

Отзыв

научного консультанта д.ф.-м.н. профессора Кучеренко М.Г.
на диссертацию Темирбаевой Дилары Абаевны
«Плазмон-усиленные фотопроцессы в молекулярных системах»,
представленную на соискание степени доктора философии (PhD)

8D05302– Физика

Фотоэлектронные процессы в гибридных металл-молекулярных наноконкомпозитах по-прежнему представляют значительный интерес для современной электроники, молекулярной фотоники и систем переработки и хранения информации. В этой связи диссертация Темирбаевой Дилары Абаевны, посвященная исследованию особенностей трансформации энергии электронного возбуждения в таких системах, безусловно, является актуальной.

В качестве цели квалификационной работы в диссертации провозглашено обнаружение влияния плазмонного поля металлических наночастиц (НЧ) на внутри- и межмолекулярные фотоэлектронные процессы в специально синтезированных молекулярных структурах. В этой связи была исследована дистанционная зависимость действия локальных плазмонных колебаний в наночастицах серебра на радиационные переходы органических молекул из синглетных и триплетных возбужденных состояний, а также на ферстеровский резонансный перенос энергии в молекулярных донорно-акцепторных парах с различным составом компонентов. Был проведен расчет скорости безызлучательного переноса энергии на основе математической модели влияния ближнего поля плазмонного источника на индуктивно-резонансный перенос энергии между синглетными и триплетными состояниями молекул. Произведено сравнение эффективности процессов спин-разрешенного и спин-запрещенного триплет-синглетного межмолекулярного безызлучательного переноса энергии в условиях локализованного плазмонного резонанса в ближкорасположенных наночастицах благородных металлов.

Анализируя завершенную диссертационную работу Темирбаевой Д.А. можно констатировать, что сформулированная ею цель была успешно достигнута, а все поставленные в ходе проведения исследований задачи полностью решены.

Диссертационная работа состоит из введения, 5 разделов, заключения и списка использованной литературы из 257 наименований. Она изложена на 108 страницах машинописного текста, иллюстрируется 49 рисунками, 17 таблицами. Для создания композитных молекулярных систем с контролируемыми структурными характеристиками в работе использовалось специальное оборудование в виде ванны Ленгмюра-Блоджетт (KSV NIMA). Были синтезированы тонкопленочные покрытия с различной, произвольно изменяемой плотностью упаковки. Многослойные структуры с различным числом и составом слоев переносились на заранее подготовленные твердые

подложки с необходимыми адгезионными, теплофизическими и электромагнитными свойствами.

Автором выполненной диссертационной работы было показано, что оптимальное расстояние, на котором достигается максимальное усиление всех видов наблюдаемых свечений, составляет 6-8 нм, и приближенно совпадает с ферстеровским радиусом безызлучательного индуктивно-резонансного переноса энергии. Сделано обоснованное заключение о том, что это обусловлено перемешиванием синглетных и триплетных состояний молекул за счет спин-орбитальной связи. Установлено, что плазмонные НЧ в большей степени влияют на скорость безызлучательного переноса энергии для донорно-акцепторных пар с относительно низкой эффективностью передачи энергии. При изучении проявлений плазмонного эффекта в разрешенных и запрещенных по спину процессах переноса энергии в одной и той же донорно-акцепторной паре органических молекул установлено, что в плазмонном поле сферических НЧ Ag имеет место приблизительно одинаковый рост эффективности переноса энергии обоих типов.

При выполнении диссертационной работы Темирбаевой Д.А. были получены новые важные научные результаты, представляющие интерес для физико-химии функциональных наноструктурированных молекулярных систем, молекулярной электроники и нанофотоники. В частности диссертанту удалось показать, что локальные плазмонные колебания в НЧ практически одинаково влияют как на S-S, так и на T-S перенос энергии в молекулярных парах, размещенных в окрестности наночастиц. Было обнаружено, что на островковых пленках серебра наблюдается 7-кратное увеличение интенсивности флуоресценции и фосфоресценции донора энергии (бенгальский розовый) и 4-кратное увеличение интенсивности флуоресценции акцептора (полиметиновый краситель).

Для интерпретации наблюдаемых зависимостей оптических спектров и времяразрешенных сигналов фотолюминесценции исследованных систем от их структурных характеристик и внутримолекулярных особенностей компонентов автором диссертации привлекались основные положения теории спин-орбитального взаимодействия молекул, локализованного плазмонного резонанса в сферических НЧ, теории плазмонного инициирования радиационных переходов, а также новейшие достижения в области физики гибридных молекулярных наноструктур и слоистых амфифильных композитов.

Личный вклад диссертанта в представленную квалификационную работу, полученные в ней результаты, а также уровень понимания исследованных научных проблем, безусловно, являются достаточно высокими. Это свидетельствует о качественной профессиональной подготовке соискателя ученой степени, без которой получение, анализ и осмысление результатов сложных экспериментов с использованием современной измерительной техники были бы попросту невозможны. Темирбаевой Д.А. удалось провести многоплановое, и в то же время достаточно глубокое исследование с использованием экспериментальных

методов абсорбционной электронной и люминесцентной спектроскопии, лазерной спектрохронографии с время-коррелированным счетом фотонов, выполнить расчеты выходных радиационных характеристик исследованных систем и сравнить их с собственными экспериментальными результатами.

Автора диссертационной работы отличают оригинальность постановки ряда рассмотренных в диссертации экспериментальных задач, выбор адекватных и наиболее оптимальных спектрально-оптических методов измерений характерных параметров синтезированных композитных наноструктур, а также использование взаимно дополняющих комбинаций абсорбционных, люминесцентных и кинетических способов исследования строения и свойств этих структур.

Приведенные в квалификационной работе результаты и выводы не противоречат современным концепциям, установившимся, в настоящее время, в физике и оптике наноструктур, молекулярной фотонике и нанофотонике композитных систем, а также и других разделах науки, имеющих прямое отношение к теме и содержанию диссертации. Достоверность полученных в работе результатов подтверждается этой непротиворечивостью – с одной стороны, и использованием современных теоретических и экспериментальных методов исследования и обоснованных способов обработки результатов измерений – с другой.

Изложенные в диссертации результаты исследования свойств синтезированных композитных молекулярных наносистем существенно дополняют имеющиеся литературные данные о структуре молекулярных пленок со слоями ПАВ и процессах образования молекулярных ассоциатов органических красителей с дипольными фрагментами исследованных амфифильных соединений. Обнаруженные автором диссертации особенности влияния плазмонных колебаний в сферических НЧ различных металлов на радиационные и безызлучательные характеристики молекул могут найти применение при разработке элементной базы современной формирующейся и будущей органической наноэлектроники. Полученные результаты дают основания для успешного дальнейшего использования исследованных в работе композитных наносистем, с возможностями модифицирования их электронных и оптических свойств для нужд молекулярной электроники и нанофотоники, а также в разработке высокоселективных химических сенсоров. В научно-квалификационной работе Темирбаевой Д.А. обнаружены новые спектральные и кинетические особенности таких композитных наноструктур как окрашенные пленки ПАВ на твердых подложках, предложены новые экспериментальные подходы к решению некоторых проблем управления скоростью безызлучательной передачи энергии в донорно-акцепторных молекулярных системах, важных как для наноэлектроники и фотоники, так и для физикохимии функциональных дисперсных систем в целом. Представленная к защите работа отвечает всем необходимым требованиям, предъявляемым к квалификационным работам доктора философии (PhD), в отношении актуальности, научной новизны и практической значимости,

полученных в ней результатов, а ее автор, Темирбаева Дилара Абаевна, безусловно, заслуживает присуждения ей степени доктора философии (PhD).

Результаты исследований автора диссертации могут быть использованы в таких научных и образовательных учреждениях Казахстана и России как: Карагандинский университет им. академика Е.А. Букетова, ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, КазНУ им. аль-Фараби, Институт космических исследований им. У.М. Султангазина, Алматинский университет энергетики и связи, Национальный политехнический университет им. К. Сатпаева, Национальный исследовательский Томский государственный университет, Оренбургский государственный университет, Институт органической химии НАН Украины, а также в других вузах и научных центрах стран СНГ и дальнего зарубежья.

Директор Центра лазерной и информационной
биофизики ФГБОУ ВО «Оренбургский
государственный университет»,
доктор физ.-мат. наук, профессор

 М.Г. Кучеренко

Адрес: 460018, г. Оренбург, пр. Победы, 13, ОГУ, кор. 2, ауд. 2332.
Раб. телефон : (3532) 37-24-57.
E-mail: rphys@mail.osu.ru

Дата

Печать

Подпись М.Г. Кучеренко заверяю

Главный ученый секретарь – начальник отдела
диссертационных советов,
доктор технических наук, профессор



А.П. Фот