

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 2002/2003

Februari – Mac 2003

**ZAT 389E/3 - Struktur Semikonduktor Dimensi Rendah**

Masa : 3 jam

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

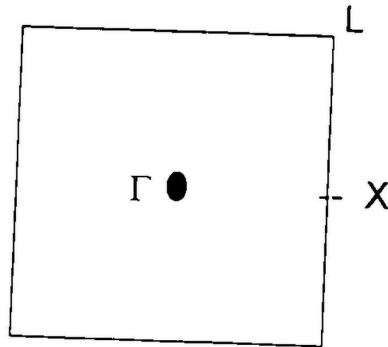
Jawab mana-mana EMPAT soalan. Pelajar dibenarkan menjawab semua soalan dalam Bahasa Inggeris ATAU Bahasa Malaysia ATAU kombinasi kedua-duanya.

1. (a) (i) Lakarkan jalur tenaga bagi suatu elektron hampir bebas di dalam tiga zon Brillouin terawal bagi suatu kekisi satu dimensi dengan pemalar kekisi  $a$ .
- (ii) Tentukan vektor-vektor kekisi resiprokal bagi mentranslasikan jalur ini ke dalam skim zon diperkecilkan dan lakarkan strukturnya.
- (iii) Terangkan secara ringkas asalan jurang-jurang tenaga di pusat dan pinggir-pinggir zon Brillouin pertama.

(30/100)

- 2 -

- (b) Gambarajah 1 menunjukkan zon Brillouin pertama bagi suatu kekisi segiempat sama dengan pemalar kekisi  $a$ .



Gambarajah 1

- (i) Lukiskan jalur tenaga bagi suatu elektron bebas yang bergerak dari  $\Gamma$  ke X, ke L dan kembali ke  $\Gamma$ .
- (ii) Tandakan dengan jelas di dalam lukisan anda kewujudan jurang-jurang tenaga jika elektron tersebut adalah hampir bebas.
- (40/100)
- (c) Terangkan ciri-ciri jalur valens  $\Gamma_7$  dan  $\Gamma_8$  di dalam silikon (Si) tak tegasan di pusat zon Brillouin dan bagi nombor gelombang elektron terhingga.
- (30/100)
2. (a) Jurang jalur pada titik- $\Gamma$  bagi aloi  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  dapat diwakili oleh  $E_g(x) = 1.42 + 1.247x$ . Perihalkan kelakuan jurang jalur sebenar (perbezaan tenaga di antara minimum terendah pada jalur konduksi dan maksimum tertinggi pada jalur valens) dalam  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  apabila  $x$  berubah dari sifar ke uniti.
- (40/100)
- (b) Bincangkan asalan kecacatan-kecacatan titik dan peranan mereka bagi menentukan struktur jalur di dalam semikonduktor.
- (20/100)
- (c) Pertimbangkan suatu logam membentuk antaramuka dengan satu semikonduktor jenis-p. Gunakan gambarajah-gambarajah jalur yang bersesuaian bagi memerihalkan sentuhan-sentuhan yang mungkin terbentuk pada antaramuka dengan mempertimbangkan fungsi-fungsi kerja logam dan semikonduktor jenis-p.
- (40/100)

...3/-

3. (a) Perihalkan penumbuhan filem nipis semikonduktor menggunakan reaktor epitaksi alur molekul (MBE) dan pemendapan wap kimia logam-organik (MOCVD). Berikan komen tentang ciri-ciri terbaik bagi setiap teknik penumbuhan.

(30/100)

- (b) Jadual menunjukkan parameter-parameter jalur bagi penumbuhan heterostruktur kekisi-sepadan  $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}-\text{InP}-\text{In}_{0.52}\text{Al}_{0.48}\text{As}-\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ .

	Jurang tenaga $E_g$ (eV)	Perbezaan tenaga di antara minima jalur-jalur konduksi $\Delta E_c$ (eV)	Perbezaan tenaga di antara maksima jalur-jalur valens $\Delta E_v$ (eV)
$\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$	0.75		
InP	1.35	0.26	0.34
$\text{In}_{0.52}\text{Al}_{0.48}\text{As}$	1.44	0.25	-0.16
$\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$	0.75	0.47	0.22

- (i) Lukis dan perihalkan penjajaran jalur-jalur di heterosimpang-heterosimpang menggunakan petua Anderson.
- (ii) Bincangkan pengurungan elektron dan lohong pada setiap heterosimpang.

(40/100)

- (c) (i) Berikan alasan-alasan menggunakan lapisan-lapisan tegasan dalam penumbuhan heterostruktur.

- (ii) Bincangkan kesan-kesan mampatan dan regangan kekisi di dalam satah simpang ke atas jalur valens.

(30/100)

4. (a) Jumlah tenaga bagi elektron yang bergerak di dalam satah x-y suatu perigi kuantum segiempat sama tak terhingga dalam (tenaga keupayaan hanya bersandar kepada koordinat z) diberi sebagai

$$E_n(\mathbf{k}) = \varepsilon_n + \frac{\hbar^2 \mathbf{k}^2}{2m}$$

dengan  $n (= 1, 2, 3, \dots)$  ialah indeks subjalur,  $\varepsilon_n$  ialah tenaga bagi suatu keadaan terikat dalam arah z, dan  $\mathbf{k} (= k_x, k_y)$  ialah nombor gelombang elektron.

Lakar dan terangkan jumlah tenaga bagi tiga subjalur terawal di dalam suatu perigi GaAs dengan lebar 10 nm dan ketumpatan keadaan mereka yang sepadan.

(50/100)

- (b) (i) Bincangkan tenaga bagi elektron yang terkurung di dalam satu-dimensi (seperti di dalam suatu dawai kuantum) dengan menganggap keupayaan pengurungan sebagai satu fungsi  $r (= x, y)$  supaya elektron kekal bebas bergerak dalam arah z.
- (ii) Lakar dan bincangkan ketumpatan keadaan bagi subjalur-subjalur yang terhasil.

(50/100)

5. (a) Bincangkan petua emas Fermi bagi satu usikan harmonik yang diberi sebagai

$$\hat{V}(t) = 2\hat{V} \cos \omega_0 t = \hat{V} (e^{-i\omega_0 t} + e^{+i\omega_0 t})$$

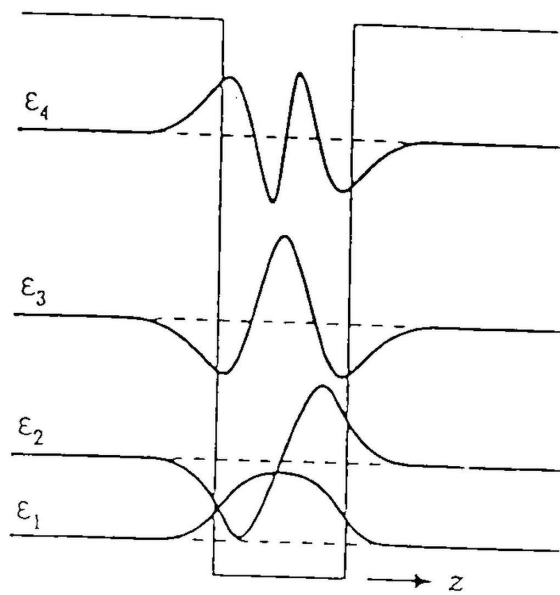
dengan  $\hat{V}$  ialah amplitud dan  $\omega_0$  ialah frekuensi.

(50/100)

- (b) Gambarajah 2 menunjukkan keadaan-keadaan terikat elektronik (fungsi gelombang sepanjang z dengan paras tenaga) di dalam suatu perigi kuantum terajar sepanjang z yang dibentuk oleh jalur-jalur konduksi suatu heterostruktur. Pertimbangkan cahaya merambat di dalam satah perigi supaya medan elektriknya adalah normal kepada perigi kuantum. Dengan mempertimbangkan unsur matriks di antara dua keadaan terikat di dalam persamaan kadar peralihan tunjukkan bahawa

...5/-

- (i) peralihan optik adalah menegak,
- (ii) penyerapan berlaku pada frekuensi-frekuensi yang sepadan dengan perpisahan keadaan-keadaan terikat di dalam perigi, dan
- (iii) petua pilihan bagi penyerapan optik adalah jika satu keadaan adalah genap yang satu lagi mestilah ganjil.



Gambarajah 2

(50/100)