

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по инновационному развитию
ФГБОУ ВО «Московский технологический университет»



Рагуткин Александр Викторович
«20» ноября 2017 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

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

Актуальность темы исследования заключается в создании монокристаллических ферромагнитных материалов на основе оксида железа с контролируемыми параметрами. Гексаферриты бария широко применяют в технике высоких частот: в резонаторах, переключателях, фазовращателях и датчиках. Их используют для создания устройств записи, хранения и передачи информации. Они выдерживают повышенные температуры и являются химически стабильными материалами. Срок службы магнитных головок на основе гексаферрита бария составляет несколько лет. Диссертационная работа Машковцевой Л.С. посвящена получению монокристаллов легированного гексаферрита бария макроразмеров. Для создания надёжных устройств на основе гексаферрита бария необходимо не только качественное сырьё, но и апробированный метод их получения. Наиболее подходящим методом для достижения этой цели является выращивание из раствора. Данная методика позволяет контролировать процесс роста на каждом его этапе и получать кристаллы с минимальным количеством дефектов и примесей.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и списка литературы.

Во *введении* сформулированы цель и задачи диссертационного исследования, обоснована актуальность темы, указаны научная новизна, представлены положения, выносимые на защиту, сведения о методах исследования и степени достоверности научных результатов.

В первой главе дан достаточно полный обзор литературных источников о гексаферрите бария. Описана структура материала, в том числе магнитная, его свойства и параметры. Приведено описание методов получения, указаны преимущества и недостатки каждого метода. Достаточно подробно описаны сферы применения гексаферрита бария, в том числе потенциальные. Указано, что введением в исходную шихту замещающих элементов можно достичь модифицирования параметров материала. В параграфе 1.4 описаны конкретные легирующие элементы и их влияние на структуру и свойства синтезированных материалов. Автор отдельно указывает, что в разных статьях для одного легирующего элемента приведены разные параметры, что говорит о незавершённости исследований в данном направлении. В качестве легирующих элементов автор использует титан и цинк, что представляется целесообразным, поскольку представленные элементы, согласно литературным данным, влияют на магнитные свойства.

Вторая глава исследования носит методический характер. В ней подробно описан метод получения монокристаллических образцов гексаферрита бария, легированного титаном и цинком. Также представлена схема установки по получению образцов. Подробно описаны условия и параметры кристаллизации. Представлены фотографии экспериментальных образцов.

В третьей главе диссертации последовательно представлены результаты исследования структуры и свойств кристаллов гексаферрита бария, легированного титаном $\text{BaFe}_{12-x}\text{Ti}_x\text{O}_{19}$ ($x = 0-1,3$). Исследования структуры показали, что все образцы имели гексагональную решётку. Рассчитаны параметры кристаллической ячейки. Показано, что $x = 0,78$ является критическим: до этого значения параметры ячейки увеличивались, после – уменьшались. Обнаружено, что с ростом концентрации ионов титана в решётке температура Кюри существенно понижается – до 251°C . Измерена намагниченность насыщения. Как и ожидалось, намагниченность монокристаллических образцов имеет большее значение, чем намагниченность порошков, что связано с анизотропией гексаферрита бария.

Четвертая глава диссертационной работы посвящена результатами изучения влияния ионов цинка на свойства гексаферрита бария. Максимальная степень замещения $\text{BaFe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ для такого вида легирования составила $x = 0,065$. Рентгенографическое исследование показало, что все образцы имеют гексагональную решётку, а параметры решётки возрастают при увеличении концентрации цинка. Калориметрические измерения показали, что ионы цинка в гексаферрите практически не влияют на температуру Кюри. В это же время существенно уменьшается намагниченность насыщения – на 24,4%.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы работы.

Список литературы содержит достаточное для кандидатской диссертации количество ссылок. В нём представлена библиографическая информация о научных публикациях, которые учитывались при проведении диссертационного исследования. Следует отметить большое число современных (с 2000 г.) зарубежных источников по ферромагнитным материалам.

Анализ результатов исследования и опубликованных работ диссертанта позволяет сделать вывод, что цель диссертационной работы достигнута: были установлены физико-химические параметры, обеспечивающие гарантированное получение монокристаллов твердых растворов на основе гексаферрита бария.

Научная новизна диссертационной работы состоит в следующем:

1. Автором разработана методика получения монокристаллических образцов гексаферрита бария, частично замещённого титаном и цинком. Методику можно применять для легирования гексаферрита бария другими ионами.

2. Автор впервые получил монокристаллы гексаферрита бария, легированного титаном $\text{BaFe}_{12-x}\text{Ti}_x\text{O}_{19}$, методом выращивания из раствора. Установлены оптимальные параметры кристаллизации (температура гомогенизации и скорость охлаждения). Установлена максимальная степень замещения: $x = 1,3$.

3. Впервые получены монокристаллы гексаферрита бария, легированного цинком $\text{BaFe}_{12-x}\text{Zn}_x\text{O}_{19}$ методом выращивания из раствора. Максимальная степень замещения составила $x = 0,065$. Показано, что при замещении цинком увеличиваются параметры кристаллической ячейки и её объём. Наличие ионов цинка приводит к заметному уменьшению намагниченности при почти несущественном уменьшении температуры Кюри.

Практическая значимость работы заключается в получении ферромагнитных материалов, свойства которых можно модифицировать под конкретные технические задачи. Описанный метод синтеза легированных монокристаллов можно применять в промышленности и для решения технических задач.

Результаты диссертации Машковцевой Л.С. имеют существенное значение для развития технологий получения материалов электронной техники и рекомендуются для использования в ОАО «Уралредмет», Верхняя Пышма; ООО «Феррит», Воронеж; ОАО «Магнетон завод», Санкт-Петербург; ООО «Мета-Кузнецк», Кузнецк; НПО «Феррит», Санкт-Петербург; ОАО «Технология магнитных материалов», Астрахань; МФТИ; РГПУ им. А.И. Герцена; МИФИ; ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН; ЛЭТИ, Санкт Петербург, Южно-Уральском государственном университете; Московском технологическом институте (МИРЭА), НИТУ «МИСиС», МГУ им. М.В. Ломоносова и других организациях, в которых ведутся работы по

синтезу, исследованию и применению новых сложнооксидных материалов с прогнозируемыми структурными, электрическими и магнитными свойствами.

Достоверность научных положений и выводов, представленных в диссертационном исследовании, не вызывает сомнений и обеспечивается использованием апробированных взаимодополняющих методов анализа и современного сертифицированного оборудования. Анализ экспериментальных данных проведён с соблюдением критериев достоверности физических измерений. Выводы и научные положения исследования обоснованы и непротиворечивы. Результаты достаточно полно отражены в публикациях автора в журналах, рекомендованных ВАК РФ (2 статьи) и входящих в БД Scopus (3 статьи), а также прошли апробацию на международных и российских конференциях.

Личный вклад автора заключается в анализе литературных источников, синтезе и исследовании структуры и свойств полученных в эксперименте образцов легированного гексаферрита бария, а также в интерпретации результатов. Автор лично принимал участие в написании статей и апробации результатов на конференциях.

Диссертация Машковцевой Л.С. написана доступным научным языком, структурирована и хорошо оформлена. Несмотря на очевидные достоинства, **диссертационная работа не лишена недостатков:**

1. В первой главе при обзоре литературы практически не используются ссылки на отечественную литературу.
2. В главе 2 при описании эксперимента отсутствует объяснение выбора величины скорости охлаждения.
3. В тексте диссертации встречаются опечатки и неточности. Так, в пункте 3.4.1 имеется опечатка: «... намагниченность насыщения уменьшается 0,909», очевидно, перед цифрой не хватает предлога «на».
4. Не вполне ясно использование выражения «магнитомягкие материалы» в параграфе 3.3.2.

Представленные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Машковцевой Л.С., выполненной на высоком экспериментальном уровне. Работа содержит оригинальные результаты, которые расширяют представления о магнитных свойствах ферритов. Полученные научные данные соответствуют пунктам 5, 7 и 11 Паспорта специальности 02.00.04 – Физическая химия. Автореферат диссертации Машковцевой Л.С. в полной мере отражает содержание работы.

Заключение. Диссертационная работа «Получение, исследование структуры и магнитных свойств кристаллов твердых растворов на основе гексаферрита бария» представляет собой законченную научно- квалификационную работу, которая по актуальности, научной новизне и практической значимости отвечает критериям Положения о присуждении учёных степеней (п. 9 –п. 14), утверждённого

постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., а её автор Машковцева Л.С. заслуживает присуждения учёной степени кандидата химических наук по специальности 02.00.04 – Физическая химия.

Диссертационная работа Машковцевой Л.С. представлена и обсуждена на заседании НИИ материалов твердотельной электроники ФГБОУ ВО «Московский технологический университет» 14 ноября 2017 г., протокол № 8. Отзыв на диссертацию Машковцевой Л.С. был утверждён по результатам обсуждения на заседании НИИ материалов твердотельной электроники ФГБОУ ВО «Московский технологический университет», протокол № 10 от 14 ноября 2017 г.

Лица, подписавшие отзыв, согласны на обработку персональных данных

Доктор технических наук (05.27.06. – технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники, профессор, директор НИИ материалов твердотельной электроники ФГБОУ ВО «Московский технологический университет» (МИРЭА)



Буш Александр Андреевич

Кандидат технических наук (05.27.06. – технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники, доцент, начальник отдела НИИ материалов твердотельной электроники ФГБОУ ВО «Московский технологический университет» (МИРЭА)



Каменцев Константин Евгеньевич

«20» ноября 2017 г.

Почтовый адрес Федерального бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технологический университет» (МИРЭА): 119454 Россия, г. Москва, пр. Вернадского, 78

Тел.: +7 (499) 2156565, +7 (499) 4330066

Факс: (495) 4349287

e-mail: mirea@mirea.ru, <http://www.mirea.ru>



руки *Буш А.А. Каменцев К.Е.*
ПОДПИСАНО:
Управления кадров
Филатенко Л.Г.
11 20/17 г.