
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester KSCP
Sidang Akademik 2004/2005

Mei 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 kesemua **EMPAT** soalan. Kesemua soalan wajib dijawab dalam Bahasa Malaysia.

$$\left[\begin{array}{l} q = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}, \quad k = 8.617 \times 10^{-5} \text{ eV/K}, \quad \frac{kT}{q} (\text{pada } 300\text{K}) = 0.026\text{V}, \quad \epsilon_s(\text{Si}) = 11.9, \\ \epsilon_{ok} = 3.9, \quad \epsilon_o = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}, \quad n_i(\text{Si}) = 1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3} \end{array} \right]$$

1. (a) Dengan merujuk kepada simpang p-n, jelaskan maksud bagi simpang-simpang mendadak, gred linear dan mendadak satu-sisi. (15/100)
- (b) Kapasitan simpang bagi suatu simpang mendadak p-n diberikan oleh kaitan berikut:

$$C^2 = \frac{q\epsilon_s N_B}{2(V_{bi} - V)}$$

- (i) perihalkan secara ringkas bagaimana nilai C dapat diukur. (10/100)
- (ii) nyatakan jenis cas yang terlibat dalam nilai C di atas dan mengapa hanya cas ini sahaja yang diambilkira? (5/100)
- (iii) bagaimana N_B dan V_{bi} dapat ditentukan dari pengukuran C ? (10/100)
- (iv) jelaskan bagaimana taburan bendasing bagi simpang tersebut dapat ditentukan. (20/100)
- (c) Suatu simpang mendadak p⁺-n mempunyai kepekatan kawasan-n: $N_D = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ dan kepekatan kawasan-p: $N_A = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. Tentukan:
- (i) keupayaan sentuh diod. (10/100)
- (ii) lebar kawasan kesusutan dalam kawasan-kawasan p dan n. (10/100)
- (iii) lebar kawasan kesusutan apabila voltan pincang songsang 5V dikenakan kepada diod. (10/100)

- (iv) magnitud cas yang terdapat dalam kawasan kesusutan dari bahagian (iii) sekiranya garis pusat keratan rentas simpang ialah $20 \mu\text{m}$.
(10/100)
2. (a) Bagi suatu transistor dwikutub pnp,
- (i) perihalkan komponen-komponen arus yang terlibat bagi pincang transistor tapak-sepunya di bawah mod aktif.
(10/100)
- (ii) takrifkan gandaan arus tapak sepunya dalam sebutan kecekapan pengeluar dan faktor angkutan tapak.
(10/100)
- (iii) nyatakan keperluan bagi parameter-parameter dari (ii) untuk suatu rekabentuk transistor yang baik.
(10/100)
- (b) Ciri output suatu transistor pengeluar-sepunya menunjukkan arus I_C bertambah dengan kenaikan voltan V_{EC} pada sebarang arus I_B .
- (i) jelaskan mengenai mekanisma yang terlibat dalam pemerhatian ini.
(20/100)
- (ii) apakah implikasi sekiranya V_{EC} dinaikkan lagi sehingga lebar kawasan tapak menjadi kecil.
(10/100)
- (c) Suatu rekabentuk transistor pnp mempunyai lebar tapak berukuran $2 \mu\text{m}$. Jika diketahui masa hayat lubang dalam kawasan tapak ialah $0.10 \mu\text{s}$,
- (i) tunjukkan bahawa komponen arus tapak yang diperlukan untuk membekalkan elektron bagi penggabungan dengan lubang adalah kecil berbanding dengan arus pengumpul (ambil $D_p = 1.25 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$).
(20/100)
- (ii) sekiranya kecekapan pengeluar ialah 0.98, tentukan gandaan arus tapak-sepunya transistor.
(10/100)
- (iii) kira gandaan arus pengeluar-sepunya transistor.
(10/100)

3. (a) Lakarkan litar setara isyarat kecil bagi suatu JFET pada frekuensi rendah dan frekuensi tinggi. Seterusnya, tunjukkan bahawa frekuensi operasi maksimum JFET diberikan oleh:

$$f_T = \frac{g_m}{2\pi C_G} ;$$

$$C_G = C_{GS} + C_{GD}$$

Nyatakan bagaimanakah f_T dapat ditingkatkan.

(30/100)

- (b) Sekiranya cas bagi kawasan kesusutan MOSFET tanpa pincang substrat diberikan oleh:

$$Q = -(2q\epsilon_s N_A \psi_B)^{\frac{1}{2}} ,$$

tentukan perubahan voltan ambang ΔV_T dalam sebutan parameter-parameter di atas jika voltan pincang V_{BS} dikenakan kepada substrat. Nyatakan juga kaedah-kaedah lain bagi mengubah atau mengawal V_T .

(40/100)

- (c) Suatu struktur MOS dengan ketebalan oksida 500 Å mempunyai kepekatan pendopan $N_A = 3 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ pada suhu 300K. Jika perbezaan fungsi kerja bagi struktur ini ialah $\Phi = -1.13 \text{ eV}$, kira:

- (i) voltan ambang peranti bila dianggap tidak ada cas dalam oksida.

(10/100)

- (ii) voltan ambang peranti jika terdapat cas oksida 10^{11} cm^{-2} .

(20/100)

4. (a) Dengan bantuan gambarajah jalur tenaga, tunjukkan bagaimana proses penghasilan cahaya berlaku dalam suatu LED. Seterusnya, bincangkan bagaimana pembinaan LED yang praktikal bagi menghasilkan output optikal yang tinggi.

(30/100)

- (b) Perihalkan dengan jelas bagaimana kurungan optik dalam struktur laser simpang hetero dapat membantu pancaran laser terpandu dalam arah yang diperlukan. Tunjukkan juga bagaimana pembolehubah-pemboleubah berkaitan pandu gelombang ini dapat diubahsuai bagi menghasilkan output laser yang optimum.

(30/100)

- (c) Tunjukkan bahawa pemalar masa bagi kenaikan cas ruang dalam suatu semikonduktor yang mempunyai sifat rintangan pembezaan negatif diberikan oleh ungkapan:

$$\tau = \frac{\epsilon_s}{qn\mu}$$

(40/100)