

©1994 г.

## ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ СОБСТВЕННЫЙ ОКСИД- $p$ - $\text{In}_4\text{Se}_3$

*В.Н.Катеринчук, М.З.Ковалюк, А.Д.Огородник, Ю.И.Журко*

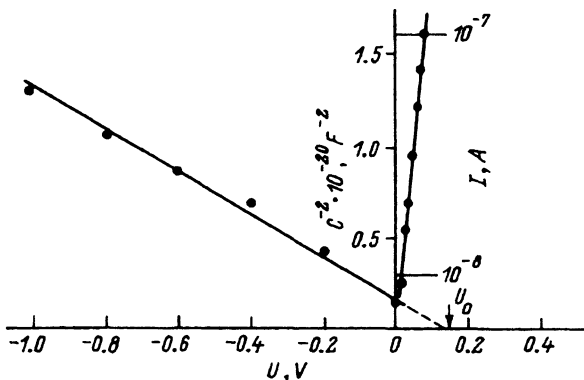
Институт проблем материаловедения Академии наук Украины,  
274001, Черновцы, Украина  
(Получена 20 января 1994 г. Принята к печати 3 февраля 1994 г.)

Представлены результаты исследования фотоэлектрических свойств гетероструктуры собственный оксид- $p$ - $\text{InSe}$ . Диоды впервые изготовлены термическим окислением подложки из  $\text{InSe}$ . Высокое качество структур подтверждено измерениями вольт-фарадных и вольт-амперных характеристик. Длинноволновый край фотоответа структур находится в области 1.8 мкм. Построена качественная энергетическая зонная диаграмма данной гетероструктуры и приведены некоторые ее фотоэлектрические параметры.

Одним из применений анизотропных монокристаллов  $\text{In}_4\text{Se}_3$  является создание фотоприемников естественного и поляризованного излучений [1,2]. С этой целью создавались структуры, образованные при лазерном облучении  $\text{In}_4\text{Se}_3$  [1], и гетеропереходы  $\text{In}_2\text{O}_3$ - $\text{In}_4\text{Se}_3$ , изготовленные термохимическим способом [2]. Улучшение фотоэлектрических параметров диодов на основе  $\text{In}_4\text{Se}_3$  требует поиска новых технологических методов формирования  $p$ - $n$ -перехода в этом материале. В данном сообщении представлены результаты исследования фотоэлектрических свойств гетероструктур на основе  $\text{In}_4\text{Se}_3$ , изготовленных термическим окислением кристаллической подложки [3].

Монокристаллы  $\text{In}_4\text{Se}_3$   $p$ -типа выращивались методом Чохральского с использованием эффекта Пельтье из расплава, содержащего излишек (до 5%) селена над стехиометрическим составом. При  $300^\circ\text{C}$  они отжигались на протяжении 150 ч в вакууме  $\sim 10^{-5}$  Тор. Подложки кристаллов получали расщеплением слитков с помощью бритвы. Они обладали зеркальной поверхностью и дополнительной обработке не подвергались. При комнатной температуре удельное сопротивление исследуемых образцов составляло  $\sim 10^3$  Ом·см, а концентрация носителей тока  $-10^{14}$  см $^{-3}$ . Окисление образцов проводилось на воздухе в электропечи, температура которой поддерживалась постоянной с помощью терморегулятора. Окисленная подложка  $p$ - $\text{In}_4\text{Se}_3$

Рис. 1. Вольт-фарадная характеристика для  $f = 20$  кГц и прямая ветвь вольт-амперной характеристики гетероструктуры собственный оксид- $p\text{-In}_4\text{Se}_3$  при комнатной температуре. (Стрелкой отмечено напряжение отсечки).



обладает диодными свойствами и поэтому образованный на поверхности кристалла оксид является активным элементом диодной структуры.  $p$ - $n$ -переход исследовался в плоскости наилучшего скоса — (100). Оптимизация параметров изготовленных образцов диодов проводилась путем создания специальных масок, изменений температуры окисления и времени выдержки. Токовые контакты создавались вплавлением индия, причем для устранения неомического контакта с  $p$ -материалом, поверхность последнего специально повреждалась.

Для определения качества структур собственный оксид- $p\text{-In}_4\text{Se}_3$  снимались вольт-амперные (ВАХ) и вольт-фарадные характеристики (ВФХ), которые представлены на рис. 1. Линейная зависимость ВФХ в координатах  $C^{-2}$  от  $U$  свидетельствует о резком изменении типа проводимости на  $p$ - $n$ -переходе. В полулогарифмических координатах имеет линейный характер и ВАХ, отложенная на этом же рисунке. Диодный коэффициент ВАХ,  $n = (e/kT) \cdot (\partial U / \partial \ln I)$ , определенный из ее наклона, равен  $\sim 1.0$ . Близость ВАХ к идеальной отражает факт высокого диодного качества изготовленных указанным методом образцов гетероструктур.

Величина диффузионного потенциала перехода, определенная как отсечка на оси напряжений продолжения линейной зависимости  $C^{-2}$  от  $U$ , составила 0.15 эВ. Данное значение, а также другие необходимые параметры  $\text{In}_4\text{Se}_3$  [4] использовались для построения качественной зонной диаграммы гетероструктуры. При этом учитывалось, что

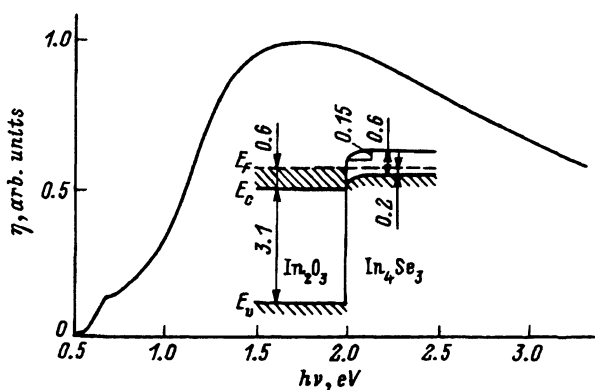


Рис. 2. Спектр фототвоя и энергетическая зонная диаграмма гетероструктуры собственный оксид- $p\text{-In}_4\text{Se}_3$ . (Все величины выражены в электронвольтах).

оксидный слой на поверхности  $\text{In}_4\text{Se}_3$  по химической природе близок к соединению  $\text{In}_2\text{O}_3$ . Образование кристаллической фазы  $\text{In}_2\text{O}_3$  подтверждено идентификацией рентгенограмм, снятых методом вращения монокристаллической подложки с оксидным слоем вокруг оси, перпендикулярной кристаллографической плоскости (100) в Си-излучении. На рис. 2 показана возможная диаграмма зон образованного гетерокоакта, причем данные об  $\text{In}_2\text{O}_3$  взяты из работы [5]. На этом рисунке представлена также спектральная характеристика фотоответа структур собственный оксид- $p\text{-In}_4\text{Se}_3$ , снятая при комнатной температуре. Длинноволновый край полосы чувствительности находится в области 1.8 мкм. Значение напряжения холостого хода для наилучших структур составило 0.15 В, а тока короткого замыкания — 3.5 мА/см<sup>2</sup>.

Таким образом, в работе показано, что качественные диодные структуры на основе  $\text{In}_4\text{Se}_3$  можно получить, используя простую и недорогую технологию термического окисления кристаллической подложки.

### Список литературы

- [1] Я.В. Бобицкий, Т.С. Гертович, С.Г. Кияк, Г.В. Плецко, К.Д. Товстюк. УФЖ, **23**, 685 (1978).
- [2] К.Д. Товстюк, Т.С. Гертович, С.И. Гринева, Г.П. Комиссаров, В.А. Манассон, А.Д. Огородник, Е.С. Шарлай. Докл. АН УССР. Физ.-мат. и техн. науки, **7**, 69 (1989).
- [3] В.Н. Катеринчук, М.З. Ковалюк. Письма ЖТФ, **18**, 70 (1992).
- [4] В.В. Соболев. Зоны и экситоны галькогенидов галлия, индия и таллия (Кишинев, 1982).
- [5] В.А. Манассон, А.И. Малик, К.Д. Товстюк. ФТП, **18**, 2121 (1984).

Редактор В.В. Чалдышев

### Photosensitive Intrinsic Oxide — $p\text{-In}_4\text{Se}_3$ Heterostructures

*V.N. Katerinchuk, M.S. Kovaljuk, A.D. Ogorodnik and Yu.I. Zhirko*

Institute of Material Science Problems, 274001, Chernovtsy, Ukraine