

- It was established that after EPSH at heating time 3 and 4 seconds microhardness was 2911 MPa and 3605 MPa, respectively, which increased more than 2 times compared to EPSH.

- The optimal composition of water electrolyte for EPSH of bandage steel of mark 2 was determined by way of research.

The work was carried out within the framework of grant financing of scientific research for 2018-2020 years of the Committee of Science of the Ministry of Defense of the Republic of Kazakhstan.

References

1. A.S. Razumov, I.L. Pasholok, V.N. Zyurenko, Wheels of increased operational durability for freight cars of a new generation / Sat. scientific Tr. : The development of railway transport in the context of reform. M. : Intext, 2003. p. 199-206.

2. E.S. Yagodinsky The nature of damage to parts of the coupler and methods for their restoration // Collection of scientific works UkrDAZT - 2014. p. 171-174.

3. G.I. Brunchukov Methods to improve the operational durability of locomotive tires / Sb. scientific Tr.: The development of railway transport in the conditions of reform. M. : Intext, 2006. p. 214-220.

4. S. Mitao, H. Yokoyama, S. Yamamoto, Y. Kataoka, T. Sugiyama, High strength bainitic steel rails for heavy haul railways with superior damage resistance. STS-Conference: Wheel/Rail Interface. Moscow, 1999.

5. P. Clayton, X. Su, Surface initiated fatigue of perlitic and bainitic steels under water lubricated rolling/sliding contact // Wear. V. 200. 1996. p.p. 63-73.

6. E.I. Meletis, X. Nie, F.L.Wang, J.C. Jiang. Electrolytic plasma processing for cleaning and metal-coating of teal surface. Surface and Coatings Technology 150(2002), 246-256.

7. GOST 398-96 Carbon steel Bandages for rolling stock of wide gauge Railways and Metro.

8. M.K. Skakov, B.K. Rahadilov, D.B. Zarva, A.V. Gulkin, Installation of electrolytic-plasma processing // Innovative patent for the invention of the Republic of Kazakhstan: IPC C255F 7/00 - № 29978 / Application. 03/02/2014; Publ. 15.06.2015, Bul. № 6.

9. B. Rakhadilov, L. Zhurerova, A. Pavlov, Method of Electrolyte-Plasma Surface Hardening of 65G and 20GL Low-Alloy Steels Samples // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering.– 2016.–V. 142. pp. 1-7.

10. M. Skakov, B. Rakhadilov, E. Batyrbekov, M. Scheffler, A. Manapbaeva, G. Ayapbergenova, G. Karipbayeva: Influence of regimes electrolytic-plasma nitriding on the structural-phase state and the wear of steel P6M5. Bulletin of KazNTU (2014), No. 3 (103), pp. 65-71.

11. M. Skakov, B. Rahadilov, G. Karipbayeva, A. Manapbaeva: Structure-phase state of high-speed steel P6M5 after heat treatment. Bulletin of KazNU (2014), No.1 (48), pp. 53-59.

12. N. A. Popova, L. G. Zhurerova, E. L. Nikonenko, M. K. Skakov: Effect of Plasma Electrolytic Nitrocarburizing on Phase Composition of 0.3C-1Mn-1Si-Fe Steel. ISSN 2075-1133, Inorganic Materials: Applied Research, (2017), Vol. 8, No. 1, pp. 130–135. DOI: 10.1134/S2075113317010300

Д.А. Темирбаева

Институт молекулярной нанофотоники, КарГУ им. Е.А. Букетова, 100028, Казахстан,

E-mail: dilara.temirbayeva@gmail.com

Влияние наночастиц серебра на спектрально-люминесцентные и фотовольтаические свойства мероцианинового красителя

Влияние плазмонных наночастиц на фотоиндуцированные процессы в наноструктурированных материалах является одной из актуальных задач современной оптической спектроскопии и люминесценции. Благодаря уникальным свойствам наночастиц благородных металлов, их исследование заняло особое место в области нанотехнологий [1]. Металлические наночастицы обладают уникальными оптическими характеристиками и поверхностным плазмонным резонансом [2]. Возбуждение поверхностных плазмонов в

металлических наночастицах индуцирует оптические свойства, едва достижимые в других оптических материалах, что дает широкий спектр применений в различных областях науки и техники, а именно: катализ, фотография, биомедицина [2-3], энергетика, защита окружающей среды [4], информационные технологии [5], в качестве противораковых и антимикробных агентов [1].

Благодаря своим уникальным свойствам наночастицы благородных металлов заняли особое место в области нанотехнологий. Например, при усилении флуоресценции и в поверхностной рамановской спектроскопии, а также в средах, чувствительных к показателю преломления окружающей среды, нашли дополнительное применение в усовершенствовании чувствительного к полям оптического процесса.

В данной работе было исследовано влияние наночастиц (НЧ) серебра на фотоиндуцированные электронные процессы в молекулах полиметинового красителя на поверхности полупроводника.

Для исследования были приготовлены пленки из НЧ TiO_2 и плазмонных НЧ «ядро–оболочка». Для этого к пасте диоксида титана были добавлены синтезированные наноструктуры типа «ядро–оболочка» (Ag-TiO_2). В полученных смесях концентрация НЧ Ag была равна 0; 0,5; 1 и 2 масс%. Далее на подготовленные образцы сорбировали полиметиновый краситель (ПК) в этанольном растворе с концентрацией 10^{-4} моль/л. Структурная формула исследуемого полиметинового красителя представлена на рисунке 1.

Спектры поглощения были измерены на спектрофотометре Cary 300, спектры флуоресценции на спектрофлуориметре Cary Eclipse (Agilent Technologies). Времена жизни возбужденного состояния молекул измерялись с помощью импульсного спектрофотометра с регистрацией в режиме время–коррелированного счета фотонов (Becker&Hickl, Germany). Возбуждения осуществлялись пикосекундным лазером с длиной волны генерации $\lambda=532$ нм. Средний диаметр наночастиц «ядро–оболочки» Ag-TiO_2 определен методом динамического рассеяния света с помощью анализатора Nanosizer 90S (Malvern) и равен 24 нм. Абсолютные квантовые выходы флуоресценции (ϕ_f) красителей измерены с помощью интегрирующей сферы (Avantes, Нидерланды). Вольт–амперные характеристики (ВАХ) солнечных ячеек измеряли при освещении ячеек светом ксеноновой лампы с мощностью излучения 100 мВт/см^2 на измерительном комплексе Cell Tester Model (Photo Emission Tech., США). Измерения проводились в фотовольтаическом режиме при комнатной температуре. По полученным значениям напряжения холостого хода, тока короткого замыкания и фактора заполнения определяли значение КПД ячеек.

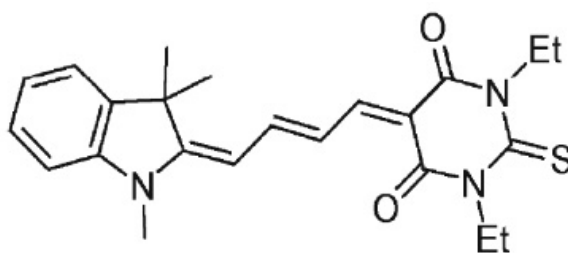


Рисунок 1. Структурная формула ПК

Как показали измерения, максимум спектра поглощения ПК приходится на 590 нм в этаноле, а максимум полосы флуоресценции на 614 нм (рисунок 2а) и 610 нм на поверхности диэлектрика (silufol). Максимум спектра поглощения и флуоресценции ПК в пленках TiO_2 приходится на 580 нм и 603 нм, соответственно (таблица 1, рисунок 2б). Добавление НЧ Ag-TiO_2 не влияет на форму и положение полос поглощения и флуоресценции красителя.

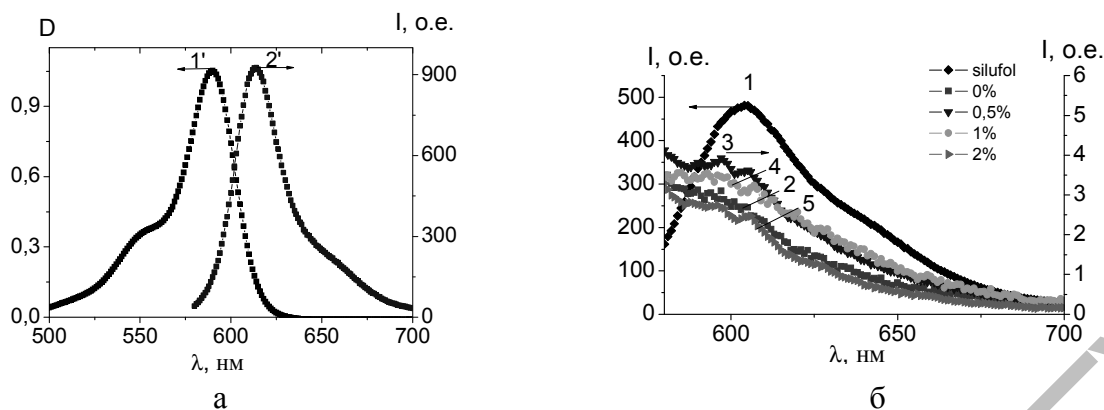


Рисунок 2. (а) Спектры поглощения (1') и флуоресценции (2') ПК в этаноле, (б) спектры флуоресценции ПК при $\lambda_{\text{возб}}=530$ нм, сорбированного на поверхность SiO_2 (1) и TiO_2 с разной концентрацией ядро-оболочки Ag-TiO_2 : 2 – 0%; 3 – 0,5%; 4 – 1%; 5 – 2%

Таблица 1. Характеристика спектров поглощения, флуоресценции, времена жизни (τ), и квантовые выходы флуоресценции (ϕ_{fl}) красителя, адсорбированного на поверхность TiO_2 с разной концентрацией НЧ Ag-TiO_2

Концентрация Ag, масс%	$\lambda_{\text{max}}^{\text{abs}}$, нм	D	$\lambda_{\text{max}}^{\text{fl}}$, нм	I, о.е.	I/D	τ , нс	ϕ_{fl} , %
0%	570	0,09	603	2,9	32,2	0,47	1,9
0,5%	570	0,12	603	3,9	32,5	0,498	2,2
1%	570	0,13	603	3,5	27	0,48	3,3
2%	570	0,09	603	2,8	31	0,51	2,6

Как видно из рисунка 3, для полиметинового красителя при увеличении концентрации НЧ Ag время жизни практически не меняется. На поверхности диэлектрика время жизни синглет-возбужденного состояния ПК составляет около 1,0 нс, на поверхности TiO_2 τ уменьшается в 2 раза и среднее время жизни составляет около 0,5 нс.

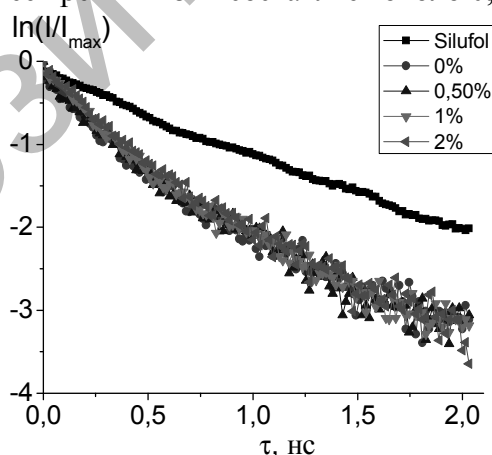


Рисунок 3. Кинетика затухания флуоресценции ПК на поверхности пористых полупроводниковых пленок Ag-TiO_2 с разными соотношениями НЧ «ядро-оболочка»

Добавление НЧ Ag-TiO_2 привело к увеличению квантового выхода флуоресценции по сравнению с чистым TiO_2 (таблица 1). Максимальное значение квантового выхода на поверхности TiO_2 соответствует образцу с концентрацией НЧ Ag/TiO_2 1% и составило около 3%. На поверхности диэлектрика квантовый выход равен почти 7%.

Результаты измерений ВАХ солнечных ячеек с разным содержанием Ag/TiO₂ приведены в таблице 2.

Таблица 2. Фотовольтаические свойства ячеек, с различным содержанием структур Ag/TiO₂, сенсibilизированных ПК

Массовое содержание НЧ Ag/TiO ₂	$J_{кз}$ мкА/см ²	$U_{чч}$ В	FF	η %	R_p кОм/см ²	R_s кОм/см ²
TiO ₂	18	0,355	0,3	0,013	3,2	4,1
TiO ₂ + 0,5% Ag/TiO ₂	24	0,417	0,3	0,019	4,9	6,7
TiO ₂ + 1 % Ag/TiO ₂	60	0,373	0,2	0,027	2,9	1,1
TiO ₂ + 2 % Ag/TiO ₂	27	0,305	0,2	0,012	3,9	2,0

Сравнение данных показывает, что добавление НЧ Ag/TiO₂ приводит к улучшению некоторых основных фотовольтаических характеристик ячеек. Оптимальная концентрация НЧ Ag/TiO₂ составила 1%. Наибольшие изменения наблюдаются на токе короткого замыкания и КПД ячеек.

Таким образом, исследование влияния НЧ Ag/TiO₂ на мероцианиновый краситель показало, что добавление Ag/TiO₂ приводит росту квантового выхода красителя, при этом интенсивность флуоресценции заметно не изменилась. Также наблюдается рост фотовольтаических показателей ячеек в присутствии НЧ Ag/TiO₂, например таких, как ток короткого замыкания и коэффициент полезного действия солнечных ячеек.

Литературы

1. Н.К. Kumar, N. Venkatesh, H. Bhowmik, A. Kuila. Biomed J Sci & Tech.Res. V. 4 (2), P. 3765-3775 (2018)
2. M A Garcia. J.Phys. D: Appl..Phys., V. 44 (28), P.283001, (2011)
3. S. Eustis and M. A. El-Sayed Chem Rev. Soc. 35 209. (2006)
4. E.M. Larsson, C.Langhammer, I. Zorij, b.Kasemo. Science. V. 326. P.1091 (2009)
5. W.L. Barnes, a.Dereux, T.W. Ebbesen. Nature. V. 424. P. 824 (2003)

N.Tompakova¹, A.Fedosimova^{1,2}, E.Dmitriyeva¹, I.Lebedev¹, B.Mukashev¹, A.Serikkanov¹ and A.Temiraliev^{1,2}

¹Institute of Physics and Technology, Satbaev University, Almaty, Kazakhstan, ²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, *Corresponding author: abzal.temir@yandex.kz

Modeling the formation of pattern fractal structures in thin films of a chemical reaction with diffusion

A significant concentration of a huge number of interacting objects leads to the emergence in the dynamic system of new collective properties when any local perturbation, with a sufficient density of particles, affects the entire condensed medium. The nature of collective excitations determines the various properties of the system and leads to the emergence of various nanostructured ensembles. In complex open systems with a huge number of interacting objects, collective phenomena such as self-organization of structures arise. Such a collective action in the formation of structures G. Haken called "synergetics" [1]. Nanoclusters and particles with a large surface area have excess potential energy and high chemical activity. Therefore, no activation energy is required for aggregation processes and reactions with other compounds for the appearance of substances with new properties.