

### 第三章 製程尾氣處理研究實驗設備

#### 3.1 製程尾氣處理設備 Local scrubber

台灣所使用之 Local Scrubber 約有十幾種廠牌型號，而依其原理大概可分電熱水洗式、燃燒式、填充水洗式、乾式吸附式..等，端視使用者的需求而決定應使用何種型式廠牌。表 3.1 為常用之 Local Scrubber 廠牌與型號<sup>(13)</sup>。

表 3.1 常用之 Local Scrubber 廠牌與型號

廠牌	型式	燃料	水	出廠公司
ESCAPE	Thermal	CH <sub>4</sub> =20 lpm or H <sub>2</sub> =50 lpm	1.5 lpm	DAS (Germany)
TPU	Thermal	CH <sub>4</sub> =30 lpm	2~23 lpm	BOC-EDWARD (Britain)
GDC-250A	Thermal	CH <sub>4</sub> =13 lpm	8 lpm	Ebara) (Japan)
SBRN	Thermal	CH <sub>4</sub> =15 lpm	NA	SAAN
Clean-S-PFC	Catalyst	-	-	Showa
GRC	Catalyst	-	-	BOC-EDWARD (Britain)
ECOSYS-VECT OR	Wet Scrubber	-	4 lpm	ECOSYS (USA)
Guardian	Thermal	CH <sub>4</sub> =36~50 lpm	-	(Japan)
SCDS	Catalyst	-	3.5 lpm	Hitachi
Trinity	Catalyst	-	3 lpm	EM
Litmas-Blue	Plasma	-	-	Litmas

選擇製程尾氣處理設備 Local scrubber 時一般應考量設置成本、使用維護成本、維修保養頻率與難易度、安全性及實廠處理效率等，其中實廠處理效率為最重要的考量之一。

燃燒水洗式為廢氣進入燃燒室後以大於  $1000^{\circ}\text{C}$  高溫燃燒，將廢氣中有害氣體高溫破壞裂解，再以水洗方式吸收受高溫裂解的廢氣，經洗滌後排放氣體溫度可立即降低至  $<60^{\circ}\text{C}$ 。洗滌吸收液以循環再使用方式作業，若洗滌吸收液的 PH 值超過設定值即補充新液，故設定循環再使用洗滌液一般為 20~25lpm，用水量約為 0.5~2.0lpm。原理是將 PFCS 分子裂解後，使 F 和 H 反應生成 HF，再以濕式水洗方式將水溶性的 HF 移除，如圖 3.1。

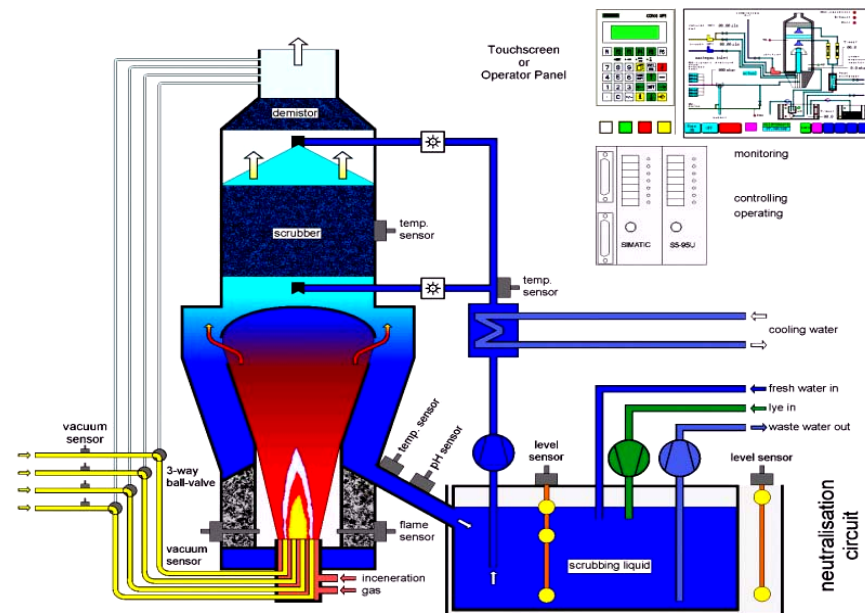


圖 3.1 燃燒水洗式 Local Scrubber

觸媒分解處理流量為 60 L/min，蝕刻製程廢氣先導入一預水洗填充塔 (Prespray and Pre-packed Tower) 去除  $\text{SiO}_2$  之粒狀物，再將氣體預熱處理 ( $750^{\circ}\text{C}$ ) 後進入填充觸媒之反應器轉化處理，經過處理後之氣體於冷卻室內降溫，而 PFCs 經觸媒裂解過程產生之 HF 則藉由通過一填充水洗塔去除，但其操作溫度維持在  $750^{\circ}\text{C}$ ，能量消耗甚大 (約 4,000 W)，且其轉化機制是否確為觸媒之效果，亦或純粹是高溫所造成之熱裂解，仍有待證實如圖 3.2。

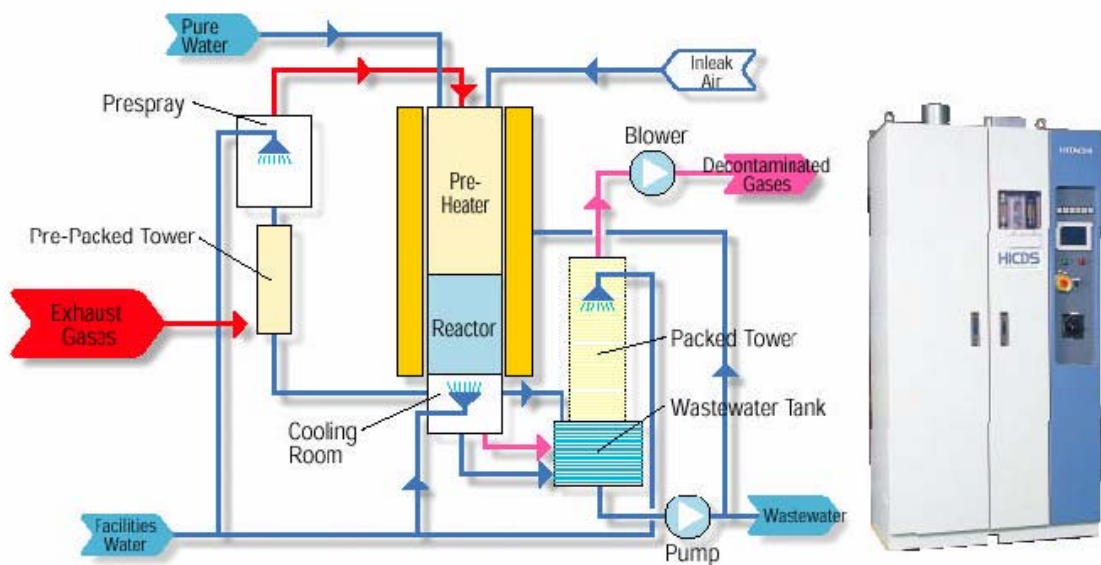
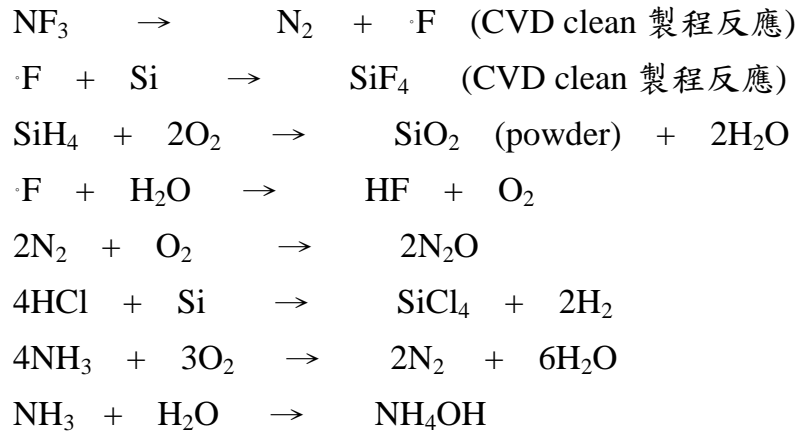


圖 3.2 觸媒分解式 Local Scrubber

電漿破壞是利用電能誘使系統產生具有高能量的電子，藉此高能電子 (Energetic Electrons) 將 PFCs 與背景氣體的化學鍵激發或打斷，此時系統會生成許多高活性的自由基 (Radicals)，經由連鎖反應後達到 PFCs 轉化之目的。一般使用電漿削減 PFCs 技術之半導體製程機台乃是將電漿反應器置於真空泵 (Turbo-Molecular Pump) 後，此時反應器內維持與機台內同為低壓系統 (數個單位之 mTorr~Torr)，稱為線上處理 (In-Situ)，亦即 POU 方式；此電漿系統其電源供應方式以 RF、ICP 及微波 (Microwave) 為常見。另外亦有於常壓下，以電漿破壞技術之研究進行中，這類技術由於系統壓力處於常壓，因此設置點通常位於製程外，即為 End of Pipe 之管末處理方式，目前以此類發展中之電漿技術有介電質放電 (DBD, Dielectric Barrier Discharge) 及電暈放電 (Corona Discharge) 等方法。

本文研究對象為電熱水洗式 Local Scrubber，利用高溫 750°C 加熱裂解 CVD、Dyr Etch 製程所產生的氣體，再以水洗方式吸收受高溫裂解的廢氣，經水霧吸收、洗滌及降低溫度後以廢氣管收集導入廠務系統的 Central Scrubber，再經廠務的濕式洗滌塔處理後排放到大氣中。

電熱水洗式 Local scrubber 基本設置為加熱單元及水洗單元如圖 3.3，加熱單元主要以矽碳棒組成，如圖 3.4，並以電能提高矽碳棒溫度，氣體通過加熱單元，遇高溫後氧化裂解。製程反應產生的反應物及裂解氣體形成的 powder 及其他副產物，如下列反應方程式：



水洗單元如圖 3.3，將裂解後產生的 powder、其他副產物等，從加熱單元往下進入水洗單元，穿過設有二個噴嘴及細網狀隔板所組成的水洗單元以增加接觸水洗面積。經加熱及水洗程序，水溶性廢氣及 powder 即可在此單元被攔劫而去除。完整外觀如圖 3.5 所示，內部結構如圖 3.6。

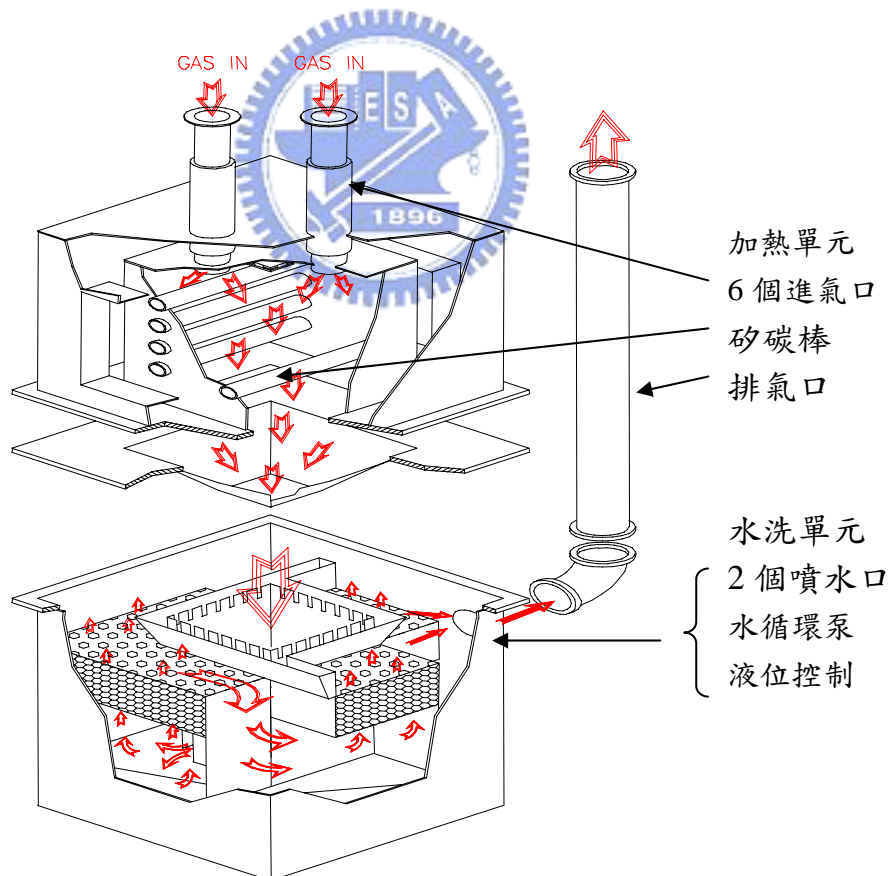


圖 3.3 電熱水洗式 Local Scrubber 操作示意圖



圖 3.4 矽碳棒



圖 3.5 電熱水洗式 Local Scrubber 外觀





圖3.6 電熱水洗式Local Scrubber內部結構

製程機台與製程尾氣處理設備 Local scrubber 量測明細如表 3.2，依生產尺寸及製造程序的不同，分成四種討論案例。四種機台設備之操條件如表 3.3 所示。

表 3.2 製程設備與 Local scrubber 量測明細

案例	電熱水洗式 Local scrubber	製程	機台設備
一	A	CVD	1ACVD3
二	B	CVD	0ACVD3
三	C	Dry etch	1ADET1
四	D	Dry etch	0ADET1

表 3.3 Local scrubber 機台設備操作條件

Local scrubber		A	B	C	D
製程目的		CVD	CVD	Dry etch	Dry etch
操作 條件	溫度	750°C	750°C	750°C	750°C
	Burning air 流量	140 lpm	140 lpm	0 lpm	0 lpm
	Heater purge N <sub>2</sub> 流量	50 lpm	40 lpm	40 lpm	40 lpm
	Sleeve air 流量	40 lpm	45 lpm	60 lpm	60 lpm
	Water 流量	11 lpm	10.5 lpm	6 lpm	5.5 lpm
Process gases		NF <sub>3</sub> 、SiH <sub>4</sub> 、 NH <sub>3</sub> 、PH <sub>3</sub> 、 N <sub>2</sub> 、H <sub>2</sub>	NF <sub>3</sub> 、SiH <sub>4</sub> 、 NH <sub>3</sub> 、PH <sub>3</sub> 、 N <sub>2</sub> 、H <sub>2</sub>	SF <sub>6</sub> 、Cl <sub>2</sub>	SF <sub>6</sub> 、Cl <sub>2</sub>

### 3.2 Closed-Cell (Extractive) FTIR

本研究連續監測尾氣所使用的儀器為抽氣式霍氏紅外光譜儀(簡稱 FTIR)，透過一個幫浦將待測之氣體抽入 FTIR 之吸收槽之後，再以 FTIR 對其做即時之檢驗分析，參考圖 3.7。

FTIR 之主要組件包括：紅外光源(IR source)、干涉儀(interferometer)、分光儀(beam splitter)、固定鏡片(fixed mirror)、移動鏡片(moving mirror)、密閉吸收槽(gas cell)、偵測器(detector)、電子模組(electronic module)等，除此之外，須具備採樣管及幫浦等裝置以便將氣體樣品導入密閉吸收槽(或稱偵檢腔)中進行分析，另外尚需搭配個人電腦及適當軟體以便進行資料擷取及數據分析工作。抽氣式霍氏紅外光譜儀之儀器組態如圖 3.8 所示<sup>(14)</sup>。

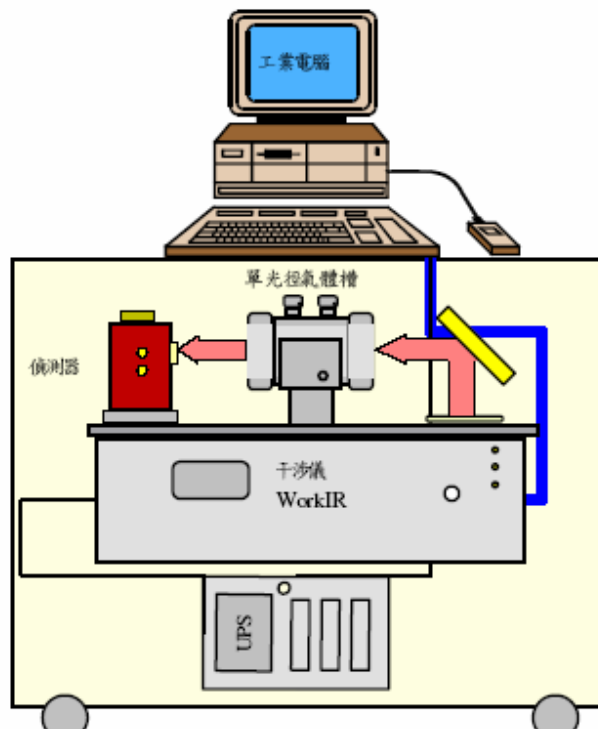


圖 3.7 密閉式 FTIR 示意圖



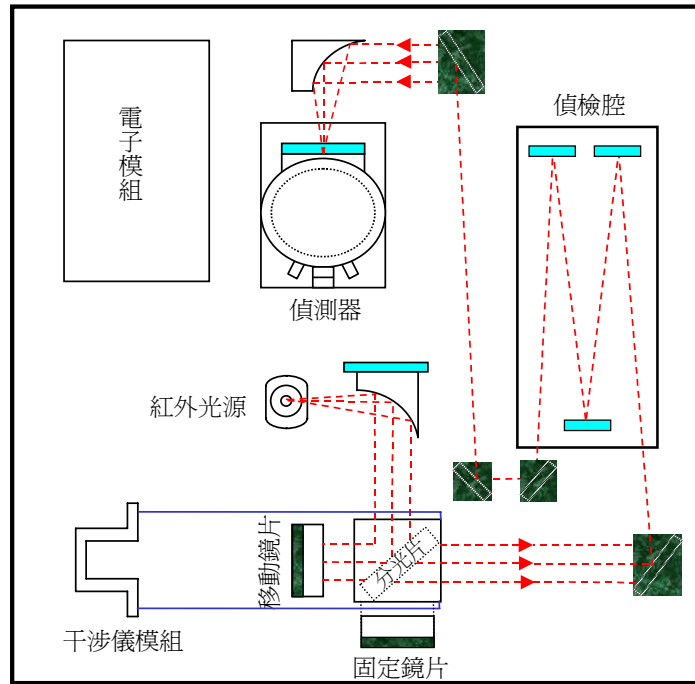


圖 3.8 抽氣式霍氏紅外光譜儀之儀器組態示意圖

紅外光譜儀之基本設計為對量測區域發射一道光束，並量測光束通過待測氣體後的強度變化量。由於每種氣體分子均有其特定之紅外光吸收係數，在光束通過量測區域時，特定氣體分子會吸收特定波長的光，使得光束在此波段之強度減弱，而吸收前後之光強度比值與氣體的濃度直接相關，測量氣體樣品的吸收波段及強度，便可得知氣體中所含的成分及濃度。圖 3.9 為數種氣體分子於紅外光範圍的典型吸收光譜。圖 3.10 為利用 FTIR 進行無塵室現場量測作業照片。

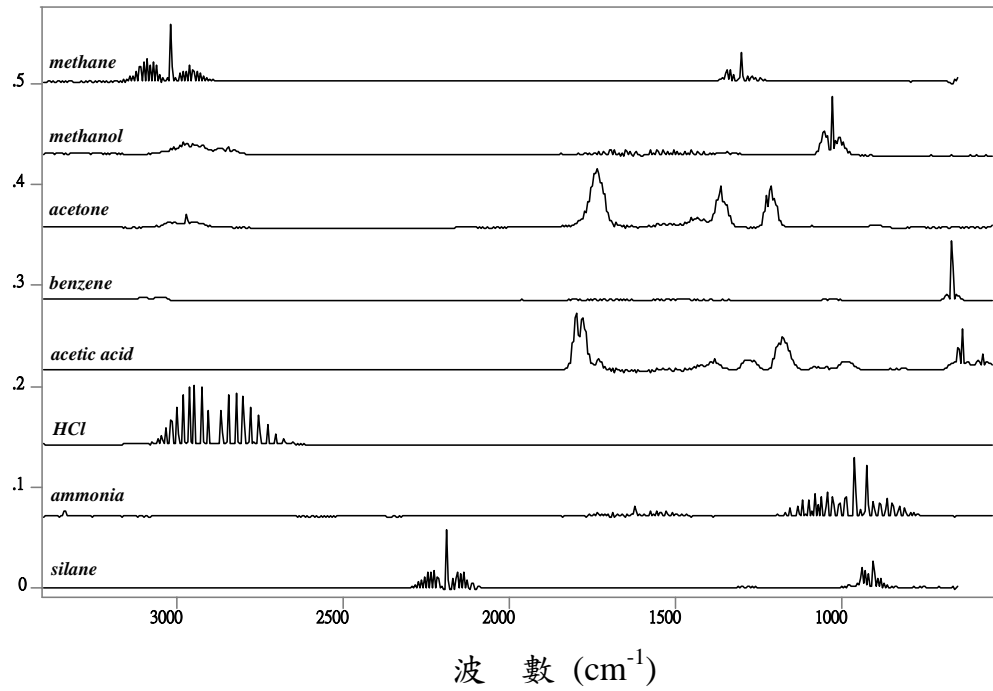


圖 3.9 數種氣體分子之紅外光吸收特性

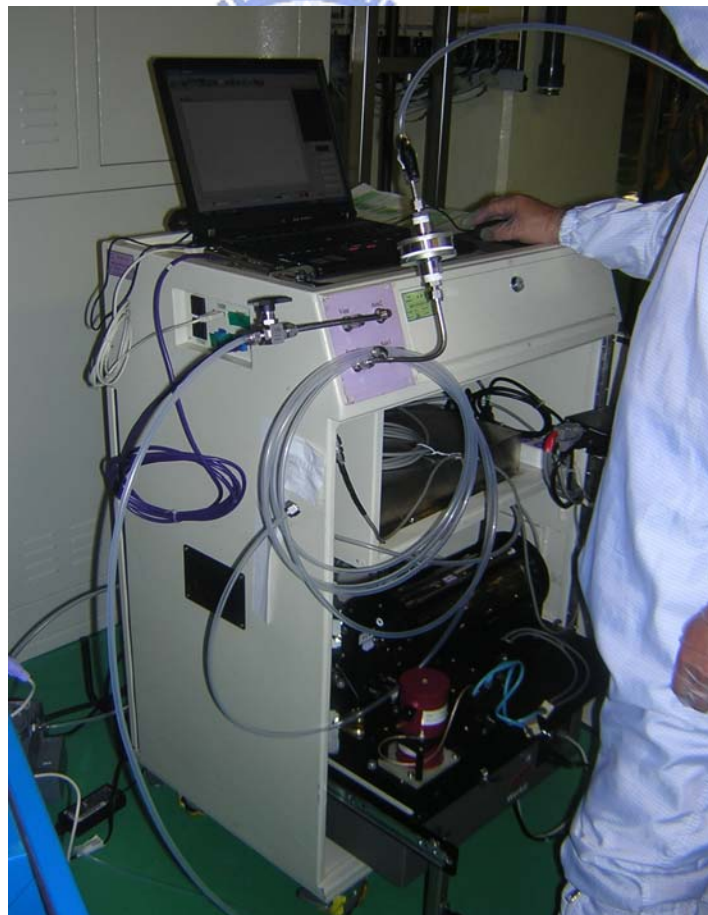


圖3.10 FTIR進行無塵室現場量測作業

### 3.3 RGA (In-Situ Residual Gas Analyzer)

因 FTIR 對於同核雙原子分子無法進行量測分析，本研究另使用 RGA(尾氣分析儀) 針對製程尾氣中屬於同核雙原子分子的  $\text{Cl}_2$ 、 $\text{F}_2$  等具高危害性之毒性氣體進行連續監測。

RGA 的基本設計原理係以 QMS (四極矩質譜儀) 為其主體，用來分析製程尾氣的殘餘氣體成分。圖 3.11 為 QMS 結構示意圖，首先待測氣體經由注入系統將極少量的樣品導入離子源中，在真空狀態下離子源將氣體分子離子化後，產生一群不同質量的特徵離子或帶電碎片，緊接著進入 QMS 的四極柱區，藉由調整四極電場的頻率來分離這些不同質量電荷比 ( $m/z$ ) 的離子，而通過四極柱區的離子被後端的偵檢器測得後形成質譜圖，再利用每種氣體分子具有特有質譜圖的特性，用以分析待測氣體成分。圖 3.12 為 RGA 的典型質譜圖，圖 3.13 RGA 進行無塵室現場量測作業。

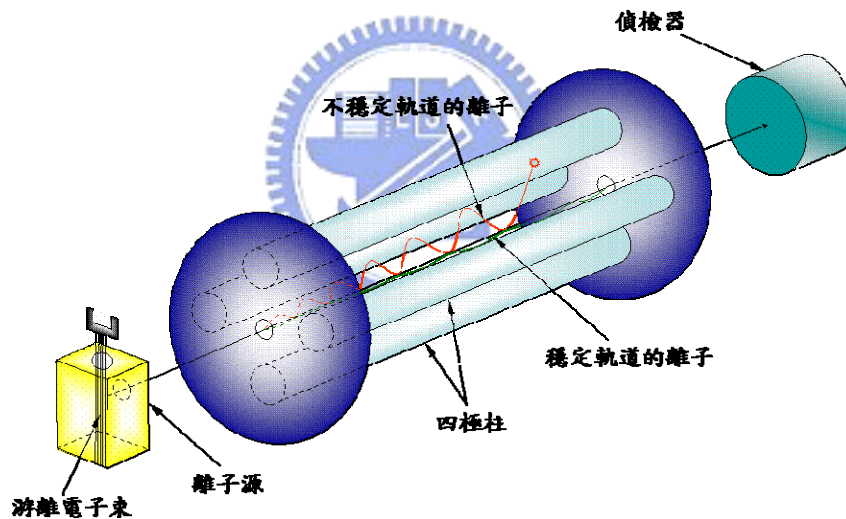


圖 3.11 QMS 結構示意圖

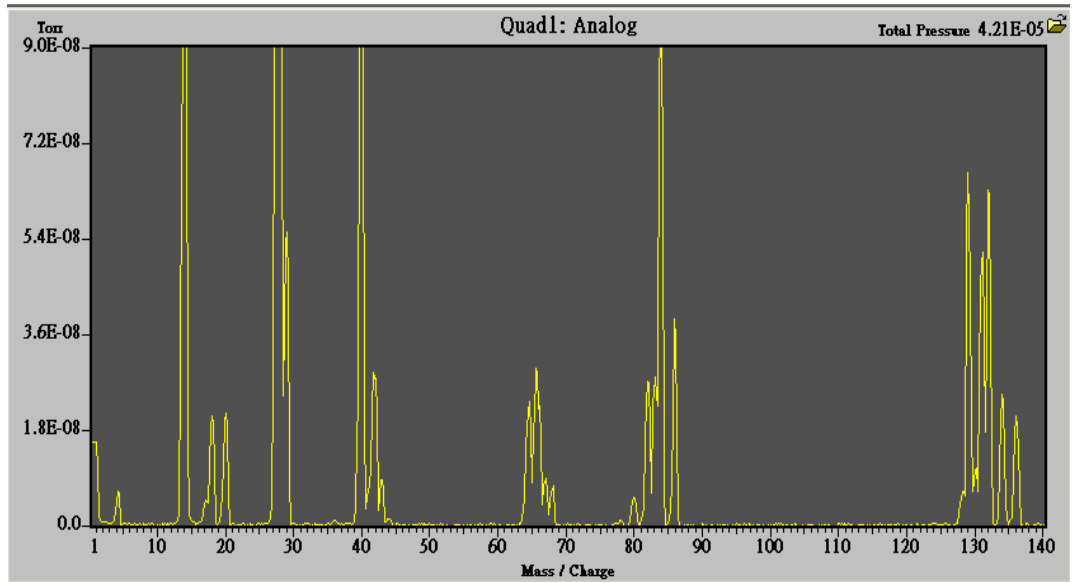


圖 3.12 RGA 質譜圖



圖 3.13 RGA 進行無塵室現場量測作業

### 3.4 量測結果分析

#### 3.4.1 FTIR 量測結果

如圖 3.14 所示，closed-cell FTIR 可即時呈現製程尾氣處理設備 Local scrubber 於不同操作條件下進、出口端製程尾氣的濃度和質流量趨勢，此結果可用來瞭解製程尾氣處理設備 Local scrubber 的最佳操作條件，和此最佳狀況下對不同危害性製程尾氣的處理效率。

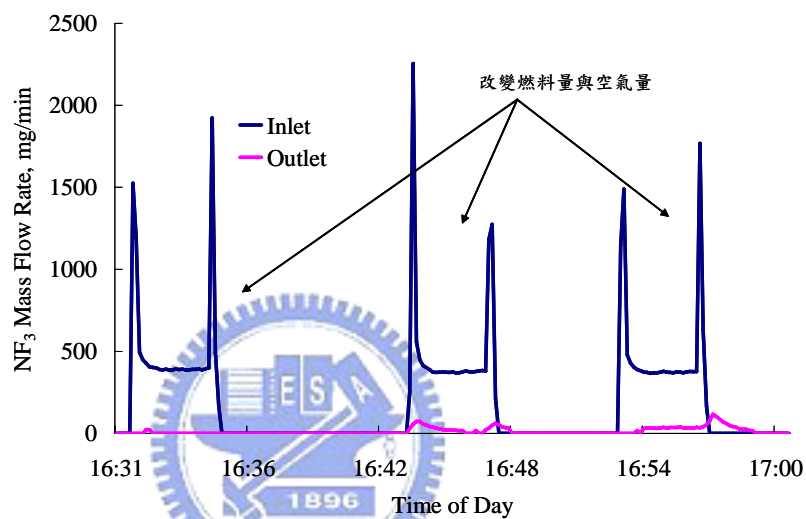


圖 3.14 Local scrubber 前、後端氣體之質流量變化趨勢

如圖 3.15 所示，因 FTIR 可同時且即時顯示各種氣體的體積濃度，此量測結果可用來瞭解製程尾氣(含副產物)的種類、濃度及其危害性。

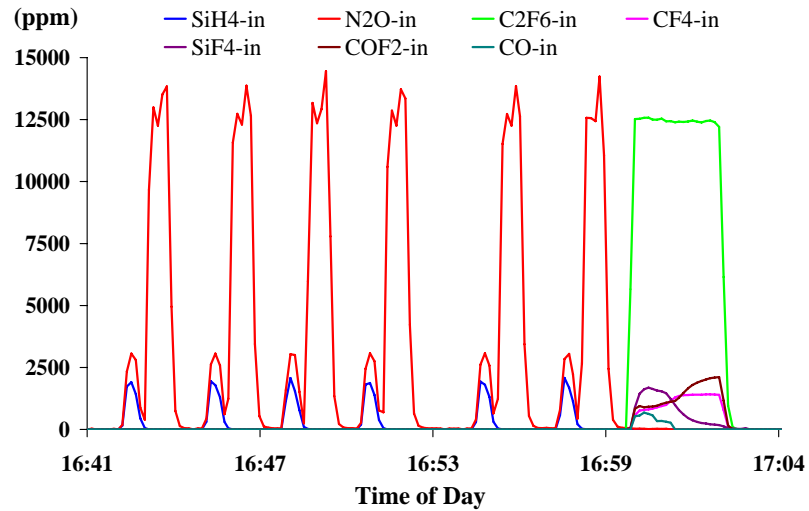


圖 3.15 Local Scrubber 前端氣體體積濃度趨勢圖

如圖 3.16 所示，可利用製程機台分別在 plasma-off 與 plasma-on 時，FTIR 於製程尾氣處理設備 Local Scrubber 前端監測之 PFCs 濃度趨勢結果，確認製程機台對 PFCs 的解離效果。

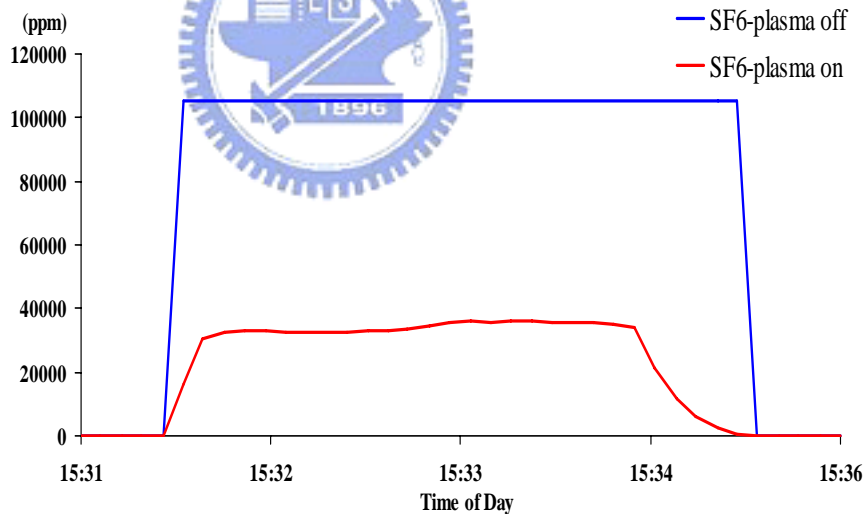


圖 3.16 製程機台分別於 plasma-off 與 plasma-on 時，Local Scrubber 前端 PFCs 氣體體積濃度趨勢圖

### 3.4.2 RGA 量測結果

在本研究中使用 RGA 針對製程尾氣中的  $\text{Cl}_2$ 、 $\text{F}_2$  進行即時連續監測，如圖 3.17 所示，此量測結果可顯示製程尾氣處理設備 Local Scrubber 前、後端  $\text{Cl}_2$  與  $\text{F}_2$  的濃度和質流量變化趨勢，以及製程尾氣處理設備



Local Scrubber 對  $\text{Cl}_2$  與  $\text{F}_2$  的處理效率。

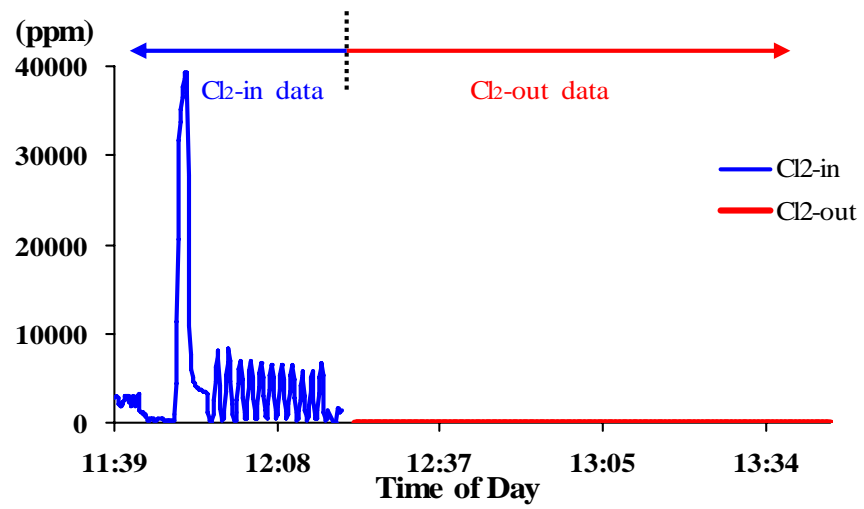


圖 3.17 Local scrubber 前、後端  $\text{Cl}_2$  之濃度變化趨勢

