

06.1; 06.2

© 1991

## ВОЛЬТ-ФАРАДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИОДНЫХ СТРУКТУР С ИНВЕРСИОННЫМ СЛОЕМ НА ГЕТЕРОГРАНИЦЕ

В.Н. Катеринчук, М.З. Ковалюк

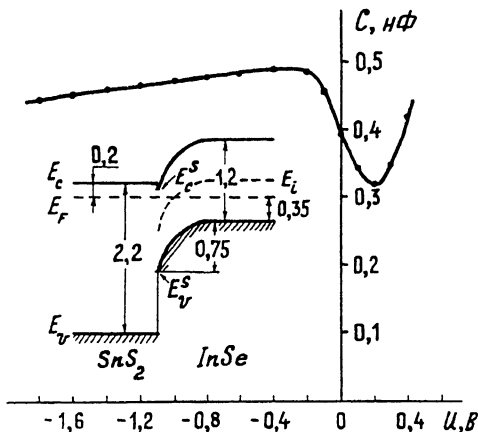
Возможность образования  $p-n$ -перехода в полупроводнике за счет значительного возрастания концентрации неосновных носителей у его поверхности на контакте металл-полупроводник теоретически рассмотрена в работе [1]. Аналогичная ситуация возникновения гомогенного запирающего слоя вследствие инверсии проводимости пограничной области полупроводника может возникнуть и в случае формирования гетероперехода. Представляет интерес изучение свойств таких диодов, экспериментальные работы о которых в литературе отсутствуют.

В настоящей работе приведены результаты исследования емкости подобных диодов на примере гетероструктуры  $n-SnS_2-p-InSe$  и обнаружено у них отличное от обычного поведение ВФХ при малых смещениях, проявляющееся в наличии убывающего участка на  $C-U$ -зависимости.

Диоды готовились методом оптического контакта [2] слоистых соединений  $SnS_2$  и  $InSe$ , выращенных соответственно из газовой фазы и расплава. Концентрация основных носителей дисульфида олова  $n$ -типа проводимости составляла  $\sim 10^{15} \text{ см}^{-3}$ , а селенида индия  $p$ -типа -  $\sim 10^{13} \text{ см}^{-3}$ . Дырочная проводимость последнего обеспечивалась легированием материала примесью кадмия. Измерение емкости образцов осуществлялось с помощью небольшого переменного напряжения, величина которого не превышала  $kT/q$  и относительной погрешностью  $< 1\%$ .

На рисунке приведена ВФХ гетероперехода  $n-SnS_2-p-InSe$ , измеренная на частоте 20 кГц. Хорошо видно, что при смене полярности напряжения на структуре наблюдается участок характеристики с  $dC/dU < 0$ , за пределами которого изменение емкости с напряжением носит обычный характер. Отмеченная особенность  $C-U$ -характеристик многократно воспроизводится, повторяется для различных образцов и не зависит от изменения частоты измерений, которая варьировалась в пределах 1-20 кГц.

Качественное объяснение полученной закономерности ВФХ можно сделать, рассмотрев диаграмму энергетических зон исследуемого гетероперехода. Она показана на вставке к рисунку в условиях равновесия. При ее построении использовались значения диффузионного потенциала ( $\sim 0.75 \text{ В}$ ), определенного по методике [3] из  $C^{-2}-U$ -зависимостей данной структуры, и глубин залегания



Вольт-фарадная характеристика гетероперехода  $n - SnS_2 - p - InSe$  и его зонная диаграмма в равновесии (все параметры выражены в эВ).

уровней Ферми, вычисленные для рассматриваемых невырожденных полупроводников по известным формулам [1], а также величины запрещенных зон при комнатной температуре  $InSe$  ( $E_g = 1.2$  эВ [4]) и  $SnS_2$  ( $E_g = 2.2$  эВ [4]).

Из представленной диаграммы гетероперехода видно, что уже в равновесных условиях, вследствие большого поверхностного изгиба зон в  $p - InSe$ , на гетерогранице возникает инверсионный слой электронной проводимости. При прямом смещении структуры расстояние между уровнями энергии  $E_c^S$  и  $E_F$  увеличивается, а при обратном смещении, наоборот, уменьшается. Это приводит к тому, что в первом случае пограничный инверсионный слой  $p - InSe$  обедняется электронами и  $p - n$ -переход расширяется до гетерограницы, а во втором - обогащается и запирающий слой сужается. Уширение и сужение  $p - n$ -перехода отражается на ВФХ в виде резкого изменения емкости, при котором  $dC/dU < 0$ . Дальнейшее возрастание модуля напряжения не меняет существенно характер  $C - U$ -зависимости, свойственный диодам.

Таким образом, полученные в работе диоды с инверсионным слоем в пограничной области, обнаруживают резкое отклонение ВФХ от нормального ее хода, что качественно можно объяснить на основе рассмотрения энергетической схемы зон гетероперехода. Следует отметить также, что используя слоистые полупроводники относительно просто удается реализовывать многообразие профилей энергетических диаграмм гетеропереходов, которые могут обладать новыми свойствами, что подтверждается на примере результатов данной работы.

- [1] П и к у с Г.Е. Основы теории полупроводниковых приборов. М.: Наука, 1965. 448 с.
- [2] Б а к у м е н к о В.Л., Ч и ш к о В.Ф. // ФТП. 1977. Т. 11. № 10. С. 2000-2002.
- [3] G o o d m a n А.М. // J. Appl. Phys. 1963. V. 34. N 2. P. 329-338.
- [4] L a n d o l t - B ö r n s t e i n. Numerical Data and Functional Relationships in Science and Technology. V. 17, sv. f / Ed. by O. Madelung. - Berlin e.a.: Springer, 1983. 562 p.

Поступило в Редакцию  
21 июля 1991 г.