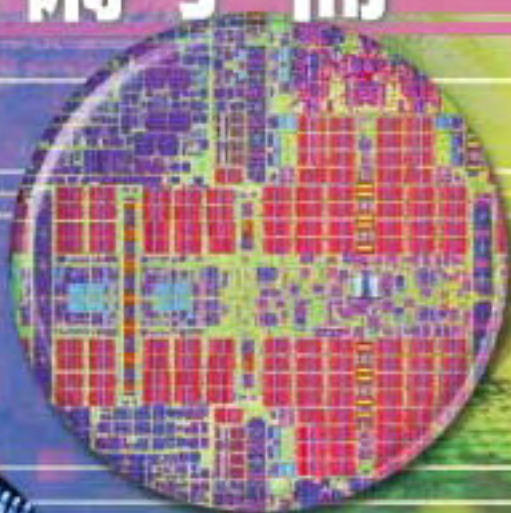
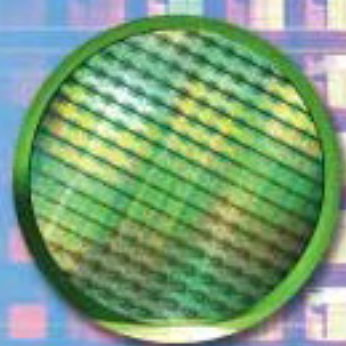




半導體業 資源化應用技術手冊



經濟部工業局

INDUSTRIAL DEVELOPMENT BUREAU
MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS

半導體業 資源化應用技術手冊



經濟部工業局 編印
中華民國98年6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
2.1.1 歷年產值.....	3
2.1.2 產業結構.....	4
2.1.3 產業分布概況.....	6
2.1.4 產業規模.....	7
2.1.5 產業動向.....	9
2.1.6 未來發展趨勢.....	11
2.2 製程概述	13
2.2.1 製造方法.....	13
2.2.2 製造流程與單元.....	15
第三章 廢棄物特性及現況	25
3.1 廢棄物特性及產生量	25
3.1.1 晶圓製造.....	25
3.1.2 IC 製造.....	25
3.1.3 IC 封裝測試.....	26
3.2 廢棄物資源化現況	33
3.2.1 廢硫酸.....	33
3.2.2 廢異丙醇.....	35



第四章 清潔生產.....	40
4.1 廠內管理	40
4.2 環境化設計	41
4.1.1 清潔生產介紹.....	41
4.1.2 減廢技術.....	43
4.1.3 綠色設計.....	44
4.3 節約用水之清潔生產機會	45
4.4 節約能源之清潔生產機會	47
4.5 清潔生產案例	47
4.5.1 A 股份有限公司	47
4.5.2 B 股份有限公司	51
4.5.3 C 股份有限公司	53
第五章 資源化技術及案例	55
5.1 電子廢料	55
5.1.1 貴金屬.....	58
5.1.2 非貴金屬.....	68
5.2 廢酸	70
5.3 含氟廢水結晶化	72
5.4 氟化鈣污泥	78
5.5 廢壓模膠	87
5.6 廢溶劑	89
第六章 資源化效益	98
附錄 再利用機構查詢途徑介紹	109

表 目 錄

	頁 次
表 2.1 我國歷年半導體產業產值表	4
表 2.2 各縣市半導體製造業工廠統計表	7
表 2.3 2007 年台灣半導體產業與產品在全球的地位－供給面	8
表 2.4 2008 年台灣 12 吋晶圓廠設置現況	10
表 2.5 半導體製程常使用之蝕刻液	19
表 3.1 2008 年半導體業 A 類廢棄物申報量	27
表 3.2 2008 年半導體業 B 類廢棄物申報量	27
表 3.3 2008 年半導體業 C 類廢棄物申報量	28
表 3.4 2008 年半導體業 D 類廢棄物(一般廢棄物)申報量	29
表 3.5 2008 年半導體業 E 類廢棄物申報量	31
表 3.6 2008 年半導體業 R 類廢棄物申報量	31
表 3.7 半導體業之廢棄物種類及產源表	32
表 3.8 廢硫酸(C-0202)再利用鏈結表	33
表 3.9 收受半導體業 C-0202 廢棄物進行再利用行為廠商名單	34
表 3.10 廢硫酸再生產品一覽表	35
表 3.11 廢異丙醇(C-0301)再利用鏈結表	36
表 3.12 收受半導體業 C-0301 廢棄物進行再利用行為廠商名單	37
表 3.13 超臨界流體萃取技術優缺點	39
表 3.14 異丙醇廢液再生產品一欄表	39
表 5.1 電子廢料資源化處理技術優缺點比較表	59
表 5.2 C 廠再生產品規格	72
表 5.3 螢石在工業用途上之品質要求表	78
表 5.4 螢石於各行業之用途	79
表 5.5 中鋼所訂定鐵水脫硫製程使用氟化鈣污泥品質規範	80



	頁次
表 5.6 F 廠所處理之廢壓模膠成份	88
表 5.7 各行業產生廢溶劑主要種類表	90
表 5.8 半導體業產生廢溶劑主要特性一覽表	90
表 5.9 常見之有機溶劑物理及化學特性一覽表	91
表 5.10 氣態廢溶劑回收技術之優缺點比較表	91
表 5.11 經濟部事業廢棄物再利用種類及管理方式編號五十三、混合廢溶劑 再利用管理方式	95
表 5.12 工業級異丙醇規格	97
表 6.1 聚合硫酸氯化鋁鐵品質標準	100
表 6.2 磷酸鹽類品質標準	100
表 6.3 硫酸鋁性質	102
表 6.4 磷酸鈉性質	102
表 6.5 二氧化錫性質	103
表 6.6 硫酸銅性質	104
表 6.7 氯化亞鐵性質	105
表 6.8 異丙醇性質	106
表 6.9 丙酮性質	106
表 6.10 甲醇性質	107
表 6.11 乙醇性質	107

圖 目 錄

	頁 次
圖 2.1 我國半導體業上、中及下游關聯圖	5
圖 2.2 依半導體產品界定產業範圍	6
圖 2.3 2008 年台灣 IC 次產業之比重	8
圖 2.4 2007 年台灣半導體產業與產品在全球的地位－需求面	9
圖 2.5 金屬鎔的應用關連圖	11
圖 2.6 軟性顯示器產品發展進程	13
圖 2.7 N 型/P 型半導體圖	15
圖 2.8 矽晶圓製造流程及廢棄物產源圖	16
圖 2.9 IC 晶圓之製造流程及廢棄物產源圖	17
圖 2.10 光罩之製造流程及廢棄物產源圖	18
圖 2.11 常見 IC 封裝(構裝)技術	21
圖 2.12 IC 切割及構裝之製造流程及廢棄物產源圖	22
圖 2.13 晶圓成品之切割程序	23
圖 5.1 以物理分離法分離電子廢料流程圖	55
圖 5.2 顎式破碎機各型式之示意圖	56
圖 5.3 偏心破碎機型式之示意圖	57
圖 5.4 衝擊破碎機型式之示意圖	57
圖 5.5 轉輪破碎機型式之示意圖	57
圖 5.6 靜電分選機各型式之示意圖	58
圖 5.7 濕式冶金法處理流程圖	60
圖 5.8 火煉法處理電子廢料流程圖	61
圖 5.9 電子廢料資源化處理流程圖	64
圖 5.10 A 廠電子廢料中混合金屬資源化處理流程圖	65
圖 5.11 A 廠黃金精煉資源化處理流程圖	65

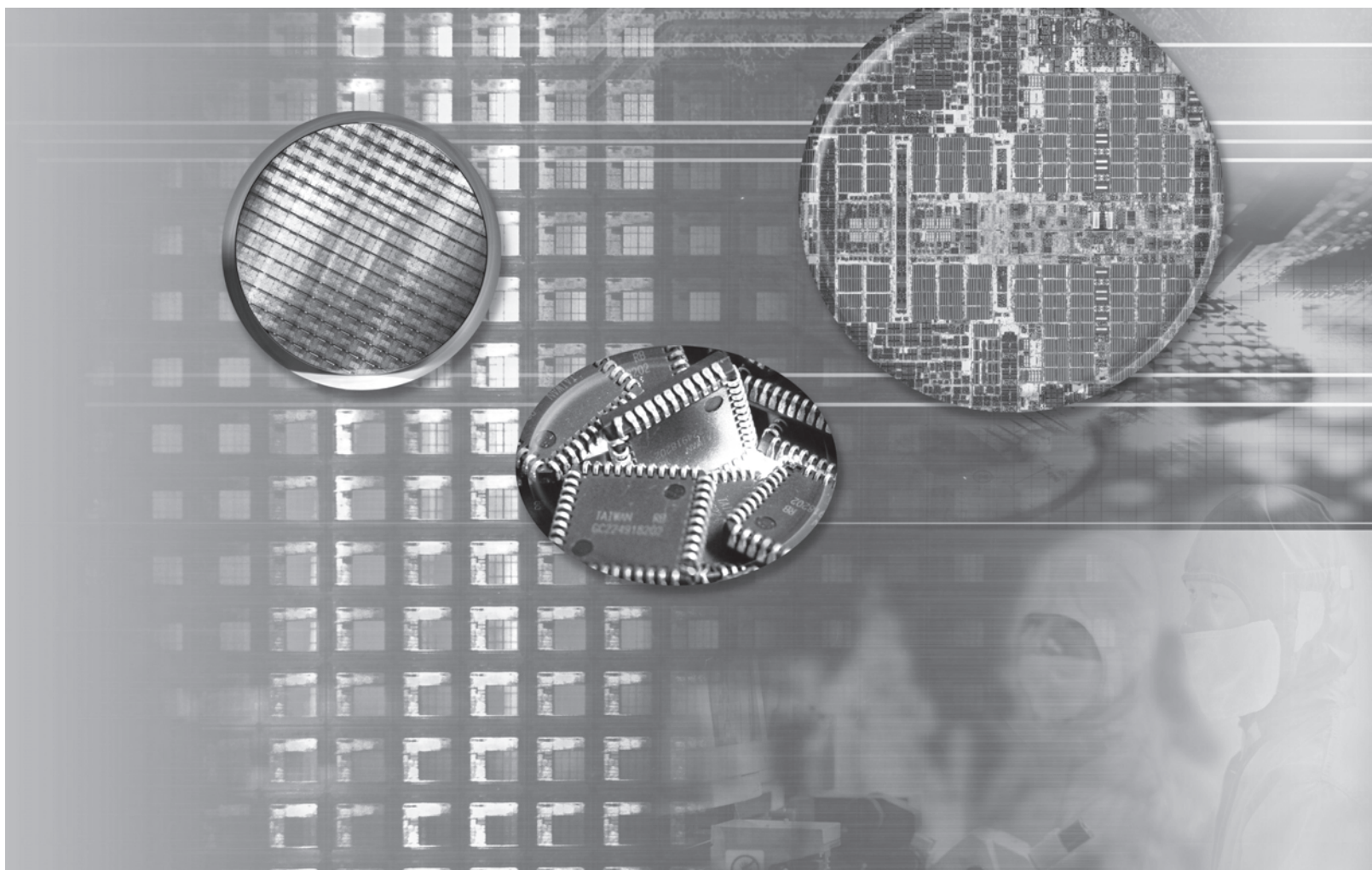


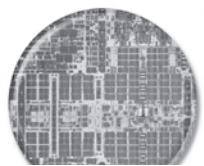
頁次

圖 5.12	A 廠電子廢料裸露鍍金層資源化處理流程圖	66
圖 5.13	A 廠電子廢料中貴金屬鈹資源化處理流程圖	67
圖 5.14	A 廠電子廢料中貴金屬鈹資源化處理示意圖	68
圖 5.15	A 廠電子廢料中非金屬部分之資源化處理示意圖	69
圖 5.16	廢硫酸製成聚氯化鋁資源化流程圖	72
圖 5.17	典型流體化床結晶法處理流程圖	73
圖 5.18	排放水中氟離子濃度與鈣鹽加藥量關係圖	74
圖 5.19	D 廠含氟廢水處理流程圖	77
圖 5.20	D 廠流體化床結晶槽進出水氟離子濃度變化圖	77
圖 5.21	含氟廢水以鈣鹽化學混凝沈澱法處理流程圖	82
圖 5.22	氟化鈣污泥作為瓷磚添加料資源化流程圖	84
圖 5.23	E 廠氟化鈣污泥資源化處理流程圖	86
圖 5.24	BMC 基本製造流程	88
圖 5.25	F 廠廢壓模膠於水泥廠資源化流程圖	89
圖 5.26	溶劑吸收法示意圖	92
圖 5.27	活性炭吸附再生示意圖	93
圖 5.28	催化燃燒法流程圖	94
圖 5.29	G 廠廢異丙醇資源化處理流程圖	96

第一章

前言





第一章 前言

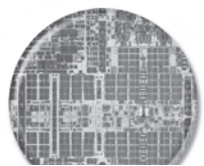
1.1 緣起

歷經四十年之發展，台灣之產業型態由傳統勞力密集產業轉型為知識、資本與技術密集之高科技產業，半導體產業即隨著台灣經濟之成長而起飛。未來隨著電子資訊工業的蓬勃發展，將使得台灣半導體產業成長更加快速。所謂半導體工業，即是在矽半導體上製造電子元件，而電子元件則由精密複雜的積體電路所組成。積體電路在我們的日常生活當中，幾乎可以說已達到無所不在的地步，其主要應用領域除電腦資訊工業以外，已廣泛的應用在各種的消費性與國防性的電子產品與通訊產品上，如：音響、電視、雷達及無線電話等。由於積體電路的各種應用的擴張與發展，雖然這個產業已經存在數十年之久，但是它的市場與影響力還在持續的擴大當中，且全世界各主要的工業國家，莫不傾全力的投注在半導體業這個高科技產業裏，期能掌握這個號稱是「國力指標」的產業。

由於高科技產業之迅速發展，其中所產生之環境污染特性與傳統工業較為不同，雖然半導體業者對於環境保護之投資已遠高於傳統工業，但無可諱言的仍有許多未臻完善之處。例如所產生之各種廢棄物，雖仍可採以傳統之掩埋、焚化或固化等方式處置，但對於其中仍含有可資源化潛力之廢棄物不予回收即予處置殊為可惜，因此本年度在經濟部工業局「工業廢棄物清除處理與資源化輔導計畫」之政策指導下，針對半導體業著手進行廢棄物資源化技術手冊之修編，希望能提昇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。

1.2 技術手冊內容說明

半導體工業所使用之材料包含單一組成的半導體元素，如矽(Si)、鍺(Ge)，以及含二至三種元素的多成分組成半導體，台灣半導體產業以矽材料為主體。曾在1950年代早期，鍺為主要半導體材料，但鍺製品因為在不甚高溫情況下，有高漏失電流現象，因此，1960年代起矽晶製品取代鍺成為半導體製造主要材料。因此本手冊以矽半導體為基礎(silicon-based)生產製程之廢棄物資源化技術為編撰對象。



另依據行政院主計處「中華民國行業標準分類」中對於半導體製造業之定義為：「凡從事半導體製造之行業均屬之，如積體電路（IC）及分離式元件製造。積體電路（IC）封裝及測試亦歸入本類」。另依據行政院環保署「水污染防治法事業分類及定義」對半導體製造業之定義：「從事以氧化、微影、蝕刻、摻配、氣相沉積、磊晶、蒸鍍、濺鍍等半導體製造及封裝之事業」，故本手冊除介紹 IC 製造、IC 封裝測試之廢棄物資源化技術外，亦將一併納入晶圓製程衍生廢棄物作說明。手冊分為六章，概要說明如下：

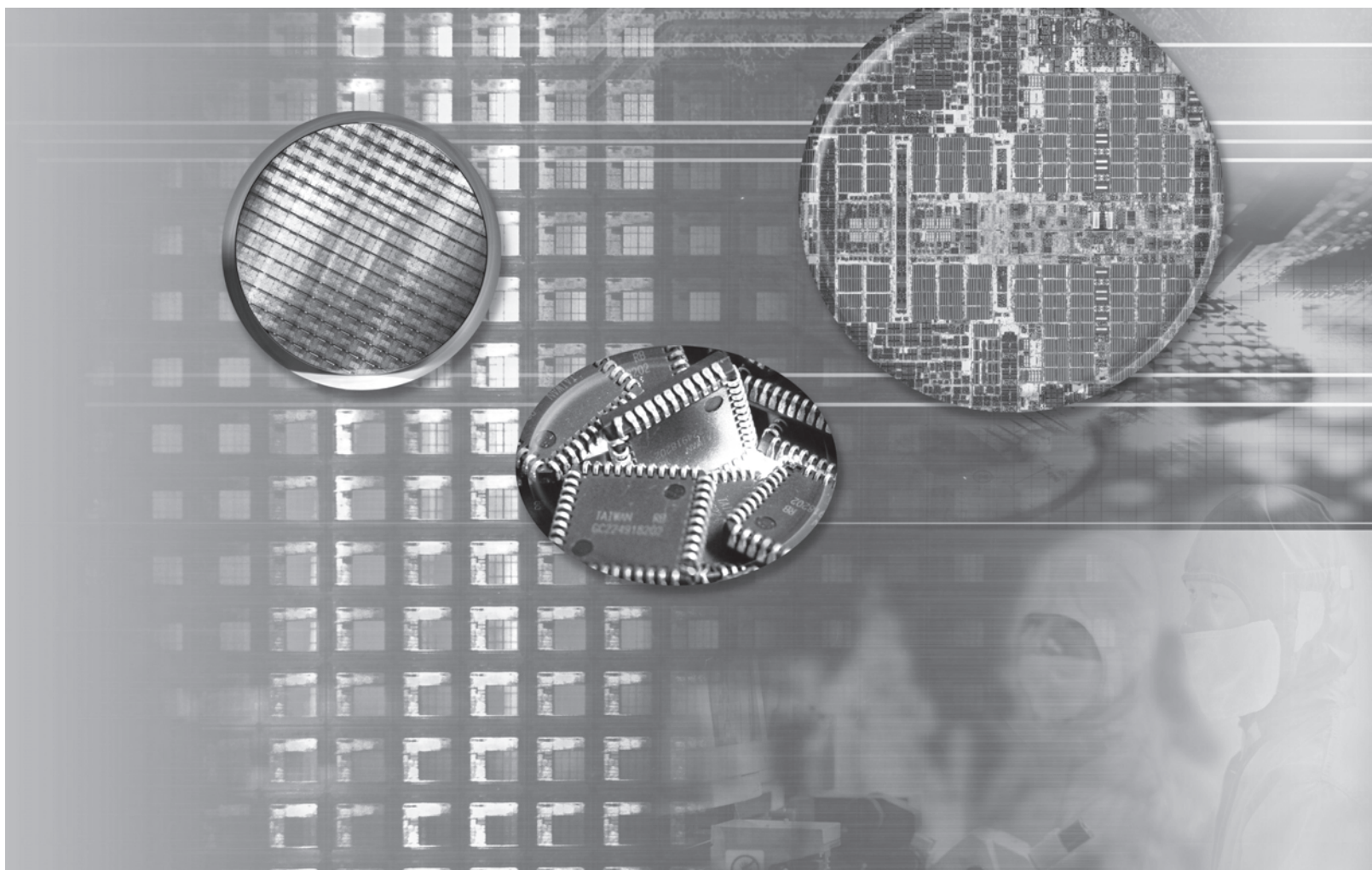
- 1.第一章：說明本手冊編撰緣由，以及內容中所涉及之半導體產業範圍及各章節內容。
- 2.第二章：介紹半導體產業發展現況，並針對其製程進行詳述。
- 3.第三章：針對半導體產業製程之廢棄物來源、特性及產生量，以及主要廢棄物之清理現況進行介紹。
- 4.第四章：以廠內管理及環境化設計觀點，敘述該產業於產品設計及生產活動過程之污染預防策略，以供業界運用，降低產業成本，提升生產效率。
- 5.第五章：針對適用於該產業之國內較成熟且較具效益之資源化技術進行探討說明，並彙集實際執行之各項廢棄物資源化案例，供業者執行資源化工作之參考。
- 6.第六章：針對資源化產品規格、特性、應用範圍及現有市場規模等資訊，進行介紹。

參考文獻

1. 中華民國行業標準分類，行政院主計處，第 8 次修訂，2006 年 5 月
2. 水污染防治法事業分類及定義，行政院環保署，2008 年 5 月 23 日

第二章

產業概況





第二章 產業概況

2.1 產業現況

2.1.1 歷年產值

我國半導體產業之發展，自 1980 年由聯華電子建立 IC 製造技術起始，至 1987 年成立台積電公司首度建立國內 IC 專業代工策略模式，其後於 1994 年成立之世界先進公司而建立國內自有品牌之記憶體(DRAM)，並成為國內生產八吋廠之先鋒。由於半導體產業之高獲利吸引國內廠商積極參與，亦帶動週邊產業之投入，更促使國際級相關產業大廠開始積極投入台灣市場。台灣半導體生產能力逐漸邁向高級化與複雜化，已從原來的以封裝測試業為主，轉為以晶片生產為主，且從 4 英寸與 5 英寸晶片等產品生產發展為以八吋晶片生產為主，並自 2000 年開始生產十二吋晶片，加上以產業特有的上下游垂直分工、專業分工配合度高，且於科學園區廠商所形成的群聚效應，已建立世界級優勢，獨步全球。

我國整體半導體產業歷年產值如表 2.1 所示，其中包含總產值與 IC 設計、IC 製造、IC 封裝測試等次產業之成長趨勢。2004 年在景氣復甦的帶動下，擺脫過去三年的陰霾，產值破兆同時也是我國第一個破兆的產業，且較 2003 年成長 34.2%，超越全球半導體成長率 28.0%。2007 年我國 IC 設計業產值僅次於美國，位居全球第 2 位；IC 製造業產值排名世界第 4 名，其中晶圓代工排名全球第 1 名；封裝測試產業位居全球第 1 位，已成為國際主要 IC 設計及製造供應國。DRAM 廠在積極切入 12 吋廠下，極具成本競爭優勢；至於 IC 封測產業，日月光集團已超越 Amkor 成為全球第一，封測業亦在全球居領先地位。2007 年的整體產值 14,667 億新台幣，相較於 2006 年，依然持續一貫的成長走勢，且各次產業的表現更穩居全球領先地位。



表 2.1 我國歷年半導體產業產值表

單位：新台幣億元

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2008 / 2007
整體 IC 產業產值	5,269	6,529	8,188	10,990	11,179	13,933	14,667	14,088	-3.9%
IC 設計業	1,220	1,478	1,902	2,608	2,850	3,234	3,997	3,916	-2.0%
IC 製造業	3,025	3,785	4,701	6,239	5,874	7,667	7,367	6,887	-6.5%
晶圓代工	2,048	2,467	3,090	3,985	3,735	4,378	4,518	4,594	1.7%
IC 封裝業	771	948	1,176	1,566	1,780	2,108	2,280	2,285	0.2%
IC 測試業	253	318	409	577	675	924	1,023	1,000	-2.2%
產品產值	2,197	2,796	3,513	4,862	4,989	6,523	6,846	6,209	-9.3%
產品產值成長率	-23.5%	-27.3%	-25.7%	38.4%	2.6%	25.4%	5.0%	-9.3%	
整體 IC 產業產值成長率	-26.2%	-23.9%	-25.4%	34.2%	1.7%	23.2%	5.3%	-3.9%	
全球半導體成長率	-32.0%	1.3%	18.3%	28%	6.8%	8.5%	3.2%	2.5%	

資料來源：經濟部工業局半導體產業推動辦公室，<http://proj.moeaidb.gov.tw/sipo/>

2.1.2 產業結構

我國半導體產業結構涵蓋範圍如圖 2.1 所示，包括：IC 設計業（上游）、IC 製造業（中游）及 IC 封裝與測試業（下游）及產業支鏈等。概略以 IC 設計業、IC 製造業及 IC 封裝與測試業簡介如下：

1. IC 設計業

IC 設計業為整個產業之最上游，主要是靠自行研發或接受客戶委託不斷推出新產品，IC 設計完成後，將生產交由專注製程技術研發的專業晶圓代工廠製造。因屬於上游產業，因此完成最終產品前，還需要與光罩、製造、封裝、測試等主要過程。截至 2007 年底止廠家數共 272 家。

2. IC 製造業

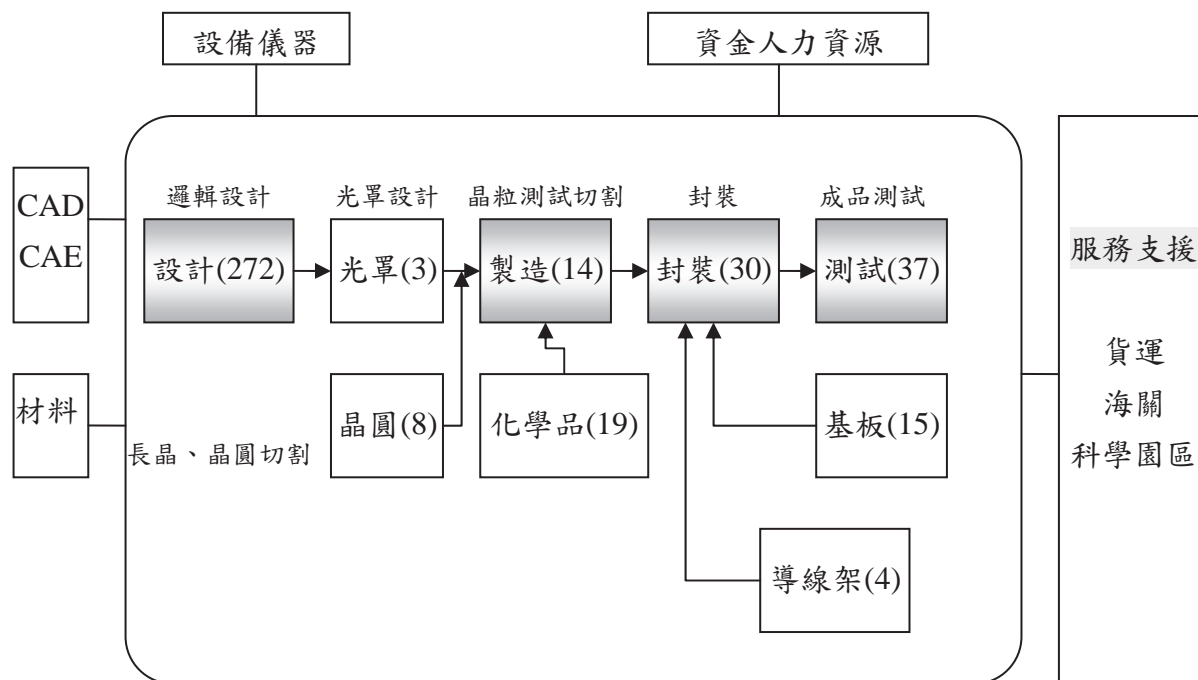
半導體製造業居產業中游，可分為整合設計、設計製造廠及專業代工服務的晶圓廠，主要以晶圓與晶片製造為主，因位居產業中游，一舉一動影響上、下游眾多相關產業。IC 製造業動輒數十億美元的投資規模，衍生商機十分龐

大，所以 IC 製造業又被稱為整體半導體產業的火車頭。

記憶體與晶圓代工是國內 IC 製造業的主力，隨著我國 IC 製造業的快速發展，國內 IC 設計業、封裝廠、專業測試公司、晶圓材料業與光罩業等，均隨之有明顯且快速成長。我國 IC 製造廠商經營策略的分界點如下：(1)代工業務：指純專製晶圓公司(2)自有品牌(DRAM)：以開發生產自有品牌產品為主(3)國內、外合資公司：其生產產品全部或絕大部分是該合作夥伴品牌產品。截至 2007 年底止廠家數共 14 家。

3. IC 封裝與測試

IC 封裝與測試是半導體產業屬後段工程作業，由於封裝與測試流程明顯異於前段晶片製造，或在成本效益考量下，大多往不同地區另闢廠址來執行封裝與測試作業，一般稱專屬封裝廠(inhouse)或專屬測試廠。另外，在產業水平分工趨勢下，使專業封裝廠或專業測試廠有了存在價值，其本身不從事晶片生產，而是從其它 IC 製造或設計業者手中接獲訂單。截至 2007 年底止廠家數共 67 家。

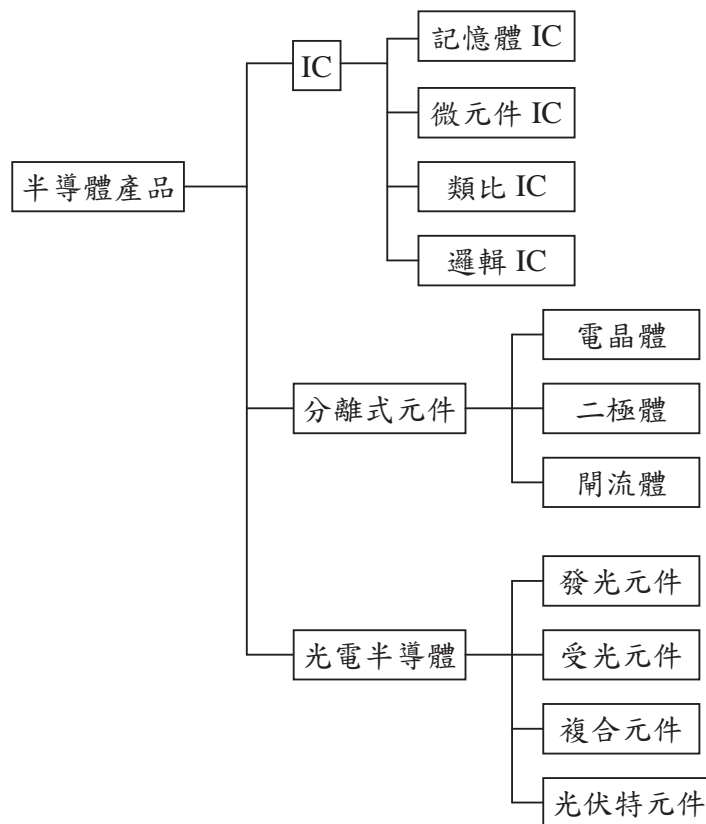


資料來源：經濟部工業局半導體產業推動辦公室，<http://proj.moeaidb.gov.tw/sipo/>

註：()內表示廠家數

圖 2.1 我國半導體業上、中及下游關聯圖

如依半導體產品界定產業範圍則如圖 2.2 所示，我國半導體產業藉由上、下游垂直分工的經營型態，在競爭越來越激烈、建廠資本愈來愈大及研發困難度愈來愈高的今日，恰能彰顯產業分工的優勢，也因此使我國半導體產業，歷年來皆有優於全球半導體產業發展的趨勢。



資料來源：半導體廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，2001 年。

圖 2.2 依半導體產品界定產業範圍

2.1.3 產業分布概況

經濟部統計處中華民國台閩地區各行業工廠名錄，彙整半導體製造業名單（依經濟部主計處行業分類標準，半導體製造業為 261 大類），截至 2007 年底營運中工廠家數計 430 家，其中分佈在新竹以北，其工廠家數以新竹市為最多，其次為台北縣、新竹縣、桃園縣。各縣市半導體製造廠商廠家分佈如表 2.2 所示。

表 2.2 各縣市半導體製造業工廠統計表

縣市別	工廠家數	百分比(%)	工廠家數	百分比(%)
基隆市	2	0.66%	2	0.47%
台北市	11	3.62%	7	1.63%
台北縣	89	29.28%	100	23.26%
桃園縣	33	10.86%	44	10.23%
新竹市	50	16.45%	112	26.05%
新竹縣	65	21.38%	81	18.84%
苗栗縣	6	1.97%	16	3.72%
台中市	0	0.00%	2	0.47%
台中縣	11	3.62%	9	2.09%
南投縣	0	0.00%	1	0.23%
彰化縣	0	0.00%	1	0.23%
雲林縣	0	0.00%	2	0.47%
嘉義縣	2	0.66%	1	0.23%
台南縣	7	2.30%	7	1.63%
高雄市	20	6.58%	41	9.53%
高雄縣	4	1.32%	3	0.70%
宜蘭縣	4	1.32%	1	0.23%
	306	100.00%	430	100.00%

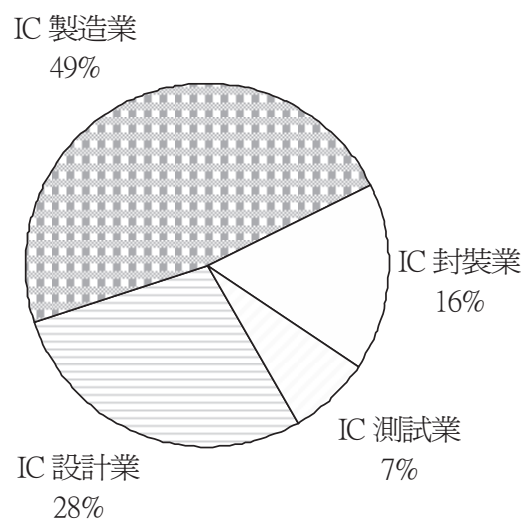
資料來源：經濟部統計處工廠名錄，2008 年。

註：共計有 118 家廠商位於新竹科學園區

2.1.4 產業規模

如「2.1.1 歷年產值」所述，2007 年台灣半導體總體產業產值（含 IC 設計、IC 製造、IC 封裝測試）1 兆 4,667 億元，較 2006 年成長 5%，預計 2008 年趨於平緩，且由圖 2.3 可看出 IC 製造業產值 49% 佔比重最大，對整體 IC 產業產值的起落具舉足輕重地位。

我國半導體產業歷經四十餘年的發展，已具備完整半導體產業鏈支援、群聚效果顯著及專業晶圓代工製造實力堅強的特性。如表 2.3 及圖 2.4 所示，2007 年我國晶圓代工業的產值全球 68.1%，與 IC 封裝業雙雙名列全球第一，IC 光罩與測試業亦深具發展基礎，IC 設計產業在我國既有的製造利基與政府發展政策支持下，快速發展，產值占全球 26.5%，居世界第二。完整的矽產業結構，使我國擁有全球唯一半導體專業分工體系。



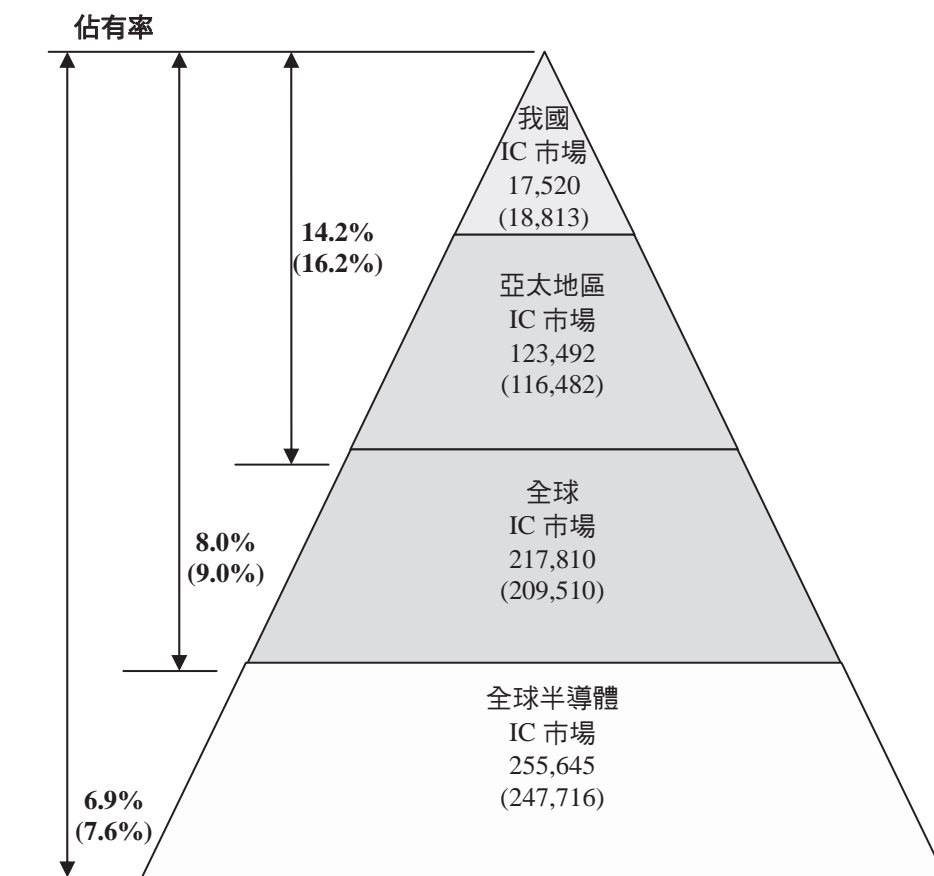
資料來源：經濟部工業局半導體產業推動辦公室，<http://proj.moeaidb.gov.tw/sipo/>

圖 2.3 2008 年台灣 IC 次產業之比重

表 2.3 2007 年台灣半導體產業與產品在全球的地位－供給面

	產值 (百萬美元)	全球占有率	全球排行	領先國
自有 IC	20,872	9.6%	4	美、日、韓
DRAM	7,015	22.4%	2	韓
Mask ROM	353	92.6%	1	台
設計業	12,186	26.5%	2	美
製造業	22,460	10.7%	4	美、日、韓
晶圓代工	13,774	68.1%	1	台
封裝業	7,450	47.6%	1	台
測試業	3,350	67.7%	1	台
製造業產能	—	20.3%	3	美、日

資料來源：經濟部工業局半導體產業推動辦公室，<http://proj.moeaidb.gov.tw/sipo/>



資料來源：工研院 IEK(2008/5)
註：()內數值表示 2006 年產值

圖 2.4 2007 年台灣半導體產業與產品在全球的地位－需求面

2.1.5 產業動向

因為全球半導體產業在過去 20 多年的複合年成長率約為 12%~13%。當全球半導體製造逐漸轉向十二世代，台灣在晶圓代工與 DRAM 業者的積極投入，截至 2008 年第四季，共計有十二吋晶圓廠 18 座量產（不含 UMC 新加坡廠），6 座建置中，16 座規劃中，已成為世界十二吋晶圓廠密度及效能最高地區；另八吋晶圓廠 20 座，六吋晶圓廠 8 座，五吋晶圓廠 3 座，足夠機會將我國帶入下一代的半導體產業。表

再加上因十二吋高階製程投資甚鉅，國際大廠陸續退出高階製造行列，台灣半導體製造業可望藉著十二吋先進製程，快速擺脫八吋晶圓製造的紅海，邁向較高毛利與較少競爭對手的藍海。



表 2.4 2008 年台灣 12 吋晶圓廠設置現況

現況	公司名稱	工廠編號	最大產能 (片/月)	現況	公司名稱	工廠編號	最大產能 (片/月)
已量產	聯電	Feb 12A	40,000	建置中	台積電	Feb 15 (1 期)	研發晶圓 廠
已量產	聯電	Feb 12B	40,000	建置中	台積電	Feb 15 (2 期)	研發晶圓 廠
已量產	台積電	Feb 12 (1 期)	80,000	建置中	力晶	Feb 12C	40,000
已量產	台積電	Feb 12 (2、3 期)		建置中	力晶	P5	60,000
已量產	台積電	Feb 14 (1 期)	80,000	規劃中	瑞晶	Feb R3 (原 12E 廠)	60,000
已量產	台積電	Feb 14 (2 期)		規劃中	瑞晶	Feb R4 (原 12F 廠)	60,000
已量產	台積電	Feb 14 (3 期)		規劃中	台積電	Feb 15	80,000
已量產	力晶	Feb 12A	45,000	規劃中	台積電	-	未定
已量產	力晶	Feb 12B	45,000	規劃中	南亞科	Feb 3B	未定
已量產	力晶	Feb 12M	40,000	規劃中	力晶	-	未定
已量產	華亞	Feb 1	62,000	規劃中	力晶	-	未定
已量產	華亞	Feb 2	62,000	規劃中	力晶	-	未定
已量產	茂德	Feb 2	20,000	規劃中	力晶	-	未定
已量產	茂德	Feb 3	65,000	規劃中	茂德	Feb 5	未定
已量產	茂德	Feb 4	65,000	規劃中	茂德	Feb 6	未定
已量產	瑞晶	Feb R1	80,000	規劃中	茂德	Feb 7	未定
已量產	華邦	Feb 6	30,000	規劃中	茂德	Feb 8	未定
已量產	南亞科	Feb 3A	62,000	規劃中	華亞	Feb 3	未定
建置中	華亞科	-	60,000	規劃中	華亞	Feb 4	未定
建置中	瑞晶	Feb R2	80,000	規劃中	世界先進	-	未定

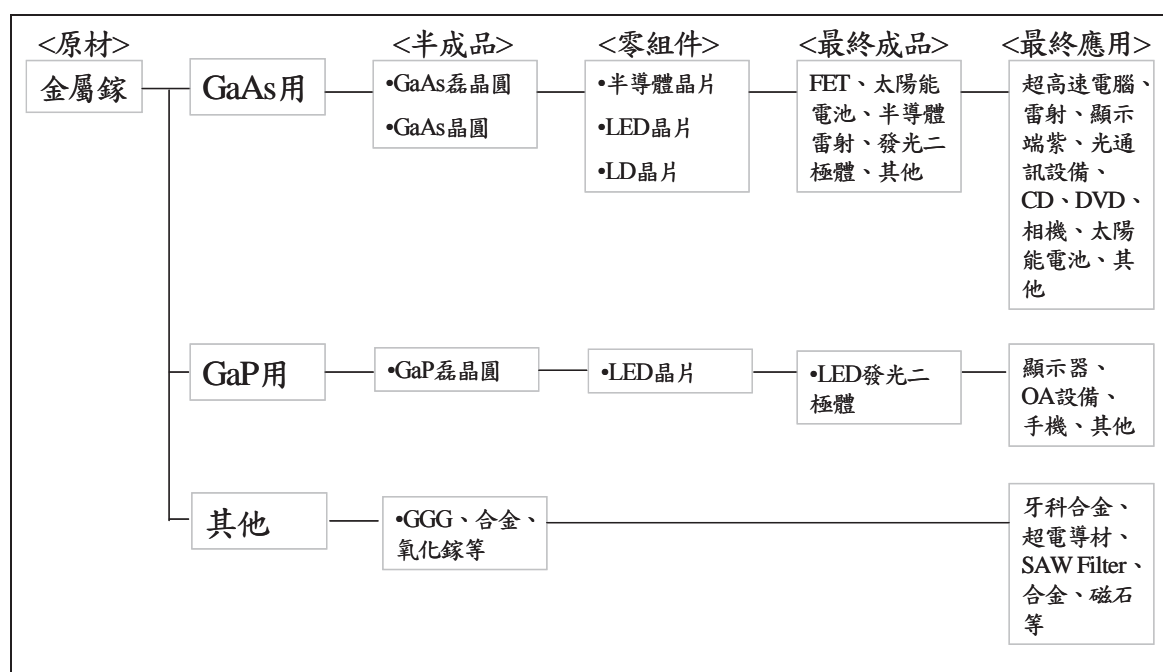
資料來源：經濟部工業局半導體產業推動辦公室，<http://proj.moeaidb.gov.tw/sipo/>

2.1.6 未來發展趨勢

我國半導體產業為因應全球資訊電子產業的發展趨勢、迎合未來新興消費性產品「輕薄短小、多省廉快」之需求，無不戮力於朝向前瞻性產品設計、微縮製程技術及高階封測技術開發等方向；尤其是以著重管理效能與成本導向的晶圓代工製造而言，必須透過製程技術提升及經濟規模擴展，以增加生產良率並降低成本；因此，十二吋晶圓廠的建置與先進製程的研發，遂成為當前我國半導體製造廠商提升競爭力之重要發展策略。

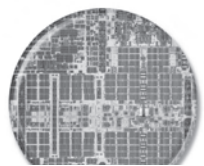
台灣半導體產業協會指出，在台灣半導體產業的發展趨勢上，IC 設計業已積極朝向通訊與整合晶片等高附加價值產品研發；IC 製造業則持續深耕台灣，加碼竹科、中科與南科的十二吋晶圓廠，但面對中國在中低階製程的低價搶單，除台積電已獲准登陸生產 0.25 微米製程產品外，亦有數家業者申請投資中國；至於在 IC 封測方面，台灣生產高階封測比重逐年提高，但在中國積極發展 IC 製造產業下，其中低階封測的需求日益增加，對國內業者亦造成不小的壓力。

而隨著電子產業和照明市場等應用擴增，包括行動電話等電子產品、紅外線 LED 以及室內外照明由日光燈轉換為白色 LED 的趨勢，加上亦被用來作為生產太陽能電池中的半導體材料，金屬鎵（Gallium）的利用價值也引起國際高度重視，金屬鎵的應用關連詳圖 2.5。



資料來源：金屬鎵的應用概況，工研院 IEK-ITIS 計畫，2007 年

圖 2.5 金屬鎵的應用關連圖



另外軟性電子是近年來成為世界各國的重點研發題材之一，因為其具有「輕、薄、短、小、軟及可撓曲」特性，除了將帶來更人性化、行動化與個人化的便利新科技外，同時也將大幅改變 21 世紀人類的生活型態。

根據目前全球投入軟電應用產品的類型，大致可以區分為兩大類：第一類為取代性應用 (Replacement Application)，另一類為創新性應用 (Innovative Application)。取代性應用主要是針對傳統硬式的電子元件，由於產品型態、成本等因素，以軟性電子來取代，主要應用例如：RFID、軟性電子書、軟性太陽能電池等；而創新性應用則是利用軟性電子的可彎曲特性，開創出過去非電子應用的新領域，例如：智慧織品、室內裝潢等。

而在所有軟電應用領域當中，以軟性顯示器的研發進展與產品商業化最為快速，投入廠商數目也較其他領域來的多。從圖 2.6 中可看出，軟性顯示器早期還是以玻璃為基材（嚴格上來說不算是軟性顯示器），但採用未來可提升為軟性顯示的 EPD 顯示技術（例如：在 2004 年 Sony 發表的 Librie 電子書）；而隨著技術的進展，產品逐漸走向可一次彎曲或是多次彎曲、從單色走向多色，而型態也從類似傳統的平面顯示器，逐漸走向多樣化。

根據工研院 IEK 預估，全球軟性電子產品將從 2008 年開始陸續成熟，而整體市場將從 2010 年開始成長，產值約 20 億美元，到 2015 年將達到 160 億美元，其中軟性邏輯與記憶體元件以及軟性顯示器將是其中最主要的應用產品。行政院科技顧問組表示，由 2007 年開始至 2015 年止，政府每年將投入至少新台幣 5 億元，用於軟性電子產業輔導，總投資額將達新台幣 40 億元。到 2015 年時，預計台灣將會有超過 15 家軟性電子廠商，在軟性電子的材料、基板、設備、元件系統及應用服務 5 個領域，將各有 3 家廠商，產值達 32 億美元，佔全球產值超過 20%，並進入全球前 10 大軟性電子產業排行。



資料來源：應用更多元 軟性電子技術開啟產業新商機，電子工程專輯，2007 年 07 月 23 日

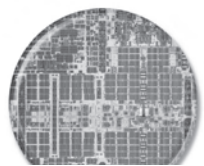
圖 2.6 軟性顯示器產品發展歷程

2.2 製程概述

製造半導體元件最常用的半導體材料是矽，矽是地殼中最常見的元素，許多石頭成分都含有二氧化矽，但是將其製成矽晶片後卻非常值錢。其製造方法是於矽半導體上製造電子元件，其電子元件之完成則由精密複雜之積體電路(IC)所成，IC之製作過程主要是應用晶片氧化層成長、微影、蝕刻、雜質擴散、離子植入及薄膜沈積等技術，每一層電路都包含這些步驟，週而復始，一層層構建上去。半導體業製造技術發展趨勢，產品以朝向輕薄短小化，製程朝向晶圓直徑更大、元件更小、高密度及自動化生產為目標，品管上朝向提升良率為主。

2.2.1 製造方法

半導體之特性係指其材料之導電性介於導體及非導體之間，由於此材料之導電率可經由人工方式予以改變及有效控制，因此便具有實用價值，自 1833 年法拉第發現此材料之特性迄今，半導體工業之研究發展便一日千里，而成為現今人類生活不可或缺之產品。



半導體通常採用矽當作導體，乃因矽晶體內每個原子貢獻四個價電子，而矽原子內部原子核帶有四個正電荷。相鄰原子間之電子對，構成原子間之束縛力，因此電子被緊緊地束縛在原子核附近，而傳導率相對降低。當溫度升高時，晶體的熱能使傳給共價之電子，而造成共價鍵斷鍵，產生可移動之傳導電子及空缺待補之鍵結，這種不完全的共價鍵稱為「電洞」(hole)，可成為電荷之載子。於純半導體中，由熱能產生之載子濃度非常低，並無實用價值，故可利用摻雜質之方式，將少量之三價或五價原子加入純矽中，乃形成有外質或摻有雜質之半導體，提高改變傳導電子或電洞之濃度。而依照所摻雜之原子特性(三價或五價)，可分為施體及受體二種，如下所述：

1. 施體(donor)

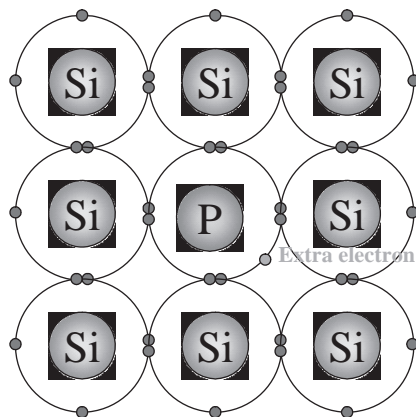
當摻入之雜質為五價電子之原子(如磷、砷等)時，此原子取代一個矽原子的位置，僅需提供四個價電子即可與周圍之矽原子形成共價鍵結，多餘一個價電子成為不受束縛之電子，即成為電流載子。因貢獻一個額外電子載子，稱為施體(donor)。利用此方式摻雜之半導體，具有多數電子載子，少數電洞載子性質者，稱為 n 型半導體，即取其多數載子帶負電(negative)之意。

2. 受體(acceptor)

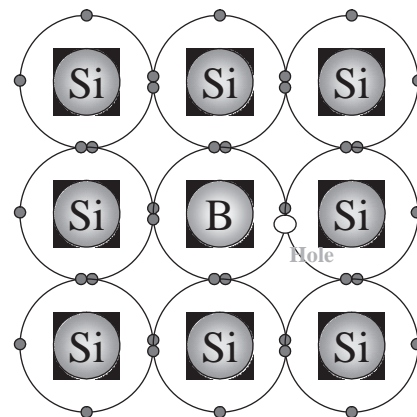
當摻入之雜質為三價電子之原子(如硼)時，此原子取代一個矽原子的位置，僅可填滿三個共價鍵，第四個空缺形成一個電洞，故稱此類雜質為受體(acceptor)。利用此方式摻雜之半導體，具有多數電洞載子者，稱為 p 型半導體，即取其多數電洞載子帶正電(positive)之意。

前述 n 型或 p 型半導體(如圖 2.7 所示)，雖然各具有不同高低濃度之傳導電子，但相對地亦有對應相同濃度之正負離子，因此均仍屬中性材料。而利用相關技術，以控制摻雜之種類及濃度，產生所需電子濃度之導電率，可說是用半導體材料最吸引人之處。而半導體各種產品即依上述基本原理，就不同工業需求使用不同製程、原料或添加物等，以完成複雜之積體電路。

N型半導體



P型半導體



資料來源：台灣半導體產業現況與 IC 簡介，台灣茂矽電子公司，2003 年

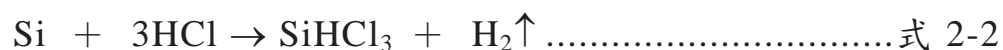
圖 2.7 N 型/P 型半導體圖

2.2.2 製造流程與單元

半導體製程依其所使用原料及其行業加工性質可概分為晶圓製造、IC 製造及 IC 封裝測試等流程，說明如下：

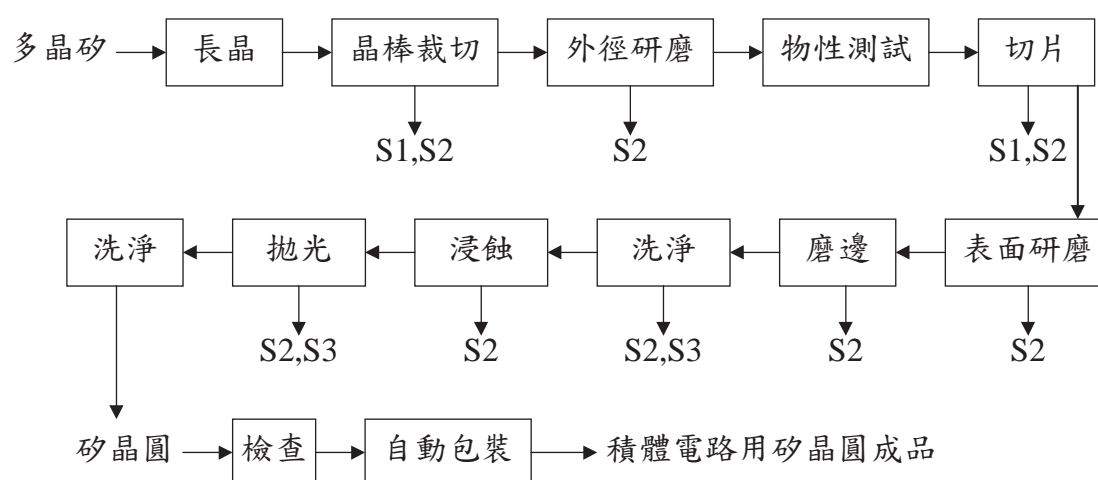
1. 晶圓製造

目前半導體製造之主要材料為矽晶，其製程是利用 Czochralaki 及 Bridgeman 兩種方法來長出晶柱，其中單晶矽主要是利用 Czochralaki 方法製造，在晶體成長之前，需先將原始材料純化，例如單晶矽是用矽砂(SiO_2)來提煉，由於矽砂通常是以化合物型態存在於地球上，故需先將其他元素分開，式 2-1 是其純化步驟，經由電弧爐提煉生成之矽其純度約為 99%，仍不符半導體產品需求，故需再經式 2-2、式 2-3 純化步驟，以產生超純度之多晶矽，以作為成長單晶之用。



Czochralaki 晶體成長是將多晶矽放入坩堝內加熱，溫度是矽的熔點(1,415 $^{\circ}\text{C}$)，長晶時將特定晶種浸入熔湯中，並同時旋轉拉出，矽原子便依照晶種晶

向，一層層長上去，最後得到圓柱狀之晶棒。圓柱之直徑則由控制坩堝之溫度及旋轉之速度決定之。此晶棒經過研磨、切片、清洗、拋光等步驟製成可提供積體電路用矽晶圓成品。其流程與廢棄物產出簡示如圖 2.8 所示。



S1：晶棒頭尾料、晶片、切削油、含 Si 污泥

S2：廢溶劑、廢塑膠

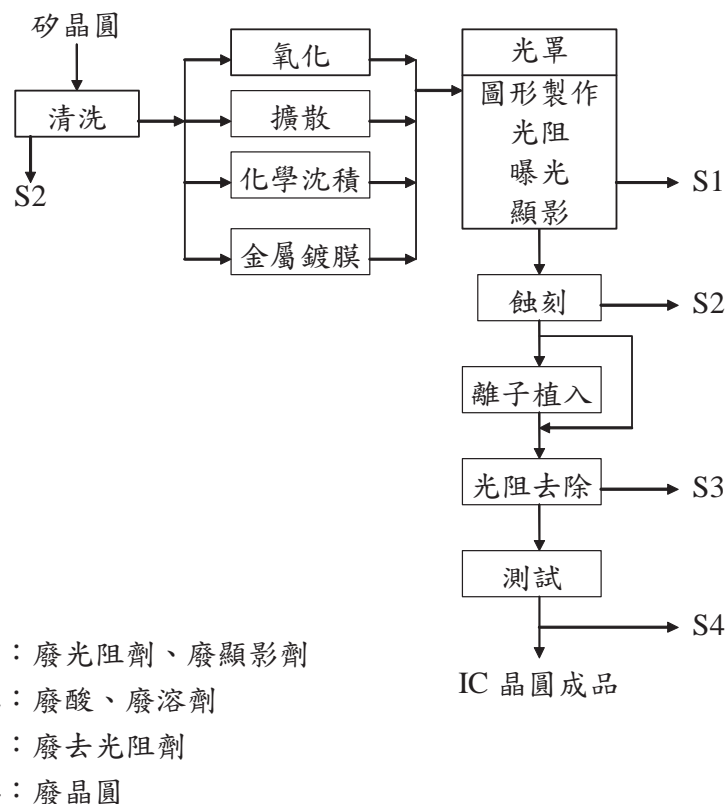
S3：含氟污泥

資料來源：半導體業資源化應用技術手冊，90 年 12 月

圖 2.8 矽晶圓製造流程及廢棄物產源圖

2.IC 製造

將前述產製之各種規格晶圓，經由電路設計及光罩設計後，以晶圓進行晶片積層製造，包括氧化、擴散、離子植入、薄膜、微影蝕刻等程序，由於積體電路上電路之設計是層狀結構，因此需經過多次光罩、圖形製作、形成線路與元件等步驟循環數次甚至數十次之重複程序，最後經過測試後才能完成生產各種用途之晶圓。其製程簡示如圖 2.9 所示，並分別說明如下。



資料來源：半導體業資源化應用技術手冊，90 年 12 月

圖 2.9 IC 晶圓之製造流程及廢棄物產源圖

(1)氧化

氧化是利用高溫爐於矽晶表面予以氧化，所生成之氧化層(SiO_2)主要是當作雜質擴散時之窗口，亦可作為電子元件電性絕緣及製程掩膜之用。

(2)擴散

利用雜質擴散方法以形成 pn 接合面是目前最常使用之技術，將待擴散之晶體置入高溫爐中，通入所要摻雜之氣體(如含磷或硼之氣體)，雜質進入晶體表面後，從濃度高向濃度低之方向擴散，以形成 pn 接合面，此接面之厚度可由擴散時間長短控制之。

(3)化學氣相沈積

化學沈積是一種沈積於晶圓表面之一種薄膜沈積技術，所沈積之薄膜可用來製作絕緣薄膜，薄膜僅有幾毫微米的厚度，而且完全均勻，其製程是將含有被沈積物質之氣體導入反應室內，於受熱之晶圓表面產生一層薄膜，此製程與製作氧化層類似，利用化學沈積可生成之薄膜如多晶矽、氮化矽、鎢

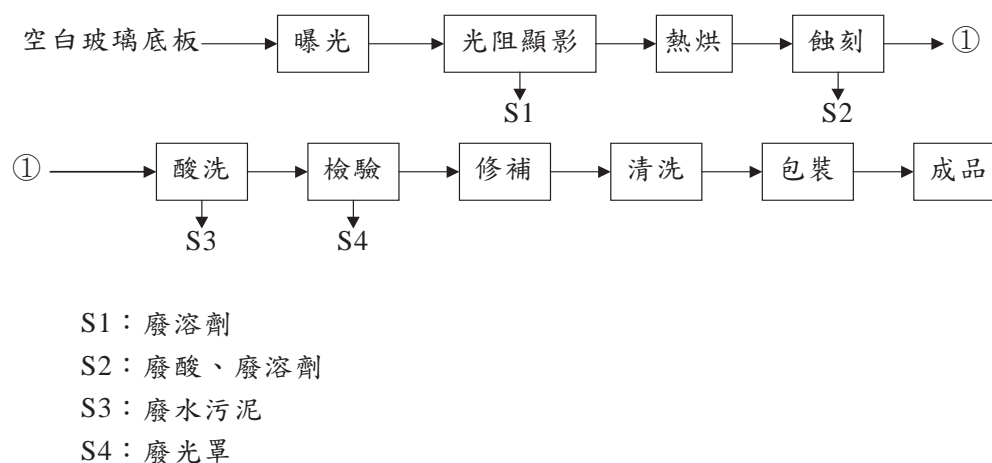
或銅金屬之薄膜材料等。

(4)金屬鍍膜

金屬鍍膜又稱物理鍍膜，係在高真空中的純物質（矽晶）表面上，鍍上鋁、銅或其他金屬，以進行薄膜沈積的一種技術，可分為蒸鍍及濺鍍二種，利用加熱或電漿等方式將晶圓表面鍍著一層金屬薄膜，作為連接 n、p 層之金屬接觸，再透過後續之微影及蝕刻，以獲得所需之電路。

(5)光罩

光罩製作是將已設計好的電路圖以曝光機打在光罩製作材料(一般為石英玻璃或乳劑玻璃)上，於玻璃之鍍層上形成 IC 製造所需之線路，並使用顯影劑將電路圖顯示出來，再利用蝕刻等技術，將鍍層上之電路圖部份蝕化掉，即完成光罩成品。於製造 IC 時則需將光罩之線路圖轉印至矽晶圓上以生產 IC 晶圓，光罩製程如圖 2.10 所示。



資料來源：半導體業資源化應用技術手冊，90 年 12 月

圖 2.10 光罩之製造流程及廢棄物產源圖

(6)微影

微影是將光罩上之圖案轉移到已上光阻之晶圓上之製程，主要包括晶圓表面處理、光阻塗佈、烘烤、光罩對準、曝光及顯影等程序，以獲得所需之電路圖形。由於採用之感光劑易曝光，製程之照明必需在偏黃色光之可見光環境下操作，故通常稱此區為黃光區。

常用之光阻劑成份包括有：

- Ethylene glycol monomethyl ether acetate(EGME acetate)
- Ethylene glycol monomethyl ether (EGME)
- Ethylene glycol monoethyl ether acetate (EGEE acetate)
- Ethylene glycol monoethyl ether (EGEE)
- Propylene glycol monomethyl ether acetate (PGMEA)
- N-methyl-2 pyrrolidone (NMP)
- Diethylene glycol dimethyl ether
- Methyl-3-Methoxy Propionate
- Methyl Amyl Ketone
- Novolak resin
- Polyamidic acid ester
- Methylacrylic ester

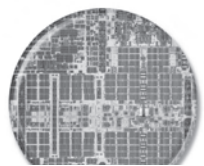
(7)蝕刻

晶圓曝光處理，由顯影液將曝光區之正光阻溶解後，再經過蝕刻去除曝光區之絕緣層，而留下之部份即為所需要之電路圖。蝕刻方式可分為乾蝕刻及濕蝕刻，濕蝕刻乃利用液體化學物質與基質表面的特定材料反應溶出，此程序廣泛的應用於半導體製程中，較常使用之蝕刻液詳列如表 2.5 所示，主要為硝酸(HNO_3)、氫氟酸(HF)、醋酸(CH_3COOH)、鹽酸(HCl)或磷酸(H_3PO_4)、過氧化氫(H_2O_2)溶液。乾式蝕刻則利用低壓放電將氣體(如： Cl_2 、 CF_4 、Ar等)電離成電漿予以蝕刻。

表 2.5 半導體製程常使用之蝕刻液

蝕刻材料	蝕刻液組成
SiO_2	$\text{HF}/\text{H}_2\text{O}/\text{NH}_4\text{F}$ 或 $\text{HF}/\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}$
Si_3N_4	$\text{HF}/\text{H}_3\text{PO}_4$
Al	$\text{HNO}_3/\text{CH}_3\text{COOH}/\text{H}_3\text{PO}_4/\text{H}_2\text{O}$
Au	$\text{KI}/\text{I}_2/\text{H}_2\text{O}$
Mo	$\text{H}_3\text{PO}_4/\text{HNO}_3/\text{CH}_3\text{COOH}/\text{H}_2\text{O}$
Pt	$\text{HNO}_3/\text{HCl}/\text{H}_2\text{O}$
W	$\text{KH}_2\text{PO}_4/\text{KOH}/\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6/\text{H}_2\text{O}$

資料來源：半導體業資源化應用技術手冊，90 年 12 月



(8)離子植入

離子植入法是將三族或五族之雜質，以離子之型式，經加速衝擊進入穿透晶圓表面之薄膜，有別於前述擴散程序，該技術可以精確地控制摻質在晶片內的分佈情形，所以可以調整摻雜在晶片裡的含量(濃度)，使晶片得以在所需要的區域內構築其元件。

(9)去光阻

利用去光阻劑將已完成之晶圓上剩餘之光阻劑去除。正光阻劑含光敏感之化合物、樹脂及有機溶劑等，負光阻劑為含光敏感之高分子，因此去光阻劑多為屬有機溶劑如二甲苯、甲苯、乙酸丁脂、ABS 等成份。

(10)清洗

在每個製程中前段或後段均必需進行之晶圓清潔過程統稱為清洗，清洗需依各製程對去除之污染物之要求而使用不同之溶劑，一般製程可能使用之清洗溶劑包括丙酮、異丙醇、甲醇、甲苯、二甲苯、三氯乙烯、三氯乙烷、乙二醇、單甲醚等。

(11)測試

在完成晶圓製造過程後，必需經過針測(probe)儀器測試其電性功能，以符合允收標準，同時並可了解產品之良率，作為檢討製程品質之參考。未通過測試之不良品則予以降級、修補或丟棄。

3.IC 封裝測試

封裝是利用塑膠或陶瓷包裝晶粒並配線，此製程之目的是在積體電路上製造保護層，以避免電路受到刮傷、破壞或污染等影響產品之功能，經過包裝後整個積體電路周圍會向外拉出腳架，作為與外界電路板電路及訊號連接之用。而 IC 之成品測試，主要在測試 IC 的功能、電性、散熱是否正常，以確保出貨品質。

IC 封裝從 1958 年發展至今，期間發展出的封裝體種類繁多，且因應時代的趨勢、市場的需求與技術的進步，為了滿足這些條件，封裝技術有了重大的演進。在晶片黏著方面，是由原來的打線接合(Wire Bonding)到自動捲帶接線(Tape-Automated Bonding, TAB)，一直演進成現在的覆晶接合(Flip -Chip)，如圖 2.11 所示，說明如下。

(1)打線接合 (Wire Bonding)

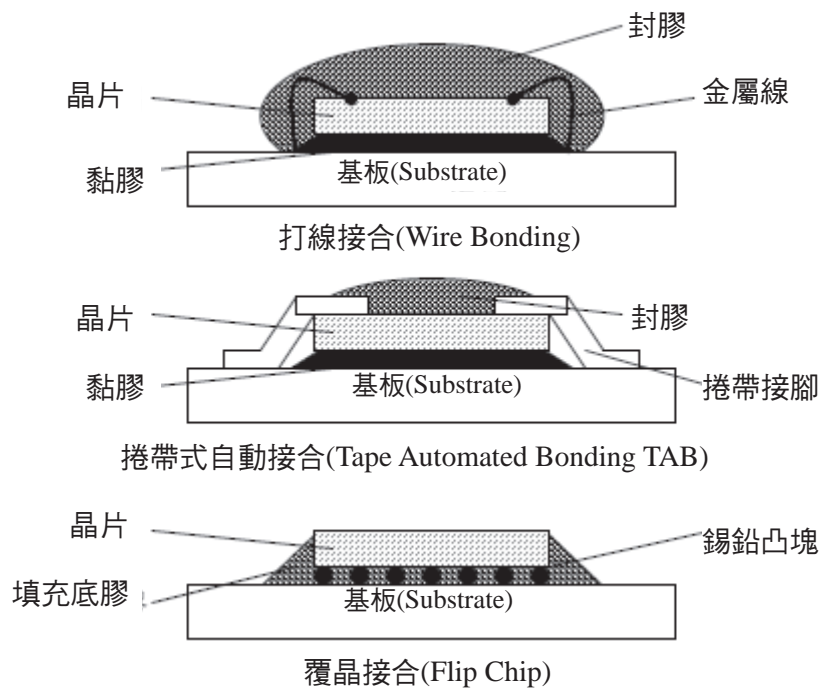
打線接合是最早也是目前應用最廣的技術，此技術是首先將晶片固定於導線架上，再以細金屬線將晶片上的電路和導線架上的引腳相連接。雖然打線接合技術的市場佔有率因為其他技術的挑戰而逐漸減少當中，但由於打線接合技術發展最久，技術最成熟，因此短期內打線接合技術似乎仍不容易為其他技術所淘汰。

(2) 捲帶式自動接合(Tape Automated Bonding, TAB)

捲帶式自動接合技術首先於 1960 年代由通用電子(GE)提出。捲帶式自動接合技術即是將晶片與在分子捲帶上的金屬電路相連接。而高分子捲帶之材料以聚合物為主，捲帶上之金屬層則大多使用銅箔。捲帶式自動接合具有厚度薄、接腳間距小且能提供高接腳數等優點，十分適用於需要重量輕、體積小之 IC 產品上。

(3) 覆晶接合(Flip Chip)

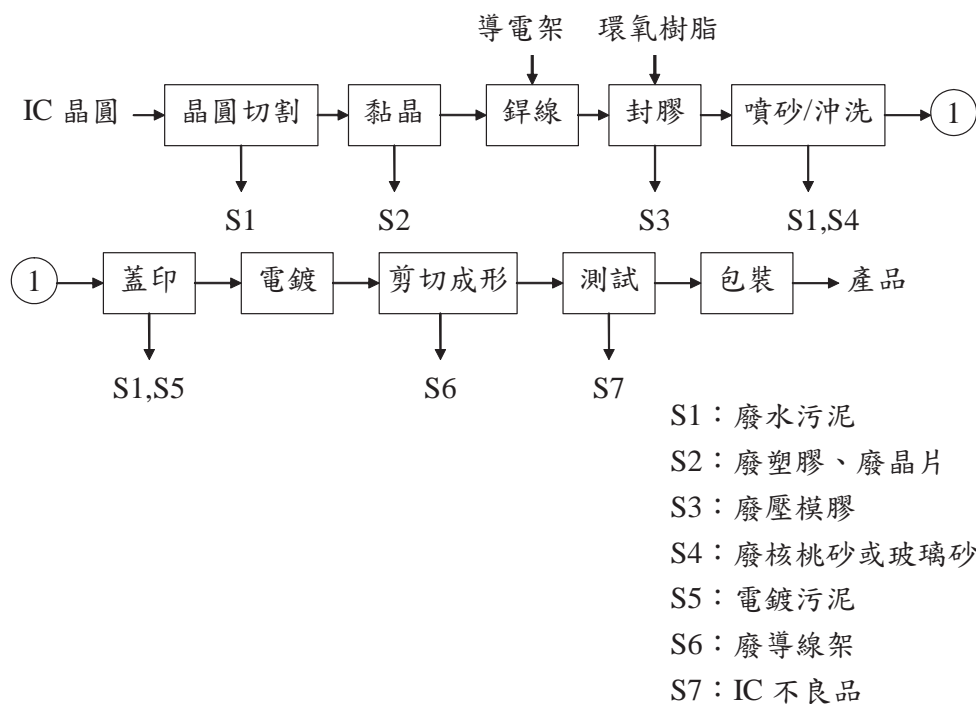
覆晶接合技術是在晶片之金屬墊上生成錫鉛凸塊，而於基板上生成與錫鉛凸塊相對應之接點，接著將晶片翻轉對準基板上之對應接點然後接合。



資料來源：任明華，覆晶球柵陣列電子封裝體在溫度循環下的熱應力與熱應變分析，90年12月

圖 2.11 常見 IC 封裝(構裝)技術

晶圓切割及構裝製程簡示如圖 2.12 所示，並分別說明如下。



資料來源：半導體業資源化應用技術手冊，90 年 12 月

圖 2.12 IC 切割及構裝之製造流程及廢棄物產源圖

(1) 晶圓切割

晶圓經過測試後，利用切割刀或鑽石刀及雷射槍將晶圓切割為一顆顆之晶粒，如圖 2.13 所示，例如以 0.2 微米製程技術生產，每片八吋晶圓上可製作近六百顆以上之 64M DRAM。

(2) 黏晶

黏晶是將已切割完成之晶粒以 epoxy 黏著固定於導線架上，導線架可提供晶粒黏著位置，並預設有可延伸 IC 晶粒電路之延伸腳，黏晶完成之導線架再傳輸至下一製程進行鐸線。

(3) 鐸線

鐸線是將晶粒上之接點以極細之金線連接至導線架下之引腳，藉此將 IC 晶粒之電路訊號傳輸到外界。

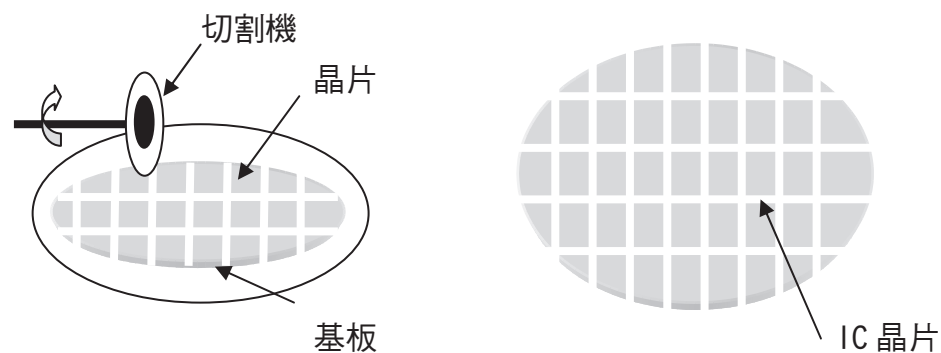


圖 2.13 晶圓成品之切割程序

(4)封膠

封膠是將鐸線完成之導線架置放於框架上預熱後，再以壓模機封閉上下模將預熱之樹脂擠入模中，待樹脂充填硬化後，再開模取出成品。

封膠之目的主要為：防止濕氣侵入、支持導線、提供可手持之形體等。因此封膠完成後之成品，即於導線架上之每一顆晶粒均包覆外殼，並伸出外引腳互相串聯在一起。

(5)印字

利用印字機將所需之資訊印在封裝完成之膠體上，印字之目的，是註明商品之規格、商品批號、製造者、製造日期等資料，提供購買者參考，故務需力求清晰牢靠。

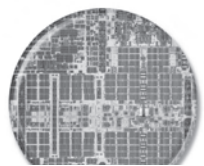
(6)剪切/成形

封膠完成之導線架需先將導線架上多餘之殘膠去除，再經過電鍍以增加外引腳之導電性及抗氧化性，而後再進行剪切成形。剪切之目的是將整條導線架上已封裝完之晶粒予以獨立分開，並將不需要之連接用之材料及凸出之樹脂切除。

成型則是將晶粒周圍伸出之外引腳再壓成各種預設之形狀，以便於後續裝置於電路板之用。

(7)測試/包裝

半導體產品測試之目的除了確認晶粒在經過封膠及溫度冷熱變化對產品品質之影響外，亦可依測試結果將產品予以分級。此步驟之工作有時是由



專業測試廠來執行，工廠利用高精密度之測試機台進行測試，之後再利用雷射掃瞄或人工檢視將不合格之產品檢出，未通過檢測之產品則予以降級、修補或丟棄。

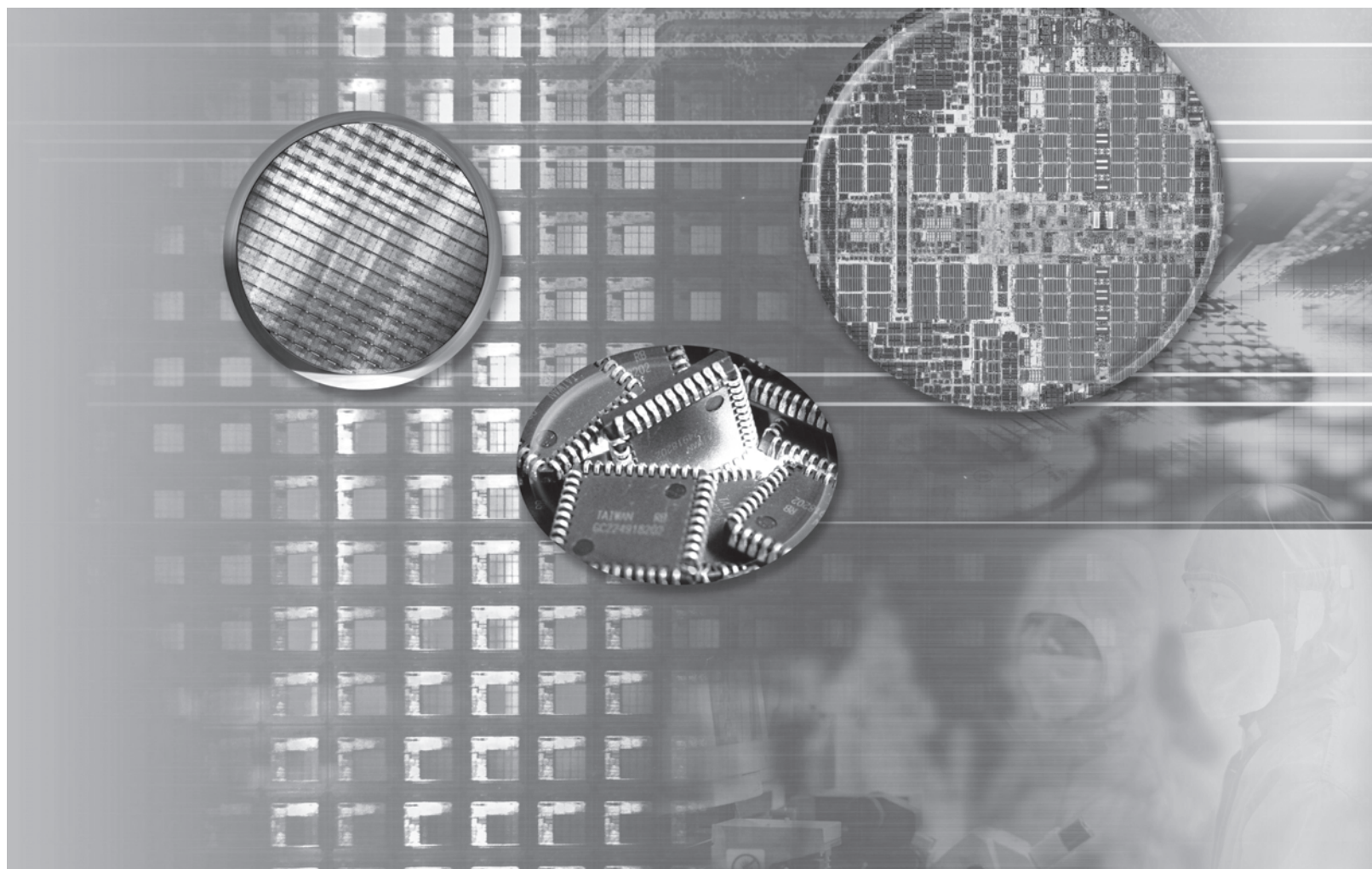
檢測無誤之產品則直接於廠內進行烘烤，去除水氣後，再依客戶之需求進行包裝。由於測試程序是半導體製程中最後一道步驟，因此部份專業測試廠會將包裝完成之產品配合業主之要求直接運送至客戶處。

參考文獻

1. 半導體廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，90 年 12 月
2. 經濟部統計處中華民國台閩地區各行業工廠名錄，2007 年 12 月
3. 多元化應用推動半導體產業成長，電子工程專刊，<http://www.eettaiwan.com>
4. 經濟部工業局半導體產業發展推動計畫網站，<http://www.sipo.org.tw/>
5. IEK：台灣半導體產業正航向十二吋晶圓藍海，電子工程專刊，
<http://www.eettaiwan.com>
6. 應用更多元 軟性電子技術開啟產業新商機，電子工程專輯，2007 年 07 月 23 日
7. 從台灣 12 吋晶圓廠之蓬勃看半導體產業，經濟部工業局，95 年 09 月 15 日
8. 台灣半導體產業對國家的貢獻，台灣半導體產業協會，95 年 3 月 16 日
9. 莊雅雯，金屬鎳的應用概況，工研院 IEK-ITIS 計畫，2007 年
10. 應用更多元軟性電子技術開啟產業新商機，電子工程專輯，2007 年 07 月 23 日
11. 林才森，台灣半導體產業現況與 IC 簡介，台灣茂矽電子公司，2003 年
12. 任明華博士，覆晶球柵陣列電子封裝體在溫度循環下的熱應力與熱應變分析，中山大學機械與機電工程學系，90 年 12 月

第三章

廢棄物特性及現況





第三章 廢棄物特性及現況

半導體製造業因產品更新迅速，製造技術快速進步，故製程亦隨之更改，所以使用之各種原料、化學品、氣體、能資源及其所產生廢棄物之種類及數量也在隨之變化，本章係針對各製程所可能產生之廢棄物予以說明。

3.1 廢棄物特性及產生量

由於我國半導體產業廠商經營型態大多屬上下游分工明確，因此各廠因生產製程不同以致所產生之廢棄物亦不相同，故依各產源彙整廢棄物種類如表 3.1 所示。

3.1.1 晶圓製造

晶圓之製造流程主要由是多晶矽以生產提供 IC 製造用之矽晶圓成品，其中可能產生之廢棄物為廢晶片、廢溶劑、研磨污泥、廢切削油等。各廢棄物產生源詳如前章產業概況圖 2.8。

3.1.2 IC 製造

積體電路之製程是在晶圓廠完成之矽晶圓上，以光罩印上電路圖樣，再經過物理及化學等方法，將電路及電路上之元件，在晶圓上作出以提供不同功能之用。由於 IC 上的電路設計是層狀結構，需經過多次前述之程序，始完成完整之 IC。其中可能產生之廢棄物為廢晶片、廢溶劑、廢酸鹼、含氟污泥等。各廢棄物產生源詳如圖 2.9 所示，說明如下：

1. 清洗

晶圓清洗包括去除微粒、有機物、離子、金屬不純物等，傳統濕式清洗可使用之清洗溶劑包括去離子水、酸液(如氫氟酸、鹽酸、硝酸、鉻酸、硫酸等)以及常用以乾燥之異丙醇(IPA)等。其中濃度較稀薄者通常直接匯入廠內之廢水處理廠處理，但濃度較高者則以廢液清理或再利用之。

2. 微影

在微影製程中包括光罩製作、光阻塗佈、曝光、顯影等製程，其中光阻塗佈一般採用旋轉離心方式，同時為了確保光阻全部塗佈至整個片晶圓上，通常注入之劑量，必需超出真正塗佈黏著在晶圓上之數量，有時可能高達數十倍至



數百倍，極為可惜，因為甩到晶圓外之光阻劑中有機溶劑迅速揮發，成份改變，無法回收再用，只能運棄。故此階段可能產生之廢棄物有廢光阻劑、廢顯影劑等廢液。

3. 蝕刻

蝕刻製程中會產生之廢棄物為蝕刻廢液，其成份常為氫氟酸、硝酸、磷酸、鹽酸、醋酸等混酸。

4. 去光阻

在去光阻過程中會產生之廢棄物為去光阻液，其成份多為 Dimethyl Sulfoxide、乙醇胺、N-甲基-2-吡咯酮、2-(2-胺基乙氧)乙醇等。

5. 測試

經由測試後會產生之廢棄物為測試不合格之廢晶圓。

6. 廢水污泥

前述於清洗及蝕刻過程中所產生之氫氟酸廢水經處理後所產生之廢棄物為廢水污泥。

3.1.3 IC 封裝測試

IC 封裝是於 IC 晶圓製造完成後，以塑膠或陶瓷等材料，將 IC 晶粒包覆在其中，以提供晶片與電子系統間訊號傳遞之介面及保護 IC 之目的。其製程主要先將晶圓切割、晶粒訊號接點連接至導線架、封膠、檢切及測試等步驟。其中可能產生之廢棄物為廢 IC、廢塑膠、廢壓模膠、廢水污泥、廢導線架、廢噴砂等。各廢棄物產生源詳如圖 2.12 所示。

依據環保署事業廢棄物管制中心 IWMS 統計，2008 年 1 月 1 日至 10 月 31 日止半導體業事業廢棄物產生總申報量為 279,588 公噸，共計包含 93 項事業廢棄物種類，其中以 D 類廢棄物約 19 萬公噸，占年申報量的 68%，其次是 R 類廢棄物，占年申報量 10%。以下就對半導體業 2008 年申報產出之廢棄物代碼類別進行說明。

1. A 類廢棄物(製程有害)

部分積體電路板或是記憶體之電鍍製程中，產生含有重金屬成分廢水，故其處理後廢水污泥亦含重金屬，因此依據事業廢棄物代碼分類辦法以 A-8801 申報，如表 3.1 所示，申報量僅有 913.2 公噸。

表 3.1 2008 年半導體業 A 類廢棄物申報量

廢棄物代碼	廢棄物名稱	合計(公噸/年)
A-8801	電鍍製程之廢水處理污泥	861.20
A-9001	電鍍廢棄之氰化物電鍍液	51.60
合計		913.20

資料來源：行政院環保署 IWMS 系統，本手冊整理

2. B 類廢棄物(毒性有害)

產出 B 類毒性有害廢棄物主要來自機台清洗或是塗佈所使用之毒性化學物質，因使用量較少，所以產生廢棄物也較少，而 B-0339 乙二醇甲醚主要是使用於晶圓表面塗料的使用，因此產生之廢棄量也比其他項目較大，如表 3.2 所示。

表 3.2 2008 年半導體業 B 類廢棄物申報量

廢棄物代碼	廢棄物名稱	合計(公噸/年)
B-0155	氯苯<毒性化學物質第一類>	0.013
B-0164	三氯甲烷<毒性化學物質第一類>	0.001
B-0221	三氧化鉻(鉻酸) <毒性化學物質第二類>	0.003
B-0222	重鉻酸鉀<毒性化學物質第二類>	0.160
B-0244	六羧化鉻<毒性化學物質第二類>	0.002
B-0299	其他前述化學物質混合物或廢棄容器	0.711
B-0337	甲醛<毒性化學物質第二，三類>	0.480
B-0339	乙二醇甲醚<毒性化學物質第二類>	51.510
B-0399	其他前述化學物質混合物或廢棄容器	1.700
合計		54.580

資料來源：行政院環保署 IWMS 系統，本手冊整理

註：廢棄物申報量小於 0.001 公噸/年者不列入統計。

3. C 類廢棄物(有害特性認定)

半導體業 C 類廢棄物中，2008 年廢酸液 C-0202、廢溶劑 C-0301 申報量約 5.3 萬公噸，已占 C 類廢棄物 91%，其次為 C-0110 含銅及其化合物污泥。半導體業中廢溶劑主要由蝕刻、去光阻及製程清洗所產生之光阻劑、去光阻劑、異丙醇，三氯乙烷等，其中以異丙醇(IPA)及正負光阻液為最大宗。



表 3.3 2008 年半導體業 C 類廢棄物申報量

廢棄物代碼	廢棄物名稱	合計(公噸/年)
C-0101	汞及其化合物(總汞)	0.006
C-0102	鉛及其化合物(總鉛)	194.721
C-0104	鉻及其化合物(總鉻)(不包含製造或使用動物皮革程序所產生之廢皮粉、皮屑及皮塊)	22.190
C-0105	六價鉻化合物	0.020
C-0106	砷及其化合物(總砷)	202.997
C-0110	銅及其化合物(總銅)(僅限廢觸媒、集塵灰、廢液、污泥、濾材、焚化飛灰或底渣)	3,426.770
C-0171	含鋇電池	2.821
C-0172	含汞之廢照明光源(燈管、燈泡)(非屬公告應回收廢棄物者)，且乾基每公斤汞濃度低於二百六十毫克者	2.405
C-0173	含汞之廢照明光源(燈管、燈泡)(非屬公告應回收廢棄物者)，且乾基每公斤汞濃度達二百六十毫克以上者	7.258
C-0199	其他經中央主管機關公告之物質及溶出試驗標準	4.480
C-0201	廢液 pH 值大(等)於 12.5	707.142
C-0202	廢液 pH 值小(等)於 2.0	24,318.449
C-0203	廢液在 55°C 時對鋼(S20C)之腐蝕速率每超過 6.35 毫米/年者	10.430
C-0299	其他腐蝕性事業廢棄物混合物	129.105
C-0301	廢液閃火點小於 60°C (不包含乙醇體積濃度小於 24% 之酒類廢棄物)	28,901.037
C-0399	其他易燃性事業廢棄物混合物	131.041
C-0503	血液廢棄物	0.006
C-0506	手術或驗屍廢棄物	0.032
C-0599	感染性廢棄物混合物	0.863
C-9999	其他有害特性認定之廢棄物	5.780
合計		58,067.550

資料來源：行政院環保署 IWMS 系統，本手冊整理

註：廢棄物申報量小於 0.001 公噸/年者不列入統計。

4. D 類廢棄物(一般事業廢棄物)

在半導體廠中主要事業廢棄物種類以廢(污)水液體廢棄物最多，業者若是以廢(污)水處理設施處理液體廢棄物者，改用 D-1505、D-1506、D-1507 進行申報，若是直接放流者，則改用 D-1506 進行申報，如表 3.4 所示，廢(污)水液體廢棄物申報量合計 14 萬公噸，已佔 D 類廢棄物申報量之 75%。

因目前國內半導體業者均設有汙水處理系統，除氟化鈣污泥及有害污泥外，有部份污泥是來自於生活污水及無害製程產生的污泥，所以在申報量上，

無機性污泥、污泥混合物及有機性污泥申報較大，約有 1 萬 5 千多公噸，約佔 D 類廢棄物申報量之 8%。

表 3.4 2008 年半導體業 D 類廢棄物(一般廢棄物)申報量

廢棄物代碼	廢棄物名稱	合計(公噸/年)
D-0102	植物性殘渣	0.650
D-0104	水肥或糞尿等廢棄物	825.820
D-0201	廢離子交換樹脂	266.870
D-0202	廢樹脂 (D-0201 除外)	20.760
D-0299	廢塑膠混合物	8,680.062
D-0399	廢橡膠混合物	3.870
D-0402	廢玻璃棉	0.050
D-0403	廢保溫材料	29.210
D-0499	其他廢玻璃、陶瓷、磚、瓦及黏土等混合物	595.295
D-0501	廢耐火材	2.100
D-0599	土木或建築廢棄物混合物	447.890
D-0699	廢紙混合物	366.700
D-0701	廢木材棧板	185.380
D-0799	廢木材混合物	507.943
D-0801	廢纖維	32.161
D-0802	廢棉屑	2.071
D-0803	廢布	229.368
D-0899	廢纖維或其他棉、布等混合物	356.681
D-0901	有機性污泥	1,072.470
D-0902	無機性污泥	11,755.045
D-0903	非有害油泥	1,728.230
D-0999	污泥混合物	765.650
D-1099	非有害廢集塵灰或其混合物	3.650
D-1399	其他單一非有害廢金屬或金屬廢料混合物	10.499
D-1502	非有害廢鹼	265.902
D-1503	非有害廢酸	219.273
D-1504	非有害有機廢液或廢溶劑	7,904.064
D-1505	廢(污)水 pH 值小於 6.0	71,347.440
D-1506	廢(污)水 pH 值介於 6.0-9.0	26,431.000
D-1507	廢(污)水 pH 值大於 9.0	42,560.800
D-1701	廢油漆、漆渣	0.980
D-1799	廢油混合物	2,464.070
D-1801	生活垃圾	8,193.965
D-1999	未納入公告之廢物品混合物	9.969



表 3.4 2008 年半導體業 D 類廢棄物(一般廢棄物)申報量 (續)

廢棄物代碼	廢棄物名稱	合計(公噸/年)
D-2302	不含鹵化有機之廢化學物質	2.160
D-2303	廢無機化學物質	2.600
D-2399	一般廢化學物質混合物	23.264
D-2403	廢活性碳	4.658
D-2407	噴砂廢棄物	34.390
D-2499	其他未歸類之一般事業廢棄物	2,426.105
D-2504	不含塑膠、橡膠或油脂之廢馬達	0.320
D-2527	其他以物理處理法處理之混合五金廢料	185.829
D-2601	廢電線電纜(以物理處理法處理者)	46.683
D-2612	廢電鍍金屬	203.644
D-2619	廢電氣器材	58.206
D-2623	含金(銀、鈹)之導線架廢料	152.517
D-2625	含貴金屬(金、銀、鈹、鉑、銻、銻、銻、銻、銻、銻)之離子交換樹脂	0.720
D-2627	其他以化學處理法(不含熱處理法)處理之混合五金廢料	1.313
合計		190,428.295

資料來源：行政院環保署 IWMS 系統，本手冊整理

5. E 類廢棄物(混合五金廢料)

在半導體業中電子廢料之來源主要為加工切片、研磨、拋光過程所產生之不良品，以及製程後段構裝測試過程所產生之不合格品或淘汰品，依據文獻資料調查結果顯示，在製造過程中廢積體電路之不良率約為產品產量之 3~10%。而晶圓是在半導體製程中用以製造生產晶片之材料，一般依直徑大小可分為五吋、六吋、八吋及十二吋之規格，這些晶圓是由矽晶棒經一片一片切割而得，在切割過程中，品質較佳者幾乎都集中在矽晶棒中段，而於切割過程中出現瑕疵者，大多用作非生產用途，一般當做測試之用，稱為測試晶圓(或稱擋控片)。

由於一片晶圓之成本大約佔產品之價值之 50~60%，因此在晶圓廠內設備進行生產前，均需以測試晶圓來量測如：爐管溫度、金屬層、化學品濃度、沈積厚度等設備及操作之條件經測試後之晶圓通常丟棄報廢，加上不符合產品品質要求之廢晶圓，由晶圓廠產生之廢晶圓數量可觀。(如表 3.5 所示)

表 3.5 2008 年半導體業 E 類廢棄物申報量

廢棄物代碼	廢棄物名稱	合計(公噸/年)
E-0213	電鍍金屬廢塑膠(含光碟片)	0.008
E-0217	廢電子零組件、下腳品及不良品	2,209.754
E-0218	廢光電零組件、下腳品及不良品	0.150
E-0221	含金屬之印刷電路板廢料及其粉屑	138.973
E-0222	附零組件之廢印刷電路板	16.082
E-0301	發光二極體晶圓廢料及粉屑	4.519
合計		2,369.487

資料來源：行政院環保署 IWMS 系統，本手冊整理

6. R 類廢棄物(公告再利用)

在積體電路製程中，於蝕刻及爐管清洗過程，一般常使用氫氟酸，因此在所排放之廢水中即產生含氟廢水，目前大多數之半導體業，使用化學加藥混凝技術，去除水中之氟離子，而所產生氟化鈣污泥。由表 3.6 所示，R-0910 氟化鈣污泥量已占 R 類廢棄物申報量 89%，其次為 R-2501 廢酸性蝕刻液。

表 3.6 2008 年半導體業 R 類廢棄物申報量

廢棄物代碼	廢棄物名稱	合計(公噸/年)
R-0201	廢塑膠	59.127
R-0401	廢玻璃	54.810
R-0403	廢陶瓷	59.040
R-0701	廢木材	756.100
R-0910	氟化鈣污泥	24,716.040
R-1302	廢銅	0.716
R-2408	廢活性碳	437.220
R-2501	廢酸性蝕刻液	1,672.540
合計		27,755.593

資料來源：行政院環保署 IWMS 系統，本手冊整理

由於我國半導體產業廠商經營型態大多屬上下游分工明確，因此各廠因生產製程不同以致所產生之廢棄物亦不相同，故依各產源彙整廢棄物種類如表 3.7 所示。



表 3.7 半導體業之廢棄物種類及產源表

廢棄物種類		產源
固 體 廢 棄 物	含矽污泥	晶圓切割、研磨
	含氟污泥	酸洗廢水處理產生
	廢損晶片	晶圓切割、測試不良品
	廢壓模膠	IC 封裝裁切邊料
	廢導線架	IC 封裝完成後切割
	廢噴砂	晶圓研磨
	廢錫鉛渣	鍍錫
	廢樹脂、廢濾材	純水設施
	廢空氣濾材	無塵室、廢氣處理設施
	生活垃圾、廢紙、廚餘	辦公室、員工餐廳
	廢鐵	原料包裝、設備維修
	廢木材、廢塑膠、廢保利龍、廢玻璃	原料包裝
	廢口罩、手套、鞋套	無塵室
廢 液	廢溶劑	晶圓清洗
	廢酸	晶圓清洗
	廢鹼	晶圓清洗
	廢切削油	晶圓切割
	蝕刻廢液	蝕刻

3.2 廢棄物資源化現況

3.2.1 廢硫酸

在半導體業積體電路生產過程中常使用高純度之硫酸清洗原料表面及微量之塵埃。以晶圓代工廠為例，在晶圓製程中以高純度之硫酸清洗矽晶體表面，當酸之矽含量超過 2ppb 時，則必須汰換更新硫酸，所排放之廢硫酸濃度約為 75%(有時尚含有雙氧水)，一般業者將其稱為廢硫酸水溶液、廢硫酸或硫酸廢液，此硫酸雖為半導體業之廢棄物，但其純度上優於市售之硫酸，故仍可再利用為其他製程之原料。

1. 資源化管道

目前國內廢硫酸多數均以 C-0202 進行申報，如表 3.8 所示，產生廢硫酸量約有 2.4 萬公噸產生，其中約 73% 依據經濟部工業局再利用許可規定進行廢硫酸資源化再利用，約 27% 委託甲級清除機構載運廢酸液至合格處理機構進行再利用或採焚化、廢水處理等方式處理。

表 3.8 廢硫酸(C-0202)再利用鏈結表

廢棄物代碼	廢棄物種類	處理方式	處理量 (公噸/年)		再利用技術	再利用產品種類
C-0202	廢液 pH 值 小(等) 於 2.0	再利用	17,752		中和、氧化 還原、(置換)	硫酸鋁(明礬 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$) 聚合硫酸氯化鋁鐵 其他塑膠製品 磷酸鈉 二氧化錫 硫酸銅 錫鉛合金錠 生物營養劑 氯化亞鐵 銅金屬
		委託及 共同清 除處理	再利用	6,323	萃取、結晶、溶解、 中和	氫氧化銅 硫酸銅 銅土
			焚化、 廢水處 理	243	-	-

資料來源：行政院環保署 IWMS 系統，本手冊整理



2. 再利用機構

從事收受半導體業 C-0202 廢棄物進行再利用行為之廠商如下表 3.9 所示，其中不包括僅清洗酸液之容器者。各廠商因技術跟設備單元不同，所產生的再利用產品也各有所異：上沅科技有限公司主要再利用產品為硫酸鋁($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$)；正美化工有限公司產品為聚合硫酸氯化鋁鐵；而永信容器工業股份有限公司主要是收受溶劑空桶進行清洗後再利用，所以產品為其他塑膠製品；立光化工股份有限公司產品則為磷酸鈉；昶昕實業股份有限公司大園廠及蘆竹廠，再生產品主要為二氧化錫及硫酸銅；瑞大鴻科技材料股份有限公司則再製成錫鉛合金錠；鳳育企業有限公司竹南廠則為生物營養劑；雙慶化工股份有限公司則依廢液特性做成氯化亞鐵及銅金屬等。

表 3.9 收受半導體業 C-0202 廢棄物進行再利用行為廠商名單

上沅科技有限公司
正美化工有限公司
立光化工股份有限公司
光洋應用材料科技股份有限公司官田廠
向陽科技股份有限公司新竹廠
利津實業有限公司
東泰興實業股份有限公司
金益鼎企業股份有限公司
佶鼎科技股份有限公司
昶昕實業股份有限公司蘆竹廠
啟慶實業股份有限公司
順倉股份有限公司
瑞大鴻科技材料股份有限公司
鳳育企業有限公司竹南廠
雙慶化工股份有限公司

資料來源：行政院環保署 IWMS 系統，本手冊整理

3. 技術種類

廢硫酸資源化技術常可依資源化再利用途徑之需求而予以規劃，由於半導體業者所產生之廢硫酸成份與一般工業級硫酸相似，因此可以替代原料方式來利用生產「聚氯化鋁」、「聚硫酸鐵」等廢水處理混凝劑。

(1) 廢硫酸資源化製備「聚氯化鋁」

廢硫酸以化學反應方式製備「聚氯化鋁」之程序說明如下：

A.雙氧水之去除：將所收集之廢硫酸定量送至反應槽，加入過量硫酸亞鐵反應，使原液中之 H_2O_2 及 Fe^{++} 反應生成 H_2O 及 Fe^{+++} ，產物為含 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 之硫酸溶液。

B.聚氯化鋁之製備：將(1)之產物含 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 之硫酸溶液再與硫酸、鹽酸、氯化鋁、水(來自水洗冷卻槽)注入反應槽中反應，即可生成產品液態氯化硫酸鋁。

(2)廢硫酸資源化製備「聚硫酸鐵」

將廢硫酸(含雙氧水)、鐵、硝酸、水等經調配混合加工後，即可製得聚硫酸鐵產物。

4.再利用產品種類

依據每家再利用機構的技術跟製程不同，因此廢硫酸再利用產品也呈現多樣化，如表 3.10 所示，主要再利用產品以硫酸鋁(明礬 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$)最多，硫酸鋁通常被作為絮凝劑，用於污水處理，也用於造紙工業。其次為硫酸銅約有 2,500 公噸，其水溶液因水合銅離子的緣故呈現出藍色，硫酸銅常用於煉製精銅，於熟石灰混合製成農藥波爾多液。

表 3.10 廢硫酸再生產品一覽表

產品代碼	產品名稱	再生產品(公噸)
080604	磷酸銨	733.500
080741	鉛合金	55.660
120111	過硫酸銨	1.930
120112	硫酸鋁(明礬 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$)	3,175.990
120113	硫酸銅	2,489.520
120199	其他硫化合物或硫酸鹽	122.090
120299	其他無機鹽	1,457.420
130299	其他塑膠製品	1.960
B00603	多元氯化鋁	28.820
000099	其他(請註明中文名稱)	53,146.300

資料來源：行政院環保署 IWMS 系統，本手冊整理

3.2.2 廢異丙醇

半導體業者或光學原件的各階段製程末端，為了進行下一個階段製程時，怕前一個階段製程有汙染殘餘而影響產品良率，都先進清洗程序，一個典型的清洗



程序包含了清洗、洗淨、除溼及乾燥等步驟。其中，清洗及洗淨可能不只一次，為了產品良率之考量，品質管理人員一定要求要洗的非常乾淨，在進行除溼乾燥。為避免水汽殘存於產品上即在低溫下即可乾燥，藉由異丙醇(IPA)與水互溶且極易揮發之特性，以異丙醇作為最後的除濕步驟，除去產品上殘存的水汽。當異丙醇之含水量達一定濃度後，即將異丙醇排出而為製程廢液。

1. 資源化管道

廢異丙醇依其成分特性，於廢棄物清理申報代碼以 C-0301 廢液閃火點小於 60°C (不包含乙醇體積濃度小於 24% 之酒類廢棄物) 進行申報，如表 3.11 所示，產生異丙醇廢液量約 2 萬 9 千公噸，其中約 34% 依經濟部工業局再利用許可規定進行廢異丙醇資源化再利用。而約 66% 委託甲級清除機構載運廢酸液至合格處理機構進行再利用或採焚化、廢水處理等方式處理。。

表 3.11 廢異丙醇(C-0301)再利用鏈結表

廢棄物代碼	廢棄物種類	處理方式	處理量(公噸/年)		再利用技術	再利用產品種類
C-0301	廢液閃火點小於 60°C (不包含乙醇體積濃度小於 24% 之酒類廢棄物)	再利用	9,826		蒸餾、燃料、中和	異丙醇 其他塑膠製品 丙二醇甲醚醋酸酯+丙二醇單甲基醚 甲基異丁酮 其他有機溶劑 清洗劑 丙酮、乙酸乙酯 甲醇、乙醇
		委託及共同清除	再利用	11850	燃料 蒸餾 乾燥焙燒 混練 清洗空桶	其他有機溶劑 其他土類：土壤改良劑 其他醇類及醇類化合物：丙酮、異丙醇、稀釋劑 其他油類：再生燃料
			焚化、廢水處理	7225	-	-

資料來源：行政院環保署 IWMS 系統，本手冊整理

2. 再利用廠商

從事收受半導體業 C-0301 廢棄物進行再利用行為之廠商如下表 3.10 所示，其中不包括直接將廢溶劑作為輔助燃料、以廢溶劑產製輔助燃料產品或僅

清洗溶劑之容器者。

表 3.12 收受半導體業 C-0301 廢棄物進行再利用行為廠商名單

三合化學股份有限公司楊梅廠	勁鍊科技股份有限公司大同廠
李長榮化學工業股份有限公司林園廠	峻源股份有限公司
亞洲化學股份有限公司楊梅一廠	順倉股份有限公司
松益化工股份有限公司	圓立環保股份有限公司
長春石油化學股份有限公司苗栗廠	達和清宇股份有限公司
易增股份有限公司	總合溶劑股份有限公司
松益化工股份有限公司	向陽科技股份有限公司新竹廠

資料來源：行政院環保署 IWMS 系統，本手冊整理

3. 資源化技術

異丙醇廢液回收方式有原液循環再利用、蒸餾回收及純化回收等，說明如下：

(1) 循環再利用

作為第一度清洗脫脂、剝離舊塗膜、清洗機具或經簡單過濾後，直接用於塗料之稀釋添加上；一般視回收物品之品質要求而定。

(2) 蒸餾回收

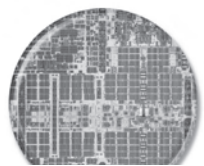
由於有機溶劑具有低沸點及高揮發性之特點，而在常溫下即具有較高之蒸氣壓，因此可藉由沸點不同之差異，將混合廢溶劑中各不同之成份分離，單段式之蒸餾所回收之溶劑純度有一定之範圍限制，一般進行溶劑蒸餾回收之操作大多藉由多段式之分餾塔反複調整氣—液相中成份之組成比例，以獲得單一成份組成較高之回收液。

(3) 純化回收

常見之純化方法有：萃取精餾、擴散透析、滲透蒸發、超臨界流體萃取等技術，簡述如下：

A. 萃取精餾

含水之廢溶劑常會形成共沸物，須藉由加入新鮮溶劑，利用其與水份及有機成份間之作用力不同，而改變原成份間之相對揮發度，如此即可用一般之精餾方法予以分離。而新鮮溶劑之沸點又較原有之任一成份為高，將隨底流離開精餾塔，此即萃取精餾。萃取精餾之主要設備為萃取精餾



塔，而為了在絕大部分之塔板上能維持較高溶劑濃度，新鮮溶劑之加入口一定要在進料口上端，但又不能從塔頂引入，因為其加入口以上須還有若干塊塔板，以組成溶劑再生段。新鮮溶劑與重成份一起自塔底引出後，送入溶劑回收裝置。一般此裝置皆使用蒸餾塔將重成份自新鮮溶劑中蒸出，再重新返回萃取蒸餾塔使用。整個流程中新鮮溶劑係循環再生利用，故損失不大，只需添加少量補償即可。

B. 擴散透析

擴散透析中之擴散，本質上是一種熱能平衡效應，其現象為溶質由高濃度區移向低濃度區；而透析則是溶液中溶質穿透薄膜之現象。各種不同溶質可藉由其擴散性差異而被分離，使溶質由高濃度區穿透薄膜移向低濃度區。

基於電中性原理，離子交換薄膜兩側均保持離子電位中性。因此，兩側之陰離子必須以等速率方式穿透薄膜而互相交換，或每一陰離子擴散須伴隨一陽離子。由於氫離子之物理尺寸相當小，所以極容易伴隨與其連結之陰離子（如： Cl^- 、 F^- 、 NO_3^- 或 SO_4^{2-} 等）而遷移穿透選擇性離子交換薄膜；相對地金屬離子之物理尺寸較大，所以較不易與其連結之陰離子穿透，但金屬離子滲透(leakage)仍會發生。

C. 滲透蒸發

基於省能源及設備簡單之特點，滲透蒸發程序在分離共沸物、熱敏感混合物和沸點相近溶液方面被廣泛應用。其分離程序主要分成三步驟，包括某一成份溶解而進入薄膜中；於薄膜中傳送；在薄膜之下游界面揮發，同時被帶離薄膜。其優點為：

- 操作簡單，且節省能源，又不佔空間。
- 易於分離共沸物，可應用於多成份含水混合物之分離。
- 可處理多重廢溶劑，且不致造成二次污染問題。

D. 超臨界流體萃取

超臨界流體萃取技術是利用一維持在高於廢溶劑臨界點之溫度及壓力之下，進行萃取操作，而分離出所欲萃取之物質。超臨界流體之優異萃取性能很早就成功應用於天然物萃取之研究，1978年更由德國HAG公司將其商業化運轉於萃取咖啡因，因其成效極佳，可提供傳統分離程序所無

法達成之效能。一般而言，利用超臨界流體作為萃取廢溶劑優缺點如表 3.13 所示：

表 3.13 超臨界流體萃取技術優缺點

優點	缺點（須侷限於特定用途）
A.以 CO ₂ 為萃取劑時，無毒且不殘餘，安全性極高。 B.選擇低臨界溫度流體，製程可在低溫操作，適合熱敏感性物質。 C.萃取劑分離容易，產品品質佳。 D.在溶解力或分離效率不佳時，可添加少量共溶劑(cosolvent)調整物性，以提高萃取性能。 E.可與吸附、層析等分離法並用，以達到高度分離之效果。 F.質傳速度快，適合高黏度或低濃度物質之處理。	A.須高壓裝置，設備製作困難，投資成本大。 B.高壓狀態下之物性、相平衡資料不足，萃取機制目前尚不清 C.目前實廠放大之營運操作等經濟性資料不足。 D.分離精密度不足，產品差別化困難，因此在處理對象成份複雜時，選擇率偏低。 E.共溶劑之選擇須用試誤法，目前尚無理論基礎可資預測。

4.再生產品種類

再利用機構根據收受異丙醇廢液成分特性的差異再生不同產品，如表 3.14 所示，除了清洗空桶回收廢容器外，有部分可以回收再製成其他有機溶劑或次級工業用溶劑供市場使用。

表 3.14 異丙醇廢液再生產品一欄表

產品代碼	產品名稱	再生產品(公噸)
60399	其他有機溶劑	5,149.452
130299	其他塑膠製品	180.850
150301	甲醇	915.037
150305	乙醇	0.130
150316	異丙醇	1,225.010
99	其他(請註明中文名稱)	116.017

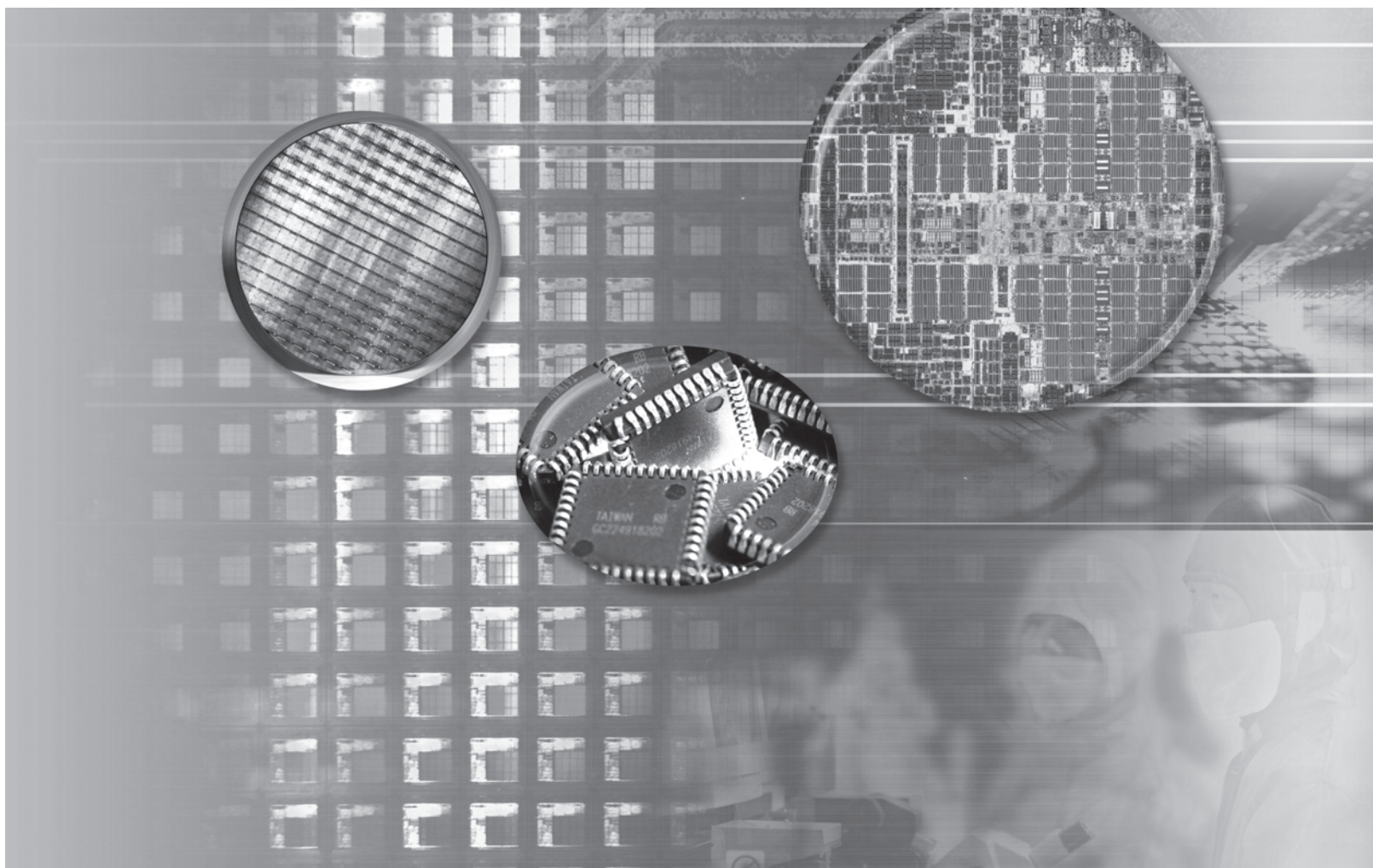
資料來源：行政院環保署 IWMS 系統，本手冊整理

參考文獻

1. 半導體廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，90 年 12 月
2. 行政院環保署事業廢棄物管制中心 IWMS

第四章

清潔生產





第四章 清潔生產

光導體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，業界均朝向廠內管理及綠色設計等方向進行研發規劃，以避免或減少廢棄物之產出。

4.1 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。

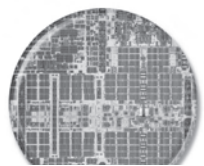
2. 廠內執行 5S 及清潔保養計劃(DWM)

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。

4.2 環境化設計

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。

就半導體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：

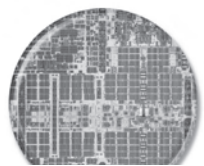
- (1)原料替代：儘量以無害性原物料取代有害性原物料。
- (2)低風險設計：避免使用易燃、易爆物質，機台減少高溫、高壓、高震動狀態。
- (3)提高設備效率：最佳使用量設計，避免浪費。
- (4)操作步驟最適化調整：自動化生產，簡化製程操作步驟，並充分利用生產特性，提高原物料使用率。
- (5)回收再利用：製程中之水、氣、電、原物料等充分運用或轉化成其他可用之資源及循環使用。
- (6)生產管理：藉由教育訓練及管理制度，減少人為誤差造成的損壞及災害；此外，藉由獎勵制度鼓勵員工提出更有效率之生產操作方式。

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：

- 1.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。
- 2.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。
- 3.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。



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：半導體業常用之顯影液，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：半導體業清潔用之丙酮，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。

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，可以達到減廢之目的

- 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。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。

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。

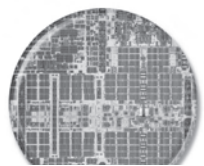
4.1.3 綠色設計

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，以下將針對 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）要求各個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，本項指令已在 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：

- (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。

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(The Restriction of Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment, RoHS)，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。歐盟之會員國亦於 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。

4.3 節約用水之清潔生產機會

半導體製造流程相當複雜，對於作業環境的要求也相當的嚴格，其中製程項目隨著機台技術的發展而有不同的作業方式。目前再科學園區內各廠為統一規劃水資源的利用，多有利用質量平衡方式建立全廠的水系平衡系統，以利於計算用水及規劃各項水資源的使用。此系統的主要目的是對於使用過後的水，希望能依使用過的水依性質予與分流、收集，以利於後段再利用或進行廢水處理。並將未來半導體廠值得回收利用的水一並進行考量，除製程外其中更規劃有廢水再利用

的生活用水中，水道概念及雨水收集使用項目。

目前整個晶圓積體電路廠各項用水比例，由比例來看最主要是投入純水系統製造上。所製造出來的純水主要是提供晶圓製造的表面清洗、潤濕晶圓、濕蝕刻作業及配置藥品為主。目前科學園區半導體廠所使用的純水製造方式，主要是將自來水前處理後配合一段RO加上混床離子交換樹脂或兩段RO加上混床離子交換樹脂的製程，最後再以各項精製過程已使水質能達到 $18\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ 的電導度要求(在 25°C)。此項製程估計大約是製造一噸純水需使用 1.5 噸左右的自來水，而效率要視整體系統設計及處理當時水質而定。利用既有流程將合乎規格製程水予以回流再處理。

半導體製程中最主要用超純水最多的是晶圓清洗、濕蝕刻及黃光製程清洗作業。依統計典型的四層金屬 CMOS 製程及需要 40 步驟的清洗步驟，而晶圓清洗作業也是目前最主要使用到最多量超純水步驟。目前業界所採行的濕式清洗方式主要還是以自 1965 年 RCA 發展出來的濕式清洗為主，因此這作業也多稱 RCA 清洗。晶圓清洗主要是去除：

- 1.黏附於晶圓上微粒
- 2.殘留於晶圓上有機物，如光阻劑及各種人為汙染
- 3.殘留於晶圓上無機物，含各項重金屬、鹼金族金屬及其他金屬離子
- 4.製程不需的氧化膜，如矽表面暴露於空氣即會生成電性不同的二氧化矽薄膜。

作業中由於要維持藥品、水質在規格內，因此供應的超純水需源源不斷的由清洗槽底端供應，而超純水接觸到空氣後，超純水的導電度極可能不符合作業規格要求，因此清洗水就必須直接溢流棄置。針對這項作業已有相當多的修正方式提高水利用率，如將後端潤濕作業溢流水提供作為前端潤濕作業給水，槽底供給氮氣泡接觸或以高頻超音波(Megasonic)促進清洗效果。或改變作業方式，以單一槽置晶圓而循環藥品供應、藥品噴灑供應及不將盛放晶圓用晶舟也放入清洗槽等修正作業方式。

除了在現場的機台的各項回收外，更可利用分流回收溢流水與清洗用水管路，將溢流的潤濕水回收至第二階段 RO 前端，經過循環在處理使用。溢流水雖不符合作業現場規格，但水質仍較經第一段 RO 處理過後的水質為佳。回收水經監測設備判斷是否符合回收規格後再經各種處理，如以 RO 去除水中離子及微粒、UV-TOC 去除其中的有機物等再回收處理。目前每日藉此回收優於第一段 RO 處理過後水達 550 噸，估計相當於 820 噸市水。雖不符合回收規格水亦依水中雜質分為一般酸鹼性排水、低濃度含氟廢水及高濃度含氟廢水排放，各半導體廠已達到



或正執行中的節約用水或水資源再生利用方式相當多。

4.4 節約能源之清潔生產機會

除耗用水資源外，節約用電也是目前業界正積極推行事項。由各項能源分佈分析，目前晶圓廠最大用電是在空調設備上。由於無塵室作業對於環境要求極為嚴格，除濕、溫度外對於空氣中微粒的要求也極為嚴格。因此需耗用大量的能源英用於空調上，特別是目前業界技術已發展至深次微米階段，因此要求也更加嚴格。如黃光製程中如因溫度差異而造成光阻、光罩的熱漲冷縮，則可能造成所形成線路圖樣的精密度變差。因此作業環境的要求是關係整個晶圓廠品質的重要關鍵。

類似晶圓廠的大型空調，多採用主要-次要(Primary-Second)系統供應冷卻用冰水。首先由冰水主機(Chiller)製造冰水循環於密閉系統內(5~12°C)，並由二次冰水泵(SCHP)輸送至需求端使用(12~17°C)。由於需求端所需冰水量非依恆定值，而是會隨著空調冷卻系統需求而有所變異。因此傳統上控制冰水用量的方式是利用一控制閥與需求端感測器，由 SCHP 輸送定量的冰水，如需求端所需冰水量不大則開大控制閥使多量未使用的冰水回流。如此將造成冰水的浪費，同時由於所供應的冰水溫度與回流冰水溫度差小，也會造成冰機、冷卻水塔的冷卻效率不佳。如將需求端條件接上感測器，同時將訊號以電流或電壓訊號比例送至變頻器，再由變頻器控制 SCHP 的轉速，以控制二次冰水的輸送量制需求端。如此將可促進系統的穩定、減少冰水主機負擔、節約冰機及輸送的能源支出。同時控制閥不需隨時改變控制，可減少維修上的支出與損失。冰水泵及熱水泵系統負擔分別由原先 134A，95A 降至 65A 及 55A，可省 51.6KW/H 及 29.9KW/H。

應用變頻控制技術除了可以改善供應品質，增加系統穩定度外。應用在泵及風車等轉動機械上，除可減少能源使用外，尚可延長馬達壽命，件小啟動噪音、所需瞬間電流，增進整體電力系統穩定度。

4.5 清潔生產案例

目前半導體公司的清潔生產技術，大都偏重於純水回收，廢棄物減量及資源化、增加產能、提升良率、減少報廢等方向同時進行。茲將半導體公司之清潔生產技術經驗分述如下：

4.5.1 A 股份有限公司

1.清潔生產措施

該公司依據清潔生產技術考量，首先對現有設備使用做調查，藉由現有資料做考量，以增加產能、提升良率、減少報廢、提高機台 UP TIME 為目標，進行清潔生產(工業減廢)工作。生產製程單位進行各項改善工作同時，並設定全廠生產線工作目標為：良率在 95% 以上、控片使用少於 35%。

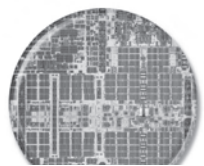
2.製造工程部門

(1)黃光與蝕刻設備功能

- A. UP TIME 提昇
- B.新機台接收與裝置
- C.機台維護與保養
- D.用 RTC &SPC 來提升機台穩定度
- E.COST REDUCTION
- F.零組件改善評估與應用

(2)執行成效

- A.黃光光阻覆蓋機每道光阻管路必須每季使用 Aceton 清洗一次之先前要求，在經評估後不影響產品良率的前提下改為每年清洗光組管路一次，其效益有：
 - a.減少 PM 時間提升設備 UP Time。
 - b.減少光阻，EBR 及 Filter 之材料使用。
 - c.減少臭味產生(對 FAB 人員之身體影響)
 - d.降低保養人員之工作負擔
- B.Track 之顯影機台將每片晶片每個層次顯影用量 55cc 降到 24cc。基於相同生產條件再不影響產品品質的原則下將顯影液用量減到最佳用量。在各項目 check 後確定再 0.45 μ m 產品下沒有任何對產品品質有影響作改良。
- C.對準機汞燈壽命由 600 小時提升到 850 小時，對汞燈供應商所提之汞燈重新評估，在品質優良、壽命長、供應迅速的前提考量下由日本廠商供應者改選擇德國製品。其效益有：
 - a.EQ up time 提昇
 - b.品質穩定
 - c.光能大、增加產能
 - d.減少廢棄物產出



e.價錢比日本便宜 1/4

D.減少產品之重工率(Rework)由 1.5%以上降至 1.0%以下之重工率，黃光區之晶片製品在錯誤操作、材料不足或機台異常下，只要在 ADI 檢查被發現皆可做重工，而本區之主要機台其產生重工率比率約佔全體 1/2 強，此問題在工程人員深入探討下，對 PM 手法改進與加強 PM Monitor，目前的重工片由每月平均 3000 片下降到約 1000 片。

3.蝕刻設備/製程部車清潔生產程序

(1)真空系統改善運用：

最佳狀況的真空 PUMP 以真空管件密閉連結至蝕刻台反應塞，以控制製程反應過程中得到最穩定壓力。除每月檢查 PUMP 運轉及每月實施壓立校正以控制真空系統品質外，更進一步投資更換更好之 PUMP，包括有：

A. Turbo pump 以全洩式取代

B. Oil pump 加裝油氣回收器及油過濾器

C.以新進機台一律加裝 Dry pump

其具體效益：

-降低 pump 更換頻率提高 up time

-無廢油產生

-產品穩定

(2)蝕刻機加裝 DRY scrubber 改善環境：

金屬蝕刻機因使用到 Cl_2 、 BCl_3 等材料，對環境及人體皆有不良之影響，故投資採購 Dry Scrubber 將生產時所產生之廢氣先經 Dry Scrubber 吸收過濾再排放到大氣。

(3)設備重點機台加裝 UPS 不斷電系統：

將重點機台(跳電後需長時間復機)RCA、CAROS、8330 等機台加裝 UPS 不斷電系統使其防止因台電或其他因素所產生之瞬間跳電，造成蝕刻機台與晶片損傷，其投資金額約 420 萬。

(4)IPA 廢液回收再利用

將 RCA 機台使用之 IPA Vapor Dry 所排放之廢 IPA 經外選品質檢驗後(比先 PM 用之 IPA 等級好)改用至 PM 時清洗 Parts 庫房佈在進口 PM 級 IPA。

(5)降低 Wafer 之腐蝕數量：

Wafer 金屬層次長期受到腐蝕(Corrosion)之因素，每月平均損失(報廢)200 片、經系統觀察及投資改善後已完全解決其投資改善。

(6)廢桶減量使用：

光阻去除使用之 ECK & IPA 廢料與光阻覆蓋後之光阻液與 EBR 料經中心收集桶收即由原設 5 加侖 PE 空桶轉載至廢溶劑處理廠商，在人力、財力與廢料考量下，經評估投資與中心收集桶改良後，將裝顯影液之 50 加侖空桶改裝廢溶液再載送個廠。

4.薄膜設備清潔生產技術

在薄膜設備中大氣壓薄沉積機，次大氣壓薄膜沉積機，低氣壓薄膜沉機，使用 SiH_4 、 B_2H_6 、 PH_3 、TEOS、HF、TEB、WF₆、Ar、N₂O、NF₃、NH₃ 等氣體經過至成反應出白色粉末，以集塵收集箱集中。在薄膜設備中 SOG coater 機使用，SOG 來上一層 SiO_2 薄膜，機台使用 IPA 清洗機台與產品而產生 IPA 廢液。在薄膜設備中金屬濺鍍機使用 Al、Ti 金屬來濺鍍產品。執行成效如下：

(1)擴散設備/製程

A.Trans-LC 由 bubbler 改為 Auto-fill system Trans-LC 係爐管區 AP 爐管所使用之化學品，並為有毒氣體，初期公司內採用人工方式更換 Trans-LC 而握符合濃度之規格每瓶剩餘 15%時即需更換。而採用自動供應系統，優點包括：Trans-LC 材量之節省、EQ up-time 提升、人員安全之維護等。

5.其他清潔生產措施

(1)回收純水系統排水

A.清潔生產方法：純水系統濃縮水回收

B.清潔生產成果及效益：主系統省水 254 噸/日，二次系統 140 噸，共 394 噸/日，總計共節省水費 2,127,600 元/年。

(2)回收再利用廢水

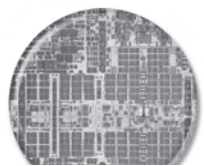
A.清潔生產方法：回收部份排水，作為冷卻水塔及洗滌塔補充水。

B.清潔生產成果及效益：節省用水量 71,640 噸/年，年效益 1,074,600 元。

(3)提高功率因素：

A.清潔生產方法：每一回路均有單獨電容抗器組。

B.清潔生產成果及效益：每月功率因數皆在 0.95~0.99 之間，獲得台電減免



電費，約 800000 元/年。

(4)減少照明用電：

A.清潔生產方法：戶外投射燈照明由晚間 17:00-24:00 改為 18:50~20:00

B.清潔生產成果及效益：減少 71% 用電量，節省 6,300 度/月，約 120,000 元/年。

4.5.2 B 股份有限公司

1.清潔生產措施

(1)改變鎔酸進料

A.清潔生產方法：原以 50 加侖桶進料，現改為槽車進料。

B.清潔生產成果及效益：節省人力作業，且每年節省 1,344,000 元

(2)增設污泥卸料方式

A.清潔生產方法：原廢水脫水污泥直接由貯槽卸至卡車，另增加一步太空包收集車，史烏泥可裝入袋中儲存。

B.清潔生產成果及效益：

a.污泥處理出路增加一步收集車，可暫緩推置，增加緩衝能力。

b.利於進行資源再利用，目前與廠商洽談中，預估全量運作每年可節省 1,200,000 元清理費用。

(3)產品包裝材回收再利用

A.清潔生產方法：利用出貨至客戶工廠，回程順路載回先前已拆卸之包裝紙箱及填充才回收再利用，最多可重複使用約五次。

B.清潔生產成果及效益：一年內回收 1,450 只紙箱，共節省 580,000 元。預估一年可省下 9,600,000 元。

(4)廢棄空桶清洗再利用

A.清潔生產方法：將使用後之 50 加侖空桶清洗設備以回收水清洗後，拿來再利用做廢液統或賣給資源回收商。

B.清潔生產成果及效益：販賣空桶每年可獲利 43,200 元。

(5)進行一般廢棄物分類回收：

A.清潔生產方法：分為廢紙箱、廢棧版及其他三類，實施後每月垃圾輛由平

均每月 23 車減為 20 車。所收集廢止相以每公斤 0.5 元販售予資源回收商，廢棧板則用來運空桶，剩餘部份無償交由貨運公司運回再利用。

B. 清潔生產成果及效益：

- a. 廢棄物清理費每年可節省 144,000 元。
- b. 販售廢紙箱每年可獲利 24,000 元。
- c. 棧板每月約可回收 50 個，每年節省 180,000 元。

4.5.3 C 股份有限公司

C 公司生產矽晶片，相信節約資源及減廢可以降低生產費用。是節省費用，又可保持成品品質的最佳方法。該公司污染預防的目標是如何避免、減少或回收有毒化學藥品、程序用水、有害廢棄物、廢水、及固體廢棄物。成果如下：

1. 減少 Chromium Solution 用量

該廠使用多種含鉻蝕刻劑，是用三氧化鉻或重鉻酸鉀與酸混合而成的。該溶液氧化矽晶圓樣品，使其結晶的瑕疵顯得更清楚，而可以用肉眼鑒定出來。該公司成立一小組專門研究減少含鉻溶液用量及含鉻廢液量。幾個成功的方法是：

- (1) 用較小的蝕刻槽來處理小塊的矽晶圓，可以減少一半溶液使用量。
- (2) 從來沒有發現過有瑕疵那類的矽晶圓，不再做鑒定試驗，這樣節省了 20% 的含鉻溶液。
- (3) 改變程序，含鉻溶液可以再使用。再進一步研究，希望能夠重複使用很多次。
- (4) 留意操作，盡量減少沖洗水量。1992 年比 1991 年減少 35% 含鉻廢液量。
- (5) 有一些可以使用不含鉻蝕刻溶液。估計可以減少 30% 到 40% 含鉻溶液。

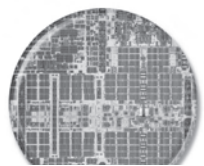
該廠估計由於上列改進，每年節省 79,000 化學藥品費，96,000 廢液處理費。

2. 停止使用 ODS

該廠 2005 年使用 46,000 磅 Freon；2006 年減少到 16,500 磅，2007 年完全停止使用 Freon。

3. 停止使用丙酮

2005 年 1 月到 4 月改用丙酮代替 Freon 清洗晶片。後來在程序上做個小改進，完全不須清洗，因此節省了丙酮費用 \$15,000，同時也節省了生產時間及



清洗操作的工資。

4.減少二氯甲烷的污染

2005 年發現回收二氯甲烷的 carbon adsorption unit 有大量氣體流失現象。研究結果做如下的改進。

- (1)每一 carbon bed 上裝置較大的 Cooling Valve，使再生後活性炭比較容易乾燥，因而提高了活性炭吸附的效率
- (2)換新 carbon bed，以提高 adsorption capacities。
- (3)經常注意操作情形，提早發現毛病，馬上改進。

以上的努力，不但減少了二氯甲烷的污染；同時因為回收二氯甲烷當副產品出售，大約賺了 \$ 7,000。1994 年晶片清洗，將改用無毒清潔劑，相信最少可以減少一半從 carbon adsorption 跑掉的二氯甲烷。

5.副產品出售(異丙醇及二氯甲烷)及二氯甲烷

該廠收集、包裝並出售異丙醇及二氯甲烷給化學藥品經銷商當油漆、油印、及玻璃清洗劑。2005 年異丙醇賣了 \$30,000；同時節省 \$ 165,000 處置費。二氯甲烷賣了 \$10,000；節省 \$17,000 處置費。

6.程序用水減量

該廠已經採取好幾種方法來節省晶片清洗及沖洗用水量。節省用水量是不停的努力推動項目之一，同時也已經有幾處程序水回收再使用。

7.固體廢棄物回收

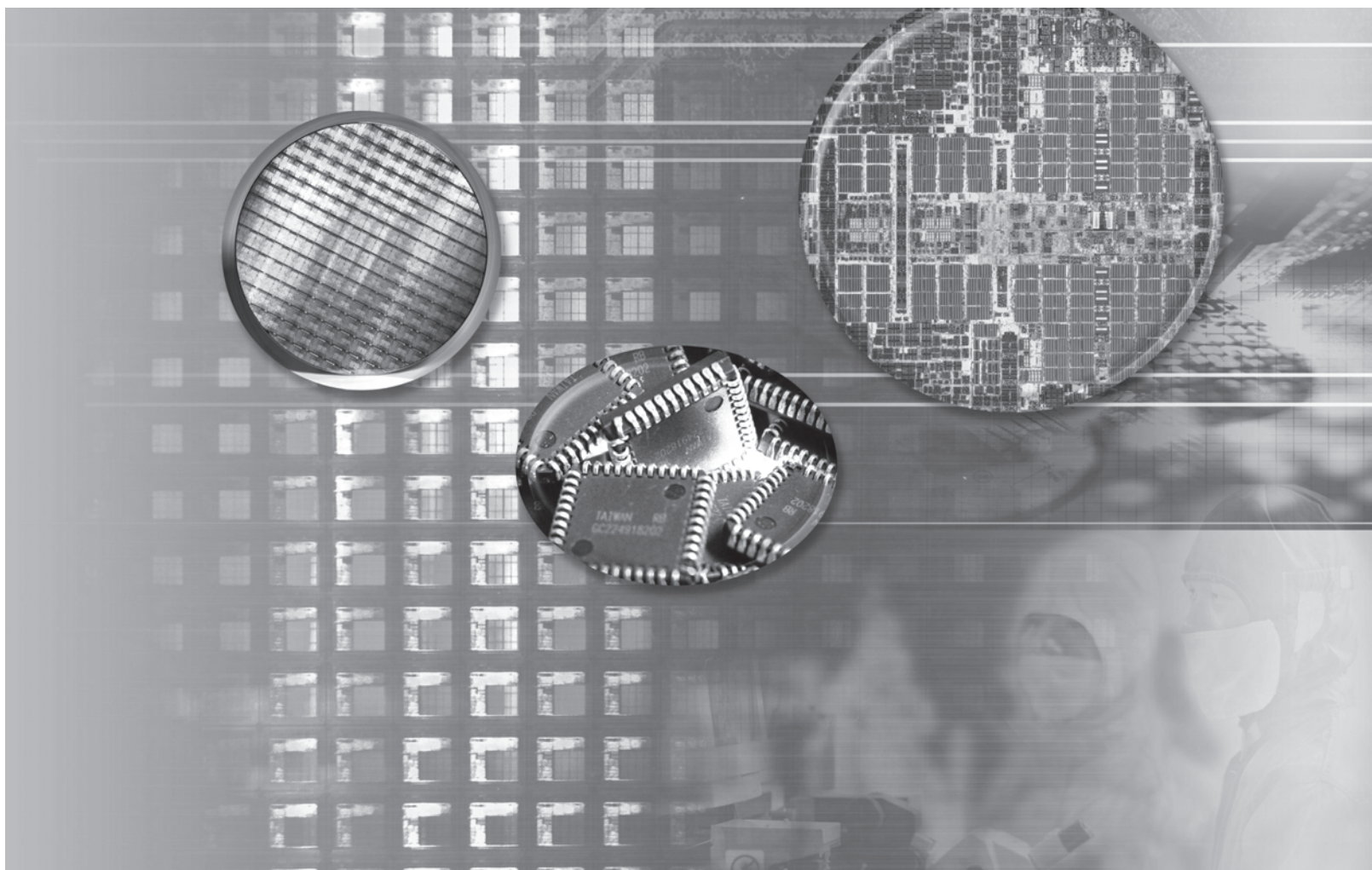
回收廢紙，塑膠，木材及其他固體廢棄物。同時，在可能範圍內購買含有回收成份的材料及環境友善材物。

參考文獻

1. 半導體業清潔生產技術手冊，經濟部工業局，90 年 12 月
2. 半導體光電業資源化應用技術手冊，經濟部工業局，92 年 12 月

第五章

資源化技術及 案例



第五章 資源化技術及案例

5.1 電子廢料

電子廢料中仍含有金、銀、鈮、鉑等有價金屬，以及銅、鉛、鋅、鋁、錫、鐵等可回收金屬，在回收精煉這些金屬前，電子廢料須先利用物理分離分別將金屬與非金屬分開，可獲得較佳之處理效果。物理分離法說明如下：

對於體積較大之電子廢料適合以軋碎機先予以破碎，經破碎之電子廢料中較輕部份以空氣分選篩選去除，較重之金屬部份再以碎選機將鐵金屬與其他金屬分離，分離出之非鐵金屬其中含有銅、鋁、鎳及少量金、銀等貴金屬。分離出之非鐵金屬可再以渦電流或高壓分離等方式，再將貴金屬中金、銀之濃度富集之，物理分離之處理流程如圖 5.1 所示。

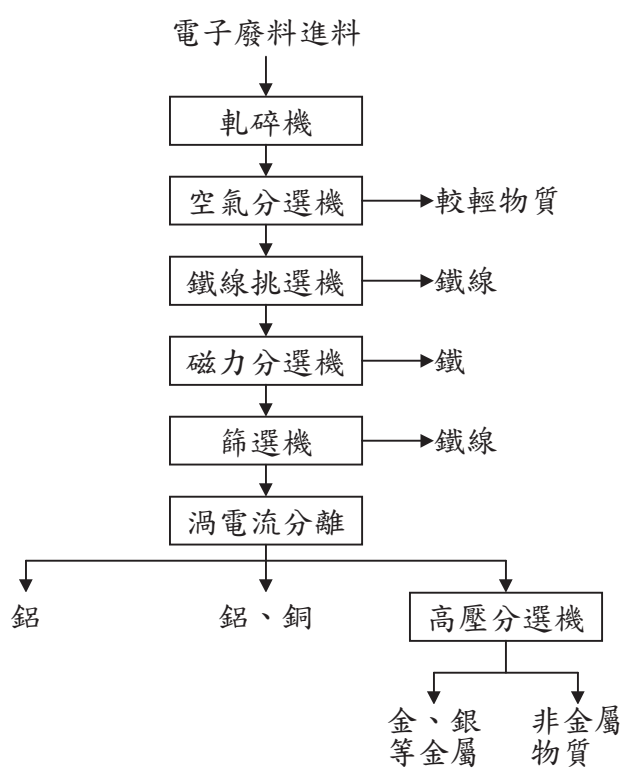


圖 5.1 以物理分離法分離電子廢料流程圖

破碎設備之選擇應視被破碎物性質及縮減比大小而定，甚至有時必須經過多道不同破碎程序，才可獲得所需之尺寸，一般破碎分類範圍及機器設備可分為以下三種：

- 1.粗碎：餵料粒徑為 1,500~500 mm之間，破碎後粒徑為 400~150 mm之間，通常可使用顎形破碎機或偏心破碎機，其機器型式示意如圖 5.2 及 5.3 所示。
- 2.中碎：餵料為粗碎後之產物或相當粒徑之物質，破碎後粒徑為 100~50 mm之間，通常可使用之設備有小型顎形破碎機或錐形破碎機等。
- 3.細碎：餵料為中碎後之產物或相當粒徑之物質，破碎後粒徑到 30 mm以下，可使用之設備有錐形破碎機、轉輪破碎機、衝擊破碎機等，其機器型式示意如圖 5.4 及 5.5 所示。

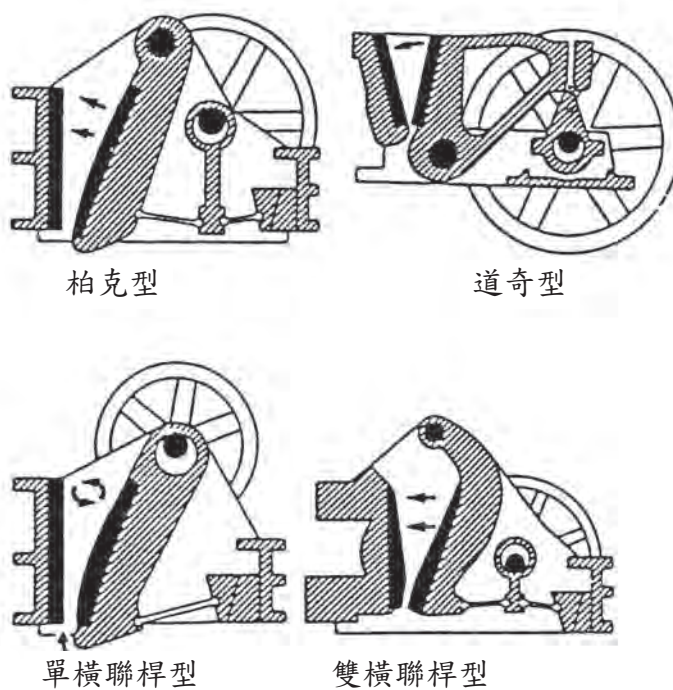


圖 5.2 顎式破碎機各型式之示意圖

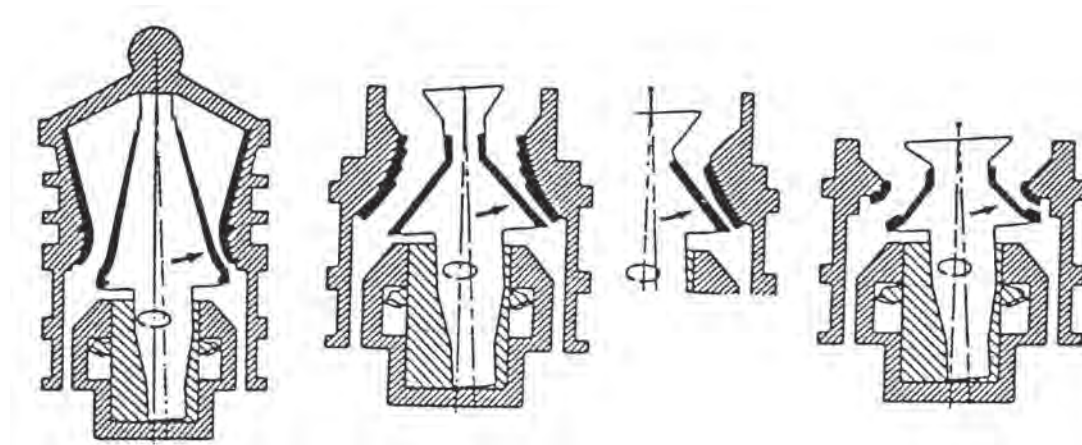


圖 5.3 偏心破碎機型式之示意圖

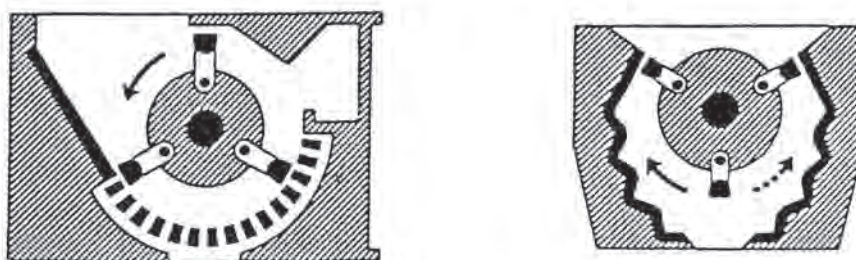


圖 5.4 衝擊破碎機型式之示意圖

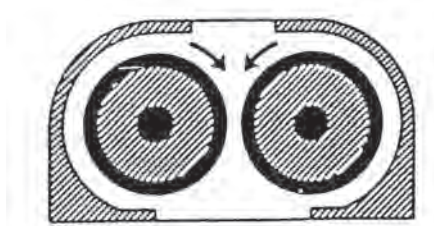


圖 5.5 轉輪破碎機型式之示意圖

依據文獻資料顯示，廢 IC 板於粉碎過程中，有些已經過封裝之 IC 板，由於其中含有熱固性樹脂材料，建議較適合採用以剪切作用力為主之粉碎設備操作。且經粉碎後產物之化學分析結果，金屬品位高之部份主要集中在粗粒部份，因此建議在廢 IC 板粉碎之前，可先將板上之電子零件予以去除，再分別將兩者分開進



行資源化處理，可獲得較佳之處理效果。

經破碎後之物質尚需經過分選後始達到有效利用之目的，依各物質之特性配合不同分選設備，以下分別說明之。

- 1.篩選：利用物質顆粒大小不同，選用適當篩孔徑達到分選之目的，可使用之篩網型式可分為固定篩、震動篩、曲面篩等。
- 2.重力分選：利用物質不同比重在介質中運動狀態不同予以分選，一般有風選或浮沉分選，介質可為空氣、水、懸浮液等。
- 3.磁選：利用物質磁性強度之不同而予以分開之方法，例如鐵金屬為強磁性物質，非金屬物質為非磁性質，故可利用其磁性之不同而予以分開。一般設備有磁選輪、筒型磁選機、十字帶磁選機、感應輪磁選機等類型。
- 4.渦電流分選：利用物質導電度不同予以分選，當導電體通過磁場時會產生感應電流，此感應電流會產生與磁場方向相反之相斥力，而予以分離之方式。
- 5.靜電分選：利用物質導電性不同，同性電相斥，異性電相吸之原理而將不同物質分離之方式，一般有板式及筒式靜電分選機，其分選示意如圖 5.6 所示。
- 6.浮選：利用氣泡將水溶液中疏水性物質予以吸附或附著，使其與氣泡一起浮上，而與親水性物質分離之技術，一般空氣導入之方式有吹入式、機械攪拌捲入式等方式。

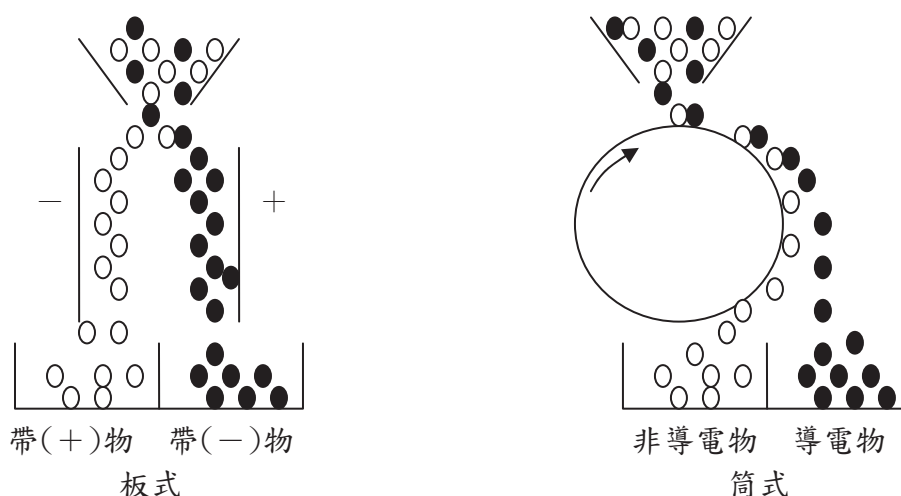


圖 5.6 靜電分選機各型式之示意圖

以物理分離法所獲得之貴金屬中仍含有其他雜質，其純度尚無法達到市場需求之標準，同時在空氣分選過程亦有部份可能排入較輕物質部份，或於磁選過程

中隨著附於鐵片上而無法完全回收，因此此方法只能作為電子廢料資源化技術之前處理步驟，仍需再進一步精煉，以回收有價金屬。針對貴金屬與非貴金屬資源化技術說明如下：

5.1.1 貴金屬

1. 技術

依據文獻資料顯示，貴金屬電子廢料之資源化技術較常使用者有：火煉法、化學回收濕式冶金法、電溶精煉法等，其優缺點整理如表 5.1 所示，內容說明如下：

表 5.1 電子廢料資源化處理技術優缺點比較表

資源化技術	優點	缺點
濕式冶金法	<ul style="list-style-type: none"> 技術成熟，且已有實廠運轉。 	<ul style="list-style-type: none"> 若廢料成份複雜，須先篩選。 無法將金屬完全萃出。 處理後之廢棄物不易處理。 會產生廢水需處理。
火煉法	<ul style="list-style-type: none"> 減量效率高。 基材有機物質可完全破壞，並可提供熱值。 燃燒後之金屬殘渣可精煉回收。 	<ul style="list-style-type: none"> 會產生之廢氣需妥善處理。
焙燒／電溶精煉法	<ul style="list-style-type: none"> 貴金屬回收效率高。 成本低。 	<ul style="list-style-type: none"> 會產生廢水需處理。

資料來源：半導體業資源化技術手冊，經濟部工業局，90 年 12 月

(1) 濕式冶金法

濕式冶金法係利用鹼液、酸液、氰化液將電子廢料中之有價金屬溶蝕回收。電子廢料經過前處理如破碎、篩選、渦電流分離、高壓分選等步驟所篩選出之含貴金屬物質，其成份可能含有銅、鎳、金、銀等金屬，若其中所含之貴金屬如金、銀等濃度較高，可採濕式冶金法將各金屬分離。電子廢料經溶出後可回大部份之銅、鋁、金、銀等金屬，最後需廢棄之殘餘物約佔進料量之 12~20%，其處理流程如圖 5.7 所示，說明其主要步驟如下：

- 以 20% NaOH 溶液與電子廢料反應約 4~12 小時，將鋁溶出。
- 經 NaOH 溶液溶出後之殘餘物，以焚化法將有機成份破壞。
- 再以稀硫酸溶液溶出銅、鎳。
- 殘餘物再以濃硫酸溶出銅、銀。

濕式冶金法目前已廣泛應用於電子廢料回收貴金屬，其中以氰化液來剝離廢料中含金之成份，其回收率可達 85~95%，所得之金溶液再送至精煉廠回收純金，具有經濟效益。

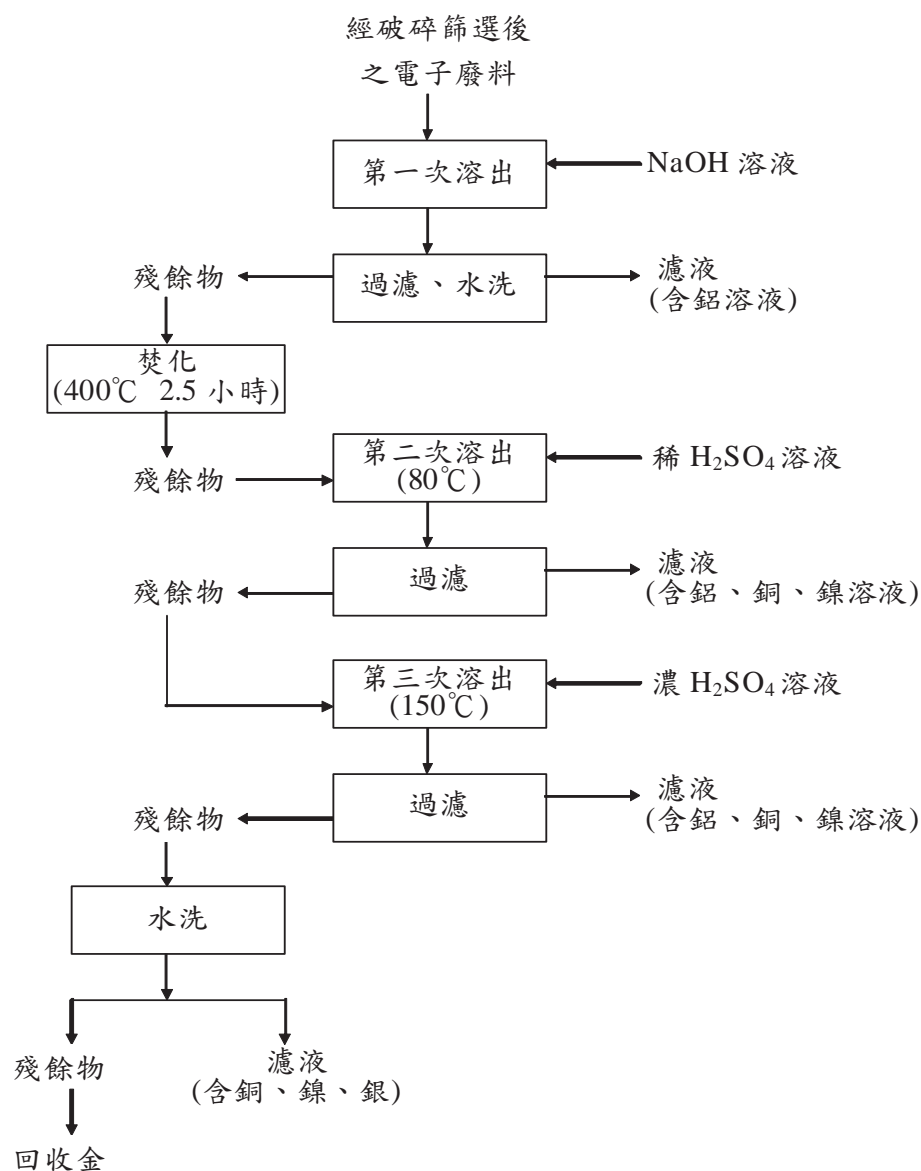


圖 5.7 濕式冶金法處理流程圖

(2) 火煉法

電子廢料經破碎篩選後，若其中含較低貴金屬成份，則適合以焚化法先

將不純物去除，即稱為火煉法。以火煉法所去除之不純物，是比銅更易於氧化之金屬，包括有鋅、鐵、鉛、鎳、錫等，如圖 5.8 所示，於高溫及強氧化之條件下將其氧化並與造渣材料作用生成爐渣，並可得銅合金、金、銀等金屬。續以電解精煉回收銅，於陽極泥中含有金、銀等金屬，再以濕式冶金法處理。操作相關注意事項說明如下：

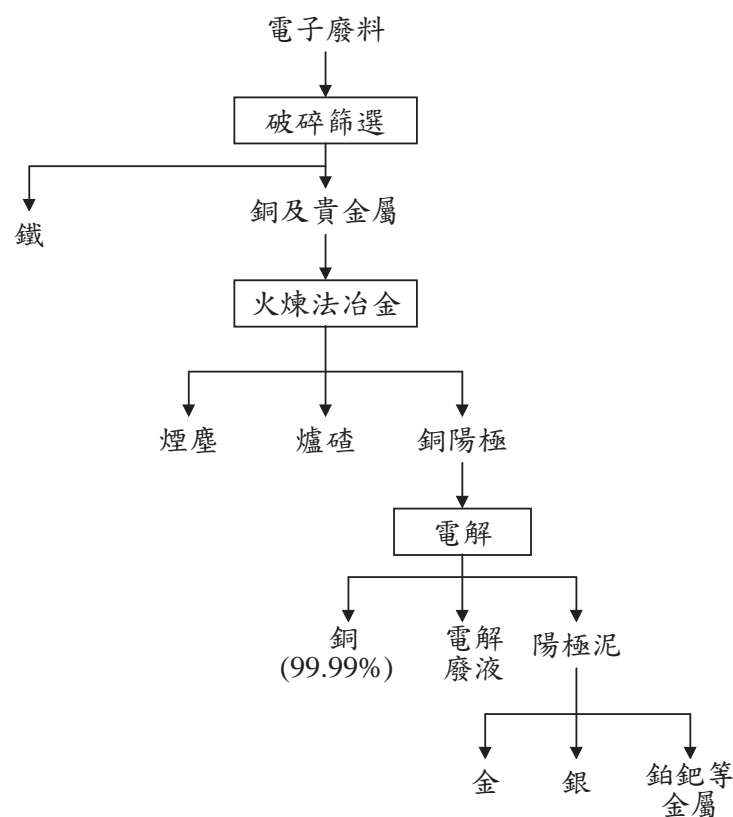


圖 5.8 火煉法處理電子廢料流程圖

- 進爐之原料先壓成塊狀，進料前煉爐預先加熱至 1,200℃ 以上，爐底最好留存少許液體銅或細料，以防進料衝擊而損壞襯裡。
- 進料加滿後由於不斷加熱逐漸熔融，體積減小，因此在一段時間後，可繼續加料，直至爐內熔融液體之體積，為煉爐容積之 25% 為止。
- 於熔融期間，爐料逐漸氧化，故在全部熔化後，可加入適當之造渣材料，如矽砂、石灰石等，然後轉動爐體，將爐渣排出，再將爐體轉正，通進壓縮空氣，將銅及不純物氧化。
- 在除去鉛、砷、銻時，要在氧化期間，加入適量之造渣材料，如除砷用石



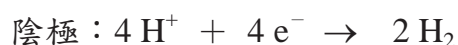
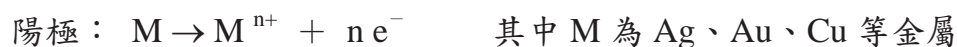
灰石，並在必要時延長氧化期間，氧化時所產生之爐渣，約為進料之 15~20%，其中含有 40~50% 之銅及少許貴金屬，應以小鼓風爐處理，回收有價金屬。

(3) 焙燒／電溶精煉法

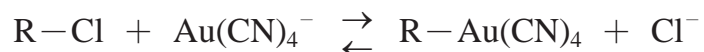
由於積體電路製程之最終產品係將矽晶片以銀膠黏著於導線架上，再以樹脂封裝，因此直接進行粉碎分選，極易因導線架與樹脂膠合，而必須令單離粒度下降，導致分選處理之困難。同時，由於分選後仍部份夾雜樹脂，易造成後續金屬融鑄回收之回收率下降。

因此利用樹脂封裝物易於焙燒氧化之特性，先以 400~800°C 之高溫將其焙燒去除，而後所得之金屬導線架與樹脂填充物灰渣，利用金屬具延展性及韌性，於自體研磨過程中互相撞擊，使金屬部份與樹脂灰渣分離，再經過篩分離，即可將二者分離，所得之金屬物因已去除有機物質，可直接融鑄成含銅之貴金屬錠，供貴金屬精煉回收使用。

貴金屬精煉回收是採電溶精煉法，其設備為一電解槽，其內陰陽極間以耐酸鹼陽離子交換膜(如：Nafion 膜)分隔，以 6 N 之鹽酸為陽極電解液，NaOH 為陰極電解液，前述製程中所生之含銅貴金屬錠置於陽極籃內作為犧牲陽極，陰極為不銹鋼板，通電電解後，陽極之金氧化並與鹽酸生成 AuCl_4^- ，此 AuCl_4^- 再以適當之還原劑還原為金屬態。其氧化還原反應式如下：



至於電鍍後老化液可使用氯型陰性離子交換樹脂回收金，反應式如下：



離子交換樹脂可採用耐酸鹼及有機溶劑之材質，具有活性交換機制之不溶性高分子聚合物，粒度為 0.3~1.2 mm 之均勻球形顆粒，通常可吸附金量達 15~20(w%)。樹脂吸附飽和後，利用熱濃硫酸將樹脂上官能基分解，藉由金元素不溶於濃硫酸且比重大之特性，將金以元素態粉末自樹脂中回收。

經文獻資料之研究顯示，利用此方法所回收之金，回收率達 98% 以上，純度為 99.5% 以上。

由半導體廠產生電子廢料之種類及特性各不相同，且其中可供資源化之成份比例各異，故於進行廢棄物資源化處理時，宜儘量依其類別選擇單元操作或併聯操作，典型電子廢料資源化流程如圖 5.9。

2. 案例

(1) 案例工廠概述

A 廠為國內一專業電子廢料資源化處理工廠，廠內目前廠內現有製程可提供資源化廢棄物種類包括：廢 IC、廢晶片、廢電阻、廢電容器、廢電腦拆解之零組件、廢儀表及周邊設備、廢陶瓷電容器、廢陶瓷電路板、廢印刷電路板、邊料、廢電線、廢電纜、鍍貴金屬廢端材、下腳料、渣屑、老化液、含貴金屬廢觸媒、廢光碟片、廢電信交換機等混合廢五金。

(2) 再利用流程

初步將電子廢料中之混合金屬及非金屬部分予以分離，其中混合金屬部份採用貴金屬精煉技術（再利用流程如圖 5.10 所示），即將此混合金屬先經過高溫熔煉鑄錠後，以此粗銅錠為陽極，純銅片為陰極，進行電解，陽極之粗銅錠逐漸溶解，並於陰極析出純銅回收，而當陽極完全溶解後收集陽極泥，此陽極泥再經熔煉鑄錠後成貴金屬錠，以供後續精煉純化。說明如下：

A. 黃金精煉資源化

物理分離後所得之混合金屬經熔煉、鑄錠、電解後將銅與其他貴金屬分離，此貴金屬中可能含有金、銀等金屬，必需再予以精煉，始可獲得純度具經濟價值之貴金屬，因此廠內利用電溶精煉法選擇性還原方式將黃金再予以資源化，以此方式所獲得之黃金純度可高達 99.99%。其處理流程如圖 5.11 所示。

電溶精煉法是取代傳統王水法之處理方式，主要利用電解方式將黃金純化。其製程主要於電解槽中陰陽極間以陽離子交換膜(耐酸鹼之 Nafion 膜)分隔，以 6 N 鹽酸為陽極電解液，NaOH 為陰極電解液，不純之粗金錠則置於中間陽極籃內作為犧牲陽極，其陰極為不銹鋼板。於通電電解時，陽極之粗金氧化並與鹽酸生成 AuCl_4^- 後，再以適當之還原劑將 AuCl_4^- 還原成金屬態，此純金再以週波爐鑄錠可得金錠，其純度可達 99.99%。

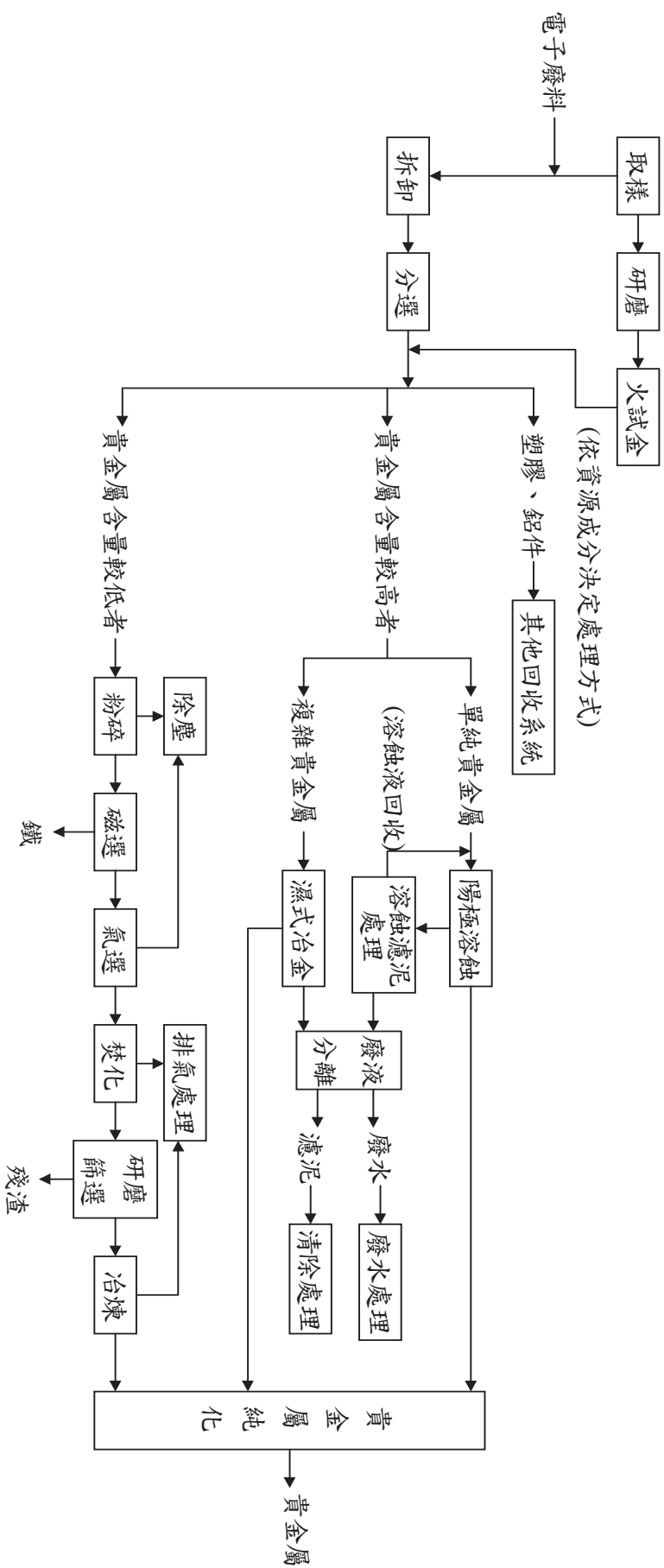


圖 5.9 電子廢料資源化處理流程圖

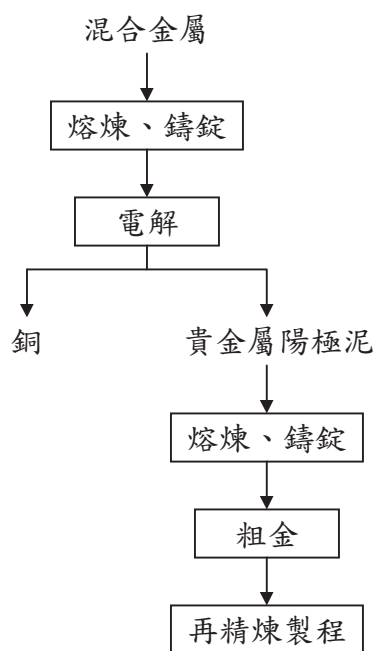


圖 5.10 A 廠電子廢料中混合金屬資源化處理流程圖

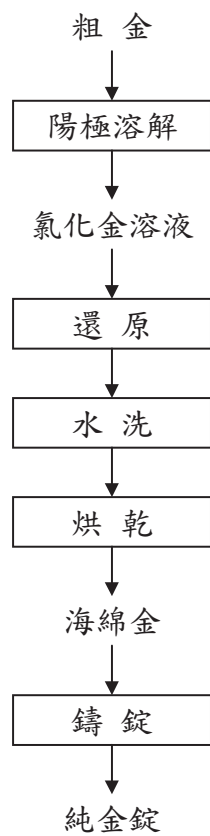


圖 5.11 A 廠黃金精煉資源化處理流程圖

B.鍍金層資源化處理

在 A 廠所處理之電子廢料中有些廢料之貴金屬部份是裸露於表層，因此於資源化處理時僅需將貴金屬部份剝離或溶蝕即可，而不需經過粉碎之步驟，其處理方式係將已分類之裸露鍍金層之廢棄物經水洗，以氰化鈉剝離液剝離後，再經電析或離子交換樹脂將貴金屬予以回收之。其處理流程如圖 5.12 所示。

在資源化處理流程中，貴金屬含量較高之剝離液是以振盪式電析槽電解回收，電析槽是以石墨為陽極，不銹鋼為陰極，配合電子式振盪器，以達到流體化之目的，並可提升電解效率。電析槽中陽極分解可破壞 CN^- ，陰極則回收金，如此可達到貴金屬回收並破壞氰化物之雙重目的。

而貴金屬含量較低之水洗液，則利用離子交換樹脂回收溶液中殘留之金，回收之金離子再經過還原以獲得純金。

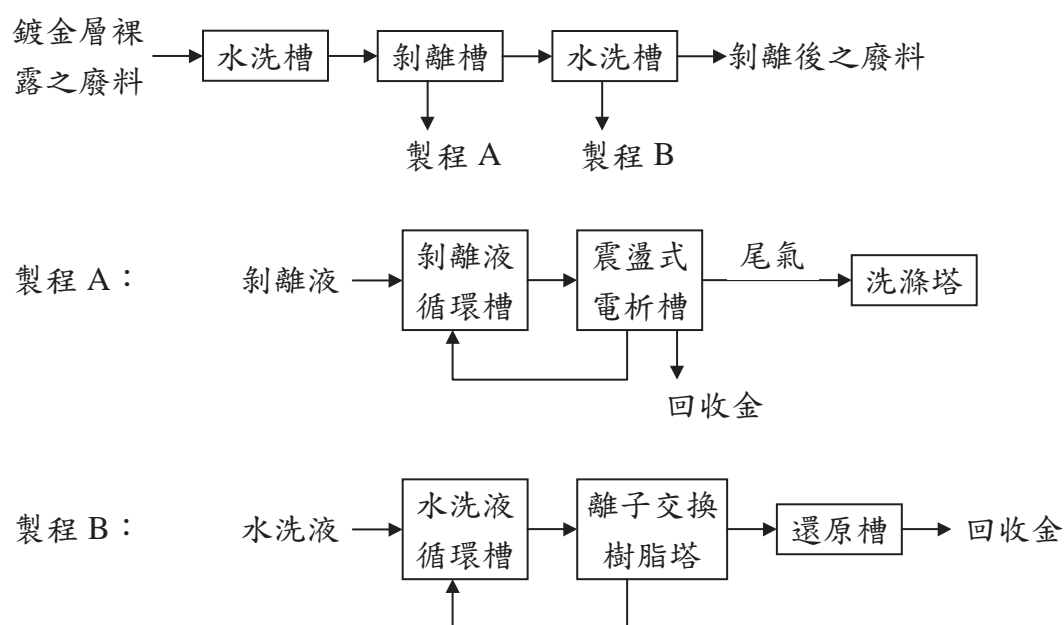


圖 5.12 A 廠電子廢料裸露鍍金層資源化處理流程圖

C. 鈀精煉資源化

若廢料中含有貴金屬鈀(Pd)，於A廠中係利用溶解沈澱及離子交換樹脂之方式予以資源化，並可回收銀及鈀二種金屬，其中回收鈀之純度可達99.95%。其資源化處理流程及示意圖如圖5.13及圖5.14所示。

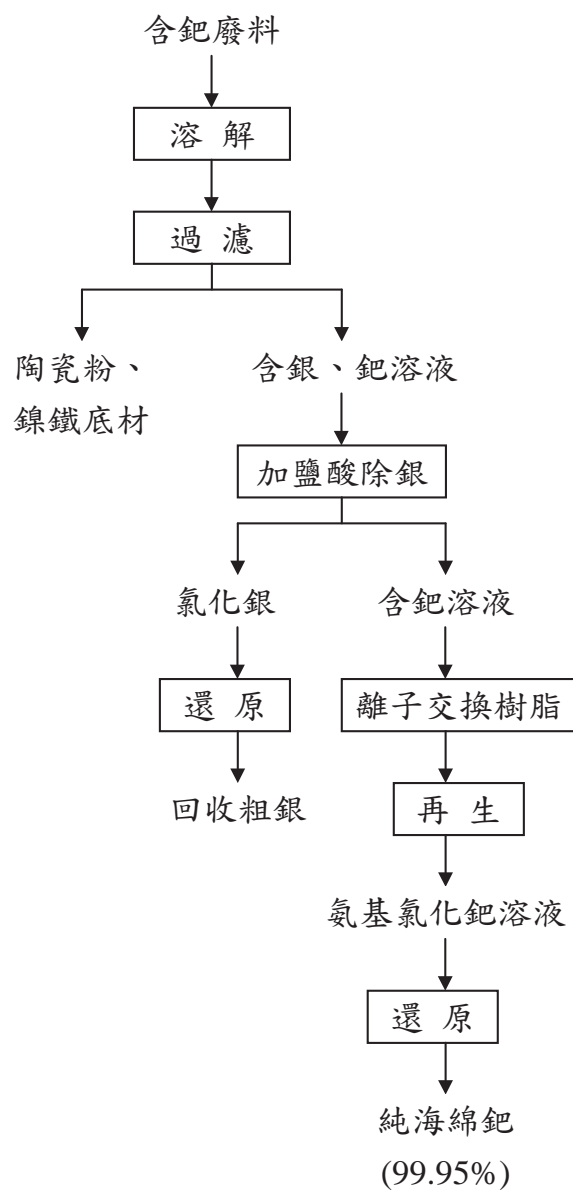


圖 5.13 A 廠電子廢料中貴金屬鈀資源化處理流程圖

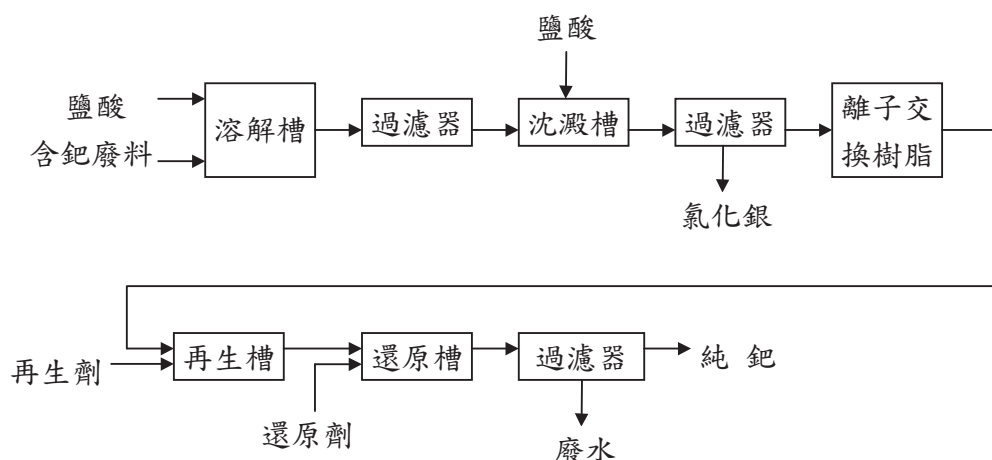


圖 5.14 A 廠電子廢料中貴金屬鈀資源化處理示意圖

(3)二次污染防治

水洗廢液納管進入工業區污水處理廠，廢料剝完金後輸出至國外再利用，或委託國內甲級處理機構處理。

(4)資源化產品及用途

所產製之黃金售予貿易公司或作成金氰化鉀，作為金飾品原料。鈀主要被用於牙科材料、觸媒(汽車排放廢氣用)、印刷電路基板表面之鍍金液及寶飾。

5.1.2 非貴金屬

以往在電子廢料之資源化技術之探討上，大多著墨於具有資源化價值之貴金屬回收，非金屬部份則採掩埋處置，但近年來已有許多文獻及實例針對非金屬部份之資源化技術探討，使此部份之廢棄物亦可獲得高附加價值之資源化產品。

1.技術

(1)人造木材之製造

電子廢料中屬非金屬部份予以收集後，粉碎至 5 mm 粒徑以下，並混合均勻，參考一般平面型塑合板之製造方法，添加適量之膠合固化劑，膠結劑可使用尿素樹脂或美耐明等樹脂，先以 30~50 kg/cm² 重之冷壓壓力壓合，再以溫度 140~160℃，壓力 30~50 kg/cm² 重之熱壓成型，以獲得人造木材之成品。

(2)地磚及浪板填充料

電子廢料之非金屬部份經粉碎後，可提供作為替代地磚及浪板製造之填充料，傳統之填充料使用碳酸鈣粉，由文獻資料顯示，以此非金屬部份之粉末替代部份填充料，再以傳統製程製造，所獲得之產品經檢驗後，均可符合產品之相關品質標準。

(3)替代混凝土

以電子廢料之非金屬部份粉碎至 2.5 mm 粒徑以下，混合 40% 不飽和聚酯樹脂，於常溫常壓下，製成厚 1.6 mm 板狀樣品，由文獻資料顯示，檢驗其抗折強度為一般水泥產品之二倍，其密度僅約一般水泥產品之 60%，可提供作為一般之建設工程使用。

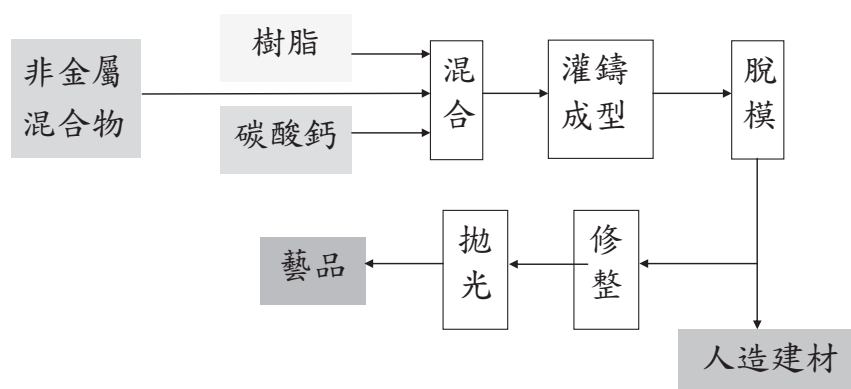
2. 案例

(1) 案例工廠概述

B 廠為電子廢料資源化處理製程完整之工廠，其業務主要協助環保署處理基金會回收之資訊類廢棄物，以及國內半導體業者所產生之電子廢料，經過廠內製程處理後，其資源回收率達 99% 以上。

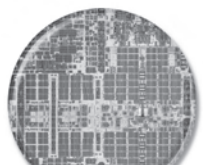
(2) 再利用流程

電子廢料經粉碎、研磨、分選回收銅金屬、玻璃纖維粉末和樹脂粉末，將玻璃纖維和樹脂混合玻璃粉，以固化劑壓合成型，製造人造建材或飾品，其再利用流程如圖 5.15 所示：



資料來源：電子廢料之再生利用技術及其產品，92 年 9 月

圖 5.15 A 廠電子廢料中非金屬部分之資源化處理示意圖



(3) 二次污染防治

利用資源回收技術將非金屬混合物製作成建材及藝品，並無固態廢棄物之衍生。

(4) 資源化產品及用途

B 廠利用回收再生技術研發製成植草磚、人造大理石板等人造建材，和玻兵馬俑、彌勒佛等觀賞用藝品，造型深具巧思，設計精美，適合收藏擺飾。

5.2 廢酸

1. 技術

由於半導體業者所產生之廢硫酸成份與一般工業級硫酸相似，因此可以替代原料方式來利用生產「聚氯化鋁」、「聚硫酸鐵」等廢水處理混凝劑。說明如下：

「混凝」乃是藉加入某些化學混凝藥品，使原本散佈在水溶液中帶靜電荷之膠體粒子，藉壓縮粒子散層(double layer compression)、吸附及電價中和(adsorption and charge neutralization)、沈澱物掃曳作用(enmeshment in a Precipitate)或吸附架橋作用(adsorption and interparticle bridging)等作用，以破壞粒子間之穩定性質，減低彼此間互相排斥的力量而傾向聚合在一起，最終使粒子凝結成較大之顆粒，而易於沈降去除。因此「混凝劑」通常用於廢水處理和污泥化學調理用途，較常被使用者有：無機類的石灰 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、氯化鐵 FeCl_3 、鋁酸鈉 $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$ 及聚合物(polymer)等。廢硫酸以替代原料方式來利用生產「聚氯化鋁」、「聚硫酸鐵」資源化流程如下：

(1) 廢硫酸資源化製備「聚氯化鋁」

廢硫酸以化學反應方式製備「聚氯化鋁」之程序說明如下：

- A. 雙氧水之去除：將所收集之廢硫酸定量送至反應槽，加入過量硫酸亞鐵反應，使原液中之 H_2O_2 及 Fe^{++} 反應生成 H_2O 及 Fe^{+++} ，產物為含 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 之硫酸溶液。
- B. 聚氯化鋁之製備：將(1)之產物含 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 之硫酸溶液再與硫酸、鹽酸、氫氧化鋁、水(來自水洗冷卻槽)注入反應槽中反應，即可生成產品液態氯化

硫酸鋁。

(2)廢硫酸資源化製備「聚硫酸鐵」

將廢硫酸(含雙氧水)、鐵、硝酸、水等經調配混合加工後，即可製得聚硫酸鐵產物。

而且由於各廠商生產製造之聚合物種類型式甚多，在選擇使用聚合物廢水處理前，必須從廠商之處獲得資料以瞭解其特性，包括：聚合物名稱、型式、物理和化學性質、適合處理廢水之性質、溶解所需時間、加藥控制方式及所需濃度及數量等。

2. 案例

(1) 案例工廠概述

C 廠為化工業，工廠主要產品為聚氯化鋁、助焊劑、清鍋劑等，營業項目包括鍋爐處理劑之產銷、水處理劑及設備之產銷、金屬處理劑之產銷及化工原料買賣。

(2) 再利用流程

化工廠利用半導體廠所產之 75% 廢硫酸為生產聚氯化鋁原料，其資源化製造流程如圖 5.16 所示，主要可分為兩部分：

- A. 製程(1)：先將硫酸廢液送到反應槽(一)，與加入之過量硫酸亞鐵反應，使原液中之 H_2O_2 及 Fe^{++} 反應成 Fe^{+++} 及 H_2O ，使之成為含 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 之硫酸溶液以作為製程(2)之進料。
- B. 製程(2)：將製程(1)所產生之溶液與其他原料，硫酸、鹽酸、氫氧化鋁、水(來自水洗冷卻槽)注入反應槽(二)中反應成為產品液態氯化硫酸鋁，於反應完全後加入稀鹼(來自鹼洗塔)，調整 pH 值及加入稀釋水(來自水洗冷卻槽)調整成品濃度，並加入安定劑 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 為成品，導入儲存槽。

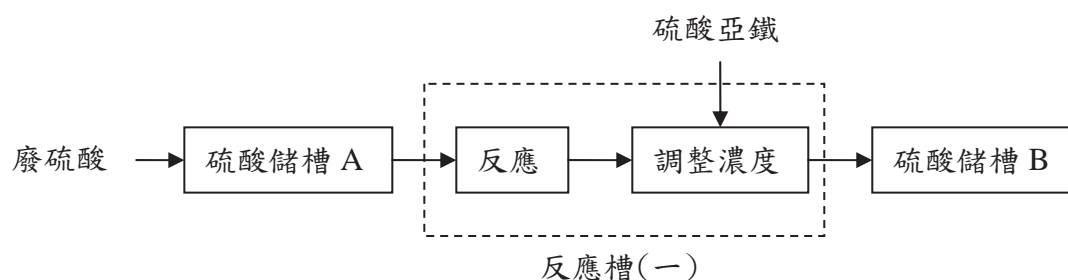
(3) 二次污染防治

廢硫酸經回收製作成廢水處理用之聚合硫酸氯化鋁鐵，並無固態廢棄物之衍生。

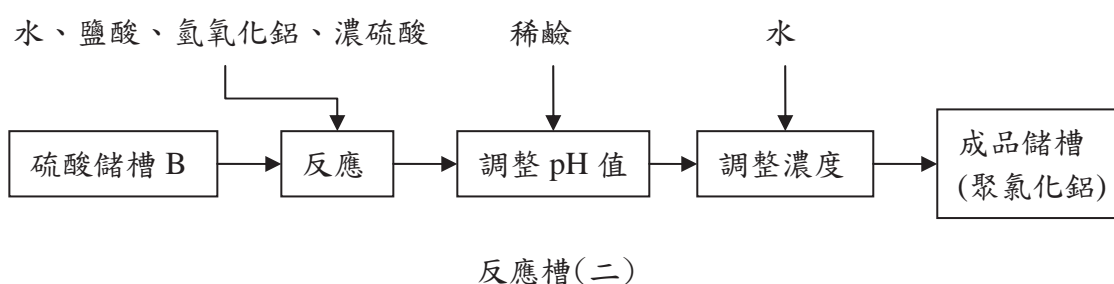
(4) 資源化產品及用途

再從半導體製程所回收之廢硫酸經本廠再利用後，製成聚合硫酸氯化鋁鐵，作為廢水處理操作之澄清用混凝劑，產品規格如表 5.2 所示。

製程(1)：去除溶液中之 H_2O 產生 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$



製程(2)：產生液態氯化硫酸鋁



資料來源：廢硫酸再利用，資源化產業資訊月刊第 3 期，92 年 6 月

圖 5.16 廢硫酸製成聚氯化鋁資源化流程圖

表 5.2 C 廠再生產品規格

產品規格	pH值	比重(SP值)	Al_2O_3 含量	PAFCS濃度	不溶物
檢測基準	2.2 ± 0.5	1.30 ± 0.05	$> 7\%$	$> 20\%$	$\leq 0.1\%$

資料來源：本手冊整理

5.3 含氟廢水結晶化

1. 技術

含氟廢水結晶化處理技術是利用流體化床之設備，於填充塔中添加擔體，藉由水流使擔體成流體化現象，利用金屬鹽具有低溶解度及穩態晶體之特性，使污染物質於流體化床中之擔體上結晶，並控制溶液中過飽和度，以有效去除廢水中之離子。

因此對於含氟廢水利用此方法，控制進料廢水中之氟離子及鈣離子之莫耳比，並利用迴流水維持擔體成流體化狀態及使槽體底部氟化鈣有低過飽和度，所產生之晶體純度可達 95% 以上之氟化鈣，其典型處理流程如圖 5.17 所示。茲將操作注意事項說明如下：

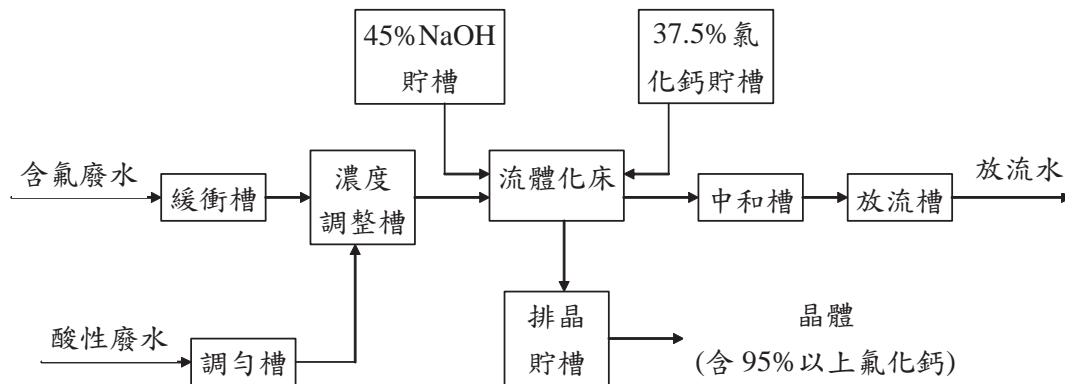


圖 5.17 典型流體化床結晶法處理流程圖

- A. 流體化床結晶處理之主要設備為流體化床反應槽，反應槽內需有適量之擔體，並保持擔體之流動。操作時，反應槽內之結晶會由底部逐漸成長，待晶體長成大顆粒時，則進行晶體之排出，並補充擔體以維持反應器內適當之擔體量。而結晶物可回收使用。針對含氟廢水處理可採用石英石、河砂或氯化鈣作為結晶化之擔體。
- B. 含氟廢水經泵浦輸送由反應槽底部輸入，廢液由底部往上流動並使擔體保持流體化狀態，反應槽內設有噴嘴，以噴灑廢水、循環水及化學藥劑，反應槽底部由於保持適當之流體化及化學藥劑，因此可促使結晶物之產生。所形成之顆粒化晶體隨著重量之增加而逐漸移動至底部，定期排晶時通常會有極少數之懸浮物會被排放水一併帶出，其中可能含有細小之晶體，再經由過濾法予以去除，過濾去除方式則需視排放水質之要求而定。
- C. 在操作時，廢水中之氟離子濃度隨著鈣鹽之添加而降低，利用結晶法處理後之放流水中氟離子濃度約可降至 5~30 mg/L 範圍內，若於結晶處理系統後設置過濾系統，則氟離子濃度可進一步降至 2~5 mg/L 左右。由於目前氟離子於放流水標準中管制標準為 15 mg/L，故通常不必再設置過濾系

統。

D.pH 之控制通常是不需要的，因為氟化鈣在 pH 2 至 14 之範圍內均可形成結晶，但調整反應之 pH 值可控制避免其他化合物因共結晶化作用而影響結晶之純度。

E.排放水中氟離子濃度決定於溶解積及添加之鈣離子濃度，亦即所希望排放之氟離子濃度，可經由鈣鹽添加之量來控制。一般鈣鹽添加量約為 $1\sim 10\text{ mol/m}^3$ ，放流水中氟離子濃度與鈣鹽添加量之相關性曲線如圖 5.18 所示。

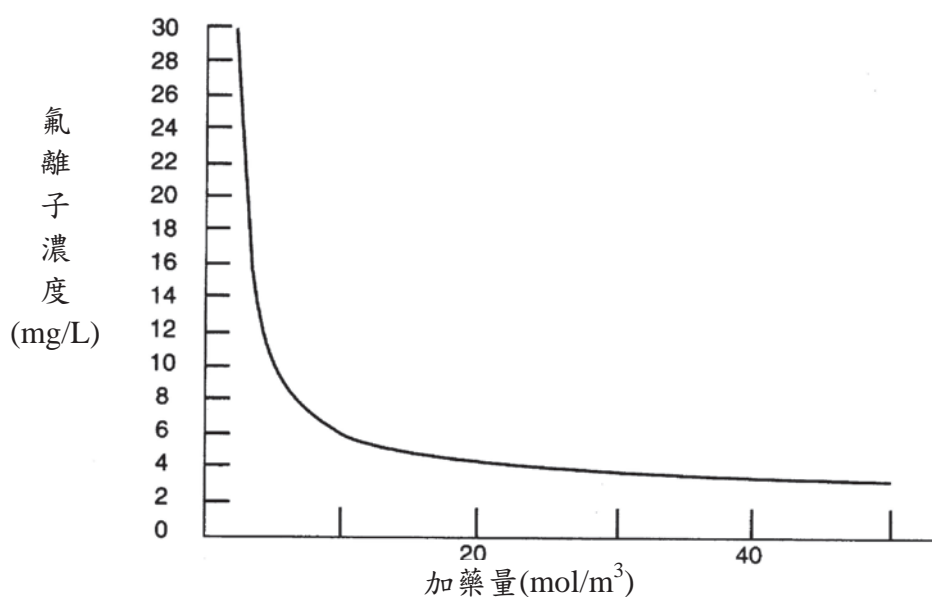


圖 5.18 排放水中氟離子濃度與鈣鹽加藥量關係圖

F.在固定鈣鹽添加量之情況下，過飽和現象與廢水中所含之氟離子濃度有關，反應槽底部須維持氟離子濃度在臨界點以下，以避免晶核性沈澱物之產生，同時，氟化鈣結晶之強度會隨著過飽和現象之增加而減弱。一般若廢水中氟離子濃度維持在 $100\sim 200\text{ mg/L}$ (鈣鹽添加量 $1\sim 10\text{ mol/m}^3$) 範圍內，晶核性沈澱現象可忽略。

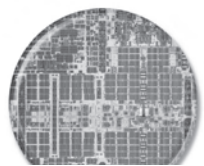
G.反應槽之水力負荷係以反應槽內液體流動速度加以考量，水力負荷須能確保反應槽內能保持流體化狀態，若水力負荷增加，晶核沈澱現象會增加，就氟化鈣之結晶而言，最佳之水力負荷為 $40\sim 75\text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 之間。

另外若進流之含氟廢水之濃度過高，仍須予以適當稀釋後再處理。然而對於許多半導體廠所排放之含氟廢水之濃度較高，利用前述之結晶處理系統雖然可以利用其他廢水來調整稀釋，但並不是最佳方式，因為可能稀釋廢水中含有其他雜質，此外因進流量增加，亦造成所需槽體體積變大及操作電費提高等問題。因此可依含氟廢水濃度運用冰晶石結晶處理流程，其同樣利用流體化床中添加擔體，藉由水流使擔體呈現流體化現象，將含氟廢水及含鈉、鋁離子之藥劑引入結晶槽內，以控制低過飽和度及適當之酸鹼度值，可有效去除廢水中大部份之氟離子，且在擔體上生成冰晶石結晶。之後再添加鋁鹽藥劑並將處理水之酸鹼度值調整為中性，此時處理水中之氫氧化鋁會吸附殘餘之氟化物共沈澱，使出流水質更佳，之後再將前述之共沈澱物之酸鹼度值調整至 $\text{pH} < 3$ 或 $\text{pH} > 11$ ，此時沈澱物將會溶解出鋁離子，再將其重新引入流體化床結晶槽內，再次進行含氟廢水結晶處理程序。

流體化床結晶槽所生成之冰晶石結晶，再經由 X 光射線繞射分析及成份分析，與試藥級冰晶石比對其圖譜及成份莫耳比值，以確認為冰晶石晶體。回收之晶體因純度高，較具經濟價值，可直接提供作為化工級原料、玻璃陶瓷製造之助熔劑等用途。

目前含氟廢水結晶處理技術已相當成熟，且國內亦有研究單位進行深入研究，並已推廣至半導體業實廠應用，至於所回收之結晶，其價值依其純度及市場需求而定。然而應用結晶法處理含氟廢水仍具有以下之優勢：

- A. 因氟化物之回收而減少大量污泥之生成，節省污泥處理費用，降低處理風險；同時回收之氟化鈣結晶純度高，適於資源化利用。
- B. 流體化床處理之水力負荷遠高於傳統沈澱池，故設備所需用地面積較傳統化學沈澱法為小，節省土地成本。
- C. 回收之氟化鈣結晶物純度高，提供回用之附加價值較高，例如可提供直接作為氟化氫製造工廠之原料。
- D. 結晶程序中溶液只需維持低過飽和度，其用藥量亦較傳統沈澱法為小，節省用藥成本。
- E. 經由資源化技術所產生之結晶體，可應用之途徑包括煉鋼業助熔劑、玻璃製造業助熔劑或水泥填充劑等用途。



2. 案例

(1) 案例工廠概述

D 廠亦位於新竹科學園區內，其主要產品為電源管理、溫度感應、線性開陣、磁場感應及低工作電壓類比等積體電路。廠內主要利用氧化、擴散、離子佈植、化學氣相沈積、蒸鍍、磊晶、退火、微影及蝕刻等步驟，於矽晶表面重覆進行多層之薄膜加工，將各層光罩之圖案，以正或負光阻轉移至矽晶片上，再經過約兩百多道處理程序，以完成超大型積體電路(VLSI)之製造。其中含氟廢水主要來自濕式蝕刻及爐管清洗之過程，此廢水中氟離子平均濃度約為 4,000 mg/L。

(2) 再利用流程

由於 D 廠所產生之含氟廢水是採高低濃度合併混合排放，其平均濃度約 4,000 mg F/L，設計水量 25 m³/d，污染量 100 kg F/d；另有一股綜合酸性廢水，其來源包括洗滌塔排放水、冷卻塔排放水、生活污水、酸性水洗水及少部份未回收硫酸廢水，設計總水量為 600 m³/d，經過中和槽調整 pH 值後，再與流體化床結晶槽處理水混合，至出流水緩衝槽，檢測並記錄 pH 值、氟離子濃度，確定符合放流水標準後予以排放。

D 廠之流體化床結晶處理系統包括有廢水均勻槽、各藥劑貯槽、含氟廢水濃度及 pH 值調整槽、流體化床結晶槽、晶體暫存槽、中和槽及放流槽，其處理流程如圖 5.19 所示。在處理時為了克服沈澱產生，並幫助結晶之形成，含氟廢水濃度之控制極為重要。因此本設計中利用酸性廢水與靜態攪拌器，調整進流之氯化鈣濃度；再利用酸性廢水與線上氟離子偵測器，調整氟離子之濃度，經自動配置好之廢水與藥劑後，再進入流體化床結晶槽中，控制低過飽和度及適當酸鹼度，使氟化鈣結晶產生。因此應用線上氟離子偵測器，可精確調整進流之含氟廢水之濃度，使晶體有效地形成，所生成晶體之氟化鈣純度大於 95%，含水率小於 10%，且處理後之水質氟離子平均濃度約為 8±2 mg/L，pH 值介於 7~9 之間，符合放流水標準。其進出流水氟離子濃度變化如圖 5.20 所示。

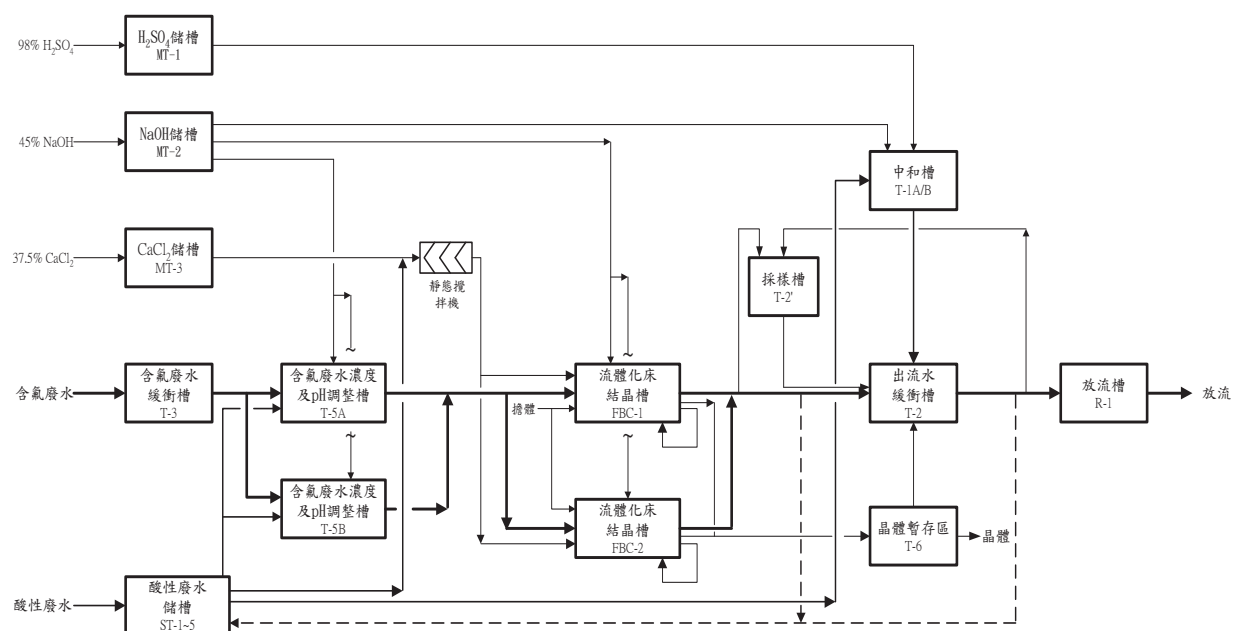


圖 5.19 D 廠含氟廢水處理流程圖

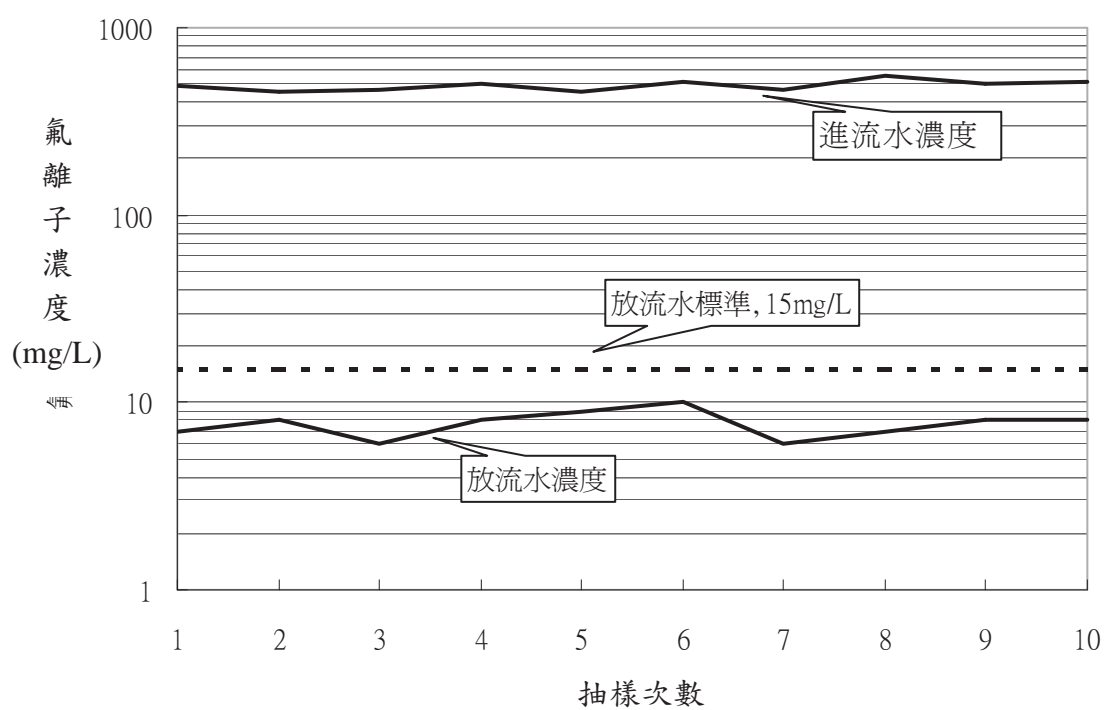


圖 5.20 D 廠流體化床結晶槽進出水氟離子濃度變化圖



5.4 氟化鈣污泥

1. 技術

在半導體業積體電路生產過程中常使用大量之氫氟酸作為爐管清洗及晶片蝕刻，這些氫氟酸經使用後，除少數逸散外，大部份伴隨清洗水排入廢水收集系統，目前大部份半導體業者，傳統方式為使用鈣鹽如 CaCl_2 或 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 沈澱法以去除廢水中之氟離子，形成氟化鈣 CaF_2 污泥。目前國內氟化鈣污泥之產生量每年約 25,000 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。

由於氟化鈣污泥中之氟化鈣成份與自然界開採之螢石之成份相似，因此利用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。螢石含鈣(Ca)占 51.3%，氟(F)占 48.7%。但螢石礦物中常混入氯、稀土、鈾、鐵、鉛、鋅、瀝青等。螢石礦物屬等軸晶系，晶形多呈立方體，少數為菱形十二面體及八面體。多形成穿插雙晶，集合體為緻密塊狀，偶成土狀塊體，硬度為 4，性脆、解理完全，比重為 3.18，熔點 $1,360^\circ\text{C}$ 。螢石一般不溶於水，與鹽酸、硝酸作用微弱，在熱的濃硫酸中可完全溶解而生成氟化氫氣體和硫酸鈣。螢石的用途很廣，其在一般工業用途上之品質要求如表 5.3 所示。目前國內每年自國外進口之螢石主要用於鋼鐵業、化工業、玻璃業及陶瓷業之用途整理如表 5.4。

表 5.3 螢石在工業用途上之品質要求表

用途	CaF_2 (%)	SiO_2 (%)	CaCO_3 (%)	Fe_2O_3 (%)	S (%)	備註
煉鋼	≥ 75	≤ 10		≤ 10	少	粒度 10~100 mm
冶金	> 75	< 20	$< 4\sim 5$		< 1.5	粒度 10~15 mm
煉鋁	> 98	< 1			0.03~0.05	
化工	95~98	1~1.5	< 1.25		< 0.03	
陶瓷	> 80		< 1	< 0.2		
玻璃	95~96	2.5~3	< 0.1	< 0.12		
製酸	$> 97\sim 98$	< 1	< 1			

資料來源：電子相關製造業廢水污泥之資源化，減廢資訊第 41 期，84 年 6 月

表 5.4 螢石於各行業之用途

行業	用途
鋼鐵業	主要作為煉鋼之助熔劑，以降低爐渣之熔點，幫助鋼鐵提早熔化，提高爐渣之流動性，使爐渣易於與金屬分離，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。
化工業	利用螢石製造氫氟酸及氟化物等用藥。
陶瓷業	利用螢石作為遮光劑，以製造乳光玻璃、不透明玻璃、著色玻璃、琺瑯及搪瓷塗料等，其用量取決於成品玻璃之類型。在有色金屬工業中，除鋁外，鎂、鉛、鈣、錫、鋅、銅等金屬在熔化、熔煉或熔製合金時、亦需加入少量之螢石作為助熔劑
水泥業	於水泥熟料燒結中，加入螢石可以降低燒結溫度，並加速矽酸三鈣之生成，同時可增強混凝土之耐蝕性、耐磨性及壓縮強度。

由上述可知螢石在工業上之應用範圍極廣，而此特性亦促使增加氟化鈣污泥各方面資源化再利用之契機。針對氟化鈣污泥作為鋼鐵助熔劑、陶瓷添加料、水泥添加料及氟化物相關原料等資源化技術說明如下：

(1)作為鋼鐵業鐵水脫硫製程之助熔劑

煉鋼製程依製造程序的差異，煉鋼業可區分為二大類，即煉鐵、煉鋼及軋鋼之一貫作業煉鋼廠與電弧爐煉鋼業。煉鐵包括煉製生鐵及矽鐵、錳鐵、矽錳鐵等合金鐵；煉鋼(轉爐及電弧爐煉鋼)包括冶煉鑄造普通鋼胚、鋼錠、特殊鋼、鑄鋼等產品。

於煉鐵過程中利用石灰進行鐵水脫硫，反應過程中伴隨產生的 SiO_2 ，會形成多分子的氧化矽網狀結構(Silica Network)，其熔點高(約 $1,710^\circ\text{C}$)，在熔煉溫度範圍內流動性很差，所以煉鋼過程中加入螢石，會打破氧化矽網狀結構，並協助石灰熔入渣中，使成較小分子鍵結的矽酸鹽群(Silicate Group)，渣的流動性因而提高，這就是螢石於鐵水脫硫製程的功能。脫硫後，氟則以多種化合物形態存於脫硫渣中。

由於螢石主要的目的為打破 SiO_2 網狀結構，因此，螢石中 CaF_2 的含量越高越好而 SiO_2 的比例越低越好（中鋼所訂螢石規格如表 5.5 所示，其中 $\text{CaF}_2 > 80\%$ ， $\text{SiO}_2 < 10\%$ ）；又為避免發生”復硫”反應，因此，必須要使用 CaO 而非 Ca(OH)_2 。在氟化鈣污泥加工製程方面，由於污泥來源品質不甚穩定，故氟化鈣污泥應先經由適當之前處理後，始可達成作為替代助熔劑之條件。說明如下：



表 5.5 中鋼所訂定鐵水脫硫製程使用氟化鈣污泥品質規範

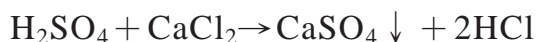
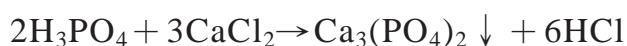
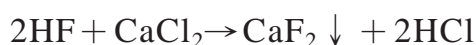
管制項目	標準值	原訂螢石收料規範
有效氟化鈣(CaF ₂ -SiO ₂)	≥ 55%	CaF ₂ ≥ 80% , SiO ₂ ≤ 18%
硫(S)含量	≤ 1.0%	≤ 1.0%
水分(包括 Ca(OH) ₂ 的 H ₂ O 含量)	≤ 2.0%	≤ 2.0%
粒度	2~10mm	2~10mm
轉桶強度試驗(< 1mm 粒度重量比)	≤ 15%	≤ 15%

資料來源：半導體業氟化鈣污泥資源化途徑探討，資源與環境學術研討會，2003 年

A. 氫氟酸廢水來源分流

由於污泥除氟化鈣之外，仍含有其他化合物成份如氧化矽(SiO₂)、氧化鐵(Fe₂O₃)、氧化鋁(Al₂O₃)、硫(S)、磷(P)等，此些成份之含量必須低於工業所需之品質要求，且不得含有有害有毒物質，因此在進行含氟廢水處理時，廢水來源及處理方式均會影響所生成之氟化鈣污泥之性質。若收集之廢水成份複雜，於處理時不僅需增加加藥量，生成污泥量增加，同時亦造成污泥中含有其他雜質，這些都會影響後續污泥資源再利用之用途，因此在廠內廢水產生源即加以分流，杜絕不必要之物質摻入，以提升氟化鈣之含量，降低其他雜質之成份。

由下列化學反應式可知，若廢水中含有硫酸或磷酸等成份，在處理時均會增加藥品消耗量，例如去除磷酸需消耗三倍於氫氟酸之鈣鹽量，因此若能於廢水產生源即將不同性質之廢水予以分流，可提高廢水之處理效率，並減少後續污泥之產生量。



此外廢水中其他之金屬離子或半導體製程中經常拌隨著含矽之氧化物，對於氟化鈣污泥於後續應用於工業製程時，均有不利之影響，所以在煉鋼製程中對於 SiO₂ 及 Fe₂O₃ 含量必需低於 10% 之要求，而經由廢水之來源分流，可達事半功倍之效。

B. 選用適當之水處理劑

關於含氟廢水處理方法有許多種，依據處理方式可分為化學混凝法、吸附過濾法、離子交換法等。其中以化學混凝法最為常使用且經濟有效之

方法，一般常使用之藥劑如：鈣鹽、鎂鹽或明礬等，而其中價格最低且最易取得之原為石灰，故於經濟上考量，工業上含氟廢水之處理是以鈣鹽沈澱法最為常見，鈣鹽中包括氫氧化鈣($\text{Ca}(\text{OH})_2$)、碳酸鈣(CaCO_3)、硫酸鈣(CaSO_4)及氯化鈣(CaCl_2)等均可用於去除廢水中之氟，並產生非溶解性之氟化鈣(CaF_2)沈澱。

依據文獻資料顯示，在前述處理含氟廢水之鈣鹽（處理流程如圖 5.21）中，以氯化鈣(CaCl_2)之處理效果優於其他類之鈣鹽，其原因說明如下。

- 氯化鈣在水中之溶解度較高，在加藥時較不需要曝氣或攪拌，可節省能源，同時亦不易阻塞管線及泵浦。
- 以氯化鈣處理含氟廢水所產生之化學反應效率較高，不需過量加藥，故所產生之污泥量較少，可節省污泥處理成本。

C. 控制加藥量

經由文獻資料調查顯示，在利用化學混凝處理其含氟廢水時，常有混凝劑添加過量而導致增加污泥量之情形，此現象不僅增加氟化鈣污泥之後續資源再利用之難度，同時過量之加藥及過量之污泥量均造成成本之增加，因此就工廠而言，應確實控制廢水處理進流水之水質及水量，再經由杯瓶試驗尋求最適加藥量及最適操作 pH 值，以符合最適之經濟效益。

D. 制控最適處理之 pH 值

由於污泥中氟化鈣之含量與可作為助熔劑螢石中之含量相差約 20~30%，純度不足，無法直接作為工業用途。依據化學原理氟化物溶解度之資料得知，在 pH 值等於 2 時，將會有 65 mg/L 之氟化物溶解於水中，若將原廢水之 pH 值控制在 2~2.5 之範圍內，加入適量之鈣鹽，使 pH 值控制 2.5 時，則將約有 95% 以上之氟化物產生非溶解性之氟化鈣沈澱，而其他金屬離子之氫氧化物如氫氧化鐵、氫氧化鎳等在 pH 值小於 3 時，均有高溶解性，不會和氟化鈣一起沈澱下來，因此所沈澱下之污泥中即含有較高濃度之氟化鈣，可提供後續污泥資源再利用。

此外，目前國內煉鋼廠所使用螢石助熔劑均為粒狀，而由廢水處理廠產生之脫水污泥為泥狀，如其成份即便符合其品質要求，仍需經烘乾造粒加工後或製成固體狀始可送入熔爐內使用。

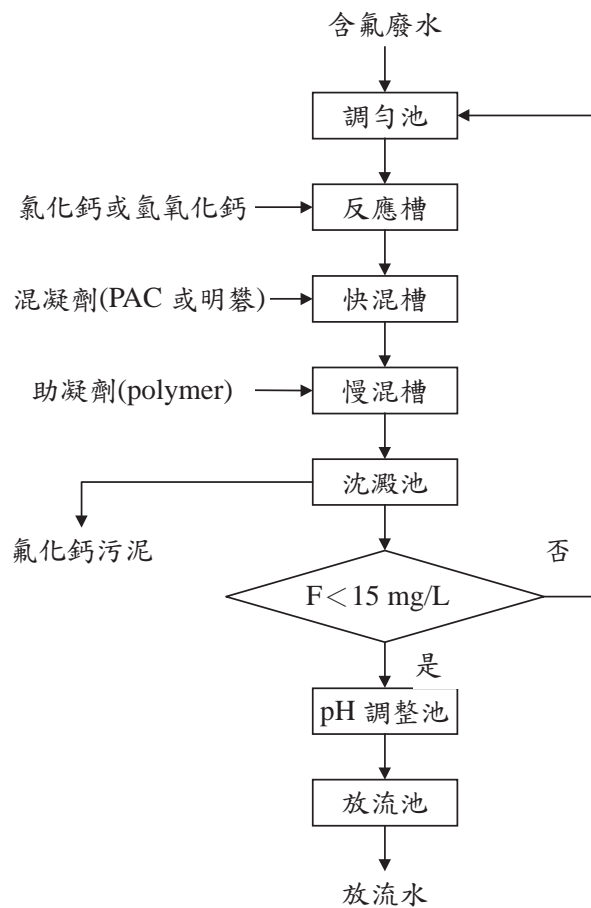


圖 5.21 含氟廢水以鈣鹽化學混凝沈澱法處理流程圖

依據前述內容，由廢水來源之分流、控制適當之加藥及調整最適合之操作條件，所獲得之氟化鈣污泥，其氟化鈣成份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之產量不能滿足煉鋼所需助熔劑之量，所以在不影響生產鋼鐵品質之情況下，業者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。

就經濟可行性而言，以電弧爐煉鋼廠為例：平均每生產一公噸之鋼胚約需要 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，則每年需螢石之數量約為 4 萬公噸，由於使用之螢石作為煉鋼助熔劑之數量頗大，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。然而由於進口一公噸螢石僅約需 2,200

元，對鋼鐵廠而言較無經濟誘因，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，因此多是由業者補貼氟化鈣污泥處理及運輸費用，較可提高煉鋼業者使用資源化產品之意願。

(2)作為陶瓷添加料

由於氟化鈣污泥之來源為廢水處理廠，因此其含水率及成份不均，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。一般於瓷磚製造時原料經混拌後，大都是以噴霧方式乾燥，但因氟化鈣污泥之特性，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。

因此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提供增加 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。其資源化流程如圖 5.22 所示。

燒結後之瓷磚依中國國家標準 CNS 3299 陶瓷面磚檢驗法檢驗，符合中國國家標準相關產品之標準；且亦符合環保署廢棄物 TCLP 檢驗一般事廢棄物之認定標準。此外因處理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。

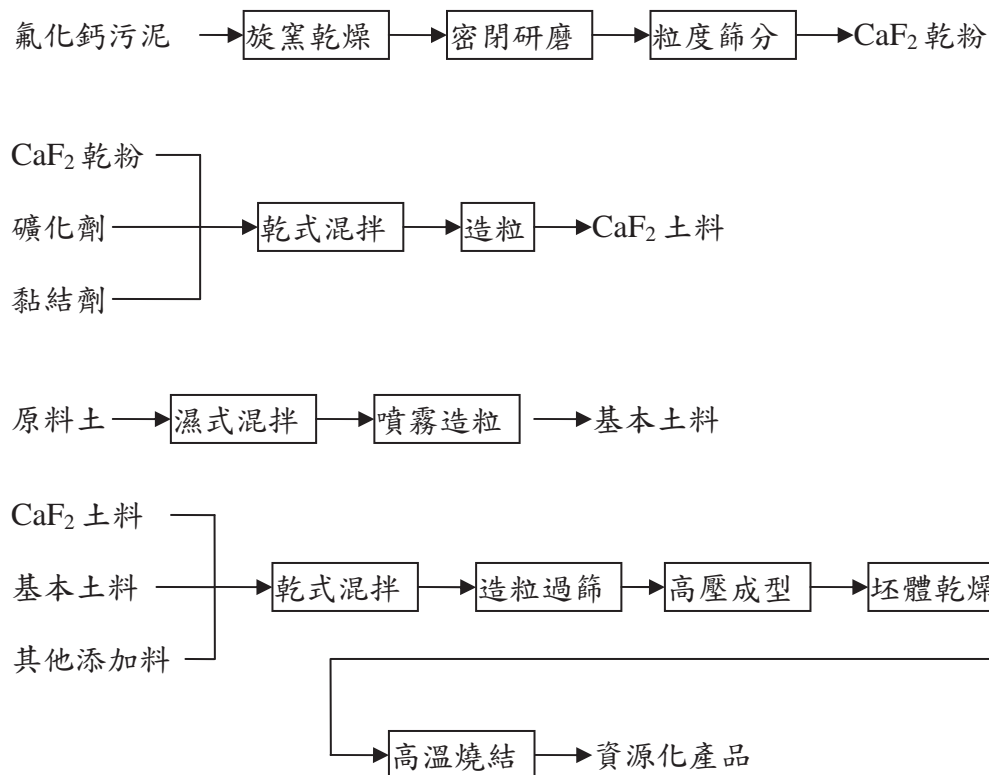


圖 5.22 氟化鈣污泥作為瓷磚添加料資源化流程圖

(3)作為水泥添料

水泥廠生產水泥所需之原料包括石灰石、黏土、矽砂、鐵渣及石膏，其中石灰石、黏土、矽砂及鐵渣係送入旋窯製成熟料之生料，石膏則是熟料送入水泥磨時所需添加之摻料。單位水泥之石灰石耗用量介於 1.20~1.96 公噸石灰石/公噸水泥，而氟化鈣污泥之鈣成份為水泥原料所必需之成份，因此若經適當之前處理，則可提供水泥廠取代部份原料。

氟化鈣污泥添加到水泥中作為添料需要考量的問題有二，一為氟化鈣污泥於高溫中時會不會有氟或 HCl 氣體產生，二為添加氟化鈣污泥後會不會影響水泥的性質，分別就相關研究結論說明如下：

A. 氟化鈣污泥於高溫中時產生氟化物氣體情況及對策

由於水泥的製程中，生料必須加熱到 1,450°C 製成熟料，因此，生料中添加了氟化鈣污泥後在加熱到 1,450°C 所製成熟料對空污設備的影響是水泥廠須考量的問題。雖然利用水泥製程中的 CaO filter 對氟化鈣污泥在燒結過程產生之氟化物有吸附及吸收的效果。但仍需調整污泥添加量以減

少排氣中的氟含量。

B. 氟化鈣污泥於高溫中時產生 HCl 氣體情況及對策

由於大部分的氟化鈣污泥所用鈣鹽來源都是使用氯化鈣，因此，污泥中也會有存有 HCl，經過試驗，氟化鈣污泥中的氯含量約在 1.5%—3%，在燒結的過程中會不會有 HCl 的產生也是另一個需要考慮的問題，為使得添加了氟化鈣污泥後不會造成原有空氣污染防治設備的負荷，仍需調整污泥添加量以減少排氣中的氯含量。

C. 添加氟化鈣污泥後對水泥品質的影響

依相關研就證明適量添加氟化鈣對水泥品質有利無弊，唯水泥生料中純氟化鈣添加量高於 0.5% 時，製成的水泥凝結時間會較長。此外，日本水泥業者開發的特殊水泥 Jet Cement，原料中使用大量的 CaF_2 ，經加工後會形成一種活性氟鋁鈣化物(Active Calcium Fluoroaluminate)，使得這種水泥製成的混凝土較一般波特蘭水泥製成的混凝土能於短時間達到預期的強度。

(4) 作為氟化物相關原料

螢石是氟化工產品的主要來源，其製程是以氫氟酸為最重要的中間產品，按目前的生產設備及技術，氫氟酸易揮發產生有害氣體，雖經多次的回收，仍有部分尾氣難回收乾淨，對環保有一定的影響。此外，相關製程設備為防止腐蝕，需額外進行防蝕加工。若以氟化鈣污泥來作為製造氟化氫原料，則以結晶法所產生的氟化鈣晶體較洽當，然而與現用酸級螢石的標準(CaF_2 : 97-98%)相比，仍有一段差距。因此，將氟化鈣晶體製成氫氟酸再轉製成氟化物可能性並不高。至於直接製成其他氟矽類化工原料，則仍有待開發。

2. 案例

(1) 案例工廠概述

E 廠為一電弧爐煉鋼廠，工廠為達到廢棄物資源再利用之目的，經學者專家評估建議利用氟化鈣污泥替代螢石作為煉鋼助熔劑，因此配合半導體廠利用含氟廢水選擇性混凝沈澱法，改善現有廢水處理程序及操作方法，在原廢水處理設施作一些修改，可獲得高純度之氟化鈣，以替代螢石作為煉鋼之助熔劑。

(2) 再利用流程

其廢水處理操作條件首先控制廢水之 pH 值在 2~2.5 之範圍，再加入控制量之石灰或鈣鹽，使廢水之 pH 值超過 2.5，在此 pH 值條件下，將約有 95% 以上之氟化物產生非溶解性之氟化鈣並以 182~227 kg/hr 之速率沈澱，但廢水中所含之其他氫氧化鐵($\text{Fe}(\text{OH})_3$)、氫氧化鎳($\text{Ni}(\text{OH})_2$)、氫氧化鉻($\text{Cr}(\text{OH})_3$)等含氫氧化物之重金屬，在 pH 值小於 3 時，具有高度之溶解性，不會與氟化鈣一起沈澱下來。由此分離固液相中不同之物質，液相溶液再經由一般廢水處理操作程序，經化學加藥混凝沈澱後，污泥經脫水後再委由代清理業者送至掩埋場處置，處理後之廢水直接排放至放流口。

前述第一階段所沈澱含氟化鈣之污泥經過淨化、過濾、烘乾及造粒後，污泥中氟化鈣之含量高達約為 85% 以上，其純度甚至高於天然螢石中氟化鈣之含量。再將此造粒後之氟化鈣直接送入熔爐，以取代螢石作為助熔劑。其資源化流程如圖 5.23 所示。

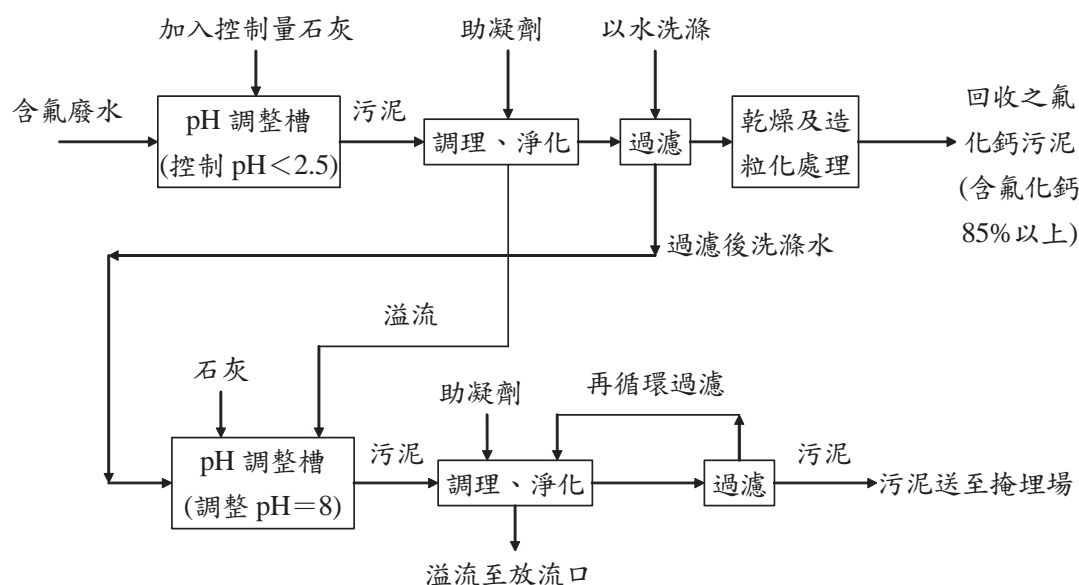


圖 5.23 E 廠氟化鈣污泥資源化處理流圖

(3) 二次污染防治

於資源化過程中不管是集塵系統的飛灰、混煉後剩餘之殘料，都可重新回收重複使用，再利用流程後並無剩餘廢棄物產生。

(4)資源化產品及用途

氟化鈣污泥經資源化後取代天然螢石作為鋼鐵廠助熔材料，其功能性及對於煉鋼製程中並無影響。

5.5 廢壓模膠

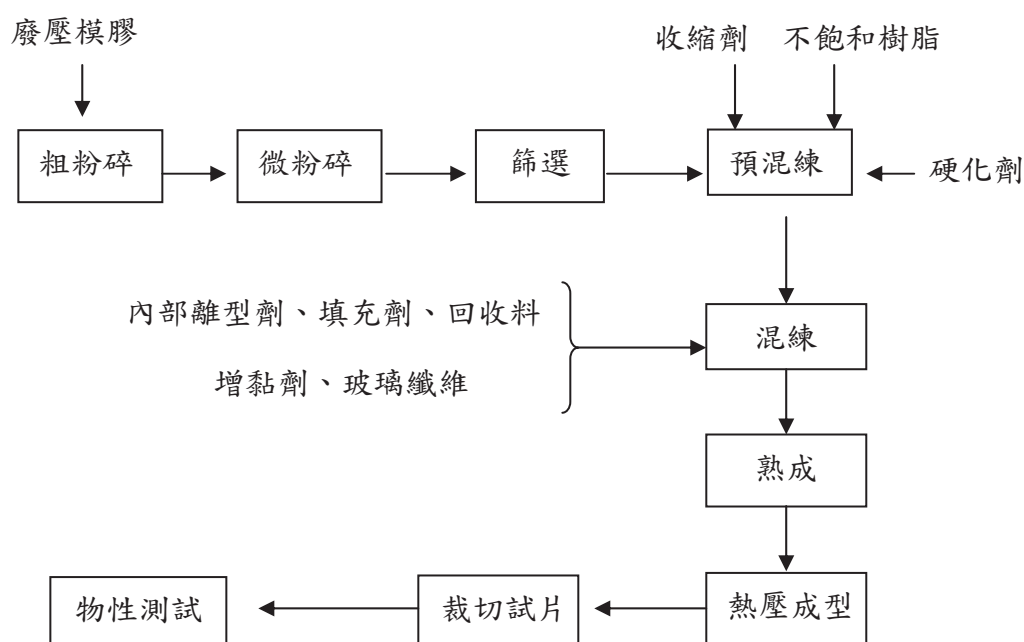
1.技術

(1)作為替代水泥副原料

由於廢壓模膠含有二氧化矽可作水泥之原料，且其熱值燃燒產生之熱能，可提供作為水泥廠替代原料及燃料之用，而僅需將廢壓模膠予以適當之前處理後，即可搭配其他水泥原料進入水泥窯中燒成。而由於廢壓模膠之成份較為複雜，因此乾燥及研磨過程均需嚴格之品質控制及篩分選別，以配合其他原料進行燒成，此外廢壓模膠之成份中亦含有少量之硫(S)、氯(Cl)、溴(Br)、銻(Sb)等，於燒灼過程均會與石灰石反應而固融，在水泥成品中經檢測並無溶出之虞。

(2)作為替代 FRP 補強材

一般熱固性塑膠乃為高度填充之複合材料，藉由精細研磨、篩分及粉末化，可將不能用之熱固性材料，按各種比率與純樹脂相拌合，使其得以再利用。BMC(Bulk Molding Compound)係利用玻璃纖維與樹脂等預製成糰狀的半成品（熟料）之稱謂，其後續加工則可以熱壓或射出方式進行，其製造流程係使用二軸攪拌器(kneader)，藉由攪拌器混練所得之材料，直接以塊狀或以壓出計量機加工成使用者所要求之形狀，如為乾式片狀，則先經過捲筒(roller)粗碎後，再經粉碎機粉碎成最終材料；或是乾式球狀乃以攪拌器混練後，再經過製粒機中使成為粒徑 3~5mm 之粒狀。一般而言，開放式(open type)攪拌器混練費時，因此有時會改用加壓攪拌器，其混練時間可縮短為 1/2~1/3，特別適用於乾式 BMC，其基本製造流程如圖 5.24 所示。



資料來源：半導體封裝業資源化應用技術手冊，經濟部工業局，93 年 7 月

圖 5.24 BMC 基本製造流程

2. 案例

(1) 案例工廠概述

F 廠為一生產卜特蘭水泥之工廠，其水泥年產量約為 70 萬噸，目前工廠除傳統原料(如石灰石、黏土等)外，已將廢壓模膠作為廠內原料之一。

(2) 再利用流程

F 廠所處理之廢壓模膠成份如表 5.6 所示，主要成份二氧化矽佔 75% 以上，因此適合替代水泥部份原料，如黏土等，且不會影響熟料及水泥之機械性質。F 廠將廢壓模膠添加於製程前，需先經過乾燥、破碎至 2 公分以下後，經過適當的成份控制，以 0.1% 摻配比例加入水泥原料中，進行研磨作為生料，再以旋轉高溫燒成熟料，最後加入石膏研磨成水泥產品。資源化流程如圖 5.25 所示。

表 5.6 F 廠所處理之廢壓模膠成份

成份	二氧化矽	環氧樹脂	酚醛樹脂	碳黑
重量%	75~95	4~10	2~8	0.1~0.5

資料來源：經濟部工業局 96 年個案申請資料

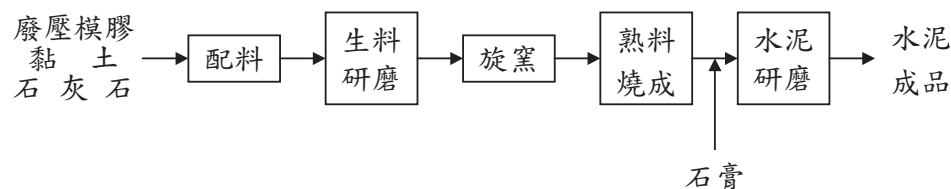


圖 5.25 F 廠廢壓模膠於水泥廠資源化流程圖

(3) 二次污染防治

於再利用製程中無二次廢棄物產生，原工廠事業廢棄物則委由代清除機構清理。

(4) 資源化產品及用途

水泥產品為供基本民生工業使用，做為混凝土、土木、營建工程材料之用途，並符合中國國家標準（CNS61）波特蘭 I 型水泥之產品規範。

5.6 廢溶劑

1. 技術

廢溶劑大致由溶劑製造商及溶劑使用商所產生，溶劑製造商除國外進口者外，在國內則多屬於化學原料製造業，如：中石化、信昌化工等特化物製造廠，一般業者於廠內均設有焚化爐以處理所產生之廢溶劑；而溶劑使用商則涵括之行業較多，如：半導體業、電子業、塗料業、PU 皮革業及化工業等，多作為製程中清洗、表面塗裝或作為製程添加劑使用，這些不同類型的工業，均在生產過程中產生不同性質之廢溶劑（常見廢溶劑之種類詳表 5.7 所示），而其中半導體業產生之廢溶劑主要由蝕刻、去光阻及製程清洗後所產生之光阻劑、去光阻劑、異丙醇、三氯乙烷等，各種溶劑之相關特性如表 5.8 所示。

表 5.7 各行業產生廢溶劑主要種類表

行 業 別	產生廢溶劑之種類	行 業 別	產生廢溶劑之種類
半導體業	光阻液、異丙醇、三氯乙烯、機油	電器業	機油、甲苯、三氯乙烯、太古油、 甲醇
電子業	三氯乙烯、四氯乙烯、三氯乙烷、 二氯甲烷、異丙醇、助焊劑、丁酮、 石油系溶劑	製藥業	二氯甲烷、試藥廢棄物、異丙醇、 丙酮
	甲苯、乙酯、丁酯、二甲苯、漆渣、 切削液、機油	洗衣業	四氯乙烯、石油系溶劑
汽車製造業	甲苯、乙酯、丁酯、二甲苯、漆渣	機電業	機油、三氯乙烯、切削水
塗料業	丁酮、DMF、甲苯	汽車修護廠	機油、香蕉水
PU 皮革業		化工業	IPA、甲醇、甲苯、丙酮、底渣
		膠帶業	甲苯、乙酯、樹脂

表 5.8 半導體業產生廢溶劑主要特性一覽表

名稱	用途	特 性			
		閃火點(°C)	Cl 含量(ppm)	S 含量(ppm)	熱值(Kcal/Kg)
光阻劑(正負光阻液)	微影製程	10~870	40~2,000	800~5,000	7,000
去光阻劑	製程中去除光阻	80~100			2,000~10,000
異丙醇	製程單元清洗	-8~13	--	--	8,000~10,000
丙酮、三氯乙烷	機台清洗				

資料來源：廢溶劑回收及處理技術與案例探討，90 年 10 月

一般廢有機溶劑可分廢氣與廢液兩大類，且大多數的有機溶劑（常見之有機溶劑物化性質詳表 5.9 所示）皆屬易燃、易爆物，縱使為不燃性也具有相當程度的毒性，所以在安全性的考慮上極為重要。一般常見回收處理方式可分為廢氣回收及廢液回收處理，其回收技術優缺點比較彙整如表 5.10，說明如下。

表 5.9 常見之有機溶劑物理及化學特性一覽表

名 稱	沸點 (°C)	密度 (g/cm ³)	特 性	名 稱	沸點 (°C)	密度 (g/cm ³)	特 性
二氯甲烷	40.1	1.335	醚香、不燃	醋酸丁酯	116.5	0.869	水果香、易燃
三氯甲烷	61.2	1.485	特臭、不燃	醋酸戊酯	134.0	0.864	芳香、易燃
三氯乙烷	75.0	1.325	芳香、不燃	甲基乙基酮 (MEK)	79.6	0.812	丁酮香、易燃
四氯化碳	76.74	1.585	不燃、有毒	丙酮	56.1	0.797	芳香、易燃
三氯乙烯	86.7	1.459	醚香、不燃	丁酮	79.6	0.826	丙酮香、易燃
四氯乙烯	121.00	1.625	醚香、不燃	甲基異丁基 酮(MIBK)	115.8	0.804	芳香、易燃
甲醇	64.5	0.792	易燃	苯	80.1	0.879	芳香、易燃
乙醇	78.0	0.816	葡萄酒香、易燃	甲苯	110.70	0.860	苯味、易燃
異丙醇(IPA)	82	0.785	橡膠酒精味	二甲苯	137.20	0.860	淡苯味、易燃
丁醇	99.5	0.805	強烈香、可燃	己烷	68.742	0.660	芳香、易燃
戊醇	137.80	0.824	特臭、可燃	二甲基甲醯 胺(DMF)	152.8	0.953	可燃
醋酸甲酯	54.05	0.924	芳香、易燃				
醋酸乙酯	78-80	0.886	芳香、易燃				
醋酸丙酯	96-102	0.887	芳香、易燃				

表 5.10 氣態廢溶劑回收技術之優缺點比較表

處理方式	優點	缺點
低溫冷凝法	<ul style="list-style-type: none"> 經濃縮後之回收率高。 	<ul style="list-style-type: none"> 能源消耗大。 對低濃度而言，須配合其他方法。
溶劑吸收法	<ul style="list-style-type: none"> 效率穩定。 無腐蝕及廢水問題。 可配合自動化操作。 	<ul style="list-style-type: none"> 對濃度低或流量小於於 1,000 ft³/min 之廢氣而言，不符合經濟效益。
活性炭吸附法	<ul style="list-style-type: none"> 可批式操作。 對低濃度仍具經濟效益。 以氮氣脫附，可回收含氯化物。 	<ul style="list-style-type: none"> 有碳床阻塞及著火之虞。 效率較低，活性炭需再生。 部份有遲滯作用，而不易洗出。
催化燃燒法	<ul style="list-style-type: none"> 可連續操作。 適合高濃度之氣態廢溶劑。 廢熱可再利用。 	<ul style="list-style-type: none"> 需額外提供能能源消耗。 無法回收再利用。 操作溫度雖可降低，但須更換觸媒。

資料來源：廢溶劑回收及處理技術與案例探討，90 年 10 月

(1)有機溶劑廢氣回收處理

有關溶劑廢氣回收處理方式彙整如下。

A.低溫冷凝法

此法適合有一定沸點溫度之有機高濃度廢氣，將其導入冷凝管低溫冷

凍，使溶劑冷凝析出，所得之溶劑可回收再用，但設備較複雜。當廢氣中溶劑濃度過低時，冷凍能源之消耗大於回收溶劑之利益，並符合不經濟效益。

具代表的有機氣體回收系統為布雷登循環溶劑回收系統，該系統是以具冷卻與加熱能力之布雷登熱泵為基礎所設計出之一種具經濟及高能源效率之系統。於應用於冷凝回收溶劑廢氣上，極具市場發展潛力。

B. 溶劑吸收法

溶劑吸收法適用於連續產生低濃度廢氣之作業場合，當吸收劑吸收之溶劑達到飽和(即二分壓相等)，趨於平衡時，吸收終止；之後對飽和之吸收劑加溫，被吸收之成分依沸點不同，依序自吸收劑中逸出，經冷凝後分離之。再生後之吸收劑可重覆使用。惟要注意吸收劑之選擇。本法亦可與自動化系統同時規劃，使製程連續化，藉吸收、蒸餾、分離以達淨化廢氣之目的。吸收法回收流程如圖 5.26 所示。

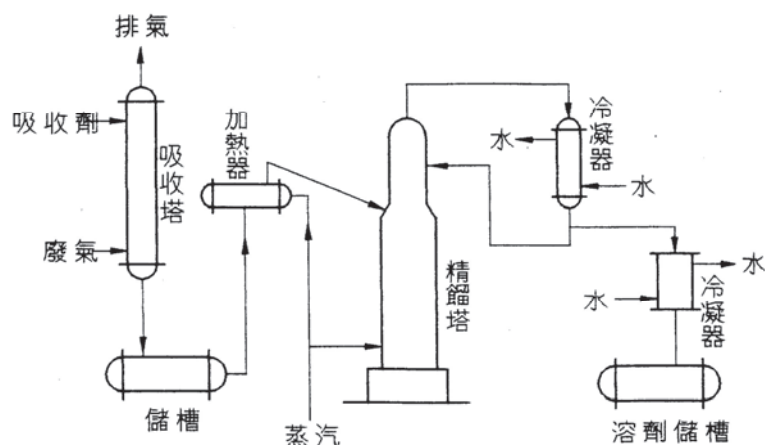


圖 5.26 溶劑吸收法示意圖

C. 活性炭吸附法

吸附法是固體吸附介質與廢氣分子相互接觸，藉固／氣兩相間之吸引力，氣體分子被固體表面捕捉，而達到淨化的目的。常用的吸附介質是具有大量毛細孔，且比表面積高達 $1,100 \text{ m}^2/\text{g}$ 的活性炭，藉分子之間凡得瓦力作用下，可吸附大量的廢氣分子。若吸附飽和後可加溫再生，使被吸附的分子釋放出來，吸附劑可再加以利用。

再生劑通常使用水蒸氣，但要注意灰塵、雜質等，常會堵塞有效毛細孔及使炭床結垢，影響吸附效果。另外亦可將此法結合催化劑燃燒系統，將固定床改為流動床式，吸附過程改為流動狀態，可有效提高介質傳送速率。傳統的吸附及再生過程如圖 5.27 所示。

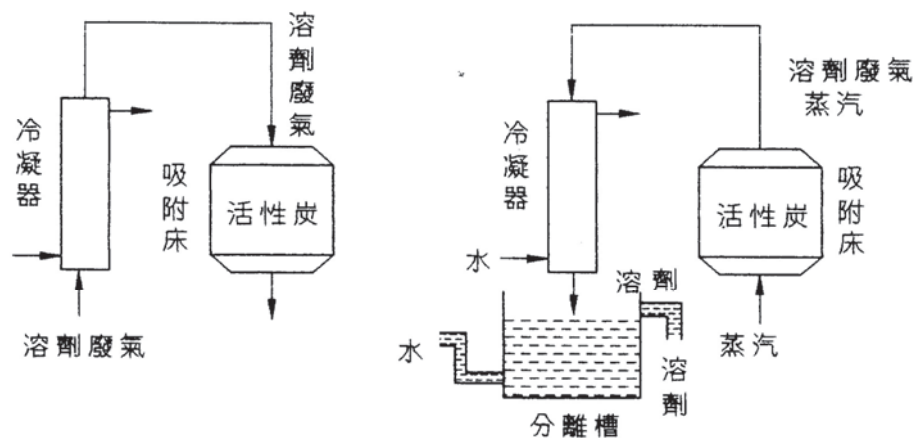


圖 5.27 活性炭吸附再生示意圖

D. 催化燃燒法

此法適合於連續產生高濃度廢氣的情形，可降低起燃溫度，從直接燃燒之 900°C 降到 300°C 左右，因溶劑轉換為熱能可大量節省能源。行催化燃燒法時，載體及催化劑的選擇尤其重要，載體需自由空間大、本身磨損小、氣流阻力小、比表面積大且不易產生粉塵與堵塞物者，常用之載體有矽酸鹽類、陶瓷類及高溫合金類等製品，有其特性。催化劑則用於載體表面上之處理，以增進負載活性，常見之催化劑有貴金屬之硝酸鹽類或氯化物，醋酸之氯化鋁漿狀物等。催化燃燒法之流程如圖 5.28 所示。

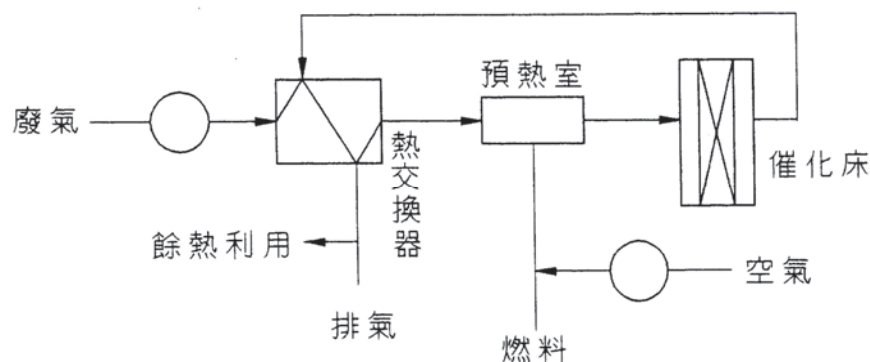


圖 5.28 催化燃燒法流程圖

(2)有機溶劑廢液回收處理

有機溶劑廢液回收方式有原液循環再利用、蒸餾回收及純化等說明如「3.2.2 廢異丙醇」。但由於廢溶劑在回收溶劑次級品有其應用限制，所以也常作為水泥窯之輔助燃料或焚化處理。現就其作為水泥窯之輔助燃料方式簡述如下：

由於水泥窯具有較一般焚化爐更佳之 3T 條件(溫度、時間及攪拌)，其燒成帶之溫度高達 1,450°C 以上，滯留時間為 5 秒以上，氣流之雷諾數達 20,000 以上，而水泥窯中之主要原料為碳酸鈣成份，可將廢棄物中小量之含氯成份反應生成安定之微量氯化鈣。且廢棄物之熱值只需在 2,000 kcal/kg 以上，均可作為水泥生產之輔助燃料，並同時達到處理廢棄物之目的。然而，水泥窯仍有其限制，即其不適用於處理鹼性金屬(如鈉、鉀等)或鹽類含量高之廢溶劑，因鈉、鉀等鹽類之沸點及熔點較低，將因窯內高溫而揮發後，混入水泥熟料中，導致水泥品質之劣化。利用水泥窯處理廢溶劑具有下列優點：

- 一般水泥窯長度約為 50~200 公尺，因溫度區間高、熱負荷率大，不易受廢溶劑之影響。
- 僅需增加儲槽、混合槽、進料管路、噴霧器等基本設備，即可進行處理，因而投資成本不高及施工期短，且不中斷其生產製程。
- 只須將鹵素、硫份及重金屬等成份之濃度控制於適當範圍內，將不致增加空氣污染。
- 水泥原料中之碳酸鈣，可中和燃燒後產生之酸性氣體，以減少 HCl、SO_x 之排放。

目前國內利用半導體製造業或光電材料及元件製造業於製程中所產生

之混合廢溶劑作為水泥窯輔助燃料，係依據經濟部於 97 年 4 月 29 日經工字第 09704601860 號函公告之「經濟部事業廢棄物再利用種類及管理方式」編號五十三、混合廢溶劑辦理，再利用管理方式如表 5.11 所示。

表 5.11 經濟部事業廢棄物再利用種類及管理方式編號五十三、混合廢溶劑
再利用管理方式

再利用種類	再利用管理方式
編號五十三、 混合廢溶劑	<p>一、事業廢棄物來源：半導體製造業或光電材料及元件製造業於製程中所產生之混合廢溶劑，其特性需要符合下列規定：</p> <p>(一)低位發熱值應高於二千 Kcal/Kg。</p> <p>(二)灰分應低於百分之十二。</p> <p>(三)含氯量應低於一千 ppm，含氯芳香族化合物不得檢出。</p> <p>(四)含硫量應低於百分之二。</p> <p>(五)廢溶劑中之鉛、鎘、鉻、鋅、砷、汞、鎳及硒等重金屬含量需分別低於五十 ppm。</p> <p>(六)pH 值應介於四至十二·五之間。</p> <p>二、再利用用途：水泥廠之水泥窯輔助燃料。</p> <p>三、再利用機構應具備下列資格：領有工廠登記證之製造業，其產品為水泥或其他相關產品。</p> <p>四、運作管理：</p> <p>(一)水泥窯之操作溫度應超過攝氏一千二百度且燃燒氣體滯留時間在五秒以上。</p> <p>(二)再利用機構應具備攪拌功能之貯槽及燃料噴霧等設備。</p> <p>(三)再利用後之剩餘廢棄物應依廢棄物清理法相關規定辦理。</p> <p>(四)再利用用途之產品應符合國家標準、國際標準或該產品之相關使用規定。</p>

資料來源：經濟部事業廢棄物再利用種類及管理方式編號五十三、混合廢溶劑，97 年 4 月 29 日

2. 案例

(1) 案例工廠概述

G 廠為一廢溶劑再利用工廠，主要收集半導體業者所產生之廢溶劑進行資源回收。半導體製程中於晶圓製造過程須經過多次蝕刻，每次均以超純水將其上之各種化學藥品清洗乾淨。在最後一次作業後，為免水汽殘存晶圓上，致影響產品品質，故利用異丙醇與水互溶且易揮發之特性，以異丙醇作最後之清洗程序，於除去晶圓上殘存的水氣時必需使用大量之溶劑清洗晶圓表面之水氣，而當製程清洗用之異丙醇含水量超過一定濃度時，則無法繼續使用而排放成為廢液，此廢液中異丙醇之濃度約為 65~73%。



(2) 再利用流程

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，資源化流程如圖 5.29 所示。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。

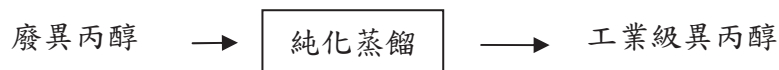


圖 5.29 G 廠廢異丙醇資源化處理流程圖

(3) 二次污染防治

於再利用製程中無二次廢棄物產生，原工廠事業廢棄物則委由代清除機構清理。

(4) 資源化產品及用途

回收之廢異丙醇經純化後，異丙醇約度可達 99% 以上，規格符合工業級異丙醇原料，提供其他工業製程使用。工業級異丙醇規格如表 5.12 所示，工業級異丙醇之用途包括如下：

- A. 作為工業原料：製造丙酮及其衍生物。
- B. 作為溶劑使用：可用於香精油及其化油類，生物鹼、膠、樹脂等之溶劑，塗裝溶劑。
- C. 液體燃料之防凍劑。
- D. 脫水劑。
- E. 防腐劑。

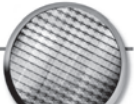
表 5.12 工業級異丙醇規格

名稱	異丙醇	
等級	工業級	
項目	單位	規格
色度	APHA	10 max
純度	%	99.8 min.
比重(20/20℃)	—	0.785-0.787
蒸發後殘留物	ppm	5 max
水分	ppm	2,000 max
酸度	ppm	10 max
互溶性	—	Clear

資料來源：經濟部工業局 95 年度通案許可申請案資料

參考文獻

1. 半導體業廢棄物資源化技術手冊，經濟部工業局，90 年 12 月
2. 經濟部工業局通案許可申請案資料，95 年
3. 經濟部事業廢棄物再利用種類及管理方式編號五十三、混合廢溶劑，97 年 4 月 29 日
4. 陳政澤、陳文欽、賴重光，廢溶劑回收及處理技術與案例探討，工業污染防治季刊，第 80 期，90 年 10 月
5. 半導體封裝業資源化應用技術手冊，經濟部工業局，93 年 7 月
6. 關家倫、鄭智和、林巖騫，半導體業氟化鈣污泥資源化途徑探討，資源與環境學術研討會，2003 年
7. 鄭智和，廢硫酸再利用，資源化產業資訊月刊第 3 期，92 年 6 月
8. 洪玠育，金、鈹貴金屬回收再利用，綠基會通訊，96 年 7 月
9. 電子廢料之再生利用技術及其產品，經濟部工業局再生利用技術及再生資源、再生產品、環保產品教育推廣，92 年 9 月

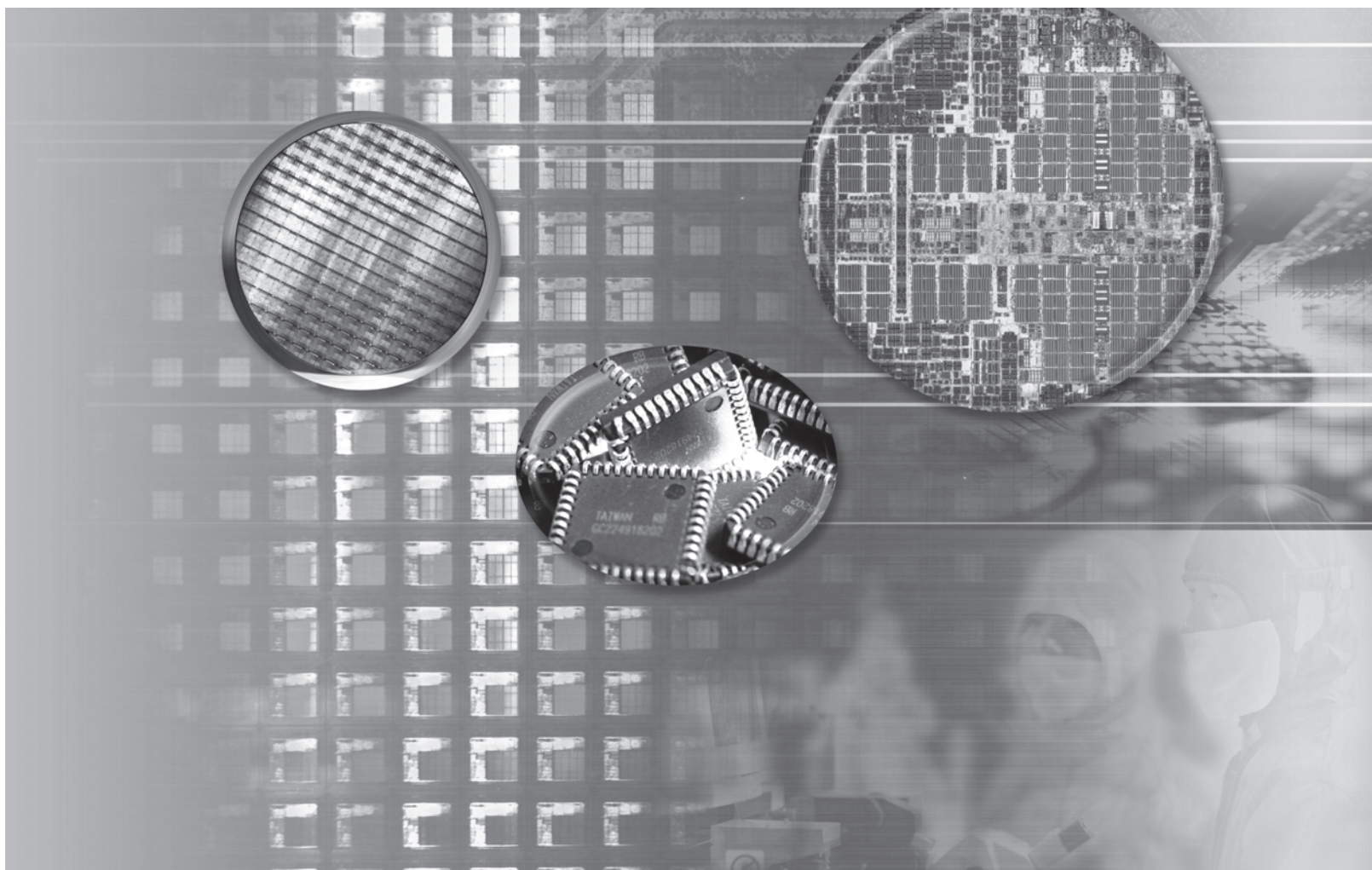


半導體業 資源化應用技術手冊



第六章

資源化效益





第六章 資源化效益

由於半導體業製程複雜，使用多種化學藥劑及特殊原料，因此排放的廢水、廢液及廢棄物等種類繁多，除了含有多種有機性污染物外，更蘊含大量的銅、鉛及鎳等重金屬。因此，在進行資源回收工作時，應對該項資源化產品市場與技術要有全盤性的瞭解，現將歸納以下幾點因素並說明之：

1. 事業廢棄物組成複雜性

事業廢棄物可資源回收再利用價值可依其組成單純與否來進行評估，組成成分愈單一的廢棄物，其資源化過程愈簡單，資源化成本也就愈低。反之，組成成分愈多元化的廢棄物，其資源化過程愈複雜，資源化成本也就愈高。一般而言，一般事業廢棄物可經由簡單回收分類來減低廢棄物組成的複雜性；至於事業廢棄物則可藉由廠內管理使其組成較單純化。然而，這些作法在實際運作上端賴執行確實與否。

2. 資源化產品市場接受性

隨著新興產業崛起與傳統產業轉型，國內相關資源回收業者的技術能力，正面臨不少衝擊，對於不同製程產生之事業廢棄物種類變異速度，只有不斷改善既有設備及提升回收技術外才能因應。

以下便針對半導體業產生的廢棄物再利用產品的規格、特性、應用範圍及行業資訊等進行說明：

1. 貴重金屬(金、銅、鈮等)

廢棄物之主要來源包括來自半導體工廠之電子廢料、下腳料等，以及透過四機一腦專案清除至工廠之廢電腦及廢事務機器。

(1) 銅

分離回收之電子廢料，粉碎後之物質包括混合金屬部份及非金屬部份，其中混合金屬部份採用貴金屬精煉技術，即將此混合金屬先經過高溫熔煉鑄錠後，以此粗銅錠為陽極，純銅片為陰極，進行電解，陽極之粗銅錠逐漸溶解，並於陰極析出純銅回收，而當陽極完全溶解後收集陽極泥，此陽極泥再經熔煉鑄錠後成貴金屬錠，以供後續精煉純化。



A.規格：銅含量達 90% 以上

B.用途：作為銅錠製造廠的原料，製成銅錠後，在銷售至銅煉廠。

C.應用範圍：經由銅錠廠在製程銅錠後，凡相關銅金屬工業，均可銷售。

(2) 黃金

物理分離後所得之混合金屬經熔煉、鑄錠、電解後將銅與其他貴金屬分離，此貴金屬中可能含有金、銀等金屬，必需再予以精煉，始可獲得純度具經濟價值之貴金屬，因此廠內利用電溶精煉法選擇性還原方式將黃金再予以資源化，以此方式所獲得之黃金純度可高達 99.99%。

A.規格：黃金純度 99.99%。

B.用途：可直接以黃金進行各項產品。

(3) 鈀

若廢料中含有貴金屬鈀(Pd)，利用溶解沈澱及離子交換樹脂之方式予以資源化，並可回收銀及鈀二種金屬，其中回收鈀之純度可達 99.95%。

A.規格：鈀金屬純度 99.95%。

B.用途：用於牙科材料、觸媒(汽車排放廢氣用)、印刷電路基板表面之鍍金液及寶飾。

針對高價的金、鈀貴金屬回收再生，其經濟性及商業化程度係以倫敦金市場的登錄認定機關：倫敦金市場協會(以下簡稱 LBMA：London Bullion Market Association)所提供之「再審查制度」為參考基準，這種再審查制度實施之目的是為維持世界流通之金、鈀品質之最高水準成為倫敦市場公認之流通地金、鈀。目前依 LBMA 所認定之溶解業者為對象，審查其金、鈀的溶解技術及分析能力並於每月公布金、鈀的交易價格，96 年第 1 季統計每克金價格平均約有新台幣 600~800 元，每克鈀價格平均約有新台幣 400~450 元之市場價值。因此，鈀市場價格約為黃金的一半。

2. 聚合硫酸氯化鋁鐵：

積體電路廠之晶片於進入後續製程前用以洗滌晶片後所產生之硫酸廢液。用酸鹼中和產生反應熱將 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 溶解，並產生鹼式鋁鹽

(1) 產品名稱：聚合硫酸氯化鋁鐵

(2) 產品用途：作為廢水處理操作之澄清用混凝劑

(3)產品規格如表 6.1 所示。

表 6.1 聚合硫酸氯化鋁鐵品質標準

產品規格	pH 值	比重(SP 值)	Al ₂ O ₃ 含量	PAFCS 濃度	不溶物
檢測基準	2.2±0.5	1.30±0.05	> 7%	> 20%	≤0.1%

資料來源：經濟部工業局 95 年通案申請資料

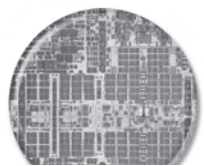
3.磷酸鹽類

再利用廢棄物為磷酸，其主要來源為：半導體工廠主要為生產、製造動態隨機存取記憶體(DRAM)積體電路。IC 製程主要為薄膜、微影與蝕刻三大部份。其中蝕刻分成濕式法與乾式法兩大類，該廠在濕式蝕刻過程使用磷酸，該廠在生產高密度積體電路製程中，需要使用 86%磷酸加熱至 130~150℃ 去除晶片上 Nitride(氮化矽、Si₃N₄)層，使用後之磷酸即成為廢磷酸。磷酸鹽類規格及用途如表 6.2 所示。

表 6.2 磷酸鹽類品質標準

產品名稱	產品用途	產品規格
磷酸三鈉	重金屬螯合劑，廢水處理營養劑，工業用水軟化處理、日用化工、電鍍磷化、印染固色、搪瓷助熔及製革脫脂等原料	純度 80%以上
磷酸二鈉	重金屬螯合劑，織物、木材及紙張防火劑，工業用水軟化處理劑，染料助劑，酸度緩衝劑，釉藥、焊藥、焙粉、鞣革及製造焦磷酸鹽之原料	純度 80%以上
磷酸一鈉	重金屬螯合劑，製造火柴、煙火、磷酸、磷酐、五氯化磷、三氯化磷、磷青銅、磷化鋁、磷化鋅、合成材料陰燃劑及軍事用燃燒彈等原料	純度 80%以上
磷酸二鉀	重金屬螯合劑，抗凍緩衝劑，保濕劑，多價螯合劑，實驗試劑及	純度 80%以上
磷酸一鉀	水處理營養劑等原料	
磷酸二銨	還原劑，抗腐蝕劑，錫銅鋅等之焊接助熔劑，滅火器乾粉原料，	純度 80%以上
磷酸一銨	木材、紙張防火劑及水處理營養劑等原料	
營養液	工業廢水處理生物用營養液	1.N>2%。 2.P>3%。 3.重金屬溶出量低於 TCLP 管制標準。

資料來源：經濟部工業局 94 年通案申請資料



4. 螢石

來自半導體及液晶面板，製程中使用 CF_4 等特殊氣體，而這些製程之排氣因為含有毒性，所以採用乾式吸附性藥劑之不銹鋼廢氣處理設備，將含有氟成份氣體分解及固定反應，為固體粒子形態存於處理設備中之 CaF_2 粒子。

(1) 產品名稱：鋼鐵廠造渣用複合助熔劑。複合助熔劑之成分皆設定 $\text{CaF}_2 \geq 40\%$ 。

(2) 產品用途：取代天然螢石作為鋼鐵廠造渣助熔材料。

(3) 產品規格：為氟化鈣成分 40%，另添加其他不同系列的助熔材料 23%。

5. 硫酸鋁

硫酸鋁(明礬 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$)之基本特性詳如表 6.3，是一個被廣泛運用的工業試劑，硫酸鋁再利用產品通常被作為混凝劑，常用於廢水處理設備當中，也用於造紙製程。

(1) 用於污水處理設備

硫酸鋁再利用產品在廢水處理中被用混凝劑，將其加入到廢水中，反應生成三水合氧化鋁膠狀沉澱，吸收沉降細菌、膠體以及其他懸浮物質。隨著廢水排放指標的日益嚴謹，硫酸鋁在廢水處理中的用量加大了。硫酸鋁通常與鋁酸鈉一起使用。在廢水處理中硫酸鋁與其他混凝劑一起競爭市場占有率，例如：鐵鹽系列、有機聚合物以及其他鋁化合物（包括 PAC、鹼式氯化鋁）。

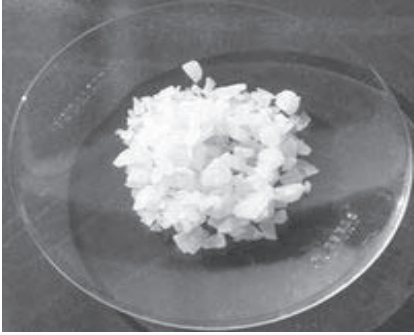
(2) 用於造紙製程

硫酸鋁再利用產品可應用於造紙的漿內施膠，紙是由纖維（木漿或草漿）組成的，未經施膠的紙張不適於書寫和印刷。另外，紙張吸水後強度也會下降，從而影響其使用。因而除衛生紙、濾紙和煙紙等特殊用紙外，大約 80% 的紙張都需要在紙漿中添加或在紙張表面塗布一些抗水性物質，使紙張具有延遲流體滲透的性能，以達到抗墨水（如書寫紙），抗油（如食品包裝紙）等目的，這一加工過程稱為施膠，所添加的物質稱為施膠劑。

從施膠劑的施膠原理分析，施膠劑分子中要同時具有親水和疏水兩類基團，以便可以自身或借助其他助留劑均勻地留著在纖維表面，使親水基團與纖維結合，疏水基團轉向纖維外側，以降低纖維與空氣間的表面自由能，改變液體在纖維表面的接觸角，達到施膠的目的，絕大多數的紙都需要施膠。施膠劑又可細分為漿內施膠劑和表面施膠劑兩類。硫酸鋁再利用產品作為漿

內施膠劑是造紙製程中一種用量大、應用面廣的化學品。

表 6.3 硫酸鋁性質

項目	內容說明
化學命名	十六水合硫酸鋁
化學式	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$
摩爾質量 (g/mol)	630.40
密度 (g/cm ³) 和相態	2.71, 固態
水中溶解度	31.3 g/100 ml (0 °C)
熔點 (°C)	770, 分解
外觀	 <p>白色晶體</p>

資料來源：本手冊整理

7. 磷酸鈉

磷酸鈉之基本特性詳如表 6.4，是一用於軟水劑、鍋爐清潔劑與金屬防鏽劑等用途之藥劑。

表 6.4 磷酸鈉性質

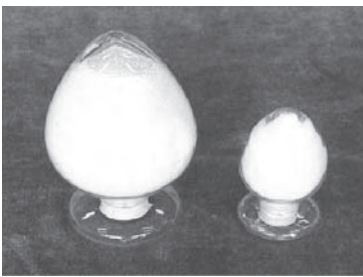
項目	內容說明
化學命名	磷酸三鈉
化學式	$\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
摩爾質量 (g/mol)	380.12
密度 (g/cm ³)	1.62
水中溶解狀況	溶於水，在水溶液中幾乎全部分解為磷酸二氫鈉和氫氧化鈉。
熔點 (°C)	73.4
外觀	無色晶體。

資料來源：本手冊整理

8. 二氧化錫

二氧化錫之基本特性詳如表 6.5，常用於電子元器件生產、搪瓷色料、錫鹽製造、大理石及玻璃的磨光劑，以及製造不透明玻璃、防凍玻璃和高強度玻璃等用途。

表 6.5 二氧化錫性質

項目	內容說明
化學命名	二氧化錫
化學式	SnO ₂
外觀	 <p>白色晶體</p>

資料來源：本手冊整理

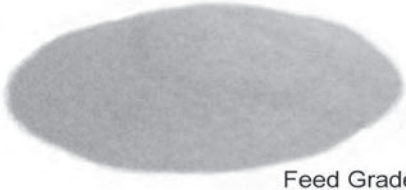
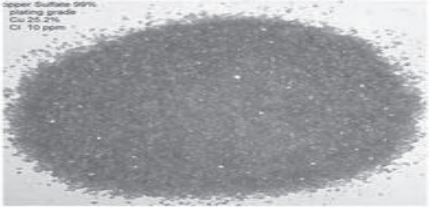
9. 硫酸銅

硫酸銅之基本特性詳如表 6.6，用於紡織品媒染劑、農業殺蟲劑、水的殺菌劑、飼料添加劑與鍍銅等多項用途，運用範圍相當廣泛。

硫酸銅水溶液有強力的殺菌作用，農業上主要用於防治果樹、麥芽、馬鈴薯、水稻等多種病害，效果良好，惟對銹病、白粉病作用較差。另外，由於其對植物產生藥害，因此僅使用於銅離子藥害忍耐力強的農作物或休眠期的果樹使用，且硫酸銅水溶液是一種預防性殺菌劑，需在病發前使用。同時，硫酸銅水溶液也可用於稻田、池塘除藻。

硫酸銅水溶液也是一種微量元素肥料，能提高葉綠素的穩定性，預防葉綠素不致於過早地被破壞，促進作物吸收，作物缺銅時失綠，果樹缺銅時，果實小，果肉變硬，嚴重時果樹死亡，對銅敏感的作物是禾穀類作物如小麥、大麥、燕麥等，主要用於種子處理和根外追肥。其用法據業者表示，硫酸銅水溶液對禾穀類浸種採用 0.01%~0.05% 溶液，根外追肥用 0.2%~0.4% 硫酸銅溶液，玉米拌種每公斤用 0.05 克硫酸銅。若作基肥，每畝用 1.5~2kg，每隔 3~5 年施用一次。

表 6.6 硫酸銅性質

項目	內容說明
化學命名	五水合硫酸銅
化學式	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
摩爾質量 (g/mol)	249.68
密度 (g/cm ³) 和相態	2.286, 藍色三斜晶系晶體
溶解狀況	溶於水和氨水
加熱	加熱至 110℃ 失去四分子結晶水，250℃ 失去全部結晶水。650℃ 分解成氧化銅和三氧化硫。
外觀	 <p>Feed Grade</p> <p>飼料級</p>
	 <p>Electroplating Grade</p> <p>電鍍級</p>

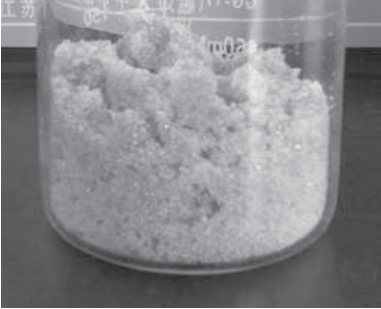
資料來源：本手冊整理

10. 氯化亞鐵

氯化亞鐵之基本特性詳如表 6.7，可用於瑪瑙染色、化學催化劑、媒染劑與冶金電鍍等用途，也可進一步加工製成三氯化鐵與聚合氯化鐵。氯化亞鐵可直接用於廢水處理，氯化亞鐵晶體易潮解，易溶於水，在空氣中暴露極易氧化為三價鐵鹽。

目前，氯化亞鐵多直接用於污、廢水處理，在印染、電鍍、皮革廢水處理中有著廣泛應用。其性能對各類污水、電鍍、皮革廢水有明顯的處理效果，對廢水、污水中各類重金屬離子的去除率接近 100%，處理成本低，是污、廢水處理比較理想的藥劑。另外，氯化亞鐵獨有的脫色能力，也適用於染料、染料中間體及印染行業的廢水處理。

表 6.7 氯化亞鐵性質

項目	內容說明
化學命名	四水合氯化亞鐵
化學式	$\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
摩爾質量 (g/mol)	198.71
密度 (g/cm ³)	1.93
溶解狀況	易溶於水
外觀	 <p style="text-align: center;">氯化亞鐵晶體</p>

資料來源：本手冊整理

11. 異丙醇

異丙醇之基本特性詳如表 6.8，可用於作為清洗劑、防凍劑、快乾劑、稀釋劑（香蕉水）等用途，此外還可作為油漆、瓷漆、透明漆之調合劑、油墨、木材防腐劑、樹膠、香精油等溶劑使用，目前再利用機構回收再製之異丙醇以國內市場為主。

資源化產品之市場競爭力往往取決於市場價格，而市場價格則受資源化產品品質及市場供需所影響，對於重新作為生產原料或產品之資源化產品，除必須符合產品規格要求外，尚須考量資源化成本、再生原料市場價格與供需量等因素。異丙醇之用途雖有許多方面，惟供電子廠使用者，其品質需高純度且不含微量之重金屬。據調查，目前已許可之再利用機構將純度 90% 異丙醇，主要銷售給國內溶劑買賣業者，作為下游油漆之調合劑使用。另外，工業級（TG）異丙醇則大部分銷售給國內半導體業、電子業、機電業、塗料業及化工製造業者，作為溶劑使用。尚有部分異丙醇作為精油之原料，目前工業上用途純度達 95% 以上異丙醇皆可以薰香方式使精油揮發之產品（薰香精油），且應依行政院衛生署所訂定之「薰香精油產品安全規範」辦理產品登記。

表 6.8 異丙醇性質

項目	內容說明
化學命名	異丙醇
化學式	C_3H_8O
摩爾質量 (g/mol)	61
比重	0.7851
溶解特性	能溶於水、醇、醚、氯仿
沸點 (°C)	82.5

資料來源：本手冊整理

12. 丙酮

丙酮之基本特性詳如表 6.9，是一種重要的有機化工原料，主要用於製造塑膠、塗料的溶劑，也是生產雙酚、丙酮氰醇、甲基丙稀酸甲酯等重要的原料，並廣泛用於醫藥、農藥、石油煉製和化工領域。

丙酮在印染上的主要用途是作為溶劑，印染上用作羊毛去脂和蠶絲脫膠劑。此外也用作溶解油脂、蠟質、樹脂、醋酸纖維與硝酸纖維等的良好溶劑。

表 6.9 丙酮性質

項目	內容說明
化學命名	丙酮
化學式	$(CH_3)_2CO$
摩爾質量 (g/mol)	58.08
比重	0.8532
溶解特性	易溶于水和甲醇、乙醇、乙醚、氯仿、吡啶等有機溶劑。
沸點 (°C)	52.2

資料來源：本手冊整理

13. 甲醇

甲醇之基本特性詳如表 6.10，主要作為石化產品原料、汽油添加劑、染料、香料原料、溶劑使用等用途。目前資源化產品甲醇之市場穩定，再利用機構回收再製之甲醇銷往國內外市場。

甲醇目前國內已有相關之國家標準，甲醇一般規格與用途需在 90% 以上，目前市場上甲醇純度在 95% 以上者，即可作為製造甲醛之原料。甲醇可作為除油漆的溶劑（香蕉水）、冷凍劑、照相軟片、洗淨劑、香料、燃料、除冰劑與複

印液等化學品之原料。

表 6.10 甲醇性質

項目	內容說明
化學命名	甲醇
化學式	CH ₃ OH
摩爾質量 (g/mol)	32.04
密度 (g/cm ³)	0.7918
溶解特性	與水完全互溶
沸點 (°C)	64.7

資料來源：本手冊整理

14. 乙醇

乙醇之基本特性詳如表 6.11，其有相當廣泛的用途，除可用於燃料、製造飲料和香精外，也是一種重要的有機化工原料，例如用乙醇製造乙酸與乙醚等。乙醇也是一種有機溶劑，用於溶結樹脂，製造塗料。醫療上常用 75% 的酒精做消毒劑。

如上所述，乙醇既是一種化工基本原料，又是一種新能源，未來乙醇作為能源用途將主要在三個方面：一是車用燃料，主要是乙醇汽油和乙醇柴油；二是作為燃料電池的燃料。在低溫燃料電池諸如手機、筆記本電腦以及新一代燃料電池汽車等可移動電源領域具有非常廣闊的應用前景；三是乙醇將成為支撐現代以乙烯為原料的石化工業的基礎原料。在未來二十年左右的時間內，由於石油資源的日趨緊張，再加上纖維質原料乙醇生產的大規模工業化，成本相對於石油原料已具可競爭性，乙醇將順理成章地進入石化基礎原料領域。

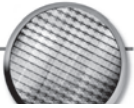
表 6.11 乙醇性質

項目	內容說明
化學命名	乙醇
化學式	C ₂ H ₅ OH
摩爾質量 (g/mol)	46.07
密度 (g/cm ³)	0.79
溶解特性	與水混溶，可混溶於醚、氯仿、甘油等多數有機溶劑。
沸點 (°C)	78.36

資料來源：本手冊整理

參考文獻

1. 洪玠育，金、鈹貴金屬回收再利用，台灣綠色生產力基金會通訊，96 年 7 月

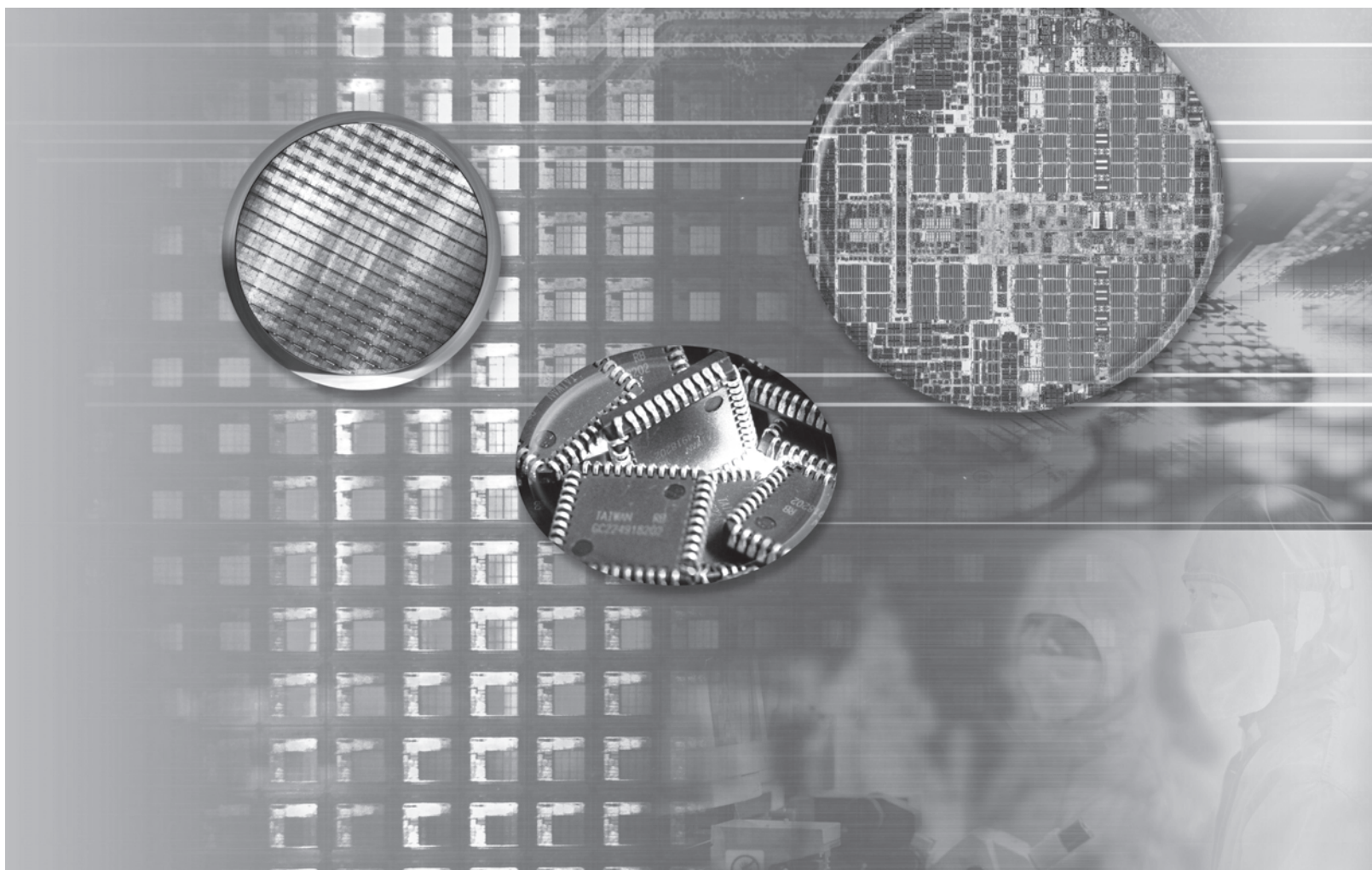


半導體業 資源化應用技術手冊



附錄

再利用機構查詢 途徑介紹





附錄 再利用機構查詢途徑介紹

許可再利用機構

為便於廢棄物產源事業查詢經濟部許可之再利用機構，建立維護檢索查詢方式有：(a)點選台灣地圖上再利用機構所在地縣市查詢；(b)以「縣市別」及「廢棄物代碼」欄位檢索；(c)以「全國」欄位查詢。查詢網址：請至工業廢棄物清理與資源化資訊網(<http://www.iw-recycling.org.tw/>)項下「再利用>>經濟部許可再利用機構」查詢。檢索結果包括：工業廢棄物名稱、技術、再利用機構及其聯絡資料、再利用機構已許可再利用之工業廢棄物再利用容量及尚餘再利用容量等欄位。分述如下：

A. 點選台灣地圖上再利用機構所在地縣市查詢



B.以「縣市別」及「廢棄物代碼」欄位檢索

工業廢棄物清理與資源化資訊網 - Microsoft Internet Explorer

檔案(E) 編輯(E) 檢視(V) 我的最愛(A) 工具(T) 說明(H) Google G 開始 設定 書籤

網址(D) http://www.iw-recycling.org.tw/page3-1-1.asp 連結 小幫手

經濟部工業局
Industrial Development Bureau
Ministry of Economic Affairs

工業廢棄物清理與資源化資訊網
Industrial Waste Clearance, Treatment and Recycling Information Net

問題諮詢 訪客留言 電子報 ENGLISH 網站地圖

您現在的位置: 首頁 -> 再利用 -> 經濟部許可再利用機構查詢

經濟部許可再利用

Function Menu

- 活動訊息
- 資源化工業
- 再利用
- 共同清除處理
- 廢棄物交換中心
- 技術資訊
- 諮詢服務
- 資源化法規
- 巴塞爾公約
- 政府獎勵措施
- 相關網站連結
- 其它資料下載

再利用許可系統

縣市別: 台北市

廢棄物代碼: A-0001 查尋

機構代碼 / 名稱: (代碼完全查詢 / 名稱模糊查詢)

開始查詢

累計查詢人數: 17419

備註: 縣市別為「全國」時, 廢棄物代碼不可為空白。

完成 網際網路

C.以「全國」欄位查詢

工業廢棄物清理與資源化資訊網 - Microsoft Internet Explorer

檔案(E) 編輯(E) 檢視(V) 我的最愛(A) 工具(T) 說明(H) Google G 開始 設定 書籤

網址(D) http://www.iw-recycling.org.tw/page3-1-1.asp 連結 小幫手

經濟部工業局
Industrial Development Bureau
Ministry of Economic Affairs

工業廢棄物清理與資源化資訊網
Industrial Waste Clearance, Treatment and Recycling Information Net

問題諮詢 訪客留言 電子報 ENGLISH 網站地圖

您現在的位置: 首頁 -> 再利用 -> 經濟部許可再利用機構查詢

經濟部許可再利用

Function Menu

- 活動訊息
- 資源化工業
- 再利用
- 共同清除處理
- 廢棄物交換中心
- 技術資訊
- 諮詢服務
- 資源化法規
- 巴塞爾公約
- 政府獎勵措施
- 相關網站連結
- 其它資料下載

再利用許可系統

縣市別: 全國

廢棄物代碼: 查尋

機構代碼 / 名稱: (代碼完全查詢 / 名稱模糊查詢)

開始查詢

累計查詢人數: 17419

備註: 縣市別為「全國」時, 廢棄物代碼不可為空白。

網際網路

公告再利用機構

依據縣市主管機關、許可類型、廢棄物代碼、機構代碼/名稱等條件，可篩選出符合各條件之名單，查詢結果為所有檢核通過之再利用登記檢核。請至工業廢棄物清理與資源化資訊網(<http://www.iw-recycling.org.tw/>)項下「再利用 >>各部會公告再利用機構」查詢。

工業廢棄物清理與資源化資訊網 - Microsoft Internet Explorer

檔案(F) 編輯(E) 檢視(V) 我的最愛(A) 工具(T) 說明(H) Google 環保署 再利用 開始 設定 書籤 運結 小幫

網址(D) <http://www.iw-recycling.org.tw/page3-2.asp>

經濟部工業局
Industrial Development Bureau
Ministry of Economic Affairs

工業廢棄物清理與資源化資訊網
Industrial Waste Clearance, Treatment and Recycling Information Network

問題諮詢 | 訪客留言 | 電子郵 | ENGLISH | 網站地圖

您現在的位置: 首頁 >> 再利用 >> 各部會公告再利用機構查詢

各部會公告再利用

再利用者登記資料及身分核發資料查詢

縣市主管機關: 全國

許可類型:
☒ 公告再利用
☐ 個案再利用許可
☐ 通案再利用許可
☐ 試驗計畫再利用許可

廢棄物代碼: [] [查詢]

機構代碼/名稱 (模糊): []

檢核通過日期: [] ~ [] [清空]

開始查詢 清除重設

Function Menu

- 活動訊息
- 資源化工業
- 再利用
- 共同清除處理
- 廢棄物交換中心
- 技術資訊
- 諮詢服務
- 資源化法規
- 巴塞爾公約
- 政府獎勵措施
- 相關網站連結
- 其它資料下載

網路網路

- 1.查詢範圍：內政部、財政部、經濟部、教育部、交通部、農委會、衛生署及國家科學委員會等單位無需再利用許可廢棄物種類之再利用機構(依廢棄物清理法第 39 條規定，陸續訂定發布所管事業之事業廢棄物再利用相關管理辦法，共計公告 92 項可再利用之事業廢棄物種類及管理方式)
- 2.於取得再利用機構相關資料後，仍應再瞭解該機構是否符合廢棄物再利用相關規定，如尚有需協助釐清之處，可電洽再利用機構所在地的地方環保機關或各目的事業主管機關，俾提供協助。

國家圖書館出版品預行編目資料

半導體業資源化應用技術手冊/經濟部工業局,財團法人臺灣綠色生產力基金會編著.--初版.--臺北市：工業局出版；臺北縣新店市：臺灣綠色生產力基金會發行，民 98.06

112 面；21×29.7 公分

ISBN 978-986-01-8706-9 (平裝).--

1.廢棄物利用 2.工業廢棄物處理 3.半導體工業

445.974

98009456

半導體業資源化應用技術手冊

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：杜紫軍

總編輯：許明倫

編輯企畫：楊伯耕、林明傳、林政江、余騰耀、張啟達

執行編輯：林冠嘉、張育誠、林金美

出版所：經濟部工業局

臺北市大安區信義路三段 41 之 3 號

(02)2754-1255

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

發行所：財團法人台灣綠色生產力基金會

臺北縣新店市寶橋路 48 號 5 樓

(02)2910-6067

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

出版日期：中華民國九十八年六月初版

設計印刷：信可印刷有限公司

定 價：400 元

GPN：1009801364

ISBN：978-986-01-8706-9 (平裝)

本書同時登載於工業廢棄物清理與資源化資訊網，網址為

<http://proj.moeaidb.gov.tw/riw>