

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию Могиленец Юлии Александровны «Монокристаллические структуры на основе бората железа: синтез и изучение внутрикристаллических полей», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. – Физика конденсированного состояния

Диссертационная работа Ю.А. Могиленец включает результаты по разработке технологии синтеза и получению монокристаллических соединений на основе бората железа, FeBO_3 , результаты по их экспериментальным и теоретическим исследованиям. Борат железа является “прозрачным магнетиком” – монокристаллом, сочетающим в себе при комнатной температуре прозрачность в видимой области спектра и магнитный порядок (легкоплоскостной антиферромагнетик со слабым ферромагнетизмом). В последнее время большой интерес, как с точки фундаментальных исследований, так и практических применений, представляют собой кристаллы на основе FeBO_3 . В диссертационной работе речь идет: (i) о диамагнитно-разбавленных монокристаллах $\text{Fe}_x\text{Me}_{1-x}\text{BO}_3$, где Me – Ga, Al, Sc – диамагнитные ионы, изоморфно замещающие ион Fe в структуре FeBO_3 , (ii) о тонких магнитных пленках бората железа на диамагнитной подложке GaBO_3 и (iii) о кристаллах $\text{GaBO}_3:\text{Ni}$, имеющих структуру бората железа. С точки зрения фундаментальных исследований, интерес к диамагнитно-разбавленным монокристаллам обусловлен выяснением природы формирования тех или иных свойств (магнитной анизотропии, дальнего магнитного порядка и др.) в “магнитоконцентрированном” кристалле FeBO_3 . Т.к. изменение концентрации диамагнитной примеси позволяет создавать материалы с заранее заданными свойствами, кристаллы $\text{Fe}_x\text{Me}_{1-x}\text{BO}_3$ интересны и с точки зрения практических применений. В частности, они могут выступать в качестве уникальных фильтров для синхротронного излучения, в этом случае предъявляются высокие требования к структурному совершенству образцов. Тонкие пленки бората железа интересны как с точки зрения фундаментальных исследований поверхностного магнетизма, так и с точки зрения практических применений в качестве элемента памяти нового поколения. Несмотря на довольно большую изученность кристаллов бората железа, природа многих эффектов, возникающих при изоморфном замещении части ионов Fe другими ионами, остается невыясненной. Например, небольшие добавки Ni в матрицу FeBO_3 приводят к возникновению светоиндуцированной неустойчивости доменной структуры, а также эффекта фотомагнитной памяти. Для выяснения роли ионов

Ni в формировании фотомангнитных эффектов предложено синтезировать и исследовать монокристаллы $Ni_xGa_{1-x}VO_3$, в которых диамагнитная матрица $GaVO_3$, изоструктурная борату железа, не будет «мешать» проявлению магнитных свойств ионов Ni.

В диссертационной работе Могиленец Ю.А. разработаны технологические приемы синтеза, позволяющие не только получать вышеперечисленные высококачественные монокристаллические структуры, но и значительно оптимизировать процесс кристаллизации. Кристаллы $Fe_xMe_{1-x}VO_3$ и $GaVO_3:Ni$ синтезированы методом раствор-расплавной кристаллизации, пленки $FeVO_3$ на подложке $GaVO_3$ – методом жидкофазной эпитаксии. Предложена технология вторичного использования раствор-расплава, что значительно оптимизирует процесс кристаллизации, в частности, при использовании дорогостоящих реактивов. Полученные материалы аттестованы: изучен элементный состав, кристаллическая структура и качество. Изучено влияние различных примесей на данные характеристики. Таким образом, создана обширная база для дальнейших теоретических и экспериментальных исследований таких материалов, в том числе в рамках настоящей диссертационной работы.

Для определения магнитных характеристик монокристаллы $Fe_xGa_{1-x}VO_3$ и пленка $FeVO_3$ на диамагнитной подложке $GaVO_3$ исследованы методом электронного магнитного резонанса (ЭМР). Получены концентрационные и температурные зависимости спектров серии кристаллов $Fe_xGa_{1-x}VO_3$ в широком диапазоне замещений x и температур. Прослежена трансформация спектров при изменении магнитного состояния от антиферромагнитного к парамагнитному при уменьшении x . Определены значения внутрикристаллического поля Дзялошинского H_D , изотропной и анизотропной энергетических щелей, которые существенно уменьшаются с уменьшением x . Получены, также, значения этих полей для синтезированной пленки $FeVO_3$. Установлено, что величина H_D поля Дзялошинского и температура Нееля для пленки соответствует монокристаллу $FeVO_3$, а величина изотропной энергетической щели значительно больше, что обусловлено механическими напряжениями в пленке $FeVO_3$, вызванными рассогласованием параметров решеток $FeVO_3$ и $GaVO_3$.

В предположении, что обменное взаимодействие и взаимодействие Дзялошинского в кристаллах $Fe_xGa_{1-x}VO_3$ определяются ближайшими соседями, разработана модель и компьютерный код, позволяющий моделировать диамагнитно-разбавленную кристаллическую решетку $Fe_xGa_{1-x}VO_3$ и рассчитывать концентрационные зависимости соответствующих констант и H_D . Разработан алгоритм, позволяющий идентифицировать магнитные кластеры, образованные скоплениями ионов железа, не дающие вклад в данные величины.

Установлено, что для удовлетворительного совпадения расчетных и экспериментальных значений H_D следует предположить, что его уменьшение, наблюдаемое при снижении концентрации магнитных ионов в $Fe_xGa_{1-x}BO_3$, реализуется, в том числе, за счет уменьшения среднего магнитного момента иона железа.

Результаты диссертационной работы представлены на Всероссийских и международных конференциях и симпозиумах, опубликованы в 54 работах, в том числе в 13 статьях в журналах, индексируемых базой Scopus, получено 4 патента РФ.

Работа является обширной, включает широкий круг задач: разработка технологии и синтез монокристаллических структур со специфическими, заранее заданными свойствами, исследование химического состава и кристаллической структуры синтезированных материалов, проведение магниторезонансных экспериментов, теоретический анализ и численное моделирование зависимостей магнитных характеристик синтезированных материалов.

Могиленец Ю.А ответственно отнеслась к выполнению работы, проявила достаточный уровень самостоятельности, умение анализировать результаты как экспериментальных, так и теоретических исследований, самостоятельно делать теоретические расчеты.

В работе получены новые результаты, которые являются значимыми и актуальными. Они представляют интерес для исследователей, занимающихся проблемами магнетизма, физики конденсированного состояния, а также приложениями. Все это дает основание заключить, что диссертационная работа Ю.А. Могиленец удовлетворяет всем требованиям, может быть представлена к защите, а ее автор заслуживает присвоения искомой научной степени.

Научный руководитель: Селезнева Кира Андреевна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики конденсированных сред, физических методов и информационных технологий в медицине Физико-технического института ФГАОУ ВО «КФУ им.В.И.Вернадского»

16.09.2022

(Дата)

К.А. Селезнева
(Подпись)

Селезнева К.А.

(Ф.И.О.)

295007, Российская Федерация, Республика Крым,
г. Симферополь, пр. Вернадского, 4
+7(978)8576521
Email: kira_seleznyova@mail.ru

Подпись

Селезнева К.А.
удостоверяю

