

**Пятнадцатая научная конференция «Шаг в будущее, Москва»**

Кафедра ИУ4 МГТУ им. Н.Э. Баумана  
«Проектирование и технология производства электронно-вычислительных средств»

# **Спектроскопия комбинационного рассеяния света графена**

Автор

**Денисенко Никита Андреевич**  
Москва, ГОУ лицей № 1580,  
СУНЦ при МГТУ им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель

**Волкова Яна Борисовна**  
лаборант-исследователь НОЦ «Наносистемы»  
кафедры ИУ4 МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Москва, 2012**

# Цель, объект исследования, поставленные задачи

**Цель исследования** – сканирование поверхности графена для определения зависимости между спектральными линиями и рельефом образца.

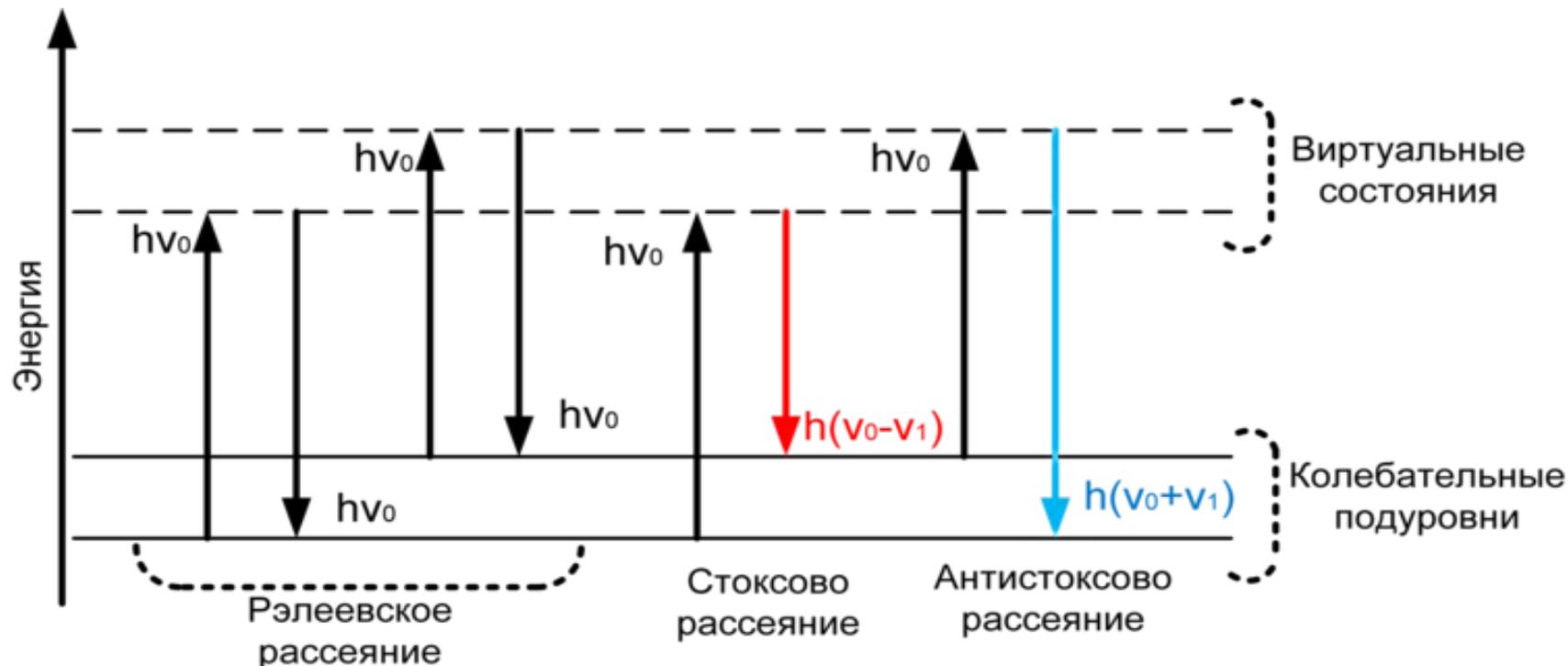
**Объектом исследования** является графен, полученный методом механического расщепления высоко ориентированного пиролитического графита (ВОПГ), на подложке из оксида кремния.

## Решаемые задачи:

- 1.Получение графена методом механического расщепления ВОПГ.
- 2.Сканирование полученного образца графена посредством измерительного комплекса AIST\_NT SmartSPM&Raman.
- 3.Изучение формирования спектральных линий и определение их зависимости от количества слоев графена.

# Комбинационное рассеяние света

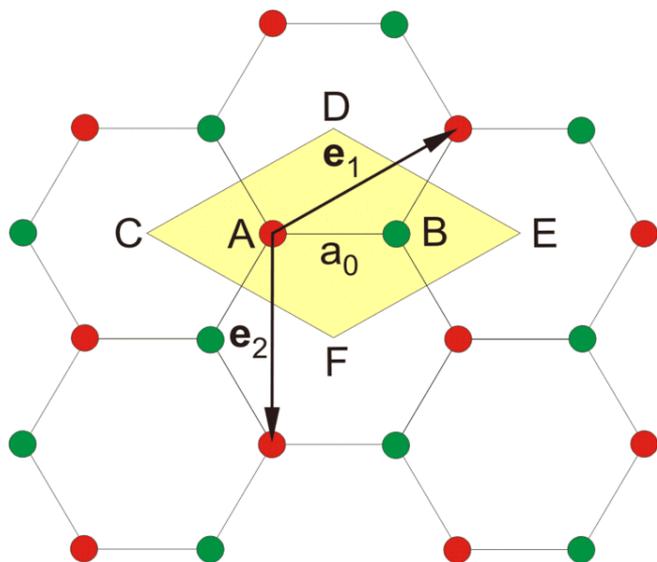
Комбинационное рассеяние света (КРС) / (эффект Рамана) — неупругое рассеяние оптического излучения на молекулах вещества сопровождающееся заметным изменением частоты излучения.



Спектроскопия комбинационного рассеяния света - эффективный метод химического анализа, изучения состава и строения веществ.

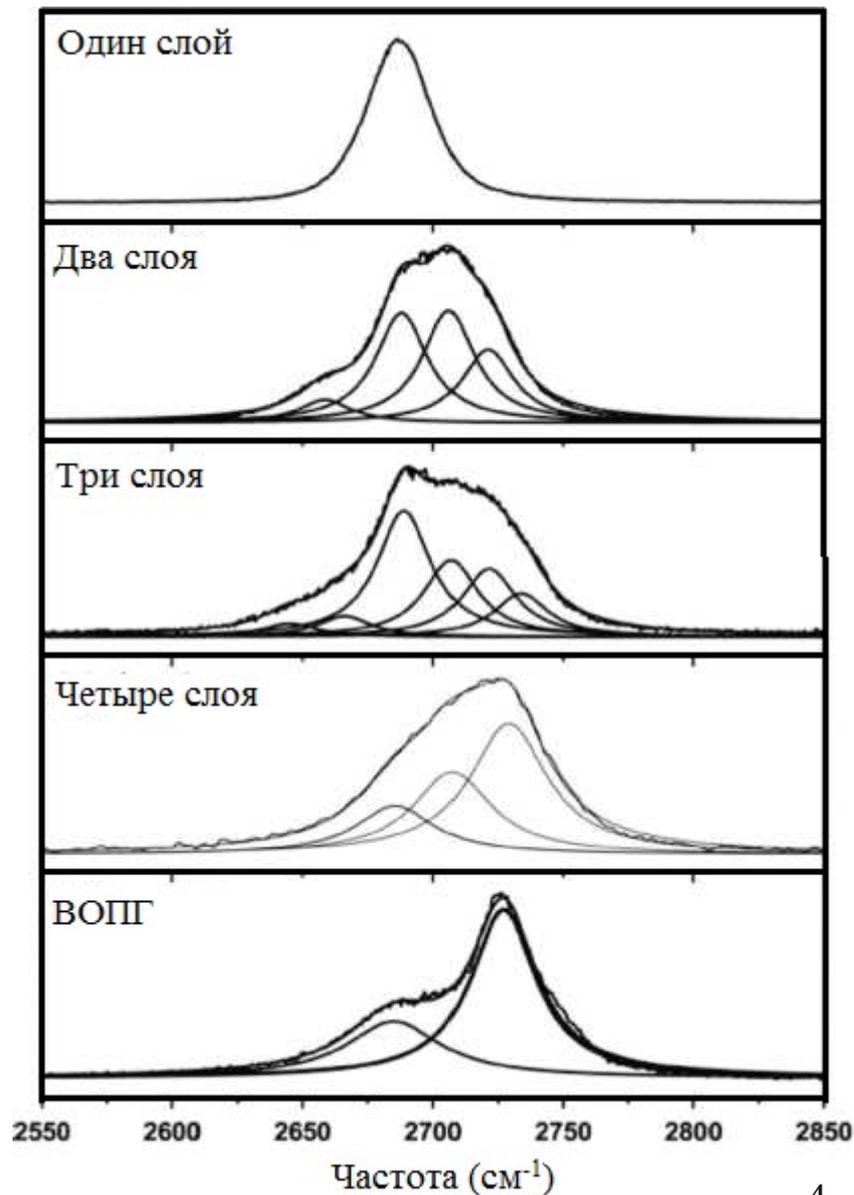
# Общие сведения о графене

Графен является двумерным кристаллом, состоящим из одиночного слоя атомов углерода, собранных в гексагональную решётку.



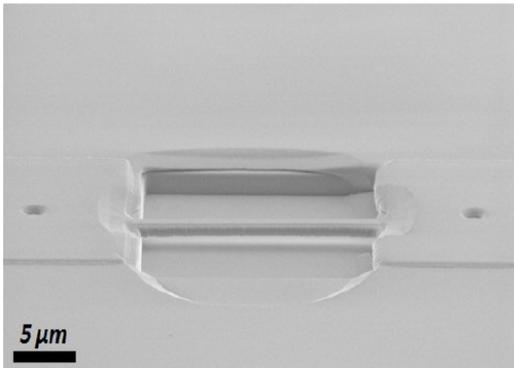
Монослой графена (1-LG). Два вектора  $e_1$  и  $e_2$  определяют элементарную ячейку (серый ромб), содержащие два атома А и В.

Так же существует зависимость  $G^2$ - спектральной линии КРС от количества слоев графена.

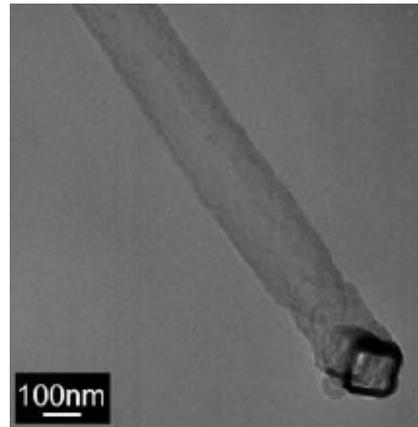


# Применение

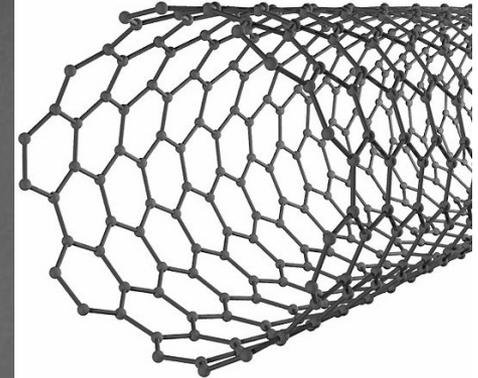
1. Бесшовное сворачивание графена в углеродные нанотрубки
2. Сверхпрочные нити
3. Композитные материалы
4. МЭМС и НЭМС: микровесы, тензометрические датчики.



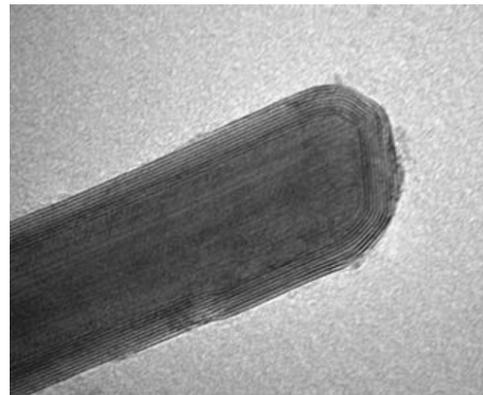
Молекулярные весы



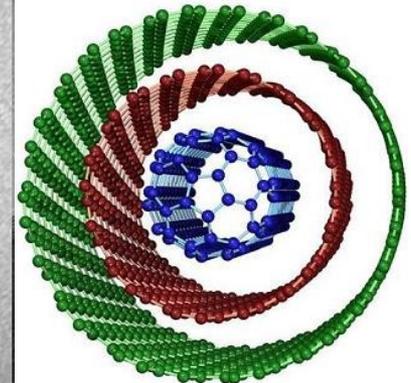
Углеродная однослойная нанотрубка



Сверхпрочные нити



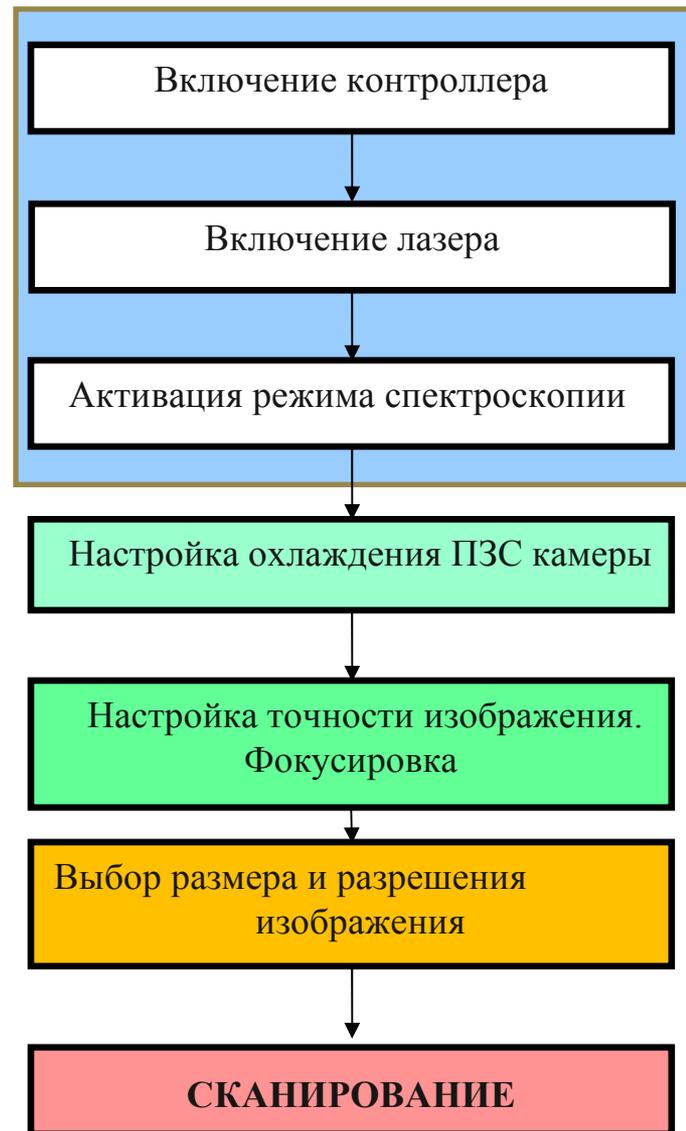
Углеродная многослойная нанотрубка



# Сканирование образца

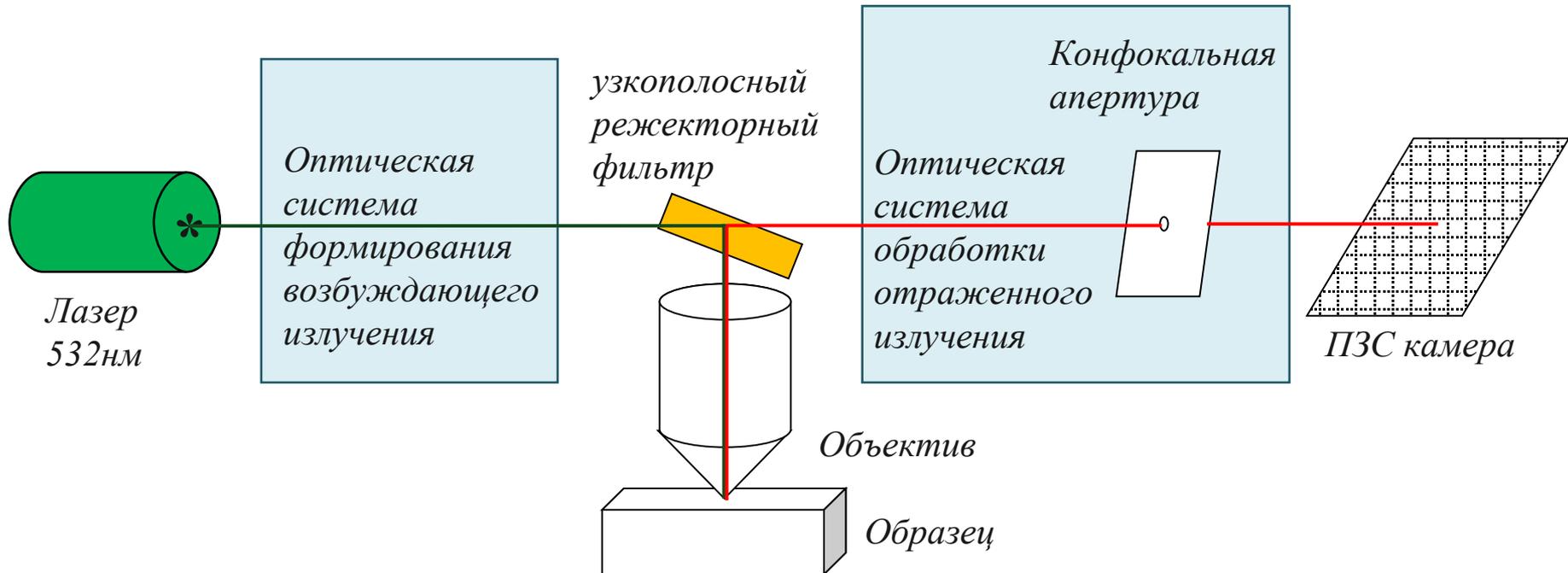
Конфокальный микроскоп Раман – диагностики совмещенный с сканирующим зондовым микроскопом SmartRaman – AFM.

С помощью AIST\_NT SmartSPM&Raman проводим сканирование образца на подложке из окисленного кремния. Запуск и настройка измерительного комплекса проводится согласно маршруту измерений:



# Схема регистрации сигнала в конфокальном КРС микроскопе

В Рамановской спектроскопии примерно один фотон из миллиона после отражения от образца приобретает частоту, смещенную по отношению к частоте исходного монохроматического излучения.



1. Лазерный луч возбуждает образец
2. Этот луч рассеивается во всех направлениях
3. Частично свет попадает на детектор, который регистрирует Раман-спектр
4. На спектре представлен свет на начальной частоте лазера (или рэлеевской) и спектральные особенности, характерные для каждого уникального образца.

# Механическое расщепление графита

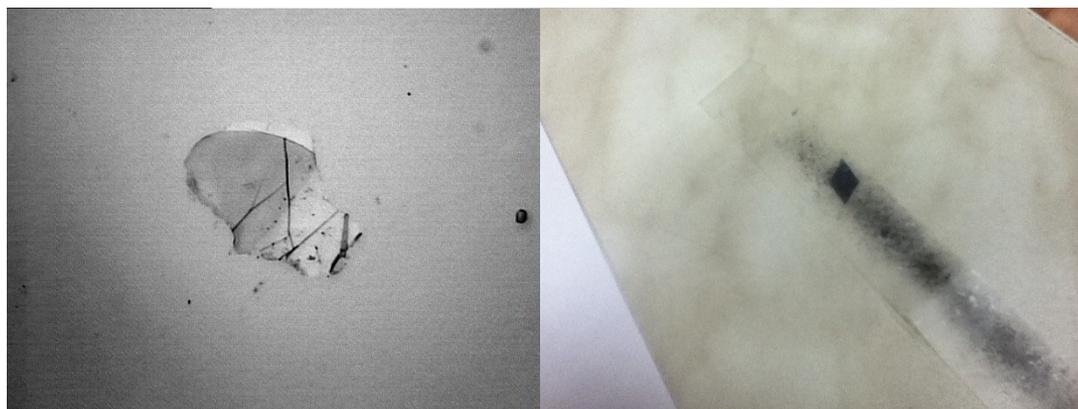
**Механическое расщепление высокоориентированного пиролитического графита** является наиболее простым способом получения графена. Данный метод включает в себя несколько этапов:

1) Нанесение ВОПГ на липкую ленту;

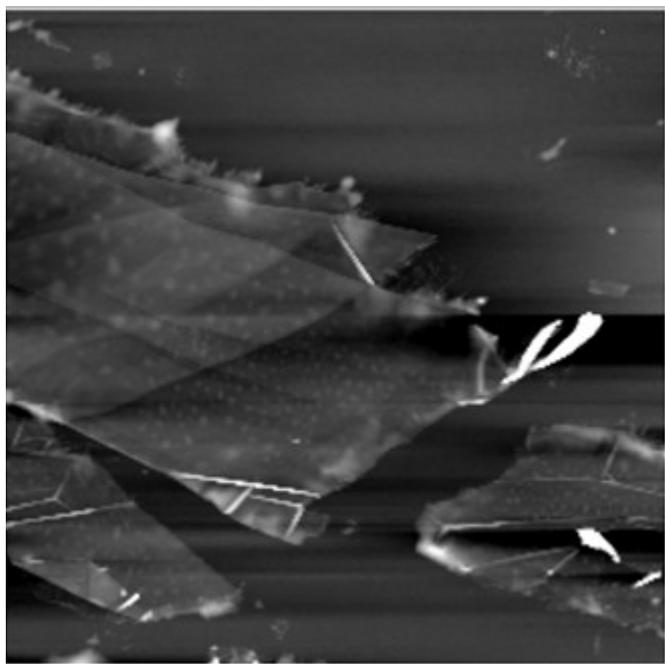
2) Расслаивание ВОПГ;



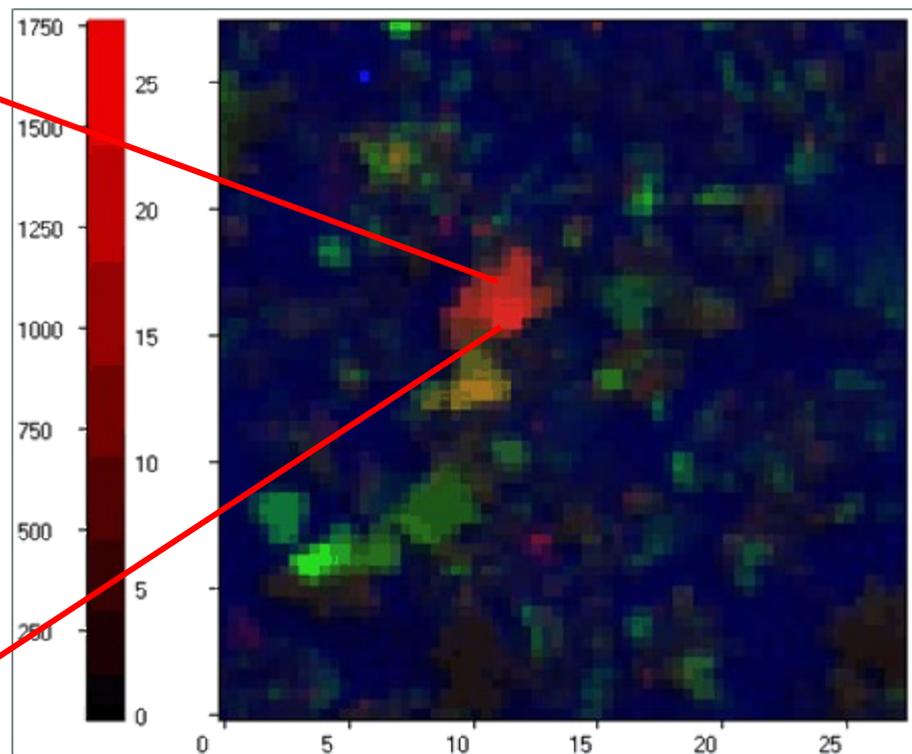
3) Поиск монослоя графена при помощи микроскопа и нанесение его на подложку.



# Исследование графена методами микроскопии



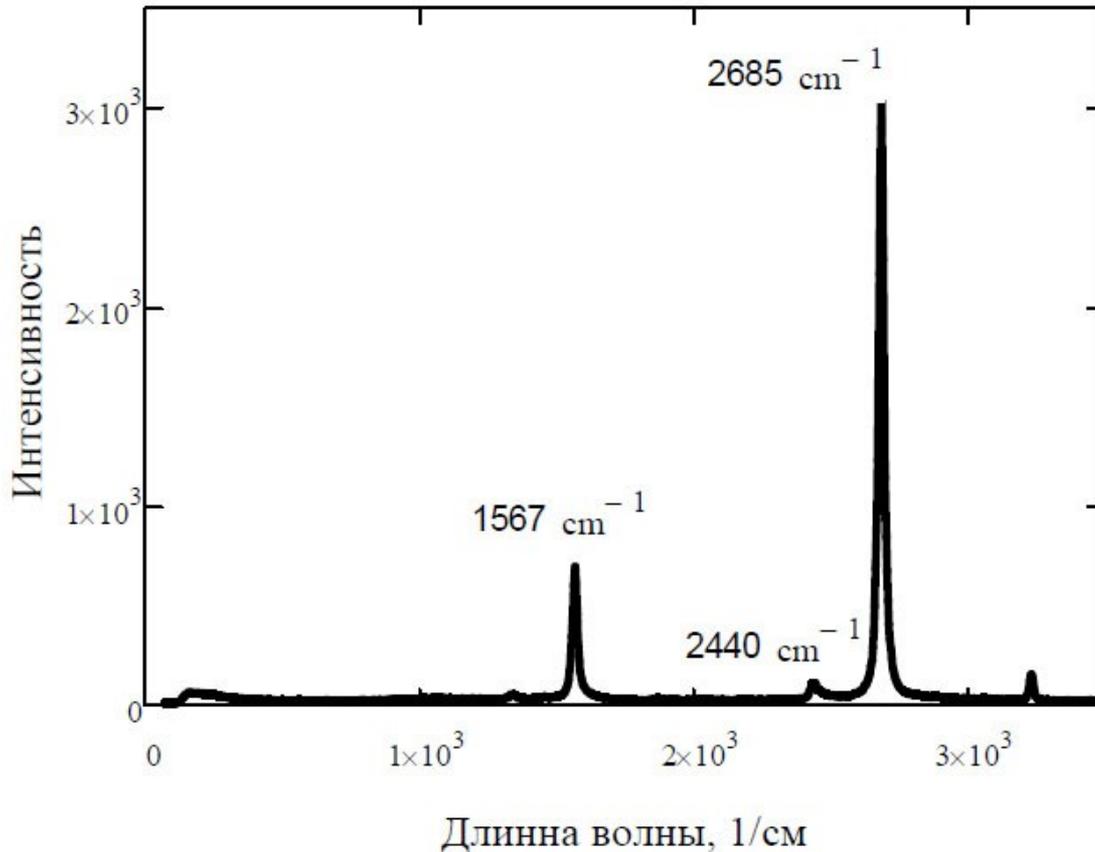
СЗМ изображение  
«чешуйки» графена 5x5мкм



Изображение Раман-картирования  
30x30 мкм

Изображение с конфокального микроскопа методом Раман-картирования поверхности подложки с расщепленным ВОПГ, красным иллюстрируется монослой ВОПГ – графена, карта распределения строится согласно спектральной характеристике представленной на следующем слайде.

# Спектральные характеристики графена



Микрофотография  
«чешуйки» графена x100

Спектр, иллюстрирует спектральную характеристику графена, полученного методом механического расщепления. Спектральная линия  $G'=2685 \text{ cm}^{-1}$  характеризует 1 – LG монослой графена, наличие D и D' спектральной линии обуславливает, наличие напряжений в кристаллической структуре графена.

# Выводы

- ❖ Полученные экспериментальные спектральные характеристики описывают графеновые структуры, полученные методом механического расщепления ВОПГ.
- ❖ Выраженный G' пик четко характеризует монослой графена, тем самым определяя распределение графена наложке.
- ❖ Исследуемые параметры необходимы для анализа экспериментальных образцов рабочих областей встроенного канала из графена полевого транзистора нового поколения микро- и нано- электроники.
- ❖ На данный момент анализ спектральных характеристик КРС, охватывает широкую область параметров углеродных материалов, учитывая, что сама методика КРС довольно тривиальна и не вызывает сложностей в использовании, дальнейшее развитие этого метода анализа даст базовую основу характеристики получаемых компонентов микро- и нано- электроники на основе углеродных  $sp^2$  наноструктур, графена и УНТ.

**Спасибо за внимание!**