

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

УДК 658.5.012.1

Мачерко
Дмитрий Андреевич

«Электрические и тепловые характеристики нагревательных элементов на
основе алюминия с нанопористым оксидом алюминия и углеродным
нагревателем»

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-41 80 03 нанотехнологии и наноматериалы
(в электронике)

Научный руководитель
Врублевский Игорь Альфонсович
кандидат технических наук
доцент, в.н.с. НИЛ 5.3

Минск 2019

Работа выполнена на кафедре микро- и нанoeлектроники учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель:

Врублевский Игорь Альфонсович,

Кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник НИЛ 5.3 учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент:

Завадский Сергей Михайлович,

Кандидат технических наук, доцент кафедры ЭТТ «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Защита диссертации состоится «25» июня 2019 г. года в 9⁰⁰ часов на заседании Государственной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, г.Минск, ул. П.Бровки, 6, 1 уч. корп., ауд. 114, тел.: 293-89-26, e-mail: kafme@bsuir.by.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

ВВЕДЕНИЕ

Производство тепловой энергии, как средство создания необходимых комфортных условий возникло в древнейшие времена и с тех пор является спутником человека на пути цивилизованного развития. Замена традиционных видов нагрева на основе твёрдого, жидкого или газообразного топлива электронагревом повышает надёжность и безопасность оборудования, облегчает контроль и регулирование температуры.

Развитие электронагревательных приборов является важным мероприятием, направленным на повышение производительности труда и жизненного уровня, экономию времени, улучшения санитарно-гигиенических условий жилищ и создание необходимого комфорта. Поэтому одной из наиболее важных и сложных проблем в развитии экономики является проблема повышения эффективности производства тепловой энергии.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Современное производство и быт требуют широкого использования электрической и тепловой энергии. Системы энергообеспечения позволяют создать необходимые условия производства и комфорт на различных предприятиях и для бытовых потребителей. Важнейшими функциями этих систем являются эффективное генерирование, доставка и распределение тепловой энергии для отопления, горячего водоснабжения и удовлетворения технологических нужд.

Совершенствование электротехнических устройств и систем позволяет интенсифицировать ряд процессов в промышленности, сельском и домашнем хозяйствах, повышает качество, улучшает массогабаритные и энергетические показатели многих промышленных и бытовых приборов и систем, повышает удобство их эксплуатации.

Технической задачей объекта новой техники является упрощение конструкции и повышение надежности плоского электронагревателя. Для этого в предлагаемом нагревательном элементе объединены достоинства использования углеродного волокна в качестве нагревательного элемента и конструкции с низким тепловым сопротивлением за счет размещения тела нагревателя на теплопроводящей детали, что позволило обеспечить однородный и равномерный нагрев требуемой поверхности при относительно низкой стоимости изготовления такого нагревателя.

Степень разработанности проблемы. В современном мире область нагревательных элементов постоянно развивается. Существует множество видов нагревателей, однако, все они имеют свои недостатки. Изученные и открытые в данный момент методы нагрева и используемые для этого материалы не обладают достаточными свойствами для равномерного нагрева либо недостаточно быстро нагревают необходимую область. В данной диссертации представлен плоский электрический нагреватель с использованием современных материалов, что даёт возможность максимально приблизиться к достижению необходимых характеристик.

Над проблемой нагревательных элементов работают такие учёные, как Врублевский И.А., Чернякова Е.В., также другие ученые из стран ближнего и дальнего зарубежья.

Цель и задачи исследования

Целью магистерской диссертации является создание нового типа плоских алюминиевых нагревательных элементов, в конструкции которых в качестве герметизирующего состава используется силиконовый компаунд.

Для достижения цели, поставленной в диссертации, необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ существующих типов нагревательных элементов;
- определить необходимые нормы, предъявляемые к такого рода оборудованию, обязательные к исполнению;
- осуществить проектирование нового типа нагревательных элементов;
- подготовить оборудование и методическое обеспечение для проведения экспериментальных исследований нового типа нагревательных элементов;
- осуществить анализ полученных экспериментальных данных и сделать заключение об эффективности конструкции нового типа.

Объектом исследования являются нагревательные элементы на основе алюминия с нанопористым оксидом алюминия и углеродным нагревателем.

Предметом работы выступают электрические и тепловые характеристики нагревательных элементов.

Область исследования. Содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-41 81 03 «Нанотехнологии и наноматериалы в электронике».

Теоретическая и методологическая основа исследования. В основу диссертации легли результаты известных исследований белорусских, российских и зарубежных ученых в области микро- и наноэлектронных технологий.

Также использовались материалы конференций, последние известные разработки в данной сфере, современные книги, охватывающие область технологий и методов нагрева, а также исследования электрических и тепловых свойств нагревательных элементов.

Научная новизна диссертационной работы заключается в использовании новых материалов в качестве изолирующего материала, получении улучшенных электрических и тепловых характеристик нагревательного элемента.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Разработанный технологический процесс нанесения силиконового компаунда в качестве герметизирующего полимера нагревателя позволил повысить рабочую температуру на 80 °С по сравнению с эпоксидным компаундом без изменения общей конструкции и конструктивных элементов нагревателя, а также его технических характеристик.

Теоретическая значимость диссертации заключается в том, что в ней присутствует полное описание продукта, характеристики используемых материалов, полное описание необходимого для исследований оборудования, изложен процесс исследования полученного продукта, а также проведён анализ полученного нагревательного элемента.

Практическая значимость диссертации состоит в том, что на основе предложенных материалов получается высококонкурентный продукт, способный удовлетворить требования к скорости и площади нагрева необходимых компонентов.

Апробация и внедрение результатов исследования

Результаты исследования были неоднократно представлены на конференциях: Microsystemtechnik 14. Chemnitzer Fachtagung, 54-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 23 - 27 апреля 2018 г. / БГУИР, белорусско-китайский молодежный инновационный форум, 2-3 ноября 2017 г. БНТУ

Структура и объем работы. Структура диссертационной работы обусловлена целью, задачами и логикой исследования. Работа состоит из введения, пяти глав и заключения, библиографического списка. Общий объем диссертации – 57 страниц. Работа содержит 9 таблиц, 33 рисунков. Библиографический список включает 21 наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрено современное состояние проблемы нагрева плоскостей с необходимой скоростью и равномерностью, определены основные направления исследований, а также дается обоснование актуальности темы диссертационной работы.

В **общей характеристике работы** сформулированы ее цель и задачи, даны сведения об объекте исследования и обоснован его выбор, представлены положения, выносимые на защиту, приведены сведения о личном вкладе соискателя, апробации результатов диссертации и их опубликованность, а также, структура и объем диссертации.

В **первой главе** рассматривается общая характеристика плоских нагревательных элементов, являющихся непосредственно объектом исследования. Приведена общая конструкция данного продукта, процесс его создания и используемые в данный момент материалы.

Во **второй главе** приведена классификация и полное описание современных видов нагревательных элементов. Описаны их строение, отличия, применяемость, достоинства и недостатки каждого из видов.

В **третьей главе** представлено описание конструкции исследуемого нагревательного элемента, описание использованных материалов, нагревательного элемента, экспериментальной установки и процесса исследования, описано необходимое оборудование.

В **четвёртой главе** кратко описан процесс производства плоских нагревательных элементов.

В **пятой главе** описана экспериментальная часть магистерской диссертации. Описаны и продемонстрированы полученные результаты исследований и их обсуждение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для достижения цели, поставленной в магистерской диссертации, были решены следующие задачи:

- проведен анализ существующих типов нагревательных элементов;
- определены необходимые нормы, предъявляемые к такого рода оборудованию, обязательные к исполнению;
- осуществлено проектирование нового типа нагревательных элементов;
- подготовлено оборудование и методическое обеспечение для проведения экспериментальных исследований нового типа нагревательных элементов;
- проведено экспериментальное исследование характеристик эффективности нагрева;
- осуществлен анализ полученных экспериментальных данных и сделать заключение о эффективности конструкции нового типа.

Исходя из полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- применение силиконового компаунда в качестве герметизирующего полимера позволило повысить верхнюю рабочую температуру плоского алюминиевого нагревателя до 200 °С;
- плоский электронагреватель на основании из анодированного алюминия характеризуется быстрым выходом на максимальную рабочую температуру и достигает температуры 200 °С за время 60 с (мощность 13,5 Вт);
- несмотря на односторонний нагрев с использованием линейчатого нагревательного элемента из углеродной нити на всех этапах нагрева на обратной (теплоотводящей) стороне нагревателя обеспечивался равномерный профиль распределения температуры по поверхности.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

- Лушпа, Н. В. Определение параметров микроструктуры нанопористых материалов с помощью автоматизированной цифровой обработки СЭМ изображений / Н. В. Лушпа, Д. А. Мачерко // Радиотехника и электроника : материалы 54-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 23 - 27 апреля 2018 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. - Минск, 2018. - С. 160.
- Лушпа, Н. В. Тепловые характеристики сверхтонких алюминиевых нагревателей для скоростного нагрева в дисплейно-информационных комплексах / Н. В. Лушпа, Д. А. Мачерко, М. Ф. С. Х. Аль-Камали // Новые горизонты – 2017 : сборник материалов Белорусско-Китайского молодежного инновационного форума, 2-3 ноября 2017 г. : в 2 т. – Минск : БНТУ, 2017. – Т. 1. – С. 28-30.
- Thermal characteristics of flat heaters made of aluminum with nanoporous anodic aluminum oxide. Lushpa, N.V.; Macherko, D. A.; Chernyakova, K. V.; Vrublevsky, I. A.; Belarusian state university of informatics and radioelectronics, Minsk, Belarus