

## **ОЦЕНКА ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЛОЯ НАНОПОРИСТОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ НА АЛЮМИНИИ С ПОМОЩЬЮ ЛОКАЛЬНОГО НАГРЕВА В СТАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

Е.Н. Муратова<sup>1</sup>, К.В. Чернякова<sup>2</sup>, И.А. Врублевский<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет ЛЭТИ им.В.И. Ульянова (Ленина)

<sup>2</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Тепловые характеристики печатных плат определяются теплопроводностью диэлектрического слоя, на котором расположены проводники из медной фольги и активные элементы. Одним из способов улучшения тепловых характеристик печатных плат является использование в их конструкции алюминиевых оснований. Печатные платы с металлическим основанием применяются в изделиях с повышенными тепловыми нагрузками. Основными направлениями использования таких плат являются: светодиодная техника, силовая электроника, автомобильная электроника и распределительная электроника.

Целью данной работы было показать возможность исследования тепловых характеристик слоя нанопористого анодного оксида алюминия на поверхности алюминиевого основания с использованием тепловизионных измерений.

В экспериментах в качестве теплового источника, осуществляющего односторонний нагрев поверхности нанопористого анодного оксида алюминия, использовался нитевидный нагреватель. Такое конструктивное исполнение нагревателя позволило добиться, чтобы на относительно малую поверхность печатной платы приходилось большое количество выделяемого тепла. Генерация мощного теплового потока вдоль узкого линейного участка на поверхности платы использовалась для определения эффективности отвода тепла и оценки тепловых характеристик диэлектрического материала печатной платы.

Для исследований тепловых характеристик печатных плат использовался подход на основе одностороннего нагрева поверхности платы нагревательным элементом из углеродной нити. Обратная сторона платы при тепловых измерениях термостатировалась с помощью внешнего алюминиевого радиатора большой площади. Образцы для исследований имели размеры 60x24 мм. Толщина

алюминия 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 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. Углеродная 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.

Эффективность отвода тепла определяется тепловым сопротивлением многослойной конструкции платы. В случае алюминиевой основы с нанопористым оксидом алюминия, теплопроводность алюминия и нанопористого анодного оксида алюминия (серная кислота) равна 180 Вт/(м К) и 1 Вт/(м К) [1], соответственно. Термограммы лицевой поверхности платы из алюминия с нанопористым оксидом алюминия и профиль распределения температуры вдоль заданной линии, пересекающей нагреватель из углеродной нити, снимались при мощности нагревателя 3,3 Вт. Анализ полученных термограмм свидетельствуют, что тепловое поле имело равномерное распределение по поверхности платы. Высокую эффективность отвода тепла при использовании такой конструкции можно объяснить наличием тонкого слоя анодного оксида алюминия толщиной 20 мкм. В условиях термостатирования нижней стороны платы, через 30 с нагрева рост температуры на поверхности платы из алюминия останавливался и переходил к участку насыщения (Рисунок 1).

Температура углеродной нити и поверхности платы из алюминия на 30 с нагрева была равна 47,3 и 35,3 °С соответственно. Градиент температуры углеродной нити относительно поверхности нанопористого анодного оксида алюминия составил 12,3 °С. Возникновение градиента температуры для нити нагревателя относительно поверхности платы связано с ограничением в тепловой мощности, которую может пропускать слой нанопористого анодного оксида алюминия.

Полученные результаты свидетельствуют, что благодаря высокой теплопроводности платы из алюминия с нанопористым оксидом

алюминия генерируемое нагревателем тепло с высокой скоростью достигает обратной стороны платы.

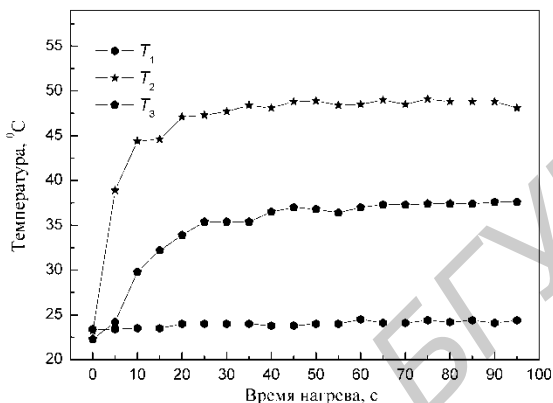


Рисунок 1 - Зависимость температуры в контрольных точках  $T_1$  (радиатор),  $T_2$  (углеродная нить) и  $T_3$  (поверхность анодного оксида алюминия) от времени нагрева для печатной платы из алюминия с нанопористым оксидом алюминия

Анализ полученных результатов показывает, что значение градиента температуры нитевидного нагревателя характеризует степень теплопроводности слоя нанопористого анодного оксида алюминия. Чем выше значение этого градиента, тем ниже теплопроводность диэлектрического слоя и наоборот, чем ниже значение градиента — тем выше теплопроводность диэлектрического слоя.

1. Abad B., Maiz J., Martin-Gonzalez M. Rules to determine thermal conductivity and density of anodic aluminum oxide (AAO) membranes. J. Phys. Chem. C 120 (2016) 5361-5370.