

**PART A / BAHAGIAN A**

- (1). (a). Briefly explain the following terms:

*Terangkan secara ringkas istilah-istilah berikut:*

- (i). Intrinsic semiconductor

*Semikonduktor intrinsik*

- (ii). Extrinsic semiconductor

*Semiconductor ekstrinsik*

(4 marks/markah)

- (b). With the help of schematic diagrams, explain THREE grain boundary effects on the electrical properties by comparing between single crystal and polycrystalline materials.

*Dengan bantuan gambarajah skematik, bincangkan mengenai TIGA kesan sempadan butiran keatas sifat elektrik dengan membuat perbandingan antara bahan hablur tunggal dan bahan polihablur.*

(6 marks/markah)

- (c). Correlate density of states (DOS) with Fermi Dirac Statistic in a semiconductor for determining concentration of electrons in a semiconductor material.

*Hubungkan taburan kepekatan keadaan dengan Statistik Fermi Dirac di dalam bahan semikonduktor untuk menerangkan kepekatan elektron di dalam bahan semikonduktor.*

(4 marks/markah)

- (d). Knowledge on the concentration of electron is important. However, the electrons can easily scatter thus reducing conductivity. By using an appropriate equation relate conductivity with mobility then

...3/-

discuss strategies from a materials science perspective to minimize electron scattering.

*Pengetahuan tentang kepekatan elektron adalah penting. Namun begitu elektron juga mudah mengalami serakan yang mengurangkan kekonduksian. Dengan menggunakan persamaan yang sesuai, hubungkan kekonduksian dengan mobiliti, kemudian bincangkan strategi dari sudut pandangan sains bahan untuk mengurangkan penyerakan elektron.*

(6 marks/markah)

...4/-

**PART B / BAHAGIAN B**

- (2). (a). Write FIVE Bohr postulates used in Bohr Model for hydrogen atom.

*Tuliskan LIMA Postulat Bohr yang digunakan didalam Model Bohr bagi atom hidrogen.*

(5 marks/markah)

- (b). State FOUR parameters that can change the electrical properties of a semiconductor.

*Nyatakan EMPAT parameter yang boleh mengubah sifat elektrik semikonduktor.*

(4 marks/markah)

- (c). Calculate the percentage of ionic bonding and explain the possible bonding in the following semiconductor materials. Given electronegativity: Pb=1.8, Se = 2.4, Cu= 1.9, In = 1.8, Se = 2.6, Si=1.9, C=2.5, Ti= 1.5, O=3.4, Al=1.5

*Kirakan peratusan ikatan ionik di dalam bahan semikonduktor berikut. Diberi nombor atom: Pb=1.8, Se = 2.4, Cu= 1.9, In = 1.8, Se = 2.6, Si=1.9, C=2.5, Ti= 1.5, O=3.4, Al=1.5*

- (i). SiC
- (ii) InSb
- (iii) TiO<sub>2</sub>
- (iv) PbSe
- (v) Al

(5 marks/markah)

...5/-

- (d). Crystal imperfection is due to the presence of defects and impurities. Defects are the by-product of imperfect crystal growth, and impurities are foreign atoms or ions presence in a solid other than the host atoms or ions. With the aid of a schematic, explain the following defects:

*Ketidaktepurnaan hablur adalah kerana kehadiran kecacatan dan bendasing. Kecacatan adalah hasil daripada pertumbuhan hablur yang tidak sempurna, dan bendasing adalah atom asing atau ion di dalam pepejal selain daripada atom atau ion asal. Dengan bantuan gambarajah skematik, terangkan kecacatan berikut:*

- (i). Edge dislocation  
*Kehelan pinggir*
- (ii). Stacking faults  
*Kegagalan tindanan*
- (iii). Precipitate  
*Mendakan*

(6 marks/markah)

- (3). (a). GaAs consists of Ga that has a valency of III and As has V. Ga and As are brought together to form a GaAs crystal. The three valence electron in each Ga and the five valence electron in each As are all shared to form four covalent bond per atom. GaAs have average of four valence electron per atom, either Ga or As. GaAs is expected to have similar bonding to that in Si crystal that is four bond per atom. Answer the following questions:

...6/-

*GaAs terdiri daripada Ga yang mempunyai valensi III dan As mempunyai valensi V. Ga dan As diikatkan untuk membentuk hablur GaAs. Tiga elektron valensi dalam setiap Ga dan lima elektron valensi dalam setiap As berkongsi untuk membentuk empat ikatan kovalen setiap atom. GaAs mempunyai purata empat valensi elektron per atom, sama ada Ga atau As. GaAs dijangka mempunyai ikatan yang sama dengan ikatan didalam struktur hablur Si iaitu empat ikatan per atom. Jawab soalan berikut:*

- (i). Explain the type of bonding in GaAs, and why it is not the same with bonding in Si?

*Terangkan jenis ikatan di dalam GaAs, dan kenapa ianya tidak sama dengan ikatan di dalam Si ?*

(4 marks/markah)

- (ii). With the aid of a schematic diagram, describe the type of crystal structure in GaAs and Si.

*Dengan bantuan gambarajah skematik, jelaskan jenis struktur hablur bagi GaAs dan Si.*

(4 marks/markah)

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

*Terangkan apa yang akan berlaku jika Se atau Te, dari kumpulan VI, menggantikan atom As di dalam hablur GaAs?*

(1.5 marks/markah)

...7/-

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

*Terangkan apa yang akan berlaku jika Zn atau Cd, dari kumpulan II, menggantikan atom Ga di dalam hablur GaAs ?*

(1.5 marks/markah)

- (v). Explain what will happen if Si, from group IV, is substituted for Ga atom in the GaAs crystal?

*Terangkan apa yang akan berlaku jika Si, dari kumpulan V, menggantikan atom Ga di dalam hablur GaAs ?*

(3 marks/markah)

- (b). Describe the following GaAs single crystal growth techniques:

*Terangkan teknik-teknik penumbuhan hablur tunggal GaAs di bawah:*

- (i). Liquid-encapsulated Czochralski (LEC)

*Czochralski berkapsul cecair (LEC)*

- (ii). Bridgman

*Bridgman*

(6 marks/markah)

- (4). (a). (i). Write the electronic configuration of carbon (atomic number =6).

*Tulis konfigurasi elektronik karbon (nombor atom = 6).*

(1 marks/markah)

...8/-

- (ii). Energy band diagram can be developed following tight binding approximation (atomistic). Explain the formation of energy band in karbon.

*Gambarajah jalur tenaga boleh dihasilkan mengikut penghampiran ikatan erat (atomistik). Terangkan pembentukan jalur tenaga bagi karbon.*

(5 marks/markah)

- (b). By using Bond Model and Band Model, describe:

*Dengan menggunakan Model Ikatan dan Model Jalur, jelaskan:*

- (i). How electron-hole pair is created in intrinsic semiconductor materials.

*Bagaimana terhasilnya pasangan elektron – lohong di dalam bahan semikonduktor intrinsik.*

(4 marks/markah)

- (ii). How electron behave at 0K in intrinsic semiconductor materials.

*Bagaimana sifat elektron pada 0K di dalam bahan semikonduktor intrinsik.*

(4 marks/markah)

- (c). Figure 1 is the  $E-k$  diagram for a semiconductor material.

*Rajah 1 ialah gambarajah  $E-k$  bagi bahan semikonduktor.*

- (i). Explain the recombination process of electron-hole in this type of semiconductors.

*Terangkan proses penggabungan semula elektron – lohong di dalam semikonduktor jenis ini.*

(3 marks/markah)

...9/-

(ii). Based on the  $E_g$  value, name this semiconductor material?  
*Berdasarkan nilai  $E_g$ , berikan nama bahan semikonduktor ini?*  
 (1 marks/markah)

(iii). Suggest TWO applications of this semiconductor material.  
*Cadangkan DUA aplikasi bahan semikonduktor ini.*  
 (1 marks/markah)

(iv). State TWO examples of other semiconductor materials that can be grouped together with this material ?

*Berikan DUA contoh bahan semikonduktor lain yang boleh digolongkan bersama bahan ini ?*

(1 marks/markah)

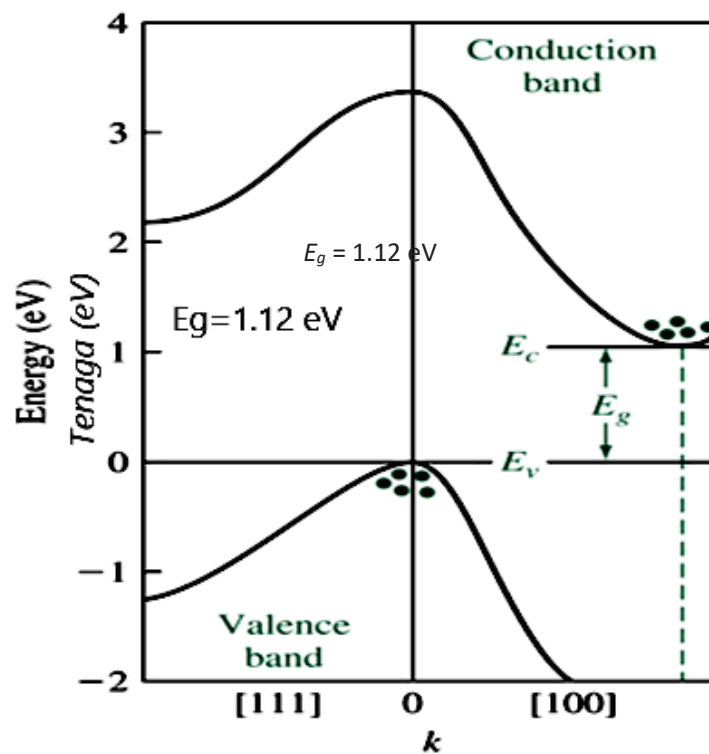


Figure 1 / Rajah 1

...10/-



**PART C / BAHAGIAN C**

- (5). Gallium Arsenide (GaAs) is a notable semiconductor material with several important applications, particularly in optoelectronics. GaAs based LEDs can produce red light. Answer all of the questions below:

*Galium arsenit (GaAs) adalah bahan semikonduktor yang mempunyai aplikasi penting terutamanya di dalam optoelektronik. LED yang berasaskan GaAs boleh menghasilkan cahaya merah. Jawab semua soalan di bawah:*

- (a). By using an energy band diagram, describe how red light can be generated from GaAs.

*Dengan menggunakan gambarajah jurang tenaga, terangkan proses yang boleh menghasilkan cahaya merah daripada GaAs.*

(4 marks/markah)

- (b). To be used as an LED, a p-n junction of GaAs is needed. Describe the formation of depletion region for the junction.

*Untuk digunakan sebagai LED, satu simpang p-n GaAs diperlukan. Terangkan bagaimana kawasan susut boleh dicapai pada simpang.*

(4 marks/markah)

- (c). Consider a doped GaAs pn junction with doping concentrations of  $N_A = 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  and  $N_d = 1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ . Calculate the built-in-potential of the junction.

*Pertimbangkan satu simpang pn GaAs terdoped dengan kepekatan pendopan  $N_A = 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  and  $N_d = 1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ . Kirakan keupayaan terbentuk pada simpang ini.*

(4 marks/markah)

...11/-

- (d). Gold/GaAs Schottky Barrier has certain electronic application. Illustrate what likely to happen as the metal/semiconductor junction is created.

*Emas/GaAs Schottky Barrier mempunyai beberapa aplikasi elektronik. Lakarkan apa yang mungkin terjadi apabila simpang logam/semikonduktor terbentuk.*

(4 marks/markah)

- (e). If GaAs was to be used as a material for solar cell, the material must generate charge carriers upon solar illumination. Sketch all the possible carriers generation processes for intrinsic and extrinsic GaAs.

*Jika GaAs digunakan sebagai bahan untuk sel suria, bahan ini perlu menghasilkan pembawa cas apabila dikenakan cahaya matahari ke atasnya. Lakarkan kesemua proses penghasilan pembawa untuk GaAs intrinsik dan ekstrinsik.*

(4 marks/markah)

- (6). N-type silicon doped with  $N_D=10^{18} \text{ cm}^{-3}$  and p-type silicon doped with  $N_A=10^{15} \text{ cm}^{-3}$  are made into a junction. The following questions are on this junction. Given  $n_i = 1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ .

*Simpang silikon dibentuk di antara bahan silikon n yang didop dengan  $N_D=10^{18} \text{ cm}^{-3}$  dan jenis-p dengan  $N_A=10^{15} \text{ cm}^{-3}$ . Soalan di bawah adalah berkaitan simpang ini. Diberikan  $n_i = 1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ .*

- (a). Describe charge distribution, built-in potential and electric field across the junction. Use Poisson equation to describe your answer

...12/-

*Terangkan taburan cas, keupayaan dan medan elektrik terbentuk pada simpang. Guna persamaan Poisson untuk menerangkan jawapan.*

(4 marks/markah)

- (b). There appear to be diffusion current across the junction. Define diffusion current and state equations that can be used to show the current due to diffusion of electrons and holes.

*Terdapat aliran arus resapan pada simpang. Takrifkan arus resapan dan nyatakan persamaan yang sesuai untuk menunjukkan arus terhasil daripada resapan elektron dan lohong.*

(4 marks/markah)

- (c). When a forward biased is applied to the junction, current is seen flowing across the junction, explain this observation.

*Apabila simpang dipincang hadapan, arus dilihat mengalir melalui simpang, terangkan pemerhatian ini.*

(4 marks/markah)

- (d). When a small reverse biased is applied no current can be seen flowing, explain this observation.

*Apabila simpang belakang yang kecil dikenakan, tiada aliran arus dilihat, terangkan pemerhatian ini.*

(4 marks/markah)

- (e). In a typical I-V characteristic for the junction, there is a region where current started to flow drastically under rather high applied reverse bias. Give reasons for the current flowing.

...13/-

- 13 -

*Di dalam satu plot ciri-ciri I-V tipikal untuk simpang ini, terdapat satu kawasan yang mana arus dihasilkan dengan tinggi di bawah keadaan simpang belakang. Berikan sebab mengapa arus ini terbentuk.*

(4 marks/markah)

- (7). You are given a silicon doped with boron with concentration of  $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  to produce p-type silicon and another one doped with phosphorus with concentration of  $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  to produce n-type silicon. Given:  $n_i$  for silicon is  $1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$  and the energy gap 1.12 eV.

*Anda diberikan silikon terdop boron dengan kepekatan  $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  untuk menghasilkan silikon jenis-p dan satu lagi terdop fosforus dengan kepekatan  $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  untuk menghasilkan silikon jenis-n. Diberikan  $n_i$  untuk silikon ialah  $1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$  dan jurang tenaga 1.12 eV.*

Answer the following questions:

*Jawab soalan-soalan di bawah:*

- (a). State typical process for introducing boron to silicon wafer.

*Nyatakan proses biasa untuk menghasilkan boron di dalam wafer silikon.*

(2 marks/markah)

- (b). There is a relationship between concentration ( $n$ ) with temperature ( $T$ ) for the n-type silicon. Sketch a graph of  $n$  versus  $T$  and describe the three regions: ionisation, saturation and intrinsic.

*Terdapat satu hubungan di antara kepekatan pembawa ( $n$ ) dengan suhu ( $T$ ). Lakarkan graf  $n$  melawan  $T$  dan terangkan tiga kawasan utama: ionisasi, ketepuan dan intrinsik.*

(4 marks/markah)

...14/-

- 14 -

- (c). Compare charge carriers generation between these two types of silicon wafers.

*Bandingkan di antara proses menghasilkan pembawa cas pada kedua jenis wafer silikon ini.*

(4 marks/markah)

- (d). Boron concentration is increased to  $2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ . Argue if hole conduction increases with the increase in the dopant concentration.

*Kepekatan boron ditambah kepada  $2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ . Hujahkan jika kekonduksian lohong bertambah dengan pertambahan kepekatan pendopan.*

(4 marks/markah)

- (e). A device made of n-type silicon is needed to produce drift current density of  $J_{\text{drift}} = 40 \text{ A/cm}^2$ . An electric field of  $50 \text{ V/cm}$  is applied to the device. Determine if the doping concentration is adequate to achieve this specification. Assume complete ionisation and mobility of electron in this silicon is  $1500 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  ( $n_i = 1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ) at  $300 \text{ K}$ .

*Satu peranti dari silikon jenis n perlu menghasilkan arus hanyutan  $n$   $J_{\text{drift}} = 40 \text{ A/cm}^2$ . Medan elektrik  $50 \text{ V/cm}$  dikenakan kepada peranti tersebut. Tentukan kepekatan pendopan yang sesuai untuk mencapai spesifikasi ini. Andaikan ionisasi penuh dan kelincahan elektron ialah  $1500 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  ( $n_i = 1 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ ) pada  $300 \text{ K}$ .*

(6 marks/markah)

- oooOooo -