

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.133.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ФИЗИКИ
МЕТАЛЛОВ ИМЕНИ М.Н. МИХЕЕВА УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ИФМ УрО РАН)
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ
НАУК**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 10.11.2023, № 13

О присуждении Семянниковой Алене Александровне, гражданке России, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Электронные и магнитные свойства сплавов Гейслера на основе кобальта» по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния принята к защите 23.06.2023, протокол № 4, диссертационным советом 24.1.133.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук (ИФМ УрО РАН), Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 620108, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 18, приказы Минобрнауки РФ № 714/нк от 02.11.2012 и № 188/нк от 26.02.2015.

Соискатель Семянникова Алена Александровна, 1994 года рождения, в 2018 году окончила магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению подготовки 12.04.01 Приборостроение. Семянникова А.А. освоила программу подготовки научно-педагогических кадров в очной аспирантуре при Федеральном

государственном бюджетном учреждении науки Институте физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург, год окончания аспирантуры 2022, работает в должности научного сотрудника лаборатории низких температур Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург.

Диссертация выполнена в лаборатории низких температур Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, Марченков Вячеслав Викторович, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией низких температур Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, г. Екатеринбург.

Официальные оппоненты:

1) Комогорцев Сергей Викторович, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией физики магнитных пленок Института Физики им. Л.В. Киренского СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск;

2) Кудасов Юрий Бориславович, доктор физико-математических наук, доцент, главный научный сотрудник, ФГУП Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, г. Саров

– дали положительные отзывы на диссертацию А.А. Семянниковой.

Ведущая организация ФГБУН Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, г. Москва в своем положительном заключении, подписанном Шавровым Владимиром Григорьевичем, доктором физико-математических наук, профессором, главным научным сотрудником, заведующим лабораторией магнитных явлений в микроэлектронике и Каманцевым Александром Павловичем, кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником лаборатории магнитных явлений в

микроэлектронике, указала, что «диссертационная работа Семянниковой А.А. является законченной научно-квалификационной работой, а полученные результаты имеют практическую значимость для разработки новых материалов для устройств спинтроники. Содержание диссертации полностью соответствует паспорту специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации и изложенные в ней результаты.

По актуальности темы исследования, научной новизне, практической значимости и достоверности полученных результатов, обоснованности выводов и положений представленная диссертационная работа «Электронные и магнитные свойства сплавов Гейслера на основе кобальта» полностью удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Семянникова Алена Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния».

Соискатель имеет 62 (18,5 п.л.) опубликованных работы, в том числе по теме диссертации 15 работ, из них статей, опубликованных в рецензируемых российских и зарубежных научных изданиях и входящих в перечень ВАК – 7, тезисов докладов в материалах российских и международных конференций – 8.

В результате проведенных исследований автором были решены задачи по экспериментальному и теоретическому анализу электронных и магнитных свойств сплавов Гейслера на основе кобальта.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Electronic properties and electronic structure of Co_2YSi ($Y = \text{Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni}$) Heusler alloys / A.A. Semiannikova, Yu.A. Perevozchikova,

A.V. Lukoyanov, E.I. Shreder, A.A. Makhnev, P.S. Korenistov, V.V. Marchenkov // IEEE Trans. Magn. – 2022. – Vol. 58. – P. 2600205.

2. Electronic, magnetic and galvanomagnetic properties of Co-based Heusler alloys: possible states of a half-metallic ferromagnet and spin gapless semiconductor / A.A. Semiannikova, Yu.A. Perevozchikova, V.Yu. Irkhin, E.B. Marchenkova, P.S. Korenistov, V.V. Marchenkov // AIP Adv. – 2021. – Vol. 11. – P. 015139.

3. Магнитные и электрические свойства соединений Гейслера Co_2MnZ ($Z = \text{Al, Si, Ga, Ge, Sn}$) / А.А. Семянникова, Ю.А. Перевозчикова, П.С. Коренистов, Е.Б. Марченкова, В.В. Марченков // ФММ. – 2022. – Т. 123, № 7. – С. 753.

4. Экспериментальное наблюдение аномалий электрических, магнитных и гальваномагнитных свойств сплавов Гейслера на основе кобальта при изменении содержания переходных элементов / Ю.А. Перевозчикова, А.А. Семянникова, А.Н. Доможирова, П.Б. Терентьев, Е.Б. Марченкова, Е.И. Патраков, М. Eisterer, П.С. Коренистов, В.В. Марченков // ФНТ. – 2019. – Т. 45, №7. – С. 921.

5. Features of the electroresistivity, magnetic and galvanomagnetic characteristics in Co_2MeSi Heusler alloys / V.V. Marchenkov, Yu.A. Perevozchikova, A.A. Semiannikova, P.S. Korenistov, E.B. Marchenkova, A.N. Domozhirova // ФНТ. – 2021. – Vol. 47. – P. 683.

6. Strong changes in electronic transport and magnetic properties of Co_2YSi Heusler alloys at Y -component variation / Yu.A. Perevozchikova, A.A. Semiannikova, P.B. Terentyev, M. Eisterer, P.S. Korenistov, V.V. Marchenkov // J. Phys. Conf. Ser. – 2019. – Vol. 1389. – P. 012110.

7. Peculiarities of the electronic and magnetic characteristics in Co_2YSi ($Y = \text{Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni}$) Heusler alloys close to the half-metallic ferromagnets and spin gapless semiconductors / Yu.A. Perevozchikova, A.A. Semiannikova, P.S. Korenistov, V.V. Marchenkov // J. Phys. Conf. Ser. – 2020. – Vol. 1695. – P. 012143.

На диссертацию и автореферат поступило 4 отзыва:

1. От к.ф.-м.н. Кокориной Елены Евгеньевны, старшего научного сотрудника лаборатории теоретической физики, ученого секретаря ФГБУН Института электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург.

Замечание: «В качестве замечания можно отметить недостаточность обоснования в третьей главе диссертационной работы невыполнения правила Муиджи для электросопротивления».

2. От к.ф.-м.н. Живулина Владимира Евгеньевича, старшего научного сотрудника лаборатории роста кристаллов НИИ «Перспективные материалы и технологии ресурсосбережения» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)», г. Челябинск.

Замечание: «Приведены ли в научной литературе результаты расчетов электронной зонной структуры какого-либо из представленных в работе сплавов? Если да, то производилось ли сравнение расчетов с данными, полученными в эксперименте».

3. От д.ф.-м.н. Загребина Михаила Александровича, доцента, декана физического факультета, профессора кафедры радиофизики и электроники ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет», г. Челябинск.

Без замечаний.

4. От к.т.н. Пономаревой Алины Александровны, доцента Центра химической инженерии ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО», г. Санкт-Петербург.

Замечание 1: «В работе отмечено, что поликристаллические сплавы были получены двумя методами: расплавом материалов в индукционной печи и методом дуговой плавки. Однако, в автореферате не сказано, влияет ли метод получения образцов на их характеристики или нет».

Замечание 2: «Из представленных в работе данных не ясно: оценивалась ли как-нибудь достоверность полученных результатов? (Например, проведением многократных измерений на серии образцов одинакового состава)».

Выбор официальных оппонентов доктора физико-математических наук С.В. Комогорцева и доктора физико-математических наук Ю.Б. Кудасова, а также ведущей организации ФГБУН Института радиотехники и электроники

им. В.А. Котельникова РАН, г. Москва, обосновывается публикациями оппонентов и тематикой структурного подразделения ведущей организации, относящимися к сфере исследований, которым посвящена диссертация.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований в диссертационной работе:

1. Проведен синтез соединений Гейслера Co_2YSi и Co_2MnZ ($Y = \text{Ti, V, Cr, Mn, Fe}$; $Z = \text{Al, Ga, Ge, Si, Sn}$) и их структурная аттестация.
2. Экспериментально установлены закономерности поведения электронных транспортных характеристик, таких как коэффициенты нормального и аномального эффекта Холла, остаточное сопротивление, оптическая проводимость, при изменении Y -составляющей в сплавах Co_2YSi ($Y = \text{Ti, V, Cr, Mn, Fe}$), то есть при изменении числа электронов на внешней электронной оболочке. Обнаружена связь спонтанной намагниченности с электронными характеристиками данных сплавов, в том числе с плотностью электронных состояний на уровне Ферми.
3. Установлено, что для сплавов Co_2VSi и Co_2CrSi правило Муиджи не выполняется: при очень большой для металлических соединений величине остаточного сопротивления $\rho_0 \sim 300$ мкОм·см температурный коэффициент сопротивления положителен во всей исследованной области температур от 4,2 К до 300 К.
4. Экспериментально обнаружены корреляции между поведением остаточного сопротивления, оптической проводимости, коэффициентами нормального и аномального эффекта Холла, а также спонтанной намагниченности в зависимости от Z -составляющей в сплавах Co_2MnZ ($Z = \text{Al, Ga, Ge, Si, Sn}$).

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что на основе анализа электронных транспортных, магнитных и оптических свойств сплавов Гейслера Co_2YSi ($Y = \text{Ti, V, Cr, Mn, Fe}$) и Co_2MnZ ($Z = \text{Al, Ga, Ge, Si, Sn}$),

Sn) установлены основные закономерности поведения и взаимосвязи магнитных и электронных характеристик при изменении составов данных сплавов. Обнаруженные закономерности связаны с плотностью электронных состояний вблизи уровня Ферми. Полученные результаты являются экспериментальной базой для понимания влияния числа электронов на внешней электронной оболочке на свойства сплавов Гейслера на основе кобальта.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что исследованные в работе соединения на основе кобальта обладают высокой степенью поляризации носителей заряда по спину и температурой Кюри, заметно превышающей комнатную температуру, и представляют интерес в контексте разработки новых материалов для устройств спинтроники, микро- и наноэлектроники.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что экспериментальные исследования, представленные в диссертационной работе, проведены с применением современных апробированных методов исследования с использованием высокочувствительной регистрирующей аппаратуры, анализом погрешностей измерений, многократной воспроизводимостью экспериментальных результатов, в том числе полученных на разных установках в различных научных центрах, и согласуются с литературными данными в случаях, когда такие данные имеются.

Личный вклад соискателя состоит в том, что в диссертации изложены экспериментальные результаты, полученные лично автором, а также под руководством и совместно со своим научным руководителем. Автор принимал непосредственное участие в формулировке цели и задач исследований, проведении экспериментальных исследований, обработке экспериментальных данных, в обсуждении полученных результатов, формулировке основных выводов, написании статей и тезисов докладов и их

представлении на конференциях различного уровня. Сплавы Гейслера Co_2YSi ($Y = \text{Ti}, \text{V}, \text{Cr}, \text{Mn}, \text{Fe}$) изготовлены к.ф.-м.н. П.Б. Терентьевым, сплавы Гейслера Co_2MnZ ($Z = \text{Al}, \text{Ga}, \text{Ge}, \text{Si}, \text{Sn}$) – в секторе синтеза сплавов и монокристаллов ИФМ УрО РАН (к.т.н. Ю.Н. Акшенцев, к.т.н. Д.И. Давыдов). Расчеты плотности электронных состояний выполнены к.ф.-м.н. А.В. Лукояновым. Автор принимал непосредственное участие в проведении структурной аттестации образцов под руководством к.ф.-м.н. Е.Б. Марченковой и к.х.н. Е.И. Патракова, подготовке образцов к измерениям электронных транспортных и магнитных свойств, проведении измерений. Измерения температурных зависимостей электросопротивления проведены автором лично. Оптические свойства изучались совместно с к.ф.-м.н. Е.И. Шредер. Часть магнитных измерений и измерений эффекта Холла проводились в Атоминституте Технического университета Вены (Австрия) (д.ф.-м.н. В.В. Марченков, Н.W. Weber, M. Eisterer), Шанхайского электроэнергетического университета (Китай) (Т. Gao), а также в Центре коллективного пользования ИФМ совместно с д.ф.-м.н. В.Н. Неверовым, к.ф.-м.н. А.В. Королевым. Автором лично выполнена основная часть обработки полученных данных. Статьи по теме диссертации написаны автором совместно с соавторами.

Диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, посвящённую изучению электронных и магнитных свойств двух семейств сплавов Гейслера на основе кобальта при изменении числа электронов на внешней электронной оболочке, получению информации об электросопротивлении, нормальном и аномальном эффекте Холла, намагниченности, оптических характеристиках, а также установлению взаимосвязей между указанными свойствами и плотностью электронных состояний вблизи уровня Ферми, и соответствует критериям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (в редакции от 26.05.2022 г. № 751 с изменениями от 18.03.2023 г. № 415).

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

На заседании 10.11.2023, проведённом в очном режиме, диссертационный совет принял решение присудить Семянниковой Алене Александровне учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации 1.3.8. Физика конденсированного состояния, 6 докторов наук по специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений, 6 докторов наук по специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту – нет, проголосовали: «за» – 18, «против» – нет, «недейств.» – нет.

Председатель диссертационного совета,
доктор физ.-мат. наук

В.В. Устинов

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор физ.-мат. наук

Т.Б. Чарикова

13 ноября 2023 г.