

УДК 621.383

Влияние проникающих излучений на спектральные характеристики селенида индия, легированного серебром и германием

К. А. Аскеров, А. З. Абасова, Ф. К. Исаев

Институт фотоэлектроники НАН Азербайджана, г. Баку, Республика Азербайджан

Изучена спектральная и интегральная фоточувствительность до и после воздействия на монокристаллы селенида индия, легированные серебром и германием, гамма-квантов в интервале доз 10^4 — 10^8 Р и импульсных нейтронов флюенсом 10^{12} — 10^{14} см⁻². Облучение гамма-квантами InSe:Ag дозой до 10^5 Р не приводит к заметным изменениям фоточувствительности собственного поглощения, а чувствительность в коротковолновой области заметно уменьшается. Дальнейшее увеличение дозы гамма-квантов до 10^8 Р изменяет фоточувствительность всего лишь на 15—20 %.

Все более растущий интерес к исследованию радиационных эффектов в слоистых полупроводниках типа $A^{III}B^{VI}$ [1—3] и фотоприемниках на их основе [4—8] связан прежде всего с тем, что с помощью облучения можно создать очень большой набор типов дефектов, в том числе и не характерных для равновесного состояния кристалла. Изменяя энергию облучающих частиц, температуру облучения и отжига, примесный и дефектный составы облучаемого кристалла, можно значительно трансформировать спектр радиационных дефектов.

Практическое значение радиационных исследований более очевидно. Полупроводниковые приборы часто работают в условиях, когда они могут подвергаться воздействию проникающей радиации. Поэтому представляет интерес изучение последствий воздействия гамма-квантов и нейтронного облучения на фотоэлектрические характеристики кристаллов InSe, что и предпринято в данной работе.

Измерения проводились на монокристаллических образцах, легированных серебром и германием. Соответствующие примеси при этом вводились по формуле замещения в катионной части в пределах не более 0,05—0,1 ат. % непосредственно при синтезе самого соединения.

Проводились также измерения на плоскопараллельных монокристаллических пластинках, отколотых от массивного слитка. Измерительными электродами служили индиевые контакты, запаянные на свежие сколы. Спектральные характеристики снимались по стандартной методике [9] в режиме малого нагрузочного сопротивления.

Как спектральная, так и интегральная фоточувствительность к источнику "А" (S_i) измерена до и после воздействия на исследуемые образцы гамма-квантов (источник кобальт-60) в интервале доз $D = 10^4$ — 10^8 Р (мощность 30—650 Р/с) и гамма-импульсных нейтронов в интервале флюенсов 10^{12} — 10^{14} см⁻².

Влияние предварительного облучения гамма-квантами на фотоэлектрические характеристики изучено на примере кристаллов InSe, легированных серебром и германием (0,05 ат. %).

Спектральные характеристики изученного образца InSe:Ag (0,05 ат. %) до (кривая 1) и после (кривые 2—4) облучения гамма-квантами различной интенсивности доз приведены на рис. 1. Как следует из этого рисунка, исследуемый образец обладает фоточувствительностью в широкой области спектра — $\lambda = 0,33$ — $1,3$ мкм. Помимо основного максимума при 1,02—1,06 мкм, наблюдается и коротковолновый — 0,45—0,47 мкм (см. рис. 1, кривая 1).

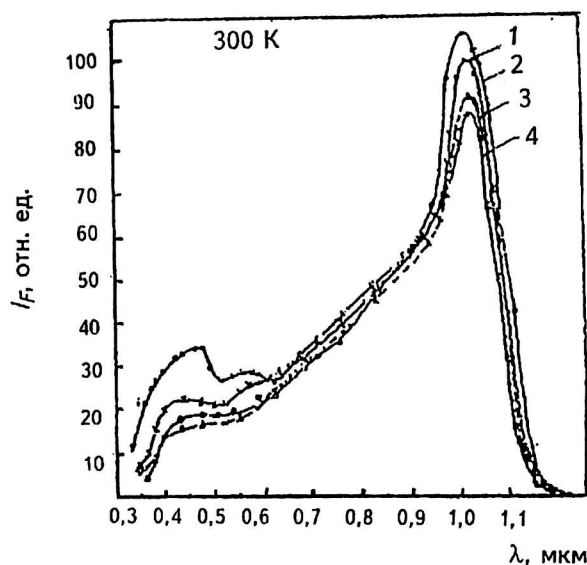


Рис. 1. Спектральные характеристики монокристалла InSe:Ag (0,05 ат. %) до (1) и после (2-4) облучения гамма-квантами:

1 - $E = 0$; 2 - $E = 10^6$ P; 3 - $E = 10^7$ P; 4 - $E = 10^8$ P

Экспериментальные данные показывают, что предварительное облучение гамма-квантами дозой до 10^5 P не приводит к заметным изменениям фоточувствительности в области собственного поглощения, изменение наблюдалось после флюенса 10^6 P. При этом чувствительность в коротковолновой области заметно уменьшается. Дальнейшее увеличение флюенса гамма-квантов до 10^8 P изменяет фоточувствительность в максимуме спектральной характеристики всего лишь на 15-20 %.

Аналогичные изменения фотоэлектрических характеристик после воздействия гамма-квантами наблюдались также на образцах кристаллов InSe:Ge (0,06 ат. %). Выявлено, что при облучении гамма-квантами фоточувствительность на этих кристаллах в зависимости от флюенса облучения или увеличивается, или уменьшается. Вплоть до значения флюенса 10^5 P фоточувствительность данных образцов практически остается без изменения, т. е. до указанного флюенса данные кристаллы могут служить как устойчивые к радиации приемники электромагнитного излучения соответствующего диапазона.

С дальнейшим ростом флюенса предварительного облучения гамма-квантами фоточувствительность данных образцов изменялась в пределах 40-50 % от исходного. Следовательно, для данной области дозы гамма-квантов эти кристаллы могут быть использованы в качестве "запоминающего" гамма-детектора.

Для обоих типов образцов определена также интегральная фоточувствительность к источнику "А" при напряжении смещения $U_{disp} \approx 10$ В, $T = 300$ К и максимумах спектральной характеристики ($\lambda_{max} = 1,02-1,06$ мкм). Величина интегральной чувствительности S_i для различных типов изученных образцов в исходном их состоянии варьировалась в пределах 10-60 мА/лм.

Для образцов, легированных серебром, изменение интегральной чувствительности при дозах 10^8 P не превышало 10 % от исходного.

Изучено также влияние импульсного нейтронного облучения на легированные указанными примесями кристаллы InSe. На рис. 2 и 3 приведены спектральные характеристики фоторезисторов до и после облучения различными флюенсами нейтронов для образцов InSe:Ag (0,1 ат. %) и InSe:Ge (0,1 ат. %), соответственно.

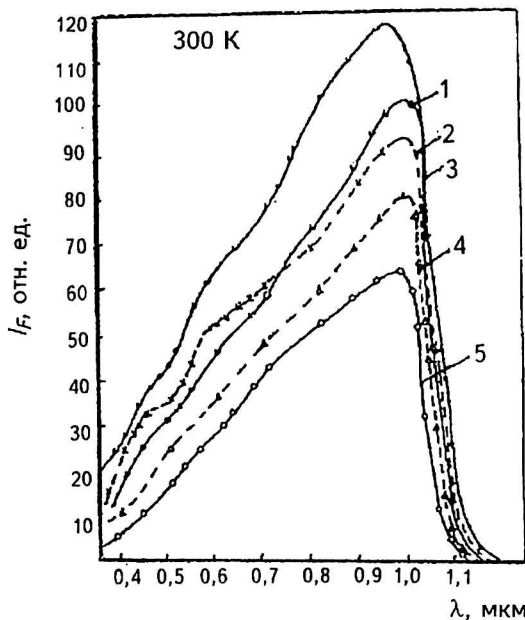


Рис. 2. Спектральное распределение фотопроводимости InSe:Ag (0,05 ат. %) до (1) и после (2-5) облучения нейтронными потоками различной интенсивности:

1 - $\Phi = 0$; 2 - $\Phi = 10^{12}$ н/см²; 3 - $\Phi = 10^{13}$ н/см²; 4 - $\Phi = 5 \cdot 10^{13}$ н/см²; 5 - $\Phi = 10^{14}$ н/см²

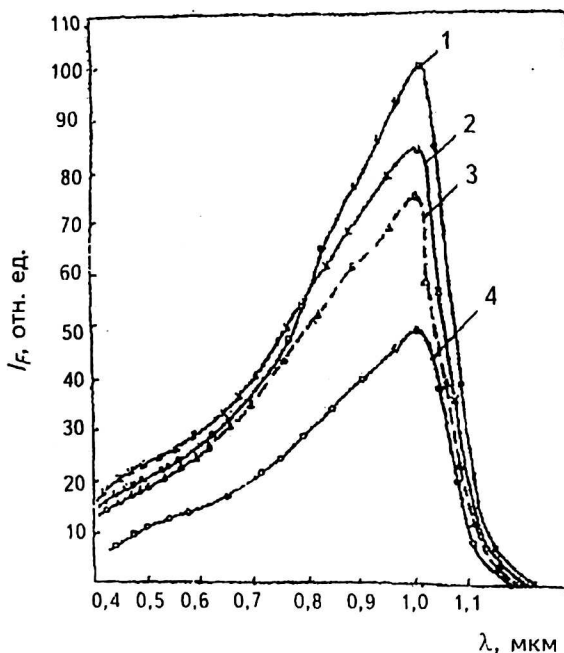


Рис. 3. Спектральные характеристики образца InSe:Ge (0,1 ат. %) до (1) и после (2-4) облучения различными потоками нейтронов:

1 - $\Phi = 0$; 2 - $\Phi = 10^{12}$ н/см²; 3 - $\Phi = 10^{13}$ н/см²; 4 - $\Phi = 10^{14}$ н/см²

Как следует из представленных на рисунках спектральных характеристик, предварительное облучение нейтронным флюенсом фоторезистора InSe:Ag (0,1 ат. %), в частности, при малых флюенсах нейтронов до 10^{12} см⁻², изменение fotocувствительности незначительно. После флюенса 10^{13} см⁻² наблюдается увеличение fotocувствительности на 30—40 %, дальнейшее его увеличение до 10^{14} см⁻² приводит к уменьшению fotocувствительности не более 40—50 % от исходного значения.

В отличие от предыдущего, в фоторезисторах, легированных германием In Se:Ge (0,1 ат. %), вследствие предварительного нейтронного облучения имеет место только лишь уменьшение fotocувствительности, причем во всей области спектра (см. рис. 3).

При максимальном флюенсе нейтронов изменение fotocувствительности не превышает 50 %, а интегральная fotocувствительность к источнику "А" фоторезисторов InSe:Ag (0,1 ат. %), в частности, при малых флюенсах нейтронов практически не изменяется.

Изменение интегральной чувствительности при флюенсах нейтронов до 10^{14} см⁻² составляло 20—30 %.

Из изложенного выше можно заключить, что легированные кристаллы InSe перспективны для разработки на их основе новых типов гамма- и нейтронных детекторов с "памятью". В них окажутся возможными длительное запоминание информации о предварительном воздействии нейтронного облучения и вычитание их при лазерном возбуждении на длине волны 1,05 мкм,

соответствующей максимуму спектральной чувствительности собственной фотопроводимости материала детектора.

Физический механизм наблюдаемых изменений, вызванных воздействием ионизирующих излучений при этом, по всей вероятности, обусловлен возникновением нестабильных радиационных дефектов, скапливающихся в межслойном промежутке кристалла и устраняемых при последующем отжиге или выдержке после облучения.

Л и т е р а т у р а

1. Аскеров К. А., Исмаилов Ф. И., Заитов Ф. А., Алиев Э. М., Амиров Д. Г., Исаев Ф. К. // Известия АН Азерб. ССР, 1989. № 4.
2. Аскеров К. А., Исаев Ф. К., Амиров Д. Г. Дефектообразование и диффузионные процессы в некоторых слоистых полупроводниках. — Баку: Азернешр, 1991.
3. Салаев Э. Ю., Исмаилов Ф. И., Заитов Ф. А., Аскеров К. А. и др. Всесоюз. семинар по радиационным эффектам в полупроводниках и полупроводниковых приборах: Тез. докл./ ИФАН Азерб. ССР, 1980. С. 126.
4. Аскеров К. А., Алиев Э. М., Исаев Ф. К., Амиров Д. Г.: ДАН Азерб. ССР, 1990. № 12.
5. Аскеров К. А., Оруджева С. А., Исаев Ф. К.: Доклады АН Азерб. Респ., 1992. № 4.
6. Исаев Ф. К., Оруджева С. А., Аскеров К. А.: Тез. докл. Республиканской науч. конф "Физика-93". Баку, сентябрь, 1993. Ч. II. С. 96.
7. Оруджев С. А., Исаев Ф. К., Аскеров К. А.: Доклады АН Азерб. Респ. 1994. № 4.
8. Абдинов Д. Ш., Аскеров К. А., Алиев Р. Ю., Караев Д. И., Оруджева С. А.: Тез. докл. Республиканской науч. конф. "Физика-93". Баку, сентябрь, 1993. Ч. I.
9. ГОСТ 1777288. Приемники излучения полупроводниковые фотоэлектрические и фотоприемные устройства. Методы измерения фотоэлектрических параметров и определения характеристик. — М.: Изд-во стандартов, 1996.

Influence of penetrating radiation on the spectral characteristics of indium selenide doped by silver and germanium

K. A. Askerov, A. Z. Abasova, F. K. Isayev

Institute of Photoelectronics of the Azerbaijan National Academy of Sciences
Baku, Republic of Azerbaijan

In present report the spectral and integrated photosensitivity before and after the influence of gamma-quanta in an interval of doses 10^4 — 10^8 R and pulse neutrons of fluence 10^{12} — 10^{14} cm⁻² on indium selenide single crystals doped by silver and germanium atoms have been investigated. The irradiation of InSe:Ag by gamma-quanta up to 10^5 R dose does not result in appreciable changes of photosensitivity of fundamental absorption and the sensitivity in short-wave region appreciably decreases. The further increase of the gamma-quanta dose up to 10^8 R changes photosensitivity only on 15—20 %.

* * *