

Фотоэлектрические свойства сэндвич-структуры из пленок, синтезированных в резко неравновесных условиях

© А.П. Беляев[¶], В.П. Рубец, Х.А. Тошходжаев

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)
196013 Санкт-Петербург, Россия

(Получена 24 декабря 2008 г. Принята к печати 30 декабря 2008 г.)

Сообщается о результатах экспериментальных исследований фотоэлектрических свойств сэндвич-структуры $\text{ZnSe}/\text{CdTe}/(\text{ZnTe})_{1-x}(\text{In}_2\text{Te}_3)_x$, синтезированной в резко неравновесных условиях путем конденсации пара на подложку, охлажденную жидким азотом. Приводятся темновые вольт-амперные характеристики и зависимости темнового и светового тока от режима синтеза, времени отжига и состава слоя твердого раствора. Проводится сопоставление свойств со свойствами структур, синтезированных в квазиравновесных условиях.

PACS: 68.55.Jk, 73.40.Lq, 73.50.Pz, 81.15.Gh, 81.40.Ef

Фотоэлектрические свойства во многом определяют перспективы практического применения полупроводниковой системы и потому вызывают особый интерес исследователей. Именно они позволили найти широкое применение сэндвич-структурам $\text{ZnSe}/\text{CdTe}/(\text{ZnTe})_{1-x}(\text{In}_2\text{Te}_3)_x$ в телевизионной передающей технике и благодаря им была инициирована серия научных работ по исследованию таких структур [1–3]. Однако фотоэлектрические свойства в значительной мере связаны с условиями синтеза, а работ, посвященных фотоэлектрическим свойствам сэндвич-структуры $\text{ZnSe}/\text{CdTe}/(\text{ZnTe})_{1-x}(\text{In}_2\text{Te}_3)_x$, выращенной в резко неравновесных условиях, в научной литературе нам обнаружить не удалось. Вместе с тем известно, что механизмы формирования межфазной границы системы в резко неравновесных условиях и ее электрические свойства имеют свои особенности [4]. В связи с этим далее представлены результаты сравнительных исследований фотоэлектрических свойств сэндвич-структур $\text{ZnSe}/\text{CdTe}/(\text{ZnTe})_{1-x}(\text{In}_2\text{Te}_3)_x$, выращенных в равновесных и резко неравновесных условиях. Рассматривается влияние на эти свойства некоторых технологических параметров.

Структуры получали последовательным термическим напылением слоев ZnSe , CdTe и $(\text{ZnTe})_{1-x}(\text{In}_2\text{Te}_3)_x$ на стеклянную нагретую (равновесные условия, РУ) или охлажденную (резко неравновесные условия, РНУ) подложку с прозрачным электродом из In_2O_3 . Температура подложки T_s подбиралась таким образом, чтобы обеспечить наиболее высокое кристаллическое совершенство формирующихся слоев. Типичные электронограммы (дифракционные картины) слоев, синтезированных в РНУ, представлены на рис. 1. Электронограммы слоев, синтезированных в РУ, имели аналогичный вид. Слои бинарных соединений, выращенные в РНУ, отличались от аналогичных слоев, синтезированных в РУ, более высокой стехиометричностью состава [5]. Толщины слоев составляли ~ 0.1 , ~ 1.2 , ~ 1.8 мкм соответственно. Перед измерениями образцы отжигали в вакууме при

остаточном давлении 10^{-3} Па, при температуре 823 К, и на них наносился слой сульфида сурьмы, который в электрических измерениях блокировал инжекцию. Измерения проводились по методике [6]. Освещенность образцов осуществлялась со стороны прозрачного электрода и составляла 0.5 лк.

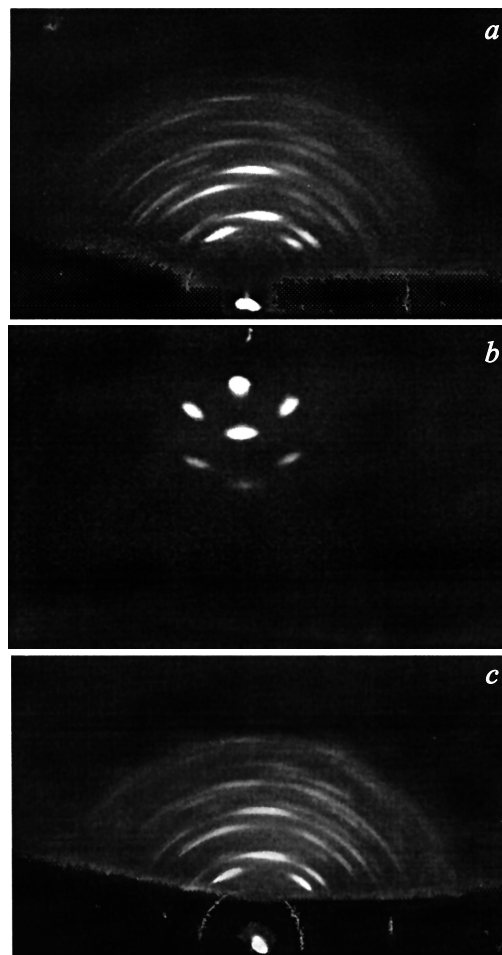


Рис. 1. Типичные электронограммы слоев ZnSe (а), CdTe (б) и $(\text{ZnTe})_{1-x}(\text{In}_2\text{Te}_3)_{1-x}(\text{In}_2\text{Te}_3)_x$ (с).

[¶] E-mail: Belyaev@lti-gti.ru, Belyaev@tu.spb.ru, Belyaev@spcra.ru

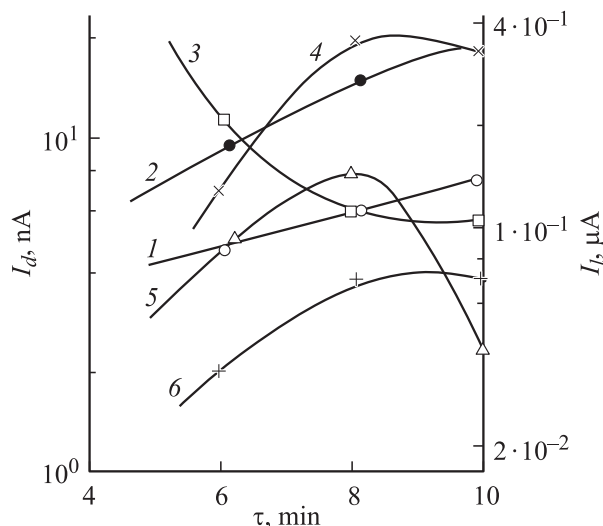


Рис. 2. Зависимости темного тока I_d (1, 2, 6) и фототока I_l (3–5) сэндвич-структур $\text{ZnSe}/\text{CdTe}/(\text{ZnTe})_{1-x}(\text{In}_2\text{Te}_3)_{1-x}$, синтезированных на нагретой (1–3, 5) и охлажденной (4, 6) подложках, от времени отжига τ . $x = 0.005$ (2, 3) и $x = 0.01$ (1, 4–6).

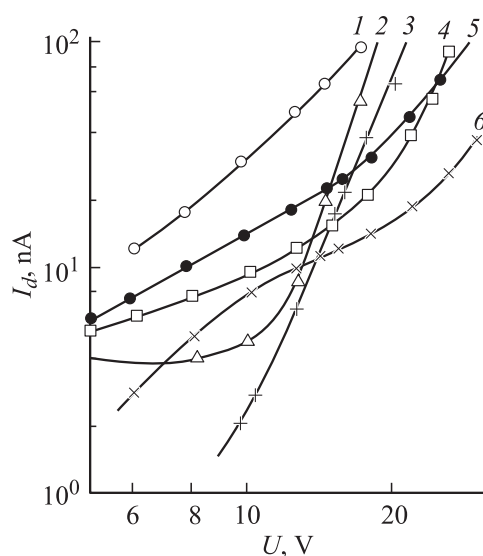


Рис. 3. Темновые ВАХ сэндвич-структур $\text{ZnSe}/\text{CdTe}/(\text{ZnTe})_{1-x}(\text{In}_2\text{Te}_3)_{1-x}$, синтезированных на нагретой (1, 4–6) и охлажденной (2, 3) подложках. $x = 0.005$ (1, 5) и $x = 0.01$ (2–4, 6). Время отжига $\tau = 10$ (1, 2, 4) и 6 мин (3, 5, 6).

Исследовали световые и темновые вольт-амперные характеристики (ВАХ) в зависимости от состава слоя твердого раствора, от режима нанесения слоев и от времени отжига τ .

Состав слоя твердого раствора $(\text{ZnTe})_{1-x}(\text{In}_2\text{Te}_3)_x$ изменяли в пределах, соответствующих $x = 0.005–0.01$, время отжига варьировали от 5 до 10 мин, режимы нанесения соответствовали РУ ($T_s = 473$ К) и РНУ

($T_s = 200–220$ К в зависимости от типа наносимого слоя).

Световые ВАХ имели вид, типичный для структуры с контактами, блокирующими инжекцию, т. е. содержали два участка — низковольтный, где имела место линейная зависимость тока от внешнего напряжения, и высоковольтный, где ток достигал насыщения I_l и его величина не зависела от напряжения. Характер изменения I_l от технологических режимов приготовления структур показан на рис. 2. На этом же рисунке приводятся аналогичные зависимости для темного тока I_d . Темновые ВАХ $I_d(U)$ приведены на рис. 3.

Из представленных результатов можно видеть, что состав твердого раствора $(\text{ZnTe})_{1-x}(\text{In}_2\text{Te}_3)_x$, режим получения и время отжига структур сложным образом влияют как на ВАХ, так и на величину фотосигнала. Причины такого влияния, можно полагать, связаны со сложным механизмом модификации примесей в кристаллической решетке. Наиболее высокие фотоэлектрические параметры нам удалось получить со слоем твердого раствора $(\text{ZnTe})_{0.99}(\text{In}_2\text{Te}_3)_{0.01}$ при синтезе структуры в РНУ. Мы связываем этот факт с более высокой степенью стехиометричности слоев, получающихся в РНУ [5], косвенным подтверждением чего является тот факт, что близких результатов можно было добиться, если для синтеза использовались порошки, полученные размалыванием кусочков монокристаллов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 07-03-00366).

Список литературы

- [1] Т. Ichibase, G. Yamamoto, F. Sakamoto. National Technical Rep., **31**, 61 (1985).
- [2] Н.Н. Берченко, В.Е. Кревс, В.Г. Средин. *Полупроводниковые твердые растворы и их применение* (М., Воснзидат, 1982).
- [3] А.П. Беляев, В.П. Рубец, Х.А. Тошходжаев, И.П. Калинин. ФТП, **27**, 527 (1993).
- [4] А.П. Беляев, В.П. Рубец, В.В. Антипов, Х.А. Тошходжаев. ФТП, **42**, 519 (2008).
- [5] А.П. Беляев, В.П. Рубец, М.Ю. Нуждин, И.П. Калинин. ФТП, **37**, 641 (2003).
- [6] А.П. Беляев, М.Д. Воронцов, В.П. Рубец, Х.А. Тошходжаев, И.П. Калинин. Завод. лаб., **58**, 42 (1992).

Редактор Л.В. Шаронова

Photoelectric properties of sandwich structure of films synthesized in violently non-equilibrium conditions

A.P. Belyaev, V.P. Rubets, Kh.A. Toshkhodzhaev

Saint Petersburg State Technological Institute
(Technical University)
196013 St. Petersburg, Russia

Abstract The results of experimental studies of photoelectric properties of sandwich structure $\text{ZnSe/CdTe}/(\text{ZnTe})_{1-x}(\text{In}_2\text{Te}_3)_x$, synthesized in violently non-equilibrium conditions by means of condensation of vapor on the substrate cooled by liquid nitrogen are presented. Presented are dark current–voltage characteristics and relationships of dark and light currents on synthesis conditions, annealing time and solid solution composition. Properties of the structures synthesized in quasi-equilibrium and non-equilibrium conditions are compared.