

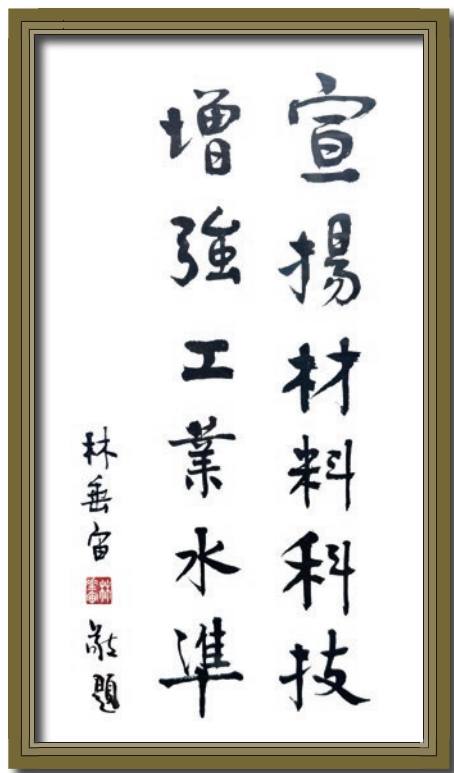
四十年的堅持與見證，邁向五十的啓程

邱國展 K. C. Chiou

工研院(ITRI) 材料與化工研究所 所長

前言 材料，產業升級的隱形推手

材料，是所有產業的基礎。從建築使用的鋼材，到半導體製程中的光阻劑與特殊氣體，再到新能源電池中的高性能電解質，材料不僅是支撐產業發展的要素，更是推動技術創新的隱形推手。



▲林垂宙前院長為《工業材料》題字

自1987年創刊以來，《工業材料》一路走來，恰如一部台灣材料產業發展的縮影。從鋼鐵、石化到電子與半導體，從能源、環境到育樂與資訊科技，材料始終是產業升級的關鍵基石。四十年來，本刊不僅是專業知識的交流平台，更是承載台灣產業歷程與創新精神的紀錄者。

站在四十周年的里程碑上，我們回首過去，見證材料科學與化工產業的卓越進展；同時，我們更要前瞻未來，面對淨零碳排、供應鏈重組、數位轉型、能源轉型等挑戰，重新定位材料技術的角色與使命。本期專刊導言特別規劃「歷史回顧」、「所內演進與服務」、「四大前瞻領域」三大面向作為導讀，期盼讀者能從宏觀視野中，找到下一階段的啓發。

台灣材化產業四十年歷程回顧

1. 1980~1990：工業基礎建設與傳統材料強化

1980年代的台灣，正處於工業化的黃金推進期。當時，鋼鐵、石化、化工原料等傳統材料仍是工業發展的主幹。

鋼鐵材料的重點放在強度、耐蝕性與製程效率的改善。高強度鋼材逐步取代傳

統結構鋼，並透過熱處理與合金化技術提升使用壽命；石化原料方面，聚乙烯、聚丙烯、聚酯等大量基礎塑膠的產能擴張，同時推進高純度單體的製程，為下游紡織、包裝、塑膠製品提供穩定供應；化工品升級時期，電子級化學品的概念開始萌芽，例如高純度硫酸、氫氟酸等，為電子零組件與半導體前期發展做準備。

這一階段的材料發展，雖仍以「量」為導向，但品質的提升逐步讓台灣工業得以進入國際市場。石化與鋼鐵的自給自足，不僅穩定了供應鏈，更形成上下游緊密結合的產業群聚。電子級材料的起步，則是後續「矽島」時代的伏筆。

2. 1990~2000：半導體與資訊產業帶動材料突破

1990年代，台灣半導體產業快速成長，從晶圓代工到IC設計全面布局，使材料需求進入全新階段。

由於製程微縮的需求，光阻劑的性能成為關鍵，雖早期依賴日本與美國，但台灣研究單位已開始嘗試開發本土技術；隨著化學機械研磨製程導入，對CMP漿料的純度、粒徑控制提出嚴格要求；氟化氫、氟化碳等高純度氣體開始大量使用，電子特殊氣體成為半導體製程不可或缺的材料；聚碳酸酯、環氧樹脂與碳纖維複合材料逐步普及，應用於電子封裝、汽車零件與航太結構件。

這十年，材料的角色由「支撐基礎」轉向「驅動創新」。半導體產業的成功，直接推動了本土材料研究的需求，帶動新創公

司與研究單位積極投入。更重要的是，這一時期奠定了「材料與產業發展緊密連結」的觀念，讓材料科技不再只是幕後支撐，而是影響競爭力的關鍵因子。

3. 2000~2010：全球化競爭與新材料布局

進入21世紀，台灣面臨全球化競爭的壓力。中國憑藉低成本優勢迅速崛起，迫使台灣產業必須轉向高值化與技術導向。材料領域因此出現幾項重要突破：

- (1) TFT-LCD材料：隨著台灣面板產業快速發展，帶動玻璃基板、ITO導電薄膜、光學膠材、偏光片等材料的研發與量產。
- (2) 太陽能材料：矽晶太陽能電池進入產業化階段，矽晶圓片、導電漿與封裝膠材需求大增。
- (3) 鋰電池材料：隨著筆電、手機市場蓬勃，正極材料（如 LiCoO_2 ）、電解液與高分子隔膜需求擴張。
- (4) 功能化學品：光學膜材、光固化膠、光學接著劑開始進入高值市場。

這一階段，材料科技正式從「支撐」變為「差異化競爭」的關鍵。台灣在面板、太陽能、鋰電池等領域投入，雖然部分後來在國際競爭中遭遇挑戰，但其材料研發能量卻持續累積，成為後續新能源與電子應用的基礎。

4. 2010~2020：智慧化、綠能化、環保化

2010年後，全球產業迎來智慧化與綠能化浪潮，台灣材料科技也隨之升級。

半導體關鍵材料方面，隨著台積電進入7 nm、5 nm製程，EUV光阻劑、低介電材料、高導熱基板成為研發焦點；再生能源材料方面，風能與太陽能快速發展，高壽命封裝材料、防潮保護膜、耐候塗層等技術突破；循環經濟材料方面，廢塑膠化學回收、稀土金屬回收技術逐步成熟；生醫與複合材料方面，功能性高分子推廣至醫療植入物、運動光學器材與航太輕量化結構件。

2010年至2020年是台灣半導體與ICT完全斬露鋒芒的年代。材料的進步，不僅確保台灣在晶圓代工領域維持領先，更讓綠能、環保、循環等新產業逐步成形。材料產業的角色已經不僅是「支撐」或「追隨」，而是開始「定義」產業的未來。

5.2020至今：淨零碳排與自主科技的挑戰

近三年，COVID-19疫情與地緣政治加速全球供應鏈重組，材料自主化需求迫切。碳中和、淨零轉型成為產業共識，驅動低碳製程、再生材料與綠色技術的發展。台灣材料產業正面臨一場極度轉型技術挑戰：不僅要維持全球半導體優勢，更要在綠能、循環、自主上建立長期競爭力。

所內技術演變與產業服務歷程

1. 研發定位與任務轉變

工研院材料與化工研究所創立初期（1980年代），聚焦於基礎材料自製，降低進口依賴，例如金屬、塑膠、基礎化工原料；成長階段（1990年代～2000年代），

隨著產業升級，逐步轉向高值化、精細化材料的開發，例如電子級化學品、光電材料；近十年（2010年代～2020年代），肩負「國家隊」角色，專注於半導體關鍵材料、綠能技術、循環永續解方，並強化自主化供應。這種角色轉變，反映出台灣材料產業「由外而內、由量到質」的發展路徑。

2. 技術突破與代表成果

(1) 電子材料

成功開發電子級與半導體級化學品，如超純硫酸、氫氟酸，支援晶圓廠製程；研發高低介電材料、光學功能高分子，應用於光電顯示與晶片封裝。

(2) 功能高分子與複合材料

應用於育樂光學（例如運動眼鏡、VR鏡片）、醫療（人工關節材料）、航太（輕量化結構件）；開發具自修復或高耐候性的聚合物，提高產業產品壽命。

(3) 能源材料

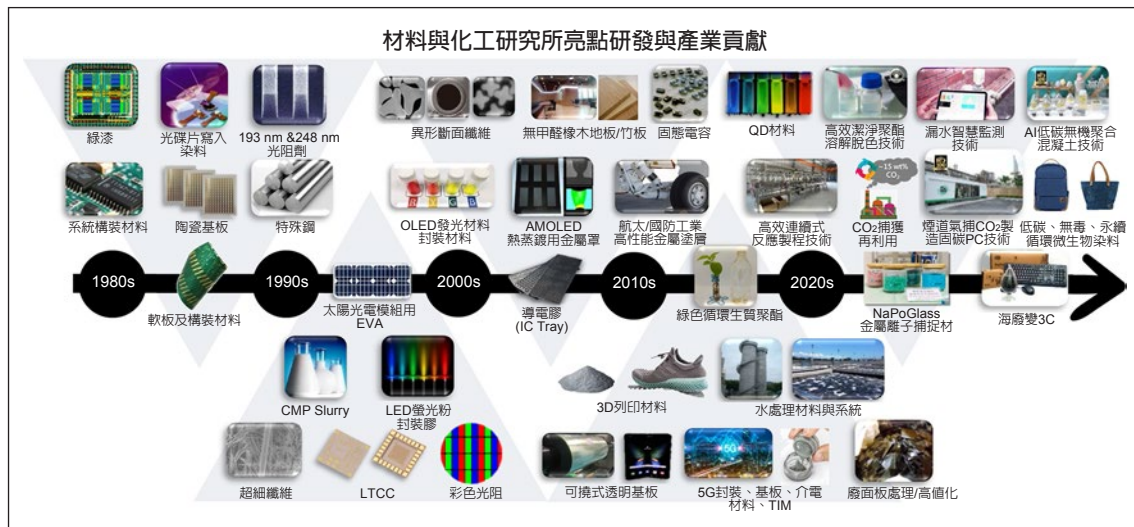
研發鋰電池正負極材料、固態電解質；並布局燃料電池膜材與氢能催化劑；同時掌握鈣鈦礦太陽能電池關鍵封裝技術。

(4) 環境與永續

廢棄物資源化再利用技術，如電子廢棄物貴金屬回收；綠色製程方面，降低碳排放、減少有害溶劑的替代製程。

3. 產業服務與鏈結

除研發外，所內亦積極扮演「產業服務平台」角色。提供材料特性與製程可靠性測試驗證，建立與國際認證標準相容測試驗證平台技術，縮短廠商導入終端產品驗證



期；透過專利授權與技術授權，協助國內外產業加速商品化並提升國際競爭力；結合產官學界成立學會與產業協會進而促成研發聯盟，推動跨域合作與國際交流。

這些努力，使研究不僅停留於實驗室，並透過試量產技術的建構，促使技術能真正落地而達成產業化。

四大領域的材料前瞻技術

站在四十周年的節點，回顧固然重要，但更需要探索前瞻未來。材料科技的發展不僅是科學研究的課題，更與產業競爭力、國家安全、能源永續密切相關。本期專刊聚焦的四大前瞻技術領域——下世代ICT材料、綠色能源材料、永續循環材料、韌性自主材料——正是未來二十年台灣產業能否持續站穩世界舞台的關鍵。

1. 下世代ICT材料技術

台灣作為全球晶圓代工龍頭，若能補

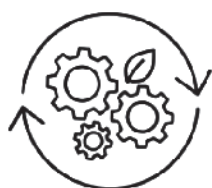
足本土材料供應鏈，不僅能減少對國際供應的依賴，更能在全球ICT競賽中掌握主動權。這不僅是「代工」的問題，更是「自主創新」的戰略選擇。

資訊與通訊產業正邁向AI、5G/6G及量子運算的時代。半導體製程持續微縮，從5 nm、3 nm進入2 nm及更微細製程，對材料的要求已達極限，關鍵材料面臨極大的挑戰。EUV光阻劑需兼顧解析度與感光效率；低介電材料可降低電訊號延遲與能耗，同時需兼具機械強度與可靠性；高導熱基板材料應用於解決高速運算中的散熱技術瓶頸；發展矽光子與量子材料技術提供新一代高效能運算平台技術。

2. 綠色能源材料技術

台灣雖缺乏天然能源，但在製造能力與應用市場上具有優勢。若能結合電動車零組件產業鏈與再生能源部署，材料技術的突破將使台灣在全球能源轉型浪潮中扮

材料與化工研究所四大重點研發領域與代表性技術



永續循環

- CO₂循環利用/碳源化學品
- 塑膠循環/廢塑裂解轉化烯烴原料
- 鋰電池/太陽能回收循環
- 半導體製程廢氫回收
- 全循環聚烯/聚酯創新材
- 永續水處理材料與系統
- 生質染料與循環染整製程



新世代ICT

- 新世代半導體構裝材料
- 化合物半導體材料
- 電子/半導體低碳材料與製程
- 次太赫茲通訊元件與材料
- 管線智慧監測診斷系統
- 無光罩面板製程材料
- 高階CVD SiC鍍膜製程



綠色能源

- 燃料電池與低成本電解產氫
- 化學產氫(低碳排解氫/厭氧共發酵/氯化反應/甲烷去碳製氫)
- 氫氣儲存/氫氣運送
- 高能量鋰固態電池/材料
- 高效率/低能耗合成製程技術
- 節能永續塗料



韌性自主

- 水資源回收再利用
- 管線安全、洩漏檢測、保固技術
- 鈦/鎢稀土原料自主
- 鋼鐵低碳原料/低碳直接還原鐵製程
- 傳產(造紙/玻璃/水泥)自主材料
- 航太/電廠發動機用特殊合金
- 高碳數烯烴/芳香烴材料
- 輕量化複材/高性能碳纖維

演關鍵角色，甚至成為亞洲的技術樞紐。

能源轉型是未來二十年的全球大趨勢，其中關鍵技術包含：電池技術—高能量密度鋰電池、固態電池電解質、快充材料、儲能系統材料等；固態電池—需要高導電、穩定且安全的固態電解質；氫能技術—耐腐蝕、高效率的電解槽膜材與觸媒設計；太陽能材料—鈣鈦礦/矽疊層電池的高效率與封裝耐久性；風能與海洋能—耐候複材、抗鹽霧塗層、葉片檢測與修復技術。

3. 永續循環材料技術

台灣是電子製造大國，廢棄物回收與材料循環尤為重要。若能建立完整的材料循環生態系，從技術、產業到政策齊頭並進，不僅能符合國際減碳規範，更可能輸出綠色解決方案，成為國際循環經濟的示範。

面對全球2050淨零政策規範，材料必須以低碳、再生、循環等技術面對永續循環新挑戰。其挑戰在於：循環塑膠與生

質材料—開發可降解或高性能生質高分子等；電子資源材回收技術—提升稀土、銅、鋰等高價貴金屬的回收效率；碳捕捉與再利用(CCU)—高效吸附材料與觸媒設計；低碳製程—透過電化學、光化學新方法降低材料生產碳足跡。

4. 韌性自主材料技術

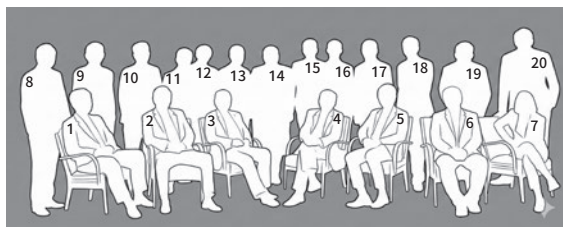
台灣作為全球科技產業的核心環節，若缺乏材料自主化，就難以應對供應鏈斷裂的風險。培養「韌性自主」的材料產業，不僅是經濟課題，更是國安戰略。台灣需要從「代工強國」邁向「自主創新國」，在材料領域建立長期競爭力。

地緣政治與供應鏈重組，材料自主化的重要性前所未有，相關技術發展重點為半導體關鍵材料國產化技術、能源與儲能材料自主技術、化工與高分子產業的韌性製程技術、金屬與關鍵礦物資源技術、數位化與智慧供應鏈管理技術。



▲工研院材化所溫俊祥副所長（左起）、陳建明副所長、邱國展所長、賴秋助副所長及林顯光技術長

材料與化工研究所團隊



- | | |
|----------------------|--------------------------|
| 1：化學工程技術組 汪進忠組長 | 10：先進金屬與複合材料研究組 陳興華組長 |
| 2：結構及設備完整性研究組 王立華組長 | 11：光電有機材料及應用研究組 呂奇明組長 |
| 3：溫俊祥副所長 | 12：應用化學研究組 洪煥毅組長 |
| 4：賴秋助副所長 | 13：先進陶瓷與無機半導體材料研究組 邱國創組長 |
| 5：陳建明副所長 | 14：邱國展所長 |
| 6：林顯光技術長 | 15：前瞻材料基磐技術組 張志祥組長 |
| 7：綠能元件及關鍵材料研究組 蔡麗端組長 | 16：高分子研究組 林志祥組長 |
| 8：智權加值與國合推動組 楊思源組長 | 17：先進精微技術研究組 李壽南組長 |
| 9：儲能材料及技術研究組 廖世傑組長 | 18：纖維暨紡織化學品技術組 張昌榮組長 |
| | 19：水科技研究組 梁德明組長 |
| | 20：先進電子構裝材料研究組 楊偉達組長 |

材料與化工研究所近年國際獲獎紀錄



R&D 百大科技獎

- 2025 ● 回收纖維再製低碳循環防水透濕膜(Circu-Texfilm)
- 2024 ● 煙道氣捕CO₂ 製造固碳PC技術
- 2024 ● AI低碳無機聚合混凝土技術
- 2023 ● VOC-3R 近全循環利用-PI膜綠色製程創新
- 2022 ● 9KC GreenTape™ LTCC於5G毫米波通訊技術
- 2020 ● 高能量及高安全樹脂固態電池
- 2018 ● 超臨界流體染色染劑與機能化同步技術
- 2017 ● 廢液晶面板再利用處理系統
- 2017 ● 化學SEI改質長續航力電動車鋰電池
- 2016 ● iSmartwear 感知智慧衣
- 2015 ● PolyE 奈米纖維濾膜
- 2012 ● Lignoxy™木質素環氧樹脂
- 2012 ● TEMM熱電材料與模組技術
- 2011 ● 可重複書寫電子紙
- 2011 ● HyTAC™新型偏光板保護膜
- 2010 ● 多用途軟性電子基板(FlexUPD)
- 2010 ● REDDEX™環保防火耐燃材料
- 2009 ● 高安全性STOBA鋰電池




愛迪生發明獎(創新界奧斯卡獎)

- 2025: 漏水智慧監測技術(金獎)
- NaPoGlass-吸放自如的高效能金屬離子捕捉材(金獎)
- 2024: 高效潔淨聚脂溶解脫色技術(銀獎)
- 2021: 微生物染料開發與纖維應用(銀獎)
- 2020: 無甲醛環保接著劑(金獎)

全球永續美妝大獎-永續美妝原料獎

- 2023: I-Proteo鳳梨葉轉化功效原料

華爾街日報科技創新獎

- 2011: Spray-IT™噴塗式隔熱技術
可重複書寫電子紙
- 2011: 高耐候性透明熱反射薄膜技術
- 2010: 多用途軟性電子基板(FlexUPD)

SID顯示器材料元件-銀獎

- 2011: 高無機含量透明混成基板

IF產品設計獎(產品設計界奧斯卡獎)

- 2012: 無線傳能系統、雲端偵測器

美國航空週刊創新挑戰獎-首獎

- 2012: REDDEX™環保防火耐燃材料

結 語 四十而不惑，邁向五十

《工業材料》不僅是知識交流的平台，更是台灣產業升級的見證者與推動者。它所承載的文章、技術評論與產業觀察，為產官學研界建立了一條持續對話的橋樑，讓材料科學真正走入產業應用。

過去四十年，《工業材料》扮演的是「紀錄者」與「傳播者」的角色。未來十年，它更需成為「產業與研究的橋樑」：將研究成果更快導入產業應用；「國際視野的窗口」：連結全球材料科技發展，協助台灣找到定位；「永續創新的倡議者」：推動材料科技不僅追求效率，更追求環境與社會的永續價值。

「四十而不惑」不只是歲月的註解，更是產業轉型的智慧。材料科技的發展，未來十年將深刻影響下世代ICT、綠色能源、永續循環、韌性自主等領域。這既是挑戰，更是契機。

在此，本文也向讀者發出邀請：

1. 如何在全球競爭中，建立屬於台灣的材料自主力？
2. 如何以材料創新支撐能源轉型與永續發展？
3. 如何打造跨領域融合的未來材料生態？

帶著這些問題與願景，《工業材料》將繼續陪伴台灣產業，一同邁向下一個十年、五十年，乃至百年的新篇章。願材料科技的累積，成為台灣在世界舞台持續發光的力量。📖