

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Гревцова Никиты Леонидовича
«Пленки твердых растворов кремний германий на основе нанопористого
кремния для термоэлектрических преобразователей»,
представленной на соискание степени кандидата технических наук
по специальности 05.16.08 – нанотехнологии и наноматериалы
(материалы для электроники и фотоники)

Диссертационная работа посвящена разработке нового подхода к получению пленок твердых растворов кремний–германий. Предложенный метод основан на электрохимическом заполнении матрицы нанопористого кремния частицами германия с последующей высокотемпературной обработкой. Данная методика оригинальна и, по имеющимся данным, не описана в научно-технической литературе. В сравнении с традиционными способами получения пленочных твердых растворов, такими как химическое осаждение из газовой фазы и эпитаксиальный рост, предлагаемый подход отличается более простой реализацией и возможностью применения относительно недорогого оборудования.

В работе использованы два типа нанопористого кремния, формируемые электрохимическим анодированием и метал-стимулированным химическим травлением, и в общем случае представляющие собой пористый кремний с наноразмерными структурными элементами. Исследованы особенности электрохимического осаждения германия в такие структуры и продемонстрировано, что прямое осаждение из растворов оксида германия не обеспечивает эффективного заполнения пористой матрицы. Установлено, что для достижения требуемого результата необходимо производить осаждение германия по методу «жидкость–жидкость–твердое тело» на предварительно сформированные частицы индия, размещенные в донной части пор. В связи с этим проведено комплексное исследование электрохимического осаждения индия в нанопористый кремний из водных растворов сульфата индия. В результате разработан способ локализации частиц индия внутри пор, что позволило обеспечить последующее эффективное заполнение каналов пор германием.

Термическая обработка нанопористого кремния, заполненного германием и обладающего различной пористостью, позволила получить на кремниевых подложках пленки твердого раствора кремний–германий как электронного, так и дырочного типа проводимости с регулируемым содержанием германия. Проведена оценка основных электрофизических характеристик полученных пленок, результаты которой подтвердили наличие выраженных термоэлектрических свойств. На основе сформированных пленок изготовлены и исследованы экспериментальные образцы лабораторного прототипа термоэлектрического преобразователя.

Несмотря на успешное достижение целей работы, к замечаниям по автореферату считаю необходимым отнести следующее.

1. Твердые растворы кремний-германий для использования в термоэлектрических устройствах, как правило, содержат 20–30 % германия. Не обоснована причина, по которой оценка термоэлектрических параметров полученных в настоящей работе пленок твердых растворов кремний-германий произведена в отношении образцов с содержанием германия 70–80 %.

2. В работе не хватает обоснования причин, по которым выбраны применяемые температурные режимы (85 °С при осаждении германия и 950 °С при термообработке для формирования твердого раствора кремний-германий).

Указанные замечания не влияют на положительную оценку диссертационной работы.

Выводы и научные положения, приведенные в автореферате диссертации, обоснованы и достоверны. Представленные результаты создают научно-технологическую основу для дальнейшей разработки и практического применения тонкопленочных термоэлектрических преобразователей, основанных на предложенной технологии получения пленочных твердых растворов кремний-германий, в связи с чем обладают как научной, так и практической значимостью.

Считаю, что диссертационная работа Гревцова Н. Л. представляет собой законченное научное исследование, содержащее новые теоретические и практические результаты, имеющие ценность для области формирования термоэлектрических материалов, а ее автор достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.08 — «Нанотехнологии и наноматериалы (материалы для электроники и фотоники)».

Даю согласие на размещение настоящего отзыва в сети Интернет.

Зав. лабораторией физико-химических
свойств полупроводников
ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН,
доктор-технических наук, профессор

Е.И. Теруков



Подпись Терукова Е.И. удостоверяю
отделом кадров ФТИ им.А.Ф.Иоффе

Н.С. Бусенко