

Заключение

диссертационного совета Д 212.141.17, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 25 декабря 2019 г. № 30

О присуждении Чжо Зай, гражданину Республики Союза Мьянма, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка термоэмиссионных электродов с эффектом полого катода и сниженным нагревом в катодном пятне» по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния принята к защите 01.07.2019 г. (протокол заседания № 11) диссертационным советом Д 212.141.17, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, приказ № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Чжо Зай, 1987 года рождения.

В 2012 году соискатель окончил магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» по направлению подготовки «Информатика и вычислительная техника», в 2018 году – аспирантуру по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния. В настоящее время соискатель является стажером кафедры проектирования и технологии производства электронных

приборов Калужского филиала ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре проектирования и технологии производства электронных приборов Калужского филиала ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук Прасицкий Василий Витальевич, Калужский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», профессор кафедры защиты информации.

Официальные оппоненты:

Ашрятов Альберт Аббясович, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», заведующий базовой кафедрой источников света;

Штокал Александр Олегович, кандидат технических наук, филиал акционерного общества «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина», ведущий конструктор сектора конструирования наземных систем дали положительные отзывы на диссертацию.

В то же время официальные оппоненты сделали ряд критических замечаний, на которые соискатель ученой степени Чжо Зай дал убедительные разъяснения.

Ведущая организация – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Костишиным Владимиром Григорьевичем, доктором физико-математических наук, профессором, заведующим кафедрой

технологии материалов электроники, членом-корреспондентом Академии инженерных наук РФ, Подгорной Светланой Владимировной, кандидатом технических наук, доцентом, ученым секретарем кафедры технологии материалов электроники, и утвержденном Филоновым Михаилом Рудольфовичем, доктором технических наук, профессором, проректором по науке и инновациям, указала, что диссертация Чжо Зай посвящена весьма важной и актуальной проблеме создания и совершенствования спеченных термоэмиссионных электродов (термоэлектродов) для газоразрядных натриевых ламп высокого давления – наиболее эффективных в настоящее время источников искусственного освещения, массово применяющихся при выращивании растений в теплицах. Достижение этих целей невозможно без разработки соответствующих термоэлектродов, обеспечивающих параметры натриевых ламп высокого давления, в том числе два основных – долговечность и стабильность светового потока. Диссертация Чжо Зай является завершенной научно-исследовательской работой, выполненной на актуальную тему, в которой исследована возможность получения спеченных термоэлектродов со сниженной температурой в катодном пятне и уменьшенной энергией распыляющих частиц, они могут быть использованы для изготовления разрядных натриевых ламп высокого давления с повышенной до 30-32 тысяч часов долговечностью. Научная новизна результатов диссертационной работы заключается в том, что: разработана математическая модель, позволяющая рассчитывать температуру области взаимодействия поверхности электрода с разрядом в зависимости от геометрии и тепловых параметров применяемых материалов; определён фазовый состав эмиссионно-активного вещества, обеспечивающий получение долговечности натриевых ламп высокого давления на уровне 30 тысяч часов, представляющий собой смесь Ba_2CaWO_6 и $BaAl_2O_4$ при массовом отношении 2:1; определена теплопроводность спеченной части термоэлектрода, содержащей эмиссионно-активное вещество, в зависимости от концентрации последнего, составляющая 21 – 32 Вт/м·К при рабочей температуре; определена теплопроводность спеченной части термоэлектрода, используемая в качестве теплоотводящего слоя, составляющая 95 – 110 Вт/м·К при рабочей температуре; установлено,

что применение в разработанном термоэлектроде теплоотводящего слоя позволяет снизить температуру поверхности в области взаимодействия с разрядом на 50...100 К. Результаты диссертационной работы могут быть рекомендованы к использованию в таких организациях, как АО «Плазма» (г. Рязань), АО «НПП «Исток» (г. Фрязино), АО «Лисма» (г. Саранск) и другие.

Критические замечания, высказанные в отзыве ведущей организации, Чжо Зай подробно прокомментировал.

Соискатель имеет 11 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 11 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликованы 2 работы. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации 2,52 п. л., из которых 1,14 п. л. принадлежат лично соискателю. Требования п.п. 11 и 13 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемые к публикации основных научных результатов диссертации, выполняются. Требования, установленные п. 14 действующего Положения о присуждении ученых степеней, соблюдаются. Сведения об опубликованных работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, достоверны.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Расчет температуры композиционного электрода в нормальном тлеющем разряде / Кристя В.И., Прасицкий В.В., Чжо Зай [и др.] // Электромагнитные волны и электронные системы. 2016. Т. 21, № 8. С. 59-63.

2. Прасицкий В.В., Чжо Зай. Усовершенствование спеченных термоэлектродов натриевых ламп высокого давления // Электромагнитные волны и электронные системы. 2016. Т. 21, № 10. С. 60-64.

3. Прасицкий В.В., Чжо Зай. Способы изготовления активно-эмиссионного вещества // Научная дискуссия: вопросы математики, физики, химии, биологии: Материалы XLIX-L Международной научно-практической конференции. М.: Интернаука, 2017. № 1-2(36). С 26-29.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: **Тая А.В.**, кандидата технических наук, ведущего инженера акционерного общества «Научно-

технический центр эксплуатации и ресурса авиационной техники»; **Борисова В.В.**, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры вычислительной техники филиала ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске; **Рытова М.Ю.**, кандидата технических наук, доцента, заведующего кафедрой «Системы информационной безопасности» ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»; **Бурмистрова А.В.**, кандидата технических наук, доцента, заместителя директора по научной работе ООО «Научно-производственная фирма «ПРОМЕТЕЙ»; **Ткаченко А.Л.**, кандидата технических наук, доцента кафедры «Бизнес-информатика и информационные технологии» Калужского филиала ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации».

Все отзывы положительные. В качестве замечаний отмечено, что отсутствует информация о размерах спеченных электродов, применяемых в конкретных конструкциях натриевых ламп различных мощностей (Тай А.В.), недостаточно сведений о работе выхода эмиссионного материала – одной из характеристик термоэлектрода ламп (Борисов В.В.), низкая информативность одноцветного снимка Рис. 9, с точки зрения распределения температуры по поверхности электрода (Бурмистров А.В.), излишняя детализация при описании унифицированных процессов изготовления кернов, в то время как не приведено описание установки для снятия вольт-амперных характеристик процессов, сопровождающих переход тлеющего в дуговой разряд (Ткаченко А.Л.).

На все критические вопросы, содержащиеся в отзывах на автореферат диссертации, Чжо Зай дал аргументированные ответы.

В отзывах сделан вывод о том, что диссертация Чжо Зай отвечает требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Выбор официальных оппонентов обоснован тем, что они являются компетентными специалистами в области физики. Выбор ведущей организации

обоснован тем, что ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» имеет выстроенную научную школу, успешно решающую задачи по выявлению влияния фазового состава материалов на их свойства, в том числе при различных внешних воздействиях. В штате университета состоят высококвалифицированные специалисты, способные объективно и всесторонне оценить результаты и выводы диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана математическая модель двухслойного термоэлектрода, позволяющая рассчитывать температуру области взаимодействия поверхности электрода с разрядом в зависимости от геометрии и тепловых параметров применяемых материалов;

предложен новый подход к вопросу снижения температуры в области катодного пятна на эмиссионной поверхности электрода, основанный на применении теплоотводящей подложки;

доказано, что введение в конструкцию электрода элемента, обеспечивающего существование эффекта «полого катода», обеспечивает снижение массы расплавленного эмиссионно-активного вещества на 20 – 30%;

введены уточнения в параметры процесса синтеза эмиссионно-активного вещества, обеспечивающие его оптимальные характеристики. При этом критерием оптимальности является минимальное напряжение на разрядном промежутке, обеспечивающее переход разряда в дуговую форму.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что наличие в спеченном электроде второго слоя, обладающего большей теплопроводностью, чем слой с активно-эмиссионным веществом, обеспечивает снижение температуры в катодном пятне;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы комплексные дифрактометрические исследования процессов синтеза эмиссионно-активного вещества;

изложены аргументы, подтверждающие адекватность модели тепловых расчетов двухслойного электрода;

раскрыты возможности повышения долговечности спеченного электрода путем реализации эффекта полого катода;

изучено влияние фазового состава эмиссионно-активного вещества на условия возникновения дугового разряда;

проведена модернизация существующего технологического процесса изготовления спеченных электродов, обеспечивающая изготовление двухслойных электродов с эффектом полого катода.

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

разработаны и внедрены двухслойные спеченные электроды для натриевых ламп высокого давления, обладающие эффектом полого катода и сниженным нагревом в катодном пятне, имеется акт внедрения;

определены экспериментальные значения температуры в области катодного пятна двухслойного спеченного электрода;

создан алгоритм процесса изготовления двухслойного электрода и предложены технические решения, направленные на создание эффекта полого катода;

представлены рекомендации по дальнейшему усовершенствованию спеченных термоэлектродов для газоразрядных приборов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ: результаты работы получены с использованием сертифицированного оборудования, воспроизводимость результатов подтверждена испытаниями в составе натриевых ламп высокого давления.

все теоретические положения и полученные результаты расчетов находятся в хорошем соответствии с экспериментально полученными данными;

идеи о возможности снижения нагрева в катодном пятне спеченного термоэлектрода посредством включения в его конструкцию теплоотводящей подложки, а также снижения скорости распыления эмиссионной поверхности путем создания эффекта полого катода базируются на анализе опубликованных в литературе результатов экспериментальных исследований;

использовано сравнение авторских расчетов и экспериментальных результатов с известными данными других авторов (Москалев Б.И., Рохлин Г.Н., Райзер Ю.П., Waymouth J.F.);

установлено качественное и количественное совпадение полученных автором и приведенных в литературе результатов;

использованы методы аналитического исследования моделей, классические экспериментальные методики измерения теплопроводности и температуры.

Личный вклад соискателя состоит в: разработке и анализе математической модели двухслойного электрода, непосредственном участии в постановке задач, теоретических и экспериментальных исследованиях, формировании научных положений и выводов, а также в подготовке публикаций по результатам выполненной работы.

Диссертационная работа соответствует пунктам 6, 7 паспорта научной специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертационная работа Чжо Зай «Разработка термоэмиссионных электродов с эффектом полового катода и сниженным нагревом в катодном пятне» соответствует критериям, установленным п.п. 9 и 10 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. Она является самостоятельной завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение важной для физики конденсированного состояния научной задачи, связанной с формированием физико-технологических основ создания термоэлектронных композиционных материалов и разработки на этой основе параметрического ряда спеченных электродов, обеспечивающих долговечность натриевых ламп высокого давления более 30 тысяч часов. Диссертация Чжо Зай обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Предложенные Чжо Зай решения аргументированы и согласуются с другими известными решениями.

На заседании 25 декабря 2019 г. диссертационный совет принял решение присудить Чжо Зай ученую степень кандидата технических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 13 докторов наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния, участвовавших в заседании из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены в состав совета 0 человек, проголосовали: за 14, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель

диссертационного совета

Коржавый Алексей Пантелеевич

Ученый секретарь

диссертационного совета

Лоскутов Сергей Александрович

Дата оформления Заключения 25 декабря 2019 года