

## 第四章 結果與討論

### 4.1 製程最佳化參數調整研究

#### 4.1.1 NF<sub>3</sub> 減量研究

本文選擇 CVD 機台，在生產線正常運作條件下，將清潔時間縮短 20~40 秒，縮短製程時間，由其良率決定是否可行。本文研究三個案例，其實驗機台與條件如表 4.1。

表 4.1 縮短清潔時間研究實驗機台與條件

實驗機台	CVD1	CVD2	CVD3
實驗步驟	依線上產品之正常流程	依線上產品之正常流程	依線上產品之正常流程
實驗條件	清潔時間由 370sec 縮短為 350sec	清潔時間 由 260sec 縮短為 220sec	清潔時間 由 260sec 縮短為 220sec
實驗日期	94.5.18 12:00	94.5.20 16:00	94.5.20 16:00

##### 4.1.1.1 CVD1 減量結果

縮短清潔時間之後，其產品在粒狀物量測系統(AOI)的表現上如表 4.2 所示，兩者比較並無太大差異，並不會影響 Particle Lever，如圖 4.1。

表 4.2 CVD1 縮短清潔時間 AOI 之影響

清潔時間(sec)	AOI 平均值
370	7
350	6

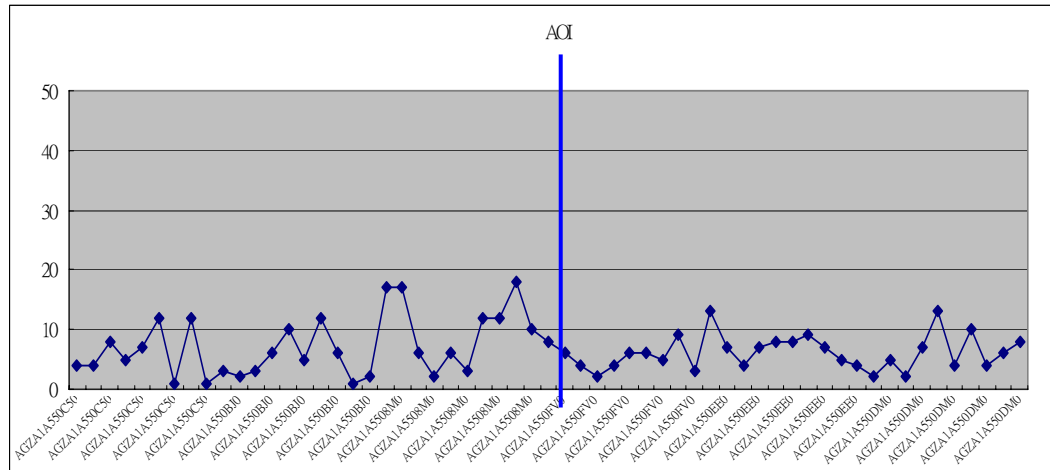


圖 4.1 縮短清潔時間 AOI 之表現

清潔時間由 370 秒減少為 350 秒，縮短清潔時間 20 秒後，其產品在良率的表現上，兩者比較並無太大差異。且由表 4.3 可知每個反應腔至少可以降低 10%~15%之 Over Etch，並可由圖 4.2 及圖 4.3 壓力變化圖。

表 4.3 CVD1 縮短清潔時間對 Over etch 之影響

清潔時間(sec)	CVD1	清潔完成時間(sec)	Over etch time (sec)
370	A	231	143
350	A	254	100
370	C	256	117
350	C	260	94
370	D	231	142
350	D	253	100
370	E	246	128
350	E	249	104

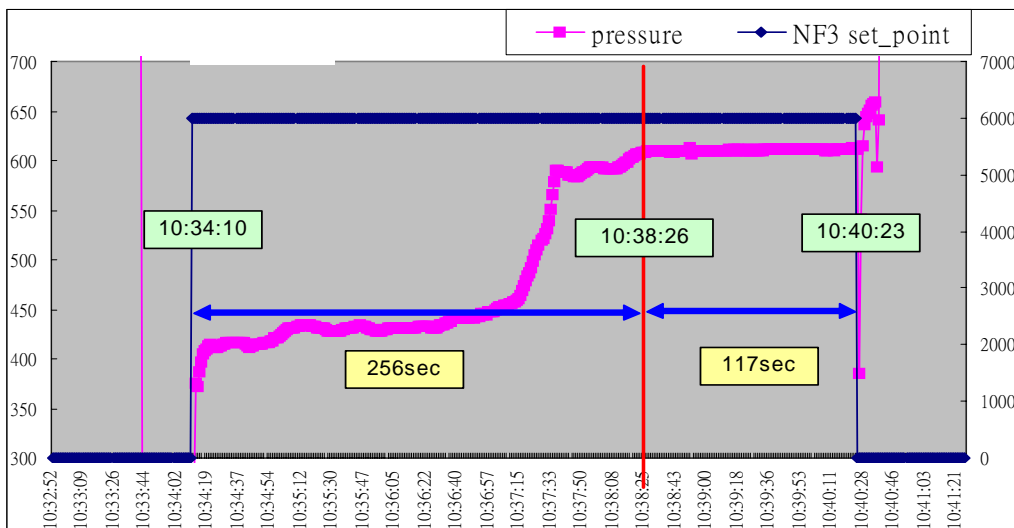


圖4.2清潔時間370 秒壓力變化圖

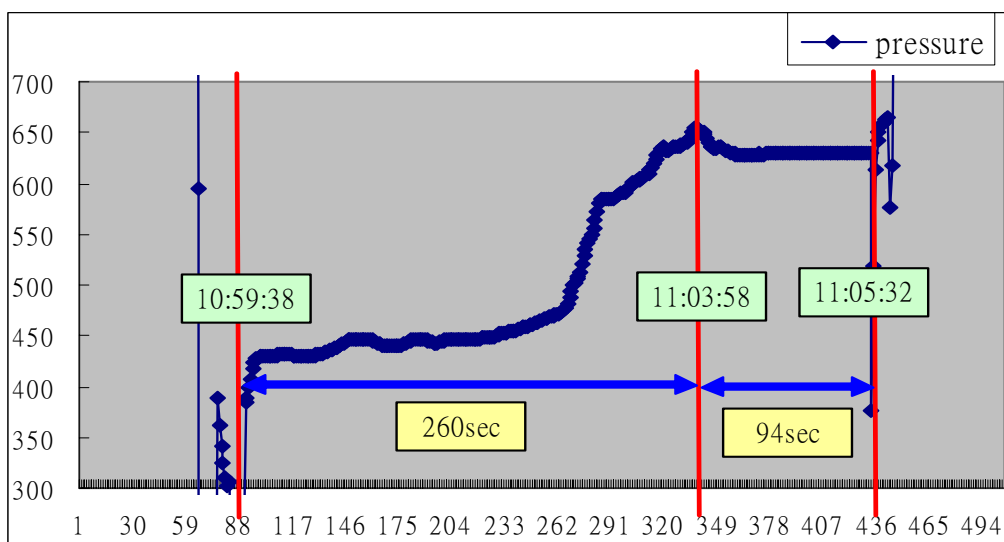


圖4.3清潔時間350 秒壓力變化圖

縮短清潔時間 20 秒，由表 4.4 可知在假設一個月不停機條件下，一年可減少使用量 81,600 公升，節省成本約 181 萬。

表 4.4 CVD1 縮短清潔時間對 NF<sub>3</sub> 減量影響

清潔時間 (sec)	氣體種類	用量 (公升/月)	用量 (公升/年)	每年減少使用量(公升)
370	NF <sub>3</sub>	123,400	1,480,800	81,600
350	NF <sub>3</sub>	116,600	1,399,200	

#### 4.1.1.2 CVD2 減量結果

縮短清潔時間之後，其產品在粒狀物量測系統(AOI)的表現上亦無太大差異，既可減少 NF<sub>3</sub> 的用量，並可增加產能。機台之 Over etch 數據如表 4.5 所示，依本表數據建議 CVD2 機台之清潔時間可由 260sec 縮短成 220 秒，並可由圖 4.4 的壓力變化進行判別。

表 4.5 CVD2 縮短清潔時間對 Over etch 之影響

CVD2	Recipe clean time	over etch
CH1	260	57.76%
CH2	260	51.16%
CH3	260	64.56%
CH4	260	53.85%

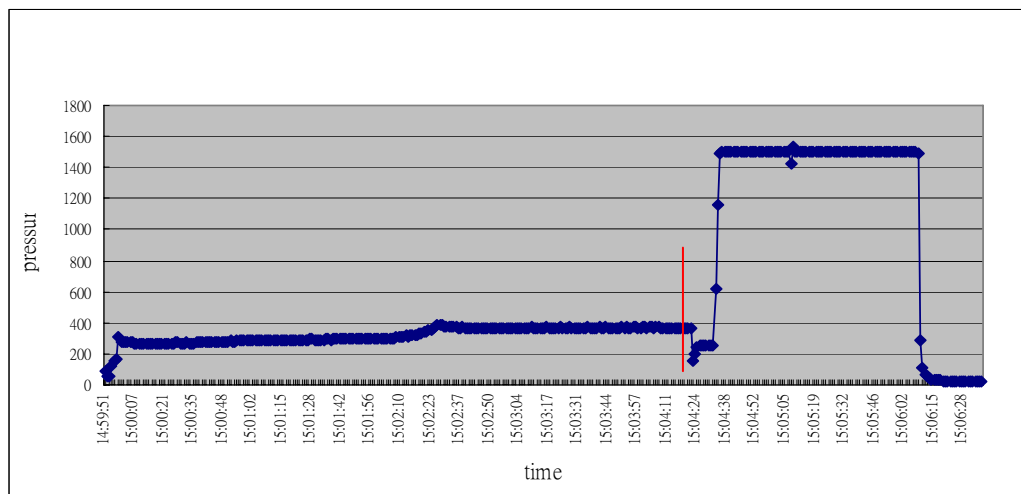


圖 4.4 CVD2 清潔時間壓力變化圖

清潔時間由 260 秒減少為 220 秒，縮短清潔時間 40 秒，由表 4.6 可知在假設一個月不停機條件下，一年可減少使用量 126,720 公升，節省成本 284 萬。

表 4.6 CVD2 縮短清潔時間對 NF<sub>3</sub> 減量影響

清潔時間 (sec)	種類	用量 (公升/月)	用量 (公升/年)	每年減少使用量(公升)
260	NF <sub>3</sub>	69,120	829,440	126,720
220	NF <sub>3</sub>	58,560	702,720	

#### 4.1.1.3 CVD3 減量結果

縮短清潔時間之後，其產品在粒狀物量測系統(AOI)的表現上亦無太大差異，既可減少 NF<sub>3</sub> 的用量，並可增加產能。機台之 Over etch 數據如表 4.7 所示，依本表數據建議 CVD3 機台之清潔時間可由 260sec 縮短成 220 秒，並可由圖 4.5 的壓力變化進行判別。

表 4.7 CVD3 縮短清潔時間對 Over etch 之影響

CVD3	Recipe clean time	over etch
CH1	260	55.69%
CH2	260	54.76%
CH3	260	53.85%
CH4	260	52.05%
CH5	260	48.57%

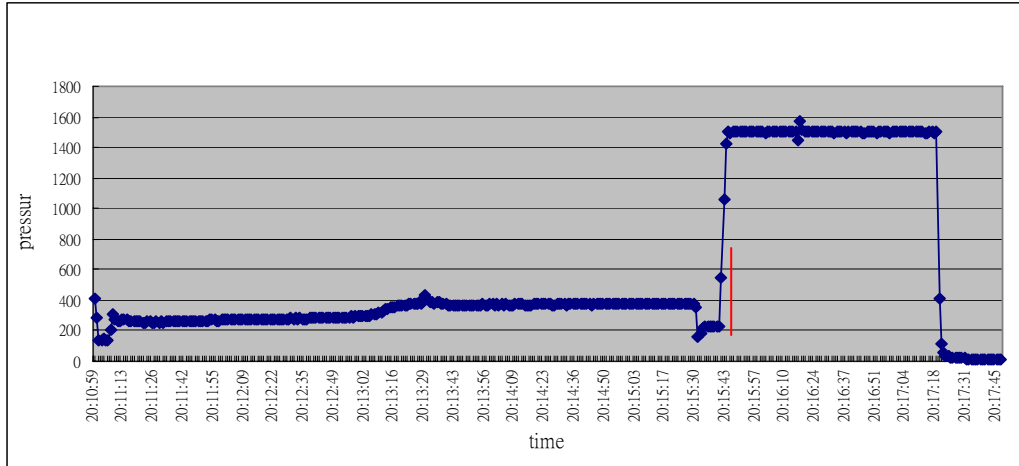


圖4.5 CVD3清潔時間壓力變化圖

清潔時間由 260 秒減少為 220 秒，縮短清潔時間 40 秒，由表 4.8 可知在假設一個月不停機條件下，一年可減少使用量 138,600 公升，節省成本約 310 萬。

表 4.8 CVD3 縮短清潔時間對 NF<sub>3</sub> 減量影響

清潔時間 (sec)	種類	用量 (公升/月)	用量 (公升/年)	每年減少使用量(公升)
260	NF <sub>3</sub>	75,600	907,200	138,600
220	NF <sub>3</sub>	64,050	768,600	

#### 4.1.2 SF<sub>6</sub> 減量研究

本文研究之機台與條件如表 4.9 所示。

表 4.9 CVD4 縮短清潔時間研究實驗機台與條件

實驗機台	CVD4
實驗步驟	依線上產品之正常流程
實驗條件	清潔時間由 230sec 縮短為 210sec
實驗日期	94.4.18 18:00

如表 4.10 所示，完全清潔時間為 183 秒，over etch 時間為 27 秒，over etch ratio 為 15%，已達 clean 之安全規格減少清潔時間，產品在 AOI 的表現兩者差異不大，不會影響 Particle Lever。

表 4.10 CVD4 縮短清潔時間對成品 AOI 之影響

清潔時間(sec)	AOI 平均值
230	57
210	45

清潔時間由 230 秒減少為 210 秒，縮短清潔時間 20 秒，由表 4.11 可知在假設一個月不停機條件下，一年可減少使用量 199,200 公升，節省成本 110 萬。

表 4.11 CVD4 縮短清潔時間對 SF<sub>6</sub> 減量影響

清潔時間 (sec)	種類	用量 (公升/月)	用量 (公升/年)	每年減少使用量(公升)
230	SF <sub>6</sub>	191,600	2,299,200	199,200
210	SF <sub>6</sub>	715,000	2,100,000	

## 4.2 全氟化物製程尾氣去除效率研究

### 4.2.1 A Local Scrubber 測試結果

#### 4.2.1.1 A Local Scrubber 進口端流量校正

為確認正確之進口流體體積流率，自 Local scrubber 進口端分別通入流量 500、1000、300 與 1200 sccm 之  $\text{NF}_3$ ，測得  $\text{NF}_3$  濃度分別為 5142、11148、2987 與 13241 ppm，如圖 4.6 所示，由下式換算得到入口端之體積流率，取平均值可得單個反應腔平均體積流率為 94.5 lpm。

$$(1) \quad Q_{m_1} = 500 \times 10^{-3} \times 10^6 / 5142 \approx 97.2 \text{ lpm}$$

$$(2) \quad Q_{m_2} = 1000 \times 10^{-3} \times 10^6 / 11148 \approx 89.7 \text{ lpm}$$

$$(3) \quad Q_{m_3} = 300 \times 10^{-3} \times 10^6 / 2987 \approx 100.4 \text{ lpm}$$

$$(4) \quad Q_{m_4} = 1200 \times 10^{-3} \times 10^6 / 13241 \approx 90.6 \text{ lpm}$$

$$Q_m(\text{平均值}) = (97.2 + 89.7 + 100.4 + 90.6) / 4 \approx 94.5 \text{ lpm}$$

由不同數量之反應腔可求得  $Q_{in} = Q_m \times \text{chamber 數}$

$$(1) \quad Q_{in}(5 \text{ chamber}) = 94.5 \text{ lpm} \times 5 = 472.5 \text{ lpm}$$

$$(2) \quad Q_{in}(4 \text{ chamber}) = 94.5 \text{ lpm} \times 4 = 378 \text{ lpm}$$

$$(3) \quad Q_{in}(3 \text{ chamber}) = 94.5 \text{ lpm} \times 3 = 283.5 \text{ lpm}$$

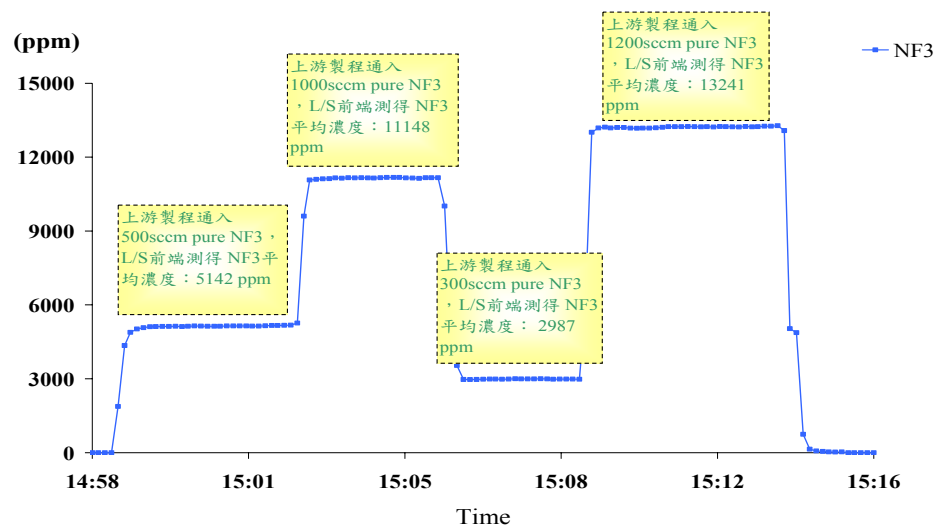


圖 4.6 A Local scrubber 進口端流量校正圖



#### 4.2.1.2 A Local Scrubber 出口端流量校正

為確認正確之出口流體體積流率，自 Local scrubber 出口端分別通入流量 3000、6000、2000 與 1000 sccm 之  $\text{NF}_3$ ，測得  $\text{NF}_3$  濃度分別為 4199、8833、2761 與 1383 ppm，如圖 4.7 所示，由下式換算得到出口端之體積流率，取平均值可得單個反應腔平均體積流率為 710 lpm。

- (1)  $Q_{out_1} = 3000 \times 10^{-3} \times 10^6 / 4199 \approx 715 \text{ lpm}$
  - (2)  $Q_{out_2} = 6000 \times 10^{-3} \times 10^6 / 8833 \approx 679 \text{ lpm}$
  - (3)  $Q_{out_3} = 2000 \times 10^{-3} \times 10^6 / 2761 \approx 724 \text{ lpm}$
  - (4)  $Q_{out_4} = 1000 \times 10^{-3} \times 10^6 / 1383 \approx 723 \text{ lpm}$
- $Q_{out}(\text{平均值}) = (715 + 679 + 724 + 723) / 4 \approx 710 \text{ lpm}$

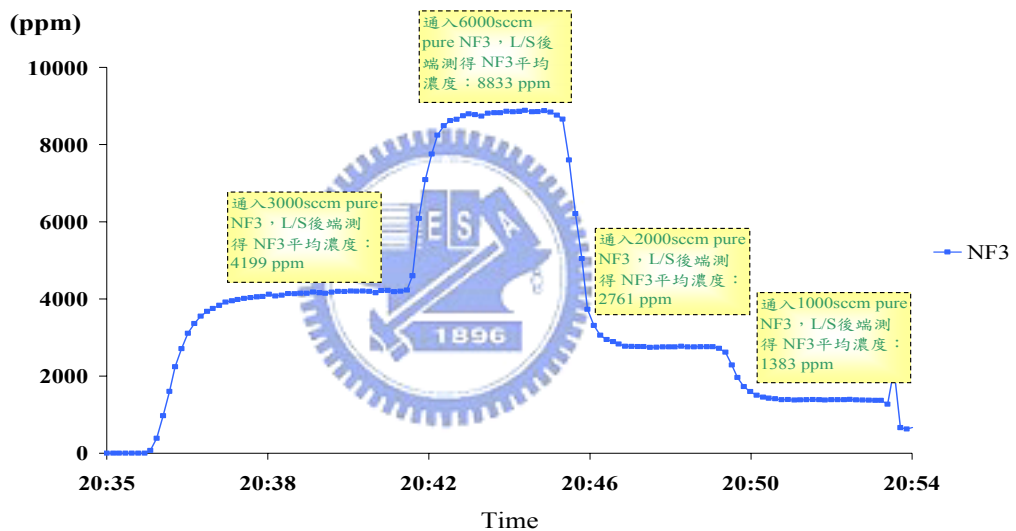


圖 4.7 A Local scrubber 出口端流量校正圖

A Local scrubber 流量校正結果、量測儀器與採樣日期如表 4.12。

表 4.12 A Local scrubber 量測儀器與流量條件

Inlet 校正流量	(1)472.5 lpm ; (2)378 lpm ; (3)283.5 lpm
Outlet 校正流量	710 lpm
量測儀器	FTIR × 2 (Cell <sub>in</sub> /Cell <sub>out</sub> = 0.0133m / 10m)
採樣日期	2005/12/20

#### 4.2.1.3 A Local Scrubber 處理效率評估結果(run clean)

1ACVD3 於清潔過程中其 A Local Scrubber 對各種氣體之處理效率如表 4.13 所示，大部份之有害氣體都能被有效去除，只有 NF<sub>3</sub> 之去除效率較低，如圖 4.8 所示，僅為 78.0%~83.3%。圖中之操作條件為：

- (1) 5 chamber 同時 run clean recipe (clean time:350sec)
- (2) 4 chamber 同時 run clean recipe (clean time:150sec)
- (3) 3 chamber 同時 run clean recipe (clean time:150sec)

表 4.13 A Local Scrubber 處理效率綜整表(run clean)

run clean 之 chamber 數			Gas	NF <sub>3</sub>	SiH <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	HF	SiF <sub>4</sub>	F <sub>2</sub>	
(1) 5個chamber (chamberA.B.C.D.E 同時 run clean)	Q <sub>in</sub>	472.5	C <sub>in</sub>	Max.	1615	2867	22694	179	5239	36853	51398
				Avg.	278	116	2315	9	1110	2265	23124
	Q <sub>out</sub>	710	C <sub>out</sub>	Max.	62	2.7	N.D.	32	N.D.	N.D.	N.D.
				Avg.	31	0.46	N.D.	13	N.D.	N.D.	N.D.
(lpm)		DRE		83.3%	99.4%	>99.9%	—	>99.6%	>99.9%	>99.8%	
(2) 4個chamber (chamberA.B.C.E同 時 run clean)	Q <sub>in</sub>	378	C <sub>in</sub>	Max.	1788	3717	23053	169	6789	10502	—
				Avg.	265	146	3628	11	1831	652	—
	Q <sub>out</sub>	710	C <sub>out</sub>	Max.	77	4.6	N.D.	39	N.D.	N.D.	—
				Avg.	30	0.83	N.D.	14	N.D.	N.D.	—
(lpm)		DRE		78.7%	98.9%	>99.9%	—	>99.7%	>99.9%	—	
(3) 3個chamber (chamberA.C.E同 時 run clean)	Q <sub>in</sub>	283.5	C <sub>in</sub>	Max.	1657	3160	23063	129	10245	7520	—
				Avg.	250	147	3700	5	2089	552	—
	Q <sub>out</sub>	710	C <sub>out</sub>	Max.	70	2.2	N.D.	40	N.D.	N.D.	—
				Avg.	22	0.4	N.D.	13	N.D.	N.D.	—
(lpm)		DRE		78.0%	99.3%	>99.9%	—	>99.7%	>99.9%	—	
Outlet L.D.L.					0.19	0.12	0.57	0.67	2.9	0.05	34

$$DRE=1-[(C_{out}*Q_{out})/(C_{in}*Q_{in})]$$

unit : ppm

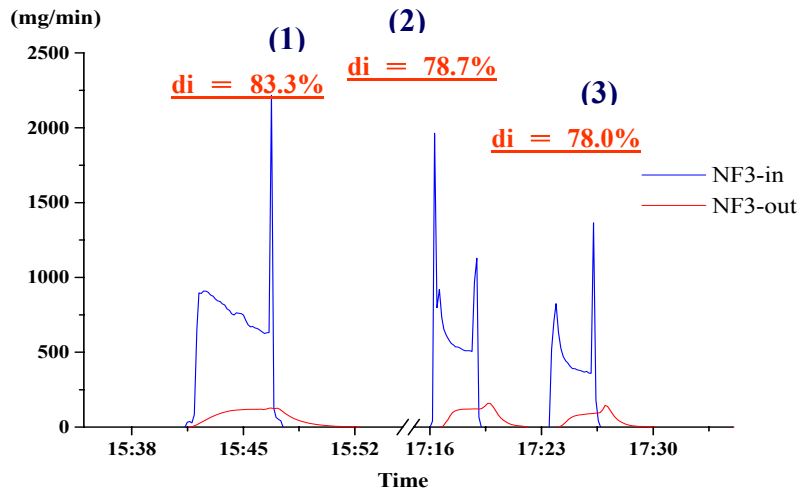


圖 4.8 A Local Scrubber 進出口端 NF<sub>3</sub> 濃度圖

#### 4.2.1.4 A Local Scrubber 處理效率評估結果(run depo)

1ACVD3 在沉積過程中其 A Local Scrubber 對各種氣體之處理效率如表 4.14 所示，大部份之製程氣體都能被有效去除。當反應腔數量增加時，對 Local Scrubber 之反應負荷應會增加，但由本表數據看來，反應腔之數量對 Local Scrubber 之處理效率沒有顯著影響。

表 4.14 A Local Scrubber 處理效率綜整表(run depo)

run depo 之 chamber 數			Gas	SiH <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	SiF <sub>4</sub>	
(1) 5個chamber (chamberA.B.C.D. E同時 run depo)	Q <sub>in</sub>	472.5	C <sub>in</sub>	Max.	17674	49952	N.D.	6187
				Avg.	3024	12668	N.D.	710
	Q <sub>out</sub>	710	C <sub>out</sub>	Max.	1.2	N.D.	34	N.D.
				Avg.	0.51	N.D.	19	N.D.
(lpm)		DRE	99.9%	>99.9%	—	>99.9%		
(2) 4個chamber (chamberA.B.C.E 同時 run depo)	Q <sub>in</sub>	378	C <sub>in</sub>	Max.	18839	50756	N.D.	5748
				Avg.	3209	12712	N.D.	678
	Q <sub>out</sub>	710	C <sub>out</sub>	Max.	1.1	N.D.	25	N.D.
				Avg.	0.64	N.D.	19	N.D.
(lpm)		DRE	99.9%	>99.9%	—	>99.9%		
(3) 3個chamber (chamberA.C.E同 時 run depo)	Q <sub>in</sub>	283.5	C <sub>in</sub>	Max.	20429	56971	N.D.	58
				Avg.	6138	14107	N.D.	6.6
	Q <sub>out</sub>	710	C <sub>out</sub>	Max.	0.49	N.D.	17	N.D.
				Avg.	0.09	N.D.	15	N.D.
(lpm)		DRE	99.9%	>99.9%	—	>98.1%		
Outlet L.D.L.					0.12	0.57	35 (Inlet)	0.05

$$DRE=1-[(C_{out} \cdot Q_{out}) / (C_{in} \cdot Q_{in})]$$

unit : ppm

#### 4.2.1.5 NF<sub>3</sub> 使用率

機台內 Plasma-off 時 NF<sub>3</sub> 之平均濃度，根據設備工程師提供的 recipe 所計算而得 C<sub>p-off</sub> 約為 63492ppm，Plasma-on 時不同時間測得 NF<sub>3</sub> 之平均濃度(C<sub>p-on</sub>):(1)495ppm;(2)613ppm;(3)591ppm

由式(6)

$$C_i = 1 - (C_{p-on}/C_{p-off})$$

三次之 NF<sub>3</sub> 使用率如圖 4.9 分別為

$$C_{i1} = 1 - (495/63492) = 0.992 = 99.2\%$$

$$C_{i2} = 1 - (613/63492) = 0.990 = 99.0\%$$

$$C_{i3} = 1 - (591/63492) = 0.991 = 99.1\%$$

$$\text{平均使用率 } C_{iave} = (C_{i1} + C_{i2} + C_{i3}) / 3 = (0.992 + 0.990 + 0.991) / 3 = 0.991 = 99.1\%$$

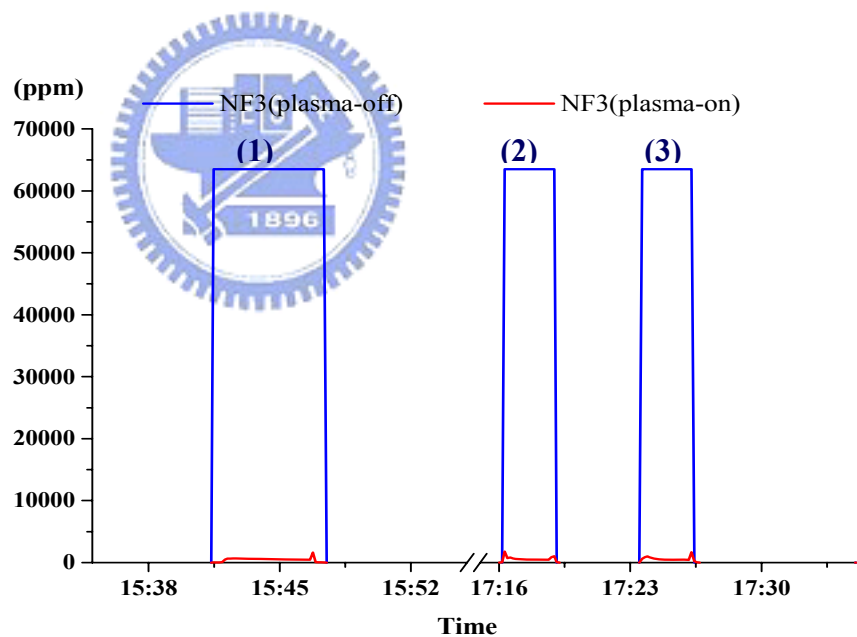


圖 4.9 1ACVD3 製程機台 NF<sub>3</sub> 使用率圖

由上述結果得知製程機台 1ACVD3 對 NF<sub>3</sub> 的使用率為 99.1%，遠高於聯合國 IPCC 公告之 Tier 2b method 設定參數值 (CVD 製程中 NF<sub>3</sub> 的 C<sub>i</sub> 設定值為 80%)，有助於降低廠內 PFC 的排放推估量，顯示製程上供應 NF<sub>3</sub> 設計濃度適當。

## 4.2.2 B Local Scrubber 測試結果

### 4.2.2.1 B Local Scrubber 進口端流量校正

為確認正確之進口流體體積流率，自 B Local Scrubber 進口端分別通入流量 1000、1500、500 與 300 sccm 之  $\text{NF}_3$ ，測得  $\text{NF}_3$  濃度分別為 8788、14530、4397 與 24221ppm，如圖 4.10 所示，由下式換算得到入口端之體積流率，取平均值可得單個反應腔平均體積流率為 113.6 lpm。

$$(1) \quad Q_{m_1} = 1000 \times 10^{-3} \times 10^6 / 8788 \approx 113.8 \text{ lpm}$$

$$(2) \quad Q_{m_2} = 1500 \times 10^{-3} \times 10^6 / 14530 \approx 103.2 \text{ lpm}$$

$$(3) \quad Q_{m_3} = 500 \times 10^{-3} \times 10^6 / 4397 \approx 113.7 \text{ lpm}$$

$$(4) \quad Q_{m_4} = 300 \times 10^{-3} \times 10^6 / 2422 \approx 123.8 \text{ lpm}$$

$$Q_m(\text{平均值}) = (113.8 + 103.2 + 113.7 + 123.8) / 4 \approx 113.6 \text{ lpm}$$

由不同數量之反應腔可求得  $Q_{in} = Q_m \times \text{chamber 數}$

$$(1) \quad Q_{in}(5 \text{ chamber}) = 113.6 \text{ lpm} \times 5 = 568 \text{ lpm}$$

$$(2) \quad Q_{in}(4 \text{ chamber}) = 113.6 \text{ lpm} \times 4 = 454.4 \text{ lpm}$$

$$(3) \quad Q_{in}(3 \text{ chamber}) = 113.6 \text{ lpm} \times 3 = 340.8 \text{ lpm}$$

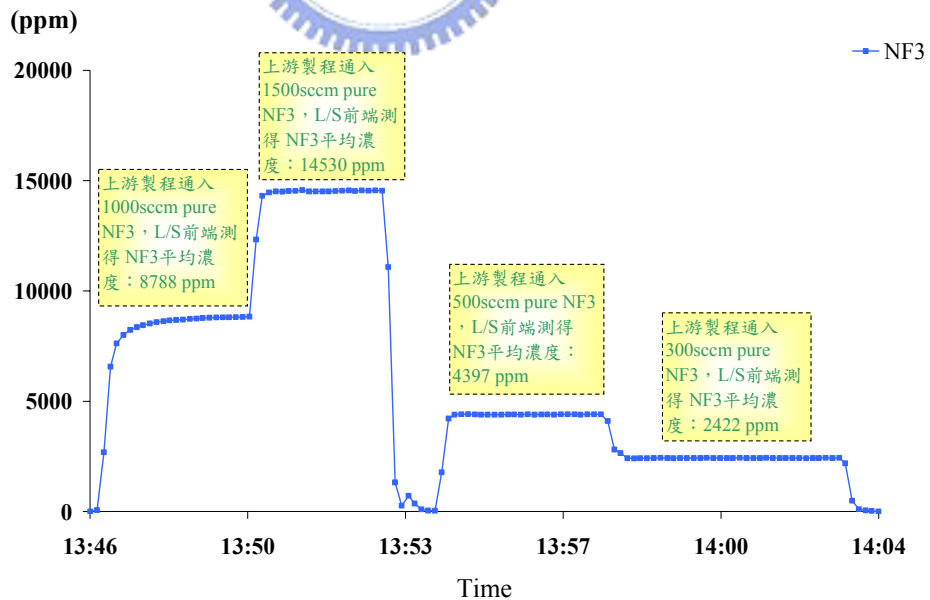


圖 4.10 B Local Scrubber 進口端流量校正圖