

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА  
на диссертацию на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук  
**Могиленец Юлии Александровны**  
на тему «Монокристаллические структуры на основе бората железа: синтез  
и изучение внутрикристаллических полей»  
по специальности 1.3.8. – «Физика конденсированного состояния»

Диссертационная работа Ю.А. Могиленец посвящена разработке технологии и синтезу монокристаллических структур на основе бората железа  $\text{FeVO}_3$  и изучению их внутрикристаллических полей. Для достижения поставленной цели проведены обширные экспериментальные исследования, разработана теоретическая модель, описывающая полученные экспериментально данные, проведено советующее численное моделирование. Монокристаллы  $\text{FeVO}_3$  являются уникальными модельными объектами многочисленных исследований в области физики твердого тела и магнетизма ввиду необычного сочетания магнитных, оптических и акустических свойств. С точки зрения магнитных свойств,  $\text{FeVO}_3$  – легкоплоскостной антиферромагнетик со слабым ферромагнетизмом. Наличие неколлинеарного упорядочения вызвано взаимодействием Дзялошинского, которое возникает вследствие локального нарушения инверсионной симметрии в  $\text{FeVO}_3$ . При этом борат железа – редкий магнетик, обладающий прозрачностью в видимой области и спонтанной намагниченностью при комнатной температуре ( $T_N=348\text{K}$ ). Такое сочетание магнитных и оптических свойств  $\text{FeVO}_3$  привело, например, к повышенному вниманию со стороны исследователей в области сверхбыстрого магнетизма в последние годы. Об этом можно судить по недавним публикациям в ведущих мировых изданиях, например [Phys. Rev. Lett. 112, 147403 (2014); Phys. Rev. Lett. 123, 157202 (2019) и др.]. В частности, сильная магнон-фононная связь позволяет наблюдать принципиально новые эффекты при облучении монокристаллов  $\text{FeVO}_3$  фемтосекундными оптическими импульсами и импульсами терагерцового диапазона. Решающую роль в интерпретации экспериментальных данных играет модельная структура кристаллической решётки. Поэтому, изоморфное замещение ионов железа в кристаллах  $\text{Fe}_x\text{Me}_{1-x}\text{VO}_3$ , описанное в диссертационной работе, потенциально приведет к наблюдению новых физических эффектов, в том числе и в динамическом отклике магнитной и акустической подсистем выращенных кристаллов. Помимо указанного фундаментального интереса к монокристаллам  $\text{FeVO}_3$ , как модельного антиферромагнетика, они также перспективны с точки зрения практических применений, на что указывают в

том числе и 4 патента РФ за соавторством диссертанта. В частности, ввиду высокой чувствительности магнитной подсистемы к внешнему воздействию (нагреву, механическому давлению и др.) монокристаллы  $\text{FeVO}_3$  возможно применять в качестве элементов магнитной памяти, магнитооптических и магнитоакустических преобразователей, датчиков слабых магнитных полей, давления и температуры. Также кристаллы  $\text{Fe}_x\text{Me}_{1-x}\text{VO}_3$  могут выступать в качестве уникальных фильтров для синхротронного излучения. Таким образом, актуальность и научная значимость диссертационной работы не вызывают сомнения. Проведенные Ю.А. Могиленец исследования, содержание которых изложено в диссертации, соответствуют уровню и направленности мировых исследований в области магнетизма.

В целом, представленная к защите диссертация выполнена на высоком, современном научном уровне. Текст диссертации изложен логически и ясен для понимания. Научные положения, выносимые диссертантом на защиту, являются новыми и оригинальными. Результаты диссертации опубликованы в престижных международных научных журналах, входящих в базы цитирования Scopus, WoS, РИНЦ, в том числе *Crystal Growth and Design*, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, *Journal of Applied Physics*, *Journal of Crystal Growth* и др., а также многократно представлялись в виде докладов на всероссийских и международных научных конференциях. Автореферат диссертации достаточно полно отражает ее содержание.

Полученные Ю.А. Могиленец результаты и выводы обоснованы, достоверны, новы и значимы для широкого круга специалистов в области магнетизма, материаловедения. В частности, особо хочется отметить комплексный подход к усовершенствованию технологии раствор-расплавного синтеза монокристаллических структур на основе бората железа. При этом разработаны новые технические решения, которые существенно повысили эффективность кристаллизаций и степень структурного совершенства получаемых монокристаллов. Также считаю важным отметить, что впервые методом жидкофазной эпитаксии синтезированы и исследованы монокристаллические пленки  $\text{FeVO}_3$  на подложках  $\text{GaVO}_3$  ориентации (0001). Также для монокристаллов  $\text{Fe}_x\text{Ga}_{1-x}\text{VO}_3$  получены температурные и концентрационные зависимости основных магнитных характеристик (эффективного поля Дзялошинского, изотропной и анизотропной энергетических щелей), позволяющие установить их связь со степенью диамагнитного разбавления. Для объяснения полученных экспериментально зависимостей предложена модель численного расчета констант, характеризующих внутрикристаллические взаимодействия в тригональных кристаллах  $\text{Fe}_x\text{Ga}_{1-x}\text{VO}_3$ . Во всех представленных в диссертации результатах

неоспорим личный вклад диссертанта. Особо стоит отметить обширность экспериментальных методик, которые были использованы в процессе работы над диссертацией, причем не только в процессе роста образцов бората железа, но и их характеристики: методы оптической микроскопии, сканирующей электронной микроскопии и энергодисперсионной спектроскопии, рентенофлуоресцентный анализ, рентгеновская дифрактометрия. В связи с этим не остается сомнений в достоверности полученных результатов.

Дополнительно хочется отметить, что, по-видимому, не все результаты исследований Юлии Александровны вошли в диссертацию. Так, например, стоит обратить внимание на свежие экспериментальные исследования монокристаллов  $\text{FeVO}_3$  с соавторством Юлии Александровны, а именно изучение магнито-упругих и магнитооптических свойств кристаллов в авторитетных рецензируемых научных изданиях [Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 560 (15), 169658, дата публикации: октябрь 2022; ACS Photonics, 9(8), 2767–2773, дата публикации: август 2, 2022].

Несмотря на положительную оценку диссертационной работы в целом, считаю необходимым задать некоторые вопросы и сделать замечания к тексту диссертации, а именно:

1. В данных, приведенных в разделе 3.1 обращают на себя внимание скачкообразные изменения магнитных характеристик – температуры Нееля и частотно-полевых зависимостей (ЧПЗ) – для монокристаллов  $\text{Fe}_x\text{Ga}_{1-x}\text{VO}_3$  с увеличением  $x$ : при  $x = 0,75$  и  $0,85$  характеристики кристаллов близки друг к другу, а при  $x = 0,65$  и  $1$  значительно отличаются. С чем связан такой скачкообразный переход? В тексте главы 3 обсуждения скачка именно для температуры Нееля и ЧПЗ не приводится.
2. В главе 4 приведены результаты численного моделирования при температуре  $0 \text{ K}$ , а экспериментальные данные при ненулевой температуре. Как конечная температура влияет на результаты расчета? Также было бы интересно провести сравнение результатов расчета по развитому диссертантом методу с результатами расчета с использованием сторонних программных продуктов для атомистического моделирования, применяемых в магнитном научном сообществе, например Vampire или UppASD.
3. Публикации диссертанта, результаты которых изложены в диссертации, следовало бы поместить в отдельный список для удобства, как это сделано в автореферате работы.
4. В тексте работы присутствуют стилистические ошибки и опечатки, например на рис.3.2, стр. 85, состав кристалла указан как

$\text{Fe}_{0.85}\text{Ga}_{0.25}\text{VO}_3$ , судя по подписи количество ионов галлия на структурную единицу должно быть 0.15. Также на части графиков не указаны числа на оси ординат, что приводит к неоднозначности в восприятии масштаба (что удобно для оценки добротности резонансов), к непониманию, применена линейная шкала или логарифмическая.

Сделанные замечания не снижают общего положительного впечатления от диссертационной работы и не умаляют значимости полученных научных результатов.

По своей актуальности, научной новизне, объему выполненных исследований и ценности полученных результатов диссертационная работа отвечает всем требованиям, предъявляемым к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.3.8. – «Физика конденсированного состояния» по физико-математическим наукам.

Считаю, что соискатель Могиленец Юлия Александровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. – «Физика конденсированного состояния».

Официальный оппонент:

кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории Физики ферроиков ФТИ им. А.Ф. Иоффе



Хохлов Николай Евгеньевич

Контактные данные:

тел.: +7 (981) 123-5771, e-mail: n.e.khokhlov@mail.ioffe.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 01.04.03 – Радиофизика

Адрес места работы: 194021, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 26, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, <http://www.ioffe.ru>

Тел.: 8 (812) 292-79-63; e-mail: post@mail.ioffe.ru

Подпись старшего научного сотрудника лаборатории Физики ферроиков ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Хохлова Николая Евгеньевича, заверяю

