

02;06.1

Влияние гамма-облучения на свойства InSe-фотодиодов

© З.Д. Ковалюк, В.Н. Катеринчук, О.А. Политанская,
О.Н. Сидор, В.В. Хомяк

Институт проблем материаловедения НАН Украины,
Черновицкое отделение
E-mail: chimsp@unicom.cv.ua
Черновицкий национальный университет им. Ю. Федьковича, Украина
E-mail: semicon@chnu.cv.ua

Поступило в Редакцию 29 ноября 2004 г.

Исследовано влияние γ -облучения (^{60}Co) на фотоэлектрические параметры InSe-диодов, изготовленных методом прямого оптического контакта p - и n -типа полупроводника. Проникающее излучение приводит к образованию в базовом материале радиационных дефектов акцепторного типа, однако не имеет существенного деструктивного влияния на энергетический барьер. В то же время облученные фотодиоды обнаруживают улучшение фотоэлектрических параметров: увеличение напряжения холостого хода и тока короткого замыкания.

1. Введение. Важной проблемой полупроводникового материаловедения является не только поиск радиационно-стойких материалов, но и исследование поведения устройств на их основе при работе в условиях жестких излучений. В настоящее время наиболее используемыми материалами в полупроводниковой электронике остаются кремний, германий и арсенид галлия. Под влиянием проникающей радиации возникают необратимые структурные превращения этих материалов, которые приводят к изменениям физических характеристик и, как следствие, деградации и выхода из строя приборов на их основе [1–3].

Характерным свойством слоистых кристаллов InSe являются дефекты упаковки [4]. Они определяют политипизм кристаллической структуры [5]. Эти дефекты связаны с трансляционными нарушениями в расположении атомов вдоль кристаллографической оси C и обуславливают низкую подвижность, диффузионную длину носителей заряда

в этом направлении. Остается нерешенным вопрос, как радиационные дефекты будут влиять на кристаллическую подсистему, состоящую из большого количества собственных дефектов.

Целью нашей работы было исследование влияния γ -облучения на фотоэлектрические характеристики InSe-фотодиодов.

2. Экспериментальные результаты и их обсуждение. Для создания гомопереходов из InSe использовался метод оптического контакта полупроводников [6]. Он позволяет создавать разнообразные типы гомо- и гетеропереходов благодаря высокому качеству поверхности пластин, сколотых от слитка слоистого материала.

Кристаллы InSe *n*- и *p*-типа проводимости выращивались вертикальным методом Бриджмена. В качестве фронтального полупроводника использовались тонкие (20–30 μm) пластины *n*-InSe, в качестве базового — *p*-InSe, легированного кадмием. Первые владели на два порядка высшей электропроводностью, чем кристаллы *p*-типа проводимости ($10^3 \div 10^4 \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$). Для контактов использовался чистый индий.

Облучение γ -квантами проводилось с помощью радиоактивного источника непрерывного действия — изотопа кобальта ^{60}Co ($E = 1.25 \text{ MeV}$) для доз 10 и 300 R при комнатной температуре.

Результаты изменений фотоэлектрических параметров InSe-диодов приведены в таблице. Наблюдается четкая тенденция к их улучшению. Максимальная величина роста напряжения холостого хода V_{oc} составляет 30%, а тока короткого замыкания J_{sc} — 1700%.

Спектральные зависимости квантовой эффективности фототока η исследуемых гомопереходов показаны на рис. 1. В длинноволновой части спектра заметен острый пик, отвечающий экситонному поглощению InSe [7]. Малые дозы облучения ($\sim 10 \text{ R}$) практически не влияют на этот пик, а увеличение дозы гамма-квантов до 300 R приводит

Фотоэлектрические параметры InSe-диодов до и после гамма-облучения.
 $T = 293 \text{ K}$

Тип ПП	V_{oc} насыщения, V	J_{sc} , mA/cm ²	V_{oc} насыщения, V	J_{sc} , mA/cm ²	V_{oc} насыщения, V	J_{sc} , mA/cm ²
	$D = 0 \text{ R}$		$D = 10 \text{ R}$		$D = 300 \text{ R}$	
<i>p-n</i> -InSe	0.4	0.12	0.44	0.24	0.52	2.0

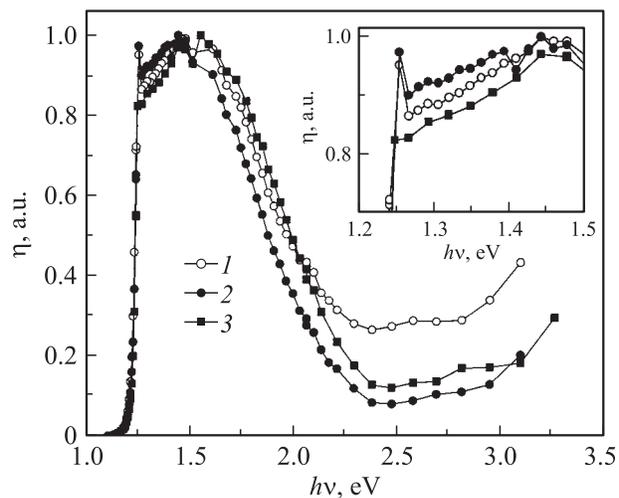


Рис. 1. Спектр квантовой эффективности фототока InSe-диодов до (1) и после гамма-облучения дозой 10 (2) и 300 (3) R. $T = 293$ K. На вставке — область фототока в области экситонного поглощения света.

к его исчезновению (рис. 1, вставка). Известно, что в несовершенных кристаллах экситонное поглощение не наблюдается. В нашем случае образование радиационных дефектов приводит к аналогичному результату. Для коротковолновой спектральной области характерен спад фоточувствительности, который связывают с поверхностными состояниями и увеличением скорости поверхностной рекомбинации [8]. В то же время наблюдаемые изменения спектров незначительны и только свидетельствуют об образовании радиационных дефектов.

Совсем другой характер поведения мы наблюдали для вольт-амперных характеристик (ВАХ) $p-n$ -InSe (рис. 2). После γ -облучения наблюдается улучшение коэффициента выпрямления тока. ВАХ сохраняет тенденцию к улучшению коэффициента выпрямления и при увеличении дозы облучения (рис. 2, кривая 3). Из анализа ВАХ следует, что после облучения образцов происходит изменение экспоненциальной зависимости тока от напряжения и рост V_{oc} , что может быть вызвано двумя факторами: ростом потенциального барьера и увеличением проводимости базы гомопереходов. Действие высокоэнергетических

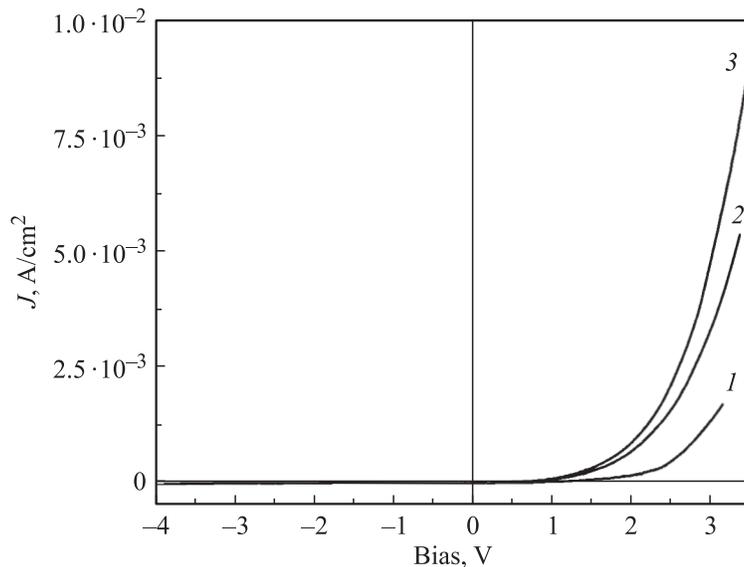


Рис. 2. ВАХ InSe-диодов до (1) и после гамма-облучения дозой 10 (2) и 300 (3) R. $T = 293$ K.

квантов приводит к образованию дефектов структуры, поведение которых аналогично акцепторным примесям, что приводит к смещениям уровней Ферми в контактирующих полупроводниках и соответственно к увеличению контактной разности потенциалов.

3. Выводы. Наблюдаемые изменения характеристик InSe-диодов под влиянием облучения в сторону улучшения свидетельствуют об образовании дефектов, их акцепторном происхождении и отсутствии деструктивного влияния на границу $p-n$ -перехода.

Отмечено отсутствие существенных изменений спектрального распределения фототока, увеличение коэффициента выпрямления тока и улучшение таких фотоэлектрических параметров исследуемых гомопереходов, как напряжения холостого хода и тока короткого замыкания.

Таким образом, исследованные фотодиоды для малых доз облучения (~ 300 R) не обнаруживают ухудшения характеристик и могут эксплуатироваться в условиях повышенного радиационного фона.

Список литературы

- [1] *Вавилов В.С., Кекелидзе Н.П., Смирнов Л.С.* Действие излучений на полупроводники. М.: Наука, 1988. 192 с.
- [2] *Физические процессы в облученных полупроводниках / Под ред. Л.С. Смирнова.* Новосибирск: Наука, 1977. 256 с.
- [3] *Кориунов Ф.П., Гатальский Г.В., Иванов Г.М.* Радиационные эффекты в полупроводниковых приборах. Минск: Наука и техника, 1978. 231 с.
- [4] *Kuznicki Z.T., Maschke K., Schmid Ph.E.* // J. Phys. C: Sol. State Phys. 1979. V. 12. N 18. P. 3749–3753.
- [5] *Terhell J.C.* // Progr. Cryst. Growth and Charact. 1983. V. 7. P. 55–100.
- [6] *Бакуменко В.Л., Чишко В.Ф.* // ФТП. 1977. Т. 11. № 10. С. 2000–2002.
- [7] *Катеринчук В.Н., Ковалюк М.З.* // ФТП. 1991. Т. 25. № 11. С. 954–957.
- [8] *Зи С.* Физика полупроводниковых приборов: В 2 кн. Кн. 2. М.: Мир, 1984. 456 с.