
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
2014/2015 Academic Session

June 2015

EPE 442 – Advanced Semiconductor Manufacturing Technology
[Teknologi Pembuatan Semikonduktor Termaju]

Duration : 3 hours
Masa : 3 jam

Please check that this paper contains **EIGHT** printed pages and **SIX** questions before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **LAPAN** mukasurat dan **ENAM** soalan yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.]*

INSTRUCTIONS : Answer **FIVE (5)** questions.

*[**ARAHAN** : Jawab **LIMA (5)** soalan.]*

Answer questions in **English** OR **Bahasa Malaysia**.

*[Jawab soalan dalam **Bahasa Inggeris** ATAU **Bahasa Malaysia**.]*

Answer to each question must begin from a new page.

[Jawapan bagi setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.]

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.]

- Q1. [a] “Gross Domestic Product (GDP) measures the output produced in Malaysia, regardless of whether by locals or foreigners. It is normally reported by World Bank to represent the economic strength and ranking of each country in this world. In trying to boost GDP, we have invited Foreign Direct Investments (FDI) and foreign workers to Malaysia to invest and to work. The whole purpose is to boost the "economic growth" as measured by GDP. However, the Gross National Product (GNP) may or may not be growing under the present circumstance as fast as GDP”. - Anonymous.**

GDP and GNP may affect the semiconductor industry. Comment on the above quotation in term of the impacts of the above economic indicators to Malaysian economy.

"KDNK mengukur keluaran yang dihasilkan di Malaysia, tidak kira sama ada oleh penduduk tempatan atau warga asing. Ia biasanya dilaporkan oleh Bank Dunia untuk mewakili kekuatan ekonomi dan kedudukan setiap negara di dunia ini. Dalam usaha untuk meningkatkan KDNK, kita telah menjemput Pelaburan Langsung Asing (FDI) dan pekerja asing ke Malaysia untuk melabur dan bekerja. Tujuannya adalah untuk meningkatkan "pertumbuhan ekonomi" seperti yang diukur oleh KDNK. Walau bagaimanapun, KNK mungkin atau tidak mungkin boleh berkembang di bawah keadaan ini sepantas KDNK ". – Tidak Bernama.

KDNK dan KNK bakal memberi kesan kepada industri semikonduktor. ULAS kenyataan ini dari segi kesan petunjuk ekonomi tersebut terhadap ekonomi Malaysia.

(40 marks/markah)

- [b] Semiconductor industry requires huge capital investments but economically still going strong even in uncertain economic situation. Please discuss the factors to this trend.**

Industri semikonduktor memerlukan pelaburan modal yang besar tetapi dari sudut ekonomi ia masih terus kukuh walaupun dalam keadaan ekonomi yang tidak menentu. Sila bincangkan faktor-faktor kepada trend ini.

(30marks/markah)

- [c] **Malaysia has a huge potential to be one of future global semiconductor industry player. Briefly explain our major strengths and what would be the strategies to be one.**

Malaysia mempunyai potensi yang besar untuk menjadi salah satu pemain utama industri semikonduktor global pada masa depan. Terangkan secara ringkas kekuatan utama kita dan apakah strategi untuk mencapainya.

(30marks/markah)

2. [a] **Describe the processes involved in “from sand to wafer” related to the silicon semiconductor manufacturing technology by selecting an appropriate technology for each process.**

Huraikan proses-proses yang terlibat di dalam “dari pasir ke wafer” berkenaan teknologi pembuatan semikonduktor silikon dengan memilih teknologi yang sesuai bagi setiap proses.

(40 marks/markah)

- [b] **Contaminations could affect processing and devices performance. Describe how does contaminants affect processing yield, device performance and device reliability.**

Pencemaran boleh menjejaskan pemprosesan dan prestasi peranti. Huraikan bagaimana bahan cemar menjejaskan hasil pemprosesan, prestasi peranti dan kebolehpercayaan peranti

(30 marks/markah)

- [c] **Define the threshold voltage for MOSFET with suitable equation. Explain with an appropriate equation on how to control the value of the threshold voltage for the transistor.**

Tentukan voltan ambang dengan persamaan yang sesuai untuk MOSFET. Terangkan dengan satu persamaan yang sesuai bagaimana untuk mengawal nilai voltan ambang untuk transistor.

(30 marks/markah)

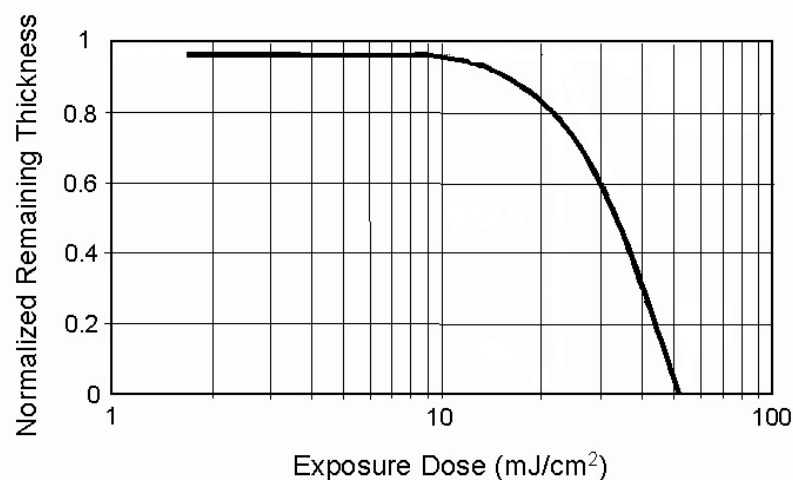
- Q3. [a]** An optical lithographic system has an exposure power of 0.4 mW/cm^2 . The required exposure energy for a positive photoresist is 130 mJ/cm^2 , and for negative photoresist is 10 mJ/cm^2 . Assuming negligible times for loading and unloading wafers, compare the wafer production rate for positive photoresist and negative photoresist.

Satu sistem litografi optik mempunyai kuasa pendedahan 0.4 mW/cm^2 . Tenaga yang diperlukan untuk pendedahan fotoresis positif adalah 130 mJ/cm^2 , dan untuk fotoresis negatif adalah 10 mJ/cm^2 . Dengan mengabaikan masa yang diambil untuk memuat dan menurunkan wafer, bandingkan kadar pemprosesan wafer untuk fotoresis positif dan fotoresis negatif.

(30 marks/markah)

- [b]** Figure Q3[b] shows contrast(response) curve of a photoresist. Estimate the contrast curve value (γ) and comment whether this photoresist is considered a high resolution photoresist.

Rajah S3[b] menunjukkan keluk pembeza suatu fotoresis. Sila anggarkan nilai keluk pembeza (γ) fotoresis tersebut. ULAS samada fotoresis ini dianggap beresolusi tinggi.



FigureQ3[b]
Rajah S3[b]

(40 marks/markah)

- [c]** Explain the advantages and disadvantages of electron beam lithography and how to correct the proximity effect due to scattering of electron.

Terangkan kelebihan dan kekurangan litografi alur elektron dan bagaimana untuk membetulkan kesan serakan elektron yang berdekatan.

(30 marks/markah)

- Q4. [a] A $\langle 100 \rangle$ oriented silicon crystal is etched in a KOH solution through a $1.5 \mu\text{m} \times 1.5 \mu\text{m}$ window defined in silicon dioxide. The etch rate normal to (100) planes is $0.6 \mu\text{m}/\text{min}$. The etch rate ratios are 100:16:1 for the (100):(110):(111) planes. Sketch the etched profile after 20 seconds and 60 seconds.**

Satu kristal silikon yang mempunyai orientasi $\langle 100 \rangle$ dipunjar dalam larutan KOH melalui bukaan silikon dioksida sebesar $1.5 \mu\text{m} \times 1.5 \mu\text{m}$. Kadar punaran normal ke satah (100) adalah $0.6 \mu\text{m}/\text{min}$. Nisbah kadar punaran 100:16:1 untuk satah (100):(110):(111). Lakarkan profil terbentuk selepas 20 saat dan 60 saat.

(50 marks/markah)

- [b] Explain the mechanism of reactive ion etching (RIE) in order to etch the silicon dioxide layer. In your explanation, suggest the most suitable gas and etching parameter to etch the silicon dioxide layer.**

Terangkan mekanisma punaran ion reaktif (RIE) untuk memunjar lapisan silikon dioksida. Di dalam penerangan anda, cadangkan gas dan parameter punaran yang sesuai untuk memunjar lapisan silikon dioksida.

(30 marks/markah)

- [c] As shown in Figure Q4[c] left, a bare Si (100) wafer is oxidized for 1 hour at temperature 1100°C in dry O_2 . It is then photomasked and has the oxide removed over half of the wafer. The whole wafer is then re-oxidized in steam at temperature 1000°C for 30 minutes. Use the oxidation charts in Figure Q4[c] right to estimate the final oxide thickness in Region A and Region B.**

Seperti yang ditunjukkan dalam Rajah S4[c] kiri, Si (100) wafer telah dioksidakan selama 1 jam pada suhu 1100°C menggunakan O_2 kering. Ia kemudian diphotomaskkan dan separuh daripada oksida yang terbentuk dikeluarkan daripada wafer. Wafer tersebut kemudiannya dioksidakan semula dalam wap pada suhu 1000°C selama 30 minit. Gunakan carta pengoksidaan dalam Rajah S4[c] kanan untuk menganggarkan ketebalan oksida terakhir di kawasan A dan kawasan B.

(20 marks/markah)

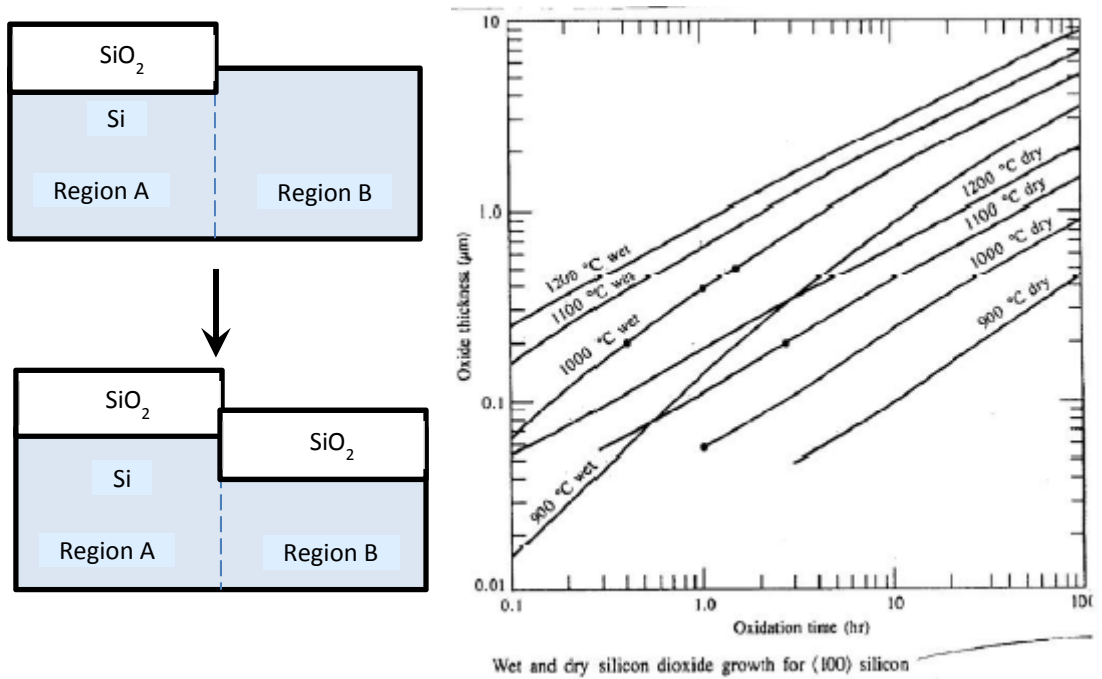


Figure Q4[c]
Rajah S4[c]

Q5. [a] Figure Q5[a] shows an schematic sketch of a PN diode. Starting with a P-type Si wafer, suggest the process sequence (in the left column) and sketch the cross-sections of the structure after each fabrication step (in the right column).

Rajah S5[a] menunjukkan satu lakaran skematik diod PN. Bermula dengan wafer silikon jenis-P, cadangkan urutan proses (di ruang sebelah kiri) dan lakarkan keratan rentas struktur selepas setiap langkah fabrikasi (di ruang sebelah kanan)

(50 marks/markah)

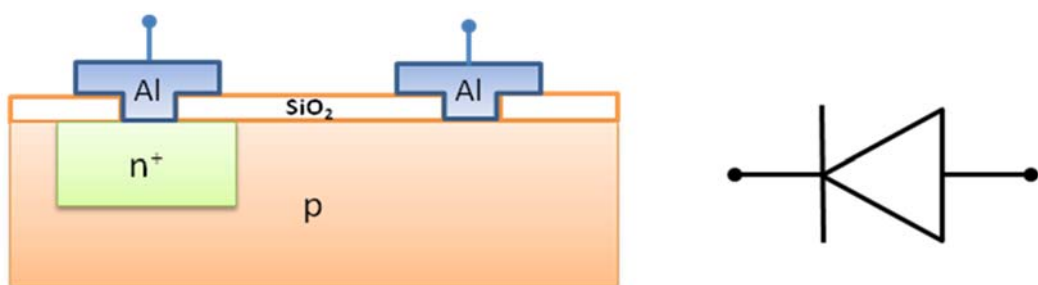


Figure Q5[a]
Rajah S5[a]

- [b] Figure Q5[b] shows the cross-sections and top-views of a micro-fluidic valve fabricated with a Si wafer. Start with a bulk Si (100) wafer, design a process flow to fabricate this valve structure. Show cross sections at various process steps. [Hint: When heavily doped Si with boron is etched with KOH, the etchrate will slow down dramatically with increasing boron concentration. There is no need for a special process step to form the slit. A slit will form at the bottom naturally because (1) this part is exposed to the etching solution for the longest time, and (2) this part has the lowest boron concentration with the implant and drive-in process.]

Rajah S5[b] menunjukkan keratan rentas dan pandangan atas injap micro-fluidic yang diperbuat menggunakan wafer Si. Mulakan dengan wafer Si(100) pukal, reka bentuk aliran proses fabrikasi struktur injap ini. Tunjukkan keratan rentas pada pelbagai langkah proses. [Petunjuk: Apabila Si yang didopkan dengan boron kepekatan tinggi dipunat dengan KOH, kadar punaran diperlahankan secara mendadak dengan peningkatan kepekatan boron. Tidak ada keperluan untuk langkah proses khas untuk membentuk celah laluan di hujung bucu. Celah akan terbentuk di bahagian bawah secara semulajadi kerana (1) bahagian ini terdedah kepada larutan punaran untuk masa yang paling lama, dan (2) bahagian ini mempunyai kepekatan boron yang paling rendah dengan implan dan proses memandu-dalam.]

(50 marks/markah)

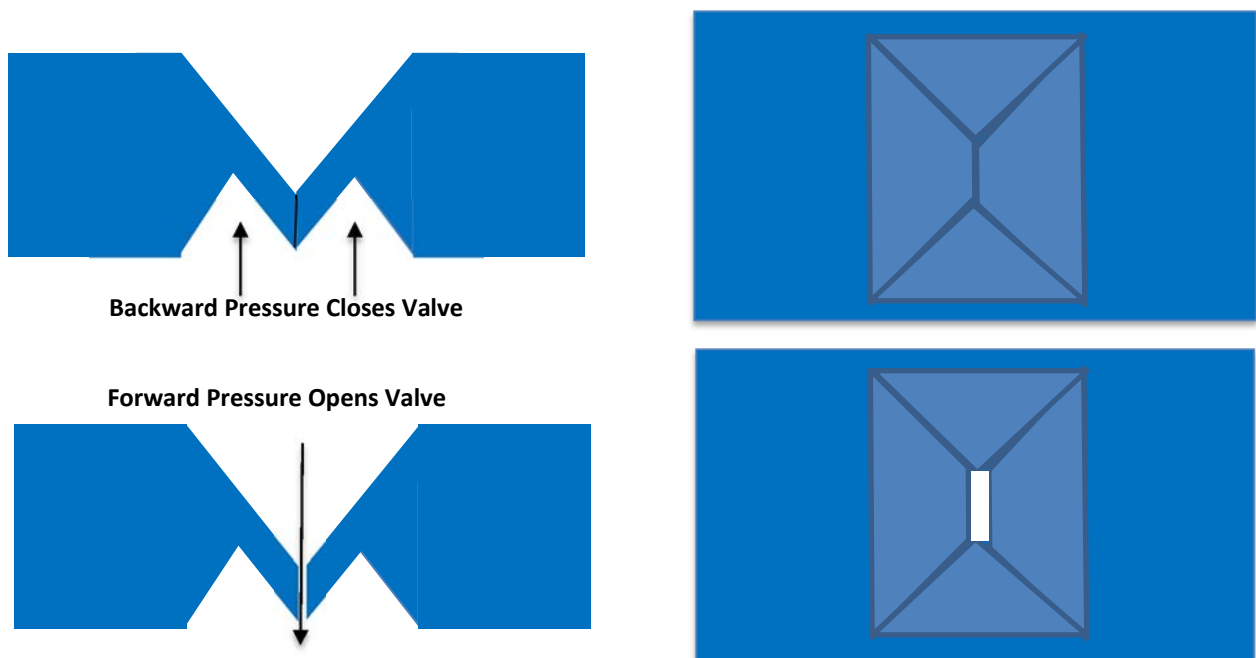


Figure Q5[b]
Rajah S5[b]

- Q6. [a] Refer to Figure Q6[a]. Identify the type of package of this electronic component and briefly describe the processes involved in the manufacturing of this package.**

Rujuk Rajah S6[a]. Kenal pasti jenis pakej komponen elektronik ini dan terangkan secara ringkas proses-proses yang terlibat dalam pembuatan pakej ini.

(60 marks/markah)

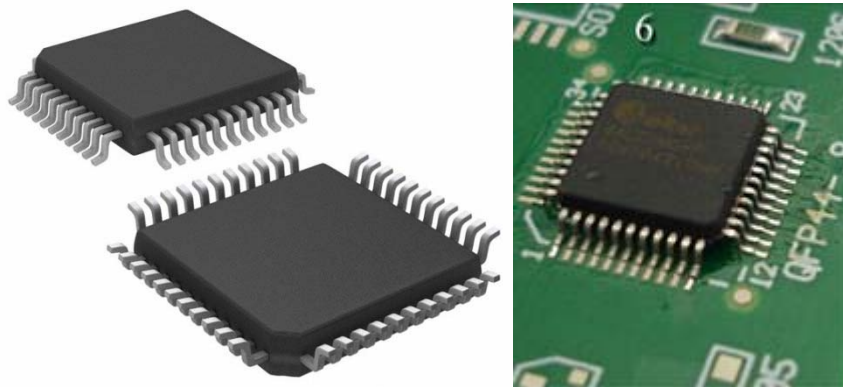


Figure Q6[a]
Rajah S6[a]

- [b] If the package in Figure Q6[a] is a component of a system board, explain the process involved in mounting this package onto a printed circuit board (PCB) of the system board.**

Pakej dalam Rajah S6[a] adalah komponen papan sistem, terangkan proses yang terlibat bagi memasangkan pakej ini ke papan litar bercetak sistem tersebut.

(40 marks/markah)