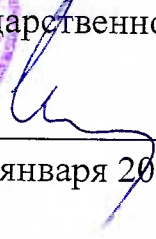




УТВЕРЖДАЮ
И.о. ректора Тверского
государственного университета


Скаиковская Л.Н.
«20» января 2020 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Лянге Марии Викторовны «Фазовые переходы и магнитные свойства сплавов Гейслера Ni-Mn-Al с добавками Co и Si», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

В последние годы в связи со стремительным развитием современных технологий постоянно растет потребность в новых многофункциональных материалах. К их числу относятся сплавы с эффектом памяти формы (ЭПФ), сплавы Гейслера. Одной из областей использования данных материалов является изготовление датчиков, сенсоров и актюаторов на основе ЭПФ. Важной особенностью данных сплавов является то, что ЭПФ в них можно инициировать как температурой, так и магнитным полем.

Основными требованиями к функциональным материалам с ЭПФ являются близость рабочих температур протекания ЭПФ к комнатной температуре, цикличность воспроизведения данного эффекта, возможность управления ЭПФ магнитным полем, температурой, нагрузками. Добиться сочетания данных требований в искомом температурном интервале является трудной задачей, для решения которой необходимо синтезировать более сложные системы, чем изученные на данный момент. Поэтому объектами исследования в работе Лянге М.В. выбраны сплавы Гейслера Ni-Mn-X, где X=Al, с добавками Co и Si, являющиеся в настоящее время менее изученными, чем родственные системы с X=Ga, In, Sn Sb. Целью работы стало установление влияния легирования атомами Co и Si на структурные,

магнитные, транспортные и термомеханические свойства сплавов Гейслера системы Ni-Mn-Al.

Изложенное выше позволяет сделать вывод, что постановка цели и задач диссертационной работы Лянге М.В. «Фазовые переходы и магнитные свойства сплавов Гейслера Ni-Mn-Al с добавками Co и Si» несомненно является актуальной как с фундаментальной, так и прикладной точек зрения.

Диссертация состоит из введения, аналитического обзора литературы, описания методов исследования, экспериментальной части, выводов, списка использованных источников. Работа изложена на 106 страницах машинного текста, содержит 56 рисунков, 13 таблиц и список литературы из 72 наименований.

Наиболее интересные новые результаты диссертационной работы связаны с исследованием влияния легирования кобальтом на структурные и магнитные свойства сплавов системы Ni-Mn-Al. Для решения задач, поставленных в работе, автором использованы такие современные экспериментальные методы, как сканирующая электронная микроскопия (СЭМ «Jeol JEM-1400», «Tescan Vega 3»), растровая электронная микроскопия (РЭМ JSM – 6610LV), рентгеноструктурный анализ (рентгеновский дифрактометр Rigaku MiniFlex 600), дифференциальная сканирующая калориметрия (установка фирмы Netsch Phoenix 204F1), исследование гальваномагнитных свойств и эффекта Холла. Исследование магнитных свойств проводилось на вибрационном магнитометре и установке PPMS (Physical Property Measurement System). Такой набор экспериментального оборудования и методик позволяет судить о достоверности полученных в работе Лянге М.В. новых экспериментальных результатов, а также вынесенных на защиту положений и выводов.

Особо стоит отметить результаты теоретических расчетов магнитных свойств системы сплавов Ni-Mn-Co-Al, которые показали, что в сплаве без добавок Co более выгодным является некомпенсированное антиферромагнитное упорядочение, однако при легировании атомами Co сплавы обладают энергетически выгодным ферромагнитным упорядочением в обоих структурных типах. Данное поведение объясняется тем, что при

легировании кобальтом возникает сильное обменное взаимодействие между Со и соседними магнитными атомами. Помимо этого, проведенные теоретические исследования показали, что изменение магнитного упорядочения от ферромагнитного к ферримагнитному при легировании Со приводит к тетрагональным искажениям кубических структур $L2_1$ и $B2$. Это означает, что любое искажение аустенитной кристаллической решетки может повлечь за собой изменение магнитного порядка, в котором система претерпевает мартенситное превращение. Полученные результаты показывают, что наличие неупорядоченности играет большую роль в образовании магнитного порядка. Это позволяет сделать вывод не только о правильности выбранного автором подхода и надежности полученных автором экспериментальных и теоретических результатов, но и о возможности в дальнейшем использовать данный подход для моделирования других сплавов с фазовыми превращениями.

Практическая значимость и научная новизна работы заключается в полученном большом новом экспериментальном материале, который может быть использован не только при получении функциональных материалов на основе сплавов Гейслера с заранее заданными физическими свойствами, но и для дальнейшего развития модельных представлений о магнитных, транспортных и структурных свойствах данного семейства сплавов. Кроме того, следует отметить, что рассматриваемые в рецензируемой работе материалы имеют высокий потенциал для широкого круга практических применений.

Основные результаты диссертации опубликованы в 7 печатных работах, 6 из которых входят в список журналов, рекомендованных ВАК РФ. Результаты исследований также докладывались на 3 международных конференциях.

Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы, а ее результаты являются хорошо апробированными и известны специалистам.

Личный вклад автора состоит в самостоятельном анализе литературных данных, постановке задач, проведении экспериментов по синтезу образцов,

измерению магнитных и транспортных свойств, проведению теоретического расчета, а также анализе полученных экспериментальных данных.

Достоверность научных положений и выводов, обсуждаемых в диссертации, подтверждается использованием тщательно аттестованных современными методами исходных и быстрозакаленных образцов сплавов Гейслера, подробным описанием используемых в работе экспериментальных методов измерения физических параметров, приведенным во второй главе, и качественным согласием экспериментальных данных и результатов выполненных в работе теоретических расчетов.

Наряду с отмеченными достоинствами, по работе можно сделать следующие замечания:

1. В главе 5 диссертационной работы не полностью проведены исследования структуры быстрозакаленных лент сплавов Ni-Mn-Al-Si, в частности, не отображена разница структур контактной и свободной поверхностей лент.
2. В части диссертации, посвященной методикам эксперимента, недостаточно полно представлена информация об условиях эксперимента и погрешностях регистрации измеряемых сигналов. В частности, это относится к описанию методики измерений термомеханических свойств сплавов.
3. В четвертой главе приведены параметры для теоретического расчета в рамках теории функционала плотности, но нет подробного описания условий выбора определенных значений параметров и диапазона их варьирования. Величина последних может существенно влиять на результаты расчетов.
4. В диссертации не приведено исследование магнитоуправляемого ЭПФ, что было бы весьма интересно.
5. К сожалению, работа не лишена грамматических и стилистических ошибок.

Отмеченные замечания не влияют на правильность сформулированных по результатам работы положений и выводов, не снижают общего хорошего впечатления от проделанной работы и носят в значительной степени рекомендательный характер.

В целом диссертационная работа Лянге М.В. «Фазовые переходы и магнитные свойства сплавов Гейслера Ni-Mn-Al с добавками Co и Si» является завершенной научно-квалификационной работой, имеет научную и практическую значимость. Полученные автором результаты достоверны и опубликованы в рецензируемых журналах. Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы.

Содержание работы соответствует паспорту специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния. Диссертация соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней в Национальном исследовательском технологическом университете «МИСиС», а ее автор Лянге Мария Викторовна заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры физики конденсированного состояния ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (протокол № 6 от 16 января 2020 г.).

Заведующий кафедрой физики
конденсированного состояния
ФГБОУ ВО «Тверской
государственный университет»
доктор ф.-м. н., профессор

170100, Тверь, ул. Желябова,
дом 33. www.tversu.ru
Pastushenkov.YG@tversu.ru

Пастушенков Юрий
Григорьевич



Подпись удостоверяю
Нач. Общего отдела