

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Лобановой Инны Игоревны
«Электронный транспорт и квантовое критическое поведение в твердых растворах
замещения $\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Si}$ ($0 \leq x < 0,3$)»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Диссертационная работа Лобановой Инны Игоревны посвящена детальному экспериментальному изучению электронных транспортных и магнетотранспортных явлений в твердых растворах замещения $\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Si}$ ($0 \leq x < 0,3$). Избранное направление исследований - изучение электронных транспортных свойств систем с сильными электронными корреляциями в области квантовой критичности - в настоящее время является одним из наиболее развивающихся в физике твердого тела, так что актуальность тематики диссертации не вызывает никаких сомнений. Содержание диссертационной работы изложено на 156 страницах. Диссертация содержит 58 рисунков, 1 таблицу и список литературы из 103 наименований.

Первая глава диссертации — достаточно подробный литературный обзор имеющейся литературы по изучению MnSi и твердого раствора замещения $\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Si}$, в котором автор рассматривает состояние исследований данных соединений, обосновывает актуальность темы и формулирует задачи диссертации.

Во второй главе описаны методики получения исследуемых образцов и методы измерений физических параметров. Представлены экспериментальные схемы измерения электронных транспортных и магнитных характеристик, анализа и обработки полученных результатов.

Третья глава посвящена изучению магнитной фазовой B - T диаграммы MnSi . Впервые обнаружена универсальная линейная связь между амплитудой отрицательного магнетосопротивления и квадратом намагниченности в парамагнитной фазе. По результатам измерений магнитных и транспортных свойств была восстановлена магнитная фазовая H - T диаграмма MnSi . Показано, что переходу из парамагнитной фазы в спин-поляризованную соответствует вертикальная фазовая граница при $T_c = 29,15$ К. Наиболее интересные результаты были получены автором при исследовании магнитной фазовой диаграммы в окрестности A -фазы. Во-первых, были определены границы A -фазы для различных направлений внешнего магнитного поля. Во-вторых, примененный диссертантом оригинальный анализ угловых зависимостей магнетосопротивления позволил установить, что в области ядра A -фазы магнетосопротивление становится изотропным, при этом в области вне ядра A -фазы скирмионная решетка устойчива в относительно узком диапазоне направлений магнитного поля. Внутри A -фазы был идентифицирован переход между различными типами скирмионных решеток, что позволило сделать достаточно обоснованный вывод о том, что скирмионная решетка построена из отдельных вихрей, в определенном смысле, аналогичных сверхпроводящим вихрям Абрикосова.

В четвертой главе изложены результаты исследования магнитной фазовой T - x диаграммы твердых растворов $\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Si}$. Автором была восстановлена магнитная фазовая T - x диаграмма твердых растворов замещения $\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Si}$, и убедительно продемонстрировано существование двух квантовых фазовых переходов при $x^* \approx 0,12$ и $x_c \approx 0,24$. Показано, что первая квантовая критическая точка $x^* \approx 0,12$ отвечает исчезновению дальнего магнитного порядка и скрыта внутри фазы с промежуточным магнитным порядком, а вторая квантовая критическая точка $x_c \approx 0,24$ соответствует полному подавлению магнитного порядка и распадом магнитной подсистемы на спиновые кластеры с формированием фазы Гриффитса.

Предложенная автором феноменологическая модель, позволила описать структуру магнитной фазовой T - x диаграммы $\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Si}$ при учете различного температурного

поведения корреляционных радиусов классических и квантовых флуктуаций. Было показано, что фаза с промежуточным магнитным порядком имеет спиральную структуру, что позволило рассматривать ее как аналог киральной спиновой «жидкости», которая с приложением магнитного поля переходит в спиновое «твердое тело» с потерей киральности.

Пятая глава посвящена описанию результатов исследования эффекта Холла в $\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Si}$. Автором предложен новый метод разделения вкладов аномального и нормального эффекта Холла в MnSi , основанный на анализе температурных зависимостей холловского сопротивления. На основании данного анализа сделан вывод, что переход из магнитоупорядоченной фазы в парамагнитную фазу приводит к переходу от собственного режима аномального эффекта Холла, связанного с эффектами фазы Берри, к внешнему, связанному с асимметричным рассеянием носителей заряда на спиновых флуктуациях локализованных магнитных моментов. Представляется важным вывод автора о возможной перестройки поверхности Ферми, сопровождающей данный переход. Разработанный алгоритм был применен диссертантом к анализу данных по эффекту Холла в твердых растворах замещения $\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Si}$, что позволило получить концентрационные зависимости параметров, определяющих амплитуды нормального и аномального эффектов Холла. Основываясь на существовании точки инверсии знака аномального коэффициента Холла, автор не без оснований применил для анализа данных двухзонную модель. Было показано, что концентрация, соответствующая инверсии знака аномального коэффициента Холла практически совпадает с границей перехода между классическими и квантовыми флуктуациями. Из оценки электронного и дырочного вкладов в РККИ взаимодействие в первой и второй координационных сферах ионов Mn показано, что в квантовых критических точках $x^* \approx 0,12$ и $x_c \approx 0,24$ амплитуды обменного взаимодействия в первой и второй координационных сферах становятся сравнимы по абсолютной величине, что указывает на необходимость учета эффектов фрустрации при анализе квантового критического поведения в $\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Si}$.

Таким образом, в диссертации представлены обширные результаты экспериментальных исследований диссертанта твердых растворов $\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Si}$ ($0 \leq x < 0,3$) в широкой области температур и магнитных полей, направленные как на выяснение особенностей электронного транспорта в парамагнитной и магнитных фазах, так и на выяснение природы квантовой критичности в исследуемой системе. Применение автором оригинальных методов, как измерений, так и анализа и обработки данных позволило получить целый ряд важных новых результатов, отмеченных выше, и позволивших существенно продвинуться в понимании природы низкотемпературных аномалий физических свойств соединений на основе моносилицида марганца.

Вместе с тем, можно отметить ряд недостатков диссертационной работы. Прежде всего, определенную небрежность оформления работы, выразившуюся в достаточном количестве опечаток и стилистических погрешностей.

Есть определенные вопросы и по существу представленных результатов:

1. Было бы желательно дать более четкое определение «магнитному рассеянию», термину, используемому автором. В такой редакции под данное определение попадают все типы рассеяния на магнитных моментах, хотя в контексте диссертации это далеко не так.
2. Для четкой идентификации резистивных особенностей, наблюдаемых автором на температурных зависимостях электросопротивления MnSi полезно использовать измерение поперечного напряжения в холловской конфигурации без приложения магнитного поля. Известно, что в случае фазового перехода, сопровождаемого изменением проводимости, в такой геометрии должен существовать экстремум на зависимости $V_{xy}(T)$ при температуре фазового перехода.
3. Автором для определения значений концентраций электронов и дырок для соединений ряда $\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x\text{Si}$ ($0 \leq x < 0,3$), не без оснований, использована двухзонная модель. Представляется полезным и интересным довести решение этой задачи до конца. В частности, используя полученные значения концентраций носителей,

получить в рамках данной модели полевые зависимости холловского сопротивления, определив при этом и абсолютные значения подвижностей.

Сделанные замечания носят, в большей степени, рекомендательный характер и не снижают научную и практическую ценность диссертации. Диссертация является законченной научно-исследовательской работой, а полученные автором результаты представляет собой заметный вклад в современную физику конденсированного состояния.

В работе получены новые оригинальные результаты, опубликованные как в ведущих российских, так и зарубежных журналах, таких как Письма в ЖЭТФ, Scientific Reports, Physical Review Letters, Physical Review B, и доложенные автором на целом ряде национальных и международных конференций.

Научные положения и выводы диссертационной работы получены на основании комплексных исследований, проведенных с помощью оригинальных экспериментальных методов. Достоверность результатов убедительно доказана обоснованностью примененных методик, сравнением с данными других экспериментов и теоретических расчетов.

В автореферате сформулированы актуальность, цели и задачи исследований, научная новизна, научная ценность и практическая значимость результатов выносимых на защиту, он правильно и в полном объеме отражает содержание диссертации.

Тематика диссертационной работы соответствует пунктам 1, 3 и 5 паспорта специальности 01.04.07 - «Физика конденсированного состояния». По значимости полученных результатов и уровню проведенных исследований диссертация соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Лобанова Инна Игоревна, заслуживает присуждения ей степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Заведующий лабораторией низкоразмерных
наноструктур федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Институт радиотехники и электроники
им. В.А. Котельникова Российской
академии наук

Синченко Александр Андреевич

Адрес служебный: 125009, Москва, ул. Моховая, д.11, корп.7.

Тел.: +7(495)629-3656

e-mail: sinchenko@cplire.ru

Отзыв А.А. Синченко завершен:

Ученый секретарь ИИЭ РАН им. В.А. Котельникова РАН



И.И. Чусов

02.11.2016 г.