

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Прокофьева Владимира Александровича на тему: «Люминесценция многослойных диэлектрических структур на поверхности кремния», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.3.11 – Физика полупроводников.

Диссертационная работа Прокофьева Владимира Александровича посвящена исследованию люминесцентных и электрофизических свойств многослойных структур SiO_2 , $\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5$ на кремниевой подложке.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Ее результаты были представлены на пяти российских и международных конференциях. По материалам работы опубликовано пять работ, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus и еще четыре работы в прочих изданиях.

Актуальность. Кремний и диоксид кремния, выращенный термическим способом, являются базовыми компонентами современной электроники. Несмотря на широкое применение этих материалов многие вопросы, связанные с природой центров люминесценции, их распределения по толщине оксидного слоя, в том числе в зависимости от способа выращивания оксида остаются нерешенными. Однако эти вопросы являются очень важными, в том числе и с практической точки зрения. Это связано с тем, что природа и распределение центров люминесценции по глубине пленки определяет электрофизические свойства структуры, распределение и накопление заряда. Тонкий оксид тантала также представляет большой интерес в связи с такими свойствами, как высокая диэлектрическая проницаемость, подвижность вакансий кислорода. Такие слои в сочетании с диоксидом кремния могут быть использованы в элементах резистивной памяти и мемристорах. Тем не менее, детальных исследований пленок на основе оксида тантала ранее фактически не проводилось. В связи с этим тема диссертационной работы является актуальной, а выбор объектов исследования обоснован.

Достоверность результатов и выводов диссертации

Достоверность полученных результатов обоснована тем, что полученные теоретические и экспериментальные результаты и выводы соответствуют современным научным представлениям. Эксперименты проводились на современном оборудовании с использованием таких методов как фотолюминесцентная (ФЛ), катодолюминесценция (КЛ), электролюминесценция (ЭЛ), растровая электронная микроскопия, электрофизические методы. Достоверность полученных результатов подтверждается также тем, что они были опубликованы в рецензируемых журналах и неоднократно обсуждены на Всероссийских и Международных конференциях, школах и семинарах.

Научная новизна работы заключается в том, что:

- впервые исследовано распределение центров люминесценции в оксиде кремния для таких тонких пленок (от 50нм). Исследование проводилось при использовании трех различных способов возбуждения (фото, катодо и электролюминесценция)
- предложена модель, объясняющая образование центра люминесценции с максимумом излучения 1,9 эВ при возбуждении люминесценции.
- разработан новый способ получения однородных тонких пленок оксида тантала на кремнии методом молекулярного наслаивания

33-06-588 от 08.11.2011 г.

- исследованы особенности формирования двухслойных структур Si/SiO₂/Ta₂O₅, показано образование переходного слоя и его влияния на оптические и электрофизические свойства структуры

- предложена модель оптических переходов, наблюдаемых в слоях оксида тантала, выращенного методом молекулярного наслаивания.

Научная и практическую значимость работы. Методики, разработанные в работе, могут быть в дальнейшем использованы для исследования распределения дефектов – центров люминесценции по глубине тонких пленок в зависимости от способов их получения и дальнейших технологических методов обработки. Разработанный способ получения оксида тантала хорошего качества может стать основой для его применения в элементах резистивной памяти и мемристорах. Методики исследования структур позволяют оценивать их структурное качество и определять возникновение переходного слоя.

Замечания к работе

1. В работе проведены исследования спектров возбуждения образцов, однако на основании этих исследований не сделано выводов. Однако именно спектры возбуждения позволяют исследовать механизмы возбуждения центров люминесценции при фотовозбуждении.
2. При разложении спектров люминесценции определены дополнительные полосы излучения, не описанные в обзоре. Не понятно имеют ли они физический смысл или это неточность разработанной методики для разложения спектров.
3. В работе приведен спектр излучения подложки кремния с максимумом излучения 500-600нм. В работе не обсуждается, какова природа этого излучения. Это может быть интересным результатом, т.к. ширина зоны кремниевой подложки существенно меньше.
4. В Главе, посвященной исследованию катодолюминесценции, сказано, что спектры люминесценции нормированы на энергию первичного электронного пучка. Не понятно, как это нормирование осуществлялось.

Однако данные замечания не снижают общую положительную оценку диссертации в целом. Диссертация Прокофьева Владимира Александровича на тему: «Люминесценция многослойных диэлектрических структур на поверхности кремния» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Прокофьев Владимир Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.3.11. Физика полупроводников. Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Член диссертационного совета
Доктор физико-математических наук
Главный научный сотрудник – заведующий
лабораторией «Диффузии и
дефектообразования в полупроводниках»
ФТИ им. А.Ф. Иоффе

03.11.2021 г.

Подпись *Заморянская М.В.* удостоверяю
зав. отделом кадров ФТИ им. А.Ф. Иоффе



03.11.2021