

(РК) в выходной буферный регистр R_2 . Этот импульс занесения является сигналом готовности (ГОТ) байта с одним контрольным разрядом (байт 2) на выходе блока контроля. При обнаружении двойной ошибки сигнал готовности отсутствует.

На рис. 2 приведены временные диаграммы работы устройства контроля для случаев коррекции одиночных ошибок (см. рис. 2, а), обнаружения двойной ошибки (см. рис. 2, б), поступления правильного кода (см. рис. 2, в). Время коррекции ошибки составляет 0,3 мкс.

Разработанный блок контроля входит в состав оптоэлектронной системы считывания и ввода информации в ЭВМ от внешнего ГЗУ. Он выполнен на микросхемах серии 155. При использовании более быстродействующих микросхем скорость контроля может быть доведена до нескольких Мбайт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. В. Выдрин, И. С. Гибин, Э. Л. Кашеев, Т. Н. Мантуш, Ю. Е. Нестерихин, Б. Н. Панков, Е. Ф. Пен, П. Е. Твердохлеб. Голограммное запоминающее устройство, взаимодействующее с ЭВМ.— «Автоматика», 1974, № 1.
2. А. А. Папернов. Логические основы ЦВТ. М., «Советское радио», 1972.
3. Я. А. Хетагуров, Ю. П. Руднев. Повышение надежности цифровых устройств методами избыточного кодирования. М., «Энергия», 1974.

Поступило в редакцию 28 ноября 1974 г.

УДК 621.382.8+681.327

В. Е. БУТТ, Б. Н. ПАНКОВ

(Новосибирск)

ФОТОДИОДНАЯ МАТРИЦА

Важным элементом оптических голограммных ЗУ является матричный многоэлементный фотоприемник — фотоприемная матрица (ФМ), осуществляющая преобразование оптического изображения, соответствующего восстановленной странице информации, в электрические сигналы, а также коммутацию и усиление этих сигналов для их последующего ввода в ЭВМ. При этом каждый фотоприемник выполняет функцию порогового детектора разрядной ячейки, указывающего на наличие или отсутствие оптического сигнала на этой ячейке. Время чтения (выборки) одного слова для ФМ должно составлять единицы мкс при энергиях падающего излучения, приходящегося на бит (световое пятно) порядка 1 пДж и ниже [1—3].

В настоящей работе показана возможность реализации на дискретных компонентах фотоматрицы для голографического ЗУ, отвечающей указанным выше требованиям.

Одним из наиболее распространенных элементов, применяемых в ФМ, являются фотодиоды (ФД). ФД используют в одном из двух режимов: режиме непосредственного отсчета, когда выходной электрический сигнал в каждый момент пропорционален интенсивности падающего на ФД света (см., например, [1]); и в режиме с накоплением заряда, когда электрический сигнал на выходе ФД, соответствующий энергии оптического излучения, получают по прошествии некоторого времени с начала действия на ФД преобразуемого оптического излучения [4,5].

Главное достоинство режима с накоплением заряда — повышенная чувствительность, что особенно необходимо для ФМ голографического ЗУ. Суть этого режима состоит в том, что управляемый светом ток ФД интегрируется на собственной емкости ФД за время накопления, исчисляемое с момента предварительного заряда емкости фотодиода (С) до напряжения источника питания. При этом об энергии света, попавшего на ФД за время накопления, судят по изменению величины заряда на емкости ФД. Различают [6] несколько методов определения величины изменения заряда на емкости ФД: а) по току дозаряда емкости ФД после истечения времени накопления с использованием источника, от которого предварительно зарядили емкость ФД (токовый метод); б) по изменению напряжения на емкости ФД за время накопления (потенциальный метод).

На рис. 1 представлена схема, в которой используется токовый метод считывания. На схеме: ФД — фотодиод с собственной емкостью С, Кл — электронный ключ,

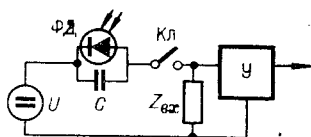


Рис. 1.

У — усилитель тока или напряжения с входным сопротивлением $Z_{вх}$. Процесс получения информации о световом сигнале с помощью данной схемы состоит из трех этапов: подготовки (стирания), когда С заряжается до напряжения источника питания; собственно накопления и считывания, когда получают полезный сигнал, дозаряжая емкость ФД до напряжения источника питания.

В качестве быстродействующего ключа Кл для размыкания и замыкания цепи ФД используют МДП-транзисторы или элементы с нелинейной вольт-амперной характеристикой, такие, например, как полупроводниковые диоды [4]. В последнем случае цепь заряда подключается к источнику стабильных по амплитуде и форме импульсов стирания и считывания.

При реализации схемы по рис. 1 функции управляемого ключа и входной цепи усилителя можно выполнять одним элементом, применяя биполярный транзистор, включенный по схеме с общим эмиттером. При этом используемый в качестве ключа переход эмиттер — база следует включать в цепь заряда емкости ФД, что обеспечивает в коллекторной нагрузке транзистора усиление по току.

Однако данная схема не свободна от недостатка. Дело в том, что для ее правильной работы необходимо, чтобы емкость С заряжалась импульсами стирания и считывания до одного и того же напряжения. В то же время при заряде С через ключ с нелинейной вольт-амперной характеристикой (нелинейным проходным сопротивлением в прямом направлении) импульсом конечной длительности величина напряжения заряда будет зависеть от начальных условий заряда, определяемых тем, был (и с какой интенсивностью) или не был освещен ФД до импульса стирания. Вследствие такой зависимости емкость у освещаемого ФД будет заряжаться при стирании до напряжения, меньшего, чем у ФД, который перед стиранием не был освещен. В результате емкость у ФД, освещаемого до стирания и не освещаемого во время накопления, при считывании будет дозаряжаться, ошибочно указывая тем самым на наличие накопления (так называемая ошибка чтения «нулей»). И наоборот, емкость у ФД, не освещаемого до момента стирания и освещаемого во время накопления светом с малой интенсивностью, может быть заряжена при стирании и до напряжения, большего, чем при считывании (ошибка чтения «единиц»).

Для устранения неопределенности чтения «нулей» и «единиц» в зависимости от состояния — был или не был освещен ФД до стирания — необходимо увеличивать порог для входных световых сигналов, что эквивалентно снижению пороговой чувствительности ФМ. По нашим и ИТМ и ВТ АН СССР экспериментальным оценкам для фотоприемников с чувствительностью $0,2 \div 0,3$ А/Вт из-за указанной неопределенности пороговая чувствительность ограничивается энергиями порядка 10^{-11} Дж на бит, что соответствует при $C = 10$ пФ перепаду напряжения на ФД порядка 0,3 В.

Для повышения пороговой чувствительности ФМ необходимо принимать специальные меры по стабилизации величины заряда на емкости ФД при стирании и считывании (см., например, [7]). Нами для этих целей применена схема, в которой в цепь заряда включается дополнительный источник напряжения, управляемый током заряда.

На рис. 2 приведена упрощенная схема такой цепи, в которой транзистор с ФД используется в качестве одного из плеч дифференциального усилителя, охваченного по другому входу положительной обратной связью. Положительная обратная связь (цепь ее на рис. 2 показана не полностью) является в схеме эквивалентом управляемого током заряда емкости С дополнительного источника напряжения, включенного согласно с источником питания. На схеме цепь заряда помечена стрелкой, при этом правый транзистор постоянно открыт, а левый же открывается только при заряде С.

Использование положительной обратной связи увеличивает коэффициент усиления и уменьшает постоянную времени цепи заряда, способствуя тем самым стабилизации величины заряда емкости ФД. На рис. 3 приведены полученные нами осциллограммы работы цепи с замкнутой (см. рис. 3, а, в) и разомкнутой (см. рис. 3, б, г) петлей положительной обратной связи при чтении «единиц» (см. рис. 3, а, б) и «нулей» (см. рис. 3, в, г) для разных условий по свету на ФД перед стиранием (читаемым «единицам» предшествуют «нули», и, наоборот, читаемым «нулям» предшествуют «единицы»). На каждом из рис. 3 верхняя картинка соответствует световому импульсу на ФД, средняя — импульсам стирания и считывания, подаваемым на ФД, нижняя — сигналам на выходе усилителя при стирании и считывании. На осциллограммах световой импульс соответствует мощности порядка 0,1 мкВт, масштаб по оси времени 2 мкс/см, импульс стирания и считывания составляет 2В, а масштаб для выходных сигналов 500 мВ/см.

Об эффективности используемого приема стабилизации величины заряда С можно судить по соотношениям между амплитудами импульсов чтения и стирания на выходе усилителя. Из рис. 3, а, в видно, что для замкнутой цепи обратной связи влияние начальных условий заряда практически отсутствует. Это позволяет расширить у ФМ динамический диапазон входных оптических сигналов одновременно как в сторону малых, так и больших энергий.

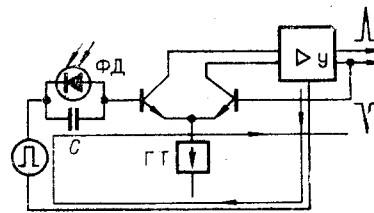


Рис. 2.

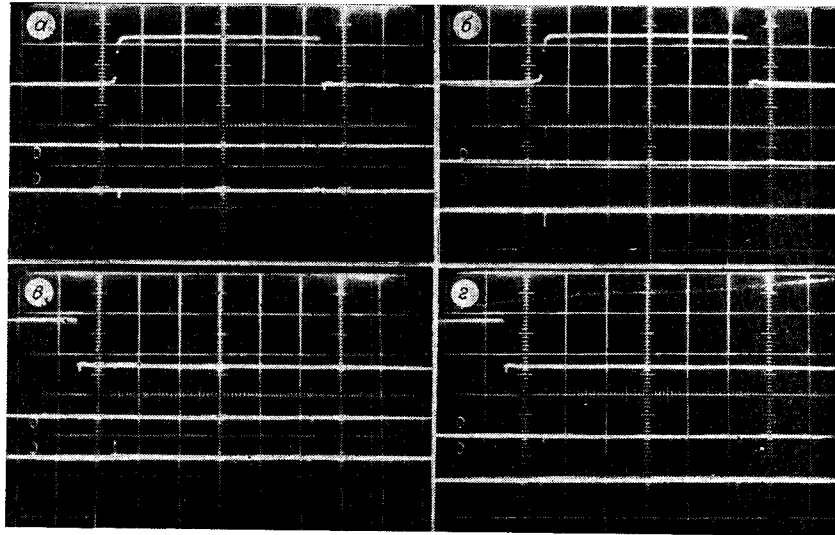


Рис. 3.

Остановимся теперь на организации многоэлементной ФМ с использованием рассмотренной выше ячейки. Наиболее удобной представляется матричная структура с выводом считываемых слов в параллельном коде. При этом по управлению все ячейки объединяются горизонтальными шинами (адресные шины считываемых слов), а по выводу — вертикальными (разрядные шины считываемых слов).

Блок-схема фотоматрицы показана на рис. 4. На схеме каждый ФД и подключенный к нему своей базой транзистор образуют фотодиод-транзисторную пару, выполняющую в ФМ роль элементарной ячейки, в которой ФД используется в качестве интегрирующего фотоприемника, а транзистор — одновременно как управляемый ключ и усилитель тока заряда емкости ФД. При этом транзисторы, относящиеся с фотодиодами по выводу к одним разрядным шинам, соединены своими коллекторами и эмиттерами вместе. Что касается таких элементов, как предварительный усилитель $У$, генератор тока ГТ и транзистор T , то они используются в фотоматрице по одному на каждую разрядную шину. Для получения регулируемого порога в каждом разряде ФМ на выходе предварительного усилителя предусмотрен усилитель-компаратор УК, с помощью которого производится дополнительное усиление сигналов и устранение на выходе разрядного усилителя импульсов, вызванных фоновой засветкой фотоприемников или импульсной помехой на выходе предварительного усилителя. На выходе УК в каждом разряде используется триггер с предустановкой, осуществляемой перед появлением импульса чтения на адресных шинах ФМ. Выходные сигналы в уровнях ТТЛ определяются на разрядных шинах состояниями триггеров T .

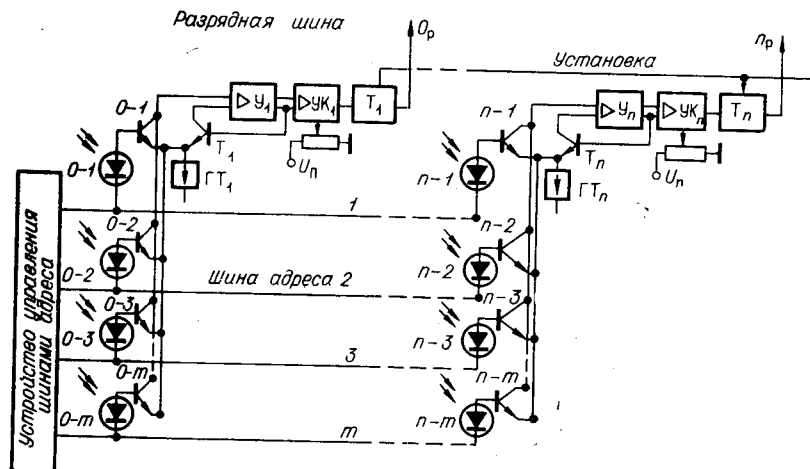


Рис. 4.

Рассмотрим кратко организацию устройства управления шинами адреса. Основные требования к этому устройству — необходимость постоянства амплитуды и формы импульсов стирания и считывания на адресных шинах матрицы при длительности этих импульсов порядка $50 \div 100$ нс и минимальном выходном сопротивлении по отношению к адресным шинам. Для удовлетворения этих требований устройство управления адресными шинами строится на базе формирователя коротких положительных импульсов, следующих с постоянной частотой (например, тактовой частотой ЭВМ) с выходом на адресные шины через схемы совпадения, управляемые буферными регистрами адреса, и эмиттерные повторители. Использование формирователя, запускаемого постоянной частотой, обеспечивает в нашем случае постоянство амплитуды и формы импульсов стирания и считывания на входе схем совпадения, а применение эмиттерных повторителей — требуемое выходное сопротивление.

В конструктивном отношении для наборной ФМ целесообразным представляется кассетный вариант, при котором вся ФМ набирается из одинаковых кассет. При этом каждая кассета на лицевой стороне несет два вертикальных ряда фотодиодов, размещенных таким образом, чтобы при установке в матрицу рядом двух кассет шаг между фотодиодами на соседних кассетах оставался равным шагу на отдельных кассетах. Кроме фотодиодов, кассета содержит также печатную плату с двумя разрядными усилителями (см. рис. 4). Подключение кассеты к устройству управления шинами ФМ, источникам питания и вывод состояний разрядных триггеров осуществляются с помощью разьема.

Разработана экспериментальная ФМ, представленная на рис. 5. ФМ имеет следующие характеристики: пороговая чувствительность на длине волны $\lambda = 0,63$ мкм при использовании кремниевых фотодиодов с $S = 0,2$ А/Вт составляет $5 \cdot 10^{-13}$ Дж на бит, время накопления 10 мкс, длительность импульсов стирания и считывания порядка 100 нс при частоте следования до 5 МГц, шаг фотоприемников 5 мм при числе фотоприемников 26×16 , количество слов в разряде 16.

ФМ используется в экспериментальной системе ГЗУ для считывания фрагментов (13×5) восстановленных страниц памяти [8]. Управление ФМ осуществляется от ЭВМ «Электроника-100» через блок управления чтением, в котором формируются тактовые импульсы стирания и считывания, а также импульсы предустановки триггеров; выходные разрядные шины ФМ подключены на вход блока контроля за правильностью считывания, соединенного своими выходами с ЭВМ.

Проведенные экспериментальные исследования дают основание считать, что ФМ для практического использования с приведенными выше чувствительностью и быстродействием может быть с успехом реализована подобным образом и при большем числе (например, 32×32) фотоприемников.

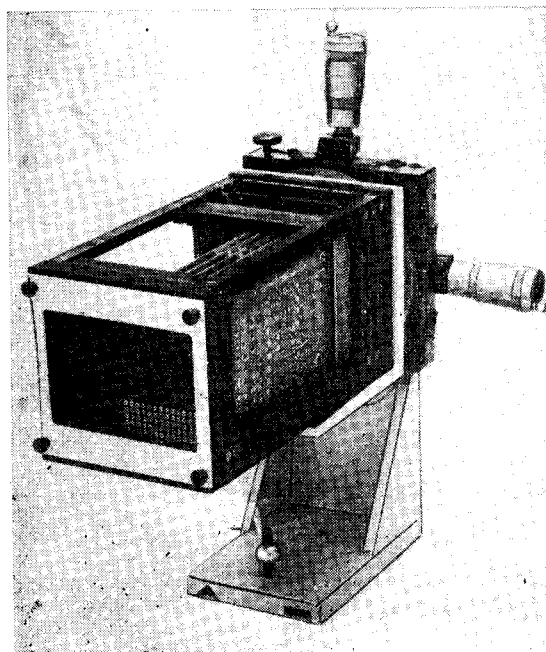


Рис. 5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. В. Выдрин, И. С. Гибин, Э. Л. Кашеев, Т. Н. Мантуш, Ю. Е. Нестерихин, Б. Н. Панков, Е. Ф. Пен, П. Е. Твердохлеб. Голограммное запоминающее устройство, взаимодействующее с ЭВМ. — «Автоматика», 1974, № 1.
2. L. d'Auria, J. P. Huignard, C. Slezak, E. Spitz. Experimental Holographic Read — Write Memory Using 3 — D Storage. — "Appl. Opt.", 1974, v. 13, № 4.
3. M. Lang, H. Eschler. Gigabyte Capacities for Holographic Memories. — "Optical and Laser Technology", 1974, v. 6, № 6.
4. G. P. Weckler. Charge Storage Light the Way for Solid — State Image Sensor. — "Electronics", 1967, v. 40, № 9.
5. G. P. Weckler. Operation of $p - n$ Junction Photodetectors in a Photon Flux Integrating Mode. — "IEEE J. of Solid-State Circuits", 1967, v. SC-2, № 3.

6. O. Kasperkovitz. An All-Bipolar Image Sensor.— "Solid-State Electronus", 1973, v. 16, № 1.
7. И. А. Шилов, В. К. Гусев. Запоминающий элемент для коммутируемой матрицы фотодиодов.— Автор. свидетельство № 438044. ОИПОТЗ, 1974, № 28.
8. И. С. Гибин, Т. Н. Мантуш, Ю. Е. Нестерихин, Б. Н. Панков, Е. Ф. Пен, П. Е. Твердохлеб. Программируемое голограммное ЗУ с записью и считыванием информации.— «Автометрия», 1975, № 3.

Поступило в редакцию 2 декабря 1974 г.

УДК 681.327.2 : 535.8

В. Н. ВЬЮХИН,
Е. А. КОВАЛЕВ, В. В. КУРОЧКИН, В. П. ЮНОШЕВ
(Новосибирск)

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АКУСТООПТИЧЕСКИМ ДЕФЛЕКТОРОМ

Составной частью голограммного ЗУ является акустооптический дефлектор, содержащий две повернутые относительно друг друга акустооптические ячейки (АОЯ) и электронную систему управления этим дефлектором.

В данной работе описана разработанная в Институте автоматики и электрометрии СО АН СССР система управления двухкоординатным акустооптическим дефлектором [1].

Блок-схема системы управления дефлектором представлена на рис. 1. Управление двумя однокоординатными АОЯ, работающими в диапазоне частот 60–90 МГц, осуществляется от ЭВМ «Э-100». В качестве генераторов набора фиксированных частот (до 50 МГц) использованы серийно выпускаемые синтезаторы частот (СЧ) Ч6-31, которые подключаются к ЭВМ через блоки сопряжения (БС). Кнопочные переключатели, находящиеся в каждом БС, дают возможность при настройке дефлектора управлять частотами синтезатора вручную. Выходные частоты синтезаторов поступают на удвоители частоты (УЧ), за счет которых диапазон частот синтезаторов расширяется до 100 МГц. С выходов УЧ сигналы требуемых частот, соответствующих командам от ЭВМ или кодам, которые набраны кнопочными переключателями в БС, поступают через усилители мощности (УМ) и согласующие цепи (СЦ) на АОЯ.

Рассмотрим более подробно вопрос о согласовании АОЯ при подведении к ним электрических сигналов с УМ. Как известно [2], улучшение качества дефлектора возможно за счет расширения диапазона рабочих частот Δf :

$$\Delta f = N/\tau,$$

где N — число разрешаемых позиций лазерного луча по Релею, τ — время переключения АОЯ.

Полоса рабочих частот дефлектора ограничена следующими параметрами:

1. Акустическая полоса Δf_a , зависящая от резонансных свойств пьезопреобразователей АОЯ и определяемая, согласно [2], из уравнения

$$\Delta f_a = \frac{f_0}{Q} = f_a \frac{2Z_c}{\pi Z_n}, \quad (1)$$

где Q — механическая добротность пьезопреобразователя, f_0 — резонансная частота пьезопреобразователя, Z_n и Z_c — соответственно акустические импедансы преобразователя и среды.

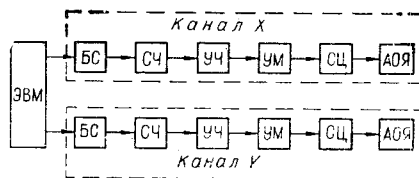


Рис. 1.

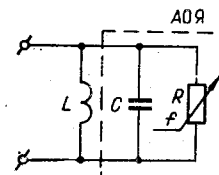


Рис. 2.