



大面積LPCVD氣流場模擬分析

Analysis of flow field in a large-scale LPCVD reactor



黃智勇

工研院機械所
新興能源機械技術組
固態光源機械技術部

陳瑞祥

國立交通大學
機械工程學系

吳宗信

國立交通大學
機械工程學系

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
經理

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

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

· 雷諾數

Reynolds number

· 氣體流場分佈

air flow distribution

· 紊流

turbulent

· 葛拉斯霍夫數

Grashof number

摘要

本研究是模擬大面積 LPCVD 的氣流場、溫度場以及壓力場對鍍膜之均勻度影響，從 3.5 G 進行模擬，先行探討是否符合趨勢；在以 3.5G 的經驗，擴展到 5.5G 的模擬。由於 5.5G 的面積相當龐大，將

雷諾數較低部分應運 Tetra 建模以降低網格數量。從噴嘴 1mm 模擬出來結果，可發現流場瞬間噴出流量過大，擴散效果較不明顯，但其溫度、壓力、與速度場皆非常合理與流線趨勢一樣。

前言

最近由於光電半導體應用的快速發展，所以與其相關的研究不斷的被提出與發展，主要的光電產品如平面顯示器(Flat-Panel Displays)、太陽能電池(Solar Cells)、發光二極體(Light Emitting Devices)、光波導元件(Waveguide Devices)等[1-4]。透明導電玻璃是一個關鍵材料在光電元件的應用中，由於玻璃本身並不具有導電性，因此需要在基板上鍍一層透明導電極。舉個例子來說，太陽能電池的基本原理就是利用太陽光照射元件，將電子電洞對分離，然



後再由兩端的電極收集電子(electron)與電洞(hole)，產生電位差即產生了電能，但我們若將最上層的 TCO 用不透光的金屬代替，則會因為光線無法穿透金屬進去元件，而造成效率的降低，或用透光率高，但導電率很低金屬薄膜代替，則也會造成損耗過大，效率變低。

透明導電電極主要可分為兩種，一種是金屬薄膜，另一種就是現在光電產品最常用的透明導電氧化物(Transparent conductive oxide, TCO)。由於金屬本身就是一種良導體，不過並不具有透光性，但若是將金屬製作成很薄的薄膜，則薄膜可以呈透明性，但是相對的薄膜越薄，愈可能形成不連續的薄膜，導電率(conductivity)也會相對的下降，所以不適合作為透明電極。相反的，透明導電氧化物在可見光區域(約 380-760 nm)有著高透光性亦有適當的導電性，因此廣泛地被應用在商用光電產品中，是一種很好的透明導電電極材料[5-6]。

製作透明導電膜的設備稱為 LPCVD，而一般以 showerhead 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 / H₂O)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 showerhead 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。

大面積 showerhead 設計是否可供均勻進氣是主要的關鍵 issue，不過在初期的過程中，就須找出較佳的設計，例如 showerhead 與基板的距離(H)、遮板與腔壁的距離(G)、shower 的孔洞大小(d)，透過分析模擬的方式，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

以 Navier-Stokes equation 作為主要的差分方程式，藉由物理區間(physical domain)轉換至計算區間(computational domain)。同時為了達到冷壁之腔體與加熱器間之溫度變化，而造成的對流現象，故傳統在分析自然對流所使用的 Boussinesq approximation(將除了浮力項以外之流動方程式內所有密度項設為定值，以求解出管內流動之情況)並不適用，必須採用保守方式來表示差分方程式，且因極大梯度之溫度變化會影響密度、黏度及熱傳係數，會造成其與位置梯度的不可忽略性(即 $\partial\mu/\partial x_i \neq 0$ ， $\partial k/\partial x_i \neq 0$)，因此本文採用原始的可壓縮方程式之形式，並且保留體力項(body force)來描述重力加速度。

1 對流邊界層(Convection boundary layer)

當流體以一般速度流過平板時，與板面接觸之流體粒子無滑動現象，意思即為接觸點的速度值為零，流體粒子會因黏滯作用而附著於平板上，由黏滯力所產生的動量亦同時影響靠近表面之流體粒子運動行為，因此使鄰近粒子受阻滯(retardation)作用造成速度趨緩，此種效應影響的範圍直到遠離表面 $y = \delta(x)$ 處。故在沿平板的每個 x 位置皆可找到一個相對應在 y 處之流體速度分量 u ，且當 y 高度增加時，速度分量 u 必會相對增加直到其速度值趨近 u_∞ 為止，其中下標 ∞ 用以表示邊界層外側的自由流(free

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】338期・100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

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw