

Tugas EL-613
Fisika Divais Semikonduktor
dosen : Dr. Ir. Onno W. P.

Oleh :
Artono Setiadi
232 99 018

Teknik Elektro ITB
1999

2N-3055
Power, General Purpose
NPN Silicon Transistor

Spesifikasi utama :

$$I_c \text{ max} = 15 \text{ Amp}$$

$$h_{fe} = 20 / 70$$

$$V_{ce0} = 60 \text{ volt}$$

$$V_{cbo} = 100 \text{ V}$$

$$F_T = 7,3 \text{ MHz}$$

$$P_{\text{dissipasi}} = 115 \text{ watt}$$

Kegunaan : Untuk power audio amplifier, motor / solenoid driver, regulator power supply, dll.

Perancangan Divais

Penentuan jenis substrat / wafer

Digunakan wafer silikon tipe n doping tinggi (n+) agar resistansi kolektor kecil dan kontak ohmik yang baik dengan aluminium. Agar breakdown tinggi, divais ditumbuhkan pada lapisan epitaksi yang mempunyai doping rendah (n-). Untuk itu harus ditentukan doping epitaksi Nepi atau Ncolector dan $W_{\text{epi}} = W_e + W_b + W_c$.

$$\epsilon_r := 11.9$$

$$V_{cbo} := 100$$

$$\epsilon_0 := 8.85 \cdot 10^{-14}$$

$$E_{br} := 5 \cdot 10^5$$

$$q := 1.6 \cdot 10^{-19}$$

$$N_c := \frac{\epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot E_{br}^2}{2 \cdot q \cdot V_{cbo}}$$

$$N_c = 8.228 \cdot 10^{15}$$

Jadi Nepi maksimum = $8 \cdot 10^{15}$, dipilih nilai Nepi = $5 \cdot 10^{15}$

Ketebalan kolektor W_c dihitung dengan menghitung lebar daerah deplesi.

$$W_c := \sqrt{\left(\frac{2 \cdot \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot V_{cbo}}{q \cdot N_c} \right)}$$

$$W_c = 4 \cdot 10^{-4} \text{ cm}$$

Jadi $W_c = 4 \mu\text{m}$

Ketebalan emiter $W_e = 1 \mu\text{m}$, ketebalan base kemungkinan besar sekitar $1 \mu\text{m}$ juga.

Maka ketebalan minimum epitaksi adalah $6 \mu\text{m}$.

Dipilih ketebalan $W_{epi} = 10 \mu\text{m}$.

Jadi wafer silikon yang digunakan adalah

- tipe-n+
- dengan epitaksi $N_{D\text{epi}} = 5 \cdot 10^{15} / \text{cm}^3$
- ketebalan epitaksi $W_e = 10 \mu\text{m}$

Penentuan lebar base W_b

Pembuatan daerah emiter dan base dengan difusi. Difusi base tipe-p. Kemudian difusi emiter tipe n. Konsentrasi tipikal base dengan proses ini adalah $N_b = 10^{17}$ sedang emiter $N_e = 10^{19}$. Kedalaman sambungan emiter harus cukup agar tidak terjadi spike aluminium, digunakan kedalaman emiter $1 \mu\text{m}$.

Diketahui : $N_b = 10^{17}$ $N_d = 10^{19}$.

Maka :

Difusivity hole pada emitor : $D_{pe} = D_p$ pada $N_d = 10^{19}$, $D_{pe} = 1,5 \text{cm}^2/\text{s}$

Difusivity elektron pada base : $D_{nb} = D_n$ pada $N_a = 10^{17}$, $D_{nb} = 15 \text{cm}^2/\text{s}$

Minority carrier lifetime di emiter : $T_{pe} = T_p$ pada $N_d = 10^{19}$, $T_{pe} = 10^{-11}$.

Minority carrier lifetime di emiter : $T_{nb} = T_n$ pada $N_a = 10^{17}$, $T_{pe} = 2 \cdot 10^{-9}$.

Penguatan :

$$h_{fe} := \frac{W_e \cdot D_{nb} \cdot N_d}{W_b \cdot D_{pe} \cdot N_b}$$

Dengan asumsi $W_e < L_{pe}$ dan $W_b < L_{nb}$

Untuk itu perlu dihitung minority carrier diffusion length L_{pe} dan L_{nb} .

$$L_{nb} := \sqrt{(D_{nb} \cdot T_{nb})} \qquad L_{pe} := \sqrt{(D_{pe} \cdot T_{pe})}$$
$$L_{nb} = 1.732 \cdot 10^{-4} \qquad L_{pe} = 3.873 \cdot 10^{-6}$$

Didapat $L_{nb} = 1.7 \mu\text{m} > W_b$ karena W_b harus kecil, kurang dari L_{nb} untuk memperoleh h_{fe} besar. Untuk 2N3055 digunakan worst case $h_{fe} = 70$

Didapat $L_{pe} = 0.038 \mu\text{m}$, ini jauh lebih kecil dari W_e , maka pada persamaan W_e diganti L_{pe} .

$$W_b := \frac{L_{pe} \cdot D_{nb} \cdot N_{de}}{h_{fe} \cdot D_{pe} \cdot N_{ab}}$$

$$W_b = 5.533 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$$

Didapat $W_b = 0.533 \mu\text{m}$

Dari lebar base tsb dihitung base transit time :

$$T_b := \frac{W_b^2}{2 \cdot D_{nb}} \qquad T_b = 1.02 \cdot 10^{-10}$$

Frekuensi transisi f_T adalah :

$$\frac{1}{2 \pi \cdot f_T} := \frac{V_t}{I_c} \cdot (C_{je} + C_{jc}) + T_b$$

Untuk power digunakan I_c besar, namun masih dibawah high current injection.

Karena I_c besar maka hanya tergantung T_b :

$$f_T := \frac{1}{2 \pi \cdot T_b} \qquad f_T = 1.56 \cdot 10^9$$

Didapat $f_T = 1.56 \text{ GHz}$, jauh lebih besar dari worst case untuk 2N3055 sebesar 7 MHz .

Penentuan Luas Keping silikon

Transistor power dibuat dengan kontak emiter dan basis di atas, dan kontak kolektor di bawah. Daerah aktif, yaitu daerah terdapatnya sambungan npn berada di bawah kontak emiter. Luas keping total adalah daerah aktif ditambah luas kontak base

ditambah guard ring, dsb.

Penentuan Luas daerah aktif, emiter.

Sifat penguatan transistor terjadi jika arusnya kurang dari high current injection.

High current injection terjadi jika konsentrasi elektron sebagai minority carrier mendekati konsentrasi doping base N_b , sekitar $0,1N_b$.

$$I_c := 15 \qquad I_c := \frac{q \cdot A_e \cdot D_{nb} \cdot 0.1 \cdot N_{ab}}{W_b}$$

$$A_e := \frac{I_c \cdot W_b}{q \cdot D_{nb} \cdot 0.1 \cdot N_{ab}}$$

$$A_e = 0.035$$

Untuk mendapatkan transistor dengan kemampuan arus 15A, perlu luas emiter $0,035 \text{ cm}^2$

Luas keping silikon total yang diperlukan lebih besar dari nilai itu,.

Kesimpulan

Untuk 2N-3055, Power, General Purpose, NPN Silicon Transistor

Dibuat transistor dengan profil doping sbb:

Dengan luas daerah aktif $3,5 \text{ mm}^2$

