

Отзыв научного руководителя  
о диссертационной работе Литвяк Валентины Михайловны  
«Эффекты, наблюдаемые в полупроводниках при глубоком охлаждении спинов ядер»,  
представленной на соискание степени кандидата физико-математических наук по  
специальности 1.3.8. – Физика конденсированного состояния

Диссертационная работа Литвяк Валентины Михайловны подытоживает цикл экспериментальных исследований, проведенных ей за время обучения в аспирантуре СПбГУ с 2016 по 2021 г. Работа посвящена изучению проблем, связанных с достижением предельно низких спиновых температур ядер методом оптической накачки полупроводниковых кристаллов. Глубоко охлажденная система ядерных спинов в полупроводниках является интересным, однако мало изученным объектом исследования. Под глубоким охлаждением понимается охлаждение до таких температур, когда энергия тепловых колебаний сопоставима с энергией межъядерных взаимодействий. В металлах такие температуры составляют десятки нанокельвин, и для их достижения требуются специальные многоступенчатые криостаты. В полупроводниках с примесями, содержащими локализованные электроны, глубоким охлаждением может считаться температура в доли микрокельвин, что вполне достижимо методами оптической ориентации. Охлажденная до температур порядка микрокельвин ядерная спиновая система полупроводника обладает уникальными свойствами, такими как длинное время спин-решеточной релаксации, высокая магнитная восприимчивость, возможное магнитное упорядочение. При этом знание свойств ядерной системы именно при низких температурах позволило бы лучше объяснить ее поведение и при обычных температурах. Это определяет **актуальность** и **новизну** проделанной работы.

В основе использованного в работе метода получения низких температур лежит оптическое охлаждение в сильном поле с последующим адиабатическим размагничиванием. В диссертационной работе Валентины Михайловны подробно изучен вопрос достижения предельно низких температур методом адиабатического размагничивания как в лабораторной, так и во вращающейся системе координат. И в том, и в другом случае, при получении сверхнизких температур, основную роль играют слабые возмущения, действующие на ядерные спины со стороны кристаллической решетки, и исследованию которых в основном посвящена работа. В качестве объекта исследования выбран *n*-легированный арсенид галлия. Объемные слои легированного арсенида галлия являются модельной системой для экспериментального и теоретического изучения подобных эффектов, в частности поскольку в этой системе хорошо выполняется приближение ядерной спиновой температуры. Для теоретического анализа полученных результатов применен метод численной диагонализации гамильтониана, учитывающего основные типы взаимодействия. Хорошее согласие экспериментальных и теоретических результатов показывает высокую степень **достоверности** полученных результатов. Основные экспериментальные результаты были получены Валентиной Михайловной лично или при ее непосредственном участии. Эксперименты по оптическому охлаждению в слабых магнитных полях проводились Валентиной Михайловной в лаборатории Оптики Спина СПбГУ на специально созданной для этого установке. Эксперименты по оптическому охлаждению в сильном магнитном поле проводились в университете г. Дортмунд, Германия, куда Валентина Михайловна ездила в рамках совместного проекта РФФИ-ДФГ. Работа выполнялась в тесном сотрудничестве с научными группами в Физико-Техническом Институте им. А.Ф. Иоффе и Лабораторией Шарля Кулона в университете Монпелье, Франция. Результаты работы опубликованы в четырех научных статьях в международных рецензируемых журналах, а также докладывались на низкоразмерном семинаре в ФТИ им. Иоффе, на ряде всероссийских и международных конференций. Во процессе работы Валентина Михайловна Литвяк приобрела достаточные знания по физике твердого тела, а также высокую квалификацию исследователя и

экспериментатора, научилась правильной постановке задачи, правильному выбору метода исследования и анализу полученных экспериментальных данных.

Считаю, что Литвяк Валентина Михайловна обладает квалификацией, в полной мере соответствующей уровню кандидата физико-математических наук, и она заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. - Физика конденсированного состояния.

Чербунин Роман Викторович,  
Кандидат физико-математических наук,  
Доцент кафедры ФТТ физического факультета СПбГУ

21 января 2022 г.

*Чербунин*

