




УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям

д.х.н., профессор


Остроумов И.Г.

«18» января 2023 г.

Отзыв

ведущей организации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

на диссертационную работу **Кочергина Тараса Павловича** на тему
«Модификация микроструктурированного стекла нанокompозитными покрытиями с заданными физико-химическими свойствами»,
представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности: 1.4.4. Физическая химия

Актуальность темы диссертации. Использование оптически прозрачных периодических структур в качестве подложки для нанесения различных полимерных и нанокompозитных покрытий позволяет использовать их для сенсорных применений. В качестве перспективного метода модификации микроструктурированного волокна с поллой сердцевиной (МСВ-ПС) был использован метод послойного нанесения, популярный для модификации планарных поверхностей и микроразмерных систем, однако не применявшийся активно для модификации внутренних поверхностей волноводов. Метод послойного нанесения в своей основе использует силы кулоновского взаимодействия между слоями.

Преимущество использования датчиков на основе микроструктурированных оптических волокон заключается в возможности миниатюризации, которая может открыть путь к их использованию в труднодоступных местах - прежде всего в клинических условиях для применения *in vivo*. Учитывая эти аспекты, модифицированные МСВ-ПС действительно могут стать уникальной и незаменимой оптической платформой в биосенсорах.

В этой связи актуальность диссертационной работы Т.П. Кочергина, посвященной модификации микроструктурированного стекла нанокompозитными покрытиями с заданными физико-химическими свойствами, не вызывает сомнений.

Научная новизна представленной работы определяется тем, что в ней экспериментально установлены закономерности влияния модификации внутренней поверхности МСВ-ПС пленками на основе полидиаллилдиметиламмоний хлорида (ПДДА) с разной молекулярной массой и полистиролсульфаната натрия (ПСС), магнитных наночастиц (МНЧ) и люминесцентных квантовых точек структуры ядро/оболочка $\text{AgInS}_2/\text{ZnS}$ (КТ) на оптические и магнитные сигналы МСВ-ПС. Показано изменение положения полос в спектрах пропускания МСВ-ПС. Выявлены закономерности влияния пленок ПДДА с разной молекулярной массой и МНЧ на внутренней поверхности МСВ-ПС на положение спектральных полос в спектрах пропускания МСВ-ПС и сигналы магнитно резонансной томографии (МРТ). Установлено влияние включения в МСВ-ПС на трансформацию детектируемого сигнала люминесценции полупроводниковых наночастиц структуры ядро/оболочка $\text{AgInS}_2/\text{ZnS}$

Практическая значимость работы состоит в установлении возможности формирования полимерных слоев регулируемой структуры в МСВ-ПС методом послойного нанесения полиэлектролитов противоположного заряда, нанокompозитными слоями на основе полимеров и люминесцентных КТ, полимеров и МНЧ, управляемой модификации внутренней поверхности МСВ-ПС функциональными наночастицами.

Важной частью работы является продемонстрированная автором возможность применения полученных результатов для решения важных с практической точки зрения задач магнитно-резонансной томографии при модификации МСВ-ПС путем нанесения оптимального количества бислоев ПДДА/МНЧ(магнетит).

Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений, что подтверждается применением современных методов исследования, единообразием средств измерений, а так же согласованностью между полученными результатами и с литературными данными. При выполнении работы использованы современные экспериментальные и теоретические методы исследования, такие как абсорбционная и люминесцентная спектроскопия, просвечивающая электронная микроскопия, сканирующая электронная микроскопия, магнитно-резонансная томография, гель-электрофорез, метод динамического рассеяния света.

Научные положения, выносимые на защиту, выводы и рекомендации надежно обоснованы.

Структура диссертации. Диссертационная работа Т.П. Кочергина является полноценной. Диссертация хорошо структурирована и грамотно написана. Она изложена на 126 страницах текста, содержит 47 рисунков, 4 таблицы и состоит из введения, 5 глав, а также заключения и списка литературы. Приведенные в работе сведения позволяют детально воспроизвести полученные результаты. Сами результаты грамотно и полно обсуждены с привлечением специальных знаний из области физической химии.

Во введении обоснована актуальность и практическая значимость исследования, сформулированы цели и задачи, описаны научная новизна и практическая значимость, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ литературных данных по теме диссертации, рассмотрены направления применения микроструктурированных оптических волокон с нанесенными наноструктурированными покрытиями.

Во второй главе представлено описание использованных химических реагентов, а также микроструктурированных оптических волокон с полый сердцевиной (МСВ-ПС) и методик нанесения на них функциональных слоев полиэлектролитных покрытий и композиционных материалов на их основе, использованных при проведении исследования.

В третьей главе приведены результаты исследования процесса формирования на внутренней поверхности МСВ-ПС полиэлектролитных полимерных модифицирующих слоев на основе полидиаллилдиметиламмония хлорида (ПДДА), имеющих варьируемую величину молекулярной массы, и варьируемое количество бислоев ПДДА/полистиролсульфат натрия (ПСС), а также результаты анализа спектров пропускания полученных МСВ-ПС с модифицированной поверхностью.

Четвертая глава посвящена исследованию процессов модификации поверхности МСВ-ПС композиционными покрытиями на основе системы ПДДА/магнетит и анализ особенностей спектров пропускания полученных изделий.

В пятой главе рассмотрена модификация поверхности МСВ-ПС покрытиями на основе ПДДА, содержащего добавки люминисцирующих квантовых точек полупроводников (AgInS_2 и ZnS) и особенности спектров оптического пропускания полученных образцов изделий.

Диссертационная работа содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, свидетельствующие о личном вкладе автора диссертации в науку. Предложенные автором стратегии аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями.

В качестве наиболее важных научных результатов работы, определяющих ее *новизну*, следует отметить следующие:

1. Возможность формирования полиэлектролитных слоев (покрытий) на внутренней поверхности микроструктурированных оптических волокон с поллой сердцевиной (МСВ-ПС), а также введения в их состав люминисцентных полупроводниковых квантовых точек и магнитных наночастиц

2. Выявленные закономерности влияния состава и толщины разработанных модифицирующих покрытий на спектры оптического поглощения МСВ-ПС.

3. Выявление оптимального количества слоев модифицирующих покрытий системы ПДДА-гематит, обеспечивающих минимальные оптические потери и максимальный контраст при прохождении оптического сигнала через МСВ-ПС.

4. Выявленные закономерности по влиянию состава и количества модифицирующих слоев системы ПДДА-квантовые точки на оптические спектры пропускания МСВ-ПС.

Теоретическая и практическая значимость результатов диссертационной работы состоит в том, что предложенные автором методики формирования различных многослойных функциональных покрытий на внутренней поверхности МСВ-ПС позволяют целенаправленно регулировать спектры пропускания оптических волноводов данного типа.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Полученные результаты соответствуют заявленной цели и поставленным задачам и представляют интерес для специалистов, работающих в области оптических исследований, клинического анализа, а также для использования в практике работы производственных и исследовательских лабораторий соответствующего профиля и в ВУЗах при подготовке методического обеспечения различных учебных курсов. В частности в таких организациях как: Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Сколковский институт науки и технологий, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра

Великого, Тамбовский государственный технический университет, Томский политехнический университет, Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, Институт биохимии им. А.Н.Баха РАН, Институт микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН, Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН.

Замечания по диссертационной работе

Отдавая должное высокому уровню диссертационной работы, следует указать на некоторые неясности, вызывающие вопросы:

1. Не очень удачно представлены данные рис. 28 (рис. 4 автореферата). Отсутствует явная зависимость смещения спектра пропускания между 1 и 3 бислоями ПДДА/ПСС.

2. В работе не достаточно описана количественная оценка влияния смещения спектра пропускания от толщины слоев полимерных и нанокompозитных покрытий, не представлено математическое моделирование полученных структур.

3. Обращает на себя внимание то, что, если в главе 5 проведен анализ оптических свойств МСВ-ПС после нанесения на поверхность каждого слоя покрытия ПДДА/КТ, то, в главе 4, измерения проводились после нанесения законченного бислоя ПДДА/МНЧ. Это затрудняет оценку механизма влияния состава покрытий на оптические свойства полученных изделий и хотелось бы услышать объяснение такого подхода.

4. В работе отсутствует исследование влияния ионной силы растворов полимеров ПДДА и ПСС на формирование полиэлектролитных слоев. Это могло бы пролить свет на некоторые вопросы.

5. В работе недостаточно полно описана методика формирования бислоев ПДДА/КТ и ПДДА/МНЧ. Высушивали ли образцы после нанесения каждого слоя? Как может влиять на спектр пропускания МСВ-ПС остаточная влага?

6. Автор не анализирует вопрос о стабильности во времени оптических характеристик полученных изделий с оптически-активными покрытиями.

7. При обсуждении результатов, автор старается дать объяснение всем выявленным экспериментальным закономерностям, однако, в некоторых случаях, эти объяснения имеют вариативный характер (или/или), например это относится к объяснению влияния нанесенного слоя квантовых точек на смещение максимума пропускания спектра МСВ-ПС в коротковолновую область. Хотелось бы получить описание предпочтительного варианта механизма возникновения этого эффекта.

8. Количество статей в рецензируемых изданиях соответствует требованиям ВАК, однако, представленного материала вполне хватило бы

еще на несколько полноценных публикаций в рецензируемых научных изданиях, в том числе - отечественных.

9. Количество страниц автореферата превышает рекомендованный ВАК объем (1 печатный лист).

Однако, сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы Т.П. Кочергина и не снижают ее научной и прикладной значимости.

Заключение о соответствии диссертационной работы требованиям ВАК Минобрнауки России

Диссертация оформлена в соответствии нормативными правилами, содержит большее количество экспериментальных данных и иллюстративного материала. Выдержана логическая последовательность изложения. Форма представления результатов исследования соответствует принятым стандартам. Автореферат диссертации полностью отражает содержание работы.

Полученные результаты экспериментально и теоретически обоснованы и представлены в журналах, рекомендованных ВАК (2 статьи в изданиях индексируемых в международных база данных Scopus и Web of Science) и прошли достаточно широкую апробацию в научном сообществе (доклады на 4 международных и всероссийских научных конференциях). Имеющиеся публикации достаточно полно отражают полученные результаты.

Диссертационная работа Кочергина Т.П. представляет собой законченное научное исследование, отвечающее всем требованиям к научно-квалифицированной работе.

Диссертация Кочергина Тараса Павловича «Модификация микроструктурированного стекла нанокompозитными покрытиями с заданными физико-химическими свойствами» соответствует пп. 1, 5, 12 паспорта специальности 1.4.4 – Физическая химия содержит решение научной задачи, имеющей важное значение для развития физической химии.

Работа отвечает требованиям пунктов 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 с изменениями, внесенными Постановлением правительства РФ от 20 марта 2021 г. № 426, а ее автор, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4 Физическая химия.

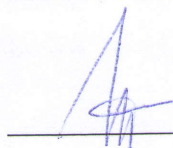
Отзыв рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «Химия и химическая технология материалов» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» 28 декабря 2022 года (Протокол №18)

Отзыв подготовил

Заведующий кафедрой «Химия и химическая технология материалов»

Д.х.н. (02.00.04 –Физическая химия),

профессор



А.В.Гороховский

Федеральное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов, 410054, ул. Политехническая, 77
тел. (8452) 99 86 03, эл. почта: ssu_office@sstu.ru