



# 應用3D多體積方法模擬 LPCVD之氣流場

The simulation of flow field in LPCVD  
using 3D volumes method

黃智勇

工研院機械所  
新興能源機械技術組  
太陽能光電設備技術部

張家豪

工研院機械所  
新興能源機械技術組  
太陽能光電設備技術部

江銘通

工研院機械所  
新興能源機械技術組  
太陽能光電設備技術部

梁沐旺

工研院機械所  
新興能源機械技術組  
太陽能光電設備技術部

張永光

城東玻璃公司

## 關鍵詞

- 低壓化學氣相沉積  
Low pressure chemical vapor disposition
- 多體積方法 3D volumes method
- 氣體流場分佈 air flow distribution
- 電腦模擬 computer simulation
- 非結構網格 unstructured grid

## 摘要

以3D多體積方法模擬低壓化學氣相沉積製程設備之氣流場，將整個模型區分成 showerhead 與 chamber 兩部份，以非結構網格建立模型，先將第一部份計算出的結果代入到第二部份作運算，整個分析主要探討不同流量、壓力以及溫度的分佈情形。電腦模擬結果顯示，由 distributor 的緩衝作用，

從 shower 噴出氣體速度是相同。而壓力分佈是因為考慮穩定狀態，所以在此狀態截取的壓力分佈是類似。流量方面，800sccm 的流量有較佳的速度分佈。

## 前言

矽薄膜製程腔體包含以下幾種，玻璃基板傳輸系統模組(Load/UnLoad & Transfer Chamber)、低壓化學氣相沉積 (Low Pressure Chemical Vapor Disposition, LPCVD)、電漿輔助化學氣相沉積 (Plasma Enhanced Chemical Vapor Disposition, PECVD)、物理氣相沉積(Physical Vapor Disposition, PVD)以及玻璃基板預熱(pre-heat)等，也俗稱枚葉式系統。然而在製程進行的過程中，LPCVD、PECVD、PVD 以及 Pre-heat 腔體均需通入製程氣體，其目的是為了薄膜沉積，所以通入之氣體於腔體中的分佈情形對於製程結果影響甚巨。其中以 LPCVD 以及 PECVD 對於供氣結構的設計要求最為仔細，一般以



shower head 的設計方式作為反應氣體之供應；換句話說，就是以此種方式提供均勻的氣體分佈。特別須注意是以 LPCVD 的方法應用在 ZnO 導電玻璃材上之薄膜沉積，因製程通入之氣體(DEZn/H<sub>2</sub>O)一經混合即刻會發生反應，屬於較劇烈的化學反應，所以為避免 shower head 出氣孔因提前反應而沉積堵塞，則將兩種氣體分別均勻送入製程腔後才讓它們開始反應。

就溫度對製程影響上，無論是 LPCVD、PVD 或 PECVD 來說，其薄膜的均勻度除了反應氣體種類以及電漿分佈情形所影響外，玻璃基板表面溫度的均勻分佈也是重點之一。實際上，溫度增加則薄膜沉積的速率也會隨之增加。假若玻璃基板表面溫度分佈差異明顯，將導致不均勻的薄膜沉積產生。所以為了獲得較佳的薄膜沉積，玻璃基板表面溫度分佈的控制就顯得非常重要。另外則須考慮加熱器的監控。由於製程中玻璃基板是放置於加熱器(heater)表面上加溫，除了加熱器本身熱電阻絲的設計與控制之外，也會受到反應氣體輸入至腔體時的氣流場與電漿場所影響。

所以 shower head 設計是否可均勻供氣及加熱器溫度分佈均勻性等，在初期的過程中，就須找出較佳的設計，其目的可以提高機台開發的速度之外，並可降低不良設計發生的可能性，也就是降低開發設計的費用成本。而電腦模擬分析所得各項數據，不僅可以作為腔體設計的考量，也可提供將來實驗結果之比對的依據。除此之外，作為以後設備調整改良的方向，以擴展機台之商用附加價值以及實用性。

## 理論模式

電腦模擬軟體係由美國 CFD Research Corporation 公司所發展的三維流體力學計算軟體

CFDRC，該軟體是由有限體積法(finite volume)所開發出來的應用套裝軟體，此軟體的應用有工業工程設計、半導體設計、建築通風設計、電漿流場、流場結構耦合計算、流場結構電場耦合計算等等。然而軟體在問題的處理流程上，主要可分為前處理程式 CFD-GEOM，功能包含幾何外型的建構和網格的建立；第二部分為 CFD-ACE，主要是針對問題選擇適當的流場、熱傳、化學、兩相流等模組，並配合邊界的條件，以進行計算模擬的工作；第三部分為後處理程式 CFD-VIEW，它可將經 CFD-ACE 計算出來的結果，以適當的圖形顯示出特定參數變化情形，並作一歸納的整理。就以矽薄膜太陽能電池製程設備系統中，製程腔體分別有低壓化學氣相沉積(LPCVD)、電漿輔助化學氣相沉積(PECVD)、物理氣相沉積(PVD)以及玻璃基板預熱(pre-heat).....等，在此以低壓化學氣相沉積製程腔體進行氣流場分佈之電腦模擬計算分析解說。以下便介紹 CFDRC 之相關數學模型以及舉例說明初步完成之模擬計算結果，並加以分析探討。

### 一、CFDRC 模擬之相關數學模型

CFD-ACE 進行流體、熱傳及電場模組計算時，所使用之統御方程式分別為質量守恆方程式(mass conservation equation)、動量守恆方程式(momentum conservation equation)、能量守恆方程式(energy conservation equation)及電場分佈等。以下就各守恆方程式作簡單說明：

#### (1) 質量守恆方程式

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{V}) = 0 \quad (2.1)$$

其中  $\rho$  為流體密度， $\vec{V}$  為速度向量。

上式(2.1)式之第一項為密度隨時間的變化率，當系統為穩定狀態時是可以省略；第二項為一控制



更完整的內容

請參考紙本【機械工業雜誌】326期・99年5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