

Влияние γ -облучения на электрические свойства CuGaSe_2

© И. Касумоглу, Т.Г. Керимова[¶], И.А. Мамедова

Институт физики Национальной академии наук Азербайджана,
AZ-1143 Баку, Азербайджан

(Получена 30 марта 2010 г. Принята к печати 22 апреля 2010 г.)

Исследовано влияние γ -облучения на проводимость низкоомных (10^2 – 10^4 Ом·см) и высокоомных (10^5 – 10^7 Ом·см) монокристаллов CuGaSe_2 в интервале температур 77–330 К. Обнаружено, что удельное сопротивление низкоомных образцов увеличивается с увеличением дозы γ -облучения, а высокоомных образцов практически не зависит от дозы облучения. Предполагается, что уменьшение проводимости в низкоомных образцах происходит за счет рассеяния свободных носителей на дефектах (заряженных центрах), созданных при облучении γ -квантами. Обнаружено, что доза γ -облучения не влияет на температурную зависимость удельного сопротивления низкоомных и высокоомных образцов в интервале 77–330 К.

Интерес к полупроводниковым соединениям типа $A^I B^{III} C_2^{VI}$ — тройным аналогам бинарных полупроводников $A^{II} B^{VI}$ — обусловлен перспективностью использования их в полупроводниковом приборостроении. Эти соединения являются оптически анизотропными, в них наблюдается явление двойного лучепреломления [1], которое может быть использовано в нелинейных оптических преобразователях. С другой стороны, эти соединения, кристаллизующиеся в структуре халькопирита, зарекомендовали себя как перспективные материалы для использования при создании солнечных преобразователей, а также при создании тонкопленочных гетеропереходов [2,3]. Показано, что гетероструктуры Zn-Cu(In,Ga)Se_4 можно использовать в качестве высокоэффективных фотопреобразователей естественного и линейно поляризованного излучения [2]. Исследования влияния γ -облучения на фотопреобразователи $\text{ZnO/CdS/Cu(In,Ga)Se}_2$ показали, что при комнатной температуре γ -облучение не влияет на фотоэлектрические параметры гетероструктур [3]. Последнее обстоятельство позволяет использовать их в условиях высокого радиационного фона. Поэтому изучение влияния различных внешних факторов на физические свойства соединений $A^I B^{III} C_2^{VI}$ является актуальным.

В настоящем сообщении приводятся результаты исследования влияния γ -облучения на электрические свойства монокристаллов CuGaSe_2 .

Для проведения исследований были получены методом химических транспортных реакций монокристаллы CuGaSe_2 . В качестве транспортера использовался кристаллический йод. Соединение CuGaSe_2 кристаллизуется в структуре халькопирита (пр. гр. D_{2d}^{12}). Параметры решетки определены рентгенографически: $a = 5.607 \text{ \AA}$, $c = 10.99 \text{ \AA}$, $c/a = 1.96$. Полученные монокристаллы были p -типа проводимости. Для проведения измерений удельного сопротивления на естественные грани образцов наносились контакты из эвтектического сплава $\text{In} + \text{Ga}$. Удельное сопротивление выращенных монокристаллов изменялось в широких пределах ($\rho = 10^2$ – 10^7 Ом·см). Образцы для исследования были разделены на две группы: низкоомные ($\rho = 10^2$ – 10^4 Ом·см при 300 К) и высокоомные

($\rho = 10^5$ – 10^7 Ом·см при 300 К). В качестве источника γ -излучения использовался ^{60}Co с энергией квантов 1.25 МэВ. Интенсивность γ -излучения варьировалась от 0.1 до 500 Р/с. Образцы охлаждались до температуры жидкого азота и после этого подвергались γ -облучению при определенной мощности дозы в течение 3 мин. Через 5 мин после прекращения облучения измерялись удельное сопротивление и его температурная зависимость. Эксперимент повторялся при различных мощностях дозы γ -облучения. При измерениях образцы тщательно экранировались от света.

На рис. 1 представлены зависимости удельного сопротивления низкоомного (кривая 1) и высокоомного (кривая 2) образцов CuGaSe_2 от интенсивности γ -облучения (P) при 77 К. Из рис. 1 видно, что удельное сопротивление высокоомного образца с увеличением дозы γ -облучения незначительно уменьшается. Зависимость удельного сопротивления низкоомного образца CuGaSe_2

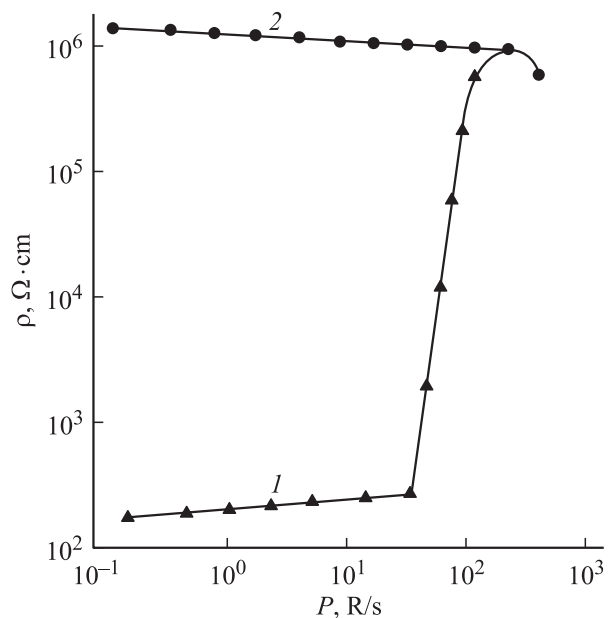


Рис. 1. Зависимости удельного сопротивления низкоомного (1) и высокоомного (2) образцов CuGaSe_2 от интенсивности дозы γ -облучения при 77 К.

[¶] E-mail: ktaira@physics.ab.az

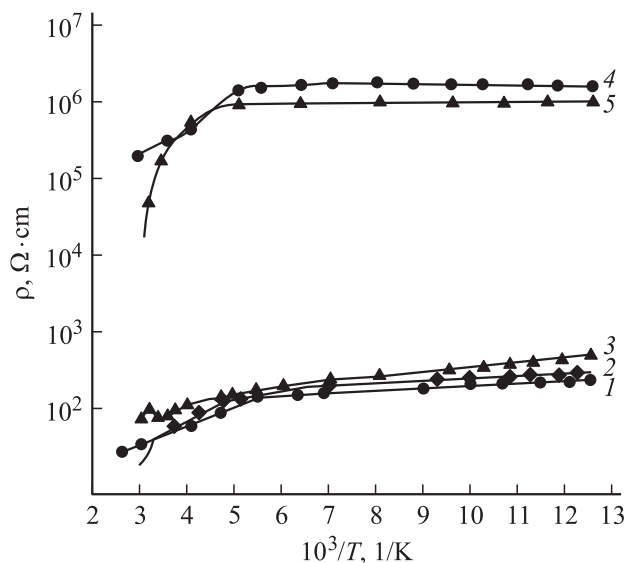


Рис. 2. Температурные зависимости удельного сопротивления низкоомных образцов CuGaSe_2 — исходного (1) и подвергнутого γ -облучению различной интенсивности: 20 (2), 50 (3), 100 (4), 300 P/c (5).

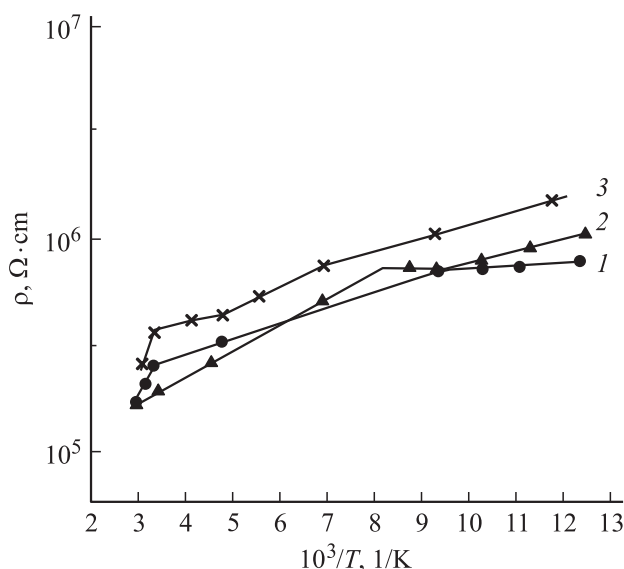


Рис. 3. Температурные зависимости удельного сопротивления высокоомных образцов CuGaSe_2 — исходного (1) и подвергнутого γ -облучению интенсивности 80 (2), 20 P/c (3).

в зависимости от дозы γ -облучения носит другой характер. При увеличении мощности дозы γ -облучения до 40 P/c удельное сопротивление незначительно увеличивается, а в интервале 40–300 P/c удельное сопротивление увеличивается от $3 \cdot 10^2$ до $8 \cdot 10^5$ Ом·см. Значение удельного сопротивления низкоомного образца при 500 P/c совпадает со значением удельного сопротивления высокоомного образца. В [4] установлена корреляция между характером изменения электропроводности и шириной запрещенной зоны. В частности, для широкозонных полупроводников характерным является переход

из низкоомного состояния в высокоомное. Облучение кристаллов приводит к образованию радиационных дефектов в виде вакансий, межузельных атомов, а также различного типа комплексов дефектов, взаимодействующих между собой и с химическими примесями. В [5] показано, что при облучении кристаллов радиационные дефекты приводят к самокомпенсации и проводимость полупроводника стремится к собственной. При облучении γ -квантами в монокристаллах p - CuGaSe_2 образуются радиационные дефекты донорного типа, которые компенсируют акцепторные примесные центры (удельное сопротивление изменяется от $3 \cdot 10^2$ до $8 \cdot 10^5$ Ом·см). В итоге уровень Ферми смещается к середине запрещенной зоны. Мощность дозы 40 P/c является критической, при которой удельное сопротивление CuGaSe_2 начинает расти. При дальнейшем увеличении дозы γ -квантов количество радиационных дефектов, увеличиваясь, приводит к уменьшению подвижности и, следовательно, к увеличению удельного сопротивления. Полупроводник из низкоомного состояния переходит в высокоомное.

Исследования температурной зависимости облученных и необлученных образцов p - CuGaSe_2 (рис. 2 и 3) показали, что температура незначительно влияет на проводимость и, следовательно, на основе монокристаллов CuGaSe_2 можно создавать радиационно-стойкие полупроводниковые приборы.

Список литературы

- [1] D.C. Chemla, P.J. Kupecek, D.C. Robertson, R.C. Smith. *Optics Commun.*, **3**, 29 (1971).
- [2] В.Ф. Гременок, Г.А. Ильчук, С.Е. Никитин, В.Ю. Рудь, Ю.В. Рудь. *ФТП*, **39** (2), 218 (2005).
- [3] В.В. Емцев, Ю.А. Николаев, Д.С. Полоскин, В.Ю. Рудь, Ю.В. Рудь, Е.И. Теруков, М.В. Якушев. *ФТП*, **39** (12), 1455 (2005).
- [4] В.Л. Винецкий, Л.С. Смирнов. *ФТП*, **1** (5), 176 (1971).
- [5] Н.В. Агринская, Т.В. Машовец. *ФТП*, **28** (9), 1505 (1994).

Редактор Л.В. Шаронова

The influence of γ -radiation on electrical properties of CuGaSe_2

I. Kasumoglu, T.G. Kerimova, I.A. Mamedova

Institute of Physics,
National Academy of Sciences of Azerbaijan,
AZ-1143 Baku, Azerbaijan

Abstract It was investigated the influence of γ -radiation on low-resistance (10^2 – 10^4 $\Omega \cdot \text{cm}$) and high-resistance (10^5 – 10^7 $\Omega \cdot \text{cm}$) CuGaSe_2 single crystals in 77–300 K temperature interval. It was revealed, that the resistivity of low-resistance samples increases with increase of the γ -radiation doze, the resistivity of high-resistance samples does not depend on the radiation doze. It is supposed, that decrease of conductivity in the low-resistance samples is due to scattering of carriers on defects (charged centers) generated under radiation with γ -quanta. It was revealed that γ -radiation does not influence on temperature dependence of the low-resistance and the high-resistance samples in 77–300 K temperature range.