

全球首創虛實整合分析平台

先進半導體薄膜設備智慧製程技術

製程參數就像食譜配方，不同參數組合，都會影響良率。半導體電子元件動輒上千道製程中，複雜反應有如黑盒子，只靠人工調整找到最佳參數，曠日廢時。為了解決此問題，研發「先進半導體薄膜設備智慧製程系統」，領先全球首創虛實整合的數位雙生系統，快速找出參數黃金組合，榮獲工研菁英傑出研究獎金牌。



工研院研發「先進半導體薄膜設備智慧製程系統」，領先全球首創虛實整合的數位雙生系統，為產業帶來極大效益。

撰文／陳怡如

半導體是臺灣在全球高科技版圖的代名詞，而半導體的薄膜製程，可說是晶圓加工的基礎。當一片片晶圓製造完成後，就會進入加工階段，首先會在晶圓表面鍍上薄膜，依據發光、導電或保護等不同需求，這層薄膜可以是氮化鎵、砷化鎵、氮化銮鎵、二氧化矽、氮化矽等化合物材料，後續再接著進行微影和蝕刻製程。

鍍膜少則2、3層，多至10幾層，就像蓋房子，地基打得好，一層層堆疊上去才能蓋得穩又好。如果薄膜沒有鍍好，就會影響最終晶圓的良率，因

此鍍膜製程極為關鍵。工研院機械與機電系統研究所副組長王慶鈞形容，「鍍膜的腔體設備宛如黑盒子，裡面有太多東西在變化，要控制各種化學和物理反應，只有達到非常均勻穩定的狀態，才能鍍出品質良好的薄膜。」

鍍膜時得考慮壓力、流量、溫度等多項參數，組合可達數百種，過去業界都是用是靠人的經驗找出最佳組合，非常耗時及耗費成本。王慶鈞解釋，依照製程不同，每次鍍膜時間從幾10分鐘，甚至到8小時都有可能，以最複雜的8小時來說，當這一輪的薄

膜品質不如預期時，下一輪修改就要等上8小時後才能知道結果，「一天最多只能進行2到3輪。」

打造真實腔體 突破數據關卡

為了解決這些痛點，工研院獨創製程數位化的預測技術。團隊以理論和真實數據為基礎，建立一套具備多重物理關聯的分析模型APP，模擬在不同參數下，相對應的薄膜品質，工程師只要輸入不同參數組合，就能預先知道結果，大幅縮短調整和試錯時間，「這對開發新產品特別有幫助，以後就不用再大海撈針尋找參數。」

王慶鈞指出，這和常見的大數據，甚至AI人工智慧分析有些不同。大數據分析是建立在大量的數據基礎上，但由於半導體製程往往涉及廠商機密，無法取得太多真實數據，為了突破數據關卡，團隊開發相關技術，只需少量數據即可建立分析模型；更透過虛實整合方式，打造一個接近真實鍍膜設備的腔體，首創「流場可視化」和「電漿診斷技術」，藉此取得更多真實數據回饋修正模型，讓預測更加精準。

所謂的流場可視化，是以雷射光照射腔體，觀察在不同參數下，腔體內的氣體流場變化，王慶鈞比喻，「就像烤麵包機，在烤的過程可以看到蒸氣怎麼跑，好讓麵包烤得均勻。」另一方面，也在



先進半導體薄膜設備智慧製程系統提供最佳參數，大幅縮短半導體薄膜製程的調機時間。

腔體內裝設電漿即時診斷模組，收集電子密度、離子能量等電漿參數的變化。

三大效益 鞏固產業競爭優勢

由於薄膜製程牽涉許多複雜因素，這項技術需要物理、化學、材料、電子、電機、機械等跨領域人才參與，「全球很少有這樣跨領域的研發團隊，這正是工研院的優勢」王慶鈞表示。早在研發之初，工研院機械領域與電光領域即攜手合作，由機械領域團隊打造虛實整合平台，半導體經驗豐富電光團隊則扮演驗證角色，修正參數，提升模型準確率，「將模擬和實務操作對接起來，」工研院電子與光電系統研究所研發副組長傅毅耕說。

近年來，團隊不停深入研究各種鍍膜技術，目前已涵蓋市場9成以上的鍍膜技術設備，可廣泛應用在半導體先進製程、化合物半導體、5G無線通訊、Micro LED與IC載板等新興產業的薄膜製程，目前已導入國內外多家半導體元件終端製造商、設備商及系統整合商使用。由於採用APP介面，廠商不需大幅改機或替換設備就能使用，降低導入門檻；對設備廠來說，未來若附加參數模擬的APP功能，也能進行高值化轉型，同時提高國產半導體設備的競爭力。

有了最佳參數助力，半導體薄膜製程的調機時間，從過去人工調整時的1周縮短為2小時，新產品開發時間從3個月縮短為1個月；每一輪製程的重覆性誤差，也從人工調整時大於4%，降低為小於2%；預測的準確度更是從過去的人為經驗調控不到80%，提升至超過95%的高效能。

王慶鈞認為，這項技術還可為產業帶來三大效益。首先是協助臺灣半導體產業數位轉型，從仰賴經驗轉型為仰賴數據的精準預測；第二是加速半導體設備廠技術升級，提供客戶更多附加價值；第三是透過預先模擬，減少製程研發時的材料耗費，並銜接未來半導體製造的數位化整合淨零碳排趨勢。三大效益，三管齊下，持續鞏固臺灣半導體產業的競爭優勢。■