

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛЬТАМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА nCdS/pCdTe С ТОНКИМ ПЕРЕХОДНЫМ i- СЛОЕМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

Ш.Б.Утамурадова,

Научно-исследовательского института физики полупроводников и микроэлектроники
при

С .А.Музафарова

Национальном университете Узбекистана имени Мирзо Улугбека, г.Ташкент,
Узбекистан.

E-mail: samusu@rambler.ru

Аннотация.

В работе исследованы вольтамперные характеристики тонкопленочного солнечного элемента CdS / CdTe с переходным i- слоем интерфейса из твердого раствора CdTe_{1-x}S_x в зависимости от температуры. Изучены такие параметры устройства, как толщина, запрещенная зона, плотность внутренних состояний, плотность состояний, подвижность электронов и дырок, плотность ловушек, функция работы металла, температура, которые могут влиять на эффективность CdS /CdTe солнечного элемента.

Ключевые слова:

сульфид кадмия, теллурид кадмия, интерфейс, тонкопленочные солнечные элементы, твердый раствор, нанослой, толщина, запрещенная зона.

Annotation.

In this work, the current-voltage characteristics of a thin-film CdS / CdTe solar cell with a transition i-layer of the interface from a solid solution CdTe_{1-x}S_x were investigated depending on the temperature. trap density, metal function, temperature, which can affect the efficiency of a CdS / CdTe solar cell.

Key words:

cadmium sulfide, cadmium telluride, interface, thin-film solar cells, solid solution, nanolayer, thickness, band gap.

Несмотря на несоответствие решетки в 10% между CdTe и CdS, сформированный гетеропереход обладает превосходными электрическими характеристиками, что приводит к высокому коэффициенту заполнения 0,77 В произведенных солнечных элементах [1,2]. СЭ с базовым слоем теллурида кадмия имеет самый высокий теоретический коэффициент полезного действия – 29% [3]. Максимальная экспериментальная эффективность 16.5% зафиксирована для СЭ на основе гетеросистем CdS/CdTe [3]. Эффективность СЭ на основе n-CdS/p-CdTe во многом определяется совершенством состава, структуры, геометрическими размерами и фазами твердого раствора (ТР) CdTe_{1-x}S_x, который формируется на границе раздела гетероструктуры [4]. Для достижения лучшей эффективности СЭ твердый раствор должен обладать непрерывным составом на толщине d « 1 мкм и изменяться от CdS до CdTe. Использование высокотемпературной технологии при формировании n-CdS/p-CdTe – гетероструктуры приводит к увеличению содержания неконтролируемых примесей по

всей структуре, в том числе в ТР. Поэтому актуальной задачей является получения n-CdS/p-CdTe – гетероструктуры с малой концентрацией неконтролируемых примесей и малыми толщинами переходного i-слоя. Для проведения исследований были изготовлены n-CdS/p-CdTe – гетероструктуры по технологии, описанной в работе [4]. Верхний контакт, со стороны которого осуществляется освещение, был изготовлен из индия, напыленного в вакууме $\sim 10^{-5}$ Торр в П образной конфигурации. Тыльный контакт изготовлялся из молибдена. Базовым материалом для гетероструктуры служили пленки p-CdTe, удельное сопротивление которых равно $\rho \approx 10^3 - 10^4$ Ом·см, а толщина составляла ≈ 70 мкм. Пленки состоят из блоков микрокристаллов со столбчатой структурой зерен, ориентированных по направлению роста и разориентированных по азимуту. Размеры зерен находятся в пределах от 100 до 150 мкм, так что зерна охватывают все толщину пленки. Исследование вольтамперных характеристики (ВАХ) гетероструктуры проводилось в температурном диапазоне 273-433К. Как и все другие полупроводниковые приборы, солнечные элементы чувствительны к температуре. Повышение температуры уменьшает ширину запрещенной зоны полупроводника, тем самым влияя на большинство параметров материала полупроводника. Уменьшение ширины запрещенной зоны полупроводника с ростом температуры можно рассматривать как увеличение энергии электронов в материале. Поэтому для разрыва связи необходима более низкая энергия. В солнечном элементе параметром, на который больше всего влияет повышение температуры, является напряжение холостого хода. Исследование поведения солнечных элементов с температурой (Т) важно, так как в наземных применениях они обычно подвергаются воздействию температур в диапазоне от 15 °С (288 К) до 50 °С (323 К). Повышение температуры уменьшает ширину запрещенной зоны полупроводника, тем самым влияя на большинство параметров материала полупроводника. Уменьшение ширины запрещенной зоны полупроводника с ростом температуры можно рассматривать как увеличение энергии электронов в материале. Поэтому для разрыва связи необходима более низкая энергия. Поэтому повышение температуры уменьшает ширину запрещенной зоны. Начальный участок ВАХ (до 0,5 В) солнечного элемента CdS /CdTe хорошо аппроксимируется известной теорией В. И. Стафеева [5]. Твердый раствор i-CdTe_{1-x}S_x формирующийся между pCdTe и nCdS слоями, является высокоомным [3,8,9] и он, в основном, определяет электронные процессы в структуре в целом, в том числе и механизм переноса тока. Зависимость (1) характерна для так называемого «длинного» p-n структурного диода, т.е. когда $d/L_p > 1$, где d – длина базы, $L_p = \sqrt{D_p \tau_p}$ – диффузионная длина неосновных носителей.

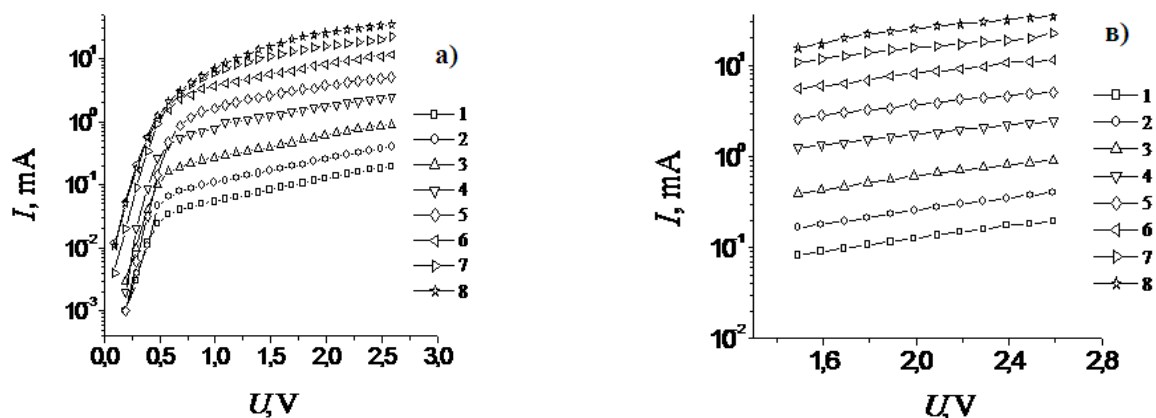


Рис.3. Вольтамперные

характеристики nCdS/pCdTe гетероструктуры в прямом направлении при различных температурах (а) и их сублинейные участки (в). Обозначения ВАХ соответствуют следующим температурам: Т, К: 1 – 293, 2 – 313, 3 – 333, 4 – 353, 5 – 373, 6 – 393, 7 – 413, 8 – 433.

Результаты исследования показывают, что значение $\mu_p \tau_p$ nCdS/pCdTe гетероструктуры с повышением температуры увеличивается. Например, значение $\mu_p \tau_p \approx 1.43 \cdot 10^{-7}$ см²/В при Т = 293 К, а при Т = 353 К – $\mu_p \tau_p \approx 3.9 \cdot 10^{-7}$ см²/В. Наличие в зависимости n(T) постоянных участков говорит о

неоднородности ТР $\text{CdTe}_{1-x}\text{S}_x$ не только по проводимости, но и по составу. Исследованием температурной зависимости сублинейного участка ВАХ показывает, что глубокие уровни в ТР $\text{CdTe}_{1-x}\text{S}_x$ распределены непрерывно и их концентрация возрастает с приближением к середине запрещенной зоны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Alam, A. Ojo, J. Jasinski, I.M. Dharmadasa, Magnesium incorporation in n-CdTe to produce wide bandgap p-Type CdTe: Mg window layers. ChemEngineering 2(4), 59 (2018)
2. A.E. Alam, W.M. Cranton, I.M. Dharmadasa, Electrodeposition of CdS thin-films from cadmium acetate and ammonium thiosulphate precursors. J. Mater. Sci. Mater. Electron. 30(5), 4580–4589 (2019)
3. K.Durose, P.R. Edwards, D.P. Holliday. J. Cryst. Growth, 197, 733 (1999).
4. С.А. Музафарова, Ш.А. Мирсагатов, Ж. Жанабергенов. ФТТ, Т.49, вып. 6, 1111 (2007).
5. В.И. Стафеев. ЖТФ, 28(9), 1631 (1958).