

такие же, как в предыдущих примерах. Форма и соотношения амплитуд сигналов находятся в хорошем соответствии с теоретическими.

Авторы выражают благодарность В. С. Соболеву за полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. M. J. Rudd. A New Theoretical Model for the Laser Dopplermeter.— *Journal of Physics*, 1969, v. E2, № 1.
2. Ю. Г. Василенко, Ю. Н. Дубнищев. Уменьшение уровня «постоянной» составляющей и шумов в выходном сигнале лазерного доплеровского измерителя скорости.— *Автометрия*, 1972, № 5.

Поступила в редакцию 18 декабря 1972 г.

УДК 621.378; 681.327

И. С. ГИБИН, Е. Ф. ПЕН, П. Е. ТВЕРДОХЛЕБ

(Новосибирск)

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗАПИСИ МАТРИЦ ГОЛОГРАММ

Задача голографической регистрации массивов информации в виде матриц (размерами 32×32 , 100×100 и более) возникает при разработке голограммных запоминающих устройств (ГЗУ) и аналоговых оптических систем обработки информации [1]. Она решается путем создания специальных устройств для записи матриц Фурье-голограмм. В процессе считывания информации из голограмм изображения записанных массивов должны восстанавливаться в одном и том же месте выходной плоскости, где размещается многоэлементный фотоприемник в случае считывания информации или транспарант (управляемый пространственный модулятор света) в случае ее обработки.

Наиболее совершенные из известных устройств имеют в своем составе быстродействующие дефлекторы света и объединяют функции записи и считывания информации [2, 3]. Представляется, что их возможности могут быть в полной мере использованы лишь в оперативных ГЗУ.

В постоянных ГЗУ процесс записи может выполняться автономно с помощью простых специализированных устройств, не содержащих сложных и дорогостоящих элементов, какими являются в настоящее время дефлекторы света.

Именно такой вариант устройства для записи матриц голограмм описан ниже. Его принцип действия выбран с учетом недостатков известных схем записи, основанных на перемещении регистрирующей среды (рис. 1) [4], регистрирующей среды и транспаранта [5], а также объектива и диафрагмы (рис. 2) [6].

В устройстве по схеме рис. 1 (1 — транспарант; 2 — выходная плоскость; 3 — регистрирующая среда) в передней фокальной плоскости объектива O_1 устанавливается транспарант с регистрируемым изображением, а в задней фокальной плоскости регистрирующий материал. Запись матриц голограмм осуществляется путем двухкоординатного перемещения от экспозиции к экспозиции регистрирующего материала. При восстановлении изображений из голограмм опорным пучком R

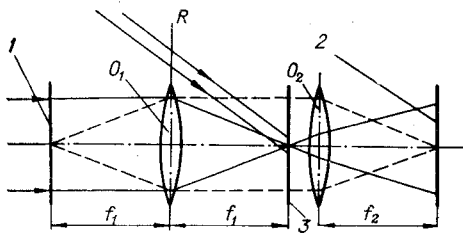


Рис. 1.

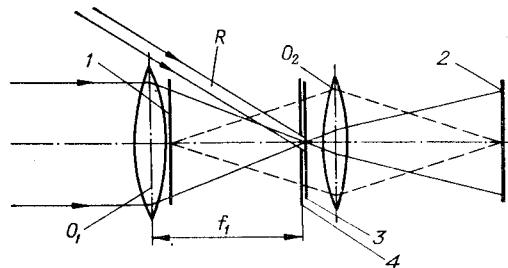


Рис. 2.

восстановленные изображения будут наблюдаться в задней фокальной плоскости объектива O_2 .

Основным недостатком этого устройства является то, что транспаранты с регистрируемыми изображениями в процессе их последовательной записи необходимо размещать точно в передней фокальной плоскости объектива O_1 . В противном случае изображения, восстановленные из разных голограмм матрицы, будут иметь поперечный сдвиг относительно друг друга на величину

$$\delta_{\max} = \frac{dhNf_2}{f_1(f_1 + 2d) - f_2d},$$

где d — сдвиг транспаранта вдоль оптической оси относительно передней фокальной плоскости объектива O_1 ; h — шаг матрицы голограмм; N — количество голограмм в строке или столбце; f_1 и f_2 — соответственно фокусные расстояния объективов O_1 и O_2 .

Обычно при записи информации в ГЗУ $h=1$ мм, $N=100$, а для качественного восстановления изображения из голограммы фокус объектива O_1 должен удовлетворять условию $f_1 = d_r \Delta / 3\lambda$ [2], где d_r — диаметр голограммы; Δ — размер одного элемента изображения; λ — длина волны света. При $d_r=1$ мм, $\Delta=0,5$ мм и $\lambda=0,63 \cdot 10^{-3}$ мм фокусное расстояние объектива преобразования Фурье $f_1 \approx 300$ мм. Если принять $f_2=300$ мм, а допустимое смещение восстановленных изображений $\delta = 0,1$ мм, то продольный сдвиг транспаранта при указанных выше параметрах схемы не должен превышать 0,3 мм.

Зависимость смещения восстановленных изображений от точности установки транспаранта во входной плоскости отсутствует в устройстве, схема которого приведена на рис. 2. При записи матриц голограмм перемещается либо транспарант совместно с регистрирующим материалом, либо объектив вместе с диафрагмой 4. Транспарант с регистрируемым изображением размещен после объектива в сходящемся световом пучке. Недостатком подобного устройства записи является то, что требуется применять объективы с большим относительным отверстием. Например, если необходимо записать матрицу из 100×100 голограмм, расположенных через 1 мм при размере изображения 100×100 мм, апертура объектива должна быть не менее 300 мм. Размер апертуры в этом случае определяется по формуле $A = \sqrt{2k(B + hN)}$, где B — размер изображения; k — коэффициент пропорциональности; h — шаг матрицы голограмм; N — количество голограмм в строке. Ясно, что изготовить объектив с $f=300$ мм и $A=300$ мм (относительное отверстие $A/f=1:1$) весьма сложно. Кроме того, перемещение большого объектива или транспаранта, в качестве которого может использоваться, к примеру, светоклапанная электронно-лучевая трубка, является нежелательным.

Схема предложенного устройства приведена на рис. 3. Коллимированный луч лазера 1 с помощью зеркал 3, 5 и светоделителя 4 расщепляется на два пучка — сигнальный и опорный. Оба пучка сходятся в

плоскости регистрирующего материала 12, перед которым помещена диафрагма 11, выделяющая требуемый участок светового поля. При этом сигнальный пучок попадает на подвижную линзу 6, перемещающуюся в плоскости сечения сигнального пучка по двум взаимно перпендикулярным направлениям. В результате на входном зрачке объектива 7 последовательно формируются точечные источники. Затем расходящийся пучок света проходит через систему объективов 8, 10, расположенных таким образом, что транспарант с изображением 9, помещенный между ними, освещается наклонными волнами, образованными точечными источниками.

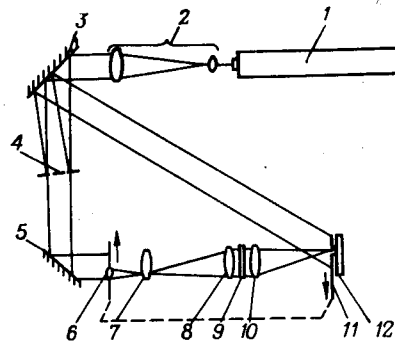


Рис. 3.

Задняя фокальная плоскость объектива 7 совпадает с плоскостью транспаранта 9. В этом случае плоские волны с различным наклоном фазового фронта освещают один и тот же участок транспаранта 9, на котором находится регистрируемый массив информации. С помощью объективов 8, 10 точечные источники переносятся в плоскость фотопластинки 12. Диафрагма 11, размещенная перед регистрирующей средой 12, перемещается синхронно с подвижной линзой, но в противоположном направлении.

В этом устройстве основные элементы схемы, такие как регистрирующий материал, транспарант, объектив, не перемещаются. Подвижными являются лишь вспомогательные элементы — небольшая линза и диафрагма, которые не являются ни сложными, ни громоздкими. Заметим, что погрешности в установке линзы 6 и диафрагмы 11 не оказывают влияния на положение восстановленного изображения.

Кроме того, рассматриваемое устройство обладает всеми положительными качествами устройств, описанных выше. Так, требования к апертурам объективов здесь такие же, как и для схемы рис. 1, т. е. при $N=100$, $h=1$ мм, $B=100$ мм апертуры объективов и в том и в другом устройстве должны быть порядка 150 мм ($A=\sqrt{2k}B$ или $A=\sqrt{2khN}$). Точность восстановления изображений не хуже, чем в устройстве по схеме рис. 2.

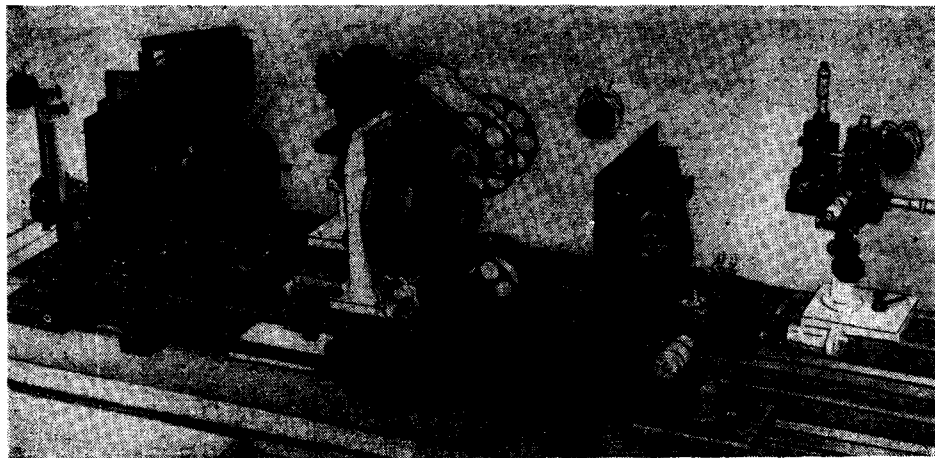


Рис. 4.

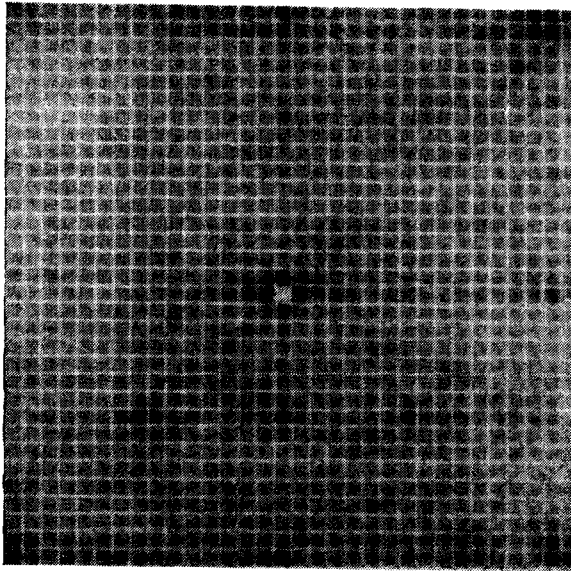


Рис. 5.

Наконец, при необходимости предлагаемое устройство может быть трансформировано в голограммное запоминающее устройство, совмещающее в себе как функции записи матриц голограмм, так и функции считывания информации, чего не позволяют устройства, описанные выше. Для этого вместо коллиматора 2 следует установить дефлектор света, в один из пучков, например в сигнальный, ввести оборачивающую систему для совмещения направлений перемещения сигнального и опорного пучков, подвижную линзу заменить линзовым растром, а на вы-

ходе устройства разместить многоэлементный фотоприемник.

Изготовлен лабораторный макет устройства. В нем применены объективы «Индустар-37» ($f=300$ мм, $A/f=1:4,5$). Изображения, подлежащие регистрации, записываются на 70 мм киноплёнке и вводятся в оптическую систему с помощью лентопротяжного механизма. Размер кадра 40×40 мм. Внешний вид установки показан на рис. 4.

С помощью описанного устройства записана матрица из 32×32 голограмм для экспериментального макета ГЗУ [7]. С целью увеличения дифракционной эффективности голограммы отбеливались. Вид матрицы показан на рис. 5.

Разработанное устройство может применяться при проведении экспериментальных исследований в области голограммных запоминающих устройств и оптической обработки информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е. С. Нежевенко, О. И. Потатуркин, П. Е. Твердохлеб. Линейные оптические системы с импульсной реакцией общего вида.— *Автометрия*, 1972, № 6.
2. А. Л. Микаэлян, В. И. Бобринев, А. А. Аксельрод, С. М. Наумов, М. П. Коблова, Э. А. Засовин, К. И. Куштанин, В. В. Харитонов. Голографические запоминающие устройства с записью информации массивами.— *Квантовая электроника*, 1971, № 1.
3. Jan A. Rajchman. Promise of Optical Memories.— *Journal of Applied Physics*, 1970, v. 41, № 3, p. 1376—1383.
4. R. M. Langdon. A High Capacity Holographic Memory.— *Marcony Review*, 1970, v. 33, № 177, p. 113—130. Русский перевод: *Экспресс-информация*, серия «Вычислительная техника», 1970, № 34.
5. Голографическое ЗУ фирмы Plessey.— *Systems Technology*, 1970, v. 11, № 9. Русский перевод: *Радиоэлектроника за рубежом*, 1970, № 33.
6. J. T. La Macchia. Optical Memories.— *A Progress Report "Laser Focus"*, 1970, February, p. 35—39.
7. Л. В. Выдрин, И. С. Гибин, Э. Л. Кашеев, Т. Н. Мантуш, Е. С. Нежевенко, Ю. Е. Нестерихин, Б. Н. Панков, Е. Ф. Пен, П. Е. Твердохлеб. Голограммное запоминающее устройство, взаимодействующее с ЭВМ.— *Автометрия*, 1974, № 1.

Поступила в редакцию 18 декабря 1972 г.