

半導體業製程污染來源種類及特性 與 處理技術和設備單元設計概要

陳勝朗 編著

電：0912 250 780

2021.11.30

內容綱要

一. 半導體業定義	3
二. 國內半導體產業鍊現況	10
三. 產業鍊製程和原水純化處理	11
3.1. 產業鍊製程	11
3.2. 超純水(UPW)水質標準	15
3.3. 原水純化處理系統	19
3.4. 主設備單元設計概要	23
3.5. UPW 純化處理系統設計與 技術發展趨勢	42
四. 產業鍊製程污染來源與污染特性	49
4.1. 污染物種類及其來源	49
4.2. 污染特性	49
1). 廢水污染來源與污染特性	49
2). 廢氣污染來源與污染特性	67
五. 典型污染處理流程	71
5.1. 廢水處理流程	71
5.2. 廢氣處理流程	74
六. 污染廢水處理及回收技術與設備單元 設計概要	77
6.1. 廢水處理及回收技術與 設備單元設計概要	77
1). 預處理技術	78
2). 化學處理技術	88
3). 後續處理技術	96
4). 廢水處理設施常見問題	100
6.2. 廢氣處理技術與設備單元 設計概要	101
1). 空氣污染物收集系統	101
2). 廢氣處理系統	107

3). 酸廢氣濕式洗滌技術	110
4). 特殊毒性氣體控制技術	110
七. 典範-台積電製程廢水回收實務	115
7.1. 廢水源類別	115
7.2. 廢水處理及回收系統流程	120
1). 機台廢水—管路分流	122
2). CMP/CuCMP 製程(含銅) 機械研磨廢水處理系統	123
3). CCR/BWRO 含銅製程機械 研磨廢水回收系統	124
4). 含氮含氟廢水二段分離 回收處理系統(HFDR)	125
5). 機台廢氣洗滌塔廢水回收 處理系統(LSR)	126
6). 水回收再處理系統— 資源活化	127
7). 水資源管理監控	130
8). 廢水處理後放流水生物 急毒性目標	133
八. 廠內管理與製程減廢	136
8.1. 廠內管理	137
1). 原料管理	137
2). 廢水分流	137
3). 人員的訓練	137
8.2. 製程減廢	137
1). 合理用水	137
2). 回收再利用或循環使用	137
參考文獻	139
編者簡歷	140

一. 半導體產業概要

半導體產業主要區分為：

1. 材料（矽品棒）製造業
2. 積體電路(IC)晶圓製造業
3. 積體電路(IC)晶圓封(構)裝業

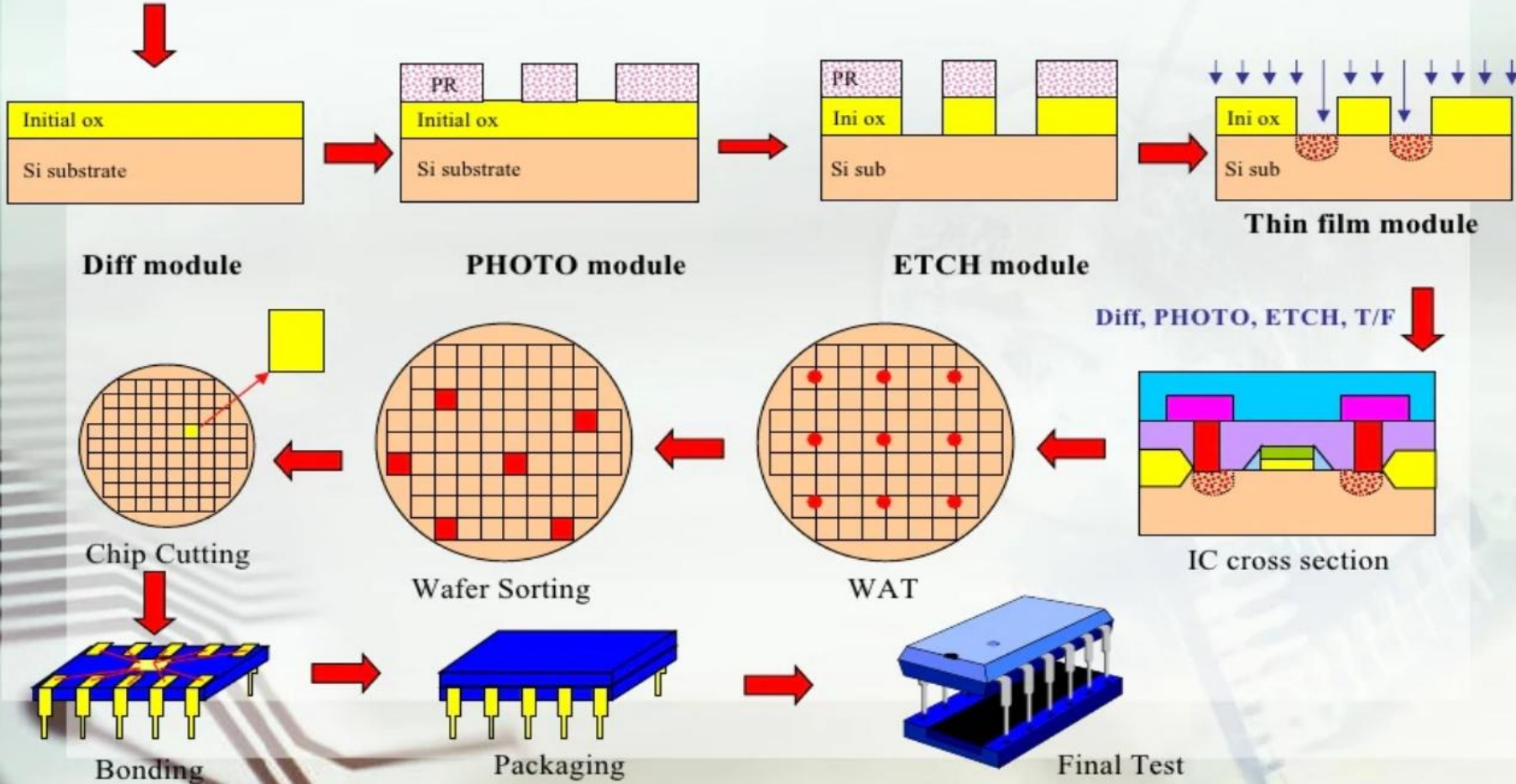
三大類，範圍甚廣，目前國內半導體產業包括了後二項。

半導體製造業以從事：拉晶、晶柱生長、切割、研磨、拋光、蝕刻、清潔等為(IC)晶圓製造業，

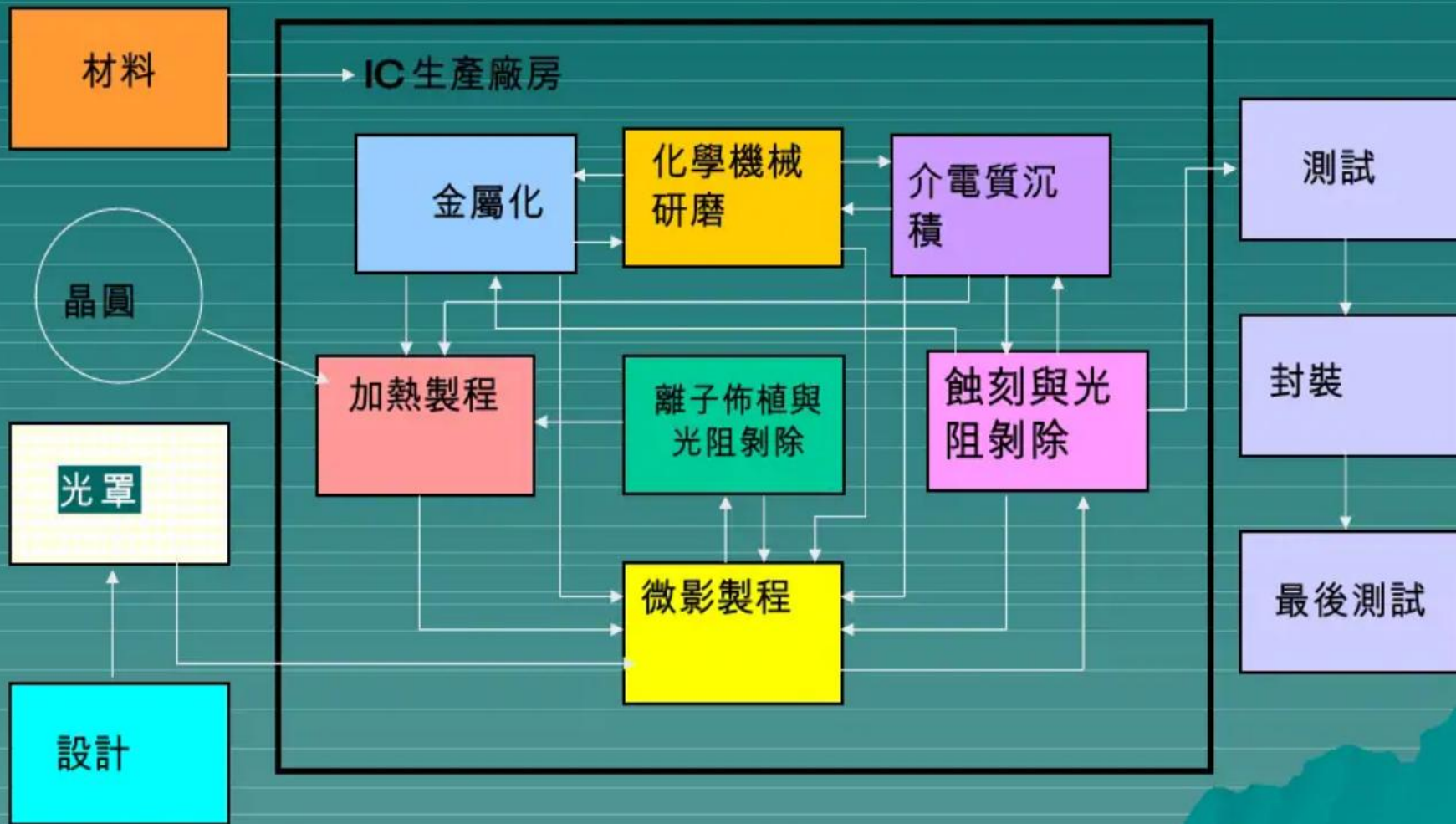
或以氧化、微影、蝕刻、摻配、氣象沉積 磊晶、蒸鍍、濺鍍等為(IC)晶圓封裝業。

半導體製程簡介

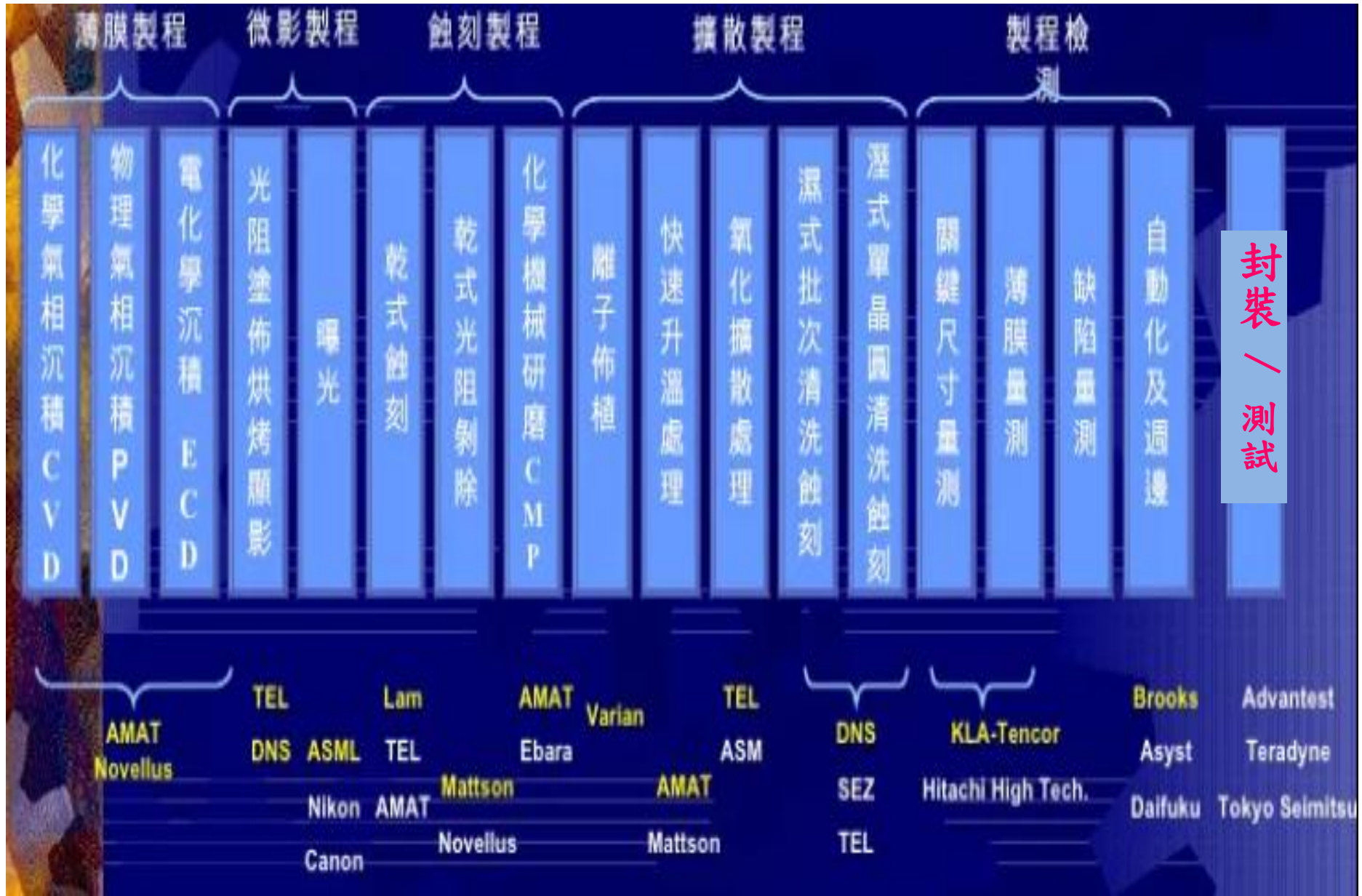
Manufacturing Steps:
6~8 weeks involve **350-step**



晶圓製程流程圖



半導體晶圓製造主要流程

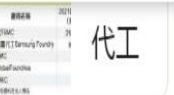


(白峻榮 經理 台積電公司)

半導體製程機台介紹



半導體晶圓製造設備類型



晶圓自動光學檢測設備
utechzone.com.tw



今周刊- 舊設備挖出新商機台八吋晶圓...
businessstoday.com.tw



晶圓設備全球支出估連4年成長陸扮推手 | 半導...
news.tvbs.com.tw



KINGYOUP 晶圓暫時貼合...
kingyoup.com



**為300mm晶圓
CMP設備**



佳利揚科技股份有限公司-...



Hirata



電子束晶圓缺陷檢測設備- 國立陽明交通...
1



力鼎精密股份有限公司- 物理氣相沉積(濺鍍)(PVD、...
8



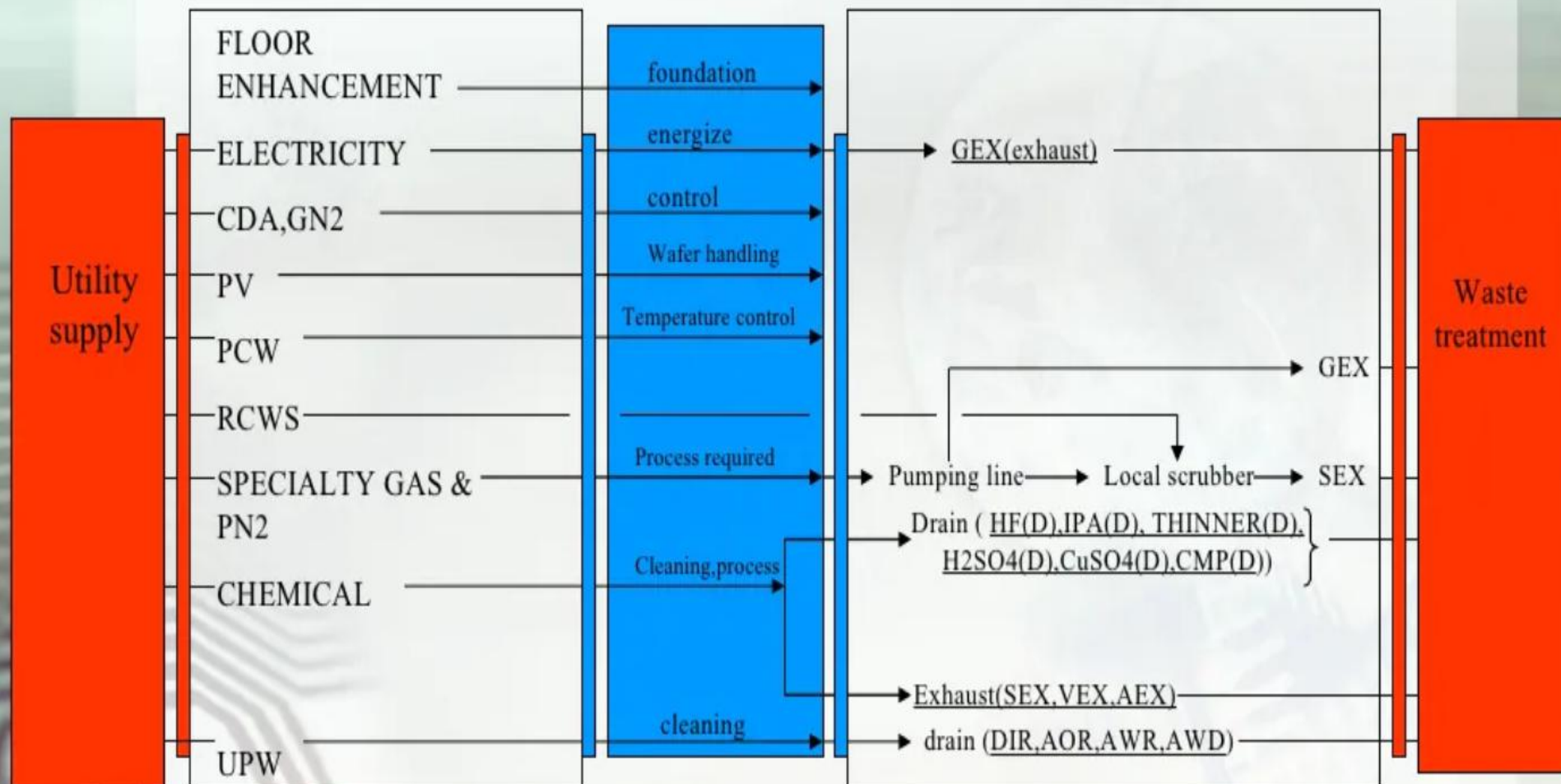
台灣精品Taiwan Excell...

裝機工程介紹

➤ HOOKUP 與 TOOL 關係圖

— : 設備連接點

— : 廠務預留連接點



二. 國內半導體產業鍊現況

IC設計	晶片組	威盛、矽統	記憶體	矽成、台晶、鈺創、吉聯
	網路晶片	瑞昱、民生、聯傑、大智	消費性IC	松翰、通泰、一華、太欣
	顯示器IC	聯詠、凌陽、晶磊、聯陽	週邊	偉詮、合邦、義隆、智原、聯發科
晶圓	矽晶圓	中德、漢磊、台灣信越、台灣小松、中美矽晶		
	磊晶圓	漢磊、統懋、強茂、台半、大同、中美矽晶		
光罩	台灣光罩、台積電、聯電			
電晶體、二極體	麗正、華昕電、台灣半導體、中美矽晶、漢磊、統懋、強茂			
IC化學品	台硝、永光、長興、南亞、聯亞氣體			
IC製造	晶圓代工	台積電、聯電、世界先進	矽磊代工	漢磊、統懋
	IDM及混合廠	華邦、旺宏、茂矽	類比IC	漢磊、立生、漢陽
	記憶體製造	南亞科技華亞、茂德、華邦、力晶		
導線架	順德、佳茂、旭龍、中信、慶豐	金線		致茂
IC封裝	日月光、矽品、華泰、菱生、華特、矽豐、立衛、超豐電子、南茂科技、上寶			
IC測試	矽品、華泰、菱生、矽豐、立衛、力成科技、聯測科技、泰林科技、南茂科技			
IC銷售	友尚、世平、奇普仕、品佳			

三. 產業鍊製程流程和原水純化處理

3.1. 產業鍊製程流程

從矽晶石原料提煉矽多晶體(polycrystalline silicon)直到晶圓(wafer)產出，此為半導體之上游產業。此類矽晶片再經過研磨加工及多次磊晶爐(Epitaxial reactor)可製成研磨晶圓成長成為磊晶晶圓其用途更為特殊，且附加價值極高

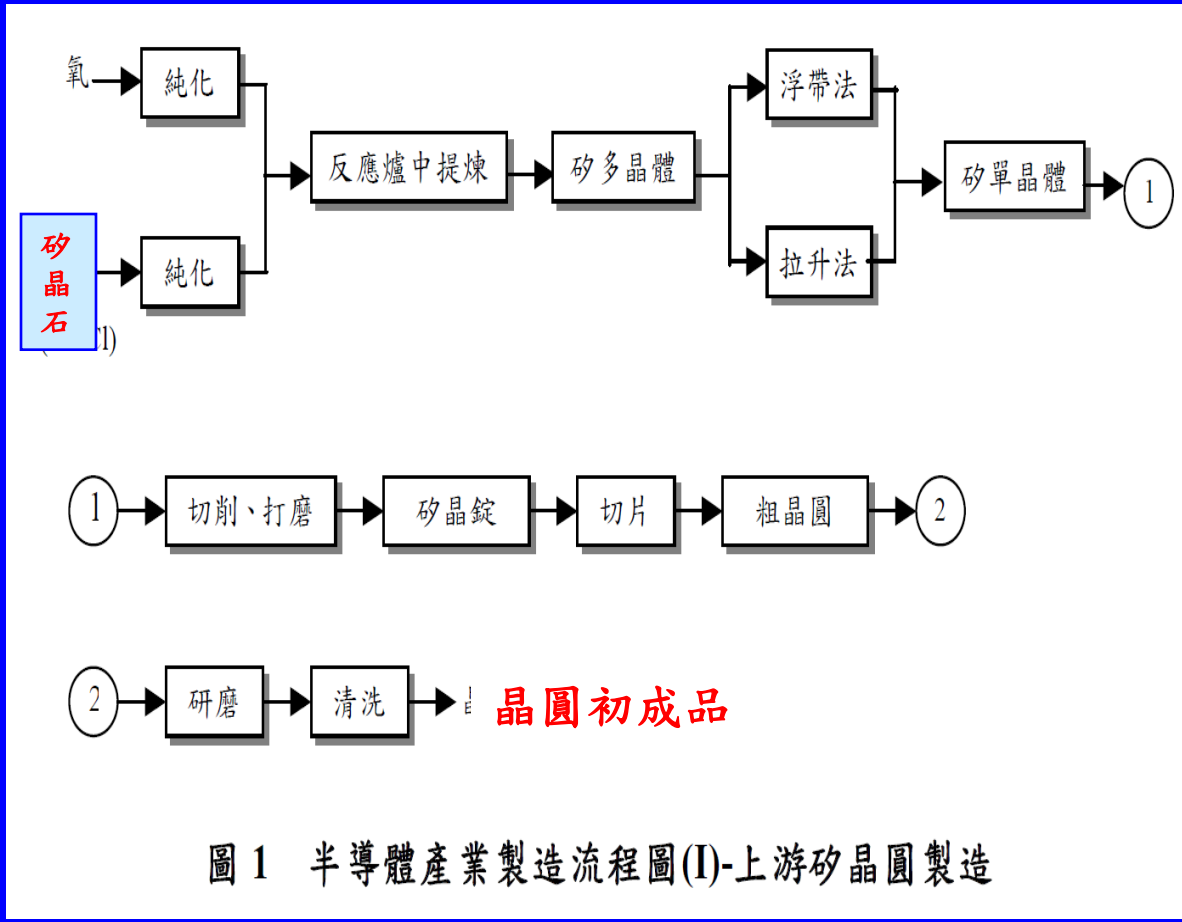


圖 1 半導體產業製造流程圖(I)-上游矽晶圓製造

3.1. 製程介紹(續)

其次晶圓之體積電路製造，則由各種規格晶圓，經由電路設計、光罩設計、蝕刻、擴散等製程，生產各種用途之晶圓，此為中游產業

製程過程需經由多次清洗作業

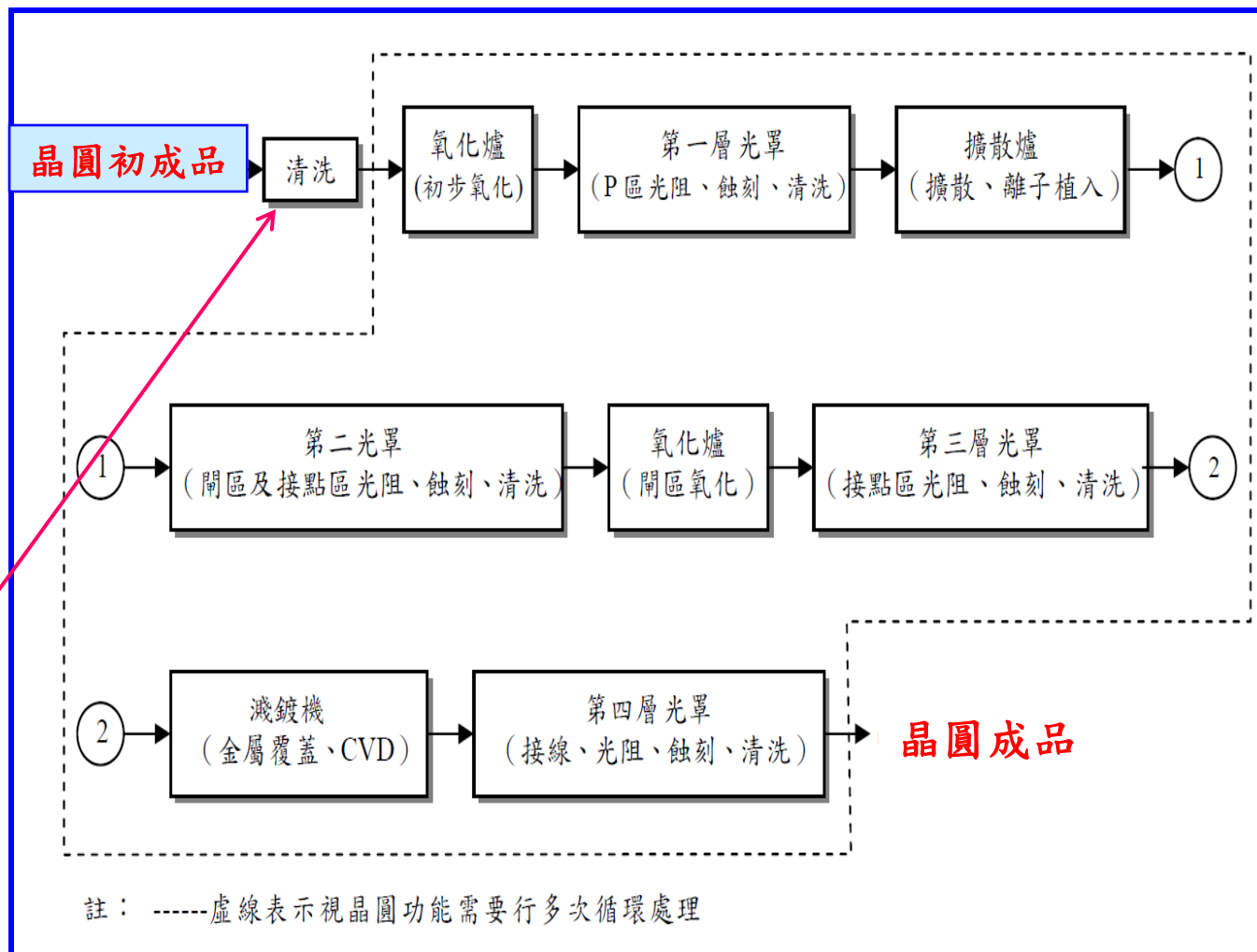


圖 2 半導體產業製造流程圖(II)-中游積體電路製程

3.1. 製程介紹(續)

晶圓切割、構裝業係將製造完成的晶圓，切割成片狀的晶粒(dice)，再經焊接、電鍍、包裝及測試後即為半導體電子成品，此為下游產業

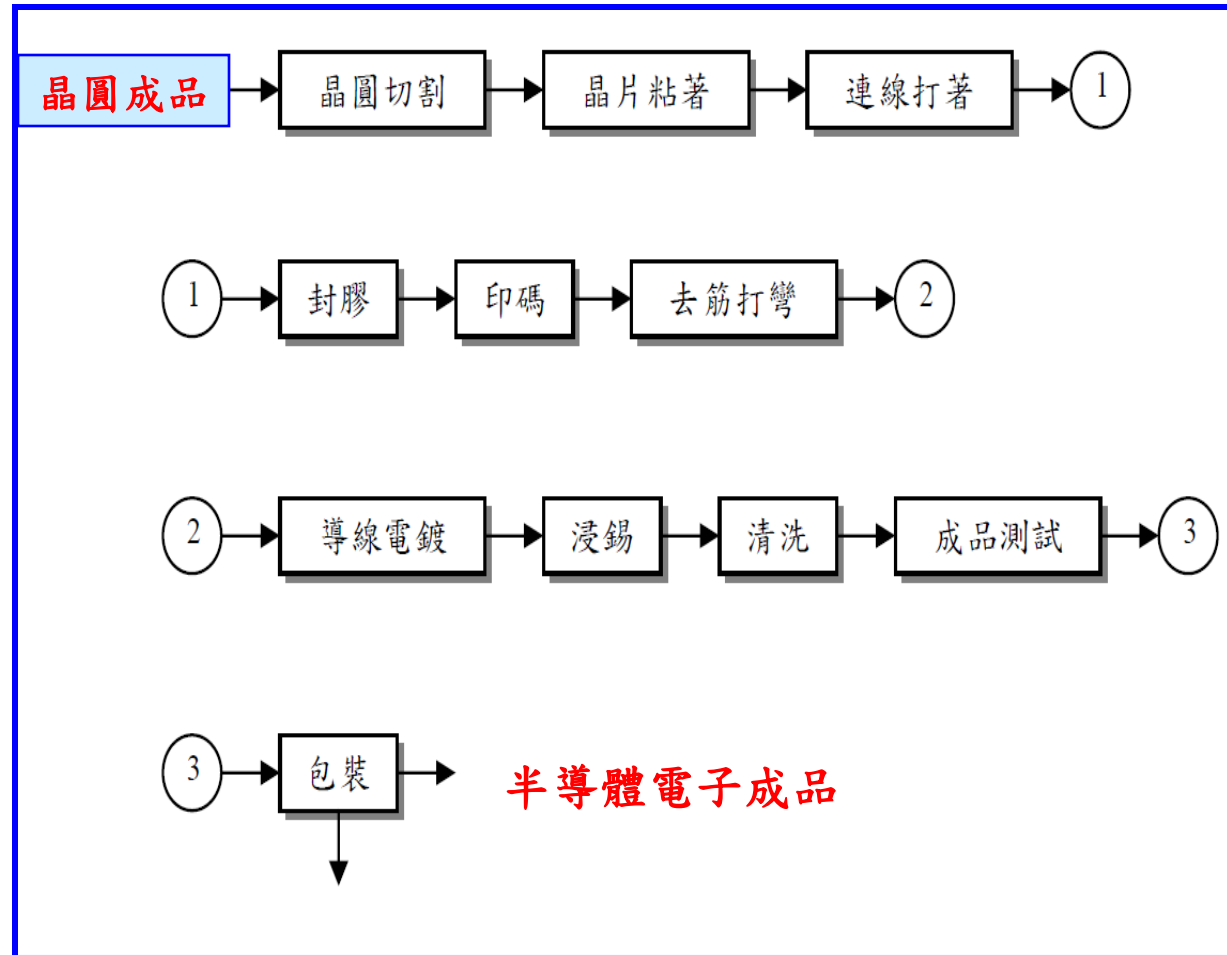


圖 3 半導體產業製造流程圖(III)-下游IC 片封裝製程

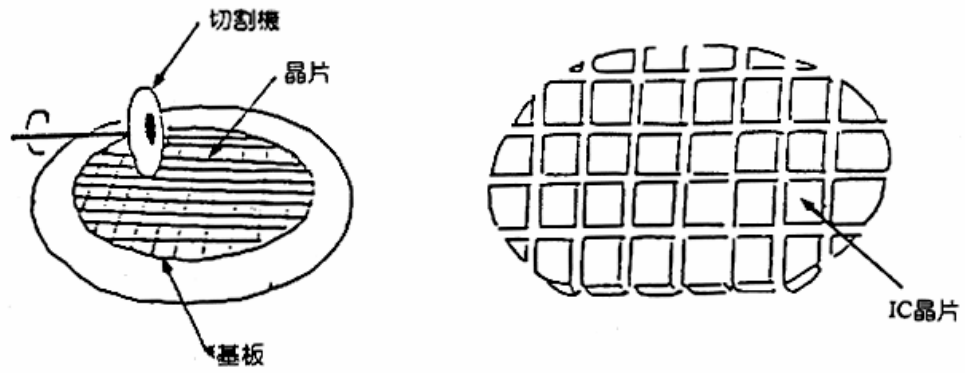


圖 4 晶圓成品之切割程序

3.2. 超純水(UPW)水質標準

原水(自來水)水質標準

成份名稱 / 組成	單位	原水水質
酸鹼度	pH 值	7.0~7.6
電導度 (Conductivity)	uS/cm	240~370
鈣離子 (Calcium ion , Ca^{2+})	ppm as CaCO_3	80~90
鎂離子 (Magnesium ion , Mg^{2+})	"	30~35
鈉離子 (Sodium ion , Na^+)	"	20~60*
鉀離子 (Potassium ion , K^+)	"	2.4~3.6
總陽離子濃度 (Total Cation)	"	132~189
碳酸根 (Carbonate , CO_3^{2-})	"	70~90
硫酸根 (Sulfate , SO_4^{2-})	"	45~64
氯離子 (Chloride , Cl^-)	"	16~33
硝酸根 (Nitrate , NO_3^-)	"	< 2.0
總陰離子濃度 (Total Anion)	"	132~189
鐵離子 (Iron ion , Fe^{x+})	ppm	0.05~0.5
錳離子 (Manganese ion , Mn^{x+})	ppm	< 0.02
總矽量 (Total Silica , SiO_2)	ppm	5.0~10.0**
溶解二氧化碳 (Dissolved CO_2)	ppm	9.8~12.6**
氯氣, 臭氧 (Cl_2 , O_3 etc.)	ppm	0.2~1.2
總有機碳含量 (Total Organic Carbon , TOC)	ppm	1.1~2.5
污泥指數 (Slit Density Index , SDI)		6.0~6.7
溫度 (Temperature)	$^{\circ}\text{C}$	15~27

* 計算值, 為了離子之平衡 (calculated value for ion equilibrium)

** 假設值 (assumed values)

以上因素會隨著季節變化, 如豐水期、枯水期、梅雨季、颱風天...等, 而有顯著之差異。

3. 2. 超純水水質標準 (續)

超純水(UPW)在半導體行業被廣泛使用：這行業要求UPW品質的最高等級。通常一座工廠需約 2 MGD 或 5500 m³/天的速度使用超純水。

UPW 的主要和最關鍵的應用是在創建積體電路的基礎 (晶體) 時，供為前端清潔工具。用作清潔和蝕刻劑時，必須從水中去除可能導致產品污染或影響工藝效率 (如蝕刻率) 的雜質。在化學機械拋光過程中，除了試劑和磨料顆粒外，也需使用。

超純水(UPW) quality standards for use in the semiconductor industry

Test Parameter	Advanced Semiconductor UPW
<u>Resistivity</u> (25 °C)	>18.18 MΩ·cm
<u>Total Organic Carbon</u> (on-line for <10 ppb)	<1 µg/L
On-line dissolved oxygen	10 µg/L
On-line particles (>0.05 µm)	<200 particles/L
Non-Volatile Residue	0.1 µg/L
Silica (total and dissolved)	0.5 µg/L
Metals/Boron (by <u>ICP/MS</u>)	
22 Most common elements Ions (by <u>IC</u>)	<0.001-0.01 µg/L
7 Major Anions and ammonium	0.05 µg/L
Microbiological	
Bacteria	<1 <u>CFU</u> /100 mL

美國 ASTM D5127- - 13(2018)電子及半導體產品業用純水水質要求

參數 Parameter	TypeE-1	TypeE-1.1	TypeE-1.2	TypeE-1.3	TyPeE-2	TyPeE-3	TyPeE-4
線寬 (μm) Linewidth	1.0-0.5	0.35-0.25	0.18-0.09	0.065-0.032	5 -1	>5	-
電阻率 Resistivity, 25°C (On-line)	18.1	18.2	18.2	18.2	16.5	12	0.5
熱源 (EU/ml)	0.03	0.03	0.03		0.25	-	-
TOC ($\mu\text{g/L}$) (on-line for <10 ppb)	5	2	1	1	50	300	1000
溶解氧 DO ($\mu\text{g/L}$) On-line	25	10	3	10	-	-	-
蒸發殘渣 ($\mu\text{g/L}$) On-Line	1	0.5	0.1		-	-	-
微粒 (μm) (micron range)							
0.1-0.2	1000	1000	200				
0.2-0.5	500	500	100		3000		
0.5-1.0	50	50	1			10000	
10	-	-	-				100000
細菌 CFU/Volume 100ml Sample	5	3	1	N/A	10	50	100
總矽 Silica - ($\mu\text{g/L}$)	5	3	1	0.5	10	50	1000
溶解矽 ($\mu\text{g/L}$)	3	1	0.5	0.5	-	-	-
離子 ($\mu\text{g/L}$)							
NH4 Ammonium	0.1	0.1	0.05	0.05	-	-	
Br Bromide	0.1	0.05	0.02	0.05	-	-	
Cl Chloride	0.1	0.05	0.02	0.05	1	10	1000
F Fluoride	0.1	0.05	0.03	0.05	-	-	-
N03 Nitrate	0.1	0.05	0.02	0.05	1	5	500

不同晶圓(DRAM)線距與超純水水質規格要求

DRAM 線距 規格(1998.---- Ver 1, 1999.---- Ver 2, 2000.---- Ver 3, 2010.---- Ver 4)

密集度(Integration Grade) dDRAM 256K 1M 4M 16M 64M 256M 1G 4G 16G

設計參數(Design Rule Parameters) 1.5um 1.2um .8um .5um .35um .25um .13um 65nm 32nm

DRAM 線距 vs. 水質之規格

密集度(Integration Grade)	DRAM	256K	1M	4M	16M	64M	256M	1G(Est.)	Analytical Method
設計參數(Design Rule Parameters)	um	1.5~2.0	1.0~1.2	0.3~0.5		0.13~0.25			SEM/TEM
成份名稱/組成	單位	超純水水質							
水阻值(Resistivity, at 25°C)	Mohm.cm	>18	>18	>18.1	>18.1	>18.2	>18.2	>18.2	Resistivity Meter
微粒子粒徑(Particle size)	um	0.1	0.1	0.08	0.05	0.05	0.05	0.05	Particle Counter cr.
微粒子數目(Particle No.)	pcs/mL	<50	<10	<10	<10	<10	<1	<1	Filtration SEM
細菌(Live Bacteria)	CFU/L	<50	<10	<5	<3	<1	<1	<1	Filter. Cultivation
總有機碳含量(TOC)	ppb	<50	<30	<10	<5	<3	<1	<0.5	TOC Analyzer
總矽量(Total Silica, SiO2)	ppb	<10	<10	<5	<3	<1	<0.5	<0.1	Ion Chromatography
溶氧量(Dissolved Oxygen, O2)	ppb	<100	<50	<20	<10	<5	<2	<1	DO Meter
鈉離子(Sodium ion, Na+)	ppt	<1000	<500	<100	<50	<10	<5	<3	IC/HR-ICPMS
鉀離子(Potassium ion, K+)	ppt	<1000	<500	<100	<50	<10	<5	<3	IC/HR-ICPMS
氯離子(Chloride, Cl-)	ppt	<1000	<500	<100	<50	<10	<5	<3	IC/HR-ICPMS

ULSI & LCD 製程超純水水質要求

(工業污染防治第107期, 2008.07, 莊順興、柯貴城、歐陽崎暉)

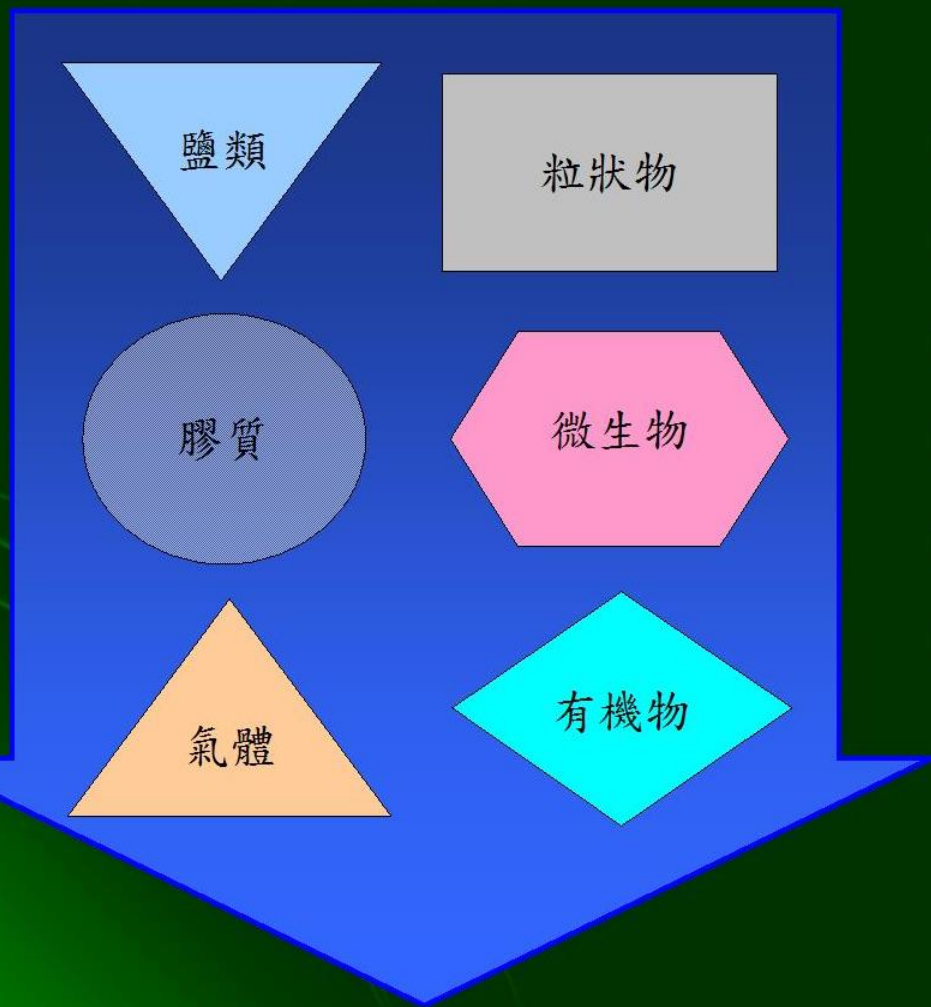
電阻：理論超純水 18.24MΩ.cm at 25°C

水質項目	ULSI 製程					LCD 製程
	1Mb	4~16Mb	16~64Mb	64~256Mb	256Mb~1Gb	
電阻 (MΩ.cm)	17.5~1.0	>18.0	>18.1	>18.2	>18.2	>18.0
微粒子 (個/ml)	0.1um	10~208	<5	-	-	<1
	0.05um	-	<10	<5	<1	-
	0.03um	-	-	-	<10	<5
生菌數 (cfu/L)	10~50	<10	<1	<0.5	<0.1	<10
TOC (µg/L)	30~50	<10	<5	<2	<1	<20
溶氧 (µg/L)	30~50	<50	<10	<5	<1	<50
矽 (µg/L)	5	<1	<1	<0.5	<0.1	<1
重金屬 (ng/L)	100~500	<100	<10~50	<5	<1	<100
陰離子 (ng/L)	100~500	<100	<50	<5	<1~2	<100

3.3. 原水純化處理系統

原水純(淨)化處理主要要求

依處理的型態分為六大類：



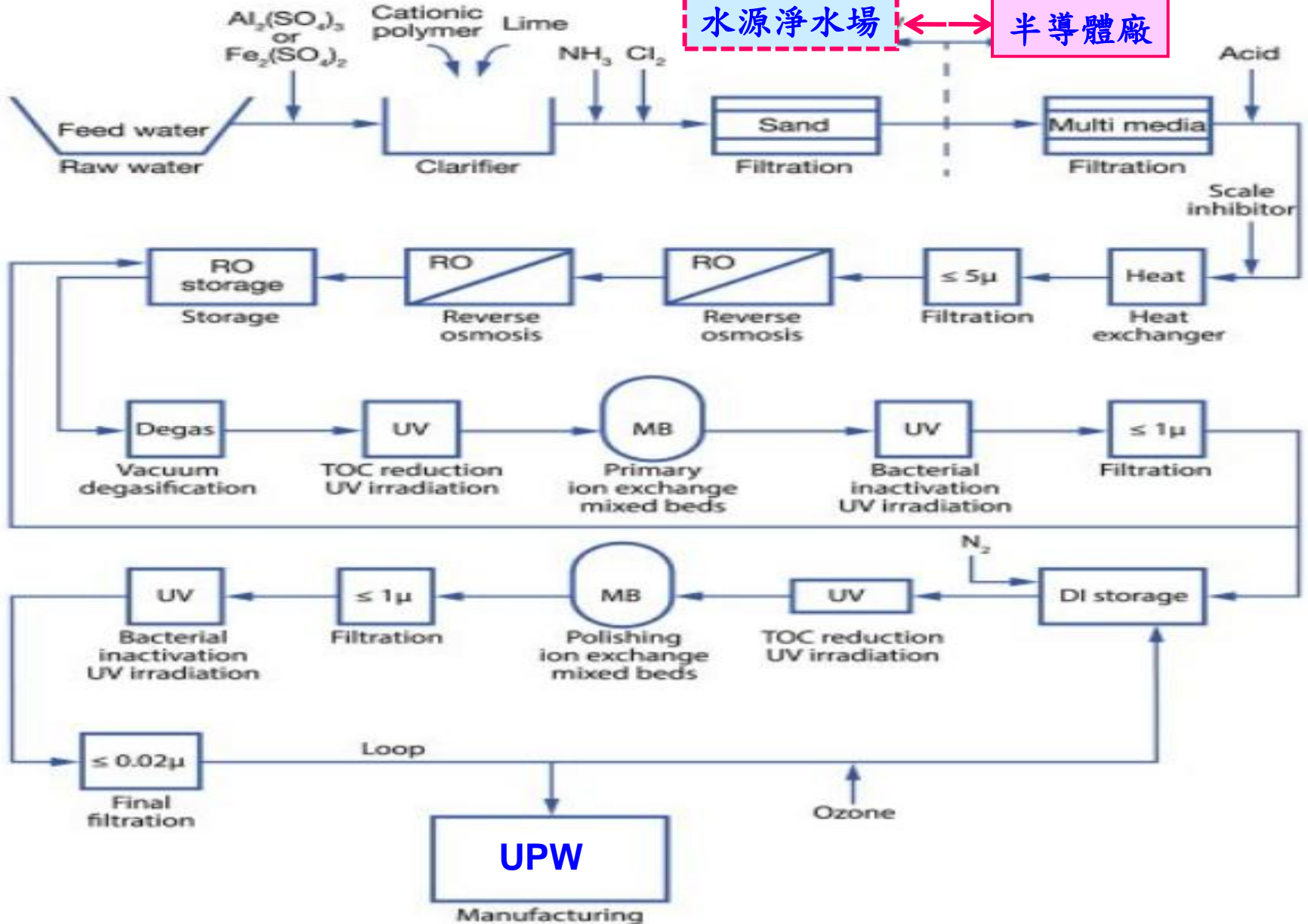
- (1). 鹽類 (Salts)
- (2). 粒狀物 (Particles)
- (3). 膠質 (Colloids)
- (4). 微生物 (Micro-Organisms)
- (5). 氣體 (Gases)
- (6). 有機物 (Organic Materials)

UPW(ultra pure water): 超純水

典型原水純(淨)化處理設計流程

水源淨水場

半導體廠



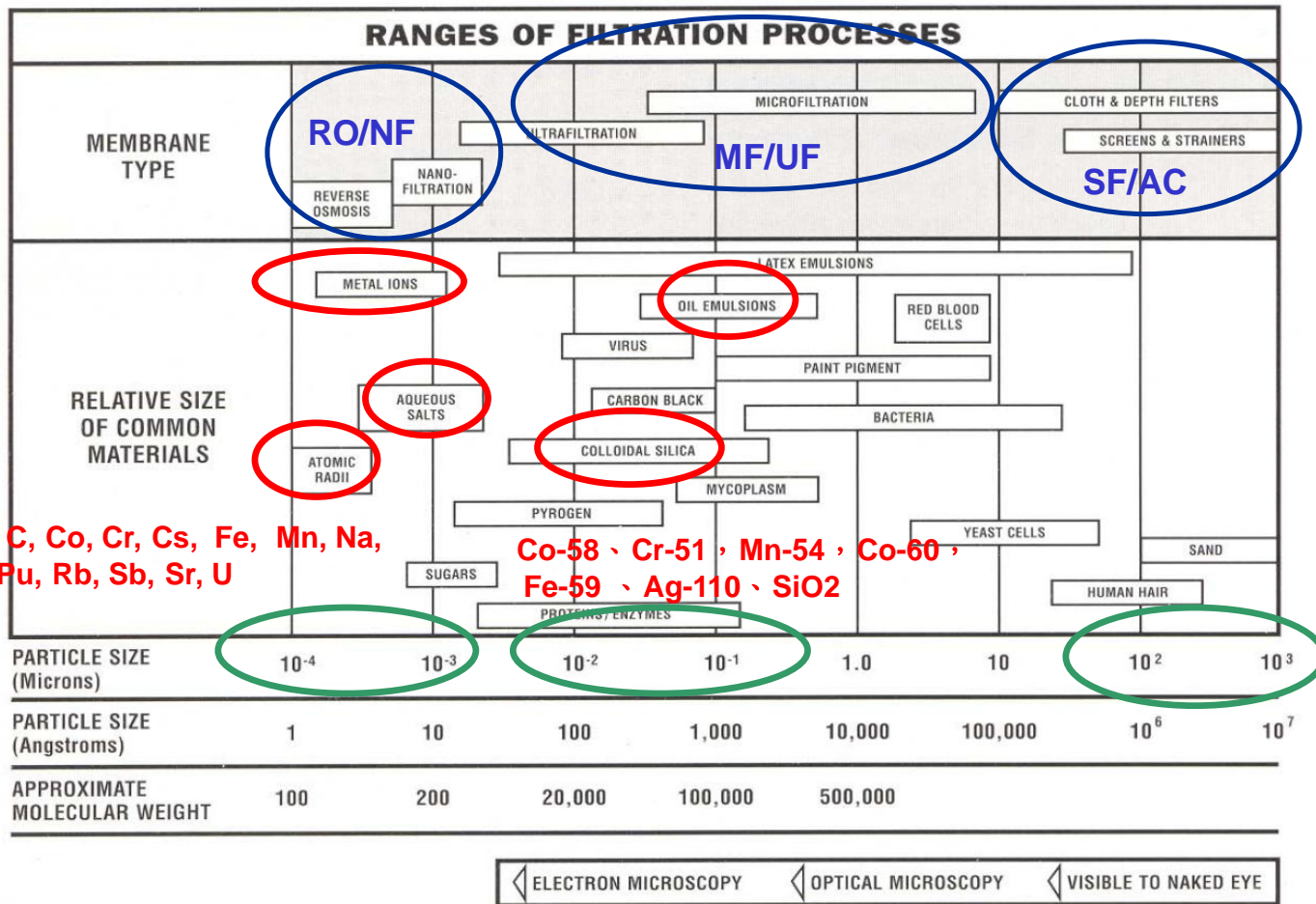
UPW water system process flow abstracted from Sematech guidelines

各淨化模組之功能

各類雜質之去除方式各有不同，而處理每類雜質之設備效率也有所差異，甚至會有負面效果產生，以下介紹在水處理設備中常見之模組及其功能：

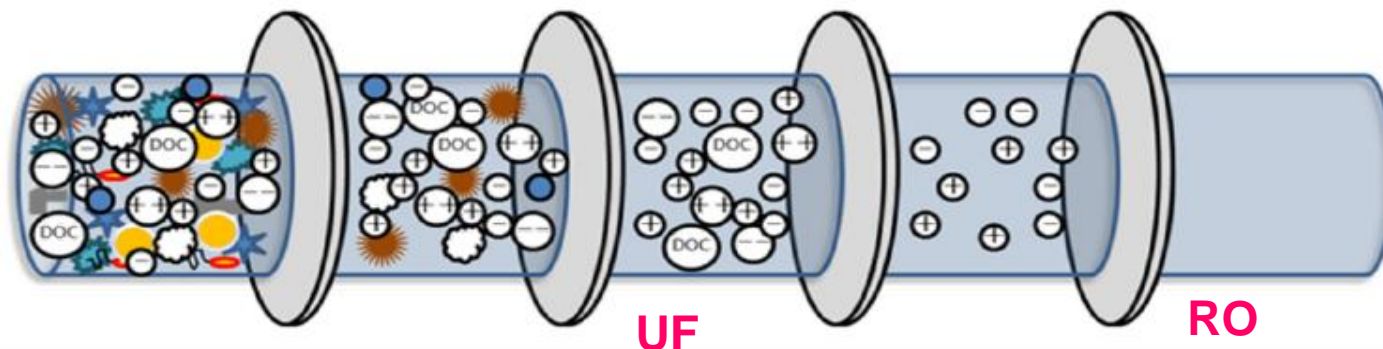
- 1). 沉降與凝聚(Sedimentation & Flocculation)：SF、MMF...etc. 深度型過濾器(Depth Filter)。
- 2). 去離子化(De-ionization, DI)：陰、陽離子交換樹脂塔。
- 3). 脫氣(De-gasification)：De-carbonator、N₂DG、VDG、Catalysis De-Oxygen。
- 4). 過濾技術(Filtration Technology)：全量過濾(Dead End Filtration) --
- 各種濾心 Filter 及交流過濾(Cross-Flow Filtration) --- MF、UF、NF、RO。
- 5). 殺菌(Sterilization)：加熱煮沸、紫外線照射、UF、化學處理法添加臭氧、雙氧水、氯及其它化合物等。

3.4. 主設備單元設計概要



薄膜分離技術

□ 以薄膜的孔徑分類：



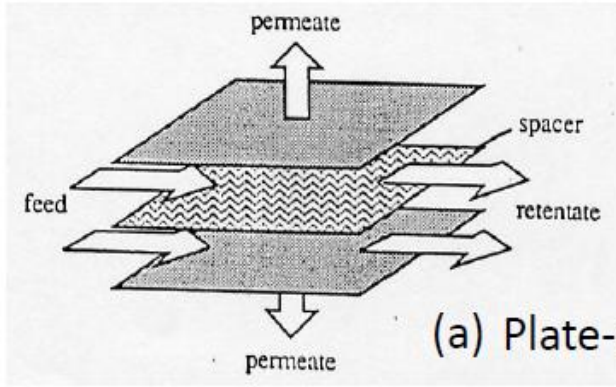
Membrane Technology:	Microfiltration > 0,2 mm	Ultrafiltration 0,1 - 0,01 mm	Nanofiltration 0,01 - 0,001 mm	Reverse Osmosis < 0,001 mm	
Retained Water ingredients:	zooplankton algae turbidity bacteria Suspended particles	macromolekules viruses colloids	Organic compounds Multi valent ions	Monovalent ions	
	Needed pressure difference:	0,2 - 3 bar	0,5 - 5 bar	5 - 10 bar	10 - 150

Molecular weight cur-off, MWCO

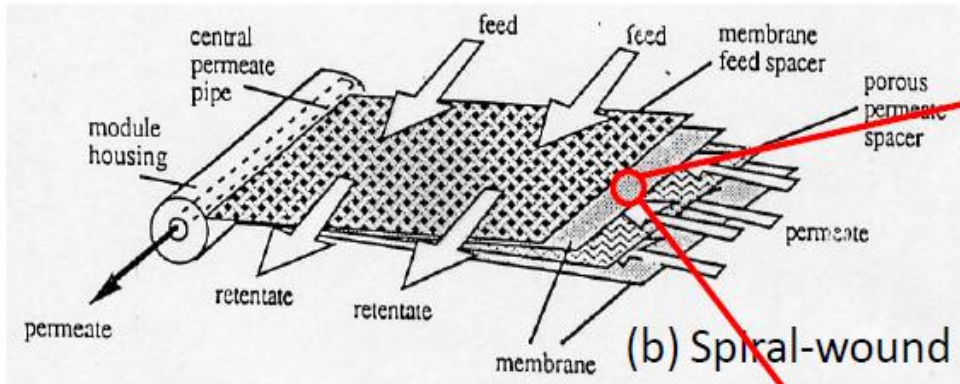


薄膜分離技術

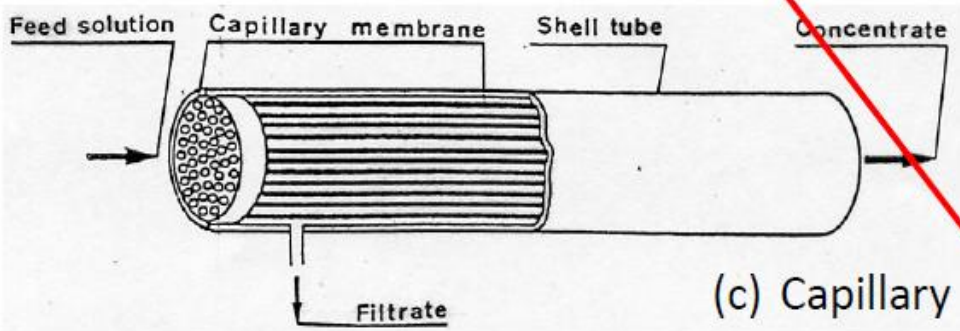
□ 以薄膜的模組型狀(geometry)分類：



(a) Plate-and-frame

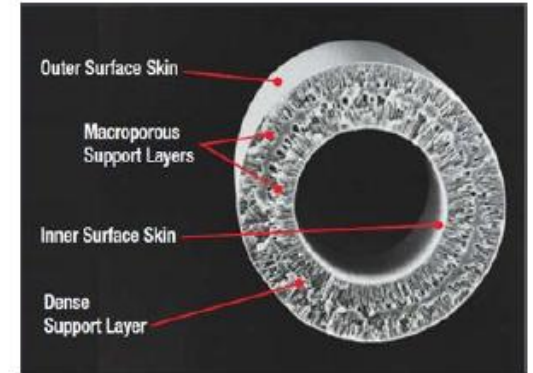


(b) Spiral-wound

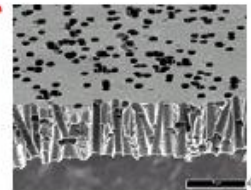


(c) Capillary

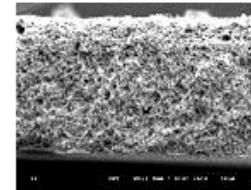
□ 薄膜的微觀型態(morphology)：



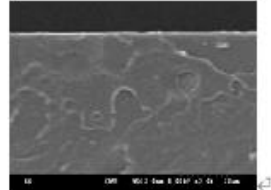
Symmetric structures[□]



Cylindrical pores[□]

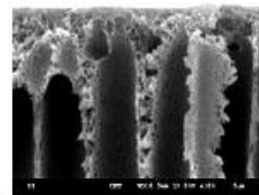


Porous[□]

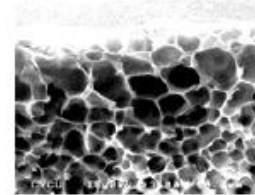


Dense[□]

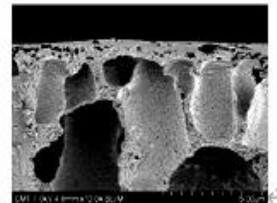
Asymmetric structures[□]



Finger-like[□]



Sponge-like[□]



Composite[□]

RO 進水水質特性對應前處理需求

1. SS → 前處理MF/UF
2. 有機物 → 生物單元+UF、MBR、抑菌劑
3. 硬度(鹼度)過高 → 軟水、進流調酸、抗垢劑
4. 菌數過高 → 漂水+亞硫、UV、抑菌劑
5. 除硼 → 調鹼、後處理樹脂
6. Silica → 混沉、電混、分散劑、調鹼
7. 金屬離子 → 混沉、分散劑
8. 尿素 → 生物單元，後處理化學氧化
9. …etc.

RO 進水水質及指標特性

□ 有機物

1. 化學需氧量, COD, 包含生物可分解及不可分解之有機物含量
2. 生化需氧量, BOD, 生物可分解之有機物含量
3. 總有機碳, TOC, 與有機物結合的碳總量, 一般天然水體有機物真實含量約為COD的3倍
4. RO 針對分子量 > 100 之有機物去除率 $\geq 99\%$
5. 一般限值:
 - A. COD ≤ 8 ppm (< 15 ppm, 30 ? 50 ? 100 ?)
 - B. BOD ≤ 5 ppm
 - C. TOC ≤ 3 ppm

□ 導電度, Conductivity

1. 水質預判
2. 水中帶電離子(溶解性無機鹽類)導電性的總合
3. 25°C 下理論純水導電度 = $0.055 \mu\text{S}/\text{cm} = 18.2 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$

□ 總溶解固體物, TDS

1. 水質預判
2. 水中除溶解性氣體外所有溶解物質的總合
3. 測定方式: 水樣過濾後以 103 ~ 105°C 蒸乾至恆重 (高溫損失: 有機物分解、 $2\text{HCO}_3 \rightarrow \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2(\text{g})$)
4. 承2., 可進一步以 600°C 灼燒以求得有機物含量及真實含鹽量(即溶解性無機鹽類)
5. TDS, ppm / Cond., $\mu\text{S}/\text{cm} \doteq 0.5 \sim 0.9$
含鹽量 = 陰離子 + 陽離子 \doteq TDS - Silica

□ 濁度, Turbidity

1. 水質預判
2. 來源包含非溶解性微細顆粒、坭粒、有機物、微生物...etc.
3. 可針對固定水源建立「濁度, NTU : SS, mg/L」比例曲線
4. 一般RO限值 < 1.0 NTU

RO 進水水質及指標特性(續)

□ 污泥密度指數, SDI

1. 膜阻塞重點評估指標
2. 定壓下以0.45 μM 過濾水樣，於不同時間差下所得固定水量所需時間之差異百分比
3. 做為RO進流之理想限值：SDI < 3

$$\text{SDI}_T = \%P30 / T = (1-t_i/t_f)*100 / T$$

%P30 : 阻塞因子，%@30 psi進流壓力

T : 總過濾時間，5/10/15 mins

t_i : 初始過濾收集500 ml水量所需之時間

t_f : 持續過濾T時間後(含 t_i)，重新計算收集500 ml水量所需之時間

- 以SDI15為例，其最大值為 $100 / 15 \doteq 6.7$ ，代表15 mins後完全阻塞，因此建議當%P30 ≥ 75 %時，應考量改測SDI10 or 5。

RO 系統前置(前處理)設計條件要求

□ 前置過濾器

1. 高壓泵及膜管最後的守護者！
2. 常見為聚丙烯(Polypropylene, PP)熔噴式(Melt-Blown)濾心
3. 原水中Silica濃度偏高時建議使用 $1\ \mu\text{M}$ ，濾除鐵/鋁膠體
4. 一般建議 $\leq 5\ \mu\text{M}$

□ 多介質過濾, MMF + 活性碳, ACF

1. MMF→去除SS；ACF→去除SS, 餘氯
2. MMF：大小礫石、石英砂、無煙煤
3. ACF：大小礫石、活性碳
4. 可於前方搭配絮凝劑提高過濾效率(藉由水泵或靜態攪拌器快速混合)
5. 絮凝劑搭配抗垢劑使用時需注意藥品帶電性，避免後端再次發生絮凝反應
6. 生物污染風險

□ 軟水程序

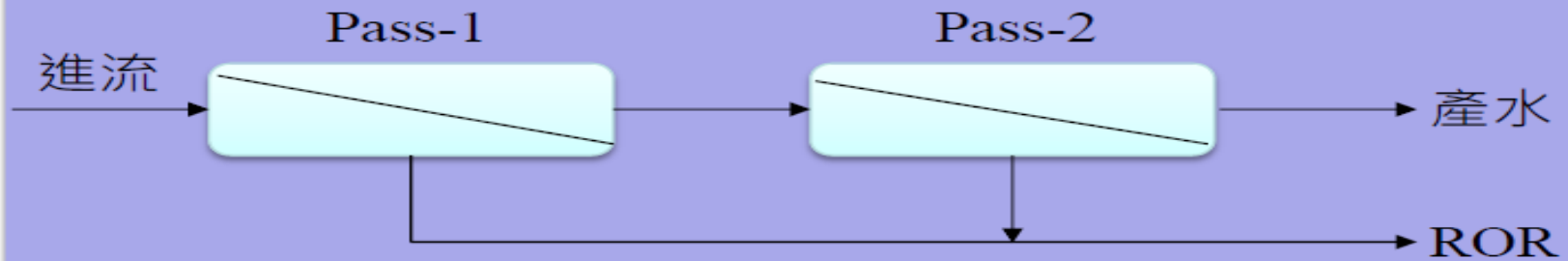
1. 石灰軟化
可同時去除Silica 需搭配固液分離及MMF等單元
2. 樹脂軟化
操作成本、再生廢水...etc.
3. FBC結晶
建置成本、出水SS...

□ MF/UF 配置

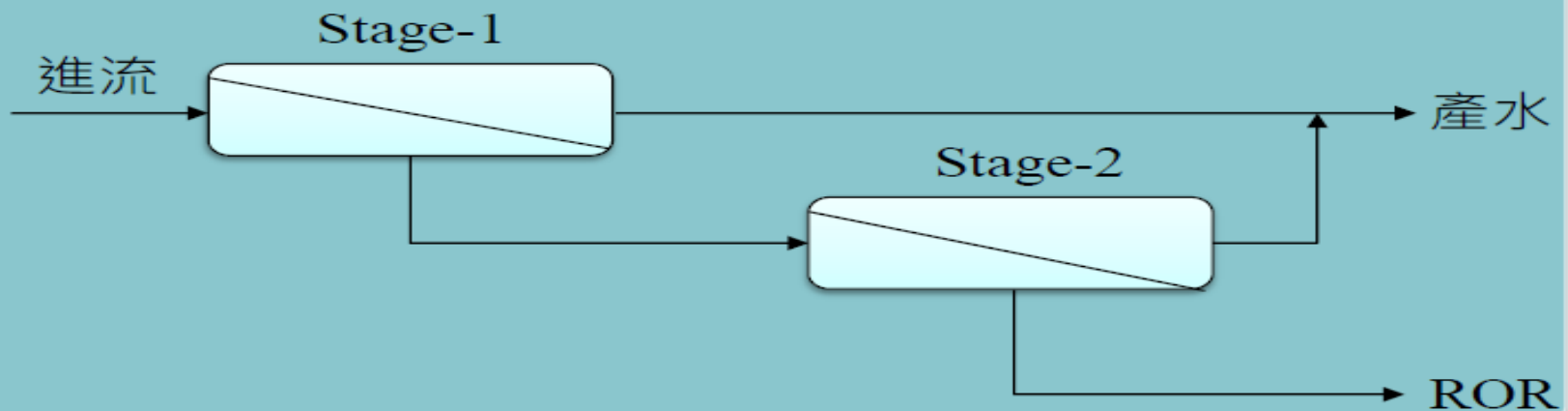
1. MF：pore size 10^{-5} - 10^{-7} m
2. UF：pore size 10^{-7} - 10^{-8} m
3. 產水水質穩定、完美符合RO進流需求、有效提高RO效能及壽命、佔地需求小、規格化有利系統擴增...etc

常見RO設計模式

2-Pass, 拉水質



2-Stage, 拉水量



濃水去處?

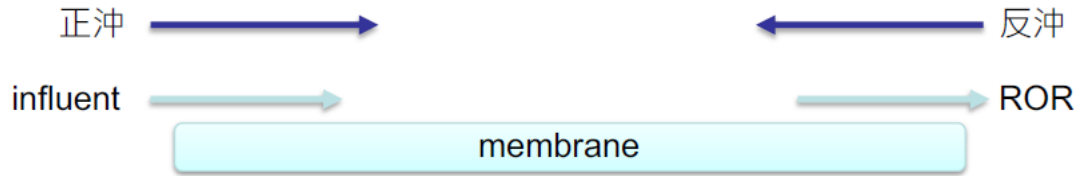
1. 符合排放標準→ 直接排放
2. 差一點符合排放標準→ 混合排放(混放流水or Pass-2 ROR)
3. 濃縮項目可藉由原廢水系統轉換去除→ 進/ 回廢水廠
4. 濃縮項目無法藉由原廢水系統轉換去除→ 另設處理單元
5. 系統設計遇濃水流量不足→ 迴流至RO入口?

薄膜的清洗

物理清洗

1. 藉由水流物理性剪力沖刷(低壓力, 高流速)
2. 操作流速: 一般可以運轉流速x1.2做為參考值
3. 操作壓力: 一般建議 ≤ 3 bar, 如為了拉流量而必需升壓, 建議最大操作壓力需 < 4 bar

<u>Size</u>	<u>ROR flow per vessel, CMH</u>	<u>Max ROR flow per vessel, CMH</u>
8040	$\doteq 7.2 - 12$	$\doteq 17$
4040	$\doteq 1.8 - 2.5$	$\doteq 3.6$



化學清洗

污染類型

無機鹽類

金屬氧化物/氫氧化物

有機污染

生物污染

Silica

藥品/濃度

檸檬酸/2%、鹽酸/0.5%

檸檬酸/2%、鹽酸/0.5%、SBS/1%

氫氧化鈉/0.1%、STPP/2%+Na-EDTA/0.8%

氫氧化鈉/0.1% + SDS/0.03%

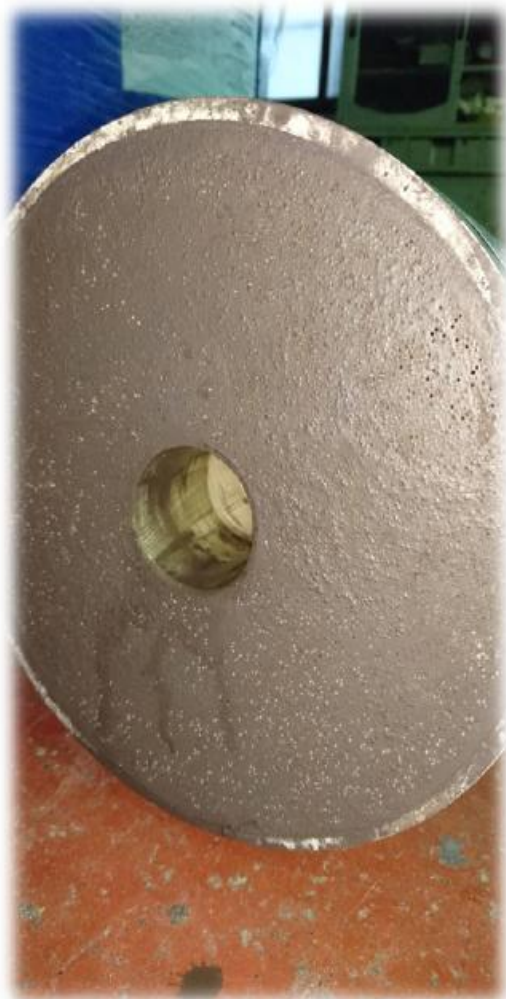
氫氧化鈉/0.1%

1. SBS: 還原劑
2. STPP: 無機螯合劑
3. EDTA: 有機螯合劑
4. SDS: 陰離子界面活性劑

RO薄膜處理設備系統先導設備現場

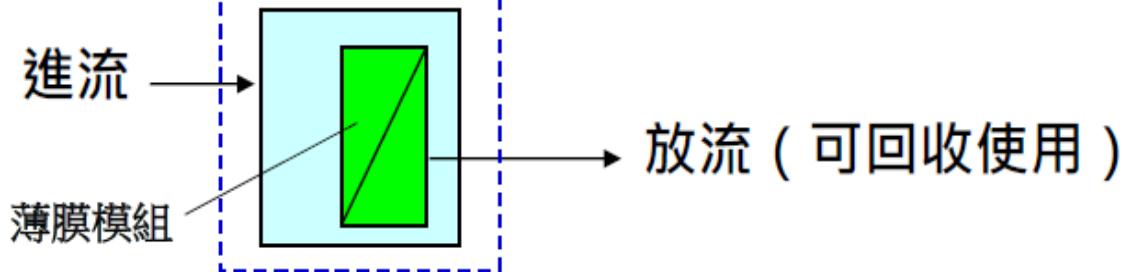
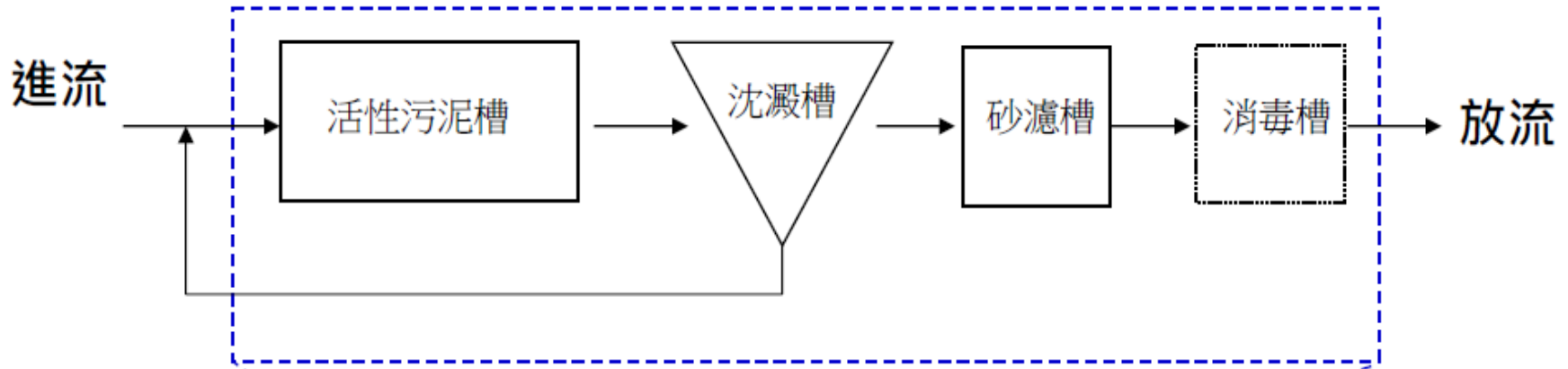


※UF (hollow fiber – inside-out)



超過濾(Ultrafiltration)應用型式-MBR (新設廠採用)
應用 • 固液分離 • 薄膜生物反應器(MBR)

傳統活性污泥程序



膜離生物反應器程序

應用型式

□ 應用模組型式：



簾式(Hollow fiber)
GE/Zenon
Mitsubishi
Memcor, ...



Flat plate:
Kubota
Toray
...

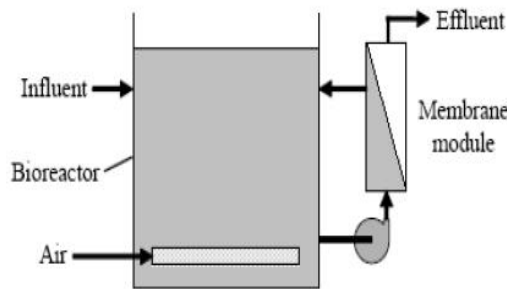


Hollow fiber:
KOCH
...

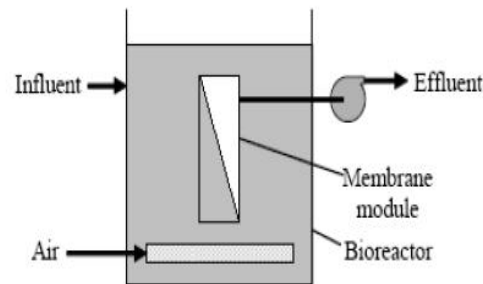


Tubular:
X-flow
南京化工大學陶瓷膜
...

□ 位置：



(a) 旁流/側流式



(b) 沉浸式

常用材質

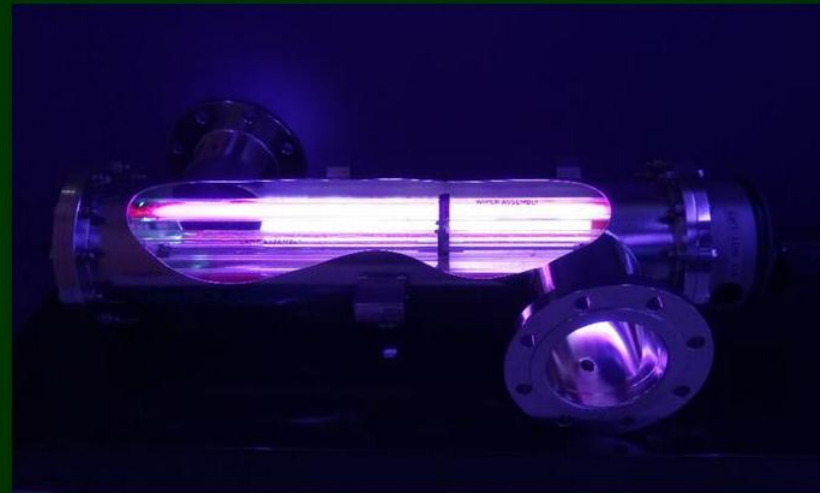
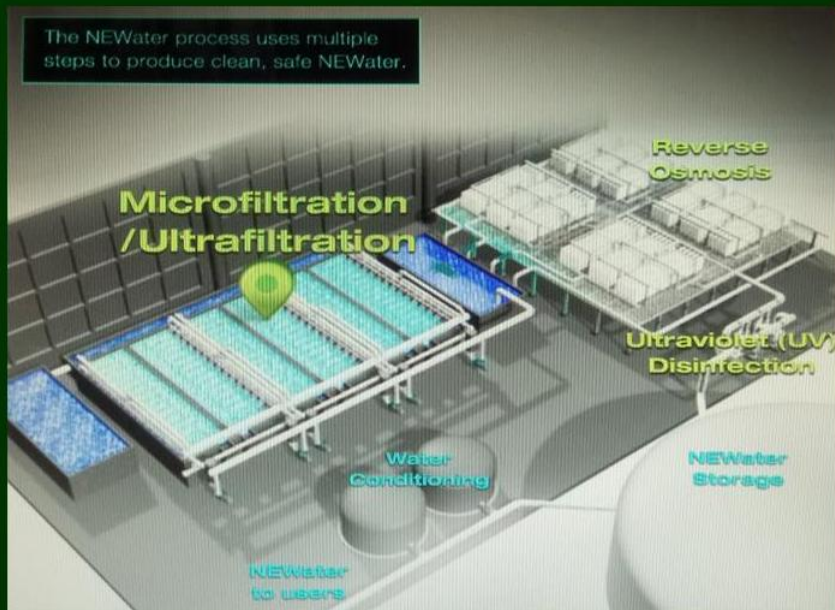
● 高分子材料與陶瓷材料

- 表面形成細小孔洞
- 高強度
- 溫度穩定性
- 化學穩定性

- 高分子材料為主
 - polyvinylidene difluoride (PVDF)、
 - polysulphone (PSf)、
 - polyethersulfone(PES)
 - 與polyethylene (PE)
 - 與polypropylene (PP)

Newater Plant

星耀樟宜機場



各淨化模組其”去除”功能效率

不純物種類 去除設備	凝膠質	懸浮固體	微粒子	電解質 (離子)	微生物 (細菌)	TOC	CO2	O2	偵測儀器**	
									On-Line	Sample
前處理	好	好							P.F.	T.O.S.SD.
初級過濾器		優	好						P.	SD.
RO 膜	優	優	優	好	優	好			P.F.C.	TD.PAS.O.
脫氣塔			?			?	好	優	P.	OX.
離子交換塔		(-)*	(-)*	優	(-)*	(-)*			P.F.R.	O.S.PA.
1 ~ 5 um 過濾器		優	好						P.	PA
254 nm U.V.燈					優				R.	B.
185 nm U.V.燈					優	優			R.	O.
臭氧殺菌器					優	優		(-)*		OX.B.O.
0.1 ~ 0.3 um 過濾器		優	優		好				P.	PA
UF 膜	優	優	優		優				P.F.R.T.	OX.O.PAS.

? : 假如有使用 Decarbonator 則因有用到 Air Blower 故會有 VOC 及微粒子之疑慮

* (-): 反效果(Negative effect), 假如被裂解(De Decomposed)

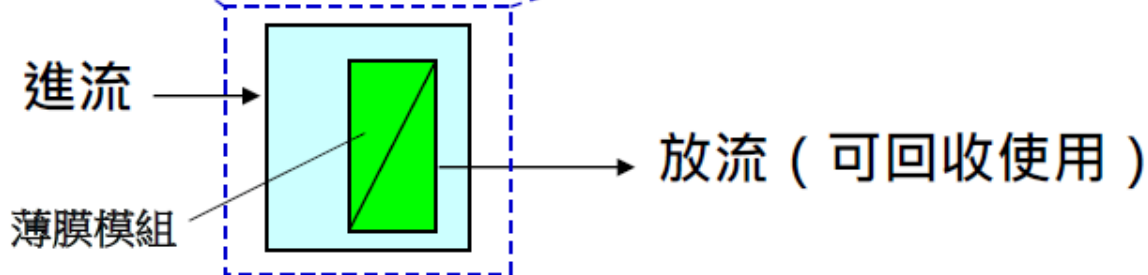
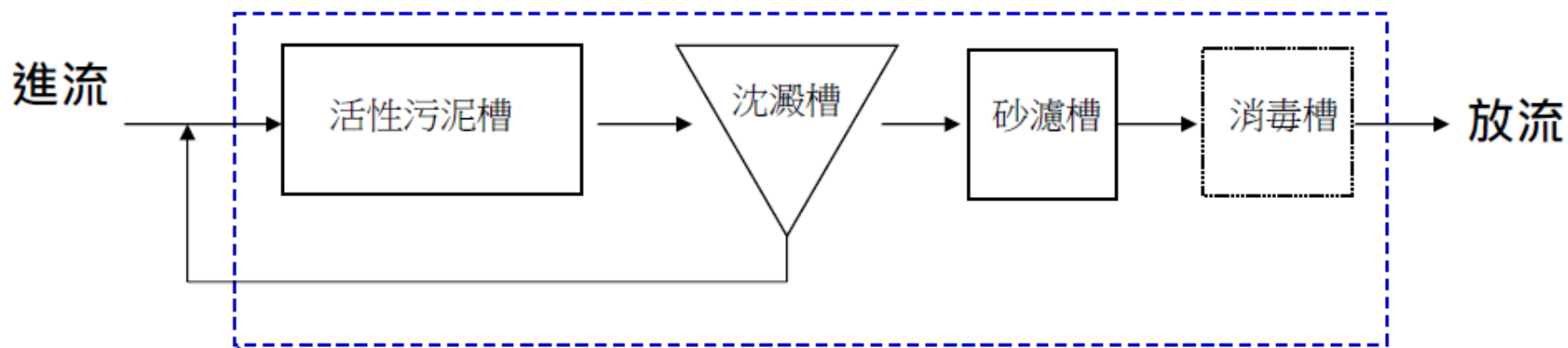
** P : Pressure , F : Flow , T : Temperature , R : Resistivity , C : Conductivity , O : TOC , S : Silica , B : Bacteria , SD : Silt Density Index
 TD : Total Dissolve Solid , OX : Oxygen , PA : Particle Count

超過濾應用型式-MBR

□ 應用

- 固液分離
- 薄膜生物反應器(MBR)

傳統活性污泥程序



膜離生物反應器程序

現有技術遭遇之問題

無法忍受太大之負荷變化
反應速率慢
不易分解多種污染物

產生大量污泥
處理水水質不穩定

空間需求大

MBR 之技術優點

- 污泥濃度高，可處理高濃度變化
- 污泥濃度高，處理系統單位活性增加
- ** 污泥停留時間 (SRT) 可相當長，生長速率緩慢的微生物得以滯留與增殖，有利於特殊或難分解污染物的去除。
- ** 截留難分解之高分子物質，增加處理效率。
- 維持低F / M 比，減少廢棄污泥量。
- ** Biomass 可完全截留，沒有傳統程序污泥分離的問題。
- ** 可去除細菌和病毒，利於處理水回收再利用的水質要求。
- ** 處理系統不需沈澱單元，可大幅節省空間。
- ** 污泥濃度高，處理系統單位活性增加，進而減少處理槽體積。

純水節水技術

一 純水系統技術(多層砂過濾)

- 設置砂濾塔或沉澱槽進行處理後，再將其回收到前端的原水槽。
- 水質以濁度做為水質判斷，符合標準即進行回收。



18

節能減碳與資源活化 訓練課程



- 純水系統技術(前段陰陽離子樹脂塔)

- 純水系統樹脂經過濾床可分為陽離子, 陰離子及混床交換樹脂。
- 陰陽離子樹脂塔系統可回收步驟包含: 反洗、清洗及品質控制等步驟, 該水源水質良好, 則將水源回收至原水收集桶槽再利用。
- 再生藥劑可進行分離, 使用於廢水系統 (ex. 取代 CaCl_2)

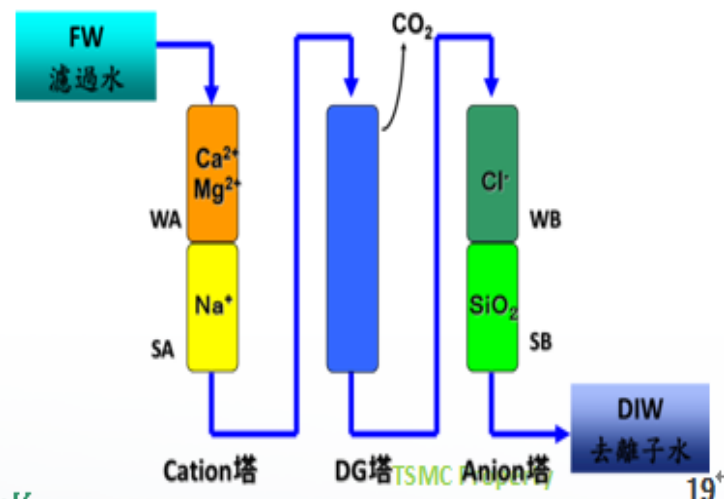
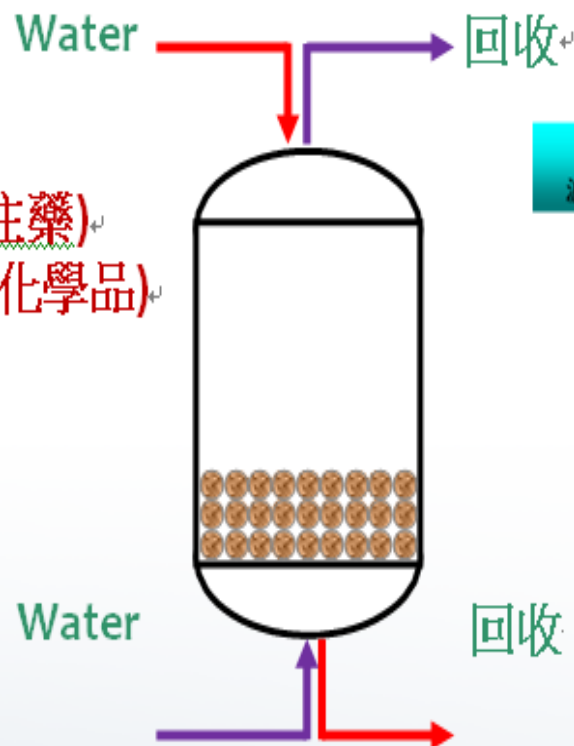
1. Backwash (反洗)

2. Aspiration HCl / NaOH (注藥)

3. Displacement (清洗/回補化學品)

4. Rinse (清洗)

5. Regeneration Control (品質控制)



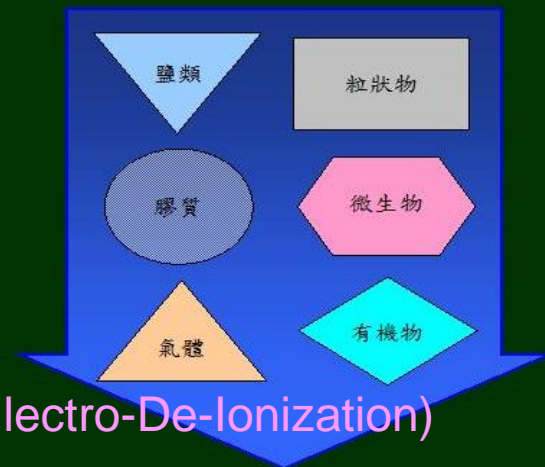
3. 5. UPW 純化處理系統設計與技術發展趨勢

UPW 純化處理 以**薄膜模組化**方式 已是必然趨勢！

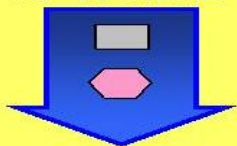
薄膜化之工業材料研究不斷持續發展中，在 UPW 系統之觀察，相信薄膜化是無可避免之趨勢：

☞ Membrane Application Trend 已然形成

☞ ~~RO~~ ~~Micro-Filtration~~ ~~UF~~ ~~(MDG)~~ ~~Gasifier~~ ~~(CEDI)~~ ~~(Continue Electro-De-Ionization)~~



SF & MMF



RO



VDG & N₂DG



DI



UV

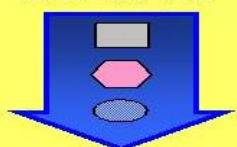


Fine Filter & UF



演變

MF & UF



RO



MDG



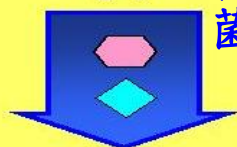
脫氣

CEDI



離子交換

UV



殺菌

UF



薄膜化共同之優點：

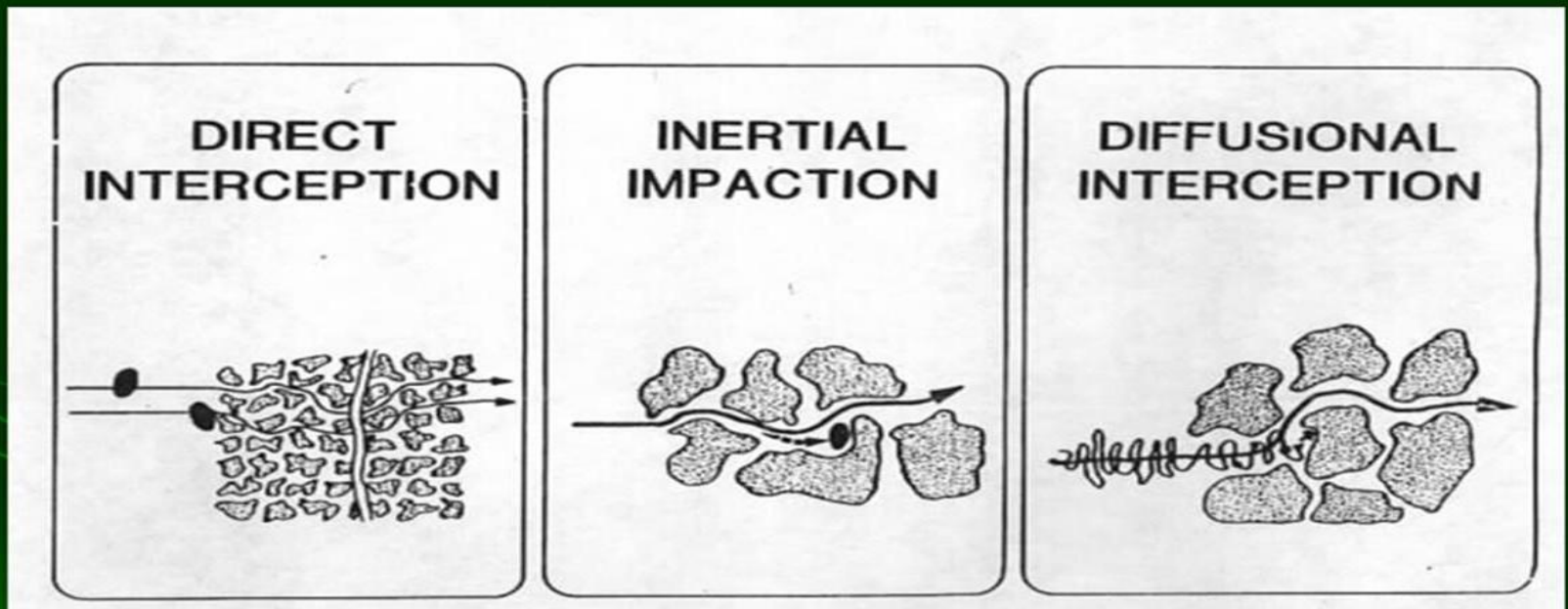
主要單元 (Unit) 模組化 (Modulization)，其優勢：

- 1) 模組化，標準化建構要件：代表容易大量生產，交期容易控制；隨技術之研發，長期愈來愈便宜是可預期的，具價格競爭力。
- 2) 模組化，易選擇適當規格：易建立備載 (Redundancy)、搬運、逐一更新 (One by one Replace) 安裝容易。每一單元中之任一組 (Set) 皆能單獨運作、維護、更新，降低全面當機之風險！易於安排計畫性維護！
- 3) 模組化，空間設計簡化：空間利用率提升，可適當堆疊節省空間，尤其在高度方面，更易於作量的擴充。如有空間之限制及擴充之需求將相對於槽式來的容易解決。
- 4) 模組化，易於預作前置之淨化處理：對於使用於超純水後段之精練迴路 (Polishing Loop)，使安裝後之試機階段溶出物 (Leaching) 減少，減少啟動 (Start up) 之清洗時間 (Rinsing time)，更快達成水質之要求。
- 5) 在使用上由於添加之化學品種類及數量遠低於槽式，故可做到：
 - a) 無化學品之添加相對的也使濃縮液易於做不同需求之再利用。
 - b) 相對也降低廢水處理系統之成本。
 - c) 化學品減量之環保要求。

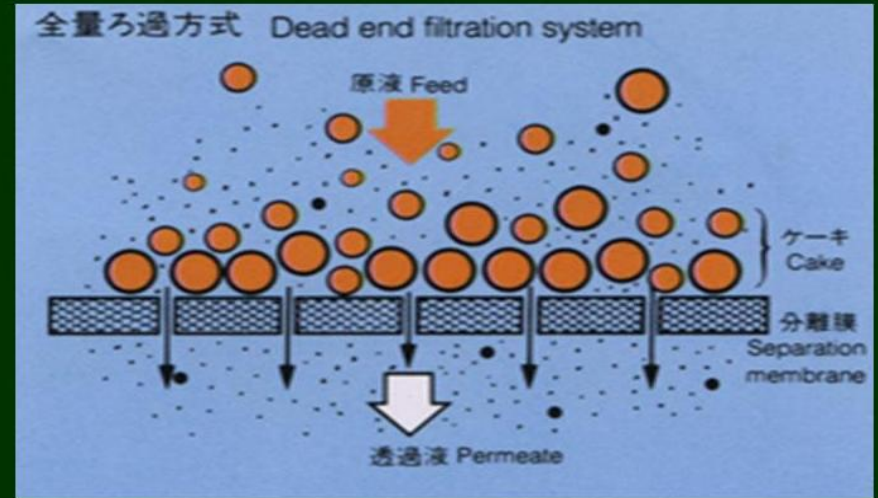
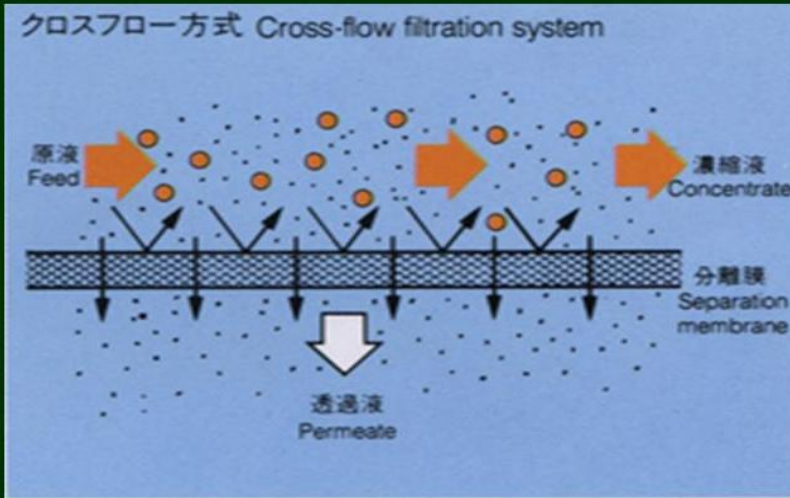
系統設計趨勢 --- 模組化：

- 1). SF & MMF vs. MF & UF
- 2). N₂DG & VDG vs. MDG
- 3). DI vs. CEDI

Mechanisms of Filtration

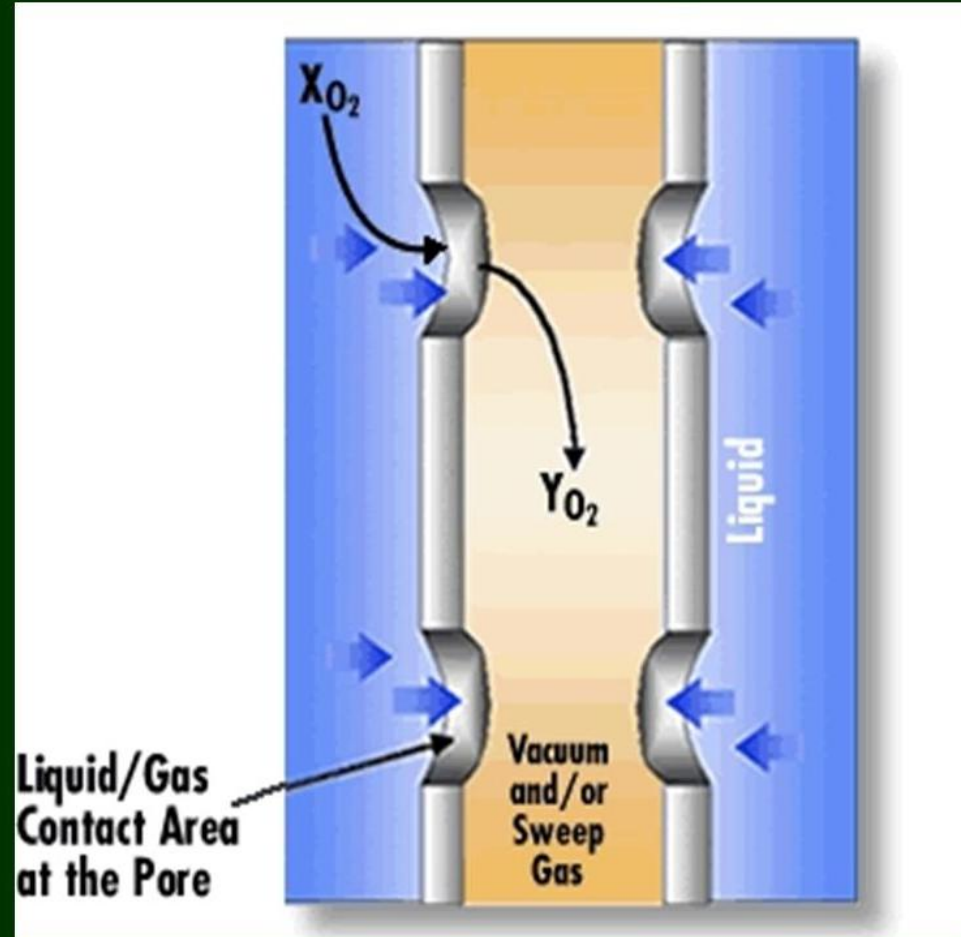
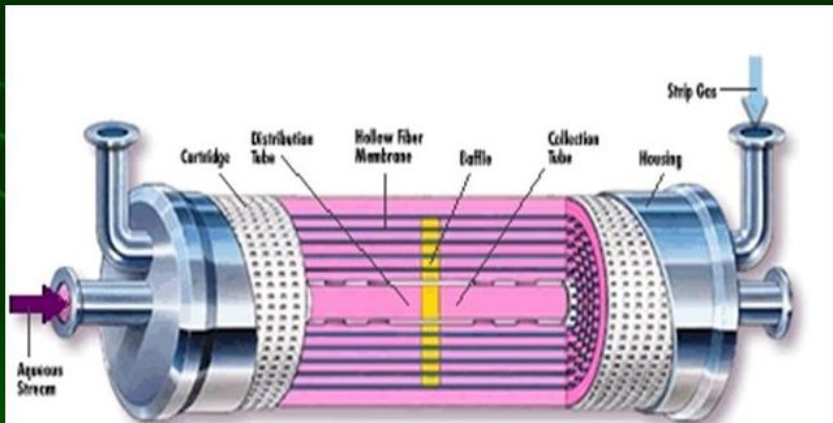
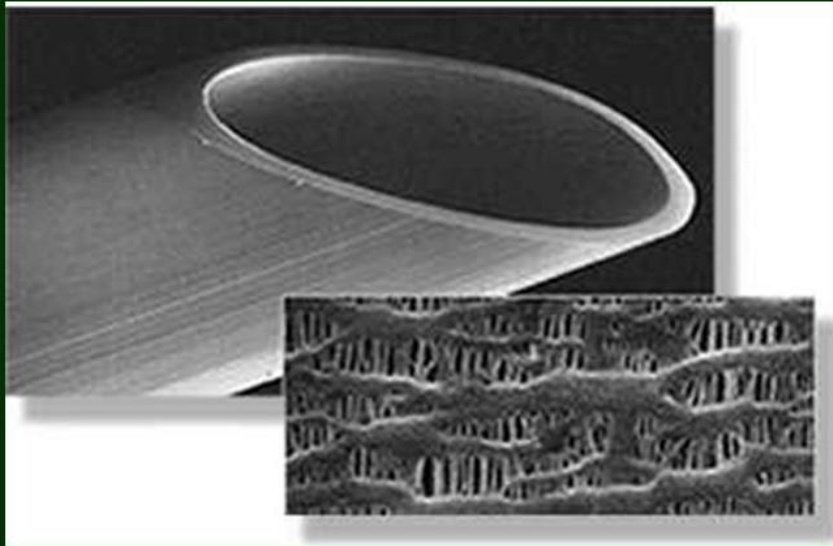


1). SF & MMF vs. MF & UF :

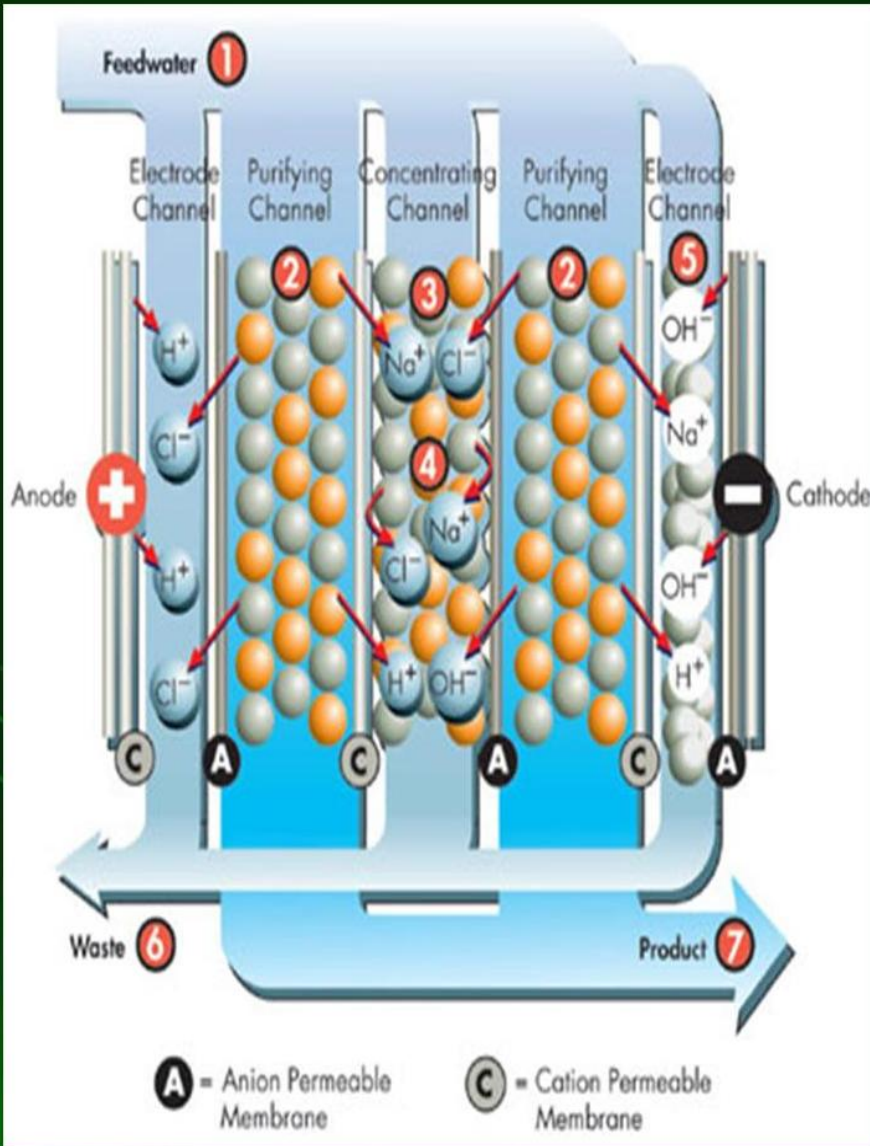


	MF & UF	SF & MMF
透過液之水質 (Quality of permeate)	Fouling Index (FI) Stable at < 3	FI Not stable, Al or Fe increase
對後續 RO 等單元之影響 (Succeeding RO etc.)	Stable operation, Longer life	Careful operation, Shorter life
凝聚劑 (Coagulant)	No need	Indispensable
因凝聚所污泥之產生 (Sludge caused by coagulant)	Not produced	Produced
操作與維護 (Operation and Maintenance)	Easy	Complicated (Control of coagulant according to the fluctuation of feed)
安裝空間需求 (Space for installation)	Small	Spacious

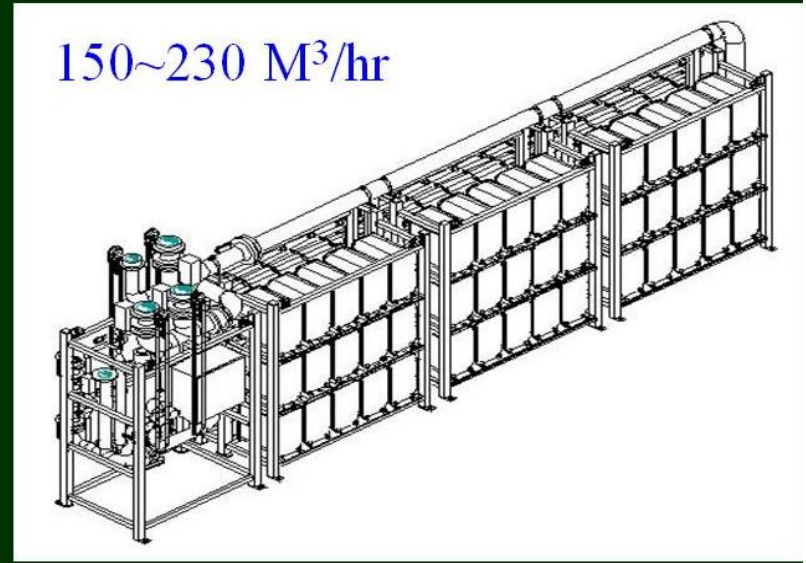
2). N₂DG & VDG vs. MDG :



3). DI vs. CEDI :



17 M³/hr



150~230 M³/hr

有機污染物去除的挑戰

使用再生水的挑戰在於其有機污染物含量較高，特別是尿素等小分子有機污染物，這些污染物很難通過傳統的UPW生產工藝去除。因此，改進現有的UPW生產工藝以滿足半導體行業所需的水標準至關重要。

目前超純水生產中去除有機物的工藝，包括離子交換（IX）吸附、顆粒活性炭（GAC）吸附、反滲透（RO）和紫外（UV）照射。當使用再生水作為原水源時，確定在實際UPW生產過程中的潛在問題。

因此，目前已研究提出將高級氧化工藝（AOP, e.g. SR-AOPs, and UV-AOPs）作為補充單元應用於UPW生產的新策略，以保證UPW品質。

Sulfate Radical-Based AOPs

$S_2O_8^{2-}$ itself is a strong oxidant with a standard oxidation potential (E^o) of 2.01 V. Once activated by heat, ultraviolet (UV) irradiation, transitional metals, or elevated pH, $S_2O_8^{2-}$ can form more powerful sulfate radicals ($SO_4^{\cdot-}$, $E^o = 2.6$ V) to initiate sulfate radical-based advanced oxidation processes.

UV-Based AOPs

Hydroxyl radicals can be initiated by photons in the presence of catalysts or oxidants. The most common catalyst is titanium dioxide (TiO_2), a RO-type semiconductor. TiO_2 particles are excited to produce positive holes in the valence band ($h\nu + v_b$) with an oxidative capacity, and negative electrons at the conduction band ($e^- - c_b$) with a reductive capacity.

四、產業鍊製程污染來源與污染特性

4.1. 污染物種類及其來源

半導體製造時所使用之酸鹼溶液、有機溶劑、特殊氣體材料之種類及數量不但污染強度大，且污染特性隨產品層次的提昇而趨於複雜，而這些製程原料大部份都具有毒性，所以應特別注意並加以防範與控制。

4.2. 污染特性

1). 廢水污染來源與污染特性

國內半導體產業鍊製程廢水污染源分為 IC 晶圓製造及封(構)裝製造作業，各有不同，說明如下：

- (1). IC晶圓製造廠廢水來源多且造成污染之化學物質相當繁雜，廢水主要為超純水清洗晶片、去光阻及蝕刻等程序所排出之廢水。

半導體業廢水污染特性

可由 IC 製造廠及構裝製造作業之廢水種類來說明：

(1). IC 晶圓製造廠

依照廢水成份特性大致上可區分為**酸鹼廢水**及**含氟廢水**兩大類：

- (A) **酸鹼廢水**：含有 H_2SO_4 、 HAC 、 HNO_3 、 HF 、 H_3PO_4 、 $NaOH$ 、 NH_4F 、 H_2O_2 、 NH_4OH 、 HCl 、二甲苯等成份，污染質為pH、COD、SS及微量 F^-
- (B) **含氟廢水**：含高濃度 HF ，污染質為pH、COD、 F^-

(2). IC 構(封)裝廠

依污染性及廢水來源區分為**研磨廢水**、**脫脂廢水**、**酸鹼廢水**、**氰化物廢水**、**重金屬廢水**等五類：

- (A) **研磨廢水**：含矽晶粉末，污染質為 SS
- (B) **脫脂廢水**：電鍍前處理程序產出，含 SS、油脂、COD 以及螯合劑
- (C) **酸鹼廢水**：電鍍前處理程序產出，含 H_2SO_4 、 HCl 、 $NaOH$ 等，污染質為pH、COD、SS
- (D) **氰化物廢水**：污染質為 CN^- 、pH
- (E) **重金屬廢水**：電鍍程序產出，包括底材溶出、鍍液帶出，而溶入水洗水，質包括 pH、Zn、Pb 等重金屬

IC 晶圓製造廠製程各股廢水來源及其所包含的化學物質如下說明：

(A) 晶片清洗廢水： H_2SO_4 、 H_2O_2 、 HF 、 NH_4OH 、 HCl

(B) 去光阻廢水：二甲苯、乙酸丁酯、甲苯、ABS

(C) 濕式蝕刻廢水： HF 、 NH_4F 、 HNO_3 、 H_2O_2 、 HCl 、 H_2SO_4 、 HAC 、 H_3PO_4 、 HBr 、 Al 、 Si

(D) 洗爐管廢水： HF

(E) 純水設備再生廢水： $NaOH$ 、 HCl 、 H_2SO_4

(F) 濕式洗滌塔廢水：洗滌廢氣所含之污染質

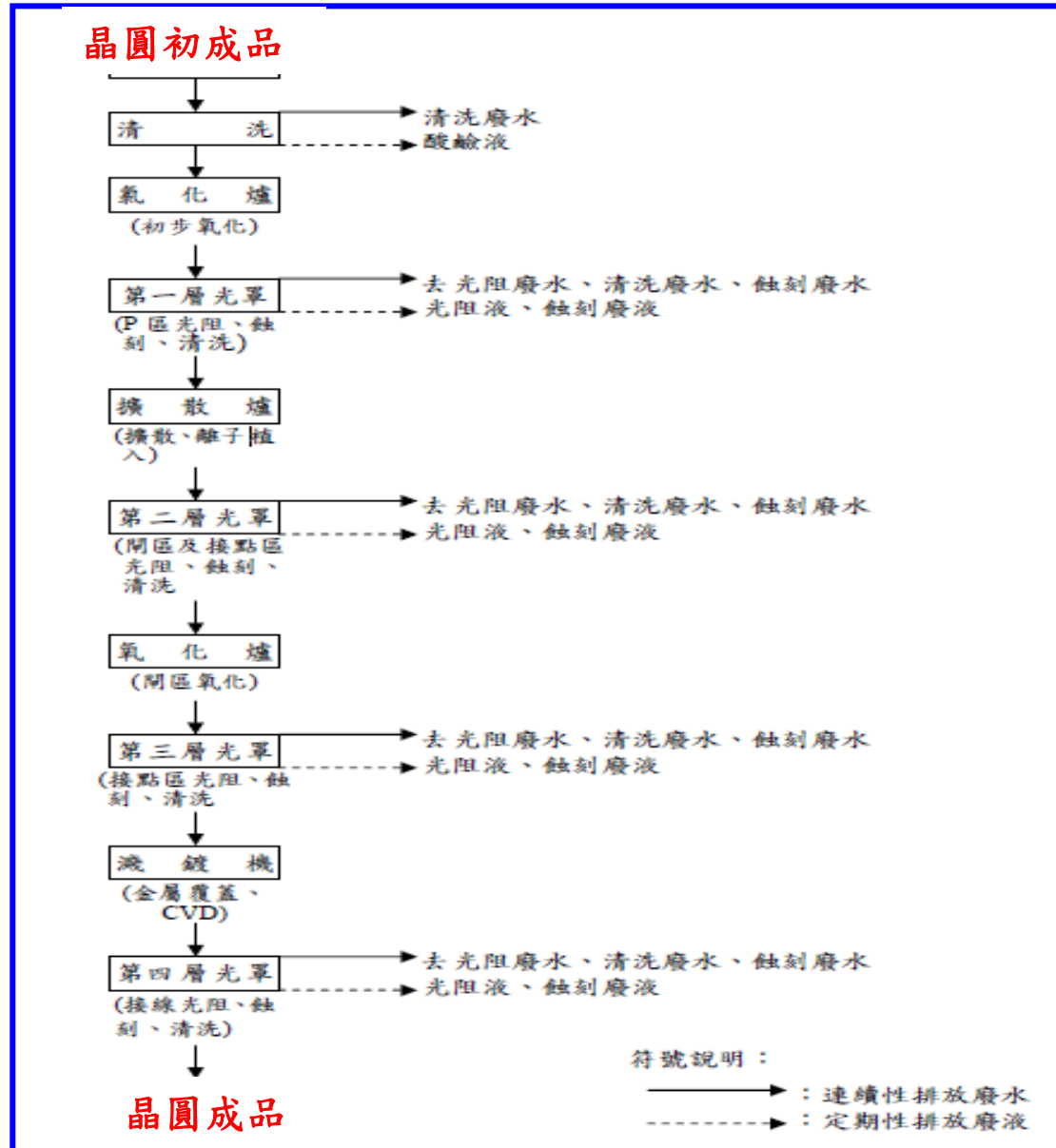
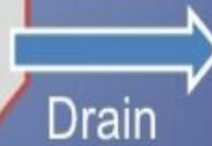
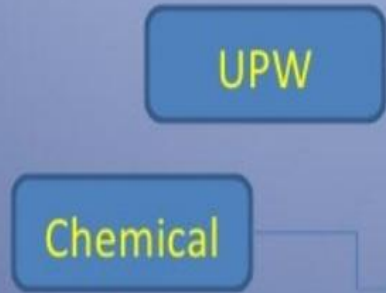
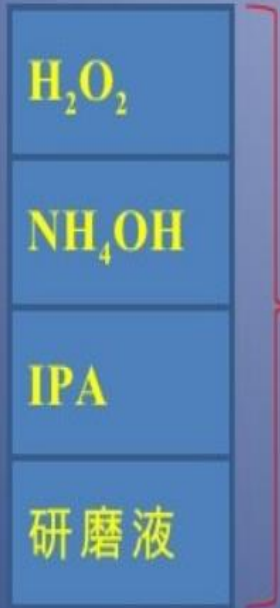


圖 5 IC 製造廠製程中廢水污染物發生源

廠區廢水來源

廠務供應



製程廢水



IPA: CH₃CHOHCH₃ (清洗液)
UPW: 超純水

化學機械研磨(CMP)液處理流程

平坦化：

CMP 是利用化學藥劑所提供之化學反應，目的是為將晶圓拋光，因為薄膜沉積時可能不均勻，即晶片上面凸出的介電層漸漸地加以除去的一種平坦化技術。

- 化學機械研磨平面化 (CMP) 處理過程是拋光晶圓突出表面與下表面來規劃晶圓的使用
- 它結合化學蝕刻和機械研磨，以消除表層鋪墊

CMP

高污染製程，因過程使用研磨液

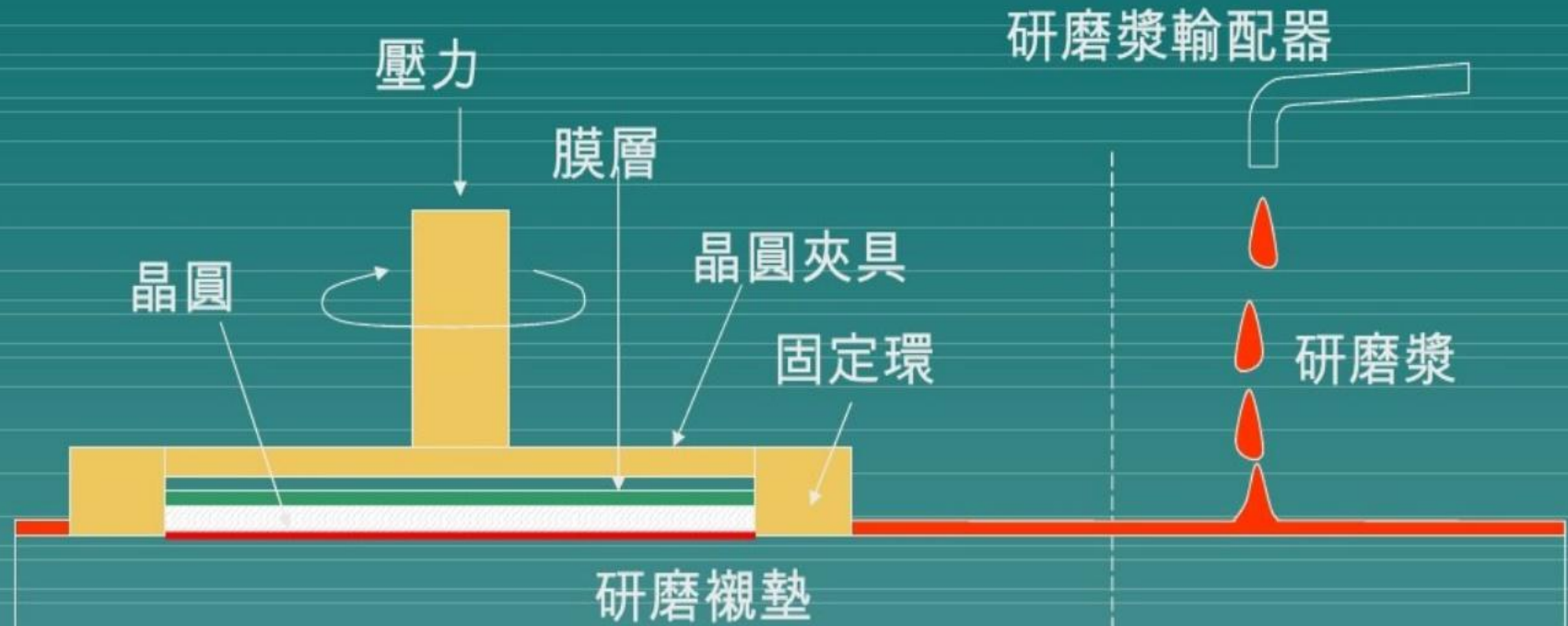
研磨液包含微細研磨粉體及其他化學物質

- (1) pH 緩衝劑 (例如：
KOH、 NH_4OH 、 HNO_3 或有機酸...等)
- (2) 氧化劑 (例如：雙氧水、硝酸鐵、碘酸鉀...等)
- (3) 界面活性劑

典型晶圓清洗用液順序

清洗用液步驟	清除(物質)目的
$\text{H}_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{O}_2$ (piranha)	Organics & metals
UPW rinse (ultrapure water)	Rinse
$\text{HF}/\text{H}_2\text{O}$ (dilute HF)	Native oxides
UPW rinse	Rinse
$\text{NH}_4\text{OH}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$ (SC-1)	Particles
UPW rinse	Rinse
$\text{HF}/\text{H}_2\text{O}$	Native oxides
UPW rinse	Rinse
$\text{HCl}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$ (SC-2)	Metals
UPW rinse	Rinse
$\text{HF}/\text{H}_2\text{O}$	Native oxides
UPW rinse	Rinse
Drying	Dry

化學機械研磨 (CMP)

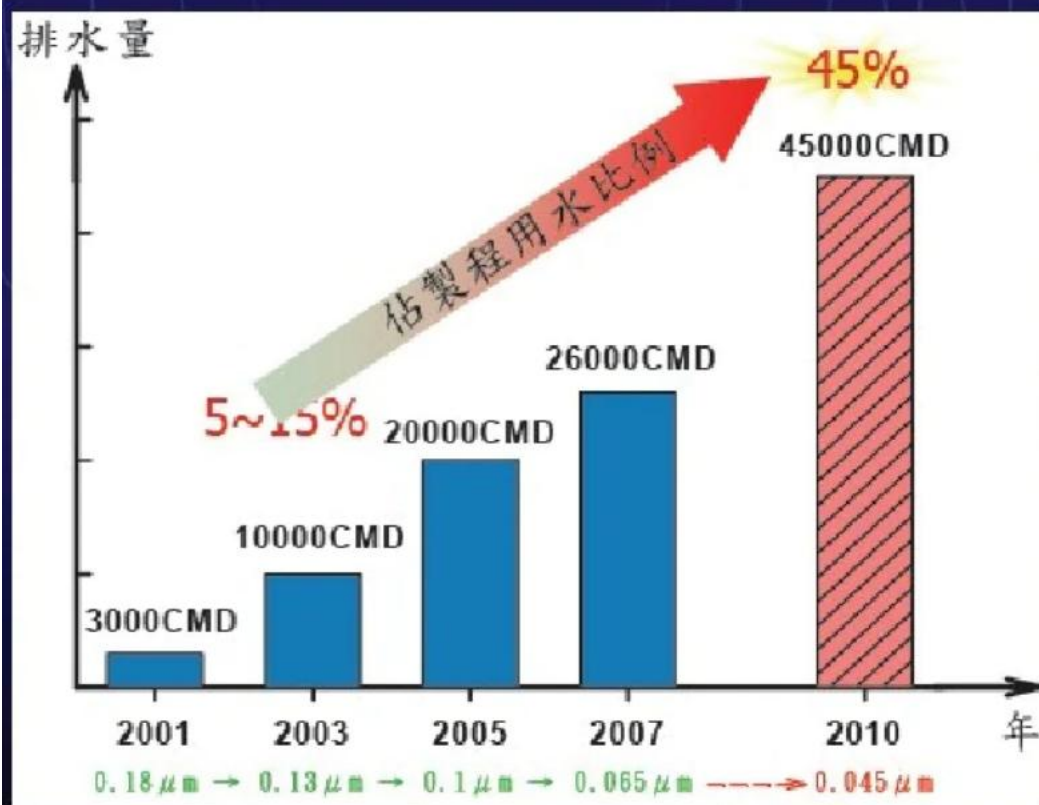


(呂紹麟, 半導體產業化學機械研磨之廢水處理, 台灣環保產業雙月刊, 96年6月13日)

半導體製程技術導論 歐亞書局

化學機械研磨廢水排放量

預估趨勢



湯鴻祥

工業技術研究院 能源與資源研究所

CMP 的必要性

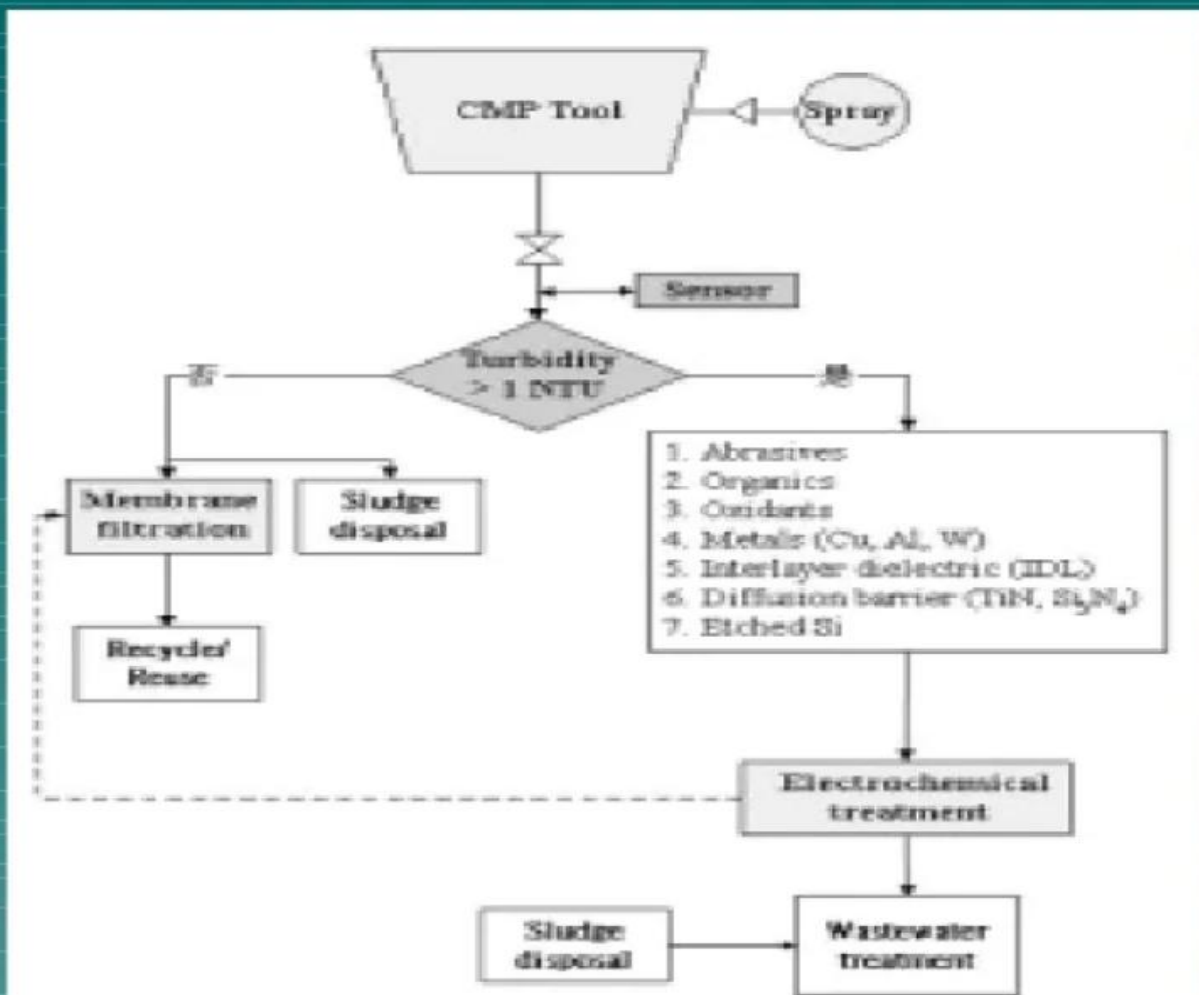
- ◆ 圖形尺寸 0.25 nm 需要粗糙度 $< 2000\text{ \AA}$
- ◆ 所需的平坦化只能藉著使用 CMP 製程而達到
- ◆ 圖形尺寸 $> 0.35\text{ nm}$, 其他的平坦化方法可以用來滿足微影技術的景深需求

化學機械研磨廢水處理方法：

- 一、 混凝沉澱
- 二、 溶解空氣浮除
- 三、 外加電場掃流微過濾
- 四、 薄膜超過濾
- 五、 微生物吸收
- 六、 電化學處理

表四 處理CMP廢水技術之優劣比較

處理技術	薄膜過濾法 (micro- or ultra-filtration)	化學混凝法 (chemical coagulation)	電化學混凝法 (electrochemical coagulation)	離子交換法 (ion exchange)
原 理	以薄膜之微細孔分離大分子污染物。薄膜之表面特性（如親水性）亦會選擇性分離小分子污染物。	以添加無機鹽類方式導致氫粒顆粒表面電雙層壓縮，並使表面電位能下降，達到去穩定的效果，使微小粒子凝聚成大顆粒，再以重力方式沈降。	以電壓產生之流道電場效應將細微的氫粒電性轉變成上下均勻的帶電體，使顆粒之間因為電性相吸的作用而進行聚集。金屬極板（鐵、鋁板）釋出之鐵、鋁鹽使聚集的顆粒因混凝機制而去除。	以含有酸、鹼性基之陽、陰離子的樹脂(resin)吸收「交換」水溶液中之陽離子或陰離子，達到去除水中的離子態污染物（如金屬離子）。
優 勢	<ul style="list-style-type: none"> * 技術應用經驗成熟 * 佔地空間小，設計彈性大 * 適於低濃度微粒去除 	<ul style="list-style-type: none"> * 技術應用經驗成熟 	<ul style="list-style-type: none"> * 佔地空間小，設計彈性大 * 可同時去除研磨氫粒、氧化劑、金屬離子等污染物 * 去除效率較穩定，不受CMP廢液性質影響 	<ul style="list-style-type: none"> * 金屬離子去除率佳
劣 勢	<ul style="list-style-type: none"> * 設計不當易產生微細孔阻塞現象 * 分離之顆粒大小範圍需控制得當 * 不適於處理大量或高濃度微粒 	<ul style="list-style-type: none"> * 需先去除CMP廢液中的氧化劑 * 佔地空間大，設計彈性小 * 產生大量污泥（事業廢棄物） * 加藥量不易控制 	<ul style="list-style-type: none"> * 尚處研發階段 * 對低濃度之金屬離子去除效果有限 	<ul style="list-style-type: none"> * 無法去除離子外之其他污染物 * 需先去除CMP廢液中的氧化劑 * 操作費用昂貴，但金屬回收率高



圖五 依機台排放之研磨廢液濁度高低進行分流、處理之流程圖。

研磨廢水水質特性

Characteristics	Interlayer Dielectric (ILD)	Metal layer
Abrasive	Fumed Silica Colloidal Silica	α, β, γ -Alumina
pH	9.5 ~ 10.5	2.92 ~ 3.95
Conductivity ($\mu\text{s} / \text{c m}$)	104 ~ 138	66.2 ~ 115
Mean size (nm)	170	190
Zeta potential (mV)	- 47.6	- 1.7
Turbidity (NTU)	100 ~ 140	59 ~ 77
SS (mg/L)	ND	ND
External additive	Surfactant, Dispersant	Oxidizer

酸鹼廢水水質特性

¥ 製程系統廢水

H_2O_2 、ACID (F^- 、 SO_4^{2-} 、 PO_4^{3-})

¥ 純水系統處理單元再生廢水

SS、BASE、Organics

¥ 回收系統處理單元廢水

SS、BASE、Organics

• Wet scrubber(酸鹼排氣) 廢水

SS、 NH_3 、 F^- 、 SO_4^{2-}

IC 封(構)裝製造作業製程各股廢水來源及其所包含的化學物質如下說明：

- (A)切割廢水：晶片切割研磨廢水
- (B)電鍍廢水：脫脂過程之有機物及電鍍程序的Cu²⁺、Ni²⁺、Zn²⁺、Pb²⁺、Ag²⁺、氟化物、氟化物等
- (C)浸錫廢水：助焊劑
- (D)清洗廢水：H₂SO₄、HNO₃、H₂O₂、HAC、H₃PO₄
- (E)純水設備再生廢水：NaOH、HCl
- (F)濕式洗滌塔廢水：洗滌廢氣所含之污染質

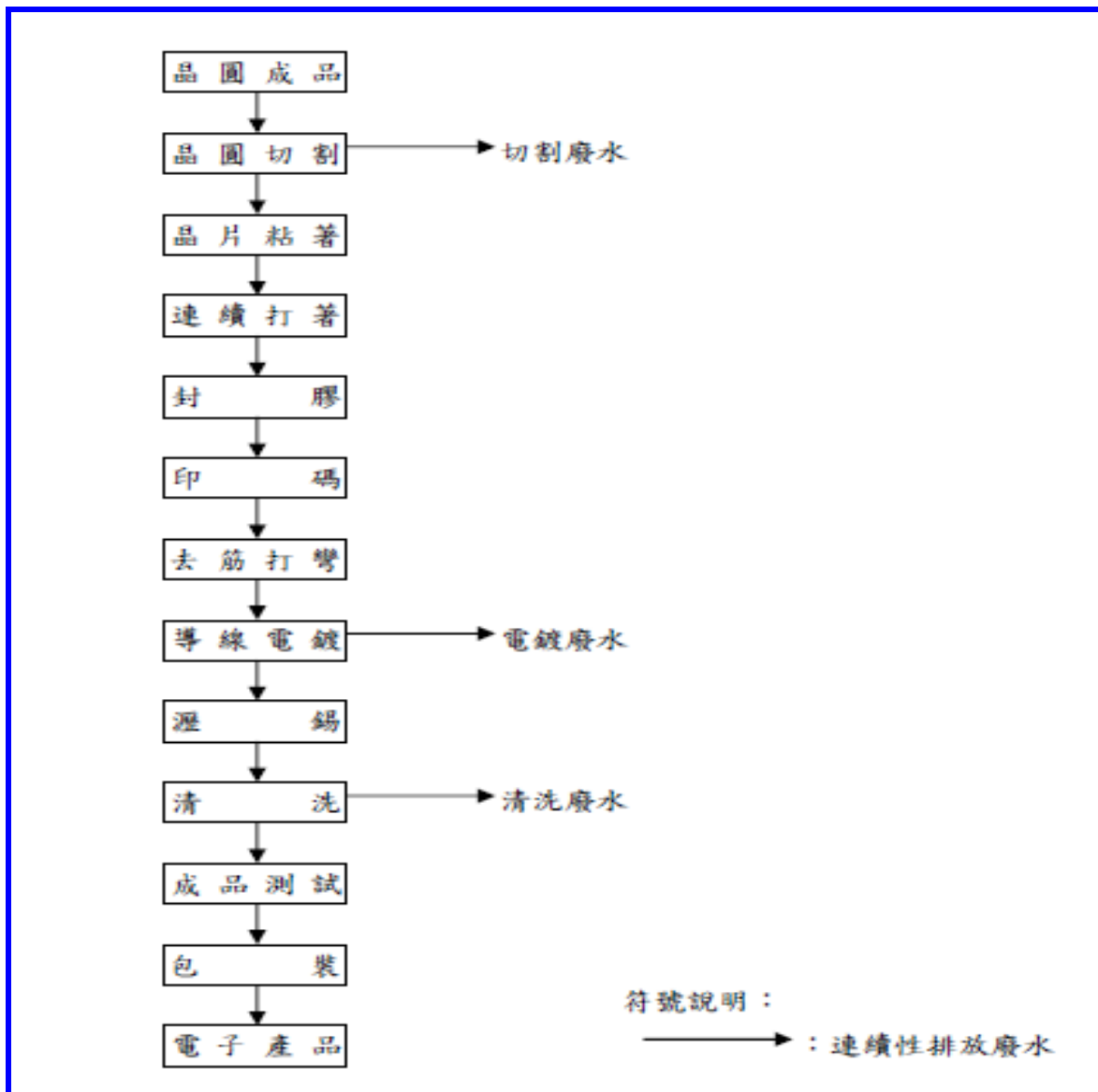


圖 6 IC 晶片構裝製程中廢水污染物發生源 64

氟系廢水水質特性

- 製程系統廢水
F⁻, NH₄OH , SO₄
- 爐管清洗廢水
SS, F⁻
- 研磨廢水
Slurry, H₂O₂, Organics, NH₃
- Local Scruber (HF廢氣)廢水

分析項目	濃度範圍	平均值
pH	1.0 ~ 3.0	2.5
F ⁻ (mg/L)	500 ~ 3000	1750
SS (mg/L)	50 ~ 300	175
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	1000 ~ 2200	1600
PO ₄ ³⁻ (mg/L)	<5	3

砷廢水水質特性

¥ 砷在廢水中的形態包括**溶解砷**及**固體砷**

▣ CVD 製程所排放之廢氣含有大量 AsH_3 ，其洗滌廢水中含有高濃度砷酸



■ 砷化鎵晶圓研磨過程形成之砷化鎵微粒

• 園區下水道砷允許排放標準為 0.5 mg/L

2). 廢氣污染來源與污染特性

半導體晶圓及積體電路製造過程中幾乎每個步驟皆分別使用各式各樣的酸鹼物質、有機溶劑及毒性氣體，而各種物質經過反應後又成種類頗為複雜之產物，各製程使用的化學物質亦不相同，故所有製程幾乎都可能是空氣污染源，且皆為連續排放。

製程空氣污染源區分為下列三處：

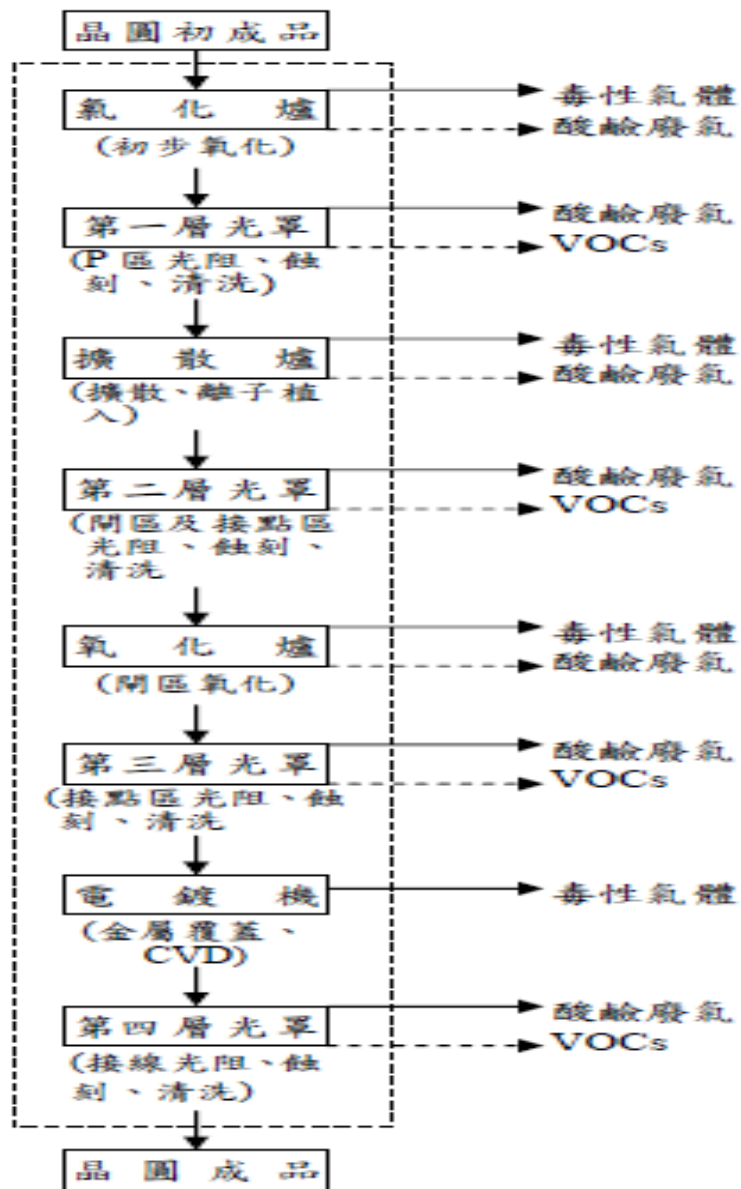
- (1). 氧化擴散及化學蒸著沉積製程中所使用具有毒性、可燃性之氣體以及反應後所生成之氣體。
- (2). 蝕刻及清洗製程中所產生之酸鹼氣體。
- (3). 黃光室製程中所產生之有機溶劑氣體。

晶圓及積體電路製程中空氣污染源及其排放之污染物：

表-1 半導體製造業廢氣污染源特性

廢氣種類	污 染 物 成 份	污 染 源
<u>酸鹼廢氣</u>	酸氣：HF、HC1、HN03、H2S04、CH3C00H、 H3P04、H2Cr207 鹼氣：NH3、Na0H	氧化、光罩、蝕刻、 反應爐 氧化爐、擴散爐之清洗、 CVD
<u>有機溶劑廢氣</u>	二氯甲烷 (CH2C12)、氯仿 (CHC13)、 丁酮、甲苯、乙本、丙酮、苯、 二甲苯、4-甲基-2、戊酮 【(CH3) 2CHCH2COCH3】、乙酸丁酯 、三氯乙烷、異丙醇、四甲基胺、氯醛 、四氯乙烯、乙基苯、亞甲基二氯、 丁基苯、Trans-Dichoroethene	光阻液清洗、顯像液 清除、蝕刻液清除 晶圓清洗
<u>毒性氣體</u>	AsH3、PH3、SiH4、BB2H6、BB4H10 、P205、SiF4、CC14、HBr、BF3、 A1C13、B205、As203、BC13、POC13 、C12、HCN、SiH2C12	氧化、光罩、蝕刻、 擴散、CVD、離子植入
<u>燃燒氣體</u>	SiH4、AsH3、PH3、BF3、H2、SiH2C12	離子植入、CVD、擴散

至於 IC 晶片封(構)裝製造業產生之污染物計有電鍍區產生之酸鹼廢氣、浸錫區產生的錫煙氣及清洗過程產生之酸氣、有機溶劑逸散蒸氣。採用之酸液主要為硝酸、硫酸，有機溶劑為三氯乙烷及丙酮。



符號說明：

- ▶：連續性排放廢氣
- - - - -▶：定期性排放廢氣
- VOCs：揮發性有機物質
- 定期性排放廢氣：反應爐(氧化爐、擴散爐)之清洗

圖 7 晶圓及積體電路製程中空氣污染物發生源

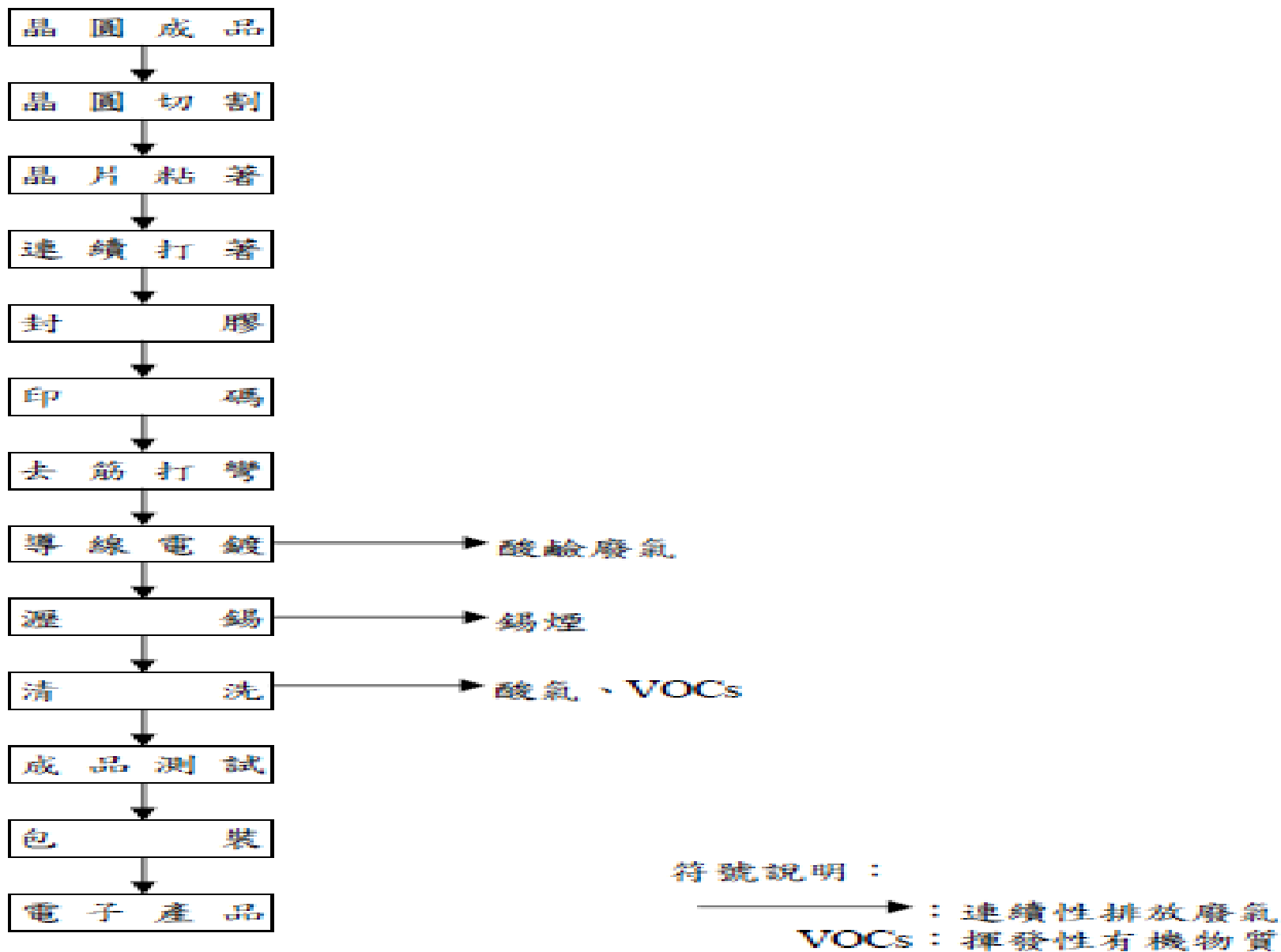


圖 8 IC 晶片封(構)裝製程中空氣污染物發生源

五. 典型污染處理流程

5.1. 廢水處理流程

IC晶圓廠製程排出之廢水包括酸鹼廢水及含氟廢水

- 酸鹼廢水處理方式:先予調勻水質、水量後，再調節pH即可放流。
- 氟廢水之處理方法:包括化學沉澱法、化學沉澱/混凝法、離子交換法，其處理流程如圖9 所示。

IC晶圓封裝廠產出廢水分類為:研磨廢水、酸鹼廢水、重金屬廢水、氟化物廢水以及脫脂廢水。

各類廢水處理方法:予以分流收集，並置於貯槽中，再以定量泵定量送至廢水處理場處理。各類廢水之處理流程如圖10 所示。

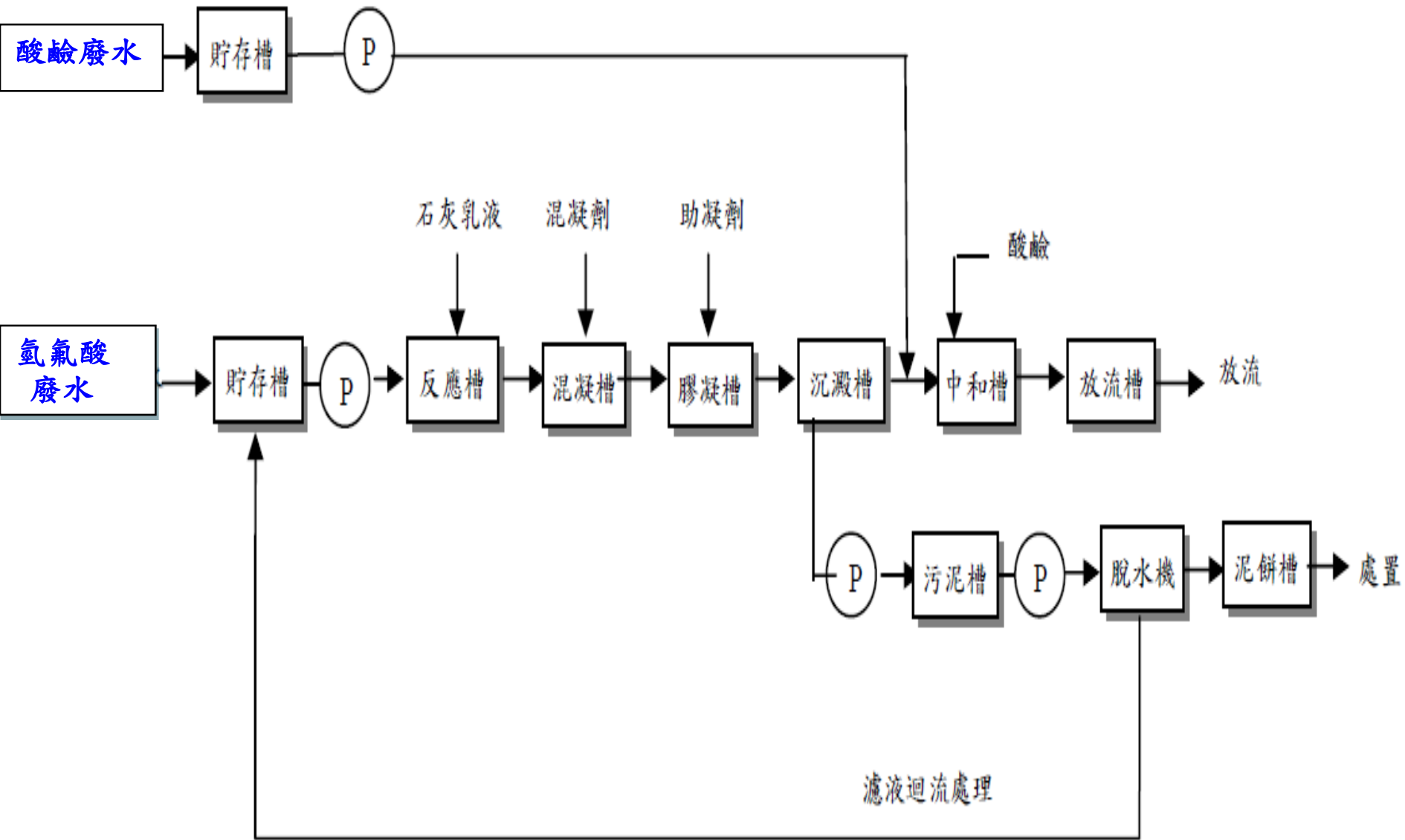


圖 9. IC 晶圓製造廠廢水處理流程

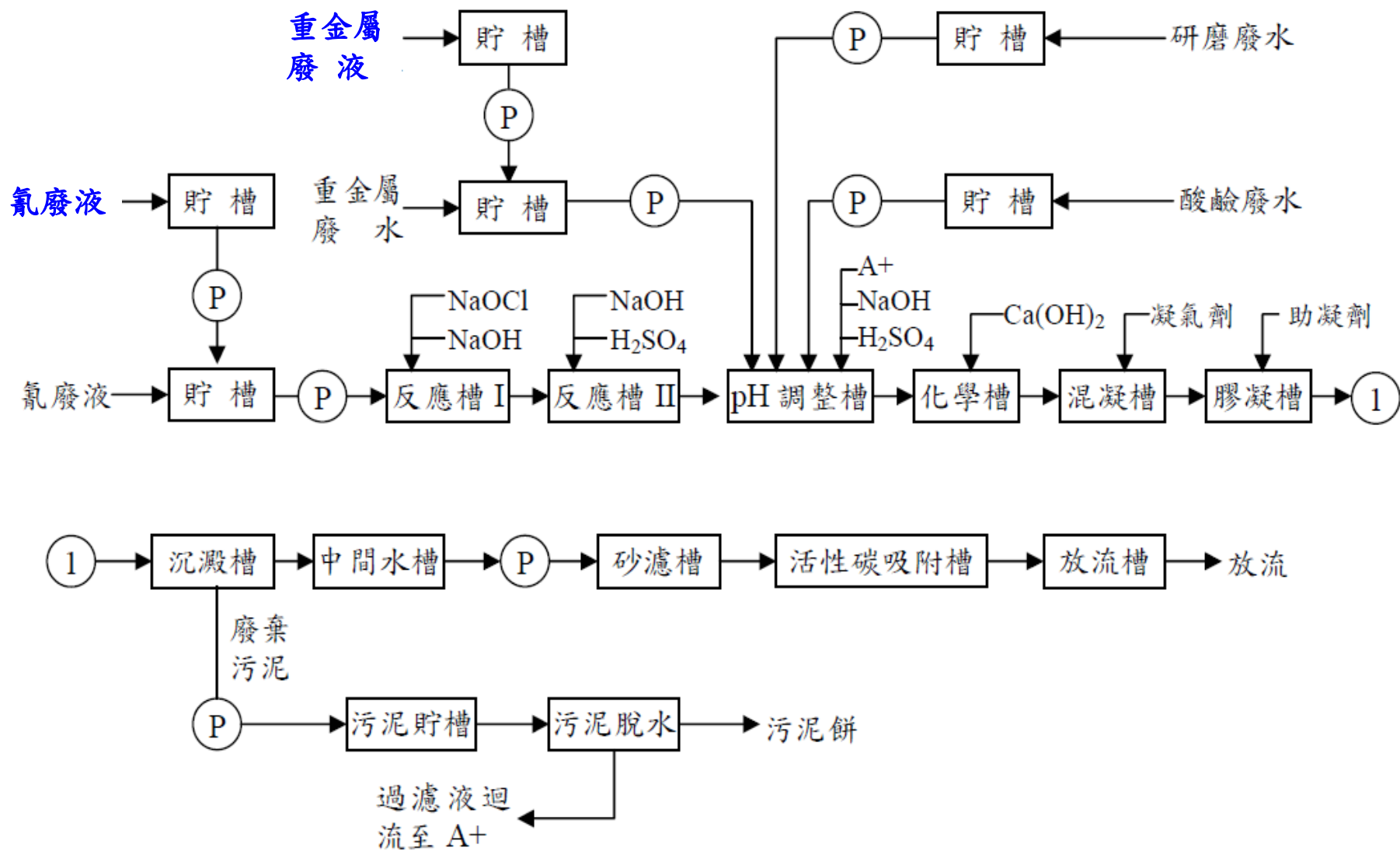


圖 10. IC 封裝廠廢水處理流程

5.2. 廢氣處理流程

就半導體製造生產特性而言，因其使用之化學品種類繁雜，必須特別著重勞工安全之維護，且其生產過程常須在無塵室中進行，污染物排放型態較一般工業特殊。

半導體製造業常用之空氣污染控制設備，包含可燃毒性氣體燃燒管、乾式吸附塔、活性碳吸附塔、填充式洗滌塔等，其中氣體燃燒管及乾式吸附塔(Local scrubber)均緊跟在製程設備後面就地處理排放之廢氣，因此這些處理設施均安置於廠房內；由於考量廢氣之劇毒性，之後再將其收集至廠房外之中央廢氣處理系統(填充式洗滌塔)實施二次處理，以確保安全。

半導體製程廢氣處理流程如圖 11 所示。

- 化學機械研磨平面化（**CMP**）處理過程是拋光晶圓突出表面與下表面來規劃晶圓的使用
- 它結合**化學蝕刻**和**機械研磨**，以消除表層鋪墊



機台在**無塵室**內操作

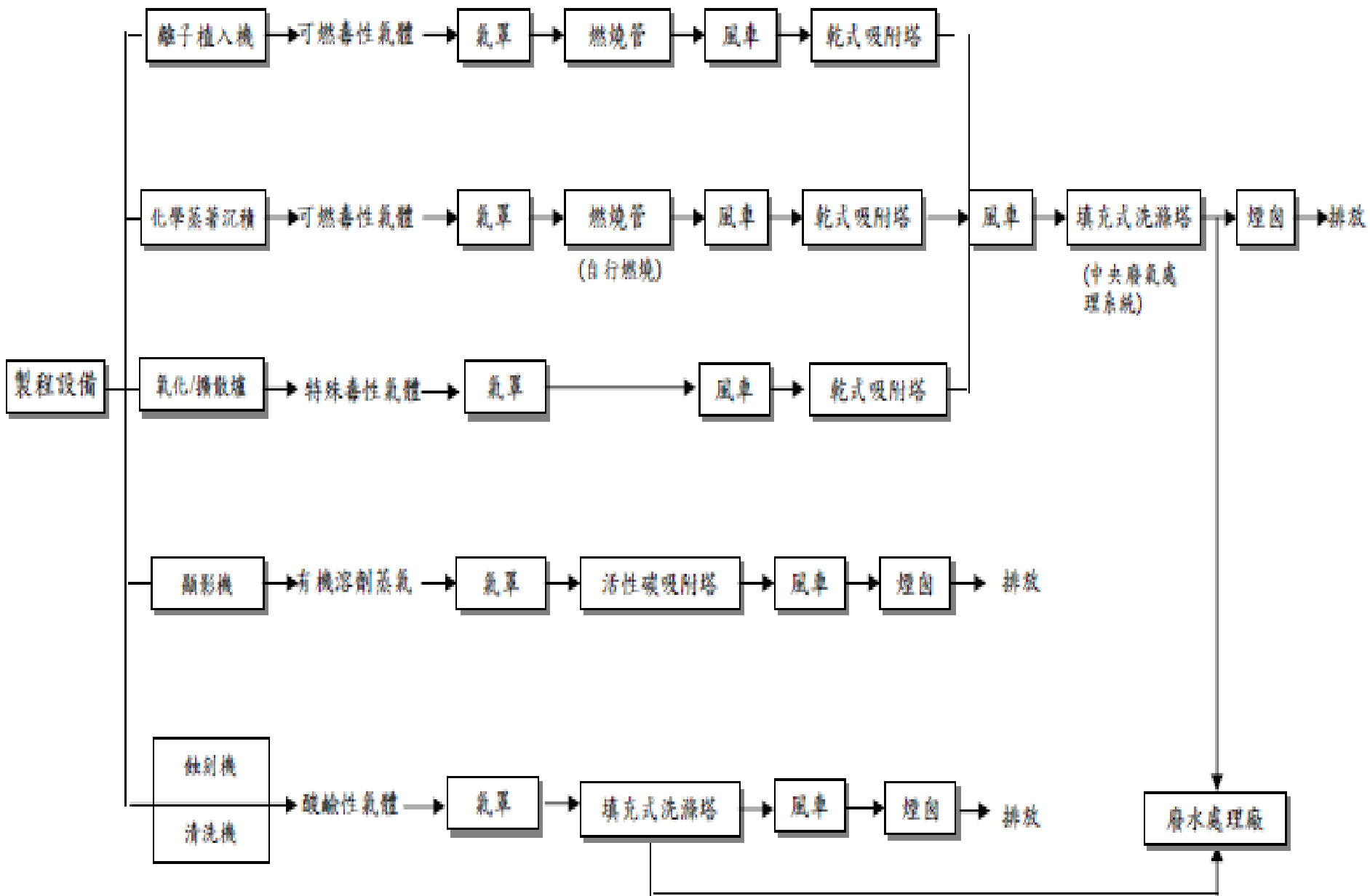
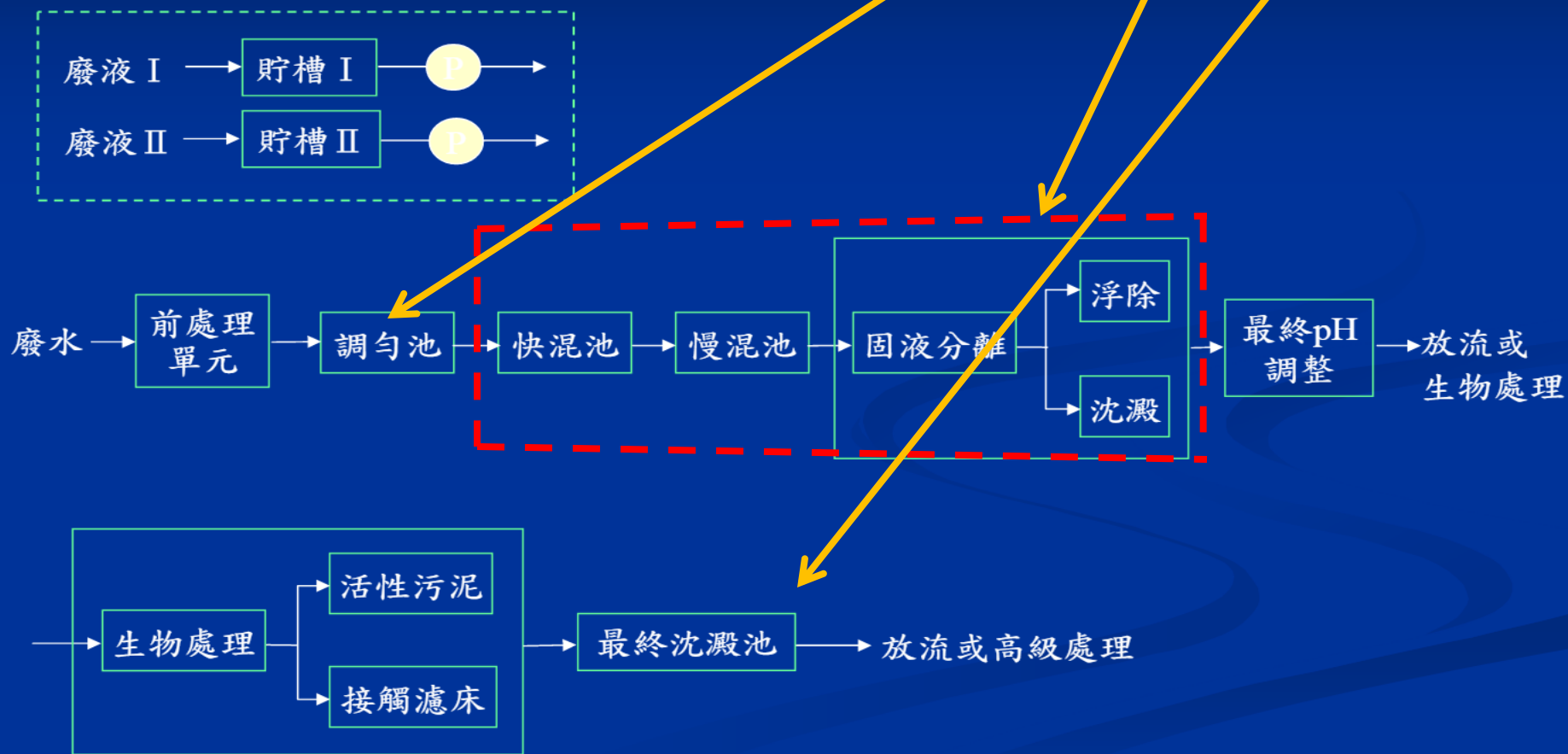


圖 11 半導體製程廢氣處理流程

六. 污染廢水處理及回收技術與設備單元設計概要

6.1. 廢水處理及回收技術與設備單元設計概要

半導體製造業廢水來源眾多，在處理時，主要為：去除有機物，酸廢液、重金屬等污染物。以處理技術分類，可分為預處理、化學及後續處理等各種處理技術之設備單元設計概要併同說明如下



1). 預處理技術

預處理係指工廠經由調查、評估、瞭解製程各階段所產生之污染性質、污染量及污染來源等問題後，針對各種問題於廢水處理前採用一些措施，以減輕污染強度、污染量等，使污水處理成本降低、處理效果提昇。

預處理一般包括：物理及化學方式，如調勻、pH調整等，

各種處理技術之設計說明如下：

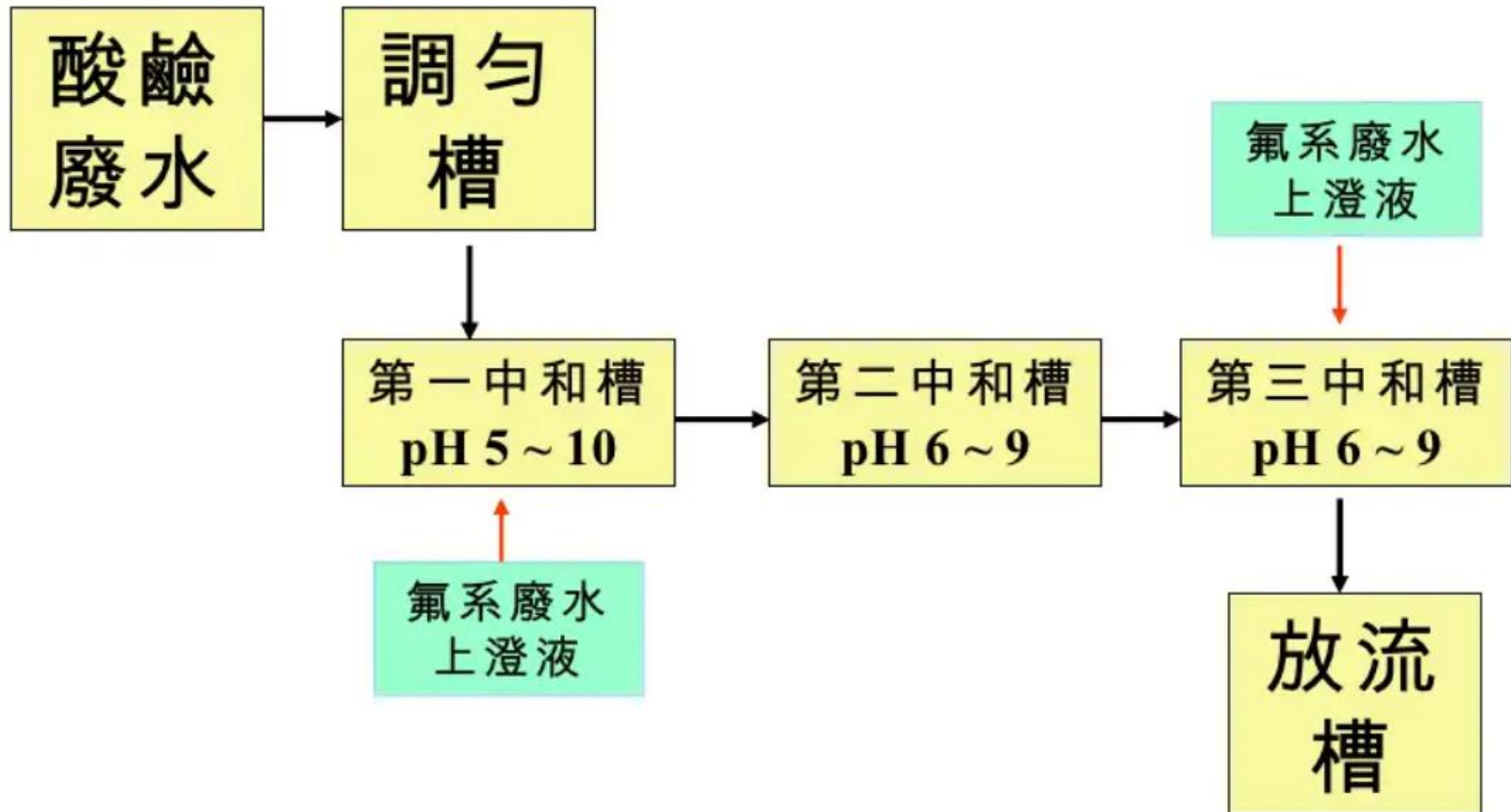
A. 調勻槽

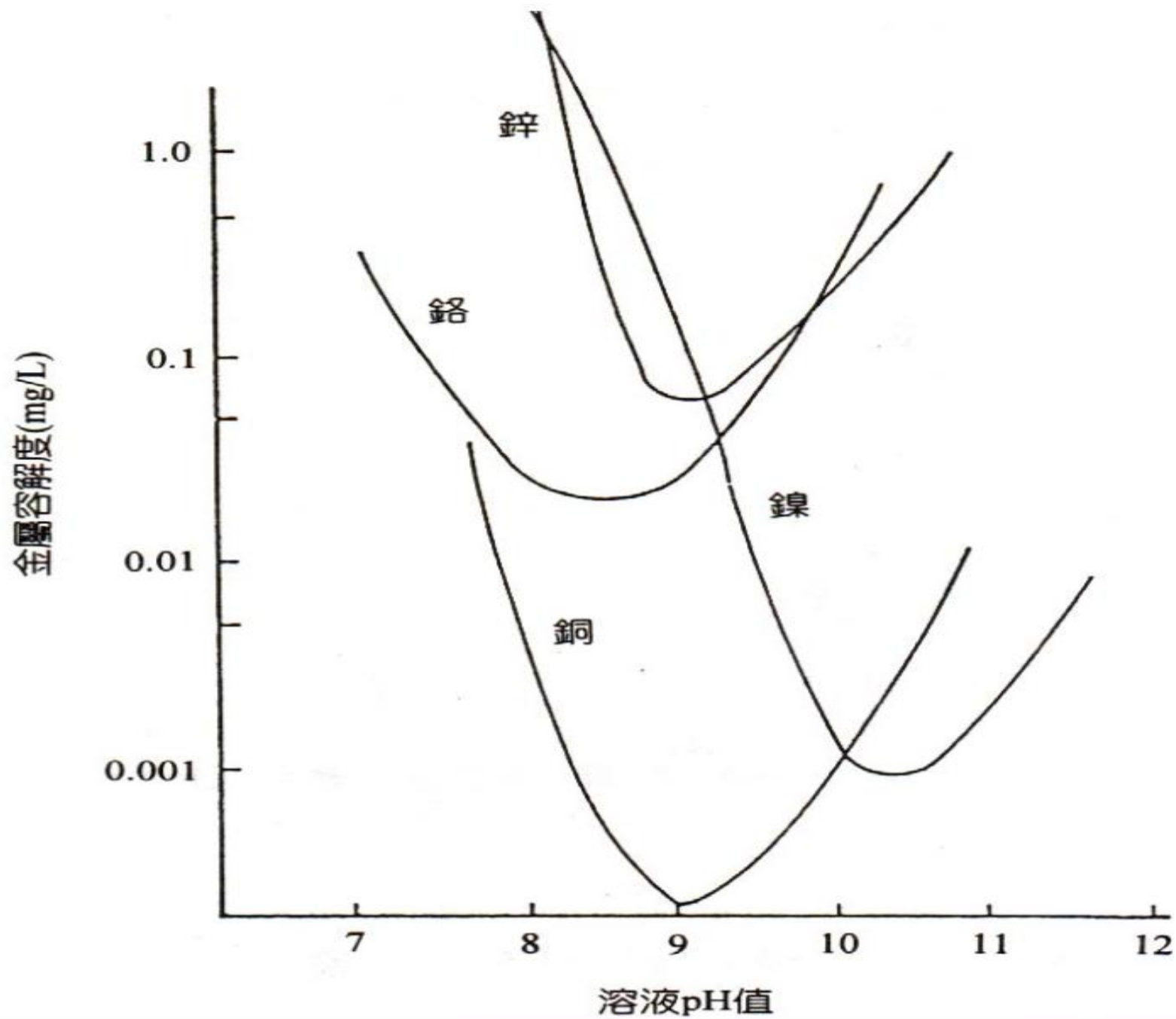
調勻槽目的在調勻水質、水量並兼具降溫的功能。由於廢水因水量水質變化極大，各製程單元排出廢水量及其污染濃度一日之間可能時時不同，且變化大，因此需藉由調勻來使流入廢水處理設施之水質、水量得以穩定，並具有部份降低水溫之功能。常用之調勻方式以攪拌為主，可採分散器攪拌、表面曝氣機、沉水式曝氣機等。

B. pH 調整槽

工業廢水 pH 值隨加工種類及製程而改變，其範圍從強酸至強鹼皆可能發生，故藉由添加酸、鹼中和劑以使廢水之 pH 調整至適宜後續處理條件。pH 調整設備計有：水躍式、空氣攪拌、機械攪拌及管線攪拌等數種，其中空氣攪拌及機械攪拌較能達到良好之調整效果，此外在調整槽宜設置 pH 控制器，以便有效控制酸、鹼之加藥。

酸鹼廢水pH 調整處理單元特性

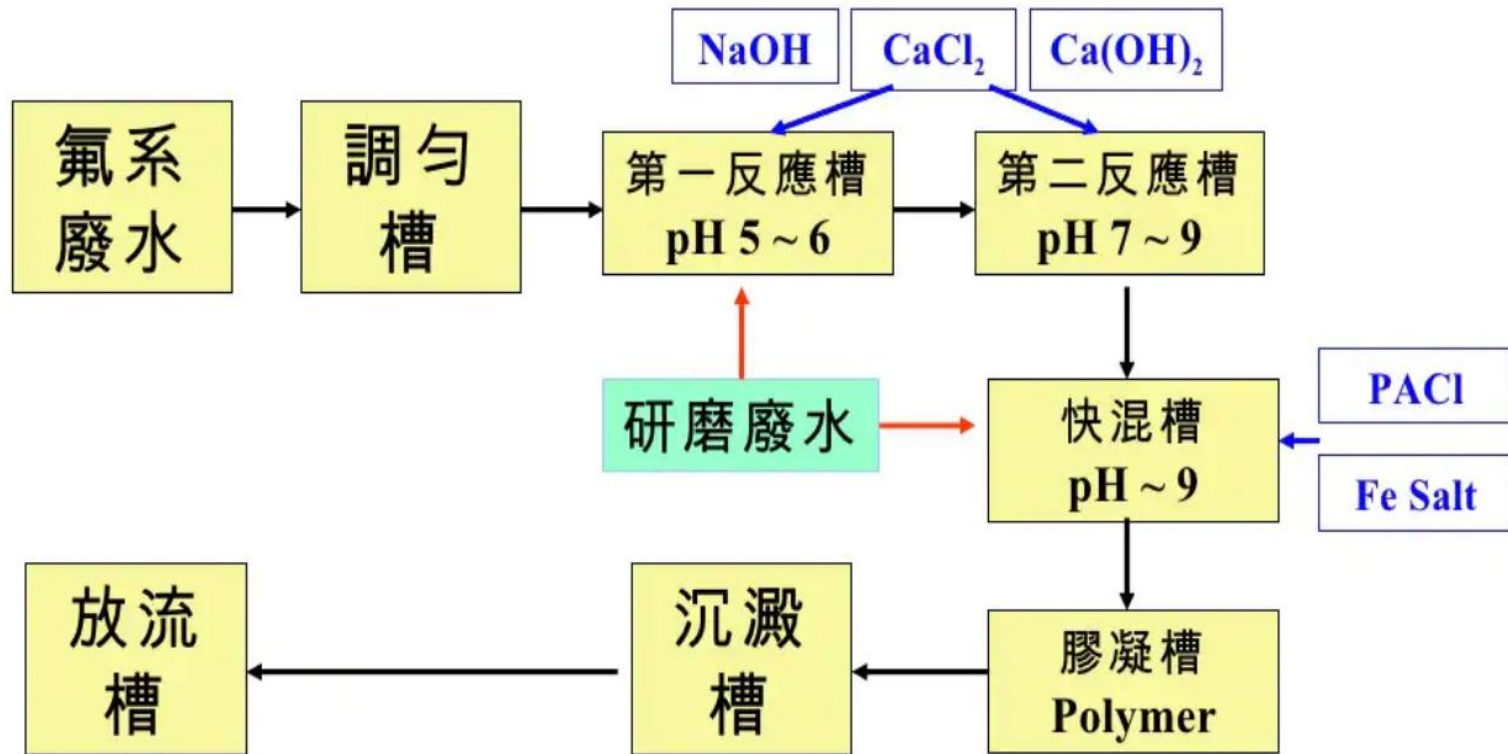




各種金屬氫氧化物適當沈降 pH 值

金屬離子名稱	pH 範圍	殘留濃度(mg/L)	說 明
Al^{3+}	5.0~8.0	3	pH6.5 以下、8.5 以上附近再溶解
Cr^{3+}	7~9	2	pH9.0 附近再溶解
Mn^{2+}	10~14	1	pH12.0 附近再溶解
Fe^{3+}	5~12	1	--
Ni^{2+}	9 以上	1	--
Cu^{2+}	7~14	1	--
Zn^{2+}	9~10.5	1	pH10.5 附近再溶解
Sn^{2+}	5~8	1	--
Pb^{2+}	9~9.5	1	pH9.5 附近再溶解

氟系廢水處理單元特性

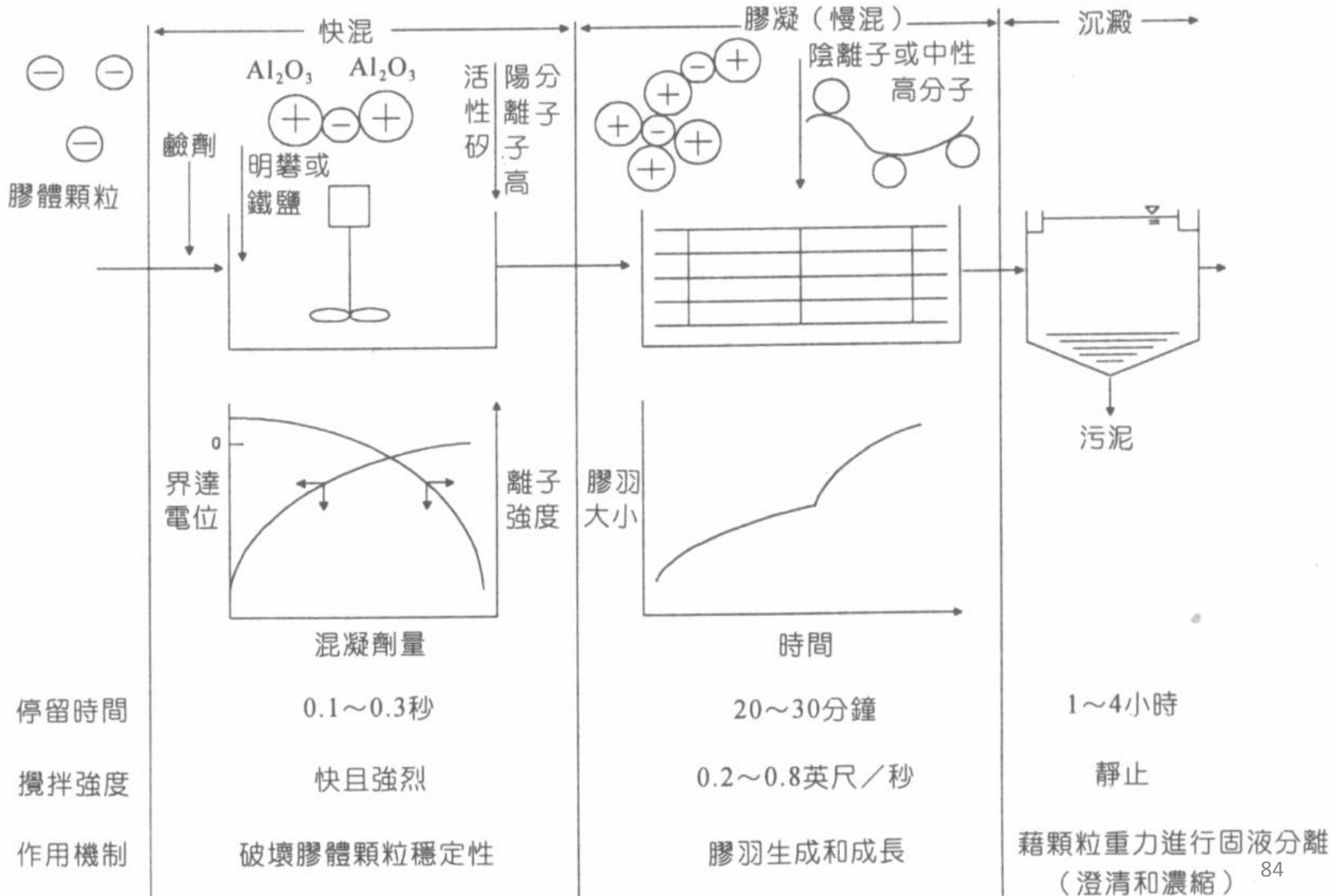


酸性條件下的最佳機制是電荷中和，而鹼性條件
將促進PACl的凝固

最終pH值為7.0至10.0

** polyaluminum chloride (PACl)

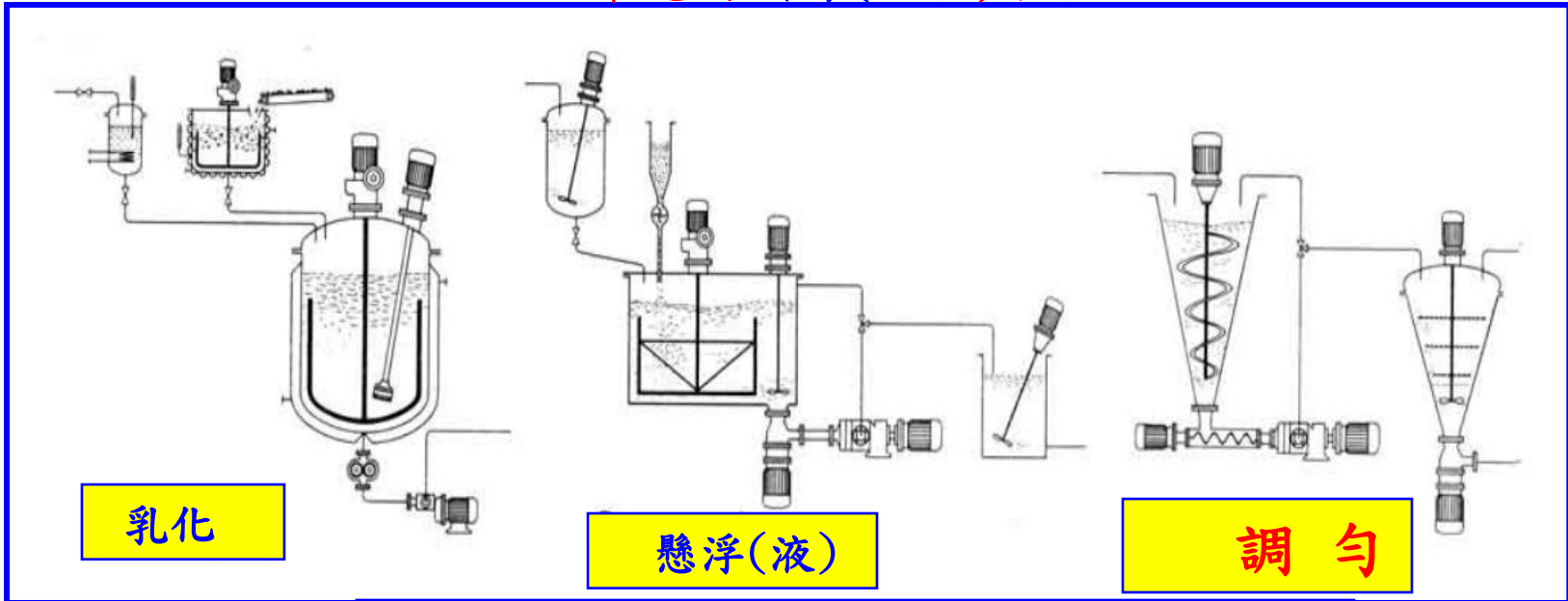
混凝-膠凝與沉澱機制



		採用廠家
混 沉 處 理 藥 物	$\text{CaCl}_2 + \text{PACl} + \text{Polymer}$	14 (51.9 %)
	$\text{Ca(OH)}_2 + \text{PACl} + \text{Polymer}$	1 (3.7 %)
	$\text{Ca(OH)}_2/\text{CaCl}_2 + \text{PACl} + \text{Polymer}$	1 (3.7 %)
	$\text{CaCl}_2 + \text{FeSO}_4 + \text{Polymer}$	1 (3.7 %)
	$\text{CaCl}_2 + \text{FeCl}_3 + \text{Polymer}$	1 (3.7 %)
	$\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4 + \text{Polymer}$	1 (3.7 %)
	$\text{CaCl}_2 + \text{Polymer}$	6 (22.2 %)

凝沉過程使用線上光圖測量儀進行監測，以檢查化學劑量和操作條件對固體液體分離效率的影響。實驗結果指出，對於200 NTU懸浮，*Spirulina* sp. 需要量比*Chlorella* sp. 高得多的 PACl 劑量才能有效凝固，因為*Spirulina* sp. 的負表面電荷較高。

常見的調勻(混合)容器



攪拌器型式根據程序目的要求進行選擇



Propeller stirrer

the material to be mixed from the top and the bottom. Minimum shearing forces. Used at medium to high speeds.



Turbine stirrer

the material to be mixed from above. Generates axial flow in the vessel.



Dissolver stirrer

the material to be mixed from the top and the bottom. High turbulence, high shearing forces. Particle reduction.

shearing forces. Particle reduction.



Paddle stirrer

Effect is similar to that of a propeller stirrer. Medium to high speeds required.



分散攪拌器



管線攪拌器 (static mixer)



pH 調整槽

2). 化學處理

(A) 化學混凝單元

混凝之主要功能係於廢水中添加混凝劑及助凝劑，使廢水中無法沉降之細小固體物質產生凝聚作用，形成之膠羽 (floc) 則藉由沉澱或浮除去除之。一般而言，化學混凝處理包含快混池及慢混池，快混池中係經由混凝劑的加入及快速攪拌，以破壞粒子的穩定性，慢混池則藉緩慢的攪拌使粒子相互碰撞而凝聚，形成可沉降之粗大膠羽。目前廢水處理常用之化學混凝藥品計有多元氯化鋁(PAC)、硫酸鋁、氯化鐵及高分子凝集劑等。

(B) 沉澱(分)單元

沉澱池係藉由重力沉降方式去除廢水中可沉降之有機物及懸浮固體，以降低後續處理之負荷。在規劃設計上需有足夠之表面溢流率、良好之污泥收集刮除設備及可調整之溢流堰板。而操作上需適當的排泥以維持污泥床之深度，避免污泥層太厚，影響出水水質。

(C) 浮除單元

化學混凝形成之膠羽以加壓浮除來進行固液分離，最大之特點在於將 3~6kg/cm²壓力之空氣打入廢水中，使大量空氣溶於液相中（在空氣溶解槽中反應），再將之導入浮除槽。在大氣壓下，空氣自液相中溶出，形成小氣泡附在膠羽上，由於氣泡之上浮，將污泥一併帶至液面處形成浮渣，再以刮板刮除。其主要目的在去除不易沉降分離之懸浮固體物及油脂，近年來已為不少業者採用，然操作上應注意氣水之混合狀況、進流水之分配等問題。

快混池的設計要領

■ 快混的功能

快混的目的，在使混凝劑與廢水快速混合，藉快速的攪拌作用，破壞粒子穩定性而增加粒子與粒子間彼此碰撞之機率。

■ 快混池的設計要求

(1) 槽體形狀

不特別要求，但以方形或圓形為佳。

(2) 停留時間

一般以1~5分鐘即可。

(3) 攪拌方式

機械攪拌或空氣攪拌均可。

(4) 攪拌機轉速設計

攪拌機轉速以 80~100rpm 或相當於槽內流速約在 1.5m/sec以上。

(5) 藥劑(NaOH、PAC)的添加應注意使藥劑與廢水充份混合，且停留時間最長，一般設計時於廢水流入入口處添加，且流入入口與流出口呈對角位置，避免短流或藥劑浪費。

(6) 混凝劑(PAC、FeCl₃、...)一般呈微酸性，添加時應注意其對廢水pH值的影響，混凝劑的添加量取決於杯瓶試驗所得之最佳結果。

(註：一般而言，混凝劑的添加量約為150~200mg/l間)

(7) 快混單元的水質pH值係指攪拌均勻後欲進入慢混單元之水質pH值，故pH監測控制設備應設於快混單元的流出口附近，相關位置圖如下：



慢混池的設計要領

■ 慢混池的功能

藉著凝集劑（或稱助凝劑）的添加使各自帶 \oplus —電之微細、不穩定膠羽粒子在緩慢的攪拌下，彼此凝聚成較大而重之膠羽粒子，進而可藉自身重力而達沈降分離去除之目的。

■ 慢混池的設計要點

(1) 槽體形狀

最好為方形或圓形。

(2) 停留時間

10~15分鐘（約為快混池的3倍）

說明：因所需停留時間約為快混池之3倍，故槽體所需容積亦約為快混池之3倍。

(3) 攪拌方式

為利宜攪拌速度之控制，慢混池之攪拌方式宜採慢速機械攪拌機設計。

(4) 攪拌機轉速設計

20~30rpm(約為快混池之1/3)或維持流速於15~60cm/sec間。

說明：a.若採曝氣攪拌方式設計，應注意風量之大小，以避免過高之風量對膠羽產生衝擊，一般而言，所需風量以可將膠羽由下往上帶動，不致往下沈即可。

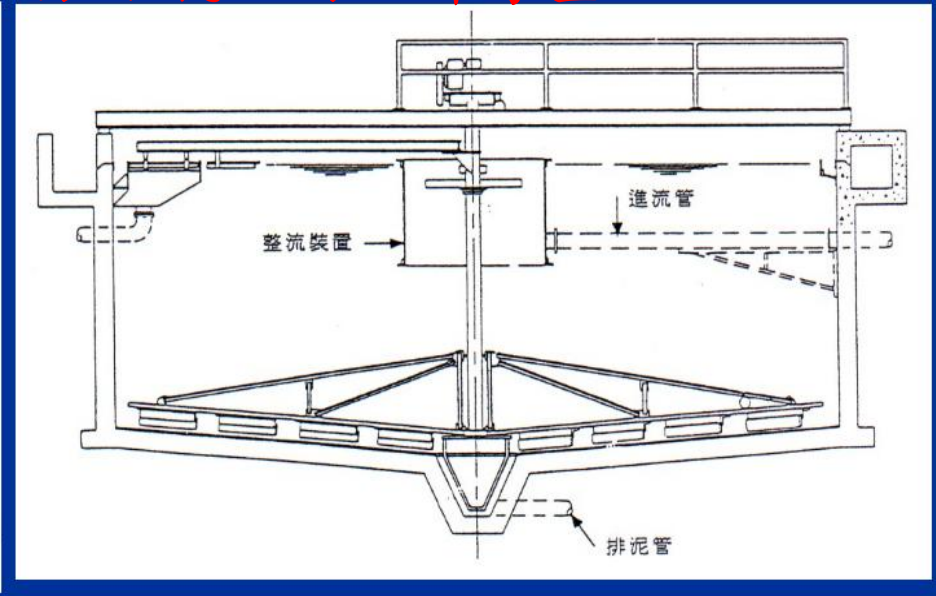
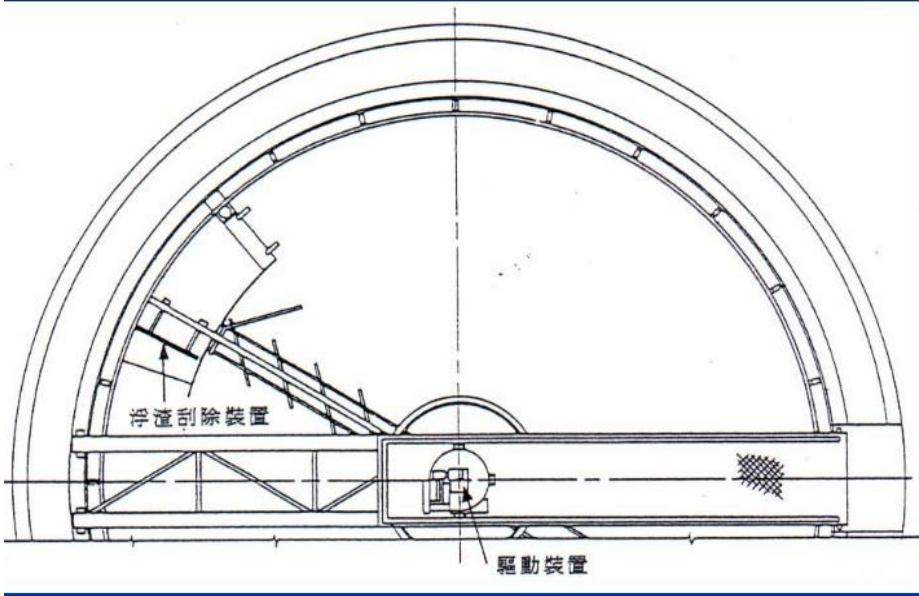
b.一般而言，流速在9cm/sec以下時即產生沈澱，而流速大於75cm/sec時則膠羽遭破壞。

(5)凝集劑（或稱助凝劑、polymer）的添加應注意使藥劑與廢水充份混合，且停留時間最長，避免短流或藥劑浪費。

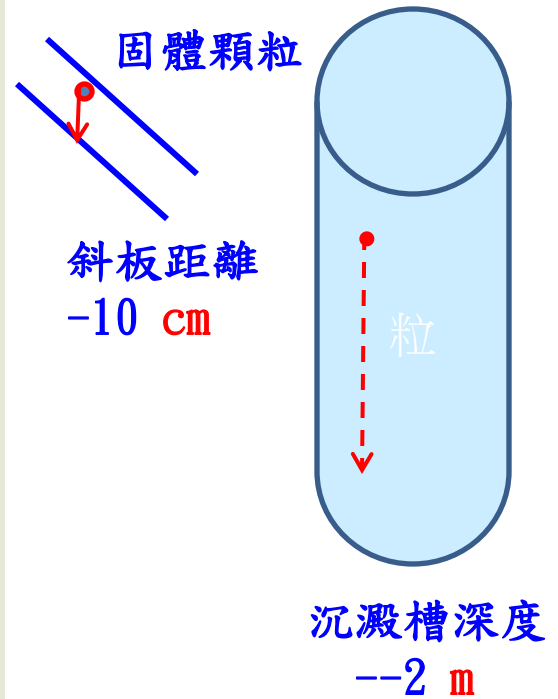
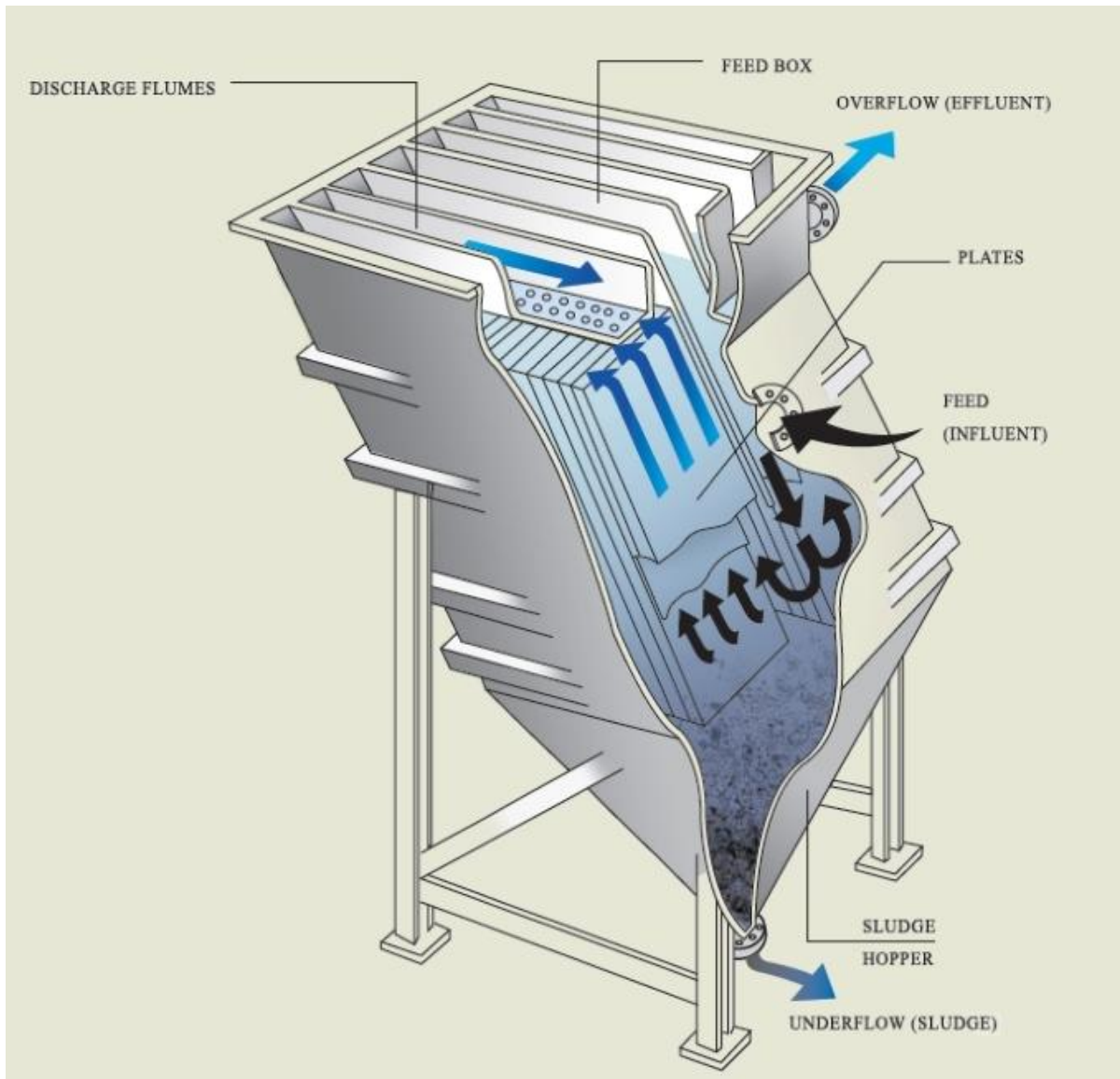
(6)凝集劑的添加量應取決於杯瓶試驗所得最佳結果之加藥量（註：一般而言，凝集劑之添加量僅約為2mg/L即可）。

(7)慢混池與沈澱池間的水位差以10~15cm為原則，水位落差愈大，水流流速愈快，對膠羽的衝擊愈大，愈不利於污泥的重力沈降現

沉澱池—固液分離氣—的設計考量

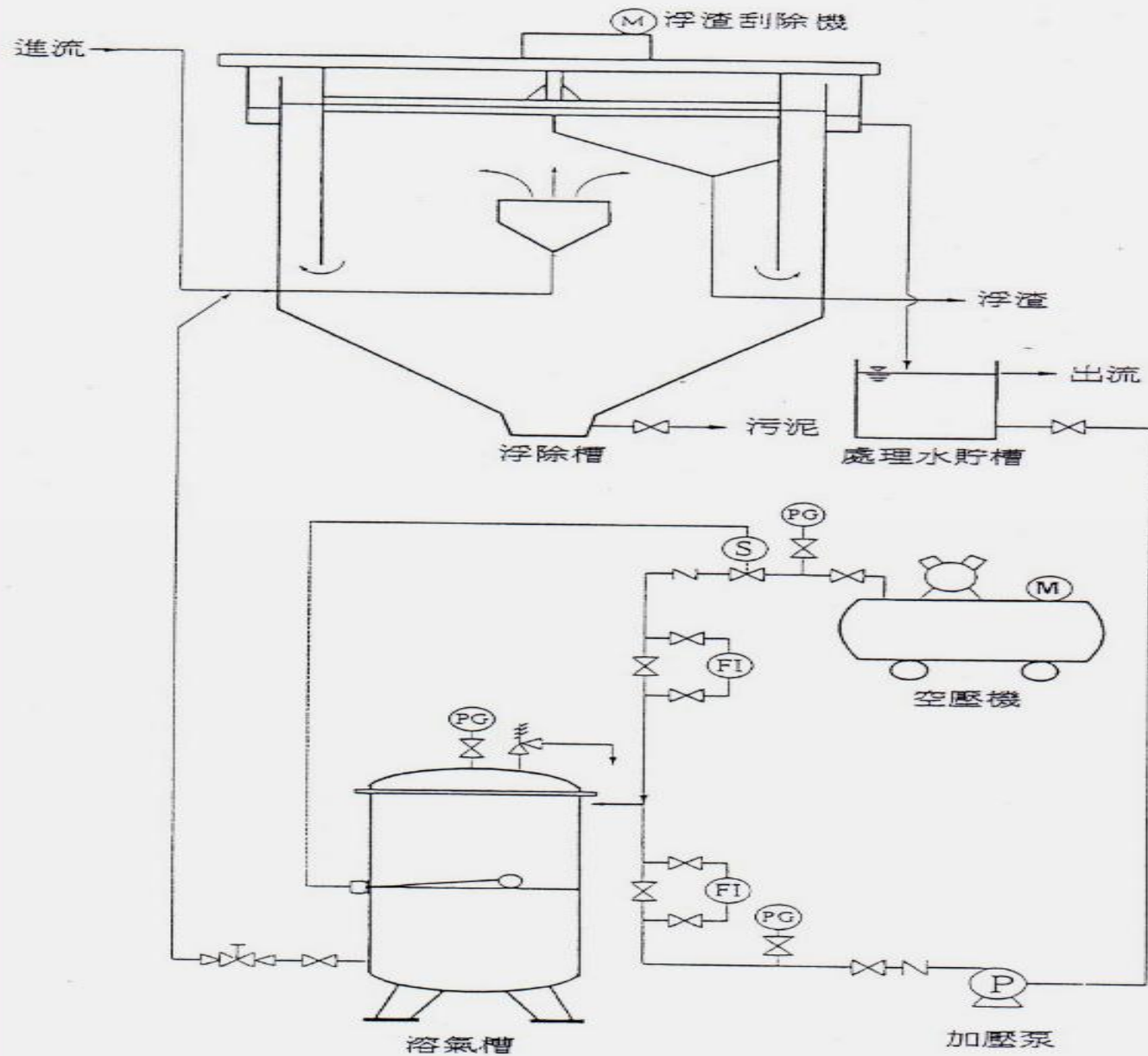


連續式固液分離器 (decanter Centrifuge)



佔地面積小
 無需作業動力
 槽體和斜板
 可採用FRP 製作

斜板群固液分離槽



加壓溶氧浮除系統設備流程圖

浮除設備單元設計要領

1.加壓泵

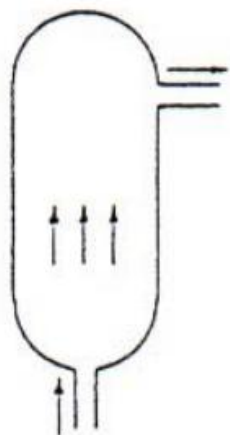
其主要功用為泵送加壓迴流水供溶氣之用，迴流量一般為進流水量的25~50%，泵之揚程為40~60m，加壓泵通常採用陸上型自吸式離心泵，一般小型浮除設備之加壓泵亦可採用正排量螺旋泵。

2.溶氣槽

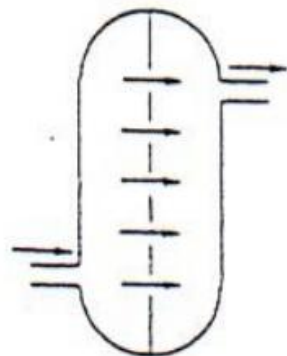
溶氣槽的主要功用是使注入之空氣充份且快速地溶解於迴流水中，使能於浮除槽中產生足量的微細氣泡，以發揮浮除效果，溶氣槽的水力停留時間一般為3~5分鐘。常用之溶氣槽型式如下圖，其中溶氣效率最高的是填充式溶氣槽，其溶氣效率可達80%以上。

3.浮除槽

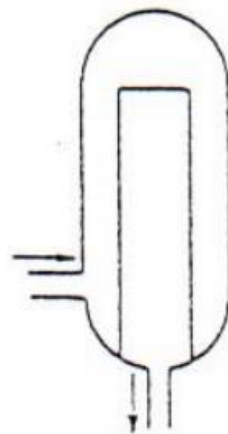
浮除槽之表面積水力負荷為一重要之設計參數，欲獲致良好之浮除效果，表面積水力負荷一般不宜超過 $6\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ （未包含加壓迴流水），理想之設計值為 $4\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{hr}$ 。浮除槽之容量，一般設計值為水力停留時間20分鐘以上（未包含加壓迴流水）。



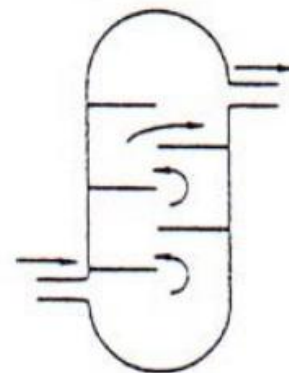
直流式



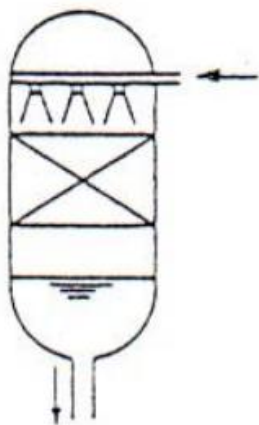
隔板式



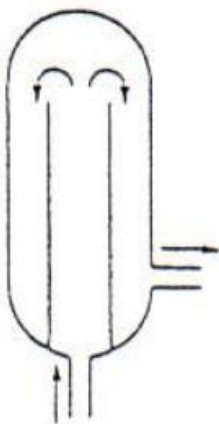
套管式



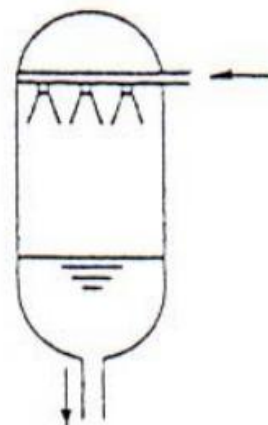
橫隔板式



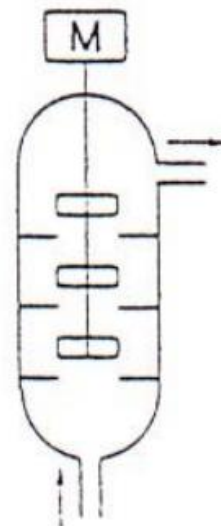
填充式



翻攪式



噴淋式



渦流式

溶氣槽型式程圖

3). 後續處理

一般而言，**廢水生物處理技術**包括：**活性污泥法、接觸曝氣法、旋轉生物盤法、滴濾池法等**。其中**活性污泥法及接觸曝氣法**為普遍採用之生物處理單元，各種處理方法其技術原理說明如下：

(A) 砂濾

過濾之目的為分離水中懸浮性固體物，為目前廢水處理常用之後續處理單元。於過濾程序中，**廢水流經如細砂或無煙煤之類的濾料**，形成阻流作用，**可去除懸浮性及膠體性粒子**。與沉澱單元相比，過濾法所需費用較高，但設備體積較小，操作迅速，經過濾後之固體物含水量亦小。廢水處理上過濾法可分為重力、加壓及減壓等三種方法。

(B) 活性炭吸附

活性炭吸附法為藉**活性炭的吸附作用**吸附處理水中所含之**溶解性或難分解性之有機物或無機物**。

通常為生物處理及物理化學處理設施之後所附加之設施，為上述處理設施未能處理達到之水質或處理水擬再用時所需之處理設施。



立式洗滌塔



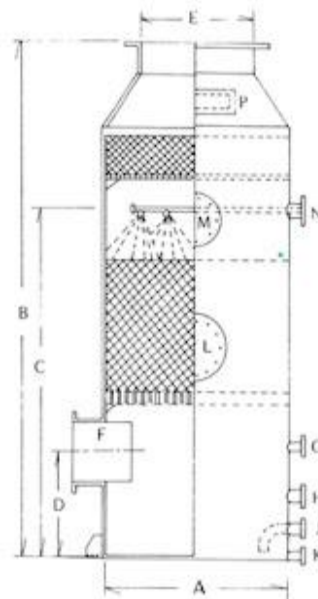
活性炭塔



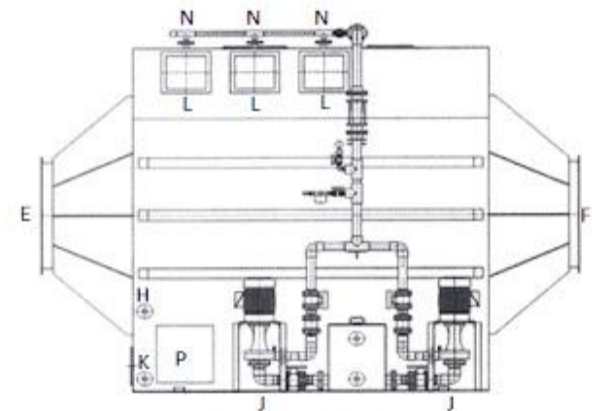
濕式洗滌塔



填充式洗滌塔



立式洗滌塔構造圖

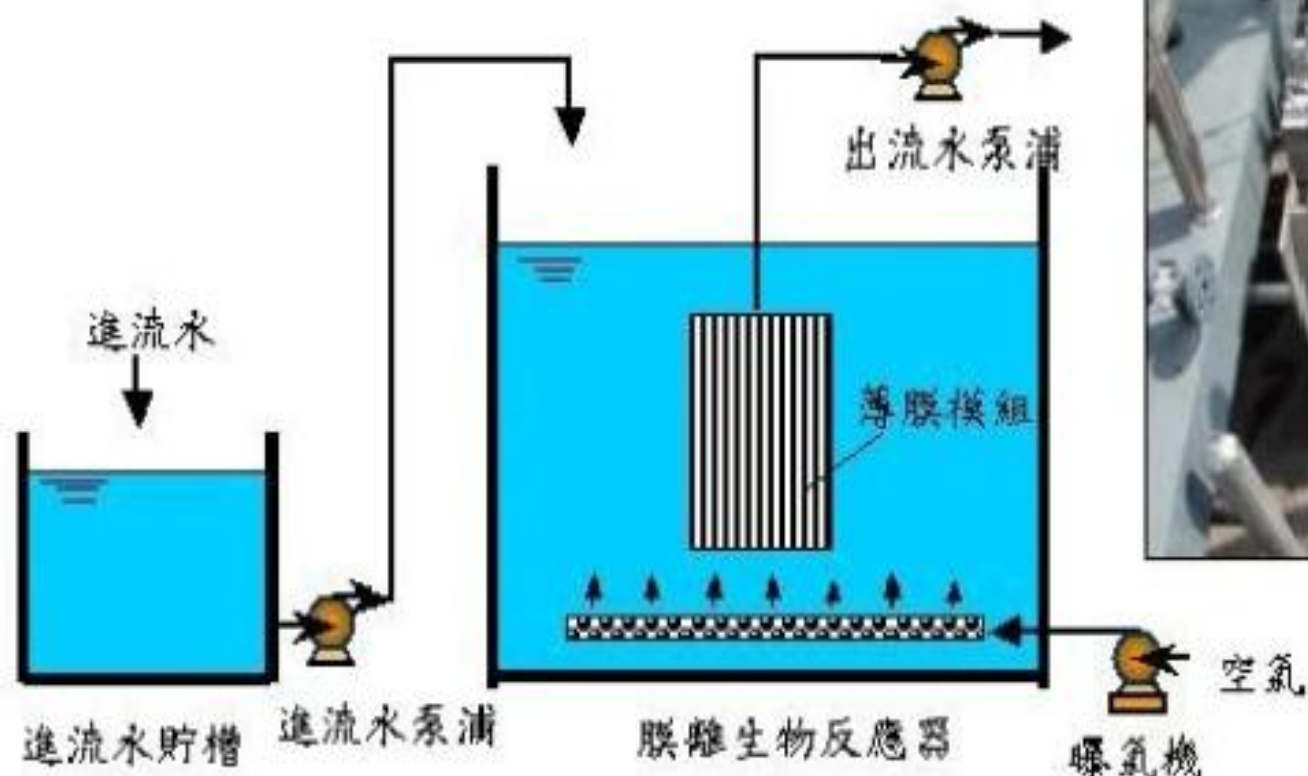


臥式洗滌塔構造圖

膜離生物反應器技術-MBR

MBR, Membrane Bio-Reactor Technology

- 結合生物處理及薄膜分離技術
- 適當的薄膜性質與操作條件以延長薄膜使用壽命



ITRI不織布

(C) 離子交換法

所謂的離子交換即為在一固體(樹脂)和液體(水溶液)間，進行可逆的相互交換反應，即利用不溶解性的固體樹脂顆粒可從電解質水溶液中將正電荷或負電荷的離子吸收，同時將等當量的相同電荷之其他離子釋入水溶液中，以達到離子與水溶液分離的目的，而此種反應的發生並不會改變樹脂本身的結構。

採用離子交換系統處理氟離子的操作一般有四種方式：回分式(batch)、固定柱床式的 fixed-bed)、流體床式(fluidized-bed)和連續式(continuous)，其中以固定柱床式為最普遍採用的方式。

典型固定柱床離子交換的步驟為：交換 (service)、反洗(backwash)、再生(regeneration)，和洗滌(rinse)。



4). 廢水處理設施常見問題

半導體製造業工廠廢水污染防治工作上之共同問題。分下述幾點提供參考：

(1). 製程減廢方面

未能由製程採取減廢措施，減少高濃度廢液、廢水排出量或降低污染濃度，以減輕廢水處理系統之處理負荷。

(2). 分類收集系統

(A). 製程清槽或更槽時所產生的各股高濃度廢水、廢液，未能單獨貯存再定量納入廢水處理系統進行處理，當高濃度廢液瞬間排放時，因無緩衝調節作用，使用綜合廢水水質污染濃度變化劇烈，處理系統超過負荷，易造成處理水水質無法符合放流水標準。

(B). 因各股廢水、廢液未能妥善分類收集，再依一定比例納入廢水處理系統進行處理，所以無法確保穩定之綜合廢水水質，造成操作上極大的困擾，例如加藥量及 pH 值等，均難以有效控制，進而影響處理後放流水質的穩定性。

(3). 處理設施缺失

(A). 部分半導體製造業工廠調整槽容積不足以均勻水質或調節流量，以致綜合廢水水質、水量經常變動，無法建立穩定且正確的操成參數，造成操作上極大困擾。

(B). 混凝單元中的加藥種類、加藥 pH 值、加藥位置、加藥量、攪拌速度、停留時間不正確，造成混凝反應效果不佳。

(C). 沉澱池設計簡單且多未依學理設計，造成溢流率過高，膠羽沉降不良。

(D). 污泥處理設備功能不完善以致脫水效果不良，無法有效減少污泥體積及重量，降低污泥處理及處置成本。

6.2. 廢氣處理技術與設備單元設計概要

就半導體製造生產特性而言，因其使用之化學品種類繁雜，必須特別著重勞工安全之維護，且其生產過程常須在無塵室中進行，污染物排放型態較一般工業特殊。本章節將介紹行業空氣污染物之收集系統，以及半導體製程中經收集之各類空氣污染物處理技術與處理設備單元設計概要。

1). 空氣污染物收集系統

由於半導體製造工業產品之高度精密化，因此製程均要求在嚴格控制的無塵室中操作，無塵室之構造採層層過濾，以去除微粒存在，並控制室內一定之溫度與濕度，故基本上無塵室為密閉空間。IC 晶圓製造過程中污染源均發生於無塵室內，為避免大量使用之化學物質於作業環境中影響人員安全，故污染物的收集愈加顯得重要。一般對於空氣污染物的收集，大都使用局部排氣系統 (local exhaust system)。局部排氣系統基本上包含：氣罩、風管、風車、空氣清靜裝置及煙囪等，其設計之良窳將影響局部排氣系統效率。

依業界習慣，一般將廢氣收集管線區分為兩類，亦即製程廢氣排氣（scrubber exhaust, SEX）及一般排氣（general exhaust, GEX）。製程廢氣排氣係指製程設備中反應槽所剩餘或未反應之原料以真空泵抽出，抽氣時以氮氣來稀釋廢氣濃度以保護真空泵，各個廢氣性質相似之廢氣則合併先經區域性吸附或洗滌處理後，再與其他廢氣合併，最後送至中央洗滌塔作二次處理後排入大氣中。至於一般廢氣系統乃指將自反應槽逸散之空氣污染物，以局部排氣系統捕集，以維護無塵室中之空氣品質。

製程廢氣之排放與處理設備，一般均視為製程設備的一部份，其設置依製程作業之不同而異。

一般排氣系統採用氣罩予以收集污染物。因此，氣罩設計之良窳，影響廢氣處理效率甚鉅。氣罩的形式很多，若依氣罩與污染源的相對位置及適用範圍，可將氣罩分為：密閉式氣罩、箱型氣罩、捕集型氣罩及接受型氣罩共四類。

(1). 密閉式氣罩

密閉式氣罩是將污染源局部或整體密閉起來的一種氣罩，其操作原理是使污染物的擴散局限在一個密閉空間內，並利用抽氣使空間內保持負壓，達到防止污染物外逸的目的。其特點是與其他型式氣罩相比所需抽風量最小，控制效果最好，且不受室內橫向氣流的干擾。所以，在設計中應優先考慮選用。

一般IC晶圓製造廠使用之密閉式氣罩均設於製程設備(如金屬濺鍍機、化學蒸著沉積(CVD)等)之上，即製造設備中反應室所剩餘或未反應之原料藉密閉室氣罩以真空泵抽出，抽氣時並以N₂氣來稀釋廢氣濃度以保護抽氣泵。

(2). 箱型氣罩

由於生產操作的需要，在氣罩上開有較大的操作孔。操作時，通過孔口的氣流來控制污染物外逸。其捕集原理和密閉式氣罩一樣，可視為開有較大孔口的密閉式氣罩，化學實驗室的通風均屬於密閉集氣罩的典型代表。其特點是效果好，所需抽氣風量較密閉式較大，而小於其他型式氣罩，最常用者為層流排氣罩(Laminar flow hoods)。

半導體晶圓製造設備(含密閉式氣罩在上方)



晶圓自動光學檢測設備
utechzone.com.tw



今周刊- 舊設備挖出新商機台八吋晶圓...
businessstoday.com.tw



晶圓設備全球支出估連4年成長陸扮推手 | 半導...
news.tvbs.com.tw



KINGYOUP 晶圓暫時貼合...
kingyoup.com



**為300mm晶圓
CMP設備**



佳利揚科技股份有限公司...



Hirata



電子束晶圓缺陷檢測設備- 國立陽明交通...



力鼎精密股份有限公司- 物理氣相沉積(濺鍍)(PVD、...



104
台灣精品Taiwan Excell...

(3). 捕集型及接受型氣罩

由於工廠條件的限制，有時無法對污染源進行密閉，則只能在其附近設置捕集型及接受型氣罩，如溶劑清洗或濕蝕刻製程。捕集型及接受型氣罩的型式相當多樣，包括：頂蓬式氣罩(camopy)、下抽式氣罩(down-draft hood)、側吸式氣罩(side draft hood)、狹縫式氣罩(slot hood)及推拉式氣罩(push-pull hood)。由於捕集型氣罩吸氣方向與污染源氣流運動方向不一致，因此捕集型氣罩比接受型氣罩需要較大抽氣風量，才能控制氣流的擴散，而且容易受室內橫向氣流干擾。



Vertical Slide Up Doors – Open –
Semiconductor Chemical Processing



Vertical Slide Up Doors – Closed –
Semiconductor Chemical Processing

TSMC

Leads the Industry to Apply **EU Exhaust Hood Testing Standard**
(introduce EN 14175-3 (Requirements for Fume Cupboards)) to
Build a Safe and Healthy Working Environment

--wildly used in blending, mixing, analyzing, testing process in
the semiconductor industry--

**All TSMC Taiwan Facilities Complete Certification, Sharing with Tier 1
Suppliers** **2020/08/14**



As a responsible purchaser, TSMC leads the industry to introduce the EN 14175-3 testing standard, and put it into the supplier improvement subjects.

2). 廢氣處理系統

半導體製造所產生之空氣污染物經收集後，需再經妥善處理，始能予以排放。因此廢氣收集系統須針對各種不同廢氣特性分類收集處理。以下簡述半導體製造各廢氣之處理原則與處理流程。

半導體製造的生產設備皆在嚴格控制的無塵室中操作，主要有：氧化爐、擴散爐、清洗槽、顯影機、離子植入機及金屬濺鍍機(CVD)等。而各類製程可能產生污染物，依據其處理特性區分，可區分為酸鹼性氣體、有機溶劑及特殊毒性氣體三類，針對此三類廢氣處理，依目前國內外業界處理經驗，其處理原則如下：

- (1). 各類污染源所排放之污染物，可能包含多項不同特性廢氣，因此各股廢氣需先依特性經一次處理後，再進入中央廢氣處理系統處理。中央廢氣處理系統以洗滌塔為主。
- (2). 擴散、化學蒸著製程中產生之毒性氣體，主要為 C_{12} 、 PH_3 、 AsH_3 、 SiH_4 、 B_2H_4 等。其中離子植入機、化學蒸著沉積所產生廢氣為常溫，因此需先經燃燒管燃燒可燃毒性氣體，再以乾式吸附塔吸附未完全燃燒之毒性氣體。至於氧化/擴散爐所產生之可燃性毒性氣體，大部份已在爐內氧化，因此廢氣經收集後，備以乾式吸附塔吸附之。
- (3). 蝕刻、清洗製程所產生之酸鹼性氣體，如 H_2S_4 、 NH_3 、 $HC1$ 、 HF 、 HNO_3 、 CH_3COOH 、 H_3PO_4 。等，以填充式洗滌塔為預處理設備。
- (4). 黃光室製程中所產生之廢氣則以有機溶劑蒸氣為主，例如甲苯、二甲苯、丙酮、三氯乙烷等，因不具特殊毒性，以活性碳吸附塔吸附之；若廢氣為大風量、低濃度時則以濃縮轉輪處理之。

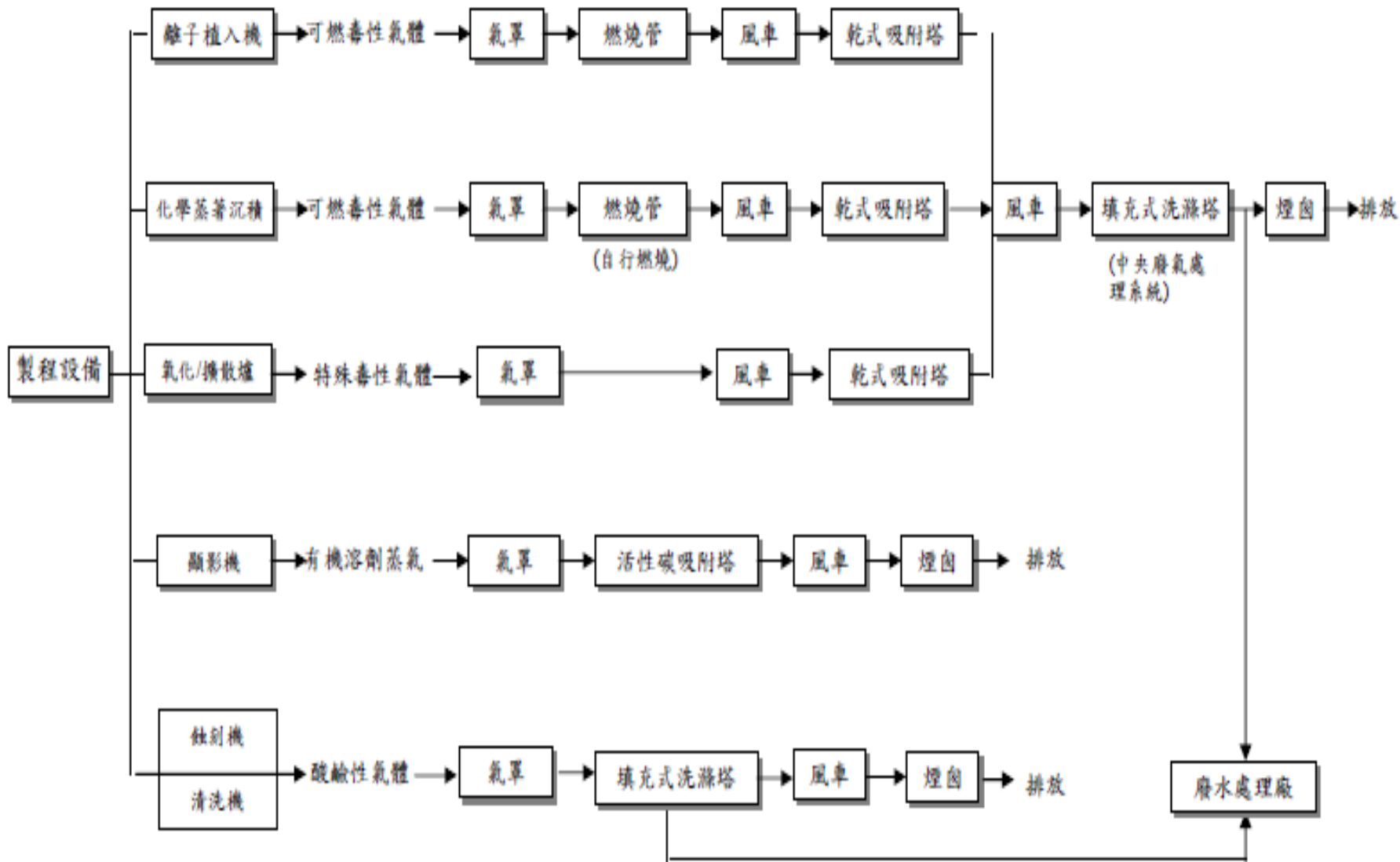


圖 11 半導體製程廢氣處理流程



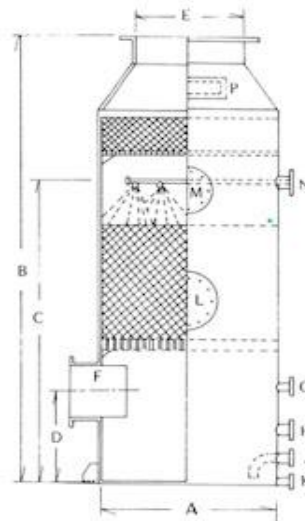
立式洗滌塔



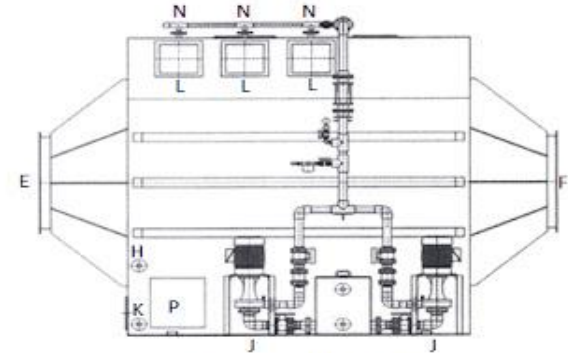
活性炭塔



填充式洗滌塔



立式洗滌塔構造圖



臥式洗滌塔構造圖

3). 酸廢氣濕式洗滌技術

半導體製程中酸鹼性廢氣處理，乃至於中央廢氣處理系統，一般均採用濕式洗滌設備，以吸收廢氣中污染物質。吸收法係利用液體(吸收液)之溶解作用以去除氣體中可溶解之成分。當吸收液中氣體濃度低於平衡濃度時，即可對氣體發生吸收作用。而吸收速率是決定於這氣體/液體本身的物理與化學特性，及吸收系統的操作條件(如溫度、氣體與液體的流量)，通常可藉由降低溫度、加大接觸面積、提高液體/氣體比值、提高氣流中被去除氣體之濃度等以增進吸收效率。

吸收作用包括有物理性及化學性。當被吸收成份溶解於吸收劑係屬於物理性吸收作用。當被吸收成份與吸收劑間有反應發生時，則為化學性吸收作用。溶劑可為有機性或無機性成份，包括有水、礦油、非揮發性碳氫油及水溶性(如氫氧化鈉)等。

4). 特殊毒性氣體控制技術

半導體製程單元，可能排放之特殊毒性氣體種類繁多，針對此類廢氣處理需因應各單元所排放廢氣特性，結合多種不同型式廢氣處理設備，階段性地處理各種不同特性污染物質，以確保處理效率。目前常應用於處理半導體製程中特殊毒性氣體之處理技術，大體上可分為乾式吸收或吸附法、濕式洗滌法、熱解法及燃燒法等四種方法。以下說明各種處理技術概要：

(1). 乾式吸附法

乾式吸附法主要乃藉物質附著於載體上的化學物質與廢氣中的毒性物質產生反應，以降低廢氣中污染物濃度之處理裝置，一般使用矽藻土作為載體，而載體上附著之化學物質則隨所欲去除之污染而異。

乾式法之優點為去除效率高，幾乎可高達 100%，吸著劑之使用可因應氣體種類不同而加以改變，且使用達飽和後可丟棄另再更新，甚為方便。例如Rikasole 氧化及清除法、KS 吸附劑法(反應和吸收法)。

(2). 濕式洗滌法

濕式洗滌法處理原理乃藉水溶液洗滌廢氣，以吸收污染物質，由於欲去除之污染物質毒性高，因此，洗滌塔型式一般採用填充式洗滌塔，以加大液氣接觸面積，至於洗滌溶液之選擇，則應視污染之特性，使用不同吸收劑或氧化劑，以吸收或氧化分解污染物。

濕式洗滌法主要優點在於比乾式吸附法處理量要大，可同時處理多個污染源所排放廢氣，然處理含多種不同污染物廢氣時，可考慮串聯使用不同洗滌液之洗滌塔，以多段洗滌確保不同特性污染物之去除效率。

(3). 熱解法

許多有害氣體能輕易地被熱分解，例如，將 AsH_3 加熱至 700°C 以上即可分解毒性，但仍有部份不反應的 AsH_3 固體，能以Rikasole去除。所以此種方法適用於小型設備，在熱反應區內填充金屬觸媒更能提高效率。

需注意的是，如果熱解氣體是B3，可能在加熱區加熱至燃點時會產生粉末，以致於阻塞管路，造成空氣不能進入等困擾。

(4). 燃燒法

燃燒法包含利用具自燃性(SiH_4)氣體自燃及使用燃油產生火焰燃燒有害氣體等二種方法，此兩種方法分別說明如下：

(A). SiH_4 自燃法

SiH_4 與氧接觸後，被氧化成粉末狀 SiO_2 。因此，導入大量的氧到排放氣體內，將 SiH_4 轉換成 SiO_2 ，然後利用濾網、洗滌塔或文氏洗滌塔清除 SiO_2 。

(B). 強迫燃料燃燒法

此法是將煙道氣體導引至燃燒器火焰，將氣體燃燒並轉換成有害的粉末而收集之。此法也適合大量處理使用，但因使用燃料，所以運轉成本較高。

(5). 揮發性有機物(VOCs)控制技術

半導體 IC 製造工業於黃光區製程使用大量之光阻液、顯影液，這些溶液均由種類繁多之有機溶劑組成，另於晶圓之清洗及機台之清潔工作也使用大量之有機溶劑，較常見者如二甲苯、三氯乙烷、丙酮、苯等，因而造成有機溶劑蒸氣逸散於作業環境中，影響員工身體健康甚鉅。一般工業有機溶劑廢氣的處理方法計有：吸附、焚化及回收法(或冷凝法)等三種，分別介紹如下。

(A) 吸附法

吸附法係藉由流體和固體(吸附劑)表面之接觸去除有機物或其他物質。氣流中之氣狀、液狀或固狀微粒被吸附劑吸附者，稱為吸附質(adsorbate)，常用的吸附劑包括有：活性碳、矽膠粒(silica gel)或活性鋁(alumina)。吸附程度決定於接觸面及吸附氣體物理性質，吸附劑具有較大的表面積/體積比，對吸附成分具有較大的親和力時，則能有較良好的吸附能力。例如：活性碳為最常用的吸附劑，對於揮發性有機物，若具備較大的分子量，較低的蒸氣壓及環狀結構(cyclical compound)者，將有利於吸附作用，在較低的操作溫度及較高的濃度狀態下，亦可增強吸附容量。

(B) 焚化法

在空氣污染控制領域中，廢氣焚化設備主要包括有：直燃式焚化(Incineration)及觸媒焚化(catalytic incineration)兩種。目前直燃式焚化爐之處理效果可達到 90% 到 99%。焚化爐中所產生高溫之煙道氣，具有較高之熱能，因此可在煙道氣(或燃燒空氣)之間裝置熱交換器以做熱交換，利用這些熱能產生熱蒸氣而做熱能回收。而觸媒焚化控制技術，乃藉由觸媒作用以氧化廢氣中之 VOCs。一般而言，增加觸媒焚化爐之燃燒溫度或減低其空間速度，可增加破壞去除效率達 98%。

(C) 冷凝法

冷凝處理常和其他空氣污染控制系統合併使用，通常冷凝器置於較昂貴的控制設備(如焚化處理設備、活性炭吸附床及吸收塔)之後。冷凝處理係利用廢氣成分中凝結溫度之不同而將較易凝結之成份分離出。冷凝作用可包括兩種方式 在定溫下增加系統之壓力在定壓下，降低系統之溫度。做為控制廢氣排放用之冷凝器可藉由使用冷凝劑來達成。最常用的冷凝器型式包括有：表面式及接觸式冷凝器(surface and contact condensers)。管殼式(shell and tube)熱交換器為常用之冷凝器，冷凝劑從管中流過，凝結下來之蒸氣附著管外殼上。蒸氣可在管外凝結成一層薄膜後，再排至儲存槽，或排出後做適當之處置。在接觸式冷凝器中，則噴灑冷的液體以冷凝廢氣中之揮發性成份。

七. 典範-台積電製程廢水回收實務

7.1. 廢水源類別

- 台積製程廢水依化學品污染程度，將廢水水質分成4大類，多達36種分流管線設計，將廢水的水質單一化，一方面降低處理難度，另一方面也為了更有效率的回收水資源。

一般酸鹼廢水

- DIR: DI Water Reclaim
- DIR-O₃: DI Water Ozone Reclaim
- AWD: Acid Wastewater Drain
- AWD-O₃: AWD Containing Ozone
- CWD: Caustic Wastewater Drain
- CWD-O₃: Caustic Wastewater Ozone Drain
- TMAH: AWD Containing TMAH

氫氟酸廢水

- HFD: Diluted HF Drain
- HFD-O₃: Diluted HF Ozone Drain
- HFC: Concentrated HF Drain
- LSD: Local Scrubber Wastewater Drain
- NH₄F: Ammonium Fluoride Wastewater Drain

有機廢水

- AOR/ AOR-I: Advanced Organic Wastewater Reclaim

研磨廢水

- CMP: CMP Wastewater Drain
- Cu CMP: Copper CMP Wastewater Drain
- ECP: Electrochemical Plating Wastewater Drain
- BG: Backside Grinding Wastewater Drain

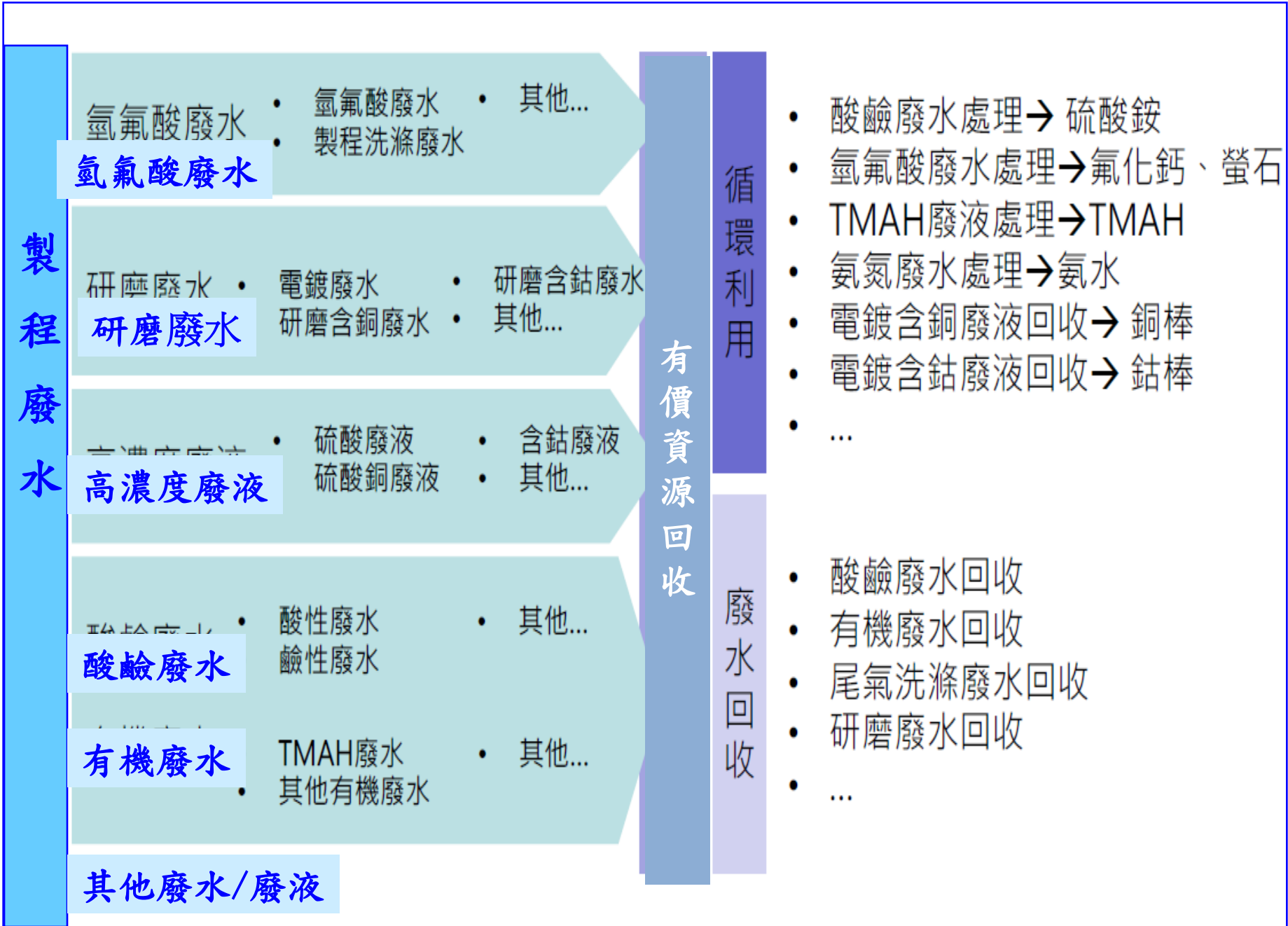
機台廢液

- W-H₂SO₄ (廠內回收)
- W-H₃PO₄
- W-CuSO₄ (液中求銅)
- W-NMP
- W-CLK888
- W-IPA 80%
- W-IPA 10%
- W-Thinner
- W-ACT690
- W-CLC32
- W-CLC32 J6
- W-CLC32 E1
- W-C30
- BDR-400
- W-M2
- W-M1

委外回收

委外處理

廢水分類與處理後回收需求概要



廢水分類與回收處理概念

機台分流



回收水系統



廢水處理



回收成果

氫氟酸廢水
氫氟酸(O₃)廢水
製程洗滌廢水

氫氟酸廢水與
尾氣洗滌廢水回收

酸性廢水
酸性(O₃)廢水
鹼性廢水
鹼性(O₃)廢水
TMAH廢水

酸性廢水回收
酸性(O₃)回收
鹼性廢水回收
鹼性廢水升級回收

研磨廢水
研磨含銅廢水

研磨廢水化混回收
研磨銅廢水升級回收

廢硫酸廢液
電鍍含銅廢液

氟酸化混處理

酸鹼廢水處理

氨氮廢水處理回收

TMAH廢液回收

研磨廢水處理

研磨銅廢水處理

生物廢水處理

廢硫酸回收

電鍍含銅回收

3.5次水再
利用率

廢水放流

硫酸銨
氨水
石膏
TMAX

硫酸
銅棒

36種

12種

9種

各類廢水回收及處理技術概述

- 含氮廢水可行技術：
 - 回收：濃縮 (ED / EDR) + 氣提回收，產物為濃氨水
 - 需運用蒸汽以提升效率
 - 回收：氣提吸收，產物：高濃度硫酸銨
 - 硫酸銨目前無較佳去處
 - 回收：薄膜蒸餾，產物：濃氨水
 - 僅模廠測試完成
 - 處理：生物處理技術，如厭氧氨氧化等
 - 微生物取得不易
- Cu-CMP廢水可行技術：
 - 可以離子交換將Cu濃縮後，以電解方式回收金屬銅
- TMAH廢水可行技術：
 - 可以有效回收 (已有實例)
- 樹脂再生廢水 (UPW Regen.) 可行技術分析
 - 可以雙極膜搭配電透析回收酸與鹼
- RO可行技術：
 - 是為目前廢水回收主流，水回收率依水質條件而定
- ED / EDR可行技術：
 - 可承受結垢潛勢較高之水，通常可作為ROR回收
- 薄膜蒸餾可行技術：
 - 非接觸式操作方式
 - 目前以增加通量為技術提升之關鍵
- 低溫吸脫附可行技術
 - 吸附材雲突破量產

半導體廠廢水處理演進

— 半導體廠廢水處理單元

基本處理
酸鹼中和
混凝沉降

+

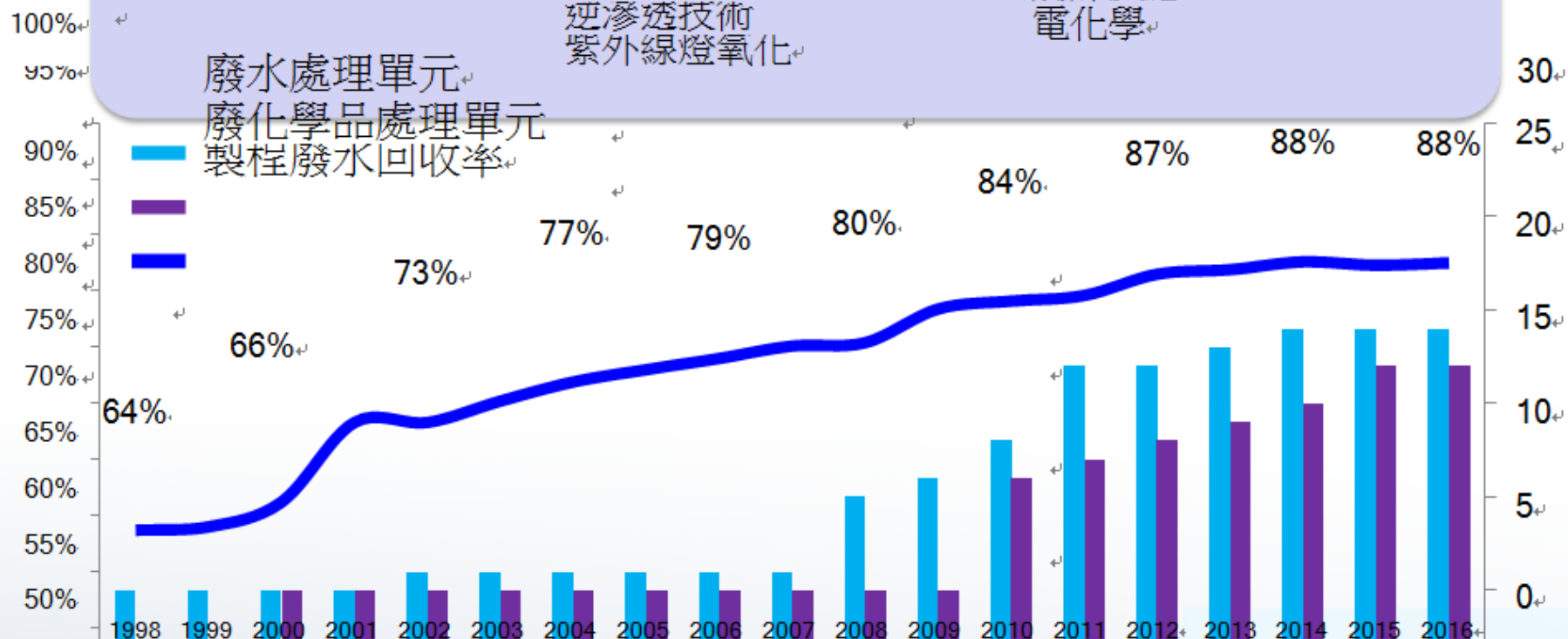
水回收

活性碳
離子交換樹脂
逆滲透技術
紫外線燈氧化

+

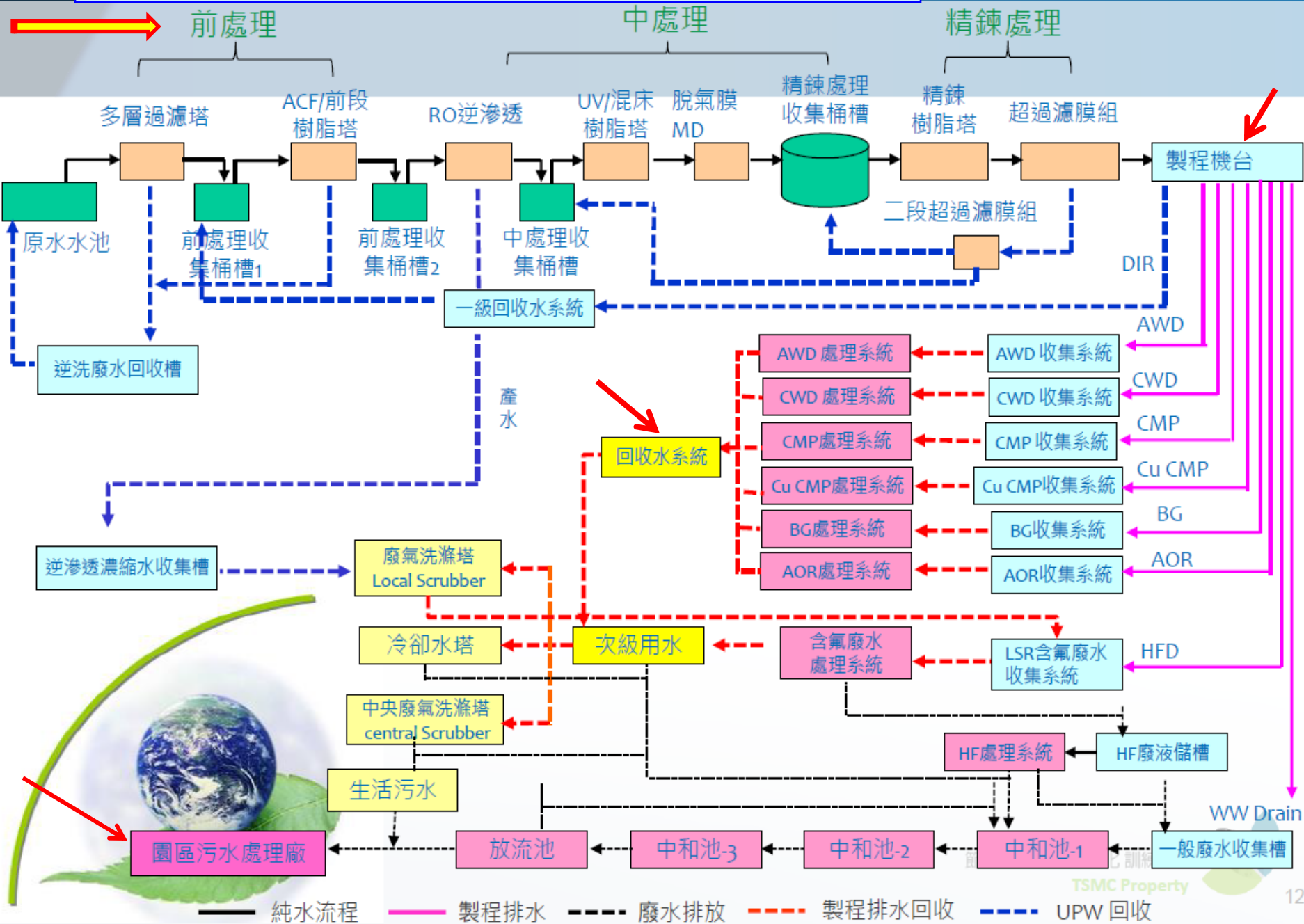
資源活化

薄膜技術
觸媒反應
電化學



備註：以台積公司為例

7.2. 廢水處理及回收系統流程圖



典型晶圓清洗用液順序

清洗用液步驟	清除(物質)目的
$\text{H}_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{O}_2$ (piranha)	Organics & metals
UPW rinse (ultrapure water)	Rinse
$\text{HF}/\text{H}_2\text{O}$ (dilute HF)	Native oxides
UPW rinse	Rinse
$\text{NH}_4\text{OH}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$ (SC-1)	Particles
UPW rinse	Rinse
$\text{HF}/\text{H}_2\text{O}$	Native oxides
UPW rinse	Rinse
$\text{HCl}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$ (SC-2)	Metals
UPW rinse	Rinse
$\text{HF}/\text{H}_2\text{O}$	Native oxides
UPW rinse	Rinse
Drying	Dry

1) . 機台廢水—管路分流

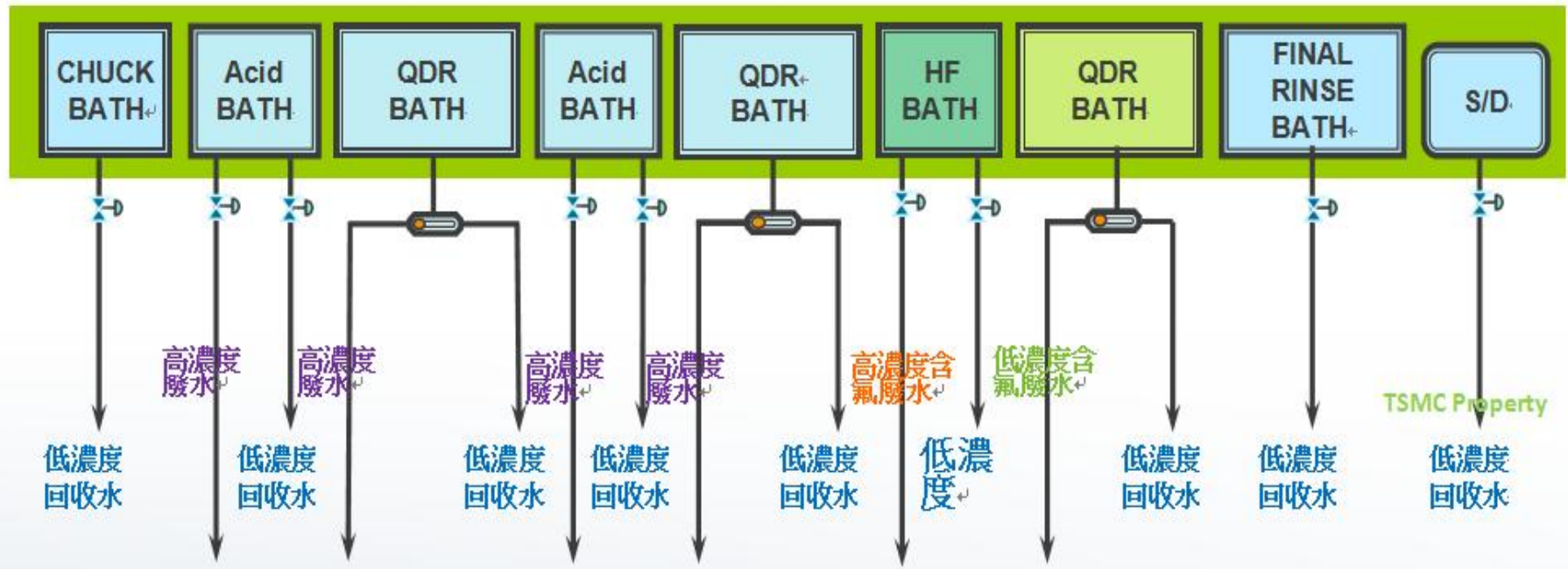
- 機台廢水分流

- 於建廠之初，依據廢水分流計畫，機台排水管路建置預留點，達到日後分類處理回收之目標。



製程廢水分流收集管線

製程機台排水規劃

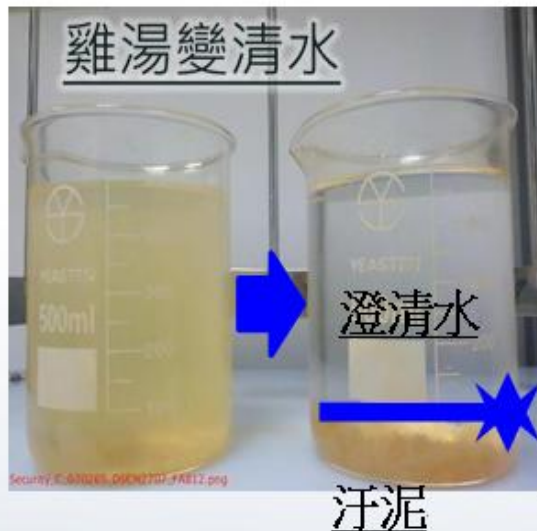


2). CMP/CuCMP 製程(含銅)機械研磨廢水處理系統

- CMP/CuCMP 製程(含銅)機械研磨廢水處理系統

- 將研磨廢水加入混凝/膠凝藥劑形成大顆粒物質，再利用沉降槽分離水與雜質，處理後之澄清水供給回收系統處理或二級用水使用。
- 取廢水原水進行瓶杯混凝沉降試驗，測試最佳藥劑加藥量，並於現場調整加藥機，依據藥劑濃度曲線作加藥量調整。

混凝成效



瓶杯試驗調藥



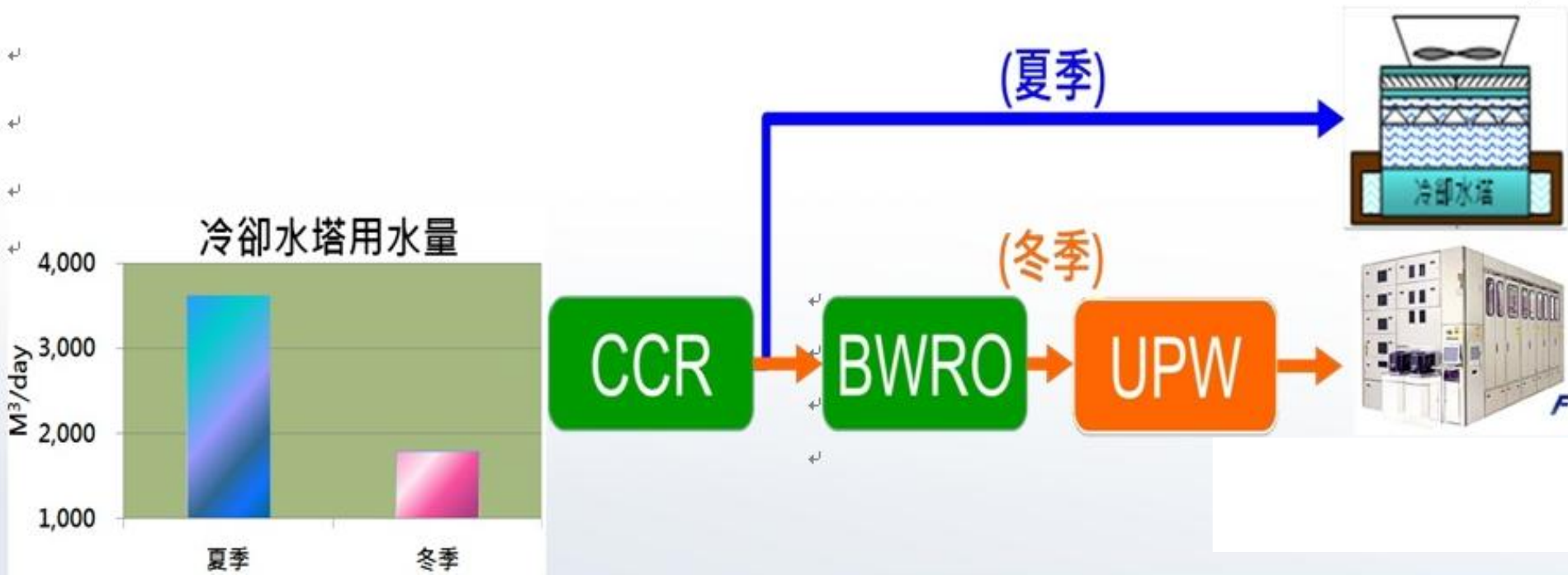
3). CCR/BWRO 含銅製程機械研磨廢水回收系統

- CCR/BWRO 含銅製程機械研磨廢水回收系統

- 將活性碳(去除顏色、餘氯)+離子交換樹脂(形成軟水)+RO(去除水中離子)。
- CCR產水可利用海淡廠所使用之BWRO技術，降低前段RO產水中會影響製程良率的總有機碳(TOC)，於冬季回收至純水(UPW)。

註: BWRO : Brackish Water RO

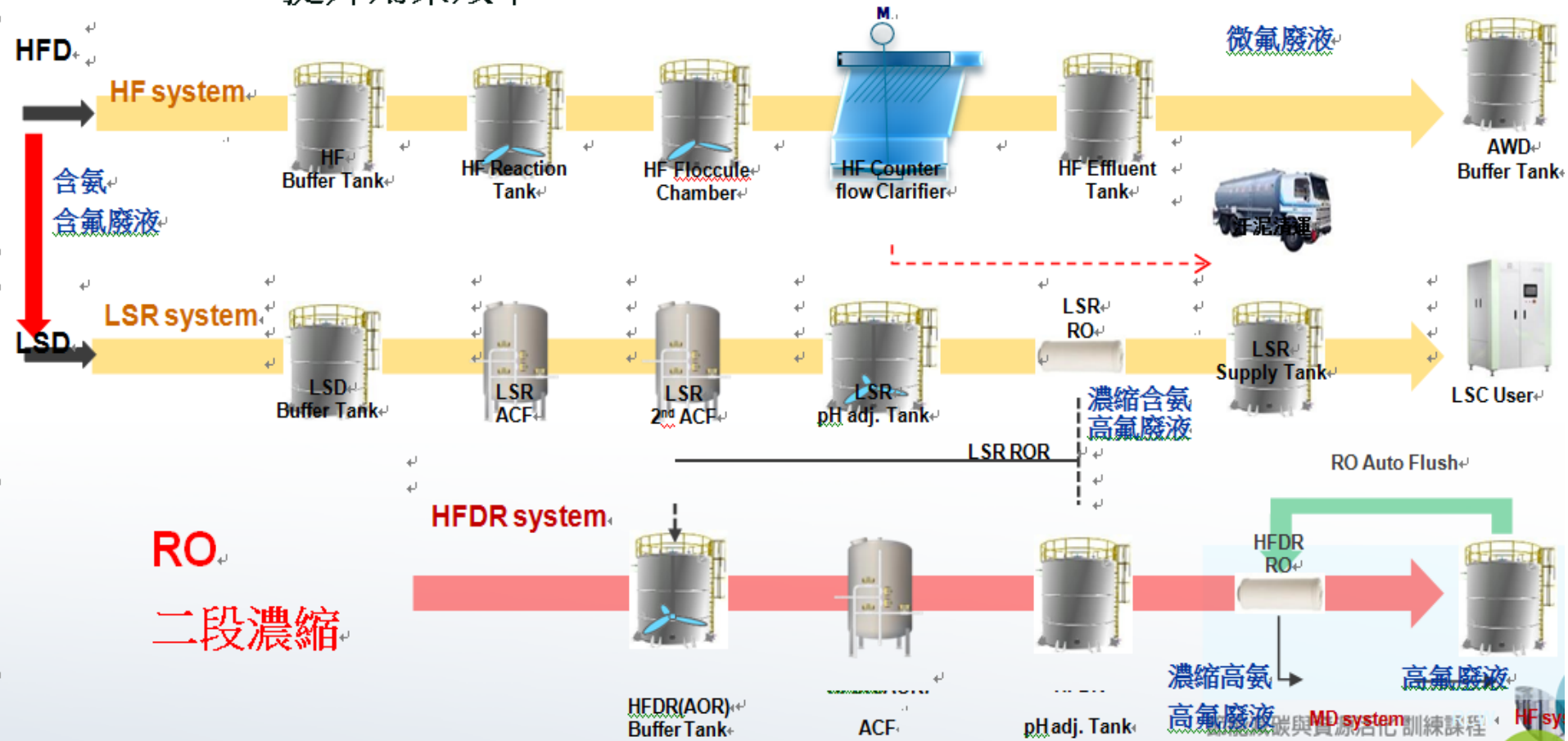
Ultra-Pure Water(UPW) Used in the
Electronics and Semiconductor Industries



4). 含氮含氟廢水二段分離回收處理系統(HFDR)

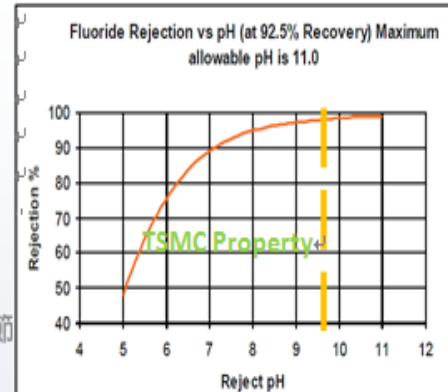
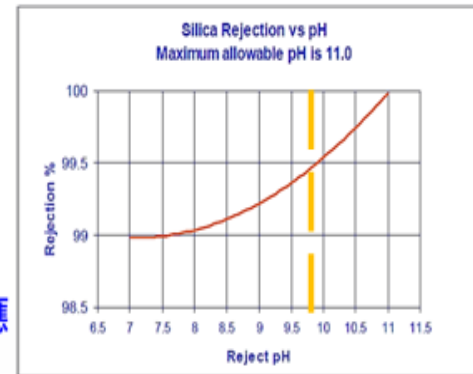
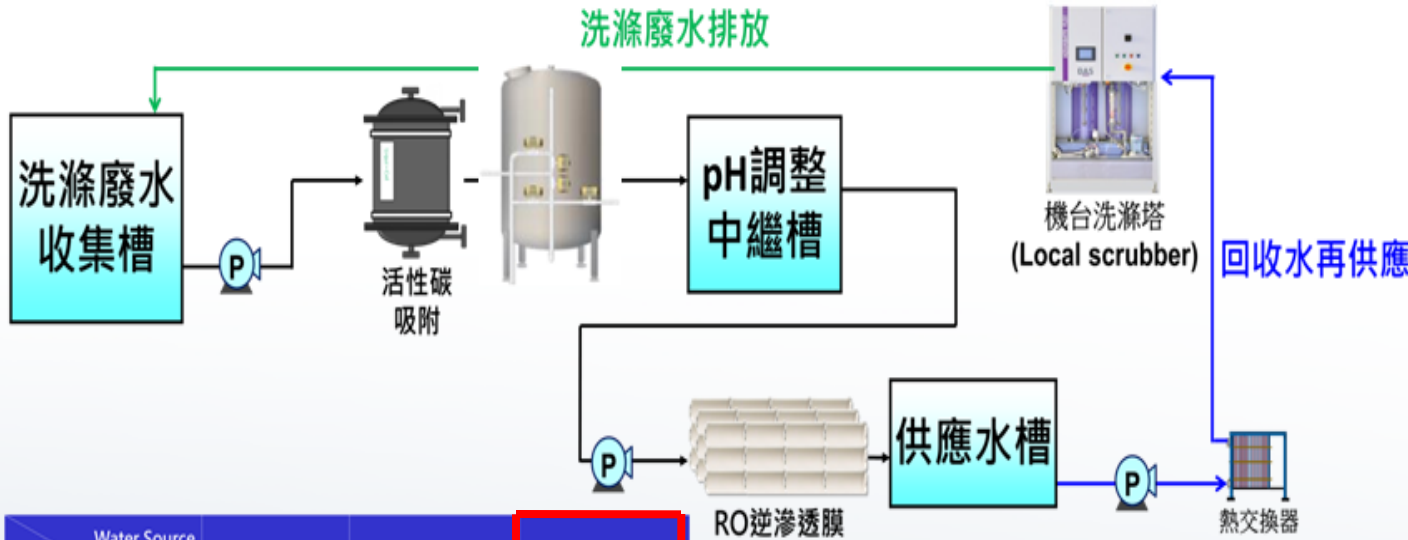
- 廢水資源化-含氮含氟廢水二段分離回收技術

- 高濃度(> 1%)含氟廢液委外處理，低濃度含氮含氟進入回收系統經RO二段濃縮回收並提濃氨氮，經由MD去除氨氮後至氫氟酸系統處理氟，提升用藥效率。



5). 機台廢氣洗滌塔廢水回收處理系統(LSR)

- 機台端尾氣處理設備排放水，經活性碳去除氧化性物質後，再經由RO逆滲透膜去除水中雜質，所得乾淨產水回送供應Local scrubber循環使用。
- 經由高效率逆滲透膜(High Efficiency Reverse Osmosis, HERO)，調整入口至高pH與適當壓力，於此環境下膜表面帶負電，會同為帶負電之粒子相斥以避免阻塞，並同步去除溶解性Silica與其餘雜質，延長RO使用週期與增加去除效能。



Water Source	Local Scrubber Raw Water	LSR Supply	City Water
Water Quality			
pH	4~7	9~10	6~7
Conductivity ($\mu S/cm$)	700	150	450

(NO.1)

自來水水質標準

1. 細菌最大容許量：大腸桿菌群密度月平均值為一·〇。
2. 自來水水質濁度、色度最大容許量：
 - 一、濁度：在五〇〇濁度單位 (NTU) 以下)
 - 二、色度：十五鉑鈷單位。

6). 水回收再處理系統--資源活化

處理設備單元：

活性炭槽

混床交換樹脂塔

RO逆滲透技術

UV外線燈氧化

CMP廢液過濾系統-- 回用處理系統

(各單元設備功能說明於後)



— 粉末狀活性炭用於廢水處理時大都直接添加於混凝槽或攪拌槽中，以吸附廢水中有機物質或達到脫色或除臭等目的，其吸附效率較高但再生困難。

污水二活性炭過濾槽



同時將陰陽離子交換樹脂放置於一個離子交換樹脂塔。通常設置於RO逆滲透系統或2B3T的後方，利用陽離子樹脂塔吸附進流水中的陽離子，再利用陰離子樹脂塔吸附水中的陰離子，可提升比電阻至10~17 MΩ-cm以上，以達到超純水之等級。

混床式離子交換樹脂塔



- 適用於各式儲存桶槽。
- 有效抑制微生物細菌增生。
- 無殘留、無污染、無幅射線。
- 採用雙邊對插式高低液位皆可使用。
- 桶槽內水位在低水位時，上方UV燈可把桶槽內空氣殺菌（防止冷凝水滴下污染）。
- 總生菌殺菌率為99.99%。（塗抹法檢驗）。
- 有UV燈異常顯示及累計使用時間裝置。

紫外線桶槽殺菌裝置



RO逆滲透系統

反滲透裝置是將原水經過精細過濾器、顆粒活性炭過濾器、壓縮活性炭過濾器等,再通過泵加壓,利用孔徑為 $1/10000 \mu\text{m}$ (相當於大腸桿菌大小的 $1/6000$,病毒的 $1/300$)的反滲透膜(RO膜),使較高濃度的水變為低濃度水,同時將工業污染物、重金屬、細菌、病毒等大量混入水中的雜質全部隔離,從而達到飲用規定的理化指標及衛生標準,產出至清至純的水

<https://www.chuanchiu.com.tw>



CMP廢液過濾系統-- 回用處理系統

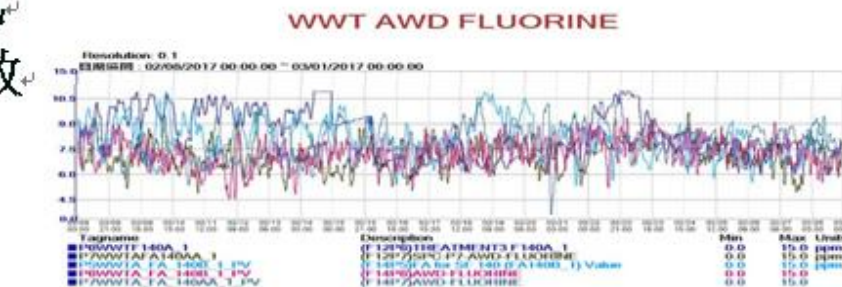
<https://www.drmti.com/>

7). 水資源管理監控

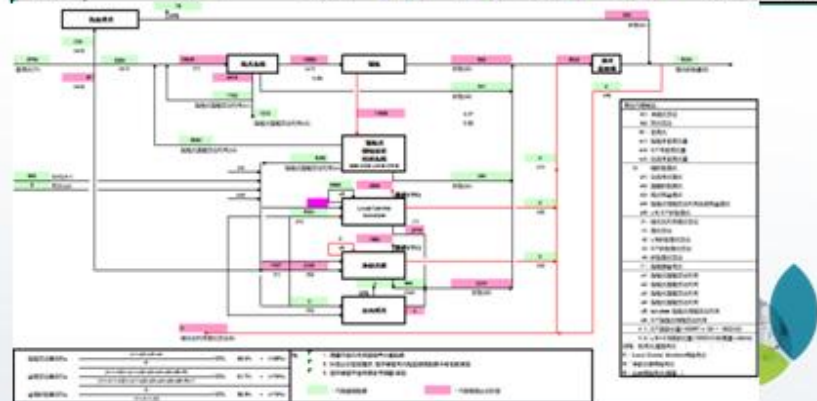
多元的系統整合策略

- 利用OneFAC系統之Water Map統合資訊，監控目前水汙/廢棄物管控狀況與減量成效
 - ◆ 盒鬚圖呈現並比較各廠狀態與改善情形
 - ◆ FAC Time chart追蹤比較各廠讀值波動
- 即時監控水庫水情與目前節水成效
 - ◆ 以燈號呈現警戒狀態

水質資訊		名廠水量	水質				
水質							
區域	水庫	總蓄水量(萬噸)	目前水位(%)	去年同期水位(%)			
竹...	寶山寶二	3147	79.1	99.3			
中...	鯉魚潭德基	26531	72.9	79.1			
南...	南化、烏山頭	62589	14.9	27.4			
類別		自中		總量			
		F15P1Q	F15P3H	F15P5			
W017節水現況		-6.5	5.4	-3.7	0.0	-2.6	節水率(自管節平均總水量-基準月平均總水量)/基準月平均總水量(%)
W019連續七天節水...		-8.2	3.4	-3.0	NA	-3.0	連續七天 節水率(自管節平均總水量-基準月平均總水量)/基準月平均總水量(%)
水池水位		94.3	95.6	90.6	84.2		



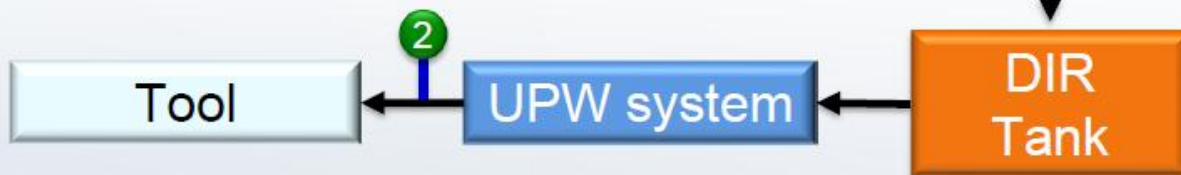
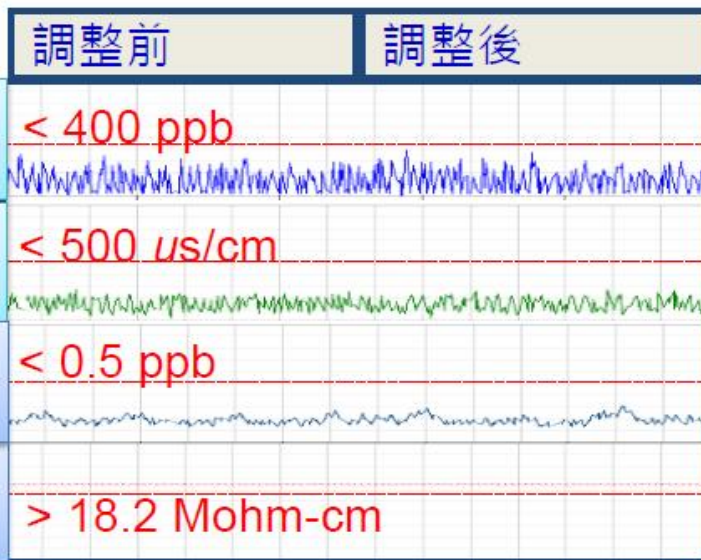
FAB	自來水			廢水				
	TOC (ppb)	導電度(us/cm)	pH	水平衡圖	濁度(NTU)	SS(mg/L)		
F12P1P2	6.6	313.0	9.2	8.3	18.6	0.1	NA	6.3
F12P3	3.2	279.3	6.7	9.0	32.7	0.0	NA	18.8
F12P4P5	11.2	266.2	6.5	7.5	36.0	0.2	2.5	NA
F12P6	18.0	302.1	6.5	9.3	32.9	0.1	NA	9.7



機台端節水措施

一 機台 DI 排水回收

- 110秒調整為 90秒。
- DIR 增加80 CMD 且自來水減少 80 CMD (1.2%)。



Quality Monitor

Quality Monitor

Conductivity

TOC



智慧水錶及水平衡報表設置



8). 廢水處理後放流水生物急毒性目標

台積電廢水處理目標藍圖



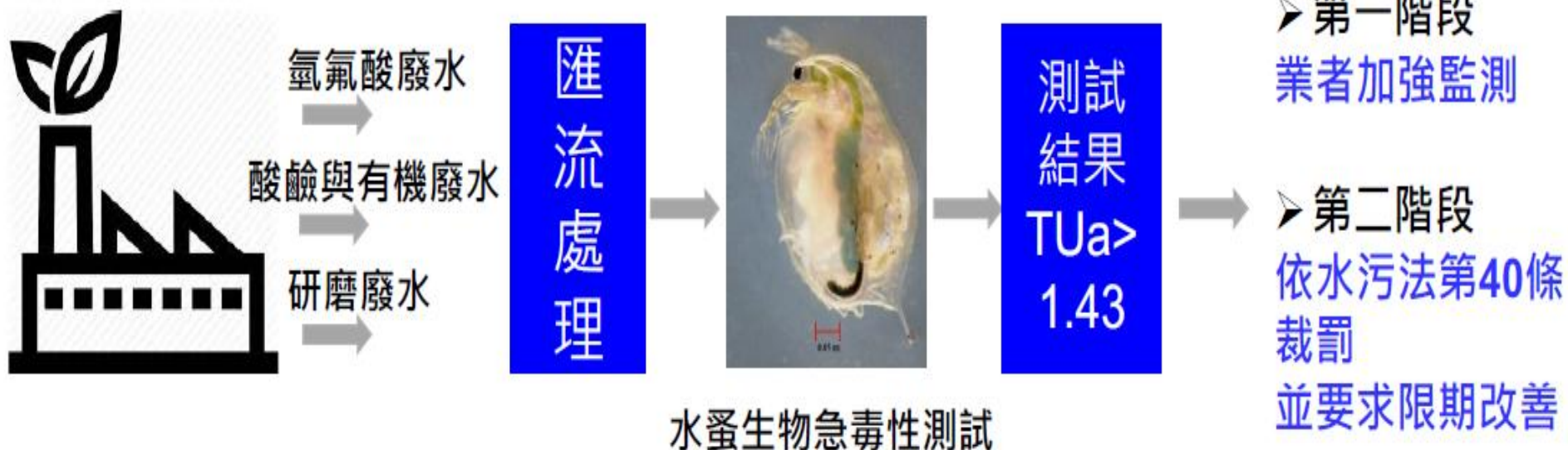
項目	符合 納管標準	水污染 指標減量	資源活化 再生	零環境衝擊	園區 納管標準
SS (mg/L)	< 300	< 100	< 25	< 10	250/300
COD (mg/L)	< 450	< 200	< 125	< 10	450/500
Cu ²⁺ (mg/L)	< 3	< 3	< 0.2	< 0.1	1~3 (新設:0.8)
NH ₃ -N (mg/L)	未管制	未管制	< 25	< 10	50/60 (新設20/30)
TMAH (mg/L)	未管制	2009年 南科管制:60	< 10	< 1.0	30/20/60
生物急毒性 (TUa)	水污染防治措施及檢測申報管理辦法			< 1.43	水量>20,000 CMD 需定期申報生物急 毒性監測結果

生物急毒性測試物種與評估指標

公告方法	測試物種	測試時間	評估指標
水蚤靜水式法 (B901.14B)	水蚤 <i>Daphnia pulex</i> <i>Daphnia magna</i> 	48小時	<ul style="list-style-type: none"> • 半數致死濃度 (LC₅₀) • 水蚤第二觸角、胸腳及後腹部等器官或部位，有明顯不活動，並經過輕敲燒杯亦無反應
米蝦靜水式法 (B905.13B)	多齒新米蝦 <i>Neocaridina denticulata</i> 	48小時	<ul style="list-style-type: none"> • 半數致死濃度 (LC₅₀) • 觸、鬚及鰓的活動停止；蝦體已翻倒，經細玻璃棒輕觸沒反應
羅漢魚靜水式法 (B902.13B)	羅漢魚 <i>Pseudorasbora parva</i> 	96小時	<ul style="list-style-type: none"> • 半數致死濃度 (LC₅₀) • 鰭及鰓的活動停止；玻璃棒輕觸沒反應
鯉魚靜水式法 (B904.13B)	鯉魚 <i>Cyprinus carpio</i> 		

問題點

➤ 廢水處理放流水符合生物急毒性標準(<1.43 TUa)



- 針對各股水毒性減量測試
- 主要毒性因子鑑定與統計分析

八、廠內管理與製程減廢

減廢目的在於有效率地使用製程物料，減少污染物的排出，達到降低生產成本及節省污染防治費用的雙重目標。以往業者在解決污染問題時，較著重於如何將污染物處理至符合環保法令標準，但今日更須極從廠內管理及製程減廢中做到污染源減量及有價物質回收工作，此不僅能節省原物料及污染物的處理成本，更因污染強度的降低，將使管末處理趨於單純。工廠在執行減廢工作時可依循下圖之程序，以達事半功倍之效。

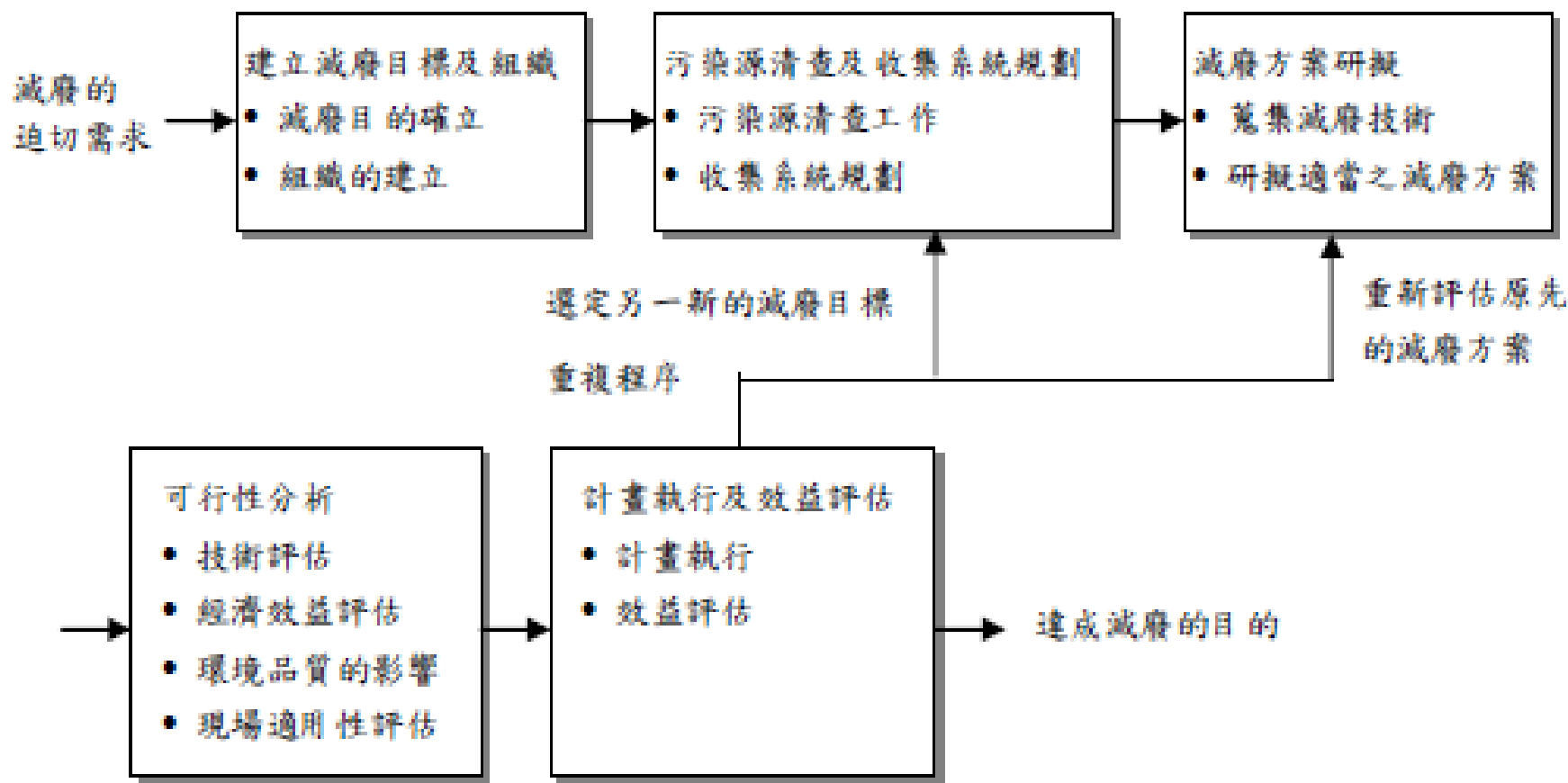


圖 12 減廢工作之執行程序

8.1. 廠內管理

半導體製造業工廠廠內管理措施之項目主要為：

1). 原料管理

原物料的貯存管理，應符合先進先出(first in first out)的原則，以減少發生存貨過期，造成不良品之問題，減少浪費。另外，採購是所有使用原物料，及產生之廢棄物的進出關卡。所以，工廠之污染預防政策，也要注意採購程序。

2). 廢水分流

(A). 雨水、廢水分別收集。

(B). 依照製程廢水污染物特性，區分為含氟廢水、酸鹼廢水、重金屬廢水、氰化物廢水等類。應依污染種類、高濃度廢液及低濃度廢水分別收集，以減少廢水處理場設置容量，可降低建造成本、佔地面積及操作費用。

3). 人員的訓練

(A) 加強人員之管理、減廢及在職教育。

(B) 改善操作習性。

(C) 輔以獎懲辦法的約束。

(D) 加強特殊事件之應變處理能力。

8.2. 製程減廢

半導體製造業常見之製程減廢技術主要為：

1). 合理用水

(A) 採用自動控制清洗系統，以減少用水量

(B) 設置流量指示器或其他節水控制設施

2). 回收再利用或循環使用

(A). 濃硫酸回收：廢棄濃硫酸可回收外賣。由於半導體製造廠所使用之硫酸純度極高，使用後之廢棄濃硫酸，提供為其他業別如鋼鐵業、金屬表面處理業等使用，仍屬高純度硫酸。 137

(B). 廢酸、鹼液收回：超純水製造之離子交換樹脂再生廢酸、鹼應先收集，避免各自排出，造成廢水 pH 時而偏高或偏低，且多餘之廢鹼可供廢水處理場調節其他酸性廢水之 pH 使用。

(C). 處理水回收再利用

A. 濕式蝕刻清洗去離子水使用之純水電阻係數為 18m-ohm. cm (25°C)，但清洗晶片後流出之清洗水及電鍍前處理純水水洗水仍有 10m-ohm. cm(25°C)之潔淨程度，因此清洗廢水部份可予處理回收。

B. 積體電路封裝工廠，大多有電鍍 IC 基腳作業，可設置金屬回收槽回收帶出、鎳鍍液過濾機、採用反應性清洗法等，以減少用水量及廢水量。

參考文獻

1. _____ , 行業製程減廢及污染防治技術—半導體業介紹, 工業局環保技術輔導計畫
<http://ebooks.lib.ntu.edu.tw> > 1_file > moeaidb
2. 白峻榮經理, 半導體產業介紹 , 台積電, 2008
3. 鄧宗禹 教授, 半導體廢水處理流程簡介
<https://www.slideshare.net>
4. 周珊珊主任, 半導體及光電廠廢水處理技術概論, 工研院環安中心環科組污防室,
6. 20, 2009 , <https://www.slideshare.net/5045033/ss-1612260>
5. 王冬信處長, RO-水處理系統設計趨勢, 世界先進積體電路廠務工程部, 2021. 11. 24
6. 邱聖壹博士, 半導體廠廢水處理, 工業技術研究院 材料與化工研究所, 2021. 11. 24
7. 黃韻璇博士, 半導體廠廢水回收, 工業技術研究院 材料與化工研究所, 2021. 11. 24
8. 林正祥, 廢水物化處理設計與-操作管理實務, 祥勝綠色科技公司
<https://docsplayer.com/170455383>
9. 陳勇龍副處長, 趙樹華副理, 台積公司水資源管理實務, 節能減碳資源活化訓練課程
<https://max.book118.com/html/2018/0917/8131003016001124.shtm>
10. 呂紹麟, 半導體產業化學機械研磨之廢水處理, 台灣環保產業雙月刊, 96. 6. 13

陳勝朗 簡歷

現 職：核能科技協進會 首席顧問 (2008.7-迄今)

職務經歷：原子能委員會核能研究所簡任研究員兼主任秘書、
所務發展諮議委員會執行秘書、核能安全委員會執行秘書、
化工組組長、主任工程師、助理研究員 (1967.1-2008.7)

榮譽：中國工程師學會 十大傑出工程師獎 (1998年)

學歷：美國田納西大學化工碩士 (1970.6) / 中正理工學院化工學士 (1967.1)

經歷：1. 先後參與數項制程及相關單元設備之開發，並參與其試驗工廠、
先導工廠及生產工廠的設計、安裝建造、試車等督導工作 (1970.6-1982)

2. 大學化工系兼任講師講授「程序設計」課程 (1973-1978)

3. 臺灣化學工程學會邀請在北、中、南部講授
「建廠工程基本設計方法」課程 (2000/2001)

4. 南非原子能委員會邀請講授「核反應器設施基本設計方法」課程 (1987)

5. 原子能委員會「核能四廠環境影響評估」技術評審委員 (1983)

6. 清華大學工科系講授「放射性廢物管理」短期課程 (2004)

7. 大陸寧德、石島灣、海陽核電廠講授「操作員安全文化」
研習課程 (2010/2011/2012)

8. 核能科技協進會講授「放射性廢物管理」、「核能電廠除役技術」
研習課五班次 (2013/2014)

出版書籍：1. 建廠工程基本設計方法概論(講義) (書籍已售完)
2. 採購管理技術實務, 科技圖書公司
3. 半導體業製程污染來源種類及特性與處理技術和設備單元設計概要(講義)
4. 【核電廠除役技能(講義)叢書— 合計17冊】

電 郵：johnslchen@yahoo.com.tw 手 機：+886 912 250 780