



成大核心設施中心  
Core Facility Center, NCKU

# 儀器設備技術手冊與 訓練教材

## 機台名稱

軟物質穿透式電子顯微鏡

撰寫人：許喜月

2022 年 5 月 31 日

## 目錄

1、前言簡介	4
2、背景知識與原理	5
3、機台介紹	8
4、機台操作	21
JEM-1400 作業標準	21
JEM-1400 異常狀況及處理對策	21
JEM-1400 列行簡易操作步驟	22
Holder 放入步驟	24
Holder 取出步驟	24
電子槍線圈傾斜校準	25
電子槍偏移校準	25
聚焦鏡孔徑調整	25
聚焦鏡像差調整	25
影像搖擺調整	25
電流中心調整	25
中間鏡、投影鏡校準	26
電壓中心校準	26
物鏡像差調整	26
繞射搖擺調整	26
5、其他事項	27
實際範例經驗分享	27
各類材料前置處理	29
機台保護措施	29
操作安全注意事項	29
6、參考文獻	30

## 圖目錄

圖 1. 電子束與樣品交互作用後可能會產生的樣品訊號.....	6
圖 2. 穿透式電子顯微鏡基本的元件組成.....	6
圖 3. 光學顯微鏡與電子顯微鏡於影像模式及繞射模式下的光路圖.....	7
圖 4. <b>機台 JEM-1400</b> .....	8
圖 5. 儀器部份介紹.....	9
圖 6. 儀器部份介紹.....	10
圖 7. 儀器部份介紹.....	11
圖 8. 儀器部份介紹.....	12
圖 9. DP heater (油擴散式峇加熱器位置).....	13
圖 10. rotary pump.....	14
圖 11. 空壓機.....	14
圖 12. JEM-1400 開關機.....	15
圖 13. JEM-1400 內部電腦部份.....	15
圖 14. JEM-1400 內部電腦部份(VME)-背.....	16
圖 15. 冰水機控制器.....	16
圖 16. 真空系統圖.....	17
圖 17. rotary pump 排氣原理.....	18
圖 18. 冷卻水系統.....	20
圖 19. 犬鼻淚上皮層暗細胞區分成三種形態細胞 (TEM 照片) .....	27
圖 20. 4 小時後 BSA-Au (箭號) 被發現在犬鼻淚管系統上皮層細胞間隙內 (TEM 照片) .....	28
圖 21. 淚液回流體循環解說圖.....	28

## 一、前言簡介

簡要說明機台的功能規格、廠牌型號、公司或原廠狀況、台灣代理商或維修管道、機台建置過程、…等

軟物質穿透式電子顯微鏡於 2007 年汰舊購置。總金額壹千壹百五十三萬元，原機台型號 JEOL JEM1200-EX 隸屬成大醫學院解剖科，1989 年受邀加入國科會貴重儀器服務運作至今。若儀器故障維修，技術員無法排除時由台灣代理商及其配合廠商修復。

儀器介紹	
適用於生醫、奈米顆粒、高分子、易被裂解的有機、微磁性等樣品形貌觀察及照相。	
廠牌	JEOL 日本電子
型號	JEM-1400
Resolution Point	0.38 nm
Lattice	0.20 nm
Acc. voltage	40, 60, 80, 100, 120 kV
Min. step	33 V
Current stability HT power supply	2 x 10 <sup>-6</sup> / min
Objective lenses	1 x 10 <sup>-6</sup> / min
Probe size	0.2 μm diameter ( W )
Magnification MAG mode	x800 to 800,000
LOW MAG mode	x50 to 1,000
SA MAG mode	x2,000 to 300,000
Camera length SA diff.	150 to 3,500 mm
HD diff.	4 to 80 m
Specimen stage Specimen tilting (With hightilt vetainer)	±25 <sup>o2)</sup> ±70 <sup>o3)</sup>
Specimen movement	X, Y : ±1.0 mm Z: ±0.5 mm

### stallation requirements

Temperature: 15 to 25°C, Fluctuation should be 0.1°C/h or less.  
 Humidity: 60% or less  
 Power Single phase: 200 V, 50/60 Hz, 6 kVA (12 kVA for STEM configuration)  
 Cooling water: Flow rate: 7 L/min  
 Temperature: 15 to 20°C  
 Temperature fluctuation: 0.1°C/h or less  
 Floor space: 2,700 (W)×2,700 (D) mm or more  
 Ceiling height: 2,600 mm or more  
 Entrance: 800 (W) ×1,800 (H) mm

	Height (mm)	Width (mm)	Depth (mm)	Weight (kg)
Main instrument	2,182	2,076	1,795	900
Power-supply console	1,250	570	800	250
Rear console	843	750	450	90
Rotary pump	270	180	465	25
Air compressor (EM-CP10)*	710	420φ		45

\*Option

\*Specifications subject to change without notice.

## 二、背景知識與原理

### 與本機台相關的背景知識與原理

光學顯微鏡的發明，幾百年來雖已帶領人類可看見 1/1000 倍的物質，然而，光學顯微鏡(解析力 0.2 $\mu\text{m}$ )其物理學上的極限，仍無法滿足人類永無止境的探索，因此促進了電子顯微鏡的發明，世界上第一台真正的電子顯微鏡是在 1933 年由德國科學家 Ruska 所發明。而直到德布羅伊的學說提出以及其他科學家發現可以利用電磁透鏡來進行電子束的控制後，穿透式電子顯微鏡的解析度可以提升至 1~2 奈米的尺度。由於影像解析度受限於所供輸電子能量，隨著高壓設備之成熟技術發展與建立，穿透式電子顯微鏡的解析度也不斷地進步與突破，已經可以達到 0.1~0.2 奈米的解析度，也就是可以達到數萬~數百萬倍的放大倍率。因此，使用穿透式電子顯微鏡可以用於觀察樣品的精細結構，甚至可以用於觀察僅僅一列原子的結構，比光學顯微鏡所能夠觀察到的最小的結構小數千倍。電子顯微鏡在物理學和生物學等相關的許多科學領域中都是重要的分析方法，如癌症研究、病毒學、材料科學、以及奈米技術、半導體研究等等。

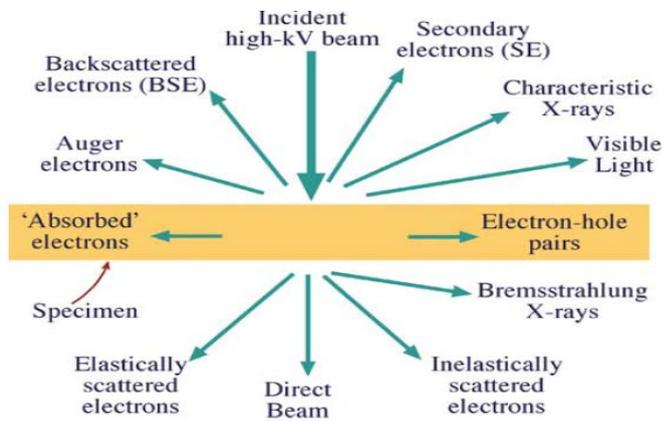
電子顯微鏡原理與光學顯微鏡相似。是利用電子取代了可見光作為照明光源，因此可以藉由以下的方式來進行評估。理論上，光學顯微鏡所能達到的最大解析度(d)，受到照射在樣品上的光子波長  $\lambda$  以及光學系統的數值孔徑，NA，的限制：

$$d = \frac{\lambda}{2 \sin \alpha} \approx \frac{\lambda}{2NA}$$

而電子波長( $\lambda_e$ )可以通過德布羅意公式使用電子的動能得出(由於在電子顯微鏡中，電子的速度接近光速，需要對其進行相對論修正)。

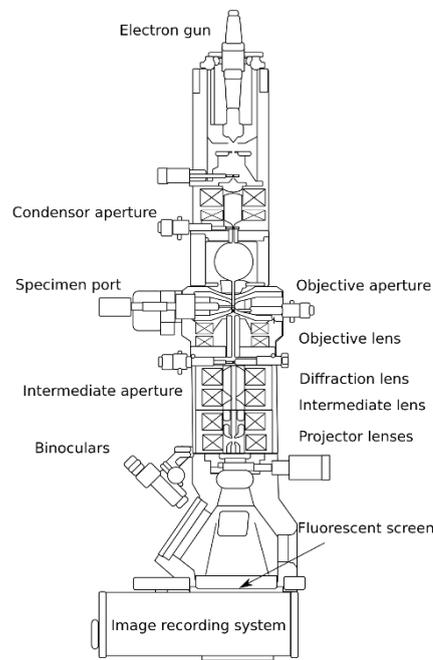
$$\lambda_e \approx \frac{h}{\sqrt{2m_0E(1+\frac{E}{2m_0c^2})}}$$

其中，h 表示普朗克常數， $m_0$  表示電子的靜質量，E 是加速後電子的能量。電子顯微鏡中的電子通常通過電子熱發射過程從鎢燈絲上射出，或者採用場電子發射方式得到。隨後電子通過電位差進行加速，並通過靜電場與電磁透鏡聚焦在樣品上。電子與樣品的交互作用所產生的訊號可以如圖一所示，包含了二次電子、背向式散射電子、彈性與非彈性碰撞電子、歐傑電子以及可見光、X 光的發生，因此電子顯微鏡具備有多元多樣的分析功能與影像呈現，可以藉由收集不同訊號，來獲取樣品完整的訊息，進而對樣品進行全面的分析，例如：收集穿透樣品的電子可以使影像有亮場成像，而收集彈性散射的電子所呈現的影像則為暗場成像。另外，亦可通過調整磁透鏡使得成像的光圈處於透鏡的後焦平面處而不是像平面上，就會產生繞射圖樣，即可獲取樣品結構的資訊。穿透式電子顯微鏡的另一大優勢為可以搭配其他分析的工具來獲取更多關於樣品的資訊，例如：搭配 X 光能譜分析儀(Energy Dispersive Spectrometer; EDS)或電子能量散失分析儀(Electron Energy Loss Spectroscopy; EELS)，即可達到分析化學成份的目的，更可以配合影像進行 mapping 的分析，進而了解元素成分的分佈。也因此，為了準確且獲得高品質的數據來進行分析，穿透式電子顯微鏡對於樣品的製作與準備會有較嚴格的要求，由於電子有限的穿透能力，通常最理想的樣品觀察厚度在 50 奈米~100 奈米之間。所以用透射電子顯微鏡觀察時的樣品需要處理得很薄。常用的方法有：超薄切片法、冷凍超薄切片法、冷凍蝕刻法、冷凍斷裂法等。對於液體樣品，通常是掛預處理過的銅網上進行觀察。



圖一、電子束與樣品交互作用後可能會產生的樣品訊號。

在普遍的電子顯微鏡設備中同常包含有若干元件(如圖二所示)，其中有一個用於傳輸電子束的真空系統，用於產生電子束的電子發射源、一系列的電磁透鏡以及靜電盤。後兩個器件允許操作者按照要求對電子束進行操作。此外，還有一個將樣品移入或移出電子束通路。成像設備隨後使用射出前述系統的的電子束成像。



圖二、穿透式電子顯微鏡基本的元件組成。

在真空系統中，其目的可以分成兩個方面，一方面可以在陰極和地之間加以很高的電壓，而不會將空氣擊穿產生電弧；另一方面則是可以用將電子和空氣原子的撞擊頻率減小到可以忽略的量級，這個效應通常可以使用平均自由徑來描述。標準的穿透式電子顯微鏡通常需要將電子的通路抽成氣壓很低的真空，例如  $10^{-4}$  帕。若是在高解析或高電壓的電子顯微鏡則需要更高的真空度，通常要達到  $10^{-7} \sim 10^{-9}$  帕以防止產生電弧，特別是在電子槍的部分。

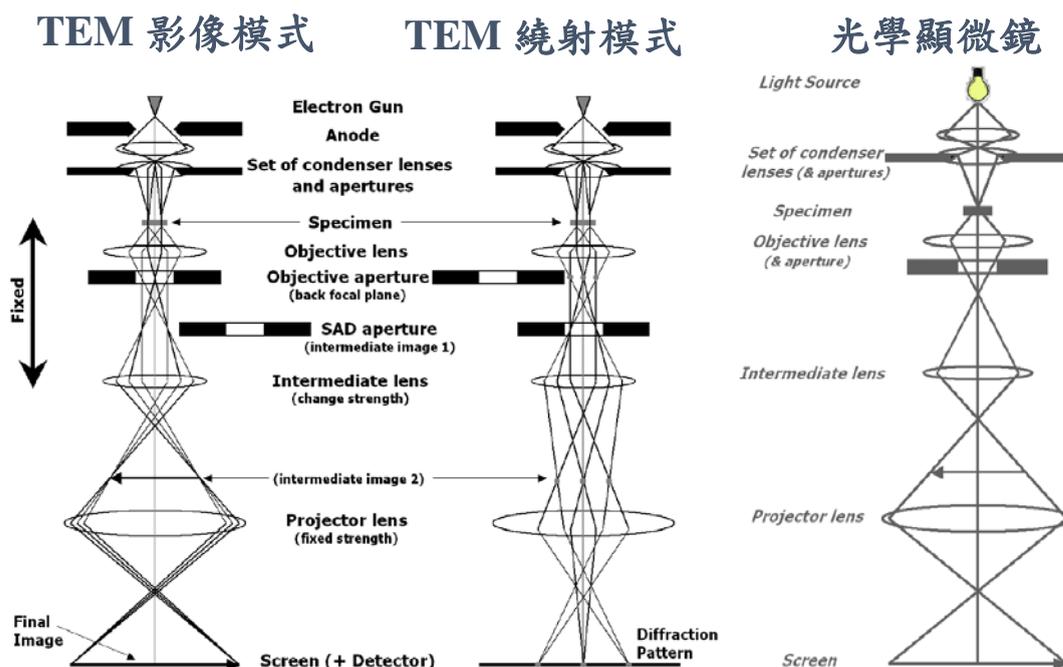
電子槍為產生電子束的元件，通過將燈絲和負電壓電源相連，電子可以通過電子槍泵往陽極，並射入電子顯微鏡的真空腔，從而完成整個迴路。而根據電子束的產生機制可以分為熱游離電子發射或是場電子發射兩種方式，熱游離方式電子槍有鎢(W)燈絲及六硼化鏷(LaB6)燈絲兩種，它是利用高溫使電子具有足夠的能量去克服電子槍材料的功函數(work function)能障而逃離。在目前常見的場發射電子槍有兩種方式：冷場發射式(cold field emission, FE)，熱場發射式(thermal field emission, TF) 當在真空中的金屬表面受到  $108\text{V/cm}$  大小的電子加速電場時，會有可觀數量的電子發射出來，

此過程叫做場發射，其原理是高電場使電子的電位障礙產生 Schottky 效應，亦即使能障寬度變窄，高度變低，因此電子可以利用穿隧現象通過此狹窄能障並離開陰極。場發射電子式從很尖銳的陰極尖端所發射出來，因此可得極細而又具高電流密度的電子束，其亮度可達熱游離電子槍的數百倍，或甚至千倍。場發射電子槍所選用的陰極材料必需是高強度材料，以能承受高電場所加諸在陰極尖端的高機械應力，鎢金屬即因高強度而成為較佳的陰極材料。

電磁透鏡系統包括聚光鏡 (Condenser lens)、物鏡(Objective Lens)、中間鏡(Intermediate Lens)、和投影鏡 (Projective Lens)，其對電子束的作用類似於光學透鏡對光線的作用，它可以將平行的電子束聚集在固定的焦點以及期望的聚焦平面上。

最後，產生的電子束經過一系列的校正以及與樣品的交互作用後，將會投影至由 ZnS/CdS 塗佈的螢光幕。接著，即可利用 CCD camera 來獲取樣品的影像。

當電子束由電子槍產生後，經過一系列電磁線圈的校正以及與樣品間的交互作用之光路圖可以由圖三所示，並可以與光學顯微鏡進行對照參考，可以發現相當的類似。而在電子顯微鏡的光路圖中，當將選區繞射的光圈取代物鏡光圈移入時，可以改變光聚焦的位置來獲得材料繞射的訊息。



圖三、光學顯微鏡與電子顯微鏡於影像模式及繞射模式下的光路圖。

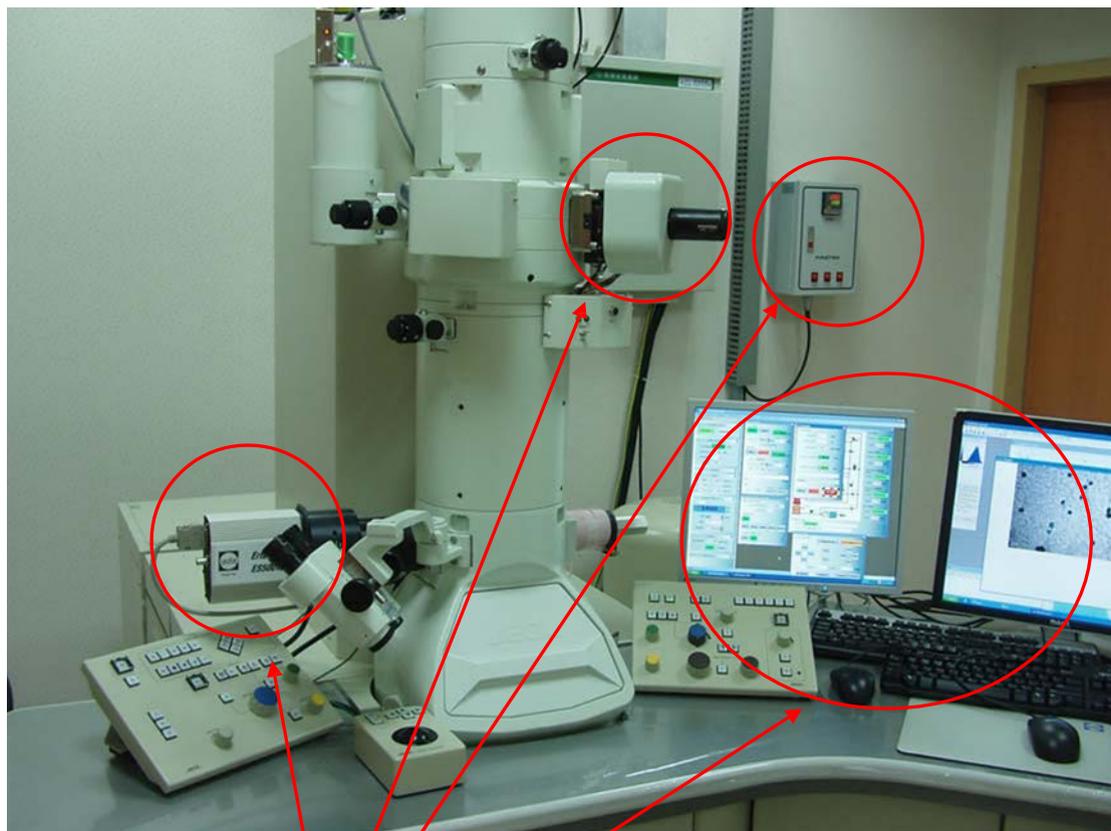
- 三、 機台介紹  
外觀與硬體架構、系統組成、軟體程式、運作原理、功能與規格、…等

## JEM-1400 介紹



圖 4. 機台 JEM-1400

圖5 儀器部份介紹



- a. 冰水機控制盒(溫度 18~22 度)
- b. 數位影相系統
- c. 樣品交換室
- d. 儀器控制電腦

圖6 儀器部份介紹



- a. 真空峇(RP)
- b. 儀器電源
- c. 電源線開關
- d. 各保險絲



圖7. 儀器部份介紹

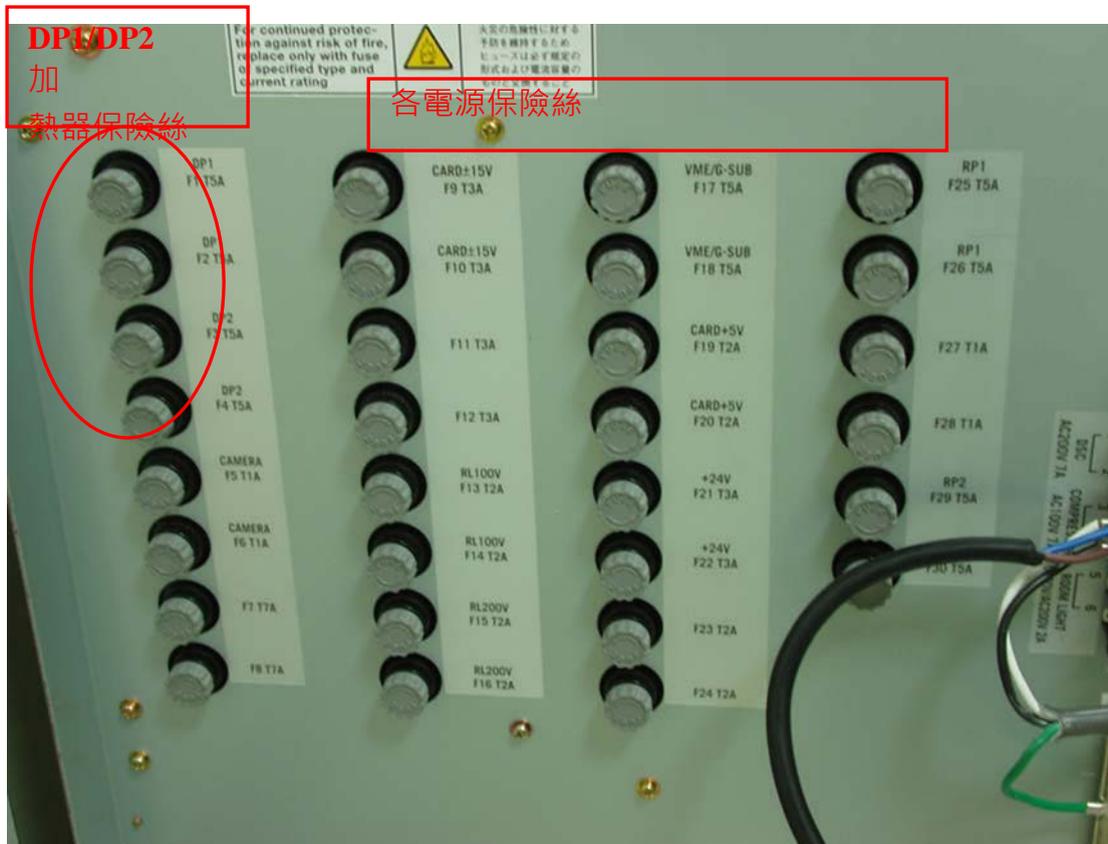
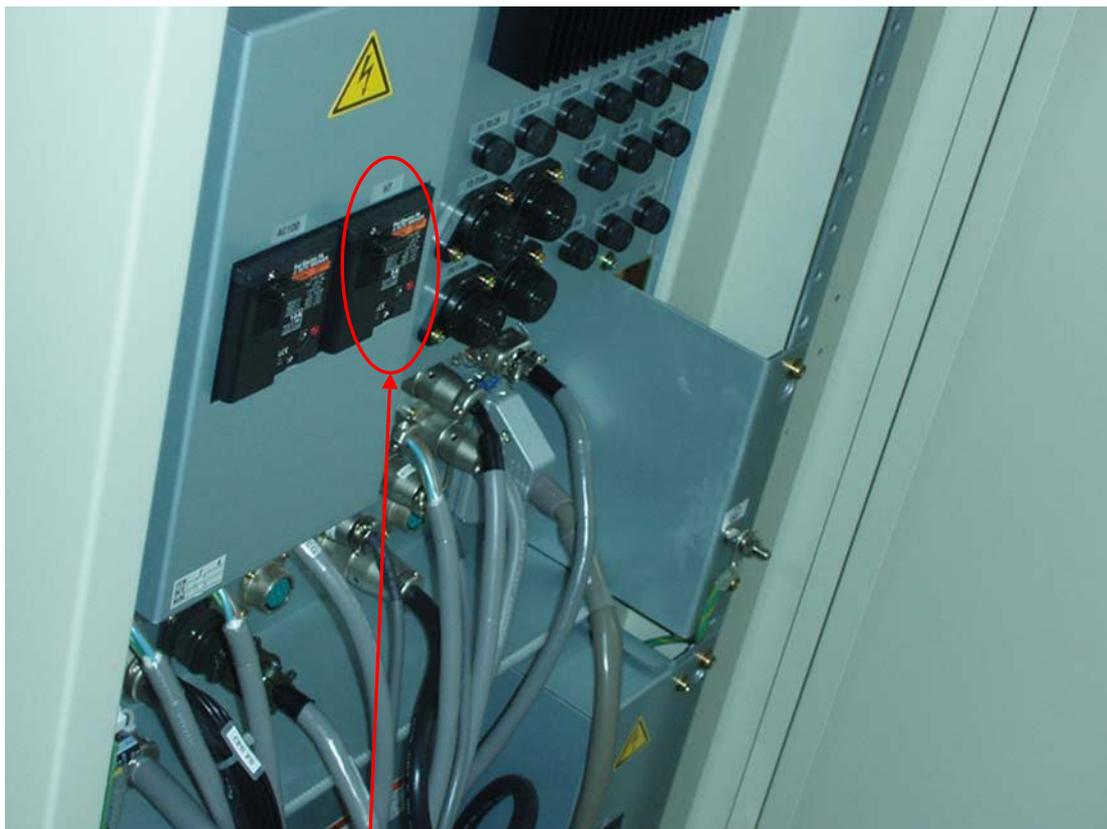


圖8. 儀器部份介紹



- a. 各保險絲(背面)
- b. 高壓電源總開關

圖9 DP heater (油擴散式峇加熱器位置)規格 60~70 Ohm 假如開路則需要更換

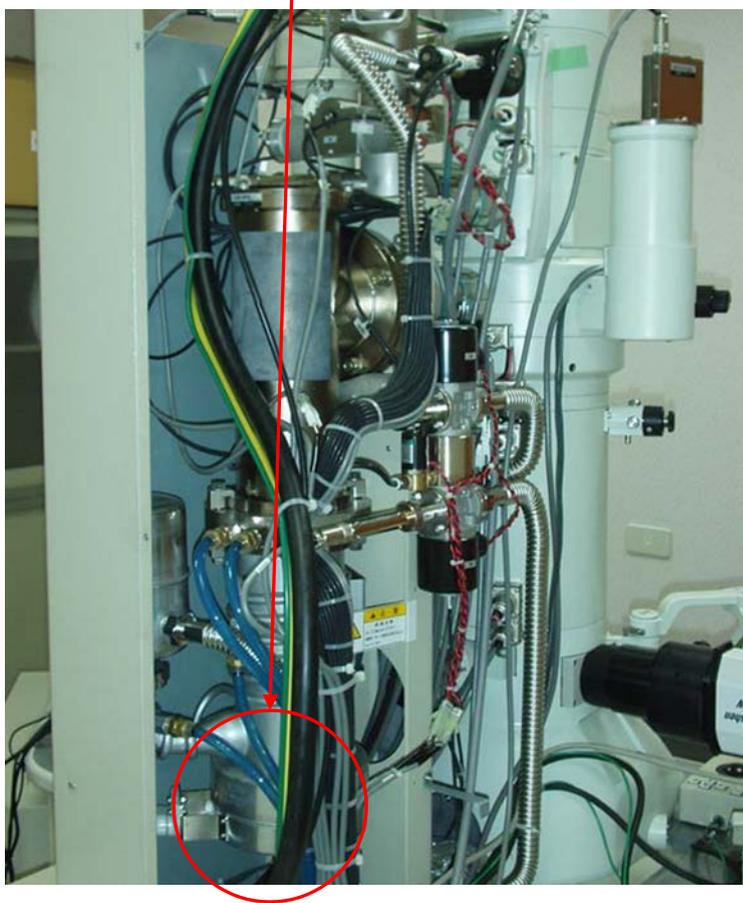
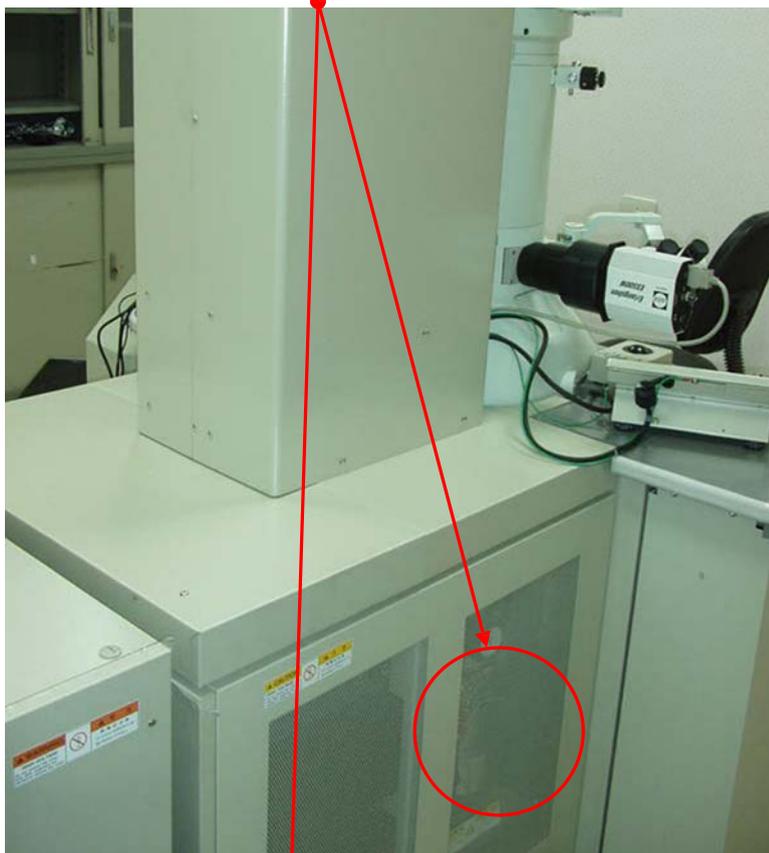


圖10 rotary pump

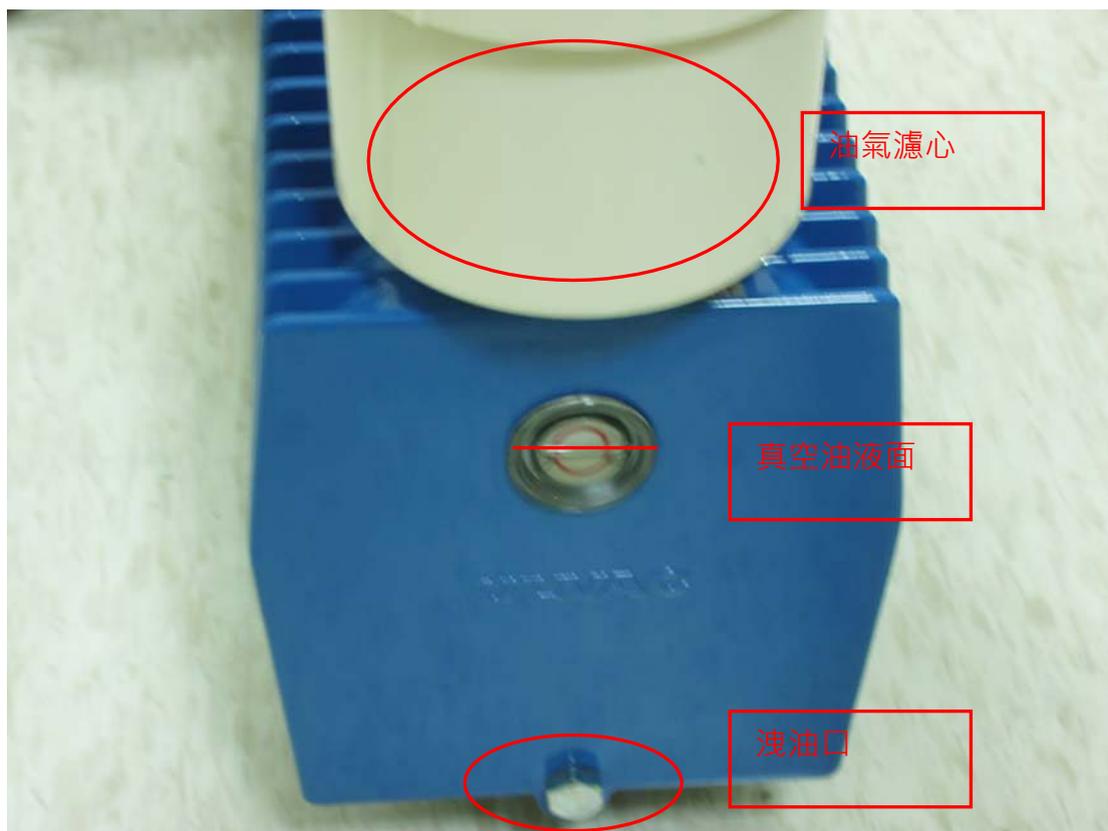
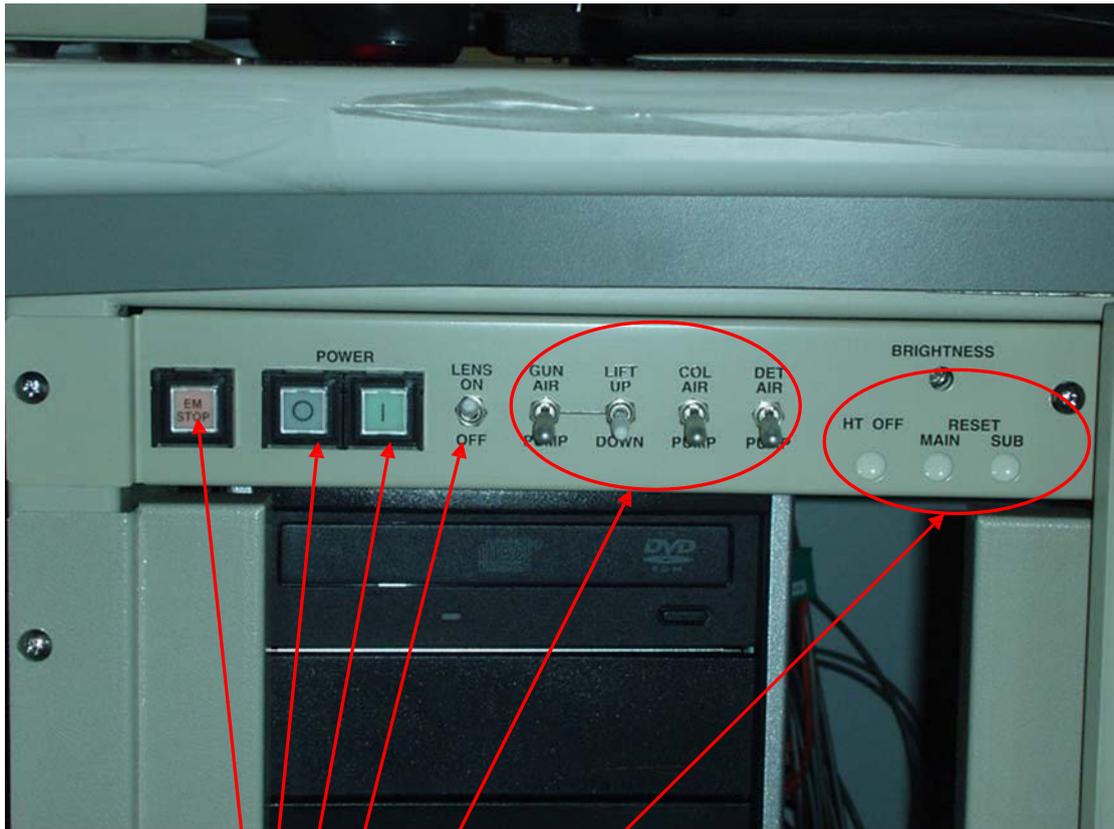


圖11 空壓機



圖12 JEM-1400 開關機



- a. 緊急停止
- b. 關機
- c. 開機
- d. 磁場開關
- e. 洩真空開關
- f. 重設開關

圖13 JEM-1400 內部電腦部份(VME)

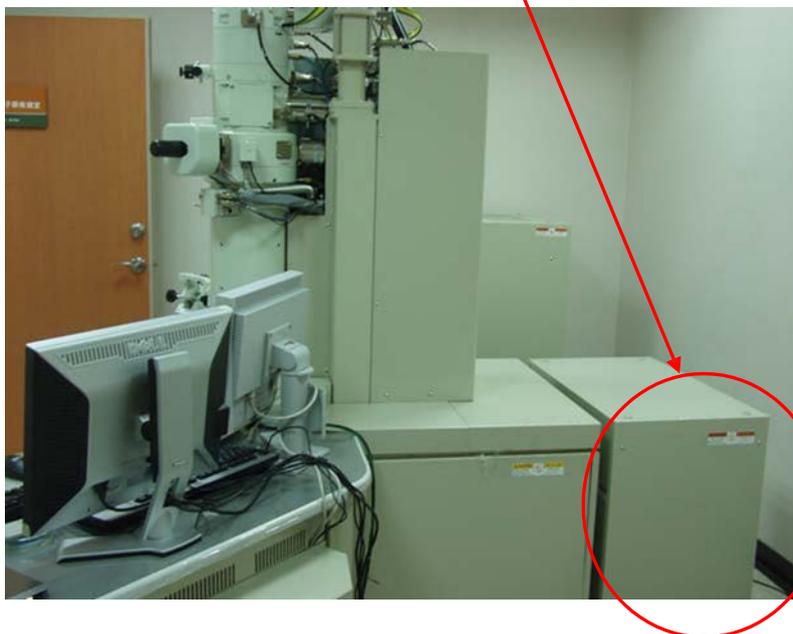


圖14. JEM-1400 內部電腦部份(VME)-背

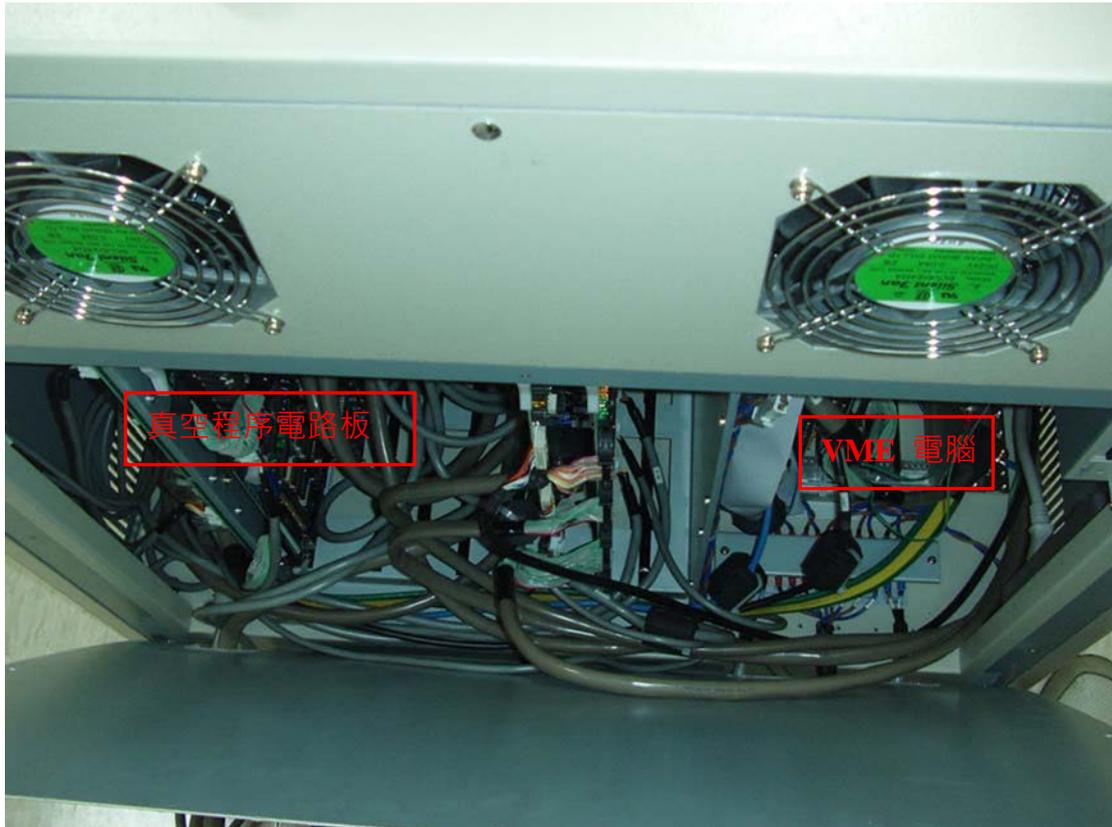
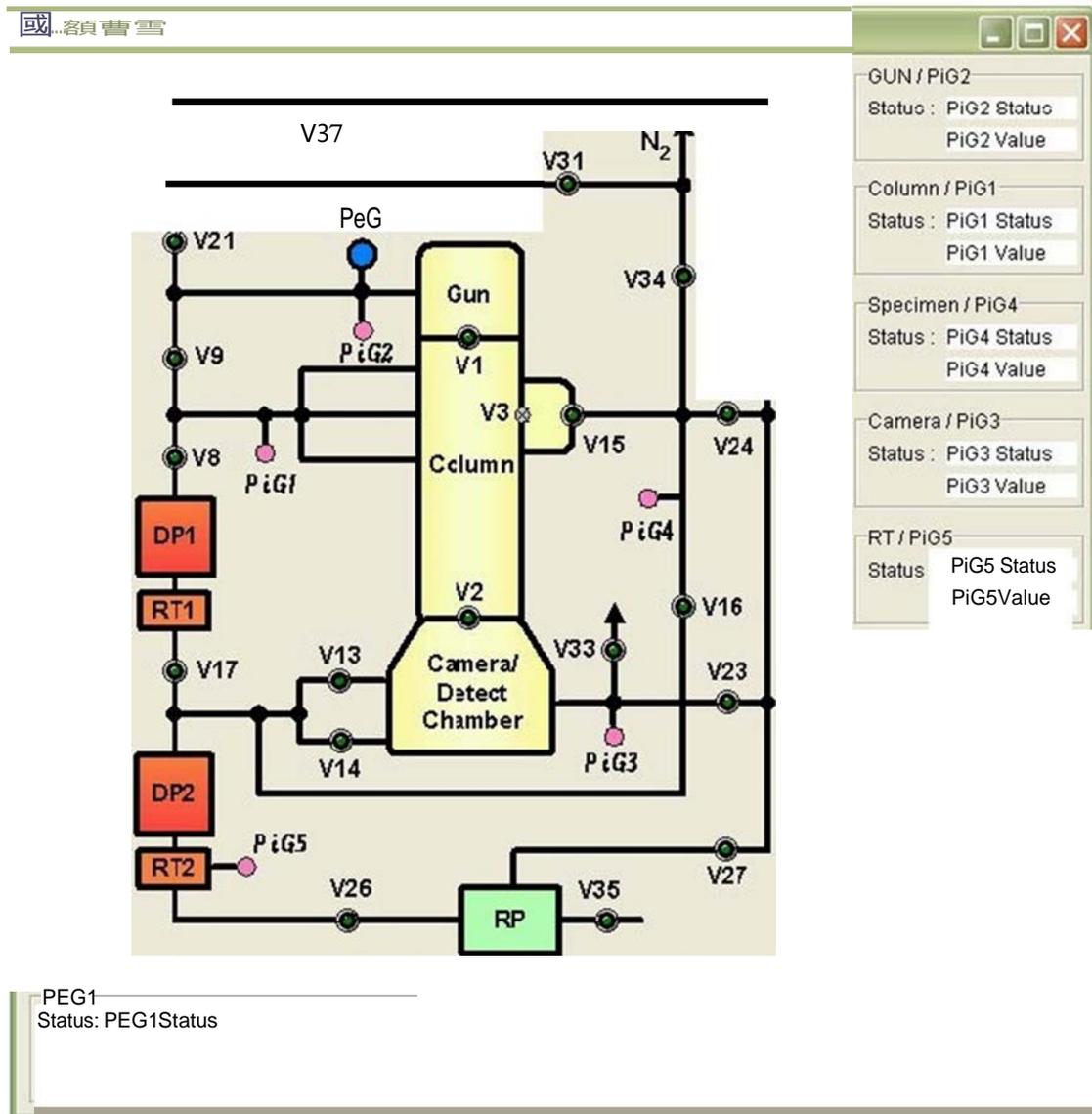


圖15. 冰水機控制器



- a. temp 溫度顯示
- b. power 電源
- c. cooler 壓縮機
- d. alarm 警報器

圖16. 真空系統圖



## 1. 真空系統

- 1 組 Rotary pump (RP),粗抽真空

迴轉式馬達(rotary pump)以壓縮的方式將氣體排出，約可達  $10^{-2}$  pa 之真空度。

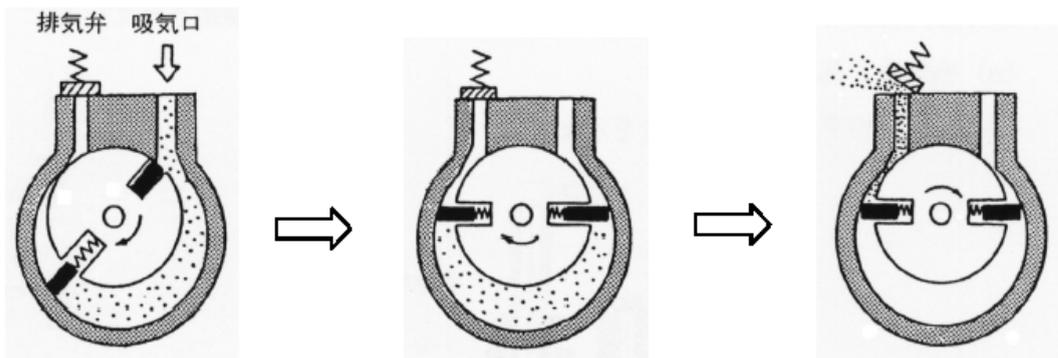
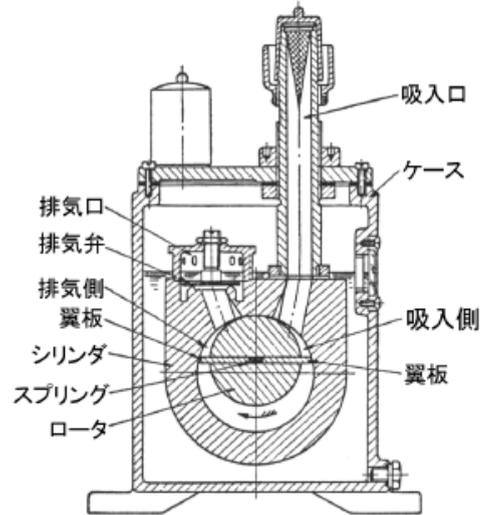
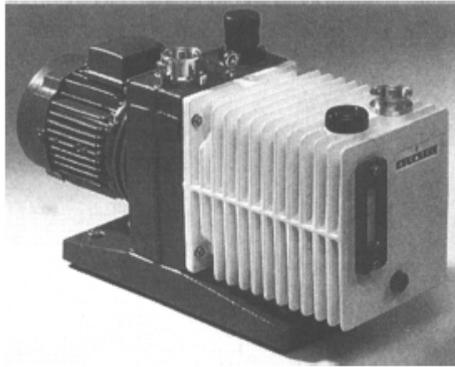


圖 17

圖 2 回轉翼形(ゲーテ形)ポンプの排気原理

- 2 組 diffuse pump(DP),高真空
- 5 組 Prig gauge,真空計
- 1 組 Penning gauge,真空計
- 真空室分為 5 部份 1.column(鏡筒),2.Gun(電子槍),3camera(拍照室),4,specimem(樣品室)5,RT(背壓)

擴散式馬達(diffusion pump)靠加熱汽化的油氣分子快速運動，將空氣分子快速帶出，可使真空度達  $10^{-4}$  pa。

## 2. 真空保護

- DP 加熱器燒毀 (更換加熱器 200V/600W) (20 分關機)
- DP 加熱器泡水(開機 30 秒開機)
- DP 冷卻不良(檢查冰水機)(2018關機)

- 空壓機壓力不足 <3KG/cm<sup>2</sup> (檢查空壓機)(開機沒反應)
- 漏水保護(開機沒反應)

以上保護啟動時機台會自動關機

### 3. 磁場保護

- 磁場冷卻不良 以上保護時啟動是,磁場無法開啟(但是機台真空系統仍在運作)

### 4. 冷卻水系統

- 1 進 (從冰水機出水,流至 DP/LENS/GATA)
- 3 出(由 DP /LENS /GATE 流回至冰水機)

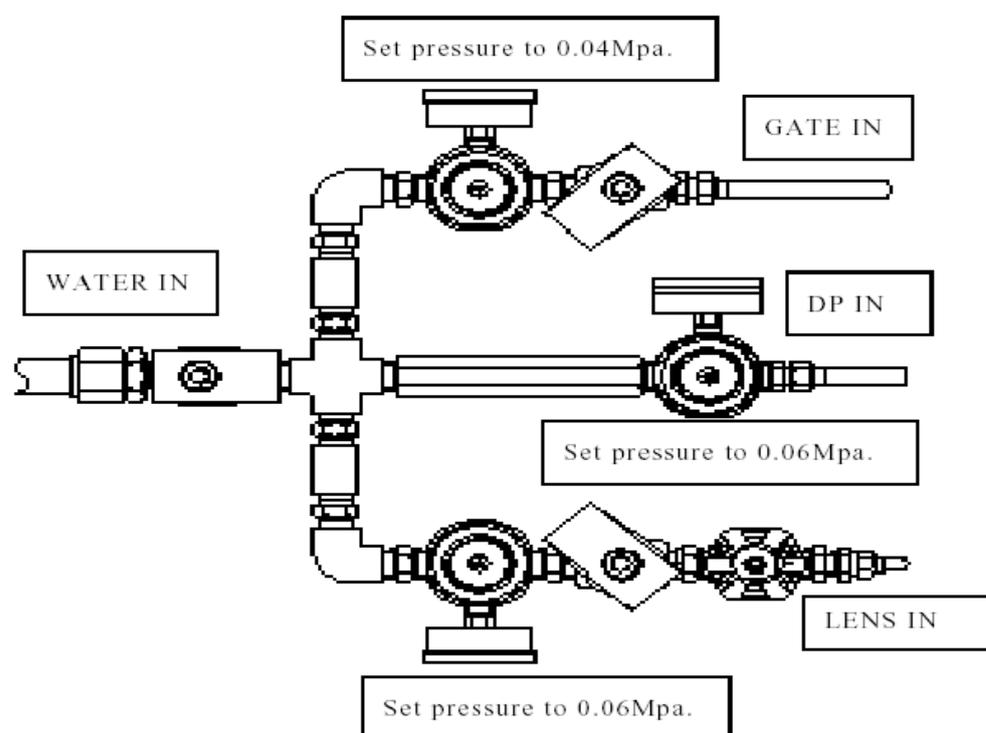


圖 18. 冷卻水系統

JEM-1011/1230用

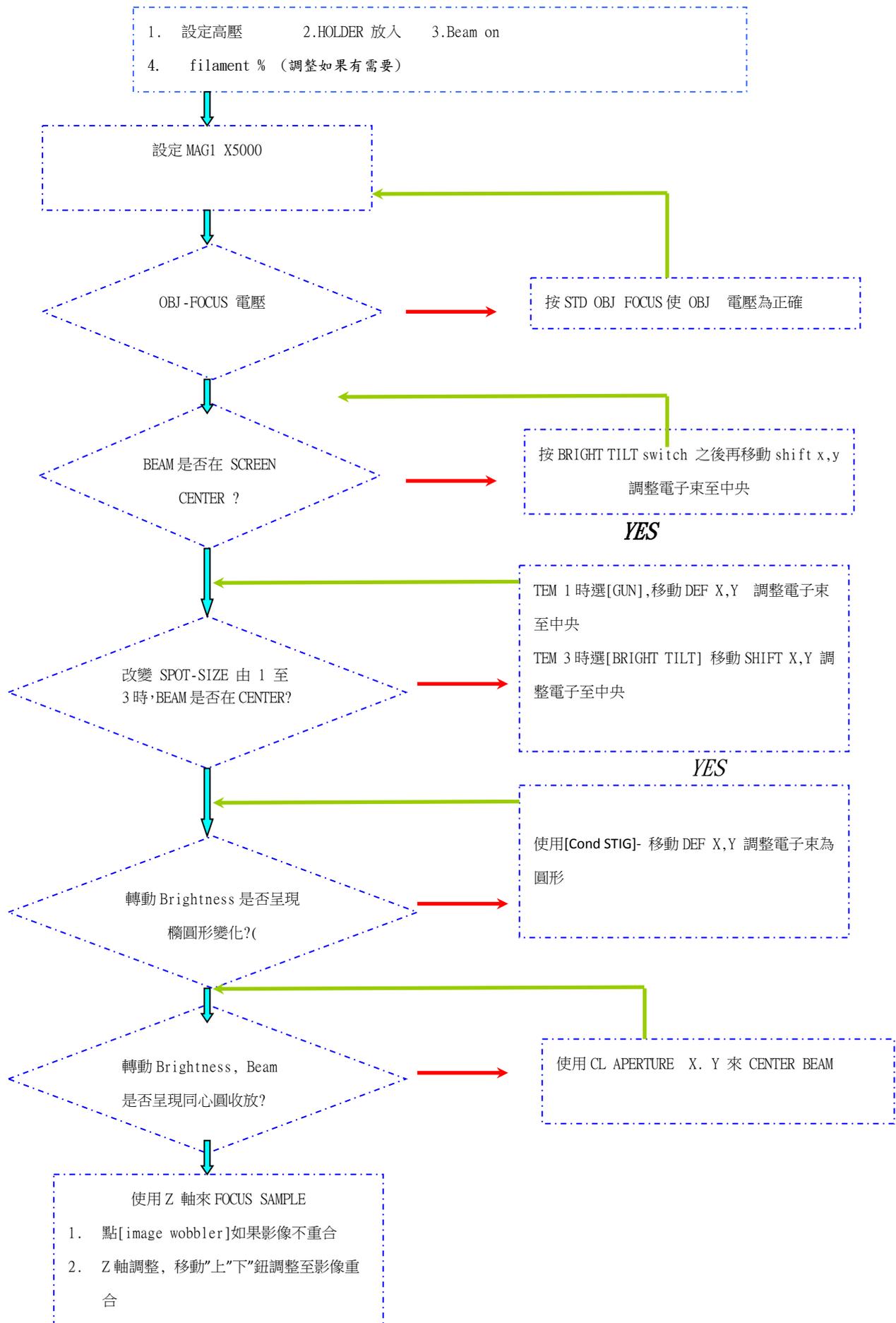
#### 四、機台操作

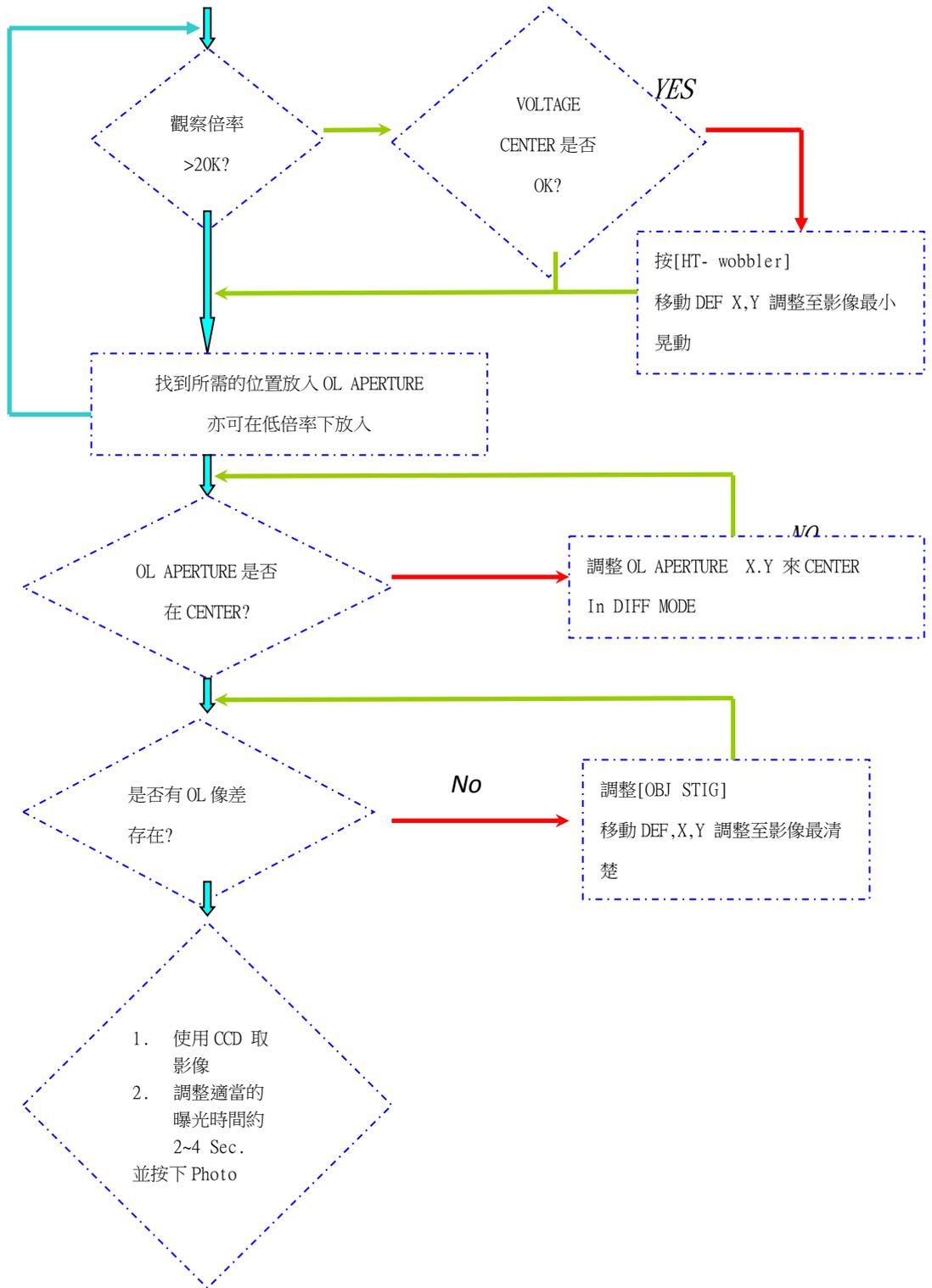
正確的操作模式或操作方式、重要的動作執行細節、資料擷取與分析應用、…等

JEM-1400 穿透式電子顯微鏡 作業標準		
操作項目	操作步驟及說明	作業安全及注意事項
穿透式電子顯微鏡使用	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 開啟高壓設定至 100KV。</li> <li>2. 放入欲觀察樣品至樣品桿(HOLDER)</li> <li>3. 樣品桿放入, GONIOMETER(樣品座), 撥動開關至 PUMP 位置, 待二分鍾綠燈亮啟, 順時鐘轉入樣品桿</li> <li>4. 按 BEAM 鈕, 開始使用</li> <li>5. 利用數位影像系統取影像</li> <li>6. 完成。</li> </ol> <p>關閉：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 按 LF2, 快速關閉 BEAM 及樣品桿復歸</li> <li>2. 拉出並轉動樣品桿,。</li> <li>3. 完成</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 使用樣品桿時請小心輕放</li> <li>2. 桿品桿在放入真空室時, 確定已完成真空抽氣</li> <li>3. 其餘詳見 JEM-1400 例行操作步驟</li> </ol>

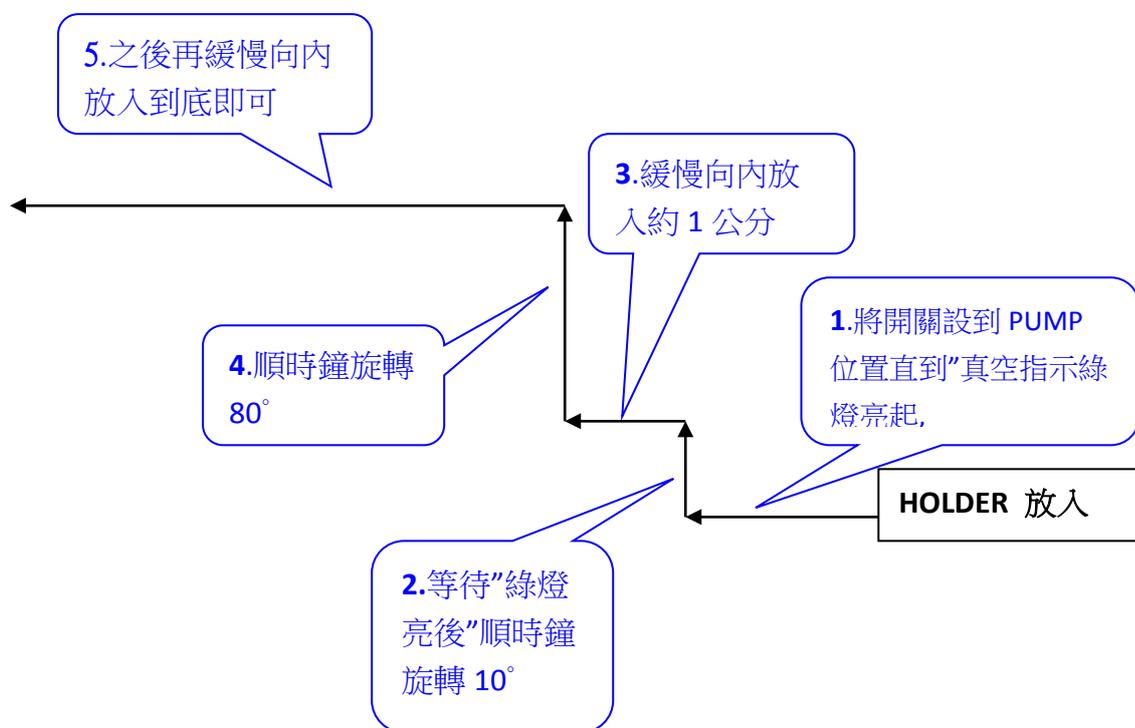
JEM-1400 穿透式電子顯微鏡 異常狀況及處理對策		
異常狀況	發生原因	處理對策
Water stop	冰水機給水不良	清潔冰水機散熱排
DP fail	DP 燒毀	更換 DP heater
BEAM 啟動時無 BEAM CURRENT 增加	燈絲燒毀。	更換燈絲
空壓機壓力不足	電源保險絲燒毀	更換保絲燒

# JEM-1400 例行簡易操作步驟

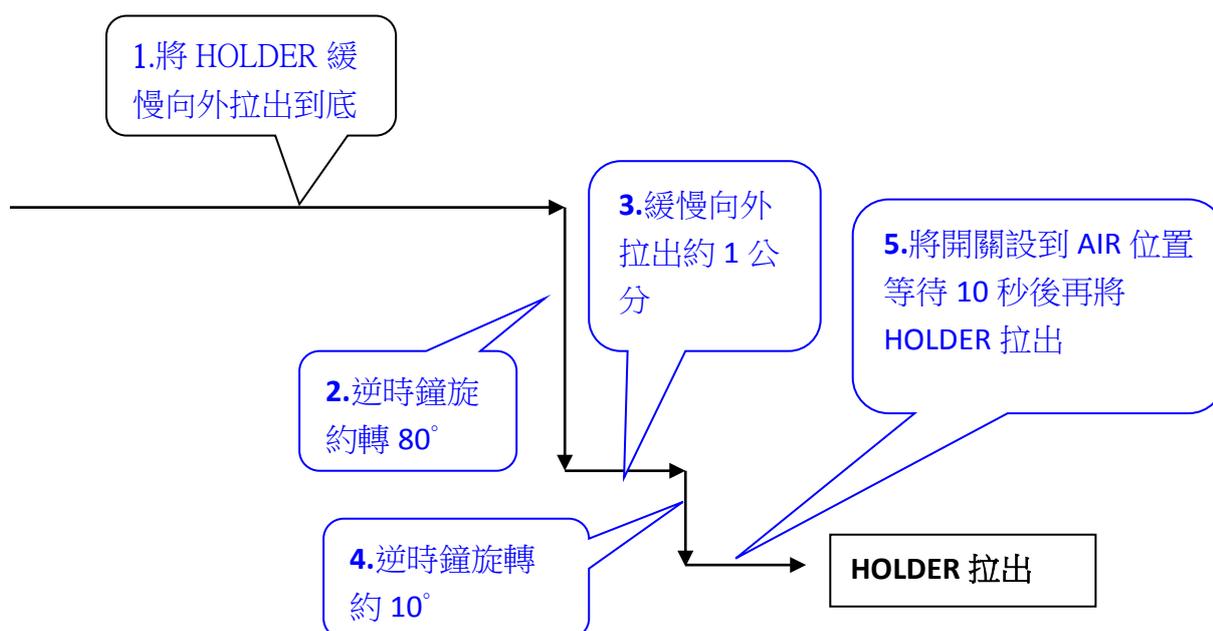




## HOLDER 放入步驟



## HOLDER 取出步驟



(一)電子槍線圈傾斜校準(Gun tilt, 在 FEG 時為 Anode wobbler)

1. 試片移開螢幕，倍率調至 15K 。
2. Spot size 選用 1 ，調整 brightness 鈕，將電子束縮為最小亮點，以 Gun shift 將亮點移至螢幕中央。
3. 調 Gun tilt 使得到最高亮度。

(二)電子槍偏移校準(Gun shift)

1. 倍率調至 15K ，Spot size 調至 1 。
2. 以 brightness 鈕將電子束縮至最小，以 Gun shift 移至中心。
3. Spot size 換至 3(or 5) ，以 beam shift 調整。
4. 重覆 1、2、3 步驟，直至亮點皆在螢幕中心。

(三)聚焦鏡孔徑調整(Condenser aperture)

1. 倍率調至 15K ，Spot size 調至 3。
2. 電子束縮至最小並調至中心。
3. 調 brightness 鈕將電子束慢慢放大，同時調整 Condenser Aperture 使電子束不隨 Brightness 調整而偏離圓心。

(四)聚焦鏡像差調整(Condenser Stig)

1. 倍率調至 15K ，Spot size 調至 3。
2. 調 brightness 鈕將電子束縮至最小，以 beam shift 移亮點至中心。
3. 前後旋轉 brightness 此時亮點若呈橢圓展開時，則按下 Cond Stig 鍵，一邊旋轉 brightness 一邊調整 DEF 鈕使亮點展開呈圓形狀。
4. 調整完後按 Bright tilt 還原。

(五)影像搖擺調整(Wobbler,)

1. 倍率調至 15K ，調整 focus 使影像在 in focus 狀態。
2. 以 brightness 縮成直徑約 5mm 之亮點，按右下鍵盤 tilt 鈕，切 Image wobbler switch 至 X，調 Image wobbler adj X(左邊兩個) 使兩亮點重疊在中央，切 Image wobbler switch 至 Y，調 Image wobbler adj Y(右邊兩個) 使兩亮點重疊在中央。
3. 將 Tilt 鈕及 switch 還原

(六)電流中心調整(Current center)

1. 選擇試片緣尖端處，將最尖點移至中央。
2. 將試片影像調至 in focus 狀態，按 OBJ 16X、Coarse focus 逆時針調三格，以 Bright tilt Def 使尖端調中心。
3. Coarse focus 順時針調三格

(七) 中間鏡、投影鏡校準(INT stig and Project alignment)

1. 將 Brightness 散開，試片移開
2. 壓 DIF 鈕，調整 DIF focus 使出現 Caustic spot
3. 調 INT. STIG. 使 Caustic spot 成正圓
4. 調 Proj. Align. X, Y 使 Caustic spot 至中心

(八) 電壓中心校準(Voltage center)

1. 倍率調至 100K，調整影像在 in focus 狀態。
2. 在試片上找一處尖銳處，將其尖端移至螢幕中央，以 brightness 將亮度調弱。
3. 按下 HT 鍵(wobbler)，觀察影像閃動時該尖端是否離開中心點。
4. 若是，則按下 brightness tilt 鍵，調整 DEF 鈕使尖端在閃動時仍不偏離中心點。
5. 調整電子束至最小亮點，並將亮點移至中心。
6. 將倍率慢慢增加，重複 3~5 步驟，當倍率至 150K 時，可利用望遠鏡觀察閃動之影像。

(九) 物鏡像差調整(OBJ Stig)

1. 倍率調在 200K。
2. 在試片上選擇一處緣厚度較均勻之小洞或彎曲邊緣。
3. 調整 Focus 鈕，使影像在 under focus 狀態，此時試片邊緣會產生一道亮(白)線，按下 OBJ STIG 鍵，旋轉 DEF 鈕，使該道白線距試片邊緣為等距離。
4. 旋轉 Focus 鈕，觀察試片在 in-focus 時該道白線是否均勻消失。
5. 若否，則繼續調整 DEF，直至 in-focus 時白線同時消失。

(十) 繞射搖擺調整(Wobbler,)

1. 移開試片，押 DiFF 鈕
2. 押 Proj 鈕將 Acoustic spot 調至 center。
3. 按右下鍵盤 shift 鈕切 Image wobbler switch 至 X，調 Image wobbler adj X(左邊兩個) 使兩亮點重疊在中央，切 Image wobbler switch 至 Y，調 Image wobbler adj Y(右邊兩個) 使兩亮點重疊在中央。
4. 將 shift 鈕及 switch 還原

## 五、 其他事項

實際範例、經驗分享、安全議題、機台保護措施、注意事項、…等

### 實際範例、經驗分享

筆者曾利用穿透式顯微鏡來探討犬鼻淚管系統形態及其功能。除了解淚囊部和各段鼻淚管上皮細胞微細結構形態，更進一步以血清蛋白金顆粒混合適量人工淚液當追蹤劑，注入實驗犬淚小管，依不同時間取下犬鼻淚管，透過 TEM 可觀察到血清蛋白金顆粒出現的位置，以證實犬眼球表面過多淚液經由淚管系統上皮細胞吸收回到體循環，是眼淚主要流動機制。

生物檢體在上機檢測前處理較為繁雜，須先將實驗動物用固定液灌流(血液會降低組織結構被固定效果)後再將鼻淚管取出置入固定液中(將胞器結構固定)、酒精脫水、樹脂(EPON)滲透包埋、超薄切片機((ultramicrotome)切片、染色等實驗步驟在上機觀察。

固定液：2.5% 戊二醇(glutaldehyde) + 4% 聚甲醛(paraformaldehyde)溶於 0.1M 磷酸緩衝溶液(phosphate buffer, PH 7.4)

染劑：醋酸鈾(uranyl acetate)和檸檬酸鉛(lead citrate)

影響生物樣品在電子顯微鏡下觀察超微細組織結構清晰度的因素，除了機台電子束精確校準，組織檢體新鮮度(細胞自溶)、脫水滲透包埋是否完全(影響切片完整)、切片的厚度(70nm~90nm)等等步驟都會影響。

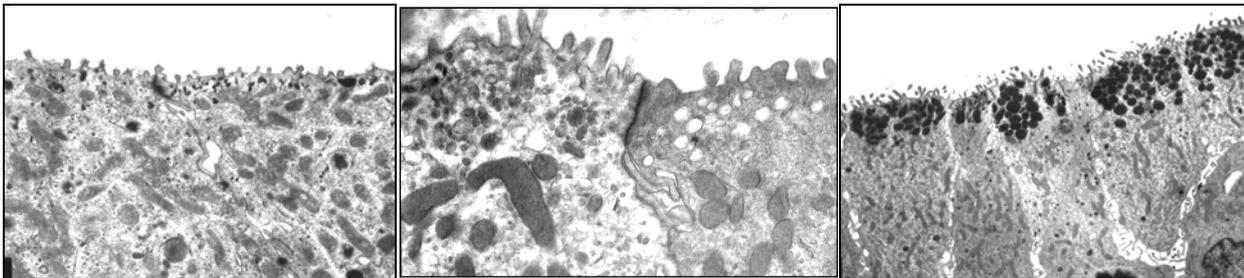


圖 19. 犬鼻淚上皮層暗細胞區分成三種形態細胞 (TEM 照片)

(a) Type I 細胞，頂部沒有空泡和同質分泌黑顆粒，Bar = 500nm

(b) Type II 細胞，頂部有許多空泡，Bar = 200 nm

(c) Type III 細胞，頂部有許多同質分泌黑顆粒，Bar = 1 $\mu$ m



圖 20. 4 小時後 BSA-Au (箭號) 被發現在犬鼻淚管系統上皮層細胞間隙內 (TEM 照片)

(a) 鼻腔部近側端上層細胞間隙

Bar = 100 nm

(b) 鼻腔部近側端上層細胞間隙

Bar = 200 nm

(c) 鼻腔部近側端中層細胞間隙

Bar = 100 nm

(d) 鼻腔部近側端上層細胞間隙

Bar = 200 nm

箭頭：金顆粒 MV：微絨毛 N：細胞核

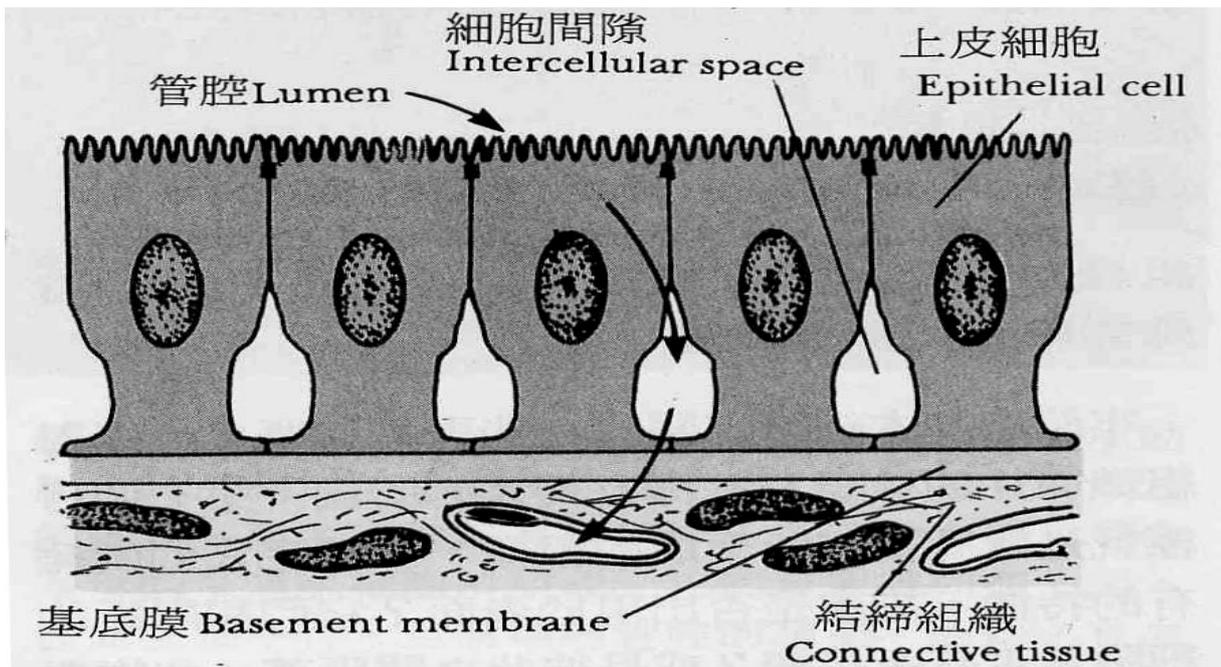


圖 21 淚液回流體循環解說圖

### 各類型材料前置處理

生物(含細胞)檢體：固定→脫水→滲透→包埋→切片→染色→上機

軟物質塊狀材料：切片(利用 ultramicrotome 或 FIB)(控制在 70nm-90nm，太薄切片易裂，太厚影響電子束穿透解析力弱)→(染色，視材料特性)→上機

硬物質狀材料：切片(FIB)或離子薄化或強酸侵蝕薄化→上機

粉劑材料：粉體溶於水或酒精，取少量(若濃度太濃須稀釋)滴在有支撐膜銅網上(如 Formvar, Lacey)→上機

### 機台保護措施

1. 在進行樣品於載台的放置時，避免觸碰到樣品夾具，杜絕將灰塵及髒污隨樣品送入真空系統中而造成汙染。
2. 樣品的傳遞艙為整體電子顯微鏡較為脆弱的部份，因此在置入樣品的過程需盡量保持溫柔之動作並隨時注意真空度的變化。
3. 夾具放入傳遞艙之過程中，可以利用閘門開關的聲響來判斷是否可以進行抽真空之作業或取出樣品夾具。
4. 放置樣品之夾具在放入傳遞艙時，應避免碰撞而破壞真空度及元件。
5. 因 CCD 放置於電子顯微鏡之最下方，相對於操作者之腹部附近。因此在操作儀器時，應避免觸碰到 CCD 把手，而使 CCD 離線。

### 設備操作前之準備工作：

1. 操作本設備無須特殊執照

### 執行操作前應作好工作安全要求：

1. 進入實驗室前先用肥皂清潔雙手，杜絕病菌傳播
2. 為確保操作人員安全，減少意外的發生，於設備操作前應由使用部門確認完成各項安全防護準備工作
3. 滅火防火器具已備妥、通風換氣設備已備妥及檢查正常
4. 設備使用電線無破損、無使用不合格延長插座
5. 確認空調正常

### 操作作業執行中注意事項：

1. 須熟悉操作步驟避免因操作不當造成機台傷害

### 操作作業執行後注意事項：

1. 關閉電壓電流，擦拭設備外表
2. 清潔整理環境

## 六、 附件資料

原廠 manuals 與技術手冊、有用之教材資訊、相關鏈結、…等

### 參考資料來源:

[1] <https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=1599>

[2] Wikipedia

[3] D. B. Williams and C. B. Carter, Transmission Electron Microscopy,  
Springer 2009