

從顯微鏡到太空望遠鏡 進入儀器夢工廠的研發世界

文／潘云薇、圖／國家實驗研究院台灣儀器科技研究中心提供

「前瞻儀器夢工場——從顯微鏡到太空望遠鏡」的展出，顯見國家實驗研究院台灣儀器科技研究中心自主開發光學儀器科技的能量與研究成果，讓國內高科技儀器技術層次不斷提升。



現場展出福爾摩沙衛星五號 (FORMOSAT-5) 光學遙測取像儀 (Remote Sensing Instrument, RSI) 工程實驗體。

步上國立公共資訊圖書館二樓的數位美術中心，斜前方一個巨大鏤空的金屬體吸引視線，外觀像是某種高科技儀器。

這究竟是什麼呢？跟著國家實驗研究院台灣儀器科技研究中心（以下簡稱儀科中心）策劃的「前瞻儀器夢工場——從顯微鏡到太空望遠鏡」展覽，一起來尋找解答吧！

光學元件製作繁瑣 仰賴專業與實務經驗

首先，在展場中可以看到光學元件製作流程的介紹，展示櫃中的 10 片玻璃鏡片分別代表著不同加工步驟後所呈現出來的鏡片樣貌。儀科中心大口徑光學小組副研究員郭慶祥說

明，第一片方形玻璃是光學玻璃鏡片未加工前的胚料塊材，必須將它切割成適當大小、圓整成圓形，並進行兩面鏡面的曲面成形；接下來是研磨拋光，需倚重技術人員的專業與實務經驗，在傳統曲柄搖桿研拋設備上透過適當的擺動幅度與轉速的調整及鏡片與模具的上下置換等操作，將兩面鏡面製作出最佳品質，除了進行牛頓環量測的線上測試，還要運用雷射干涉儀，以干涉量測方法量測鏡面面形誤差，待確認符合規格後才能接續定心步驟。鏡片偏心代表其光軸與機械軸心不重合，定心步驟即透過定心機上的砂輪將鏡片機械軸修整使其與光軸重合，讓光線能準確地聚焦於鏡頭軸線上，得到好的成像；拋光後的鏡片仍會有大約 4% 的



- 1 首批由國人自製的光學顯微鏡用於科學教育。
- 2 光學鏡片的研磨拋光，相當倚重技術人員的專業與實務經驗。
- 3 現場展示出各式特殊光學元件。



光線反射，經過鍍膜可以達到抗反射的效果，讓透光率提高到 99.5% 以上，避免雜散光效應以提升影像品質，鏡面在完成鍍膜後即為光學元件成品；對特殊要求的鏡頭，還會使用膠合透鏡，利用低色散與高色散材料的透鏡組合，消除色差的影響；一顆鏡頭所需的透鏡製作完成後便可進行鏡頭組裝作業。

除了圓形的光學玻璃鏡片，一旁還展示了稜鏡、柱面鏡等不同功能的各式特殊光學元件，都出自於儀科中心。

儀科中心象徵代表物 首批自製光學顯微鏡

儀科中心素有「儀器夢工場」的美稱，是臺灣光學與真空領域的先驅，也是國內最先進的儀器科技與光機電整合平臺。1970 年代臺灣缺乏外匯存底，在經濟不富裕的情況下，難以採購國外的尖端科學儀器，當時國家政策性任務交付儀科中心的前身——行政院國家科學委員會精密儀器發展中心，負責國內自主開發

光學顯微鏡；1976 年首批由國人自製的光學顯微鏡研製成功，進行批次量產，並授權民間公司生產，讓光學顯微鏡成為儀科中心極具象徵性的代表物之一。

展覽現場可以看到光學顯微鏡的實體，還有一張復古的上課場景照片，兩位小學生穿著卡其布料制服，其中一位還理了當時盛行的西瓜皮髮型，她們專注地看著 600 倍光學顯微鏡中放在載玻片上的標本，這臺當時用在科學教育的輔助儀器，以及這畫面是不是令身為五、六、七年級世代的你或妳很有感呢？你們都曾在國民義務教育的過程中使用過儀科中心所研發的儀器喔！

開發數位航照影像儀 研製太空光學遙測取像儀

儀科中心自開發光學顯微鏡以來，因應產業與政府需求，不斷累積技術能量，對於精密光學元件的研發不遺餘力。展出的機載取像儀 (Vegetation and Change Detection



1 機載取像儀 (Vegetation and Change Detection Imager, VCDi) 鏡頭剖視構造。

2 儀器科技研究中心成功研發出大口徑非球面鏡片。



Imager, VCDi) 鏡頭，可取得地面影像資訊，應用於災害勘查與決策支援等防救災功能，鏡頭剖視構造可清楚看到取像鏡頭是由多片精密的光學透鏡所組成。

儀科中心更成功將技術延伸到太空的應用，成功研製出福爾摩沙衛星五號 (FORMOSAT-5，以下簡稱福衛五號) 光學遙測取像儀 (Remote Sensing Instrument，以下簡稱 RSI) 用大口徑非球面反射鏡組。現場除了展有與福衛五號 RSI 一模一樣的主鏡，一開始在展場看到的巨型物體，便是它的縮小版工程實驗體。

成功研製出福衛五號 大口徑非球面反射鏡組

福衛五號 RSI 的製作不同於一般地面使用的光學鏡頭，因為太空環境與衛星發射過程所需抵抗的外力等外在因素更為繁瑣。郭慶祥說，由於太空環境的日照和夜間溫差很大，即便衛星本體有做溫控，仍須使用不會受到溫度變化產生熱脹冷縮效應的零膨脹光學陶瓷玻璃來製作太空鏡片，現場展出的主鏡實體其顏

色有別於一般光學鏡片，看起來是不是明顯偏黃色；再者是衛星發射是以重量來計算費用，大口徑的鏡片為了維持本身的強度，必須具有足夠的厚度，在此前提下，發射成本就會相對提高，因此在鏡片背面採用六角形蜂巢排列結構來達到減重效果；也運用了化學酸洗的蝕刻方式，將鏡片研磨加工後所產生的次表層裂紋層消除，確保衛星發射過程中不會因外力導致裂紋生長造成鏡片破裂；除了消除鏡片本身因加工所造成的缺陷外，在支撐鏡片的結構上使用碳纖維強化高分子複合材料，其具有高強度、重量輕的特性，且利用支撐結構上的弱化結構設計，可吸收掉衛星發射過程所產生的外力，以確保鏡片不會因衛星發射過程造成破裂或損壞。

而福衛五號 RSI 所使用直徑達 46.6 公分的大口徑非球面鏡片也不同於一般球面鏡片，郭慶祥說，非球面鏡片優點是透過曲率半徑的變化來消除球面像差，讓鏡片中央與邊緣的光線都匯聚在同一個聚焦點，來提高成像品質；儀科中心大口徑光學小組副研究員余宗儒補充，固定曲率半徑的球面鏡片，要提高成像品



曝光機鏡頭的研發，為臺灣半導體產業開創契機。

質，必須透過不同曲率半徑的球面鏡片組合，才能讓聚焦更趨近完美，但所需鏡片數目也會相對提高，非球面鏡片能取代 2 至 3 片的球面鏡片，可減少鏡片數量、縮小鏡頭體積與重量。不過，也由於非球面鏡片的曲率沿著徑向方向變化，以及大口徑鏡片的製作，大幅提升了研製上的困難度，郭慶祥指出，大口徑非球面鏡片製作無法以傳統球面鏡片利用固定曲率模具大面積拋光，必須局部慢慢拋光、修正，相對地製作時程較長；且在量測上更是要求嚴謹且需要特殊技術輔助，像是結合 CGH 干涉量測、次口徑拼接量測等方法，才能取得大口徑非球面鏡的面形誤差，進一步作修正拋光。

為研製出高品質的大口徑非球面鏡片，儀科中心投入大量心血，期間更建立了國內第一臺電腦數值控制拋光機與干涉量測檢驗塔，並克服大口徑鏡片自重支撐變形的量測問題，成功解決鏡片量測的不確定性。透過展板的圖文解說，可了解黑白解析度 2 公尺的福衛五號 RSI，能從 720 公里高的太空軌道，清楚拍到地面的汽車影像，精密度如同於臺北 101 大樓上，可以清楚看到在一樓地面上爬的螞蟻頭部。是不是很厲害呢？

自主研發曝光機鏡頭 為半導體產業開創契機

不僅如此，儀科中心更將太空用的大口徑非球面鏡製作技術擴大應用到半導體產業，製造全臺第一套在地化、自主設計的垂直堆疊晶片（3D-IC）製程用步進式曝光機投影鏡頭，為臺灣半導體產業開創製造設備在地化的契機。

接下來，郭慶祥說，儀科中心將投入太空第三期次米級超解析 RSI 離軸非球面鏡開發，以及建立應用於短波長（ArF 與 KrF）光學系統的螢石材料（Calcium fluoride, CaF₂）拋光技術，持續實踐前瞻儀器的研發與突破。

參觀完展覽，若想進一步認識儀科中心的民眾，還可掃描展板上的 QR Code，了解更多資訊。📄

「前瞻儀器夢工場——從顯微鏡到太空望遠鏡」

時間：2019 年 3 月 1 日（五）～
2019 年 6 月 23 日（日）

地點：國立公共資訊圖書館總館二樓
數位美術中心