

## ЗАДАЧА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТЕПЛА В ПРОЦЕССЕ ПОДГОНКИ ПЛЕНОЧНОГО ЭЛЕМЕНТА

А.А. Денисюк

«Самарский национальный исследовательский университет имени  
академика С.П. Королёва», г. Самара

Будем считать электрод круглым стержнем радиуса  $r_0$ , определенный изменением координаты  $z_1 \cdot z_0 \leq z_1 < +\infty$ . Предположим, что на торце стержня в начальный момент времени  $t=0$  вспыхивает мгновенный источник тепла, причем количество тепла, выделяющегося на единице площади сечения равно  $Q_0$ . Будем искать температурные поля в электроде и пленке и распределение тепловых потоков между взаимодействующими телами, т.е. электродом и пленкой. При этом, если геометрическая модель электрода – всегда круглый полуограниченный стержень, то геометрическая модель для пленки – будет различной в зависимости от различных подходов к задаче.

Рассмотрим некоторые модели, дающие лишь первоначальную ориентировку в проблеме распределения тепловых потоков.

Введем следующие обозначения:

$\alpha$  – коэффициент температуропроводности,

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности,

$C$  – удельная теплоемкость,

$\rho$  – плотность,

$T$  – температура, причем справедливо соотношение  $\alpha = \frac{\lambda}{\rho C}$ .

Для стержня соответствующие обозначены будут:  $\alpha_1, \lambda_1, C_1, \rho_1, U_1$ , а для модели, соответствующей пленке:  $\alpha_2, \lambda_2, C_2, \rho_2, U_2$ . Через  $\delta(x)$  будем обозначать  $\delta$  – функцию Дирака. Через  $Q_0 = Q - Q_v$  будем обозначать количество тепла, оставшееся после выжигания отверстия в пленке. При этом  $Q$  – общее затраченное количество тепла, а  $Q_v$  – количество тепла, потраченное на выжигание отверстия.

Будем считать, что количество тепла, выделенное в стержне равно  $Q'_1$ . При этом  $Q'_1 + Q'_2 = Q_0$ . Имеется в виду, что  $Q'_1$  и  $Q'_2$ , выделились в начальный момент времени в точке, описывавшей конец электрода. Тогда температурное поле в электроде будет описываться как решение следящей задачи

$$\frac{\partial U_1}{\partial t} = \alpha_1 \frac{\partial^2 U_1}{\partial z_1^2} + Q'_1 \delta(z) \delta(t), \quad U_1|_{t=0} = U_0,$$

где  $U_0$  – начальная температура.

Решение этой задачи можно описать формулой:

$$U_1(t_1 z_1) = U_0 + \frac{Q'_1}{\rho_1 c_1 \sqrt{2\pi t}} e^{-\frac{z_1^2}{4t}}. \quad (1)$$

Формула (1) для определения температуры может использоваться до тех пор, пока  $U_1(t, z_1)$  меньше температуры плавления материала. Аналогично, считая пленку тонкой и предполагая ее неограниченной по  $x$ ,  $y$ , т.е. считая, что  $-\infty < x < \infty$ ,  $-\infty < y < \infty$ , можно полагать, что температурное поле в каждом плоском сечении  $Z_2 = \text{const}$  одинаково. Тогда температурное поле в пленке будет описано как решение задачи

$$\frac{\partial U_2}{\partial t} = \alpha_2 \left( \frac{\partial^2 U_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U_2}{\partial y^2} \right) + \frac{Q_2'}{\rho_1 c_1} \delta(x) \delta(y) \delta(t), \quad U_2|_{t=0} = U_0.$$

Решение этой задачи описывается формулой:

$$U_2(t, x, y) = U_0 + \frac{Q_2}{2\rho_2 c_2 n t} e^{-\frac{x^2+y^2}{4\alpha_2 t}}.$$

УДК 621.316

## **МЕТОДИКА ДИАГНОСТИЧЕСКОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ОКСИДНО-ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КОНДЕНСАТОРОВ**

А.К. Колотов

«Самарский национальный исследовательский университет имени  
академика С.П. Королёва», г. Самара

Одним из перспективных способов повышения качества и надежности бортовых радиоэлектронных средств является отбраковка потенциально ненадежных электрорадиоизделий (ЭРИ) по результатам проведенного диагностического неразрушающего контроля (ДНК).

Проведен анализ типов дефектов и механизмов отказов различных типов конденсаторов. На основе проведенного анализа моделей отказов и априорной информации об отказах сделан предварительный выбор информативных параметров для оценки потенциальной ненадежности ЭРИ. Экспериментальные исследования деградации электрорадиоизделий и исследовательские испытания позволили сделать окончательный выбор информативных параметров и установить уровни (пороги) классификации и отбраковки потенциально ненадежных образцов.

Проведенное исследование показало, что недостаточной надёжностью обладают оксидно-полупроводниковые ниобиевые конденсаторы серии К53. Это герметичные конденсаторы, имеющие повышенный удельный заряд на единицу объема и соответственно меньшие габаритные размеры для одних и тех же номиналов.

В связи с этим был разработан новый способ ДНК конденсаторов с оксидным диэлектриком. В этом случае измеряют реальную АЧХ фильтра,