

## **Современные тенденции и разработки в области Рамановской микроспектроскопии и фотолюминесценции для исследований конденсированных сред**

**Руководители темы:** Арзуманян Г.М.  
Кучерка Н.

### **Участвующие страны и международные организации:**

Армения, Беларусь, Болгария, Великобритания, Германия, Латвия, Польша, Россия, Словакия, Украина.

### **Изучаемая проблема и основная цель исследований:**

Современные тенденции в микроспектроскопии на основе комбинационного (рамановского) рассеяния света, обеспечивающие ультрачувствительные, высококонтрастные и селективные подходы для исследований конденсированных сред при предельно малых концентрациях молекул исследуемого вещества, находятся в центре внимания настоящей исследовательской программы. Обнаружение и идентификация одиночных молекул представляет собой предельный уровень чувствительности в химическом анализе. Возможность отслеживания и мониторинга одиночных молекул с информацией об их химической структуре и возможных конформационных изменениях, предопределяет далеко идущие перспективы в фундаментальных и прикладных исследованиях в данной области. В этой связи, колебательная спектроскопия, такая как рамановская спектроскопия, будучи неинвазивной и не требующей специальных меток методика, представляется информативным и предпочтительным инструментом для изучения одиночных биологических молекул. Данная цель может быть достигнута с помощью уникальной методики комбинирования двух усиленных модификаций комбинационного рассеяния света, а именно КАРС (когерентное антистоксово рассеяние света) и ГКР (гигантское комбинационное рассеяние) спектроскопии. Основанная на таком подходе ультрачувствительная спектроскопия, известная как ГКАРС – гигантское когерентное антистоксово рассеяние света, в настоящее время мало изучена.

Исследования в области фото- и апконверсионной люминесценции на основе перспективных наноструктур типа «ядро-оболочка». В последние годы, благодаря ряду своих привлекательных свойств, таких как полифункциональность, регулируемость и стабильность, подобные структуры весьма эффективно применяются в современных исследованиях, связанных с биомедициной, оптикой, экологией, материаловедением, энергетикой и т.д. Наноструктуры «ядро-оболочка», содержащие благородные металлы, представляют с собой плазмонные наноматериалы, и успешно применяются для контрастной визуализации исследуемых объектов в различных биомедицинских задачах и т.д.

### **Ожидаемые результаты по завершении этапов темы или проектов:**

1. Модернизированная под ультрачувствительную спектроскопию ГКАРС многомодальная оптическая платформа.

2. Достижение уровня воспроизводимой регистрации спектров комбинационного рассеяния одиночных/единиц органических молекул методами ГКР и ГКАРС.
3. Моделирование процесса плазмонного усиления Рамановского рассеяния.
4. Изучение спектрально-структурных характеристик апконверсионных люминофоров с различными редкоземельными элементами на основе наноструктур «ядро-оболочка».
5. Тестовые результаты по выявлению эффективности применения катионных/металлопорфиринов в качестве оболочек, и нанокристаллов  $\text{NaYF}_4: \text{Yb}^{3+}, \text{Tm}^{3+}/\text{Er}^{3+}$  в качестве ядра, в фотодинамической терапии рака.
6. Создание единой платформы для комплементарной спектрально-селективной визуализации биообразцов методами нелинейной микроскопии комбинационного рассеяния и апконверсионной люминесценции.
7. Верификация опухолевых и стволовых клеток методом спектроскопии комбинационного рассеяния.

### Ожидаемые результаты по этапам темы или проектам в текущем году:

1. Модернизация программного обеспечения NanoSP для микроспектрометра «КАРС», адаптированную под ультрачувствительную модальность ГКАРС.
2. Тестирование различных по конфигурации ГКР-активных подложек с целью оптимального выбора для эффективной ГКАРС спектроскопии.
3. Получение и анализ ГКР и ГКАРС спектров и карт интенсивности света, рассеянного от исследуемых органических молекул, привязанных к золотым/серебряным наночастицам.
4. Получение данных о структурных и спектроскопических/люминесцентных характеристиках наноструктуры «ядро-оболочка»:  $\text{NaYF}_4: \text{Yb}^{3+}, \text{Er}^{3+}, \text{Tm}^{3+}@\text{SiO}_2$ .
5. Выявление особенностей спектров комбинационного рассеяния от глиальных клеток С6 и мезенхимальных стволовых клеток в регулярных исследованиях.

### Проекты по теме:

Название проекта	Руководитель проекта	Приоритет проекта (сроки реализации)
1. НАНОБИОФОТНИКА Ультрачувствительная микроспектроскопия SECARS и люминесцентные наноструктуры «ядро-оболочка».	Арзумян Г.М. Кучерка Н. Заместитель: Маматкулов К.З.	1 (2018-2020)

### Основные этапы темы:

Этап темы или эксперимент	Руководители	Статус проекта или эксперимента
Лаборатория или другие подразделения ОИЯИ	Основные исполнители	
1. Разработка научно-технических требований по модификации микроспектрометра «КАРС»	Арзумян Г.М.	IGN=TOP > Набор данных

под ультрачувствительную  
модальность ГКАРС "SECARS"

ЛНФ

Дорошкевич Н.В., Маматкулов К.З.,  
Морковников И.А.

2. Изучение спектральных и  
плазмонных характеристик  
ГКР-активных подложек на  
основе серебряных и золотых  
наночастиц с различной  
конфигурацией

ЛНФ

Арзуманян Г.М. Набор данных  
Кучерка Н.

Демешенкова К.О., Дорошкевич Н.В.,  
Кузнецов Е.А., Маматкулов К.З., Шатилова В.Н.

3. Систематические эксперименты  
по микроспектроскопии ГКАРС  
на ГКР-активных подложках  
с пикосекундным возбуждением  
– спектроскопия одиночных  
молекул

ЛНФ

Арзуманян Г.М. Реализация  
Маматкулов К.З. Набор данных

Восканян К.Ш., Демешенкова К.О.,  
Дорошкевич Н.В., Морковников И.А. Шатилова В.Н.

4. Разработка модели плазмонного  
усиления Рамановского рассеяния  
на "КАРС" микроскопе

ЛНФ

Арзуманян Г.М. Моделирование  
Кучерка Н.

Маматкулов К.З., Морковников И.А.

5. Изучение спектрально-структурных  
характеристик апконверсионных  
люминофоров на основе  
наноструктур типа  
«ядро-оболочка»

ЛНФ

Арзуманян Г.М. Набор данных  
Кучерка Н.

Восканян К.Ш., Демешенкова К.О.,  
Дорошкевич Н.В., Кузнецов Е.А., Маматкулов К.З.,  
Шатилова В.Н.

6. Тестовое применение люминофоров  
на основе наноструктур "ядро-  
оболочка" в фотодинамической  
терапии (ФДТ) рака

ЛНФ

Арзуманян Г.М. Реализация  
Кучерка Н.

Восканян К.Ш., Демешенкова К.О.,  
Дорошкевич Н.В., Кузнецов Е.А., Маматкулов К.З.,  
Шатилова В.Н.

7. Верификация опухолевых и  
стволовых клеток методом  
спектроскопии  
комбинационного рассеяния

ЛНФ

Арзуманян Г.М. Набор данных  
Кучерка Н.

Восканян К.Ш., Демешенкова К.О.,  
Дорошкевич Н.В., Маматкулов К.З.,  
Морковников И.А., Шатилова В.Н.

8. Разработка концепции единой  
оптической платформы для  
контрастной и селективной  
визуализации образцов методами  
нелинейной рамановской

Арзуманян Г.М. Реализация

**микроскопии и апконверсионной люминесценции**

ЛНФ

Кузнецов Е.А., Маматкулов К.З.

**9. Расширение исследовательской программы на микроскопе "КАРС" как "дружественного прибора пользователя"**

**Арзумян Г.М.  
Кучерка Н.**

Реализация

ЛНФ

Дорошкевич Н.В., Маматкулов К.З.

**Сотрудничество по теме:**



<b>Страна или международная организация</b>	<b>Город</b>	<b>Институт или лаборатория</b>	<b>Участники</b>	<b>Статус</b>
Армения	Ереван	Ин-т биохимии НАН РА	Гюльханданян Г.В. + 2 чел.	Совместные работы Договор
Беларусь	Минск	БГУИР	Бондаренко А.В. + 1 чел.	Совместные работы Обмен визитами
		Ин-т физиологии НАНБ	Кульчицкий В.А. + 2 чел.	Договор Обмен визитами
		СОЛ инструментс	Копачевский В.Дж. + 3 чел.	Совместные работы Обмен визитами
Болгария	София	Inst. Microbiology BAS	Троянова П. + 2 чел.	Совместные работы Обмен визитами
Польша	Вроцлав	UW	Филаровски А. + 1 чел	Обмен визитами
	Познань	AMU	Яздвезска М.	Обмен визитами
Россия	Москва	ИОФ РАН	Фабелинский В.И. +3 чел.	Протокол Обмен визитами
		МГУ	Курочкин И.Н. + 2 чел.	Совместные работы
Словакия	Кошице	PJSU	Грубовчак П. + 1 чел.	Совместные работы
Украина	Донецк	ДонНУ	Пойманова Е.Ю. + 2 чел.	Совместные работы Обмен визитами
Германия	Юлих	FZJ	Половинкин В.	Совместные работы Обмен визитами
Великобритания	Бакингем	UB	Гувер Р.	Совместные работы
Латвия	Рига	ISSP UL	Шараковски А. + 1 чел.	Протокол

