

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang 1990/91

Mac/April 1991

EEE 103 - Peranti Elektronik

Masa : [3 jam]

ARAHAN KEPADA CALON:

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi 8 muka surat bercetak dan ENAM (6) soalan sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab LIMA (5) soalan.

Agihan markah bagi setiap soalan diberikan di sut sebelah kanan sebagai peratusan daripada markah keseluruhan yang diperuntukkan bagi soalan berkenaan.

Jawab kesemua soalan dalam Bahasa Malaysia.

...2/-

Data Fizikal

Cas satu elektron = 1.6×10^{-19} C.
Jisim satu elektron = 9.1×10^{-31} kgram
Pemalar Boltzman = 1.38×10^{-23} J^oK⁻¹
Pemalar Planck = 6.626×10^{-34} J.S
Kebertelusan ruang bebas = 8.85×10^{-12} F.m⁻¹
Avogadro's number = 6.02×10^{26} kgram⁻¹

Data lain untuk silikon (pada 300^oK)

Lebar jalur tenaga larangan = 1.11 eV
Keboleherakan elektron = $1300 \text{sm}^2 \text{V}^{-1} \text{S}^{-1}$
Keboleherakan lubang = $500 \text{sm}^2 \text{V}^{-1} \text{S}^{-1}$
Ketumpatan e-h dalam silikon = $1.5 \times 10^{10} \text{sm}^{-3}$
Berat atom = 28.1
Ketumpatan = 2.33 gram sm^{-3}
Pemalar kekisi = 5.43×10^{-8} cm.

1. (a) Di dalam suatu semikonduktor takrifkan keboleherakan elektron-elektron. Jangan terbitkan ungkapan matematik bagi keboleherakan.

Terangkan bagaimana keboleherakan bergantung kepada suhu.

Keboleherakan lubang-lubang adalah lebih besar daripada keboleherakan elektron-elektron. Adakah kenyataan ini betul dan terangkan kenapa.

(30%)

- (b) Lakarkan satu graf kemas yang menunjukkan keberaliran suatu semikonduktor sebagai fungsi suhu. Tuliskan keterangan mengenai bahagian-bahagian berlainan graf di atas lakaran anda.

(20%)

- (c) Seorang pembuat IC menggunakan satu hablur silikon yang mengandungi 10^{-4} peratus atom arsenik sebagai bendasing. Lepas itu dia mengedop hablur silikon secara seragam dengan $3 \times 10^{16} \text{ sm}^{-3}$ atom-atom fosforus terlebih dahulu dan kemudian dengan 10^{18} sm^{-3} atom-atom boron. Suatu perlakuan penyepuhlindungan haba (thermal annealing treatment) kemudian digunakan untuk mengaktifkan semua bendasing-bendasing dengan lengkap.

- (i) Dapatkan keberaliran hablur silikon yang asal.
(ii) Apakah ketumpatan pembawa-pembawa dalam pengedopan sampel terakhir?
(iii) Adakah ini satu kes semikonduktor terpampas?
Terangkan dengan jelas.
Gunakan data mengenai silikon yang diberikan pada tempat lain.

(50%)

...4/-

2. (a) Bagi lubang-lubang yang mengalir di dalam suatu semikonduktor, bangkitkan persamaan keselanjaran. Terangkan langkah-langkah, termasuk unit-unit, dengan jelas, menggunakan satu gambarajah.

(30%)

- (b) Selesaikan persamaan keselanjaran bagi kes medan bebas tak bersandarkan masa dan dengan itu terangkan panjang resapan untuk lubang-lubang minoriti.

(20%)

- (c) Bagi kes suatu semikonduktor apakah makna fizikal (physical significance) aras Fermi?

Suatu hablur silikon mengandungi 5×10^{14} atom-atom penerima untuk setiap cm^3 . Pada 300°K , berapa jauhkah terletakinya aras Fermi dari pinggir jalur valensi? Lakarkan gambarajah jalur semikonduktor dan tunjukkan nilai-nilai tenaga yang penting di atasnya.

Jikalau aras Fermi bersekekaan (coincide) dengan pinggir atas jalur valensi, apakah ketumpatan pengedopan penerima yang sepatutnya?

Andaikan bahawa keadaan-keadaan ketumpatan-ketumpatan di dalam jalur pengaliran dan jalur valensi adalah 2.8×10^{19} dan $1.17 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ masing-masing.

(50%)

3. (a) Pertimbangkan dua kepingan suatu semikonduktor pada 300°K , satu terdop dengan berat jenis n dan satu lagi terdop dengan ringan jenis p. Bagi setiap keping, lukiskan gambarajah-gambarajah skematik berasingan yang menunjukkan semua cas-cas elektrik.

Juga untuk setiap jenis semikonduktor, lukiskan gambarajah jalur tenaga yang berasingan tanpa bekalan medan elektrik luaran.

(20%)

- (b) Dengan menggunakan semikonduktor-semikonduktor di atas, terbentuklah satu simpang p-n. Lukiskan satu gambarajah skematik menunjukkan semua cas elektrik dan medan elektrik, jikalau ada.

Juga untuk simpang p-n ini, lukiskan satu gambarajah jalur tenaga apabila tiada medan elektrik luaran dibekalkan. Tunjukkan semua aras tenaga yang penting.

(20%)

- (c) Dengan menggunakan satu bateri AT, lukiskan dua gambarajah litar, satu dengan simpang p-n terpinang ke depan dan yang satu lagi dengan simpang p-n terpinang balikan. Tunjukkan polariti bateri dan upaya dalaman (internal potential) dengan betul.

Juga untuk kedua-dua keadaan pincangan ini, lukiskan gambarajah-gambarajah jalur tenaga. Tunjukkan semua butir penting mengenai jalur-jalur tenaga.

(20%)

- (d) Dengan menggunakan persamaan diod, terbitkan satu ungkapan untuk $\partial V_A / \partial T$ di mana V_A adalah bekalan voltan luaran. Dengan ini, tunjukkan bahawa apabila suatu diod simpang p-n dibekalkan dengan punca arus malar, V_A mengurang apabila suhu T menurun. Tunjukkan bagaimana keputusan ini digunakan dalam jangkasuhu diod (low - temperature diode thermometer) bersuhu rendah.

(40%)

4. (a) Lukiskan suatu litar penerus titi gelombang - penuh satu fasa dengan menggunakan empat diod. Tunjukkan gelombang-gelombang voltan masukan-keluaran dan arah aliran arus. Berbanding dengan litar-litar penerus gelombang-penuh yang lain, apakah kebaikan-kebaikan litar titi?

Di dalam litar penerus titi di atas, jikalau anda saling menukarkan kedudukan-kedudukan alatubah dan beban, litar ini tidak boleh beroperasi sebagai penerus. Terangkan dengan penuh.

(40%)

- (b) Lukiskan suatu litar pengganda voltan (voltage doubler) dan dengan menggunakan gelombang-gelombang terangkan operasinya.

(20%)

- (c) Untuk suatu bateri AT 50V lukiskan satu litar pencas bateri (battery charger) gelombang-penuh yang disalurkan dari sesalur AU (AC mains) melalui satu alatubah sadap tengah langkah turun (step down centre-tapped transformer) (separuh keluaran sekunder adalah 100 sin ωt Volt).
Gunakan rintangan beban 50 ohm.

Bagi pencas bateri di atas, dapatkan arus-arus purata dan punca-min-kuasa dua (rms) yang mengalir ke dalam masukan dan kuasa purata yang digunakan.

(40%)

5. (a) Lukiskan satu gambarajah skematik untuk menerangkan operasi suatu transistor p-n-p di dalam mod aktif.
Tunjukkan semua voltan, arus dan cas.

- (i) Pemancar adalah terdop dengan berat. Mengapa?
(ii) Tapak adalah sangat nipis. Mengapa?
(iii) Jikalau suhu meningkat, arus pemungut meningkat. Mengapa?

(50%)

...7/-

- (b) Di dalam tapak suatu transistor p-n-p, terbikin (fabricated) dalam suatu wafer silikon, ketumpatan penderma berubah dengan jarak x dalam tapak jenis-n mengikut perhubungan berikut:

$$N_D(x) = 10^{16} \text{ (sm}^{-3}\text{)} \exp\left(-\frac{x}{0.5(\mu\text{m})}\right),$$

dan semua penderma terion pada suhu operasi.

- (i) Lukiskan gambarajah-gambarajah skematik yang menunjukkan taburan cas di dalam sampel yang baru terbentuk dan selepas keseimbangan tercapai.
- (ii) Terbitkan satu ungkapan untuk medan elektrik dalaman (terbina-dalam) jikalau ada.
- (iii) Kirakan magnitud medan elektrik dalaman, (Built-in Electric Field).
- (iv) Lakarkan satu graf medan elektrik dalaman sebagai satu fungsi kedudukan di dalam tapak.
- (v) Keputusan ini digunakan untuk membuat transistor transistor hanyutan berfrekuensi tinggi. Terangkan bagaimana.

(50%)

6. Cuba mana-mana dua dari berikut:

- (i) (a) Di dalam suatu semikonduktor pada suhu T apakah nilai kebarangkalian untuk mencari satu lubang dalam aras tenaga E ?
- (b) Pertimbangkan dua aras tenaga, E_1 berada sebanyak E di atas aras Fermi E_F dan E_2 berada sebanyak E di bawah aras Fermi E_F . Carikan kebarangkalian untuk mencari satu elektron pada E_1 dan juga kebarangkalian untuk mencari satu lubang pada E_2 . Adakah kebarangkalian-kebarangkalian ini sama?

(50%)

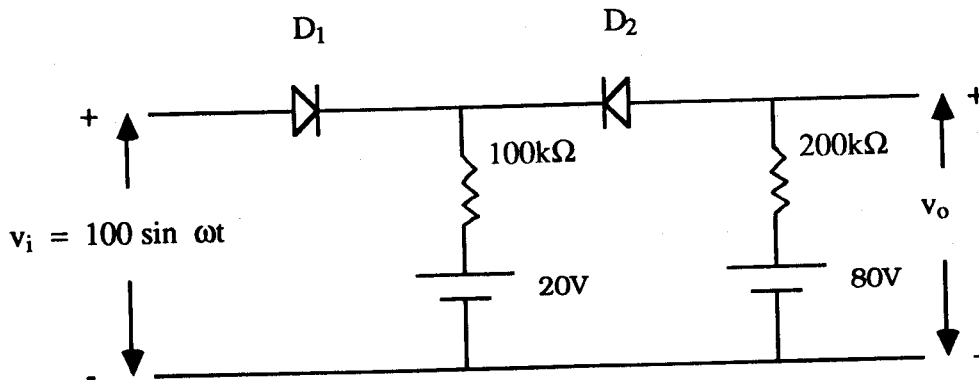
(ii) Di dalam litar 6 (ii) , andaikan diod-diod unggul digunakan. Lakarkan graf v_o melawan v_i . Kirakan magnitud untuk voltan-voltan yang penting.

(50%)

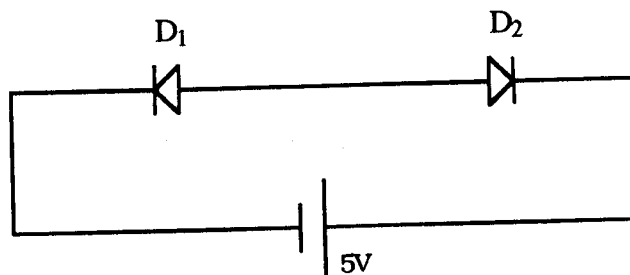
(iii) (a) Di dalam litar 6(iii) voltan pecah tebat Zener bagi diod-diod adalah lebih besar dari 5V. Diod-diod mempunyai faktor keunggulan satu. Pada 300°K, dapatkan kejatuhan voltan merintang kedua-dua diod.

(b) Kemudian jikalau voltan pecah tebat Zener dikurangkan kepada 4.9V, apakah arus di dalam litar? (Andaikan arus tepu balikan ialah 5 mikro-A).

(50%)



Litar 6(ii)



Litar 6(iii)