

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Захарова Павла Сергеевича
«Эффект обратимого переключения электрической проводимости в тонких пленках нестехиометрического оксида кремния», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.01 – твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах

Диссертация П.С. Захарова посвящена важному вопросу, связанному с разработкой нового поколения приборов компьютерной памяти – мемристоров ReRAM, призванной, согласно прогнозам, уже в ближайшем будущем заменить всю иерархию существующих видов памяти. Среди материалов активной части структуры ReRAM лидирующие позиции по степени выполнения требования совместимости с современной кремниевой КМОП технологией занимает оксид кремния. Именно этот материал, как основа элементов ReRAM, и служит предметом исследования в данной диссертации, так что ее актуальность не вызывает сомнений.

Несмотря на довольно многочисленные работы, посвященные физическим и техническим проблемам создания ReRAM на основе диоксида кремния, физика процессов формовки и переключения в таких приборах еще далека от полного понимания. В диссертации предложена и количественно проработана модель, предназначенная объяснить основные особенности указанных процессов для одного из описанных в литературе вариантов мемристоров на основе оксида кремния, в которых ток протекает по поверхности оксида, граничащей с вакуумной средой. Опираясь на известные из литературы данные о структуре рабочих областей подобных мемристоров в состояниях логической единицы и ноля, автором выполнены расчеты, которые привели к результатам, качественно согласующимся с экспериментами. В частности, результаты расчета позволили описать некоторые наблюдающиеся экспериментально особенности характеристик мемристоров данного вида.

В экспериментальной части работы проведены многочисленные эксперименты, посвященные исследованию параметров мемристорных структур на основе нестехиометрического оксида кремния. Эти эксперименты дали автору возможность сделать важные выводы о роли термических и полевых эффектов, причинах стабильности и нестабильности параметров, влияния крутизны фронтов импульсов напряжения, о размерах и проводимости филаментов и т.д.

Диссертация свидетельствует о высокой квалификации и научной зрелости автора, а ее результаты и выводы внесли заметный вклад в изучение физических основ создания и функционирования ReRAM на основе SiO_x .

Вместе с тем, имеется несколько замечаний.

1. В рамках предложенной модели рассматривается эволюция единичных кремниевых нановключений в матрице SiO_x с учетом диффузии и эмиссии точечных дефектов в условиях

нестационарного температурного поля при наличии теплового источника, связанного с выделением джоулева тепла. Однако при этом не ясно, каким образом учитывается влияние близости соседних включений. Похоже, что автор не делает различия между концентрацией на *середине расстояния* между кластерами и *средней по объему* концентрацией i -го компонента, входящей в уравнение (5). Кроме того, в расчетах учитывается только обычная диффузия, тогда как вклад дрейфового члена уравнения может быть значительным и во всяком случае нуждается в оценке.

2. При изложении собственных экспериментальных результатов говорится, что тестовые структуры имеют конструкцию плоского конденсатора. При этом остается в тени вопрос об условиях на боковой поверхности тестового конденсатора: выполняется ли для нее то условие, для которого проведено моделирование в главе 2, а именно – протекание тока по тонкому слою, граничащему с боковой поверхностью?

3. Сделан вывод о том, что поскольку токи слабо зависят от площади электрода, то диаметр филамента не превышает диаметра электрода с наименьшей площадью. Но такой вывод справедлив лишь при условии достаточно высокого удельного сопротивления филамента. В противном случае эффективное растекание тока в месте контакта между электродом и филаментом приведет к тому, что слабая зависимость от площади электрода будет иметь место и в случае, когда диаметр филамента превышает диаметр электрода.

Эти недостатки, однако, не снижают общей высокой оценки диссертации и не влияют на качество выполненной работы в целом. Диссертация «Эффект обратимого переключения электрической проводимости в тонких пленках нестехиометрического оксида кремния» по всем показателям удовлетворяет требованиям ВАК, а ее автор безусловно заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.01 – твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах.

Ведущий научный сотрудник
Нижегородского государственного университета
им. Н.И. Лобачевского,
д-р физ.-мат. наук, профессор

Д.И. Тетельбаум

603950, Нижний Новгород, пр-т Гагарина, д. 23, корпус 3
телефон: (831) 462-31-88
e-mail: tetelbaum@phys.unn.ru




ученый секретарь ННГУ

Л.Ю. Черноморская
Тел. 462-30-21