

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Аль-Камали Марвана Фархана Саифа Хассана

«Формирование золь-гель методом высококремнеземистых мишеней с наночастицами меди и ее оксида для создания наноструктурированных пленок», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.08 – нанотехнологии и наноматериалы (технические науки)

1. Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по которым она представляется к защите

В диссертационной работе изучены вопросы синтеза золь-гель методом высококремнеземистых мишеней с гомогенным распределением наночастиц меди и ее оксида, а также физико-химические закономерности формирования наноструктурированных пленок $\text{SiO}_2 : \text{CuO}$ и $\text{SiO}_2 : \text{Cu}^\circ$.

Содержание диссертации соответствует отрасли наук – технические и специальности 05.16.08 – нанотехнологии и наноматериалы (технические науки), область исследования – материалы для электроники и фотоники, на соискание ученой степени кандидата технических наук в отношении следующих пунктов:

п.3.1. – процессы и технологии изготовления наноматериалов, наноструктур и изделий из них, включая получение нанопорошков и их консолидацию, формирование наноструктур на подложках;

п.3.2 – строение и свойства наноразмерных структур и наноматериалов.

п.3.3. – золь-гель технология. Технологии перемешивания и гомогенизации систем с нанодисперсными частицами.

2. Актуальность темы диссертации

Тема диссертации соответствует приоритетным направлениям фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2021–2025 годы, содержащимся в Указе Президента Республики Беларусь №156 от 07.05.2020: «1. Цифровые информационно-коммуникационные и междисциплинарные технологии и основанные на них производства: лазерные, плазменные, оптические технологии и оборудование; 4. Машиностроение и инновационные материалы: композиционные и многофункциональные материалы».

Композиционные материалы, благодаря своим широким возможностям, нашли применение в различных областях производства, технологии и науки.

Применение золь-гель метода для синтеза композиционных наноструктурированных материалов позволяет достичь снижения энергозатрат и высокой степени чистоты продуктов на всех стадиях синтеза, а также обеспечить высокую степень гомогенизации исходных компонентов и их строгий стехиометрический состав, что позволяет получать тонкопленочные покрытия с заданными свойствами для микроэлектроники, нанофотоники, фотоэлектроники. В связи с этим исследование закономерностей формирования наноструктурированных силикатных материалов $\text{SiO}_2 : \text{CuO}$ и $\text{SiO}_2 : \text{Cu}^\circ$ и получения наноструктурированных пленок $\text{SiO}_2 : \text{CuO}$ и $\text{SiO}_2 : \text{Cu}^\circ$ на их основе является актуальным, а тема диссертационного исследования представляет научный и практический интерес.

3. Степень новизны результатов, научных положений, которые выносятся на защиту диссертации

Научная новизна результатов, представленных в диссертационной работе, заключается в следующем:

- показано влияние параметров термообработки ксерогелей на величину удельной поверхности и формирование частиц металлической меди в объеме ксерогеля $\text{SiO}_2 : \text{Cu}^\circ$;
- установлены особенности влияния оксида меди (II) и восстановленной меди на процесс формирования глобулярной структуры SiO_2 -матрицы ксерогеля;
- предложена модель формирования двумерного наноматериала из атомов восстановленной меди, сорбирующейся на поверхности SiO_2 -глобул;
- показано, что при высокой концентрации Cu° в наноструктурированной пленке формируются изолированные наночастицы меди сферической формы, и появляется эффект поверхностного плазмонного резонанса.

4. Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность и достоверность выводов, сформулированных в диссертации, подтверждается применением апробированных научных методов исследований и оборудования, непротиворечивостью результатов, полученных различными способами, использованием в качестве основы фундаментальных положений физической химии, физики и оптики наноструктур и полупроводников. Подготовленные на основе проведенных исследований материалы, представленные в научные журналы и на научные конференции,

получили положительные рецензии специалистов и опубликованы в печатных изданиях.

5. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов

Научная значимость результатов работы заключается в установлении физико-химических закономерностей синтеза золь-гель методом высококремнеземистых материалов, содержащих наночастицы меди и ее оксида, определении оптических, электрофизических (емкостных, резистивных и фотоэлектрических) свойств наноструктурированных тонкопленочных структур, получаемых ионно-лучевым распылением мишеней на основе разработанных композиционных материалов, в зависимости от режимов формирования и состава.

Практическая значимость результатов работы выражена в разработке лабораторной технологии получения высококремнеземистых материалов с высокой степенью гомогенности наночастиц допантов и применении полученных микропорошков в качестве мишеней для формирования высокоэнергетическим распылением наноструктурированных пленок для опто-, микро- и квантовой электроники, что позволяет формировать тонкие пленки заданного стехиометрического состава для использования их в качестве защитных покрытий, эффективных сенсоров интенсивности солнечного излучения, а также в качестве затворов полевых транзисторов.

Экономическая значимость полученных результатов заключается в разработке технологии получения высококремнеземистых мишеней, легированных ионами переходных металлов; установки и режимов термообработки по восстановлению оксидов металлов в водороде, которые могут быть использованы для получения перспективного класса функциональных тонких пленок для микро- и нанoeлектроники.

Социальная значимость работы состоит в использовании полученных результатов в подготовке инженеров и исследователей, обладающих современными знаниями о золь-гель технологии и способах формирования материалов с высокой степенью гомогенизации наноразмерных включений и возможности их применения в микро- и нанoeлектронике.

6. Полнота опубликования основных положений, результатов диссертации в научной печати

Изложенные в диссертационной работе материалы, основные положения и выводы получены соискателем самостоятельно или при его непосредственном участии и опубликованы в 29 научных работах. В их числе 9 статей в рецензируемых

научных журналах в соответствии с требованиями ВАК, из них 5 статей по искомой специальности, 17 статей в сборниках трудов и материалах научных конференций, 3 тезиса докладов конференций.

Материалы, опубликованные в перечисленных работах, и личный вклад в них соискателя достаточно полно отражают научные и практические результаты диссертации.

7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК

Оформление диссертации и автореферата соответствует Инструкции о порядке оформления диссертации, автореферата диссертации и публикаций по теме диссертации, утвержденной Постановлением Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 28.02.2014 №3.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертационной работы, включает выводы и положения, которые выносятся на защиту.

8. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

Анализ содержания диссертации и автореферата, включая степень новизны полученных результатов и защищаемых положений, обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, научную и практическую значимость работы, полноту опубликованности результатов в научной печати, позволяет сделать вывод о соответствии научной квалификации Аль-Камали Марвана Фархана Саифа Хассана ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.08 – «Нанотехнологии и наноматериалы (технические науки)».

9. Недостатки диссертационной работы

В качестве недостатков диссертационной работы можно отметить следующие:

1. Использование формулировок не всегда соответствуют общепринятым, или не совсем корректны, например, «... окончательные фазовые превращения в формируемых композиционных материалах проводились или на воздухе или в среде водорода ...», «... трансформация оксида меди $Cu(II)$ в состояние восстановленного металла выравнивает общую структуру ксерогеля ...», «коэффициент преломления» вместо «показатель преломления».

2. Следовало бы сравнить аналогичные пленки, полученные традиционными методами и полученными в работе.

3. В работе разработано ряд технических решений, связанных с технологией и способом получения высококремнеземистых мишеней, легированных ионами переходных металлов, но нет заявок на изобретения, следовало бы оформить заявки.

4. В разделе 3.1 приводится описание режимов термообработки ксерогелей, но при этом нет обоснования именно такого графика подъема температуры, если бы был приведен дифференциально термический анализ, это бы было подтверждением выбранного режима.

10. Заключение

Диссертационная работа Аль-Камали Марвана Фархана Саифа Хассана на тему «Формирование золь-гель методом высококремнеземистых мишеней с наночастицами меди и ее оксида для создания наноструктурированных пленок», представляет собой завершённую квалификационную работу, соответствует требованиям ВАК Беларуси и п.21 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий.

Соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.08 – Нанотехнологии и наноматериалы (технические науки) за новые научно обоснованные результаты, решающие важную научную задачу получения наноструктур заданного стехиометрического состава, гомогенизации систем с нанодисперсными частицами и исследования их строения и свойств, включающие:

- разработку методики и лабораторной технологии золь-гель синтеза композиционных высококремнеземистых мишеней, содержащих ионы меди, никеля, цинка и их комбинации, на основе установленных закономерностей формирования микропорошков в зависимости от технологических параметров, позволяющие формировать материалы заданного стехиометрического состава и требуемой структуры;

- разработку методики гомогенизации допантов на основе установленного механизма распределения соединений меди в структуре SiO_2 -матрицы для получения таблетированных мишеней для ионно-лучевого распыления и импульсного лазерного испарения;

- установленные в зависимости от условий формирования структурные и оптические свойства тонких пленок, сформированных ионно-лучевым распылением высококремнеземистых мишеней, допированных соединениями меди, что позволило предложить их для использования в качестве фотоэлектрических элементов;

– установленную зависимость диэлектрических свойств пленок $\text{SiO}_2 : \text{CuO}$ в интервале частот 10 кГц–1 МГц от среды распыления, что позволило подтвердить формирование большей концентрации глобулярного CuO сфероидальной формы в инертной среде;

– установленное формирование изолированных наночастиц меди сферической формы при высокой концентрации Cu^0 в пленке, вызывающее эффект поверхностного плазмонного резонанса в области 590–650 нм.

Официальный оппонент:

начальник научно-исследовательской
лаборатории унитарного научно-внедренческого
предприятия «НИИВТЭК»,
д.т.н., доцент,

Н.В. Насонова

Подпись Насоновой Н.В. удостоверяю

Директор НВП «НИИВТЭК»



В.В. Насонов