

Заключение

Синченко Александра Андреевича

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

Дата защиты: 20.11.2019

Оценка соответствия диссертации требованиям Положения о присуждении ученых степеней кандидата наук, доктора наук в МФТИ (далее - Положение):

1. Актуальность тематики диссертации:

Работа посвящена исследованию электрофизических и магнитотранспортных характеристик объемных монокристаллов алмаза, легированных бором, и возможности создания на их основе силовых высоковольтных диодов Шоттки. Тематика диссертации безусловно является актуальной, так как затрагивает практические аспекты применения синтетического алмаза для создания устройств силовой электроники.

2. Научная новизна выносимых на защиту результатов:

Новым научным результатом работы являются экспериментально полученные температурные зависимости электрофизических свойств объемного легированного алмаза в широком диапазоне концентраций бора. В работе предложены варианты конструкции и способы изготовления силовых высоковольтных диодов Шоттки на основе синтетического монокристалла алмаза и проведено изучение тепловых режимов работы таких диодов. Тем самым продемонстрирована возможность использования легированного алмаза в качестве подложек для силовых устройств. Впервые обнаружен эффект резистивного саморазогрева диода, который положительно влияет на характеристики, а именно позволяет существенно снизить резистивные потери в прямом направлении.

3. Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы:

В диссертации представлены результаты детальных экспериментальных исследований электронных транспортных свойств синтетического алмаза, легированного бором в широкой области температур и магнитных полей. Применение автором оригинальных методов, как измерений, так и анализа и обработки данных позволило получить целый ряд важных результатов, имеющих как теоретическую, так и практическую значимость. Так, показано, что подвижность носителей заряда в легированных бором монокристаллах

алмаза при высоких температурах определяется в основном рассеянием на оптических фонах и не зависит от уровня легирования в широком диапазоне концентраций. Определены оптимальные условия легирования для достижения минимального сопротивления образцов. Разработаны и изготовлены алмазные диоды Шоттки, характеризующиеся высокими значениями прямого тока. Обнаружено, что ростовая поверхность сильно легированных монокристаллов алмаза обладает проводимостью, характерной для вырожденных полупроводников, и данные образцы демонстрируют переход в сверхпроводящее состояние при низких температурах.

4. Полнота опубликования основных результатов диссертации в рецензируемых научных изданиях в соответствии с требованиями Положения:

Результаты диссертации опубликованы в 7 статьях в журналах, индексируемых базами цитирования Scopus и Web of Science, в 4 статьях в журналах из перечня ВАК, и доложены на 8 российских и международных конференциях.

5. Вопросы и замечания:

- Присутствует определенная небрежность оформления работы, выразившаяся в достаточном количестве опечаток и стилистических погрешностей.
- Раздел 3.4 диссертации посвящен описанию коммерческой измерительной системы HMS 7707A, что не является предметом защиты.
- Используемые автором соотношения для определения концентрации носителей подразумевают однородное распределение электрического поля по толщине образца. В тоже время, геометрия контактов (на верхней поверхности образцов) при условии слабой проводимости алмаза, будет приводить к неоднородному по толщине электрическому полю в образцах. Для выяснения, является ли эта неоднородность существенной при расчете концентрации носителей и подвижностей (при толщине образцов 300 мкм), необходимо проведение сравнительных измерений на образцах с разной толщиной.
- Геометрия ван дер Пау исследования эффекта Холла, использованная автором, позволяет проводить измерения, как сопротивления Холла, так и поперечного магнитосопротивления. Данные о последнем полностью отсутствуют в диссертации, хотя позволяют непосредственно определять подвижность носителей.
- В главе 4 диссертации автором сделан вывод о том, что в тонком поверхностном слое сильно легированных монокристаллов алмаза

наблюдается переход в сверхпроводящее состояние при температурах 2–4 К, «сопровождающийся эффектом бозонного изолятора при $T = 4–7$ К, и вольт-амперная характеристика в области сверхпроводимости соответствует эффекту Джозефсона». Данный вывод не обоснован и ничем не подтвержден. У автора отсутствует необходимая для таких выводов экспериментальная информация.

Общая характеристика диссертации (не включает резолютивную часть):

Научные положения и выводы диссертационной работы получены на основании комплексных исследований, проведенных с помощью отработанных экспериментальных методов. Достоверность результатов доказана обоснованностью примененных методик, сравнением с данными других экспериментов и теоретических расчетов. Диссертация С.А. Тарелкина представляет собой научное исследование, выполненное на достаточно высоком уровне и соответствует требованиям Положения, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Тарелкин Сергей Александрович, заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – Физика полупроводников.

д-р физ.-мат. наук, ведущий научный
сотрудник кафедры физики низких
температур и сверхпроводимости
физического факультета МГУ им. М.В.

Ломоносова

119991, Москва, ул. Академика

Хохлова, стр. 8

Тел.: +7 9153676062

e-mail: aasinch@mail.ru

/Синченко Александр Андреевич/

Дата 29 октября 2019 г.

Подпись Синченко А.А. подтверждаю

Декан Физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова

Профессор

