

第三章 研究方法

3.1 FTIR 應用

Li et al. (2003) 以 Extractive Fourier Transform Infrared Spectrometer (FTIR) 量測半導體廠中不同廠牌乾蝕刻機台於蝕刻完後之晶片晶舟盒中 SiF_4 濃度與 PM 時異丙醇逸散濃度，能非常成功有效地找出危害氣體釋放之源頭位置、種類及其濃度。

3.2 實驗方式

實驗研究對象為半導體廠應用材料公司 P 型與 Lam 公司 T 型金屬蝕刻機台，在製造生產晶圓每隔約 10 至 13 日左右就必須停機來進行反應腔之預防保養維修，以去除電漿蝕刻反應所生成之有害副產物附著於反應腔內部及腔壁。在擦拭時先以擦拭布沾去離子水擦拭反應腔內部及腔壁，後段則使用沾有異丙醇之擦拭布作最後的清潔，本實驗則以固定流量 SF_6 於反應腔底連續釋放以模擬預防保養維修人員於擦拭反應腔所逸散之危害性氣體。應用材料公司 P 型金屬蝕刻機台反應腔為中空圓柱形，直徑 30.5 cm、高 21 cm；Lam 公司 T 型金屬蝕刻機台反應腔為中空圓柱形，反應腔口直徑 35.6 cm、高 21.4 cm。

氣罩控制效率實驗使用污染源的追蹤氣體為 1000 ppm SF_6 ，在金屬蝕刻 T 型與 P 型機台反應腔開口先裝上本實驗所設計製造完成之抽氣罩如圖 3.1 ~ 3.4。氣罩面有 10 cm 開口可供維修保養人員將手伸入反應腔，氣罩面開口方向可由手臂帶動開口至欲擦拭之腔壁位置及其內部。氣罩之抽氣管與低真空抽氣軟管銜接抽氣控制追蹤氣體逸散， SF_6 則在反應腔底部及銜接氣罩之低真空抽氣軟管內以固定流量 5 lpm 連續釋放，每個量測點釋放約 5 分鐘。量測儀器為 Extractive Fourier Transform Infrared Spectrometer (FTIR)，量測點為抽氣罩上方人員呼吸帶位置如圖 3.5、低真空抽氣管末端接近潔淨室地板處如圖 3.6。在人員呼吸帶追蹤氣體濃度可以評估及了解維修工作人員暴露於污染物之狀況；而追蹤氣體於反應腔底部及銜接氣罩低真空抽氣軟管內釋放時，在低真空抽氣軟管尾端接近潔淨室地板處所量測之追蹤氣體濃度則可以評估抽氣罩之污染物逸散控制效率。

反應腔全開時污染物逸散控制效率實驗如圖 3.7，在金屬蝕刻 P 型反應腔全開時不使用抽氣罩而只使用低真空抽氣軟管由反應腔視窗孔伸入反應腔壁抽氣控制追蹤氣體逸散，追蹤氣體 SF_6 在反應腔底部之氣體分散管如圖 3.8 及伸入反應腔壁之低真空抽氣軟管內如圖 3.9。 SF_6 以固定流量 1 lpm、5 lpm、8 lpm、10 lpm 連續釋放，10 lpm 連續釋放模擬擦拭布沾大量去離水擦拭反應腔所逸散氣態化學污染物如 HCl 等等，每個量測點釋放約 5 分鐘。

所使用量測儀器為 FTIR，量測點為反應腔上方人員呼吸帶位置如圖 3.10 與低真空抽氣管末端接近潔淨室地板處。實驗中以手伸入反應腔模擬維修保養擦拭反應腔的動作，可以了解真實維修保養人員暴露於污染物之狀況。 SF_6 於反應腔底部分散管及伸入反應腔壁之低真空抽氣管內釋放時，在低真空抽氣管末端接近潔淨室地板處所量測之追蹤氣體濃度用來評估抽氣時污染物逸散控制效率。

3.3 量測儀器與工具：

3.3.1 Extractive Fourier Transform Infrared Spectrometer (FTIR)

1. Closed cell FTIR：Bomen(10 m Cell)
2. 解析度： 1 cm^{-1}
3. 採氣量：5 L/min
4. 分析軟體：CESHFTIRM
5. 圖譜：設定 2 次掃描平均

3.3.2 檢測氣體種類：追蹤氣體

1. 追蹤氣體： SF_6
2. 濃度：1000 ppm
3. 釋放流量：

A. 使用氣罩：5 lpm

B. 反應腔開口全開：1 lpm、5 lpm、8 lpm、10 lpm。

4. 追蹤氣體分散管：2/8 吋 PFA 管，直徑 30 公分，管開孔直徑 2 mm
，共 14 個。

5. FTIR 偵測下限：

5.1 氣罩抽氣控制效率實驗：5 ppb

5.2 反應腔全開抽氣控制效率實驗：4 ppb

3.3.3 抽氣裝置參數

1. 來源：潔淨室地板開口低真空抽氣系統如圖 3.5。

2. 抽氣軟管直徑：內徑 3.8 cm，外徑 4.5 cm。

3. 抽氣軟管長度：5.6 m

4. 低真空抽氣軟管口抽氣速度：46±1 m/s

5. 低真空抽氣軟管抽氣量：3130±68 L/min

6. 潔淨室空氣過濾器(ULPA)空氣下吹風速：0.35 m/s

7. 抽氣罩面開口：直徑 10 cm

8. 抽氣罩開口面風速度：平均 4.9 m/s。

9. 抽氣罩開口面平均補充空氣量：2.31 m³/min

10. P 型反應腔口面風速度：平均 0.58 m/s、中心 0.65 m/s。

11. P 型反應腔口平均補充空氣量：2.54 m³/min

3.3.4 P 型金屬蝕刻機台

1. 反應腔高度：距潔淨室地板 122 cm。
2. 反應腔：中空圓柱形，腔口直徑 30.5 cm、高 21 cm。
3. 反應腔視窗孔：孔直徑 5.8 cm，視窗孔中心距腔口 9.5 cm。

3.3.5 T 型金屬蝕刻機台

1. 反應腔高度：距潔淨室地板 125 cm。
2. 反應腔：中空圓柱形，腔口直徑 36.5 cm、高 21.4 cm。

3.3.6 FTIR 取樣點

1. 人員呼吸帶高度：反應腔上方距潔淨室樓板 150 cm
2. 真空抽氣管末端：距真空抽氣管前端 550 cm，為 144 倍管直徑距離；距潔淨室樓板 9 cm，如圖 3.6。

3.4 污染物逸散控制效率評估

1. 人員呼吸帶污染物濃度：了解維工作人員暴露於污染物之狀況。
2. 氣罩控制效率(Control Efficiency, CE)：

$$CE = 100\% \times C_m / C_i \quad (3.1)$$

C_m ：追蹤氣體於反應腔底部釋放時，於低真空抽氣軟管尾端 SF_6

平均濃度值。

C_i ：追蹤氣體直接在低真空軟管內進入排氣管時，於低真空抽氣軟管尾端 SF_6 平均濃度值。

3. 側邊視窗孔抽氣時的控制效率(Control Efficiency, CE)：

$$CE = 100\% \times C_m / C_i \quad (3.2)$$

C_m ：追蹤氣體於反應腔底部以分散管釋放時，於低真空抽氣軟管尾端 SF_6 平均濃度值。

C_i ：追蹤氣體直接在低真空軟管內進入排氣管時，於低真空抽氣軟管尾端 SF_6 平均濃度值。

第四章 結果與討論

4.1 氣罩污染物逸散控制

P 型與 T 型機台進行 PM 以氣罩外加於反應腔口,氣罩開口控制風速平均為 4.9 m/s, 補充空氣量為 2.31 m³/min, 1000 ppm SF₆ 以流量 5 lpm 於反應腔底部釋放, 實驗量測數據結果如表 4.1、圖 4.1~圖 4.8。由圖 4.2 濃度變化圖得知, 真空管停止抽氣時在呼吸帶 SF₆ 濃度會快速上升, 最高至 12.6 ppm; 於真空管恢復抽氣後, 在保養維修人員呼吸帶 SF₆ 濃度均低於 FTIR 偵測下限(< 5ppb)。T 型與 P 型機台抽氣罩 SF₆ 捕集效率分別為 94.6 %、97.5 % 與 98.8 %。

真空抽氣管末端量測點距前端距離為 144 倍管直徑之距離, 符合 Hampl et al. (1986) 建議追蹤氣體量測點應至少距 SF₆ 釋放處有 50 倍管線直徑的距離, 才能使 SF₆ 在該量測點前形成完成發展流而形成混合均勻的濃度。

在本實驗結果之呼吸帶濃度值與張(2000) 所設計之抽氣罩效能相近, 均低於 FTIR 偵測下限; 但高(1999) 在離子植入機反應腔以 IPA 擦拭並抽氣罩使用時, 於維修區 IPA 濃度仍有 IPA 9 ppm 的存在, 這可能與所使用抽氣管抽氣風速不足有關。張(2003) 於金屬蝕刻機台反應腔維修保養使用抽氣罩以 IPA 擦拭時, 於呼吸帶亦有 IPA 的存在, 其濃度最高為 12.6 ppm。

在氣罩控制效率方面，張(2000) 計算氣罩效率方式與氣罩內部 IPA 濃度及氣罩外面呼吸帶濃度有直接相關性，此與本實驗所使用之效率計算方式不相同而無法比較。

4.2 反應腔全開 PM 污染物逸散控制

P 型機台反應腔全開 SF₆ 逸散控制模擬實驗，反應腔開口控制風速平均為 0.58 m/s，補充空氣量為 2.54 m³/min，實驗量測數據結果如表 4.1、圖 4.9~圖 4.16。由濃度變化圖可得知，1000 ppm SF₆ 於反應腔底部以 1 lpm、5 lpm、8 lpm、10 lpm 連續釋放，在未干擾與手伸入反應腔模擬擦拭反應腔進行干擾時，於反應腔上方人員呼吸帶 SF₆ 濃度均低於 FTIR 偵測下限(< 4 ppb)；反應腔全開之抽氣控制效率則分別為 95.5 %、97.8 %、98.3 %、98.0 %。

Ivany et al. (1989) 研究實驗室抽氣罩抽氣效率評估中，在手臂自抽氣罩內外移動之影響部份，當手臂自抽氣罩抽出時會產生高濃度氣態污染物自抽氣罩內洩漏出來，這個現象在本實驗中以手伸入反應腔模擬擦拭反應腔進行干擾時並無追蹤氣體 SF₆ 被 FTIR 偵測到。

Sik et al. (1990) 在評估麻醉病床上頭部區之笑氣局部排氣設施的排氣

效率，笑氣被捕集之效率為 84.5 % 而在背景空氣中仍有 34 ppm 的濃度存在；而在本實驗之捕集效率大於 84.5 %，抽氣效能較佳。

第五章 結論

本研究結果顯示半導體金屬蝕刻機台反應腔於定期進行預防保養維修擦拭時，可有效的使用潔淨室所設置之低真空抽氣系統，真空抽氣管直接由反應腔側邊上方的視窗孔伸入腔壁進行反應腔全開之氣態污染物及危害性氣體逸散控制，在呼吸帶追蹤氣體 SF_6 濃度均低於 FTIR 之偵測下限；反應腔全開時腔面之平均控制風速為 0.58 m/s，控制效率最高至 98.8 %；氣罩開口平均控制風速為 4.9 m/s，抽氣控制效率最高為 97.5 %。應用此兩種控制方式可以避免預防保養維修人員與鄰近區域其他工作人員長期暴露於 HCl、HCN、CNCI 等毒性氣體的環境而產生不健康的影響。

本實驗於預防保養維修擦拭反應腔所使用之污染物逸散控制方法可以應用至金屬蝕刻預防保養維修，使用可轉動氣罩會使作業面高度升高而使手臂抬舉造成酸痛，需考慮使用腳踏墊。在多晶系與單晶系製程蝕刻機台之反應腔擦拭亦可考慮使用本實驗之控制方法。低真空抽氣系統在使用點的連續供應時間必須由 20 分鐘延長至 1 小時以上，以維持良好的控制效率

建議金屬蝕刻設備製造公司，反應腔體側邊上方處應設置預防保養維修之抽氣孔，以便於打開反應腔蓋、擦拭腔壁時，化學氣態污染物之逸散控制，以避免產生對工作人員的健康危害。

參考文獻

- 洪銀志，「作業環境控制工程」，初版，台北市，揚智文化事業有限公司，民國 89 年。
- 高馨儀，「晶圓廠離子植入機台維修作業化學性因子暴露研究」，中國文化大學，碩士論文，民國 88 年。
- 莊達人，VLSI 製造技術，五版，台北縣，高立圖書有限公司，369-372，民國 92 年。
- 黃榮芳、陳友剛，「外裝型氣罩控制風速與捕集能力探討」，初版，台北縣，勞工安全衛生研究所，民國 89 年。
- 勞工安全衛生研究所，「噴漆作業局部排氣抑制濃度與控制風速之探討」，三版，台北縣，博創印藝文化事業有限公司，民國 86 年。
- 葉銘鵬、吳榮泰、余榮彬，「應用霍氏紅外光譜譜法調查半導體廠製程危害性氣體」，勞工安全衛生研究季刊，7 卷 4 期，民國 89 年 A。
- 葉銘鵬、吳榮泰、余榮彬，「以氣相層析質譜法偵測半導體廠作業環境空氣中有害物」，勞工安全衛生研究季刊，8 卷 2 期，民國 89 年 B。
- 張振平、宋隆佑、朱振群、林宜長，「半導體維修作業勞工有害氣體溢散調查」，勞工安全衛生研究季刊，8 卷 2 期，民國 89 年。
- 張振平，「晶圓廠金屬蝕刻製程預防保養作業化學性危害評估與改善研究」，國立台灣大學，公共衛生學院環境衛生研究所，博士學位論文，民國 89 年。
- 張建新，「半導體機台設備維護保養時之局部排氣改善研究」，國立交通大學，產業安全與防災學程，碩士論文，民國 92 年。
- 羅正忠、張鼎張譯，半導體製程簡介，原著(Xiao)，2 版，台灣陪生教育出版股份有限公司，台北市，民國 92 年。
- Bauer, S., Wolff, I., Schmidt, R., Pelzing, M., 1996, "Toxicological Hazards of Plasma Etching Waste Products", Solid State Technology, 39(7): 97-110.
- Baldwin, D. G., Rubin, J.R., Horowitz, M.R., 1993, "Industrial Hygiene Exposure in Semiconductor Manufacturing " , SSA Journal, 3: 19-23.
- Baldwin, D. G., 1985, "Chemical Exposure from Carbon Tetrachloride Plasma Aluminum Etchers", Extended Abstracts, Electrochem. Soc., 85(2):

449–450.

- Bauer, S., Wolff, I., Werner, N., Schmidt, R., Blume, R., Pelzing, M., 1995, "Toxicological Investigation in the Semiconductor Industry: IV Studies on the Subchronic Oral Toxicity and Genotoxicity of Vacuum Pump Oil Contaminated by Waste Products", *Toxicology and Industrial Health*, 11(5): 523-541.
- Bauer, S., Werner, N., Wolff, I., Damme, B., Oemus, K., 1992, "Toxicological Investigation in the Semiconductor Industry: II Studies on the Subacute Inhalation Toxicity and Genotoxicity of Gaseous Waste Products from the Aluminium Plasma Etching Process", *Toxicology and Industrial Health*, 8(6): 431-444.
- Bauer, S., Wolff, I., Werner, N., Hoffmann, P., Oemus, K., 1992, "Toxicological Investigation in the Semiconductor Industry: I Studies on the Acute Oral Toxicity of A Waste Products from the Aluminium Plasma Etching Process", *Toxicology and Industrial Health*, 8(3): 141-156.
- Ellenvecker, M. R., Gempel, R. F., Burgess, 1983, "Capture Efficiency Exhaust of Local Exhaust Ventilation System", *Am. Ind. Hyg., Assoc. J.*, 44(10): 752-755.
- First, B.G., Eorm, J., 1996, "Exposure Characterization of Preventative Maintenance Activities on Semiconductor Manufacturing Equipment", *SSA Journal*, 10: 27-41.
- Fuller, F. H., Etchells, A. W., 1979, "The Rating of Laboratory Hood Performance", *ASHRAE Journal*, 8: 49-53.
- Flynn, M. R., Ellenbecker, M. J., 1986, "Capture Efficiency of Flanged Circular Local Exhaust Hood", *Ann. Occup. Hyg*, 30(4): 497-513.
- Geissert, J. O., 1995, "Diffusion and Furnaces Hazard Control Systems", *Hazard Assessment and Control Technology in Semiconductor Manufacturing*, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Lewis Publishers, pp. 227-240.
- Herb, G. K., Caffrey, R.E., Eckroth, E.T., Jarrett, Q.T., Fraust, C.L., Fulton, J. A., 1983, "Plasma Processing: Health and Engineering Considerations", *Solid State Technology*, 24(8): 185-194.
- Hampl, V., 1984, "Evaluation of Industrial Exhaust Hood Efficiency by a Tracer Gas Technique", *Am. Ind. Hyg., Assoc. J.*, 45(7) : 485-490.
- Hampl, V., Niemela, R., Shulman, S., Bartly, D. L., 1986, "Use of Tracer for Industrial Exhaust Hood Efficiency Evaluation – Where to Sample", *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 47(5): 281-287.

- Heinonen, K., Kulmala, I., Saamamen, A., 1996, "Local Ventilation for Power Handing-Combination of Local Supply and Exhaust Air", American Industrial Hygiene Association Journal, 57: 356-364.
- Ivany, R. E., First, M. W., Diberardinis, L. J., 1989, "A New Method for Quantitative, In-Use Testing of Laboratory Fume Hoods", Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 50(5): 275-280.
- Li, S-N., Chang, C-T., , Shin , H-Y., Tang, A., Li, A., and Chen, Y-Y, 2003, "Using an Extractive Fourier Transform Infrared Spectrometer for Improving Cleanroom Air Quality in a Semiconductor Manufacturing Plant", Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 64: 408-414.
- Muller, M. R., Kunesh, R. F., 1989, " Safety and Health Implications of Dry Chemical Etching", Hazard Assessment and Control Technology in Semiconductor Manufacturing, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Lewis Publishers, pp. 179-201.
- Ohlson, J., 1986, "Dry Etch Chemical Safety", Solid State Technology, 29(7): 69-73.
- Qingyan, C., Kooi, J. V. D., Meyers, A., 1988, "Measurement and Computation of Ventilation Efficiency and Temperature Efficiency in a Ventilated Room", Energy and Buildings, 12: 85-99.
- Ocrutt, J. J., 1989, "Characterization of Hazardous-gas Releases by Tracer-Gas Simulation", Hazard Assessment and Control Technology in Semiconductor Manufacturing, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Lewis Publishers, pp. 213-225.
- Peck, R. C., 1982, "Validation of a Method to Determine a Protection Factor for Laboratory Hoods", Am. Ind. Hyg., Assoc. J., 43(8): 596-601.
- Rossnagel, S. J., Cuomo, J. J., Westwood, W. D., 1989, "Handbook of Plasma Processing Technology", Noyes Publications, pp. 11-222.
- Schmidt, R., Scheufler, H., Bauer, S. Wolff, L., Pelzing, M., Herzsuh, R., 1995, "Toxicological Investigation in the Semiconductor Industry: III Studies on Prenatal Toxicity Caused by Waste Products from Aluminum Plasma Etching Processes", Toxicology and Industrial Health, 11(1): 49-61.
- Shields, H. C., Weschler, C. J., 1987, "Air Pollution Control Assoc", vol. 37(9): 1039.
- Sik, M. J., Lewis, R. B., Eveleigh, D. J., 1990, "Assessment of A Scavenging Device for Use in Paediatric Anaesthesia", British Journal of Anaesthesia, 64: 117-123.

William, M. E., Baldwin, D. G., 1995, "Semiconductor Industrial Hygiene Handbook-Monitoring, Ventilation", Equipment and Ergonomics, Noyes Publications, pp. 26-26.

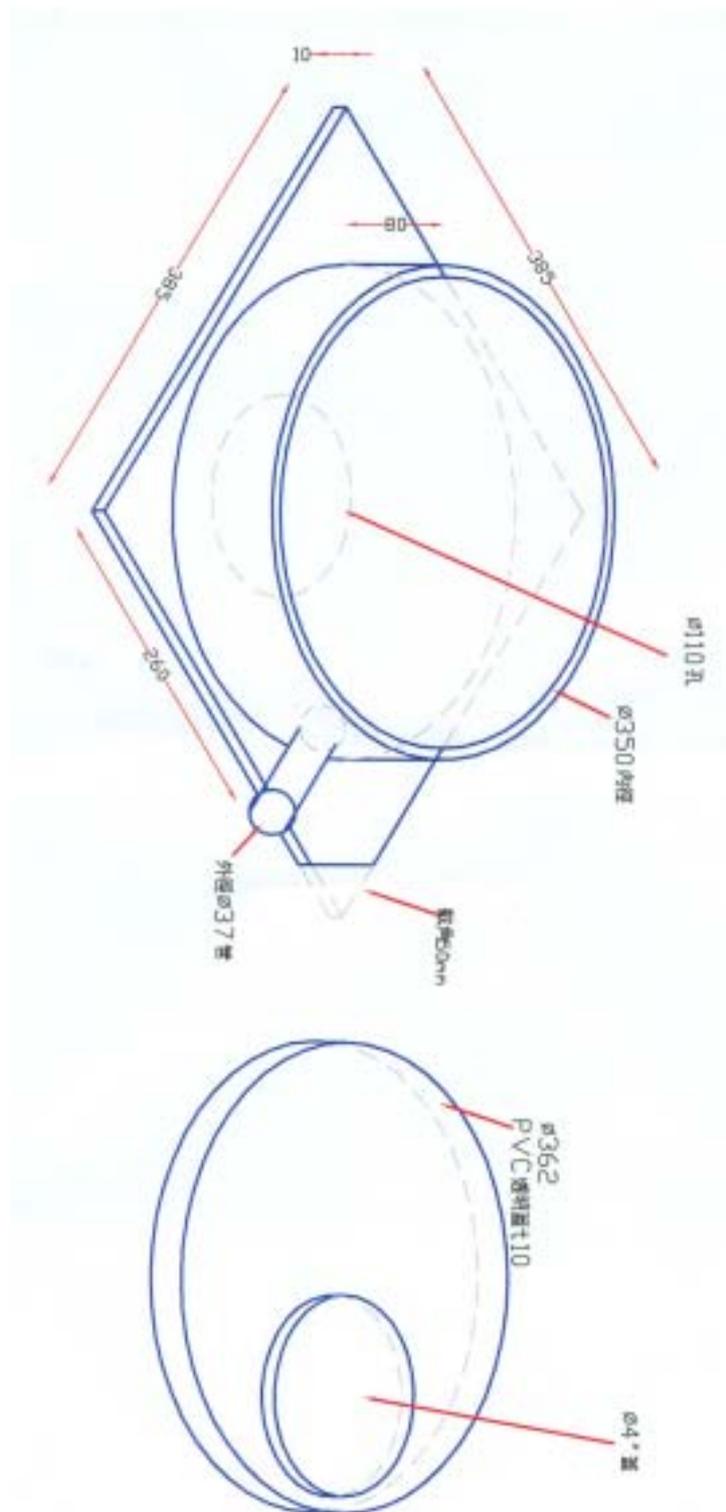


圖 3.1 T 型機台氣罩示意圖

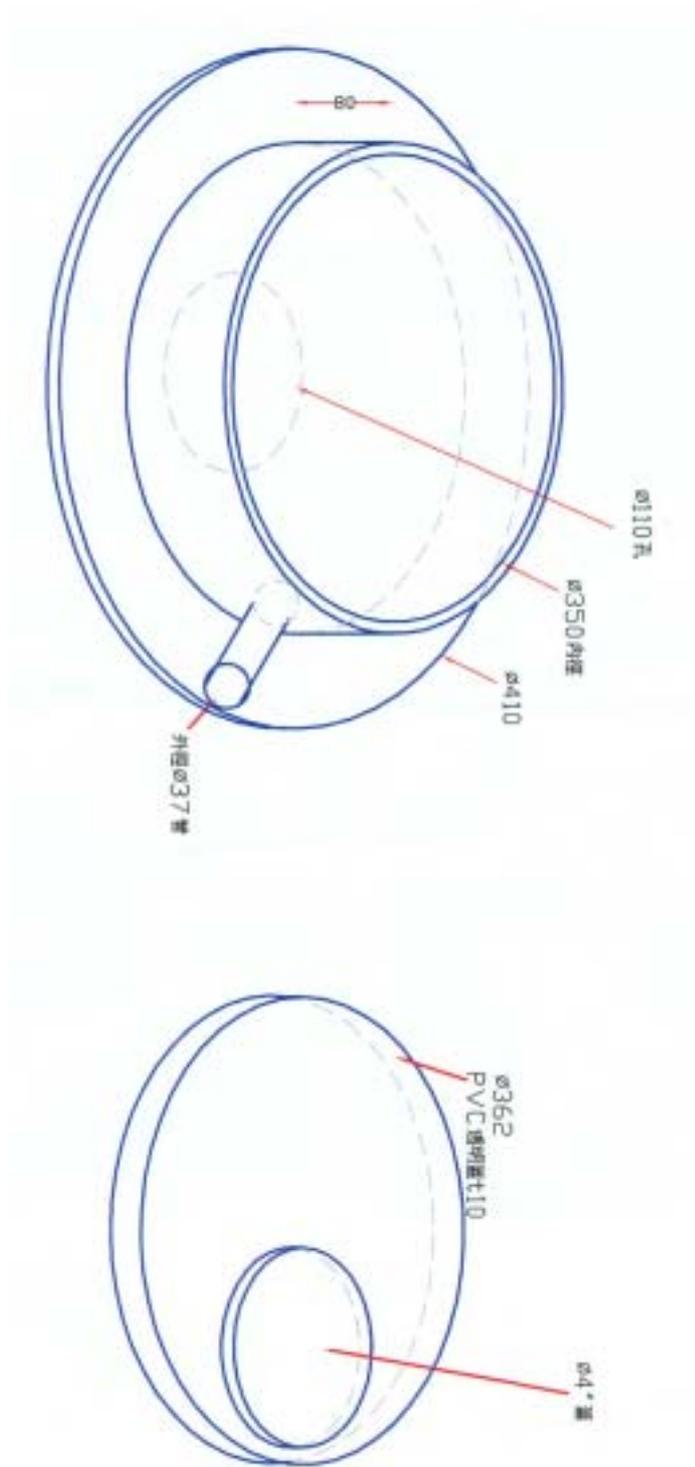


圖 3.2 P 型機台氣罩示意圖



圖 3.3 T 型機台抽氣罩



圖 3.4 P 型機台抽氣罩

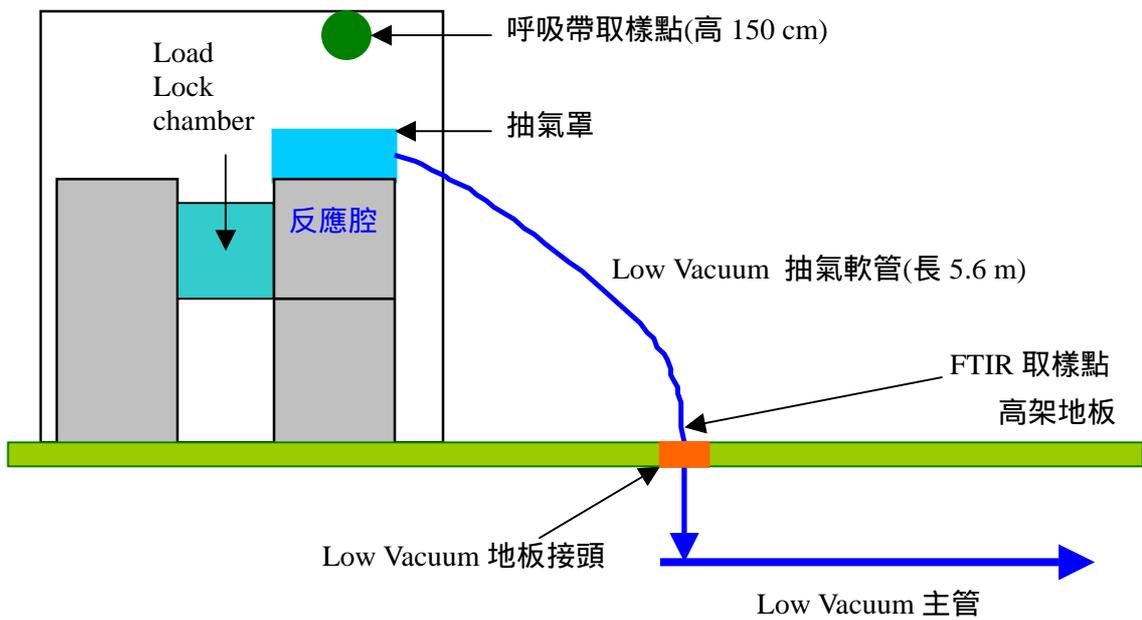


圖 3.5 機台外加抽氣罩抽氣控制示意圖：氣罩與真空管銜接及 FTIR 量測點。



圖 3.6 真空管末端採樣點

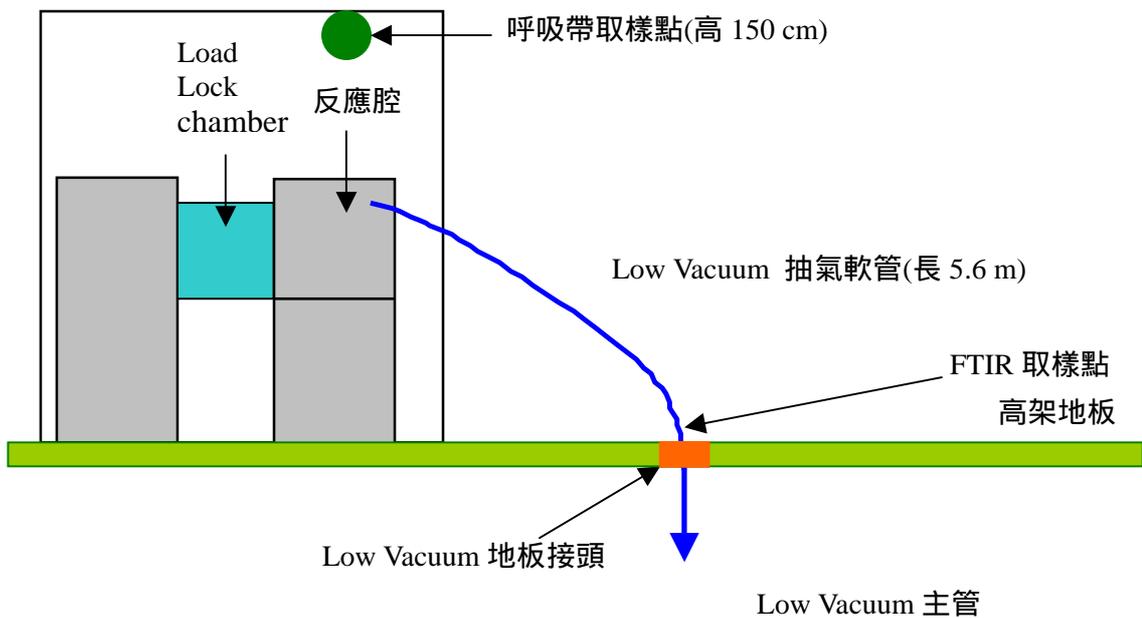


圖 3.7 P 型機台反應腔全開抽氣控制示意圖：真空抽氣管伸入反應腔抽氣及 FTIR 量測點。

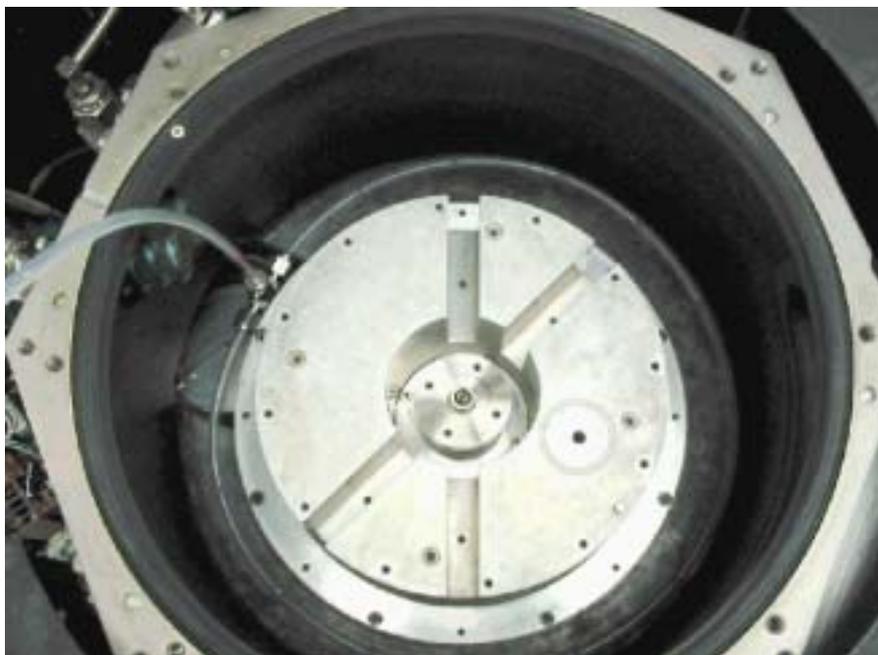


圖 3.8 追蹤氣體 SF₆ 在反應腔底部氣體分散管

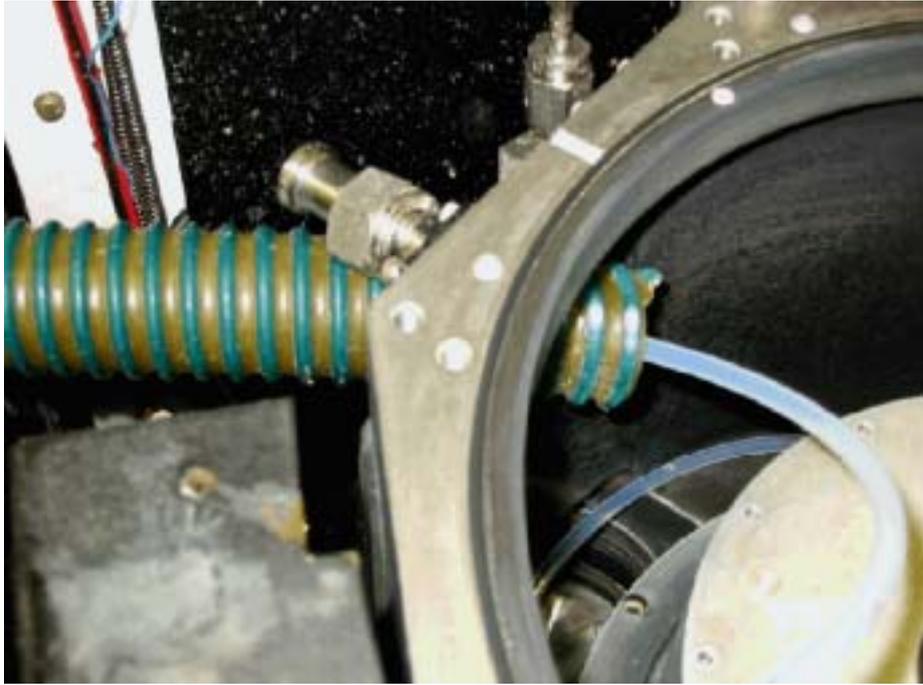


圖 3.9 追蹤氣體 SF₆ 管伸入反應腔壁之真空抽氣管內

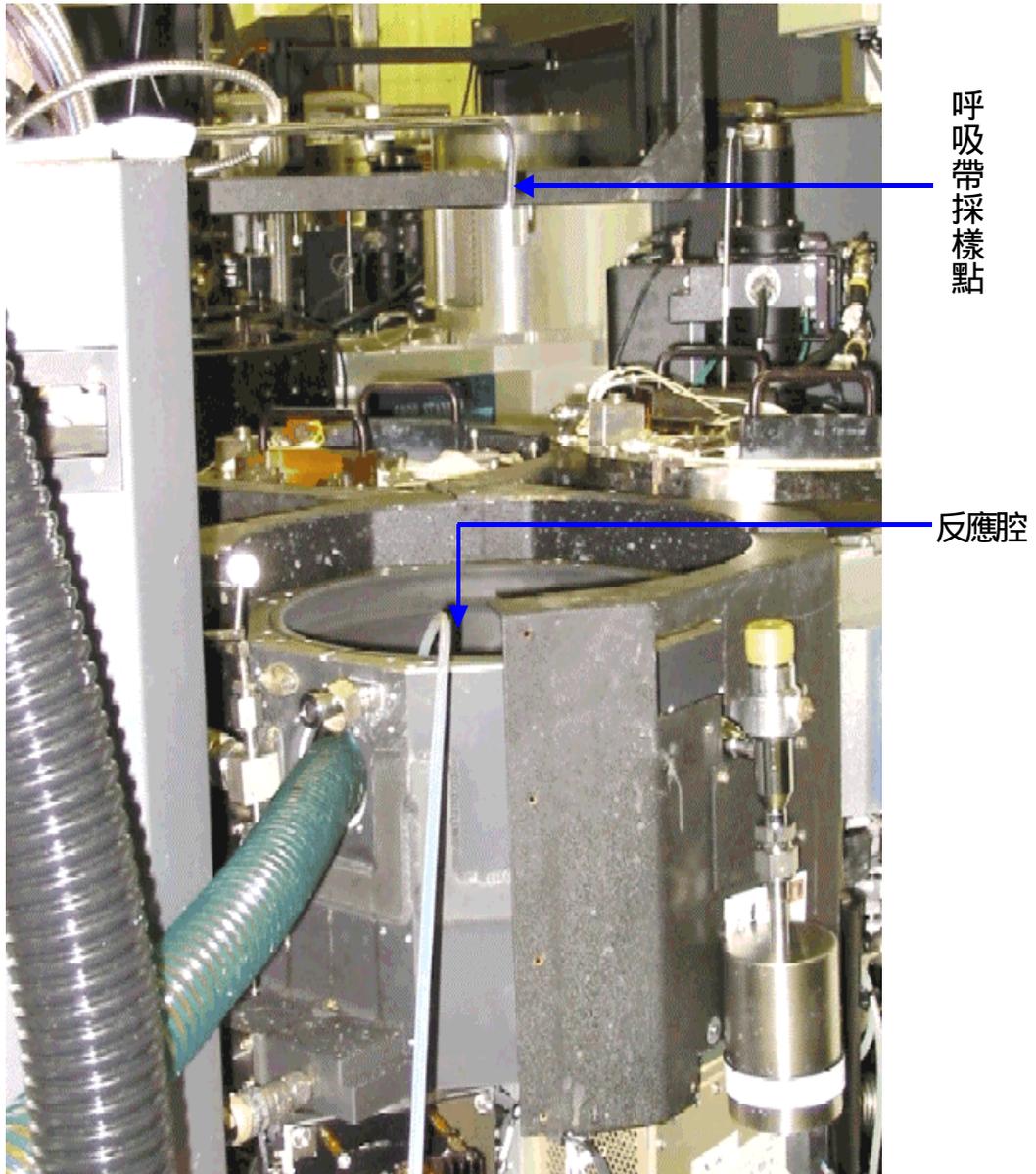


圖 3.10 呼吸帶採樣點與反應腔相對位置圖

表 4.1 量測數據總表

	呼吸帶 濃度(ppm)	A 濃度 (ppm)	B 濃度 (ppm)	氣罩/抽氣 控制效率(%)	
T 型機台 5 lpm (真空管停止抽氣)	12.6 (最高)	-	-	-	
T 型機台 5 lpm	N.D.	1.06	1.12	94.6	
P 型機台 5 lpm	N.D.	0.78	0.80	97.5	
P 型機台 5 lpm	N.D.	0.81	0.82	98.8	
P 型 機 台	1 lpm	N.D.	0.21	0.22	95.5
	1 lpm (手伸入反應腔)	N.D.	-	-	-
	5 lpm	N.D.	0.88	0.90	97.8
	5 lpm (手伸入反應腔)	N.D.	-	-	-
	8 lpm	N.D.	1.18	1.20	98.3
	8 lpm (手伸入反應腔)	N.D.	-	-	-
	10 lpm	N.D.	1.46	1.49	98.0
	10 lpm (手伸入反應腔)	N.D.	-	-	-

說明：

- 1.呼吸帶濃度：於呼吸帶所量測 SF₆ 平均濃度
2. A 濃度：反應腔底釋放 SF₆ 時，於真空管末端所量測 SF₆ 平均濃度。
3. B 濃度：真空管前端管內釋放 SF₆ 時，於真空管末端所量測 SF₆ 平均濃度。

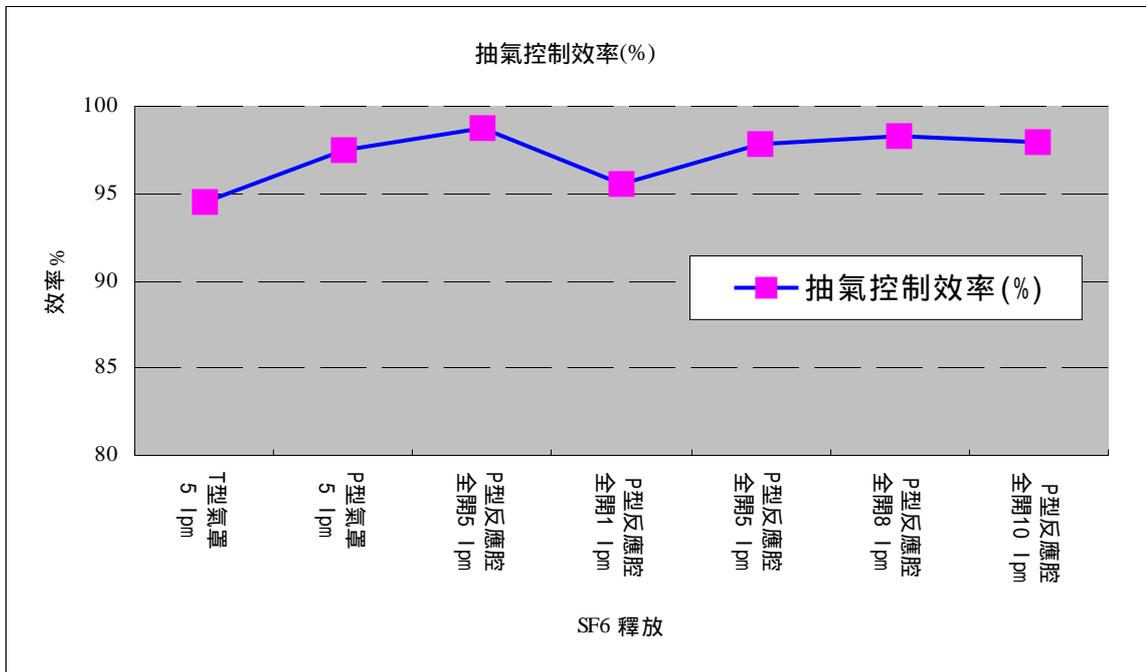


圖 4.1 氣罩與反應腔全開視窗孔抽氣控制效率圖

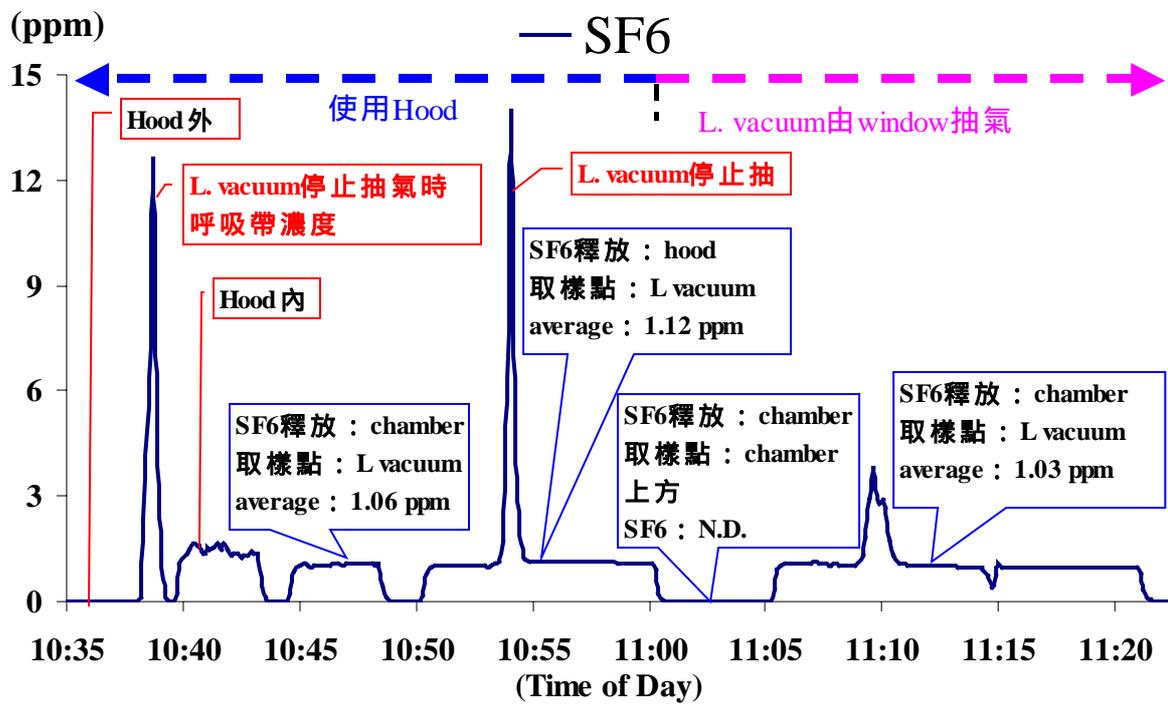


圖 4.2 T 型機台 SF₆ 釋放 5 lpm 時的 SF₆ 濃度變化圖

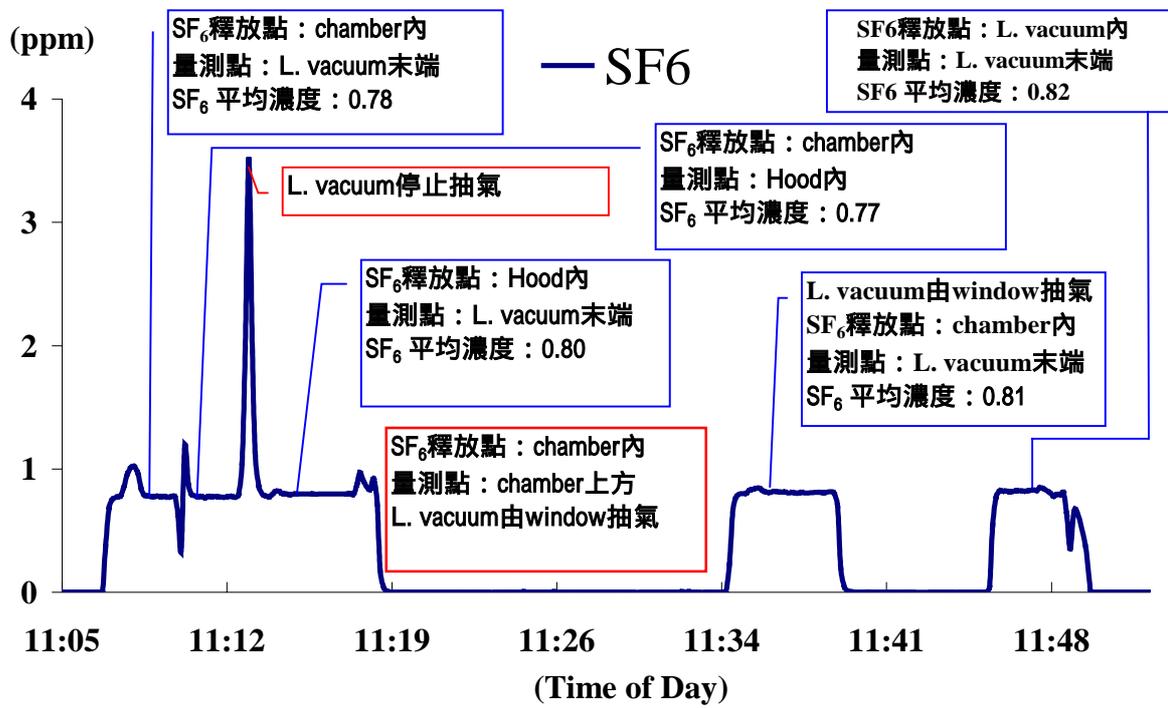


圖 4.3 P 型機台 SF₆ 釋放 5 lpm 時的 SF₆ 濃度變化圖

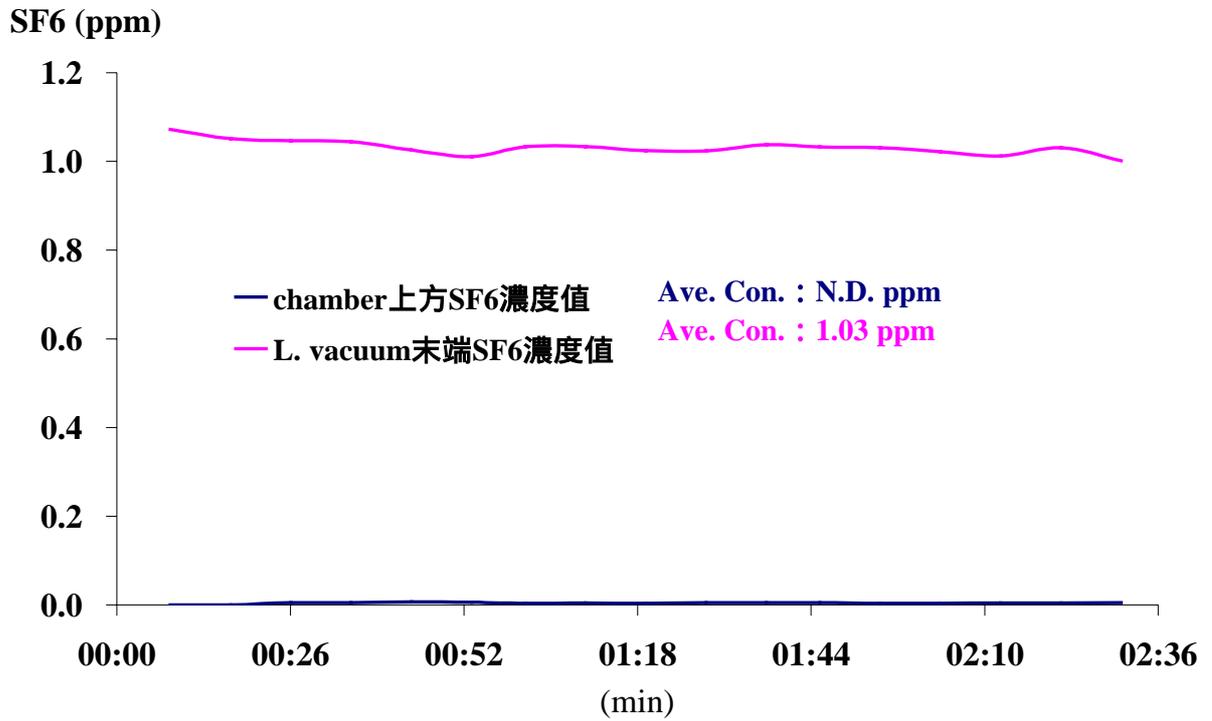


圖 4.4 T 型機台氣罩效能評估圖：SF₆ 釋放濃 5 lpm 時的 SF₆ 濃度變化圖

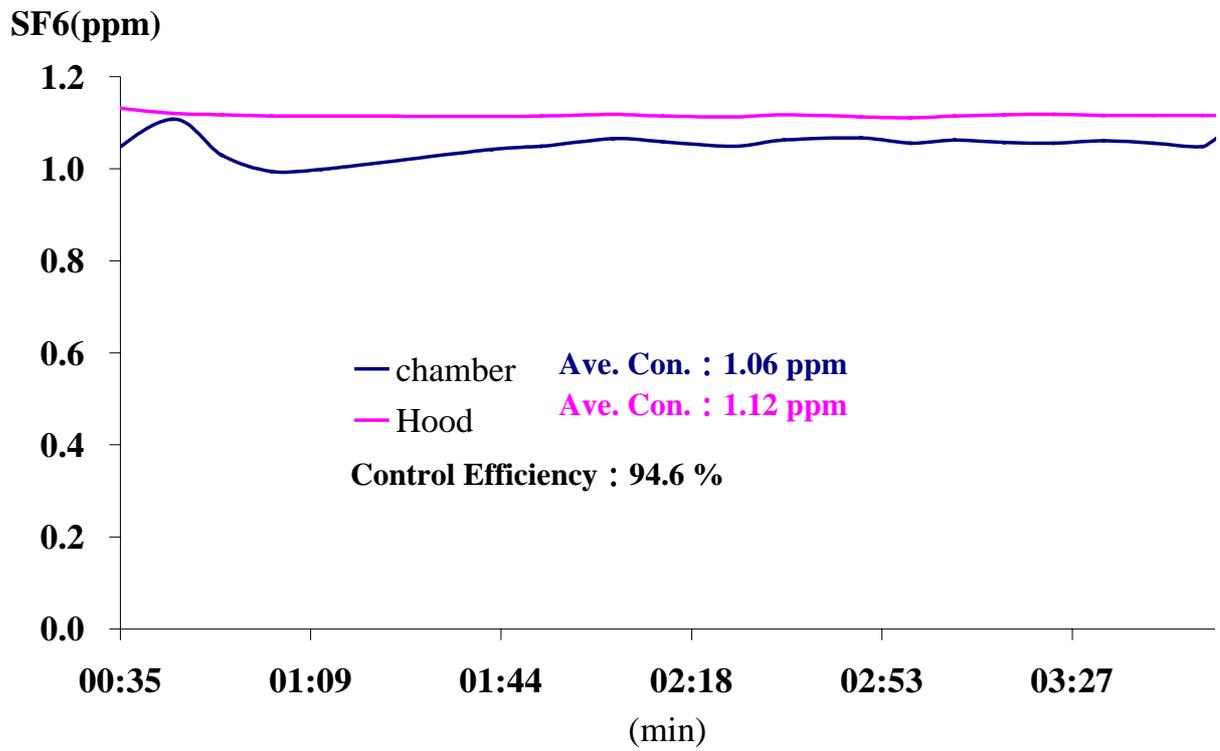


圖 4.5 T 型機台氣罩效率評估圖：SF₆ 釋放 5 lpm 時的 SF₆ 濃度變化圖

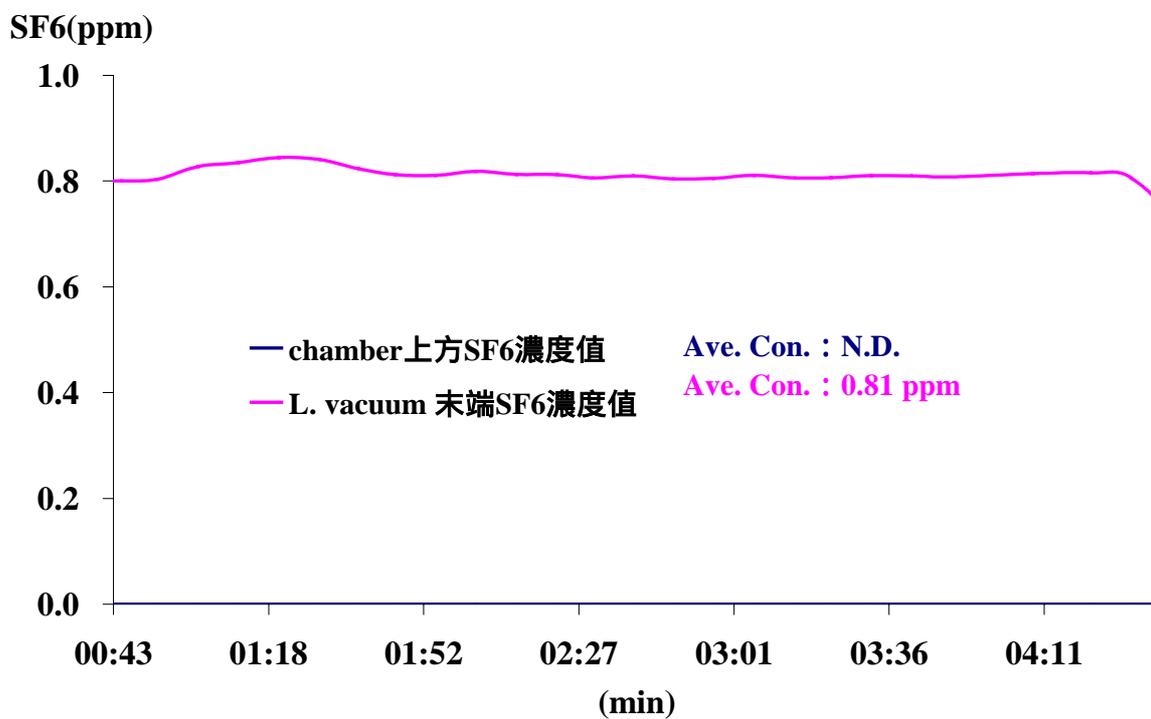


圖 4.6 P 型機台氣罩效能評估圖：SF₆ 釋放 5 lpm 時的 SF₆ 濃度變化圖

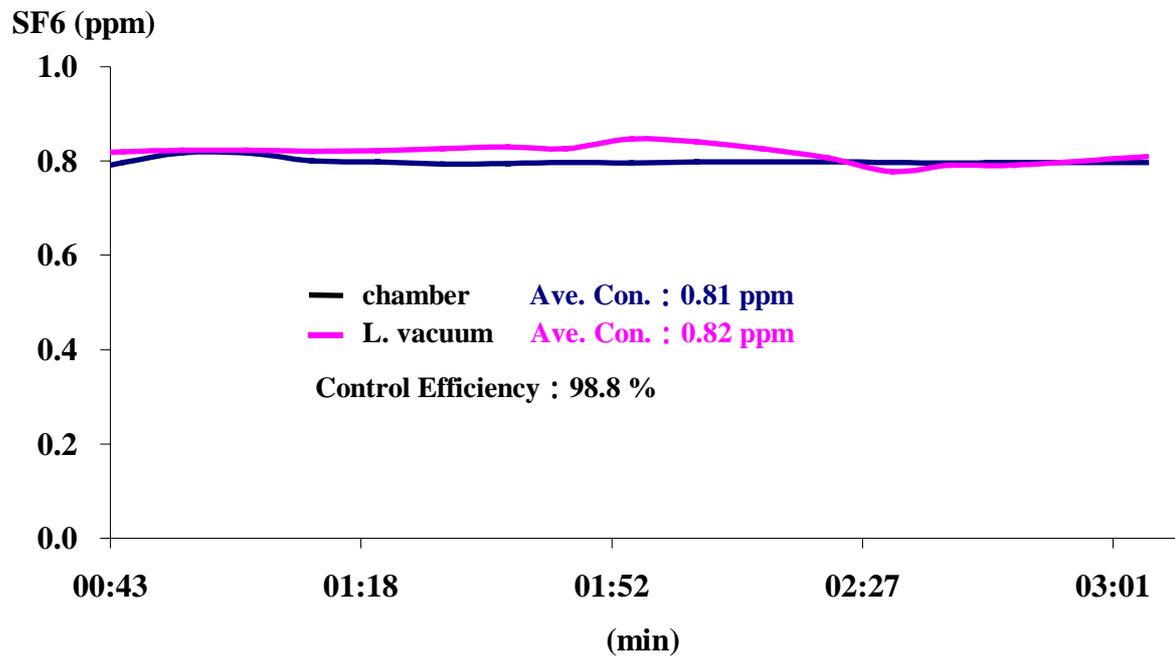


圖 4.7 P 型機台真空管伸入視窗孔抽氣效率評估圖：SF₆ 釋放 5 lpm 時 SF₆ 濃度變化圖

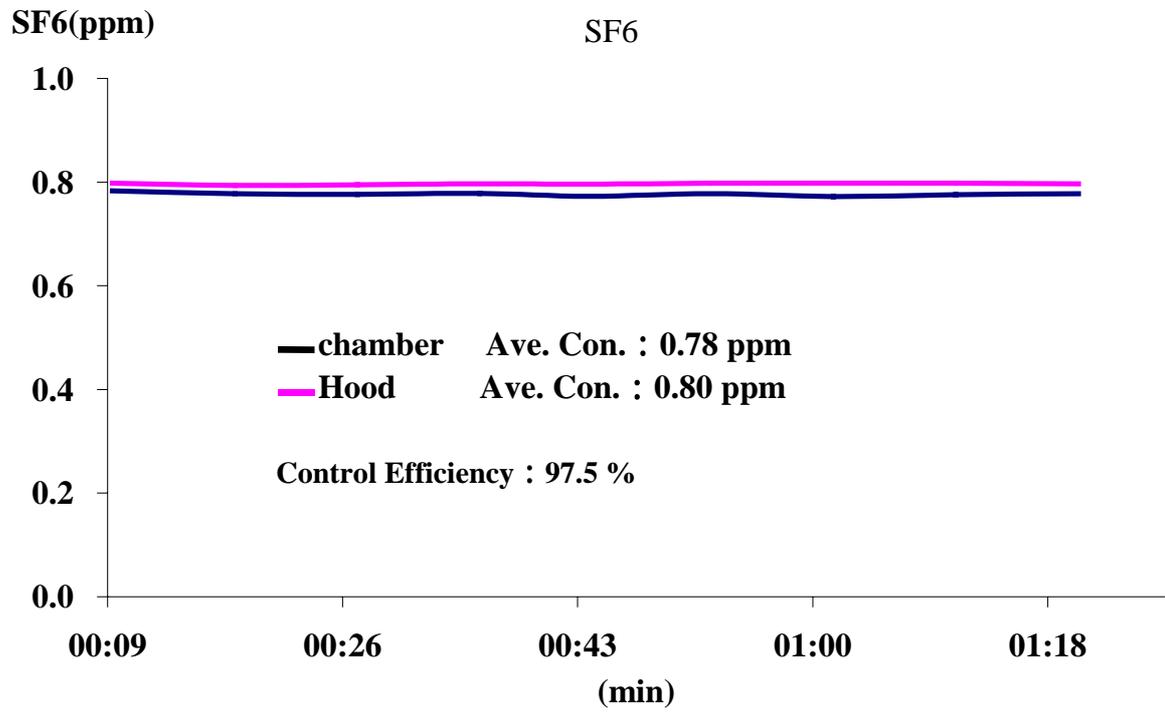


圖 4.8 P 型機台氣罩效率評估圖：SF₆ 釋放 5 lpm 時的 SF₆ 濃度變化圖

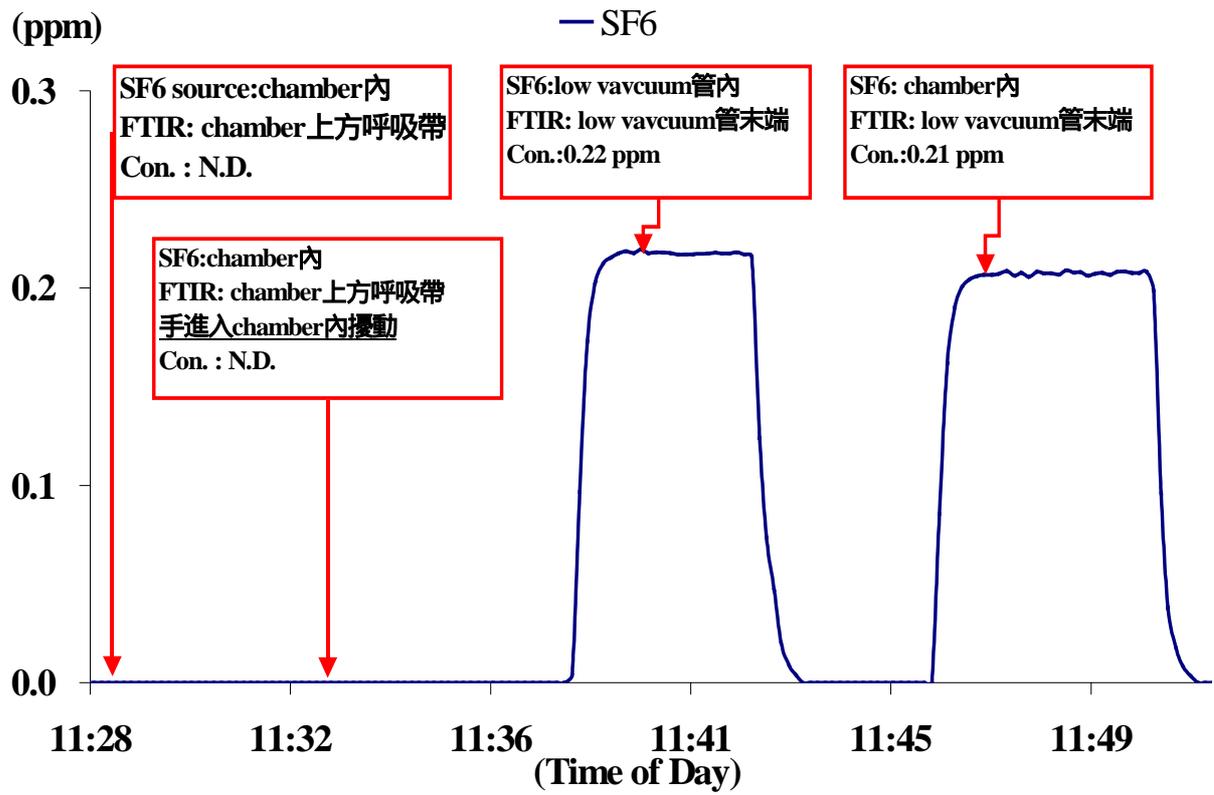


圖 4.9 SF₆ 釋放流量 1 lpm 時的 SF₆ 濃度變化圖

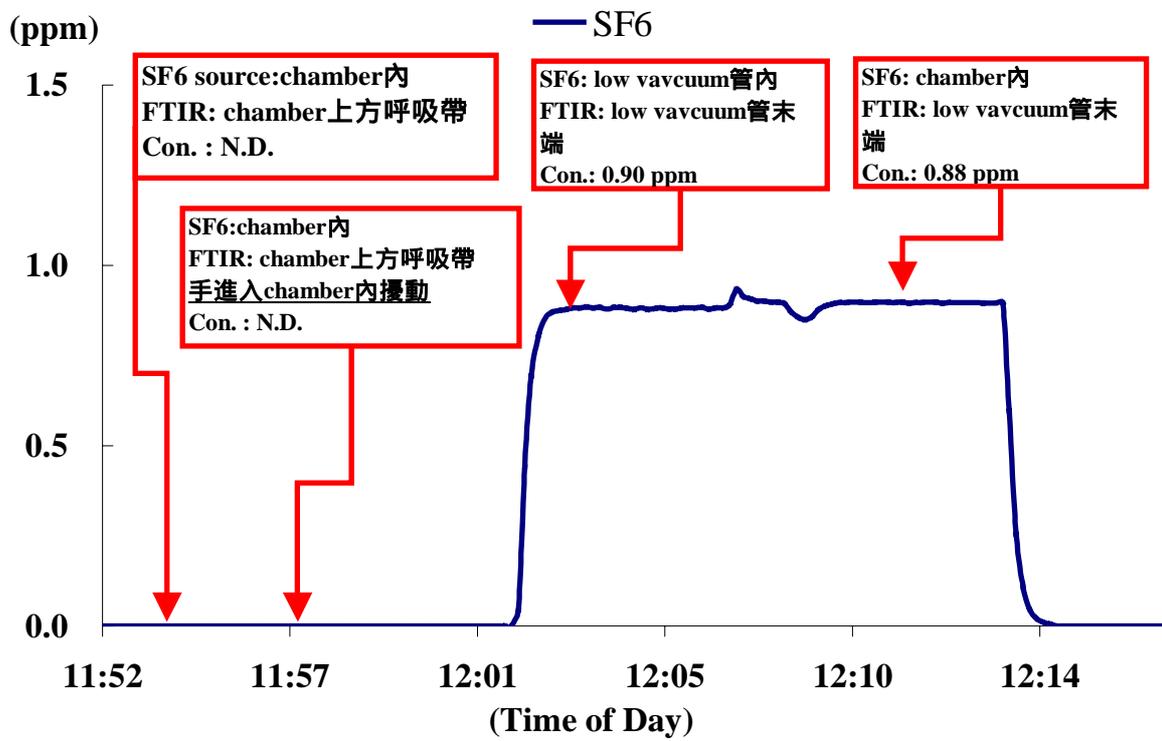


圖 4.10 SF₆釋放流量 5 lpm 時的 SF₆濃度變化圖

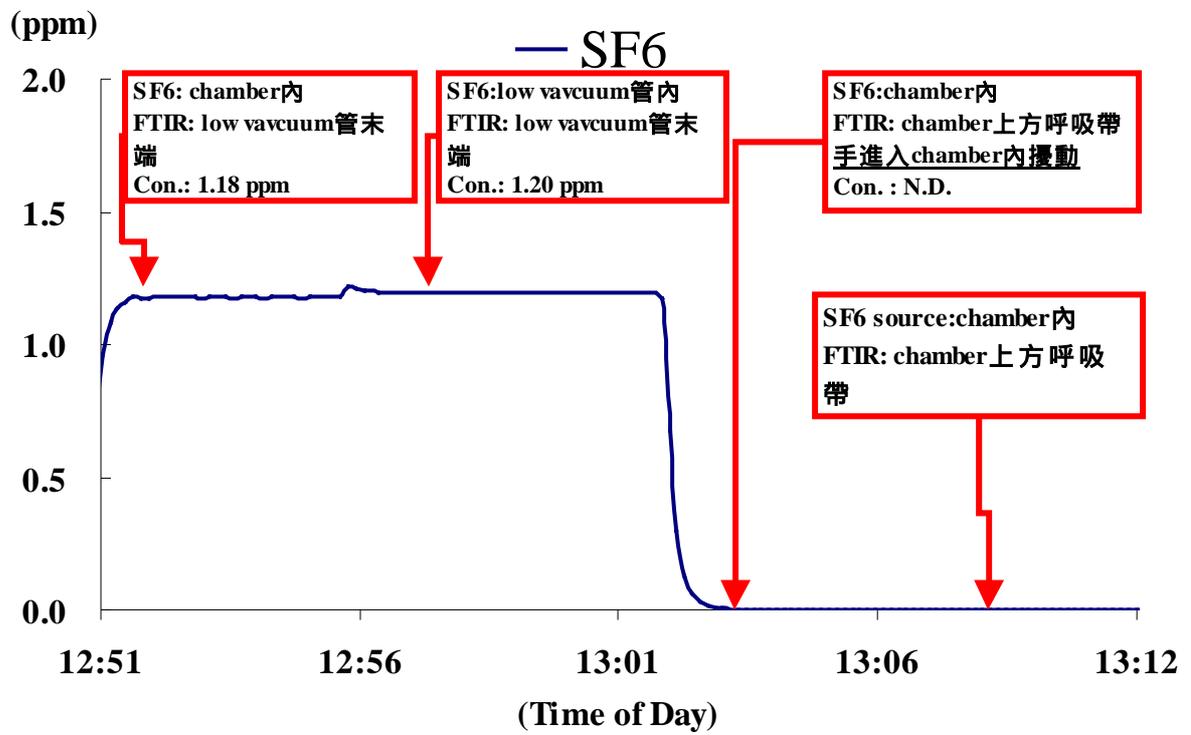


圖 4.11 SF₆釋放流量 8 lpm 時的 SF₆濃度變化圖

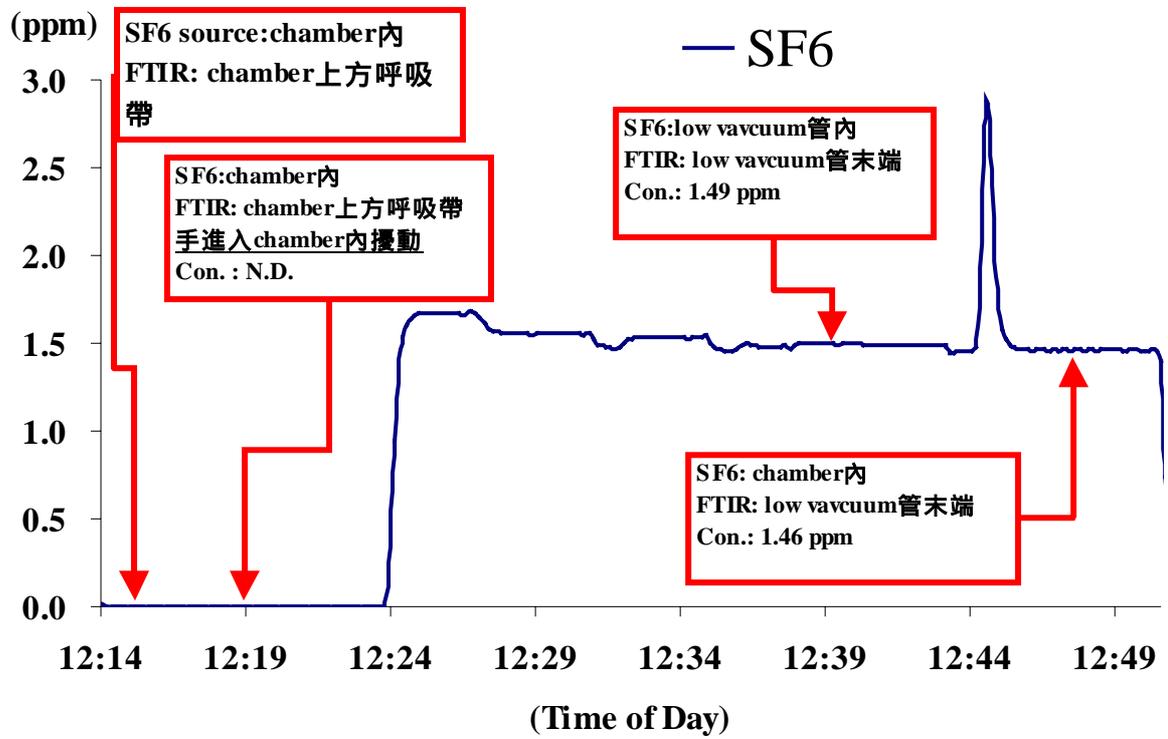


圖 4.12 SF₆釋放流量 10 lpm 時的 SF₆濃度變化

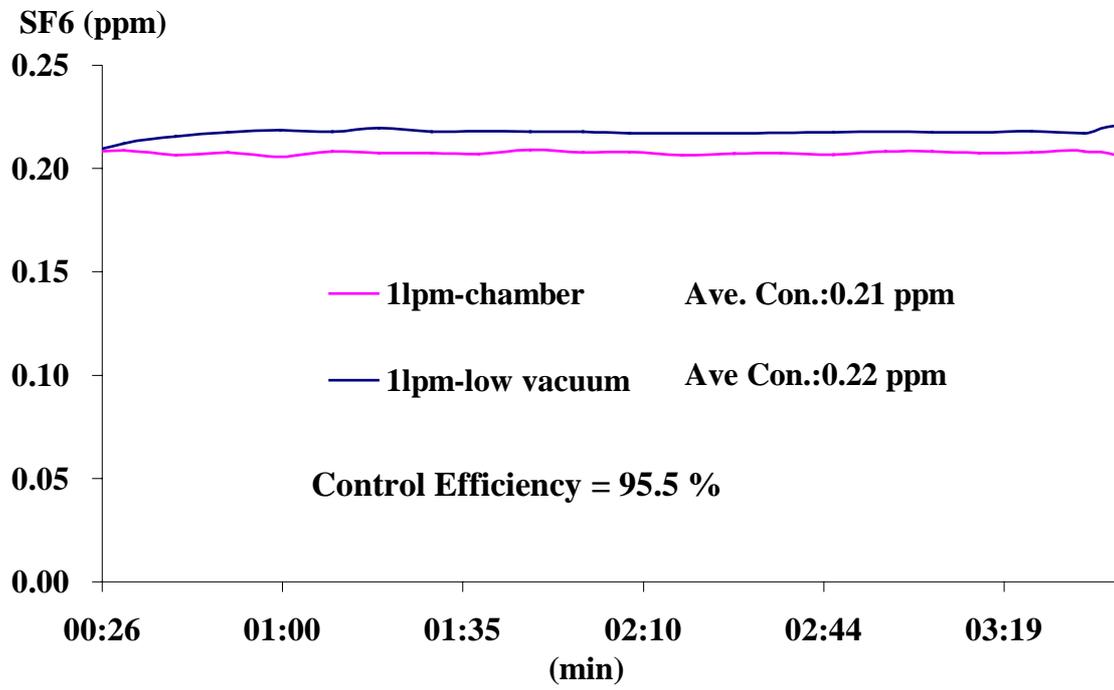


圖 4.13 SF₆釋放流量 1 lpm 時的 SF₆濃度變化圖

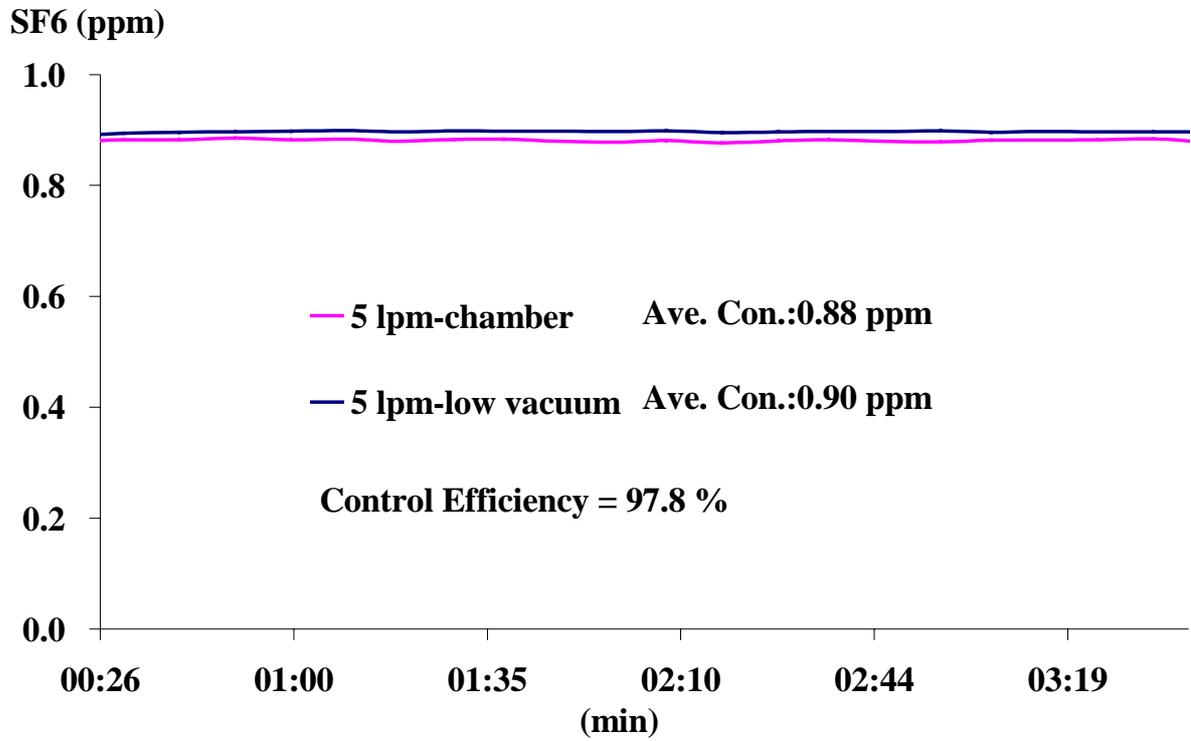


圖 4.14 SF₆ 釋放流量 5 lpm 時的 SF₆ 濃度變化圖

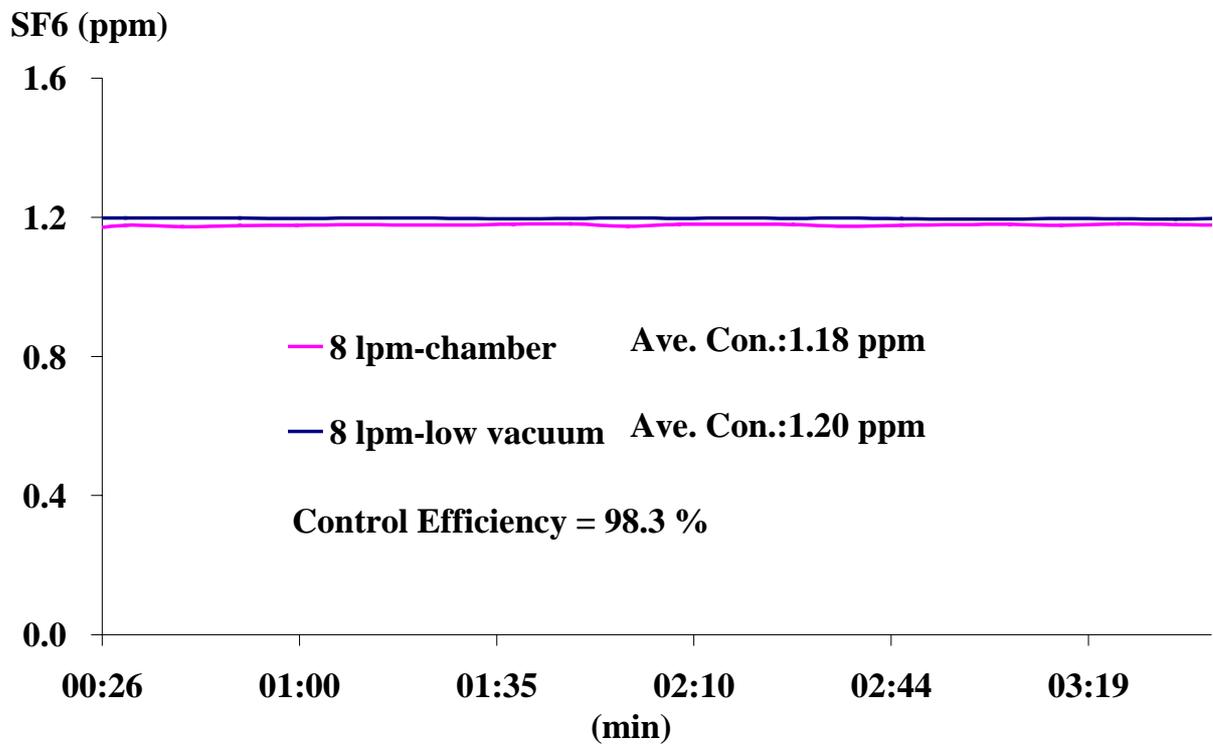


圖 4.15 SF₆ 釋放流量 8 lpm 時的 SF₆ 濃度變化圖

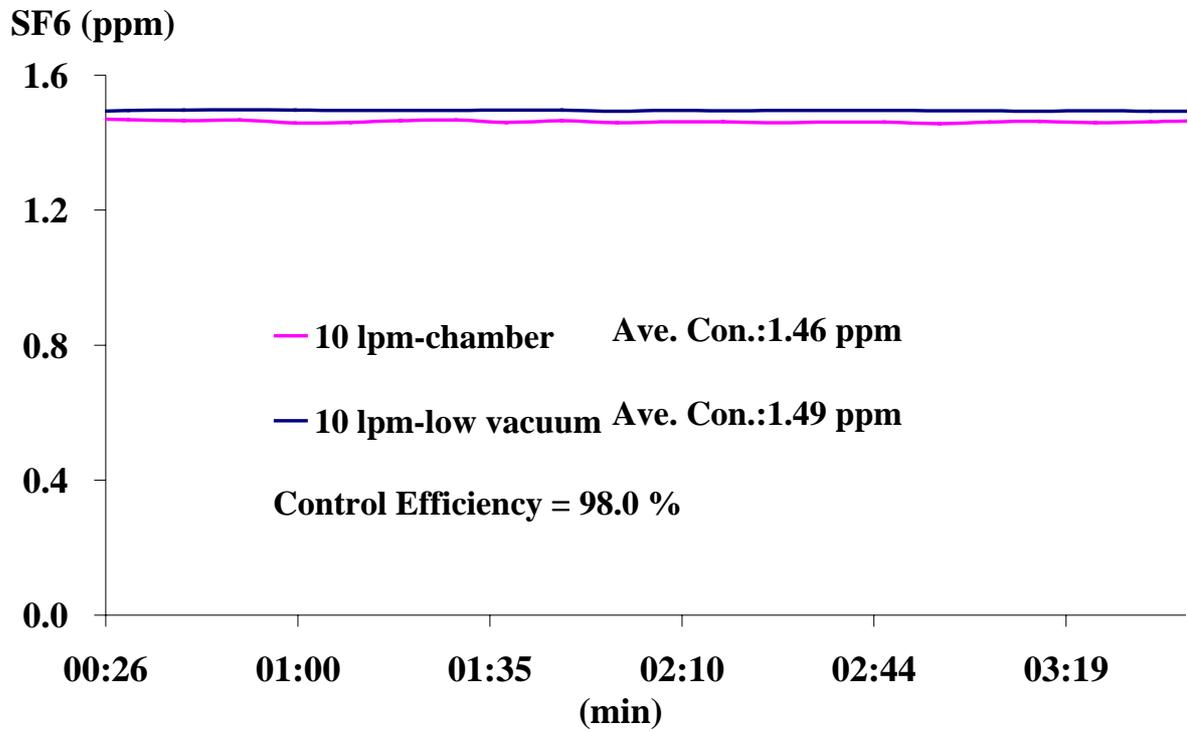


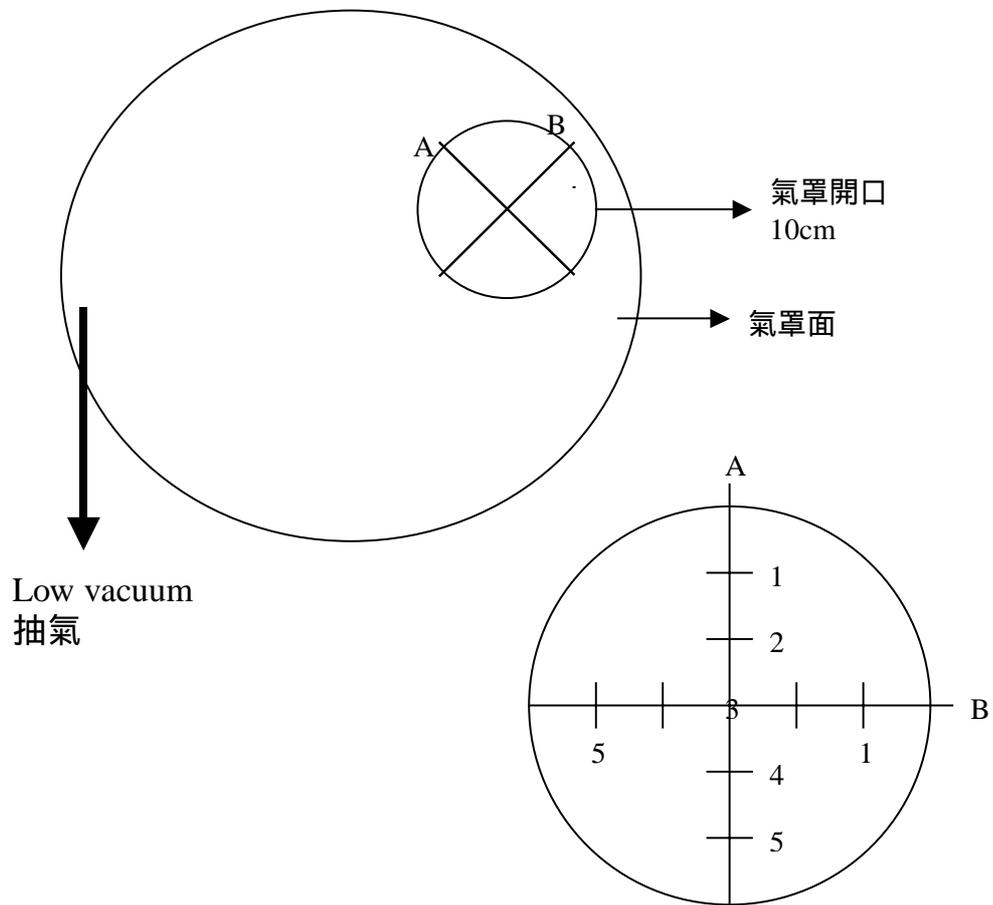
圖 4.16 SF₆ 釋放流量 10 lpm 時的 SF₆ 濃度變化圖

附錄

1. 抽氣罩開口風速量測

開口直徑：10 cm

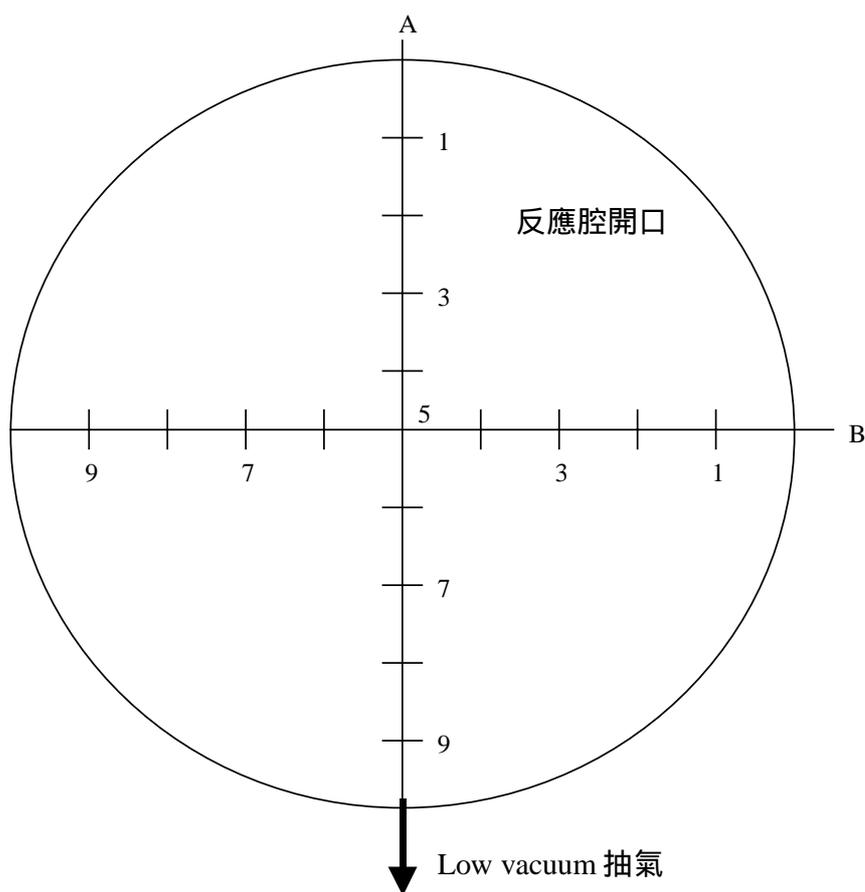
	1	2	3	4	5	平均
A Line 點風速(m/s)	4.5	4.6	5.0	5.1	5.3	4.9
B Line 點風速(m/s)	5.4	5.3	5.0	4.6	4.1	



2.反應鎗腔開口風速量測

開口直徑：30.5 cm

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均
A Line 點風速 (m/s)	0.32	0.39	0.47	0.58	0.65	0.72	0.80	0.91	0.98	0.58
B Line 點風速 (m/s)	0.36	0.43	0.49	0.55	0.65	0.59	0.53	0.49	0.44	



3.氣罩與反應腔全開之補充空氣量

	開口直徑 (cm)	平均風速 m/s	平均風量 (m ³ /minute)	佔抽氣 風量%
氣罩	10	4.9	2.31	73.8
反應腔全開	30.5	0.58	2.54	80.2