

## **ОТЗЫВ**

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

### **Актуальность темы исследования**

В настоящее время гексаферриты бария находят применение не только в качестве магнитных материалов, но и в СВЧ-приложениях. Они обладают рядом уникальных свойств, таких как химическая и термическая стабильность, ударостойкость, ферромагнитный резонанс. Необходимо отметить, что реализация многих современных технических задач требует получения магнитных материалов в монокристаллическом виде. При этом, большинство современных методов синтеза позволяют получать вещества в виде порошка и керамики, хотя и достаточно высокого качества. Однако материал в таком виде не всегда соответствует предъявляемым производственным требованиям. На сегодняшний день наиболее оптимальным методом получения функциональных монокристаллов является метод выращивания из раствора. Применение правильно подобранного растворителя гарантирует стабильность условий роста кристаллов, а также понижение рабочей температуры, что важно для энергоэффективности производства. Добавлением в исходную шихту определённой легирующей добавки можно добиться существенных изменений свойств материала. Подбор такого элемента к конкретной системе представляет собой отдельное направление экспериментальных исследований. Эта задача является актуальной задачей современного материаловедения.

## **Структура и содержание диссертации**

Работа изложена на 115 страницах, состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка литературы из 156 наименований. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Опубликованные автором работы отражают содержание диссертации. Работа представляет собой законченный труд, в ней обоснована актуальность, цель и задачи исследования, выбор методов исследования, чётко изложены полученные результаты, сформулированы положения, выносимые на защиту.

Во введении обоснован выбор объектов исследования, перспективы использования монокристаллических ферромагнитных материалов, необходимость применения метода выращивания из раствора для получения монокристаллов высокого качества. Также в данном разделе представлены цель и задачи исследования, обоснована актуальность, показана научная новизна и методы исследования, приведены положения, выносимые на защиту.

В первой главе работы представлен обзор литературных источников по проблемной теме. Отражены основные аспекты по гексаферриту бария: его структура и свойства, методы получения и сферы применения. Также указаны возможности применения гексаферритов в новых нехарактерных для гексаферритов областях: в медицинских исследованиях и некоторых разделах микроэлектроники. Обоснован выбор титана и цинка в качестве замещающих элементов. Следует отметить большое количество современной англоязычной литературы, используемой автором.

Во второй главе описана экспериментальная методика получения замещённого гексаферрита бария. Указаны параметры роста кристаллов: температура гомогенизации питающего раствора, скорость охлаждения, способ выщелачивания полученных образцов из тигля.

Третья глава диссертации посвящена описанию свойств гексаферрита бария, легированного ионами титана. Исследование структуры было проведено методом рентгеновской порошковой дифрактометрии. Было

показано, что образцы имели гексагональную решётку. Представлены результаты измерений намагниченности и температуры Кюри. Значение намагниченности существенно уменьшается при увеличении концентрации ионов титана в решётке. Температура Кюри также значительно уменьшается при добавлении титана в решётку. Таким образом, показано, что варьированием концентрации титана в шихте, а, следовательно, и в решётке кристаллов, можно контролировать основные магнитные свойства гексаферритов.

В четвертой главе приведены результаты легирования гексаферрита бария ионами цинка. Такие материалы тоже имеют гексагональную кристаллическую решётку. Её параметры увеличиваются при увеличении концентрации цинка. Это ожидаемо, поскольку радиус иона цинка больше радиуса замещаемого иона железа. Намагниченность насыщения цинк-легированных образцов уменьшается, достаточно существенно – на 24,4%, в то время, как температура Кюри остаётся практически неизменной. Малая зависимость температуры Кюри от степени замещения является преимуществом, поскольку не такие материалы можно применять при повышенных температурах.

В заключении приведены основные выводы по работе.

### **Научная новизна**

В представленной работе впервые получены монокристаллы гексаферрита бария, легированного титаном и цинком, методом выращивания из расплава. Показано, что данным методом можно синтезировать кристаллы размерами несколько мм с сохранением структуры и свойств на всём образце. Установлены параметры кристаллических решёток и их объём. Изучены магнитные свойства. Показана зависимость изменения основных параметров от степени замещения железа.

## **Практическая значимость работы**

Представленную автором методику получения частично замещённых гексаферритов бария можно применять для получения монокристаллов макроразмеров. Применение данного метода гарантирует стабильность свойств и структуры материалов. Результаты могут быть использованы для решения проблем, возникающих при получении ферритов бария другого типа, например, Z-, Y- или W-ферритов. Полученные данные о кристаллической решётке и магнитных свойствах будут полезны для развития новых областей применения бариевых ферритов.

**Достоверность полученных результатов** не вызывает сомнений, поскольку результаты, представленные в диссертационной работе, были получены на основании исследований, проведённых на высоком научном уровне, с применением современных методов исследования и сертифицированного оборудования.

В ходе изучения диссертации и автореферата Машковцевой Л.С. возникли следующие **замечания**:

1. К сожалению, после представленного в Первой главе обзора литературных источников отсутствуют выводы, автор сразу переходит к постановке цели и задач исследования.
2. В третьей главе диссертации на рис. 3.1 следует поменять местами оси и убрать отрицательные значения.
3. Следовало бы указать, какое излучение применяли при рентгенофазовом анализе, поскольку образцы являются железосодержащими. Также необходимо было указать метод подсчёта параметров и обоснование ошибки их измерения.
4. При описании методики измерения температуры Кюри необходимо указать, что измерение проводили с применением калориметра. Иначе не совсем понятно, что именно измерял автор.
5. Следовало бы провести дополнительное исследование магнитной восприимчивости или намагниченности до температуры Кюри и выше неё.

Следует подчеркнуть, что сделанные замечание не снижают уровня научной и практической значимости диссертационной работы Машковцевой Л.С.

### **Общий вывод**

Анализ диссертационной работы Машковцевой Л.С. позволяет сделать заключение о высоком научном уровне и практической значимости полученных в ней результатов. Работа обладает чёткой структурой, материал подан автором в логической последовательности, цель и задачи поставлены корректно. Работа содержит большое количество экспериментального материала, обработанного на современном научном уровне. Диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, содержащую обоснованное техническое решение, имеющее ряд новых результатов и практическую значимость. Решение задачи получения легированных монокристаллов гексаферрита бария лежит в области научного и технического интереса. Представленную методологию можно применять для получения не только бариевых ферритов, но и других магнитных монокристаллов.

Содержание диссертации изложено в 11 научных публикациях, из которых 2 статьи опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК, 3 статьи – в журналах, входящих в БД Scopus.

Диссертационная работа Машковцевой Л.С. на тему «Получение, исследование структуры и магнитных свойств кристаллов твердых растворов на основе гексаферрита бария» соответствует паспорту специальности 02.00.04 – Физическая химия. Автореферат полностью соответствует структуре и содержанию диссертации. Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы и носят чисто рекомендательный характер для последующих работ.

На основании изложенного, считаю, что диссертационная работа Машковцевой Л.С. на тему «Получение, исследование структуры и магнитных свойств кристаллов твердых растворов на основе гексаферрита бария» соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Машковцева Любовь Сергеевна заслуживает присуждения учёной степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – Физическая химия.

### Официальный оппонент

Викторов Валерий Викторович  
профессор кафедры физики и методики обучения физике  
ФГБОУ ВО Южно-Уральский государственный  
гуманитарно-педагогический университет  
доктор химических наук

454080 Челябинск, пр. Ленина, д. 69

Телефон:

Электронная почта: [viktorovvv@cspu.ru](mailto:viktorovvv@cspu.ru)

/  / Викторов В.В.

  
  
ПОДПИСЬ ЗАВЕДУЮЩЕГО  
СПЕЦИАЛИСТ ОК

23.11.2017г.