

廢溶劑回收系統於TFT-LCD製造廠之應用

陳益瀟¹、張翼²、詹文碩³、陽永明³、戴寶通³

¹瀚宇彩晶股份有限公司、²國立交通大學材料科學與工程學系

³國家奈米元件實驗室

摘要

光電產業於國內被視為未來之明星產業，尤其是國內薄膜電晶體液晶顯示器 (TFT-LCD) 各製造廠看好未來筆記型電腦及液晶電視 (LCD TV) 需求，均加速擴廠增產，同時亦帶動上下游產業於國內發展。TFT-LCD 與積體電路 (IC) 之製程雖然部份相似，但因玻璃基板尺寸逐步放大，相對使用之各項化學品耗量亦同步增高。如何減少化學品耗量，已成各製造廠關切的問題，因此各種化學品回收已逐漸建構於 TFT-LCD 製造廠之廠務系統，除降低製造成本外，亦能減少有害事業廢棄物產生，對製造廠節省開銷及資源永續利用二者均有相當貢獻。本文介紹之有機溶劑回收系統即是目前廣被使用之資源再生設備。

關鍵字：薄膜電晶體液晶顯示器 (TFT-LCD)、化學品 (chemical)、廠務系統 (facility system)、有機溶劑回收 (organic solvent reclaim)

1. 前言

近年光電產業於國內快速成長，配合政府「兩兆雙星」計劃，從 TFT-LCD 面板、電漿顯示器 (PDP)、投影機及有機電激發光平面顯示器 (OLED) 等產業及其相關上下游零組件，如彩色濾光片、背光模組等，已成為台灣重要的經濟命脈。根據資料顯示台灣於 2004 年光電顯示器之產值已達新台幣 4,986 億元，其中 TFT-LCD 面板佔整體比重高達 59%，並有 38% 的高成長率。TFT-LCD 面板佔全球市場有 36% 之比率，雖仍略遜於韓國，但已超越日本^[1]。

TFT-LCD 因本身不佔空間、省電、無輻射問題等優點，逐漸取代使用年代久之陰極射線管 (CRT)；由筆記型電腦、個人電腦到 LCD-TV，帶動 TFT-LCD 強烈的需求。國內各家 TFT-LCD 製造廠著眼於往後數年 LCD-TV 之高成長，無不加快腳步，五代 (general 5, G5)、六代 (general 6, G6) 廠房陸續被建立，韓國甚至已著手規劃八代廠，使 TFT-LCD 產業成為繼半導體後國內另一波投資潮。

TFT-LCD 製程世代交替，玻璃基板面積亦隨之變大，相對各項化學品之耗量亦增加 (如表 1)。為減低製造成本與提高競爭力，目前各製造廠均朝降低使用量及引進回收設備的方向努力，一方面將可利用之資源重複利用，另一方面降低廢棄物產生，對環境保護亦是一項貢獻。本文所揭之剝離液 (stripper) 為蝕刻製程使用之一項化學品，因可於廠內回收再利用，故剝離液回收系統 (stripper reclaim system, SRS) 已被各製造廠廣為使用 (如表 2)^[2]。

2. TFT-LCD 製程概述

Stripper 為 TFT-LCD 製程中所使用的化學品之一，本章節將簡述 TFT-LCD 之製程，再討論 Array 流程，說明光阻之運用及最後去除光阻之步驟，了解 stripper 之功用。最後說明 stripper chemical 於光電廠如何

表1 各世代之玻璃基板尺寸及 stripper 耗量

	G3	G4	G5	G6	G7
玻璃基板尺寸 (mmxmm)	550x650	680x880	1120x1250	1500x1850	2000x2100
Stripper 耗量 (L/pcs)	0.8	1.5	2.5	3.5	5
產能 60k 耗量 (L/day)	1,600	3,000	5,000	7,000	10,000

表2 國內 TFT-LCD 製造廠之 SRS 使用現況

Company	Location	Generation	Capacity of SRS (L/hr)
中華映管	FAB I	桃園	無
	FAB II	桃園	無
	FAB III	龍潭	無
友達光電	AU-5	新竹	150
	AU-6	龍潭	180
	AU-8	龍潭	440
	AU-10	台中	1000
瀚宇彩晶	HannStar-1	楊梅	180
	HannStar-2	楊梅	180
	HannStar-3	台南	500
奇美光電	CMO-1	台南	180
	CMO-2	台南	無
	CMO-3	台南	無
	CMO-4	台南	1000
元太光電	Prime View	竹南	無
廣輝電子	QDI-1	林口	無
	QDI-2	林口	無
	QDI-3	林口	無
群創光電	Innolux	竹南	250
統寶光電	Toppoly	竹南	250

從新化學品經製程設備變為廢液，及廢液再生利用之循環。

2.1 TFT-LCD製程概述

TFT-LCD 製程主要分為三部份 (如圖 1)，概述如下：

a. 電極圖案(Array)：

在玻璃基板上成長薄膜，製造薄膜電晶體 (TFT)。Array 之製程與半導體製程較為相似。

b. 面板組裝 (Cell)：

將 Array 製造完成之 TFT 基板與彩色濾光片 (color filter, CF) 基板進行配向處理，將二面基板組裝後進行液晶注入及封止，並貼上偏光片。

c. 模組構裝 (Module)：

偏光片貼附，進行驅動 IC 接點合壓著，完成背光板組裝，與液晶 Cell 組合成面板。

本文討論之光阻剝離 (strip) 製程為 Array 製程之一部份，故將針對此製程再作討論。

2.2 Array製程概述

Array 製程概分為九個步驟，其流程及使用之化學品如圖 2。各步驟簡述如下：

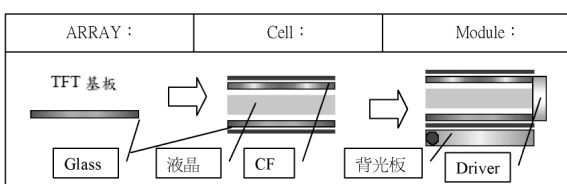


圖1 TFT-LCD 製造過程

- 玻璃基板 (Glass substrate)：外購之玻璃基板經拆封 (unpacking)、去離子水及清潔劑 (detergent) 之初步清洗後，投入 Array 製程。
- 清洗 (Cleaning)：Array 製程需對玻璃基板進行細部清洗，以去除前一製程殘留之不純物。
- 薄膜 (Thin film)：利用電漿內高能量的電子，撞擊製程之氣體分子，於加熱的基板表面產生化學反應並形成固態沈積。
- 光阻塗布 (Resist coating)：以旋轉基板的方式，在基板上均勻塗布光阻。
- 曝光 (Exposure)：基板以步進 (stepper) 方式進行曝光，利用紫外光照射，將光罩圖案複製在已塗布光阻之基板上。
- 顯影板 (Development)：用顯影液將曝光過的光阻去除。
- 蝕刻 (Etching)：將沒有被光阻覆蓋及保護的部分以物理作用或是化學反應的方式去除。分為乾蝕刻及濕蝕刻二種。
- 光阻去除 (Resist remove)：用剝離液將完成蝕刻之基板上的光阻去除。
- 測試 (Test)：顯影後需檢查蝕刻後的圖樣，並作薄膜電性量測以及 TFT 特性量測。

因 TFT 之製造需重複五或七次上文所揭之程序，故上述步驟中，於完成第 h 項之 Resist remove 後，視需要必須回復至第 b 項之 Cleaning 製程。

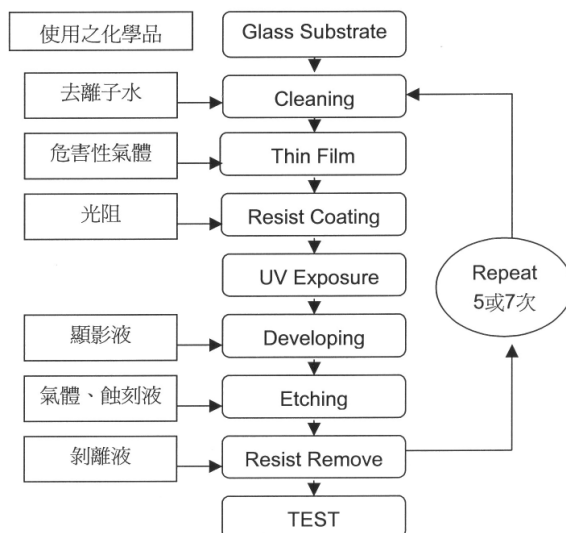


圖2 Array 製程流程

3.Stripper 供應及回收流程

於 TFT-LCD 光電廠，stripper 化學品均使用自動供應設備直接由原料桶槽供應至製程機台，製程機台使用後排出之廢液分為二類：一類為高濃度化學廢液，經統一收集可進行回收或委外清運；一類為經過超純水洗淨後之低濃度廢液，可進入廠區廢水廠進行處理，符合排放標準後，再放流至廠外。

因業界使用之 stripper 大多含有乙醇胺 (MEA)，其閃火點為 $85^{\circ}\text{C}^{[3]}$ ，以美國國家防火協會 NFPA318 號規範所定義之分類方式屬 Class III A 可燃性液體，於系統規劃時需參照 NFPA318 相關規範^[4]。另外回收系統亦需參照工廠互保協會 FM data sheet 7-7 等相關規範^[5]。

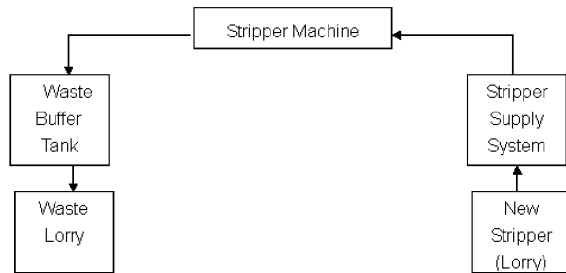


圖3 未使用回收系統之供應流程

Stripper 化學品之供應、廢液收集流程若無回收系統時，則其架構如圖 3 所示。

使用回收系統之流程說明如下 (如圖 4)^[6]：

a. New Stripper :

Stripper 新液由供應商以槽車 (lorry) 運送到廠區，將新液輸送到 Stripper Supply System。

b. Stripper Supply System :

供應系統位於溶劑化學房，其位置通常於潔淨室外側。化學品之供應有別於其他系統，其供應模式並非全時供應，而是待製程設備提出需求信號時，才會驅動供應系統之動力源(泵或增壓氮氣)，將化學品輸送至製程機台。

c. Stripper Machine :

玻璃基板於潔淨室內經過薄膜沈積、光阻覆蓋、曝光、顯影及蝕刻後，需將表層之光阻清除。Strip 製程即是將前段製程使用之光阻進行剝離。

玻璃基板於完成 strip 製程後，即可進行下一道顯影製程 (photo engraving process, PEP)，若已完成全部 PEP 即可進行產品測試。

d. Waste Buffer Tank :

收集製程設備排下之高濃度廢液，儲存後回收或委外清運。

e. Stripper Reclaim System :

製程設備排下之高濃度廢液，回收系統去除廢液中之光阻、不純物 (impurity)、水份 (moisture) 及雜質 (particle) 等，取出可再使用之化學成份。

因 stripper 於製程設備使用後，其組成比率已與新液不同，故需使用濃度調整系統，將回收液之組成調整與新液一致。

f. Stripper Blending System :

調整回收化學品之濃度比率，使其達到製程需求規格。符合規格之化學品輸送至供應系統，完成循環。

g. Waste tank :

儲存回收設備排放出之廢液，此廢液再回收之經濟效益不高，通常均為委外清運 (waste lorry) 作為燃料。

h. Mixing Chemical :

供應 Solvent Blending System 於濃度

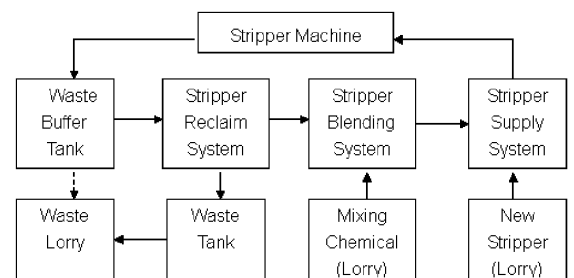


圖4 使用回收系統之供應流程

微調時所需之化學品，其系統架構與 Stripper Supply System 相似。

3.3 Reclaim system

因 MEA 對於光阻之剝離具有良好之效果，故於 TFT-LCD 製造廠大多使用 BDG，MEA，DMSO，NMP 之純液或混合液作為剝離液，各項化學品之特性如表 3。SRS 回收原理即為設定該化學品之沸點，將其蒸餾並冷凝取出。各化學品之蒸氣壓-溫度曲線如

表3 Stripper 之組成物及特性

Chemical name	Molecular weight	Density	Boiling point [°C]	Flash point [°C]	Dissolving to water
BDG	162.23	0.9536	230.6	78	∞
MEA	61.08	1.0174	170.95	93	∞
DMSO	78.13	1.1	189	95	∞
NMP	99.13	1.028	202	95	∞

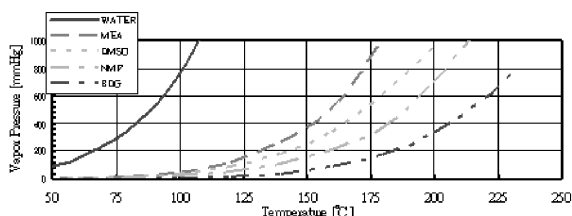


圖5 Stripper之蒸氣壓-溫度曲線

圖5^[7]。

Stripper 新液經過製程生產線後之成份，主要分為三類：可回收利用之 Stripper、水、光阻及其他高溫加熱產生之分解及縮合物等。回收系統即是蒸餾出 stripper 再利用，將其他物質排除之設備。

圖6為目前實際應用於 stripper 回收系統之流程。製程設備排下之廢剝離液由 used stripper 收集管路進入回收系統。heater column 及 separation column 去除高沸點不純物 (如光阻等)，因廢剝離液屬易結垢、易結晶之溶劑，故本例 heater column 選用強制循環式蒸發器^[8]。蒸發器產生之蒸氣經 separation column 後，送入 distillation column 藉由 re-boiling column 及 condensing column 再去除低沸點不純物 (如水等)。整個製程使用真空蒸發，使廢剝離液於減壓條件下降低沸點，避免因高溫變質，故於最末端使用

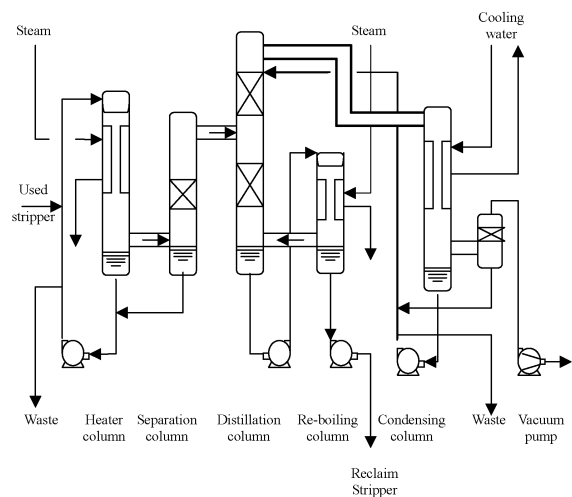


圖6 蒸餾塔流程圖

vacuum pump，操作壓力約 1.0~2.0kpa^[9]。

3.4 Blending system

若剝離液為二種以上之物質組成，則於蒸餾回收後，其組成比率將變更，需再經調整後才可再利用。圖7為批次式 (batch type) 濃度調整系統之流程圖。

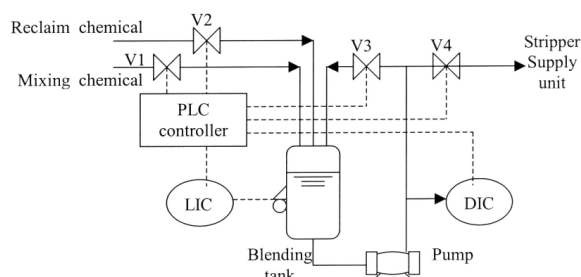


圖7 濃度調整單元流程圖

當進行濃度調整時，reclaim chemical 經 V2 閥加到 blending tank，達預設之重量後，V3 閥開啟並以 pump 進行循環，藉由密度指示控制器 (density indicator controller, DIC) 獲得回收液之濃度。經可程式化邏輯控制器 (programmable logical controller, PLC) 計算求得 mixing chemical 應加入之重量，開啟 V1 閥將所需之 mixing chemical 加入後，再次進行循環並經 DIC 確認濃度正確後，即可將 V4 閥開啟，經濃度調整完成之回收液即可輸送至化學品供應系統，達到資源再生之循環。

4. Stripper Reclaim System 之使用效益

SRS 雖然能回收 stripper 進行再生，但若此設備投資無經濟效益，即使能有良好之資源永續利用及減廢效果，各製造廠礙於生產成本，定將難以使用；若此回收設備能有良好之投資報酬，則各製造廠勢必願意投資。本單元將計算 SRS 之投資效益。

4.1 回收率

回收系統之回收效率如表4所示，以 SRS 處理量為 1000kg/hr 為例，假設廢剝離

表4 SRS流量平衡表

ITEM	Used Stripper		Waste solvent		Waste water		Reclaim stripper	
	kg/hr	%	kg/hr	%	kg/hr	%	kg/hr	%
Stripper	943	94.3%	28	80%	3	5.9%	912	99.8%
H ₂ O	50	5.0%	0	0.0%	48	94.1%	2	0.2%
PR	7	0.7%	7	20%	0	0%	0	0%
Total	1000	100%	35	100%	51	100%	914	100%

液水含量為 5% 及光阻 (photoresist, PR) 含量為 0.7% 時，回收系統之整體回收率高達 91.4%，而扣除廢剝離液之非 stripper 含量後，回收率可達近 97%，經濟效益頗高。

4.2 設備投資攤提時間

若 stripper 月耗量為 150 噸，未使用回收系統時，新液及廢液處理費約為每月新台幣 1,643 萬元。以月產能 60K 計算，每片基板之 stripper 成本約為新台幣 274 元。如表 5 所列。

若使用回收系統時，則 142.5 噸之廢液即可進行回收，以保守回收率 80% 計算，可產出 114 噸之回收液。另外將 SRS 之運轉成本及設備維護管理費用及需補充之新液計入，每月之費用僅約新台幣 699 萬元。於相同產出時，每片成本降為約新台幣 116 元，約為不使用回收系統之 42%。如表 6 所列。

最後計算投資攤提時間，於使用回收系統時，每月節省 stripper 費用約新台幣 944 萬元，假設全案預算為新台幣 1 億元，則只

表5 未使用回收系統之stripper成本

	Item	QTY [L/月]	Unit Price [NT\$/L]	Cost [NT\$ K/月]	Notes
1	Stripper 需求量	150,000	100	15,000	假設基板拋出量 = 5%
2	Waste Stripper 清運費	142,500	10	1,425	
Total				16,425	每片成本: NT 274

表6 使用回收系統之 stripper 成本

	Item	Amount	Notes		
1	Waste Stripper	(L/月) 142,500	設備排放量		
2	Reclaim Stripper	(L/月) 114,000	假設回收率=80%		
3	每月需補充之新液	(L/月) 36,000			
	Item	QTY [L/月]	Unit Price [NT\$/L]	Cost [NT\$ K/月]	Notes
4	補充新液費用	36,000	100	3,600	
5	回收後需清運之廢液	28,500	10	285	
6	回收系統運轉成本			3,000	
7	維護管理費			100	
Total				6,985	每片成本: NT 116

要約 10.6 個月即可完成投資攤提。

5. 結論

TFT-LCD 於未來數年仍為國內投資之重心，各製造廠仍會持續建立次世代面板生產線，相信 stripper 之用量將會與日俱增。SRS 於西元 1994 年即已在日本開始運作，國內於西元 1999 年始有 on-site 之 SRS 開始運作^[10]，韓國則因將廢溶劑轉為燃料使用，並無

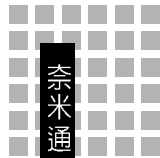
刻意回收，故目前 SRS 之相關技術仍以日本為主。一座 TFT-LCD 製造廠之投資動輒新台幣 2、3 百億，相較 SRS 之投資金額不及 1%，且可於一年內完成攤提，以一座生產基地約 15 年壽命比較，非常符合投資效益。

因 TFT-LCD 對於化學品之需求極大，為落實資源再利用及環境保護，應可從以下幾點著手：

1. 於政策面可制定法規，要求各廠需有最小回收率，督促各製造廠做好資源再利用。
2. 國內之研究機構應協助產業界開發出新製程及低污染之化學品。
3. 各公司應本著企業責任，不要認為符合法規即可，應要盡力作好環境保護之責任。
4. 目前國內已有相關廠商嘗試設計建造 SRS，希望能早日推出穩定、具競爭力之回收設備，嘉惠國內 TFT-LCD 製造廠，提高國內各廠家之競爭力。

6. 參考文獻

1. 光電科技工業協進會，「FPD Taiwan」暨「OPTO Taiwan」展覽躍升亞洲光電產業櫥窗，p.9，2004.5
2. 張德安、樊雨心、周宜衡、顧鴻壽、周本達、陳密，光電平面面板顯示器基本概論 p.20，2002
3. Material Safety Data Sheet, MSDS, 物質安全資料表，<http://www.iosh.gov.tw/data/f11/n50.htm>。
4. National Fire Protection Association, NFPA 318, "Standard for the Protection of Semiconductor Fabrication Facilities", 2002 Edition. (美國國家防火協會 318，半導體製造設備保護標準，2002 年)
5. Factory Mutual Insurance Company, FM (Factory Mutual Engineering and Research) Data Sheet 7-7, "SEMI-CONDUCTOR FABRICATOON FABRICATION FACILITUES", 2003 Edition. (工廠互保協會，資料編號7-7，半導體製造設備，A2003年)
6. 日本木村 (Kimura) 公司產品型錄，p.4，



2004

7. 矢野 謙介，Stripper 剝離液再生回收裝置，化學裝置，p.68，2000
8. 機械工程手冊、電機工程手冊編輯委員會，IC 及光電廠務真空設備 (二)，p.12-38，2002.11
9. Proc. SPIE Vol. 3678, p. 658-666, Advances

- in Resist Technology and Processing XVI, Will E. Conley; Ed., Hideki Nishida, Hiroshi Kikuchi, Kensuke Yano and Hiroyasu Matsuuda, A New Photoresist Stripper and a System for Recycling It.
10. 日本木村 (Kimura) 公司產品型錄，p.8, 2004