

В. И. БОБРИНЕВ, В. С. ВОРОБЬЕВ, Ю. Х. КАГАН,  
М. А. МАЙОРЧУК, А. Л. МИКАЭЛЯН, Н. Б. НИФОНТОВ  
(Москва)

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГОЛОГРАФИЧЕСКОГО ЗУ НА ИНЖЕКЦИОННЫХ ЛАЗЕРАХ

Одним из вариантов построения малогабаритных быстродействующих голографических запоминающих устройств являются ЗУ на матрице полупроводниковых инжекционных лазеров. В таких ЗУ отпадает необходимость в аппаратуре для отклонения лазерного луча, так как адресация к той или иной голограмме осуществляется переключением тока накачки с одного лазера на другой. Миниатюрность полупроводниковых лазеров, а также отсутствие дефлектора позволяют резко уменьшить размеры голографических ЗУ по сравнению с аналогичными устройствами, использующими в качестве источника света газовые лазеры [1, 2].

Для изучения особенностей голографических ЗУ на матрице инжекционных лазеров нами было разработано экспериментальное устройство памяти, блок-схема которого показана на рис. 1, а внешний вид — на рис. 2. Оптическая часть устройства состоит из матрицы лазеров, линзового раstra, матрицы голограмм и матрицы фотоприемников. В связи с отсутствием интегральной матрицы лазерных диодов в устройстве использована наборная матрица из дискретных лазеров, которая содержит девять лазерных диодов, имитирующих центральный и крайние элементы многоэлементной матрицы лазеров. Импурсная мощность излучения лазеров равна 150 мВт при частоте повторений импульсов до 500 кГц. Блок управления лазерными диодами обеспечивает либо их последовательное, либо выборочное включение в соответствии с кодом адреса считываемой голограммы, набранным на тумблерном регистре имитатора ЭВМ.

Матрица линз предназначена для преобразования излучения лазеров в параллельные пучки света, необходимые для освещения голо-

Блок-схема макета ГЗУ на инжекционных лазерах

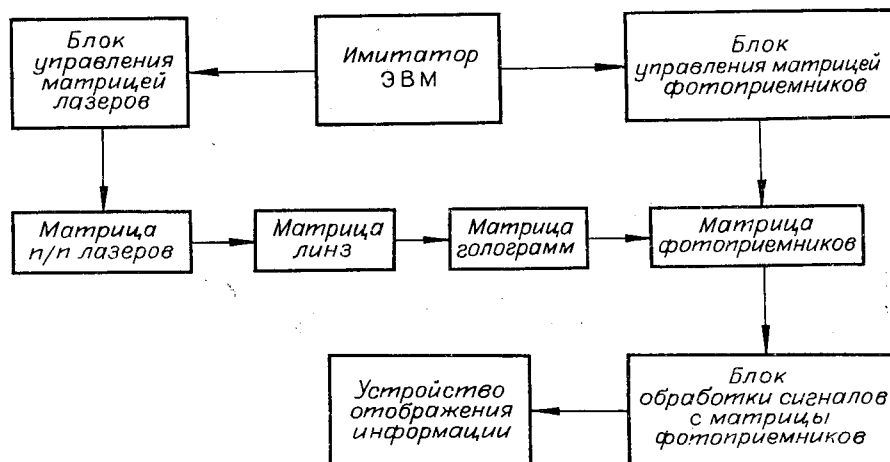


Рис. 1. Блок-схема экспериментального голографического устройства памяти.

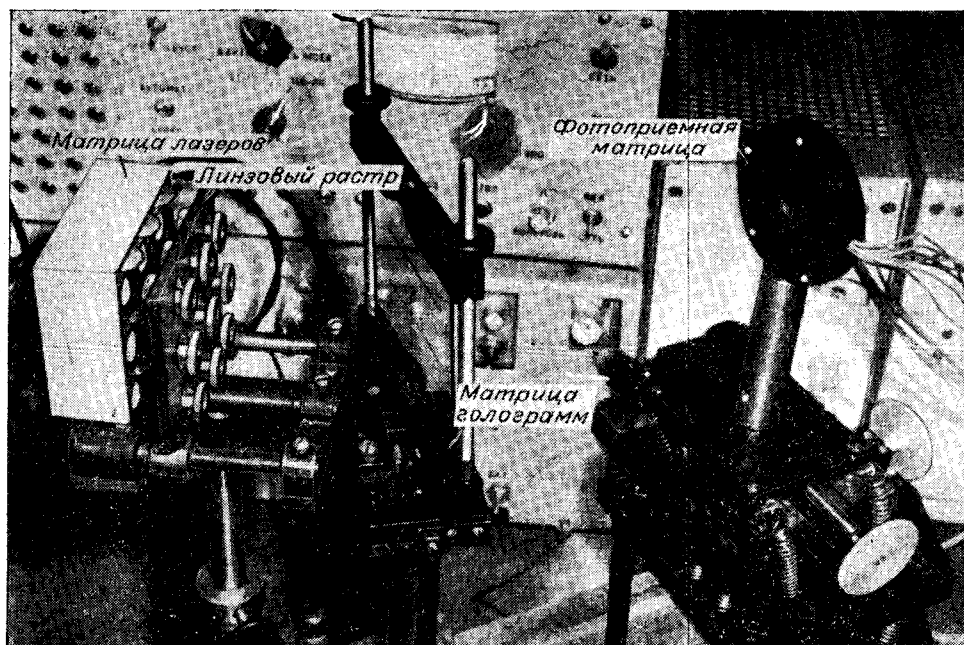


Рис. 2. Внешний вид экспериментальной установки.

грамм. Компонентами матрицы являются одиночные линзы. Конструкция устройства дает возможность использовать линзы с фокусным расстоянием и соответственно расстоянием до матрицы лазеров от 6 до 30 мм, что позволяет подобрать линзы с оптимальным фокусным расстоянием  $F$ ; при малых  $F$  восстановленное изображение сильно размывается из-за конечных размеров излучающей области  $p$ - $n$ -перехода, а при больших  $F$  велики потери энергии лазера.

В каждой голограмме голограммной матрицы был записан транспарант, несущий 256 бит двоичной информации. Диаметр информационных точек в транспаранте равен 100 мкм, расстояние между ними 600 мкм. Голограммы диаметром около 1,5 мм записывались по схеме линзовой голографии Фурье с параллельными опорными пучками таким образом, чтобы местоположение действительных изображений, восстановленных со всех голограмм, при считывании совпадало в плоскости фотоприемной матрицы. Запись производилась одноимодовым гелий-неоновым лазером.

Совпадение восстановленных изображений в параксиальном приближении имеет место в том случае, если все голограммы освещаются при восстановлении плоскими пучками света, параллельными друг другу; выполнение этого условия обеспечивается юстировкой лазерных диодов. На рис. 3 изображены транспаранты с двоичной информацией, восстановленные с одной голограммы (см. рис. 3, а) и одновременно с нескольких голограмм (см. рис. 3, б). Фотографии были сделаны непосредственно перед фотокатодом ЭОП, используемого для визуализации изображений. Из фотографий видно, что конструкция устройства обеспечивает достаточно хорошее совмещение изображений, восстановленных с разных голограмм.

Для считывания информации в экспериментальной установке использовалась матрица кремниевых фотоприемников в интегральном исполнении. Каждый из ее элементов состоит из фотодиода и коммутирующего диода, включенных навстречу друг другу. При разработке

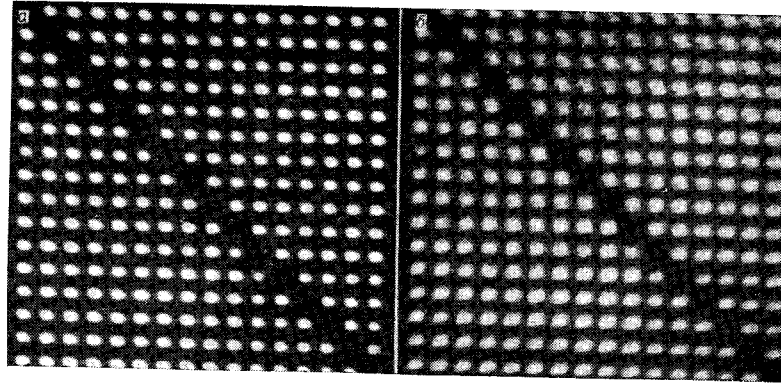


Рис. 3. Восстановленные изображения с одной (а) и одновременно с нескольких голограмм (б) голограммной матрицы.

фотоматрицы была выбрана обычная схема соединения ее элементов. Число чувствительных элементов в матрице равно  $256 (16 \times 16)$ , их размеры —  $300 \times 300$  мкм. Расстояние между ними равно расстоянию между информационными точками в записываемых транспарантах (600 мкм). Таким образом, матрица представляет собой квадрат со стороной менее 10 мм. Чувствительность матричного элемента составляла величину порядка  $10^{-12}$ — $10^{-13}$  Дж.

Опрос матрицы фотоприемников производился построчно со стороны фотодиодов. К столбцам матрицы со стороны диодов подключались нагрузочные сопротивления, с которых снимались электрические сигналы. В каждом такте опроса считывалось 16-разрядное двоичное число. Конструкция блока управления позволяла считывать информацию в двух режимах. В одном из режимов обеспечивалось многократное считывание одного числа в световом массиве информации. Адрес числа устанавливается на тумблерном регистре адреса числа имитатора ЭВМ. Второй режим обеспечивает последовательное считывание в течение времени работы одного лазерного диода всех шестнадцати чисел, записанных в произвольной голограмме.

Фотоприемники в матрице работают в режиме накопления фототока, который заключается в следующем [3]. Перед считыванием числа на шину опроса подается импульс длительностью 0,5 мкс и амплитудой 5 В, заряжающий емкость фотодиода до некоторого значения  $Q_0$ . Затем происходит разряд емкости либо под действием темнового тока (информационный «0»), либо в результате протекания фототока, соответствующего информационной «1». Уменьшение напряжения  $\Delta U$  в процессе разряда зависит от мощности световых импульсов. Второй импульс опроса производит дозарядку емкости фотодиода до величины  $Q_0$ , в результате чего на нагрузочном сопротивлении появляется импульс, величина которого зависит от  $\Delta U$ . На рис. 4, а, б приведены осциллограммы сигналов, снимаемых при этом с нагрузки фотоматрицы, соответствующие информационной «1» и информационному «0». Они отличаются только амплитудой отрицательного выброса: для «1» эта амплитуда равна 30—50 мВ, для «0» — 20—25 мВ. Видно, что на считанный сигнал накладываются довольно значительные коммутационные помехи, которые связаны с перераспределением заряда с емкости фотодиода на емкость коммутирующего диода.

Для выделения полезного сигнала выходные сигналы фотоматрицы обрабатывались одним из трех методов. В первом методе после предварительного усиления усилителями считывания исследуемый сигнал подавался на один вход дифференциального усилителя (ДУ), а

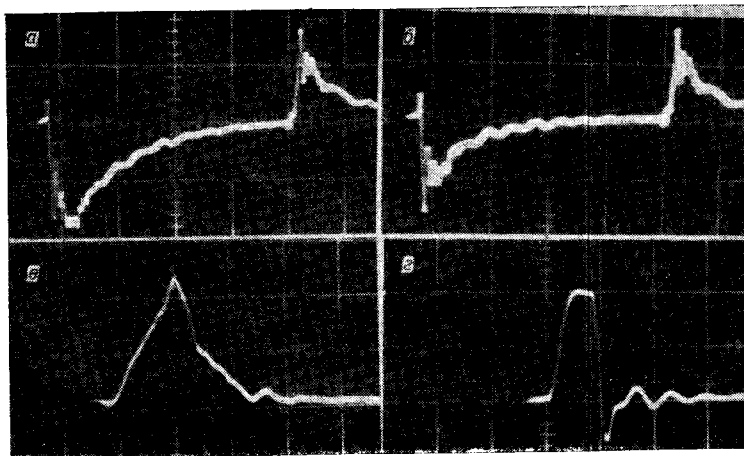


Рис. 4. Осциллограммы сигналов, соответствующих информационной «1» и информационному «0», снимаемых с фотоприемной матрицы (а), (б); осциллограммы сигналов, соответствующих «1» на выходе дифференциального усилителя (в) и после прохождения через интегральную логическую схему (г).

на другой — постоянное пороговое напряжение. Его величина выбирается с превышением над максимальным уровнем сигнала, соответствующего информационному «0», и с учетом минимального уровня сигнала, соответствующего информационной «1». В другом способе обработки вместо постоянного уровня порога подается сигнал с затемненных фотоприемников, который принимают за эталонный «0». Этот вариант был более работоспособным, поскольку позволял избавиться от синфазных помех. После ДУ сигнал, соответствующий «1», имеет вид, приведенный на осциллограмме рис. 4, в, а после прохождения его через интегральную логическую схему — вид, приведенный на осциллограмме рис. 4, г. Третий метод использовал равенство положительных и отрицательных выбросов токов, возникающих от фронтов опросного импульса на нагрузочных сопротивлениях при отсутствии засветки фотоприемников. Выделение полезного сигнала осуществлялось интегрированием сигналов, снятых с нагрузочных сопротивлений [4].

Для контроля достоверности считанной и обработанной информации она записывалась в регистре памяти и подавалась на индикаторное табло, по которому производилось сравнение с известным транспарантом.

Определенные трудности вызвала оптическая настройка макета. В частности, из-за того, что реконструкция голограмм осуществляется на длине волны 0,9 мкм и восстановленные изображения транспарантов невидимы для человеческого глаза, довольно трудно добиться их точного совмещения с матрицей фотоприемников. Настройка проводилась с помощью схемы, приведенной на рис. 5, а. Изображения массивов информации попадают на матрицу фотоприемников. Отраженный от нее свет, несущий информацию об этих массивах, проходит через фотопластинку с голограммами и с помощью объектива О фокусируется в плоскости катода электронно-оптического преобразователя. Одновременно матрица фотоприемников подсвечивается направленным лучом света. Таким образом, на экране ЭОП можно наблюдать как восстановленные с голограммы изображения транспарантов, так и изображение матрицы фотоприемников. Фотоматрица крепилась на юстируемом столике, с помощью которого можно было осуществлять ее точную подстройку. На рис. 5, б показана матрица фотоприемников,

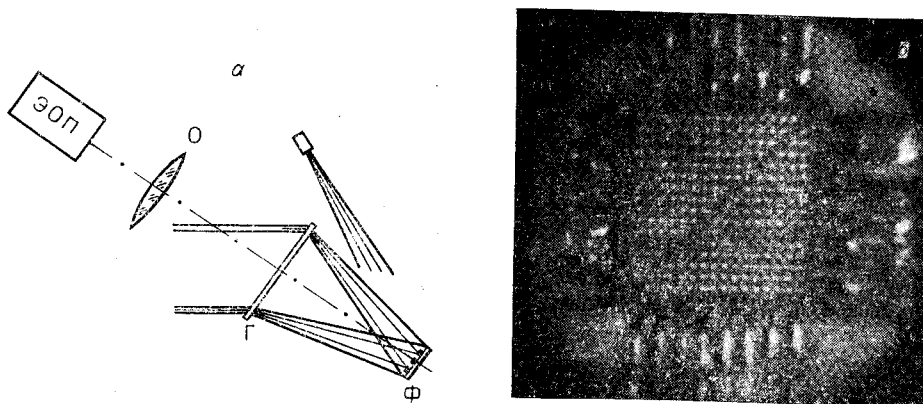


Рис. 5. Схема настройки (а), а также фотоприемная матрица и восстановленное с голограмм изображение, совмещенное с помощью этой схемы (б): О — объектив, Г — матрица голограмм, Ф — матрица фотоприемников. (Фотография сделана с экрана ЭОП.)

согласованная с изображением транспаранта, восстановленного с произвольной голограммы голограммной матрицы. Фотография снята с экрана ЭОП.

В заключение отметим, что экспериментальные исследования устройства подтвердили правильность расчетов, показывающих возможность создания голографического ЗУ на основе коммутируемой матрицы инжекционных лазеров с информационной емкостью  $10^6$ — $10^7$  бит, позволили уточнить требования к основным элементам такого устройства, а также накопить опыт работы по настройке оптического тракта ГЗУ в условиях излучения света на невидимой для глаза длине волны.

Были опробованы некоторые методы обработки видеосигнала, полученного с фотоприемной матрицы.

Авторы выражают благодарность И. А. Фримеру, предоставившему для работы фотоприемные матрицы, М. А. Трищенко, А. П. Чурсину, предложившим выделять полезный сигнал, снимаемый с этих матриц, методом его интегрирования, А. Е. Прониковой, Т. Г. Барановой, Л. А. Каревой, В. Т. Демину за помощь в экспериментальной работе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Никитин В. В., Самойлов В. Д., Семенов Г. И. Влияние параметров инжекционных лазеров на восстановление фазовых голограмм.— «Квантовая электроника», 1974, т. 1, № 1, с. 7.
2. Chen Di., Look I. D. An overview of optical data storage technology.— "Proc. IEEE", 1975, vol. 63, N 8, p. 1207.
3. Веклер Г. П. Пути создания фотополупроводниковых устройств передачи изображения на основе использования режима накопления заряда.— «Электроника», 1967, т. 40, № 9, с. 19.
4. Sadasiv G. Device analysis of elements for photosensor arrays.— In: Solid States Sensor Symposium Minneapolis. (Industrial and scientific conference management), INC. N. Y., 1970, p. 13.

Поступила в редакцию 19 мая 1977 г.