

ЛИТЕРАТУРА

1. Tremblay R., D'Astons Y., Roy G., Blanshard M. Laser plasmas — optically pumped by focusing with axicon a CO₂-TEA laser beam in a high-pressure gas // Opt. Commun.— 1979.— V. 28, N 2.— P. 193.
2. Dyson J. Optics in Metrology.— Oxford; London; New York; Paris: Pergamon Press, 1960.
3. Mikhaltsova I. A., Nalivaiko V. I., Soldatenkov I. S. Kinoform axicons // Optik.— 1984.— Bd 67, N 3.— S. 267.
4. Сороко Л. М. Мезооптика, голография и оптический процессор // Методы и устройства оптической голографии: Сб. науч. тр. XV Всесоюз. шк. по голографии.— Л.: ФТИ, 1983.
5. Пат. 4426696 США. Optical playback apparatus focusing system for producing a prescribed energy distribution along an axial focal zone/B. B. Brenden, J. T. Russell // Appl. Opt.— 1984.— V. 23, N 19.— P. 3250.
6. Roy G., Tremblay R. Influence of the divergence of a laser beam on the axial intensity distribution of an axicon // Opt. Commun.— 1980.— V. 34, N 1.— P. 1.
7. Коробкин В. В., Полоцкий Л. Я., Попонин В. П., Пятницкий Л. Н. Фокусировка гауссовых и гипергауссовых лазерных пучков аксикопами для получения сплошных лазерных искр // Квантовая электрон.— 1986.— Т. 13, № 2.
8. Fujiwara Shiro. Optical properties of conic surfaces. 1. Reflecting Conn. // JOSA.— 1962.— V. 52, N 3.— P. 287.
9. Нальчикова И. Г. Синтез фазовой структуры киноформных аксиконов.— Новосибирск, 1986.— (Препринт/АН СССР, Сиб. отд-ние, ИАНЭ; 328).
10. Коронкевич В. П., Ленкова Г. А., Михальцова И. А. и др. Киноформные оптические элементы: методы расчета, технология изготовления, практическое применение // Автометрия.— 1985.— № 1.

Поступила в редакцию 23 апреля 1987 г.

УДК 681.327.68 : 778.38

В. К. ЕРОХОВЕЦ

(Минск)

ОЦЕНКА ДОПУСКОВ ЛИНЕЙНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ В ДОКУМЕНТАЛЬНЫХ ГЗУ

При воспроизведении информационного изображения ряд выходных параметров оказывает существенное влияние на интегральную оценку его качества [1]. Число таких параметров относительно невелико. Это размер (формат) и точность его воспроизведения, точность воспроизведения контуров (нелинейные искажения), объемность (объемные искажения), яркость, контраст, резкость (четкость), цветность, воспроизведение полутонов и чистота фона.

Детальное изучение отмеченных выше наиболее важных параметров выделяет в вопросах исследования голографических запоминающих устройств (ГЗУ) документального типа три основных уровня: информационный, энергетический и геометрический. Информационному анализу посвящены работы [2, 3], энергетическому — [4], частные же аспекты геометрического проектирования ГЗУ освещены в [5—7]. Особый раздел при геометрическом проектировании ГЗУ составляет юстировка отдельных элементов схем записи и считывания. Этот вопрос применительно к построению цифровых ГЗУ изучался в ряде предшествующих работ [8—11]. Так, в [8] определены требования к точности установки тран-

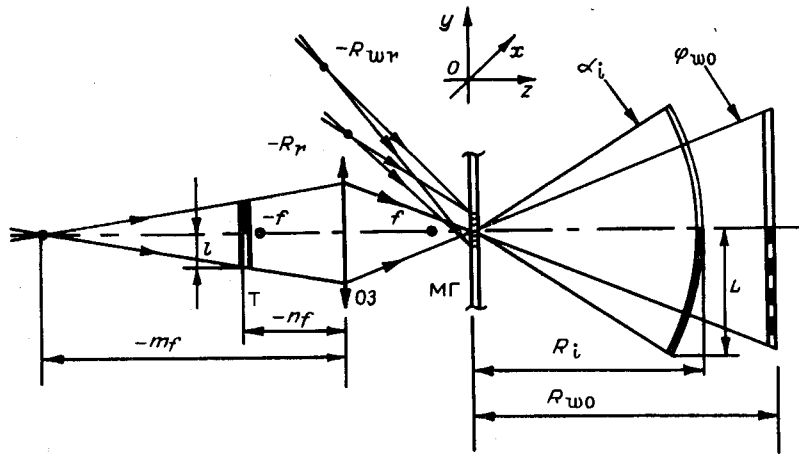


Рис. 1. Иллюстрация увеличения воспроизводимого изображения

спаранта данных в передней фокальной плоскости объектива фурье-преобразования при записи микроголограмм. Получены выражения для продольного и поперечного смещений и увеличения изображений [9]. Определены требования к точности установки транспаранта данных и фотоматрицы, а также дан анализ влияния несогласованности радиусов кривизны опорного и считывающего пучков на качество изображения [10]. Наконец, в [11] сформулированы требования к точности установки оптических элементов, к aberrациям объективов записи и считывания, а также к радиусам кривизны волнового фронта объектного, опорного и восстанавливающего пучков с учетом их совместного влияния на aberrации изображения цифрового транспаранта в плоскости фотоматрицы.

В настоящей статье дается оценка допусков линейного позиционирования (вдоль оптических осей) компонентов документальных ГЗУ по критериям точности формата и резкости воспроизводимых изображений, причем такая оценка производится для однолинзовой схемы записи — воспроизведения (рис. 1). Выбор такой схемы обеспечивает возможность создания ГЗУ без использования в их составе вспомогательной оптики для изменения масштаба воспроизводимых документов.

Оценка по критерию точности формата. В общем случае поперечное увеличение $M_{\perp} = L/l$ определяется произведением трех составляющих (см. рис. 1): линейного M_{\perp} , дифракционного (продольного) M_{\parallel} и углового M_y увеличений [7]:

$$M_{\perp} = M_{\perp} M_{\parallel} M_y, \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{где} \quad M_{\perp} &= |(n-1)^{-1}|; \\ M_{\parallel} &= \frac{R_{\Gamma}}{R_{w0}} = \frac{R_{w0}}{R_{\Gamma}} + \mu \left(1 - \frac{R_{w0}}{R_{w\Gamma}}\right)^{-1}; \\ M_y &= \frac{\operatorname{tg} \alpha_{\Gamma}}{\operatorname{tg} \varphi_{w0}} = \frac{\operatorname{tg} \arcsin(\mu \sin \varphi_{w0})}{\operatorname{tg} \varphi_{w0}}; \\ R_{w0} &= M_{\perp} k_{\Gamma} f; \quad k_{\Gamma} = (m-n)(m+1)^{-1}, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

а $\mu = \lambda_{\Gamma}/\lambda_w$ — отношение длин волн света на этапах считывания (λ_{Γ}) и записи (λ_w) микроголограммы. Здесь линейное увеличение M_{\perp} определяется относительным расстоянием транспаранта Т до объектива записи (ОЗ) в сравнении с его фокусным расстоянием f . Благодаря такой схеме записи вне зависимости от кривизны mf освещающего пучка света образуется действительное ($n > 1$) или мнимое ($n < 1$) изображение транспаранта на расстоянии R_{w0} от плоскости записи микроголограммы (МГ). Таким образом, R_{w0} — это геометрический параметр объектного пучка с угловым размером $2\varphi_{w0}$. Дифракционное (или продольное) уве-

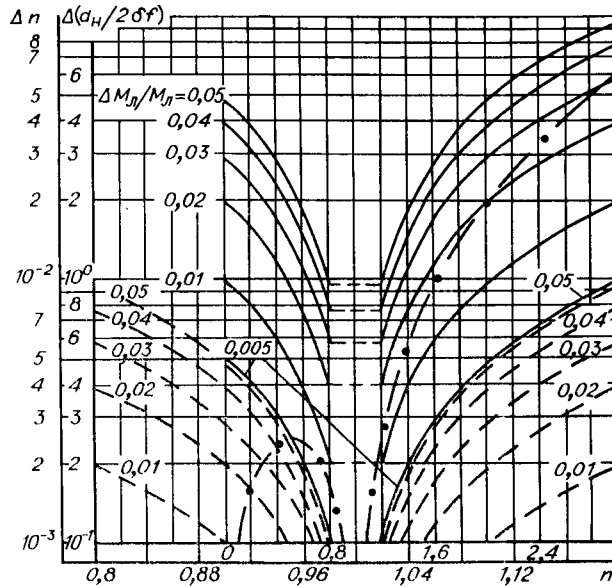


Рис. 2. Семейство графиков зависимости допуска линейного позиционирования транспаранта Δn от относительного расстояния n по критерию точности $\Delta M_n / M_n$ воспроизводимого формата (сплошные кривые — на интервалах $n \{0,2; 0,8\}$ и $n \{1,2; 3,0\}$, штриховые — на интервале $n \{0,8; 1,2\}$) и кривые зависимости $\Delta d_n / 2\delta f$ от относительного расстояния n (штрихпунктирные кривые) по критерию резкости

значение M_d определяется отношением продольных размеров воспроизводимого информационного R_i и объектного R_{w0} пучков света. M_d задается в первую очередь кривизной опорного пучка R_{w0} при записи и считывающего пучка R_r при воспроизведении. Наконец, при изменении длины света на этапе считывания угловой размер воспроизводимого изображения $2\alpha_i$ также претерпевает изменения в соответствии с выражением $\sin \alpha_i = \mu \sin \varphi_{w0}$.

Из системы уравнений (2) видно, что отклонение произвольного параметра в любой из составляющих приводит к появлению погрешности ΔM_n в выражении (1):

$$M_n + \Delta M_n = (M_x + \Delta M_x)(M_d + \Delta M_d)M_y. \quad (3)$$

Исключение составляет M_y в силу высокой частотной стабильности используемых в ГЗУ лазерных источников. С учетом (1) можно переписать (3) как

$$\frac{\Delta M_n}{M_n} = \frac{\Delta M_x}{M_x} + \frac{\Delta M_d}{M_d} + \frac{\Delta M_x}{M_x} \frac{\Delta M_d}{M_d}. \quad (4)$$

Дадим дифференцированную оценку отклонений в выражении (4). Для линейного увеличения

$$M_d + \Delta M_d = |(n - 1 + \Delta n)^{-1}|,$$

откуда

$$\Delta n = \left| \frac{(1 - n) \Delta M_n / M_n}{1 + \Delta M_x / M_x} \right|. \quad (5)$$

Графики зависимости (5) для практических значений n и $\Delta M_x / M_x$ представлены на рис. 2. Видно, что с увеличением M_d , т. е. при $n \rightarrow 1, 0$, требования к точности установки транспаранта линейно возрастают.

При использовании дифракционного изменения масштаба на практике из соображений конструктивной простоты системы записи — воспроизведения микроголограммы один из пучков света (опорный или считывающий) является коллимированным. Поэтому без учета поведения гауссовых пучков [12] при $R_r = \infty$

$$M_d = [\mu (1 - R_{w0} / R_{wr})]^{-1};$$

$$M_d + \Delta M_d = \frac{R_{wr} + \Delta R_{wr}}{\mu (R_{wr} + \Delta R_{wr} - R_{w0})}, \quad (6)$$

$$\text{откуда} \quad \frac{\Delta R_{wr}}{R_{wr}} = \left| \frac{(R_{wo}/R_{wr} - 1) \Delta M_d/M_d}{R_{wo}/R_{wr} + \Delta M_d/M_d} \right|. \quad (7)$$

Аналогично при $R_{wr} = \infty$

$$M_d = [\mu(1 + R_{wo}/\mu R_r)]^{-1}; \quad (8)$$

$$\frac{\Delta R_r}{R_r} = \left| \frac{(R_{wo}/\mu R_r + 1) \Delta M_d/M_d}{R_{wo}/\mu R_r - \Delta M_d/M_d} \right|. \quad (9)$$

Большое число варьируемых переменных в выражениях (6) и (8) предполагает наличие множества схемных конфигураций. Обязательным условием при анализе изменения параметра M_d для всех конфигураций является применение правила знаков геометрической оптики, где знак «—» соответствует геометрическим отрезкам в пространстве $z \in \{0, -\infty\}$, а знак «+» — в пространстве $z \in \{0, \infty\}$. Из выражений (6) и (8) видно, что при $R_{wo}R_{wr} < 0$ или $R_{wo}R_r > 0$ всегда $M_d < 1$. При $R_{wo}R_{wr} > 0$ или $R_{wo}R_r < 0$ имеет место увеличение. При этом для построения увеличенных действительных изображений необходимо соблюдать условия $|R_{wo}/R_{wr}| = |R_{wo}/\mu R_r| < 1$, нарушение которых приводит к исчезновению действительного изображения и формированию мнимого, в том числе уменьшенного при $|R_{wo}/R_{wr}| = |R_{wo}/\mu R_r| > 2$. Мнимое изображение в практических случаях легко трансформируется в действительное за счет считывания микроголограммы сопряженным пучком света.

На рис. 3 приведены кривые для оценки допусков линейного позиционирования опорного и считывающего пучков при заданной точности $\Delta M_d/M_d$ от 0,1 до 5%. Качественно графики для различных $\Delta M_d/M_d$ подобны. В области $R_{wo}/R_{wr} = R_{wo}/\mu R_r > 1$ зависимости $\Delta R_{wr}/R_{wr} = f(\Delta M_d/M_d)$ и $\Delta R_r/R_r = f(\Delta M_d/M_d)$ практически можно считать линейными. В области же $R_{wo}/R_{wr} = R_{wo}/\mu R_r < 1$ эта линейность все в большей мере нарушается.

Таким образом, если известны требуемое M_n и допустимое $\Delta M_n/M_n$, в соответствии с (4) определяется величина каждой составляющей ($\Delta M_x/M_x$, $\Delta M_d/M_d$) и по графикам на рис. 2 и 3 устанавливаются допуски на позиционирование транспаранта и точечных источников когерентного света в системах записи и считывания ГЗУ.

Рассмотрим пример достижения заданного значения $M_n = 10$ при допустимом $\Delta M_n/M_n = 3\%$ в ГЗУ с фокусным расстоянием объектива записи $f = 85$ мм. Оценку допусков линейного позиционирования будем производить для трех возможных схем. В первом случае принимаем $M_x = M_y = 1$. Тогда $M_n = M_x$, откуда $n = 0,9$ и $n = 1,1$. По графикам на рис. 2 определяем $\Delta n = 2,94 \cdot 10^{-3}$, что соответствует величине линейного допуска $\Delta n f = 0,25$ мм. Во втором случае принимаем $M_x = M_y = 1$. Тогда в соответствии с (2) находим $n = 0$, $M_n = M_d$, $R_{wo}/R_{wr} = 1,1$, $R_{wo} = 85$ мм и $R_{wr} = 93,5$ мм. По графикам на рис. 3 определяем $\Delta R_{wr}/R_{wr} = 2,65 \cdot 10^{-3}$ и $\Delta R_{wr} = 0,25$ мм. Наконец, в третьем случае рассмотрим комбинированное увеличение M_n с паличием M_d . Для простоты будем полагать $m = \infty$ и $M_x = M_d = \sqrt{M_n} = 3,32$. При этом в соответствии с (2) определяем $n = 0,7$, $R_{wo}/R_{wr} = 1,3$, $R_{wo} = 282$ мм, а $R_{wr} = 367$ мм. Поскольку в двух первых вариантах схем допуски линейного позиционирования в объектном и опорном каналах одинаковы для достижения одного и того же M_n , будем считать $\Delta M_x/M_x = \Delta M_d/M_d = 1,5\%$. При этом принимается во внимание малость третьего слагаемого в выражении (4). Тогда по графикам на рис. 2 и 3 находим $\Delta n = 4,5 \cdot 10^{-3}$ и $\Delta R_{wr}/R_{wr} = 3,4 \cdot 10^{-3}$, что соответствует величинам линейного допуска $\Delta n f = 0,38$ мм и $\Delta R_{wr} = 1,25$ мм. Таким образом, для снижения требований к конструкции ГЗУ предпочтительно использование комбинации M_x и M_d .

Оценка по критерию резкости. При номинальном (расчетном) расположении экрана или анализатора изображения относительно считываемой микроголограммы появление погрешности $\Delta M_n/M_n$ всегда сопровождается нарушением резкости в выходной плоскости. Проведем анализ

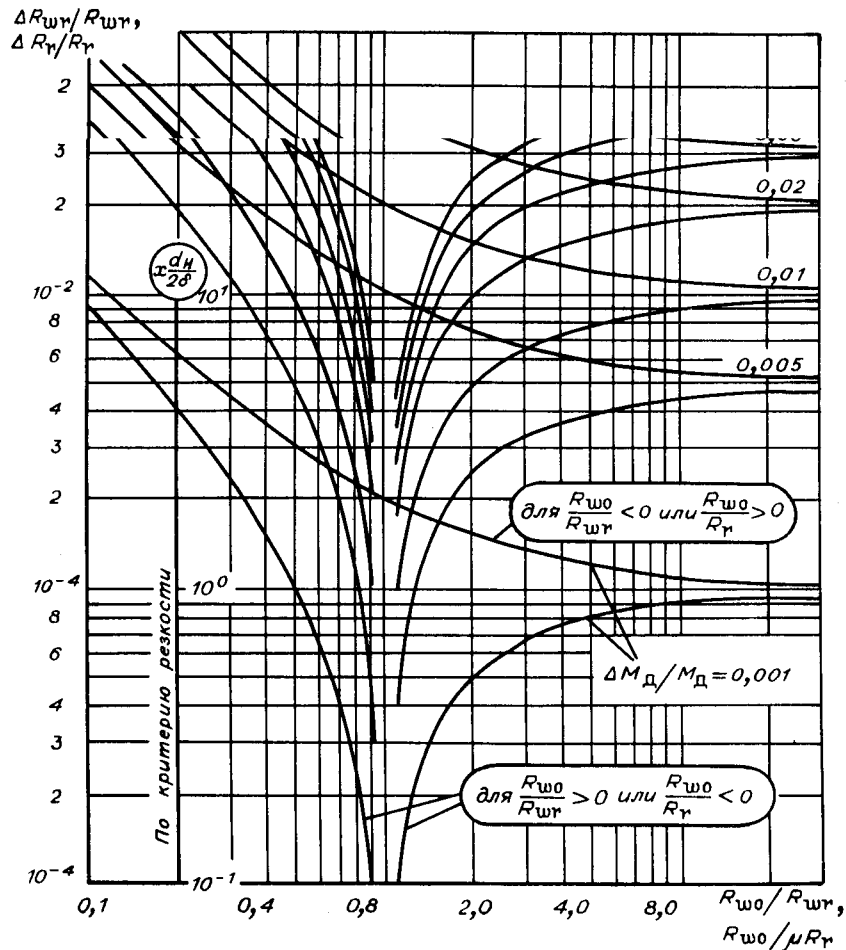


Рис. 3. Семейство графиков допуска линейного позиционирования точечных источников света в опорном канале записи ($\Delta R_{wr}/R_{wr}$) и считывания ($\Delta R_r/R_r$) ГЗУ по критериям точности $\Delta M_d/M_d$ воспроизводимого формата и резкости в зависимости от относительных расстояний $R_{wo}/R_{wr} = R_{wo}/\mu R_r$

тех же допусков линейного позиционирования компонентов ГЗУ по критерию резкости воспроизводимых изображений.

На рис. 4 показан ОЗ, проецирующий плоскость транспаранта (Т), расположенного на расстоянии $OA = nf$, в плоскость экрана (Э), удаленную от объектива на расстояние $OA' = M_x nf$. Транспаранты, расположенные в пространстве между точками A_1 и A_2 , изображаются в плоскости экрана кружками рассеяния диаметром δ , воспринимаемыми в виде резких изображений точек. Расстояния OA_1 и OA_2 определяют расстояния от плоскости объектива до возможных крайних положений транспаранта T_1 и T_2 , при которых резкость изображений в плоскости экрана остается хорошей. Из подобия треугольников опирающихся на δ и d_H (d_H — диаметр микроголограммы), с вершиной в точках A'_1 и A'_2 имеем соответственно:

$$OA'_1 = \frac{d_H z - \delta z_0}{d_H - \delta}, \quad OA'_2 = \frac{d_H z - \delta z_0}{d_H + \delta}.$$

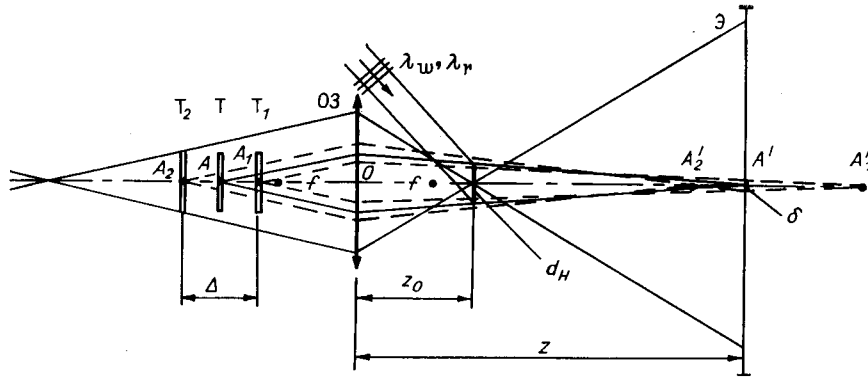


Рис. 4. Иллюстрация влияния погрешности позиционирования транспаранта в объектном канале ГЗУ

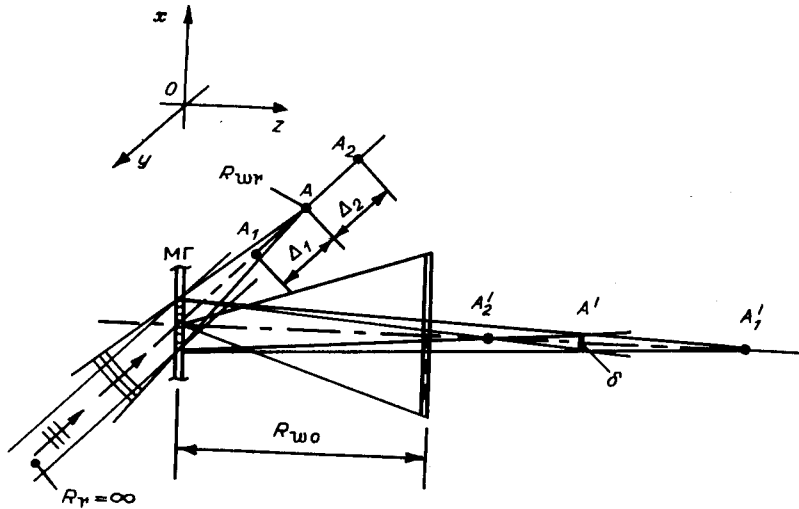


Рис. 5. Иллюстрация влияния погрешности позиционирования точечного источника света в опорном канале ГЗУ

С учетом этих записей и формул отрезков определяем

$$OA_1 = \frac{f(d_H z - \delta z_0)}{d_H(z-f) - \delta(z_0 - f)}, \quad OA_2 = \frac{f(d_H z - \delta z_0)}{d_H(z-f) - \delta(z_0 + f)}$$

Мерой допусков позиционирования транспаранта в оптической системе голографической записи служит величина

$$\Delta = OA_2 - OA_1 = \frac{2f^2\delta(d_H z - \delta z_0)}{[d_H(z-f) - \delta f]^2 + \delta^2(z_0^2 + 2f^2)}$$

или с учетом малости значения δ

$$\Delta = \frac{2\delta}{d_H} \frac{f^2 z}{(z-f)^2}. \quad (10)$$

Так как $z = M_n n f$, (10) можно переписать в виде

$$\Delta = \frac{2\delta}{d_H} \frac{n f}{M_n} = \frac{2\delta f}{d_H} \frac{n}{n-1}. \quad (11)$$

Максимальная величина допуска позиционирования $\Delta = \delta f / 2d_H$ имеет место при $\Delta' = 2\delta f(2n-1)/d_H = 0$, т. е. когда $n = 0,5$, и соответствует $M_n = 2$. График зависимости $\Delta \frac{d_H}{2\delta f}$ от параметра n представлен на рис. 2. При $n \rightarrow 1,0$ $\Delta \rightarrow 0$, и с дальнейшим увеличением n пределы допуска

монотонно расширяются. Видно, что область $n > 1,0$ предпочтительнее с точки зрения больших значений Δ , особенно при уменьшении M_n . Для приведенного выше первого примера при $\delta = 0,015$ мм и $d_H = 2,0$ мм допуски на установку транспаранта составляют $\Delta = 0,115$ мм и $\Delta = 0,14$ мм для $n = 0,9$ и $n = 1,1$ соответственно.

Рассмотрим случай дифракционного изменения масштаба для схемы на рис. 5, где $R_{w_0} > 0$, $R_{wr} > 0$ и $R_r = \infty$. Здесь точки A_1 и A_2 определяют отрезок $A_1A_2 = \Delta R_{wr}$ допустимого расположения точечного источника опорного пучка света, обеспечивающего при $R_r = \infty$ формирование резкого изображения в плоскости Э по критерию диаметра δ кружка рассеяния. С учетом того, что $OA_1 = R_{wr} - \Delta_1$, а $OA_2 = R_{wr} + \Delta_2$, осевые точки A и A' , A_1 и A'_1 , A_2 и A'_2 сопряжены микроголограммой в соответствии с выражениями

$$\left. \begin{aligned} OA' &= \frac{R_{w_0} R_{wr}}{\mu (R_{wr} - R_{w_0})}, \\ OA'_1 &= \frac{R_{w_0} (R_{wr} - \Delta_1)}{\mu (R_{wr} - \Delta_1 - R_{w_0})}, \\ OA'_2 &= \frac{R_{w_0} (R_{wr} + \Delta_2)}{\mu (R_{wr} + \Delta_2 - R_{w_0})}. \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Из геометрии схемы имеем

$$OA' = OA'_1 (1 - \delta/d_H) = OA'_2 (1 + \delta/d_H),$$

откуда с помощью системы (12) находим

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= \frac{\delta R_{wr} (R_{wr} - R_{w_0})}{d_H R_{w_0} + \delta (R_{wr} - R_{w_0})^2}, \\ \Delta_2 &= \frac{\delta R_{wr} (R_{wr} - R_{w_0})}{d_H R_{w_0} - \delta (R_{wr} - R_{w_0})^2}, \\ \Delta R_{wr} = \Delta_1 + \Delta_2 &= \frac{2\delta d_H R_{w_0} R_{wr} (R_{wr} - R_{w_0})}{d_H^2 R_{w_0}^2 - \delta^2 (R_{wr} - R_{w_0})^2}. \end{aligned}$$

С учетом малости значения δ относительный допуск на установку опорного точечного источника света определяется как

$$\frac{\Delta R_{wr}}{R_{wr}} = \frac{2\delta}{d_H} \left| \left(\frac{R_{wr}}{R_{w_0}} - 1 \right) \right|.$$

Для приведенного выше второго примера при $\delta = 0,015$ мм и $d_H = 2,0$ мм допуск на установку точечного источника опорного пучка в схеме записи составляет $\Delta R_{wr} = 0,125$ мм.

Аналогично при $R_{wr} = \infty$ имеем следующую запись:

$$\frac{\Delta R_r}{R_r} = \frac{2\delta}{d_H} \left| \left(\frac{\mu R_r}{R_{w_0}} + 1 \right) \right|.$$

Графики для оценки ΔR_{w_0} и ΔR_r по критерию резкости при известных R_{wr} , R_r , δ и d_H представлены на рис. 3. По аналогии с предыдущим случаем для достижения больших значений ΔR_{wr} или ΔR_r здесь предпочтительнее область $R_{w_0}/R_{wr} = R_{w_0}/\mu R_r < 1,0$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антипин М. В. Интегральная оценка качества телевизионного изображения.— Л.: Наука, 1970.
2. Ирмош Н. А., Ероховец В. К. Влияние линейных перекрестных помех на геометрическую структуру накопителя голографической памяти // Изв. АН БССР. Сер. физ.-техн. наук.— 1977.— № 1.
3. Ероховец В. К. Анализ информационных характеристик голографической документальной памяти типа 2Д // Там же.— 1985.— № 1.

4. **Ероховец В. К.** Анализ и расчет энергетических характеристик голографической документальной памяти // *Фундаментальные основы оптической памяти и среды.*— Киев: Вища шк., 1986.— Вып. 17.
5. **Ероховец В. К.** Увеличение при восстановлении двумерных страниц информации с микроголограмм // *Изв. АН БССР. Сер. физ.-техн. наук.*— 1978.— № 1.
6. **Ярмош П. А., Ероховец В. К., Борискевич А. А.** Резкость изображений при записи и восстановлении фурье-микроголограмм // *Там же.*— № 2.
7. **Ярмош П. А., Ероховец В. К.** Геометрические аспекты проектирования документальной голографической памяти // *Сб. тр. IV Всесоюз. конф. по голографии.*— Ереван: ВНИИРИ, 1982.
8. **Гибин И. С., Пен Е. Ф., Твердохлеб П. Е.** Устройство для записи матриц голограмм // *Автометрия.*— 1973.— № 5.
9. **Scamor R.** Alignment and design conditional for optical memory systems using Fourier holograms // *Opt. Acta.*— 1978.— V. 25, N 2.— P. 107.
10. **Домбровский В. А., Домбровский С. А., Пен Е. Ф.** Влияние параметров гауссового опорного пучка на искажение восстановленного из голограммы изображения // *Оптика и спектроскопия.*— 1978.— Т. 48, № 5.
11. **Домбровский В. А., Домбровский С. А.** Требования к aberrациям оптических элементов и точности их установки в голограммных ЗУ // *Автометрия.*— 1982.— № 6.
12. **Когельник Г., Ли Т.** Резонаторы и световые пучки лазеров // *ТИИЭР.*— 1966.— Т. 54, № 10.

Поступила в редакцию 19 августа 1986 г.

УДК 621.396 : 535.8

С. Ю. БОНДАРЦЕВ, Н. А. ЕСЕПКИНА, А. П. ЛАВРОВ

(Ленинград)

ОПТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССОРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СКАНИРУЮЩИХ ПЭС-ФОТОПРИЕМНИКОВ

Введение. В последнее время в связи с разработкой и совершенствованием новой элементной базы: широкополосных акустооптических модуляторов с полосами в сотни мегагерц, приборов с зарядовой связью (ПЗС), полупроводниковых лазеров и светоизлучающих диодов — появилась возможность разработки компактных оптических процессоров на объемных и интегральных элементах и создания на их основе гибридных систем обработки радиосигналов различного назначения с использованием ПЗС и микроЭВМ. Такие системы обработки позволяют реализовать чрезвычайно широкие полосы анализа при большой длительности сигналов, т. е. обрабатывать сигналы с большой базой. Они имеют небольшую вес, малое энергопотребление и достаточно простые оптические схемы.

Применение многоэлементных фотоприемников на основе ПЗС (ПЗСФП) в составе гибридных систем в качестве узла вывода информации из оптического процессора сделало реальным создание и внедрение различных устройств обработки радиосигналов, например акустооптических анализаторов спектра [1—3]. ПЗС являются многофункциональными приборами, поэтому их применение обеспечило не только стыковку оптических и цифровых процессоров, но и появление новых принципов в архитектуре оптических систем обработки информации [4—9]. Дополнительная аналоговая обработка сигналов в ПЗС перед их вводом в ЭВМ существенно расширяет возможности оптических процессоров.

В настоящей работе рассмотрены некоторые схемы оптических процессоров с использованием сканирующих ПЭС-фотоприемников, в частности коррелятор с опорной маской, который служит примером оптического вектор-матричного перемножителя [7, 8], а также акустооптическое устройство для обработки сигналов пульсаров — так называемый акустооптический компенсатор дисперсии.