

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Данилова Дениса Васильевича**
**«Электрофизические и рекомбинационные свойства дефектов в кремнии,
имплантированном ионами кислорода»,**

представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.03.11 — «Физика полупроводников»

Кислородсодержащие дефекты в кремнии интересуют исследователей с момента активного развития кремниевой микроэлектроники. Поскольку большинство промышленных монокристаллов выращивается методом Чохральского, кислород является основной и неотъемлемой примесью в данных кристаллах. При высокотемпературных термообработках атомы кислорода могут коагулировать, образуя кислородные преципитаты. Данные комплексы, образованные в пластинах кремния, влияют на их электрофизические, рекомбинационные и механические свойства. Вместе с этим преципитаты, искусственно выращенные в объёме пластины под действием отжига слоя имплантированного кислорода, активно используются в кремниевой микроэлектронике для очистки приповерхностной области в процессе, называемом «внутреннее геттерирование». В связи с вышесказанным, работа Данилова Д.В., посвященная характеристике и установлению свойств кислородных преципитатов и других дефектов, сформированных в кремниевых пластинах под действием имплантации ионов кислорода и последующих высокотемпературных отжигов, несомненно, является актуальной.

В работе представлено много новых и интересных результатов о свойствах кислородных преципитатов, сформированных при различных температурах отжига, в частности:

- Впервые прямыми измерениями показано, что кислородные преципитаты обладают встроенным положительным зарядом, величина которого уменьшается обратно пропорционально увеличению их размеров, варьируемых выбором температуры пост-имплантационного отжига,
- Впервые установлено, что результатом многостадийного отжига имплантированного кислородом кремния является формирование слоя крупных (до 50 нм) кислородных преципитатов на тыльной зоне имплантированного слоя, пространственно отделенного от области структурных дефектов, что позволяет выделить вклады электрических и люминесцентных сигналов от указанных двух типов протяженных дефектов,
- Установлено, что в результате низкотемпературного отжига (700 °С) кремния, подверженного имплантации ионов кислорода, на тыльной стороне области имплантации образуется плотный слой наноразмерных дефектов, проявляющих акцепторные свойства и характеризующихся необычным поведением сигналов токовой и емкостной релаксационных спектроскопий.

Следует отметить, что работа выделяется использованием и тщательным анализом большого числа экспериментальных методов исследования. В частности, автор проводит сравнительный анализ свойств и состава дефектов, сформированных на различных глубинах, на основании чего делаются выводы о свойствах тех или иных дефектов, присутствующих в области имплантации.

Основные результаты работы прошли апробацию и были представлены на российских и международных конференциях и в авторитетных печатных изданиях. Автореферат написан ясно и полно отражает содержание диссертации.

Считаю, что диссертационная работа «Электрофизические и рекомбинационные свойства дефектов в кремнии, имплантированном ионами кислорода» удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-техническом институте им. А. Ф. Иоффе Российской академии наук, а её автор, Данилов Д.В., заслуживает присуждения ему искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.11 – «Физика полупроводников»

Отзыв составил:

Терещенко Алексей Николаевич
кандидат физико-математических наук
по специальности 01.04.07 – физика
конденсированного состояния
старший научный сотрудник Лаборатории
квантовых кристаллов, Ученый секретарь
Федерального бюджетного учреждения науки
Института физики твердого тела имени Ю. А.
Осипьяна Российской академии наук

28 февраля 2022г.

Терещенко Алексей Николаевич

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики твердого тела имени Ю. А. Осипьяна Российской академии наук (ИФТТ РАН)
Почтовый адрес: 142432, ул. Академика Осипьяна д.2, г. Черноголовка, Московская обл., Россия, Телефон: +7(496) 522-4685 E-mail: tan@issp.ac.ru

Согласен на обработку персональнны:

Подпись к.ф.-м.н., с.н.с.
А.Н. Терещенко заверяю
Заместитель директора ИФТТ РАН
д.ф.-м.н.

Девятов Эдуард Валентинович