

固態分析技術 試題卷

姓名： 廖宇宏

學號： 110510216

1.	(1)說明 AES 電子產生過程(2)說明 AES 偵測元素下限為何與原因。
2.	於 CAE 製程中使用抽氣速率 500 l/s 之 Pumping 系統最終真空度可達 4E-5 torr，腔體直徑為 40cm，工作壓力為 2E-3 torr，(1)求氣體 N ₂ (直徑 3Å)之平均自由徑，(2)並說明此時之氣體行為，(3)計算此系統之洩氣率。
3.	假設有一真空腔體，其內部尺寸為 d，簡述 d 和 λ 值(平均自由徑)之相互關係。
4.	說明電子束與試片表面交互作用後會產生之訊號源種類及其用途。(For example secondary electron for SEM image)
5.	請問下列分析方式為？子進？子出(1) SEI (2)UV-Visible (3)AES (4)XPS (5)FTIR (6)Raman (7)XRD (8)WDS。
6.	計算於下列條件下氬氣之平均自由徑。氬氣的原子直徑為 3Å，當壓力 1mTorr 時氬氣之密度為 $3.53 \times 10^{13} \text{ atom/cm}^3$
7.	若 WDS 分析儀之分析晶體為 A 晶體，其最大面間距=5 nm 計算其所能偵測最大 X-ray 波長為？ 承上 WDS 分析儀所能偵測元素 L-line 下限為？
8.	a.簡述 WDS 分析原理。 b.由 Bragg's law 說明 WDS 與 XRD 分析原理之差異性。
9.	近年來使用電子、離子等粒子做為入射源的固態表面分析技術均朝向 <u>超高真空發展</u> 主要原因為何？
10.	就 SEI、BEI、AES 及 XRD 等表面分析技術，請以表面敏感性之高低排序之並說明原因。
11.	簡述 SEI 和 BEI 成像原理與其差異性。
12.	電子將最內層的 K 層電子打出來，K 層出現一電子空位，原子處於不穩定狀態，如果是 N 層的電子跳進來填補，則釋放出的 X 光稱為 。
13.	設計一真空系統使其預抽真空度可達 10^{-6} torr (畫出真空系統圖及各個抽氣路徑與使用 pump 種類)
14.	使用電子、離子等粒子做為入射源的最新表面 or 固態分析技術大部分需要配合 <u>超高真空環境</u> 才能準確進行量測，請問原因為何？列舉 3 種須高真空環境配合之分析技術。
15.	列出可做為表面 or 固態分析技術入射源之粒子及能量場。
16.	說明汾丘里(Venturi)邦浦 工作原理與抽氣範圍。
17.	說明擴散式邦浦工作原理與抽氣範圍。
18.	說明渦輪分子邦浦工作原理與抽氣範圍。
19.	說明離子邦浦工作原理與抽氣範圍。
20.	薄膜製程所要求的真空度各有所異，說明 PVD 與 CVD 所要求之真空環境各為何？
21.	依量測範圍分類粗真空計、中真空計、高真空計、超高真計。
22.	說明熱偶(傳導)式真空計 (Thermocouple gauge) 工作原理與抽氣範圍。
23.	說明放電管 (Discharge tube gauge) 真空計工作原理與抽氣範圍。
24.	說明熱陰極離子化真空計(Hot cathode gauge or Ion gauge) 真空計工作原理與抽氣範圍。

25.	藉由電子穿透式樣的分析技術為何？可獲何種訊息
26.	說明可精確鑑定出同位素之分析方法與其原理。
27.	(1)列舉2種以光子束做為入射源之分析方法，說明以光子束為入射源之兩大特點。 (2)光子進→光子出的研究方向上最常使用的4種入射波段分別為何？
28.	列舉2種可量測鑽石結構之分析方法。
29.	何種分析方法可獲得表面折射率和表面層厚度的訊息？
30.	利用 SEM/EDS/WDS 的分析技術可迅速而正確的提供試樣哪些訊息。
31.	說明 SEM 分析中(1)預抽真空室 (2)WD (3)tilt 之功能分別為何？
32.	說明 SEM 電子槍發展概況。
33.	說明二次電子偵測器各部份之功能。
34.	說明二次電子與背向散射電子成因、能量、影像訊息、解析度之差異。
35.	WDS 相較於 EDS 之優點。
36.	說明 EDS mapping 量測如何進行。
37.	SEM 系統分為哪幾部份，各部份功能為何？
38.	OM(光學顯微鏡)與 SEM(電子顯微鏡)成像之差異性。
39.	設計一真空系統使其預抽真空度可達 10-10torr (畫出真空系統圖及各個抽氣路徑與使用 pump 種類)
40.	欲使用 SEM 分析 Si 晶片表面結構時，試片前處理該如何進行？

1. (1) 說明 AES 電子產生過程 (2) 說明 AES 檢測元素下限為何及原因

(1) 一個具有足夠能量的入射電子可以把試樣表面的原子之核心電子撞出來，產生特徵 X-ray，該能量轉移到其它軌域的電子使之離開原子或離開表面。

(2) Auger 電子離開表面，在途中與材料發生非彈性碰撞機會大，在光譜上不會出現在該出現的地方。最大深度 10~30 Å。

3. 假設有一真空腔體，其內部尺寸為 d ，簡述 d 和 λ 值 (平均自由徑) 之相互關係

$d > \lambda$: 氣體在腔體中流動的方式為黏流性 λ 值和氣體壓力成反比，壓力愈高 λ 值愈小

$d < \lambda$: 氣體在腔體中流動的方式為分子流

$d = \lambda$: 氣體在腔體中流動的方式為過渡流

2. CAE 製程使用抽氣速率 500 $\frac{1}{s}$ 之 pumping 系統最終真空度可達 4×10^{-5} torr，腔體直徑 40 cm，工作壓力 2×10^{-3} torr (1) 求氣體 N_2 (直徑 3 Å) 之平均自由徑 (2) 說明此時氣體行為

(3) 計算此系統洩氣率

$$(1) \pi r^2 = \pi \times (3 \text{ Å})^2 = 2.8 \times 10^{-15} \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ m Torr 氣體密度 } 3.53 \times 10^{13} \text{ atom/cm}^3$$

$$1/3.53 \times 10^{13} = 2.8 \times 10^{-14} \text{ cm}^3$$

$$\frac{2.8 \times 10^{-14}}{2.8 \times 10^{-15}} = 10 \text{ cm}$$

(2) 過渡流

$$(3) Q = P \times S$$

$$= 500 \times 4 \times 10^{-5}$$

$$= 2 \times 10^{-2} (\text{Torr} \times \frac{1}{s})$$

$$= 0.026 (\text{sccm})$$

$$1 \text{ Torr} \times \frac{1}{s} = 79.05 (\text{sccm})$$

4. 說明電子束與試片表面交互作用後產生之訊號源種類及其用途 (SEM)

產生反射電子和二次電子特徵 X-ray。用途：放大表面型態，有 SEI、BEI 影像

5. 請問下列分析方式為何？子進？子出？(1) SEI (2) UV-Visible (3) AES (4) XPS (5) FTIR

(6) Raman (7) XRD (8) WDS

(1) 電子進 → 電子出 (2) 光子進 → 光子出 (3) 電子進 → 電子出 (4) 光子進 → 電子出 (5) 光子進 → 光子出

(6) 光子進 → 光子出 (7) 光子進 → 光子出 (8) 電子進 → 光子出

6. 計算下列氬氣之平均自由徑。原子直徑 3 Å，壓力 1 m Torr 密度 $3.53 \times 10^{13} \text{ atom/cm}^3$

$$\pi r^2 = \pi \times (3 \text{ Å})^2 = 2.8 \times 10^{-15} \text{ cm}^2$$

$$1/3.53 \times 10^{13} = 2.8 \times 10^{-14} \text{ cm}^3$$

$$2.8 \times 10^{-14} / 2.8 \times 10^{-15} = 10 \text{ cm}$$

7. WDS 分析晶體為 A 晶體，最大面間距 = 5 nm 計算其所能偵測最大 X-ray 波長為？

WDS 所能偵測元素 L-line 為何？

$$n\lambda = 2d \sin \theta, \sin \theta \text{ 最大} = 1, \text{最大 } 2d = \lambda, \text{最大 } \lambda = 2 \times 5 \text{ nm} = 10 \text{ nm}$$

$$\text{偵測下限 } \lambda_{\alpha} = 6.455 \text{ Å}$$

8.

(a) 簡述 WDS 分析原理 (b) 由 Bragg's law 說明 WDS 與 XRD 分析原理之差異性

(a) 各元素受電子轟擊後，激發出 X 光皆有特定波長，藉由 Bragg's law 計算其波長，即可知是何元素

(b) For XRD:

$$n\lambda = 2d \sin \theta$$

\uparrow \uparrow \nwarrow
 given unknown measured

For WDS:

$$n\lambda = 2d \sin \theta$$

\uparrow \nwarrow \nwarrow
 unknown given measured

9. 近年來使用電子、離子等粒子做為入射源的固態表面技術均朝向超高真空發展主因為何?

- ① 真空環境提供產生入射源條件
- ② 確保激發粒子不受周遭環境污染
- ③ 可提供最原始欲分析的表面

10. 就 SEI、BEI、AES、XRD 表面分析技術，依表面敏感性高低排列並說明原因

AES > SEI > BEI > XRD, XRD 為光子進 → 光子出，相較於其它 3 者分析沒那麼細微
SEI 較 BEI 觀察更細緻，易受影響 AES 為二次電子影像，路徑較多，最容易被影響

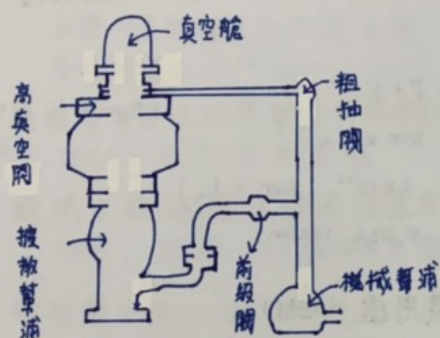
11. 簡述 SEI 和 BEI 成像原理與其差異性

SEI: 適合試片表面形態觀察 BEI: 適合試片表面元素分析情形觀察

12. 電子將最內層的 K 層電子打出來，K 層出現一電子空位，原子處於不穩定狀態，如果是 N 層的電子跳進來填補，則釋放出的 X 光稱為:

K α 固定波長 X 光

13. 設計一真空系統使其預抽真空度可達 10^{-4} Torr (畫出真空系統及各個抽氣路徑與使用 Pump 種類)



14. 使用電子、離子等粒子做為入射源的最新表面 or 固態分析技術大部分需要配合超高真空環境才能準確進行量測，請問原因為何？列舉 3 種需高真空環境配合之分析技術
超高真空環境能給予試片表面高乾淨度，不受污染而才有高準確性

SEM、EDS、WDS，確保粒子產生後到被測物前不受氣體干擾

15. 列出可做為表面 or 固態分析技術之粒子及能量場

電子束、離子束、光子束、中性粒子束、熱能、電場、磁場、音波

16. 說明汾丘里 (Venturi) 幫浦工作原理與抽氣範圍

依流體動力原理，Venturi tube 中間較細部分使流進之高压氣體速度增加並造成壓力降低，因此真空室的氣體流入中間較細的部分並被高压氣體帶走

抽氣範圍: 760 - 60 torr

17. 說明擴散式幫浦工作原理與抽氣範圍

利用高分子量高速運動之油蒸氣分子經由碰撞將動量轉移給待抽之氣體，氣體被賦與動量後朝噴射方向移動並被抽離。

抽氣範圍: $10^{-3} \sim 10^{-7}$ torr

18. 說明渦輪分子幫浦工作原理與抽氣範圍

利用分子與高速轉動之葉片碰撞，使氣體分子獲得一額外速度分量並朝出口處排出達抽氣目的。

抽氣範圍: $10^{-2} \sim 10^{-10}$ torr

19. 說明離子幫浦工作原理與抽氣範圍

外加電場使欲抽離之氣體游離，利用陽極沉積作用與陰極掩埋作用達抽氣之效果。

抽氣範圍: $10^{-3} \sim 10^{-11}$ torr

20. 薄膜製程所要求的真空度各有所異，說明 PVD 與 CVD 所要求之真空環境各為何？

PVD: $10^{-2} \sim 10^{-6}$ torr CVD: 10^{-8} torr

21. 依量測範圍分類粗真空計、中真空計、高真空計、超高真空計

粗真空計: 760 ~ 1 Torr, 中真空計: $1 \sim 10^{-3}$ Torr, 高真空計: $10^{-3} \sim 10^{-7}$ Torr

超高真空計: 10^{-7} Torr 以下

22. 說明熱偶(傳導)式真空計 (Thermocouple gauge) 工作原理與抽氣範圍

熱偶真空計的腔內之氣體分子與發熱絲碰撞並帶走熱量。

量測範圍: $10^{-1} \sim 10^{-2}$ Torr

23. 說明放電管 (Discharge tube gauge) 真空計與抽氣範圍

利用氣體壓力變化，通入高壓電產生之放電外觀亦隨之變化值行來定性判斷真空度。

量測範圍: 10 Torr ~ 10^{-3} Torr

24. 說明熱陰離子化真空計 (Hot cathode gauge or Ion gauge) 真空度工作原理與抽氣範圍

氣體分子被離子化形成正離子奔向集極，量測集極的電流大小反應出空間中的氣體壓力。

量測範圍: 10^{-2} Torr ~ 10^{-13} Torr

25. 藉由電子穿透式樣的分析技術為何？可獲何種訊息、

TEM, 獲得微觀影像

26. 說明可精確鑑定出同位素之分析方法與其原理

WDS, 利用 $n\lambda = 2d\sin\theta$ 來鑑別特徵 X 光波長，依據各元素之波長對照來得知是何種。

27. (1) 列舉 2 種以光子束做為入射源之分析方法，說明以光子束為入射源之兩大特點

(2) 光子進 → 光子出的研究方向上最常使用的 4 種入射波段為何？

(1) XRD, UV-Visible ① 光子與其它能量相比，幾乎沒有任何動量，因此不會對試片造成損害

② 光子屬中性粒子，不需像離子束或電子束要調整電場或磁場線圈
也沒表面帶電問題。

(2) 紅外線、可見光、紫外光、X-ray

28. 列舉 2 種可量測鑽石結構之分析方法

Raman, FTIR

29. 何種分析方法可獲得表面折射率和表面層厚度的訊息？

ellipsometry

30. 利用 SEM/EDS/WDS 的分析技術可迅速而正確的提供試樣哪些訊息？

表面型態和化學組成

31. 說明 SEM 分析中 (1) 預抽真空室 (2) WD (3) tilt 之功能分別為何？

(1) 內含真空裝置，試樣放置於此室，才可準確觀察

(2) 工作距離，調整電子束出口至工作載台距離

(3) 用來調整載台角度

32. SEM 電子槍發展概況

鎢絲電子槍，便宜

LaB6 電子槍，最

利用高發熱釋放熱電子 or 場激發電子，通過聚焦透鏡、物鏡
達試片表面。

33. 說明二次電子偵測器各部位之功能

Faraday cage: 反射電子動能較高，十分接近入射電子動能，而二次電子動能極小，故在偵測器設置一正偏壓金屬網吸引更多二次電子。

Scintillator: 重元素之無機物，重電子撞擊，產生光子。

Light guide pipe: 將產生之光子導入 photomultiplier

photomultiplier: 將入射光子轉成電訊號裝置。

34. 說明二次電子與背向散射電子成因、能量、影像訊息、解析度差異

試片受入射電子束撞擊所釋放出來 (SEI)

電子束入射表面後經彈性散射逃離試片之高能量電子，散射電子受原子之原子序不同而有差異。(BEI)

能量: $SEI > BEI$ 影像訊息: BEI - 表面元素分析, SEI - 表面形態觀察

解析度: $SEI > BEI$

35. WDS 相較於 EDS 之優點。

解析度較高、原子序下限低、低雜訊

36. 說明 EDS mapping 量測如何進行

對一個積體電路進行元素掃描後，再將二次電子影像重疊上去

$Si(Li)$ 製造 \rightarrow 前置放大器 \rightarrow 冷卻系統 \rightarrow 主放大器、多頻道分析器

37. SEM 系統分為哪幾部份，各部份功能為何？

電子槍: 利用高發熱鎢絲 or LaB_6 釋出熱電子 or 場激發電子

透鏡組: 用來聚集來讓電子束到達試片表面

分析室: 透過偵測器來分析二次電子

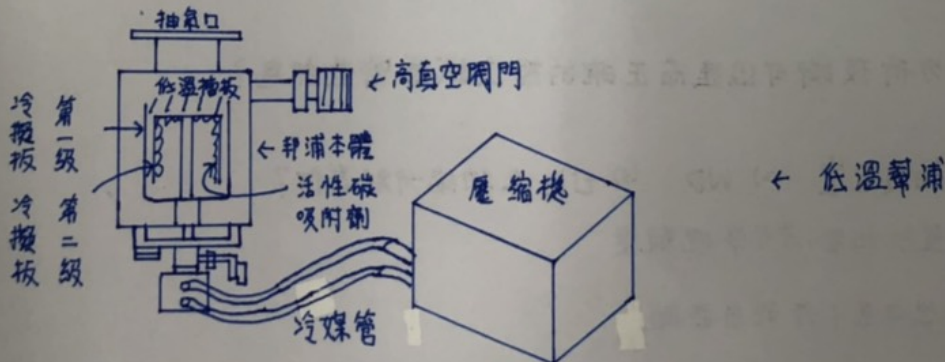
顯示器: 顯示分析的影像

38. OM (光學顯微鏡) 與 SEM (電子顯微鏡) 成像之差異性

OM 利用光穿透，可看較大物體，約 $1\text{cm} \sim 10\text{nm}$

SEM 利用電子穿透，觀看細節較 OM 深入，約 $0.1\text{nm} \sim 0.2\text{nm}$

39. 設計一真空系統使其預抽真空度可達 10^{-10} Torr (畫出真空系統圖、抽氣路徑、pump)



40. 欲使用 SEM 分析 Si 晶片表面結構時，試片前處理該如何進行？

應鍍上金才能進行 SEM 分析。