

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Захарова Павла Сергеевича «Эффект обратимого переключения электрической проводимости в тонких плёнках 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.

На протяжении нескольких десятилетий тонкие пленки оксида кремния рассматривались исключительно как пассивный компонент микроэлектронных устройств. Однако в последние годы интерес к оксиду возрос вследствие его потенциального применения в качестве активного материала приборов оптоэлектроники и элементов энергонезависимых запоминающих устройств. Отклонение  $\text{SiO}_2$  от стехиометрического состава тем или иным способом позволяет создавать в матрице оксида включения в виде кремниевых кластеров, придающих ему уникальные свойства, в том числе, и способность к обратимому переключению электрической проводимости. Следует заметить, что на данный момент не существует единой модели, объясняющей эффект обратимого переключения, в частности, зависимости состояния электрической проводимости тонкой пленки  $\text{SiO}_x$  от параметров воздействующих электрических импульсов. В связи с этим актуальность диссертационной работы Захарова П.С. не вызывает сомнений, поскольку в ней содержится оригинальное решение значимой задачи – разработки модельных представлений эффекта обратимого переключения электрической проводимости в тонких пленках нестехиометрического оксида кремния.

Построение оригинальных феноменологических представлений Захаров П.С. сопровождает наглядными иллюстрациями подвижных точечных дефектов в матрице оксида, отмечая, что пересыщение  $\text{SiO}_2$  кремнием может достигаться не только избыточными атомами Si, но и кислородными вакансиями. В основу количественной модели структурных перестроек  $\text{SiO}_x$  справедливо положено диффузионно-лимитируемое приближение для скорости конденсации и барьерно-лимитируемое приближение для скорости эмиссии подвижных точечных дефектов. Достоверность модельных расчетов подтверждается их согласием с многочисленными экспериментальными результатами, полученными как Захаровым П.С. лично, так и другими авторами.

В части разработанных конструктивных решений следует отметить защищенную патентом оригинальную конструкцию элемента резистивной памяти, в состав которой входит герметичная полость.

В качестве незначительного недостатка диссертационной работы Захарова П.С. можно указать отсутствие оценок величины механических напряжений, которые возникают в окрестности канала проводимости на торцевой поверхности активного слоя. Следует отметить, что данное замечание не снижает ценности диссертационной работы.

Автореферат Захарова П.С. подготовлен на высоком уровне, отличается лаконичным изложением результатов выполненной работы и позволяет сделать вывод о соответствующем качестве диссертации в целом. Кроме того, автореферат позволяет заключить, что диссертация «Эффект обратимого переключения электрической проводимости в тонких плёнках нестехиометрического оксида кремния» соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а её автор, несомненно, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.27.01 – твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и наноэлектроника, приборы на квантовых эффектах.

Ведущий научный сотрудник  
физического факультета  
МГУ имени М.В. Ломоносова,  
д-р физ.-мат. наук, доцент

Павел Анатольевич Форш

Подпись П.А. Форша заверяю:

E-mail: forsh@physics.msu.ru  
119991, ГСП-1, г. Москва,  
Ленинские горы, МГУ имени М.В. Ломоносова  
Дом 1, строение 2, Физический Факультет  
Тел.: +7(495)939-39-22

