
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Kursus Semasa Cuti Panjang
Sidang Akademik 2002/2003

April 2003

ZAT 389E/3 – Struktur Semikonduktor Dimensi Rendah

Masa : 3 jam

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

Jawab mana-mana EMPAT soalan sahaja. Pelajar dibenarkan menjawab semua soalan dalam Bahasa Inggeris ATAU Bahasa Malaysia ATAU kombinasi kedua-duanya.

1. (a) Jalur tenaga paling rendah bagi elektron bebas di dalam satu hablur dapat diwakili oleh

$$E(k) = \frac{1}{2} W(1 - \cos ka)$$

dengan k ialah vektor gelombang, W ialah lebar penuh tenaga bagi jalur di dalam zon Brillouin pertama dan a ialah pemalar kekisi.

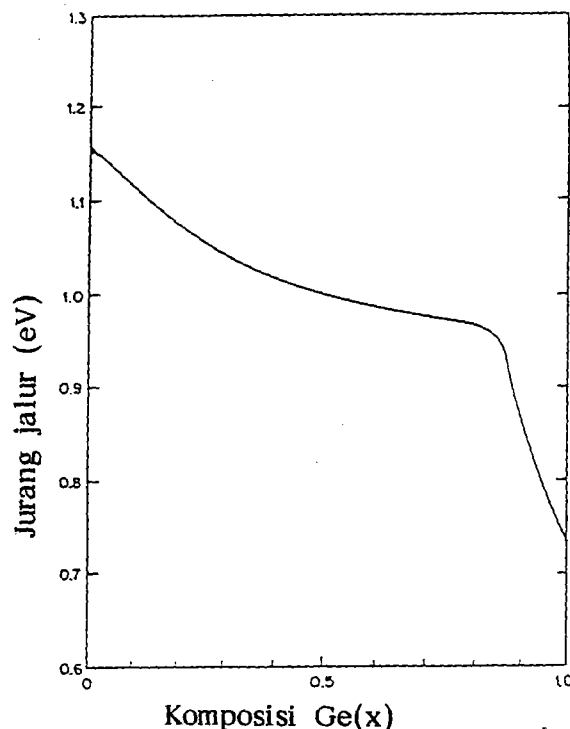
- (i) Lukiskan jalur tenaga ini di dalam zon Brillouin pertama.
(ii) Tentukan satu ungkapan bagi jisim berkesan keseluruhan jalur.
(iii) Tunjukkan bahawa satu jalur yang sangat lebar menghasilkan jisim berkesan yang kecil.

(50/100)

- (b) Terangkan maksud fizikal sebutan monolapisan di dalam struktur adunan zink.

(20/100)

- (c) Lakarkan gambarajah jalur tenaga bagi Si dan GaAs dalam arah vektor gelombang [111] dan [110]. Bincangkan ciri-ciri penting bagi setiap jalur dan perbezaan antara mereka. (30/100)
2. (a) Rajah di bawah menunjukkan kebersandaran jurang jalur aloi-aloi $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ tak terikan sebagai satu fungsi pecahan Ge.



- (i) Bincangkan kelakuan minimum jalur konduksi apabila komposisi Ge ditingkatkan.
- (ii) Lakarkan satu lengkung yang mewakili jurang jalur aloi-aloi $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ terikan sebagai satu fungsi x merujuk kepada jurang jalur tak terikan. (50/100)
- (b) Satu logam membentuk antaramuka dengan satu semikonduktor jenis-n. Gunakan gambarajah-gambarajah jalur yang bersesuaian bagi memerihalkan sentuhan-sentuhan yang mungkin terbentuk pada antaramuka dengan mempertimbangkan fungsi kerja logam dan semikonduktor jenis-n.

(50/100)

...3/-

3. (a) (i) Bincangkan kriteria-kriteria yang mesti dipenuhi supaya berlaku penumbuhan heterostruktur yang unggul.
- (ii) Bincangkan kesan-kesan ke atas ciri elektronik jika kriteria-kriteria ini tidak dipenuhi.
- (20/100)
- (b) Pemalar kekisi bagi GaSb dan InSb masing-masing ialah 0.610 nm dan 0.648 nm. Gunakan hukum Vegard bagi melukis perubahan pemalar kekisi dengan x bagi aloi-aloi $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{Sb}$.
- (30/100)
- (c) (i) Takrifkan peraturan Anderson bagi penjajaran jalur-jalur tenaga pada satu heterosimpang.
- (ii) Bincangkan jenis-jenis penjajaran jalur di antara dua semikonduktor dan berikan contoh bagi setiap kes. Dalam perbincangan anda sebutkan juga kemungkinan pemerangkapan elektron dan lohong.
- (50/100)
4. (a) Terangkan bagaimana satu perigi keupayaan parabola satu dimensi dapat dibina secara eksperimen dengan heterostruktur GaAs-AlGaAs.
- (30/100)
- (b) Penyelesaian bagi keadaan terikat satu elektron di dalam perigi segi empat sama dengan lebar a dan kedalaman terhingga V_0 diberi oleh

$$\left\{ \begin{array}{l} \tan \\ -\cot \end{array} \right\} \theta = \sqrt{\frac{mV_0 a^2}{2\hbar^2} \frac{1}{\theta^2} - 1} \equiv \sqrt{\frac{\theta_0^2}{\theta^2} - 1}$$

dengan $\theta = ka/2$, m dan k masing-masing ialah jisim dan vektor gelombang elektron.

- (i) Terangkan secara jelas dengan bantuan satu graf yang bersesuaian langkah-langkah bagi menyelesaikan persamaan di atas.
- (ii) Tentukan bilangan penyelesaian jika $a = 10$ nm, $V_0 = 0.3$ eV dan $m = m_0 m_e$ dengan $m_e = 0.067$. Diberi bahawa $m_0 = 9.11 \times 10^{-31}$ kg dan $\hbar = 1.06 \times 10^{-34}$ Js.

(70/100)

...4/-

5. (a) Takrifkan peraturan emas Fermi bagi satu keupayaan berayun seperti yang dibekalkan oleh foton.

(30/100)

- (b) Bahagian hakiki kekonduksian optik bagi penyerapan antara jalur di dalam satu semikonduktor jurang jalur terus boleh ditulis secara hampirannya sebagai

$$\sigma_1(\omega) \simeq \frac{\pi e^2}{m_0^2 \omega} |P_{cv}(\omega)|^2 n_{opt}(\hbar\omega)$$

dengan $n_{opt}(\hbar\omega)$ ialah ketumpatan keadaan bersama optik dan sebutan-sebutan lain mempunyai maksud yang sama seperti dalam nota kuliah.

- (i) Bincang dan lukiskan lengkung-lengkung penyerapan teori bagi GaAs pukal, gas elektron dua dimensi (2DEG) dan satu dawai kuantum bagi heterostruktur GaAs-AlGaAs.
- (ii) Lengkung-lengkung penyerapan eksperimen agak berbeza sedikit daripada lengkung teori. Terangkan kenapa?

(70/100)