

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.262.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
НАУКИ ФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. П.Н. ЛЕБЕДЕВА РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 24 марта 2025 г № 81

О присуждении Мехии Альберто Бандурину, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Магнитотранспортные явления в дираковском полуметалле $(\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x)_3\text{As}_2$ и модельных магнитных системах с сильным беспорядком» по специальности 1.3.8 — Физика конденсированного состояния принята к защите 23 декабря 2024 года, (протокол заседания № 76) диссертационным советом 24.1.262.01, созданным 11 апреля 2012 года приказом № 105/нк на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук (ФИАН), 119991 ГСП-1 Москва, Ленинский проспект, д. 53.

Соискатель Мехия Альберто Бандурин, 6 августа 1993 года рождения, в 2017 году с отличием окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)» (МФТИ) по направлению «Прикладные математика и физика». С 2017 года обучался в аспирантуре МФТИ по направлению «Физика конденсированного состояния» и закончил её в 2021 году. Справка об обучении и сдаче кандидатских экзаменов выдана МФТИ в 2022 году. С 2016 года является сотрудником ФИАН. В настоящее время работает в должности высококвалифицированного младшего

научного сотрудника лаборатории физического материаловедения полупроводников Отделения физики твердого тела ФИАН.

Диссертационная работа А.Б. Мехии выполнена в лаборатории физического материаловедения полупроводников Отделения физики твердого тела ФИАН.

Научный руководитель: кандидат физико-математических наук Овешников Леонид Николаевич, научный сотрудник Группы биосовместимых матриц Лаборатории биосовместимых матриц и тканевой инженерии Отдела нанобиоматериалов и структур Курчатовского комплекса НБИКС-природоподобных технологий Федерального государственного бюджетного учреждения Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», по совместительству является высококвалифицированным старшим научным сотрудником лаборатории физического материаловедения полупроводников Отделения физики твердого тела ФИАН.

Официальные оппоненты:

1. Васильевский Иван Сергеевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры физики конденсированных сред Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»;
2. Середина Марина Андреевна, кандидат физико-математических наук, младший научный сотрудник лаборатории «Многофункциональные магнитные наноматериалы» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация — Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт общей

физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (ИОФ РАН), город Москва, в своем положительном отзыве, подписанном доктором физико-математических наук, доцентом Глушковым Владимиром Витальевичем, заместителем директора ИОФ РАН по научно-организационной работе, ВРИО заведующего Отделом низких температур и криогенной техники Центра лазерной физики и фотоники ИОФ РАН, кандидатом физико-математических наук Богачем Алексеем Викторовичем учёным секретарём Учёного совета Центра лазерной физики и фотоники ИОФ РАН, и утвержденном членом-корреспондентом РАН, доктором физико-математических наук Гарновым Сергеем Владимировичем, директором ИОФ РАН, указала, что диссертация подтверждает научную квалификацию А.Б. Мехии и полностью удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., а соискатель заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

Соискатель имеет 20 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 14 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus, опубликовано 5 работ.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем А.Б. Мехией работах.

Наиболее значимые результаты по теме диссертации опубликованы в статьях:

1. Мехия А.Б., Казаков А.А., Овешников Л.Н., Давыдов А.Б., Риль А.И., Маренкин С.Ф., Аронзон Б.А. Квантовые поправки и магнитотранспорт в пленках 3D дираковского полуметалла $Cd_{3-x}Mn_xAs$ // Физика и техника полупроводников. – 2019. – Т. 53. – С. 1479-1484.

2. Kovaleva N.N., Kusmartsev F.V., Mekhiya A.B., Trunkin I.N., Chvostova D., Davydov A.B., Oveshnikov L.N., Pacheroва O., Sherstnev I.A., Kusmartseva A., Kugel K.I., Dejneka A., Pudonin F.A., Luo Y., Aronzon B.A. Control of Mooij correlations at the nanoscale in the disordered metallic Ta-nanoisland FeNi multilayers // Scientific Reports. – 2020. – Vol. 10. – P. 21172.
3. Kulatov E.T., Uspenskii Yu.A., Oveshnikov L.N., Mekhiya A.B., Davydov A.B., Ril' A.I., Marenkin S.F., Aronzon B.A. Electronic, magnetic and magnetotransport properties of Mn-doped Dirac semimetal Cd_3As_2 // Acta Materialia. – 2021. – Vol. 219. – P. 117249.
4. Kochura A.V., Dzhamamedov R.G., Mekhiya A.B., Oveshnikov L.N., Arslanov T.R., Rodionov V.V., Alam M., Kuzmenko A.P., Davydov A.B., Aronzon B.A. The effect of high pressure on the electrical and transport properties of the InSb-MnSb magnetic eutectic composition // AIP Advances. – 2022. – Vol. 12. – P. 035330.
5. Oveshnikov L.N., Ril' A.I., Mekhiya A.B., Davydov A.B., Marenkin S.F., Aronzon B.A. Low-field linear magnetoresistance and transport parameters of $(\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x)_3\text{As}_2$ polycrystals // European Physical Journal Plus. – 2022. – Vol. 137. – P. 374.

Выбор Васильевского Ивана Сергеевича в качестве официального оппонента обоснован его высокой квалификацией и наличием достижений мирового уровня в области функциональной электроники, в том числе исследований электронных свойств материалов.

Выбор Серединой Марины Андреевны в качестве официального оппонента обоснован ее высокой квалификацией и наличием достижений мирового уровня в области характеристики функциональных материалов, в том числе магнитных и магнитотранспортных свойств.

Выбор ведущей организации обоснован её репутацией признанного научного центра, проводящего исследования в области физики сильно коррелированных электронных систем, в том числе исследований топологических и магнитных систем.

Диссертационная работа А.Б. Мехии посвящена исследованию влияния вариации содержания магнитных атомов марганца на магнитотранспортные свойства тонких плёнок и поликристаллов дираковского полуметалла Cd_3As_2 и сопоставлению полученных результатов с поведением тривиальных систем с магнитной компонентой, для чего отдельно рассматриваются модельные магнитные системы с высоким уровнем структурного и магнитного беспорядка. В работе проводится комплексное рассмотрение взаимодействия магнитных атомов и топологических электронных состояний, а также выявление роли сильного беспорядка в наблюдаемых эффектах, что составляет актуальную задачу развития фундаментальных представлений в физике топологических систем, а также является необходимым для создания функциональных приборов на основе таких материалов.

На основании выполненных соискателем исследований были получены следующие основные результаты:

1. Показано, что увеличение содержания марганца приводит к росту уровня беспорядка в кристаллах и плёнках $(\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x)_3\text{As}_2$. Как в объёмных, так и в тонкоплёночных системах, отсутствуют указания на проявление вклада аномального эффекта Холла, несмотря на высокое содержание атомов Mn.
2. Показано, что при росте содержания марганца в пленках $(\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x)_3\text{As}_2$ происходит переход в топологически тривиальное состояние. Согласно оценкам, данный переход наблюдается, когда уровень Ферми носителей заряда оказывается примерно равен или больше величины обменной щели, возникающей из-за добавления атомов Mn.

3. Сохранение высокой амплитуды линейного магнетосопротивления в поликристаллах $(\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x)_3\text{As}_2$ при вариации состава указывает на сохранение топологических свойств системы, что связывается с заметным увеличением плотности носителей заряда и соответствующих энергий Ферми.
4. Показано, что в эвтектических композитах InSb-MnSb после барических воздействий основную роль в транспорте заряда играет матрица InSb с растворёнными атомами Mn , для которых при низких температурах реализуется магнитное коррелированное состояние по типу спинового стекла.
5. Показано, что в многослойных структурах $(\text{Ta-FeNi})_N\text{-Ta}$ транспорт заряда в существенной мере определяется магнитным беспорядком, связанным с наностровами FeNi . Несмотря на это, по аналогии с типичными системами с магнитной компонентой, данные структуры демонстрируют вклад аномального эффекта Холла и отрицательное магнетосопротивление, связанное со спин-зависимым рассеянием.
6. В результате сопоставления полученных результатов, показано, что отсутствие характерных для магнитодопированных систем эффектов в кристаллах и пленках Cd_3As_2 с добавлением Mn (в частности, аномального эффекта Холла) связано с особенностями взаимодействия топологических носителей заряда с магнитными атомами, и не является следствием сильного беспорядка в исследуемых образцах.

Все результаты, представленные автором, являются новыми. Новизна обусловлена тем, что в работе впервые проведён комплексный анализ топологических переходов в системе $(\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x)_3\text{As}_2$ при вариации её состава, а также выявлена роль энергии Ферми носителей заряда при наблюдении соответствующих переходов. Впервые рассмотрены и проанализированы магнитотранспортные свойства эвтектических композитов InSb-MnSb после барических воздействий и многослойных структур $(\text{Ta-FeNi})_N\text{-Ta}$, показана

существенная роль структурного и магнитного беспорядка в зарядовом транспорте в данных системах. Впервые показано, что отсутствие вклада аномального эффекта Холла в $(\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x)_3\text{As}_2$ является свойством данного материала и не может быть объяснено высоким уровнем беспорядка в исследуемых образцах.

Научная значимость результатов диссертации определяется тем, что анализируемое в ней взаимодействие топологически нетривиальной электронной фазы с магнитными атомами является определяющим для построения согласованной картины свойств систем с топологическими состояниями. Полученные результаты могут быть использованы как при рассмотрении вариации свойств иных топологических материалов при магнитном допировании, так и при изучении исходно магнитных топологических систем.

Практическая значимость полученных результатов определяется перспективой использования таких материалов для создания спинтронных устройств нового поколения. Так, полученные результаты отражают предел устойчивости топологической фазы к магнитному допированию, очерчивая тем самым спектр возможных применений арсенида кадмия на практике. Кроме того, рассмотренная в работе роль сильного беспорядка в процессах зарядового транспорта тривиальных магнитных систем определяет ключевые требования к параметрам подобных материалов для их применения на практике.

Результаты, полученные в диссертации, могут быть использованы при проведении фундаментальных и прикладных исследований в области физики топологических и магнитных материалов, в том числе при разработке устройств спинтроники, которые проводятся в таких организациях, как Физический институт имени П.Н. Лебедева РАН, Московский физико-технический институт, Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе.

Достоверность и обоснованность результатов, представленных в диссертации, обеспечена проведением экспериментальных измерений на современном научном оборудовании с высокой точностью и воспроизводимостью результатов; соответствием экспериментальных результатов имеющимся в литературе данным и теоретическим моделям, а также публикацией результатов в рецензируемых научных журналах и их представлением на всероссийских и международных конференциях.

Все основные научные результаты, включенные в диссертацию А.Б. Мехии, являются оригинальными и получены лично автором, либо при его непосредственном участии. Автор лично проводил магнитотранспортные измерения исследуемых материалов (за исключением высокополевых измерений), самостоятельно осуществлял обработку и анализ экспериментальных данных, в том числе результатов рентгенодифракционных исследований, представленных в разделе 4.1. Идентификация релевантных вкладов в проводимость и эффект Холла в рассматриваемых материалах проводилась лично автором или при его непосредственном участии, на основе проанализированных им литературных данных. Подготовка результатов к публикации проводилась совместно с соавторами.

В ходе защиты соискатель Мехия А. Б. аргументированно ответил на заданные ему вопросы членов диссертационного совета, а также на замечания ведущей организации и оппонентов.

На заседании 24 марта 2025 года диссертационный совет принял решение присудить А. Б. Мехии учёную степень кандидата физико-математических наук за решение научной задачи по анализу топологических переходов в системе $(\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x)_3\text{As}_2$ и установлению роли беспорядка в свойствах данной системы и модельных магнитных систем, имеющих важное значение для развития физики топологических материалов и магнитных систем, а также создания спинтронных приборов нового поколения.

При проведении тайного голосования члены диссертационного совета в количестве 20 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (1.3.8—Физика конденсированного состояния), участвовавшие в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение учёной степени - 18,
против присуждения учёной степени - 1,
недействительных бюллетеней - 1.

Председатель диссертационного совета
член-корр. РАН, д.ф.-м.н.

Колачевский Николай Николаевич

Учёный секретарь диссертационного совета
д.ф.-м.н.

Золотько Александр Степанович

24 марта 2025 г.