

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

Peperiksaan Semester Pertama  
Sidang Akademik 90/91

Oktober/November 1990

**EBB 315/3 Bahan Semikonduktor I**

Masa: [3 jam]

---

**ARAHAN KEPADA CALON**

Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi TUJUH (7) mukasurat bercetak dan DUA (2) mukasurat lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Kertas soalan ini mengandungi ENAM (6) soalan semuanya.

Jawab LIMA daripada ENAM soalan sahaja.

Semua jawapan mesti dimulakan pada muka surat baru.

Semua soalan MESTILAH dijawab di dalam Bahasa Malaysia.

...2/-

1. Tuliskan nota-nota ringkas berkenaan perkara-perkara di bawah.

[a] Hubungan di antara tenaga kinetik  $E$  dan vektor gelombang  $\vec{k}$  untuk suatu elektron yang bergerak bebas di dalam bahan pepejal. Lakarkan graf yang sepadan.

(20 markah)

[b] Kesan pembelauan kepada hubungan  $E-\vec{k}$  untuk suatu elektron yang disebabkan oleh satah-satah atom di dalam bahan pepejal itu. Lakarkan graf yang sepadan.

(20 markah)

[c] Apakah zon Brillouin dan apakah signifikans sesuatu nilai  $k$  di dalam zon tersebut.

(20 markah)

[d] Takrifkan jisim berkesan  $m^*$  untuk suatu elektron yang bergerak di dalam suatu pepejal. Gunakan rajah-rajah yang sesuai, jika perlu.

(20 markah)

[e] Apakah lohong. Bezakan sifat-sifat lohong dan elektron dari segi nilai tenaganya, cas, jisim berkesan dan kelincahannya.

(20 markah)

2. [a] Takrifkan tenaga Fermi,  $E_F$  untuk elektron-elektron yang berada di dalam suatu hablur semikonduktor.

(10 markah)

Jika ketumpatan elektron di dalam jalur konduksi diberikan sebagai

$$n = A_c \exp \left[ - \frac{(E_c - E_F)}{kT} \right]$$

dan ketumpatan lohong di dalam jalur valens diberikan sebagai

$$p = A_v \exp \left[ - \frac{(E_F - E_v)}{kT} \right]$$

di mana  $A_c = 2 (2\pi m_e^* kT)^{3/2} / h^3$

di mana  $A_c = 2 (2\pi m_e^* kT)^{2/3} / h^3$

$$A_v = 2 (2\pi m_h^* kT)^{2/3} / h^3$$

$E_c$  = paras tenaga untuk pinggir jalur konduksi

$E_v$  = paras tenaga untuk pinggir jalur valens

T = suhu di dalam Kelvin

k = pemalar Boltzmann

$m_e^*$ ,  $m_h^*$  = jisim berkesan untuk elektron dan lohong masing-masing.

tunjukkan bahawa jika semikonduktor itu adalah intrinsik, paras tenaga Fermi,  $E_F$  akan terdapat di tengah-tengah jurang tenaganya. Jelaskan andaian-andaian yang telah dibuat.

(20 markah)

- [b] Kirakan kekonduksian elektrik,  $\sigma$ , untuk satu hablur silikon pada 350 K jika diketahui bahawa ketumpatan intrinsik pembawa cas  $n_i$  pada suhu 300 K adalah  $1.5 \times 10^{16} \text{ m}^{-3}$ . Dapatkan nilai-nilai parameter yang diperlukan daripada lampiran A.

(20 markah)

Jika hablur itu didop dengan menggantikan setiap  $10^6$  atom Si dengan satu atom Boron, kirakan ketumpatan-ketumpatan untuk pembawa cas majoriti dan minoriti untuk hablur dan seterusnya, tentukan nilai kekonduksian elektriknya yang baharu. Jelaskan semua andaian-andaian yang telah dibuat.

(20 markah)

- [c] Terangkan mengapa proses pendopan berupaya menghasilkan keadaan di mana ketumpatan pembawa cas bebas dapat ditambah. Berdasarkan kepada sebutan-sebutan yang diberikan di bahagian 2(a) di atas, dapatkan ketumpatan-ketumpatan pembawa cas di dalam semikonduktor ekstrinsik. Lakarkan graf yang menunjukkan perubahan ketumpatan pembawa cas dengan suhu. Terangkan segala ciri-ciri yang ditunjukkan di dalam plot tersebut.

(30 markah)

3. [a] Terangkan apa yang dimaksudkan dengan fonon dan berikan sebutan untuk tenaga yang terdapat pada satu fonon.

(10 markah)

- [b] Apakah faktor-faktor yang akan menghadkan kelincahan,  $\mu$ , pembawa cas bebas di dalam semikonduktor-semikonduktor;

- [i] intrinsik dan
- [ii] ekstrinsik.

Seterusnya, huraikan bagaimana kelincahan pembawa cas di dalam semikonduktor ekstrinsik itu berubah dengan suhu. Jawapan anda haruslah di bahagikan kepada bahagian suhu rendah dan suhu tinggi.

(30 markah)

- [c] Dengan mengambil-kira perubahan-perubahan ketumpatan pembawa cas dan kelincahan pembawa cas dengan suhu, anggarkan bagaimana kekonduksian elektrik semikonduktor ekstrinsik itu berubah dengan suhu. Lakarkan graf-graf yang menjelaskan sifat itu dan berikan penghuraian yang jelas.

(30 markah)

- [d] Pada satu suhu yang tetap dan setelah keseimbangan tercapai, apakah yang boleh dikatakan tentang kadar penjanaan terma,  $G$  dan kadar penggabungan  $R$  untuk pembawa-pembawa cas di dalam suatu semikonduktor?

Sekiranya sisihan daripada keseimbangan telah terhasil akibat penyerapan foton (katakan), dapatkan sebutan yang memperihalkan bagaimana keadaan keseimbangan itu akan dihampiri semula dan buktikan bahawa ianya akan ditentukan oleh ketumpatan lebihan untuk pembawa cas minoriti yang telah terhasil.

(30 markah)

4. [a] Suatu pengukuran kesan Hall telah dilakukan ke atas suatu hablur semikonduktor ekstrinsik untuk menentukan jenis pembawa cas majoritinya. Huraikan bagaimana ini dapat dilakukan.

(30 markah)

- [b] Terbitkan sebutan-sebutan untuk kelincahan Hall,  $\mu_H$ , dan pekali Hall  $R_H$  untuk semikonduktor jenis
- [i] n dan
  - [ii] p
- (20 markah)

- [c] Sekiranya semikonduktor adalah intrinsik, dapatkan  $\mu_H$  dan  $R_H$  yang sepadan dan terangkan andaian-andaian yang telah dibuat.
- (20 markah)

- [d] Suatu hablur Ge berjenis n yang mempunyai kekonduksian isotropik  $55 \Omega^{-1} \text{ m}^{-1}$  dijadikan sebagai suatu sampel segi-empat yang mempunyai keratan lintang  $1.5 \text{ cm} \times 0.10 \text{ cm}$ . Jika arus yang melalui panjang sampel itu adalah  $2 \times 10^{-3}$  Ampere and aruhan magnet, B yang dikenakan adalah  $10^{-1}$  Tesla B tegak lurus kepada arah arus di dalam sampel, dapatkan voltan Hall yang teraruh di antara permukaan yang selari dengan aliran arus itu.
- (30 markah)

5. [a] Suatu persimpangan p-n wujud pada keadaan keseimbangan pada suatu suhu yang tetap. Lakarkan graf-graf yang memperihalkan:-
- [i] Struktur paras tenaga pada kawasan persimpangan.
  - [ii] Taburan cas pada kawasan persimpangan.
  - [iii] Perubahan ketumpatan pembawa-pembawa cas majoriti dan minoriti pada kawasan persimpangan.
  - [iv] Perubahan medan elektrik pada kawasan persimpangan.
  - [v] Perubahan potensial pada kawasan persimpangan.

Untuk setiap graf yang dilakarkan, huraikan mengapa ianya berbentuk demikian masing-masing.

(35 markah)

- [b] Apakah peranan proses peresapan pembawa cas di dalam pencapaian keseimbangan di kawasan persimpangan.
- (10 markah)

...6/-

- [c] Sekiranya sekarang persimpangan itu dibias ke hadapan, apakah perubahan-perubahan kepada struktur paras tenaga yang terhasil? Labelkan graf anda dengan terang dan huraikan andaian-andaian yang dibuat. Ulangi perbincangan anda apabila persimpangan dibias ke belakang.

(25 markah)

- [d] Terangkan apa yang dimaksudkan dengan penerowongan cas. Huraikan prinsip operasi satu diod penerowongan. Lakarkan ciri-ciri I-V untuk diod tersebut dan bandingkan ini dengan ciri-ciri diod biasa.

Terangkan kewujudan kawasan "kerintangan negatif" pada ciri I-V diod penerowongan.

(30 markah)

6. [a] Bezakan kesan fotokonduksian untuk semikonduktor intrinsik dan ekstrinsik. Perbincangan harus merangkumi tenaga yang terlibat dan ketumpatan pembawa cas yang terhasil. Berikan komen anda sekiranya kesan fotokonduksian yang ditunjukkan oleh sesuatu semikonduktor itu hendak digunakan untuk menentukan  $E_g$  semikonduktor itu.

(30 markah)

- [b] Jika didapati satu alur cahaya berjaya menghasilkan  $G_{ph}$  pasangan elektron-lohong per saat dan jika didapati juga bahawa masa hayat untuk elektron dan lohong yang terhasil adalah  $\tau_e$  dan  $\tau_h$  masing-masing, dapatkan sebutan yang memberikan pertambahan kepada kekonduksian elektrik,  $\sigma \Delta$ , untuk semikonduktor itu.

(40 markah)

[c] Suatu hablur Si yang mempunyai luas permukaan  $1.0 \text{ cm} \times 1.0 \text{ cm}$  disinari oleh cahaya monokromatik berjarak gelombang  $6.27 \times 10^{-4} \text{ m}$  yang mempunyai kuasa  $1.0 \text{ watt m}^{-2}$ . Sinaran ini menghasilkan pasangan elektron-lohong yang mempunyai masa hayat  $\tau_e = \tau_h = 10^{-6}$  saat per satu foton yang terserap. Jika kelincahan lohong dan elektron adalah  $\mu_h = 0.001 \text{ m}^2 \text{ v}^{-1} \text{ s}^{-1}$  dan  $\mu_e = 1.0 \text{ m}^2 \text{ v}^{-1} \text{ s}^{-1}$  masing-masing, apakah nilai pertambahan kekonduksian elektrik yang terhasil?

(30 markah)

-oooOooo-

	Si	Ge
$n_i$ ( $m^{-3}$ )	$1.5 \times 10^{16}$	$2.4 \times 10^{19}$
$\rho$ ( $g \cdot m^{-3}$ )	$2.33 \times 10^6$	$5.32 \times 10^6$
$\mu_e$ ( $m^2 v^{-1} s^{-1}$ )	0.135	0.39
$\mu_h$ ( $m^2 v^{-1} s^{-2}$ )	0.048	0.19
$E_g$ (eV)	1.1	0.67

Sifat-sifat semikonduktor intrinsik Si dan Ge pada 300 K.



<u>Pemalar Fizik</u>		
<u>Pemalar</u>	<u>Simbol</u>	<u>Nilai</u>
cas elektron	$e$	$1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$
halaju cahaya	$c$	$2.998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
jejari Bohr	$a_0$	$5.292 \times 10^{-11} \text{ m}$
jisim elektron	$m_e$	$9.110 \times 10^{-31} \text{ kg}$
jisim neutron	$m_n$	$1.675 \times 10^{-27} \text{ kg}$
jisim proton	$m_p$	$1.673 \times 10^{-27} \text{ kg}$
ketelapan vakum	$\mu_0$	$1.257 \times 10^{-6} \text{ H.m}^{-1}$
ketelusan vakum	$\epsilon_0$	$8.854 \times 10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$
magneton Bohr	$\mu_B$	$9.274 \times 10^{-24} \text{ A.m}^2 \text{ (J.T}^{-1}\text{)}$
magneton nukleus	$\mu_N$	$5.051 \times 10^{-27} \text{ A.m}^2 \text{ (J.T}^{-1}\text{)}$
pemalar Avogadro	$N_A$	$6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
pemalar Boltzmann	$K$	$1.381 \times 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$ $1.381 \times 10^{-16} \text{ erg. K}^{-1}$
pemalar Faraday	$F$	$9.64 \times 10^4 \text{ C.mol}^{-1}$
pemalar gas	$R$	$8.314 \text{ J.K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ $0.08206 \text{ L.atm.K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ $82.06 \text{ cm}^3 \text{ .atm.K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
pemalar Planck	$h$	$6.626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ $6.626 \times 10^{-27} \text{ erg.s}$