

ОТЗЫВ

руководителя диссертационной работы Тарелкина Сергея Александровича «Исследование слоистых структур на основе легированных бором монокристаллов алмаза для применения в полупроводниковой электронике», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – Физика полупроводников

Диссертация Тарелкина С.А. посвящена исследованию слоистых и объемных легированных бором синтетических монокристаллических алмазов и разработке расчетной модели зависимости проводимости легированных бором алмазов от концентрации легирующей примеси, степени компенсации и температуры для применений в полупроводниковой электронике, в частности, для оптимизации параметров слоистых монокристаллических структур алмаза, применяемых в качестве силовых диодов Шоттки и других элементов полупроводниковой электроники.

Актуальность работы заключается в том, что полупроводниковые, легированные бором монокристаллы алмаза потенциально обладают рядом преимуществ по сравнению с другими обычными и широкозонными полупроводниками благодаря уникальному сочетанию физических свойств: высокому напряжению диэлектрического пробоя, высокой теплопроводности, термостойкости, механической прочности, и в то же время, ввиду технологических сложностей роста высококачественных монокристаллов, соответствующих современным требованиям электроники, потенциал применения алмазов в электронике еще в значительной мере не реализован. Помимо сугубо технологических проблем роста высококачественных монокристаллов алмазов, имеется ряд нерешенных физических проблем в области полупроводниковых алмазов. Особенно это касается слоистых структур алмаза, как наиболее востребованных в полупроводниковой электронике. Для создания конкурентоспособных алмазных полупроводниковых устройств требуется доскональное знание не только физических свойств отдельных слоев на основе монокристаллов алмаза, но и физических явлений на границах слоев, в частности, особенностей транспорта носителей заряда, связанных с наличием различных потенциальных барьеров, обусловленных разными концентрациями основных и неосновных носителей заряда, точечных и протяженных дефектов кристаллической структуры и других факторов. Как показано в диссертационной работе С.А. Тарелкина, именно наличие протяженных дефектов в структуре алмазных слоев является основным фактором, ухудшающим функциональные характеристики алмазных полупроводниковых приборов, как например диоды Шоттки. В работе С.А. Тарелкина впервые поставлена и решена задача поиска оптимальных условий роста слоистых алмазных монокристаллических структур, при которых протяженные дефекты практически отсутствуют, либо их влияние снижено в такой степени, что преимущества применения алмаза в качестве легированного широкозонного полупроводника становятся явными. Результаты исследования позволили создать уникальные алмазные вертикальные силовые диоды Шоттки на основе слоистых структур с прямым током более 10 А, обратным напряжением 300–600 В и временем обратного восстановления 10–20 нс. Помимо большого объема новых экспериментальных результатов, С.А. Тарелкиным выполнены теоретические расчеты и численное моделирование. На основании сравнения результатов аналитических расчетов и экспериментальных данных построены модели исследованных

процессов, определены оптимальные параметры роста монокристаллических алмазных слоев с разной концентрацией бора и оптимизированы технологические параметры изготовления конечных устройств – силовых алмазных диодов Шоттки.

Следует также отметить исследование структуры и электрофизических свойств тонких слоев на поверхности сильнолегированных бором монокристаллов алмаза, выращенных методом температурного градиента на затравке при высоком давлении и температуре. Объемная концентрация бора в таком слое превышает 1 ат. %, температурная зависимость электрического сопротивления имеет вид, характерный для вырожденных полупроводников с подъемом в области низких температур и переходом в сверхпроводящее состояние при $T = 2-4$ К. При этом вольт-амперная характеристика имеет вид характерный для контактов Джозефсона, что может быть объяснено двумерной структурой сверхпроводящих слоев, концентрация бора в которых выше 1 ат. %.

Диссертация является научно-квалификационной работой, результаты которой вносят значительный вклад в развитие алмазной электроники. Работа выполнялась в рамках государственных контрактов по разработке конструкции и созданию алмазных диодов Шоттки и бета-вольтаических источников энергии на их основе.

Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на 2 российских и 6 международных конференциях в виде устных и стендовых докладов. По тематике работы соискателем опубликовано 14 печатных работ. Из них 7 статей в зарубежных журналах, входящих в базы цитирования Scopus и WoS (Diamond and Related Materials, Physica Status Solidi A и др.), 4 статьи в русскоязычных журналах из перечня ВАК и 3 патента.

В общей сложности С.А. Тарелкин является соавтором 47 печатных работ в области физики полупроводников и физики конденсированного состояния, из которых 33 опубликованы в журналах, входящих в базы цитирования Scopus и WoS, а также является соавтором 6 патентов по методам синтеза и обработки алмаза и конструкциям полупроводниковых устройств на его основе.

В целом Тарелкин Сергей Александрович обладает очень высоким уровнем квалификации в области физики полупроводников, отличным знанием современной экспериментальной техники, высокой теоретической подготовкой, умением построения необходимых теоретических моделей и их успешного практического применения.

Считаю, что диссертационная работа удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, С.А. Тарелкин является высококвалифицированным специалистом и достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников.

17.06.2019

Научный руководитель,
главный научный сотрудник
ФГБНУ ТИСНУМ, д.ф.-м.н.

Буга Сергей Геннадиевич



Буга С.Г. заверяю!
Насильник
Галкина
Галкина