

# MOCVD 磊晶製程參數系統優化技術

## Optimization through MOCVD CyberEpi Technology

黃智勇<sup>1\*</sup>、林義鈞<sup>2</sup>、陳冠州<sup>3</sup>、張森嘉<sup>4</sup>、陳德銘<sup>5</sup>、張語軒<sup>6</sup>

<sup>1</sup> 工研院機械所 先進機械技術組 固態光源機械技術部 工程師

<sup>2</sup> 工研院機械所 先進機械技術組 固態光源機械技術部 副工程師

<sup>3</sup> 工研院機械所 先進機械技術組 固態光源機械技術部 資深工程師

<sup>4</sup> 巨資中心 智慧分析技術組 組長

<sup>5</sup> 巨資中心 智慧分析技術組 資料分析技術部 技術副理

<sup>6</sup> 巨資中心 智慧分析技術組 資料分析技術部 工程師

**摘要：**工研院研發的可視化磊晶製程參數優化系統（CyberEpi）是屬原創性極高之製造數位化技術，不同於傳統人為設定操作參數的決策。CyberEpi 軟體套件包括五個主要模組：SimEpi，FlowEpi，OptiEpi，LibEpi 和 OptiEpi Plus 等，使用者可快速驗證磊晶的流場與化學反應（SimEpi）耦合模擬結果，透過創新的流場可視化平台（FlowEpi）和製程參數最佳化（OptiEpi）之精確模型校準。為了突破多重物理耦合模型的分析模擬極限，以提昇本系統的準確度，乃進一步導入 AI 品質手法「AI-enhanced Simulator」，以應用於 MOCVD 薄膜製程之特性研究。

**Abstract :** ITRI's CyberEpi, differs from traditional manual control method is a pioneering digital determination technology for MOCVD epitaxy process. The CyberEpi software suite includes five main modules: SimEpi, FlowEpi, OptiEpi, LibEpi and OptiEpi Plus. Users can quickly conduct coupled simulations of epitaxial flows and chemical reactions (SimEpi) through the precise model calibration using an innovative flow visualization platform (FlowEpi), and the process parameter optimization (OptiEpi) of deposition experiments. In order to overcome the analytical simulation limits of multiple physical coupling models and to improve the accuracy of the system, the AI quality method "AI-enhanced Simulator" can be applied to further enhance the optimization results of the thin film deposition process.

**關鍵詞：**磊晶製程、有機金屬化學氣相沉積、虛實整合系統

**Keywords :** Epitaxy process, MOCVD, Cyber-physical system

### 前言

我國光電及半導體產業發展已累積有 40 年的歷史，其上、中、下游產業結構已相當完整，是我國所持續推動的重點產業，亦是全球創新研發的新契機所在，而我國在全球發光二極體市場中佔有重要的地位，然先進製造基礎技術之三五族 MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition)

磊晶設備，在國內設備自製率卻為零，此為產業供應鏈之嚴重缺口。

全球 LED 之 MOCVD 磊晶製程產業皆面臨挑戰，台灣雖已發展生產 LED 多年，但關鍵之製程生產技術多掌握於國外大廠，尤其在白光高效率 LED 之技術發展上，技術瓶頸一直無法突破。其中關鍵問題在於磊晶設備長久以來仰賴國外進口，無法有自主開發之能力，僅能從製程上改善，

並無法有效解決高發光效率之瓶頸。台灣優化產業 (LED 磊晶製程) 競爭優勢之挑戰有兩項：(a) 決定最佳化磊晶製程參數時間太長，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，氣體組成和流量、壓力、溫度和轉速等參數會交互影響，往往需要花很長的時間來設定及調整磊晶參數。根據業界經驗若測試一組參數需要 6 到 8 小時，找出最佳化製程參數往往需耗費 1 週，因而造成時間以及成本的浪費，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 (try and error) 的磊晶測試，實驗設計流程是關鍵研究課題。(b) 次世代 LED 新結構的研發能量不足，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理解；而設備人員對製程亦不了解，往往在新結構的開發能量不足，因此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。

研發成果為系統化掌握 LED 磊晶製程技術，並建立產品彈性快速研發，本創新技術除可解決 LED 之 MOCVD 磊晶製程參數設定的技術瓶頸。針對上述光電半導體業製程參數不易調控的關鍵問題，團隊開發出國內首套以數位化方式決定製程參數的「可視化磊晶製程優化系統 (CyberEpi)」，此軟體是將製程參數實驗資料及流場可視化結果修正模擬分析結果，並導入軟體巨量資料庫之優化品管手法，此具備有理論與設備透過電腦處理之特色與優勢，可快速及精準預測元件薄膜之膜厚均勻性與鍍率，使線上製程工程師依據軟體預測結果，獲得最佳化磊晶製程參數後再進行生產製造，以節省製程開發與縮短產品上市的時間。

CyberEpi 採用可視化動態高溫流場為虛擬平台，分析磊晶成長過程化學反應之黑盒子，透過磊晶製程的基礎高溫流場穩定性影響機制以優化製程參數。在 MOCVD 反應腔體中建置宏觀穩定流場環境的驗證技術，並結合微觀表面化學反

應路徑的獨特決策技術，以進行多物理化學耦合模擬分析。然後將該分析與測量驗證的結果進行比較和校準修正，並將得到的統計分析信息存儲在數據庫中。一套製程優化軟體特徵具有網絡物理系統 (CPS) 模擬技術，整合資料庫以適用於 LED 高溫磊晶製程。CyberEpi 適用於兩種類型的用戶：(1) 用戶希望開發新的生長過程或改善其現有的沉積製程參數；(2) 設備開發商希望改善當前反應器設計或開發新的噴灑頭 (Showerhead)，以獲得更高的品質和產量。此外，CyberEpi 是磊晶製程的雙向軟體；它不僅可以幫助用戶了解製程參數對產品設備特性的影響，而且可以根據新設備所需特性來確定可行的製程參數。本技術除了與產業結合發展次世代磊晶關鍵模組設備，並衍生成立 MOCVD 磊晶軟體專家服務公司 - 安瑋創新公司，該公司技轉本所關鍵模組及專利技術，投入 MOCVD showerhead 硬體與 CyberEpi 軟體整合開發，期提升元件鍍膜品質與良率。未來可帶動光電產業之關鍵零組件及軟體發展，包含 MOCVD Showerhead、磊晶製程專家系統、三族及五族氣體、磊晶設備上下游各相關產業整合與商機等。本技術還可應用於一般 LED 照明產業、LCD 背光面板產業、太陽能光電產業及無線通訊等磊晶製造上，進而帶動國內 MOCVD 新產業的創立。

## 可視化磊晶製程參數優化系統

目前 MOCVD 主要廠家有德國 Aixtron 與美國 Veeco 兩家，其中美國 Veeco 公司有提供 user Excel 檔案，其程式內容是由磊晶製程所建立的 data base，衍伸出的經驗公式組合而成，但是只有判斷熱流穩定性的功能，並沒有關於化學反應的部分，此軟體無法具備使用者所需要預測的鍍率及膜厚均勻度之功能。本創新磊晶製程調控虛實整合系統的技術，乃透過基礎學理與巨量資料的結合，分析關鍵製程參數重要影響因子之外，可預測各層 LED 鍍率與膜厚的不均勻性，並掌握微觀表面化學反應的反應機制，可加速 LED 新技術

## 更完整的內容

詳見 | 機械工業雜誌 | • 435 期 • 108 年 6 月號

機械工業雜誌·每期 **220** 元·一年 12 期 **2200** 元

線上訂購網址：<https://www.automan.tw/magazine/orderMag.aspx>

### 付款方式

1. 郵局劃撥—戶名：財團法人工業技術研究院機械所 帳號：07188562  
請於劃撥單的通訊欄寫明：購買期數、金額等
2. 匯款資料—兆豐國際商業銀行新竹分行(代號 017)  
帳號：203-07-02288-0 戶名：財團法人工業技術研究院
3. 信用卡—請填寫信用卡 [訂購單](#)

麻煩您將 繳款收執 或 信用卡刷卡單 傳真至 (03)582-2011，我們會盡快處理您的訂單並開通權限，再次感謝您的支持與愛護。

訂書專線：03-591-9339

傳 真：03-582-2011

機械工業雜誌·官方網站：[www.automan.tw](http://www.automan.tw) 機械工業雜誌·信箱：[jmi@itri.org.tw](mailto:jmi@itri.org.tw)

## 機械工業雜誌 優惠訂購單

訂閱一年 **12** 期

**\$ 2200** / 續訂戶 \$ 2000

好禮二選一

**A** 史欽泰墨寶帆布袋

**B** 工研院機械所無人車USB (8G)

訂閱紙本+電子雜誌

**\$ 3000** 原價 \$ 4400

一年12期

贈送

**A** 史欽泰墨寶帆布袋

訂閱二年 **24** 期

**\$ 4000** / 續訂戶 \$ 3600

好禮四選二

**A** 史欽泰墨寶帆布袋

**B** 工研院機械所無人車USB (8G)

**C** 工具機叢書任一本

**D** 智慧機械人叢書任一本

### 限量專屬精品送給您



**A**



**B**



**C**



**D**