

第 4 章 基礎科技

一、高階製造系統技術

(一) 技術研發目標

台灣工具機產業在質與量方面，已有大幅進步，但若深入探討所生產的機器，大多是中低階機種，屬於勞力密集附加價值不高的產品。由於對國內物價高漲、人力成本不斷上升、中國大陸及韓國低價競爭等種種不利環境因素，國內工具機業者已面臨轉型的關鍵點，必須從基本改變工具機體質朝高階製造系統發展，基礎技術要落實執行，方能達到目標。建構高階製造系統技術初期目標在於根本的基礎技術建立與落實；中期目標在於促成結構轉型，提升整體產業相對於競爭國家的長期優勢，提高精密機械產業之國際地位；長期目標在於使精密機械產業成為台灣各產業立足全球的關鍵核心資源。相關重點技術研發發展趨勢之目標說明如下：

1. 虛擬工具機(VM, Virtual Machine)技術提供一個工具機設計階段，可確認使用與操作加工品質之技術，透過最佳化的手段修正結構或是調整切削製程，經確認後才開始製造。原型機型即為量產機型，可縮短產品設計週期，並降低嘗試各種創新配置的風險，大幅提升設計品質。透過機電整合分析技術與虛擬切削(Virtual Cutting)技術之結合，提供國內工具機產業完整之整合機電分析與結構設計優化分析系統，提高工具機廠設計品質。
2. 液靜壓軸承具有高剛性、高承载力與高阻尼性之特性，為精密工具機必備之關鍵零組件。目前液靜壓軸承大多藉由國外專業廠設計與製作，在設計相關機台設備時，容易受限國外產品之規格、價格與維修等問題。本項目擬建立國內工具機業者所需液靜壓軸承之設計分析工具與加工製造技術。
3. 工具機軸承系統以使用滾珠軸承為主，對於高精度、非接觸之氣靜壓軸承，缺乏設計資料與使用經驗。本技術進行性能驗證並與分析結果比對，建立氣靜壓軸承之設計方法，提供國內工具機與設備業者的氣靜壓軸承應用，業者可自行設計符合機台之氣靜壓軸承系統。
4. 以振動測試分析法建立工具機結構靜動態性能驗證分析技術，分析出結構物之共振頻率(Resonant Frequency)、臨界轉速(Critical Speed)等特性，建立機台設計之基本資料，提高工具機待機時，即可推導各模組該達到之精度。透過建立工具機各模組振動訊號特徵與故障之關聯知識庫，可作為預兆診斷技術之根據，提高故障診斷可靠性與故障問題發現，達到早期防治的目的。
5. 工具機使用灰鑄鐵為結構材料，針對材料機械特性與尺寸安定性等之性能分析調查，進行安定化熱處理之參數開發及其特性研究，建立灰鑄鐵材料熱處理特性資料庫，提供業界設計與製造之參考依據。根據灰鑄鐵材料熱處理特性及差異進行材料合金設計與組織改良，對應之安定化熱處理技術開發，達成精密結構材料之需求。

台灣工具機業者要挑戰日本及德國，要保住中品級產品市場、躋身高品級位階，要提高附加價值，就得把性能做更大幅度的提升，才能繼續領先，所謂商品級工具機

不但有大幅精度及功能面提升，在技術方面，對於提高產品可靠度的投入也要努力推動。工具機更具產業競爭力，不僅是在機台的外觀及作動功能能夠符合需求，更是需要藉由精密組裝技術來提升機台等級定位，台灣與德國工具機產業應用差異不大，惟台灣工具機在光電、電子、生醫等零件製造日益增加，發展高階製造技術來因應產業需求。

(二) 技術發展藍圖

高階製造系統技術包含虛擬工具機、氣液靜壓軸承、振動監測分析、材料精度穩定性技術及高精度組裝技術等，技術發展藍圖見圖 2-3-4-1。

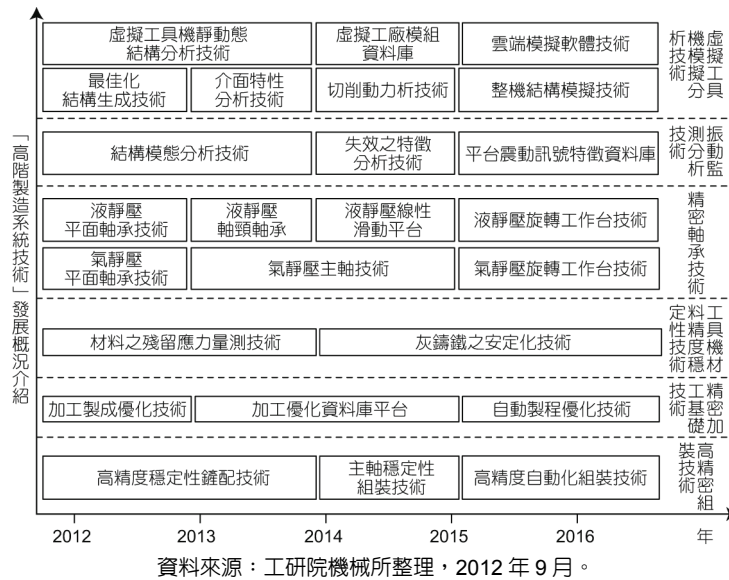


圖 2-3-4-1 高階製造系統技術發展藍圖

在虛擬工具機之技術項目，各自有其研發與研究單位之研發基礎，但除西門子的 Mechatronic Support 系統以外，鮮少有整合之技術展現，但其缺點是不支援西門子以外之系統，且技術服務價格昂貴。自 2012 年起工研院機械所開始著手進行技術整合，並赴國際技術領先單位取得相關技術，結合既有之結構形貌優化技術，建立虛擬工具機技術平台之雛形。預計 2013 年加入應用拓譜優化(Topology Optimization)、形貌優化、尺度優化技術深化設計能力，藉此修正虛擬切削之模擬結果。預計 2014 年完成虛擬控制器技術，了解泛用商用控制器之模擬法則，進一步完成虛擬工具機之最後一塊拼圖，並著手建構台灣之雲端設計平台(Cloud Designing Platform)，預計 2015 年虛擬工具機研發平台正式營運。

氣靜壓軸承在工業基礎技術是屬於關鍵的元件部分，氣靜壓平面軸承的研發重點：在短期時程(2012~2013 年)，將建立工具機在高精密與低磨耗的元件。中長期時程(2014~2016 年)，將建構氣靜壓主軸技術模組，以氣靜壓之特點發展精密的主軸單元，提供業界超精高速的主軸。後續則將建立氣靜壓旋轉工作台技術，提供產業界跨精密的旋轉軸模組，組合成高階的五軸精密加工機，提升多軸加工之水準。

液靜壓軸承在開放式智慧製程加值軟體平台部分，研發重點在短期時程(2012~2013年)，將建立以液壓系統之低摩擦高負荷特性，開發可承載及分組的模塊。中長期時程(2014~2016年)，將建構液靜壓軸頸軸承及液靜壓線性滑動平台模組，是針對工具機最關鍵的主軸圓型軸承作高精度低振動的設計。後續則將建立液靜壓旋轉工作台技術，對於超精密機器建構中提供更高負荷模組。

振動監測分析部分，研發重點在短期時程(2012~2013年)是結構模態分析技術，將建立以實務的監測分析與模擬分析比對，為振動監測建立標準且準確模式。中長期時程(2014~2016年)，將建構失效之特徵分析技術，對於工具機各動力傳遞系統，進行線上失效監測分析。後續則將建立平台震動訊號特徵資料庫模組資料元件庫，提供產業界有效抑制壽命減短及元件損壞資訊。

工具機材料精度穩定性技術部分，研發重點在短期時程(2012~2013年)為材料之殘留應力量測技術。中長期時程(2014~2016年)將建構灰鑄鐵之安定化技術。

高精密組裝技術方面，研發重點在短期時程(2012~2013年)為高精度穩定性鏟配技術，將建立工具機結構模組間模組之精密剷配(Precision Scraping)。中期時程(2013~2014年)，將建構主軸穩定性組裝技術。長期時程(2014~2016年)以高精度自動化組裝技術為主，經由高值化工具機提高其穩定度。

(三) 產業效益

預期整體成效：1.整合台灣工具機製造廠商，針對未來新興光電科技、生醫、通訊產業市場需求，建立高階工具機完善設計準則，帶領國內工具機業者掌握市場趨勢，引領業界產品大幅躍進與升級；2.建構國產高階工具機製造基礎技術，促成產業投資新台幣 20 億元以上，並完成申請國內外專利 40 件以上，機器單價由 200 萬元提高至 800 萬元；3.帶領台灣工具機為高階工具機供應國之列，並提升高階應用相關產業，促成我國工具機出口位居全球前三大，開創工具機產業兆元的新紀元。

虛擬工具機主要解決業界結構分析技術誤差較大問題，降低業者新產品設計失誤的風險，提升設計可靠度與品質，且節省整體設計時程達 40%以上。提升台灣工具機設計上之整體形象，擺脫抄襲與次級設計之印象，整體提升精密機械業之產業水平，帶動台灣工具機產業再次升級。

液靜壓軸承技術，為建立液靜壓周邊配合系統與設計技術工具。提供國內工具機廠商與設備廠，建立自主開發與應用氣靜壓軸承之能力，擺脫對國外產品之依賴，同時降低設備成本，提升產品品級。

氣靜壓軸承之設計分析技術，掌握氣靜壓軸承之設計關鍵，建立氣靜壓軸承之製作技術及性能驗證流程。結合學界與陶瓷製作者共同開發氣靜壓軸承，並將以精密氣靜壓主軸與氣靜壓旋轉工作台為應用模組，協助工具機廠商提升自主性，邁向高階工具機生產大國之列。

建立國內常用灰鑄鐵材料之機械特性、尺寸安定性及熱處理特性資料庫，可應用於高品級工具機結構件及精密機械設備之關鍵零組件等，解決因為材料殘留應力或組織不穩定而影響精度穩定性的問題，以提升台灣工具機產業的產品品級與技術位階，作為國內精密機械產業升級的基礎。

高精密組裝技術建立研發平台的組裝與測試程序，將該技術移轉給國內工具機相關業者，其產生的效益，將可協助國內工具機業者突破技術整合與商品化的瓶頸，使業者有能力升級、轉型，發展國產高附加價值的精密加工設備，進而促使我國產業在生產設備與產品精密度等級的提升。

二、半導體製程設備關鍵技術

(一) 技術研發目標

台灣擁有相當完整的半導體設計、製造、封裝與測試等產業鏈，歷經數十年發展，在製造如矽半導體、砷化鎵(GaAs)及氮化鎵(GaN)等元件上，為國際市場重要的生產者。然而，台灣半導體產業之升級與精益求精，需要掌握製造關鍵性零組件、製造生產時的設備與製程等，並生產具高附加價值之產品，才能在國際市場上占有優勢地位。

以發光二極體(LED, Light Emitting Diodes)產業為例，其所使用的半導體製程設備關鍵技術，其半導體設備與製程要求密切相關，如 LED 上游磊晶製程中，包括金屬有機化學氣相沉積系統(MOCVD, Metal-organic Chemical Vapor Deposition)、液相磊晶(LPE, Liquid Phase Epitaxy)、分子束磊晶(MBE, Molecular Beam Epitaxy)等方式，其中金屬有機化學氣相沉積系統為 LED 廠商主要採用的機台，原因是磊晶製程速度快(約 7~8 個小時)、量產能力佳，且適合運用在 LED 應用產品。MOCVD 主要功能可隨著前驅物(Precursor)的更換，而沉積出不同種類的薄膜。近來也有其他方面的應用，如製造功率元件(Power Device)和奈米晶體等。由此可知，需同時兼顧設備與製程的開發，才能發展出適合新材料的設備，讓製程技術能有明顯的突破。

台灣擁有相當完整的半導體設計、製造、封裝與測試等產業鏈，但在金屬有機化學氣相沉積系統設備開發方面(如高溫加熱系統)，技術能量較國外大廠相對不足，因此，MOCVD 設備開發技術應為下一階段產業發展的重點方向。目前台灣使用的 MOCVD 系統全數自國外進口，共約有 800 台左右，自主關鍵設備自製率仍不及 6%。由於 MOCVD 設備占 LED 磊晶成本達 50%，故對 LED 設備供應鏈而言，MOCVD 設備開發極為重要。惟妥善運用台灣強大磊晶生產技術，推動設備自製化，並進一步推動下世代先進製程技術研發，使 LED 產業鏈更具競爭力。

(二) 技術發展藍圖

為配合國家科技與產業政策，半導體製程設備關鍵技術針對產值極高，且國產自製率幾乎為零的金屬有機化學氣相沉積系統關鍵零組件與高溫爐管設備作開發，並積極推動由業界主導規劃開發量產型 MOCVD 與高溫爐管整機設備，達成高產能及高薄膜品質的國產磊晶設備開發，使得台灣在半導體產業可垂直整合加速擴散產業效益。

關鍵技術發展藍圖規劃見圖 2-3-4-2，涵蓋「MOCVD 設備開發技術」、「高溫回火驗證技術」，各技術主軸重點說明如下：

1. MOCVD 設備開發技術-MOCVD 為半導體生產設備中成本最高之製程設備，同時也是掌握晶片效率之關鍵製程設備。由於國內沒有自行設計及設備開發的能力，因此，如何設計開發自主化 MOCVD 設備中的反應腔體核心部分，發展出一套降低薄膜缺陷與雜質之磊晶技術，顯得格外重要性。

針對 MOCVD 設備內的反應腔體核心部分，以開發蓮蓬頭式(Showerhead)與氮化鎵/矽(GaN/Si)磊晶技術為開發重點，預計提出之磊晶參數與國產自製的蓮蓬頭式做結合，達到國產設備可生產氮化鎵/藍寶石基板(GaN/Sapphire)與 GaN/Si 高品質磊晶薄膜的目的。

蓮蓬頭式之開發，於 2012 年的技術發展重點，在於設計高均勻度(uniformity)氣場熱場分布之噴嘴，使用於 2 吋基板磊晶製程，預計完成氣場熱場分析，以達成高均勻度 2 吋磊晶基板 MOCVD 設備關鍵零件開發，使其溫度均勻度誤差 $<2^{\circ}\text{C}$ 。另外，評估 4 吋 GaN/Sapphire 厚度變異性分析。預計在 2013~2016 年，可陸續完成 6~8 吋大面積磊晶製程之 MOCVD 設備關鍵零件開發；在此期間整合學界、業界資源，輔導業界完成 MOCVD 整機生產。預計 2016 年將達到規格為直下式 Showerhead、腔體容量 55 片，推動設備自製化，鞏固半導體產業實力，達到精益求精之目標，可望提升台灣產業競爭力並拓展國際市場。本技術結合次世代 LED 磊晶技術之研發成果，透過與業界的合作，加速設備開發導入時程，帶動國內磊晶技術升級與 LED 設備國產化，進而推動台灣半導體產業邁向高值化。

2. 高溫回火(Thermal Annealing)驗證技術-當電力電子的規格愈來愈需要更高功率時，傳統矽元件將因為無法滿足系統需求，而逐漸被寬能隙半導體材料所取代。而寬能隙半導體元件的製程中，需要在非常高的溫度下進行回火製程，所以高溫回火設備與製程的要求就會愈嚴格。高溫回火設備技術，在 2012 年度，發展重點為以 $1,250^{\circ}\text{C}$ 高溫回火，將寬能隙材料(GaN)活化，達活化率(activation rate) $>60\%$ ；粗糙度(roughness) <5 埃米(A)；均勻度(uniformity) $<5\%$ 。預計在 2013~2016 年，欲達成高溫回火但沒有覆蓋層(cap layer)的製程建立為最終目標，利用 4 吋碳化矽二極體(SiC Diode)或金氧半場效電晶體(MOSFET, Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor)元件於高溫($>1,600^{\circ}\text{C}$)且沒有覆蓋層下，進行高溫回火以驗證機台能力。其目標規格為：像盒子形狀(box-like)的 P-型載子分布；活化率 $>60\%$ ；粗糙度 <10 埃米(A)；均勻度 $<10\%$ 。高溫回火設備技術，除了原有的組裝技術外，高溫腔體的設計及材料開發、高溫絕熱材料的開發、快速加熱系統與即時的溫度量測及快速溫度回饋系統等建置，皆是台灣未來尚須努力的領域，期盼在國際大廠環伺下，也能有一立足點。

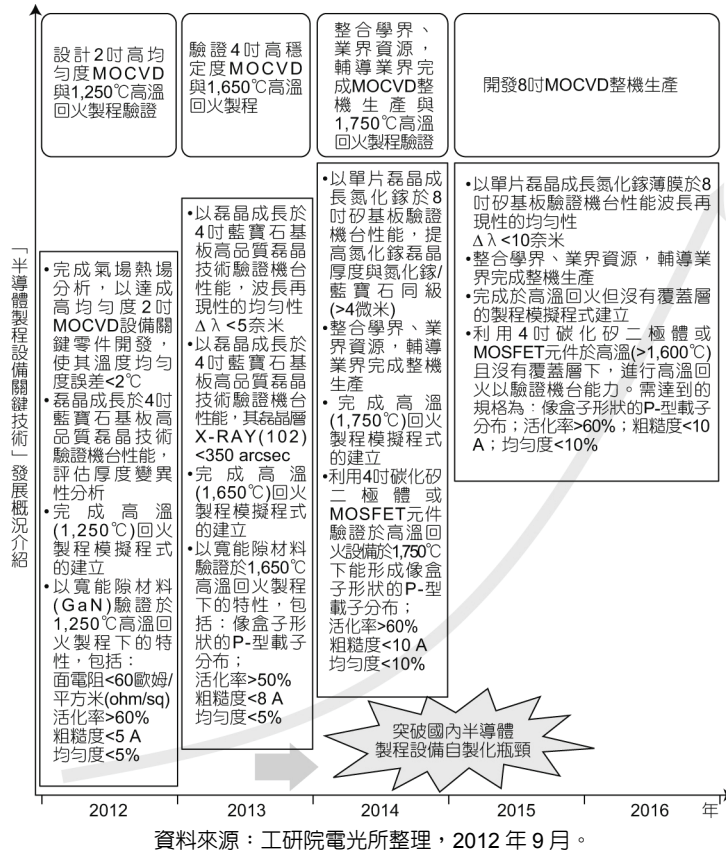


圖 2-3-4-2 半導體製程設備關鍵技術發展藍圖

(三) 產業效益

因台灣、韓國、中國大陸等地之LED廠，於2009~2010年擴大採購MOCVD設備，促使Aixtron、Veeco等MOCVD設備廠，積極提升其機台產能。根據國際半導體設備材料產業協會(SEMI)預估，2012年全球半導體設備市值將達424億美元，推估台灣MOCVD總體產值為100億美元，以每年替代率、成長率約10%來預估，倘若台灣國產的MOCVD加入此一市場，將帶來10億美元的商機。

為提升台灣設備自主能量，並提高大量的使用者經驗與後勤維護能力(軟硬體)，半導體製程設備關鍵技術所發展的GaN/Si磊晶技術、Showerhead機構開發技術、超高溫系統的模擬設計與耐高溫材料技術，以及耐高溫的絕緣材料等關鍵技術，結合製程與設備開發，強化產業國際競爭力與創新力，協助台灣半導體業者逐步成為主導下世代製程、設備與產品的先驅。在國內半導體設備自給自足的情形之下，發展新的製程並率先進行專利布局，進一步帶動國內就業市場。

綠色能源產業將會是全球下一個明星產業，在國際間競爭與積極卡位趨勢下，台灣應善用極佳之技術研發與製造能力，運用跨領域的資源整合，開發創新技術，創造商機，提升產業價值與競爭力，以快速嵌入全球分工布局，有機會開創台灣能源產業發展之新領域。