
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
Academic Session 2012/2013

January 2013

EBB 323/3 – Semiconductor Fabrication Technology *[Teknologi Fabrikasi Semikonduktor]*

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please ensure that this examination paper contains THIRTEEN printed pages before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi TIGA BELAS muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]

This paper consists of SEVEN questions. ONE question from PART A, TWO questions from PART B, TWO questions from PART C and TWO questions from PART D.

[Kertas soalan ini mengandungi TUJUH soalan. SATU soalan dari BAHAGIAN A, DUA soalan dari BAHAGIAN B, DUA soalan dari BAHAGIAN C dan DUA soalan dari BAHAGIAN D.]

Instruction: Answer FIVE questions. Answer **ALL** questions from PART A, **ONE** question from PART B, PART C, PART D and **ONE** question from any part. If candidate answers more than five questions only the first five questions answered in the answer script would be examined.

[Arahan: Jawab LIMA soalan. Jawab **SEMUA** soalan dari BAHAGIAN A, **SATU** soalan dari BAHAGIAN B, BAHAGIAN C, BAHAGIAN D dan **SATU** soalan dari mana-mana bahagian. 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, the English version shall be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.]

PART A / BAHAGIAN A

1. [a] (i) Describe the advantages of solid state devices over vacuum tubes.

Jelaskan kelebihan peranti keadaan pepejal berbanding tiub vakum.

(10 marks/markah)

- (ii) List the four (4) major stages of semiconductor processing.

Senaraikan empat (4) peringkat utama pemprosesan semikonduktor.

(20 marks/markah)

- [b] Calculate the phosphorus atoms that are required to change the resistance of 5 mm^2 undoped silicon from $50 \text{ M}\Omega$ to 10Ω . Assume an electron mobility is $1000 \text{ cm}^2/\text{volt sec}$.

Kira bilangan atom fosforus yang diperlukan untuk mengubah rintangan 5 mm^2 silikon tulen daripada $50 \text{ M}\Omega$ menjadi 10Ω . Anggap kelincahan elektron ialah $1000 \text{ cm}^2/\text{volt sec}$.

(40 marks/markah)

- [c] Give three (3) advantages of using epitaxial layers in semiconductor fabrication.

Berikan tiga (3) kebaikan penggunaan lapisan epitaksi dalam fabrikasi semikonduktor.

(30 marks/markah)

PART B / BAHAGIAN B

2. [a] Clean rooms are widely used in the semiconductor industry, pharmacy and others. What is clean room?

Bilik bersih banyak digunakan di dalam industri semikonduktor, farmasi dan lain-lain. Apakah yang dimaksudkan sebagai bilik bersih?

(20 marks/markah)

- [b] The main purpose of using clean room is to control contamination during semiconductor device fabrication. Describe five (5) important features of the clean rooms.

Tujuan utama penggunaan bilik bersih ialah untuk mengawal pencemaran semasa fabrikasi peranti semikonduktor. Huraikan lima (5) ciri-ciri penting bilik bersih.

(50 marks/markah)

- [c] Wafer cleaning is an important aspect to be considered prior to wafer processing. What is the specification of deionized (DI) water used for wafer cleaning and give a reason why it is used.

Pembersihan wafer adalah aspek yang penting sebelum pemprosesan wafer. Apakah spesifikasi air ternyah ion (DI) yang digunakan dalam pembersihan wafer dan berikan sebab kenapa ia digunakan.

(30 marks/markah)

3. [a] Explain factors influencing the growth rate of silicon dioxide.

Terangkan faktor-faktor yang mempengaruhi kadar pertumbuhan silikon dioksida.

(50 marks/markah)

- [b] What are the thicknesses of silicon dioxide which grow by wet oxidation method on a silicon wafer having linear and parabolic rate constant of $1.27 \mu\text{m/hr}$ and $0.287 \mu\text{m}^2/\text{hr}$, if the growth time is:

- (i) 5 minutes.
- (ii) 30 minutes.
- (iii) 1 hours.

Apakah ketebalan silikon dioksida yang ditumbuhkan di atas wafer silikon menggunakan kaedah pengoksidaan basah dengan kadar linear dan parabola berterusan adalah $1.27 \mu\text{m/jam}$ dan $0.287 \mu\text{m}^2/\text{jam}$, jika masa pertumbuhan adalah:

- (i) 5 minit.
- (ii) 30 minit.
- (iii) 1 jam.

(50 marks/markah)

PART C / BAHAGIAN C

4. For doping a thin layer on a silicon wafer to form a P-I-N (P-type – intrinsic – N-type) diode structure as shown in schematic (Figure 1), the following processes are involved: preparation masking oxide (thickness is 500 nm), lithography, etching, photoresist stripping and then the application of dopant.

Dalam pendopan suatu lapisan tipis di atas wafer silikon untuk menghasilkan struktur diod P-I-N (jenis-P-intrinsik-jenis-N) seperti ditunjukkan dalam gambarajah skema peranti (Rajah 1), proses yang terlibat meliputi: penumbuhan oksida topeng (ketebalan 500 nm), litografi, punaran, pelucutan fotoresis dan pendopan.

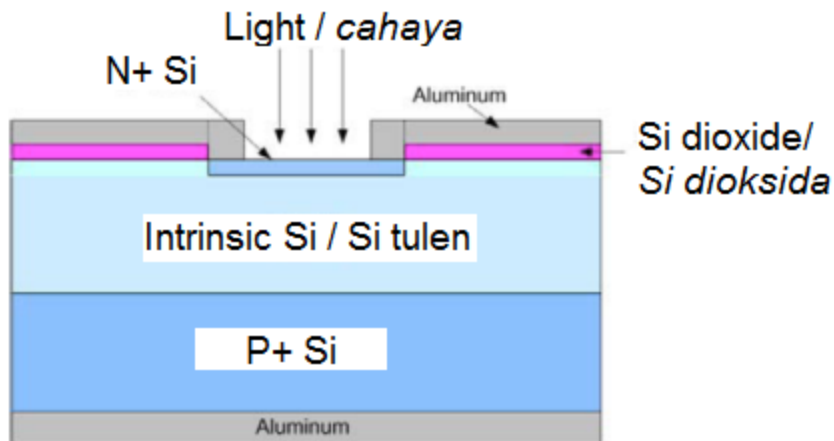


Figure 1: P-I-N diode structure / *Rajah 1: Struktur diod P-I-N*

- [a] Explain the growth process of a masking oxide using a suitable technique to grow the oxide mask.

Jelaskan proses penumbuhan oksida topeng dengan menggunakan teknik yang sesuai.

(20 marks/markah)

- [b] Explain the lithography preparation including photoresist application, optimum exposure and development time for resist, adhesion promoter, lithography mask and etching.

Jelaskan persediaan litografi yang meliputi penyediaan fotoresis, masa optimum dedahan dan pengembangan resis, penganjur lekatan, litografi topeng dan punaran.

(20 marks/markah)

- [c] When the oxide growth is completed on epitaxial wafers, photoresist is applied on them. Choose the right etchant to etch the oxide up to the silicon surface. Estimate an appropriate time to etch the layer based on etching rate of the used solution.

Selepas penumbuhan oksida di atas wafer epiteksi selesai, maka fotoresis dikenakan ke atasnya. Pilih larutan punaran yang sesuai untuk memunar oksida hingga ke permukaan silikon. Tentukan masa yang sesuai untuk memunar lapisan berdasarkan kepada kadar punaran larutan yang digunakan.

(20 marks/markah)

- [d] Explain how to remove the photoresist from wafer (photoresist stripping). What solution/chemical should be used?

Jelaskan cara menghapuskan fotoresis daripada wafer (pelucutan fotoresis). Bahan kimia/larutan apakah yang sesuai digunakan?

(20 marks/markah)

- [e] After windows are etched into oxide mask, it is now ready for the application of dopant source. Discuss the doping process and specifically state the dopant source.

Selepas tingkap terbuka melalui punaran oksida topeng, ianya sedia untuk mengenakan dopan. Bincang proses pendopan dan nyatakan secara khusus punca dopan.

(20 marks/markah)

5. [a] An etching solution containing mixture of HNO_3 (69.51%), HF (49.23%), and $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ is used to etch silicon. If the solution consisting of 3 parts of HNO_3 , estimate the HF and $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ content to obtain an etch rate of $56 \mu/\text{min}$ at room temperature. Refer to Figure 2 for etching rate of silicon in HF and HNO_3 .

Sejenis larutan punaran mengandungi campuran HNO_3 (69.51%), HF (49.23%), dan $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ digunakan untuk memunar silikon. Jika dalam larutan dicampurkan 3 bahagian HNO_3 , tentukan kandungan HF dan $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ untuk menghasilkan kadar punaran $56 \mu/\text{min}$ pada suhu bilik. Rujuk pada Rajah 2 kadar punaran silikon dalam HF dan HNO_3 .

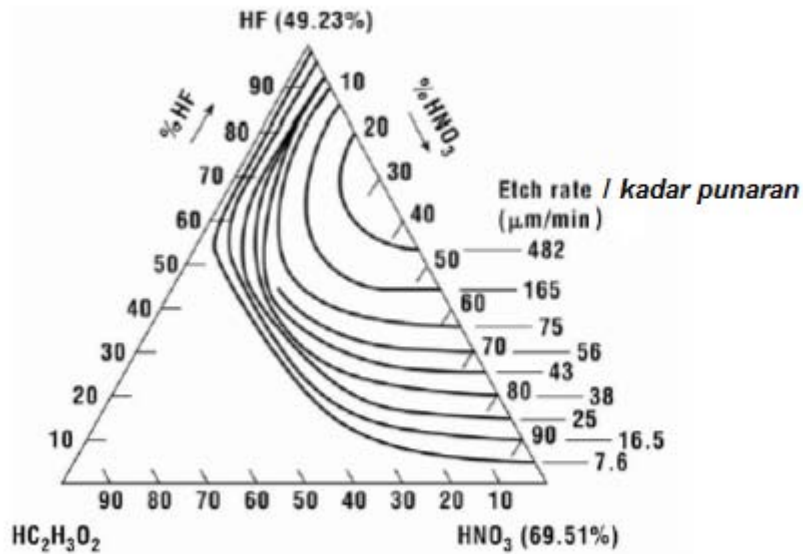


Figure 2: Schematic diagram of the etch rate for silicon in HF and HNO₃ at room temperature

Rajah 2: Gambarajah kadar punaran silikon dalam HF dan HNO₃ pada suhu bilik

(30 marks/markah)

- [b] Explain schematically dry etching of silicon. Mention chemicals, reaction processes and the whole mechanism involves in the etching process.

Jelaskan dengan menggunakan skema mengenai punaran kering bagi silikon. Sebutkan bahan kimia, tindakbalas dan semua mekanisma yang terlibat dalam proses pemunaran.

(20 marks/markah)

- [c] A turbo-molecular pump with an effective speed of $2000 \ell/s$ needs 1 hour to evacuate a $V = 5000 \ell$ evaporation chamber to a pressure of 10^{-5} mbar.
- (i) How large is the throughput, Q of the pump at this pressure?
 - (ii) What is the throughput and the pressure after 2 hours when the desorption current density decays at $1/t$?
 - (iii) What is the pressure after 12 hours?
 - (iv) What pump speed would be required to reach 10^{-6} mbar after 1 hour?

Satu pam molekul turbo dengan kelajuan berkesan $2000 \ell/s$ memerlukan 1 jam untuk mengosongkan suatu kebuk pendedapan $V = 5000 \ell$ ke tekanan 10^{-5} mbar.

- (i) Berapa besar "throughput", Q yang dihasilkan oleh pam pada tekanan ini?*
- (ii) Apakah "throughput" dan tekanan selepas 2 jam apabila nyahrapan ketumpatan arus susut $1/t$?*
- (iii) Berapakah tekanan selepas 12 jam?*
- (iv) Berapakah kelajuan pam yang diperlukan untuk mencapai tekanan 10^{-6} mbar selepas 1 jam?*

(50 marks/markah)

PART D / BAHAGIAN D

6. [a] Describe four (4) general processing steps in Atomic Layer Deposition (ALD).

Terangkan empat (4) langkah umum dalam penganapan lapisan atom.

(20 marks/markah)

- [b] There are five possible trends of growth rate could be observed during thin film deposition by the ALD technique as shown in Figure 3. Label and discuss briefly these deposition trends.

Lima trend kadar pemendapan mungkin dilihat dalam penganapan lapisan filem dengan menggunakan teknik penganapan lapisan atom seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3. Labelkan dan bincangkan secara ringkas trend penganapan ini.

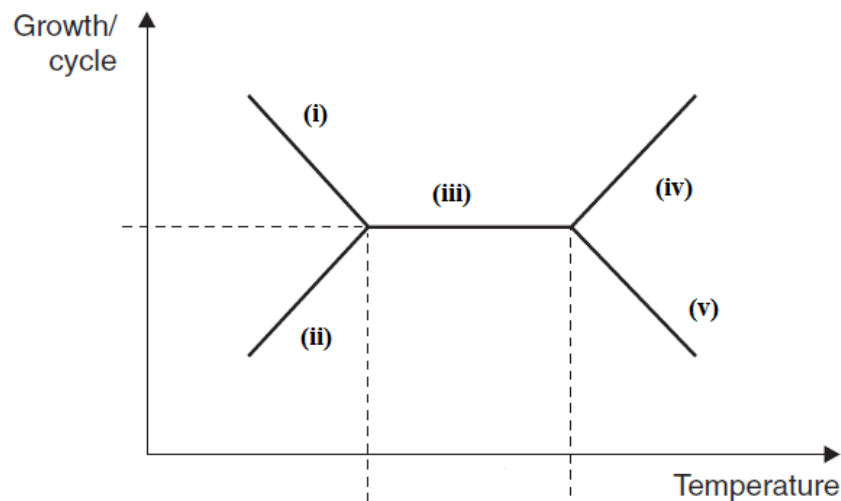


Figure 3: Thin film deposition rate of ALD as a function of deposition temperature

Rajah 3: Kadar penganapan lapisan filem nipis dengan menggunakan ALD dengan fungsi suhu pemendapan

(50 marks/markah)

- [c] Give three (3) advantages of ALD as compared to Chemical Vapour Deposition (CVD).

Berikan tiga (3) kelebihan ALD berbanding dengan penganapan wap kimia.

(15 marks/markah)

- [d] Give three (3) applications of ALD deposited thin films in microelectronic industry.

Berikan tiga (3) aplikasi filem nipis yang dienap oleh ALD dalam industri mikroelektronik.

(15 marks/markah)

7. [a] (i) What are the factors that affecting sputtering yield?

Apakah faktor-faktor yang mempengaruhi hasil pemercitan?

(20 marks/markah)

- (ii) What is the inert gas normally used for sputtering heavy elements?

Apakah gas lengai yang biasa digunakan untuk memercit elemen yang berat?

(5 marks/markah)

- (iii) Why the sputter yield has a maximum limit even with increasing accelerating voltage?

Kenapa hasil pemercitan mempunyai had maksima walaupun meningkatkan voltan pecutannya?

(10 marks/markah)

- (iv) The dc potential between the plasma and the target in a sputtering system is 523 V. What is the energy of a singly ionized argon atom (Ar^+) will gain while crossing the space between the plasma and the target? Find the sputter yield for an aluminium target based on Figure 4?

Keupayaan di antara plasma dan sasaran bagi sebuah sistem pemercitan ialah 523 V. Apakah tenaga yang diperolehi oleh atom argon yang diionkan tunggal (Ar^+) apabila melintasi ruangan antara plasma dan sasaran? Carikan hasil pemercitan bagi sasaran aluminium berdasarkan Rajah 4?

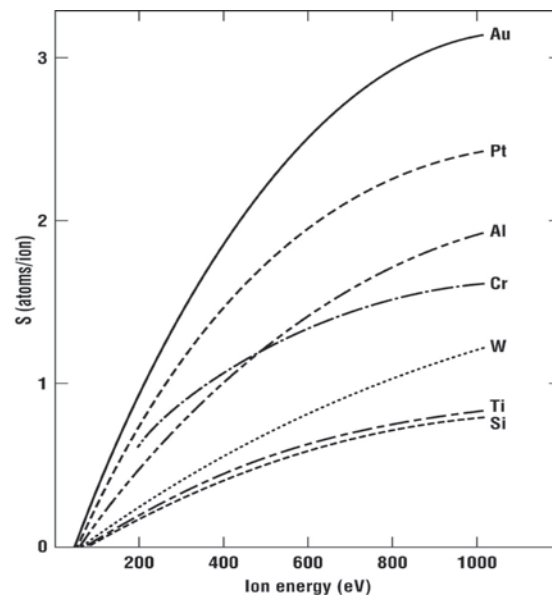


Figure 4: Sputter yield for a variety of materials

Rajah 4: Hasil pemercitan bagi sasaran logam yang berbeza

(10 marks/markah)

- [b] (i) Give four (4) functions of a chip package.

Berikan empat (4) fungsi pembungkusan cip.

(20 marks/markah)

- (ii) Describe the principal of ultrasonic bonding technique.

Terangkan prinsip teknik pengikatan ultrasonik.

(25 marks/markah)

- (iii) Name two (2) methods of IC package marking.

Berikan dua (2) cara tandaan pada bungkusan IC.

(10 marks/markah)