

РЕНТГЕНОИНДУЦИРОВАННАЯ ПРОВОДИМОСТЬ Ga₂Se₃

К.В. Савченко

НТУ “ХПИ”, ФТИНТ им. Б.И. Веркина НАНУ,
Украина, 61142, г. Харьков, ул. Блюхера, 58-79

Эффект аномально высокой радиационной стойкости кристаллов In₂Te₃, Ga₂Te₃ и Ga₂Se₃ позволяет использовать эти полупроводниковые соединения в качестве рабочих элементов детекторов для дозиметрии больших доз и интенсивностей ионизирующих излучений [1-4]. Характерная особенность соединений типа A₂^{IV}B₃^{VI} состоит в том, что различная валентность катионов и анионов и тетраэдрическая координация атомов в кристаллической структуре цинковой обманки (сфалерит, группа симметрии $F\bar{4}3m$ [5]) приводит к отсутствию катионов в 1/3 позиций катионной подрешетки. Эти структурные дефекты (стехиометрические вакансии) имеют концентрацию $\sim 10^{21}$ см⁻³ и определяют аномальные свойства этих соединений. Возможность образования в кристаллической решетке зон неустойчивости взаимодействующих дефектов, возможность существования дефектов из неустойчивых пар вакансии – атом в междоузлии, возможность каналирования и подавления атомной фокусировки при поглощении частиц и квантов высоких энергий являются свойствами, определяющими аномально высокий радиационный ресурс веществ [6-8].

В последние годы изучение свойств Ga₂Se₃ стимулировано перспективой его использования в электронных устройствах [9-12]. Было проведено теоретическое рассмотрение структурных и электронных свойств орторомбической β-модификации Ga₂Se₃ [12], изучена дефектная структура кристаллов Ga₂Se₃, легированных иттербием и марганцем [13], выполнены теоретические расчеты электронной структуры кристаллов Ga₂Se₃, легированного примесями *p*- и *n*-типа [14,15]. Электрические свойства фаз высокого давления Ga₂Se₃, In₂Te₃ и Ga₂Te₃, а также фазовые переходы под давлением в Ga₂Se₃ рассмотрены в работах [16-18]. Закономерности гамма-индуцированной проводимости Ga₂Se₃ рассмотрены в работе [19], однако исследование рентгеноиндуцированной проводимости Ga₂Se₃ до настоящего времени проведено не было.

В настоящей работе представлены результаты измерений рентгеноиндуцированной проводимости образцов Ga₂Se₃ в зависимости от интенсивности рентгеновского излучения, падающего на образец.

Кристаллы Ga₂Se₃ были выращены методом Бриджмена–Стокбаргера и идентифицированы с помощью рентгенофазового анализа, как это было описано ранее в работе [16]. Синтез Ga₂Se₃ был проведен из высокочистых элементов галлия (99,9997%) и селена (99,9999%; ОСЧ 22-4), сверхстехиометрическое содержание селена составляло 0,2 ат.% (более точная формула соединения: Ga₂Se_{3,025}). Температура в печи во время синтеза и роста кристаллов была стабилизирована с помощью высокоточного регулятора температуры типа ВРТ-3 с точностью $\pm 0,05$ К.

Кристаллы Ga₂Se_{3,025} для исследования электрических свойств представляли собой правильной формы образцы размером приблизительно 4×4×2 мм³ с напаянными контактами из индия на предварительно нанесенные методом термического испарения в вакууме металлические слои из золота или серебра. Измерения вольтамперных характеристик образцов показали омичность контактов. Измерения электрического сопротивления проводили на постоянном токе при комнатной температуре, после выдержки образцов в темноте. Был использован метод падения напряжения на эталонном сопротивлении. Измерения малых токов до 10⁻¹⁴ А проводили с помощью прибора ИМТ-05, выход которого был подключен к цифровому вольтметру типа В7-21. В качестве источника стабилизированного напряжения был использован блок питания типа ТВ-1. Измерение рентгеноиндуцированной

проводимости образцов $\text{Ga}_2\text{Se}_{3,025}$ было проведено с помощью излучения $\text{Cu K}\alpha$ и β от рентгеновской трубки порошкового дифрактометра типа ДРОН-3. При фиксированном напряжении на трубке 8, 17 или 28 кВ ток варьировали в пределах от 2,5 до 40 мА. Это соответствовало изменению интенсивности падающего на образец рентгеновского излучения от 30 до $5,6 \times 10^4$ $\text{имп}\cdot\text{с}^{-1}$. Постоянное напряжение на образце составляло 10 Вольт.

На рис. 1 представлены зависимости относительного изменения удельной рентгеноиндуцированной электропроводности $\text{Ga}_2\text{Se}_{3,025}$ для образцов №1 (кривые А и В; $\sigma = 1,74 \times 10^{-12} \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{м}^{-1}$) и №2 (кривые С, D и E; $\sigma = 1,5 \times 10^{-12} \text{ Ом}^{-1}\cdot\text{м}^{-1}$) от интенсивности падающего на образец рентгеновского излучения. Зависимости $\Delta\sigma/\sigma = f(I)$ (рис. 1, А–D) могут быть аппроксимированы экспоненциальными функциями (коэффициенты корреляции: 0,974 – 0,995).

Полученные зависимости позволяют предложить $\text{Ga}_2\text{Se}_{3,025}$ для использования в качестве рабочего элемента детектора для дозиметрии рентгеновского излучения в исследованном диапазоне интенсивностей.

Автор благодарит проф. В.М. Кошкина за постановку задачи исследований и поддержку, а также Д.В. Толмачева за помощь при проведении измерений.

Литература

1. Л.П. Гальчинецкий, В.М. Кошкин, В.М. Кулаков, В.Н. Кулик, М.И. Руденко, П.М. Рябка, У.А. Улманис, В.И. Шаховцов, В.М. Шиндич. ФТТ, **14**, 2, 646 (1972)
2. V.M. Koshkin, L.P. Gal'chinetskii, V.N. Kulik, B.G. Minkov, U.A. Ulmanis. Sol. St. Comm., **13**, 1 (1973)
3. В.М. Кошкин, Л.П. Гальчинецкий, В.Н. Кулик, Г.К. Гусев. Атомная энергия, **42**, 4, 290 (1977)
4. Л.П. Гальчинецкий, К.А. Катрунов, В.М. Кошкин, В.Н. Кулик. Атомная энергия, **50**, 2, 144 (1981)
5. H. Hahn, W. Klingler. Z. Anorg. Allg. Chem., **259**, 135 (1949)
6. В.М. Кошкин, Б.И. Минков, Л.П. Гальчинецкий, В.Н. Кулик. ФТТ, **15**, 1, 128 (1973)
7. 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)
8. В.М. Кошкин. Физика низких температур, **28**, 8/9, 963 (2002)
9. Б.Л. Агапов, И.Н. Арсентьев, Н.Н. Безрядин, Г.И. Котов, М.П. Сумец. ФТП, **33**, 6, 712 (1999)
10. K. Ueno, M. Kawayam, Z.R. Dai, A. Koma, F.S. Ohuchi. J. Cryst. Growth, **207**, 1, 69 (1999)
11. M. Rusu, S. Wiesner, S. Lindner, E. Strub, J. Rohrich, R. Wiurz, W. Fritsch, W. Bohne, Th. Schedel-Niedrig, M.Ch. Lux-Steiner, Ch. Giesen and M Heuken. J. Phys.: Cond. Matt., **15**, 8185 (2003)
12. M. Peressi, A. Baldereschi. J. Appl. Phys., **83**, 6, 3092 (1998)
13. I.M. Askerov, S. Okuducu. J. Korean Phys. Soc., **42**, 6, 787 (2003)
14. M. Ishikawa, T. Nakayama. Phis. Stat. Sol., **B229**, 1, 301 (2002)
15. M. Ishikawa, T. Nakayama. Physica E, **17**, 4, 185 (2003)
16. K.V. Savchenko, V.V. Shchennikov. Can. J. Phys., **72**, 9/10, 681 (1994)
17. M. Takumi, Y. Koshio, K. Nagata. Phis. Stat. Sol., **B211**, 123 (1999)
18. В.В. Щенников, К.В. Савченко, С.В. Попова. ФТТ, **42**, 6, 1004 (2000)
19. К.В. Савченко. Фізика і хімія твердого тіла, **6**, 3, (в печати) (2005).

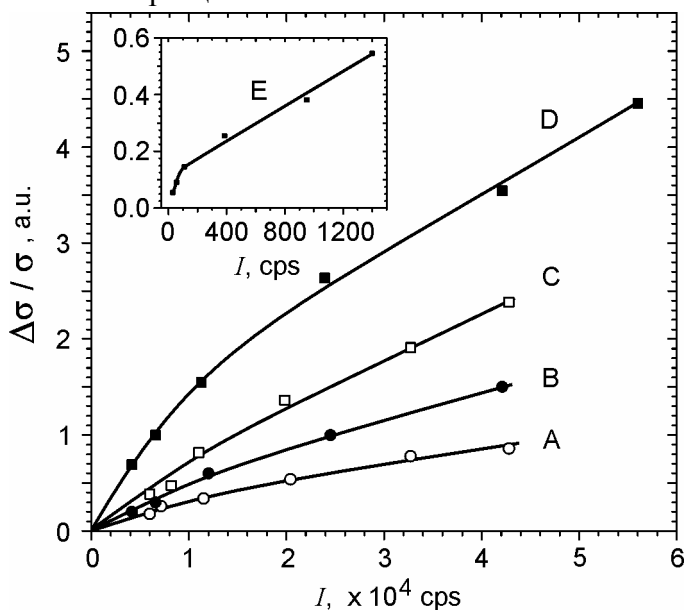


рис. 1. Зависимости относительного изменения удельной электропроводности ($\Delta\sigma/\sigma$) образцов $\text{Ga}_2\text{Se}_{3,025}$ от интенсивности (I) падающего на образец рентгеновского излучения. Напряжение на трубке составляло 17 кВ (кривые А и С), 28 кВ (кривые В и D) и 8 кВ (вставка, кривая E).