

Рис. 2.

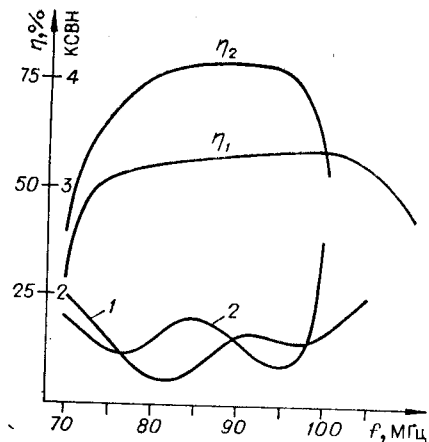


Рис. 3.

для первой АОЯ, определенная по уровню эффективности 50%, равна 34 МГц, для второй ячейки по уровню 70%—22 МГц. Быстродействие ячеек (время пробега ультразвуковой волны через световую апертуру) $\tau = 5$ мкс, количество разрешимых позиций ($N = \tau \Delta f$) по критерию Рэлея равно 170 и 110 для двух ячеек. При отношении сигнал/фон 80 : 1 реальное количество разрешимых позиций ($N_p = N/2,5$) — 68 и 44.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пен Е. Ф., Твердохлеб П. Е., Тищенко Ю. Н., Трубецкой А. В. Акустооптический дефлектор голограммного запоминающего устройства.— *Опт. и спектр.*, 1983, т. 55, вып. 1.
2. Тищенко Ю. Н., Трубецкой А. В. Некоторые вопросы создания и исследования акустооптического дефлектора на монокристаллах TeO_2 .— *Автометрия*, 1979, № 1.
3. Шелопут Д. В. Акустооптические модуляторы-расщепители.— *Автометрия*, 1981, № 1.

Поступило в редакцию 3 января 1984 г.

УДК 681.327.68 : 778.38

Б. В. ВАНЮШЕВ, Е. М. ОРЛОВ, В. А. ТАПРОВ
(Новосибирск)

УСТРОЙСТВО АУТОПОДСТРОЙКИ ЛУЧА

В голографических ЗУ (ГЗУ) надежность считывания цифровой информации в большой степени зависит от точности установки модуля памяти в узел считывания, температурного углового смещения луча лазера, температурной неустойчивости дефлектора и т. д.

Цель данной работы — разработка и создание устройства автоподстройки считывающего луча лазера для архивного ГЗУ [1].

Обратимся к схеме эквивалентной оптической системы ГЗУ, приведенной на рис. 1. Она содержит источник когерентного излучения I ; расширитель светового пучка 3 ; акустооптический дефлектор (АОД) 4 ; объектив L_3 , преобразующий угловое отклонение считывающего пучка в линейное; голографический модуль памяти 5 ; объектив восстановления изображений страниц данных L_4 и фотоприемную матрицу (ФМ) 6 . Адресация считывающего пучка на ту или иную голограмму осуществляется путем подачи на АОД управляющего напряжения с фиксированной частотой f_i .

Если лазер и дефлектор обладают стабильными и воспроизводимыми параметрами, то необходимая точность адресации к голограммам достигается путем подачи управляющего сигнала стабильной частоты на АОД. Реально лазер обладает неустойчивостью углового положения пучка $\Delta\alpha$, которая для лучших отечественных трубок коаксиальной конструкции достигает 10^{-4} рад (ЛГН-201, ЛГН-202, ЛГН-203). Для других типов лазеров эта величина не нормируется и может значительно превышать указанное значение. Неустойчивость угла отклонения АОД обусловлена в основном зависимостью скорости звука в светозвукопроводе от температуры. Поскольку угол

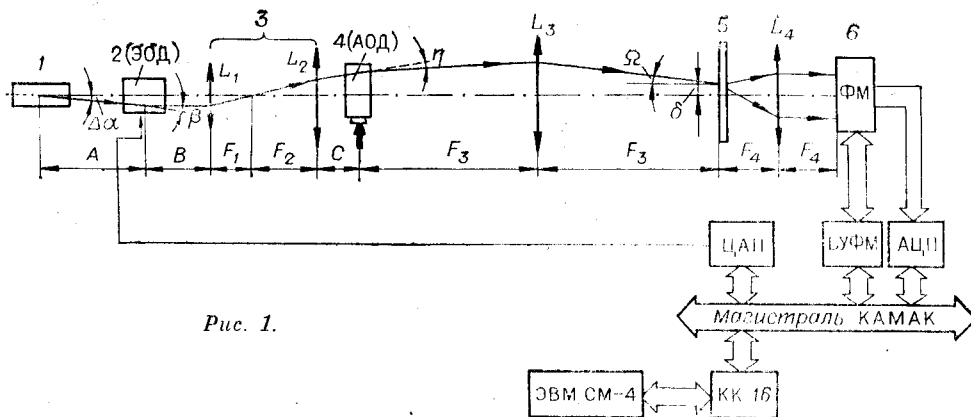


Рис. 1.

отклонения АОД вычисляется по формуле

$$\Theta_i = \lambda f_i / V \quad (1)$$

(λ — длина волны света, V — скорость звука в светозвукопроводе, f_i — частота управляющего напряжения), то

$$\Delta\Theta_i(T) = -\Theta_i(TKV)\Delta T, \quad (2)$$

где TKV — температурный коэффициент скорости звука, а ΔT — изменение температуры светозвукопровода.

Отметим также, что лазер и дефлектор сами являются источниками тепла, и стабилизация температуры окружающей среды не приведет к существенному улучшению стабильности параметров оптической системы.

С учетом указанных нестабильностей ошибка адресации светового пучка на i -й голограмме будет равна

$$\Delta x_i = \xi + \Delta\alpha F_3 / K - \lambda F_3(TKV) f_i \Delta T / V. \quad (3)$$

Здесь ξ — ошибка, обусловленная неточностью установки оптических элементов системы и ее разъюстировкой; K — коэффициент увеличения телескопа 3.

Оценим значение ошибки адресации в ГЗУ с дефлектором на основе TeO_2 , для которого $V = 0,65 \times 10^5$ см/с, $f_i = 50$ – 100 МГц, $TKV = -1,7 \times 10^{-4}$ °C $^{-1}$, эффективный диаметр голограммы $d_r = 300$ мкм, $F_3 \approx 10^2$ см, $K \approx 2,7$. С учетом выражения (3) температурное смещение лазерного пучка на $\Delta\alpha = 10^{-4}$ рад вызывает смещение светового пучка на 40 мкм. Изменение температуры светозвукопровода на 5° приводит к тому, что световой пучок смещается на величину 80 мкм.

Неконтролируемые изменения взаимного расположения элементов в оптической системе с течением времени могут привести к смещению считывающего пучка на величину ξ , достигающую нескольких десятков микрон.

Таким образом, суммарное смещение светового пучка ~ 100 – 150 мкм сравнимо с радиусом голограммы и ведет к снижению достоверности считывания данных в ГЗУ. Отсюда вытекает необходимость ввода в ГЗУ устройства автоподстройки светового пучка, компенсирующего смещения луча лазера в плоскости голограммы.

В работе [2] описано устройство, в котором контроль положения считывающего луча на голограмме осуществляется с помощью вспомогательной кодовой пластины с микроголограммами, находящейся в дополнительном оптическом тракте. Однако такое устройство не позволяет компенсировать ошибки адресации, обусловленные неконтролируемыми разъюстировками оптической схемы и угловым смещением пучка лазера (здесь они удваиваются).

Предлагаемое нами устройство автоподстройки пучка основано на измерении дифракционной эффективности голограммы в процессе управляемого смещения считывающего пучка относительно центра голограммы. Измерения проводятся с помощью фотоприемных ячеек (одной или нескольких) фотоматрицы, которая используется для чтения информации с голограммы. Сканирование голограммы и коррекция положения считывающего пучка на голограмме осуществляются с помощью двухкоординатного электрооптического дефлектора (ЭОД). Разработанные ЭОД выполнены на основе монокристаллов танталата лития (LiTaO_3), обеспечивающих работу с более высокими плотностями мощности светового излучения по сравнению с широко применяемыми в электрооптике кристаллами ниобата лития.

ЭОД, показанный на рис. 2, содержит два повернутых на 90° относительно друг друга кристалла 1, 2 танталата лития с нанесенными треугольными электродами 3 и 4 на противоположные Z-плоскости кристаллов. Расположенный между элементами отклонения вращатель поляризации на 90° 5 позволяет обеспечить прохожде-ние светового излучения вдоль оси Y кристалла танталата лития с поляризацией по оси Z в обеих секциях отклонения. Вращатель поляризации выполнен из монокристаллического кварца с использованием эффекта двулучепреломления или оптической активности. Угол отклонения ЭОД при противофазном питании соседних электродов $\beta = n_e r_{33} U / (d h)$, где n_e — показатель преломления необыкновенной волны,

$r_{33} = 30 \times 10^{-10}$ см/В — электрооптический коэффициент, d — межэлектродное расстояние, l , h — длина и максимальная ширина электродов соответственно. U — управляющее напряжение.

Для созданных нами образцов ЭОД $d = 2,2$ мм, $l = 20$ мм, $l/h = 10$. Электродная система дефлектора выполнялась методом фотолитографии. С целью уменьшения световых потерь оптические компоненты ЭОД склеивались оптическим клеем ОК-72, а входная и выходная грани просветлялись. Характеристики дефлекторов: рабочая длина волны 0,6328 мкм; апертура 1,8 мм; угол отклонения (при $U_{упр} = 300$ В) 0,35 мрад; световое пропускание ЭОД 70% без просветления и 85–90% с просветлением; габариты $20 \times 28 \times 54$ мм.

ЭОД введен в оптическую систему ГЗУ непосредственно на выходе лазера. В этом случае при угловом дрейфе лазерного пучка $\Delta\alpha$, угле отклонения дефлектора η и отклонении пучка ЭОД на угол β смещение считывающего пучка с центра голограммы можно оценить по формуле $\delta = [(\Delta\alpha - \beta)/K - \eta]F_3$, где K — кратность телескопа 3.

Возникающая при этом погрешность угла падения на голограмму составляет

$$\Omega = (C/KF_3)(\Delta\alpha - \beta) + [(A + B)\Delta\alpha - B\beta](K/F_3) - (\Delta\alpha - \beta)(F_1 + F_2)/F_3.$$

Здесь A , B , C — расстояния между элементами оптической схемы, указанные на рис. 1. В предположении, что ЭОД обеспечивает попадание считывающего пучка в центр голограммы ($\delta = 0$), погрешность угла падения пучка на голограмму

$$\Omega = KA\Delta\alpha/F_3 + \eta[C + BK^2 + F_2(K - 1)]/F_3$$

приводит к смещению изображения страницы данных на фотоматрице на величину $F_4\Omega$. Однако при достаточно плотной компоновке элементов оптической системы (A , B , C менее 50 мм) это смещение при значении $F_4 \approx 60$ мм составляет величину менее 10 мкм. Отсюда следует, что введенное в оптическую систему устройство автоподстройки считывающего пучка позволяет вывести его практически в центр голограммы.

Для управления ЭОД разработан специализированный двухканальный высоко-

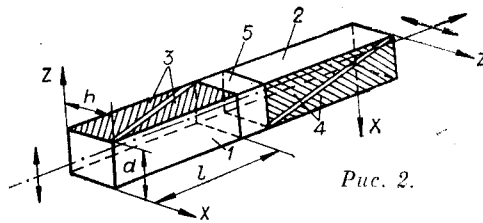


Рис. 2.

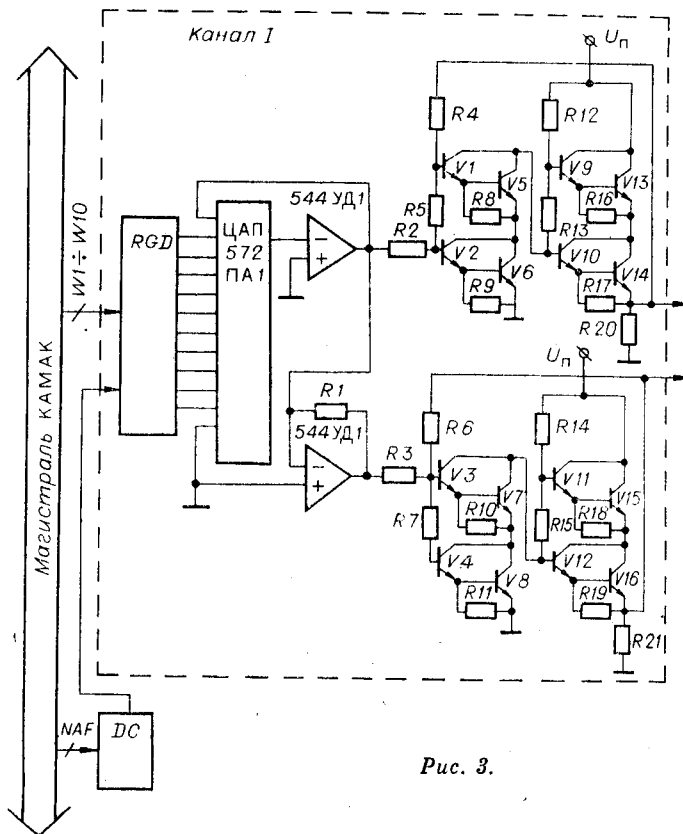


Рис. 3.

вольный цифроаналоговый преобразователь (ЦАП). На рис. 3 приведена схема одного канала ЦАП. Каждый канал ЦАП содержит регистр данных RGD, микросхему ЦАП, два операционных усилителя и высоковольтный балансный каскад. Входные данные с магистрали КАМАК заносятся в регистр данных RGD и далее с его выходов поступают на ЦАП, выполненный на микросхеме K572ПА1. Для согласования токовых выходов ЦАП со входом высоковольтного балансного каскада используются два операционных усилителя K544УД1.

Известны высоковольтные усилительные каскады, обеспечивающие изменение выходного напряжения от нуля до нескольких сотен вольт с последовательным соединением нескольких высоковольтных транзисторов [3, 4]. Их недостатки — невысокая линейность характеристики и малая нагрузочная способность. В [5] описан усилительный каскад, который в значительной степени свободен от указанных недостатков. На его основе нами построен выходной высоковольтный балансный каскад ЦАП. Балансная схема выходного каскада выбрана с целью выдачи двухполярного выходного сигнала. Каждое плечо балансного каскада состоит из собственно усилительного каскада на транзисторах $V1 \div V8$ и эмиттерного повторителя на транзисторах $V9 \div V12$. Для выравнивания напряжений на транзисторах применены резистивные цепочки $R4 \div R7$ и $R12 \div R15$. Причем выравнивающие цепочки $R4 \div R7$ являются элементами обратной связи, а $R12 \div R15$ — коллекторной нагрузкой собственно усилительного каскада. Во всем диапазоне изменения выходного напряжения транзисторы работают в линейной области. Резисторы $R4 \div R7$ и $R12 \div R15$ могут быть выбраны равными.

Описанный выше высоковольтный ЦАП при работе с емкостной нагрузкой 50 пФ обеспечивает длительность фронта выходного сигнала $\sim 1,5$ мкс при выходной амплитуде ± 250 В. Нелинейность выходной характеристики $\sim 1\%$.

Кроме высоковольтного ЦАП, в работе системы автоподстройки участвуют блок управления фотоматрицей (БУФМ) и АЦП. Управление системой осуществляется от ЭВМ СМ-4.

Работа системы автоподстройки протекает следующим образом. После адресации считывающего пучка к одной из голограмм путем подачи на ЭОД последовательности напряжений производится сканирование голограммы. Получаемые при этом значения дифракционной эффективности считываются фотоматрицей и через АЦП поступают в ЭВМ. В ЭВМ зависимость дифракционной эффективности от смещения пучка анализируется, в результате чего определяется код корректирующего воздействия, подаваемого на ЭОД. В дальнейшем этот код-поправка используется при адресации к остальным голограммам считываемого модуля памяти. Подстройка по координатам X, Y выполняется последовательно.

Описанное устройство позволяет проводить подстройку положения считывающего луча на голограмме с точностью $\pm 10 \div 15$ мкм при смещениях считывающего пучка в пределах $100 \div 120$ мкм, что по предварительным оценкам обеспечивает надежную работу системы считывания ГЗУ при изменении температуры на ± 10 °С.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ванюшев Б. В. и др. Устройство хранения и считывания цифровых данных в голографической системе архивной памяти. — Автометрия, 1984, № 3.
2. Ота И., Сако Ф., Сакагухи М. Устройство стабилизации положения луча. — Заявл. 17.05.74, опубл. 7.10.75. Кл. G 11C13/04. США. Пат. 3911410.
3. Расчет и проектирование импульсных устройств на транзисторах/Под ред. М. Д. Штерна. — М.: Сов. радио, 1964.
4. Мигулин И. Н., Чаповский М. З. Усилительные устройства на транзисторах. — Киев: Техника, 1974.
5. Лейтман М. Б., Круглов В. В. Высоковольтный усилительный каскад. — ПТЭ, 1976, № 2.

Поступило в редакцию 16 января 1984 г.

УДК 621.373.826 : 621.396

В. С. ДОРОШ, В. Н. ИВАНОВ, В. А. НИКИТИН,
Е. П. НИКИТИНА, Н. А. ЯКОВЕНКО
(Краснодар)

ГРАДИЕНТНЫЕ МИКРОЛИНЗЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОСТИМУЛИРОВАННОЙ ДИФФУЗИИ

С развитием интегральной оптики и волоконно-оптических линий связи возникает необходимость в создании устройств, осуществляющих эффективное соединение отдельных волокон и волноводов друг с другом.