

«Утверждаю»

Член Правления — Проректор по
науке и корпоративному
развитию

КазНТУ им. К.И. Сатпаева

Кульдеев Е.И.

ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА № 1

Расширенного заседания кафедры

«Материаловедение, нанотехнология и инженерная физика»

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

г. Алматы

«07» февраля 2025 г.

Председатель: Какимов У.К. — к.т.н., ассоц. профессор, зав. кафедрой МНиИФ.

Секретарь: Кемелбекова А.Е. — доктор PhD, старший преподаватель кафедры МНиИФ.

Присутствовали (в соответствии с Положением о Диссертационном совете, не менее 2/3 членов кафедры): всего 13 членов кафедры, из них присутствовали 11 членов кафедры. Какимов У.К. — к.т.н., зав.кафедрой; Кудайбергенов К.К. — доктор PhD, ассоц. профессор; Смагулов Д.У. — д.т.н., профессор; Мамаева А.А.- к.ф.-м.н, ассоц. профессор, Бейсебаева А.С. — к.ф.-м.н., ассоц. профессор; Кемелбекова А.Е. — доктор PhD, старший преподаватель, Шонғалова А.Қ. — доктор PhD, старший преподаватель, Алихайдарова Э.Ж. — доктор PhD, старший преподаватель, Ыбырайымқұл Д.Т. — преподаватель; Етиш Т.Е. — преподаватель, Нұғыманова К.Н. — преподаватель.

Со стороны: Астемесова К.С. — доктор PhD, зав. кафедрой Общей физики, Гриценко Л.В.- доктор PhD, профессор КазНТУ.

ПОВЕСТКА ДНЯ:

Обсуждение диссертационной работы PhD докторанта кафедры «Материаловедение, нанотехнологии и инженерная физика» Палтушевой Жании Уразгалиевны на тему «Получение и исследование свойств наноструктурированных полупроводниковых материалов для применения в сенсорных устройствах», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07103 - «Материаловедение и инженерия».

Научные консультанты:

- Гриценко Леся Владимировна, доктор PhD, профессор КазННТУ (Алматы, Казахстан);
- Витали Сирицки, доктор PhD, заведующий лабораторией Таллинского технического университета (Таллин, Эстония);

Рецензенты:

- Кудайбергенов К.К. - доктор PhD, ассоциированный профессор кафедры «Материаловедение, нанотехнологии и инженерная физика», Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова, КазННТУ имени К.И. Сатпаева.
- Кемелбекова А.Е. - доктор PhD, старший преподаватель кафедры «Материаловедение, нанотехнологии и инженерная физика», Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова, КазННТУ имени К.И. Сатпаева.

СЛУШАЛИ:

Председатель Какимов У.К.: Палтушева Жания Уразгалиевна обучалась в докторантуре по специальности 8D07103 - «Материаловедение и инженерия» в НАО КазННТУ им. К.И.Сатпаева в 2020-2024 гг.

В настоящее время она завершила диссертационную работу на тему: «Получение и исследование свойств наноструктурированных полупроводниковых материалов для применения в сенсорных устройствах», которая была утверждена на Ученом совете КазННТУ имени К.И.Сатпаева от 28 декабря 2020 г. (приказ № 2280-д). Для проведения экспертизы по диссертации Палтушевой Жании были назначены рецензенты: Кудайбергенов К.К. - доктор философии (PhD), ассоциированный профессор кафедры «Материаловедение, нанотехнологии и инженерная физика», Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова, КазННТУ имени К.И. Сатпаева; Кемелбекова А.Е.- доктор PhD, старший преподаватель кафедры «Материаловедение, нанотехнологии и инженерная физика», Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова, КазННТУ имени К.И. Сатпаева, компетентные в соответствующей отрасли, которые подготовили рецензии к рассматриваемой диссертации.

К предзащите представлена диссертационная работа докторанта специальности 8D07103 - «Материаловедение и инженерия» Палтушевой Жании Уразгалиевны на тему: «Получение и исследование свойств наноструктурированных полупроводниковых материалов для применения в сенсорных устройствах».

Научные стажировки: Палтушева Ж.У. в 2022 г. прошла научную стажировку в Назарбаев Университет (Астана, Казахстан).

Если нет вопросов по повестке дня, слово предоставляется докторанту Палтушевой Жание Уразгалиевне для доклада. Регламент 20 минут на презентацию доклада.

Палтушева Ж.У.: Уважаемый председатель и уважаемые присутствующие! Разрешите представить вашему вниманию основные результаты диссертационной работы на тему: «Получение и исследование свойств наноструктурированных полупроводниковых материалов для применения в сенсорных устройствах». В докладе отражены актуальность, цель, задачи работы, содержание, основные положения, выносимые на защиту, научные результаты и выводы диссертации.

Слушали: Слушали Палтушеву Ж.У., которая в своем докладе изложила суть диссертационной работы. Доклад был представлен в форме презентации. В ходе доклада были освещены следующие вопросы:

1. Актуальность исследуемой проблемы,
2. Цель и задачи диссертационного исследования,
3. Научная новизна,
4. Основные положения, выносимые на защиту,
5. Практическая значимость диссертации,
6. Методы исследования,
7. Результаты исследования,
8. Заключение и выводы.

Председатель Какимов У.К.: Слово предоставляется отечественному научному консультанту доктору PhD, профессору КазНITU Гриценко Л.В. (положительный отзыв прилагается).

Доктор PhD, профессор Гриценко Л.В.:

Разработка опирается на современные достижения в области материаловедения, нанотехнологий и сенсорных технологий. Исследования включают синтез и оптимизацию наноструктурированных полупроводников с использованием передовых методов, изучение физико-химических, электрохимических и оптических свойств полученных материалов, функционализацию поверхности шарового резонатора, внедрение новых концепций в области функционализации поверхности и создания многослойных структур, что повышает чувствительность и селективность сенсоров.

Во время выполнения диссертационной работы Палтушева Ж.У. проявила себя как самостоятельный, целеустремленный исследователь. Она повысила свой теоретический и практический уровень, осваивая современную методологию исследований и выполняя эксперименты по диссертационной работе.

В целом диссертационная работа Палтушевой Ж.У. представляет собой законченное исследование, выполненное на высоком современном научном и теоретическом уровне, имеет практическое значение, отвечает всем требованиям, предъявляемым к докторской диссертации PhD.

Диссертационная работа Палтушевой Ж.У. по актуальности, научному уровню, новизне, значимости результатов и общему объему исследований соответствует всем критериям, предъявляемым к PhD диссертациям, и может

быть рекомендована к защите в диссертационном совете по специальности 8D07103 - «Материаловедение и инженерия».

Положительный отзыв зарубежного консультанта Витали Сирицки прилагается.

Председатель Какимов У.К.: Давайте теперь заслушаем рецензентов. Слово предоставляется рецензенту доктору PhD, ассоциированному профессору Кудайбергенову К.К.

Кудайбергенов К.К. доктор PhD, ассоциированный профессор:

Здравствуйте, уважаемые члены кафедры. Ознакомившись с диссертацией Палтушевой Жании Уразгалиевны, пришел к следующему заключению:

В диссертации содержатся достоверные результаты, являющиеся итогом достижения цели и решением поставленных задач: изучены свойства полупроводниковых наноструктурированных материалов и методов их синтеза; изучены принципы работы биосенсоров, их виды и области применения; разработан оптоволоконный биосенсор на основе ZnO для обнаружения гликопротеина CD44; разработан электрохимический биосенсор на основе ZnO/GO для детекции аскорбиновой кислоты.

Отмечая положительные стороны диссертационной работы, необходимо указать следующие недочеты по содержанию и оформлению диссертации:

1. В диссертации целесообразно сформулировать преимущество использования оксида цинка/оксида графена в качестве биосенсора по сравнению с ранее применявшимися устройствами для обнаружения гликопротеина и аскорбиновой кислоты.

2. Желательно представить в работе экономическую оценку применения предлагаемых биосенсоров для обнаружения гликопротеина и аскорбиновой кислоты.

3. В разделе 4.4 не указано, чем обусловлен выбор максимальной концентрации аскорбиновой кислоты в растворе.

4. На рисунке 43 представлен калибровочный график, демонстрирующий линейную зависимость пикового тока на циклической вольтамперограмме от концентрации аскорбиновой кислоты в буферном растворе. В работе не представлены данные, при которых эта зависимость перестаёт быть линейной.

5. Некоторые полученные результаты не были полностью научно обсуждены. Например, в ИК-спектре тонкого слоя ZnO (рисунок 22) обнаружены функциональные группы, такие как C=C, C=O, C-H, C-N и т.д., но не объясняется, откуда они появились.

6. Следует обратить внимание на некоторые орфографические и стилистические ошибки при написании диссертации.

Однако указанные недостатки не имеют принципиального характера и не влияют на достоинство диссертационной работы. Диссертационная работа: «Получение и исследование свойств наноструктурированных полупроводниковых материалов для применения в сенсорных устройствах», Палтушевой Жании Уразгалиевны рекомендуется на рассмотрение в

диссертационный совет по специальности 8D07103 - «Материаловедение и инженерия».

Председатель Какимов У.К.: Хорошо. Хотел бы спросить, Жания Уразгалиевна, Вы согласны с замечаниями?

Ответ: Благодарю за полезное замечание, я согласна и хотела добавить:

1. Преимущества использования оксида цинка/оксида графена я изложила в первых двух главах диссертационной работы, где подробно подчеркнула их уникальные свойства, такие как высокая проводимость, стабильность и способность к функционализации, что делает их эффективными для детекции гликопротеинов и аскорбиновой кислоты по сравнению с другими материалами.

2. Данная работа сфокусирована на фундаментальных исследованиях наноструктурированных материалов и их применении в качестве основы сенсорных устройств. В случае продолжения исследований в рамках постдокторантуры, возможно, поднимется вопрос о коммерциализации данных исследований. Тогда и будет детально проведена экономическая оценка данных приложений. На текущий момент, как и было подчеркнуто в докладе, высокочувствительный биосенсор был создан на основе тонкого слоя оксида цинка, полученного низкочувствительным золь-гель методом из экономичных материалов. Основные минусы применяемых сегодня технологий включают низкую чувствительность, высокие затраты на материалы и оборудование, необходимость в сложной калибровке.

3. Выбор данной концентрации аскорбиновой кислоты был обусловлен клиническими исследованиями, которые проводятся в том же диапазоне концентраций.

4. На рисунке 43 показано, что наблюдается линейная зависимость пикового тока при изменении концентрации аскорбиновой кислоты в буферном растворе в пределах от 0 до 3 мМ. Действительно, при более высоких значениях аскорбиновой кислоты зависимость перестает быть линейной. Представленная на графике область изменения концентрации была выбрана с целью демонстрации возможности использования синтезированных материалов в реальных датчиках, диапазон работы которых соответствует проводимым клиническим исследованиям.

5. В ИК-спектре тонкого слоя ZnO (рисунок 22) наличие функциональных групп обусловлено присутствием ацетата цинка, а углерод, входящий в его состав, приводит к растяжению алкановых групп.

6. Благодарю за замечания, касающиеся орфографии и стиля, я обязательно пересмотрю текст и исправлю ошибки.

Председатель Какимов У.К.: Далее слово предоставляется второму рецензенту, Кемелбековой А.Е. - доктор PhD, старший преподаватель кафедры МНИИФ.

Кемелбекова А.Е. - доктор PhD, старший преподаватель кафедры МНИИФ:

Здравствуйте, уважаемые члены кафедры. Тема диссертационной работы Палтушевой Ж.У. является актуальной, учитывая важность разработки высокочувствительных сенсоров для ранней диагностики заболеваний, а также мониторинга состояния окружающей среды. Биомаркер CD44 и аскорбиновая кислота играют ключевую роль в различных биологических процессах. Их детекция может быть полезной при диагностике рака, воспалительных заболеваний и оценки антиоксидантного статуса. Наноструктурированный оксид цинка благодаря своим уникальным свойствам обладает высоким потенциалом для создания эффективных сенсоров, что делает материал представленного исследования актуальным и перспективным. Результаты работы могут привести к созданию новых технологий для медицинской диагностики и улучшению существующих методов анализа. Имеется ряд замечаний:

1. Не все сокращения внесены в список обозначений и сокращений,
2. В подписи к рисунку 10 отсутствует ссылка на литературный источник,
3. В разделе 4.3 не приведены дифрактограммы для всех видов исследуемых образцов.

Однако указанные недостатки не имеют принципиального характера и не влияют на достоинства диссертационной работы.

Диссертационная работа: «Получение и исследование свойств наноструктурированных полупроводниковых материалов для применения в сенсорных устройствах», Палтушевой Жании Уразгалиевны рекомендуется на рассмотрение в диссертационный совет по специальности 8D07103 - «Материаловедение и инженерия».

Председатель Какимов У.К.: Благодарю за рецензию. Вы согласны с замечаниями?

Ответ: Да согласна и хотела бы довать, что обязательно дополню список обозначений и сокращений, чтобы включить все использованные аббревиатуры, что сделает работу более ясной и удобной для восприятия. Рисунок 10 был мною нарисован и использовался в одной из наших публикаций. В подписи к рисунку я добавлю соответствующую ссылку на литературный источник, чтобы указать на оригинальные исследования, на основе которых был построен этот результат. В разделе 4.3 нами были выбраны дифрактограммы образца №1, представляющего собой оксид цинка и образца №3 – композита ZnO/GO с наибольшим содержанием оксида графена в растворе для сравнительного анализа структурных свойств. Другие композитные образцы рассмотренной серии также содержали пик, характеризующий присутствие оксида графена, в своем составе. Благодарю за ваши ценные замечания, которые я обязательно учту при доработке работы.

ОБСУЖДЕНИЕ

Председатель Какимов У.К.: Уважаемые коллеги, теперь переходим к другой стадии, это обсуждение диссертации. Пожалуйста, уважаемые коллеги у кого есть какие вопросы по данной работе?

Мамаева А.А., ассоц. профессор: Добрый день! Мы прослушали доклад Палтушевой Ж.У. Поясните, пожалуйста, почему была выбрана температура 375°C?

Соискатель: Благодарю Вас за вопрос. Температура 375°C является минимальной, при которой наблюдаются значительные изменения в спектрах фотолюминесценции и комбинационного рассеяния образцов ZnO-GO.

Мамаева А.А., ассоц. профессор: Проводилось ли исследование на воспроизводимость результатов?

Соискатель:. Да, повторяемость всей конструкции была продемонстрирована для нескольких сенсоров; все они показали одинаковую тенденцию.

Председатель Какимов У.К.: Как связан биомаркер CD44 с раковыми клетками?

Соискатель: Биомаркер CD44, экспрессируемый при многих видах рака, является рецептором адгезии, регулирующей процесс метастазирования на клеточной поверхности. Процесс миграции и инвазии, вовлечённый в метастазы, объясняется взаимодействием CD44 с лигандами внеклеточного матрикса. Исследование CD44 у пациентов показало прямую корреляцию между уровнем CD44 в сыворотке и возникновением рака при раке поджелудочной железы, раке лёгких, раке молочной железы, раке предстательной железы, карциноме головы и шеи.

Алихайдарова Э.Ж., старший преподаватель: Вопрос касательно спектров фотолюминесценции. Почему смещаются данные графики?

Соискатель: Излучательная рекомбинация локализованных электронов с глубоко захваченными дырками в межузельях кислорода, расположенных на 2.2 и 2.14 эВ ниже зоны проводимости, приводит к образованию желтой и желто-оранжевой полос люминесценции соответственно. Обнаружено, что после атмосферной термообработки при 375°C в образцах ZnO-GO №4 и №5 полоса DLE смещается из желтой области в зеленую. Наблюдаемая зеленая полоса люминесценции при 505 нм может быть связана с рекомбинацией электронов в однократно ионизированных вакансиях кислорода с фотовозбужденными дырками в валентной зоне.

Ыбырайымқұл Д.Т., преподаватель: Какая длина волны была использована для комбинационного рассеяния света?

Соискатель: Комбинационное рассеяние света для всех синтезированных образцов исследовали на спектрометре Solver Spectrum при возбуждении синим лазером с длиной волны 473 нм.

Бейсембаева А.С., старший преподаватель: Расскажите, пожалуйста, подробнее про оптоволоконные биосенсоры и их результаты.

Соискатель: Для анализа данных были выбраны поляризационные P и S спектры. Спектральные закономерности были идентифицированы с использованием метода отслеживания признаков, который выделяет наиболее значимые спектральные отклики. Спектральный отклик в диапазоне, где датчик имел наиболее чувствительный отклик, был интегрирован для определения предела обнаружения датчика. Согласно расчетам, он составил

2.13 фМ. Горизонтальными линиями показаны уровни, соответствующие пределу обнаружения; сплошные линии сообщают о функциях логарифмического полинома. На графике y_{blank} представляет собой пустой ответ, зарегистрированный при самой низкой концентрации CD44, когда сенсор практически не реагирует, и σ_{max} – максимальное стандартное отклонение.

Кудайбергенов К.К. доктор философии (PhD), ассоциированный профессор: В образце №5 на рамановских спектрах исчезают пики, характерные для оксида графена. С чем это связано?

Соискатель: Да, полоса D, возникающая за счет дефектов sp^3 , и полоса G – за счет планарных колебаний атомов углерода sp^2 и дважды вырожденной фононной моды, не проявляются после термической обработки образцов ZnO-GO, что связано с восстановлением атомов углерода.

Председатель Какимов У.К.: У кого-нибудь еще есть вопросы? Вопросов нет. Работа объёмная, а выявленные замечания легко исправимы. Все участники расширенного научного семинара, выступившие в дискуссии, единогласно рекомендовали диссертационную работу Палтушевой Ж.У. к защите в диссертационном совете «Металлургия, Обогащение и Материаловедение».

На этом обсуждение диссертационного исследования PhD-докторанта Палтушевой Ж.У. можно считать завершённым.

Предлагаю принять следующее заключение по обсуждению диссертационной работы Палтушевой Ж.У. на тему «Получение и исследование свойств наноструктурированных полупроводниковых материалов для применения в сенсорных устройствах».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Расширенного заседания научного семинара кафедры «Материаловедение, нанотехнологии и инженерная физика» КазННТУ им. Сатпаева от 7 февраля 2025 года по рассмотрению диссертации докторанта (PhD) Палтушевой Жании Уразгалиевны на тему «Получение и исследование свойств наноструктурированных полупроводниковых материалов для применения в сенсорных устройствах», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07103 - «Материаловедение и инженерия».

Актуальность темы исследования

На сегодняшний день разработка низкочастотных технологий синтеза полупроводниковых материалов для применения в сенсорных устройствах привлекает значительный интерес исследователей во всем мире. При синтезе наноструктурированных материалов открываются широкие возможности управления физико-химическими свойствами и структурой благодаря размерным эффектам, проявляющимся в нанометровом уровне, а также свойствам материалов и поверхности.

На данный момент, наночастицы оксида цинка являются одним из наиболее производимых наноматериалов, который используется в широком спектре применений, таких как электрохимические сенсоры, оптоволоконные сенсоры, газовые сенсоры, солнечные элементы, фотодиоды, суперконденсаторы и т. д. Композит оксида цинка/оксида графена (ZnO/GO) представляет собой уникальный материал с выдающимися характеристиками, который может быть применен в различных областях, таких как оптоэлектроника, электроника, фотокатализ, датчики, биосенсоры и других. Его структура, объединяющая оксид цинка и графен, позволяет создавать новые, более эффективные решения для управления морфологией и поверхностными дефектами материала. Одним из ключевых преимуществ композитов ZnO/GO является их синергетический эффект, который возникает благодаря комбинации двух компонентов. Совместное использование ZnO и GO позволяет управлять морфологией и поверхностными дефектами композита, что может приводить к улучшению его свойств и эффективности в различных приложениях.

Идентификация биомаркеров заболеваний и обнаружение опасных газов и химических веществ с помощью чрезвычайно чувствительных и селективных сенсорных устройств остается сложной и трудоемкой исследовательской задачей. Благодаря своим исключительным характеристикам ZnO и композиты на его основе в последние годы привлекают большое внимание при разработке различных типов датчиков. Ключевыми показателями эффективности датчиков на основе оксида цинка являются их чувствительность, селективность, время восстановления и устойчивый отклик с течением времени.

В связи с этим стояла задача разработки высокочувствительных биосенсоров на основе ZnO для детекции важного биомаркера CD44, который представляет собой трансмембранный гликопротеин, экспрессирующийся на эмбриональных стволовых клетках и сверхэкспрессирующийся в подмножестве раковых клеток, и на основе ZnO/GO для детектирования аскорбиновой кислоты, также известной как витамин С, являющейся водорастворимым антиоксидантом, позволяющим человеческому организму формировать коллаген и белок.

Актуальность разработки высокочувствительных сенсоров на основе ZnO и ZnO/GO обусловлена их уникальными свойствами, делающими данные материалы перспективными для широкого спектра практического применения.

2. Научные результаты в рамках требований к диссертациям (пп. 2, 5, 6 «Правил присуждения степеней» и паспортов соответствующих специальностей научных работников)

Научные положения диссертации соответствуют требованиям, предъявляемым к работам такого рода.

В работе последовательно решаются поставленные соискателем задачи. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников. В главах сделаны научно значимые, логично

аргументированные выводы. Основные полученные результаты сводятся к следующему:

1. Представлен первый волоконно-оптический биосенсор со сферическим наконечником, покрытым тонким слоем оксида цинка (ZnO) толщиной 100 нм, нанесенным недорогим золь-гель методом, для измерения белка CD44 в диапазоне от 100 аМ до 100 нМ. Данный сенсор прост в изготовлении, имеет хороший отклик на изменение белка с пределом обнаружения 0.8 фМ и высокую чувствительность к изменению показателя преломления окружающей среды.

2. Продемонстрирована возможность регенерации взаимодействия между основным аналитом (белок CD44) и лигандом, которая позволяет дважды использовать функционализированную поверхность датчика для проведения повторных измерений. Чувствительность полученного сенсора была протестирована по отношению к концентрации контрольного белка ПСА, а также без антител - CD44. Данные характеристики биодатчика представляют собой новый многообещающий способ обнаружения важного биомаркера CD44 в раковой диагностике.

3. Методом химического осаждения из раствора с последующей термической обработкой на воздухе при температуре 375°C был получен модифицированный ZnO-GO/GCE электрод с высокой чувствительностью 0.386 мАМ⁻¹см⁻² к аскорбиновой кислоте, предел обнаружения соответствовал 7.3 нМ, перспективный для использования в качестве основы биосенсора для определения уровня витамина С в крови, в пищевых продуктах и лекарствах.

4. Термическая обработка композита ZnO-GO на воздухе при температуре 375°C позволяет увеличить чувствительность ZnO-GO/GCE электрода, а также контролировать люминесцентные и структурные свойства ZnO-GO образцов, что делает данные материалы перспективными для применения в производстве белых светоизлучающих диодов, устройств отображения, биологической маркировки и других оптических устройств нанoeлектроники.

3. Степень обоснованности и достоверности каждого научного результата (положения), выводов и заключения соискателя, сформулированных в диссертации

Полученные в ходе исследования результаты и выводы отражают содержание всех разделов в логичной последовательности и подтверждаются публикациями основных научных результатов в международных и отечественных научных журналах, а также докладами на международных конференциях и форумах.

4. Степень новизны каждого научного результата (положения), выводов и заключения соискателя, сформулированных в диссертации

Научные положения диссертации соответствуют требованиям, предъявляемым к работам такого рода. Научная новизна заключается в том:

1. Тонкий слой оксида цинка был впервые нанесен на шаровой резонатор экологичным низкочастотным золь-гель методом техникой «dip-coating» при комнатной температуре с последующим отжигом при температуре 250°C.

2. Полученный биосенсор является первым оптоволоконным датчиком на основе шарового резонатора с тонким слоем оксида цинка для обнаружения интегрального клеточного гликопротеина CD44, экспрессируемого при многих видах рака, являющегося рецептором адгезии, регулирующей процесс метастазирования на клеточной поверхности.

3. Впервые была проведена регенерация взаимодействия основного аналита (белка CD44) с лигандом, что позволило дважды использовать функционализированную поверхность сенсора для измерений.

4. Термическая обработка композитов ZnO-GO на воздухе при температуре 375°C влияет на различные виды оптической рекомбинации: уменьшается интенсивность УФ-полосы, что обусловлено частичной диссоциацией экситона, связанного с донором. Контролируемое управление фотолюминесцентными и структурными свойствами нанокompозитов ZnO-GO делает их перспективными материалами для применения в различных оптических устройствах нано- и микроэлектроники

5. Оценка внутреннего единства полученных результатов

Диссертационное исследование представляет собой логически завершенный научный труд, обладающий внутренним единством. Четко сформулированные цель и задачи исследования нашли последовательное теоретическое и методологическое решение в каждом разделе диссертации, сформированы в виде основных положений, выносимых на защиту. Все результаты, выводы и заключение внутренне взаимосвязаны, каждый следующий вывод связан с предыдущим с соблюдением принципа от общего к частному.

6. Направленность полученных результатов на решение соответствующей актуальной проблемы, теоретической или прикладной задачи

Результаты проведенных исследований расширяют знания в синтезе наноструктурированных полупроводниковых материалов для применения в сенсорных устройствах. Исследованные в работе полупроводниковые наноматериалы имеют высокий потенциал применения, благодаря исключительным характеристикам открывающимся в нанометровом уровне в раковой диагностике и детекции аскорбиновой кислоты. Кроме того, относительная неизученность данных материалов открывает возможность для получения новых экспериментальных результатов и проведения перспективных разработок. В ходе исследований соискатель освоила широкий спектр научных методик.

7. Подтверждение полноты опубликования основных положений, результатов, выводов и заключения диссертации

Публикации

По материалам диссертационной работы опубликовано 19 печатных работ, из них 1 статья в международном рецензируемом научном журнале, входящем в БД Scopus и Web of Science:

1. **Paltusheva Zh.U.**, Ashikbayeva Zhannat, Tosi Daniele and Gritsenko L.V. Highly Sensitive Zinc Oxide Fiber-Optic Biosensor for the Detection of CD44 protein// MDPI Biosensors. – 2022. - V.12. - Issue11. - P.1015. (Q1, процентиль 89%)

4 статьи в изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки МОН РК, входящий в БД Scopus/Web of Science:

2. **Paltusheva Zh.U.**, Alpysbaiuly N., Kedruk Y.Y., Zhaidary A.D., Aitzhanov M.B., Gritsenko L.V., Abdullin Kh.A. Photocatalytic activity of zinc oxide – graphene oxide composites// Bulletin of the university of Karaganda-physics. - 2022. - V.2. -P.102-110. *Web of science*.

3. Gritsenko L.V., Kedruk Y.Y, **Paltusheva Zh.U.**, Syritski V. Structural properties of ZnO nanopowders synthesized by thermal decomposition// Physical sciences and technology. - 2023. - V. 10. - P.3-4. *Scopus*.

4. **Paltusheva Zh.U.**, Gritsenko L.V., Kedruk Y.Y., Abdullin Kh. A., Aitzhanov M.B., Kalkozova Zh.K. Электрохимический сенсор аскорбиновой кислоты на основе наноструктур оксида цинка// Recent Contributions to Physics - 2023. - V.86.-№3. - P.49-56. *Web of science*.

5. **Paltusheva Zh.U.**, Kedruk Y.Y., Gritsenko L.V., Tulegenova, Syritski V., Abdullin Kh.A. The influence of synthesis parameters and thermal treatment on the optical and structural properties of zinc oxide- based nanomaterials// Physical Sciences and Technology. – 2024. – V.11, №1-2. – P. 49-57. *Scopus*.

14 трудов международных научно- практических конференций:

6. Кедрук Е.Ю., Айтжанов М.Б., **Палтушева Ж.У.**, Гриценко Л.В., Абдуллин Х.А. Влияние термической обработки на фотокаталитические свойства наностержней оксида цинка //Труды Сатпаевских чтений. – Алматы, 2021. - С. 1094–1097.

7. **Палтушева Ж.У.**, Гриценко Л.В. Применение наноструктурированного оксида цинка в биосенсорных устройствах// Труды Сатпаевских чтений. – Алматы, 2021. - С. 1101–1105.

8. Кедрук Е.Ю., **Палтушева Ж.У.**, Гриценко Л.В., Абдуллин Х.А. Разложение органических соединений под действием фотокаталитически активного ZnO//Аморфные и микрокристаллические полупроводники: сборник тезисов Международной конференции. – Санкт-Петербург, 2021 г. - С. 130–131.

9. Гриценко Л. В., **Палтушева Ж.У.**, Кедрук Е.Ю., Абдуллин Х.А. Исследование фотокаталитической активности наноструктурированного оксида цинка// Физика.СПб: тезисы докладов международной конференции. – Санкт-Петербург, 2021 г. - С. 120–121.

10. **Палтушева Ж.У.**, Кедрук Е.Ю., Жайдары А.Д., Гриценко Л. В. Структурные свойства композитов ZnO-GO// Международная конференция студентов и молодых ученых «Фараби әлемі», Алматы. – 2023. – С. 88.

11. Толубаева Д.Б., **Палтушева Ж.У.**, Жайдары А., Гриценко Л.В. Электрохимические свойства наностержней оксида цинка// Международная

конференция студентов и молодых ученых «Фараби әлемі», Алматы. – 2023. – С. 96.

12. **Палтушева Ж.У.**, Гриценко Л. В., V. Syritski. Волоконно-оптический биосенсор на основе оксида цинка// Сборник докладов «65-й Всероссийской научной конференции МФТИ». – Москва, 2023 г. - С.74-76.

13. Кедрук Е.Ю., **Палтушева Ж.У.**, Гриценко Л. В., Абдулли Х.А. Влияние концентрации сульфата меди в растворе роста на морфологию композитов ZnO–CuO // Сборник докладов «65-й Всероссийской научной конференции МФТИ». – Москва, 2023 г. - С.70-72.

14. **Paltusheva Zh.U.**, Gritsenko L.V. Electrochemical sensor based on zinc oxide-graphene oxide composites // Международная конференция студентов и молодых ученых «Фараби әлемі», Алматы. – 2024. – С. 114.

15. **Палтушева Ж.У.**, Гриценко Л. В., Syritski V. Структурные свойства оксида цинка, синтезированного золь-гель методом// ICHEPMS: Сборник тезисов II Международной конференции по физике высоких энергий, материаловедению и нанотехнологиям. - Алматы, 2024г. - С.67-68.

16. **Палтушева Ж.У.**, Гриценко Л.В., Syritski V. Физико-химические свойства оксида цинка для сенсорных приложений// Труды международной научно-практической конференции: Ресурсосберегающие технологии в минерально-индустриальном мегакомплексе в условиях устойчивого развития экономики. - Алматы, 2024. - С. 416–418.

17. **Палтушева Ж.У.**, Гриценко Л. В. Сенсор на основе оксида цинка// Международная конференция студентов и молодых ученых «Фараби әлемі». – Алматы, 2024. - С.106.

18. Л. В. Гриценко, **Ж.У. Палтушева** Электрохимические свойства наноструктур ZnO/GO // Сборник докладов Международной конференции «Наноглерод и Алмаз» (НиА'2024), Россия, Санкт-Петербург, 1 – 5 июля 2024г. – С. 221.

19. Гриценко Л.В., Толубаева Д.Б., **Палтушева Ж.У.**, Калкозова Ж.К. Структурные свойства наноструктурированных слоев оксида цинка, Материалы Международной конференции "Физика.СПб", Россия, Санкт-Петербург, 21–25 октября 2024 г., С. 121-122.

Патент на изобретение:

Получен патент на изобретение Абдуллин Х.А., Гриценко Л.В., Кедрук Е.Ю., **Палтушева Ж.У.** «Способ получения фотокаталитически активных порошков оксида цинка» №35707, выд. 10.06.2022, заявка № 2021/0249.

9. Наименование специальности, паспорту которой соответствует диссертация

Диссертационная работа докторанта Палтушевой Жани Уразгалиевны на тему «Получение и исследование свойств наноструктурированных полупроводниковых материалов для применения в сенсорных устройствах» выполнена в полном объеме и отвечает всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07103 - «Материаловедение и инженерия».

10. Соответствие диссертации предъявляемым требованиям «Правил присуждения степеней» Комитета по контролю в сфере Науки и Высшего образования РК Диссертационная работа докторанта Палтушевой Ж.У. «Получение и исследование свойств наноструктурированных полупроводниковых материалов для применения в сенсорных устройствах», является самостоятельным, законченным исследованием в области материаловедения и нанотехнологий. Принимая во внимание актуальность и новизну исследования, обоснованность выводов, имеющих теоретическую и практическую значимость, можно считать, что диссертационная работа отвечает всем требованиям «Правил присуждения степеней» Комитета по контролю в сфере Науки и Высшего образования РК.

На основании вышеизложенного, диссертационная работа Палтушевой Жании Уразгалиевны «Получение и исследование свойств наноструктурированных полупроводниковых материалов для применения в сенсорных устройствах» рекомендуется к защите на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07103 - «Материаловедение и инженерия» в диссертационном совете «Металлургия, Обогащение и Материаловедение».

ПОСТАНОВИЛИ:

1. Диссертационная работа докторанта Палтушевой Жании Уразгалиевны на тему «Получение и исследование свойств наноструктурированных полупроводниковых материалов для применения в сенсорных устройствах» выполнена в полном объеме и отвечает всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности и 8D07103 - «Материаловедение и инженерия».

2. Рекомендовать диссертационную работу докторанта Палтушевой Жании Уразгалиевны на тему «Получение и исследование свойств наноструктурированных полупроводниковых материалов для применения в сенсорных устройствах» к защите на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07103 - «Материаловедение и инженерия» в диссертационном совете «Металлургия, Обогащение и Материаловедение».

Результаты голосования: «за» - единогласно, «против» - нет, «воздержавшихся» - нет.

**Председатель, к.т.н.,
заведующий кафедрой
МНиИФ**


(подпись)

Какимов У.К.

Секретарь:


(подпись)

Кемелбекова А.Е.

