

рабочем режиме переключения транспаранта ($f \sim 40$ кГц, $\tau_n = 0,3$ мс) коэффициент передачи напряжения с электрода a на электрод b равен приблизительно 0,05, а постоянная времени цепи передачи около 100 мкс. Из сравнения кривых 2 и 5 в рабочей области частот транспаранта видно, что коэффициенты передачи напряжения для электродов b и c близки. В связи с этим в рабочем режиме переключения электрода a передача рассеяния на электроды b и c не наблюдалась. Рис. 3 иллюстрирует независимость переключения электрорассеяния на электродах a и b .

В заключение авторы выражают благодарность А. Г. Беседину за помощь в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. Н. Компанец, В. Н. Морозов, В. В. Никитин, Л. М. Блинов. Управляемый транспарант на жидком кристалле для записи голограмм.— В сб. «Квантовая электроника», № 3 (9). М., «Советское радио», 1972.
2. А. А. Васильев, И. Н. Компанец, В. В. Никитин. Сокращение времени переключения оптического транспаранта на жидком кристалле.— В сб. «Квантовая электроника», № 3 (9). М., «Советское радио», 1972.
3. Orsay Liquid Cristal group.— Phys. Rev. Lett., 1970, v. 25, № 24.
4. С. А. Пикин. Турбулентное течение жидких кристаллов в электрическом поле.— ЖЭТФ, 1972, т. 63, № 3 (9).

Поступила в редакцию 19 марта 1973 г.

© «Автометрия», 1974.

УДК 681.327.02+621.378.9

Б. СТАДНИК, М. ХОМАТ, Ф. ХОФФ

(Прага)

ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАПИСИ*

Известно, что в число перспективных материалов для голографической записи входят как монокристаллические, так и аморфные вещества, главным образом тонкие пленки. Среди монокристаллов большое внимание уделяют фотохромным материалам и щелочно-галоидным кристаллам с центрами окраски. Среди тонких пленок перспективны пленки на основе аморфных полупроводников. В этой статье речь пойдет о результатах исследований материалов, применяемых для хранения информации.

Щелочно-галоидные кристаллы. Для записи и хранения информации в виде голограмм и фотографий в щелочно-галоидных кристаллах используются физические явления, основанные на обработке центров окраски [1]. Кроме способов образования F -центров и V -центров в кристалле при помощи коротковолнового излучения, отбеливания F -центров светом соответствующей длины волны и переориентировки анизотропных Ma -центров [2] и Fa -центров [3], можно пользоваться конверсией F -центров, полученных аддитивным путем, в X -центры при когерентном освещении.

Мы сосредоточили внимание именно на этом методе записи информации. Запись осуществляется светом гелий-неонового лазера ($\lambda = 0,63$ мкм); причем наиболее подходящими для этих целей оказались

* Материал доложен на 5-й Всесоюзной школе по физическим основам голографии, проходившей с 29 января по 3 февраля 1973 года в г. Новосибирске.

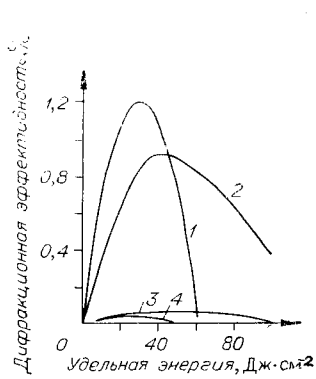


Рис. 1.

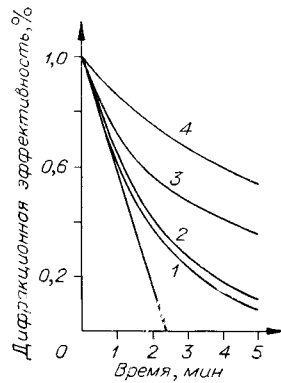


Рис. 2.

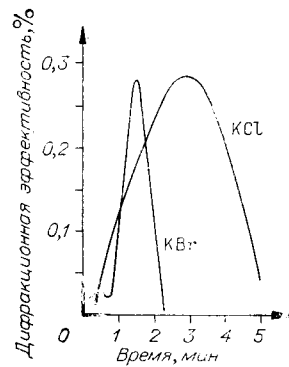


Рис. 3.

кристаллы КСІ и КВг, у которых диапазон поглощения F -центров совпадает с длиной волны лазера. Изменение кривой прозрачности под влиянием облучения происходит в широком интервале длин волн, и материалы имеют большой динамический диапазон.

На рис. 1 изображены кривые дифракционной эффективности кристаллов КСІ и КВг в зависимости от удельной энергии записи. Эксперименты проводились при комнатной температуре. Кривая 1 относится к кристаллу КСІ, кривая 2—к кристаллу КВг, окрашенному электролитическим путем в процессе выращивания. Кривые 3 и 4 получены на кристаллах, окрашенных аддитивным путем. Рис. 2 поясняет зависимость дифракционной эффективности от времени. Отдельные кривые соответствуют материалам, обозначенным теми же цифрами, что и на рис. 1. Из рисунка видно, что дифракционная эффективность убывает экспоненциально. Зависимость дифракционной эффективности обоих приведенных выше материалов, окрашенных электролитически в процессе роста, от времени записи показывает рис. 3.

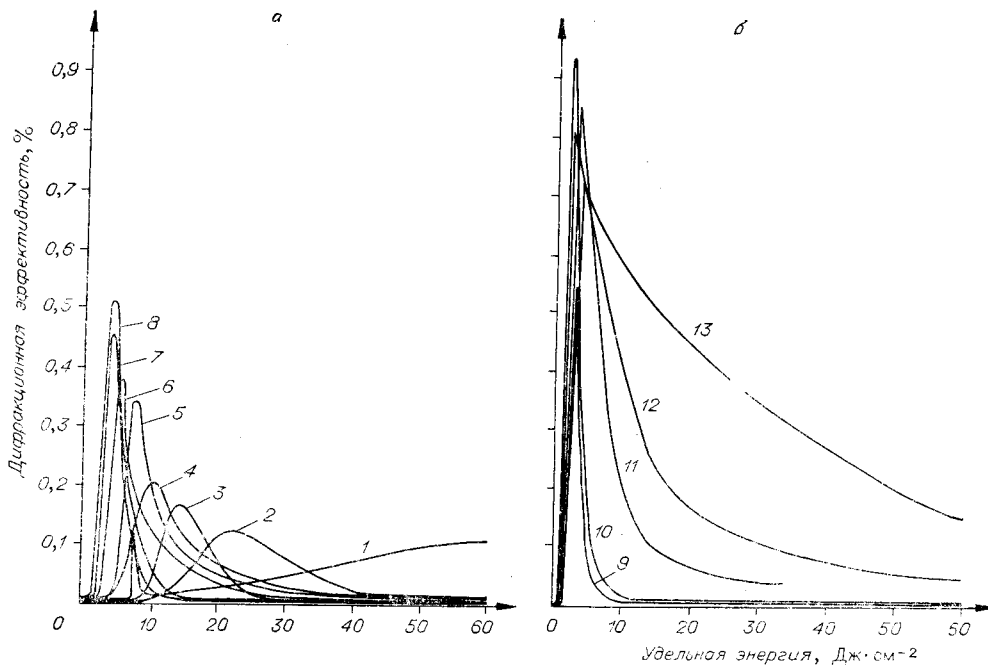


Рис. 4.

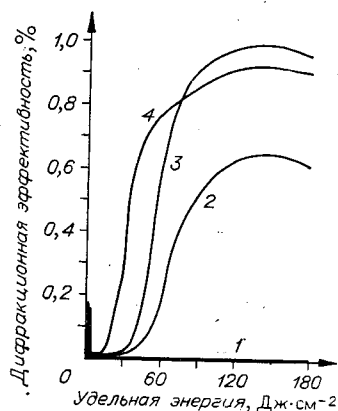


Рис. 5.

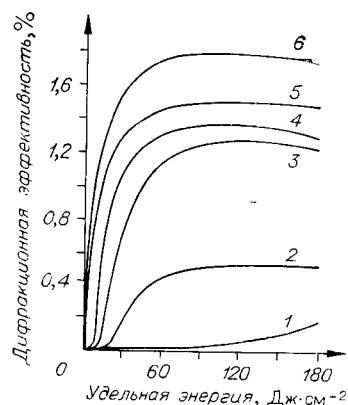


Рис. 6.

Рис. 4 объясняет поведение дифракционной эффективности кристалла КСl, окрашенного электролитически в процессе роста, в зависимости от энергии записи при разных температурах. На рис. 4, а кривые 1—8 соответствуют температурам 25, 40, 60, 80, 115, 145, 170 и 205°С, на рис. 4, б— температурам 245, 260, 270, 300 и 315°С (кривые 9—13). На рис. 5 показаны те же зависимости для кристалла КВг, причем отдельные кривые сняты при температурах 180, 215, 240 и 280°С (кривые 1—4). На рис. 6 представлена зависимость дифракционной эффективности кристалла КСl, окрашенного в парах натрия, от плотности световой энергии для температур 180, 215, 240 и 280°С (кривые 1—6). Рис. 7 указывает на ту же зависимость для КВг. Кривые 1—4 соответствуют температурам 135, 165, 225 и 255°С.

В заключение можно сказать, что для практического применения самыми выгодными являются кристаллы КСl, окрашенные электролитически, так как их максимальная дифракционная эффективность достигает одного процента (см. рис. 4, б) при меньших плотностях энергии светового пучка по сравнению с кристаллами КВг.

Фотохромные кристаллы. Вторым физическим процессом, перспективным для оптической записи и хранения информации, является, как общеизвестно, фотохромный процесс. Активация материала производится облучением светом одной длины волны, которая тоже служит для стирания информации. Записывать информацию можно при помощи лазерного излучения другой длины волны. Таких материалов существует очень много среди органических и неорганических соединений. В список исследуемых неорганических кристаллов входят главным образом фторид кальция CaF_2 с примесью редкоземельных металлов (La, Ce, Tb, Gd), титанат кальция и стронция с примесью переходных металлов (F_2 —Mo, Ni—Mo) [4].

Мы исследовали фторид кальция с некоторыми приведенными выше примесями и разработали материал, который оказался пригодным для практического применения. Материал в форме пластинок какой-либо ориентации активируется при помощи ртутной разрядной лампы мощностью 100 Вт в течение 30—60 с. При экспозиции с плотностью энергии 200 мДж·см⁻² ($\lambda = 0,63$ мкм) получается дифракционная эффективность 0,3—0,5% в зависимости от толщины пластинки. Информация сохраняется при комнатной температуре в течение не менее 6 ч. Довольно низкая плотность световой энергии для записи (0,5 мВт·см⁻²) позво-

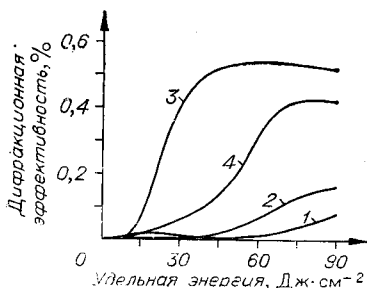


Рис. 7.

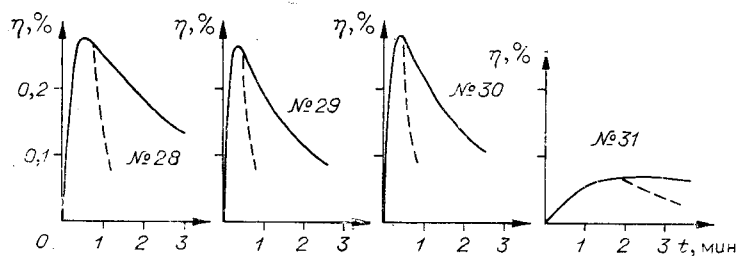


Рис. 8.

ляет применить фотохромный фторид кальция для задач голографической интерферометрии, где в некоторых случаях он может заменить фотографические пластинки, так как разрешающая способность этого материала больше 3000 линий/мм. В настоящее время мы добились 5000 циклов запись — стирание без каких-либо ухудшений параметров (см., например, [5]).

На рис. 8 показана зависимость дифракционной эффективности η разных образцов фотохромного фторида кальция от времени экспозиции при удельной энергии в $10 \text{ мВт} \cdot \text{см}^{-2}$ (сплошные кривые) и зависимость η от времени считывания при $5 \text{ мВт} \cdot \text{см}^{-2}$ (штриховые кривые). Толщина образца 1 мм. Для создания фотохромных центров они подвергнуты разным дозам γ -облучения. Образец № 28 содержит в качестве примеси лантан, № 29 — лантан и церий, № 30 — лантан и празеодим и № 31 — гадолиний.

Полупроводниковые стекла. В последние годы уделяют большое внимание тонким пленкам аморфных полупроводников. Из этих материалов мы исследовали двух- и четырехкомпонентные соединения, в которых оптическая запись осуществляется на основе фотодекомпозиции или фазового перехода между аморфным и поликристаллическим состояниями [6, 7]. Запись на основе фотодекомпозиции исследована на тонких напыленных пленках As_2S_3 и As_2Se_3 .

В качестве примера на рис. 9 показано восстановление голограммы, на которой записано изображение двоичной матрицы. Голограмма имела диаметр 1 мм и проецировалась на тонкую пленку As_2S_3 толщиной в 2 мкм (экспозиция $75 \text{ мДж} \cdot \text{мм}^{-2}$). Дифракционная эффективность равна приблизительно 1%.

Для записи на основе фазового превращения мы пользовались материалами типа $\text{Te}_{81}\text{Ge}_{15}\text{Sb}_2\text{S}_2$. На рис. 10 показана запись тонких линий шириной около 2 мкм при помощи гелий-неонового лазера на пленку толщиной около 0,5 мкм. При записи был обнаружен пороговый характер изменения оптических свойств: пороговая мощность для нашей пленки была равна 2 мВт. При мощности на порядок выше пороговой происходило испарение пленки.

Работы над этими материалами находятся в начальной стадии; можно считать эти вещества перспективными для практического использования, так как по сведениям [6, 7] они являются обратимыми и позволяют получать большую плотность записи информации. Кроме того, интересно поведение многослойных соединений типа $\text{As}_{30}\text{Te}_{48}\text{Ge}_{10}\text{Si}_{12}$. Вероятно, возможна многоуровневая запись путем испарения отдельных слоев в зависимости от

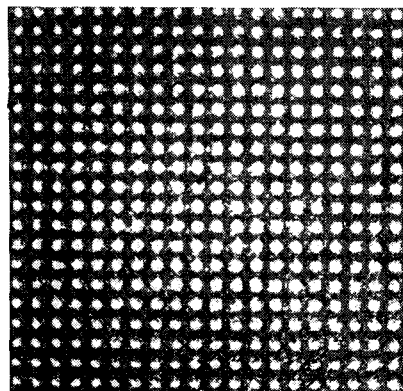


Рис. 9.

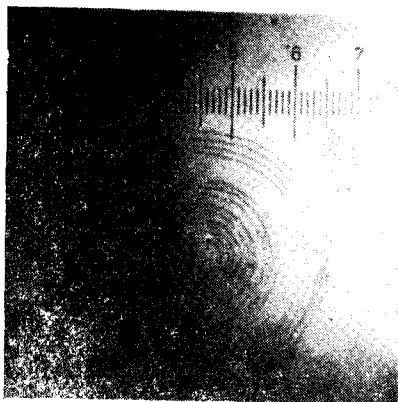


Рис. 10.

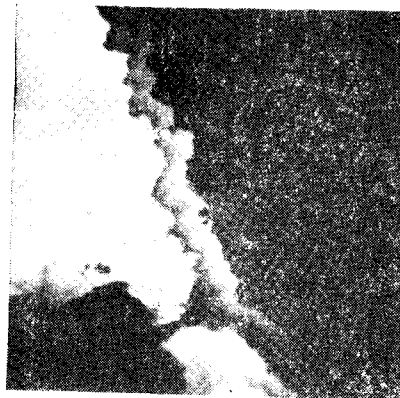


Рис. 11.

плотности энергии рубинового лазера. На рис. 11 изображена микрофотография восьмислойной структуры после облучения рубиновым лазером (энергия $1 \text{ Дж} \cdot \text{см}^{-2}$; длительность импульса 50 нс). Размер этой микрофотографии около 100 мкм.

ЛИТЕРАТУРА

1. B. Stadnik, Z. Tronner. Die Speicherung der optischen Information in KCl und KBr Kristallen mittels des Laserbündels. *Laser*, 1969, № 4, 46—48.
2. J. Schneider. Information Storage Using the Anisotropy of Colour Centers in Alkali Halide Crystals.— *Applied Optics*, 1967, v. 6, № 12, 2197—2198.
3. F. Lanzl, U. Roeder, W. Waidelich. Three — Dimensional Holographic Information Storage with Fa-Centers in Alkali Halides. *Symposium International sur holographie*, Besancon, 1970.
4. R. C. Duncan, B. W. Faughnan, W. Philips. In *Organic Photochromic and Cathodochromic Recording Materials*.— *Applied Optics*, 1970, v. 9, № 10, 2236—2243.
5. M. Chomat, M. Miller, I. Gregora. Holographic Recording in Photochromic CaF_2 and its Application to Holographic Interferometry.— *Optics Comm.*, 1971, v. 4, № 3, 243—245.
6. S. A. Keneman. Hologram Storage in Arsenic Trisulfide Thin Films.— *Appl. Phys. Letters*, 1971, v. 19, № 6, 205—206.
7. A. Hamada, T. Kurosu, M. Saito, M. Kikuchi. Transient Phenomena of the Light Induced Memory in Amorphous Semiconductor Films.— *Appl. Phys. Letters*, 1972, v. 20, № 1, 9—11.

Поступила в редакцию 14 мая 1973 г.