ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАРАБОТКИ БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

Сташевский Д.А., Янцевич Ю.В., Бруй А.А., Боровиков С.М.
Научные руководители: канд. техн. наук, доц. Боровиков С.М., д-р техн. наук, проф. Матюшков В.Е.
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Беларусь
E-mails: yulia.yantsevich@gmail.com, bsm@bsuir.by

Аннотация — Рассмотрено физическое моделирование наработки биполярных транзисторов большой мощности.

1.Введение

Для решения задач прогнозирование постепенных отказов изделий электронной техники (ИЭТ) методом имитационных воздействий необходимо располагать математической моделью, показывающей, как рассматриваемый функциональный параметр ИЭТ зависит от времени работы (наработки) изделия. Эту модель будем называть деградационной.

Ставилась задача получить деградационную модель применительно к статическому коэффициенту передачи тока базы в схеме с общим эмиттером (параметру $h_{21Э}$) биполярных транзисторов (БТ) большой мощности типа КТ872А. Для получения экспериментальной зависимости $h_{21Э}$ от наработки t было организовано физическое моделирование наработки БТ.

2. Основная часть

Для выполнения физического моделирования наработки БТ были спланированы ускоренные испытания при повышенной температуре и наличии напряжения смещения на *p-n*-переходе. Использована типовая электрическая схема испытаний. При выборе режима и условий проведения ускоренных испытаний БТ использованы известные подходы [1, 2].

Согласно [1], итоговый коэффициент ускорения наработки $K_у^{(T,U)}$, учитывающий повышенную температуру T и напряжение смещения U на *p-n*-переходе коллектор-база, вычислен по формуле

$$K_у^{(T,U)} = K_у(T)\, K_у(U), \qquad (1)$$

где $K_у(T)$ — коэффициент ускорения наработки за счёт действия повышенной температуры; $K_у(U)$ — коэффициент ускорения наработки за счёт приложенного обратного напряжения к *p-n*-переходу.

Для определения коэффициента ускорения $K_у(T)$ использованы работы российских учёных. Согласно [3], разность ΔT между температурами кристалла $T_К$ и окружающей среды T, обеспечивающая такое же действие, как и электрическая нагрузка (мощность, рассеиваемая на коллекторе), определяется выражением

$$\Delta T = R_т\, K_н\, P_{max}, \qquad (2)$$

где $R_т$ — тепловое сопротивление участка кристалл — окружающая среда; $K_н = P/P_{max}$ — коэффициент электрической нагрузки (P – мощность в рабочем режиме); P_{max} — максимально допустимая мощность, рассеиваемая коллектором.

За номинальный режим работы приняты следующие условия: $T_{ном}$ = 55 °С, коэффициент электрической нагрузки по мощности $K_н$ = 0,4. Пользуясь данными из ТУ на транзисторы КТ872А по формуле (2) получено ΔT = 38 °С. Дополнительный нагрев транзисторов на 38 °С сверх температуры, принятой за номинальную (в нашем случае $T_{ном}$ = 55 °С), эквивалентен выбранной электрической нагрузке. Для достижения ускорения испытаний выборку БТ необходимо подвергнуть температурным воздействиям, превышающим значение

$$T_и = T_{ном} + \Delta T = 55 + 38 = 93°С.$$

При проведении ускоренных испытаний выбрана температура $T_у$ = 135°С, что обеспечивает ускорение испытаний (за счёт температурного воздействия сверх температуры $T_и$= 93°С)

$$K_у(T) \approx 9{,}45.$$

Для уменьшения времени испытаний использовано дополнительно обратное смещение на коллекторном переходе $U_{обр}$ = 600 В ($U_{обр.max}$ = 700 В). Расчётный коэффициент ускорения испытаний $K_у(U)$, обусловленный действием обратного напряжения на коллекторном переходе:

$$K_у(U) = 10(U_{обр}/U_{обр.max})^2 \approx 7{,}35.$$

Общий коэффициент ускорения испытаний (физического моделирования наработки) составил примерно 69,5. В процессе физического моделирования наработки контролировались значения параметра $h_{21Э}$ выборки исследуемых БТ.

3. Заключение

Физическое моделирование наработки БТ типа КТ872А и контроль в определённые моменты времени значений параметра $h_{21Э}$ у каждого экземпляра выборки позволили получить экспериментальные данные для построения деградационной модели исследуемого параметра.

4. Список литературы

[1]Quick Logic Reliability Report / pASIC, Vialink and Quick Logic Corp. — Orleans: Б.М., 1998. — 21 p.

[2]Боровиков С.М. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности / С.М. Боровиков. — Минск: ПРО, 1998. — 336 с.

[3] Велликок Л.Ф. Модель температурной зависимости интенсивности отказов полупроводниковых приборов / Л. Ф. Велликок, Л. В. Дегтяренко // Электронная техника. Сер. 8, Управление качеством и стандартизация. — 1976. — Вып. 10(52). — С. 65–69.

PHYSICAL MODELING OF THE OPERATION TIME OF HIGH POWER BIPOLAR TRANSISTORS

Stashevski D.A., Yantsevich Y.V., Bruy A.A., Borovikov S.M.
Scientific adviser: Borovikov S.M., Matyushkov V.E.
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Belarus

Abstract — The physical modelling of the operation time of high power bipolar transistors is considered.