

Отзыв

на автореферат диссертации

Окулич Евгений 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 нанoeлектроники, квантовых устройств»

Мемристоры, как элементарные пассивные элементы, обладают уникальными свойствами, такими как возможность энергонезависимого хранения информации и изменения своего состояния сопротивления в зависимости от внешнего электрического поля. Мемристивные структуры могут быть использованы для разработки новых устройств и технологий, которые с уверенностью можно отнести к стратегическим направлениям развития современной науки и технологий, таких как устройства энергонезависимой памяти (ReRAM) с высокой плотностью, системы искусственного интеллекта (ИИ) и аналоговые системы и устройства для обработки больших объемов данных. Однако, для широкого практического применения мемристоров требуется решение проблем, обусловленных рядом недостатков этих устройств. Среди них центральное место занимает низкая воспроизводимость параметров, связанная со стохастической природой процесса резистивного переключения. Разброс параметров напряжения переключения и значения высокоомного и низкоомного состояний является весьма критичным с точки зрения возможности промышленной реализации электронных и нейроморфных систем на основе мемристоров. В связи с этим, диссертационная работа Окулич Е.В., направленная на улучшение воспроизводимости параметров мемристоров с помощью разработки методов управления распределением дефектов в диэлектрическом слое, а также способов создания концентраторов электрического поля с целью контролируемого управления точками (областями) зарождения филаментов и, соответственно, локализации процессов, ответственных за резистивное переключение, является актуальной.

Работа Евгении Викторовны является законченной, комплексной и, несомненно, обладает научной новизной, теоретическим и прикладным значением. Одной из центральных проблем усовершенствования мемристивных схем является также повышение их радиационной стойкости. Это связано с перспективой применения мемристоров в космической и ядерной отраслях, например, в целях дистанционного управления установками на атомных электростанциях. В данной работе впервые

представлен разработанный и продемонстрированный диссертантом способ ионно-лучевой имитации радиационной стойкости мемристоров.

Экспериментальные и теоретические исследования, проведенные в работе Окулич Е.В., позволили получить важные научные результаты, среди которых следует отметить следующие:

- Впервые установлено и интерпретировано с физической точки зрения явление, состоящее в том, что каскады смещения, формирующиеся на поверхности пленок диэлектрика, на основе которых изготовлен мемристор, приводят к улучшению его рабочих параметров и снижению их разбросов.

- Впервые методом молекулярной динамики установлено, что легирование пленок SiO_2 и SiO_x ($x < 2$) кремнием путём ионного облучения с последующим отжигом при 1500 К приводит к формированию комплексов типа Si-Si_n , O-Si_n , Si-O_n , O-O_n , причем это происходит за времена, меньшие 100 нс. В пленках SiO_x ($x < 2$), не подвергнутых облучению, этот эффект также имеет место при наличии высокой концентрации кислородных вакансий, соответствующей стехиометрии.

- Ионно-лучевой способ имитационного моделирования радиационной стойкости полупроводниковых приборов к облучению космическими протонами и реакторными нейтронами впервые обоснован и применен для мемристоров на основе пленок SiO_2 и $\text{ZrO}_2(\text{Y})$.

Работа прошла апробацию на достаточном количестве конференций с соответствующей тематикой, в том числе международных. По теме диссертации опубликовано 42 печатных работы, правовую охрану получил 1 результат интеллектуальной деятельности. Из них 7 статей в рецензируемых периодических изданиях, индексируемых в Scopus и рекомендованных ВАК РФ, 3 главы в коллективных монографиях, 2 учебно-методических пособия, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, 30 тезисов докладов. Результаты диссертационной работы были представлены на 23 научных конференциях. Три доклада на конференциях были отмечены дипломами.

В качестве замечаний по тексту автореферата можно отметить следующее:

- в тексте автореферата не представлены латеральные параметры электродов при электрических измерениях, при этом в разделе 2.4 работы сказано, что область вблизи верхнего электрода является ключевой для формирования каскадов смещения, служащих концентраторами электрического поля.

- в тексте автореферата не представлены результаты исследований влияния ионно-лучевой модификации мемристивных структур на параметры энергонезависимости

памяти (длительности хранения информации), что является одним из основных параметров мемристоров, как представлено во вводной части автореферата.

Указанные замечания не снижают значимости диссертационной работы Окулич Е. В., а полученные автором научные результаты являются существенным вкладом в развитие перспективных элементов памяти на основе полупроводниковых оксидов. Диссертация удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор работы Окулич Евгения Викторовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.2.2 – «Электронная компонентная база микро- и нанoeлектроники, квантовых устройств».

Заведующий кафедрой радиотехнической
электроники и нанoeлектроники
Института нанотехнологий, электроники
и приборостроения,
ведущий научный сотрудник
Научно-исследовательской лаборатории
«Нейроэлектроника и мемристивные
наноматериалы»,
к.т.н, доцент

Смирнов Владимир Александрович
«11» 12 2024 г.

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования «Южный федеральный университет» (ЮФУ)
344006, Ростовская обл., г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42.
+7(863)218-40-00, доб. 30116
info@sfedu.ru

Подпись Смирнова В.А. заверяю:
Директор института нанотехнологий,
электроники и приборостроения
Южного федерального университета

Федотов Александр Александрович
«11» 12 2024 г.