

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕТА

на диссертационную работу «Получение, исследование структуры и магнитных свойств кристаллов твердых растворов на основе гексаферрита бария», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук Машковцевой Любови Сергеевны по специальности 02.00.04 – Физическая химия.

Диссертационная работа Машковцевой Л.С. посвящена проблеме получения ферромагнитных материалов – легированных монокристаллов гексаферрита бария – методом выращивания из раствора. Объекты исследования – гексаферриты бария – используют в качестве постоянных магнитов, для создания плёнок, в том числе в качестве магнитных покрытий, а также для записи, хранения и воспроизведения информации. В настоящее время интерес к гексаферриту бария связан с его свойством проявлять ферромагнитный резонанс, что расширяет степень его применимости в микроэлектронике. Материал обладает высокой химической и механической стойкостью, а также большим значением температуры Кюри. Однако важным требованием современной техники является не только создание магнитного материала хорошего качества, но и возможность контролировать его свойства. Самым удобным методом регулирования параметров материала и модифицирования его структуры остаётся частичное замещение ионов исходной решётки. Эта задача не всегда является выполнимой, и ей посвящено множество современных работ, что говорит о востребованности данного направления.

На сегодняшний день гексаферрит бария можно синтезировать множеством различных методов. Однако большинство из них приводят к получению поликристаллических материалов. Это, в свою очередь, ограничивает степень применимости материала, поскольку для решения высокотехнологических задач требуется использования именно монокристаллов высокой степени чистоты. Данную проблему можно решить, применяя метод выращивания из раствора. Известно, что данный метод позволяет получать монокристаллы макроразмеров высокой степени чистоты. Диссертационная работа Машковцевой Л.С., посвященная получению монокристаллов частично замещённого гексаферрита бария методом выращивания из раствора, является **актуальной** и востребованной.

Научная новизна результатов работы заключается в следующем:

1. Впервые получены монокристаллы гексаферрита бария, частично замещённого титаном $\text{BaFe}_{12-x}\text{Ti}_x\text{O}_{19}$, методом выращивания из раствора. Максимальная

степень замещения составила $x = 1,3$. Установлены параметры роста кристаллов. Проведено исследование свойств и структуры образцов.

2. Установлен комплекс физико-химических параметров, обеспечивающий стабильное получение объёмных монокристаллов легированного ионами цинком гексаферрита бария $\text{BaFe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$, где $x(\text{Zn})$ – до 0,065. Определены параметры выращивания и свойства полученных кристаллов.

Диссертационная работа изложена на 115 страницах, содержит введение, четыре главы, заключение и список литературных источников из 156 наименований. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Диссертация является завершённым исследованием, в ней сформулированы цель работы, обоснованы постановка задач, выбор методов исследования, изложены полученные результаты, сформулированы положения, выносимые на защиту.

Во **введении** обоснованы актуальность исследования, научная и практическая ценность, сформулированы цель и задачи работы, изложены выносимые на защиту положения, приведены сведения о структуре и объёме диссертации.

Первая глава диссертации носит обзорный характер. В ней последовательно описаны свойства гексаферрита бария, области применения и методы его получения. Указано, что вопросам легирования посвящено достаточно большое количество работ, что говорит о возрастающем интересе в этом направлении. И, не смотря на это, совсем не много исследований уделено технически привлекательным допирующим элементам – цинку и титану. Данные элементы, как свидетельствуют литературные источники, позволяют варьировать магнитные свойства гексаферритов, а именно, ферромагнитный резонанс и намагниченность насыщения. Литературный обзор адекватно отражает современное состояние проблемы получения монокристаллических материалов высокой степени чистоты, что позволило автору чётко сформулировать цель и задачи диссертационного исследования.

Вторая глава посвящена описанию метода получения монокристаллов легированного гексаферрита бария. В этом разделе достаточно подробно описаны условия и параметры процесса роста кристаллов легированного гексаферрита бария. Указан оптимальный температурный режим для получения монокристаллов. Показано, что наличие легирующих элементов в шихте не влияет на процесс выращивания монокристаллов.

титаном позволяет говорить об их потенциальной применимости в качестве магнитомягких материалов, а также в СВЧ-технике. Представленный автором метод позволяет проводить легирование другими ионами – не только цинком и титаном, что открывает возможности в данном направлении исследования.

В то же время диссертационная работа содержит некоторые недостатки. Следует выделить ряд **замечаний**:

1. Автор в работе применяет термины «легирование», «частично замещение» и «допирование». Автору следовало бы выбрать один из них и применять только его.
2. В главе 3 при обсуждении магнитной структуры кристаллов, замещённых титаном, автор, когда утверждает, что намагниченность образца уменьшается, производит деление данной величины на намагниченность незамещённого образца. В целом, понятно, что автор хотел подчеркнуть небольшую разницу между теоретическими предсказаниями и полученными в эксперименте, но корректнее было бы провести обратное деление.
3. Автор в своём исследовании применял только метод спонтанной кристаллизации. В данном случае, поскольку фактически уже имелись затравочные кристаллы, непонятно, что мешало провести выращивание на затравку.
4. На рис. 3.1 и 4.1 логичнее было бы поменять оси.

В диссертации также имеются следующие **ошибки и опечатки**:

1. На стр. 72, когда речь идёт о намагниченности, автор использует просторечное слово «пропадала». Лучше было написать «исчезала».
2. На стр. 75 во фразе «намагниченность насыщения уменьшается 0,909» отсутствует предлог «на».
3. На стр. 76 после выражения «Как видно» отсутствует запятая.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о порядке присуждения учёных степеней».

Вышеуказанные замечания не снижают высокой оценки научной и практической ценности работы. Результаты диссертационного исследования не вызывают сомнений. Диссертация Машковцевой Л.С. является законченной научно-квалификационной работой, которая направлена на решение актуальной проблемы – получения легированных монокристаллов гексаферрита бария методом выращивания из раствора. Положения и выводы диссертационной работы достаточно обоснованы. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации.

В **третьей главе** приведены результаты исследования свойств монокристаллов гексаферрита бария, легированного ионами титана. Кратко описаны методики изучения структуры и свойств материалов. Показано, что полученные кристаллы с различной степенью замещения имеют структуру гексаферрита бария. Выявлено, что введение титана в решётку гексаферрита приводит к существенному понижению температуры Кюри, что может ограничивать потенциальную применимость материала в технике. Показано, что намагниченность насыщения уменьшается с увеличением концентрации иона-допанта.

В **четвёртой главе** приведены результаты исследования свойств и структуры гексаферрита бария, легированного цинком. Показано, что цинк по сравнению с титаном не приводит к существенному замещению ионов железа. Проведённое исследование структуры показало, что цинк-замещённые монокристаллы имеют гексагональную решётку, параметры которой увеличиваются с ростом концентрации иона-допанта. Значение намагниченности уменьшается с ростом концентрации цинка в решётке, при этом температура Кюри практически не меняется.

В **заключении** представлены основные результаты и выводы диссертационной работы.

В целом, диссертационная работа структурирована, информативна, и выполнена в объёме, необходимом для кандидатской диссертации. Цели и задачи сформулированы четко, сделаны выводы, логически вытекающие из полученных результатов. Диссертант самостоятельно проводила экспериментальные исследования, в том числе, подготовку шихты, исследование структуры материалов, полученных в эксперименте, измерение их свойств, а также обработку и интерпретацию результатов.

Достоверность полученных данных и обоснованность научной новизны результатов исследования определяются использованием современных проверенных средств измерений и аттестованных методик. Результаты не противоречат теоретическим представлениям и согласуются с результатами, полученными другими исследователями. Они многократно докладывались и обсуждались на конференциях, в том числе, международных. По результатам исследования были опубликованы пять статей, из них две – в журналах, рекомендованных ВАК и три – в изданиях, входящих в БД Scopus.

Практическая значимость работы не вызывает сомнений и определяется исключительно экспериментальной направленностью исследования. Данные о свойствах полученных монокристаллических материалов с различной степенью замещения цинком и

Диссертационная работа Машковцевой Л.С. отвечает всем требованиям, сформулированным в п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор заслуживает присуждения степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – Физическая химия.

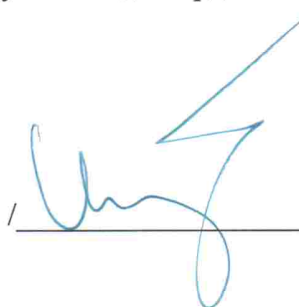
Официальный оппонент

доктор химических наук, профессор, директор Студенческого научно-исследовательского центра ФГАОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
заслуженный деятель науки Российской Федерации,
академик Российской Академии Естествознания

Почтовый адрес: 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244р

Рабочий телефон: 8-937-985-8095

E-mail: mal38@rambler.ru

 / Трунин Александр Сергеевич

Подпись А.С. Трунина заверяю

Учёный секретарь
Самарского государственного технического
университета

Малиновская Ю.А.

Городская печать «16» ноября 2017 г.

