

**SULIT**

---



Second Semester Examination  
2017/2018 Academic Session

May/June 2018

**EBB 215/3 – Semiconductor Materials**  
**[Bahan Semikonduktor]**

Duration : 3 hours  
[Masa : 3 jam]

---

Please ensure that this examination paper contains FOURTEEN(14) printed pages with ONE (1) page APPENDIX before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi EMPAT BELAS(14) muka surat yang bercetak dan SATU (1) muka surat LAMPIRAN sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

This paper consists of SEVEN(7) questions. ONE(1) question in PART A, THREE(3) questions in PART B and THREE(3) questions in PART C.

*[Kertas soalan ini mengandungi TUJUH(7) soalan. SATU(1) soalan di BAHAGIAN A, TIGA(3) soalan di BAHAGIAN B dan TIGA(3) soalan di BAHAGIAN C.]*

**Instruction:** Answer FIVE(5) questions. PART A is **COMPULSORY**. Answer TWO(2) questions from PART B and TWO(2) questions from PART C. If a candidate answers more than five questions only the first five questions answered in the answer script would be examined.

**[Arahan:** Jawab LIMA(5) soalan. BAHAGIAN A **WAJIB** dijawab. Jawab DUA(2) soalan dari BAHAGIAN B dan DUA(2) soalan dari BAHAGIAN C. Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan hanya lima soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.]

The answers to all questions must start on a new page.

*[Mulakan jawapan anda untuk semua soalan pada muka surat yang baru.]*

You may answer a question either in Bahasa Malaysia or in English.

*[Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.]*

In the event of any discrepancies in the examination questions, the English version shall be used.

*[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunapakai.]*

...2/-  
**SULIT**

PART A/ BAHAGIAN A

1. [a] During the early days of transistors development, Ge was the dominant material used in making diodes and transistors. However, most of the present day semiconductor devices employ Si. Give **TWO** reason why Si has become the chosen material for the semiconductor device.

*Pada awal pembangunan transistor, Ge merupakan bahan utama yang digunakan untuk membuat diod dan transistor. Walau bagaimanapun, kebanyakan peranti semikonduktor hari ini menggunakan Si. Berikan **DUA** sebab mengapa Si telah menjadi bahan pilihan untuk membuat peranti semikonduktor.*

(20 marks/markah)

- [b] Briefly describe, **THREE** ways to classify conductor, semiconductor and insulator materials.

*Jelaskan secara ringkas, **TIGA** kaedah untuk mengklasifikasi bahan pengalir, semikonduktor dan penebat.*

(30 marks/markah)

...3/-

- [c] It is known that mobility of charge carriers is dependent on:

*Diketahui bahawa kelincahan pembawa cas adalah bergantung kepada:*

- Concentration of carriers  
*Kepekatan pembawa*
  
- Temperature  
*Suhu*
  
- Doping level  
*Takat dopan*

Write a short note on each of the point above to describe how mobility in a semiconductor can change.

*Tuliskan satu nota ringkas bagi setiap poin di atas untuk menerangkan bagaimana kelincahan boleh berubah dalam bahan semikonduktor.*

*(25 marks/markah)*

- [d] Describe how the density of states (DOS) in the conduction band of pure silicon is being distributed. Relate DOS to Fermi Dirac Statistic to determine the number of electrons in a semiconductor

*Gambarkan bagaimana keadaan ketumpatan (DOS) dalam jalur kekonduksian silikon tulen disebarkan. Hubungkan DOS dengan Statistik Fermi Dirac untuk menentukan jumlah elektron dalam semikonduktor.*

*(25 marks/markah)*

*...4/-*

**PART B/ BAHAGIAN B**

2. [a] Describe the two most common crystal structures of semiconductor materials:

*Terangkan dua struktur hablur bahan yang biasa bagi bahan semikonduktor:*

- (i) Diamond crystal structure

*Struktur hablur intan*

- (ii) Hexagonal close pack crystal structure

*Struktur hablur heksagonal padat*

Give two examples of semiconductor materials for each crystal structure above.

*Berikan dua contoh bahan semikonduktor bagi setiap struktur hablur di atas.*

(30 marks/markah)

- [b] Describe the bonding force for the following semiconductor materials. Justify your answer and calculate the percent of ionic bonding for each semiconductor materials below. (Refer Appendix A)

*Terangkan daya ikatan bagi bahan semikonduktor berikut. Beri justifikasi kepada jawapan anda dan kira peratus ikatan ionik bagi setiap bahan semikonduktor di bawah. (Sila lihat Lampiran A)*

- (i) SiGe  
(ii) SnTe  
(iii) CdSe  
(iv) GaSb

(40 marks/markah)

...5/-

- [c] Compare the electrical conductivity in single crystal, polycrystal and amorphous silicon in terms of atomic arrangement of each type of materials.

*Bandingkan sifat kekonduksian elektrik dalam bahan hablur tunggal, polihablur dan amorfus silikon dari segi susunan antara atom bagi setiap jenis bahan tersebut.*

(30 marks/markah)

3. [a] The band gaps and melting points of group III-V semiconductors are higher than those isoelectronic element of group IV semiconductors. Explain this observation in terms of cohesion force and crystal bonding, and give a proper example of materials from group IV and III-V semiconductor for this observation.

*Jurang jalur dan takat lebur bagi semikonduktor kumpulan III-V adalah lebih tinggi dari elemen isoelektrik bagi semikonduktor kumpulan IV. Terangkan pemerhatian ini dari segi daya jelekitan dan ikatan hablur, dan berikan contoh bahan dari kumpulan IV dan III-V semikonduktor bagi pemerhatian ini.*

(40 marks/markah)

- [b] Explain one major problem to prepare compound semiconductor.

*Terangkan satu masalah utama dalam penyediaan sebatian semikonduktor.*

(20 marks/markah)

- [c] With the help of schematic diagram, explain one method to synthesis polycrystalline compound semiconductor.

*Dengan bantuan gambarajah skematik, terangkan satu kaedah untuk menghasilkan polihablur sebatian semikonduktor.*

(40 marks/markah)

...6/-

4. [a] Briefly explain

*Terangkan secara ringkas*

- (i) Intrinsic semiconductor

*Semikonduktor intrinsik*

- (ii) Extrinsic semiconductor

*Semikonduktor ekstrinsik*

In terms of its electron and hole concentration.

*dari segi kepekatan elektron dan lohong.*

(20 marks/markah)

- [b] Explain, how to change the intrinsic semiconductor to extrinsic semiconductor.

*Terangkan, bagaimana untuk menukar semikonduktor intrinsik kepada semikonduktor ekstrinsik.*

(20 marks/markah)

- [c] Describe the energy band diagram of n-type and p-type semiconductor.

*Jelaskan gambarajah jurang tenaga bagi semikonduktor jenis-n dan jenis-p.*

(40 marks/markah)

- [d] Mass is another basic properties of electron and holes. The effective mass of electron within a crystal is a function of semiconductor material. Using a schematic diagram, describe effective mass of electron in semiconductor material.

*Jisim adalah salah satu sifat asas bagi elektron dan lohong. Jisim berkesan bagi elektron dan lohong dalam hablur merupakan fungsian bagi sesuatu bahan semikonduktor. Dengan menggunakan gambarajah, jelaskan jisim berkesan elektron dalam bahan semikonduktor.*

(20 marks/markah)

PART C/ BAHAGIAN C

5. [a] A silicon wafer is doped with  $10^{12} \text{ cm}^{-3}$  phosphorous. Answer the following questions.

*Sekeping silikon wafer didopkan dengan phosphorous  $10^{12} \text{ cm}^{-3}$ . Jawab soalan di bawah.*

- (i) Figure 1 shows the energy band diagram of the doped silicon. Define  $E_c$ ,  $E_v$  and  $E_d$  then state the type of this semiconductor.

*Rajah 1 menunjukkan gambar rajah tenaga untuk silikon terdop.*



*Takrifkan  $E_c$ ,  $E_v$  and  $E_d$  kemudian nyatakan jenis semikonduktor ini.*

Figure 1

Rajah 1

(20 marks/markah)

- (ii) Sketch an electron concentration-temperature plot to describe how electrons can be generated as a function of temperature.

*Lakarkan gambarajah kepekatan elektron-suhu untuk menunjukkan bagaimana elektron boleh dihasilkan pada suhu berbeza.*

(20 marks/markah)

...9/-



- (iii) Assume complete ionization of the phosphorus in this silicon. The mobilities of the electron and hole in this silicon are  $1300 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  and  $470 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  respectively. Calculate the drift current density if the applied field is  $E = 8 \text{ V/cm}$  at room temperature.

*Anggapkan ionisasi lengkap fosforus berlaku di dalam silikon ini. Kelincahan elektron dan lohong pada silikon adalah  $1300 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  and  $470 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  masing-masing. Kirakan ketumpatan arus hanyutan jika medan dikenakan ialah  $E = 8 \text{ V/cm}$  pada suhu bilik.*

*(20 marks/markah)*

- (iv) On the surface of the doped silicon, aluminium is evaporated to form a p-n junction. Illustrate a simplified energy band diagram for both types of silicon after a depletion region is developed.

*Pada permukaan silikon terdop, aluminium diwapkan untuk menghasilkan simpang p-n. Lakarkan gambarajah tenaga untuk kedua-dua jenis silikon selepas pembentukan kawasan susut.*

*(20 marks/markah)*

- (v) Explain why there are no free carriers in the depletion region.

*Terangkan kenapa tiada pembawa bebas pada kawasan susut.*

*(20 marks/markah)*

...10/-

6. (i) Germanium wafer is illuminated with photon having energy  $>$  energy gap of germanium. Figure 2 shows two electrons generation processes that will happen under photon illumination. Compare (1) and (2).

*Germanium wafer telah disinarkan dengan foton bertenaga  $>$  jurang tenaga germanium. Gambarajah 2 menunjukkan dua proses penghasilan elektron yang akan berlaku jika silikon ini disinarkan. Bandingkan (1) dan (2).*

(20 marks/markah)

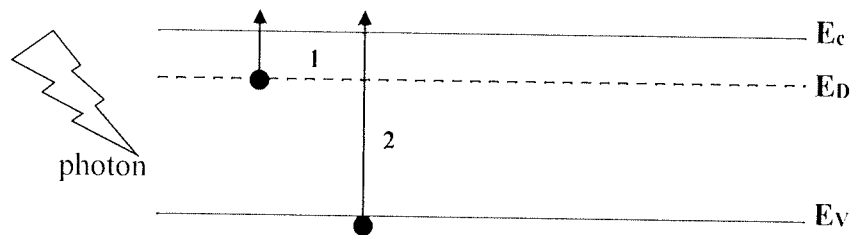


Figure 2

Rajah 2

- (ii) Illustrate the possible carriers recombination mechanism for germanium in Figure 2. What will happen when recombination occurs and state one application for such property?

*Lakarkan mekanisma gabungan semula bagi germanium dalam rajah 2. Apakah yang akan berlaku jika gabungan semula berlaku dan nyatakan satu kegunaan sifat ini?*

(20 marks/markah)

- (iii) The free electrons in germanium shown in (i) will move when electric field is applied to the material due to drift current. Derive drift current for electrons and holes and identify the majority and minority charge carriers for this germanium.

*Elektron bebas dalam germanium di tunjukkan pada (i) akan bergerak apabila arus elektrik dibekalkan kepada bahan ini. Terbitkan persamaan arus hanyutan untuk elektron dan lohong dan tentukan pembawa cas minoriti dan majoriti di dalam germanium ini.*

(30 marks/markah)

- (iv) Current flow in germanium was predicted to be much higher than measured. By using the equation derived from iii, suggest reasons why conductivity is very poor.

*Pengaliran arus dalam germanium telah dijangkakan lebih tinggi daripada yang diukur. Dengan menggunakan persamaan daripada iii, nyatakan sebab kenapa kekonduksian bahan adalah rendah.*

(20 marks/markah)

- (v) Carriers can also move due to diffusion. Describe how diffusion current can be achieved.

*Pembawa juga boleh digerakkan melalui resapan. Terangkan bagaimana arus resapan dapat dihasilkan.*

(10 marks/markah)

7. A p-n junction of GaN is produced to form a simple diode. Given  $N_A = 10^{15} \text{cm}^{-3}$  and  $N_D = 10^{14} \text{cm}^{-3}$ . Answer the following questions:

*Satu simpang p-n GaN telah dihasilkan untuk membentuk satu diod mudah. Diberikan  $N_A = 10^{15} \text{cm}^{-3}$  dan  $N_D = 10^{14} \text{cm}^{-3}$ . Jawab soalan berikut.*

- (i) Assume that the p-n junction is an abrupt junction. Sketch flow chart on how a depletion region is produced. Include charge distribution, built in potential and potential barrier in your answer.

*Anggapkan simpang p - n adalah simpang mendadak. Lakarkan satu carta alir untuk menunjukkan penghasilan kawasan susut. Masukkan taburan cas, keupayaan terbentuk dan batas keupayaan dalam jawapan anda.*

(25 marks/markah)

- (ii) If  $n_i = 1.5 \times 10^{10} \text{cm}^{-3}$  and the junction is reversed biased with  $V_R$  of 5 V, calculate (i) the built in potential and (ii) the depletion region width under the reverse biased.

*Jika  $n_i = 1.5 \times 10^{10} \text{cm}^{-3}$  dan simpang dipincang balikkan dengan  $V_R$  adalah 5 V, kirakan (i) keupayaan terbentuk dan (ii) kelebaran kawasan susut di bawah pircang balik ini.*

(25 marks/markah)

- (iii) A thin film of metal is deposited on the surface of GaN to form an Ohmic contact. Describe Ohmic contact and from work function point of view, state the most important factor to be considered in selecting a metal contact that has Ohmic behavior and not Schottky.

*Satu filem nipis logam diterapkan pada permukaan GaN untuk menghasilkan hubungan Ohmic. Terangkan hubungan Ohmic dan daripada segi fungsi kerja, nyatakan faktor penting untuk diambilkira apabila memilih logam sentuhan yang menunjukkan sifat Ohmic dan bukan Schottky.*

(20 marks/markah)

- (iv) If the junction is subjected to an external potential, the junction is said to be biased. The junction is now reversed biased and current appears to be very minimal until at a certain reverse biased applied large current can be detected. Sketch an I-V curve for reverse and forward biased junction and predict what happens when current starts flowing under reverse bias.

*Jika simpang ini dikenakan keupayaan luar, simpang ini dikatakan telah dipincangkan. Simpang sedang dikenakan pincang berbalik dan arus adalah sangat minimum pada simpang sehingga pada satu keupayaan arus yang tinggi dikesan. Lakarkan lekuk I-V untuk keupayaan pada pincang terbalik dan terhadap dan ramalkan apakah yang berlaku apabila arus melintasi simpang pada keadaan pincang belakang.*

(30 marks/markah)

Appendix A

Lampiran A

Electronegativities of the elements

*Keelectronegatifan bagi elemen*

Electronegativities of the Elements																		
1A																		
2.1	H	2A																
1.0	Li	Be																
0.9	Na	Mg																
0.8	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	
0.8	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	
0.7	Cs	Ba	La-Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	
0.7	Fr	Ra	Ac-Lr															