

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 1994/95

Oktober/November 1994

EBB 315/3 - Bahan Semikonduktor I

Masa: (3 jam)

ARAHAN KEPADA CALON

Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi LAPAN (8) mukasurat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab LIMA (5) soalan sahaja.

Kertas soalan ini mengandungi ENAM (6) soalan semuanya.

Semua soalan MESTILAH dijawab di dalam Bahasa Malaysia.

Semua jawapan mesti dimulakan pada mukasurat baru.

1. [a] Terangkan bagaimana semikonduktor elemen kumpulan IV boleh dijadikan (a) semikonduktor jenis-n dan (b) semikonduktor jenis-p. Apakah yang digelarkan sebagai (a) pembawa majoriti (terbanyak) dan (b) pembawa minoriti (tersedikit) di dalam kedua-dua kes di atas.

(20 markah)

- [b] Lakarkan gambarajah E-k yang menunjukkan struktur jalur bagi Si. Terangkan dengan ringkas apakah yang terlibat di dalam proses peralihan elektron dari jalur valens ke jalur konduksi di dalam semikonduktor jurang jalur jenis ini. Apakah sifatnya yang penting di dalam pengeluaran transistor? Berikan tiga contoh semikonduktor yang lain yang mempunyai jurang jalur jenis ini.

(40 markah)

- [c] Lakarkan graf bagi

i) $N_C(E)$, $f_{MB}(E)$, $n(E)$ di dalam semikonduktor jenis-n.

ii) $N_V(E)$, $f_{MB}(E)$, $p(E)$ di dalam semikonduktor jenis-p.

[Di sini semua simbol yang digunakan mempunyai maksud masing-masing yang biasa]

(40 markah)

2. [a] Apakah paras pendopan yang diperlukan di dalam Ge jenis-n supaya suhu pengoperasian maksimum adalah 80 °C dan 100 °C? Ketumpatan keadaan efektif dan E_g kebersandaran suhu untuk Ge pada suhu bilik diberikan oleh

$$N_C = 1.04 \times 10^{19} \text{ sm}^{-3}$$

$$N_V = 6 \times 10^{18} \text{ sm}^{-3}$$

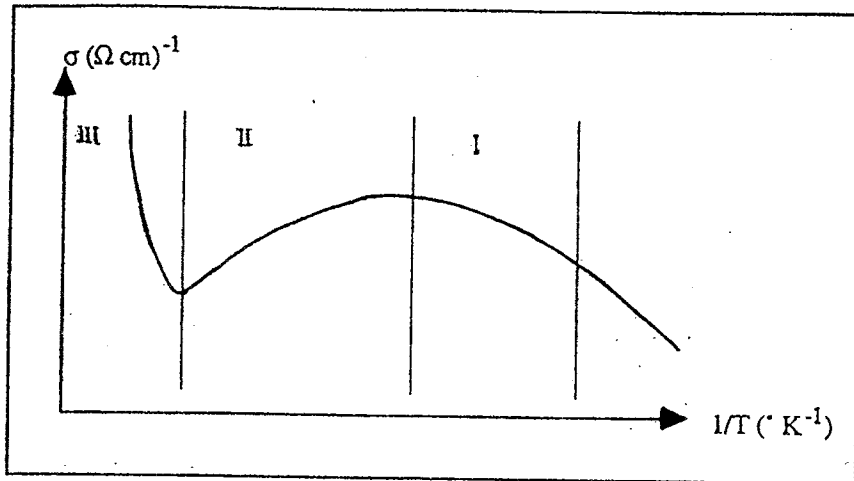
$$E_g = 0.67 \text{ eV}$$

Bandingkan dan berikan sebab kepada perbezaan di dalam suhu pengoperasian maksimum untuk Ge dan Si. Di dalam kes ini, apakah kebaikan Si dari Ge.

(35 markah)

...3/-

- [b] Berikut adalah graf kekonduksian sebagai fungsi salingan suhu untuk sampel germanium jenis-n (rajab [1]). Terangkan mengapa sifat kekonduksian adalah sedemikian berdasarkan kepada tiga julat suhu.



Rajah 1: Kekonduksian sebagai fungsi salingan suhu

(35 markah)

- [c] Suatu sampel Ge mempunyai kerintangan intrinsik $60 \Omega\text{-sm}$. Kirakan nilai ketumpatan arus di dalam medan 10 mV sm^{-1} jika terdapat 10^{13} sm^{-3} penderma dan $4 \times 10^{12} \text{ sm}^{-3}$ penerima. Ambil $\mu_e = 4200 \text{ sm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ dan $\mu_h = 2000 \text{ sm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Andaikan kesemua bendasing terion.

(35 markah)

3. [a] Bincangkan beberapa cara untuk mengelaskan semikonduktor. Berikan tiga sebab utama mengapa Si telah menjadi bahan peranti terpilih.

(30 markah)

- [b] Jurang jalur dan titik lebur bagi semikonduktor-semikonduktor III-V adalah lebih tinggi dari semikonduktor elemen isoelektronik kumpulan IV. Merujuk kepada satu contoh, terangkan pemerhatian ini dari aspek kelekitan atom dan ikatan hablur.

(30 markah)

- [c] Sampel Ge didopkan secara seragam dengan $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ atom In. Andaikan kesemua atom terion dan ambil $n_i = 2 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ pada $T = 290 \text{ K}$.

- i] Kirakan kepekatan elektron dan lohong di dalam sampel.
- ii] Dengan mengandaikan bahawa kepekatan intrinsik di dalam Ge meningkat sebanyak 6 peratus bagi setiap peningkatan $^{\circ}\text{K}$ di dalam suhu, anggarkan suhu yang mana sampel menjadi intrinsik.

(40 markah)

4. [a] Dengan bantuan satu rajah, terangkan kesan Hall dan seterusnya terbitkan ungkapan untuk pekali Hall seperti yang diberikan di bawah.

$$R_H = \frac{1}{Nq}$$

Di sini N adalah ketumpatan pembawa dan q adalah cas elektronik.

(50 markah)

...5/-

[b] Satu kiub 10 mm germanium jenis-n mengalirkan arus 6.4 mA apabila voltan 10 mV dikenakan antara dua permukaan yang serenjang dalam kiub berkenaan. Jika diandaikan kelincahan pembawa (elektron) adalah $0.39 \text{ m}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$.

- i] Kirakan ketumpatan pembawa
- ii] Berapakah masa perlanggaran antara pembawa-pembawa jika jisim berkesan untuk elektron dalam Ge adalah $0.12 m_0$. (m_0 adalah jisim bebas elektron)

(50 markah)

5. [a] Lakarkan rajah untuk satu simpang p-n dalam keadaan keseimbangan (tiada voltan dikenakan). Apakah yang akan berlaku pada simpang itu apabila ianya dipincang?

(50 markah)

[b] Voltan terbina dalam satu simpang p-n boleh ditulis seperti berikut:

$$V_B = \left[\frac{kT}{q} \right] \ln \left(\frac{n_n}{n_p} \right) = \left[\frac{kT}{q} \right] \ln \left(\frac{p_p}{p_n} \right)$$

Di sini n_n , p_p dan n_p , p_n adalah ketumpatan-ketumpatan pembawa di luar kawasan susut dalam bahan n dan p. T adalah suhu mutlak, k adalah pemalar Boltzman dan q adalah cas elektronik. Gunakan ungkapan ini untuk mengira voltan terbina dalam untuk satu simpang dalam Ge. Pada suhu bilik, data dalam jadual (1) boleh digunakan.

(50 markah)

6. [a] Dalam konteks sentuhan bahan-bahan logam ke semikonduktor, terangkan apakah yang dimaksudkan dengan had-had Schottky dan Bardeen.
(40 markah)

[b] Satu transistor untuk operasi pada frekuensi hingga ke 100 GHz mengeksploit kelincahan elektron yang terkurung antara simpang hetero $Al_x Ga_{1-x} As$ yang berjenis-n dan GaAs yang tidak berdop.

- i) Lakarkan struktur jalur tenaga untuk transistor ini.
- ii) Didapati kelincahan elektron akan menjadi lebih tinggi jika satu saluran 10nm dibentuk pada antara muka simpang berkenaan dengan menggantikan 20% daripada Ga dalam lapisan yang tidak berdop (GaAs) dengan In. Lakarkan struktur jalur tenaga yang telah diubahsuai.
- iii) Apakah kesannya pada simpang berkenaan apabila lebar saluran dibesarkan lebih dari 10 nm?

Data dalam jadual (2) dan maklumat dalam rajah (2) boleh membantu dalam menjawab soalan-soalan di atas.

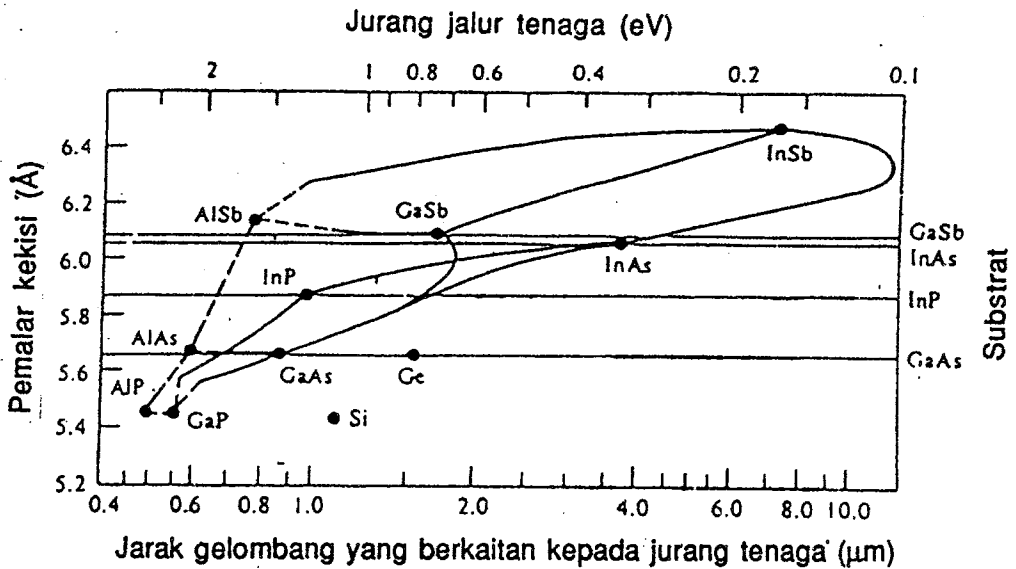
(60 markah)

Ge	Kelincahan lohong (m^2/Vs)	Kelincahan elektron (m^2/Vs)	Konduktiviti lohong $[(\Omega m)^{-1}]$	Konduktiviti elektron $[(\Omega m)^{-1}]$	Ketumpatan pembawa intrinsik m^{-3}
	0.18	0.38	10^4	10^2	2.4×10^{19}

Jadual 1

	χ (ev) Kecitaan Elektron
GaAs	4.07
In As	4.9
$Al_x Ga_{1-x} As$	3.5 - 4.07

Jadual 2



Rajah 2. Sebatian-sebatian III-V: Pemalar-pemalar kekisi lawan jurang-jurang jalur tenaga dan jarak-jarak gelombang yang berkaitan. Substrat-substrat sebatian-binari yang boleh digunakan untuk pertumbuhan hetero yang jarak kekisinya serupa dinyatakan di sebelah kanan rajah.

~00000000~



LAMPIRAN A

Pemalar Fizik

Simbol	Kuantiti	Nilai
q	cas elektron	$1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$
m_0	jisim rehat elektron	$9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
h	Pemalar Planck	$6.62 \times 10^{-34} \text{ Js}$
k	Pemalar Boltzman	$1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$