

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

¹Алихайдарова Э.Ж., ^{1,2}Афанасьев Д. А., ¹Ибраев Н. Х.

¹Институт молекулярной нанофотоники, Карагандинский университет
им. Е.А. Букетова, Караганда, 100028, Казахстан

²Институт прикладной математики, Караганда, 100028, Казахстан
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.

В представленной работе приведены результаты исследования оптических свойств полимерных пленок Pedot:PSS в присутствии НЧ Ag и НС Ag-SiO₂.

Первоначально были синтезированы НЧ Ag и НС Ag-SiO₂. Методика синтеза описана в работе [2]. В работе использован водный раствор PEDOT:PSS PH 1000 (M122) (Ossila).

Регистрация спектров поглощения осуществлялась на спектрофотометре Cary 300 (Agilent), флуоресценции — на спектрофлуориметре Eclipse (Agilent).

Измерения времени жизни флуоресценции проводили методом время–коррелированного счета фотонов при возбуждении образцов диодным лазером ($\lambda_{\text{gen}} = 375$ nm, $\tau = 150$ ps) (Becker&Hickl GmbH). Анализ кривых затухания флуоресценции проводился с помощью программного обеспечения SPCImage.

С ростом концентрации НЧ и НС в пленке наблюдается рост поглощения света полимером на 200 – 280 нм (рисунок 1, а). Максимальный рост наблюдается для концентрации НЧ и НС равной 10⁻⁹ моль/л. Дальнейший рост приводит к снижению оптической плотности полимера D. Аналогичная зависимость наблюдается и для спектров пропускания пленок в видимом диапазоне длин волн. Минимальное пропускание наблюдается для пленок Pedot:PSS с C(Ag)=10⁻⁹ моль/л и C(Ag-SiO₂)=10⁻⁹ моль/л.

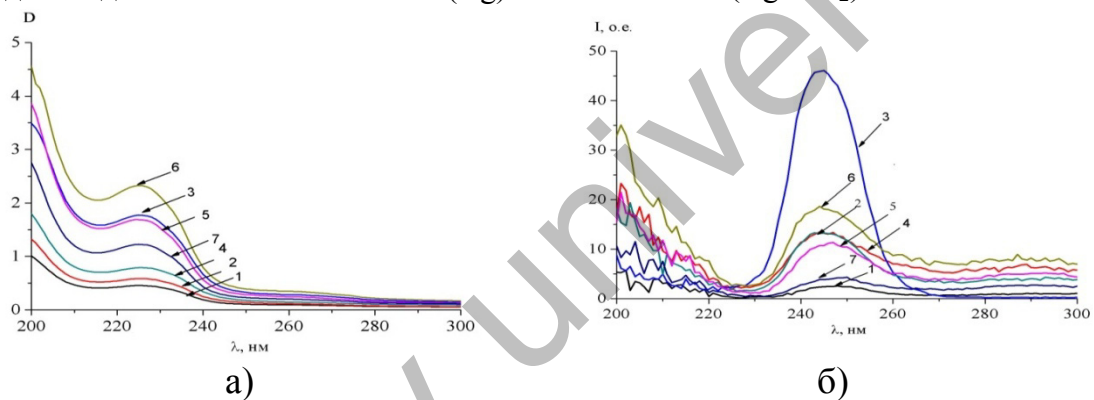


Рисунок 1 – Зависимость спектров поглощения Pedot:PSS (а) и спектров возбуждения (б) от концентрации НЧ Ag и НС Ag-SiO₂. 1 - Pedot:PSS без НЧ и НС; 2 – C(Ag)=10⁻¹⁰ моль/л; 3 – C(Ag)=10⁻⁹ моль/л; 4 – C(Ag)=10⁻⁸ моль/л; 5 – C(Ag-SiO₂)=10⁻¹⁰ моль/л; 6 – C(Ag-SiO₂)=10⁻⁹ моль/л; 7 – C(Ag-SiO₂)=10⁻⁸ моль/л.

Спектры возбуждения и флуоресценции пленок приведены на рисунке 1, б и 2. Наибольший рост интенсивности флуоресценции наблюдается для пленок с НЧ Ag C(Ag)=10⁻⁹ моль/л. Так же рост интенсивности флуоресценции пленок Pedot:PSS наблюдается для концентрации НС Ag-SiO₂ C(Ag-SiO₂)=10⁻⁹ моль/л. Результаты измерений приведены в таблице 1.

Сравнение спектров поглощения и возбуждения показывает, что флуоресценция пленок, наблюдается при возбуждении в полосе поглощения на 263 нм. При этом полосы поглощения с максимумами на 225 и 250 нм связаны с поглощением полимера (PSS - poly(styrenesulfonate)). НЧ и НС увеличивают больше оптическую плотность полимера PSS на 225 нм по сравнению с полосой поглощения полимера Pedot на 263 нм. Сравнение величины I/D показывает, что больший рост интенсивности флуоресценции полимера PSS наблюдается при допировании пленки НЧ Ag. Рост интенсивности флуоресценции полимера Pedot:PSS говорит о росте концентрации электронных возбужденных состояний в полимере. Это указывает на увеличение концентрации носителей заряда в присутствии НЧ и НС в полимере.

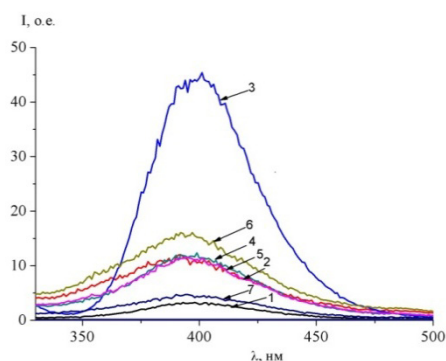


Рисунок 2 – Спектры флуоресценции Pedot:PSS с добавками НЧ Ag и НС Ag-SiO₂. 1 - Pedot:PSS без НЧ и НС; 2 – C(Ag)=10⁻¹⁰ моль/л; 3 – C(Ag)=10⁻⁹ моль/л; 4 – C(Ag)=10⁻⁸ моль/л; 5 – C(Ag-SiO₂)=10⁻¹⁰ моль/л; 6 – C(Ag-SiO₂)=10⁻⁹ моль/л; 7 – C(Ag-SiO₂)=10⁻⁸ моль/л.

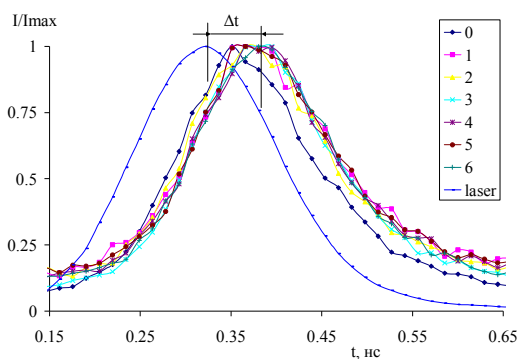


Рисунок 3 – Кинетика свечения пленок Pedot:PSS с добавками НЧ серебра (2-4) и НС Ag-SiO₂ (5-7): 1 - Pedot:PSS без НЧ и НС; 2 – C(Ag)=10⁻¹⁰ моль/л; 3 – C(Ag)=10⁻⁹ моль/л; 4 – C(Ag)=10⁻⁸ моль/л; 5 – C(Ag-SiO₂)=10⁻¹⁰ моль/л; 6 – C(Ag-SiO₂)=10⁻⁹ моль/л; 7 – C(Ag-SiO₂)=10⁻⁸ моль/л.

Кинетика свечения полимера в пленке имеет не экспоненциальный характер затухания (Рисунок 3). Кинетика с большей достоверностью описывается при использовании двух экспонент. Добавление НС в полимер приводит к уменьшению времени жизни свечения τ_2 и к перераспределению в интенсивности каждой из компонент кинетики A_i (Таблица 2). С ростом концентрации НЧ и НС в пленке происходит уменьшение времени жизни быстрой компоненты τ_1 кинетики свечения полимера и рост компоненты A_2 в интегральной интенсивности свечения полимера. Максимальные изменения наблюдаются для концентрации НЧ и НС 10⁻⁹ моль/л. Дальнейший рост концентрации примеси приводит к возврату значений к первоначальным значениям. Из рисунка 3 были определены времена задержки между импульсом лазерного возбуждения и сигналом свечения пленок (Δt). Добавление НЧ и НС в полимерную пленку приводит к сдвигу регистрируемой кривой затухания флуоресценции в сторону длинных времен (рисунок 3). При этом добавление НЧ и НС уменьшает время жизни свечения τ_2 . Как показывает литературный обзор в присутствии плазмонных НЧ происходит ускорение фотопроцессов в органических молекулах [2]. Рост величины Δt при добавлении НЧ и НС в пленку говорит о росте времени миграции электронных возбуждений по полимерной цепи. Так же это указывает на уменьшение скорости рекомбинации электронных возбужденных состояний. Вероятно, больший рост интенсивности свечения полимера PSS и больший рост задержки Δt в присутствии НЧ серебра по сравнению с НС Ag-SiO₂ говорит о важной роли электростатических взаимодействий в растворе Pedot:PSS в присутствии НЧ и НС.

Таблица 1 – Характеристики спектров поглощения и флуоресценции пленок Pedot:PSS в присутствии НЧ Ag и НС Ag-SiO₂

Добавка, и концентрация примеси моль/л	$D/D_{пол}$ (225 нм)	$D/D_{пол}$ (263 нм)	$I_{maxфл, нм}$	$I/I_{пол}$	I/D
Pedot:PSS, беспримесный	1	1	550	1	1
НЧ Ag, 1·10 ⁻¹⁰	1.282	1.22	553	3.69	3
НЧ Ag, 1·10 ⁻⁹	3.889	3.12	555	13.96	4.47
НЧ Ag, 1·10 ⁻⁸	1.73	1.59	555	3.8	2.39

НС Ag, $1 \cdot 10^{-10}$	3.713	2.69	553	3.53	1.31
НЧ Ag, $1 \cdot 10^{-9}$	5.1	3.78	555	4.95	1.31
НЧ Ag, $1 \cdot 10^{-8}$	2.69	2.18	555	1.45	0.66

Таблица 2 – Влияние НЧ серебра и НС Ag-SiO₂ на временные характеристики свечения полимерных пленок P3HT

Образец	$\tau_{cp,HC}$	$\tau_{1,HC}$	$\tau_{2,HC}$	$A_1, \%$	$A_2, \%$	Δt (нс)
Pedot::PSS беспримесный	0,113	0,096	0,776	97,5	2,5	0,029
Pedot::PSS с НЧ, C(Ag)= 10^{-10} моль/л	0,114	0,104	0,727	98	2	0,044
Pedot::PSS с НЧ, C(Ag)= 10^{-9} моль/л	0,110	0,096	0,269	91,7	8,3	0,044
Pedot::PSS с НЧ, C(Ag)= 10^{-8} моль/л	0,113	0,098	0,877	98	2	0,0585
Pedot::PSS с НС, C(Ag-SiO ₂)= 10^{-10}	0,113	0,097	0,472	96	4	0,044
Pedot::PSS с НС, C(Ag-SiO ₂)= 10^{-9}	0,105	0,096	0,646	84,5	13,5	0,044
Pedot::PSS с НС, C(Ag-SiO ₂)= 10^{-8}	0,112	0,098	0,646	98	2	0,073

Таким образом, проведенные измерения показали рост оптической плотности D и интенсивности флуоресценции I/D полимерных пленок Pedot::PSS в присутствии НЧ и НС. Это говорит о росте концентрации электронных возбуждений в полимерной пленке в присутствии плазмонных НЧ и НС. Это указывает на рост генерации носителей заряда в полимерной пленке. Уменьшение времени жизни свечения полимерных пленок и рост времени задержки Δt указывает на сложный характер влияния плазмонных НЧ и НС на рекомбинационные процессы в смеси полимеров Pedot::PSS.

Литература:

1. Stratakis E., Kymakis E. Nanoparticle-based plasmonic organic photovoltaic devices // Mater. Today. – 2013. – Vol. 16, No. 4. – P.133–146.
2. Afanasyev D., Alikhaidarova E. Ibrayev N. Synthesis and optical characteristics of core-shell nanostructures of Ag-SiO₂ // Abstract of the International symposium fundamentals of laser assisted micro- & nanotechnologies. Saint-Peterburg, Russia, 2019.-P.152-153.

ӘОЖ 523.4

ДИЕТАЛЫҚ СҮТ ӨНІМДЕРІН ДӘРУМЕНМЕН БАЙЫТУ

Айдынова Ш.А

С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен қаласы, Қазақстан
zte07062017@gmail.com

Диеталық сүт өнімдерін дәрумендермен байыту тақырыбы қазіргі кезде үлкен маңызға ие. Себебі диета ұстану бүгінде тамақтану мәзірінің қысқарып, дәруменсіз, құнарсыз тамақтану деген мағынаға ие болып кеткен. Әсіресе диеталық сүт өнімдері ассортименттерінің кез келген түріне зерттеу жасасақ ағзаға кальцийдің сіңуі 40%-ға төмендейтінін бірінші фактор етір алсақ болады. Сонымен қатар А,Е дәрумендерінің майсыз сүт өнімдерінен толық жоғалатыны дәлелденген. Осы мәселені шешу үшін дәруменмен байытылған жаңа сүзбе түрін ұсынамын. Жұмыс өзектілігі сүзбе өнімінің құрамына жіті бақылау жасап, жасалу технологиясын толық меңгеріп жаңа өнім шығаруға бағыт бағдар алу болып табылады. Мақсатым құрамы пайдалы дәрумендермен толықтырылған диета ұстанушылар мен қарапайым адамдардың рационында кездесе алатын құнарлы өнім ұсыну. Жаңа өнім құрамына дұрыс таңдау жасау, технологиялық схема мен құрылғыларды білу, дайын өнімнің пайдасын, тиімділігін, нормасын түсіндіру, есептеу жүргізу маңызды міндеттеріме жатады.