

$\langle E_x \rangle / E_0$  и  $\langle E_x^2 \rangle / E_0^2$  от  $y/a$  для различных значений  $a/h$ . Как видно из рисунков, среднее значение поля в области под электродом является довольно однородным и близким к значению  $E_0$  для всех значений  $a/h$ . Для квадрата поля однородность достигается при  $a/h > 1$ . Если определить размеры области, в которой средние значения поля превышают, например, величину  $0,5 E_0$ , то окажется, что эти размеры максимальны так же, как и в случае  $E_y$ , при отношении  $a/h \approx 1-2$ .

Таким образом, полученные формулы (5) и (6) позволяют вычислить величину поля при краевом эффекте в любой точке пластины. Приведенные зависимости усредненных по сечению пластины значений величин  $x$ - и  $y$ -составляющих поля могут быть использованы для вычисления модуляционных характеристик электрооптических устройств, в частности величины и распределения интенсивности света на выходе устройства при различных соотношениях между шириной электрода и толщиной пластины в зависимости от приложенного напряжения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Cutchen J. T., Laguna G. R. PLZT Electrooptic Shutters: Applications.— Appl. Opt., 1975, vol. 14, p. 4866.
2. Видро Г. И., Мухина Е. Г. Исследование электрооптических свойств сегнетоэлектрической керамики системы ЦТСЛ, применяемой в индикаторных устройствах.— Автометрия, 1978, № 2.
3. Drake M. D. PLZT Matrix-Type Block Data Composers.— Appl. Opt., 1974, vol. 13, p. 347.
4. Smith W. D. Memory and Display Applications for PLZT Ceramics.— J. Solid State Chem., 1975, vol. 12, p. 486.
5. Миролобов Н. Н., Костенко М. В., Левинштейн М. Л., Тиходеев Н. Н. Методы расчета электростатических полей. М.: Высшая школа, 1963.
6. Клотиньш Э. Э. и др. Распределение электрического поля в электрооптическом модуляторе с планарными электродами.— Электроопт. сегнетокерамика [Учен. записки Латв. ГУ]. Рига, 1975, т. 230, с. 247.

Поступило в редакцию 6 сентября 1979 г.

УДК 535.317.1

Г. А. СПАСОВ, В. Х. СЪИНОВ, С. Х. СЪИНОВ  
(София, Болгария)

#### ДИФРАКЦИОННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИ МНОГОЭКСПОЗИЦИОННОЙ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАПИСИ

Многоэкспозиционной является голографическая запись при наложении решеток разных пространственных частот или запись под разными углами на общем носителе. Она используется для повышения объема записанной информации в голографических запоминающих устройствах [1], для создания обобщенных голографических фильтров в системах оптической обработки информации [2] и голографической интерферометрии [3]. Запись с разными длинами волн применяют прежде всего для создания цветных голограмм [3]. Этот метод обеспечивает более высокую информационную емкость регистрирующих сред, так как перераспределение информационных степеней свободы ведет к значительному превышению классического предела разрешения для плоских апертур. Недостатком многоэкспозиционной записи является уменьшение дифракционной эффективности (ДЭ) в сравнении с максимально возможной при однократной записи. Для светочувствительных материалов с амплитудной модуляцией это уменьшение значительно, что в наиболее общем виде можно выразить как

$$\eta_i = \eta_{\max} / N^2, \quad (1)$$

где  $\eta_i$  — дифракционная эффективность отдельной записи при наложении голограмм,  $\eta_{\max}$  — максимально возможная эффективность при однократной записи,  $N$  — количество голографических решеток.

Дифракционная эффективность в средах с фазовой модуляцией [3] падает в меньшей степени. Это связано с большим диапазоном линейного изменения показателя преломления  $\Delta n$  по сравнению с необходимой модуляцией  $n_1$  для достижения  $\eta_{\max}$ . В случаях когда  $\Delta n = n_1 \ll 1$ , согласно [4] соблюдается зависимость (1).

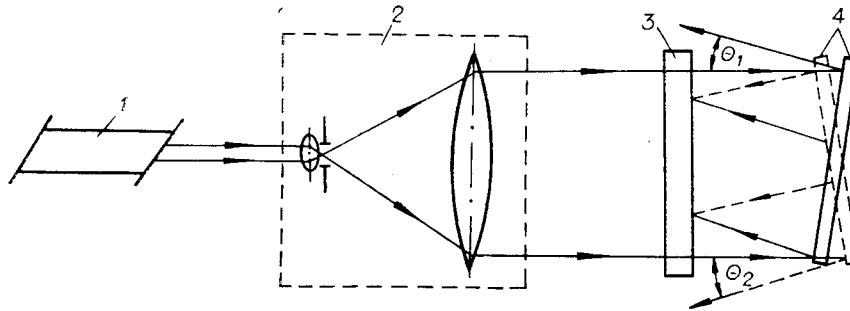


Рис. 1.

В настоящей работе представлены экспозиционные зависимости дифракционной эффективности неотбеленных голограмм на серебряно-галоидных эмульсионных слоях при многоэкспозиционной записи. Используются светочувствительные пластинки типа ХП-490 лабораторного полива ЦЛЮЗОИ БАН с толщиной эмульсионного слоя 7 мкм. Пластинки обрабатывались в фиксирующем проявителе ФХП-3 согласно [5, 6]. Эксперименты проводились при записи во встречных пучках двух плоских фронтов по схеме рис. 1, где 1 — лазер, 2 — коллиматор, 3 — светочувствительный материал, 4 — зеркало.

Голограммы удовлетворяют условию Брэгга, согласно которому для многоэкспозиционной записи можно применять разные углы и длины волн. Запись осуществлялась на длинах волн 488, 496,5 и 514,5 нм при двух углах между предметным и опорным пучками:  $-173$  и  $+173^\circ$ . Для пространственного разделения дифрагированных лучей при восстановлении угол наклона пластинки во время записи для каждой экспозиции менялся  $\pm 0,25^\circ$ .

На рис. 2 приведена типичная экспозиционная зависимость ДЭ использованного материала при однократной записи. Видность интерференционных полос 0,90. Следует отметить, что изменение видности в пределах  $0,90 \pm 0,05$  ведет к незначительному изменению ДЭ [6]. На рис. 3 изображены экспозиционные зависимости ДЭ при записи с двумя длинами волн: постоянная экспозиция при 514,5 нм ( $0,78 \text{ мДж/см}^2$ ) и нарастающая по полю пластинки при 488 нм. По оси абсцисс дана суммарная экспозиция. На рис. 4 представлены аналогичные зависимости при записи с тремя длинами волн: постоянные экспозиции при 514,5 нм ( $1,56 \text{ мДж/см}^2$ ) и 496,5 нм ( $1,56 \text{ мДж/см}^2$ ) и нарастающая при 488 нм. Экспозиционные зависимости ДЭ при наложении пяти отдельных решеток показаны на рис. 5: постоянная запись с  $0,65 \text{ мДж/см}^2$  (514,5 нм),  $0,25 \text{ мДж/см}^2$  (496,5 нм) при угле  $\Theta_1$ ;  $0,65 \text{ мДж/см}^2$  (514,5 нм),  $0,25 \text{ мДж/см}^2$  (496,5 нм) при угле  $\Theta_2$  и нарастающая экспозиция при угле  $\Theta_1$  (488 нм). Все использованные пластинки были одного полива и проявились вместе. Дифракционная эффективность измерялась с помощью He-Ne-лазера при различной степени набухания слоев до достижения максимальной интенсивности дифрагированного света от каждой решетки.

По экспериментально определенным зависимостям можно исследовать изменение эффективностей постоянных записей при наложении записи с нарастающей экспозицией. Максимальные значения ДЭ последней совпадают по экспозиции, как и следовало ожидать. Согласно рис. 5 существенной является и последовательность записей.

Уменьшение ДЭ при наложении голограмм примерно в 2 раза меньше по сравнению с зависимостью (1). Это связано с небольшим диапазоном изменения показателя преломления, который, исходя из [7], равен  $\Delta n \approx 0,03$ . Согласно теории связан-

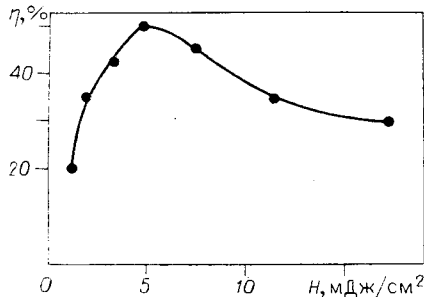


Рис. 2.

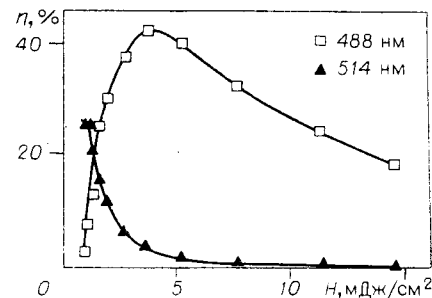


Рис. 3.

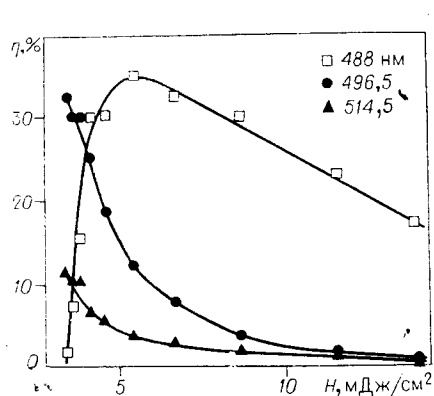


Рис. 4.

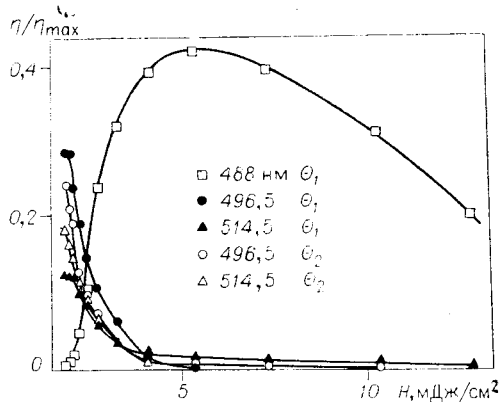


Рис. 5.

ных волн [4] в нашем случае необходимая модуляция для достижения  $\eta_{\max} = 50\%$  при однократной записи примерно в 2 раза меньше ( $n_1 \approx 0,015$ ). Наиболее неблагоприятный случай имеет место, когда максимумы интерференционных полос накладываются. Тогда уменьшение ДЭ наступает при  $\Delta n = 2n_1$  [3].

В заключение авторы выражают благодарность коллективу ЦЛОЗОИ БАН за полезные обсуждения, предоставленные материалы и режимы обработки при проведении экспериментов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Акаев А. А., Майоров С. А. Когерентные оптические вычислительные машины. Л.: Машиностроение, 1977.
2. Вьено Ж. Ш. Аналоговые методы обработки оптической информации.— Автометрия, 1974, № 1.
3. Кольер Р., Беркхарт К., Лин Л. Оптическая голография. М.: Мир, 1973.
4. Kogelnik H. Coupled Wave Theory for Thick Hologram Gratings.— Bell Syst. Techn. J., 1969, vol. 48, N 9, p. 2909.
5. Ковачев М. И., Сыйнов В. Х. Метод за проявяване на сребърно-халогенидни светлочувствителни материали.— Автор. свид-во НРБ № 20506.
6. Katzev A. D. et al. Lichtempfindliche Silberhalogenid Platten XII-490 und Endwickler FXII-3 fur Holographic.— Opt. Acta (in press).
7. Ковачев М. И., Сыйнов В. Х., Матеева Ц. Б. Дифракционная эффективность голограмм на дискретных носителях.— Квант. электроника, 1976, № 11.

Доступило в редакцию 5 марта 1980 г.

УДК 681.327.521

Ю. В. ОБИДИН, А. К. ПОТАШНИКОВ

(Новосибирск)

#### КОРРЕКЦИЯ КООРДИНАТНЫХ ОШИБОК В УСТРОЙСТВЕ СКАН-2

В ИАиЭ разработан фотограмметрический автомат «Зенит-2», в состав которого входит сканирующее устройство СКАН-2 на ЭЛТ с электромагнитным управлением положением светового пятна, предназначенное для ввода в ЭВМ координат и оптической плотности элементов фотографического изображения. Известно\*, что дисторсии электронно-оптической системы, искажения проекционной оптики, погрешности генераторов отклоняющих токов, нестабильность питающих напряжений и некоторые другие дестабилизирующие факторы нарушают соответствие между заданными

\* Горелик С. Л., Кац Б. М. Электронно-лучевые трубки в системах обработки информации. М.: Энергия, 1977.