

изменяющегося тока. Измерение основано на формуле термометра сопротивления

$$\frac{U}{I} = R = R_1[1 + \alpha_1 \Delta T],$$

где  $U$  – напряжение на проводнике;  $I$  – скачок изменяющегося тока;  $R$  – измеренное сопротивление проводника.

Процедура измерения  $\Delta T$  следующая: регистрируется температура окружающей среды  $T_1$  и с помощью моста Кельвина переменного тока измеряется  $R_1$ , для чего по проводнику пропускают небольшой ток (100 мА или меньше), который вызывает незначительный подъем температуры. Затем скачкообразно изменяющийся ток пропускают через испытуемый проводник, что приводит к падению напряжения на проводнике, которое регистрируется как функция времени. Для проведения этих экспериментов широко используются средства передачи данных и обработка данных на ЭВМ. Имеется специальная программа ЭВМ для редактирования накопленных данных и построения графиков.

Пользуясь этими соотношениями, были рассчитаны изменения температуры проводника.

УДК 621.382

## МОДЕЛИ ОТКАЗОВ В ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМАХ

А.А. Рожков

Самарский университет, г. Самара

Одним из распространённых отказов полупроводниковых микросхем является короткое замыкание. Известно, что образование короткого замыкания связано с диффузией материала проводника по сквозной поре в окисной пленке. Процесс приводит к уменьшению значения пробивного напряжения элемента  $U_{np}$  и описывается формулой:

$$U_{np}(t) = \frac{U_{np}(0)}{d_0} \cdot (d_0 - 2\alpha\sqrt{Dt})$$

где  $D = D_0 \cdot \exp\left(\frac{E_\alpha}{kT}\right)$ ,  $E_\alpha = 1,2 \text{ эВ}$ ,  $D_0 = 10^{-2} \dots 10^{-3} \text{ см}^2/\text{с}$ .

Здесь  $U_{np}(0)$  – первоначальное значение пробивного напряжения;  $d_0$  – первоначальное расстояние между металлизированной дорожкой и кремнием вблизи сквозной поры;  $D$  – коэффициент диффузии материала проводника (Al) по поверхности сквозной поры;  $E_\alpha$  – энергия активации процесса диффузии;  $\alpha$  – постоянная. Если принять за критерий отказа допусаемое значение отношения первоначального напряжения к

эксплуатационному напряжению пробоя  $y = \frac{U_t}{U_0}$ , то можно рассчитать

среднее время до наступления отказа:

$$\bar{t}_{\text{кз}} = \frac{(1-y)^2 \cdot d_0}{D_0 \cdot \alpha^2} \cdot \exp\left(\frac{E_\alpha}{kT}\right)$$

Аналогично можно представить соответствующие механизмы отказов, в основе которых лежит диффузия металла по поверхности.

В докладе приведены расчётные значения времени наработки на отказ для различных исходных данных.

УДК 621.382

## **МЕТОД ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПОМЕХ, ВЫЗВАННЫХ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИМИ РАЗРЯДАМИ, В ЦЕПЯХ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

А.В. Костин, В.С. Бозриков, Е.С. Калинин  
Самарский университет, г. Самара

История борьбы с негативными проявлениями электризации космических аппаратов (КА) в процессе штатной эксплуатации насчитывает более 30 лет [1]. Однако, на сегодняшний день эта проблема обострилась особенно. Это связано с тем, что бортовая аппаратура (БА) КА, несмотря на все преимущества, которые приобрела в процессе своей эволюции, стала более чувствительной к электромагнитным помехам. Сам процесс электризации не вызывает электромагнитных помех. Однако, результатом процесса электризации, очень часто, является электростатический разряд (ЭСР). Последний вызывает импульсные электромагнитные поля, спектр которых весьма широк [2]

Исследование воздействия таких помех на БА КА является непростой задачей, причём, как теоретическое, так и экспериментальное. Теоретическое исследование требует построение сложных математических моделей, и как следствие, существенных вычислительных ресурсов. Кроме того, необходимо проверять построенные математические модели на практике, ибо только она является критерием истины. Таким образом, проводить экспериментальные исследования необходимо. Также, при проведении экспериментов возникает ряд трудностей связанных как с высокой стоимостью экспериментов, так и со сложностью решения технических задач.

В работе [3] изложена достаточно простая методика измерения помех в электрических цепях БА КА. Внутри специального макета, имитирующего корпус БА, устанавливаются антенны в форме