

4 Захаров В.Л., Человекова Е.С. Содержание биологически активных веществ в сухой надземной массе лекарственных растений семейства губоцветных //Агропромышленные технологии Центральной России. – М., 2017. – №4. – С. 30-36.

5 Дурнова Н.А., Шереметьева А.С., Тяпкина Д.А. Сравнение митозмодифицирующей активности настоев эфирномасличных растений семейства Lamiaceae // Бюллетень Ботанического сада Саратовского государственного университета. – С., 2018. – Т. 16. – № 3. – С. 231-245.

6 Муравьева Д.А., Самылина И.А., Яковлев Г.П. Фармакогнозия. – Москва: Изд-во Медицина, 2002. – 415 с.

7 Флора Казахстана. Т. 9. – Алма-Ата: Наука, 1964. – 364 с.

8 Лотова Л.И. Ботаника: Морфология и анатомия высших растений. - М.: Изд-во МГУ, 2007. - 512 с.

9 Пермяков А.И. Микротехника. - М.: Изд-во МГУ, 1988. - 120 с.

**Ким М.С.**, Карагандинский государственный университет имени академика Е.А.Букетова, физико-технический факультет, гр. ФОР-301 п/я, студент  
(*Научные руководители — д.ф.-м.н., профессор Ибраев Н.Х., магистр естественных наук Джанабекова Р.Х.*)

### ДИСТАНЦИОННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ГИГАНТСКОГО КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ НА ОСТРОВКОВЫХ ПЛЕНКАХ СЕРЕБРА

За более чем 80 лет с момента открытия Раманом эффекта комбинационного рассеяния (КР) рамановская спектроскопия стала одним из важнейших методов структурного анализа молекул и кристаллов. Одной из наиболее интересных и важных находок в этой области, несомненно, стала открытая в 1977 г. спектроскопия гигантского КР, усиленного поверхностностью (ГКР). Это явление обусловлено адсорбцией молекул на поверхности металлов, которая происходит в определенных условиях и связана с сильными межмолекулярными взаимодействиями. Казалось бы, возникшее более 40 лет тому назад направление практически исчерпано, но это далеко не так. Недавние разработки в области спектроскопии ГКР позволили значительно повысить чувствительность измерений и обнаружить новые явления, которые нашли практическое применение. Выполненные с помощью спектроскопии ГКР измерения будут все более важны для химии, биохимии и биофизики [1].

В данной работе исследовано влияние расстояния между плазмонными наночастицами и молекулами красителя на интенсивность сигнала КР. В качестве подложки с плазмонными наночастицами использованы островковые пленки серебра (ОПС). В качестве анализируемого вещества использован модельный краситель родамин 6Ж. Для разделения красителя от ОПС использовались монослой стеариновой кислоты. В работе исследовались образцы, полученные с непосредственным контактом ОПС и молекул красителя, с разделением одним и тремя слоями стеариновой кислоты.

ОПС получены методом термического напыления серебра с массовой толщиной 3 нм. Полученные пленки отжигались при температуре 240°C в течение 10 минут. Спектр поглощения ОПС измерен на спектрофлуориметре Cary 300(Agilent) (рис. 1).

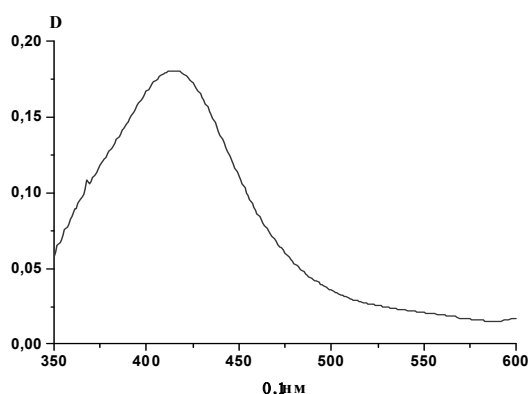


Рисунок 1 – Спектр поглощения островковой пленки серебра.

Исследование поверхности образца проводилось методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). СЭМ изображение островковой пленки серебра приведено на рисунке 2.

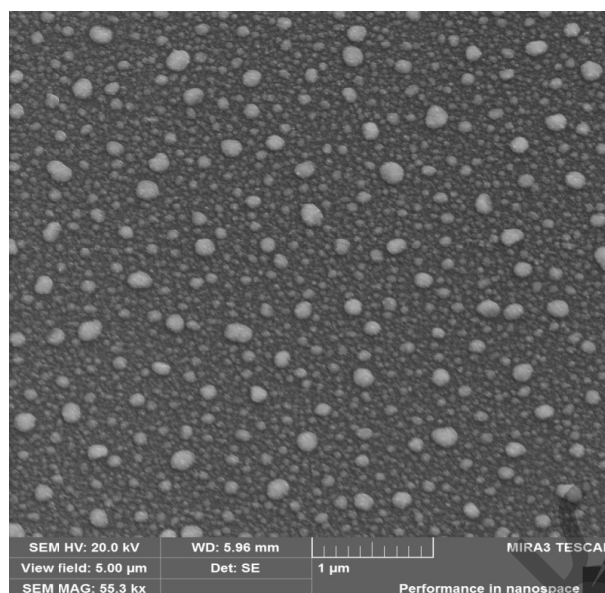


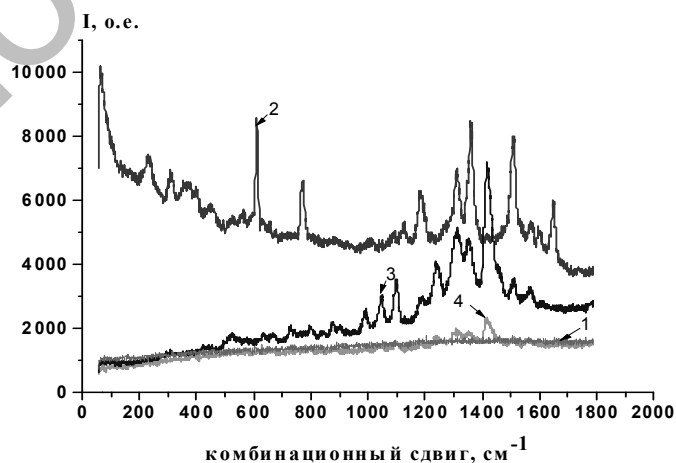
Рисунок 2 – СЭМ изображение ОПС.

Для измерения и сравнения спектров комбинационного рассеяния были подготовлены следующие подложки: покровное стекло, стекло с ОПС, стекло с ОПС и одним слоем стеариновой кислоты, стекло с ОПС и тремя слоями стеариновой кислоты.

Стеариновая кислота наносилась на поверхность ОПС методом Ленгмюра-Блоджетт. Давление переноса кислоты составляло 30 мН/м, монослои нанесены на твердую подложку по Z типу (при движении подложки снизу вверх). Полученные коэффициенты переноса показали, что слои были успешно нанесены на ОПС.

На приготовленные подложки методом раскапывания наносили по 5 мкл раствора Р6Ж (концентрация раствора –  $5 \cdot 10^{-5}$  моль/л), капля высушивалась на воздухе при комнатной температуре.

Измерения спектров комбинационного рассеяния выполнены на конфокальном микроскопе Confotec MR 520 (рис. 3). КР спектры образца возбуждали на 632,8 нм, мощность лазера на образце составляла 3,5 мВт.



1– на стекле, 2– на ОПС, 3– на ОПС +1 слой стеариновой кислоты, 4– на ОПС +3 слоя стеариновой кислоты

Рисунок 3 – Спектры ГКР родамина 6Ж на исследуемых подложках

Спектр комбинационного рассеяния РБЖ характеризуется полосами средней и высокой интенсивности на 611, 771, 1125 см<sup>-1</sup>, связанными с колебаниями ароматического кольца в плоскости и вне плоскости и С-Н колебаниями в плоскости, полосами на 1189, 1310, 1360, 1508 и 1649 см<sup>-1</sup>, которые относятся к валентным колебаниям ароматических С-С связей [2]. Эти характеристические полосы наблюдаются в измеренных КР спектрах красителя на ОПС. С добавлением слоев стеариновой кислоты интенсивность колебательных сигналов уменьшается. При этом интенсивность отдельных полос значительно снижается (например, 1360, 1509 см<sup>-1</sup>), а некоторые колебания, практически, не регистрируются (611, 771, 1179, 1647 см<sup>-1</sup>). В то же время происходит усиление других колебаний (ранее регистрируемые, как очень слабые): 989, 1064, 110, 1245, 1417 см<sup>-1</sup>.

В таблице представлены данные по изменению интенсивности некоторых характеристических полос КР спектров РБЖ на исследуемых подложках, а также рассчитанные усиления сигналов относительно спектров красителя на чистом покровном стекле.

Таблица – Сравнение интенсивности спектров КР родамина 6Ж и усиления сигналов на характеристических полосах

Подложка	Интенсивность спектра на характеристической полосе/ Усиление			
	611 см <sup>-1</sup>	1310 см <sup>-1</sup>	1360 см <sup>-1</sup>	1509 см <sup>-1</sup>
Покровное стекло	1375	1309	1604	1537
ОПС	8347	7023	8503	8032
	<b>6,1</b>	<b>5,4</b>	<b>5,3</b>	<b>5,2</b>
ОПС+1слой стеариновой кислоты	1678	4933	4458	3508
	<b>1,2</b>	<b>3,8</b>	<b>2,8</b>	<b>2,3</b>
ОПС+3слоя стеариновой кислоты	1293	1902	1801	1741
	<b>0,9</b>	<b>1,5</b>	<b>1,1</b>	<b>1,1</b>

Таким образом, как видно из данных, приведенных в таблице, интенсивность комбинационного рассеяния имеет наибольшее значение при непосредственном контакте молекул аналита с активной подложкой, с увеличением расстояния усиление сигнала заметно уменьшается. Это связано с тем, что для молекул адсорбата, находящихся в непосредственном контакте с поверхностью металла, возможно наличие дополнительного механизма усиления ГКР, возникающего из-за связи электронных орбиталей молекулы и состояний зоны проводимости металлической поверхности [3].

Литература:

1. Шлюкер С. Поверхностно-усиленная рамановская спектроскопия (SERS): аналитические, биофизические и биомедицинские приложения // Техносфера. – Москва, Россия. – 2017.
2. Liu D., Wang Q., Hu J. Fabrication and characterization of highly ordered Au nanocone array-patterned glass with enhanced SERS and hydrophobicity // Applied Surface Science. – 2015. – Vol.356. – P.364-369.
3. Кукушкин В. И., Ваньков А. Б., Кукушкин И. В. К вопросу о дальном действии поверхностно-усиленного рамановского рассеяния // Письма в ЖЭТФ. – 2013. – т. 98. – С.72 – 77.

**Куанышбеков М.Е.**, Карагандинский государственный университет имени академика Е.А.Букетова, физико-технический факультет, гр. ФЕК-302, студент  
(Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Ибраев Н.Х.)

### ВЛИЯНИЕ НАНОСТРУКТУР Ag-SiO<sub>2</sub> НА КИНЕТИКУ ФЛУОРЕСЦЕНЦИЙ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ПОЛИМЕРА ПОЛИ [3-ГЕКСИЛТИОФЕН]

Концепция органической фотовольтаической ячейки (PSC- polymer solar cell) возникла в результате открытия проводящих свойств сопряженных полимеров. Основой органических солнечных элементов являются донорно-акцепторные смеси на основе полупроводниковых полимеров и фуллеренов. Их эффективность резко возросла благодаря изобретению солнечных элементов с объемным гетеропереходом [1], в которых материалы донора (полимер) и акцептора (производные фуллерена) смешаны в виде композита и формируют тонкую пленку,