УДК 004.08

АНОМАЛЬНА ПОЛЯРИЗАЦІЙНА ЗАЛЕЖНІСТЬ ОПТИЧНОГО СТИРАННЯ ПОВЕРХНЕВИХ РЕЛЬЄФНИХ ГРАТОК В ПЛІВКАХ АМОРФНИХ ХАЛЬКОГЕНІДІВ

Трунов М.Л.

1. Постановка проблеми

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

2. Мета роботи

Дослідження оптичного стирання поверхневих рельєфних граток, сформованих методом фотоіндукованого мас-транспорту в плівках $As_{20}Se_{80}$, в залежності від поляризації лазерного променю та періоду граток (1.5 – 15 мкм).

3. Результати і їх обговорення

Поверхневі рельєфні гратки 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/см^2. Кінетика росту та стирання граток вимірювалася “in situ” за даними по зміні їх 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 гратки здійснювалося променем лазера (2), поляризованого паралельно (p) або перпендикулярно (s) до вектору гратки (див. Рис.1 а, вставки (2) і (3), відповідно). Дифракційна ефективність (у відносних одиницях) вимірювалася за допомогою волоконного спектрофотометру Ocean Optics USB 4000 та фіолетового лазеру (λ=404 нм, P=10 мкВ) і дорівнювала інтенсивності променю в першому максимуму дифракції за схемою “на відбивання”.

Одержані результати можна узагальнити наступним чином: гратки з періодом 1.5, 3.6 та 7.5 мкм стираються при опроміненні, як (p-), так і (s-) поляризованим променем. На Рис.1 а, як приклад, показано типові криві кінетики росту-стирання поверхневої гратки з періодом 1.5 мкм. Гратки, які мають період 10 мкм, не стираються променями вказаних поляризацій взагалі (Рис.1 б), а гратка з періодом 15 мкм підсилюється p- поляризованим променем, досягаючи максимума дифракції (Рис.1 в, крива 2) і не стирається s- поляризованим (на Рис.1 в не показано). Такий же ефект було виявлено для гратки з періодом 12 мкм, яка була

одержана без додаткової підсвітки (Рис. 1 г, криві 1 та 2, відповідно). Підсилення гратки при опроміненні було чітко видно навіть в оптичному мікроскопі (Рис.1 д, див. виділений рельєф поверхні).

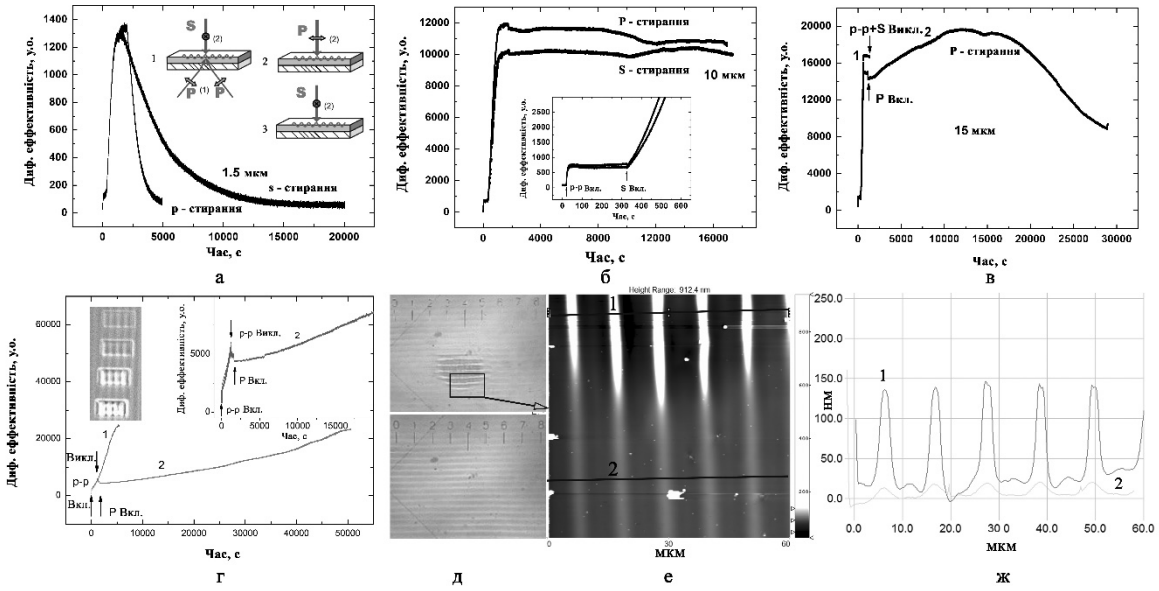

Рис.1. Типові криві кінетики стирання-росту поверхневих граток різних періодів на плівках $As_{20}Se_{80}$ (а-г) та оптичне (д) і АСМ (е) зображення поверхні вихідної та підсиленої гратки з періодом 12 мкм. Амплітуда відповідних кривих (ж) відповідає перерізам 1 та 2 на АСМ скані (е). Період граток та поляризації відповідних променів вказано безпосередньо на Рис.1, а-в. На Рис.1 г, вставка ліворуч, для порівняння, приведено СЕМ зображення ділянок поверхневої гратки з періодом 15 мкм, опроміненої електронним променем при різних експозиціях: чітко видно систематичне збільшення амплітуди гратки із ростом експозиції (зверху вниз).

Аналіз висот початкової та підсиленої частини гратки за допомогою АСМ (Рис.1, е) показав, що вони відрізняються майже в 8 разів:16 нм проти 125 нм (Рис.1, ж). Додаткові експерименти виявили, що гратка 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 граток електронним променем (Рис.1 г, вставка ліворуч).

Аналіз відповідних перерізів поверхневих рельєфів показав, що їх амплітуда h змінюється із 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 граток малих періодів і від'ємними для граток великих періодів (очевидно, що у випадку відсутності стирання/підсилення вони дорівнюють 0).

4. Висновки

Виявлена аномальна залежність оптичного стирання поверхневих рельєфних граток в аморфних халькогенідах від їх періоду. В роботі розглянуті можливий механізм та практичне застосування виявлених вище закономірностей.

1. Yu. Kaganovskii , M.L. Trunov, D.L. Beke, and S. Kökényesi " Mechanism of photo induced mass transfer in amorphous chalcogenide films" Mater. Lett. **66** (2011) 159–161.
2. Yu. Kaganovskii, M.L. Trunov, C. Cserhati, P.M. Lytvyn, D.L. Beke, and S. Kökényesi "Electron beam induced variation of surface profile in amorphous $As_{20}Se_{80}$ films" J. Appl. Phys. **115** (2014) 183512:1-8.