

廢映像管資源化技術

關家倫* 鄭智和** 楊致行***

摘要

映像管是電視及顯示器的主要元件，隨著電視及電腦使用量的持續成長，全球每年映像管的產量已達6千萬支。雖然映像管豐富了我們的生活，但是當映像管隨著電視及顯示器成了廢棄物時，其中所含的有害物質對環境造成另一種危害。

隨著廢電子電器產品的處理/資源化問題受到重視，廢映像管如何資源化亦受到矚目，全球以德國映像管的資源化技術最為先進，在德國設有映像管資源化的工廠約有十幾家，這些工廠的資源化流程大同小異，各廠的資源化技術都以提高映像管中各種材料的分選效率為目標，由於目前這些資源化工廠尚須仰賴額外的補貼才有辦法維持營運，因此映像管的資源化技術尚有很大的研發空間。

為使得映像管能夠達到100%資源化的目標，除了從事資源化工作的產官學各界均需繼續努力外，映像管製造工廠及其上游材料(如映像管玻璃)製造工廠也須投入心力於映像管的資源化上，並能在產品設計上將易拆解、易回收、易資源化等為環保而設計的理念注入其中，如此，才能徹底把映像管資源化的工作做好，也能使我國映像管製造產業永續經營。

【關鍵字】

1. 映像管(Cathode Ray Tube)
2. 資源化(Recovery)
4. 顯示器(monitor)

*工研院化學工業研究所副工程師

**工研院化學工業研究所環境科技組減廢及再生技術研究室主任

***工研院化學工業研究所環境科技組組長

一、前　　言

映像管英文名為Cathode Ray Tube，簡稱CRT，是一種電子管，其電子束可以聚焦在一個很小的區域內，而且可以在螢幕上變換顯示位置及強度，一般可分為單色及彩色兩種。映像管最早應用於電視，之後隨著電腦的普及，更廣泛用於顯示器(monitor)，據統計全球映像管的年產量每年將近6千萬支，其中用於顯示器者達到5千萬台。

映像管雖然豐富了我們的生活，但是當這些映像管隨著電視及顯示器成了廢棄物時，其中所含的有害物質對環境造成不小的影響。有鑑於此，在國外已有國家針對廢家電的回收處理訂定相關法令來管理，映像管的資源化技術也漸漸受到矚目。映像管中除了有含稀有金屬的塗料及螢光劑外，所採用的畫面(panel)及圓錐玻璃(funnel)中含Pb、Ba等金屬。此外，在管制全球有害廢棄物輸出入的巴塞爾公約中也將映像管玻璃列入其優先管制之清單A中，更凸顯出建立映像管資源化技術的重要性。

本文首先簡介映像管的組成及組裝流程，再介紹目前德國、日本與國內的廢映像管的處理/資源化現況，最後，對於廢映像管的資源化提出結論及建議。

二、映像管的組成與製程

1.1 映像管的組成

映像管的組成可分為電子槍(gun)、偏向軛(yoke)、圓錐玻璃(funnel)及畫面玻璃(panel)、蔭罩(mask)及螢光粉(fluorescent)，各部份所佔的重量如圖1所示。映像管所用到的材料，雖然隨著技術的演進稍有更改，但變化並不大。表1～3即為彩色及單色映像管的材料組成。其中螢光物質由於各廠商使用的種類型號廠牌不同，因此稍有出入。表4彙整了映像管中各部份所含的特殊物質及特徵，其中除了塗料及螢光物質為稀有金屬外，圓錐玻璃中含約20%的Pb，畫面玻璃中含約13%的Ba，這些物質增加了映像管處理的困難度。

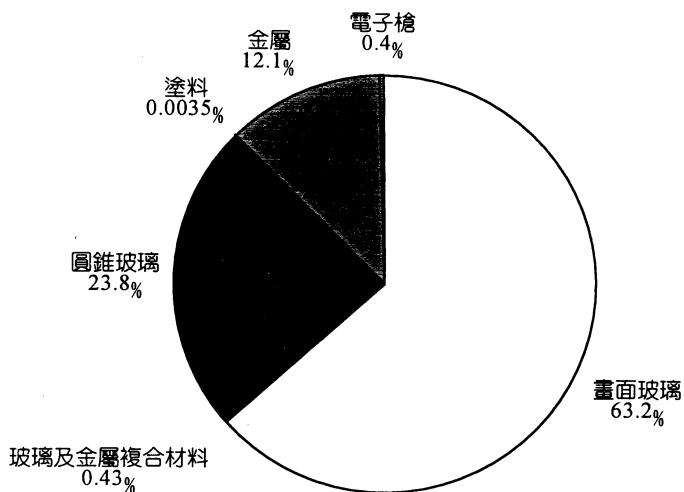


圖1 映像管各部零件組成比例

表1 彩色電視映像管組成(A)：總重約25.5kg

物件名	重量	組成
玻璃	22.9 kg	1.9kg BaO、1.4kg PbO、0.5kg SrO、84g SbO及SiO ₂ 等一般玻璃成分、並有少量的PbO、ZnO
金屬	1.5 kg	主要為鐵，其他為鎳鉻
螢光物質	6 g	ZnS、YO、浸有4%Eu、0.1g CdS
BiO ₂	0.7 g	BiO ₂
偏向單元	1kg	0.45kg的Cu、0.45kg的金屬陶瓷複合材料及0.1kg的塑膠

表2 彩色顯示器映像管組成(B)：總重約6.7kg

物件名	重量	組成
玻璃	5.2 kg	0.4kg BaO、0.4kg PbO、99g SrO、19g Sb ₂ O ₃ 及SiO ₂ 等一般玻璃成分，並有少量的PbO、ZnO
金屬	0.7 kg	主要為鐵、其他為鎳、鉻、鋁
螢光物質	0.9 g	ZnS、Y ₂ O ₃ 、浸有4%Eu、20mg CdS
偏向單元	0.7kg	0.315kg的Cu、0.315kg的金屬陶瓷複合材料及0.07g的塑膠

表3 單色顯示器映像管組成：總重4.8kg

物件名	重量	組 成
玻璃	4 kg	0.485kg BaO、0.177kg PbO、12g Sb ₂ O ₃ 、8g SrO及SiO ₂ 等一般玻璃成分
金屬	1.5 kg	主要為鐵、其他為微量的鎳、鉻
螢光物質	1.7 g	ZnO、SiO ₂ 、浸有50 ppm Mn、As
偏向單元	0.6kg	0.27kg的Cu、0.27kg的金屬陶瓷複合材料及0.06kg的塑膠

表4 映像管所含的特殊物質及特徵

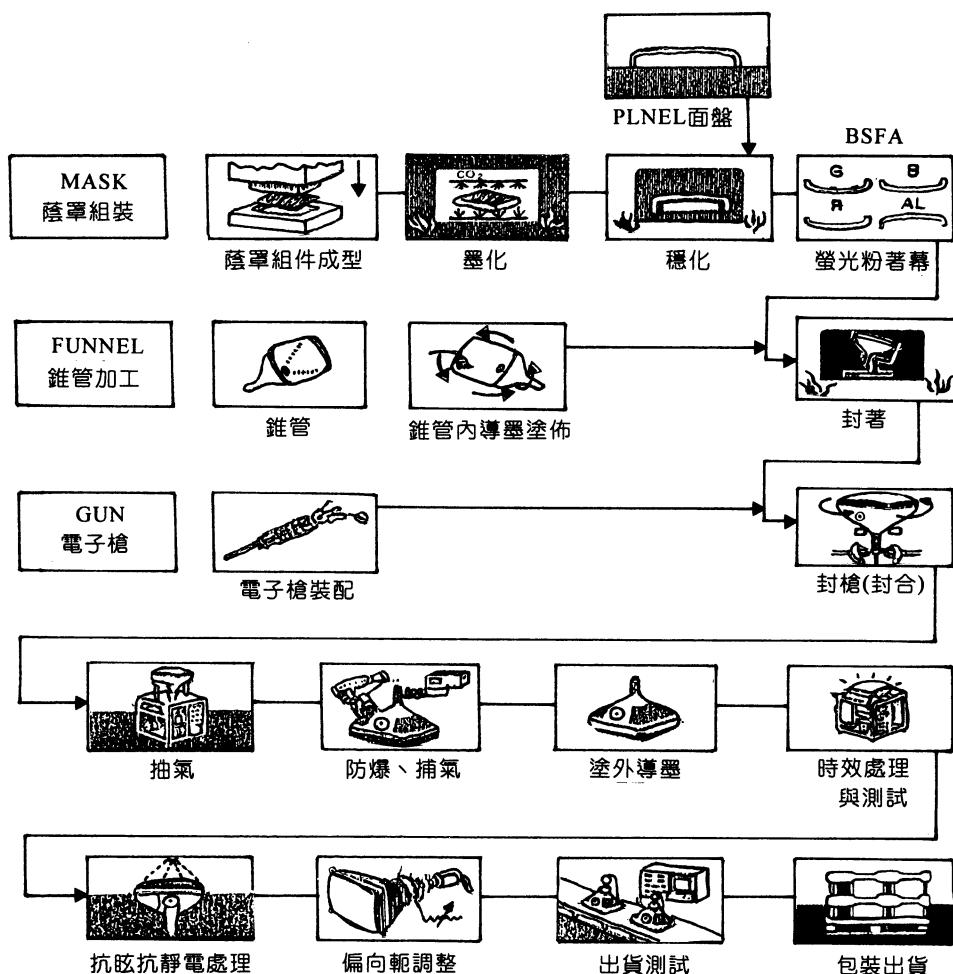
物件名	有害物質/特徵
圓錐玻璃(funnel)	鉛(最高達20%)
畫面玻璃(panel)	鋇(高達13%)
金屬	可資源化
塗料及螢光物質	Eu、Cd(目前已不用)
電子槍	拆卸容易

1.2 映像管的製程

映像管的組裝製程如圖2所示，蔭罩經過成型及石墨化(blackening)後置入畫面玻璃中，經過穩化(stabilization)過程，再塗上紅、藍、綠三種螢光劑，此時畫面玻璃已完成。另一方面，圓錐玻璃經過石墨塗佈後，與畫面玻璃進行封著(frit seal)；再加上電子槍，然後經過封槍(mount sealing)的過程，此時映像管已初步成型。組裝好的映像管必須要經過抽真空(exhausting)、防爆、捕氣等程序，再於外表塗佈石墨，最後經過一連串的調整及品管程序，便可包裝出貨。

以廢棄物處理的觀點而言，有幾項程序在處理時必須特別注意：

- 1.電子槍、畫面玻璃、圓錐玻璃組合後經過抽真空的程序，因此在拆解時必須先進行洩壓，否則易造成危險。
- 2.製程中除了塗佈螢光粉外，還塗佈了石墨等材料，這些都不易剝除乾淨。



三、國外映像管資源化方式介紹

由於映像管往往併入電視、顯示器中被廢棄，因此，在許多國家都將映像管併同其他廢棄物一起處理，針對映像管進行處理或資源化的技術並不多見；德國與日本由於國情與政策的因素，是僅見建立了映像管資源化技術的國家，以下介紹這兩個國家的映像管資源化方式。

3.1 德國商業化映像管資源化方式

在德國有幾家公司設有映像管資源化程序，各家處理程序不盡相同，以下僅介紹具代表性的4家。

1. Ecomatic公司

位於法蘭克福的Ecomatic公司已進行映像管回收處理有多年經驗，其流程如圖3，映像管利用破碎機破碎後進行篩分及磁選將金屬與玻璃分離，其處理量約為每小時60個。

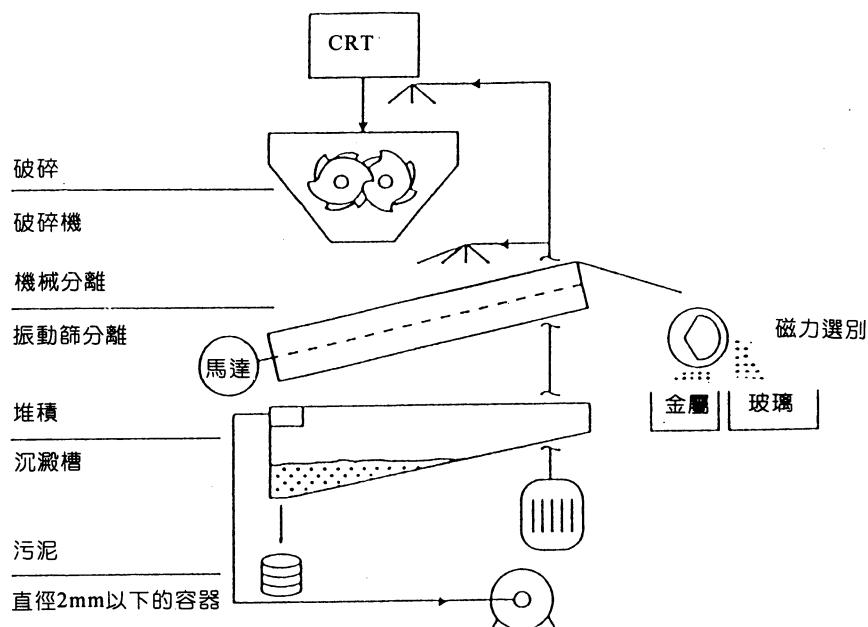


圖3 德國Ecomatic公司CRT處理流程

資料來源：德國電器電子機械廢棄物法規現況1994

2.Edelhoff公司

Edelhoff公司的映像管處理流程如圖4所示，其處理程序的特色在於將畫面玻璃及圓錐玻璃以加熱方式分離，個別進行破碎分選，並將螢光物質與塗膜以溼式分離。整個映像管處理成本較高，但所分離出的各類物質有較寬廣的資源化途徑。

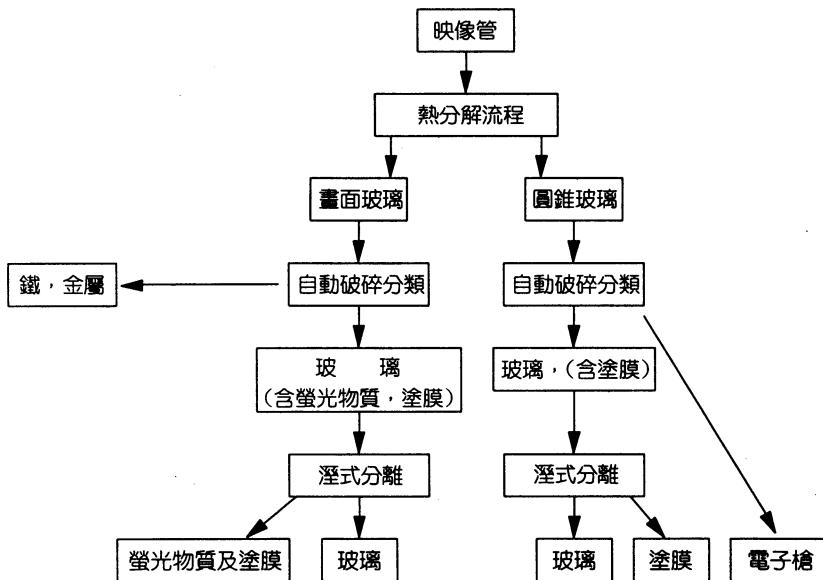


圖4 德國Edelhoff公司CRT處理流程

3.h公司

該公司的處理方式是先將電視或監視器利用人工拆解分成四類，即外殼及腳架等、底盤及電子零件、映像管、金屬等四類。拆取的各類物品再依圖5的流程進行資源化；外殼的組成大部分為塑膠或木料，但由於添加了難燃劑，影響回收價值，目前只能在粉碎後進行掩埋處理；金屬類分成鐵與非鐵兩類，送至各相關資源化工廠；基板將其中含重金屬的部分取出後粉碎掩埋處理；映像管的處理流程與其他映像管專業處理廠類似。

4.Zublin公司

Zublin公司與映像管生產工廠共同開發不良映像管資源化處理廠，設於1992年，是全球最早的映像管資源化工廠，其流程如圖6所示，該廠之處理能力為每年180,000個，有關處理費用問題，據該廠表示，如果每年處理243,000個映像管

(重約15kg)，則每個處理費用為3.1馬克；如果每年處理121,500個映像管，則每個處理費用提高為5.12馬克。

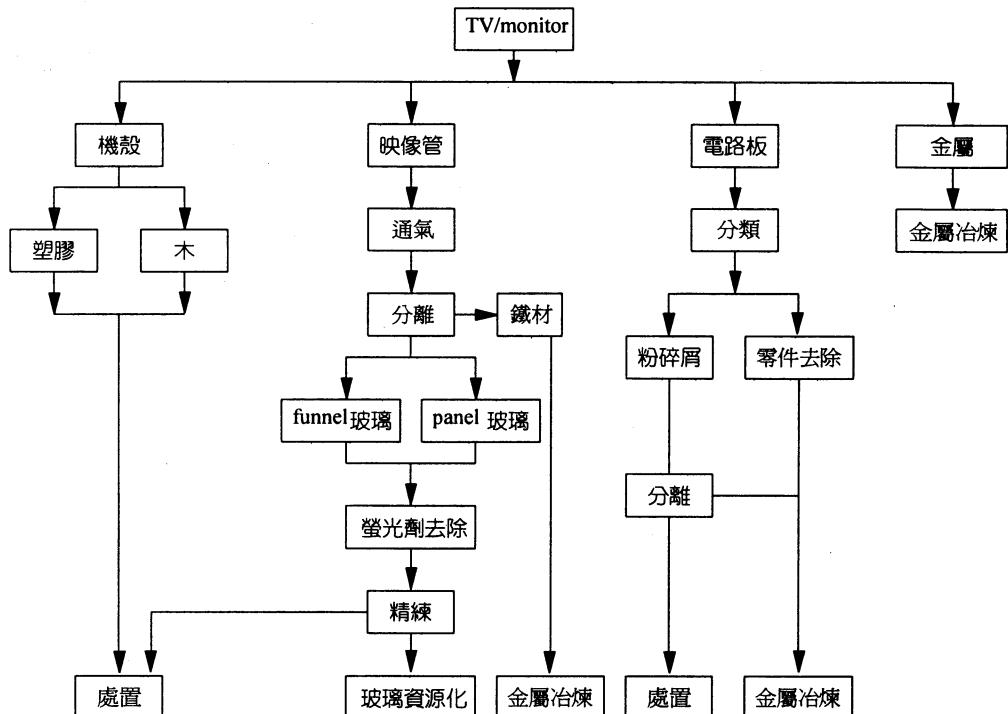


圖5 德國h公司電視及顯示器資源化流程

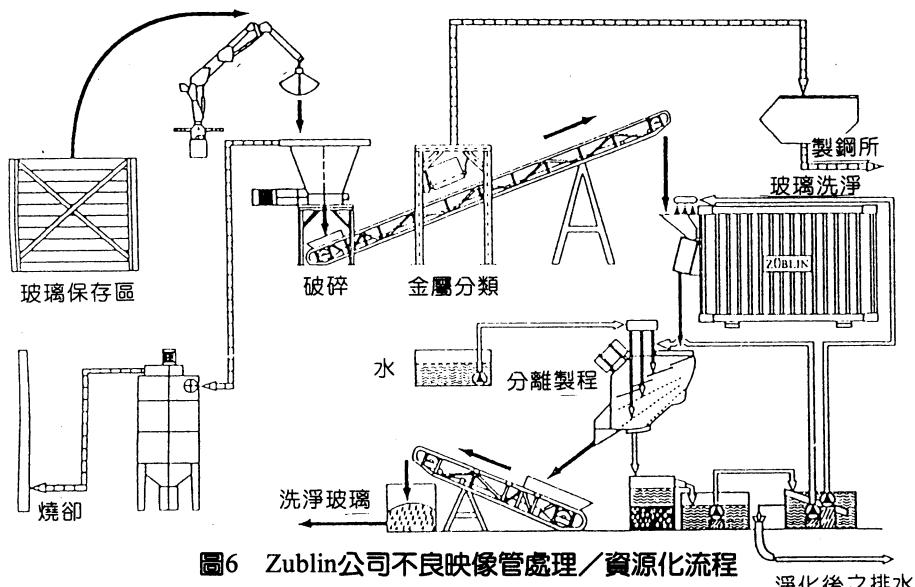


圖6 ZUBLIN公司不良映像管處理／資源化流程

3.2 日本映像管資源化技術

日本的SONY及松下電器在1995年曾進行映像管資源化示範工廠，其流程與前面介紹的德國映像管資源化流程相類似，詳細流程如圖7所示。

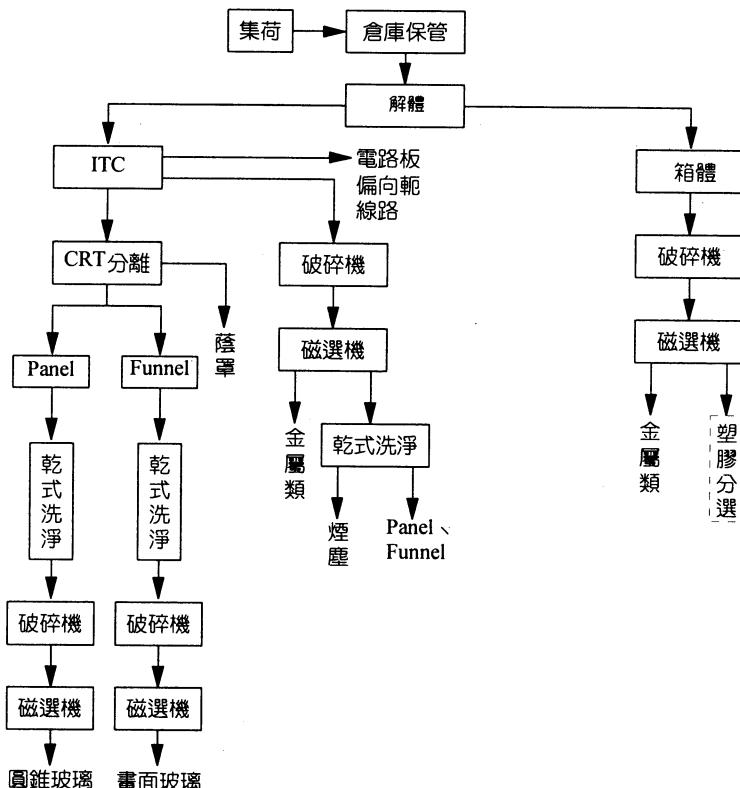


圖7 日本SONY與松下之廢電視資源化示範工廠流程

(ITC：偏向軛與映像管總稱)

3.3 國內廢映像管之處理現況

國內廢映像管的來源主要有映像管製造廠製程中的不良品及廢電視或顯示器兩類，這兩類廢映像管處理現況如下：

1. 製程中映像管不良品的處理方式

國內映像管生產工廠有兩家，對於製程不良映像管的處理方式各有不同，分述如下：

(1)A工廠中製程不良映像管的處理方式：首先切掉電子槍，其他部分則浸入硝酸中將畫面玻璃及圓錐玻璃之間接合溶膠溶解；畫面玻璃部分浸入氫氟酸中分離螢光粉後，經過檢查程序，如果沒有瑕疵，則再回用；圓錐玻璃部分經過檢查如果沒有瑕疵，則可再回用。目前每月可處理3萬隻，每隻由映像管製造業者支付處理費130元。

(2)B工廠中製程不良映像管的處理：可修復者，修復後，再回生產線使用；無法修復者交由玻璃回收廠商重新粉碎，分離金屬後，作為噴砂用材料。

2.廢電視或顯示器中映像管的處理

目前部分映像管從廢電視或顯示器拆除後，有特定映像管的維修商，會進行收集及測試，將堪用者組裝成中古貨作為其他用途（電動玩具用螢幕、股票市場用螢幕等）或外銷到其他國家，但仍有多數的映像管淪為廢棄物。經向家電商及拆解業者查詢，目前廢家電中以電視機及顯示器的回收意願最低，這也表示電視機及顯示器的回收價值最低；其中除了電線、金屬及部分塑膠外殼尚有回收業者會收取外，其他部份皆乏人問津；因此只有將映像管敲碎後隨一般垃圾送至掩埋場，映像管中的有害物質也隨之流佈於環境中。

四、結論

1.綜合以上所介紹的各種映像管資源化方式，將映像管資源化技術歸納如下：

(1)拆解

映像管的主體為玻璃，其中用到三種不同材質的玻璃，包括電子槍使用的細管玻璃、圓錐玻璃及畫面玻璃，因此，以逆組裝(disassembly)的方式拆解分離方能個別進行資源化。依據德國Loewe-Opta公司估計，以其一貫作業的流程拆解整個電視的時間(不含映像管拆解)約需6分鐘，拆解過程中必須注意以下兩點：

- a.基於安全的顧慮，確認映像管處於乾燥的狀況下。
- b.映像管中充滿負壓，必須利用針刺使內外壓力平衡。

(2)映像管玻璃的資源化

玻璃在映像管中所佔比例高，因此較具回收價值，然而其中塗佈有螢光粉、石墨等物質，因此在考慮映像管玻璃的資源化前必須先剝除這些塗膜，剝除的方式可分為乾式及溼式兩種，乾式是於密閉室中將映像管粉碎，同時利用抽氣裝置將塗膜吸引收集，溼式則是利用酸類、溶劑或其他特殊清洗劑將塗膜剝除。

映像管玻璃的資源化方式依資源化產品的經濟價值可分為下列三種：一為作為映像管玻璃的原料，二為作為其它玻璃製品原料；三為製成玻璃以外的產品。其中第一項作為映像管玻璃的原料使用，依據向業者查詢，映像管產業由於投資額龐大，新進入者的進入障礙相當高，因此全球CRT的生產廠商處於寡佔局面，對於將廢映像管玻璃重新作為映像管玻璃的原料使用，目前全球映像管業者尚無使用先例；第二項作為其它玻璃製品原料，由於映像管玻璃成分特殊，僅能作成玻璃藝品；至於第三項製成玻璃以外的產品，目前已有業者利用其高硬度特性製成瓷磚等相關產品，但添加量無法提高(約在3-10%)，其他也有利用作為噴砂使用。

以環保的觀點而言，儘管映像管玻璃可改變物性應用在其他用途，但仍有金屬(Pb、Ba)溶出的危險；因此，如何界定符合環保的再利用標準，以及研發將金屬自玻璃中分離的技術，將是未來映像管玻璃資源化努力的目標。

(3)其他材料的資源化

映像管所用的材料除了玻璃外，所佔比例較大的尚有鐵、銅等金屬及螢光劑；金屬類的資源化較不成問題，螢光劑的處理方式大半是剝除後當作有害廢棄物處置；但由於其成份中含有單價高的稀有金屬，因此，國外已有業者著手進行此類稀有金屬分離回收的研究。

2. 目前國內外映像管的處理/資源化廠皆須仰賴額外的補貼才有能維持正常營運，因此，如何提高廢映像管的附加價值是未來映像管的資源化技術研發的方向。
3. 為使得映像管能夠達到100%資源化的目標，除了從事資源化工作的產官學各界需繼續努力外，映像管製造工廠及其上游材料(如映像管玻璃)製造工廠也須投入心力於映像管的資源化上，並能在產品設計上將易拆解、易回收、易資源化等為環保而設計的理念注入其中，如此，才能徹底把映像管資源化的工作做好，也能使我國映像管製造產業能永續發展。

五、參考資料

- 1.環境シリーズ2，德國電器電子機械廢棄物法規現況，德國在日商工會議所，1995。
- 2.北野喜方，使用済み家電製品リサイクルシステム實證試驗結果，第7回廢棄物學會研究發表講演論文集，p.404-p.406,1996。
- 3.李鴻鈞，我國顯示器產業回顧，電子資訊，第3卷第2期，1997.5。
- 4.陳茂成，籠罩監視器光芒的國內CRT產業，電子資訊，第3卷第1期，1997.1。
- 5.中華映管公司簡報資料。