

出國報告(出國類別：其他(開會))

國防專技(二)-鎢鉬絲極關鍵技術 出國報告

服務機關：國防部軍備局中山科學研究院

姓名職稱：聘用技正/康德人

派赴國家：日本

出國時間：102.11.05~102.11.09

報告日期：102.11.15

國防部軍備局中山科學研究院出國報告建議事項處理表

報告名稱	國防專技(二)-鎢鉬絲極關鍵技術出國報告		
出國單位	第五研究所	出國人員級職/姓名	聘用技正 / 康德人
公差地點	日本	出/返國日期	<u>102.11.05</u> / <u>102.11.09</u>
建議事項	<p>1. 此次參加日本真空展 2013 瞭解一些真空元件的設計概念及應用，對於相關技術有較全面性的認識，本計畫在鎢鉬絲極研發過程必須自我設計測試用真空腔體與結構，尤其是使用方式不同於一般真空設備，轉動定位件、直線運動控制件、封口等設計概念可以應用於目前設計裡，提高測試效率與精確性。</p> <p>2. 電子源及其裝置對於整個真空產業而言是一關鍵元件，與目前鎢鉬絲極研發技術類似，若能整合電磁控制的專業，對於軍民研發能量的推廣，不失是可行的方向。若能配合系統所需進行模組及機台開發價值將更高。</p>		
處理意見	<p>1. 針對相關真空元件的設計概念，已規劃納入未來研發設計議題裡，並整體考量評估其效能，應可以改善現有設計的缺失，提高效率。</p> <p>2. 電子源、電子槍、相關組件及系統開發是一未來可努力的方向，接著將進行更詳細的技術資料蒐集，評估現有能量與投入效益，若可行將朝軍民通用科技方向來推廣。</p>		

**國防部軍備局中山科學研究院
102年度出國報告審查表**

出國單位	第五研究所	出國人員 級職姓名	聘用技正 康德人
單 位	審 查 意 見		簽 章
一級單位	1. 康員參加 2013 年日本國際真空展，成果豐碩。本單位將參考其所獲得資訊，加速後續計畫研發進度及技術開發參用。 2. 詳細內容另請參考主官審查意見表。 3. 報告內容未涉及本院研發及商業機密。		
計 品 會			
保 防 安 全 處			
企 劃 處			
批		示	

國外公差人員出國報告主官（管）審查意見表

本次日本 2013 年國際真空展是由日本真空工業協會、日本真空協會主辦，由日本經濟、貿易和工業部、外交部、教育部教育、國立日本對外貿易組織、國家先進工業科學和技術研究所，國立新能源和工業技術開發組織贊助。今年主題為「應用真空技術，迎向未來」，展覽內容包括真空幫浦、真空量測儀器、真空元件及材料、真空冶金裝置、真空化學裝置、真空薄膜成型裝置、氣體分析裝置、表面分析裝置、測試裝置、表面觀察裝置、元件裝置、與其它應用、新的產品和技術發表會等。其中包含真空元件、真空應用系統等對於研發過程的設計有相當多地方值得參考。

本次康員參加 2013 年國際真空展內容涵蓋真空相關性的技術、產品、設備與應用，除了可以掌握國際目前真空技術發展現況外，從(1)提昇目前鎢鉬絲極性能測試的效能(2)應用鎢鉬絲極相關技術的元件開發(3)鎢鉬絲極相關技術的應用系統開發等三項主要目的來著手，在真空腔快速拆解設計、真空腔內定位控制、電子槍設計製作、應用系統的研製等，藉由參觀此次展覽瞭解國外真空技術專業大廠最新的發展及市場趨勢，有助整計劃研發及未來技術推廣應用，除可加速研發進度外，更可布局軍民通用科技的發展。

報 告 資 料 頁

1. 報告編號： CSIPW-102Z-D0006	2. 出國類別： 其他(開會)	3. 完成日期： 102 年 11 月 15 日	3. 總頁數： 40
5. 報告名稱：國防專技(二)-鎢鉬絲極關鍵技術出國報告			
6. 核准 文號	人令文號	102 年 10 月 15 日國人管理字第 1020017305 號	
	部令文號	102 年 10 月 08 日國備獲管字第 1020014525 號	
7. 經 費		新台幣：60,977 元	
8. 出(返)國日期		102.11.05 至 102.11.09	
9. 公 差 地 點		日本東京	
10. 公 差 機 構		日本真空工業協會、日本真空協會	
11. 附 記			

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：國防專技(二)-鎢鉬絲極關鍵技術出國報告

頁數 40 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

國防部軍備局中山科學研究院/康德人/03-4712201 轉 357100

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

龔建智/國防部軍備局中山科學研究院/第五研究所材料加工及測試組/聘用技正
/03-4712201 轉 357100

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他(開會)

出國期間：102.11.05~102.11.09 出國地區：日本

報告日期：102.11.15

分類號/目

關鍵詞：真空元件、磁流軸封、電子槍、電子束微影系統、電子顯微鏡、真空幫浦

內容摘要：

為執行國防專技(二)-「鎢鉬絲極關鍵技術」，赴日本參加「2013年日本國際真空展」及參訪真空系統廠商公司，瞭解真空系統製程與測試上的最新技術發展，提昇本院微波元件之組裝和測試能力，做為國防專技計畫或主計畫後續建案及技術發展目標訂定之參考。參觀的重點在於瞭解真空元件的發展現況及應用系統，其目的有(1)提昇目前鎢鉬絲極性能測試的效能(2)應用鎢鉬絲極相關技術的元件開發(3)鎢鉬絲極相關技術的應用系統開發，所以整個參觀重點以達成此三項目的為目標，內容著重於真空腔快速拆解設計、真空腔內定位控制、電子槍設計製作、應用系統的研製等，藉由參觀此次展覽瞭解國外真空技術專業大廠最新的發展及市場趨勢，有助整計劃研發及未來技術推廣應用，除可加速研發進度外，更可布局軍民通用科技的發展。

目 次

壹、目的.....	(9)
貳、過程.....	(9)
參、心得.....	(13)
肆、建議事項.....	(40)

國防專技(二)-鎢鉍絲極關鍵技術出國報告

壹、目的

為執行國防專技(二)-「鎢鉍絲極關鍵技術」，赴日本參加「2013年日本國際真空展」及參訪真空系統廠商公司，瞭解真空系統製程與測試上的最新技術發展，提昇本院微波元件之組裝和測試能力，做為國防專技計畫或主計畫後續建案及技術發展目標訂定之參考。

貳、過程

本次的行程如表[1]所示。

表[1]每日工作計畫表

國防部軍備局中山科學研究院出國人員工作計畫表						
日期	星期	行程		公差地點	工作項目	備考
		出發	抵達			
102.11.05	二	台北	東京		去程。	夜宿東京
102.11.06	三			日本本州東京	了解真空濺鍍、熱處理、焊接等新的製程設備和技術，並評估相關技術於鎢鉍絲極開發製程之應用。	夜宿東京
102.11.07	四			日本本州東京	了解真空套件的最新設計和發展，以評估改良陰極的測試系統，提升測試的準確性和效率。	夜宿東京
102.11.08	五			日本本州東京	了解新的真空相關技術及其於產業上的應用，提供未來研發方向的制定，擴展鎢鉍絲極相關技術的應用領域。	夜宿東京

102.11.09	六	東京	台北		回程。	
-----------	---	----	----	--	-----	--

本次國際真空展是由日本真空工業協會、日本真空協會主辦，由日本經濟、貿易和工業部、外交部、教育部教育、國立日本對外貿易組織、國家先進工業科學和技術研究所，國立新能源和工業技術開發組織贊助。此次日本真空展 2013 展出地點在東京的國際展覽場 BIG SIGHT 東 A6 區展出，共展出三天(11/6 ~ 11/8)。整個東區共有 6 個展區，同時展出的還有先端材料展、機器人展等，其中先端材料與真空展屬同一區塊展出，據目前主辦單位的統計三天的參觀人數總共 9935。今年主題為「應用真空技術，迎向未來」，展覽內容包括真空幫浦、真空量測儀器、真空元件及材料、真空冶金裝置、真空化學裝置、真空薄膜成型裝置、氣體分析裝置、表面分析裝置、測試裝置、表面觀察裝置、元件裝置、與其它應用、新的產品和技術發表會等。

本次 2013 年國際真空展，如圖[1~4]，在該展場的展示區同時也舉辦國際機器人展、國際元件供給展、先端材料技術展。本次展覽內容涵蓋範圍相當廣，除了基本真空系統相關的零組件外，也有應用系統的展出，從材料端、元件、組件、附屬配件、以至應用機台；產業領域不僅由涉及半導體相關的平面顯示器、太陽能電池、發光二極體等，更也包括整合於所有工業領域及日常生活的廣泛性基礎技術，諸如食品、藥物、分析裝置、與目前被大眾關心的新能源及環境領域。展覽場中除了廠商展區外，還有一些廠商演講與海報，其中對於真空設備市場分布有分析報告，顯示主要市場在半導體產業，佔大約 40%左右。

對於此次展覽，參觀的重點在於瞭解真空元件的發展現況及應用系統，其目的有(1)提昇目前鎢鉬絲極性能測試的效能(2)應用鎢鉬絲極相關技術的元件開發(3)鎢鉬絲極相關技術的應用系統開發，所以整個參觀重點以達成此三項目的為目標，內容著重於真空腔快速拆解設計、真空腔內定位控制、電子槍設計製作、應用系統的研製等，藉由參觀此次展覽瞭解國外真空技術專業大廠最新的發展及市場趨勢，有助整計劃研發及未來技術推廣應用，除可加速研發進度外，更可布局軍民通用科技的發展。



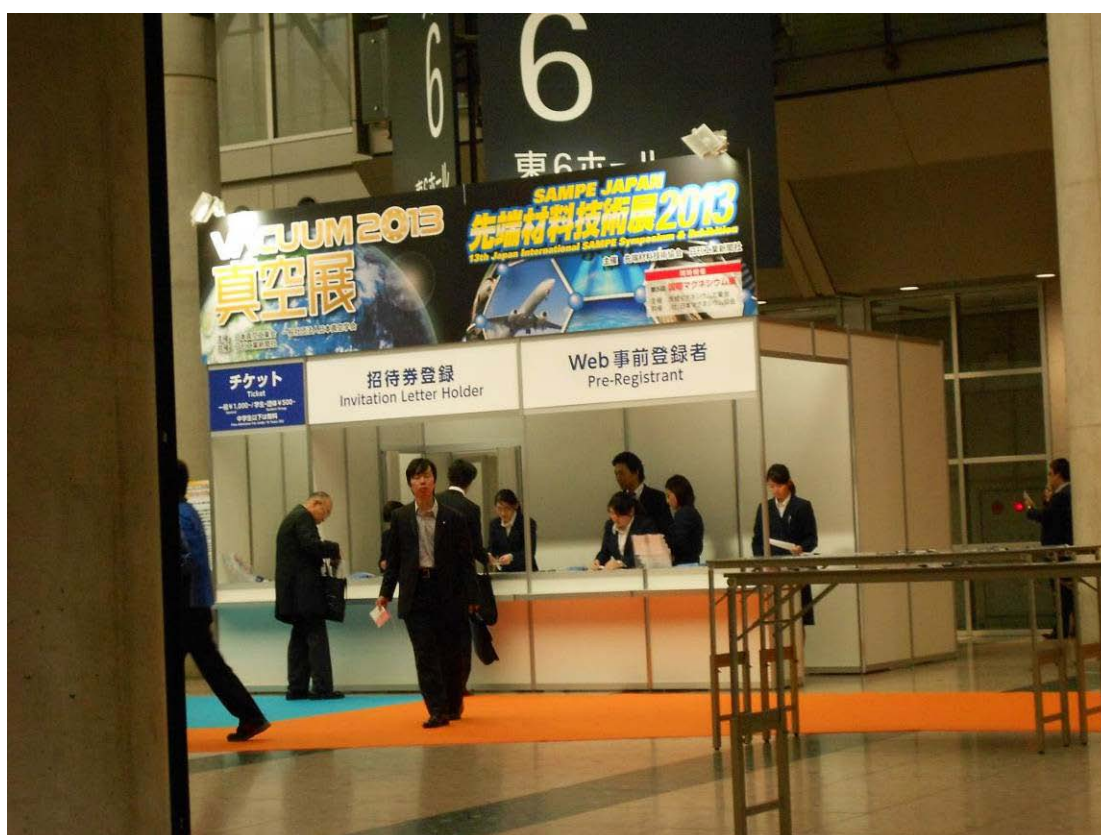
圖[1] 日本東京國際展示中心與展示會



圖[2] 日本東京國際展示中心內部位置圖



圖[3] 日本真空展開幕儀式



圖[4] 日本真空展參觀者登記處

參、心得

3.1. 真空科技相關資訊技術與產業

針對真空展中相關真空技術及設備發展現況，涵蓋範圍相當多，如表[2]所示。

表[2]

真空幫浦 低中真空幫浦 高真空幫浦 超高真空幫浦	真空量測儀器 Pirani 計 離子真空計 超高真空計 薄膜量測裝置 控制設備	真空元件及材料 真空閥門 真空開關 真空幫浦 油封、薄膜成型材料	真空冶金裝置 真空熔煉相關設備 熱處理相關設備 真空銲接裝置 真空成型相關設備	真空化學裝置 真空乾燥、冷凍乾燥、凝結 真空冷卻 真空聚合相關設備
真空薄膜成型裝置 蒸鍍 濺鍍 乾蝕刻 離子沉積 CVD	氣體分析裝置 磁場質譜儀 氣體微量分析儀 電子衝擊釋放質譜儀	表面分析裝置 電子偵測 Auger 電子光譜儀 X 光偵測 X 光繞射 電子探針分析儀		
測試裝置 自動濕度偵測 真空應張力測試器	表面觀察設備 掃描隧道顯微鏡 掃描電子顯微鏡 穿透電子顯微鏡	其它真空應用裝置 液晶注入 真空封裝 真空充填 電漿清潔	服務 維護 維修 舊品回收與銷售	元件裝置 各種電源供應器 油壓裝置 時序控制器 機構件

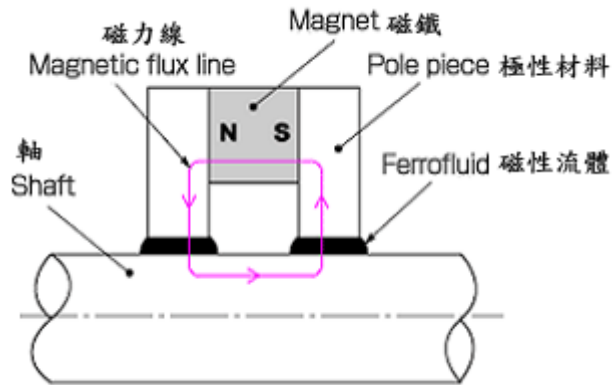
下文將針對一些代表性的公司，對其產品作較詳細的敘述：

3.1.1. Rigaku 公司

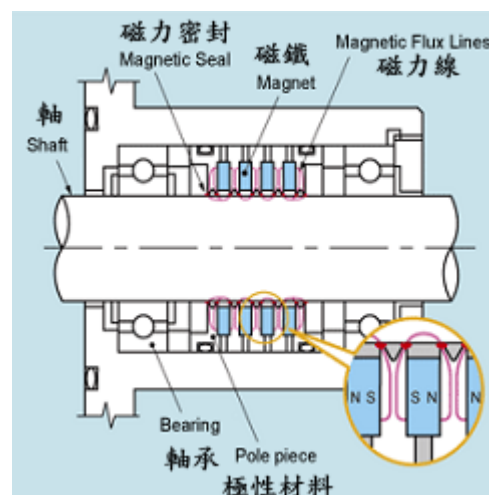
這家公司是一家製作磁流軸承及其應用的專業公司，對於高真空腔體內的物件進行移動、轉動控制，由於必須兼具保持高真空與定位控制，需要特殊的設計才能辦到。

該公司的主要關鍵技術在於轉動定位控制(rotary feedthrough)，它是一種適用轉動件的密封裝置，它是利用磁鐵控制固定磁性流體來達到密封效果。其原理是透過磁鐵所產生的磁力線導引磁性流體流動，所以磁性流體被固定在轉動軸與極性塊材之間，如附圖[5]所示。磁性流體被磁力作用維持在間隙裡，作用譬如 O 型環防止液體由

於壓差而流出。至於磁性流體維持的強度決定於磁鐵強度，磁力愈強則磁性流體所能承受的壓差就愈大。藉著多層極性塊材的配置，可以建構更強的 Rotary Feedthrough 承受更大的壓差，如圖[6]。

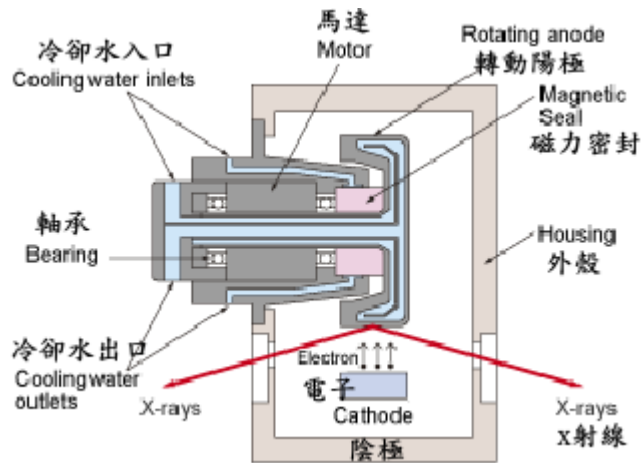


圖[5] Rotary Feedthrough 基本結構



圖[6]多層極性塊材配置

此次參展公司 Rigaku 在此方面具有蠻完整的技術，從 1978 年該公司為研發用在具可轉動陽極的 X 光產生器的轉軸密封裝置開始，它所製作的 rotary feedthrough 可以在高轉速與高真空等嚴苛環境下使用。整個 X 光管結構如圖[7]所示。



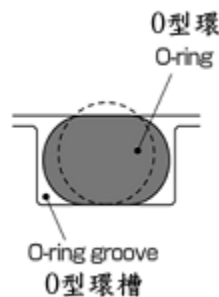
圖[7]具可轉動陽極的 X 光管結構

Rotary Feedthrough利用液體來產生密封現象，沒有固體與固體接觸的情況，其優點在於①乾淨-由於密封材料為液體，在轉動軸與極性塊材間沒有固體接觸，可以避免因摩擦所產生的粉末。②高真空性能-由於使用低蒸氣壓的磁性流體，即使在真空度低於 10^{-6} Pa的超高真空環境下也能使用。③使用壽命長-因為在轉動軸與極性塊材間沒有固體接觸，沒有產生磨耗，所以長時間使用不需要維護。④其他-因為使用液體，扭力損失很小，可以高速轉動。唯一缺點是它僅適用於只有轉動的工件，有直線位移者不適用。

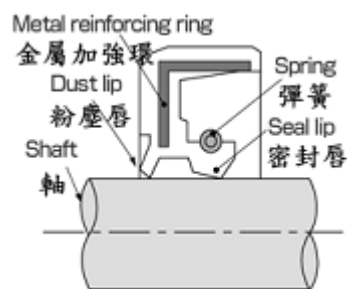
密封方式大致可區分為圖[12]所示。對於廣泛使用在真空環境下的動態密封(包括轉動或往復式元件等的密封)，不外乎五種分別是:Rotary Feedthrough、油封(Wilson密封)、O型環、連接管密封與磁耦合密封。其特性與優劣，分述如下(參閱表[3])。

● **O型環**(結構如圖[8])

原理:橡膠材質所製成,藉由適當的壓力使橡膠壓縮,所產生的恢復力來形成密封效果。優點-接觸體積很小,所以僅需很小的空間,另外結構簡單適用於大部分的真空裝置。缺點-橡膠與轉動軸間的接觸壓力形成密封現象,此壓力造成相當大的轉動阻力,所以使用壽命較短。



圖[8]O型環基本結構



圖[9]油封基本結構

● **油封** (Wilson seals, 結構如圖[9])

原理:油封由橡膠阻塊、金屬加強環與彈簧所組成,彈簧將阻塊端邊壓向轉動軸形成密封。

優點-結構簡單,容易操作,也適用大部分情形,即使是轉動軸高度偏心及高轉速的狀態

況，都能使用。

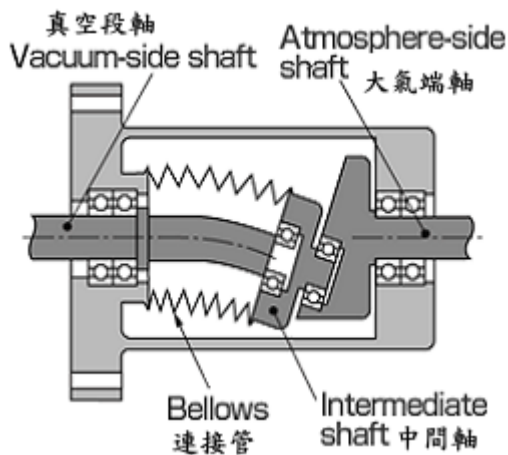
缺點-密封槽中充滿油，可能溢漏污染週遭環境。同樣地，橡膠與轉動軸間的接觸壓力形成密封現象，此壓力造成阻力形成磨損，所以使用壽命較短。

- **連接管密封** (Bellows seal, 結構如圖[10])

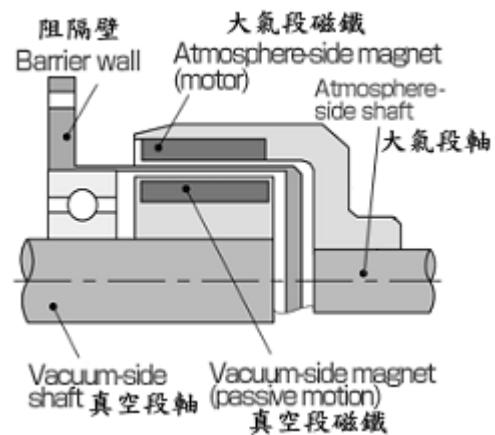
原理:bellows 密封採用彈性原理將來自大氣端的轉動力矩傳送至真空端。

優點-大氣與真空端彼此藉由銲接的連接管來分隔，並未使用橡膠，所以在高溫下烘烤，適用於超高真空裝置。

缺點-連接管與銲接段承受重複膨脹、收縮及扭曲，疲勞可能造成破壞，縮短使用壽命，另外真空端必須配置軸承。



圖[10] 連接管密封基本結構



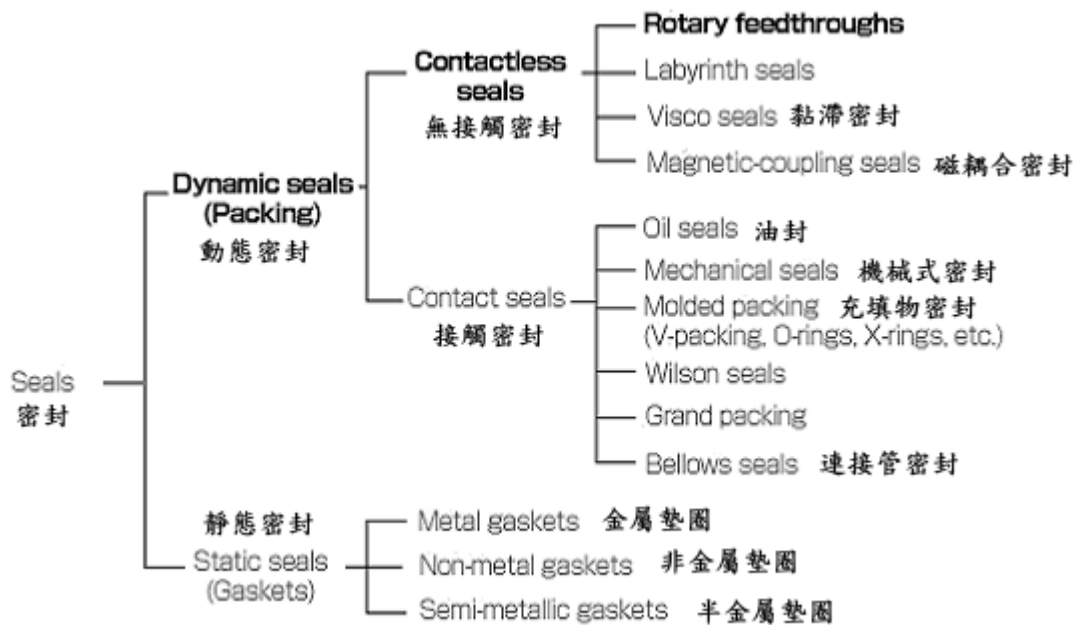
圖[11]磁耦合密封基本結構

- **磁耦合密封** (結構如圖[11])

原理:大氣與真空端藉由一薄阻隔層為分隔，在大氣端的磁鐵透過磁力來轉動位在真空端的轉動軸。

優點-大氣與真空端藉由一非磁性的薄阻隔層為分隔，由於未使用橡膠，所以在高溫下烘烤，適用於超高真空裝置。

缺點-由於使用磁力來傳動，假如負載太大會造成停頓，另外真空端必須安裝軸承。

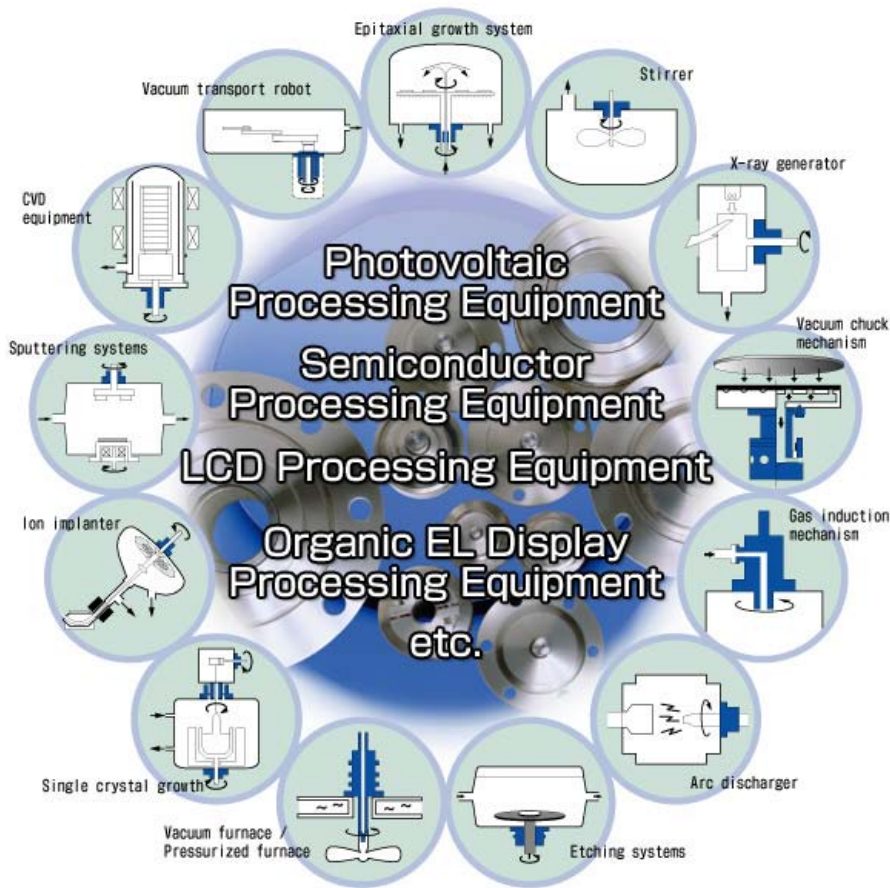


圖[12]密封方式分類

表[3] 各種動態密封方式比較

	Rotary feedthrough	油封 (Wilson)	O型環密封	連接管密封	磁耦合
真空環境	超高真空	高真空	高真空	超高真空	超高真空
轉動速度	高	低	低	低	低
傳動力矩	高	高	高	低	低; 傳動遺漏
產生粉塵	相當小	大	大	小	小
使用壽命	長	短	短	短	短

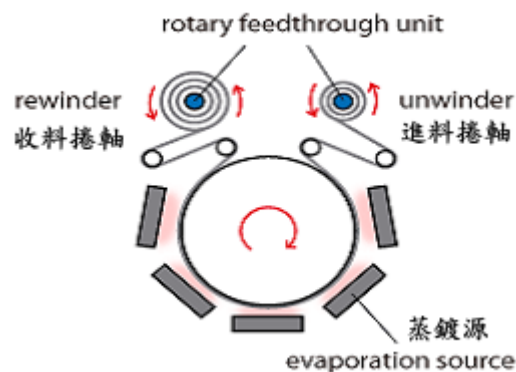
根據上述分析，可見 Rotary Feedthrough 在超高真空環境下，對於轉動控制需求的系統具有最佳的性能。它在真空系統上的應用相當廣泛，如圖[13]所示。下文針對一些組內未來可能應用的設計加以說明；



圖[13] rotary feedthrough 應用系統

● 捲對捲處理裝置

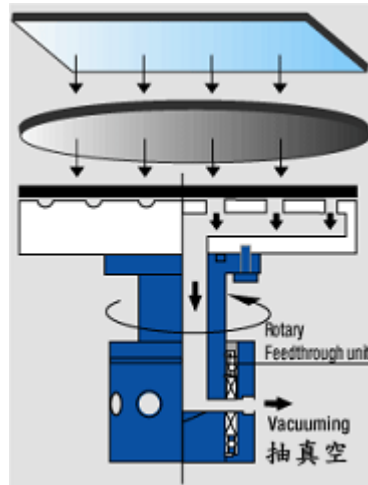
爲了製造諸如顯示器、照明與太陽能電池等所需的可撓性裝置，捲對捲製程是用來藉由 CVD 或濺鍍等方式在一捲可撓塑膠材質上披覆一層薄膜；對於可撓性顯示器、照明與太陽能電池的量產，它是一項重要技術。整個系統的簡易架構如圖[14]所示；圖中採用 Rotary feedthrough 裝置來設計捲料機構，不會像接觸式密封如 O 型環、機械式密封等有磨耗問題，也不會污染需處理材料表面，而且有較長的使用壽命。Rotary feedthrough 可以減少生產成本及改善產能。



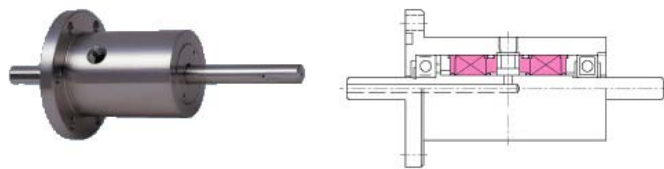
圖[14] 捲對捲裝置基本架構

- **真空吸附裝置**

在半導體相關產業裡，生產製程過程中常有必須將晶圓片固定，譬如傳輸過程可靠地固定不會產生破損、或液晶面板玻璃基材在使用離心披覆的高速轉動過程的固定等，常常使用真空吸附裝置。由於 Rotary feedthrough 裝置的設計可以加入真空抽氣通道，減少不必要的空間，並且提供穩定的轉動，因此愈來愈多這方面的需求；整個真空吸附的基本架構如圖[15,16]所示。



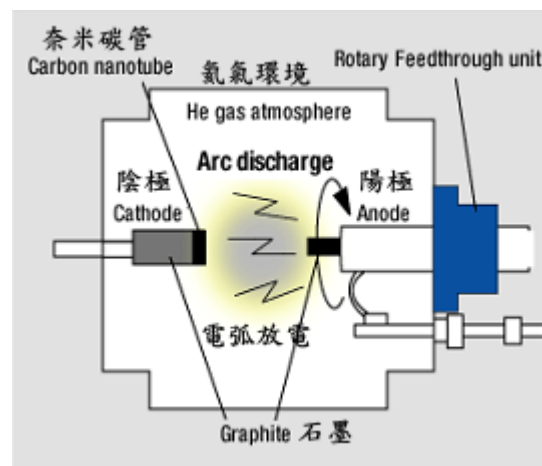
圖[15] 真空吸附裝置基本架構



圖[16]真空吸附裝置內 rotary feedthrough

- **電弧放電裝置**

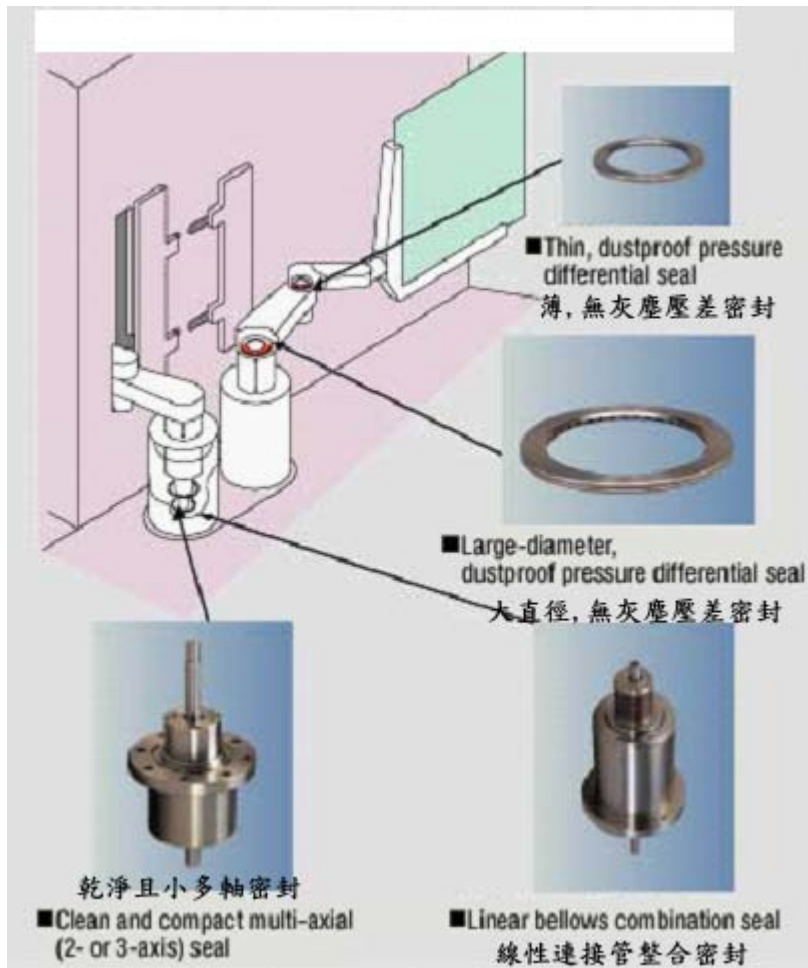
這是應用在奈米碳管的例子，製作奈米碳管的製程中會採用電弧放電裝置，此一裝置結構大致如圖[17]所示。



圖[17]電弧放電裝置基本架構

- **真空傳輸機械手臂**

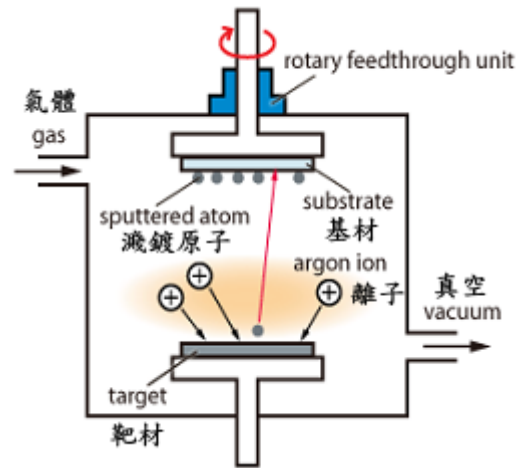
此項應用的目的在提供高精密手臂的密封裝置，對於大尺寸 FPD 基材與半導體晶圓的製程裡，常需要在真空系統內作精確的定位，爲了滿足密封間所產生的壓差，Rigaku 公司依客戶需求設計出高精密密封裝置，基本結構如圖[18]所示。



圖[18]真空傳輸機械手臂基本架構

- **濺鍍系統**

Rotary feedthrough 已經很多被應用在濺鍍系統，此系統用來在製造太陽能電池、觸控螢幕與 FPD 等時形成所需要的透明導電層及抗反射層。它們可以使用不同型態的裝置諸如離子束濺鍍、磁控濺鍍、ECR 濺鍍與反應式濺鍍。Rigaku 公司所製作的 rotary feedthrough 具有較低的磁通量溢漏現象。整個濺鍍系統的基本架構，如圖[19]所示。



圖[19] 濺鍍系統基本架構

這項技術對於目前錫銀絲極研發過程所需製程與測試機台設計，可以提供較佳的设计。

3.1.2. JEOL 公司

這家公司主要以生產製造高階研發用的科學儀器設備，銷售對象涵蓋全世界學術或工業實驗室內工作的研究人員與工程師。該公司產品提供給這些實驗室各項應用研究所需的設備，主要集中在高解析度的影像與分析能力。

公司的科技分析儀器主要有 TEM (Transmission Electron Microscopes)、SEM(Scanning Electron Microscopes)、樣品前處理設備、EPMA(Electron Probe Microanalyzer)、Auger(Auger Microprobe)、光譜分析儀(ESCA)、WS(Defect Review SEM)、SEM-FIB(MultiBeam)、X 射線螢光分析儀 (XRF)、核磁共振(Nuclear Magnetic Resonance)、Electron Spin Resonance、質譜儀(Mass Spectrometers)等。至於工業用設備方面有電子束微影系統、薄膜產生系統(DEPO)、高純度金屬熔解系統(EB)等；醫療設備則有醫療化學分析儀(CA)。整個公司的產品主要是以電子束控制系統為核心關鍵技術,配合硬軟體的製作技術來開發出不同應用的產品。

接著下文將針對一些產品及技術作較詳細的說明:

(1) 電子顯微鏡(Electron Microscopes)

電子顯微鏡的原理在於使用電子束來觀察小至數奈米的結構，由於電子束的波長較光短，因此可以看到細微結構。電子顯微鏡廣泛地應用在不同領域諸如醫藥、生物、金屬、半導體與陶瓷等，在研發及品質控制上不可或缺的工具。

常見的電子顯微鏡型態有掃描式電子顯微鏡(SEM,Scanning Electron Microscope)與穿透式電子顯微鏡(TEM,Transmission Electron Microscope)兩種，如圖[20,21]所示。

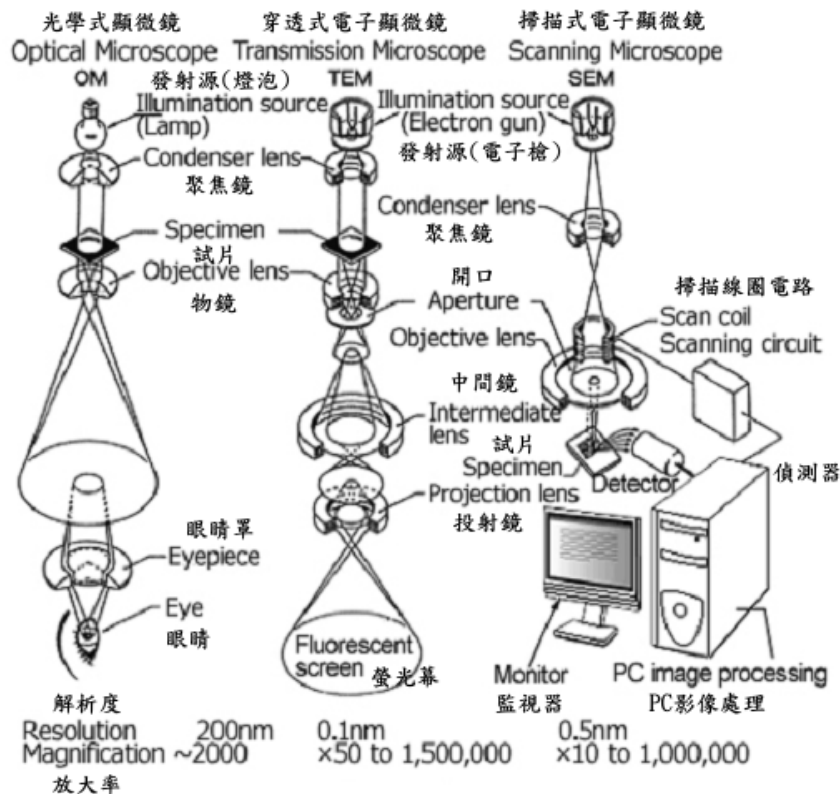


圖[20]掃描式電子顯微鏡



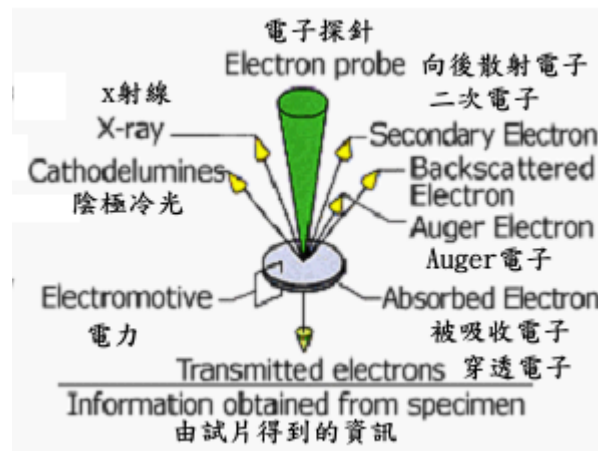
圖[21]穿透式電子顯微鏡

至於其結構與光學顯微鏡的差異性，如圖[22]所示。掃描式電子顯微鏡(俗稱 SEM)可以清楚地看到微小表面，這是光學顯微鏡(俗稱 OM)無法看到的，而且它可以提供較深的聚焦深度，所以可以看到試片的 3 維影像，如同眼睛所看一樣。穿透式電子顯微鏡(俗稱 TEM)基本上與掃描式電子顯微鏡一樣，但是解析度更高；TEM 的解析度為 0.1 至 0.3nm，而 SEM 是 0.5 至 4nm。SEM 的解析度低於 TEM 的原因在於電子波長較長，因為它所使用的加速電壓較低，為數 kV 至數十 kV，以及所使用的電磁鏡組不同所致。TEM 的影像資料來自於電子穿透處理過的薄試片，然後放大投射在螢光幕，不同的是 SEM 的影像來自試片表面反射來的電子所形成的。



圖[22]電子顯微鏡基本結構

電子顯微鏡成像資料來源，來自蒐集電子束打擊至試片後反應，其分別可以獲得如下資料:(圖[23],表[4])



圖[23] 電子束撞擊試片後反應

表[4] 電子顯微鏡各項量測功能

二次電子量測	用來觀察試片表面形狀。
向後反射電子量測	用來觀察試片的組成差異。若是多晶格試片，可以觀察到相對的晶格方向。
吸收電子量測	吸收電子的觀測主要用來觀察試片的組成差異，其相對值就是向後反射電子量。
穿透電子量測	穿透薄試片的電子量測，用來觀察組成與密度的差異性。
陰極冷光量測與光譜分析	此光來自電子束撞擊後產生，其光譜由波長分析而得。主要用途在於半導體不純物與缺陷的評估、應力分布評估、氧化膜的缺陷結構分布評估等。
元素分析	這項功能是利用 X 射線整合半導體偵測器與多頻道分析儀所產生的能量頻譜分析來達成。
WDS 元素分析	這項功能是利用 X 射線由結晶體散射產生波長光譜分析而得，它具有高能量解析度與高偵測靈敏度。
EBIC 量測	電力是由電子束撞擊試片時內部產生的，可用來作半導體裝置的缺陷分析。

電子束曝露量測	可以利用電子束進行光阻微影。
冷凍量測	對於含水試片所進行的冷凍觀察，主要用來在凝固與乾燥製程中避免變形。
加熱量測	若可以對試片加熱，才能進行此項觀測。主要目的在於瞭解加熱後對試片的改變，如不純物的膨脹等。

(2) X 射線螢光分析儀 (XRF)(圖[25])

① 可在任意地方進行元素分析

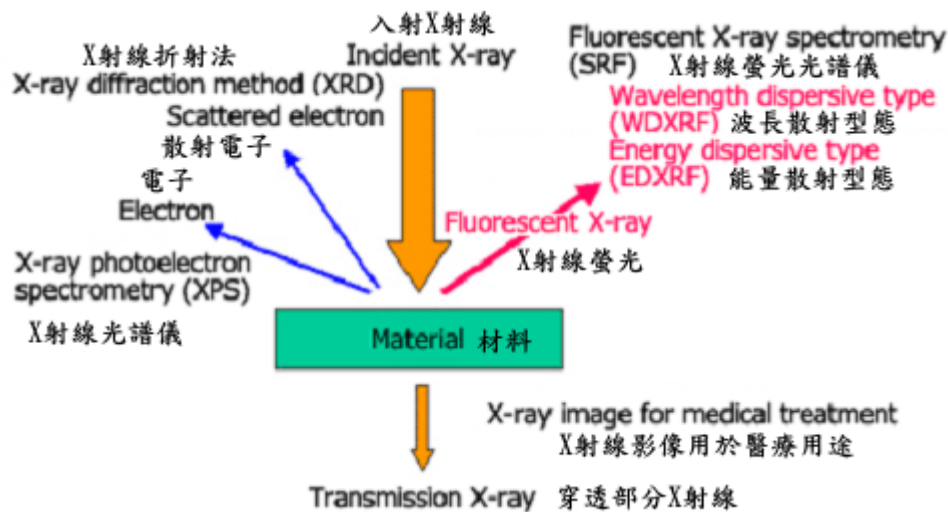
此一儀器的設計目的要使任何人可以執行元素分析，這裡所謂廣泛應用的原意來自於它的多樣化，提供不同型態樣品的分析，包括固體、粉末、液體、薄膜等，而且只要簡單的前處理，不需要標準樣品就可以進行量化的分析。



圖[25] X 射線螢光分析儀(左:桌上型、右:手持式)

② 材料與X射線螢光分析儀之間的交互作用

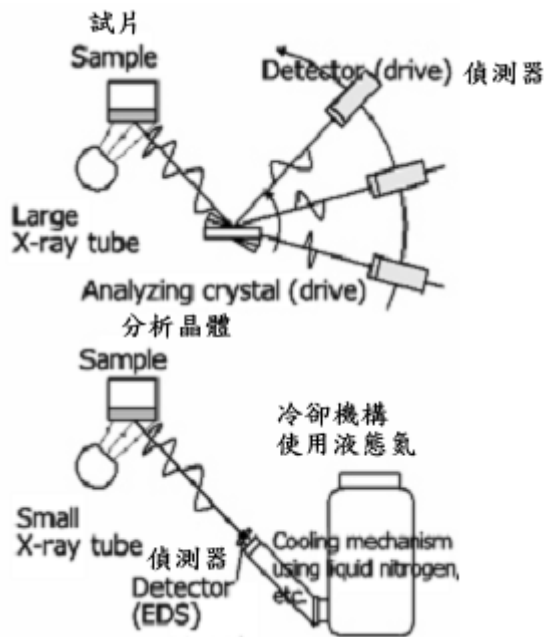
X 射線是電磁波的一種，如同光一樣。可見光的波長在 400 至 800nm 之間，X 光的波長則較短落在 0.001 至 10nm，具有較高的能量，因此有較強的穿透能力。圖[26]顯示出 x 射線與材料間的交互作用，以及利用這些交互作用的各種分析，交互作用提供可以獲取學習材料狀態的重要線索。



圖[26]材料與 X 射線螢光分析儀之間的交互作用

③ X射線螢光分析儀

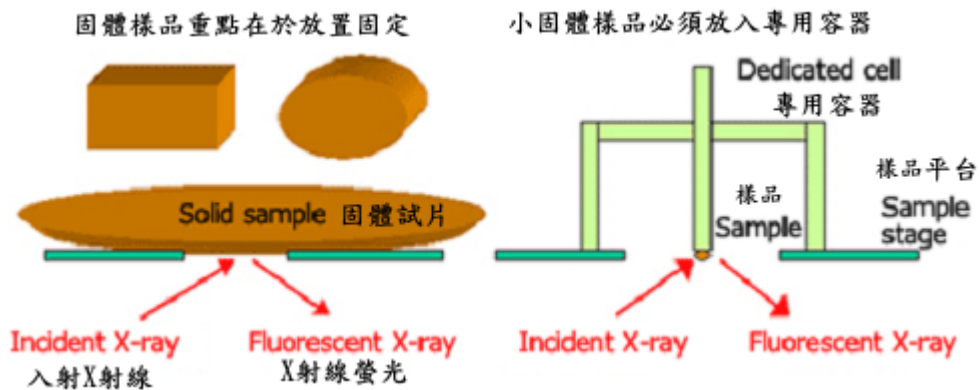
當 X 射線打在材料上，對於組成此材料的元素會產生特定能量(或波長)的螢光。當我們量取螢光能量(定性分析)，就可以識別該元素，由螢光的強度(定量分析)也可以計算出它的含量，此儀器可以對於螢光進行定性與定量分析。有兩種不同型態的 X 射線螢光分析儀；波長散射型態(WDXRF) - 採用分析結晶體，以及能量散射型態(EDXRF)-採用半導體偵測器(EDS)。兩者之間的比較在於，波長散射型態具有高靈敏度、高準確性、高解析度、與高重現性，靈敏度與準確性約比能量散射型態高出一尺度，波長散射型態必須具有高能量的 X 射線管（3 至 4kW）以及冷卻裝置、測角器（用來作複雜的移動）、交換機構（用來分析結晶）、偵測器等。所以波長散射型態有較大的體積，較複雜的結構與高價位。待測樣品表面必須是平面，有效可供分析的區域需有數 mm 至 30mm。至於能量散射型態的特徵在於簡單、低價位，適用於各種不同的樣品與使用方便。它的 X 射線管僅需數十 W 功率且氣冷式，由於它採用半導體偵測器來執行分析，不需要複雜的光譜分析部分。待測樣品的粗糙或形狀都不需要在乎，大試片或微小試片都可以。(參閱圖[27])



圖[27] 波長散射型態(WDXRF)與能量散射型態(EDXRF) (WDXRF)的比較

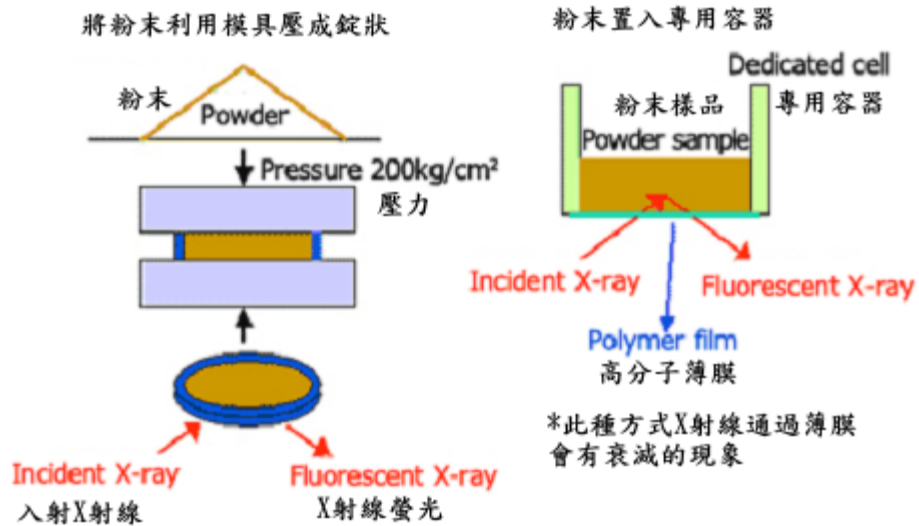
④ 能量散射型態樣品試片的取樣方式介紹

固體 - 只要將樣品放置在 X 射線可以照射的地方即可，若是小樣品的話，可以放入專用容器方便放置；圖[28]為固體樣品放置方式示意圖。



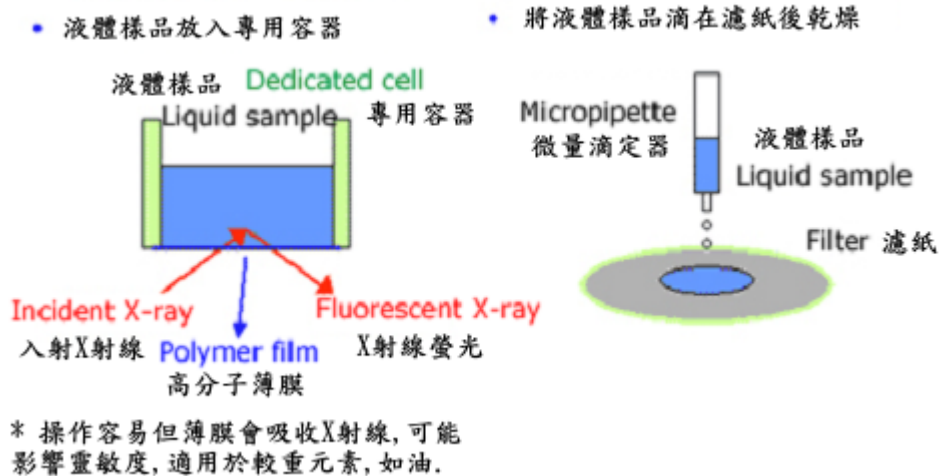
圖[28]

粉末-先將它利用壓縮裝置壓縮成錠狀，然後置入一專用容器進行測試。圖[29]為粉末樣品放置方式示意圖。



圖[29]

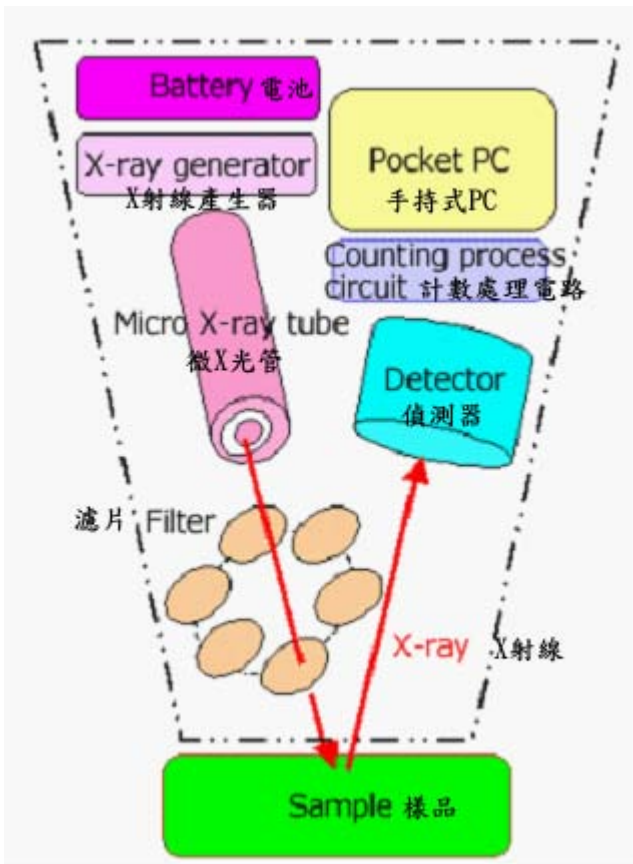
液體-使用專用容器，或則可以將液體滴入濾紙、乾燥後分析。圖[30]為液體樣品放置方式示意圖。



圖[30]

⑤ 手持式X射線螢光分析儀

手持式 X 射線螢光分析儀是一個較小且輕便、能量散射型態的分析儀。重量僅 1.5 公斤，包括一微 X 射線管、半導體偵測器、口袋型 PC 與電池，使用單手就可以操作。現場分析的狀況可以輕易達成，已經廣泛被使用在環境監測、材料分析、合金回收、開採產業等方面；其功能方塊圖如圖[31]所示。



圖[31]手持式 X 射線螢光分析儀

(3) 電子束微影系統(EB, Electron Beam lithography)(參閱圖[32])

① 超LSI世代的先驅者

半導體電子電路(被稱為大型積體電路,簡稱 LSI)已與日常生活所使用的電子裝置相結合,諸如行動電話、個人電腦、遊戲裝置、數位相機、音響裝置、電視等。最新的大型積體電路,在單一裝置內擁有超過一百萬顆的電晶體,電子束微影系統(簡稱 EB 微影系統)對於這些半導體元件的生產、研究與發展,扮演相當重要的角色。

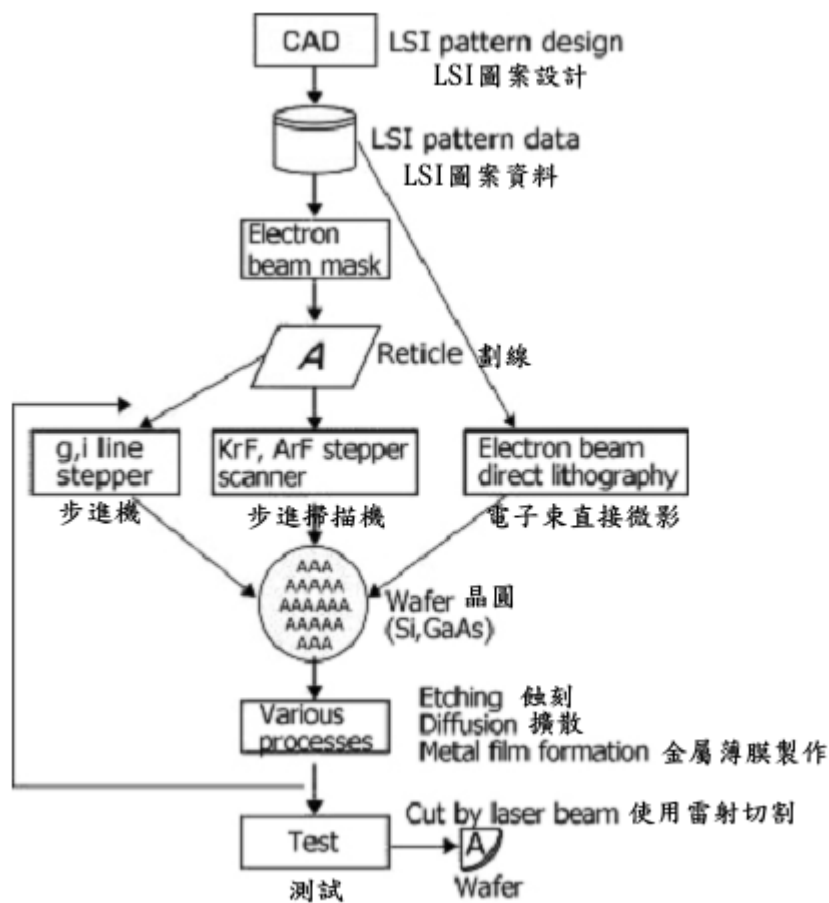


圖[32]電子束微影系統

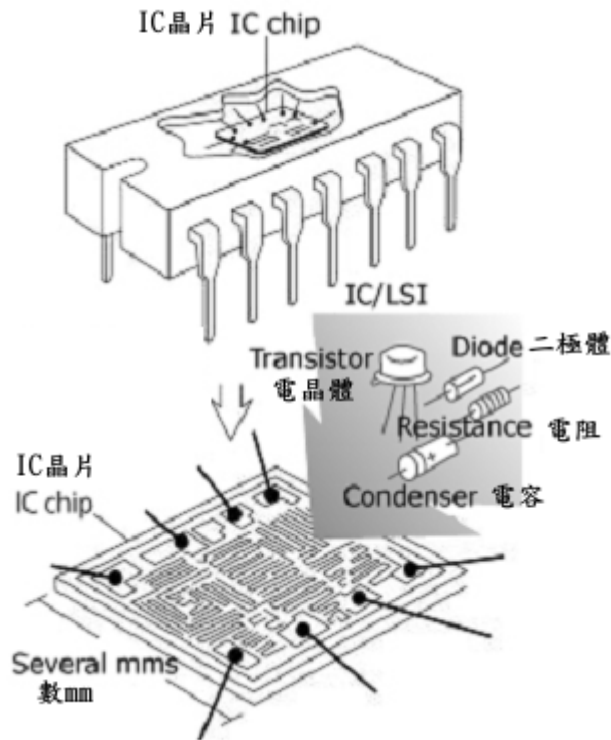
② LSI-電子業的魔術棒

在 1945 年發展出全世界第一部電腦” ENIAC” ，它使用 18000 個真空管，若將它們放置在地板上可以涵蓋 160 平方公尺以上的面積，重達 30 公噸。現在由於 LSI 的出現，千萬倍” ENIAC” 效能的電腦如今可以小至輕易地隨身攜帶。LSI 含在一大約 1 至 2 平方公分面積的塑膠平板裡，通常稱之為晶片；對於特定的晶片裡，它具有非常精細刻劃的電路圖案，這是利用電子束微影系統所刻劃出來的。

③ LSI製作方法 (參閱圖[33,34])



圖[33] LSI 製作流程



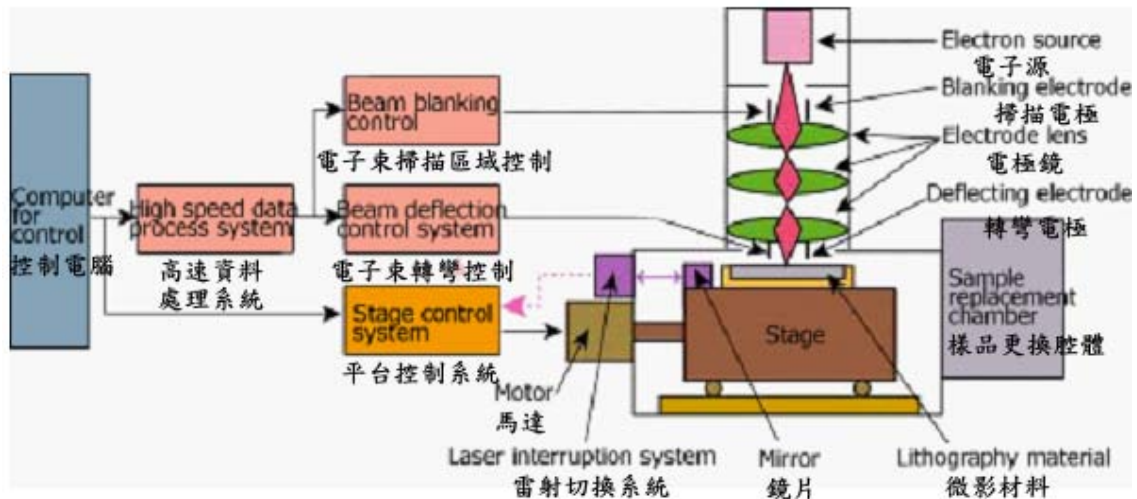
圖[34] LSI 製作流程

LSI 圖案是根據晶片的目的是來設計，這圖案被轉換至光罩(如同拍照中所使用的負片)。光罩製作是在一片具有鉻薄膜的石英基材(通常大小為 152mmX152mm)上塗附一層光阻材料，然後曝露在 EB 下於光阻層上刻劃出圖案，它會在後續的顯影過程中出現。蝕刻的製程中，光阻層形成一保護層來產生鉻的光遮蔽層。目前大部分光罩的大小約在 LSI 晶片上圖案的 4 或 5 倍。

光罩上的圖案透過光學描繪裝置(步進機與掃描機)傳送至晶圓，最新的 LSI 諸如 DRAM(記憶體單元)與 MPU(處理器單元)等，都有很細小的圖案，在晶圓上只有 45nm 的線寬；爲了要繪製 45nm 線，必須在 152mmx152mm 的光罩材料上以線寬 $0.2 \mu\text{m}$ (50nm 的 4 倍)來繪製圖案，尺寸與位置精度不能超過 2 至 5nm。在完成圖案繪製後，再使用光阻爲保護膜進行蝕刻、擴散處理、金屬膜製作等來製作所要電路。

由圖案描繪到蝕刻的製程會重複數次，以便形成多層結構組成 LSI 晶片；然後 LSI 晶片由雷射將晶圓切割成單一晶片，再進行封裝。另外，某些使用在手機上的高頻放大半導體元件，以及用來控制光通信的光源半導體元件，都需要 $0.1 \mu\text{m}$ 或更小的線寬，所以只有使用 EB 微影系統可以直接在晶圓上繪製圖案。

④ EB微影系統的架構



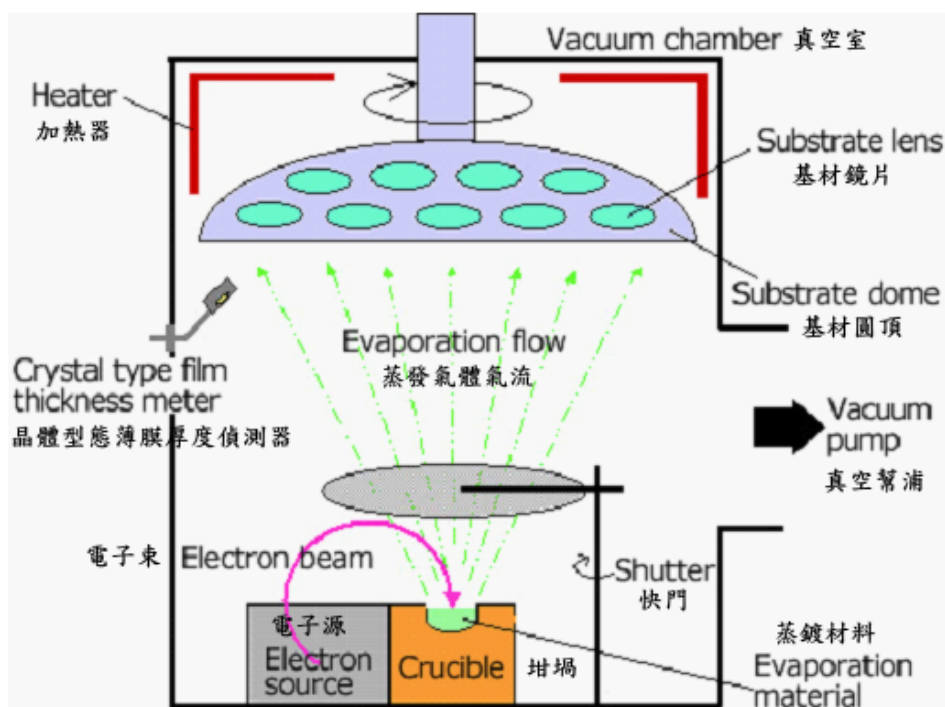
圖[35] EB 微影系統的架構

圖[35]為典型電子束的架構，電子束由電子源發射出來，然後藉著電子透鏡來聚焦，將電子束打擊在材料上形成一極小的點。被用來控制微影系統的顯影資料，首先儲存在電腦的硬碟裡，然後資料再由硬碟經由高速資料處理系統傳送到主控制系統與電子束轉彎控制系統，電子束透過控制電路的開關切換來描繪出微影形態，轉彎至所要到達的位置。整個顯影圖案就是整合電子束及平台的移動來達成。爲了要精準地控制平台的運動，採用雷射干涉量測系統。這種型態的電子束裝置，被使用在下一代半導體元件的研發上、以及高頻、光電半導體裝置的生產。爲了要產生劃線的功能，此裝置必須採用可以改變不同型態的電子束，藉著電子束由點模式轉換成面模式(長方形)，這個設備在高速微影產生一大突破。這個方法是將顯影圖案切割成一些長方形，然後利用一可改變大小的長方形電子束，在材料上進行蓋印般的複製微影的動作。此裝置可以用在生產線上作為劃線微影的主要設備。

(4) 電子束蒸鍍(Electron Beam Deposition)

用途- 電子束蒸鍍是一種使用來自真空腔的電子源的電子加熱要蒸鍍的材料，將它加熱與蒸發，在基材或玻璃上形成一薄膜。這種用於真空腔內轉彎型態的電子源，廣泛地用於相當多領域。

電子束蒸鍍結構- 整個電子束蒸鍍系統結構大致如圖[36]所示。



圖[36]電子束蒸鍍系統結構圖

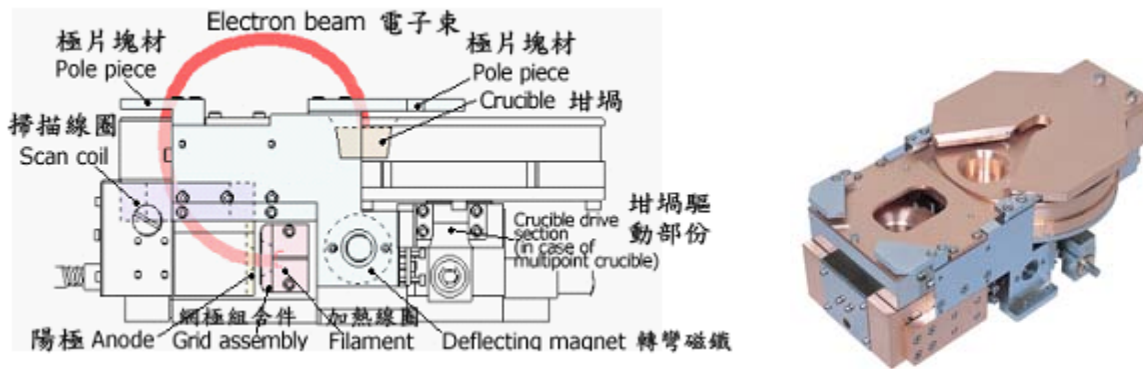
其特性在於

- ① 加熱線圈的熱能提供電子動能的來源，蒸鍍材料可以有效率且直接地加熱。
- ② 電子束的電子密度相當大，可以溶解各種材料包括高熔點金屬及氧化物。
- ③ 使用電場與磁場可以精準地控制電子束，電子束可以快速地在特定面積上作掃描，也可以依照材料調整最佳的電子密度。
- ④ 電子束可以作 270°或 180°的轉彎。
- ⑤ 可以使用在高真空(10^{-3} Pa to 10^{-5} Pa)或超高真空的環境。
- ⑥ 透過數個坩堝與蒸鍍材料，可以在單一製程裡執行多層膜的披覆。

與其它鍍膜裝置的比較，差異性如下：

- ① 與濺鍍及CVD方法比較，它具有高鍍膜速率，所鍍膜厚很輕易地就可以厚達 1 微米以上。
- ② 可以用來蒸鍍電阻或電感加熱法無法蒸發的高熔點材料及金屬氧化物。
- ③ 由於電子束可以立即加溫或改變能量，所以可以精準地控制膜厚，這在電阻或電感加熱法是很難辦到的。
- ④ 藉由電子束可以直接加熱水冷式銅坩堝內的材料，所以可以避免來自坩堝材料的污染。

電子源結構- 電子源的設計架構包括兩個主要部分：①電子產生器-位在真空蒸鍍裝置內；②坩堝-存放要蒸鍍的材料。整個設計是利用電流來加熱線圈，再加電壓來發射熱電子，JOEL公司所設計的結構如圖[37]。當負高電壓(正常值為-4 至 -10kV)連到加熱線圈，由於它與陽極間存在電壓差，所以加速熱電子往前運動，然後再藉由磁場(永久磁鐵或電磁鐵)將電子轉彎，轟擊坩堝內要蒸鍍的材料使其溶解。若有需要作大面積的材料掃描，可以通電至掃描線圈讓電子束進行掃描。



圖[37] 電子源設計架構圖與實品

上述多項應用都使用電子源，其設計來自加熱線圈與結構的設計，相關產品如圖[38]所示。

Filaments				
P/N 801236843	P/N 420900098	P/N 801247683	P/N 812180313	P/N 820463507
D : 0.55 mm dia. Corresponding model : 102	D : 0.8 mm dia. Corresponding model : 203/303/163 * Applicable also to 102	D : 0.8 mm dia. Corresponding model : 203/303/163 * Applicable also to 102	D : 0.55 mm dia. Corresponding model : 60030/60040/60050	D=0.8 mm dia. Corresponding model : 60060
Grid Assemblies				
P/N 780449746	P/N 780449754	P/N 789400481	P/N 780405251	P/N 780406940
Corresponding model : 102	Corresponding model : 203	Corresponding model : 60030/60040	Corresponding model : 60050	Corresponding model : 60060
Assembling tools for grid assemblies				
• EBG-102 TOOL (TOOL SET): P/N 7804 05005		• EBG-203 TOOL (TOOL SET): P/N 7804 05030		

圖[38]電子源的關鍵組件

3.1.3. ULVAC 公司

ULVAC 公司基本上是屬真空產業的領導廠商，公司的產品涵蓋真空產業的各種元件與系統，它以真空技術為其基礎，結合週邊的相關技術及製作能量，提供給半導體業、電子零件業、面板、太陽能電池等所需要的工業用製造設備。

真空系統方面的產品有(其中系統部分受到場地限制都沒有實品展出)



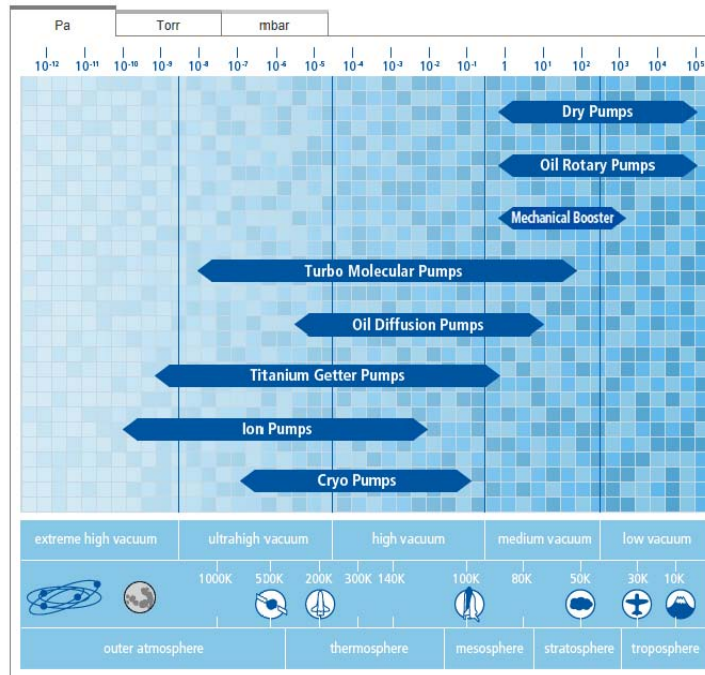


真空元件方面則有下列:



由於其產品眾多，在此僅針對真空幫浦方面篩選的訊息進行說明。真空系統中真空幫浦扮演如同人的心臟一般，維持真空系統的真空需求，系統設計初期必須考慮真空度、準備時間、使用環境條件、維護等議題。依照不同設計概念真空幫浦有乾式幫浦(Dry Pumps)、油轉動幫浦(Oil Rotary Pumps)、機械式幫浦(Mechanical Booster)、渦輪分子幫浦(Turbo Molecular Pumps)、油擴散幫浦(Oil Diffusion Pumps)、鈦吸附式幫浦(Titanium Getter Pumps)、離子幫浦(Ion Pumps)、Cryo Pumps 等；依其功能及使用時機，分述如下：

圖[39]為各種幫浦大致可適用及達到的真空條件。



圖[39]真空幫浦適用真空條件

- (1) 乾式幫浦(Dry Pumps) (參閱圖[40])
此種幫浦不使用任何油或水，所以可以提供乾淨的真空狀態。
- (2) 油轉動幫浦(Oil Rotary Pumps)
此類幫浦可操作在相當寬的低至高真空壓力，便宜、體積小且易於安裝，所以若能符合需求，這種幫浦具有經濟實惠、容易使用的優點。
- (3) 機械式幫浦(Mechanical Booster)
當配合乾式、油旋轉幫浦或其他粗抽真空幫浦一起使用，可以增加抽真空的速度。
- (4) 渦輪分子幫浦(Turbo Molecular Pumps)
此種幫浦具有等速的抽氣速度，使它可以持續不斷作抽氣動作。它不需要維護工作如幫浦重生等，而且當使用氫氣與氮氣時可以達到高抽氣效能，運作成本相對低。
- (5) 油擴散幫浦(Oil Diffusion Pumps)
此種幫浦價格低廉，結構簡單，容易維護。
- (6) 鈹吸附式幫浦(Titanium Getter Pumps)
此種幫浦不使用油，極優異的維護性，與離子幫浦結合使用可以提供超高真空度。
- (7) 離子幫浦(Ion Pumps)

離子幫浦可以提供超高/極高真空環境，而且產生很少的機械震動與噪音，它完全沒有油，安裝上具有相當的彈性。

(8) 低溫幫浦

此種幫浦可以輸送任何氣體，對於液體具有高輸送能力。它沒有任何機構件，因此不含任何油，可提供乾淨的真空環境。



圖[40] ULVAC 各種真空幫浦

3.1.4. EVAC 公司

這家瑞士公司主要生產真空系統所需的扣件，它的設計吸引職的注意在於研發過程中，團隊因應性能所需，自行設計真空腔體，基本以傳統方式來設計封口蓋，就是以多顆螺栓(約 16 顆左右)來固定，但是因為屬研發過程必須重覆安裝、抽真空、測試、

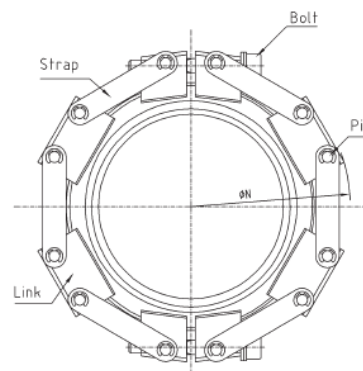
灌氣、拆解等步驟，相當耗時耗人力，而且過程還要滿足真空度須求，所以若能有一可以容易拆解的封口設計，將可以大符縮短驗證組裝時間。此一產品就滿足此一需求，它不用螺栓螺帽而以絞鍊型態來達成，僅以一顆螺栓即可完成，相當便利。(如圖 [41,42])



圖[41]

EVAC ISO Tapered™ chain clamps, UHV

NW	N	Torque [Nm]	
		Elast.	Metal
80	160	3.5	8.5
100	180	4	10
125	205	5	12.5
160	250	7	18
200	310	9.5	24
250	355	12	30



圖[42]

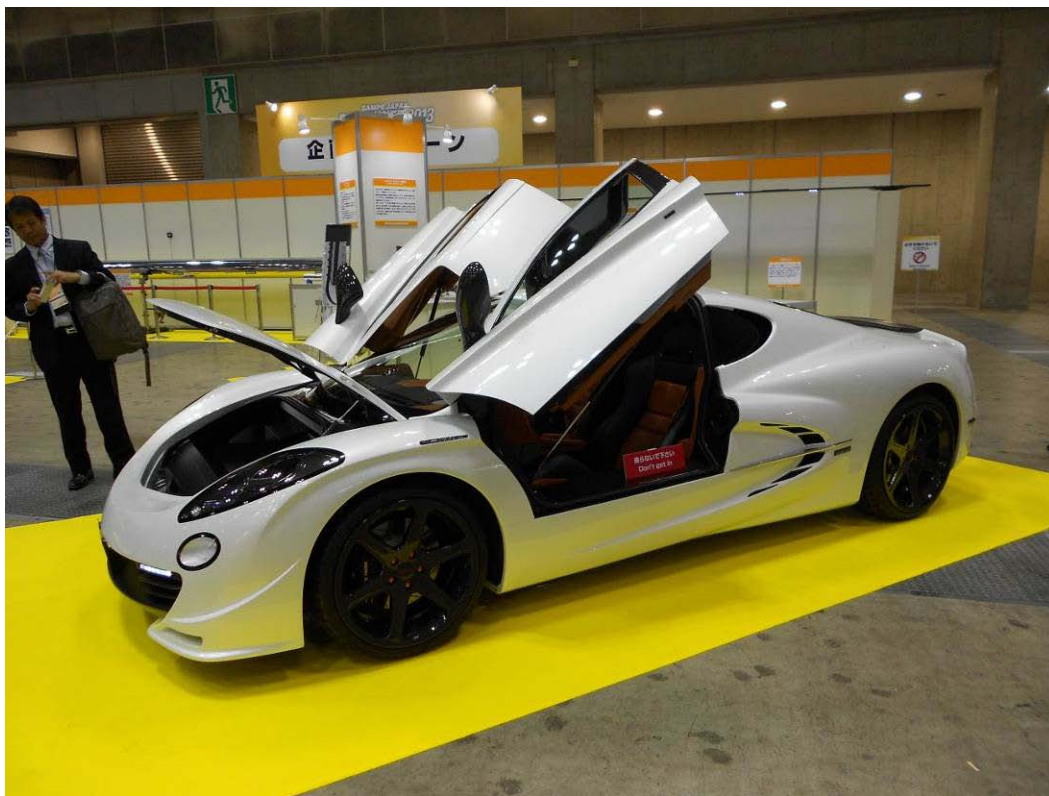
3.1.5. 其它

此次同一展區內另有先端材料展，職也稍加瀏覽瞭解。整個先端材料展重點在於 CFRP 材料的研製與應用，展覽內容涵蓋 CFRP 的製作、加工、機具，再加上相關應用產

圖[45] CFRP 在汽車產業的應用



圖[46] Toray 在汽車元件的展品



圖[47] 現場展出的跑車

3.1.6. 成果

此次參訪已達成當時計畫設定的目標，由於此一展覽幾乎匯集當今真空產業主要的廠商，對於參訪者可以一次充分獲得整個產業發展現況，經由與展出廠商的互動溝通更能瞭解相關產品的設計細節，目前會將相關資訊與研發團隊分享，未來可以與研發工作結合，不管是現有的研發議題或未來的技術延伸開發，都可以提供參考。總結上述廠商產品及技術的報告，彙整成果如下：

1. Rigaku 公司磁流軸承的產品對於真空系統的轉動件控制，具有相當優異的性能，對於研發過程所需的定位控制提供一可行的方法，未來將應用於研發測試機台設計，提昇測試機台的性能。
2. JEOL 與 ULVAC 公司是一電子槍及其應用的專業廠商，不僅掌握電子槍的研發能量，對於其應用系統更是涵蓋真空系統的主要設備，不管未來在研發設備上有任何自製或採購需求，它應該可以提供相當多的設計參考，尤其是在未來軍民通用應用系統的開發，其產業方向值得我們學習。
3. EVAC 公司的產品對於真空系統的封口設計提供了一具簡便又有效率的方式，將可以直接應用於研發設備上，加速研發的進行。

整個參訪的成果主要有兩部分：新設計概念的引進及電子槍應用系統蒐集；未來繼續針對展覽所見蒐集相關資料，將可用的概念與設計融入研發及產品開發上。

肆、建議事項

1. 此次參加日本真空展 2013 瞭解一些真空元件的設計概念及應用，對於相關技術有較全面性的認識，本計劃在鎢鉍絲極研發過程必須自我設計測試用真空腔體與結構，尤其是使用方式不同於一般真空設備，轉動定位件、直線運動控制件、封口等設計概念可以應用於目前設計裡，提高測試效率與精確性。
2. 電子源及其裝置對於整個真空產業而言是一關鍵元件，與目前鎢鉍絲極研發技術類似，若能整合電磁控制的專業，對於軍民研發能量的推廣，不失是可行的方向。若能配合系統所需進行模組及機台開發價值將更高。