

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 2002/2003

Februari 2003

**EBB 215E – Bahan Semikonduktor**

Masa : 3 jam

---

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi LAPAN muka surat yang bercetak dan SATU mukasurat LAMPIRAN sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Kertas soalan ini mengandungi TUJUH soalan.

Jawab LIMA soalan. Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan hanya lima soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.

Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru.

Semua soalan mesti dijawab dalam Bahasa Inggeris, jika calon memilih untuk menjawab dalam Bahasa Malaysia, maksimum DUA soalan dibolehkan.

...2/-

1. [a] Define intrinsic and extrinsic semiconductors. What is the difference between single and polycrystalline semiconductors?

*Takrifkan semikonduktor intrinsik dan ekstrinsik. Apakah perbezaan diantara semikonduktor hablur tunggal dan polihablur?*

(25 markah)

- [b] Derive the Ohm's law in terms of current density and electric field starting from  $V=IR$  where  $V$ = voltage,  $I$ = current and  $R$ =resistance.

*Terbitkan persamaan ohm dalam sebutan ketumpatan arus dan medan elektrik. Mulakan dari persamaan  $V = IR$  dimana  $V$  = voltan,  $I$  = arus dan  $R$  = rintangan.*

(15 markah)

- [c] What are the different types of bonding observed in atoms? Describe each briefly.

*Apakah perbezaan diantara jenis-jenis ikatan yang diperhatikan di dalam atom? Huraikan setiap satu secara ringkas.*

(60 markah)

2. [a] Define the Fermi Dirac distribution function and explain all the terms in the expression.

*Takrifkan mengenai fungsi taburan Fermi Dirac dan jelaskan semua istilah yang terlibat dalam persamaan ini.*

(15 markah)

...3/-

- [b] What is the value of the Fermi Dirac distribution function at Fermi energy? Find out the expression for the distribution function at 0K and comment on its shape at  $T > 0K$ . Sketch the distribution function against  $E$  for the above cases.

*Apakah nilai fungsi taburan Fermi Dirac pada tenaga Fermi? Dapatkan persamaan untuk fungsi taburan pada 0K dan berikan komen mengenai bentuknya pada  $T > 0K$ . Lakarkan fungsi taburan berbanding  $E$  pada kes-kes yang disebutkan di atas.*

(25 markah)

- [c] Show the invariance of Fermi level at equilibrium.  
*Tunjukkan invarians paras Fermi pada keseimbangan.*

(30 markah)

- [d] A sample is doped with  $10^{17}$  As atoms/cm<sup>3</sup>. What is the equilibrium hole concentration  $p_0$  at 300K? Where is the Fermi energy level  $E_F$  compared to the intrinsic Fermi energy level  $E_i$ ?  $k = 8.62 \times 10^{-5}$  eVK<sup>-1</sup>,  $n_i = 1.5 \times 10^{10}$  cm<sup>-3</sup>.

*Suatu sampel didop dengan  $10^{17}$  As atom/cm<sup>3</sup>. Apakah keseimbangan kepekatan lohong ( $P_0$ ) pada 300K? Dimanakah paras tenaga Fermi ( $E_F$ ) dibandingkan kepada paras tenaga Fermi Intrinsik ( $E_i$ )?*

$$K = 8.62 \times 10^{-5} \text{ eVK}^{-1}$$

$$n_i = 1.5 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$$

(30 markah)

...4/-

3. [a] Consider the thermal motion of electrons in a solid under an electric field  $E_x$ , applied in the x direction. Derive the expression of the current density in the x direction  $J_x$  as a function of the electric field  $E_x$ , mobility and equilibrium carrier concentration.

*Pertimbangkan gerakan termal elektron di dalam pepejal dibawah medan elektrik  $E_x$ , dikenakan dalam arah x. Terbitkan persamaan ketumpatan arus dalam arah x,  $J_x$  sebagai fungsi medan elektrik  $E_x$ , kebolehergerakan dan keseimbangan kepekatan pembawa.*

(60 markah)

- [b] Find the resistivity of silicon doped with  $10^{19} \text{ m}^{-3}$  donors and  $10^{23} \text{ m}^{-3}$  acceptors. The values for the mobility of the electron and the holes are  $0.135$  and  $0.048 \text{ m}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$  respectively.  $q = 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$ .

*Dapatkan kerintangan silikon berdop dengan  $10^{19} \text{ m}^{-3}$  penderma dan  $10^{23} \text{ m}^{-3}$  penerima. Nilai untuk kebolehergerakan electron ialah  $0.135 \text{ m}^2\text{V}^{-1}\text{S}^{-1}$  dan untuk lohong ialah  $0.048 \text{ m}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ .  $q = 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$ .*

(40 markah)

...5/-

4. [a] Consider a pn ( $N_D > N_A$ ) abrupt junction. Provide neat sketches of the following conditions and explain them.

*Pertimbangkan suatu simpang mendadak pn ( $N_D > N_A$ ). Lakarkan keadaan-keadaan yang diberikan serta berikan penjelasan ringkasnya.*

- [i] Approximate charge distribution in the depletion region  
*Taburan cas anggaran dalam kawasan susutan*
- [ii] Doping in junctions  
*Simpang-simpang pendopan*
- [iii] Equilibrium band diagram of the pn junction  
*Rajah jalur keseimbangan untuk simpang pn*
- [iv] Band diagrams for the pn junction under forward and reverse biasing.  
*Rajah-rajah jalur tenaga untuk simpang pn di bawah keadaan pincang depan dan belakang.*

(60 markah)

- [b] If the total current in a diode is given by the expression  $I = I_0 (\exp(qVA/kT) - 1)$  Amperes, derive the current expression under forward and reverse bias conditions. Provide a neat sketch for the current -voltage characteristic of the pn junction diode.

*Jika jumlah arus dalam suatu diod diberikan oleh persamaan  $I = I_0 (\exp(qVA/kT) - 1)$  Ampere, terbitkan persamaan arus yang berada dalam keadaan pincang depan dan belakang. Lakarkan ciri arus - voltan untuk diod simpang pn.*

(40 markah)

...6/-

- [c] Evaluate the width of the depletion region of the p side of a pn junction with the following charge distribution at the junction:

$-qN_A$  coulomb  $m^{-3}$  at  $-d_p < x < 0$  on the p side and  
 $+qN_D$  coulomb  $m^{-3}$  at  $0 < x < +d_n$  on the n side.

Use the following boundary conditions:

- [i]  $qN_A d_p = qN_D d_n$
- [ii]  $V = 0$  at  $x = 0$
- [iii]  $-dV/dx$  is same at  $x = 0$  approached from either side
- [iv]  $dV/dx = 0$  at  $x = -d_p$  and  $x = +d_n$ .
- [v] Total junction potential  $V_t = V(d_n) - V(-d_p)$

*Dapatkan kelebaran kawasan susutan untuk bahagian p suatu simpang Pn dengan taburan cas yang berikut berada pada simpang berkenaan:-*

$-qN_A$  coulomb  $m^{-3}$  pada  $-d_p < x < 0$  pada bahagian p dan  
 $+qN_D$  coulomb  $m^{-3}$  pada  $0 < x < +d_n$  pada bahagian n

*Gunakan keadaan-keadaan sempadan yang berikut:-*

- [i]  $qN_A d_p = qN_D d_n$
- [ii]  $V = 0$  at  $x = 0$
- [iii]  $-dV/dx$  sama dengan  $x = 0$  yang menghampiri dari mana-mana bahagian.
- [iv]  $dv/dx = 0$  pada  $x = -d_p$  dan  $x = +d_n$
- [v] jumlah keupayaan simpang  $V_t = V(d_n) - V(-d_p)$

(70 markah)

...8/-

6. [a] Describe a Schottky barrier formed by contacting a p-type semiconductor with a metal having a smaller work function. Illustrate with neat sketches.

*Huraikan mengenai suatu halangan Schottky melalui persentuhan suatu semikonduktor jenis-p dengan suatu logam yang mempunyai nilai fungsi kerja yang lebih kecil. Jelaskan jawapan anda menggunakan lakaran yang memuaskan.*

(50 markah)

- [b] Describe Ohmic contacts with the help of neat sketches of the band diagrams before and after joining for a p-type semiconductor and a metal.

*Huraikan mengenai sentuhan ohm menggunakan lakaran jalur-jalur tenaga sebelum dan selepas menyambung suatu semikonduktor jenis-p dan suatu logam.*

(50 markah)

7. Write notes on any two of the following:-

*Tuliskan nota mengenai DUA dari yang berikut:-*

- [i] Einstein's relation  
*Hubungan Einstein*

(50 markah)

- [ii] Hall Effect  
*Kesan Hall*

(50 markah)

- [iii] Equilibrium electron and hole concentration  
*Keseimbangan kepekatan electron dan lohong*

(50 markah)

- [iv] Principal reverse bias breakdown mechanisms  
*Prinsip mekanisme keruntuhan pincang belakang*

(50 markah)