

средство обеспечения конституционных прав и свобод граждан, надлежащего выполнения ими своих обязанностей в современных условиях: материалы круглого стола, Минск, 30 марта 2021 г. / БГУ, Юридический фак., Каф. конституционного права; [под ред. А. В. Шавцовой]. – Минск: БГУ, 2021. – С. 82-85.

3. Парфенчик А. А. Использование социальных сетей в государственном управлении / журнал «Вопросы государственного и муниципального управления» НИУ «Высшая школа экономики» — № 2 — 2017. — С. 186-200.

УДК 535.215, 621.382, 621.383

**К.С. Рожкова<sup>1</sup>, А.К. Аймуханов<sup>1</sup>, Б.Р. Ильясов<sup>2</sup>,  
М.С. Сулейменова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Карагандинский университет им. Академика Е.А. Букетова

<sup>2</sup>Astana IT University, Nur-Sultan

### **ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ PEDOT: PSS НА ТРАНСПОРТ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА**

***Аннотация.** Представлены результаты исследования влияния модификации пленок PEDOT:PSS на транспорт носителей заряда. Модификация пленок производилась при помощи добавления в объем полимера PEDOT:PSS различной концентрации этилового и изопропилового спиртов. Преимущества модифицированного PEDOT:PSS были определены сравнением спектров импеданса.*

**X.S. Rozhkova<sup>1</sup>, A.K. Aimukhanov<sup>1</sup>, B.R. Ilyassov<sup>2</sup>,  
M.S. Sulejmenova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Karaganda State University named after Academician E.A. Buketova

<sup>2</sup>Astana IT University, Nur-Sultan

### **INFLUENCE OF PEDOT:PSS STRUCTURAL FEATURES ON THE CHARGE CARRIERS TRANSPORT.**

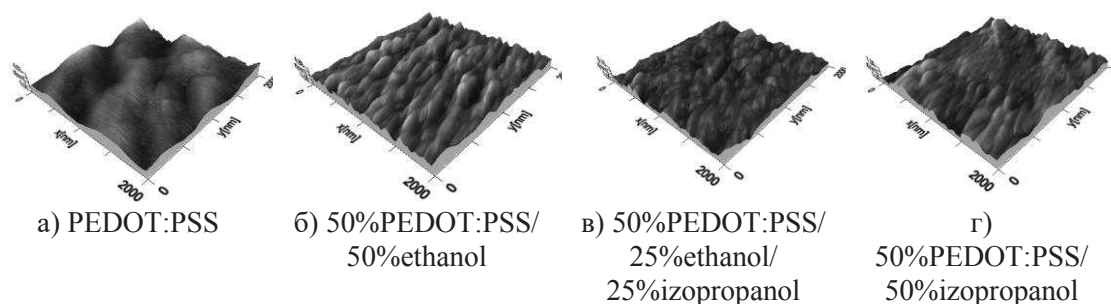
***Abstract.** This paper presents the results of studying of the effect of modification of PEDOT:PSS films on the charge carriers transport. The modification of the films was carried out by adding different concentrations of ethyl and isopropyl alcohols to the volume of the PEDOT:PSS polymer. The advantages of the modified PEDOT: PSS were determined by comparing impedance spectra.*

Подготовка подложек осуществлялась согласно методике [1]. В работе использовали PEDOT:PSS (1%, Ossila A14083), Izopropanol, Ethanol (pure 99,9% Sigma Aldrich). Перед началом экспериментов раствор PEDOT:PSS фильтровали через 0,45 микрометровый фильтр. Пленки PEDOT:PSS получали на поверхности кварцевого стекла методом центрифугирования (на центрифуге SPIN150i производства компании Semiconductor Production System) при скорости вращения 5000 об/мин.

В исходный раствор PEDOT:PSS (1%, Ossila A14083) добавлялся этиловый спирт (в соотношении PEDOT:PSS:Ethanol 1:1), изопропиловый спирт (в соотношении PEDOT:PSS:Izopropanol 1:1) и их смесь (в соотношении PEDOT:PSS:Ethanol:Izopropanol 1:0,5:0,5). Из исходного и разбавленных растворов PEDOT:PSS методом spin-coating наносились пленки PEDOT:PSS.

Топография поверхности образцов исследовалась с помощью высокоразрешающего атомно-силового микроскопа (АСМ) JSPM-5400 (JEOL, Япония). Для обработки изображений, полученных на АСМ, использовалась специальная модульная программа анализа данных сканирующей зондовой микроскопии (Win SPMII Data-Processing Software). Морфология поверхности, шероховатость тонких пленок PEDOT:PSS анализировались из снимков АСМ. Снимки поверхности пленок PEDOT:PSS были получены в режиме полуконтактного метода сканирования. Измерение морфологии поверхности пленок проводилось на электронном микроскопе MIRA 3 LMU.

3D снимки морфологии поверхности пленок PEDOT:PSS представлены на рис. 1. Из рис.1а видно, что пленка PEDOT:PSS без добавления концентрации спиртов имеет крупнозернистую структуру, шероховатость поверхности составляет 1,03 нм. При добавлении в раствор PEDOT:PSS концентрации этилового спирта структура приобретает ярковыраженный мелкозернистый характер (рис. 1b), шероховатость становится 0,88 нм. При добавлении в PEDOT:PSS этилового и изопропилового спирта в равных долях наблюдается полное отсутствие крупных частиц (рис. 1с). Шероховатость при этом становится 0,63 нм. Однако, пленка PEDOT:PSS с концентрацией только изопропилового спирта имеет еще большую степень однородности поверхности пленки за счет увеличения сглаживания (рис. 1d), шероховатость пленки составляет 0,56 нм. В таблице 1 приведены значения шероховатости пленок PEDOT:PSS.



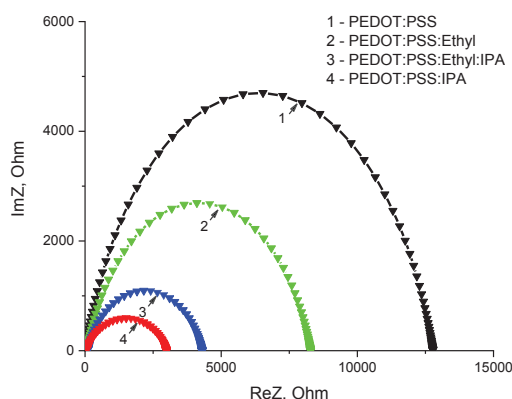
**Рис. 1 - 3D снимки морфологии поверхности пленок PEDOT:PSS**

**Таблица 1. Шероховатость поверхности плёнок PEDOT:PSS**

Образец	$R_a$ , nm
PEDOT:PSS	1,03
50% PEDOT:PSS/50% ethanol	0,88
50% PEDOT:PSS/25% ethanol/25% izopropanol	0,63
50% PEDOT:PSS/50% izopropanol	0,56

Далее мы исследовали влияние модификации структуры PEDOT:PSS на транспорт носителей заряда в ячейках структуры ITO/PEDOT:PSS/Al с помощью метода импедансной спектроскопии. Измерения спектров импеданса проводились при помощи потенциостата-гальваностата P45X в режиме импеданс на установке, подробно описанной в работе [2]. На напылительной установке CY-1700x-spc-2 (Zhengzhou CY Scientific Instruments Co., Ltd) на поверхность пленок в вакууме при давлении  $10^{-5}$  Торр наносился алюминиевый электрод толщиной 200 нм. Световые импеданс спектры пленок исходного и модифицированного PEDOT:PSS производились при параметрах напряжения -500 мВ и частоты от 100 кГц до 0,5 Гц. Фитинг спектров импеданса проводился с помощью программного пакета EIS-analyzer.

На рисунке 2а показаны спектры импеданса ячеек ITO/PEDOT:PSS/Al. Из спектров рассчитывались основные электротранспортные параметры (таблица 2), где:  $k_{eff}$  – параметр, характеризующий скорость извлечения носителей заряда с PEDOT:PSS,  $\tau_{eff}$  – эффективное время пролета носителей заряда через PEDOT:PSS,  $R_h$  – сопротивление пленки PEDOT:PSS,  $R_w$  – сопротивление переноса носителей заряда на границе PEDOT:PSS/электрод.



**Рис. 2 – Импеданс-спектры пленок PEDOT:PSS, модифицированных с объеме спиртовых растворителей**

В таблице 2 показаны значения электрофизических параметров пленок. Как видно из данных таблицы 2, модификация PEDOT:PSS ( $R_h$ ) органическими растворителями оказывает влияние на транспорт носителей заряда в PEDOT:PSS. Из таблицы 2 видно, что ячейки на основе пленок полученных из растворов с органическими растворителями обладают лучшими электротранспортными свойствами. Добавление этилового спирта уменьшает сопротивление пленки PEDOT:PSS ( $R_h$ ) и сопротивление границы раздела PEDOT:PSS/Al ( $R_w$ ), что увеличивает эффективность транспорта дырок с ITO в Al через PEDOT:PSS. При добавлении этилового спирта и изопропилового спирта, наблюдается дальнейшее уменьшение величин  $R_h$  и  $R_w$ . При использовании только изопропилового спирта, уменьшение  $R_h$  и  $R_w$  более существенное:  $R_h$  уменьшалось почти в 2 раза, тогда как  $R_w$  в 4 раза по сравнению с исходным раствором PEDOT:PSS.

**Таблица 2 –Значение электрофизических параметров пленок**

Образец	$R_h, \Omega$	$R_w, \Omega$	$k_{eff}, c^{-1}$	$\tau_{eff}, \mu c$
PEDOT:PSS	56,51	12772	47,86	20,89
50% PEDOT:PSS/50% ethanol	50,45	7472,6	59,09	16,92
50% PEDOT:PSS/25% ethanol/25% isopropanol	41,45	4817,9	78,63	12,72
50% PEDOT:PSS/50% isopropanol	28,11	2817,7	120,22	8,32

Уменьшение  $R_h$  и  $R_w$  обусловлено улучшением однородности структуры PEDOT:PSS. При добавлении в водный раствор PEDOT:PSS органических растворителей, растворимость PSS увеличивается, что предотвращает образования агломератов. Уменьшение плотности и

размеров агломератов улучшают проводимость пленки PEDOT:PSS и улучшают качество границы раздела PEDOT:PSS/электрод, что обеспечивает улучшенный транспорт и перенос дырок. Из данных анализа спектров импеданса, следует, что наиболее положительная динамика наблюдается при использовании изопропилового спирта в качестве дополнительного растворителя.

Исследование финансируется Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант № AP08856176).

### Список использованных источников

1. Kim K., Ihm K., Kim B. Surface Property of Indium Tin Oxide (ITO) After Various Methods of Cleaning // Acta Physica Polonica A, Proceedings of the 4th International Congress APMAS2014, April 24-27, 2014, Fethiye, Turkey. – Vol. 127, № 4.

2. J. Bisquert, I. Mora-Sero, and F. Fabregat-Santiago, “Diffusion-recombination impedance model for solar cells with disorder and nonlinear recombination,” ChemElectroChem, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2014, doi: 10.1002/celc.201300091.

УДК 678.7-13

**Т.В. Савинцова**

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Томск, Российская Федерация

### СИНТЕЗ СОПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ ЛАКТИДА

*Аннотация.* Синтез лактида проводили термической деструкцией полилактида в присутствии оксида цинка. Индификацию образцов осуществляли ИК-спектроскопией в интервале волновых чисел 4500-400 $\text{см}^{-1}$  и определением температуры плавления. Полученный мономер использовался для получения полилактида, сополимеров лактида и гликолида, лактида и капролактама.

**T.V. Savintsova**

National Research Tomsk Polytechnic University  
Tomsk, Russian Federation

### SYNTHESIS OF LACTIDE-BASED COPOLYMERS

*Abstract.* The lactide production was carried out by thermal degradation of polylactide in the presence of zinc oxide. Identification of the samples was performed by IR spectroscopy in the range of wave numbers 4500-400  $\text{cm}^{-1}$  and determination of the