

2. С. В. Богданов и др. О некоторых возможностях построения и исследования акустооптических дефлекторов для голограммных запоминающих устройств.— В кн.: Оптические устройства для хранения и обработки информации. Новосибирск, Изд. ИАЭ СО АН СССР, 1974.
3. В. М. Мастихин, В. К. Сапожников, М. Г. Сербуленко, К. М. Соболевский, Ю. Н. Тищенко, Д. В. Шелопут. К выбору материала и исследованию акустооптических параметров светозвукопроводов дефлекторных ячеек.— «Автометрия», 1975, № 3.
4. Н. Г. Прохоров, В. Н. Шахгеданов. Расчет разрешения ультразвуковых дефлекторов для голографических запоминающих устройств.— «Вопросы радиоэлектроники. Сер. общетехническая», 1974, вып. 2.
5. В. Н. Вьюхин, А. Е. Ковалев, В. В. Курочкин, В. П. Юношев. Система управления акустооптическим дефлектором.— «Автометрия», 1975, № 3.

Поступила в редакцию 14 января 1975 г.

УДК 772.99 : 681.327

**А. АКАЕВ, Л. В. КОВАЛЕВСКИЙ,
С. А. МАЙОРОВ, Э. В. СТАРОДУБЦЕВ**
(Ленинград)

РАСЧЕТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ БОЛЬШОЙ ЕМКОСТИ

Геометрический аспект конструирования голографических цифровых запоминающих устройств (ГЦЗУ) изучался в ряде работ [1—4]. В результате были получены общие выражения для емкости голографической памяти и некоторые соотношения между геометрическими параметрами с учетом геометрических и дифракционных ограничений, а также ограничений, вносимых оптическими элементами системы записи и восстановления изображения. Оптимизация геометрии конструкции ГЦЗУ проводилась лишь по одному параметру за счет соответствующего выбора размеров накопительной пластины (пластины голограмм) и согласованной матрицы фотоприемников [1, 3] или расстояния между ними [2], а также определенного выбора числа голограмм, связанного с объемом входного массива [4].

В настоящей работе даны расчетные соотношения между геометрическими параметрами основных компонент ГЦЗУ (транспарант данных, пластина голограмм и матрица фотоприемников), геометрически оптимизированного по всем указанным выше параметрам. При этом рассматривается более общая конструкция с массивом входных данных и матрицей фотоприемников, имеющих прямоугольные форматы в отличие от схемы с квадратными матрицами, описанной в цитированных выше работах [1—4].

Конструктивная схема, состоящая из основных компонент системы записи, хранения и восстановления массива информации, показана на рис. 1. На рисунке не показаны оптические линзы L_1 , L_2 , формирующие Фурье-образ массива данных в плоскости голограммы L_1 и восстановленное изображение в плоскости считывания L_2 .

В качестве критерия оптимальности геометрии конструкции ГЦЗУ выбран максимум общей емкости памяти при заданных габаритах системы и предельной плотности хранения информации в голограмме, определяемой дифракционным ограничением, при дополнительном требовании инвариантности разрешения соседних бит по всему полю

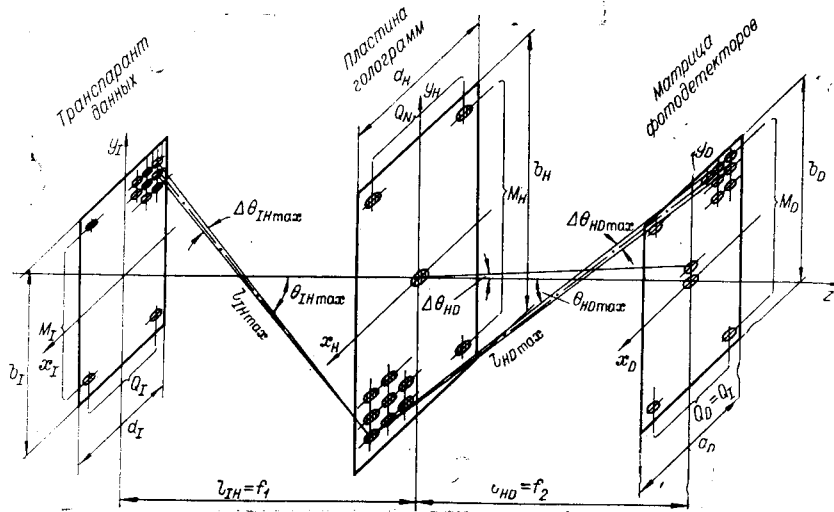


Рис. 1.

зрения как накопительной пластины, так и матрицы фотоприемников с точностью до малых второго порядка. В качестве исходного выражения при геометрической оптимизации конструкции ГЦЗУ служит условие разрешения любых соседних бит страницы информации, восстановленной с произвольной голограммы. Это условие является выражением классического критерия Релея для приведенной системы памяти (см. рис. 1) и имеет вид [2]

$$\frac{q_D \cos \theta_{HD \max}}{l_{HD \max}} \geq \frac{n_r \lambda}{d_H \cos \theta_{HD \max}}, \quad (1)$$

где n_r — коэффициент, учитывающий требуемую степень разрешения, λ — длина волны.

Составляя далее общее выражение для емкости ГЦЗУ [1—4] и оптимизируя геометрию конструкции последовательно по таким параметрам, как расстояние между накопительной пластиной и матрицей фотоприемников [2], объем входного массива и согласованное число голограмм, а также формат матрицы голограмм, получим оптимальные соотношения между информационными и геометрическими параметрами:

$$\left. \begin{aligned} \text{а) } C &= \frac{1}{32} \frac{\alpha_I}{1 + \alpha_I^2} \left(\frac{q_D}{q_H} \right)^2 \frac{S^8}{(0,25 + S^2)^6} \left(\frac{d_H}{n_r \lambda} \right)^4; \\ \text{б) } M_H &= \frac{1}{2\sqrt{2}} \left(\frac{q_D}{q_H} \right) \frac{S^2}{(0,25 + S^2)^{3/2}} \left(\frac{d_H}{n_r \lambda} \right); \\ \text{в) } M_I &= \frac{1}{2\sqrt{1 + \alpha_I^2}} \frac{S^2}{(0,25 + S^2)^{3/2}} \left(\frac{d_H}{n_r \lambda} \right); \\ \text{г) } f_1 = f_2 &= q_D \frac{S^8}{(0,25 + S^2)^{3/2}} \left(\frac{d_H}{n_r \lambda} \right), \quad F_1 = F_2 = 2S; \\ \text{д) } q_I M_I \sqrt{1 + \alpha_I^2} &= \sqrt{2} q_H M_H; \\ \text{е) } n &= \frac{1}{\pi} \frac{\alpha_I}{1 + \alpha_I^2} \frac{S^4}{(0,25 + S^2)^3} \frac{1}{(n_r \lambda)^2}, \quad \langle n \rangle = \frac{\pi}{4} \frac{n}{\beta_H^2}, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где C — общая емкость (бит); $M_I(M_H)$ — число строк массива входных данных (матрицы голограмм); $\alpha_I = Q_I/H_I$, $Q_H = M_H$; n — плотность информации в голограмме (бит/мм²); $\langle n \rangle$ — средняя плотность хранения информации в накопительной пластине (бит/мм²); F — апертурное d_j , q_j — геометрические параметры (см. рис. 1); S — относительное расстояние между накопительной пластиной и матрицей фотоприемников, причем $S \geq 1/\sqrt{2}$.

Приведенных оптимальных соотношений (2) недостаточно для получения замкнутой схемы расчета основных геометрических параметров ГЦЗУ, так как среди них нет соотношения между размерами входного (d_I) и выходного (d_D) бит. Диаметр восстановленного изображения (выходного) бита больше диаметра входного бита, что объясняется расширением изображения, обусловленным конечностью размеров формирующей линзы. Так как восстановленное изображение бита есть свертка входного бита с функцией рассеяния линзы, то ее диаметр $d_D = d_I + d_s$, где d_s — диаметр функции рассеяния линзы. Функция рассеяния линзы, формирующей изображение транспаранта, восстановленное с голограммы диаметром d_H , имеет вид [5]

$$S(r) = \frac{J_1\left(2\pi \frac{d_H}{2\lambda f_2} r\right)}{\pi \frac{d_H}{2\lambda f_2} r}, \quad (3)$$

где J_1 — функция Бесселя первого рода. Диаметр функции рассеяния $S(r)$ равен [5]

$$d_s = 2,44 \frac{\lambda f_2}{d_H}. \quad (4)$$

Следовательно,

$$d_D = d_I + 2,44 \frac{\lambda f_2}{d_H}. \quad (5)$$

Соотношение (5) и устанавливает связь между размерами входного и выходного бита с учетом расширения, обусловленного конечностью размеров линзы, формирующей изображение. Выражение (5) позволяет получить формулу для расчета коэффициента n_r , характеризующего степень разрешения бит в плоскости чтения. Действительно, разрешив соотношение (2г) относительно $\left(\frac{d_H}{\lambda f_2}\right)$ и подставив в (5), получим

$$d_D = d_I + 2,44 \frac{S^3}{(0,25 + S^2)^{3/2}} \frac{q_D}{n_r} \quad (6)$$

или

$$n_r = 2,44 \frac{S^3}{(0,25 + S^2)^{3/2}} \frac{\beta_I \beta_D}{\beta_I - \beta_D}. \quad (7)$$

При выводе формулы (7) принято во внимание то, что обычно $q_I = q_D$. Отсюда следует, что $\beta_I > \beta_D$.

Переходя к изложению схемы расчета геометрических параметров основных компонент ГЦЗУ, следует отметить, что она будет видоизменяться в зависимости от того, какие параметры будут заданы априори. Мы рассмотрим наиболее типичную ситуацию, когда требуется рассчитать оптимальные геометрические параметры при заданной общей емкости памяти. Прежде всего необходимо задаться значениями ряда параметров. Соображения, которыми надо руководствоваться при этом, могут быть различными и определяются параметрами имеющихся в наличии компонент ГЦЗУ, требуемым уровнем отношения сигнал/шум и

т. д. В рассматриваемой нами ситуации целесообразно задаться следующими параметрами: λ , M_I , α_I , β_I , β_H , β_D .

В первую очередь должен быть выбран лазер, отвечающий как по мощности, так и по другим характеристикам всем требованиям, предъявляемым условиями работы в системе ГЦЗУ [6, 7].

Емкость страницы информации на накопителе и ее формат (M_I , α_I) должны быть согласованы с требуемой общей емкостью ГЦЗУ, характеристиками матрицы фотоприемников и устройства ввода информации. Если нет особых причин, α_I следует полагать равной единице, что позволит записать информацию с максимальной плотностью.

Очевидно, что большие значения β_I более предпочтительны, так как в основе оптимальных соотношений (2) лежит критерий разрешения Релея (1), который справедлив для точечных источников света, т. е. при $\beta_I \rightarrow \infty$. В последнем случае и реализуется предельная плотность записи информации в голограмме, определяемая дифракционным ограничением. Кроме того, пропускание транспаранта

$$\eta_I = \frac{\pi d_I^2}{4q_I^2} = \frac{\pi}{4\beta_I^2} \quad (8)$$

с увеличением β_I резко падает. Поэтому β_I следует выбирать как можно больше, но не превышая значения, для которого соответствующее пропускание (4) еще позволяет получить требуемый уровень энергии информационного пучка, необходимый для записи качественной голограммы. Влияние конечности β_I на условие разрешения бит в плоскости чтения может быть учтено с помощью коэффициента n_r .

Относительное расстояние между голограммами β_H выбирается так, чтобы не превысить допустимый уровень линейных перекрестных наложений от соседних голограмм [8]. В работе [8], в частности, показано, что при $\beta_H > 1,5$ (для голограмм, расположенных в центральной области) в наихудшем случае перекрестные помехи не превышают 7%, что вполне допустимо для практических целей.

Относительное расстояние между битами в плоскости чтения рассчитывается, исходя из допустимого уровня перекрестных помех между соседними битами [6]. Перекрестные помехи можно практически исключить, если выбрать параметр β_D так, чтобы не перекрывались нулевые дифракционные порядки восстановленных бит по всей плоскости фотоприемников. Это имеет место, если

$$\beta_D \geq \cos^{-3} \theta_{HD \max} \quad (9)$$

Можно показать, что

$$\cos \theta_{HD \max} = \frac{S}{(0,25 + S^2)^{1/2}} \quad (10)$$

Подставив (10) в (9), получим неравенство

$$\beta_D \geq \frac{(0,25 + S^2)^{3/2}}{S^3} \quad (11)$$

которое гарантирует отсутствие перекрестных помех от соседних бит. Анализ формулы (7) показывает, что меньшим значениям β_D соответствуют меньшие значения n_r или в соответствии с соотношением (2e) большие значения плотности хранения информации. Поэтому в дальнейшем мы будем полагать

$$\beta_D = \frac{(0,25 + S^2)^{3/2}}{S^3} \quad (12)$$

Остальные параметры ГЦЗУ уже могут быть рассчитаны по оптимальным соотношениям (2). Рассмотрим прежде всего ГЦЗУ с идеальным входным транспарантом, который представляет собой матрицу точечных источников. Как отмечалось выше, в этом случае реализуется предельная плотность хранения информации в голограмме, определяемая дифракционным ограничением. Подставив выражение (12) для β_D в формулу (7) и устремив $\beta_I \rightarrow \infty$, получим, что $n_r = 2,44$ и не зависит от S .

Максимальная плотность хранения и соответствующая общая емкость для этого случая реализуется при $S = 1/\sqrt{2}$. Геометрические параметры такого ГЦЗУ рассчитываются с помощью соотношений (2) по следующей расчетной схеме:

$$а) n = \frac{16}{27\pi} \frac{\alpha_I}{1 + \alpha_I^2} \frac{1}{(2,44\lambda)^2}, \langle n \rangle = \frac{\pi}{4} \frac{n}{\beta_H^2};$$

$$б) d_H = 1,22\lambda \sqrt{27(1 + \alpha_I^2)} M_I, \quad q_H = \beta_H d_H,$$

$$M_H = \sqrt{\frac{C}{\alpha_I M_I^2}}, \quad a_H = q_H M_H;$$

$$в) F_1 = F_2 = \sqrt{2}, \quad f_1 = f_2 = 2a_H;$$

$$г) q_D = \frac{a_H}{M_I} \sqrt{\frac{2}{1 + \alpha_I^2}}, \quad d_D = q_D / \beta_D, \quad (13)$$

$$a_D = \alpha_I b_D, \quad b_D = q_D M_I;$$

$$д) q_I = q_D, \quad a_I = a_D, \quad b_I = b_D,$$

$$d_I = \frac{q_I}{\beta_I}.$$

Примеры расчета геометрических параметров ГЦЗУ по данной схеме приведены в табл. 1.

Зависимость основных параметров ГЦЗУ от параметра S иллюстрируется графиками, представленными на рис. 2 и 3.

Таблица 1

| $\lambda = 0,633 \text{ мкм}; n_r = 2,44; M_I = 100; \beta_I = \infty; \beta_H = 1,5; \beta_D = 1,8$ | | | | | | | | | | | | |
|--|------------|-------------------------------|---|---------------|---------------|-------|---------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| C [бит] | α_I | n [бит/мм ²] | $\langle n \rangle$ [бит/мм ²] | d_H [мм] | q_H [мм] | M_H | a_H [см] | $q_D = q_I$ [мм] | d_D [мм] | $a_D = a_I$ [см] | $b_D = b_I$ [см] | $f_1 = f_2$ [см] |
| 10^8 | 1 | $4 \cdot 10^4$ | $1,4 \cdot 10^4$ | 0,57 | 0,86 | 100 | 8,6 | 0,86 | 0,47 | 8,6 | 8,6 | 17,6 |
| | 2 | $3,2 \cdot 10^4$ | $1,12 \cdot 10^4$ | 0,89 | 1,34 | 71 | 9,4 | 0,59 | 0,37 | 11,8 | 5,9 | 18,8 |
| | 4 | $1,9 \cdot 10^4$ | $0,66 \cdot 10^4$ | 1,63 | 2,3 | 50 | 11,5 | 0,4 | 0,22 | 16 | 4 | 23 |
| 10^9 | 1 | $4 \cdot 10^4$ | $1,4 \cdot 10^4$ | 0,57 | 0,86 | 316 | 26,8 | 2,68 | 1,67 | 26,8 | 26,8 | 53,6 |
| | 2 | $3,2 \cdot 10^4$ | $1,12 \cdot 10^4$ | 0,89 | 1,34 | 225 | 30 | 1,89 | 1,18 | 37,8 | 18,9 | 60 |
| | 4 | $1,9 \cdot 10^4$ | $0,66 \cdot 10^4$ | 1,63 | 2,3 | 158 | 36,4 | 1,25 | 0,7 | 50 | 12,5 | 72,8 |
| 10^{10} | 1 | $4 \cdot 10^4$ | $1,4 \cdot 10^4$ | 0,57 | 0,86 | 1000 | 86 | 8,6 | 4,7 | 86 | 86 | 176 |
| | 2 | $3,2 \cdot 10^4$ | $1,12 \cdot 10^4$ | 0,89 | 1,34 | 710 | 94 | 6,0 | 3,74 | 120 | 60 | 188 |
| | 4 | $1,9 \cdot 10^4$ | $0,66 \cdot 10^4$ | 1,63 | 2,3 | 500 | 115 | 4 | 2,2 | 160 | 40 | 230 |

На рис. 2 показаны графики изменения общей емкости и плотности записи информации на голограмме, нормированные к максимальным значениям:

$$\bar{n} = \frac{n(S)}{n(1/\sqrt{2})} = \left(\frac{S}{2}\right)^4 \left(\frac{3}{0,25 + S^2}\right)^3; \quad \bar{C} = \frac{C(S)}{C(1/\sqrt{2})} = \left(\frac{S}{2}\right)^8 \left(\frac{3}{0,25 + S^2}\right)^6. \quad (14)$$

Непосредственно из этих графиков видно, как быстро снижаются общий объем и плотность записи информации на отдельной голограмме при выборе S , отличным от оптимального значения, равного $1/\sqrt{2}$.

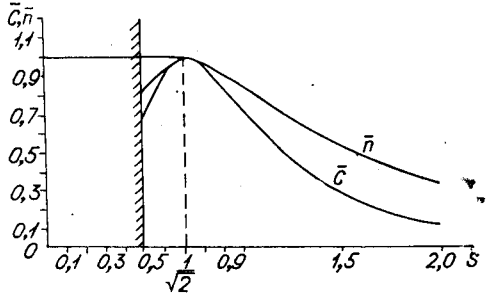


Рис. 2.

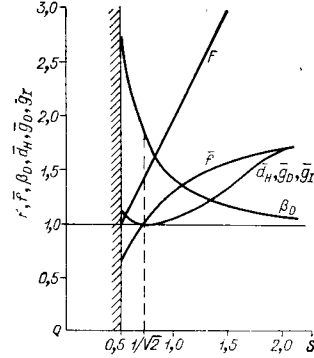


Рис. 3.

На рис. 3 даны графики изменения геометрических параметров (в нормированной форме):

$$\bar{d}_H = \frac{d_H(S)}{d_H(1/\sqrt{2})} = \left(\frac{2}{S}\right)^2 \left(\frac{0,25 + S^2}{3}\right)^{3/2}, \quad \bar{q}_I = \bar{q}_D = \bar{d}_H; \quad (15)$$

$$\bar{f}_1 = \bar{f}_2 = \frac{f(S)}{f(1/\sqrt{2})} = \left(\frac{S}{\sqrt{2}}\right)^3 \left(\frac{3}{0,25 + S^2}\right)^{3/2},$$

а также $F=2S$ и $\beta_D = \frac{(0,25 + S^2)^{3/2}}{S^3}$.

Как видно из рис. 3, при $S > 1/\sqrt{2}$ апертурные числа и фокусные расстояния линз, требуемые для реализации заданной общей емкости, резко увеличиваются.

Приступая к проектированию ГЦЗУ большой емкости, указанные обстоятельства необходимо учитывать в первую очередь.

Выше было рассмотрено ГЦЗУ с идеальным входным транспарантом. На практике входной бит имеет конечные размеры и $\beta_I < \infty$. Конечность β_I , а также связь между размерами входного и выходного бита при расчете геометрических и информационных параметров ГЦЗУ могут быть учтены посредством лишь одного коэффициента n_r . С учетом выражения (12) для β_D , n_r (7) запишется в виде

$$n_r = \frac{2,44\beta_I S^3}{S^3\beta_I - (0,25 + S^2)^{3/2}}. \quad (16)$$

Подстановка n_r (16) в соотношение (2), определяющее плотность хранения информации в голограмме, преобразует ее к виду

$$n = \frac{1}{\pi} \frac{\alpha_I}{1 + \alpha_I^2} \frac{1}{(2,44\lambda)^2} \frac{[\beta_I S^3 - (0,25 + S^2)^{3/2}]^2}{\beta_I^2 S^2 (0,25 + S^2)^3}. \quad (17)$$

Максимум плотности хранения теперь уже достигается при

$$\beta_I = \frac{(0,25 + S^2)^{5/2}}{S^3(S^2 - 0,5)} \quad \text{и} \quad n_r = 3,25(S^2 + 0,25). \quad (18)$$

Таким образом, при конечных значениях параметра β_I максимальная плотность хранения информации реализуется только при $S > 1/2$. Подставив (18) в (17), получим выражение для максимальной плотности, реализуемой при заданном значении β_I :

$$n^* = \frac{1}{\pi} \frac{\alpha_I}{1 + \alpha_I^2} \frac{1}{(3,25\lambda)^2} \frac{S^4}{(0,25 + S^2)^5}. \quad (19)$$

Зависимость параметров β_D и β_I , коэффициента n_r и плотности хранения информации n^* (нормированной к $n^* \left(S = \frac{1}{\sqrt{2}} \right)$) от параметра S иллюстрируется графически на рис. 4. Эти графики показывают

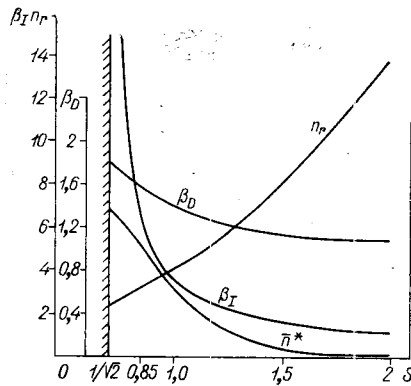


Рис. 4.

критичность основных параметров ГЦЗУ по отношению к параметру S . Действительно, при S , отличном от оптимального значения, равного $1/\sqrt{2}$, допустимая плотность хранения информации в голограмме резко снижается. Например, при $S = \sqrt{2}$ плотность хранения уменьшается более чем на порядок (см. рис. 4).

Для расчета геометрических и информационных параметров оптимизированного ГЦЗУ в рассматриваемом практически реализуемом случае необходимо задать конкретные значения параметров λ , M_I , α_I , β_H . Дополнительно к перечисленным задается также один из следующих па-

раметров: β_I , β_D , S . Тогда на основе соотношений (2), (12) и (18) можно предложить следующую схему расчета основных параметров ГЦЗУ большой емкости:

$$\left. \begin{aligned} \text{а) } \beta_I &= \frac{(0,25 + S^2)^{5/2}}{S^3(S^2 - 0,5)}, \quad \beta_D = \frac{(0,25 + S^2)^{3/2}}{S^3}, \quad n_r = 3,25(S^2 + 0,25); \\ \text{б) } n &= \frac{1}{\pi} \frac{\alpha_I}{1 + \alpha_I^2} \frac{S^4}{(0,25 + S^2)^5} \frac{1}{(n_r \lambda)^2}, \quad \langle n \rangle = \frac{\pi}{4} \frac{n}{\beta_H^2}; \\ \text{в) } d_H &= 2n_r \lambda \sqrt{1 + \alpha_I^2} M_I \frac{(0,25 + S^2)^{3/2}}{S^2}; \\ q_H &= \beta_H d_H, \quad M_H = \sqrt{\frac{C}{\alpha_I M_I^2}}, \quad a_H = q_H M_H; \\ \text{г) } F_1 &= F_2 = 2S, \quad f_1 = f_2 = 2\sqrt{2a_H}, \quad S; \\ \text{д) } q_D &= \frac{a_H}{M_I} \sqrt{\frac{2}{1 + \alpha_I^2}}, \quad d_D = q_D / \beta_D; \quad a_D = \alpha_I b_D, \quad b_D = q_D M_I; \\ \text{е) } q_I &= q_D; \quad d_I = \frac{q_I}{\beta_I}, \quad a_I = a_D, \quad b_I = b_D. \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

Информационные и геометрические параметры ГЦЗУ большой емкости, рассчитанные по данной схеме для ряда случаев, приведены в табл. 2.

Результаты, помещенные в табл. 2, убедительно показывают важность геометрического аспекта при конструировании ГЦЗУ большой

Таблица 2

$\lambda=0,633$ мкм; $M_f=100$; $\alpha_I=1$; $\beta_H=1,5$

| C [бит] | S | β_D | β_I | n_r | n [бит/мм ²] | $\langle n \rangle$ [бит/мм ²] | M_H | d_H [мм] | q_H [мм] | a_H [см] | $q_D=q_I$ [мм] | d_D [мм] | $a_D=a_Z$ [см] | d_I [мм] | $f_I=f_2$ [см] | $F_1=F_2$ |
|--------------|--------------|-----------|-----------|-------|-------------------------------|---|-------|---------------|---------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|------------|
| 10^8 | $1/\sqrt{2}$ | 1,8 | ∞ | 2,44 | $4 \cdot 10^4$ | $1,4 \cdot 10^4$ | 100 | 0,57 | 0,86 | 8,6 | 0,86 | 0,47 | 8,6 | 0 | 17,6 | $\sqrt{2}$ |
| | 0,85 | 1,58 | 6,9 | 3,14 | $2,3 \cdot 10^4$ | $0,8 \cdot 10^4$ | | 0,75 | 1,12 | 11,2 | 1,12 | 0,71 | 11,2 | 0,16 | 26,5 | 1,7 |
| | 1 | 1,4 | 3,5 | 4,05 | $1,2 \cdot 10^4$ | $0,42 \cdot 10^4$ | | 1,05 | 1,56 | 15,6 | 1,56 | 1,1 | 15,6 | 0,44 | 45 | 2 |
| | 1,5 | 1,14 | 1,6 | 8,1 | $0,2 \cdot 10^4$ | $0,7 \cdot 10^3$ | | 2,55 | 3,85 | 38,5 | 3,85 | 3,37 | 38,5 | 2,4 | 168 | 3 |
| | 2 | 1,1 | 1,32 | 13,8 | $0,4 \cdot 10^3$ | $0,14 \cdot 10^3$ | | 5,4 | 8,1 | 81 | 8,1 | 7,35 | 81 | 6,15 | 450 | 4 |
| 10^9 | $1/\sqrt{2}$ | 1,8 | ∞ | 2,44 | $4 \cdot 10^4$ | $1,4 \cdot 10^4$ | 316 | 0,57 | 0,86 | 27,2 | 2,72 | 1,5 | 27,2 | 0 | 56 | $\sqrt{2}$ |
| | 0,85 | 1,58 | 6,9 | 3,14 | $2,3 \cdot 10^4$ | $0,8 \cdot 10^4$ | | 0,75 | 1,12 | 35,5 | 3,55 | 2,25 | 35,5 | 0,51 | 84 | 1,7 |
| | 1 | 1,4 | 3,5 | 4,05 | $1,2 \cdot 10^4$ | $0,42 \cdot 10^4$ | | 1,05 | 1,56 | 81 | 8,1 | 5,8 | 81 | 2,3 | 235 | 2 |
| | 1,5 | 1,14 | 1,6 | 8,1 | $0,2 \cdot 10^4$ | $0,7 \cdot 10^3$ | | 2,55 | 3,85 | 122 | 12,2 | 10,5 | 122 | 7,7 | 535 | 3 |
| | 2 | 1,1 | 1,32 | 13,8 | $0,4 \cdot 10^3$ | $0,14 \cdot 10^3$ | | 5,4 | 8,1 | 256 | 25,6 | 26 | 256 | 12,4 | 1250 | 4 |
| 10^{10} | $1/\sqrt{2}$ | 1,8 | ∞ | 2,44 | $4 \cdot 10^4$ | $1,4 \cdot 10^4$ | 1000 | 0,57 | 0,86 | 86 | 8,6 | 4,7 | 86 | 0 | 176 | $\sqrt{2}$ |
| | 0,85 | 1,58 | 6,9 | 3,14 | $2,3 \cdot 10^4$ | $0,8 \cdot 10^4$ | | 0,75 | 1,12 | 112 | 11,2 | 7,1 | 112 | 1,62 | 265 | 1,7 |
| | 1 | 1,4 | 3,5 | 4,05 | $1,2 \cdot 10^4$ | $0,42 \cdot 10^4$ | | 1,05 | 1,56 | 156 | 15,6 | 11 | 156 | 4,4 | 450 | 2 |
| | 1,5 | 1,14 | 1,6 | 8,1 | $0,2 \cdot 10^4$ | $0,7 \cdot 10^3$ | | 2,55 | 3,85 | 385 | 38,5 | 33,7 | 385 | 24 | 1680 | 3 |
| | 2 | 1,1 | 1,32 | 13,8 | $0,4 \cdot 10^3$ | $0,14 \cdot 10^3$ | | 5,4 | 8,1 | 810 | 81 | 73,5 | 810 | 61,5 | 4500 | 4 |

емкости. Например, если для ГЦЗУ с общей емкостью 10^8 бит выбрать параметры, соответствующие двум значениям S , равным соответственно 1 и 2, то в первом случае требуется линза с фокусным расстоянием 45 см, а во втором — 450 см (см. табл. 2), т. е. габариты будут различаться на порядок.

Если какие-либо параметры, рассчитанные по данной схеме, не могут быть реализованы на практике, например, из-за отсутствия линз с требуемым апертурным числом и фокусным расстоянием или невозможности записи с максимальной плотностью из-за недостаточной разрешающей способности регистрирующей среды и т. д., тогда следует выполнить перерасчет параметров по той же расчетной схеме (20), только вместо соотношений (20а) необходимо пользоваться соотношением (16), которое обладает дополнительной степенью свободы. Выбирая комбинацию (β, S) , отличной от оптимального выражения (18), можно скорректировать систему так, чтобы она в достаточной степени удовлетворяла всем предъявляемым требованиям. Однако надо иметь в виду то обстоятельство, что это достигается за счет понижения плотности записи при одновременном увеличении габаритов системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. P. Graf, M. Lang. Geometrical Aspects of Consistent Holographic Memory Design.— "Appl. Opt.", 1972, v. 11, № 6.
2. T. Inagaki, P. Furukawa, V. Nishimura. Capacity of Page Oriented Hologram Memory.— "FUITSU Scientific Tech. J.", 1973, March.
3. M. Lang. Holographische Datenspeicher Mit Kapazitäten von Mehr Als 10^8 Bit.— "Optik", 1973, v. 37, № 5.
4. A. V. Lugt. Design Relationships for Holographic Memories.— "Appl. Opt", 1973, v. 12, № 7.
5. Р. Кольер, К. Беркхарт, Л. Лин. Оптическая голография. М., «Мир», 1973.
6. А. Л. Микаэлян, В. И. Бобринев, А. А. Аксельрод, С. М. Наумов, М. М. Коблова, Э. А. Засовин, К. И. Куштанин, В. В. Харитонов. Голографическое запоминающее устройство с записью информации массивами.— «Квантовая электроника», 1971, № 1.
7. D. Chen, O. N. Tuite. Optical Memories Controlling the Beam.— "IEEE Spectrum", 1973, v. 10, № 3.
8. B. Hill. Some Aspects of a Large Capacity Holographic Memory.— "Appl. Opt.", 1972, v. 11, № 1.

*Поступила в редакцию 28 марта 1974 г.,
окончательный вариант — 19 сентября 1974 г.*

УДК 771.531.37 : 772.99

И. С. ГИБИН, Е. Ф. ПЕН, А. В. ТРУБЕЦКОЙ

(Новосибирск)

МЕТОДИКА ВЫБОРА УСЛОВИЙ ЗАПИСИ ГОЛОГРАММ

Введение. При выборе режима записи голограмм наиболее часто используется T_a-E (амплитудное пропускание — экспозиция) характеристика фотоматериала [1] или ей подобная $\phi-E$ (фаза — экспозиция). В этом случае не учитывается влияние на свойства голограмм эффектов фазовой и амплитудной модуляции регистрирующего материала, пространственной частоты интерференционной картины, толщины и эффектов усадки фотоматериала и т. д. Поэтому наблюдается существенное расхождение экспериментальных и расчетных данных.