

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Чернухи Александра Сергеевича **«Физико-химические основы получения замещенного алюминием гексаферрита бария»**, представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. (02.00.04) - «Физическая химия»

Данная диссертационная работа посвящена синтезу и исследованию свойств замещенного алюминием гексаферрита бария.

Ферриты представляют собой поликристаллические многокомпонентные соединения, которые нашли свое широкое применение в устройствах магнитной записи информации, в микроволновой технике, а также в устройствах работающих в дециметровой и сантиметровой области поглощения электромагнитного излучения.

В соответствии с типом кристаллической решетки ферриты делятся на три класса: гранаты, шпинели и гексаферриты. Особый интерес в последнее время представляют гексаферриты. Гексаферриты это ферриты с гексагональной кристаллической структурой с общей формулой $(\text{MeO}) \cdot (\text{Fe}_2\text{O}_3)_6$, где Me – Ba, Sr, реже Pb.

Наибольшее применение находит гексаферрит бария ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$), для которого характерна высокая намагниченность насыщения, большая коэрцитивная сила, превосходная химическая стабильность и механическая прочность. Часто он используется как компонент СВЧ-устройств, благодаря способности поглощать микроволновое излучение в ходе возникновения ферромагнитного резонанса.

Известно, что управлять магнитными свойствами гексаферритов можно путем изменения числа магнитных связей ионов железа при целенаправленном замещении этих ионов в определенных кристаллографических позициях с сохранением магнитной матрицы феррита.

Замещение в гексаферрите бария проводят элементами, которые

способны влиять на намагниченность насыщения, значение коэрцитивной силы и температуры Кюри. Для этого применяют как металлы (Bi, Ga, Zn, Al), так и неметаллы (B, Sb, As). В частности, частичное замещение алюминием в гексаферрите бария позволяет увеличить поля анизотропии, благодаря чему возникает возможность уменьшения веса и размера СВЧ-устройств. Однако замещение магнитных ионов железа на немагнитные ионы алюминия приводит к уменьшению температуры Кюри и снижению намагниченности насыщения. Данные исследования описаны в десятках научных работ, большинство из которых посвящены синтезу и изучению свойств замещенного алюминием гексаферрита бария до низких степеней замещения равных 2,5.

Целью представленной диссертационной работы является синтез и исследование свойств монофазных твердых растворов на основе замещенного алюминием гексаферрита бария $\text{BaFe}_{12-x}\text{Al}_x\text{O}_{19}$ с высокой степенью замещения от 0 до 4, в связи с чем, тема, цели и задачи диссертационной работы являются **актуальными**.

К **научной новизне** диссертационной работы можно отнести следующее:

1. Впервые проведен золь-гель синтез твердых растворов на основе гексаферрита бария с высокими степенями замещения железа алюминием – $\text{BaFe}_{12-x}\text{Al}_x\text{O}_{19}$ (x от 0 до 4).
2. Впервые установлено влияние степени замещения алюминием железа в гексаферрите бария $\text{BaFe}_{12-x}\text{Al}_x\text{O}_{19}$ при x от 0 до 4 на кристаллическую структуру, которое характеризуется монотонным снижением параметров кристаллической решетки при повышении концентрации алюминия.
3. Впервые показано, что с ростом концентрации алюминия монотонно снижается верхний предел интервала температурной устойчивости ферромагнитного материала и намагниченность насыщения.

4. Впервые определено влияние степени замещения алюминием в $\text{BaFe}_{12-x}\text{Al}_x\text{O}_{19}$ на диэлектрическую проницаемость. Установлено увеличение значений действительной и мнимой части диэлектрической проницаемости при увеличении степени замещения алюминием от 0 до 4.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в получении замещенного алюминием гексаферрита бария с высокими концентрациями допанта золь-гель методом. Данный метод позволил синтезировать твёрдые растворы на основе гексаферрита бария, в которых 1/3 атомов железа замещена на алюминий. Таким образом, разработан новый подход, позволяющий в широких пределах варьировать свойства данных материалов, что расширяет возможности их применения в электронике.

Результаты работы достаточно полно обсуждены на всероссийских и международных конференциях и семинарах. Основные результаты работы отражены в 12 публикациях, в том числе 3 публикации в изданиях, входящих в список изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, и 3 статьи входящие в наукометрические базы данных Scopus и Web of Science, 6 тезисов докладов по материалам всероссийских и международных конференций и семинаров.

Следует отметить, что работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (19-53-04010), гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских учёных – докторов наук (МД-5612.2021.4).

Представленная диссертационная работа изложена на 117 страницах и включает в себя введение, 3 главы, заключение и библиографический список. Во введении описывается актуальность данного исследования, в первой главе проведен литературный обзор научных статей, посвященных изучаемой в работе проблематике. Во второй главе удачно подобраны методы исследования и оборудование, необходимые для синтеза и изучения свойств полученных образцов, дано их подробное описание. Третья глава

посвящена описанию трех вариантов синтеза замещенного гексаферрита бария, из которых наибольший интерес представляет золь-гель синтез. В данной главе приведены данные о фазовом составе полученных образцов, исследования магнитных свойств и электродинамических параметров синтезированных образцов и проведено их всестороннее обсуждение.

В целом следует отметить, что в работе использованы разнообразные экспериментальные методы исследования, результаты которых согласуются между собой.

Однако, наряду с несомненными достоинствами, по работе следует сделать следующие **замечания**:

1. Автор в диссертации указывает в задачах, в научной новизне и в выводах на «отработку физико-химических параметров», но в работе не конкретизировано, что понимается под этим понятием?
2. В литературном обзоре (стр. 34) автор отмечает, что важнейшей задачей в синтезе гексаферрита бария является достижение воспроизводимости результатов. Вместе с тем из экспериментальной части работы неясно, была проведена серия экспериментов или же нет?
3. В экспериментальной части значение намагниченности насыщения и остаточной намагниченности для образца со степенью замещения 0,5 (стр. 89-90) не коррелирует с ранее опубликованными работами других авторов. Желательно было бы сопоставить полученные данные с известными работами других исследователей, которые указывают на монотонное уменьшение намагниченности насыщения вплоть до степени замещения алюминием до 2,5.
4. В обосновании актуальности автор указывает на возможность «увеличения поля анизотропии путём замещения ионов Fe^{3+} на ионы Al^{3+} », в связи с чем возникает вопрос, почему в работе не была оценена эффективная магнитная анизотропия?

5. В работе встречаются опечатки, использование различной терминологии для описания одного и того же процесса, что затрудняет прочтение работы. Библиографическое описание некоторых литературных источников выполнено с неточным соответствием ГОСТу.

ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация А.С. Чернухи является законченной научной работой, в которой результатом теоретических и экспериментальных исследований является золь-гель синтез и исследование свойств замещенного алюминием гексаферрита бария с высокими степенями замещения (от 0 до 4).

Автореферат диссертации в основном отражает ее содержание.

Все вышесказанное дает основание считать, что диссертационная работа соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 с изменениями от 21 апреля 2016 г. № 335, а ее автор Чернуха Александр Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. (02.00.04) – «Физическая химия».

Официальный оппонент


20.09.2021

Белая Елена Александровна,
кандидат химических наук,
заведующий кафедрой химии
твердого тела и нанопроцессов
ФГБОУ ВО «Челябинский
государственный
университет»

454001, г. Челябинск,
ул. Молодогвардейцев, 70б.
Тел.: 8(351)799-70-67
E-mail: wea.csu@gmail.com

02.00.21 – Химия твердого
тела

Я, Белая Елена Александровна, согласна на автоматизированную
обработку персональных данных, приведенных в этом
документе

