

# 廢液晶顯示器面板回收處理之研究

馬雲風、李清華；張添晉

E-mail: 9806526@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

本研究主要是針對所收集之廢TFT-LCD(Thin flim Transistors Liquid crystal display)面板，利用不同方法包括：(1)酒精超音波震盪；(2)高溫灼燒；(3)液態氮浸泡；(4)破碎研磨；(5)單軸抗壓壓碎；(6)雙輪滾壓；(7)氫氧化鈉浸漬溶蝕等，來分離回收面板中之玻璃基板、偏光膜、彩色濾光片、銮金屬及液晶等組成材料。根據本研究結果顯示廢LCD面板中玻璃基板、偏光膜、液晶及銮之平均重量組成分別為76.95%、21.63%、0.92%及0.03%。另根據本研究之最佳成果得知，將初步碎裂後之LCD面板在6N氫氧化鈉，固液比0.02(0.5 g /25ml)，溫度70℃，浸漬時間1小時之浸漬條件下，可同時將廢LCD面板中之液晶、偏光膜、彩色濾光片與玻璃基板完全分離，並可將其中之銮金屬100%溶蝕於浸漬液中，而此含銮浸漬液經以鹽酸調整其pH值至8後，可將浸漬液中約60%以上之銮金屬予以沉澱回收。

關鍵詞：液晶顯示器、面板、銮、資源回收

## 目錄

封面內頁
簽名頁
授權書 iii
中文摘要 iv
英文摘要 v
誌謝 vi
目錄 vii
圖目錄 xi
表目錄 xvii

### 第一章 緒論 1

#### 1.1前言 1

#### 1.2研究目的 2

### 第二章 文獻回顧 3

#### 2.1 LCD面板概述 3

#### 2.2國內廢LCD處理現況 4

#### 2.3國外廢LCD處理現況 8

#### 2.4廢 LCD組成特性 10

#### 2.5液晶去除處理技術 12

#### 2.6偏光膜去除處理技術 12

#### 2.7彩色濾光片去除技術 13

#### 2.8銮金屬的介紹與特性 14

#### 2.9濕式冶煉法之介紹 15

##### 2.9.1預處理 16

##### 2.9.2溶蝕浸漬 16

##### 2.9.3固液分離 17

##### 2.9.4調整pH值 17

### 第三章 研究方法及設備 40

#### 3.1廢LCD面板之收集與成分分析 40

##### 3.1.1 ICP有價金屬全含量分析 41

##### 3.1.2比重分析 42

##### 3.1.3水份分析 43

##### 3.1.4灰份、可燃份分析 44

3.1.5廢LCD面板重量組成分析	45
3.2液晶去除處理方法與步驟	46
3.2.1超音波震盪去除方法與步驟	46
3.2.2高溫灼燒去除方法與步驟	46
3.2.3氫氧化鈉去除方法與步驟	46
3.3偏光膜去除處理技術方法與步驟	47
3.3.1液態氮方法與步驟	47
3.3.2高溫灼燒方法與步驟	47
3.3.3破碎研磨去除與步驟	48
3.3.4單軸抗壓壓碎機分離方法與步驟	48
3.3.5雙滾輪壓碎機分離方法與步驟	49
3.3.6氫氧化鈉分離方法與步驟	49
3.4彩色濾光片去除處理技術方法與步驟	50
3.4.1高溫灼燒去除方法與步驟	50
3.4.2破碎研磨去除方法與步驟	50
3.4.3氫氧化鈉去除方法與步驟	50
3.5鋼有價金屬溶蝕回收方法與步驟	51
3.6 pH調整方法與步驟	52
3.7訂定最佳廢LCD面板整合性資源回收及處理技術流程	53
第四章 結果與討論	64
4.1廢LCD面板收集	64
4.2廢LCD面板之性質分析	64
4.2.1 鋼全含量分析	64
4.2.2比重分析	65
4.2.3水份分析	66
4.2.4灰份及可燃份分析	66
4.2.5重量組成分析	66
4.3液晶去除處理結果與討論	68
4.3.1超音波震盪去除結果與討論	68
4.3.2高溫灼燒去除結果與討論	68
4.3.3氫氧化鈉去除結果與討論	71
4.4偏光膜分離處理結果與討論	72
4.4.1液態氮分離處理結果與討論	72
4.4.2高溫灼燒去除結果與討論	74
4.4.3破碎研磨分離結果與討論	79
4.4.4單軸抗壓壓碎分離結果與討論	82
4.4.5雙滾輪壓碎分離結果與討論	84
4.4.6氫氧化鈉分離結果與討論	85
4.5彩色濾光片去除處理結果與討論	89
4.5.1高溫灼燒去除結果與討論	89
4.5.2破碎研磨去除結果與討論	91
4.5.3氫氧化鈉去除結果與討論	92
4.6鋼有價金屬溶蝕回收結果與討論	93
4.6.1廢LCD面板A之浸漬溶蝕結果及討論	94
4.6.2廢LCD面板B之浸漬溶蝕結果及討論	95
4.7廢LCD面板B之最佳浸漬液pH調整結果與討論	96
4.8最佳廢LCD面板資源回收及處理技術	97
第五章 結論與建議	185
參考文獻	190

## 圖目錄

- 圖2-1廢LCD之建議拆解處理流程 27
- 圖2-2廢LCD中銻錫氧化物之建議回收流程 28
- 圖2-3廢LCD應用於製磚原料之流程 29
- 圖2-4廢LCD應用於混凝土骨材之流程 30
- 圖2-5將破裂後之LCD送入真空熱處理爐之情形 31
- 圖2-6熱處理後之殘餘玻璃基板情形 31
- 圖2-7廢LCD面板於焚化爐焚燒之處理流程 32
- 圖2-8廢LCD面板於冶煉爐冶鍊之處理流程 33
- 圖2-9廢LCD面板於冶煉爐冶鍊之處理情形 34
- 圖2-10日本Sharp公司對於廢LCD面板資源回收流程圖 35
- 圖2-11 LCD顯示器、模組與面板之外觀情 36
- 圖2-12液晶去除前之玻璃基板 37
- 圖2-13液晶去除後之玻璃基板 37
- 圖2-14人工刮除偏光膜之情形 38
- 圖2-15液態氮分離後的偏光膜與玻璃基板 39
- 圖3-1本研究之詳細研究流程 56
- 圖3-2本研究所使用LCD面板之外觀 57
- 圖3-3本研究使用之火焰式原子光譜儀 57
- 圖3-4本研究使用之功能掃描式電子顯微鏡 58
- 圖3-5本研究使用之冷凝迴流設備 58
- 圖3-6本研究使用之天秤 59
- 圖3-7本研究使用之威爾比重瓶 59
- 圖3-8本研究使用之烘箱 60
- 圖3-9本研究使用之高溫灰化爐 60
- 圖3-10本研究使用之超音波震盪器 61
- 圖3-11本研究所使用之PM100行星球磨機 61
- 圖3-12本研究使用之單軸抗壓壓碎機 62
- 圖3-13 LCD面板E之外觀情形 62
- 圖3-14雙滾輪壓碎機之構造示意圖 63
- 圖3-15本研究使用之抽器過濾幫浦 63
- 圖4-1本研究所使用LCD面板A、B、C、D之外觀 142
- 圖4-2 LCD面板A、B、C、D拆解後之前面板塑膠組成 143
- 圖4-3 LCD面板A、B、C、D拆解後前面板之玻璃基板 144
- 圖4-4 LCD面板A、B、C、D之液晶 145
- 圖4-5面板A、B、C、D拆解後後面板之玻璃基板 146
- 圖4-6面板A、B、C、D拆解後之後面板塑膠組成 147
- 圖4-7 LCD面板組成構造圖 148
- 圖4-8本研究液態氮分離偏光膜之情形 149
- 圖4-9 LCD面板A前面板液態氮分離偏光膜後之情形 149
- 圖4-10 LCD面板A後面板液態氮分離偏光膜後之情形 150
- 圖4-11 LCD面板B前面板液態氮分離偏光膜後之情形 150
- 圖4-12 LCD面板B後面板液態氮分離偏光膜後之情形 151
- 圖4-13 LCD面板C前面板液態氮分離偏光膜後之情形 151

圖4-14 LCD面板C後面板液態氮分離偏光膜後之情形 152  
圖4-15 LCD面板D前面板液態氮分離偏光膜後之情形 152  
圖4-16 LCD面板D後面板液態氮分離偏光膜後之情形 153  
圖4-17面板A研磨破碎後玻璃粉末重量隨時間變化之情形 153  
圖4-18面板A研磨破碎後偏光膜+玻璃基板重量隨時間之變化情形 154  
圖4-19面板B研磨破碎後玻璃粉末重量隨時間變化之情形 154  
圖4-20面板B研磨破碎後偏光膜+玻璃基板重量隨時間變化之情形 155  
圖4-21未經預壓且以300kg/cm<sup>2</sup>進行壓碎處理前之面板外觀 155  
圖4-22未經預壓且將以500kg/cm<sup>2</sup>進行壓碎處理前之面板外觀 156  
圖4-23未經預壓且將以700kg/cm<sup>2</sup>進行壓碎處理前之面板外觀 156  
圖4-24未經預壓且以1000kg/cm<sup>2</sup>進行壓碎處理前之面板外觀 157  
圖4-25經預壓且將以300kg/cm<sup>2</sup>進行壓碎處理前之面板外觀 157  
圖4-26經預壓且以500kg/cm<sup>2</sup>進行壓碎處理前之面板外觀 158  
圖4-27經預壓且以700kg/cm<sup>2</sup>進行壓碎處理前之面板外觀 158  
圖4-28經預壓且將以1000kg/cm<sup>2</sup>進行壓碎處理前之面板外觀 159  
圖4-29未經預壓且以300kg/cm<sup>2</sup>進行壓碎處理後之面板外觀 159  
圖4-30未經預壓且以500kg/cm<sup>2</sup>進行壓碎處理後之面板外觀 160  
圖4-31未經預壓且以700kg/cm<sup>2</sup>進行壓碎處理後之面板外觀 160  
圖4-32未經預壓且以1000kg/cm<sup>2</sup>進行壓碎處理後之面板外觀 161  
圖4-33經預壓且以300kg/cm<sup>2</sup>進行壓碎處理後之面板外觀 161  
圖4-34經預壓且以500kg/cm<sup>2</sup>進行壓碎處理後之面板外觀 162  
圖4-35經預壓且以700kg/cm<sup>2</sup>進行壓碎處理後之面板外觀 162  
圖4-36經預壓且以1000kg/cm<sup>2</sup>進行壓碎處理後之面板外觀 163  
圖4-37單片LCD面板樣品處理前之外觀情形(第一次) 163  
圖4-38單片LCD面板樣品處理前之外觀情形(第二次) 164  
圖4-39兩片LCD面板樣品處理前之外觀情形(第一次) 164  
圖4-40兩片LCD面板樣品處理前之外觀情形(第二次) 165  
圖4-41單片LCD面板樣品處理後之外觀情形(第一次) 165  
圖4-42單片LCD面板樣品處理後之外觀情形(第二次) 166  
圖4-43兩片LCD面板樣品處理後之外觀情形(第一次) 166  
圖4-44兩片LCD面板樣品處理後之外觀情形(第二次) 167  
圖4-45 LCD面板B前面板之原始外觀情 167  
圖4-46 LCD面板B前面板在氫氧化鈉浸漬10分鐘後偏光膜外觀情形 168  
圖4-47 LCD面板B前面板在氫氧化鈉浸漬20分鐘後偏光膜外觀情形 168  
圖4-48 LCD面板B前面板在氫氧化鈉浸漬30分鐘後偏光膜外觀情形 169  
圖4-49 LCD面板B前面板在氫氧化鈉浸漬40分鐘後偏光膜外觀情形 169  
圖4-50 LCD面板B前面板在氫氧化鈉浸漬50分鐘後偏光膜外觀情形 170  
圖4-51 LCD面板B前面板在氫氧化鈉浸漬60分鐘後偏光膜外觀情形 170  
圖4-52獲得乾淨之前面板玻璃基板外觀情形 171  
圖4-53 LCD面板B之原始外觀情形 171  
圖4-54 LCD面板B後面板在氫氧化鈉浸漬10分鐘後偏光膜外觀情形 172  
圖4-55 LCD面板B後面板在氫氧化鈉浸漬20分鐘後偏光膜

外觀情形 172

圖4-56 LCD面板B後面板在氫氧化鈉浸漬30分鐘後偏光膜

外觀情形 173

圖4-57 LCD面板B後面板在氫氧化鈉浸漬40分鐘後偏光膜

外觀情形 173

圖4-58 LCD面板B後面板在氫氧化鈉浸漬50分鐘後偏光膜

外觀情形 174

圖4-59 LCD面板B後面板在氫氧化鈉浸漬60分鐘後偏光膜

外觀情形 174

圖4-60獲得乾淨之後面板玻璃基板外觀情形 175

圖4-61 LCD面板B未分離前後面板原始外觀情形 175

圖4-62 LCD面板B未分離前後面板在氫氧化鈉浸漬10分鐘後

偏光膜外觀情形 176

圖4-63 LCD面板B未分離前後面板在氫氧化鈉浸漬20分鐘後

偏光膜外觀情形 176

圖4-64 LCD面板B未分離前後面板在氫氧化鈉浸漬30分鐘後偏光膜外觀情形 177

圖4-65 LCD面板B未分離前後面板在氫氧化鈉浸漬40分鐘後

偏光膜外觀情形 177

圖4-66 LCD面板B未分離前後面板在氫氧化鈉浸漬50分鐘後

偏光膜外觀情形 178

圖4-67 LCD面板B未分離前後面板在氫氧化鈉浸漬10分鐘後

偏光膜外觀情形 178

圖4-68獲得乾淨之前後面板玻璃基板外觀情形 179

圖4-69 LCD面板A在不同時間之錮回收率 179

圖4-70 LCD面板B之前面板在不同時間與固液比之錮回收率

180

圖4-71 LCD面板B之未分離前後面板在不同時間與固液比之錮

回收率 180

圖4-72 LCD面板B之前後面板在不同時間錮回收率 181

圖4-73 SEM-EDS分析LCD面板B浸漬溶蝕前之前玻璃基板

結果 181

圖4-74 SEM-EDS分析LCD面板B浸漬溶蝕後之前玻璃基板

結果 182

圖4-75鹽酸調整最佳浸漬液在不同pH值之錮沉澱回收率 182

圖4-76硝酸調整最佳浸漬液在不同pH值之錮沉澱回收率 183

圖4-77本研究建議之最佳廢LCD顯示器回收處理流程圖 184

## 表目錄

表2.1國內廢LCD資源回收技術調查結果彙整表 18

表2.2 LCD製造業者B之製程廢棄物處理情形 21

表2.3國外廢LCD資源回收技術調查結果彙整表 22

表2.4廢LCD模組之人工拆解組成分析 23

表2.5桌上型LCD顯示器、模組、面板之重量百分比 24

表2.6筆記型電腦、模組、面板之重量組成百分比 24

表2.7不同LCD面板之錒、錫全含量分析結果	25
表2.8不同溶劑去除液晶效果之比較	25
表2.9不同偏光膜分離方法之比較結果	26
表3-1高溫灼燒去除液晶、偏光膜、彩色濾光片之操作因子與操作條件	54
表3-2破碎研磨分離偏光膜、彩色濾光片之操作因子與操作條件	54
表3-3單軸抗壓壓碎機分離偏光膜之操作因子與操作條件	55
表3-4浸漬溶蝕各項操作因子與操作條件	55
表4-1不同廢LCD面板之錒全含量分析	99
表4-2 LCD面板A、B、C、D之比重、水份、灰份、可燃份分析結果	99
表4-3 LCD面板A、B、C、D重量組成分析	100
表4-4乙醇超音波震盪去除液晶之情形	101
表4-5高溫灼燒處理LCD面板A前面板之結果	102
表4-6高溫灼燒處理LCD面板B前面板之結果	103
表4-7高溫灼燒處理LCD面板B後面板之結果	104
表4-8高溫灼燒處理LCD面板B未分離前後面板之結果	105
表4-9高溫灼燒處理LCD面板C前面板之結果	106
表4-10高溫灼燒處理LCD面板C後面板之結果	107
表4-11高溫灼燒處理LCD面板C未分離前後面板之結果	108
表4-12高溫灼燒處理LCD面板D前面板之結果	109
表4-13高溫灼燒處理LCD面板D後面板之結果	110
表4-14高溫灼燒處理LCD面板D未分離前後面板之結果	111
表4-15 LCD面板C在不同時間下之液晶去除情形	112
表4-16 LCD面板D在不同時間下之液晶去除情形	112
表4-17 LCD面板A、B、C、D經液態氮浸泡之偏光膜分離效果	113
表4-18面板A破碎研磨處理之情形	113
表4-19不同時間下LCD面板A玻璃粉末與偏光膜+玻璃基板之重量變化情形	116
表4-20面板B於不同破碎研磨時間下之處理成效	117
表4-21不同時間下LCD面板B玻璃粉末與偏光膜+玻璃基板之重量變化情形	119
表4-22不同單軸壓力下LCD面板E之玻璃分離效率	119
表4-23 LCD面板E玻璃經單軸抗壓壓碎機處理後之綜合彙整	120
表4-24單片與兩片之LCD面板經滾壓後之玻璃分離率	122
表4-25 LCD面板E經滾壓後之綜合彙整情形	123
表4-26面板C前後未分離面板氫氧化鈉浸漬之偏光膜分離情形	124
表4-27面板D前後未分離面玻璃基板與偏光膜分離情形	126
表4-28高溫灼燒LCD面板A去除彩色濾光片之成效	128
表4-29高溫灼燒LCD面板B去除彩色濾光片之成效	129
表4-30高溫灼燒LCD面板C去除彩色濾光片之成效	130
表4-31高溫灼燒LCD面板D去除彩色濾光片之成效	131
表4-32面板A於不同破碎研磨時間下之彩色濾光片去除成效	132
表4-33面板B於不同破碎研磨時間下之彩色濾光片去除成效	134
表4-34 LCD面板B彩色濾光片之氫氧化鈉浸漬去除情形	136
表4-35 LCD面板C彩色濾光片之氫氧化鈉浸漬去除情形	138
表4-36 LCD面板D彩色濾光片之氫氧化鈉浸漬去除情形	140
表5-1本研究採用各項廢LCD面板處理方法之成效彙整	189

## 參考文獻

- 1.2007資訊工業年鑑編纂小組，2007年7月，2007資訊工業年鑑2.高瑛紘等，2008年7月，“液晶面板製造業廢棄物資源化現況評析”，綠色生產利通訊13期3.行政院環保署資源回收基管會網站 <http://recycle.epa.gov.tw/epa/index.asp>4.商品價格網網站 <http://price.mofcom.gov.cn/commprice/site/index.jsp>5.顧鴻壽，2004，年光電液晶平面顯示器-技術基礎及應用6.董瑞安等，1989，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，計畫編號:EPA-88-HA21-03-0006，行政院環保署7.Lin, Kae Long (2007), Use of Thin Film Transistor Liquid Crystal Display (TFT-LCD) Waste Glass in the Production of Ceramic Tiles, Journal of Hazardous Materials, Vol. 148, pp. 91-978.Lin, K. L. (2007) The Effect of Heating Temperature of Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display (TFT-LCD) Electric-Optical Waste Glass Substitute Partial Clay as Eco-Brick, Journal of Cleaner Production, Vol. 15, pp. 1755-17599.劉毅弘，2003，“廢液晶面板處?技術簡報”，處理技術講習會專題報告，工研院環安中心廢棄物處理及資源化組10.李清華等，2003年8月，“廢液晶顯示器之資源回收處理裝置方法”，中華民國專利(No.177064)11.李清華等，2007年9月，“從廢玻璃基板中回收錫氧化物鍍層之方法”，中華民國專利(No.1286953)12.隋學光副處長，2003，“廢液晶面板處?技術簡報”，電再生股份有限公司13.李清華等，2004年7月，“廢液晶顯示器資源再生處理技術評析”，工業污染防治季刊，第91期，pp.138-15014.Roland Martin, Brigitte Simon-Hettich, Werner Becker,，“Safe Recovery of Liquid Crystal Displays(LCDs) in compliance with WEEE”，ELECTRONICS GOES GREEN,2004 in Berlin15.日本sharp 網站 <http://www.sharp.co.uk/page/recyclingtechnologies>16.李清華等2006年7月，“廢液晶顯示器錫、錫之分析研究”工業污染防治季刊，第99期，pp.51-6717.蔡尚林，2004，電子產品廢料資源化處理，第一屆兩岸資源再生處理規範實務技術論壇-零廢棄物的展望研討會論文18.李清華等，2005，廢液晶顯示器資源回收研究結案報告19.銀冠科技網站 <http://www.s-925.com/page33-In.htm>20.柯清水，2000，新世紀化工化學大辭典，正文書局21.提煉冶金概論講義，成功大學資源工程學系，葉敏行，2002年1月22.張雅婷等，2008，銻金屬資源與目前資源化處理技術之探討，資源與環境學術研討會論文集，pp.291-30023.高瞻計畫資源平台網站 <http://highscope.ch.ntu.edu.tw/?p=72424>.行政院環保署環境檢驗所網站 <http://www.niea.gov.tw/25>.曹簡禹、黃定加，1984，物理化學實驗學26.李文鐘，1974年10月，選礦學，世界書局印行27.M.A. Barakat, 1997, Recovery of lead, tin and indium from alloy wire scrap28.Bina Gupta?, Akash Deep, 2004, Poonma Malik,Liquid – liquid extraction and recovery of indium using Cyanex 92329.Bina Gupta ?, Niti Mudhar, Indu Singh, 2007, Separations and recovery of indium and gallium usingbis(2,4,4-trimethylpentyl)phosphinic acid (Cyanex 272)30.李清華、秦丘翰、蔡尚林，2007，廢映像管螢光粉資源回收之研究結案報告，國科會31.李清華、陳慧億、蔡尚林，2008，無鉛含銀焊錫渣資源再生之研究，大葉大學碩士論文