

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Чернухи Александра Сергеевича

«Физико-химические основы получения замещенного алюминием гексаферрита бария», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. (02.00.04) – Физическая химия

Диссертационная работа Чернухи А.С. посвящена оптимизации способов получения и исследованию функциональных свойств гексаферрита бария $\text{BaFe}_{12-x}\text{Al}_x\text{O}_{19}$, замещенного алюминием до состава $x=4.0$. Эти магнитотвердые материалы незаменимы для применения в высокочастотных приборах, они находятся на пике интереса во всем мире, поэтому тема диссертации, несомненно, **актуальна**.

Достоверность результатов обусловлена применением взаимодополняющих методов исследования образцов, воспроизводимостью экспериментальных данных, применением современного экспериментального оборудования и хорошим согласием с литературными данными. **Апробация работы:** результаты работы представлены на 8 международных и российских конференциях, 3 публикации в российских научных рецензируемых журналах из списка ВАК и 3 публикации в международном научном журнале JMMM (Q2 квинтиль).

Диссертация состоит из введения, трех глав, выводов, списка литературы из 170 источников.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи работы, приведены положения, выносимые на защиту, научная новизна и практическая значимость работы, перечислены используемые методы, приведены сведения об апробации и личном вкладе автора.

В первой главе обобщены современные представления о магнитных материалах и гексаферритах в частности, методах их получения, особенностях функциональных свойств и трендах дальнейшего развития.

Во второй главе описаны используемые методы и оборудование: синтез образцов, рентгенофазовый анализ (РФА), сканирующая электронная микроскопия с рентгеноспектральным микроанализом (РСА), дифференциальная сканирующая калориметрия, магнитометрия, рефлектометрия.

В третьей главе приведены попытки синтеза образцов различными методами и результаты оптимизации синтеза при использовании выбранным золь-гель методом. Показано, что полученные образцы твердых растворов замещенных гексаферритов являются однофазными, выполнена их аттестация методами РФА и РСА. Показано, что увеличение содержания алюминия приводит к уменьшению параметров гексагональной элементарной ячейки и среднего размера зерна. Определены магнитные свойства (температура Кюри, намагниченность насыщения, остаточная намагниченность, коэрцитивная сила) и

электродинамические параметры (частотная зависимость диэлектрической и магнитной проницаемостей и тангенс угла диэлектрических потерь).

Особое внимание привлекают следующий **впервые полученный результат**: Для твердых растворов $\text{BaFe}_{12-x}\text{Al}_x\text{O}_{19}$ $0 < x < 4.0$ получены линейные зависимости параметров гексагональной элементарной ячейки, зависимость магнитных и электрических свойств от состава.

Все результаты работы обладают **практической значимостью**, они существенно расширяют возможности использования замещенных гексаферритов в высокочастотных применениях.

По диссертации и автореферату имеются следующие **вопросы и замечания**:

1) Автор допускает некорректные высказывания, например (стр. 18): «...переходные металлы проявляют валентность, как минимум, равную двум и трём (например, Fe^{2+} и Fe^{3+}).» Этому высказыванию противоречит наличие Cu^{+} в оксиде CuO_2 и ряде шпинелей.

2) В разделе 3.3 «Расчет параметров кристаллической решетки» не указано, каким методом рассчитывали параметры элементарной ячейки. Название программы PDXL, поставляемой с дифрактометром Rigaku, не несет информации о методе расчета. Сколько дифракционных линий участвует в расчете; не указано, все ли линии взяты в расчет.

3) На стр. 82 автор указывает, что «*ростом степени замещения алюминием происходит монотонное уменьшение намагниченности насыщения и остаточной намагниченности.*» Однако, судя по данным рис. 29а, 30, 31, состав $\text{BaFe}_{11.5}\text{Al}_{0.5}\text{O}_{19}$ демонстрирует повышенную намагниченность насыщения и пониженную остаточную намагниченность, явно выбиваясь из монотонной зависимости на рис. 30 и 31. Почему?

4) Сложную концентрационную зависимость коэрцитивной силы (рис. 32) автор объясняет возможным влиянием морфологии и размера частиц, тут же добавляя, что изучение этих параметров не входило в перечень задач исследования. Однако микрофотографии образцов (не указано, это порошок?), по которым можно определить размеры частиц и распределение частиц по размерам, автор получил и привел на рис. 24. Естественно, хотелось бы увидеть, какие различия в морфологии образцов приводят к особенностям концентрационной зависимости коэрцитивной силы.

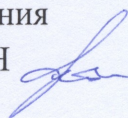
5) В выводах по главе 3 автор указывает, что «*с ростом степени замещения увеличивается тангенс угла диэлектрических потерь*», тогда как зависимость более сложная (даже в упоминаемом автором диапазоне от 2 до 8 ГГц) и определяется диапазоном частот.

Высказанные замечания не затрагивают сделанных в работе выводов и не влияют на общую положительную оценку работы. Содержание диссертации соответствует специальности 1.4.4. (02.00.04) – Физическая химия. Содержание

автореферата вполне отражает основные положения диссертации, полученные результаты опубликованы в печати.

Диссертационная работа Чернухи А.С. представляет собой законченное научное исследование и соответствует требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней, 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,
доктор физико-математических наук,
главный научный сотрудник, заведующий лабораторией
статики и кинетики процессов Федерального
государственного бюджетного учреждения
науки Института металлургии УрО РАН



Титова Светлана Геннадьевна
09.09.2021

Почтовый адрес:

620016, Россия, Екатеринбург, ул. Амундсена, д. 101

Тел. +7 343 232-90-75

E-mail: sgtitova@mail.ru

Подпись д.ф.-м.н. С.Г. Титовой заверяю:
Ученый секретарь ИМЕТ УрО РАН, к.х.н.



Долматов А.В.