

УДК.621.315.592

## ПЛЕНКИ $Zn_xCd_{1-x}S$ , ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ СПРЕЙ-ПИРОЛИЗА, ДЛЯ ОКОН ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ФОТОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Ю.С. Ерёменко, М.Г. Демиденко, А.С. Опанасюк, А.О. Салогуб, Д.И. Курбатов  
Сумский государственный университет, ул. Римского-Корсакова 2, г. Сумы, 40007, Украина  
*e-mail: yurieremenko1991@gmail.com*

Сегодня в сфере солнечной энергетики происходит активный поиск новых материалов для производства солнечных преобразователей третьего поколения. При этом большой интерес представляет изготовление солнечных элементов (СЭ) на основе гетеропереходов (ГП). Сложностью создания таких СЭ является выбор полупроводниковых слоев имеющих одновременно большую разницу ширины запрещенной зоны и хорошо согласованные кристаллические решетки. Ряд материалов оконных слоев, таких как ZnS, CdS, ZnSe и другие, могут быть использованы в комбинации с поглощающими слоями CdTe [1]. Наиболее изученным среди них является CdS, поэтому весьма широкое распространение получили СЭ на основе ГП n-CdS/p-CdTe. В последнее время рассматривают возможность замены традиционного оконного слоя таких фотопреобразователей на твердый раствор  $Zn_xCd_{1-x}S$ , использование которого позволяет увеличить ширину запрещенной данного слоя (от 2,42 eВ у CdS до 3,68 eВ у ZnS) и соответственно напряжение холостого хода фотопреобразователей, а также уменьшить количество рекомбинационных центров на границе раздела материалов благодаря лучшему согласованию их параметров решетки. В связи с этим  $Zn_xCd_{1-x}S$  имеют хорошие перспективы использования в качестве оконного слоя СЭ [2].

Тонкие пленки твердого раствора  $Zn_xCd_{1-x}S$  в настоящее время наносят с помощью следующих методов: вакуумное испарение, химическое осаждение из раствора, спрей-пиролиз и другие. Метод пульсирующего спрей-пиролиза является достаточно простым, относительно дешевым методом, позволяющим без использования вакуума наносить наноструктурированные химически чистые пленки с управляемым составом и заданной площадью на подложках из разных материалов. Свойства тонких слоев, полученных спрей-пиролизом, главным образом зависят от выбора прекурсоров и физико-технологических параметров нанесения. В частности, существенное влияние на свойства таких пленок оказывает температура подложки. Поэтому целью данной работы являлось исследование влияния температуры подложки на спектры отражения, пропускания и другие оптические характеристики пленок  $Zn_xCd_{1-x}S$ , полученных спрей-пиролизом, для их оптимизации, а также оценка перспектив использования таких пленок в качестве оконного слоя СЭ.

Для получения слоев  $Zn_xCd_{1-x}S$  была использована лабораторная установка, описанная в [3]. В качестве прекурсора был взят раствор, содержащий 0,125 М тетрагидрата нитрата кадмия, 0,125 М хлорида цинка и 0,125 М тиомочевины, которые служили источниками Cd, Zn и S соответственно. Нанесение пленок проводилось на стеклянные подложки размером 25×25×1 мм предварительно очищенные с помощью изопропанола. Температура подложки варьировалась в диапазоне 523-773 К с шагом  $\Delta T = 50$  К. Расстояние между соплом и поверхностью подложки составляло 25 см. Перенос диспергированных частиц прекурсора производился с использованием потока воздуха под давлением 0,2 МПа. Скорость нанесения пленок составляла 2 мл/мин при объеме распыленного раствора на один образец 10 мл.

Оптические исследования тонких слоев проводились на спектрофотометре Shimadzu SolidSpec 3700 в диапазоне длин волн:  $\lambda = (300-800)$  нм с шагом 0,5 нм при режиме сканирования «medium speed». Измерения проводились с учетом спектральных характеристик подложки (сначала проводилось снятие базового спектра пропускания чистого стекла, который затем автоматически вычитался от спектра образцов), что обеспечивало максимальную точность определения оптических параметров пленки.

Спектральные зависимости коэффициентов пропускания и отражения для образцов полученных в интервале температуры подложки  $T_s = (523-773)$  К приведены на рис. 1.

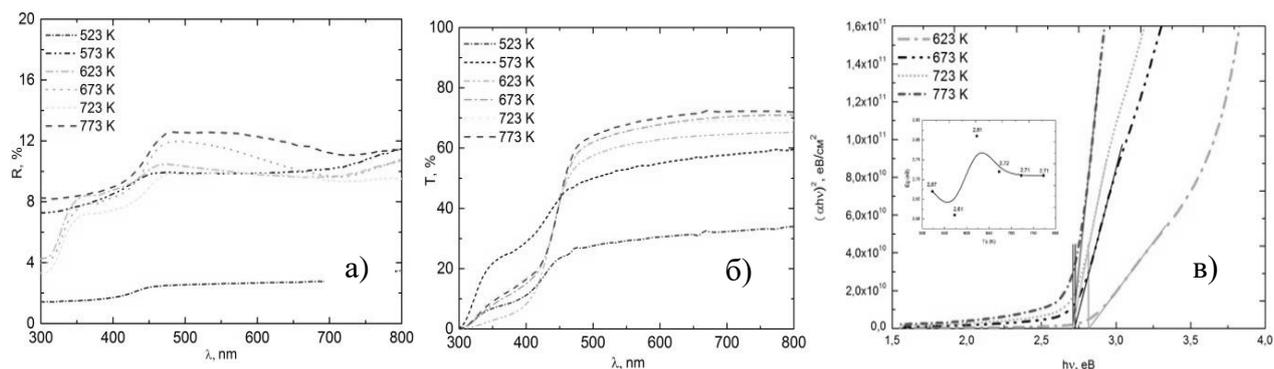


Рис. 1. Спектры отражения (а), пропускания (б) и  $(\alpha h \nu)^2 - h\nu$  зависимости (в) для пленок  $Zn_xCd_{1-x}S$ , полученных при температурах подложки  $T_s = (523-773)$  К

Как видно из представленных рисунков, полученные пленки твердого раствора  $Zn_xCd_{1-x}S$  имеют достаточно низкие показатели коэффициента отражения от поверхности (в пределах 1,5 – 12,5%). При этом отмечается рост значения  $R$  при увеличении длины волны  $\lambda$ . Также легко заметить, что коэффициент пропускания данных пленок достигает значения порядка 70%. При этом для конденсатов, полученных при более высоких температурах подложек, характерны более высокие значения коэффициентов отражения и пропускания. Так как здесь представлены результаты измерений полученные при освещении образцов со стороны пленки твердого раствора, то скорее всего такие показатели связаны с влиянием структурного качества пленок и ярко выраженным рельефом их поверхности. На зависимостях  $R(\lambda)$  и  $T(\lambda)$  наблюдаются максимумы и минимумы интенсивности, связанные с интерференцией света в тонких слоях. Наличие интерференционных пиков свидетельствуют об однородности исследованных пленок по площади.

Также были построены зависимости  $(\alpha h \nu)^2 - h\nu$  (рис. 1, в) из которых была определена ширина запрещенной зоны материала, она составляла (2,61-2,81) еВ. Эти значения хорошо согласуются с литературными данными.

В результате исследований было установлено, что благодаря высоким значениям коэффициентов пропускания и достаточно низким значениям коэффициента отражения света от поверхности в широком диапазоне длин волн, полученные пленки  $Zn_xCd_{1-x}S$  имеют хорошие перспективы применения в сфере гелиоэнергетики в качестве оконных слоев СЕ с поглощающий слоем CdTe.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kurbatov D. I. Structural and electrical properties of ZnS/CdTe and ZnTe/CdTe heterostructures / D. I. Kurbatov, V. V. Kosyak, M. M. Kolesnyk[et al.] // *Materials Chemistry and Physics*. — 2013. — V. 138, №2-3. — P. 731–736.
2. Kartopu G. Effect of window layer composition in  $Cd_{1-x}Zn_xS/CdTe$  solar cells / G. Kartopu, A. J. Clayton, W. S. M. Brooks[et al.] // *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*. — 2012. — V. 20, №1. — P. 6–11.
3. Dobrozhan O., Opanasyuk A., Kolesnyk M., Demydenko M., Cheong H. Substructural investigations, Raman and FTIR spectroscopies of nanocrystalline ZnO films deposited by pulsed spray pyrolysis // *Phys. Status Solidi A* – 2015. – V. 1-7. – P. 2915–2921

Пленки  $Zn_xCd_{1-x}S$ , полученные методом спрей-пиролиза, для окон тонкопленочных фотопреобразователей [Текст] / Ю.С. Ерёмченко, М.Г. Демиденко, А.С. Опанасюк, А.О. Салогуб, Д.И. Курбатов // Материалы IV Международной научно-практической конференции "Полупроводниковые материалы, информационные технологии и фотовольтаика" (НМИТФ - 2016), г. Кременуг, 26-28 мая. - Кременчуг, 2016. - С. 79-80.