
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
Academic Session 2011/2012

January 2012

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

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

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

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

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

[Kertas soalan ini mengandungi TUJUH soalan. SATU soalan di BAHAGIAN A, DUA soalan di BAHAGIAN B, DUA soalan di BAHAGIAN C dan DUA soalan di 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 sections. If a 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] Briefly explain two common trends in integrated circuit development.

Secara ringkasnya terangkan dua trend biasa dalam pembangunan litar bersepadu.

(30 marks/markah)

- [b] How to determine type of dopant and orientation of crystal if there is no flat mark on the silicon wafer?

Bagaimana menentukan jenis dopan dan penghalaan hablur wafer silikon jika ianya tidak mempunyai tanda rata?

(15 marks/markah)

- [c] What are the advantages of ion implantation versus diffusion doping process in semiconductor fabrication?

Apakah keunggulan proses penanaman ion berbanding dengan peresapan dopan dalam fabrikasi semikonduktor?

(20 marks/markah)

- [d] Explain five advantages of using low pressure deposition environment for thin film deposition.

Terangkan lima kebaikan dengan menggunakan persekitaran endapan tekanan rendah semasa pengendapan lapisan nipis.

(35 marks/markah)

PART B / BAHAGIAN B

2. [a] (i) Sketch a layout of typical semiconductor fabrication processing area.

Lakarkan susun atur biasa bagi kawasan pemprosesan pembuatan.

(25 marks/markah)

- (ii) List and describe 5 clean-room elements.

Senaraikan dan terangkan 5 elemen bilik bersih.

(25 marks/markah)

- [b] A silicon sample is oxidized in dry O_2 at $1200^\circ C$ for 1 hour. With the help of Table 1, answer the following questions:

Satu sampel silikon dioksidakan dalam O_2 kering pada $1200^\circ C$ selama 1 jam. Dengan menggunakan Jadual 1, jawab soalan-soalan berikut:

- (i) Calculate the thickness of the grown oxide?

Kira ketebalan oksida yang ditumbuhkan?

(25 marks/markah)

- (ii) How much additional time is required to grow an additional $0.1\text{-}\mu\text{m}$ thick oxide in wet O_2 at $1200^\circ C$?

Berapa lama masa tambahan yang diperlukan untuk pertumbuhan $0.1\text{-}\mu\text{m}$ lebih oksida dalam O_2 basah pada $1200^\circ C$?

(25 marks/markah)

Table 1: Rate constants for wet and dry oxidation of silicon*Jadual 1: Kadar pemalar untuk pengoksidaan basah dan kering silikon*

Oxidation Temperature, °C	A (μm)	Wet	A (μm)	Dry
		Parabolic rate constant B (μm ² /h)		Parabolic rate constant B (μm ² /h)
1200	0.05	0.720	0.040	0.045
1100	0.11	0.510	0.090	0.027
1000	0.226	0.287	0.165	0.0117
920	0.50	0.203	0.235	0.0049

3. [a] As an engineer you have to decide which epitaxial growth techniques can be chosen to fill the etched gate areas, as shown in Figure 1.

Sebagai seorang jurutera, anda perlu membuat keputusan memilih teknik epitaksi yang akan digunakan untuk mengisi kawasan get terukir keluar, seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.

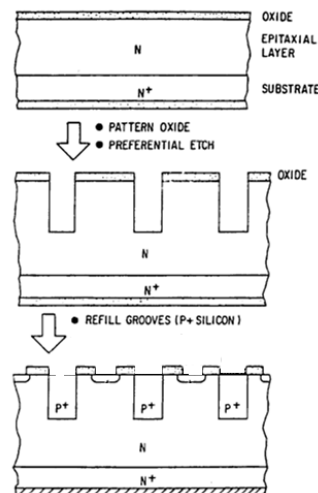


Figure 1 - Schematic of fabrication steps in the fabrication of vertical field effect transistors by etching technique

Rajah 1 - Skema langkah-langkah fabrikasi transistor kesan medan fabrikasi menegak oleh teknik punaran

Explain the technique you would choose and argue why this technique is suitable to be used to fill the etched areas.

Terangkan teknik yang anda pilih dan berhujah mengapa teknik ini sesuai digunakan untuk mengisi di kawasan pintu pagar yang terukir keluar.

(50 marks/markah)

- [b] (i) Define autodoping effect and out diffusion effect in epitaxy layer.

Beri definasi kesan autodoping dan kesan resap keluar dalam lapisan Epitaxy.

(25 marks/markah)

- (ii) How would you avoid autodoping effect and out diffusion effect.

Bagaimanakah cara mengelakkan kesan autodoping dan kesan resap keluar.

(25 marks/markah)

PART C / BAHAGIAN C

4. [a] For a boron diffusion in silicon at 1000°C, the surface concentration is maintained at 10^{19} cm^{-3} and the diffusion time is 1 h. If the diffusion coefficient of boron at 1000°C is $2 \times 10^{-14} \text{ cm}^2/\text{s}$, find the total number of dopant atoms, $Q(t)$ and the slope of dopant profile at $x = 0$ and at a location where the dopant concentration reaches 10^{15} cm^{-3} .

Bagi peresapan boron dalam silikon pada 1000°C, ketumpatan permukaan ditetapkan pada 10^{19} cm^{-3} dan masa peresapan 1 jam. Jika pekali resapan boron pada 1000°C ialah $2 \times 10^{-14} \text{ cm}^2/\text{s}$, tentukan bilangan keseluruhan atom dopan, $Q(t)$ dan kecerunan profil dopan pada $x = 0$ dan pada lokasi dimana ketumpatan dopan mencecah 10^{15} cm^{-3} .

(30 marks/markah)

- [b] Describe the principle of work of ion implantation.

Jelaskan prinsip kerja penanaman ion.

(10 marks/markah)

- [c] Why is annealing process needed after ion implantation process?

Mengapa proses sepuhlindap diperlukan selepas proses penanaman ion?

(10 marks/markah)

- [d] What is photoresist? How is this being used in a photolithography process?

Apakah itu fotorintang? Bagaimana ia digunakan dalam proses fotolitografi?

(20 marks/markah)

- [e] What is the expected half pitch limit of projection lithography with 193 nm wavelength?

Apakah jangkauan had "half pitch" bagi unjuran litografi yang menggunakan jarak gelombang 193 nm?

(20 marks/markah)

- [f] Why is electron beam lithography being considered instead of optical lithography?

Mengapa litografi alur elektron ditimbangkan sebagai pengganti litografi optik?

(10 marks/markah)

5. [a] What are the main differences between wet and dry etching?

Apakah perbezaan-perbezaan utama antara punaran basah dan kering?

(10 marks/markah)

- [b] Explain why etch profiles may be different in wet and dry etching?

Jelaskan mengapa profil punaran mungkin berbeza dalam punaran basah dan kering?

(10 marks/markah)

- [c] A solution consisting of 50% of HNO_3 (69.51%), 20% of HF (49.23%), and 30% of $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ is used to etch silicon. If the solution is held at room temperature, what is the expected etch rate? Refer to Figure 2 of the etch rate for silicon in HF and HNO_3 .

Sejenis larutan terdiri daripada empat bahagian HNO_3 (69.51%), empat bahagian HF (49.23%), dan dua bahagian $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ digunakan untuk memunarkan silikon. Jika larutan disimpan dalam suhu bilik, apakah kadar punaran yang dijangkakan? Rujuk pada Rajah 2 untuk kadar punaran silikon dalam HF dan HNO_3 .

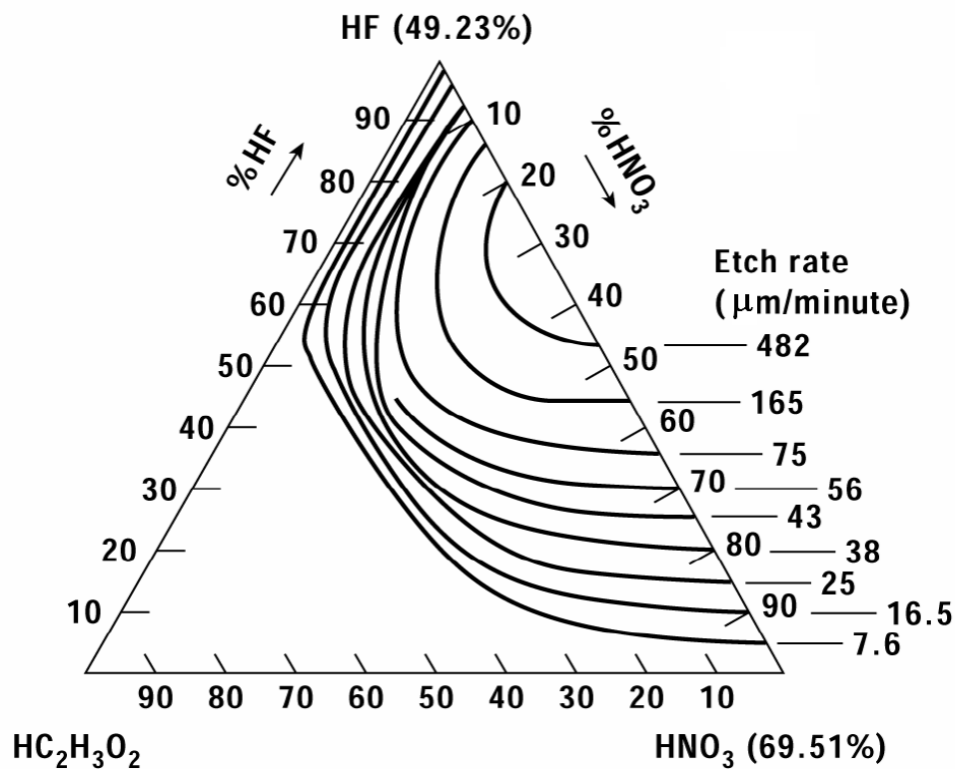


Figure 2 - Schematic of etch rate of silicon in HF and HNO_3 at room temperature

Rajah 2 - Gambarajah kadar punaran silikon dalam HF dan HNO_3 pada suhu bilik.

(20 marks/markah)

- [d] Explain schematically dry etching of silicon. Mention chemical reactions and the whole mechanism involved in the etching process.

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

(20 marks/markah)

- [e] A turbo-molecular pump with an effective speed of 1000 l/s needs 1 hour to evacuate a $V = 1000$ l evaporation chamber to a pressure of 10^{-5} mbar.
- How large is the throughput, Q of the pump at this pressure?
 - What is the throughput and the pressure after two hours when the desorption current density decays like $1/t$?
 - What is the pressure after 12 hours?
 - What pump speed would be required to reach 10^{-6} mbar after one hour?

Satu pam molekul turbo dengan kelajuan berkesan 1000 l/s memerlukan 1 jam untuk mengurangkan suatu kebuk pemendapan $V = 1000$ l ke tekanan 10^{-5} mbar.

- Berapa nilai "throughput", Q yang dihasilkan oleh pam pada tekanan ini?*
- Apakah "throughput" dan tekanan selepas 2 jam apabila nyaherapan ketumpatan arus susut secara $1/t$?*
- Berapakah tekanan selepas 12 jam?*
- Berapakah kelajuan pam yang diperlukan untuk mencapai tekanan 10^{-6} mbar selepas 1 jam?*

(40 marks/markah)

PART D / BAHAGIAN D

6. [a] An evaporator is used to deposit nickel (Ni), which has a density of 8.9 g/cm^3 . The evaporator planetary has a radius of 35cm and the diameter of the crucible is 5 cm. If the crucible temperature is 1650°C , what is the deposition rate in nm/min? (Boltzmann's constant: $1.38065 \times 10^{-23} \text{ J/K}$, atomic mass of Ni: 58.7, 1 torr = 133.3 Pa).

Sebuah penyejat digunakan untuk mengendap nikel (Ni) yang mempunyai ketumpatan 8.9 g/cm^3 . Penyejat tersebut mempunyai jejari sebanyak 35sm dan mangkuk pijar mempunyai diameter sebanyak 5sm. Jika suhu mangkuk pijar ialah 1650°C , apakah kadar endapannya dalam unit nm/min? (Pemalar Boltzmann's: $1.38065 \times 10^{-23} \text{ J/K}$, jisim atom bagi Ni: 58.7, 1 torr = 133.3 Pa).

(30 marks/markah)

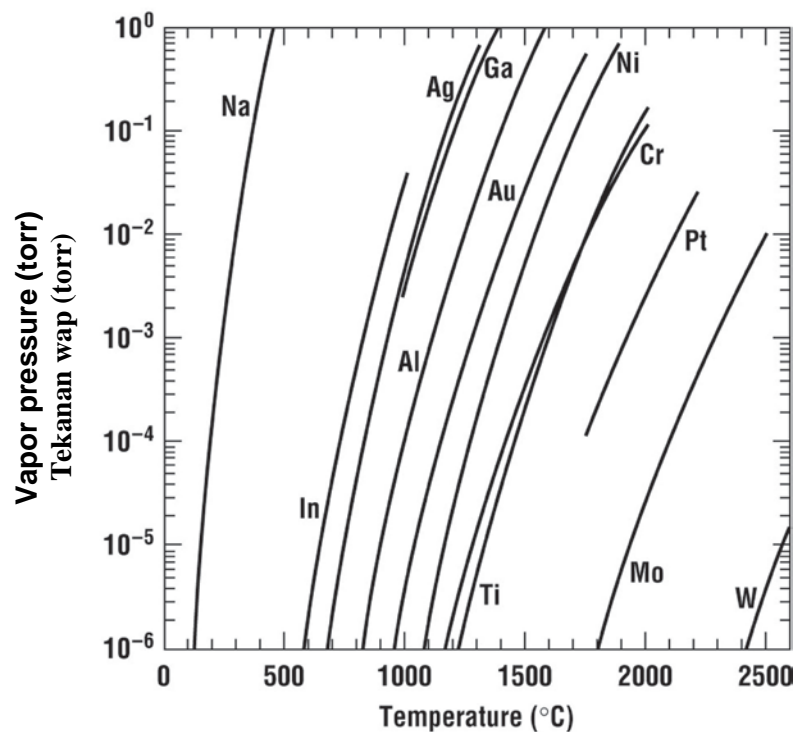


Figure 3 - Vapour pressure curve for evaporated materials.

Rajah 3 - Lengkok tekanan wap bagi bahan-bahan yang diendapkan

- [b] What are the eight key steps involve in chemical vapour deposition? Discuss briefly each step.

Apakah lapan langkah utama yang terlibat dalam pemendapan wap kimia? Huraikan dengan ringkas setiap satu.

(40 marks/markah)

- [c] Explain the rate limiting steps in chemical vapour deposition.

Terangkan langkah pengehadan kadar dalam proses pemendapan wap kimia.

(30 marks/markah)

7. [a] (i) Give two examples of low-k dielectric films in a semiconductor device fabrication.

Berikan dua contoh lapisan dielektrik k-rendah dalam fabrikasi peranti semikonduktor.

(10 marks/markah)

- (ii) What are the general requirements of a low-k dielectric films?

Apakah keperluan sesuatu bahan untuk dijadikan lapisan dielektrik k-rendah yang sesuai?

(15 marks/markah)

- [b] Explain the advantages of Shallow Trench Isolation (STI) over Local Oxidation of Silicon (LOCOS).

Terangkan kebaikan "Shallow Trench Isolation (STI)" berbanding dengan "Local Oxidation of Silicon (LOCOS)".

(20 marks/markah)

- [c] Describe the principal of thermocompressing bonding and ultrasonic bonding techniques in electronic packaging process?

Terangkan prinsip pengikatan “thermocompressing” dan pengikatan ultrasonik dalam proses pembungkusan elektronik?

(55 marks/markah)

- oooOooo -
