

In this Letter, we present surprising effects on single beam (660 nm) erasure behavior of surface relief gratings previously recorded on amorphous chalcogenide film. – Translated from “Reestratsia, zberigannja ta obrobka danyh”, Kyiv, 2020, pp.53-54, published by Institute for information recording of NASU, <http://www.ipri.kiev.ua> – see attachment)

UNUSUAL POLARIZATION DEPENDENT OPTICAL ERASURE OF SURFACE RELIEF GRATINGS ON AMORPHOUS CHALCOGENIDE FILMS

ML Trunov

**Institute for Information Recording of the National Academy of Sciences of Ukraine
M. Shpaka, 2, 03113, Kiev, Ukraine
e-mail: trunov.m@gmail.com**

1. Introduction

It was previously shown that surface relief gratings (SRG) formed in $As_{20}Se_{80}$ films by photoinduced mass transport can be erased by a uniform laser beam from the region of the absorption edge ($\lambda = 660$ nm), and the rate of erasing depends on the laser intensity, polarization and period of SRG [1]. In subsequent studies [2] we have found that changing the amplitude of such gratings is possible when irradiated by electron beam, and the amplitude dependence of erasing was unusual: SRG of small periods were erased, and large - on the contrary, increased their amplitude. It was suggested that the same effect may occur when such gratings are irradiated with a uniform laser beam, in case if the composition of chalcogenide glass exhibit photoinduced mass-transport.

2. Purpose of work

Investigation of optical erasure of SRG formed by the method of photoinduced mass-transport in $As_{20}Se_{80}$ films in dependence from the polarization of the laser beam and the period of SRG (1.5–15 μm).

3. Results and their discussion

SRGs with a period of 1.5, 3.6, 7.5, 10, 12 and 15 μm were formed on $As_{20}Se_{80}$ films with a thickness of 1 μm , obtained by thermal evaporation. The gratings used for these investigations were recorded under holographic scheme by p -polarized recording laser (1) and enhanced by additional light of s -polarized laser (2) [see the scheme in fig. 1, a , insert (1) and Fig. 1, b , insert]. Both lasers has a wavelength of 660 nm, which corresponds to the absorption edge of $As_{20}Se_{80}$ glass, and an intensity of about 350 mW/cm^2 . The kinetics of SRG growth and erasing was measured "in situ" according to the data on the change of their diffraction efficiency, which is proportional to the square of the relief height h (for $h \ll \lambda$, where λ is the wavelength of the reading laser). After the diffraction efficiency reached a certain value, the laser (1) was turned off, and the SRG was erased by a laser beam (2) polarized parallel (p) or perpendicular (s) to the SRGs vector (see Fig. 1, a , inserts (2) and (3), respectively). Diffraction efficiency (in relative units) was measured using an Ocean Optics USB 4000 fiber spectrophotometer and a violet reading laser ($\lambda = 404$ nm, $P = 10$ μW) and was equal to the beam intensity in the first diffraction maximum of the reflection pattern.

The obtained results can be summarized as follows: SRGs with periods of 1.5, 3.6 and 7.5 μm are erased when irradiated with both (p -) and (s -) polarized beams. As an example, fig. 1, presents typical curves of growth-erasing kinetics of amplitude for SRG with a period of 1.5 μm . SRGs with a period of 10 μm were not erased by the beams of these polarizations at all (Fig. 1, b). The amplitude of SRG with a period of 15 μm increases by p -polarized beam, and reach maximum (Fig. 1, c , curve 2) but not erased by s -polarized beam (not shown in Fig. 1). The similar effect was found for SRGs with a period of 12 μm , which was obtained without additional illumination (Fig. 1, d , curves 1 and 2, respectively). Such polarization dependent increase of the SRG during irradiation was clearly visible even in an optical microscope (Fig. 1, d , see the selected surface relief).

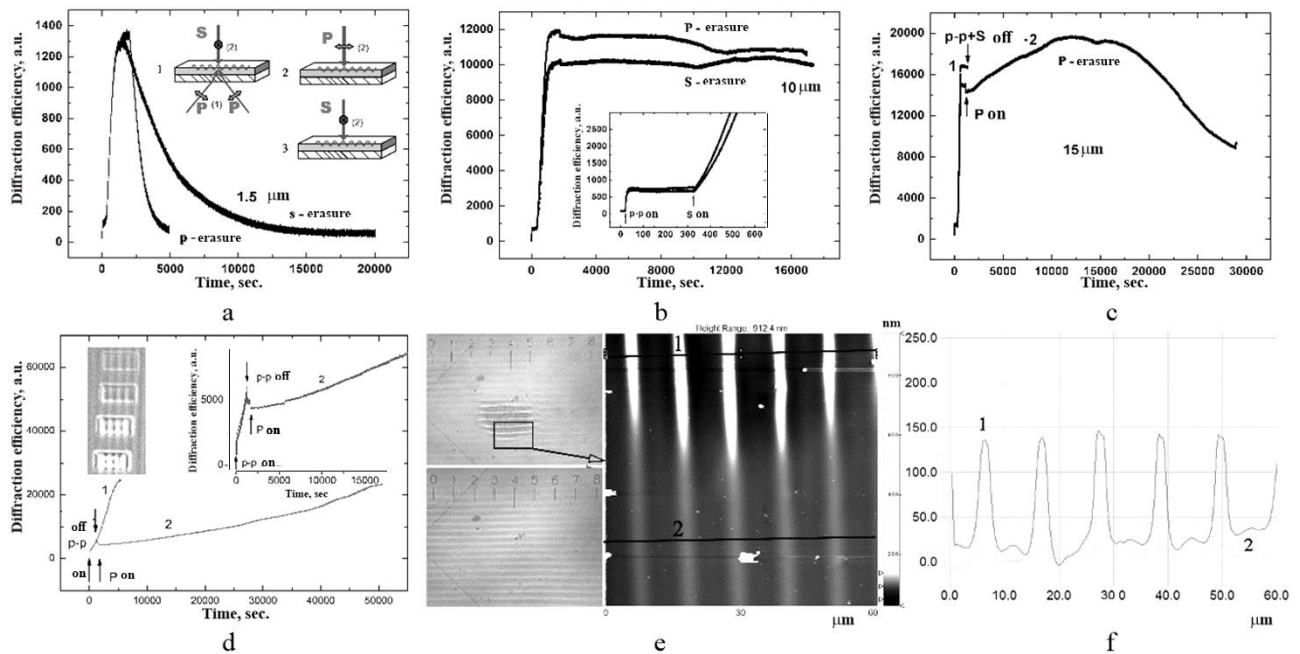


Fig. 1. Typical curves of growth-erasing kinetics of SRGs of different periods on $As_{20}Se_{80}$ films (*a - d*); optical and AFM images (*e*) of the surface of the initial and enhanced SRG with a period of $12 \mu m$.The amplitude of the curves (*g*) corresponds to line 1 and 2 on the AFM scan (*e*). The period of SRGs and polarization of the appropriate laser beams is indicated directly in Fig. 1, *a - c* . Insert in fig. 1, *g* left corner, for comparison: the SEM image of the SRG with a period of $15 \mu m$, irradiated by electron beam at different exposures: a clear increase in the amplitude of the SRGs with increasing e-beam exposure were detected (from top to bottom)

The heights of the initial and enhanced part of the SRGs by AFM (Fig. 1, *e*) differ almost in 8 times: 16 nm against 125 nm (Fig. 1, *g*). Additional experiments have shown that SRG with a period of more than $10 \mu m$ can enhanced even after a very short time of recording (1 - 2 minutes). Thus, the obtained results (in terms of erasure amplification) correlate with those obtained by irradiating the grating with an electron beam (Fig. 1, *d* , insert).

Analysis of appropriate cross-sections of SRG show that their amplitude h changes with the time of laser irradiation according to the exponential law (i.e. $h(t) = h_0 \exp(-\kappa_{p,s} \cdot t)$, where h_0 is the initial amplitude of SRG, and $\kappa_{p,s}$ are the erasure / enhance coefficients for the above polarizations, which are positive for SRGs with small period and negative for SRGs with large period.

4. Conclusions

We have found that SRGs written on a surface of $As_{20}Se_{80}$ films erased or enhanced by single laser beam depending on the grating period. The paper considers the possible mechanism and practical application of the phenomenon revealed.

1. Kaganovskii Yu ., Trunov ML, Beke DL, and K ok enyessi S. Mechanism of photo induced mass transfer in amorphous chalcogenide films . *Mater . Lett* . 2011. **66** . R. 159–161.
2. Kaganovskii Yu ., Trunov ML, Cserhati C., Lytvyn PM, Beke DL, and K ok enyessi S. Electron beam induced variation of surface profile in amorphous $As_{20}Se_{80}$ films . *J. Appl . Phys* . **115** (2014) 183512: 1-8.

2. Kuncicky D.M., Christesen S.D., Velev O.D. Role of the micro- and nanostructure in the performance of surface-enhanced Raman scattering substrates assembled from gold nanoparticles. *Appl. Spectroscopy*. 2005. Vol. 59. No. 4. P. 401–409.

3. Homola J., Yee S.S., Gauglitz G. Surface plasmon resonance sensors: review. *Sensors and Actuators*. 1999. B. 54. P. 3–15.

4. Кириленко В.К., Горват Ю.А. Формування неупорядкованих масивів наночастинок благородних металів на повітрі та контроль їхніх оптичних характеристик. *Реєстрація, зберігання і оброб. даних*. Щорічна підсумкова наукова конференція 16–17 травня 2018 року: збірник / за ред. В.В. Петрова. Київ: ІПРІ НАН України, 2018. С. 49–50.

5. Тарнай А.А., Горват Ю.А., Пісак Р.П. Одержання металічних плівок наномасштабного розміру з контрольованою товщиною. *Реєстрація, зберігання і оброб. даних*: зб. наук. праць за матеріалами Щорічної підсумкової наукової конференції. Київ: ІПРІ НАН України, 2017. С. 44–46.

УДК 004.08

М. А. Трунов

Аномальна поляризаційна залежність оптичного стирання поверхневих рельєфних ґраток у плівках аморфних халькогенідів

1. Постановка проблеми

Раніше було показано, що поверхневі рельєфні ґратки, які сформовані в плівках $As_{20}Se_{80}$ методом фотоіндукованого мас-транспорту, можуть стиратися однорідним лазерним променем з області краю поглинання ($\lambda = 660$ нм), причому швидкість стирання залежить від інтенсивності лазера, його поляризації та періоду ґраток [1]. Подальші дослідження [2] виявили, що зміна амплітуди таких ґраток можлива і при їхньому опроміненні електронним променем, причому амплітудна залежність від періоду ґраток мала незвичайний характер: ґратки малих періодів стиралися, а великі — навпаки, збільшували свою амплітуду. Було висловлене припущення, що такий же ефект може мати місце і при опроміненні подібних ґраток однорідним лазерним променем, звичайно у випадку, якщо відповідні склади халькогенідного скла проявляють фотоіндукований мас-транспорт.

2. Мета роботи

Дослідити оптичне стирання поверхневих рельєфних ґраток, сформованих методом фотоіндукованого мас-транспорту в плівках $As_{20}Se_{80}$, залежно від поляризації лазерного променя та періоду ґраток (1,5–15 мкм).

3. Результати та їхнє обговорення

Поверхневі рельєфні ґратки з періодом 1.5, 3.6, 7.5, 10, 12 та 15 мкм формувалися на плівках $As_{20}Se_{80}$ товщиною 1 мкм, одержаних методом термічного випаровування, за звичайною голографічною схемою, при опроміненні p -поляризованим лазером запису (1) і підсвітці s -поляризованим лазером підсвітки (2) [див. схему на рис. 1,а, вставка (1) та часову послідовність включення відповідних лазерів на рис. 1,б, вставка]. Обидва лазери мали довжину хвилі 660 нм, яка відповідає краю поглинання скла $As_{20}Se_{80}$, та інтенсивність біля 350 мВт/см². Кінетика росту та стирання ґраток вимірювалася «*insitu*» за даними по зміні їхньої дифракційної ефективності, яка пропорційна квадрату висоти рельєфу h (для $h \ll \lambda$, де λ — довжина хвилі лазера зчитування). Після досягнення дифракційною ефективністю певного значення, лазер (1) виключався, а стирання ґратки здійснювалося променем лазера(2), поляризованого паралельно (p) або перпендикулярно (s) до вектора ґратки (див. рис. 1,а, вставки (2) і (3), відповідно). Дифракційна ефективність (у відносних одиницях) вимірювалася за допомогою волоконного спектрофотометра OceanOpticsUSB 4000 та фіолетового лазера ($\lambda = 404$ нм,

$P = 10$ мкВ) і дорівнювала інтенсивності променю в першому максимумі дифракції за схемою «на відбивання».

Одержані результати можна узагальнити наступним чином: ґратки з періодом 1,5, 3,6 та 7,5 мкм стираються при опроміненні, як (p -), такі (s -) поляризованим променем. На рис. 1,а, як приклад, показано типові криві кінетики росту-стирання поверхневої ґратки з періодом 1,5 мкм. Ґратки, які мають період 10 мкм, не стираються променями вказаних поляризацій взагалі (рис. 1,б), а ґратка з періодом 15 мкм підсилюється p -поляризованим променем, досягаючи максимуму дифракції (рис. 1,в, крива 2) і не стирається s -поляризованим (на рис. 1,в не показано). Такий же ефект було виявлено для ґратки з періодом 12 мкм, яка була одержана без додаткової підсвітки (рис. 1,г, криві 1 та 2, відповідно). Підсилення ґратки при опроміненні було чітко видно навіть в оптичному мікроскопі (рис. 1,д, див. виділений рельєф поверхні).

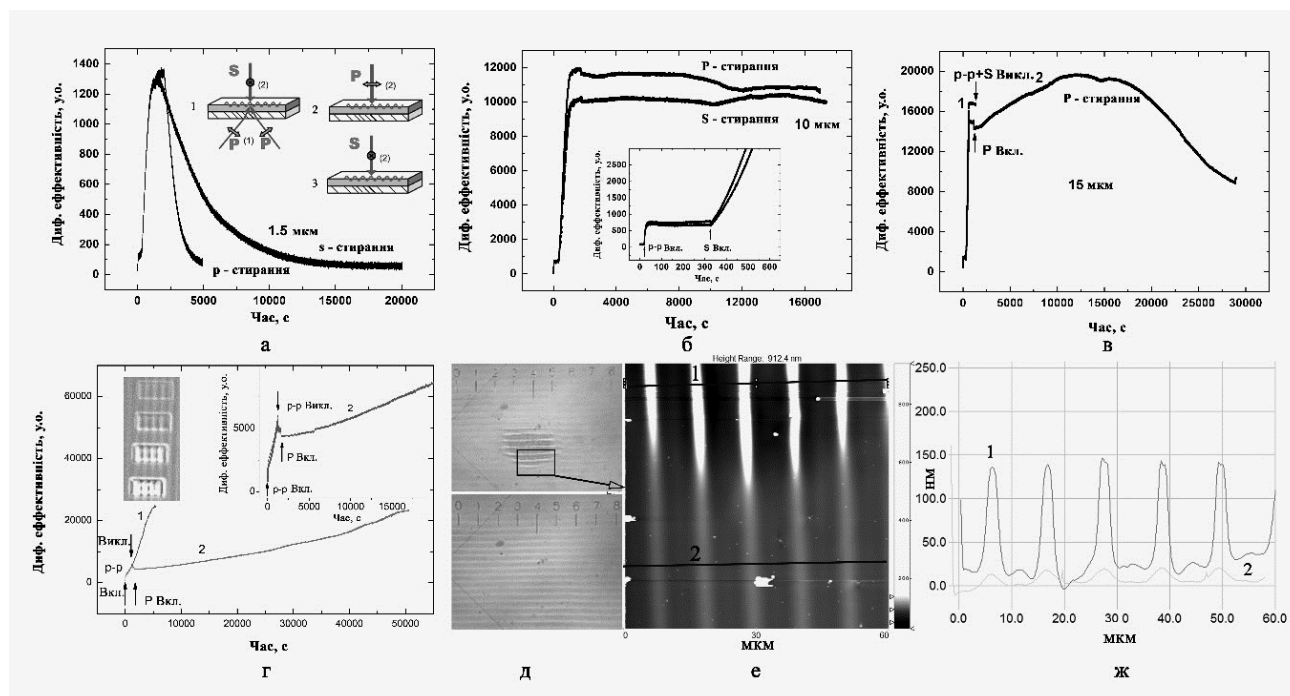


Рис. 1. Типові криві кінетики стирання-росту поверхневих ґраток різних періодів на плівках $As_{20}Se_{80}(a-g)$ та оптичне (д) і АСМ (е) зображення поверхні вихідної та підсиленої ґратки з періодом 12 мкм.

Амплітуда відповідних кривих (ж) відповідає перерізам 1 та 2 на АСМ скані (е).

Період ґраток і поляризації відповідних променів вказано безпосередньо на рис. 1,а–в.

На рис. 1,г вставка ліворуч, для порівняння, приведено СЕМ-зображення ділянок поверхневої ґратки з періодом 15 мкм, опроміненої електронним променем при різних експозиціях: чітко видно систематичне збільшення амплітуди ґратки із ростом експозиції (зверху вниз)

Аналіз висот початкової і підсиленої частини ґратки за допомогою АСМ (рис. 1,е) показав, що вони відрізняються майже у 8 разів: 16 нм проти 125 нм (рис. 1,ж). Додаткові експерименти виявили, що ґратка з періодом більше 10 мкм може бути підсилена навіть після дуже короткотривалого запису (1–2 хвилини). Отже, одержані результати (в частині стирання-підсилення) корелюють із такими, що отримані при опроміненні ґраток електронним променем (рис. 1,г, вставка ліворуч).

Аналіз відповідних перерізів поверхневих рельєфів показав, що їхня амплітуда h змінюється з часом опромінення лазером (2) за експоненціальним законом, тобто $h(t) = h_0 \exp(-\kappa_{p,s} \cdot t)$, де h_0 — початкова амплітуда, а $\kappa_{p,s}$ — коефіцієнти стирання/підсилення для вказаних вище поляризацій, які є позитивними для ґраток малих періодів і від’ємними для ґраток великих періодів.

4. Висновки

Виявлено аномальну залежність оптичного стирання поверхневих рельєфних ґраток в аморфних халькогенідах від їхнього періоду. В роботі розглянуто можливий механізм і практичне застосування виявлених вище закономірностей.

1. Kaganovskii Yu., Trunov M.L., Beke D.L., and Kőkényesi S. Mechanism of photo induced mass transfer in amorphous chalcogenide films. *Mater. Lett.* 2011. **66**. P. 159–161.

2. Kaganovskii Yu., Trunov M.L., Cserhati C., Lytvyn P.M., Beke D.L., and Kőkényesi S. Electron beam induced variation of surface profile in amorphous $As_{20}Se_{80}$ films. *J. Appl. Phys.* **115** (2014) 183512:1-8.

УДК 539.213; 539.219.1; 541.67; 548.53

Т. І. Ясірко

Дослідження структури ближнього порядку нанорозмірних плівок селену методом раманівської спектроскопії

1. Постановка проблеми

В останній час активно розвивається метод поверхнево підсиленого раманівського розсіювання світла (Surface Enhanced Raman Scattering — SERS), який є потужним методом аналізу біологічних молекул, живих клітин та інших речовин у надмалих концентраціях завдяки унікальній властивості — підсиленні раманівського сигналу при збудженні поверхневих плазмонів у нанорозмірних металічних структурах і, відповідно, можливості визначення присутності малої кількості молекул речовин за їхніми характеристичними спектрами.

Як показали багаточисельні дослідження, найбільш придатними SERS-підкладками є підкладки з наноструктурованих різними методами плівок золота та срібла, які ефективно розсіюють і поглинають світло в певній, досить вузькій ділянці спектра, що дозволяє на декілька порядків підвищити коефіцієнт підсилення раманівського сигналу [1–3]. Зауважимо, що на даний час основна увага приділялася дослідженню раманівських спектрів біологічних об'єктів. Неорганічні речовини, у т.ч. і халькогенідні плівки наномасштабного розміру, в цьому плані практично не вивчалися.

2. Мета роботи

Дослідити вплив наночастинок золота на раманівські спектри нанорозмірних плівок селену.

3. Результати та їхнє обговорення

Формування неупорядкованих масивів наночастинок Au на скляних підкладках проводилося методом швидкого радіаційного нагрівання [5] тонких (до 20 нм) плівок золота в атмосфері повітря до температур 623 К. У даному дослідженні використовувалися три масиви з середнім розміром наночастинок 20–35 нм (M1), 30–40 нм (M2) і 40–60 нм (M3) та положенням максимуму смуги поверхневого плазмонного резонансу 532 (M1), 538 (M2) і 574 (M3) нм.

Тонкі плівки селену товщиною 30, 50 і 60 нм одержувалися методом термічного випаровування із квазізамкнених ефузійних комірок склоподібного Se на скляні підкладки та на поверхню масивів НЧ Au. Дослідження раманівських спектрів свіжоприготованих і відпалених плівок As_2S_3 та композитних структур «НЧ Au/плівка ХСН» проводилися при кімнатній температурі на спектрометрі Horiba Jobin-Yvon. Для збудження використовувався червоний лазер ($\lambda_{зб.} = 671$ нм).

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ РЕЄСТРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЇ

Реєстрація, зберігання і обробка даних
Щорічна підсумкова наукова конференція
28–29 вересня 2020 року

Київ 2020

УДК 004

Реєстрація, зберігання і обробка даних. Щорічна підсумкова наукова конференція 28–29 вересня 2020 року: збірник / за ред. В.В. Петрова. Київ: ІПРІ НАН України, 2020. 134 с.

У збірнику представлено результати досліджень у галузі інформаційних технологій, які одержані співробітниками ІПРІ НАН України в 2019 році. Результати досліджень доповідалися на Щорічній підсумковій науковій конференції ІПРІ НАН України. Представлені матеріали дають оцінку дослідженням, які проводилися в ІПРІ НАН України в галузях: фізичні основи, принципи та методи реєстрації даних; інформаційно-аналітичні системи; математичні методи обробки даних; програмно-апаратні засоби моніторингу; моніторинг і аналіз даних у глобальних мережах; експертні системи та підтримка прийняття рішень.

Для наукових співробітників та інженерно-технічних спеціалістів, які займаються проблемами інформаційних технологій.

Редакційна колегія:

В.В. Петров (відп. ред.), О.Г. Додонов (заст. відп. ред.),
А.А. Крючин, С.М. Шанойло, І.О. Бріцький,
Д.В. Ланде, О.Я. Матов

Рекомендовано до друку Вченою радою
Інституту проблем реєстрації інформації НАН України
(протокол № 7 від 16.09.2020 р.)

ISBN 978-966-02-9505-6

© Інститут проблем реєстрації
інформації НАН України, 2020