

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию Ивановой Марии Михайловны
«Фотоэлектрические свойства и радиационная стойкость фотодиодов
на базе гетеро(нано)структур Ge(Si)/Si(001)»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по
специальности 1.3.11 – физика полупроводников

Иванова Мария Михайловна закончила Московский энергетический институт (технический университет) в 2004 году по специальности «Оптико-электронные приборы и системы», получив квалификацию «инженер». С сентября 2012 года по сентябрь 2017 года обучалась в заочной аспирантуре ННГУ им. Н.И. Лобачевского.

Целью работы Ивановой М.М. являлось комплексное изучение фотоэлектрических свойств и стойкости к импульсному гамма-нейтронному облучению фотодиодов на базе гетеро(нано)структур Ge(Si)/Si(001), выращенных низкотемпературными эпитаксиальными методами.

В работе Ивановой М.М. проведены комплексные исследования кремниевых p—n структур с наноструктурами GeSi, выращенных комбинированным низкотемпературным методом сублимационной молекулярно-лучевой эпитаксии кремния и газофазной эпитаксии германия при низком давлении, а также монокристаллических эпитаксиальных Ge/Si(001) с низкой плотностью прорастающих дислокаций и гладкой поверхностью, выращенных методом газофазного осаждения с разложением моногермана на горячие нити (HWCVD) при низкой температуре подложки. Установлены режимы роста, обеспечивающие получение структур на базе таких слоев с параметрами, сопоставимыми с лучшими аналогами, выращенными высокотемпературными методами. Значение электрических и фотоэлектрических параметров полученных в работе образцов фотодиодов на базе таких структур сопоставимо с лучшими аналогами, изготовленными широко распространенными методами молекулярно-лучевой и газофазной эпитаксии и опубликованными в литературе. Это подтверждает технологическую конкурентоспособность предложенного подхода и его совместимость с постпроцессной интеграцией в кремниевые интегральные схемы.

В ходе выполнения проведенных Ивановой М.М. исследований установлено, что зависимости спектров фоточувствительности фотодиодов на базе структур с наноструктурами GeSi от их параметров (включая морфологию и состав материала островков GeSi) и условий измерения спектров (температура, напряжение смещения на диоде) определяются соотношением скорости эмиссии фотовозбужденных дырок из островков и скорости рекомбинации избыточных носителей заряда в островках. Показана необходимость эксплуатации кремниевых p—n фотодиодов с самоформирующимися наноструктурами GeSi в условиях достаточно больших напряжений смещения для реализации 100 % эмиссии дырок из островков.

Установлено, что фоточувствительность кремниевых p—n фотодиодов с наноструктурами GeSi в ОПЗ p—n перехода в спектральной области межзонного оптического поглощения в наноструктурах изменяется слабее после гамма-нейтронного облучения, чем собственная фоточувствительность кремния, а также фоточувствительность фотодиодов на базе эпитаксиальных слоев Ge/Si(001) в области собственной фоточувствительности германия (в диапазон длин волн излучения от 1,7 до

1 мкм). Эффект объясняется пространственной локализацией области фотогенерации электронно-дырочных пар в островках GeSi. Полученные данные подтверждены морфологическими исследованиями (АСМ), показавшими высокую структурную устойчивость самоформирующихся островков при облучении.

Совокупность сочетания развития низкотемпературных методов роста структур и установленная повышенная радиационная стойкость кремниевых p—n фотодиодов с наноструктурами GeSi к импульсному гамма-нейтронному облучению по сравнению с объемными материалами представляет практический интерес для разработки технологии изготовления радиационно-стойких фотодиодов на основе кремния с рабочим спектральным диапазоном, расширенным в ИК-область, применимых в интегральной кремниевой оптоэлектронике специального назначения.


Вклад Ивановой М.М. в установление закономерностей влияния импульсного гамма-нейтронного облучения на фотоэлектрические свойства фотодиодов на базе гетеро(нано)структур Ge(Si)/Si(001) является определяющим с точки зрения планирования экспериментов, проектирования образцов для экспериментальных исследований по облучению, анализа и интерпретации результатов экспериментов. Основные научные результаты получены автором лично. Часть результатов получена совместно с научным руководителем и другими соисполнителями НИР, в рамках которых выполнялась диссертационная работа (являющимися соавторами публикаций по теме диссертационной работы)

Результаты работы были опубликованы в ведущих научных журналах и представлены на Российских и международных конференциях.

В ходе обучения в аспирантуре Иванова М.М. показала себя ответственным и грамотным специалистом, с 2011 по 2015 год была руководителем НИР «Перспектива» и НИР «Селигер», по тематике которых было проведено диссертационное исследование. В настоящее время является ведущим инженером-исследователем филиала ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» НИИИС им.Ю.Е. Седакова и проводит работы по комплексному исследованию изделий микроэлектроники, оптоэлектроники на радиационную стойкость в интересах Госкорпорации «Росатом».

Считаю, что к настоящему времени, Иванова М.М. стала квалифицированным специалистом и заслуживает присуждения ей степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11 – физика полупроводников.

Научный руководитель:
доктор физико-
математических наук,
ведущий научный сотрудник
НИФТИ ННГУ

 04.02.26

Шенгуров Владимир Геннадьевич

г.Нижний Новгород,
пр.Гагарина, 23, корп. 3
тел. (831)
e-mail:
shengurov@phys.unn.ru

ПОДПИСЬ УДОСТОВЕРЯЮ

Начальник управления кадров
ННГУ им. Н.И. Лобачевского

 Т.А. Лапоног