

可視化磊晶製程優化系統

找出最佳化參數 製程人員快速變專家

要好吃麵包，從麵團配方、發酵溫濕度到烤溫都得講究，磊晶廠生產晶片也是一樣，只不過要設定的參數，包括溫度、壓力、流量、轉速…高達上百組，怎樣找出「最佳配方」？工研院的「可視化磊晶製程優化系統」，可讓製程人員「看」到參數調整的效果，快速找出最佳製程參數，縮短產品上市時間。

撰文／陳玉鳳 攝影／謝慕郁

在實驗設計磊晶製程時，要找出最佳化製程參數，一般只能仰賴磊晶製程人員的經驗，也就是說，主事者的經驗多寡會左右調機時間長短，甚至影響良率高低，這是LED磊晶業者普遍面臨的困擾，「為提升LED磊晶製程競爭力，就要從這個部分著手，工研院透過跨領域合作，終於找出解決之道，」工研院電子與光

電系統研究所磊晶元件技術部經理傅毅耕說。

解決之道就是「可視化磊晶製程優化系統」。不同於人為必需反反覆覆調整參數、試誤，該系統將製程參數實驗資料庫，以及模擬分析的優化結果導入巨量資料庫，配合成品要求，量身訂做找出最佳參數組合。導入「可視化磊晶製程優化系統」後，磊晶廠找出所



工研院研究團隊開發了「磊晶製程參數優化系統」，可以迅速地找到最佳化製程參數，完美解決磊晶業者的困擾。

有最佳化製程參數的時間，可從一週縮短為兩小時，且參數分析準確度由 92% 提升為 95%，新產品上市時間也能由三個月縮短為一個月。

傅毅耕為這套系統下了一個註腳，「利用這套系統，磊晶製程操作人員馬上可變身為經驗豐富的專家。」

軟硬整合及可視化 提高準確性

值得一提的是，找出最佳化製程參數之餘，這套系統還能「看得到」參數調整下的變化。「LED 製程的可視化設計驗證載台，就像是醫院裡的核磁共振成像（MRI），讓我們能『看』到 MOCVD 腔體內的熱流層和氣流層變化，」工研院機械與機電系統研究所研發副組長王慶鈞進一步說明，「這個載台能模擬磊晶製程的環境，讓工作人員能直接觀察高溫動態流場，提升數值模擬分析技術的準確度，進而使磊晶製程與設備參數優化軟體的分析更精準。」

拿做麵包來比喻，單就烤溫來說，如果能夠模擬烤箱上下烤溫設定對麵團的影響，看得到烤箱中熱傳導與熱對流影響麵團膨脹的狀況，麵包師傅就能調整烤箱上下火、麵團含水量，烤出心目中理想的麵包。

「軟硬整合」是此系統的另一特點。透過參數優化軟體和氣體噴灑頭的軟硬體整合，可進一步最佳化「有機金屬化學氣相沉積（MOCVD）」製程並提升良率。王慶鈞指出，「MOCVD 磊晶製程是 LED 製作過程中最難掌握的步驟，因為變數非常多，我們透過『軟』和『硬』這兩個途徑來降低難度，前者是指參數優化系統的導入，後者是結合機台與製程的氣體噴灑頭模組。」透過這樣的方式，LED 磊晶製程業者除了能快速找到最佳化參數外，還能提高 MOCVD 製程的準確性；設備業者能大幅縮短氣體噴灑頭新模組設計開發時間，並可提高機台產能與良率。

表面反應路徑決策技術 以簡馭繁

此外，面對 MOCVD 磊晶製程的多重物理化學耦合現象所帶來的難題，工研院團隊則創新研發了「磊晶化學表面反應路徑決策技術」來解決。MOCVD 磊晶製程發展至今已有 50 年，全球仍僅有威科（Veeco）、愛

「可視化磊晶製程優化系統」導入前後比較

	導入前	導入後	效率提升
找出最佳化參數所需時間	一週	兩小時	98% ↑
參數分析準確度	92%	95%	3% ↑
產品上市時間	三個月	一個月	66% ↑

思強（AIXTRON）這兩家業者，就是因為磊晶製程是多重物理化學耦合現象，包含三五族氣體、高達攝氏一千度的高溫複合材料、流體動力、熱傳與化學反應動力等，實在太過複雜，跨入門檻極高。

王慶鈞說，MOCVD 磊晶製程中要考慮的化學反應實在太多，工研院的「磊晶化學表面反應路徑決策技術」，能將 100 條複雜的化學反應式解析、篩選為不同溫度下真正主導反應的 20 幾條反應式，有助於快速實現磊晶表面關鍵製程的最佳化。

助台灣製造邁入工業 4.0

「可視化磊晶製程優化系統」適合兩類用戶，其一是希望透過此系統開發新的磊晶製程或改進現有的製程參數的 LED 業者；其二是希望改進設備效能，或是使用新的噴灑頭以獲得更高產能的設備開發商。目前此套先進的軟體系統技術，已有國內外磊晶製程與設備業者使用，並與國際 MOCVD 設備大廠洽談合作中。

王慶鈞強調，此系統不限於應用在 LED 領域，「這是原創性極高的製造數位化決策技術，除了能協助 LED 業者技術升級外，未來還能應用於其他領域的磊晶製程。」這些領域包括半導體、下世代顯示器、太陽能光電、無線通訊，以及高效率功率電晶體等產品的磊晶製造。

展望未來，在既有的「可視化磊晶製程優化系統」基礎上，工研院也將展開新一波跨領域合作，進一步深入 AI 應用於薄膜製程智慧分析與最佳化之先進製造領域，為台灣製造業邁向工業 4.0 提供更強有力的後盾。■