



**Уральский
федеральный
университет**

имени первого Президента
России Б.Н.Ельцина

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (УрФУ)

ул. Мира, 19, Екатеринбург, 620002,
факс: +7 (343) 375-97-78; тел.: +7 (343) 374-38-84
контакт-центр: +7 (343) 375-44-44, 8-800-100-50-44 (звонок бесплатный)
e-mail: rector@urfu.ru, www.urfu.ru
ОКПО 02069208, ОГРН 1026604939855, ИНН/КПП 6660003190/667001001

29.10.2018 № 13-06/75

На № _____ от _____

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию **Шаненкова Ивана Игоревича** «Плазмодинамический синтез дисперсных оксидов железа с высоким содержанием эпсилон фазы в высокоскоростной струе электроразрядной плазмы», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.14.12 – Техника высоких напряжений и 05.09.02 – Электротехнические материалы и изделия.

1. Структура и объём диссертации.

Диссертационная работа, выполненная в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, включающего 138 наименований, и двух приложений. Диссертация изложена на 156 страницах машинописного текста, содержит 61 иллюстрацию и 14 таблиц.

2. Актуальность темы диссертации.

Электрофизические методы обработки, синтеза и получения в высокодисперсном состоянии металлов и их соединений, такие как искровые, дуговые, СВЧ-методы, пучково-плазменные, плазмохимические, электровзрывные и т.п., успешно развиваются в течение нескольких десятилетий и позволяют получать уникальные метастабильные фазы различных материалов. К этим материалам можно отнести оксиды железа, среди которых особо выделяется эпсилон фаза, благодаря своим значительным магнитным характеристикам. Существующие способы синтеза за исключением золь-гель метода не позволяют получать данную фазу с высокой чистотой выхода. В этой связи, представленная диссертационная работа, посвященная разработке нового электрофизического метода получения оксидов железа с высоким содержанием эпсилон фазы в системе на основе высоковольтного ускорителя плазмы, является актуальной.

3. Оценка содержания диссертации.

Во введении показана актуальность темы исследования, обозначены цель и задачи работы, приведены пункты научной новизны и практической значимости работы, указаны положения, выносимые на защиту, а также приведены сведения о структуре и объеме диссертации.

В первой главе приведены результаты анализа литературных данных по вопросу синтеза ультрадисперсных оксидов железа с высоким содержанием фазы эpsilon фазы ($\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$). Отмечены основные особенности данного материала и ограничения, препятствующие его получению большинством известных методов, а также перспективность использования в качестве альтернативного способа плазмодинамического синтеза при истечении сверхзвуковой струи железосодержащей плазмы, генерируемой коаксиальным магнитоплазменным ускорителем, в кислородсодержащую среду. Следует отметить наличие значительного количества проанализированных литературных источников на английском языке.

Во второй главе приведено описание метода плазмодинамического синтеза и основного устройства для его реализации – коаксиального магнитоплазменного ускорителя. Описаны конструкционные и схемные решения, использованные в данной работе, а также аналитические методики исследования полученных материалов.

В третьей главе рассмотрено влияние конструкционных, энергетических и режимных параметров высоковольтной системы плазмодинамического синтеза на характеристики получаемых оксидов железа. Несколькими независимыми аналитическими методиками подтверждена принципиальная возможность получения фазы $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$ в составе гетерофазного продукта указанным способом. Описаны предлагаемые технические решения и выявлены основные факторы, влияющие на увеличение выхода $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$ в синтезируемых материалах. Установлено, что применением указанных в работе способов можно достичь выхода $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$ на уровне 90 масс. %. Предложены модельные механизмы формирования характерных частиц продукта синтеза в гиперзвуковой струе электроразрядной плазмы и способ для их фракционного разделения.

В четвертой главе рассмотрены вопросы температурной эволюции структуры и фазового состава синтезируемых оксидов железа при нагреве образцов в воздушной атмосфере.

В пятой главе рассмотрены свойства поглощения (абсорбции) электромагнитного излучения синтезируемыми порошками оксида железа. Отмечается, что синтезируемые продукты с преимущественным содержанием магнетита и эpsilon фазы могут быть использованы для создания радиопоглощающих покрытий. Установлено, что полые сферические частицы магнетита, получаемые плазмодинамическим методом, имеют зону эффективного поглощения шириной в 12 ГГц (от ~ 4 ГГц до 16 ГГц). Эпоксидные компаунды, наполненные продуктом с максимальным содержанием эpsilon фазы, демонстрируют поглощение в миллиметровом диапазоне длин волн с максимумом на частоте 130 ГГц.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы, подтверждающие достижение поставленной цели.

Приложения содержат акты об использовании результатов диссертационной работы.

4. Соответствие диссертации и автореферата паспорту специальности 05.14.12 – Техника высоких напряжений и 05.09.02 – Электротехнические материалы и изделия.

Материалы диссертации и автореферата соответствуют паспортам научных специальностей:

05.14.12 – «Техника высоких напряжений»:

П.4 Разработка научных основ техники использования высоких напряжений для технологических процессов, разработка оборудования для технологий, использующих высокое напряжение.

05.09.02 – «Электротехнические материалы и изделия»

П.1 Изучение на стадиях разработки, исследования, изготовления, эксплуатации и утилизации физико-химических процессов, определяющих свойства электротехнических и радиотехнических материалов и изделий в связи с их химическим составом, структурой и внешними условиями эксплуатации с целью обеспечения их высокого качества.

П.2 Оптимизация параметров электротехнических, радиотехнических материалов и изделий, технологии их производства, эксплуатации и утилизации.

5. Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации.

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

6. Методы исследования.

В диссертационном исследовании применялись разработанная экспериментальная методика синтеза порошкообразных продуктов оксида железа, аналитические методы исследования фазового и гранулометрического состава (рентгеновская дифрактометрия, сканирующая электронная микроскопия, просвечивающая электронная микроскопия, мёссбауэровская спектроскопия), методы исследования абсорбционных свойств синтезируемых фаз оксидов железа, основанные на изучении взаимодействия электромагнитного излучения с веществом.

7. Степень обоснованности научных положений и достоверности полученных результатов.

Обоснованность научных положений и достоверность полученных результатов определяются применением фундаментальных теоретических и экспериментальных методов исследования в рассматриваемой области, современных аналитических методик, а также подтверждаются их обсуждениями на 5 международных научно-технических конференциях.

8. Уровень новизны научных положений, выводов и рекомендаций.

В диссертационной работе обоснованы причины необходимости разработки нового электрофизического метода синтеза дисперсных оксидов железа с высоким содержанием эpsilon фазы в высокоскоростной струе электроразрядной плазмы. Для решения этой проблемы спроектирована и реализована система плазмодинамического синтеза, основанная на использовании высоковольтного сильноточного коаксиального магнитоплазменного ускорителя, исследована и обоснована необходимость выбора различных параметров процесса и схемных решений для получения оксидов железа с преимущественным содержанием эpsilon фазы, предложены и экспериментально подтверждены механизмы формирования основных синтезируемых кристаллических фаз оксидов железа.

9. Практическая значимость и реализация результатов диссертационной работы.

Разработка нового электрофизического метода синтеза порошкообразных продуктов оксидов железа с высоким содержанием эpsilon фазы на основе высоковольтного ускорителя плазмы, является ценным практическим результатом. Кроме этого, практическая значимость результатов диссертационной работы подтверждена актами их использования, представленными в приложениях диссертационной работы.

10. Отличие выполненных исследований от других работ.

Диссертационная работа Шаненкова И.И. отличается от других работ, выполненных в исследуемой области, целостным и всесторонне обоснованным подходом к решению поставленной задачи:

- предложено альтернативное существующим направление решения проблемы синтеза ультра- и нанодисперсных оксидов железа с высоким содержанием эpsilon фазы в высокоскоростной струе электроразрядной плазмы;
- разработана система для реализации плазмодинамического синтеза оксидов железа с высоким содержанием эpsilon фазы с использованием сильноточного высоковольтного ускорителя с железными электродами, а также схемные и конструктивные решения, позволяющие регулировать в широких пределах выход эpsilon фазы в составе конечных продуктов;
- проведен комплекс экспериментальных исследований, подтверждающих возможность получения ультра- и нанодисперсных материалов на основе оксидов железа с высоким содержанием эpsilon фазы и использования данных материалов для изготовления радиопоглощающих покрытий, абсорбирующих электромагнитное излучение в сверхвысокочастотном и миллиметровом диапазонах длин волн.

11. Личный вклад автора.

Представленные в диссертационной работе результаты, получены лично автором и при его непосредственном участии. Личный вклад автора в работы, опубликованные в соавторстве, является преобладающим.

12. Опубликованность основных результатов диссертационной работы в научной печати.

По теме диссертации опубликовано 15 работ, числе 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК, 6 статей в журналах, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus, 3 из которых имеют квартиль Q1, 1 работа – Q2 и 1 статья – Q3.

13. Замечания.

1. Диссертация содержит слишком большой объем результатов экспериментальных исследований практически всех этапов процесса плазмодинамического синтеза, аналитических исследований структуры и физических свойств продукта, что затрудняет восприятие отдельных, наиболее важных разделов работы.

2. В работе отсутствует аргументация необходимости использования ускорителя эрозионной плазмы с внешней индукционной системой, достаточно сложного по конструкции и механизму электромагнитного взаимодействия в сравнении с классическим Z-пинч ускорителем, который реализует те же функции.

3. В диссертационной работе убедительно доказано образование в плазмодинамическом процессе уникальной ε -фазы оксида железа Fe_2O_3 и определены основные параметры и схемные решения источника электропитания ускорителя, обеспечивающие ее максимальное содержание в продукте. Однако автору не удалось выявить основные физические факторы, определяющие формирование нанокристаллической структуры ε -фазы.

4. Автор не провёл сравнительного анализа плазмодинамического метода с другими известными электрофизическими методами синтеза и получения высокодисперсных оксидов железа по производительности, энергозатратам и возможностям получения уникальных структур.

14. Соответствие диссертации критериям «Положения о присуждении учёных степеней».

Диссертационная работа Шаненкова И.И. отвечает требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней»:

п.9. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой выполненное автором новое научно обоснованное техническое решение в виде созданных средств всережимной верификации позволяет осуществлять оценку полноты и достоверности расчетов режимов и процессов в ЭЭС, выполняемых с помощью различных ПВК.

п.10. Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, свидетельствующие о личном вкладе автора диссертации в науку. В диссертации представлены сведения о практической полезности результатов и рекомендации по использованию научных выводов.

п.11-13. Основные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях: 3 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК, 6 статей в журналах, индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus.

п.14. Диссертация соответствует требованию указания ссылок на заимствованные материалы или отдельные результаты.

15. Заключение.

Совокупность выполненных диссертационных исследований и их результаты доказывают решение актуальной проблемы, имеющей большое практическое значение. Высказанные замечания не снижают научной и практической значимости результатов диссертационной работы и носят уточняющий характер. Основываясь на вышеизложенном, считаю, что диссертационная работа «Плазмодинамический синтез дисперсных оксидов железа с высоким содержанием эпсилон фазы в высокоскоростной струе электроразрядной плазмы» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему и содержащей значимые научные и практические результаты, а её автор Шаненков Иван Игоревич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальностям 05.14.12 – техника высоких напряжений и 05.09.02 Электротехнические материалы и изделия.

Официальный оппонент
профессор кафедры «Электрофизики»
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный
университет имени первого Президента
России Б.Н. Ельцина»,
доктор физико-математических наук по
специальности 01.04.07 – Физика
конденсированного состояния, профессор

7

Чолах Сеиф
Османович

Подпись Чолаха С.О. заверяю:
Главный специалист Учёного совета УрФУ

Н.Н. Озерец

Сведения:

Полное наименование организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

Юридический адрес: 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19.

Телефон: 8 (343) 375-44-44

Эл. адрес: s.o.cholakh@urfu.ru

Должность: профессор кафедры «Электрофизики»

Ф.И.О.: Чолах Сеиф Османович