

***InSe* и *GaSe* - ЭФФЕКТИВНЫЕ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ШИРОКОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА (1-6 ЭВ)**

Э.Ю. С а л а е в, М.О. Г о д ж а е в, Е.Т. А л и е в,  
М.З. З а р б а л и е в

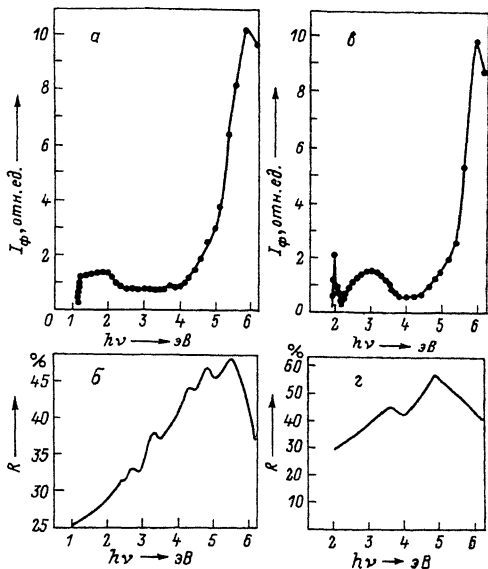
Для создания чувствительных фотоприемников в ультрафиолетовой области спектра определяющее значение имеют фотоэлектрические свойства поверхности проводника. Специальные исследования показали, что для увеличения фоточувствительности в области сильного поглощения необходимо осуществить сложные технологические меры для создания атомарно-чистой и совершенной поверхности полупроводника [1].

Перспективными материалами для создания ультрафиолетовых фотоприемников света, не требующими специальной обработки поверхности, являются слоистые кристаллы группы  $A^3B^6$ -*InSe* и *GaSe*.

В [2] было отмечено, что высокая эффективность фотопроводимости *InSe* в области энергий фотонов  $h\nu \leq 3.3$  эВ обусловлена слабой адсорбционной активностью поверхности слоистого кристалла. Предположение о высоком качестве поверхности слоистых кристаллов группы  $A^3B^6$  было экспериментально подтверждено в [3], где исследованиями методом Оже-спектроскопии было показано, что поверхность естественного скола кристаллов *InSe* и *GaSe* (перпендикулярная оси „с“) инертна по отношению к химической адсорбции, наблюдается лишь слабая физическая адсорбция. Толщина слоя, содержащего адсорбенты, рекордно мала (10 Å).

В настоящем сообщении приводятся результаты исследований квантовой эффективности фотопроводимости слоистых кристаллов *InSe* и *GaSe*, свидетельствующие о высокой фоточувствительности указанных кристаллов вплоть до энергии фотонов 6 эВ.

Фоточувствительные структуры изготавливались путем напыления или напайвания омических индиевых контактов на поверхность кристалла, перпендикулярную оси „с“. Исследовались специально нелегированные кристаллы *InSe* и *GaSe*, выращенные методом Бриджмена. Толщина образцов была ~1 мм. С целью уменьшения эффектов остаточной проводимости измерения проводились в режиме модуляции светового потока ( $f=20$  Гц), предпринимались специальные меры для исключения приконтактных явлений. Все измерения проводились при комнатной температуре. В экспериментах использовался монохроматор МДР-23, регистрация сигнала осуществлялась в режиме синхронного детектирования. В качестве источника света использовалась ксеноновая лампа ДКСЭЛ-1000, спектральное распределение интен-



Квантовая эффективность фотопроводимости кристаллов  $InSe$  (а) и  $GaSe$  (в) с учетом величины коэффициента отражения; б, г – спектральное распределение коэффициентов отражения для  $InSe$  [7] и  $GaSe$  [8] соответственно.

сивности которой было калибровано по числу падающих квантов пироэлектрическим приемником и фотодиодом<sup>1</sup>.

На рисунке приведены зависимости квантовой эффективности фотопроводимости кристаллов  $InSe$  и  $GaSe$  (спектры нормировались с учетом величины коэффициента отражения). Как видно, в отличие от большинства полупроводников, в зависимости фототока от энергии падающего кванта наблюдается плато в широком интервале энергий фотонов, а при  $h\nu > 3.5$  эВ ( $InSe$ ) и  $h\nu > 4.3$  эВ ( $GaSe$ ) регистрируется заметный рост фототока. Этот рост с увеличением энергии квантов составляет от 1.5 до 10 раз в зависимости от выбора образца. Рост квантовой эффективности фототока с увеличением энергии квантов возможен в полупроводниках за счет увеличения квантового выхода внутреннего фотоэффекта в результате ударной ионизации при достижении энергии фотонов  $h\nu > 2 E_g$ . Энергия кванта

<sup>1</sup> Фотодиод изготовлен и откалиброван в ФТИ АН СССР им. А. Ф. Иоффе.

света, при которой начинается процесс ударной ионизации, определяется массой носителей заряда, процессом термализации горячих носителей, особенностями зонной структуры и т. д. [4].

Указанный процесс в *Ge* и *Si* наблюдался при достижении  $h\nu > 3 E_g$ , при этом квантовая эффективность фототока росла не более чем в два раза при росте энергии кванта до  $6 E_g$  [5, 6].

В случае *InSe* и *GaSe* рост квантовой эффективности фотопроводимости начинается при  $h\nu > 3 E_g$  (*InSe*) и  $2 E_g$  (*GaSe*); квантовая эффективность фотопроводимости растет соответственно в 10 и 5 раз при достижении  $h\nu = 5 E_g$  и  $3 E_g$  (см. рисунок).

Таким образом, наблюдаемый рост квантовой эффективности фотопроводимости в *InSe* и *GaSe* нельзя объяснить лишь учетом процесса ударной ионизации. Приходится предполагать, что в случае *InSe* и *GaSe* ввиду больших значений коэффициентов поглощения ( $\sim 10^6 \text{ см}^{-1}$ ) в ультрафиолетовой области спектра имеет место изменение механизма рассеяния носителей заряда и их времени жизни вблизи поверхности.

Из приведенного исследования следует, что фотоприемники на основе кристаллов *InSe* и *GaSe* характеризуются высокой квантовой эффективностью фотопроводимости в широком диапазоне энергии квантов, особенно в ультразвуковой области спектра.

#### Л и т е р а т у р а

- [1] Н е с т е р е н к о Б.А., С н и т к о О.В. - Физические свойства атомарно-чистой поверхности полупроводников, Киев, Наукова думка, 1983, 264 с., ИЛ.
- [2] А н а н ь и н а Д.Б., Б а к у м е н к о В.Л., К у р б а т о в Л.Н., Ч и ш к о В.Ф. - ФТП, 1976, т. 10, в. 12, с. 2373-2376.
- [3] С а л а е в Э.Ю., Г о д ж а е в М.О., Б е л е н ь к и й Г.Л., А п л и е в а Л.Н. - ДАН Азерб. ССР, 1986, т. 42, в. 3, с. 15-19.
- [4] А n t o n s i k Е. - Czech. J. Phys., 1967, В 17, р. 953-968.
- [5] В а в и л о в В.С., Б р и ц ы н К.И. - ЖЭТФ, 1958, т. 34, в. 2, с. 521-523.
- [6] В а в и л о в В.С., Б р и ц ы н К.И. - ЖЭТФ, 1958, т. 34, в. 5, с. 1354-1355.
- [7] В a s s a n i F., G r e e n a w a y D.L., F i s c h e r G. - Proc. Intern. Conf. Phys. Semicond., Paris, 1964, p. 58-62.
- [8] P i a c e n t i n i M., D o n i E., G i r l a n d a R., G r a s s o V., B a l z a r o t t i A. - Nuovo cimento, 1979, vol. 54B, n. 1, p. 269-293.