ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ДС.ТПУ.03, 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 ДОКТОРА НАУК

Решение диссертационного совета от 20.12.2019 г. № 5

О присуждении Лысенко Елене Николаевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Получение и формирование свойств ферритов литиевой группы при высокоэнергетических механических и электронно-пучковых воздействиях»

по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния»

принята к защите 16 сентября, протокол заседания №3, диссертационным советом ДС.ТПУ.03, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования (ФГАОУ ВО) «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 634050, г. Томск, пр. Ленина 30, утвержденным приказом ректора Национального исследовательского Томского политехнического университета №15895 от 06.12.2018г.

Соискатель **Лысенко Елена Николаевна** 1972 года рождения.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07-физика конденсированного состояния на тему «Радиационно-термическая активация диффузии кислорода в поликристаллических литий-титановых ферритах» защитила в

2003 году в диссертационном совете Д 212.269.02, созданном на базе Томского политехнического университета.

Работает заведующей Проблемной научно-исследовательской лабораторией электроники диэлектриков и полупроводников Исследовательской школы физики высокоэнергетических процессов ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена в Проблемной научно-исследовательской лаборатории электроники диэлектриков и полупроводников Исследовательской школы физики высокоэнергетических процессов ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – **Суржиков Анатолий Петрович,** доктор физико-математических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности, заведующий кафедрой – руководитель отделения контроля и диагностики на правах кафедры.

Дополнительно введенный член диссертационного совета ДС.ТПУ.03 - **Коваль Николай Николаевич**, доктор технических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», научно-исследовательский центр «Физическое материаловедение и композитные материалы», ведущий научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Костишин Владимир Григорьевич, доктор физико-математических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», кафедра технологии материалов электроники, заведующий кафедрой;

Бурдовицин Виктор Алексеевич, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», кафедра физики, лаборатория плазменной электроники, профессор, ведущий научный сотрудник;

Клопотов Анатолий Анатольевич, доктор физико-математических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет», кафедра прикладной механики и материаловедения, профессор,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов и дополнительно введенного члена диссертационного совета обосновывается их высокой квалификацией в области физики конденсированного состояния, своими достижениями и публикациями по исследованиям в данной области, отсутствием совместных проектов и печатных работ.

Соискатель имеет 132 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 124 работы, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 105 работ, в том числе 56 в журналах, входящих в базы данных Scopus и Web of Science, а также 2 монографии, 10 патентов на изобретения, 5 патентов на полезные модели, одно свидетельство на регистрацию программы для ЭВМ.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах. Общий объем научных изданий – более 85 печатных листов, авторский вклад – 65%.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Lysenko E.N.** Thermomagnetometric analysis of lithium ferrites / A.L. Astafyev, A.P. Surzhikov, E.N. Lysenko // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. – 2019. –V.136. – P. 441 – 445.

2. **Lysenko E.N.** Analysis of phase composition of LiZn and LiTi ferrites by XRD and thermomagnetometric analysis / E.N. Lysenko, A.L.

Astafyev, V.A. Vlasov, A.P. Surzhikov // Journal of Magnetism and magnetic materials. – 2018. – V.465. – P. 457 – 461.

3. **Lysenko E.N.** Microstructure and reactivity of Fe_2O_3-Li_2CO_3-ZnO ferrite system ball-milled in a planetary mill / E. N. Lysenko, E. V. Nikolaev, V.A. Vlasov, A. P. Surzhikov // Thermochimica Acta. – 2018. – V.664. – P. 100 – 107.

4. **Lysenko E.N.** Thermal analysis study of solid-phase synthesis of zinc- and titanium-substituted lithium ferrites from mechanically activated reagents / E.N. Lysenko, A.P. Surzhikov, A.V. Malyshev, V.A Vlasov, E.V. Nikolaev // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. – 2015. – Vol. 122, №. 3. – P. 1347 – 1353.

5. **Lysenko E.N.** Synthesis of substituted lithium ferrites under the pulsed and continuous electron beam heating / E.N. Lysenko, A.P. Surzhikov, V.A. Vlasov, E.V. Nikolaev, A.V. Malyshev, A.A. Bryazgin, M.V. Korobeynikov, M.A. Mikhailenko // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. – 2017. – V.392. – P. 1 – 7.

6. **Lysenko E.N.** Structural, electromagnetic, and dielectric properties of lithium-zinc ferrite ceramics sintered by pulsed electron beam heating / A.P. Surzhikov, E.N. Lysenko, A.V. Malyshev, V.A. Vlasov, A.N. Sokolovskiy // Ceramics International. –2017. – V.43. – P. 9778 – 9782.

7. **Lysenko E.N.** Electromagnetic properties of Li0.4Fe2.4Zn0.2O4 ferrite sintered by continuous electron beam heating / A.V. Malyshev, E.N. Lysenko, V.A. Vlasov, S.A. Nikolaeva // Ceramics International. – 2016. – V.42. – P. 16180 – 16183.

8. **Лысенко Е.Н.** Радиационно-термический метод получения литий-цинковой ферритовой керамики / Е.Н. Лысенко, А.П. Суржиков, А.В. Малышев, В.А. Власов, Е.В. Николаев // Известия вузов. Химия и химическая технология. – 2018. – Т.61, №6. – С. 69 – 75.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

– **Сигова Александра Сергеевича,** доктора физико-математических наук, профессора, действительного члена Российской академии наук, президента ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», заведующего кафедрой наноэлектроники МИРЭА;

– **Старостенкова Михаила Дмитриевича,** доктора физико-математических наук, профессора, заведующего кафедрой физики ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»;

– **Плетнева Петра Михайловича,** доктора технических наук, профессора кафедры «Физика» ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения»;

– **Гончарова Владимира Борисовича,** доктора химических наук, старшего научного сотрудника лаборатории исследований и испытаний новых материалов в катализе Федерального государственного бюджетного учреждения науки (ФГБУН) Федерального исследовательского центра «Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук»;

– **Громова Виктора Евгеньевича,** доктора физико-математических наук, профессора, заведующего кафедрой естественнонаучных дисциплин, **Невского Сергея Андреевича**, кандидата технических наук, доцента кафедры естественнонаучных дисциплин ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»;

– **Игнатенко Николая Михайловича,** доктора физико-математических наук, профессора кафедры нанотехнологий, общей и прикладной физики, **Мельникова Геннадия Александровича**, кандидата физико-математических наук, доцента, старшего научного сотрудника кафедры нанотехнологий, общей и прикладной физики ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»;

– **Максимова Юрия Михайловича,** доктора технических наук, профессора, главного научного сотрудника, **Минина Романа Владимировича**, кандидата

технических наук, старшего научного сотрудника ФГБУН «Томский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»;

– **Голковского Михаила Гедалиевича,** кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника ФГБУН «Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук».

Все отзывы положительные. Замечания являются рекомендательными и сводятся к следующему: в работе не представлено обоснование экономической эффективности использования в технологии получения ферритов электронного ускорителя; в методике экспериментальных исследований по проведению радиационно-термического нагрева не приведены численные значения предельно допустимой толщины исследуемых образцов для используемого вида ускорителя; в схеме экспериментальной ячейки не указаны полюса магнитов и не детализировано их расположение относительно исследуемого образца; на некоторых рисунках отсутствуют доверительные интервалы; не указана погрешность некоторых измеренных величин; в таблице не указаны температурно-временные режимы синтеза литиевого феррита в пучке высокоэнергетических электронов; на рисунках, показывающих рентгеновские дифрактограммы, отсутствует расшифровка некоторых пиков; тезис о «существенном увеличении тройных контактов» ферритообразующих смесей не имеет однозначного прямого экспериментального подтверждения и носит лишь предположительный характер, хотя и является основой для выводов о возможном механизме ускорения реакции образования литиевых ферритов после высокоэнергетического помола в планетарной шаровой мельнице; отсутствуют данные о литий-титановой ферритовой керамике, полученной в условиях электронно-пучкового спекания; можно ли использовать предложенную технологию для получения ферритов других составов; в диссертации и автореферате не указано, на каких предприятиях (кроме обозначенных в актах внедрения), могут быть использованы полученные в работе результаты; каковы перспективы разработанной

технологии для крупнотоннажного производства ферритов; насколько влияет внешняя среда при синтезе и спекании ферритовых материалов; в автореферате нет подробной информации о микроструктуре (величина зерна, пористость, толщина межзеренных прослоек и др.) получаемых ферритов литиевой группы с замещением при воздействии высокоэнергетических механических и электронно-пучковых нагрузок; с каким химическим составом связаны значения энергии активации твердофазного взаимодействия.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая экспериментальная методика определения гомогенности фазового состава ферритовых материалов по результатам термогравиметрического анализа в магнитном поле, позволяющая идентифицировать трудноразличимые при рентгенофазовом анализе магнитные фазы;

предложена оригинальная научная гипотеза о реализации синергетического эффекта интенсификации твердофазных взаимодействий в ферритовых материалах при механической активации порошков и последующего обжига в пучке высокоэнергетических электронов импульсного или непрерывного действия;

доказаны перспективность использования в технологии получения ферритовых материалов комплексных воздействий, основанных на механической активации исходных порошков и их последующего электронно-пучкового нагрева, существование закономерностей повышения реакционной активности порошковых смесей исходных реагентов после их механической обработки в высокоэнергетической планетарной мельнице;

новые понятие и термины не вводились.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положение об эффективности разработанного метода определения гомогенности фазового состава ферритовых материалов по результатам

термогравиметрического анализа в магнитном поле, положение о повышении удельной поверхности и насыпной плотности смесей исходных реагентов ферритов при увеличении длительности их механической обработки в планетарной мельнице, приводящем к увеличению реакционной активности порошковых смесей и увеличению скорости образования ферритовых фаз, положение об уменьшении в (2–4) раза эффективной энергии активации процесса твердофазного взаимодействия между порошковыми реагентами при их механической активации, а так же описание эффекта диффузионной моделью, положение об уменьшении кинетических параметров процесса накопления шпинельных фаз при электронно-пучковом нагреве порошковых смесей Fe_2O_3–Li_2CO_3, Fe_2O_3–Li_2CO_3–ZnO и Fe_2O_3–Li_2CO_3–TiO_2, положение о влиянии механической активации ферритовых порошков на ускорение процесса уплотнения ферритовых компактов при их спекании при термическом обжиге и при нагреве пучком электронов;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, с получением результатов, обладающих новизной)

использован комплекс существующих базовых физических методов исследования структурных, электрических и магнитных характеристик и реакции синтеза ферритов, а также анализа магнитных фазовых переходов при термическом нагреве и кинетического анализа процессов получения ферритов с применением математического моделирования;

изложены доказательства гипотезы о влиянии режимов механической активации в планетарной мельнице на изменения структурных и реакционных свойств исходных порошков, а также влияния комплексных воздействий, основанных на механической активации исходных порошков и последующего электронно-пучкового нагрева, на скорость твердофазных взаимодействий и формирования ферритовых фаз;

раскрыты существенные проявления процесса механоактивации исходных компонентов ферритовых порошков при их механической обработке в планетарной мельнице;

изучены закономерности твердофазных взаимодействий в смесях порошковых реагентов при их неизотермическом нагреве и факторы, влияющие на увеличение реактивности порошковых реагентов при получении ферритов, а также причинно-следственные связи интенсификации скорости образования шпинельных фаз при синтезе ферритов;

проведена модернизация существующей математической кинетической модели определения кинетических параметров скорости накопления шпинельной фазы при синтезе ферритов в условиях электронно-пучкового нагрева;

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

разработаны и внедрены метод контроля гомогенности фазового состава по измерению температуры Кюри в Национальном исследовательском Томском политехническом университете при выполнении лабораторных работ и решении исследовательских задач; способ получения магнитных образцов при разработке магнитных пресс-форм в ООО «ЛИОМЕД»; способ получения магнитных образцов при изготовлении опытной партии заливочных компаундов, применяемых для обеспечения параметров электромагнитной совместимости аппаратуры специального назначения в АО НПЦ «Полюс» Государственной корпорации по космической деятельности «РОСКОСМОС»;

определены перспективы практического использования теории активации порошковых смесей методами высокоэнергетических воздействий в производстве изделий на основе ферритовых материалов;

создана система практических рекомендаций по оптимизации режимов механической обработки порошков в планетарной мельнице и электронно-пучкового нагрева, обеспечивающих увеличение реактивности ферритовых порошков и реализацию процесса получения ферритов литиевой группы;

представлены методические рекомендации и предложения по дальнейшему использованию высокоэнергетических воздействий в технологических процессах получения ферритов литиевой группы.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с использованием комплекса современного сертифицированного оборудования, не противоречат физическим принципам внешних воздействий на вещество и воспроизводимы в используемых условиях экспериментов;

теория построена на известных представлениях и классических моделях физики конденсированного состояния;

идея базируется на анализе практики и обобщении передового опыта по исследованию свойств ферритов, полученных разными методами синтеза и спекания;

использованы сравнения авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике;

установлено качественное и количественное совпадение полученных результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации.

Личный вклад соискателя состоит в:

планировании и постановке экспериментальных работ; проведении экспериментов; проведении расчетов и математического моделирования; формулировании цели и задач работы; обработке и анализе экспериментальных данных; формулировании выводов; представлении результатов исследований на научных конференциях; в подготовке материалов статей для опубликования в научных журналах.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, имеющие важное значение в области получения

ферритовых материалов, и соответствует требованию п. 8 Положения о присуждении ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете.

На заседании 20 декабря 2019 года диссертационный совет ДС.ТПУ.03 принял решение присудить Лысенко Елене Николаевне ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 7 человек, из них 7 докторов наук по защищаемой специальности, участвовавших в заседании, из 3 человек, входящих в состав совета и 4 человек, дополнительно введенных в состав совета, проголосовали:
за 7, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель
диссертационного
совета ДС.ТПУ.03 Кривобоков Валерий Павлович

Ученый секретарь
диссертационного
совета ДС.ТПУ.03 Гынгазов Сергей Анатольевич
20 июня 2019г.