

4

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ДС.ТПУ.07,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ФИЗИКО-
МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК**

решение диссертационного совета от 27 июня 2019 г. № 3

О присуждении Чан Ми Ким Ан, гражданке Вьетнама, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ И ВОЗДЕЙСТВИЯ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ПОТОКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ НА МЕТАЛЛЫ»

по специальности 01.04.20 – Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника

принята к защите 16 апреля 2019 (протокол заседания № 1) диссертационным советом

ДС.ТПУ.07, созданным на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования (ФГАОУ ВО) «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (НИ ТПУ), 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, по приказу ФГАОУ ВО НИ ТПУ № 15895 от 06.12.2018.

Соискатель Чан Ми Ким Ан, 1988 года рождения,

В 2015 году соискатель окончила магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

В 2019 году соискатель окончила аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»,

5

работает инженером-исследователем в Отделении информационных технологий Инженерной школы информационных технологий и робототехники ФГАОУ ВО НИ ТПУ.

Диссертация выполнена в Отделении информационных технологий Инженерной школы информационных технологий и робототехники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, Коваль Тамара Васильевна, Отделение информационных технологий Инженерной школы информационных технологий и робототехники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Дополнительно введенные члены диссертационного совета ДС.ТПУ.07:

1. Блейхер Галина Алексеевна,
доктор физико-математических наук, доцент, 01.04.20, физико-математические науки, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», профессор Научно-образовательного центра Б.П. Вейнберга Инженерной школы ядерных технологий.

2. Винтизенко Игорь Игоревич,
доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, 01.04.20, физико-математические науки, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», инженер Научно-исследовательской лаборатории СВЧ-технологии Инженерной школы ядерных технологий.

Официальные оппоненты:

1. Козырев Андрей Владимирович,
доктор физико-математических наук, профессор, 01.04.20, физико-математические науки, Федеральное государственное бюджетное учреждение

науки Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук, заведующий лабораторией теоретической физики, г. Томск.

2. Климов Александр Сергеевич,
доктор технических наук, 01.04.20, физико-математические науки, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники», старший научный сотрудник лаборатории плазменной электроники кафедры физики, г. Томск.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов и дополнительно введённых членов диссертационного совета обосновывается их высокой профессиональной компетенцией в областях ускорительной техники и процессах переноса энергии возбуждения в материалах, достижениями и наличием публикаций в данной области науки и практики.

Соискатель имеет 20 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 20 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 7 работ (общий объем публикаций составляет 11.3 печатных листа с долей авторского участия соискателя не менее 60%. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах).

Наиболее значимые научные работы (из числа рецензируемых изданий) по теме диссертации:

1. Ryabchikov, A. I., Shevelev, A. E., Sivin, D. O., Koval, T. V., & An, T. M. K. (2018). High intensity, macroparticle-free, aluminum ion beam formation. *Journal of Applied Physics*, 123(23), [233301]. DOI: 10.1063/1.5034082.

2. Ryabchikov, A. I., An, T. M. K., Koval, T. V., Sivin, D. O., Anan'in, P. S., & Korneva, O. S. (2018, November). Nitriding of steel 40x with a high-intensity ion beam. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1115, No. 3, p. 032019). IOP Publishing.

3. Teresov, A. D., Koval, T., Moskvina, P., An, K., Mi, C., & Koval, N. (2018). Dynamics of Surface Heating and Quenching of Titanium by a Submillisecond Intense Electron Beam. In *Key Engineering Materials* (Vol. 781, pp. 82-87). Trans Tech

7

Publications.

На автореферат поступили отзывы:

1. отзыв на автореферат Семенова Александра Петровича, доктора технических наук, профессора, ФГБУН Институт физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, заведующего лабораторией физического материаловедения, г. Улан-Удэ (без замечаний);
2. отзыв на автореферат Мартенса Владимира Яковлевича, доктора технических наук, доцента, ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», профессора кафедры физики, электротехники и электроники, г. Ставрополь (с замечаниями);
3. отзыв на автореферат Каменецких Александра Сергеевича, кандидата физико-математических наук, Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института электрофизики Уральского отделения Российской академии наук, старшего научного сотрудника, г. Екатеринбург (с замечаниями);

Все отзывы положительные. Замечания на диссертацию и автореферат являются рекомендательными и дискуссионными, касаются описания моделей и методов численного решения, использования термина «центр поверхности образца», корреляции расчетной температуры с расположением термопары в эксперименте, нагрева образцов до начала воздействия, учета при моделировании тепловых процессов краевых эффектов и излучения с поверхности мишени, зависимости среднего радиуса $r_0(t)$ от времени, включенных в зависимость $r_0(t)$ ошибок и их оценивании, вывода выражения (2.2) и необходимости указания области ее применимости, исходных условиях задачи раздела 2.2, понятия эквипотенциальности дрейфового пространства, составляющих электрического поля, возможности моделирования смеси нескольких газов, отсутствия корреляции тока вторичных электронов с изменением тока ионного пучка на рис. 8, связи эффекта уменьшения плотности тока ионного пучка на коллекторе с уменьшением площади поверхности плазмы. Кроме того, отмечены некоторые замечания редакторского плана.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан комплексный подход для моделирования формирования и транспортировки интенсивного сфокусированного ионного пучка, формирования фаз и соединений при диффузии легирующего элемента, нагрева образца пучками заряженных частиц;

предложена математическая модель, позволяющая прогнозировать формирование фаз и соединений независимо от способа азотирования железа и низкоуглеродистой стали;

доказана перспективность использования математических моделей и численного моделирования для подтверждения экспериментальных результатов, для определения закономерностей формирования пучков заряженных частиц и их воздействия на металлические мишени.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано влияние формирования виртуального анода на эффективность транспортировки высокоинтенсивного ионного пучка в системе с баллистической фокусировкой;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы численный метод крупных частиц (КАРАТ) и численное решение уравнения теплопроводности с учетом фазовых переходов;

изложены аргументы, объясняющие: спонтанное укорочение длительности импульсов тока ионного пучка в эксперименте с узким пространством дрейфа, высокую скорость роста температуры на фронте тока электронно-пучкового воздействия;

раскрыты существенные проявления теории, а именно конкуренции скоростей диффузионного процесса и распыления поверхности азотируемой стали 40X, влияния пространственного заряда на транспортировку ионного пучка;

изучены факторы, влияющие на эффективность транспортировки ионного пучка, на ширину азотированного слоя, на высокоскоростной нагрев металлических мишеней электронным пучком;

проведена модернизация существующей диффузионной модели формирования нитридных фаз при азотировании железа, позволяющая прогнозировать

динамику нитридных фаз в низкоуглеродистых сталях с учетом распыления поверхности.

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

разработаны программные коды для численного моделирования высокоскоростного нагрева электронным пучком и формирования соединений при азотировании стали 40X;

определены перспективы практического использования полученных результатов на практике;

создан комплексный подход для эффективного применения знаний по формированию, транспортировке сфокусированного ионного пучка и его воздействия на металлические мишени;

представлены рекомендации по уменьшению глубины распыления и необходимости исследования динамики электронно-пучкового воздействия на фронте тока пучка.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена на известных, проверяемых данных, согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на обобщении мирового опыта теоретического исследования взаимодействия пучков заряженных частиц с полями и материалами;

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

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

использованы экспериментальные результаты, полученные с применением современной методики сбора и обработки исходной информации; современные интерактивные языки и высокоуровневые пакеты прикладных программ для моделирования физических процессов.

Личный вклад соискателя состоит в анализе литературных данных по теме диссертации, в планировании и проведении численных экспериментов. При

непосредственном участии автора выполнены и опубликованы научные работы, сформулированы научные положения и выводы диссертации.

Диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задач, имеющей значение для развития методов управления формированием пучков заряженных частиц и их воздействием на металлы и соответствует п. 8, 9 Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете.

На заседании 27.06.2019 г. диссертационный совет ДС.ТПУ.07 принял решение присудить Чан Ми Ким Ан ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 7 человек, из них 6 докторов наук (по специальности 01.04.20 – Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника), 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



Рябчиков Александр Ильич

Ученый секретарь

диссертационного совета

Иванова Анна Ивановна

27 июня 2019 г.