

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника**

**Фізико-хімічний інститут**

Бердянський державний педагогічний університет

Державний фонд фундаментальних досліджень

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ**

Інститут фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова

Інститут металофізики імені Г.В. Курдюмова

Інститут загальної і неорганічної хімії імені В.І. Вернадського

Інститут хімії поверхні

Інститут термоелектрики

УКРАЇНСЬКЕ ФІЗИЧНЕ ТОВАРИСТВО

АСОЦІАЦІЯ "ВЧЕНІ ПРИКАРПАТТЯ"

**ЛЮБЛІНСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ПОЛЬЩА)**

*Присвячується 40-річчю наукової  
школи з фізико-хімічних проблем  
напівпровідникового  
матеріалознавства Прикарпатського  
національного  
університету імені Василя  
Стефаника*

# **ФІЗИКА І ТЕХНОЛОГІЯ ТОНКИХ ПЛІВОК ТА НАНОСИСТЕМ**

**Матеріали XII Міжнародної конференції**

**МКФТТПН-XII**

**Т О М 2**

*18-23 травня 2009 р.*

Івано-Франківськ  
Україна

## Radiation-Thermal Enhancement of Luminescence in nc-Si – SiO<sub>2</sub> Film Structures

Lisovsky I.P.<sup>1</sup>, Litovchenko V.G.<sup>1</sup>, Voitovych M.V.<sup>1</sup>, Danilchenko B.O.<sup>2</sup>,  
Voitovych V.V.<sup>2</sup>, Povarchuk V.Yu.<sup>2</sup>, Khatsevich I.M.<sup>1</sup>, Shepeliavyi P.Ye.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Lashkarev Institute of Semiconductor Physics of NAS Ukraine, Kyiv, Ukraine*

<sup>2</sup>*Institute of Semiconductor Physics of NAS Ukraine, Kyiv, Ukraine*

Influence of thermal treatments within the temperature range of 50–600 °C on the Photo-Luminescence intensity ( $I_{PL}$ ) of the initial and irradiated (<sup>60</sup>Co, 10<sup>7</sup> rad) was investigated. Significant (up to 10 times) enhancement of the  $I_{PL}$  value was shown to take place for irradiated samples. This fact means that along with radiation induced defects initial ones eliminated at elevated temperatures ( $T > 200$  °C), and this process occurs due to previous irradiation. Dependence of  $I_{PL}$  vs  $T$  is rather complicated and includes some characteristic sections with different annealing activation energy values. The processes of annihilation of unstable radiation induced dangling bonds and the defect passivation with radiation released hydrogen are assumed to be responsible for effects observed.

## Інженерія точкових дефектів у кристалах кадмій телуриду

Горічок І.В.<sup>1</sup>, Жуковські П.В.<sup>2</sup>, Прокопів В.В.<sup>1</sup>, Фреїк Д.М.<sup>1</sup>, Вуйцік В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,  
Івано-Франківськ, Україна*

<sup>2</sup>*Люблінський технічний університет, Люблін, Польща*

Кадмію телурид – широкозонний напівпровідник групи  $A^2B^6$ , властивості якого активно досліджуються у зв'язку з можливістю створення на його основі ряду вискоелективних оптичних та оптоелектронних приладів. Також CdTe – єдина сполука з  $A^{II}B^{VI}$ , яку відносно легко можна одержати р- і n-типу провідності, що надає цьому матеріалу ряд переваг при створенні структур з р-n-переходами.

Відомо, що основні електричні і фотоелектричні властивості напівпровідникових сполук визначаються власними та домішковими точковими дефектами, які практично завжди присутні у кристалі. Концентрації точкових дефектів, окрім інших параметрів (енергії утворення дефекту, енергії його іонізації та зміни частоти коливань атомів в околі дефекту) залежать також від технологічних умов отримання та післяростової високотемпературної обробки матеріалу у вакуумі чи парі компонентів. Як свідчать результати експериментальних досліджень, зокрема ФЛ, КЛ, ЕПР, дефектна структура кристалів кадмій телуриду є надзвичайно складною, і тільки в окремих випадках вдається інтерпретувати експериментальні дані використовуючи наближення одного домінуючого дефекту. Концентрації різних видів дефектів залежать один від одного, а тому актуальною є проблема створення

моделі точкових дефектів, що дозволила б, з одного боку, виявити співвідношення, що існують між концентраціями дефектів, і з іншого боку – установити якісну і кількісну залежність фізичних властивостей CdTe від концентрації дефектів.

Використовуючи метод, що базується на мінімізації термодинамічного потенціалу системи „кристал-пара” як функції концентрації дефектів, в даній роботі розраховано рівноважні концентрації точкових дефектів, вільних носіїв заряду та ступінь відхилення від стехіометрії CdTe в залежності від технологічних факторів двотемпературного відпалу (температури відпалу T та тиску пари кадмію  $P_{Cd}$ ).

При розрахунку використовували модель що враховує 15 типів власних точкових дефектів:  $V_{Cd}$ ,  $V_{Te}$ ,  $Cd_i$ ,  $Te_i$ ,  $Te_{Cd}$ , кожен з яких може знаходитись у трьох зарядових станах (нейтральний, однократно або двократно заряджений).

Концентрації точкових дефектів безпосередньо визначали з системи рівнянь, що описують рівновагу у двофазній двокомпонентній системі кристал – пара:

$$\pm\mu_{D_i}^s = \mu_i^g, \quad (1)$$

де  $\mu_{D_i}^s$  – хімічний потенціал дефекта і-го компонента ( $i = Cd, Te$ ),  $\mu_i^g$  – хімічний потенціал і-го компонента у парі.

Хімічний потенціал дефекту визначали шляхом диференціювання енергії Гібса кристала по концентрації дефектів:

$$\mu_{D_i}^s = E_i + F_{vib,i} - kT \ln \left( \frac{J - \sum [D]}{[D_i]} \right) + \left[ n \left( \frac{E_c}{kT} - \ln \left( \frac{N_c - n}{n} \right) \right) + p \left( \frac{E_v}{kT} + \ln \left( \frac{N_v - p}{p} \right) \right) \right] \frac{kT \cdot Z_i}{\sqrt{(\sum Z[D])^2 + 4N_c N_v \exp(-E_g / kT)}} \quad (2)$$

де  $E_i$  – енергія утворення дефекту,  $F_{vib,i}$  – зміна коливної вільної енергії при утворенні дефекту,  $[D]$  – концентрації дефекту D, n та p – концентрації електронів та дірок,  $E_c$ ,  $E_v$  – енергія дна зони провідності та верху валентної зони, J – концентрація вузлів, у яких може утворитися дефект, Z – зарядовий стан дефекту,  $N_c$ ,  $N_v$  – густина станів у зоні провідності та у валентній зоні відповідно,  $E_g$  – ширина забороненої зони.

В результаті проведеного дослідження визначено домінуючі типи дефектів у матеріалі n- та p- типу провідності. Встановлено технологічні умови, при яких відбувається зміна домінуючого типу вільних носіїв заряду в матеріалі. Теоретично розраховані концентрації вільних носіїв струму та ступінь відхилення від стехіометрії CdTe задовільно узгоджуються з експериментальними даними у широкому інтервалі тисків пари кадмію  $P_{Cd}$  та температури відпалу T.

### **Engineering of Points Defects in Crystals of Cadmium Telluride**

Gorichok I.V.<sup>1</sup>, Zukowski P.<sup>2</sup>, Prokopiv V.V.<sup>1</sup>, Freik D.M.<sup>1</sup>, Vujtsik V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Vasyl Stefanyk Prekarpathian University, Ivano-Frankivsk, Ukraine,*

<sup>2</sup>*Lyublin Technical University, Poland*

The calculation of both the free carriers concentrations and point defects in cadmium telluride monocrystals to maximum saturated by Cadmium and Tellurium are conducted. The type of dominant own point defects, which stipulate electric properties of material is determine.