



«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор – проректор
по научной и инновационной
деятельности, д.т.н., доцент

В.М. Бабушкин

«10» февраля 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» на диссертационную работу Саратовского Артема Сергеевича на тему «Полимерно-солевой синтез фотоактивных наноматериалов на основе ZnO, модифицированных соединениями серебра», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 Материаловедение

Актуальность темы работы

Одной из наиболее важных задач современной неорганической химии и материаловедения является разработка новых технологий и методов синтеза функциональных материалов, включая оптические материалы. Диссертационная работа Саратовского Артема Сергеевича посвящена разработке и синтезу фотоактивных нанокристаллических материалов полимерно-солевым методом, а также исследованию их свойств.

Актуальность выбранной темы исследования связана с востребованностью композитных материалов содержащих нанокристаллы. Такие материалы могут проявлять свойства, отличные от свойств традиционных материалов. Методы их синтеза являются более простыми и менее энергозатратными по сравнению с методами, применяемыми при создании монокристаллических материалов. Нанокристаллические порошки и покрытия полученные в ходе выполнения данной диссертационной работы, могут быть использованы в качестве селективных сенсоров УФ излучения. Также актуальной задачей является разработка новых фотокаталитических материалов, способных разлагать органические загрязнители до соединений, более безопасных для окружающей среды.

Анализ содержания диссертационной работы

Диссертация состоит из 6 глав. Общий объем работы составляет 165 страниц, включая 61 рисунок и 16 таблиц. Список литературы содержит 225 наименований.

Во введении представлены подразделы, посвящённые актуальности работы, степени разработанности темы исследования, научной новизне, теоретической и практической значимости, сформулированы цели и задачи работы, а также положения, выносимые на защиту.

В главе 1 описываются фотокатализ и фотокаталитические процессы, их особенности. Были обобщены и проанализированы имеющиеся в литературе данные о материалах, синтезе и исследовании материалов, синтез которых осуществлялись в ходе выполнения диссертационной работы. Рассмотрены возможности применения фотокаталитических материалов, а также влияние различных допантов на фотокаталитические и бактерицидные свойства исследуемых материалов.

Глава 2 посвящена описанию используемого в работе оборудования, методов синтеза и исследования материалов.

Глава 3 посвящена синтезу и исследованию композиционных материалов на основе оксида цинка, модифицированных серебром и магнием, с использованием поливинилпирролидона. Было исследовано влияние параметров синтеза и состава исходных растворов на структуру, морфологию и спектрально-люминесцентные свойства систем ZnO-Ag, ZnO-MgO-Ag. Проведено исследование влияния введения магния на свойства прозрачных фотоактивных покрытий на стеклах системы ZnO-Ag. Было исследовано влияние поливинилпирролидона на рост наночастиц ZnO, Ag, а также стабилизацию молекулярных кластеров серебра. Было исследовано влияние УФ облучения на формирование и стабилизацию молекулярных кластеров серебра в растворах, композиционных и оксидных покрытиях. Исследуемые эффекты влияния поливинилпирролидона на стабилизацию молекулярных кластеров серебра являются полезными для создания новых люминесцентных материалов. Эффект стабилизации роста наночастиц при введении в систему магния является полезным для создания новых фотокаталитических материалов с заданными свойствами.

В главе 4 рассмотрена модификация пористых стекол и капилляров фотокаталитическими наночастицами систем ZnO-MgO-Ag и ZnO-Ag, полученных полимерно-солевым методом. Установлено, что введение наночастиц ZnO-MgO-Ag и ZnO-Ag в пористые стекла и капилляры, позволило создать материал, демонстрирующий хорошие адсорбционные и фотокаталитические свойства. Получены композиционные материалы, обладающие высокой удельной поверхностью и высокой фотокаталитической активностью за счет генерации активных форм кислорода при УФ облучении.

В главе 5 приведены результаты работ по синтезу и исследованию свойств материалов на основе ZnO, SnCl₂ И Ag(AgCl) полученных полимерно-солевым методом.

Проведено исследование структуры и свойств фотоактивных $\text{ZnO-SnO}_2\text{-Ag(AgCl)}$ наноматериалов. Синтезированы фотоактивные бактерицидные нанопорошки ZnO-Ag и $\text{ZnO-SnO}_2\text{-Ag}$, исследованы их свойства и структура. Было показано, что водные суспензии с нанопорошками ZnO-Ag и $\text{ZnO-SnO}_2\text{-Ag}$, интенсивно выделяют синглетный кислород под действием УФ излучения, а вхождение ионов серебра в структуру кристаллов ZnO приводит к формированию структурных дефектов в этих кристаллах.

В главе 6 приведены результаты синтеза и исследования Ag/AgBr -содержащих материалов. Показано, что люминесцентные свойства водных растворов и сформированных из них композиционных покрытий $\text{Ag/AgBr/Zn(NO}_3)_3/\text{ПВП}$ в значительной мере определяются присутствием в структуре материалов различных небольших молекулярных кластеров серебра. Формирование частиц AgBr сопровождалось изменением формы спектров люминесценции, что свидетельствовало об эволюции размеров и концентрации различных молекулярных кластеров Agn при введении бромид-анионов в состав материалов.

В заключении представлены выводы, основанные на наиболее важных экспериментальных результатах диссертационной работы и их анализе. Выводы полностью обоснованы и соответствуют цели и задачам, сформулированным в диссертационной работе.

Новизна исследования и полученных результатов, их значимость для развития отрасли науки

Новые данные, полученные в работе, представляют научный и практический интерес, а именно:

1. Разработан полимерно-солевой метод получения высокоэффективных фотокаталитических и бактерицидных материалов и покрытий систем ZnO-Ag , ZnO-MgO-Ag , $\text{ZnO-SnO}_2\text{-Ag}$. Полученные материалы могут быть использованы для очистки и обеззараживания воздуха и водных сред.

2. Впервые разработан метод фотохимической оксигенации воды при применении нанокомпозитов $\text{ZnO-SnO}_2\text{-Ag}$ и ZnO-Ag(AgCl) .

3. Разработаны капиллярные фотоактивные элементы, содержащие наночастицы ZnO-MgO-Ag , для систем очистки воздуха.

4. Разработаны органо-неорганические покрытия на основе высокомолекулярного поливинилпирролидона и наночастиц солей металлов (AgBr ; $\text{Zn(NO}_3)_2$) для применения в качестве люминесцентных покрытий, иммерсионных композитов для контроля качества оптических материалов, а также для формирования нелинейно-оптического ограничителей мощного лазерного излучения.

Рекомендации по использованию результатов диссертационной работы

Представленные в работе фотоактивные нанокристаллические материалы можно рекомендовать к использованию в качестве фотокаталитических и люминесцентных материалов. Результаты работы рекомендуются к ознакомлению в таких организациях как ООО «НМФ«Амбилайф», ЗАО «НПФ Люминофор», АО ГНЦ «ТРИНИТИ», ООО «Микроклиматика» и других. Продолжение и развитие исследований, изложенных в диссертационной работе, помимо университета ИТМО может представлять интерес для научных групп, из институтов РАН и высших учебных заведений, в область научных интересов которых входит оптическое материаловедение.

Вопросы и замечания по диссертационной работе:

1. В диссертационной работе недостаточно полно рассмотрены вопросы влияния условий формирования наночастиц на их свойства, в том числе: размеры и распределение по размерам, агломерацию и агрегацию и пр. Автору следовало определить гистограммы распределения частиц по размерам и оценить долю агломератов: влияние агломератов на функциональные характеристики наночастиц может быть существенным.

2. Соискателю следовало бы провести исследования по влиянию внешних факторов на стабильность физико-технических свойств полученных наночастиц. Например, одним из важных вопросов для практических приложений является стабильность генерации активного кислорода при различных температурах, эффективность генерации активных форм кислорода и пр. В частности, не было систематически изучено влияние температуры на эффективность этих процессов, хотя для их практического применения это является важным. В диссертации на соискание ученой степени по техническим наукам проведение подобных исследований необходимо, в том числе и механических свойств покрытий с включениями в виде полученных наночастиц. Соискателем недостаточно полно представлены методы исследований, как процессов формирования наночастиц, так и их свойств.

3. В диссертации следовало бы более четко обосновать научную новизну и сопоставить предлагаемый метод формирования наночастиц с уже существующими. В чем состоит техническая новизна предлагаемого метода и что она позволяет по сравнению с уже существующими методами?

4. В диссертации подробно рассмотрен только одно практическое приложение полученных наночастиц – их влияние на подавление роста микроорганизмов. Следует отметить, что такие исследования следовало проводить по существующему ГОСТ **** с применением входящих в него сертифицированных микромицелл грибов. Полученные автором результаты безусловно имеют научную ценность, но для практики требуется проведение установленных экспериментальных исследований. Было бы весьма ценным

включение в диссертацию раздела с обоснованием других практических применений полученных результатов.

5. Следует отметить некоторую небрежность в оформлении автореферата и диссертации.

Заключение

Несмотря на вышеизложенные вопросы и замечания, диссертационная работа Саратовского А.С. на тему «Полимерно-солевой синтез фотоактивных наноматериалов на основе ZnO, модифицированных соединениями серебра», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является состоявшейся научно-квалификационной работой. Научная и практическая значимость поставленных задач и полученных результатов удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук и изложенным в пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней». Автор диссертационной работы, Саратовский Артем Сергеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – «Материаловедение».

Отзыв обсужден и одобрен на расширенном научном семинаре межвузовской междисциплинарной лаборатории «Технологий синтеза фрактальных структур и сложных технических систем» (протокол № 2 от 24 февраля 2025 г).

Отзыв подготовил:

Заведующий межвузовской междисциплинарной лаборатории «Технологий синтеза фрактальных структур и сложных технических систем» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», доктор технических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, профессор Данилаев Максим Петрович

 «25» февраля 2025

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»

Почтовый адрес: 420111 г. Казань, ул. К. Маркса, 10

Веб-сайт: <https://kai.ru>

Тел.: +7 (843) 231-01-09

Email: kai@kai.ru