



УТВЕРЖДАЮ
Ректор НИЯУ МИФИ
доктор физ.-мат. наук
В.И. Шевченко
«15» сентября 2023 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ
федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет
«МИФИ»

на диссертационную работу Снегирёва Никиты Игоревича **«Структура, магнитные свойства и ядерный гамма-резонанс в монокристаллах на основе бората железа FeBO₃»** представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.20. – «Кристаллография, физика кристаллов» в диссертационный совет 24.1.245.01 при ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН

Диссертационная работа Снегирёва Н.И. посвящена изучению кристаллической структуры, магнитных и резонансных свойств монокристаллов бората железа FeBO₃ и твердых растворов Fe_{1-x}Ga_xBO₃.

Актуальность работы обусловлена тем, что высококачественные образцы FeBO₃ находят практическое применение в современных отраслях науки и техники, в частности – в синхротронных установках последнего поколения, где используются в качестве резонансных монохроматоров рентгеновского излучения. Кроме того, кристаллы бората железа являются известным и классическим модельным объектом для исследований в области физики твердого тела, оптики и магнетизма.

Научная новизна и практическая значимость рассмотренной работы заключаются в следующих положениях.

Определены диапазоны структурной стабильности и изучена трансформация фаз в кристаллах FeBO₃ и Fe_{1-x}Ga_xBO₃ при воздействии высоких температур в различных химических средах. Установлено, что характер трансформаций существенно различен для «чистых» фаз (FeBO₃, GaBO₃) и для кристаллов смешанного состава.

По результатам прецизионных рентгеновских измерений, в том числе во внешних магнитных полях, показано, что наличие в кристалле FeBO₃ магнитоупругих взаимодействий приводит к уширению рентгеновских кривых дифракционного отражения, расщеплению рефлексов в узлах обратной решетки кристалла и к различному характеру теплового расширения выше и ниже точки магнитного перехода.

Определены прецизионные значения параметров кристаллической структуры и сверхтонкой структуры в мёссбауэровских спектрах кристаллов FeBO₃ в области температуры магнитного фазового перехода. Описано влияние магнитной доменной структуры на форму и интенсивность резонансных линий.

Определены перспективные с точки зрения практического применения составы твердых растворов замещения $\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x\text{BO}_3$. Изученные монокристаллы могут быть полезны в синхротронных технологиях, основанных на ядерном резонансе. Такие методики запланированы к реализации в перспективных российских синхротронных центрах «СИЛА» (Протвино) и «СКИФ» (Новосибирск). Кроме того, образцы с температурой Нееля около 42° С могут быть интересны для биомедицинских применений.

Структура и содержание работы. Диссертационная работа Снегирёва Н.И. четко структурирована. Она состоит из введения, шести глав, заключения, приложений и списка литературы. Каждая глава оканчивается краткими выводами. Объем диссертации составляет 176 страниц машинописного текста, включая 84 рисунка и 6 таблиц. Список цитированной литературы содержит 140 наименований.

Текст диссертации выдержан в строгом научном стиле. В работе присутствуют лишь единичные опечатки, пунктуационные и стилистические ошибки. Уместным представляется и большое количество иллюстративного материала (рисунков, фотографий, графиков и т.д.).

Во введении обосновывается актуальность и значимость исследования, сформулированы цели и задачи работы, основные положения, выносимые на защиту, приведена информация об апробации исследовательского материала.

Первая глава является обзором имеющихся в научной литературе результатов по тематике диссертации. В выводах к первой главе приведен анализ литературных данных, на основе которого были поставлены цели и задачи диссертационного исследования.

Во второй главе дана информация об использованных экспериментальных методах и подходах при обработке данных. Перечислены типы оборудования, использованного при проведении исследований, и кратко приведены режимы их работы. Более полно описана конструкция и принципы работы экспериментальных стендов и ячеек, разработанных непосредственно автором диссертации. Оговорено, какие из экспериментальных данных были предоставлены автору коллегами.

Последующие **четыре главы** содержат **оригинальные результаты**. Разбиение на главы проведено в соответствии с тематическими блоками, которым они посвящены: получение образцов, их первичная аттестация и эксперименты по отжигу кристаллов; изучение атомной структуры образцов; изучение реальной структуры кристаллов; результаты измерений намагниченности и данные мёссбауэрской спектроскопии.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов определяется тем, что в проведенных исследованиях применен широкий спектр экспериментальных методик (выращивание кристаллов из раствора в высокотемпературном расплаве, отжиг кристаллических образцов, рентгеновский фазовый, структурный и флуоресцентный анализ, рентгеновская дифракция высокого разрешения и топография, электронная микроскопия и энергодисперсионный анализ, SQUID-магнитометрия и мёссбауэрская спектроскопия в широком диапазоне температур). Исследования выполнены на современном оборудовании, их данные

являются взаимодополняющими. Это обеспечивает высокую степень достоверности полученных результатов.

Следует отметить высокую публикационную активность диссертанта и широкую аprobацию материала. В основе диссертации лежат результаты, изложенные в **13 рецензируемых научных статьях**, опубликованных в изданиях, индексируемых в системах Web of Science и Scopus и входящих в Перечень ВАК РФ. Наиболее значимые результаты опубликованы в высокорейтинговых международных научных изданиях. Снегирёв Н.И. также является соавтором **2 патентов** по тематике диссертации. По результатам исследований сделано **44 доклада** на 18 международных и 7 всероссийских конференциях.

Личный вклад автора состоит в подборе экспериментальных методик и разработке стратегии исследования, проведении работ по выращиванию кристаллов, разработке экспериментальной установки и выполнении экспериментов по отжигу образцов, аттестации кристаллов с помощью рентгенофазового и рентгенофлуоресцентного анализа, участию в экспериментах по высокоразрешающей рентгеновской дифрактометрии, проведении мёссбауэровских исследований и компьютерной обработке результатов, анализе и обобщению всех данных, подготовке и написанию научных статей, в участии в конференциях с докладами.

Автореферат и научные публикации полностью отражают содержание самой диссертации. Тематика, методы исследования и полученные результаты полностью соответствуют паспорту специальности 1.3.20 – Кристаллография, физика кристаллов.

Замечания по диссертационной работе.

Отмечая практическую значимость и научную новизну диссертационной работы, следует высказать некоторые **замечания**.

Автор обосновывает преимущества использования бората железа, допированного галлием, для монохроматизации синхротронного излучения (СИ) за счет смещения точки Кюри в область комнатных температур. При этом он отмечает, что допирование приводит к появлению дополнительных компонент сверхтонкой структуры ядер ^{57}Fe и сложной температурной зависимости мёссбауэровских спектров монокристалла $\text{Fe}_{0.91}\text{Ga}_{0.09}\text{BO}_3$. По-видимому, этот эффект должен существенно затруднить выделение резонансной линии СИ, что ставит под сомнение вывод о более перспективном использовании допированных монокристаллов FeBO_3 в качестве монохроматоров СИ в синхротронных центрах.

Отмеченные замечания не влияют на положительную оценку работы. Диссертант освоен ряд сложных современных экспериментальных методик, проведен большой объем исследований, а полученные результаты являются новыми, представляющими научную и практическую значимость.

Заключение

Представленная диссертационная работа «**Структура, магнитные свойства и ядерный гамма-резонанс в монокристаллах на основе бората железа**

FeBO₃» является законченной научно-исследовательской квалификационной работой, выполненной на высоком уровне. По своему содержанию, объему, новизне, научной и практической значимости результатов она отвечает критериям п. 9 действующего Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, а ее автор Снегирёв Никита Игоревич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.20. – кристаллография, физика кристаллов за результаты комплексных исследований структурных, магнитных и резонансных свойств кристаллов на основе бората железа FeBO₃.

Отзыв составлен на основании рассмотрения текста диссертации, авторефера и очного доклада Снегирёва Никиты Игоревича, обсуждения и одобрения работы на заседании кафедры физики твердого тела и наносистем Института лазерных и плазменных технологий Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» 6 сентября 2023 г. и утвержден протоколом № 5 от 6 сентября 2023 г. Доклад по материалам диссертации «Структура, магнитные свойства и ядерный гамма-резонанс в монокристаллах на основе бората железа FeBO₃» был заслушан на семинаре Института лазерных и плазменных технологий Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ».

Отзыв составил д.ф.-м.н., профессор кафедры физики твердого тела и наносистем Института лазерных и плазменных технологий Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» А.П. Менушенков.

Заведующий кафедрой физики
твердого тела и наносистем,
№ 70 НИЯУ «МИФИ»
д.ф.-м.н., доцент

И.А. Руднев

Директор Института лазерных и
плазменных технологий НИЯУ МИФИ,
д. ф.-м.н., доцент

А. П. Кузнецов

Председатель Совета по аттестации и
подготовке научно-педагогических кадров,
д. ф.-м. н., профессор

Н. А. Кудряшов

Почтовый адрес: 115409, г. Москва, Каширское ш., д. 31
Телефон: +7(495) 788 56 99, доб. 9020

Адрес электронной почты: iarudnev@mephi.ru

Организация – место работы: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»; web-сайт организации: <http://www.mephi.ru>