

ОТЗЫВ

официального оппонента, д.т.н., доцента, профессора кафедры конструкторско-технологической информатики ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева» Майорова Михаила Ивановича на диссертационную работу Йе Еинт Ко Ко «Физико-технические принципы создания керметных материалов с объемным распределением омического сопротивления для катодно-подогревательных узлов электронных приборов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Актуальность темы.

Развитие современной электроники и электротехнологии естественным образом связано с созданием новых и улучшением свойств уже известных материалов. Технологические возможности создания новых материалов и покрытий далеко не исчерпаны, и они, в первую очередь, открывают новые перспективы совершенствования физико-технических характеристик современных технических систем. Как известно, важнейшими компонентами радиоэлектронной техники являются генераторные лампы, лампы бегущей волны (ЛБВ), клистроны непрерывного и импульсного действия, и т.п. Качество данных приборов в основном определяется долговечностью и надежностью катодных систем, в совокупность которых входят: подогревательные узлы, эмиттеры, сеточные электроды.

Одним из основных факторов отказов электровакуумных приборов являются перегорание и разрушение подогревательных узлов. Многочисленные исследования, направленные на увеличение механической прочности катодно-подогревательных узлов (КПУ), не решили проблему локальных перегревов. Поэтому проблема увеличения долговечности КПУ до сего времени остается актуальной и значимой. Решение этой проблемы связано как с совершенствованием конструкции катодных подогревателей, так и подбором принципиально новых материалов, в частности керметов состава вольфрам - нитрид алюминия. В связи с этим диссертационная работа Йе Еинт Ко Ко является **актуальной**.

Структура и содержание диссертации.

Диссертация Йе Еинт Ко Ко состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (105 источников) и изложена на 123 страницах.

Во введении дана общая характеристика работы, обоснована актуальность ее темы, сформулированы цели и задачи, указаны научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе проведен анализ существующих материалов и способов создания катодно-подогревательных узлов электровакуумных приборов.

Во второй главе проанализированы некоторые существующие модельные представления об электропроводности керметов и рассчитаны удельные сопротивления керметных материалов в соответствии с анализируемыми моделями, а также выведена формула для расчета удельного сопротивления двухфазного кермета, в соответствии с которой рассчитаны сопротивления керметных материалов различных составов.

В третьей главе представлена технология изготовления изделий из керметов перечисленных составов. Они заключаются в предварительном смешивании порошков в присутствии размольных шаров в среде этилового спирта в течение 6-12 часов, формовании заготовок из полученной массы в присутствии органического связующего и спекании их в вакуумной электрической печи при температуре не ниже 2070 К. Показано, что применение повторного процесса размола и смешивания спеченного материала позволяет повысить равномерность распределения частиц исходных компонентов и, как следствие, улучшить стабильность электрического сопротивления.

В четвертой главе экспериментально исследованы электропроводность, теплопроводность, механическая прочность и структура спеченных керметов на основе порошковой смеси проводящего и диэлектрического материалов.

В заключении автором сформулированы основные результаты и выводы по диссертации.

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

Все научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, обоснованы. Автором изучены и критически проанализированы известные достижения и теоретические положения других авторов – список литературы содержит 105 наименования.

Достоверность.

Результаты диссертационной работы представляются достоверными. Достоверность подтверждается четким физическим смыслом результатов, их согласованностью с современными представлениями об объекте и о предмете исследования, соответствием с имеющимися в научной литературе.

Основные результаты диссертации прошли достаточную апробацию на представительных конференциях, опубликованы в рецензируемых научных журналах.

Научная новизна.

В диссертационной работе получены новые научные результаты, наиболее важными из которых являются следующие:

1. Исследованы микроструктура и физико-технические свойства керметных материалов состава W-AlN. Показано, что применение нитрида алюминия позволяет повысить коэффициент полезного действия подогревателя при одновременном увеличении его надёжности.

2. Разработана модель геометрической сетки с шаровыми частицами, позволяющая вывести формулы для расчета удельного сопротивления керметов, основанная на предположении об образовании упорядоченной токопроводящей структуры в двухфазном материале на основе порошков проводящего и диэлектрического материалов.

3. Введено понятие относительной площади контактирования, представляющей собой отношение площади перпендикулярного сечения шейки, возникшей при спекании соседних токопроводящих шаровых элементов, к диаметральной площади сечения шарового элемента.

Значимость для науки и практики результатов диссертации.

Полученные результаты вносят существенный вклад в понимание физических процессов, формирующих свойства порошковых тел при спекании двухкомпонентных систем на основе металла и нитрида.

Замечания по диссертации.

1. Сопротивление кермета определяется количеством бесконечных проводящих кластеров, а также площадью перешейков между соседними проводящими частицами. Можно ожидать, что при малых площадях контактное сопротивление будет приводить к локальному перегреву материала. В диссертационной работе этот вопрос не рассмотрен.

2. Как известно, улучшить качество порошковых композиций позволяет применение наноразмерных частиц. Возможно ли применение разработанных в диссертации моделей электропроводности керметов в таком случае.

3. В диссертации приведены графические зависимости удельного электрического сопротивления от концентрации проводящей фазы, построенные в соответствии с литературными данными и собственными данными автора. При этом анализ причин их отличия не приводится. На ряде графиков отсутствуют экспериментальные точки, не указана размерность.

Сделанные замечания носят частный характер и не уменьшают научной и практической значимости диссертационной работы, не затрагивают научных положений и не влияют на достоверность полученных результатов. Структура работы является последовательной, отдельные части логически взаимосвязаны. Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК Минобрнауки РФ. **Автореферат** соответствует основному содержанию диссертации, её основным идеям и выводам.

Заключение.

Диссертационная работа Йе Еинт Ко Ко «Физико-технические принципы создания керметных материалов с объемным распределением

омического сопротивления для катодно-подогревательных узлов электронных приборов» по актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости, достоверности полученных результатов и обоснованности выводов отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям ВАК Минобрнауки РФ и полностью соответствует требованиям раздела II «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, а автор диссертации, Йе Еинт Ко Ко, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Я согласен на обработку моих персональных данных.

Официальный оппонент:

Майоров Михаил Иванович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры конструкторско-технологической информатики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева»,

_____ М.И. Майоров

12 сентября 2019 г.

Почтовый адрес:

433000, г. Саранск, ул. Большевистская, д. 68

Тел.: 8 987-5676409

e-mail: mayorovmi@mail.ru

