

## ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию Могиленец Юлии Александровны «Монокристаллические структуры на основе брата 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 посвящена разработке технологии синтеза, получению и комплексным экспериментальным и теоретическим исследованиям кристаллических структур на основе бората железа  $\text{FeBO}_3$ . Речь идет о диамагнитно-разбавленных монокристаллах  $\text{Fe}_x\text{Me}_{1-x}\text{BO}_3$  ( $\text{Me}=\text{Ga}, \text{Al}, \text{Sc}$ ), в которых часть ионов железа изоморфно замещена диамагнитными ионами, монокристаллах  $\text{GaBO}_3:\text{Ni}$ , а также о магнитных пленках бората железа на диамагнитной подложке. Такие материалы представляют собой уникальные модельные объекты многочисленных фундаментальных исследований в области физики твердого тела, магнетизма, материаловедения и нанотехнологий. Исследование этих материалов позволит дать ответ на многие актуальные вопросы о природе внутрикристаллических взаимодействий, о трансформации магнитной и кристаллической структуры при изменении концентрации примесных ионов и др. Работа способствует также созданию новых функциональных материалов с заданными свойствами для высокотехнологичных практических применений, таких как элементы магнитной памяти нового поколения, уникальные монохроматоры для синхротронного излучения, магнитоакустические преобразователи и т.п.

Соискателем Ю.А. Могиленец проведен синтез и аттестация (определение элементного состава и структуры) полученных материалов. Разработаны составы и соответствующие им технологические режимы, позволяющие получать монокристаллы высокого кристаллического качества. Предложены способы восстановления раствор-расплава для его многократного использования. Это значительно повышает эффективность процесса получения высокосовершенных монокристаллов  $\text{FeBO}_3$  и  $^{57}\text{FeBO}_3$ . Показано, что кристаллы  $\text{Fe}_x\text{Me}_{1-x}\text{BO}_3$  ( $\text{Me}=\text{Ga}, \text{Al}, \text{Sc}$ ) являются изоструктурными  $\text{FeBO}_3$  и имеют тригональную структуру кальцита. Исследована зависимость концентрации примесных ионов в кристалле от их концентрации в исходной шихте. Показано, что примесь с меньшим по сравнению с  $\text{Fe}^{3+}$  ионным радиусом имеет большую вероятность вхождения в кристаллическую решетку  $\text{FeBO}_3$ . Исследована трансформация кристаллической структуры монокристаллов  $\text{GaBO}_3:\text{Ni}$  при увеличении концентрации ионов железа.



Обнаружено, что при превышении пороговой концентрации появляется новая кристаллическая фаза,  $\text{NiGa}_2\text{O}_4$ . Методом жидкофазной эпитаксии впервые синтезирована и исследована методом электронного магнитного резонанса (ЭМР) магнитная пленка  $\text{FeVO}_3$  на диамагнитной подложке  $\text{GaVO}_3$ . Показано, что температурная зависимость поля Дзялошинского  $H_D$  для пленки совпадает с таковой для монокристалла  $\text{FeVO}_3$ , а величина изотропной энергетической щели  $H_\Delta^2$  значительно больше, что в работе объясняется существованием механических напряжений в пленке  $\text{FeVO}_3$ , вызванных рассогласованием кристаллических параметров пленка-подложка. Монокристаллы  $\text{Fe}_x\text{Ga}_{1-x}\text{VO}_3$  исследованы методом ЭМР в широком диапазоне концентраций и температур. Таким образом, детально исследован переход от магнитоупорядоченного к парамагнитному состоянию при уменьшении концентрации парамагнитных ионов железа. В зависимости от содержания железа и температуры, в этих кристаллах реализуются различные магнитные состояния: антиферромагнитное со слабым ферромагнетизмом, парамагнитное, состояние нанокластеров. Определены температурные и концентрационные зависимости  $H_D$ , изотропной и анизотропной энергетических щелей. Анализ полученных данных показал, что эти величины существенно уменьшаются с уменьшением  $x$ .

Проведены теоретические исследования диамагнитно-разбавленных кристаллов  $\text{Fe}_x\text{Ga}_{1-x}\text{VO}_3$ : методом численного моделирования получены концентрационные зависимости констант и полей обменного взаимодействия и взаимодействия Дзялошинского при низких температурах. Установлено, что обе константы резко уменьшаются при уменьшении концентрации ионов железа. Обнаружено рассогласование экспериментальных значений концентрационных зависимостей  $H_D$  с теоретическим расчетом, произведенным с учетом всех магнитных ионов в кристаллической решетке. Разработан алгоритм, позволяющий идентифицировать изолированные кластеры различных размеров, которые не дают вклада в  $H_D$  при промежуточных концентрациях железа. Получено хорошее согласие с экспериментальными результатами при исключении изолированных кластеров размером до 2 нм и учете уменьшения среднего магнитного момента ионов железа при низких концентрациях  $\text{Fe}^{3+}$ .

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

Работа является комплексной, включает в себя технологическую, экспериментальную и теоретическую части, относящиеся к физике конденсированного состояния и магнетизма. В результате исследований

