

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Бутэ Ирины Владимировны «Процессы теплопроводности и диффузии в эффекте резистивного переключения с памятью в тонкопленочных оксидных структурах», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.04. – физическая электроника

Диссертационная работа Бутэ Ирины Владимировны посвящена моделированию физических процессов, лежащих в основе эффекта униполярного резистивного переключения в функциональной структуре типа металл-оксид-металл на основе оксида никеля. Актуальность работы не вызывает сомнений. В работе был получен ряд новых интересных результатов на основе математического моделирования процессов формовки тонкопленочных оксидных МОМ структур, а также процессов переключения между высокоомным и низкоомным состояниями.

По работе имеются следующие замечания:

1. Почему для описания процесса переноса заряда в диэлектрике используется дифференциальный закон Ома, справедливый лишь в линейном отклике (в малых электрических полях) и, в основном, в металлах.
2. Почему рассматривается стационарное уравнение для тока, в то время как общая задача нестационарная.
3. В модели резистивного переключения автор рассматривает миграцию вакансий металла (никеля), в то время как в других оксидных материалах, например  $\text{HfO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  и др., как известно, данный эффект обусловлен генерацией, рекомбинацией и дрейфом вакансий кислорода. Это противоречие в автореферате никак не обсуждается.
4. Требуется пояснения описание дрейфа никелевых вакансий с помощью уравнения диффузии. Насколько это правомерно, и в каких диапазонах режимных параметров процесса? Тут же возникает вопрос. Почему не рассматриваются механизмы электро- и термодиффузии, тем более что градиенты электрических и температурных полей в рассматриваемой задаче велики.
5. В уравнении теплопроводности (в системе уравнений (1)) отсутствует член, отвечающий за фазовый переход (плавление), о котором говорится выше. Остается непонятным, как вообще учитывается плавление.
6. В разделе 4, гл. 4, стр. 17 автореферата приведен ряд эмпирических соотношений, полученных из расчета. Однако, физический смысл данных соотношений для читателя остается неясным (в автореферате отсутствуют какие-либо пояснения).
7. Не приведены значения и расшифровки некоторых параметров, используемых в автореферате, а также отсутствуют некоторые ключевые ссылки на работы других авторов, без которых понимание ряда формул, приведенных в автореферате, просто невозможно.

Указанные замечания не снижают ценность и в целом положительные впечатления от работы. Соблюдены необходимые принципы соответствия диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней: соответствие целей и задач исследования; соответствие автореферата и диссертации; соответствие содержания диссертации и содержания опубликованных работ, а также соответствие темы диссертации и научной специальности. Диссертация И.В. Бутэ является законченным научным исследованием, представляющей несомненный интерес для специалистов в области перспективной электроники и материаловедения. Результаты исследований опубликованы в 6 работах, в том числе 3 – в журналах из перечня ВАК.

Таким образом, диссертационная работа И.В. Бутэ соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней, утвержденных постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, а Бутэ Ирина Владимировна заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.04. – физическая электроника.

д.ф.-м.н., профессор РАН  
с.н.с. ИТ СО РАН

Чернов Андрей Александрович

Почтовый адрес организации: 630090, г. Новосибирск, пр-т Акад. Лаврентьева, 1,  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С.  
Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук

Телефон организации: +7 (383) 330-70-50

E-mail: [aleks@itp.nsc.ru](mailto:aleks@itp.nsc.ru)

