



全球半導體產業廢棄物處理之關鍵 技術及專利布局分析

-以銅、矽泥及氫氣回收為例

經濟部智慧財產局

中華民國 112 年 10 月 31 日



目錄

壹、前言	1
貳、研究動機與方法	3
一、研究動機.....	3
二、研究方法.....	4
參、半導體產業廢棄物-銅、矽泥及氫氣回收之專利分析.....	12
一、銅回收之專利分析.....	12
(一)技術簡介.....	12
(二)IPC 分類號.....	24
(三)檢索策略、結果與資料整理	26
(四)專利綜合分析	29
1、全球專利申請趨勢.....	29
2、生命週期分析	34
3、全球前十大申請國家/地區統計	37
4、全球前十大申請國家/地區專利申請趨勢.....	39
5、主要申請國之第一申請人類型	41
6、全球前二十大申請人統計	42
7、全球前二十大申請人專利申請趨勢.....	45
8、主要國家/地區之專利布局.....	47
(五)專利技術分析	48
1、「銅回收」專利案(3,286 案)之三階 IPC 分布.....	49
2、「銅回收」專利案(3,286 案)之專利地圖.....	51
3、全球前二十大申請人申請案之主要 IPC 分類號(三、四階).....	54
4、全球前二十大申請人申請案之技術統計	56
5、全球前二十大申請人申請案之技術趨勢	61
6、我國申請人專利申請之概況	62
(六)精選案例	65
1、參考「被引用(Citing)次數」摘錄案例	65
2、參考「業界實務成果」摘錄案例.....	97
(七)小結	106
二、矽泥回收之專利分析.....	109
(一)技術簡介.....	109
(二)IPC 分類號.....	112

(三)檢索策略、結果與資料整理	113
(四)專利綜合分析	118
1、全球專利申請趨勢.....	118
2、生命週期分析	120
3、全球前十大申請國家/地區統計	122
4、全球前十大申請國家/地區專利申請趨勢.....	124
5、主要申請國之第一申請人類型	126
6、全球前二十大申請人統計	127
7、全球前二十大申請人專利申請趨勢.....	130
8、主要國家/地區之專利布局	131
(五)專利技術分析	132
1、「矽泥回收」專利案(619 案)之三階 IPC 分布	133
2、「矽泥回收」專利案(619 案)之專利地圖.....	135
3、全球前二十大申請人申請案之主要 IPC 分類號(三、四階).....	138
4、全球前二十大申請人申請案之技術統計	140
5、全球前二十大申請人申請案之技術趨勢	144
6、我國申請人專利申請之概況	145
(六)精選案例	147
1、參考「被引用(Citing)次數」摘錄案例	147
2、參考「業界實務成果」摘錄案例.....	176
(七)小結	185
三、氫氣回收之專利分析	188
(一)技術簡介	188
(二)IPC 分類號.....	193
(三)檢索策略、結果與資料整理	194
(四)專利綜合分析	196
1、全球專利申請趨勢.....	197
2、生命週期分析	199
3、全球前十大申請國家/地區統計	201
4、全球前十大申請國家/地區專利申請趨勢.....	203
5、主要申請國之第一申請人類型	205
6、全球前二十大申請人統計	206
7、全球前二十大申請人專利申請趨勢.....	209
8、主要國家/地區之專利布局	211
(五)專利技術分析	212
1、「氫氣回收」專利案(284 案)之三階 IPC 分布	213
2、「氫氣回收」專利案(284 案)之專利地圖.....	214

3、全球前二十大申請人申請案之主要 IPC 分類號(三、四階).....	217
4、全球前二十大申請人申請案之技術統計	219
5、全球前二十大申請人申請案之技術趨勢	224
6、我國申請人專利申請之概況	225
(六)精選案例	226
1、參考「被引用(Citing)次數」摘錄案例	226
2、參考「業界實務成果」摘錄案例.....	262
(七)小結	271
肆、結論與建議	275
附錄 1. WIPO 綠色目錄(WIPO IPC Green Inventory)	277
附錄 2. JPO 綠色轉型(GX)技術分類專利清單(GXTI)	291

壹、前言

ESG（環境、社會及公司治理；Environmental、Social 及 Governance；圖 1-1）目前產業界最熱門的議題之一，其與循環經濟之概念有著密不可分之關係。在以往線性經濟的概念中，資源被獲取而轉化為產品並使用，最終被當作廢棄物丟棄（圖 1-2 所示）。然而，自然資源並非取之不盡用之不竭，必然有耗盡的一日，且製造過程或產品最終處理形態，將為人類居住的環境帶來大量廢棄物，亦會導致環境污染而不利於人類生存，故線性經濟並非永續的方式。因此，為解決上述困境，近年來才有循環經濟的發展，而循環經濟的概念已然成為解決我們當前線性經濟模型帶來問題的方案。

循環經濟旨在將「經濟成長」與「資源消耗及廢棄物產生」脫鉤，其核心內容為閉環概念，並非遵循線性經濟的模型，而是在資源和產品的整個生命週期中最大化其價值，手段包含設計產品而延長產品使用壽命，生產過程中減少資源的使用或浪費，以及將廢棄物的回收或再生作為原料使用等，透過上述內容，期能創建一個更可持續、更高效及更有彈性的經濟體系。

由於「減少製程中資源浪費或產生的廢棄物進行管理與回收再利用」對於循環經濟（或 ESG）極具意義，本專案將以專利的角度，分析全球各國半導體產業主要廢棄物回收技術的布局以及相關

趨勢。本專案以「銅回收」、「矽泥回收」與「氫氣回收」為主題，利用 Derwent Innovation 專利資料庫（以下簡稱 DI 資料庫）蒐集世界各國有關上述主題的專利案，完成專利綜合分析、專利技術分析、專利布局及專利地圖等內容，期能提供我國半導體產業發展方向，避免將研發資源浪費在既存的技术上，並且可從中找出相關潛在對象合作或競爭對手。

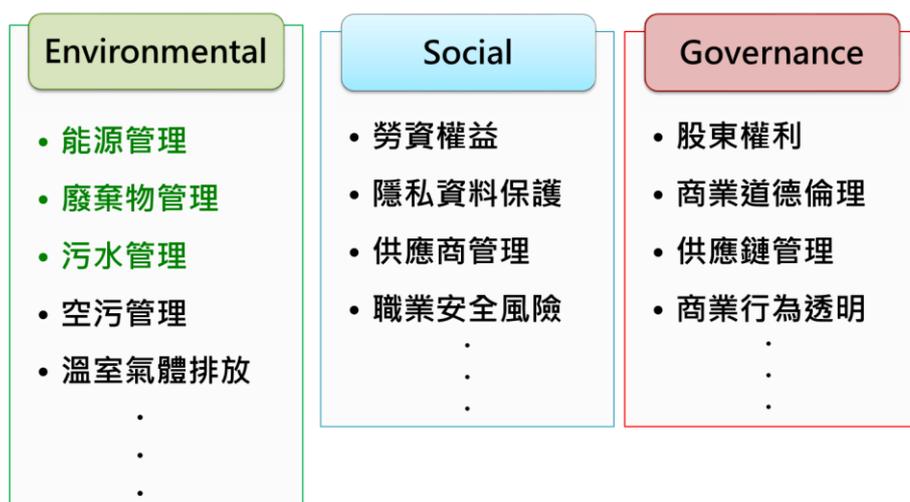


圖 1-1. ESG 的內涵

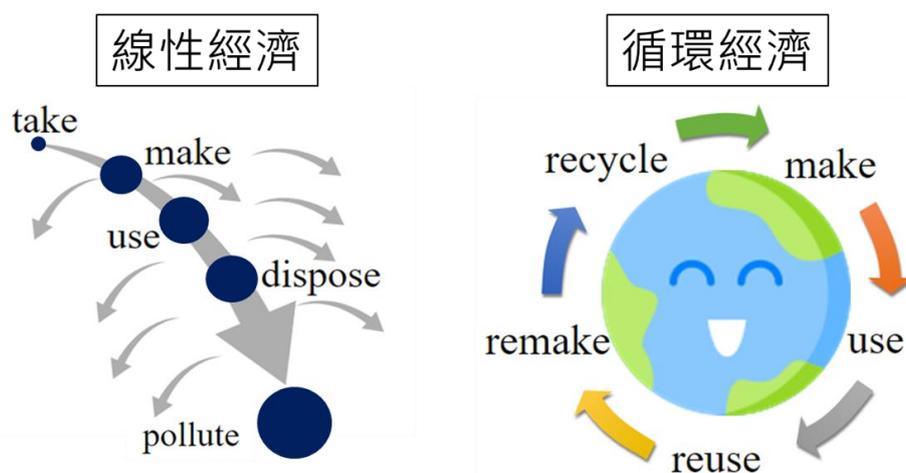


圖 1-2. 線性與循環經濟的概念¹

¹ 維基百科: 循環經濟

-<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%BE%AA%E7%92%B0%E7%B6%93%E6%BF%9F>

貳、研究動機與方法

一、研究動機

從線性經濟過渡到循環經濟，需要跨行業、政府和整個社會等各個部門的協作（技術創新及政策支持）和生活系統變革（消費者行為的轉變）。目前，我國具備全球最完整的半導體產業聚落及專業分工，但隨著半導體產業之快速成長，所衍生之環境污染與資源損耗問題必須積極尋求解決方案，因此，各家業者無不致力於循環經濟之發展。以全球晶圓代工大廠台灣積體電路製造股份有限公司（下稱台積電）為例，台積電除致力於源頭減量，同時推動永續資源循環專案，透過四大主軸推動「資源高值化行動方案」、建置「零廢製造中心」、試驗「電子級化學品回收計畫」及拓展「產業鏈結共創資源方案」，自期成為廢棄減量、淨零排放與循環經濟的實踐者²。本組於 111 年完成「半導體產業供應鏈轉型綠色製造之專利技術參考手冊」，執行期間辦理多場半導體相關企業訪談，藉由訪談過程了解產業界對於專利等智慧財產權之認知需求、廠商在進行技術開發時所遇到的困難以及是否有因應對策等，並就其所提出之技術問題，回饋協助檢索相關專利技術供

²台積電：「110 年度永續報告書」

-https://esg.tsmc.com/download/file/2021_SustainabilityReportHighlights/chinese/c-all.pdf

參考，該手冊內容可為產業發展綠色機台之參考。

鑒於目前國內半導體大廠皆致力於循環經濟中「廢棄物之回收、再生或再利用」的執行或技術研發，其中，又以「銅」或「矽泥」為主要的處理對象之一；又「氫氣」的製造/回收亦為循環經濟下產業界研發之重點技術，且我國國家發展委員會「臺灣2050淨零轉型」之12項關鍵戰略（圖2-1），氫能即為項目之一。因此，本組112年專案將以「銅回收」、「矽泥回收」與「氫氣回收」為主題，進行相關專利趨勢分析及精選重要技術，期能提供國內半導體供應鏈相關領域發展綠色循環經濟之參考。



圖 2-1. 臺灣 2050 淨零轉型-十二項關鍵戰略

二、研究方法

本專案將藉助我國「國內外全域檢索系統」、「全球專利檢索

系統」(Global Patent Search System；下稱 GPSS 資料庫) 或 Google 等資料庫為檢索工具，蒐集相關之技術(或關鍵字)及其所屬之國際專利分類號(International Patent Classification；下稱 IPC 分類號)。接著，將上述內容擬定以[IPC 分類號]及[關鍵字]為基礎的檢索策略，於 DI 資料庫進行專利檢索，儘可能找出與所設定主題相關的專利技術，最後經由人工閱讀篩除較不相關的專利案後，將所得與「銅回收」、「矽泥回收」與「氫氣回收」相關之專利文件資料進行統計、分析，並嘗試探討各項技術專利趨勢之原因；此外，專案小組亦從檢索之專利案中，精選被引用較多次之專利技術作一介紹。本專案之成果未來可對產業界宣導，藉由產業之回饋意見，作為執行專利分析相關之專案改進的基礎。

圖 2-2 所示為本專案之研究方法流程圖，進一步說明如下：

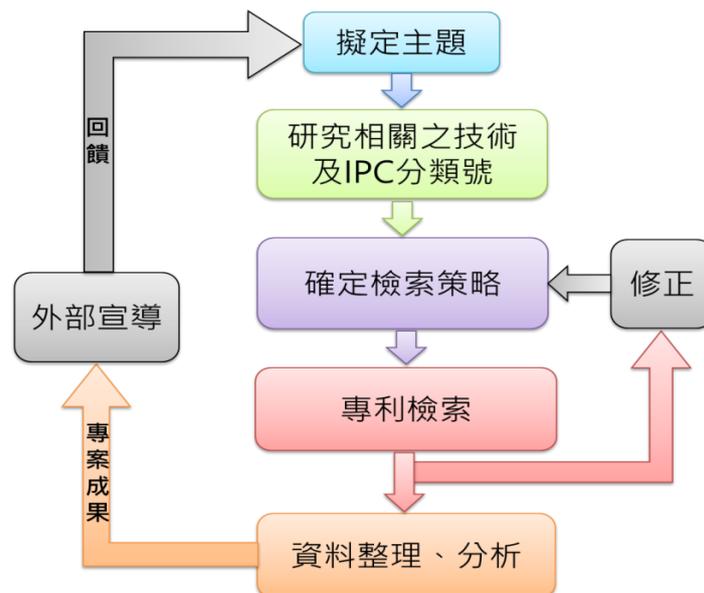


圖 2-2. 研究方法流程圖

(一)研究與主題相關之技術及 IPC 分類號

1. **技術**：本專案於初期係利用較為簡略的關鍵字（例如，「銅回收」、「矽泥回收」或「氫氣回收」），搭配基本的檢索技巧（例如，滾雪球檢索或專利家族檢視等），於我國 GPSS 資料庫及/或 Google 資料庫找尋並研究與主題相關之技術。

2. **IPC 分類號**：本專案使用（[IPC 分類號]及/或[關鍵字]）之檢索原則，於 DI 資料庫進行專利檢索，如何針對所選定的主題，找出其相對應之 IPC 分類號係為本專案重要的課題之一，採取的方法如下：

(1)地毯式掃瞄找 IPC 分類號：

IPC 分類號係階層式之分類系統，以互相獨立的符號 (Symbol)來代表不同領域之專利技術，共分為主部 (Section)、次部(Sub-Section)、主類(Class)、次類(Sub-Class)、主目(Group)以及次目(Sub-Group)。其中，主部包含：A 部（人類生活必需）、B 部（作業；運輸）、C 部（化學；冶金）、D 部（紡織物；紙類）、E 部（固定建築物）、F 部（機械工程；照明；加熱；武器；爆破）、G 部（物理）及 H 部（電學）。專案小組成員於上述 8 部中，

以人工閱讀方式逐一找尋相關之 IPC 分類號。例如，與「銅回收」相關之 IPC 分類號包含：C22B（金屬之生產或精煉）、C02F（水、廢水、污水或污泥之處理）或 C25C（電解法生產、回收或精煉金屬之工藝；其所用的設備）等。

(2)檢索並統計較相關的 IPC 分類號：

專案小組於初期係採用較為簡略的關鍵字（例如，「銅回收」、「矽泥回收」或「氫氣回收」），於我國 GPSS 資料庫找尋與主題相關之 IPC 分類號。例如，利用上述檢索統計，得到 C02F 之專利案共 71 案，其中 68 案與半導體「銅回收」高度相關（命中率約 95.8%）；B01D 之專利案共 11 案，其中 10 案與半導體「銅回收」高度相關（命中率約 90.9%）。上述方式係利用電腦檢索統計之方法找尋相關的 IPC 分類號，可彌補人工地毯式掃瞄之缺漏，對於檢索相關專利案之廣度有所幫助。

(3)WIPO 綠色目錄³：

WIPO 於 2010 年建立了綠色技術的相關國際專利分類目錄（WIPO IPC GREEN Inventory；簡稱 WIPO 綠色目錄；

³ 專利檢索-「全球專利檢索系統」綠色技術一鍵查詢
-<https://gpss3.tipo.gov.tw/gpsskmc/gpssbkm?!FUNC240>

或見附錄 1)，主要分為 7 大類別，包括：(1)替代能源、(2)運輸、(3)節能、(4)廢棄物管理、(5)農業/林業、(6)行政、監管及設計方面及(7)核能發電。其中，廢棄物處理 (B09B, B65F)、廢料的回收或加工 (C08J 11/00-11/28, C09K 11/01, C11B 11/00,13/00-13/04, C14C 3/32,或 C21B 3/04, C25C 1/00, D01F 13/00-13/04)、從廢料中獲取金屬 (C22B 7/00-7/04, 19/30, 25/06)、處理廢水或污水 (B63J 4/00, C02F) 等，上述 IPC 分類號可作為檢索半導體「銅回收」、「矽泥回收」相關專利案之參考工具 (詳見表 2-1)。

表 2-1. 與廢棄物處理較相關之 WIPO 綠色目錄

第 4 大類	廢棄物管理		IPC
	廢棄物處理(waste disposal)		B09B B65F
	廢棄物再利用		
		廢料的回收或加工	C08J 11/00-11/28 C09K 11/01 C11B 11/00, 13/00-13/04 C14C 3/32 C21B 3/04 C25C 1/00 D01F 13/00-13/04
		從廢料中獲取金屬	C22B 7/00-7/04, 19/30, 25/06

		控制水污染	
		處理廢水或污水	B63J 4/00 C02F

(4)日本綠色轉型技術目錄(GXTI)：

2022年6月，日本特許廳（JPO）發布綠色轉型技術目錄（Green Transformation Technologies Inventory, GXTI），概述了與綠色轉型（GX）技術相關之專利技術，並列舉GX技術之分類與對應類別之專利檢索式，以利公眾檢索包含GX技術的專利文件（參見附錄2）。例如，GXTI中銅回收技術的檢索式為：C22B(7/00+15/00)/ip*'copper*', 10n,('recycl*'+reuse)/(ab+ti+cl)，其中「C22B」為IPC分類號，「copper*(銅)」、「recycl*(循環再利用)」、「reuse(重複使用)」則為其關鍵字，直接印證了本專案所採用的檢索方式之可行性，而GXTI收載之專利技術分類目錄係為日本JPO所訂定之分類方式，可作為檢索半導體「銅回收」、「矽泥回收」或「氫氣回收」相關專利案之參考工具。

(二)確定（[IPC分類號]及[關鍵字]）之檢索策略

藉由上述(一)之方式，搜尋與主題-「銅回收」、「矽泥回收」或「氫氣回收」相關之技術以及IPC分類號，搭配技術領域或

目的等關鍵字，作為本專案之檢索策略。以主題-「銅回收」為例，擬定相對應之檢索式之原則為：(IPC 分類號...) and (銅回收...) and (半導體領域...)。

(三)專利檢索

DI 資料庫收錄我國、美國、日本、歐盟、中國大陸及韓國等超過 150 個國家/地區的專利，提供專利分析工具（專利地圖分析）以及摘錄專利的創新點、用途過功效等重點精華，為本專案檢索相關先前技術所選用之資料庫之一。

(四)資料整理、分析

使用（[IPC 分類號]及/或[關鍵字]）之方式進行專利檢索，實務上仍有漏檢或誤檢⁴的情況發生。一般來說，透過最佳化檢索式可降低漏檢之情況，而誤檢則必須以人工的方式，將與主題較無關或不相關專利案去除（如圖 2-3 所示）。專案小組成員將檢索結果儘可能地去除雜訊，得到較為精確的資料母體，並以 DI 資料庫、Microsoft Excel 等常用之文書軟體為分析工具。

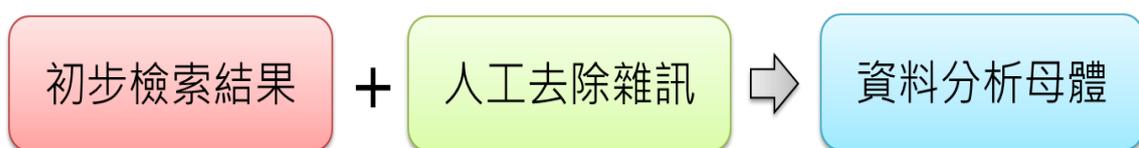


圖 2-3.資料整理（示意圖）

⁴ 「誤檢」為所檢索出的專利案與主題較無關或不相關，會影響資料分析的參考價值。

(五)專案成果對外宣導

專案成果對外宣導的方式，除了將專案成果於本局 GPSS-「綠色技術專區」上網公告外，並以研討會議的方式對外報告與討論，期望能得到產業界的回饋或指教，作為未來專案的研究方向，使得專案的主題、內容能更符合產業界需求，以達公私合作之雙贏目標。

參、半導體產業廢棄物-銅、矽泥及氫氣回收之專利分析

本節之報告內容，各主題將依序以「技術簡介」、「IPC 分類號」、「檢索策略、結果與資料整理」、「專利綜合分析」、「專利技術分析」、「精選案例」及「小結」呈現。此外，圖表所示之百分比，係經由四捨五入，先予說明。

一、銅回收之專利分析

(一)技術簡介

「銅回收」的相關技術可參考自冶金學，依處理方式大致上可區分為：火法冶金(Pyrometallurgy)、濕法冶金（或稱水冶金；Hydrometallurgy）、微生物冶金(Microbial Metallurgy)及其他技術。

1. 火法冶金(Pyrometallurgy)

火法冶金係在高溫下，從金屬礦或回收資源中提取和精鍊金屬或其化合物，是最古老及現代套用規模最大的金屬冶煉方法，主要應用於鋼鐵冶煉、有色金屬造鈾溶煉和熔鹽電解以及鐵合金生產等。常見利用此種方式回收金屬之技術說明如下：

- (1) 焚化法(Incineration)：焚化法係利用高溫燃燒，將事業廢棄物轉變為安定之氣體或物質之處理，例如，含金屬的

印刷電路板(PCB 板)廢料經機械破碎化後，再送入焚化爐中焚燒，將所含樹脂分解破壞，剩餘殘渣即為裸露金屬及玻璃纖維，後即可送往冶煉廠進行金屬回收（如圖 3-1-1⁵所示）。由於焚化過程可能產生廢氣（溴(Br)等），焚化爐之空氣汙染防制設施設置規範較嚴格，致此焚化法的設備昂貴、操作困難及成本較高。

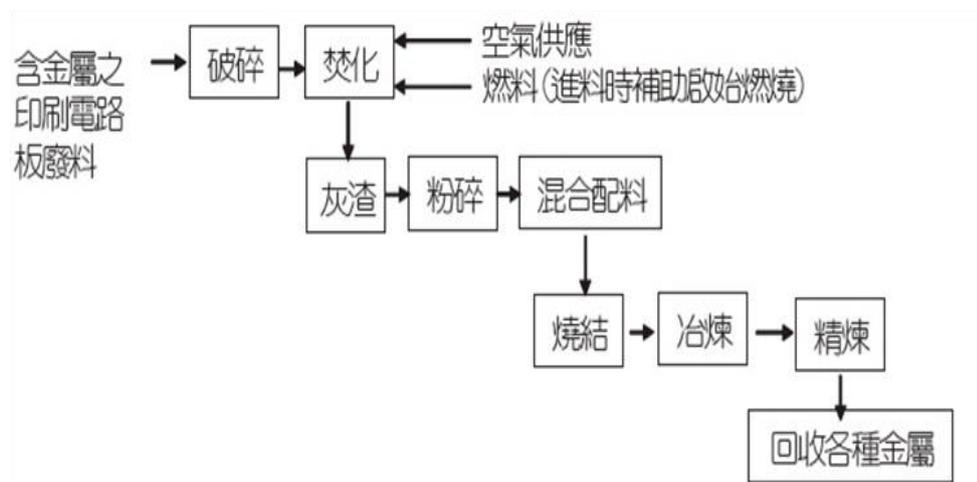


圖 3-1-1. 焚化法應用於 PCB 板之回收技術

(2) 熱解法(Pyrolysis)：熱解法指將事業廢棄物置於無氧或缺氧環境下，利用熱能使有機物產生裂解反應，分子量較大物質由於分子間化學鍵斷裂而生成分子量較低之分子，因此其產生物通常有氣體、油、碳及水四種相，亦可應用於印刷電路板(PCB 板)廢料的回收（如圖 3-1-2⁶所示），惟如同焚化法，空氣汙染防制設施設置標準較高，

⁵印刷電路板業資源化技術手冊-經濟部工業局 98 年 6 月。

⁶印刷電路板業資源化技術手冊-經濟部工業局 98 年 6 月。

其處理技術之經濟性仍需評估。

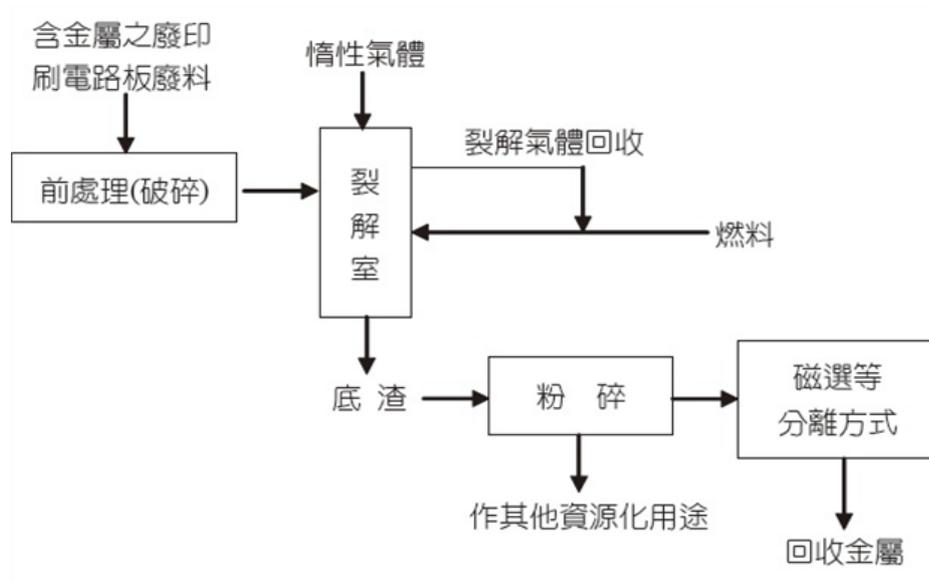


圖 3-1-2. 熱解法應用於 PCB 板之回收技術

(3) 熔融法(Fusion or Liquefaction)：熔融法指將事業廢棄物

加熱至熔點以上，將再生金屬資源在高溫狀態下之提煉，包含熔融提煉與揮發提煉兩種，大部分金屬仍以熔融提煉為主，例如圖 3-1-3⁷所示，廢銅再生原料（銅汙泥）使用轉爐熔煉（1200℃）後，再經轉爐熔煉得到泡銅，泡銅經陽極爐精煉得到鑄錠，鑄錠再經電解精煉得到精銅，該方法較對能源之需求較高，空氣汙染防制設施設置標準較高，其處理技術之經濟性仍需評估。

⁷含銅汙泥再利用技術與產業未來之展望-環境工程會刊。

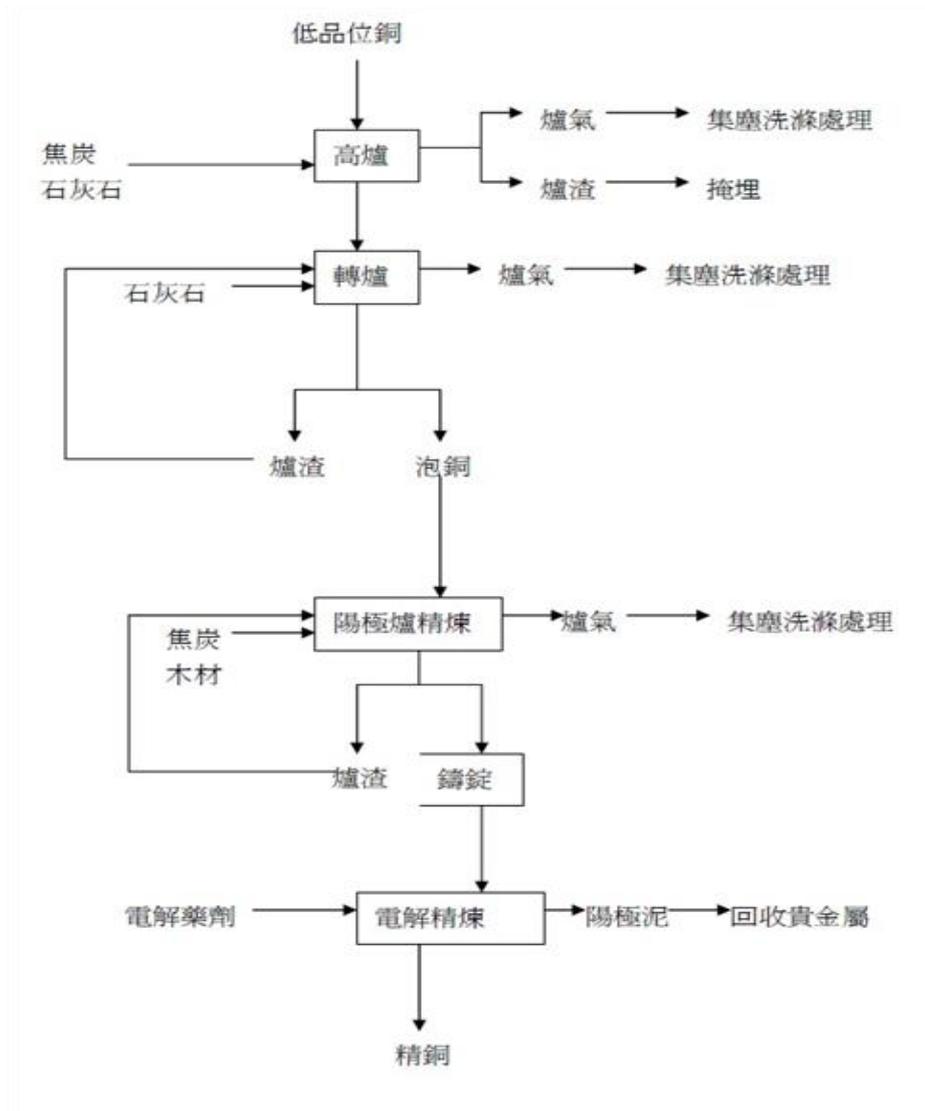


圖 3-1-3. 熔融法之應用

2. 濕法冶金(Hydrometallurgy)

濕法冶金是萃取冶金領域的一種技術，其使用水溶液來從礦石或殘留材料中回收金屬，主要包含：浸出、溶液濃縮與純化以及金屬或金屬化合物回收。常見利用此種方式回收金屬之技術說明如下：

(1) 化學沉澱法(Chemical Precipitation)：化學沉澱法經常用

於處理含有汞、鉛、銅、鋅、六價鉻、硫、氟、氯、砷

等有毒化合物的廢水。利用向廢水中投加氫氧化物、硫化物、碳酸鹽、鹵化物等生成金屬鹽沉澱可以去除廢水中的金屬。

(2) 流體化床結晶技術(Fluidized Bed Crystallization ; FBC) :

如圖 3-1-4⁸所示，係利用 0.2~0.5 mm 擔體在結晶槽中作為核種，欲處理之廢水及添加藥劑係由該結晶槽之底部進入並向上流動，而該結晶槽外接有一迴流水迴路，用以調整進流水過飽和度及控制擔體上流速度，使欲處理的無機離子於擔體表面形成穩態結晶體，當晶體粒徑達 1~2mm 後，排出槽外進行回收再利用或達廢棄物減量之目的。

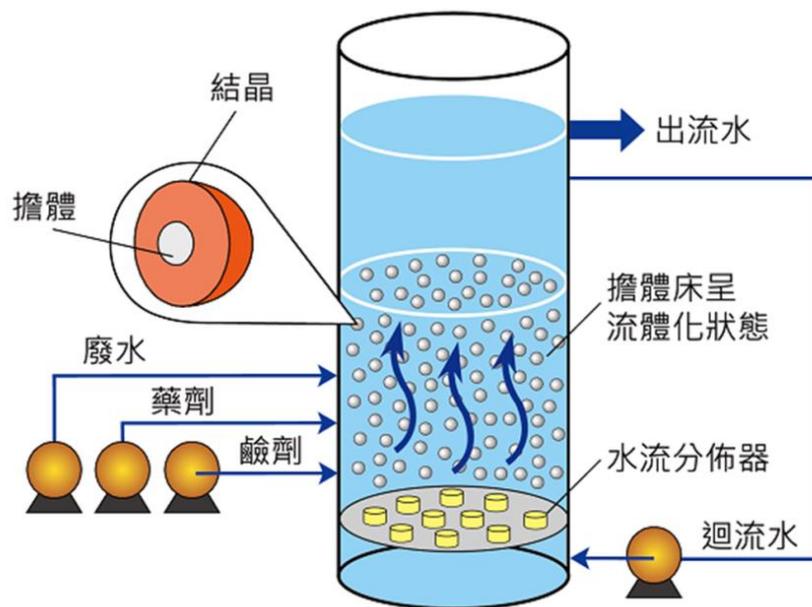


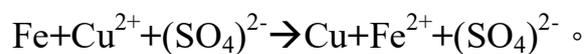
圖 3-1-4. 流體化床結晶技術

⁸ 2022 創新水科技研發服務網。

(3) 化學中和法(Chemical Neutralization)：酸鹼中和法是指採用加鹼性物質處理酸性廢水，加酸性物質處理鹼性廢水，讓酸鹼中和後，加以過濾可完成廢水基本淨化及回收金屬。

(4) 冷凍結晶法(Freezing Crystallization)：冷凍結晶法係將溶液冷卻（冷凍）達到過飽和狀態而產生結晶。此法用於溶解度隨溫度下降而減少的物質，例如：硫酸銅、硝酸銨、氯化銨、磷酸鈉等，這些物質的溶解度溫度係數變化很大，當溶解度隨溫度下降後而下降，形成了過飽和溶液，溶質就會自溶液中結晶（例如，硫酸銅結晶）析出。

(5) 化學置換法(Chemical Replacement)：置換反應（或稱單置換反應），係指一種元素或化合物的離子根與一種離子化合物發生的反應。例如，加鐵置換，其反應式如下：



(6) 離子交換法(Ion Exchange)：藉由離子交換劑中的交換離子與廢水中的離子進行交換而除去廢水中有害離子（例如重金屬離子等）的方法。

(7) 電解回收法(Electrolysis or Electrowinning)：電解是指將

電流通過電解質溶液或熔融態物質，而在陰極和陽極上引起氧化還原反應的過程。例如，電解硫酸銅溶液，陽極反應： $2\text{H}_2\text{O}\rightarrow 2\text{H}^++\text{O}_2+2\text{e}^-$ ，陰極反應： $\text{Cu}^{2+}+(\text{SO}_4)^{2-}+2\text{e}^-\rightarrow\text{Cu}+(\text{SO}_4)^{2-}$ 。

3. 微生物冶金(Microbial Metallurgy)⁹

微生物冶金係利用自然界中的特定微生物（圖 3-1-5）的生化作用，使礦石中的金屬溶解、收集的技術（廣義上亦屬濕法冶金，惟其方法特殊，本專案將其自濕法冶金獨立分類出來）。1958 年，美國率先進行了銅礦石的堆浸生產，後世界各國皆投入該項技術之發展，例如，澳大利亞的銅礦企業利用氧化亞鐵硫桿菌浸出精銅礦，浸出液再採用萃取及電積工藝處理，證明了精銅礦的微生物浸出在技術上具可行性及其經濟價值。

⁹百度百科:微生物冶金

-<https://baike.baidu.hk/item/%E5%BE%AE%E7%94%9F%E7%89%A9%E5%86%B6%E9%87%91/14758894>

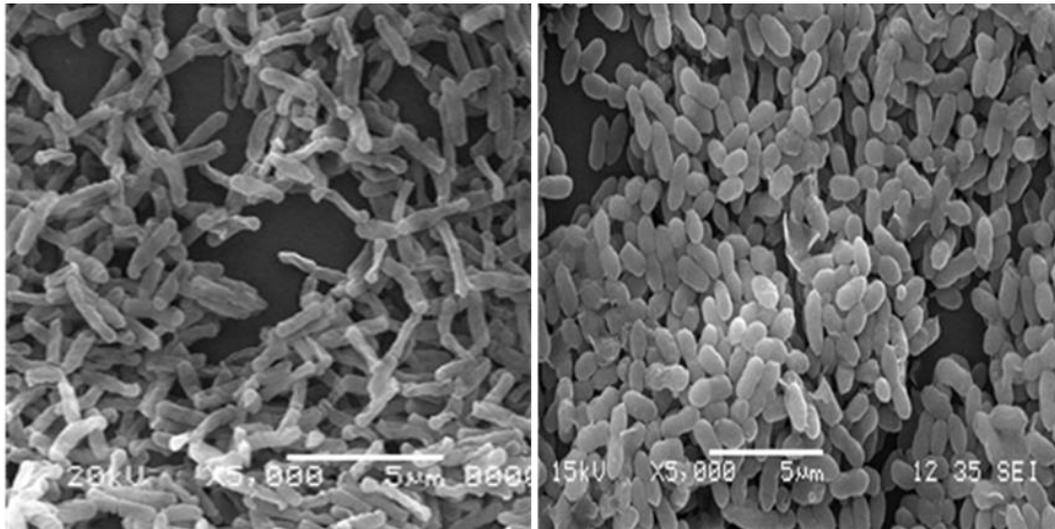


圖 3-1-5. 用於微生物冶金的細菌

迄今，微生物冶金在工業上最多的應用還是從銅礦中回收金屬銅，常見的微生物冶金之原理說明如下：

- (1) 生物浸出(Bioleaching)：微生物吸附於礦物表面，透過蛋白質分泌物或其他代謝產物直接將硫化礦氧化分解（直接作用），以及於直接作用下產生具有強氧化作用離子（例如，三價鐵離子），其對硫化礦進一步氧化而析出有價金屬離子及鐵離子，鐵離子被催化氧化，如此反覆（間接作用），最終使金屬陽離子溶入浸出液。
- (2) 生物氧化(Biological Oxidation)：金常被包裹於砷黃鐵礦（ FeAsS ）、黃鐵礦（ FeS_2 ）等載體硫化礦物中，使用傳統的方法難以提取，而利用生物技術可預氧化載體礦物，使載金礦體發生變化，使包裹在其中的金解離出來，為下一步的氰化浸出創造條件，從而使金更易於提

取。

- (3) 生物分解(Biodegradable)：鋁土礦存在許多細菌可分解碳酸鹽和磷酸鹽礦物，例如，利用細菌分泌出的多糖可和鋁土礦中的硅酸鹽、鐵、鈣氧化物作用，而可從低品位鋁土礦中選擇性浸出鐵和鈣。

4. 其他技術

工業上可應用於回收金屬銅的技術不勝枚舉，專案小組列舉常見的方法，例如，粉碎、過濾及分離等，詳見下述：

- (1) 粉碎法(Crushing or Multi-Crushing)：係純機械的操作，對於體積過大的固體原料或廢料，進行加工使其變小，大致上可分兩種方式：破碎（較大粒徑；10mm 以上）、磨碎（較小粒徑；1mm 以下），通常是電子廢料回收、分選工作第一步（如圖 3-1-6¹⁰所示）。

¹⁰ 半導體業資源化應用技術手冊-經濟部工業局 98 年 6 月。

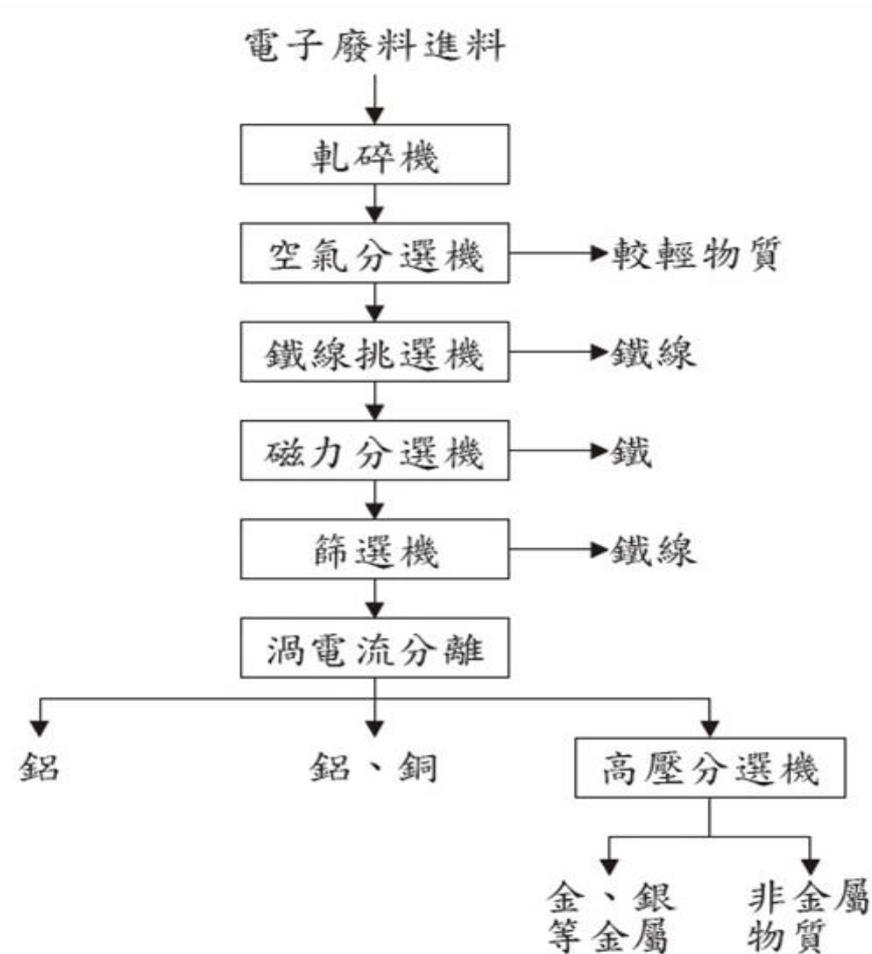


圖 3-1-6. 粉碎法之應用

(2) 過濾法(Filtration)：係分離懸浮在氣體或液體中固體顆粒的操作，係用多孔的材料（過濾介質）使懸浮液（濾漿）中的氣體或液體通過（濾液），截留下來的固體顆粒（濾渣）存留在過濾介質上形成濾餅。過濾操作廣泛用於各種化工生產中，尤其是用於分離液體中的固體顆粒（如圖 3-1-7¹¹所示）。

¹¹ 維基百科:過濾。

-<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E8%BF%87%E6%BB%A4>

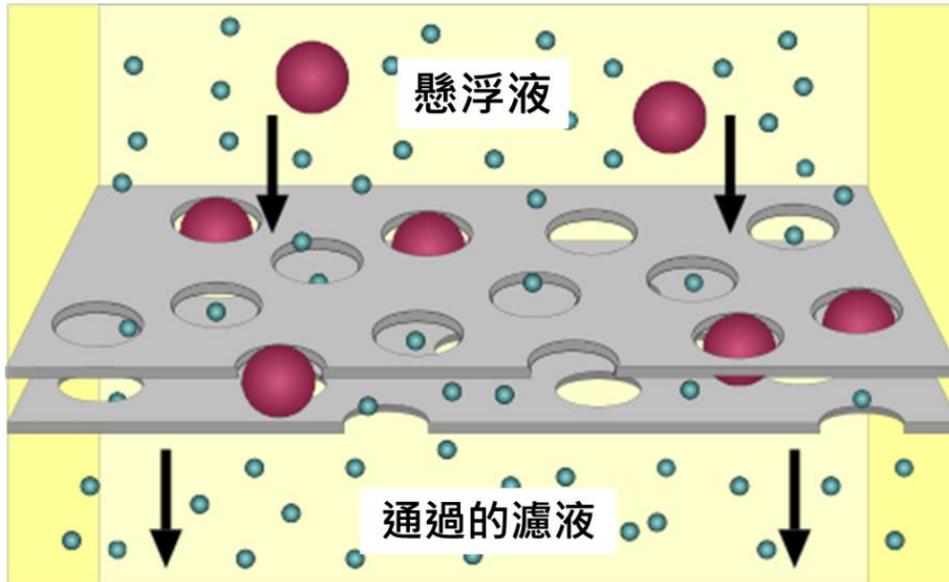


圖 3-1-7. 過濾原理

- (3) 渦電流分離法(Eddy-Current Separation ; ECS)：渦電流分選是利用物質電導度之不同的一種分選技術，其分選原理是利用由永久磁石鑲成的磁石轉筒高速旋轉，產生一個具有交替變換的磁場，當具有電導度性能的金屬經過磁場時，會在金屬內感應出渦電流。此渦電流本身會產生交替變換的磁場，並與磁石轉筒轉動所產生的磁場方向相反，而非鐵金屬（如鋁、銅等）則會因相斥作用而沿其輸送方向跳出來，而與其它玻璃、塑膠等非金屬類物質分離開來，達到分選目的（如圖 3-1-8¹²所示）。

¹² 年弘磁電工業：磁選機(磁力分選機)、渦電機(渦電流分選機)設備製造商。

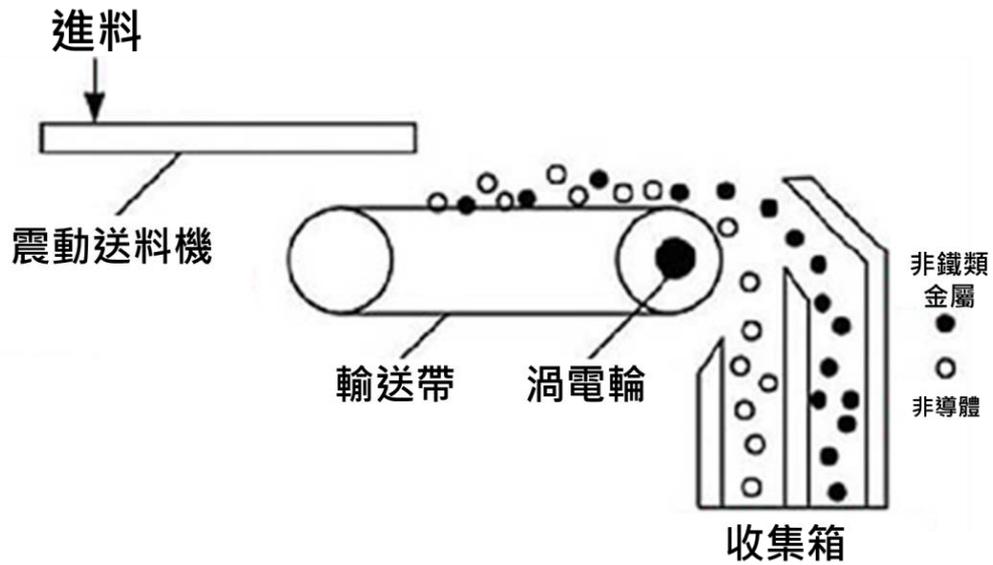


圖 3-1-8. 渦電流分離法之原理

(4) 靜電分離法(Electrostatic Separation)：利用各種物質不同導電性來進行分選技術，其進料大都經由重力分選或磁力分選所得之富集物，因此通常靜電分選應用在精選作業上，常見靜電分選機之構造特徵有板式或網式兩種（如圖 3-1-9¹³所示）。

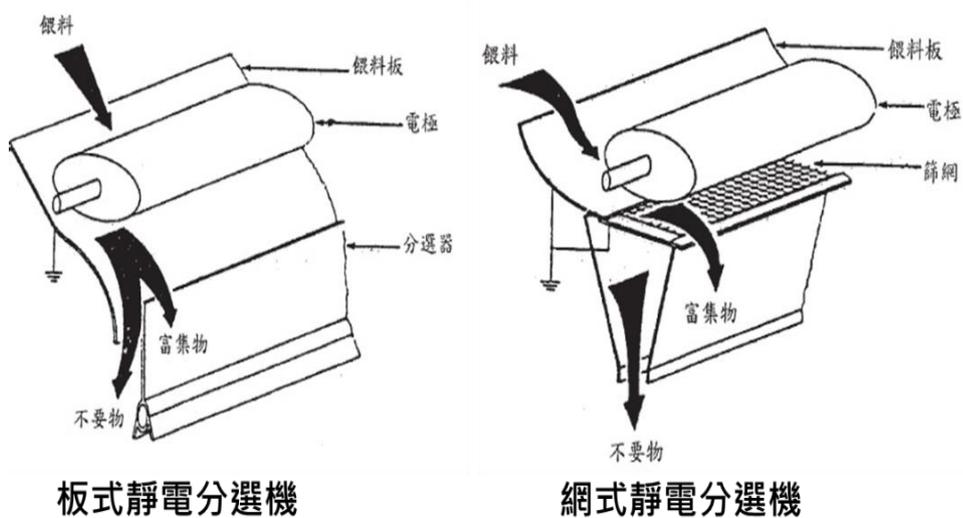


圖 3-1-9. 靜電分選機

¹³廢棄物資源回收與處理設備技術手冊及案例彙編：分選技術與設備篇-經濟部工業局 92 年 12 月

(5) 旋風分離法(Cyclone Separation)：旋風分離係利用旋風離心力的作用對氣體與微粒進行分離，從圖 3-1-10¹⁴可以看出，含微粒的氣體通過入口首先進入旋風分離區的直桶區域，在此區域內，氣體的方向發生改變，由直入式變為以螺旋形旋轉的方式沿軸向下運行（實線標識），密度大的微粒在離心力作用下被甩向器壁，隨著旋轉氣體沿軸向進入圓錐管部分，微粒沿筒壁由下部出口排出，可應用於金屬微粒的回收。

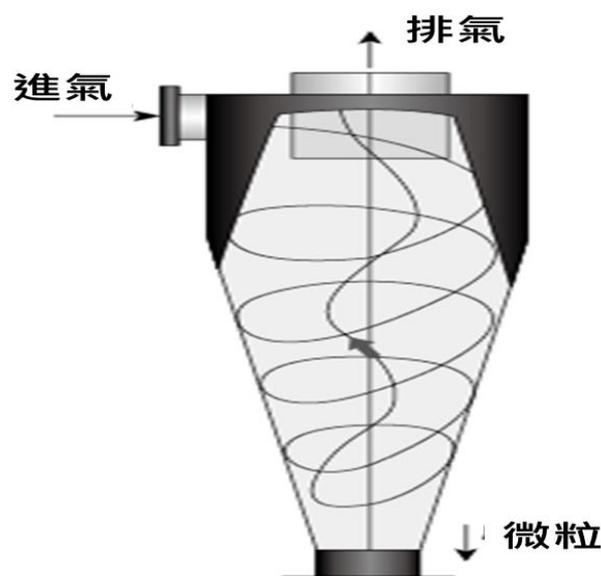


圖 3-1-10. 旋風分選原理

(二)IPC 分類號

專案小組藉由上述「地毯式掃瞄」、「檢索統計 (GPSS)」、「WIPO 綠色目錄」及「日本綠色轉型技術目

¹⁴ 高效氣固旋風分離器的發展與應用-DEC 2021 工程 94 卷 04 期專題報導

錄 (GXTI)」等工具，搜尋並羅列與「銅回收」相關之 IPC 分類號 (詳見表 3-1-1)。另外，參酌 GPSS 的結果¹⁵，得知四階 IPC 分類號為 **C02F** (水、廢水、污水或污泥之處理) 之專利案共 71 案，其中 68 案與半導體「銅回收」高度相關 (命中率約 95.8%)；**B01D** (分離) 之專利案共 11 案，其中 10 案與半導體「銅回收」高度相關 (命中率約 90.9%)；**C25C** (電解法生產、回收或精煉金屬之工藝；其所用的設備) 之專利案共 6 案，其中 5 案與半導體「銅回收」高度相關 (命中率約 83.3%)；**B09B** (固體廢物之處理) 之專利案共 17 案，其中 13 案與半導體「銅回收」高度相關 (命中率約 76.5%)。檢索相關專利技術時，可優先參考使用 **C02F、B01D、C25C** 或 **B09B** 等分類號。

¹⁵GPSS-檢索條件/結果(300筆)：(銅[-5,5]回收) AND (半導體 or 晶圓 or 電路板 or 面板 or TFT or 太陽能) AND ID=:20230101。

表 3-1-1. 與「銅回收」技術相關之 IPC 分類號

IPC	地毯式掃描	檢索統計(GPSS)	WIPO綠色目錄	日本GXTI	說明
B01D	V	V(90.9%;10/11)			分離
B09B	V	V(76.5%;13/17)	V		固體廢物之處理
C01G	V	V(75%;9/12)			含有不包括 C01D 或 C01F 次類之金屬之化合物
C02F	V	V(95.8%;68/71)	V		水、廢水、污水或污泥之處理
C22B	V	V(58.6%;17/29)	V	V	金屬之生產或精煉
C23F	V	V(66.7%;12/18)			非機械方法去除表面上之金屬材料；金屬材料之緩蝕；一般防積垢
C25C	V	V(83.3%;5/6)	V		電解法生產、回收或精煉金屬之工藝；其所用的設備
B01J	V	V(30%;3/10)			化學或物理方法，例如：催化作用或膠體化學；其有關設備
B22F	V				金屬粉末之加工；由金屬粉末製造製品；金屬粉末之製造
C08J	V		V		加工；一般的混合方法
C23C		V(100%;2/2)			對金屬材料之鍍覆；用金屬材料對材料之鍍覆；表面擴散法，化學轉化或置換法之金屬材料表面處理；真空蒸發法、濺射法、離子注入法或化學氣相沈積法之一般鍍覆
C25D	V	V(44.4%;8/18)			覆層之電解或電泳生產之工藝方法；電鑄；以電解法連接工件；其所用裝置
B29B-17/00		V(100%;2/2)			塑膠或包含塑膠之廢料的其他成份之回收
C09K-11/01			V		發光材料之回收
C23G-1/00		V(100%;1/1)			用溶液或熔融鹽清洗或酸洗金屬材料
C12P-3/00		V(100%;1/1)			除二氧化碳外元素或無機化合物之製備

(三)檢索策略、結果與資料整理

專案小組藉由「銅回收」之相關技術及 IPC 分類號，搭配技術領域、手段或目的等關鍵字，作為檢索策略，於 DI 資料庫進行檢索，以人工之方式篩選、整理檢索結果後，再行分析。

1. 檢索策略：

如表 3-1-2、表 3-1-3 所示，本專案將「銅回收」相關之技術、IPC 分類號，搭配技術領域或目的等關鍵字作交集 (and)，擬定 2 組檢索條件（或稱檢索式；S1、S2）。

表 3-1-2. 檢索條件(S1)

	相對應的檢索式
關鍵字 1 (技術領域)	Semiconductor or Wafer or (PCB or PWB) or TFT* or (LED* or (light NEAR3 emitt*)) or (Solar NEAR3 Cell*) or (Baterial* or Microbial or Microbe or Microorganism or (Microbial NEAR3 Metallurg*) or (Bacterial NEAR3 Metallurg*) or (Bio NEAR3 Metallurg*))
關鍵字 2 (目的)	(Copper NEAR5 Recycl*) or ("Cu" NEAR5 Recycl*) or (Copper NEAR5 Reclaim*) or ("Cu" NEAR5 Reclaim*) or (Copper NEAR5 Recover*) or ("Cu" NEAR5 Recover*)
IPC	B01D or B09B or C01G or C02F or C22B or C23F or C25C or B01J or B22F or C08J or C23C or C25D or B29B-17/00 or C09K-11/01 or C23G-1/00 or C12P-3/00

表 3-1-3. 檢索條件(S2)

	相對應的檢索式
關鍵字 1 (技術領域)	Semiconductor or Wafer or (PCB or PWB) or TFT* or (LED* or (light NEAR3 emitt*)) or (Solar NEAR3 Cell*)
關鍵字 2 (目的)	(Copper NEAR5 Recycl*) or ("Cu" NEAR5 Recycl*) or (Copper NEAR5 Reclaim*) or ("Cu" NEAR5 Reclaim*) or (Copper NEAR5 Recover*) or ("Cu" NEAR5 Recover*)
技術	(Chemical NEAR3 Precipitation) or ((Fluidized NEAR3 Bed NEAR3 Crystallization) or ("FBC")) or

	<p>(Chemical NEAR3 Neutralization) or (Freez* NEAR3 Crystallization) or (Chemical NEAR3 Replacement) or (Ion NEAR3 Exchange) or ((Electrolysis or Electrowinning)) or (Hydrometallurg*) or (Pyrometallurg*) or (((Microbial NEAR3 Metallurg*) or (Bacterial NEAR3 Metallurg*) or (Bio NEAR3 Metallurg*))) or ((Crushing or (Multi NEAR3 Crush*))) or (Incineration) or (Pyrolysis) or (Fusion or Liquefaction) or ((Eddy NEAR3 Current NEAR3 Separation) or ("ECS")) or (Electrostatic NEAR3 Separation) or (Cyclone NEAR3 Separation)</p>
--	---

2. 檢索結果與資料整理：

本專案將上述檢索條件 S1、S2 為聯集(or)，於 DI 資料庫進行檢索，截至 2022 年底所有公開（告）案件共計 7,553 案¹⁶，業經人工篩選，「銅回收」相關技術的專利，約為 3,286 案（作為資料分析的母體），基本資訊見下表 3-1-4。

¹⁶檢索條件(S1、S2 為聯集)/檢索結果(7553 案) (ALL=(Semiconductor or Wafer or (PCB or PWB) or TFT* or (LED* or (light NEAR3 emitt*)) or (Solar NEAR3 Cell*) or (Baterial* or Microbial or Microbe or Microorganism or (Microbial NEAR3 Metallurg*) or (Bacterial NEAR3 Metallurg*) or (Bio NEAR3 Metallurg*))) AND ALL=((Copper NEAR5 Recycl*) or ("Cu" NEAR5 Recycl*) or (Copper NEAR5 Reclaim*) or ("Cu" NEAR5 Reclaim*) or (Copper NEAR5 Recover*) or ("Cu" NEAR5 Recover*)) AND IC=(B01D or B09B or C01G or C02F or C22B or C23F or C25C or B01J or B22F or C08J or C23C or C25D or B29B-17/00 or C09K-11/01 or C23G-1/00 or C12P-3/00) AND AY>=(1900) AND AY<=(2023)) or (ALL=(Semiconductor or Wafer or (PCB or PWB) or TFT* or (LED* or (light NEAR3 emitt*)) or (Solar NEAR3 Cell*)) AND ALL=((Copper NEAR5 Recycl*) or ("Cu" NEAR5 Recycl*) or (Copper NEAR5 Reclaim*) or ("Cu" NEAR5 Reclaim*) or (Copper NEAR5 Recover*) or ("Cu" NEAR5 Recover*)) AND ALL=((Chemical NEAR3 Precipitation) or ((Fluidized NEAR3 Bed NEAR3 Crystallization) or ("FBC")) or (Chemical NEAR3 Neutralization) or (Freez* NEAR3 Crystallization) or (Chemical NEAR3 Replacement) or (Ion NEAR3 Exchange) or ((Electrolysis or Electrowinning)) or (Hydrometallurg*) or (Pyrometallurg*) or (((Microbial NEAR3 Metallurg*) or (Bacterial NEAR3 Metallurg*) or (Bio NEAR3 Metallurg*))) or ((Crushing or (Multi NEAR3 Crush*))) or (Incineration) or (Pyrolysis) or (Fusion or Liquefaction) or ((Eddy NEAR3 Current NEAR3 Separation) or ("ECS")) or (Electrostatic NEAR3 Separation) or (Cyclone NEAR3 Separation)) AND AY>=(1900) AND AY<=(2023));

表 3-1-4. 金屬銅回收技術專利檢索的基本資訊

主題一、金屬銅回收技術(半導體領域)	
資料庫	Derwent Innovation(DI)
檢索區域	全球專利資料
檢索期間	1900 年~2022 年 12 月公開(告)
檢索結果	7,553 案
人工篩選	7,553→3,286 案
備註：相同專利家族之案件統計上為一專利案(1 案)	

(四)專利綜合分析

本節將半導體「銅回收」相關之專利案(3,286 案)為綜合分析，內容包含「全球專利申請趨勢」、「生命週期分析」、「全球前十大申請國家/地區統計」、「全球前十大申請國家/地區專利申請趨勢」、「主要申請國之第一申請人類型」、「全球前二十大申請人統計」、「全球前二十大申請人專利申請趨勢」及「主要國家/地區之專利布局」。

1、全球專利申請趨勢

圖 3-1-11 顯示為「銅回收」歷年專利申請案量變化，1900~1969 年數量上極為稀少。之後 1969~2022 年間，國際發生重大事件或制度上的變革，包含「聖塔芭芭拉漏油事件

(1969 年)¹⁷」、「京都議定書(1997 年)」、「京都議定書強制生效(2005 年)」及「巴黎協定(2015 年)」等，應與相關專利趨勢消長有關，故以下於本節將前述事件或制度亦納入專利申請趨勢圖進行分析探討。此外，2021 與 2022 年略為減少，原因之一可能為尚有專利申請案未公開或公告。

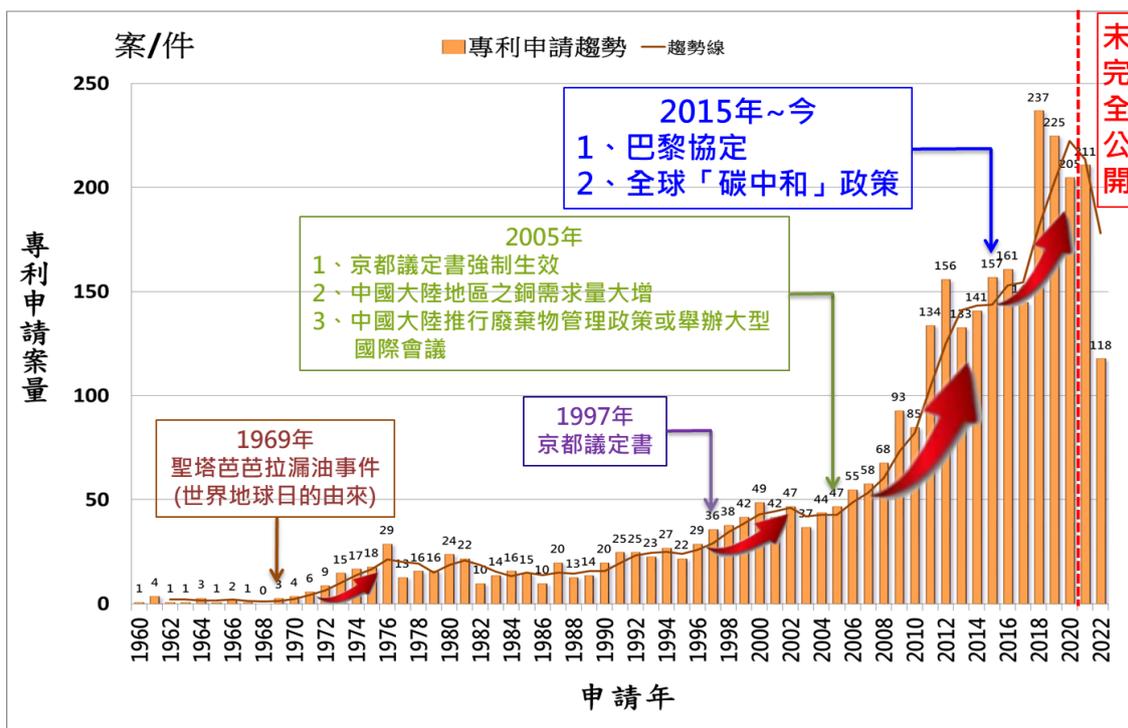


圖 3-1-11. 全球歷年專利申請趨勢

「銅回收」全球歷年專利申請趨勢分析說明如下：

(1) 聖塔芭芭拉漏油事件(1969 年)~京都議定書(1997 年)：

1969 年之前，有關「銅回收」之專利案極為少量，此情

¹⁷ 1969 年 1 月，美國加州聖塔芭芭拉(Santa Barbara)外海岸的一處油井嚴重漏油，奪走了上千隻海鳥、海豹及海豚等海洋生物的生命，這起事件啟發了時任威斯康辛州參議員蓋洛德·尼爾森 (Gaylord Nelson) 對於推行環保運動的想法，此事件也成為世界地球日(4/22)的由來。爾後，美國在 1970 年成立國家環境保護局 (Environmental Protection Agency)，並通過多項環境保護的法案，例如，「國家環境教育法案」、「美國淨水法案」等，使得自然生態得以受到法律的保護。

況在聖塔芭芭拉漏油事件後，產生顯著的變化，推測係隨著環保意識的抬頭，帶動產業界（當時多為礦業）開始有關「銅回收」技術的發展，但這個時期的專利申請案量不多，平均約為 18 案/年。

(2) 京都議定書(1997 年)~京都議定書強制生效(2005 年)：

1997 年 12 月，京都議定書在日本京都通過，全球產業及學術/研究機構（下稱學研機構）更加重視相關的環保議題，這個時期的專利申請案量平均約為 44 案/年，較前個時期成長約 2.4 倍。

(3) 京都議定書強制生效(2005 年)~巴黎協定(2015 年)：2005

年 2 月 16 日，京都議定書強制生效。此外，由於中國大陸民生或是工業的銅需求量大增及推行相關廢棄物管理政策或舉辦大型國際會議（ICWMT），故這個時期的專利申請量急劇成長，平均申請案量約為 102 案/年，較前個時期成長約 2.3 倍。

(4) 巴黎協定(2015 年)~2022 年：2015 年 12 月 12 日，由聯合

國 195 個成員國（包括觀察員巴勒斯坦國及聖座）於聯合國氣候峰會中通過的巴黎協定(Paris Agreement)，其目的係取代京都議定書，期望能共同遏阻全球暖化趨勢，並於

2016 年 11 月 4 日生效¹⁸，減碳、節能或回收再利用等相關研究在京都議定書退場後又開始被重視。2021 年，中國大陸推行「碳達峰」、「碳中和」，而我國、日本及韓國等國家亦相繼做出承諾，甚至連美國也宣布重回巴黎協定，各國應對全球氣候變遷的行動正在全面加速，「碳中和」成為發展趨勢，而「碳中和」核心概念是減少石化能源的使用量，增加新能源或可再生能源的替代量，邁向永續發展道路，故從「碳中和」議題導向對銅的需求，包含：「發電面」-以光電、風電為代表的可再生能源發電方式，以及「用電面」-以電動車及週邊設備（電網、充電樁、電池...），上述兩個層面均會導致銅的需求急劇增加。全球電動汽車用銅量預估將從 2019 年的 16.82 萬噸成長至 2025 年的 103.44 萬噸，而中國大陸電動汽車用銅量將從 2019 年的 9.18 萬噸成長至 2025 年的 50.75 萬噸（圖 3-1-12¹⁹）。因此，這個時期的專利申請亦有顯著地成長，平均申請案量約為 192 案/年，較上個時期成長約 1.9 倍。

¹⁸維基百科:巴黎協定

- <https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%B7%B4%E9%BB%8E%E5%8D%94%E5%AE%9A>

¹⁹「碳中和」議題下最受益的商品「銅」金屬，中國大陸兩會連續三年焦點議題!

-<https://vocus.cc/article/623004a5fd89780001190631>

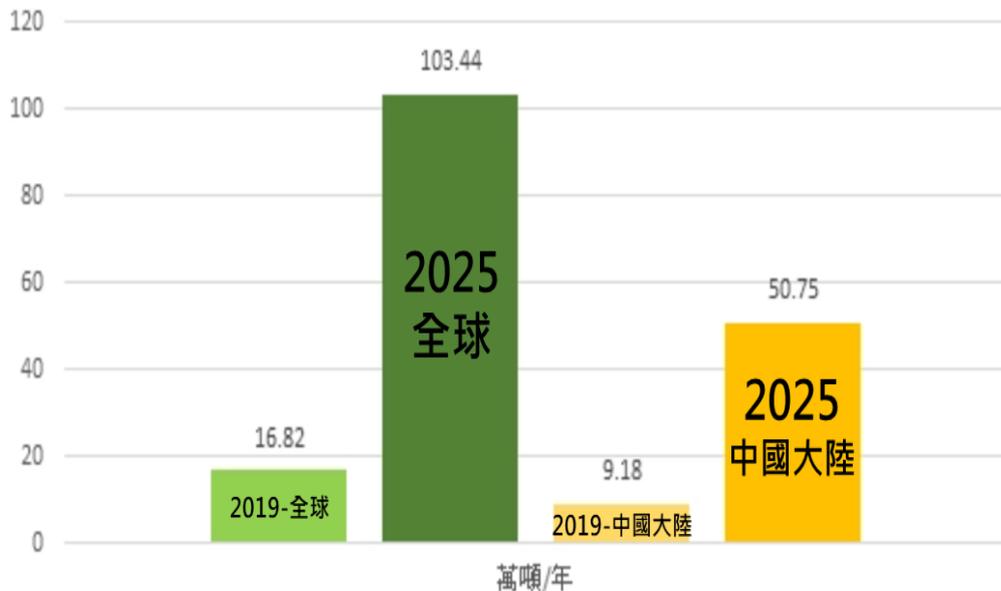


圖 3-1-12. 銅預估之需求量-中國大陸與全球比較

圖 3-1-13 顯示「銅回收」申請案量與「國際銅價」之歷年變化，1960~1987 年國際銅價變化不大，年平均銅價約為 1250 美元/噸。1988~2003 年，歷經「銅礦大罷工」、「美國經濟復甦」等因素，國際銅價略為上升，年平均銅價來到約為 2113 美元/噸。2003~2019 年，由於中國大陸不論在是民生或是工業的銅需求量大增，更使得國際銅價急劇上升，年平均銅價更是來到約為 6265 美元/噸。2020 年後，全球「碳中和」成為發展趨勢，電動車及週邊設備的強勢發展，致年平均銅價來到天價約為 8061 美元/噸。「銅回收」之專利申請與「國際銅價」皆具向上之趨勢，而以時間來看，國際銅價甚至具有「超前」專利申請約 3~5 年之現象，或可視為專利申請量之先行指標之一。

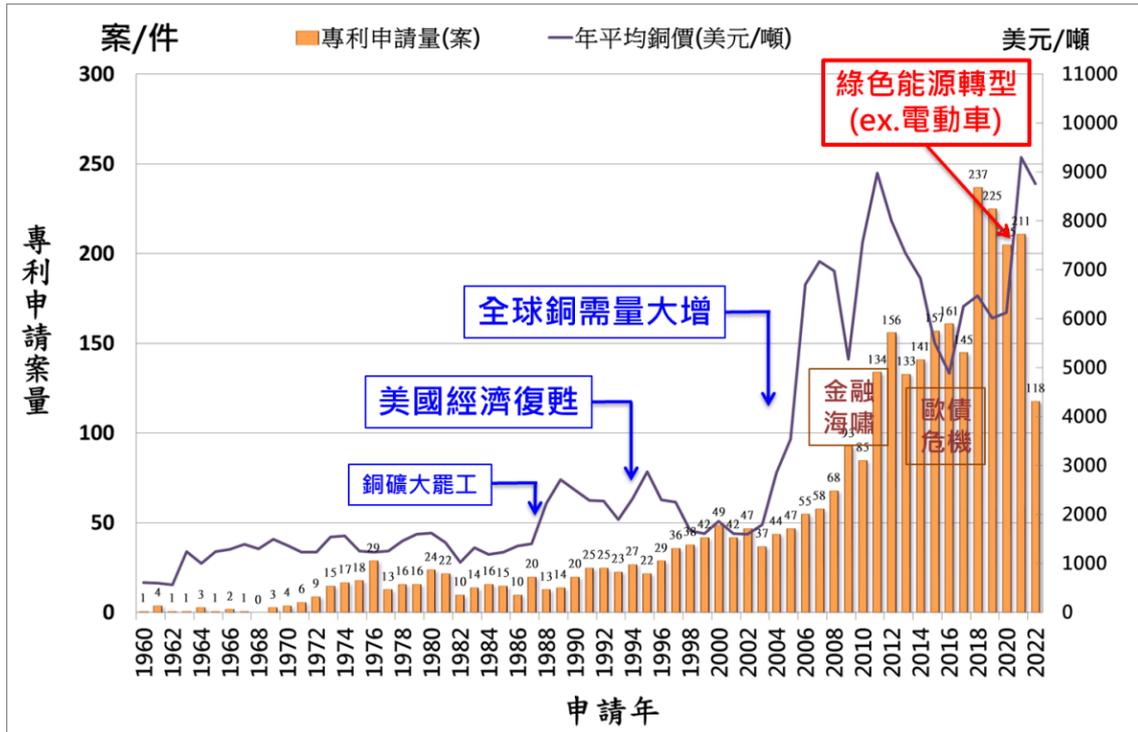


圖 3-1-13. 專利申請案量與「國際銅價」之歷年變化

2、生命週期分析

專利技術生命週期分析是依據專利申請量與申請人數隨時間之消長，作為預測專利技術未來發展之興衰指標，如圖 3-1-14 所示，大致上可區分為萌芽期、發展期、成熟期、衰退期及復甦期²⁰。

²⁰ 《專利分析應用於先進用路人資訊系統技術發展預測之研究》-周采潔 (2013)，淡江大學運輸管理學系運輸科學碩士論文。

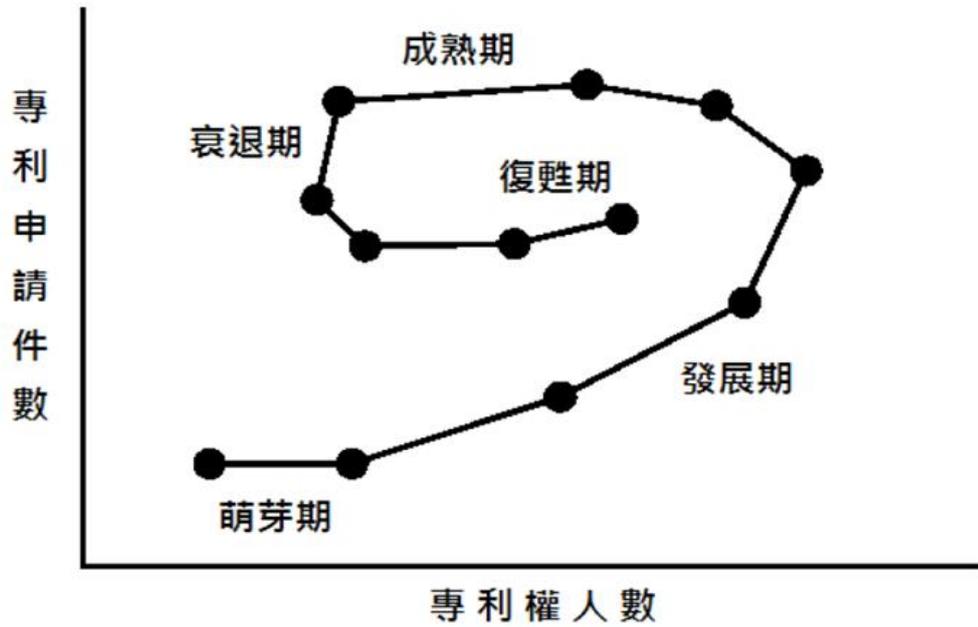


圖 3-1-14. 專利技術生命週期示意圖

以「銅回收」相關之專利案(3,286 案)為生命週期分析，如圖 3-1-15 所示。由於專利有自申請日起 18 個月後公開的閉鎖期，因此僅擷取申請年在 2021 年以前之專利案進行統計分析。整體而言，申請人數量與專利申請量為呈現正比向上之趨勢，顯示「銅回收」相關技術仍在發展階段，詳述如下。

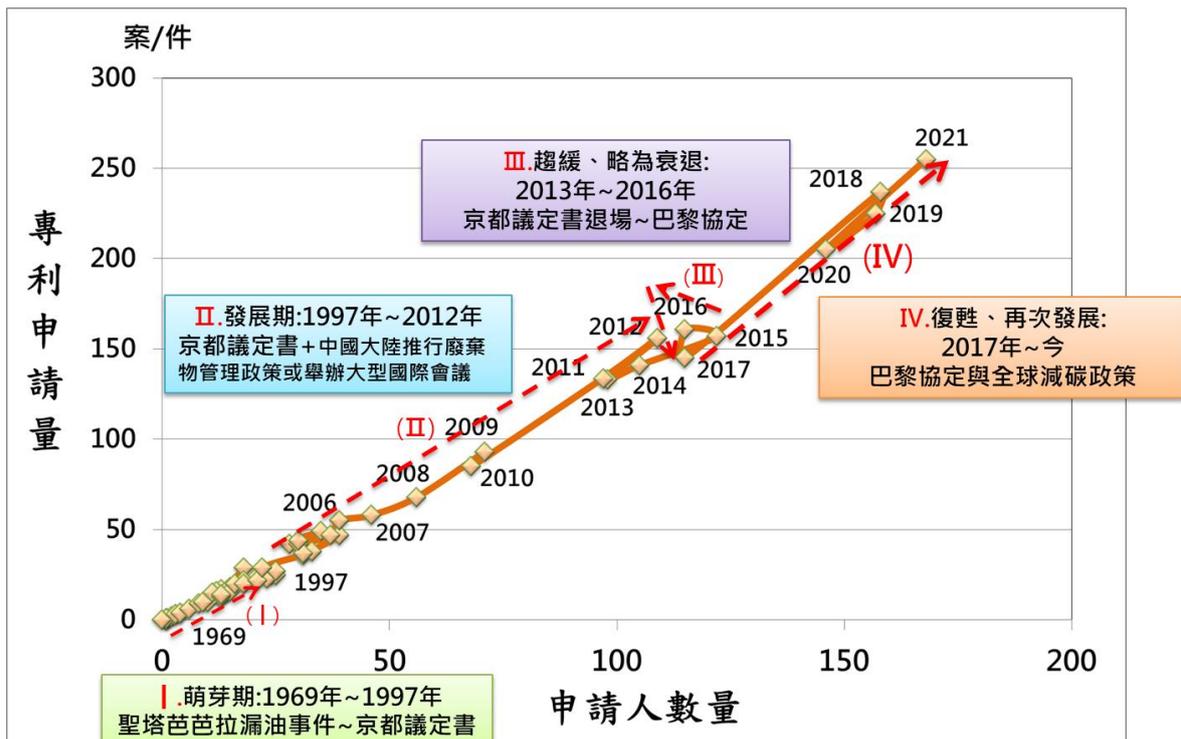


圖 3-1-15. 「銅回收」相關之專利技術生命週期

- (1) 1969~1997 年，為萌芽期階段：人類開始具有環保概念，「銅回收」技術則剛起步（推測應為礦業相關），各企業與學研機構投入技術研發意願較低，專利申請量與申請人數皆較少且緩慢成長。
- (2) 1997~2012 年為發展期階段：1997 年京都議定書通過後，全球產業及學研機構投入資金研發與布局專利，例如，中國大陸推行相關廢棄物管理政策或舉辦固體廢物管理與技術國際會議等，專利申請量與申請人數皆明顯上升，新的企業亦持續投入研發且產出之專利數量也持續增加。
- (3) 2012~2016 年為發展趨緩、略為衰退階段：京都議定書退場至巴黎協定之間的過渡期，專利申請量及申請人數皆

略微減少。

(4) **2017~今為復甦、再發展階段**：專利申請量與申請人數

量緩慢成長，開啟新的循環，表示「銅回收」產業技術有所突破或市場的新需求出現，促使企業再度投入資源，其與全球「碳中和」成為發展趨勢，各國能源政策有所變動，致使銅的需求量大增有關。未來幾年，由於銅需求量與國際銅價預估可能居高不下，有關「銅回收」技術的專利申請量仍有可能再向上衝出另一波高峰。

3、全球前十大申請國家/地區統計

圖 3-1-16 顯示有關「銅回收」之專利案量，全球前十大

申請國家/地區之統計，排序如下：

1	中國大陸	1639 案，占比約為 49.9%
2	美國	220 案，占比約為 6.7%
3	日本	178 案，占比約為 5.4%
4	EPO	157 案，占比約為 4.8%
5	南韓	131 案，占比約為 4.0%
6	澳洲	107 案，占比約為 3.3%
7	德國	105 案，占比約為 3.2%
8	加拿大	105 案，占比約為 3.2%
9	WO	95 案，占比約為 2.9%
10	中華民國	86 案，占比約為 2.6%

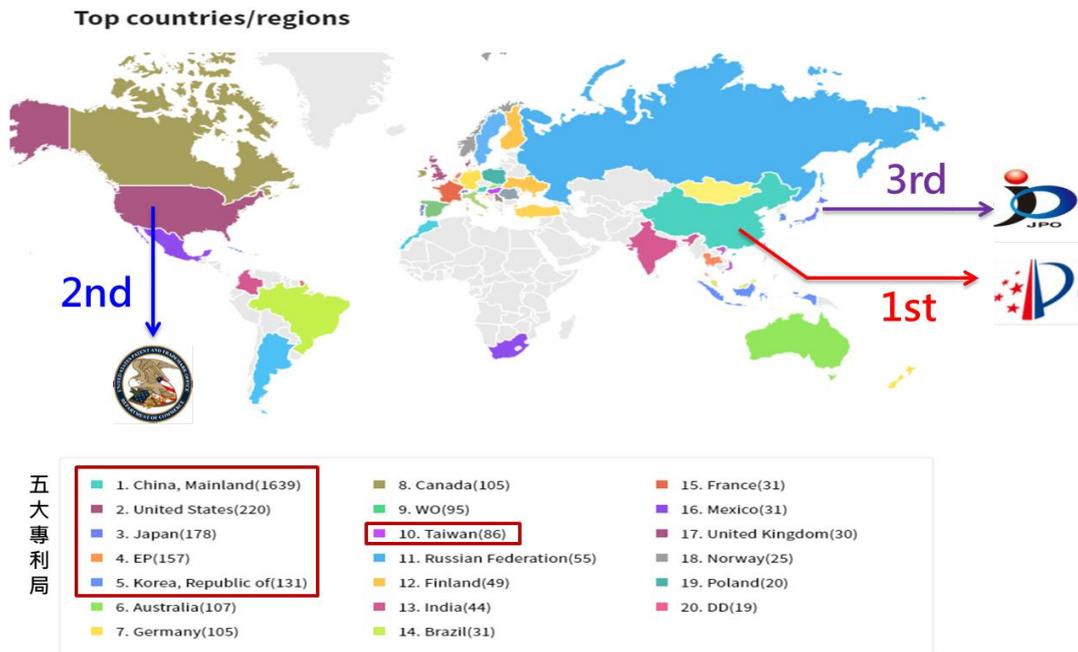


圖 3-1-16. 全球專利申請主要分布概況

五大專利局（指美、日、歐、中國大陸及南韓，以下同）有關「銅回收」專利申請量包辦全球排名的前五，占比約為 70.8%（如圖 3-1-17 所示）。就區域分布來看，以亞洲區域之國家為多數，中國大陸、日本、南韓及我國之專利申請量合計共約 62%，應與近年來基礎工業、半導體製造等產業於亞洲國家高度發展有關。至於歐、美及澳洲國家，由於其具有歷史悠久的大型礦業公司（例如，BHP(澳大利亞)、OUTOTEC(芬蘭)等），則占有 25%的專利申請量：

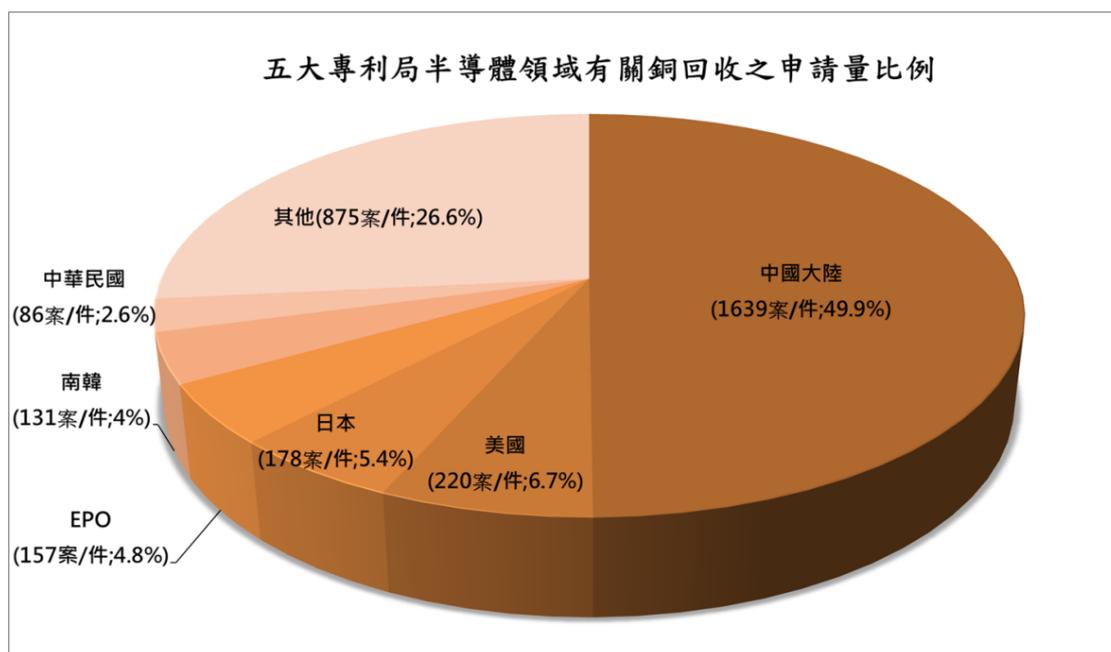


圖 3-1-17. 全球五大專利局申請量比例

4、全球前十大申請國家/地區專利申請趨勢

圖 3-1-18 所示為 1955 年至 2022 年之間，全球前十大申請國家/地區有關「銅回收」專利之歷年申請案量變化，藉此可了解專利申請量發展趨勢。

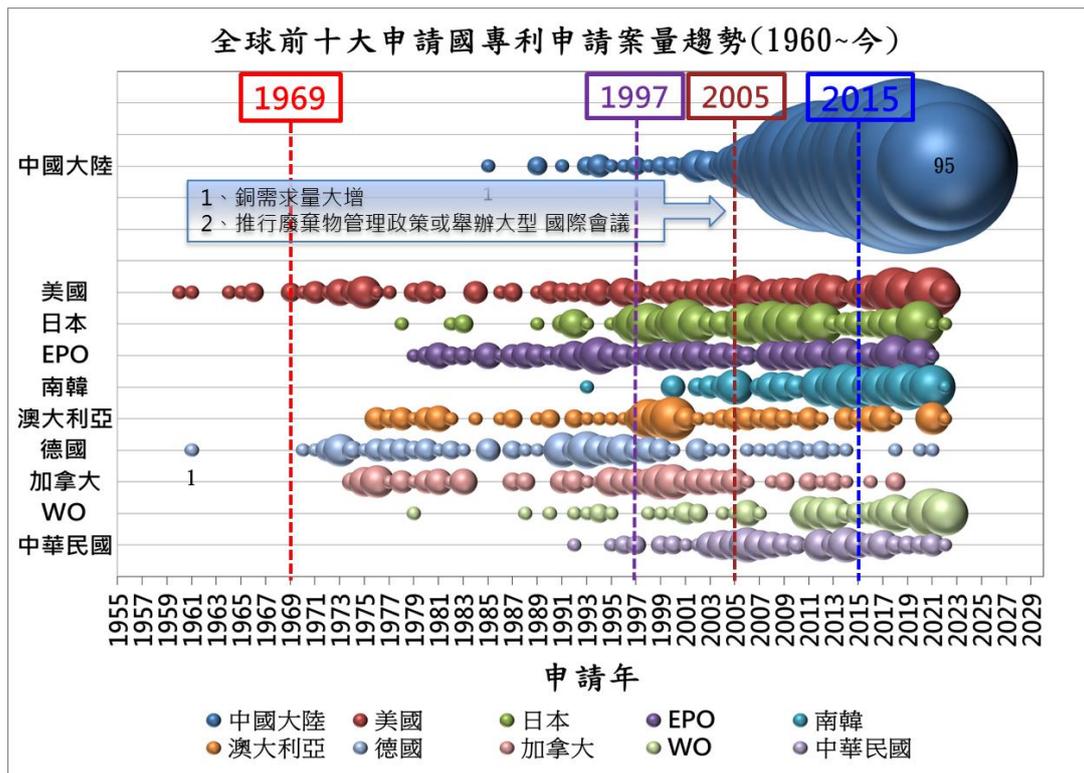


圖 3-1-18. 全球前十大申請國家/地區專利申請趨勢

由全球前十大申請國家/地區申請案量的趨勢可發現，美國、歐洲各國、澳大利亞及加拿大等國家/地區，與「銅回收」相關技術之起步較早，由於該些區域大多具有歷史悠久的礦業公司，自 1969 年起，就開始發展技術並申請專利，長期看來申請量並無明顯增加，惟近年雖略有衰退（德國、加拿大），但仍在持續發展中（美國、澳大利亞）。

進一步發現，亞洲國家（尤其是我國、中國大陸、南韓）「銅回收」相關技術發展則相對較晚，較明顯的申請量則見於 1997 年前後。日本專利申請量排行全球第三，亦具有大型礦業公司（例如，JX 金屬株式會社(JX NIPPON MINING)、住友金屬礦

山(SUMITOMO)等)，其於 80 年代就開始發展相關技術並申請專利，至今仍有不錯的申請量。1969~2005 年期間，中國大陸為零星的專利申請，然而，在其國家政策的鼓勵或補助下，申請量於 2005~2022 年爆發性地成長(相較 2005 年前，平均成長約 74 倍)。

5、主要申請國之第一申請人類型

如圖 3-1-19 所示，針對全球五大主要申請國（美國、日本、中國大陸、南韓及我國）為第一申請人²¹類型分析。整體來看，五大申請國申請人總數約為 1295 個，其中，公司（私法人）907 個（約占 70%）、學研機構 194 個（約占 15%）、自然人 194 個（約占 15%），公司型態的申請人占了絕大部分的比例，而學研機構與自然人的申請人於數量上幾乎相等。

中國大陸與美國之第一申請人類型比例與整體平均相類似，公司申請人占大部分的比例（71.5%、67.4%），其次為學研機構（16.3%、14.0%）及自然人（12.2%、18.5%）。日本則為公司申請人占絕大部分的比例（83.5%），學研機構（6.8%）及自然人（9.7%）為少數。值得注意的是，我國與南韓第一申請人類型較為相似，公司申請人雖仍占大部分的比

²¹部分專利有兩個或以上的申請人，本文所指第一申請人係以專利申請書上第一順位的申請人。

例（56.1%、57.1%），然而自然人的占比（30.2%、28.6%）卻較學研機構（12.7%、15.3%）來得高，顯示出我國與南韓民間亦投入資源，致力於「銅回收」等循環經濟的發展。

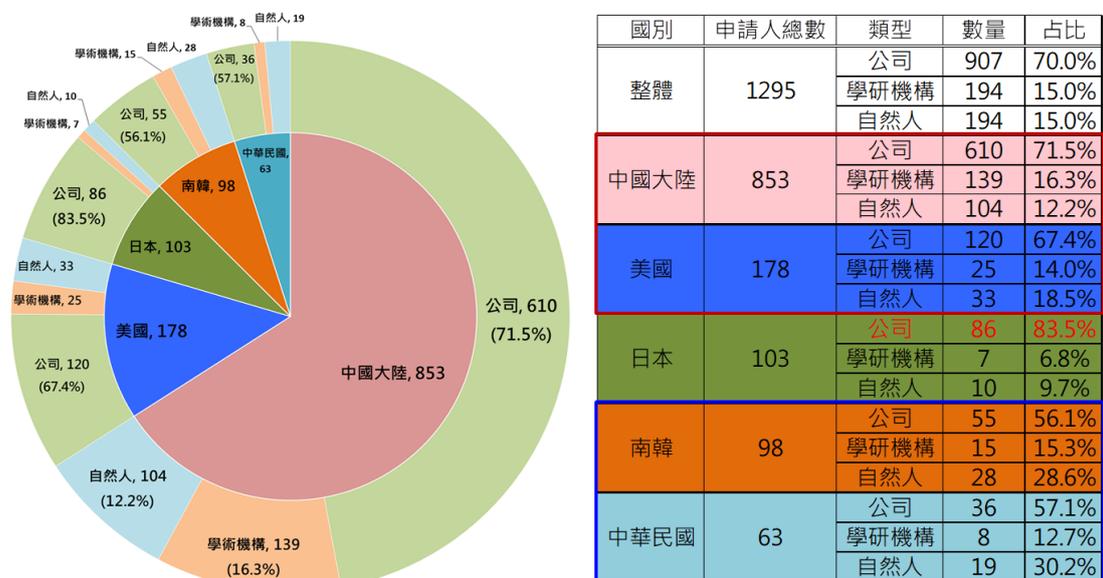


圖 3-1-19. 全球主要申請國之第一申請人類型占比

6、全球前二十大申請人統計

表 3-1-5 摘錄有關「銅回收」之專利案，全球前二十大申請人之排名依序如下：1、奧圖泰(OUTOTEC；芬蘭)-51 案；2、中南大學(中國大陸)-41 案；3、JX 金屬株式會社(JX NIPPON MINING；日本)-41 案；4、必和必拓集團(BHP；澳大利亞)-39 案；5、住友金屬礦山(SUMITOMO；日本)-26 案；6、漢能控股集團(中國大陸)-25 案；7、中國科學院(中國大陸)-25 案；8、北京有色金屬研究總院(中國大陸)-22 案；9、成都虹華環保科技有限公司(中國大陸)-21 案；10、三菱綜

合材料公司 (MMC ; 日本)-17 案 ; 11、奧托昆普 (OUTOKUMPU OY ; 芬蘭)-17 案 ; 12、Cognis IP Managemen(美國)-14 案 ; 13、METALLO BELGIUM(比利時)-14 案 ; 14、北京科技大學(中國大陸)-14 案 ; 15、江蘇科技大學(中國大陸)-14 案 ; 16、ALTANA CHEMIE AG(美國)-13 案 ; 17、格林美股份有限公司(中國大陸)-13 案 ; 18、上海第二工業大學(中國大陸)-13 案 ; 19、廣東臻鼎環境科技有限公司(中國大陸)-12 案 ; 20、荏原製作所(EBARA ; 日本)-11 案。

全球前二十大第一申請人中，公司占 7 成（14 間），另 3 成為學研機構（6 間）。就公司性質而言，綠色企業有 4 間，其業務範圍與環保或資源回收相關；礦業公司有 6 間，包含歐、澳及日本的重要礦業公司（例如，必和必拓集團（BHP；澳大利亞）為世界第一大礦業公司）；半導體相關企業有 2 間，為三菱綜合材料公司與荏原製作所；以及 IP 公司有 2 間。

表 3-1-5. 全球前二十大申請人基本資料

中文	代號	案件數	國別	特色
奧圖泰	OUTOTEC	51	芬蘭	奧圖泰是一個技術公司之外，也提供複雜的採礦技術和建廠服務
中南大學	中南大學	41	中國大陸	中南大學是中華人民共和國頂尖高校之一，原985工程以及211工程重點建設大學，教育部直屬國家重點綜合性大學
JX金屬株式會社	JX NIPPON MINING	41	日本	有色金屬產品（銅、金、銀等）的製造與銷售、有色金屬再利用及產業廢棄物處理等
必和必拓集團	BHP	39	澳大利亞	世界第一大礦業公司
住友金屬礦山	SUMITOMO	26	日本	住友集團的下屬非鐵金屬企業
漢能控股集團	漢能控股集團	25	中國大陸	綠能企業，有很多相關的子公司，2019年爆發財政危機，漢能強迫員工購買公司發行的理財產品，有員工薪水遲遲無法發放，一些金融合作機構的授信資金也暫停提供
中國科學院	中國科學院	25	中國大陸	中國大陸有關科學技術方面的最高學術機構
北京有色金屬研究總院	北京有色金屬研究總院	22	中國大陸	國營事業
成都虹華環保科技有限公司	虹華環保科技有限公司	21	中國大陸	小公司
三菱綜合材料公司	MMC	17	日本	水泥製品、銅和鋁製品、硬質合金工具和子材料的製造商，其為三菱集團的核心公司之一
奧托昆普	OUTOKUMPU OY	17	芬蘭	歷史悠久的採礦公司
Cognis IP Management	Cognis IP Management	14	美國	IP公司
METALLO BELGIUM	METALLO BELGIUM	14	比利時	公司成立於1919年，是一家私營金屬和採礦公司，現在專門從事含金屬材料的回收和提煉，以從各種廢料和殘渣生產純錫和鉛，電解銅，銅陽極和焊料
北京科技大學	北京科大	14	中國大陸	由北京鋼鐵學院改制，係中國大陸重點大學之一
江蘇科技大學	江蘇科大	14	中國大陸	中國大陸重點大學之一
ALTANA CHEMIE AG	ALTANA CHEMIE AG	13	美國	
格林美股份有限公司	格林美股份有限公司	13	中國大陸	公司主營業務為廢棄鈷鎳鎢資源與電子廢棄物的循環利用以及鈷鎳粉體材料、電池材料、碳化鎢、金銀等稀貴金屬、銅原料與塑木型材的生產、銷售
上海第二工業大學	上海第二工業大學	13	中國大陸	「服務國家特殊需求人才培養項目」專業學位研究生培養試點單位
廣東臻鼎環境科技有限公司	臻鼎環境科技有限公司	12	中國大陸	廣東臻鼎環境科技有限公司成立於2014年10月，是一家專門從事工業廢棄物管理（PCB、電鍍、濕法冶金、...等）
荏原製作所	EBARA(荏原製作所)	11	日本	荏原製作所是一家位於日本東京都大田區的上市製造公司，主要生產工業機械和環境處理機械，如泵、渦輪機、淨水設備和廢水處理設備等

學研機構
(30%)

礦業公司
(30%)

如圖 3-1-20 所示，全球前二十大申請人中，若以申請人國籍而論，中國大陸籍申請人占 50% (10/20)，其中 6 成為學研機構(6/10)；日本籍申請人占 20% (4/20)；芬蘭籍申請人占 10% (2/20)；美國籍申請人占 10% (2/20)，皆為 IP 公司；澳大利亞及比利時籍申請人各占 5% (1/20)，亦皆為礦業公司。

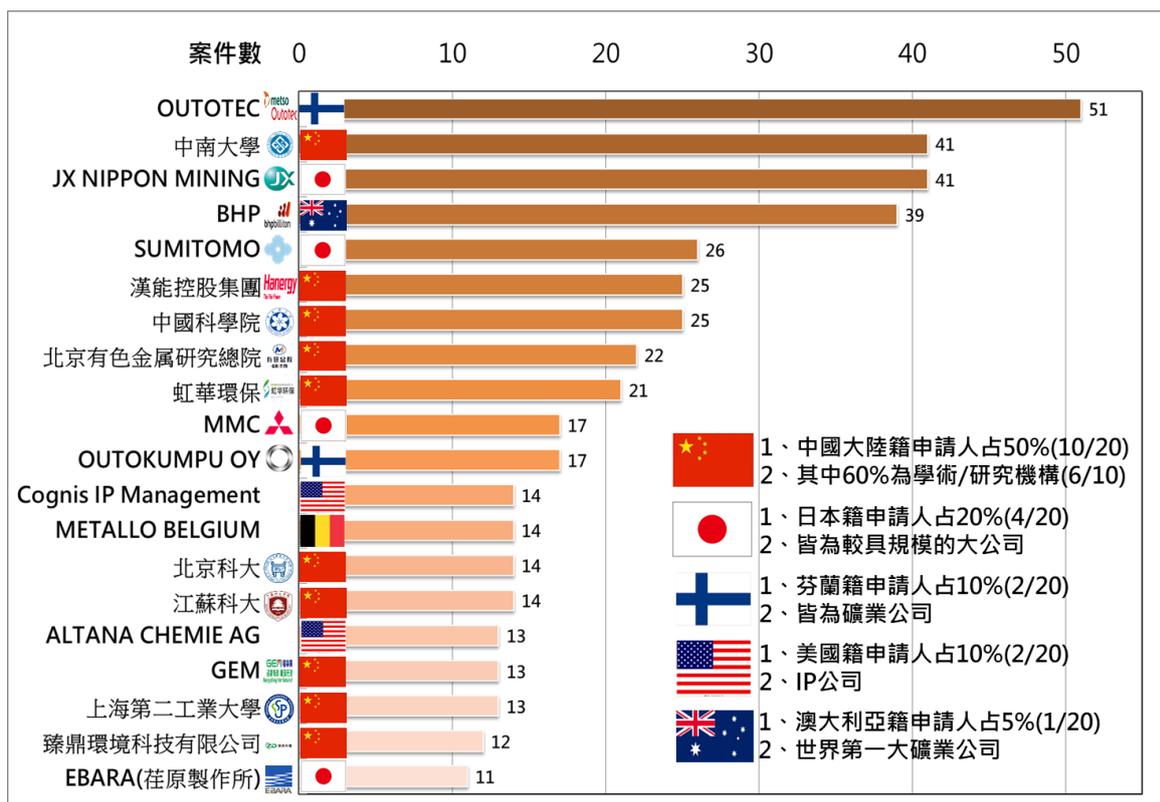


圖 3-1-20. 全球前二十大申請人及其案件量

7、全球前二十大申請人專利申請趨勢

圖 3-1-21 所示為全前二十大申請人 1960~2022 年申請量

趨勢圖，分析歸納如下：

- (1) 美、日、歐及澳籍之申請人：歐、美及澳所屬之礦業公司（奧圖泰、必和必拓集團、奧托昆普或 METALLO BELGIUM 等），自 1969 年起，就開始有發展「銅回收」相關之技術，量雖不多但仍有申請專利，而於 1997 年後至今，更是持續地研發技術及申請專利。與歐美國家不同的是，日商礦業公司（JX 金屬株式會社、住友金

屬礦山)與半導體公司(三菱綜合材料公司、荏原製作所)則起步較晚,其於1997年後,始有「銅回收」相關專利的申請。

- (2) 中國大陸籍的申請人: 中國大陸之「銅回收」相關技術發展及專利申請更晚,1997年前幾乎沒有相關的專利申請。甚至,1997年至2005年之期間,仍僅有零星的專利申請,其原因應在於中國大陸在該期間所採取的態度所致。然而,2005年後,中國大陸也漸漸對環保議題有所重視,致學研機構(例如中南大學、北京科大等知名大專院校或中國科學院、北京有色金屬研究總院等國營事業)發展「銅回收」相關技術並申請專利,有助帶動產業的發展。

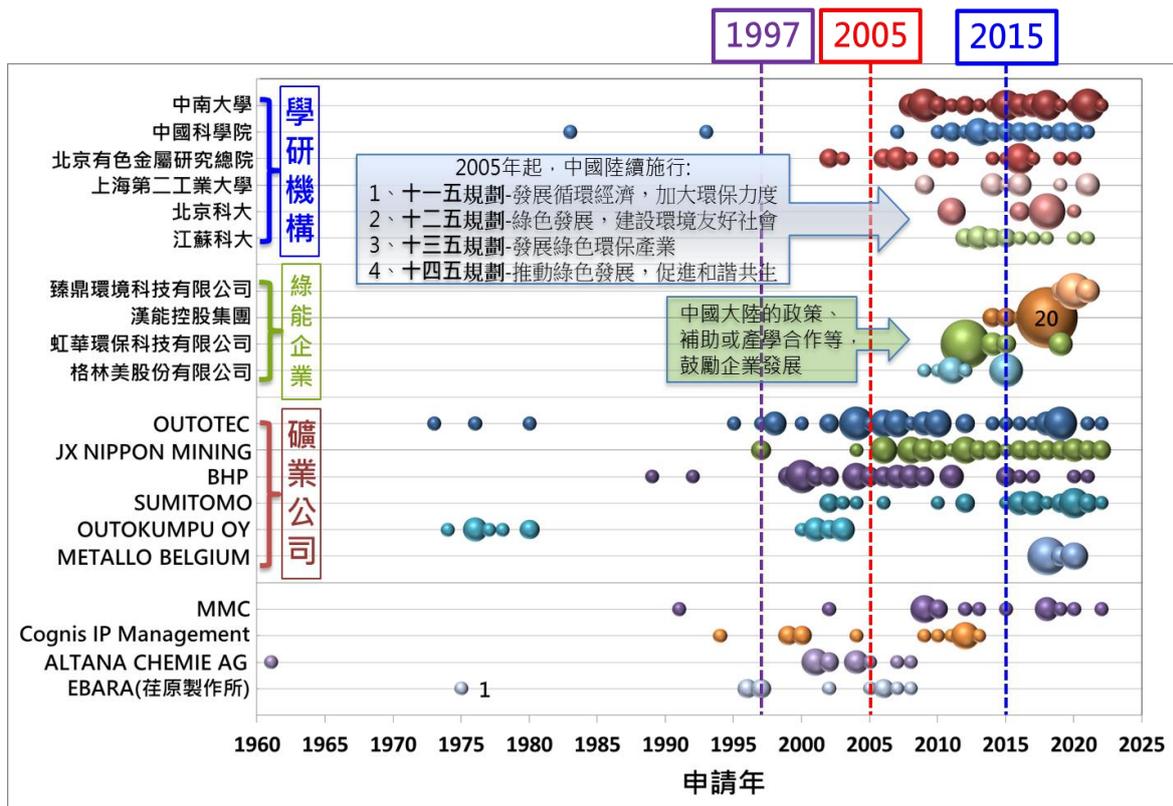


圖 3-1-21. 全球前二十大申請人專利申請趨勢

8、主要國家/地區之專利布局

有關「銅回收」專利案，主要申請國別/地區與申請人國籍/地區之矩陣分析圖如圖 3-1-22 所示。藉此可觀察，全球「銅回收」技術專利申請人所注重的市場與專利布局趨勢。

由五大專利局與我國專利申請人的申請國別/地區，可發現申請人主要還是在其本身國家/地區的專利局申請居多。此外，申請人除了在其本身的國家以外，其專利布局國家/區域主要以中國大陸、美國及歐洲專利局為主。

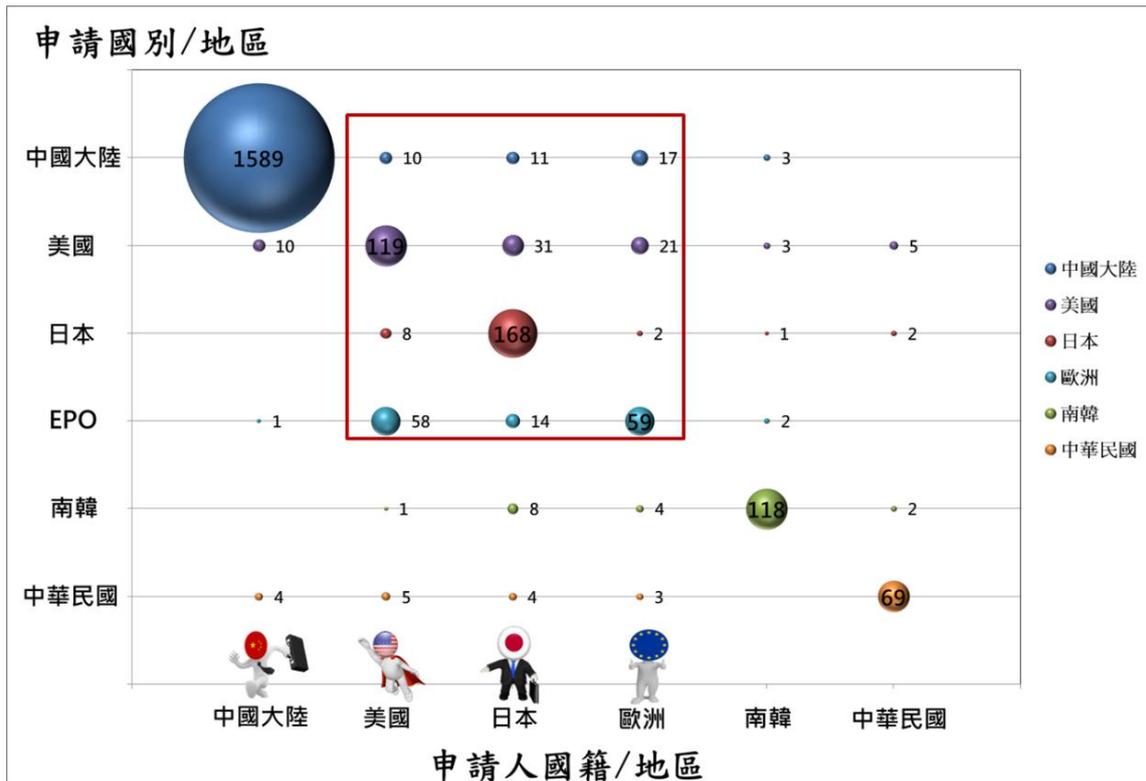


圖 3-1-22. 主要國家/地區之專利布局

(五)專利技術分析

本章節將與「銅回收」相關之專利案，以 IPC 分類號、技術分類理或處理物態樣之觀點（圖 3-1-23），進一步整理並分析。IPC 分類號主要包括：C02F（水、廢水、污水或污泥之處理）、C22B（金屬之生產或精煉）、C25C（電解法生產、回收或精煉金屬之工藝；其所用的設備）、C25D（覆層之電解或電泳生產之工藝方法；電鑄以電解法聯接工件；其所用裝置）、C23F（非機械方法去除表面上之金屬材料）、C12N（微生物或酶；其組合物繁殖、保存或維持微生物變異或遺傳工程；培養基）、B09B（固體廢物之處理）或 B03D（浮選）等。技術

分類主要包括：火法冶金、濕法冶金、微生物冶金及其他技術，而處理物態樣主要包括：礦石或其廢水、工業廢棄物、重金屬廢液、印刷電路板(PCB)、光電材料及其他。

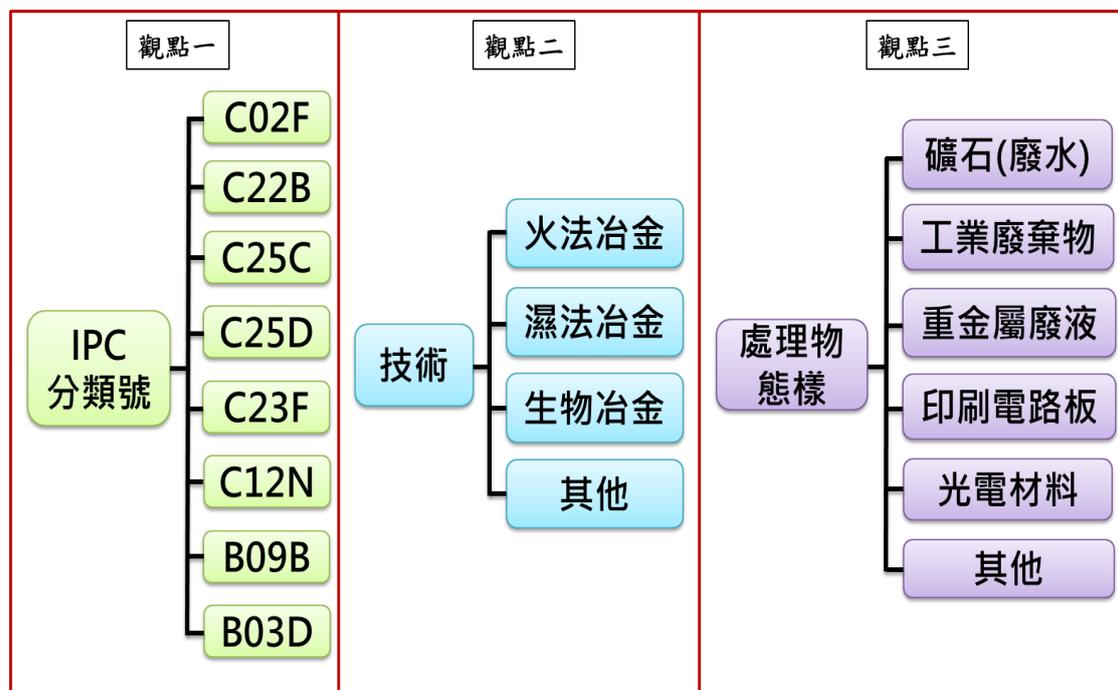


圖 3-1-23. 「銅回收」技術分析之三大觀點

專利技術分析將係依序以「銅回收專利案(3,286 案)之三階 IPC 分布」、「銅回收專利案(3,286 案)之專利地圖」、「全球前二十大申請人申請案之主要 IPC 分類號(三、四階)」、「全球前二十大申請人申請案之技術統整」、「全球前二十大申請人申請案之技術趨勢」及「我國申請人專利申請之概況」呈現。

1、「銅回收」專利案(3,286 案)之三階 IPC 分布

以下由「銅回收」專利案(3,286 案)中，統計整理 IPC

分類號之分布，如圖 3-1-24 所示，主要之 IPC 分類號為 C22B (24.9%；金屬之生產或精煉)，其次依序為 C25C (11.4%；電解法生產、回收或精煉金屬之工藝；其所用的設備)、C02F (11.3%；水、廢水、污水或污泥之處理) 及其他類位，可發現有關「銅回收」之專利案的 IPC 分類號較為分散，前 3 大三階 IPC 約占 5 成左右的比例，常見三階 IPC 分類號的簡要技術說明如下表 3-1-6 所示。

表 3-1-6. 「銅回收」專利案常見之 IPC 分類號

IPC 分類號	簡要技術說明
C02F	水、廢水、污水或污泥之處理
C22B	金屬之生產或精煉
C25C	電解法生產、回收或精煉金屬之工藝；其所用的設備
C25D	覆層之電解或電泳生產之工藝方法；電鑄以電解法連接工件；其所用裝置
C23F	非機械方法去除表面上之金屬材料
C12N	微生物或酶；其組合物繁殖、保存或維持微生物變異或遺傳工程；培養基
B09B	固體廢物之處理
B03D	浮選

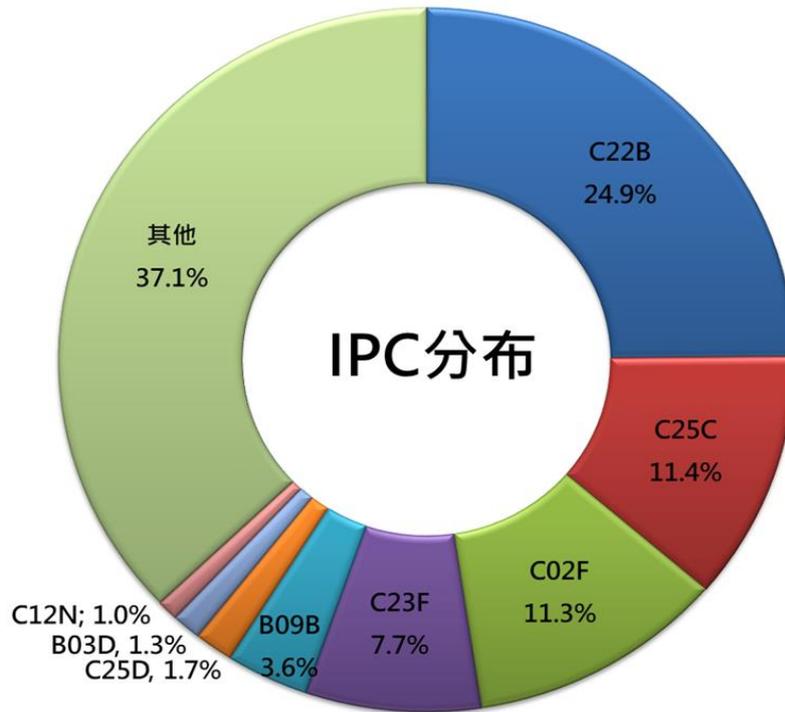


圖 3-1-24. 整體「銅回收」專利案(3,286 案)之三階 IPC 分布

2、「銅回收」專利案(3,286 案)之專利地圖

利用 DI 專利資料庫內建的專利地圖分析 (ThemeScape)，將有關「銅回收」之專利案(3,286 案)予以處理而得之結果，如圖 3-1-25、3-1-26²²所示，大致上可分為 5 大類別，涵蓋 3 大 IPC 分類號，詳述如下：

- (1) **設備**包含：「儲存槽、管線或過濾裝置」及「電化學裝置」，分別約為 455 案(13.8%)及 388 案(11.8%)，所屬主要的 IPC 分類號為 C25C（電解法生產、回收或精煉金屬之工藝；其所用的設備）。

²² 註：圖中的每一個點代表一專利案。

- (2) **固體廢棄物**包含：「金屬粒子、銅氧化物」、「光電材料、貴金屬」、「爐渣」及「印刷電路板(PCB)」，分別約為 275 案(8.4%)、225 案(6.8%)、235 案(7.2%)及 292 案(8.9%)，所屬主要的 IPC 分類號為 C22B (金屬之生產或精煉)。
- (3) **工業廢水**包含：「污泥、重金屬廢液」約為 538 案(16.4%)，所屬主要的 IPC 分類號為 C02F (水、廢水、污水或污泥之處理)。
- (4) **礦業**包含：「硫化礦、硫酸銅」約為 317 案(9.6%)，所屬主要的 IPC 分類號為 C22B (金屬之生產或精煉)。
- (5) **方法**包含：「浮選」、「浸出」、「分離」及「萃取」，分別約為 74 案(2.3%)、113 案(3.4%)、194 案(5.9%)及 91 案(2.8%)，所屬主要的 IPC 分類號為 C22B (金屬之生產或精煉)。

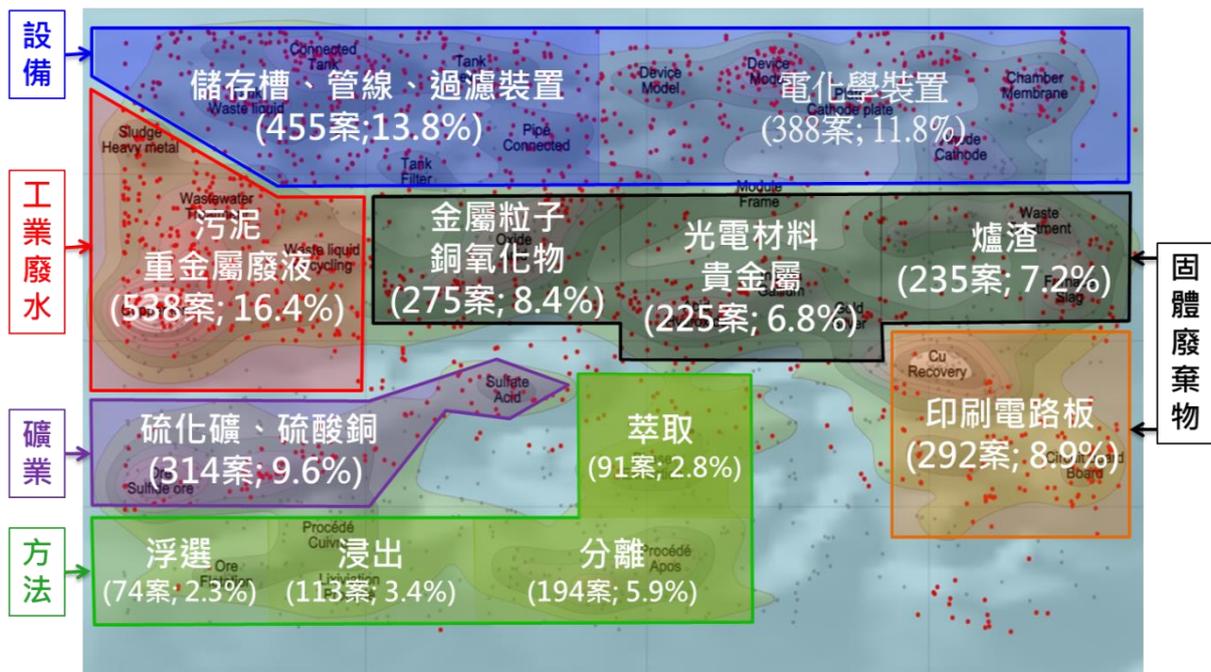


圖 3-1-25. 有關「銅回收」專利案之專利地圖（領域類別）

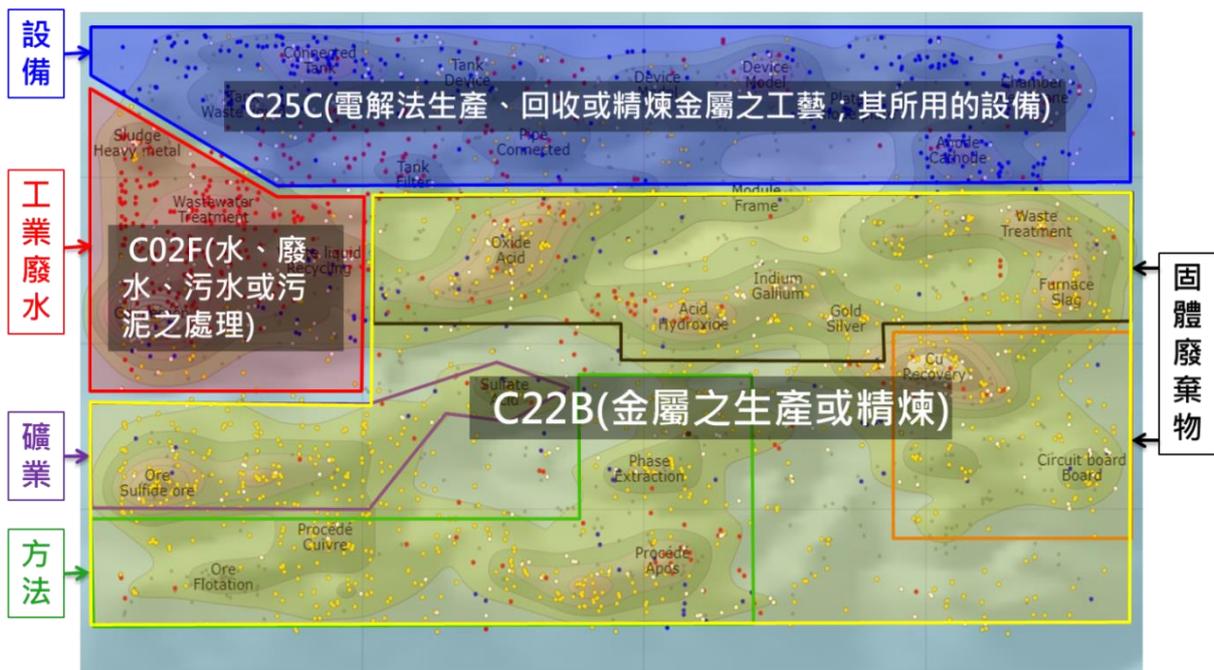


圖 3-1-26. 有關「銅回收」專利案之專利地圖（IPC 分類號）

若以全球專利布局的角度來看，中國大陸近十年來發展與布局「固體廢棄物」、「工業廢水」及「設備」等領域，申請量居全球首位。此外，美、日、歐等先進國家申請量能

雖不大，仍持續著重於「礦業」、「方法」等領域之研發，
如圖 3-1-27 所示，後續發展值得關注。

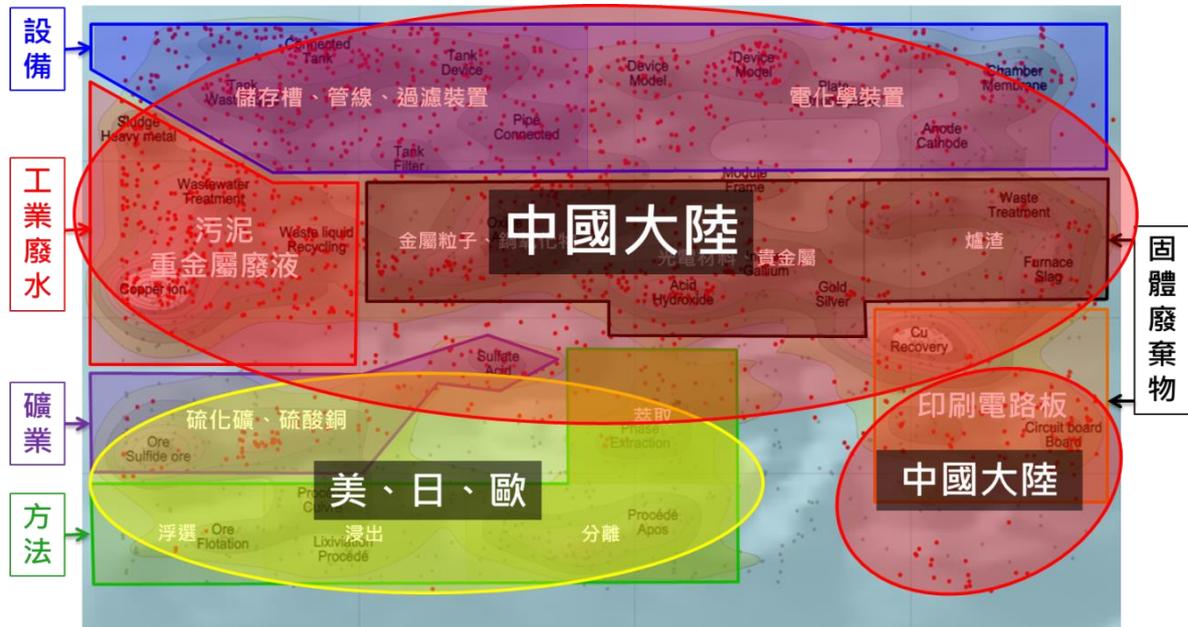


圖 3-1-27. 有關「銅回收」專利案之專利地圖（全球布局）

3、全球前二十大申請人申請案之主要 IPC 分類號(三、四階)

全球前二十大申請人²³有關「銅回收」之專利案，共 443 案，本小節統計並分析上述專利案，結果如圖 3-1-28 及表 3-1-7 所示。主要之三階 IPC 分類號為 C22B (61.6%；金屬之生產或精煉)，其次依序為 C02F (6.8%；水、廢水、污水或污泥之處理)、C25C (6.1%；電解法生產、回收或精煉金屬之工藝；其所用的設備) 及其他類位，前 3 大三階 IPC

²³ 奧圖泰、中南大學、JX 金屬株式會社、必和必拓集團、住友金屬礦山、漢能控股集團、中國科學院、北京有色金屬研究總院、成都虹華環保科技有限公司、三菱綜合材料公司、奧托昆普、Cognis IP Management、METALLO BELGIUM、北京科技大學、江蘇科技大學、ALTANA CHEMIE AG、格林美股份有限公司、上海第二工業大學、廣東臻鼎環境科技有限公司、荏原製作所。

約占 7 成 5 以上的比例。

表 3-1-7. 全球前二十大申請人申請案之主要三、四階 IPC 統計

IPC(3階)	說明(3階)	百分比	IPC(4階)	百分比	說明(4階)
C02F	水、廢水、污水或污泥之處理	6.8%	C02F 1/00	3.8%	水、廢水或污水之處理
			C02F 3/00	0.9%	水、廢水或污水之生物處理
			C02F 9/00	2.0%	水、廢水或污水之多級處理
C22B	金屬之生產或精煉	61.6%	C22B 3/00	17.6%	利用濕式法由礦石或精礦內提取金屬化合物
			C22B 7/00	23.7%	處理非礦石原材料，如廢料，以生產非鐵金屬或其他化合物
			C22B 15/00	8.1%	銅之提煉
			C22B 3/18	12.2%	借助微生物或酶，例如細菌或藻類
C25C	電解法生產、回收或精煉金屬之工藝；其所用的設備	6.1%	C25C 1/00	5.9%	由溶液電解法電解生產、回收或精煉金屬
			C25C 7/00	0.2%	電解槽之結構部件，或其組合
C25D	電鍍之電解或電泳生產之工藝方法；電鍍以電解法聯接工件；其所用裝置	1.4%	C25D 3/00	0.7%	電鍍；其所用的電液
			C25D 5/00	0.7%	以工藝方法為特徵之電鍍；工件之預處理或後處理
C23F	非機械方法去除表面上之金屬材料	3.2%	C23F 1/46	3.2%	蝕刻組合物之再生
C12N	微生物或酶；其組合物繁殖、保存或維持微生物變異或遠傳工程；培養基	3.8%	C12N 1/00	3.8%	微生物本身，如原生動物；及其組合物
B09B	固體廢物之處理	6.3%	B09B 3/00	6.3%	固體廢物之破壞或將固體廢物轉變為有用或無害的物品
B03D	浮選	2.5%	B03D 1/00	2.5%	浮選

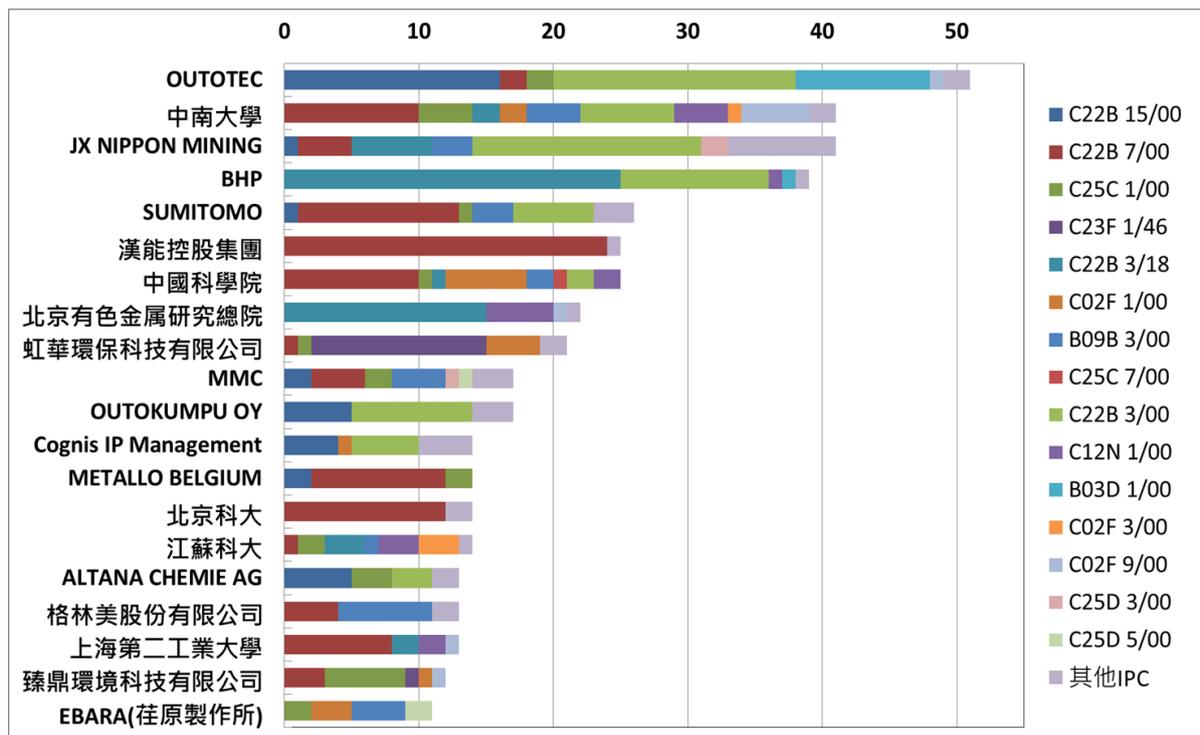


圖 3-1-28. 全球前二十大申請人申請案之主要四階 IPC 分布

進一步觀察四階 IPC 分類，較常見者為：C22B 7/00

（處理非礦石原材料，如廢料，以生產非鐵金屬或其他化合物；23.7%）、C22B 3/00（利用濕式法由礦石或精礦內提取

物；23.7%）、C22B 3/00（利用濕式法由礦石或精礦內提取

金屬化合物；17.6%)、C22B 3/18 (借助微生物或酶，例如細菌或藻類；12.2%)、C22B 15/00 (銅之提煉；8.1%)、B09B 3/00 (固體廢物之破壞或將固體廢物轉變為有用或無害的物品；6.3%)、C25C 1/00 (由溶液電解法電解生產、回收或精煉金屬；5.9%)、C02F 1/00 (水、廢水或污水之處理；3.8%)、C12N 1/00 (微生物本身，如原生動物；及其組合物；3.8%)、C23F 1/46 (蝕刻組合物之再生；3.2%)、C02F 9/00 (水、廢水或污水之多級處理；2.0%) 及 B03D 1/00 (浮選；2.5%)。

4、全球前二十大申請人申請案之技術統計

全球前二十大申請人申請案(443 案)之技術分類如圖 3-1-29 所示，「濕法冶金」技術的專利量最多，共計 228 案(51%)，「微生物冶金」與「火法冶金」技術專利量接近，分別為 84 案(19%)與 62 案(14%)，至於「其他」技術²⁴則為 69 案(16%)。

²⁴ 「其他」技術包含:分離、粉碎、焚化、裂解、萃取、浮選等

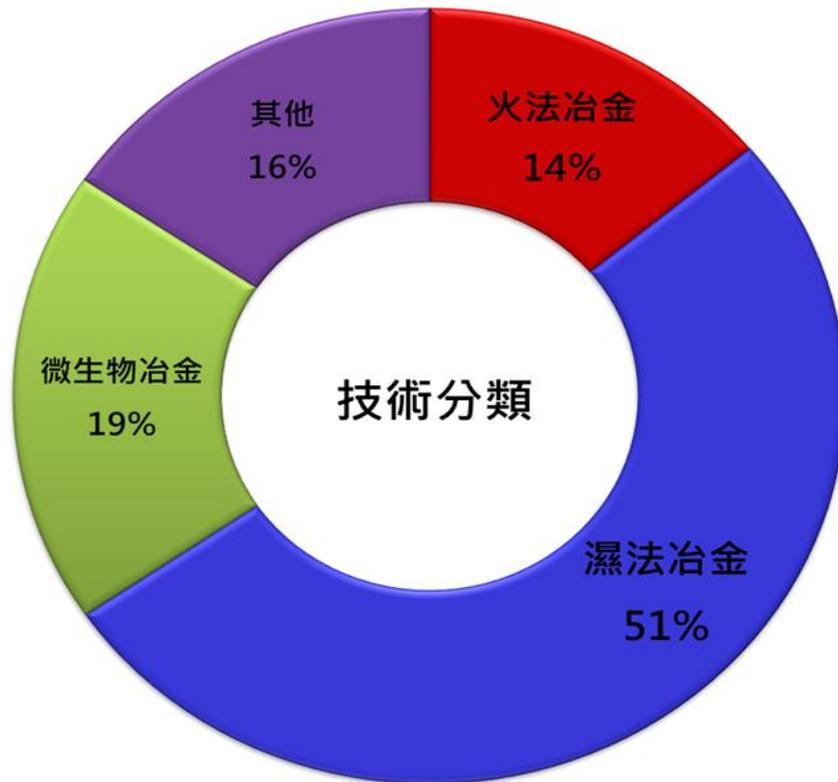


圖 3-1-29. 全球前二十大申請人申請案之分類

全球前二十大申請人申請案各別的技术分類如圖 3-1-30 所示，進一步分析如下：

- (1) 「火法冶金」：該項技術雖發展地很早，然而，由於其能源的需求極大，亦有空污的疑慮，用於回收金屬銅的效益不高，故不論是投入該項技術的單位，或是專利申請量都相對來得少。排名前三的申請人依序為住友金屬礦山(日本；占比為 21.0% (13/62))、METALLO BELGIUM(比利時；占比為 16.1% (10/62))及格林美股份有限公司(中國大陸；占比為 16.0% (10/62))。

- (2) 「濕法冶金」：1970 年代，礦業相關的公司就有在發展

該項技術並申請專利，技術相對成熟，也是目前「銅回收」相當主流的技術，故不論是投入該項技術的單位，或是專利申請量都相對較多。排名前三的申請人依序為奧圖泰(芬蘭；占比為 17.1% (39/228))、中南大學(中國大陸；占比為 10.5% (24/228))及 JX 金屬株式會社(日本；占比為 8.8% (20/228))。

- (3) 「微生物冶金」：歐美國家率先證明了精銅礦的微生物浸出在技術上具可行性及其經濟價值，近年來中國大陸的學研機構大量投入該項技術之發展並申請專利。排名前三的申請人依序為必和必拓集團(澳大利亞；占比為 31.0% (26/84))、北京有色金屬研究總院(中國大陸；占比為 23.8% (20/84))及上海第二工業大學(中國大陸；占比為 14.3% (12/84))。

- (4) 「其他」技術：成都虹華環保科技有限公司(中國大陸)發展有關蝕刻液回收銅之技術(約 15 案)，奧圖泰(芬蘭)發展利用浮選法回收銅之技術(約 12 案)，以及 JX 金屬株式會社(日本)發展硫酸銅回收、純化之技術(約 12 案)。

由上述內容可得知，公司、企業或學研機構的專利布局以相對成熟的「濕法冶金」技術為主。而近年來，來中國大陸對

於「微生物冶金」技術的重視，相關技術的研發及大量地申請專利，也值得我們持續關注。

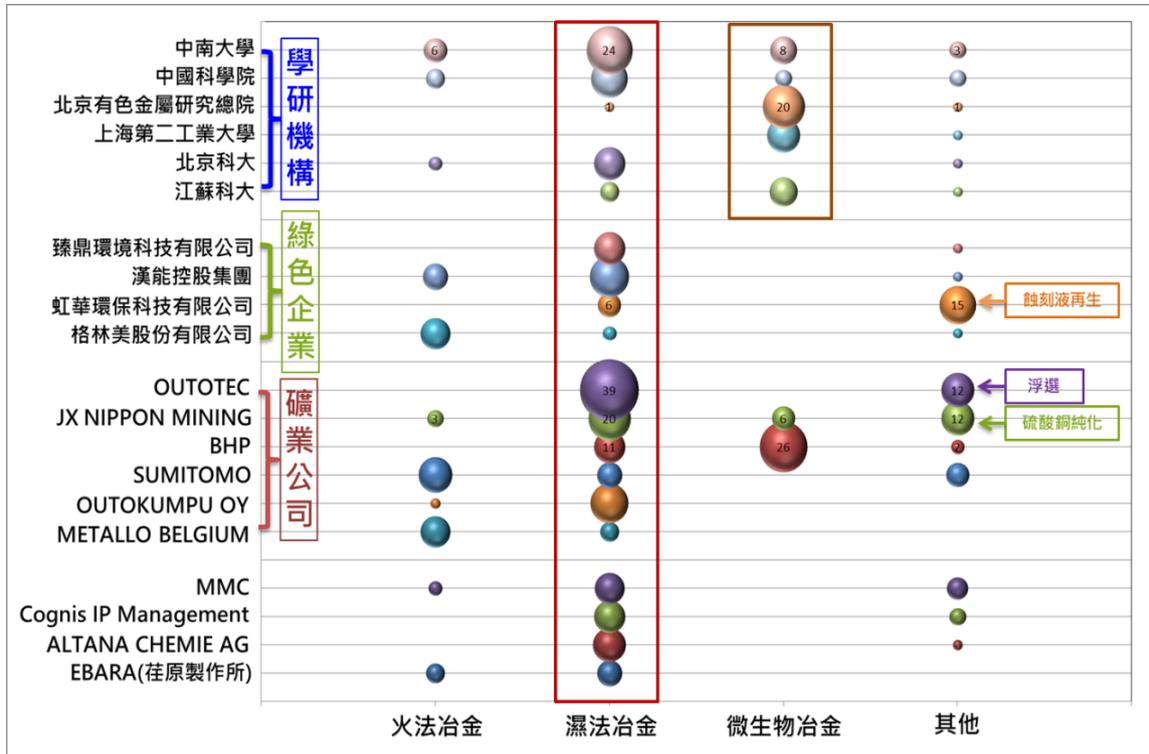


圖 3-1-30. 全球前二十大申請人申請案的技術分類

圖 3-1-31 所示為全球前二十大申請人申請案之處理物分類，大多著重於礦石或其廢水、工業廢棄物、重金屬廢液、印刷電路板(PCB)及光電材料等 5 大項目的回收處理，整理分析如下：

- (1) 中國大陸的「學研機構」與「綠色企業」：中國大陸就「銅回收」相關技術研發及專利申請而言，係採學研機構或國營事業帶動民間企業的方式進行，專利申請量共 200 案，學研機構與綠色企業分別為 129 案(64.5%)與 71 案

(35.5%)。進一步可發現，學研機構研發範圍較廣，「礦石或其廢水、工業廢棄物」相關之專利案約為 43 案(21.5%)，且「重金屬廢液、印刷電路板(PCB)及光電材料」半導體領域相關之專利案約為 82 案(41.0%)，而綠色企業則著重於後者（半導體相關領域）之回收技術，專利案約為 69 案(34.5%)。

(2) 美、日、歐的「礦業公司」：專利申請量共 188 案，其中，絕大多數專利案與「礦石或其廢水、工業廢棄物」相關，約 176 案(93.6%)。

(3) 「其他」：美國 IP 公司與日本半導體相關的公司，專利申請量共 55 案，其中，半導體領域相關之「重金屬廢液、印刷電路板(PCB)及光電材料」專利案約為 30 案(54.5%)，可知對該領域之回收技術較為重視。

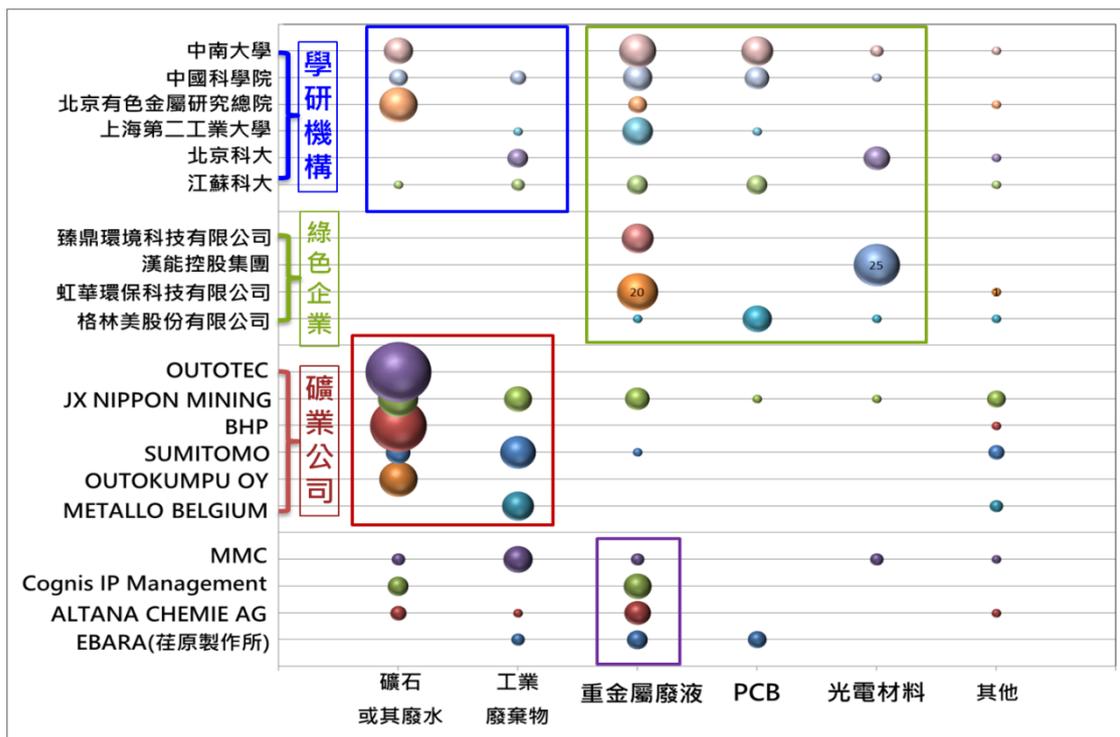


圖 3-1-31. 全球前二十大申請人申請案之處理物分類

5、全球前二十大申請人申請案之技術趨勢

全球前二十大申請人申請案之技術趨勢，如圖 3-1-32 所示，整理分析如下：

- (1) 「火法冶金」：2015 年前，該項技術為零星的專利申請，惟於其後，社會大眾日漸重視大量工業或電子廢棄物（PCB 或光電材料）所造成的環保問題，產業界致力於發展回收該些廢棄物之技術，專利申請似有成長的趨勢，值得後續關注。
- (2) 「濕法冶金」：1975~1980 年代，已有該項技術之發展與專利申請，大多著重於礦石或其廢水之處理，而於 1997

年後，產業界更是努力發展濕法冶金技術，專利申請量呈向上成長的趨勢，直至今日，由於半導體產業的快速發展，除了礦石或其廢水之處理，亦有產自半導體產業重金屬廢液之處理，專利申請量仍領先各項技術。

- (3) 「微生物冶金」：1997 年後，該項技術有明顯的專利申請量，就趨勢而言，微生物冶金似乎持續發展中。
- (4) 「其他」技術：2012~2021 年，為蝕刻組合物（蝕刻液）之再生與礦石（其廢水）之浮選等技術。

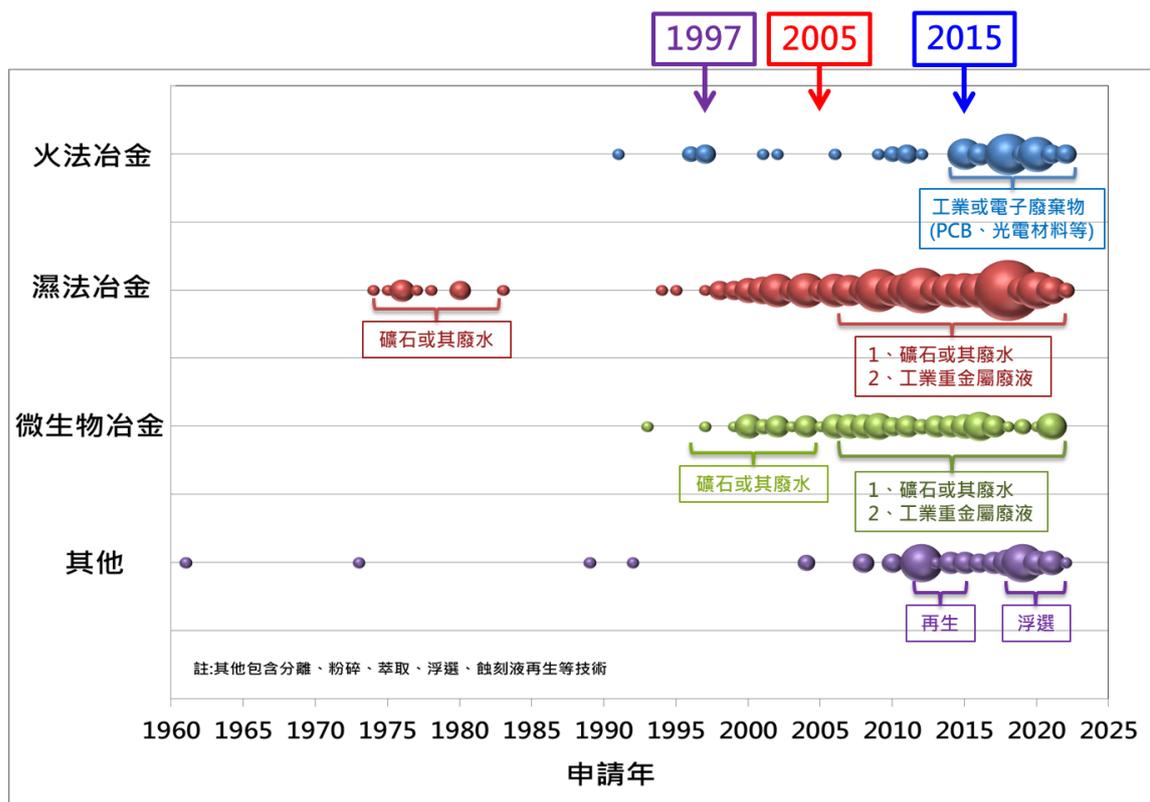


圖 3-1-32. 全球前二十大申請人申請案之技術趨勢

6、我國申請人專利申請之概況

我國申請人有關「銅回收」之專利申請量共計約 66 案（1960 年迄今），申請量不多且較為分散，學研機構的平均申請量為 2.7（案/申請人；19/7），公司的平均申請量為 1.2（案/申請人；26/22），自然人的平均申請量為 1.3（案/申請人；21/16），如表 3-1-8 所示。此外，專案小組亦列舉出我國專利申請量較多之申請人及相關資料，我國排名第一位之申請人為成功大學，申請量約 8 案，其後為邱 OO（自然人；4 案）、欣興電子（3 案）、大葉大學（3 案）、臺灣大學（2 案）、工研院（2 案）及衛司特科技（1 案）等，見表 3-1-9。

表 3-1-8. 中華民國籍專利申請人與申請量統計

申請人型態	學研機構	公司	自然人
專利申請量(案)	19	26	21
申請人數	7	22	16
平均申請量(案/申請人)	2.7	1.2	1.3

表 3-1-9. 中華民國籍專利申請量較多之申請人及相關資料

申請人	專利名稱	處理物	技術	IPC(4階)
成功大學	重金屬吸附性砂濾土過濾介質	重金屬廢液	其他(吸附)	B01D 15/00
	從含銅污泥中回收氧化銅的方法	重金屬廢液	濕法冶金	C02F 11/00
	從含銅污泥中回收氧化銅的方法	重金屬廢液	濕法冶金	C02F 11/00
	從光電工業廢料中分離回收稀有金屬的方法	光電材料	濕法冶金	C01G 3/00
	廢水中重金屬的回收方法	重金屬廢液	濕法冶金	C02F 9/00
	銅鎳鎘銻殘餘靶材熱處理回收方法	光電材料	火法冶金	C22B 7/00
	集化學氧化還原、高級氧化、生物膜過濾於一體的廢水處理系統	重金屬廢液	濕法冶金	C02F 9/00
邱OO(自然人)	無污泥廢水處理工藝及設備	重金屬廢液	濕法冶金	C02F 1/00
	水資源精密回收機	重金屬廢液	其他(過濾)	B01D 29/00
	改進型水資源精密回收機	重金屬廢液	其他(過濾)	B01D 35/00
	水資源回收機	重金屬廢液	其他(過濾)	C02F 9/00
欣興電子	改進型精密水資源回收機	重金屬廢液	其他(過濾)	C02F 1/00
	處理廢物溶液/液體的方法	重金屬廢液	濕法冶金	C02F 1/00
	含金屬粉末的加工方法	重金屬廢液	濕法冶金	C02F 1/00
大葉大學	回收電路板上金屬的方法	PCB	濕法冶金	B09B 3/00
	含銅廢砂片的回收利用方法	光電材料	濕法冶金	C22B 15/00
	廢舊發光二極管晶粒的回收方法	光電材料	濕法冶金	B09B 3/00
臺灣大學	銅泥的資源化利用方法	重金屬廢液	濕法冶金	C02F 1/00
	微波製備氧化亞銅的方法	重金屬廢液	濕法冶金	C02F 1/00
工研院	微波回收污泥中重金屬的方法	重金屬廢液	濕法冶金	C02F 11/00
	廢PCB回收工藝	PCB	濕法冶金	B09B 3/00
衛司特科技	帶有流化床結晶器的廢水處理裝置	重金屬廢液	濕法冶金	C02F 1/00
	銅蝕刻(銅酸)廢液中銅離子的處理及回收方法，包括萃取反應、再生反應、電解處理和回收處理	重金屬廢液	濕法冶金	C02F 1/00

我國專利申請人申請案之技術趨勢，如圖 3-1-33 所示，專利申請首見於 1997 年前後，「火法冶金」與「微生物冶金」技術極為少量，分別為 2 案 (3%；2/66) 及 1 案 (1.5%；1/66)，而「濕法冶金」技術則為我國申請人較為擅長之項目，著重於處理重金屬廢液、印刷電路板 (PCB)、光電材料或電子零組件等，申請量約 46 案 (69.7%；46/66)，占我國專利申請最大的比例。另外，「其他」技術，例如過濾及蝕刻液再生等，專利申請約 17 案 (25.5%；17/66)。

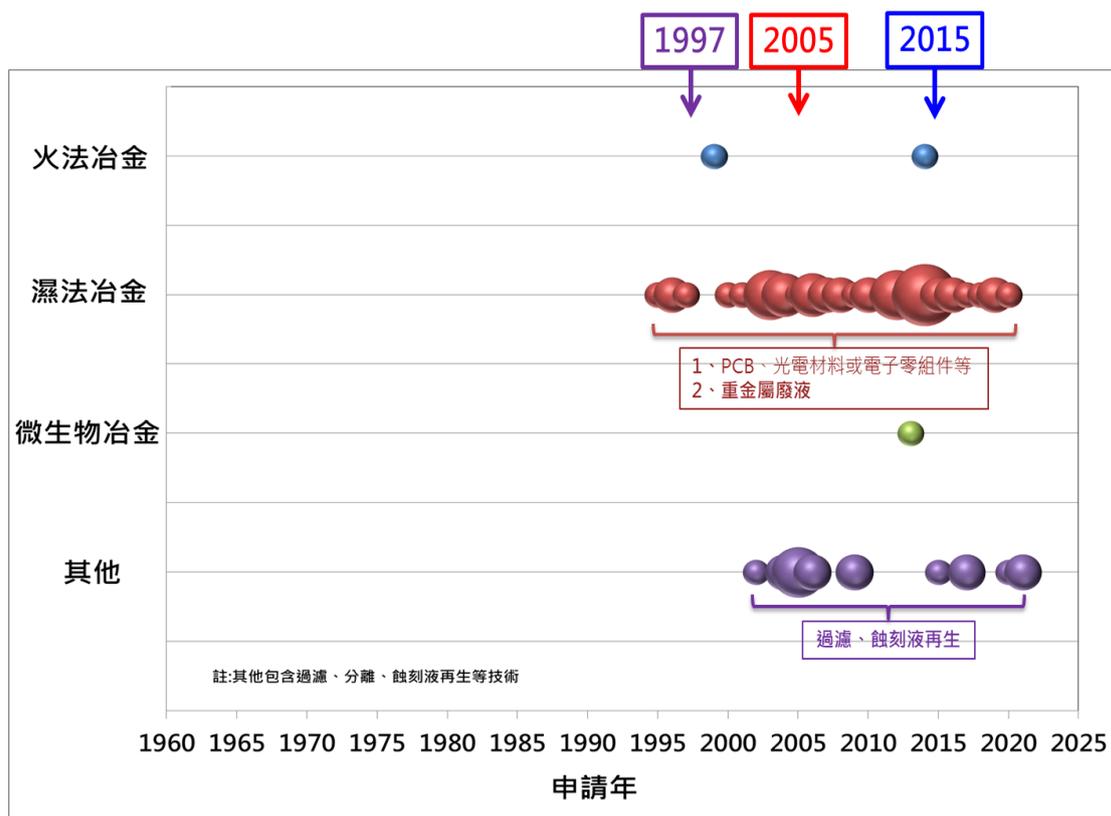


圖 3-1-33. 我國籍「銅回收」申請人申請案之技術趨勢

(六)精選案例

1、參考「被引用(Citing)次數」摘錄案例

DI 資料庫具備將特定專利統計其「被引用(Citing)專利計數」之功能，而被引用專利計數越多，該專利可能為重要發明或技術相對重要²⁵。本小節於專利分析母體-銅回收相關的 3,286 案中，摘錄「被引用(Citing)專利計數」較高（超過 30 次以上）之專利共 12 案，其專利公開/公告號為：

²⁵ 阮明淑、梁峻齊，專利指標發展研究，Journal of Library and Information Science 35 (2)：88-106 (October, 2009)
[-https://jlis.glis.ntnu.edu.tw/ojs/index.php/jlis/article/viewFile/529/529](https://jlis.glis.ntnu.edu.tw/ojs/index.php/jlis/article/viewFile/529/529)。

EP797543B1 (135 次)、TW493008B (115 次)、US3885744A (83 次)、JP04123769B2 (69 次)、CA2352770C (69 次)、CA1159781A1 (67 次)、CN101909770B (61 次)、CN101391800B (49 次)、EP1774063B1 (44 次)、CA2333272C (43 次)、DE19619965C2 (41 次)、US10953444B2 (33 次)。

(1)火法冶金

【案例 1】利用加熱及過濾回收電路板材料

〔專利名稱〕回收印刷電路板方法 (The recycle method of a printed circuit board)

〔公告號〕JP 4123769 B2

〔先前技術〕

以往的廢棄資源再利用方法中，除了配線金屬材料得以回收，但基板材料的熱塑性樹脂等絕緣材料並沒有視為可回收再利用的資源，導致廢棄物增加。然而，近年來環保意識的抬頭，減少二氧化碳排放量以及有效利用資源成為一門顯學，不僅是印刷電路板製造商，使用印刷電路板的電子設備製造商也必須發展可以收集和再利用佈線金屬材料和絕緣材料的印刷電路板之回收方法。

〔實施方式〕

如圖 3-1-34 所示，於室溫下利用機械方法（如金屬刮刀）將電路板上之半導體元件刮除（P200:零件移除步驟），或者可透過加熱錫料方式得以將連接在電路板上之半導體元件移除，並利用研磨機以拋光方式將錫料拋光基板除去電路板表面錫料（P300:錫料移除步驟）。

利用加熱過濾器將電路板加熱，藉由熱軟化樹脂製成的絕緣材料後，同時進行過濾得以分離絕緣材料（P400:加熱過濾步驟）。透過上述分離方法分離金屬材料和絕緣材料後，最後再由習知技術將金屬材料精煉、絕緣材料加熱樹脂成形而得以將回收資源再利用（P500:加熱加壓成形步驟；P600:金屬精煉分離步驟）。

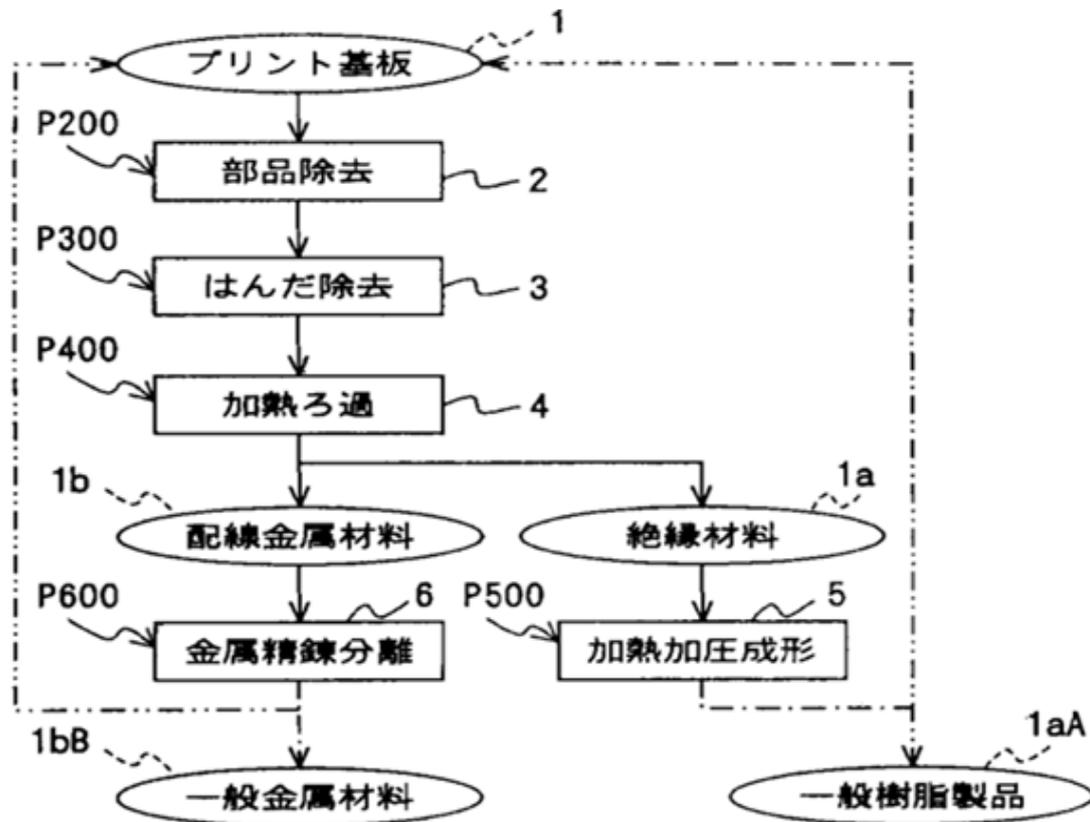


圖 3-1-34. 製程步驟

1：印刷電路板、2：去除部件、3：拆焊裝置、4：加熱過濾裝置、1a：絕緣材料、1b：配線金屬材料、5：加熱加壓成形、1aA：一般樹脂製品、1bB：一般金屬材料、P200：零件移除步驟、P300：錫料移除步驟、P400：加熱過濾步驟、P500：樹脂成形步驟、P600：金屬精煉分離步驟

〔技術功效〕

廢棄電路板之銅、絕緣材料等得以回收再利用，以減少廢棄物產生量，減輕對環境負擔並可提升回收經濟價值。

【案例 2】高溫冶煉回收銅

〔專利名稱〕廢電池及廢棄印刷電路板在熔鹽或熔融金屬中的回收技術 (Process for the recycling of waste

batteries and waste printed circuit boards in molten salts or molten metal)

[公告號] US 10953444 B2

[先前技術]

火法冶金是一種從廢棄印刷電路板中回收金屬的傳統技術，火法冶金包括高溫（通常 $>1,000^{\circ}\text{C}$ ）下的氣相焚化、熔煉、熔化和反應，然而此類技術由於工作溫度高而成本高昂，並且僅對高檔 PCB 才具經濟效益。而濕法冶金是另一種從廢棄印刷電路板中回收貴金屬的傳統技術，濕法冶金的主要步驟首先包括一系列酸或鹼浸出，其次包括雜質沉澱、溶劑萃取、吸附和離子交換等分離和純化程序，以分離和濃縮所需的金屬，最後是電解精煉過程，化學還原或金屬回收結晶，濕法冶金技術的缺點包括它們會產生必須處理的廢液和污泥，此外，濕法冶金工藝往往既費時又複雜，因此這些過程的總成本可能很大，從經濟的角度來看，更簡單的廢棄物回收過程將是急需改進的方向。

[實施方式]

如圖 3-1-35 所示，將未經機械預處理（通常完好無損地）的廢棄電路板裝入裝料容器(30)。接著，廢棄電路板透過傳送帶(31)進入分離/熱解液(7)，並分離/熱解液的高溫將

廢棄電路板可被分解並分離成蒸氣、頂部和底部的浮渣。諸如玻璃和一些金屬的輕質固體可以收集在收集金屬上方的分離/熱解室(8)中，即在水平面 D 上方的區域 C 中，固體去除裝置(15、17)可從那裡定期去除該材料(輕質固體(Light Solid)分離)。

一些重化合物如不銹鋼、銅、金或鈮以及在操作溫度下熔融的金屬如鋅、錫或鉛分離到分離/熱解室(8)的底部，並且由於該壁的傾斜，積聚在區域 D 中，在那裡它們可以通過多個排放點(20 或 21)或通過固體去除裝置(15、17)去除(重質固體(Heavy Solid)分離)。此外，貴金屬和其他金屬在分離/熱解室中作為頂部或底部浮渣收集或形成合金，週期性地從分離/熱解室中去除頂部和底部浮渣，並且金屬合金/混合物可以出售給第三方或在後續單元操作中進行處理。

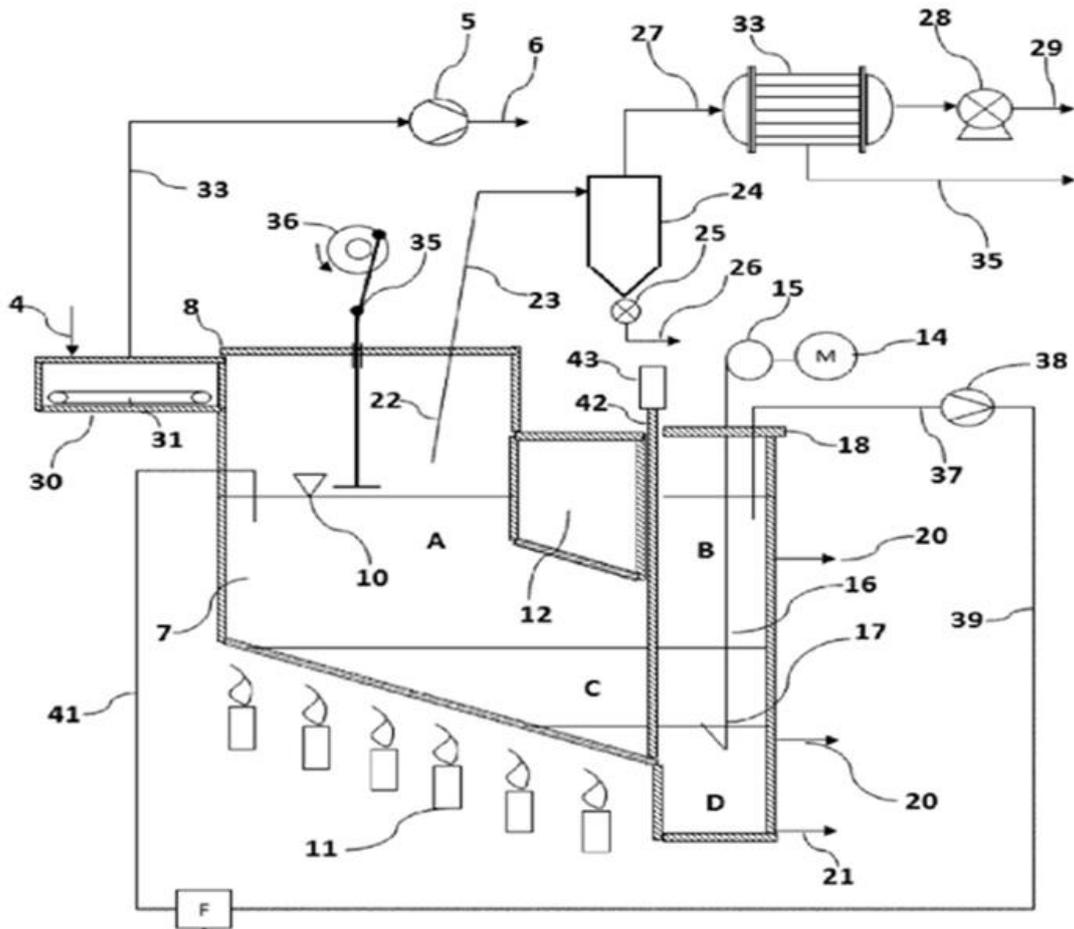


圖 3-1-35. 熔融裝置

1：裝料容器、2：進料室冷閥、5：真空泵、7：分離/熱解液、8：分離/熱解室、11：加熱器、12：分離器、15,16,17：固體除去裝置、20,21：排放點、22：提取器、26：固體去除線、29：蒸汽進一步加工、31：傳送帶、42：關閉閘門

〔技術功效〕

低價值廢棄電路板可以經濟地回收，因為該過程回收了不同種類金屬並且還可以產生熱解油，有效提升回收經濟效益。廢棄電路板在加工前不需要切碎，從而最大限度地減少了該過程的能量需求。

(2)濕法冶金

【案例 1】中和沉澱法回收銅

〔專利名稱〕處理含金屬廢水並從中回收金屬的方法

(PROCESS FOR THE TREATMENT OF
METAL-CONTAINING WATER AND
RECOVERY OF METAL THEREFROM)

〔公告號〕EP 0797543 B1

〔先前技術〕

化工公司和電鍍產業產生的工業用水含有類似於酸性礦井水的高酸性廢液，需要去除金屬和其他污染物。實際上，從礦山排水到酸洗液、漂洗液、鍍鋅廢液、電鍍廢棄物等所有重金屬廢水都必須經過處理以去除污染廢物的金屬，然後才能將廢物排放到溪流和其他水體中，在酸性礦山廢水中重金屬離子的處理和回收，傳統的方法是藉由石灰中和沉澱金屬氫氧化物，但沉澱的氫氧化物難以過濾並且沒有任何市場或銷售價值，且金屬氫氧化物的化學性質不穩定，它們被作為“氫氧化物污泥”收集起來，將來必須進行淨化處理。

〔實施方式〕

本案例是從受污染的水中沉澱及回收銅，其中沉澱在 pH 值約 1 至約 2 下進行，在該 pH 值下，銅透過以下方式從水中沉澱：

1. 加入氧化劑：

在受污染的水中添加至少一種氧化劑（次氯酸鈉（漂白劑）等）將水的氧化還原電位（下稱 ORP）增加到正電位的量，例如，將 ORP 增加至少約+50mV 至約+250mV，將鐵轉化為鐵離子形式。

2. 加入酸／鹼：

於含有三價鐵離子形式的鐵的污染水中加入足夠量的酸（硫酸）或鹼水溶液或其混合物，以將水的 pH 值調節至約 1 至約 2，此時在有機或無機硫化合物存在的情況下會發生銅沉澱。

3. 加入硫化合物形成銅沉澱：

加入足量的至少一種有機或無機硫化合物（二甲基二硫代氨基甲酸鈉）或其混合物，所述硫、具有巰基或電離巰基的化合物或能夠產生巰基（sulfhydryl group）或電離巰基的硫化合物，在 pH 值約 1 至約 2 的調節下在水中形成銅沉澱。

4. 分離銅沉澱與水溶液：

從水中除去銅沉澱物以形成基本上不含所述銅的水性上清液。再利用沉澱法析出其他金屬（例如，鋁）以及析出磁性尖晶石鐵氧體與清水。

如圖 3-1-36 所示，受污染的水通過管道(8)引入銅沉澱槽(2)。接著，酸及有機或無機硫化物通過管道(14)引入銅沉澱槽(2)並經由攪拌器(22)與受污染的水混合。沉澱在銅沉澱槽(2)中的銅可透過過濾回收，上清液可透過導管(10)進入鋁沉澱槽(4)以進行進一步處理，或者，如果不需要鋁回收之製程，上清液可以通過導管(10)直接進入磁性尖晶石鐵氧體沉澱槽(6)。

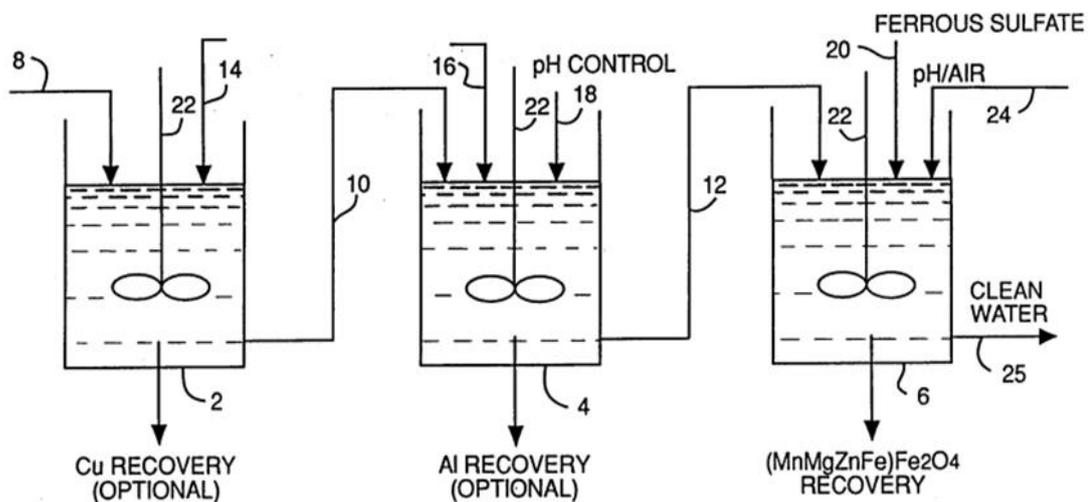


圖 3-1-36. 中和沉澱裝置

2：銅沉澱槽、4：鋁沉澱槽、6：磁性尖晶石鐵氧體沉澱槽、8：污水通過管道、10：導管、14：管道、22：攪拌器、25：乾淨水

[技術功效]

經由該製程可在常溫下製備具有高品質磁性尖晶石鐵氧體，回收後乾淨的水可以流入環境或進行額外處理（例如通過反滲透），以轉化為飲用水。此外，該製程得到的銅沉澱物和鋁沉澱物，其品質可供冶煉廠用於生產銅鋁產品或副產品以提升回收廢棄物之經濟價值。

【案例 2】濕式冶金法萃取金屬

〔專利名稱〕以氯化物輔助之濕式冶金法萃取金屬

〔公告號〕TW 493008 B

〔先前技術〕

高溫冶金／濕式冶金處理組合目前在商業上已是相對成熟之技術，大部份的方法都著重在回收其中所含的有價金屬，例如銅和鈷。此外，在產生含有貴金屬（例如金和銀）以及鉑族元素（例如鉑和鈀）的瀝濾殘渣，供後續製程以回收所含貴金屬之用。

〔實施方式〕

本案例首先對礦石或濃縮物在含有硫酸根，氯離子和銅離子的酸性溶液之存在中施以加壓氧化（12；圖 3-1-37）再通過中和步驟(501)。該中和步驟(501)可用來減少加壓氧化濾液(29)中的銅。在該加壓氧化(12)之後，產生的漿液係經

由一或更多個閃蒸槽(22)排出以使壓力減低到大氣壓並使溫度降到 90~100°C。然後將漿液進一步冷却並施以過濾處理(24)而產生加壓氧化濾液(29)和固體殘渣(加壓氧化濾餅)。

該加壓氧化濾液(29)通常再經銅溶液萃取(50)。此外，對該加壓氧化濾餅施以大氣瀝濾(14)以將銅回收到溶液內，將溶液則再經 Cu 溶液萃取(16)。該溶液萃取步驟(50)和(16)所得裝料萃取劑經滌取處理(44)後即送到銅電解提煉處理(20)，以完成回收銅。

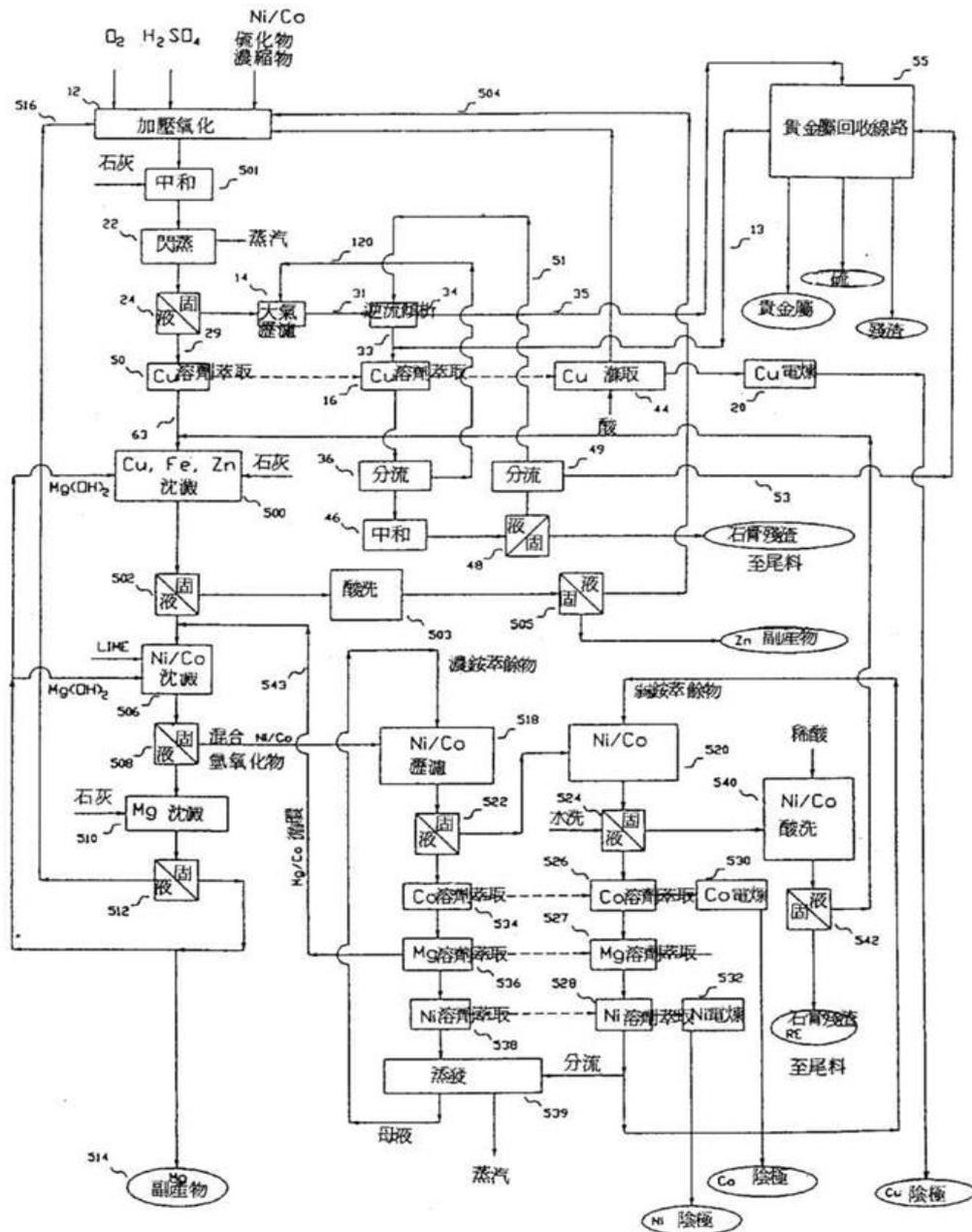


圖 3-1-37. 製程方塊圖

12：加壓氧化、14：大氣瀝濾、16、50：溶液萃取、20：銅電解提煉處理、22：閃蒸槽、24：過濾處理、29：加壓氧化濾液、44：滌取處理、501：中和步驟

[技術功效]

本案例所載之不同實施例可以針對有一或多種金屬（例如，Cu、Ni、Co 和 Zn）的硫化物礦物質，同時處理不同的金屬，對銅和硫酸根離子的酸性溶液施以加壓氧化，而從所得加壓氧化漿液中得到含有 Cu、Ni/Co 價物之濃縮液，再由後續電解處理而回收銅金屬。

【案例 3】電解法回收銅

〔專利名稱〕有用金屬的再循環方法 (Method of recycling useful metal)

〔公告號〕CN 101909770 B

〔先前技術〕

電子廢棄物回收技術，如平板顯示器、顯像管、螢光燈管、太陽能板、印刷電路板貨車載銅布線束、電力電纜、同軸電纜等，已經有眾多專利技術文獻教示如何將各別電子廢棄物進行回收，惟無法將上述電子廢棄物同時進行處理，亦無法將有用金屬及稀土金屬同時進行回收。

〔實施方式〕

本案例主要製程步驟（圖 3-1-38），詳述如下：

1. 粉碎、粉末化及洗淨：

將廢棄顯示面板、廢棄液晶面板等粉碎及粉末化，並用洗滌劑除卻液晶。

2. 第一溶解、分離及電解工序：

將上述粉末加入半導體用氫氟酸後形成凝膠狀沉澱物及水溶液，並進行過濾將沉澱物及水溶液分離，得到第一沉澱物及水溶液。後將第一水溶液送到電解裝置進行電解或析出回收金屬銅。

3. 第二溶解、分離及電解工序：

將第一沉澱物溶解至硝酸(HNO_3)後，將其沉澱物過濾及回收，得到第二沉澱物(SnO_2)及第二水溶液，將第二水溶液送到電解裝置進行電解而析出並回收金屬，例如鉛(Pb)或銀(Ag)。

4. 第三溶解、分離及電解工序：

將第二沉澱物(氧化錫； SnO_2)溶解至氫碘酸(HI)中，得到第三水溶，最後將第三水溶液送到電解裝置進行電解而析出並回收金屬錫(Sn)。

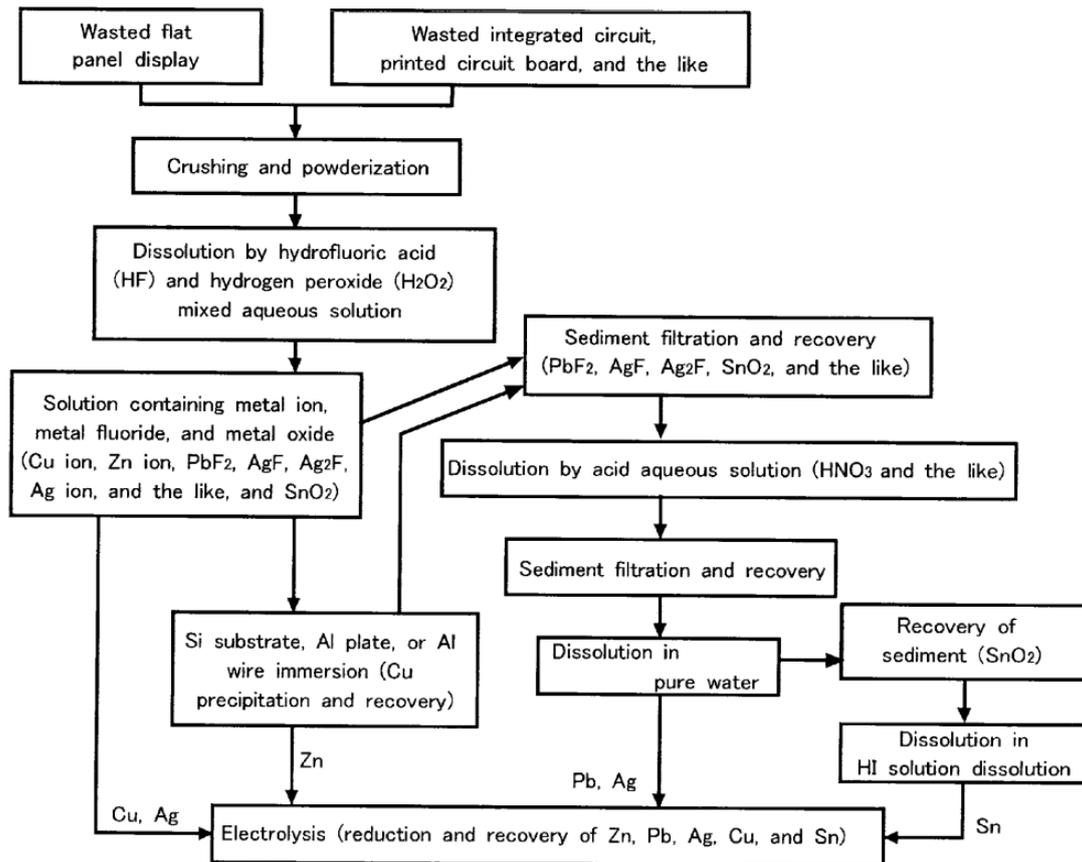


圖 3-1-38. 製程方塊圖

〔技術功效〕

本案例同時兼具有低能耗且具經濟效益之回收金屬方法，不僅可同時將不同類電子廢棄物進行回收，且可回收有價金屬及稀有金屬以解決稀有金屬儲藏量枯竭問題外，亦因為稀有金屬具有高價特性提升回收經濟效益。

【案例 4】製成硫酸銅以回收銅

〔專利名稱〕利用含銅蝕刻廢液生產鹼式氯化銅、五水硫酸銅

的方法 (Method for producing basic copper chloride, cupric sulfate pentahydrate from copper-containing etching waste liquid)

[公告號] CN 101391800 B

[先前技術]

印製線路板是電子產品的基本零部件，其加工包含印製線路與蝕刻線路兩個重要的工序。在蝕刻工序，產生大量的蝕刻廢液，含銅量高達幾十甚至幾百克/升，同時含有其它高濃度污染物，如氨氮等，污染係數高，若直接排入環境，不僅造成資源浪費，且造成嚴重危害，必須對其合理處置。當前，蝕刻廢液的處理方法主要包括化學沉澱、溶劑萃取、火法熔煉、電積還原等，這些方法都還存在著種種缺陷，任何一種單一的方法都很難實現將蝕刻廢液處理到達標排放並回收利用有價金屬及其它有用成分的目標。

[實施方式]

如圖 3-1-39 所示，酸性和鹼性蝕刻廢液進入廠區後，經預處理後分別進入各自的貯槽，然用泵送至中和反應釜進行中和，將 pH 控制在 4.5~6.0 之間，得鹼式氯化銅晶體，經抽濾、洗滌、離心得到鹼式氯化銅產品。將部分鹼式氯化銅晶體導入鹼轉反應釜，加入 NaOH 溶液，將 pH 控制在 8.0~13.0 之間，進行鹼轉反應，生成氧化銅沉澱，離心分離，氯離子留在上清液中，從而徹底去除氯離子，將氧化銅

轉入酸化釜，加入硫酸，並將 pH 控制在 0.1~5.0 之間，制得硫酸銅溶液，導入結晶釜進行冷卻結晶，得五水硫酸銅晶體，洗滌、乾燥後即得五水硫酸銅產品。在該過程中，需嚴格控制 pH 條件和配液比例，鹼轉反應釜內 pH 範圍控制在 8.0~13.0 之間，酸化反應釜內 pH 範圍控制在 0.1~6.0 之間。

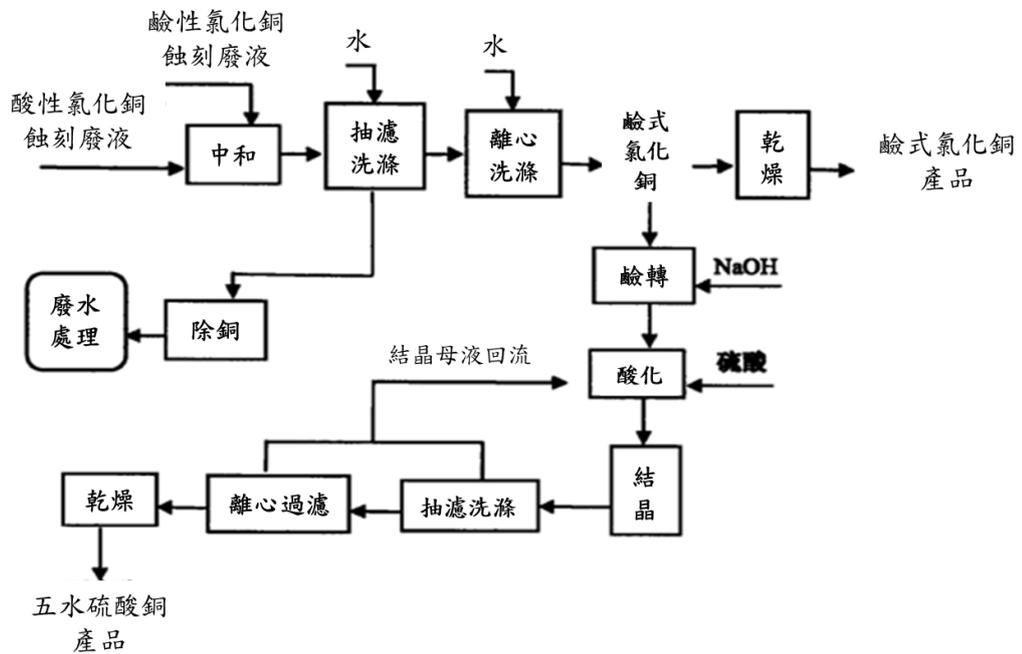


圖 3-1-39.蝕刻廢液生產鹼式氯化銅及硫酸銅的流程

[技術功效]

生產鹼式氯化銅時，在中和反應釜中加入鹼式氯化銅晶體作為晶種進行中和接種反應。這樣做的好處是，生成結晶型鹼式氯化銅，速度快，效率高，並使其夾帶的雜質降到最低，洗滌效果達到最佳。且在生產鹼式氯化銅的生產過程

中，產生大量的濾液、洗滌水，含有一定量的銅，其去除方法採用離子交換法，陽離子交換樹脂採用帶有亞胺二乙酸官能團的任何一種螯合樹脂；這樣做的好處是，亞胺二乙酸官能團對銅離子有特殊選擇性，很容易將銅離子分離出來，可達到脫銅的目的。

【案例 5】利用離子交換法回收銅

〔專利名稱〕離子交換去除廢水中金屬離子 (ION EXCHANGE REMOVAL OF METAL IONS FROM WASTEWATER)

〔公告號〕CA 2333272 C

〔先前技術〕

銅金屬層的化學機械拋光(CMP)平坦化被用作先進的新半導體製造技術的一部分。化學機械拋光平坦化為微芯片生成了基板工作表面。目前的技術不能有效地蝕刻銅，因此半導體製造設備採用拋光步驟來準備矽晶片表面。化學機械拋光平坦化工藝涉及由氧化劑、研磨劑、絡合劑和其他添加劑組成的拋光漿料。拋光漿與拋光墊一起使用以去除晶片上多餘的銅。矽、銅和各種微量金屬通過化學/機械漿料從矽結構中去除。化學/機械漿料與拋光墊一起被引入平坦化台上的矽晶片。氧化劑和蝕刻溶液被引入以控制材料的去除。去

離子水沖洗通常用於去除晶圓上的碎屑。來自反滲透 (RO) 的超純水 (UPW) 和軟化水也可用於半導體製造設備工具中以沖洗矽片。

[實施方式]

在收集槽 (20; 圖 3-1-40) 中透過重力從 CMP 工具接收銅 CMP 排放廢水(10)。排放廢水(10)在溶液中含有金屬離子，例如溶液中的銅離子。排放廢水(10)通過手動隔離進料閥(12)和收集罐入口管線(14)進入收集槽(20)。銅 CMP 廢水從收集槽(20)通過管線(22)和管線(24)分別流向泵(30)和泵(40)。泵(30)和(40)提供雙聯泵站，用於在壓力表(34)和(44)指示的壓力下分別通過管線(32)和管線(42) 輸送廢水，通過節流閥(36)和(46)，並通過管線(38)和(48) 在 15 gpm 的流速下流到主管線(50)。一部分的排放廢水(5 gpm)進收集槽(20)中保持高流速，而一部分的排放廢水(10 gpm) 被引導至加工設備。排放廢水進加工設備的碳柱(60)中的過氧化物去除預處理。碳柱(60)含有專門的活性炭，用於去除過氧化氫。排放廢水再進兩個串聯的離子交換柱 (70、80)專去除銅並允許其他顆粒通過排放，允許銅在樹脂上的最大負載。設備的離子交換樹脂優選是螯合離子交換樹脂，其具有約 1.5 至 2.0

磅的操作容量。銅在調節和再生過程中從樹脂中去除將銅作為元素銅回收。

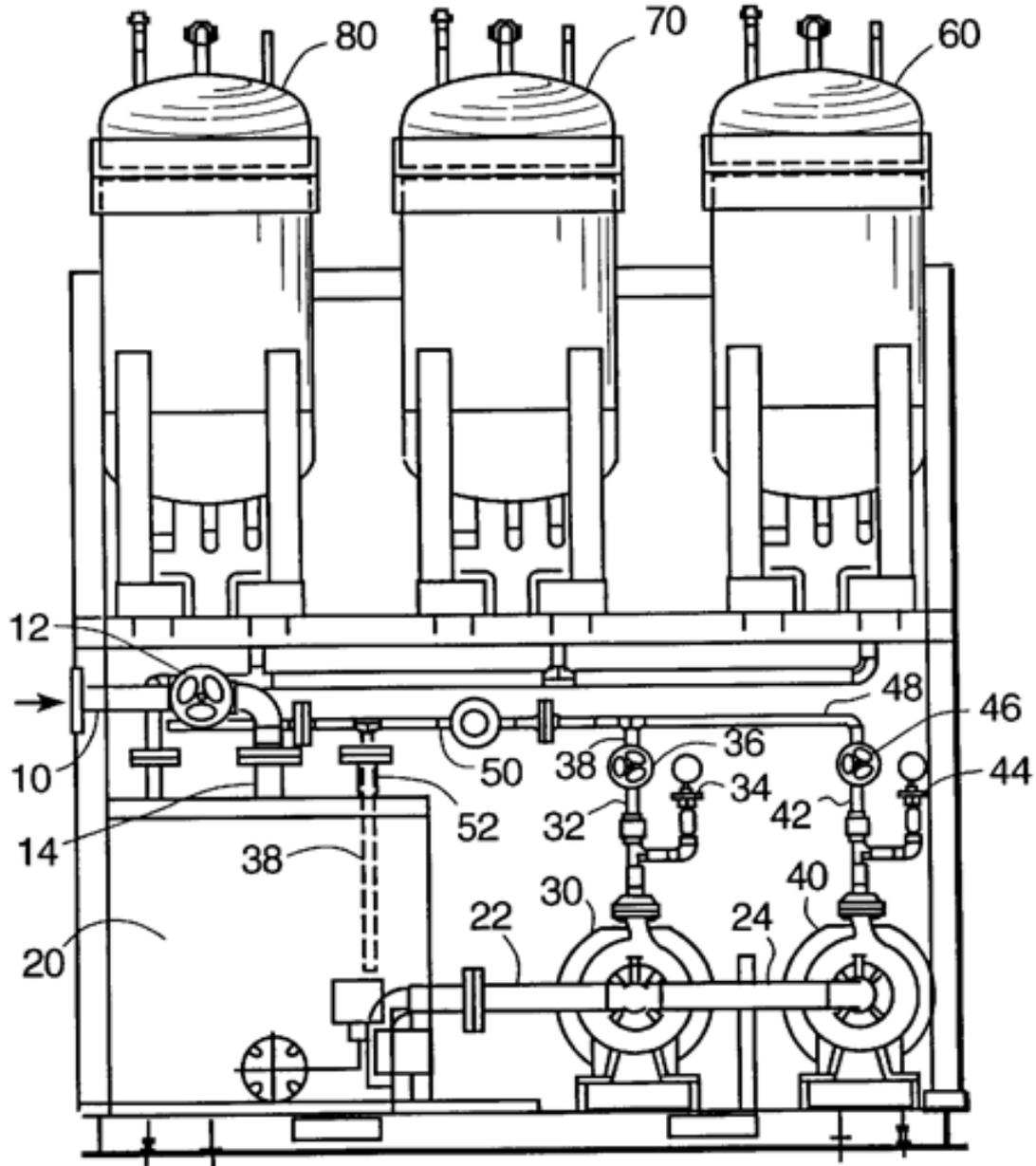


圖 3-1-40. 加工設備示意圖

10：排放廢水、12：手動隔離進料閥、14：收集罐入口管線、
20：收集槽 22、24、32、38、42、48：管線 30、40：泵 34、
44：壓力表 36、46：節流閥、50：主管線、60：碳柱 70、80：
離子交換柱

〔技術功效〕

本案例的方法和設備包含排放廢水的再循環系統可以最大限度地減少了固體積聚，並將部分排放廢水流進螯合離子交換樹脂，螯合離子交換樹脂與本發明的方法和設備具有高交聯度，增加了對氧化劑的化學抗性，並且預先通過碳柱去除氧化劑，可更增加離子交換樹脂的穩定性。

(3)微生物冶金

【案例 1】利用微生物萃取液回收銅

〔專利名稱〕高溫堆生物浸出工藝

〔公告號〕CA 2352770 C

〔先前技術〕

濕法冶金工藝長期以來一直用於從氧化礦中回收銅。這些工藝通常包括氧化礦的硫酸浸出、通過溶劑萃取技術從浸出母液中分離銅，以及通過電沉積從反萃取液中回收金屬銅。這些技術不僅證明能夠以比大多數熔煉工藝更具競爭力的成本優勢來回收銅，而且在這些工藝中生產的電解銅現在在質量方面也完全可以與通過已知的熔煉和精煉技術生產的電解精煉銅相媲美。然而，目前，儘管進行了廣泛的研究工

作以開發這樣一種工藝，但商業上可行的用於從黃銅礦中回收銅的濕法冶金工藝仍然難以捉摸。

[實施方式]

礦石堆 (20；圖 3-1-41) 通常含有至少 4 重量%的水，通過將蒸汽或熱空氣泵送通過蒸汽或熱空氣供應管線(32)至埋在堆底部的穿孔分配管(34)來將黃銅礦加熱至開始活性生物氧化的約 50°C以上的溫度，一旦堆的一部分達到至少 50°C，該礦石堆中的嗜熱微生物將變得活躍並開始使暴露的黃銅礦和其他硫化物礦物快速產生生物浸出。由於該礦石堆中的硫化銅礦物被生物氧化，銅將溶解到浸出液中。當浸出液從堆中排出時，它將收集在排水管(35)中。從該排水管(35)中，浸出溶液可以通過管道(36)泵送到儲液器(26)。為了進一步最小化浸出液的熱損失，儲液器(26)可以被隔熱。一旦浸出液中的銅濃度達到所需水平，就將浸出液送至溶劑萃取裝置(38)以回收銅。元素銅(44)可以使用本領域習知的電解沉積槽(42)從溶劑提取設備出來的含提純液(40)中回收。在電解沉積槽(42)中從溶液(46)中去除銅之後，該溶液(46)被循環到溶劑萃取裝置(38)以重新以上操作。

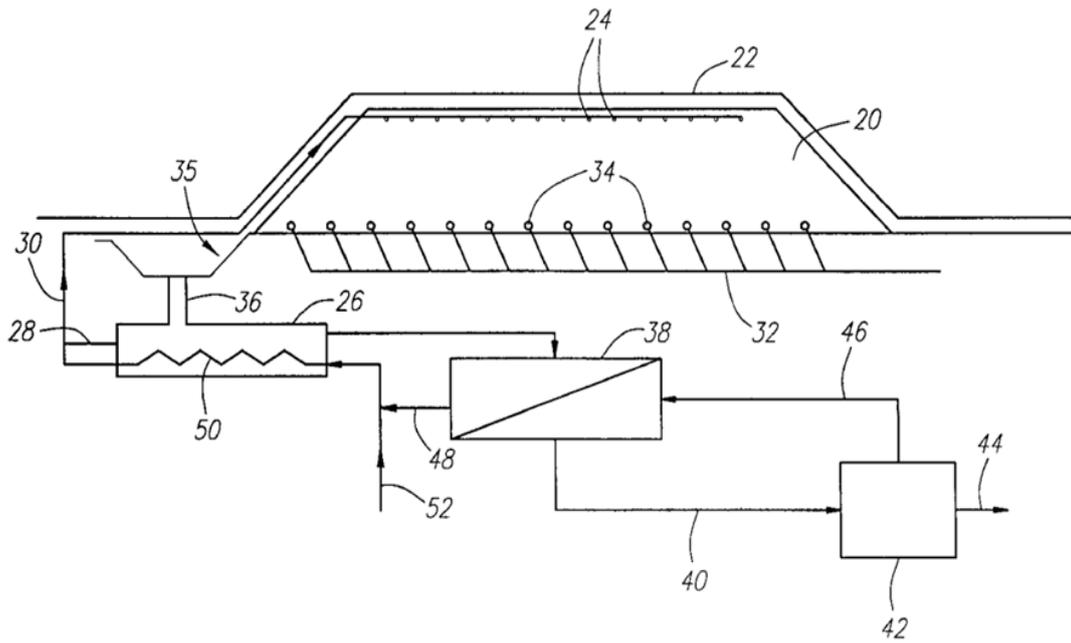


圖 3-1-41. 微生物冶金裝置圖

20：礦石堆、26：儲液器、32：供應管線、34：穿孔分配管、
35：排水管、36：管道、38：溶劑萃取裝置、40：含提純液、
42：電解沉積槽、46：溶液

〔技術功效〕

本案例的高溫堆生物浸出工藝的一個優點是添加到堆中的精礦不需要像經濟熔煉所需的那樣高的銅百分比。此外，堆內黃鐵礦的生物氧化作用還提供了熱源，有助於將堆內溫度升高並保持在 60-80°C 範圍內，進而促進極端嗜熱菌的生長，加快提速浸出黃銅礦。因此，利用本發明可以從黃銅礦礦體中實現更大的總銅回收率，同時由於不必生產高濃度的精礦而實現成本節約。

【案例 2】利用微生物萃取液回收銅

[專利名稱] 金屬的微生物回收 (MICROBIOLOGICAL
RECOVERY OF METALS)

[公開號] CA 1159781 A1

[先前技術]

真菌的生長和金屬從水溶液中有效回收是因為它們可以附著在固體表面上的基質的關係而受益，在要處理大量水性介質的情況下，提供真菌生長所必需的成分（如營養素）分布在整個水溶液中是不可行或不經濟的，所以必須提供一種有效的微生物回收金屬方法來達成具經濟效益回收金屬的方式。

[實施方式]

將含有一種或多種可溶性金屬鹽的水性介質（例如，廢水），經由管線（5；圖 3-1-42）進料到金屬回收容器(6)中，金屬回收容器被夾套以保持容器內的受控溫度，將相當於罐的總液體和固體含量的約 5 體積%的量之真菌物質經由真菌供給管線(7)添加至金屬回收容器中。碳酸鹽和營養物質可以通過管線(8)供應到金屬回收容器，透過將營養素、必需元素和補充劑結合到固體支持物(碳酸鹽)中來共同滿足微生物反應所需養分，而二氧化碳或空氣可以通過管線(9)和分布器

(11)供應。罐中的內容物可由攪拌器(12)攪動，在回收容器中培養和去除金屬的反應時間範圍為 4 到 48 小時，通常約為 24 小時，並視菌類的添加比例而定。將真菌物質漿料由透過管線(13)排空到離心機(14)中，液體通過管線(15)排出，含有真菌和去除的金屬的生物漿料通過管線(16)從離心機中排出。剩餘的濕式精煉礦通過管線(18) 進入乾燥機(19)和焚化爐(20)後得到灰燼和回收干粉狀不溶性金屬通過管線(24)排出並進行金屬回收。

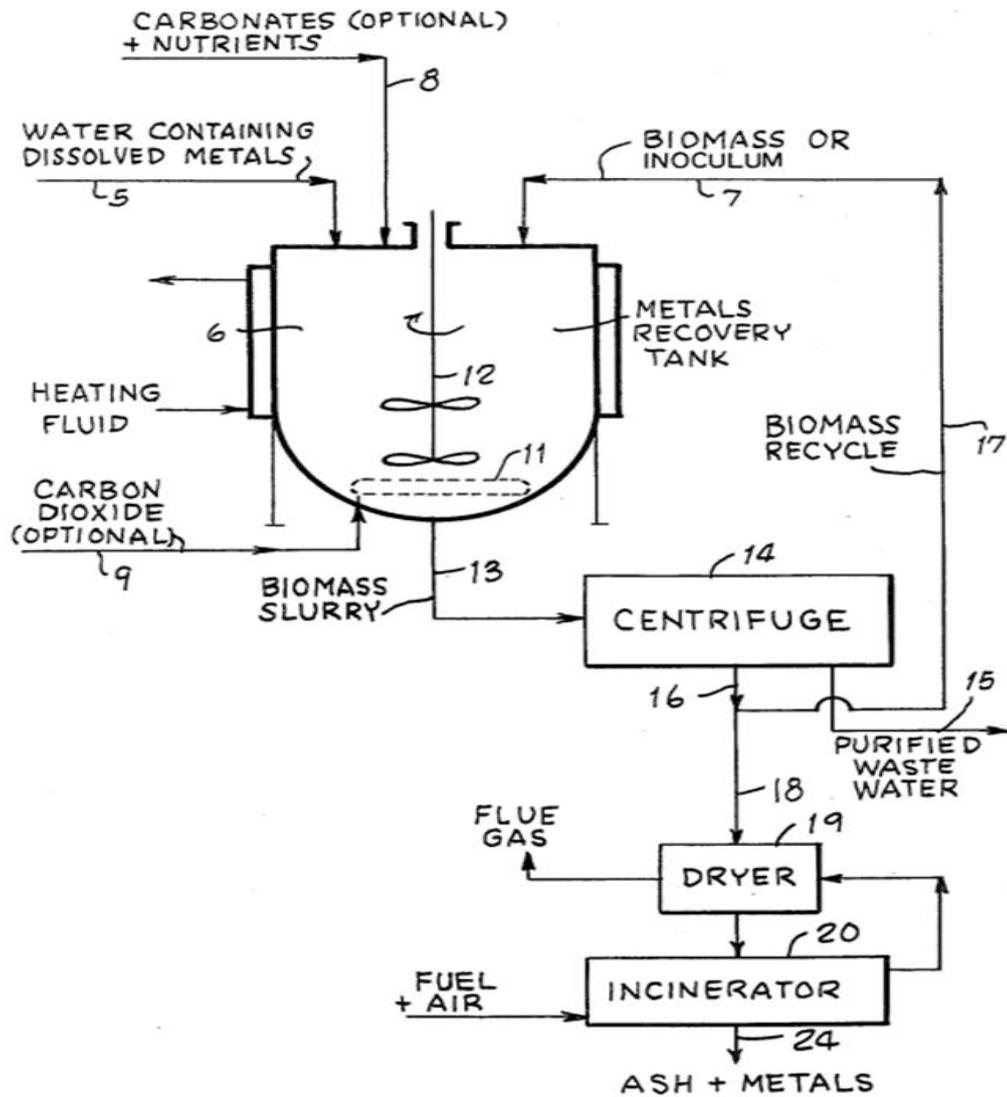


圖 3-1-42. 微生物冶金裝置圖

5：含金屬廢水管線、6：金屬回收容器、7：真菌供給管線、8：碳酸鹽和營養物質管線、9：(二氧化碳)管線、11：分布器、12：攪拌器、13：管線(真菌物質漿料)、14：離心機、18：管線、19：乾燥機、

[技術功效]

由於處理金屬含量較少的廢水，其回收金屬價值的成本超過回收金屬的市場價值，本發明提供簡單、成本相對較低的方法，用於回收溶液中濃度相對較低的金屬，如工業廢水

或冶金廢水。可作從水、井或泉水或從原位浸出操作中使用的含水介質中回收有價值金屬的手段。

(4)其他

【案例 1】粉碎/磁力分離法回收銅

〔專利名稱〕壓碎且分離廢料之方法和設備 (Method and apparatus for crushing and separating scrap material)

〔公開號〕US 3885744 A

〔先前技術〕

鑑於初級原材料日益稀缺，從廢料中回收金屬變得越來越重要。這種回收還有助於防止生態破壞。然而，許多可用的廢料包含各種金屬和非金屬，它們的機械結構連結如此緊密，以至於不容易分離。例如，電機馬達包括鐵金屬和非鐵金屬（例如銅和鋁）、絕緣體等。然而，由於電機馬達的構造方式，銅的回收很困難。

〔實施方式〕

如圖 3-1-43 所示，將廢料送入冷凍區(1)，在那裡與低溫液體（例如液態氮）接觸，直至金屬、有機和塑料成分脆化。冷凍後的該廢料通過傳送帶(2)輸送到磨機(3)，經歷第一次尺寸減小（尺寸不大於 3 英寸的碎片），接通過傳送帶

(5)離開該磨機(3)，並被引導至第一空氣分離器(7)。在該第一空氣分離器中，該廢料通過橫向的氣流，以密度的不同被分選為第一重質部分和第一輕質部分，分別由輸送帶(8)和(9)傳送。該第一重質部分被送入第一磁力分離器(10)並由此分為第一磁性部分和第一非磁性部分。該第一磁性部分留在輸送帶(12)上，然後可以將該第一非磁性部分回收到破碎機(13)。位於該輸送帶(9)上的該第一輕質部分和來自該磁力分離器(10)的該第一非磁性部分被合併並送入該破碎機(13)，尺寸被減小到不大於 2 英寸，再進入第二空氣分離器(16)，以分離出第二重質部分和第二輕質部分通過輸送帶(18)和(19)傳送，輸送帶(18)上的該第二重質部分藉由第二磁力分離器(20)做篩選並由此分為第二磁性部分和第二非磁性部分。該第二磁性部分經由輸送帶(22)和該輸送帶(12)匯流且作為鐵金屬產品回收，而過程中的粉塵以輸送帶(4、6、14、17)回收，該第二非磁性部分會經由習知回收系統(37)進行回收。

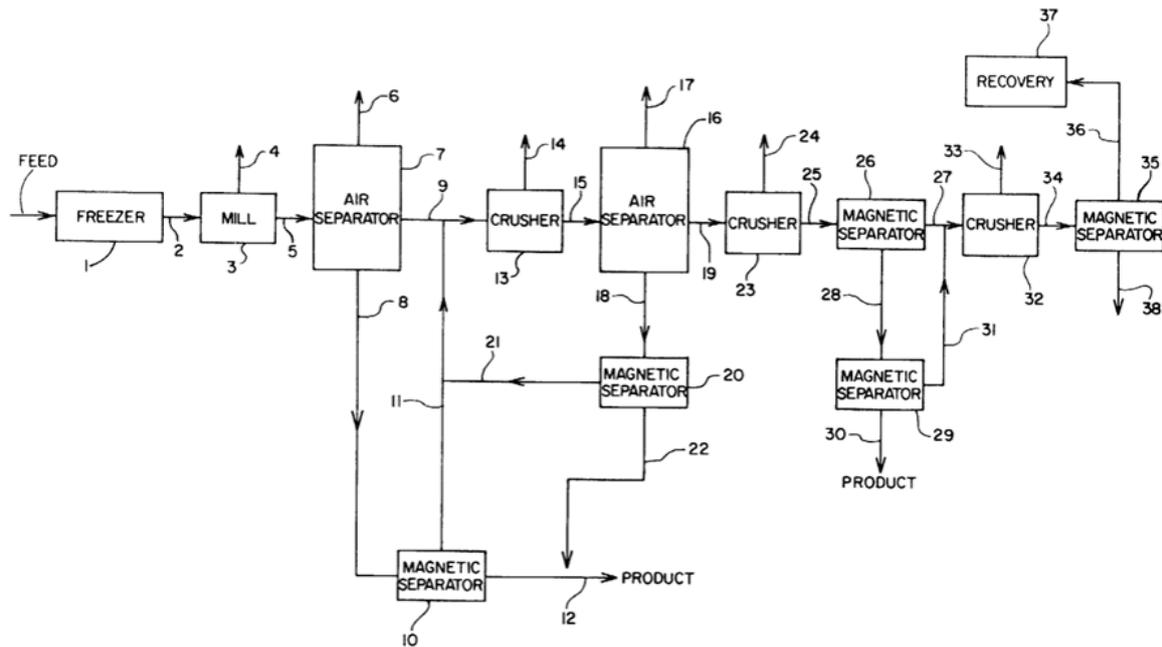


圖 3-1-43. 步驟流程圖

〔技術功效〕

本案例有效地將銅和其他延展性金屬與廢料的鐵成分分離，獲得了彼此機械分離的材料產品流。

【案例】粉碎、旋風/靜電分離法回收銅

〔專利名稱〕安裝電子元件的印刷電路板回收貴重物品的方法

(A method for recovering valuable substances of printed circuits on which electronic components are mounte)

〔公告號〕DE 19619965 C2

〔先前技術〕

先前回收技術提出了各種回收金屬方法，主要由填料、樹脂和金屬組成並且其上安裝有電子元件的印刷電路板回收

有價值物品，但某些方法像產生各種類型的廢氣，因此必須建造用於處理這些廢氣的設施，另外，這些方法會造成印刷電路板中含有的有價值金屬成分容易被氧化，回收金屬的附加值有可能降低，因此不斷尋求一種回收方法可以最大限度地減少回收金屬中所含雜質的數量。

[實施方式]

將電子元件安裝在印刷電路板上的錫料融化後，藉由外力方式（如衝擊力、剪切力或振動方式）移除電子元件，再利用拋光機在印刷電路板表面上進行研磨並將附著於印刷電路板上之錫料移除並進行回收。使用剪切式粉碎機和壓縮剪切式粉碎機（如圖 3-1-44 所示），進行表面研磨工序後的印刷電路板在具有一個或多個凹槽的旋轉台和碾磨輥的粉碎機向其施加壓力，即在待銑物體(4)被夾持在銑輥(14)與凹槽(10)之間進行銑削，並將對象物粉碎成適合分離的粒徑的粒子，這些顆粒被上升氣流帶往上方通過噴嘴(20)吹到分級葉片(22)中，排放導管(26)可設計成具有將預定直徑或更小顆粒引入外部，然後收集粒徑得到控制的粒子(重力分離)。最後，使用使用組合式靜電分離器進行靜電分離，可將粉碎步驟中產生的顆粒分成含有大量銅顆粒和含有玻璃纖維和樹脂

的顆粒分離，後者的顆粒作為前面提到的玻璃纖維和樹脂粉末未被回收，而大量銅顆粒通過靜電分離濃縮，作為富含銅的粉末回收。

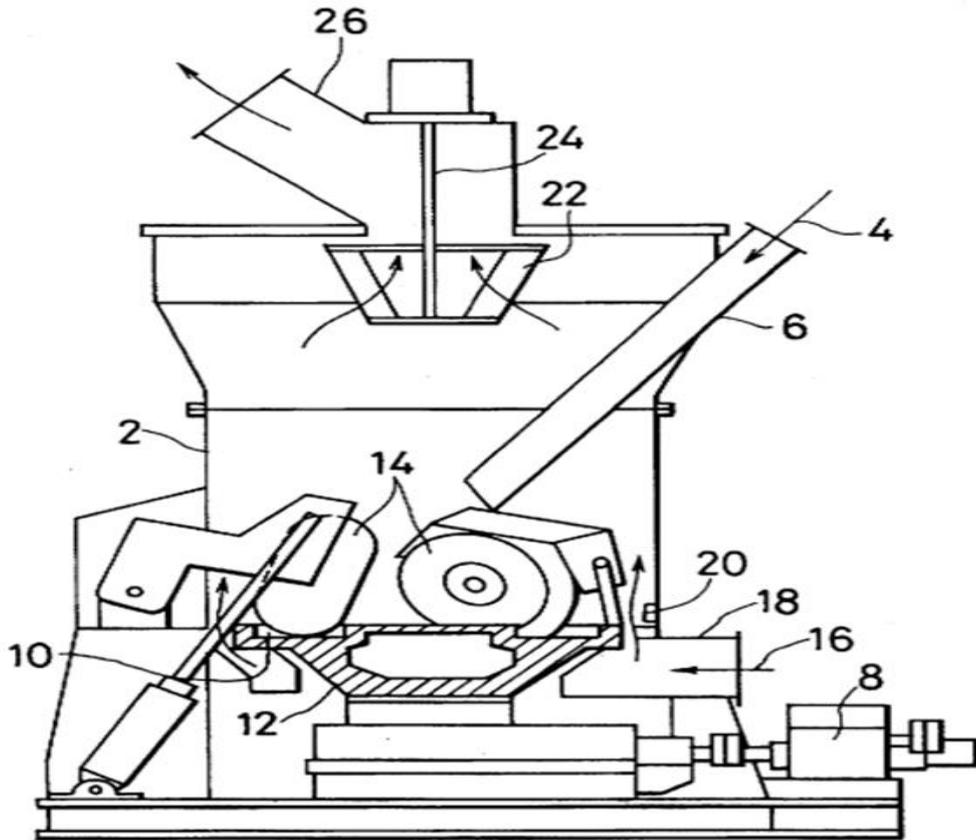


圖 3-1-44. 粉碎機

2：外殼、4：待銑物體、6：引入管、8：馬達、10：凹槽、12：研磨台、14：銑輥、18：導管、20：噴嘴、22：分級葉片、24：轉軸、26：排放導管

〔技術功效〕

本方法以物理為主回收金屬方法，可減少習知技術如用化學方式回收金屬所產生的衍生物或廢棄溶液必須進一步處理等問題，並能夠以高產率低雜質方式從印刷電路板中回收高品質金屬。

2、參考「業界實務成果」摘錄案例

(1) 台積電與廠商合作開發²⁶

2016 年起，台積電與廠商合作開發廢液去銅新技術，建置廠內銅廢液再生系統，以取代硫酸銅委外處理，原先需委外處理的廢硫酸銅轉化變紅銅，成為再生銅管。民國 105 年共減少 445 公噸硫酸銅廢液產出，並回收產製 9.7 公噸紅銅，回收減廢效益達新台幣 220 萬元。迄今，每年約可回收 1.6 萬公噸含銅廢液，並再製成 170 公噸的再生銅管，帶動國內循環經濟產業發展，屢創綠色創新里程碑。

【案例】萃取、電解法回收銅

〔專利名稱〕銅蝕刻（銅酸）廢液銅離子處理回收方法

〔公告號〕TW I658994

〔先前技術〕

銅蝕刻藥液（銅酸藥液）主要功能是蝕刻線路板上的金屬銅，所以主要的金屬污染物是銅離子（目前光電業製程排放銅濃度約為 5000~10000mg/L）。但銅蝕刻（銅酸）廢液複雜的成份，讓這股含銅廢液的處理或更進一步的銅處理回收，都變得更為棘手。再者，由於光電業銅蝕刻

²⁶ 台積電 ESG 網頁-首創半導體業硫酸及硫酸銅廠內回收
-<https://esg.tsmc.com/ch/update/greenManufacturing/caseStudy/5/index.html>

(銅酸)廢液中含有複雜的成份，如果以直接電解回收法來進行銅回收，其中許多成份(過氧化氫/有機酸...)不但會干擾直接電解回收法的銅還原反應，並會損壞電解設備，所以把銅蝕刻(銅酸)廢液直接進行電解處理回收的方法，並無法順利達到將銅離子高效率去除並處理回收成為有價金屬銅之目的。

[實施方式]

如圖 3-1-45 所示，銅蝕刻(銅酸)廢液銅離子處理回收方法包含萃取反應(10)、再生反應(20)、電解處理(30)以及回收處理(40)，其中：萃取反應包括一廢液集中槽(11)、一萃取反應槽(12)、一萃取劑儲槽(13)以及一低銅廢液儲槽(14)，其欲處理之廢液 A 先集中於一廢液集中槽內，再輸送至一萃取反應槽內，該萃取劑儲槽係供萃取劑的容置，並將萃取劑導入至萃取反應槽內，該萃取劑為一種可有效吸附銅離子之樹脂(如液態或固態樹脂)，且萃取劑導入之水力停留時間為 0.1~60 分鐘，利用該萃取劑將廢液 A 中之銅離子吸附分離，該吸附有銅離子之萃取劑會持續進行再生反應(20)處理，已經去除銅離子之廢液 A 則會被排出該萃取反應槽外，並集收至低銅廢液儲槽進行其他再處理作

業。再生反應包括一再生反應槽(21)以及一電解循環槽(22)，其吸附有銅離子之萃取劑係被轉移至該再生反應槽內，該電解循環槽內係容設有硫酸溶液，該硫酸溶液濃度介於 5~50%間並導入再生反應槽內進行再生反應，其硫酸溶液導入之水力停留時間為 0.1~60 分鐘，經硫酸溶液將銅離子再生出來並混合成再生硫酸銅溶液，同時間萃取劑會被分離出，且該萃取劑會再回收至萃取劑儲槽內以供萃取反應使用，而再生反應後之再生硫酸銅溶液則再導入電解循環槽內，經由電解循環槽將硫酸銅溶液導出並進行電解處理。電解處理(30)係將硫酸銅溶液經由一電解系統(31)進行電解處理，該電解系統可視計畫回收金屬銅 B 量設計為多組串連或並聯，並將電解系統的操作電流密度設定介於 $10\sim 1000\text{A/m}^2$ ，使硫酸銅溶液之離子銅被電解還原成金屬銅 B 並進行回收處理(40)，而該經過電解處理後之硫酸溶液會再回收集中至電解循環槽以供再生反應使用，藉此完成廢液處理並回收有價金屬銅 B 之流程。

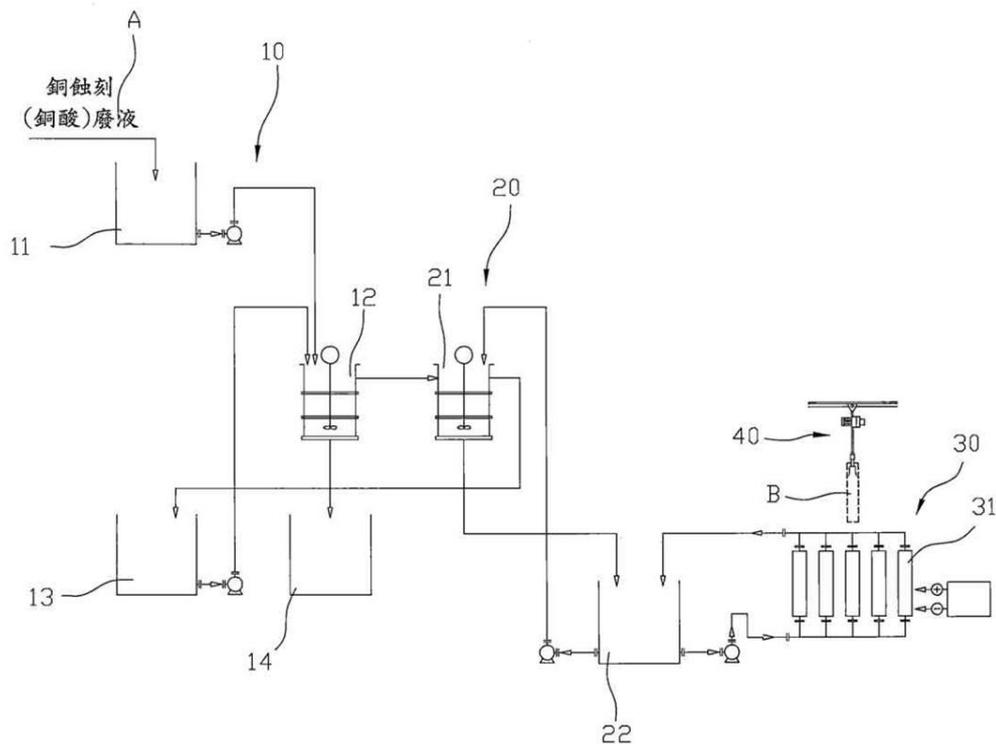


圖 3-1-45. 萃取、再生與電解裝置圖

10：萃取反應、11：廢液集中槽、12：萃取反應槽、13：萃取劑儲槽、14：低銅廢液儲槽、20：再生反應、21：再生反應槽、22：電解循環槽、30：電解處理、31：電解系統、40：回收處理、A：廢液、B：金屬銅

〔技術功效〕

本案例之處理回收方法，較其他方法（濃縮後委外處理/混凝沉澱壓濾成含銅污泥...等），節省了大筆委外處理費用或銅污泥委外處理費用，可將銅蝕刻（銅酸）廢液 A 之銅離子污染物處理回收成為有價金屬銅 B，達成將工業污染物回收再利用，還可將電解回收之金屬銅 B 販售得利。亦可有效降低銅污泥量，銅離子去除率高達 99%以上，相對的，後續的廢水處理產生之銅污泥量只剩下原來的 1%以

下，大幅度減少廢水處理去除銅離子之藥品用量及後續的銅污泥壓濾作業/銅污泥庫存。

(2) 工業技術研究院之技術移轉²⁷

利用 0.2~0.5mm 矽砂擔體在結晶槽中作為結晶核種，欲處理之廢水及添加藥劑係由該反應槽之底部進入並向上流動，而該反應槽外有一迴流水迴路，用以調整進流水過飽和度及達到擔體上流速度，使欲處理的無機離子於矽砂擔體表面形成穩態結晶體，當晶體粒徑達 1~2mm 後，排出槽外進行回收再利用或達到廢棄物減量之目的。

【案例】流體化床結晶技術回收銅

[專利名稱] 流體化床結晶廢水處理裝置 (Apparatus provided with a fluidized bed crystallizer for treating wastewater)

[公告號] TW 310313

[先前技術]

工業上處理無機類的水或廢水時，通常是利用沈澱法來除去水中的污染物，而傳統沈澱法處理過程可大略分為三階段：混凝作用(Coagulation)：係於反應槽中加入混凝劑

²⁷ 工業技術研究院網頁-流體化床結晶在水及廢水上處理技術
https://www.itri.org.tw/ListStyle.aspx?DisplayStyle=13_content&SiteID=1&MmmID=1036233405427625204&Trt_idx=2780

並快混之，可破壞膠體與微細懸浮固體之穩定，並促使破壞穩定之顆粒凝集。膠凝作用(Flocculation)：於反應槽中加入高分子凝集劑並慢混之，可促使已凝集之顆粒重量及體積繼續增加，而形成快速沈降之膠羽。脫水作用(Dewatering)：一般石灰軟化產生之污泥先以重力濃縮池處理產生 3%固體含量之濃縮污泥，隨後以脫水裝置（如真空過濾機、離心機或壓濾機等）在固體負荷 196kg/m²-hr 操作下，可獲得 65%固體含量之污泥餅。雖然傳統沈澱法應用廣泛，但是其會產生大量有害或一般性污泥，對環境的影響很大。

[實施方式]

本案例提供一種流體化床結晶之廢水處理裝置，其在圓柱形結晶塔中添加擔體，藉水流使擔體呈流體化現象，利用金屬鹽具有低溶解度及穩態晶體的特性，使污染物於流體化床中的擔體上結晶，藉以有效去除廢水中的陰離子或金屬離子，進而減少污泥的產量或晶體回用，同時設備成本亦屬低廉。

如圖 3-1-46 所示，其包含反應槽(4)、快混槽(11)、慢混槽(12)、沈澱池(13)、均勻槽(14)及 pH 值調整槽(15)。整

個流程為先將廢水引入反應槽(4)(槽體為圓柱形)作主要處理，用以去除水中大部分污染物(陰離子或金屬離子)，然後由出水口(7)引出，再經習知沈澱法處理(亦即廢水由出水口(7)進入快混槽(11)後再流入慢混槽(12)，在快混槽(11)內有混凝劑可破壞膠體與微細懸浮固體之穩定並促使破壞穩定之顆粒凝集，在慢混槽(12)中加入高分子凝集劑，可促使已凝集之顆粒重量及體積繼續增加，而形成快速沈降之膠羽，接著再進入沈澱池(13)產生污泥沈澱，由沈澱池流出之廢水則引入均勻槽(14)、pH 值調整槽(15)作酸鹼值調整)後排放。因為大部分污染物在反應槽(4)內已經去除，所以在利用習知沈澱法處理廢水時污泥產量已大為減少。

上述由沈澱池(13)流出之廢水如果處理效果不佳，則需引回反應槽(4)再重新處理(如虛線所示)。底下介紹反應槽(4)內的情況：在處理廢水前反應槽(4)內即填有石頭(21)，並且注滿自來水及擔體(22)，石頭係由大而小向上堆積(被稱為級配)。廢水進入反應槽(4)可能路徑有三，其係依照廢水流量及濃度而定。假設 I 為起始點，當廢水為低流量、高濃度時由第一廢水入口(3)進入反應槽，當廢水為高流量、低濃度時由第二廢水入口(3')進入反應槽，而當廢水為更高

流量及更低濃度時則經歧管(3'')(第三廢水入口)然後由迴流水入口(1)進入反應槽(4)。以上三種進入方式皆可由閥(未圖示)來控制，而在反應槽(4)內部對應的運作情況並不相同，茲分述如下：

由第一、二或三廢水入口(3、3'或 3'')進入反應槽(4)：如前所述，在處理廢水前反應槽中即填有石頭(21)並且注滿自來水及擔體(22)，打開迴流泵使得反應槽內的水由下往上流動，由通道(94)進入第二副槽(92)，並且由迴流水出口(6)流出，然後由迴流水入口(1)流回(引迴流水目的在於使擔體(22)達一定上流速度進而流體化，接著打開藥劑泵及廢水泵，使得藥劑、鹼液及廢水分別由藥劑入口(2)、加鹼口(2')及第一廢水入口(3)進入反應槽(4)內並充分混合。如前所述在反應槽內的水係向上流使擔體(22)呈流體化現象，利用金屬鹽具有低溶解度及穩態晶體的特性，使污染物能於流體化床中的擔體(22)上結晶，藉以去除廢水中的陰離子或金屬離子。處理過後之廢水分為二部分，一部分由通道(94)經第二副槽(92)、迴流水出口(6)、迴流水入口(1)流回反應槽(4)內作再次的淨化處理，另一部分則由溢流口(93)經第一副槽(91)、出水口(7)流出。

由第二廢水入口(3')進入反應槽(4)：第二廢水管(88)係在反應槽(4)圓心位置由其頂端進入並向下延伸，即在擔體流動床的底部，石頭固定床的上方。廢水進入反應槽由第二廢水管(88)流出後，即與藥劑充分混合同時改由下向上流動，至於其他運作方式則與第(1)項情形相同，其污染物在擔體(22)上結晶，處理過後之廢水分為二部分，一部分由出口(6)引出然後由入口(1)流回，用作迴流水，另一部分則由出水口(7)流出，經進一步處理後排放。

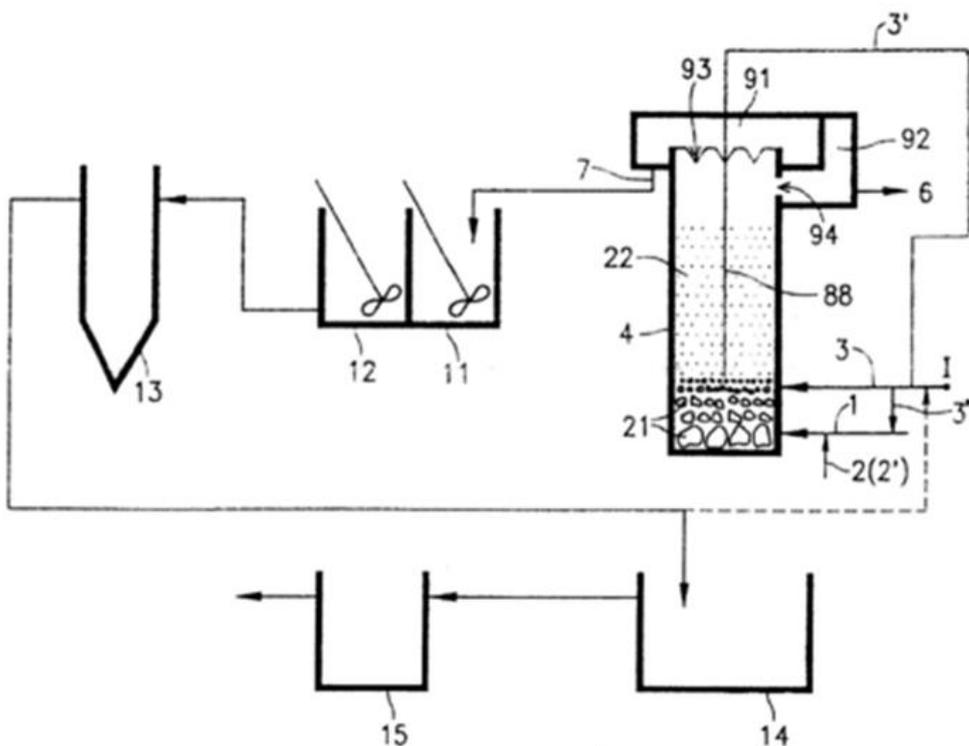


圖 3-1-46. 流體化床結晶裝置

1：迴流水入口、2：藥劑入口、2'：加鹼口、3：第一廢水入口、3'：第二廢水入口、3''：歧管(第三廢水入口)、4：反應槽、6：迴流水出口、11：快混槽、12：慢混槽、13：沈澱池、14：均勻槽、15：pH值調整槽、7：出水口、21：石頭、22：擔體、88：第二廢水管、91：第一副槽、92：第二副槽、93：溢流口、94：通道

〔技術功效〕

生產印刷電路板所產生的含銅廢水，採用流體化床結晶法處理程序可有效去除廢水中銅離子，並產生的 91% 高純度碳酸銅晶體可加硫酸並利用冷卻結晶法製成固態硫酸銅，回收再利用。

(七)小結

整體而言，全球近百年有關「銅回收」專利申請案量呈顯著上升之趨勢，大致上可分為四個階段，分別為萌芽期階段（1969~1997）、發展期階段（1997~2012）、發展趨緩、略為衰退階段（2012~2016）及復甦、再發展階段（2017~2022）。甚者，由於近幾年各國政府與企業對環境保護、ESG 或能源政策等議題之重視，致使銅的需求量增加，國際銅價更來到歷史高點，我們幾乎可以預測未來「銅回收」專利申請案量將持續蓬勃發展，後述將以政策面、產業面以及技術面等三大觀點為本章內容之總結。

1. 政策面

「銅回收」專利申請案量與「國際重大事件或制度變革」及「各國政府之相對應政策」息息相關。例如，美國加州聖塔芭芭拉(Santa Barbara)漏油事件、京都議定書與巴黎協定等，

致使各國推行環保相之運動及法案，對於回收技術也更加地重視，進而投入更多的資源研發相關之技術。此外，各國研發的角力競賽中，中國大陸在其國家政策或補助下，業界研發及專利申請亦有向上發展之趨勢。

2. 產業面

各國發展「銅回收」技術之產業型態各有不同。歐美、日本等先進國家擁有歷史悠久的大型礦業公司，研發量能投入較早（1969年）且皆由上述礦業公司所主導，學研機構或規模較小的公司則較為少見。中國大陸雖起步較晚（1990年左右），然經由國家級學研機構主導相關技術之研發，再將成果技術轉移/合作予規模較小或新創的公司，在此產、官、學之合作模式之條件上，致「銅回收」之專利申請量後來居上。我國則與上述各國發展型態略有不同，近年來由於 ESG 議題的重視，國內半導體大廠皆致力於循環經濟中「廢棄物之回收、再生或再利用」的執行或為其技術之研發，故我國主要係由半導體大廠所主導，並與國內相關企業共同合作研發相關技術，亦有不錯的成績。

3. 技術面

「銅回收」的相關技術與冶金學極為相似，大致上可區分

為最古老的**火法冶金**、較常見的**濕法冶金**及較常應用在銅礦回收的**微生物冶金**等。火法冶金之技術雖發展最早，但其能源的需求極大，亦有空污的疑慮，故不論是投入該項技術的單位，或是專利申請量都相對來的少，而濕法冶金之技術成本不高且更為成熟，是目前「銅回收」相當主流的技術。此外，微生物冶金則為歐美等先進國家率先完成精銅礦的微生物浸出，並在技術上證明其具可行性及經濟價值。

環保意識高漲的今日，全球產業界無不致力於「廢棄物之回收、再生或再利用」之相關技術，而我國半導體產業居領導地位，應能有更具體的作為。

二、矽泥回收之專利分析

(一)技術簡介

矽泥回收主要以固液分離(Solid Liquid Separation)之方式進行，相關技術大致上可為：過濾(Filtration)、離心(Centrifugation)、浮選(Flotation)、熔融(Fusion or Liquefaction)、汽化(Vaporization)、磁選(Magnetic Separation)、比重分離(Gravity Separation)、液體旋風分離(Hydrocyclone)、靜電分離(Electrostatic Separation)、真空微波乾燥(Vacuum Microwave Drying)等，概述如下。

1. 過濾(Filtration)

係指分離懸浮在氣體或液體中固體物質顆粒的一種操作，用一種多孔的材料（過濾介質）使懸浮液（濾漿）中的氣體或液體通過（濾液），留下來的固體顆粒（濾渣）存留在過濾介質上形成濾餅。此外，矽泥以溶矽劑予以溶解矽微粒，可提升過濾效率，經溶矽過濾分離後，可得到乾燥固體及濾液，而將過濾後所得到之濾液，再經靜置分層後，下層含矽濾液經晶析後，可得到含矽結晶產品。

2. 離心(Centrifugation)

離心力可用來從溶液中分離粒子，粒子會依不同的大小、

型狀、比重、介質黏度以及轉速等，而有不同的分離情形。例如，利用二段式離心法分離矽泥，第一階段先將矽泥中的較大顆粒去除，並配合酸洗法去除廢矽泥中的金屬粒子，第二階段則利用碳化矽及矽的比重差異，使碳化矽及矽進行分離。

3. 浮選(Flotation)

浮選係指依據礦物表面物理、化學性質的差異從水的懸浮體（礦漿）中浮出固體礦物的選礦過程，藉由加入的界面活性劑、捕集劑及起泡劑的不同，分選效益亦有所差異。例如，碳化矽的分選程序中，係先將矽成分利用高溫的方式氧化成二氧化矽，再加入界面活性劑，使碳化矽及二氧化矽得以進行分選，而得到較高純度的碳化矽。

4. 熔融(Fusion or Liquefaction)

熔融係指將事業廢棄物加熱至熔點以上，使其中所含有害有機物質進一步氧化或重金屬揮發，其餘物質則存留於熔渣中產生穩定化、固化作用之處理方法。例如，將矽粉放入熔融浴中並浸沒，並將溫度保持在高於固相線溫度，之後慢慢地降低至接近固相線溫，以便於該浴中長出矽晶體。

5. 汽化(Vaporization)

汽化係指物質狀態經由吸熱而從液體向氣體轉換的一種相

變化，可應用於切削砂漿的分離。例如，包含砂泥、切削液及其他雜質之工業廢液，將上述工業廢液置於貧氧之狀態，溫度為 150~350°C 之腔室中至該切削液汽化，獲得汽化切削液及砂泥，達成分離之功效。

6. 磁選(Magnetic Separation)

磁選是依據磁性差異，在不均勻磁場中實現物質分離的方法，一般用於分離砂泥中之金屬粒子，即施以不均勻磁場將砂泥中的金屬粒子移除，再配合其他方法去回收砂。

7. 比重分離(Gravity Separation)

比重分離係指利用物質顆粒間比重、粒度、形狀的差異及他們在介質中的運動速率和方向的不同，使之彼此分離的方法。例如，可利用碳化矽及矽之間比重的不同，加入比重介於碳化矽及矽之間之浮選劑，而完成碳化矽及矽之分離。

8. 液體旋風分離(Hydrocyclone)

旋風分離器是用於氣固體系或者液固體系的分離的一種設備，其工作原理為靠流體切向引入造成的旋轉運動，使具有較大慣性離心力的固體顆粒或液滴甩向外壁面分開，亦可應用於砂泥之分離製程。

9. 靜電分離(Electrostatic Separation)

靜電分離法係利用不同物質表面電性不同之特性，再以同性相斥，異性相吸原理予以分離，一般可應用於矽與碳化矽之分離製程。

10.真空微波乾燥(Vacuum Microwave Drying)

真空微波乾燥係透過微波加熱及真空原理使物料內部水分加熱蒸發而得到乾燥效果，具有作用時間短、能量吸收效率高、損耗少及環境衝擊較低等特點，但成本較高，一般較為少見。

(二)IPC 分類號

專案小組藉由「地毯式掃瞄」、「檢索統計(GPSS)」、「WIPO 綠色目錄」及「日本綠色轉型技術目錄(GXTI)」等方式，搜尋並羅列與矽泥回收相關之 IPC 分類號（詳見表 3-2-1）。另外，參酌 GPSS 的結果²⁸，得知四階 IPC 分類號為 **C02F（水、廢水、污水或污泥之處理）** 之專利案共 14 案，其中 13 案與半導體「矽泥回收」高度相關（命中率約 92.2%）；**C01B（非金屬元素；其化合物）** 之專利案共 21 案，其中 17 案與半導體「矽泥回收」高度相關（命中率約 81.0%）；**B01D（分離）** 之專利案共 5 案，其中 3 案與半導體「矽泥回

²⁸GPSS-檢索條件/結果(53 筆)：(矽[-5,5]泥[-5,5]回收 or 矽[-5,5]漿[-5,5]回收) AND (半導體 or 晶圓 or 晶錠 or 晶片 or 晶粒) AND ID=:20230101。

收」高度相關（命中率約 60.0%）；此外，**B09B**（固體廢物之處理）與 **B24B**（用於磨削或拋光之機床、裝置或工藝）之專利案雖然較少（各 2 案），然該些分類號與「矽泥回收」高度相關，故檢索相關專利技術時，建議可優先參考使用上述 **C02F**、**C01B**、**B01D**、**B09B** 或 **B24B** 等分類號。

表 3-2-1.與「矽泥回收」技術相關之 IPC 分類號

IPC	地毯式掃瞄	檢索統計(GPSS)	WIPO綠色目錄	日本GXTI	說明
B01D	V	V(60.0%;3/5)			分離
B03C	V				由固體物料或流體中分離固體物料之磁或靜電分離；高壓電場分離
B03D	V				浮選；選擇性沉澱法
B04B	V				離心機
B09B		V(50%;1/2)	V		固體廢物之處理
B24B	V	V(100%;2/2)			用於磨削或拋光之機床、裝置或工藝；磨具磨損表面之修理或調節；磨削、拋光劑或研光劑之進給
C01B		V(81.0%;17/21)			非金屬元素；其化合物
C02F	V	V(92.2%;13/14)	V	V(節能相關)	水、廢水、污水或污泥之處理
C04B	V				石灰；氧化鎂；礦渣；水泥；其組合物，例如砂漿、混凝土或類似之建築材料；人造石；陶瓷；耐火材料；天然石之處理

(三)檢索策略、結果與資料整理

專案小組藉由「矽泥回收」之相關技術及 IPC 分類號，搭配技術領域、手段或目的等關鍵字，作為檢索策略，於 DI 資料庫進行檢索，以人工之方式篩選、整理檢索結果後，再行分析。

1. 檢索策略

如表 3-2-2、表 3-2-3 所示，本專案將「矽泥回收」相關之技術、IPC 分類號，搭配技術領域或目的等關鍵字作交集 (and)，擬定 2 組檢索條件（或稱檢索式；S1、S2）。

表 3-2-2.檢索條件(S1)

	相對應的檢索式
關鍵字 1 (技術領域)	Semiconductor or Ingot or Wafer or (Solar NEAR3 Cell*) or (CMP or (Chemical NEAR3 Mechanical NEAR3 Polish*)) or ((wire NEAR3 saw*) or (Oil NEAR3 cut*) or (Fluid NEAR3 cut*) or coolant* or (Diamond NEAR3 wire))
關鍵字 2 (目的)	(Silicon NEAR5 sludge NEAR5 Recycl*) or ("Si" NEAR5 sludge NEAR5 Recycl*) or (Silicon NEAR5 Sewage NEAR5 Recycl*) or ("Si" NEAR5 Sewage NEAR5 Recycl*) or (Silicon NEAR5 kerf NEAR5 Recycl*) or ("Si" NEAR5 kerf NEAR5 Recycl*) or (Silicon NEAR5 slurry NEAR5 Recycl*) or ("Si" NEAR5 slurry NEAR5 Recycl*) or (Silicon NEAR5 sludge NEAR5 Reclaim*) or ("Si" NEAR5 sludge NEAR5 Reclaim*) or (Silicon NEAR5 Sewage NEAR5 Reclaim*) or ("Si" NEAR5 Sewage NEAR5 Reclaim*) or (Silicon NEAR5 kerf NEAR5 Reclaim*) or ("Si" NEAR5 kerf NEAR5 Reclaim*) or (Silicon NEAR5 slurry NEAR5 Reclaim*) or ("Si" NEAR5 slurry NEAR5 Reclaim*) or (Silicon NEAR5 sludge NEAR5 Recover*) or ("Si" NEAR5 sludge NEAR5 Recover*) or (Silicon NEAR5

	Sewage NEAR5 Recover*) or ("Si" NEAR5 Sewage NEAR5 Recover*) or (Silicon NEAR5 kerf NEAR5 Recover*) or ("Si" NEAR5 kerf NEAR5 Recover*) or (Silicon NEAR5 slurry NEAR5 Recover*) or ("Si" NEAR5 slurry NEAR5 Recover*)
IPC	B01D or B03C or B03D or B04B or B09B or B24B or C01B or C02F or C04B

表 3-2-3. 檢索條件(S2)

	相對應的檢索式
關鍵字 1 (技術領域)	Semiconductor or Ingot or Wafer or (Solar NEAR3 Cell*) or (CMP or (Chemical NEAR3 Mechanical NEAR3 Polish*)) or ((wire NEAR3 saw*) or (Oil NEAR3 cut*) or (Fluid NEAR3 cut*) or coolant* or (Diamond NEAR3 wire))
關鍵字 2 (目的)	(Silicon NEAR10 sludge NEAR10 Recycl*) or ("Si" NEAR10 sludge NEAR10 Recycl*) or (Silicon NEAR10 Sewage NEAR10 Recycl*) or ("Si" NEAR10 Sewage NEAR10 Recycl*) or (Silicon NEAR10 kerf NEAR10 Recycl*) or ("Si" NEAR10 kerf NEAR10 Recycl*) or (Silicon NEAR10 slurry NEAR10 Recycl*) or ("Si" NEAR10 slurry NEAR10 Recycl*) or (Silicon NEAR10 sludge NEAR10 Reclaim*) or ("Si" NEAR10 sludge NEAR10 Reclaim*) or (Silicon NEAR10 Sewage NEAR10 Reclaim*) or ("Si" NEAR10 Sewage NEAR10 Reclaim*) or (Silicon NEAR10 kerf

	<p>NEAR10 Reclaim*) or ("Si" NEAR10 kerf NEAR10 Reclaim*) or (Silicon NEAR10 slurry NEAR10 Reclaim*) or ("Si" NEAR10 slurry NEAR10 Reclaim*) or (Silicon NEAR10 sludge NEAR10 Recover*) or ("Si" NEAR10 sludge NEAR10 Recover*) or (Silicon NEAR10 Sewage NEAR10 Recover*) or ("Si" NEAR10 Sewage NEAR10 Recover*) or (Silicon NEAR10 kerf NEAR10 Recover*) or ("Si" NEAR10 kerf NEAR10 Recover*) or (Silicon NEAR10 slurry NEAR10 Recover*) or ("Si" NEAR10 slurry NEAR10 Recover*)</p>
<p>技術</p>	<p>(Solid NEAR3 Liquid NEAR3 Separation) or (Filtration or Filter) or Centrifug* or Flotation or (Fusion or Liquefaction) or Vaporiz* or (Magnetic NEAR3 Separation) or ((Gravity NEAR3 Fraction) or (Gravity NEAR3 Separation) or (Gravity NEAR3 Classification)) or Hydrocyclone or (Electrostatic NEAR3 Separation) or (Vacuum NEAR3 Microwave NEAR3 Dry*)</p>

2. 檢索結果與資料整理

本專案將上述檢索條件 S1、S2 為聯集(or)，於 DI 資料庫進行檢索，截至 2022 年底所有公開（告）案件共計 801 案²⁹，業

²⁹檢索條件(S1、S2 為聯集)/檢索結果(801 案): (ALL=(Semiconductor or Ingot or Wafer or (Solar NEAR3 Cell*) or (CMP or (Chemical NEAR3 Mechanical NEAR3 Polish*)) or ((wire NEAR3 saw*) or (Oil NEAR3 cut*) or (Fluid NEAR3 cut*) or coolant* or (Diamond NEAR3 wire))) AND ALL=((Silicon NEAR5 sludge NEAR5 Recycl*) or ("Si" NEAR5 sludge NEAR5 Recycl*) or (Silicon NEAR5 Sewage NEAR5 Recycl*) or ("Si" NEAR5 Sewage NEAR5 Recycl*) or (Silicon NEAR5 kerf NEAR5 Recycl*) or ("Si" NEAR5 kerf NEAR5 Recycl*) or (Silicon NEAR5 slurry

經人工篩選，「矽泥回收」相關技術的專利，約為 619 案（作為資料分析的母體），基本資訊見下表 3-2-4。

表 3-2-4. 專利檢索的基本資訊

主題二、矽泥回收技術(半導體領域)	
資料庫	Derwent Innovation(DI)
檢索地區	全球專利資料
檢索期間	1900 年~2022 年 12 月公開(告)
檢索結果	801 案
人工篩選	801→619 案
備註：相同專利家族之案件統計上為一專利案(1 案)	

NEAR5 Recycl*) or ("Si" NEAR5 slurry NEAR5 Recycl*) or (Silicon NEAR5 sludge NEAR5 Reclaim*) or ("Si" NEAR5 sludge NEAR5 Reclaim*) or (Silicon NEAR5 Sewage NEAR5 Reclaim*) or ("Si" NEAR5 Sewage NEAR5 Reclaim*) or (Silicon NEAR5 kerf NEAR5 Reclaim*) or ("Si" NEAR5 kerf NEAR5 Reclaim*) or (Silicon NEAR5 slurry NEAR5 Reclaim*) or ("Si" NEAR5 slurry NEAR5 Reclaim*) or (Silicon NEAR5 sludge NEAR5 Recover*) or ("Si" NEAR5 sludge NEAR5 Recover*) or (Silicon NEAR5 Sewage NEAR5 Recover*) or ("Si" NEAR5 Sewage NEAR5 Recover*) or (Silicon NEAR5 kerf NEAR5 Recover*) or ("Si" NEAR5 kerf NEAR5 Recover*) or (Silicon NEAR5 slurry NEAR5 Recover*) or ("Si" NEAR5 slurry NEAR5 Recover*)) AND IC=(B01D or B03C or B03D or B04B or B09B or B24B or C01B or C02F or C04B) AND AY>=(1900) AND AY<=(2023)) or (ALL=(Semiconductor or Ingot or Wafer or (Solar NEAR3 Cell*) or (CMP or (Chemical NEAR3 Mechanical NEAR3 Polish*)) or ((wire NEAR3 saw*) or (Oil NEAR3 cut*) or (Fluid NEAR3 cut*) or coolant* or (Diamond NEAR3 wire))) AND ALL=((Silicon NEAR10 sludge NEAR10 Recycl*) or ("Si" NEAR10 sludge NEAR10 Recycl*) or (Silicon NEAR10 Sewage NEAR10 Recycl*) or ("Si" NEAR10 Sewage NEAR10 Recycl*) or (Silicon NEAR10 kerf NEAR10 Recycl*) or ("Si" NEAR10 kerf NEAR10 Recycl*) or (Silicon NEAR10 slurry NEAR10 Recycl*) or ("Si" NEAR10 slurry NEAR10 Recycl*) or (Silicon NEAR10 sludge NEAR10 Reclaim*) or ("Si" NEAR10 sludge NEAR10 Reclaim*) or (Silicon NEAR10 Sewage NEAR10 Reclaim*) or ("Si" NEAR10 Sewage NEAR10 Reclaim*) or (Silicon NEAR10 kerf NEAR10 Reclaim*) or ("Si" NEAR10 kerf NEAR10 Reclaim*) or (Silicon NEAR10 slurry NEAR10 Reclaim*) or ("Si" NEAR10 slurry NEAR10 Reclaim*) or (Silicon NEAR10 sludge NEAR10 Recover*) or ("Si" NEAR10 sludge NEAR10 Recover*) or (Silicon NEAR10 Sewage NEAR10 Recover*) or ("Si" NEAR10 Sewage NEAR10 Recover*) or (Silicon NEAR10 kerf NEAR10 Recover*) or ("Si" NEAR10 kerf NEAR10 Recover*) or (Silicon NEAR10 slurry NEAR10 Recover*) or ("Si" NEAR10 slurry NEAR10 Recover*)) AND ALL=((Solid NEAR3 Liquid NEAR3 Separation) or (Filtration or Filter) or Centrifug* or Flotation or (Fusion or Liquefaction) or Vaporiz* or (Magnetic NEAR3 Separation) or ((Gravity NEAR3 Fraction) or (Gravity NEAR3 Separation) or (Gravity NEAR3 Classification)) or Hydrocyclone or (Electrostatic NEAR3 Separation) or (Vacuum NEAR3 Microwave NEAR3 Dry*)) AND AY>=(1900) AND AY<=(2023));

(四)專利綜合分析

本節有關半導體「矽泥回收」相關之專利案(619 案)之綜合分析項目同上一之(四)所列。

1、全球專利申請趨勢

圖 3-2-1 所示係「矽泥回收」歷年申請案量變化。1980~1996 年專利申請案量極為稀少。後於 1997~2022 年間，發生國際重大事件或制度上的變革，如「京都議定書(1997 年)」、「京都議定書強制生效(2005 年)」及「巴黎協定(2015 年)」等，對產業廢棄物回收技術進展帶來影響，故於本節配合專利申請趨勢圖進行分析討論。另，2022 年以後之專利申請案仍有未公開或公告者，先予指明。

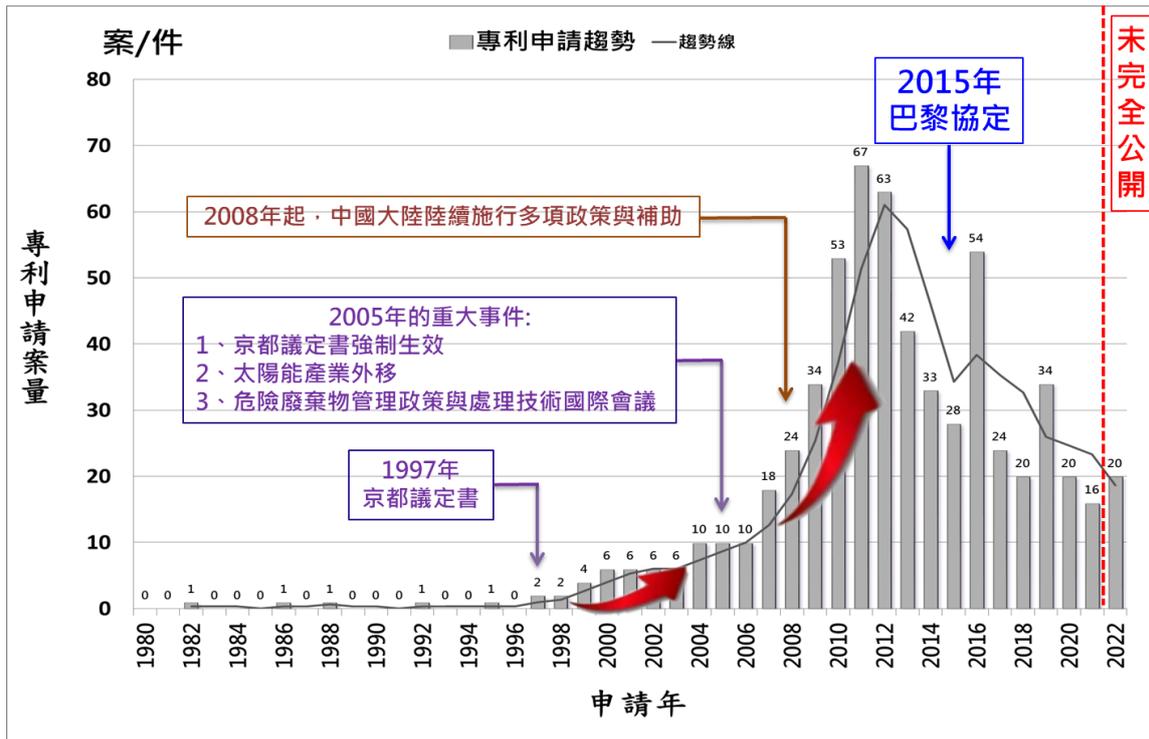


圖 3-2-1. 全球歷年專利申請趨勢

「矽泥回收」全球歷年專利申請趨勢分析如下：

(1) 京都議定書(1997 年)~京都議定書強制生效(2005 年)：1997

年後，全球學研機構更加重視相關的環保議題，這個時期的專利申請案量雖然不多，平均申請量約為 6 案/年，然半導體相關產業確已開始發展有關「矽泥回收」之技術。

(2) 京都議定書強制生效(2005 年)~巴黎協定(2015)：2005 年 2

月 16 日京都議定書強制生效，各國陸續推行相關廢棄物管理政策或舉辦國際會議等因素，全球半導體產業強勢發展，致使這個時期的專利申請急劇成長，居首之中國大陸平均申請案量約為 37 案/年，較上個時期成長約 6.2 倍。

(3) 巴黎協定(2015)~2022 年：巴黎協定之通過及生效，環境保護之相關研究在京都議定書退場後又開始被重視，雖於 2016 年全球有關「矽泥回收」之專利申請量約為 54 案/年，歷年排名第三，然總體觀之，這整個時期的專利申請案量平均約為 27 案/年，較上個時期略為衰退，推測該項技術已然出現瓶頸，申請案量呈飽和狀態。

2、生命週期分析

「矽泥回收」相關之專利案(619 案)為生命週期分析，如圖 3-2-2 所示，由於專利有自申請日起 18 個月後公開的閉鎖期，因此僅擷取申請年在 2022 年以前之專利案進行統計、分析，整體而言申請人數量與專利申請量為呈現飽和狀態，顯示「矽泥回收」相關技術可能出現瓶頸，需要投入更多資源、研發才有機會能突破。

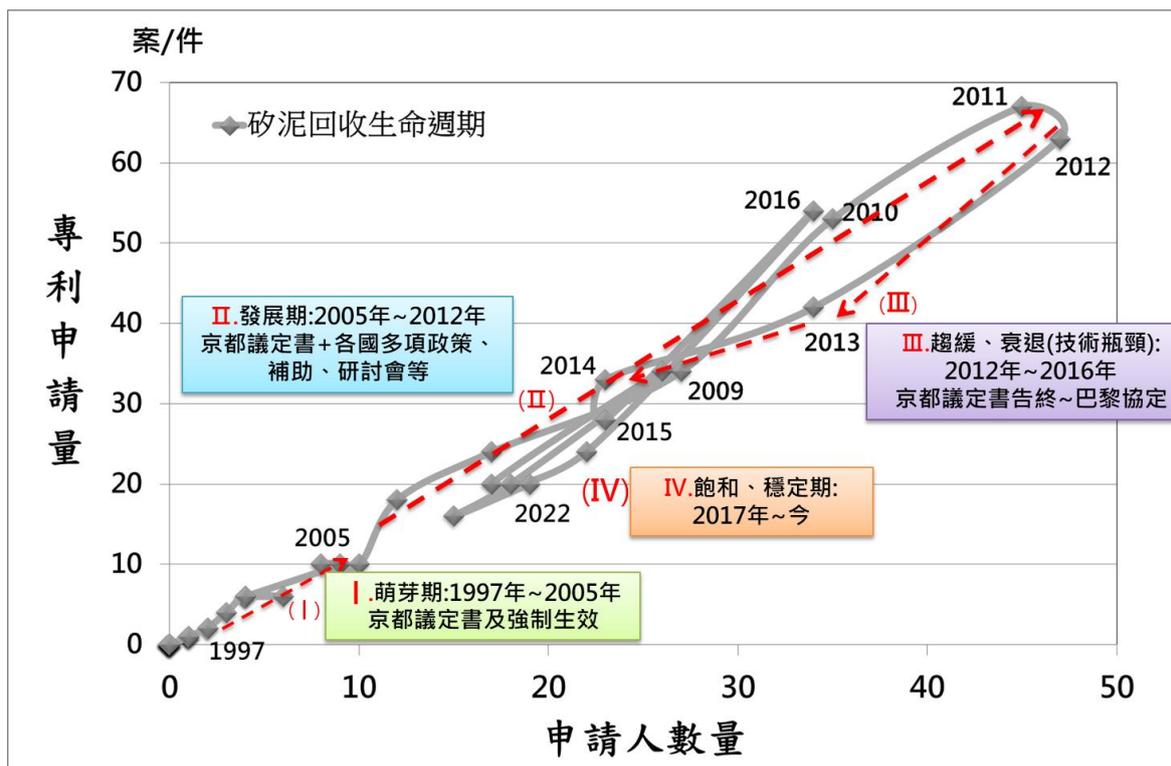


圖 3-2-2. 專利技術生命週期

「矽泥回收」專利技術生命週期分析詳述如下：

- (1) **1997~2005 年，為萌芽期階段**：矽泥回收技術剛起步，各大企業與學研機構投入技術研發意願較低，專利申請量與申請人數數量皆較少且緩慢成長。
- (2) **2005~2012 年為發展期階段**：全球產業及學研機構投入資金研發與專利布局，專利申請量與申請人數數量皆明顯上升，且其中不乏新的企業投入研發，產出之專利數量也有增加。

(3) 2012~2016 年為發展趨緩、略為衰退階段：京都議定書退場

至巴黎協定之間的過渡期，專利申請量及申請人數目皆略微減少。

(4) 2017~今為飽合、穩定發展階段：專利申請量與申請人數目

呈現飽合狀態，表示矽泥回收產業之相關技術出現瓶頸，需企業、學研機構有所突破或市場的新需求出現，才可能再向上衝出另一波高峰。

3、全球前十大申請國家/地區統計

圖 3-2-3 顯示有關「矽泥回收」之專利案，全球前十大申

請國家/地區之統計，排序如下：

1	中國大陸	291 案，占比約為 47.0%
2	日本	117 案，占比約為 18.9%
3	南韓	81 案，占比約為 13.1%
4	中華民國	46 案，占比約為 7.4%
5	美國	33 案，占比約為 5.3%
6	EPO	12 案，占比約為 1.9%
7	WO	10 案，占比約為 1.6%
8	德國	8 案，占比約為 1.3%
9	馬來西亞	7 案，占比約為 1.1%
10	加拿大	2 案，占比約為 0.3%

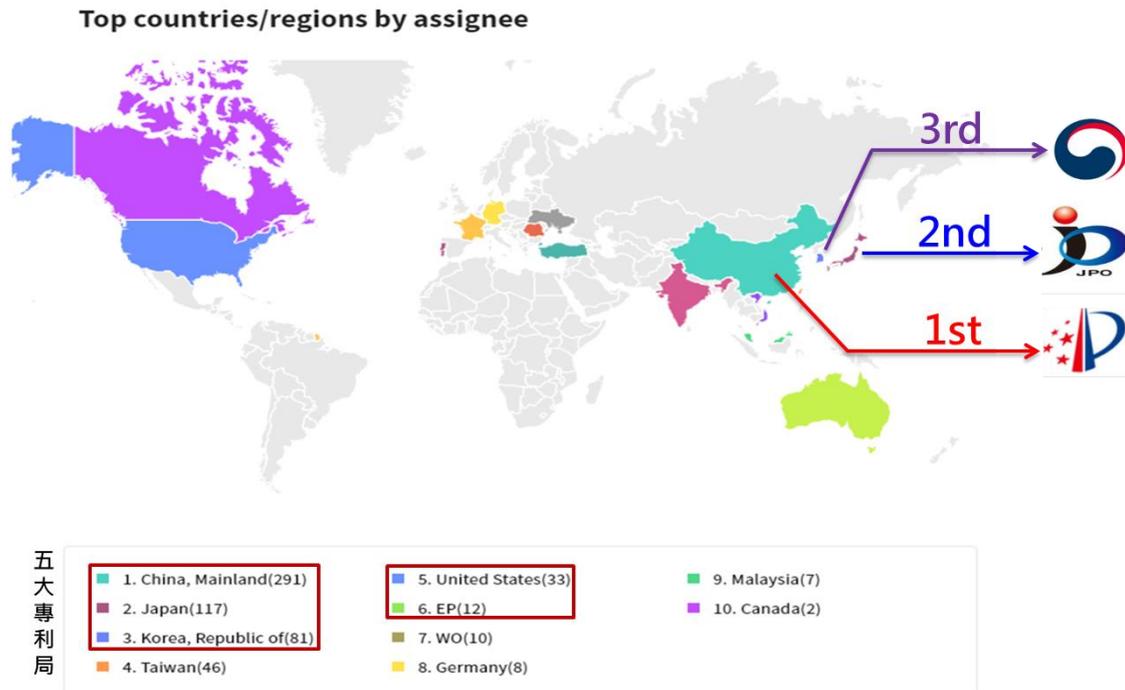


圖 3-2-3. 全球專利主要分布概況

五大專利局與我國，有關「矽泥回收」專利申請量包辦全球排名的前六，占比共約 93.7%（如圖 3-2-4 所示）。就區域分布來看，以亞洲區域之國家為多數，中國大陸、日本、南韓及我國之專利申請量合計共約 86.5%，應與近年來基礎工業、半導體製造等產業於亞洲國家高度發展有關。至於歐、美國家之申請量較少，約占 7.2%的專利申請量。

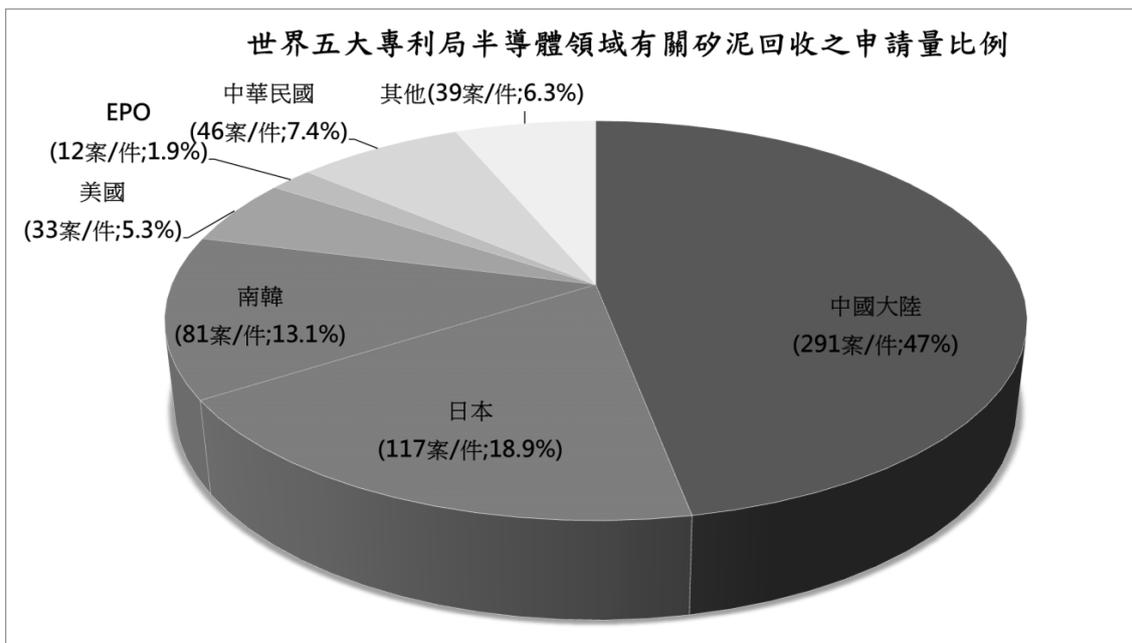


圖 3-2-4. 全球五大專利局申請量比例

4、全球前十大申請國家/地區專利申請趨勢

圖 3-2-5 所示為 1980 年至 2022 年之間，全球前十大申請國家/地區有關「矽泥回收」專利之歷年申請量變化，藉此可了解專利發展趨勢。

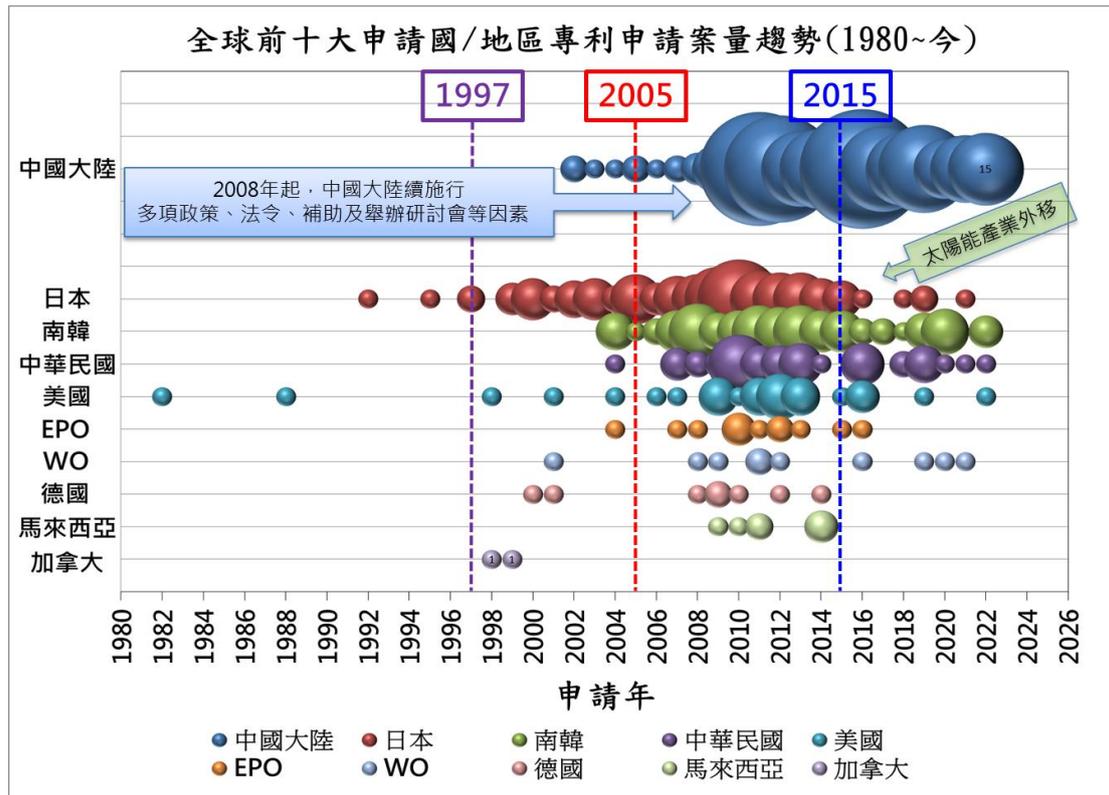


圖 3-2-5. 全球前十大申請國家/地區專利申請趨勢

由全球前十大申請國家/地區申請量的趨勢可發現，亞洲國家（尤其是日本、南韓及我國）為半導體製造主要地區，以日本來說，「矽泥回收」相關技術發展相對較早，明顯的申請量見於 1997 年左右，而由於 2017 年太陽能上游產業外移至中國大陸等因素的影響，申請量有衰退的現象。我國與南韓則於 2005 年左右，至今仍持續發展及申請專利中。1980~2007 年期間，中國大陸為零星的專利申請，然而確於 2008~2022 年呈爆發性地成長（相較 2008 年前，平均成長約 12.5 倍），推測其與法令、政策與補助等因素有直接的關係。

5、主要申請國之第一申請人類型

如圖 3-2-6 所示，針對全球五大主要申請國，為第一申請人³⁰類型分析。整體來看，五大申請國申請人總數約為 360 個，其中，公司為 260 個（72.2%）、學研機構為 55 個（15.3%）、自然人為 45 個（12.5%），公司態樣之申請人占了絕大部分的比例，而學研機構與自然人型態的申請人數量上相近。

中國大陸之第一申請人類型比例與整體平均類似，公司型態的申請人占大部分的比例(70.5%)，其次為學研機構(17.9%)及自然人(11.6%)。美國與日本則為公司型態的申請人占絕大部分的比例(92.6%、87.5%)，學研機構(7.4%、3.6%)及自然人(0%、8.9%)為少數。值得注意的是，我國與南韓第一申請人類型較為相似，公司型態的申請人雖仍占大部分的比例(65.6%、56.4%)，然而自然人的占比(21.9%、20.0%)相對於其他三大國來得高，顯示我國與南韓民間亦投入資源，致力於循環經濟的發展。

³⁰ 部分專利有兩個或以上的申請人，本文所指第一申請人係以專利申請書上第一順位的申請人。

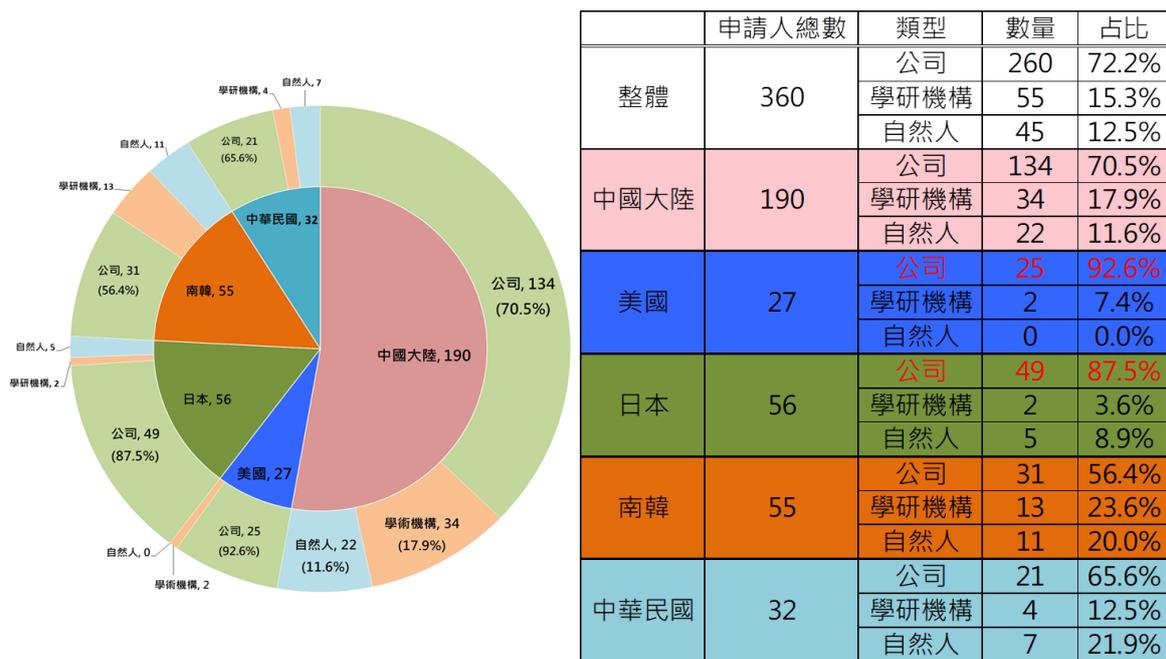


圖 3-2-6. 全球主要申請國之第一申請人類型占比

6、全球前二十大申請人統計

表 3-2-5 摘錄有關「矽泥回收」之專利案，全球前二十大申請人之排名依序如下：1、夏普株式會社(Sharp; 日本)-23 案；2、勝高株式會社(SUMCO; 日本)-17 案；3、三洋電機株式會社(SANYO; 日本)-13 案；4、柯尼卡美能達株式會社(KONICA; 日本)-11 案；5、三菱株式會社(MITSUBISHI; 日本)-11 案；6、Panasonic 控股株式會社(Panasonic; 日本)-10 案；7、CLEAN SOLUTION(南韓)-10 案；8、成亞資源科技股份有限公司(中華民國)-10 案；9、可樂麗株式會社(日本)-10 案；10、安徽賽華新能源科技(中國大陸)-8 案；11、江蘇佳宇資源利用股份有限公司(中國大陸)-8 案；12、IHI 回轉機械工程股份有限公司(日本)-

7 案; 13、亞邦國際科技股份有限公司(中華民國)-7 案; 14、瀋陽東北大學(中國大陸)-7 案; 15、台灣大學(中華民國)-6 案; 16、北京科技大學(中國大陸)-6 案; 17、河南新大新材料股份有限公司(中國大陸)-5 案; 18、江陰東為資源再生技術有限公司(中國大陸)-5 案; 19、韓國陶瓷技術研究院(南韓)-5 案; 20、江南大學(中國大陸)-5 案。

全球前二十大第一申請人中，公司占 7 成 5 (15 間)，另 2 成 5 為學研機構 (5 間；中國大陸 4 間及南韓 1 間)。就公司性质而言，綠色企業共 6 間，業務範圍與環保或資源回收相關，其中，中國大陸有 4 間，我國 2 間 (成亞資源及亞邦國際)；半導體產業相關公司有 8 間，均為日本大型企業，包含：夏普、勝高、三洋電機、柯尼卡美能達、Panasonic 及可樂麗等。

表 3-2-5. 全球前二十大申請人簡表

公司/機構名稱	案件數	國別	特色
夏普株式会社	23	日本	2016年8月13日由我國鴻海集團納為其旗下子公司，成為日本第一家被外資收購的大型電子製造商
勝高株式会社	17	日本	SUMCO是世界第二大的矽晶圓製造商，與同樣位於日本的信越化學工業二社占據全球約60%的晶圓生產量
三洋電機株式会社	13	日本	三洋電機株式会社是日本一家電子公司，成立之初以生產電器為主，後因經營不善而被松下電器併購
柯尼卡美能達株式会社	11	日本	照相機及影像事業結束後，全球有3,700名僱員受裁員，至於影印機、傳真機、鐳射印表機等其他業務較不受影響
三菱株式会社	11	日本	世界級的大型企業
Panasonic控股株式会社	10	日本	世界級的大型企業
CLEAN SOLUTION	10	南韓	半導體零組件清洗及製造等業務
★ 成亞資源科技股份有限公司	10	中華民國	2014年向成功大學合作引進專業檢驗技術，將矽砂漿的固體乾渣加工製成鋼鐵廠可以使用的矽砂，成功地取代矽鐵成為煉鋼廠冶煉添加料的新選擇
可樂麗株式会社	10	日本	日本的一家化工公司，主要生產樹脂和纖維製品
安徽賽華新能源科技	8	中國大陸	2010年11月05日成立，業務主要為太陽能電池之應用
江苏佳宇资源利用股份有限公司	8	中國大陸	業務範圍包括矽晶圓切割廢砂漿資源回收及加工等
IHI回轉機械工程股份有限公司	7	日本	一家提供在航海船舶，航太宇宙火箭，能源供應，物流運輸，軍事艦艇及基礎建設工程監造之設備的重工業公司
亞邦國際科技股份有限公司	7	中華民國	近年來，積極致力於清潔生產技術與機制的研發，利用環保科技並結合了綠能產業所需資源化的應用，成功地協助產業進行節能減廢，降低生產成本並提升國際競爭力
瀋陽東北大學	7	中國大陸	中華人民共和國重點高校之一，是「雙一流B類」和原「985工程」、原「211工程」重點建設大學
台灣大學	6	中華民國	我國第一大學
北京科技大學	6	中國大陸	中華人民共和國重點高校之一，是211工程、2011計劃、985優勢學科創新平台等高水平大學建設方案入選高校
河南新大新材料股份有限公司	5	中國大陸	一家專業從事太陽能晶片、半導體線切割刃料研發、生產及銷售的技術企業，同時提供矽晶圓切割廢砂漿的回收再利用服務
江阴东为资源再生技术有限公司	5	中國大陸	成立於2016年，專業資源回收企業，回收物包含：磨料、切削液、潤滑油等
韓國陶瓷技術研究院(KICET)	5	南韓	韓國產業通商資源部為了促進陶瓷產業的發展和技術開發而新成立的獨立機構
江南大學	5	中國大陸	江南大學坐落於江蘇省無錫市，是教育部直屬、國家「211工程」重點建設高校和一流學科建設高校

國際企業
(40%)

學研機構
(25%)

全球前二十大申請人中，如圖 3-2-7 所示，若以申請人國籍

而論，日本籍申請人占 40% (8/20)，皆為較具規模的大型企業；

中國大陸籍申請人占 35% (7/20)，其中 4 成 3 為學研機構(3/7)；

中華民國籍申請人占 15% (3/20)，主要由學研機構或小型企業所

組成；南韓籍申請人占 10% (2/20)，主要亦為學研機構或小型企

業所組成。

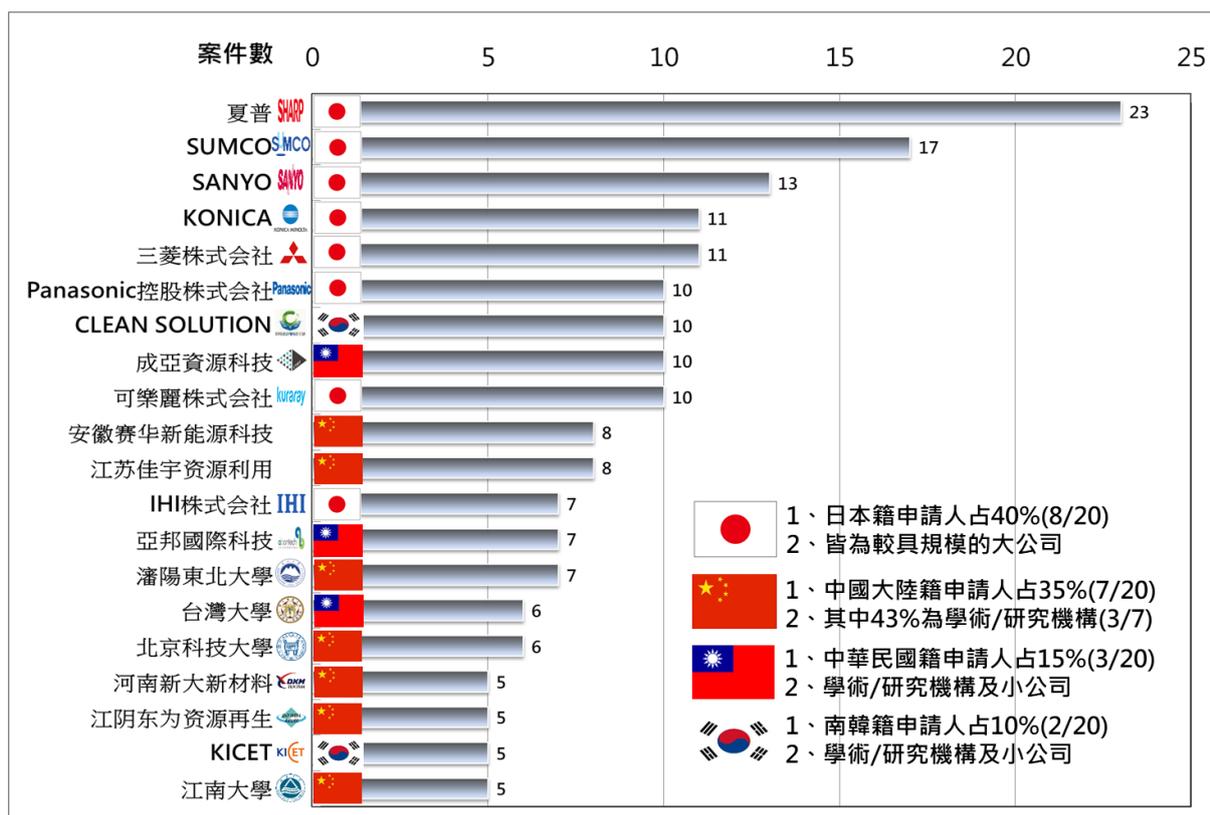


圖 3-2-7. 全球前二十大申請人及其案件量

7、全球前二十大申請人專利申請趨勢

圖 3-2-8 所示為全球二十大申請人 1960~2022 年申請量趨勢圖，分析歸納如下：

勢圖，分析歸納如下：

- (1) 日本籍之申請人：均為半導體相關大型企業，自 1997 年起，就開始有在發展「矽泥回收」相關之技術，而於 2017 年後，該項技術之專利申請產生衰退現象。其中，夏普、SUMCO 及 SANYO 等企業集中於 1997~2012 年間申請專利，而 KONICA、三菱、Panasonic、可樂麗及 IHI 株式會社則集中於 2005~2017 年間申請專利。

(2)我國、中國大陸及南韓籍的申請人：由學研機構與小型企業所組成，「矽泥回收」相關技術發展及專利申請較晚，主要之專利申請分布於 2008~2022 年間。迄今，相較於日本企業而言，我國、中國大陸及南韓的企業對矽泥回收的相關技術相對較為重視。

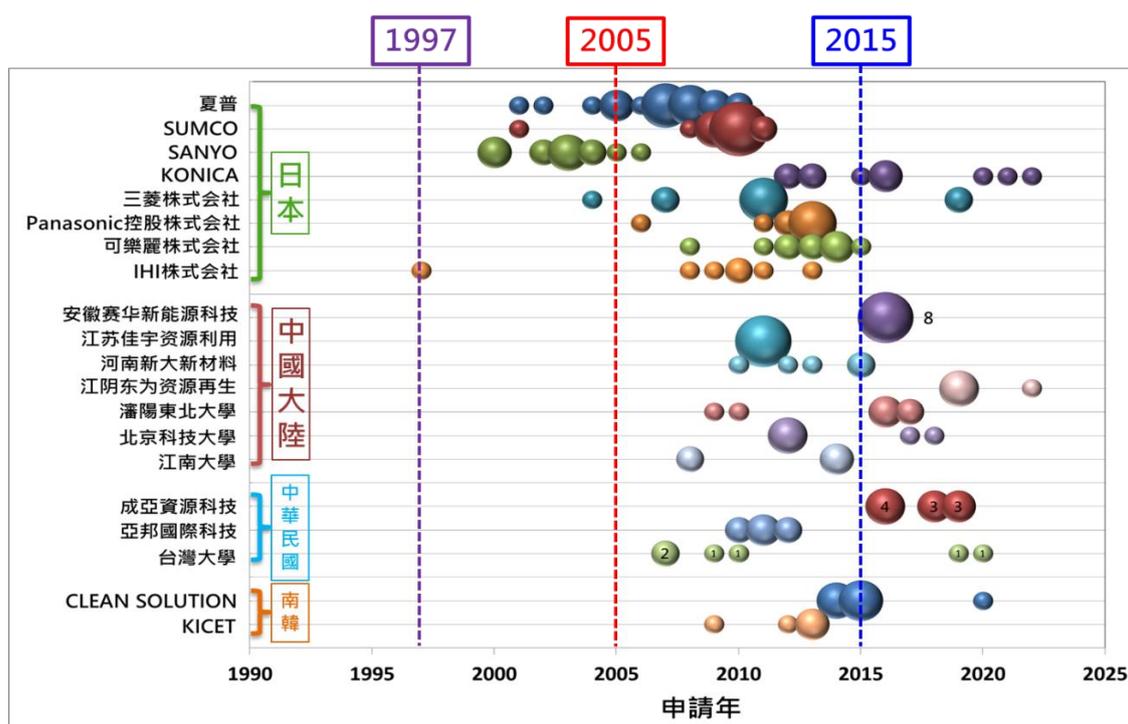


圖 3-2-8. 全球前二十大申請人專利申請趨勢

8、主要國家/地區之專利布局

有關「矽泥回收」專利案，主要申請國別/地區與申請人國籍/地區之矩陣分析如圖 3-2-9 所示。藉此可觀察，全球「矽泥回收」技術專利申請人所注重的市場與專利布局趨勢。

由五大專利局與我國專利申請人的申請國別/地區，可發

現申請人主要還是在其本身國家/地區的專利局申請居多。此外，申請人除了在其本身的國家以外，其專利布局國家/區域主要以我國、中國大陸及美國為主（日本申請人布局較為積極）。

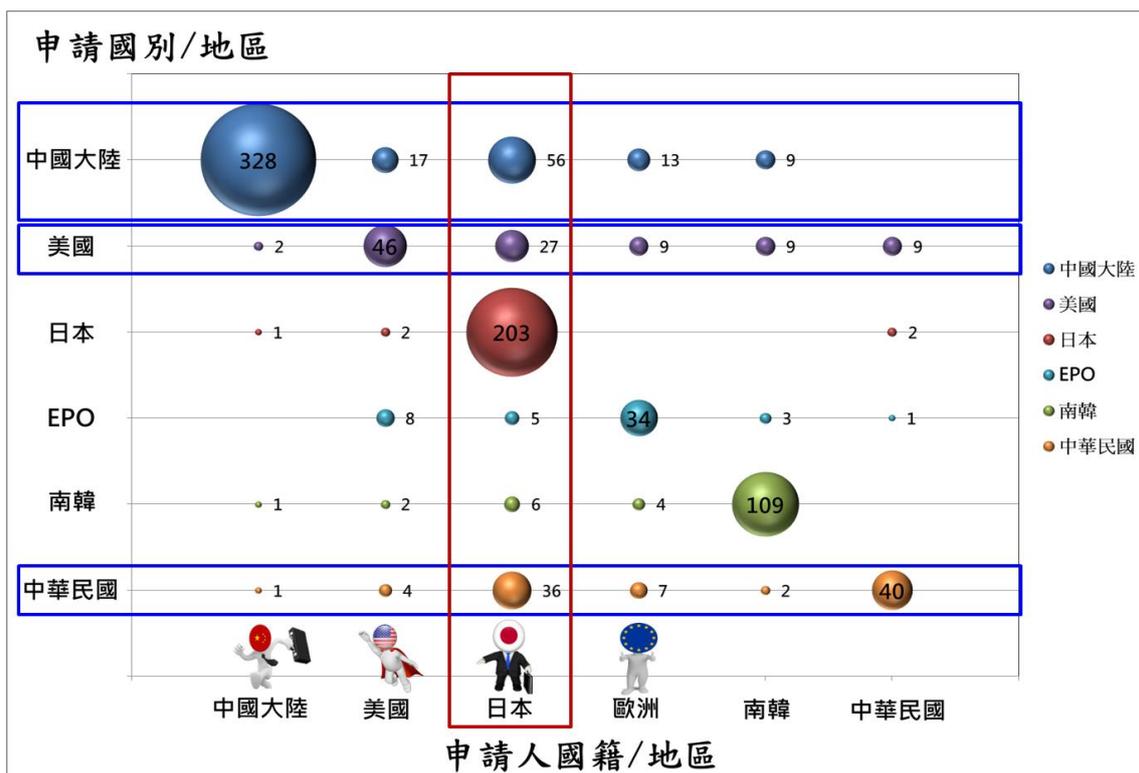


圖 3-2-9. 主要國家之專利布局

(五)專利技術分析

本章節將與「矽泥回收」相關之專利案，以 IPC 分類號、技術分類理或處理物態樣之觀點（圖 3-2-10），進一步整理並分析。IPC 分類號主要包括：C01B（非金屬元素；其化合物）、B01D（分離）、C02F（水、廢水、污水或污泥之處理）、B24B（用於磨削或拋光之機床、裝置或工藝）、C10M

(潤滑組合物)、B09B (固體廢物之處理) 或 H01L (半導體裝置) 等。技術分類主要包括：綜合技術、過濾法、離心分離法、磁選法、及旋風分離法其他技術，而處理物態樣主要包括：切削廢液、CMP 廢液、工業廢水及其他。

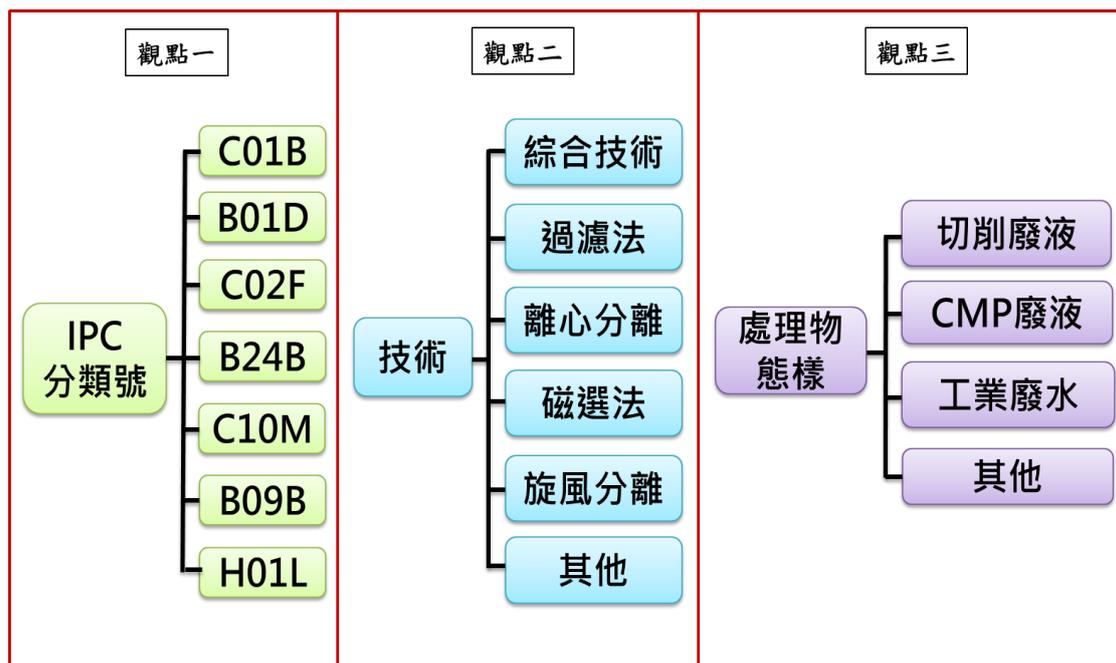


圖 3-2-10. 「矽泥回收」技術分析之三大觀點

專利技術分析將係依序以「矽泥回收專利案(619 案)之三階 IPC 分布」、「矽泥回收專利案(619 案)之專利地圖」、「全球前二十大申請人申請案之主要 IPC 分類號(三、四階)」、「全球前二十大申請人申請案之技術統整」及「全球前二十大申請人申請案之技術趨勢」呈現。

1、「矽泥回收」專利案(619 案)之三階 IPC 分布

以下由檢索結果(619 案)中，統計整理 IPC 分類號之分布，圖 3-2-11 所示，主要之 IPC 分類號為 C01B (31.3%；非金屬元素；其化合物)，其次依序為 B24B (11.4%；用於磨削或拋光之機床、裝置或工藝)、C02F (9.3%；水、廢水、污水或污泥之處理) 及 B01D (9.0%；分離)，可發現有關「矽泥回收」之專利案的 IPC 分類號集中於前 4 大三階 IPC，約占 6 成左右的比例，常見三階 IPC 分類號的簡要技術說明如下表 3-2-6 所示。

表 3-2-6. 「矽泥回收」專利案常見之 IPC 分類號

IPC 分類號	簡要技術說明
C01B	非金屬元素；其化合物
B01D	分離
C02F	水、廢水、污水或污泥之處理
B24B	用於磨削或拋光之機床、裝置或工藝
C10M	潤滑組合物
B09B	固體廢物之處理
H01L	半導體裝置
其他	其他 IPC

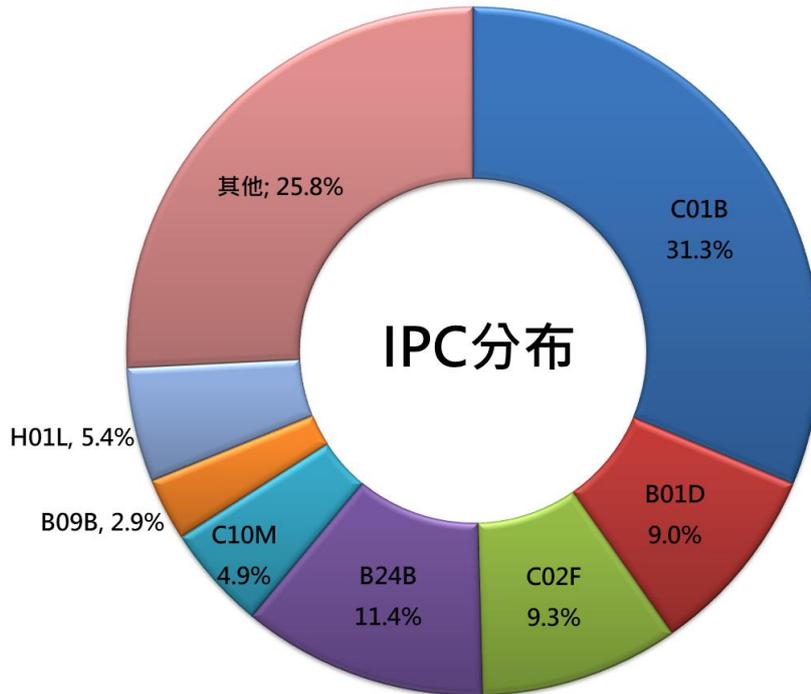


圖 3-2-11. 整體「矽泥回收」專利案（619 案）之三階 IPC 分布

2、「矽泥回收」專利案(619 案)之專利地圖

利用 DI 資料庫內建的專利地圖分析，將有關「矽泥回收」之專利案(619 案)予以處理而得之結果，如圖 3-2-12、3-2-13³¹所示，大致上可分為 5 大類別，涵蓋 3 大 IPC 分類號，詳述如下：

- (1) **設備**包含：「清洗、管線、分離或馬達等裝置」及「切削液儲存槽、處理裝置」，分別約為 91 案(14.7%)及 68 案(11.0%)，所屬主要的 IPC 分類號為 C01B（非金屬元素；其化合物）及 B01D（分離）。

³¹ 註：圖中的每一個點代表一專利案。

- (2) 應用包含：「矽污泥」、「磨粒、矽粒」、「太陽能級矽純化」及「碳化矽、切削油」及「金屬粒子磨液、水泥」，分別約為 113 案(18.3%)、43 案(6.9%)、12 案(1.9%)、163 案(26.3%)及 53 案(8.6%)，所屬主要的 IPC 分類號為 C02F（水、廢水、污水或污泥之處理）及 B01D（分離）。
- (3) 方法包含：「乾燥」、「過濾」及「分離」，分別約為 11 案(1.8%)、17 案(2.7%)及 42 案(6.8%)，所屬主要的 IPC 分類號為 C01B（非金屬元素；其化合物）及 B01D（分離）。

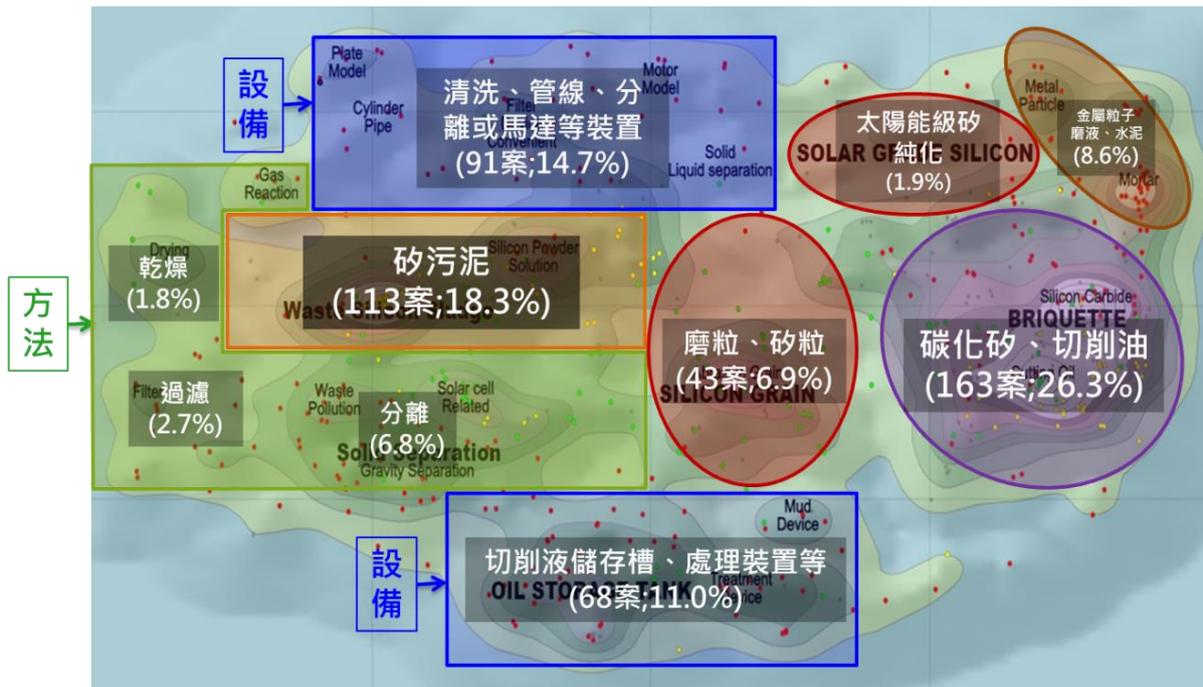


圖 3-2-12. 有關「矽泥回收」專利案之專利地圖（領域類別）

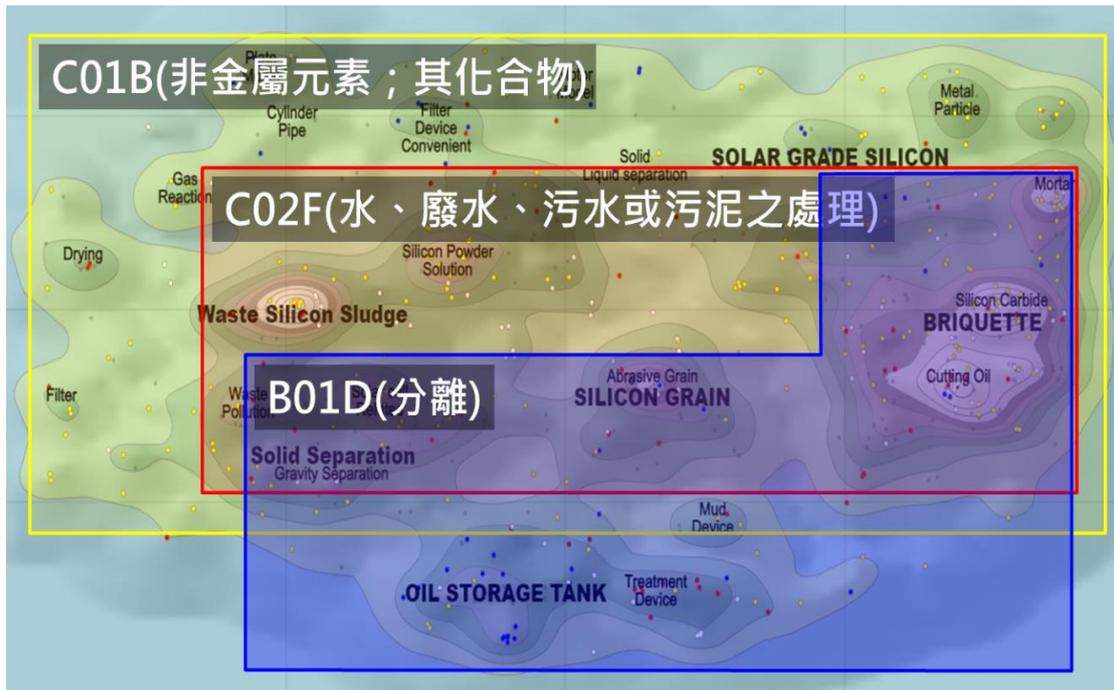


圖 3-2-13. 有關「矽泥回收」專利案之專利地圖（IPC 分類號）

若以全球專利布局的角度來看，中國大陸近十年來著重於發展及布局「清洗、管線、分離或馬達等裝置」與「切削液儲存槽、處理裝置」等設備之領域，以及「太陽能級矽純化」與「金屬粒子廢液、水泥」之回收應用，而日、韓等國則著重於「矽污泥」、「磨粒、矽粒」及「碳化矽、切削油」等回收應用，如圖 3-2-14 所示，我國投入的資源則雖然較少，惟仍有學研機構與私人企業為該領域技術之研發，值得後續關注。

表 3-2-7. 全球前二十大申請人申請案之主要三、四階 IPC 統計

IPC(3階)	說明(3階)	百分比	IPC(4階)	百分比	說明(4階)
C01B	非金屬元素；其化合物	31.5%	C01B 32/00	1.6%	碳；其化合物
			C01B 33/00	29.9%	矽；其化合物
B01D	分離	11.4%	B01D 21/00	4.9%	用沉積法將懸浮固體微粒由液體中分離
			B01D 25/00	1.6%	由夾持著多個過濾元件或此等元件之部件所組成的濾器
			B01D 36/00	2.7%	過濾回路或過濾器與其他分離裝置之組合
			B01D 37/00	1.1%	過濾方法
			B01D 65/00	1.1%	用於一般半透膜分離方法或設備之輔助設備或輔助操作
C02F	水、廢水、污水或污泥之處理	7.1%	C02F 1/00	2.2%	水、廢水或污水之處理
			C02F 9/00	0.5%	水、廢水或污水之多級處理
			C02F 11/00	4.3%	污泥之處理；其裝置
B24B	用於磨削或拋光之機床、裝置或工藝	19.0%	B24B 27/00	3.8%	其他磨床或裝置
			B24B 55/00	2.2%	用於磨床或拋光機之安全裝置
			B24B 57/00	13.0%	磨削、拋光或研光劑之進料、加料、分選或回收設備
C10M	潤滑組合物	3.3%	C10M 17/00	3.3%	加工用過的潤滑劑，以回收有用
B09B	固體廢物之處理	2.2%	B09B 3/00	2.2%	固體廢物之破壞或將固體廢物轉變為有用或無害的物品
H01L	半導體裝置	3.3%	H01L 21/00	3.3%	適用於製造或處理半導體或固體裝置或部件之方法或設備

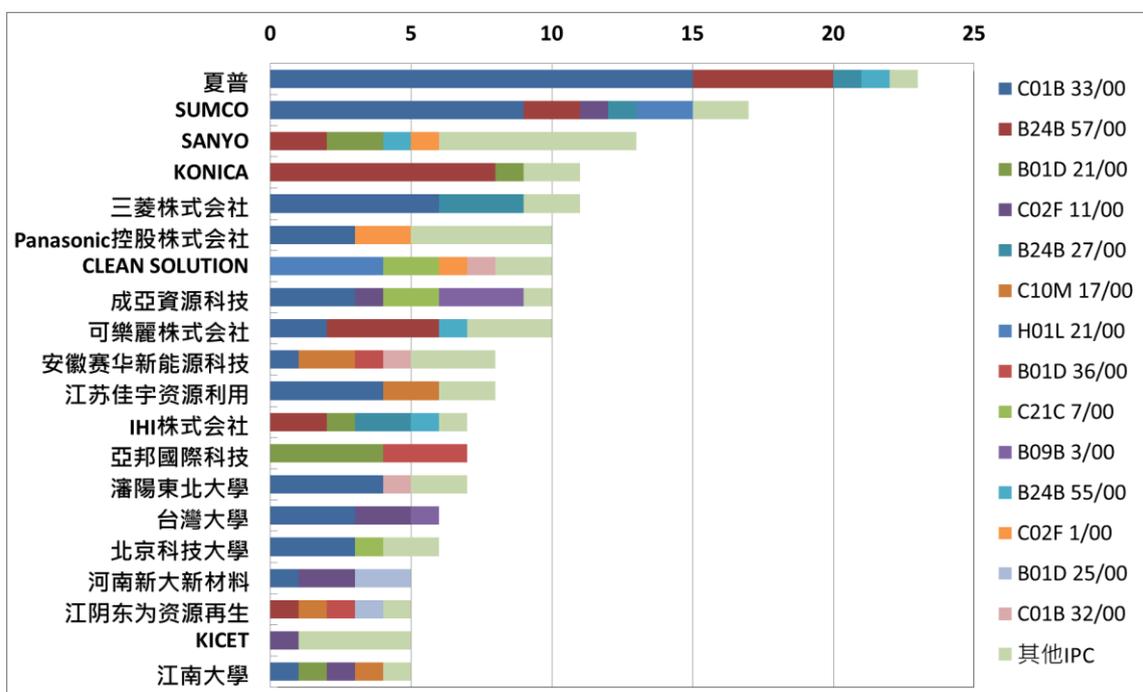


圖 3-2-15. 全球前二十大申請人申請案之主要四階 IPC 分布

進一步觀察四階 IPC 分類，較常見者為：C01B 33/00（矽；其化合物；29.9%）、B24B 57/00（磨削，拋光或研光劑之進料，加料，分選或回收設備；13.0%）、B01D 21/00（用沉積法將懸浮固體微粒由液體中分離；4.9%）、C02F 11/00（污泥之處理；

其裝置；4.3%)、B24B 27/00 (其他磨床或裝置；3.8%)、C10M 17/00 (加工用過的潤滑劑；3.3%)、B01D 36/00 (過濾回路或過濾器與其他分離裝置之組合；2.7%)。

4、全球前二十大申請人申請案之技術統計

全球前二十大申請人申請案(184 案)之技術分類如圖 3-2-16 所示，使用「綜合技術」³³處理矽污泥的相關專利申請數量最多，共計 109 案(59.2%)，其次為「過濾法」與「離心分離法」之專利技術，分別為 34 案(18.5%)與 19 案(10.3%)，「比重分離法」、「磁選法」與「旋風分離法」之專利技術相近且較少，分別為 5 案(2.7%)、5 案(2.7%)與 3 案(1.6%)，至於「其他」技術³⁴則為 69 案(16%)。

³³ 綜合技術包含：浮選、水洗、酸洗、乾燥、蒸發、靜置、沉澱、熔化、薄膜分離或化學添加等。

³⁴ 「其他」技術包含非屬上述技術。

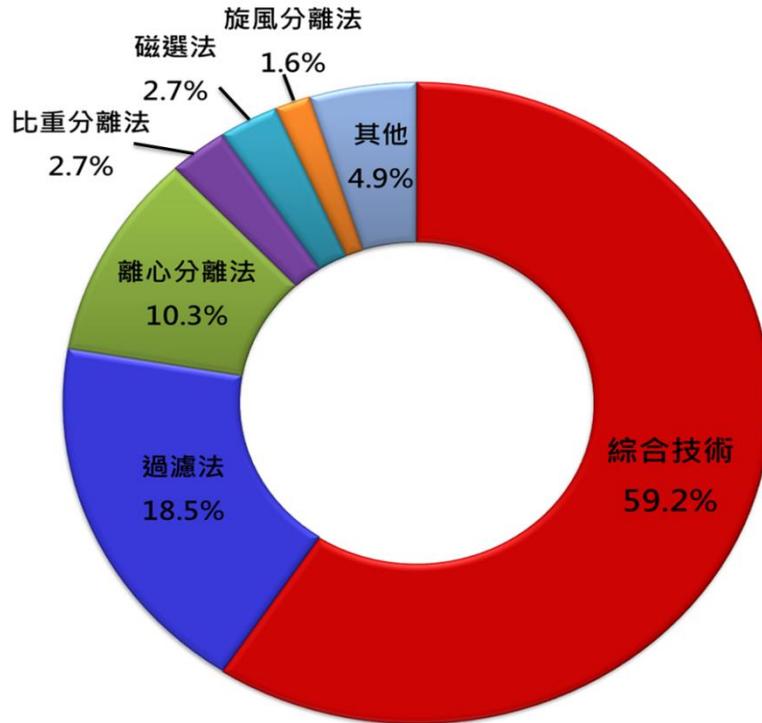


圖 3-2-16. 全球前二十大申請人申請案之分類

全球前二十大申請人之申請案的各別技術分類如圖 3-2-17 所示，進一步分析如下：

- (1) 「綜合技術」：實務上在處理矽污泥而言，往往非僅使用單一技術，而係利用技術之組合而完成「矽泥回收」之功效，例如使用浮選法回收矽泥，其技術內容可包含：水洗、沉澱、化學添加、浮選及乾燥等，因屬較廣義的技術分類，故該分類之專利申請量都相對來得多。排名前三的申請人依序為夏普（日本；占比為 9.8% (18/184)）、SUMCO（日本；占比為 7% (13/184)）及 KONICA（日本；占比為 6% (11/184)）。

(2) 「過濾法」與「離心分離法」：該領域之技術相對成熟，也

是目前有關「矽泥回收」相當主流的技術，專利申請量較

多之申請人分別為 **SANYO**（日本；占比為 6% (11/184)）、

亞邦國際科技（中華民國；占比為 3.8% (7/184)）。

(3) 「比重分離法」、「磁選法」與「旋風分離法」：全球前二十

大申請人對於該等技術之專利申請量較少（占比約 1%）。

由上述內容可得知，公司、企業或學研機構的專利布局以相對成熟的「綜合技術」、「過濾法」及「離心分離」為主。而

近年來，中國大陸對於「磁選法」與「旋風分離法」技術亦有

研發及申請專利，後續發展也值得持續關注。

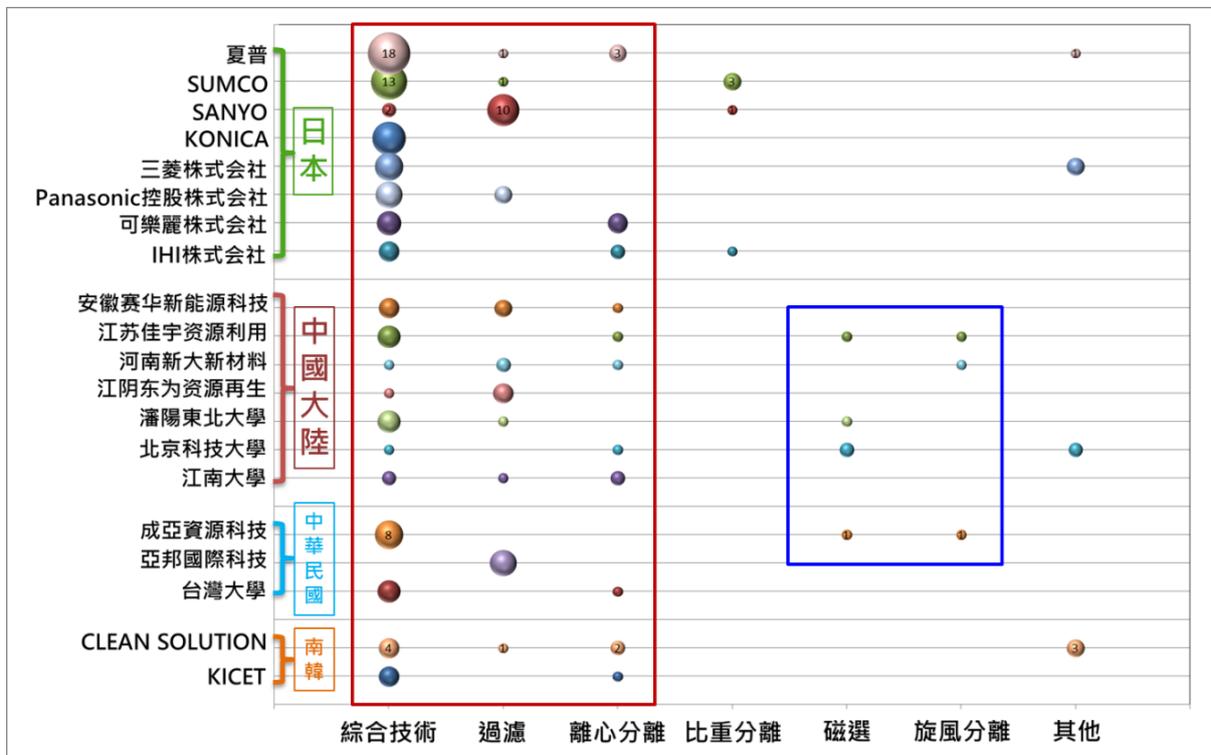


圖 3-2-17. 全球前二十大申請人之申請案的各別技術分類

圖 3-2-18 所示為全球前二十大申請人申請案之處理物分類，大多著重於切削廢液、CMP 廢液、工業廢水等項目之回收處理，整理分析如下。

- (1) **切削廢液**：主要是含有矽泥的切削油，這些矽泥中含有碳化矽、矽及氧化矽。如果可以有效進行回收，不僅可以有效利用這些廢棄物並減少切削廢液處理的成本，亦能將碳化矽與矽回收再利用來降低對環境的衝擊，故切削廢液回收處理已然成為我國、日本、中國大陸及南韓所屬各大企業發展的重點項目之一，專利申請數量共 147 案，日本之大型企業占 46.9%(69 案)，我國、中國大陸及南韓則由學研機構及小型企業所主導，分別占 15.6% (23 案)、27.2% (40 案)、10.2%(15 案)。
- (2) **CMP 廢液**：日本半導體相關企業處理「CMP 廢液」專利申請數量為 21 案，其中，SUMCO、SANYO 及 KONICA 分別為 3 案(14.3%)、7 案(33.3%)及 11 案(52.4%)。

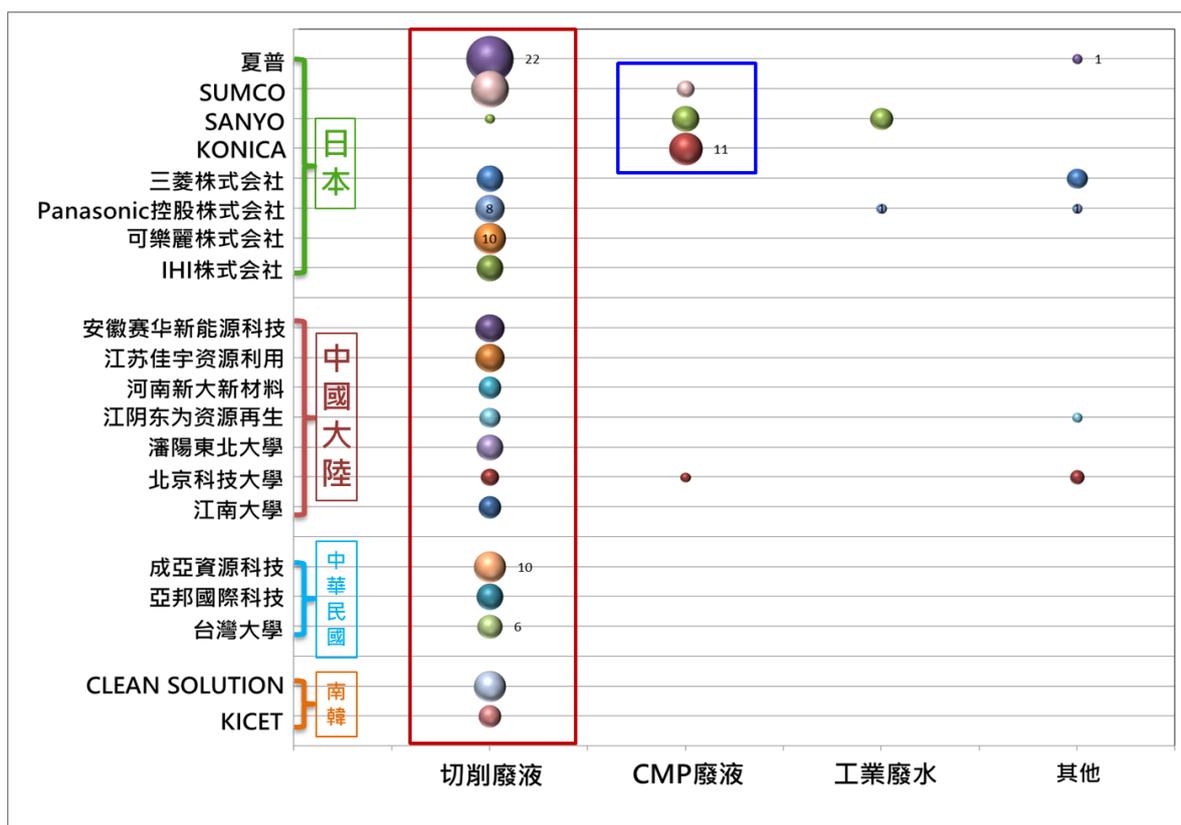


圖 3-2-18. 全球前二十大申請人申請案之處理物分類

5、全球前二十大申請人申請案之技術趨勢

全球前二十大申請人申請案之技術趨勢，如圖 3-2-19 所示，整理分析如下：

- (1) 「綜合技術」：綜合技術包含水洗、酸洗、乾燥、蒸發、靜置、沉澱、融化、薄膜分離或化學添加等技術之組合，係產業界研發處理矽泥之主要方式之一。2005 年前，該項技術為零星的專利申請，惟於其後，社會大眾日漸重視大量矽泥所造成的環保問題，產業界致力於發展回收矽泥之技術，並於 2015 年左右達到高峰，而近年來，專利申請似有

成長飽和的趨勢，值得後續關注。

- (2) 「過濾法」與「離心分離法」：1995~2000 年代，已有該項技術之發展與專利申請，其後仍見其穩定發展，惟時至今日，似有成長衰退的趨勢。

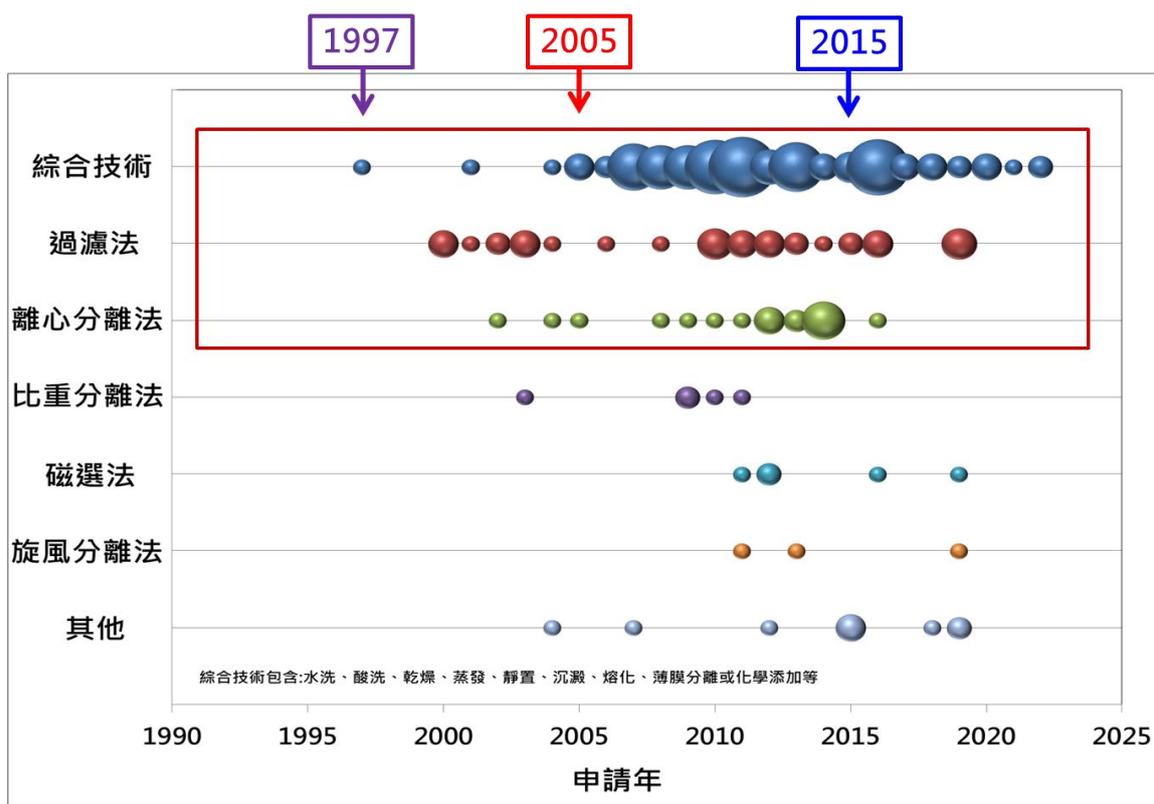


圖 3-2-19. 全球前二十大申請人申請案之技術趨勢

6、我國申請人專利申請之概況

我國申請人有關「矽泥回收」之專利申請量共計 35 案 (~2022 年)，申請量不多且申請較為分散，學研機構的平均申請量為 1.8 (案/申請人；16/9)，公司的平均申請量為 1.5 (案/申請人；12/8)，自然人的平均申請量為 1.8 (案/申請人；

7/4)，如表 3-2-8 所示。此外，專案小組亦列舉出我國專利申請量較多之申請人及相關資料，排名第一位之申請人為臺灣大學，申請量 8 案，其後為藍 OO（自然人；4 案）、成亞資源科技（3 案）、中美矽晶（2 案）、光宇材料（2 案）、成功大學（2 案）及謝 OO（自然人；1 案）等，參見表 3-2-9。

表 3-2-8.中華民國籍專利申請人與申請量統計

申請人型態	學研機構	公司	自然人
專利申請量(案)	16	12	7
申請人數	9	8	4
平均申請量(案/申請人)	1.8	1.5	1.8

表 3-2-9.中華民國籍專利申請量較多之申請人及相關資料

申請人	專利名稱	處理物	IPC(4階)
國立臺灣大學	碳化矽粉之純化	其他	C02F 11/00
	切割矽泥回收方法	切削廢液	C02F 11/00
	回收矽泥之方法	切削廢液	C02F 11/00
	製造一氧化矽沉積物之方法及執行該方法之製造設備	其他	C01B 33/113
	製造多孔矽顆粒之方法及執行該方法之製造設備	其他	C01B 33/021
	以矽泥廢料製造一氧化矽沉積物之方法	切削廢液	C01B 33/113
	以矽泥廢料製造高模數水玻璃之方法	切削廢液	C01B 33/32
	處理太陽能電池矽晶圓切割廢油之方法	切削廢液	C10M 175/00
藍OO(自然人)	從矽泥回收矽之方法	切削廢液	C01B 33/021
	使用矽粉末進料來製造矽製品之生產系統	切削廢液	C03B 20/00
	從矽泥中回收並純化矽顆粒的方法	切削廢液	C01B 33/037
成亞資源科技股份有限公司	從矽泥回收矽及碳化矽之方法	切削廢液	C01B 33/021
	廢矽泥再利用處理方法	切削廢液	C02F 11/12
	廢矽泥再利用自動成型設備	切削廢液	C02F 11/00
中美矽晶製品股份有限公司	廢矽泥乾燥處理設備	切削廢液	C02F 11/12
	去除矽泥中金屬雜質之方法	切削廢液	C01B 33/037
光宇材料股份有限公司	自矽泥中回收切割液的方法及其回收系統	切削廢液	B01D 21/00
	由廢砂漿回收矽及研磨材顆粒的方法	切削廢液	B24B 55/12
國立成功大學	廢矽泥的使用方法及其所得產品	切削廢液	C01B 33/037
	矽泥資源化高純度碳化矽之裝置	切削廢液	C02F 11/00
謝OO(自然人)	含切削油廢矽泥資源回收之方法	切削廢液	C02F 11/06
	矽晶圓切割污泥的分選處理裝置	切削廢液	C01B 33/037

(六)精選案例

1、參考「被引用(Citing)次數」摘錄案例

本小節於專利分析母體-矽泥回收相關的 619 案中，摘錄「被引用(Citing)專利計數」較高（超過 20 次以上）之專利共 10 案，其專利公開/公告號為: DE60144346D1 (73 次)、JP4369054B2 (71 次)、US6113473A (66 次)、EP2198077B1 (40 次)、JP4369095B2 (32 次)、US7157012B2 (31 次)、JP3780166B2 (29 次)、WO2011105255A1 (27 次)、JP4335541B2 (25 次)、CN102059751B (20 次)。

(1)切削廢液

【案例 1】可用於從漿料中分離矽和金屬絲顆粒的方法

[專利名稱] 處理耗盡乙二醇基漿料方法 (Method for treating an exhausted glycol-based slurry)

[公告號] DE 60144346 D1

[先前技術]

在晶圓切片的製程中，來自矽錠的矽顆粒、線鋸的金屬顆粒（鐵等）形成並混入漿料，而隨著漿料中矽和金屬顆粒濃度的增加，切片操作的效率降低，最終漿料變得無效或耗

盡而必須丟棄，處理方式通常為焚燒或透過廢水處理設施處理。

從環境角度來看，這兩種處置方法都是對環境產生不良的影響（空污或污泥掩埋），鑒於上述情況，需要一種可用於從漿料中分離矽和金屬顆粒的方法，從而能夠重複使用磨料顆粒和潤滑液，這樣技術將降低與矽錠切片相關的製造成本，亦會減少排放到環境中的廢棄物和/或廢棄物副產品的數量。

[實施方式]

線鋸漿料通常包括潤滑或冷卻流體，例如礦物油或一些水溶性液體（聚乙二醇；Polyethylene glycol(PEG)等）以及磨料顆粒（碳化矽；SiC），本案例「耗盡的漿料(exhausted slurry)」係指由於含有過量的矽和/或金屬顆粒而不再適合用於矽錠切片的線鋸漿料，主要製程步驟如下（圖 3-2-20）：

1. 加壓過濾（Press Filter）：

懸浮固體（Suspended Solids）和潤滑液的分離壓榨過濾，利用至少一個篩網，使「耗盡漿料」分離成液體（潤滑液）和固體（未消耗的磨料顆粒、廢磨粒、矽顆粒、金屬顆粒和潤滑液）。

2. 清洗與分離 (Washing and Filtration) :

進一步處理上述過濾製程產生的固體部分，以便將未消耗的磨料顆粒與矽顆粒、金屬顆粒和廢磨粒分離出來。在分離固體之前，用溶劑（水）洗滌固體部分以降低潤滑液的濃度（過濾裝置中）。

3. 化學法溶解矽 (Silicon Chemical etch) :

使用鹼性蝕刻劑（如氫氧化鈉水溶液）將矽溶解形成可溶性鹼/鹼土矽鹽及氫氣，氫氣可以被收集再利用（可參考習知之化學反應式： $\text{Si}+2\text{NaOH}+\text{H}_2\text{O}\rightarrow\text{Na}_2\text{SiO}_3+2\text{H}_2$ ）。

4. 分離與固體清洗 (Filtration and Cake Washing) :

固體/鹼性蝕刻劑混合物透過先前用於將固體部分與潤滑液分離的壓濾器進行過濾，過濾後的固體濾餅包括用過的磨料顆粒、未用過的磨料顆粒、金屬顆粒和殘留量的蝕刻劑，再利用用溶劑（水）洗滌固體濾餅以降低蝕刻劑的濃度。

5. 化學法金屬溶解 (Metal Chemical Etch) :

蝕刻劑選自硫酸水溶液、硝酸水溶液及其混合物組成，並使用上述蝕刻劑溶解金屬顆粒，將固體部分以將未消耗的磨料顆粒和用過的磨料顆粒從金屬顆粒中分離出來。

6. 固體清洗 (Filtration and Cake Washing) :

在分離固體部分 (矽和金屬顆粒) 和液體部分 (潤滑液) 之後，得到碳化矽顆粒。

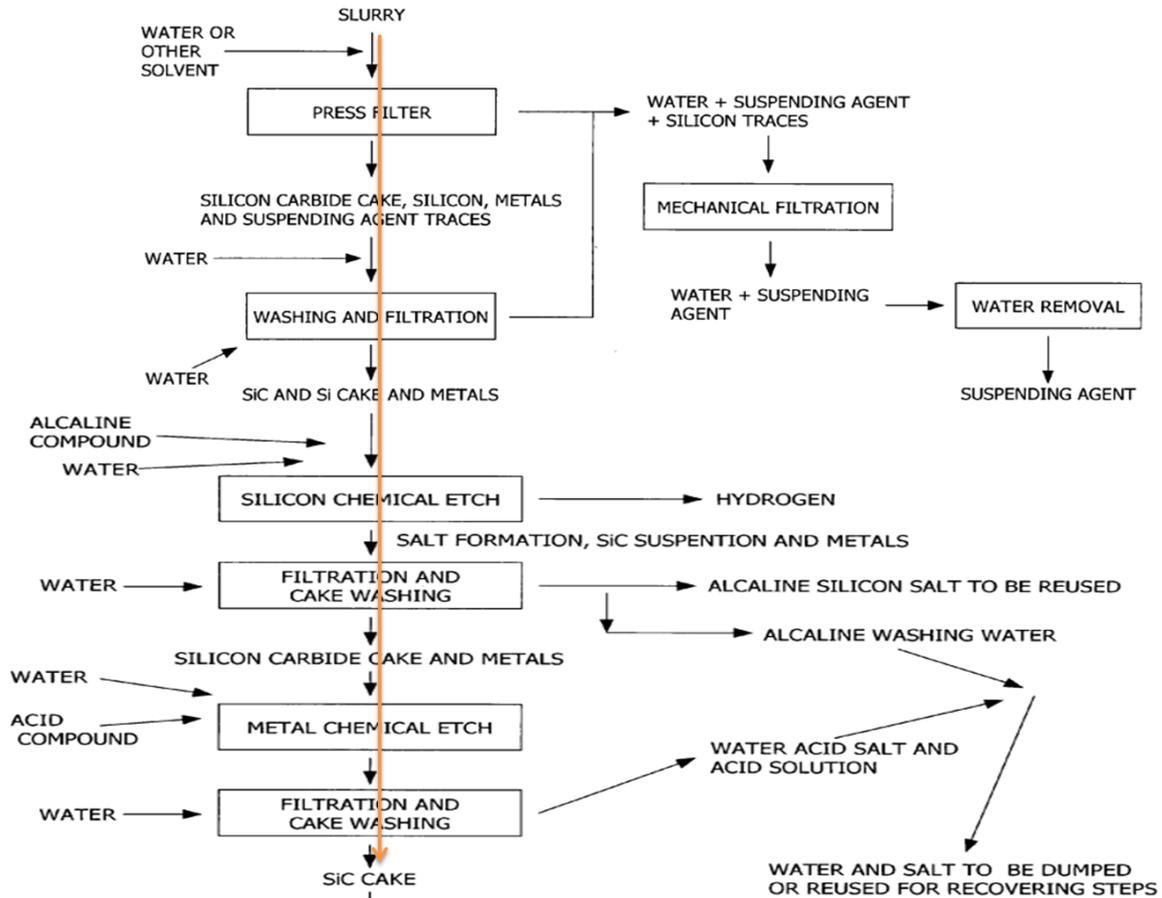


圖 3-2-20. 製程步驟流程圖

[技術功效]

潤滑液體可以透過將其與漿料中的固體分離來有效地再生，並將未用過的磨料顆粒可以將它們與廢磨料顆粒、矽顆粒和金屬顆粒分離來重新利用，並將可重新利用的潤滑液和磨粒被引入矽片製造過程中；再者，將分離固體的液體（如

水) 被重複使用，其中分離的廢磨粒可以重複使用，因此必須丟棄的廢棄物量減少或消除可使生產矽晶圓的成本降低。

【案例 2】研磨、切削廢液集中處理

〔專利名稱〕半導體晶片的製造方法 (MANUFACTURING METHOD FOR SEMICONDUCTOR WAFER)

〔公開號〕WO 2011105255 A1

〔先前技術〕

在傳統技術中，切片和研磨過程是在將含有分散劑和磨料顆粒的漿料分別供應到半導體晶錠和半導體晶片同時進行，在這些製程中產生的半導體廢棄物可以成為資源回收，作為半導體晶錠原材料的一部分。然而，含有分散劑和磨料顆粒混合的漿料回收加工成本相當可觀，因此，產業界正在研究如何降低處理成本。

〔實施方式〕

如圖 3-2-21 所示，處理裝置包含：線鋸(40)、倒角裝置(50)及研磨裝置(10)等，所產生的製程廢液分別由攪拌器(74)分散並儲存於廢液容器(71~73)中，透過相對應的支管(76a)和進水管(76)引入收集罐(77)內，然後廢液通過出口管(78)排放到外部。在排放過程中，矽屑(S)透過位於出口管中間部分

的旋風分離器(79)從混合廢液中離心分離，將分離的矽屑直接收集在廢料接收罐(80)中，收集的矽屑經過金屬去除清潔處理後，將後處理的矽廢料放入直拉工藝單晶矽牽引裝置的坩堝中，作為單晶矽錠的原料進行回收。

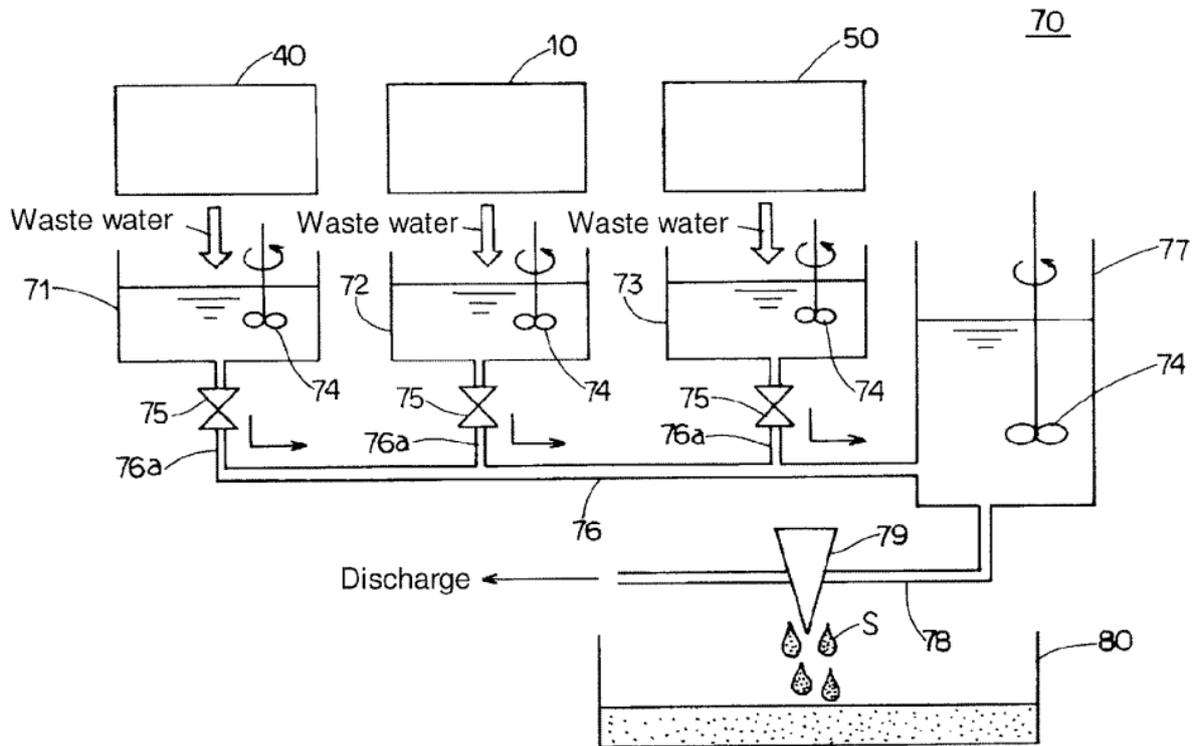


圖 3-2-21. 廢液處理裝置

10：研磨廢料處理器、40：線鋸、50：倒角裝置、71~73：廢液容器、74：攪拌器、75：開關閥、76a：支管、76：進水管、77：收集罐、79：旋風分離器

〔技術功效〕

將包含在切片、研磨和倒角製程中產生的半導體廢液混合收集在一個容器中，然後利用旋風分離器從混合廢液中將

矽屑離心分離，使得半導體廢料可回收再利用，與傳統情況相比，回收過程很容易，整體處理成本亦降低。

【案例 3】切削廢液循環再利用

〔專利名稱〕多線切割機砂漿循環與供給系統及方法

(Multiple wire cutting machine for mortar circulation and supply system and method)

〔公告號〕CN 102059751 B

〔先前技術〕

多線切割的製程中，砂漿（混合式研磨液）被往復運動的鋼線帶到切割區，其中砂漿中所含有碳化矽顆粒的型態及細微性，是決定切割成品片表面光潔程度和切割能力的關鍵，由於該製程會產生大量的廢砂漿，其主要成分為聚乙二醇與數種少量表面活性劑複配的混合物，由於表面活性劑特性是易於附著在碳化矽表面，如果採用離線回收會使上述部分表面活性劑流失，造成資源浪費，進而增加了生產成本。如果採用循環系統直接回收碳化矽及切割液，能夠保證大量的有效成分不會流失，不但避免了再處理過程中對環境的污染，同時避免了回收週期對使用的影響，亦可節約大量的時間及資金。

〔實施方式〕

如圖 3-2-22 所示，砂漿循環回收系統包含：多線切割機(29)、砂漿罐(30)、成品砂漿存儲罐(1)、廢液回收罐(11)、分離提純設備一、二(13、21)、碳化矽濃漿存儲罐(14)、回收液存儲罐(25)、待處理液存儲罐(31)、廢液存儲罐(23)等。各構件主要作動如下：

1. 成品砂漿供給及回收：

透過主供給管道(3)和支供給管道(6)將成品砂漿存儲罐(1)內存儲的成品切割砂漿送至多線切割機(29)的砂漿罐(30)內。砂漿供給完成之後，打開回流閥(4)使得此時存留在主供給管道內的成品切割砂漿透過傾斜佈設的主供給管道自動回流至成品砂漿存儲罐(1)。

2. 廢砂漿回收：

開啟回抽泵(9)及支回抽管道控制閥(28)，將切割機的砂漿罐(30)內的廢砂漿回抽至廢液回收罐(11)。

3. 廢砂漿分離、提純：

存儲在廢液回收罐(11)內的廢砂漿泵送至廢砂漿分離提純設備(13、21)內進行分離提純，並獲得可再利用碳化矽和可再利用漿液，且將分離出的可再利用之碳化矽和漿液分別

存儲至碳化矽濃漿存儲罐(14)和回收液存儲罐(25)內。其中，離心分離製程包含：第一級離心分離：廢液回收罐(11)內存儲的廢砂漿泵送至離心分離設備一(13)內進行第一級離心分離，且將所述廢砂漿中粒徑 $>4.5\mu\text{m}$ 的碳化矽微粉分離出來，所述粒徑 $>4.5\mu\text{m}$ 的碳化矽微粉為可再利用碳化矽，並將一級離心分離後獲得的可再利用碳化矽與待處理液分別存儲至碳化矽濃漿存儲罐(14)和待處理液存儲罐(31)內。第二級離心分離：透過待處理液泵送管道(20)將待處理液存儲罐(31)內存儲的待處理液泵送至離心分離設備二(21)進行二級離心分離，並將待處理液中的切割液與碳化矽和矽粉分離開；同時透過固液分離設備對離心分離設備二分離出來的切割液進行進一步淨化，獲得可再利用漿液並將固液分離設備淨化後的可再利用漿液存儲至回收液存儲罐(25)內，且將離心分離設備二和所述固液分離設備分離出的不可利用漿液存儲至廢液存儲罐(23)內。

4. 成品切割砂漿複配及循環再利用：

分離提純後的可再利用碳化矽和漿液均泵送至成品砂漿存儲罐(1)內，供循環再利用。

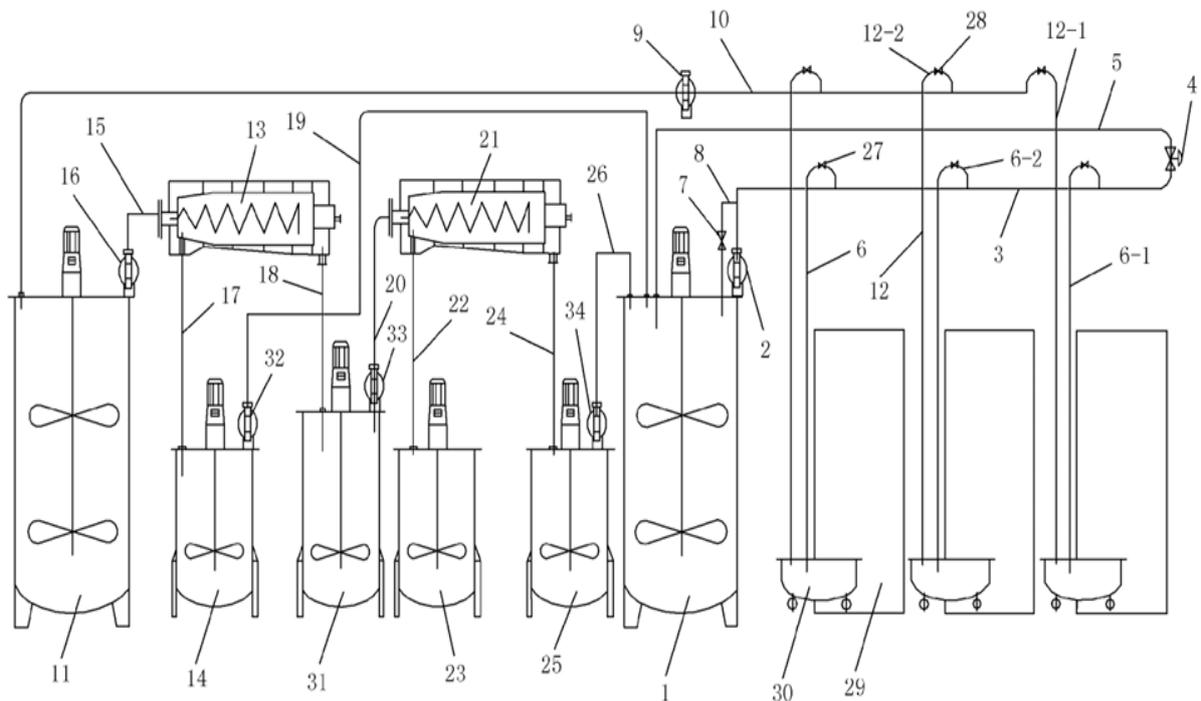


圖 3-2-22. 砂漿循環再利用系統

1：成品砂漿存儲罐、2：供給泵、3：主供給管道、4：回流閥、5：輔助回流管道、6：支供給管道、6-1：豎直向供給管道、6-2：倒U字形供給管道、7：回淨閥、8：回淨管道、9：回抽泵、10：廢液回抽主管道、11：廢液回收罐、12：廢液回抽支管道、12-1：豎直向回抽管道、12-2：倒U字形回抽管道、13：離心分離設備一、14：碳化砂濃漿存儲罐、15：廢液泵送管道、16：泵送設備一、17：碳化砂回收管道、18：待處理液回收管道、19：碳化砂濃漿泵送管、20：待處理液泵送管道、21：離心分離設備二、22：廢液流通管道、23：廢液存儲罐、24：回收液流通管道、25：回收液存儲罐、26：回收液泵送管道、27：支供給管道控制閥、28：支回抽管道控制閥、29：多線切割機、30：砂漿罐、31：待處理液存儲罐、32：泵送設備二、33：泵送設備三、34：泵送設備四、80：廢料接受容器、S：砂屑

〔技術功效〕

循環再生系統將切割廢液回抽到待處理廢液儲罐，並分離粒徑 $>4.5\mu\text{m}$ 的碳化砂與待處理液，再通過沉降分離除去待處理液中粒徑 $<4.5\mu$ 的碳化砂和砂粉，淨化獲得密度為

1.13g/cm³ 的切割回收液，最後將粒徑 >4.5μm 的碳化矽與切割液回收液混合，並適當補充新的碳化矽粉和切割液，製得滿足太陽能級矽晶圓和電子級矽晶圓切割使用的再生砂漿，供給多台多線切割機使用，解決了成品砂漿供給過程由於間歇作業而出現砂漿不均的難題，亦實現了資源循環利用之效。

【案例 4】磨料之循環再利用

〔專利名稱〕改進的線鋸漿料的方法和裝置 (Method and apparatus for improved wire saw slurry)

〔公告號〕US 6113473 A

〔先前技術〕

生產晶圓的線切割製程係使用「磨料（漿料與研磨顆粒）」來完成線鋸中的切割操作。切割完成後之廢磨料會造成環境問題，而產業界致力於處理廢磨料可減少廢棄物生成量、避免環境污染，甚至可回收漿料或研磨顆粒等，進而達到減少生產成本之效。

〔實施方式〕

如圖 3-2-23 所示，磨料漿料用於線鋸（1）中，用過的漿料被輸送到分離器（2）中，通常是離心機或濕式旋風分

離器，其中漿料被分離成大顆粒且富含磨蝕性（含有 SiC）的漿料組分（4）和較小的顆粒的漿料組分（3）。在將漿料轉移到分離器（2）之前，漿料可任選地用合適的流體或表面活性劑（9）進行預處理（8），以致漿料的載體相容，利於在分離器中處理。此外，漿料也可以進行溫度控制處理步驟（15），通過加熱（16），以降低載體的粘度以增強漿料的分離特性。製程步驟（6）使用比重計（7）測量漿料組分（3）的比重，其中，該濃度測量也可以通過振動簧片密度計、科里奧利流量計或其他類似手段來完成。如果漿料組分（3）的比重高於目標極限，則透過增加分離力或增加漿料在分離器（2）中的停留或停留時間來修改該程。相反地，如果漿料組分（3）的比重低於目標，則透過降低漿料上的分離力和/或減少分離器中的停留或停留時間來修改該過程。在製程步驟（6）之後，漿料組分（3）會進行處置，用於相關或其他目的，例如回收載液或切口材料。漿料組分（4）的磨料濃度可以高於或低於最佳再利用所需的濃度。濃度通過在製程步驟（10）用另一個比重計（7）測量其比重來確定。如果需要調整濃度，則在漿料組分中加入額外的磨料

(5) 或載體材料 (13)，直到比重達到適當的數值以供重複使用，此時將其返回到線鋸 (1)。

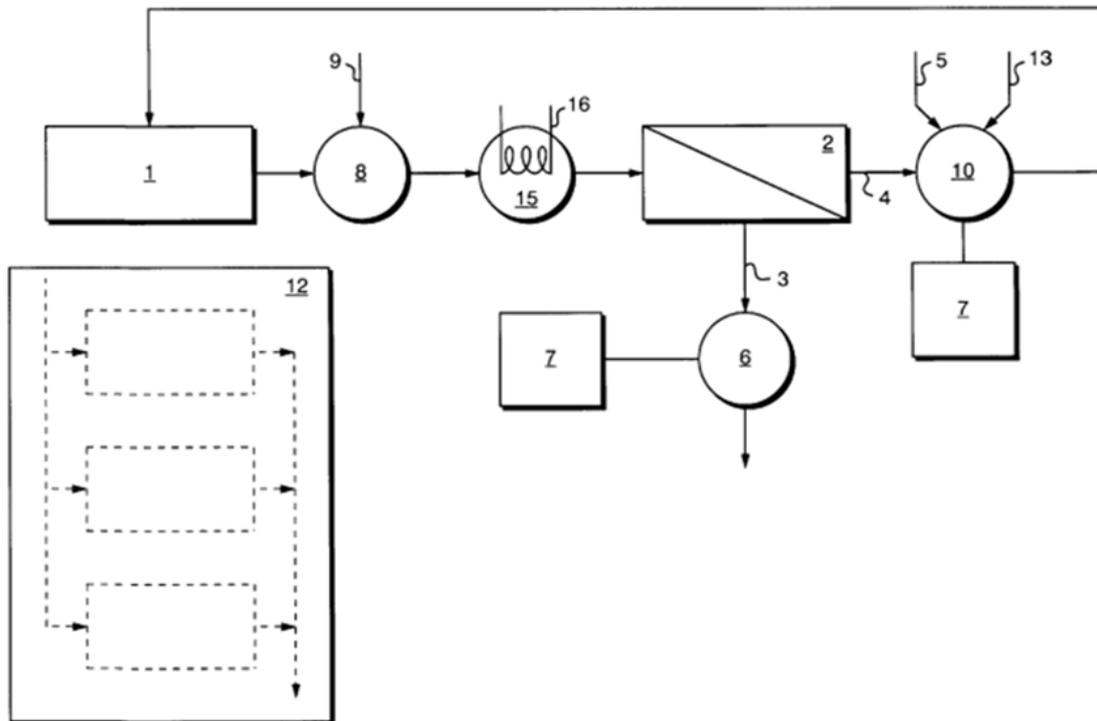


圖 3-2-23. 廢漿料回收示意圖

1: 線鋸、2: 分離器、3: 漿料組分、4: 漿料組分、5: 磨料、6: 工藝步驟、7: 比重計、8: 預處理、9: 表面活性劑、10: 工藝步驟、12: 線鋸組、13: 載體材料、15: 溫度控制處理步驟、16: 加熱

〔技術功效〕

本案例的特徵在於漿料回收方法，使用過的漿料透過分離器處理成含有相對較大的磨料的富磨料組分，該過程將包括監測漿料的至少一種成分的顆粒濃度，以及響應於顆粒濃度的變化來調節分離力和分離器的停留時間，而將用過的漿

料再生成具有一致的平均顆粒尺寸的補充漿料，達到資源循環再利用之功效。

【案例 5】磨料之循環再利用

〔專利名稱〕廢乙二醇漿料的分離、再生和再利用

〔公告號〕JP 4369054 B2

〔先前技術〕

晶圓切片製程中，漿料中的磨料顆粒消耗的速率通常比漿料被矽顆粒污染的速率慢得多，如果漿料中矽顆粒的濃度不高，則潤滑或冷卻劑的使用壽命將相當長，當漿料中矽顆粒的濃度變得太高時，漿料就會失效而被丟棄。鑑於前述，需要一種從漿料中分離矽顆粒的方法，從而允許磨料顆粒和潤滑劑或冷卻劑的再利用，進而降低製造成本，並減少排放到環境中的廢棄物的量。

〔實施方式〕

如圖 3-2-24 所示，本案例提供從潤滑或冷卻液體中分離出各種類的固體。首先，透過加熱漿料來降低廢漿料的粘度（加熱溫度為至少約 50°C）後，將加熱的漿料分離成液體部分和固體部分，固體部分包含矽顆粒和磨料部分，磨料部分包括廢磨料和未用過的磨料。該固體部分被進一步處理，

將矽顆粒和消耗性磨粒，以及非消耗性磨料顆粒分離出來，
 分離手段例如習知之旋風分離器，含較輕預定重量之固體顆
 粒的液體從上部出口排出，而含有相同或較重預定重量之固
 體顆粒的液體從下部出口排出。因此，分離固/液混合物後，
 留下兩種類型的懸浮液。第一懸浮液含有非消耗性磨料顆
 粒，而第二懸浮液含有矽顆粒和消耗性磨料顆粒。對第一懸
 浮液進行下處理，除去液體（乾燥）以獲得在晶圓製造過程
 中重複使用的磨料顆粒。而第二懸浮液含有矽顆粒和消耗性
 磨粒，可分離出液體以重新用於稀釋固體/液體混合物。

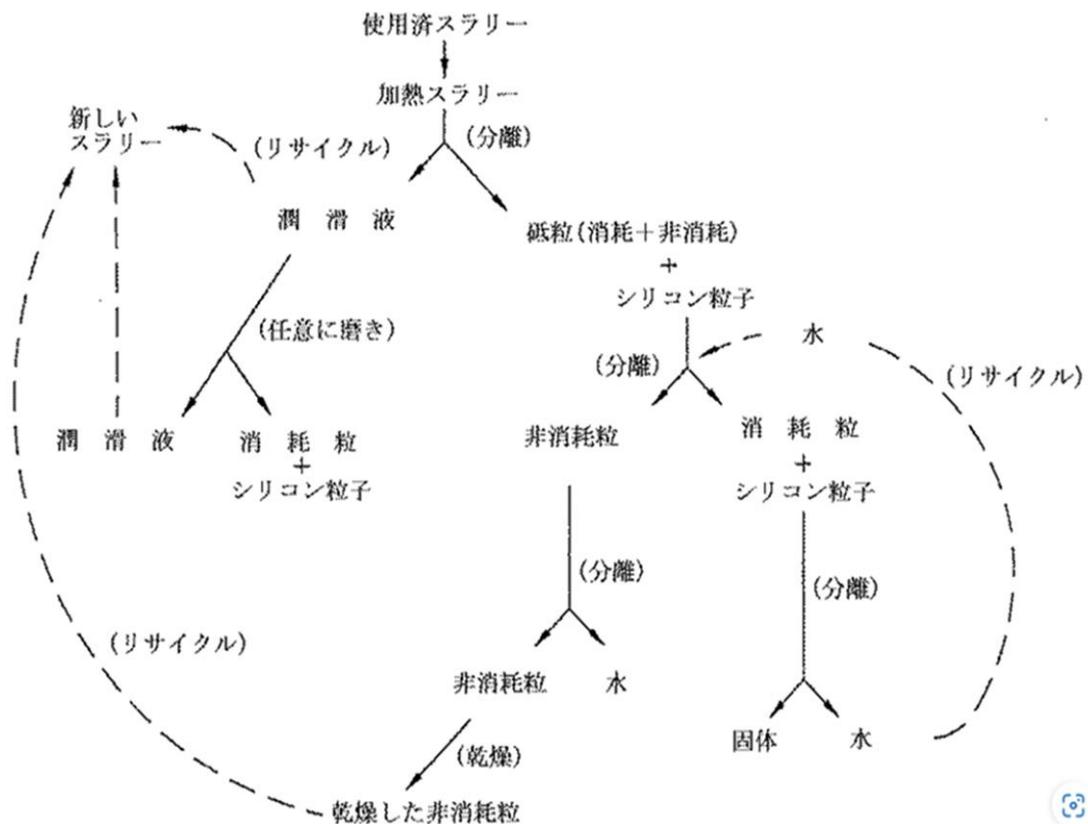


圖 3-2-24. 矽顆粒分離回收示意圖

〔技術功效〕

本案例提供了一種延長用於切片矽錠的漿料組分的使用時間的方法，這些成分通過從廢漿料中分離而得到再生，減少必須處理的廢棄物量的方法，從而降低矽的製造成本。

【案例 6】漿料之循環再利用

〔專利名稱〕漿料再生法（The slurry reproduction/regeneration method）

〔公告號〕JP 4369095 B2

〔先前技術〕

當使用的漿料中的矽碎片的量小於 5 質量%時，幾乎沒有分散介質被廢棄，並且可以再次製造用於切割晶片的漿料，但在 5%以上的情況下，由於磨粒的切削能力下降，切片後的晶圓上相繼出現厚度不均(TTV)、翹曲、破損等缺陷，導致成品率下降。一般而言，將用過的漿料的罐容量的 1/2 或 1/3 廢棄，並混合通過分散新的磨料顆粒與新的分散介質而獲得的新漿料，而無論回收與否，昂貴的磨料顆粒和分散介質都必須被丟棄，致使切片獲得的晶片的成本增加，故需要更有效率的漿料回收/再生製程。

〔實施方式〕

如圖 3-2-25 所示，本案例再生的漿料至少包含：磨粒和分散介質，其中，分散介質包括：水、水性有機溶劑及其混合物以及油性有機溶劑。經由切割矽錠來製造矽晶圓時使用上述漿料，使用過的漿料除了磨粒和分散介質之外還包含矽片和磨粒。

首先，廢漿料回收容器(4)內的廢漿料(5)經由管道(10)引入到初級離心分離器(1)中，初級離心分離器在 600G 的離心力下運行，將廢漿料(5)分離成主要含有磨粒的分散液(高密度液體)和主要含有矽粉的初級分散液(低密度液體)。接下來，將主要含有矽粉的初級分散體通過管道(11)送至 5000G 的二級離心分離器(2)，其被分離成由矽粉、未在初級離心分離中回收的磨粒所組成的污泥(8)與待處理的分散介質，上述待處理的分散介質經由管道(14)送至分離器(25)，在分離器中除去不需要的廢液(7)，得到回收的分散介質(6)。然後，將回收的分散介質經由管道(15)移送到容器(19)中。

最後，將主要含有磨粒的分散液由管道(12)和透過兩次離心分離獲得的回收的分散介質(6)經由管道(22)在再循環漿料容器(23)中混合。此外，亦可根據比重、粘度等將新的磨

粒(24a)和新的分散介質(24b)混合，從而製造再循環漿料(9)。

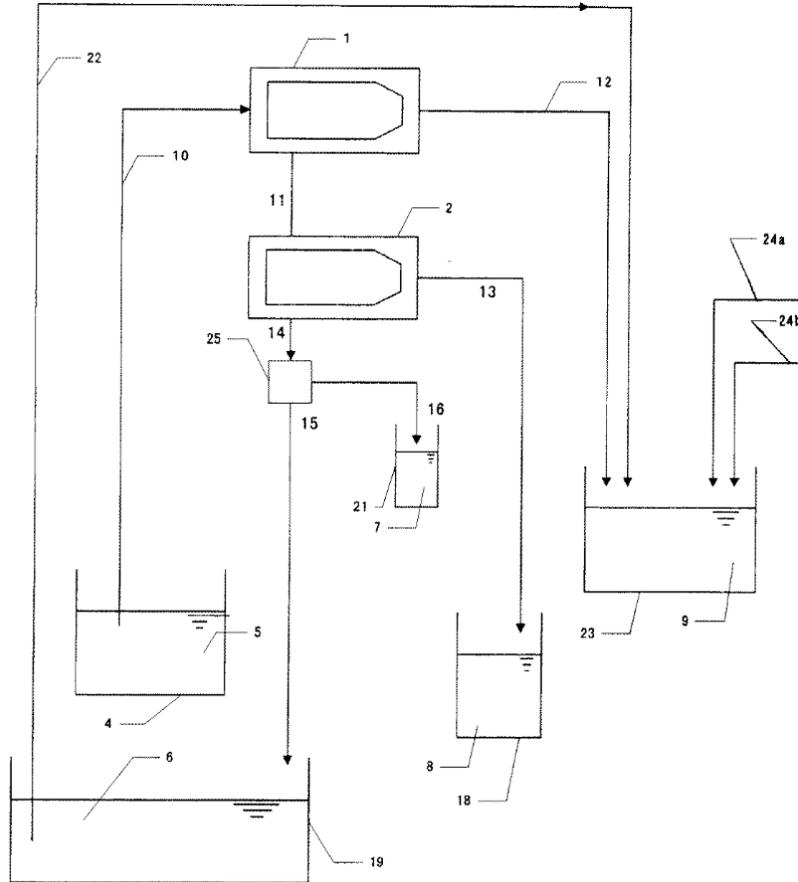


圖 3-2-25. 漿料回收/再生示意圖

1：初級離心分離器、2：二級離心分離器、4：廢漿料回收容器、
5：廢漿料、6：分散介質、7：廢液、8：污泥、9：再循環漿料、
10~16 及 22：管道、18~19 及 21：容器、23：再循環漿料容器、
24a：新的磨粒、24b：新的分散介質

[技術功效]

回收至少由矽片、磨粒和分散介質組成的使用過的漿料時，以低 G 離心力進行二次離心，然後以較高 G 離心力進行三次離心，可提高分散介質及磨粒的回收率，並能夠在短

時間內生成再生漿料，進而減少工業廢棄物，達到環境保護之效。

(2) 研磨廢液

【案例 1】分離及回收碳化矽(SiC)

〔專利名稱〕分離 SiO₂ 顆粒和 SiC 顆粒的方法和裝置以及分離和回收

〔公告號〕JP 4335541 B2

〔先前技術〕

製造矽晶圓時，使用表面具有碳化矽(SiC)磨粒的研磨材料研磨晶圓，將表面研磨到鏡面，而該製程會產生大量含有矽(Si)顆粒和碳化矽(SiC)磨料顆粒的研磨漿料廢液，隨著全球環境保護的要求日益高漲，工業廢棄物排出量的標準提高，產業界無不致力於如何再利用或有效利用資源廢棄物，但是由於上述研磨漿料廢液中含有矽顆粒和碳化矽磨料顆粒的混合物，不能按原樣重複使用，雖然可以將矽顆粒和碳化矽磨粒相互分離，然而分離技術的效率並不高；此外，即使在矽顆粒被氧化成氧化矽(SiO₂)顆粒形成氧化矽顆粒和碳化矽顆粒的混合體系的情況下，過去也沒有將這些顆粒彼此分離的技術。

[實施方式]

研磨漿料廢液一般可包含 Si 及 SiC 磨料顆粒，將研磨漿液進行熱處理後，得到的 SiO_2 顆粒和 SiC 磨料顆粒的混合物，與含有發泡劑和選自烷基磺酸鈉和烷基磺酸鈉組成的溶液混合，形成漿狀液體，再利用如圖 3-2-26 之分離裝置進行 SiO_2 顆粒和 SiC 磨料顆粒之分離，主要製程步驟如下：

1. 漿狀液體供應至分離裝置：

將漿狀液體的氫離子濃度調節到 pH 2.0 至 4.0 的範圍內，調整後的漿狀液體透過漿液供應管 (14) 和漿液供應口 (6) 送入分離容器 (2) 中的上部空間 (9)，此時，空氣從進氣口 (4) 送入分離容器 (2) 的下部空間 (10)。

2. SiC 分離與回收：

持續供應空氣，細小氣泡在下部空間 (10) 中產生並上升，通過過濾部件 (3) 進入上部空間 (9)，並進一步上升。在上部空間，漿液中的 SiC 顆粒 (周圍吸附有捕集劑) 與上升的氣泡一起漂浮，含 SiC 的氣泡從 SiC 回收口 (8) 溢出且被回收罐 (20) 收集後，透過液體入口 (25) 和回收管 (11) 進行回收，再將回收的 SiC 用水洗滌並乾燥後，得到 SiC。

3. SiO₂ 回收：

分離容器 (2) 的上部空間中，由於捕獲劑未吸附到 SiO₂ 顆粒上，SiO₂ 顆粒不會與上升的氣泡一起漂浮，而是沉降並由過濾部件 (3) 所收集。

4. 排出不含顆粒的液體：

不含顆粒的液體透過過濾部件 (3)，進入下部空間 (10)，並由底面設置的液體出口 (7) 從排液管 (15) 排出。

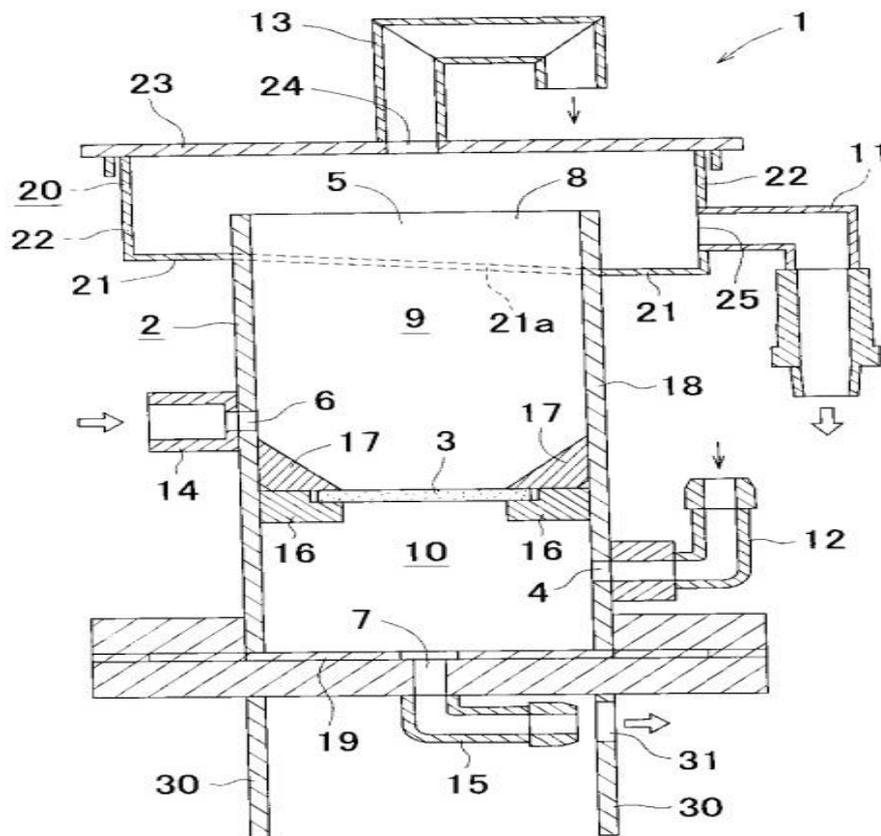


圖 3-2-26. 分離裝置

1：分離裝置、2：分離容器、3：過濾器部件、4：進氣口、5：氣體出口、6：漿料供應口、7：液體出口、8：SiC 回收口、9：上部空間、10：下部空間、11：回收管、12：送風管、13：空氣排放管、14：漿液供應管、15：排液管、16：環形過濾器接收部分、17：保持部分、18：側壁、19：底壁、20：回收罐、21：罐底壁、21a：傾斜面、22：回收罐側壁、25：液體通道、30：支撐構件、31：開口

〔技術功效〕

利用浮選法將 SiO₂ 顆粒和 SiC 顆粒有效地進行分離，

解決習知技術的困境。

【案例 2】CMP 廢液的處理

〔專利名稱〕水處理裝置以及使用該裝置的水處理方法

(Water treatment device and water treatment method
using the Same)

〔公告號〕US 7157012 B2

〔先前技術〕

化學機械研磨 (CMP) 的製程中，由於漿料在流體中因布朗運動不容易沉降而呈膠態分布，混入到料漿中的磨料的粒徑在極細範圍 (20~30 奈米) 內，使用過濾器過濾細微磨料會容易頻繁引起堵塞，致處理成本提高且亦無法處理大量廢液；再者，廢液中通常含有氨、氮等成分需要透過微生物處理方法去除，必須使用多個反應槽處理，導致設備建設成

本提高，且處理時間較長（尤其在微生物冬季活動下降時），產生處理效率低下等問題。

[實施方式]

如圖 3-2-27 所示，水處理裝置包含：廢水接受槽(17)、第 1 槽(11A)及第 2 槽(11B)形成為透過隔板分離的一個槽，可使在第 1 槽中處理過的流體流入到第 2 槽中、電極(12)、過濾裝置(13)、剝離用水槽(14)及凝膠回收槽(15)等。主要製程步驟如下：

1. 電化學法生成高凝聚效果之高分子化合物：

廢水接受槽(17)中的 CMP 廢液透過管道流入到第 1 槽(11A)，從促進劑供給槽(16)中向第 1 槽添加氯化鈉或者氯化鉀等促進劑，利用電化學方法，將電極(12)洗提出的金屬離子與被除去物結合而生成高分子化合物，例如，生成鐵二氧化矽高分子化合物，由於鐵二氧化矽高分子化合物自身具有可以用作凝聚劑的高凝聚效果，因此，廢液中含有的二氧化矽以外的被除去物也被凝聚而去物；另外，透過利用電極(12)進行的電化學處理，亦可將流體中所含的含氮化合物除去。

2. 過濾及回收：

在第 2 槽(11B)中，將表面具有由凝膠膜構成的自形成過濾器的過濾裝置(13)浸漬在流體中，利用該過濾裝置進行過濾處理，可以將流體中所含的被除去物除去。隨著過濾步驟的進行，在第 2 槽的下部，會堆積由廢液中所含的溶膠狀微粒凝聚而成的凝膠，再將上述移送至凝膠回收槽(15)中。除去上述凝膠的水分後，乾燥的鐵二氧化矽高分子化合物可以作為吸濕材料或調濕材料而再利用。最後，將濃縮的廢液透過離心分離機分離，將矽屑作為污泥進行回收。

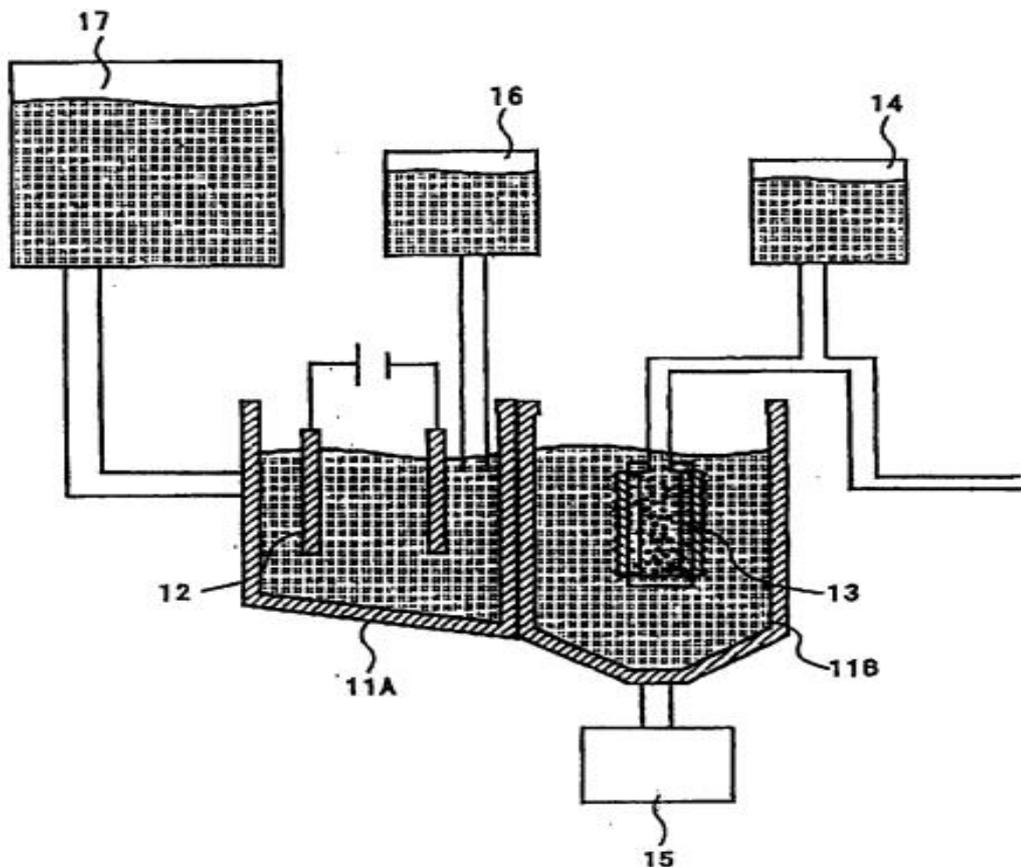


圖 3-2-27. 水處理裝置

11A、11B：槽、12：電極、13：過濾裝置、14：剝離用水槽、15：凝膠回收槽、16：促進劑供給槽、17：廢水接受槽

〔技術功效〕

本案例利用化學方法去除流體中含氮成分，相較於先前技術更可以穩定可靠處裡含氮組分，並利用微弱吸附壓力成膜的高溶脹性凝膠膜，並利用水浸透該凝膠膜的性質實現過濾，既使堵塞也可以再生該過濾器而實現長時間過濾。

(3) 矽泥處理

【案例 1】燃燒法處理矽泥

〔專利名稱〕由矽和含矽材料生產無定形二氧化矽的方法和設

備 (Manufacturing method and apparatus of the amorphous silica from silicon and silicon – containing material)

〔公告號〕JP 3780166 B2

〔先前技術〕

目前，具有小粒徑和大表面積的無定形二氧化矽主要透過使揮發性矽化合物，特別是四氯化矽與含氧氣體在火焰中反應來製備。另外，已知可以使用石英和碳或二氧化矽和石英作為反應物，在等離子體爐或電爐中生產類似的無定形二

氧化矽產品，而已知的燃燒矽粉以獲得無定形二氧化矽的方法的缺點是難以獲得均勻且恆定的製程。

[實施方式]

如圖 3-2-28 所示，反應器（1；圓柱形燃燒反應器）包括具有內耐火襯裡(2)的外鋼筒(3)，其一端有燃油或燃氣燃燒器(4)，在其另一端則有一個出口開口，反應器還配有至少一個入口開口(7)，用於以含矽漿料的形式供應含矽材料。用於迴圈冷卻空氣的冷卻室(5)設置在鋼筒的外部，具有入口開口(6)，冷卻空氣通過入口開口供應到冷卻室，並離開冷卻室進入冷卻室(8)，該冷卻室經由出口(9)連接到過濾器，用於收集產生的無定形二氧化矽。

啟動該製程時，反應器(1)中之燃燒器(4)藉由燃燒燃油或燃氣加熱，再透過入口開口(7)供應含有矽的水性漿料以及透過開口(10)供應空氣、富含氧空氣或氧氣，進入反應器的矽顆粒在通過反應器時會燃燒成無定形二氧化矽。

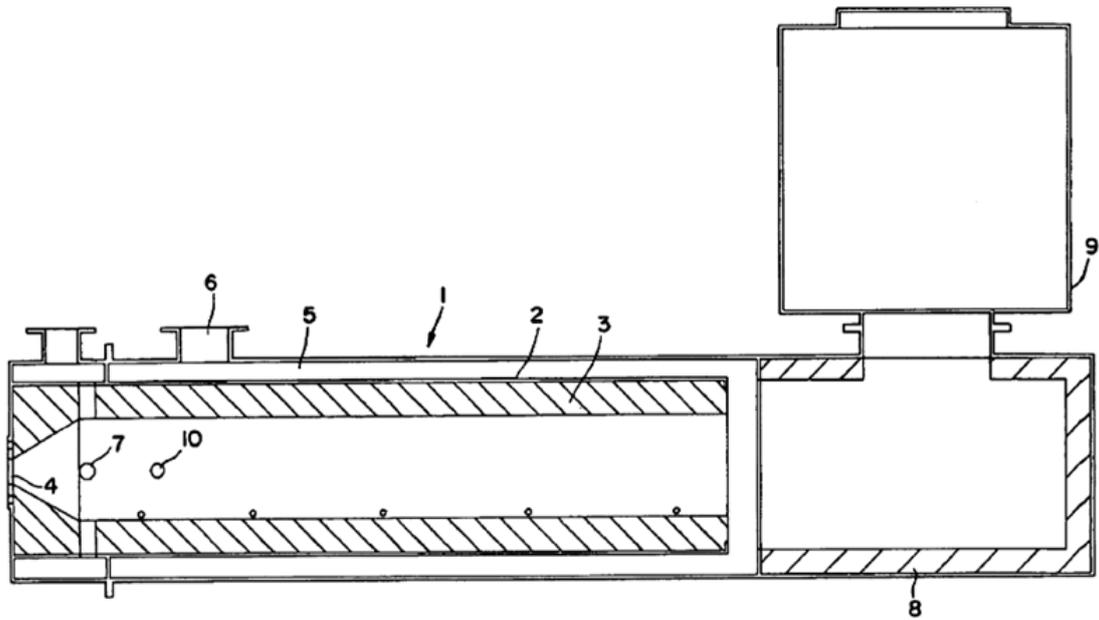


圖 3-2-28. 圓柱形燃燒反應器

1：反應器、2：內耐火襯裡、3：外鋼筒、4：燃燒器、5：冷卻室、6：入口開口、7：入口開口、8：冷卻室、9：出口、10：開口

〔技術功效〕

本案例是一種由含有至少 50%元素矽的顆粒材料生產無定形二氧化矽的方法，包括細長的反應室，該反應室在一端具有油或氣燃燒器、至少一個用於供給呈水性漿料形式的含矽材料的開口，該開口沿著燃燒反應器的側壁佈置，並在燃燒反應器的出口後面回收無定形二氧化矽，將至少一部分顆粒狀含矽材料以含水漿料的形式回收到燃燒反應器中，而透過以含水漿料的形式供應矽，反應器中的操作以穩態進行，而產生具有很大的表面積比的無定形二氧化矽。

【案例 2】熔融法處理矽粉/泥

[專利名稱] 加工矽粉獲得矽晶體的方法 (METHOD FOR
PROCESSING SILICON POWDER TO OBTAIN
SILICON CRYSTALS)

[公開號] EP 2198077 B1

[先前技術]

當使用線鋸或帶鋸修整多晶或單晶矽錠時，可能會產生矽粉/泥。矽粉/泥通常被認為是廢料，因為它可能混有各種雜質，例如鐵、水、聚乙二醇和碳化矽，而當前回收矽粉/泥的技術是昂貴及耗時的，且往往達不到製造太陽能電池中的矽所需的純度，極需克服。

[實施方式]

如圖 3-2-29 所示，所用的「矽粉/泥」是指矽和一種或多種實質性雜質的混合物，一般常見雜質是鐵、鋁、鈣和銅，它們可能來自用於切割矽源的鋸片或線材。矽粉(102)可以與溶劑金屬(104;或熔融矽)接觸以形成混合物(106)，經過熔化(108)後生成第一熔融液體(110)後，與第一氣體(112)接觸以提供浮渣與第二熔融液體(114)，再經分離(116)成熔渣(118)和第二熔融液體(120)。第二熔融液體可以將其分離成矽晶體(128)和第一母液(130)。矽晶體可以被加熱(134)以提供第一熔融浴(136)。第一熔融浴可以與第二氣體接觸並被定

向凝固(138)以提供第二矽晶體(148)和第二母液(146)，其中上部部分包含第二母液，下部則包括第二矽晶體，並將上部和下部分離。第二矽晶體可以被加熱(140)以提供第二熔融浴(142)，其可任選地與第二氣體接觸並定向凝固以提供純化的矽晶體(144)，以生成矽錠。

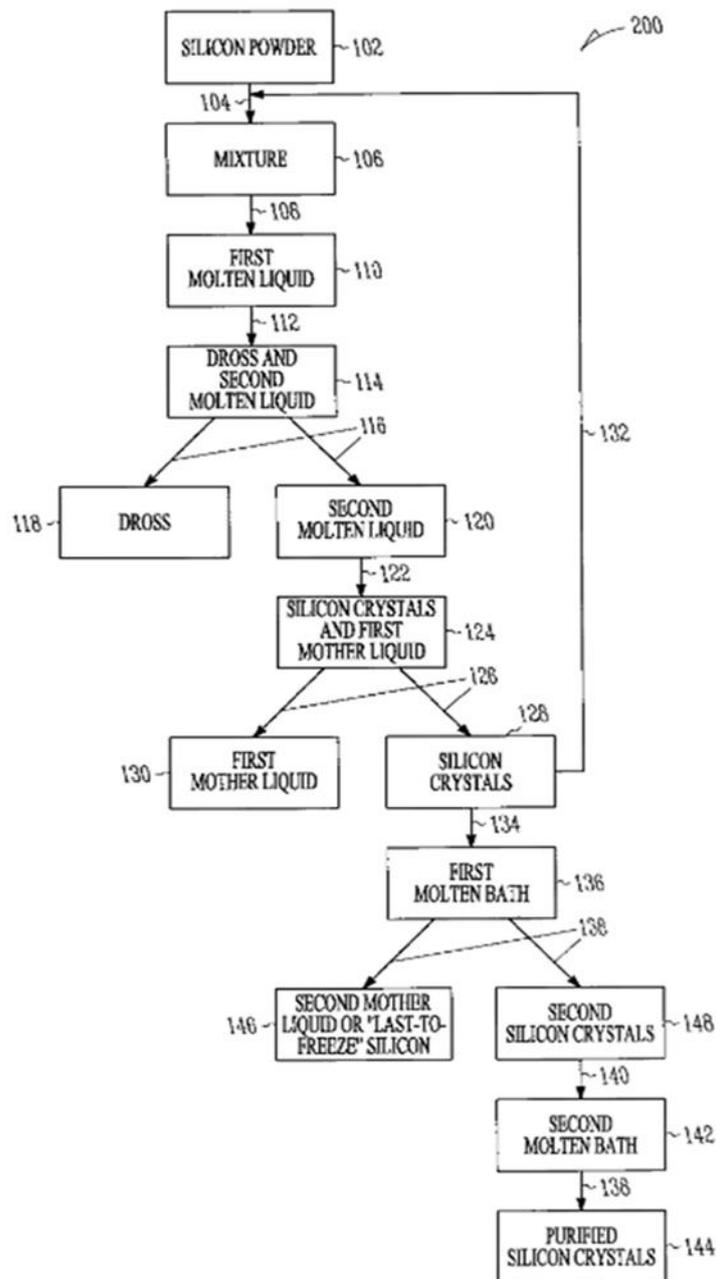


圖 3-2-29. 從矽粉/泥獲得純化的矽晶體的方法流程圖

102：矽粉/泥、104：溶劑金屬、106：混合物、108：熔化、110：第一熔融液體、112：第一氣體、114：第二熔融液體、116：分離、118：熔渣、120：第二熔融液體、128：矽晶體、130：第一母液、134：加熱、136：第一熔融浴、138：定向凝固、140：加熱、142：第二熔融浴、144：矽晶體、146：第二母液、148：第二矽晶體、200：流程

〔技術功效〕

本案例可以提供從廢料中回收和再循環高品質的產物，與從冶金級矽作為唯一矽源提供純化矽的製造方法相比，可使用更少的能源（例如，減少高達約 90% 的電力），達到節能及資源循環再利用之功效。

2、參考「業界實務成果」摘錄案例

(1) 國立成功大學與業界合作之技術³⁵

浮選法是利用界面調整劑、捕集劑及起泡劑，改變礦物表面的特性，使欲分選的礦物成為疏水性，氣泡將礦漿中的疏水性礦粒附著於泡沫層並濃集成為浮礦，而親水性的礦粒則存在於礦漿中，因此可以對具有不同疏水程度的微細礦粒進行有效分選，近年來學術界多將其應用於半導體產業之矽泥回收，例如，可將碳化矽(SiC)改變成為親水性的顆粒而留

³⁵ 半導體廢棄物變煉鋼之寶!成大「廢棄物煉金術」，中鋼、燁聯都是客戶，「矽泥」還銷日韓!
-<https://www.youtube.com/watch?v=bzgw8AHtTIk>

於礦漿之中成為沉礦，矽(Si)則可以藉由氣泡所形成的泡沫層附著於泡層表面形成浮礦。

【案例】利用浮選法回收處理矽泥

〔專利名稱〕矽晶圓切削污泥的分選處理裝置 (Sorting treatment device of silicon wafer cutting sludge)

〔公告號〕TW M457723

〔先前技術〕

晶圓製造業使用的切削油係屬於磨料切削用之水溶性切削油。廢棄的水溶性切削油，由於污染濃度非常高，直接排入廢水處理場，將造成廢水處理系統負荷大增，影響處理水水質，多數工廠會將廢液予以單獨收集貯存或委託廢棄物代處理業處理，但目前國內回收再利用實績屬萌芽階段，幾乎業者均委由清除處理機構採掩埋處理，但掩埋處理方式易對環境造成污染，且無法資源再生利用。

〔實施方式〕

本案例為矽晶圓切削污泥的分選處理裝置，參閱第 3-2-30 圖所示，包含：調整槽(1)、加藥機(2)、粗選浮選機(3)、浮礦精選浮選機(40)、沉礦精選浮選機(50)、第一濃縮機(41)、第二濃縮機(51)、第一壓濾機(43)、第二壓濾機

(45)、第三壓濾機(53)、第四壓濾機(55)、第一攪拌槽(42)、第二攪拌槽(44)、第三攪拌槽(52)、第四攪拌槽(54)及第一乾燥機(46)、第二乾燥機(56)所構成。

相關製程及構件作動簡述如下：加藥機(2)與調整槽(1)連接，該加藥機係於該調整槽中的污泥加入少量的調整劑、捕集劑、起泡劑、水，使矽(Si)顆粒的表面與調整劑反應，強化表面疏水性而利於捕集，同時利用調整劑控制污泥(礦漿) pH 值於 2~6，利於碳化矽(SiC)凝聚沉降，調整劑可以為氟酸或鹽酸或硫酸混合酸，適量添加以調整 pH，捕集劑添加量以 1~5kg/t 礦石為佳，起泡劑添加量 0.1~0.5kg/t 礦石為佳，水添加量視礦漿濃度而定。粗選浮選機(3)，係與調整槽(1)連接，藉由該粗選浮選機將污泥(礦漿)予以分選為浮礦與沉礦，而浮礦精選浮選機(40)將該粗選浮選機內污泥中的「浮礦」送至該浮礦精選浮選機內浮選，再利用第一濃縮機(41)將浮礦漿予以濃縮，使其固液分離，固體礦漿係沉澱於第一濃縮機之底部，液體則位於固體礦漿之上方，該液體(含有浮選藥劑)，可以作為循環水使用以節省藥劑及用水，則由一第一導水管(70)送至調整槽內。同理，第一、二壓濾機(43、45)係將固體

礦漿固液分離為小顆粒的含矽固體與濾液，而第一乾燥機(46)係將該浮礦精礦予以乾燥，從浮礦精礦中取出矽(Si)產品。

沉礦精選浮選機(50)，係與粗選浮選機(3)連接，將該粗選浮選機內污泥中的沉礦輸送至該沉礦精選浮選機內浮選，再利用第二濃縮機(51)將沉礦漿予以濃縮，使其固液分離，固體礦漿係沉澱於該第二濃縮機之底部，液體則位於固體礦漿之上方，該液體則由一第三導水管(72)輸送至調整槽內，該第二濃縮機內的礦漿用水含有浮選藥劑，可以作為循環水使用，可節省藥劑及用水。同理，第三、四壓濾機(53、55)係將固體礦漿固液分離為大顆粒的含碳化矽固體與濾液，而第二乾燥機(56)係將沉礦精礦予以乾燥，從沉礦精礦中取出碳化矽產品。

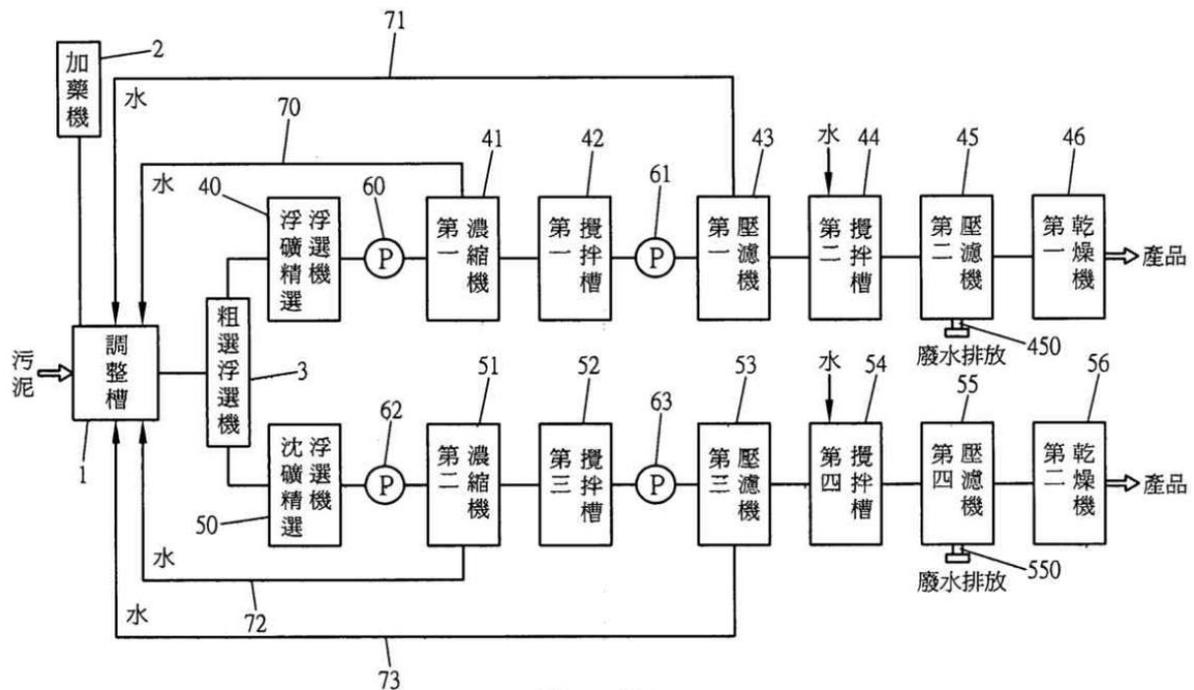


圖 3-2-30. 矽晶圓切削污泥的分選處理裝置

1：調整槽、2：加藥機、3：粗選浮選機、40：浮礦精選浮選機、
 41：第一濃縮機、42：第一攪拌槽、43：第一壓濾機、44：第二攪
 拌槽、45：第二壓濾機、450：廢水排出口、46：第一乾燥機、
 50：沉礦精選浮選機、51：第二濃縮機、52：第三攪拌槽、53：第
 三壓濾機、54：第四攪拌槽、55：第四壓濾機、550：廢水排出口、
 56：第二乾燥機、60：第一馬達、61：第二馬達、62：第三馬
 達、63：第四馬達、70：第一導水管、71：第二導水管、72：第三
 導水管、73：第四導水管

〔技術功效〕

藉由本案例之分選處理裝置，可將矽晶圓切削污泥送入調整槽內，調整礦漿使礦漿達到較佳條件，再利用浮選，將礦漿分為浮礦與沉礦，浮礦與沉礦再分別進入浮選機內再次浮選，利用多次精選可以逐步提高品位，利用多次精選分別逐步純化浮礦與沉礦，浮礦可以獲得矽品位 99%，沉礦可以獲得碳化矽品位 99%之兩種產品，可以作

為陶瓷原料及二次工業利用。

(2)國立臺灣大學可技術移轉之專利³⁶

高溫分離法（熔融法）是利用物質熔點或密度之差異，而加以分離之技術，亦有專利技術將之應用於矽泥回收，例如，利用矽與碳化矽熔點或密度之差異而予以分離。

【案例】利用高溫分離法（熔融法）回收處理矽泥

〔專利名稱〕回收矽泥之方法

〔公告號〕TW I347305

〔先前技術〕

矽晶圓製程中最容易損耗的步驟主要在於切割，雖然工業上已經不用鑽石磨輪切割晶錠，改用線鋸的方式切割，但線寬仍在 150 μ m 左右，平均約有 40%的矽因為切割線本身的寬度而損耗掉(kerf loss)。此外，在切割與拋光時需要消耗大量的切削液及研磨液，這些切削研磨漿料中主要成份為水、碳化矽研磨粒子(5~30 μ m)，此外還有含化學成分的潤滑液、固定晶棒的樹酯劑與切割線磨耗的金屬（黃銅為主），這些切割或拋光後產生之矽泥係以污泥的方式被丟棄而造成浪費，再加上我國這幾年來半導體產業

³⁶ 臺灣大學技術交易網-回收矽泥之方法
-<https://mip.ord.ntu.edu.tw/prod1.asp?ser=5921>

之發展，已造成國內矽原料已變成供不應求的狀態，因此如何找尋到更多的矽原料來源，已成為產學界共同努力的方向。

〔實施方式〕

如圖 3-2-31 所示，主要製程步驟如下：

1. 離心及第一次清洗：

加入清洗劑（例如丙酮）去除矽泥中之雜質，並利用離心處理分離液體(1)，例如工業界可用的 Disc Centrifuge（碟型離心機）則可作為連續離心之用，藉以去除污水與潤滑油，清洗過後之泥漿經過離心後取得沉積的矽泥以粉末(2)型態存在，而污濁之上層液可經由蒸餾將水分離，再次做清洗使用。

2. 第一、二次酸洗（去除金屬污染物、有機物）：

到此步驟時，矽泥裡只剩下碳化矽及矽顆粒，還有許多金屬污染物。金屬污染物之來源主要是切割線損耗的金屬，還有一小部分是前面清洗步驟時溶液本身含的一些金屬離子，這些金屬污染物一般會以鍵結方式或是以氧化物方式吸附在矽晶表面，而利用硫酸、鹽酸或是硝酸與晶體表面之金屬形成可溶性錯化物溶解於溶液中，再過濾清洗

去除金屬物質。經過酸洗的矽泥仍然含有些許的有機化學物質，雖然這些物質含量不高，但是卻仍然有可能在加熱過程中裂解成為碳而包覆於矽晶中，因此必須以醇類或酮類（例如酒精與丙酮）進行第二次清洗，將有機物完全移除

3. 高溫分離：

加熱之溫度介於矽及碳化矽熔點之間，其矽熔點為 1412°C ，碳化矽為 2545°C ，其加熱溫度約可為 1420 至 1500°C ，並停留一段適當時間，其停留時間係至少 3 小時，當加熱溫度為 1420 至 1500°C 時，係高於矽的熔點，此時矽會產生熔融析出並凝聚成塊狀(3)，可與碳化矽幾乎完全分離質。

4. 第三次清洗：

矽泥經過高溫分離後出現複數個矽的聚集塊狀體以及碳化矽的粉末，清洗後可將碳化矽的粉末去除，而可得到矽的聚集塊狀體。

5. 第二次酸洗：

將矽的聚集塊狀體會合後，利用酸洗方式，利用硫酸、鹽酸或是硝酸與晶體表面之金屬形成可溶性錯化物溶

解於溶液中，再過濾清洗去除金屬物質。

6. 垂直凝固：

可去除剩餘的微量碳化矽，也可將金屬物質做偏析純化，並可形成較大尺寸的矽塊(4)。

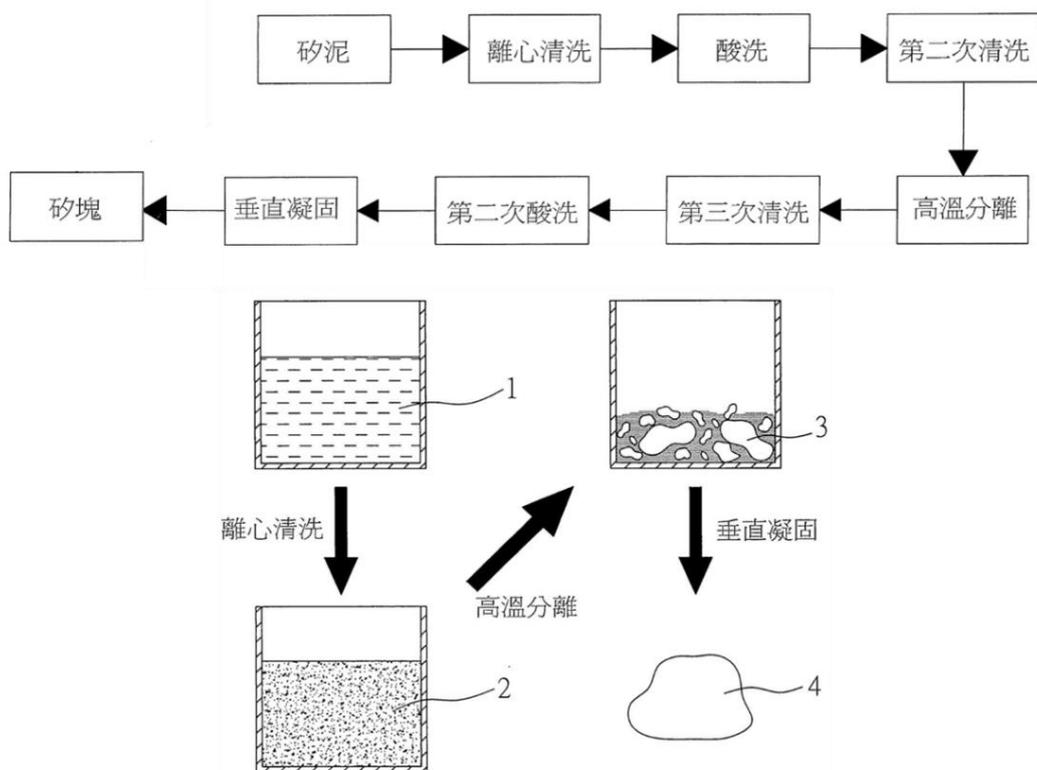


圖 3-2-31. 矽與碳化矽高溫分離之流程圖

1：液體、2：粉末、3：塊狀、4：大尺寸的矽塊

[技術功效]

本案例回收矽泥之方法可將 40% 的切割矽泥回收再次成為矽晶棒生長的原料，可以減低的生產成本，並可有效的去除矽泥內除了矽以外的水、碳化矽、潤滑油、乙二醇或是切割線損耗的金屬等雜質，而留下矽原料，進而回收

應用於太陽能晶圓的原物料之用，更可以增加矽晶產量。

(七)小結

全球近三十年有關「矽泥回收」專利申請量呈高度成長後逐漸走向穩定發展之趨勢，大致上可分為四個階段，分別為萌芽期階段(1997~2005)、發展期階段(2005~2012)、發展趨緩、衰退階段(2012~2016)及飽合、穩定發展階段(2017~2022)。進一步而言，由於台積電先進製程技術大幅度地領先全球其他國家，以及 Covid-19 疫情影響等因素，造就我國半導體產業於近幾年之蓬勃發展，矽晶圓的需求量急遽增加，而因生產大量矽晶圓所產生矽污泥所造成之環境污染更是不容忽視，在各國政府與企業對環境保護或 ESG 等議題之重視下，「矽泥回收」專利申請量仍具有發展潛力，後述將以政策面、產業面以及技術面等三大觀點為本節內容之總結。

1. 政策面

「矽泥回收」專利申請量與「半導體產業發展程度」、「國際制度變革」及「各國政府之相對應政策」相關度較高。例如，京都議定書與巴黎協定等，致使各國推行環保相關之運動及法案，對於回收技術也更加地重視，進而投入更多的資源研發相關之技術。值得一提的是，亞洲地區為全球半導體製造最

重要之區域，「矽泥回收」專利申請案量包辦全球排名的前四（依序中國大陸、日本、南韓及我國），在各國研發的角力競賽中，中國大陸在 2005 年後半導體產業的持續發展下（尤其是太陽能光電相關者），致使「矽泥回收」相關研發及專利申請後來居上，領先於日本、南韓等國。

2. 產業面

相較於歐美而言，亞洲地區之國家為有關「矽泥回收」專利申請之最主要國家有日本、中國大陸、南韓及我國，其中，日本擁有歷史悠久的大型半導體材料、設備公司，研發量能投入較早（1997 年）且皆由半導體公司所主導，學研機構或規模較小的公司則較為少見，然隨著太陽能晶圓等產業的外移（2015 年），日本有關「矽泥回收」專利申請案量已呈衰退之現象。我國、中國大陸及南韓發展模式則較為相似，主要由學研機構與資源相關企業所主導技術之研發，起步相對日本企業來說雖然較晚（2005 年左右），然近年來隨著後疫情時代的來臨，半導體產業於上述國家蓬勃發展，相關技術之專利申請量已然超越日本，致力於「矽泥回收」回收之企業亦有增加之現象。

3. 技術面

實務上在處理矽污泥，往往非僅使用單一技術，而係利用技術之組合而完成「矽泥回收」之功效，例如使用浮選法回收矽泥，其技術內容可包含：水洗、沉澱、化學添加、浮選及乾燥等，因屬較廣義的技術分類（綜合技術），故該分類之專利申請量都相對來得多；其次，分別為目前相當成熟且主流的技術：過濾法與離心分離法。此外，回收處理物的來源主要為切削廢液，可回收物包含：矽、碳化矽、切削油等；CMP 製程所生成之廢液雖為半導體產業廢棄物之重要項目之一，然而依本專案分析結果顯示，處理上述廢棄物之專利申請較為少量，值得相關學研機構、企業等投入資源研發。

三、氫氣回收之專利分析

(一)技術簡介

「氫氣回收」主要係與氣體純化 (Purification) 之技術相關，基本分類可為：薄膜分離法 (Membrane Separation)、變壓吸附分離法 (Pressure Swing Adsorption ; PSA)、低溫精餾法 (Cryogenic distillation)、變溫吸附分離法 (Temperature Swing Adsorption ; TSA)、分子篩分離法 (Molecular Sieve)、溶劑吸收分離技術 (Solvent Absorption)、金屬氫化物分離法 (Metal hydride) 等，概述如下。

1. 薄膜分離法 (Membrane Separation)

氣體分離薄膜可為一種非常纖細的中空纖維，由不同類型的聚合物製成的不對稱過濾器，其機制係為選擇性滲透的過程使我們能夠分離氣體。例如，當不同的氣體通過纖維傳播時，氣體會接觸到分離膜並滲透進去，而每種氣體的滲透率是由其在膜材料中的溶解度和擴散速率決定的，具有高溶解度和小分子的氣體通過膜的速度比其他具有較大分子的不可溶性氣體快。滲透速度快的氣體，在中空纖維外收集 (Permeate)，而不滲透的氣體 (Retentate)，直接到達另一

端，被分離出來（參見圖 3-3-1³⁷）。

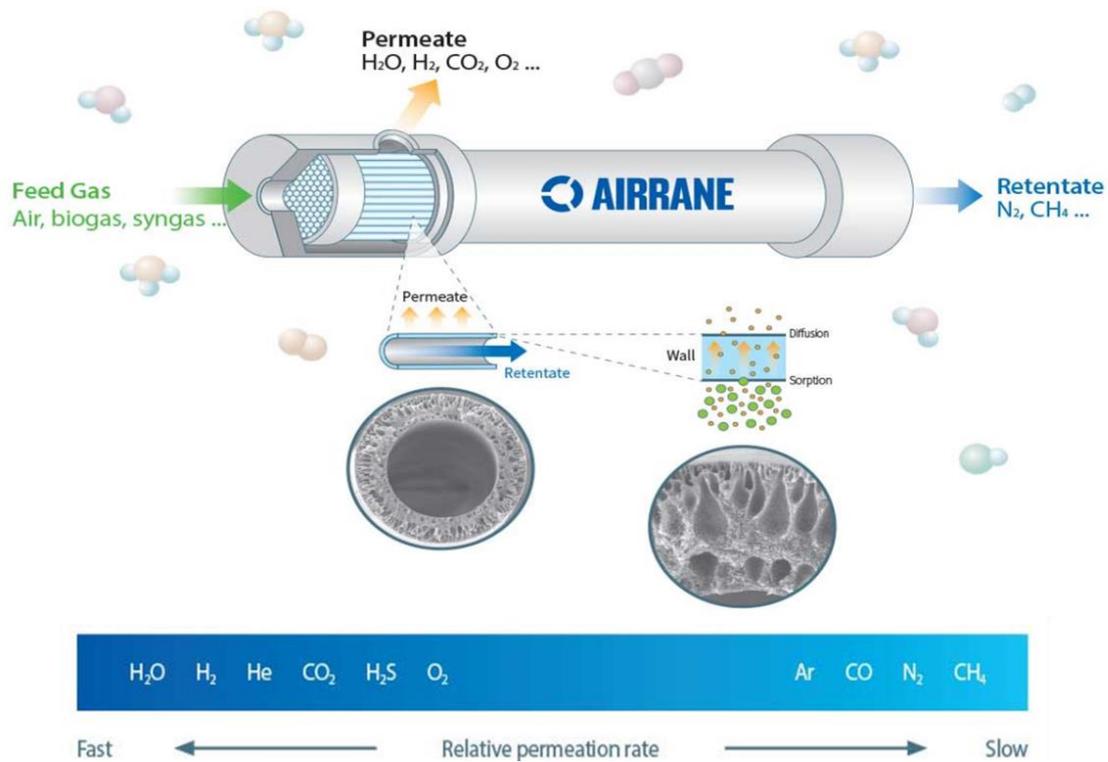


圖 3-3-1. 氣體薄膜分離裝置

2. 變壓吸附分離法（Pressure Swing Adsorption ; PSA）

變壓吸附技術係利用不同壓力下，氣體分子與吸附劑材料間吸附力的差異，達到氣體分離的效果。如圖 3-3-2 所示，具有低極性的高揮發性成分（例如，氫氣）吸附較為困難，而 N₂、CO、CO₂、烴類和水蒸氣等分子而較為容易，實務上可以從含氫流的混合氣體中吸附這些雜質並回收高純度氫氣。

³⁷ Airrane:韓國氣體分離膜技術公司-<http://en.airrane.com/>

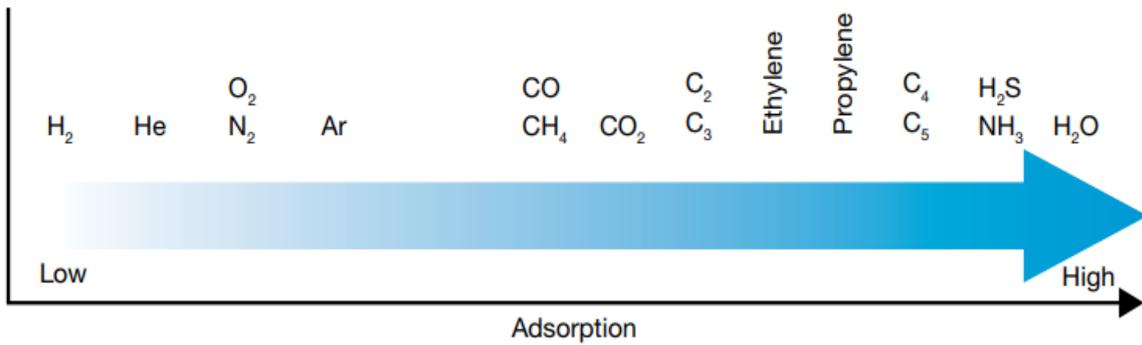


圖 3-3-2. 不同氣體吸附力相對關係

3. 低溫精餾法 (Cryogenic distillation)

通常採用機械方法，如用節流膨脹或絕熱膨脹等方法，把氣體壓縮、冷卻後，利用不同氣體沸點上的差異進行精餾，使不同氣體得到分離，惟相較於其他方法是個成本較高且高能耗的純化方法，因此使用低溫精餾法去將廢氣純化為氫氣較不普及。

4. 變溫吸附分離法 (Temperature Swing Adsorption ; TSA)

變溫吸附廣泛用於去除廢氣中的揮發性有機化合物、二氧化碳等乾燥氣體，使用這種技術可以分離對於特定吸附劑具有強吸附性的吸附氣體。實際操作過程如圖 3-3-3 所示，在相同壓力的條件下，使吸附發生在較低的溫度 (T_{ads}) 下並達到飽和後，吸附劑根據該溫度下的等溫線具有平衡負載 q_{ads} ，接下來將溫度將升高 (T_{des})，將形成吸附負載 q_{des} 較低的新平衡來進行解吸，從而達到分離氣體之功效。

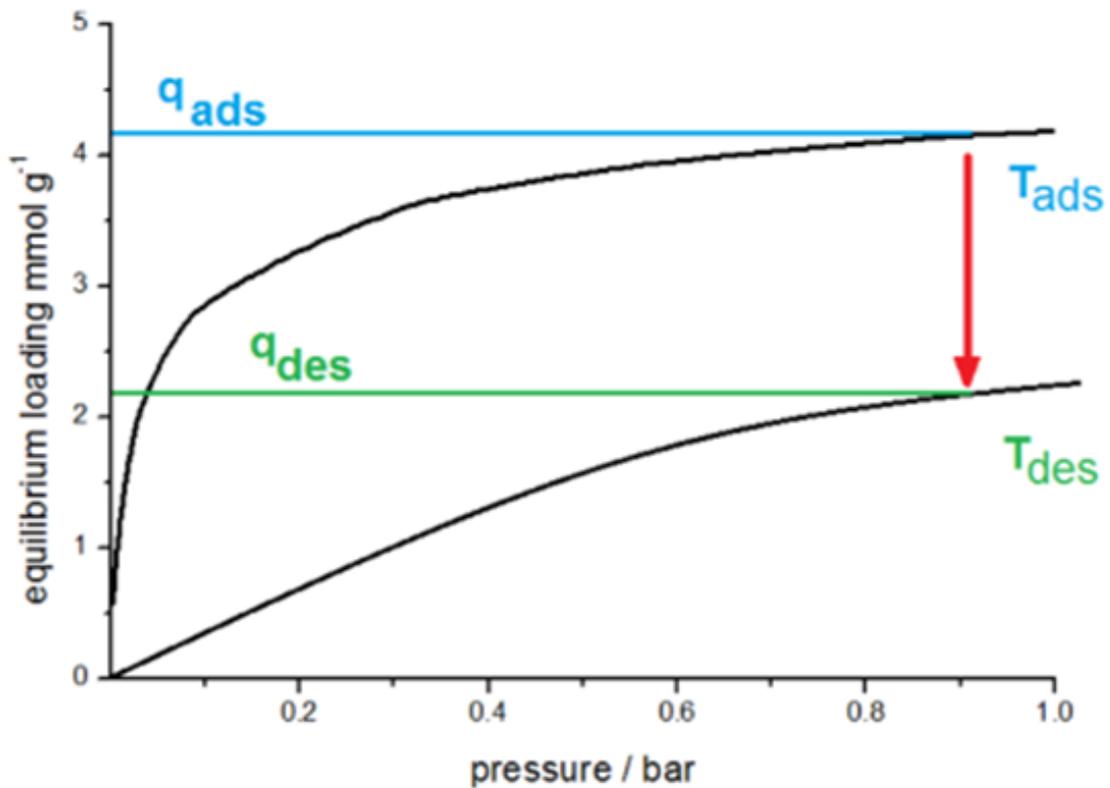


圖 3-3-3. 不同溫度與壓力之氣體吸附力

5. 分子篩分離法 (Molecular Sieve)

分子篩是一種具有珠子或顆粒等形式之強吸附劑，可吸收不同的液體和氣體，或者包含精確和單一的微小孔洞的材料，足夠小的分子可以通過孔道被吸附，而較大的分子則不能。例如，5A 分子篩一般為鹼性矽鋁酸鹽，有效孔徑為 5 埃，適用於吸附不需要的水分和氣體以獲得純氫氣。

6. 溶劑吸收分離技術 (Solvent Absorption)

溶劑吸收分離技術適用於連續產生低濃度廢氣之作業場合，當吸收劑之溶劑達到飽和，趨於平衡時吸收終止，之後

對飽和之吸附劑加溫，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，且再生後之吸收劑可重複使用。

7. 金屬氫化物分離法 (Metal hydride)

金屬氫化物可存儲量大約相當於一千倍其自身體積的氫氣，而應用於氫氣純化的相關技術。如圖 3-3-4 所示，氫氣和雜質氣體（甲烷）被提供給容器，利用選擇性金屬氫化物的吸氫特性，金屬氫化物吸收了氫氣，雜質氣體（甲烷）仍然以氣相形態存在且被排出，而在金屬氫化物的釋放氫氣的過程，如果平衡壓力可以控制到對應特定之氣體壓力，則無消耗額外的能量即可提純氫氣，進而提高整個系統的效率。

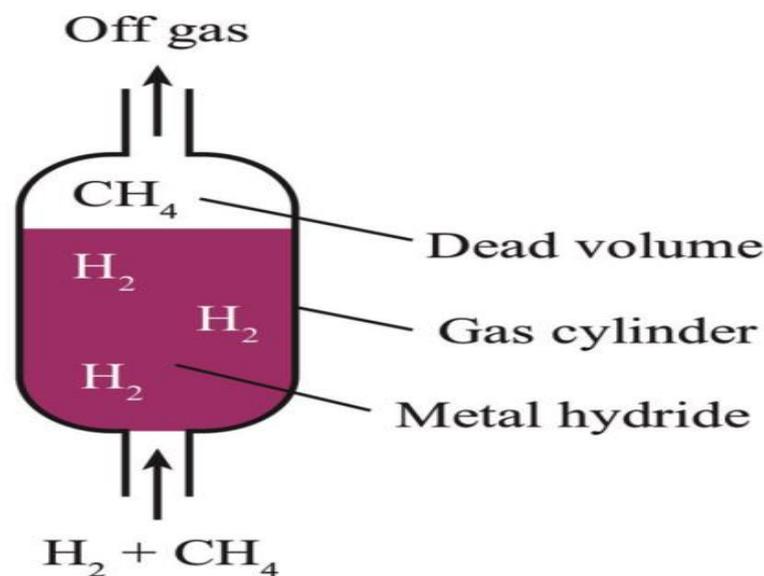


圖 3-3-4. 金屬氫化物吸氫分離系統

(二)IPC 分類號

專案小組藉由「地毯式掃瞄」、「檢索統計(GPSS)」、「WIPO 綠色目錄」及「日本綠色轉型技術目錄(GXTI)」等方式，搜尋並羅列與「氫氣回收」相關之 IPC 分類號（詳見表 3-3-1）。另參酌 GPSS 的結果³⁸，得知三階 IPC 分類號為 **C25B**（生產化合物或非金屬之電解工藝或電泳工藝；其所用的設備）之專利案共 5 案，其中 3 案與半導體「氫氣回收」高度相關（命中率約 60.0%）；**B01D**（分離）之專利案共 6 案，其中 2 案與半導體「氫氣回收」高度相關（命中率約 33.3%）；**C01B**（非金屬元素；其化合物）之專利案共 4 案，其中 1 案與半導體「氫氣回收」高度相關（命中率約 25.0%）。檢索相關專利技術時，或可優先參考使用 **C25B、B01D 或 C01B** 等分類號。

³⁸GPSS-檢索條件/結果(48)：(氫[-3,3]氣[-3,3]回收) AND (半導體 or 晶圓 or 晶錠 or 晶片 or 晶粒) AND ID=:20230101。

表 3-3-1. 與「氫氣回收」技術相關之 IPC 分類號

IPC	地毯式掃描	檢索統計(GPSS)	WIPO綠色目錄	日本GXTI	說明
B01D	V	V(33.3%;2/6)	V	V	分離
C01B	V	V(25.0%;1/4)		V	非金屬元素；其化合物
C25B	V	V(60.0%;3/5)		V(電解生氫)	生產化合物或非金屬之電解工藝或電泳工藝；其所用的設備
F17B				V(貯氫)	可調容量之貯氣罐
F17C				V(貯氫)	盛裝或貯存壓縮、液化或固化的氣體容器；固定容量之貯氣罐；將壓縮、液化或固化的氣體灌入容器內，或從容器內排出
F25J				V	利用加壓與冷卻處理使氣體或氣體混合物進行液化、固化或分離

(三)檢索策略、結果與資料整理

專案小組藉由「氫氣回收」之相關技術及 IPC 分類號，搭配技術領域、手段或目的等關鍵字，作為檢索策略，於 DI 資料庫進行檢索，以人工之方式篩選、整理檢索結果後，再行分析。

1. 檢索策略

如表 3-3-2、表 3-3-3 所示，本專案將「氫氣回收」相關之技術、IPC 分類號，搭配技術領域或目的等關鍵字作交集 (and)，擬定 2 組檢索條件（或稱檢索式；S1、S2）。

表 3-3-2. 檢索條件(S1)

	相對應的檢索式
關鍵字 1 (技術領域)	Semiconductor or Wafer or (PCB or PWB) or TFT* or (LED* or (light NEAR3 emitt*)) or (Solar NEAR3 Cell*)
關鍵字 2 (目的)	("Hydrogen" NEAR3 gas NEAR3 Recycl*) or ("H2"

	NEAR3 gas NEAR3 Recycl*) or ("Hydrogen" NEAR3 gas NEAR3 Reclaim*) or ("H2" NEAR3 gas NEAR3 Recover*) or ("H2" NEAR3 gas NEAR3 Recover*)
IPC	B01D or C01B or C25B or F17B or F17C or F25J

表 3-3-3. 檢索條件(S2)

	相對應的檢索式
關鍵字 1 (技術領域)	Semiconductor or Wafer or (PCB or PWB) or TFT* or (LED* or (light NEAR3 emitt*)) or (Solar NEAR3 Cell*)
關鍵字 2 (目的)	("Hydrogen" NEAR3 gas NEAR3 Recycl*) or ("H2" NEAR3 gas NEAR3 Recycl*) or ("Hydrogen" NEAR3 gas NEAR3 Reclaim*) or ("H2" NEAR3 gas NEAR3 Reclaim*) or ("Hydrogen" NEAR3 gas NEAR3 Recover*) or ("H2" NEAR3 gas NEAR3 Recover*)
技術	((("Hydrogen" NEAR3 Purification) or ("H2" NEAR3 Purification) or ("Hydrogen" NEAR3 Refine*) or ("H2" NEAR3 Refine*)) or ((Cryogenic NEAR3 Distillation) or (Cryogenic NEAR3 Fractionation)) or ((Pressure NEAR3 Swing NEAR3 Adsorption) or ("PSA")) or ((Temperature NEAR3 Swing NEAR3 Adsorption) or ("TSA")) or (Molecular NEAR3 Sieve NEAR3 Separat*) or (Solvent NEAR3 Absorption) or ((Membrane NEAR3 Separation) or ("MST")) or (Metal NEAR3 Hydride)

2. 檢索結果與資料整理

本專案將上述檢索條件 S1、S2 為聯集(or)，於 DI 資料庫進行檢索，截至 2022 年底所有公開（告）案件共計 2354 案³⁹，業經人工篩選，「氫氣回收」相關技術的專利約 284 案（作為資料分析的母體），基本資訊見下表 3-3-4。

表 3-3-4. 專利檢索的基本資訊

主題三、氫氣回收技術(半導體領域)	
資料庫	Derwent Innovation(DI)
檢索地區	全球專利資料
檢索期間	1900 年~2022 年 12 月公開(告)
檢索結果	2354 案
人工篩選	2, 354→284 案
備註：相同專利家族之案件統計上為一專利案(1 案)	

(四)專利綜合分析

本節有關半導體「氫氣回收」相關之專利案(284 案)之綜合

³⁹檢索條件(S1、S2 為聯集)/檢索結果(2384 案): (ALL=(Semiconductor or Wafer or (PCB or PWB) or TFT* or (LED* or (light NEAR3 emitt*)) or (Solar NEAR3 Cell*)) AND ALL=("Hydrogen" NEAR3 gas NEAR3 Recycl* or ("H2" NEAR3 gas NEAR3 Recycl* or ("Hydrogen" NEAR3 gas NEAR3 Reclaim* or ("H2" NEAR3 gas NEAR3 Reclaim* or ("Hydrogen" NEAR3 gas NEAR3 Recover* or ("H2" NEAR3 gas NEAR3 Recover*)) AND IC=(B01D or C01B or C25B or F17B or F17C or F25J) AND AY>=(1900) AND AY<=(2023)) or (ALL=(Semiconductor or Wafer or (PCB or PWB) or TFT* or (LED* or (light NEAR3 emitt*)) or (Solar NEAR3 Cell*)) AND ALL=("Hydrogen" NEAR3 gas NEAR3 Recycl* or ("H2" NEAR3 gas NEAR3 Recycl* or ("Hydrogen" NEAR3 gas NEAR3 Reclaim* or ("H2" NEAR3 gas NEAR3 Reclaim* or ("Hydrogen" NEAR3 gas NEAR3 Recover* or ("H2" NEAR3 gas NEAR3 Recover*)) AND ALL=(((("Hydrogen" NEAR3 Purification) or ("H2" NEAR3 Purification) or ("Hydrogen" NEAR3 Refine* or ("H2" NEAR3 Refine*)) or ((Cryogenic NEAR3 Distillation) or (Cryogenic NEAR3 Fractionation)) or ((Pressure NEAR3 Swing NEAR3 Adsorption) or ("PSA")) or ((Temperature NEAR3 Swing NEAR3 Adsorption) or ("TSA")) or (Molecular NEAR3 Sieve NEAR3 Separat*) or (Solvent NEAR3 Absorption) or ((Membrane NEAR3 Separation) or ("MST")) or (Metal NEAR3 Hydride)) AND AY>=(1900) AND AY<=(2023));

分析項目，同上一、(四)所列。

1、全球專利申請趨勢

圖 3-3-5 顯示為「氫氣回收」歷年申請量變化，1974 年以前，專利申請量近趨於零。後於 1974~2022 年間，國際重大事件或制度上的變革包含「第一次石油危機(1973~1974 年)」、「京都議定書(1997 年)」、「京都議定書強制生效(2005 年)」及「巴黎協定(2015 年)」等，於本節配合專利申請趨勢圖進行分析討論。至於 2021 與 2022 年略為減少，原因之一可能為尚有專利案未公開或公告。

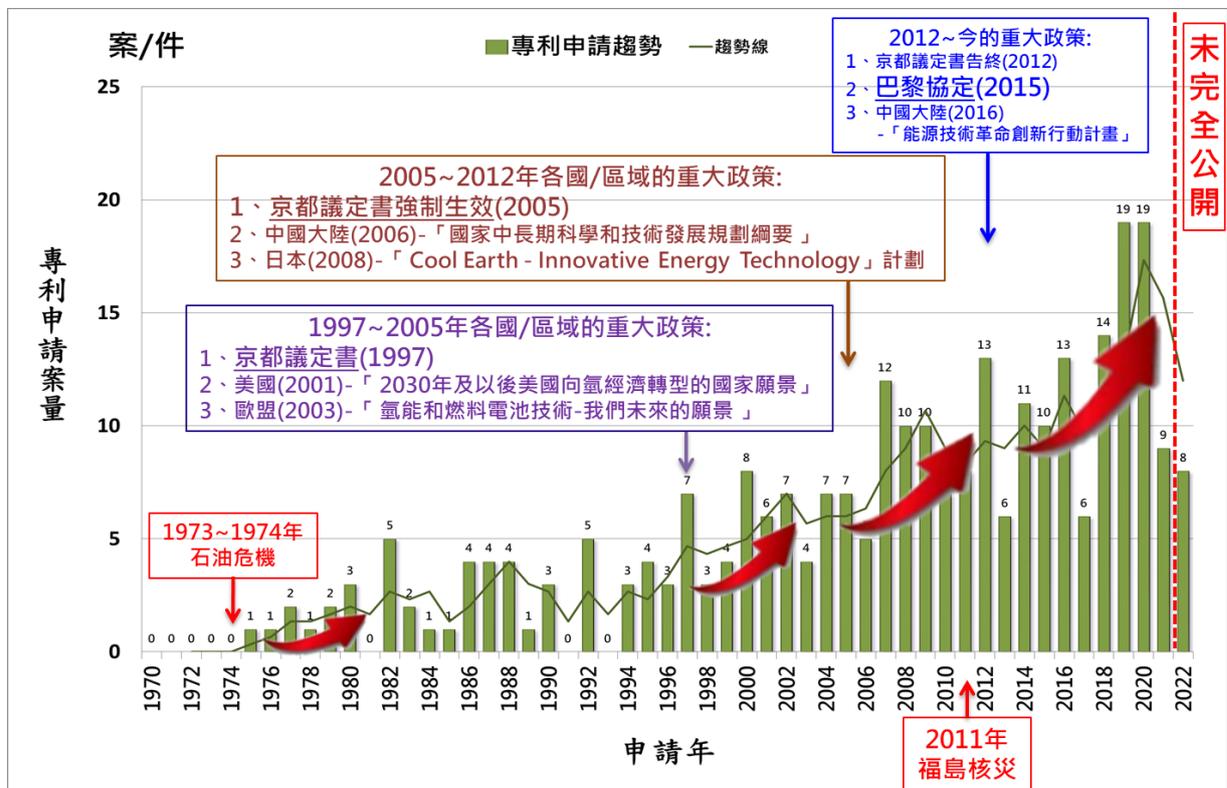


圖 3-3-5. 全球歷年專利申請趨勢

進一步說明如下：

- (1) 第一次石油危機（1973~1974 年⁴⁰）~京都議定書（1997 年）：1974 年之前，有關「氫氣回收」之專利案極為少量，此情況在第一次石油危機後，就有明顯的變化，許多國家開始檢視其能源政策，因而帶動了氫能的發展，而「氫氣回收」技術當然為重要的項目之一，這個時期的專利申請量平均約為 2.4 案/年。
- (2) 京都議定書（1997 年）~京都議定書強制生效（2005 年）：全球學研機構更加重視相關的環保或是乾淨能源之相關議題。例如，美國於 2001 年發布「2030 年及以後美國向氫經濟轉型的國家願景」，以及歐盟於 2003 年發布「氫能和燃料電池技術-我們未來的願景」，再次帶動「氫氣回收」相關技術之發展，這個時期的專利申請量平均約為 5.9 案/年，較上個時期成長約 2.5 倍。
- (3) 京都議定書強制生效（2005 年）~巴黎協定（2015）：中國大陸與日本(例如，「Cool Earth Innovative Energy Technology」計劃)相繼投入氫能之發展，又再次帶動「氫

⁴⁰ 1973 年 10 月，當時以沙烏地阿拉伯為首的阿拉伯石油輸出國組織成員國宣布，對贖罪日戰爭期間支持以色列的國家實施石油禁運，最初的目標國家是加拿大、日本、荷蘭、英國和美國，隨後禁運也擴大到葡萄牙、羅得西亞和南非，禁運持續了將近一年，全球石油價格上漲近 4 倍（3 美元/桶→12 美元/桶），對全球政治和全球經濟產生了重大影響。

氣回收」相關技術之發展，這個時期的平均申請量約為 9 案/年，較上個時期成長約 1.5 倍。

- (4) 巴黎協定 (2015) ~2022 年：減碳相關研究（氫能）在京都議定書退場後又開始被重視。此外，中國大陸於 2021 年首次將「碳達峰」、「碳中和」政策納入工作報告後，台灣、日本及韓國等國家相繼做出承諾，甚至連美國也宣布重回巴黎協定，各國應對全球氣候變遷的行動正在全面加速，「碳中和」成為發展趨勢，而「碳中和」核心概念是減少石化能源的使用量，增加新能源或可再生能源的替代量，邁向永續發展道路，故氫能相關技術又再度成為各國研究重點之一，這個時期平均申請案量約為 12.9 案/年，較上個時期成長約 1.4 倍。

2、生命週期分析

「氫氣回收」相關之專利案(284 案)為生命週期分析，如圖 3-3-6 所示，由於專利有自申請日起 18 個月後公開的閉鎖期，因此僅擷取申請年在 2021 年以前之專利案進行統計、分析，整體而言申請人數量與專利申請量為呈現飽和狀態，顯示氫氣回收相關技術似乎出現瓶頸而待突破。

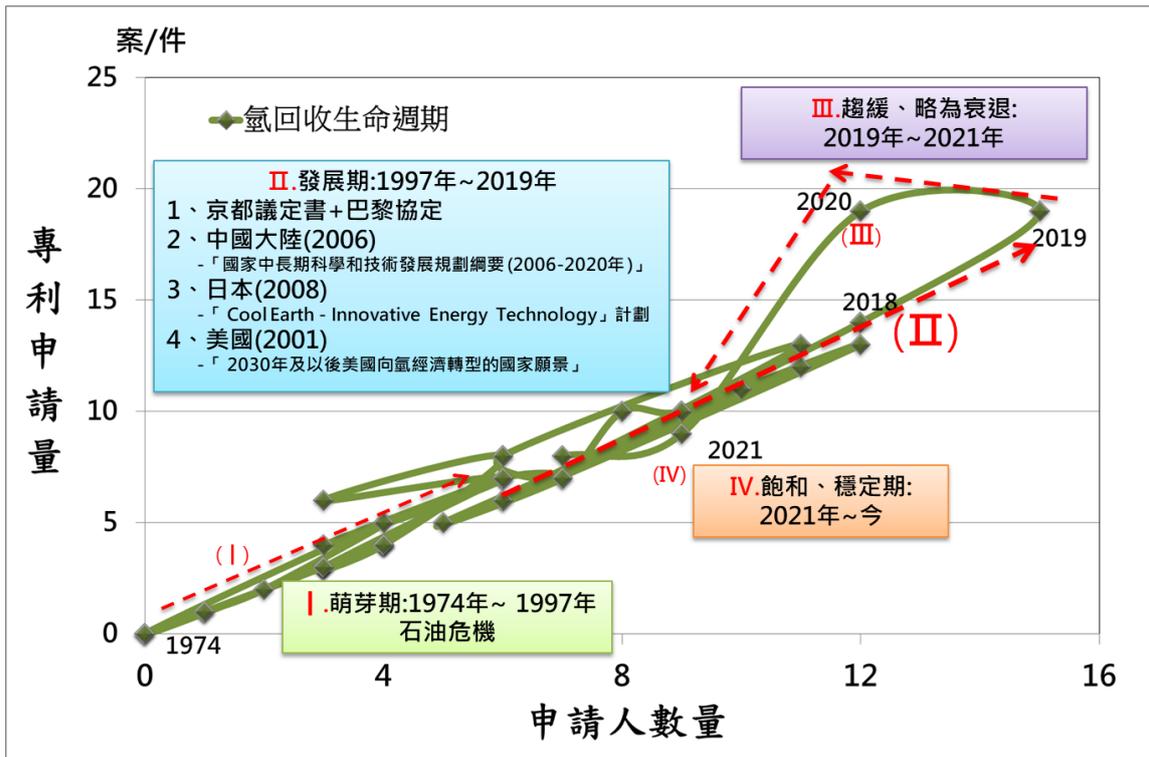


圖 3-3-6. 「氫氣回收」之專利技術生命週期

進一步分析如下:

- (1) **1974~1997 年，為萌芽期階段**：第一次石油危機後，在各國開始找尋替代能源情況下，產業界對於氫能發展或氫氣回收技術則剛起步，企業與學研機構投入技術研發意願較低或技術門檻較高，此時專利申請量與申請人數雖然較少然卻有緩慢成長之趨勢。
- (2) **1997~2019 年為發展期階段**：全球產業及學研機構投入資金研發與布局專利。例如，美國於 2001 年發布「2030 年及以後美國向氫經濟轉型的國家願景」，歐盟於 2003 年發布「氫能和燃料電池技術-我們未來的願景」，將氫能列為國家重要能源之一；另外，日本於 2008 年發布「Cool

Earth- Innovative Energy Technology」計劃，致使專利申請量與申請人數量皆明顯上升，新的企業亦持續投入研發且產出之專利申請數量也持續增加。

- (3) 2019~2021 年為發展趨緩、略為衰退階段：2019 年末，COVID-19 疫情導致全球性嚴重的社會和經濟混亂，被視為人類自第二次世界大戰以來面臨的最嚴峻危機，並使全球經濟陷入自從 1930 年代的大蕭條以來最大的衰退，且對全球航空、旅遊、娛樂、體育、石油市場、金融市場等方面造成巨大影響並預料在經濟重啟後仍將持續多年。此時期有關「氫氣回收」之專利申請量及申請人數量皆受影響而相對減少。

- (4) 2021 年迄今為飽合、穩定發展階段：全球 COVID-19 疫情後，有關「氫氣回收」專利申請量與申請人數量並未見其成長，推測因 COVID-19 疫情影響未完全恢復，而該市場目前呈現飽合/穩定狀態，亦可能係「氫氣回收」之相關技術出現瓶頸，需企業、學研機構有所突破或市場的新需求出現，才可能再向上衝出另一波高峰。

3、全球前十大申請國家/地區統計

圖 3-3-7 顯示有關「氫氣回收」之專利案，全球前十大申請國家/地區之統計，排序如下：

請國家/地區之統計，排序如下：

1	中國大陸	92 案，占比約為 32.4%
2	日本	63 案，占比約為 22.2%
3	EPO	31 案，占比約為 10.9%
4	美國	26 案，占比約為 9.2%
5	加拿大	11 案，占比約為 3.9%
6	德國	11 案，占比約為 3.9%
7	WO	11 案，占比約為 3.9%
8	中華民國	8 案，占比約為 2.8%
9	DD	6 案，占比約為 2.1%
10	南韓	5 案，占比約為 1.8%



圖 3-3-7. 全球專利主要分布概況

五大專利局有關氫氣回收專利申請量包辦全球排名的前四

(南韓則排名第 10)，占比約為 76.4% (如圖 3-3-8 所示)。

就區域分布來看，以亞洲區域之國家為多數，我國、中國大陸、日本及南韓之專利申請量合計共約 59.2%，應與近年來基礎工業、半導體製造等產業於亞洲國家高度發展有關。至於歐、美國家，由於發展氫能的時間較早，亦有不錯的申請量，合計占約 33.8%的專利申請量。

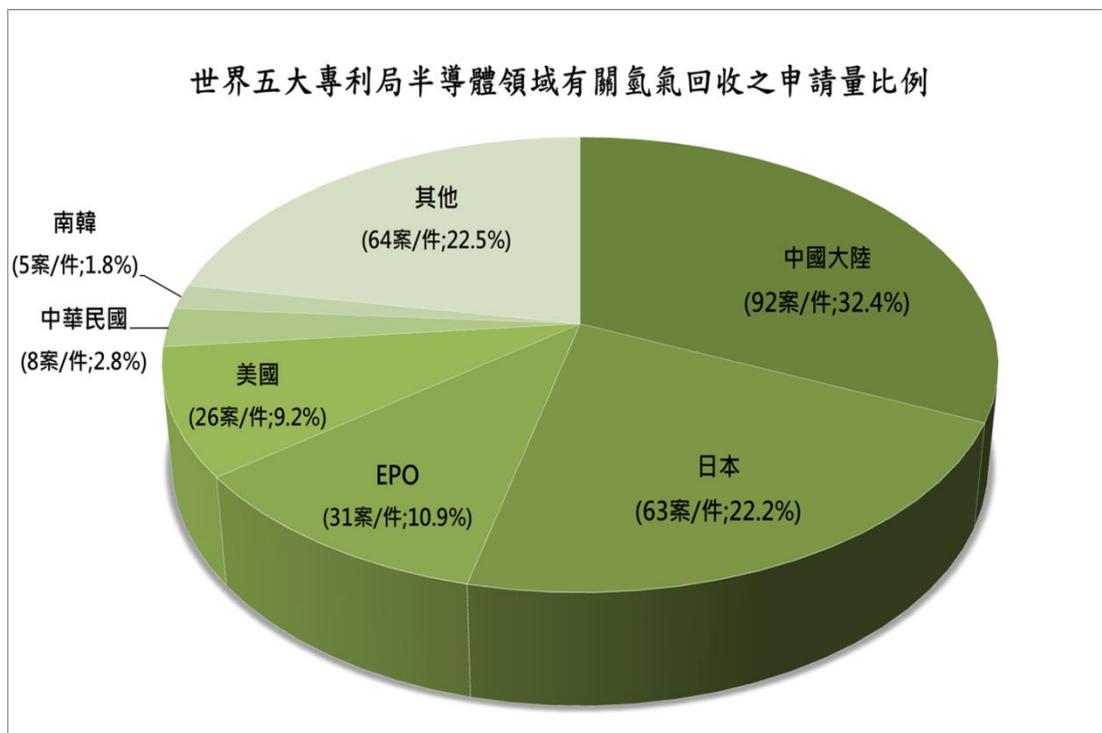


圖 3-3-8. 全球五大專利局申請量比例

4、全球前十大申請國家/地區專利申請趨勢

圖 3-3-9 所示為 1970 年至 2022 年之間，全球前十大申請國家/地區有關「氫氣回收」專利之歷年申請量變化，藉此可了解該項技術之發展趨勢。

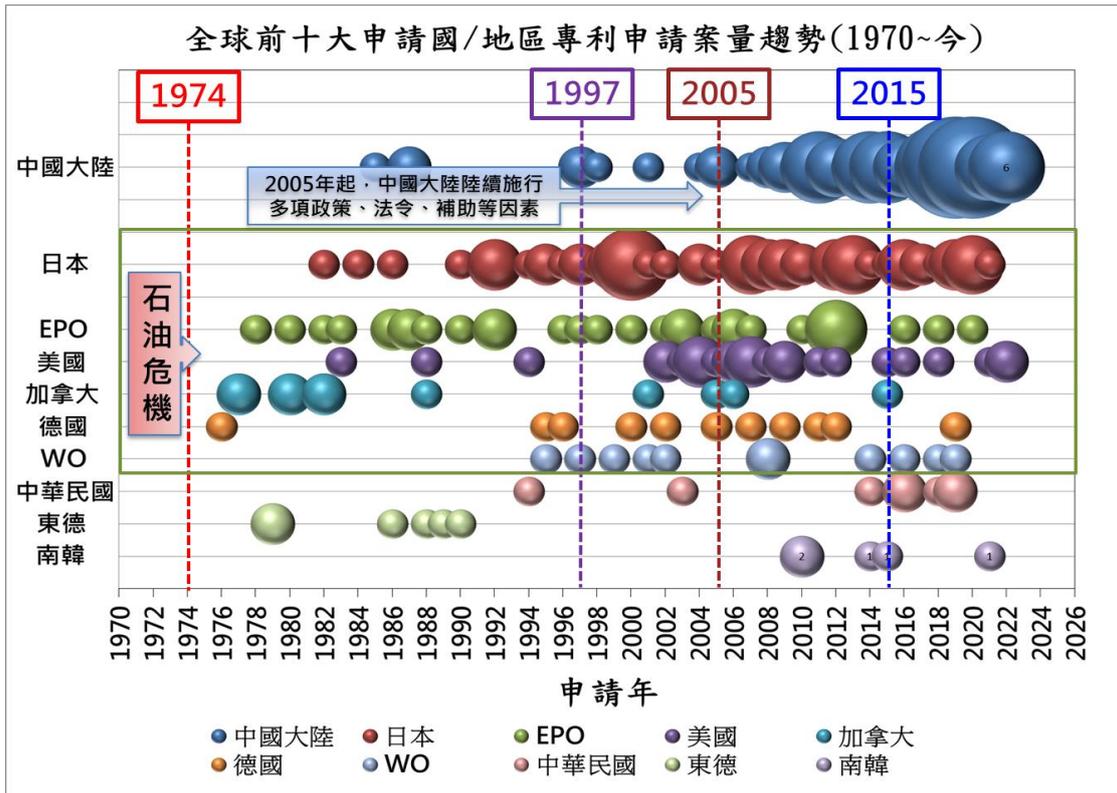


圖 3-3-9. 全球前十大申請國家/地區專利申請趨勢

由全球前十大申請國家/地區申請量的趨勢可發現，美國、日本、歐洲各國及加拿大等已開發/先進國家，「氫能」或「氫氣回收」相關技術之發展較早，自 1974 年（第一次石油危機）後，就開始發展該項技術並申請專利，長期看來申請量並無明顯增加，惟近年雖略有衰退（德國、加拿大），但仍持續在發展中。

進一步分析可發現，除日本外之亞洲國家（尤其是中國大陸、南韓及我國）「氫氣回收」相關技術發展則相對較晚，較明顯的申請量見於 1997 年後。例如，1974~2005 年間，中國大陸為零星的專利申請，該期間對「氫能」或「氫氣回收」的重視

程度較低，然而在其國家政策或補助的影響下，2005~2022 年間之專利申請量明顯性地成長，相較 2005 年前，年平均成長約 17 倍。近年來，我國視綠能為國家發展的重點項目之一，在相關政策、法令或補助的趨動下，「氫能」或「氫氣回收」之相關技術的後續發展應有不錯的前景。

5、主要申請國之第一申請人類型

如圖 3-3-10 所示，針對全球五大主要申請國，為第一申請人⁴¹類型分析。整體來看，五大申請國申請人總數約為 148 個，其中，公司（或私法人）約為 124 個（83.2%）、學研機構約為 17 個（11.4%）、自然人約為 8 個（5.4%），公司型態的申請人占了絕大部分的比例，其次為學研機構，而自然人型態的申請人最少，研判可能為「氫氣回收」之技術門檻較高所致。

中國大陸與日本之第一申請人類型比例與整體平均類似，公司型態的申請人占大部分的比例(分別為 81.6%、89.5%)，再來為學研機構(13.8%、7.9%)及自然人(4.6%、2.6%)。美國、EPO 及我國之申請人雖較少，然公司型態的申請人仍占絕大部分的比例(分別為 84.2%、78.9%及 75.0%)。

⁴¹ 部分專利有兩個或以上的申請人，本文所指第一申請人係以專利申請書上第一順位的申請人。

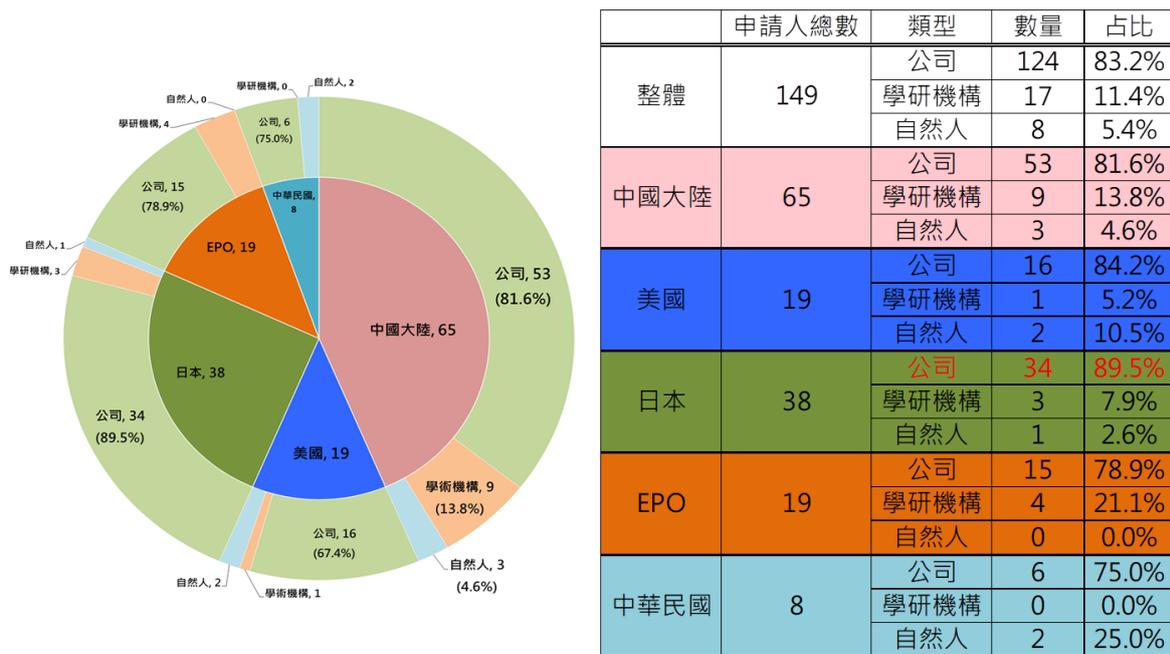


圖 3-3-10. 主要申請國之第一申請人類型占比

6、全球前二十大申請人統計

表 3-3-5 摘錄有關「氫氣回收」之專利案，全球前二十大申請人之排名依序如下：1、**AIR PRODUCTS**(美國)-13 案；2、**住友精化**(日本)-11 案；3、**三菱集團**(日本)-10 案；4、**AIR LIQUIDE S.A**(法國)-9 案；5、**浙江天采雲集科技**(中國大陸)-9 案；6、**四川天采科技**(中國大陸)-8 案；7、**日本製鋼所**(日本)-7 案；8、**日本酸素株式會社**(日本)-7 案；9、**AIR WATER**(日本)-6 案；10、**NAVAL GROUP**(法國)-6 案；11、**PRAXAIR**(美國)-6 案；12、**UOP**(美國)-6 案；13、**UNION CARBIDE**(美國)-5 案；14、**中國科學院**(中國大陸)-4 案；15、**關西電力公司**(日本)-4 案；16、**大連中鼎化學**(中國大陸)-3 案；17、**JX Nippon Oil &**

Energy (日本)-3 案; 18、NISSAN(日本)-3 案; 19、東京理科大
學(日本)-2 案; 20、成都新華化工研究所(中國大陸)-2 案。

全球前二十大申請人，公司型態者占 8 成 5 (17 間)，皆為知名國際大型企業，另 1 成 5 為學研機構 (3 間)。就公司性质而言，能源相關企業有 6 間，包含 NAVAL GROUP (可再生能源)、UOP (石油生產、煉製)、UNION CARBIDE (石化產業)、關西電力公司、JX Nippon Oil & Energy (礦業、能源) 及 NISSAN (汽車工業) 等；從事化學氣體生產相關之企業有 6 間⁴²，皆為美國、法國及日本的重要化工企業，包含 AIR PRODUCTS (化工)、住友精化 (化工)、AIR LIQUIDE S.A (工業氣體生產)、日本酸素株式會社 (工業氣體生產)、AIR WATER (工業氣體生產) 及 PRAXAIR (工業氣體生產) 等，由此可知，「氫氣回收」之專利研發、申請主要係由能源、化學氣體等相關之企業所主導。

⁴² 列表中標有★號者

表 3-3-5. 全球前二十大申請人基本資料

公司/機構名稱	案件數	國別	特色
AIR PRODUCTS	13	美國	美國化學工業公司，主要業務是銷售工業氣體和化學物質
住友精化	11	日本	住友精化株式會社成立於1944年，主要從事生產和銷售工業化工產品，氣體及相關設備
三菱集團	10	日本	日本一個企業聯合體，為原三菱財閥解體後其旗下企業共同組成，總共包括約300家企業
AIR LIQUIDE S.A	9	法國	世界上最大的工業、健康和環保氣體供應商之一，主要業務項目為提供產業界氧氣、氮氣、氬氣和其它氣體
浙江天采雲集科技	9	中國大陸	清淨能源、節能環保、廢棄資源利用技術的開發
四川天采科技	8	中國大陸	專業從事氣體製備、分離與純化技術研發的企業
日本製鋼所	7	日本	一家生產鋼鐵加工品及工業用機械的日本企業，屬三井集團旗下公司
日本酸素株式會社	7	日本	日本最大的工業氣體生產商，也是全球排名前五的工業氣體供應商
AIR WATER	6	日本	主要產品為工業氣體、液化石油氣(LPG)、液態天然氣設備、工業橡膠、醫療保健設備
NAVAL GROUP	6	法國	法國以海軍國防與可再生能源為主的工業集團
PRAXAIR	6	美國	普萊克斯是一家美國工業氣體生產商，也是美洲產值最大的工業氣體生產商
UOP	6	美國	一家為石油煉製、天然氣處理、石化生產和主要製造業開發和提供技術的跨國公司
UNION CARBIDE	5	美國	美國的主要石油化工公司，現時為美國陶氏化工的全資附屬公司
中國科學院	4	中國大陸	中華人民共和國科學技術方面的最高學術機構，全國自然科學與高新技術綜合研究發展中心
關西電力公司	4	日本	日本的一間電力公司
大連中鼎化學	3	中國大陸	主要業務為超純氣體純化器、超純氣體現場供應及管理、PSA裝置及工業尾氣回收裝置等
JX Nippon Oil & Energy	3	日本	礦業、能源綜合公司
NISSAN	3	日本	NISSAN是源自日本的跨國汽車製造商，為日本歷史上第一家專製汽車的企業
東京理科學大學	2	日本	日本東京都新宿區神樂坂的私立大學
成都新華化工研究所	2	中國大陸	成都化工研究所



學
研
機
構
(15%)

國
際
企
業
(65%)

全球前二十大申請人中，如圖 3-3-11 所示，若以申請人國籍而論，以日本籍申請人 45% 占第一位，皆為較具規模的大型企業，其後依序為中國大陸（占 25%）、美國（20%）及法國（10%）；其中，日本、美國及法國皆為較具規模的大型企業，與中國大陸有所不同，顯示歐、美及日本等先進國家對於「氬氣回收」相關技術之發展型態較為成熟。

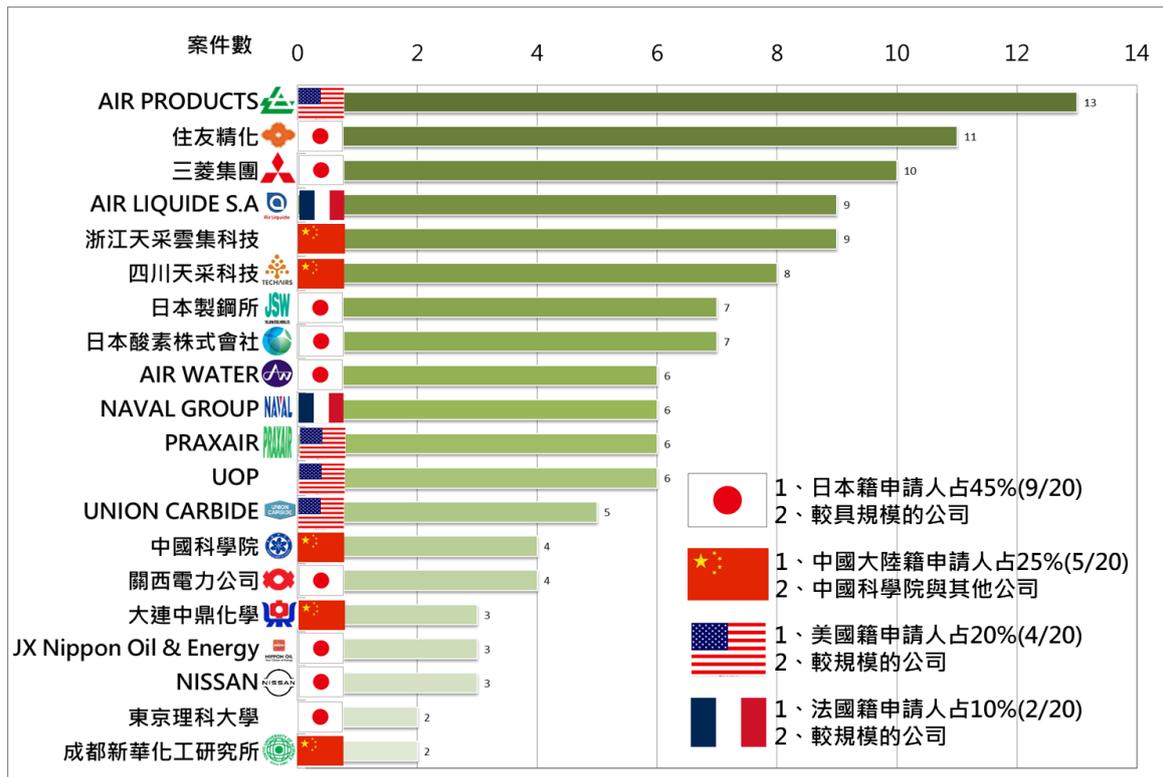


圖 3-3-11. 全球前二十大申請人及其案件量

7、全球前二十大申請人專利申請趨勢

圖 3-3-12 所示為全前二十大申請人 1974~2022 年申請量趨勢圖，分析歸納如下：

- (1) 美國、日本及法國籍之申請人：美國所屬氣體、能源相關之化工企業（AIR PRODUCTS、PRAXAIR、UOP 或 UNION CARBIDE），自 1974 年起，就開始有在發展「氫氣回收」相關之技術，迄今，量雖不多但仍持續地研發技術及申請專利。日本與法國所屬企業（住友精化、三菱集團、日本製鋼所、日本酸素株式會社、AIR WATER、關

西電力公司、JX Nippon Oil & Energy、NISSAN 及 AIR LIQUIDE S.A、NAVAL GROUP) 則起步較晚，其於京都議定書通過/強制生效前後 (1997~2005)，始有「氫氣回收」相關專利的申請。

(2) 中國大陸籍的申請人：中國大陸所屬企業之「氫氣回收」

相關技術發展及專利申請更晚，京都議定書通過/強制生效前後 (1997~2005) 幾乎沒有相關的專利申請。而於 2005 年後，中國大陸也漸漸開始對能源/環保議題有所重視，多個氣體處理相關企業 (大連中鼎化學、四川天采科技及浙江天采雲集科技) 則於 2015 年後有較多的專利申請量。

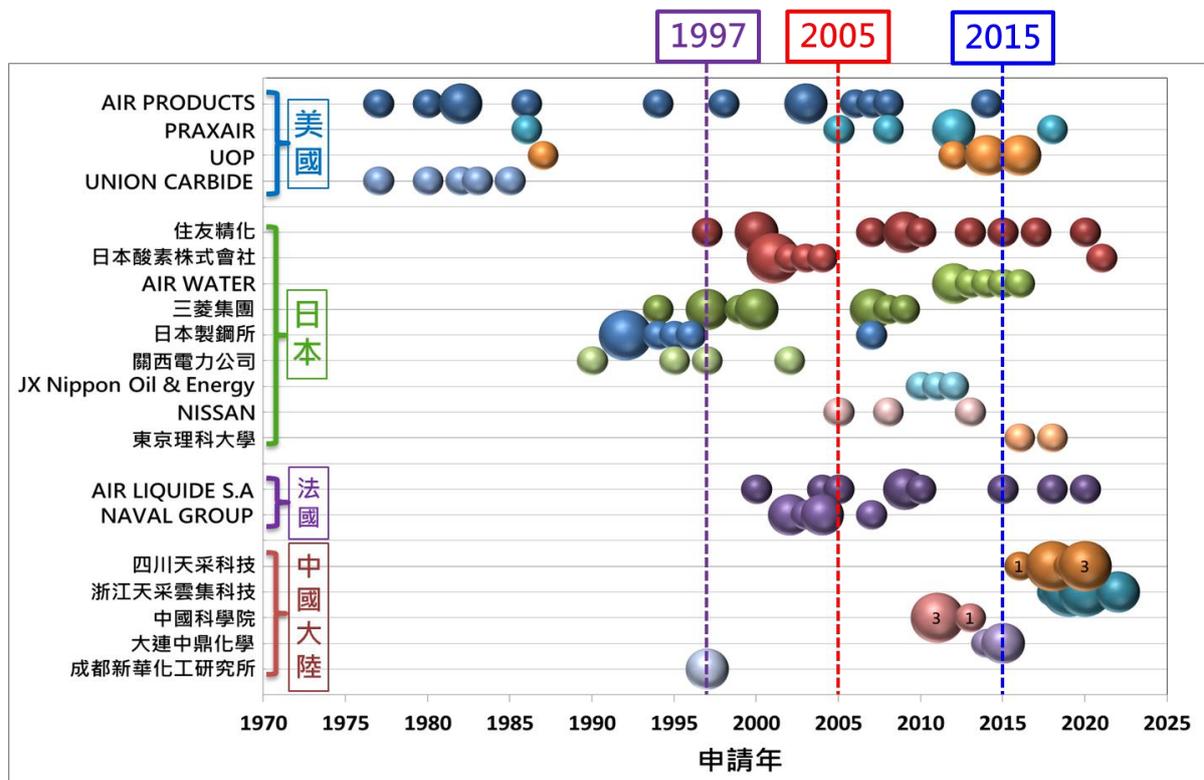


圖 3-3-12. 全球前二十大申請人專利申請趨勢

8、主要國家/地區之專利布局

有關「氫氣回收」專利案，主要申請國別/地區與申請人國籍/地區之矩陣分析圖如圖 3-3-13 所示。藉此可觀察，全球氫氣回收技術專利申請人所注重的市場與專利布局趨勢。

由五大專利局與我國專利申請人的申請國別/地區，可發現申請人主要還是在其本身國家/地區的專利局申請居多。此外，申請人除了在其本身的國家以外，其專利布局國家/區域主要以中國大陸、美國及歐洲專利局為主。

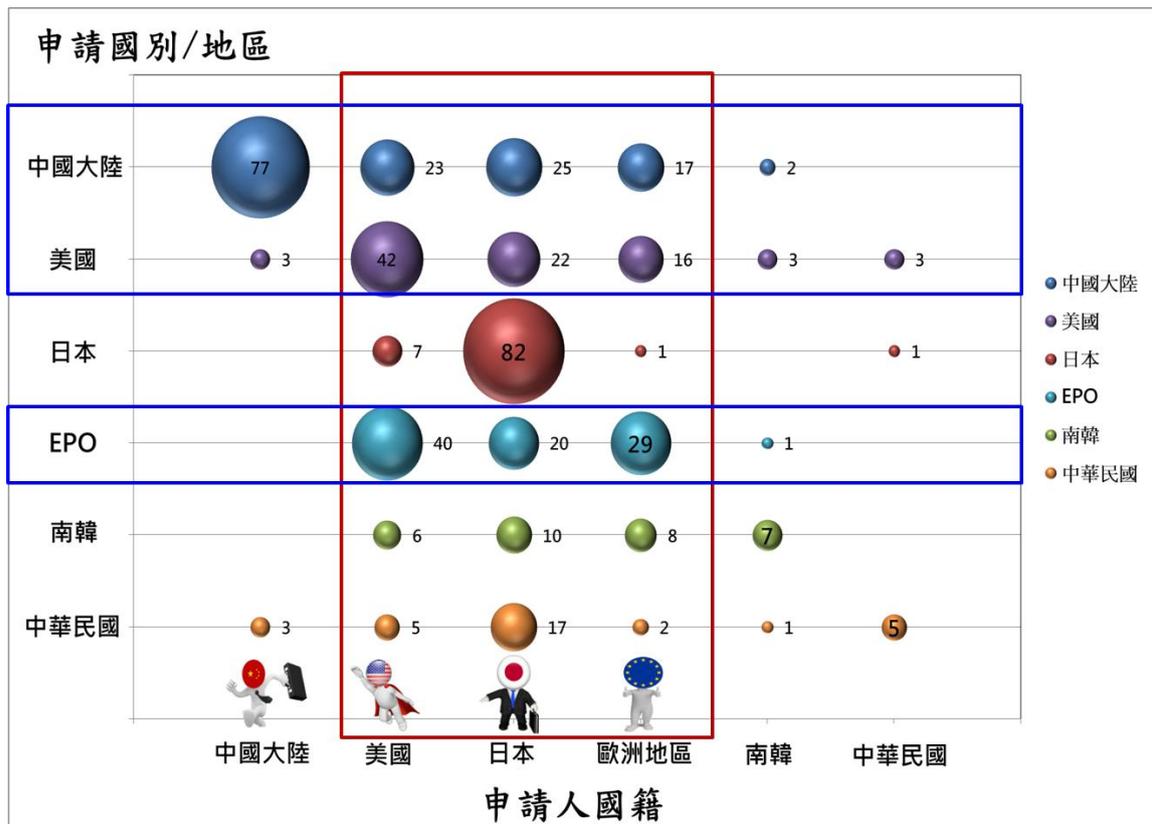


圖 3-3-13. 全球主要國家申請人之專利布局

(五)專利技術分析

本節將與「氫氣回收」相關之專利案，以 IPC 分類號、技術分類理或處理物態樣之觀點（圖 3-3-14），進一步整理並分析。IPC 分類號主要包括：B01D（分離）、C01B（非金屬元素；其化合物）、C25B（生產化合物或非金屬之電解工藝或電泳工藝）、H01M（用於直接轉變化學能為電能之方法或裝置）、B01J（化學或物理方法）、C10G（煙油裂解；液態烴混合物之製備）或 F25J（利用加壓與冷卻處理使氣體或氣體混合物進行液化、固化或分離）等。技術分類主要包括：變壓吸附法、薄膜分離法、變溫吸附法、低溫精餾、金屬氫化物分離法及其他技術，而處理物態樣主要包括：工業氣體流、CVD 廢氣、燃料電池及其他。

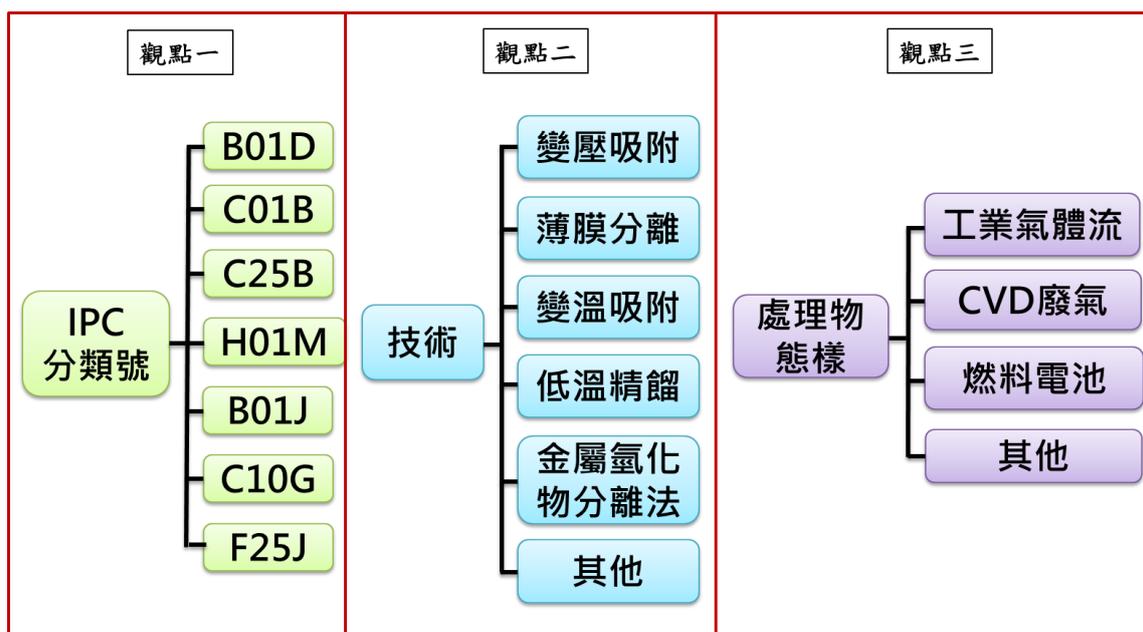


圖 3-3-14. 「氫氣回收」技術分析之三大觀點

氫氣回收專利案(284 案)之專利技術分析內容同上述一、(四)所列項目。

1、「氫氣回收」專利案(284 案)之三階 IPC 分布

以下由「氫氣回收」檢索結果(284 案)中，統計整理 IPC 分類號之分布，圖 3-3-15 所示，主要之 IPC 分類號為 B01D (46.3%；分離)，其次為分別 C01B (34.3%；非金屬元素；其化合物)、C25B (3.2%；生產化合物或非金屬之電解工藝或電泳工藝)與其他類位，可發現有關「氫氣回收」之專利案的 IPC 分類號非常集中，前 3 大三階 IPC 約占 8 成 4，常見三階 IPC 分類號的簡要技術說明如下表 3-3-6 所示。

表 3-3-6. 「氫氣回收」專利案常見之 IPC 分類號

IPC 分類號	簡要技術說明
B01D	分離
C01B	非金屬元素；其化合物
C25B	生產化合物或非金屬之電解工藝或電泳工藝
H01M	用於直接轉變化學能為電能之方法或裝置
B01J	化學或物理方法
C10G	烴油裂解；液態烴混合物之製備
F25J	利用加壓與冷卻處理使氣體或氣體混合物進行液化、固化或分離

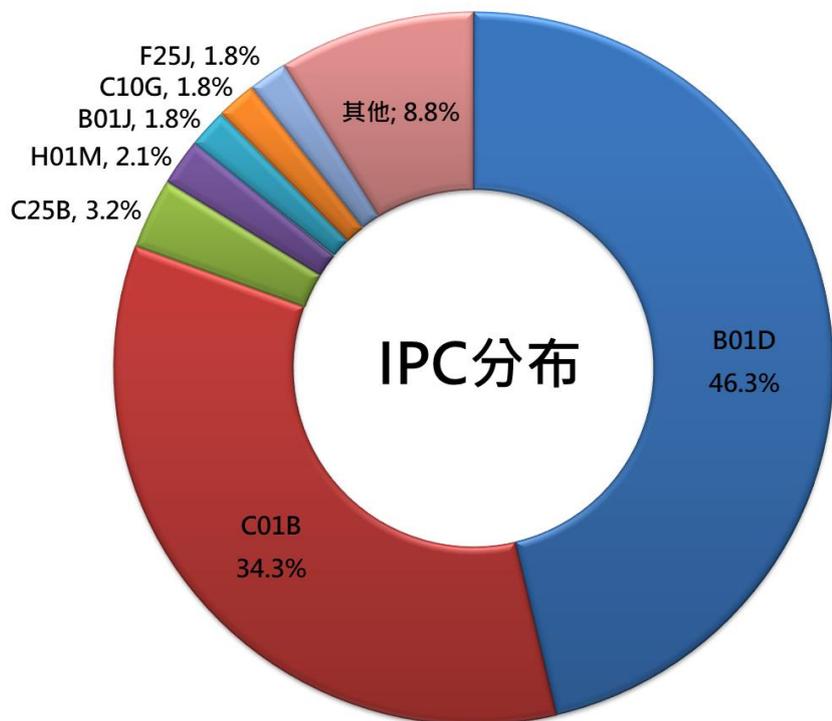


圖 3-3-15. 整體「氫氣回收」專利案(284 案)之三階 IPC 分布

2、「氫氣回收」專利案(284 案)之專利地圖

使用 DI 資料庫內建的專利地圖分析，將有關「氫氣回收」之專利案(284 案)予以處理而得之結果，如圖 3-3-16、3-3-

17⁴³所示，大致上可分為二大類別，涵蓋二大 IPC 分類號，詳述如下：

- (1) 設備及方法包含：「儲存槽、氣體管路等」、「吸附(PSA、TSA 等)」及「薄膜分離」，分別為 33 案(11.6%)、37 案(13.0%)及 53 案(18.7%)，所屬主要的 IPC 分類號為 C01B (非金屬元素；其化合物)及 B01D (分離)。
- (2) 應用包含：「氣體流(Gas Stream)；混合氣體」、「乙烷」、「燃料電池」、「熱泵」及「氣體純化、分離及製程尾氣處理(例如 MOCVD)」，分別為 35 案(12.3%)、23 案(8%)、25 案(8.8%)、20 案(7%)及 56 案(19.7%)，所屬主要的 IPC 分類號亦為 C01B (非金屬元素；其化合物)及 B01D (分離)。

⁴³ 註：圖中的每一個點代表一專利案。

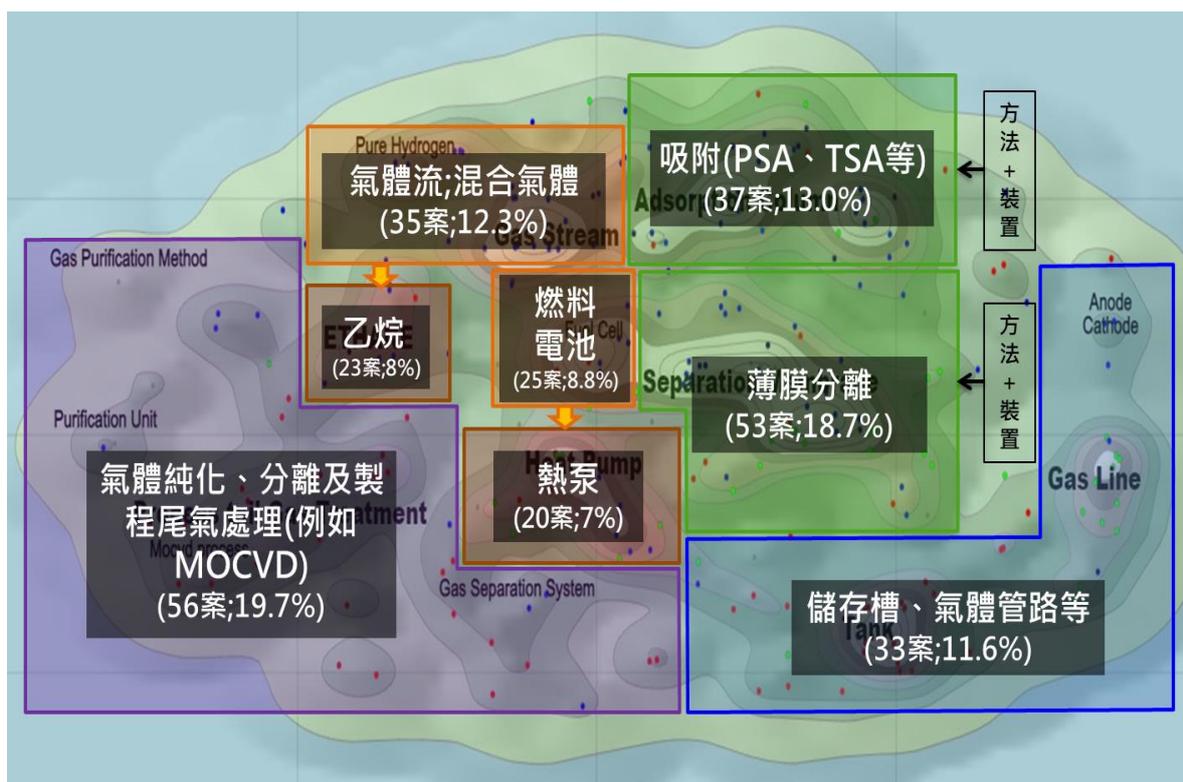


圖 3-3-16. 有關「氫氣回收」專利案之專利地圖 (領域類別)

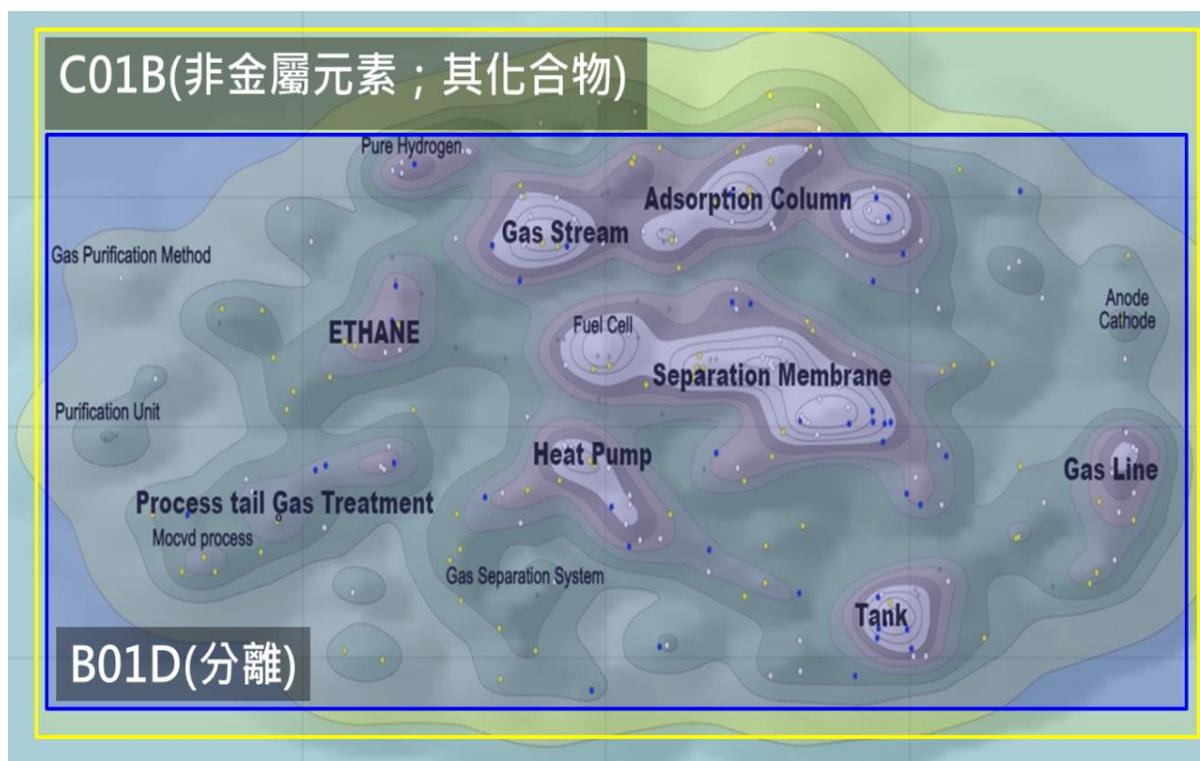


圖 3-3-17. 有關「氫氣回收」專利案之專利地圖 (IPC 分類號)

若以全球專利布局的角度來看，中國大陸近十年來發展與布

局「氣體純化、分離及製程尾氣處理（例如 MOCVD）」及「儲存槽、氣體管路等」等領域，而美、日、歐等先進國家相對發展較早，且著重於「燃料電池」、「氣體流；混合氣體」、「乙烷」、「熱泵」、「吸附（PSA、TSA 等）」及「薄膜分離」等領域之研發，如圖 3-3-18 所示，值得持續關注。

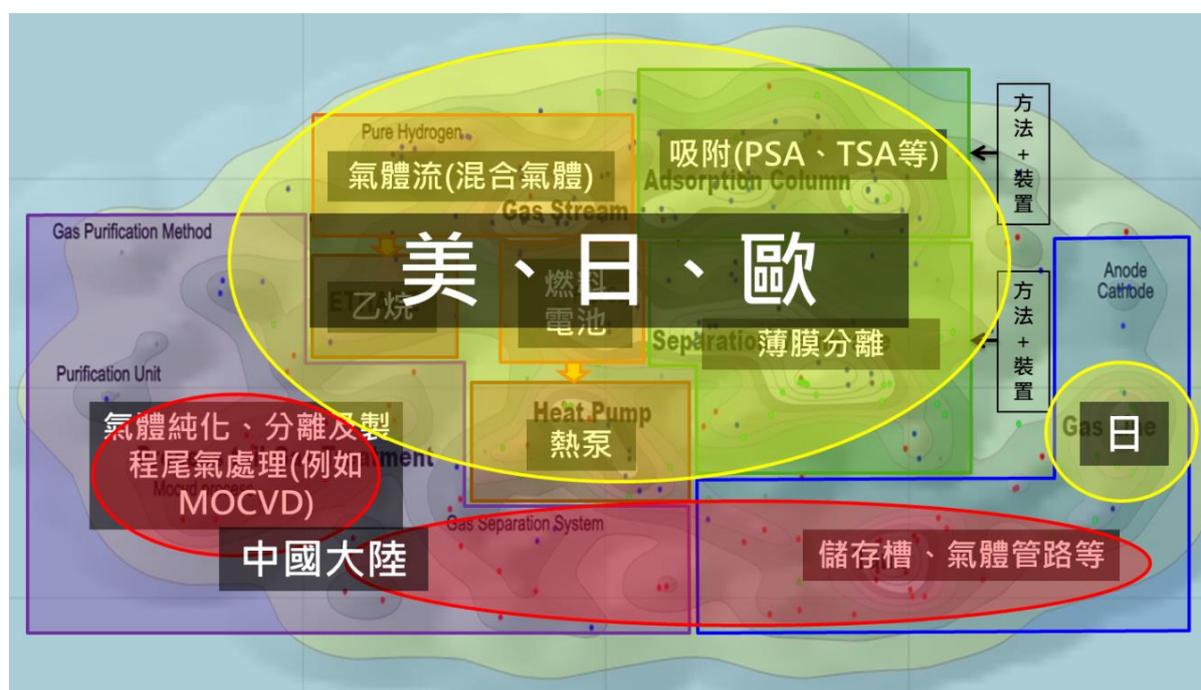


圖 3-3-18. 有關「氫氣回收」專利案之專利地圖（全球布局）

3、全球前二十大申請人申請案之主要 IPC 分類號(三、四階)

全球前二十大申請人⁴⁴有關「氫氣回收」之專利案共 124 案，本小節統計並分析上述專利案，結果如圖 3-3-19 及表 3-3-7 所示。主要之三階 IPC 分類號為 B01D（53.1%；分離），其

⁴⁴ AIR PRODUCTS、住友精化、三菱集團、AIR LIQUIDE S.A、浙江天采雲集科技、四川天采科技、日本製鋼所、日本酸素株式會社、AIR WATER、NAVAL GROUP、PRAXAIR、UOP、UNION CARBIDE、中國科學院、關西電力公司、大連中鼎化學、JX Nippon Oil & Energy、NISSAN、東京理科學大學及成都新華化工研究所。

次依序為 C01B (35.5%；非金屬元素；其化合物)、C01C (1.6%；氮；氬；其化合物)、H01M (1.6%；用於直接轉變化學能為電能之方法或裝置) 及其他類位，主要三階 IPC 約占 9 成 2 以上的比例。

表 3-3-7. 全球前二十大申請人申請案之主要三、四階 IPC 統計

IPC(3階)	說明(3階)	百分比	IPC(4階)	百分比	說明(4階)
B01D	分離	53.2%	B01D 53/00	47.6%	氣體或蒸汽之分離
			B01D 71/00	3.2%	以材料為特徵之用於分離工藝或設備的半透膜
C01B	非金屬元素；其化合物	35.5%	C01B 3/00	32.3%	氫；含氫混合氣；由含氫混合氣中分離氫；氫之淨化
			C01B 21/00	1.6%	專門用於將彌散粒子由氣體或蒸汽中分離出的經改進的過濾器與過濾方法
C01C	氮；氬；其化合物	1.6%	C01C 1/00	1.6%	以形狀、結構或性能為特徵之用於分離工藝或設備的半透膜
H01M	用於直接轉變化學能為電能之方法或裝置	1.6%	H01M 8/00	1.6%	燃料電池；及其製造

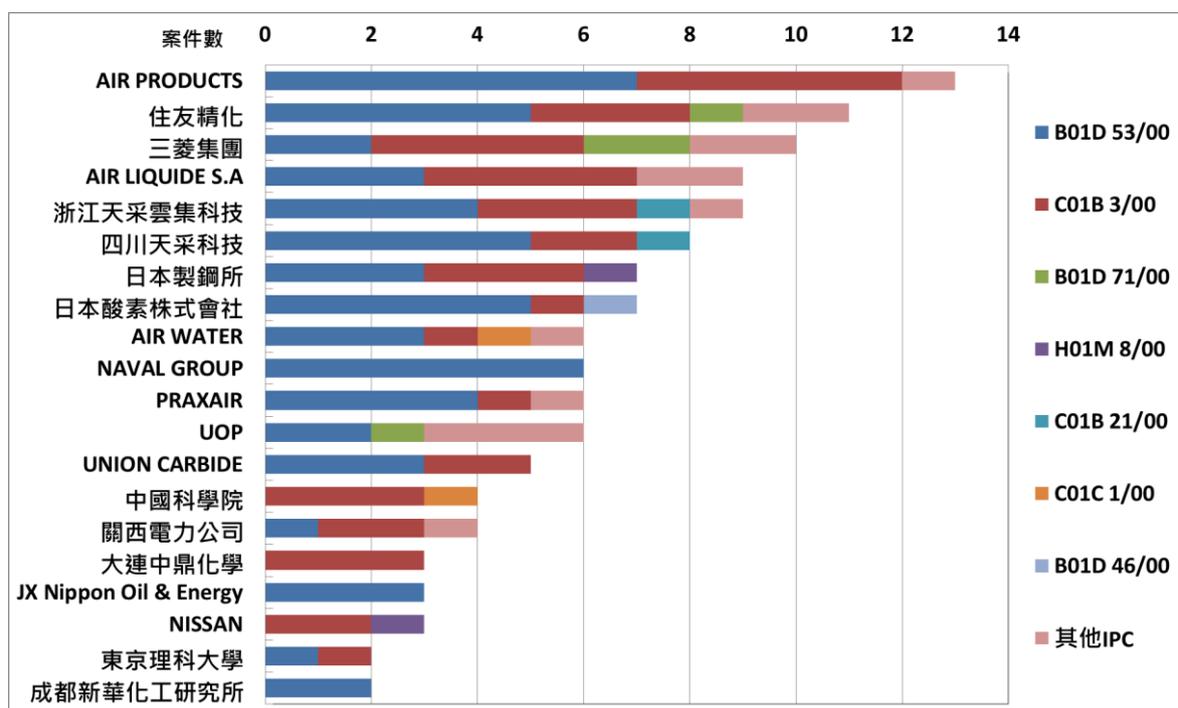


圖 3-3-19. 全球前二十大申請人申請案之主要四階 IPC 分布

進一步觀察四階 IPC 分類，較常見者為：B01D 53/00 (氣體或蒸汽之分離；47.6%)、C01B 3/00 (氫；含氫混合氣；由

含氫混合氣中分離氫；氫之淨化；32.3%)。此外，B01D 71/00 (以材料為特徵之用於分離工藝或設備的半透膜；3.2%)、C01B 21/00 (專門用於將彌散粒子由氣體或蒸汽中分離出的經改進的過濾器與過濾方法；1.6%)、C01C 1/00 (以形狀、結構或性能為特徵之用於分離工藝或設備的半透膜；1.6%) 及 H01M 8/00 (燃料電池；及其製造；1.6%)，雖該些分類之案件量較為稀少，惟仍可作為檢索先前技術之參考。

4、全球前二十大申請人申請案之技術統計

全球前二十大申請人申請案(124 案)之技術分類如圖 3-3-20 所示，「變壓吸附法」技術的專利申請量最多，共計 58 案(46.8%)，其次為「薄膜分離法」，共計 24 案(19.4%)，「變溫吸附法」、「低溫精餾法」與「金屬氫化物分離法」技術之專利申請量相近，分別為 5 案(4%)、4 案(3.2%)、與 6 案(4.8%)，至於「其他」技術⁴⁵則為 27 案(21.8%)。

⁴⁵ 「其他」技術包含相分離器、吸附劑、催化劑、活性炭吸附、過濾、儲存、分子篩分離、溶劑吸收分離或氫氣純化等

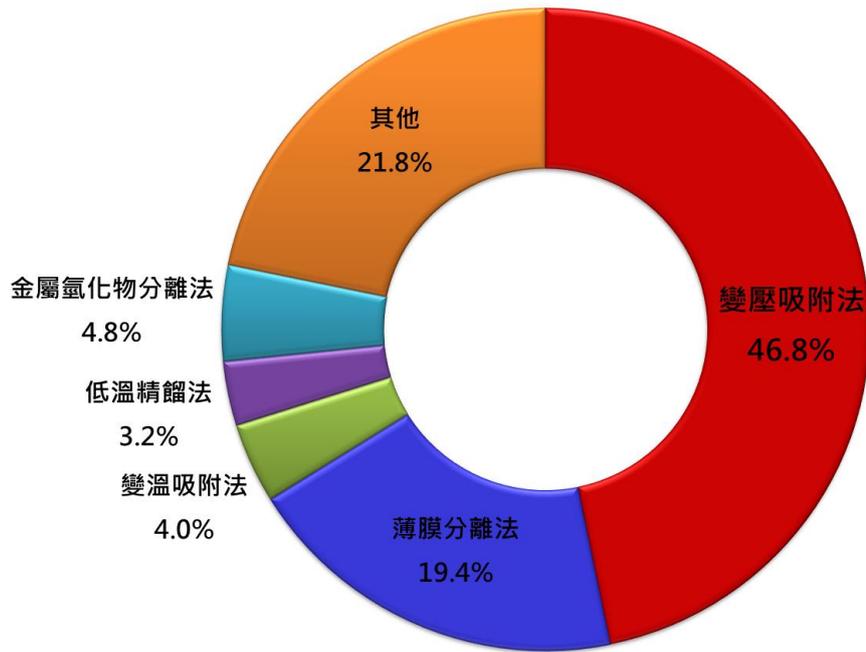


圖 3-3-20. 全球前二十大申請人申請案之技術分類

全球前二十大申請人申請案各別的技術分類如圖 3-3-21

所示，進一步分析如下：

- (1) 「變壓吸附法」：該項技術發展很早且成熟（1974 年迄今），仍是目前「氫氣回收」主流的技術，故不論是投入該項技術的單位，或是專利申請量都相對來得多。專利申請量較多的申請人分別為住友精化（日本；占 13.8% (8/58)）、浙江天采雲集科技（中國大陸；占 13.8% (8/58)）、四川天采科技（中國大陸；占 13.8% (8/58)）及 AIR PRODUCTS（美國；占 12.1% (7/58)）。
- (2) 「薄膜分離法」：近二十年（2000 年迄今），該項技術亦為主流的技術之一。專利申請量較多的申請人分別為

NAVAL GROUP (法國；占 25% (6/24))、三菱集團

(日本；占 16.7% (4/24)) 及 中國科學院 (中國大陸；占 16.7% (4/24))。

(3) 「變溫吸附法」、「低溫精餾法」及「金屬氫化物分離法」：

全球前二十大申請人對於該些技術之專利申請量則相對較少 (占約 12%)。

由上述內容可得知，公司、企業或學研機構的專利布局以相對成熟的「變壓吸附法」及「薄膜分離法」技術為主。然而，日本產業界似乎有逐漸重視「低溫精餾法」、「金屬氫化物分離法」等與其他技術的趨勢，相關技術的研發及專利的申請相對於中國大陸或歐美等國來得多，也值得我們持續關注。

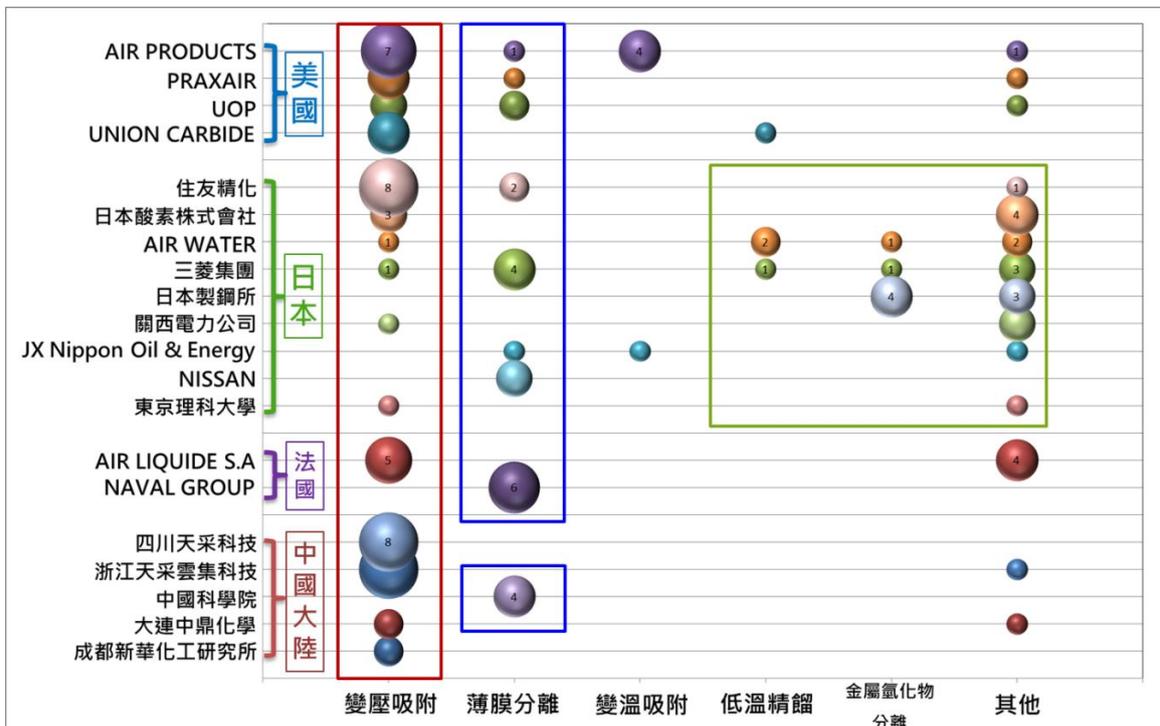


圖 3-3-21. 全球前二十大申請人申請案各別的技术分類

圖 3-3-22 所示為全球前二十大申請人申請案之處理物分類，大多著重於工業氣體流(Gas Stream)、CVD(Cheical Vapor Deposition)廢氣、燃料電池等項目的回收處理，整理分析如下：

(1) **工業氣體流(Gas Stream)**：包含工業用製程氣體、製程廢

氣或開採天然氣、石油時生成的混合氣體等，這些氣體可能含有氫氣，例如，半導體製程中摻雜氫而產生之廢氣、極紫外光曝光機(EUV)產生的含氫廢氣或因燃燒產生的含氫廢氣等，如果可以有效進行回收，不僅可以減少成本，亦能將氫氣再回收再利用以滿足能源的需求，因此，工業廢氣中氫氣回收處理早已成為歐、美及日本等先進國家所屬各大企業發展的重點項目之一，專利申請量共 68 案，其中，美國、法國及日本之大型企業分別各占 42.6%(29 案)、38.2%(26 案)及 11.8%(8 案)。

(2) **CVD 廢氣**：典型的 CVD 廢氣組成為氫氣(H₂)，含量約

30~95% (體積百分比，以下同)，主要的關鍵性雜質諸如易燃易爆有毒的 SiH₄、PH₃、AsH₃、BH₃ 等含量超過 1~5%，其它雜質包括 TCH、N₂、HCl、NH₃、有機廢氣(VOCs)等含量也超過 5~10%，上述廢氣組成複雜，大多

數的半導體廠商都是將其經過催化燃燒，造成資源的極大浪費。近年來，日本及中國大陸致力發展於 CVD 廢氣中回收可再利用之物質，專利申請量分別為 17 案(44.7%)及 19 案(50%)。

(3) **燃料電池**：全球前二十大申請人有關於燃料電池中回收氫氣之相關技術相對不多，共 13 案。其中，日本申請案較為分散，NISSAN、住友精化、日本製鋼所及東京理科學分別為 3 案(23.1%)、1 案(7.7%)、1 案(7.7%)及 1 案(7.7%)。法國專利申請則集中於 NAVAL GROUP (6 案；46.2%)。

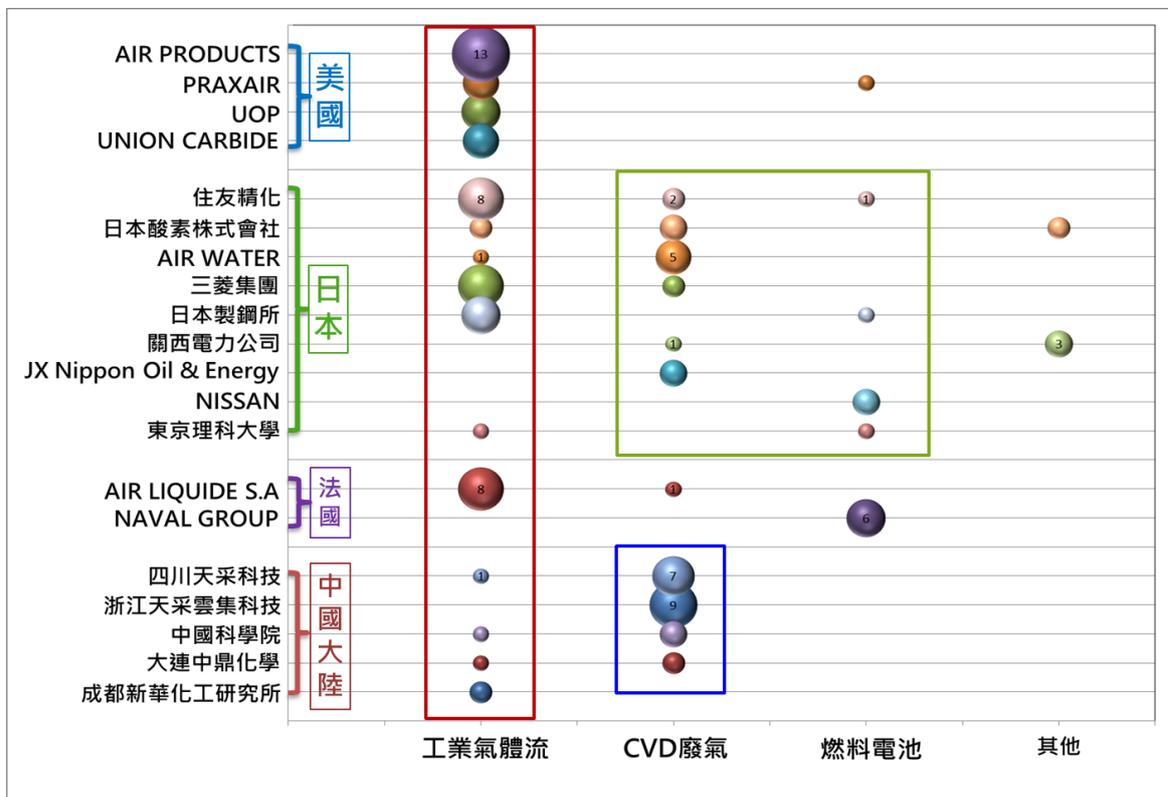


圖 3-3-22. 全球前二十大申請人申請案之處理物分類

5、全球前二十大申請人申請案之技術趨勢

全球前二十大申請人申請案之技術趨勢，如圖 3-3-23 所示，整理分析如下：

- (1) 「變壓吸附法」：1975~1995 年代，已有該項技術之發展與專利申請，大多著重於工業氣體(Gas Stream)之處理，而於 1997 年京都議定書通過後，產業界更是致力於該項技術發展，專利申請量呈向上成長的趨勢。直至今日，由於半導體產業的快速發展，除了工業氣體之處理，亦有產自半導體產業 CVD 廢氣之處理，屬氫氣回收最重要的技術之一。
- (2) 「薄膜分離法」：1997 年京都議定書通過後，該項技術有明顯的專利申請量，應與「氫能」日趨重要有關，初期著重於燃料電池及工業氣之應用，隨著半導體產業的蓬勃發展，產業界亦將該項技術應用於處理 CVD 廢氣，亦為氫氣回收重要的技術之一，值得持續關注。
- (3) 「變溫吸附法」、「低溫精餾法」與「金屬氫化物分離法」：該些技術於全球前二十大申請人中，專利申請量並不多，研判應為能源消耗與技術複雜度有關。
- (4) 「其他」技術：1990~2020 年間，存在包含相分離器、吸

附劑、催化劑、活性炭吸附、過濾、儲存、分子篩分離、溶劑吸收分離或氫氣純化等技術，產業界亦從多個面向持續發展氫氣回收之相關技術。

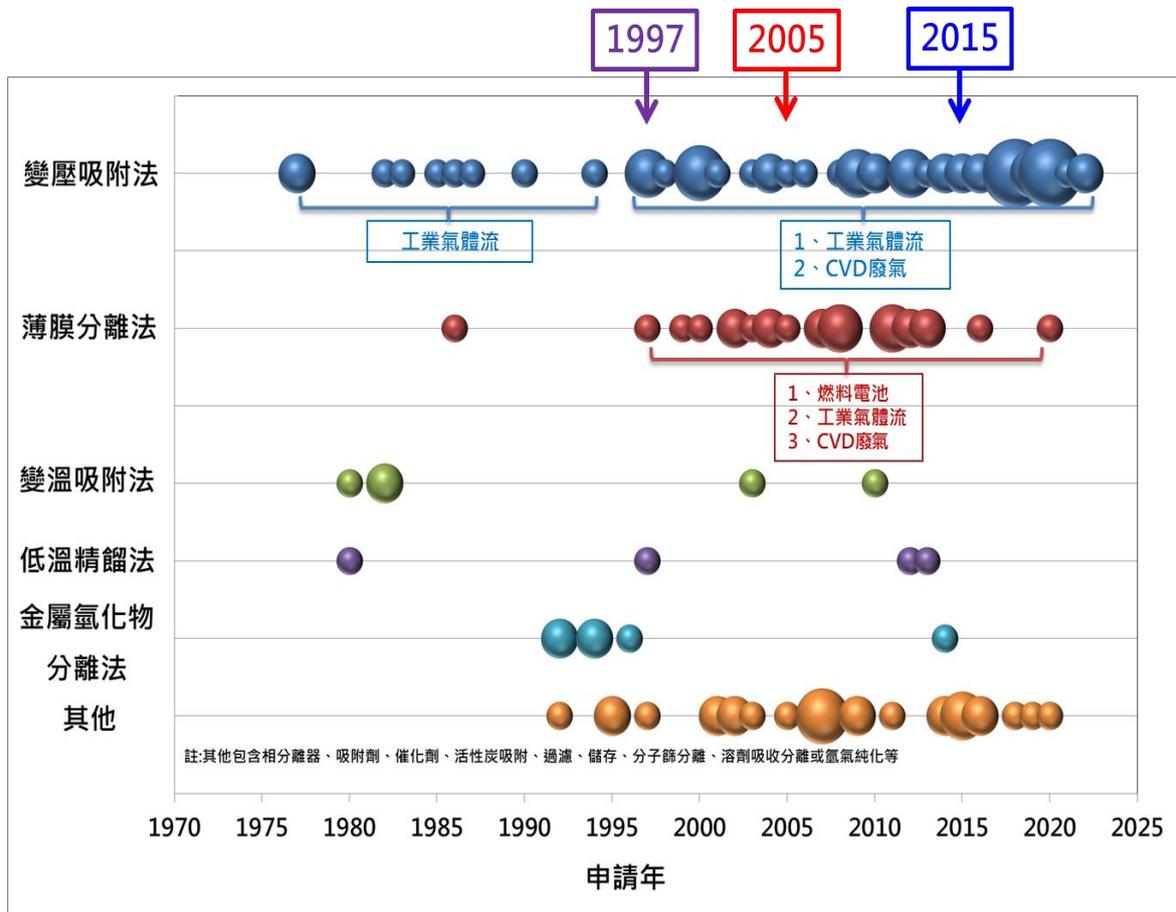


圖 3-3-23. 全球前二十大申請人申請案之技術趨勢

6、我國申請人專利申請之概況

我國申請人有關「氫氣回收」之專利申請量共計 14 案（1975 年迄今），申請量較少且較為分散，學研機構的平均申請量為 1（案/申請人；1/1），公司的平均申請量為 1.3（案/申請人；10/8），自然人的平均申請量為 1.5（案/申請人；3/2），

如表 3-3-8 所示。此外，專案小組亦列舉出我國專利申請量較多之申請人及相關資料，依序為鼎佳能源（2 案），台電（2 案）、工研院（1 案）、台灣水再生科技（1 案）、中興電工機械（1 案）及陳 OO（自然人；2 案）等，見表 3-3-9。

表 3-3-8. 中華民國籍專利申請人與申請量統計

申請人型態	學研機構	公司	自然人
專利申請量(案)	1	10	3
申請人數	1	8	2
平均申請量(案/申請人)	1	1.3	1.5

表 3-3-9. 中華民國籍專利申請量較多之申請人及相關資料

申請人	專利名稱	處理物	IPC(4階)
鼎佳能源股份有限公司	氫氣回收再利用系統	製程廢氣	C01B 3/50
	回收氫氣製備過氧化氫水溶液系統	製程廢氣	C25B 1/30
台灣電力股份有限公司	電解海水氫氣應用發電系統	電解海水	F03G 7/00
	電解海水氫氣應用發電系統	電解海水	C25B 1/04
工研院	氫氣回收系統與發電系統	製程廢氣	C01B 3/50
台灣水再生科技股份有限公司	矽晶圓切割研磨廢棄物的回收處理方法及其設備	切削廢液	C02F 1/72
中興電工機械股份有限公司	用於氫氣分離之膜組件及包含其之燃料處理器與燃料電池系統	燃料電池	B01D 69/06
陳OO(自然人)	富氫與純氫氣體製造之整合裝置與方法	製氫	C01B 3/14
	彈性操作分離氫氣的裝置與方法	製氫	C01B 3/56

(六)精選案例

1、參考「被引用(Citing)次數」摘錄案例

本小節於專利分析母體-氫氣回收相關的 284 案中，摘錄「被引用(Citing)專利計數」較高（超過 30 次以上）之專利共 10 案，其專利公開/公告號為：CN1985109166A (196 次)、

WO2003047731A1 (92 次)、BRPI0719435A2 (90 次)、
CN1984705B (78 次)、US7052530B2 (74 次)、
US20060099123A1 (57 次)、CA2937948C (57 次)、
EP315582B1 (50 次)、EP0002171B1 (1982-04-07) (48 次)、
EP2432732B1 (43 次)。

(1) 變壓吸附法

【案例 1】氫氣和一氧化碳等混合氣體的 PSA 處理

[專利名稱] 連續送進三床變壓吸附系統 (Continuously
feeding tri-bed pressure swing adsorption system)

[公告號] CN 1984705 B

[先前技術]

產業界為了獲得高效能的 PSA 分離處理，通常由系統
成本和製程費用著手，例如，減少吸附劑添加量和 PSA 處
理床 (bed) 的數量。然而，氫氣送進氣體通常包含二氧化碳
(20~25%)、水 (<0.5%)、甲烷 (<3%)、一氧化碳 (<1%) 以及氮
氣 (<1%) 等，這樣具有大範圍組成變化的氣體組合對於要獲
得高效能的氫氣 PSA 處理，不論在系統、材料或製程上都
是很大的挑戰。

[實施方式]

三床 PSA 系統（如圖 3-3-24 所示）。三個床會並行運行，在總循環時間 1/3 的期間裡，其中一個床處於吸附步驟，而其他床正在進行淨化、均衡、逆流洩料或者產品加壓，主要製程步驟如下：

步驟 1：送進氣體被引入床 1 的底部，進行在第一吸附步驟中，同時氧氣產品從頂部取出，床 2 從 3 接收淨化氣體。

步驟 2：床 1 在第二吸附步驟中，床 3 進行第二均衡下降，而床 2 從床 3 接收氣體並進行第一均衡上升。

步驟 3：床 1 在第三吸附步驟中，床 2 從產品集合管中接收產品氣壓氣體，床 3 進行第一逆流洩料。

步驟 4：床 1 進行第一均衡下降而床 2 從床 1 接收開始氣體進行第二均衡上升。

步驟 5：床 1 給床 3 提供淨化氣體，而床 2 進行第一個吸附步驟。

步驟 6：床 1 進行第一均衡下降而床 3 從床 1 接收氣體並進行第一均衡上升，床 2 進行第二吸附步驟。

步驟 7：床 1 進行第一逆流洩料，床 2 進行第三吸附步驟而床 3 從產品集合管接收產品氣壓。

步驟 8：床 1 進行第二逆流漏料，床 2 進行第一均衡下降，而床 3 從床 2 接收氣體進行第二均衡上升。

步驟 9：床 1 從床 3 接收淨化氣體，而床 3 進行第一個吸附步驟。

步驟 10：床 1 進行第一均衡上升而床 2 提供氣體給床 1 並進行第二均衡下降，床 3 進行第二均衡上升步驟。

步驟 11：床 1 從產品集合管接收產品氣體用於產品增壓，床 2 進行第一逆流洩料，床 3 進行第三吸附步驟。

步驟 12：床 1 與送進壓力相重疊進行第二均衡上升，而床 3 提供第一氣壓給床 1 並進行均衡下降，床 2 進行第二逆流漏料。

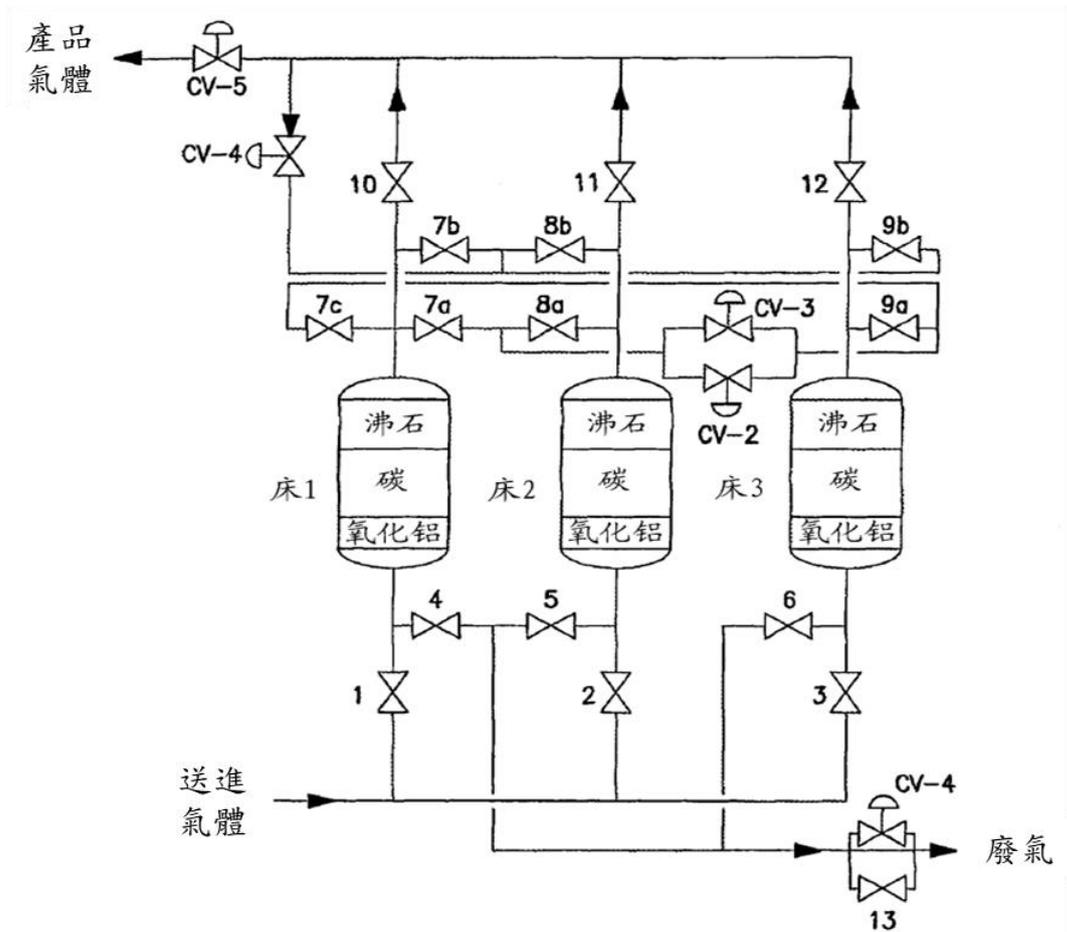


圖 3-3-24. 三床 PSA 系統

1、2、3、4、5、6、7a、7b、8a、8b、9a、9b、10、11、12、
13、CV-1、CV-2、CV-3、CV-4、CV-1：閥

〔技術功效〕

本案例之系統/方法可以用於氫氣和一氧化碳共同生產的 PSA 處理，具有更低吸附壓力，且產品加壓與吸附壓力的最佳比例範圍從 0.20 左右到 0.35 左右，得以高回收率生產高純度氫氣，且床的尺寸較小，系統成本亦較小。

【案例 2】用於半導體電漿設備的 PSA 及供氣系統

〔專利名稱〕供氣方法及系統 (GAS SUPPLYING METHOD)

AND SYSTEM)

[公告號] WO 2003/047731 A1

[先前技術]

半導體製程產出之混合氣體（廢氣）包含一氧化碳，二氧化碳、氫氣，碳化氫氣，金屬與氧化合物系氣體、鹵素烴系氣體等。一般來說，自上述的混合氣體中，分離氣體成分之方法有，低溫液化分離法、壓力變動式吸著分離法(PSA)、溫度變動吸著分離法(TSA)以及薄膜分離等。然而，這些方法均需要配合混合氣體的流量或組成，採取的目標成分氣體的流量或純度，而設定裝置之組合，在混合氣體的流量或組成變化之情況，要有效率地進行目標成分氣體的分離是非常困難的。

[實施方式]

如圖 3-3-25 所示，電漿氧化裝置(10)，對其處理室(11)內放置的基板(12)，在稀有氣體中添加氧氣之混合氣體中，進行電漿氧化處理。在該處理室，設有由氣體供應控制部(13)供應氣體的管線(14)及排氣的管線(15)。處理室的排氣是由真空排氣裝置(16；渦輪分子泵、乾燥式泵或螺旋泵等)吸引排出，再經排氣回收的管線(17)排出。另外，在真空排氣

裝置 16，為防止大氣中的雜物混入，及防止排氣的逆流，設有導入密封氣體(seal gas)的管線(18)。

氣體供應裝置(20)包括：排氣儲存槽(21)；二組的吸收床(22、23)，為依 PSA 法進行氣體分離的氣體分離設備；壓縮機(24)，將該排氣儲存槽(21)內的氣體導入上述吸收床；氬容器(25)為添加補充用氣的氣體補充設備，與流量控制器(26)；氣體純化器(27)，為將吸收床(22)的氬中殘留的雜物除去的氣體純化設備；氣體供應的管線(28)，將氣體純化器精製的氬，供應上述電漿氧化裝置；成分檢出器(29)，為檢測導入吸收床(22、23)的氣體之成份比之設備；雜物濃度檢出器(30)，檢測吸收床(22)分離的氬中之雜物濃度之設備；排氣壓縮機(31)，將排氣回收的管路(17)的排氣送進排氣儲存槽(21)；分離氣體儲存槽(32、33)，分別儲存由吸收床(22、23)引出的分離氣體；及有用成份氣體放出的管線(34)，將吸收床(23)導出至分離氣體儲存槽(33)的有用成分氣體放出。

上述氣體供應裝置，只要氣體使用設備排出的排氣中之有用成份氣體，可自其他氣體成分分離，對各種氣體使用設備皆可使用。例如，氬氣等之排氣，可有效地分離精製，再供應該氣體給製程設備使用。

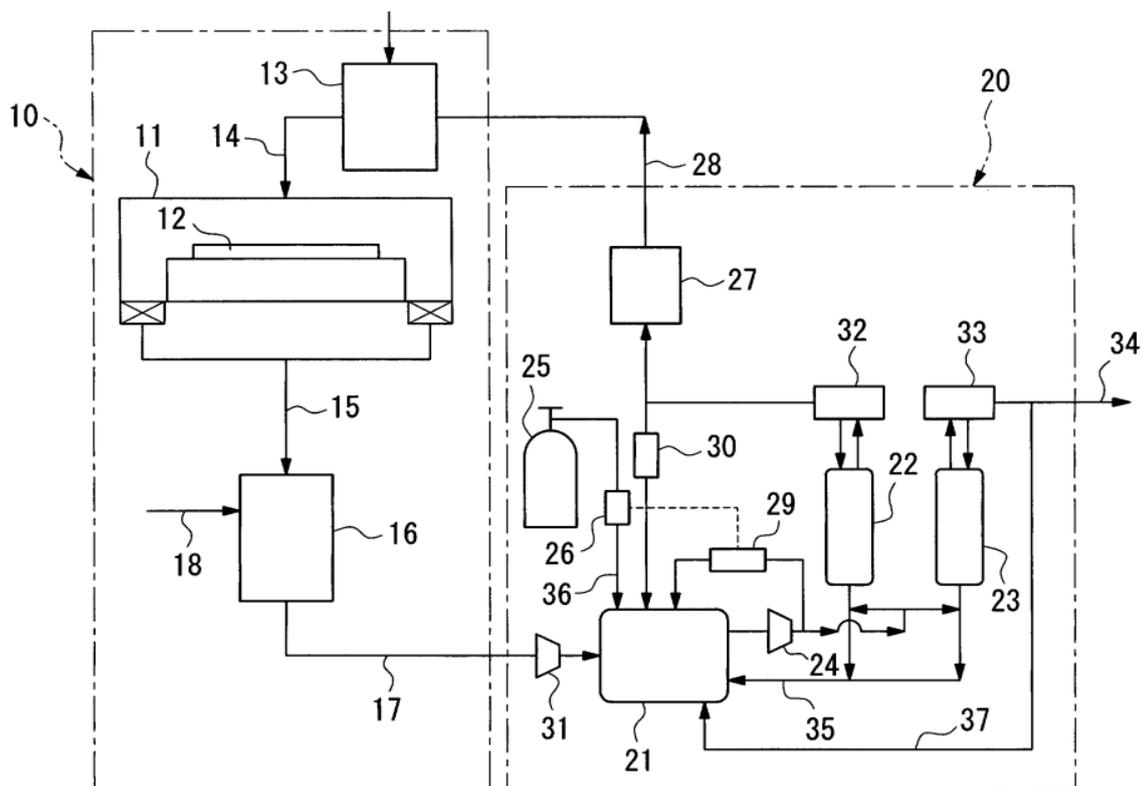


圖 3-3-25. 電漿氧化裝置及氣體供應系統

10：電漿氧化裝置、11：處理室、12：基板、13：氣體供應控制部 14、15、17、18、28、34、35、36、37：管線、16：真空排氣裝置、20：氣體供應裝置、21：排氣儲存槽 22、23：吸收床、25：氮容器、26：流量控制器、27：氣體精製器、29：成份檢出器、30：雜物濃度檢出器、31：排氣壓縮機 32、33：分離氣體儲存槽

〔技術功效〕

本案例提供一種氣體供應方法及裝置，能夠將半導體製程排出的氣體中，含有氫氣或稀有氣體等有用的成分氣體，不受排氣的流量變動或組成變動之影響，有效率地將資源氣體分離精製而回收再利用成可供應之狀態。

【案例 3】利用 PSA 系統分離氫氣與二氧化碳

〔專利名稱〕由排放氣流提高氫的回收 (Improve the recovery

of hydrogen by the exhaust airflow)

[公告號] CN 1985109166 A

[先前技術]

目前氫氣之生產，主要(90%以上)是從各種烴類進行蒸氣重整或部分氧化而得，例如，透過高溫方式的水煤氣轉化反應，把其中一氧化碳轉變為二氧化碳和氫($\text{H}_2\text{O}+\text{CO}\rightarrow\text{H}_2+\text{CO}_2$)，上述生產方法得到排出物或從其他方法如碳煤氣化所產生含氫排放氣流，其所含氫氣量足夠作為回收再利用之標的物。

[實施方式]

利用烴類進行蒸氣重整生產氫氣及從排出物提取並純化氫氣之系統，如圖 3-3-26 所示，主要製程步驟如下。

1. 產生二氧化碳及氫：

由加工線路(1)供給烴類氣流，蒸汽導管(3)添加蒸氣到煤炭或烴類轉化器(2)後產生氣體流進入水煤氣轉化裝置(5)，用來把烴類氣流、一氧化碳轉化為二氧化碳及氫氣($\text{H}_2\text{O}+\text{CO}\rightarrow\text{H}_2+\text{CO}_2$)。

2. 清除二氧化碳及二氧化碳吸收劑再利用：

利用洗滌器(7)將大多數二氧化碳清除出去，再通入PSA系統(9)；含二氧化碳吸收劑液體或溶劑則先後通入閃蒸罐(11)與再循環壓縮機(13)，再回到水煤轉化裝置(5)。或者，二氧化碳吸收劑液體或溶劑可流入分離罐(15)，再生後吸收劑液體從溶劑泵(18)再回到洗滌器(7)。

3. PSA系統純化氫氣及CO₂廢氣再利用：

PSA系統(9)排出的CO₂廢氣送至再循環壓縮機(13)，再流到水煤氣轉化裝置(5)或煤炭或烴類轉化器(2)再循環，純化後的氫氣則經由過導管(19)排出。

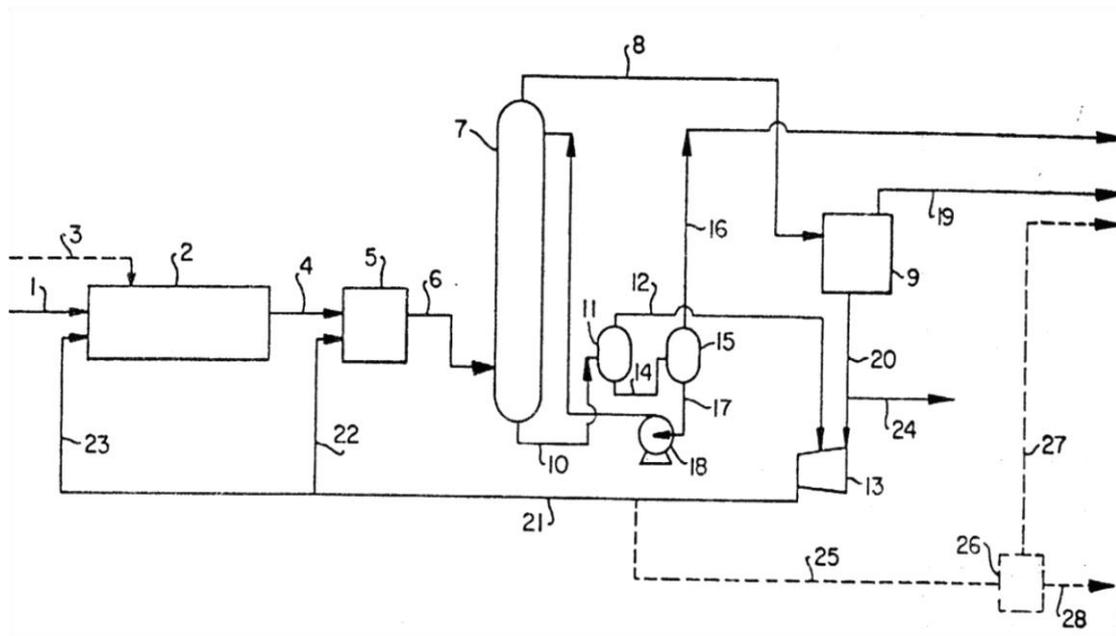


圖 3-3-26. 提取並純化氫氣之系統

1：加工線路(烴類氣流)、2：煤炭或烴類轉化器、3：蒸氣導管、4：導管、5：水煤氣轉化裝置、6：導管、7：洗滌器、8：導管、9：PSA系統、10：導管、11：閃蒸罐、12：線路、13：再循環壓縮機、14：導管、15：分離罐、16：導管、17：導管、18：溶劑泵、19：(含氫成品氣體)導管、20：導管、21：再循環導管、22：導管、23：導管、24：導管、25：導管、26：PSA系統

〔技術功效〕

本案例採用簡單加工程序和設備，對水煤氣轉化和二氧化碳洗滌後，並施加特殊加工條件，可以避免甲烷、氮氣或氫氣在系統中有害聚集，同時也提高回收成品氣體效率。

【案例】半導體製程裝置和用於回收氫氣的廢氣回收迴路

〔專利名稱〕廢氣體的再利用（Utilisation of waste gas streams）

〔公開號〕US 2006/0099123 A1

〔先前技術〕

藉由將半導體製程產生的廢氣中所含的氨分解為氫氣和氮氣，透過氫氣分離器將獲得的氣流從中分離出氫氣。然而，不純氫氣可能會對元件的性能和/或使用壽命產生不利影響，故半導體產業所需的氣體必須具有非常高的純度，此為分離純化含氫氣體流仍需解決的問題。

〔實施方式〕

半導體製程廢氣回收步驟，如圖 3-3-27 所示，概述如下。

1. 進行半導體製程及製程廢氣排放步驟：

將帶有機鎔化合物 G 與氫氣、氮和氮氣混合後，進入反應室(1)，然後於基板磊晶成長氮化鎔磊晶層，未反應的氮以及氫氣和氣態反應副產物透過管線(2)、真空泵（未顯示）輸送到氮裂解器(3)中。

2. 氮裂解步驟：

氮裂解裝置(3)包含一個加熱的催化劑，該催化劑催化氮分解為氫氣和氮氣，來自氮裂解裝置的流出氣體透過管線 4 與壓縮機(10)送入變壓吸附系統(5)。

3. 氮分離步驟：

變壓吸附系統(5)含有合適的吸附劑，例如沸石分子篩、活性炭、矽膠和活性氧化鋁中的一種或多種，使用適當的壓力迴圈方式將氫氣從氮氣和其他氣體中分離出來，氮氣通過管線(6)排出，以排放到大氣中。

4. 氮純化步驟並再利用：

分離出的氫氣通過管線(7)送入鈰淨化器(8)，其中殘留的氮氣和其他雜質以已知方式去除，在鈰淨化器中純化後，氫氣通過管線(9)回收，與有機鎔化合物 G 結合，注入反應腔室(1)。

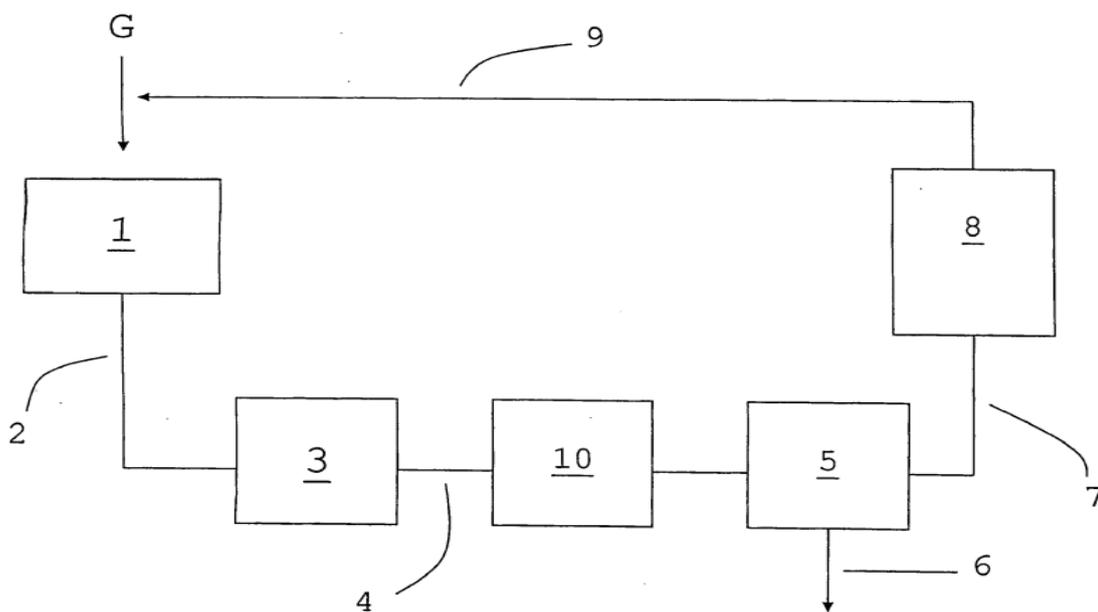


圖 3-3-27. 半導體製程廢氣回收步驟

1：反應腔室、2：管線、3：氮裂解器、4：管線、5：變壓吸附系統 (PSA)、6 管線 (排出氮氣)、7：管線、8：鈦淨化器、10：壓縮機、G：有機鎵化合物

〔技術功效〕

本案例半導體製程裝置和用於回收氮氣的廢氣回收迴路，該廢氣回收迴路包括氮裂解裝置，用於從半導體處理裝置接收廢氣並分解其中的氮以形成含有氮和氫的裂解裝置流出物，用於從氮裂解裝置流出物中分離氮氣的氮氣分離器，用於淨化分離氮氣的淨化器，以及用於將純化的氮氣從淨化器回收到半導體處理設備的回收線，特別是對含有氮的廢氣進行處理，可以回收至少很大一部分氮的氮成分，並回收該

氫氣用於半導體加工，同時滿足半導體加工所需的純度水準，降低生產成本。

【案例 4】半導體製程裝置和用於回收氫氣的廢氣回收迴路

〔專利名稱〕回收高純度氫氣與二氧化碳之製程

(PROCESSES FOR THE RECOVERY OF HIGH PURITY HYDROGEN AND HIGH PURITY CARBON DIOXIDE)

〔公告號〕EP 2432732 B1

〔先前技術〕

碳氫化合物原料氣體被送入 SMR(Steam Methane Reforming)裝置，反應氣體甲烷(CH₄)在金屬基催化劑存在下在高溫(約 700°C 至約 1100°C)下與蒸汽反應，產生一氧化碳和氫氣的混合物，再將上述混合物透過水煤氣變換反應器來提高該混合物的氫氣產量，該反應器促進一氧化碳和水轉化為更多的氫氣，從而形成富含氫氣但還含有較小程度的二氧化碳、甲烷和一氧化碳的氣體流。因此，需要提供一種從蒸汽烴重整製程，特別是蒸汽甲烷重整產生的氣流中回收高純度氣態氫和高純度氣態二氧化碳的方。

〔實施方式〕

半導體製程廢氣回收步驟，如圖 3-3-28 所示，概述如下。

1. 利用碳氫化合物重整器(SHR)產生富氫氣體流：

將一個或多個碳氫化合物進料氣體(1)與蒸汽(2)送入碳氫化合物重整器(Steam Hydrocarbon Reformer)中形成化學反應而產生富氫氣體流(4)，包含有氫、一氧化碳、二氧化碳、甲烷及水。

2. 利用水煤氣變換反應器(WGS):

在水煤氣變換反應器(Water Gas Shift)中處理富氫氣體流(4)，以進一步富集富氫氣體流並增加富氫氣體流中的氫氣與二氧化碳之含量，從而獲得水煤氣變換氣體流(7)。

3. 利用氫氣變壓吸附單元(H₂ PSA)分離氫氣步驟:

將水氣變換氣體流(7)引入至少具有兩個床的氫氣變壓吸附單元(5)中，該些床包含一種或多種吸附劑，可將一氧化碳、二氧化碳、甲烷、水及剩餘的氫氣吸附上述吸附劑上，得到高純度氣態氫氣(9)。

4. 產生氫氣變壓吸附尾氣(H₂ PSA tail gas stream):

對含有吸附劑的兩個或多個床進行減壓，以釋放二氧化碳、一氧化碳、甲烷、水及吸附在其上的剩餘氫氣，產生氫氣變壓吸附尾氣(10)。

5. 回收高純度氣態二氧化碳及產生二氧化碳稀薄氣體流:

從氫氣變壓吸附裝置(8)中抽出氫氣變壓吸附尾氣，並將氫氣變壓吸附尾氣利用壓縮機(11)壓縮氫氣變壓吸附尾氣後，再引入二氧化碳變壓吸附裝置(12)中，該裝置包含一個或多個選自活性炭、矽膠、一種或多種沸石或其任何組合的吸附劑床，從而回收高純度氣態二氧化碳(14)及產生二氧化碳稀薄氣體流(15)。

6. 利用膜分離單元(18)處理二氧化碳稀薄氣體流:

將二氧化碳稀薄氣流(15)送入包括一個或多個模組的膜分離單元(18)，每個模組具有一個或多個對氫氣和二氧化碳具有高度選擇性的膜，所述膜具有殘留側(19)和滲透側(24)，該膜允許保留甲烷和一氧化碳以在膜的殘留側形成第一膜流，並將二氧化碳和氫氣傳遞到滲透側以在膜的滲透側形成第二膜流。

7. 第一、二膜流之回收再利用:

使用壓縮機(21)將第一膜流回收到蒸汽碳氫化合物重整裝置的三通氣中，或作為補充燃料回收到蒸汽碳氫化合物重整器中。另外，使用壓縮機(25)將第二膜流回收到要引入氫氣變壓吸附單元的水氣變換氣體流(7)中，或者在注入二氧化碳變壓吸附單元之前將第二膜流傳遞到氫氣變壓吸附尾氣(10)中。

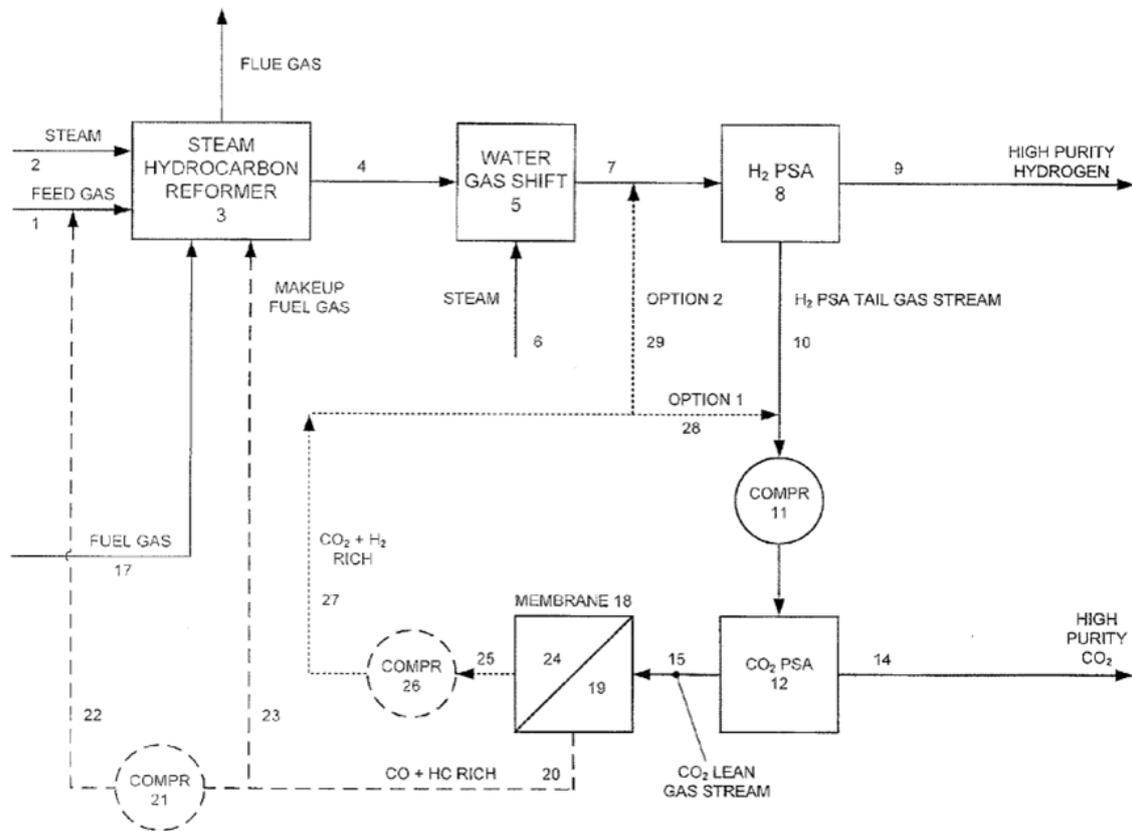


圖 3-3-28. SMR 製程與高純度氫氣/二氧化碳回收系統

1：原料氣（碳氫化合物）、2：蒸汽、3：蒸汽煙重整器、4：管線、5：水煤氣變換、6：蒸汽、7：管線、8：氫氣變壓吸附裝置、9：高純度氫氣、10：管線（去除氫尾氣）、11：壓縮機、12：二氧化碳變壓吸附裝置、14：高純度二氧化碳、15：管線、18：膜分離單元、19：殘留側、20：管線（富含一氧化碳及甲烷（ CH_4 ））、21：壓縮機、22：管線、23：管線、24：滲透側、25：管線、26：壓縮機

〔技術功效〕

本案例不僅可在小規模上經濟地供應 CO₂，而且還可能應用在大規模半導體製程技術上，主要好處是它們可以提供高純度的 H₂ 與 CO₂，此外，根據所使用的條件和所使用的原料氣流，可以提高總體 H₂ 回收率並增強加工廠操作性、靈活性和可靠性。

(2) 薄膜分離法

【案例 2】重整器-電解器-淨化器(REP)燃料電池之氫氣純化

〔專利名稱〕用於製氫的重整器-電解器-淨化器(REP)組件、

包含該組件的系統以及製氫方法

〔公告號〕CA 2937948 C

〔先前技術〕

利用天然氣和其他燃料生產氫氣的技術仍然存在許多需要克服的問題。例如，使用與變壓吸附（PSA）裝置連接的蒸汽甲烷重整器（SMR）的傳統氫氣生產和分離系統具有不能將所有甲烷轉化為氫氣的缺點，並且還會增加二氧化碳排放及產生大量的氮氧化物而造成生產成本的增加與環境的污染。

[實施方式]

如圖 3-3-29 所示，本案例 REP 燃料電池(200)包含:重整器-電解器-純化器(REP)。當天然氣供應至 REP 系統時，約 80%的氫氣輸出由天然氣重整產生，另外 20%的氫氣由電解反應產生，該 REP 系統可高效率生產氫氣且二氧化碳排放量降到最少。

天然氣和/或可再生燃料以及水蒸氣被供給 REP 燃料電池(200)中。該燃料進料在預熱器(102)中被加熱，然後被輸送至重整器(202)和燃料電池(204；MCFC)，其中幾乎所有氣體被重整為氫氣(H₂)和一氧化碳(CO)，而用於該吸熱重整反應的熱量由廢熱(104)提供(來自燃料電池(204))。系統中設有氧化劑(106)，其接收補充燃料與空氣並產生氧化反應，用於產生陰極的加熱氣體，透過這種方式，可提高 REP 電池中使用廢熱的比例。

燃料氣體在僅重整器(202)中部分重整，重整器中天然氣和水氣之間發生的反應為： $H_2O+CH_4 \rightarrow H_2+CO+CO_2+CH_4$ 。來自重整器的部分重整氣體被供給至燃料電池(204)的陽極側(204a)，該燃料電池施逆向電壓以作為電解槽。在陽極側中，水與重整氣體中的二氧化碳反應產生氫氣及碳酸根離子

($\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + \text{CO}_3^{2-}$)，並且碳酸根離子穿過熔融碳酸鹽膜到達陰極側(204b)，並產生二氧化碳及氧氣($\text{CO}_3^{2-} \rightarrow 1/2\text{O}_2 + \text{CO}_2 + 2\text{e}^-$)。因此，排出的含氫氣流幾乎是純氫氣（大於 98%）。

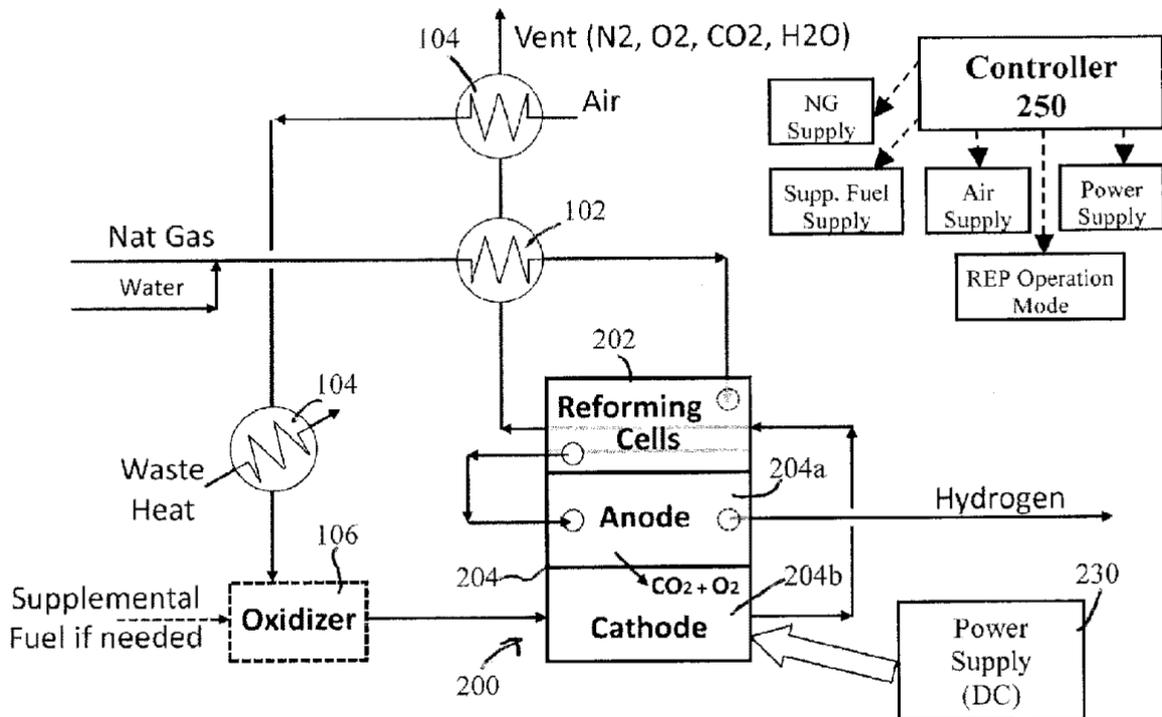


圖 3-3-29. REP 燃料電池的配置

102：預熱器、104：廢熱、106：氧化劑、200：REP 燃料電池、202：重整器、204：燃料電池、204a：陽極側、204b：陰極側、230：電源、250：控制器

〔技術功效〕

本案例利用廢熱從天然氣和其他燃料中重整與純化氫氣，在重整過程中，從重整氣體中除去二氧化碳並驅動甲烷完全轉化為氫氣和二氧化碳，以有效率的方式從燃料產生氫氣，並使二氧化碳排放量達到理論最小值。

【案例 3】用於氫氣分離純化之鈀合金薄膜

〔專利名稱〕氫純化膜、包含其的組件和燃料加工系統

(Hydrogen purification membranes, components
and fuel processing systems containing the same)

〔公告號〕US 7052530 B2

〔先前技術〕

氫氣可用於製造許多產品，包括金屬、食用脂肪和油、半導體及微電子，純化後氫氣也是許多能量轉換設備的重要燃料來源，例如，燃料電池使用純化的氫氣和氧化劑來產生電勢。然而，許多製氫的過程會產生不純的氣體流（含氫之混合氣體），在將該氣體流輸送到燃料電池、燃料電池堆或另一耗氫裝置之前，可以對其進行純化，以去不需要的雜質或氣體。

〔實施方式〕

本案例藉由嘗試不同氫純化膜之條件來觀察氫通量影響，例如，降低氫純化膜中碳濃度或減小氫純化膜之厚度會顯著改善氫通量（Hydrogen Flux），但會有氫純化膜成本增加或厚度太薄使氫純化膜變得更加脆弱的影響。如圖 3-3-30 所示，實施例之一為燃料處理器(fuel processor)，其中，氫

選擇膜(46)為使用王水作為蝕刻劑蝕刻鈀合金而成（銅含量約為 40wt%的鈀合金具較佳之特性），藉由增加膜蝕刻區域的粗糙度和表面積，可以提高氫通量，而且這種通量的增加是在不犧牲氫氣選擇情況下實現的，與類似厚度的未蝕刻膜相比，通過蝕刻區域的氫通量超過了通過相未蝕刻膜的預期或測量的通量。

多個進料流(316；相同或不同成分者皆可)可經由任何適當的輸送系統(317)送至燃料處理器(300)。燃料處理器包括產氫區域(332)，進料流之原料在產氫區域中可以利用多種不同的過程(重整)產生混合氣體流(24;含氫氣體流)，再經由氫選擇膜(46)分離純化而產生富氫流(34)。

精製區域(348)接收來自裝置(10)的富氫流(34)，並透過降低其中選定的組合物的濃度或除去其中的選定組合物來進一步純化富氫流。例如，當產物打算用於 PEM 燃料電池堆或其他裝置時，如果富氫流包含超過某特定一氧化碳或二氧化碳的濃度時，則需要至少一個甲烷化催化劑床(350)，可將一氧化碳和二氧化碳轉化成甲烷和水，這兩者都不會損壞 PEM 燃料電池堆。此外，精製區域(348)還可以包括另一個產氫區域(352)，例如，另一個重整催化劑床，以將任何未反

應的原料轉化成氫氣。在本實施例中，第二重整催化劑床位於甲烷化催化劑床的上游，不在甲烷化催化劑床的下游重新引入二氧化碳或一氧化碳。

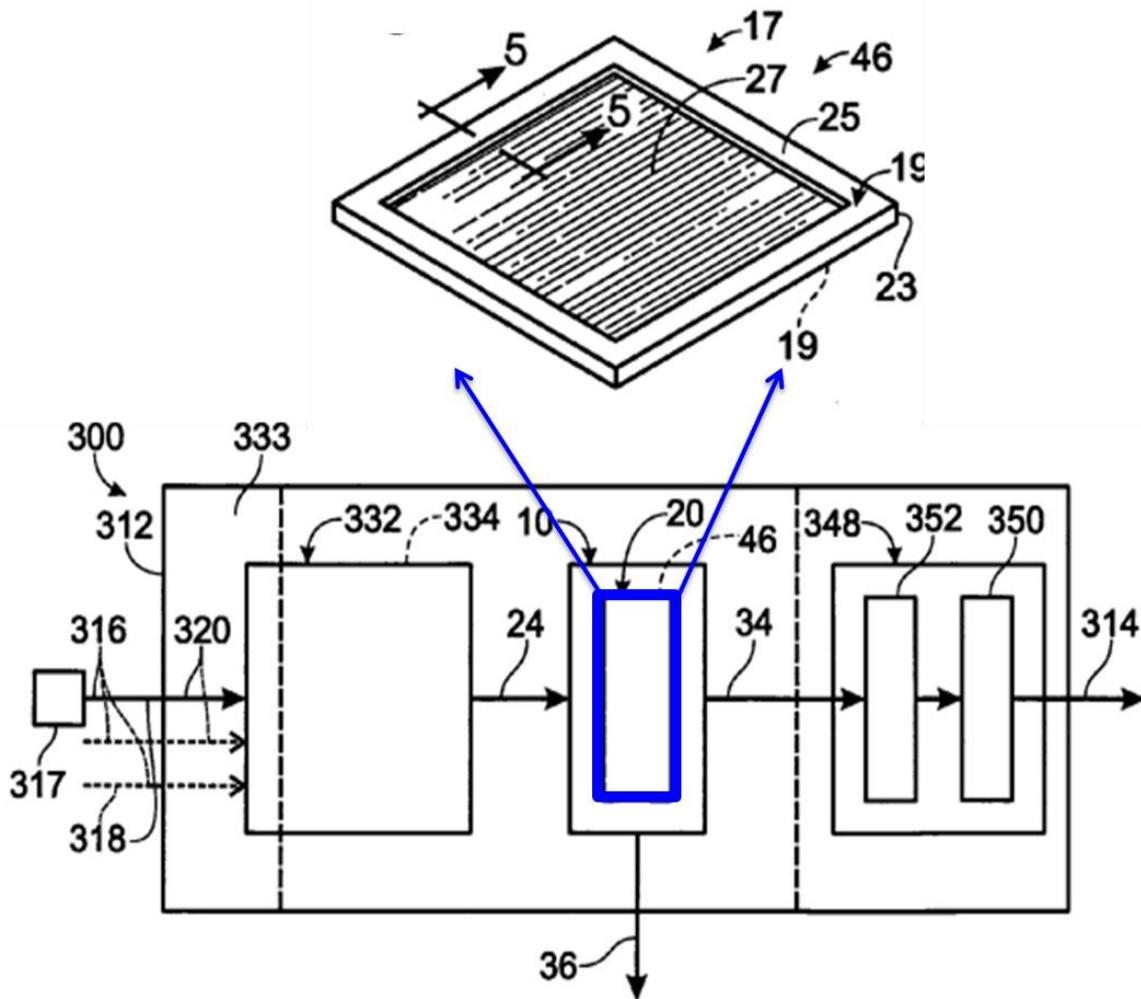


圖 3-3-30. 氫選擇膜及其於燃料處理器之應用

2：邊緣、4：表面、6：表面、8：中心區域、10：設備、12：外殼、15：框架、17：膜、18：加壓艙、19：表面、20：分離元件、23：邊緣、24：混合氣體、25：周邊區域、26：含有氫氣氣體、27：中心區域、28：其他氣體、30：混合氣體區域、32：內部隔離室、34：富氫氣流、36：副產物氣流、42：加熱元件、46：氫選擇膜、300：燃料處理器、312：殼體、314：純化氫氣流、316：進料氣流、317：輸送系統、318：含碳原料、320：水、332：重整區域、333：絕緣材料、334：蒸氣重整催化劑(steam reforming catalyst)、348：精製區域、350：甲烷化催化劑床、352：產氫區

[技術功效]

本案例藉由蝕刻膜的一部分（中心區域），其厚度可以選擇性地減小，同時使膜的剩餘部分（邊緣區域）保持其原始厚度。因此，在較薄的蝕刻區域獲得更大的通量，同時留下更厚，更耐用的邊緣區域，該邊緣區域與中心區域結合，從而為膜提供支撐，可避免在處理過程造成膜的損壞。此外，鈀合金已被證明對於氫氣分離純化特別有效，尤其是銅含量為 35~45 wt%的鈀合金，更具體的例子包括含有 40wt%（±0.25 或 0.5wt%）銅的鈀合金

(3)金屬氫化物分離法

【案例】金屬氫化物分離法之溫度控制

[專利名稱] 氫氣純化方法及裝置（Process and device for hydrogen purification）

[公告號] EP 315582 B1

[先前技術]

金屬氫化物分離（純化）法之概念為：作為儲層之金屬基質吸收氫氣（生成熱）並將其結合於其中，雜質會化學吸附在表面上，而藉由儲層之金屬基質釋放氫氣（吸收熱），

從而獲得相對純淨的氣體，這意味著溫度可控制儲層中氫的濃度，且溫控設備的改良，亦有助於節能之功效。

[實施方式]

如圖 3-3-31 所示，以 10 帕的壓力提供含有雜質的氫氣，並且在打開閥(2)之後，通過進料管線(1)將未純化的氫氣引入到預純化階段(分子篩(3)和吸氣階段(4))，降低水分含量和反應氣體成分的濃度。同時，預純化階段也可催化一氧化碳轉化為碳氫化合物，再使用測量設備(5、6)來監測通過預純化階段的氣體。

第一氫化物儲存器(11a)包含：被散熱介質(12a；水)包圍的三個互連的壓力容器(14a)，該散熱介質吸收形成金屬氫化物所放出的熱，以及氫化物儲存器配備有絕熱材料(13a)。離開預純化階段之後，氫氣被引入到氫化物儲存器中，而隨著第一氫化物儲存器中之溫度隨著金屬氫化物氫含量的增加而逐漸增加至最大值，並由散熱介質吸收形成金屬氫化物所放出的熱。

在第一氫化物儲存器排放純氫氣前，第一氫化物儲存器上方含有雜質的氫氣在閥(8a)打開之後經由管線(10)排出，故僅當該儲存器上方受污染氫氣已經被移除並且閥門(8a)已經

被再次關閉，再將通向純氣體管線(18)的閥門(9a)打開，使得純氫氣可以在其通過過濾器(16 和 17)之後被提取。從第一氫化物氫化物儲存器釋放純氫氣所需的熱量可從散熱器(12a)提取，而第一氫化物儲存器和散熱器將返回到初始溫度，排出的氫氣壓力可以是 5 帕的量級。

與第一氫化物儲存器(11a)平行定位的第二氫化物儲存器(11b)可在充電和放電循環期間以交替循環工作，從而可以連續提取純氫氣。此外，如果氫化物儲存器在環境溫度下不能提供足夠的排出壓力，則氫化物儲存器可以配備有補充加熱器(15a、15b)，以補償過程中的輕微熱損失。

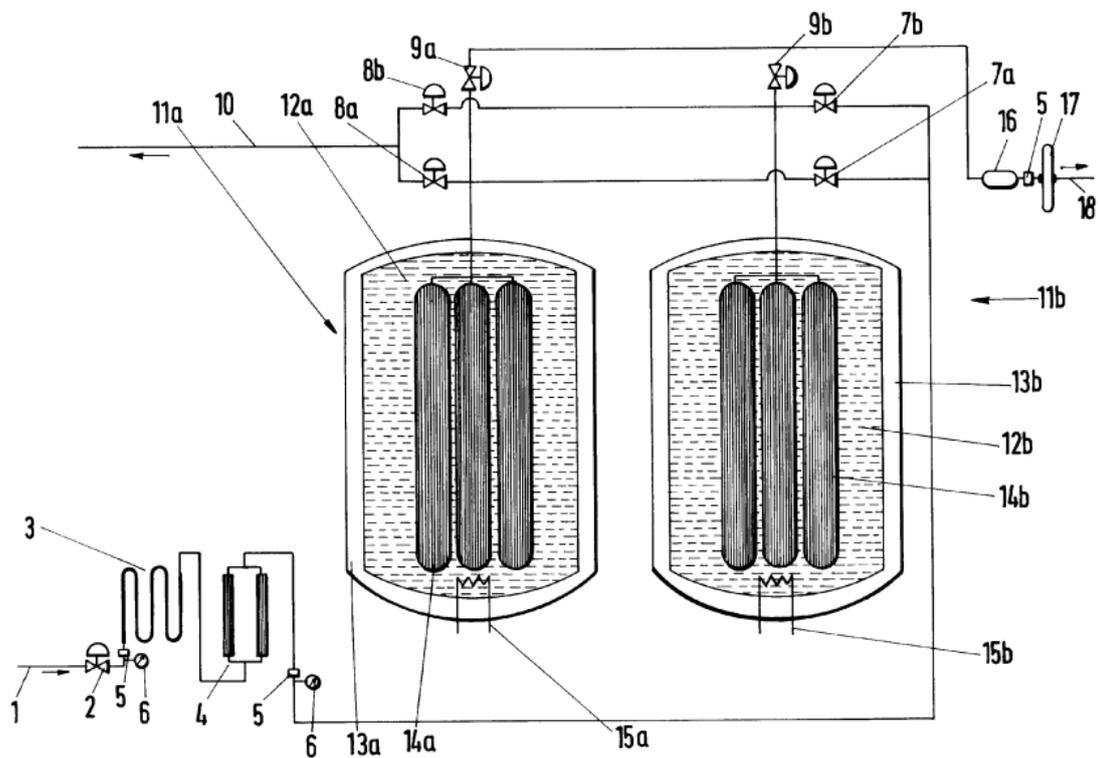


圖 3-3-31. 氫氣純化裝置

1、10、18：管線 2、7a、7b、8a、8b、9a、9b：閥 3：分子篩、4：吸氣階段 5、6：測量設備 11a、11b：氫化物儲存器 12a、12b：散熱器 13a、13b：絕熱材料 14a、14b：單獨壓力容器 15a、15b：補充加熱器

〔技術功效〕

本案例的主要目的是提供一種提供純氫氣的裝置，其製程不需要額外的（或僅少量額外的）加熱和冷卻能力，進而使得設備的製造和維護費用應儘可能低，並且氫化物儲存器的使用壽命不應因反應氣體成分而縮短。此外，如果忽略控制和調節的電流消耗，氫氣純化的總能耗接近於零。

(4)其他

【案例 1】催化重整系統中，工業氣體流之氫氣回收再利用

〔專利名稱〕一種提高回收氫氣純度的方法 (Process for increasing the purity of gaseous recycle hydrogen)

〔公告號〕EP 0002171 B1

〔先前技術〕

芳族烴、苯、甲苯與二甲苯等重要化學物質可以透過使用含鉑催化劑進行催化重整來生產，其主要反應之一涉及環烷烴的脫氫，可提供氫氣作為其他用途。然而，催化重整反應還涉及加氫裂化功能，其將烴分段成相對低分子量的烴，例如，甲烷、乙烷、丙烷或丁烷等，其隨後成為從反應物中

分離的氣態氫中的污染物，而造成氫氣純度降低的問題，使得本領域技術人員必須經常使用外部純化技術，然後才能將重整後的純氫氣用於需要相對高純度氫氣的其他化學反應中。

[實施方式]

如圖 3-3-32 所示，催化重整系統包括四個催化反應器(8、12、16 和 20)。烴原料透過管線(1)引入，與管線(2)引導的再利用氫氣流混合，經由管線(3)導入熱交換器(4)，再經由管線(5)至加熱器(6)。此後，透過管線(7)到達催化反應器(8)，其中其將原料的鏈烷烴和環烷烴轉化為芳香烴，再依序進入催化反應器(12)、催化反應器(16)、催化反應器(20)，重整反應到此完成。反應完的產物(漿流)通過管線(21)流入熱交換器(4)並與烴原料進行熱交換，部分冷卻的漿流通過管線(22)至冷卻器(23)，其後經由管線(24)進入分離器(25)。

分離器(25)將漿流初步分離成含有氣態烴混合的氫氣的氣體流，該氣體流通過管線(29)，而含烴液態流通過管線(26)流出。該氣體流被壓縮裝置(30)壓縮至比分離器的壓力高至少 50psi，且壓縮的氣態流在熱交換裝置(34)中被冷卻回約 100°F 的溫度，以除去壓縮所釋放的熱量。壓縮並冷卻的

含氫氣態流通過管線(35)進入吸收塔(37)的底部部分。而含烴液態流通過管線(26)和泵(27)並通過管線(28、36)到吸收塔(37)的中間部分，該含烴液態流視為第一吸收劑液體，而第二吸收劑液體透過管線(54)進入吸收塔(37)的頂部部分。於吸收塔中，向上流動的含氫氣體流以相反方向的流動方式與第一吸收劑液體的下降流相遇並緊密接觸。因此，含有大量低分子量烴的不純氫氣流被向下通過的包含第一和第二吸收劑液體的相對重的烴洗滌。該操作進一步純化氫氣，從而從吸收器(37)中提取純氫氣流並通過管線(58)，可流通管線(2)進入重整反應區，或將剩餘純氫氣流通過管線(59)以用於其他耗氫反應。

被吸收的氣體烴、第一吸收劑液體和第二吸收劑液體的含烴液態流通過管線(38)進到穩定塔(39)，其維持在適合於從含相對濃度高的烴液態流中除去氣態烴的分離條件下，從而產生碳數 5 以上的液體烴產物。穩定塔(39)可為脫丁烷塔或脫戊烷塔，分別維持在約 180°~200°F 和約 450°~500°F 的塔頂溫度和塔底溫度下，且在約 100~300psig 的塔頂壓力下，生成液體烴產物並經由管線(50)並通過泵(51)，一部分通過線(54)用於在吸收塔(37)作為第二吸收劑液體。

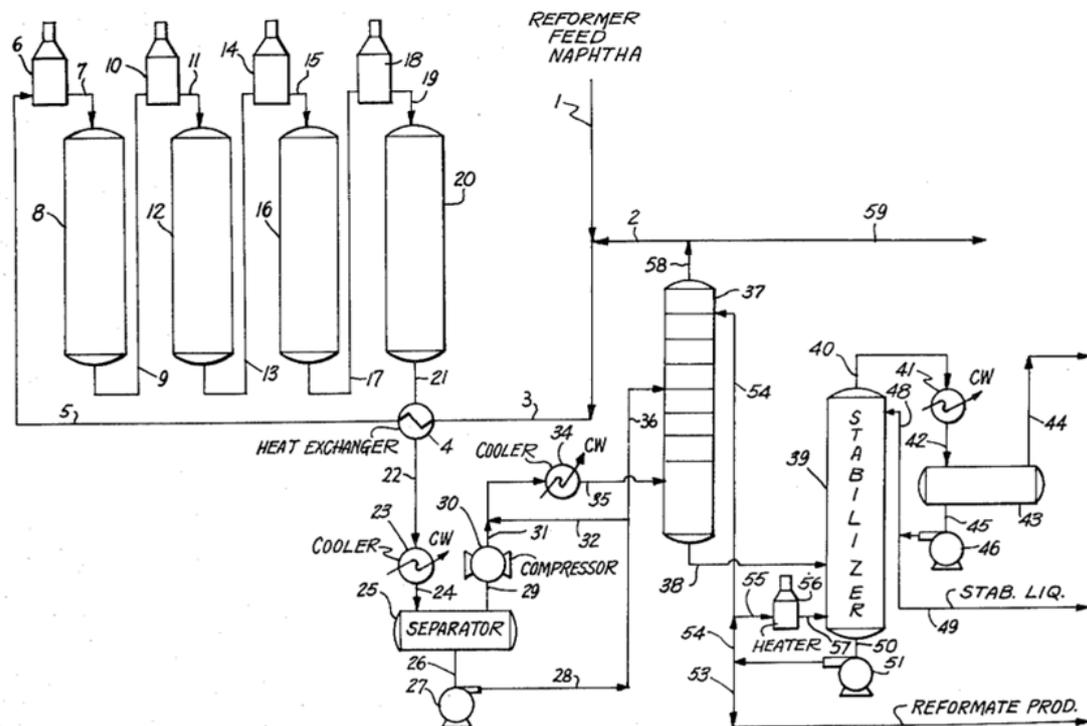


圖 3-3-32. 催化重整系統

1、2、3、5、7、9、11、13、15、17、19、21、22、24、26、28、36、40、42、44、45、48、49、50、53、54、55、57、58、59：管線、4：熱交換器
6、10、14、18、56：加熱器 8、12、16、20：催化反應器、9：出口、23：冷卻器、25：分離器、37：吸收塔、39：穩定器、41：冷凝裝置、43：氣液分離器 46、51：泵

〔技術功效〕

本案例利用第一液相烴產物的一部分穩定重整產物吸收製備的氫，係以簡便且經濟的方式獲得高純度的氫氣，投資成本和運營費用可大幅減少。

【案例 2】變壓吸附、薄膜分離或低溫精餾分離氫/二氧化碳

〔專利名稱〕將生物質轉化成混合醇的方法 (METHOD OF CONVERSION OF BIOMASS IN ALCÓOIS MIXED)

[公告號] CN 101611147 A

[先前技術]

生物質的混合醇(MixAlco)發酵最初產生羧酸，然後將其酯化，再將這些酯進行昂貴的氫化過程以形成可以用作燃料的混合醇。如果在發酵過程中，可將氫產生為遊離氣體，並回收再利用之，則會大大降低製造成本。

[實施方式]

如圖 3-3-33 所示，使用 NH_4HCO_3 緩衝液將生物質轉化成羧之系統，包含：**發酵單元**，用於將生物質在發酵液中發酵成羧酸或羧酸鹽並且用於產生二氧化碳和氫氣的氣體流；**提取單元**，用於從發酵液提取羧酸或羧酸鹽；**氣體提取設備**，用於分離氫氣和二氧化碳；以及**生產單元**，用於使用所述氫氣從羧酸或羧酸鹽生產醇，其中，氣體提取設備主要包含五種製程 (A、B、C、D 及 E)，分別說明如下。

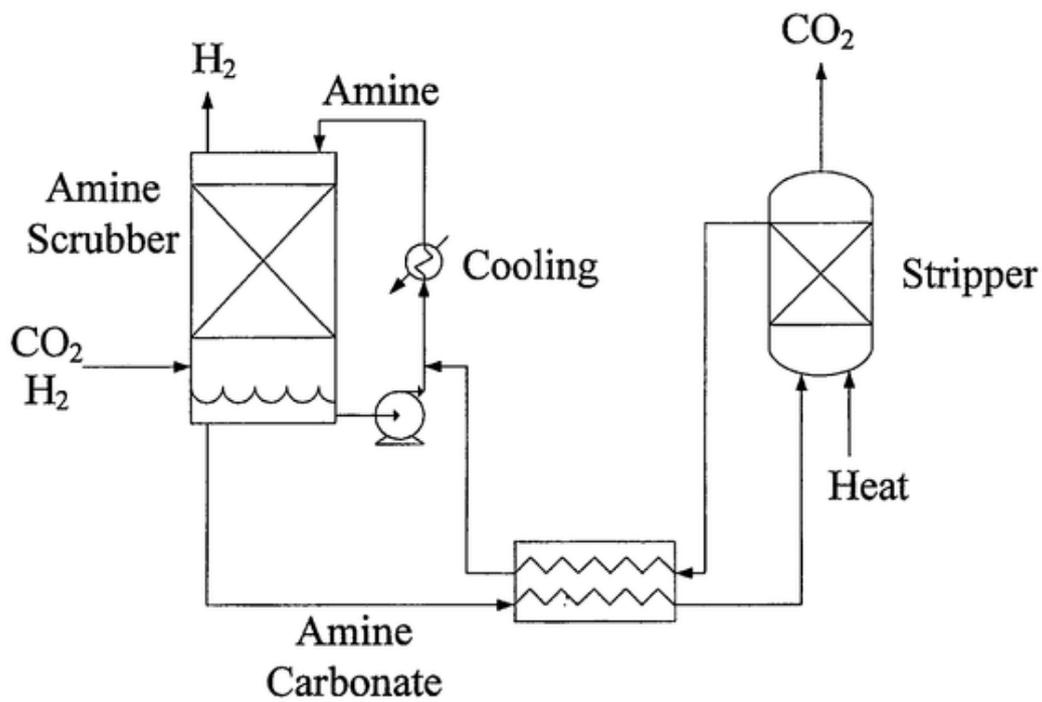


圖 3-3-34. 用於從 CO₂/H₂ 之混合氣體中提取 CO₂ 之胺吸收單元

2. 製程 B :

如圖 3-3-35 所示，將氫/二氧化碳氣體流接觸水中的灰（來自鍋爐或汽化器），鹼性的灰吸收二氧化碳分離出純氫，然後得到碳酸鹽灰可返回耕地作為肥料。

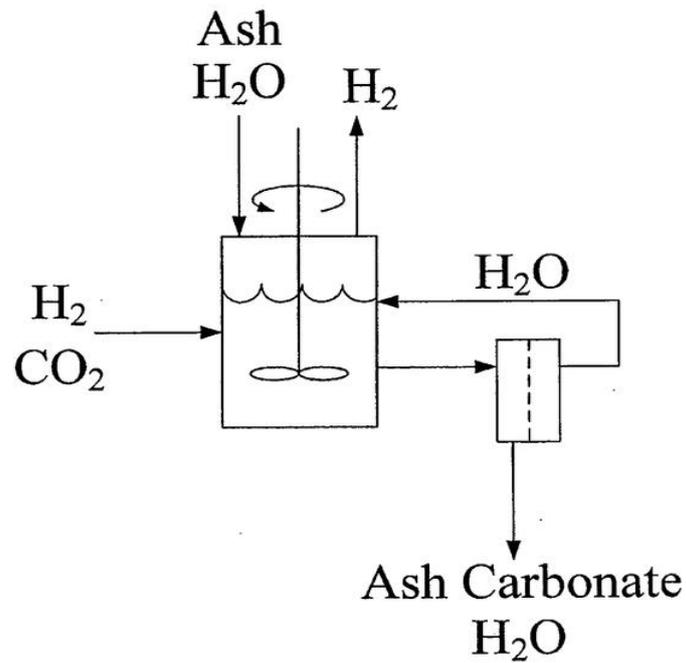


圖 3-3-35. 用灰吸收二氧化碳以純化氫氣

3. 製程 C：

如圖 3-3-36 所示，氫/二氧化碳氣體流經加壓並送到膜（如：鈀膜），其對於氫是可滲透的，但對於二氧化碳是不可滲透的，殘餘氣體主要為二氧化碳，但仍有些氫氣，可再送回其他氫回收技術（製程 A、B、D 或 E）再次進行回收。

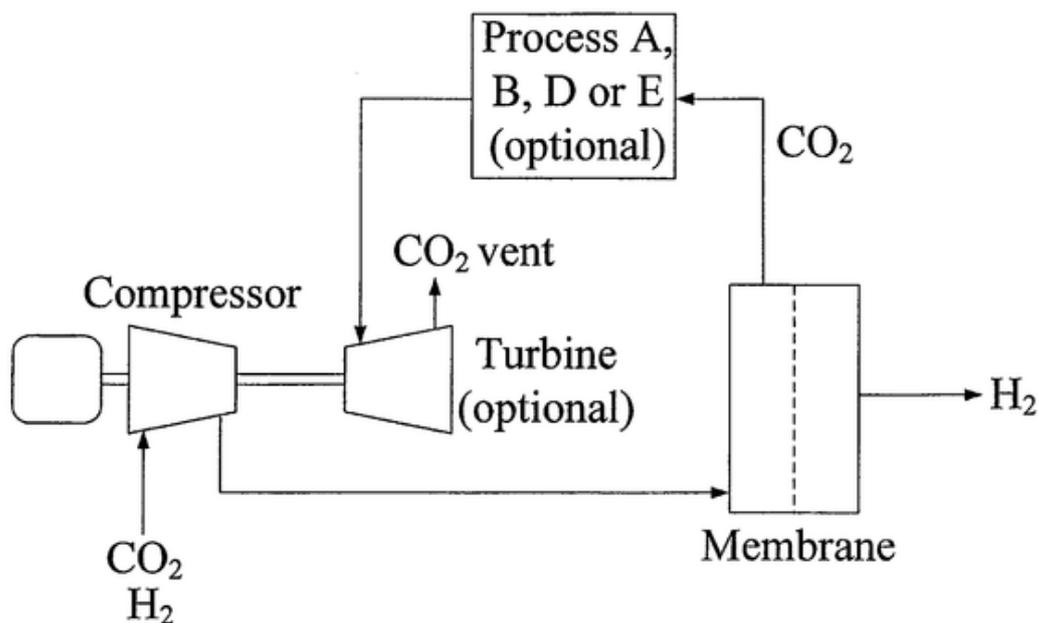


圖 3-3-36. 薄膜分離法純化氫氣

4. 製程 D:

在變壓吸附(PSA)系統中，係使用兩個或多個吸附器來從氣體流吸附雜質或不需要的組分以便純化，如圖 3-3-37 所示，將氫/二氧化碳氣體流加壓並且輸送至其中一個吸附器，另一個則否。三通閥確保僅一個吸附器在任何給定時間進行吸附，二氧化碳被吸附並且純氫離開所述系統，另一個吸附器通過施加真空正在解吸，純二氧化碳通過真空泵離開所述系統。一旦吸附側二氧化碳飽和，將三通閥切換，然後將真空施加到該吸附器以開始解吸，同時另一個吸附器開始接收加壓的氫/二氧化碳流以啟動吸附模式。

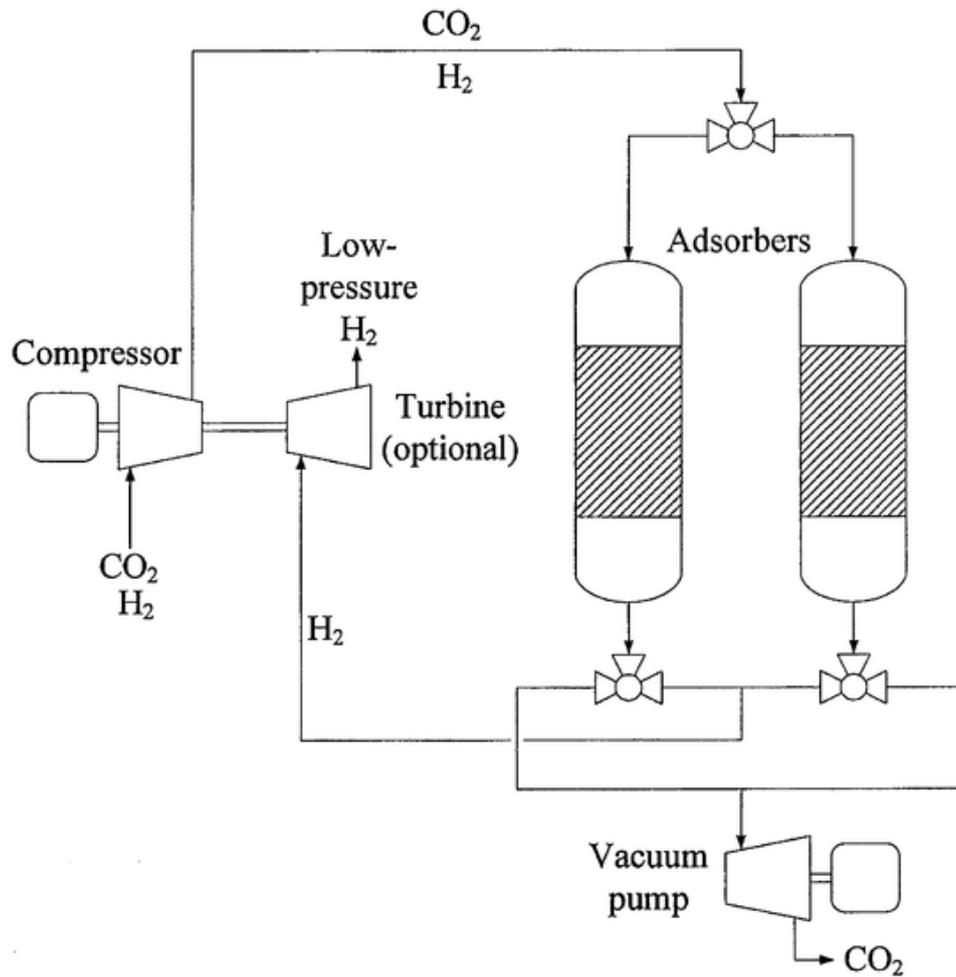


圖 3-3-37. 變壓吸附法(PSA)純化氫氣

5. 製程 E：

如圖 3-3-38 所示，由加壓並冷卻氫/二氧化碳氣體流，產生液體二氧化碳及氫氣，以達成氫/二氧化碳之功效。

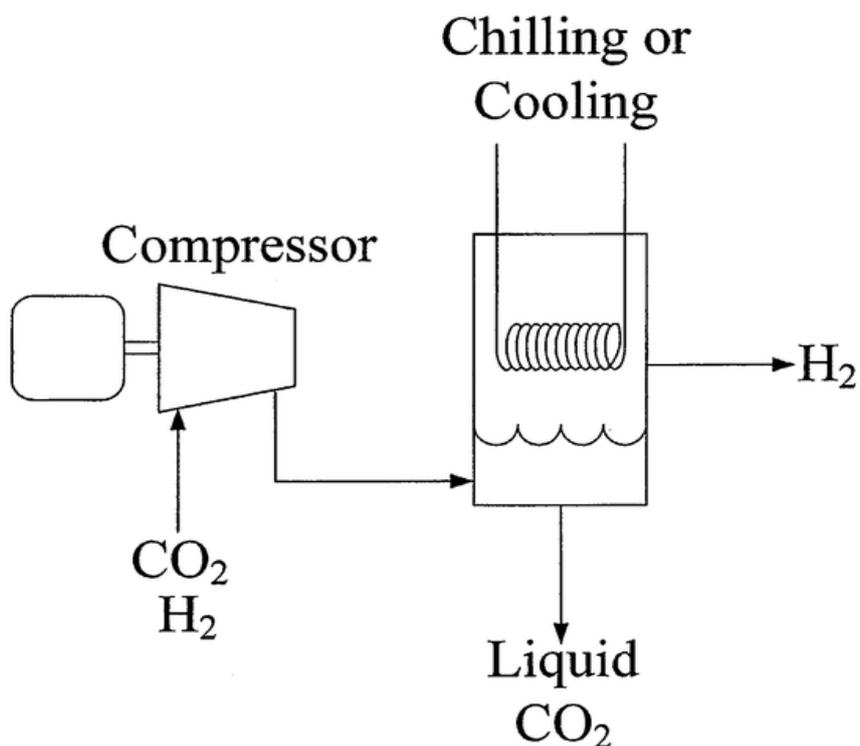


圖 3-3-38. 低溫精餾法純化氫氣

〔技術功效〕

本案例從生物質混合培養厭氧發酵中生產氫氣並與其他發酵產品一起使用純化方法與下游加工的整合允許有效利用厭氧發酵和氣化產生的氫氣來生產生物燃料，並在下游加工步驟集成雜質去除和清潔，氫是從生物質生產混合酒精燃料過程中的重要反應物，並能夠在發酵過程中生產氫，並將其純化與系統的下游步驟集成在一起，從而提高製程的便利性和經濟性。

2、參考「業界實務成果」摘錄案例

(1) 台積電與其供應鏈合作開發綠色機台⁴⁶

半導體先進製程已進入極紫外光 (EUV) 微影技術時代，台積電也是全球第一家引進極紫外光微影製程的晶圓製造大廠。EUV 曝光機 (如圖 3-3-39 所示) 大致上包含：二氧化碳雷射(CO₂ laser)、錫滴、收集器(Collector)及反射光學元件(Illuminator、Projection Optics)等構件，係利用二氧化碳雷射每秒 5 萬次去轟擊液態錫滴而產生 EUV 光，再透過一個直徑為 0.65 公尺的收集器 (可為橢球反光鏡) 送進微影機台裡頭，而為避免的收集器霧化 (因錫滴被雷射轟擊後氣化，在腔內擴散並沉積在鏡子上所致)，必需在收集器周圍輸入氫氣，EUV 光能把氫分子分離為氫原子並與錫結合，成為氣態的氫化錫，然後被抽出腔體。因此，極紫外光微影製程中會使用大量氫氣，但過程中卻有高達約 90% 的氫氣並未消耗，直接從 EUV 設備排出，因此，氫氣回收利用，將成為先進製程的未來。2016 年起，台積電即與攜手其供應鏈合作開發綠色機台，相信上述用於 EUV 曝光機的氫氣之回收再利用，亦可為其重要項目之一。

⁴⁶ 先進製程導入逾百項節能設計！台積電打造綠色供應鏈，1 年省下 2 億度用電量
-<https://www.bnext.com.tw/article/63692/tsmc-green-supply-chain-july>

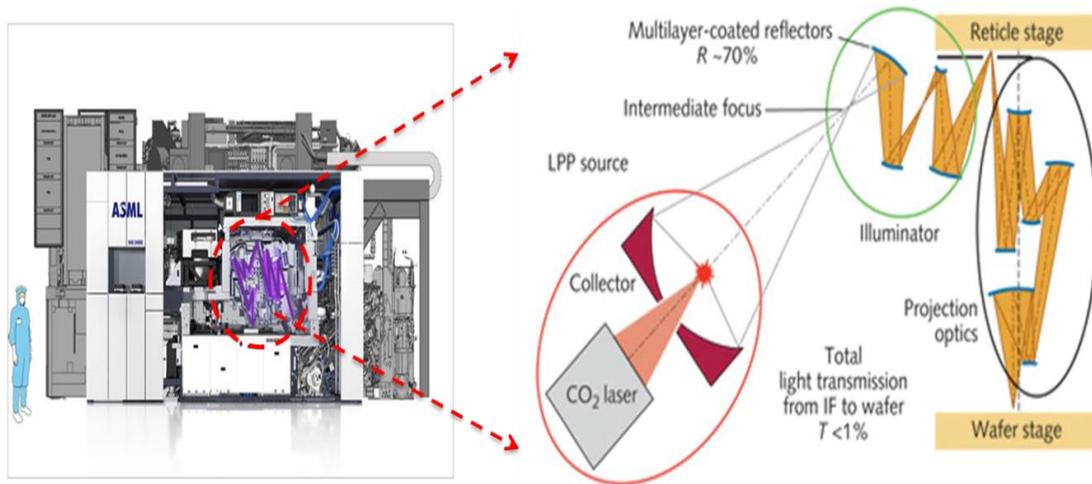


圖 3-3-39. EUV 曝光機

【案例】利用電化學方式純化氫氣

〔專利名稱〕氫氣回收再利用系統

〔公告號〕TW I682894

〔先前技術〕

半導體或光電製程結束後，剩餘的製程氣體（即廢氣）通常含有氨氣(NH_3)、矽甲烷(SiH_4)、二矽甲烷(Si_2H_6)、磷化氫(PH_3)、砷化氫(AsH_3)或高濃度的氫氣(H_2)等，其中氨氣、矽甲烷、二矽甲烷、磷化氫、砷化氫皆為環境污染物，且如果氫氣被直接排放至大氣中，具有爆炸的風險，並造成氫氣的浪費，故如何處理上述製程廢氣，為目前半導體廠所需面臨的重要課題之一。

〔實施方式〕

如圖 3-3-40 所示，氫氣回收再利用系統(2)包括：一處理裝置(20)、一氫氣純化裝置(21)及一除水裝置(23)，其係自含有氫氣(4)、氮氣(6)、氫氣與其他氣體形成一混合氣體(3)中回收氫氣並且再利用，該混合氣體例如是半導體製程或光電製程進行完成之後所剩餘的廢氣。首先，前述之混合氣體會先透過一管路(5)排出至所述處理裝置(20;區域洗滌塔(local scrubber))，透過該區域洗滌塔先行初步處理所述混合氣體，以將該混合氣體內的有毒氣體或物體顆粒（如粉塵...）或有害物質（如含氮化物、硫化物...）等先行去除，留下無害氣體進入所述電化學氫氣純化裝置(21)，並利用該電化學氫氣純化裝置來清除混合氣體內的非氫氣的氣體及其餘雜質，只保留氫氣於該電化學氫氣純化裝置內，至此，所述混合氣體內除了氫氣以外的氣體皆已被分離而不存在。

進一步說明電化學氫氣純化裝置（21；如圖 3-3-41 所示），其具有：進氣通道(90)、質子交換膜(7)、陽極觸媒反應層(70)、陰極觸媒反應層(71)、出氣通道(91)及外部電源(8)，該進氣通道與前述處理裝置(20)相連通，於該處理裝置內處理過後的混合氣體(3)會透過進氣通道進入該電化學氫氣純化裝置，接著利用該質子交換膜隔阻氫氣(4)以外之氣體，並可

透過該質子交換膜傳送複數氫離子(40)並隔離複數電子(41)通過，所述陽極觸媒反應層(70)及陰極觸媒反應層(71)係分設於該質子交換膜之相對兩側，於所述陽、陰極觸媒反應層提供鉑(Pt)或鈳(Ru)或其他貴金屬為一觸媒進行一電化學反應後並將生成物(該生成物係指氫氣 4)經由所述出氣通道(91)擴散排出，進而完成去除所述混合氣體內的非氫氣的氣體及雜質。

接著，於該氫氣(4)進入除水裝置(23)之前先行經過一泵浦裝置(22)，並利用所述泵浦裝置提供壓力將所述氫氣純化裝置(21)內的氫氣推送至所述除水裝置，由於在該電化學氫氣純化裝置分離出來的氫氣仍然會存有部分的水分，因此需透過該除水裝置將水分去除，而該除水裝置選擇利用冷凍除水的方式去除純化後之氫氣內的水分，如此得以分離出純度較高的氫氣。

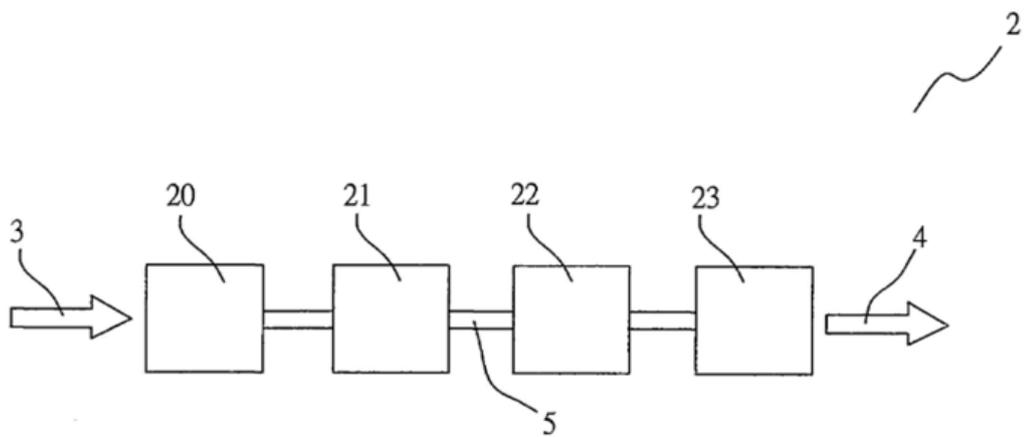


圖 3-3-40. 氫氣回收再利用系統

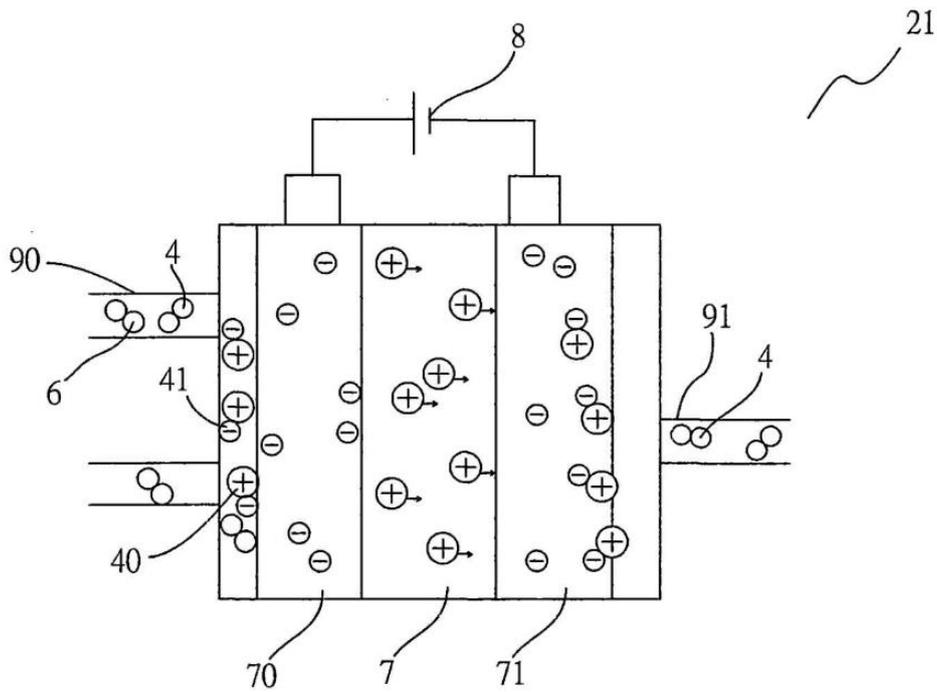


圖 3-3-41. 電化學氫氣純化裝置

2：氫氣回收再利用系統、20：處理裝置、21：電化學氫氣純化裝置、
 22：泵浦裝置、23：除水裝置、24：吸附元件、3：混合氣體、4：氫氣、
 40：氫離子、41：電子、5：管路、6：氫氣、7：質子交換膜、70：陽極
 觸媒反應層、71：陰極觸媒反應層、8：外部電源、90：進氣通道、91：
 出氣通道

〔技術功效〕

本案例先以處理裝置接收並處理製程中所排出的混合氣體，並移除該混合氣體內的有害物質如含氮化物、硫化物...等，然後利用所述電化學氫氣純化裝置清除混合氣體內的非氫氣的氣體及雜質，再利用所述泵浦裝置提供壓力以將所述電化學氫氣純化裝置內的氫氣推出至所述除水裝置，最後利用該除水裝置以去除純化後之氫氣內的水分，如此得以分離出純度較高的氫氣，因此，可以有效地達成氫氣回收再利用之效。

(2)工業技術研究院之研發實例⁴⁷

工研院研發的工業製程餘氫發電及純化回收，分別應用分散式發電系統（即燃料電池）與高效濾氫純化模組兩項技術，前者運用藉由分解氫氣成水而發電，是零碳排的發電方式，後者則可將工業製程中的餘氫純化再利用。目前已應用半導體業、冶金業之工業副產氫發電及回收再利用等循環經濟應用，不但能夠解決以往工業副產氫須以化石燃料燃燒處理的問題，更可提供潔淨發電能源，達到產業在零碳排、碳稅、ESG 社會責任指標等之效益。

【案例】薄膜分離法或變壓吸附法分離並純化氫氣

⁴⁷ 工業技術研究院網頁:【氫能減碳解決方案】氫循環-工業製程餘氫發電及純化回收
https://www.itri.org.tw/ListStyle.aspx?DisplayStyle=01_content&SiteID=1&MmmID=1162127241653213770&MGID=1162132101350766170

[專利名稱] 氫氣回收系統與發電系統 (HYDROGEN
RECYCLING SYSTEM AND POWER
GENERATING SYSTEM)

[公告號] TW I478864

[先前技術]

半導體或光電製程結束後，剩餘的製程氣體（即廢氣）通常含有氨氣(NH₃)、矽甲烷(SiH₄)、二矽甲烷(Si₂H₆)、磷化氫(PH₃)、砷化氫(AsH₃)或高濃度的氫氣(H₂)等，其中氨氣、矽甲烷、二矽甲烷、磷化氫、砷化氫皆為環境污染物，且如果氫氣被直接排放至大氣中，具有爆炸的風險，並造成氫氣的浪費，故如何處理上述製程廢氣，為目前半導體廠所需面臨的重要課題之一。

[實施方式]

請參照圖 3-3-42，氫氣回收系統(10)自含有氨氣、氫氣與其他氣體的廢氣（100；氨氣、矽甲烷、二矽甲烷、磷化氫、砷化氫、三甲基鎵或這些氣體的組合）中回收氫氣，其包括吸附裝置(102)、氨氣分解裝置(104)以及濾氫裝置(106)。吸附裝置與氨氣分解裝置藉由管路(108)彼此連接，而氨氣分解裝置與濾氫裝置則藉由管路(110)彼此連接。

吸附裝置(102)具有吸附材料(例如,金屬氧化物(氧化銅、氧化鋅、氧化鐵、氧化鋁或氧化鎂)、沸石、活性碳或其組合),用以吸附廢氣(100)中除氫氣與氮氣以外的其他氣體。

氮氣分解裝置(104)中的氮分解觸媒可以是金屬(例如鉑、銻、銻、鈮、鐵、鎳、銅、鈷等)或金屬氧化物(例如氧化鎳、氧化鐵、氧化銻、氧化銻、氧化鉑、氧化鈮等),當氫氣與氮氣經由管路(108)進入氮氣分解裝置之後,氮氣分解裝置將氮氣分解為氮氣與氫氣,再經由管路(110)進入濾氫裝置(106)。

濾氫裝置(106)可為濾氫薄膜,例如純鈮膜、鈮/銀膜、鈮/銅膜、鈮/金膜或含鈮、鈮、鈮等金屬薄膜,亦可為變壓吸附床,其含有沸石或活性炭等分子篩材料,當氫氣與氮氣則經由管路(110)進入濾氫裝置之後,濾氫裝置將氫氣與氮氣分離開。因此,經過濾氫裝置而得到的氫氣可被回收再利用(例如,燃料電池)。

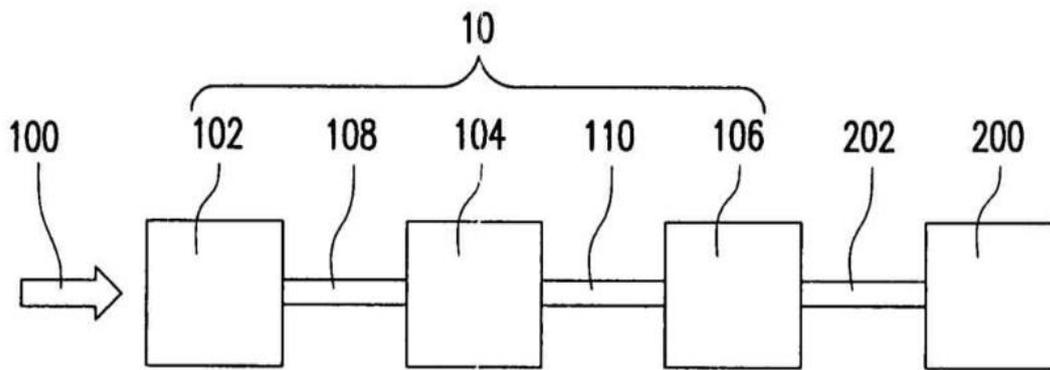


圖 3-3-42. 氫氣回收系統

10：氫氣回收系統、100：廢氣、102：吸附裝置、104：氫氣分解裝置、106：濾氫裝置 108、110、202：管路、200：燃料電池

〔技術功效〕

本案例之氫氣回收系統先以吸附裝置吸附製程廢氣中除了氫氣與氮氣以外的其他氣體，然後利用氫氣分解裝置將氮氣分解為氫氣與氮氣，再利用濾氫裝置將氫氣分離出來，因此可以有效回收氫氣並再利用，且解決製程廢氣對環境造成污染的問題。

(七)小結

全球近五十年有關「氫氣回收」專利申請量呈階梯式成長後逐漸走向穩定發展之趨勢，大致上可分為四個階段，分別為萌芽期階段(1974~1997)、發展期階段(1997~2019)、發展趨緩、略為衰退階段(2019~2021)及飽合、穩定發展階段(2021~2022)。近年來，各國政府與企業對綠色能源政策議題

之重視，致使氫能之利用成為顯學，各國更將氫能列為國家重要能源之一，我們幾乎可以預測未來「氫氣回收」專利申請量仍將持續蓬勃發展，後述將以**政策面**、**產業面**以及**技術面**等三大觀點為本章內容之總結。

1. 政策面

整體而言，主要影響「氫氣回收」專利申請量為「國際重大事件或制度變革」與「各國政府之相對應政策」等因素。例如，石油危機、京都議定書與巴黎協定等，致使各國制定及施行能源法案，對於回收技術也更加地重視，進而投入更多的資源研發相關之技術。

2. 產業面

歐、美及日本等先進國家相較於開發中國家對於發展「氫氣回收」技術之產業型態有所不同。歐、美國家擁有歷史悠久的國際型氣體、能源相關企業，研發量能投入較早（1974年；第一次石油危機）且皆由上述企業所主導；日本投入研發者除大型氣體、能源相關企業，還包含半導體、化工等相關企業，起步雖較晚（1995年左右），至今仍持續研發及申請專利，可見日本對氫能議題極為重視；此外，學研機構、規模較小的公司或自然人所為專利之申請在歐、美及日本則較為少

見，推測「氫氣回收」之技術門檻較高為可能的原因之一。中國大陸雖起步最晚，然其於 2005 年後漸漸對能源/環保議題有所重視，致使學研機構投如資源發展「氫氣回收」相關技術並申請專利，進而帶動產業的發展。

3. 技術面

「氫氣回收」主要係與氣體純化、分離等技術相關，大致上可區分為變壓吸附法、薄膜分離法、變溫吸附法、低溫精餾法及金屬氫化物分離法等。其中，變壓吸附法發展地很早且較為成熟（1974 年迄今），是目前「氫氣回收」之主流的技術，其次為薄膜分離法，而變溫吸附法、低溫精餾法及金屬氫化物分離法則較為少見。此外，回收氣體的來源主要為工業氣體流、CVD 廢氣或燃料電池等，從工業氣體流中氫氣回收處理早已成為歐、美及日本等先進國家所屬各大企業發展的重點項目之一。值得一提的是，由於半導體產業的蓬勃發展，日本及中國大陸亦嘗試發展可半導體製程的 CVD 廢氣中，回收可再利用物質之技術，我國企業雖較少涉略「氫氣回收」之技術領域，惟氫能的日趨重要，非常值得投入資源研發。

國家發展委員會「臺灣 2050 淨零轉型」之關鍵戰略，資源循環零廢棄被列為重點，且氫能亦列為我國重要的能源項目

之一。目前，國內雖有為數不多的企業發展「氫氣回收」之相關技術，然未來我國政府若能以政策鼓勵、資金補助等方式強加輔導，學研機構能與之合作研發或為技術轉移，相信可以得到豐碩成果，也更容易達成上述戰略之目標。

肆、結論與建議

ESG（環境、社會及公司治理；Environmental、Social 及 Governance）之概念自聯合國於 2004 年提出後，迄今已有近二十年的歷史，而由於全球氣候變遷與 Covid-19 疫情衝擊，使得各界近年來對於 ESG 議題更加重視，除了相關法規制度外，有越來越多的投資基金支持 ESG，亦有研究認為 ESG 有助於提升公司的競爭力。對於我國有志致力於 ESG 者，都應主動掌握 ESG 相關的趨勢與規範，而單就環境（Environmental）一項而言，涵蓋之內容甚廣，建議企業界可從具循環經濟概念之技術著手，例如，製程上減少資源浪費（節能/水）或廢棄物進行管理與回收再利用等技術，上述方式較易利用專利分析之資料進行 ESG 報告書之量化或優化，進而讓產業發展與環境保護並行不悖，打造我國成為零廢棄、零污染及永續再生的循環家園。

專案小組為協助企業轉型綠色，讓循環經濟或 ESG 能夠做得更好，近年來參與多場會議，與國內相關企業/機構進行討論並分享專利檢索或分析方法，讓該些企業或與會者能夠善用「全球專利檢索系統」（GPSS）等專利檢索工具找出可以參考的前案技術及分析其趨勢，達成雙贏目標。專案小組建議之分析方法摘要如下：首先藉由企業訪談或 ESG 報告書等途徑擬定研究主題，再利用我國 GPSS

或 Google 等資料庫作為工具，研究與主題相關之專利文件，蒐集相關之技術（或關鍵字）及其所屬之國際專利分類號（IPC 分類號）。接下來，將上述內容擬定以[IPC 分類號]及/或[關鍵字]為基礎的檢索策略，再於「Derwent Innovation」等專利資料庫進行專利檢索，儘可能找出與所設定主題相關的專利技術，經由人工閱讀去除較不相關的專利案後，得到可作為專利地圖、技術功效或申請趨勢等分析之基礎資料，最後再將上述資料進行統計、分析與探討。據此，本專案執行過程中係經與企業訪談並討論，能夠更貼近業界的需求，再以通盤及精確地檢索而得到的分析結果，所載內容包含相當豐富的先前技術及資料分析，充分展現「銅回收」、「矽泥回收」及「氫氣回收」之技術概況，相信可作為半導體供應鏈轉型綠色、完善循環經濟或 ESG 報告書之具實務建設性的參考資料。

最後，ESG 議題在未來必然成為產業發展的顯學，而循環經濟之「廢棄物之回收、再生或再利用」可為其重要項目之一，我國半導體產業鏈應致力發展相關技術以符合時勢所需。建議由國內半導體大廠或國家級研究中心為主導，與相關業者、學研機構合作研發技術或為技術轉移，復以我國政府若能以政策鼓勵、資金補助等方式強加輔導，相信可以得到更豐碩之產業發展成果。

附錄 1. WIPO 綠色目錄(WIPO IPC Green Inventory)

長久以來世界各國對於是否該將智慧財產權制度及技術移轉規範納入氣候變遷框架之討論，是否應利用上述制度提供誘因，以確保相關技術得以移轉至開發中國家或低度開發國家，來共同面對氣候變遷威脅，在談判中始終為爭執焦點。在 2009 年「哥本哈根協議」(Copenhagen Accord)、2010 年「坎昆協定」(Cancún Agreements)、2011 年「德班決議」(Durban Decisions)、2012 年「杜哈氣候途徑」(Doha Climate Gateway)、2014 年「利馬氣候行動呼籲」(Lima Call for Climate Action) 等皆有討論。其中主要原因在於高度開發國家，如歐盟或美國，雖未否定智慧財產權制度應對氣候變遷難題提供相對應之解決方式，但相關權利義務之討論，應留給「已有權限及經驗之國際組織處理」，而非在氣候變遷架構下協商，且更應加強保護始能創造誘因。因此，智慧財產權制度目前仍是透過間接方式存在於規範架構中，意即透過非強制性的技術移轉相關條文與約定，彰顯背後可能存在之智慧財產權議題。

世界智慧財產權組織 (World Intellectual Property Organization, WIPO) 在氣候變遷議題中應扮演之角色，長久以來饒有爭議。但身為聯合國體系下主管技術、創新與智慧財產權發展之機構，自然不可能置身於外。於是 WIPO 針對綠色技術創新於 2010 年時建立國際分類綠色目錄 (IPC Green Inventory)，包含了約 200 個直接與環境友善技術 (environmentally sound technologies, ESTs) 相關之主題，並且提供各主題連結至最相關之國際分類的部屬階層功能。因此使用者利用 WIPO Patentscope 檢索時，得以一次檢索相關領域之所有技術，方便確認技術現況與流通。

WIPO 於 2010 年建立了綠色技術的相關國際專利分類目錄，此綠色目錄分為七大類別，包括(1)替代能源、(2)運輸、(3)節能、(4)廢棄物管理、(5)農業/林業、(6)行政、監管及設計方面及 (7)核能發電。而其中又大致細分：

(1)替代能源：生物燃料、整體煤氣化聯合循環(IGCC)、燃料電池、生物質的熱解或氣化、利用人造廢棄物產生的能源、水力能、海洋熱能轉換(OTEC)、風能、太陽能、地熱能、其他生產或使用熱量，而不是由燃燒產生，例如自然熱、使用餘熱、從力學能產生機械動力裝置。

(2)運輸：一般車輛、軌道車輛以外的車輛、軌道車輛、船舶推進、使用太陽能的宇宙飛船。

(3)節能：電能儲存、電源電路、電力消耗的測量、熱能儲存、低能耗照明、一般建築隔熱、回收機械能。

(4)廢棄物管理：廢棄物處理(waste disposal)、處理廢棄物(treatment of waste)、燃燒消耗廢棄物、廢棄物再利用、污染控制。

(5)農業/林業：林業技術、替代灌溉技術、農藥替代品、土壤改良。

(6)行政、監管及設計方面：通勤，例如 HOV，遠端辦公等、碳/排放交易，例如污染信用、靜態結構設計。

(7)核能發電：核工程、使用核源熱源的燃氣輪機發電廠。

主題 1	替代能源	IPC
	生物燃料	
	固體燃料	C10L 5/00, 5/40-5/48
	生物質的烘培	C10B 53/02 C10L 5/40, 9/00
	液體燃料	C10L 1/00, 1/02, 1/14
	植物油	C10L 1/02, 1/19

		生物柴油	C07C 67/00, 69/00 C10G C10L 1/02, 1/19 C11C 3/10 C12P 7/64
		生物乙醇	C10L 1/02, 1/182 C12N 9/24 C12P 7/06-7/14
		沼氣	C02F 3/28, 11/04 C10L 3/00 C12M 1/107 C12P 5/02
		來自基因工程生物	C12N 1/13, 1/15, 1/21, 5/10, 15/00 A01H
		整體煤氣化聯合循環(IGCC)	C10L 3/00 F02C 3/28
		燃料電池	H01M 4/86-4/98, 8/00- 8/24, 12/00-12/08
		電極	H01M 4/86-4/98
		具有催化活性的惰性電極	H01M 4/86-4/98
		非活性部件	H01M 8/00-8/24, 50/00- 50/171
		混合性電池	H01M 12/00-12/08
		生物質的熱解或氣化	C10B 53/00 C10J
		利用人造廢棄物產生的能源	
		農業廢棄物	C10L 5/00
		動物糞便和作物殘留物的燃	C10L 5/42, 5/44

		料	
		田間、花園或木材廢棄物焚化爐	F23G 7/00, 7/10
		氣化	C10J 3/02, 3/46 F23B 90/00 F23G 5/027
		化學廢棄物	B09B 3/00 F23G 7/00
		工業廢棄物	C10L 5/48 F23G 5/00, 7/00
		在高爐中使用爐頂煤氣為生鐵生產提供動力	C21B 5/06
		漿體	D21C 11/00
		工業廢棄物的厭氧消化	A62D 3/02 C02F 11/04, 11/14
		工業木材廢棄物	F23G 7/00, 7/10
		醫院廢棄物	B09B 3/00 F23G 5/00
		垃圾掩埋場氣體	B09B
		分離成分	B01D 53/02, 53/04, 53/047, 53/14, 53/22, 53/24
		城市垃圾	C10L 5/46 F23G 5/00
		水力能	
		水力發電廠	E02B 9/00-9/06
		潮汐或波浪發電廠	E02B 9/08
		液體機器或發動機	F03B

			F03C
		使用波或潮汐能	F03B 13/12-13/26
		機器或發動機的調節、控制或安全手段	F03B 15/00-15/22
		使用來自水運動的能量推進船舶	B63H 19/02, 19/04
		海洋熱能轉換(OTEC)	F03G 7/05
		風能	F03D
		發電機與機械驅動電機的結構組合	H02K 7/18
		風力渦輪機的結構方面	B63B 35/00 E04H 12/00 F03D 13/00
		使用風力發電的車輛的推進	B60K 16/00
		使用風能的車輛的電力驅動	B60L 8/00
		通過風力發動機船舶推進	B63H 13/00
		太陽能	F24S H02S
		太陽能光電(PV)	
		適用將輻射能量轉化為電能的設備	H01L 27/142, 31/00-31/078 H01G 9/20 H02S 10/00
		使用有機材料作為活性部分	H01L 27/30, 51/42-51/48
		多個太陽能電池的組裝	H01L 25/00, 25/03, 25/16, 25/18, 31/042
		矽；單晶生長	C01B 33/02 C23C 14/14, 16/24

				C30B 29/06
			調節太陽能電池的最大可用功率	G05F 1/67
			具有太陽能電池或可使用太陽能電池充電的電力照明設備	F21L 4/00 F21S 9/03
			充電電池	H02J 7/35
			染料敏化太陽能電池 (DSSC)	H01G 9/20 H01M 14/00
		使用太陽能熱		F24S
			用於家用熱水系統	F24D 17/00
			用於空間加熱	F24D 3/00, 5/00, 11/00, 19/00
			用於游泳池	F24S 90/00
			太陽能上升氣流塔	F03D 1/04, 9/00, 13/20 F03G 6/00
			用於處理水、廢水或污泥	C02F 1/14
			使用太陽能熱源的燃氣輪機發電廠	F02C 1/05
		混合太陽能熱光伏系統		H01L 31/0525 H02S 40/44
		使用太陽能的車輛的推進		B60K 16/00
			使用太陽能的車輛電力驅動	B60L 8/00
		用太陽能生產機械動力		F03G 6/00-6/06
		能量收集裝置的屋頂覆蓋方面		E04D 13/00, 13/18
		使用太陽能產生蒸汽		F22B 1/00 F24V 30/00
		使用太陽能的製冷或熱泵		F25B 27/00

	系統	
	使用太陽能乾燥材料或物體	F26B 3/00, 3/28
	太陽能聚光器	F24S 23/00 G02B 7/183
	太陽能貯藏池	F24S 10/10
	地熱能	F24T
	地熱的使用	F01K F24F 5/00 F24T 10/00-50/00 H02N 10/00 F25B 30/06
	從地熱能產生機械能	F03G 4/00-4/06, 7/04
	其他生產或使用熱量，而不是由燃燒產生，例如自然熱	F24T 10/00-50/00 F24V 30/00-50/00
	中央供暖系統中的熱泵使用蓄熱體中積累的熱量	F24D 11/02
	其他家用或空間供暖系統中的熱泵	F24D 15/04
	家用熱水供應系統中的熱泵	F24D 17/02
	使用熱泵的空气或熱水器	F24H 4/00
	熱泵	F25B 30/00
	使用餘熱	
	為了生產機械能	F01K 27/00
	內燃機	F01K 23/06-23/10 F01N 5/00 F02G 5/00-5/04 F25B 27/02

		蒸汽機廠	F01K 17/00, 23/04
		燃氣輪機廠	F02C 6/18
		作為製冷設備的能源	F25B 27/02
		用於處理水、廢水或污水	C02F 1/16
		造紙餘熱回收	D21F 5/20
		利用熱載體的熱量產生蒸汽	F22B 1/02
		垃圾焚燒熱能的回收	F23G 5/46
		空調中的能量回收	F24F 12/00
		使用來自爐子、窯爐、烤箱或蒸餾器的廢熱的安排	F27D 17/00
		蓄熱式熱交換裝置	F28D 17/00-20/00
		氣化廠	C10J 3/86
		從力學能產生機械動力裝置	F03G 5/00-5/08
主題 2		運輸	IPC
		一般車輛	
		混合動力汽車，例如混合動力電動汽車(HEV)	B60K 6/00, 6/20
		控制系統	B60W 20/00
		齒輪	F16H 3/00-3/78, 48/00-48/30
		無刷電機	H02K 29/08
		電磁離合器	H02K 49/10
		再生制動系統	B60L 7/10-7/22
		由自然力供電的電力推進裝置，例如太陽，風	B60L 8/00
		帶有外部電源的電動推進器	B60L 9/00
		使用燃料電池供電，例如氫燃料汽車	B60L 50/50-58/40
		使用氣態燃料運行的內燃機，例如氫	F02B 43/00 F02M 21/02, 27/02

	來自自然力的電源，例如太陽，風	B60K 16/00
	電動車充電站	H02J 7/00
	軌道車輛以外的車輛	
	減阻力	B62D 35/00, 35/02 B63B 1/34-1/40
	人力車輛	B62K B62M 1/00, 3/00, 5/00, 6/00
	軌道車輛	B61
	減阻力	B61D 17/02
	船舶推進	
	由風直接作用的推進裝置	B63H 9/00
	風力發動機驅動	B63H 13/00
	利用水運動產生的能量推進	B63H 19/02, 19/04
	肌肉力量的推進	B63H 16/00
	來自核能的推進	B63H 21/18
	使用太陽能的宇宙飛船	B64G 1/44
主題 3	節能	IPC
	電能儲存	B60K 6/28 B60W 10/26 H01M 10/44-10/46 H01G 11/00 H02J 3/28, 7/00, 15/00
	電源電路	H02J
	具有節能模式	H02J 9/00
	電力消耗的測量	B60L 3/00 G01R
	熱能儲存	C09K 5/00 F24H 7/00

			F28D 20/00, 20/02
	低能耗照明		
		電致發光光源(例如 LED、OLED、PLED)	F21K 99/00 F21L 4/02 H01L 33/00-33/64, 51/50 H05B 33/00
	一般建築隔熱		E04B 1/62, 1/74-1/80, 1/88, 1/90
		隔熱建築元件	E04C 1/40, 1/41, 2/284- 2/296
		用於門或窗開口	E06B 3/263
		對於牆壁	E04B 2/00 E04F 13/08
		對於地板	E04B 5/00 E04F 15/18
		對於屋頂	E04B 7/00 E04D 1/28, 3/35, 13/16
		對於天花板	E04B 9/00 E04F 13/08
	回收機械能		F03G 7/08
		車載可充電機械蓄能器	B60K 6/10, 6/30 B60L 50/30
主題 4	廢棄物管理		IPC
	廢棄物處理(waste disposal)		B09B B65F
	處理廢棄物(treatment of waste)		
		消毒或滅菌	A61L 11/00
		有害或有毒廢物的處理	A62D 3/00, 101/00
		處理被放射性污染的材	G21F 9/00

		料；為此進行的去污安排	
		垃圾分類	B03B 9/06
		污染土壤的再生	B09C
		廢紙的機械處理	D21B 1/08, 1/32
		燃燒消耗廢棄物	F23G
		廢棄物再利用	
		在鞋類中使用橡膠廢料	A43B 1/12, 21/14
		用廢金屬顆粒製造製品	B22F 8/00
		從廢料中生產液壓水泥	C04B 7/24-7/30
		使用廢料作為砂漿、混凝土的填料	C04B 18/04-18/10
		從廢棄物或垃圾中生產肥料	C05F
		廢料的回收或加工	C08J 11/00-11/28 C09K 11/01 C11B 11/00, 13/00-13/04 C14C 3/32 C21B 3/04 C25C 1/00 D01F 13/00-13/04
		從廢棄物中回收塑膠材料	B29B 17/00
		為回收可挽救零件而拆卸車輛	B62D 67/00
		聚合物	C08J 11/04-11/28
		從橡膠廢料中生產液態碳氫化合物	C10G 1/10
		來自廢棄物的固體燃料	C10L 5/46, 5/48
		從廢料中獲取金屬	C22B 7/00-7/04, 19/30, 25/06
		分解纖維材料以供再利用	D01G 11/00

			處理廢紙以獲得纖維素	D21C 5/02
			從放電管或燈中回收可挽救的組件或材料	H01J 9/50, 9/52
			回收廢電池、電池或蓄電池的可維修部件	H01M 6/52, 10/54
	污染控制			
			碳捕獲和儲存	B01D 53/14, 53/22, 53/62 B65G 5/00 C01B 32/50 E21B 41/00, 43/16 E21F 17/16 F25J 3/02
	空氣品質管理			
			廢氣的處理	B01D 53/00-53/96
			帶有廢氣處理裝置的內燃機廢氣裝置	F01N 3/00-3/38
			使廢氣無害	B01D 53/92 F02B 75/10
			去除鋼鐵生產中的廢氣或粉塵	C21C 5/38
			使用煙氣再循環的燃燒裝置	C10B 21/18 F23B 80/02 F23C 9/00
			廢氣或有毒氣體的燃燒	F23G 7/06
			廢氣處理裝置的電氣控制	F01N 9/00
			從氣體或蒸汽中分離分散的顆粒	B01D 45/00-51/00 B03C 3/00
			從爐子中清除灰塵	C21B 7/22

					C21C 5/38 F27B 1/18 F27B 15/12
			在燃料或火災中使用添加劑來減少煙霧或促進煙塵去除		C10L 10/02, 10/06 F23J 7/00
			用於處理燃燒裝置產生的煙霧或煙霧的裝置的布置		F23J 15/00
			除塵或吸塵材料		C09K 3/22
			污染警報器		G08B 21/12
		控制水污染			
			處理廢水或污水		B63J 4/00C02F
			生產肥料		C05F 7/00
			處理液體污染物的材料		C09K 3/32
			清除開放水域的污染物		B63B 35/32 E02B 15/04
			廢水管道裝置		E03C 1/12
			污水管理		C02F 1/00, 3/00, 9/00 E03F
			發生反應堆洩漏時防止放射性污染的措施		G21C 13/10
主題 5	農業/林業				IPC
	林業技術				A01G 23/00
	替代灌溉技術				A01G 25/00
	農藥替代品				A01N 25/00-65/00
	土壤改良				C09K 17/00 E02D 3/00
		從廢棄物中提取的有機肥料			C05F

主題 6	行政、監管及設計方面	IPC
	通勤，例如 HOV，遠端辦公等	G06Q G08G
	碳/排放交易，例如污染信用	G06Q
	靜態結構設計	E04H 1/00
主題 7	核能發電	IPC
	核工程	G21
	核融合反應器	G21B
	核子(分裂)反應器	G21C
	核電廠	G21D
	使用核源熱源的燃氣輪機發電廠	F02C 1/05

附錄 2.JPO 綠色轉型(GX)技術分類專利清單(GXTI)

大區分	中區分	小區分
gxA 能源供應		
	01	太陽光發電
		a 太陽光發電
	02	太陽熱利用
		a 太陽熱發電
		b 太陽能集熱器/太陽能熱系統
	03	風力發電
		a 風力發電
	04	地熱利用
		a 地熱發電
		b 地熱收集器/地熱系統
	05	水力發電
		a 水力發電
	06	海洋能發電
		a 波浪/潮汐發電
		b 海洋溫差發電/海洋濃度差發電
	07	生質能源
		a 生物固體燃料
		b 生物液體燃料
		c 沼氣
	08	核能發電
		a 聚變反應爐/核反應爐/核電站
	09	燃料電池

	a 燃料電池/燃料電池系統（用於固定/移動車輛）
10 氫技術	
	a 氫氣製造
	b 氫氣儲存、運輸、供應、加氫站
	c 通過燃燒使用氫（氫發動機車輛等）
11 氨技術	
	a 氨製造
	b 氨的儲運
	c 氨燃燒利用
gxB 節能、電氣化、供需調整	
01 建築節能（ZEB、ZEH等）	
	a 建築保溫
	b 高效空調
	c 高效熱水器
	d 高效照明(LED/OLED)
02 高效電機和逆變器	
	a 高效電機/逆變器
03 熱電聯產	
	a 熱電聯產
04 水、廢水、污水或污泥處理中的節能和供需調整	
	a 水、廢水、污水或污泥處理中的節能和供需調整
05 電動汽車	
	a 電動汽車/混合動力汽車

		b 其他（飛機、輪船等）
	06 熱電化	
	a	電阻加熱/紅外線加熱
	b	感應加熱
	c	電磁波加熱（微波加熱、感應加熱）
	d	放電加熱
	07 輸配電/智能電網	
	a	直流輸配電（HVDC 等）
	b	智能電網
	08 電力系統供需調整	
	a	VPP/Negawatt/資源聚合
gxC 電池/儲能		
	01 可充電電池	
	a	可充電電池
	b	可充電電池模組相關技術
	02 機械儲能	
	a	抽水蓄能發電、飛輪、壓縮空氣儲能
	03 熱能儲存	
	a	蓄熱裝置/蓄熱材料（包括卡諾電池）
	04 雙電層電容器/混合電容器	
	a	雙電層電容器/混合電容器
gxD 非能源領域的二氧化碳減排		
	01 用生物質製造化學品	
	a	生物質塑料
	b	纖維素納米纖維

		c 用生物質製造化學品
	02 煉鋼過程中的二氧化碳減排	
		a 氫還原煉鐵
		b 直接還原法(DRI)
		c 高活性焦炭
		d 電解還原法
	03 回收	
		a 塑料回收
		b 鐵回收
		c 鋁回收
		d 銅回收
gxE 溫室氣體的收集、儲存、利用和清除		
	01 CCS、CCUS、負排放	
		a 二氧化碳吸收分離
		b 二氧化碳的吸附分離
		c 二氧化碳的膜分離
		d DAC (直接空氣捕獲)
		e 氧氣燃燒/化學循環
		f 地下儲存/利用地下
		g 固定為碳酸鹽 (混凝土、鋼渣)
		h 生物 (森林、農田土壤碳、城市綠化、海洋生物) 對二氧化碳的吸收和固定
		i 通過減少二氧化碳轉化為碳氫化合物 (甲烷化、電合成、羧化、人工光合作用等)
		j 通過非還原方法轉化二氧化碳

		k 二氧化碳的運輸
	02 非二氧化碳溫室氣體對策	
	a	氟碳回收、分解、解毒
	b	綠色製冷劑（低 GWP 製冷劑）
	c	減少來自牲畜和農田的非二氧化碳溫室氣體

gxY 交叉製表（x 控制/調整、x 測量/測量、x 業務、x ICT）		
	01 控制與調節相關技術	
	a	gxA×gxY01
	b	gxB×gxY01
	c	gxC×gxY01
	d	gxD×gxY01
	e	gxE×gxY01
	02 測量及相關技術	
	a	gxA×gxY02
	b	gxB×gxY02
	c	gxC×gxY02
	d	gxD×gxY02
	e	gxE×gxY02
	03 業務相關技術（包括認證和支付）	
	a	gxA×gxY03
	b	gxB×gxY03
	c	gxC×gxY03
	d	gxD×gxY03

		e $gxE \times gxY03$
--	--	----------------------