

TUGAS AKHIR

Secara garis besar dari tugas-tugas yang telah dikerjakan dapat dibuat rangkuman sebagai berikut :

Metode Desain Devais Mikroelektronika

- ❖ Tunjukkan spesifikasi dari devais mikroelektronika.
- ❖ Lakukan perhitungan dari devais sehingga spesifikasi terpenuhi.
- ❖ Simulasi terhadap hasil perhitungan dengan menggunakan PISCES2B atau SUPREM3 untuk mendapatkan doping profile.
- ❖ simulasi karakteristik devais menggunakan SPICE sehingga diperoleh ekstraksi model SPICE dari devais.
- ❖ Bandingkan hasil perhitungan, simulasi PISCES, dan SPICE dengan spesifikasi yang diinginkan.
- ❖ Pengecekan desain.
- ❖ Implementasi desain.

Tahapan Desain

A. DIODA

1. Penentuan spesifikasi dari dioda yang meliputi :
 - ❖ Tegangan breakdown
 - ❖ Arus maksimum yang mampu dilewatkan pada dioda
2. Perhitungan analitik yang meliputi :
 - ❖ Doping yang harus digunakan, N_A dan N_D .
 - ❖ Kedalaman material tipe-n dan tipe-p: d_p dan d_n .
 - ❖ Luas kontak aluminium
3. Pembuatan karakteristik dioda secara analitik yang meliputi :
 - ❖ Karakteristik I-V
 - ❖ Karakteristik C-V
 - ❖ Karakteristik transient dioda
4. Simulasi karakteristik dioda dengan memasukan nilai doping profile dioda ke dalam program PISCES2B. Karakteristik dioda yang disimulasikan adalah:
 - ❖ Karakteristik I-V
 - ❖ Karakteristik C-V
 - ❖ Karakteristik transient dioda

B. TRANSISTOR BIPOLAR

1. Penentuan spesifikasi transistor bipolar yang akan dirancang yang meliputi :
 - ❖ Penguatan maksimum
 - ❖ Frekuensi cut-off
 - ❖ Power output
2. Perhitungan analitik untuk memperoleh transistor bipolar sesuai dengan spesifikasi. Informasi yang dicari adalah :
 - ❖ Doping yang harus digunakan:
 - i. N_{DE} , konsentrasi doping emitter.
 - ii. N_A , konsentrasi base.
 - iii. N_{DC} , konsentrasi doping collector.
 - ❖ Kedalaman material tipe-p dan tipe-n.
 - ❖ Luas kontak minimum dengan aluminium.
 - ❖ Untuk memperoleh performa maksimum devais pada frekuensi tinggi, digunakan kontak berbentuk sisir.
3. Pembuatan karakteristik transistor bipolar secara analitik yang meliputi :
 - ❖ Karakteristik I-V
 - ❖ Karakteristik C-V
 - ❖ Karakteristik frekuensi tinggi.
4. Simulasi karakteristik dengan memasukkan doping profile ke dalam program PISCES2B. Pada tahap ini diperoleh :
 - ❖ Karakteristik I-V
 - ❖ Karakteristik C-V
 - ❖ Karakteristik frekuensi tinggi.

C. MOSFET

1. Penentuan spesifikasi MOSFET yang dibutuhkan.
 - ❖ Transkonduktansi minimum (g_{min})
 - ❖ Tegangan breakdown
2. Perhitungan analitik untuk memperoleh parameter yang dibutuhkan sesuai dengan spesifikasi.
 - ❖ Doping yang harus digunakan (N_A dan N_D)
 - ❖ N_A = konsentrasi substrat
 - ❖ N_D = konsentrasi drain dan source
 - ❖ Kedalaman material tipe-p dan tipe-n.
 - ❖ Luas kontak aluminium
 - ❖ Asumsi yang dipergunakan dalam perhitungan ini adalah jenis junction dan frekwensi cut-off.
3. Pembuatan karakteristik MOSFET secara analitik.
 - ❖ Karakteristik I-V
 - ❖ Karakteristik C-V
 - ❖ Karakteristik frekuensi tinggi.
4. Simulasi karakteristik dengan PISCES2B sehingga diperoleh :
 - ❖ Karakteristik I-V

- ❖ Karakteristik C-V
- ❖ Karakteristik frekuensi tinggi.

Metodologi Eksraksi Parameter SPICE

A. DIODA

1. Parameter **Is**
Untuk memperoleh **Is** dari grafik karakteristik I-V, maka kita plot grafik hingga $V_D = 0$ volt. Besarnya arus saat ini adalah **Is**
 2. Parameter **n**
Mula-mula dicari harga V_T yaitu dari daerah linear pada grafik dianggap $n = 1$, kemudian dicari gradien kurva karakteristik I-V

$$\text{Gradien} = n \times V / V_T$$
 Dari daerah grafik yang tidak linear diambil harga arus untuk tegangan tertentu dan dimasukkan dalam rumus di bawah :

$$\log I = \log I_s + 2,3 n \cdot V / V_T$$
 3. Parameter **Rs**
Parameter ini didapat dari karakteristik I-V pada daerah saturasi dengan pendekatan :
 - Tentukan titik arus yang diamati
 - Ekstrapolasi grafik
 - Tentukan selisih tegangan dari ekstrapolasi grafik dengan tegangan sebelumnya, sehingga didapat dV. $R_s = dV / I$
 4. Potensial built-in ψ
Potensial built in (ψ) didapatkan dari persamaan:

$$\psi = 2/3 \times KT / q \times [a^2 E_s^{K/T} / 8 \cdot q \cdot n_i^3]$$
 5. Parameter **IBV**
Parameter ini ditentukan pada saat dioda mulai breakdown. $I_{BV} = I_s \times Bv / V_T$
 6. Parameter **Bv**
Parameter ini ditentukan dari grafik I-V untuk tegangan reverse.
 7. Parameter **CJO**
Parameter ini diperoleh dari grafik hasil simulasi kapasitansi terhadap bias dc pada saat tegangan bernilai 0 volt.
- Semua parameter yang telah didapatkan dimasukkan ke dalam parameter SPICE untuk mendapatkan perbandingan karakteristik dioda, dengan menggunakan simulasi SPICE.

B. TRANSISTOR BIPOLAR

1. Parameter **Is**
Grafik I_c - V_{be} diekstrapolasi hingga mencapai titik $V_{be} = 0$. Ekstrapolasi dimulai dari kurva I_c yang kemiringannya lurus. Harga I_e saat $V_{be} = 0$ merupakan harga I_s .
2. Parameter **B_F**

Parameter ini diperoleh dengan membuat garis lurus memotong kedua grafik I_c dan I_b . Didapatkan dua buah titik pada sumbu y (I_c dan I_b) sehingga $B_F = I_c / I_b$

3. Parameter **R_B**

Prosedur untuk memperoleh parameter ini adalah

- ❖ Tentukan titik yang diamati pada daerah tidak linear untuk kurva I_b
- ❖ Ekstrapolasi grafik
- ❖ Tentukan selisih tegangan sehingga diperoleh $R_b = dV/I$

4. Parameter **R_C**

Ditentukan berdasarkan grafik $I_c - V_{ce}$ dengan cara

- ❖ Tarik garis yang menyinggung kurva $I_c - V_{ce}$
- ❖ Gradien garis tersebut merupakan $1/R_C$

5. Parameter **V_{AF}**

Diperoleh dari grafik $I_c - V_{ce}$ dengan cara :

- ❖ Tarik garis lurus untuk I_b tertentu hingga memotong sumbu I_c
- ❖ Tentukan perpotongan tadi dengan sumbu V_{ce} . Titik perpotongan merupakan nilai V_{AF}

6. Parameter **C_{JE}** dan **C_{JC}**

Diperoleh dengan cara ekstrapolasi grafik saat $V_2 = 0$ volt. Nilainya merupakan kapasitansi saat $V_2 = 0$ volt.

7. Parameter **V_{JE}** dan **V_{JC}**

- ❖ Tentukan titik saat kurva bergerak ke atas pada kurva I_c dan $I_b - V_{be}$
- ❖ Nilai V_{be} untuk titik tersebut merupakan nilai parameter

8. Parameter **N_E**

Ditentukan dari grafik $I_c - V_{be}$, yaitu dengan :

- ❖ Untuk daerah linear harga $n = 1$, kemudian dicari berapa kemiringan (slope 1)
- ❖ Untuk daerah tidak linear tentukan kemiringannya (slope 2)

Maka $N_e = (\text{slope } 1) / (\text{slope } 2)$

9. Parameter **E_g**

Nilai E_g tergantung bahan yang digunakan merupakan nilai energi gap dari bahan tersebut.

10. Parameter **M_{JE}** dan **M_{JC}**

Merupakan konstanta untuk daerah deplesi pada persambungan antara basis dan emiter. Nilainya tergantung dari asumsi junction yang dipakai. M_{JC} merupakan konstanta untuk daerah deplesi basis dan kolektor dan tergantung dari pendekatan yang digunakan.

C. TRANSISTOR MOS

1. Parameter **V_{TO}**

Ditentukan melalui kurva $I_D - V_{GS}$ dengan menentukan letak nilai $I_D = 0$ Ampere. Parameter ini adalah nilai pada sumbu-x saat $I_D = 0$.

2. Parameter **K_P**

Dicari dengan menggunakan kurva $I_D - V_{GS}$. Untuk memudahkan sumbu-x (V_{GS}) di-logaritma-kan, karena untuk hasil simulasi SPICE tidak menghasilkan kurva $\sqrt{I_D} - V_{GS}$. Kemudian dilakukan prosedur seperti berikut:

- ❖ Tarik garis lurus pada kurva $I_D - V_{GS}$.
- ❖ Tentukan kemiringan garis tersebut.
- ❖ $K_P = \text{slope} / (W/L)$; Nilai W/L didapat dari perhitungan.

3. Parameter **λ**

Ditentukan dengan cara:

- ❖ Tarik garis lurus pada kurva untuk $V_G = \{1, 2, 3, 4\}$ Volt ke arah kiri sehingga memotong sumbu-y (I_D).
- ❖ Tentukan perpotongan tadi dengan sumbu-x yang negatif (V_{GS}).
- ❖ Titik perpotongan merupakan *Early Voltage*.
- ❖ Dari perpotongan ini didapat nilai rata-rata sama dengan V_{AF} .

$$\lambda = 1 / V_{AF}$$

4. Parameter **I_S**

Ditentukan dengan grafik $I_{SUB} - V_{GS}$ dengan cara ekstrapolasi sehingga memotong sumbu-y (I_{SUB}). Titik perpotongannya merupakan nilai I_S .

5. Parameter **J_S**

Dari harga-harga yang ditentukan di atas maka $J_S = I_S / (L \cdot W)$

6. Parameter **C_J**

Ditentukan dari grafik $C_{I2} - V_I$ dengan cara ekstrapolasi grafik saat $V_D = 0$ Volt. Kapasitansi saat tersebut sama dengan nilai parameter ini.

7. Parameter **R_D**

Parameter ini ditentukan melalui grafik $I_{DS} - V_{DS}$ dengan cara menarik garis lurus yang menyinggung kurva. Kemiringannya sama dengan $1/R_D$.

8. Parameter **g**

Dihitung dengan persamaan $\gamma = \sqrt{(2 \cdot \epsilon_S \cdot q \cdot N_A / C_{OX})}$.

9. Parameter **T_{OX}**

Merupakan nilai ketebalan oksida. Pada tugas dipilih ketebalan lapisan oksida 1000 Angstrom.

10. Parameter **Φ_I**

Ditentukan dari persamaan: $\Phi_I = 2 \cdot (kT/q) \cdot \ln(N_{SUB} / n_i)$ dengan:

k : konstanta Boltzman = 1.28×10^{-23} J/K

T : temperatur (300K)

q : muatan carrier (1.6×10^{-19} C)

$N_{SUB} = N_A$

$n_i = 1.45 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$

11. Parameter V_0

Parameter ini merupakan mobilitas dari carrier pada lapisan inversi yang terbentuk. Ditentukan dalam perhitungan.

12. Parameter M_J

Parameter ini merupakan konstanta untuk memperoleh daerah deplesi pada persambungan antara bulk dengan drain atau source. Parameter ini disesuaikan dengan asumsi yang digunakan dengan pendekatan abrupt junction (pada tugas) maka $M_J = 0,5$.

13. Parameter N_{SUB}

Merupakan konsentrasi doping substrat, yang ditentukan pada saat perhitungan analitik.

Perbandingan

Untuk lebih meyakinkan bahwa devais yang dirancang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, dilakukan evaluasi sebagai berikut:

- Bandingkan hasil perhitungan, simulasi PISCES dan simulasi SPICE dengan spesifikasi yang diminta.
- Lakukan simulasi dengan SUPREM untuk melihat apakah hasil rancangannya dapat diimplementasikan dalam proses pembuatan devais.
- Jika ketiga hasil tersebut sesuai dengan spesifikasi maka kita yakin bahwa devais tersebut dapat diimplementasikan sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan.

Kesimpulan

Dalam merancang suatu devais diperlukan beberapa tahap, yang masing-masing tahap saling berkaitan satu sama lain. Jika salah satu tahap terjadi kesalahan, maka devais yang dihasilkan dari rancangan tidak akan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

Selain itu dibutuhkan kesabaran, keuletan, dan jiwa oprek agar memperoleh hasil yang diinginkan. Jangan lupa untuk tidur dan ibadah.