

PART A / BAHAGIAN A

- (1). (a) Explain intrinsic and extrinsic semiconductor by using Valence BOND Model

Dengan menggunakan Model Ikatan Valens jelaskan semikonduktor intrinsik dan ekstrinsik.

(10 marks/markah)

- (b). Describe (i) distribution of the density of states (DOS) and (ii) Fermi Dirac Statistic in a semiconductor. Correlate (i) and (ii) to describe how number of electrons can be determined in a semiconductor.

Terangkan (i) taburan kepekatan keadaan dan (ii) Statistik Fermi Dirac di dalam bahan semikonduktor. Hubungkan (i) dan (ii) untuk menerangkan bagaimana bilangan elektron boleh ditentukan di dalam bahan semikonduktor.

(5 marks/markah)

- (c). Controlling conductivity in a semiconductor is crucial in a device design. Explain how (i) dopant, (ii) mobility and (iii) temperature can influence the conductivity of a semiconductor.

Kawalan terhadap kekonduksian adalah sangat penting di dalam rekabentuk sesebuah peranti. Terangkan bagaimana (i) pendopan, (ii) kelincahan dan (iii) suhu boleh mempengaruhi kekonduksian semikonduktor.

(5 marks/markah)

...3/-

PART B / BAHAGIAN B

- (2). (a). Based on hydrogen atom model and Bohr postulate, total energy E_n of hydrogen is given by:

$$E_n = E_{vac} - \frac{mq^4}{2(4\pi\epsilon_0)^2 n^2 \hbar^2}$$

Derive above equation by using neutral hydrogen atom. Give the definition for all the parameters in the above equation.

Berdasarkan model atom hidrogen dan postulat Bohr, jumlah tenaga E_n , bagi hidrogen adalah seperti berikut:

$$E_n = E_{vac} - \frac{mq^4}{2(4\pi\epsilon_0)^2 n^2 \hbar^2}$$

Dengan menggunakan hidrogen atom terbitkan persamaan di atas. Berikan takrifan bagi semua parameter yang terlibat dalam persamaan tersebut.

(10 marks/markah)

- (b). Describe **THREE** methods that commonly used to classify semiconductor materials.

Perihalkan TIGA kaedah yang biasa digunakan bagi pengelasan bahan semikonduktor.

(6 marks/markah)

- (c). Germanium, silicon and diamond have the same crystal structure, that is diamond crystal structure. But Tin has a tetragonal crystal structure, which makes it different that its group IV members.

...4/-

Germanium, silikon dan intan mempunyai struktur hablur yang sama iaitu struktur hablur intan. Tetapi timah mempunyai struktur hablur tetragonal, yang menyebabkan ia berbeza dari kumpulan IV yang lain.

(i). Is Tin a metal or a semiconductor ?
Adakah timah satu logam atau semikonduktor?

(ii). Explain your answer in (i)
Terangkan jawapan anda (i) diatas

(4 marks/markah)

(3). (a). At 0K electron will move around the impurity atom just like an electron in the hydrogen. Therefore, we can use the Bohr Model for the hydrogen atom to calculate the radius of electron orbit (r_0) and the ionization energy (E_I). We can write r_0 and E_I as:

Pada 0K elektron akan bergerak disekeliling atom pendop sama seperti elektron di dalam hidrogen. Maka dengan ini kita boleh menggunakan model Bohr bagi hidrogen untuk mengira jejari orbital electron (r_0) dan tenaga pengionan (E_I) bagi elektron atom pendop. Persamaan r_0 dan E_I boleh ditulis seperti berikut:

$$r_0 = 0.53 \left(\frac{\epsilon_s}{\epsilon_0} \right) \left(\frac{m_0}{m_s^*} \right) \text{ \AA}$$

And / dan

$$E_I = 13.6 \left(\frac{m_s^*}{m_0} \right) \left(\frac{\epsilon_0}{\epsilon_s} \right)^2 \text{ eV}$$

Calculate the radius of electron orbit (r_0) and the ionization energy (E_I) of arsenic (As) doped Si and Ge. Compare the values to the thermal energy and discuss the effect of thermal energy to the electron in the Si and Ge atom.

...5/-

Kirakan jejari orbit elektron (r_0) dan tenaga pengionan (E_I) bagi atom arsenic yang di dopkan pada Si dan Ge. Bandingkan nilai yang diperolehi dengan tenaga terma dan bincangkan kesan tenaga terma ke atas elektron di dalam atom Si dan Ge.

Table 1: Effective mass of the electron (m_e^*) and the permittivity of the semiconductors (ϵ_s).

Jadual 1 : Jisim berkesan bagi electron (m_e^*) dan kebertelusan semikonduktor (ϵ_s).

	m_e^*	ϵ_s
Si	$0.5 m_0$	$16\epsilon_0$
Ge	$1.1 m_0$	$13\epsilon_0$

(6 marks/markah)

- (b). Ga has a valency of III and As has V. When Ga and As atoms are brought together to form the GaAs crystal. The 3 valence electrons in each Ga and the 5 valence electrons in each As are all shared to form four covalent bonds per atom. The crystal structure, however, is not that of diamond like silicon but rather that of zinc blende.

Ga mempunyai III valensi dan As mempunyai 5 valensi. Apabila atom Ga dan As didekatkan ia akan membentuk hablur GaAs. Tiga elektron valens bagi setiap atom Ga dan lima elektron valens bagi setiap As berkongsi elektron bagi membentuk ikatan kovalen per atom.

- (i). Determine the average number of valence electrons per atom for a pair of Ga and As atoms in the GaAs crystal?

Tentukan purata bilangan elektron per atom bagi pasangan Ga dan As atom didalam hablur GaAs.

(2 marks/markah)

...6/-

- (ii). Describe the zinc blende structure.

Perihalkan struktur "zinc blende".

(2 marks/markah)

- (iii). What will happen if Se or Te, from Group VI, are substituted for an As atom in the GaAs crystal?

Apakah yang akan terjadi jika Se atau Te, dari kumpulan VI menggantikan atom As didalam hablur GaAs?

(2 marks/markah)

- (iv). What will happen if Zn or Cd, from Group II, are substituted for a Ga atom in the GaAs crystal?

Apakah yang akan terjadi jika Zn atau Cd, dari kumpulan II menggantikan atom Ga didalam hablur GaAs?

(2 marks/markah)

- (v). What will happen if Si, from Group IV, is substituted for an As atom in the GaAs crystal?

Apakah yang akan terjadi jika Si, dari kumpulan IV menggantikan atom As didalam hablur GaAs?

(2 marks/markah)

- (vi). What will happen if Si, from Group IV, is substituted for a Ga atom in the GaAs crystal? What do you think amphoteric dopant means?

...7/-

Apakah yang akan terjadi jika Si, dari kumpulan IV menggantikan atom Ga didalam hablur GaAs? Apakah yang anda faham dengan maksud pendapat ampittetik

(2 marks/markah)

- (vii). Based on the above discussion, what do you think the crystal structures of the III-V compound semiconductors AlAs, GaP, InAs, InP, and InSb will be?

Berdasarkan perbincngan diatas, pada pandangan anda apakah struktur hablur bagi sebatian semikonduktor III-V AlAs, GaP, InAs, InP, dan InSb?

(2 marks/markah)

- (4). (a). Illustrate and describe Bridgeman technique to produce
Ilustrasi dan terangkan teknik Bridgeman bagi menghasilkan

(i). Silicon single crystal
Hablur tunggal silikon

(ii). GaAs single crystal
Hablur tunggal GaAs

(8 marks/markah)

- (b). Describe ONE advantage, and ONE disadvantage of silicon ingot growth technique below:

Terangkan SATU kelebihan dan SATU Kekurangan teknik penumbuhan jongkong silikon berikut:

(i). Czochralski
Czochralski

...8/-

(ii). Float Zone
Zon terapung

(iii). Bridgeman
Bridgeman

(6 marks/markah)

(c). (i). Define homoepitaxy and heteroepitaxy.

Beri takrifan bagi epitaksi homo dan epitaksi hetero.

(2 marks/markah)

(ii). With the help of a schematic diagram, write a short note on chemical vapor deposition (CVD) technique used to deposit thin film of silicon homoepitaxy.

Dengan bantuan suatu gambarajah skematik, tulis nota ringkas mengenai teknik pemendapan wap kimia bagi pemendapan epitaksi homo lectro.

(4 marks/markah)

Physical constant

Pemalar fizikal

Symbol/Symbol	Value/Nilai
ϵ_0	$8.8542 \times 10^{-12} \text{ F/m}$
h	$6.63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$
m_0	$9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$
Q	$1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$
1 eV	$1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$

...9/-

PART C / BAHAGIAN C

- (5). GaN is a semiconductor material. An observation was made on current conductivity across GaN (energy band gap of 3.1 eV) wafer. The wafer was put under visible light and a measured current was very small.

GaN adalah bahan semikonduktor. Satu pemerhatian telah dibuat untuk melihat kepada kekonduksian arus sebuah wafer GaN (jurang tenaga 3.1 eV). Wafer itu diletak di bawah cahaya lectr dan kekonduksian yang diukur agak kecil.

- (a). Describe several plausible reasons for the observation
Terangkan sebab-sebab terhadap pemerhatian itu.

(4 marks/markah)

- (b). Sketch generation and recombination process for this material
Lukiskan gambarajah proses generasi dan gabungan-semula pada bahan ini

(4 marks/markah)

- (c). If an electric field is applied to the material, drift current is expected, describe drift current and how it can be increased.

Jika medan elektrik dikenakan kepada bahan, arus hanyutan dijangka akan terhasil, huraikan berkenaan arus hanyutan dan nyatakan bagaimana arus boleh ditinggikan

(4 marks/markah)

- (d). The wafer was doped to produce n-type GaN. Sketch an energy band diagram for this material and describe all the possible generation and recombination processes

...10/-

Wafer ini didop untuk menghasilkan GaN jenis n. Lukiskan gambarajah tenaga untuk bahan ini dan huraikan kesemua proses generasi dan rekombinasi yang mungkin.

(4 marks/markah)

- (c). If GaN is made into a junction with a thin metal coating, describe how a metal-GaN diode can be formed.

Jika GaN jenis n dan p dibuat simpang, gambarkan bagaimana diod GaN boleh dihasilkan.

(4 marks/markah)

- (6). A silicon p-n junction is formed between n-type silicon doped with $N_D=10^{18} \text{ cm}^{-3}$ and p-type silicon doped with $N_A=10^{15} \text{ cm}^{-3}$. Given $n_i = 9.65 \times 10^9 \text{ cm}^{-3}$. The following questions are on this junction.

Simpang p-n lectro dibentuk di antara bahan lectro jenis-n yang didop dengan $N_D=10^{18} \text{ cm}^{-3}$ dan bahan silicon jenis-p yang didop dengan $N_A=10^{15} \text{ cm}^{-3}$. Soalan-soalan seterusnya adalah tentang simpang ini.

- (a). Illustrate junction formation by describing step-by-step process of its formation. State reasons for zero current across the junction as well.

Lakarkan penghasilan simpang dengan menghuraikan langkah-demi-langkah pembentukannya. Berikan sebab kenapa tiada arus di simpang.

(6 marks/markah)

- (b). If a reversed biased was applied to the junction, explain what happened to the current flow across the junction.

...11/-

Jika simpang dipincang belakang, terangkan apa yang berlaku kepada aliran arus pada simpang.

(3 marks/markah)

- (c). The reverse biased applied was 2 V, calculate the built-in potential and sketch the energy band diagram of the junction.

Simpang belakang yang diberikan ialah 2V, kirakan keupayaan terbina dan lakarkan gambarajah tenaga simpang ini.

(3 marks/markah)

- (d). Discuss on all of the possible current flow mechanisms when the reversed biased voltage is increased from 2 V to 6 V.

Bicangkan semua mekanisma aliran arus apabila voltan pincang belakang dikenakan dinaikan daripada 2V kepada 6V.

(5 marks/markah)

- (e). Sketch a typical I-V curve of the p-n junction.

Lakarkan lengkung I-V tipikal bagi simpang p-n.

(3 marks/markah)

- (7). You are given a silicon doped with boron with concentration of $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. Given: n_i for silicon is $9.5 \times 10^9 \text{ cm}^{-3}$ and the energy gap 1.2 eV.

Anda diberikan silicon yang didop dengan Boron dengan kepekatan $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$. Diberi : n_i bagi silicon ialah $9.5 \times 10^9 \text{ cm}^{-3}$ dan jurang tenaga 1.2 eV.

...12/-

Answer the following questions:

Jawab soalan-soalan di bawah:

- (a). State the type of this semiconductor and sketch how free electrons and holes can be produced.

Nyatakan jenis semikonduktor ini dan lakarkan bagaimana elektron dan lohong bebas boleh dihasilkan.

(4 marks/markah)

- (b). Calculate n_0 and p_0 .

Kirakan n_0 dan p_0

(4 marks/markah)

- (c). A device is required to produce drift current density of $J_{\text{drift}} = 50$ A/cm². An electric field of 100 V/cm is applied to the device, determine if the doping concentration is adequate to achieve this specification. Assume complete ionization and mobility of hole in this silicon is 480 cm²/Vs ($n_i = 1.5 \times 10^{10}$ cm⁻³) at 300 K.

Satu peranti perlu menghasilkan arus hanyutan $J_{\text{drift}} = 50$ A/cm². Medan elektrik 100v/cm diberikan kepada peranti tersebut, tentukan kepekatan pendopan yang sesuai untuk mencapai spesifikasi ini. Andaikan ionisasi penuh dan kelincahan lohong ialah 480 cm²/Vs ($n_i = 1.5 \times 10^{10}$ cm⁻³) pada 300 K.

(6 marks/markah)

- (d). The current is seen to be lower than expected, write the reasons by considering the following points:

Arus yang terhasil adalah lebih rendah daripada yang dijangkakan, tuliskan sebab dengan mengambil kira perkara-perkara berikut:

- (i). Majority and minority carriers.
Pembawa majoriti dan minoriti.

- (ii). Scattering
Serakan

- (iii). Temperature
Suhu

(6 marks/markah)

-oooOooo -