

Влияние морфологических параметров наноструктурированной поверхности на повышение эффективности метода комбинационного рассеяния света

Выполнила Ельшина Маргарита

ученица 11 БХ класса

Научный руководитель: Малухин Иван Андреевич

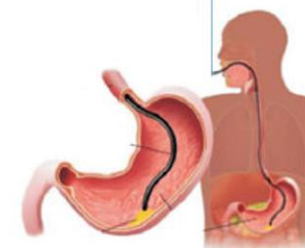
Актуальность

Области применения спектроскопии комбинационного рассеяния света (КРС)

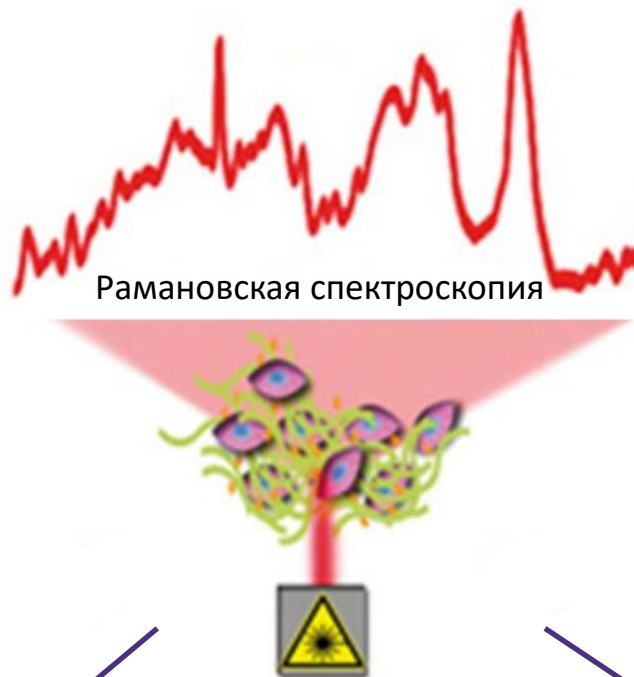
Фармакология



Клиническая диагностика



Рамановская спектроскопия



Идентификация
запрещенных веществ



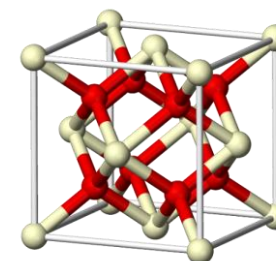
Сельское хозяйство



Криминалистика

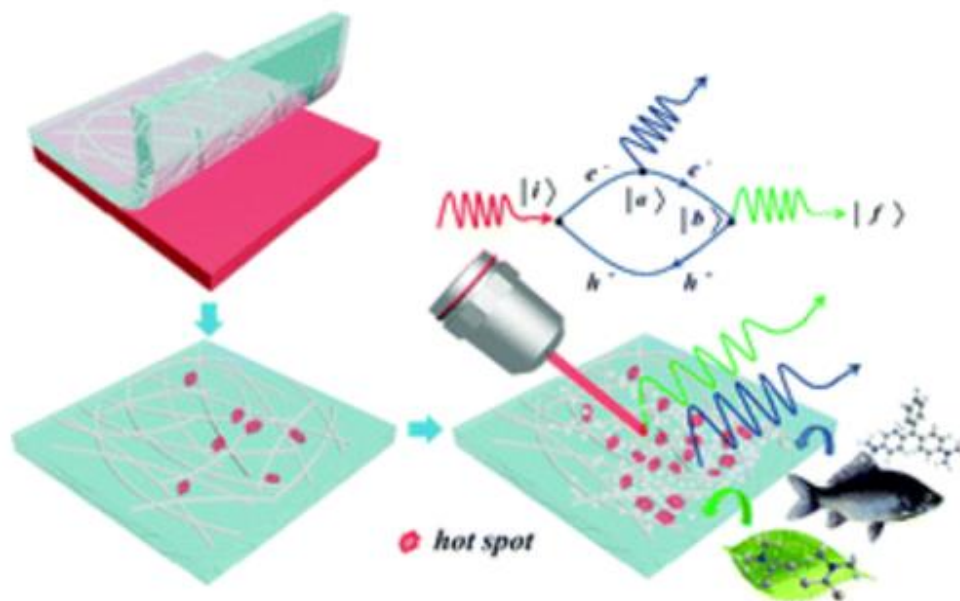


Материаловедение



Усиление сигнала КРС путем изменения свойств поверхности

Гиперусиленное комбинационное рассеяние (ГКР)



Один из способов
повышения эффективности
метода КРС – усиление
сигнала путем создания
**подложек на основе
наноматериалов,**
образующих горячие точки
на поверхности

Источник: «Improving SERS hot spots for on-site pesticide detection by combining silver nanoparticles with nanowires» Wei Wei, Yixuan Du, Liangmiao Zhang, Yong Yang, Yanfeng Gao

Цель

Исследование влияния морфологических параметров на коэффициент усиления сигнала комбинационного рассеяния света

Задачи

Рассмотреть основные
теоретические аспекты
спектроскопии
комбинационного рассеяния

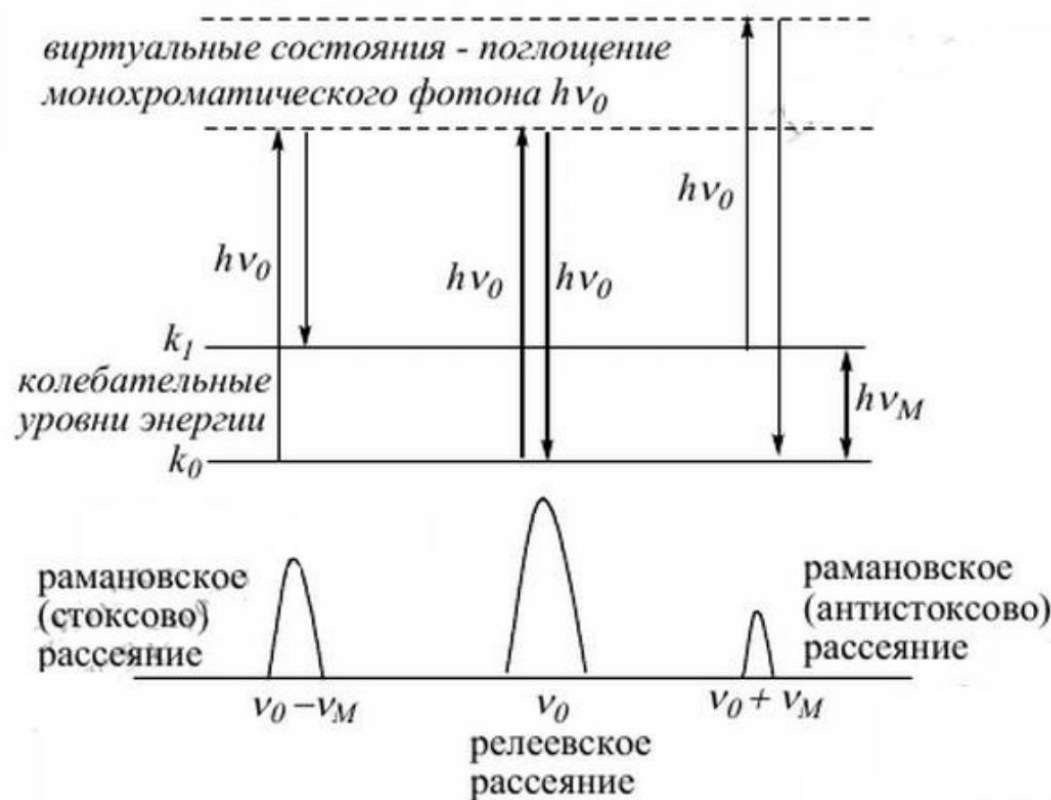
Рассчитать коэффициент усиления
сигнала на каждой подложке

Получить подложки для
усиления сигнала ГКР

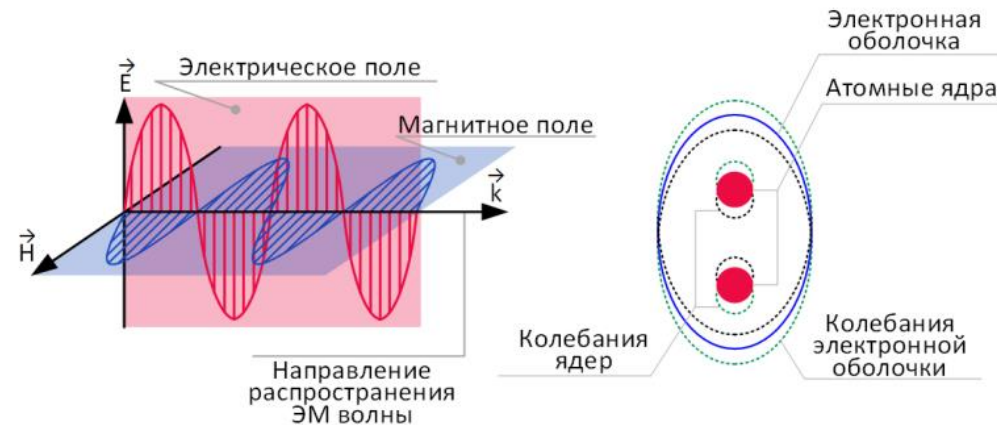
Исследовать морфологические
параметры получаемых
подложек

Построить график зависимости
коэффициента усиления
сигнала от времени осаждения

При рамановском рассеянии происходит **излучение** или, наоборот, **поглощение колебания молекулы** (неупругое соударение с изменением частоты)



Квантовая трактовка комбинационного рассеяния света



Классическая картина комбинационного рассеивания света

При получении спектра КРС мы фиксируем только **стоксову компоненту** рассеивания (переход с верхнего на нижний колебательный уровень)



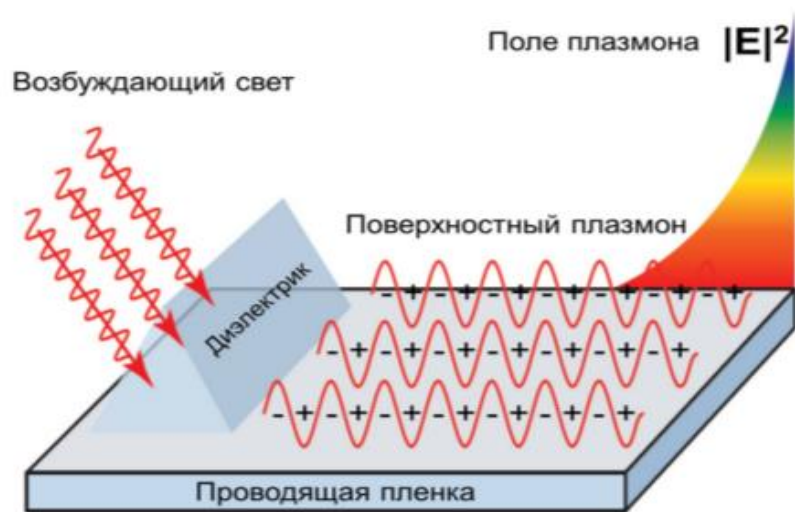
Г.С. Ландсберг



Л.И.Мандельштам

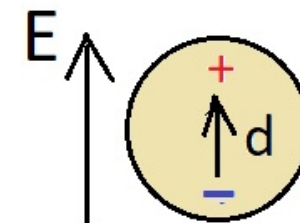
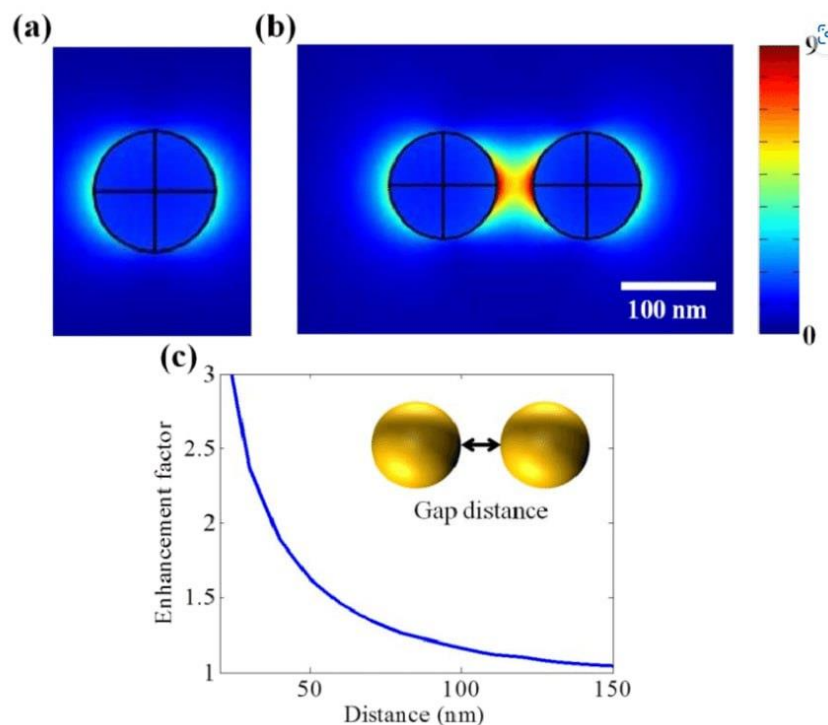
Плазмонный резонанс

резонанс частоты световой волны и колебаний свободных поверхностных электронов

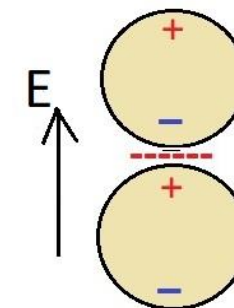


«Горячие» точки

области наиболее активного действия электрического поля



Под действием внешнего электрического поля индуцируется диполь



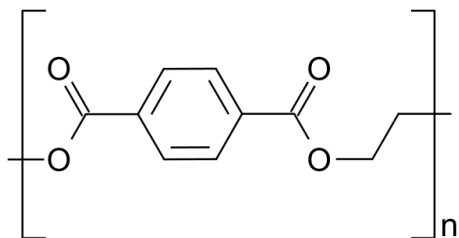
Наибольшее усиление будет там, где между проволоками малое расстояние

Источник:

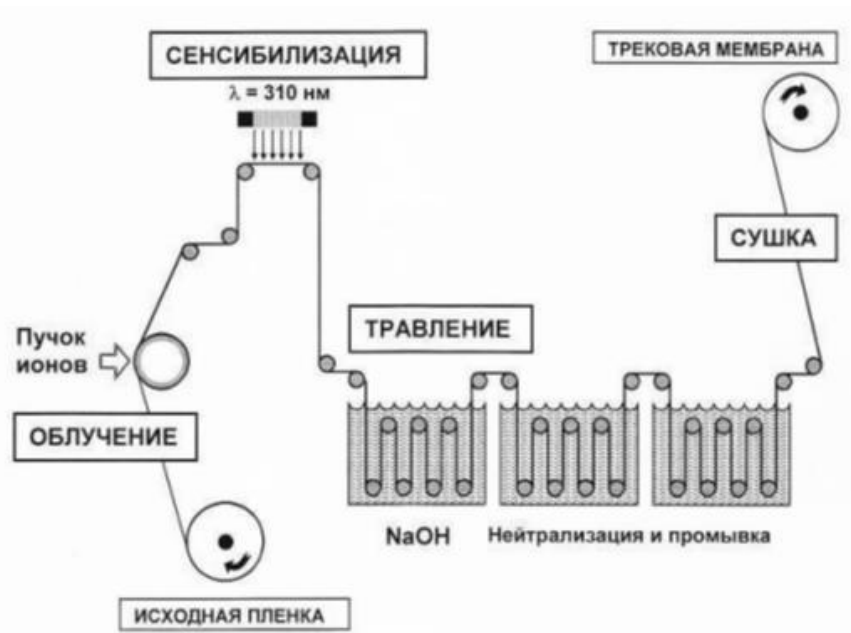
«Поверхностно-усиленная спектроскопия (SERS): аналитические, биофизические и биомедицинские приложения» С. Шлюкер
Chung, al Plasmonic nanostructures for nano-scale bio-sensing

Применение ТМ

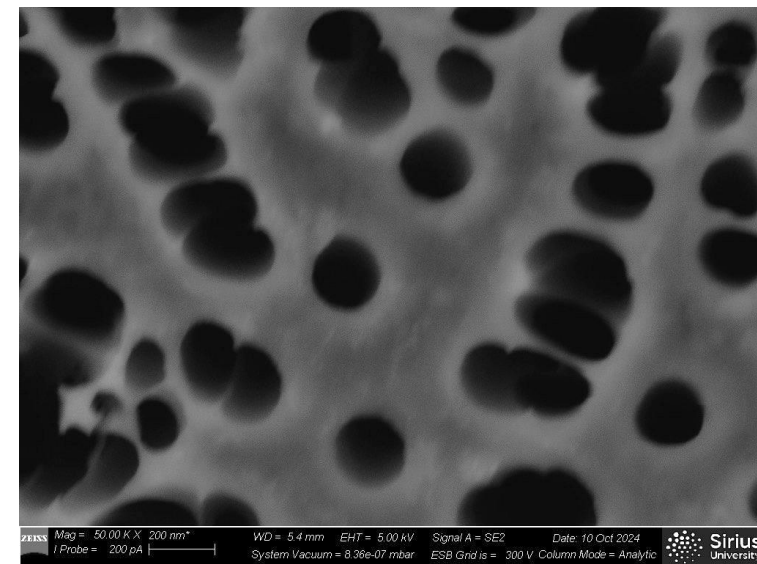
- Медицина
- Экстракция
- Фильтрация
- Синтез нанопроволок



Синтез и параметры ТМ, предоставленных для исследования



Криставчук О.В., П. Ю. Апель, А. Н. Нечаев;
Трековые мембраны, модифицированные
наночастицами серебра; ОИЯИ



- Материал: ПЭТФ
- Толщина слоя пленки – 12 мкм
- $n = 1,3 \cdot 10^9 \text{ см}^{-2}$
- Диаметр пор – 100 нм

1. Напыление контактного слоя меди на ТМ

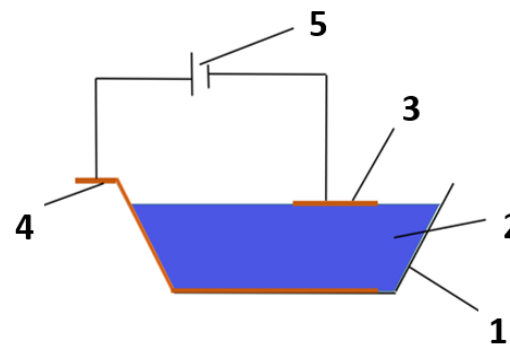


Проводилось в лаборатории физики перспективных материалов и наноструктур МПГУ методом термического напыления



Установка вакуумного напыления Saha

2. Укрепление контактного слоя медью



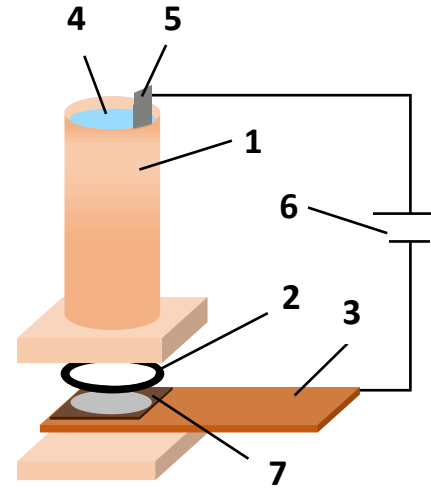
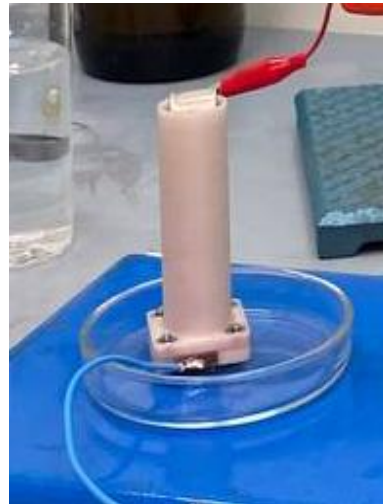
Установка для электролитического осаждения меди на контактном слое мембраны

- 1 – Ёмкость для электролита
- 2 – Электролит ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 240 г/л, H_2SO_4 0,1M)
- 3 – Напылённый слой меди (катод)
- 4 – Медная пластина (анод)
- 5 – Источник тока ($U = 0,6 \text{ В}$, $I = 0,16 \text{ А}$)

3. Заполнение пор ТМ



время



Вертикальная ячейка

- 1 – Ёмкость для электролита
- 2 – Прокладка
- 3 – Проводящая медная подложка, соединенная с медным напылением ТМ (катод)
- 4 – Электролит
- 5 – Серебряная пластина (анод)
- 6 – Источник тока ($U = 1,3 \text{ В}$, $I = 0,01 \text{ А}$)
- 7 – Трековая мембрана

4. Удаление полимерной матрицы

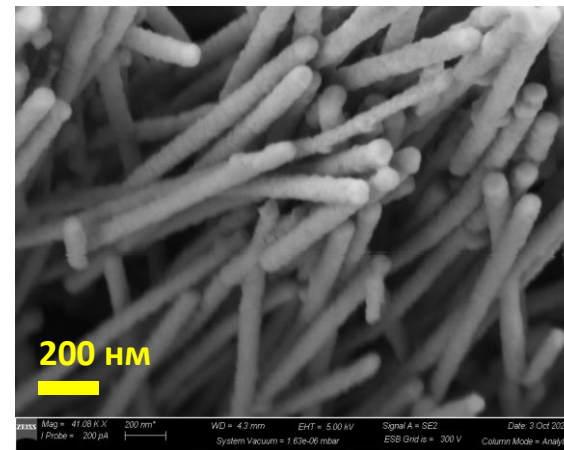
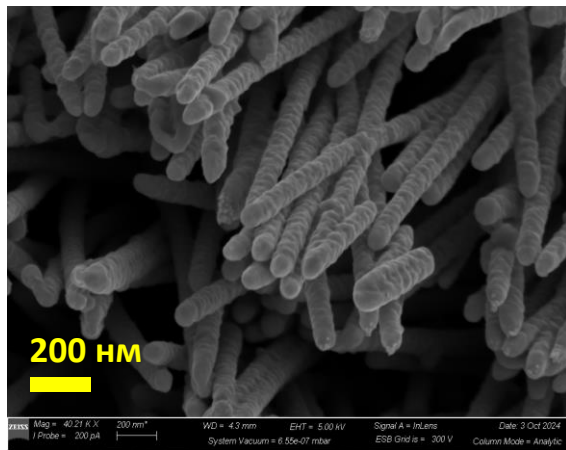
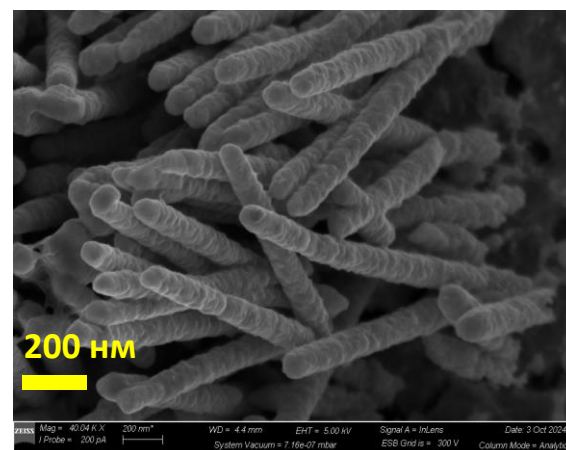
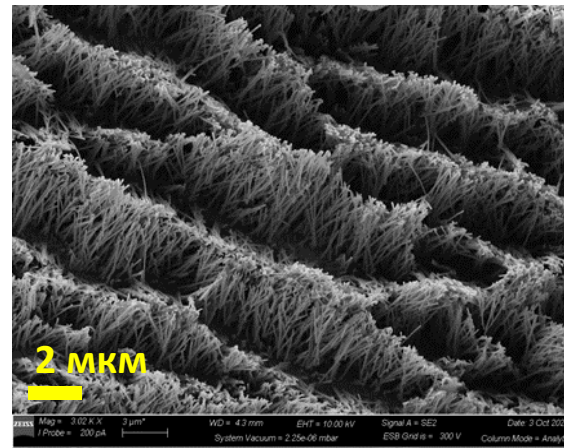
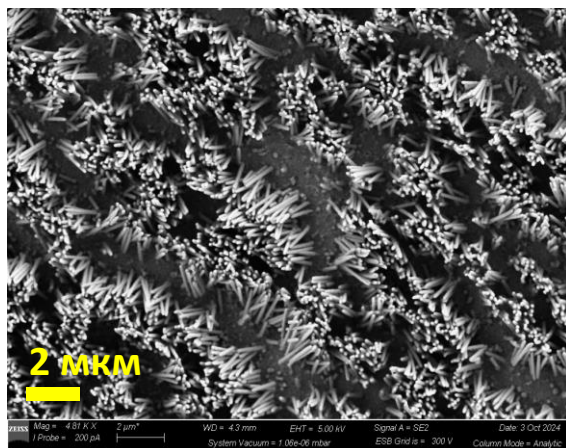
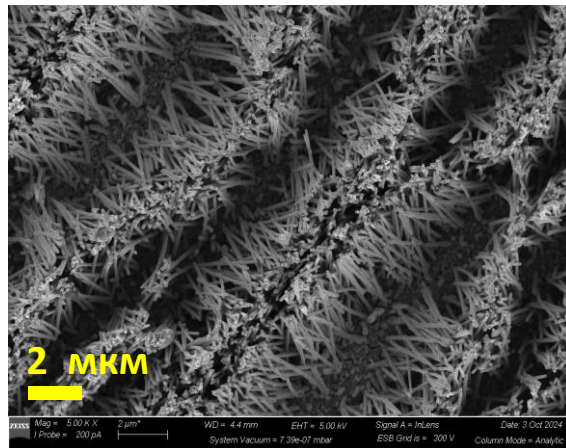


- Раствор NaOH 240 г/л
- Температура 70°C
- Время 2,5 часа



Термостат



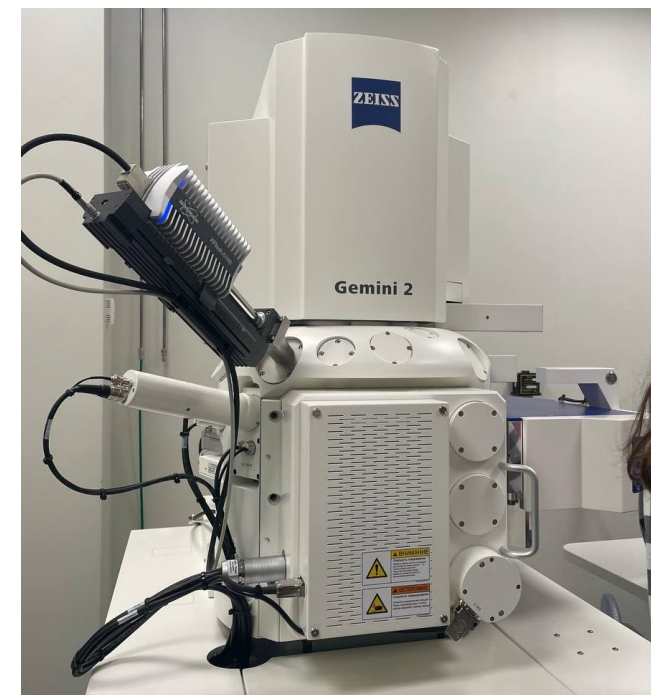


а

б

с

Снимки РЭМ образцов серебряных нанопроволок с разным временем осаждения (а – 350с, б – 250с, с – 150)

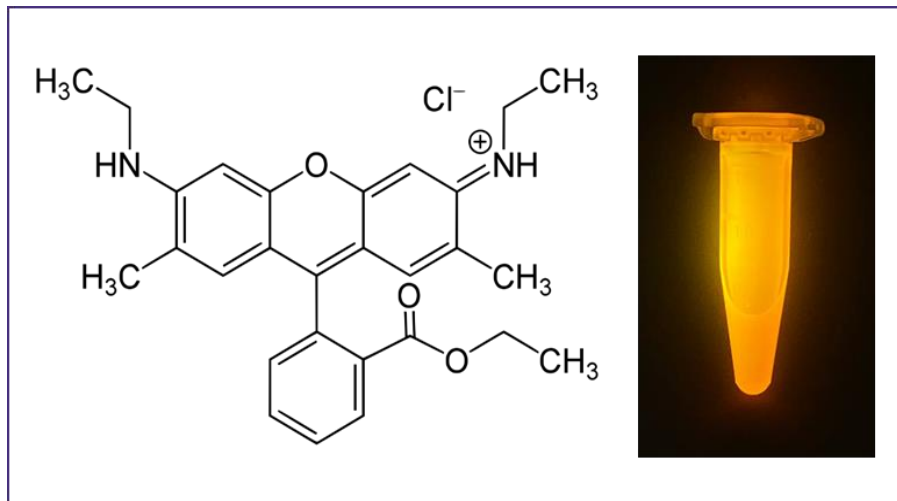


Сканирующий электронный
микроскоп Zeiss Gemini 2

*Благодарность центру
ГИНЖ, направление
биоматериалы.*

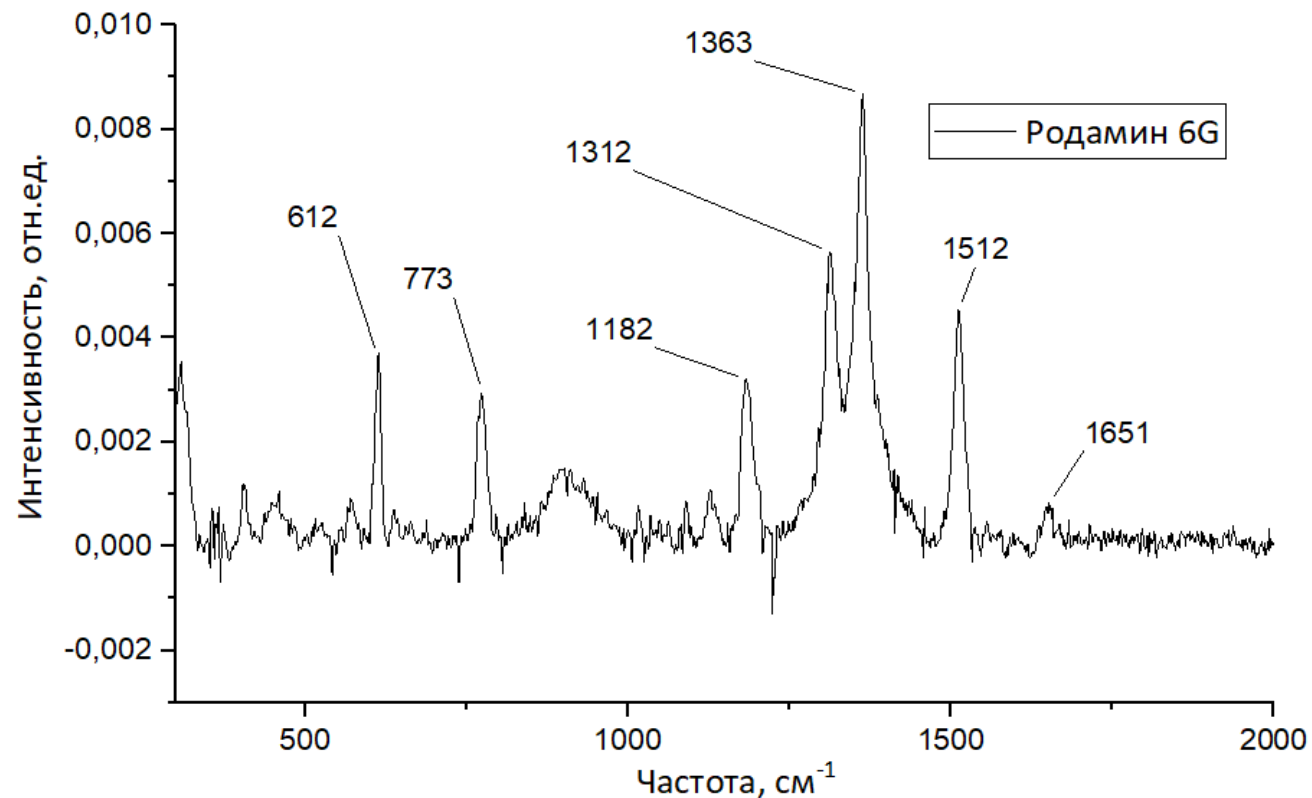
*Сягловой Е., Субчевой Е.,
Пирязеву А.*

Эффект усиления КР далее будем наблюдать на примере анализируемого соединения – **Родамина 6G** (100 мкг/л в ИПС)



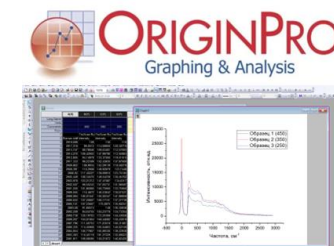
Компактный КР спектрометр
ThermoFisher TruScan

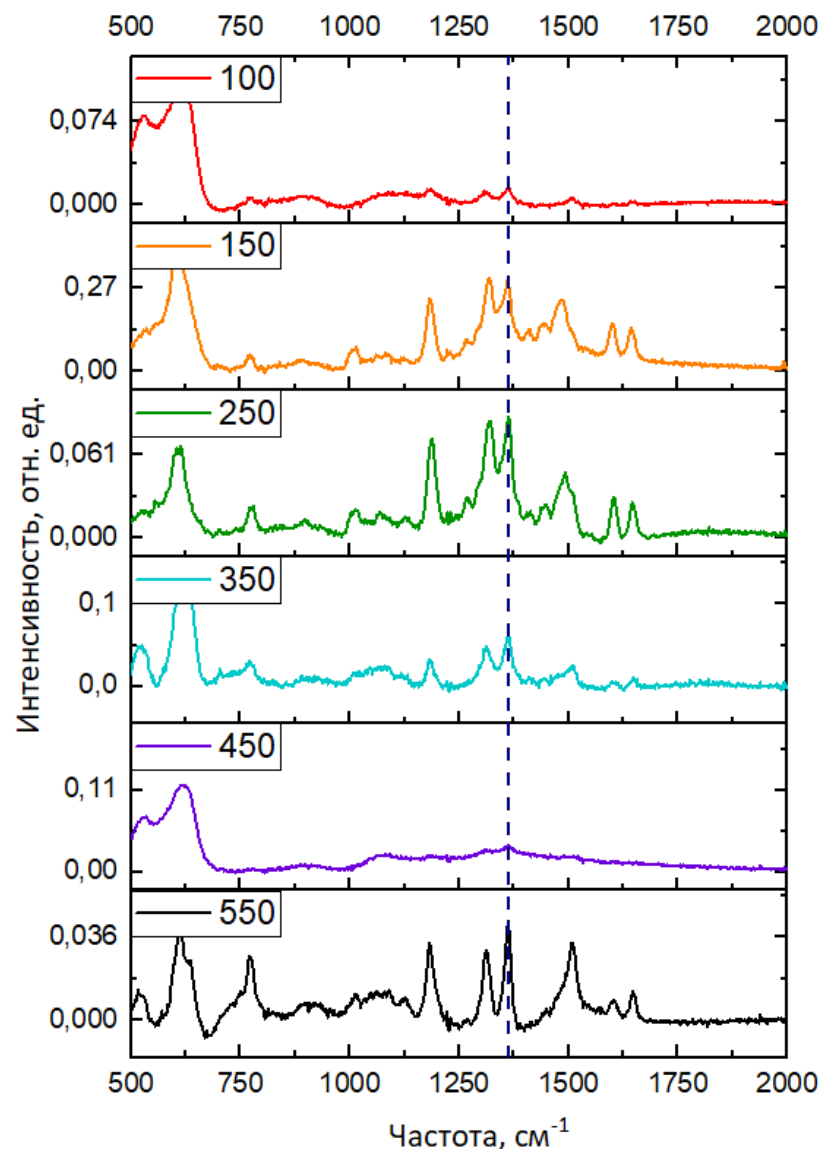
- Основные параметры:
- Спектральное разрешение 7-10,5 см⁻¹
- Длина волны 785 нм



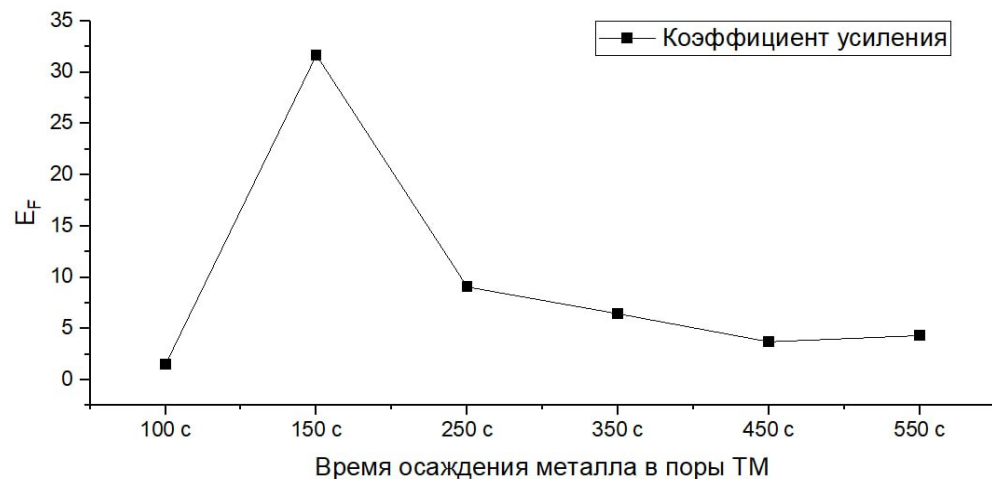
Спектр комбинационного рассеяния родамина 6G

Для анализа и построения спектров освоили и использовали специализированное научное ПО Origin Pro 2024 и SpectraGryph





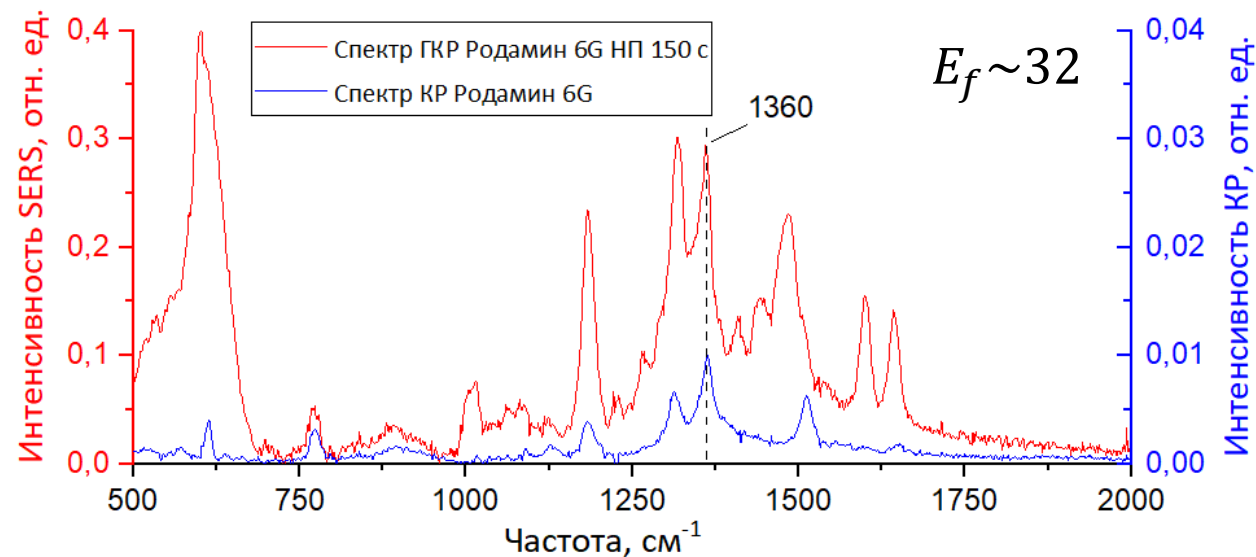
Спектры ГКР родамина на подложках с разным временем осаждения нанопроволок



Зависимость коэффициента усиления от времени осаждения нанопроволок

$$E_F = \frac{I_{\text{ГКР}}}{I_{\text{КР}}}$$

Расчет коэффициента усиления



Сравнение спектра КРС и ГКР (оптимальное время осаждения, 150 с) родамина 6Г

- Изучены основные теоретические аспекты исследования;
- Освоена методика шаблонного синтеза;
- Получены образцы с разным временем осаждения (100, 150, 250, 350, 450, 550 секунд) серебряных нанопроволок в порах ТМ;
- Приобретены базовые навыки работы в научном ПО (OriginPro, Spectragryph);
- Получен спектр КРС исследуемой молекулы – родамина 6G и спектры ГКР на изготовленных подложках (наиболее интенсивный пик на 1360 1/см)
- Рассчитаны коэффициенты усиления полученных подложек (100с – 1,5; 150с – 32; 250с – 9; 350с – 6,4; 450с – 3,7; 550с – 4,3)
- Исследована морфология нанопроволок серебра. Из расчетов коэффициента усиления на каждой подложке, а также по данным РЭМ оптимальное время осаждения нанопроволок составило 150 с

Научные руководители



**Андрей Витальевич
Наумов**

Д. ф.-м. н., член-корр. РАН,
Заведующий кафедрой
Теоретической физики им.
Э.В. Шпольского,
руководитель Лаборатории физики
перспективных материалов и
наноструктур МПГУ



**Юлия Андреевна
Филиппова**

м.н.с. Лаборатории физики
перспективных материалов и
наноструктур МПГУ, м.н.с. ПИШ
МГУ им. М.В. Ломоносова,
директор УНЦ ФинМ им.
Г.М. Бартенева МПГУ



**Артём Игоревич
Аржанов**

м.н.с. Лаборатории физики
перспективных материалов и
наноструктур МПГУ



**Варвара Сергеевна
Соцкова**

сотрудник лаборатории
перспективных материалов и
наноструктур МПГУ



**Антон Владленович
Залыгин**

К. ф.-м. н., Заведующий
отделом
Технопарк ФИАН

Наша команда



**Ельшина Маргарита, Железнова Анна, Канатьева Виктория,
Николаевская Мария, Прокофьева Вера, Цуканов Арсений**

Спасибо за внимание!