

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Окулич Евгении Викторовны
«Ионно-лучевая модификация параметров мемристоров на основе SiO_x и $\text{ZrO}_2(\text{Y})$ и имитационное моделирование их радиационной стойкости»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности

2.2.2. «Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств».

Мемристорная наноэлектроника является перспективным направлением развития современной технологии микроэлектроники в связи с возможным повышением энергоэффективности устройств, создания радиационно стойких микросхем и энергонезависимой памяти, а также устройств, реализующих аналоговые «нейроморфные» вычисления. Между тем, в физике мемристорных структур остается достаточно много слабо исследованных аспектов, а в технологии существуют некоторые проблемы с контролируемостью параметров и воспроизводимостью образцов. Диссертационная работа Окулич Е.В. как раз направлена на решение некоторых из перечисленных проблем, в частности, повышения воспроизводимости параметров мемристоров, снижения их разброса, а также развития методик оценки радиационной стойкости мемристивных структур. В этой связи **актуальность диссертации не вызывает сомнений.**

В ходе решения поставленных задач автор пользуется современными аналитическими и вычислительными методами. Окулич Е.В. в ее диссертационном исследовании был **получен ряд новых научных результатов.** Отмечу из них следующие:

1. Предложен и реализован подход к повышению воспроизводимости параметров мемристоров на основе диоксида кремния и снижению их разброса за счет облучения тяжелыми ионами инертного газа ксенона.

2. Проведено молекулярно-динамическое моделирование поведения атомов кремния и кислорода в тонких пленках диоксида кремния или субоксида кремния с дефицитом кислорода. Продемонстрировано формирование кремниевых кластеров как после имплантации, так и при джоулевым разогреве при протекании тока в процессе работы мемристора. Такой микроскопический анализ позволяет лучше понять и интерпретировать многие физические аспекты функционирования мемристорных структур.

Практическая значимость работы определяется предложенной лабораторной методикой проверки радиационной стойкости мемристорных структур по отношению к облучению космическими протонами и реакторными нейтронами. Методика подтверждена на «натурных» экспериментах.

Предложенные автором диссертации решения аргументированы и сопоставлены с другими известными решениями. Работа прошла необходимую апробацию на российских и международных научных конференциях. По теме диссертации опубликовано **7 статей в рецензируемых периодических изданиях, индексируемых в Scopus.**

Судя по автореферату, работа представляет собой законченную научно-квалификационную работу, обладающую внутренним единством. Работа прошла необходимую апробацию, ее выводы обоснованы и достоверны. Паспорту специальности 2.2.2. «Электронная компонентная база микро- и наноэлектроники, квантовых устройств» работа соответствует.

Автореферат написан ясным научным языком, отражает содержание диссертационной работы. Между тем, при его прочтении возникает **вопрос:**

практически всюду в диссертационной работе речь идет об исследовании мемристорных структур на основе тонких пленок субоксида кремния или стабилизированного иттрием диоксида циркония, однако в последней главе упоминаются также и структуры на основе

диоксида гафния. Не совсем ясно, имеют ли мемристорные структуры со слоями HfO_2 какие-либо преимущества (в т.ч. в радиационной стойкости) по сравнению со структурами на основе SiO_x или $\text{ZrO}_2(\text{Y})$.

Вопрос носит характер уточняющего, не снижает общего положительного впечатления о работе, не умаляет актуальности, научной новизны и практической значимости проведенного исследования.

В целом, выполненное исследование представляет собой единую, законченную и внутренне непротиворечивую научно-квалификационную работу, в которой содержится решение научной задачи, имеющей как фундаментальное, так и практическое значение для развития электронной компонентной базы микро- и нанoeлектроники. По актуальности темы, научной новизне и практической значимости **диссертация «Ионно-лучевая модификация параметров мемристоров на основе SiO_x и $\text{ZrO}_2(\text{Y})$ и имитационное моделирование их радиационной стойкости»** полностью соответствует требованиям Раздела II Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, **Окулич Евгения Викторовна**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.2.2. «Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств».

12 декабря 2024 г.

Отзыв подготовил:



Юнин Павел Андреевич

кандидат физико-математических наук,
заведующий лабораторией диагностики
радиационных дефектов в твердотельных наноструктурах
Института физики микроструктур РАН –
филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова
Российской академии наук»

Контактная информация:

Почтовый адрес: 603950, г.Нижний Новгород, ГСП-105,

Телефон: +7 (831) 417-94-91

Адрес электронной почты: yunin@ipmras.ru

«Подпись Юнина Павла
Андреевича заверяю»
Ученый секретарь Института
физики микроструктур РАН –
филиала Федерального
государственного бюджетного
научного учреждения
«Федеральный исследовательский
центр Институт прикладной
физики им. А.В. Гапонова-Грехова
Российской академии наук»



Гапонова Д.М.