
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Kursus Semasa Cuti Panjang
Sidang Akademik 2003/2004

April 2004

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.

$$\left[q = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}, k = 8.617 \times 10^{-5} \text{ eV/K}, \frac{kT}{q} (\text{pada } 300\text{K}) = 0.026\text{V}, \epsilon_o = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m} \right]$$

1. (a) Lakarkan profil kepekatan cas yang terbentuk dari penanaman ion atom-atom penderma atau penerima bagi suatu simpang p-n Si. Seterusnya, lakarkan pula bentuk profil tersebut sekiranya dianggap pendopan atom adalah seragam. (15/100)
- (b) Bagi suatu simpang p-n, terbitkan ungkapan bagi voltan terbina-dalam pada simpang tersebut. (35/100)
- (c) Pertimbangkan suatu simpang p-n Si dengan kepekatan pendopan jenis-n adalah 10^{16} cm^{-3} dan dipincang depan dengan $V=0.8 \text{ V}$ pada 300K. Kira kepekatan pembawa minoriti lubang pada tepi kawasan kesusutan.

$$[n_i = 9.65 \times 10^9 \text{ cm}^{-3}]$$

(50/100)

2. (a) Lakarkan graf taburan lubang dalam tapak bagi suatu transistor dwikutub pnp untuk mod-mod penggal, aktif dan tepu (tunjukkan paras kepekatan lubang dalam tapak pada keseimbangan sebagai rujukan). (20/100)
- (b) Analisis taburan pembawa minoriti transistor dwikutub pnp dalam mod aktif memberikan:

$$n_E(x) = n_{EO} + n_{EO} (e^{qV_{EB}/kT} - 1) \exp\left(\frac{x + x_E}{L_E}\right) \quad \text{untuk } x \leq -x_E$$

$$n_C(x) = n_{CO} - n_{CO} \exp\left(-\frac{x - x_C}{L_C}\right) \quad \text{untuk } x \geq x_C$$

$$\text{dan } p_n(x) = p_{no} [\exp(qV_{EB}/kT)] \left(1 - \frac{x}{W}\right) \quad \text{untuk } W \ll L_p,$$

di mana simbol-simbol membawa makna yang biasa.

- (i) Apakah yang mengawal kepekatan pembawa pada sempadan simpang.
(10/100)
- (ii) Tentukan arus I_C pada $x=W$ dengan menggunakan $p_n(x)$ dari persamaan di atas.
(15/100)
- (iii) Tunjukkan arus I_C adalah berkadar dengan cas pembawa minoriti tersimpan dalam tapak.
(15/100)
- (c) Suatu transistor npn mempunyai faktor angkutan tapak 0.998, kecekapan pengeluar 0.997 dan $I_{cp} = 10$ nA. Kira:
- (i) gandaan arus tapak-sepunya
(ii) gandaan arus pengeluar-sepunya
(iii) arus pengeluar jika $I_B = 0$
(40/100)

3. (a) Perihalkan dengan ringkas perkara-perkara berikut:
- (i) Voltan 'pinch-off' bergantung kepada pincang pada Get bagi suatu JFET
(ii) Frekuensi operasi maksimum f_T bagi MOSFET
(20/100)
- (b) Ciri I-V suatu MOSFET dapat dinyatakan oleh ungkapan:

$$I_D = \frac{Z\mu_n C_o}{L} (V_G - V_T) V_D ,$$

dimana simbol-simbol membawa makna yang biasa.

- (i) Tunjukkan bagaimana parameter-parameter peranti seperti voltan ambang dan mobiliti pembawa dalam terusan dapat ditentukan dari plot ciri tersebut.
(15/100)

- (ii) Mengapakah mobiliti terusan lebih rendah berbanding mobiliti pukal.
(10/100)
- (iii) Terbitkan ungkapan bagi konduktan terusan dan transkonduktans peranti MOSFET tersebut.
(15/100)
- (c) Bagi suatu struktur logam-SiO₂-Si unggul yang mempunyai $N_A = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$, berapakah tebal lapisan oksida Get yang perlu ditumbuhkan bagi memperolehi $C_{\text{min}} = 9.1 \times 10^{-8} \text{ F/cm}^2$. Seterusnya tentukan V_T bagi peranti MOSFET yang terbina dari struktur ini dengan mengambil $\Phi_{\text{ms}} = -0.98 \text{ V}$ dan cas oksida $Q_f/q = 5 \times 10^{-11} \text{ cm}^{-2}$
[$n_i = 9.65 \times 10^9 \text{ cm}^{-3}$, $\epsilon_{\text{si}} = 11.9$, $\epsilon_{\text{ok}} = 3.9$]
(40/100)
4. (a) Nyatakan secara ringkas kriteria pemilihan bahan bagi pembinaan LED. Seterusnya dengan bantuan gambarajah jalur tenaga, perihalkan proses pancaran foton dari LED dengan kecekapan cucukan yang tinggi.
(30/100)
- (b) Dengan bantuan lakaran gambarajah yang jelas, perihalkan bagaimana kurungan optikal dalam suatu struktur laser semikonduktor dapat memandu rambatan pancaran elektromagnet dalam arah yang diperlukan.
(30/100)
- (c) Dengan menganggap gandaan ambang suatu struktur laser dapat dinyatakan oleh ungkapan:

$$g_{\text{th}} = \alpha + (1/L) \ln(1/R),$$
 di mana simbol-simbol membawa makna yang biasa, anggarkan reflektans hujung-hujung rongga laser yang panjangnya 10 cm sekiranya pekali gandaan bersih bagi bahantara aktif adalah 0.01 cm^{-1} .
(40/100)
5. (a) Nyatakan syarat-syarat bagi berlakunya proses penerowongan pembawa dalam diod terowong simpang p-n dan bagaimana ia dapat digunakan dalam peranti mikrogelombang.
(20/100)

- (b) Hubungan halaju hanyut dengan medan elektrik bagi pembawa dalam GaAs menunjukkan ciri kelincahan pembezaan negatif. Jelaskan fenomena ini dengan merujuk kepada struktur jalur tenaga GaAs. Nyatakan juga syarat-syarat untuk fenomena ini berlaku .

(50/100)

- (c) Terangkan prinsip operasi bagi diod IMPATT dan bandingkan performans peranti ini terhadap peranti mikrogelombang lain dari segi kuasa output dan hingar.

(30/100)