

TFT-LCD 大世代面板儲存設備之動態流場分析研究

學生:陳契名

指導教授:陳俊勳

國立交通大學精密與自動化研究所

摘要

目前台灣 TFT-LCD 面板廠由西元 2000 年前的 3.5 代廠至現在 6 代廠，面板尺寸越來越大，且對於產品良率要求越來越高，由於大世代廠的製程機台與自動倉儲系統是連接在一起，所以產品的良率與倉儲間的關係變為非常的密切，於是本文以先針對自動倉儲微粒子的來源作分析，並利用套裝軟體 STAR-CD 來模擬倉儲內氣流與微粒子於機台、潔淨室無人搬運車 (automatic guided vehicle, 簡稱 AGV)、潔淨室手動搬運車(manual guided vehicle, 簡稱 MGV)、天車等進出口的分佈,氣流部分進行了三個案例的模擬分析,微粒子分部部分進行七個案例模擬分析,而最後發現倉儲的氣流會往機台的進出口及 AGV、MGV、天車等進出口流出，若此時載運裝置移動時所產生的微粒子，會因面板於出入口所待的時間長短，而有不同程度的影響，而結果也發現位於較高層位的面板所受微粒子的影響也會較小，所以使用適當的手法隔絕微粒子與面板的接觸，可達到提高良率的目標。

The Dynamic Flow Analyses for stocker particle Movements of New
Generation of TFT-LCD

Student: Chi-Ming Chen

Advisor: Chiun-Hsun Chen

Department of Mechanical Engineering

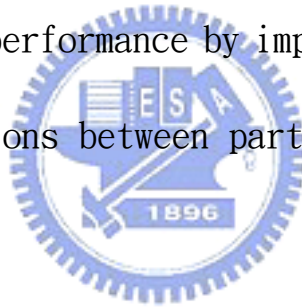
National Chiao Tung University

Abstract

TFT-LCD is dominating the worldwide flat panel market. The booming demand of large-size panels and the innovative applications drive the developing of TFT-LCD Fab of larger generation. As the dimensions of glass substrates growing, stocker is designed in or nearby cleanroom to reduce the costs and the difficulties of large-size glass transportation. The connection of stocker and Fab makes yield control a really challenge to the TFT-LCD panel makers.

In this thesis, we utilize the software STAR-CD to simulate the air-flow and particle distributions in production machines, AGV (Automatic Guide Vehicle), MGV (Manual Guide Vehicle), and OHCV (Over-Head Conveyer Vehicle). We have 3 examples for air-flow analysis and 7 examples for particle distributions.

The results of simulations reveal that the air-flow would flow forward to the entrances and the exits of production machines, AGV, MGV, and OHCV. The particles raised by moving automation equipments would drop on the glass substrates in-storage and the amount of dropping particles depends on the waiting time of the glass substrates at the entrances or the exits. We also found that glass substrates stored in higher shelves of stocker would suffer less particle issue. Therefore, we may improve yield performance by implementing air-barriers at calculating positions between particle flows and storage glass substrates.



誌謝

首先感謝恩師陳俊勳教授這三年來的細心提拔與指導，使得本論文得以順利完成，雖然研究過程相當辛苦與艱辛，但有恩師的激勵與鼓舞，讓我得以在最後以豐富的研究成果呈現在大家面前，且對於人生目標之追求與個人潛力之提升均蒙受恩師日常細心的開導與解惑，內心所感受之成就感與感動難以言喻。論文審查與口試期間，感謝徐一量教授、徐瑞坤教授與邱晨瑋教授撥冗審閱，並惠予寶貴意見與殷切指正，使本論文疏漏謬誤之處得以斧正。修業與論文研討期間，承蒙系上全體老師之教誨與指正，在此亦表謝意。

在學期間，感謝實驗室學長文魁、建宏，同窗好友學磊、偉勇與宏智等，在身旁互相打氣、鼓勵；友達同事小賢、Jason、英達、朝賢、奕臣與周衡大象等，死黨建宏、邱、鳥本與振南等，感謝你們在這一段時間的陪伴與照顧，在此呈上我真摯的感謝。

最後感謝我親愛的父母與老婆秋綾、弟弟契成，感謝您們在精神與物質上充足地支持，無微不至的關愛與照顧，此外，還有慧潔的真心關懷與包容，讓我能全心專注於研究，使我求學之路無憂無慮，感謝您們的付出，紙短情長，無法表達我對您們的謝意於萬一。謹將這份成果與榮耀與您們分享。

目 錄

| | | |
|------|-------------|-----|
| 中文摘要 | | i |
| 英文摘要 | | ii |
| 誌謝 | | iV |
| 目錄 | | Vi |
| 表目錄 | | Vii |
| 圖目錄 | | Xi |
| 符號說明 | | Xii |
| 第一章 | 緒論 | 1 |
| 1.1 | 研究動機與目的 | 1 |
| 1.2 | 文獻回顧 | 2 |
| 1.3 | 研究內容 | 5 |
| 第二章 | 雷射粒子計數 | 6 |
| 2.1 | 雷射粒子計數器簡介 | 6 |
| 2.2 | 雷射粒子計數器使用方法 | 6 |
| 2.3 | 自動倉儲微粒子量測方式 | 7 |
| 第三章 | 數學模式與數值方法 | 9 |
| 3.1 | 統御方程式 | 9 |
| 3.2 | 紊流方程式 | 10 |
| 3.3 | 壁函數 | 13 |
| 3.4 | 邊界條件設定 | 14 |
| 3.5 | 粒子運動統御方程式 | 15 |
| 3.6 | 數值方法 | 16 |
| 3.7 | PISO 數值計算 | 22 |
| 3.8 | 暫態滑移網格 | 24 |
| 3.9 | 網格建立 | 25 |

| | | |
|-------|-----------------|----|
| 第四章 | 結果與討論 | 36 |
| 4.1 | 自動倉儲的微粒子來源探討 | 37 |
| 4.2 | 自動倉儲靜態與動態流場分析探討 | 44 |
| 4.2.1 | 自動倉儲靜態流場探討 | 44 |
| 4.2.2 | 自動倉儲動態流場探討 | 46 |
| 4.3 | 微粒子移動軌跡探討 | 65 |
| 4.3.1 | 兩個機台進出口微粒子探討 | 65 |
| 4.3.2 | 多個進出口微粒子探討 | 65 |
| 第五章 | 結論與建議 | 78 |
| 5.1 | 結論與建議 | 80 |
| 5.2 | 後續研究 | 82 |
| 參考文獻 | | 83 |



表目錄

| | | |
|--------|-----------------------------|----|
| 表 2-1 | 自動倉儲微粒子來源套討 | 8 |
| 表 3-1 | RNG $k-\varepsilon$ 紊流經驗係數表 | 13 |
| 表 4-1 | 流場趨勢分析變數表 | 36 |
| 表 4-2 | 微粒子分析變數表 | 36 |
| 表 4-3 | 自動倉儲系統微粒子分析表 | 37 |
| 表 4-4 | FFU 部量測結果表 | 38 |
| 表 4-5 | 面板儲存區量測結果表 | 38 |
| 表 4-6 | 倉儲手臂靜止時結果表 | 39 |
| 表 4-7 | 倉儲手臂走行移動時結果表 | 39 |
| 表 4-8 | 倉儲手臂靜止時結果表 | 40 |
| 表 4-9 | 倉儲手臂走行移動時結果表 | 40 |
| 表 4-10 | 倉儲手臂靜止時結果表 | 41 |
| 表 4-11 | 倉儲手臂升降時結果表 | 41 |
| 表 4-12 | 倉儲手臂靜止時結果表 | 41 |
| 表 4-13 | 倉儲手臂旋轉時結果表 | 42 |

圖目錄

| | | |
|--------|----------------------------|----|
| 圖 2-1 | 雷射粒子計數器 | 8 |
| 圖 3-1 | 相鄰網格中心點及離散面相關位置示意圖 | 18 |
| 圖 3-2 | 計算流程圖 | 19 |
| 圖 3-3 | 對流通量示意圖 | 21 |
| 圖 3-4 | PISO 示意 | 23 |
| 圖 3-5 | 移動網格進行方式示意圖 | 25 |
| 圖 3-6 | 設備與自動倉儲系統示意圖 | 27 |
| 圖 3-7 | 自動倉儲系統 | 28 |
| 圖 3-8 | 一個 Inline 設備網格示意圖 | 28 |
| 圖 3-9 | 面版儲存相關位置示意圖 | 29 |
| 圖 3-10 | 設備與自動倉儲系統相關網格位置示意圖 | 29 |
| 圖 3-11 | Inlet 及 Outlet 位置示意圖 | 30 |
| 圖 3-12 | 兩個 Inline 設備網格示意圖 | 30 |
| 圖 3-13 | 面版儲存相關位置示意圖 | 31 |
| 圖 3-14 | 設備與自動倉儲系統相關網格位置示意圖 | 31 |
| 圖 3-15 | Inlet 及 Outlet 位置示意圖 | 32 |
| 圖 3-16 | 多個進出口網格示意圖 | 32 |
| 圖 3-17 | 多個進出口 Inlet 及 Outlet 位置示意圖 | 33 |
| 圖 3-18 | 自動倉儲移動網格示意圖 | 33 |
| 圖 3-19 | 自動倉儲移動網格邊界示意圖 | 34 |
| 圖 3-20 | 自動倉儲移動網格邊界示意圖 | 34 |
| 圖 3-21 | 微粒子發生源相對位置圖 | 35 |

| | | |
|--------|-------------------------|----|
| 圖 3-22 | 微粒子發生源相對位置圖 | 35 |
| 圖 4-1 | 雷射粒子計數器 | 42 |
| 圖 4-2 | 滾輪與滑軌示意圖 | 43 |
| 圖 4-3 | 滾輪與滑軌示意圖 | 43 |
| 圖 4-4 | 滾輪與滑軌示意圖 | 44 |
| 圖 4-5 | 一個 Inline 設備靜態流場分析區域圖 | 47 |
| 圖 4-6 | 一個 Inline 靜態流場分析全圖 | 47 |
| 圖 4-7 | 一個 Inline 設備流場分析第一區域圖 | 48 |
| 圖 4-8 | 一個 Inline 設備流場分析第二區域圖 | 48 |
| 圖 4-9 | 一個 Inline 設備流場分析第三區域圖 | 49 |
| 圖 4-10 | 一個 Inline 設備流場分析第四區域圖 | 49 |
| 圖 4-11 | 一個 Inline 設備流場分析第五區域圖 | 50 |
| 圖 4-12 | 二個 Inline 設備流場分析區域圖 | 50 |
| 圖 4-13 | 兩設備 Outlet 分佈圖 | 51 |
| 圖 4-14 | 兩個 Inline 設備靜態流場分析全圖 | 51 |
| 圖 4-15 | 兩個 Inline 設備靜態流場分析第一區域圖 | 52 |
| 圖 4-16 | 兩個 Inline 設備靜態流場分析第二區域圖 | 52 |
| 圖 4-17 | 兩個 Inline 設備靜態流場分析第三區域圖 | 53 |
| 圖 4-18 | 兩個 Inline 設備靜態流場分析第四區域圖 | 53 |
| 圖 4-19 | 兩個 Inline 設備靜態流場分析第五區域圖 | 54 |
| 圖 4-20 | 兩個 Inline 設備靜態流場分析第六區域圖 | 54 |
| 圖 4-21 | 兩個 Inline 設備靜態流場分析第七區域圖 | 55 |
| 圖 4-22 | 兩個 Inline 設備靜態流場分析第八區域圖 | 55 |

| | | |
|--------|----------------------|----|
| 圖 4-23 | 多個進出 Port 靜態流場分析全圖 | 56 |
| 圖 4-24 | MGV Port 靜態流場剖面圖 | 56 |
| 圖 4-25 | AGV In Port 靜態流場剖面圖 | 57 |
| 圖 4-26 | AGV Out Port 靜態流場剖面圖 | 57 |
| 圖 4-27 | CSC In Port 靜態流場剖面圖 | 58 |
| 圖 4-28 | CSC Out Port 靜態流場剖面圖 | 58 |
| 圖 4-29 | 機台 Port 靜態流場剖面圖 | 59 |
| 圖 4-30 | 自動倉儲動態流場變化全視圖 | 59 |
| 圖 4-31 | 自動倉儲動態流場變化正視圖 | 60 |
| 圖 4-32 | 自動倉儲動態流場變化側視圖 | 60 |
| 圖 4-33 | 自動倉儲動態流場變化全視側剖面圖 | 61 |
| 圖 4-34 | 自動倉儲動態流場變化正視內部剖面圖 | 61 |
| 圖 4-35 | 自動倉儲側視局部移入流場圖 | 62 |
| 圖 4-36 | 自動倉儲側視局部移出流場圖 | 62 |
| 圖 4-37 | 自動倉儲動態流場變化全視上剖面圖 | 63 |
| 圖 4-38 | 自動倉儲動態流場變化俯視內部剖面圖 | 63 |
| 圖 4-39 | 自動倉儲俯視局部移入流場圖 | 64 |
| 圖 4-40 | 自動倉儲俯視局部移出流場圖 | 64 |
| 圖 4-41 | 全部微粒子 軌跡全視圖 | 66 |
| 圖 4-42 | 全部微粒子 軌跡正視圖 | 67 |
| 圖 4-43 | 全部微粒子 軌跡俯視圖 | 67 |
| 圖 4-44 | 全部微粒子 軌跡側視圖 | 68 |
| 圖 4-45 | 微粒子發生源於自動倉儲上方時軌跡圖 | 68 |

| | | |
|--------|---------------------------------|----|
| 圖 4-46 | 微粒子發生源於機台 Port 位外側上方時軌跡圖 | 69 |
| 圖 4-47 | 微粒子發生源於機台 Port 上方時軌跡圖 | 69 |
| 圖 4-48 | 微粒子發生源於自動倉儲上方時軌跡流場全視圖 | 70 |
| 圖 4-49 | 微粒子發生源於自動倉儲上方時軌跡流場正視圖 | 70 |
| 圖 4-50 | 微粒子發生源於自動倉儲上方時軌跡流場側視圖 | 71 |
| 圖 4-51 | 微粒子發生源於自動倉儲中間位置時軌跡圖 | 71 |
| 圖 4-52 | 微粒子發生源於機台 Port 時軌跡圖 | 72 |
| 圖 4-53 | 微粒子發生源靠近機台 Port 時軌跡圖 | 72 |
| 圖 4-54 | 微粒子發生源於自動倉儲中間位置時軌跡流場全視圖 | 73 |
| 圖 4-55 | 微粒子發生源於自動倉儲中間位置時軌跡流場正視圖 | 73 |
| 圖 4-56 | 微粒子發生源於自動倉儲中間位置時軌跡流場側視圖 | 74 |
| 圖 4-57 | 微粒子發生源於自動倉儲上方時軌跡流場全視圖 | 74 |
| 圖 4-58 | 微粒子發生源於自動倉儲上方時軌跡流場側視圖 | 75 |
| 圖 4-59 | 微粒子發生源於機台 Port 上方外側軌跡流場正視圖 | 75 |
| 圖 4-60 | 微粒子發生源於機台 Port 上方軌跡流場正視圖 | 76 |
| 圖 4-61 | 微粒子發生源於 CSC Out Port 位上方軌跡流場正視圖 | 76 |
| 圖 4-62 | 微粒子發生源於 CSC In Port 位上方軌跡流場正視圖 | 77 |
| 圖 4-63 | 微粒子發生源於 CSC In Port 位上方軌跡流場俯視圖 | 77 |
| 圖 4-64 | 微粒子發生源於 AGV in Port 位上方外軌跡流場正視 | 78 |
| 圖 4-65 | 微粒子發生源於 AGV in Port 位上方外軌跡流場俯視圖 | 78 |
| 圖 4-66 | 微粒子發生源於 MGV in Port 位上方軌跡流場俯視圖 | 79 |

符 號 說 明

| | |
|----------------------------------|----------------------------|
| p | : 全壓 |
| t | : 時間 |
| χ_j | : 座標軸方向 |
| u_j | : j 方向上的絕對速度 |
| ρ | : 密度 |
| x_i | : 卡氏座標 ($i=1, 2, 3$) |
| u_i | : 流體在 χ_i 方向的絕對速度 |
| $\overline{u_j}$ | : 流體和座標系統的相對速度 |
| τ_{ij} | : 應力張量 |
| s_i | : 動量源項 |
| δ_{ij} | : Kronecker delta |
| s_{ij} | : 剪應變率張量 |
| k | : 紊流動能 |
| μ_t | : 紊流黏滯係數 |
| $\sigma_{h,t}$ | : 紊流的 Prandtl 係數 |
| C_μ 、 f_μ 、 K 、 E | : 經驗係數 |
| u | : 流體切線速度 |
| u_w | : 壁面速度 |
| τ_w | : 壁面剪應力 |
| $\overrightarrow{F_{dr}}$ | : drag force |
| A_d | : 粒子 cross-sectional area |
| $\overrightarrow{F_p}$ | : 壓力 |
| V_d | : 粒子體積 |
| ∇p | : 壓力梯度 |
| $\overrightarrow{F_{am}}$ | : 吸收粒子動量所改變的力 |
| C_{am} | : virtual mass coefficient |
| $\overrightarrow{F_b}$ | : general body force |
| φ | : 任意相關變數 |

| | |
|-------------------|-------------|
| S_ϕ | : 來源係數(|
| Γ_ϕ | : 擴散係數 |
| f_j | : 幾何因子 |
| \vec{d}_{PN} | : P 到 N 之向量 |
| $\Gamma_{\phi,j}$ | : 面擴散係數 |

