

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 1991/1992

Oktober/November 1991

EBB 315/3 - Bahan Semikonduktor I

Masa : [3 jam]

ARAHAN KEPADA CALON

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi ENAM mukasurat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Kertas peperiksaan ini mengandungi ENAM soalan semuanya.

Jawab LIMA dari enam soalan.

Semua soalan MESTILAH dijawab di dalam Bahasa Malaysia.

Tuliskan nota-nota ringkas berkenaan.

1. [a] Hubungan $E - \vec{k}$ untuk satu elektron bebas di dalam suatu hablur. (25 markah)
- [b] Kesan pembelauan ke atas gerakan elektron yang tersebut di atas dan kewujudan zon-zon terlarang di dalam hubungan $E - \vec{k}$. (25 markah)
- [c] Zon Brillouin di dalam suatu hablur. Plotkan Zon Brillouin di dalam ruang \vec{k} untuk satu hablur kubus mudah. (25 markah)
- [d] Jisim berkesan untuk elektron di dalam satu hablur dan kemungkinan kewujudan jisim berkesan yang negatif dan implikasinya. (25 markah)
2. [a] Takrifkan apa yang dimaksudkan dengan paras Fermi, E_F , untuk elektron-elektron di dalam suatu pepejal. Bandingkan dan bezakan kedudukan-kedudukan E_F di dalam suatu logam dan semikonduktor pada;
- i) O K dan
 - ii) Suhu bilik
- (30 markah)

[b] Diberikan ketumpatan elektron di dalam jalur konduksi pada suhu T adalah

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

dan ketumpatan lohong di dalam jalur valens adalah

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

dengan

$$A_C = \frac{2 (2\pi m_e * kT)^{3/2}}{h^3} \quad \cdot \quad A_V = \frac{2(2\pi m_h * kT)^{3/2}}{h^3}$$

E_c adalah tenaga dipinggir jalur konduksi

E_v adalah tenaga dipinggir jalur valens

k adalah pemalar Boltzmann

h adalah pemalar Planck

m_e^* , m_h^* adalah jisim-jisim berkesan untuk elektron dan lohong masing-masing. Tunjukkan bahawa untuk suatu semikonduktor intrinsik, E_F berada di tengah-tengah jurang tenaga. Huraikan dengan jelas segala anggapan yang dibuat.

(30 markah)

- [c] Suatu semikonduktor telah didop dengan bendasing yang telah mengubahkannya kepada semikonduktor jenis-n. Dengan menggunakan gambarajah-gambarajah yang sesuai tunjukkan kedudukan-kedudukan paras Fermi untuk hablur tersebut sebelum dan selepas pendopan dilakukan.

Jika sekiranya sekarang suhu hablur terdop itu dinaikkan komen tentang kemungkinan perubahan kepada kedudukan E_F , jika ada.

Ulangi perbincangan untuk semikonduktor jenis-p.

(40 markah)

3. [a] Dengan menggunakan data yang terdapat di dalam lampiran A dan B, kirakan kerintangan ρ untuk satu hablur intrinsik Si pada suhu bilik.

(20 markah)

Jika hablur itu didopkan dengan menggantikan setiap 10^7 atom Si dengan satu atom Boron, kirakan ketumpatan pembawa cas majoriti dan minoriti dan seterusnya kirakan kerintangan semikonduktor ekstrinsik itu. Jelaskan segala anggapan yang dibuat.

Walau bagaimanapun jika nilai kerintangan sampel yang didop itu telah didapati (melalui eksperimen) lebih tinggi daripada nilai yang dikirakan dengan teori, apakah yang boleh dikatakan tentang keadaan pengionan atom-atom pendop itu.

- [b] Terangkan mengapa pendopan adalah satu kaedah yang berkesan untuk menambahkan ketumpatan pembawa cas majoriti di dalam suatu hablur semikonduktor.

Plotkan graf yang menunjukkan sandaran ketumpatan pembawa cas majoriti kepada suhu di dalam satu semikonduktor ekstrinsik dan daripada graf yang dilakarkan, terangkan mekanisme-mekanisme yang bertanggungjawab ke atas bentuk lakaran yang terlihat. Apakah keterangan-keterangan yang boleh didapati daripada plot-plot itu.

(40 markah)

4. [a] Terangkan apa yang dimaksudkan dengan kelincahan, μ , untuk suatu pembawa cas di dalam suatu hablur semikonduktor.

Apakah dia mod-mod serakan yang dialami oleh gerakan bebas pembawa-pembawa cas itu dan dengan ini terbitkan sandaran $T^{-3/2}$ untuk kelincahan pembawa-pembawa cas di dalam hablur tersebut.

Dengan itu tunjukkan sandaran kekonduksian, σ , untuk hablur semikonduktor ekstrinsik kepada suhunya. Huraikan segala anggapan yang dibuat.

(40 markah)

- [b] Suatu ukuran kesan Hall dilakukan ke atas suatu hablur Si jenis-p yang berbentuk segiempat. Tunjukkan bahawa pekali Hall, R_H , untuk hablur itu adalah $\frac{1}{pq}$ di mana q adalah magnitud cas dan p adalah ketumpatan pembawa cas.

Komen ke atas hasil eksperimen jika hablur itu adalah jenis n dan juga dapatkan sebutan untuk pekali Hallnya.

(40 markah)

- [c] Suatu hablur Si jenis p yang mempunyai keratan lintang $0.10 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ dan kekonduksian isotropik bernilai $5 \times 10^{-1} \text{ m}^{-1}$ diletakkan di dalam medan magnet yang mempunyai keamatan B sebagai 10^{-1} Tesla. Arah medan magnet tersebut adalah tegak lurus kepada arah panjang hablur itu. Sekiranya arus 3×10^{-3} ampere dialirkan di dalam hablur itu dan di dalam arah panjangnya, kirakan magnitud voltan Hall yang teraruh di antara kedua-dua permukaan hablur yang selari dengan arah aliran arus itu.

(20 markah)

5. [a] Banding dan perbezakan spektrum-spektrum penyerapan foton optik untuk logam dan semikonduktor. Daripada profil spektrum penyerapan itu apakah yang boleh dikatakan tentang struktur taburan tenaga elektron untuk bahan-bahan tersebut.

Cadangkan suatu eksperimen yang sesuai untuk menentukan jurang tenaga suatu hablur semikonduktor.

(40 markah)

- [b] Suatu denyutan sinaran telah menghasilkan lebih pasangan-pasangan elektron-lohong di dalam suatu semikonduktor ekstrinsik. Terbitkan persamaan yang memperihalkan reputan ketumpatan pembawa cas minoriti lebih di dalam hablur itu. Terangkan segala anggapan yang telah dibuat.

Suatu denyutan sinaran telah menghasilkan 10^{12} lebih cas minoriti m^{-3} di dalam suatu hablur. Sekiranya masa hayat cas minoriti di dalam hablur itu adalah 2×10^{-6} saat, apakah tempoh masa yang diperlukan untuk lebih ketumpatan itu untuk menurun kepada 10^{10} m^{-3} .

(60 markah)

6. [a] Terangkan peranan yang dimainkan oleh peresapan pembawa cas di dalam memperoleh keadaan keseimbangan di satu persimpangan p-n. Dengan itu tuliskan suatu persamaan yang dengan lengkapnya memperihalkan jumlah arus yang melintasi persimpangan tersebut pada keadaan keseimbangan. Jelaskan segala anggapan yang dibuat.

(40 markah)

- [b] Apakah yang dimaksudkan oleh "penerowongan". Terangkan prinsip-prinsip berkenaan yang membolehkan keberfungsian sesuatu diod penerowongan itu. Dengan menggunakan gambarajah-gambarajah tenaga yang sesuai, terangkan ciri-ciri I-V untuk suatu diod penerowongan apabila ianya

- (a) dibias hadapan dan;
- (b) dibias belakang

(30 markah)

Komen tentang kehadiran kawasan kerintangan negatif di dalam ciri I-V diod tersebut.

(30 markah)

-oooOooo-