

## ЛИТЕРАТУРА

1. L. B. Lesem, P. M. Hirsch, J. A. Jordan Jr. The kinoform: a new wavefront reconstruction device.— "IBM J. of Res. and Devel.", 1969, vol. 13, № 2, p. 150—155.
2. J. A. Jordan Jr., P. M. Hirsch, L. B. Lesem and Van. Rooy. Kinoform lenses.— "Appl. Opt.", 1970 vol. 9, № 8, p. 1883—1887.
3. J. J. Clair. New methods to synthesise kinoform.— "Opt. Comm.", 1972, vol. 6, № 2, p. 135—137.
4. J. J. Clair. Synthèse optique de filtres d'amplitude et de phase dits "Kinoform".— Thèse de doctorat, Paris, 1972.
5. W. J. Dallas. Kinoform fabrication — a new method.— "Opt. Comm.", 1973, vol. 8, № 4, p. 340—344.
6. В. В. Корсаков, В. И. Наливайко, В. Г. Ремесник, В. Г. Цукерман. Реверсивная запись оптической информации лазерным и электронным лучами в халькогенидных стеклообразных полупроводниках.— «Автометрия», 1974, № 6, с. 24—31.
7. В. А. Арбузов, В. А. Федоров. Оптическая реализация изотропного преобразования Гильберта.— «Автометрия», 1975, № 5, с. 27—37.
8. V. P. Koronkevitch, G. A. Lenkova, I. A. Mihaltsova, V. G. Remesnik, V. A. Fateev, V. G. Tsukerman. Kinoform optical elements.— The Proc. of the American-Soviet Seminar on Optical Information Processing. N. Y., Plenum Press Corp., 1975.
9. Л. В. Бурый, В. П. Коронкевич, Ю. Е. Нестерихин, А. А. Нестеров, Б. М. Пушной, С. Е. Ткач, А. М. Щербаченко. Прецизионный фотограмметрический автомат.— «Автометрия», 1974, № 4, с. 83—89.

Поступила в редакцию 2 февраля 1976 г.

УДК 539.213

Ю. В. НЕСТЕРОВ, В. Г. РЕМЕСНИК, А. Б. РЫЖИКОВ,  
В. Г. ЦУКЕРМАН  
(Новосибирск)

### ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕКЛООБРАЗНЫХ ПЛЕНОК СИСТЕМЫ As—S В КАЧЕСТВЕ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ РЕГИСТРИРУЮЩЕЙ СРЕДЫ

В связи с развитием оптических методов обработки и хранения информации возрос интерес к халькогенидным стеклообразным полупроводникам (ХСП) как реверсивным средам для записи оптической информации [1]. Большие изменения показателя преломления пленок ХСП ( $\Delta n \approx 0,1$ ) при лазерном облучении и высокая разрешающая способность (свыше 5000 лин/мм) позволяют использовать их для записи высокоэффективных фазовых голограмм.

Однако сравнительно низкая чувствительность и изменение оптических свойств пленок после первого отжига [2] относятся к существенным недостаткам материала. Поэтому важная задача — поиск путей улучшения голографических и реверсивных свойств пленок ХСП при сохранении их достоинств. Одним из таких путей является изменение состава пленок. Например, в работах [3, 4] исследовались пленки системы As—Se, чувствительные к излучению He-Ne лазера.

В настоящем сообщении приведены результаты исследования влияния состава пленок системы As—S на изменение их оптических параметров при регистрации излучения аргонового лазера ( $\lambda = 514,5$  нм).

Пленки ХСП системы As—S готовились электронно-лучевым испарением в вакууме предварительно синтезированных стекол, состав которых варьировался от  $As_7S_{93}$  до  $As_{60}S_{40}$ . Напыление производилось

на подложке из кристаллов  $\text{CaF}_2$  и  $\text{BaF}_2$ , имеющих близкие с ХСП коэффициенты линейного расширения.

Край собственного поглощения полученных пленок зависит от состава, сдвигаясь в длинноволновую область спектра с увеличением содержания As. Пленки состава  $\text{As}_7\text{S}_{93}$  и  $\text{As}_{10}\text{S}_{90}$  оказались неустойчивыми и спонтанно расстекловывались при комнатной температуре в темноте в течение нескольких дней, а на свету в течение нескольких часов. По-видимому, такое фотоиндуцированное расстеклование связано с выделением кристаллической серы [5]. Составы от  $\text{As}_{15}\text{S}_{85}$  до  $\text{As}_{47,5}\text{S}_{52,5}$  давали устойчивые, оптически однородные пленки, вполне пригодные для оптической записи. Составы  $\text{As}_{50}\text{S}_{50}$ ,  $\text{As}_{55}\text{S}_{45}$  и  $\text{As}_{60}\text{S}_{40}$  не удалось синтезировать в виде однородного стекла, причем в последних двух даже при очень резкой закалке происходило частичное выпадение фазы кристаллического мышьяка. Пленки, полученные испарением этих составов, имели микрокристаллическую структуру и обладали большим рассеянием света.

Так как энергия фотонов, генерируемых Ar лазером, лежит в области края поглощения исследуемой системы материалов, величина изменения показателя преломления, измеренная на этой длине волны, резко зависит от состава пленок и может достигать значительных величин ( $\Delta n = 0,3 - 0,4$ ). Однако для обеспечения неразрушающего считывания и увеличения дифракционной эффективности записанных голограмм их восстановление обычно осуществляется при помощи He-Ne лазера, излучение которого практически не поглощается в пленках As—S. Поэтому в наших исследованиях максимально достигаемое изменение показателя преломления измерялось на длине волны He-Ne лазера ( $\lambda = 632,8$  нм), а облучение пленок различного состава производилось при помощи луча Ar лазера.

Обобщенные результаты первого цикла записи на неотожженных пленках представлены кривой 1 на рис. 1. Наблюдается резкая зависимость величины  $\Delta n_1$  от состава пленок, причем максимум получается при избытке As по отношению к стехиометрическому составу  $\text{As}_{40}\text{S}_{60}$ . Стирание записанных пятен осуществлялось термическим нагревом до температуры ( $T_c$ ), при которой исчезла разница в пропускании и показателе преломления облученного и необлученного участков [6]. После первого цикла стирания величина максимального изменения показателя преломления ( $\Delta n_i$ ) уменьшалась и в дальнейших циклах оставалась неизменной. Как видно из рис. 1 (кривая 2), величина  $\Delta n_i$  монотонно возрастает с увеличением содержания мышьяка и достигает величины  $\Delta n_i \sim 0,05$ . Кривая 2 на рисунке обрывается на составе  $\text{As}_{45}\text{S}_{55}$ , так как дальнейшее увеличение содержания As приводило к исчезновению эффекта температурного стирания.

Зависимость температурного стирания ( $T_c$ ) от состава пленок представлена на рис. 2. Эта температура оказалась значительно ниже температур трансформации ( $T_g$ ) для стекол аналогичных составов [7].

Полученные зависимости свойств пленок от состава позволяют более детально рассматривать механизм фотоструктурных превращений в ХСП и одновременно подбирать оптимальный состав материала для конкретной задачи. Например, пленки с избытком серы имеют край собственного поглощения, сдвинутый в коротковолновую область, и, следовательно, более широкая область видимого спектра может быть использована для неразрушающего считывания фазовой информации. Однако величина  $\Delta n$  для этих составов мала. По-видимому, это связано с тем, что с увеличением содержания серы уменьшается температура  $T_g$  и образующаяся при напылении «молекулярная структура» [8] пленок с избытком серы отжигается в значительной степени уже в процессе напыления, снижая тем самым величину  $\Delta n_1$ .

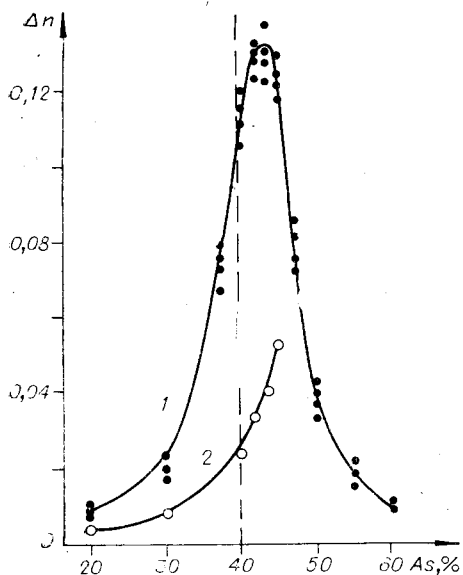


Рис. 1. Зависимость максимального изменения показателя преломления  $\Delta n$  пленок системы As — S от процентного содержания As:

1 — первый цикл записи на напыленных пленках ( $\Delta n_1$ ); 2 — последующие циклы записи ( $\Delta n_2$ ). На графике приведены усредненные данные по 25 циклам записи — термическое стирание.

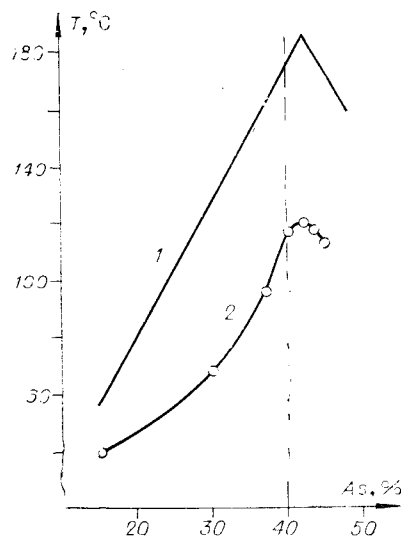


Рис. 2. Зависимость температуры трансформации  $T_g$  (кривая 1) и температуры стирания ( $T_c$ ) (кривая 2) в пленках системы As — S от процентного содержания As. (Данные по  $T_g$  взяты из работы [7].)

Большие реверсивные изменения показателя преломления ( $\Delta n_i$ ) в пленках системы As — S с избытком мышьяка делают их перспективными для использования в устройствах с оперативной оптической памятью. Рост  $\Delta n_i$  пропорционально содержанию мышьяка свидетельствует в пользу предположения о том, что фотоструктурные превращения обусловлены образованием связей As — As под воздействием света. Образование такой связи должно приводить к изменению показателя преломления и сдвигу края собственного поглощения в длинноволновую сторону [9]. Эта связь менее выгодна по сравнению со связью As — S — As [10] и, следовательно, должна устраняться термическим отжигом.

В заключение отметим, что для выяснения механизма реверсивных фотоиндуцированных переходов в стеклообразных полупроводниках следует производить работы на отожженных пленках либо на монокристаллических полированных образцах, чтобы избежать влияния технологии вакуумного напыления на результаты исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. С. Б. Гуревич, Н. Н. Ильяшенко, Б. Т. Коломиец, В. М. Любин, В. И. Наливайко, В. Г. Цукерман. Халькогенидные стеклообразные полупроводники как среды для устройств оптической обработки информации.— В кн.: Оптические методы обработки информации. Л., «Наука», 1974.
2. В. В. Корсаков, В. И. Наливайко, Е. Ф. Пен, В. Г. Ремесник, В. К. Цукерман. К вопросу реверсивной записи голограмм в халькогенидных пленках.— В кн.: Регистрирующие среды для голографии. Л., «Наука», 1975.
3. Y. Ashahara, T. Izumitani. Reversible optical memory effect in Ah — Se glasses.— "Phys. and Chem. Glasses", 1975, vol. 16, № 2, p. 29—35.
4. S. B. Gurevich, N. N. Ilyashenko, B. T. Kolomiets, V. M. Lyubinand, V. P. Shilo. Photostimulated change of optical properties and structure of amorphous Se — As films.— "Phys. Stat Solidi (a)", 1974, vol. 26, № 2, p. K127 — K130.

5. A. D. Pearson and B. G. Bagley. The mechanism of hologram formation in arsenic-sulfur glass.—“J. Non-Cryst. Solids”, 1972, vol. 8—10, p. 899.
6. В. В. Корсаков, В. И. Наливайко, В. Г. Ремесник, В. Г. Цукерман. Реверсивная запись оптической информации лазерным и электронным лучами в халькогенидных стеклообразных полупроводниках.—«Автоматрия», 1974, № 6, с. 24—31.
7. J. P. De Neufville, S. C. Moss, S. R. Ovshinsky. Photostructural transformation in amorphous  $As_2Se_3$  and  $As_2S_3$  films.—“J. Non-Cryst. Solids”, 1973/74, vol. 13, № 2, p. 191—223.
8. S. Tsuchihashi and Y. Kawamoto. Properties and structure of glasses in the system As—S.—“J. Non-Cryst. Solids”, 1971, vol. 5, № 5, p. 286—305.
9. M. Kastner. Bonding bands, lone pair bands and impurity state in chalcogenide semiconductors.—“Phys. Rev. Lett.”, 1972, vol. 28, № 6, p. 355—357.
10. M. Kastner. Compositional trends in the optical properties of amorphous lone-pair semiconductors.—“Phys. Rev. B”, 1973, vol. 7, № 12, p. 5237—5252.

Поступила в редакцию 2 февраля 1976 г.

УДК 539.216.2 : 537.525.92

Э. Г. КОЦОВ

(Новосибирск)

## ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЛОЯХ

(Область сильных полей)

1. Диэлектрический слой — один из основных компонентов элементов современной микроэлектроники. В элементах оптической оперативной памяти и оптических логических элементах также предполагается наличие достаточно тонкого диэлектрического слоя ( $10^{-7} \text{ м} < d < 10^{-5} \text{ м}$ ), находящегося в нестационарном электрическом поле и выполняющего функции модулятора света, накопителя и преобразователя энергии [1]. В этой связи исследования переходных электрофизических процессов в указанных слоях представляют практический интерес, кроме того, они несут значительно больше информации по сравнению со стационарными методами исследований относительно эффектов, имеющих место в твердом теле. Количество работ, посвященных изучению нестационарных явлений в слоях изолятора, относительно невелико. Наиболее общий подход к изучению вопроса описан в работе [2], в которой рассматривается система уравнений, состоящая из уравнений непрерывности, Пуассона и уравнения, описывающего кинетику захвата электронов на моноэлектрические уровни прилипания, а также выражения для полного тока через токи проводимости и смещения. Отмечая исключительную сложность поставленной задачи, авторы [2] прибегают к ряду упрощающих предположений: а) предполагается наличие виртуального катода, удаленного от электродов на расстояние порядка дебаевской длины экранирования; б) пренебрегается вкладом диффузии в ток проводимости; в) заполнение ловушек незначительно; г) рассматриваются два предельных случая — «быстрого» захвата электронов и без захвата.

Предположения а — г характерны и для большинства работ, посвященных исследованию стационарных процессов в диэлектрике. Последние два допущения, однако, существенно ограничивают круг физических явлений, подлежащих изучению. Можно отметить также, что п. а является искусственным математическим приемом, а возможное расположение виртуального катода в глубине диэлектрика часто превышает толщину исследуемого слоя. Граничные условия, при которых значения приконтактных концентраций электронов определяются из разности тока термоэмиссии из металла в диэлектрик и тока тепловых электронов в противоположном направлении [3], более соответствуют реальной фи-