

## **СТРУКТУРНІ ЗМІНИ В КРИСТАЛАХ $Cd_xHg_{1-x}Se$ , ОБУМОВЛЕНІ ДІЄЮ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ**

Металографічними та рентгенодифракційними методами досліджено структурні зміни, що відбуваються в кристалах твердих розчинів  $Cd_xHg_{1-x}Se$  під дією лазерного випромінювання. Показано, що концентрація і стан власних дефектів кристалів змінюється внаслідок руху тих дислокацій, орієнтація векторів Бюргерса яких близька до напрямку дії лазерного випромінювання.

На сьогодні існує достатня кількість напівпровідникових матеріалів, які придатні для використання їх в якості фільтрів ІЧ-області спектру. Однак багато з них не володіють достатньою твердістю, вологостійкістю або міцністю. Проте, результати експериментальних досліджень, наведені в роботах [1,2], показують, що тверді розчини (ТР)  $Cd_xHg_{1-x}Se$  можуть використовуватись в якості фільтрів ІЧ-області спектру, які проявляють стійкість до впливу зовнішнього середовища.

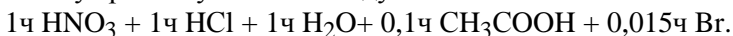
Властивості кристалів ТР на основі напівпровідникових сполук  $A^2B^6$ , зокрема  $Cd_xHg_{1-x}Se$ , в більшості випадків визначаються концентрацією та станом власних дефектів. Одним із ефективних сучасних методів ціленаправленої дії на стан і концентрацію дефектів в кристалах ТР є метод лазерної дії. Знаючи умови утворення і механізми перетворення підсистеми точкових дефектів, можна отримувати матеріали із заданими параметрами, що важливо для їх практичного використання.

Результати експериментальних досліджень [3] свідчать про те, що при дії імпульсного лазерного випромінювання на кристали ТР  $Cd_xHg_{1-x}Se$  спостерігається збільшення оптичного пропускання з 45% до 55%. Такий ефект збільшення пропускання даних твердих

розчинів пояснюється нами змінами структурної досконалості кристалів під впливом дії лазерного опромінення. Для підтвердження таких міркувань в даній роботі проведені металографічні і рентгенодифракційні дослідження механізму впливу лазерного випромінювання на структурні зміни в ТР  $Cd_xHg_{1-x}Se$ .

В якості вихідних речовин для синтезу сплавів  $Cd_xHg_{1-x}Se$  використовувався селен марки ОСЧ-22-4, зонноочищений кадмій і ртуть марки Р6. Сплави синтезувались в кварцових ампулах подвійного плавлення, покритих піролітичним графітом і вакуумованих до 1,33-Па. Синтез по заданій програмі полягав у нагріванні до температури 350-400°C з швидкістю 100 град/год, а після досягнення 400°C - з швидкістю підвищення температури 20-30 град/год. Монокристали були одержані удосконаленим методом Бріджмена при температурному градієнті на фронті кристалізації 30-35 град/см і швидкості переміщення завантаження 1,2 мм/год. Їх довжина досягала 80-120 мм при діаметрі 14-18 мм. Дослідження проводились на пластинах, які вирізались механічно із монокристалів перпендикулярно до напрямку росту. Порушений приповерхневий шар знімався шліфуванням і механічним поліруванням, після цього зразки протравлювались в 5%-ному розчині бром у метанолі. Товщина досліджуваних пластин приблизно була рівна 1 мм.

Вивчення морфології поверхні по фігурах травлення зразків проводилось до і після обробки імпульсним лазерним випромінюванням. Процес селективного металографічного травлення відбувався при кімнатній температурі на протязі 45 с у селективному травнику такого складу:



Густина дислокацій визначалась шляхом підрахування кількості ямок травлення по площі у полі зору металографічного мікроскопу ММР-2Р. Концентрація ямок по поверхні досліджуваних зразків знаходилась у межах  $(1,6-2,4) \cdot 10^3 \text{ см}^{-2}$ . Середня густина фігур травлення становила  $1,8 \cdot 10^3 \text{ см}^{-2}$ . Круглі форми ямок травлення (рис. 1а) вказують на те, що для даних зразків кристалів ТР  $Cd_xHg_{1-x}Se$  вхідна поверхня не має чітко визначеної

кристалографічної орієнтації.

З аналізу рентгенівських топограм (рис.2), отриманих на різних відбивання (422)  $\text{CuK}_\alpha$ -випромінювання, очевидно, що дані зразки мають дрібно-зернисту і слабо розорієнтовану структуру: розміри блоків  $\sim 1\text{-}3$  мм, розорієнтація - 15-30 кут. сек. Більшість мікроблоків мають кристалографічну орієнтацію (531). Проведення металографічних досліджень після опромінення зразка (параметри лазерного випромінювання -  $t_{\text{імп}}=1,5$  мс,  $\nu_{\text{імп}}=30$  Гц,  $n=10000$  ім.,  $P_{\text{імп}}=5,6$  Вт/см<sup>2</sup>) виявило, що розподіл ямок травлення по поверхні набуває нерівномірного характеру (рис.1б) при загальностатистичній їх концентрації порядку  $0,6 \cdot 10^3$  см<sup>-2</sup>. Спостерігаються поверхні, вільні від ямок травлення, а також характерні фігури травлення значно більших розмірів, скупчені на окремих ділянках. Такий результат можна пояснити переміщенням дислокацій [4]. Структурні зміни, обумовлені рухом дислокацій по певним кристалографічним площинам ковзання, приводять до їх виходу на границі зерен, і, як наслідок, до зменшення напруг в середині блоків, про що свідчить їх контрастність на приведеній топограмі (рис. 2б). Дані результати можна пояснити, виходячи з наступних міркувань.

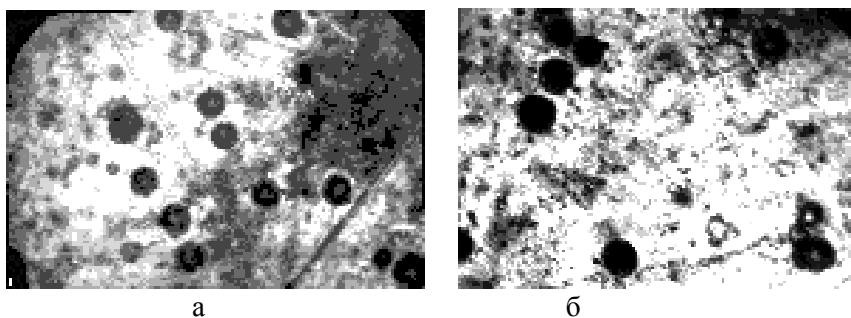


Рис. 1. Селективно травлена поверхня  $\text{Cd}_{0,25}\text{Hg}_{0,75}\text{Se}$  до (а) і після (б) лазерного опромінення (x130).

Якщо враховувати нелінійні процеси при нагріванні, то розподіл температур під час дії лазерного імпульсу по товщині

приповерхневих шарів можна умовно розділити на три зони [2]: перша зона високих температур з незначним градієнтом ( $T_{\max}$ ,  $dT/dx \approx 0$ ); друга зона середніх температур і великих градієнтів ( $T_{\text{ср}}$ ,  $dT/dx \approx \max$ ); третя зона характеризується низькими температурами і малими градієнтами ( $T_{\min}$ ,  $dT/dx \approx \min$ ).

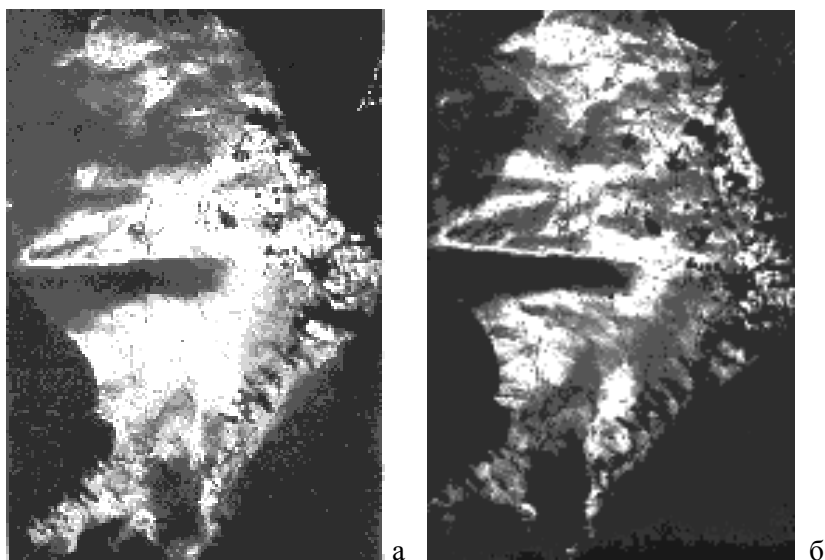


Рис. 2. Рентгенівська топограма поверхні  $\text{Cd}_{0,25}\text{Hg}_{0,75}\text{Se}$  до (а) і після (б) опромінення (x8). Відбивання  $(422) \text{CuK}\alpha$ .

При зростанні густини енергії лазерного імпульсу проходить зменшення величини першої зони і збільшення другої на фоні загального збільшення температури в матеріалі. Тому, в кристалі при певних рівнях випромінювання формується енергія активації термопружної хвилі, яка стає достатньою для руху дислокацій по тих кристалографічних площинах, орієнтація яких найближча до напрямку дії опромінення. Це дає змогу реалізувати, на відміну від традиційного термічного відпалу, кероване покращання структурної досконалості кристалу як за рахунок анігіляції окремих дислокацій, так і виходу їх на границі зерен.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Свойства оптических фильтров на основе систем кадмий-ртуть-селен / Гавалешко Н.П., Паранчич С.Ю., Паранчич Л.Д., Антошук В.Г. // ОМП.-1985.-№1.-С.10-11.
2. Спектры пропускания твердых растворов  $Cd_xHg_{1-x}Se$  / Паранчич Л.Д., Романюк О.С., Макогоненко В.Н., Ничий С.В. // ЖПС.-1996.-**63**, №2.-С.353-356.
3. Влияние лазерного излучения на оптические свойства твердых растворов  $Cd_xHg_{1-x}Se$  / Раренко И.М., Ничий С.В., Паранчич Ю.С., Макогоненко В.Н. // ЖПС.-1996.-**63**, №3.-С.512-515.
4. Урусовская А.А. Исследование кристаллов LiF методом травления // Кристаллография.-1958.-**3**, №1.-С.37-40.
5. McKim D., Shah R. Crosthwaite L. A general analytic technique for nonlinear dynamic transport processes during laser annealing // J. Appl. Phys. -1980.-**51**, №6. -P. 295 - 338.

## SUMMARY

FODCHUK I.M., NICHYI S.V., ROMANYUK O.S.,  
POLITANSKY R.L., KOLESNIKOVA O.O.

### **STRUCTURAL CHANGES IN $Cd_xHg_{1-x}Se$ CRYSTALS, CAUSED BY ACTION OF LASER RADIATION**

The structural changes, occurring in  $Cd_xHg_{1-x}Se$  solid solution crystals under action of laser radiation are investigated by the metallography and x-ray diffraction methods. It is shown, that the concentration and state of intrinsic defects in crystals changes owing to movement those dislocations, Burgers vector orientations of which are close to a laser radiation direction.