

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA
Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 1987/88

EBB 415 - BAHAN SEMIKONDUKTOR

Tarikh: 5 November 1987

Masa: 9.00 pagi - 12.00 tengahari
(3 jam)

ARAHAN KEPADA CALON

1. Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi TUJUH (7) mukasurat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.
2. Calon-calun dikehendaki menjawab kesemua EMPAT (4) soalan sahaja.
3. Semua soalan MESTILAH dijawab di dalam Bahasa Malaysia.

Jika perlu, pemalar-pemalar berikut boleh digunakan:

Pemalar Boltzman $k = 8.62 \times 10^{-5} \text{ eV K}^{-1}$
 $= 1.38 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$

Pemalar Planck $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ Js}$

Massa rehat elektron $m = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

Cas elektronik $e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$

Koefisien peresapan untuk elektron-elektron dalam Si, $D = 3.9 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$

1. Fizik Semikonduktor

- (a) Bandingkan struktur jalur bagi natrium, magnesium, aluminium dan silikon. Tunjukkan paras Fermi bagi setiap satu. Bagaimanakah paras Fermi ini boleh diubahsuaikan pada suhu tinggi.
- (b) Terangkan mekanisme-mekanisme pengaliran di dalam semikonduktor ekstrinsik jenis-n dan jenis-p. Apakah sumbangan yang diberikan oleh pembawa-pembawa cas minoriti dan majoriti (minority and majority charge carriers) dalam semikonduktor intrinsik dan ekstrinsik. Anggarkan jumlah elektron-elektron pengalir dalam semikonduktor intrinsik jenis-n pada suhu bilik, jika "effective density of states" dalam jalur pengalir ialah $4.83 \times 10^{21} \text{ T}^{3/2}$. (Anggapkan sela jalur ialah 1 eV).
- (c) Bagaimanakah ujikaji Hall boleh menentukan jenis semikonduktor.

Suatu semikonduktor InAs, berdimensi 10 mm x 1 mm x 2 mm, mempunyai kerintangan dalam panjangnya sebanyak 1.25 ohm. Medan Hall yang bernilai -1.7 V m^{-1} terbentuk bagi satu arus 0.12 A dalam panjangnya dan di dalam ketumpatan fluks magnetnya sebanyak 0.05 V sm^{-2} . Adakah pembawa cas itu dari elektron atau lubang? Apakah nilai koeficient Hall tersebut? Apakah nilai ketumpatan pembawa dan ketergerakannya (mobility)?

2. Peranti Simpang

(a) Bagaimanakah struktur jalur untuk semikonduktor jenis-n dan jenis-p diubahsuaikan:

- (a) semasa bersentuhan
- (b) di bawah pincangan ke hadapan
- (c) di bawah pincangan ke belakang

Berikan lukisan yang tepat untuk struktur-struktur jalurnya dan nyatakan dengan terang tentang potensial sentuhan, paras Fermi, potensial afiniti dan halangan bagi aliran elektron di dalam kedua-dua arah.

(b) Terangkan prinsip diod Zener dalam penstabilan voltan.

(c) Satu kriteria dalam mereka satu Transistor-Simpangan-Dwikutub (TSD) ialah supaya arus gabungan semula (recombination) ditahap minima. Bagaimanakah ini dapat dicapai? Satu transistor silikon n^+p-n mempunyai lebar pengkalan $1 \mu\text{m}$. Jika masa hayat elektron ialah 25 ns , adakah keadaan tersebut memenuhi syarat?

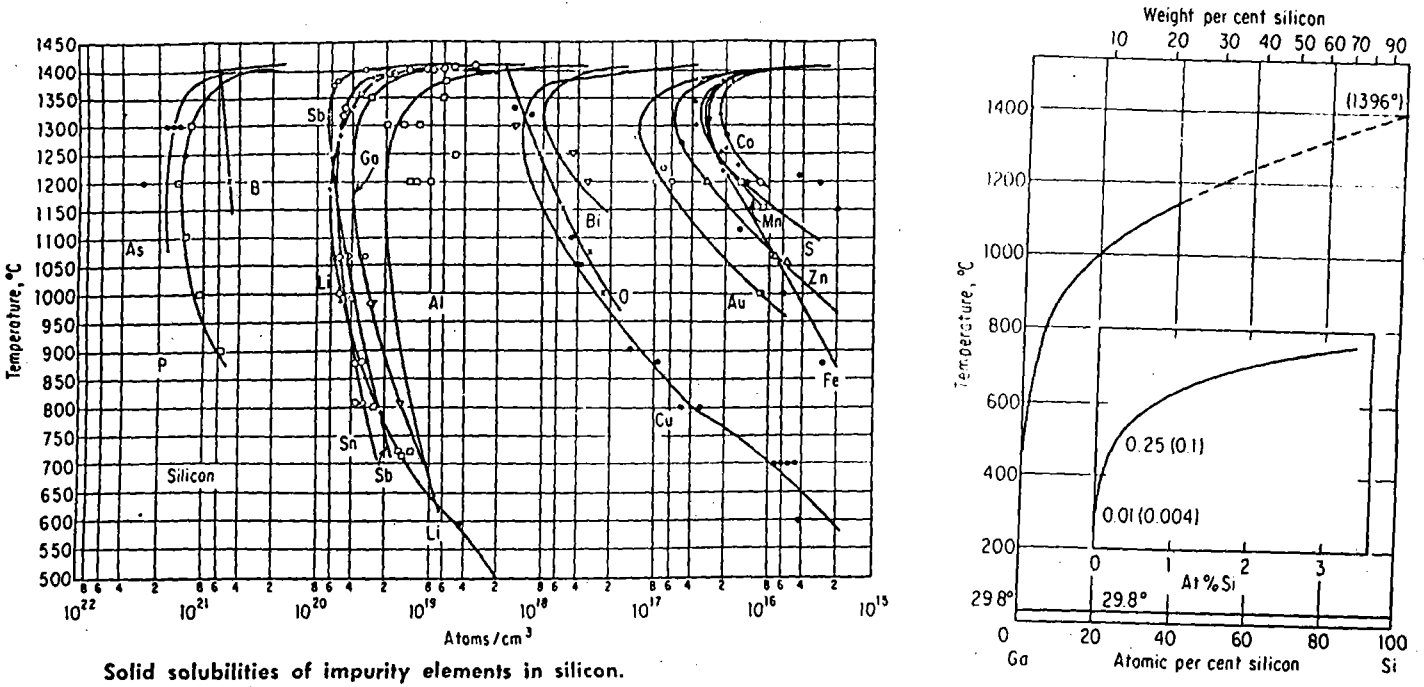
(d) Apakah paras-paras relatif pendopan yang seharusnya ada dalam n^+p-n TSD? Berikan sebab bagi jawapan anda.

3. Penghasilan Bahan

(a) Terangkan prosedur Czochralski untuk fabrikasi hablur-hablur tunggal Si. Tumpukan lebih penerangan kepada:

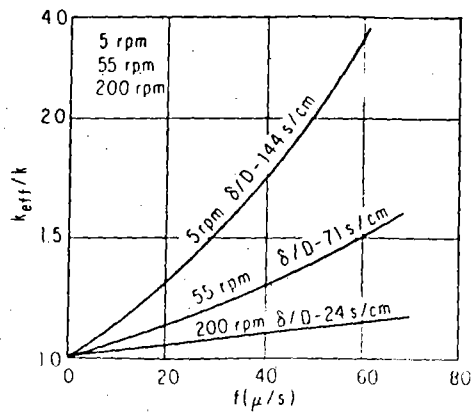
- i) pengasingan (segregation) pelarut pendop.
- ii) pengawalan garispusat hablur dan kadar tumbuhan akibat pengawalan keseimbangan haba.

(b) Tentukan koefisien pengasingan untuk galium dalam Si dengan menggunakan gambarajah fasa Si-Ga dan graf keterlarutan pepejal pendop dalam Si (Gambarajah di bawah). Andaikan pertumbuhan hablur berlaku pada 10°C di bawah suhu leburan Si dalam gambarajah fasa tersebut.



Solid solubilities of impurity elements in silicon.

(c) Bagaimanakah koefisien pengasingan efektif dipengaruhi oleh kadar putaran hablur.

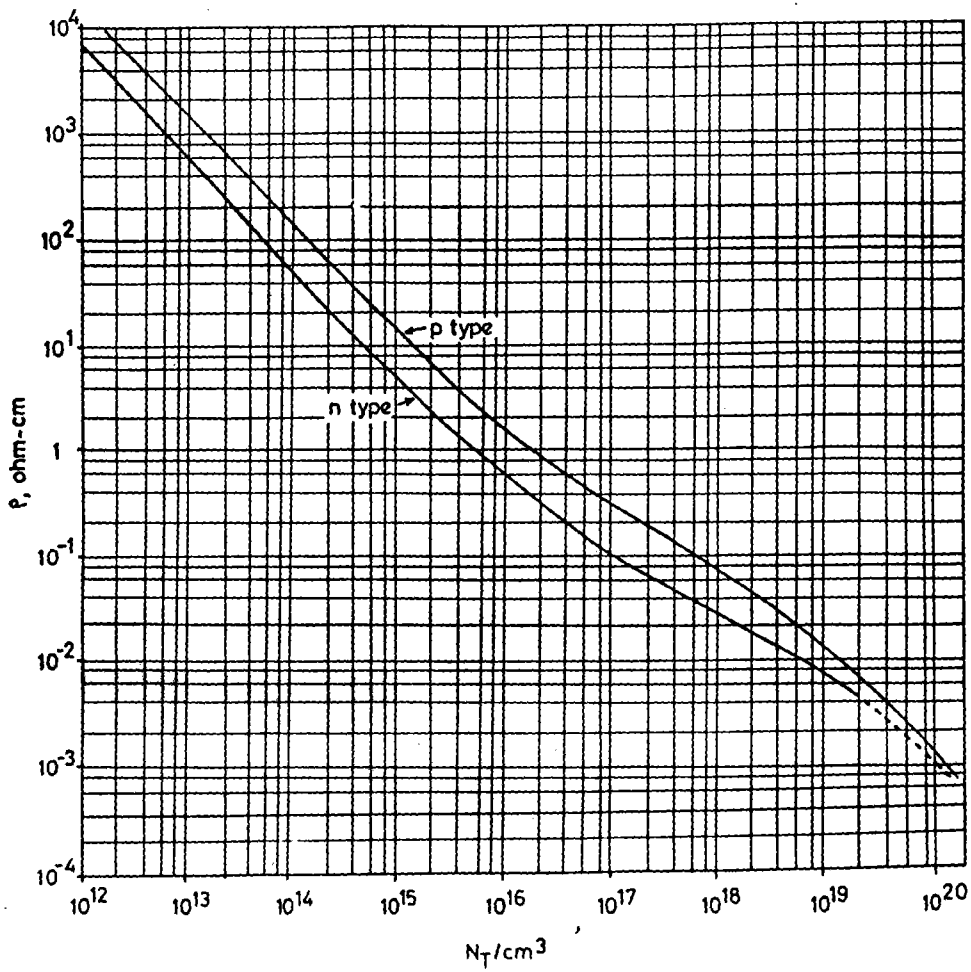


Rajah 3 (c) - Koefisien pengasingan efektif bagi galium melawan kadar pertumbuhan.

4. Penghasilan Peranti Simpangan

(a) Terangkan prosedur untuk penumbesaran lapisan-epi 1 ohm-sm di atas satu substrat 10^{-3} ohm-sm. Pendop ialah fosforus.

Apakah komposisi yang mungkin bagi atmosfera pendopan (nisbah kepekatan).



(b) Untuk TSD kuasa rendah, simpang dasar-pemancar direkabentuk supaya $X_{EB} = 2.0 \mu\text{m}$ dan untuk simpang pemungut $X_{BC} = 3.0 \mu\text{m}$. Proses pendopan dilakukan dengan satu lapisan-epi di atas substrat n^+ yang berkonduksian tinggi. Kepekatan pendop dalam lapisan-epi adalah seragam dan bernilai $10^{18} \text{ atom sm}^{-3}$ (atom penderma).

Dengan atmosfera pendop $10^{21} \text{ atom boron sm}^{-3}$ dan $10^{23} \text{ atom fosforus sm}^{-3}$ bagaimanakah rekabentuk ini boleh dicapai? Gunakan suhu pendopan 1200°C dan koefisien-koefisien peresapan berikut:

$$D_B = 5.1 \text{ eksp } (-3.70/kT) \text{ sm}^2 \text{ s}^{-1}$$

$$D_p = 10.5 \text{ eksp } (-3.69/kT) \text{ sm}^2 \text{ s}^{-1}$$

Table $\text{erfc}(z)$

z	$\text{erfc}(z)$	z	$\text{erfc}(z)$
0	1.000 00	2.00	0.004 68
0.10	0.887 54	2.10	0.002 98
0.20	0.777 30	2.20	0.001 86
0.30	0.671 37	2.30	0.001 14
0.40	0.571 61	2.40	0.000 689
0.50	0.479 50	2.50	0.000 407
0.60	0.396 14	2.60	0.000 236
0.70	0.322 20	2.70	0.000 134
0.80	0.257 90	2.80	0.000 075
0.90	0.203 09	2.90	0.000 041
1.00	0.157 30	3.00	0.000 022 09
1.10	0.119 80	3.10	0.000 011 65
1.20	0.089 69	3.20	0.000 006 03
1.30	0.065 99	3.30	0.000 003 06
1.40	0.047 72	3.40	0.000 001 52
1.50	0.033 90	3.50	0.000 000 743
1.60	0.023 65	3.60	0.000 000 356
1.70	0.016 21	3.70	0.000 000 167
1.80	0.010 91	3.80	0.000 000 77
1.90	0.007 21	3.90	0.000 000 35

Anda boleh anggapkan bahawa sepuhlindapan resapan yang berikut tidak akan memberi kesan kepada profil-profil yang diperolehi dalam sepuhlindapan yang sebelumnya.

- (c) Rekabentukkan satu proses peresapan satu langkah yang boleh memberikan keputusan-keputusan yang hampir sama.

ooo0ooo