

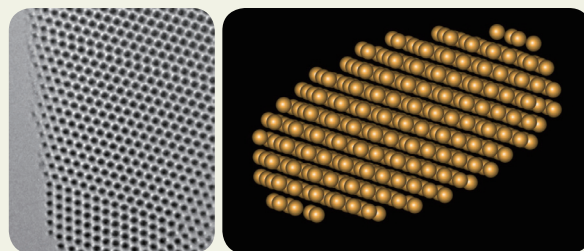
微小視野 巨大世界

┃ 涂煥昌

「科學」始於觀察，無論是哪個領域，「眼見為憑」一定是科學家論述的重要依據。而要「觀察」「微小」的世界時，「顯微鏡」就是十分重要的工具。所謂的「光學顯微鏡」約在 16 世紀末問世，它是以「可見光」為主要光源，利用透鏡效應產生放大的效果，使我們得以看到肉眼無法辨識的細微物件。也因為有了「光學顯微鏡」的幫助，讓我們能看得到「細胞」，了解其行為，進而推動人類近代在生物、醫學等領域有了長足的進步。

只不過「光學顯微鏡」的分辨能力有其極限，大約是 0.5 微米左右，也就是小於這個尺度的物體就無法用光學顯微鏡分辨。然而「原子」的大小約 0.2 奈米左右，因此近百年來科學家們想揭開其面紗窺其堂奧總一直不可得。直到 1940 年代左右，發明了「電子顯微鏡」，直到 1990 年代解析能力進步到次奈米程度，才勉強有能力「看到」原子的廬山真面目。

其實無論是「光學」或是「電子」顯微鏡，其「成像」的原理都是「投影」，也就是把立體（3D）的物件投影在某一平面（2D）上形成「影像」。投影的缺點是「壓縮維度」，這好比我們「正視」一個



「金」原子的形貌。左圖是 2D 平面的影像，右圖是利用陳福榮教授的技術，使用演算法從全息像所得到的 3D 立體影像。（原圖可任意旋轉，觀察到各個面）

「圓球」時，看到的感覺上是個「圓形」物，而非球體。若無法透過這個「平面影像」了解其「空間深度」，便無法還原物件「立體」的本質原貌。

近代有個重要的理論物理學家費因曼博士（Dr. Richard Phillips Feynman）曾說過：「如果我們能掌握空間中原子的位置，我們就能解決任何物理、化學的問題。」這個概念啟發了清華大學工程與系統科學系的陳福榮教授，令他想到可以結合電子顯微鏡與「全息像」（holography）的技術發展一套新方法，以之掌握原子在空間中的位置，甚至看見原子的 3D 結構。



結合電子顯微鏡與「全息像」(holography)的技術，可以看見原子的3D結構，進而掌握原子在空間中的位置。
(圖片來源：種子發)

陳教授表示，「全息像」的原意是指能夠「記錄所有的訊息」。這技術始於20世紀中葉，是一種利用2D資料「重建」物件3D影像結構的概念。過去曾有國外學者利用「多重傾角法」，試圖以多張但不同角度的平面影像組合出一個物體的原子立體影像結構；但陳教授的做法與之不同，是利用「多欠焦法」重構成全息像更清楚地描繪原子的3D影像。這方法是「刻意選擇」數個不同遠近位置的「對焦點」，拍攝多張不同「清晰情況」的影像，再以電腦演算法最終反推出原子的3D立體影像結構，整個過程猶如對原子進行「斷層掃描」解析般。

陳教授的方法「幾乎」能滿足費因曼博士的夢想，讓我們看到了原子在三維空間的「真面目」。他表示，使用「幾乎」的字眼是因為這個影像嚴格上來說是原子的「平均結構」，或空間中「大概的位置」而已；原因是原子處於「絕對零度」以上的環境，便會以「微秒」為單位的速率不斷地運動。

然而陳教授的攝影術，分析運算就需耗時數十秒，當然只能說是原子「平均位置」(或結構)的影像。

科學的進步總是因為站在「巨人」的肩膀上往前看所致。陳教授的「攝影術」已經能看見極其微小的物質，也具備了「原子尺度」的分辨率；接下來便是挑戰「時間」尺度的分辨率，若能達到「微秒」的境界，便能完全「凍結」原子，描繪真確的原子影像。不過，這也意味著另一個巨大難題，即需挑戰「量子力學」裡的核心理論—測不準原理(uncertainty principle)。

涂煥昌
本刊特約文字編輯
