

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA
Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 1987/88

EBB 315/3 - BAHAN SEMIKONDUKTOR I

Tarikh: 5 November 1987

Masa: 9.00 pagi - 12.00 tengahari
(3 jam)

ARAHAN KEPADA CALON

Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi ENAM (6) mukasurat bercetak.

Jawab DUA (2) soalan dari Bahagian A dan DUA (2) soalan dari Bahagian B.

Semua jawapan mestilah dijawab di dalam Bahasa Malaysia.

Bahagian A

1. (a) Germanium intrinsik mempunyai kepekatan elektron seperti berikut pada suhu-suhu yang tertentu.

T/K	200	300	400	500
n/m^{-3}	5.8×10^{15}	2.0×10^{19}	1.4×10^{21}	1.9×10^{22}
T/K	600	700	800	900
n/m^{-3}	1.2×10^{23}	4.3×10^{23}	1.4×10^{24}	2.7×10^{24}

Tunjukkan bahawa data ini mengikut bentuk persamaan di bawah

$$n_i = AT^{3/2} \exp(-E_0/2KT)$$

dan tentukan pemalar A dan E_0 untuk germanium. Dengan mengandaikan nilai m_e^* dan m_h^* seperti berikut:-

$$m_e^* = 0.22 m_e \text{ dan } m_h^* = 0.37 m_e$$

Carikan jurang tenaga untuk germanium pada 300 K dan pengurangan E_g dengan suhu pada julat suhu yang berkenaan.

(64 markah)

- (b) Nyatakan dua proses fizik untuk meningkatkan kealiran semikonduktor intrinsik. Terangkan dengan ringkas.

(20 markah)

- (c) Bagaimanakah semikonduktor majmuk umpamanya InSb boleh dijadikan

- i) jenis - n dan
- ii) jenis - p ?

(16 markah)

2. (a) Terbitkan ungkapan fenomologi ('phenomenological') untuk jarak-jarak ciri yang berikut di dalam sesuatu semikonduktor yang mempunyai jisim berkesan elektron m_e^* , cas elektron q dan di dalam medan elektrik \mathcal{E} , pada suhu T .

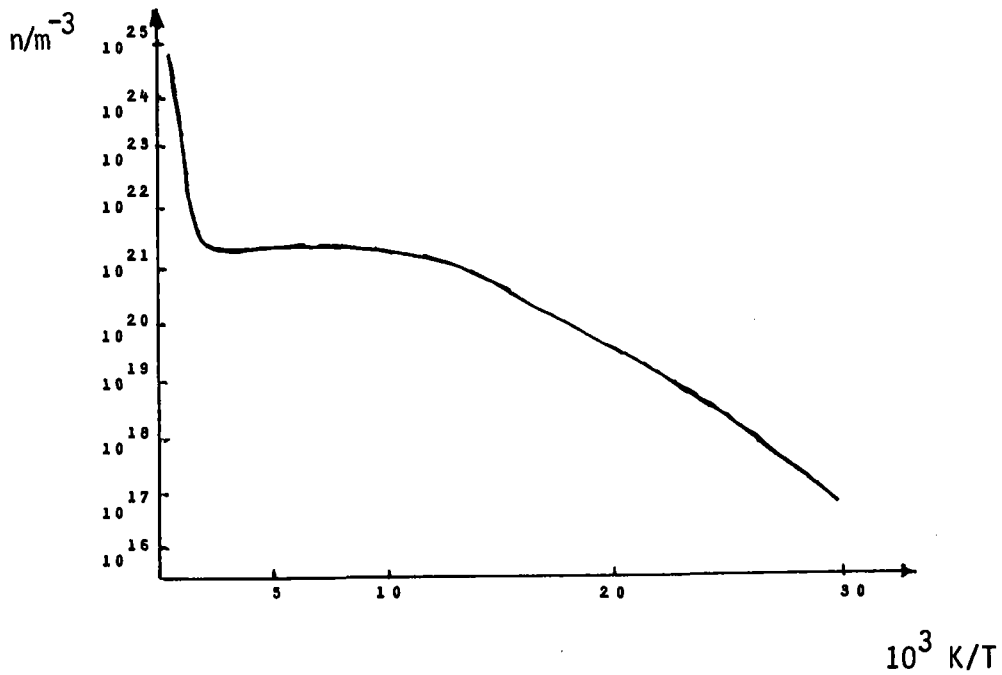
i) Lintasan bebas min antara perlanggaran bagi elektron, masa penyerakan diberikan sebagai τ_s (15 markah)

ii) jarak resapan bagi elektron, diberikan pemalar resapan sebagai D_e dan masa hayat elektron sebagai τ_e (15 markah)

Nyatakan kepentingan jarak (b) untuk memahami sifat-sifat semikonduktor.

(10 markah)

(b) Di bawah adalah graf kepekatan pembawa sebagai fungsi suhu salingan untuk sesuatu sampel silikon. Apakah maklumat yang boleh anda simpulkan dari data eksperimen ini.



(25 markah)

- (c) Hitungkan aras Fermi di dalam germanium yang mengandungi bendasing penerima $N_A = 10^{21} \text{ m}^{-3}$ pada $T = 100, 300, 400^\circ\text{K}$, dan beri kesimpulan. Andaikan bahawa 50% bendasing adalah terion pada 100°K dan 100% pada suhu yang lebih tinggi.

(Diberikan n_i untuk Ge = $2.0 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$). (35 markah)

3. (a) Huraikan faktor-faktor yang menentukan kealiran elektrik bagi semikonduktor. Terangkan bagaimana anda boleh menentukan ketumpatan elektron di dalam semikonduktor jenis - n secara eksperimen.

(35 markah)

- (b) Suatu sampel germanium dengan kepekatan penderma sebanyak 10^{23} m^{-3} disinari secara berterusan oleh foton yang mempunyai cukup tenaga untuk mengionkannya. Germanium dikekalkan pada suhu bilik.

i) Jika penjanaan oleh foton adalah seragam pada $10^{18} \text{ m}^{-3} \text{ s}^{-1}$, carikan kepekatan pembawa lebihan dan perubahan relatif di dalam setiap jenis pembawa disebabkan oleh cahaya, untuk $\tau_e = \tau_h = 2 \text{ ms}$.

ii) Cahaya dipadamkan pada $t = t_0$. Plotkan perubahan kepekatan lohong di dalam germanium sebagai fungsi masa untuk $t > t_0$. Bilakah kepekatan ini berkurang kepada 5% dari nilai asalnya?

(50 markah)

- (c) Terangkan apakah yang dimaksudkan dengan syarat suntikan aras-rendah.

(15 markah)

Bahagian B

4. (a) Apakah, pada pendapat anda, suatu sifat tunggal yang paling penting bagi semikonduktor yang telah menjadikan kelas bahan ini sangat berguna di dalam bidang elektronik?

Berikan alasan-alasan yang membenarkan kenyataan anda.

(35 markah)

- (b) Terangkan apakah yang dimaksudkan dengan kelincahan dan pemalar resapan, dan tunjukkan bagaimana kedua-duanya berkaitan.

i) antara satu sama lain dan

ii) dengan kuantiti fizik yang lain di dalam sesuatu semikonduktor.

(35 markah)

- (c) Kealiran semikonduktor intrinsik dinaikkan dengan faktor $\sqrt{2}$ apabila 10^{20} penderma per m^3 ditambahkan. Jika kesemua penderma itu terion dan kelincahan tidak berubah, dan jika kelincahan lohong adalah setengah kelincahan elektron, apakah ketumpatan elektron dan lohong?

(30 markah)

5. (a) Lakarkan rajah $E - k$ (E = tenaga k = vektor gelombang) yang menunjukkan struktur jalur bagi semikonduktor majmuk III - V yang biasa terdapat, dan nyatakan dengan jelas jurang-jurang tenaga yang penting.

(20 markah)

- (b) Terangkan dengan ringkas apakah yang terlibat di dalam proses peralihan elektron dari jalur valens ke jalur pengaliran di dalam semikonduktor jurang jalur tak terus. Apakah sifatnya yang penting di dalam pengeluaran transistor?

(20 markah)

- (c) Suatu sampel silikon dituliskan sehingga ia mengandungi hanya 10^{12} penderma/cm³. Di bawah suhu berapakah ia berhenti menunjukkan sifat intrinsik?

(Ambil $E_g = 1 \text{ eV}$, $E_D = 0.05 \text{ eV}$, $m_e^* = m_h^* = 0.2 m_e$

Graf boleh digunakan untuk mencari penyelesaian).

(60 markah)

6. (a) Dengan bantuan gambarajah, terangkan kesan Hall dan nyatakan sifat-sifat semikonduktor yang boleh ditentukan dari eksperimen kesan Hall.

(30 markah)

- (b) Takrifkan (a) pusat penggabungan
(b) jisim berkesan

(10 markah)

- (c) Dengan menandakan nisbah $\mu_e : \mu_h$ dengan b , tunjukkan bahawa pemalar Hall adalah sifar jika $p = b^2 n$ dan apabila syarat ini dipatuhi, sampel semikonduktor adalah sama seperti bahan intrinsik.

Hitungkan kepekatan elektron dan lohong untuk sampel germanium yang mempunyai pemalar Hall sifar.

(Diberikan n_i untuk Ge = $2.0 \times 10^{19} \text{ m}^{-3}$)

(60 markah)

ooo0ooo