

PART A / BAHAGIAN A

- (1). (a). Using the Energy Band Model, describe behavior of semiconductor, conductor and insulator materials.

Dengan menggunakan Model Jurang Tenaga, jelaskan semikonduktor, pengalir dan penebat.

(10 marks/markah)

- (b). State an equation for conductivity of electrons in a semiconductor. Correlate how the distribution of the density of states (DOS) can be used to predict the conductivity.

Nyatakan satu persamaan kekonduksian elektron di dalam semikonduktor. Hubungkan bagaimana taburan ketumpatan keadaan boleh digunakan untuk menentukan kekonduksian.

(5 marks/markah)

- (c). Controlling conductivity in a semiconductor is crucial in a device design. Argue on the effect of increased concentration of dopant on the conductivity of a semiconductor material that used at elevated temperature.

Kawalan terhadap kekonduksian adalah sangat penting di dalam rekabentuk sesebuah peranti. Hujahkan bagaimana peningkatan kepekatan bahan dopan terhadap kekonduksian bahan semikonduktor yang akan digunakan pada suhu tinggi.

(5 marks/markah)

PART B / BAHAGIAN B

- (2). (a). (i). Consider a silicon and germanium nucleus, of charge $+13q$ and $+31q$. Calculate the energies and radius of the first three orbitals for an electron in Si^{13+} and Ge^{31+} ion using Bohr model. q is defined as 1 electron charge $=1.60 \times 10^{-19}$ C. (Atomic number of Si=14 and Ge= 32)

Pertimbangkan nukleus silikon dan germanium, bercas $+13q$ dan $+31q$. Dengan menggunakan model Bohr, kirakan tiga jejari orbital yang pertama bagi ion Si^{13+} dan Ge^{31+} . Definasi bagi q ialah 1 cas electron $= 1.60 \times 10^{-19}$ C. (Nombor atom bagi Si=14 dan Ge=32)

- (ii). From the value above, justify which materials have a larger band gap.

Dari data-data yang diperolehi, jelaskan bahan yang manakah mempunyai jurang jalur yang lebih besar.

(8 marks/markah)

- (b). Define electron affinity, ionization energy and band gap.

Beri takrifan elektron affinity, tenaga pengionan dan jurang jalur.

(3 marks/markah)

- (c). Calculate the % (percent) of ionic bonding in the following semiconductor materials. Given electronegativity: Cd=1.7, S = 2.6, Cu= 1.9, In = 1.8, Se = 2.6, Si=1.9, Ge=2.0, Zn= 1.7 and O=3.4

Kirakan % (peratusan) ikatan ionic didalam bahan semikonduktor berikut. Diberi nilai keelektronegatifan: Cd=1.7, S = 2.6, Cu= 1.9, In = 1.8, Se = 2.6, Si=1.9, Ge=2.0, Zn= 1.7 dan O=3.4

...4/-

- (i). SiGe
- (ii). CuInSe₂
- (iii). ZnO
- (iv). CdS
- (v). Ge

(5 marks/markah)

- (d). (i). Using a schematic diagram, explain the differences between single crystal and polycrystal semiconductor materials?

Dengan menggunakan gambarajah skema, terangkan perbezaan di antara bahan semikonduktor hablur tunggal dan polihablur.

- (ii). State TWO examples for each type of semiconductors above.
Berikan dua contoh bagi setiap jenis bahan semikonduktor di atas.

(4 marks/markah)

- (3). (a). Write FIVE Bohr postulate used in Bohr Model for hydrogen atom.

Tuliskan LIMA Postulat Bohr yang digunakan di dalam Model Bohr bagi atom hidrogen.

(5 marks/markah)

- (b). Describe single crystal growth methods listed below:

Jelaskan kaedah penumbuhan hablur tunggal yang disenaraikan di bawah.

- (i). Czochralski
Czochralski

...5/-

- 5 -

- (ii). Liquid-encapsulated Czochralski (LEC)
Czochralski berkapsul cecair (LEC)

State FIVE requirements for a capping material in LEC single crystal growth method.

Berikan LIMA keperluan untuk bahan penutup didalam kaedah penumbuhan hablur tunggal LEC.

(10 mark/markah)

- (c). (i). What is doping?
Apakah pendopan?
- (ii). Why doping is important in semiconductor?
Mengapa pendopan penting didalam semikonduktor.
- (iii). Define extrinsic and degenerate semiconductor.
Takrifkan semikonduktor ektrinsik dan merosot.

(5 mark/markah)

- (4). (a). Describe and draw the crystal structure below:
Terangkan dan lukis structure hablur dibawah ini:

- (i). Diamond structure
Struktur Intan
- (ii). Rocksalt structure
Struktur 'rocksalt'

State TWO materials that have diamond and rocksalt structure.

Berikan DUA bahan yang mempunyai struktur intan dan 'rocksalt'.

(6 marks/markah)

...6/-

- (b). Select TWO type of semiconductors below. Write a short note and give an example for the semiconductor that you choose:

Pilih DUA jenis bahan semikonduktor di bawah. Tulis nota ringkas dan berikan bagi contoh DUA jenis bahan semikonduktor yang anda pilih:

- (i). Oxide semiconductor
Semikonduktor oksida
- (ii). Layered semiconductor
Semikonduktor berlapis
- (iii). Narrow gap semiconductor
Semikonduktor jurang sempit
- (iv). Wide gap semiconductor
Semikonduktor jurang lebar

(6 marks/markah)

- (c). (i). With the help of schematic diagram, explain semiconductor properties in GaAs using BOND Model.

Dengan bantuan gambarajah skematik, jelaskan sifat semikonduktor bagi GaAs dengan menggunakan Model Ikatan.

(4 marks/markah)

- (ii). With the help of schematic diagram, explain how to change pure GaAs to become n -type and p-type semiconductor.

Dengan bantuan gambarajah skematik, jelaskan bagaimana untuk menukar GaAs tulen kepada semikonduktor jenis-n dan jenis-p.

(4 marks/markah)

...7/-

Appendix A / *Lampiran A*

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	$1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$

PART C / BAHAGIAN C

- (5). Silicon can be used as a material for solar cell. Silicon wafer was put under sun light and current was detected.

Silikon boleh digunakan sebagai bahan untuk sel suria. Wafer silikon diletakkan di bawah cahaya matahari dan arus dapat diukur.

- (a). By using appropriate sketches, describe reasons for the observation above

Dengan menggunakan lakaran yang betul, terangkan sebab-sebab terhadap pemerhatian di atas.

(5 marks/markah)

- (b). Explain why recombination process is unwanted for this application
Terangkan kenapa proses gabungan-semula tidak diinginkan untuk aplikasi ini.

(5 marks/markah)

- (c). Both drift and diffusion current can be detected in silicon-based solar cell. Differentiate them by stating the definition and necessary equations.

Kedua-dua arus hanyutan dan resapan dapat dilihat di dalam peranti ini. Bezakan antara kedua-dua jenis arus ini dengan menyatakan definisi, dan persamaan yang bersesuaian.

(5 marks/markah)

- (d). If the silicon wafer contains too many defects, current is shown to be rather small. Explain carriers scattering and suggest how to reduce it.

...9/-

Jika bahan mempunyai terlalu banyak kecacatan, arus dilihat agak kecil. Terangkan berkenaan serakan pembawa dan bagaimana untuk mengurangkannya.

(5 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 $n_i = 9.5 \times 10^9 \text{ cm}^{-3}$. The following questions are on this junction.

Simpang p-n silikon dibentuk di antara bahan silikon n yang didop dengan $N_D=10^{18} \text{ cm}^{-3}$ dan jenis-p-dengan $N_A=10^{15} \text{ cm}^{-3}$. Diberikan $n_i = 9.5 \times 10^9 \text{ cm}^{-3}$. Jawab soalan di bawah berkenaan dengan simpang ini.

- (a). A junction is formed between the p-n material. Illustrate the step-by-step process leading to the creation of electric field and built in potential between the two materials. Then calculate the built in potential.

Simpang terbentuk di antara bahan. Lakarkan langkah-demi-langkah pembentukan medan elektrik di dan keupayaan terbentuk di antara dua bahan. Kemudian kirakan keupayaan terbentuk itu.

(10 marks/markah)

- (b). The junction is forward and reversed biased argue why current can only flow when the junction is forward biased. Use energy band diagram to explain your answer

Simpang ini dipincang hadapan dan belakang, hujahkan kenapa hanya ada aliran arus pada simpang hadapan. Gunakan gambarajah tenaga untuk memberikan jawapan.

(5 marks/markah)

...10/-

- (c). Sketch a typical I-V curve to describe the diode property of this junction. Normally there is a point where current suddenly increased at reversed biased; explain the reasons why.

Lakarkan gambarajah I-V simpang ini untuk menerangkan sifat diod simpang ini. Pada kebiasaannya terdapat satu keadaan di mana arus tiba-tiba meningkat pada pincang belakang; terangkan sebab ini berlaku.

(5 marks/markah)

- (7). You are given two phosphorus doped silicon with concentration of $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ and $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$. Given: n_i for silicon is $9.5 \times 10^9 \text{ cm}^{-3}$ and the energy gap 1.2 eV.

Answer the following questions:

Jawab soalan-soalan di bawah:

- (a). State the type of these semiconductor materials and sketch the energy band diagram to show how electrons can be produced.

Nyatakan jenis bahan semikonduktor ini dan lakarkan bagaimana elektron boleh dihasilkan.

(5 marks/markah)

- (b). A temperature (T) versus electron concentration (n) can be plotted for these two materials. In the graphs three main regions can be identified: intrinsic, saturated and freeze out. Explain the definition of these regions by providing a sketch of a T-n graph then differentiate between the materials.

...11/-

Satu graf suhu (T) melawan kepekatan elektron (n) boleh dibangunkan untuk kedua-dua bahan ini. Di dalam graf, terdapat tiga kawasan utama: intrinsik, terpekat, dan beku. Terangkan definisi kawasan-kawasan ini di dalam graf T - n yang perlu dilakarkan kemudian tunjukkan perbezaan di antara kedua-dua jenis bahan.

(5 marks/markah)

- (c). Calculate n_0 and p_0 for both materials.

Kirakan n_0 dan p_0 untuk kedua-dua bahan.

(4 marks/markah)

- (d). A device is required to produce drift current density $J_{\text{drift}} = 90$ A/cm². An electric field of 100 V/cm is applied to the device, determine which doping concentration is adequate to achieve this specification. Assume complete ionization and mobility of hole in this silicon is 480 cm²/Vs and electron mobility is 1350 cm²/Vs at 300 K. $n_i = 1.5 \times 10^{10}$ cm⁻³

Satu peranti perlu menghasilkan arus hanyutan $J_{\text{drift}} = 90$ A/cm². Medan elektrik 100V/cm diberikan kepada peranti tersebut, tentukan kepekatan pendopan yang mana sesuai untuk mencapai spesifikasi ini. Andaikan ionisasi penuh dan kelincahan lohong ialah 480 cm²/Vs dan kelincahan electron ialah 1350 cm²/Vs pada 300 K. $n_i = 1.5 \times 10^{10}$ cm⁻³

(6 marks/markah)