

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua

Sidang Akademik 1998/1999

Februari 1999

EBB 320/3 - TEKNOLOGI SEMIKONDUKTOR II

Masa : [3 Jam]

Arahan Kepada Calon :

Sila pastikan kertas peperiksaan ini mengandungi **TUJUH (7)** muka surat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.

Kertas soalan ini mengandungi **TUJUH (7)** soalan.

Jawab **LIMA (5)** soalan.

Setiap soalan mesti dimulakan dalam muka surat baru.

Semua soalan mesti dijawab dalam Bahasa Malaysia.

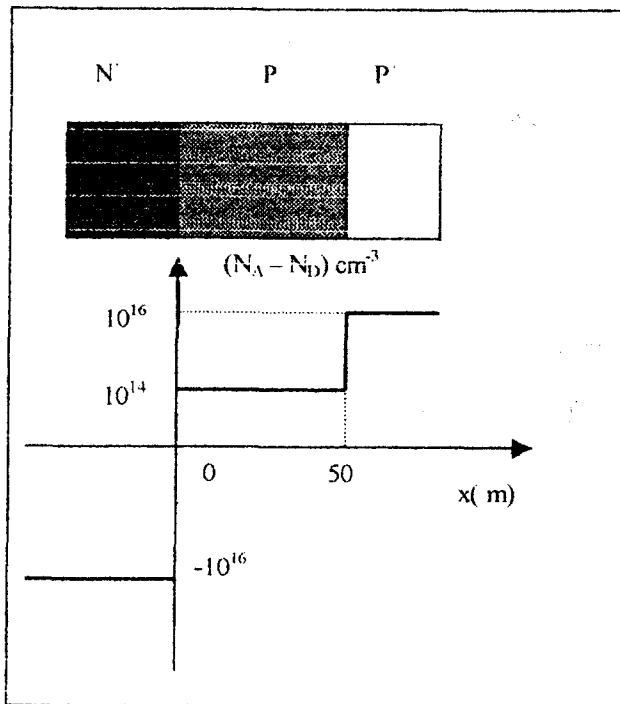
Pemalar dan persamaan ada dilampirkan di belakang kertas soalan ini.

...2/-

1. [a] Lakarkan agihan bagi
- [i] Ketumpatan cas
 - [ii] Medan elektrik
 - [iii] Keupayaan dan
 - [iv] Jalur tenaga bagi simpangan PN ($N_A \gg N_D$) untuk pincang hadapan dan pincang berbalik dengan menunjukkan $x_n, x_p, qN_D, -qN_A, E_{max}, V_{bi}, E_C, E_V, E_f$ dan E_g .

[50 markah]

- [b] Pertimbangkan suatu simpangan PN silikon pada suhu bilik dengan profil pendopan yang ditunjukkan dalam rajah 1.
- [i] Hitung voltan pincang berbalik yang dikenakan dan yang perlu supaya rantau susut memanjang secara keseluruhannya ke dalam rantau P.
 - [ii] Tentukan ketebalan rantau ke dalam rantau N⁺ dengan voltan pincang berbalik yang dihitung dalam bahagian (i).
 - [iii] Hitung puncak medan elektrik untuk voltan yang dikenakan ini.



Rajah 1

[50 markah]

2. [a] Terangkan dengan ringkas dan lakarkan perbezaan perhubungan I-V di antara diod silikon, germanium dan gallium arsenik.

[60 markah]

[b] Suatu simpangan PN silikon direkabentuk untuk memenuhi spesifikasi berikut pada $T = 300^\circ \text{K}$. Pada voltan pincang berbalik 1.2 Volts, 10% daripada jumlah rantau susut terdapat dalam rantau N dan jumlah kapasitans simpangan adalah $3.5 \times 10^{-12} \text{ F}$ dengan luas keratan-rentas $5.5 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$. Tentukan:-

- [i] pendopan penerima N_A ,
- [ii] pendopan penderma N_D , dan
- [iii] keupayaan terbina-dalam.

[40 markah]

3. [a] Perihalkan beberapa kebaikan yang terdapat pada diod Schottky berbanding dengan diod PN.

[20 markah]

[b] Apakah jenis mekanisme dan keadaan yang boleh dikaitkan dengan kenyataan di bawah:

Ketebalan susut dalam suatu sentuh logam-semikonduktor ("rectifying") adalah berkadar songsang dengan punca kuasa dua pendopan semikonduktor.

[20 markah]

[c] Suatu sawar Schottky tungsten silikon berjenis-N pada suhu bilik ($T = 300^\circ \text{K}$) mempunyai pendopan 10^{16} cm^{-3} dan keluasan 10^{-3} cm^2 . Sawar Schottky bagi tungsten atas Si ialah 0.67 V. Pemalar Richardson ialah $110 \text{ Acm}^{-2}\text{K}^{-1}$.

- [i] Hitung arus diod pada pincang hadapan 0.3 V
- [ii] Pertimbangkan suatu diod simpangan P⁺N silikon dengan keluasan yang sama dengan pendopan $N_A = 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ dan $N_D = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$, $n_i = 1.5 \times 10 \text{ cm}^{-3}$ dan $\tau_n = \tau_p = 10^{-6} \text{ s}$. Pada pincang hadapan, berapakah voltan diod PN ini yang mana arusnya sama seperti diod Shottky? $D_p = 10.5 \text{ cm}^2/\text{s}$.
- [iii] Banding dan komen mengenai nilai-nilai arus yang diperolehi untuk kedua diod pada pincang hadapan 0.3V.

[60 markah]

4. [a] Sisihan yang disebabkan oleh kesan sekunder (kesan Early, "punch-through" dan runtuh avalanche) mempunyai pengaruh yang penting keatas rekabentuk litar di samping menghadkan prestasi peranti. Dengan bantuan gambarajah, terangkan kesan-kesan ini dan hasil ciri output sebabkan oleh kesan Early dan runtuh avalanche bagi BJT ("bipolar junction transistor").

[70 markah]

- [b] Suatu transistor dwikutub ("bipolar transistor") silikon epitaksi PNP yang berdop seragam difabrikasikan dengan pendopan tapak $N_B = 3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ dan rantau pengumpul berdop berat dengan $N_C = 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$. Lebar tapak neutral ialah $0.70 \mu\text{m}$ apabila $V_{BE} = V_{BC} = 0$. Tentukan V_{BC} pada mana tebuk-tembus ("punch-through") berlaku.

[30 markah]

5. [a] Terangkan mod operasi bagi transistor simpangan dwikutub ("bipolar junction transistor").

[40 markah]

- [b] Takrifkan

- [i] gandaan arus tapak sepunya ("common base current gain")
- [ii] gandaan arus pemancar sepunya ("common emitter current gain")
- [iii] faktor pengangkutan tapak ("base transport factor")
- [iv] Kecekapan suntikan pemancar.

[20 markah]

- [c] Pertimbangkan suatu transistor dwikutub $P^{+}N^{+}P^{+}$, berdop seragam dalam setiap rantau. Lakarkan rantau jalur tenaga untuk kes yang mana transistor adalah:-

- [i] dalam keseimbangan terma
- [ii] berpincang dalam mod aktif-hadapan, dan
- [iii] berpincang dalam rantau aktif-songsang, dan
- [iv] berpincang dalam "cutoff" dengan kedua-dua simpangan B-E dan B-C pincang berbalik.

[40 markah]

6. [a] Bincangkan apakah perbezaan asas yang membenarkan diod laser mempunyai kelebihan prestasi yang mengatasi LED?

[30 markah]

[b] Pertimbangkan suatu rongga ("cavity") laser GaAs Fabry-Perot. Kehilangan resapan dalam rongga diberikan oleh koefisien resapan 20 cm^{-1} . Jika koefisien pantulan bagi antaramuka udara-GaAs ialah 0.33, hitung jarak rongga yang mana kehilangan resapan dan kehilangan cermin adalah sama.

[20 markah]

[c] Plot suatu graf bagi output cahaya sebagai fungsi voltan yang dikenakan dalam laser semikonduktor. Dengan merujuk kepada cerun dalam graf ini, terangkan secara ringkas apakah yang terjadi apabila voltan ditingkatkan ke suatu nilai yang tinggi?

[30 markah]

[d] Apakah faktor yang menetapkan penghadan kepada pertumbuhan pancaran aruhan dalam suatu laser?

[20 markah]

7. [a] Apakah kegunaan diod PN dalam sel? Apakah akibatnya jika tenaga optik mendatang adalah lebih besar daripada tenaga jurang jalur bagi suatu semikonduktor?

[30 markah]

[b] Terangkan langkah-langkah yang diambil untuk meningkatkan kuasa yang dibebaskan oleh fotosel.

[30 markah]

[c] Pertimbangkan suatu sel suria silikon pada 300 K dengan parameter berikut:

Luas,	$A = 1.0 \text{ cm}^2$
Pendopan penerima,	$N_A = 5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$
Pendopan penderma,	$N_D = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$
Koefisien resapan elektron,	$D_n = 20 \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$
Koefisien resapan lohong,	$D_p = 10 \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$
Masa penggabungan semula elektron,	$\tau_n = 3 \times 10^{-7} \text{ s}$
Masa penggabungan semula lohong,	$\tau_p = 10^{-7} \text{ s}$
Arus-foto,	$I_L = 25 \text{ mA}$

Hitung voltan litar terbuka bagi sel suria.

[40 markah]

ooo000ooo

Semikonduktor Teknologi II / EBB 320
Pemalar dan persamaan penting

Pemalar Fizikal

Pemalar Boltzmanns ,

$$k = 8.62 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$$

$$= 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

Cas Elektronik , $q = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

Ketelusan ruang bebas

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$$

Pemalar Planck , $h = 6.625 \times 10^{-34} \text{ Js}$

Sifat - sifat Germanium

$$n_i = 2.5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$$

$$E_g = 0.68 \text{ eV}$$

$$N_v = 6.1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$$

$$N_c = 1.04 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$$

$$\epsilon_r = 16$$

Sifat -sifat silikon

$$n_i = 1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$$

$$E_g = 1.12 \text{ eV}$$

$$N_v = 1.04 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$$

$$N_c = 2.8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$$

$$\epsilon_r = 11.8$$

Persamaan

Intrinsic carrier concentration:

$$n_i = (N_c N_v)^{1/2} \exp [-E_g/2kT]$$

$$n_i = AT^{3/2} \exp [-E_g/2kT]$$

Hubungan Einstein :

$$D_p/\mu_p = D_n/\mu_n = kT/q$$

$$L = \sqrt{D} \tau$$

Arus hadapan bagi Diod PN

$$I = I_s \{ \exp(qV_a/kT) - 1 \}$$

$$I_s = qA \{ D_p n_{p0}/L_p + D_n n_{n0}/L_n \}$$

N-type: $n_n = N_D$

$$p_n = n_i^2/N_D$$

P-type: $p_p = N_A$

$$n_p = n_i^2/N_A$$

Kekonduksian

Arus hanyut : $v_d = \mu_n E$

$$R = \rho L/A = L/\sigma A$$

$$\sigma = q(n\mu_n + p\mu_p)$$

Paras Fermi

Jenis -N: $E_F = E_c - kT \ln (N_c/N_D)$

Jenis -P: $E_F = E_v - kT \ln (N_v/N_A)$

Intrinsik: $E_{Fi} = \frac{1}{2}(E_c + E_v) + kT/2 \ln(N_v/N_c)$

Simpangan PN

dengan tiada pincangan

$$V_{bi} = \{kT/q\} \ln (N_A N_D/n_i^2)$$

$$W = [2\epsilon V_{bi} (N_A + N_D)/q(N_A N_D)]^{1/2}$$

$$x_p = [2\epsilon V_{bi} N_D / q N_A \{N_A + N_D\}]^{1/2}$$

$$E_m = q N_D x_p / \epsilon = q N_A x_p / \epsilon$$

$$N_D x_n = N_A x_p$$

Simpangan PN

dengan pincang hadapan

$$W = [2\epsilon V_j (N_A + N_D)/q(N_A N_D)]^{1/2}$$

$$V_B = \epsilon E_{crit}^2 / 2q N_D$$

$$E_{max} = \{2q V_j N_A N_D / \epsilon (N_A + N_D)\}^{1/2}$$

Kapasitans

$$C_j = \epsilon A/x_n$$

$$C_j = A [q\epsilon N_A N_D / 2V_j (N_A + N_D)]^{1/2}$$

$$C_s = \{Aq^2 L_{p0n} / kT\} \exp(qV_a/kT)$$
