

## **2 СЕКЦИЯ: ЖАРАТЫЛЫСТАНУ-ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАРДЫҢ ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ СЕКЦИЯ 2: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЕСТЕСТВЕННО- ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК SECTION 2: ACTUAL PROBLEMS OF NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES**

УДК 535.3

### **СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОКСИДА ЦИНКА В ИНВЕРТИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ**

Абишева А.К., Хажиева Т.Б., Зейниденов А.К.

Карагандинский университет им. Е.А. Букетова, Центр Нанотехнологий  
и функциональных наноматериалов, г.Караганда, Казахстан

Email: a7jan@mail.ru

На сегодняшний день эффективность преобразования энергии (КПЭ) полимерных солнечных элементов достигает 17-18% [1, 2]. Данное исследование сосредоточено на изучении электронно-транспортного слоя, в нашем случае – оксида цинка (ZnO), в инвертированных полимерных солнечных элементах (ИПСЭ). ZnO представляет собой соединение полупроводника n-типа с гексагональной структурой вюрцита и является перспективным материалом для оптоэлектроники, фотовольтаики, датчиков, хранения данных, биохимических сенсоров и твердотельных источников освещения [3].

В настоящее время существуют много физических и химических методов выращивания тонких пленок ZnO, такие как пиролиз, химическое осаждение, импульсное лазерное осаждение, напыление и золь-гель метод. Среди различных доступных техник, золь-гель метод имеет ряд преимуществ: нанесение покрытия на большие площади, возможность контролирования уровня легирования, концентрации раствора и однородности без использования дорогого и сложного оборудования по сравнению с другими методами [4-5]. На кристалличность пленок влияет множество факторов: химический состав раствора, условия термообработки, толщина и т.д. Оптические и электрические свойства тесно связаны с размером и ориентацией кристаллитов, на которые влияет термообработка пленки. Известно, что температурная обработка оказывает значительное влияние на различные свойства пленки, в особенности на фотолюминесценцию.

В связи с вышеуказанным, в данной работе исследовано влияние предварительного отжига на оптические и вольтамперные характеристики пленок ZnO, полученные золь-гель методом. Раствор был получен из дигидрата ацетата цинка  $[Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O]$ , изопропилового спирта ( $C_3H_8O$ ) и моноэтаноламина ( $C_2H_7NO$ ) (MEA). Полученные пленки ZnO предварительно отжигали при  $t=100-300$  °C в течение 10 минут. Далее для получения поликристаллической пленки ZnO проводился окончательный отжиг при  $t=450$  °C в течение 30 минут.

Регистрация спектров поглощения и пропускания исследуемых образцов производилась на спектрометре AvaSpec-ULS2048CL-EVO производства компании Avantes, который регистрирует спектры в диапазоне 200-1100 нм и имеет оптическое разрешение от 0,4 нм. Измерения вольт-амперных характеристик (ВАХ) органического фоточувствительного элемента проводились с помощью потенциостата-гальваностата P20X в режиме линейной развертки при интенсивности освещения 100 мВт / см<sup>2</sup>. Значения напряжения холостого хода Uoc, тока короткого замыкания Isc и коэффициента заполнения FF определяли по методике [6].

Как показал эксперимент, при предварительном отжиге существенно изменяется топография поверхности пленок ZnO. Тем самым изменение в морфологии и шероховатости

поверхности также повлияли на оптические и электрофизические свойства слоя ZnO, такие как светопропускание и поглощение, напряжения холостого хода  $U_{oc}$ , тока короткого замыкания  $I_{sc}$ , которые являются ключевыми факторами использования материала при производстве солнечных элементов. Все полученные образцы являются однородными, прозрачными с пропусканием 80-90%. Спектры поглощения (а) слоев ZnO, осажденных при разных температурах отжига на стеклянные подложки, показаны на рисунке 1.

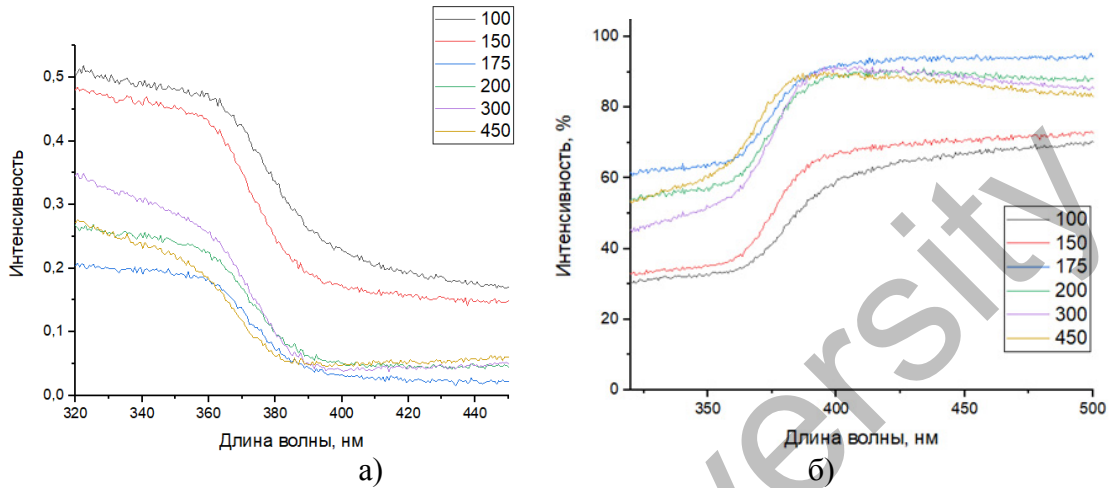


Рисунок 1. Спектры поглощения и пропускания

Из полученных данных видно, что максимальное поглощение происходит при 360 нм и остается значительным во всем УФ-диапазоне и экспоненциально затухает на большей длине волн для образцов, отожженного при высоких температурах. Установлено, что с увеличением температуры предварительного отжига интенсивность поглощения пленок ZnO уменьшается. Структуры с высокой шероховатостью вызвали явление дифракции света и внутреннего отражения, что привело к улавливанию света и снижению эффективности передачи примерно до 50-60%, что на 30-40% меньше, чем наблюдаемое для слоев ZnO при высоких температурах.

Влияние слоев ZnO с различной морфологией поверхности на электрофизические свойства устройства показано на рисунке 2, а основные характеристики приведены в таблице 1.

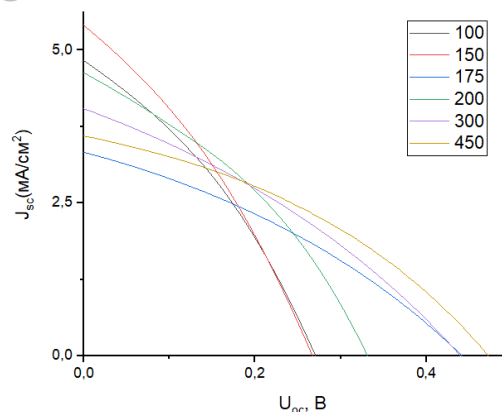


Рисунок 2. Характеристики плотности тока и напряжения

Таблица 2. Электрофизические свойства пленок, полученных при различных температурах отжига

Образец (°C)	$U_{oc}$ , (mV)	$J_{sc}$ , (mA/cm <sup>2</sup> )	FF, (%)	PCE, %
100	260	4,76	30	0,442
150	270	5,45	30	0,456

175	450	3,35	33	0,496
200	330	4,64	35	0,541
300	440	4,08	32	0,577
450	480	3,59	37	0,638

Как видно из графика на рисунке 2 и данных таблицы,  $J_{sc}$  устройства на основе морщинистой пленки приблизилось к  $5,45 \text{ mA} / \text{cm}^2$  при напряжении холостого хода ( $V_{oc}$ )  $0,27 \text{ В}$ . Однако на гладких пленках было получено более низкое  $J_{sc}$  ( $3,59 \text{ mA} / \text{cm}^2$ ), но более высокие значения  $FF$  ( $37\%$ ),  $PCE$  ( $0,64\%$ ) по сравнению с устройством на основе  $ZnO$ , сформированного при  $150 \text{ }^\circ\text{C}$ . Это низкое значение, вероятно, связано с более низким уровнем захвата света в гладкой конструкции пленки. Помимо  $J_{sc}$ , другие улучшенные параметры показывают, что гладкая структура  $ZnO$ , сформированная при  $450 \text{ }^\circ\text{C}$ , была более эффективной с точки зрения блокировки дырок, чем устройства, изготовленные при более низких температурах.

Таким образом, в результате исследований установлено, что предварительный отжиг электронно-транспортного слоя приводит к изменению оптических спектров ИПСЭ. Также незначительное изменение проявляется в электрических параметрах изготовленных устройств. Тем самым установлено, что эффект предварительного температурного отжига является ключом к изготовлению различных морфологий  $ZnO$ .

#### Список использованной литературы

1. Y. Lin, B. Adilbekova, Y. Firdaus, E. Yengel, H. Faber, M. Sajjad, X. Zheng, E. Yarali, A. Seitkhan, O. M. Bakr, A. El-Labban, U. Schwingenschlogl, V. Tung, I. McCulloch, F. Laquai, and T. D. Anthopoulos, *Adv. Mater.* 31(46), 1902965 (2019).
2. Q. Liu, Y. Jiang, K. Jin, J. Qin, J. Xu, W. Li, J. Xiong, J. Liu, Z. Xiao, K. Sun, S. Yang, X. Zhang, and L. Ding, *Sci. Bull.* 65, 272 (2020).
3. Klingshirm C. The Luminescence of  $ZnO$  under High One- and Two-Quantum Excitation // *Phys. Status Solidi (b)*. - 1975. - V. 71. - P. 547.
4. Sun Y., Fuge G.M., and Ashfold M.N.R. Growth mechanisms for  $ZnO$  nanorods formed by pulsed laser deposition// *Superlattices and Microstruct.* - 2006. - V. 39. - P. 33.
5. Chen S.Q., Zhang J., Feng X., and other. Nanocrystalline  $ZnO$  thin films on porous silicon/silicon substrates obtained by sol-gel technique// *Appl. Surf. Sci.* - 2005. - V. 241. - P. 384.
6. Khanam Jobeda J., Foo Simon Y. Modeling of High-Efficiency Multi-Junction Polymer and Hybrid Solar Cells to Absorb Infrared Light. *POLYMERS*, 2019, Vol. 11, Issue 2, 383 pp. 2323-2325. <https://doi.org/10.3390/polym11020383>

УДК 535.3, 535.215,

#### ВЛИЯНИЕ ПЛАЗМОННЫХ НАНОСТРУКТУР НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК PEDOT::PSS

<sup>1</sup>Алихайдарова Э.Ж., <sup>1,2</sup>Афанасьев Д. А., <sup>1</sup>Ибраев Н. Х.

<sup>1</sup>Институт молекулярной нанофотоники, Карагандинский университет  
им. Е.А. Букетова, Караганда, 100028, Казахстан

<sup>2</sup>Институт прикладной математики, Караганда, 100028, Казахстан  
[alikhaidarova@mail.ru](mailto:alikhaidarova@mail.ru)

Полимерные композитные пленки на основе полупроводниковых полимеров с добавками наночастиц (НЧ) металлов и наноструктур (НС) привлекают внимание исследователей благодаря их новым свойствам и потенциальному применению в микроэлектронике, оптике и фотовольтаических ячейках [1]. Полупроводниковые полимеры, допированные НЧ и НС металлов, обладают свойствами, которыми не обладают беспримесные полимеры.