

## ОТЗЫВ

официального оппонента, на диссертационную работу **Чжо Зай** на тему **«Разработка термоэмиссионных электродов с эффектом полого катода и сниженным нагревом в катодном пятне»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

**1. Актуальность темы диссертации.** В настоящее время в России интенсивно развивается производство сельхозпродукции в теплицах, и так как для освещения в тепличных комплексах широко используются натриевые лампы высокого давления, поэтому постоянно увеличивается в них потребность. В связи с этим является актуальной работа по совершенствованию натриевых ламп с целью увеличения их долговечности, что ведет с одной стороны к удовлетворению потребностей в этих лампах, а с другой - к снижению отрицательного воздействия на экологию, так как увеличение срока службы уменьшает количество утилизируемых ламп и, соответственно, снижает выбросы в окружающую среду продуктов их переработки. Достижение этих целей невозможно без разработки новых электродов, которые способны обеспечить такие параметры натриевых лампы высокого давления как - долговечность и стабильность светового потока. Долговечность ламп определяется главным образом сроком службы электродов. Когда у них снижается эмиссионная способность, зависящая от наличия эмиссионно-активного вещества на рабочей поверхности электрода, лампы перестают зажигаться. В связи с этим диссертационная работа Чжо Зай, посвященная важной проблеме создания и совершенствования спеченных электродов натриевых ламп высокого давления является весьма актуальной.

**2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.** В диссертации

представлено достаточно полное библиографическое исследование по теме работы (104 наименований), в котором автор показал современное состояние вопроса по разработке термоэмиссионных электродов. Научные положения, вынесенные автором на защиту, обладают оригинальностью, обоснованны и конкретны. Выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, а также личный вклад самого автора достаточно аргументированы результатами выполненных им исследований, согласуются с опубликованными в России и за рубежом работами по данной тематике.

**3. Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций** подтверждена следующими результатами:

- хорошим совпадением с данными, имеющимися в научной литературе;
- использованием современных математических моделей;
- положительным опытом реализации результатов работы.

Все основные положения и результаты диссертации доложены на научно-технических конференциях. Результаты диссертации опубликованы в 2 научных статьях в журналах из перечня ВАК.

**4. Научная новизна диссертационной работы.** В ходе выполнения диссертационной работы были впервые получены следующие результаты:

- 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 электроде теплоотводящего слоя позволяет снизить температуру поверхности в области взаимодействия с разрядом на 50...100 К.

**5. Практическая значимость работы.** Результатом проведенных исследований явилась разработка нового поколения спеченных термоэмиссионных электродов для дуговых разрядных натриевых ламп высокого давления. Применение разработанных электродов позволило:

- увеличить средний ресурс ламп до 30000 часов;
- уменьшить падение светового потока в течение срока службы с 20 % до 13 %;
- уменьшить расходы на утилизацию отработавших ламп.

Результаты работы внедрены в производство спеченных электродов на ООО «Калужские лампы».

Теоретические и экспериментальные результаты диссертационной работы могут быть использованы в НПО «Плазма» (г. Рязань), ООО «Лисма» (г. Саранск), ОАО «НИИ «Полнос» им. М.Ф. Стельмаха» (г. Москва) и в других организациях, занимающихся разработкой и производством разрядных приборов.

**6. Область исследования.** Предметная область диссертационного исследования соответствует паспорту специальности ВАК 01.04.07 Физика конденсированного состояния, а именно п.6 «Разработка экспериментальных методов изучения физических свойств и создание физических основ промышленной технологии получения материалов с определенными свойствами» и п.7 «Технические и технологические приложения физики конденсированного состояния».

## **7. Оценка содержания работы и автореферата**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка

литературы и изложена на 114 страницах. Содержание логично структурировано, обладает внутренним единством. Все главы представляют собой законченные блоки исследований, содержат постановку задач, необходимые расчеты, описание предлагаемых методов и экспериментов, обсуждение результатов. Заявленная соискателем цель последовательно решается в диссертационной работе.

**Во введении** обоснована актуальность темы, степень ее разработанности, сформулированы основные цели и задачи, научная новизна, практическая значимость работы, положения, выносимые на защиту; изложены методология и методы диссертационного исследования, степень достоверности результатов работы; приведены сведения об апробации работы.

**В первой главе** рассмотрены вопросы разработки термоэмиссионных электродов для натриевых разрядных ламп высокого давления; проанализированы имеющиеся литературные данные о физических процессах, обусловленных воздействием разрядной плазмы на термоэлектрод; обоснована целесообразность работ, связанных с исследованием спеченных электродов, необходимость создания нового вида эмиссионно-активного вещества и определение конструктивных особенностей спеченных электродов; указаны способы изготовления термоэлектродов для натриевых ламп высокого давления, обеспечивающих повышенную до 30 тысяч часов их ресурс.

**Во второй главе** построена модель переноса тепла в плоском двухслойном электроде и найдено аналитическое решение уравнения теплопроводности в объеме электрода. Исследована возможность снижения распыляющего воздействия высокоэнергетичных частиц за счет реализации так называемого эффекта «полого катода». Показано, что в условиях, типичных для натриевых ламп высокого давления, возможно существование эффекта «полого катода», если расстояние между разделенными участками электрода находится на уровне 0,2 мм.

**В третьей главе** приведена разработка способов изготовления экспериментальных образцов спеченных термоэлектродов для натриевых ламп высокого давления. В частности рассмотрены особенности технологии изготовления спеченных электродов; разработаны процессы синтеза эмиссионно-активного вещества комбинированного состава представляющего собой смесь вольфрамата бария-кальция и алюмината бария, технологии приготовления шихты и изготовления спеченных электродов с теплоотводящей подложкой. Изложены результаты определения фазового состава эмиссионно-активного вещества, полученные с использованием рентгеновского дифрактометра ДРОН-1УМ.

**В четвертой главе** приведены результаты исследования следующих физико-технических характеристик усовершенствованных спеченных термоэлектродов для натриевых ламп высокого давления:

- теплопроводности спеченной части термоэлектрода с эмиссионно – активным веществом;
- теплопроводности спеченной подложки;
- распыления поверхности термоэлектрода в тлеющем разряде;
- распределения температуры по поверхности термоэлектродов в катодном и анодном режимах.

**В заключении** автором сформулированы основные результаты и выводы по диссертации.

В целом, в работе представлены все этапы по решению задач, поставленных соискателем в диссертационном исследовании.

Содержание автореферата в достаточной мере отражает материал диссертационной работы, основные ее положения и научные результаты.

## **8. Замечания по содержанию диссертации.**

По результатам анализа содержания работы считаю необходимым сделать следующие замечания:

1. В тексте диссертации имеются как орфографические («Philyps» - стр.6), так и стилистические ошибки, а так же в тексте, судя по смыслу,

имеются как пропуски слов ("которые также ..... привести к разрушению электродов"), так и наличие лишних слов ("что не может обеспечить термоэмиссию, необходимую с целью для образования термо-электронной формы дуги," стр. 15).

2. В диссертации заявлено, что общий ресурс работы натриевых разрядных ламп, укомплектованных двухслойными спеченными электродами, повышается до 30 – 32 тысяч часов. Испытания этих ламп должны длиться порядка четырех лет. Каким образом в работе проводилась оценка срока службы экспериментальных ламп.

3. В диссертации определен состав эмиссионно-активного вещества представляющего собой смесь вольфрамата бария-кальция ( $Ba_2CaWO_6$ ) и алюмината бария ( $BaAl_2O_4$ ) при массовом отношении 2:1. Однако в работе не указано каким образом в процессе изготовления эмиссионно-активного вещества обеспечивалось указанное соотношение и каким образом изменение указанного соотношения может изменять ресурс работы лампы.

4. В тексте диссертации на рис. 2.5 приведены фотографии, иллюстрирующие эффект «полого катода» в плоскопараллельном катоде, что свидетельствует о возможности возникновения эффекта «полого катода» в разработанных экспериментальных образцах спеченных электродов, однако, к сожалению, отсутствуют аналогичные рисунки с разработанными образцами термоэлектродов.

5. В пунктах 4.5.1 и 4.5.2 приведены фотографии электродов при их работе в режиме катода и анода. Целесообразно было привести фотографию того же электрода при питании переменным током частотой 50 Гц, так это реальные условия эксплуатации лампы и каждый полупериод (катодный и анодный) оказывает влияние на температурный режим работы электрода.

Однако сформулированные замечания не снижают положительную оценку, которую заслуживает диссертационная работа.

### **Заключение.**

Диссертационная работа Чжо Зай «Разработка термоэмиссионных электродов с эффектом полого катода и сниженным нагревом в катодном пятне» является законченной научно-исследовательской квалификационной работой, выполненной на актуальную тему.

Диссертация отвечает всем требованиям, установленным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертационным работам, а ее автор Чжо Зай заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния».

Официальный оппонент:

доктор технических наук, доцент

заведующий базовой кафедрой источников света

Института электроники и светотехники

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский

Мордовский государственный университет

им. Н. П. Огарёва»

Ашрятов Альберт Аббясович

11 сентября 2019 г.

Я согласен на обработку моих персональных данных.

тел.: +7(834)2290647, +7 903 325 6892

e-mail: ashryatov@rambler.ru

адрес: 430005, г. Саранск,

ул. Б. Хмельницкого, 39.

