

Номера измерений	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ошибка совмещения, мкм	0,05	0,05	-0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	-0,05

Следует учесть, что на точность измерения существенное влияние оказывают шумы фотоумножителей. Для повышения отношения сигнал — шум на выходе фотоумножителя можно увеличить световой поток, падающий на его фотокатод. Так как основная световая энергия у используемых обычно ЭЛТ лежит в сине-фиолетовой области, то применение кварц-флюоритовых микрообъективов также позволит увеличить отношение сигнал — шум системы. Необходимость использования таких микрообъективов диктуется еще и тем, что обычные микрообъективы существенно снижают разрешающую способность устройства и ограничивают ширину измеряемых штрихов.

В заключение следует сказать, что подобное устройство может быть использовано в установке для аттестации штриховых шкал.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. И. Берлин, А. А. Горелов, Б. М. Кац, М. Г. Маркович, Е. К. Овчинников, И. И. Цуккерман. Высокочастотная измерительная телевизионная система. — «Техника кино и телевидения», 1970, № 3, с. 43—44.
2. С. Т. Васильков, Л. С. Вертопрахова, А. М. Остапенко, А. К. Поташников, С. Е. Ткач, С. С. Шеломаинова. Сканирующий автомат для ввода в ЭЦВМ фильмовой информации. — «Автометрия», 1970, № 2, с. 47—52.
3. В. П. Коронкевич, Г. А. Ленкова. Лазерный интерферометр для измерения длины. — «Автометрия», 1971, № 1, с. 4—9.

Поступило в редакцию 9 октября 1974 г.

УДК 535.34.666.266.52

П. Д. БЕРЕЗИН, М. К. ДЯТЛОВ,
И. Н. КОМПАНЕЦ, К. Н. НАРЗУЛЛАЕВ
(Москва)

ГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ ЗАПИСЬ ИНФОРМАЦИИ В ФОТОХРОМНЫХ СТЕКЛАХ ГЕЛИЙ-КАДМИЕВЫМ ЛАЗЕРОМ

Несмотря на длительные усилия исследователей, следует признать, что проблема оптимальных реверсивных сред для регистрации информации в голографических ЗУ остается далекой от разрешения [1]. В этих условиях наряду с поиском новых веществ важной задачей является и улучшение характеристик известных материалов, в том числе фотохромных стекол (ФХС). Основные достоинства последних — практически неограниченное число циклов перезаписи информации, высокое пространственное разрешение, большой динамический диапазон чувствительности, технологичность изготовления и высокие механические свойства [2]. Присущий ФХС фактор качества $K=R\eta/H$ составляет сотни единиц [3], что выгодно выделяет их из группы материалов, пригодных для создания ЗУ. Здесь R — разрешение в несколько тыс. лин/мм; η — дифракционная эффективность (ДЭ), достигающая теоретически до 3,7% для амплитудных голограмм; H — энергия в мДж/см², требуемая для экспозиции.

Особенностью ФХС и в то же время их недостатком является то, что для потемнения стекол необходимы интенсивные источники света в ультрафиолетовом и коротковолновом видимом диапазонах длин волн. Трудности, связанные с использованием ультрафиолетовых лазеров, заставляют вести разработку стекол с областью чувствительности к потемнению, смещенной в видимый диапазон, где можно эксплуатировать относительно мощные ОКГ — аргоновые и на парах меди. Для этого в стекла вводятся соответствующие сенсibilизирующие примеси, например пятиокись фосфора [4]. Желаемый результат, однако, до сих пор не достигнут даже при увеличении скорости термической релаксации стекол.

Отметим, что ФХС достаточно эффективно поглощают фиолетовое излучение (рис. 1). Промышленностью к настоящему времени освоены гелий-кадмиевые лазеры, непрерывно излучающие в режиме одной поперечной моды до 150 мВт мощности на осциллирующую и обладающие повышенным изменением оптической плотности [4], а также стекла, легированные пятиокисью фосфора, у которых область спектральной чувствительности к потемнению сдвинута в зеленую область. Стекла были изготовлены в Государственном оптическом институте им. С. И. Вавилова.

Спектры пропускания ФХС представлены на рис. 1. Кривые 1 и 1' соответствуют просветленному, а кривые 2—2' и 3—3' — затемненному состояниям образцов. Видно, что добавка пятиокиси фосфора (кривая 1'), хотя и приводит к расширению области чувствительности до 0,54 мкм, но не увеличивает заметно коэффициента поглощения стекла в этом участке спектра.

Изменение прозрачности ФХС в зависимости от энергии падающего на образец излучения кадмиевого лазера показано на рис. 2. Кривая 1 соответствует образцу, легированному пятиокисью фосфора и потому обладающему более высокой чувствительностью к фиолетовому излучению, чем образец, легированный окисью кадмия (кривая 2). Чувствительность стекол оказалась равной 10 мДж/см²·дБ и 8 мДж/см²·дБ соответственно для стекол, легированных CdO и P₂O₅. Кривые иллюстрируют линейный характер зависимости в большом диапазоне уровней плотности, обычно используемых для голографической записи информации.

Запись голограмм и их считывание проводились по оптической схеме, изображенной на рис. 3. Использовался He-Cd лазер 1 типа ЛГ-31. Время экспозиции образца, а следовательно, и энергия записывающего излучения регулировались затвором 2 от долей до десятков секунд. Лазерный пучок расщеплялся с помощью полупрозрачного зеркала 5, причем предметный и опорный пучки имели одинаковую интенсивность, которая контролировалась с помощью фотодиода. Угол между пучками мог варьироваться от 10° до 80° за счет изменения расстояния от расщепителя до образца 8 при сохранении равной длины плеч 5, 7, 8, и 5, 6, 8. Диаметр интерферирующих пучков был около трех миллиметров, а распределение мощности по сечению пучка имело гауссову форму. Измерение ДЭ осуществлялось с помощью фотодиода 9 и модулятора 3, ослабляющего среднюю мощность излучения примерно в 50 раз. Несмотря на свою обычность и простоту, оптическая схема позволяла с достаточным для практики приближением снимать необходимые голографические характеристики материала.

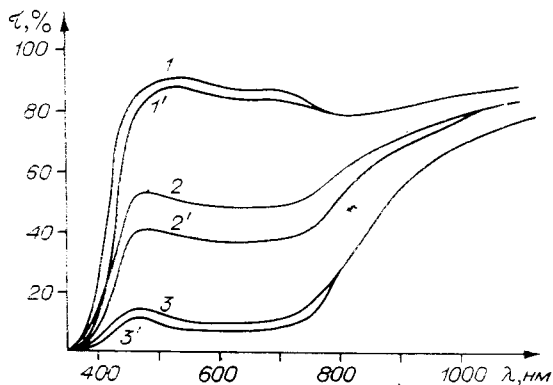


Рис. 1. Спектры пропускания образцов фотохромных стекол:

1 — для неэкспонированного и 2, 3 — для экспонированных (до различных уровней оптической плотности) образцов, легированных окисью кадмия; 1' — для неэкспонированного и 2', 3' — для экспонированного (до различных уровней оптической плотности) образцов, легированных пятиокисью фосфора.

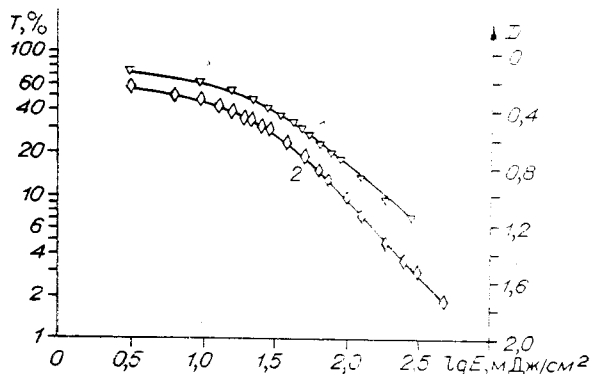


Рис. 2. Зависимость пропускания ФХС от энергии активирующего излучения гелий-кадмиевого лазера:

1 — для образца, легированного CdO; 2 — для образца, легированного P₂O₅.

На рис. 3 представлен график зависимости ДЭ от энергии падающего излучения в одном пучке. Угол между лучами был выбран равным 60° . Как следует из графика, получена максимальная ДЭ около 1%, которая имела место при плотности

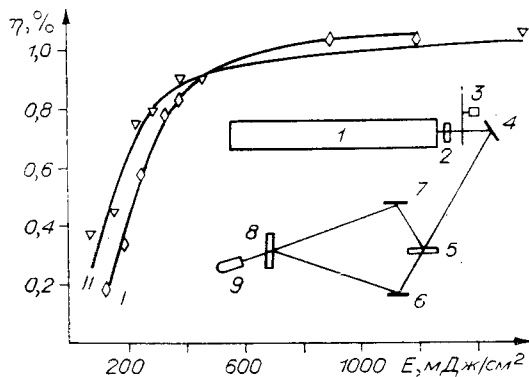


Рис. 3. Зависимость дифракционной эффективности голограмм, записанных на ФХС от энергии активирующего излучения (I — для образца, легированного P_2O_5 , II — для образца, легированного CdO) и оптическая схема исследования голографических характеристик ФХС:

1 — He-Cd лазер; 2 — затвор; 3 — модулятор; 4, 6, 7 — глухие зеркала; 5 — полупрозрачное зеркало; 8 — ФХС; 9 — фотодиод.

10^{-1} Вт время записи может быть снижено до 50 мс, что значительно ослабит требования к голографическим установкам и расширит область применения стекол.

Таким образом, в работе с помощью гелий-кадмиевого лазера проведена запись голограмм на специально легированных фотохромных стеклах и показана эффективность его использования в этих целях. Достигнута дифракционная эффективность порядка 1%.

В заключение авторы благодарят И. В. Туниманову и В. А. Цехомского за предоставление образцов стекол, В. В. Никитина, А. С. Семенова и В. Г. Страхова за полезные обсуждения, а также А. Г. Тимушеву за помощь в проведении эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Н. Селезнев, Н. Н. Шуйкин. Материалы для реверсивной оптической памяти. — «Квантовая электроника», 1974, т. 1, № 7, с. 1485—1498.
2. В. А. Цехомский, И. В. Туниманова. Фотохромные стекла. — Тезисы докладов I Всесоюзной конференции по бессеребряным и необычным фотографическим процессам. Киев, 1972, С — П, IV, 113 с.
3. В. Н. Синцов. Запись голограмм в реальном времени. — Материалы V Всесоюзной школы по голографии. Новосибирск, Изд. ЛИЯФ, 1973, с. 491—510.
4. И. В. Туниманова. Исследование фотохромных стекол на основе галогенидов серебра с целью использования их в запоминающих устройствах. — Автореф. дис. Л., ГОИ, 1973.
5. Ю. В. Ащеулов, В. И. Суханов. Регистрация голограмм на фотохромном стекле. Материалы I Всесоюзной конференции по голографии. Тбилиси, 1972. — В кн.: Проблемы голографии. Вып. III. М., Изд. МИРЭА, 1973, с. 165—170.
6. Э. В. Кондрашов, И. В. Туниманова, В. А. Цехомский. Исследование голографических характеристических кривых фотохромных стекол. — «ОМП», 1972, № 8, с. 42—46.
7. Л. Н. Вагин, В. А. Королев. Голографическая запись в объеме фотохромного стекла. Материалы I Всесоюзной конференции по голографии. Тбилиси, 1972. — В кн.: Проблемы голографии. Вып. III. М., Изд. МИРЭА, 1973, с. 176—180.

Поступило в редакцию 25 декабря 1974г.