

# 周明奇打造晶體自主供應鏈，讓臺灣不再受制於人

文字／鸞九辰 圖片提供／謝慕郁

**提**到晶體，多數人都會想到半導體的矽晶圓，彷彿離我們日常生活很遙遠；殊不知，從癌症篩檢的正子斷層掃描（PET）偵測器、石英錶的時間基準，到手機、5G設備與基地臺的通訊穩定，背後皆仰賴各式晶體元件支撐。

只是，研究晶體生長的臺灣學者屈指可數，早年國內相關設備都是向國外採購，直至成功大學智慧半導體及永續製造學院副院長周明奇教授在國科會（原科技部）與教育部的支持下，先後成立「尖端晶體材料聯合實驗室」和「晶體研究中心」，自此突破晶體生長侷限、帶動國內晶體研究及產業發展，亦是他榮獲第二十九屆國家講座主持人獎肯定的重大貢獻之一。

## 玻璃、水晶、矽晶圓，原子排列截然不同

眾所熟悉的玻璃與石英，雖然外觀看起來都是亮晶晶的，但在微觀世界裡，它們的原子排列方式有著天壤之別。

周明奇解釋：「玻璃與石英的主要成分同是二氧化矽（ $\text{SiO}_2$ ），但玻璃不是晶體，因其原子排列亂七八糟、沒有規

則，電子跑起來會到處碰撞；而天然石英，如紫水晶屬於石英單晶體，其原子排列非常整齊且沒有晶界，能確保電子與光的傳輸不受阻礙。」

相較於天然水晶埋藏於地底下長達數千年才形成，台積電所使用的矽晶圓雖然也是單晶，卻是在實驗室中利用現代科技人工合成而出，稱之為晶體生長，簡稱長晶，亦是周明奇聞名遐邇的專長領域。

他透露，長晶的過程類似水凝結成冰。想像一下，原本於液態中自由移動的水分子，在降溫的過程中會逐漸形成規則排列的冰晶；同樣的，一般晶體從熔液中長出來時，也是由混亂的液態，轉成有序、穩定的固態晶體。

「長晶，與水凝結成冰最大的不同在於時間和排列的精確度。」周明奇表示，晶體並不是在一瞬間誕生，而是在看似混亂的環境之中，元素依循某種秩序慢慢排列。經過長時間的累積，一個清晰而穩固的結構才會逐漸形成，最後折射出光芒。地球上的礦物，從來不是在喧囂中誕生，而是在時間與耐心之中慢慢結晶；知識與學術研究亦是如此。真正重要



## 周明奇

數學及自然科學領域

第二十九屆國家講座主持人獎

成功大學智慧半導體及永續製造學院副院長

的結構，往往是在看不見的地方慢慢形成。許多突破並不是一瞬間的靈光，而是在長時間的探索與累積之後，結構才逐漸清晰。

### 因看懂地震波，從此跨域踏入晶體生長

在學術界，周明奇除了是少數研究長晶的學者，還從設計長晶設備到應用一手包辦，但他的學術起點並非材料科學，而是物理與地震學。

「我大學讀物理，研究所學地震。在美國攻讀博士時，原本第一年還想透過地震波探勘石油，後經老師介紹轉至中佛羅里達大學的光電中心（CREOL/School of Optics, University of Central Florida, UCF），它是全美三大光電中心之一。」周明奇憶述，當時中心有一名擅長長晶的老師正在為軍方研究特殊的壓電晶體，不料實驗做出來的聲波數據像地震波，老師們不太熟悉地震波，只有他看得懂，從此跨域踏入晶體生長研究。

博士畢業後，他先進入長晶企業工作四年，後因掛念家人，二〇〇四年決定回國。當時，臺灣只有生產「矽晶圓」的長晶公司，其餘如化合物半導體、光學、雷射或醫療用的晶體幾乎完全沒有自主生長能力，尤其長晶設備全部來自海外。

「從現今最熱門的半導體，到醫療、雷射、光纖通訊等都

需要用到晶體，稱得上是戰略物資。」周明奇認為，晶體如同石油，若無法掌握源頭的長晶技術，相關產業將受制於人，更遑論次世代化合物半導體都是單晶材料，「在學術界，晶體實驗室通常把高品質的晶體留給自己做研究，這樣方能在高影響力期刊上發表。」

長出高品質的晶體，設備是重要關鍵。只是，從國外進口一臺設備動輒臺幣兩千萬元且設計固定、缺乏彈性；為此，周明奇說：「自己開發設備只需三至五百萬元，還能隨時調整參數以開發特殊晶體，這也是為什麼成功的長晶公司都是自製設備，不會買現成的原因。」

但他坦承，長晶門檻極高，需整合物理、化學、機械、材料、化工等多領域知識，若無深厚的經驗傳承，很難長出優質晶體；此外，長一顆晶體需要十到二十日，週期長又屬於最前段的原料端，與應用端相比，學術論文排名相對較後，以致於很少有學者願意投入這項吃力不討好的工作。

所幸，周明奇在美國接受從理論至操作的完整長晶訓練，並將經驗帶回臺灣傳授予學子，尤其現今位於南科的成功大學「晶體研究中心」面積達四百坪、具備半導體大廠等級的無塵室，儼然是一座小型工廠規模，讓學生在校便能參與從原料純化、設備到應用之全過程，實現與業界的無縫接軌，為臺灣培育出真正具備實作與理論能力的長晶領域人才。

## AI時代，臺灣半導體的突圍之路

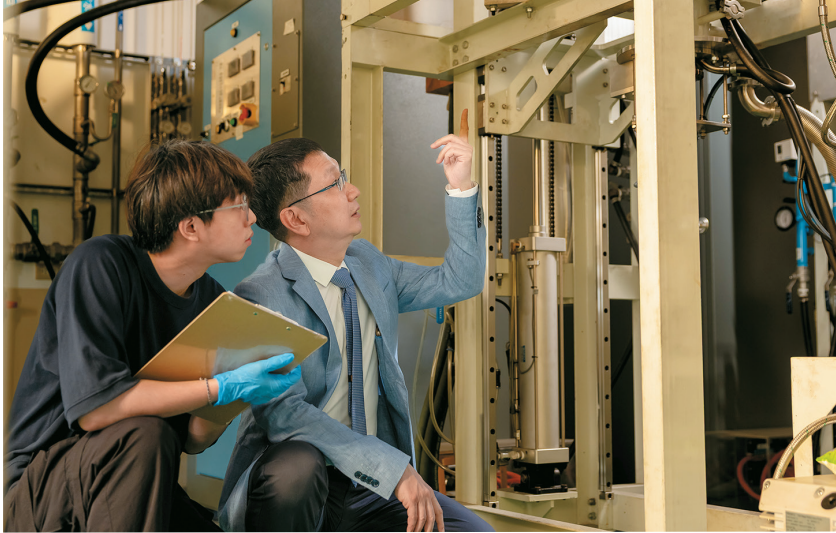
投身學界數十年來，提及至今最引以為傲的代表作，周明奇毫不猶豫地說：「是我近期提出的兩大核心研究概念：Crystals in AI（晶體支援AI）與AI in Crystals（AI優化晶體）。」

隨著進入AI高速運算時代，散熱與傳輸速度成為技術發展的兩大重點，因此他提出Crystals in AI概念。他以散熱為例指出，團隊將碳化矽（SiC）列為核心研究材料，因其不僅耐高溫，更具備優異的導熱特性，是AI晶片邁向高功率、高頻率運算不可或缺的材料。

目前，全球碳化矽產業正處於從六吋轉向八吋晶圓的量產關鍵期，而周明奇將目標瞄準於十二吋碳化矽單晶，這意味著單片晶圓可切出數倍的單晶基板，有望大幅降低成本。

「難就難在晶體愈大，缺陷控制愈困難，任何細微的溫度或壓力波動，都可能讓整根晶棒前功盡棄。」但周明奇仍自豪地表示，我們是全臺唯一擁有攝氏兩千三百度以上超高溫長晶設備的學術機構，現正致力於將良率提升至八成以上，以期符合一線半導體大廠的標準。

然而，當AI傳輸量愈大，電子訊號跑得愈快，銅電線開始變得容易發燙，還會互相干擾，降低運算速率。於是，科



學家想到光跑得比電快，還不會互相干擾與發燙，這就是當前最多手可熱的「矽光子」，等同於以往是在矽晶片上蓋普通公路（電路），現在改建光速高鐵（光路）。

他解釋：「矽本身散熱效率低，利用先進封裝技術將雷射光源與矽電路整合於同一模組中，可利用碳化矽的優異導熱特性，將晶片運算時產生的熱帶走。而磷化銦（InP）是製作雷射光源的關鍵材料，但臺灣高度仰賴進口，這是在次世代半導體競爭中很大的技術缺口，所以我們正積極開發磷化銦晶體，以實現矽光子技術中的光源自主化。」

在 AI in Crystals 方面，周明奇則是導入 AI 分析長晶數據，以協助合作廠商優化製程，並運用 AI 進行預測，協助實驗室找尋新型的晶體結構；同時，他還持續開發高溫超導體和量子計算及量子儲存所需的關鍵材料：稀土元素摻雜晶體之學術研究，一邊

幫產業解決現在的困難，一邊持續探索晶體的前沿科學。

有趣的是，去年賣座電影《不可能的任務：最終清算》中，用於存儲量子訊息的橘色印章狀晶體，竟與周明奇研究量子儲存概念高度吻合呢！

### 為臺灣打造一條龍的自主供應鏈

從原料端的開發、設備端的自建，到應用端與一線半導體大廠的無縫接軌，周明奇正率領晶體研究中心為臺灣打造一條龍的自主供應鏈，以期在地緣政治動盪的 AI 時代，臺灣仍能繼續站穩世界運算的核心，這是他的貢獻，更是他一直以來的心願。

如果說晶體帶給周教授什麼啟發，有三點。

第一，真正穩固的結構，需要時間生成。偉大的科學與深厚的學術，從來不可能速成。

第二，秩序與美感往往同時存在。當人類理解自然的規律時，我們也看見了世界的優雅。

第三，一顆晶體能折射光，但真正讓世界明亮的，是整個晶體群的光芒。

學術的價值從來不只是個人的，而是整個學術共同體長期累積的成果。