

# 廢光碟片回收處理技術之探討

劉敏信<sup>1</sup>、陳文裕<sup>2</sup>

1 朝陽科技大學環境工程與管理系副教授

2 朝陽科技大學環境工程與管理系碩士在職專班研究生

## 摘要

光碟片乃是利用光能進行記錄與讀取之儲存媒體，具有高記錄容量及密度、雜訊小、壽命長、體積小、攜帶方便、成本低、且讀取時能不受表面灰塵影響等優點，光碟片使用範圍相當廣泛，可記錄和讀取包括文字、圖形、影像、聲音、視訊及動畫等資料，已成為各項電腦資訊主要的儲存媒體。光碟片主要材質為聚碳酸酯，此種熱塑性塑料具有優良的強度、尺寸安定、電絕緣、耐熱、透明等特性。

台灣光碟片年產量約五十五億片，居全球之冠（約佔八成），國內消費量超過八億片，而各生產廠之不良率因產品項目不同而有所差異，一般約在 5% 至 8% 之間，因此廢棄之光碟片不良品每年約有六億片，重量約達 4,200 噸以上。光碟片本身主要材質為聚碳酸酯，且在表面上含有鋁、金、銀、銅等重金屬，如果送到焚化爐處理，容易產生戴奧辛及重金屬的污染，送至掩埋場處置，則光碟片歷經幾十年都不會腐化，況且聚碳酸酯之回收二次料及廢光碟片中所含的貴重金屬，均具有相當高的回收價值。本文係針對廢光碟片料頭及貫碎不良品、染色失敗、濺鍍失敗、印刷報廢片、品管不良品等，探討國內外廢光碟片現有回收處理技術，包括濕式處理、乾式處理（研磨法、噴砂法）等，以及其回收率、回收處理過程中所造成的污染問題，藉此改良現有回收處理技術，或研發新的回收處理技術，以提升回收率，使回收處理過程中所造成的污染問題能降至最低，減少對環境的衝擊，並提高其回收的經濟價值。

關鍵詞：廢光碟片、聚碳酸酯、回收處理技術

## 一、前言

聚碳酸酯(Polycarbonate, PC)自從德國拜耳(Bayer)公司對由化學家 Hermann Schnell (1916-1999 年)開發出來的產品申請專利以來，近半個世紀期間，這種熱塑性塑料具有優良的強度、尺寸安定、電絕緣、耐熱、透明等特性，常用以製造各種電子構造零件、電氣機械類外殼、照明用零件等，約佔 40~60%。另外，在膜、板等消費量約佔 15%；用於食品包裝、電絕緣用等則佔約 10%。PC 的應用在日本以押出薄膜為主；在美國則以厚板為主，大量用於窗玻璃、車門、軍用等；而德國的注型膜、板則常用於照相底片、電絕緣、玻璃代用品上。

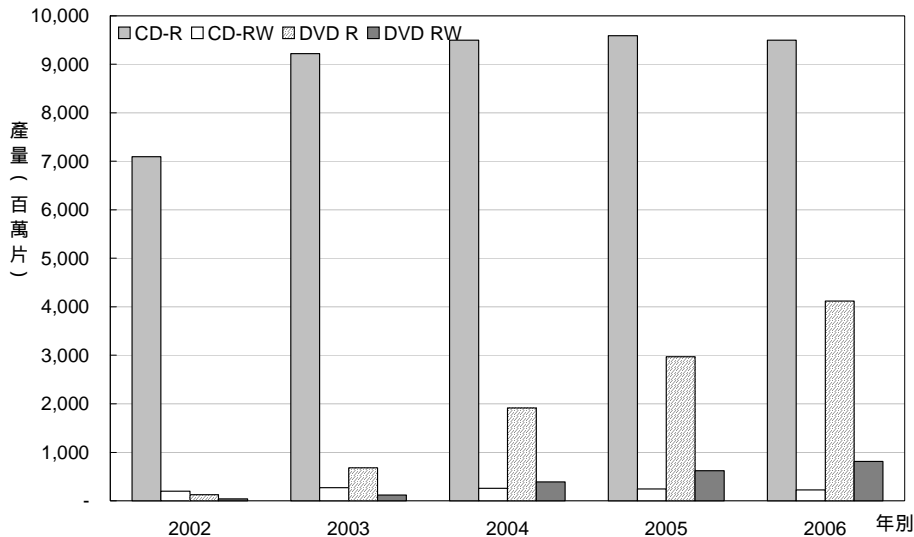
1980 年荷蘭的飛利浦(Philip)公司利用拜耳的“模克隆”聚碳酸酯製成新音樂介質的第一個原型，與日本的 SONY 公司共同發表音樂 CD 以來，就開啟了光碟的新紀元。

光碟片(Compact Disk, CD)是利用光能來做記錄與讀取之儲存媒體，具有高記錄密度(容量大)、雜訊小、壽命長、體積小、攜帶方便、成本低、且讀取時能不受表面灰塵影響等優點，其使用範圍相當廣泛，可記錄和讀取包括文字、圖形、影像、聲音、視訊及動畫等資料，已成為音樂、影片、遊戲軟體及電腦資訊主要的儲存媒體。記錄型光碟片亦是利用訊洞記錄資料，然該訊洞並非由基材射出成型所產生，而是由光碟片在反射層與基板之間塗佈一層有機染料(Dye)所產生，此層會吸收雷射光後轉換成熱能，並造成局部高溫使染料軟化變形即成為燒孔，在預製溝槽(Pre-Groove)中形成訊洞，利用這些訊洞將資料存入。

## 二、光碟片之製造與特性

目前國內光碟製造廠主要有鍊德、中環、精碟、利碟、巨擘、佳錄、國碩、訊碟、大銳、博新、海麗、激態、恩基、金碟、倚天、達信等，就地區分佈而言，多集中在北部地區，尤以台北及新竹一帶最為密集。以產能而言，台灣為全球最大 CD-R 光碟片產國，其中鍊德公司，產能已佔全球的 30% 以上，是全球最大 CD-R 光碟片製造商，而中環公司產能亦佔全球的 20% 以上，兩大公司產能合計已佔全球總出貨量的一半以上。寫錄一次的 DVD 光碟片，2002 年鍊德因獲 Ricoh 移轉 DVD+R 光碟片訂單，產量一路領先；中環擴產積極，產能規模已逼近鍊德，2003 年兩家市佔率分居前二大廠。

複寫型的 DVD 光碟片，鍊德延續於 2003 年仍為市佔率最大的廠商。中環停止 DVD-RAM 光碟片的生產，全力擴充 DVD-RW 與 DVD+RW 生產，自 2002 年第十大，躍為 2003 年全球第二大廠。若將三規格分開而視，DVD-RAM 產量最大的是 Matsushita，DVD-RW 為日本 JVC，至於 DVD+RW 則以鍊德居冠。自 2002 年以來預估至 2006 年各種 CD 產量狀況<sup>[1]</sup>如圖 1 所示。



資料來源：工研院 IEK-ITIS 計畫 (2004/05)

圖 1 2002 年至 2006 年全球空白片產量

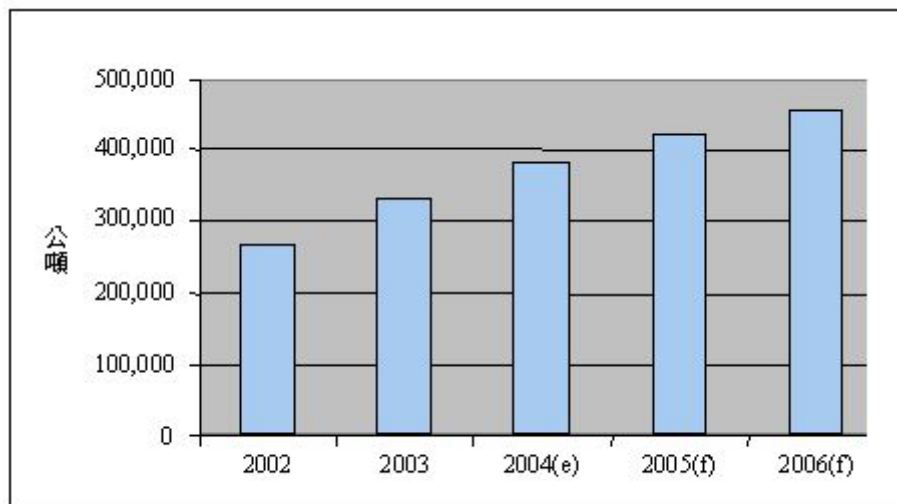
廣義而言，光碟片產品依記錄方式可分為光記錄及碟記錄兩種，本文所稱之光碟片係指光記錄一類。而光記錄媒體依記錄原理不同，又分成唯讀型光碟片(CD-ROM)、可記錄型(僅寫一次型)光碟片(CD-R)、可重覆讀寫型光碟片(CD-RW)。若依基材劃分，則可分為鋁片(CD-ROM、VCD)、金/銀/銀鈦片(CD-R)、CD-RW、DVD 等大類，其材質包括反射層金屬及光碟片基材塑膠片(聚碳酸酯)<sup>[2]</sup>。

- CD-R：標準型 12 公分為(80 分鐘/700MB) (90 分鐘/800MB)  
音樂專用 120 mm (80 分鐘/700MB)  
12 公分為(21 分鐘/185MB) (24 分鐘/210MB)  
名片型(5 分 50 秒/50MB)
- CD-RW：標準型 12 公分為(74 分鐘/650MB) (80 分鐘/700MB)  
音樂專用 120 mm (74 分鐘/650MB) (80 分鐘/700MB)  
8 公分(21 分鐘/185MB) (24 分鐘/210MB)  
可重複讀寫 1,000 次、易存取
- DVD-R：12 公分為(120 分鐘/4.7GB 單面儲存) (240 分鐘/9.4 GB 雙面儲存)  
可寫一次 DVD 光碟
- DVD-RW：12 公分為(120 分鐘 VIDEO 在標準模式下/4.7GBDATE)  
可重複讀寫 1,000 次
- DVD+R：12 公分為(60-120 分鐘/4.7GB 單面儲存)  
可燒錄一次 DVD 光碟
- DVD+R Double Layer：12 公分為(4-6 小時/8.5GB 單面雙層)

### 可燒錄式單面雙層 DVD+R 光碟

- DVD+RW：12 公分為(120 分鐘 VIDEO 在標準模式下/4.7GBDATE)  
可重複讀寫 1,000 次
- DVD-RAM：9.4 GB 雙面燒錄/4.7GB 單面燒錄  
5.2 GB 雙面燒錄/2.6GB 單面燒錄  
可重複讀寫 10,000 次
- MO：230 MB、640 MB 可重複讀寫 1,000,000 次
- MD：74 分鐘(立體音響)、80 分鐘(立體音響) 可重複讀寫 1,000,000 次
- Blu-ray HD-DVD：以近場光學-藍光雷射，波長 405nm 為讀寫頭容量可達至 27GB<sup>[3]</sup>

目前光碟基材的主流材料 99% 以上是使用光學級聚碳酸酯(PC)樹脂，無論就透光性、機械強度、吸水率等化學特性，或由其價格與成形加工的技術及成本來看，PC 樹脂皆是目前基板最佳材料之首選；至於非晶質之烯烴聚合物(Olefins Polymer)與聚甲基丙烯酸甲酯樹脂只佔整體市場 1% 左右。2002 年全球光碟用 PC 樹脂需求量为 267,270 公噸，2003 年需求成長到 333,920 公噸，預計 2004 年需求量为 384,520 公噸，2002 年至 2006 年間全球光碟用聚碳酸酯樹脂的需求量<sup>[4]</sup>如圖 2 所示。



資料來源：工研院 IEK-ITIS 計畫(2004/04)

圖 2 2002 年至 2006 年間全球光碟用聚碳酸酯樹脂的需求量

一般而言，PC 樹脂因具有水氣，必須先經乾燥箱烘乾再置入射出成型機，以避免碟片射出產生空氣，而形成基材不勻稱。一般而言，其分子量必須控制在 14,000 16,000 之間，以免射出成形時造成分子排列改變而增加折射率，再加上須考慮流動性，以適用於光碟生產控制。

光碟片在材質上主要可分成鋁片(CD-ROM、VCD)、金/銀/銀鈦片(CD-R)、CD-RW、DVD 等類，可資源回收的物質有反射層金屬及光碟片基材 PC 塑膠片，CD-R 製造初期因金片較多，

故回收方向一直朝回收金為前提。近年來，因 CD-R 金片幾已被銀片所取代，且 PC 的價格一直持續上漲，回收的方向故而轉向 PC 塑膠的再利用。PC 不論其化學特性、電氣特性、防火特性、耐衝擊性種種特性均優於其他泛用塑膠，可說是塑膠界中的貴金屬物質<sup>[2]</sup>。

### 三、 廢光碟片來源及種類

目前台灣的光碟產量約 55 億片，居世界之冠，其中 47 億片外銷，8 億片內銷。廢光碟來源主要有二：一是製造過程中所產生的不良片，比率約為 5% 至 8%，大約有 3 至 4 億片之間。另一來源是使用後報廢片，詳細數量難以估計，但依目前燒錄機之普及情形看來，數量極為驚人，每年民間報廢約 8 億片，總計廢光碟片約有 12 億片之譜。

國內廢光碟片之處理，大致是以製造廠產生之不良品為主要來源，處理產品之分級則是由不同製程中產生之廢品性質來歸類。由製程之分段可以將廢光碟之產生分為以下三個不同的程序<sup>[5]</sup>：

1. 由 PC 原料經射出成型機射出成型至蒂頭下腳料切除的過程所產生的廢品，都被歸類為 A 類。
2. 而當 CD 成型時，再經由染色之程序後的光碟片廢品則被歸類為 B 類。
3. 完成染色之光碟繼續經過薄膜濺鍍或經過噴塗瓷漆之後，此時所產生的廢品則為 C 類

廢光碟片形式可分成白片(料頭、貫碎不良品)、染色片、鍍金廢片、鍍銀廢片、鋁片。而以形狀可分成完整圓片，碎片二種。另於製造業以報廢情形可分為料頭及貫碎不良品、染色失敗、濺鍍失敗、印刷報廢片及品管不良品<sup>[2]</sup>。

### 四、 國內廢光碟片回收情形

根據環保署的評估，台灣每年不要的光碟片大約有六千萬片之多。光碟片本身含有 PC 塑膠與金、銀、銅等重金屬，如果送到焚化爐容易產生戴奧辛的污染，用掩埋場掩埋，光碟可是好幾十年都不會腐化，對環境造成的影響衝擊極大。為了避免廢棄光碟片造成環境的負擔，環保署公告光碟片列為資源回收項目之一，透過資源回收四合一體系回收廢光碟片。包括由

- 地方清潔隊在資源回收日回收
- 由販賣點、社區、學校、公司團體等機構設置定點回收
- 由回收商進行回收
- 由販賣光碟片的商家進行逆向回收。

冀望透過觀念的宣導認同，讓民眾不要再把光碟片丟到一般垃圾桶裡，而是能讓廢光碟物盡其用。

環保署曾經在 2001 年在大台中地區試辦過光碟回收，由回收廠商在電腦賣場設置回收桶，鼓勵民眾把不要的光碟丟出來，但試辦結果卻是三個月後無疾而終。原因就是民眾光碟回收的觀念仍然不普遍，回收量有限下，造成回收廠商不敷成本，計畫只得暫停。

## 五、國內廢光碟片資源化處理技術

廢光碟片在自然界為安定無害之物質，其處理方式若以簡便考量，以目前之焚化、掩埋均可達成無害化之處理目標，但由於其材質均為高價值之資源，不僅將可用資源浪費掉，也造成在處理過程中另一種型式的污染。故選擇資源再利用方式為必要之趨勢。以目前台灣廢光碟處理方式而言，大都針對上述 C 類之廢光碟預作處理，而 A 類（透明料）及 B 類（染色料）大都不再經過處理，直接以原料或次級料充當光碟片之原料或其他塑料之填充料。而 C 類廢光碟處理方式大致可以分為以下幾種<sup>[5]</sup>：

乾式處理方式：包括破碎、刨除、噴沙等方法<sup>[2][5][6]</sup>，處理流程如下：

自動進料系統 → 研磨 → 風乾 → PC 料

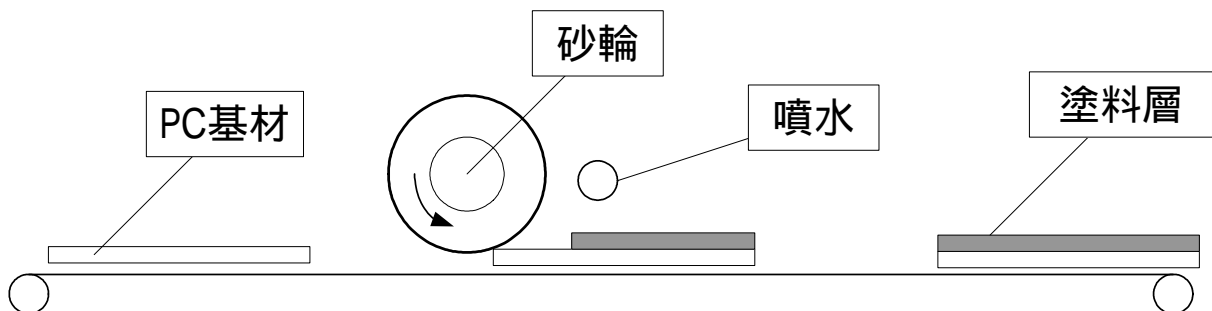
### 1. 破碎法

先將廢光碟以破碎機粉碎成約 3~5 mm 左右粒片，使用稀釋後苛性鈉溶液浸泡被粉碎的 PC 碎片，以溶解保護膠層，此方式被稱為「去塗層」，之後再經過強酸液加熱浸蝕，藉此以剝離光碟上的金屬鍍層。

其處理之後的浸蝕液中含有高濃度重金屬，必須經過妥善的處理，否則將嚴重污染環境。以目前國內之處理機構而言，破碎法是最普遍被採行之處理方式，然而酸洗廢液之處理則是必須優先考量，且在破碎的過程中，對於浸蝕液處理過程中光碟片基材聚碳酸酯是否將形成作用而破壞其材質的部分，亦須注意其結果。

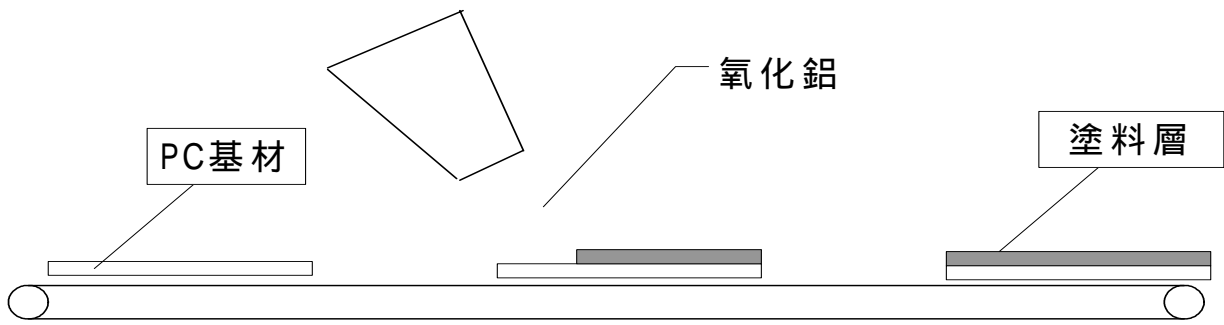
### 2. 刨除法

利用鋼絲或砂輪等各種不同的研磨輪，對廢光碟的濺鍍金屬層高速研磨來刷除其鍍層，其作業過程也將造成金屬鍍層粉末的污染問題，其後續的集塵系統以及處理方式，都將是對環境衝擊評估時宜考慮之重要因素。刨除法之過程如下圖所示。



### 4. 噴砂法

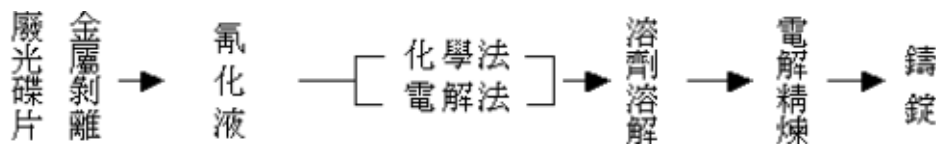
利用鋼珠(砂)以高壓空氣噴刷廢光碟表面鍍層，藉以分離鍍層及基材，此一處理方式則是必須考慮如何將刷除之表面金屬鍍層與混合之砂分離、分選以及後續的處理。噴砂法之過程如下圖所示。



濕式處理方式：

依目前的發展，國內處理技術日趨成熟，而成本較經濟的方法為氰化剝離技術，其處理流程圖例如下圖，並詳細說明如後。諸如許多電子廢料可以化學法或電解法剝離，含金配件浸入於商業性的金剝離液（氧化劑 / 氰化液 + 抑制劑：KCN 溶液濃度 15% 以上）中，加以攪拌（溫度控制 50~60 ），剝離時間為 15 秒至 15 分，即可剝離出大量的金、銀；另外可再以 60% 以上之乙醇清洗，每 5 分鐘置換另一槽，連續自動化生產 PC 料<sup>[2][5][6]</sup>。

而金剝離液所含之貴重金屬再以化學法/電解方式回收，其回收重金屬處理流程如下圖：



## 六、國外目前處理處置狀況

### 1. 德國公司

在歐洲德國光碟片之回收處理有先進之專利處理技術研發，且於歐陸亦設有一資源回收技術處理中心，從事廢光碟片之處理。拜耳公司本身即為光碟片基材 PC 之最大供應商，為滿足日益增加訂單之需求，該公司不但於亞洲之泰國設廠生產原料，亦計畫於中國大陸籌設新廠，並為亞洲巨大廢光碟產量之前景預作準備，正積極規劃亞洲資源回收技術處理中心<sup>[2][5][6]</sup>。

### 2. 日本 SONY 公司

日本目前之光碟回收處理是以製造商回收為主，以 SONY 公司為例；其處理方式也是以破碎法為主，但不考量以酸洗去除外層保護層及濺鍍金屬層，破碎後磨粉直接熱融，擠壓成條狀後造粒，可充當其他塑料之參配，亦可充當二次料，塑模製成環保光碟攜帶匣等<sup>[2][5][6]</sup>。

## 七、資源化處理技術比較

廢棄物清理法中，廢光碟片分類於有害事業廢棄物-含電鍍金屬之廢塑膠，其成分含聚碳酸酯量約 98.8%、印刷油墨及染料量約 0.5-1%、金屬反射層量約 0.007-0.18%<sup>[7]</sup>，以前述處理技術方法回收效率，經過訪查研究在臺中縣境內兩家申請甲級廢棄物處理廠試操作的處理情形，最後研究整理其回收效率如表 1 所示<sup>[7][8]</sup>。

表 1 廢光碟成份以各種處理技術方法回收效率之比較

	聚碳酸酯	貴重金屬	廢棄物
破碎法	95-97%	0.03-0.05%	3-5%
刨除法	93%	0.03-0.05%	9.7%
噴砂法	90%	0%	10%
化學法/電解方式回收		3-5%	95-97% 精煉部份

有關兩種方法之比較，乾式處理法之特性為：適用片種多(較不具選擇性)、自動化程度高、處理單純但耗損率大(每片約 0.5 克)；而濕式處理法之特性為：耗損率小、處理量高、回收金屬較容易且設備成本便宜，但污染性較高、選擇性大(不同片種須以不同處理方式)<sup>[2][5][6]</sup>。

## 八、結語

廢光碟片處理後衍生之資源化產品，主要有聚碳酸酯(PC)塑膠及貴重金屬(金、銀等)，PC 為工程塑膠，用於電氣、機器工業用、日用雜貨品，具優良的強度、尺寸安定性、電絕緣性、耐熱性、透明性等特性，主要用於電器，佔 40~60%。膜、板等押出製品佔 15%，雜貨約佔 10%<sup>[5]</sup>。

以德國拜耳公司在 PC 回收料之用途上，主要應用於三方面；(1)再出售：將處理完的 PC-CD 料再出售給下游廠商供射出及混合用。約佔 15%的回收用途量；(2)再製料：將 PC-CD 回收料與較高分子量的 PC 混合，配製成不同成品規範供客戶再利用射出成品，此一用途佔拜耳回收料用途的 65%；(3)塑膠合金(PC+ABS)：將 PC 回收料與不同性質之塑膠結合製成塑膠合金以保有兩方材質之優點，此一用途約佔拜耳回收料之 20%<sup>[2][5][6]</sup>。

目前我國為世界光碟片之製造王國，且民眾對於電子資訊物品的接受度高，在各類光碟片產品之大量使用下，廢光碟片之廢棄清理為必須面對的問題，設計完善之回收處理通路，從回收點的鋪設到處理機構之設立進行規劃，將可創造足以傲視全球的重要成績。另外國內具有甲級有害事業廢棄物處理執照可從事廢光碟片的回收處理廠商僅有數家，處理量顯然不足，尚有太多廢光碟片遭到不當的處置。

本文係針對國內外廢光碟片現有回收處理技術，在其回收率、回收處理過程中所造成的污染問題，作初步的探討，以期改良現有回收處理技術，或研發新的回收處理技術，達到更高回收率，並且將回收處理過程中所造成的污染問題降至最低，減少對環境的衝擊，並提高其回收的經濟價值。

## 四、參考文獻

1. 黃欣怡，“CD 空白片未退燒，DVD 繼之又起”，ITIS 產業評析(2004/05)。
2. 鄭宏德、張正平，“廢光碟片之產生現況及處理技術介紹”，臺灣環保產業雙月刊，16



期(2002)。

3. 蔡松雨，“藍光碟的發展”，工業材料雜誌，188 期，第 113-119 頁(2002)。
4. 張寶華、葉仰哲，“全球光碟片用 PC 樹脂市場 C”，ITIS 產業評析(2004/04)。
5. 王家祥，“國內外廢光碟處理概況”，綠色技術 e 報 23 期 (2002/03)。
6. 鄭宏德、龔俊豪，“國內廢光碟片資源化處理技術介紹”，臺灣環保產業環保產業專欄，第 5-7 頁(2002)。
7. 惠家電實業股份有限公司，“申請甲級廢棄物處理廠同意設置文件”，臺中縣環境保護局 (2003/03)。
8. 豐和環保科技股份有限公司，“申請甲級廢棄物處理廠同意設置文件”，臺中縣環境保護局(2002/09)。

# Resource Recovery of Waste Compact Disc

Min-Hsin Liu and Wen-Yu Chen

Department of Environmental Engineering and Management  
Chaoyang University of Technology

## Abstract

The high-frequency modulated signal produced by the changes in laser light intensity usually represents the data stored on compact disc. Compact disc holds the benefit of high density, high performance, compact, durability, low noise signal, low cost and surface stability prevented from particulate in air. Compact disc, a digital medium, is primarily formed by a 12 cm polycarbonate substrate, a reflective metalized layer, and a protective lacquer coating.

The annual production of compact discs in Taiwan is about 5.5 billion, or about eighty percent in the world. The annual waste compact disc produced is about 0.6 billion pieces, approximately 4,200 tons. The major materials of waste compact disc are transparent polycarbonate polymeric substrate and a thin reflective layer of metal that will create pollution scenarios when those materials are treated in incinerator or disposed in landfill. Polycarbonate and reflective metals, however, can be recycled as useful resource materials. The recovery technologies of waste compact discs include chemical recovery method, melt filtration or mechanical separation method of granulating, blending and compounding the materials into a high quality injection moulding grade polycarbonate for use in a multitude of applications. This paper discusses not only the efficiencies and environmental impact issues of these recycling technologies, but also the improvement of the technologies.

**Key Words:** Waste Compact disc, Polycarbonate substrate, Recovery technology