

## ОТЗЫВ

научного руководителя на соискателя ученой степени кандидата технических наук  
АЛЬ-КАМАЛИ Марвана Фархана Саифа Хассана  
выполнившего диссертационную работу «Формирование золь-гель методом  
высококремнеземистых мишеней с наночастицами меди и ее оксида для создания  
наноструктурированных пленок» по специальности 05.16.08 – Нанотехнологии и  
наноматериалы (технические науки).

Аль-Камали Марван Фархан Саиф Хассан окончил магистратуру учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» в 2017 году по специальности «Нанотехнологии и наноматериалы», в 2020 году окончил аспирантуру учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого» по специальности 05.16.09 - «Материаловедение» с присвоением квалификации «Исследователь». За все время обучения Аль-Камали М.Ф.С.Х. зарекомендовал себя усидчивым, целеустремленным студентом и соискателем, способным самостоятельно решать поставленные задачи. Проявил настойчивость и желание проводить научные исследования.

Актуальность темы диссертационной работы Аль-Камали М.Ф.С.Х. обусловлена тем, что направлена на решение задачи синтеза наноструктурированных мишеней заданного состава с использованием золь-гель метода. Данный метод в последние годы активно применяется для получения наноматериалов и имеет следующие преимущества: простота используемого оборудования, экономичность, экологичность, гибкость технологии, практически полное отсутствие вредного воздействия на человека и окружающую среду. В частности соискателем получены мишени состава  $\text{SiO}_2 : \text{Cu}$ ,  $\text{SiO}_2 : \text{CuO}$ ,  $\text{SiO}_2 : \text{Cu}_2\text{O}$  с использованием золь-гель технологии для формирования наноструктурированных пленок перспективных для применения в опто-, микро- и квантовой электронике, поскольку кластеры на основе  $\text{CuO}$  и  $\text{Cu}^0$  позволяют управлять оптической шириной запрещенной зоны. Соискателем была подготовлена серия образцов мишеней и сформированы тонкие наноструктурированные пленки с использованием методов ионно-лучевого распыления и импульсного лазерного испарения. Исследованы структурные, оптические и электрофизические свойства мишеней и полученных пленок. Результаты диссертации Аль-Камали М.Ф.С.Х. свидетельствуют о том, что полученные высококремнеземистые пленки допированные медью и ее оксидами имеют перспективы для практического использования. Отмечаю также, что технология получения мишеней технологически проста и позволяет получать высококремнеземистые мишени, не

только содержащие медь и ее оксиды, но и легированные другими ионами переходных металлов.

Основные результаты диссертации Аль-Камали М.Ф.С.Х. опубликованы в 29 научных работах, соответствующих п. 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, включая 9 статей в рецензируемых научных журналах в соавторстве, 17 статей в сборниках материалов конференций и семинаров, 3 тезисов докладов.

Как научный руководитель характеризую диссертанта как очень изобретательного, трудоспособного в работе и заинтересованного в результате самостоятельного исследования, способного самостоятельно проводить экспериментальные исследования. Несмотря на сложность объектов исследования, смог провести систематические исследования и получить достоверные результаты. При этом хочу отметить, что Аль-Камали Марван Ф.С.Х., являясь высококвалифицированным экспериментатором, занимающимся фундаментальными и прикладными исследованиями, стремится внедрить свои работы в жизнь - имеет акты об использовании результатов диссертации.

Считаю, что диссертация Аль-Камали Марвана Фархана Саифа Хассана удовлетворяет всем квалификационным требованиям ВАК РБ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а сам соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.08 – Нанотехнологии и наноматериалы (технические науки) за получение следующих новых научно обоснованных результатов: 1) разработку золь-гель методики формирования композиционных микропорошков состава  $\text{SiO}_2 : \text{CuO}$  и  $\text{SiO}_2 : \text{Cu}^0$ , содержащих медь в атомном отношении  $\text{Si} : \text{Cu} = 1 : 0,05; 1 : 0,1; 1 : 0,15$  до  $1 : 1$  для получения таблетированных мишеней, используемых для высокоэнергетического вакуумного распыления; 2) разработку методики, позволяющую гомогенно распределять вещества-допанты в структуре  $\text{SiO}_2$ -матрицы; 3) установленный механизм распределения меди и ее оксида в структуре формируемых ксерогелей, что позволило разработать режимы управления концентрацией вводимой меди по объему ксерогельной заготовки; 4) определение структурных свойств тонких пленок (толщиной  $\sim 100$  нм), сформированных ионно-лучевым распылением и импульсного лазерного испарения мишеней на основе микропорошков пирогенного кремнезема, содержащих медь и ее оксид; 5) установление снижения диэлектрической проницаемости пленок  $\text{SiO}_2 : \text{CuO}$  в интервале частот  $10$  кГц –  $1$  МГц, а также обоснованным выводом, основанным на анализе оптических параметров получаемых пленок, о том, что в инертной среде в пленке формируется большая концентрация глобулярного  $\text{CuO}$  сфероидальной формы; 6) разработанную по результатам выполнения оптического, структурного и масс-

спектрометрического анализа модель распределения ионов меди в высококремнеземистой матрице и сформированной пленке твердотельных образцов, позволившую построить трехмерную химическую топографию распределения меди в структуре пленки и объяснить появление в ней плазмонного эффекта, связанного с наночастицами  $\text{Cu}^0$  сферической формы.

Научный руководитель,  
проректор по научной работе учреждения  
образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П.О.Сухого»,  
доктор технических наук, доцент

Бойко Андрей Андреевич

Подпись	<i>Бойко А.А.</i>
заверяю:	инспектор (специалист) по кадрам УО «ГГТУ» имени П.О.Сухого
подпись	<i>Андрей Андреевич</i>
« 03 »	10 2012