

УДК 621.315.592:535.4

ВЛИЯНИЕ γ - ОБЛУЧЕНИЯ НА ГОЛОГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ХАЛЬКОГЕНИДНЫХ СТЕКЛООБРАЗНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛЕНОК

Азаматов Закиржан Тохирович*, д.ф.-м.н, профессор, заведующий лабораторией НИИ физики полупроводников и микроэлектроники при НУУз, Ташкент, Узбекистан. e-mail: zakir.azamatov@mail.ru

Бекчанова Мира Рuzимовна, младший научный сотрудник НИИ физики полупроводников и микроэлектроники при НУУз, Ташкент, Узбекистан.

Азаматов Темуr Закиржанович, младший научный сотрудник ООО НПЦ «Мелма», Ташкент, Узбекистан.

Аннотация. Приведены результаты исследования голографических характеристик халькогенидных стеклообразных полупроводниковых (ХСП) пленок под влиянием γ - облучения. Установлено, что в интервале доз облучения (10^3 – 10^9 Р Рентген, Р) оптические свойства ХСП пленок и дифракционные эффективности записанных голограмм не меняются. Также доказано, что срок хранения записанных голограмм при определенных условиях составляет 10 лет и более.

Ключевые слова: халькогенидные стеклообразные полупроводники (ХСП), γ -облучение, стекла As_2Se_3 и As_2S_3 , дифракционная эффективность, коэффициент прозрачности образца, голограмма.

THE INFLUENCE OF γ -IRRADIATION ON THE HOLOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF CHALCOGENIDE GLASSY SEMICONDUCTOR

Azamatov Zakirjan Toxirovich, Dr. of Phys. and Math., Professor, Head of the Laboratory of the Institute of Semiconductor Physics and Microelectronics at the NUUz, Tashkent, Uzbekistan. e-mail: zakir.azamatov@mail.ru

Bekchanova Mira Ruzimovna, Junior Researcher of the Institute of Semiconductor Physics and Microelectronics at the NUUz, Tashkent, Uzbekistan.

Azamatov Timur Zakirjanovich, Junior Researcher of SPC «MELMA» JSC, Tashkent, Uzbekistan.

Abstract. Results of the research of holographic characteristics of chalcogenide glassy semiconductor films, under the influence of irradiation are presented. Found that in the range of radiation doses (10^3 – 10^9 roentgen) optical properties of (CGS) films and diffraction efficiency recorded holograms does not change. Also proved that the shelf life recorded holograms under certain conditions is 10 years and more.

Keywords: chalcogenide glassy semiconductors (CGS), γ -irradiation, As_2Se_3 and As_2S_3 glasses, diffraction efficiency, the coefficient of transparency sample, hologram.

1. Введение

Халькогенидные стеклообразные полупроводники (ХСП), содержащие один или несколько халькогенов (S, Se, Te), являются перспективными регистрирующими материалами при передаче и обработке информации голографическими методами. Первые же исследования свойств ХСП показали, что они обладают высокой разрешающей способностью, реверсивностью записи и не нуждаются в каких-либо процессах проявления или фиксации, т.е., имеют свойства весьма ценные для использования в голографии и устройствах оптической обработки информации и, в частности, оптических процессорах, устройствах голографической памяти и устройствах ввода и вывода информации. С другой стороны, высокий показатель преломления большинства ХСП позволяет использовать их в качестве тонкопленочных волноводов (ТПВ) в ближней ИК и видимой областях спектра, используя в качестве элементов управления модами, в частности, структур на основе объемных фазовых решеток. Такое уникальное сочетание волноводных свойств с возможностью записи голографических решеток и других фазовых неоднородностей в объеме ТПВ делают пленки ХСП перспективными материалами для разработки на их основе решетчатых отражательных фильтров, направленных ответвителей, преобразователей поверхностных волн. Следует отметить особенности этих материалов, заключающиеся в том, что подбор систем ХСП, а также изменение их состава позволяет существенно изменять характеристики и оптические свойства этих материалов.

Известно, что под влиянием ионизирующего излучения определенным образом изменяется структура материала, что приводит, соответственно, к изменению физических характеристик в веществе [1-4]. Установлено [3], что при различных значениях мощности доз характер дозных изменений изучаемых параметров для стекол As_2Se_3 и As_2S_3 остается качественно одинаковым. Однако, с понижением дозы относительные изменения модуля сдвига, внутреннего трения и микротвёрдости в областях насыщения выражены более ярко. Для стекла As_2Se_3 с уменьшением дозы точки, соответствующие дозам насыщения, сдвигаются по шкале доз влево, что, видимо, связано с различной интенсивностью процессов отжига во время облучения. Характер радиационно-стимулированных изменений механических и оптических свойств ХСП зависит от режимов облучения (доза, мощность дозы, энергия излучения, температура и атмосфера в канале источника), термической (отожженные или неотожженные образцы) и химической (длины и углы межатомных связей, топология среднего порядка, природа и концентрация генетических дефектов, наличие примесей) предыстории образцов. Предварительная радиационная обработка при определенных режимах, целенаправленно изменяющая концентрацию чувствительных к фотовозбуждению центров, позволяет управлять спектральным диапазоном и фоточувствительностью среды. В частности, в [5] сообщается о значительном повышении фоточувствительности предварительно облученных гамма-квантами тонких пленок ХСП. Как указано в работе [3], в пленках систем As-S и As-Se, облученных -квантами от источника ^{60}Co с мощностью дозы 750 P/c, оптические свойства пленок не меняются. Это соответствует результатам, полученным в работе [1], где исследовано влияние γ -облучения на голографические характеристики ХСП.

2. Методика исследования

Для экспериментального исследования записи и регистрации дифракционной эффективности в процессе записи голограмм использована установка, оптическая схема которой приведена на рис 1.

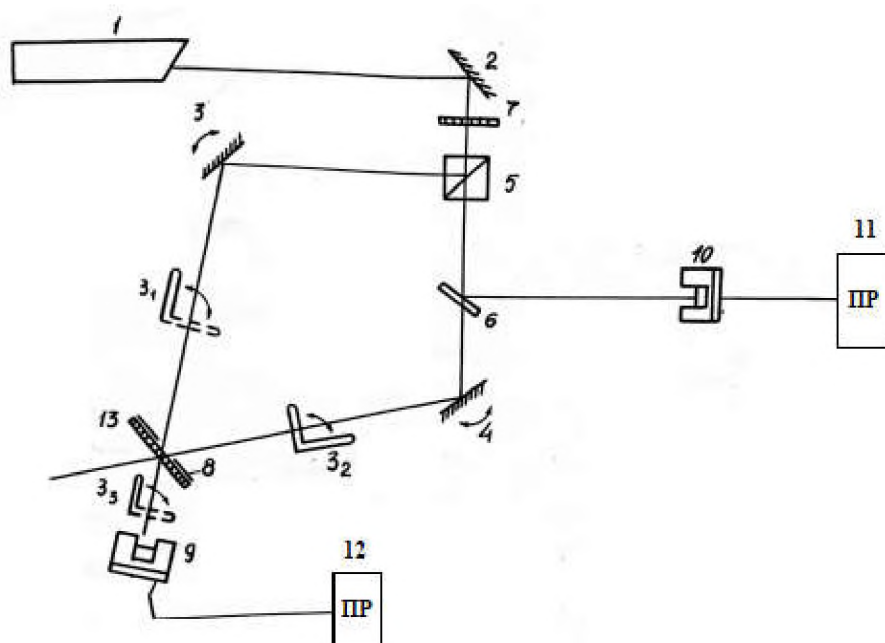


Рис. 1. Экспериментальная схема исследования голографических характеристик материалов ХСП: 1-лазер ЛГ-38, 2, 3, 4-плоские зеркала, 5-кубическая призма, 6-полупрозрачная пластина, 7, 8-диафрагмы, 3_1 , 3_2 , 3_3 -затворы, 9, 10-фотодатчики, 11, 12-регистрирующие приборы, 13-регистрирующий материал

Луч лазера (рис.1) (1) делится кубической призмой (5) на два пучка, которые затем сводятся на поверхности образца (13). Полученная таким путем голограмма представляет собой дифракционную решетку, частота штрихов которой зависит от параметров установки и может регулироваться. Для нашего случая $\nu=1000$ штр/мм. Для получения максимального контраста полос введен фильтр (9), выравнивающий пучки по интенсивности. Маска (8) служит для уменьшения ошибок, связанных с неоднородностью лазерного пучка и неточностью юстировки. Фотодатчики (9,10) и связанные с ними потенциометры (11,12) служат для измерения дифракционной эффективности η , коэффициента прозрачности образца T и энергетических характеристик записи. Потенциометр (ПР12) отградуирован с учетом диафрагмирующего влияния маски (8). Установка работает в трех режимах: 1. Режим записи голограммы: затворы 3_1 и 3_2 открыты, затвор 3_3 закрыт. 2. Режим измерения дифракционной эффективности η : затвор 3_1 закрыт, затворы 3_3 и 3_2 открыты. 3. Режим измерения коэффициента прозрачности As_2Se_3 образца: затворы 3_1 и 3_3 открыты, затвор 3_2 закрыт. В режимах измерения вводился ослабляющий в 20 раз фильтр 7. Таким образом, на пленках были записаны элементарные голограммы (дифракционные решетки) Френеля и в процессе записи производились измерения их дифракционной эффективности (η). Дифракционная эффективность оценивалась по отношению мощности излучения опорного луча, дифрагированного в 1-й порядок при восстановлении голограмм, к мощности

излучения самого опорного луча. Коэффициент пропускания исходных образцов и подложек измерялись до записи голограмм с использованием зондирующего пучка, двадцатикратно ослабленного светофильтром. Материалы системы As-Se в виде тонких пленок, нанесенных методом вакуумного напыления на стеклянные подложки различных марок и сапфир, подвергались γ – облучению различных доз (10^3 – 10^9 Р Рентген, Р). Для облучения образцы помещались в алюминиевую капсулу, после чего вводились в активную зону соответствующего канала облучения γ – установки ^{60}Co (ИЯФ АНРУз, в этом случае 83 Р/с и 1100 Р/с).

3. Результаты и их обсуждение

Диапазон доз облучения был выбран на основании предварительного эксперимента, показавшего влияние γ – лучей на подложки различных марок стекла и сапфира. После облучения исследуемые образцы проверялись на сохраняемость голограмм и запись новых, а затем, в течение одной недели после облучения, ежедневно проводились измерения дифракционной эффективности и коэффициента пропускания образцов, поскольку известно, что γ – облучение может навести ряд нестабильных центров окрашивания, которые могут высвечивать под влиянием температуры, рассеянного света и т.д. В частности, было показано, что влияние γ – облучения на дифракционную эффективность записанных голограмм в значительной степени обусловлено ходом кривой пропускания. На рис. 2 показаны зависимости пропускания как для образцов пленок As_2Se_3 и As_7Se_3 с подложками, так и для самих пленок, а также дифракционной эффективности голограмм от дозы облучения.

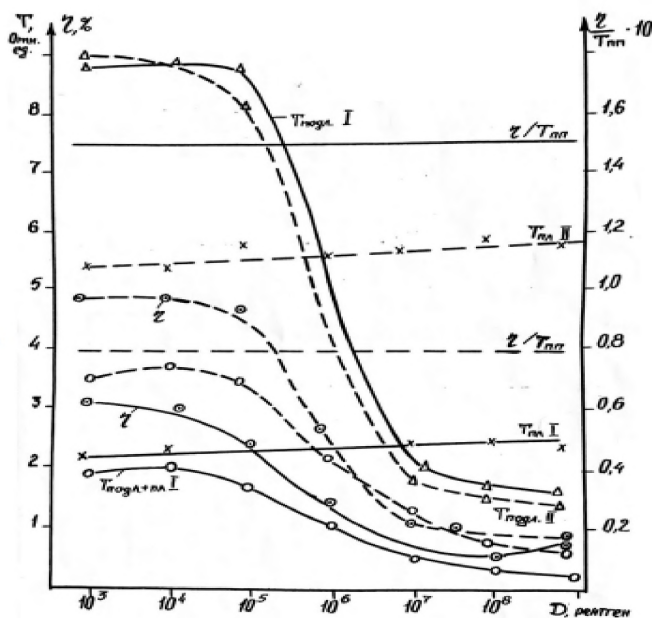


Рис. 2. Дозовые зависимости пропускания и дифракционной эффективности для образцов пленок As_7Se_3 (пунктирная линия) и пленок As_2Se_3 (сплошная линия)

Аналогичные результаты были получены из голограмм, записанных на предварительно облученном образце. Значения отношения дифракционной эффективности к пропусканию имели разброс, обусловленный погрешностью эксперимента, тем не менее, заметная коррелированность этих данных позволила

предположить, что γ – облучение не приводит к какому-либо изменению в материале ХСП, которое влияет на свойства записанных голограмм. Изменения голографических характеристик образцов, по-видимому, зависят от степени влияния γ – облучения на материал подложек: в интервале доз 10^3 – 10^9 Р Рентген, Р может изменяться в $4 \div 8$ раз. Наблюдается некоторое ослабление радиационно-наведенных свойств на подложки по истечению значительного промежутка времени, связанное с нестабильностью центров окраски наведенных в материале подложек.

Таким образом, голографические характеристики как проявление оптических свойств пленок ХСП под воздействием γ – облучения в диапазоне 10^3 – 10^9 Р Рентген, Р практически не изменяются.

4. Заключение

Таким образом, исследовано влияние ионизирующего излучения (γ квантов) на оптические и голографические характеристики пленок систем As-S и As-Se. Установлено, что в интервале доз облучения ($10^3 \div 10^9$ Рентген, Р) оптические свойства и дифракционные эффективности записанных голограмм не меняются. Также доказано, что срок хранения записанных голограмм при определенных условиях составляет 10 лет и более. Наши исследования оптических и голографических характеристик ХСП пленок показывают перспективность использования пленок As-Se и As-S в системах оптической обработки и хранения информации.

Литература

1. Azamatov Z.T., Popov A. I., Kim V.M., Sadykova Sh.Z. *K voprosu o vliyaniy oblucheniya na nekotorye svoistva khal'kogenidnykh stekloobraznykh poluprovodnikov* [The question of the effect of irradiation on some properties of chalcogenide glassy semiconductors]. *Tezisy dokladov Vsesoyuznoi konf. «Registritruiyushchie sredy, metody i apparatura golografii»* [Abstracts of the All-Union Conf. “Recording Media, Methods and Equipment of Holography.”], 1980, May, Kishinev. p. 64-65. (In Russ.)
2. Popov A.I., Domoryad I.A., Michalyev N. D. Structural modification of arsenic chalcogenide glass under – radiation. *Phys. Stat. Sol.* 1988, vol. 106, pp. 333-337.
3. Demoryad I.A., Tekucheva I.A. *Gamma-indtsirovannoe izmeneniya mekhanicheskikh i opticheskikh svoistv nekotroie KhSP* [Gamma-induced changes in the mechanical and optical properties of some CGS]. *Materialy konf. «Nekritallicheskikh polprovodniki-89»* [Conf. Materials “Non-crystalline semiconductors-89”], September, 1989, Uzhgorod, pp. 138-140. (In Russ.)
4. Matkovkii A.O. *Radiatsionno-stimulirovannye protsessy neorganicheskikh materialakh dlya sistem obrabotki informatsii* [Radiation-stimulated processes of inorganic materials for information processing systems]. *Izv. AN Lat. SSR. ser. fiziko tekhnicheskikh nauk* [Bulletin of the Academy of Sciences of the Latvian SSR. series of Physical and Technical Sciences]. 1990, no. 7, pp. 79-91. (In Russ.)
5. Shpotyuk I., Kornelyuk V.N., Savitskii I.V. *Fototindutsirovannye efekty v gamma-obluchennykh tonkikh plenkach monoselenita mysh'ka* [Phototinduced effects in gamma-irradiated thin films of mouse monoselenite]. *Red. Ukr. fiz. zhurn.* [Ed. Ukr. physical journal], 1987, Kiev. p. 13. Ruk. Dep. V VINITI 09.07.87. № 6480 V87. (In Russ.)

The text of the article was translated by Editorial Team of journal of “Semiconductor Physics and Microelectronics”. For more information contact: ispm_uz@mail.ru

1. Introduction

Chalcogenide glass semiconductors (CGSs) containing one or more chalcogenes (S, Se, Te) are promising recording materials for the transmission and processing of information by holographic methods. The very first studies of the properties of CGSs showed that they have high resolution, recording reversibility and do not need any development or fixation processes, i.e., they have properties that are very valuable for use in holography and optical information processing devices, and, in particular, optical processors, holographic memory devices, and information input and output devices. On the other hand, the high refractive index of most CGSs allows them to be used as thin-film waveguides (TFW) in the near IR and visible spectral regions, using modes based on volume phase gratings as mode control elements. Such a unique combination of waveguide properties with the possibility of recording holographic gratings and other phase inhomogeneities in the TFW volume makes CGS films promising materials for the development of lattice reflective filters based on them, directional couplers, and surface wave converters. It should be noted the features of these materials, namely, that the selection of CGS systems, as well as a change in their composition, can significantly change the characteristics and optical properties of these materials.

It is known that under the influence of ionizing radiation in a certain way the structure of the material changes, which leads, accordingly, to a change in the physical characteristics in the substance [1–4]. It was established [3] that, at different values of the dose rate, the character of dose-related changes in the studied parameters for As_2Se_3 and As_2S_3 glasses remains qualitatively the same. However, with a decrease in dose, relative changes in the shear modulus, internal friction, and microhardness in the saturation regions are more pronounced. For As_2Se_3 glass, with decreasing dose, the points corresponding to saturation doses shift to the left on the dose scale, which is apparently due to the different intensity of annealing processes during irradiation. The nature of radiation-induced changes in the mechanical and optical properties of CGS depends on the irradiation conditions (dose, dose rate, radiation energy, temperature and atmosphere in the source channel), thermal (annealed or unannealed samples) and chemical (length and angles of interatomic bonds, medium order topology, nature and concentration of genetic defects, the presence of impurities) the history of the samples. Preliminary radiation treatment under certain conditions, purposefully changing the concentration of centers sensitive to photoexcitation, allows you to control the spectral range and photosensitivity of the medium. In particular, in [5] a significant increase in the photosensitivity of thin CGS films previously irradiated with gamma rays was reported. As indicated in [3], in the films of the As-S and As-Se systems irradiated with β -quanta from a ^{60}Co source with a dose rate of 750 R / s, the optical properties of the films do not change. This corresponds to the results obtained in [1], where the influence of γ -irradiation on the holographic characteristics of CGSs was studied.

2. Research methodology

For an experimental study of the recording and recording of diffraction efficiency in the process of recording holograms, a setup was used, the optical scheme of which is shown in Fig. 1.

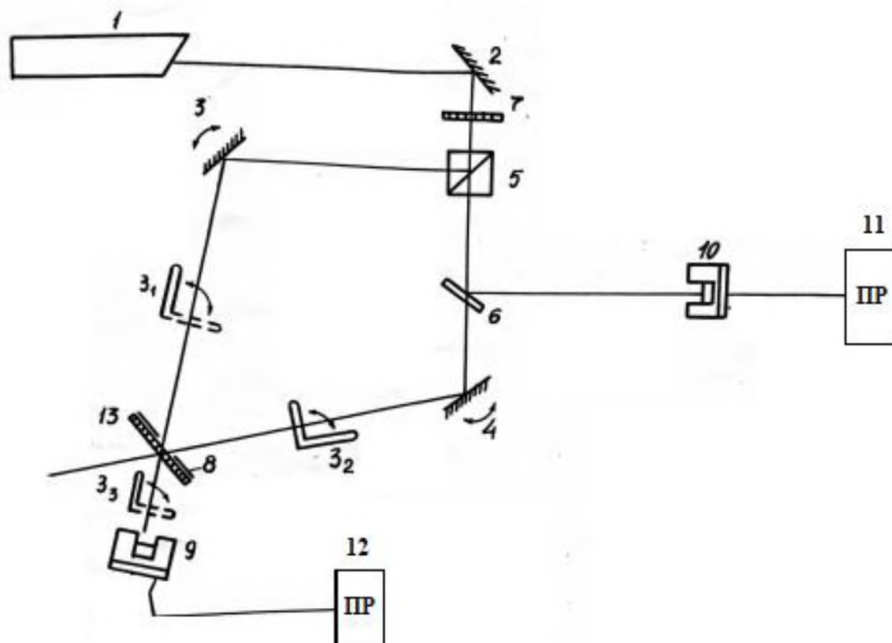


Fig. 1. The experimental scheme for studying the holographic characteristics of CGS materials: 1-laser JIF-38, 2, 3, 4-plane mirrors, 5-cubic prism, 6-translucent plate, 7, 8-aperture, s_1 , s_2 , s_3 -shutters, 9, 10-photosensors, 11, 12-recording devices, 13-recording material

The laser beam (Fig. 1) (1) is divided by a cubic prism (5) into two beams, which are then reduced on the surface of the sample (13). The hologram obtained in this way is a diffraction grating, the stroke frequency of which depends on the installation parameters and can be adjusted. For our case, $\nu = 1000$ lines/mm. To obtain the maximum contrast of the bands, a filter (9) was introduced, which equalizes the beams in intensity. The mask (8) serves to reduce errors associated with the heterogeneity of the laser beam and the inaccuracy of alignment. The photosensors (9, 10) and the associated potentiometers (11, 12) are used to measure the diffraction efficiency η , the transparency coefficient of the sample T , and the energy characteristics of the recording. The potentiometer (ПП12) is calibrated taking into account the diaphragmatic effect of the mask (8). The installation works in three modes: 1. Hologram recording mode: shutters S_1 and S_2 are open, shutter S_3 is closed. 2. Diffraction efficiency measurement mode: shutter S_1 is closed, shutters S_3 and S_2 are open. 3. The measurement mode of the transparency coefficient As_2Se_3 of the sample: shutter S_1 and S_3 are open, shutter S_2 is closed. In measurement modes, a filter weakening by a factor of 20 was introduced 7. Thus, elementary holograms (diffraction gratings) of Fresnel were recorded on the films and their diffraction efficiency (η) was measured in the recording process.

Diffraction efficiency was estimated by the ratio of the radiation power of the reference beam, diffracted in the 1st order during restoration of holograms, to the radiation power of the reference beam itself. The transmittance of the initial samples and substrates was measured before recording holograms using a probe beam, twenty times attenuated by a light filter. Materials of the As-Se system in the form of thin films deposited by vacuum deposition on glass substrates of various grades and sapphire were subjected to γ -radiation of various doses (10^3 – 10^9 R). For irradiation, the samples were placed in an aluminum capsule, after which they were introduced into the active zone of the corresponding irradiation channel of the γ -installation ^{60}Co (INP ASRUz, in this case 83 R/s and 1100 R/s).

3. Results and discussion

The radiation dose range was chosen on the basis of a preliminary experiment, which showed the effect of gamma rays on substrates of various grades of glass and sapphire. After irradiation, the studied samples were checked for the persistence of holograms and recording new ones, and then, for one week after irradiation, the diffraction efficiency and transmittance of the samples were measured daily, since it is known that γ -irradiation can induce a number of unstable staining centers that can highlight under the influence of temperature, ambient light, etc. In particular, it was shown that the effect of γ -irradiation on the diffraction efficiency of the recorded holograms is largely due to the transmission curve. In fig. Figure 2 shows the transmission dependences for both samples of As_2Se_3 and As_7Se_3 films with substrates, and for the films themselves, as well as the diffraction efficiency of holograms on the radiation dose.

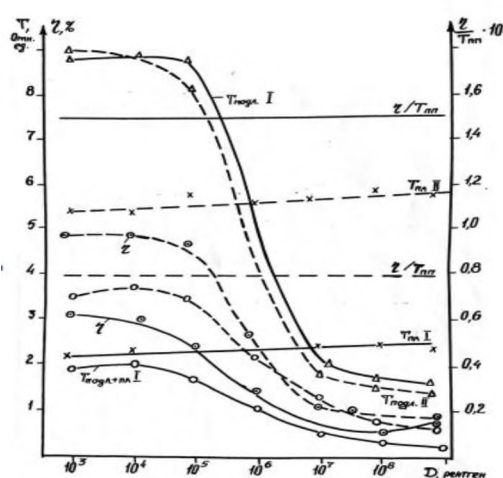


Fig. 2. Dose dependences of transmission and diffraction efficiency for samples of As_7Se_3 films (dashed line) and As_2Se_3 films (solid line)

Similar results were obtained from holograms recorded on a pre-irradiated sample. The values of the ratio of diffraction efficiency to transmission had a scatter due to the experimental error; nevertheless, a noticeable correlation of these data suggested that γ -irradiation does not lead to any change in the CGS material, which affects the properties of the recorded holograms. Changes in the holographic characteristics of the samples apparently depend on the degree of influence of γ -radiation on the substrate material: in the dose range 10^3 – 10^9 P, it can vary 4–8 times. Some weakening of the radiation-induced properties on the substrates is observed after a considerable period of time, due to the instability of the color centers induced in the substrate material.

Thus, the holographic characteristics as a manifestation of the optical properties of CGS films under the influence of γ -radiation in the range 10^3 – 10^9 R practically do not change. **4.**

Conclusion

Thus, the effect of ionizing radiation (γ quanta) on the optical and holographic characteristics of films of the As-S and As-Se systems has been investigated. It was found that in the range of radiation doses (10^3 – 10^9 R) the optical properties and diffraction efficiencies of the recorded holograms do not change. It has also been proven that the shelf life of recorded holograms under certain conditions is 10 years or more. Our studies of the optical and

holographic characteristics of CGS films show the promise of using As-Se and As-S films in optical information processing and storage systems