ФІЗИКА І ХІМІЯ ТВЕРДОГО ТІЛА
Т. 3, № 2 (2002) С. 268-271

PHYSICS AND CHEMISTRY OF SOLID STATE
V. 3, № 2 (2002) P. 268-271

УДК 539.21:537.1

Н.І. Попович, М.І. Довгошей, І.Е. Качер

Вплив лазерної обробки на оптичні характеристики тонких плівок тіогалату цинку

Ужгородський національний університет,
вул. Підгірна, 46, Ужгород, 88000,
E-mail: pmm@univ.uzhgorod.ua

Наведені результати дослідження оптичних характеристик плівок тіогалату цинку $ZnGa_2S_4$, отриманих імпульсним лазерним напиленням, і впливу на них лазерного опромінення. Виявлено, що тонкі плівки $ZnGa_2S_4$ є стійкими до дії лазерного випромінювання з густиною потужності 10^4-10^6 Дж/см^2. У результаті дії лазерним випромінюванням такої потужності оптичне пропускання та форма і положення краю поглинання досліджуваних плівок не змінюється. Значення показника заломлення зростає до n = 2,38, що свідчить про впорядкування кристалічної структури досліджуваних плівок внаслідок дії лазерним випромінюванням.

Ключові слова: тонка плівка, тіогалат цинку, показник заломлення, край оптичного поглинання, лазерна міцність.

Стаття поступила до редакції 17.09.2001; прийнята до друку 3.06.2002

I. Вступ

Однією із найважливіших вимог до оптичних покрить елементів оптичних систем є стійкість матеріалу покриття до лазерного випромінювання, оскільки саме руйнування оптичних матеріалів під дією власного випромінювання лазерів обмежує їх граничну потужність і є однією з причин, що ускладнюють проблему створення потужних лазерних систем [1].

Тонкі плівки тіогалату цинку $ZnGa_2S_4$ характеризуються широкою областю прозорості, низьким значенням показника заломлення (n = 2,2), є стійкими до дії високих температур і вологи [2], тому актуальною є проблема дослідження їх основних фізичних параметрів і стійкості їх до дії лазерного випромінювання.

II. Методика дослідження

Для вимірювання спектрів пропускання застосовувався спектрофотометр видимої й ультрафіолетової областей СФ-46 та інфрачервоний спектрофотометр ИКС-29.

Аналіз краю оптичного поглинання здійснювався шляхом перерахунку залежності $T = T(\lambda)$ – спектра пропускання – для області крайового поглинання у спектр поглинання $\alpha = \alpha(h\nu)$, де α – коефіцієнт поглинання матеріалу для даної енергії поглинутого випромінювання.

Так як товщина досліджуваних плівок співрозмірна з довжиною хвилі випромінювання, що проходить через неї, то у спектрі пропускання спостерігалася інтерференційна картина, й коефіцієнт поглинання визначався за формулою:

$$\alpha = \frac{1}{d}\ln\frac{(1-R)^2}{T}, \qquad (1)$$

де $R = \left(\frac{n-1}{n+1}\right)^2$ – коефіцієнт відбивання,

$$n = 0,5((1+n_s)\sqrt{c} + \sqrt{(1+n_s)^2 c - 4n_s}) \qquad (2)$$

n – показник заломлення плівки, n_S – показник заломлення підкладки, $c = T_{max}/T_{min}$ – контрастність інтерференції.

Спектри пропускання одержаних у даній роботі плівок тіогалату цинку були виміряні й оброблені із застосуванням описаної вище методики в діапазоні довжин хвиль 0,2-30 мкм.

Дослідження впливу лазерного випромінювання на структуру і оптичні властивості плівок $ZnGa_2S_4$ проводилося за допомогою установки, оптична схема якої приведена на рис. 1. Така установка дає змогу досягти гаусової форми розподілу інтенсивності імпульсів лазера і визначити енергію імпульсу. Потужність лазерного випромінювання регулювалася системою фільтрів.

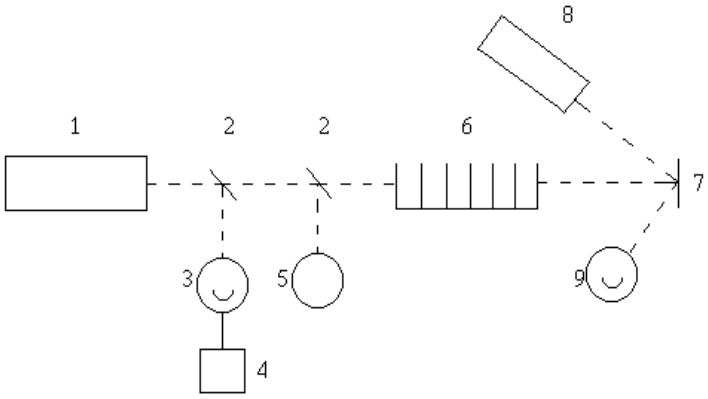

Рис. 1. Схема установки для дослідження лазерної міцності тонких плівок $ZnGa_2S_4$: 1 – лазер ЛТИПЧ-4; 2 – напівпрозорі дзеркала; 3, 9 – фотоелементи; 4 – осцилограф запам'ятовуючий; 5 – калориметр; 6 – к'ювета (атенюатор-послаблювач); 7 – досліджуваний зразок; 8 – допоміжний лазер.

При деякій потужності спостерігалася поява плазмової точки, що світиться. Ця точка з'являлася внаслідок пробою плівки під дією лазерного випромінювання.

Оптична міцність плівки визначалася за формулою

$$g=E/(s\cdot\tau), \qquad (3)$$

де g – оптична міцність плівки, E – енергія лазерного імпульсу, τ – тривалість імпульсу, s – площа, на якій був сфокусований промінь.

Для дослідження лазерної міцності тонких плівок $ZnGa_2S_4$ використовувався лазер ЛТИПЧ-4 з довжиною хвилі випромінювання 1,06 мкм, тривалістю імпульсу 20 нс і частотою 12,5 Гц. На плівки тіогалату цинку діяли лазерним променем, поступово збільшуючи густину випромінювання у межах 10^4-10^6 Дж/см^2. При такій густині випромінювання видимих механічних пошкоджень досліджуваної структури не спостерігалося. Після лазерної обробки були виміряні спектри пропускання на спектрофотометрах СФ-46 і ИКС-29 та визначено показник заломлення плівки $ZnGa_2S_4$. Одержані таким чином дані порівнювалися з даними для плівок до обробки лазерним випромінюванням.

III. Результати та їх обговорення

Встановлено, що плівки $ZnGa_2S_4$, отримані методом імпульсного лазерного напилення, є прозорими в області довжин хвиль 0,3-25 мкм. Область прозорості досліджуваних структур плівка-підкладка визначається діапазоном прозорості підкладки у випадку кварцевих підкладок й діапазоном прозорості плівки $ZnGa_2S_4$ у випадку підкладок з NaCl. Для плівок, одержаних методом ІЛН в режимі вільної генерації (ВГ), має місце значне збільшення оптичного пропускання порівняно із спектрами пропускання плівок, напилених в режимі гігантських імпульсів (ГІ). Цей факт свідчить про вищий ступінь їх оптичної однорідності. Крім того, у спектрах плівок, одержаних в режимі ВГ, спостерігається різкіший короткохвильовий край оптичного поглинання і контрастніша інтерференція, що можна пояснити відсутністю широкого перехідного шару у системі плівка-підкладка у цьому випадку.

Показник заломлення досліджуваних плівок визначався інтерференційним методом в області прозорості і в області краю фундаментального поглинання. Одержане значення показника заломлення плівок тіогалату цинку, напилених методом ІЛН, становить n = 2,2.

Край фундаментального поглинання свіжонапилених плівок ZnGa2S4 при $\alpha \approx 104$-105 см$^{-1}$ описується залежністю

$$h\nu\alpha(h\nu)=B(h\nu-E_g), \qquad (4)$$

характерною для некристалічних матеріалів. Визначено ширину псевдозабороненої зони $E_{g\mu}$ й оптичну ширину забороненої зони $E_0 < E_{g\mu}$ для плівок тіогалату цинку. Отримані такі значення: для плівок, одержаних ІЛН в режимі ВГ, $E_{g\mu} = 4{,}15$ еВ, $E_0 = 3{,}35$ еВ; для плівок, одержаних ІЛН в режимі ГІ, $E_{g\mu} = 3{,}93$ еВ, $E_0 = 2{,}85$ еВ. Теоретично розрахована ширина забороненої зони кристала $ZnGa_2S_4$ становить $E_0 = 4{,}1$ еВ [3].

У спектрі пропускання плівки тіогалату цинку, обробленої лазерним випромінюванням, спостерігається більша контрастність інтерференційної картини, ніж у спектрі пропускання плівки до лазерної обробки (рис. 2). Значення показника заломлення несуттєво зростає і становить n = 2,22 на довжині хвилі λ = 0,63 мкм. Це може свідчити про впорядкування структури досліджуваної плівки

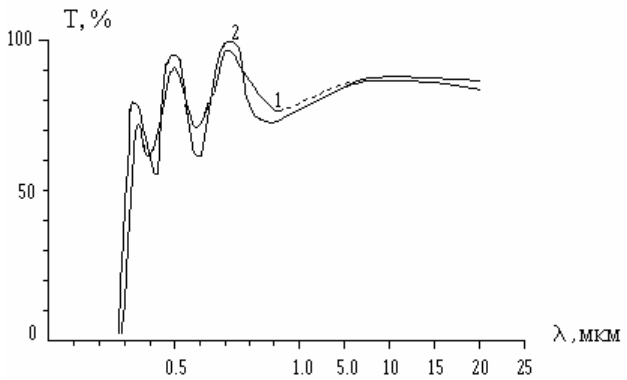

Рис. 2. Спектр пропускання плівки тіогалату цинку до (1) і після обробки лазерним випромінюванням потужністю 10^6 Вт/см^2.

Таблиця

Лазерна міцність тонких плівок $ZnGa_2S_4$

Товщина плівки, мкм	Матеріал підкладки	Режим напилення	Потужність лазерного випромінювання, МВт/см^2
0,3	NaCl	ВГ	50
0,25	кварц	ГІ	25
0,25	Si	ГІ	30
0,8	GaAs	ВГ	30
0,3	NaCl	ГІ	30
0,3	кварц	ГІ	20

і пояснюється тим, що у певних квазіморфних невпорядкованих структурах опромінення лазерним випромінюванням потужністю, меншою за порогову, може носити якісний характер [4], тобто внаслідок впливу такого випромінювання у матеріалах можуть відбуватися впорядкування структури, кристалізаційні явища у приповерхневому шарі, зменшення пор та ущільнення упаковки, в результаті чого інтерференція у спектрі пропускання стає контрастнішою, а значення показника заломлення збільшується на ≈ 10 %. Очевидно, у досліджуваних нами плівках тіогалату цинку в результаті дії лазерного випромінювання з густиною потужності 10^4-10^6 Вт/см^2 відбуваються саме такі зміни.

Для визначення порогу лазерної міцності плівок $ZnGa_2S_4$ здійснювалося поступове збільшення потужності випромінювання лазера до 10^8 Вт/см^2. Поріг руйнування фіксувався появою видимих механічних пошкоджень на поверхні плівки. При граничному значенні порогу руйнування в усіх плівках спостерігалося випаровування їх із підкладки, тобто плівки руйнувалися. Значення лазерної міцності досліджуваних плівок, одержаних різними методами, наведені в таблиці.

IV. Висновки

Плівки тіогалату цинку є достатньо стійкими до дії лазерного випромінювання. Завдяки цьому вони можуть застосовуватися в якості захисних покрить для елементів лазерної техніки, з метою підвищення прозорості й оптичної міцності останніх.

Н.І. Попович *– кандидат фізико-математичних наук;*
М.І. Довгошей *– академік АН ВШ України, доктор фізико-математичних наук, завідувач кафедрою твердотільної мікроелектроніки;*
І.Е. Качер *– кандидат фізико-математичних наук*

[1] С.В. Свечников, В.В. Химинец, Н.И. Довгошей. *Сложные некристаллические халькогениды и халькогалогениды и их применение в оптоэлектронике*, Наукова думка, Киев 241 с. (1992).
[2] Н.И. Попович, И.Э. Качер, Н.И. Довгошей, Ю. Я. Томашпольский. Влияние термообработки на основные оптические характеристики пленок тиогаллата цинка // *Перспективные материалы,* **1**, сс. 68-70 (1999).

[3] В.Д. Панютин, Б.Е. Понедельников, А.Е. Розенсон, В.И. Чижиков. Зонная структура тиогаллата и селеногаллата цинка // *ФТП*, **15**(2), сс.311-315 (1981).
[4] Ю.К. Данилейко, А.А. Маненков, В.С. Нелетайло. Исследование объёмного лазерного разрушения и рассеяние света в кристаллах и стеклах // *Труды ФИАН*, **101**, сс.31-74 (1978).

N.I. Popovych, M.I. Dovgoshey, I.E. Kacher

Influence of Laser Processing to Optical Properties of Tiogalat Zinc Thin Films

Uzhgorod National University,
46, Pidgirna St., Uzhgorod, 88000, E-mail: pmm@univ.uzhgorod.ua

The indicated results of research of optical properties of recordings tiogalat zinc $ZnGa_2S_4$, obtained impulse laser raising, and influence on them of laser exposure. Is obtained, that the thin films $ZnGa_2S_4$ are proof to operation of laser radiation with denseness of power 10^4-10^6 J/cm^2. In an result of operation by laser radiation of such potency an optical passage, form and the position of edge of absorption of researched recordings is not changed. Significance of refraction parameter will increase to n = 2,38, that testifies to reduction in the order of crystalline structure of researched recordings owing to operation by laser radiation.