

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

近年來全球對液晶電視、監視器及筆記型電腦的強勁需求，使台灣 TFT-LCD 產業快速崛起，成為繼半導體產業後的另一明星產業，並提高台灣的經濟成長。由於人民生活品質的提昇、研發技術的創新及成本的考量，TFT-LCD 各大廠無不紛紛提高液晶螢幕尺寸，以因應市場上強勁的需求。從 3.5 代的小尺寸發展到第 4 代、第 5 代(1100mm×1300mm)的中尺寸並提升至目前的第六(1500mm×1850mm)及第七代(1870mm ×2200mm)甚至第八代的大尺寸等。如圖 1.1 TFT-LCD 液晶螢幕尺寸進化圖。

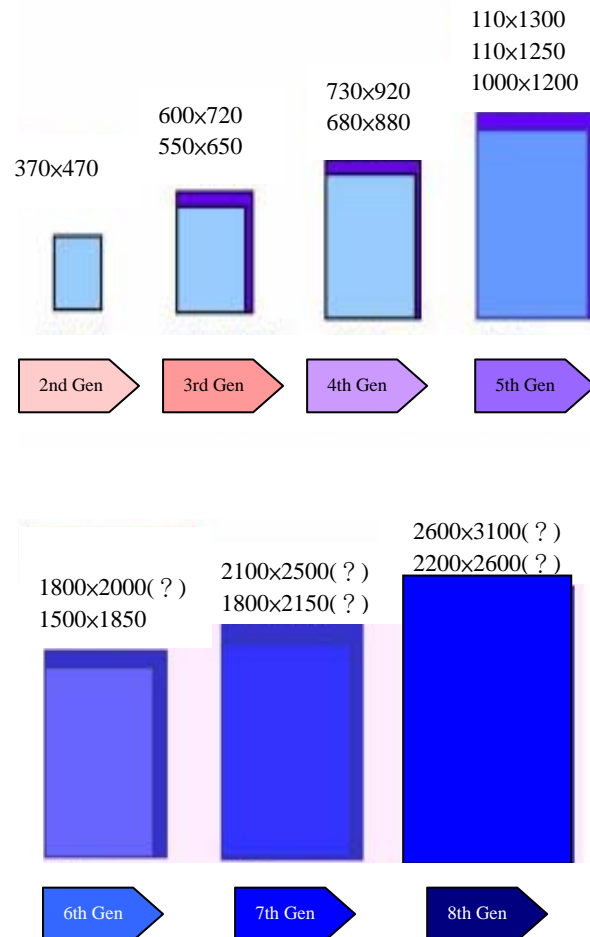


圖 1.1 TFT-LCD 液晶螢幕尺寸進化圖

液晶螢幕製造程序可分為 ARRAY、CF、CELL 及 LCM(後段模組)等階段，而 TFT-LCD 囊括 ARRAY(前段)、CF、CELL 等程序。ARRAY(前段)製程與半

導體製程相似，在玻璃基板上置入薄膜電晶體和驅動所需的電路，這個工程需要重複上光阻、微影、蝕刻，才能在玻璃基板上形成 Array 電路，使用之氣體、化學品等原物料也半導體製程相去不遠。 TFT-LCD 詳細製程如附錄 A。

TFT-LCD 主要物料為玻璃基板，製程反應中原物料經反應器內高能量電漿作用，反應生成所需物質沈積於玻璃表面外，亦形成複雜的副產物。除了可得知污染成份之製程原物料外，其餘產生的副產物常常無法確認其種類及濃度，這些副產物可能會造成的風險如下：

- (1)副產物成份間之不相容性，可能會加深管道中氣體的毒性或爆炸性。
- (2)副產物可能會對排氣管道的材質造成侵蝕或脆化的影響。
- (3)如果不能確認副產物的種類及濃度，就無法選擇合適的尾氣處理設備。
- (4)殘留在機台或管道內的製程副產物可能會造成 PM 人員的暴露危害。

製程中廣泛使用全氟化合物 (PFCs) 進行化學氣相沉積 (CVD) 反應腔的清潔 (chamber cleaning) 及乾蝕刻 (dry etching)。這些 PFCs 氣體 (PFCs 為通稱，包括 CF_4 、 C_2F_6 、 C_3F_8 、 C_4F_8 、 CHF_3 、 SF_6 及 NF_3) 因具有難以分解之高穩定性及很強的紅外光吸收特性，對於臭氧層產生破壞，若持續排放對全球溫室效應會有長遠的影響。本文製程所使用之 SF_6 及 NF_3 氣體之 MSDS 表如附錄 B。表 1.1 為溫室氣體大氣暖化能力與 CO_2 大氣暖化能力之相對比較⁽¹⁾。

依據美國科羅拉多大學研究團隊於 2002 年至 2005 年間的研究發現，受至全球暖化的影響，南極冰原正以每年融化 152 立方公里的速度消失中，消失的質量相當於全球海平面每年上升的 0.4 公厘。美國科學家於科學期刊發表研究報告指出，極地冰原融化的速度遠超出預期，可能讓海平面在 2100 年前上升至少 6 公尺。依目前暖趨勢，本世紀末前平均溫度可能至少上升攝氏 2.3 度，與 13 萬年前的前一次全球暖化現象類似。目前拍攝到的暖化現象如圖 1.2 所示，冰山溶解、大地乾裂⁽²⁾。

表 1.1 全球暖化潛勢(大氣暖化與 CO₂ 比較相對能力)

Compound	Life Time(years)	WGP*
二氧化碳(CO ₂)	50~200	1
三氟化氮(NF ₃)	50~740	10,800
四氟化氮(NF ₄)	50,000	5,700
六氟乙烷(C ₂ F ₆)	10,000	11,900
六氟化硫(SF ₆)	3,200	22,200
八氟丙烷(C ₃ F ₈)	2,600	8,600
三氟甲烷(CHF ₃)	260	12,000
八氟丁烷(C ₄ F ₈)	3,200	10,000

WGP*(Globe Warming Potential , 100year Integrated time Horizon全球暖化潛勢)



圖 1.2 地球氣候改變圖

聯合國氣候變化綱要公約第三次締約國大會於 1997 年 12 月 1 日至 11 日於日本京都舉行，會中通過具有管制效力的「京都議定書」。管制 38 個(包括 OECD24 國、13 個經濟轉型國家及歐盟)已開發國家及歐洲聯盟的溫室氣體

排放，管制溫室氣體包括：二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、氧化亞氮(N₂O)、氫氟碳化物類(HFC_S)、全氟碳化物(PFC_S)、六氟化硫(SF₆)，其中全氟化物(PFC_S)所包含的項目概略可分為NF₃、NF₄、C₂F₆、SF₆、C₃F₈、CHF₃、C₄F₈。其管制目標年定在2008~2012年間，溫室氣體排放量比1990年減少5.2%，並已於2005年2月16日生效⁽³⁾。表1.2為金屬中心所統計從1998至2002年之溫室氣體排放統計資料，由表可得知，台灣七大行業所排放的溫室氣體量，除紡織業外，其他都以每年遞增的方式成長，其中又以鋼鐵業佔所有七大行業中的最大量。

表1.2台灣七大行業溫室氣體年排放情況⁽⁴⁾

年度	1998	1999	2000	2001	2002
造紙業	4,695	4,716	4,852	4,491	4,426
人纖業	6,971	6,717	7,754	8,308	8,527
水泥業	7,894	7,270	7,186	6,918	7,828
紡織業	9,877	10,300	10,788	9,836	9,367
電子業	6,274	7,748	10,135	10,954	12,698
石化業	10,626	12,863	18,406	22,172	24,329
鋼鐵業	28,069	27,149	28,867	29,262	29,538

單位：千噸

我國非聯合國會員，也未參與「京都議定書」的締約，因此沒有「溫室氣體減量」的法律約束⁽⁵⁾，且目前並無減量責任，但溫室氣體排放量居全球第22位，約占世界排放總量1%，仍不能置身事外。依國際環保公約之經驗，我國即使不簽署公約及享受權利，但相關義務卻仍需履行；諸如蒙特婁議定書、華盛頓公約等，若我不遵守，曾有遭到貿易制裁之經驗。因此，我國有下列幾點理由必須因應公約：

- (1)節約能源：能源耗用是溫室氣體產生的最大貢獻者，唯有節省能源，才可減少溫室氣體排放。
- (2)環境保護：地球已遭到過度的開發及利用，身為地球村的成員，應善盡保護地球之責。

- (3)避免國際制裁：歐盟國家及日本均已承諾進行溫室氣體減量，我國應採自願減量措施，以免遭受國際罰款或貿易制裁等方式，造成產業之損失。
- (4)提升國家競爭力：預期各國為因應本議定書都將發展高效率之技術，我國若不及早因應參與國際互動，引進技術，將喪失我國之國際競爭力。
- (5)產業、能源之調適期：依各國經驗，能源結構與產業政策之調整約需十至十五年時間，及早因應與縝密的規劃，可降低經濟衝擊。

目前我國政府積極推動溫室氣體減量政策，現階段我國就必須開始採行減量措施，包括鋼鐵、石化、火力、造紙、水泥、人纖等二氧化碳排放大戶，以及半導體及光電產業等 PFCs（全氟化物）排放大戶。

為減少 PFCs 氣體的排放，光電及半導體廠於提升尾氣處理設備（Local Scrubber）對 PFCs 的處理效率評估及改善，提升製程機台對 PFCs 的解離率，則是一個不容忽視的重要課題。以下幾點為目前高科技產業所採行 PFCs 減量控制技術說明⁽⁶⁾：

- (1)製程最佳化調整：利用製程參數的調整，減少降低 PFCs 的使用量及排放量。
- (2)製程尾氣排放控制：對現有 Local Scrubber 進行一完整的測試、調查及評估，選用高去除效率且穩定的 Local Scrubber，達排放減量的目的。
- (3)替代物質：選用及測試不同化學物質，降低 PFCs 的排放目標，如 C_3F_8 和 C_4F_8 取代 C_2F_6 、 CF_4 ； NF_3 取代 C_2F_6 等。
- (4)回收再利用：不純物濾除後再利用薄膜分離，但成本高，技術較不成熟。

上述部份減量控制技術，如替代物質、回收再利用等，尚在研發階段，減量控制技術並不是非常成熟，製程最佳化調整、製程尾氣排放控制設備則成為達成排放減量目標所必須的策略⁽⁷⁾。本文將針對製程最佳化進行參數時間調整及製程尾氣進行研究，以達減少排放量之目的。

1.2 研究目的

本文將針對製程最佳化進行參數時間調整進行研究，利用降低 CVD 機台清潔時間參數等，了解其是否會對產品品質產生影響，藉此以減少 NF_3 或 SF_6 的使用量，同時也達到降低成本的目的。

本文也將針對製程尾氣進行研究，藉由 FTIR 等設備量測機台尾氣中各種有害氣體經製程尾氣處理設備 Local Scrubber 處理後之濃度，求得其處理效率，確認其有效性。

台灣所使用之製程尾氣處理設備 Local Scrubber 約有十幾種廠牌型號，而依其原理大概可分成下列幾類：(1)電熱水洗式；(2)燃燒水洗式；(3)填充水洗式；(4)乾式吸附式。各類型製程尾氣處理設備 Local Scrubber 各有其優缺點，端視使用者的需求而決定應使用何種型式廠牌之 Scrubber。選擇時一般應考量重點包含設置成本、使用維護成本、維修保養頻率與難易度、安全性及實廠處理效率等，其中實廠處理效率為最重要的考量之一⁽⁸⁾。

為正確地瞭解製程尾氣處理設備 Local Scrubber 的處理效率，應同時量測其前、後端的製程尾氣成份及其濃度，並量測兩端之氣體流量，以求得製程尾氣的各溫室氣體質流量趨勢圖，將此前、後端的質流量趨勢圖積分後，即可得知此一製程尾氣處理設備 Local Scrubber 的實際處理效率。本文主要藉由 FTIR 及 RGA 等分析設備，分析 TFT-LCD 廠現有的製程尾氣處理設備 Local Scrubber，針對製程 CVD、DRY-ETCH 反應後所產生尾氣之處理效率進行探討，期望達成以下幾個目的：

- (1) 針對各類製程機台進行尾氣量測分析，確實掌握廠內化學品流佈情形，了解不同製程產生之副產物及其危害，建立廠內基本的製程尾氣資料。
- (2) 根據製程尾氣資料及副產物特性，評估尾氣管線及設備材質、墊片或 O-Ring 材質是否符合需求。
- (3) 評估廠內 Local Scrubber 對各種製程尾氣之處理效率，並進一步調整其操作參數，提升其處理效能，以減少有害污染物的排放。
- (4) 針對全球關注的 PFCs 減量議題，可藉由評估廠內各類製程機台對 PFCs 的解離率及後端製程尾氣處理設備 Local Scrubber 對 PFCs 的處理效率，確實掌握廠內 PFCs 實際的排放狀況。
- (5) 確認 Scrubber 對於待處理氣體之實廠處理效率，並確認其是否產生有害副產物，以瞭解此項設備是否發揮原先預期之功用。
- (6) 調整操作參數，使製程尾氣處理設備 Local Scrubber 之處理效

- 果最佳化。進行製程尾氣處理設備 Local Scrubber 現場調整操作參數，使其對尾氣處理效率提升。
- (7) 建立廠區尾氣資料庫，作為危害預防之依據，例如設備工程師維修保養時的防護措施，管線材質的選擇，及風險等級的制定等。



1.3 文獻回顧

全氟化物(PFCs, Perfluorinated Compounds)為全球溫暖化潛勢極高之氣體，且存活於大氣中之時間達千年以上，因此對於可能造成之地球溫暖化問題逐漸受到重視；而為有效控制日益嚴重之全球溫暖化現象，於1997年12月於日本京都所召開的溫室效應氣體管制會議中，便將包括PFCs、及CO₂、CH₄、HPFCs、N₂O 等氣體列為管制項目。PFCs 的排放控制方式除了提高製程中之利用率外，尚可採用替代化學物、回收再利用和破壞削減等方法；而相較於替代化學物開發的不易、回收再利用的高成本，破壞削減是現階段控制PFCs 之主要方法⁽⁶⁾。

FTIR 自 1966 年開始應用於化學成份分析以來，已有長足的進步，和傳統分光式光譜儀相較，FTIR 光譜儀具有解析度高、快速之掃描速度及靈敏度高之特性。在分析化學的領域中，紅外吸收光譜被視為化合物的指紋區，沒有兩種不同的化合物會具有完全相同的紅外光吸收光譜。此種特性提供了 FTIR 技術絕佳的定性能力，並可克服傳統偵測器令人困擾的相互干擾問題。因此，FTIR 技術可以用來偵測各種不同的化學分子，並且對於同時出現的化學物質具有相當高的鑑別率。利用紅外吸收光譜的定性及定量原理，結合 FTIR 本身快速的量測速度之特性，FTIR 已成為一種優秀的連續監測技術，被廣為利用於各種化學物質的連續監測上。線上連續監測的霍式紅外光譜儀(Fourier Transform Infrared spectrometry, 簡稱 FTIR)，提供了此一問題點的最佳解決方案⁽⁹⁾。

工研院與半導體廠合作，藉由 FTIR 和微粒採樣分析，協助半導體的工廠了解製程管道及排放廢氣中的污染物種類及濃度，評估現有處理設備之效率，了解不同製程機台所產生的副產物及其危害，達到大量降低乾式處理設備(Dry scrubber)吸附劑之操作成本、建立製程尾氣資料庫提供工廠日後評估或選購處理設備之參考依據等目的⁽¹⁰⁾。

製程尾氣處理效率評估的方法為利用兩台FTIR 同時進行採樣，一台置於製程尾氣處理設備Local Scrubber 前端，另一台則置於後端，以同步量測其進口端及出口端氣體的體積濃度，因進口端尾氣的濃度遠大於出口端，所以進口端FTIR 氣體腔為短光徑（一般使用1cm），而出口端FTIR氣體腔則為長光徑（一般使用10m）。另外，為避免製程尾氣中的微粒污染氣體腔，尾氣在進入氣體腔之前先用一孔徑為1 μ m 的Teflon 濾紙過濾。為了正確地計算出製程

尾氣處理設備Local Scrubber 的處理效率，則必須知道製程尾氣處理設備Local Scrubber 前、後端氣體的質流量，利用這些量測出的數據及操作參數計算出製程尾氣處理設備Local Scrubber的處理效率及製程設備對PFCs的分解率⁽¹¹⁾。

