродам ЭОС кинескопа ВЧ энергии от дополнительного источника во время распыления газопоглотителя обеспечивает устойчивое зажигание газового разряда в конечной стадии распыления, что приводит к немедленному восстановлению вакуума в кинескопах, повышению их электрической прочности и исключению операции высоковольтного прожига.

Статья поступила 8 февраля 1984 г.

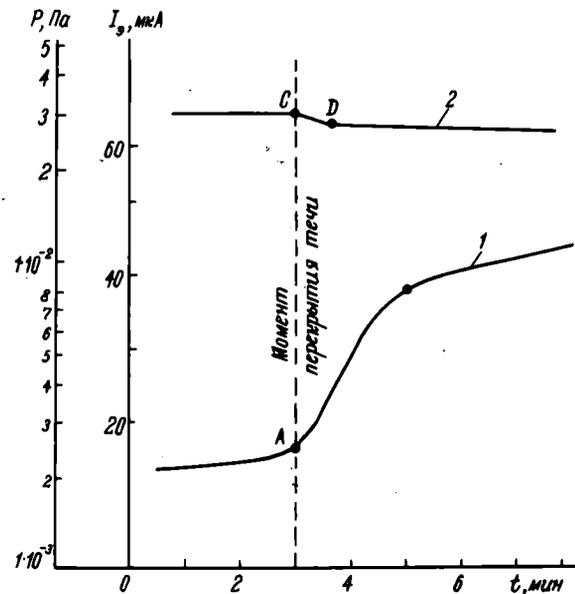
УДК 681.385-213

А. И. Крыса, Л. И. Курницкий, Т. А. Свистун,
Ю. Р. Сосновый

КОНТРОЛЬ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ЭВП С ОКСИДНЫМ КАТОДОМ

Контроль герметичности ЭВП, обеспечивающий раннее выявление брака изделий, на электровакуумных предприятиях осуществляется масс-спектрометрическим и манометрическим методами. Однако сложное дорогостоящее оборудование при использовании первого метода и низкая чувствительность второго метода ограничивают их широкое применение в промышленных условиях.

Предлагается сравнительно простой способ контроля герметичности ЭВП с оксидным катодом, который осуществляется во время термовакуумной обработки ЭВП (после термообработки катода). Сущность способа заключается в про-



Изменение электронного тока и давления в объеме ЭВП в зависимости от времени откачки

ведении временного уплотнения предполагаемого места течи жидким герметиком с замером в цепи модулятор—катод электронного тока (на модулятор подано небольшое положительное относительно катода напряжение 1,5 В). Электронный ток измерялся до и после уплотнения предполагаемого места течи (см. рисунок, кривая 1). Увеличение электронного тока свидетельствует о наличии течи. В качестве герметика использовалась вакуумная жидкость ПФМС-2/5л, имеющая низкое давление насыщенных паров и вязкость, достаточную для уплотнения течи на время проведения испытаний. Откачка ЭВП проводилась вакуумным насосом Н-0,15 через штенгель пропускной способностью около 1 л/с.

Давление измерялось с помощью установленного в объеме ЭВП манометрического датчика ПМИ-2 (см. рисунок, кривая 2). Предполагаемые места течи (например, места спаев дефлекторных выводов со стеклом) поочередно смазывались герметиком, который при наличии течи под действием атмосферного давления заполнял канал натекания и перекрывал его. Момент уплотнения течи характеризуется спадом давления в откачиваемом ЭВП (см. рисунок, участок CD на кривой 2) и резким увеличением электронного тока в цепи модулятор-катод (см. рисунок, участок AB на кривой 1) вследствие прекращения доступа атмосферного воздуха внутрь ЭВП и восстановления эмиссионной способности катода.

Использование предложенного способа обеспечит возможность контроля герметичности ЭВП с оксидным катодом при несформировавшихся и нестабильных эмиссионных характеристиках катодов, что позволит проводить отбраковку негерметичных ЭВП уже на ранних стадиях их изготовления; возможность контроля герметичности при наличии диодной системы электродов ЭВП; упрощение контроля в условиях промышленного производства.

Статья поступила 2 февраля 1984 г.

УДК 621.385.832.7.002.2:65.015.25

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИХ ЭЛТ

Эффективность и, соответственно, высокая производительность труда в многономенклатурном производстве осциллографических ЭЛТ (ОЭЛТ), отличающемся повышенной трудоемкостью изготовления отдельных узлов и приборов в целом, разнообразием комплектующих узлов и материалов достигается внедрением прогрессивных технологических процессов и новых материалов, унификацией конструкций и автоматизацией оборудования.

Работы по стандартизации и унификации позволили всю номенклатуру ОЭЛТ разделить на три группы: однолучевые крупногабаритные (типа 11ЛО, 15ЛО), малогабаритные (типа 6ЛО, 8ЛО) и двухлучевые приборы (типа 9ЛО). Номенклатура катодно-подогревательных узлов сведена до трех типов, различающихся конструкцией и мощностью катодов. Переход на единую конструкцию стеклянного штенгеля, оптимальное размещение газополотителей в ЭОС, создание высокочастотных индукторов легли в основу разработки прогрессивной технологии откочки, совмещающей режимы термо- и электрообработки, высокочастотного обезгаживания и электроотпая при повышенной температуре.

Цикл откочки на конвейерном агрегате для крупногабаритных ОЭЛТ сократился до 90 мин, на полуавтоматах откочки двухлучевых ОЭЛТ 9ЛО — с 240 до 80 мин. При этом снижены в 2,6 раза затраты электроэнергии и в 3 раза воды, повышен выход годных на 3%. Перевод малогабаритных ОЭЛТ на полуавтомат откочки обеспечил повышение производительности в 2,5 раза. Разработка унифицированного режима тренировки для группы ОЭЛТ позволила автоматизировать процесс тренировки, повысить коэффициент использования конвейера тренировки с 0,35 до 0,95.

Время осаждения различных типов экранных покрытий на баллоны ОЭЛТ ранее составляло 90—120 мин. В результате унификации материалов люминофоров, использования низкомолекулярного силиката калия и азотнокислого стронция, введения вакуумной сушки и других мероприятий удалось снизить время для получения качественного люминофорного покрытия до 20 мин.

Унификация технологии нанесения люминофорного покрытия, применение высокопроизводительных карусельных машин с автоматизацией дозирования рабочих растворов и цикла осаждения позволили сократить в 4,5—6 раз время осаждения, повысить на 5—10% качество люминофорного покрытия и выход годных, на 10—15% запас по яркости свечения.

Весьма трудоемким и материалоемким является процесс изготовления прецизионных мелкоструктурных сферизованных сеточных узлов. Применяемые до настоящего времени вольфрамовые мотаные сетки вследствие малой пластичности не позволяют создавать объемную форму требуемой крутизны со стабильной по всей поверхности геометрией ячеек.

Для повышения производительности изготовления сеточных узлов и экономии вольфрама осуществлен переход на сетки, получаемые гальваническим осаждением на матрицы медного и никелевого слоев, при котором обеспечиваются необходимые пластичность и прочность

мелкоструктурного полотна. Разработана технология сферизации методом однократной штамповки в пластинах-спутниках. В результате удалось достичь минимальных искажений структуры сетки и большой крутизны в рабочей зоне, что позволило увеличить коэффициент усиления угла отклонения луча.

Уменьшение ширины канавки на матрице в 1,5 раза без изменения толщины сетки увеличило прозрачность на 6%. Ниже приведены сравнительные параметры вольфрамоникелевых мотаных и гальванических медно-никелевых сеток:

	Мотаные сетки	Гальванические сетки
Шаг, мкм	50x50	50x50 (30x30)
Разброс по шагу, %	30—40	0,5
Толщина, мкм	24	10
Оптическая прозрачность, %	50	60
Разброс прозрачности, %	5—6	не более 2
Пластичность, мм	2—3	10—12
Максимальная высота вытяжки сетки, мм	6	12

Наряду с улучшением качества сеточных узлов повышена производительность их изготовления в 2 раза. Механизирован один из наиболее трудоемких процессов — изготовление стеклянных баллонов ОЭЛТ.

Для перехода на технологию прессования конуса разработан пресс-инструмент, изготавливаемый на станках с ЧПУ. Прессование баллонов ОЭЛТ позволило расширить их выпуск без увеличения производственных площадей, повысить производительность труда на 30%, сократить численность рабочих и улучшить условия труда. За счет стабилизации геометрических параметров баллона удалось механизировать многие операции его обработки и повысить механическую прочность и надежность ОЭЛТ.

*В. Е. Гачкевич, Э. В. Гуцин, О. В. Гупаловский,
Р. М. Зубков, Л. О. Кобинец, В. А. Матюхин,
Н. Н. Попова*

Статья поступила 8 февраля 1984 г.

НОВАЯ КНИГА

АНАЛОГОВЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКИ, ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СВЧ СХЕМЫ

В.Н.Данилин, А.И.Кушниренко,
Г.В.Петров

М.: Радио и связь, 1985. — 15 л., ил.

Изложены вопросы разработки и анализа аналоговых СВЧ микросхем. Подробно рассмотрены активные и пассивные элементы микросхем и приведены их эквивалентные схемы и методы расчета. Детально рассмотрены особенности расчета и реализации усилителей, смесителей и генераторов в виде полупроводниковых микросхем. Описана технология изготовления таких устройств.

Для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием приемно-усилительной аппаратуры СВЧ диапазона.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС И КАДРЫ

УДК 658.5

А. Н. Бурмистров, Ю. Н. Дьяков

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ ЦЕХОМ

В ПОРЯДКЕ ОБСУЖДЕНИЯ

Исследуется влияние совершенствования структуры управления цехом на эффективность его работы за счет создания и функционирования общественно-административных органов управления — советов бригад и советов бригадиров.

Необходимость расширения прав трудящихся в управлении производством вытекает из самой природы социалистического строя. Партия и правительство уделяют большое внимание повышению роли трудовых коллективов в управлении производством. О все более активном участии трудящихся масс в управлении государственными и общественными делами говорилось на ноябрьском (1982 г.) Пленуме ЦК КПСС [1], на усилении работы в этом направлении нацеливает и Закон СССР о трудовых коллективах, а также постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О дальнейшем развитии и повышении эффективности бригадной формы организации и стимулирования труда в промышленности».

Развитие демократических принципов управления производством должно соответствовать уровню и масштабам тех задач, которые стоят в настоящее время перед народным хозяйством страны. «...Во главу угла выдвигается сегодня задача продумать и последовательно осуществить меры, способные дать больший простор действию колоссальных созидательных сил, заложенных в нашей экономике. Эти меры должны быть тщательно подготовленными, реалистическими, а значит, при их разработке необходимо неуклонно исходить из законов развития экономической системы социализма» [2].

Одним из путей развития демократических принципов управления производством является внедрение в строительстве и промышленности бригадных форм организации труда, что способствует повышению эффективности работы не только отдельных бригад, но и предприятия в целом, достигнута более высокого уровня управления цехом и предприятием.

На всех этапах развития производства должны соблюдаться следующие демократические принципы управления:

увеличение количества участников в принятии решений по управлению производством, особенно на низшем уровне управления;

увеличение количества решений, принимаемых нижним уровнем управления, а также уменьшение количества решений, принимаемых высшим уровнем управления;

уменьшение количества ступеней между низшим и высшим уровнями управления.

Помимо этого, необходимо дальнейшее развитие коллегиальности в принятии решений и введение элементов выборности в органы управления.

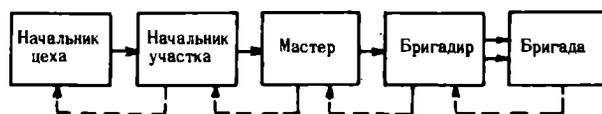
Критериями оптимизации процесса управления производством (например цехом) за счет его дальнейшей демократизации являются:

отношение к труду (уровень общественного сознания) и социально-психологические изменения в коллективе (удовлетворенность трудом, зарплатой, взаимоотношениями в коллективе, снижение количества нарушений общественного порядка и трудовой дисциплины);

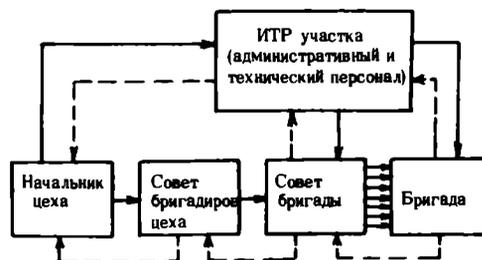
основные результаты производственной деятельности коллектива (рост производительности труда, снижение себестоимости и улучшение качества продукции, рост объемов производства, фондоотдачи и заработной платы, улучшение ритмичности работы).

Успешное функционирование систем социального типа в большой степени зависит от структуры самих систем и органов их управления [3]. Структуру управления бригадами цеха, в котором проводился эксперимент по оптимизации управления, условно можно представить в виде схемы (см. рисунок, а). К недостаткам такой схемы следует отнести длительное прохождение информации и, как следствие этого, большую вероятность ее искажения. В результате были созданы новые коллегиальные выборные органы управления бригадами и всем коллективом цеха (см. рисунок, б). Такая форма управления создает необходимые условия, при которых рабочие, избранные в состав советов бригад и совета бригадиров, получают реальную возможность непосредственно участвовать в управлении производством. Бригадными формами организации труда в цехе было охвачено 98% рабочих. Все созданные бригады основного производства (сквозные и комплексные) работают на один наряд с применением коэффициента трудового участия (КТУ).

Совет бригады и совет бригадиров цеха, функционирующих в рамках данной схемы управления, являются общественно-административными органами управления, выполняющими конкретные административные функции по оперативному управлению производством. Это зафиксировано в поло-



а



б

Схема управления бригадами цеха до оптимизации (а) и после оптимизации (б); —> — прямое управляющее воздействие; - -> - обратная связь

жении о совете бригады, которое предоставляет его членам необходимые права и возлагает на них определенные обязанности. Общественно-административный статус советов бригад вызывает необходимость формирования структуры советов или по звеньевому принципу (в зависимости от особенностей технологии производства), или по принципу ответственности за какое-либо направление деятельности бригады. В соответствии с положением за выполнение дополнительного объема работ, связанного с управлением бригадой, членам совета бригады может устанавливаться доплата в размере до 5% от тарифной ставки. Эту доплату администрация цеха имеет право снять при неудовлетворительном выполнении обязанностей каким-либо из членов совета.

Совет бригадирова цеха организует работу бригад по обеспечению выполнения месячных заданий, принимает меры для полного использования рабочего времени в бригадах, помогает отстающим бригадам и распространяет опыт передовиков.

Основной задачей совета бригады является ежедневное оперативное руководство коллективом, обеспечение выполнения производственного задания с максимальной эффективностью. Это обусловлено тем, что сами члены совета бригады непосредственно участвуют в технологическом процессе, а следовательно, имеют наиболее достоверную информацию о состоянии производства, что позволяет им оперативно принимать решения по его управлению. К тому же участие в повседневной работе по управлению повышает ответственность совета бригады за состояние технологической дисциплины, электровакуумной гигиены и т.д.

Создание нового общественно-административного органа на самом близком к производственному процессу уровне управления — в бригаде — позволило увеличить в цехе число трудящихся, участвующих в управлении, с 22 до 104 человек. Это увеличение становится особенно важным тогда, когда планируется значительное повышение объема производства, номенклатуры выпускаемой продукции, производительности труда, обеспечение ритмичной работы. Следует отметить, что привлечение к управлению только специалистов лишает рабочих — непосредственных производителей, хозяев средств производства — этой важнейшей социальной функции. Совладельцем же общественной собственности рабочий начинает чувствовать себя лишь тогда, когда он становится реальным участником процесса управления, действительно ответственным за положение дел на том или ином участке производства.

Важным фактором в повышении эффективности управления является сокращение количества его ступеней с целью уменьшения времени прохождения [4], а следовательно, и вероятности искажения информации. Ежедневно утром в течение 20—30 мин проводятся оперативные совещания совета бригадирова цеха, на которых происходит обмен информацией между начальником цеха и председателями советов бригад и принимаются необходимые решения. Также ежедневно перед началом вечерней смены в течение 10 мин советы бригад обсуждают информацию, поступившую с оперативного совещания совета бригадирова, подводят итоги работы бригады и звеньев за прошедший день, уточняют задания на оставшуюся часть суток, проверяют исполнение принятых ранее решений, рассматривают вопросы стабилизации производства (на уровне совета бригады и совета бригадирова).

Процесс передачи информации во время ежедневных совещаний совета бригадирова и советов бригад позволяет сократить время прохождения информации от бригады до начальника цеха и обратно с 1 ч до 40—45 мин. Возрастание числа работников, принимающих участие в процессе управления бригадой (на одного управляющего на низовом уровне

приходится по 4—7 человек вместо 15—18) облегчает процесс управления и укрепляет производственную дисциплину. Мероприятия по совершенствованию управления цехом обусловили необходимость нового подхода к обязанностям ИТР. Центр тяжести их работы перемещается с решения задач суточного управления и обеспечения производства на задачи недельного и месячного обеспечения. При этом они не устраняются от выполнения суточных заданий, обсуждая на оперативных совещаниях участков ход выполнения производственного плана и принимая решения, обеспечивающие это выполнение. Основное внимание ИТР направлено на повышение качества продукции и эффективности производства, совершенствование технологического процесса; улучшение организационной и воспитательной работы на участке, усиление входного контроля материалов и сред, повышение надежности работы оборудования, его модернизацию, автоматизацию и т.п. Возникла необходимость уточнения критериев оценки деятельности ИТР и организации их работы по личным планам. Такие планы составляются всеми инженерно-техническими работниками на месяц с целью повышения качества и эффективности работы руководимых ими подразделений и цеха в целом. На предприятии было разработано положение о стимулировании труда ИТР, работающих по личным планам.

Система материального стимулирования труда в бригадах также подверглась определенным изменениям. Ранее непосредственные участники производственного процесса были фактически устранены от распределения вознаграждения за результаты труда, что снижало роль оплаты в стимулировании эффективной работы. Сдельный заработок бригады распределял мастер, а премии — экономист цеха. Заработная плата внутри бригады дифференцировалась только в зависимости от разряда работника и отработанного им времени без учета личного вклада в результаты работы всего коллектива, что также не способствовало повышению производительности труда. По новой системе предусматривается закрытие нарядов председателем совета бригады, распределение советом бригады приработка по КТУ, доплата в размере 5% членам совета бригады, премирование совета бригады по комплексной оценке, включающей организацию работ, выполнение производственной программы, качество труда, эффективность работы. Предусматривается также коллективная ответственность совета бригады за нарушения общественного порядка и трудовой дисциплины членами бригады. Изменение системы оплаты труда позволяет объективнее оценивать деятельность каждого члена бригады, что в конечном счете способствует формированию ядра коллектива в виде совета бригады, заинтересованного в повышении качества и эффективности работы.

Говоря об особенностях советов бригад и совета бригадирова как органов управления и об их связи с администрацией цеха, следует иметь в виду, что они являются выборными органами управления. Работа в этих органах требует от трудящихся больших знаний и большего умения. Качественные изменения общественного сознания трудящихся способствуют всестороннему развитию человека, являющегося главной производственной силой общества, а это, в конечном счете, определяет уровень развития самого общества [5].

В целях определения эффективности бригадной формы организации труда и созданной на ее основе новой структуры управления цехом было проведено анкетирование, которым было охвачено 50% работников цеха. Оно показало, в частности, что число рабочих, удовлетворенных своим трудом и зарплатой, увеличилось соответственно в 1,8 и

2,6 раза; значительно улучшились взаимоотношения в коллективах бригад. Число рабочих, удовлетворенных взаимоотношениями с бригадиром, увеличилось на 4,6%, с мастером — на 34%, с начальником участка — на 71%.

Анализ результатов производственной деятельности цеха за три года, прошедшие после внедрения новой системы управления, показывает, что совершенствование управления цехом путем создания советов бригад и совета бригадиров способствует росту эффективности работы всего коллектива цеха. Так, объем производства увеличился в 1,8 раза, производительность труда — в 1,9 раза, численность работающих сократилась на 6%, затраты на 1 руб. товарной продукции уменьшились на 22%, заработная плата возросла на 2%, фондоотдача увеличилась в 1,8 раза, выпуск продукции высшей категории качества в общем объеме продукции возрос в 1,5 раза, улучшилась ритмичность.

Производственные показатели цеха, а также результаты анкетирования свидетельствуют об эффективности новой системы управления цехом и необходимости ее дальнейшего совершенствования и развития в направлении вовлечения в этот процесс все большего числа рядовых членов бригад, дальнейшего совершенствования системы материального поощрения за конечный результат, развития демократических принципов управления на этапе обеспечения и планирования производства, дальнейшего стимулирования повышения компетентности и активности ИТР в разработке и реализации мероприятий по повышению качества продукции и эффективности производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы Пленума Центрального Комитета КПСС, 22 ноября 1982 г. — М.: Политиздат, 1982.
2. А н д р о п о в Ю.В. Учение Карла Маркса и некоторые вопросы социалистического строительства в СССР.— Коммунист, 1983, № 3.
3. О м а р о в А.М. Социальное управление.— М.: Мысль, 1980.
4. К у н ц Г.О., Д о н н е л С. Управление: Системный и ситуационный анализ управленческих функций.— М.: Прогресс, 1981, т. 2.
5. И г н а т о в с к и й П.А. Соотношение объективного и субъективного в экономике.— Вопросы экономики, 1983, № 2.

Статья поступила 21 ноября 1983 г.

УДК 658.314.7

Т. П. Лауцявичюс, Б. М. Лебедевас, В. А. Улозас

МАТЕРИАЛЬНОЕ СТИМУЛИРОВАНИЕ ИТР И СЛУЖАЩИХ ЗА КОНЕЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ

Опыт внедрения на одном из предприятий отрасли системы материального стимулирования ИТР и служащих за конечный результат является серьезным стимулом для выявления внутренних резервов и повышает объективность учета вклада каждого работника в общее дело.

Система премирования ИТР и служащих за конечный результат*, разработанная и внедренная на одном из предприятий, вызвала определенный интерес. Была организована школа передового опы-

та по распространению системы на других предприятиях. До внедрения данной системы условия премирования чаще всего отражали результаты коллективного труда без должного учета личного вклада исполнителя в достижение этих результатов. Это приводило к тому, что материальное поощрение отдельного исполнителя зачастую не соответствовало результатам его труда.

Новое в материальном стимулировании труда ИТР и служащих заключается в том, что их трудовая деятельность на предприятии стала оцениваться по конечным результатам работы, зависящим от качества деятельности каждого исполнителя (мастера, инженера, руководителя цеха, отдела и т.д.). Соответствие фактических результатов работы отдельных исполнителей требуемым дает гарантию достижения конечного результата работы подразделением и предприятием в целом.

Внедрение данной системы имеет ряд особенностей, на которых следует остановиться подробнее.

Поскольку внедрение системы экономически эффективно только при комплексном подходе, необходимо проделать сравнительно большой объем подготовительных работ по разработке перспективной схемы управления, пересмотру положений о подразделениях и должностных инструкций, совершенствованию внутривзводского хозрасчета. Перспективная схема управления определяет направления развития отдельных подразделений, централизацию или децентрализацию функциональных служб, что дает возможность более объективно определять конечные результаты работы, которые должны оцениваться системой. Пересмотр должностных инструкций проводится с тем, чтобы исключить общие формулировки и добавить пункты, где указывались бы те обязанности, за выполнение которых может предусматриваться дополнительное премирование, которое оценивается числовым значением.

Система требует аналитического подхода при выборе дополнительных показателей премирования, связанного с психологической переориентацией работников, особенно руководителей подразделений и руководителей более высокого ранга, поскольку они сами становятся активными участниками построения и функционирования системы.

В связи с тем, что дополнительные условия премирования определяются по каждому исполнителю с учетом особенностей его труда и конкретных значений конечного результата, расширяется круг лиц, участвующих в их формировании и утверждении. Конечные результаты начальников подразделений должны отражать результаты деятельности всего коллектива, цеха, отдела и утверждаться руководителем предприятия; конечные результаты деятельности работников цеха, отдела утверждает руководитель данного подразделения.

Соответственно усиливается роль функциональных служб, так как с ними согласовываются конечные результаты работы других подразделений, обеспечивающих выполнение данной функции.

Расширился также круг должностных лиц, утверждающих конечные результаты для руководителей подразделений, начальников цехов, отделов. Если раньше все показатели утверждались директором или главным инженером, то теперь право на утверждение также имеют: заместитель главного инженера (по вопросам технологических потерь, рекламаций и др.); заместитель директора по экономике (по экономическим показателям: качеству применяемых технически обоснованных норм, соблюдению сметы расхода по отдельным статьям себестоимости и др.); заместитель директора по кадрам (вопросы текучести кадров, уровня адаптации работников и др.).

Отдел научной организации труда и управления несет ответственность за проведение комплекса подготовительных работ, разработку принципов системы и путей их реализации, подготовку

*Премия ИТР — за конечный результат.— ЭКО, 1981, № 8.

требований автоматизированного расчета коэффициента качества и за контроль функционирования системы. Динамичной частью системы являются дополнительные условия премирования и особенно значения конечных результатов. Они становятся как бы «плавающими» показателями, меняющимися в зависимости от возникающих задач и предъявляемых требований.

Установление каждому исполнителю дополнительных условий премирования, конкретных конечных результатов дало возможность перестроить деятельность каждого работника, заинтересованного в организации работы таким образом, чтобы лучше обеспечить достижение требуемого результата. Это является серьезным стимулом по выявлению внутренних резервов. Резко возрастает исполнительская дисциплина, в первую очередь в общезаводских подразделениях. Например, раньше премия механику цеха (как и всему общецеховому персоналу) начислялась за выпуск годной продукции. Если цех выполнял план, механик получал премию, несмотря на то, что в данном месяце оборудование часто простаивало, не хватало запасных частей. В другом месяце план по выпуску годной продукции не был выполнен, премия не выплачивалась, хотя оборудование работало нормально. Такое положение зачастую порождало равнодушие к своей работе. По новой системе механику установлены показатели конечных результатов, непосредственно зависящие от его трудовой деятельности: уровня простоя оборудования, обеспечения запасными частями, выполнения требований по технике безопасности. В этом случае заинтересованность работника в результатах своего труда резко повышается.

Внедрение системы требует совершенствования методов управления предприятием, перестройки работы отдельных подразделений. Это можно показать на примере определения конечных результатов работы отделов снабжения и комплектации. Для успешного выполнения этими отделами своей основной обязанности — планомерного обеспечения производства материальными ресурсами — необходимо, чтобы другие службы представляли реальные, технически обоснованные заявки на материалы. Для подготовки таких заявок надо знать

(вплоть до низовых звеньев) конкретные задачи минимум на два года. С этой целью на предприятии проводится работа по внедрению матричного метода распределения между исполнителями функций перспективного планирования и других функций управления.

Система материального стимулирования не может нормально функционировать без получения объективной информации. Требованиям системы отвечает механизированная обработка информации с использованием ЭВМ и централизованное представление ее в виде обезличенных табуляграмм. Информацию представляют функциональные подразделения, заинтересованные в объективности данных, так как эти данные определяют конечный результат работы подразделений. Каждому подразделению, представляющему информацию, ИВЦ выдает табуляграмму централизованного представления фактических результатов для работников данного подразделения и исполнителей других подразделений. Табуляграммы обеспечивают оперативный анализ размеров премий, достигнутого уровня фактических результатов.

Детальный анализ эффективности дополнительных условий премирования вызывает необходимость разработки и внедрения автоматического анализа эффективности установленных числовых значений конечных результатов по всей цепочке формирования показателей: для руководящих работников, исполнителей среднего и низшего звеньев управления.

По нашему мнению, должны быть установлены следующие пропорции в премировании: за выполнение общих плановых показателей, т.е. за коллективные результаты работы, должно начисляться 25% всей премии, а за выполнение дополнительных условий премирования, т.е. за индивидуальные результаты труда, — 75%. Это повысило бы значение личного вклада каждого в конечные результаты работы всего коллектива.

Внедрение данной системы материального стимулирования осуществлялось при поддержке и активном участии руководства предприятия. Дальнейшее совершенствование системы окажет ощутимое влияние на повышение эффективности производства.

Статья поступила 5 октября 1983 г.

ЛЮДИ ТРУДОВОЙ СЛАВЫ

ОПЕРЕЖАЯ ВРЕМЯ

За выдающиеся достижения в труде передовику Всесоюзного социалистического соревнования Измайловой Нине Сергеевне присуждена Государственная премия СССР 1983 года.

Нина Сергеевна Измайлова — стеклодув цеха фотоэлектронных и газоразрядных приборов — занимается изготовлением изоляторов для фотоэлектронных умножителей, широко применяемых в народном хозяйстве. Три—четыре тысячи изоляторов выходят из-под рук Нины Сергеевны за одну только смену — почти вдвое больше задания. Боль-



шой точности требует эта ручная операция. Малейшая ошибка ведет к простоям на этапе монтажа. К тому же многим приборам, в которых используются эти изоляторы, присвоен Государственный Знак качества. Так что работа должна быть безупречной.

Успешной работе Измайловой способствует свойственная ее характеру сила воли, постоянная к себе требовательность. Овладев смежными операциями, Нина Сергеевна изучила технологические особенности стекла и металла, умело регулирует пламя горелки — основного инструмента в ее кропотливом деле.

Постоянный поиск лучшего использования производственных новшеств, новых методов труда и повышение его эффективности позволили Н. С. Измайловой повысить выход годных изделий на 1,5%, снизить их трудоемкость на 264 н-ч, себестоимость — на 0,3%, экономно расходовать электроэнергию и материалы. Десять лет назад произошел такой случай. Не было молибденовых выводов. Положение казалось критическим. Нина Сергеевна предложила использовать отходы молибденовых выводов. Качество изделий при этом не ухудшилось, выработка осталась прежней 170—180%. С тех пор все отходы идут в производство повторно.

Если вернуться мысленно в 10-ю пятилетку, можно вспомнить о повышенном обязательстве Нины Сергеевны Измайловой — личный план выполнить за три года. Какими возможностями она тогда располагала? Прежде всего — высоким уровнем квалификации, умением рационально использовать рабочее время. В результате пятилетка была выполнена за 2 года 9 месяцев, сэкономлено 96 кг молибдена, что позволило отработать 43 дня на сэкономленных материалах.

— Это далось не просто, — рассказывает Нина Сергеевна, — я изменила приспособление для изготовления сложных изоляторов, и качество спая стекла с металлом улучшилось, производительность труда увеличилась на 20%. А после исправления забракованных приборов по замыканию катодов выход годных повысился в среднем на 3—4%.

Измайлова поддержала начин передовых рабочих "Опыт, знания, достижения наставников — каждому молодому рабочему" и обучила своим методам труда пятерых молодых стеклодувов. Трое из них — Н. Кузнецова, Г. Зимина и Р. Кузьмина — уже сами перевыполняют норму при высоком качестве изделий.

— Накануне XXVI съезда нашей партии, — продолжает Измайлова, — я приняла повышенное обязательство "От съезда к съезду — 8,5 годовых норм" и решила выполнить план первого квартала 1981 г. к открытию съезда, а план 1981 г. — ко Дню Конституции СССР. Эти обязательства выполнила. Задание 1981 г. завершила 20 сентября. 19 дней отработала на сэкономленных материалах и сберегла 57 тысяч изоляторов.

В одиннадцатой пятилетке коммунист, ударник коммунистического труда Н. С. Измайлова поставила перед собой новые задачи. За счет совершенствования организации рабочего места, повышения навыков и квалификации, внедрения рациональных приемов сокращения технологических потерь она решила добиться выполнения двух заданий одиннадцатой пятилетки.

В коллективе набирало силу социалистическое соревнование в честь 60-летия образования СССР.

Работники цеха с интересом следили за трудовыми показателями стеклодува Измайловой. Они в нее верили. И вот она, участница юбилейного соревнования, обязалась выполнить задание 3,5 лет пятилетки ко Дню Конституции СССР в 1982 г. и отработать 23 дня на сэкономленных материалах и энергоресурсах. Обязательства выполнила успешно: изготовила из сэкономленных материалов дополнительно к плану 66 тыс. изоляторов. Н. С. Измайлова к 60-летию СССР завершила задание 3 лет и 9 месяцев. Ударник девятой и десятой пятилеток, она была победителем социалистического соревнования 1973, 1974, 1978, 1979 гг., награждена знаком "Лучший рабочий министерства", Почетной грамотой МГК КПСС и Ленинской юбилейной Почетной грамотой, кавалер двух орденов Трудового Красного Знамени и Октябрьской Революции. За успехи, достигнутые в 1981—1982 гг., и досрочное выполнение заданий Нина Сергеевна награждена знаком "Ударник XI пятилетки".

Прошедший год ознаменовался для Н. С. Измайловой новой трудовой победой: к 1 мая закончила личную пятилетку. А к 13 октября, 25-летию движения за коммунистическое отношение к труду, выполнила задание первого года двенадцатой пятилетки за счет предельного уплотнения рабочего дня и, конечно, дальнейшего повышения квалификации.

Двадцать два года минуло с тех пор, как Нина Сергеевна Измайлова пришла на завод. За это время она стала настоящим мастером своего дела. Сопутствовал ей успех и на партийной работе. Десять лет избирали ее партгрупоргом. Была агитатором. Сейчас Н. С. Измайлова — член РК КПСС, работает в группе народного контроля участка, состоит в Обществе советско-венгерской дружбы.

Т. М. Апарина

СЕКРЕТЫ МАСТЕРСТВА



На нашем предприятии Екатерина Абрамовна Ракульцева работает с 1979 г. оптиком шестого разряда. За этот короткий срок она зарекомендовала себя как специалист высокого класса. Нет ни одного вида работ по обработке оптического стекла и кристаллов, которые Екатерина Абрамовна не

смогла бы выполнить. Работая на участке по изготовлению линз для объективов, Ракульцева взяла повышенное социалистическое обязательство — выполнить пятилетнее задание за 3,5 года. Ежемесячные плановые задания она выполняет на 145—160%, а годовой план — за 8,5 месяцев.

Добиться высоких производственных показателей Е. А. Ракульцевой помогает огромный накопленный опыт, творческое отношение к работе. Трудовой путь ее начался в 1943 г. с учебы в ремесленном училище по специальности оптика. С годами выработалась интуиция, то особое чутье в работе, которое отличает опытного мастера любой профессии. Екатерина Абрамовна ведет обработку деталей, точность изготовления которых по плоскостности или радиусу кривизны составляет 0,02 мкм; с чистотой поверхности по первому классу (допуск по первому классу составляет: ширина царапин не более 0,004 мм, диаметр точек не превышает 0,002 мм. По твердости, например, линзы из кристалла ФК-13 в десятки раз мягче стали).

Ракульцева точна и очень аккуратна в работе. В совершенстве владея технологией обработки оптического стекла и кристаллов, она сама подбирает режимы обработки деталей, состав наклеечных и полировочных смол и другие компоненты в зависимости от температуры и влажности окружающей среды.

В процессе работы каждое движение рук Екатерины Абрамовны выверено, обрабатываемая линза при ручной полировке совершает именно те движения, которые позволяют выполнять операцию в оптимальном режиме. Пальцами она улавливает малейшие изменения вибрации детали, которые сигнализируют о нарушении обычного хода процесса полировки. А общепринятые рекомендации по величине давления на обрабатываемую линзу, его распределению по зонам обработки (по центру, краю) соблюдаются опытным мастером в неуловимых усилиях пальцев при прижиме линзы к полировальнику.

В результате такого подхода к делу многие особо точные детали снимаются со станка уже с готовым "цветом" без доводки вручную. Если же приходится доводить "цвет" линзы до требуемого, Е. А. Ракульцева точно знает, сколько времени затратит на получение необходимой степени прозрачности для различных марок оптического стекла и кристаллов и различных отношений диаметра линзы к радиусу полируемой поверхности. Поэтому и замеров линзы на РПС (рабочие пробные стекла)

у нее минимальное количество, так как каждый дополнительный замер — это еще одна возможность нанести на обрабатываемую поверхность линзы царапину, точку. К тому же при контакте линзы с РПС (этот фактор имеет место при обработке тонких линз) можно внести остаточное напряжение в деталь, величина которого соизмерима с размерами допусков обрабатываемой поверхности.

Екатерина Абрамовна находит время и на общественную работу. Она — председатель общественного бюро нормирования в цехе.

Добросовестный труд Екатерины Абрамовны Ракульцевой отмечен Почетной грамотой предприятия, благодарностями.

ПРИМЕР БРИГАДИРА



Михаил Артемович Рудьков начал свой трудовой путь так же, как и миллионы советских тружеников. После школы — ремесленное училище, работа на заводе, служба в рядах Советской Армии.

С 1968 г. он работает на нашем предприятии. Постоянно повышает свою квалификацию. В 1970 г. ему был присвоен шестой разряд токаря. Михаил Артемович освоил профессию шлифовщика, и тоже по шестому разряду. Одним из первых на нашем предприятии М. А. Рудьков стал работать на участке, изготавливающим инструмент для присоединения проволочных выводов и монтажа кристаллов при производстве интегральных схем и полупроводниковых приборов.

Изготовление микроинструмента на участке поручается только одному рабочему, который должен иметь высшую квалификацию, обладать не только навыками нескольких рабочих профессий, но и инженерным мышлением. Ведь обрабатываются рабочие поверхности сложного профиля с размерами порядка сотых долей миллиметра. При этом допуски на размеры обрабатываемых поверхностей составляют 5—7 мкм с чистотой по 10 классу шероховатости.

Большинство операций по изготовлению микроинструмента нуждается в контроле под микроскопом. Рабочий должен выработать в себе требовательность к точности, чистоте, чувствовать структуру обрабатываемого материала. Каждый, кто работает на этом участке, постоянно повышает свое мастерство и уровень профессиональных знаний.

В процессе работы возникает немало проблем. С металлокерамическими твердыми сплавами Михаилу Артемовичу приходилось работать и раньше, но с обработкой деталей из синтетических материалов, в частности рубина, опытному специалисту пришлось столкнуться впервые. В справочниках и учебниках нет готовых рецептов по обработке материалов. И Михаил Артемович изучил физиче-

ские и химические свойства рубина, технологию его обработки, возможности применения.

Прежде чем приступить к работе, М. А. Рудьков тщательно продумывает технологический процесс, выбирает оптимальный вариант обработки деталей. Особенно внимательно подбирает шлифовальный круг и алмазные пасты, проверяет их соответствие необходимым размерам и заданным характеристикам, готовит рабочее место, инструмент и вспомогательные материалы, которые располагаются в строго определенных местах и должны быть всегда под рукой. Очень требовательно он относится к подготовке технологического оборудования. Состояние станка, его узлов, их технологическая точность скрупулезно проверяются на соответствие установленным нормам точности и жесткости. Столь же тщательно рабочий устанавливает и крепит обрабатываемую деталь, шлифовальный круг, которые должны обеспечить необходимую жесткость системы, "станок — приспособление — шлифовальный круг — деталь". Все это, помноженное на профессиональное мастерство и высокое чувство ответственности за выполняемую работу, позволяет Михаилу Артемовичу добиваться высоких производственных успехов.

На участке постоянно осваивается новая технология, ведется борьба за повышение стойкости инструмента. Михаил Артемович принимает самое непосредственное участие в этой работе. Так, когда на участке остро встал вопрос контроля размеров изготавливаемых деталей, он в содружестве с технологом собрал из узлов различных микроскопов новый микроскоп, удобный в работе и позволяющий контролировать микроотверстия в проходящем свете с точностью до 1 мкм.

Восемь рационализаторских предложений М. А. Рудькова внедрены в производство. Они направлены на повышение качества и снижение трудоемкости изготовления микроинструмента. Только одно из них "Изменение технологического процесса изготовления капилляра" — дало годовой экономический эффект более 1 тыс. руб. и позволило сократить в 4,5 раза время изготовления капилляра, повысить качество и процент выхода, отказаться от охлаждающей жидкости, высвободить заточный станок.

Когда на участке стали вводить коллективные формы организации и оплаты труда, рабочие избрали Михаила Артемовича бригадиром. Появились новые обязанности. Теперь от него зависит слаженная работа целого коллектива. И в этом ему помогает знание производства, оборудования, технологии, а главное, умение работать с людьми, требовательность к себе и другим. Конечно, много времени занимают вопросы организации работы бригады, но в любую минуту он готов помочь товарищам, поделиться своими знаниями и опытом.

Михаил Артемович живет не только сегодняшним днем. Моральное старение оборудования, нехватка измерительных приборов, необходимость обновления оснастки, особенно рабочих столов, которые нужно конструировать с учетом специфики работ по доводке деталей, перспективы развития участка — вот на что направлены мысли бригадира.

Активен коммунист М. А. Рудьков и в общественной жизни. Он председатель цехкома, заместитель председателя совета наставников предприятия, член комиссии по работе среди молодежи при Обкоме профсоюза.

За высокие производственные показатели и активную общественную работу ударник коммунистического труда Михаил Артемович Рудьков награжден Орденом Трудового Красного Знамени, Орденом Трудовой Славы III степени, медалью "За доблестный труд", в ознаменование 100-летия со дня рождения В. И. Ленина — знаком "Ударник девятой пятилетки".

ЛУЧШИЙ РАЦИОНАЛИЗАТОР



На каждом предприятии есть люди, увлеченные техническим творчеством. Это они, внимательно анализируя ежедневно выполняемую работу, находят еще не использованные возможности для увеличения производительности труда, улучшения качества продукции и облегчения условий труда.

Около трех лет работает на нашем предприятии слесарь механо-сборочных работ третьего разряда Василий Александрович Цурко. За это время работники БРИЗа зарегистрировали двадцать его рационализаторских предложений. Девять уже внедрены в производство с экономическим эффектом более 32 тыс. руб. Многие творческие решения — результат сотрудничества В. А. Цурко с товарищами по работе.

Все рационализаторские предложения Василия Александровича касаются непосредственно выполняемой им работы, просты в решении, не требуют сложных технических разработок и изменений в технологическом процессе.

В одном из рационализаторских предложений В. А. Цурко предложил вести сборку пластин статора шаговых двигателей в пакет, поворачивая каждую последующую пластину на $1/8$ часть окружности относительно предыдущей. При такой сборке

пластин в пакет имеющаяся погрешность в каждой из них усредняется и распределяется равномерно по всей окружности. Из пяти собранных по этому способу двигателей при проверке параметров по шагу позиционирования четыре имеют допуск 3%, один — 5%. При старом способе сборки статора приходилось перебирать их по нескольку раз, и часто этого было недостаточно, чтобы добиться требуемого результата — разброса параметров шагового двигателя в пределах 5%-ного допуска. Экономический эффект от внедрения предложения составил более 17 тыс.руб.

Василий Александрович Цурко всегда в поиске скрытых резервов. И ничего, что иногда невелик экономический эффект. Ведь из небольших сумм экономии на различных участках работы рождается весомый вклад в общий фонд экономии по предприятию.

Активная рационализаторская деятельность позволила В.А.Цурко завоевать звание "Лучший рационализатор завода".

В. В. Мельников

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Н. А. Чернышев

ВИДЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Системы передачи дополнительной информации и отображения ее на экране домашнего телевизора завоевывают все более прочные позиции благодаря удобству доступа к различным источникам данных. Разработан ряд способов построения таких систем, налажен выпуск компонентов, сделаны попытки стандартизации. Однако в условиях бурно развивающейся техники существует вероятность морального устаревания системы. Поиск наибольшей гибкости системы, разнообразие выполняемых функций приводит к оригинальным решениям, расширяющим применение современной электронной техники, что позволяет создать адаптивную, информационную службу.

Архитектура систем. Согласно принятой терминологии, различают системы «Телетекст» и «Видеотекст» по весьма условным признакам. Система «Видеотекст» является интерактивной, т.е. двусторонней (абонент производит запрос для получения информации), а пользователь системы «Телетекст» выбирает данные из циклично транслируемой последовательности. Это обусловлено используемыми каналами связи: «Видеотекст» эксплуатирует телефонный канал, «Телетекст» — телевизионный. Однако наиболее сложные системы, в частности система Telidon (Канада), предполагают эксплуатацию любых каналов и предусматривают работу как в режиме выборки из массива данных, так и в диалоговом, а внедрение кабельного телевидения сводит на нет указанные различия.

Для детального рассмотрения видеоинформационных систем удобно сравнить приемную аппаратуру — теледекодеры, так как студийная (передающая) аппаратура не имеет значительных отличий. Существуют четыре основные системы Teletext (Англия), Antiope (Франция), Telidon (Канада), Kartin (Япония) (рис. 1) [1]. Схемы приема и предварительной обработки данных во всех рассматриваемых устройствах аналогичны. Вопросы

построения сигнала «Телетекст» рассмотрены в работах [2, 3].

Теледекодер системы Teletext применим для систем Ceefax, Oracle, Biltshirmtext. Данные фиксированного формата страницы записываются в ОЗУ, после чего они считываются знакогенератором, разделяются на символы и признаки и отображаются на экране. Для такого теледекодера не требуется микропроцессор, объем ОЗУ минимален (1 кбайт).

Теледекодер системы Antiope сложнее. Микропроцессор считывает данные, размещенные в первом ОЗУ, произвольным образом, в соответствии с хранящейся в ПЗУ программой разделяет символы и признаки и записывает в соответствующие ОЗУ, в которых формат данных фиксирован. При отображении используются ОЗУ символов и ОЗУ признаков. Для такого теледекодера необходимо как минимум ОЗУ на 4 кбайт, а также микропроцессор и ПЗУ.

В системе Telidon данные представляют собой кодированные инструкции по описанию изображения, которые вызывают из ПЗУ микропроцессора подпрограммы отображения. Воссозданные таким образом изображения заносятся в виде специальных кодов в ОЗУ признаков. Теледекодер этой системы оснащается ОЗУ на 32 — 262 кбайт (в зависимости от разрешающей способности системы отображения), микропроцессором и ПЗУ. Эта система является наиболее сложной и дорогой, однако она обладает широкими функциональными возможностями, а также использует несколько каналов связи с банком данных.

В системе Kartin наиболее простой теледекодер, он не имеет микропроцессора, но в то же время отличается усложненной передающей аппаратурой, более сложным кодированием. Необходимый для отображения видеосигнал генерируется непосредственно ОЗУ и логикой признаков. В ОЗУ записываются специально обработанные видеокдры, передаваемые по каналу связи. Эта система требует ОЗУ на 6 Кбайт [1].

Построенные по схеме Teletext информационные службы Ceefax и Oracle, находящиеся в коммерческой эксплуатации, сейчас насчитывают около 800 тыс.абонентов. Такому распространению способствует хорошо налаженный выпуск теледеко-

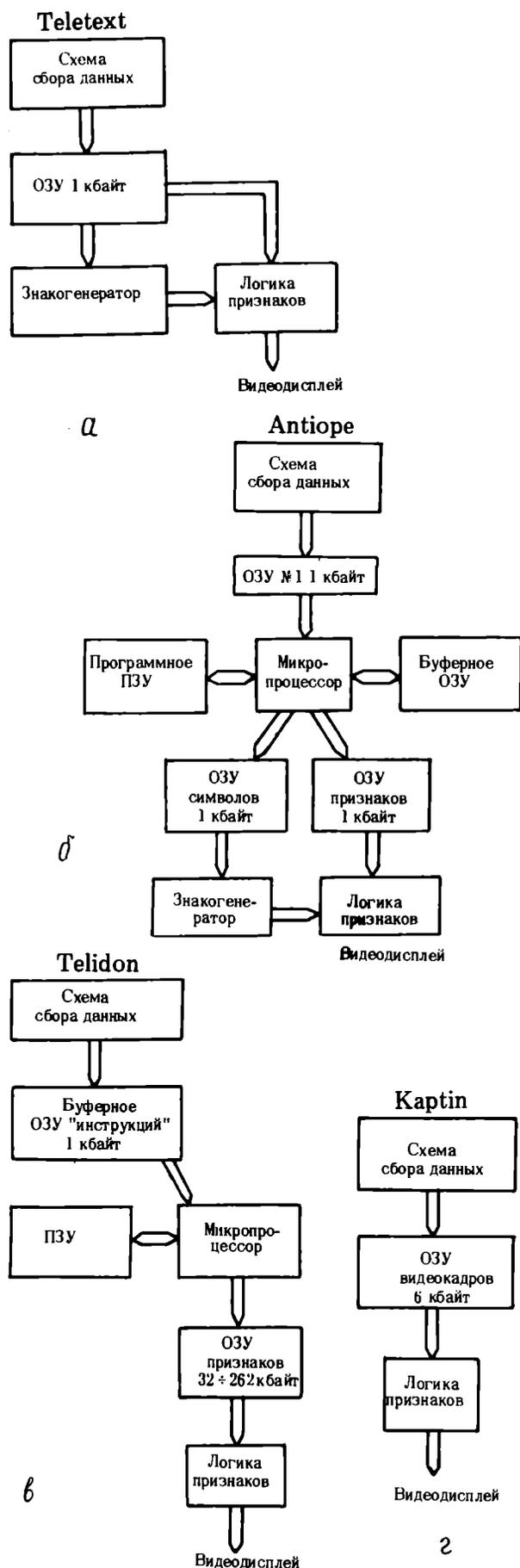


Рис. 1. Архитектура теледекодеров фирмы Teletext (а), Antiope (б), Telidon (в) и Kaptin (г)

дерев, встраиваемых в продающиеся и сдаваемые в аренду телевизоры, а также невысокая стоимость приемной аппаратуры. Однако из-за ограниченного числа функций спрос на системы типа Teletext увеличивается медленно [4, 5].

Таким образом, наблюдается конкуренция двух видеоинформационных систем: наиболее простых, сравнительно дешевых, с жесткой логикой и весьма сложных, гибко программируемых, стоимость которых значительно выше. На рис. 2 показано изменение стоимости теледекодера в зависимости от объема использованного в нем ОЗУ.

Стандартизация. В скорейшем внедрении систем «Телетекст» и «Видеотекст» заинтересованы многие крупные зарубежные фирмы, поскольку распространение информационных служб открывает широкие возможности для рынков сбыта продукции. Отсутствие единого стандарта оказывается одним из сдерживающих факторов развертывания полномасштабного производства аппаратуры видеоинформационных систем. Существующее различие между американской системой телевидения NTSC и европейскими PAL и SECAM, а также наличие нескольких проектов видеоинформационных систем, учитывающих специфику стран и фирм разработчиков, обусловили появление нескольких конкурирующих стандартов.

Основными являются западноевропейский CEPT и американско-канадские NAPLPS и NABTS. Система CEPT реализована на двух методах кодирования буквенно-мозаичной графики, используемых в системах Teletext и Antiope. В ней учтены различные модификации в соответствии со стандартами ФРГ, Голландии, Италии, Дании и других стран. Стандарт NAPLPS учитывает в основном особенности системы Telidon, в том числе и алфавитно-геометрический метод отображения. Стандарт NABTS аналогичен предыдущему, но рассчитан на «Телетекст», а не на «Видеотекст» [4].

Помимо стремления выработать общий стандарт предпринимаются попытки приспособить европейские видеоинформационные службы к системе телевидения США. Формат отображаемой на экране страницы является важной составной частью стандарта «Телетекст». Предлагаются форматы страницы в 20—24 строки по 30—40 символов (в Европе используется формат в 24 строки по 40 символов). Определяющими здесь являются скорость передачи данных (время ожидания ин-

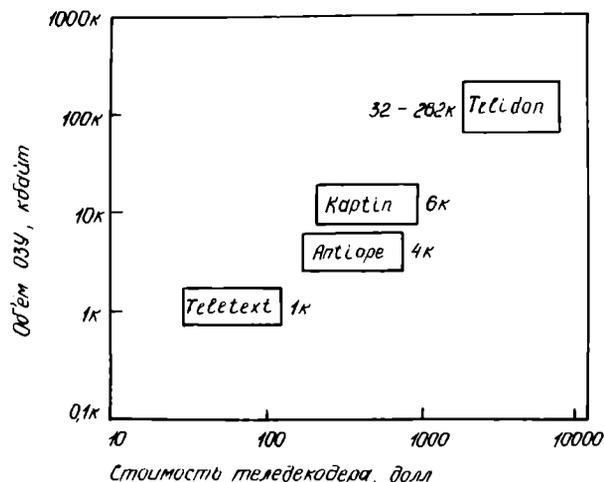


Рис. 2. Стоимость теледекодеров в зависимости от объема ОЗУ

формации) и читаемость символов [1]. Однако более укая по сравнению с PAL и SECAM полоса частот системы NTSC не позволяет использовать высокую скорость передачи данных, а следовательно передавать за время действия телевизионной строки 40 символов. В связи с этим некоторые специалисты предлагают использовать формат страницы 20 строк по 32 символа в ущерб информативности текста. Фирмы IBA и Mullard разработали методы отображения 40 символов в строке текста при наличии 32 символов, передаваемых на телевизионной строке [1]. Метод фирмы IBA основан на использовании табулирующих кодов, определяющих позицию символов по горизонтали (рис. 3, а). По методу фирмы Mullard недостающие до заполнения всей строки 8 символов передаются на каждой пятой строке данных для предыдущих четырех строк текста (рис. 3, б).

Отображение графики и символов. Стандартизация включает не только решение вопросов скорости передачи данных, формата страницы и принципа обработки информации в теледекодере. К стандартизации относится также выбор мозаичной или геометрической графики, поскольку метод отображения, а значит и метод кодирования данных определяет принцип функционирования теледекодера.

Для воспроизведения страницы информации помимо кода символа необходимы коды признаков принадлежности символа к буквам, цифрам или элементам графики и коды признаков цвета переднего и заднего фона, мерцания и др. Различают последовательное и параллельное кодирование. При последовательном кодировании коды символов и признаков передаются вместе на информационной строке, при параллельном — коды признаков хранятся в ПЗУ. В первом случае теледекодер упрощается, сокращается объем памяти (Teletext), во втором — используется большая часть битов данных для передачи символов (Antlope) [4].

В европейских системах использован алфавитно-мозаичный метод отображения. Суть метода заключается в разделении телевизионного экрана на

символьные блоки, заполняемые мозаичным способом. Всего на экране может быть 24 ряда по 40 блоков в ряду. При отображении буквы (цифры) каждый блок делится на 10x6 элементов. В такой матрице 7x5 элементов отведены для самого знака, а остальные образуют поле, повышающее читаемость символов. В случае воспроизведения графики каждый символьный блок разбивается на 3x2 элемента. Таким образом можно создать изображение, состоящее из 72x80 сегментов. Каждый символьный блок, равно как и признак цвета, кодируется семибитовым кодом [4].

Большие возможности сулит применение алфавитно-геометрического метода отображения системы Telidon. В соответствии с командами, формируемыми инструкциями по описанию изображений (содержащими код операции, за которым следуют блоки дополнительных байтов, фиксирующие координаты изображения), могут отображаться текстовая последовательность, прямая линия между определенными точками, дуга по трем точкам, прямоугольник по конечным точкам его диагонали, многоугольник с 256 сторонами, определяемыми координатами его вертикалей, отдельные точки и пр. Координаты могут быть заданы с точностью до 23 бит плюс 1 бит знака (свыше 8 млн. дискретных позиций). Вместе с тем система Telidon может использовать теледекодеры и терминалы с низкой разрешающей способностью графики, так как младшие биты кодов элементов изображения можно просто отбрасывать [6, 7].

Еще большие перспективы раскрываются в результате применения алфавитно-фотографического метода создания изображений, который демонстрировался фирмой British Telecom на выставке «Viewdata-80». В предлагаемой фирмой системе «Picture Prestel» получены изображения с высокой разрешающей способностью и полной цветовой гаммой, воспроизводимые на экране подобно факсимиле. Однако для высокого качества изображения требуется большой объем памяти, а следовательно, увеличивается стоимость системы (см. рис. 2) [4, 7].

Гибкие системы. В течение ряда лет во многих странах проводились эксперименты с системами «Телетекст» и «Видеотекст». Однако широкого промышленного освоения и соответственного общественного признания эти видеоинформационные службы, за редким исключением, не получили по причине слабой конкуренции с такими формами распространения информации как газеты, телефон, книги, радиовещание и телевидение. Только уникальные, экстраординарные услуги, осуществляемые видеоинформационными системами, могут обеспечить их будущее [4]. Большинство услуг, реализованных в системах «Видеотекст», могут явиться основой автоматизации производства.

В области бытового применения специалисты также выделяют «Видеотекст». Наиболее перспективны гибкие, многофункциональные системы типа Telidon. Промышленное освоение этой системы предполагает тотальный охват каналов связи, т.е. работу в интерактивном и однонаправленном режимах [4, 6].

За рубежом появились сообщения о применении видеоинформационных систем для передачи данных глухим и даже слепым абонентам (в случае обслуживания слепых применяется микроЭВМ, имеющая дисплей, способный воспроизводить текст и графику по системе Брайля) [8, 9].

ИС для информационных систем. Как уже говорилось, стоимость системы во многом определяется

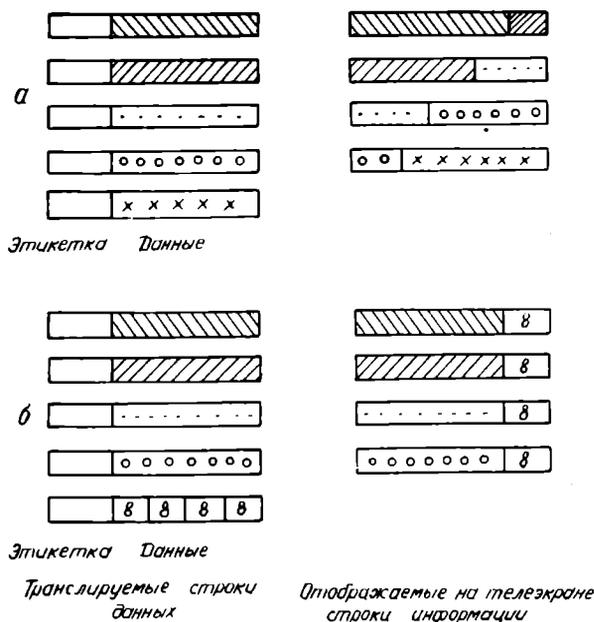


Рис. 3. Методы отображения на экране 40 символов в строке текста фирмы IBA (а) и Mullard (б)

функциями и структурой приемной аппаратуры. При этом предполагается, что функции отдельных узлов теледекодеров или терминалов возьмут на себя специализированные БИС. За рубежом промышленно освоены комплекты БИС, из которых можно собрать теледекодер. Так, например, БИС, входящие в состав набора фирмы Mullard (Phillips), в основном предназначены для построения приемной аппаратуры по стандарту СЕРТ. Комплект состоит из видеопроцессора (SAA5030), схем сбора данных и управления (SAA5040), синхронизатора (SAA5020), знакогенератора (SAA5050), кодера и декодера системы дистанционного управления (SAA5000, SAA5010). Фирма предлагает также комплект БИС для системы «Видеотекс» в число которых входят модем и схема обработки данных. Знакогенераторы и синхронизаторы применимы как для системы «Телетекст», так и для «Видеотекс». Этот комплект выпускается уже несколько лет и в последнее время пополнился целым рядом знакогенераторов с различными алфавитами (включая кириллицу).

Теледекодер, построенный на основе описанного комплекта, сейчас называют теледекодером первого поколения. По опубликованным зарубежным данным, многие фирмы заняты разработкой БИС для теледекодеров и терминалов второго поколения, отличительной особенностью которых будет возможность сопряжения с системами, соответствующими любым стандартам. БИС возьмут на себя большее число функций, за счет чего сократится их количество в комплекте [4, 10, 11].

Фирма Texas Instruments of France создала такой комплект БИС для стандартов СЕРТ и

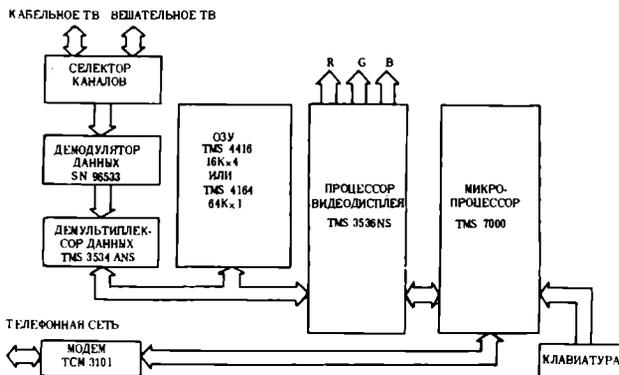


Рис. 4. Теледекодер фирмы Texas Instruments of France

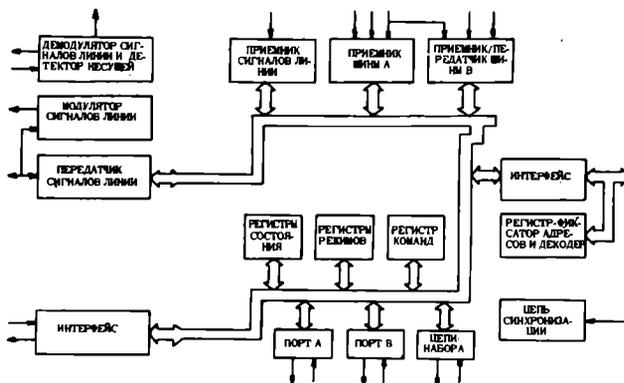


Рис. 5. Структура SAA5070

NAVTS. В набор (рис. 4) входят ИС сбора данных, ИС процессора видеодисплея, микропроцессор, модем и память. Процессор видеодисплея жестко программируется в зависимости от стандарта системы.

БИС второго поколения для функционально гибких теледекодеров и терминалов разрабатываются и фирмой Mullard. К их числу относится п-канальная МОП ИС SAA5070, снабженная генератором тактовой частоты и способная формировать все прочие рабочие частоты. Эта ИС с внешними устройствами микропроцессора выполняет почти все функции терминала, в том числе и автоматический набор (рис. 5) [4]. Применение сложных многофункциональных БИС для теледекодеров второго поколения позволит оснастить видеотелеинформационные системы функционально гибкими терминалами. По заявлению зарубежных специалистов, видеотелеинформационная служба устареет, как только возможности передающей стороны перерастут возможности приемной аппаратуры. Многофункциональность и гибкость могут исключить вероятность морального устаревания аппаратуры видеотелеинформационных систем.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Loveless W., Robinson G. KSL-TV test results and NTSC broadcast teletext standards.— Broadcast Engineering, 1980, N 2, p. 25—36.
- 2 Груздев А.В., Чернышев Н.А. Система «Телетекст» — перспективное изделие культурно-бытового назначения.— Электронная промышленность, 1982, вып. 9, с. 71—73.
- 3 Груздев А.В., Чернышев Н.А. Входной селектор теледекодера справочного телевидения.— Техника кино и телевидения, 1983, № 5.
- 4 Hindin N.J. Videotex looks brighter as developments mount.— Electronics, 1982, vol. 55, N 17, p. 89—100.
- 5 Бюллетень иностранной научно-технической информации ТАСС, 17 марта 1982 г., № 11(2048); 23 февраля 1983 г., № 8(2097).
- 6 Тепне-Сенс V.A. Telidon graphics and applications.— Displays, 1982, N4, p. 197—205.
- 7 Vivian R.H. Enhanced graphics for teletext.— Electronic Technology, 1982, vol. 16, N 8, p. 145—149.
- 8 Newell A.F. Teletext for the deaf.— Electronics and Power, 1982, N 2, p. 263—266.
- 9 King R.W. Teletext and Viewdata for blind people.— The Radio and Electronic Engineer, 1982, vol. 52, N 4, p. 171—176.
- 10 Каталог фирмы Phillips Integrated Circuits, 1983.
- 11 Thomson D. Designing for consumer electronics — Teletext and Viewdata.— Electronic Engineering, 1980, N 633, p. 61—77.

Статья поступила 10 февраля 1984 г.

МАЛОГАБАРИТНЫЙ КИНЕСКОП

ДЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ВИДОИСКАТЕЛЕЙ

Предназначен для студийных камер цветного телевидения. В отличие от ранее применявшегося кинескопа 16ЛКЗБ в нем использована новая ЭОС* с предварительной фокусировкой, разрешающая способность которой слабо зависит от тока луча. Конструкция ЭОС обеспечивает значительное (на 25%) повышение яркости без ухудшения разрешающей способности и хорошее качество изображения на экране даже при повышенной внешней освещенности. Благодаря применению более компактной ЭОС удалось уменьшить общую длину кинескопа на 27 мм, сохранив размеры экрана.



Размер экрана по диагонали, см	16
Угол отклонения, град	70
Напряжение анода, кВ	14
Яркость свечения экрана, кд/м ²	400
Разрешающая способность по полю, лин	600
Долговечность, ч	1000

*А.с. 575965 (СССР). Электронно-оптическая система для приемных электронно-лучевых трубок/В. П. Мартынова, В. И. Ивашкив, Р. Ю. Гак. — Оpubл. в Б.И., 1983, № 46.

И. Г. Гловацкий

Ответственные за выпуск Т.М.Вакуленко, Л.И.Жукова

Технический редактор Г.М.Корнеева

Художник В.А.Чернецов

Корректоры А.В.Смирнова, Л.П.Данченкова



Т—10279

Уч.-изд.л. 10

Заказ 633

Подписано в печать 31.05.84 г.

Формат 60x90/8

Индекс 3833

Тираж 4688

Объем 8,5 п.л

29 статей, 1 реф.

Цена 2 руб. 90 коп.

Производственно-издательский отдел ЦНИИ «Электроника»

Москва, 117415, проспект Вернадского, 39

МТУ-1

МАЛОГАБАРИТНАЯ ТЕЛЕВИЗИОННАЯ УСТАНОВКА

Малогабаритная телевизионная установка МТУ-1 (см. статью на с. 14) состоит из телевизионной камеры «Электроника Л-50» и видеоконтрольного устройства, выполненного на базе портативного телевизора «Электроника ВЛ-100». Схема автоматического регулирования чувствительности видикона обеспечивает стабильность сигнала при увеличении освещенности на мишени в 100 раз.

Разрешающая способность, лин	400
Отношение сигнал/шум, дБ	40
Освещенность на объекте, лк	100—10000
Потребляемая мощность	
от аккумулятора 12 В, Вт	10
от сети 127/220 В, В*А	20
Габаритные размеры камеры, мм:	
высота	115
ширина	60
длина (без объектива)	140
Масса камеры, г	750

Камера «Электроника Л-50»
удостоена золотой медали
на международной ярмарке
в Пловдиве
и серебряной медали
на ВДНХ СССР

