

05;06;07;12

## Гетеропереходы на основе GaTe

© В.Н. Катеринчук, М.З. Ковалюк

Институт проблем материаловедения НАН Украины, Черновцы

Поступило в Редакцию 22 мая 1998 г.

Исследованы фотоэлектрические свойства гетеропереходов (ГП)  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-GaTe}$  и  $\text{GaTe-InSe}$ . Их характеристики описаны в рамках диффузионной модели ГП. Для ГП  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-GaTe}$  обнаружено отклонение характеристик от идеальных, вызванное присутствием на гетерогранице тонкого слоя диэлектрика. Построены качественные энергетические зонные диаграммы ГП. Определена их fotocувствительность, диапазон которой  $0.33\text{--}1.0\ \mu\text{m}$ .

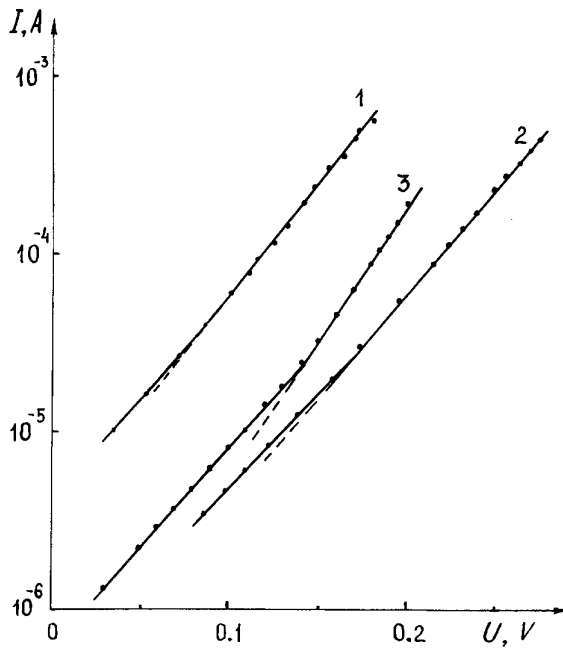
GaTe принадлежит к группе слоистых полупроводников  $A^{III}B^{VI}$  и отличается от большинства других соединений этой группы возможностью получения монокристаллов с относительно низкими значениями удельного сопротивления. Благодаря этому обстоятельству можно изготавливать ГП, последовательное сопротивление которых незначительно.

В работе исследованы фотоэлектрические характеристики двух типов ГП на основе GaTe:  $n^+\text{-In}_2\text{O}_3\text{-}p\text{-GaTe}$ , приготовленной методом пиролиза химических растворов, распыляемых на нагретые подложки теллурида галлия с целью получения оксида индия [1];  $p\text{-GaTe-n-InSe}$ , полученной методом посадки на оптический контакт соответствующих полупроводников [2]. Из анализа литературных источников [3,4] следует, что попытки создания подобных ГП предпринимались, однако основное внимание авторов этих работ уделялось исследованию спектральных характеристик ГП, а не их диодных свойств.

1.  $n^+\text{-In}_2\text{O}_3\text{-}p\text{-GaTe}$ . Плоскопараллельные подложки теллурида галлия размерами  $5 \times 5 \times 0.2\ \text{mm}$  складывались из монокристаллических слитков. Поверхность подложек дополнительной обработке не подвергалась, поскольку имела зеркальный вид. Пленка оксида толщиной  $\sim 0.1\ \mu\text{m}$  формировалась путем пульверизации спиртового раствора хлорида индия на нагретые до  $400^\circ\text{C}$  подложки GaTe. В качестве контактов к изготовленной структуре использовался индий. Концентрации основных носителей в  $p\text{-GaTe}$  и  $n^+\text{-In}_2\text{O}_3$ , определенные из измерений эффекта Холла, составляли соответственно  $10^{16}$  и  $10^{20}\ \text{cm}^{-3}$ . Для исследований отбирались ГП, имеющие наибольшие значения напряжения

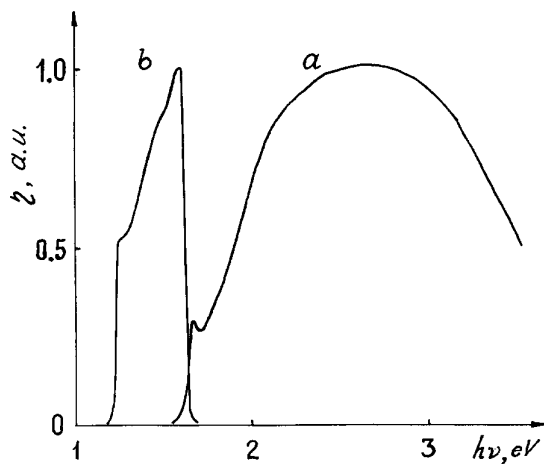
холостого хода, которые равнялись  $\sim 0.3$  V при освещении их светом мощностью  $\sim 100$  mW/cm<sup>2</sup>.

2. *p*-GaTe–*n*-InSe. В отличие от предыдущего ГП теллурид галлия играет в данном случае роль фронтального полупроводника. Поскольку концентрация основных носителей в *n*-InSe равна  $\sim 10^{14}$  см<sup>-3</sup>, то GaTe соответствует требованиям, предъявляемым к фронтальному полупроводнику [5]: он не препятствует прохождению квантов света с энергией меньшей, чем ширина его запрещенной зоны, и приводит к образованию *p*–*n*-перехода преимущественно в подложке, где происходит поглощение и разделение фотогенерированных носителей заряда. Поскольку контактирование полупроводников естественными поверхностями осуществляется на воздухе при комнатной температуре, то образование промежуточного слоя на гетерогранице практически исключается.

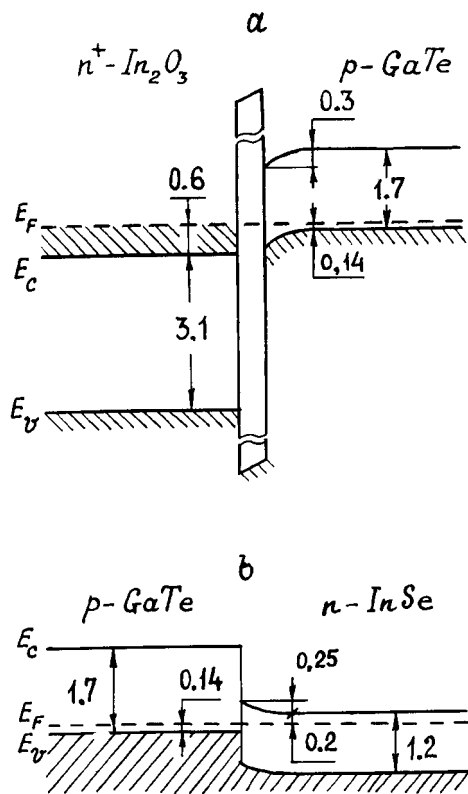


**Рис. 1.** Прямые ветви ВАХ ГП In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–GaTe (кривые 1,2) и GaTe–InSe (кривая 3) при комнатной температуре.

*Результаты и их обсуждение.* При исследовании прямых ветвей вольт-амперных характеристик (ВАХ) ГП  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-GaTe}$  обнаружено, что в полулогарифмических координатах их наклон для различных образцов меняется, т. е. диодный коэффициент ВАХ может принимать значения в интервале 1.3–1.5. На рис. 1 представлены ВАХ при прямом смещении для двух различных ГП (кривые 1, 2). Подобный наклон ВАХ вызван, по всей вероятности, влиянием промежуточного слоя диэлектрика [6], который образуется перед нанесением  $\text{In}_2\text{O}_3$  в результате окисления подложки. Образование оксида трудно избежать, поскольку замечено, что подложки из GaTe при нагревании очень быстро принимают ярко выраженную золотистую окраску. Преднамеренное окисление GaTe приводит к увеличению диодного коэффициента, но ухудшению фотоэлектрических параметров ГП. На рис. 1 показана также прямая ветвь ВАХ ГП GaTe–InSe (кривая 3). Ее наклон близок к единице и равен 1.07. Температурные измерения в области 210–300 К свидетельствуют о том, что значение диодного коэффициента сохраняется. Следовательно, близкие к единице значения диодного коэффициента свидетельствуют, с одной стороны, о высоком качестве  $p\text{-}n$ -переходов, а с другой — о механизме переноса носителей заряда через барьеры данных ГП, который определяется их диффузией.



**Рис. 2.** Спектральная зависимость относительной квантовой эффективности ГП  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-GaTe}$  (a) и GaTe–InSe (b) при  $T = 295$  К.



**Рис. 3.** Зонные диаграммы ГП  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-GaTe}$  с тонким диэлектриком (*a*) и  $\text{GaTe-InSe}$  (*b*) в равновесных условиях; все величины указаны в электрон-вольтах.

Если учесть, что ширины запрещенных зон  $\text{InSe}$ ,  $\text{GaTe}$  и  $\text{In}_2\text{O}_3$  равны 1.2, 1.7 и 3.7 eV [7], то эти значения должны отразиться на спектральной фоточувствительности ГП. На рис. 2 представлены спектры относительной квантовой эффективности исследованных ГП. Они имеют форму полос, ограниченных с двух сторон и отвечающих поглощению фотонов в соответствующих полупроводниках. Их особенностью является увеличение квантовой эффективности с ростом энергии квантов света.

На рис. 3 показаны качественные энергетические зонные диаграммы ГП. При построении диаграмм использовались данные о физических параметрах полупроводников [7], концентрациях основных носителей в них и величинах изгибов зон. С целью выяснения величины диффузионного потенциала  $\varphi_0$  на гетероконтактах исследовались вольт-фарадные характеристики (ВФХ). Для корректного определения  $\varphi_0$  использовалась методика [8], согласно которой на частотных зависимостях  $C^2-U$  емкостное напряжение отсечки аппроксимировалось к значению при нулевой частоте. Значение  $\varphi_0$  равнялось 0.3 и 0.25 eV для первого и второго ГП соответственно. Как видно из этих диаграмм прямой ток через  $p-n$ -переход определяется в одном случае электронами ( $a$ ), а в другом — дырками ( $b$ ).

Таким образом, проведенные исследования ГП показывают, что они обладают высокими диодными свойствами с воспроизводимыми характеристиками и фоточувствительностью в интервале длин волн 0.33–1.0  $\mu\text{m}$ . Для ГП  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-GaTe}$  существенным является влияние на фотоэлектрические параметры промежуточного слоя оксида. Если учесть простоту изготовления ГП, то можно использовать данные ГП в качестве основы недорогих фотоприемных устройств.

## Список литературы

- [1] Dawar A.L., Joshi J.C. // J. Mater. Science. 1984. V. 19. P. 1–23.
- [2] Бакуменко В.Л., Чижко В.Ф. // ФТП. 1977. Т. 11. В. 10. С. 2000–2002.
- [3] Малик А.И., Баранюк В.Б., Ковалюк З.Д. // ФТП. 1980. Т. 14. В. 2. С. 409–411.
- [4] Довлетов К., Рагимов Ф. // ФТП. 1982. Т. 16. В. 9. С. 1631–1632.
- [5] Милнс А., Фойхт Д. Гетеропереходы и переходы металл–полупроводник. М., 1975. 432 с.
- [6] Card H.C. // Sol. St. Electronics. 1977. V. 20. № 12. P. 971–976.
- [7] Landolt-Börnstein. Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology. New Ser. Group III: Crystal and Solid State Physics. V. 17, sv.f / Ed. by O. Madelung. Berlin e.a.: Springer, 1983. 562 p.
- [8] Гольдберг Ю.А., Иванова О.В., Львова Т.В., Царенков Б.В. // ФТП. 1984. Т. 18. В. 8. С. 1472–1475.