

О ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА ГЕТЕРОПЕРЕХОДОВ GaSe-CdIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>

Р.Н. МЕХТНЕВА, А.Г. КЯЗЫМ-ЗАДЕ, Н.М. МЕХТНЕВ, М.К. КЕРИМОВ

Сектор Радиационных Исследований АН Азербайджана

370143, Баку, пр. Г.Джавида, 31<sup>а</sup>

Экспериментальными исследованиями фотоэдс свободной поверхности контактирующих материалов и емкости гетероперехода GaSe-CdIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>, полученного методом посадки на оптический контакт, установлено, что при образовании гетерограницы поверхностные электронные состояния не играют заметной роли.

Возможности создания гетеропереходов (ГП) типа GaSe-CdIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> показаны в [1], где исследованиями электрических характеристик были установлены механизмы переноса тока при прямых и обратных смещениях. В построившей энергетической зонной диаграмме названного ГП состояния на границе раздела не учитывались. В настоящей работе измерениями фотоэдс свободной поверхности контактирующих материалов и емкости ГП установлено, что при образовании указанной гетерограницы поверхностные электронные состояния не играют заметной роли. ГП GaSe-CdIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> получен методом посадки на оптический контакт, преимущества и недостатки которого обсуждены в работах [2-4].

Использование сопряжения двух естественных поверхностей (001) GaSe и (112) CdIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> позволяло преодолеть основные трудности, связанные с шероховатостью поверхности неслойной пары гетероперехода.

Для создания ГП были использованы выращенные методом Бриджмена монокристаллы p-GaSe с удельным сопротивлением 10<sup>3</sup>+10<sup>4</sup> Ом·см и концентрацией дырок 10<sup>13</sup>+10<sup>14</sup> см<sup>-3</sup> и выращенные из газовой фазы монокристаллы CdIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> с удельным сопротивлением ~1 Ом·см и концентрацией электронов 10<sup>16</sup>+10<sup>17</sup> см<sup>-3</sup> при 300К. Размеры плоскости сопряжения составляли 1x2 мм<sup>2</sup>. В качестве омического контакта использован металлический индий.

На основе исследований фотоэдс свободной поверхности монокристаллов GaSe авторами работы [5] было установлено, что концентрация поверхностных состояний в них не превышает N<sub>s</sub>~10<sup>10</sup> см<sup>-2</sup>, а поверхностный изгиб зон не превышает энергии kT.

Изгибы зон для свободной естественной поверхности CdIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> оценивались путем измерения поверхностной фотоэдс в структуре SnO<sub>2</sub>-слода-CdIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> по методике, описанной в работе [5]. Источником света служила импульсная лампа ИСП-100 (Δt ≤ 3·10<sup>-6</sup> с). На рис. 1 представлены полученные для структуры SnO<sub>2</sub>-слода-CdIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> зависимости конденсаторной фотоэдс от интенсивности возбуждающего света. Величина фотоэдс насыщения для различных образцов, как видно из рис. 1, составляет 50+80 мВ и соответствует отрицательному потенциалу на CdIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>, что указывает на наличие обедненного изгиба зон на поверхности исследованных кристаллов. Значения фотоэдс насыщения определяют величины изгиба зон на свободной поверхности CdIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> и, как следует из рисунка, они заметно не превышают величину k<sub>0</sub>T. Поэтому концентрацию поверхностных состоя-

ний можно оценить, как указано в работе [6], по выражению

$$eN_{ss} = (2e\epsilon\epsilon_0NV_0)^{1/2}$$

где N - объемная концентрация нескомпенсированных доноров, V<sub>0</sub> - значения фотоэдс насыщения. Полагая N~10<sup>17</sup> см<sup>-3</sup>, ε = 5,8 [7] и V<sub>0</sub>~70 мВ, получим N<sub>ss</sub>~2·10<sup>11</sup> см<sup>-2</sup>. Малое значение N<sub>ss</sub> позволяет пренебречь влиянием пограничных состояний на зонную диаграмму и перенос зарядов через гетерограницы.

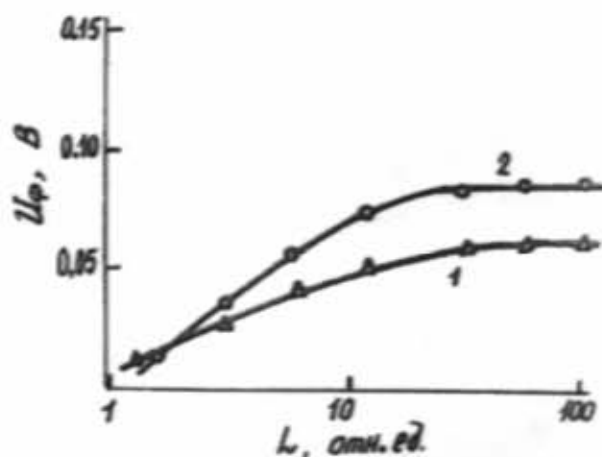


Рис. 1. Зависимость конденсаторной фотоэдс от интенсивности возбуждения в системе двух ячеек SnO<sub>2</sub>-CdIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>, T=300К.

На рис. 2 представлена ВАХ и зависимость емкости ГП GaSe-CdIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> от обратного смещения. Как видно, ВАХ изученных ГП имеет ярко выраженный диодный характер с коэффициентом выпрямления ~5·10<sup>3</sup> при U=1,5 В. Прямая ветвь ВАХ соответствует положительному потенциалу на GaSe. Токовое напряжение отсечки, определенное из начального участка ВАХ, когда инжекционные токи в GaSe несущественны [1], составляет 0,78+0,84 В для различных структур. Напряжение емкостной отсечки, найденное из рис. 2 составляет 0,8+0,9 В и удовлетворительно согласуется с вышеуказанным значением напряжения токовой отсечки. Это свидетельствует о том, что пограничные состояния не играют заметной роли в процессе токопрохождения через гетерограницы.

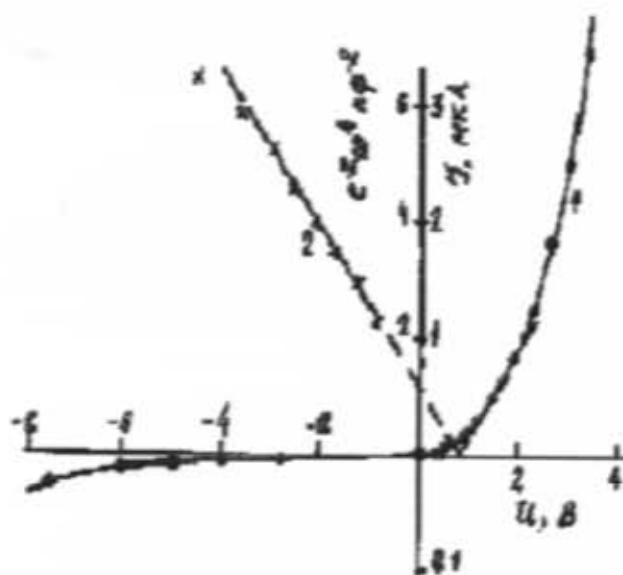


Рис. 2. Вольт-амперная характеристика (1) и зависимость от обратного смещения (2) для гетероперехода p-GaSe-n-CdIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>, T=300K.

Зависимость емкость ГП от обратного смещения в масштабах  $C^{-2} \sim U_{обр}$  как следует из рис. 2, линейная, что характерно для резких переходов. Концентрация вычисленная на основе рис.2 по наклону зависимости  $C^{-2}(U)$   $(1,4 \cdot 10^{20} \Phi^{-2} \cdot B^{-1}) \frac{d(C^{-2})}{dU} = \frac{2}{e \epsilon_0 S^2} \left( \frac{1}{\epsilon_1 N_A} + \frac{1}{\epsilon_2 N_D} \right)$  составляет  $\sim 10^{14}$  (при  $S=3 \cdot 10^{-3} \text{ см}^2$ ,  $\epsilon_1=7,6$ ), что согласуется с концентрацией акцепторов в GaSe. Поскольку в использованных нами компонентах гетеропары  $N_D \gg N_A$  можно предположить, что разность потенциалов  $V_k$  почти полностью падает на GaSe, а толщина слоя объемного заряда, оцененная по величине емкости при нулевом смещении ( $C_0 \approx 85 \text{ пФ}$ ), составляет  $2,4 \cdot 10^{-4} \text{ см}$ . Толщина слоя объемного заряда со стороны GaSe, вычисленная по формуле  $d = \sqrt{2 \epsilon \epsilon_0 V_k / e N_A}$  составляет  $2,6 \cdot 10^{-4} \text{ см}$  при использовании вышеуказанных значений  $N_D$  и  $V_k$ , и согласуется с соответствующим значением, найденным из емкостных измерений. Это еще раз свидетельствует о том, что в процессе образования гетерограницы p-GaSe-n-CdIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> пограничные состояния не играют заметной роли, и энергетическая зонная диаграмма указанного перехода характеризуется идеальной моделью Андерсона.

[1] Р.Н. Мехтиева, Н.М. Мехтиев, Х.Б. Гезалов. ФТП, 1986, т.20, в.2, с.389.  
 [2] В.Л. Бакуменко, В.Ф. Чижко. ФТП, 1977, т.11, в.10, с.2000-2002.  
 [3] А.Г. Казым-заде, Р.Н. Мехтиева, В.И. Тагиров. Материалы III Всесоюзной конференции по физическим процессам в полупроводниковых гетероструктурах. Одесса, 1982, с.8-9.

[4] А.Г. Казым-заде, Д.Х. Джафаров, В.И. Тагиров. ФТП, 1979, т.13, №10, с.1990-1993.  
 [5] В.И. Тагиров, А.Г. Казым-заде, М.М. Панахов, А.О. Гулиев, В.М. Салманов. Изв. Вузов СССР, Физика, 1981, № 2, с.374-377  
 [6] А. Мильнс, Д. Фойст. "Гетеропереходы и переходы металл-полупроводник" М. Мир, 1975, 432с.  
 [7] Т.Г. Керимова, Ф.Р. Аджапов, Р.Х. Нани. Известия АН Азерб. ССР, сер. ФТМН, 1980, № 3, с.68-70.

R.N. Mehdiyeva, A.Q. Kazım-zade, N.M. Mehdiyeva, M.K. Kerimov

### GaSe-CdIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> HETEROKEÇİDİNİN AYRILMA SƏRHƏDDİ HAQQINDA

İşdə GaSe-CdIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> sistemində, heterokeçidin tutumu və kontakta götürülən materialların sərbəst səthində foto e.h.g.-nin ölçülməsi ilə göstərilmişdir ki, bu heterokeçidin yaranmasında səthi elektron səviyyələri əsas rol oynamır. Heterokeçid optik kontakta düşmə üsulu ilə hazırlanmışdır ki, bu üsuhun da çatışmazlıqları və üstünlükləri [2-4] verilmişdir.

R.N.Mekhtieva, A.G. Kazım-zade, N.M. Mekhtiev, M.K. Kerimov

### ON THE BOUNDARY OF THE HETEROJUNCTIONS OF GaSe-CdIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub>

The given paper concerns the measurements of the photo-e.m.f. of the contacting materials free surface and volume capacity of HJ, and it's shown that during formation of the mentioned hetero-boundary the surface electron states don't play any important role.

Heterojunctions in the system GaSe-CdIn<sub>2</sub>Se<sub>4</sub> are obtained by the method of fitting on optical contact, the preferences and lacks of which have been discussed in papers [2-4].

Дата поступления: 14.01.97

Редактор: Р.Б. Шафизаде