重塑高分子製程，陳文章開啟電子材料國際新局

文字／鸞九辰　攝影／汪忠信

想像一下——手機外殼與記憶體由植物寡醣製成，輕巧如手帕般可摺疊收納，損壞後還能回收再利用；衣服本身就是太陽能電池，走在戶外即可為手機充電；感冒發燒時，只需在皮膚上貼一張如同ＯＫ繃的智慧監測貼片，就能全天候監測心跳、血氧、體溫等生理指標，而你幾乎感覺不到它的存在。

這個彷彿科幻般的世界，正是臺灣第二十四與第二十八屆終身榮譽國家講座主持人、臺灣大學校長暨化工系講座教授陳文章，期盼以多年深耕的高分子材料研究實現的未來願景。

原來，塑膠家族也是高分子材料！

那麼，高分子是什麼呢？簡單來說，水（H_2O）由一個氧原子與兩個氫原子組成，分子量小、結構簡單，屬於低（小）分子；高分子則是由數百到上千個重複單元構成，分子量可達一萬到一百萬，屬於龐大的大分子材料。例如，人體的蛋白質就是由許多小分子胺基酸組成的長鏈大分子。

「從材料科學的角度來看，材料可分為電子、金屬、陶瓷與高分子四大類。高分子材料以輕盈、可塑性高、易於分子設計著稱，常見的塑膠袋、寶特瓶皆屬此類。」陳文章表示，他的研究是將高分子材料應用於電子與光電元件。以智慧型手機為例，軟性印刷電路板的基材——聚醯亞胺（Polyimide），就是高分子材料在精密電子元件中的典型應用，亦是其代表性成果之一。

此外，他還將二氧化鈦奈米結構導入高分子材料，研製出超高折射率有機無機混成奈米光學薄膜，讓眼鏡、相機、螢幕等光學產品得以更薄、更亮；並在高分子半導體領域，開發出薄膜電晶體、太陽能電池、記憶體材料及人工視網膜等前瞻應用。

分子設計到產業應用，三年磨一劍的技轉之路

在學術界，許多研究往往停留在實驗室階段，但陳文章卻能將成果從「分子設計」、「合成結構」一路推進到「元件應用」的產業技轉，展現罕見的全流程研發能力，這正是他在材料科學領域的獨特優勢；其中最令他引以為傲的作品，

陳文章

工程及應用科學領域

第二十八屆國家講座主持人獎

臺灣大學化學工程系講座教授

便是「低介電常數與低介電損耗材料」。

「業界最初的要求是介電常數小於三，損耗小於〇·〇〇一。隨著5G至6G發展，要求進一步提高至介電常數小於二·五，且在各種環境中性能不得衰減。」陳文章認為，業界提出的挑戰往往比學界更嚴格，但這種產學合作反而促使研究不斷地進步，形成良性互動，「只是，從實驗室走到產業應用，必須經過反覆的設計、討論與測試，還需考量成本與競爭力，通常兩至三年才能讓技術臻於成熟。」

當陳文章成功研發出符合業者期盼的「低介電常數與低介電損耗材料」後，不僅先後與長春石化集團、日本太陽油墨集團、工業技術研究院、國家中山科學研究院及半導體業者展開合作，該材料更廣泛應用於手機軟性印刷電路板，甚至延伸至國防領域的天線應用，因此獲得國防部獎勵。

透過跨國合作，突破「合成」的高難度挑戰

「材料研發的過程中，合成階段最具挑戰性。」陳文章指出，雖然現今已有工具輔助分子設計，但要真正實現，讓材料同時達到理想的分子量、純度與加工性，才是真正的考驗，「你可以利用資料庫設計任何東西，但不保證能做得出來，因為合成過程涉及複雜的化學反應與條件控制，更遑論還要達到業界標準。」

面對這道難關，他選擇用合作彌補專業落差。「我是化工背景，在有機化學合成方面並非專家，所以我與全球不同領域的專家合作，並派遣學生前往合作夥伴的實驗室，不僅能實現研發目標，還能培養年輕學者的國際視野。」

這種合作模式幾乎涵蓋了研發流程的每一環節：在合成領域，與日本東京工業大學、北海道大學合作；在材料開發方面，與法國國家科學研究院攜手；在元件應用上，與美國史丹佛大學、華盛頓大學西雅圖分校深度合作；而在結構鑒定方面，則與瑞士蘇黎世聯邦理工學院、韓國等學者建立夥伴關係。

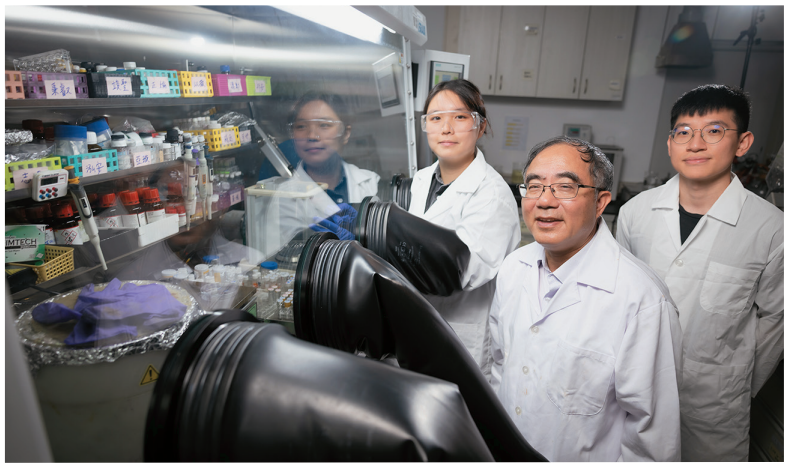
多年來憑藉跨國合作與堅持不懈的研發精神，陳文章成功推動材料科學的多項突破，並於二〇二五年五月獲法國政府頒授最高榮譽——法國榮譽軍團騎士勳章，以表彰他在科學研究、人才培育與國際交流合作上的卓越貢獻。

高分子半導體，讓織物變身太陽能電池

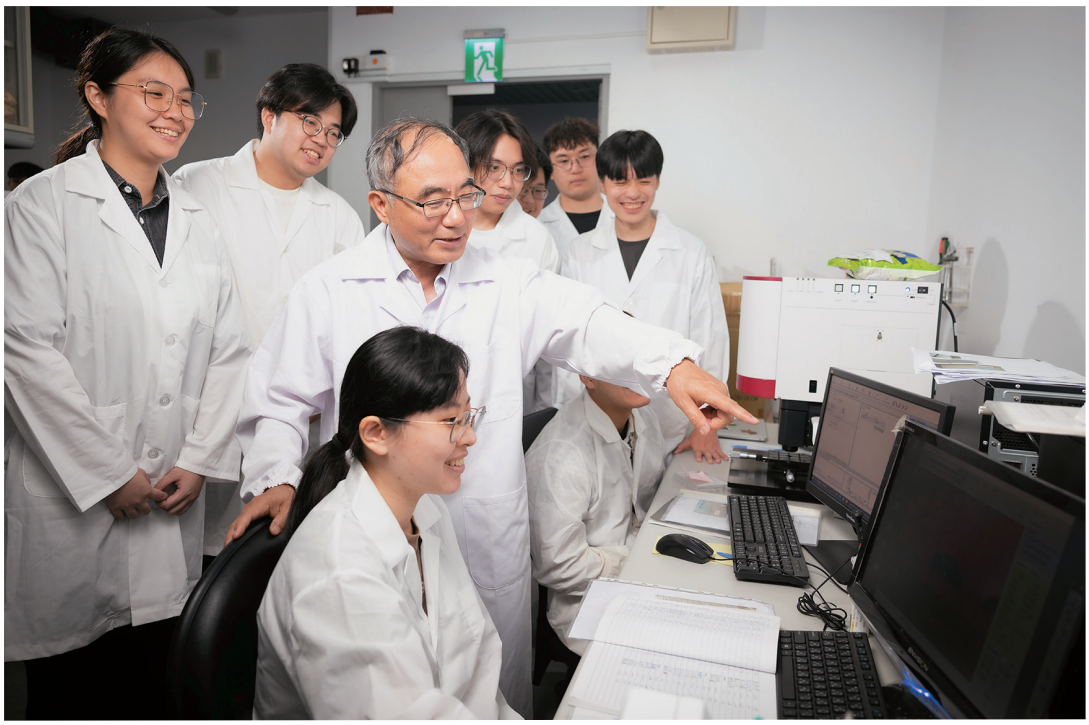
在陳文章的光電高分子實驗室裡，並非所有人都專注於產業應用，一部分學生致力於學術性的「高分子半導體」研究，探索如何在保持與矽半導體同樣性能的同時，實現可拉伸之軟性電子特性的前沿科學。

「如果全身穿戴式電子都是矽半導體，豈不很重？」陳文章打趣地說，接著描繪高分子半導體的未來應用：將太陽能元件織入衣物，在戶外自動發電，或製成隨皮膚彎曲的監測裝置，甚至打造機器人的「智慧皮膚」。

他解釋道：「與矽半導體相比，高分子半導體最大的優勢在於輕盈與可拉伸性。我們已能讓材料拉伸至原長度一〇〇%，即便多次大幅度彎曲後仍能維持原有電性，以及經過數月連續測試，記憶體材料的電性依然穩定。」



不過，距離商業化還有一段路要走。陳文章說：「除了要能大量生產並在嚴苛環境下維持特性，還必須考量成本與製程相容性，材料必須能搭配現有半導體製程，才有機會進入



市場。」他以有機發光二極體（OLED）技術為例指出，臺灣雖是全球最早投入研發的國家之一，卻因缺乏成熟製程設備，而錯失產業化機會。

儘管如此，陳文章仍充滿信心地說：「高分子半導體發展至今僅四十餘年，尚在成長期。我相信，隨著時間推進，一定會有廣泛應用的一天。」

為材料賦能，推動科技業的綠色轉型

近年來，陳文章將研究觸角延伸至「生質綠色材料」，希望透過高分子材料的綠色轉型，為地球盡一份心力。他表示：「隨著全球對碳排放的重視，我們不僅與電路板公司合作，將生質材料比例提升三〇%至五〇%以上，更要讓製成品能生物分解、循環再利用，這才是我們的目標。」

不難發現，「為材料賦能」正是陳文章最卓越的學術貢獻。透過精密的分子設計與合成，即便是生質或傳統材料，也能轉化為高價值的高科技材料。

同時，陳文章以臺大校長的身分積極參與國際組織，推廣「淨零碳排」的永續議題，以身作則。他也不忘叮囑學子：「一位優秀的科學家，除了具備深厚的專業知識，還應保持好奇心、勇於嘗試新事物、面對困難的勇氣與持之以恆的耐心，並能將知識轉化為實際貢獻，兼具寬廣視野。」