
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 2004/2005

Februari - Mac 2005

ZSC 546/4 - Peranti-Peranti Semikonduktor

Masa : 3 jam

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **LIMA** muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab **EMPAT** soalan sahaja. Kesemuanya wajib dijawab dalam Bahasa Malaysia.

$$\left[q = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}, \quad k = 8.617 \times 10^{-5} \text{ eV/K}, \quad \frac{kT}{q} (\text{pada } 300\text{K}) = 0.026\text{V} \right]$$

1. (a) Lakarkan kepekatan taburan pembawa minoriti pada keadaan mantap bagi suatu simpang p-n di bawah pincang depan (semua simbol yang terlibat dan paras rujukan perlu ditunjukkan dengan jelas)

(15/100)

- (b) Penyelesaian persamaan keselajaran keadaan mantap untuk kepekatan pembawa minoriti bagi suatu simpang p-n di bawah pincang voltan V di berikan oleh kaitan berikut:

$$p_n - p_{no} = p_{no} \left[\exp\left(\frac{eV}{kT}\right) - 1 \right] \exp\left(\frac{x_n - x}{L_p}\right) \quad \text{untuk } x \geq x_n$$

$$n_p - n_{po} = n_{po} \left[\exp\left(\frac{eV}{kT}\right) - 1 \right] \exp\left(\frac{x_p + x}{L_n}\right) \quad \text{untuk } x \leq -x_p$$

di mana simbol-simbol membawa makna yang biasa.

- (i) Terbitkan ungkapan bagi jumlah ketumpatan arus dalam simpang p-n sebagai fungsi V
- (ii) Jelaskan mekanisma pengangkutan pembawa cas yang menyumbang kepada ciri I-V yang diterbitkan dalam bahagian (i)
- (iii) Bagaimanakah ungkapan yang diterbitkan dalam bahagian (i) diubahsuai bagi menggambarkan ciri tipikal I-V yang diperolehi dari eksperimen

(45/100)

- (c) Simpang p-n silikon mempunyai parameter berikut pada suhu T=300K:

$$\begin{array}{ll} N_a = N_d = 10^{16} \text{ cm}^{-3} & n_i = 1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3} \\ D_n = 25 \text{ cm}^2/\text{s} & \tau_p = \tau_n = 5 \times 10^{-7} \text{ s} \\ D_p = 10 \text{ cm}^2/\text{s} & \epsilon_s = 11.7 \times 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m} \end{array}$$

di mana simbol-simbol membawa makna yang biasa. Dengan menganggap simpang p-n ini mempunyai ciri-ciri unggul, tentukan medan elektrik yang diperlukan bagi menghasilkan arus hanyut pembawa majoriti apabila voltan pincang depan $V = 0.65\text{V}$ dikenakan (ambil $\mu_n = 1350 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$).

(40/100)

...3/-

2. (a) Jelaskan mengapa pendopan bagi tapak transistor dwikutub direkabentuk supaya mempunyai kepekatan tergedred (atau tidak seragam) (15/100)
- (b) Dengan merujuk kepada litar setara frekuensi tinggi suatu peranti transistor dwikutub,
- (i) tunjukkan kesemua komponen-komponen penting yang terlibat dalam litar setara tersebut
 - (ii) jelaskan maksud dari frekuensi-frekuensi penggal f_{α} , f_{β} , f_T
 - (iii) tuliskan ungkapan masa tunda (delay time) dalam sebutan kapasitan dan transkonduktan peranti ini, yang mempunyai pengaruh besar dalam penentuan f_T sebenar
 - (iv) jelaskan bagaimana masa singgah tapak mempengaruhi sambutan frekuensi peranti (45/100)
- (c) Suatu transistor dwikutub pnp direkabentuk bagi menghasilkan faktor angkutan tapak $\alpha_T = 0.9967$. Dengan mengandaikan $D_B = 10 \text{ cm}^2/\text{s}$ dan $\tau_B = 10^{-7} \text{ s}$, anggarkan:
- (i) lebar tapak yang diperlukan
 - (ii) kecekapan cucukan pengeluar jika gandaan arus tapak sepunya ialah 0.994
 - (iii) gandaan arus pengeluar-sepunya (40/100)
3. (a) Lakarkan gambarajah jalur tenaga dan taburan cas bagi suatu MOS unggul dalam keadaan songsangan (semua parameter dan simbol penting perlu ditunjukkan dengan jelas) (15/100)
- (b) Terbitkan ungkapan voltan ambang bagi suatu peranti MOS praktikal dengan mengambil kira perbezaan fungsi kerja logam-semikonduktor dan cas dalam oksida (45/100)
- (c) Hubungan I-V bagi MOSFET untuk V_D kecil dapat dinyatakan oleh hubungan:

$$I_D \approx \frac{Z\mu_n C_o}{L} (V_G - V_T) V_D \quad \text{untuk} \quad V_D \ll (V_G - V_T),$$

dimana semua simbol-simbol membawa makna yang biasa. Dengan mempertimbangkan suatu MOSFET terusan-n dengan $Z=15 \mu\text{m}$, $L=2 \mu\text{m}$, $C_o = 6.9 \times 10^{-8} \text{ F/cm}^2$ dan $(I_D, V_{GS}) = (35 \mu\text{A}, 1.5\text{V})$ dan $(75 \mu\text{A}, 2.5\text{V})$ pada $V_D=0.10\text{V}$,

- (i) tentukan kelincahan pembawa dalam kawasan songsangan
 - (ii) kira nilai V_T
 - (iii) nyatakan dengan alasan samaada nilai kelincahan yang diperolehi dari bahagian (i) lebih besar atau sebaliknya berbanding dengan kelincahan dalam kawasan pukal semikonduktor.
- (40/100)

4. (a) Dengan bantuan gambarajah jalur tenaga, perihalkan bagaimana cucukan pembawa dan rekabentuk lapisan semikonduktor bagi ketumpatan arus tinggi dalam LED dapat membantu menghasilkan foton dengan kecekapan tinggi.
- (30/100)

- (b) (i) Jelaskan bagaimana kesan dari substrat legap dan substrat lutsinar terhadap foton yang dikeluarkan pada simpang p-n
- (15/100)

- (ii) Lakarkan perbandingan ketumpatan arus ambang melawan suhu bagi struktur laser simpang p-n konvensional dan struktur laser simpang dua-hetero. Jelaskan bagaimana timbulnya perbezaan dari kes-kes tersebut.
- (25/100)

- (c) Suatu rongga optik GaAs yang panjangnya $200 \mu\text{m}$ dan reflektans cermin-cermin rongga adalah 0.33, mempunyai kehilangan penyerapan dalam rongga sebesar 10 cm^{-1} . Kira masa yang diambil oleh foton berada dalam rongga sebelum ia diserap atau dipancarkan (laju cahaya = $3 \times 10^{10} \text{ cm/s}$).
- (30/100)

5. (a) Nyatakan syarat-syarat untuk berlakunya proses penerowongan pembawa dalam simpang p-n dan seterusnya perihalkan secara ringkas operasi diod terowong tersebut.
- (35/100)

- (b) Perihalkan prinsip operasi diod IMPATT dan bandingkan performans peranti ini terhadap peranti mikrogelombang yang lain dari segi kuasa dan hingar

(35/100)

- (c) Bahan GaAs jenis-n untuk peranti elektron-terpindah mempunyai parameter berikut:

$$\begin{aligned} \text{Ketelusan} &= 13.1 \times 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m} \\ \text{Kepekatan pendopan} &= 5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3} \\ \text{Kelincahan elektron} &= -100 \text{ cm}^2/\text{V-s}, \end{aligned}$$

Tentukan:

- (i) pemalar masa pertambahan ketumpatan cas dalam bahan
(ii) sempadan pemisah mod operasi pemindahan cas elektron dalam bahan jika halaju hanyut lapisan cas adalah 1.7×10^7 cm/s

(30/100)