

**А.К. АЙМУХАНОВ, Т.Е.СЕЙСЕМБЕКОВА, А.К. ЗЕЙНИДЕНОВ**  
КарУ им. Е.А. Букетова (Караганда, Казахстан)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА НА СПЕКТРАЛЬНО- ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛЕНОК PEDOT:PSS**

В работе представлены результаты влияния металлических наночастиц серебра на спектрально-люминесценции характеристики пленок PEDOT:PSS. Синтез водного раствора наночастиц серебра осуществилось следующим образом: отдельно готовили раствор  $\text{AgNO}_3$  – 16,99 на 100 мл  $\text{H}_2\text{O}$ . Приготовленный раствор наливали в термостойкую посуду и доводили до кипения. Затем в кипящий раствор  $\text{AgNO}_3$  добавляли 10 мкл водный раствор  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  – 19,99 мг на 2 мл. Полученный раствор кипятили в течение 1 часа. После чего доливали  $\text{H}_2\text{O}$  до 200 мл [1].

Внедрение наночастиц серебра в пленку PEDOT:PSS осуществилось следующим образом: водный растворы наночастиц серебра с разной концентрации разливали в бюксы. После чего бюксы помещались в вакуумный сушильный шкаф и высушивались при температуре 100 °C на 10 мин. Затем в каждый бюкс наливали водный 1% раствор полимера PEDOT:PSS объемом 1 мл. После полученную смесь перемешивали в течение часа при комнатной температуре. Получение пленок PEDOT:PSS на кварцевых подложках осуществилось методом spin-coating при скорости вращения подложки 4000 об/мин. После нанесения пленку отжигали при 120 °C 10 минут.

Измерение спектров поглощения и флуоресценции проводили на спектрометре CM- 2203(Solar). Спектр поглощения НЧ серебра в воде (Рисунок 1) представляет собой две широкой полосы с максимумами на  $\lambda_{\text{max}}=250$  нм и  $\lambda_{\text{max}}=450$  нм которые, хорошо перекрывается со спектрами поглощения и флуоресценции PEDOT:PSS что свидетельствует о выполнении условий плазмонного резонанса.

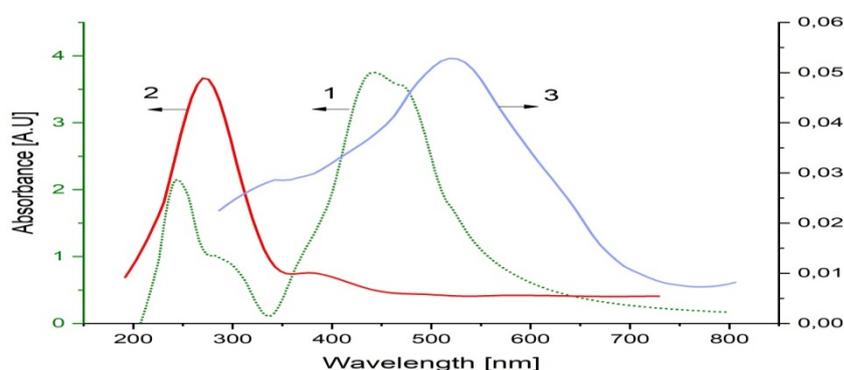


Рисунок 1 – Относительное расположение спектров поглощения НЧ Ag (1) PEDOT:PSS (2) и флуоресценции (3)

Полоса поглощения пленки PEDOT:PSS имеет максимум на длине  $\lambda_{\max} = 236$  нм. При возбуждении пленки полимера  $\lambda_{\text{возб}} = 230$  нм наблюдается спонтанная флуоресценция с максимумом спектра на длине волны  $\lambda_{\max} = 378$  нм.

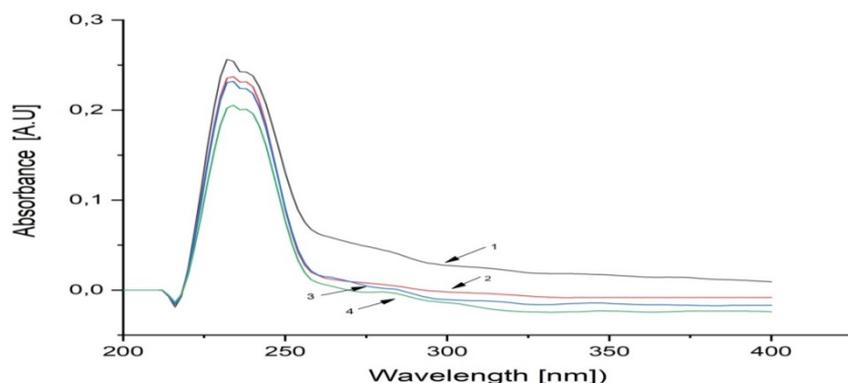


Рисунок 2 – Спектры поглощения PEDOT:PSS в присутствии НЧ серебра при разных концентрациях (PEDOT:PSS:/Ag. 1. PEDOT:PSS; 2. Ag – 4%; 3. Ag – 5%; 4. Ag – 6%.)

Поглощение пленки Pedot:PSS зависит от концентрации наночастиц. На рисунке 2 показаны спектры поглощения пленки PEDOT:PSS в присутствии наночастиц серебра при разных концентрациях. При добавлении в пленку Pedot:PSS наночастиц серебра приводит к уменьшению оптической плотности в максимуме поглощения пленки. При внедрении наночастиц серебра в пленку PEDOT:PSS приводит к падению оптической плотности пленки в полосе поглощения в 1,2 раза. При этом положение максимума поглощения не меняются.

Характеристики спектров поглощения пленки Pedot:PSS зависимости от концентрации наночастиц серебра приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики спектров поглощения в присутствии НЧ серебра в водном растворе

Sample	Adsorption peak		$D_{\max}$	S
	$\Delta\lambda$ , nm	$\lambda_{\max}$ , nm		
PEDOT:PSS	198	236	0,25	10
PEDOT:PSS:/Ag	198	236	0,24	4,3
PEDOT:PSS:/Ag	198	236	0,22	4,0
PEDOT:PSS:Ag	198	238	0,21	2,1

На рисунке 3 представлены спектры флуоресценции пленки PEDOT:PSS. Максимум спектра флуоресценции наблюдается на 378 нм. Интенсивность флуоресценции также зависит от концентрации наночастиц серебра.

Интенсивность растет с возрастанием концентрации наночастиц в пленке. Положение максимума полосы не меняются (таблица 2).

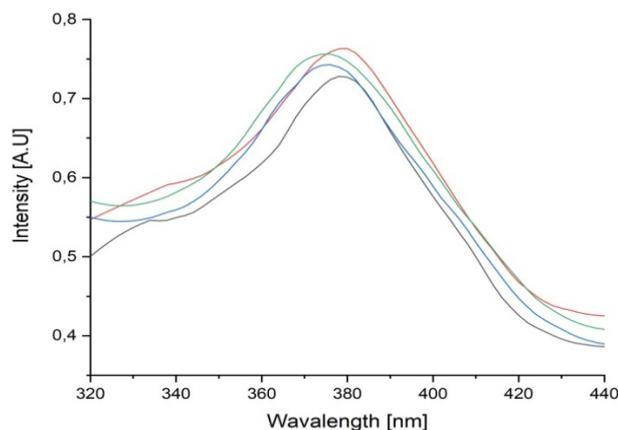


Рисунок 3 – Спектры флуоресценции PEDOT:PSS в присутствии НЧ серебра при разных концентрациях

Согласно [6,15] причиной усиления флуоресценции молекул вблизи НЧ металлов является увеличение скорости возбуждения флуоресценции из-за ЛПР.

Таблица 2 – Влияние наночастиц серебра на характеристики флуоресценции PEDOT:PSS:

Sample	Adsorption peak		$I_{\max}$	S
	$\Delta\lambda$ , nm	$\lambda_{\max}$ , nm		
PEDOT:PSS	378	130	0,72	7,0
PEDOT:PSS:Ag	378	130	0,74	7,3
PEDOT:PSS:Ag	376	130	0,75	7,3
PEDOT:PSS:Ag	376	130	0,76	7,5

В то же время при расположении молекул вблизи металлической поверхности или в контакте с нею происходит безызлучательный перенос энергии от молекул к НЧ, что приводит к уменьшению вероятности излучательного распада возбужденных молекул.

При добавлении концентрации НЧ Ag, когда НЧ и молекулы полимера достаточно далеки друг от друга, наблюдается увеличение интенсивности флуоресценции PEDOT:PSS связано с плазмонным резонансом НЧ серебра.

Таким образом проведенные исследования показали что наночастицы серебра оказывают на поглощения и флуоресценции пленок PEDOT:PSS. Установлено уменьшения поглощения и усиление флуоресценции пленки

PEDOT:PSS при разных концентрациях наночастиц серебра связаны с плазмонным резонансом.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:**

1. Sheng R.S., Zhu L., Morris M.D. Sedimentation classification of silver colloids for surface-enhanced Raman scattering // Analytical Chemistry. – 1986-vol.58, №6. –P.1116-1119
2. Anger P., Bharadwaj P., Novotny L. Enhancement and quenching of single-molekula fluorescence // Phys. Rev.Lett.-2006-vol.96-P.113002-113005.
3. Майер С.А. Плазмоника: теория и приложения.-М.-Ижевск:НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2011.-296 с.

Международная  
научно-практическая  
интернет-конференция  
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
26-27 ноября 2020 года