Изв. АН Армянской ССР, Физика, 11, 134—139 (1976)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РЕВЕРСИВНОЙ ЗАПИСИ ГОЛОГРАММ НА ПЛЕНКАХ ХАЛЬКОГЕНИДНЫХ СТЕКОЛ As_2S_3

Ю. В. ЕСАЯН, Р. В. АКОПОВ, Н. Ц. ТАТЕВОСЯН, М. Ж. ЕГАНЯН

Исследована запись голограмм на пленках As_2S_3 излучением *HeCd*-лазера ($\lambda=0{,}44$ *мкм*) и *HeNe*-лазера ($\lambda=0{,}63$ *мкм*). Приводятся результаты исследования влияния подогрева на характеристики записи голограмм. Рассмотрена возможность их стирания при тепловом воздействии и найдены оптимальные параметры. Получено более 20 циклов перезаписи с $\eta=1{,}5\%$ без снижения дифракционной эффективности.

Аморфные полупроводники интенсивно исследуются для применения их в качестве носителя информации в голографических ЗУ [1]. В частности, на халькогенидных пленках As_2S_3 производилась запись голограмм с высокой дифракционной эффективностью $\eta=25\%$ [2] и стирание нагреванием до температуры стеклообразования [3, 4]. Эффект реверсивен также при 77°К [5]. В настоящей статье рассмотрены вопросы выбора параметров пленки и схемы для записи и стирания голограмм. Исследовано влияние подогрева пленки на дифракционную эффективность, время записи голограмм, возможность стирания и его время. Определены оптимальные условия для многократной записи и стирания голограмм.

Методика эксперимента

Исследовались полученные термическим испарением на стеклянной подложке образцы пленок As_2S_3 толщиной от 1 до 8 *мкм*. Выбор толщины пленок был проведен исходя из следующих соображений. Голограммы на пленках As_2S_3 являются преимущественно фазовыми дифракционными решетками [6], эффективность которых зависит от толщины пленок при записи излучением *HeNe*-лазера ($\lambda=0{,}63$ *мкм*). Как показано в [7], толщина пленки определяется параметром Q, характеризующим объемность голограмм,

$$Q=\frac{2\pi\lambda d}{n_0\Lambda}, \tag{1}$$

где n_0 — показатель преломления среды, Λ — период интерференционной картины. При $Q\gg1$ решетка рассматривается как толстая, с высокой дифракционной эффективностью.

Используя соотношение (1) и выражение для периода интерференционной картины, возникающей при схождении двух пучков под углом θ,

$$\Lambda=\frac{\lambda}{2\sin\frac{\theta}{2}}, \tag{2}$$

олучим зависимость толщины пленки d от угла схождения пучков θ как ункцию от параметра Q

$$d = \frac{n_0 \lambda Q}{8\pi^2 \sin^2 \frac{\vartheta}{2}}. \qquad (3)$$

С целью выбора оптимальных условий записи экспериментально на становках, схемы которых приведены на рис. 1 и 2, была исследована вре-енная зависимость дифракционной эффективности. В качестве источни-ов света использовались *HeNe*- и *HeCd*-лазеры соответственно с =0.63 *мкм* и λ=0.44 *мкм*. Из-за низкой чувствительности пленок As_2S_3

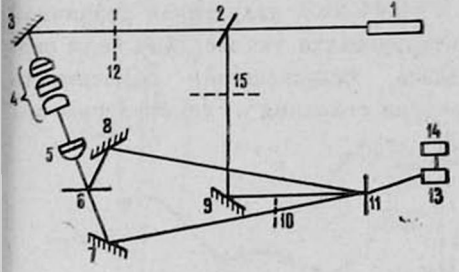

Рис. 1.

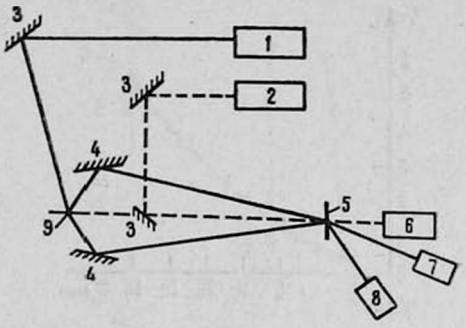

Рис. 2.

Рис. 1. Оптическая схема для записи голограмм *HeNe*-лазером: 1—*HeNe*-ОКГ, 2, 6—полупрозрачные диэлектрические зеркала, 3, 7, 8, 9—100% отражающие зеркала, 4, 5—фокусирующая система, 15, 10, 12—затворы, 11—образец, 13—ФЭУ, 14—цифровой вольтметр.

Рис. 2. Оптическая схема для записи голограмм HeCd-лазером: 1—*HeCd*-ОКГ, 2—*HeNe*-ОКГ, 3, 4—100% отражающие зеркала, 5—образец, 6, 7, 8—ФЭУ, 9—полупрозрачное диэлектрическое зеркало.

излучению длины волны λ=0,63 *мкм* в схеме установки предусмотрена окусировка лучей в пятна диаметром до 100 *мкм*. В установках предусмот-ена возможность считывания голограмм в процессе записи без разруше-ия информации излучением *HeNe*-лазера. Установки также позволяют из-енять угол схождения θ опорного и сигнального пучков и отношение их тенсивностей $\frac{I_c}{I_{оп}}$.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Экспериментально снималась временная зависимость дифракционной фективности при различных значениях ряда параметров: угла схождения чков, толщины пленки и др. Следует отметить, что в соответствии со ектральной характеристикой трехсернистого мышьяка [8] зависимость ифракционной эффективности от толщины пленки проявляется на длине лны λ=0,63 *мкм*, а на длине λ=0,44 *мкм* ввиду большого поглощения лограммы записываются в тонком поверхностном слое, что существенно раничивает максимальную дифракционную эффективность.

Типичные экспериментальные кривые показаны на рис. 3. На рис. 4 представлена частотно-контрастная характеристика $\eta = f(\theta)$. Как видно из кривых, оптимальные условия для записи голограмм с максимальной дифракционной эффективностью $\eta = 6—8\%$ на длине волны $\lambda = 0{,}63$ *мкм* достигается при угле схождения 30°—40° и отношении интенсивностей $\frac{I_c}{I_{оп}} = 1$ в пленках с толщиной 4 *мкм*. Голограммы записывались в течение 20 *мин* при плотности мощности излучения 2 *вт/мм*. Аналогичные характеристики получены на длине волны $\lambda = 0{,}44$ *мкм* при плотности мощности излучения $2 \cdot 10^{-3}$ *вт/мм*. Время записи голограмм с эффективностью $\eta = 1{,}5\%$ составляет примерно 30 *сек*.

Попытка стереть голограммы, записанные на длинах волн $\lambda = 0{,}63$ *мкм* и $\lambda = 0{,}44$ *мкм*, излучением различной интенсивности тех же длин волн оказалась безуспешной. Зависимость времени стирания от температуры подогрева показана на рис. 5. Голограмма начинает стираться при нагревании выше температуры размягчения, но увеличение температуры больше 460° приводит к необратимым изменениям в пленке.

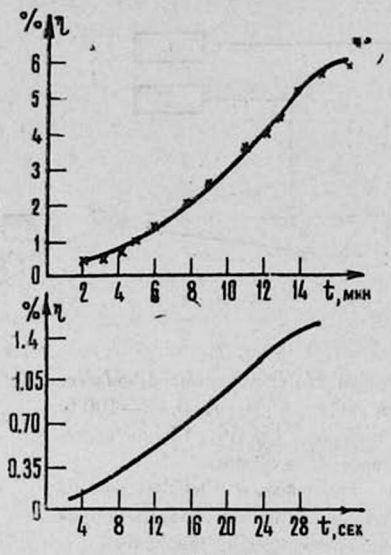

Рис. 3.

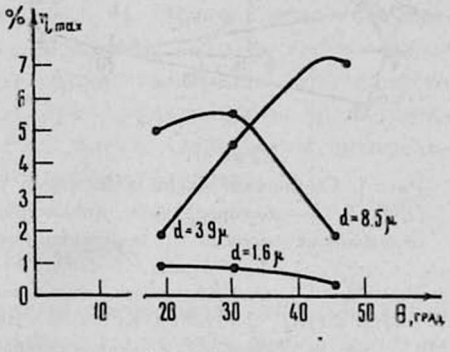

Рис. 4.

Рис. 3. Временные зависимости дифракционной эффективности голограмм, записанных на As_2S_3 излучением: 1—*HeNe*- и 2—*HeCd*-лазера.

Рис. 4. Частотно-контрастная характеристика.

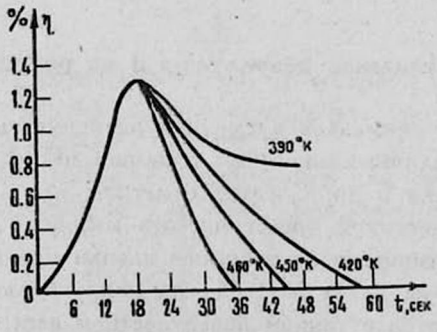

Рис. 5. Зависимость времени стирания от температуры подогрева.

Повторная запись голограмм описанным выше оптическим способом оказалась невозможной и была достигнута при одновременной подаче излучения и тепла. На рис. 6 показана характеристика записи голограмм при различной температуре подогрева. Энергия подогрева существенно влияет на скорость записи и величину максимума дифракционной эффективности. При этом зависимость максимума дифракционной эффективности от температуры подогрева имеет выраженный оптимум (рис. 7), что объясняет-

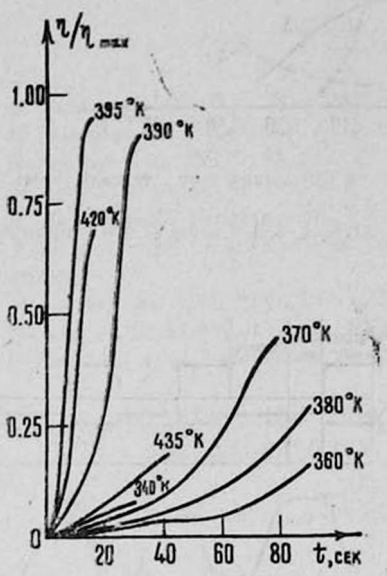

Рис. 6.

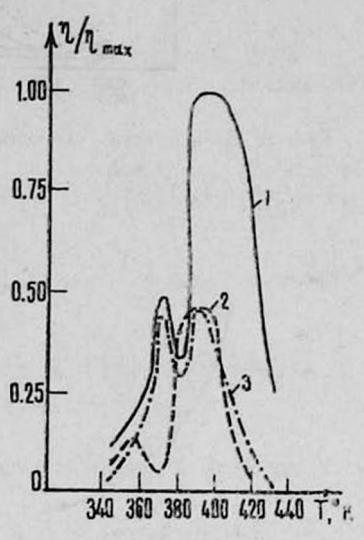

Рис. 7.

Рис. 6. Зависимость времени записи голограмм от температуры подогрева.
Рис. 7. Зависимость дифракционной эффективности от температуры:

$$1 - \frac{I}{I_{max}} = 1;\ 2 - \frac{I}{I_{max}} = 1{:}3{,}5;\ 3 - \frac{I}{I_{max}} = 1{:}5.$$

ся одновременным воздействием тепла на конкурирующие между собой процессы записи и стирания. На том же рисунке приведены зависимости $\frac{\eta}{\eta_{max}} = f(T)$ при различных значениях интенсивности оптического излучения, откуда видно, что глубина записи пропорциональна интенсивности излучения. Все три графика имеют характерный минимум при определенном значении температуры подогрева (370—380°К), что, по-видимому, связано с наличием сложного механизма записи в пленках As_2S_3.

На рис. 8 дана зависимость скорости записи, полученная при

$$\frac{I}{I_{max}} = 1.$$

Области температур подогрева для максимальной эффективности и максимальной скорости записи совпадают. Характер зависимости скорости записи от температуры объясняется аналогично ходу кривой на рис. 7.

Как видно из рис. 9, подогрев в процессе записи голограмм также способствует увеличению чувствительности пленки. Несколько циклов запи-

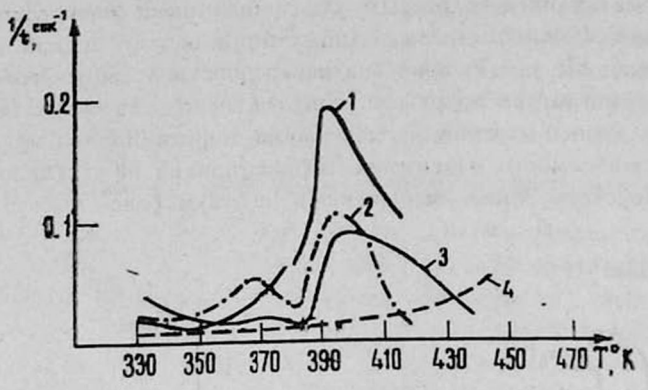

Рис. 8. Зависимость скорости записи и стирания от температуры: $1-\frac{I}{I_{max}}=1$; $2-\frac{I}{I_{max}}=1:3{,}5$; $3-\frac{I}{I_{max}}=1:5$; 1, 2, 3— запись, 4— стирание.

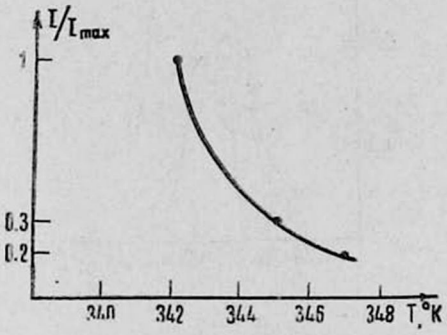

Рис. 9.

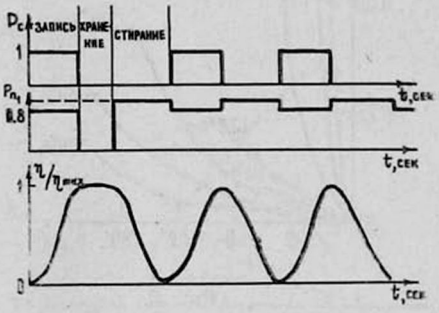

Рис. 10.

Рис. 9. Зависимость удельной относительной интенсивности излучения, необходимой для получения голограмм с дифракционной эффективностью $\eta = 0{,}1\,\eta_{max}$, от температуры пленки.

Рис. 10. Реверсивная запись голограмм с возможностью хранения.

си—стирания с возможностью промежуточного хранения для оптимальных значений температуры подогрева при записи и стирании показаны на рис. 10. Голограммы получены на длине волны $\lambda=0{,}44$ *мкм* при одновременном подогреве пленки до 390°К. Время записи — 15 *сек*. При стирании пленка подогревалась до 410°К в течение 18 *сек*. Было проведено более 20 циклов записи—стирания, однако, по-видимому, это число не является предельным.

В результате проведенных исследований получены следующие результаты. Выбраны оптимальные значения углов схождения и толщины пленок. Нагревание в процессе записи приводит к повышению чувствительности пленок, увеличению дифракционной эффективности, увеличению скорости записи, к реверсивности пленок без снижения дифракционной эффективности при последующих циклах записи—стирания. Поскольку стирание информации производится также нагреванием пленок, выявлено наличие оптимального значения температуры записи. Недостатком этого материала яв-

ляется пока довольно большое время записи и стирания информации, достигающее нескольких секунд.

В заключение авторы выражают благодарность Р. А. Каджояну и Э. П. Сагателяну за предоставленные пленки и К. А. Егияну за полезное обсуждение.

ЕрНИИММ

Поступила 18.III.1975

ЛИТЕРАТУРА

1. *J. S. Berkes, S. W. Ing, W. J. Hillegas.* J. Appl. Phys., 42, 4208 (1971).
2. *В. И. Мандросов, Е. И. Пик, Г. А. Соболев.* Оптика и спектроскопия, 34, 1198 (1973).
3. *С. Б. Гуревич* и др. ЖТФ, 43, 217 (1973).
4. *С. Б. Гуревич* и др. ЖТФ, 44, 232 (1974).
5. *J. P. de Nenfvill.* Program and Abstracts of 5-th International Conference on Amorphous and Liquid Semiconduction, Garmish Partenkirchen, Sept., A—14, 1973.
6. *S. A. Keneman.* Appl. Phys. Lett., 19, 205 (1971).
7. *Р. Кольер, К. Беркхарт, Л. Лин.* Оптическая голография, Изд. Мир, М., 1973.
8. *В. В. Корсаков* и др. Автометрия, № 6, 24 (1974).

As_2S_3 ԹԱՂԱՆԹԻ ՎՐԱ ՀՈԼՈԳՐԱՄՆԵՐԻ ՌԵՎԵՐՍԻՎ ԳՐԱՌՄԱՆ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Յու. Վ. ԵՍԱՅԱՆ, Ռ. Վ. ԱԿՈՊՈՎ, Ն. Ց. ԹԱԴԵՎՈՍՅԱՆ, Մ. Ժ. ԵԳԱՆՅԱՆ

Ուսումնասիրված է HeCd *լազերի* ($\lambda=0,44$ *մկմ*) *և* HeNe *լազերի* ($\lambda=0,63$ *մկմ*) *օգնությամբ* As_2S_3-*ի թաղանթների վրա կատարված հոլոգրամների գրառման պրոցեսը։ Ինֆորմացիայի վերարտադրումը կատարված է* HeNe *լազերի ճառագայթի միջոցով։ Բերված են հոլոգրամային գրառումների բնութագրերի վրա ջերմային ազդեցության ուսումնասիրությունների արդյունքները։ Քննարկված է հոլոգրամների ջնջման հնարավորությունը ջերմային ազդեցության միջոցով և որոշված են այդ պրոցեսի օպտիմալ պարամետրերը։ Այդ եղանակով կատարված է 20-ից ավելի վերագրառման ցիկլ 1,5% դիֆրակցիոն էֆեկտիվությամբ, որի մեծությունը բոլոր ցիկլերի ընթացքում անփոփոխ է։*

THE INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF REVERSIVE RECORD OF HOLOGRAMS ON As_2S_3 FILMS

Vu. V. ESAYAN, R. A. AKOPOV, N. Ts. TATEVOSYAN, M. Zh. EGANYAN

Hologram recrods on As_2S_3 films were investigated by means of HeGd ($\lambda = 0,44$ μ) and HeNe lasers ($\lambda = 0,63$ μ). The holograms were read out by the HeNe laser light ($\lambda = 0,63$ μ). Results of the investigation of heating effect on the characteristics of hologram records are given. The possibility of the erasure at the heating was discussed and the optimum parameters were found. More than 20 cycles of rerecording with $\eta = 1,5\%$ without the reduction of diffraction efficiency were obtained.