

序

光電科技是國家科學技術發展的重點科技及關鍵性技術之一，該科技中的平面顯示器產業更是經濟部擬定之「兩兆雙星核心優勢產業」中的發展重點產業，是繼資訊及半導體產業後另一明星產業。由於光電科技的蓬勃發展，產品及技術的更新快速，使得產製過程產生的廢棄物種類及特性亦隨之變化。因此，協助該產業進行廢棄物減量及資源回收再利用，達到環境保護與經濟發展兼籌並重的目標，實為該產業發展之重要課題。

有鑑於此，本年度特委託台灣綠色生產力基金會廣泛收集國內外相關資源化技術資料，予以整理並編印成本手冊。本手冊共分為七章，分別就「產業概況」、「廢棄物特性與清理現況」、「清潔生產」、「廢棄物資源化技術」、「技術與設備選用程序與評估」進行探討說明，並將各類廢棄物資源化之實際執行措施分別彙整成「廢棄物資源化案例」，冀望提供業者從中汲取資源化技術經驗，並作為學術研究單位及相關工程業界研究開發參考，俾利共同促進該產業廢棄物資源化技術之落實與應用，進以開創資源永續利用。

本手冊編撰過程，感謝中華映管股份有限公司江鴻銘先生及親民工商專校電子材料科蔡尚林教授參與資料蒐集及編撰，國立成功大學資源再生及管理研究中心蔡敏行教授、工業技術研究院環安中心鄭智和經理，以及友達光電股份有限公司張清桂經理之審訂，使本手冊得以付梓。但由於時間匆促，其實務資料蒐集彙整不易，內容如有錯誤漏植之處，尚祈不吝指正。

經濟部工業局 謹識

中華民國九十二年十二月

目錄

| | |
|-----------------------|----|
| 第一章 前言..... | 1 |
| 1.1 緣起..... | 1 |
| 1.2 技術手冊內容說明..... | 1 |
| 第二章 產業概況..... | 3 |
| 2.1 產業現況..... | 3 |
| 2.2 製程概述..... | 8 |
| 第三章 廢棄物特性與清理現況..... | 15 |
| 3.1 廢棄物來源及特性..... | 15 |
| 3.2 廢棄物產生量及清理現況..... | 19 |
| 第四章 清潔生產..... | 20 |
| 4.1 環境化設計..... | 20 |
| 4.2 廠內管理..... | 31 |
| 第五章 廢棄物資源化技術..... | 33 |
| 5.1 廢液晶玻璃資源化技術..... | 33 |
| 5.2 廢異丙醇資源化技術..... | 38 |
| 5.3 氟化鈣污泥資源化技術..... | 41 |
| 5.4 廢特殊化學品資源化技術..... | 46 |
| 第六章 技術與設備選用程序與評估..... | 52 |
| 6.1 資源化技術流程評估..... | 52 |
| 6.2 資源化成本分析..... | 54 |
| 6.3 資源化設備選用程序..... | 54 |
| 第七章 廢棄物資源化案例..... | 58 |
| 7.1 廢液晶玻璃資源化案例..... | 58 |

| | |
|-----------------------|----|
| 7.2 廢異丙醇資源化案例 | 62 |
| 7.3 氟化鈣污泥資源化案例 | 64 |
| 7.4 廢特殊化學品資源化案例 | 67 |
| 名詞解釋 | 76 |
| 附錄 技術與設備供應商名錄..... | 80 |
| 參考文獻 | 85 |

圖目錄

| | | |
|-------|-------------------------------|----|
| 圖 2.1 | 2002 年我國光電產業產值統計 | 4 |
| 圖 2.2 | TFT-LCD 之結構及原理 | 9 |
| 圖 2.3 | Array 製造流程 | 12 |
| 圖 2.4 | Cell 製造流程 | 13 |
| 圖 2.5 | Module 製造流程 | 14 |
| 圖 3.1 | Array 製造流程及廢棄物產源圖 | 16 |
| 圖 3.2 | Cell 製造流程及廢棄物產源圖 | 17 |
| 圖 3.3 | Module 製造流程及廢棄物產源圖 | 18 |
| 圖 5.1 | 日本廢液晶面板處理流程 | 36 |
| 圖 5.2 | 玻璃粉摻配製磚流程圖 | 36 |
| 圖 5.3 | 廢液晶面板處理及玻璃資源回收再利用產品製作流程 | 37 |
| 圖 5.4 | 一貫作業煉鋼流程 | 42 |
| 圖 5.5 | 電弧爐煉鋼業製造流程 | 43 |
| 圖 5.6 | NBA 廢液回收流程圖 | 47 |
| 圖 5.7 | 廢剝離液及光阻劑混合液產生源示意圖 | 48 |
| 圖 5.8 | 廢蝕刻液產生源示意圖 | 49 |
| 圖 5.9 | 廢鉻蝕刻液再利用流程簡圖 | 51 |
| 圖 6.1 | 光電業含金屬廢棄物回收處理技術評估流程 | 52 |
| 圖 6.2 | 有機廢棄物回收處理技術評估流程 | 53 |
| 圖 7.1 | 廢玻璃再利用於製磚資源化流程圖 | 60 |
| 圖 7.2 | 廢異丙醇製造回收流程 | 63 |
| 圖 7.3 | 氟化鈣污泥再利用流程圖 | 66 |
| 圖 7.4 | 廢 NBA 再利用流程圖 | 67 |

| | | |
|-------|--------------------|----|
| 圖 7.5 | 廢剝離液回收處理流程 | 71 |
| 圖 7.6 | 廢鋁蝕刻液回收再利用流程 | 74 |

表目錄

| | | |
|-------|--------------------------------|----|
| 表 2.1 | 光電產品界定範圍..... | 3 |
| 表 2.2 | 台日韓產能比較..... | 5 |
| 表 2.3 | 日本 TFT-LCD 廠商概況 | 6 |
| 表 2.4 | 韓國 TFT-LCD 廠商概況 | 7 |
| 表 2.5 | 台灣 TFT-LCD 廠商概況 | 7 |
| 表 3.1 | 光電業各類廢棄物產生量推估及清理現況..... | 19 |
| 表 4.1 | 常用之減廢技術彙整..... | 22 |
| 表 4.2 | 減廢案例－原物料改變..... | 25 |
| 表 4.3 | 減廢案例－包裝材料簡化、管控..... | 26 |
| 表 4.4 | 減廢案例－改變產品設計..... | 26 |
| 表 4.5 | 減廢案例－改進製程技術..... | 27 |
| 表 4.6 | 廢棄物資源化案例..... | 28 |
| 表 4.7 | WEEE Directive 之重要管制內容..... | 30 |
| 表 5.1 | TFT 液晶模組的構成要素之重量比率與主要材料成分..... | 34 |
| 表 5.2 | 玻璃粉摻配製磚磚體試驗結果..... | 37 |
| 表 5.3 | 亮彩琉璃產品規格及用途表..... | 38 |
| 表 7.1 | 廢玻璃板成分分析結果..... | 58 |
| 表 7.2 | 廢玻璃毒性溶出試驗結果..... | 58 |
| 表 7.3 | 陶瓷原料組成一覽表..... | 59 |
| 表 7.4 | 再利用產品規格表..... | 61 |
| 表 7.5 | 異丙醇之工業規格..... | 64 |
| 表 7.6 | 氟化鈣污泥化學成分分析..... | 65 |
| 表 7.7 | 氟化鈣污泥溶出試驗結果..... | 65 |

| | | |
|--------|---------------------------------|----|
| 表 7.8 | H 廠廢 NBA 成分 | 67 |
| 表 7.9 | 回收製程進出料平衡表..... | 68 |
| 表 7.10 | 廢剝離液主成分之沸點..... | 69 |
| 表 7.11 | BDG+MEA 廢剝離液之物化性質 | 71 |
| 表 7.12 | BDG+MEA 產品銷售規格 | 72 |
| 表 7.13 | 廢鋁蝕刻液之組成..... | 72 |
| 表 7.14 | 廢鋁蝕刻液進廠允收規範..... | 73 |
| 表 7.15 | 產物規格表..... | 74 |
| 表 7.16 | 廢鉻蝕刻液之組成..... | 75 |
| 表 7.17 | 產品用途表..... | 75 |
| 附表一 | 主要技術或設備供應商及國內代理商名錄..... | 80 |
| 附表二 | 主要技術或設備供應商及國內代理商相關各公司之連絡資料..... | 82 |

第一章 前言

1.1 緣起

光電科技為國家科學技術發展中之八大重點科技及八項關鍵性技術之一，依據行政院推動「挑戰 2008-國家重點發展計畫」，由經濟部所擬定之「兩兆雙星核心優勢產業」並將平面顯示器產業納為兩兆產業中影像顯示產業的第一階段發展重點，是繼資訊產業及半導體產業之後，另一個閃閃發光的明星產業。

光電產業是結合光學、化學、物理、材料科學、電子、電機等技術的整合性高科技產業。由於光電業發展蓬勃，產品更新迅速，製程技術變化快速，加上生產過程中使用多樣且特殊的原物料及化學品，使得產製過程產生之廢棄物種類及特性亦隨之變化，故該產業之廢棄物減量、資源回收再利用，以及其廢棄物之妥善處理，實為該產業發展之重要課題。

因此，經濟部工業局特針對光電業進行廢棄物資源化技術手冊之編寫工作，希望能提升業界對廢棄物資源化專業技術之認知，進而增進產業整體之環境績效，達到經濟與環保相輔相成之目的。

1.2 技術手冊內容說明

光電產業包含光電元件、光電顯示器、光輸出入、光儲存、光纖通訊、雷射及其他光電應用等製造業，產業範圍十分廣泛。本手冊將主要針對國內現階段最具蓬勃發展的光電顯示器中之薄膜電晶體液晶顯示器(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display, TFT-LCD)之廢棄物資源化技術及案例進行彙集。本手冊共分七章，概要說明如下：

第一章：說明本手冊編撰緣由，以及內容中所涉及之光電產業範圍及各章節內容。

第二章：介紹光電產業範圍及其分類，以及該產業發展現況，並針對 TFT-LCD 之製程進行詳述。

第三章：針對 TFT-LCD 製程之廢棄物來源、特性及產生量，以及主要廢棄物之清理現況進行介紹。

第四章：以廠內管理及環境化設計觀點，敘述該產業於產品設計及生產活動過程之污染預防策略。

第五章：針對適用於該產業之國內外較成熟且較具效益之資源化技術進行探討說明。

第六章：提供購置回收系統之選用程序及評估要領，並於附錄彙整相關技術供應商或代理商名錄，供業者選用回收設備之應用。

第七章：彙集實際執行之各項廢棄物資源化案例，並就資源化執行成效及經濟效益進行評估，供業者執行資源化工作之參考。

第二章 產業概況

2.1 產業現況

2.1.1 產業定義

光電產業是指「製造或應用光電技術之元件，或採用光電元件作為關鍵性零組件之設備、器具及系統的所有商業行為」。根據光電科技工業協進會對光電產品之界定範圍，光電產業可分為六大類，分別是光電元件、光電顯示器、光輸出入、光儲存、光纖通訊、雷射及其他光電應用等，如表 2.1 所示。

表 2.1 光電產品界定範圍

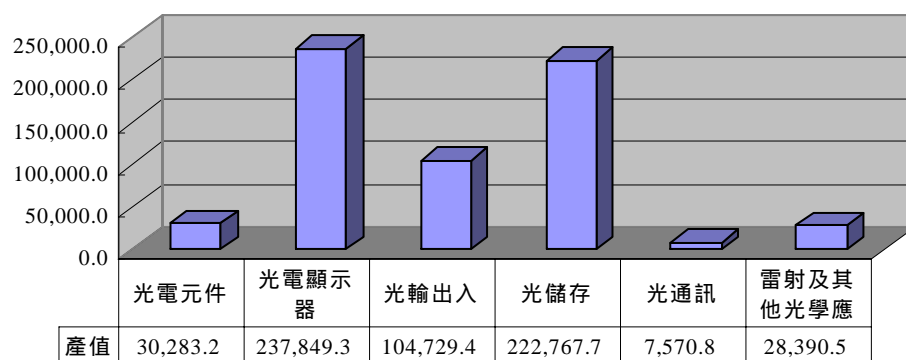
| 大分類 | 中分類 | 項目 |
|-----------|--------|---|
| 光電元件 | 發光元件 | 雷射二極體、發光二極體 |
| | 受光元件 | 光二極體與光電晶體、電荷耦合元件、接觸式影像感測器、太陽能電池 |
| | 複合元件 | 光耦合器、光斷續器 |
| 光電顯示器 | | 液晶顯示器(LCD)、發光二極體顯示幕(LED Display)、真空螢光顯示器(VFD)、電漿顯示器(PDP)、有機電激發光顯示器(OELD 或 OLED)、場發射顯示器(FED) |
| 光輸出入 | | 影像掃描器、條碼掃描器、雷射印表機、傳真機、影印機、數位相機 |
| 光儲存 | 裝置 | 消費性、資訊性唯讀型、資訊性可讀寫型 |
| | 媒體 | 唯讀型、可寫一次型、可讀寫型 |
| 光纖通訊 | 光通訊零組件 | 光纖、光纜、光主動元件、光被動元件 |
| | 光通訊設備 | 光纖區域網路設備、電信光傳輸設備、有線電視光傳輸設備、光通訊量測設備 |
| 雷射及其他光電應用 | | 雷射本體、工業雷射、醫療雷射光感測器 |

資料來源：光電科技工業協進會，民國 89 年

2.1.2 產業發展現況

我國光電產業總產值於 91 年已達到新台幣 6,309 億元，如圖 2.1 所示，其中光電顯示器產業佔光電產業整體產值的 37.7%，已經超過光儲存產業，成為整體光電產業中產值比率最大的產業。同時，由於近年來平面顯示器大幅應用於一般生活電子產品中，如：TFT-LCD 應用於筆記型電腦、桌上型電腦、液晶電視或是電話手機等；超扭轉向列液晶顯示器（Super Twisted Nematic Liquid Crystal Display, STN-LCD）則應用於尺寸較大的電子字典、電子娛樂產品、PDA、行動電話、低階筆記型電腦等；扭轉向列液晶顯示器（Twisted Nematic Liquid Crystal Display, TN-LCD）主要應用於手錶和計算機，使得 LCD 的需求持續擴增。

(單位：新台幣百萬元)



資料來源：工研院經資中心（民國 92 年 1 月）

圖 2.1 2002 年我國光電產業產值統計

以 TFT-LCD 為例，1999 年 5 月國內始有第一家 TFT-LCD 面板量產廠，至今為止已有 5 家大尺寸 TFT-LCD 製造公司，而我國 TFT-LCD 產能也從 1999 年的 200 萬片遽增至 2002 年的 3,500 萬片左右，預估到 2004 年底，產能將提高至每年 7,500 萬片以上。2001 年我國總產值居世界第三位，占有率 23.3%，僅次於南韓和日本，2002 年將提升至 36%，超越日本，逼近南韓，並期在 2006 年前再超越南韓，使總產值達 1.3 兆元，成為全球第一大 TFT-LCD 供應國。2000 年至 2004 年台灣、日本、韓國三國之 10 吋以上之 TFT-LCD 總產能比較如表 2.2 所示。

表 2.2 台日韓產能比較

(單位：百萬片)

| 年份 區別 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 |
|----------|------|------|------|------|------|
| 台灣 | 8.7 | 23 | 37.6 | 47 | 76.3 |
| 日本 | 20.1 | 22.1 | 20.4 | 21.6 | 21.6 |
| 南韓 | 16.6 | 29 | 33.8 | 48.8 | 77.4 |

資料來源：Display Search，2002 年

全球 TFT-LCD 產業協會組成之全球液晶顯示器產業聯合會議(World LCD Industries Cooperation Committee，WLICC)，主要成員包括中華民國 (Taiwan TFT-LCD Association，TTLA)，日本(LCD Industries Research Committee，LIREC) 以及韓國 (Electronic Association of LCD，EALCD)。WLICC 所屬會員之總產量佔全球 TFT-LCD 產業的 95% 以上，透過非官方的組織型態，制定共同約定以達成多項環境保護相關之自願性行動計劃。目前 WLICC 各會員公司除了於現有生產線努力提升產品品質與良率之外，並積極規劃擴廠計劃，包括日商 Sharp、韓商 Samsung 與 LG Philips，以及我國的華映、友達、奇美、瀚宇彩晶與廣輝。依照日、韓、台各主要 TFT-LCD 廠商現有與規劃中的生產線，彙整資料如表 2.3、2.4 與 2.5。

表 2.3 日本 TFT-LCD 廠商概況

| 製造廠商 | 廠名 | 生產線世代 | 玻璃基板尺寸 (mm) | 基板投入量 (千片/月) |
|----------------------------------|---------|----------------|----------------|-----------------|
| TFPD(DTI) | 北碁 | 2 | 360x465 | 68 |
| AFPD | 新門坡 | 4.5 (LTPS)* | 730x920 | 55 |
| NEC | 鹿兒島 2 | 2 | 360x465 | 40 |
| | 鹿兒島 2.5 | 2 | 370x470 | 15 |
| | 秋田 1 | 2 | 370x470 | 30 |
| | 秋田 2 | 3 | 550x660 | 18 |
| Sharp | 天理 NF3 | 2 | 360x465 | 47 |
| | 三重 2 | 3 | 550x650 | 49 |
| | 三重 3 | 4 | 680x880 | 90 |
| | TBD** | 6 | 13500x1600 | 90 |
| Torisan | 鳥取 1 | 3 | 550x670 | 36 |
| | 鳥取 2 | 4 | 680x880 | 27 |
| Hitachi | 茂原 2 | 2 | 370x470 | 46 |
| | 茂原 3 | 3.5 | 650x830 | 40 |
| | 茂原 4 | 4.5 | 730x920 | 20 |
| Fujitsu | 米子 2 | 2.5 | 404x515 | 38 |
| ADI | 泗水 1 | 2.5 | 410x520 | 55 |
| Panasonic (TMD)*** Toshiba | 石川 2 | 2 | 370x470 | 24 |
| | 魚津 1 | 3 | 550x670 | 24 |
| | 深谷 1 | 2.5 | 400x500 | 32 |
| | 深谷 2 | 3 | 550x670 | 25 |
| | TBD** | 4.5 (LTPS)* | 730x920 | --- |

註：*LTPS (Low Temp. Poly-Silicon) 低溫多晶矽

**TBD (To Be Developing) 開發計劃中

***TMD (Toshiba Matsushita Display) 東芝與松下顯示器部門合併

表 2.4 韓國 TFT-LCD 廠商概況

| 製造廠商 | 廠房 | 生產線世代 | 玻璃基板尺寸 (mm) | 基板投入量 (千片/月) |
|------------|------|-------|----------------|-----------------|
| Samsung | 釜山 2 | 2 | 370x470 | 44 |
| | 釜山 3 | 3 | 550x650 | 40 |
| | 天弔 1 | 3.5 | 600x720 | 75 |
| | 天弔 2 | 5 | 1100x1250 | 60 |
| | 天弔 3 | 5 | 1100x1250 | 60 ~ 80 |
| | TBD* | 6 | 1370x1770 | --- |
| LG Philips | 龜尾 1 | 2 | 370x470 | 90 |
| | 龜尾 2 | 3.5 | 590x670 | 85 |
| | 龜尾 3 | 4 | 680x880 | 70 |
| | 龜尾 4 | 5 | 1000x1200 | 30 ~ 60 |
| | TBD* | 5 | 1100x1250 | --- |
| | TBD* | 6 | 1480x1750 | --- |
| Hydis | 利川 1 | 2 | 370x470 | 20 |
| | 利川 2 | 3 | 550x650 | 9 |
| | 利川 3 | 3.5 | 620x720 | 50 |

註：*TBD (To Be Developing)開發計劃中

表 2.5 台灣 TFT-LCD 廠商概況

| 製造廠商 | 廠房 | 生產線世代 | 玻璃基板尺寸 (mm) | 基板投入量 (千片/月) |
|------|------------|-------|----------------|-----------------|
| 華映 | 桃園 1 | 3 | 550x670 | 35 |
| | 桃園 2 | 4 | 680x880 | 60 |
| | 龍潭 1 | 4.5 | 730x920 | 75 |
| | 龍潭 2 | 5 | 1100x1250 | 80 |
| 友達 | 新竹 1 | 3.5 | 600x720 | 45 ~ 60 |
| | 新竹 2 | 3.5 | 610x720 | 35 |
| | 新竹 3 | 3.5 | 610x720 | 37 |
| | 龍潭 1 | 4 | 680x880 | 30 |
| | 龍潭 2 | 5 | 1100x1250 | 60 |
| 瀚宇彩晶 | 楊梅 1 | 3 | 550x650 | 50 |
| | 楊梅 2 | 3 | 550x650 | 50 |
| | 占碑 | 5 | 1150x1300 | 60 |
| 廣輝 | 林口 1 | 3.5 | 620x750 | 45 |
| | 林口 2 | 5 | 1100x1300 | 60 |
| 奇美 | 野洲(日本 IDT) | 3 | 550x650 | 70 |
| | 占碑 1 | 3.5 | 620x750 | 60 |
| | 占碑 2 | 4 | 680x880 | 45 ~ 60 |
| | 占碑 3 | 5 | 1100x1250 | 70 |

2.2 製程概述

本節僅就國內最具蓬勃發展的光電顯示器中之 TFT-LCD 製程進行概述。

2.2.1 原理及結構

物質一般有三個現象，即固體、液體、氣體，但某些物質在液體與氣體間存有另一現象，即所謂的液晶(Liquid Crystal)；此一液晶之分子與分子軸的方向不同於直角方向，且當外加電壓後即可以改變其排列方向，並作為控制光的輸入與顯示之用。簡單來說，液晶顯示器是在兩片導電玻璃內側蒸著絕緣體後，再加上氧化銦錫(Indium Tin Oxide, ITO)膜，經研磨形成配向膜後，在其中注入液晶，由於配向膜之溝槽方向係相互垂直，故液晶分子排列將呈 90 度的旋轉，可使透過之光線產生偏折，導電玻璃外側則需加裝相互垂直的偏光板來控制進出光線之單一方向。

由於液晶分子本身並不發光，故需於其後方加裝平面之背光源模組(Back Light)，當背光模組發光後，光線透過上偏光板，只有單一方向的光會透過，此單向光線經由旋轉之液晶分子前進並產生偏折現象，經過下偏光板後將光線透出，即呈白色光[加裝紅、藍、綠三原色之彩色濾光片(Color Filter, CF)即可顯現不同之色彩]；另一方面，當對液晶分子外加電壓後，將使液晶分子垂直排列，因此所通過之光線將無法產生扭曲偏折之現象，單向光前進後與其直交之下偏光板接觸後即被擋住，光線無法透出；因此藉由外來訊號所傳送之電壓即可控制光線之顯示效果，此即為「液晶顯示器」之原理。有關 TFT-LCD 之原理與結構詳如圖 2.2 所示；整體而言，TFT-LCD 是液晶顯示器之一種，亦即以薄膜電晶體(Thin Film Transistor, TFT)做為外加電壓方式之液晶顯示器。

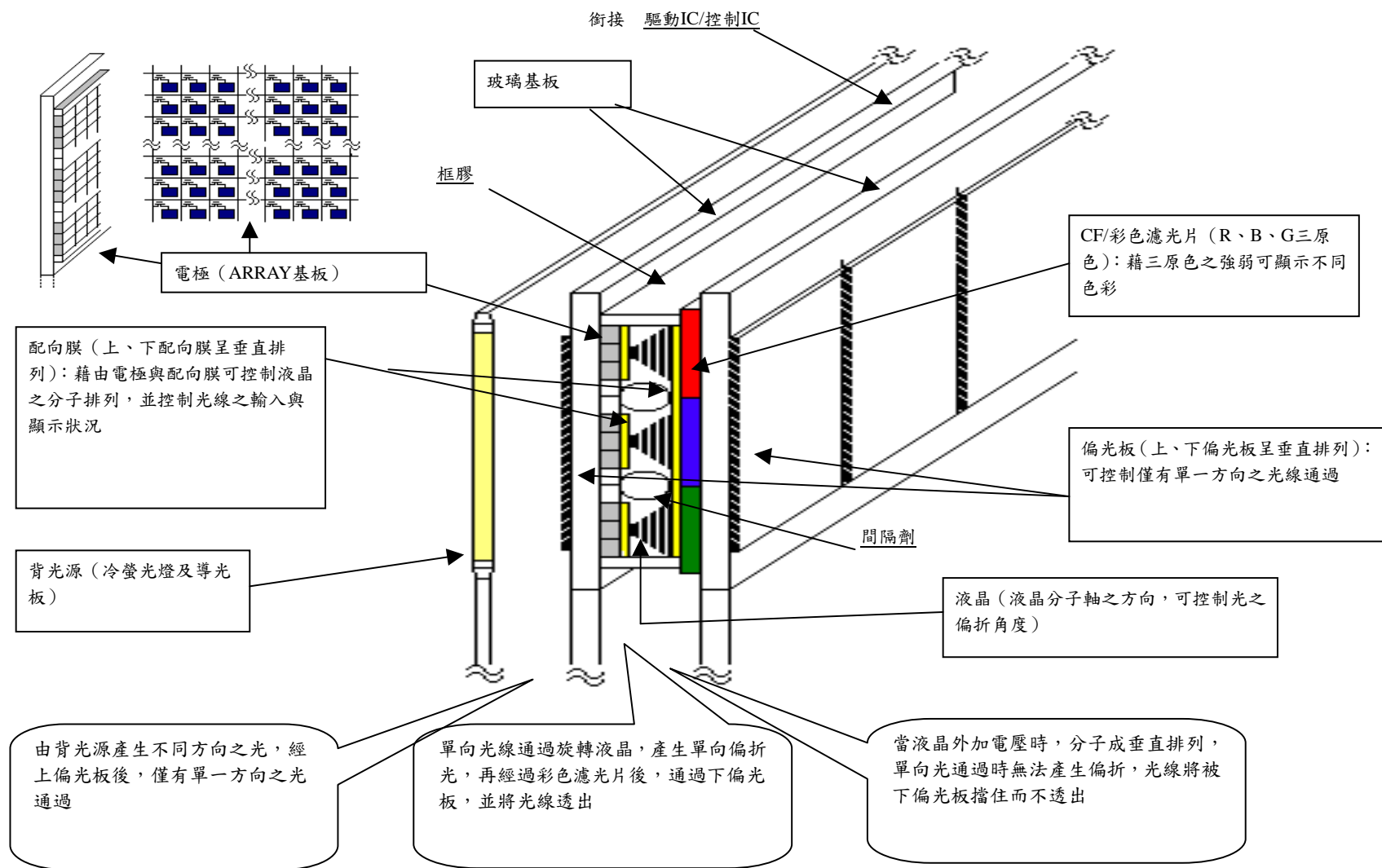


圖 2.2 TFT-LCD 之結構及原理

2.2.2 製程說明

TFT-LCD 之主要組成要件有「玻璃基板」、「背光源」、「偏光板」、「液晶」、「彩色濾光片」及「驅動、控制 IC」等，此均為向日本進口之原物料；TFT-LCD 廠主要製程包含在玻璃基板上製作「薄膜電晶體」(亦稱 Array)製程、液晶灌注面板(Cell)製程以及模組化(Module)製程等三個製程，有關各製程內容分別如圖 2.3、2.4 及 2.5 所示。製程說明如下：

1.Array 製程

此項製程為 TFT-LCD 之最主要技術，其原理係在玻璃基板上利用導電體塗佈、微影照相及曝光顯像等之精密技術，製作出所需之「電極基板」，做為傳遞訊號、電壓控制之元件(即所謂薄膜電晶體；TFT)，其製程說明如下：

- A.將玻璃基板入料清洗後，於其上塗佈「靶材」之薄膜，靶材原料為金屬(如鋁、鉻)或半導體薄膜(如 ITO)，以做為導電電路之基材。
- B.於前述薄膜上均勻塗佈「光阻」，並利用已經微影照相完成之「光罩」來進行曝光，當光阻完成曝光、顯像工程後即可獲得所需之導電線路。
- C.利用「蝕刻液」可將不需要之金屬或半導體膜去除，僅留下光阻所保護之導電線路膜，最後再利用「剝離液」將表面之光阻去除後，金屬或半導體之導電線路膜即可成型。
- D.重覆前述之薄膜形成、光阻塗佈、曝光、顯像、蝕刻、光阻剝膜等程序約 5~8 次(分別針對各層金屬或半導體膜)後，即可完成薄膜電晶體之電極基板(或稱為上基板)。

2.Cell 製程

- A.將玻璃基板入料清洗後，於其上貼附「彩色濾光片」(Color Filter, CF)後成為 CF 基板(或稱為下基板)。
- B.對電極基板(上基板)及 CF 基板(下基板)進行「配向處理」(PI Coating)，亦即其上塗佈聚亞醯胺液(Polyimide, PI)，並經研磨後形成配向膜(上下配向膜呈垂直)。
- C.將上、下基板做組立作業，亦即進行「間隔劑散佈」(Spacer Spraying)及「框膠塗佈」(Screen Printing)；當 Cell 完成組立後，即可將液晶(Liquid Crystal, LC)注入後封止。

D.分別在上、下基板之外側貼上「偏光板」(Polarizer)，並進一步對面板(Panel)進行檢查後，則完成 LCD 之組裝製程。

3.Module 製程

將組裝好之 LCD 面板，進一步進行異方性導電膜(ACF)貼附、TAB-IC 壓著、跳接線(SMT)焊接以及背光模組之組立工程後，再進行模組檢查及最終品檢測試後，即成為成品。

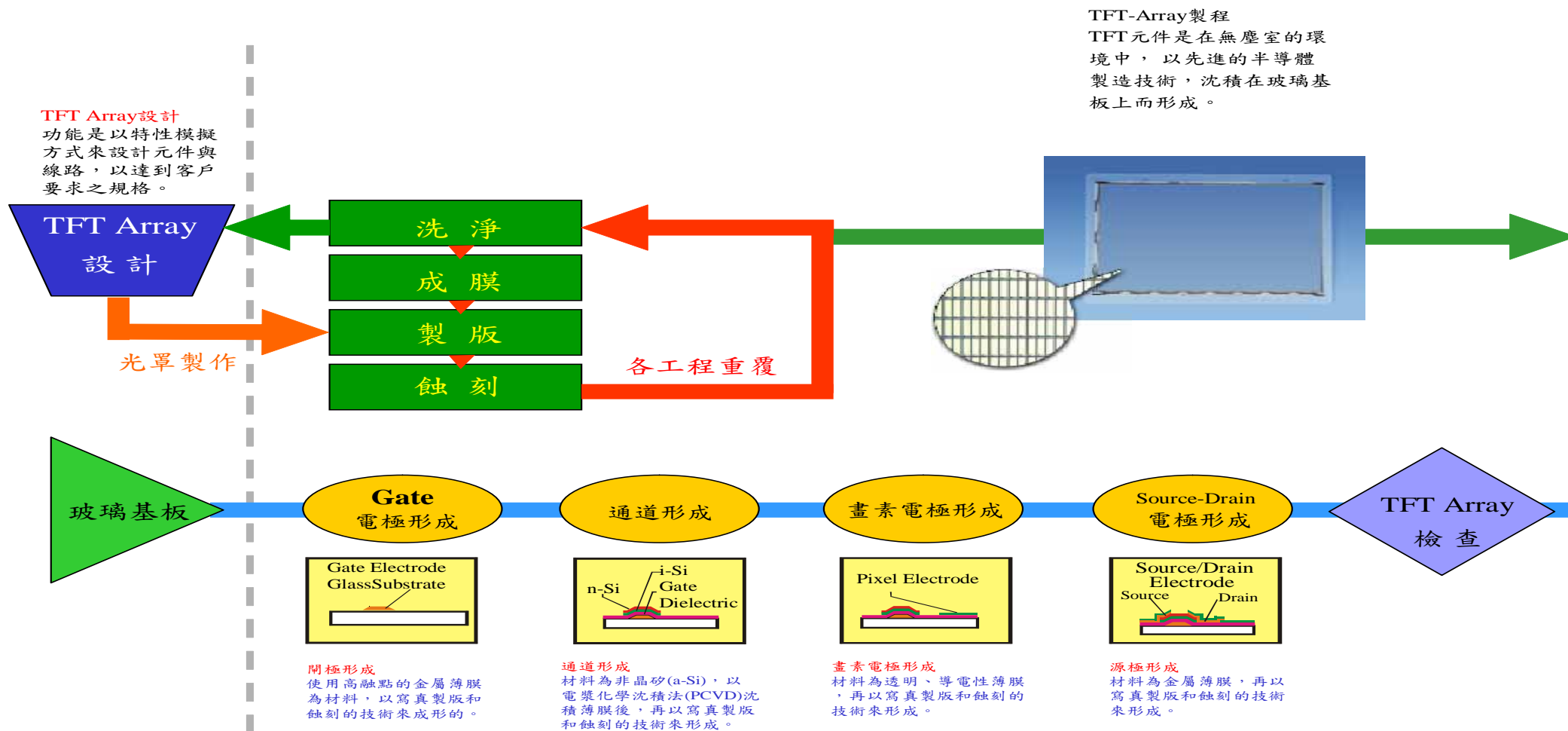


圖 2.3 Array 製造流程

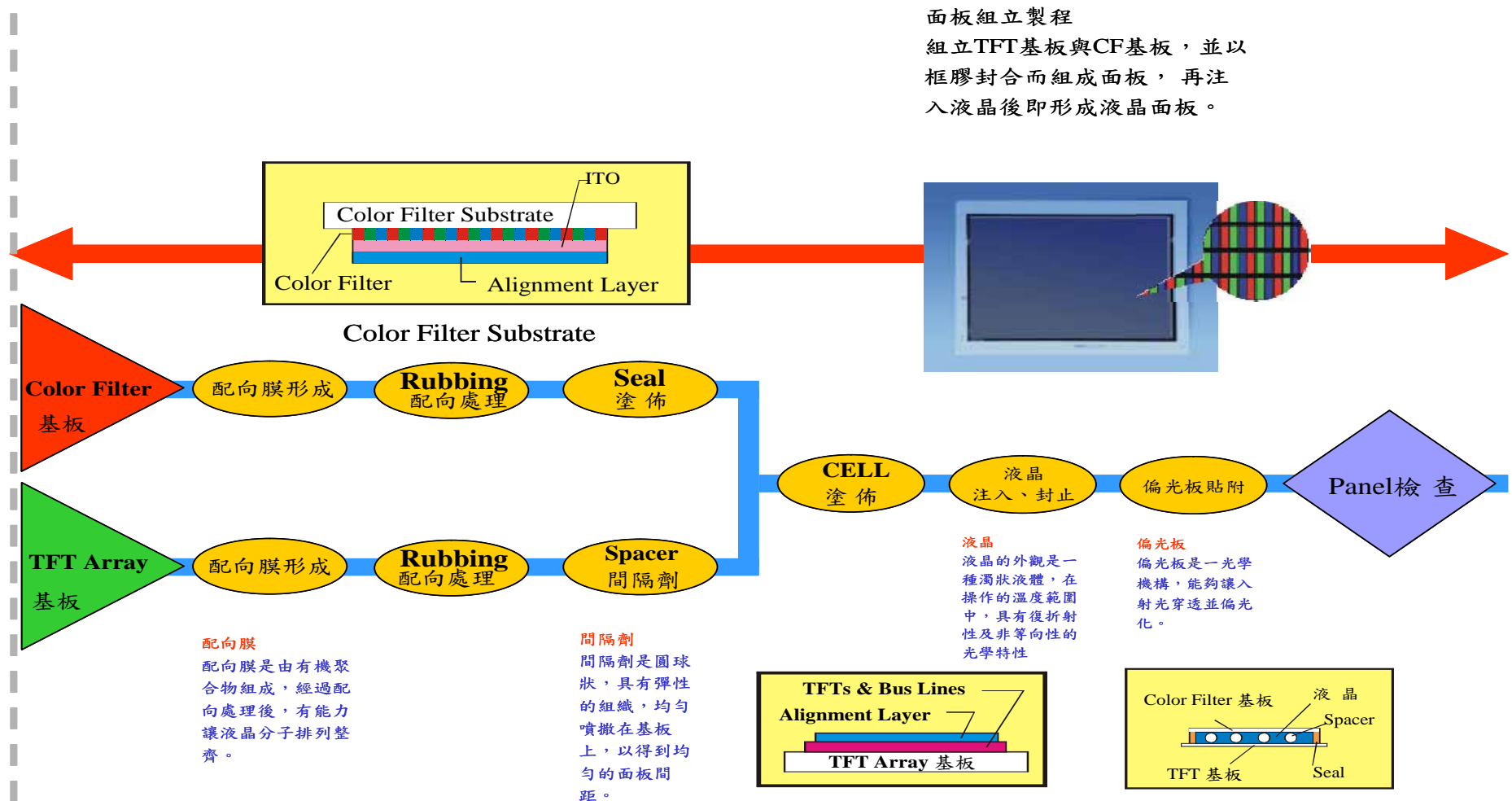


圖 2.4 Cell 製造流程

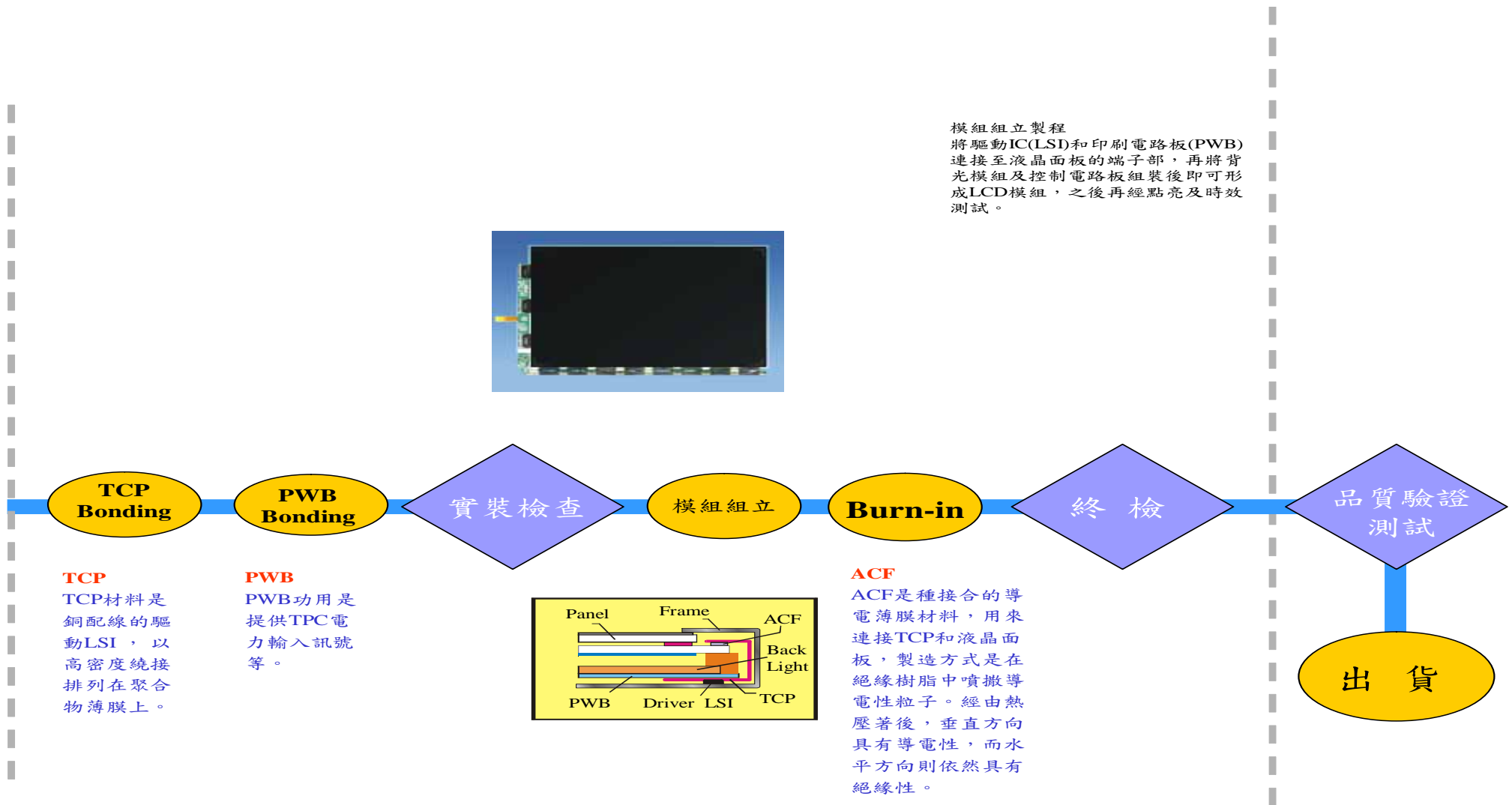


圖 2.5 Module 製造流程

第三章 廢棄物特性與清理現況

隨著光電業的蓬勃發展，產品更新迅速，製程技術亦配合隨之快速成長，生產過程中所使用之各種原物料、化學品、特殊氣體、能資源等所產生之廢棄物種類與變化亦隨之增加。本章僅針對光電業中之 TFT-LCD 製造過程中產生之廢棄物種類加以說明，以供相關單位及人員於清理、回收及處置時之參考。

3.1 廢棄物來源及特性

TFT-LCD 製造是在兩片很薄的導電玻璃(一片是彩色濾光片，另一片是有電晶體的玻璃基板)中間灌入液晶，兩邊再貼上偏光板，然後加上驅動電路、背光模組及框架。TFT-LCD 的顯示原理是當背面光源穿透被電路驅動呈現灰階的液晶，以及已蝕刻上紅、藍、綠三原色的彩色濾光片後，會形成不同比例的三原色混合光，也就是我們肉眼中所看到的彩色影像。搭配製程說明，各類廢棄物產生源如圖 3.1、3.2 及 3.3 所示。

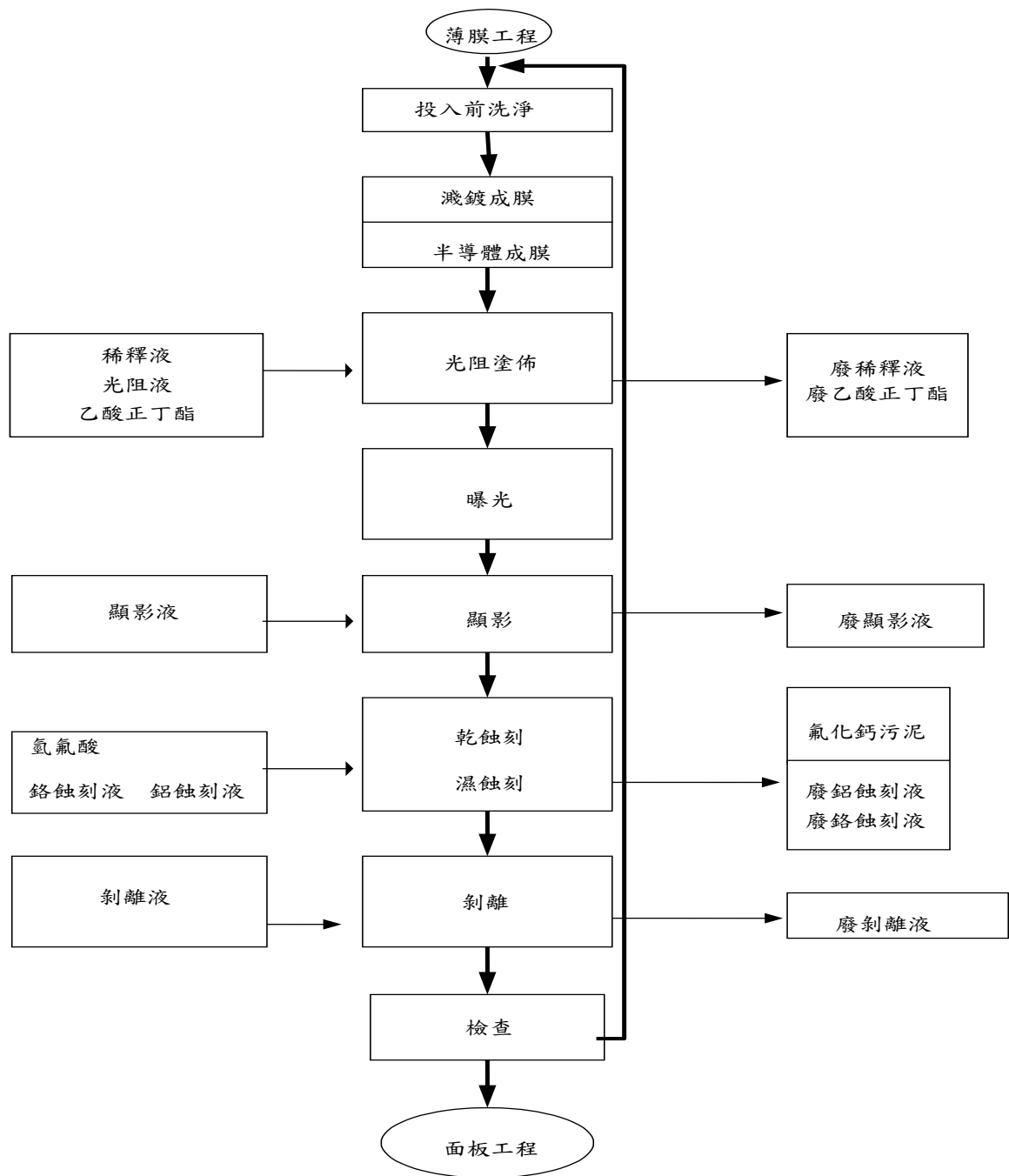


圖 3.1 Array 製造流程及廢棄物產源圖

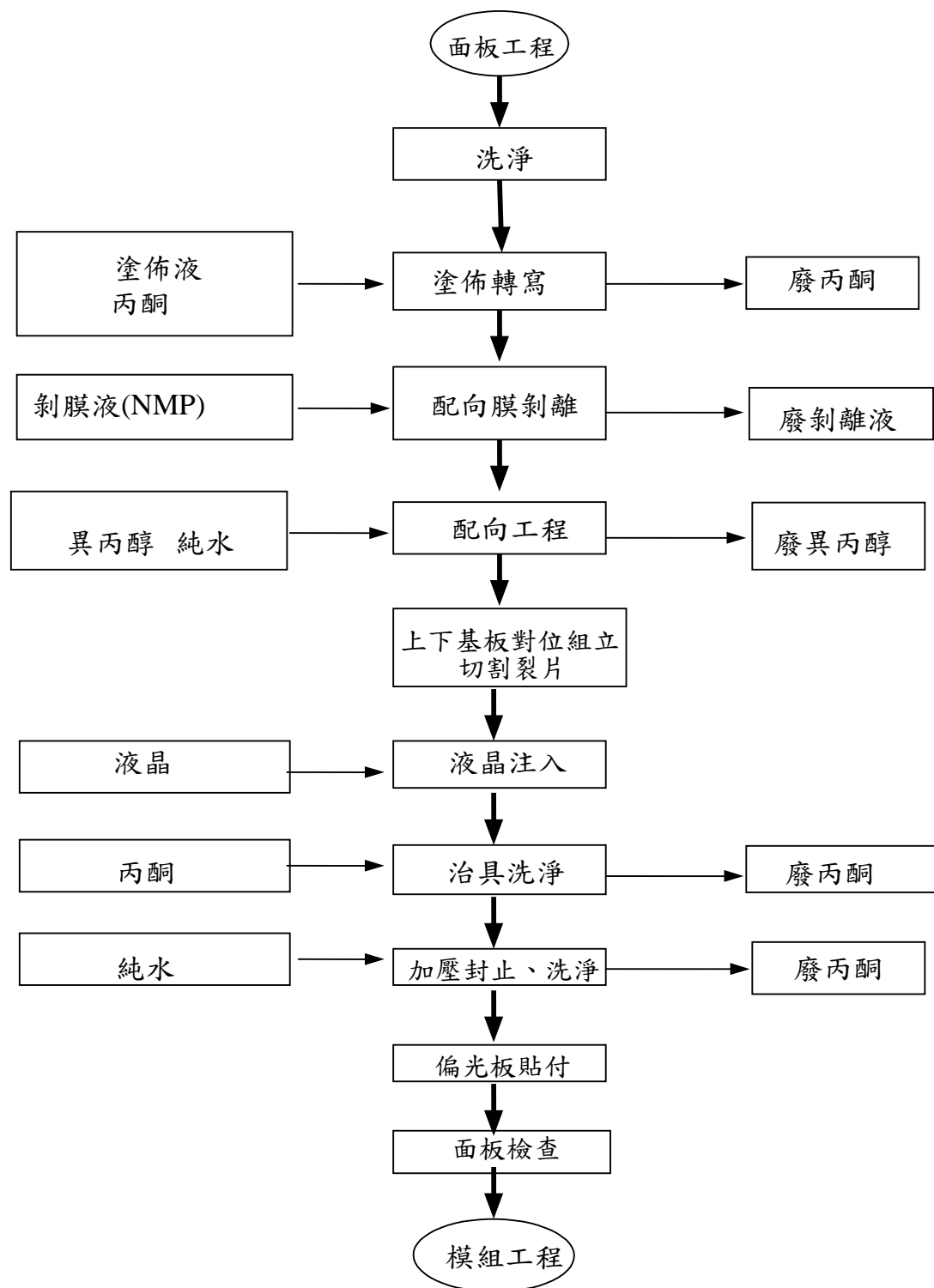


圖 3.2 Cell 製造流程及廢棄物產源圖

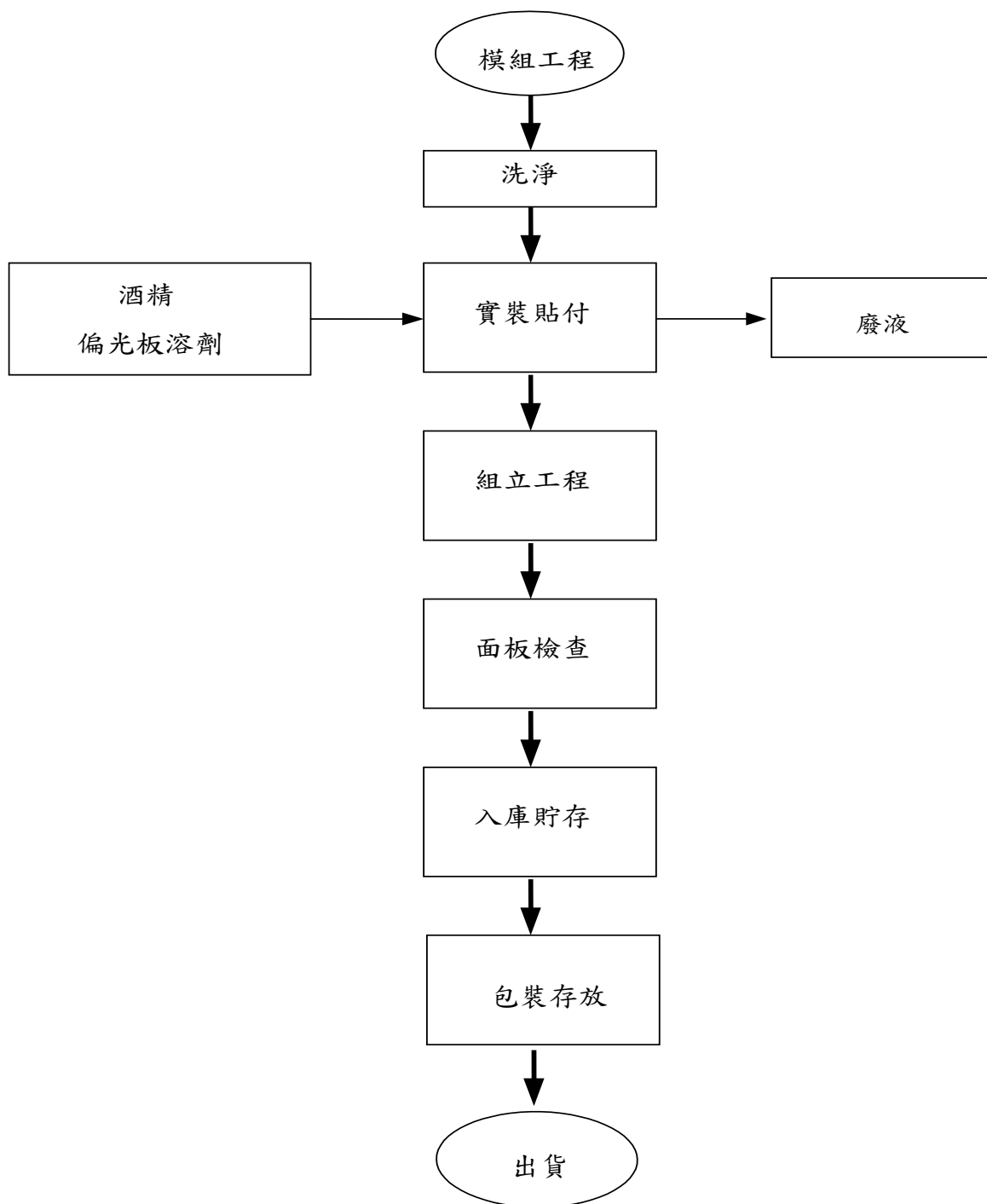


圖 3.3 Module 製造流程及廢棄物產源圖

3.2 廢棄物產生量及清理現況

TFT-LCD 產業廠商產生之主要事業廢棄物種類來自製程不良品、邊料及其相關廢棄物，其產生量每年約為 26,000~32,000 公噸，如表 3.1 所示。

國內光電業投資額均在數百億以上，然而廢棄物處理與污染防治設施之費用，僅佔投資總支出的 1~3% 左右，尤其是廢棄物之處理費用比例更低，除符合法規規定之外，亦透過 ISO 14001 環境管理系統之追蹤管理，並導入工業減廢與資源回收再利用之技術，降低廢棄物之清除處理成本，以提升企業環保形象。目前 TFT-LCD 廠商各類事業廢棄物之清除處理現況彙整如表 3.1 所示。

表 3.1 光電業各類廢棄物產生量推估及清理現況

| 廢棄物種類 | | 產生量(公噸/年) | 清理現況 | 備註 |
|-----------|-----------------|---------------|------------------------------------|------------------------|
| 廢特殊化學品類 | 廢 OK-73 稀釋劑 | 1,680~2,040 | 多數廢棄物產生廠商採取逆向回收再利用方式，並依法申請清除或個案再利用 | 成分為丙二醇甲醚、丙二醇甲醚醋酸酯及其混合液 |
| | 廢 2-乙氧正丁酯 (NBA) | 1,440~1,680 | | 成分為 2-乙氧正丁酯 |
| | 廢剝離液 | 5,400~7,200 | | 成分為 2-乙氧正丁酯及二甲亞碸 |
| 廢丙酮 | | 1,440~1,560 | 委託合格代處理業或依法焚化或再利用處理 | 主要成分為丙酮 |
| 廢酸類 | 廢鋁蝕刻液 | 2,400~3,000 | 依法申請清除或個案再利用 | 成分為磷酸、醋酸、硝酸 |
| | 廢鉻蝕刻液 | 5,760~6,840 | | 成分為硝酸、硝酸銨銻 |
| 廢面板玻璃 | 廢素玻璃 | 3,000~3,170 | 依公告再利用方式逕行再利用 | |
| | 廢黑玻璃 | 1,200~1,230 | 委託合法清理機構清除處理 | |
| | 廢液晶玻璃 | 960~1,048 | | |
| 廢印刷電路板 | | 8.4~8.7 | 委託合法清理機構清除處理 | |
| 廢水處理後衍生污泥 | | 1,440~1,850 | 多數廢棄物產生廠商依法申請清除或個案再利用 | 氟化鈣污泥 |
| 一般廢棄物及垃圾 | | 1,560~1,800 | 委託合法清理機構清除處理 | |
| 合計 | | 26,288~31,427 | | |

資料來源：資源化工業輔導計畫，經濟部工業局，民國 91 年

第四章 清潔生產

4.1 環境化設計

光電業製造過程，由於需使用大量的能源與原料，在激烈競爭的環境中，如何減少原物料使用、提升良率及降低成本，以創造獲利空間為各家廠商努力達成的目標。因此，業界均朝向清潔生產、廠內管理及綠色設計等三大方向進行研發規劃，以避免或減少廢棄物之產出。

4.1.1 清潔生產介紹

根據 1997 年初聯合國環境規劃署(UNEP)的定義：清潔生產(Cleaner Production, CP)是指持續地應用整合性及預防性的環境策略於製程、產品及服務上，以增加生態效益和減少對於人類及環境的危害。

- 1.對製程而言：清潔生產包含了節省原料及能源、避免使用有害性之原物料、並且減少排放物及廢棄物的量及降低其危害性。
- 2.對產品而言：清潔生產在於減少整個產品於生命週期中(亦即從原料的萃取到最終的處置)對環境的衝擊。
- 3.對服務而言：清潔生產在於減少因提供服務，而對於環境造成影響；因此在設計及提供服務的生命週期中，都應該將環境的考慮融入其中。

就光電業之清潔生產方向包含清潔的能源、清潔的生產過程、清潔的產品等三大主題，簡要說明如下：

1.清潔的能源：

- (1)有效率的使用能源：包括利用可再生能源及合理的能源使用管制。
- (2)開發新能源：包括太陽能使用及熱能轉換。
- (3)節能技術的研發：設備能更有效率地使用能源。

2.清潔的生產過程：

- (1)原料替代：儘量以無害性原物料取代有害性原物料。
- (2)低風險設計：避免使用易燃、易爆物質，機台減少高溫、高壓、高震動狀態。
- (3)提高設備效率：最佳使用量設計，避免浪費。
- (4)操作步驟最適化調整：自動化生產，簡化製程操作步驟，並充分利用生產特性，提高原物料使用率。
- (5)回收再利用：製程中之水、氣、電、原物料等充分運用或轉化成其他可用之資源及循環使用。
- (6)生產管理：藉由教育訓練及管理制度，減少人為誤差造成的損壞及災害；此外，藉由獎勵制度鼓勵員工提出更有效率之生產操作方式。

3.清潔產品：

- (1)節省使用能資源：避免使用或少用稀有及貴重之原物料。
- (2)環境衝擊考量：產品使用中及廢棄後，以不影響人體健康及環境生態為主要考量因素，並且強調使用壽命的延長。

若將清潔生產的觀念運用在生產上下游的能資源問題上，可分為下列三個方向來敘述：

- A.清潔資源的利用：從前未被考慮使用的資源，因為清潔生產技術的不斷研發而創造出新的用途及使用方式。
- B.製程中所產生廢棄物之運用：製程中所產生之廢棄物，原本需花費額外費用處理，且易造成污染問題，由於處理技術進步，可利用新的回收再利用方式處理。例如鋁蝕刻液內含有 70%磷酸，除了可提供有機廢水處理之微生物的營養鹽外，還再利用為化學肥料的原料。
- C.原物料、成品和下腳料所造成之廢棄物資源化：於生產過程之外，仍有多種廢棄物將伴隨著產品產生，可藉由產源回收和新的再利用方式，重新賦予新的用途。例如運送貨物需要包裝，產生大量包裝廢棄物，藉由供應商及資源化廠商回收再利用，可大量減低環境負荷；玻璃切裂後之下腳料，研磨後供廠商再製成陶瓷添加物，更可增加再製品的強度與壽命。

由於世界上資源有限，如何將資源有效分配及利用，將是人類下一步面臨的挑戰，藉由清潔生產的研究及推動，繼續朝向永續發展努力。

4.1.2 減廢技術

減廢乃是為減少廢棄物產生所進行之措施，在清潔生產中，減廢是較容易達到成本降低的方式之一，在生產前、中、後皆可實施。一般工業減廢不外乎 5R 原則：減量(Reduction)、回收(Recovery)、再循環(Recycle)、再使用(Reuse)、再生(Regeneration)，在新興產業中更加入研究(Research)成為 6R，其說明如下：

- 1.減量：有效率地使用資源，廢棄物的產生自然減少，例如有效率且適度使用水資源，並定期保養檢修水管，則能減緩清潔用水供應出水量；此外，原物料之添加控制至最適量也可減少廢棄物產生。
- 2.回收：將產生之廢棄物或下腳料經過適當處理後，可回收使用，例如：顯示面板經模組化後檢查判定為面板不良品需報廢，可將背光模組拆解下來，作為下一片顯示面板之背光模組。
- 3.再循環：將使用後特性或濃度改變不多之原物料，經簡單處理程序後回到製程中使用。例如：光電業常用之顯影液，經顯影程序洗去光阻後，原本流入廢水場處理，現在經適當的還原程序再導入製程中使用，也可達到原液之效果。
- 4.再使用：由製程中產生的廢棄物可作為其他製程之原料。例如：光電業清潔用之丙酮，經廠商適當處理後，可作為一般工業使用之溶劑。
- 5.再生：將廢棄物經過加工後成為產品之原料。例如素玻璃或晶圓支撐材，製造材料後產生之下腳料可再生成為原料。
- 6.研究：研發低污染、高效率之減廢技術。

關於光電業製程常用之減廢技術彙整，如表 4.1 所示。

表 4.1 常用之減廢技術彙整

| 項次 | 清潔生產方式 | 設計原理及概念 | 做法 |
|----|--------|---------------------|--|
| 1 | 減量使用 | 基板受入洗淨機基板浸泡方式改為噴洗方式 | 以噴嘴方式噴灑於基板上清潔，以節省水量。 |
| 2 | 減量使用 | 銘蝕刻液減量使用 | 每次槽液更新由 350 枚延長至 400 枚玻璃基板。 |
| 3 | 減量使用 | 濃銘蝕刻液改為大包裝 | 將原廠提供的 20L 包裝改成 200L 包裝，減少容器的使用及廢液空桶處理的困擾。 |

表 4.1 常用之減廢技術彙整(續 1)

| 項次 | 清潔生產方式 | 設計原理及概念 | 做法 |
|----|--------|--|---|
| 4 | 減量使用 | 剝膜液減量使用 | 利用連續排出剝膜液之串列式自動補液，取代原本固定式數液交換之模式，在兼顧製程品質條件下，逐漸減少連續排液量，達到減量使用的目的。 |
| 5 | 減量使用 | 汰酸減量使用 | 框膠針筒清洗通常洗淨兩次，第一次可使用之前超音波洗淨所留下來的較乾淨的汰酸，第二次可使用新的汰酸。 |
| 6 | 減量使用 | 剝膜液(NMP)減量使用 | 取用剝膜機內的 NMP 清洗轉套板(APR)，取代原先使用半導體級的 NMP。 |
| 7 | 回收 | 稀釋劑(Thinner)回收 | 秀外回收成原料回製程使用。 |
| 8 | 回收 | 光阻剝離液(Stripper)回收 | 秀外回收成原料回製程使用。 |
| 9 | 回收 | 銘蝕刻液回收 | 原本自行以廢水處理程序處理後排放，現秀外回收硝酸銨銑供製程使用。 |
| 10 | 回收 | 鋁蝕刻液含有約 70% 磷酸，可當作肥料製造的原料 | 將濃鋁蝕刻液集中導入廢水處理槽槽中，再導出回收廢液，製造肥料。 |
| 11 | 回收 | IC 回收 | 將完整之面板，拆除印刷電路板後 IC 以汰酸、酒精清洗後再使用。 |
| 12 | 回收 | 印刷電路板回收 | 將拆除之印刷電路板送廠清洗與量測，良品回收再使用。 |
| 13 | 再使用 | 薄膜監視器基板轉利用至面板工程 | 將原本使用後即報廢的製程監視器基板，以人工方式處理後載淨至面板製程使用。 |
| 14 | 再使用 | 將待報廢基板進行表面研磨後再利用 | 將薄膜製程不良品 3X、4X 的基板送交廠進行基板表面研磨。將研磨後基板送回廠作為監視器基板。 |
| 15 | 再使用 | 將切割材料製程報廢玻璃給廠做再利用 | 廠內回收玻璃後，研磨成細粉，作為玻璃開口或成為降空添加材料。 |
| 16 | 再使用 | 在機廢水高純度處理回收再利用於冷卻水塔 | 安裝在機三級回收處理設備。 |
| 17 | 再使用 | 分析用水排水回收 | 分析儀器之排水回收至稀排水。 |
| 18 | 再使用 | 製程洗淨水回收 | 以分流方式做不同等級之回收處理。 |
| 19 | 再使用 | 逆滲透 (Reverse Osmosis, RO) 及超微過濾 (Ultrafiltration, UF) REJECT 水回收 | RO 及 UF Reject 水回收，因水體較為潔淨，再製成本較低。 |
| 20 | 再循環 | 顯影液循環使用 | 1.在清洗塗佈顯影裝置之顯影單元中，顯影液設計為循環使用。 2.在顯影製程中則統一匯集至動工顯影液回收系統處理後再循環使用。 |

表 4.1 常用之減廢技術彙整(續 2)

| 項次 | 清潔生產方式 | 設計原理及概念 | 做法 |
|----|------------|--------------------------|--|
| 21 | 再循環 | 顯影液回收 | 顯影液使用後將廢液導入濃度調整裝置，混合 25% 顯影液，調整濃度至 2.38% 再輸送回製程使用。 |
| 22 | 再循環 | 真空泵冷卻水循環使用 | 排放水循環使用，不足部分再補水。 |
| 23 | 再循環 | 塗佈轉盤不洗 | 將基板自檢查機取出後，拿至剝膜機剝膜後再由前段投入即可。 |
| 24 | 再循環 | 間隙劑(Spacer)不洗 | 將基板取出後進行超音波清潔(US-CLEAN)即可。 |
| 25 | 再循環 | 純水循環使用 | 在塗佈前和配片後清洗設備中，純水管路設計均為各槽循環使用，利用在清洗過程中，基板會越洗越乾淨，所以越下游的水潔淨度將高於上游的水，所以將下游的水回流給上游仍可滿足上游水的要求。 |
| 26 | 再循環 | 剝膜液循環使用 | 在剝膜機中，剝膜液設計為循環使用。 |
| 27 | 管理措施 | 剝膜液濃廢液與稀廢液分流排放 | 分流排放管需以人工切換，經由人員訓練避免切換錯誤。 |
| 28 | 管理措施 | 空壓條件調整省能 | 外部空壓給氣溫度由 23℃ 降為 19℃，減少因口溫損耗能源。 |
| 29 | 管理措施 | 空壓機減壓省電，也能達到相同能力 | 高壓空壓使用由 7.5kg/cm ² →7.3kg/cm ² 。 |
| 30 | 管理措施 | 藥液使用紀錄異常 2 小時對應機制 | 建立反應機制管制標準流程。 |
| 31 | 管理措施 | 條碼機(Bar code reader)實施 | 建立點檢機制即時反應異常處理。 |
| 32 | 管理措施 | 將桶裝藥液改變成藥供系統輸送 | 新增藥液輸送管路及供應系統，統一供藥狀況下製程生產較穩定。 |
| 33 | 無害化(原物料替代) | 以純水取代異丙醇(IPA) | 在配片後清洗製程，需使用溶劑以去除塗佈膜上之塗佈殘屑和配片屑，目前在製程允許下使用純水清洗代替 IPA 清洗。 |
| 34 | 無害化(原物料替代) | 乙醯丙酯(NBA)替代甲基三乙氧基矽烷(MMP) | 稀釋液以乙醯丙酯(NBA)代替難處理之甲基三乙氧基矽烷(MMP)，稀釋效果相同。 |

為確實執行減廢政策，達到降低環境負荷及生產成本的目的，需依各行業不同的特性，確定如何實施及訂定目標標的，使各產業有努力的方向與標準。一般而言減廢方式可分為下列幾項：

1.來源管制：可分為改變原物料之特性與包裝材料簡化、控管。

製程中原物料特性對產品品質好壞有很大的影響，因此對原物料的選擇除了品質因素必須考量外，對後續產生的污染嚴重性也是不容忽視，原物料特性

的掌握及選擇是後續處理量及難易度的重要指標。因此在不影響產品品質的原則下，所選擇的原物料可採低污染性、低消耗性、易處理、使用後可資源化的物質做為原料，以達到減廢之目的，表 4.2 及 4.3 彙整案例，就製程原物料特性改變說明減廢的方式。

表 4.2 減廢案例 - 原物料改變

| 項次 | 案例 | 說明 |
|----|----------------------------|---|
| 1 | 採用水替代溶劑做為洗劑 | 一般離線(Off-line)清洗工具作業或只將溶劑做為清洗的作業，對於潔淨程度要求或清洗速度要求不如對面板門口那麼嚴格會要求生產速度或潔淨度。因此，親水性溶劑就有可能被水取代，經過試驗結果，以超純水取代部分異丙醇清洗作業為可行方式：在 TFT-LCD 上下玻璃基板(上基板含彩色濾光片，簡稱 CF 側基板，下基板為半導體薄膜製程，簡稱 TFT 側基板)結合前，清洗 CF 側基板和 TFT 側基板沾粘之異物可被超純水取代，經測試後洗淨能力未受影響，因此更改管路，部分機台改用超水洗淨，減少異丙醇使用量，同時也減少購買異丙醇之花費，後續在機廢水處理也能減少處理水量及處理成本。 |
| 2 | 以草酸取代王水蝕刻 | LCD 面板之畫素顯示製程由 ITO 組成，蝕刻氧化銅錫原本使用 20%王水(硝酸：鹽酸=1：3)，王水腐蝕性較強，危險性較高，現以草酸(5%)取代。草酸蝕刻時間略為增長，但是較不會腐蝕管線，後續廢液處理較王水容易，pH 值調整劑用量減少，故產生之污泥量也較少，對於環境負荷較低，污染處理成本也自然下降。 |
| 3 | 面板電路導線由鉻金屬改為鋁金屬，鉻蝕刻液改為鋁蝕刻液 | 鋁金屬比鉻金屬有更好的導電性，電子傳輸速度更快，但較鉻金屬易因高溫而斷線，所以在部分較不會產生高溫的電路上使用鋁金屬，可減少蝕刻後含鉻廢水量。由於 1 公噸含鉻廢水約產生一公噸的污泥，相當可觀，因此使用鋁蝕刻液後，污泥量大幅減少，此外，鋁蝕刻液含有高濃度磷酸，可應作為機廢水添加劑；經廠內回收還可製成肥料，應用範圍相當廣泛。 |

表 4.3 減廢案例 - 包裝材料簡化、管控

| 項次 | 案例 | 說明 |
|----|--------------|---|
| 1 | 包裝材料簡化 | 採用單一包裝材料可提高包裝材料使用後回收利用率，減少報廢量。目前供應商包裝材料入廠分為兩種，一種為運送固體，一種為運送液體。固體運送中，以紙箱及發泡聚碳酸酯(EPP)箱為最多，在不影響運送品質狀況下，均採用單一材質包裝，發泡聚碳酸酯隔板及外殼更採用一體成型，便於廠內回收或拆解時。 有機溶劑的包裝材料採用不銹鋼單一材質，減少因熱漲冷縮變形無法回收。目前使用量大的溶劑或蝕刻液採用槽車運送更能減少包裝材料及人工上浪費，由中央供藥系統直接存放在儲槽供製程使用減少因搬運造成外洩可能性。 |
| 2 | 新包裝型式設計 | 在出貨包裝箱設計上採用收邊箱，即收邊箱設計為可摺疊式，減少體積約 90%，方便收集及堆放，廠內運送箱意願提高，節省製作包裝箱費用，也減少資源浪費。 |
| 3 | 不同材質包裝材料分類回收 | 可將木棧板、包裝箱及 PVC 塑膠膜以管理方式加強分類回收率，減少廢包裝物質產生。 |

2.製程中設計：製程中改善可分改變產品設計、改進製程技術及操作參數最佳化三方面來討論。藉更有效率的生產及更有效率的原物料使用，進而提生產能，降低報廢率及處理成本。表 4.4 為改變產品設計案例，表 4.5 為改進製程技術案例。

表 4.4 減廢案例 - 改變產品設計

| 項次 | 案例 | 說明 |
|----|------------------|---|
| 1 | 減少玻璃基板厚度，增加基板的面積 | 玻璃基板厚度較厚，主要為防止基板在電路及畫素製作時產生垂度，造成不平均甚至裂開而導致電路斷線。然而，隨著製程設備更新支援，玻璃基板的厚度可以比最初基板的厚度降低約 15%，有效減輕基板重量及玻璃的消耗；再者，因設備及技術不斷更新，基板從第 3 代尺寸 550×670mm 進步到第 5 代 1,100×1,250mm 或 1,100×1,300mm，基板越大，每張數(即一片玻璃基板可切成之面板數)越多，設計每張之面板越接近，切裂後產生之切裂下腳料越少，報廢之玻璃也越少，所以朝第 5 代生產，可在同一時間內增加產能，也同時減少下腳料產生量。 |
| 2 | 改善電路設計，減少耗電量 | 如何減少驅動面板消耗電力及增快面板反應速度，為各家面板製造廠努力的方向。省電電路設計及減少不必要之電子元件可提高省電的效率，所以各家廠商除了從國外技術轉移原始設計外，另外還開發了多項電路設計專利，除了省電低耗能外，透過驅動 IC 及電路板廠商也配合快速反應驅動及節能措施，使整個面板模組朝低耗能、低發熱量製造。 |

表 4.5 減廢案例 - 改進製程技術

| 項次 | 案例 | 說明 |
|----|------------------------|--|
| 1 | 將面板驅動 IC 直接以光罩製程設置在面板上 | 除了面板邊邊驅動 IC、印刷電路板和面板上電路設計改善外，在低溫多晶矽 (LTPS) 製程中把驅動 IC 利用光罩製程形成電子迴路直接製作在面板上，將 IC 材料全部省下，同時傳輸距離短，傳輸反應更快，目前 TFT-LCD 製程均朝此做法，研發此項技術。 |
| 2 | 自動化設計 | 在無塵室中，自動化生產已成為一種標準型式，因為高科技之產品在製程中非常脆弱，需要完善保護、精密的量測，準確的對位，同時對原料的添加反應時間精準的計算，要求相當高，此外，減少人員進出也可控制塵度，降低外來異物帶給產品的影響，提升品質且增加生產速度；將稀裝藥液輸送改變成自動化藥供系統輸送，可節省藥液空桶清洗及回收上的困擾，也可避免人為疏忽造成的災害。 |
| 3 | 製程設備改善 | 藥液塗佈方式之原設計為旋轉塗佈，然而玻璃基板形狀不像晶圓呈圓形，因此旋轉塗佈需較多藥液才能達到均勻塗佈，故改採橫向藥液塗佈噴灑，使藥液塗佈均勻，將藥液清洗掉時，才改由清水旋轉塗佈清洗，水流由中央擴散，增加洗淨效率。 早期機台設計濃藥液與清水清洗的水溶液混合排放，造成管末處理的困難度，增加處理成本，而處理結果也未盡理想。若改做焚化處理因為參雜大量廢水，處理量增加，使處理成本提高。改良後之新技術設備，先將濃藥液由慢速旋轉排出排至桶內，經由管路收集至桶槽，清水清洗時，將轉速加快，使含水量之洗淨廢液排至外桶收集至廢水處理廠處理，有效將高濃度與低濃度廢液分流處理，降低處理成本，也降低污泥的產生及廢液處理量，濃廢液還可進行再利用。 |

操作參數關係著產品能否達到預期的設計及功能，就光電業而言，線上機台控制參數可多達數十個，機台與機台間配合的參數有數個，因此操作參數最佳化非常難達到，通常需經大量的實驗來驗證設計參數的可行性，也常因產品變動(如尺寸變動)，而需有不同套因應之設定條件，但是達到操作參數最佳化可省下的能資源及成本非常可觀。例如：殘留藥液並非無限制用純水洗淨，而是達到去除藥液殘留時，即停止注入純水，將可節省純水使用量；蝕刻液及有機溶劑添加更需注意添加量及反應時間，使藥液用量及產品製造達到預期的結果，否則只是徒增報廢品及浪費藥液而已。

3.廢棄物資源化：實施減量使用、回收、再循環、再使用、再生及廢棄物交換等措施，在表 4.1 已說明，現就資源化案例說明彙整如表 4.6。

表 4.6 廢棄物資源化案例

| 項次 | 資源化項目 | 內容 |
|----|-------|--|
| 1 | 減量使用 | (1)光阻剝膜液、PI 剝膜液 NMP、丙酮等液替代新液減量使用 (2)排水方式不阻減量 (3)濃銘蝕刻液包裝 |
| 2 | 回收 | (1)固體：廢料 IC、印刷電路板良品回收 (2)液體：廢水回收、鋁蝕刻液、銘蝕刻液、光阻剝膜液及稀釋劑溶劑廢液回收純化或轉製成其他原料 |
| 3 | 再循環 | (1)固體：玻璃基板製作不良，剝膜後重新投入 (2)液體：顯影液調整濃度送回製程使用 純水及冷卻排水循環使用 剝膜液 NMP 剝膜後循環使用 |
| 4 | 再使用 | (1)固體：監視器基板至面板製程利用 待報廢基板研磨 切片材作為陶瓷添加材料 (2)液體：廢水高純處理，作為冷卻排水 洗淨排水回收純化再使用 |
| 5 | 無害化 | (1)液體：純水替代異丙醇 乙醚丁酯替代甲基三甲醚酯(MMP) |

4.1.3 綠色設計

進入二十一世紀，產業未來的發展已特別強調永續經營與發展之觀念，尤其綠色產品與永續設計儼然成為一種趨勢與努力的目標。在產品設計研發上，也強調工業減廢、省材料、減少加工步驟、延長產品生命週期、並促進回收便利性，進而提高產品回收率等利於綠色生產與製造之做法。換句話說，綠色設計的理念正是對清潔生產及工業減廢等兩大目標的實踐。在邁向綠色環保的年代，產品的生產與消費將不再只是考慮生產與製造以及使用的便利，從產品製程、使用消費期間乃至後續最終回收處理所造成的環境相關議題，正是綠色設計的主要方向。

近年來，由於歐洲「廢棄電機電子設備指令(Waste Electrical and Electronic Equipment, WEEE)」及「電器及電子產品有害物質限制(The Restriction of Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment, RoHS)」相關法規陸續完成，國內光電產品之製造業者亦應將綠色設計的理念，配合此一國際趨勢於相關產品之設計製造上，以繼續保持我國之光電產品於國際市場的競爭優勢，以下

針對 WEEE 及 RoHS 進行概略說明：

1.廢棄電機電子設備指令(Waste electrical and Electronic Equipment, WEEE)

歐盟會員國同意抑制廢棄物成長量是相當重要的環境議題，若無適當預先處理機制，龐大的廢棄物產生量將會對掩埋場容量產生相當大的壓力，高毒性電子零件廢棄後若未經妥善處理，也會產生土壤與地下水污染問題。目前歐盟會員國已有國家(荷蘭、丹麥、瑞典、奧地利、德國、義大利、比利時及芬蘭)明定專法處理相關廢棄物問題。因此，歐洲議會基於延伸生產者責任與外部成本內部化原則考量，依據歐洲共同體協定 EC-Treaty 中的第 175 條第 1 項規定，在 2002 年 12 月通過廢電子電機設備指令(WEEE Directive)要求各會員國須制訂相關法律處理廢棄物問題，以減少歐洲各國的廢棄物產生量，當廢棄物的產生係不可避免時，應以再使用、再利用及其他形式的回收方式避免廢棄物拋棄掩埋，本項指令將在 2006 年全面實施，所有歐盟會員國均要對該國製造的產品在生命週期產生的環境衝擊負責，並針對相關產品設計、廢棄物分類收集、處理、回收、消費者資訊提供、處理設施機構、相關技術發展、運輸及檢測等制定相關標準並進行相關資料彙整蒐集。

管制廢電子電機設備範圍係針對交流電 1,000 伏特以內及直流電 1,500 伏特以內的產品，管制項目如下所述，重要管制內容整理如表 4.7。

- (1)家用電器
- (2)小型家用電器
- (3)電子資料交換及通信設備
- (4)消費性產品
- (5)照明設備
- (6)電器及電子工具
- (7)玩具
- (8)醫療器材系統
- (9)監視及控制設備
- (10)飲料、瓶罐或固體的自動販賣器。

表 4.7 WEEE Directive 之重要管制內容

1. 歐盟會員國須建立完整的回收和處置系統，使最終擁有者及經銷商可免費歸還私人家庭的廢電子電機設備，也必須確保所收集之廢電子電機設備皆能轉移至合格的處理機構，這些廢電子電機設備經收集後可被再利冊、回收再製之零件或物質，須明確在適當的再利冊或再製造的條件下進行。WEEE Directive 規定會員國須在 2005 年前達成每人每年至少平均分類收集 4kg 私人/家庭廢電子電機設備的最小回收率。
2. 歐盟會員國需確保製造者設立處理廢電子電機設備的系統以處理含多氯聯苯之電容器、含水銀、電池、印刷電路板、色帶匣與色帶、含溴系阻燃劑之塑膠品、石棉廢棄物、陰極射線管、氣體放電管、CFC、HCFC 或 HFCs、以及表面積大於 100 平方公分之液態結晶物，這些物質需自己分類收集的廢電子電機設備之藥劑或組成中移除，此外這些物質、藥劑及成分應依照歐洲議會指令 75/442/EEC 之條文 4 規定的方式處置或回收。
3. 歐盟會員國須確保製造者會依據指令建立分類收集的回收系統，並確保 2005 年 12 月 31 日前，製造者至少必須達到以下分類收集廢電子電機設備之目標。
 - (1) 大型家庭設備：

回收比率至少增加設備重量之 80%，材料及物質之再利冊率至少增加設備重量之 75%。
 - (2) 小型家庭設備、消費設備、電子電機工具及玩具：

其廢電子電機設備回收率至少增加設備重量之 60%，材料及物質之再利冊率至少增加設備重量之 50%。
 - (3) 資訊技術及電訊通訊設備之廢電子電機設備回收率至少增加設備重量之 75%，材料及物質之再利冊率至少增加設備重量之 65%。
 - (4) 上述幾項規定，包含電極輻射管之廢電子電機設備回收率至少增加設備重量之 75%，原料與物質之再利冊率至少增加設備重量之 70%。對氣體放電燈管，其成分、材料及物質之再利冊率至少增加設備重量之 80%。
4. 歐盟會員國應確保提供並告知私人/家庭電子電機設備使用者在此回收管道與收集系統的存在，並告知使用者對廢電子電機設備之再利冊、循環再製及其他回收過程所應扮演的角色。

2. 電器及電子產品有害物質限制(The Restriction of Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment, RoHS)

電器及電子產品有害物質限制的主要目標為限制使用於電子電機物品上之危害化學品促進電子電機物品廢棄後之資源化及最終處理，依據 RoHS 的內容，除指定項目產品外，自 2008 年 1 月以後，電子電機物品使用重金屬如鉛、鎘、汞及六價鉻以及溴化耐燃劑(如 PBB、PBDE)等物品作為其製程用料都將被要求以其他物質替代。歐盟之會員國亦將於明(2004)年 6 月 30 日制定相關之國內法規，以符合本項指定之要求。

4.2 廠內管理

廠內管理除了製程設備上的管理外，尚有許多有助於清潔生產的方式，透過管理的方式達到有效運用的目的，茲將大多數廠商常用之方式介紹如下。

1. 實施教育訓練，建立清潔生產的觀念

對於需要人為控制、設定的地方，要減少錯誤的發生或能資源的浪費，教育訓練為不可或缺的手段。各家廠商進行的教育訓練方式不盡相同，一般而言，大都採用三階段教學：第一階段為指導者教，學員觀摩並記錄；第二階段為學員依記錄之原理及步驟，指導者在旁確認正確性及糾正動作；第三階段為學員不看記錄，以背誦方式唸出步驟並執行操作程序，指導者在旁確認正確性及糾正動作。此教學法可避免錯誤摸索造成之損失，也可確認學員於操作上之熟練度。

2. 廠內執行 5S 及清潔保養計劃(DWM)

5S 代表：清潔、清掃、整理、整頓、紀律(習慣)，在傳統產業行之有年，執行 5S，可增加環境清潔，生產紀律提升工作士氣，帶給製程及產量有形和無形的增加。

DWM 計劃為每日、每週、每月之清潔。按照每日維持周圍作業平台清潔；每週至少做一次作業機台下方及周圍的清潔、每月至少做一次高架地板下方及所有地面之清潔，消除異物帶給製程上的影響，有助於良率提升、不良品降低。此外，落實保養計畫也可減少設備誤差所造成原物料之污染及浪費，也可減少不良品產出。

3. 良率改善

廠內管理無非是要提升良率，減少報廢品的產生及原物料的浪費，廠內大多數製程工程師的任務就是良率及產量的提升。良率的改善是持續性的，維持良率只是消極的做法，積極的做法是發現不良原因進而解決，改善製程流程。在此介紹藉由品管的手法，即時發現問題，進而解決不良的成因。

統計製程管制(Statistical Process Control, SPC)是指自製程中去搜集資料，加以統計分析，並從分析資料中去發覺異常原因，立即採取改正行動，使製程恢復正常的方法。

傳統的製造程序是製造部門負責生產，品管部門負責成品檢查，並剔除不良品。雖然各公司大量從事此類工作，但實際上對品質的提升毫無助益，因為生產的浪費已成為既成的事實。而實施 SPC 即可在生產當初就避免不良品的發生；這才是提升品質積極且有效的方法。

第五章 廢棄物資源化技術

5.1 廢液晶玻璃資源化技術

台灣高科技液晶面板產業為全球液晶面板之前三大生產國家，在提供全球所需液晶面板上扮演重要地位。由於液晶面板為高科技尖端光電元件，目前其報廢量少，且所含有害性物質以單位面板重量計仍居少量，因此國內尚未建立相關之商業化運轉處理技術。由於液晶面板中含有液晶及微量導電金屬膜層，故應加以妥善處理，可行處理方式為將液晶分離處理後，再將面板玻璃進行回收再利用。

基於液晶顯示器勢必成為未來主流，其廢棄量也將逐漸增加，為能提早因應此般科技潮流，發展出最適化資源回收技術，以符合資源永續利用，為當前重要之課題。

5.1.1 廢液晶玻璃來源及主要成分

依據 EIAJ(Electronic Industries Association of Japan)液晶產業研究會於西元 1999 年 1 月調查結果，有關筆記型電腦以及桌上型電腦的監視器，所使用最具代表性的 TFT 液晶模組其構成要素與主要材料成分，如表 5.1 所示。

表 5.1 TFT 液晶模組的構成要素之重量比率與主要材料成分

| 項目 | | 材料分類 | 主要材料成分 |
|------|-------------|---------|-------------------------------|
| 構成零件 | ※液晶面板 | | |
| | -玻璃基板 | 玻璃材料 | 無鹼玻璃 |
| | -偏光板 | 塑膠材料 | 三醋酸纖維素(TAC)、丙烯酸系黏著劑、聚乙烯醇(PVA) |
| | ※背光模組 | | |
| | -導光板 | 塑膠材料 | 丙烯酸樹脂(PMMA) |
| | -光學膜 | 塑膠材料 | 聚碳酸酯(PC)、PMMA、PET |
| | -光源(CCFT) | 玻璃材料 | 玻璃(Hg、螢光體) |
| | -框架 | 金屬/塑膠材料 | PC、ABS、SUS |
| | ※金屬零件類(支撐體) | | |
| | -貝魯姆 | 金屬材料 | Al、SUS、鍍鋅鐵 |
| | -護罩板 | 金屬材料 | Al、SUS、鍍鋅鐵 |
| | ※搭載零件的基板 | | |
| | -印電、源極驅動器基板 | 複合材料 | 1層 Galaepo 基板、PI、Cu |
| | -控制基板 | 複合材料 | 1層 Galaepo 基板、PI、Cu |
| | ※其他 | | |

資料來源：永續產業發展雙月刊，民國 92 年 4 月

5.1.2 廢液晶玻璃資源化技術及用途

現階段國內外尚未有最適化之液晶顯示器處理技術，國內自民國八十八年起進行 LCD 相關可行性技術評估，自「廢筆記型電腦回收處理技術之評估研究—LCD 回收處理技術可行性評估」計畫提出初步處理概念後，國內處理廠商開始引進部分國外處理技術，以下僅就目前廢液晶玻璃之資源化技術與用途提出介紹。

1. 液晶分離及熱處理

由於液晶係充填於兩塊玻璃基板的細縫內(幾微米)，為求較好之分離效率，液晶面板須先於封閉的雙螺旋刀筒槽內進行粗破碎後送入粗料貯存筒，藉由螺旋輸送管送入密封螺旋式旋轉風蒸發爐，以 400℃ 的溫度進行液晶蒸發(液晶蒸發溫度 250℃)。

蒸發之液晶氣體導入燃燒窯內，以至少 1,000℃ 的溫度進行燃燒處理。處理過程應配合檢測相關排氣項目，並採樣分析氣相層析質譜。液晶分離處理後之碎玻璃片再行資源回收。

2. 廢玻璃資源化

(1) 國外資源化方式

日本現階段之再利用方式是以破碎處理方式，將經拆解後之廢液晶模組的液晶面板與玻璃基板混合破碎處理形成碎玻璃，破碎後的粒徑以 10mm 以下為標準，再運往鋅精煉廠，投入煉鋅爐作為矽石的取代原料。原投入煉鋅爐內的主要物質有製鋼煙塵或鋅精礦、焦炭、矽石，最後可獲得的衍生物為鋅原料的粗氧化鋅，及回收各種金屬的冰銅(matte)與成為水泥原料的爐渣，其處理流程如圖 5.1 所示。

(2) 國內資源化方式

國內目前再利用方式係將破碎後之玻璃基材以濕式研磨成粉，依一定比例加入製磚的胚磚原料中燒製成紅磚或是以取代長石原料的方式製成玻璃添加劑等。

A. 紅磚製造再利用

液晶分離處理後之碎玻璃片屬於無鹼硼矽玻璃，是有用的玻璃基材，可將碎玻璃以濕式研磨成粉，以一定比例添加入製磚的胚磚原料中燒製紅磚。玻璃粉摻配製磚流程如下圖 5.2 所示，而廢液晶玻璃粉添加於紅磚製程其試驗結果如表 5.2 所示：

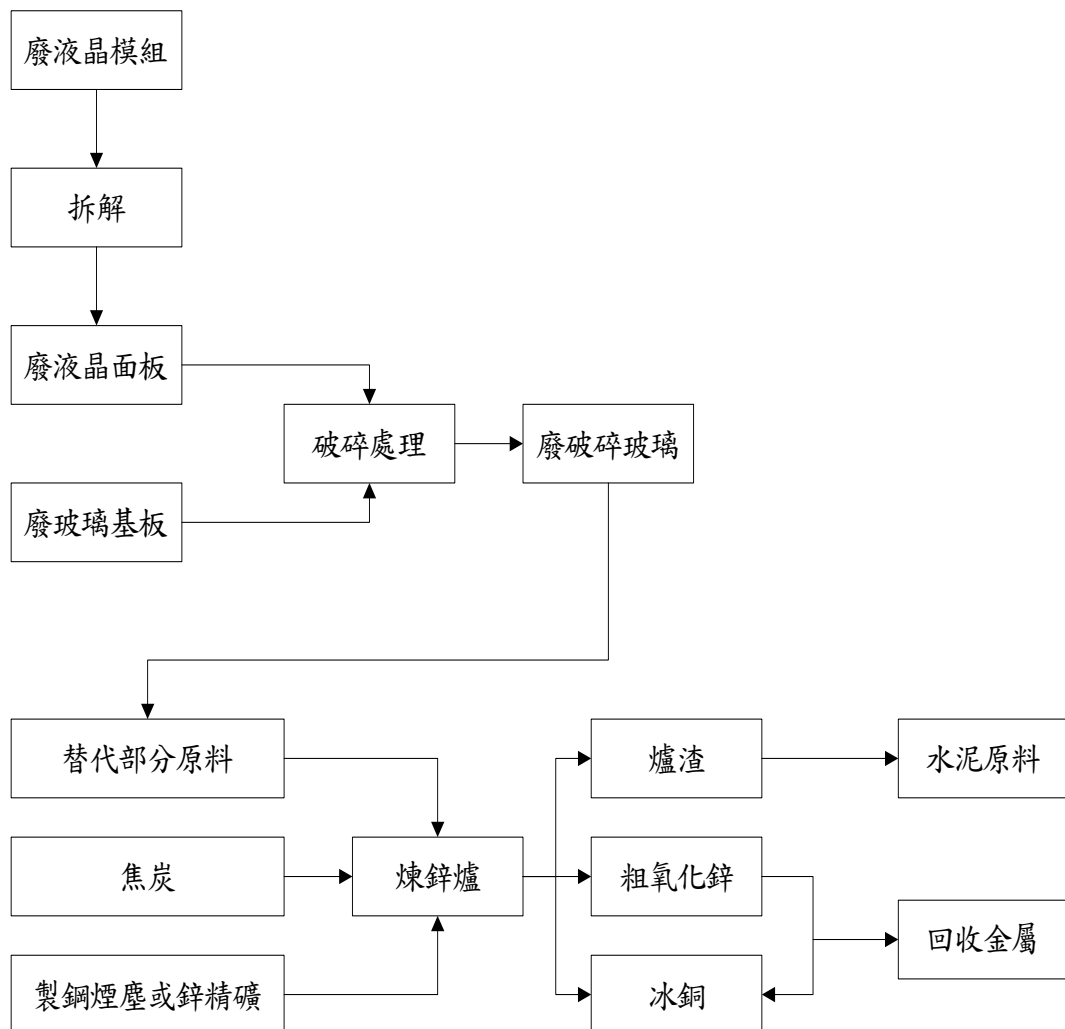


圖 5.1 日本廢液晶面板處理流程

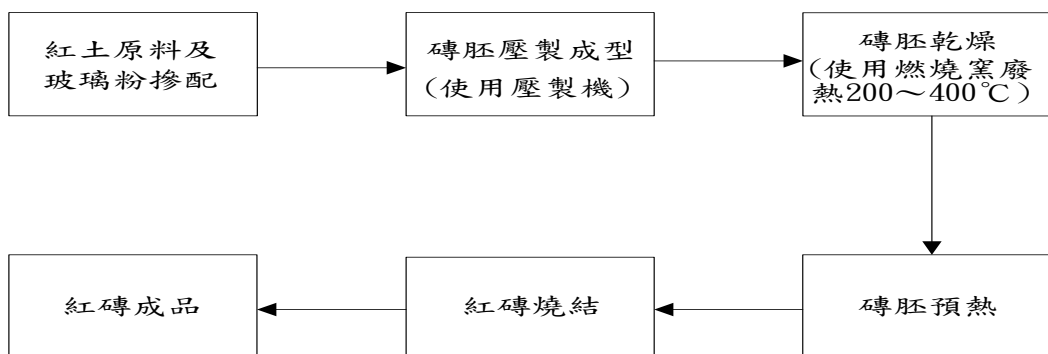


圖 5.2 玻璃粉摻配製磚流程圖

表 5.2 玻璃粉摻配製磚磚體試驗結果

| 玻璃粉添加比例(%) | 磚體抗壓強度(kgf/cm ²) | 磚體吸水率(%) | CNS382 規範要求 |
|------------|------------------------------|----------|---|
| 10 | 205 | 13.5 | 一等磚吸水率<15% 抗壓強度>150kgf/cm ² |
| 20 | 266 | 12.7 | |
| 30 | 251 | 14.5 | |

資料來源：產業環保工程實務技術研討會，民國 91 年

由試驗結果得知，玻璃粉添加比例在 20% 時有較大的抗壓強度及較低之吸水率。此外，由於試驗磚胚係以小型磚胚壓製機壓製而成，若改以大型成品壓製機則抗壓強度可再提高，但其他化性衍生之功能仍待查證。

B. 陶瓷製品再利用

陶瓷製品製造之再利用原理與紅磚類似，主要利用廢玻璃粉與陶瓷原料之長石性質相似，主要成分皆為氧化矽再加上少部分金屬氧化物，故可取代長石作為陶瓷胚土使用。

除此之外，為提高廢液晶面板玻璃再利用之附加價值，未來可試作之成品包括高級強化步道磚、高性能預拌混凝土、高性能防水劑、防水填縫劑及耐磨地坪等，其製作流程如下圖 5.3 所示。

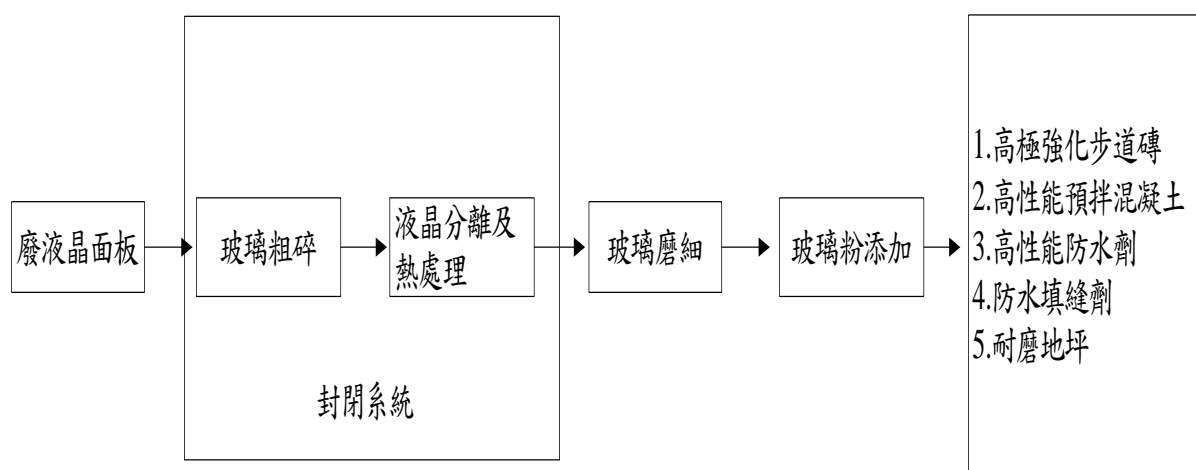


圖 5.3 廢液晶面板處理及玻璃資源回收再利用產品製作流程

C.裝飾建材再利用

由於玻璃折光率高，硬度強且吸水力低，作為裝飾用亮彩琉璃，不但可以提高建築物之附加價值，增強牆壁硬度，以及保持室內乾燥。此外，由於玻璃材質具防火、耐候性佳、膨脹係數低等高穩定性，作為裝飾用建材具保持不老化，不變質等特性，其製程主要將 TFT 素玻璃磨粉後，進行燒結，並加入化學物調配顏色，其使用範圍及產品規格如表 5.3 所示。

表 5.3 亮彩琉璃產品規格及用途表

| 產品用途 | 產品顏色 | 產品規格 |
|------------------|------|--------------|
| - 建築物外牆、玄關、門柱、線板 | 灰色 | 0.6 ~ 1.5mm |
| - 庭園步道、涼亭、花臺、欄杆 | 茶色 | 1.5 ~ 3.0mm |
| - 公園、學校等公共設施之造景 | 綠色 | 3.0 ~ 6.0mm |
| - 地面牆面之拼圖組型 | 透明白 | 6.0 ~ 9.0mm |
| - 游泳池、水池、SPA | 七彩 | 9.0 ~ 12.0mm |
| - 室內之特殊造景設計 | 寶藍 | 12mm 以上 |
| - 工藝教材、琉璃畫 | 紫色 | |
| - 飾品、日用品之美化設計 | 靑藍 | |
| - 園藝盆栽、魚缸之裝飾 | | |
| - 廣告招牌、看板 | | |

5.2 廢異丙醇資源化技術

5.2.1 廢異丙醇來源及主要成分

廢異丙醇(IPA)水溶液之閃火點為 12℃，依有害事業廢棄物認定標準，其閃火點小於 60℃者係屬易燃性事業廢棄物。廢 IPA 水溶液，主要來源為 TFT-LCD、IC 及光電業各項製程中，以 IPA 進行各項元件之清洗及乾燥，所產生之廢 IPA 水溶液。

5.2.2 廢異丙醇資源化技術與用途

1. 精餾純化

含水之有機溶劑中常會形成共沸物(尤其是醇類之有機溶劑與水最為常見)，若欲利用蒸餾方法來提純有機溶劑，常需藉由在溶液中加入一種新的成分，利用其與水分及有機溶劑間的作用力之不同，改變原來雙成分之間的相對揮發度。

(1) 萃取精餾

如加入的新成分並不和原系統中的任一成分形成共沸物，而其沸點又較原有的任一成分為高，將隨底流離開精餾塔，這便是萃取精餾，所加入的新成分稱為溶劑。

萃取精餾能否達成所希望處理之目標，溶劑的選擇常是問題的關鍵，一般來說，萃取精餾的溶劑應符合下述要件：

- A. 能使原有成分的相對揮發度依所希望的方向改變，則有較大的選擇性。
- B. 易於從被分離之混合物中得到再生，其包括不與原有成分起化學反應，不形成共沸物，並與原有成分有一定的沸點差等。
- C. 適宜的物性，能與原有成分有較大的相互溶解度，而分佈在塔盤上，產生分層現象；而對於黏度、比重、表面張力、比熱等影響效率和熱量消耗的物性亦需考量。
- D. 溶劑使用安全、無毒性、不腐蝕、熱穩定性好、價格便宜、來源豐富等。

(2) 共沸精餾

如所加入的新成分能與被分離系統中的一個或幾個成分形成最低共沸物，新成分以共沸物的形式從塔頂蒸出，這種精餾操作便稱為共沸精餾。加入的新成分常被稱為共沸劑。

共沸劑至少應與原溶液的成分之一形成一個共沸物，而且該共沸物的沸點應該明顯地低於(或高於)原溶液成分之沸點或原溶液共沸物的沸點。為了達到分離之目的，並不一定要求原來兩成分之一作為純產品分離出來。共沸劑可能同時與兩成分形成共沸物，而此兩成分共沸物會有明顯之沸點差，如此，即可再用一般之精餾方法將其分別純化，達到最終提純之目的。單以異丙醇再利用而言，由於共沸再生需消耗大量能源，含異丙醇廢液含量需達到

50%以上才能符合回收再利用之經濟價值。共沸劑之選用除需符合能形成共沸物之需求外，還應考慮下述條件：

- A.共沸劑的用量少，汽化所需熱量少，操作程序較經濟。
- B.共沸劑容易回收，最好能用冷卻分層的辦法回收，一般還可用萃取、鹽析、不同壓力下精餾等等。
- C.共沸劑的熱穩定性好、不腐蝕、無毒性。
- D.共沸劑價格低廉，容易取得。

2.水泥業替代燃料

依據「水泥窯或旋轉窯使用廢溶劑作為輔助燃料認定原則」，廢溶劑應用於水泥窯作為輔助燃料需符合下列要項：

- A.熱值應高於 2,000Kcal/Kg。
- B.灰分應低於 12%。
- C.含氯量應低於 1,000ppm，並不得有芳香族氯化物成分檢出。
- D.含硫量應低於 2%。
- E.Pb、Cd、Cr、Zn、As、Hg 之含量各應低於 50ppm。
- F.pH 值應介於 4~12.5 之間。

並應搭配下列相關管理措施：

- A.應增設噴霧設備，提高霧化作用。
- B.應設置攪拌調勻槽，使噴進窯內之液體廢棄物發熱值、含水、硫、氯量均勻，掌握穩定之操作狀況。
- C.進廠之廢棄物管理應注意其相容性，以免發生燃燒、爆炸或堵塞等意外事件。
- D.進行處理前，廢有機溶劑之收集貯存及其黏度、水分與氯含量應加以品質控管。並應加以拌均至一定品質水準後(熱值與微量元素均勻化)，由窯前及(或)Calcliner 噴入加以再利用，以防燃燒、爆炸或堵塞之問題。
- E.水泥窯/旋轉窯應以實際仍在生產者為限，且操作溫度超過 1,200℃、滯留時間 5 秒以上者為限。

F.應依環保相關法規規定，以做好二次污染防治工作與查核資料管理。

廢 IPA 水溶液先運送至水泥廠內之儲槽，再由儲槽定量泵送入窯前噴燃管與煤粉混燒，因窯內火焰溫度高達 1,800℃ 以上，熟料燒成溫度為 1,450℃ 左右，旋窯長度足以提供燒成廢氣滯留時間約 5~10 秒，依照現有規劃經管制之進料廢成分多為 C、H、N、O 等元素。因此，能將其完全燃燒，並有效的分解，同時利用其可燃性及熱值將熱能轉化為輔助燃料。

5.3 氟化鈣污泥資源化技術

5.3.1 氟化鈣污泥之來源與主要成分

在光電業生產過程中常於 Array 蝕刻製程使用大量之氫氟酸，這些氫氟酸經使用後，除少數逸散外，大部分伴隨清洗水排入廢水收集系統，目前大部分光電業者，皆利用傳統方式以鈣鹽如 CaCl_2 或 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 沈澱法去除廢水中之氟離子，形成氟化鈣污泥。

目前國內氟化鈣污泥之產生量每年約 32,000 公噸以上(濕重)，污泥含水率約在 55~70% 之間，其中氟化鈣之含量依各工廠之排放廢水性質及化學沈澱處理條件不同而異。其含量範圍約由 20 至 80% 不等，故若於技術上可克服氟化鈣含量之提升及均一化，將有助於資源化之可行性。

5.3.2 氟化鈣污泥之資源化技術與用途

氟化鈣污泥之資源化可依資源化產品之需求予以規劃，由於氟化鈣污泥中之氟化鈣成分與自然界開採之螢石之成分相似，因此針對螢石在工業上應用之現況，作為氟化鈣污泥資源化應用之可行性探討。

1. 氟化鈣污泥作為鋼鐵業助熔劑之資源化技術

(1) 再利用原理

氟化鈣污泥於鋼鐵業的主要作用為煉鋼之助熔劑，以降低爐渣之熔點，幫助鋼鐵提早熔化，提高爐渣之流動性，使爐渣易與金屬分離，並減少電能的浪費，同時在煉鋼時還能促進鋼之脫硫及脫磷。

(2) 再利用方式

煉鋼製程依製造程序的差異，煉鋼業可區分為一貫作業煉鋼業與電弧爐煉鋼業兩大類。一貫作業煉鋼主要包括煉鐵及煉鋼兩大部分，主要流程如圖 5.4 所示。

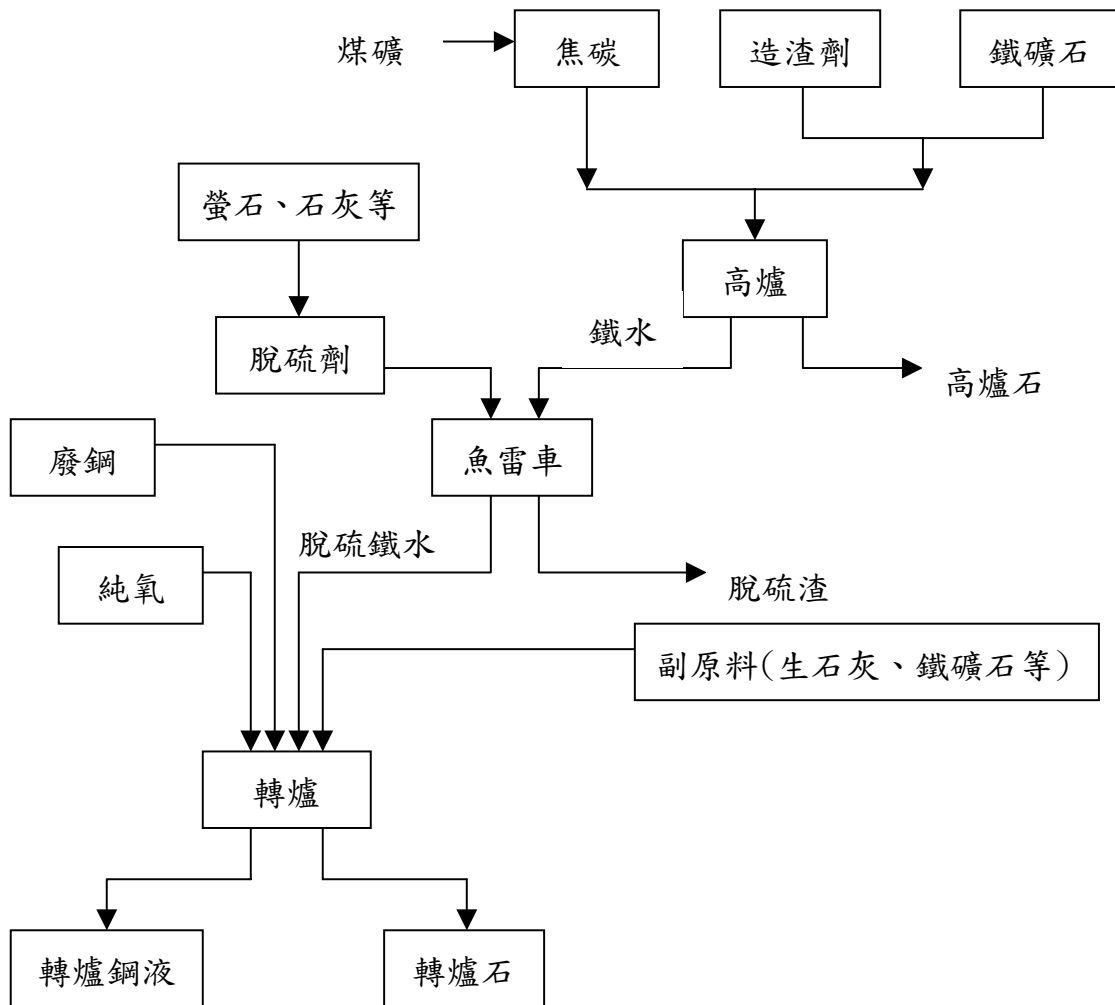
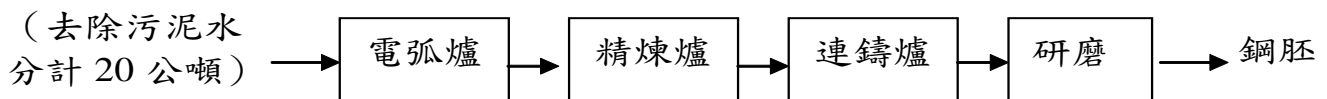


圖 5.4 一貫作業煉鋼流程

而在電弧爐煉鋼方面，製程依產品成分之不同可區分為碳鋼及不銹鋼兩大類，其製造流程如圖 5.5 所示。

碳鋼製程



不銹鋼製程

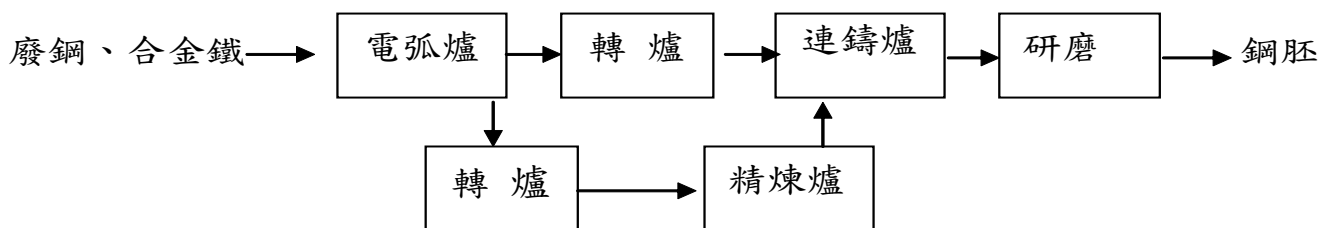


圖 5.5 電弧爐煉鋼業製造流程

由於氟化鈣污泥具有降低礦物相燒結熔點之特性，故可作為助熔劑之用。當氟化鈣處於高溫且於含有 SiO_4 系物質時， SiO_4 晶體中氧離子極易與氟化鈣之氟離子產生置換而破壞 SiO_4 之晶格，因此在應用於煉鐵工業時，可有效降低礦渣之熔點並增加鋼液之流動性，使礦渣易於和金屬分離，而達到煉鋼之目的。然由於經由廢水處理產生之氟化鈣污泥含水率及成分不一，因此需經過適當之處理始可應用作為資源化產品。

(3) 資源化技術評估

由於目前工業製藥上製造氟化氫所需之原料至少需含有 97% 以上之氟化物，若雜質含量過高則不適用，反而可能產生環境污染問題，因此使用氟化鈣污泥資源化作為化工上製造氟化氫之可行性不高，故較適合應用於作為煉鋼業助熔劑，其技術及經濟層面之評估如下：

A. 技術可行性

依據本文前述資源化技術之分析，由廢水來源之分流、適當加藥控制及調整最適合之操作條件所獲得之氟化鈣污泥，其氟化鈣成分及雜質含量應能符合國內煉鋼業助熔劑之品質要求，反而是目前國內氟化鈣污泥產量不能滿足煉鋼所需助熔劑之量，建議可以在不影響生產鋼鐵品質之情況

下，將氟化鈣污泥與進口螢石採一定比例混合添加，以達到廢棄物資源再利用之目的。

B.經濟可行性

就電弧爐煉鋼廠而言，平均每生產 1 公噸之鋼胚約需要 2.5 公斤之螢石作為助熔劑，以目前國內鋼胚年產量約 1,700 萬公噸計算，則每年需求之螢石數量約為 4 萬公噸，由於作為煉鋼助熔劑之螢石需求數量頗大，品質要求較化工製藥業為低，因此若利用氟化鈣污泥資源化作為煉鋼助熔劑，就經濟考量應屬可行。然而進口 1 公噸螢石僅約需 2,200 元，對鋼鐵廠而言使用氟化鈣污泥替代螢石較無經濟誘因。此外，雖已利用相關技術提升污泥中氟化鈣之含量，同時使廢水妥善處理，減少化學藥品添加量，節省污泥清理成本，但若將污泥轉移至煉鋼廠使用，仍會衍生其他之費用，例如包括收集、乾燥、造粒、包裝、運輸等費用，未來可朝向由業者補貼氟化鈣污泥處理及運輸費用，以提高煉鋼業者使用資源化產品之意願。

2.氟化鈣污泥作為陶瓷添加料資源化技術

(1)再利用原理

瓷磚之製造係先將所需之原料土依不同比例秤量後，以輸送帶送入球磨機混合研磨後進入泥漿槽，加水攪拌均勻混合成漿料(一般含水量調整在 35~38%之間)，再送入噴霧乾燥塔中以約 400°C 之熱空氣乾燥漿料至水分含量約 6%之粉料，粉料經高壓成壓機成型後進入乾燥窯，通常磚坯經乾燥後之含水量約 1%左右，再將乾燥之坯體直接施釉印花再進入燒成窯燒成成品。

(2)再利用方式

由於氟化鈣污泥之來源為廢水處理廠，因此其含水率及成分不均，故於資源化再利用前必需先經過處理，以利後續資源化作業。一般瓷磚製造時原料經混拌後，多以噴霧方式乾燥，但因氟化鈣污泥於高溫高水氣含量之條件下，恐造成有害物質之釋出，因此於混拌及乾燥過程應謹慎處理，以免造成二次污染或危害操作人員之健康。

故氟化鈣污泥之添加及乾燥改採以低溫乾燥方式及密閉條件下操作，即氟化鈣污泥經低溫乾燥後，在密閉情況下以乾式研磨，研磨細粉之粒徑至可

以增加 CaF_2 之比表面積，以利後續混拌及反應作業。經多次試驗結果顯示，氟化鈣污泥於坯土原料中之添加量約為 5~25%，再於高溫燒結形成安定之礦物結晶，即可有效防止其中氟離子之溶出。

燒結後之瓷磚依中國國家標準 CNS 3299 陶瓷面磚檢驗法檢驗，符合相關產品之標準及環保署溶出毒性事業廢棄物毒性特性溶出程序(TCLP)溶出標準，故資源化之再生產品應無有害性或市場接受性之慮。此外為避免使用氟化鈣污泥而產生之二次公害，其污染防制說明如下：

- A. 氟化鈣污泥應避免與任何酸類共同貯存，以防止產生氫氟酸。
- B. 氟化鈣污泥於貯存、清除及處理時應防止滲出水滲漏，避免污染環境。
- C. 氟化鈣污泥乾燥及研磨時應低溫及密閉方式操作，且須設有集塵設施或水洗塔，以免造成空氣污染
- D. 收集之粉塵及水洗污泥均可回收至原製程再用，避免排放時造成二次公害。
- E. 操作人員應配戴防塵口罩，並避免皮膚與粉塵直接接觸。

(3)資源化技術評估

經前述之資源化技術評估，氟化鈣污泥作為瓷磚添加劑確為可行，不僅可有效解決氟化鈣污泥處理處置之問題，亦可取代原生物料之消耗，而所生產之產品亦可符合相關之標準，同時此類產品亦具有開發設計之潛力，更可依客戶之需求，生產不同色澤或造形之產品，提供不同目的使用，以提高產品之附加價值，實具有資源化之潛力。

3. 氟化鈣污泥作為水泥業替代原料資源化技術

(1)再利用原理

將氟化鈣污泥當成水泥生料之再利用為近年來開始受到重視之再利用方式，氟化鈣的加入對於水泥燒成過程為作為水泥製造中的礦化劑，能使燒成帶下降約 50~100℃。

綜合國內外研究報告指出，此一再利用方式之優勢包括：

- A. 窯內火焰溫度可達 2,000℃，且燒成帶溫度超過 1,450℃。
- B. 窯內氣流停留在 1,200℃ 以上有 5~6 秒。

- C.窯內亂度高，氣體流動旺盛。
- D.窯內燃燒氣氛保持在氧化狀態，可將有機物完全消除。
- E.窯內高鹼物質可中和酸性氣體、吸附硫氣。
- F.少量重金屬可被固化在水泥熟料的礦物結晶中。
- G.不會有灰燼與廢液等二次污染產生。
- H.原料成分多樣，只要具有這些成分，加以適當調配，且對製程無重大不利影響者，均可作為水泥原料。

由於上述之優勢，水泥窯被許多先進國家視為廢棄物處理的重要夥伴，其中日本水泥業處理半導體廠氟化鈣污泥已有十幾年歷史。

(2)再利用方式

氟化鈣污泥應用於水泥廠之使用方式，是將氟化鈣污泥以固定量添加，再與其他原料一起飼入料研磨，並每小時取樣分析，將分析結果與設定目標比較，再由電腦自動調整控制各原料配比，以控制磨出生料成分穩定，進而穩定熟料、水泥品質。

(3)資源化技術評估

水泥在製程上亦使用氟化鈣作為礦化劑，且對氟化鈣純度要求也不高，因此將純度不足的氟化鈣污泥添加於水泥生料中再利用，的確是一個可行的方式，且在國外也行之有年。

5.4 廢特殊化學品資源化技術

5.4.1 廢乙酸正丁酯資源化技術

在 TFT-LCD 製程中須經過多次黃光、蝕刻製程，為避免光阻殘存玻璃基板邊緣，因此藉由乙酸正丁酯(以下簡稱 NBA)可溶解光阻劑且易揮發之特性，以 NBA 做光阻塗佈最後的清洗程序，去除玻璃邊緣上多餘的光阻。

廢乙酸正丁酯之閃火點低於 60°C，屬易燃性事業廢棄物，可利用蒸發及共沸方式將乙酸正丁酯與水共沸脫水，如圖 5.6 所示，全製程共含三支蒸餾塔，第一支塔為粗餾塔，第二支塔為精餾塔，第三支塔為有機溶劑回收塔，乙酸正丁酯產

品由精餾塔塔底出料，廢水納入廢水處理系統處理，整個製程採常壓連續操作。

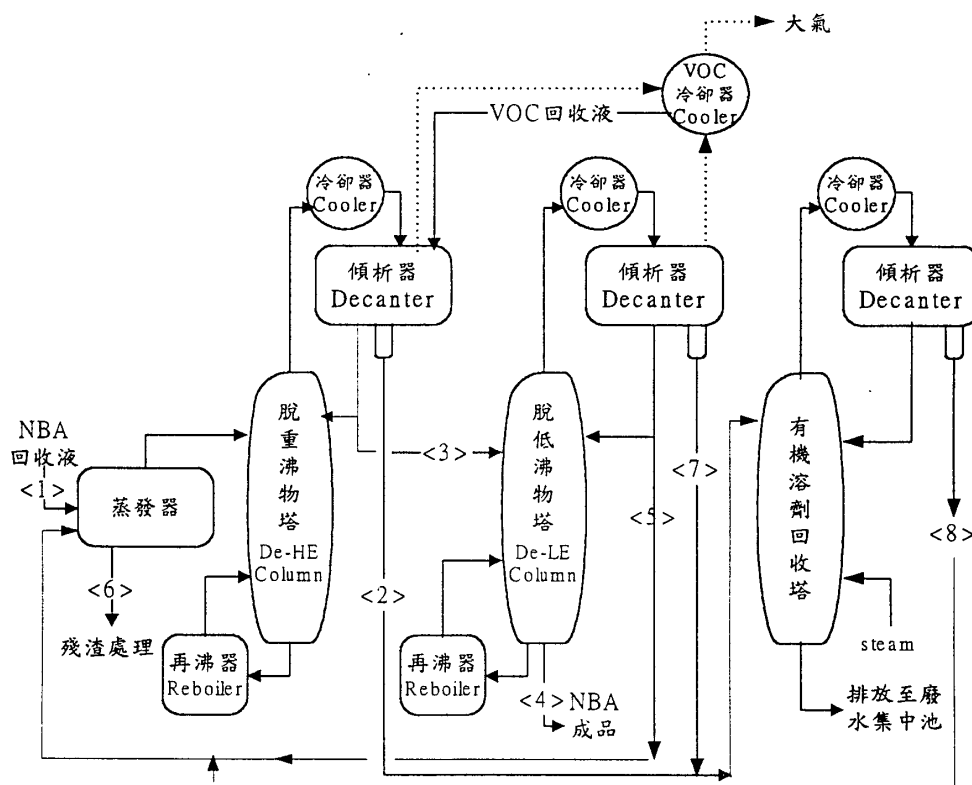


圖 5.6 NBA 廢液回收流程圖

回收之乙酸正丁酯可符合工業級之應用規格，供作油漆溶劑、航空塗料、人造珍珠塗料、火藥及硝化棉等使用。

5.4.2 廢剝離液資源化技術

TFT-LCD 製造過程中，需使用剝離液(Stripper)，目的是為了去除在線路蝕刻完成後多餘之光阻劑，在完成光阻劑之剝離去除後，將產生剝離液與光阻劑之混合廢液，圖 5.7 為廢剝離液及光阻劑混合液於生產製程產生之單元。

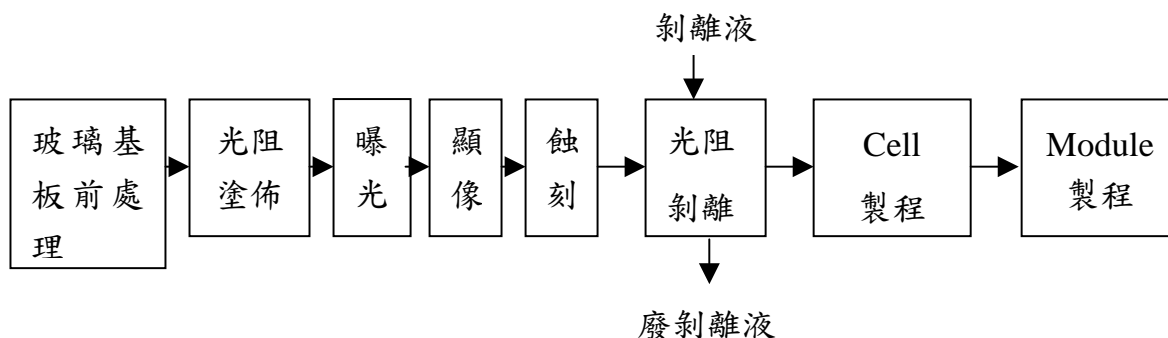


圖 5.7 廢剝離液及光阻劑混合液產生源示意圖

上述中回收剝離液主要成分為乙醇銨(MEA)約 60~70%、二甲亞砜(DMSO)25~30%，含水率 2~15% 以下及製程帶出之光阻劑所含少量不揮發性物質(2% 以下)。而所含光阻劑之主要成分如下：

- Cresol Novolak resin： $(C_6H_3OHCH_3CH_2)_n$ ，25%
- Diazonaphthoquinone(感光劑)： $R-SO_2-C_{10}H_5ON_2$ ，5%
- $R=2,3,4$ trihydroxy benzophenone： $C_6H_5-CO-C_6H_2(OH)_2O$
- PGMEA： $CH_3OCH_2COCH_3$ ，70%

可藉由使用過之 Stripper 因不純物(Impurity)與主成分沸點溫度之差異，利用蒸餾的方式將其分離之，資源化流程與圖 5.7 類似。回收之光阻劑及剝離劑可精製再使用。

5.4.3 廢蝕刻液資源化技術

在 TFT-LCD Array 製程中，蝕刻完成後，將產生廢蝕刻液，如圖 5.8 所示。為了清洗去除在面板線路上鋁物質，於蝕刻完成後將產生廢鋁蝕刻液，其主要成分為磷酸、少量的硝酸與醋酸以及去離子水；另外，Array 製程中鉻金屬陰極線路之蝕刻，將產生廢鉻蝕刻液，其主要成分為硝酸及硝酸銨銻(Cerium Ammonium nitrite, CAN)。本節將針對此兩類蝕刻廢液之資源化技術作一介紹。

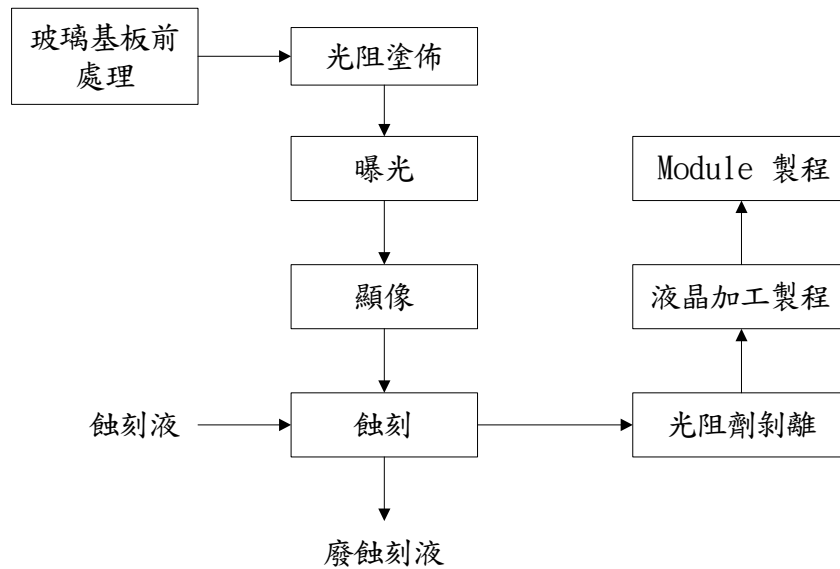


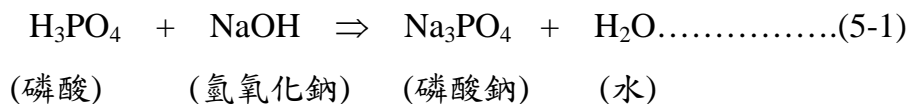
圖 5.8 廢蝕刻液產生源示意圖

1. 廢鋁蝕刻液資源化技術

由於廢鋁蝕刻液之磷酸含量高(60%~80%)，且其成分與一般工業級磷酸相似，因此可以「替代原物料」方式，與不同之鹼性原料發生中和反應後，可製造不同的磷酸鹽產品，供作廢水處理營養源、化學肥料、工業用清潔劑、染色用緩衝劑等用途：

A. 與純鹼中和反應產生磷酸鈉

將廢鋁蝕刻液與固體純鹼加入調和槽，此時會進行中和反應，反應式如 5-1 式所示，此時會釋放熱量，使溶液溫度上升，接著送往蒸發器中，蒸發濃縮適當濃度後，送往結晶器中進行冷卻、結晶。經過上述冷卻、結晶得到的磷酸鈉再通過離心機分離母液，結晶物送至乾燥爐乾燥後，即為成品。



B.與氫氧化鉀反應產生得磷酸一鉀

將廢鋁蝕刻液與氫氧化鉀加入結晶槽中，進行結晶反應，其反應式如 5-2 式所示，其最終反應溫度可達 100°C 以上，此時可將母液中所含之水分排出，形成濃縮現象而產生結晶析出，待其液溫冷卻後，將含有結晶的溶液脫水乾燥後即為成品。



(磷酸) (氫氧化鉀) (磷酸一鉀) (水)

C.與碳酸鈣反應生成磷酸二鈣

其製備流程是將廢鋁蝕刻液與碳酸鈣加入結晶槽中進行反應，其反應式如 5-3 式所示，其最終反應溫度可達 70°C，形成濃縮現象而產生結晶析出，待其液溫冷卻後，將含有結晶的溶液脫水乾燥後即為成品。



(磷酸) (碳酸鈣) (磷酸二鈣) (二氧化碳) (水)

D.與氨氣反應生成磷酸一銨

其製備流程是將廢鋁蝕刻液與氨氣加入結晶槽中進行反應，其反應式如 5-4 式所示，其最終反應溫度可達 90°C 以上，此時可將水分蒸發，形成濃縮現象而產生結晶析出，待其液溫冷卻後，將含有結晶的溶液脫水乾燥後即為成品。



(磷酸) (氨氣) (磷酸一銨)

光電產業所產生之廢鋁蝕刻液雖於廠內視為廢棄物，但由於含磷酸濃度高，且具有較少雜質、純度優於市售之磷酸的特點，故進行再利用可使環境中之污染總量降低，同時亦達到資源有效循環利用之目的。

2.廢鋁蝕刻液資源化技術

廢鋁蝕刻液的主要成分為硝酸銨銻(Cerium Ammonium nitrate, CAN)及硝酸，其再利用流程簡示如圖 5.9，廢液回收後，進入分離程序經濃縮沉澱可分離出稀硝酸；而濃縮液經冷卻、結晶離心分離後，結晶進入純化程序中，加入純水後再次濃縮、冷卻、結晶離心分離後，可獲得純度較高之 CAN 結晶，再將

此結晶依成分要求加入超純水後即可配製成工業級 CAN 成品。

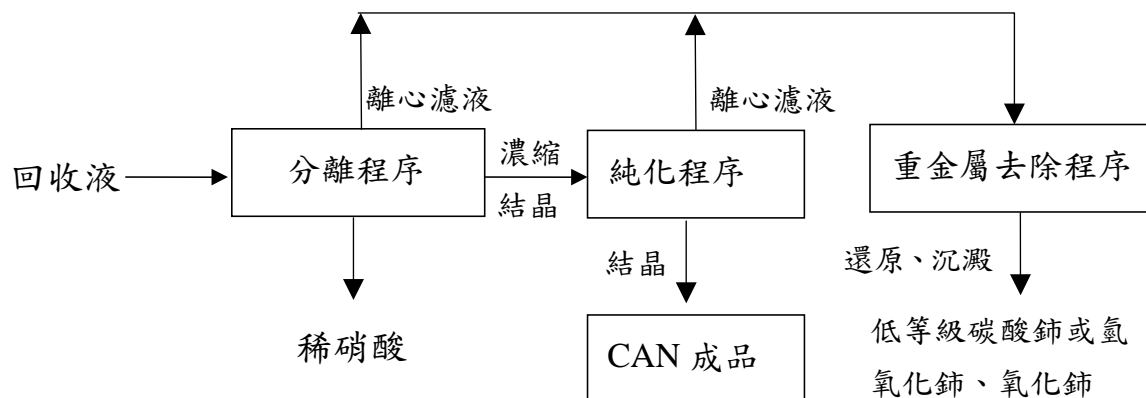
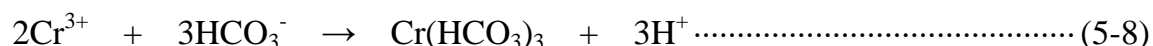
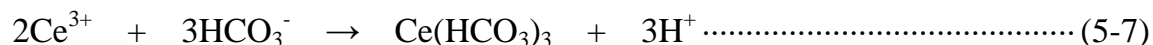
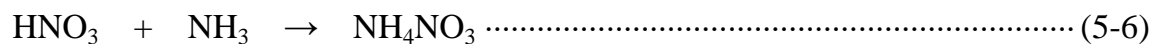


圖 5.9 廢鉻蝕刻液再利用流程簡圖

至於分離程序及純化程序之離心分離濾液經收集後，進入重金屬去除程序，在該程序中先加入草酸進行還原反應，其反應式如 5-5 式所示，使重金屬 Cr^{6+} 還原為 Cr^{3+} ；再加入沉澱劑 NH_4OH 或 $(\text{NH}_4)\text{HCO}_3$ ，將所有的 Ce^{3+} 及 Cr^{3+} 均沉澱為氫氧化物或碳酸鹽，其反應式如 5-6~5-8 式所示。沉澱物再經壓濾、乾燥去除多餘水分後，即可得低等級碳酸鈾及氫氧化鈾等成品，可作為鈾系產品之替代原料，用於產製氯化鈾、硝酸鈾、醋酸鈾、硫酸鈾等鈾系產品；而低等級碳酸鈾再經鍛燒處理後，成為氧化鈾產品，可作為玻璃或金屬研磨劑。



第六章 技術與設備選用程序與評估

6.1 資源化技術流程評估

光電業廢棄物之主要成分為有機類廢棄物(廢剝離劑、廢光阻劑等有機溶劑)、含金屬類廢棄物(廢蝕刻液、廢五金等)及其他無機類混合物(螢幕玻璃、氟化鈣污泥等)，在資源化設備選用程序上，首先必須先評估資源化流程。

資源化流程以光電業含金屬廢棄物的回收處理為例，主要著重於有價金屬的回收資源化，在光電業廢棄物中混合積體電路、印刷電路板、電阻器及電容器等各類混合五金，其廢料組成包含銅、鉛、鋁、鐵及貴金屬等成分，其中貴金屬成分主要含有金、鈀、銀等高價值貴金屬。而回收貴金屬的主要步驟如下：

- 富集：自光電業含金屬廢棄物除去大部分的雜物，將主要貴金屬收集起來。
- 提昇品質：由富集所得之貴金屬成分中除去其他更多的非貴金屬物。
- 精煉：將貴金屬提煉成市場可接受的純度。

其最佳資源化/處理途徑的技術評估方法如圖 6.1 所示。

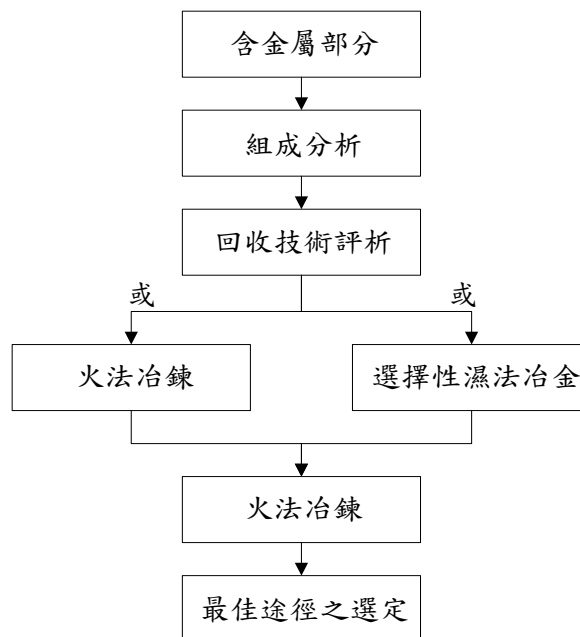


圖 6.1 光電業含金屬廢棄物回收處理技術評估流程

至於有機廢棄物則視其成分，依資源化程度的高低，將有機廢棄物經純化分離步驟後，做為次級成品的原料使用、或轉換成單分子或其他化學原料、或做為輔助燃料回收其熱值、或直接進入焚化爐系統焚化後掩埋處理，其最佳資源化/處理途徑的技術評估方法如圖 6.2 所示。

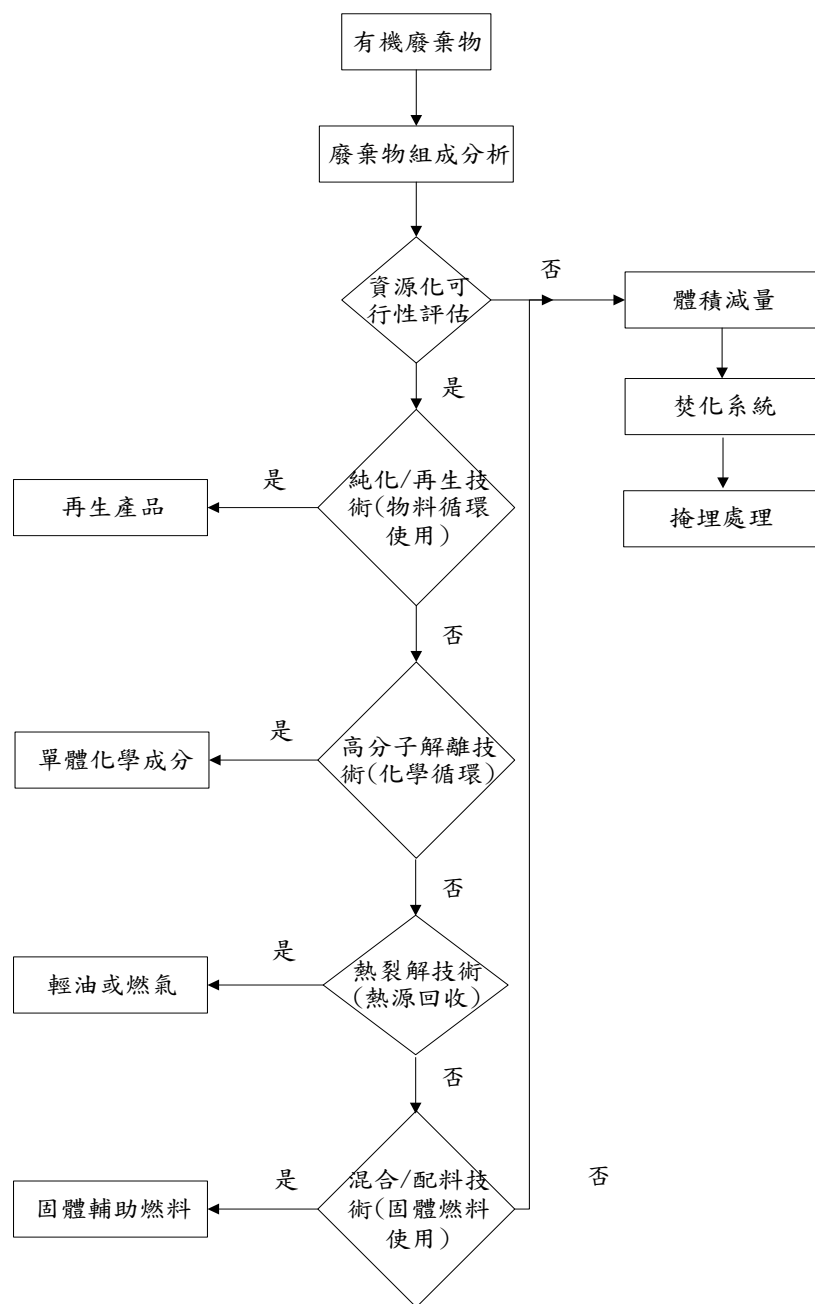


圖 6.2 有機廢棄物回收處理技術評估流程

6.2 資源化成本分析

一般資源化成本分析考慮因素主要包含下列各項目：設備投資費用、操作費用、維修費用、廢棄物特性(包括成分、濃度等)、資源化回收效率、回收資源收益、處理規模、設備折舊年限。

設備投資費用包含資源化處理系統全部設備投資費用。操作費用包含水電作業所需人力耗材等。維修費用一般以設備投資費用之 2% 估計。廢棄物之成分、濃度可能影響系統之處理效果及回收效益。資源化回收效率則牽涉回收系統整個經濟價值極重要之判斷因素。此外回收效益也會因處理量之多寡而有所差異。設備折舊年限隨不同性質設施有所不同。分析步驟如下：

- A. 計算處理系統中各類設施所需費用
- B. 計算回收資源之收益
- C. 計算維修費用—以設備投資費用之 2~3% 估算
- D. 計算包括水、電、各類耗材等操作成本
- E. 計算設備折舊費用
- F. 計算年純收益
- G. 單位收益
- H. 比較不同處理規模之成本效益

6.3 資源化設備選用程序

由於光電業廢棄物之主要成分為有機類廢棄物(廢剝離劑、廢光阻劑等有機溶劑)、含金屬類廢棄物(廢蝕刻液、廢五金等)及其他無機類混合物(螢幕玻璃、氟化鈣污泥等)，光電業廢棄物中回收有價物的方式，將是以結合諸如乾燥、分餾、粉碎、分選、置換、熔融等複合式物理化學分離富集方式，以分離廢料之中的雜質，回收廢料中的有價物資，並再資源化成為有價商品。然而光電業廢棄物回收處理設備必須經過適當的證明，進行資源化處理設備篩選時需考慮下列因素：

1. 功能性(Performance)
2. 安全性(Safety)

- 3.變通性(Flexibility)
- 4.可靠性(Reliability)
- 5.操作性(Operability)
- 6.經濟性及商業化程度(Economic & Commercial Consideration)
- 7.污染防治措施(Pollution Control Requirement)

以下針對各考慮因素進一步說明：

1.功能性

(1)資源化處理效率考量

對於各個處理設備於每一個或數個處理階段中達到處理目標的最佳能力，以及使處理產物中污染物濃度減至最低的能力進行比較。

(2)資源化處理物質之特性

可能採用之處理設備，其處理後之有價物質之性質須達到下列之原則：

- A.再生回收之有價物質純度儘可能提高。
- B.再生回收之有價物質，易於純化或可再經精煉獲得價值化產物。
- C.處理後產生之廢棄物易於控制處理。

(3)能源及藥品使用量比較

考慮使用最少的能源、設施及藥品使用量之處理設備，不僅可減少操作的成本，也可使對於環境的影響控制在最低的程度。

(4)已肯定之處理設備

選擇處理設備應採用已受到肯定且已實際應用為較佳，有操作記錄作為依據，方能合理判斷選用之處理設備符合回收利用處理廠的需要。

2.安全性

安全性考量主要為對人體健康及環境影響兩個因子來作處理設備篩選因子。

(1)職業性傷害

一般職業性傷害可分成正常及異常的操作情況兩種。在正常操作下，對操

作者所造成的危害是潛在性且涵蓋性較大者，例如：操作者直接與廢棄物(含有害物質)或處理後產物接觸，均會對操作者健康造成危害；若在不正確的方法下操作，則對操作者有較大之危險性。

(2)環境危害

回收利用處理廠於正常的操作情況時，環境危害因子是對人體健康影響的一種預測，於處理設備篩選時應比較各處理設備在長時間下對環境造成的負面影響之可能性。回收處理廠於異常的操作情況時，環境危害因子是對污染物快速釋放的可能性及物質釋放後對環境危害程度的一種預測，此種環境危害因子在進行處理設備篩選時應將其予以考慮。

3.可靠性

可靠性是對各種處理設備是否達到預期處理效果之能力預測，因此進行處理設備篩選時應考慮下列因子：

(1)設備之耐用度

於處理設備篩選時需考慮設備之耐用性。

(2)維護需求

處理設備篩選時應避免選擇過於複雜維護程序之技術，並且選不需要經常性停機維修之設備。

(3)操作處理程序之複雜性

愈複雜之處理設備所配置設備單元也愈多，則產生故障或停機率也愈大，因此各單元之間之複雜性必需考慮。

4.變通性

處理設備必須具有最大的操作彈性以回收有價物，必須考慮下列因子：

(1)廢棄物的特性

處理設備必須能提供因廢棄物性質變動時，其操作差異較大之容許性。

(2)廢棄物的量

處理設備應可應付變動之廢棄物產量且能有效予以處理。

(3)異常控制系統

當整個回收處理廠之處理系統有異常操作緊急狀況發生時，需有快速關閉處理系統的能力以避免意外事件發生。

5.操作性

針對技術方面操作簡便性及自動化程度予以考慮：

(1)簡便性

以資源化技術控制使用最少之設備，易操作且亦維護者最佳。

(2)自動化之程度

處理設備為不讓操作者從事太多的監測及控制之工作者為佳，可避免因人為錯誤所造成之危害。

6.經濟性及商業化程度

處理設備之經濟性，必須考慮的內容包括初設成本、操作維護費及有價物質回收利潤，其經濟效益愈高愈佳，但仍以民眾健康及環境影響為首要考慮因子。另外對提供廠商信譽予以評估，以提高處理設備之品質。

7.污染防治措施

各種處理設備單元之篩選，應考慮該處理程序中各處理單元之各項廢棄物、廢水、廢氣等污染物之排放是否達到環保相關法規之標準，即應選擇適當之污染防治設備。

第七章 廢棄物資源化案例

7.1 廢液晶玻璃資源化案例

TFT 螢幕已逐漸取代傳統 CRT 螢幕，製程及使用後產生的 TFT 玻璃廢棄物逐漸增加，處理問題日益受到重視。

本案例廠為廢玻璃資源再利用作為替代陶瓷助熔劑中之長石原料，其廢玻璃來源及成分、再利用原理、再利用流程說明如下：

1. 來源及其主要成分分析

該再利用機構之廢 TFT 玻璃來源為國內著名液晶螢幕生產公司之 TFT 螢幕製程所產生之切邊玻璃，廢棄物種類屬廢玻璃板，破碎為 15cm 長 × 2cm 寬左右之條狀，貯存於太空包中。根據分析結果，廢玻璃板的主要成分含二氧化矽(SiO_2 ，54.66%)，其次為氧化鋁(Al_2O_3 ，15.2%)等，詳細成分內容如表 7.1 所示，此外，玻璃毒性溶出試驗結果如表 7.2 所示，均低於標準值。

表 7.1 廢玻璃板成分分析結果

| 廢玻璃成分 | SiO_2 | Al_2O_3 | Na_2O | K_2O | MgO | CaO | TiO_2 | Fe_2O_3 | ZnO | BaO | PbO | B_2O_3 |
|---------|----------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|--------------|--------------|----------------|-------------------------|--------------|--------------|--------------|------------------------|
| 成分含量(%) | 54.66 | 15.20 | 0.00 | 0.10 | 4.26 | 9.8 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.12 | 0.04 | 0.37 |

資料來源：經濟部工業局 91 年度個案許可申請案資料

表 7.2 廢玻璃毒性溶出試驗結果

| 檢驗項目 | 鎘 | 鉻 | 六價鉻 | 鉍 | 汞 | 鉛 | 硒 | 砷 |
|---------------|-----|-----|------|----|-------|------|-----|-----|
| 檢驗值 (mg/L) | ND | ND | 0.01 | ND | 0.005 | 0.13 | ND | ND |
| 標準值 (mg/L) | 1.0 | 5.0 | 2.5 | 15 | 0.2 | 5.0 | 1.0 | 5.0 |

資料來源：經濟部工業局 91 年度個案許可申請案資料

2.再利用原理

廢玻璃再利用原理主要利用廢玻璃板與陶瓷原料之長石性質相近，可供取代長石作為陶瓷胚土使用，一般市售陶瓷原料組成如表 7.3 所示，其中製作磁磚胚土的物料配方約為瓷土：長石：石英粉 = 5：3：2，或是瓷土：球狀黏土：長石：石英粉 = 4：1：3：2，無論是瓷土、球狀黏土、長石或是石英粉，主要成分都是 SiO_2 和 Al_2O_3 。由於廢玻璃板之性質與長石相近，主要成分皆為二氧化矽以及少部分的金屬氧化物，因此廢玻璃面板經加工後，其二次料可作為瓷磚胚土替代長石使用。

表 7.3 陶瓷原料組成一覽表

| 物料 | 化學式 | 分子量 | 燒結後化學式 | 燒後重 |
|---------|--|-----|--|-----|
| 碳酸鋇 | BaCO_3 | 197 | BaO | 153 |
| 瓷土 | $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | 258 | $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ | 222 |
| 冰晶石 | Na_3AlF_6 | 420 | $3\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ | 288 |
| 白雲石 | $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ | 184 | $\text{CaO} \cdot \text{MgO}$ | 96 |
| 長石 | | | | |
| 1.康威爾石 | $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O}$ | 667 | 不變 | 667 |
| 2.戈福長石 | $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O}$ | 542 | 不變 | 542 |
| 3.壽石正長石 | $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O}$ | 462 | 不變 | 462 |
| 4.鉀正石 | $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ | 556 | 不變 | 556 |
| 5.牛津長石 | $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Na}_2\text{O}$ | 703 | 不變 | 703 |
| 燧石 | SiO_2 | 60 | 不變 | 60 |
| 鉛丹 | $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$ | 684 | PbO | 223 |
| 鉛白 | PbO | 775 | PbO | 223 |
| 矽化矽 | SiO_2 | 60 | 不變 | 60 |
| 蘇打灰 | Na_2CO_3 | 106 | Na_2O | 62 |
| 鋰灰石 | $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$ | 372 | 不變 | 372 |
| 碳酸鋇 | SrCO_3 | 148 | SrO | 120 |
| 渾石 | $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ | 378 | $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2$ | 360 |
| 矽化鈦 | TiO_2 | 80 | 不變 | 80 |
| 矽化鋯 | ZrO_2 | 123 | 不變 | 123 |

資料來源：經濟部工業局 91 年度個案許可申請彙集資料

3.再利用流程

廢玻璃再利用於陶瓷原料之資源化流程可分為進料作業、搓磨作業、破碎作業、產品包裝及地磚製作，如圖 7.1 所示，說明如下。

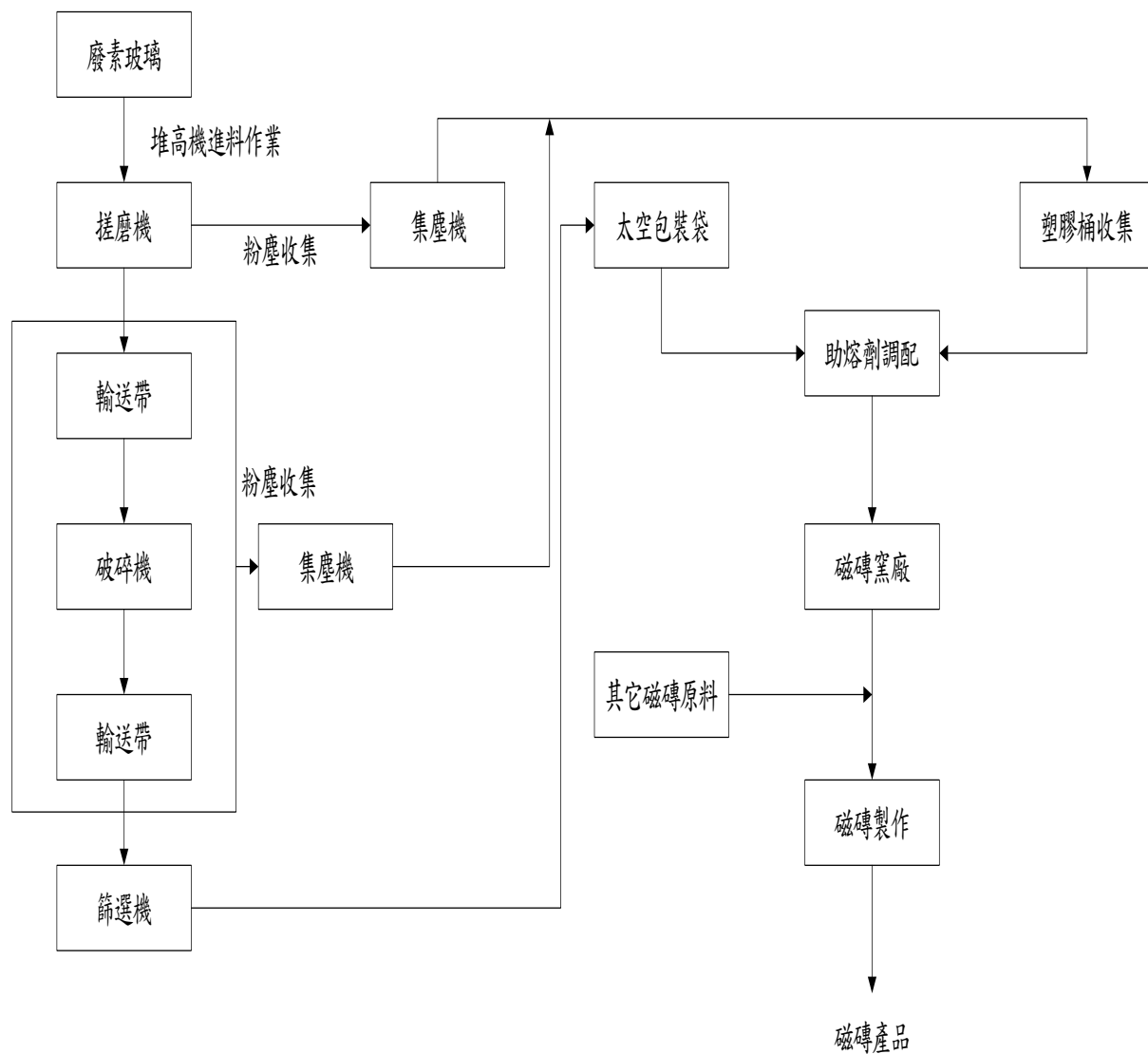


圖 7.1 廢玻璃再利用於製磚資源化流程圖

(1)進料作業

以堆高機將盛裝廢玻璃之太空包舉起至搓磨機入料口入料，玻璃因重力落入搓磨機內，啟動搓磨機進行搓磨作業。

(2)搓磨作業

廢液晶玻璃表面有一層鍍膜，鍍膜去除使用搓磨機處理。表面鍍膜經搓磨後產生粉塵，使用集塵機捕集，塑膠桶與集塵機間為密閉連接，無粉塵逸散之虞。產生之粉塵為淺灰色之碳與玻璃，亦可作為胚土原料使用。

(3)破碎作業

經搓磨後之玻璃由輸送帶載運至破碎機進行破碎作業，破碎機為槌式(Hammer Mill)，可將玻璃破碎至3~5mm左右。

(4)產品包裝

經破碎後之玻璃產品直接以輸送帶送入太空包盛裝。

(5)地磚製作

產品摻配其它原料製成地磚，經窯爐燒成後，測試產品品質。

4.產品規格與用途

廢玻璃板經處理後，所產製之產品規格如表 7.4 所示，產品規格要求重點為粒徑及二氧化矽含量等。

表 7.4 再利用產品規格表

| 再利用產品名稱 | 規格 | | |
|---------|--------------|---------|---------|
| | 粒徑 | 二氧化矽(%) | 氧化鋁(%) |
| 粒狀產品 | 3~5mm | 40~70 | 1.0~5.0 |
| 粉狀產品 | 100mesh(90%) | 40~70 | 1.0~5.0 |

資料來源：經濟部工業局 91 年度個案許可申請資料

再利用產品中之二氧化矽成分高於一般長石，二氧化矽含量介於49~61%。地磚胚土用料不論是瓷土、長石、滑石其主要成分皆為二氧化矽，因此，可作為地磚胚土原料之用途，並按一定比例摻配其它原料燒製成品。

7.2 廢異丙醇資源化案例

本案例工廠使用共沸精餾方法來處理光電業製程所產生之廢異丙醇(IPA)水溶液。此純化程序所得到之異丙醇純度可達 99wt%，可作為製造丙酮及其衍生物之原料，亦可作為脫水劑、防腐劑或溶劑等用途，其廢異丙醇來源及成分、再利用原理及流程說明如下：

1. 來源及其主要成分分析

該再利用機構製程之廢異丙醇水溶液，其主要來源為來自 TFT-LCD/IC 及光電業各項製程中，以 IPA 進行各項元件之清洗及乾燥後，產生廢異丙醇水溶液。廢異丙醇水溶液之組成 IPA 為 40.86%、H₂O 為 58.69%，其閃火點為 12°C，依有害事業廢棄物認定標準閃火點小於 60°C 者屬易燃性事業廢棄物。

2. 再利用原理

再利用方法係利用 IPA 與水之共沸原理，使廢異丙醇水溶液中之 IPA 與水及其他物質產生分離，而此異丙醇與水之混合物即稱為粗 IPA，此粗 IPA 再送至 IPA 蒸餾系統進行純化而產得工業級 IPA 成品。

3. 再利用流程

再利用機構之 IPA 製程其原料為丙烯及水，經反應後生成 10% 之 IPA 及 90% 水，再經蒸餾設備分離純化後生成 99.9% 工業級 IPA，部分工業級 IPA 再進一步純化為電子級 IPA，製程如圖 7.2 所示。再利用機構之再利用製造方法係利用異丙醇與水之共沸原理，使廢異丙醇水溶液中之異丙醇/水與其他物質產生分離，而此異丙醇與水之混合物即稱為粗 IPA，此粗 IPA 再送至 IPA 蒸餾系統進行純化而產得工業級 IPA。而蒸發殘留液則送至廠內廢水處理場以活性污泥處理後排放至工業區污水處理廠。

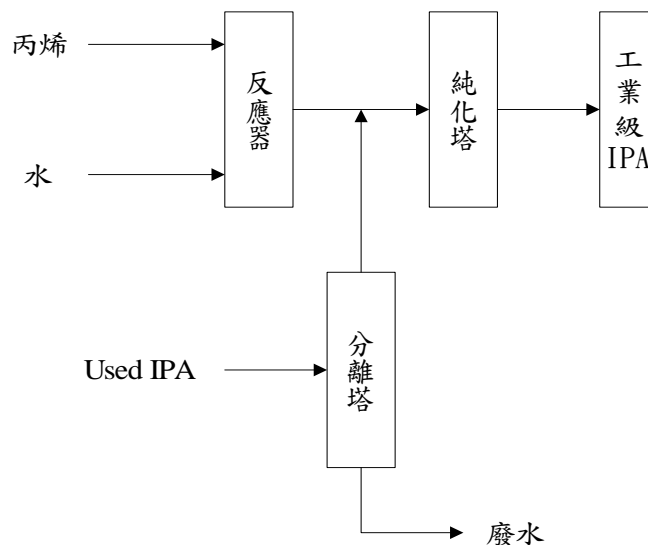


圖 7.2 廢異丙醇製造回收流程

4. 產品規格與用途

回收之廢異丙醇水溶液經由純化系統，其規格符合表 7.5 所列工業級 IPA 規格。而工業級 IPA 的用途有：

- (1)保護塗裝：利用 IPA 的低揮發性，可以改善硝化纖維素假漆施工時的阻力，低粘度的假漆都可以使用 IPA 為溶劑，更可以取代乙醇在假漆上之使用而不影響粘度。
- (2)油墨：IPA 為透明紙張用油墨製造時之溶劑，也用於製造鞋油與染髮劑。
- (3)清潔劑：IPA 被用於玻璃清潔劑、玻璃器皿、電子零件、航空器材清潔劑及皮革清潔劑等的製造。
- (4)化粧品：IPA 是一種令人滿意的香水溶劑，廣用於含多量香精的化粧品，如除臭劑、保護液及按摩液等。
- (5)抗凍劑：IPA 用於汽油之抗凍，有比乙醇更好之效果，也可很快化掉飛機雙翼及推進器上之結冰，飛機的汽化器也是以 IPA 之混合物除冰。
- (6)假漆稀釋劑：假漆的稀釋劑之組成內，一般含有 10%左右的 IPA。
- (7)半導體級 IPA 原料。

(8)其他：IPA 尚被應用於粘著劑、陶器清潔、染料、合成橡膠接著劑、乾洗劑、引擎洗潔、油漆、除漆劑、濕潤劑等的製造。

表 7.5 異丙醇之工業規格

| 工業級產品規格 | 一般規格 | 特殊規格 |
|---|------------------------|------------------------|
| 純度 wt% | 99.8 | 99.9 |
| 水分 wt% ASTM (D1364-90) | 0.15max | 0.10max |
| 酸度 wt% as Acetic acid ASTM (D1613-91) | 0.001max | 0.001max |
| 色度 APHA ASTM (D1209-93) | 10max | 10max |
| 比重 20/20 ASTM (D268-90) | 0.785~0.787 | 0.785~0.787 |
| 蒸餾殘渣 ASTM (D1078-93) | (Include 82.4) 1.0 | (Include 82.4) 1.0 |
| 不揮發物 mg/100ml ASTM (D1353-92) | 5.0 | 5.0 |
| 味道測試 ASTM (D1296-93) | 無異味 | 無異味 |
| 水溶解度 ASTM (D1722-90) | 符合標準 | 符合標準 |

7.3 氟化鈣污泥資源化案例

氟化鈣污泥以資源化方式於水泥窯再利用，在日本已行之有年，且依文獻資料顯示，氟化鈣污泥適量摻入生料燒成水泥，可供作水泥礦化劑使用，對水泥品質並不會造成不良影響，且能使燒成帶溫度下降約 50~100℃。

本案例工廠為一座落於宜蘭縣之水泥工廠，該廠目前同時進行燃煤發電廠及燃煤鍋爐所產生之飛灰/底灰，及煉油廠之廢觸媒之回收再利用，再利用方式皆作為替代原料使用。

1.來源及其主要成分分析

該廠氟化鈣污泥主要來自 TFT-LCD 製造過程中，使用氫氟酸進行蝕刻，其廢液經管線收集至廢水處理系統，以 NaOH 調整 pH 值至 7~8.5，並加入氯化鈣(CaCl₂)與 HF 反應生成氟化鈣沉澱，再經壓濾機脫水過濾後所產生之氟化鈣污泥，主要成分如下表 7.6 及 7.7 所示。

表 7.6 氟化鈣污泥化學成分分析

| 污泥成分 | 氟化鈣 | 氫化鈣 | 二氧化矽 | 三氧化二鋁 | 三氧化二鐵 | 氟化鎂 | 氟化鈾 | 三氧化硫 | 揮發性固體含量 | 含水量 |
|------|-------|------|-------|-------|----------|-------|-------|-----------|---------|--------|
| 含量值 | 32.5% | 2.6% | 31.7% | 8.56% | 297mg/kg | 0.07% | 1.95% | 19.8mg/kg | 18.6% | 604ppm |

資料來源：經濟部工業局 91 年度個案許可申請資料

表 7.7 氟化鈣污泥溶出試驗結果

| 溶出物 | 鉍 | 鎳 | 鎳 | 鉻 | 六價鉻 | 銻 | 汞 | 鉛 | 硒 | 砷 |
|-----------|-------|--------|-------|-------|------|--------|------|---------|--------|---|
| 含量值(mg/L) | <0.01 | <0.025 | 0.015 | <0.01 | 0.13 | <0.001 | 0.24 | <0.0013 | <0.003 | |

資料來源：經濟部工業局 91 年度個案許可申請資料

2.再利用原理

氟化鈣污泥主要成分為氟化鈣，為有用之礦化劑，過去因為氟化鈣價格高，因成本考量水泥廠使用的不多。因此氟化鈣污泥作為水泥製造原料之一礦化劑是極恰當的。同時，亦可解決氟化鈣污泥產生事業的問題。氟化鈣污泥應用於水泥廠之使用方式，是將氟化鈣污泥以固定量添加再與其他原料一起飼入料研磨，並每小時取樣品分析，分析結果與設定目標比較，再由電腦自動調整控制各原料配比，以控制磨出生料成分穩定，進而穩定熟料、水泥品質。

3.再利用流程

氟化鈣污泥於該廠中之再利用流程如圖 7.3 所示，氟化鈣污泥以固定量添加於配料帶運機上，與其他原料一起飼入生料磨研磨，設定生料化學成分目標後每小時取磨出生料樣品分析其成分(使用 XRF 分析法)，其分析結果由電腦計算並與設定目標比較，電腦並自動調整控制石灰石、黏土、矽砂、鐵渣等四種原料秤配比。氟化鈣污泥同時亦配合設定量添加於配料帶運機上，進行生料燒結成熟料之步驟。

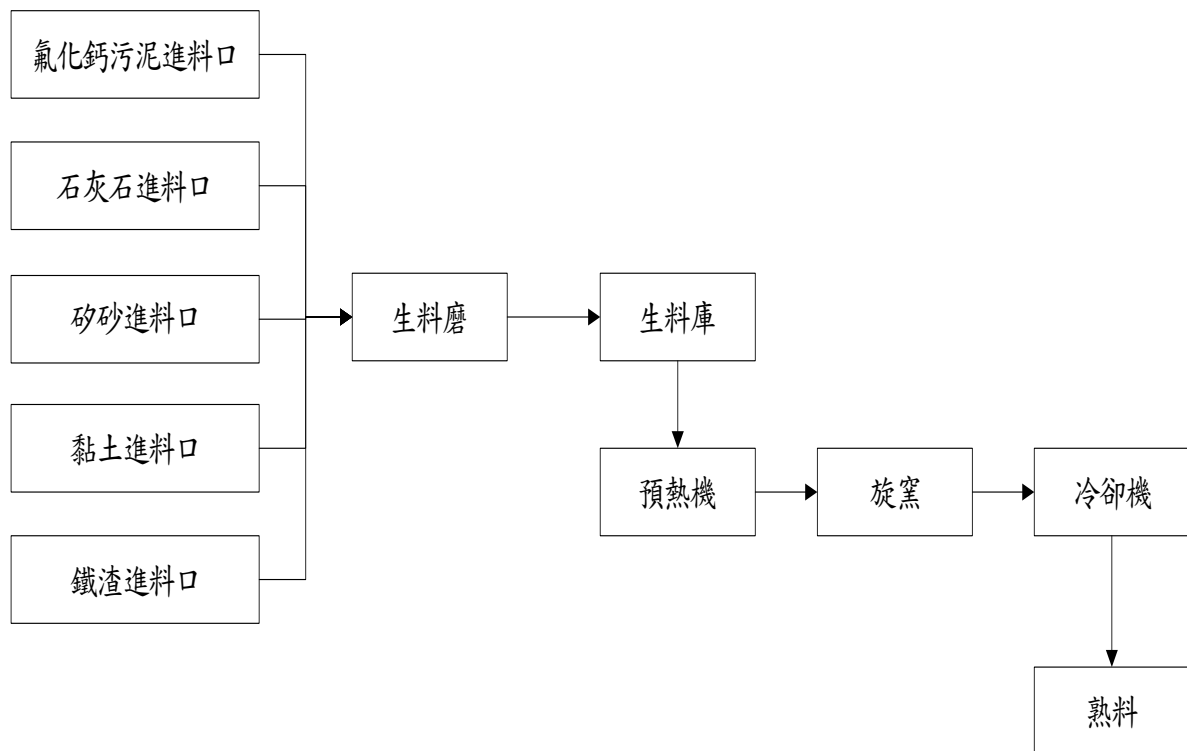


圖 7.3 氟化鈣污泥再利用流程圖

4. 產品規格及用途

由於收受之氟化鈣污泥直接作為水泥原料之再利用，氟化鈣污泥中之 CaO 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Na_2O 等均為水泥的固有成分，此類成分在電腦化自動配料及濕基 1% (水分 40%) 微量摻用下，均不會造成水泥化學成分的明顯變化，由於氯在水泥窯中會與 Na 、 K 、 Ca 結合生成低熔點的 NaCl 、 KCl 、 CaCl_2 化合物，黏附在預熱機，造成製程堵塞，故污泥中之氯含量將為主要收受考量因素。在生料氯含量不超過 130ppm 之製程管制目標下，添加氟化鈣污泥 1% (濕基)，可容許氟化鈣污泥中氯含量達 19,000ppm。然以不偏離目前水泥氯含量抽測值 50~80ppm 太多，暫以水泥氯含量 200ppm 的品質管制目標值的一半 100ppm 為依據，故氟化鈣污泥氯含量之允收標準以 6,000ppm 為限。

該廠將氟化鈣污泥添加於生料中，經旋窯燒成熟料，在添加適量石膏研磨成卜特蘭水泥，不因添加氟化鈣污泥而影響其品質與型別，將供作土木與建築材料銷售之。

以純度 91%之廢乙酸正丁酯，進料量為 1,200 kg/hr，可回收製造出產量為 1,075 kg/hr，純度達 99.5%之乙酸正丁酯。該廠之回收製程進出料平衡數據如表 7.9 所示：

表 7.9 回收製程進出料平衡表

| 項目 | 進料 | 產品 | 排水量 | 排水水質 (COD) |
|--------------|-------|-------|------|---------------|
| 廢乙酸正丁酯 kg/hr | 1,200 | 1,075 | 6.72 | 500~800ppm |

資料來源：經濟部工業局 91 年度個案許可申請資料

(3)產品規格

回收所得產品規格(乙酸正丁酯)如下：

- A.濃度：99.5%以上
- B.水分：0.1wt%以下
- C.酸分：0.01wt%以下
- D.色度：10 以下
- E.比重：0.88~0.885(20°C/20°C)
- F.不揮發分：0.005 以下

符合工業級乙酸正丁酯之規格，其用途如下：:

- A.油漆溶劑
- B.航空塗料、人造真珠塗料
- C.火藥、硝化棉

2.含單乙醇銨(MEA)及二甲亞砜(DMSO)廢剝離液資源化案例

(1)來源及其主要成分分析

TFT-LCD 製造過程中，須使用剝離液(Stripper)，目的是為了去除在線路蝕刻完成後，多餘之光阻劑，在完成光阻劑之剝離去除後，將產生剝離液與光阻劑之混合廢液，如圖 5.7 產生源示意圖所示。

本案例廠回收廢剝離液之主要成分為單乙醇銨(MEA)約 60~70%、二甲亞砜(DMSO)25~30%、含水率 2~15%以下及製程帶出之光阻劑之少量不揮發性物質

(2%以下)。光阻劑之主要成分如下:

A.25% , Cresol Novolak resin : $(C_6H_3OHCH_3CH_2)_n$

B.5% , Diazonaphthoquinone(感光劑) : $R-SO_2-C_{10}H_5ON_2$

C.R=2,3,4-trihydroxy benzophenone : $C_6H_5-CO-C_6H_2(OH)_2O$

D.70% , PGMEA : $CH_3OCH_6OCOCH_3$ (會揮發, 不殘留於廢剝離液中, 但會在廢稀釋液中)

回收之廢剝離液非屬表列公告之製程有害事業廢棄物, 另其他有害特性認定說明如下:

A.非屬毒性有害事業廢棄物: 非屬法定毒性化學物質。

B.非屬溶出毒性事業廢棄物: 主要成分為有機化合物。

C.非屬腐蝕性事業廢棄物: pH 值約在 10~12, 視含水率多寡而定。

D.非屬易燃性事業廢棄物: 回收廢剝離液之主要成分單乙醇胺(MEA)及二甲亞砜(DMSO)為有機化合物, 其閃火點分別為 85 及 95°C, 均高於 60°C之法定有害事業廢棄物認定標準。

(2)再利用原理

廢剝離液之再利用原理, 係廢剝離液含單乙醇胺(MEA)、二甲亞砜(DMSO)、及製程帶出光阻劑之少量不揮發性物質(2%以下), 因其各別沸點溫度之不同, 可使用蒸餾方法, 將適合製造商使用之剝離液成分分離之, 供其再使用。

該廠預計廢液再利用量每月約 230 公噸, 分別為 Y 公司 40 公噸/月、L 公司 50 公噸/月及 C 公司 140 公噸/月。其清運作業委由四家運輸公司計六部運輸車輛承攬, 每車次可承載廢液量約 10 公噸, 配合上述三家公司廢液產出之情形調撥清運。

廢剝離液主要成分之沸點如表 7.10 所示:

表 7.10 廢剝離液主成分之沸點

| 成分 | DMSO | MEA | Water | 光阻劑之不揮發性質 |
|-----------|------|-----|-------|--------------------------|
| 沸點(1atm) | 189 | 170 | 100 | 在操作條件(125°C/120torr)下不揮發 |

資料來源: 經濟部工業局 91 年度個案許可申請資料

本案例廢剝離液回收工廠純粹為廢剝離液回收再利用而設計，製程完全依據廢剝離液之精製回收需求、設計及建設，因此是完全針對生產此項產品為目的，而建造之生產工廠，其採用之技術來源係屬日本之專利；本項廢剝離液之精製回收製程，在日本亦有相同之實例，如福島縣及九州縣均有從事相同回收工廠。

(3)再利用流程

本案例再利用流程如圖 7.5 所示，其操作說明如下：

- A.由客戶送將廢剝離液輸入 a、b、c、d 等四個 Storage Tank，共計可裝載容量 400m^3 。
- B.將廢剝離液輸入蒸餾釜。
- C.系統真空。
- D.通入蒸汽加熱，將低沸點收集於 C Tank。
- E.取樣分析合格(已無水分)後，將餾出物閥打開，將液體收集至 D Tank。
- F.蒸餾完後，將釜殘用冷卻水冷卻至常溫後，及 C Tank 低沸物送焚化爐處理。

(4)回收產物用途

使用過後之廢剝離液回收精製供 TFT-LCD 製造商再使用，其目的除了可降低業者之生產成本外，並本著 ISO-14000 對環境保護之承諾，減少廢液對環境造成之影響，並提升資源的再使用。

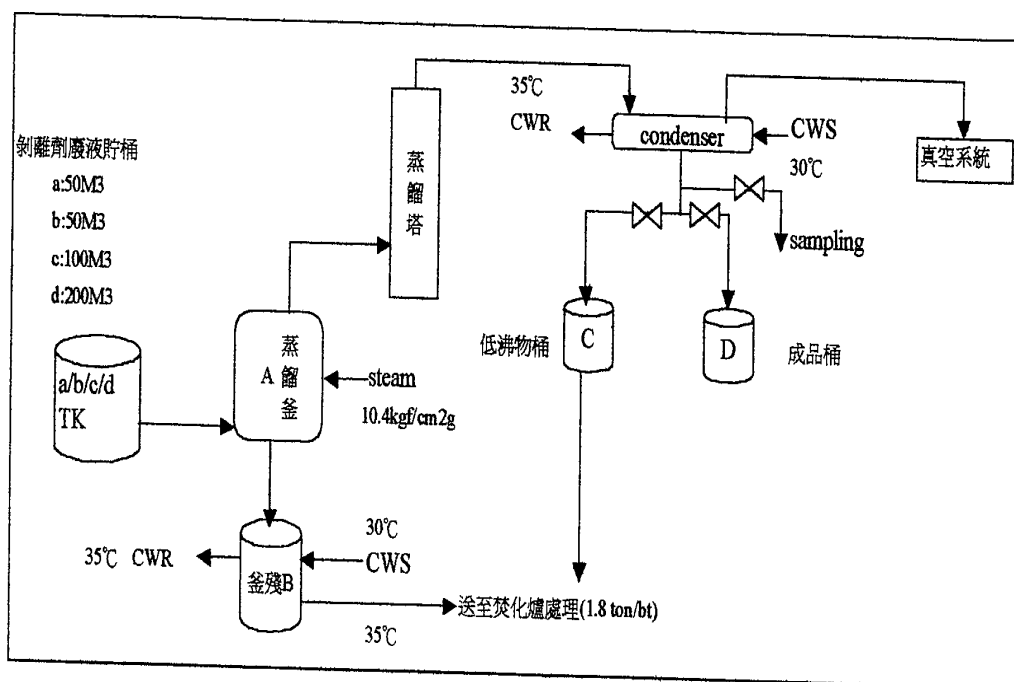


圖 7.5 廢剝離液回收處理流程

3.BDG+MEA 廢剝離液資源化案例

(1)來源及其主要成分分析

事業在生產 TFT-LCD 製程中，使用電子級高純度之二甘醇一丁基醚混乙醇胺溶劑(BDG with MEA，BDG+MEA)當剝離液，以去除水分及高分子物質後形成廢液；此電子級高純度 BDG+MEA 溶劑調配比例為 BDG：MEA=7：3。廢液之物化性質敘述如表 7.11 所示：

表 7.11 BDG+MEA 廢剝離液之物化性質

| 廢液英吋 簡稱 | 廢液中英吋全名 | 分子量 | 閃火點 | 廢液純度 | 水分 (%) | 不純物 (%) | 揮發分 (%) |
|------------|---|-----|-----|--------|-----------|------------|------------|
| BDG | 二甘醇一丁基醚；Diethylene glycol monobutyl ether | 162 | 99 | 91.59% | 0.97 | 0.38 | 7.06 |
| MEA | 乙醇胺；Monoethanolamine ; Ethanolamine | 61 | 85 | | | | |

資料來源：經濟部工業局 91 年度個案許可申請資料

(2)再利用原理及方法

本案例廠利用蒸餾方法，不添加其它物質，將 BDG+MEA 產品與不純物、水分及不揮發分純化分離，全製程需要兩套真空蒸餾塔；即 BDG+MEA 回收液由再沸器加入，先將不揮發分(殘渣)利用蒸發與液體分離後，殘渣自再沸器拿出，乾淨 BDG+MEA 液體再進入脫低沸物蒸餾塔中。由於水分及低沸物沸點較低，故由脫低沸物蒸餾塔塔頂餾出，脫低沸物蒸餾塔塔底則是沸點較高、純度較高的 BDG+MEA(含重沸物)；再將此 BDG+MEA(含重沸物)進入脫重沸物蒸餾塔中，由於 BDG+MEA 產品沸點較低，故由脫重沸物蒸餾塔塔頂餾出，脫重沸物蒸餾塔塔底則是沸點高、純度較低的 BDG+MEA(重沸物)，整個製程採抽真空連續式操作。

(3)回收產品用途

由於本回收系統乃藉物質之沸點差異進行分離，故產品名稱仍是 BDG 混 MEA。BDG+MEA 產品銷售規格如表 7.12 所示。案例所產出之 BDG+MEA 產品，送至客戶端後，客戶會依市場需求調成需求比例出售。

表 7.12 BDG+MEA 產品銷售規格

| 純度(%) | 水分(%) | 不純物(%) | 不揮發分(%) |
|-------|-------|--------|---------|
| >99.5 | <0.01 | <0.2 | 0 |

資料來源：經濟部工業局 91 年度個案許可申請案資料

4.廢鋁蝕刻液資源化案例

(1)來源及其主要成分分析

本案例廠之廢鋁蝕刻液來源為 TFT-LCD 製造廠之濕式蝕刻製程，其廢鋁蝕刻液之組成如表 7.13 所示，而其所收取之廢鋁蝕刻液進廠允收規範如表 7.14 所示。

表 7.13 廢鋁蝕刻液之組成

| 成分 | 磷酸 | 醋酸 | 硝酸 | 鋁 | 水分 |
|-----|-------|------|------|---------|-------|
| 百分比 | 約 75% | 約 3% | 約 2% | 約 0.05% | 約 20% |

資料來源：經濟部工業局 91 年度個案許可申請案資料

表 7.14 廢鋁蝕刻液進廠允收規範

| 回收液名稱 | 主要成分 | | 進廠允收規範 |
|-------|------|-----------------|--------|
| 廢鋁蝕刻液 | 磷酸 | Phosphoric Acid | 60%以上 |
| | 醋酸 | Acetic Acid | 不可超過5% |
| | 硝酸 | Nitric Acid | 不可超過2% |

資料來源：經濟部工業局 91 年度個案許可申請資料

廢鋁蝕刻液係磷酸、醋酸、硝酸等之混合液，依勞委會規定之危害通識分類屬第三類易燃液體、第八類腐蝕物質。

(2)再利用原理

該廠利用廢鋁蝕刻液與不同鹼性原料(如氫氧化鈉、碳酸鈣、氫氧化鉀等)反應製造磷酸鹽，由事業載回之回收液直接進入貯槽設施貯存，進行回收再利用。事業產生之廢鋁蝕刻液濃度 50% 以上，即可替代原料使用，製程中不需做任何更改。

廢鋁蝕刻液內雖含有少量的醋酸及硝酸，反應槽為密閉式，且製程反應的 pH 值變化是由鹼性至產品所需的 pH 值，不會產生廢氣，也不會造成對環境之危害。而產品端客戶對於醋酸及硝酸濃度並不考慮。

(3)再利用流程

再利用流程如圖 7.6 所示，為利用飽和濃度的關係，調整反應濃度高於飽和濃度，當溫度逐漸降至 30~25℃，結晶顆粒會逐漸長大，以便進行脫水包裝，將母液回收，供應下一次的生產反應時使用，下依次生產反應時，將母液及水依比例加入結晶槽中，添加原料後即可再行反應。

(4)產品規格及用途

依再利用產品用途，其規格整理如表 7.15 所示：

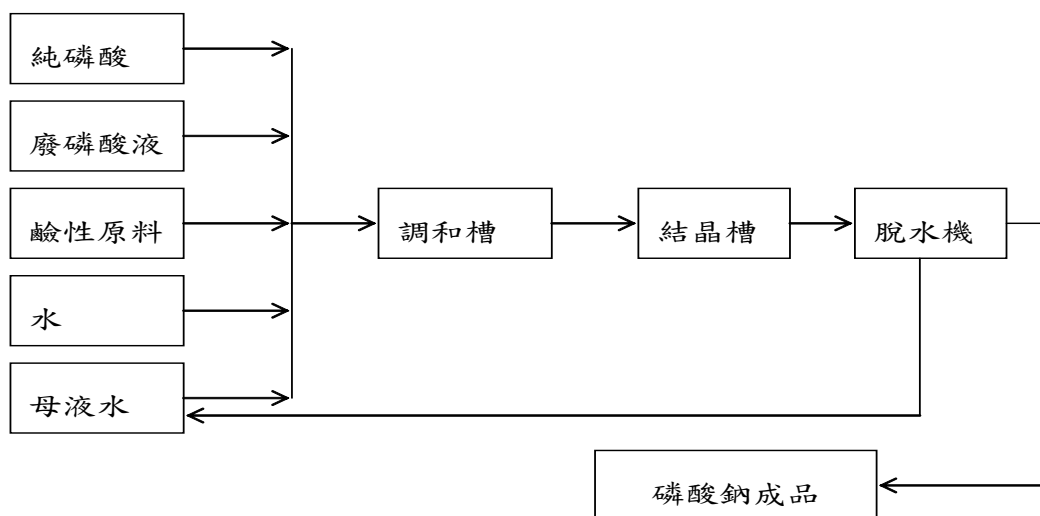


圖 7.6 廢鋁蝕刻液回收再利用流程

表 7.15 產物規格表

| 產品名稱 | 外觀 | 級別 | 產品規格 | 產品用途 |
|---------|--------|-----|-------------------------------|---------------|
| 磷酸一銻 | 透明結晶顆粒 | 肥料級 | 溶於水 $\text{pH}=4.6\pm0.3$ | 即溶性肥料主成分之一 |
| 磷酸二鈣二水 | 白色粉末 | 肥料級 | 不溶於水 $\text{pH}=5.6\pm0.3$ | 肥料礦物質添加物 |
| 磷酸一鉀 | 透明結晶顆粒 | 肥料級 | 溶於水 $\text{pH}=4.5\pm0.2$ | 肥料礦物質主成分之一 |
| 磷酸一銻二水 | 透明結晶顆粒 | 肥料級 | 溶於水 $\text{pH}=4.4\pm0.3$ | 肥料礦物質主成分之一 |
| 磷酸二銻十二水 | 透明結晶顆粒 | 工業級 | 溶於水 $\text{pH}=9.1\pm0.3$ | 染色用緩衝劑、工業用清潔劑 |
| 磷酸三銻十二水 | 透明結晶顆粒 | 工業級 | 溶於水 $\text{pH}=12.1\pm0.3$ | 染色用緩衝劑、工業用清潔劑 |

資料來源：經濟部工業局 91 年度個案許可申請彙集資料

5.廢鉻蝕刻液資源化案例

(1)來源及其主要成分分析

本案例廠回收之廢鉻蝕刻液來源為 TFT-LCD 製造廠中之 Array 製程中蝕刻鉻金屬陰極線路，回收液內容為含鉻硝酸銨銻及硝酸混合物，其成分如表 7.16 所示，其特性屬危害物質分類第五類，為氧化性物質化學品。

表 7.16 廢鉻蝕刻液之組成

| 回收液名稱 | 主要成分特性 | |
|---|---|-------------|
| 含鉻硝酸銨銻 (CAN) (Cerium Ammonium nitrate) 【 $\text{Ce}(\text{NH}_4)_2(\text{NO}_3)_6$ 】 | 硝酸(HNO_3) | 20~40% |
| | 鉻Cr | 500~2000ppm |
| | 總稀土氧化物量(TREO) (Total Rare Earth Oxide) | 2.5%以上 |
| | 比重(25°C) | 1.15 以上 |

資料來源：經濟部工業局 91 年度個案許可申請彙整資料

(2)再利用流程

該廠由事業載回之回收液直接進入貯槽設施貯存後進行回收再利用，其製程係利用還原沉澱之方法，將 CAN 回收液中金屬雜質沉澱，製程產生的低等級碳酸銻或氫氧化銻，可應用於其他稀土銻系產品(如氯化銻、硝酸銻等)之原料；低等級碳酸銻經鍛燒處理後，成為氧化銻產品，可作為玻璃或金屬研磨劑。而分離後之 CAN 經純化處理後，成為工業級 CAN，可應用於其他製程。

(3)產品規格及用途

依再利用產品用途，其整理如表 7.17 所示：

表 7.17 產品用途表

| 產品名稱 | 產品用途 |
|---------|---|
| 工業級 CAN | *印刷電路板之蝕刻劑 *焊接前之金屬表面清洗劑 *有機合成之氧化性觸媒 |
| 稀硝酸 | *製造硝酸鹽 *酸洗中和劑 |
| 低等級碳酸銻 | *其他銻系產品如氯化銻等產品之原料 |

資料來源：經濟部工業局 91 年度個案許可申請彙整資料

名詞解釋

1. 薄膜電晶體液晶顯示器(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display, TFT-LCD)

在兩片薄薄的導電玻璃上，運用半導體的顯影蝕刻技術，布滿薄膜般的「非晶矽」(a-Si)電晶體群，在這兩片刻著垂直凹槽玻璃間灌注畫素(pixel)液晶；當電流通過電晶體，就會驅動液晶顆粒「扭曲」成一條捲毛巾般的螺旋狀，露出空隙讓背後光源發出的光線通過，當這些或多或少的的光線再經由彩色濾光片、偏光板，我們肉眼便可由螢幕上看出紅、藍、綠三原色組成的深、淺彩色畫面。

2. 超扭轉向列液晶顯示器(Super Twisted Nematic Liquid Crystal Display, STN-LCD)及扭轉向列液晶顯示器(TN-LCD)

是一種以液晶做為材料的顯示器。液晶為一種介於固態與液態間的有機化合物，也是一種具有規格性分子排列的化合物，將其加熱會成透明液態，將其冷卻會成結晶的混濁固態，因此特性故稱液晶。由於其於液晶的基本特性，是故液晶顯示器的基本原理為，將液晶封在玻璃箱中，然後施以電極使之產生冷熱變化，而因此影響它的透光性，來達到明滅的效應。

常見的液晶顯示器分為 TN-LCD(Twisted Nematic-LCD, 扭曲向列 LCD)、STN-LCD(Super TN-LCD, 超扭曲向列 LCD)、DSTN-LCD(Double layer STN-LCD, 雙層超扭曲向列 LCD)和 TFT-LCD(Thin Film Transistor-LCD, 薄膜晶體管 LCD)四種。其中 TN-LCD、STN-LCD 和 DSTN-LCD 三種基本的顯示原理都相同，只是液晶分子的扭曲角度不同而已。STN-LCD 的液晶分子扭曲角度為 180 度甚至 270 度。

3. 液晶(liquid crystal)

為半透明的物質，由於具有規則分子排列的特性，當受到電場等外部刺激時，液晶分子排列會產生變化，產生光電效應；而不同的液晶材料所對應的光電驅動方式也不一樣。

4.彩色濾光片(Color Filter，CF)

為 LCD 彩色化的必備元件，是先在無鹼的硼玻璃基板上，以濺鍍形成氧化鉻/鉻之低反射二層膜，做為基板使用；再在上面形成黑色矩陣(BM)圖案，接著再到 RGB 工程，隨後再形成 ITO 透明電極層，即為彩色濾光片。

5.偏光板(polarizer)

為液晶顯示器之基礎零件之一。偏光板(polarizer)，是一種只允許某方向的光線才能透過的光板，於製作液晶板過程中，必須上下各用一片，且成交錯方向置入，主要用途係在有電場與無電場時使光源產生位相差而呈現明暗的狀態，用以顯示字幕或圖案。

6.玻璃基板(glass substrate)

TFT-LCD 製程是分別利用兩塊無鹼玻璃基板，於無鹼玻璃基板表面構裝彩色濾色片與 IC 電路。基板玻璃之功能係做為彩色濾色片與 IC 驅動電路之承載材料，類似半導體製程中的矽晶圓。

7.背光源(back light)

為液晶顯示器之基礎零件之一。因為 LCD 為非自發光的顯示器，所以必須依賴背光源來達到顯示的功能，因而，背光模組的性能好壞會直接影響到 LCD 的品質。背光源的成本約佔 LCD 模組的 3%~5%，所消耗的電力更佔模組的 75%，是 LCD 模組中相當重要的零組件。由於液晶本身不會發光，必須在液晶顯示面板後方加上背光源(大部分是螢光燈管)，光線穿透玻璃基板、液晶、彩色濾光片、偏光板等相關材料，進入人的眼睛形成影像。

8.配向膜(polyimide)

為液晶顯示器製作技術之一，是用來將液晶未加電場前分子做定位的工作。在已蒸上透明導電膜(ITO)的玻璃基板上，繼續加工，用轉輪(roller)轉印法，在 ITO 膜上印出一條一條平行的溝槽，到時候液晶可依此溝槽的方向橫躺於溝槽內，達到使液晶呈同一方向排列之目的。此具有一條一條方向的膜，即為配向膜。

9.廢剝離液(stripper)

於 TFT-LCD 製程中為了去除在線路蝕刻完成後多餘之光阻劑，在完成光阻劑

之剝離去除後，將產生廢剝離液與光阻劑之混合廢液。

10.減廢(waste minimization)

美國環境保護總署(EPA)最早用於有害廢棄物(hazardous waste)，即指任何藉有害廢污之減量、減毒措施，以達到減少有害廢棄物貯存(storage)、處理(treatment)或處置(disposal)設施負荷之目的。廣泛來講，即「廢(waste)」之排出在生產過程或在進入處理系統之前即予控制，減少其廢污之產量、降低廢污之濃度、改變廢污之污染特性、回收再利用以控制排放等，以減少不必要之廢污產生，甚至可回收再利用，進而減少所需處理之負荷，達到經濟並有效地解決工廠廢污問題之目的。

根據美國國會技術評估局(Congressional Office of Technology Assessment, OTA)認為工業減廢乃從工廠內部改善(in-plant changes)做起，在生產過程中減少廢污之產生，但並不包括一旦產生廢污後之減毒、減量在內。

11.pollution prevention pays(污染預防划得來，簡稱 3P)

亦即所謂 3P 計畫，最早由 3M 公司於 1974 年提出，其意義為「藉由污染預防措施執行，可以獲致多方面的利益」。3P 計畫的基本觀念就是(1)污染物質就是未能利用的生原料；(2)「污染物質」加上「創新技術」就等於「可能有價值的資源」。

12.清潔生產(cleaner production)

1997 年初聯合國環境規劃署(UNEP)的定義：清潔生產(Cleaner Production, CP)是指持續地應用整合且預防的環境策略於製程、產品及服務，以增加生態效益和減少對於人類及環境的危害。

- (1)對製程而言：清潔生產包含了節省原料及能源、不用有毒原料、並且減少排放物及廢棄物的量及毒性。
- (2)對產品而言：清潔生產在於減少整個產品生命週期(亦即從原料的萃取到最終的處置)對環境的衝擊。
- (3)對服務而言：清潔生產在於減少因提供服務，而對於環境造成影響；因此在設計及提供服務的生命週期中，都應該將環境的考慮融入其中。

13.環境管理系統標準(ISO 14000)

國際標準組織(International Organization for Standardization, ISO)為了將國際環境管理制度整合進而標準化，遂於 1996 年訂定 ISO 14000 系列之國際環境管理標準。ISO 14000 是為保護環境而制定，最終目的促使企業界能結合企業管理體系理念以更有效率的保護環境。

14.廠內管理(house keeping)

在工廠生產過程中藉由一些管理方式的改良，以達成減廢的目的。常見的方法有：(1)調整操作步驟，(2)廢棄物分流收集，(3)物料庫存改善，(4)製造時程改善，(5)損失防止及(6)人員訓練等。

當然前述所述要做好操作的管理，必須要由主管階層上鼓勵、獎勵，以使員工努力於減廢。

15.永續發展(sustainable development)

是 1992 年 6 月聯合國在巴西里約熱內盧召開「地球高峰會議」所揭櫫的地球環境觀念。亦即人類的各種活動必須考慮環境的負荷能力及資源節約與有效利用，使地球上之生態環境能永續發展。

本項觀念應用於工業生產上稱之為「永續經營」更適切，其乃是針對國家政策、工廠產品及生產製程等做設計，以免除或減少人類經濟活動對環境的衝擊。簡言之即「為環境而設計」。

附錄 技術與設備供應商名錄

本章整理主要技術與設備供應商之公司名稱、住址、電話、傳真等相關資料，同時也將目前已知之國內代理商資料一併加以整理，以方便工廠在評估回收系統時之參考。附表一為整理主要技術或設備供應商及代理商的公司名錄，至於相關各公司之連絡資料則詳列於附表二。工廠在選擇技術或設備供應商時，可再依廠商是否具有相當之人員組織、良好之售後服務能力及設備在市場銷售情形等因素進行評估。

附表一 主要技術或設備供應商及國內代理商名錄

| 廢棄產品類別 | 國外供應商 | 國內代理商/供應商 |
|---------------|-------|---|
| 廢 TFT 玻璃再利用系統 | | 1. 青沙玻璃實業有限公司 2. 荳達隆登工業有限公司 3. 順欣資源股份有限公司 |
| 廢剝離液回收系統 | | 1. 長春石油化學股份有限公司苗粟二廠 2. 台灣肥料股份有限公司新竹廠 3. 駿瀚生化股份有限公司 |
| 氟化鈣污泥資源化系統 | | 1. 亞洲水泥股份有限公司新竹製造廠 2. 台灣水泥股份有限公司蘇澳廠 3. 辛奇實業股份有限公司 4. 中國水泥股份有限公司冬山水泥廠 5. 幸福水泥股份有限公司東澳廠 6. 中國石化股份有限公司 7. 中國鋼鐵股份有限公司 8. 全盛興資源科技股份有限公司 |
| 廢蝕刻液回收系統 | | 1. 友盛化工股份有限公司 2. 立光化工股份有限公司 |
| 廢異丙醇分餾回收系統 | | 1. 三合化學股份有限公司楊梅廠 2. 長榮化學工業股份有限公司林園廠 3. 勝一化工股份有限公司彰濱廠 |
| 丙醇回收系統 | | 勝一化工股份有限公司彰濱廠 |
| 稀釋劑廢液回收系統 | | 長春石油化學股份有限公司苗粟廠 |
| 廢乙醛正丁醇回收系統 | | 勝一化工股份有限公司永寧廠 |

附表一 主要技術或設備供應商及國內代理商名錄(續)

| 廠牌產品類別 | 國外供應商 | 國內代理商/供應商 |
|----------|---|--|
| 蒸餾塔製造 | | 1.台灣油能特股份有限公司 2.弘紹企業有限公司 |
| 粉碎分選系統 | 1.Hamos Asia Pte Ltd 2.Machines de Triages et de Byoyages 3.HECKERT 4.ERIEZ MAGNETICS JAPAN CO., LTD. 5.TRENNSO-TECHNIK | 1.朔揚工業股份有限公司 2.朔揚工業股份有限公司 3.百益機械股份有限公司 4.無 5.無 6.凌廣工業股份有限公司 |
| 液晶玻璃分離系統 | 1.VICOR GmbH 2.ASAKA RIKEN INDUSTRIAL CO., LTD. 3.ALD Thermo Technologies Far East Co., Ltd. | 1.綠電再生股份有限公司 2.光洋應酬材料科技股份有限公司 3.千太股份有限公司 |

附表二 主要技術或設備供應商及國內代理商相關各公司之連絡資料

| 項次 | 公司 | 連絡住址 | 連絡電話 | 連絡傳真 |
|----|----------------------|---------------------|-------------|-------------|
| 1 | 香池玻璃實業有限公司 | 新竹市牛埔路176號 | 03-5389165 | 03-5380914 |
| 2 | 崔達隆實業有限公司 桃園廠 | 桃園縣大溪鎮瑞興里四鄰頂山腳27-1號 | 03-3071857 | 03-3071856 |
| 3 | 順欣資源股份有限公司 | 台北縣鶯歌鎮二甲路93號 | 02-26791888 | 02-26799679 |
| 4 | 長春石油化學股份有限公司 苗栗二廠 | 苗栗縣苗栗市福星里20鄰246號 | 037-320673 | 037-355591 |
| 5 | 台灣肥料股份有限公司 新竹廠 | 新竹市東區前溪里中華路一段257號 | 03-5713171 | 03-5712014 |
| 6 | 駿瀚生化股份有限公司 | 桃園縣新屋鄉永豐村下庄仔238號 | 03-4863160 | 03-4863161 |
| 7 | 亞洲水泥股份有限公司 新竹製造廠 | 新竹縣橫山鄉大肚村中豐路2段109號 | 02-27338000 | 02-27366263 |
| 8 | 台灣水泥股份有限公司 蘇澳廠 | 宜蘭縣蘇澳鎮永昌路46號 | 039-962511 | 03-9971755 |
| 9 | 辛奇實業股份有限公司 | 蘆竹鄉樹林村經建三路42號 | 03-4839961 | 03-4836119 |
| 10 | 中國石化股份有限公司 | 桃園縣中壢市定寧路3號 | 03-4342525 | |
| 11 | 幸福水泥股份有限公司 東澳廠 | 宜蘭縣蘇澳鄉東岳村東岳路53號 | 03-9986110 | 03-9986066 |
| 12 | 中國力霸股份有限公司 冬山水泥廠 | 宜蘭縣冬山鄉多平村大宅路357號 | 03-9591116 | 03-9591118 |
| 13 | 中國鋼鐵股份有限公司 | 高雄市小港區中鋼路1號 | 07-8021111 | 07-8022511 |
| 14 | 全盛興資源科技股份有限公司 | 苗栗縣造橋鄉龍昇村4鄰46-2號 | 037-651798 | 037-651826 |
| 15 | 友發化工股份有限公司 | 台北縣忠孝東路一段85號16樓 | 02-23970988 | 02-23560957 |
| 16 | 立光化工股份有限公司 | 台北縣竹山區木柵路4段100號 | 02-22301766 | 02-22300783 |
| 17 | 三合化學股份有限公司 楊梅廠 | 桃園縣楊梅鎮中正路632巷7號 | 03-4726439 | 02-25431603 |

附表二 主要技術或設備供應商及國內代理商相關各公司之連絡資料(續 1)

| 項次 | 公司 | 連絡住址 | 連絡電話 | 連絡傳真 |
|----|------------------------------------|--|----------------|----------------|
| 18 | 李長榮化學工業股份有限公司 林慶隆 | 高雄縣林邊鄉石化三路11號 | 07-6419966 | 07-6410537 |
| 19 | 勝一化工股份有限公司 彭濟隆 | 彰化縣線西鄉線工業二路3號 | 04-7588555 | |
| 20 | 勝一化工股份有限公司 王永隆 | 高雄縣永寧鄉維新村永工業一路5號 | 07-6219171 | 07-6222620 |
| 21 | 台灣油蔴特股份有限公司 | 新竹縣竹北市沿河街78巷15號 | 03-5511236 | 03-5513388 |
| 22 | 弘紹企業有限公司 | 台中市 406 北屯區北屯路308號 | 04-22451226 | 04-22450480 |
| 23 | 朔揚工業股份有限公司 | 高市三民區江口路58號9樓之3 | 07-3966896 | 07-3966929 |
| 24 | 百益機械股份有限公司 | 台縣縣新化鎮中山路808巷10號 | 06-5981806 | 06-5981833 |
| 25 | 凌廣工業股份有限公司 | 台灣省台縣縣永盛里中正路210巷7之1號 | 06-2542868-9 | 06-2538697 |
| 26 | ERIEZ MAGNETICS JAPAN CO., LTD. | 5-6,2-CHOME, EKKO-DORI, URAYASU,CHIBA,279 JAPAN | 81-47-3546381 | 81-47-3547643 |
| 27 | ASAKA RIKEN INDUSTRIAL CO., LTD. | 47 Masekuchi, Aza Kanaya, Tamuramachi, Koriyamashi, Fukushima, Japan. 963-0725 http://www.asaka.co.jp | 81-24-9444744 | 81-24-9444749 |
| 28 | Machines de Triages et de Byoyages | Quartier de la Gare 38460 TREPT France | 33-04-74928768 | 33-04-74929346 |
| 29 | VICOR GmbH | Wilhelminenhofstr. 76/77, 12459 Berlin http://www.vicor-berlin.de | 030/5388000 | 030/53880012 |
| 30 | TRENNISO-TECHNIK | Siemensstrasse 3, D-89264 Weissenhorn http://www.trennso-technik.de | 49-7309-96200 | 49-7309-962030 |

附表二 主要技術或設備供應商及國內代理商相關各公司之連絡資料(續 2)

| 項次 | 公司 | 連絡住址 | 連絡電話 | 連絡傳真 |
|----|---|---|-----------------|-----------------|
| 31 | HECKERT | D-09117 Chemnitz, Otto-Schmerbach-Strabe 19 http://www.heckert-umwelttechnik.de | 49-0371-8664100 | 49-0371-8664111 |
| 32 | ALD Thermo Technologies Far East Co., Ltd | Shinjuku Monolith 12F, 2-3-1, Nishi-Shinjuku, Shinjuku-Ku, Tokyo 16309, Japan | | |

參考文獻

- 1.翁文爐，廢有機溶劑回收之清潔生產-純化方法，清潔生產資訊第 25 期，民國 88 年 8 月。
- 2.蔡敏行編著，提煉冶金概論，成大授課教材，民國 91 年 1 月。
- 3.工業技術研究院能源與資源研究所，資源再生技術服務中心計畫期末報告，經濟部工業局，民國 79 年。
- 4.工業技術研究院能源與資源研究所，工業減廢技術擴散中心計畫期末報告，經濟部工業局，民國 84 年。
- 5.半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，民國 90 年。
- 6.董瑞安，廢筆記型電腦回收處理技術之評估研究—LCD 回收處理技術可行性評估，行政院環保署基管會，民國 88 年 6 月。
- 7.電子相關製造業廢水污泥之資源化，減廢資訊第 41 期。
- 8.氟化鈣污泥減量及資源化，減廢資訊第 41 期。
- 9.資源化工業輔導計畫，經濟部工業局，民國 91 年。
- 10.廢液晶顯示器處理再利用評估，永續產業發展雙月刊第 8 期，民國 92 年 4 月。
- 11.廢液晶面板處理及資源化技術探討，產業環保工程實務技術研討會，民國 91 年。

國家圖書館出版品預行編目資料

光電業資源化應用技術手冊：薄膜電晶體液晶顯示器
/經濟部工業局，財團法人台灣綠色生產力基金會編著
—初版—台北市；工業局，民 92
100 面 21×29.7 公分

ISBN 957-01-5898-0 (平裝)

1.工業廢棄物處理

445.97

92022305

光電業資源化應用技術手冊—薄膜電晶體液晶顯示器

編 著：經濟部工業局；財團法人台灣綠色生產力基金會

發行人：陳昭義

總編輯：曾聰智

編輯企畫：余騰耀、張啟達、鄭淑芬、黃重元、邱崇銘、劉曉蘭

編輯委員：江鴻銘、蔡尚林(依姓氏筆畫順序排列)

發行所：經濟部工業局

台北市大安區信義路三段 41 之 3 號

(02)2754-1255

<http://www.moeaidb.gov.tw>

出版所：財團法人台灣綠色生產力基金會

台北縣新店市寶橋路 48 號 5 樓

(02)2910-6067

<http://www.tgpf.org.tw>

出版日期：中華民國九十二年十二月初版

設計印刷：信可印刷有限公司

工 本 費：400 元

GPN：1009204410

ISBN：951-01-5898-0 (平裝)