

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Данилова Дениса Васильевича** «**Электрофизические и рекомбинационные свойства дефектов в кремнии, имплантированном ионами кислорода**», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.11 – Физика полупроводников

Актуальность диссертационной работы связана с исследованием влияния высокотемпературных термообработок кремниевых пластин, подверженных имплантации ионами кислорода, на их электрофизические и рекомбинационные свойства. Использование ионной имплантации позволило автору контролировать концентрацию кислорода, одной из самых распространённых примесей, в приповерхностной области пластин, а выбор условий постимплантационного отжига – сформировать требуемую дефектную структуру в приповерхностной области кремния. В результате в работе удалось охарактеризовать каждый вид дефектов в области имплантации по отдельности, особое внимание уделяется исследованию кислородных преципитатов (КП): их строению и свойствам при разных температурах отжига.

Научная новизна работы состоит в установлении закономерностей изменения свойств КП в процессе роста. Работа выделяется использованием большого количества экспериментальных методик, применение которых позволило получить новые данные об электрической структуре и внутреннем строении КП в кремнии.

Среди основных результатов работы можно выделить установление зависимости изменения положительного заряда КП от их размеров, которые в свою очередь зависят от условий отжига. Определение данной закономерности требовало огромных объёмов исследований: одна точка на данной зависимости соответствует созданию и полному комплексному исследованию и анализу характеристик одного образца. На основании данной зависимости приведена модель, объясняющая обнаруженное поведение и согласующаяся с имеющимися последними экспериментальными данными в данной области.

По результатам работы опубликовано 14 научных трудов, в том числе: 6 публикаций в журналах, входящих в международные реферативные базы данных Web of Science и Scopus. Итоги работы прошли **апробацию** и были представлены на 8 международных и российских конференциях.

По автореферату имеются следующие вопросы и замечания.

1. В автореферате не указано, с помощью какого метода были рассчитаны профили распределения ионов кислорода в кремнии, представленные на рис. 1 (А) и (Б).
2. На стр. 9 отмечено, что *«радиус кислородных преципитатов линейно растёт с температурой отжига»*. Однако в автореферате данных об экспериментальном подтверждении данного суждения не приведено.

3. В автореферате автор делает оценки положительного заряда в области имплантации, исходя из анализа $C(V)$ характеристик при комнатной температуре. Почему для оценок была выбрана именно комнатная температура и исследовалось ли наличие глубоких уровней, лежащих непосредственно вблизи середины запрещенной зоны кремния, заряд которых не был учтён в приведённых оценках?
4. В автореферате не приведены расшифровки сокращений “OP” и “TD”: рис. 8 (А). Имеются опечатки по тексту, например, на стр. 7 вместо 6 статей написана цифра «5»; в подписи к рис. 1 на стр. 9: «*при 700 °C 800 °C...*»; на стр. 10, в подписи к рис. 2 – лишнее предложение «*На вставке к рисунку показана...*».

По материалам диссертационной работы можно сделать вывод о том, что данная работа является завершённой научно-квалификационной работой на актуальную тему. Отмеченные недостатки не уменьшают значимость научного исследования и не влияют на основные результаты диссертации.

Диссертационная работа соответствует критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, согласно «Положению о присуждении учёных степеней в ФГБУН Физико-техническом институт им. А.Ф. Иоффе РАН», а её автор, Данилов Денис Васильевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.11 – «Физика полупроводников».

Начальник лаборатории прочностного анализа
отдела теплофизики ЯУ Отделения канальных реакторов
Курчатовского комплекса атомной энергетики
НИЦ «Курчатовский институт», к.ф.-м.н. (05.27.01)

_____ Грязев Александр Сергеевич

e-mail: Gryazev_AS@nrcki.ru

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт»)
123182, Россия, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1,
Тел. +7(499)196-95-39, e-mail: nrcki@nrcki.ru, <http://www.nrcki.ru/>

Подпись А.С. Грязева заверяю

Главный учёный секретарь
НИЦ «Курчатовский институт»

_____ И.И. Ерёмин