$$y_1(x) = a \cdot x^b e^{-cx} \quad , \tag{1}$$

в которой a, b и c – положительные коэффициенты, причем a и c определяют уровень экстремума и крутизну падающего участка характеристики.

Для формирования второй части ВАХ воспользуемся экспоненциальной функцией вида

$$y_2(x) = d \cdot \left(e^{kx} - 1\right), \tag{2}$$

где коэффициенты d и k положительны и определяют уровень и крутизну функции соответственно. При этом общую функцию $y(x)$ ВАХ туннельного диода представим в виде:

$$y(x) = a \cdot x^b e^{-cx} + d \cdot \left(e^{kx} - 1\right) \tag{3}$$

Коэффициенты a, b , c, d и k заданной функции взаимосвязаны со значениями y_{max}, y_{min}, x_1 , x_2, исходящими из условия $\frac{\partial y(x)}{\partial x} = 0$, т.е.

$$x^b \left(\frac{1}{x} - \frac{c}{b}\right) + \frac{kd}{ab} e^{(k+c)\cdot x} = 0. \tag{4}$$

Определение коэффициентов a, b, c, d и k из выражений (3) и (4) связано с решением систем сложных алгебраических уравнений. Однако задачу можно упростить, допуская, что влияние функции $y_2(x)$ на значения x_1 и y_{max} мало.

Был проведён анализ характеристик участков ВАХ. Установлена связь вида этих участков с дефектами структуры. Даны рекомендации по отбраковке дефектных диодов.

e-mail: kipres@ssau.ru

УДК 621.382

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ТУННЕЛЬНЫХ ДИОДОВ

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

Построение моделей проводилось по результатам обучающего эксперимента. Были использованы выборки, для которых выявить информативные параметры с приемлемым значением коэффициента корреляции не удалось.

Для оценки значения параметра каждого экземпляра выборки на момент времени прогноза $t_{пр}$ на основании совокупности значений параметра $y^{(j)}(t)$, измеренных в моменты времени $t1, t2, \ldots, tn$ должен быть построен оператор Hy следующего вида:

$$y^{*j}(t_{пр}) = H_y[y_j(t_1), y_j(t_2), \ldots, y_j(t_n)], \qquad (1)$$

где $t_n << t_{пр}$.

Таким образом, задача сводилась к выбору квазидетерминированной (КД) модели $f_{кд}$ и определению её коэффициентов $a_0^{(j)}, a_1^{(j)}, \ldots, a_m^{(j)}$, для каждого экземпляра выборки. В этом случае оценка значения параметра $y^{*(j)}(t_{пр})$ может быть определена следующим образом:

$$y^{*(j)}(t_{пр}) = f_{кд}[t_{пр}, a_o^{(j)}, a_1^{(j)}, \ldots, a_m^{(j)}]. \qquad (2)$$

Анализ экспериментальных данных обучающих выборок показал, что флуктуационная составляющая случайного процесса $y_{фл}(t)$ несущественна по сравнению с монотонной составляющей $y_{мон}^{(j)}(t)$ этого процесса. Ограничимся для нашего случая тремя дополнительными аргументами квазидетерминированной функции $a_0^{(j)}$, $a_1^{(j)}$, $a_2^{(j)}$. Тогда моделью случайного процесса будет функция вида

$$f_{кд}(t_{пр}, a_o^{(j)}, a_1^{(j)}, a_2^{(j)}) = y^{*(j)}(t_{пр}). \qquad (3)$$

Воспользуемся для определения коэффициентов a_0, a_1, a_2. методом наименьших квадратов. В нашем случае сущность метода сводится к нахождению таких значений a_0, a_1, a_2. выбранной зависимости $f_{кд}$, при которых сумма квадратов отклонений значений параметров j-го экземпляра, вычисленная по КД модели $y^{*(j)}(t_i)$, от фактических значений $y^{(j)}(t_i)$, будет минимальной, т.е.

$$\sum_{i=1}^{k}\left[y^{(j)}(t_i) - f_{кд}(t_i, a_0^{(j)}, a_1^{(j)}, a_2^{(j)})\right]^2 \to \min. \qquad (4)$$

Сумма (4) представляет собой функцию трёх переменных (трёх коэффициентов КД модели):

$$U(a_o^{(j)}, a_1^{(j)}, a_2^{(j)}) = \sum_{i=1}^{k}[y^{(j)}(t_i) - f_{кд}(t_i, a_o^{(j)}, a_1^{(j)}, a_2^{(j)})]^2. \qquad (5)$$

Минимум этой функции достигается при таких $a_0^{(j)}$, $a_1^{(j)}$, $a_2^{(j)}$, при которых её частные производные обращаются в нуль. Для определения $U_{min}^{(j)}$ получаем систему из трёх уравнений:

$$\left.\begin{aligned}
\frac{\partial U(a_o^{(j)}, a_1^{(j)}, a_2^{(j)})}{\partial a_o^{(j)}} = 0;\\
\frac{\partial U(a_o^{(j)}, a_1^{(j)}, a_2^{(j)})}{\partial a_1^{(j)}} = 0;\\
\frac{\partial U(a_o^{(j)}, a_1^{(j)}, a_2^{(j)})}{\partial a_2^{(j)}} = 0.
\end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

Решение данной системы будет иметь следующий вид:

$$\left.\begin{aligned}
a_o^{(j)} = f_o[t_1, t_2, ..., t_n, y^{(j)}(t_1), y^{(j)}(t_2), ..., y^{(j)}(t_n)];\\
a_1^{(j)} = f_o[t_1, t_2, ..., t_n, y^{(j)}(t_1), y^{(j)}(t_2), ..., y^{(j)}(t_n)];\\
a_2^{(j)} = f_o[t_1, t_2, ..., t_n, y^{(j)}(t_1), y^{(j)}(t_2), ..., y^{(j)}(t_n)].
\end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

Таким образом, решением системы (6) являются коэффициенты a_0, a_1, a_2, КД модели. Подставив полученные значения $a_0^{(j)}$, $a_1^{(j)}$, $a_2^{(j)}$ в (2), получим оценку значения параметра $y^{*(j)}$ в момент времени $t_{пр}$.

e-mail: kipres@ssau.ru

УДК 621.396

ТЕПЛОВЫЕ МОДЕЛИ ЭЛЕМЕНТОВ РЭС

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

Изделия электронной техники стремительно миниатюризируются. С увеличением функциональной плотности интегральных микросхем (ИМС) размеры проводящих дорожек уменьшаются, что приводит к увеличению плотности тока, увеличению доли отказов ИМС в изделиях, особенно при нарушении температурных режимов.

Микросхемы высокой степени интеграции не всегда надежны и стабильны, поэтому необходимо решать задачи отвода тепла от работающих изделий, обеспечивать неразрушение внутренних контактов интегральных схем при технологическом воздействии и испытаниях. Эти