

ОТЗЫВ

проект «Нанобиофотоника» на 2024-2027 гг. в рамках темы «Оптические методы в исследованиях конденсированных сред»

Руководители проекта: Г. М. Арзуманян и К. З. Маматкулов

Предлагаемый к реализации проект «Нанобиофотоника» ориентирован на выполнение фундаментальных и прикладных исследований в области 2D материалов (2DM) и ван-дер-Ваальсовых гетероструктур (vdWHs), а также на решение ряда актуальных и социально значимых задач в области Наук о Жизни. В качестве основного метода исследований предлагается использовать колебательную, преимущественно рамановскую, спектроскопию, так как на современном этапе развития оптики и фотоники она является одним из наиболее чувствительных и мощных инструментов неразрушающего анализа химической структуры материала. В связи с этим, обозначенная в проекте проблематика адекватно и емко описывается его названием, которое включает в себя характеристики объектов («нанобио» – наноматериалы и биологические образцы) и особенности метода («фотоника» – оптическая спектроскопия, основанная на взаимодействии материи с фононами) исследования.

В настоящее время слоистые материалы вызывают большой научный интерес, поскольку физические свойства атомарно тонких монослоев часто сильно отличаются от свойств исходных объемных материалов. В предлагаемом проекте планируется выполнить анализ свойств различных 2D материалов (2DM) и гетероструктур ван-дер-Ваальса (vdWHs) на их основе методами спектроскопии спонтанного и усиленного рамановского рассеяния света. Яркими примерами 2DM являются графен и монослои MoS_2 , так как их уникальные электродинамические свойства предельно малая толщина открывают невероятные перспективы в разработке новых устройств электроники и оптики. Атомарно тонкие двумерные дихалькогениды переходных металлов, такие как MoS_2 и WSe_2 , являются модельными системами для слоистых полупроводников с шириной запрещенной зоны в видимой области оптического спектра. Эти наноматериалы можно собирать в гетероструктуры, комбинирующие в себе свойства составляющих их монослоев. В то же время они открывают доступ к новым степеням свободы электронной системы или взаимодействиям между квазичастицами, такими как экситоны (кулоновско-связанные электронно-дырочные пары). Чувствительная к различным дисперсионным изменениям (сдвиг частоты, интенсивность полос и др.) рамановская спектроскопия является хорошо подходящим методом для исследования и анализа физических и оптических свойств таких наноматериалов.

В предлагаемом к открытию проекте «Нанобиофотоника» запланированы исследовательские работы с 2D материалами и гетероструктурами ван-дер-Ваальса для следующих задач:

- *исследовать фундаментальные, резонансные, межслойные и индуцированные дефектами колебательные моды;*
- *исследовать дисперсионную зависимость отдельных пиков (G, D и др.) рамановского спектра 2D материалов и vdWHs в Стоксовой и/или антиСтоксовой областях в зависимости от энергии фотона накачки и мощности возбуждения;*

- *определить количество слоев в 2D материалах и vdW гетероструктурах, в т.ч. методом низкочастотной рамановской спектроскопии;*
- *исследовать экситон-фононные взаимодействия, транспортные свойства экситонов;*
- *изучить характеристики апконверсионной люминесценции (АКЛ) при одно- и многофононном поглощении в различных 2DM и vdWHs;*
- *исследовать транспортные свойства АКЛ в зависимости от длины волны возбуждения (возможные резонансные эффекты);*
- *определить характеристики АКЛ в зависимости от мощности возбуждающего излучения.*

Подобная программа является крайне актуальной на современном этапе развития нанотехнологий и оптики, носит междисциплинарный характер, имеет высокую научную значимость и интересна с точки зрения как фундаментальных, так и практико-ориентированных исследований. Несмотря на то, что на этапе реализации проекта в ближайшие годы авторы не планируют самостоятельно синтезировать и изготавливать образцы двумерных наноматериалов, их все более возрастающая в последние годы коммерческая доступность позволит успешно выполнить все указанные выше исследования.

Другая значительная часть исследований по проекту ориентирована на продолжение работ в области Наук о Жизни. Это касается очень важного направления, связанного с выявлением особенностей липид-белковых взаимодействий и программируемой клеточной гибели, таких как нетоз и апоптоз. Здесь хотелось бы отметить две важные предпосылки, которые должны, на мой взгляд, содействовать реализации этой части программы проекта на высоком уровне. Первая связана с тем, что рамановская спектроскопия, и, в частности, микроскоп-спектрометр «КАРС» (СОЛ Инструментс, Минск, Беларусь), несомненно является идеально подходящим и адаптированным к медико-биологическим исследованиям инструментарием в целом, и, в частности, для решения тех задач, которые поставили перед собой авторы проекта. Вторая, не менее важная предпосылка, заключается в том заделе, который уже имеется у коллектива данного проекта в этом направлении.

В этой сфере среди наиболее важных задач проекта отмечу несколько:

- *изучение конформационных трансформаций в липид-белковых структурах, в т.ч. температурные зависимости;*
- *исследование и детальный анализ вторичной и третичной структуры белков, встроенных в мембранные миметики;*
- *моделирование липид-белковых взаимодействий методами молекулярной динамики (MD) и теории функционала плотности (DFT);*
- *идентификация первичных фотоакцепторов свето-индуцированного нетоза под действием УФ, видимого и ИК излучения;*
- *дальнейший поиск и идентификация спектральных маркеров нетоза.*

Важно отметить, что исследовательская программа касательно задач в области Наук о Жизни будет комплементарно сопровождаться измерениями с помощью нейтронного рассеяния, кругового дихроизма, атомно-силовой и электронной микроскопии, фотоэлектронной спектроскопии с угловым разрешением и др.

Анализ публикаций заявителей свидетельствует о наличии у них не только соответствующей задачам проекта лабораторной и опытно-исследовательской базы, но и необходимого опыта в решении подобных задач.

С учетом вышесказанного, я поддерживаю и рекомендую к выполнению проект «Нанобиофотоника» сроком на 4 года (2024–2027 гг.) в рамках темы «Оптические методы в исследованиях конденсированных сред» и желаю его успешной реализации.

Профессор кафедры микро- и наноэлектроники
Научный руководитель Центра Наноэлектроники и новых материалов
Белорусского государственного университета
информатики и радиоэлектроники
д.ф.-м.н., профессор

В. Е. Борисенко

24 марта 2023 г.

