

К.В. Савченко

Гамма-індукована провідність Ga_2Se_3

*Фізико-технічний інститут низьких температур ім. Б.І. Веркіна, Національна академія наук України
просп. Леніна, 47, Харків, 61103, Україна, E-mail: konstantin@kharkov.com*

Представлено результати досліджень гамма-індукованої провідності крупнокристалічних зразків Ga_2Se_3 , що є перспективним матеріалом для робочих елементів у датчиках іонізуючих випромінювань з аномально високим радіаційним ресурсом [V.M. Koshkin, L.P. Gal'chinetskii, V.N. Kulik, B.G. Minkov, U.A. Ulmanis // *Solid State Communications*, 13, p.1, (1973)]. Проведено виміри мікротвердості, температурної залежності електропровідності та мас-спектрометричні дослідження.

Ключові слова: Ga_2Se_3 , гамма-індукована провідність, провідність, мікротвердість, мас-спектрометрія

Стаття постуила до редакції 11.10.2004; прийнята до друку 10.05.2005.

Вступ

Ефект аномально високої радіаційної стійкості кристалів In_2Te_3 , Ga_2Te_3 і Ga_2Se_3 дозволяє використовувати ці напівпровідникові сполуки як робочі елементи детекторів для дозиметрії великих доз і інтенсивностей іонізуючих випромінювань [1-4]. Опромінення швидкими нейтронами ($\sim 10^{18}$ нейтр. $\cdot \text{см}^{-2}$), швидкими електронами ($\sim 10^{18}$ електр. $\cdot \text{см}^{-2}$) чи γ -квантами ($\sim 10^{18}$ квант. $\cdot \text{см}^{-2}$) не змінює фізичні властивості цих кристалів [3], у той час як деградація фізичних параметрів, наприклад, кремнію n-типу має місце при флюєнсі швидких нейтронів $\sim 10^{12}$ нейтр. $\cdot \text{см}^{-2}$ [5]. Характерна риса сполук типу $\text{A}^{\text{IV}}_2\text{B}^{\text{VI}}_3$ полягає в тому, що різна валентність катіонів і аніонів і тетраедрична координація атомів у кристалічній структурі цинкової обманки (сфалерит, група симетрії $F43m$ [6]) приводить до відсутності катіонів у 1/3 позицій катіонної підґратки. Ці структурні дефекти (стехіометричні вакансії) мають концентрацію $\sim 10^{21} \text{ см}^{-3}$ і визначають аномальні властивості цих сполук. Як було показано в роботах [7-9], можливість утворення в кристалічних ґратах зон нестійкості взаємодіючих дефектів, можливість існування дефектів з нестійких пар вакансія - атом між вузлами, а також можливість каналювання і припинення атомного фокусування при поглинанні часток і квантів високих енергій є властивостями, що визначають аномально високий радіаційний ресурс речовин.

В останні роки вивчення властивостей Ga_2Se_3 також стимульовано перспективою його використання для зниження щільності поверхневих станів GaAs [10,11] на границі розділу переходу ZnSe/GaAs

і в інших оптоелектронних пристроях [12,13]. Був проведений теоретичний розгляд структурних і електронних властивостей орторомбічної β -модифікації Ga_2Se_3 [13], вивчена дефектна структура кристалів Ga_2Se_3 , легованих ітербієм і марганцем [14], виконані теоретичні розрахунки електронної структури кристалів Ga_2Se_3 , легованих домішками p- і n-типу [15,16]. Електричні властивості фаз високого тиску Ga_2Se_3 , In_2Te_3 і Ga_2Te_3 , а також фазові переходи під тиском у Ga_2Se_3 розглянуті в роботах [17-19].

У теперішній роботі представлені результати досліджень гамма-індукованої провідності зразків Ga_2Se_3 у γ -потоках з різною потужністю дози, результати виміру мікротвердості, температурної залежності електропровідності і мас-спектрометричного аналізу.

1. Методика експерименту

Кристали Ga_2Se_3 були вирощені методом Бриджмена-Стокбаргера й ідентифіковані за допомогою рентгенофазового аналізу, як це було описано раніше в роботі [17]. Синтез Ga_2Se_3 був проведений з високочистих елементів галію (99,9997%) і селену (99,9999%, ОСЧ 22-4), надстехіометричний вміст селену складав 0,2 ат. %. Тому більш точна формула сполуки: $\text{Ga}_2\text{Se}_{3,025}$. Температура у печі під час синтезу і росту кристалів була стабілізована за допомогою високоточного регулятора температури типу ВРТ-3 (И-102 і Р-111) з точністю ± 0.05 К. Мікроструктуру злитків контролювали за допомогою металографічного мікроскопа МІМ-8М. Контроль однорідності був проведений з використанням методу абсолютного виміру термо-е.р.с. ($-1,1 \pm 0,1$

мВ·К⁻¹) за допомогою гарячого зонда-термопар [20] і електрометра типу В5-8. Виміри мікротвердості за методом Вікєрса були проведені на приладі типу ПМТ-3 з автоматичним навантаженням і вибором оптимального навантаження, що складало 30 Г (294 Н).

Кристали Ga₂Se_{3,025} для дослідження електричних властивостей були вирізані зі злитка за допомогою алмазного диска і являли собою правильної форми зразки розміром приблизно 4x4x2 мм³ з напаяними контактами з індію на попередньо нанесеш методом термічного випару у вакуумі (вакуумна установка типу ВУП-5) металеві шари з золота, срібла, алюмінію, міді чи індію. Виміри вольтамперних характеристик зразків показали омичність контактів. Виміри електричного опору проводили на постійному струмі після витримки зразків у темряві близько 12 годин при кімнатній температурі. Був використаний метод спадання напруги на еталонному опорі. Виміри малих струмів до 10⁻¹³ – 10⁻¹⁴ А проводили за допомогою приладу ИМТ-05, вихід якого був підключений до цифрового вольтметра типу В7-21. Як джерело стабілізованої напруги був використаний блок живлення типу ТВ-1 (5-500 В). Виміри температурної залежності електропровідності були проведені за допомогою спеціального кріостата в інтервалі температур 240–380 К. Проведення вимірів при більш низьких температурах було обмежено струмами витоку ~10⁻¹⁵ А.

γ-індукована провідність зразків Ga₂Se_{3,025} була вивчена за допомогою установки типу МРХ-100-γ із джерелом γ-випромінювання Co⁶⁰ з потужністю дози γ-потіку 3,394 Грей·с⁻¹ (E = 1,2 МеВ), установки типу МЛБ-γ-1М с джерелом γ-випромінювання Cs¹³⁷ з потужністю дози γ-потіку 0,3752 Грей·с⁻¹ (E = 0,66 МеВ) і за допомогою еталонного джерела γ-випромінювання Co⁶⁰ з потужністю дози γ-потіку 0,03024 Грей·с⁻¹ (E = 1,2 МеВ).

Виміри вольтамперних характеристик зразків при γ-опроміненні підтвердили омичність контактів досліджуваних зразків. Потужність дози γ-потіку була визначена з урахуванням коефіцієнта поглинання γ-випромінювання досліджуваних зразків.

Мас-спектрометр "LAMMA-1000" (Leybold-Negeus, Німеччина) з неодим-ітрій-алюміній-гранатовим лазером потужністю 8 мДж був використаний для проведення мас-спектрометричного дослідження. Залишковий тиск у камері складав ~10⁻⁶ Па.

II. Результата експерименту і їх обговорення

На рис. 1 представлені залежності відносної зміни питомої γ-індукованої провідності (Δσ/σ) від потужності дози γ-потіку (D) у логарифмічному масштабі для декількох зразків Ga₂Se_{3,025} (у тому числі для зразка №17, вирощеного по методу

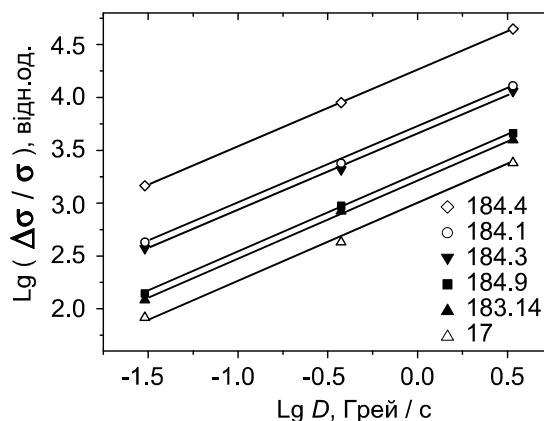


Рис. 1. Залежності відносної зміни питомої γ-індукованої провідності (Δσ/σ) від потужності дози γ-потіку (D) у логарифмічному масштабі для зразків Ga₂Se_{3,025} при кімнатній температурі.

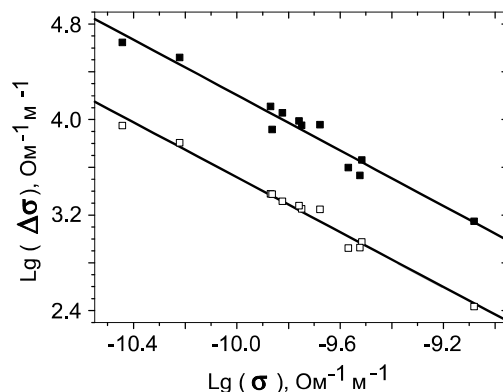


Рис. 2. Залежності зміни питомої γ-індукованої провідності (Δσ) від питомої електропровідності при відсутності γ-потіку (σ) у логарифмічному масштабі для зразків Ga₂Se_{3,025} при потужності γ-випромінювання 3,394 Грей·с⁻¹ (■) і 0,3752 Грей·с⁻¹ (□).

Бриджмена-Стокбаргера в атмосфері аргону з попередньо синтезованої в двозонній печі шихти того ж складу [3,4]). Абсолютна зміна питомої γ-індукованої провідності Δσ досліджуваних зразків було визначено як Δσ = σ_γ – σ, де σ_γ і σ - питомі електропровідності в γ-потіці і при його відсутності. Отримані залежності добре відповідають залежностям, наведеним авторами в роботі [3]. Для всіх зразків тангенс кута нахилу прямих, отриманих за допомогою лінійної апроксимації по методу найменших квадратів, близький до величини 0,74.

На рис.2 представлена залежність Δσ від σ у логарифмічному масштабі для 12 зразків Ga₂Se_{3,025}, величина σ яких лежить у межах від 8,3×10⁻¹⁰ Ом⁻¹·м⁻¹ до 6,0×10⁻¹¹ Ом⁻¹·м⁻¹, що відповідає зміні величини питомого електричного опору ρ від 1,2×10⁹ Ом·м до 1,6×10¹⁰ Ом·м. У результаті лінійної апроксимації отриманих даних по методу найменших квадратів були отримані величини тангенса кута нахилу прямих: tg α₁ = -1,16 (R = -0,98) і tg α₂ = -1,15 (R = -0,99) для потужності дози γ-потіку D₁ = 3,394 і

$D_2 = 0,3752$ Грей·с⁻¹ відповідно. Таким чином, для потужності дози D_1 і D_2 залежності мають вид:
 $\Delta\sigma_1 = 4 \times 10^{-8} \cdot \sigma^{-1,16}$ і $\Delta\sigma_2 = 4 \times 10^{-8} \cdot \sigma^{-1,15}$ відповідно.

Відсутність у складі зразків Ga₂Se_{3,025} домішок, що могли б впливати на властивості цих зразків, було встановлено за допомогою мас-спектрометричного аналізу. Типова діаграма мас-спектра для поверхні зразка Ga₂Se_{3,025} після різання алмазним диском представлена на рис. 3,А. Як і слід було очікувати, мало місце звичайне забруднення поверхні. Типова діаграма мас-спектра, отримана за допомогою другого лазерного імпульсу, що випаровує речовину зразка в тій же точці, що відповідає глибині близько 5 мікронів під поверхнею, представлена на рис. 3,В і показує відсутність яких-небудь сторонніх атомів. Однак у верхній області злитка, останньої за часом росту частини кристала, що складає приблизно 1/10 частину і відрізняється більш темним відтінком коричневого кольору, навіть на глибині близько 100 мікронів під поверхнею зразка, були виявлені атоми калію, натрію і кальцію. Останні, ймовірно, дифундували при високій температурі зі стінок кварцової ампули під час синтезу кристала.

Ймовірною причиною залежності $\Delta\sigma$ від σ (рис. 2) може бути різна концентрація дефектів упаковки, наявність яких було встановлено авторами робота [21] і підтверджено результатами наших рентгеноструктурних досліджень, що будуть представлені окремо.

Для контролю однорідності вирощеного злитка Ga₂Se_{3,025} був проведений вимір мікротвердості H_u , питомої електропровідності σ і енергії активації електропровідності ΔE_σ для чотирьох його областей (Табл. 1). Злиток спочатку був розрізаний алмазним диском по довжині на дві частини. Сама нижня область (перша під час росту) кристала в ампулі далі позначена як I область злитка, а сама верхня - як IV область злитка (остання під час росту і, як вже було відзначено, відрізняється більш темним відтінком кольору).

У роботі [22] наведена залежність зміни мікротвердості H_u для зразків, близьких по складу до Ga₂Se₃ (від Ga_{2,2}Se₃ до Ga₂Se_{3,2}), у залежності від вмісту селену. Було встановлено різке збільшення значень величини H_u від 290 кГс·мм⁻² до 370 кГс·мм⁻² при зміні складу зразків від Ga₂Se₃ до Ga₂Se_{3,03} тобто при збільшенні вмісту надстехіометричного селену від 0 до 0,24 ат.%. За даними досліджень інших авторів для зразків стехіометричного складу Ga₂Se₃ величина H_u складає 305±20 кГс·мм⁻² [23] і 250±10 кГс·мм⁻² [24]. Останнє значення величини H_u для

зразків, вирощених в атмосфері аргону, є найбільш низьким навіть у порівнянні з мінімальним

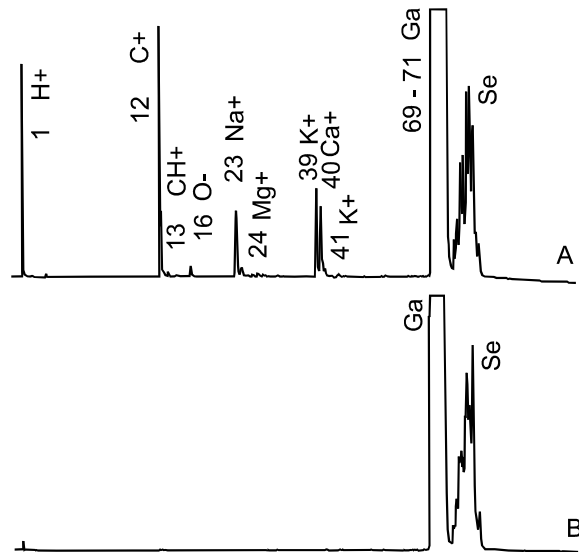


Рис. 3. Типові діаграми мас-спектрів для злитка Ga₂Se_{3,025}: (А) - для поверхні після різання алмазним диском; (В) - у тій же точці, що й у випадку (А), але для глибини близько 5 мікронів під поверхнею.

значенням $H_u = 284 \pm 6$ кГс·мм⁻², наведеним у роботі [23].

Величина H_u для IV області злитка займає проміжне положення між значеннями H_u для I, II, III областей Ga₂Se_{3,025} і значенням H_u для стехіометричного складу Ga₂Se₃, отриманим авторами робіт [22-24]. Знижений вміст Se у IV області злитка було якісно підтверджене даними нашого мас-спектрометричного дослідження.

З кожної області злитка Ga₂Se_{3,025} були вирізані зразки для виміру питомої електропровідності і її температурної залежності. Результати вимірів наведені в Таблиці 1. Енергія активації електропровідності ΔE_σ була визначена з отриманої експериментальної залежності $\ln \sigma$ від $(10^3 / T)$ з використанням співвідношення:

$$\sigma = \sigma_0 \cdot \exp [-\Delta E_\sigma / 2kT],$$

де k – постійна Больцмана, T – абсолютна температура, σ_0 – питома електропровідність зразка при температурі $T = 0$ К.

Для зразків стехіометричного складу Ga₂Se₃ при кімнатній температурі в роботах різних авторів приведені наступні дані: $\sigma = 10^{-6} - 10^{-7}$ Ом⁻¹·м⁻¹ [25]; $\sigma = 10^{-8}$ Ом⁻¹·м⁻¹ [26]; $\sigma = 10^{-9}$ Ом⁻¹·м⁻¹, $\Delta E_\sigma = 0,304$ еВ (в інтервалі температур від 300 до 465 К) [27,28];

Таблиця 1

Середні значення мікротвердості H_u , питомої електропровідності σ (питомого електричного опору ρ) при температурі 293 К та енергії активації електропровідності ΔE_σ (в інтервалі температур 240–380 К) для різних частин злитка Ga₂Se_{3,025}.

№ області злитка	$H_u, \text{Н} \cdot \text{м}^2 (\text{кГс} \cdot \text{мм}^{-2})$	$\sigma, \text{Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1} (\rho, \text{Ом} \cdot \text{м})$	$\Delta E_\sigma, \text{еВ}$
I	$3,67 \times 10^4 (360 \pm 8)$	$1,54 \times 10^{-10} (6,5 \times 10^9)$	0,71
II	$3,67 \times 10^4 (360 \pm 8)$	$2,36 \times 10^{-10} (4,24 \times 10^9)$	0,72
III	$3,60 \times 10^4 (353 \pm 9)$	$2,17 \times 10^{-10} (4,6 \times 10^9)$	0,74
IV	$3,31 \times 10^4 (325 \pm 11)$	$1,05 \times 10^{-10} (9,5 \times 10^9)$	0,35

$\sigma = 10^{-10} \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{м}^{-1}$ [29]; $\sigma = 10^{-11} \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{м}^{-1}$ [24]. Останнє значення величини σ для зразків стехіометричного складу, вирощених в атмосфері аргону, є найбільш низьким, як і значення величини H_{μ} для цих зразків, наведене вище.

Для порівняння був проведений синтез зразків стехіометричного складу Ga₂Se₃ у тих же умовах, що і синтез Ga₂Se_{3,025}, але без протягання ампули через температурний градієнт. Піч була виключена після стабілізації температури перед протяганням ампули, а зразок був залишений у печі до її повного охолодження протягом 24 годин. Величина σ при кімнатній температурі для Ga₂Se₃ дорівнює $5 \times 10^{-10} \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{м}^{-1}$, а енергія активації електропровідності $\Delta E_{\sigma} = 0,66 \text{ eV}$ в інтервалі температур від 300 до 370 К.

Таким чином, у результаті проведених досліджень: (1) отримана залежність зміни питомої γ -індукованої провідності ($\Delta\sigma/\sigma$) зразків Ga₂Se_{3,025} від потужності дози γ -потoku (D), що добре відповідає даним роботи [3]; (2) встановлено, що для потужності дози γ -потoku 3,394 і 0,3752 Грей·с⁻¹ питома γ -індукована провідність $\Delta\sigma$ залежить від

питомої провідності σ зразків ($\Delta\sigma = \text{const} \cdot \sigma^{-n}$), що може бути пов'язане з різною концентрацією дефектів упаковки, що утворюються під час росту кристала; (3) встановлено, що властивості IV області злитка відмінні від властивостей іншої його частини через наявність сторонніх домішок і зниженого змісту селену.

Подяки

Автор дякує проф. В.М. Кошкіну за постановку задачі досліджень і підтримку, О.Є. Овечкіної за допомогу в проведенні вимірів мікротвердості і контролю мікроструктури зразків на металографічному мікроскопі, Л.П. Гальчинецькому за надання зразка № 17 Ga₂Se_{3,025} (вирощеного в атмосфері аргону за методом Бриджмена–Стокбаргера) для проведення порівняльних вимірів гамма-індукованої провідності, В.В. Олейкіну за допомогу при проведенні вимірів гамма-індукованої провідності на установках із джерелами гамма-випромінювання й О.К. Кузакову за допомогу в проведенні мас-спектрометричних досліджень.

- [1] Л.П. Гальчинецький, В.М. Кошкин, В.М. Кулаков, В.Н. Кулик, М.И. Руденко, П.М. Рябка, У.А. Улманис, В.И. Шаховцов, В.М. Шиндич. Эффект радиационной устойчивости полупроводников со стехиометрическими вакансиями // *Физика Твердого Тела*, **14**, сс. 646-648 (1972).
- [2] V.M. Koshkin, L.P. Gal'chinetskii, V.N. Kulik, B.G. Minkov, U.A. Ulmanis. Unstable Equilibrium and Radiation Defects in Solids // *Solid State Communications*, **13**, p. 1 (1973).
- [3] В.М. Кошкин, Л.П. Гальчинецький, В.Н. Кулик, Г.К. Гусев. Детекторы ионизирующих излучений на основе радиационно-стойких кристаллических полупроводников типа In₂Te₃ // *Атомная энергия*, **42**(4), сс. 290-294 (1977).
- [4] Л.П. Гальчинецький, К.А. Катрунов, В.М. Кошкин, В.Н. Кулик. Радиационная стойкость оптического пропускания кристаллов Ga₂Se₃ в ИК-области спектра // *Атомная энергия*, **50**(2), сс. 144-145 (1981).
- [5] А.П. Долголенко, П.Г. Литовченко, А.П. Литовченко, В.Ф. Ластовецкий. Зависимость электрофизических свойств высокоомного n-Si, полученного различными методами, от флюенса быстрых нейтронов реактора // *Збірник наукових праць Інституту ядерних досліджень (Scientific papers of the Institute for Nuclear Research)*. ІЯД НАНУ, Київ. **8**(2), с. 105-109 (2002).
- [6] H. Hahn, W. Klingler. Ueber die Kristallstrukturen von Ga₂S₃, Ga₂Se₃ und Ga₂Te₃ // *Zeitschrift fuer Anorganische und Allgemeine Chemie*, **259**, pp.135-142 (1949).
- [7] В.М. Кошкин, Б.И. Минков, Л.П. Гальчинецький, В.Н. Кулик. Термодинамика неустойчивых пар вакансия-атом в междоузлии // *Физика Твердого Тела*, **15**, сс. 128-132 (1973).
- [8] V.M. Koshkin, Yu.N. Dmitriev, in *Chemistry and Physics of Compounds with Loose Crystal Structure, Ser.: Chemistry Reviews*, Ed. M.E. Vol'pin, **19**(2), Harwood Acad. Publishers, Switzerland (1994).
- [9] В.М. Кошкин. Зоны неустойчивости и короткоживущие дефекты в физике кристаллов // *Физика низких температур*, **28**(8/9), сс. 963-977 (2002).
- [10] Б.Л. Агапов, И.Н. Арсентьев, Н.Н. Безрядин, Г.И. Котов, М.П. Сумей. Реконструкция и электронные состояния гетерограницы Ga₂Se₃-GaAs // *Физика и техника полупроводников*, **33**(6), сс. 712-715 (1999)
- [11] K. Ueno, M. Kawayam, Z.R. Dai, A. Koma, F.S. Ohuchi. Growth and characterization of Ga₂Se₃/GaAs(100) epitaxial thin films // *Journal of Crystal Growth*, **207**(1), pp. 69-76 (1999).
- [12] M. Rusu, S. Wiesner, S. Lindner, E. Strub, J. Rohrich, R. Wiirz, W. Fritsch, W. Bohne, Th. Schedel-Niedrig, MCh. Lux-Steiner, Ch. Giesen and M Heuken. Deposition and characterization of Ga₂Se₃ thin films prepared by a novel chemical close-spaced vapor transport technique // *Journal of Physics: Condensed Matter*, **15**, pp. 8185-8193 (2003).
- [13] M. Peressi, A. Baldereschi. Structural and electronic properties of Ga₂Se₃ // *Journal of Applied Physics*, **83**(6), pp. 3092-3095 (1998).
- [14] I.M. Askerov, S. Okuducu. Positron Annihilation Study of the Defect Structure of Ga₂Se₃ Single Crystals // *Journal of the Korean Physical Society*, **42**(6), pp. 787-790 (2003).

- [15] M. Ishikawa, T. Nakayama. Doping properties of ordered-vacancy Ga₂Se₃ compounds. A theoretical study // *Physica Status Solidi*, **B229**(1), pp. 301-304 (2002).
- [16] M. Ishikawa, T. Nakayama. Doping into one-dimensional dangling-bond bands of natural quantum-wire-like Ga₂Se₃ semiconductors // *Physica E*, **17**(4), pp. 185-186 (2003).
- [17] K.V. Savchenko, V.V. Shchennikov. A phase transition in Ga₂Se₃ under high pressure // *Canadian Journal of Physics*, **72**, pp. 681-682 (1994).
- [18] M. Takumi, Y. Koshio, K. Nagata. X-Ray, Raman and Photoluminescence Study of Vacancy Ordered p-Ga₂Se₃ under High Pressure // *Physica Status Solidi*, **B211**, pp. 123-129 (1999).
- [19] В.В. Щенников, К.В. Савченко, С.В. Попова. Электрические свойства фаз высокого давления теллуридов галлия и индия // *Физика Твердого Тела*, **42**(6), с. 1004-1008 (2000)
- [20]. В. А. Кокошкин. Исследование однородности высоколегированных полупроводников с помощью нагретого зонда-термопары // *Заводская лаборатория*, **4**, с. 461-463 (1965)
- [21]. Л.С. Палатник, Е.К. Белова, А.А. Козьма. Об аномальных эффектах на рентгенограммах селенида галлия и его сплавов // *Доклады Академии наук СССР, сер. Техническая физика*, **159**(1), с. 68-71 (1964).
- [22] Л.С. Палатник, Е.К. Белова. Исследование полиморфизма селенида Ga₂Se₃ переменного состава // *Известия АН СССР, сер. Неорганические материалы*, **1**(11), с. 1883-1888 (1965)
- [23] А.С. Борщевский, Н.А. Горюнова, Н.К. Тахтарева. Исследование микротвердости некоторых полупроводников со структурой цинковой обманки // *Журнал технической физики*, **27**(7), с. 1408-1413 (1957).
- [24] Н.Г. Старжинский, Л.П. Гальчинецкий. О природе электрически активных центров в кристаллах сесквиселенида галлия // *Проблемы получения и исследования монокристаллов. Сборник научных трудов*. Вып. № 21. НПО "Монокристаллреактив", Харьков, с. 24-29 (1988).
- [25] Н.А. Горюнова, В.С. Григорьева, Б.М. Коноваленко, С.М. Рывкин. Фотоэлектрические свойства некоторых соединений со структурой цинковой обманки // *Журнал технической физики*, **25**(10), с. 1675-1682 (1955).
- [26] В.П. Мушинский, М.И. Караман. *Фотоэлектрические и люминесцентные свойства халькогенидов галлия и индия*. Штиинца, Кишинев. 247 с. (1975).
- [27] Д.Н. Наследов, И.А. Фелтиньш. К вопросу об электрических свойствах арсеноселенидов галлия // *Физика Твердого Тела*, **1**(4), с. 565-567 (1959).
- [28] Д.Н. Наследов, И.А. Фелтиньш. Электропроводность арсеноселенидов галлия при высоких температурах // *Физика Твердого Тела*, **2**(5), с. 823-825 (1960).
- [29] S. Popovic, B. Celustka, Z. Ruzic-Toros, D. Broz. X-Ray diffraction study and semiconducting properties of the system Ga₂Se₃ - In₂Se₃ // *Physica Status Solidi*, **A41**, pp. 255-262 (1977).

K. V. Savchenko

Gamma-Ray-Induced Conduction of Ga₂Se₃

*B.I. Verkin Institute for Low Temperature Physics and Engineering, The National Academy of Sciences of Ukraine
47 Lenin Ave., Kharkov, 61103, Ukraine, E-mail: konstantin@kharkov.com*

The results of a study of gamma-ray-induced conduction of Ga₂Se₃ coarse-crystalline specimens are presented. Ga₂Se₃ is a challenging material for gamma-radiation detectors with anomalously high radiation stability [V.M. Koshkin, L.P. Gal'chinetskii, V.N. Kulik, B.G. Minkov, U.A. Ulmanis // *Solid State Communications*, **13**, p. 1 (1973)]. The measurements of the Vickers microhardness and temperature dependence of conductivity as well as a mass-spectroscopic investigation were carried out.