



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

В диссертационный совет
Д002.205.02
при ФТИ им. А.Ф. Иоффе

Отзыв

официального оппонента доктора физико-математических наук, профессора, профессора кафедры общей и технической физики Санкт-Петербургского горного университета
Федорцова Александра Борисовича

на диссертационную работу **Кен Ольги Сергеевны**
"Фотоэлектрические и оптические свойства структур на основе аморфных и кристаллических кремниевых наночастиц", представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 - физика полупроводников

Актуальность.

Поиск путей повышения эффективности оптико-электронного преобразования в структурах на основе полупроводников является актуальной задачей уже в течение длительного времени. Это связано с тем, что достигнутые научные результаты позволили создать целый ряд приборов, успешно применяемых для преобразования оптической информации в электрический сигнал, а также ряд устройств для преобразования солнечной энергии в электрическую. С другой стороны, существует насущная потребность и очевидная возможность существенного улучшения имеющихся характеристик приборов. Прежде всего, это касается расширения спектрального диапазона и коэффициента полезного действия.

Кремний является основным материалом современной электроники, что связано и с высокоразвитой технологией его изготовления как материала, и с технологиями изготовления на его основе структур и приборов, в частности, по планарной технологии. Немаловажным аргументом является невысокая стоимость кремния. В оптоэлектронике дополнительным

достоинством кремния является удачное, хотя, возможно, и не оптимальное сочетание его спектра поглощения со спектром солнечного излучения.

Развитие в последнее время технологии наноструктур и наночастиц, а также обнаружение у этих структур и частиц необычных физических свойств определяет актуальность выбранной автором темы диссертационного исследования фотоэлектрических и оптических свойств структур на основе аморфных и кристаллических кремниевых наночастиц и определения условий создания на базе таких структур оптоэлектронных преобразователей повышенной эффективности. Намеченные для достижения этой цели к решению задачи автором убедительно обоснованы. Выбранные объекты и методы исследования адекватны поставленной задаче.

Новизна результатов.

В работе впервые на кремниевых подложках с помощью модифицированных технологических методик получены слои наночастиц кремния, пассивированных кислородом и композитных слоёв, содержащих наночастицы золота и кремния

Проведены исследования фотоэлектрических и оптических свойств изготовленных по различным методикам слоёв на базе кремниевых наночастиц. При этом, на мой взгляд, наиболее интересными из впервые полученных результатов являются следующие:

- возрастание на порядок фоточувствительности в синей области спектра плотноупакованных слоёв из частиц кремния после высокотемпературного отжига этих слоёв в атмосфере кислорода,

- пороговое возрастание квантовой эффективности структур на основе нанопористого кремния при энергии фотонов, большей, чем двойная ширина запрещённой зоны и, особенно,

- обнаружение фоточувствительности большей 15 А/Вт в композитных слоях, созданных из наночастиц кремния и золота.

Достоверность

Достоверность результатов работы обоснована применением хорошо отработанных экспериментальных методик, согласием экспериментальных и теоретических данных, а также сопоставлением полученных в работе результатов с известными ранее данными там, где это возможно.

Научная значимость

Существенное научное значение, на мой взгляд, имеют следующие установленные автором физические закономерности:

- Рост квантовой эффективности фототока в ультрафиолетовой области в структурах на основе слоёв нанопористого кремния и его объяснение на основе ударной ионизации горячими фотоносителями;

- Рост квантовой эффективности фототока в ультрафиолетовой области в структурах на основе слоёв аморфных кремниевых наночастиц и его объяснение на основе ударной ионизации примесных уровней горячими фотоносителями.

Практическая ценность работы высока и несомненна.

Она состоит прежде всего в следующем:

- Получена исключительно высокая, до 15 А/Вт, фоточувствительность в широком спектральном диапазоне композитных структур на основе наночастиц золота и алюминия и исследовано влияние на эту характеристику состава слоёв;

- Установлена возможность повышения на порядок ультрафиолетовой фоточувствительности структур на основе аморфных наночастиц кремния за счёт их высокотемпературного отжига в кислороде.

Замечания и вопросы.

1. В работе описаны оригинальные способы получения некоторых наноструктур, которые обладают важными фотоэлектрическими свойствами. Предпринимались ли попытки патентования таких способов или составов?

2. Измерения фоточувствительности структур в видимой части спектра выполнялись в квазистационарном режиме, а в ультра фиолетовой - в импульсном. Как это учитывалось при обработке результатов?

3. В соответствии с заявленной целью в работе определены условия создания фотодетекторов с улучшенными характеристиками. Хотелось бы видеть анализ того, при создании каких приборов и как именно полученные результаты можно использовать

Указанные замечания не влияют на общую высокую оценку работы. Более того, сделать их оказывается возможным именно благодаря высокому уровню и большому объёму проведенных исследований и новизне полученных результатов.

Диссертационная работа О. С. Кен является цельным и законченным научным исследованием. Работа содержит новое решение актуальной научной задачи - исследование оптических и фотоэлектрических свойств структур, на основе наночастиц кремния, её результаты могут быть положены в основу разработки фотодетекторов с улучшенными характеристиками в видимой и, особенно, в ультрафиолетовой областях спектра.

Работа написана хорошим языком, чётко структурирована, содержит подробный обзор правильно подобранной литературы. Автореферат и статьи, опубликованные в ведущих научных журналах, правильно и полно отражают содержание диссертации.

Считаю, что диссертация Кен Ольги Сергеевны полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук в соответствии с п. 9 Положения о присуждении ученой степени, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013, в ред. от 30.07.2014.

Считаю также, что её автор, Кен Ольга Сергеевна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 «Физика полупроводников».

Профессор кафедры общей и технической физики
Санкт-Петербургского горного университета
профессор, доктор физико-математических наук,
заслуженный работник высшей школы России

Адрес: 199106, Санкт-Петербург, В.О. 21-я линия, д. 2.

E-mail: borisovitch-f@yandex.ru

Тел.: +7-921-347-74-30

Александр Борисович Федорцов
22.04.2017