

Тепловые режимы работы микронагревателя датчика скорости потока на алюминии с изолирующим слоем из нанопористого оксида алюминия

¹Врублевский И.А., ¹Чернякова Е.В., ¹Тучковский А.К.,

²Муратова Е.Н., ²Лучинин В.В., ²Мошников В.А.

¹ Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, 220013, Республика Беларусь
vrublevsky@bsuir.edu.by

² Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им.В.И. Ульянова (Ленина)
г. Санкт-Петербург, 197376, Российская Федерация
SokolovaEkNik@yandex.ru

Аннотация: Представлены результаты исследований температурного режима работы электрического нагревателя с углеродной нитью на поверхности алюминиевого основания с нанопористым оксидом алюминия. Показано, что использование нанопористого оксида алюминия (электролит анодирования – серная кислота) на поверхности алюминия для конструкции микронагревателя с углеродной нитью позволяет решить задачи по его тепловой изоляции от алюминия. Благодаря высокой теплоизоляции такой тип микронагревателя с углеродной нитью имеет хорошие перспективы для использования в конструкции датчиков скорости потока термоанемометрического типа.

Ключевые слова: нанопористый оксид алюминия, серная кислота, углеродная нить, микронагреватель, датчик скорости потока.

1. Введение

Основой развития современных средств автоматизации является широкое применение датчиков, с помощью которых получают информацию о параметрах контролируемой среды или устройства [1]. Применение новых композиционных материалов и микроэлектронной технологии для изготовления датчиков позволило существенно улучшить их параметры, снизить стоимость и открыть новые возможности для их использования [2]. Среди различных типов датчиков особое место занимают датчики скорости потока теплового типа. Областью использования датчиков скорости потока являются автомобильная, химическая и электронная про-

мышленность, медицина, космическая техника, системы кондиционирования и вентиляции [3]. В тепловых датчиках скорости потока процесс измерения проводится либо по степени охлаждения нагретого тела, помещенного в поток (термоанемометры), либо по переносу тепловой энергии между двумя точками, расположенными вдоль потока (калометрические датчики скорости потока).

Одними из самых распространенных датчиков для измерения скорости потока являются термоанемометрические датчики с электрическим микронагревателем. Для работы датчиков такого типа используется следующий алгоритм. При отсутствии потока температура микронагревателя остается постоянной. Когда появляется поток, электрический нагреватель начинает отдавать тепло внешней среде. Количество теплоты, которое отдается потоку, зависит от начальной разности температур нагревателя и среды, параметров среды и скорости потока. Поэтому на чувствительность датчика оказывает большое влияние тепловая изоляция электрического микронагревателя от подложки: чем выше тепловая изоляция, тем выше чувствительность датчика.

Целью настоящей работы было исследовать температурные режимы работы электрического нагревателя с углеродной нитью на поверхности алюминиевого основания с нанопористым оксидом алюминия и оценить градиент температуры между углеродной нитью и поверхностью образца.

2. Экспериментальная часть

Экспериментальные образцы имели размеры 60x24 мм. Толщина алюминия составляла 0,6 мм. На поверхности основания из алюминия методом анодирования в 0,2 М водном растворе серной кислоты был сформирован слой нанопористого анодного оксида алюминия толщиной 20 мкм. В образцах в качестве электрического нагревателя, размещенного на поверхности нанопористого анодного оксида алюминия, использовался нитевидный нагреватель. Такое конструктивное исполнение нагревателя позволило добиться, чтобы на относительно малую поверхность платы приходилось большое количество выделяемого тепла. Генерация мощного теплового потока вдоль узкого линейного участка на поверхности платы позволяло сформировать значительный градиент температуры для нагревательного элемента. В качестве нагревательного элемента сопротивлением 60 Ом для всех образцов использовалась углеродная нить с размерами: толщина 80 мкм, ширина 0,5 мм и длина 75 мм. Концы углеродной нити гальваническим методом покрывались слоем меди толщиной 10 мкм. Уг-

леродная нить фиксировалась на поверхности образцов с помощью армированного слоя препрега, толщина которого до термообработки была около 80 мкм.

Тепловое поле на поверхности печатных плат, создаваемое нитевидным электрическим нагревателем, исследовалось с помощью тепловизионной камеры MobIR M4.

3. Результаты

Термограммы поверхности платы из алюминия с нанопористым оксидом алюминия и профиль распределения температуры вдоль заданной линии, пересекающей нагреватель из углеродной нити, снимались при мощности нагревателя 6,8 Вт.

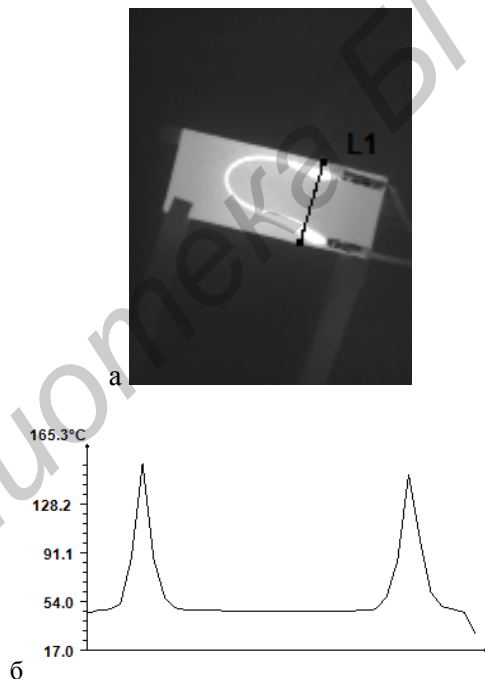


Рис. 1. Термограмма поверхности платы из алюминия с нанопористым оксидом алюминия и электрическим нагревателем из углеродной нити (а) и профиль распределения температуры (б) вдоль линии L_1 для мощности нагревателя 6,8 Вт

Эксперименты показали, что при мощности нагревателя 6,8 Вт температура углеродной нити достигала значения 150 ± 4 °С, в то время, как на

поверхности образца температура была в пределах $45,7 \pm 0,3$ °С (рис.1). Температура окружающей среды составляла 25 °С.

Возникновение градиента температуры для нити нагревателя относительно поверхности платы связано с ограничением в тепловой мощности, которую может пропускать диэлектрический слой. Величина температурного градиента около 100 °С свидетельствовало о хорошей теплоизоляции диэлектрического слоя между углеродной нитью и алюминием и о правильном выборе конструкционных материалов.

4. Заключение

Проведенные исследования показали, что использование нанопористого оксида алюминия (электролит анодирования – серная кислота) на поверхности алюминия для конструкции микронагревателя с углеродной нитью позволяет решить задачи по его тепловой изоляции от алюминия. Благодаря высокой теплоизоляции такой тип микронагревателя с углеродной нитью имеет хорошие перспективы для использования в конструкции датчиков скорости потока термоанемометрического типа.

Список литературы

- [1] Старостин А.А., Лаптева А.В. Технические средства автоматизации и управления: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. 168 с.
- [2] Сысоева С. Новые сенсорные решения. Выход на новый уровень измерений // Компоненты и технологии. 2011. № 8. С. 59-68.
- [3] Тихомиров К. Дифференциальный датчик давления и потока воздуха // Электронные компоненты. 2009. № 12. С. 51-52.