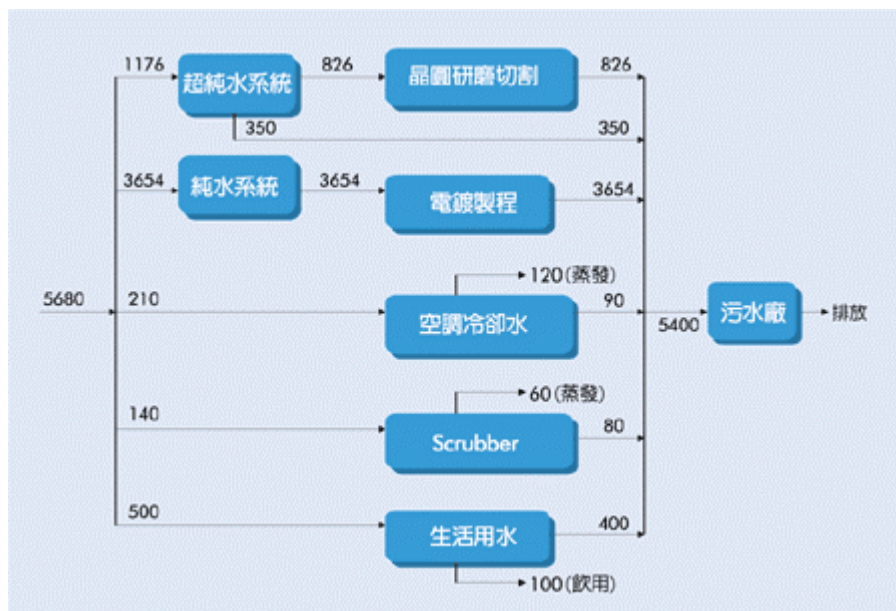


# IC 封裝業

## 廢水回收技術介紹

羅新衡、陳筱華、盧文章、楊子岳/工研院能資所水資源室

IC 封裝業除了空調冷卻排放水及廢氣氣滌 Scrubber 排放水等次級用水所產生之廢水及生活廢水外，大部份是工廠生產過程中所產生之製程廢水。以 IC 封裝業之製程特性，其製程廢水又可分為兩類，一種為晶圓研磨切割廢水，另一種則為電鍍廢水。圖 1 為一典型的 IC 封裝廠用水平衡圖。以下將分別針對晶圓研磨切割廢水及封裝電鍍廢水之廢水特性 現有廢水回收技術特性及相關之回收系統之操作運轉成本，加以探討。



晶圓研磨切割  
廢水回收技術  
分析

晶圓研磨切割  
廢水有下列幾  
種特性：

- 導電度  
小於  
10 $\mu$ s/cm。
- 溶解性  
SiO<sub>2</sub> 介

▲ 圖 1 典型 IC 封裝廠用水平衡圖

於 2~10mg/L。

- 總懸浮固體 TSS 小於 1000 mg/L。
- 懸浮顆粒之粒徑 85% 小於 1 $\mu$ m。

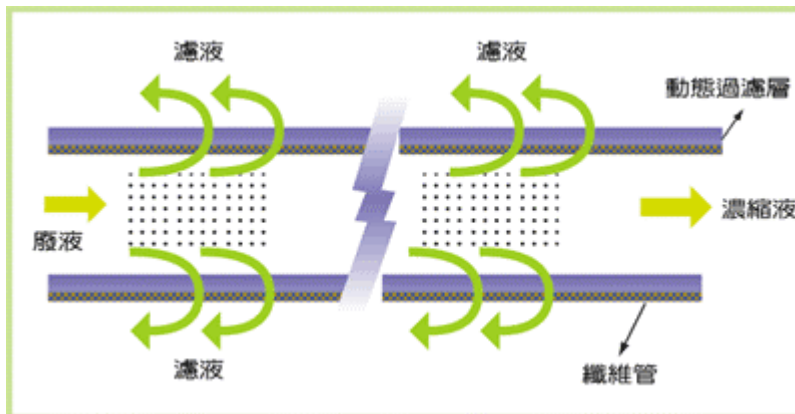
從上述之廢水特性可知，欲回收晶圓研磨切割廢水，其中含量高達 85%之極細懸浮顆粒之去除，是最具有挑戰性的部份。傳統的增加藥劑混凝沉澱處理方式，佔地大，加藥量多，會產生大量污泥，而且對極細懸浮顆粒之處理功能不佳，使得處理後之廢水不易回收再利用。目前用於晶圓研磨切割廢水回收之成熟技術，乃薄膜處理技術。薄膜處理技術應用相當廣泛，為當今水回收處理之主流，其中又以 MF 動態膜、UF 膜及陶瓷膜 3 種為主。這 3 種膜處理技術，均不需加藥，

然而先期投資及 Running Cost 較高。3 種膜中的無機陶瓷膜，因其具有抗化學氧化劑之特性，價格亦較為昂貴，但因研磨切割廢水不含氧化劑，因此不需付出加倍的成本，使用此類薄膜。因此，在此我們將對 MF 動態膜及 UF 膜回收技術特別加以介紹。

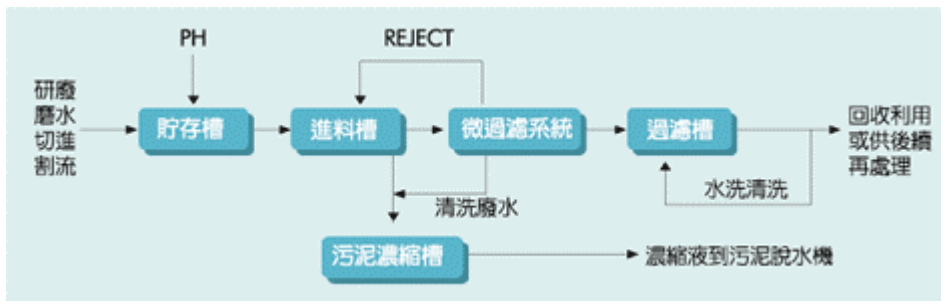
▼ 表 1 MF 動態膜回收研磨切割廢水之進出水質表

MF動態膜(EPOC)回收Backgrind廢水水質報告			
項目	EPOC進流	EPOC出流	備註
pH	5.1	4.8~5.1	
TDS mg/l	0.5~10	0.5~1	
導電度 us/cm	1.8	1	
SS mg/l	75	<1	
SiO <sub>2</sub> mg/l	112	1.2~3.0	溶解性
Cl <sup>-</sup> mg/l	2.0	0.9	
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	1.0	0.9	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	2.3	0.3	
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l	4	0.1	

資料來源：美國kinetics公司：處理ST Microelectronic (Singapore)研磨切割廢水。



▲ MF 動態膜之操作原理示意圖



▲ 圖 2 MF 動態膜系統處理流程圖

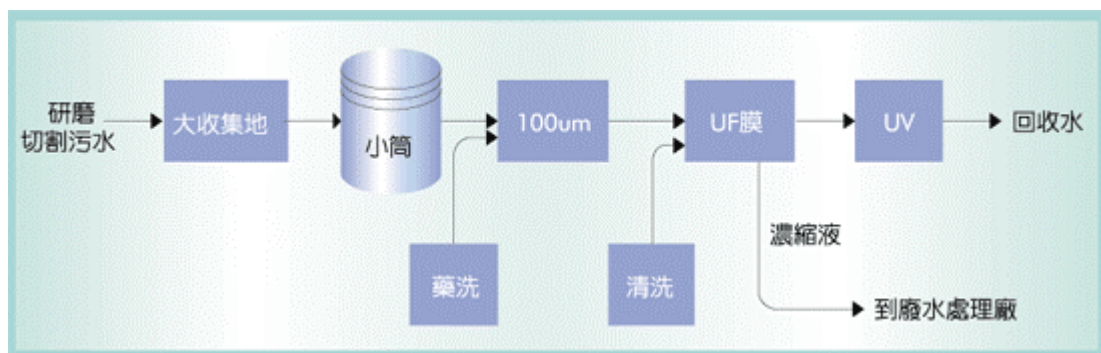
## 1. MF 動態膜回收技術介紹

MF 動態膜回收技術乃利用低壓泵(<3.5 kg/cm<sup>2</sup>)將廢水送入管狀之 MF 裝置, 在壓力作用下, 以 Cross-Flow 方式, 如下 MF 動態膜操作原理示意圖所示, 在特殊操作條件下, 將廢水中的微小固體顆粒沉積在 MF 濾膜內部的表面上, 沉積的固體層在運轉初期於膜管表面形成了一層動態過濾層(Dynamic Layer)。當此動態過濾膜形成後, 動態膜即能有效去除水中極微小之顆粒。經實廠操作驗證, 處理後的水質, 如表 1 所示, 較自來水佳, 可以直接作為工廠超純水系統的進水, 以取代所需之自來水。濃縮液被排到污泥脫水裝置進行脫水處理。MF 動態膜處理系統可不

添加化學藥品或僅添加少量化學藥品, 所產生之污泥體積遠低於傳統混凝處理方式。

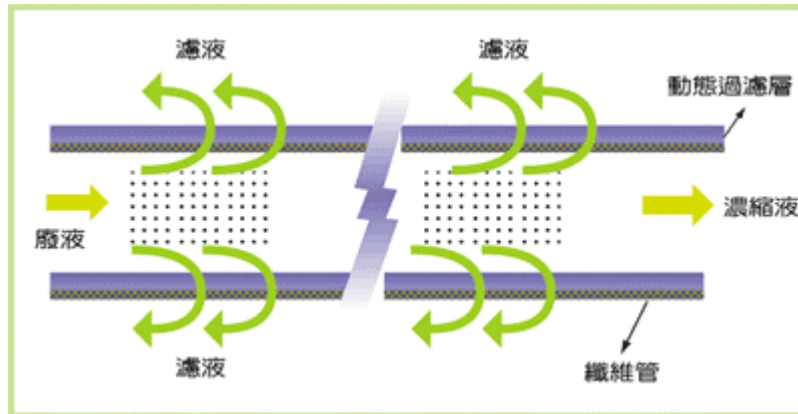
MF 動態膜回收系統之基本流程如圖 2 所示。晶圓研磨切割廢水至貯存槽後, 以重力流導至進料槽, 經一低壓泵浦將廢水送入微濾膜內, 過濾水通過動態過濾膜, 流到過濾槽後回收利用或再進一步後續處理。其餘濃縮液迴流到進料槽直至進料 SS 濃度達 1.5~2%時, 再將其抽到污泥脫水系統脫水。

當過濾水流量或進出流壓差或設定時間達設定值時, 即進行清洗(本 MF 系統必要時可用酸清洗), 清洗時將進料槽及 MF 管中濃縮液及 MF 管中之動態膜, 抽到污泥濃縮槽。清洗完成後, 系統進水, 進行 MF 膜管循環使其產生動態膜之後, 再進行回收處理之操作運轉。



▲ 圖 3 UF 膜晶圓研磨切割廢水回收處理流程圖

▼ 表 2 IC 封裝廠晶圓研磨切割之廢水回收系統成本分析表



## 2. UF 膜回收處理技術介紹

UF 膜廢水處理回收流程，如圖 3 所示。圖 3 中，晶圓研磨切割廢水先進入大收集池混合調勻之後，用泵打到小貯桶，再以大的壓縮泵將小貯桶中的廢水先經 100  $\mu\text{m}$  的袋濾機過濾之後，再通過 UF 膜將 0.03  $\mu\text{m}$  以上之懸浮顆粒濾除，過濾水 (permeate) 再經 UV 殺菌後，便直接排入回收桶。至於濃縮液(reject)則直接排到原有的廢水處理廠，經處理後再排放。

### 晶圓研磨切割廢水回收處理成本分析

表 2 為晶圓研磨切割廢水回收系統相關之設備先期投資及操作成本(Running Cost)分析情形。基本上，每噸水回收成本及設備先期投資會隨著處理量之增大而遞減，舉例來說，一個處理量為 400CMD 之 MF 動態膜回收系統，其先期設備投資約 2500 萬台幣，以報酬率 10%，攤提年限 10 年，則每噸處理水之攤提成本為 28 元左右，但是，若系統的處理量增為 2000CMD 時，則先期設備投資約為 5600 萬台幣，以同樣 10 年及 10%之攤提方式，則每噸處理水之攤提成本為 12 元，比 28 元整整減少了一倍以上。

本回收處理之操作維護費用，主要是電費、維護費、操作人員、人事費以及少量的藥品費。在正常的操作情況下，MF 膜大約每 5 年更換一次，由於這部份更換的費用非常昂貴，因此必須將它攤提到操作維護費用之中。根據成功運轉之案例，操作維護 Runnig Cost 約為 30 元左右。系統可回收處理水量之 80%。

表 3 及表 4 顯示部份位於世界各國，MF 動態膜成功回收晶圓研磨切割廢水之實績表，從表中我們可知，成功回收系統中，處理量最大的為 500CMD，相較

於加工區內大都上千 CMD 之研磨切割廢水，實屬小型規模，然而，由於處理膜大都屬於模組型系統，處理量之變大，並不會造成過多的差異性。

至於，UF 膜晶圓研磨切割回收系統與 MF 動態膜回收系統一樣，每噸回收水設備攤提成本，將隨著處理量之遞增而大幅遞減。系統之操作維護費用，除了電費之外，便是每年必須全部更換之 UF 膜費用。在正常之操作情況 UF 膜之壽命大約為 1 年，然而，若系統之設計不良，操作運轉條件設定不正確，將大大縮短 UF 膜之使用壽命，可能導致 3~6 個月便換一次膜，致使操作維護費用倍增，這點不得不特別加以留意。UF 膜回收系統可回收處理水量之 90%，其他相關資料可參考表 2。

## IC 電鍍廢水回收技術分析

IC 封裝自動化電鍍生產線包括三個主要製程：前處理、電鍍及後處理經過每一個製程處理後，為了確保導線架之潔淨及避免污染後續之製程槽，完全的洗滌便非常的重要。有效地洗滌是達到高品質電鍍的一個重要因子，因此洗滌的流程中，使用 3Mega 之純水以確保其潔淨的品質，然而用於洗滌之純水將受到酸及鋅、鉛、銅、鎳及鐵等重金屬的污染。這些廢水在傳統的廢水處理中，需要大量的鹽酸及氫氧化鈉加以中和及沉澱處理，處理的過程中會產生有害的重金屬污泥。

陰陽離子交換樹脂加上金屬離子電解設備等回收裝置，可用來回收 IC 封裝電鍍廢水；並且將這些純度大於 3Mega 之回收水直接用於電鍍之洗滌製程中。整個電鍍廢水回收系統流程，如圖 4 所示，其包括三個主要單元：陰陽離子交換樹脂塔，選擇金屬性離子清除裝置及電解裝置。

為了提升回收系統之功能及整合潔淨技術於生產製程中，整個電鍍生產線將加以修改並加入拖延洗滌(Drag-out-Rinse)裝置，這個裝置能夠在生產線上循環部份的洗滌水以重複使用它。經過一段期間後，拖延洗滌裝置中之洗滌水，將含有高濃度之重金屬，必須排入電解裝置中，電解回收金屬。電解裝置和電鍍原理相似，乃是將溶液中之金屬離子在不鋼的陰極吸出。從電解裝置及後處理之拖延洗滌裝置溢流出來之廢水，將被導入選擇性金屬離子清除裝置中。金屬離子清除裝置包括兩個串聯的陽離子塔，能夠去除廢水中的重金屬，以達到廢水排放標準，同時它也可用來處理離子交換塔之再生廢水。一段時間後，金屬離子清除裝置需要再生，其再生廢水也將導入電解槽中處理。

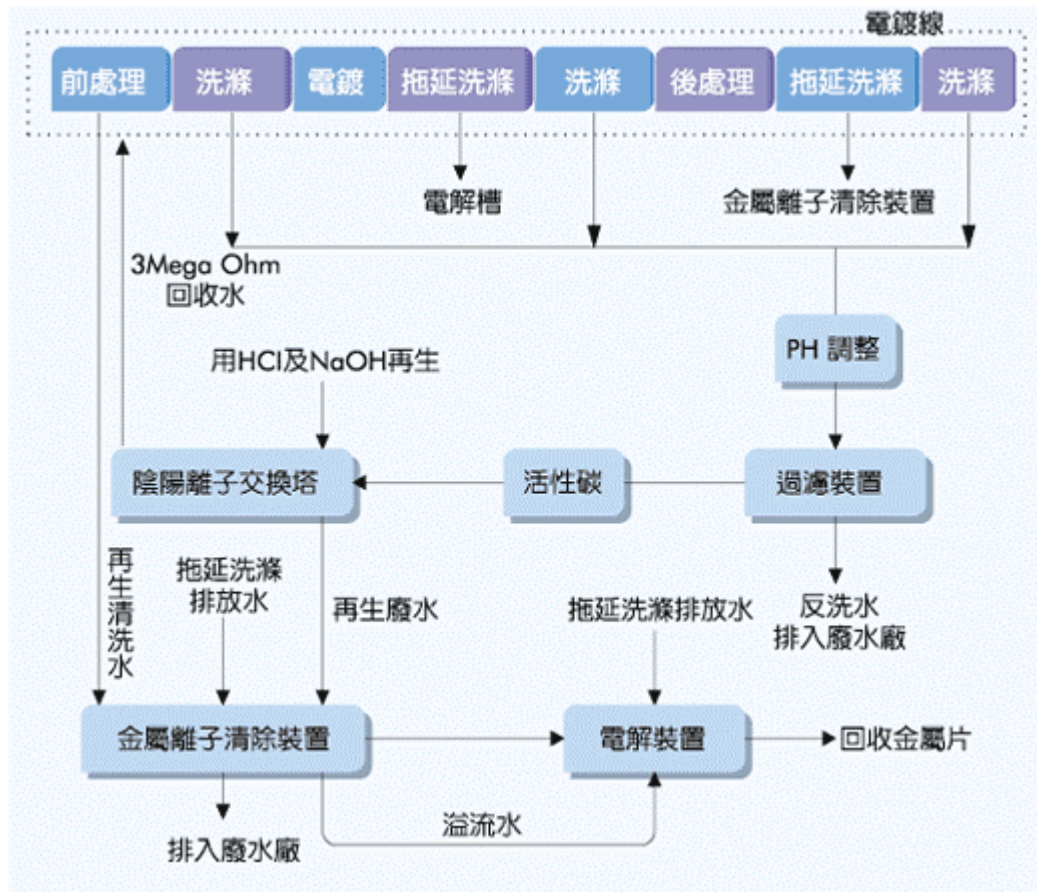


電鍍廢水回收系統中，還包括其他處理單元，例如 pH 調整單元、懸浮微粒過濾單元，以及吸附有機物的活性碳塔。經過回收系統處理有下列幾項特點：

- (1) 回收水質達 3Mega 以上，可直接作為洗滌用水之用。
- (2) 回收 96%之電鍍廢水。
- (3) 減少電鍍製程及純水系統鹽酸用量 96%以上。
- (4) 減少氫氧化鈉用量 14%以上。
- (5) 減少污泥量，並且將污泥無害化。

▼ 表 3 IC 封裝廠電鍍之廢水回收系統

回收系統名稱	離子交換回收系統
處理水量	500CMD
回收系統處理流程	200 $\mu$ m+IEX
先期投資(不含土建)	1600萬元
Running Cost(不含設備攤提)	25元/噸
設備攤提(10年，10%)	14元/噸
回收比例	處理水量之96%
處理水水質	可達3Mega以上
備註	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 離子交換樹脂每年補充5%~10%;5~7年全部更換。</li> <li>• 費用之估算以汙水之導電度小於400 <math>\mu</math>s/cm為準。</li> <li>• 設備包括金屬離子濃縮吸附系統及100ft<sup>2</sup>之電解回收系統。</li> </ul>



▲圖 4 IC 封裝電鍍廢水回收系統流程圖

## IC 電鍍廢水回收處理成本分析

表 3 為 IC 封裝電鍍廢水回收系統相關之設備先期投資及操作成本(Running Cost)分析情形。基本上，每噸水回收成本及設備先期投資也會隨著處理量之增大而遞減，但是幅度不大。一個處理量為 500 CMD 之 MF 動態膜回收系統，以廢水的導電度小於  $400 \mu\text{m}/\text{cm}$  為設計準則，且系統中包括金屬離子濃縮吸附設備及 100ft<sup>2</sup> 金屬離子電解回收設備，其先期設備總投資約 1600 萬台幣，以報酬率 10%，攤提年限 10 年，則每噸處理水之攤提成本為 14 元左右。而回收處理之操作維護費用，主要是電費、維護費、操作人員、人事費以及少量的藥品費。在正常的操作情況下，離子交換樹脂大約每年補充 5% 到 10%，每 5 到 7 全部更換一次，由於這部份更換的費用非常昂貴，因此必須將它攤提到操作維護費用之中。根據成功運轉之案例，操作維護 Runnig Cost 約為 25 元左右。系統可回收處理水量之 96%。電鍍廢水經過回收系統處理後，水質可達到 3 Mega 以上，可以直接作為電鍍製程用水。如此，一方面可以節省電鍍製程用水每噸約 30 元的製造費用，另一方面可以節省擴廠時，純水系統的再投資。甚具經濟效益。

## 結論與建議

封裝廠晶圓研磨切割廢水兩種現有成熟的薄膜回收技術，以 2000CMD 的大型回收系統而言，每噸水的處理成本約為 42 元，若是中小型回收系統，每噸水的處理成本則大於 50 元以上，以目前國內每噸 11 元的低水價政策，實為經濟不可行，待將來水價調漲，以及薄膜降價，才有可能有回收誘因。

至於，電鍍廢水部分，雖然經由離子交換回收系統處理，每噸水的處理成本約為 39 元。但是，因為其處理後之水質可以達到 3Mega 以上，可直接作為電鍍製程用水，而不需要再進一步處理。如此，一方面可以節省電鍍製程用水每噸約 30 元的製造費用，另一方面可以節省擴廠時，純水系統的再投資。甚具經濟效益。建議國內封裝廠可從電鍍廢水進行回收。

## 參考文獻

1. 工研院能資所，楠梓加工出口區推動區內事業最佳廢水回收計畫期末報告。
2. Amie G. Lai, O.L. Chau, Lyle Kirman, "Pollution Prevention By Wastewater Recycling in IC Packaging Firm".
3. Kinetico Company Brochure, " Semi-conductor Sites Recycling Kinetico & Epoc 撥 Proven Experience".
4. 李文亮、陳其華、錢中明、簡文宏，半導體業 CMP 廢水處理回收再利用實例介紹。

工研院能資所副研究員。

工研院能資所水資源室主任。

工研院能資所研究員。

工研院能資所副研究員。