

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 2003/2004

Februari/Mac 2004

**ZCC 543/4 – Fizik Semikonduktor**

Masa : 3 jam

---

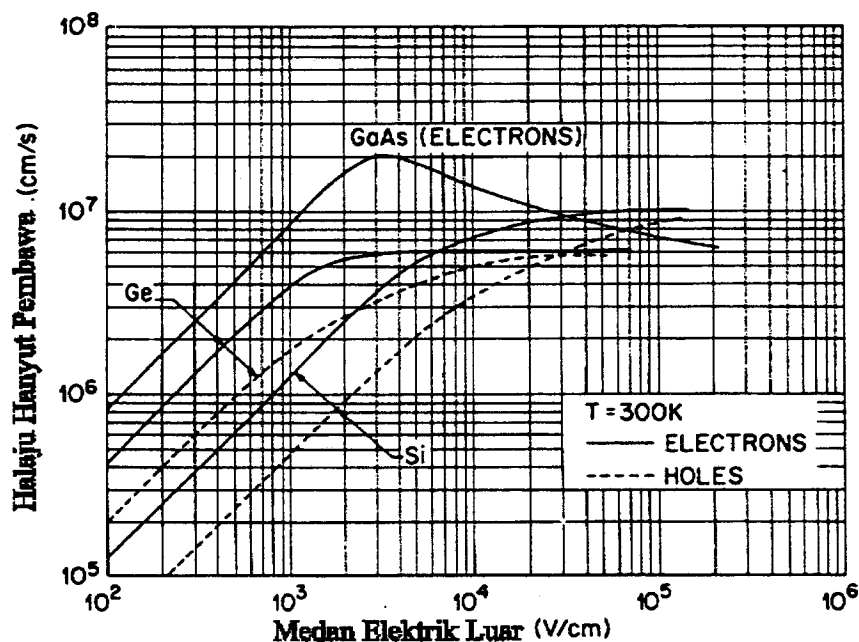
Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **TUJUH** muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab kesemua **LIMA** soalan. Kesemuanya wajib dijawab dalam Bahasa Malaysia.

1. (a) Bincangkan pembinaan rajah jalur tenaga menggunakan model atomistik.  
(40/100)
- (b) Dalam suatu sampel semikonduktor, paras-paras penderma dan penerima berjarak 0.45eV di antara satu sama lain. Jika 65% penderma terion pada suhu 300K:
- (i) Tentukan pecahan penerima yang terion.  
(ii) Jika paras penderma adalah  $2.5kT$  di bawah jalur konduksi tentukan kedudukan paras Fermi.  
(30/100)
- (c) Suatu sampel Ge didopkan secara seragam oleh atom Ga sebanyak  $6 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ . Anggapkan semua atom-atom terion dan ambil  $n_i = 5 \times 10^{13} \text{cm}^{-3}$  pada suhu 300K.
- (i) Tentukan kepekatan elektron dan lohong dalam sampel.  
(ii) Dengan menganggap bahawa kepekatan intrinsik dalam Ge meningkat sebanyak 7% per peningkatan suhu, anggarkan suhu di mana sampel menjadi intrinsik.  
(30/100)
2. (a) Bincangkan kenapa konsep kelincahan tidak bermakna bagi elektron bergerak di dalam vakum.  
(10/100)
- (b) Suatu sampel Si didop dengan atom In sebanyak  $3 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$  dan dipotong mengikut dimensi keratan rentas 4mm x 4mm dan panjang 8mm. Suatu medan magnet sebanyak 7K Gauss dikenakan bersudut tegak dengan muka 4mm x 8mm dan arus sebanyak 12mA merentasi panjang 8mm sampel tersebut di dalam arah x (-ve).
- (i) Hitung magnitud pemalar Hall dan tanda arah voltan Hall tersebut.  
(ii) Bagaimanakah voltan Hall akan berubah apabila sampel di atas diganti dengan sampel intrinsik Si. Anggap suhu  $T=300\text{K}$ .  
(30/100)
- (c) Rajah 1 menunjukkan halaju hanyut pembawa melawan medan elektrik luar bagi 3 semikonduktor. Buat satu analisis saintifik yang lengkap yang merangkumi perkara berikut.

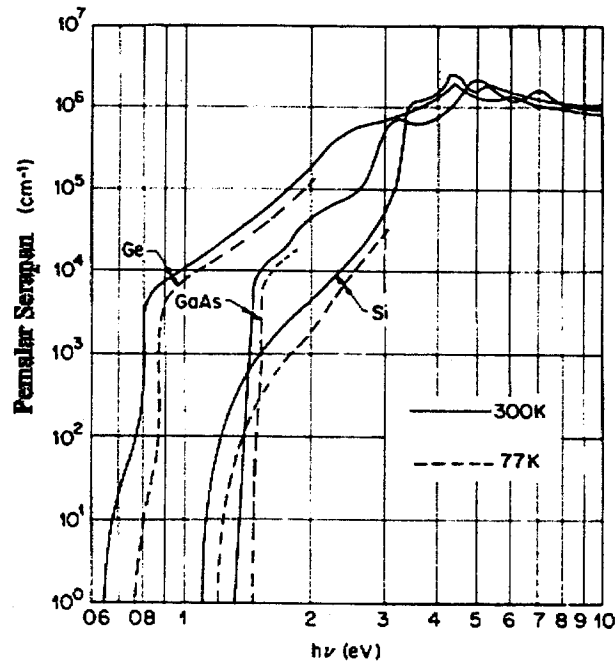
- (i) Trend keseluruhan
- (ii) Proses yang berlaku
- (iii) Perbandingan diantara semikonduktor
- (iv) Sifat lohong dan elektron

(60/100)



Rajah 1. Nilai eksperimen halaju hanyut pembawa melawan medan elektrik luar bagi Si, Ge dan GaAs yang tulen.

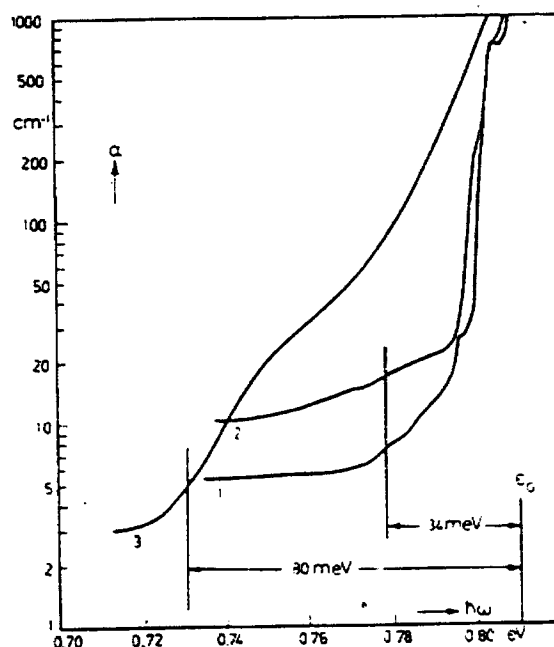
3. (a) Rajah 2 menunjukkan pemalar serapan di sekitar dan di atas pinggir serapan asas untuk Ge, Si dan GaAs tulen. Berdasarkan Rajah tersebut;
- (i) Tentukan semikonduktor terus dan tak terus. Nyatakan kriteria yang digunakan dalam penentuan anda. (10/100)
  - (ii) Terangkan kurva Ge dan GaAs pada suhu 300K menggunakan rajah tenaga ( $E$  lwn. vektor gelombang) yang sesuai. (30/100)
  - (iii) Pilih satu semikonduktor dan buat analisis ringkas tentang perubahan kurva serapan dengan suhu (i.e. 300K dan 77K). (10/100)



Rajah 2. Nilai eksperimen bagi pemalar serapan di sekitar dan di atas pinggir serapan asas bagi semikonduktor tulen Ge, Si dan GaAs.

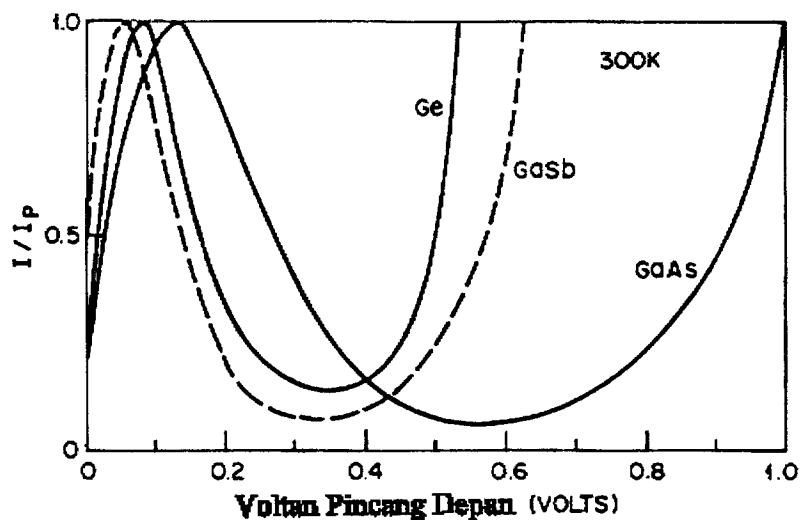
- (b) Rajah 3 menunjukkan spektrum serapan asas GaSb jenis-p dengan berbagai kepekatan bendasing. Sampel 1 dan 2 mempunyai kepekatan bendasing masing-masing sebanyak  $1.4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  dan  $2.5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ . Dalam sampel 3 bendasing (penerima) sebahagiannya dipampaskan oleh Tellurium (atom penderma). Menggunakan rajah jalur tenaga terangkan kesemua kurva yang diperhatikan dalam sampel 1, 2 dan 3.  $\epsilon_G$  adalah jurang tenaga GaSb.

(50/100)



Rajah 3. Kurva serapan asas bagi GaSb yang dipengaruhi oleh bendasing dengan berbagai paras kepekatan.

4. (a) Penggunaan sumber cahaya monokromatik bagi fotokonduksian lebih baik bagi meningkatkan kesensitifan peranti fotokondaktor berbanding dengan penggunaan cahaya putih. Bincangkan hal ini. (25/100)
- (b) Bincangkan kefahaman anda tentang fonon. (15/100)
- (c) Lakarkan kurva taburan ( $\omega$ -k) bagi getaran kekisi untuk sistem atom dwiatomik linear. (30/100)
- (d) Menggunakan model spring dwiatomik jelaskan bentuk-bentuk getaran atom yang telah menghasilkan kurva yang anda plot dalam (c). (20/100)
- (e) Jelaskan perbezaan antara fonon dan foton dari segi:
- Jenis tenaga
  - Nilai momentum
- (10/100)
5. (a) Dengan bantuan rajah yang sesuai terangkan fenomena diod terowong. (30/100)
- (b) Rajah 4 menunjukkan ciri I-V diod terowong bagi Ge, GaSb dan GaAs. Berdasarkan rajah ini bincangkan perkara-perkara berikut:
- $I_p$  berlaku pada voltan pincang yang berlainan bagi semikonduktor berlainan
  - $I_v$  berlaku pada voltan pincang yang berlainan bagi semikonduktor berlainan
  - $I_v$  untuk Ge lebih tinggi daripada  $I_v$  untuk GaAs
- (40/100)



Rajah 4. Ciri I-V bagi diod terowong Ge, GaSb dan GaAs pada suhu 300K.

- (c) Jelaskan secara ringkas proses-proses penjanaan cahaya berikut di dalam suatu semikonduktor
- i. Elektroluminesen
  - ii. Laser
  - iii. Fosforesen
- (15/100)
- (d) Terangkan apakah maksud eksiton dan tuliskan persamaan yang menyatakan magnitud eksiton.
- (15/100)

## Properties of Ge, Si and GaAs at 300 K

Property	Ge	Si	GaAs
Atomic/molecular weight	72.6	28.09	144.63
Density ( $\text{g cm}^{-3}$ )	5.33	2.33	5.32
Dielectric constant	16.0	11.9	13.1
Effective density of states			
Conduction band, $N_C$ ( $\text{cm}^{-3}$ )	$1.04 \times 10^{19}$	$2.8 \times 10^{19}$	$4.7 \times 10^{17}$
Valence band $N_V$ ( $\text{cm}^{-3}$ )	$6.0 \times 10^{18}$	$1.02 \times 10^{19}$	$7.0 \times 10^{18}$
Electron affinity (eV)	4.01	4.05	4.07
Energy gap, $E_g$ (eV)	0.67	1.12	1.43
Intrinsic carrier concentration, $n_i$ ( $\text{cm}^{-3}$ )	$2.4 \times 10^{13}$	$1.5 \times 10^{10}$	$1.79 \times 10^6$
Lattice constant ( $\text{\AA}$ )	5.65	5.43	5.65
Effective mass			
Density of states $m_e^*/m_0$	0.55	1.18	0.068
$m_e^*/m_0$	0.3	0.81	0.56
Conductivity $m_e/m_0$	0.12	0.26	0.09
$m_h/m_0$	0.23	0.38	
Melting point ( $^{\circ}\text{C}$ )	937	1415	1238
Intrinsic mobility			
Electron ( $\text{cm}^2 \text{V}^{-1} \text{sec}^{-1}$ )	3900	1350	8500
Hole ( $\text{cm}^2 \text{V}^{-1} \text{sec}^{-1}$ )	1900	480	400