



磊晶製程 參數優化系統技術

The Epitaxy Optimum Coupling System

林義鈞

工研院機械所
先進機械技術組
固態光源機械技術部

黃智勇

工研院機械所
先進機械技術組
固態光源機械技術部

陳冠州

工研院機械所
先進機械技術組
固態光源機械技術部

王慶鈞

工研院機械所
先進機械技術組
研發副組長

關鍵詞(Keywords)

- 數位化 Digitization
- 磊晶 Epitaxy
- 有機金屬化學氣相沉積 MOCVD

摘要(Abstract)

工研院研發的磊晶製程參數優化系統(epitaxy optimum coupling system, EOCS)是屬原創性極高之製造數位化技術，不同於傳統人為操作參數的決策。本系統是將製程參數實驗資料及模擬分析之優化結果導入巨量資料庫，可以快速(2小時)找出最佳化的參數，比以往需1週調控的時間大幅縮減，相較其他的競爭者，使用磊晶製程參

數優化系統預期可增加產能，而且能獲得準確度92%以上的鍍膜速率與均勻性預測。且具有新產品快速彈性研發優勢，主要是可縮短了產品上市時間(time to market)，並減少研發成本，更有利於開發下世代大尺寸 GaN/Si 光電和深紫外光 LED 新元件，同時可望填補全球 LED 前段磊晶設備產業關鍵模組的供應鏈缺口。

ITRI's Epitaxy Optimum Coupling System, EOCS, differs from the traditional manual control. The EOCS is a pioneering digital determination technology for MOCVD epitaxy process. It imports optimum parameters elicited from experiment data as well as simulation analyses into a big data platform. With control time shortened from a week to within 2 hours, the system is capable of rapidly determining the optimum parameters, accelerating the time to



market. Compared with current systems, EOCS is expected to enhance production capacity and save time in debugging machines. Moreover, it can carry out the film deposition rate and thickness uniformity predictions with up to 95% accuracy. It is found that using EOCS can save the R&D cost, making it possible to develop new products (next generation large scale GaN/Si or DUV-LED) in a faster and more flexible manner.

1. 前言

有機金屬化學氣相沉積 (metal organic chemical vapor deposition, MOCVD) 磊晶設備是光電半導體產業之關鍵製程設備，在發光二極體 (LED) 繁複的磊晶製程中，如氣體組成、流量、壓力、基板溫度和轉速等參數會交互影響，磊晶參數往往需要花很長的時間來設定及調整。根據以往經驗，做一組參數需要 6 到 8 小時，找出最佳化製程參數往往耗費 1 週，造成決定最佳化磊晶製程參數時間太長，因而造成時間及成本的浪費，影響 LED 產品上市時間，因此如何讓磊晶製程設備操作人員減少發散型的實驗設計流程，不必要 try and error 的測試磊晶製程，此是全球 MOCVD 面臨的技術挑戰之關鍵研究課題。

LED 新結構的研發需具備基礎學理(化學、機械、流力、質傳及熱傳等)，一般製程人員為光電背景，對於化學反應過程不清楚，而設備人員對製程不了解，以致在新結構(次世代產品)的開發能量上不足，所以如何輔助磊晶製程人員在製程上的

突破，數位化製造系統的導入是刻不容緩之事宜，機械所開發之「磊晶製程參數優化系統」技術將可解決上述的議題，因此未來台灣優化產業(光電、半導體)競爭之機會與挑戰有兩個方向：(1)從人為製程調控邁向數位化、(2)建構新產品快速彈性的研發優勢。

磊晶製程為 LED 製作過程中最為困難掌控的步驟，因為磊晶製程必須控制成核的晶種具有同一方向性排列，並繼續成長均勻的發光薄膜，此牽涉到綜合材料、流體動力學、熱傳導、化學反應動力學等多重物理耦合現象。磊晶製程是藉由金屬有機化學氣相沉積(MOCVD)設備來達成，本所設備主體為直徑 500 mm 的真空腔體，內含有直徑 450 mm 的氣體噴灑頭(showerhead)、加熱器(heater)與承載盤。氣體噴灑頭是由雙緩衝擴散結構及 10,000 支不銹鋼同心管(內管直徑 0.92 mm，外管直徑 1.78 mm)焊接組合而成。加熱器必須能調控晶圓表面 580°C~1050°C，且溫度變化在 $\pm 1^\circ\text{C}$ 以內的製程溫度。承載盤可以裝 2 吋晶圓 31 片或 6 吋晶圓 3 片。將三族及五族兩種氣體經由氣體噴灑頭之同心管，經質傳反應形成層流(laminar flow)導引至被加熱均勻的晶圓表面上，再由化學反應在晶圓表面上得到 GaN/sapphire 和 GaN/Si 成核鍍膜，陸續依製程所需不同混合濃度及溫度，可完成 LED 元件磊晶的製程。圖 1 為 MOCVD 磊晶製程成膜過程的示意圖，整個過程大致分為 Macro 與 Micro condition control 才能形成均勻的薄膜，成膜期間包含傳輸送、吸附、成核成長、解析脫附、向外擴散等步驟。

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】399期・105年6月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw

機械工業雜誌信箱：jmi@itri.org.tw