

**Заключение диссертационного совета Д 212.269.10, созданного
на базе федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский
политехнический университет», Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации, по диссертации на соискание ученой степени кандидата
наук**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета Д 212.269.10 от 6 декабря 2018 г. № 214

О присуждении Шаненкову Ивану Игоревичу, гражданину Российской Федерации (РФ), ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Плазмодинамический синтез дисперсных оксидов железа с высоким содержанием эpsilon-фазы в высокоскоростной струе электроразрядной плазмы»

по специальностям 05.14.12 – Техника высоких напряжений и 05.09.02
Электротехнические материалы и изделия

принята к защите 3 октября 2018 г., протокол № 210, диссертационным советом Д 212.269.10, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования (ФГАОУ ВО) «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Министерство науки и высшего образования РФ, 634050, г. Томск, пр. Ленина 30, утвержденным приказом Минобрнауки России № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Шаненков Иван Игоревич 1990 года рождения,
в 2014 году соискатель окончил ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Министерство образования и науки РФ,
в августе 2018 года соискатель окончил очную аспирантуру ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Министерство науки и высшего образования РФ,
работает ассистентом Отделения электроэнергетики и электротехники Инженерной школы энергетики в ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Министерство науки и высшего образования РФ,
Диссертация выполнена в Отделении электроэнергетики и электротехники Инженерной школы энергетики в ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский

Томский политехнический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации,

Научный руководитель – доктор технических наук, с.н.с. Сивков Александр Анатольевич, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Отделение электроэнергетики и электротехники Инженерной школы энергетики, профессор.

Официальные оппоненты:

Чолах Сеиф Османович, доктор физико-математических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (г. Екатеринбург), кафедра «Электрофизика», профессор;

Суслиев Валентин Иванович кандидат физико-математических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (г. Томск), кафедра «Радиоэлектроника», доцент, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт электрофизики Уральского отделения Российской академии наук (г. Екатеринбург) в своем положительном отзыве, подписанным Бекетовым Игорем Валентиновичем, кандидатом технических наук, заведующим лабораторией импульсных процессов,

указала, что диссертация Шаненкова Ивана Игоревича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, отвечающую всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук; работа выполнена по актуальной тематике, связанной с разработкой новых способов синтеза функциональных наноматериалов, а ее результаты могут быть использованы для решения научно-технической проблемы повышения электромагнитной совместимости высокочастотной аппаратуры; автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 05.14.12 – Техника высоких напряжений и 05.09.02 Электротехнические материалы и изделия.

Соискатель имеет 76 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 15 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 9

работ. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Shanenkov I.** Magnetite hollow microspheres with a broad absorption bandwidth of 11.9 GHz: Toward promising lightweight electromagnetic microwave absorption / Shanenkov I., Sivkov A., Ivashutenko A., Zhuravlev V., Qing G., Li L., Li G., Wei G., Han W. // Physical chemistry chemical physics. – 2017. – Vol. 19. – с.19975-19983.
2. **Shanenkov I.I.** Plasma dynamic synthesis and obtaining ultrafine powders of iron oxides with high content of ϵ -Fe₂O₃ / Sivkov A., Naiden E., Ivashutenko A., Shanenkov I. // Journal of magnetism and magnetic materials. – 2016. – Vol. 405. – с. 158-168.
3. **Шаненков И.И.** Влияние концентрации кислорода в газообразной смеси с аргоном на фазовый состав продуктов плазмодинамического синтеза в системе «железо — кислород» / Сивков А.А., Шаненков И.И., Ивашутенко А.С., Мурзакаев А.М., Ли Л., Ли Г. // Российские нанотехнологии. – 2017. – Т. 12. – № 7-8. – с.25-32.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

- 1) Отзыв на автореферат от д.ф.-м.н., доцента **Рыжкова Сергея Витальевича**, проф. каф. «Теплофизика» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана (национальный исследовательский)», (с замечаниями);
- 2) Отзыв на автореферат от д.т.н., профессора **Сидорова Александра Ивановича**, зав. каф. «Безопасность жизнедеятельности» ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», г. Челябинск (с замечаниями);
- 3) Отзыв на автореферат от к.ф.-м.н. **Савченко Александра Григорьевича**, зав. каф. «Физическое материаловедение» ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва (с замечаниями);
- 4) Отзыв на автореферат от д.х.н. **Баклановой Натальи Ивановны**, ведущий научный сотрудник ФГБУН «Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН», г. Новосибирск (с замечаниями);
- 5) Отзыв на автореферат от к.т.н. **Решетова Александра Александровича**, доцента каф. «Кибернетические системы» ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень (с замечаниями);
- 6) Отзыв на автореферат от к.ф.-м.н. **Кирко Дмитрия Леонидовича**, доцента каф. «Плазма» ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва (без замечаний);
- 7) Отзыв на автореферат от д.т.н.,

профессора **Поповича Анатолия Анатольевича**, директор Института металлургии, машиностроения и транспорта ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», (с замечаниями); 8) Отзыв на автореферат от д.ф.-м.н., профессора **Минаковой Натальи Николаевны**, проф. каф. «Прикладная физика, электроника и информационная безопасность» ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», г. Бийск (с замечаниями); 9) Отзыв на автореферат от д.ф.-м.н. **Штерцера Александра Александровича**, ведущего научного сотрудника ФГБУН «Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН», г. Новосибирск (с замечаниями);

Все отзывы положительные, замечания касаются недостаточности информации об условиях образования эpsilon фазы оксида железа, возможном влиянии на этот процесс ряда параметров (чистота начальных прекурсоров, изменение исходных параметров) и сопоставлении полученных результатов с имеющимися мировыми аналогами (производительность установки, характеристики радиопоглощающих покрытий), отсутствия исследований магнитных характеристик продуктов, а также наличия англоязычных аббревиатур вместо широко используемых русскоязычных аналогов, ряда опечаток и неясностей.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается высокой профессиональной компетенцией, их известностью, достижениями и наличием публикаций в данной области науки и практики.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан метод получения дисперсных оксидов железа с высоким содержанием эpsilon фазы в сверхзвуковой струе электроразрядной плазмы, истекающей в атмосферу, содержащую кислород, и устройство для его реализации в виде экспериментальной установки на основе сильноточного высоковольтного коаксиального магнитоплазменного ускорителя с железными электродами;

предложены новые подходы и технические решения по конструкции и схеме питания коаксиального магнитоплазменного ускорителя, позволяющие генерировать сверхзвуковые струи электроразрядной плазмы, содержащей железо, в кислородсодержащую атмосферу и получать дисперсные оксиды железа с выходом эpsilon фазы до 90 масс. %;

доказана перспективность применения дисперсных оксидов железа плазмодинамического синтеза в качестве сырья материалов, абсорбирующих электромагнитное излучение в диапазонах частот 4-16 ГГц и 100-150 ГГц;
введено понятие дифференциально-барической сепарации продуктов синтеза.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана целесообразность использования сверхзвуковой импульсной струи железосодержащей электроразрядной плазмы, истекающей в свободное пространство с кислородной атмосферой при нормальном давлении и комнатной температуре, что обеспечивает плазмохимический синтез дисперсных оксидов железа с высоким содержанием эpsilon фазы;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** методы регистрации импульсных напряжений и токов (порядка 10^5 А); высокоскоростной фоторегистрации быстропротекающих процессов развития ударно-волновой структуры сверхзвуковых струй; рентгеновского структурно-фазового анализа кристаллических материалов; мёссбауэровской спектроскопии, просвечивающей и сканирующей электронной микроскопии;

изложены гипотезы протекания процесса плазмодинамического синтеза и условия формирования кристаллических фаз в процессе истечения высокоскоростной струи железосодержащей плазмы в газообразную смесевую атмосферу O_2+Ar с различным содержанием кислорода;

раскрыты особенности импульсного процесса плазмодинамического синтеза образования наноразмерных частиц эpsilon фазы оксида железа и микронных частиц фазы магнетита в виде полых сферических объектов;

изучено влияние параметров импульсного источника электропитания, внешних условий газообразной среды, схемных и конструкционных решений на параметры процесса плазмодинамического синтеза и характеристики получаемого продукта;

проведена модернизация существующего метода плазмодинамического синтеза в направлении получения дисперсных оксидов железа с высоким содержанием эpsilon фазы;

Значение полученных соискателем результатов исследования для **практики** подтверждается тем, что:

разработан и внедрен метод плазмодинамического синтеза и получения дисперсных оксидов железа с высоким содержанием эpsilon фазы в рамках совместных работ с «Центром радиофизических измерений ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский государственный университет» по изготовлению радиопоглощающих компаундов, а также в рамках совместных работ с лабораторией патологии и фармакологии гемостаза ФГБУ «НМИЦ гематологии» по исследованию гемостатической эффективности покрытий с иммобилизацией в их структуру наночастиц синтезируемых оксидов железа;

определены сферы перспективного использования синтезируемых дисперсных оксидов железа в качестве сырьевой основы материалов, поглощающих электромагнитное излучение в санти- и миллиметровом диапазонах длин волн;

созданы высокоточный высоковольтный коаксиальный магнитоплазменный ускоритель с железными электродами, экспериментальная установка на его основе, предназначенная для получения оксидов железа и система дифференциально-барической сепарации для отбора высокодисперсных частиц продукта;

представлены рекомендации, позволяющие регулировать фазовый состав и морфологию получаемых оксидов железа путем изменения параметров импульсного источника электропитания, давления газовой среды, схемы и конструкции системы плазмодинамического синтеза.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты **получены** с использованием комплекса современного аналитического откалиброванного в установленном порядке оборудования, достигнута повторяемость и воспроизводимость экспериментов;

теория построена на проверяемых экспериментальных и аналитических данных и не противоречит ранее опубликованным работам по теме диссертации;

идея базируется на обобщении передового опыта и результатах экспериментальных исследований, изложенных в современной литературе по получению оксидов железа и радиопоглощающих композитов на их основе;

использовано сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике;

установлено качественное соответствие результатов, полученных автором с результатами, представленными в опубликованных работах по данной тематике;

использованы современное оборудование и методы анализа порошковых материалов, а также известная аппаратура для регистрации параметров быстропротекающих электромагнитных процессов.

Личный вклад соискателя состоит в анализе литературных данных по теме диссертационной работы, постановке и проведении экспериментов по разработке коаксиального магнитоплазменного ускорителя с железными электродами и получению порошковых материалов, анализе и интерпретации полученных экспериментальных данных, получению радиопоглощающих композитов на основе синтезируемых продуктов. При непосредственном участии автора сформулированы научные положения и основные выводы диссертации, выполнены и опубликованы научные работы.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи генерации железосодержащей электроразрядной плазмы для получения дисперсных оксидов железа с высоким содержанием эпсилон фазы, что имеет существенное значение для материаловедения и радиофизики и соответствует п. 9 абз. 2 Положения о присуждении ученых степеней.

На заседании 6 декабря 2018 года диссертационный совет принял решение присудить Шаненкову И.И. учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 4 докторов наук по научной специальности 05.14.12 – «Техника высоких напряжений» и 5 докторов наук по научной специальности 05.09.02 – «Электротехнические материалы и изделия», участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 14, против - нет, недействительных бюллетеней - 1.

Председатель

диссертационного совета Д 212.269.10

И.о. ученого секретаря

диссертационного совета Д 212.269.10

Обухов Сергей Геннадьевич

Лебедев Сергей Михайлович

6 декабря 2018 г.