

區域洗滌設備異常事件失誤模式探討－
以某半導體廠為例

The Study of the Failure Mode for Abnormal Events
of the Local Scrubber – Taking a Semiconductor
Factory as an Example

研究生：陳威儒

Student：Wei-Ru Chen

指導教授：蔡春進

Advisor：Chuen-Jinn Tsai



A Thesis

Submitted to Degree Program of Industrial Safety and Risk
Management

College of Engineering

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Science

In

Industrial Safety and Risk Management

March 2012

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一百零一年三月

區域洗滌設備異常事件失誤模式探討 - 以某半導體廠為例

學生：陳威儒

指導教授：蔡春進

國立交通大學工學院產業安全與防災學程

摘要

半導體廠因製程之需要而使用大量危險及有害化學物品，而這些化學品皆為具有燃燒性、爆炸性、毒性等高度反應性的危害物質，可直接或間接對人體與環境造成一定之損害。而本研究統計某半導體廠內，2006~2010年所發生之異常事件，發現在區域洗滌設備（Local Scrubber）所佔比例為最高 252 件，約佔百分比 25%。本研究針對區域洗滌設備之異常事件進行統計與探討，發現氣體洩漏事故佔百分比 62%，液體洩漏事故佔百分比 36%，因煙霧產生導致偵煙感知器動作佔百分比 2%。而氣體洩漏事故之原因，所佔比例最多者為管路阻塞，約為 41%；液體洩漏事故原因最多者，則為內部元件故障，包括有供水電磁閥，排水幫浦，液位計故障等，所佔百分比為 30%。後續針對各異常元件進行失效模式與影響分析（FMEA）後，得知氣體洩漏事故發生之失效因子共有 36 項，其每小時失效機率最高為進氣管路阻塞的 7.5×10^{-4} 等。液體洩漏事故發生之失效因子共有 27 項，其中每小時失效機率最高為供水電磁閥故障的 3.4×10^{-4} ；煙霧事故發生之失效因子共有 3 項，其中每小時失效機率最高為進氣管路阻塞與作業管理缺失的 4.6×10^{-5} 。而後針對各失效因子訂立預防改善對策，並將改善前後進行差異性比較。結果如氣體洩漏事故中，其失效因子管路阻塞之失效機率從每小時 7.5×10^{-4} 下降至 3.4×10^{-4} 。液體洩漏事故中，其失效因子供水電磁閥故障的失效機率從每小時 3.4×10^{-4} 下降至 2.3×10^{-4} ；煙霧事故失效因子，管路阻塞的失誤機率從每小時 4.6×10^{-5} 下降至 0，故得知其行政管控與部份工程改善有一定之成效。本文並探討燃燒水洗式互鎖功能（Interlock）安全設計，至少需具備九項硬體安全裝置互鎖功能，而吸附式區域洗滌設備，則至少需具備五項硬體安全裝置互鎖功能。最後本研究並參考國內外安全規範（SEMI、NFPA）指引，建立區域洗滌設備標準規範提供相關業界參考。

關鍵詞：區域洗滌設備，失效模式與影響分析，半導體製程，風險評估，預防保養

The Study of the Failure Mode for Abnormal Events of the Local Scrubber – Taking a Semiconductor Factory as an Example

Student : Wei-Ru Chen

Advisor : Chuen-Jinn Tsai

Degree Program of Industrial Safety and Risk Management

College of Engineering

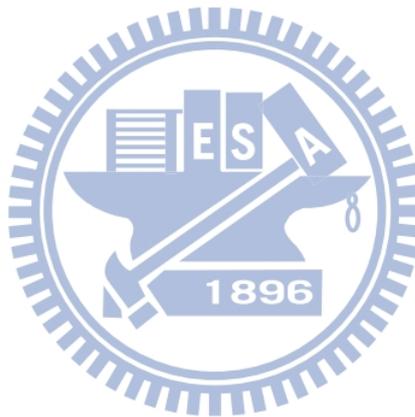
National Chiao Tung University

ABSTRACT

Semiconductor plants often need to use large quantities of dangerous and harmful chemicals during the manufacturing process, and since these chemicals may be flammable, explosive, toxic or other highly reactive dangerous substances, they tend to cause a certain degree of harm to the human body and the environment, both directly and indirectly. A survey was conducted by this study in a semiconductor plant on abnormal accidents from 2006~2010, the local scrubber equipment was found to experience the highest rate, 25%, of the 252 incidents that occurred. Furthermore, when the abnormal accidents of the local scrubber were analyzed and investigated, gas leakage accidents were found to account for 62% of the events; liquid leakages, 36%; and detector and sensor actions caused by smoke, 2%. Pipeline plugging accounted for the highest rate of gas leakage accidents, at approximately 41%; internal component malfunctioning, including water supply solenoid valve, drainage pump and fluid level gauge failures, etc., accounted for the highest rate, approximately 30%, of liquid leakage accidents. When various abnormal components were analyzed by using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), the failure factor caused by gas leakage accidents was found to cause a total of 36 events, with air intake pipe blockage accounting for the highest hourly failure rate of 7.5×10^{-4} . A total of 27 failure factors were found in liquid leakage accidents, with the highest hourly failure rate of 3.4×10^{-4} being caused by water supply solenoid valves; a total of 3 failure factors were found in smoke accidents, with the highest hourly rate of 4.6×10^{-5} caused by air inlet pipe blockage and operation management faults. The prevention and improvement measures were then employed for various failure factors, whose failure rates were compared with those before the improvements. The hourly failure

rate of failure factors in gas leakage accidents caused by pipeline blockage fell from 7.5×10^{-4} to 3.4×10^{-4} . In the failure factor of liquid leakage accidents, the hourly failure rate caused by water supply solenoid valve malfunctioning dropped from 3.4×10^{-4} to 2.3×10^{-4} ; and in the failure factor of smoke accidents, the hourly failure rate caused by pipeline blockage plummeted from 4.6×10^{-5} to zero. Therefore, administrative control and sectional engineering improvements were shown to yield effective results. This study also investigated the safety interlock design of the burn-wet scrubber system and found that it required at least five safety devices on the interlock function of hardware alone. Finally, the domestic and overseas SEMI and NFPA safety guidelines were studied to establish the standard norms on regional washing equipment, which serve as a reference for relevant industry sectors.

Keywords : Local Scrubber 、 FMEA 、 Semiconductor Process 、 Risk Assessment 、 Preventive Maintenance

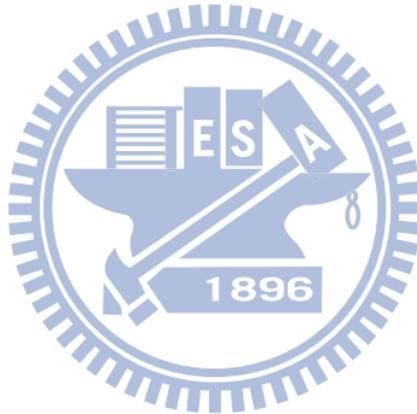


誌謝

論文得以順利的完成，承蒙恩師蔡春進教授，在論文研究寫作過程中不辭辛勞耐心、細心、用心的指導與諄諄教誨，浩蕩師恩，銘感於心，感激之情，難以言表！謹致以最誠摯最崇敬之感謝。

在論文口試期間，承蒙口試委員簡弘民老師、李書安老師在百忙之中對於本論文句斟字酌、立論之周延，不吝指教，提供許多寶貴的建議，使本論文能更臻完備，受益匪淺，在此，致以由衷之敬意與謝意。

再者，要感謝論文撰寫過程中，公司同事：信智、厚德、得強、若天、建銘、孟志提供部分寫作方面指導與參考資料，讓我得以完成伴我渡過這段刻骨銘心與艱困的日子。最後，僅將這份完成碩士學位的榮耀與喜悅獻給我最敬愛的父母、家人，謝謝你們在這一段期間對我的容忍與體諒。由於你們的伴隨與支持得以豐富我的生命與理想實現。無盡的感恩與感謝！



目錄

摘要	i
ABSTRACT	ii
誌謝	iv
目錄	v
表目錄	viii
圖目錄	x
第一章 緒論	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究目的	10
第二章 文獻回顧	15
2.1 半導體廠製程尾氣分類與危害特性	15
2.2 半導體廠製程排氣中央處理設備	16
2.3 半導體廠製程排氣區域洗滌設備	19
2.3.1 吸附式(含加熱吸附式)	19
2.3.2 燃燒式區域洗滌塔	22
2.3.3 電熱式區域洗滌塔	27
2.3.4 電漿水洗式區域洗滌塔	29
2.4 區域洗滌設備區警報設備	30
2.4.1 氣態與液態偵測裝置工安法令	30
2.4.2 氣態與液態偵測裝置環保法令	32
2.4.3 氣體偵測裝置分類及原理	34
2.4.4 液體偵測器原理	37
2.5 區域洗滌設備氣體偵測器偵測點探討	37
2.5.1 區域洗滌設備氣體偵測器採樣方式	38
2.5.2 區域洗滌設備氣體偵測器警報設定	40
2.6 風險分析應用與方法	41
2.6.1 故障樹分析	42
2.6.2 檢核表	42

2.6.3 如果-結果分析.....	43
2.6.4 危害及可操作性分析.....	43
2.6.5 失誤模式與影響分析.....	44
2.7 風險評估改善建議.....	45
2.7.1 風險分析案例研究回顧.....	46
第三章 研究方法.....	47
第四章 區域洗滌設備異常事件統計與分析.....	50
4.1 氣體洩漏事故原因統計.....	50
4.1.1 區域洗滌設備管路阻塞統計.....	51
4.1.2 區域洗滌設備管路接點鬆脫統計.....	54
4.1.3 區域洗滌設備管路元件破損統計.....	55
4.1.4 區域洗滌設備元件故障破損統計.....	56
4.1.5 作業管理缺失統計.....	57
4.2 液體洩漏事故統計.....	57
4.2.1 區域洗滌設備元件故障統計.....	58
4.2.2 區域洗滌設備管路接點鬆脫統計.....	59
4.2.3 區域洗滌設備管件破損統計.....	59
4.2.4 區域洗滌設備元件破損統計.....	60
4.2.5 作業管理缺失統計.....	60
4.2.6 區域洗滌管路阻塞統計.....	61
4.3 煙霧事故統計.....	61
4.4 異常事件基本原因分析.....	61
4.5 異常事件失誤模式與效應分析.....	65
第五章 結果與討論.....	67
5.1 異常事件改善探討.....	67
5.2 標準安全規範訂立.....	72
5.2.1 區域洗滌設備硬體安全裝置.....	73
5.2.2 燃燒水洗式區域洗滌設備安全連鎖設計.....	73
5.2.3 吸附式區域洗滌設備安全連鎖設計.....	80
5.2.4 區域洗滌設備安全規範建立.....	82

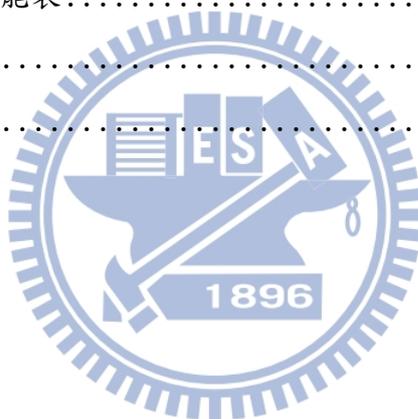
第六章 結論與建議	87
6.1 結論	87
6.2 建議	88
參考文獻	89
附錄	92



表目錄

表 1-1 半導體廠各區域使用之氣體/化學品具有的潛在危害分類	8
表 1-2 全球半導體業之災害損失(1985~1994)	11
表 1-3 晶圓半導體廠異常事件類別統計 (2006~2010)	13
表 2-1 半導體常用化學物質	16
表 2-2 園區半導體廠商污染防置設備之調查結果	18
表 2-3 LOCAL SCRUBBER 優缺點彙整表	30
表 2-4 丙類第一種特定化學物質	31
表 2-5 丁類特定化學物質	32
表 2-6 半導體廠氣體偵測器警報設定值	40
表 2-7 WHAT IF 分析表示範	43
表 2-8 HAZOP 分析術語定義	43
表 2-9 FMEA 分析表範例	44
表 3-1 嚴重性分類標準	48
表 3-2 可能性分級標準	48
表 3-3 風險等級矩陣	48
表 4-1 氣體洩漏事故原因分類	50
表 4-2 管路阻塞製程分類	51
表 4-3 管路阻塞異常元件	53
表 4-4 製程與阻塞異常元件統計	53
表 4-5 管路接點鬆脫統計	54
表 4-6 管路元件破損統計	55
表 4-7 區域洗滌設備元件故障破損統計	57
表 4-8 作業管理缺失分類	57
表 4-9 液體洩漏事故原因分類	58
表 4-10 廠牌設備元件故障統計	58
表 4-11 設備元件故障狀況統計	59
表 4-12 管路鬆脫狀況統計	59
表 4-13 管件破損狀況統計	60

表 4-14 元件破損狀況統計	60
表 4-15 作業管理缺失狀況統計	61
表 4-16 管路阻塞狀況統計	61
表 4-17 煙霧產生異常原因統計	61
表 4-18 預防及改善對策彙整	66
附錄一、常見半導體排氣不相容物質	92
附錄二、HAZOP 空白分析表.....	94
附錄三、FMEA 空白分析表.....	95
附錄四、氣體洩漏事故FMEA 分析結果.....	96
附錄五、液體洩漏事故FMEA 分析結果.....	99
附錄六、煙霧異常事件FMEA 分析結果.....	101
附錄七、EDWARD BOC 連鎖功能表.....	102
附錄八、UNISEM連鎖功能表	104
附錄九、台禹連鎖功能表	105



圖目錄

圖 1-1 洗淨機台結構與晶盒傳送流程	2
圖 1-2 高溫氧化擴散爐結構	3
圖 1-3 塗佈及顯影流程圖	3
圖 1-4 蝕刻機台供應與反應室系統	4
圖 1-6 反應室內SiO ₂ 薄膜形成示意	6
圖 1-7 PVD 濺鍍反應基本原理	7
圖 1-8 化學機械研磨流程	7
圖 1-9 全球半導體業之災害損失(1985~1994 年).....	10
圖 1-10 日本半導體業事故依位置/區域百分比統計(1988~1997 年)	12
圖 1-11 晶圓半導體廠異常事件類別統計 (2006 年~ 2010 年)	13
圖 1-12 某晶圓半導體廠系統設備異常事件統計 (2006 年~2010 年)	14
圖 2-1 半導體廠氣體供應與排放處理流程	15
圖 2-2 立式與臥式洗滌塔結構	17
圖 2-3 有機廢氣處理流程示意	18
圖 2-4 SHOWA ZN-13 吸附式	20
圖 2-5 SHOWA PFC加熱吸附式	20
圖 2-6 ICS GASSMITH D360LA內部結構	21
圖 2-7 吸附劑再生處理流程	21
圖 2-8 製程排氣入口端	22
圖 2-9 燃燒室內部結構	23
圖 2-10 冷卻槽外觀及原理	23
圖 2-11 分離器外觀及原理	24
圖 2-12 WRU與SERVICE MODULE 外觀	24
圖 2-13 PACKED TOWER外觀	25
圖 2-14 WESP處理原理	25
圖 2-15 UNISEM 機台結構示意	26
圖 2-16 PG單反應槽型式	26
圖 2-17 PGT 雙反應槽型	27

圖 2-18 PGD 雙反應槽管路切換示意	27
圖 2-19 台禹 (ECS-2250) 區域洗滌設備結構	28
圖 2-20 台禹 (ECS-2250) 排放處理設備管路切換	28
圖 2-21 電漿處理設備基本原理	29
圖 2-22 電漿處理設備內部基本構造	29
圖 2-23 半導體式氣體偵測器	35
圖 2-24 電化學式氣體偵測器	35
圖 2-25 觸媒式氣體偵測器	36
圖 2-26 紅外線式氣體偵測器	36
圖 2-27 漏液感知器原理	37
圖 2-28 氣體偵測系統架構	38
圖 2-29 製程幫浦與區域洗滌設備偵測器佈點	38
圖 2-30 氣體採樣點設計不良案例(1)	39
圖 2-31 氣體採樣點設計不良案例(2)	39
圖 2-32 失誤樹分析示範	42
圖 2-33 風險等級建議	45
圖 3-1 研究流程	49
圖 4-1 區域洗滌設備事故分類	50
圖 4-2 INLET PIPE/MANIFOLD 阻塞狀況	52
圖 4-3 酸排氣風管阻塞狀況	52
圖 4-4 燃燒室阻塞狀況	53
圖 4-5 INLET BELLOW 破損狀況	55
圖 4-6 CONDENSING ZONE COATING 腐蝕狀況	56
圖 4-7 LSR爆管示意	59

第一章 緒論

1.1 研究背景

半導體是指一種導電性可受控制，範圍可從絕緣體至導體之間的材料。今日大部分的電子產品，如電腦、行動電話或是數位錄放音機當中的核心單元都和半導體有著極為密切的關連。常見的半導體材料有矽、鍺、砷化鎵等，而矽更是各種半導體材料中，在應用上最廣泛的一種。而積體電路 (Integrated Circuit, IC)，則是指在一半導體基板上，利用氧化、蝕刻、擴散等方法，將眾多電子電路組成各式二極體、電晶體等電子元件，作在一微小面積上，以完成某一特定邏輯功能、例如：DRAM、NAND Flash等，進而達成預先設定好的電路功能。

隨著技術的進步，在一單一晶片聚集佰萬顆以上電晶體的IC，已非難事。另外莊達人【1】認為積體電路即是將特定電路所需的各種電子元件（如電阻、電容及電感等）及線路，縮小並製作在大小僅 2 cm^2 ，或更小面積上的一種電子產品。因為積體電路大多是由數以萬計，大小需用顯微鏡才能看到的固態電子元件所組合而成的，因此我們又習慣以「微電子元件」(Microelectronics) 稱呼它，其特點是體積小、功能多、可靠性高、價錢便宜、使用方便，因此現今所有電子電路，都儘量採用積體電路製作。

一般而言，一顆IC的完成，通常先後需經過電路設計、光罩製作、晶片製造、晶片封裝和測試檢查等步驟，如圖 1-1 所示。IC 挾其輕、薄、短、小、省電、多功能、低成本等特長，席捲大半的半導體市場，成為半導體的主流產品。為了滿足下游電子產品追求高品質、高性能、大記憶容量、低價格等需求，半導體相關業者莫不競相投入發展更微細的製程、更高的集積度持續努力。而半導體積體電路之製造，主要是將晶圓表面氧化，產生一層氧化層後，隨即依電路設計需求，反覆進行蝕刻、黃光、薄膜、擴散、化學機械研磨等不同之模組操作。而蕭宏認為進行晶圓製程區域，其主要作業程序及功能說明如下列細項【2】：

1. 濕式製程

濕式製程區就是進行濕式製程的地區。剝除光阻、濕式蝕刻和濕式化學清洗是濕式製程區內最普遍的製程。在這裏經常會用到具有腐蝕性的化學品和強氧化劑，如氟化氫 (HF)、鹽酸(HCl)、硫酸(H_2SO_4)、硝酸(HNO_3)、磷酸(H_3PO_4)，和過氧化氫(H_2O_2)。濕式

製程是屬於移除製程，通常需要三道步驟：處理、清洗和吹乾。濕式製程工具是典型的批量處理設備，如圖1-1所示【3】。它能夠一次處理一個或多個裝有25片晶圓的匣盒 (Cassette)。機械手臂從裝載位置將裝有晶圓的匣盒拿起後再將它浸入處理液中。經過所需的處理時間後，機械手臂再將匣盒取出並放入清洗槽中使用去離子水將晶圓表面的化學品洗除。接著匣盒會被放到IPA乾燥槽內乾燥後再利用高速旋轉將晶圓和匣盒旋乾。最後將匣盒放回裝載位置以便將晶圓卸下。

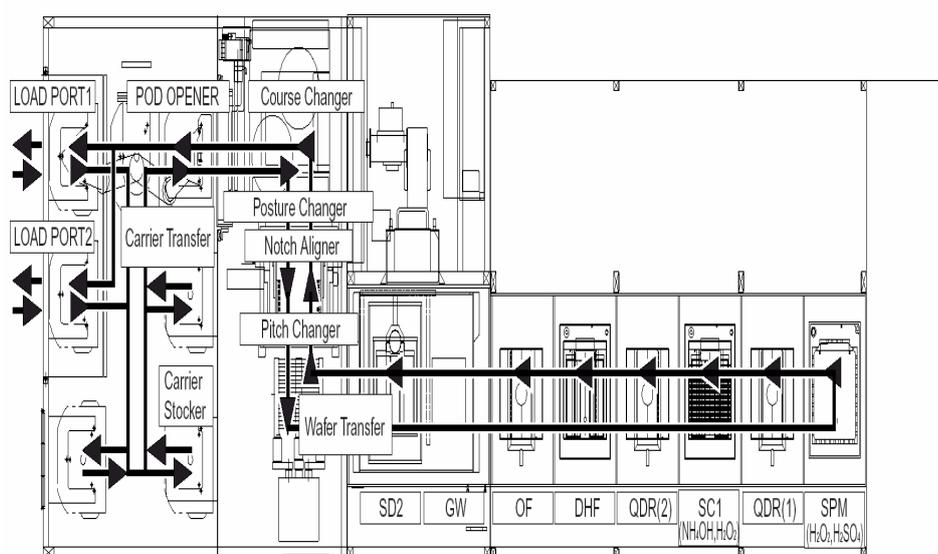


圖 1-1 洗淨機台結構與晶盒傳送流程【3】

2. 擴散製程

擴散製程區是進行加熱製程的區域。這些製程可能是添加製程，如氧化、擴散摻雜，或者是加熱製程，如佈植(Implantation)後熱處理、摻雜物驅入(Drive-In)，或介電質的再流動步驟(Reflow)。氧化、擴散摻雜製程以及加熱製程都是在擴散製程區的高溫爐中進行。有些半導體廠在擴散製程區內也有磊晶反應器。在1970年代中期發明離子佈植技術之前，在高溫爐中進行氧化和擴散摻雜是生產積體電路過程中最常用到的製程，如圖1-2所示【3】。擴散製程區經常會使用到的氣體有氧(O_2)、氮氣(N_2)、無水氯化氫(HCl)、氫(H_2)、矽甲烷(SiH_4)、二氯矽烷(DCS, SiH_2Cl_2)、三氯矽烷($TCS, SiHCl_3$)，磷化氫(PH_3)、氫化硼(B_2H_6)和氨氣(NH_3)。氮氣是一種安全氣體；氧氣是一種氧化劑，在某種條件下和其他易燃與易爆的材料混合時，可能會引起火災或爆炸。無水氯化氫具有腐蝕性；氫氣是易燃性；矽甲烷具自燃性(自行起火)、並且具有毒性；二氯矽烷和三氯矽烷都是易燃性；氨氣是具有腐蝕性的；磷化氫和氫化硼具有毒性、易燃性。

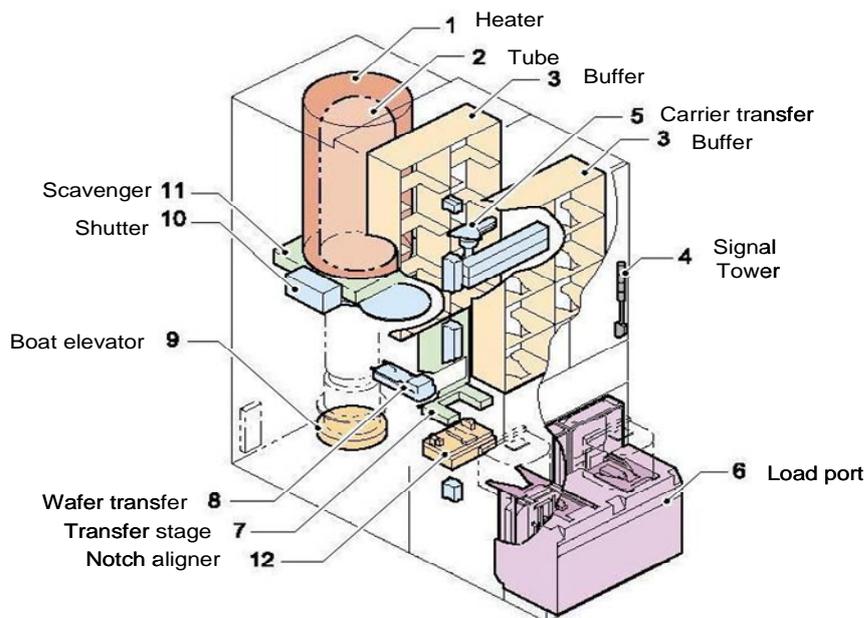
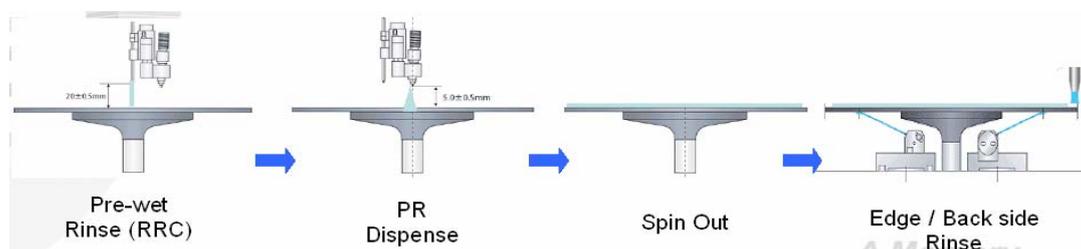


圖 1-2 高溫氧化擴散爐結構【3】

3. 黃光製程

微影製程區是製造積體電路的最重要技術之一，它能將光罩或倍縮光罩上的設計圖案轉移到暫時覆蓋在晶圓表面的光阻層上，光學製程區有整合型晶圓軌道機步進系統，它可以執行底漆層和光阻塗佈、烘烤、校準和曝光，以及光阻顯影製程等步驟，如圖1-3所示【3】。最後利用紫外線或深紫外線來照射光阻以引起光化學反應，使得電路圖案顯示。

光阻塗佈



顯影

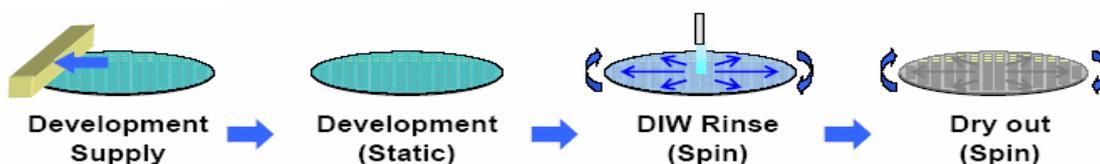


圖 1-3 塗佈及顯影流程圖【3】

4. 蝕刻製程

當光阻形成圖案後將晶圓送到佈植區或蝕刻區，在蝕刻區依光阻所定義的圖案來蝕刻晶圓。而蝕刻是一種移除製程其使用化學或物理步驟，通常是這兩種步驟的組合來選擇性地移除晶圓表面的材料。由於濕式蝕刻製程無法蝕刻小於3微米的圖形，因此先進半導體廠多半利用乾式蝕刻或電漿蝕刻來作蝕刻成型的工作。一台電漿蝕刻機台通常是由真空反應室、射頻系統、晶圓傳送機制和氣體輸送系統所組成。蝕刻製程常使用的氣體包括氟碳化合物氣體，如 CF_4 、 C_2F_6 、 C_3F_8 、 CHF_3 ，以及溴化氫(HBr)、氯氣(Cl_2)及氫氣等。而蝕刻之原理在於將晶圓置於真空反應室內，導入所需的蝕刻氣體，與晶圓平行放置的上方電極加上高頻電壓將氣體電漿化。而正負離子或電子等的帶電粒子以及中性的活性種源在電漿中互混合時晶圓表面將引起化學反應、反應後的物質將循排氣系統排至外部，如圖1-4所示【3】。

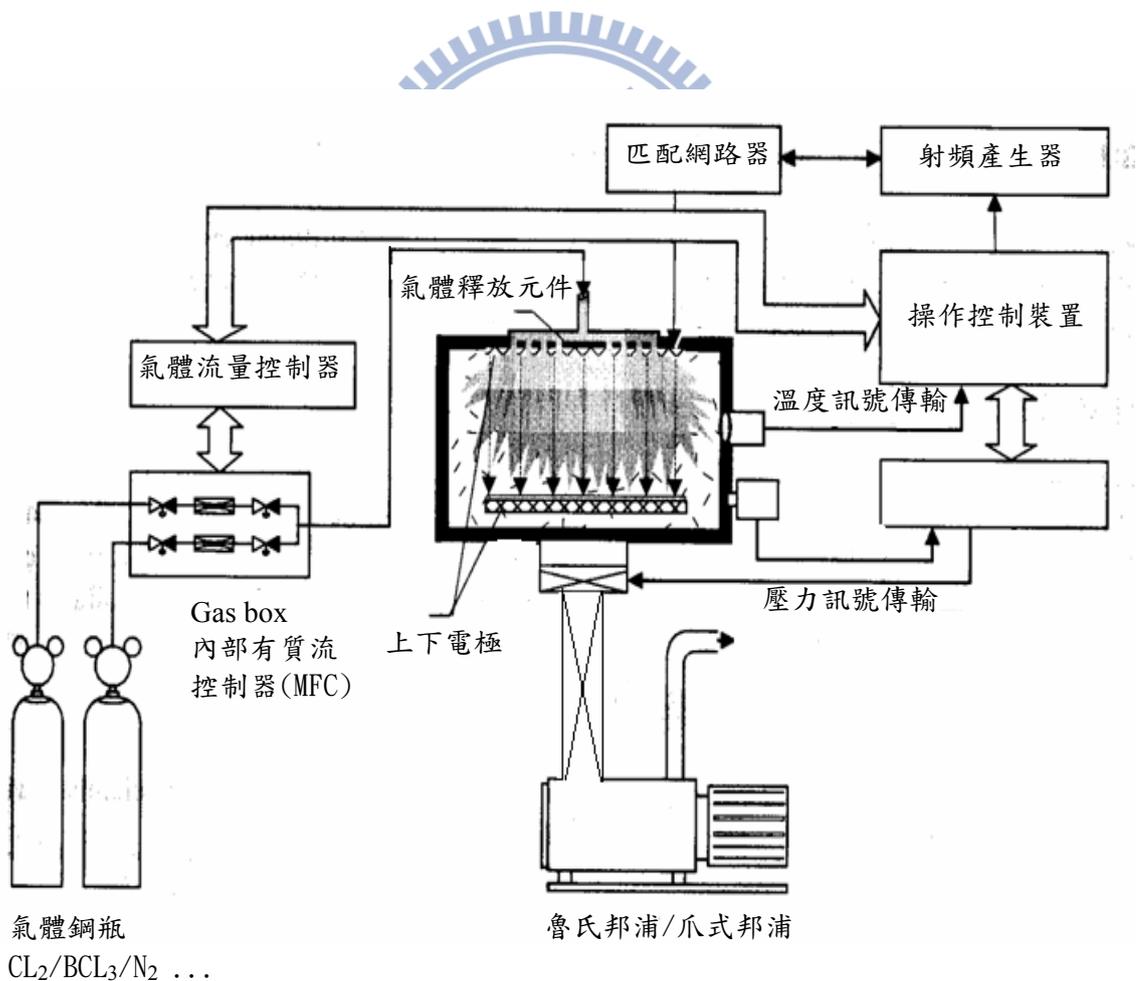


圖 1-4 蝕刻機台供應與反應室系統元件【3】

5. 離子植入製程

離子佈植區是晶圓結束微影製程後的唯一目的地，離子佈植機與快速加熱退火系統都在此區，前者是在半導體基片中加入摻雜物以改變其導電率的一種添加過程；後者是一種加熱過程，其在高溫下不需要以移除或增加晶圓表面材料的方式來修復晶格結構的損害。離子佈植機台通常是半導體廠中最大也最重的製程機台，它也有許多安全上的隱憂，如高壓電(高達100 千瓦)、很強的磁場(可能影響心律調整器)，以及會產生強烈X 光輻射的高能量離子束。離子佈植機也使用毒性、易燃性的氣體，如砷化氫(AsH_3)、磷化氫，和有毒的固態材料，如硼(B)、磷(P)、銻(Sb)，以及具有腐蝕性的三氟化硼(BF_3)。

而離子佈植機台作用原理主要是注入雜質，利用成氣態的硼磷砷等雜質，藉電弧放電予以離子化。而經電場加速後藉由磁場的質量分析器篩選雜離子。再進一步針對選擇的離子做加速打入晶圓表面。最後經由離子束的照射，利用相關之移動機械元件掃描及移動晶圓，如圖1-5所示【3】。



圖 1-5 離子佈植機台結構及元件【3】

另外一種快速熱製程設備目的是利用熱擴散、將添加於矽中的雜質滲入內部與含有

硼磷等熔點較低的矽酸玻璃予以溶解藉以獲得平坦表面。並且使佈值離子雜質活性化，及恢復遭毀損的矽結晶也就是退火(Anneal)製程。

6. 薄膜製程

薄膜製程區是沉積介電層或金屬層的地方，介電層和金屬薄膜沉積是主要的製程，是一種添加製程。化學氣相沉積法常被應用到介電質薄膜沉積方面，由於介電質層在作多層連線應用時，需要較低的成長溫度，故電漿增強型化學氣相沉積法也受到廣泛的使用。以臭氧(O₃)、四乙氧基矽烷(tetra-ethyl-oxy-silane, TEOS)、Si(OC₂H₅)₄ 為材料的化學氣相沉積製程具有極佳的填充空隙能力，故也被廣泛的用來沉積矽玻璃。其製程將各式的氣體原料置於反應室內，利用化學觸媒反應使堆積並形成薄膜，如圖1-6所示【3】。

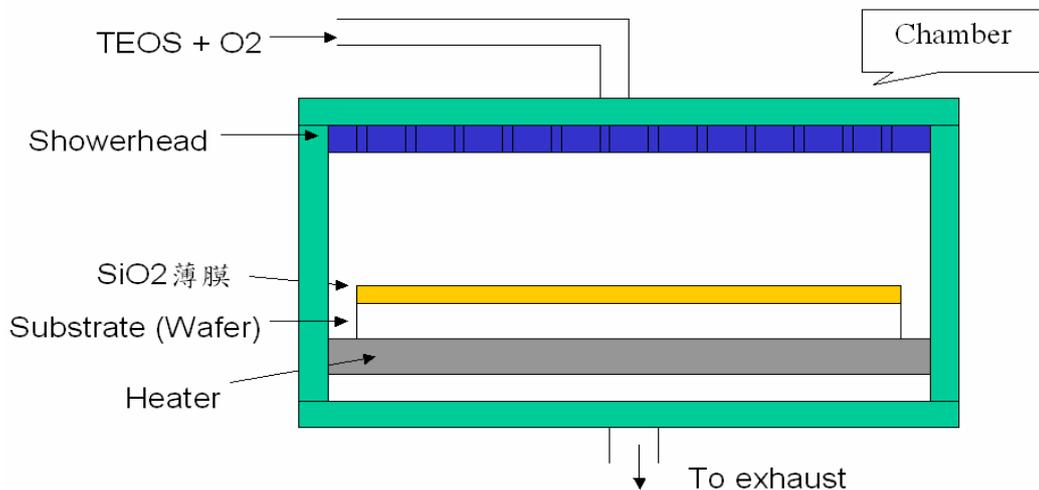


圖 1-6 反應室內SiO₂薄膜形成示意【3】

用來連接多數積體電路晶片內之電晶體的金屬為鋁銅合金(Al·Cu)、鎢(W)、鈦(Ti)、銅(Cu)等。而金屬薄膜沉積中，物理氣相沉積機台可以沉積出鋁銅合金、鈦、氮化鈦、鈦、氮化鈦及銅的種子層(Seed Layer)；而化學氣相沉積機台則廣泛用來沉積鎢金屬。常使用的化學品或氣體為四乙氧基矽烷(TEOS)、矽甲烷、氧氣、臭氧、一氧化二氮(N₂O)。而清洗介電質反應室則普遍使用三氟化氮(NF₃)或是氟碳氣體；鎢製程則使用了六氟化鎢(WF₆)，其具有腐蝕性，且當它和水反應時會產生氟化氫(HF)。

而濺射裝置基本原理係使反應室(Chamber)內通入惰性氣體(Ar)，再利用直流電將惰性氣體解離為(Ar⁺)離子。而解離後的惰性氣體因正負電場之特性自動轟擊靶材，而將靶材的材料(Ti)打出來沉積在晶圓上方，如圖1-7所示【3】。

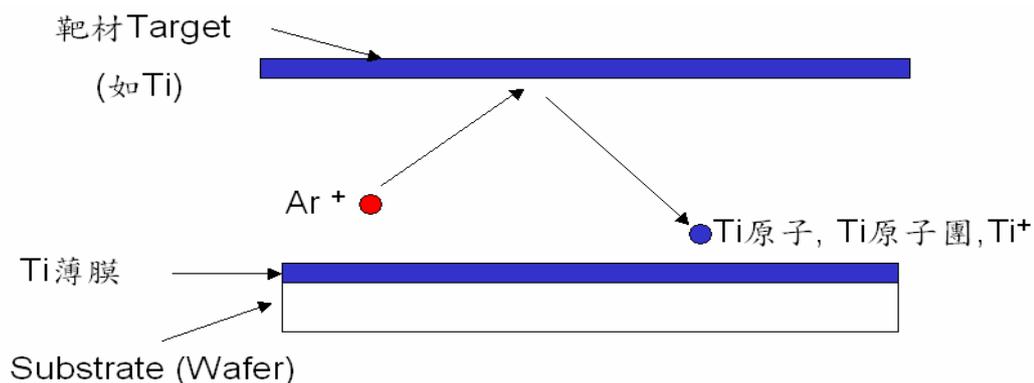


圖 1-7 PVD 濺鍍反應基本原理【3】

7. 化學機械研磨製程

化學機械研磨製程區是一種移除步驟，此步驟組合機械研磨和濕式化學反應，其機台內部結構，如圖1-8 所示【3】。將材料從晶圓表面剝除，包含了二氧化矽、鎢金屬及銅金屬的移除。而細微的粒子在化學機械研磨製程中扮演了重要的角色，如矽玻璃研磨漿中的二氧化矽或二氧化鈰(CeO₂)，以及金屬研磨漿中的氧化鋁等。半導體廠內通常將化學機械研磨製程區與其他製程區隔離開來，以避免微物質交叉污染。

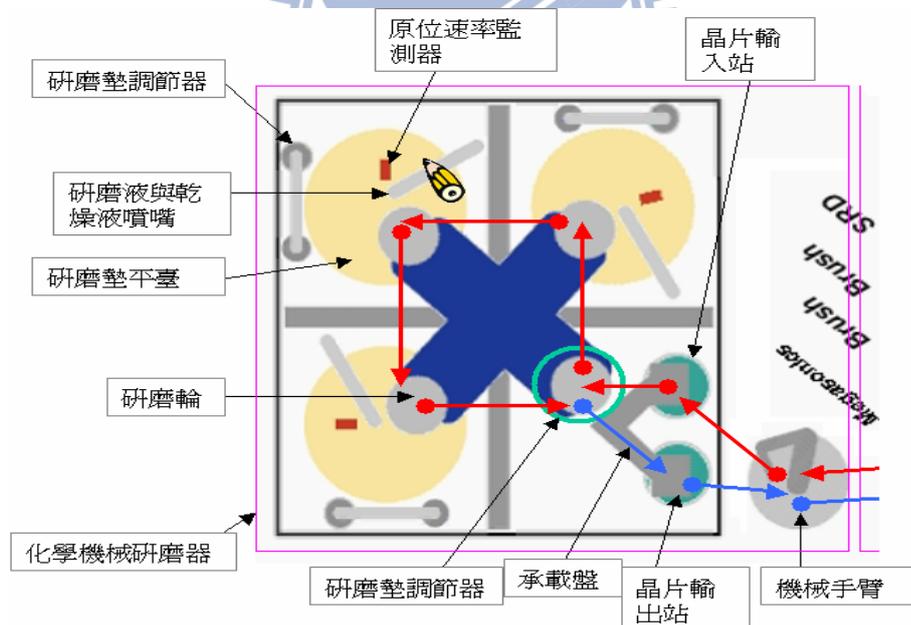


圖 1-8 化學機械研磨流程【3】

而上述七種製程使用許多危險性、危害性能量以及有害性的氣體和化學物質，如表1-1所示【4】。而一旦有腐蝕性、毒性、氧化性或易燃性等氣體或化學品外洩，輕則影響產品良率、造成人員虛驚，嚴重則導致人員傷害與毀損公司資產及商譽。

表 1-1 半導體廠各區域使用之氣體/化學品具有的潛在危害分類【4】

製程設備	氣體、化學品	一般 常用 分類				NFPA 分類		
		自燃性/ 易燃性	氧化性	毒性	腐蝕性	Nh	Nf	Nr
擴散 〔爐管〕	CH3COOH				V	1	2	0
	ClF3		V	V	V	3	0	3
	H2O2		V			2	0	0
	H2SO4				V	1	0	0
	HNO3		V		V	3	0	0
	NH3	V		V	V	3	1	0
	NH4OH				V	2	0	0
	PH3	V		V		4	4	2
	SiH2Cl2	V		V	V	4	4	0
	SiH4	V				0	4	0
	TEOs			V		3	2	0
	Trans-LC	V				1	3	2
擴散 〔化學清洗 wet bench〕	HCl				V	3	0	0
	HF			V	V	3	0	1
	IPA	V				1	4	0
擴散 〔離子植入〕	AsH3	V		V		4	4	2
	BF3			V	V	3	0	1
	PH3	V		V		4	4	0
黃光顯影設備	Acetone	V				1	3	0
	Developer	V			V	NA	NA	0
	F2/Kr/Ne			V		4	0	3
	HMDS			V		1	3	0
	Photoresist	V				NA	NA	0
	Polyimide	V				NA	3	0
	Rinse	V				1	3	0
Thinner	V				1	3	0	
薄膜生成 〔CVD〕	IPA	V				1	4	0
	NF3		V	V		2	0	0
	NH3	V		V	V	3	1	0
	O3			V		5	0	0

	SiCl4				V	3	0	1
	SiH2Cl2	V		V	V	3	4	2
	SiH4			V		0	4	0
	TEOs			V		3	2	0
	WF6			V	V	3	0	1
蝕刻設備 (濕式)	Photo stripper	V				0	3	0
	CH3COOH				V	0	2	0
	H2O2		V			2	0	0
	H2SO4				V	1	0	2
	H3PO4				V	1	0	0
	IPA	V				1	4	0
	NH4OH		V			2	0	0
蝕刻設備 (乾式)	BCl3			V	V	3	0	1
	CO	V		V		2	4	0
	Cl2			V	V	3	0	0
	Ethylene Glycol	V				1	1	0
	HBr			V	V	3	0	0
	HCl				V	3	0	0
	HF			V	V	3	0	0
	IPA	V				1	4	0
	NH3	V		V	V	3	1	0
	SiCl4				V	3	0	1
研磨設備	HF Slurry				V	3	0	0
	NH4OH				V	2	0	0
	H2O2		V			2	0	0

¹ Nh(Health Hazard, 健康危害)：係藉由接觸、吸入或是食入某種物質而致急性暴露引起直接或間接，暫時性或永久性的傷害。

² Nf(Flammability Hazards, 燃燒危害性)：危害程度係根據物質燃燒的程度而定。

³ Nr (Instability or Reactivity Hazards, 不穩定性或是反應性危害)：危害程度係根據反應釋放的能量而定。

⁴ NFPA704 危害排序(Hazard Rating)：0 表示極微小的(minimal)、1 表示輕微的(slight)、2 表示中等的(moderate)、3 表示嚴重的(serious)。4 表示極度的(extreme)。

1.2 研究目的

半導體廠因微細製程之需要，使用大量危險及有害之化學物品，而這些化學物品可對人體與環境造成一定之損害。歷年來高科技產業曾發生意外事故災害中，如1997年10月3日聯瑞積體電路公司晶圓廠風管中含矽甲烷易燃廢氣外洩引發大火，使該廠廠房全毀，估計損失超過100億元新台幣；2005年11月23日茂迪科技南科廠氣體室矽甲烷氣體外洩導致爆炸，造成1人死亡，17人送醫，估計損失3億元新台幣以上。因此矽甲烷與各種化學品外洩所導致之事故，對半導體廠安全造成極大的威脅。隨著國內外半導體工業蓬勃發展，但也已發生足夠的災害損失案例。根據1985~1994 年全球半導體產業損失資料，統計資料如圖1-9 所示【5】。

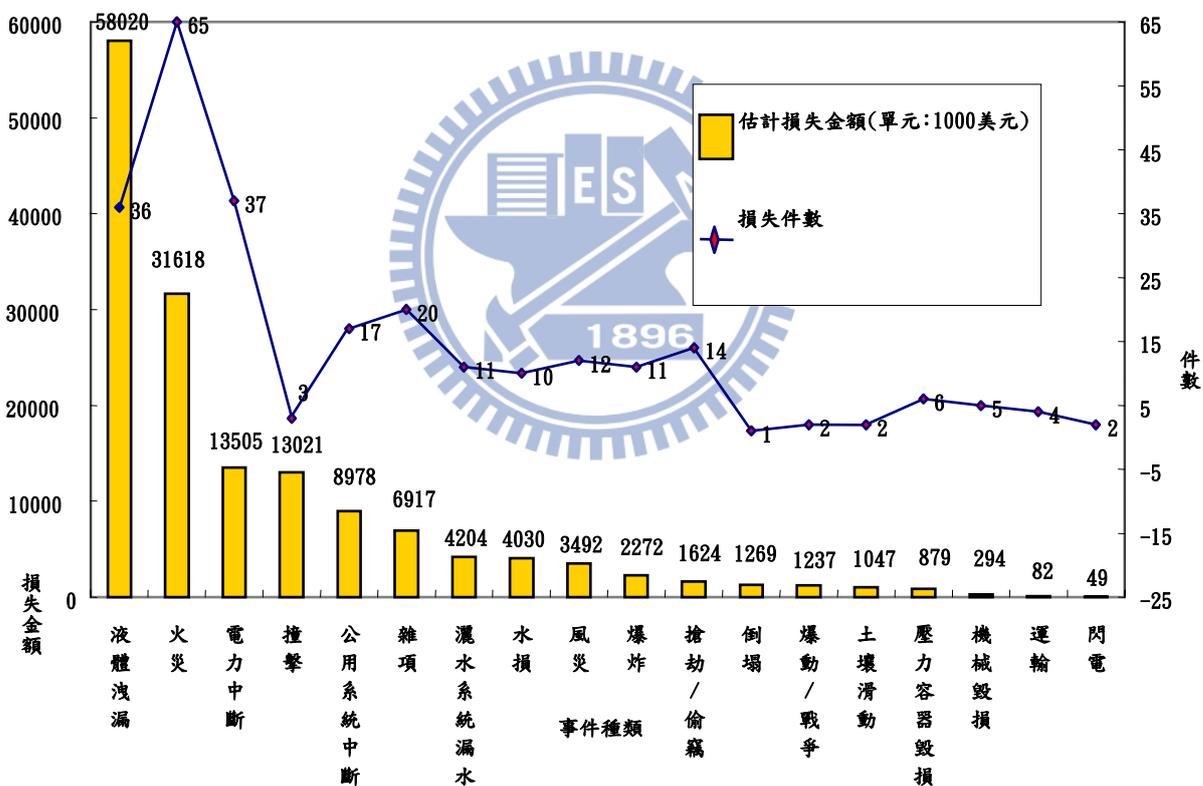


圖 1-9 全球半導體業之災害損失(1985~1994)【5】

該統計資料並指出在這十年當中，全球半導體業總損失事故總計有258件，總損失金額高達 1億5千萬美元，如表 1-2 所示【5】。從災害損失型態來看，液體洩漏及火災為造成損失之前二名，其所伴隨而來之損失也最為重，約佔總損失金額 58.7%。

表 1-2 全球半導體業之災害損失(1985~1994) 【5】

損失金額		損失件數	
金額(千美元)	%	數量	%
58,020	38.00%	36	14.00%
31,618	20.70%	65	25.20%
13,505	8.90%	37	14.30%
13,021	8.50%	3	1.20%
8,978	5.90%	17	6.60%
6,917	4.50%	20	7.80%
4,204	2.80%	11	4.30%
4,030	2.60%	10	3.90%
3,492	2.30%	12	4.70%
2,272	1.50%	11	4.30%
1,624	1.10%	14	5.40%
1,269	0.80%	1	0.40%
1,237	0.80%	2	0.80%
1,047	0.70%	2	0.80%
879	0.60%	6	2.30%
294	0.20%	5	1.90%
82	0.10%	4	1.60%
49	0.00%	2	0.80%
152,538	100.00%	258	100.00%

所以任何機械設備的失效與人為操作的失誤，皆可能引起危害物質洩漏、火災或爆炸，造成生命與財產的損失【6】。且半導體製造流程中使用了各種具有燃燒性、爆炸性、毒性等高度反應性的危害性氣體，對人的安全與健康有嚴重的威脅性。其中造成聯瑞火災事故的矽甲烷本身為無色氣體，與空氣接觸時會產生自燃反應，且在燃燒時會釋放出二氧化矽濃煙。美國半導體產業技術協會（Semiconductor Manufacturing Technology Consortium, SEMATECH）發表之Silane Safety Improvement Project S71 final Report 報告中指出，該調查統計1981至1993年間的事故災害，這13年中有156件矽甲烷事件。其嚴重足夠導致財產損毀和生意中斷發生的事件約每年5.2次，且每次事件平均損失約86,000美元【7】。由於半導體廠產品製造生產不停的運轉，一旦發生事故，將造成無法彌補的災害。而日本半導體工業協會(Japan Semiconductor Industry Association, JSIA)針對所屬會員廠商於1988年至1997年約10年間的安全事故統計資料指出，在氣瓶櫃供應系統發

生之事故，遠高於供氣系統、製造機台、區域洗滌設備、一次配排氣系統、二次配排氣系統、中央洗滌器，如圖1-3【8】。而主要發生之原因則為洩漏所造成損害與傷害。

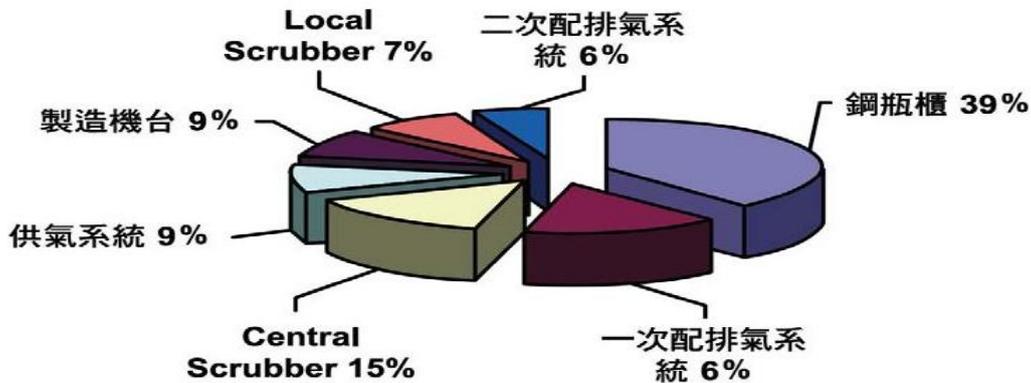


圖 1-10 日本半導體業事故依位置/區域百分比統計(1988~1997 年)【8】

根據美國FMRC(Factory Mutual Research Corporation)的統計資料，1977至1997年全球半導體廠共發生407件工安事故，北美地區約267起工安事故，臺灣發生7起工安事故中，其中二起工安事故造成台幣近200億元損失（不含營業中斷與不保損失）。以製程使用的機台而言，濕式清洗檯佔70多起工安事故，高溫爐管區佔20多起事故，步進機佔10多起事故，蝕刻機佔10多起事故，離子植入機及磊晶反應器各佔近10起事故。以廠務設備而言，以廢氣排氣管線佔40多起工安事故，空調系統佔30多起工安事故，變壓器，氣瓶櫃、洗滌塔，去離子水系統及真空馬達各佔10多起事故等【9】。

而本研究調查統計某公司之12吋晶圓半導體廠2006年到2010年異常事件報告，發現液體洩漏異常事件次數達614件為最高，其次則是特殊氣體與高壓氣體洩漏達271件。而一般機台元件故障燒毀與零件保養作業產生煙霧次數為71件，而該統計資料顯示，氣體與液體洩漏，元件燒毀產生煙霧，此三類異常事件在該半導體廠五年內共發生次數高達956件，約占百分比95%。而建物穿牆管路填塞未確實，造成雨水滲漏達11件，Chiller 停機保養升溫與冰水管路保溫棉包覆不確實造成管路冷凝，產生冷凝水狀況為21件，氣體偵測器受干擾為7件，此三種一般性異常事件共計達39件，約占百分比4%，而溼式清洗槽(Wet Bench)CO₂防護系統與消防系統放射，異常化學反應，鋼瓶更換錯誤導致機台供應氣體異常重大異常事件則達10件，佔百分比1%，總計在五年內異常事件則高達1005件，如圖1-2 與表1-2 所示。

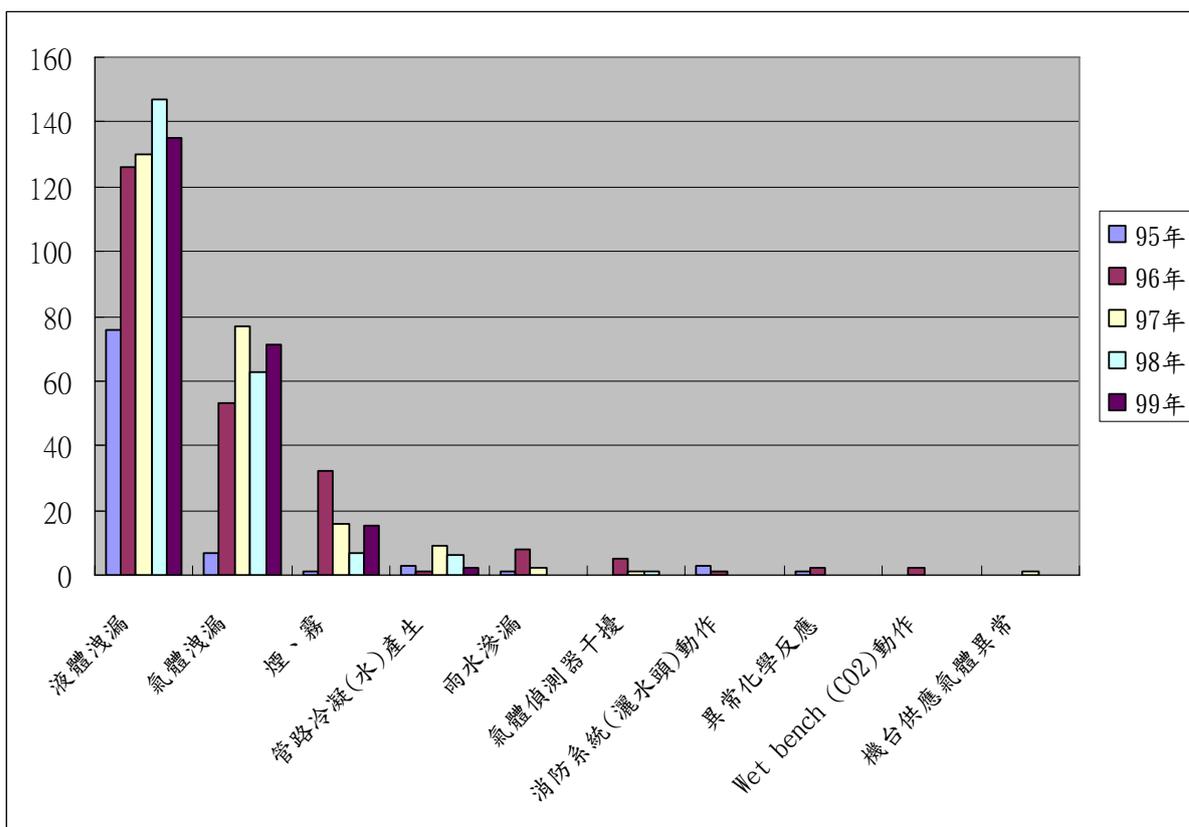


圖1-11 晶圓半導體廠異常事件類別統計(2006年~2010年)

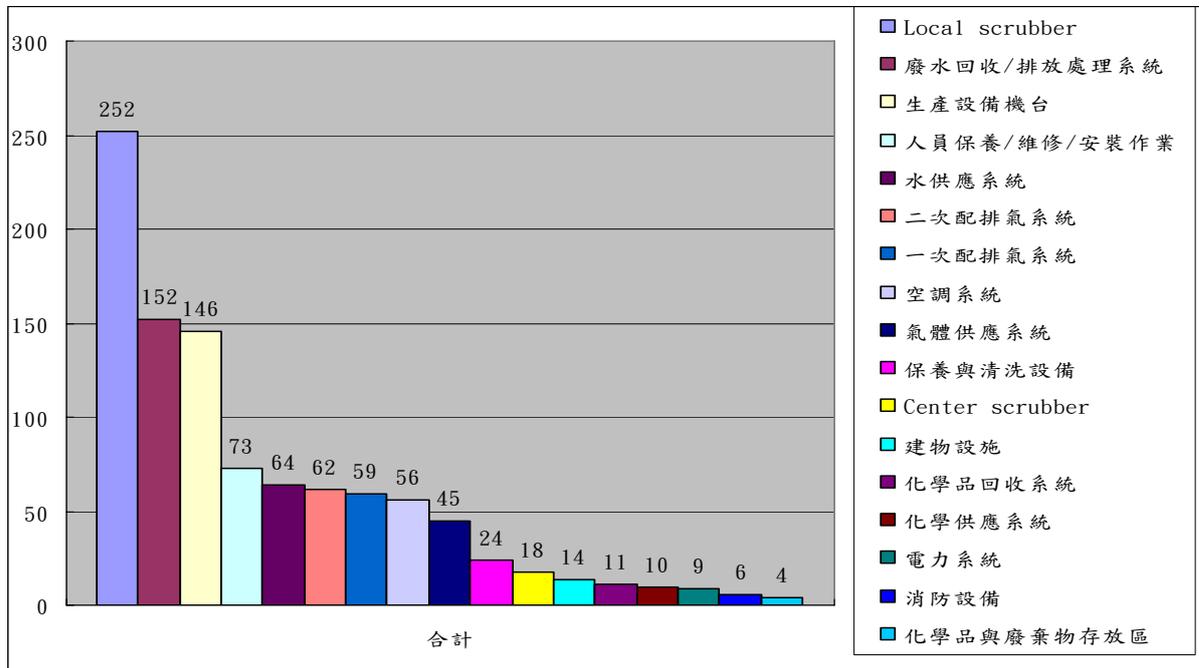
表 1-3 晶圓半導體廠異常事件類別統計 (2006年~2010年)

異常事件分類	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	合計
液體洩漏	76	126	130	147	135	614
氣體洩漏	7	53	77	63	71	271
煙、霧	1	32	16	7	15	71
管路冷凝(水)產生	3	1	9	6	2	21
雨水滲漏	1	8	2	0	0	11
氣體偵測器干擾	0	5	1	1	0	7
消防系統(灑水頭)動作	3	1	0	0	0	4
異常化學反應	1	2	0	0	0	3
Wet bench (CO ₂)動作	0	2	0	0	0	2
機台供應氣體異常	0	0	1	0	0	1
總計						1005

本研究再根據上述異常事件統計發現，在某半導體廠內發生次數最多為區域洗滌設備 (Local Scrubber, LS)共252件，其次為廢水排放與回收系統的152件，生產設備機台的146件，人員保養維修安裝作業的73件，水供應系統的64件，二次配排氣系統的62件等，如

圖1-12所示。

圖 1-12 某晶圓半導體廠系統設備異常事件統計（2006 年~2010 年）



由上圖可得知在區域洗滌設備所發生之異常事件為最高，約佔總異常事件百分比25%，因此降低區域洗滌設備異常狀況發生次數，將是當務之急。並且半導體製程中使用多種易燃易爆之有害氣體，如因區域洗滌設備異常，可能導致製程排氣處理效率降低，以及製程中斷損失，更嚴重將造成氣體洩漏乃至火災發生，其損失將難以估計。故如何防止該設備異常事件發生，此乃本文研究之目的，而預期研究內容如下：

1. 統計某一半導體廠2006年~2010年區域洗滌設備，因氣體偵測器，液體偵測器與偵煙感知器警報而得知之異常事件，並探討導致異常事件發生之原因。
2. 將統計之異常事件結果應用FMEA分析各失誤因子與其失誤機率，並探討其原因訂立改善措施。
3. 統計進行作業管控與工程改善後，其2011年度發生之異常事件，來比較歷年發生件數與失效因子及失誤機率，藉此判斷改善狀況。
4. 探討區域洗滌設備硬體安全設計與警報設定及互鎖連動功能（Interlock）。
5. 參考國際半導體設備材料產業協會（SEMI）與美國防火協會（National Fire Protection Association, NFPA）相關標準與國內相關規範指引，建立標準規範，提供區域洗滌設備裝機評估與參考標準。

第二章 文獻回顧

2.1 半導體廠製程尾氣分類與危害特性

半導體產業因製程的需求，所使用到的化學物質種類相當繁雜，而這些特殊氣體與有機溶劑的使用為半導體廠主要空氣污染來源，以積體電路 IC 製程，幾乎每個製程步驟皆分別使用各式各樣的毒性氣體、化學酸鹼物質及有機溶劑，而各種物質經過反應後又形成種類極為複雜之產物，且由於製程的特性，部份的原料氣體並未在製程中完全反應而是以製程尾氣的型態排出，因應製程的相異性，所使用的化學物質亦不同，故所有製程幾乎都可能是空氣污染源。而一般半導體廠氣體供應與排放處理流程，如圖2-1所示。如果所使用之尾氣處理設備處理效能不佳，又或者該設備發生故障，其危害性氣體就會順著煙道排放，而進入廠區周界，影響廠區週圍空氣品質造成環境污染，且因應半導體廠無塵室空調進風口(Make-Up Air Unit, MAU)設置位置皆在頂樓，而因應廠區面積與經濟因素考量，不得不設置於煙道排放口週邊，故可能部分會經由進風口進入廠內，影響現場人員作業環境安全，又或者影響製程產品良率。

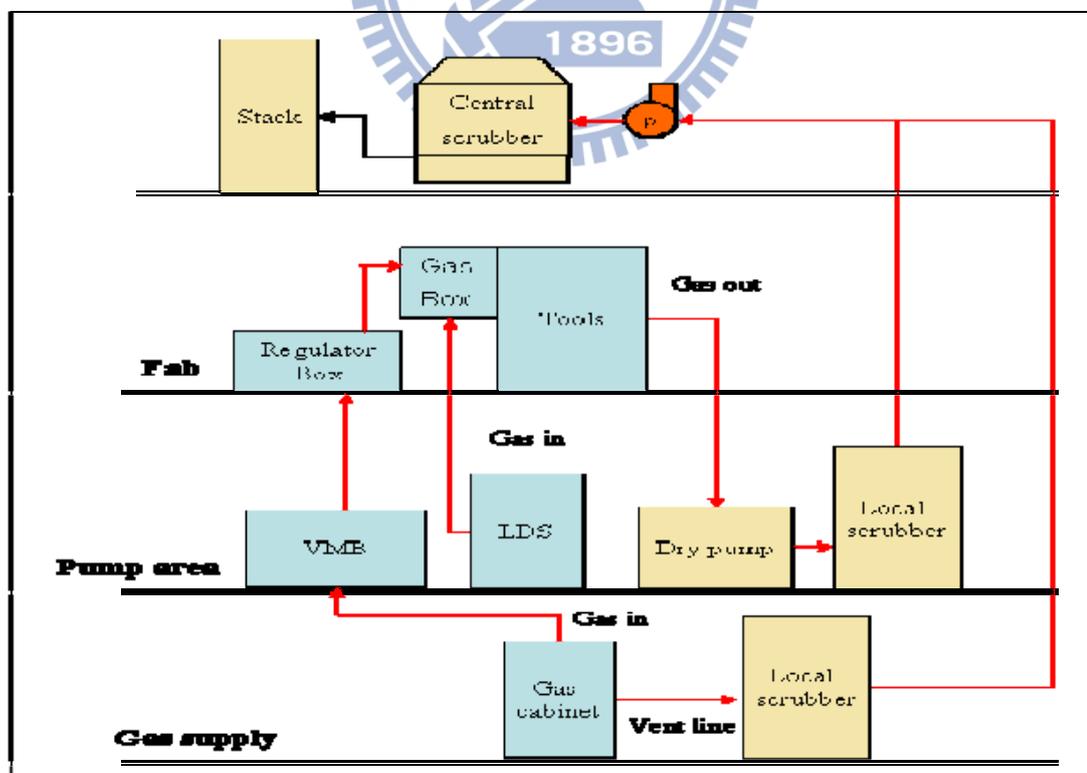


圖 2-1 半導體廠氣體供應與排放處理流程

而晶圓廠的廢氣成分分類，NF₃、F₂、ClF₃等氣體來自化學氣相沉積(CVD)製程以及爐管製程機台的 Chamber Clean Gas，而SF₆、Cl₂等氣體來自乾蝕刻(Dry Etching)製程，SiH₄、NH₃、N₂O、SiH₂Cl₂、O₃ 為擴散爐管沉積製程，HF 則來自機械研磨、晶圓清洗或 CVD 製程所產生的製程廢氣，有機廢氣的產生則以黃光製程的光阻劑等有機溶劑與化學機械研磨的異丙醇(IPA)。相關製程使用之化學品分類如表2-1所示【10】。在危害方面，其危害性如矽甲烷、四甲基銨 (Tetramethylammoniumions, TMA)、氫氧化四甲基銨 (Tetramethylammonium hydroxide, TMAH) 等氣體洩漏時與空氣混合會發生自燃現象，毒性化學物質如NH₃、Cl₂、HBr、NH₃、AsH₃、PH₃等氣體具有強烈毒性及腐蝕性，而Hi-K(介電質沉積)製程所使用的運送氣體H₂具有火災爆炸的危險，禁水性物質ClF₃ 接觸到水氣則會產生化學反應爆炸。故排放煙道分類則是需謹慎考慮之因素。不相容性化學物質，如附錄一所示。

表 2-1 半導體常用化學物質【10】

製程	方法	主要使用化學物質
微影	Positive	Ortho-diazoketone、Polymethacrylate、Polyfluoroalkymethacrylate、NaOH、KOH、Ethylene Glycol、IPA、Ethanolamine
	Negative	Isoprene、Ethyl Acrylate、Xylene、n-Butyl、Acetone、IPA
蝕刻	濕式	H ₂ SO ₄ 、H ₂ O ₂ 、H ₃ PO ₄ 、HNO ₃ 、HF、HCl...
	乾式	Cl ₂ 、HBr、CF ₄ 、SF ₆ 、CHF ₃ 、F ₂ 、CCl ₄ 、H ₂ 、BCl ₃ 、Freons
氧化	---	Trichloroethane、Trichloroethylene
沉積	----	SiH ₄ 、SiCl ₄ 、NH ₃ 、N ₂ O、WF ₆ 、AsH ₃ 、PH ₃ 、B ₂ H ₆
離子值入及擴散	---	AsH ₃ 、PH ₃ 、BF ₃ 、B ₂ H ₆
其他	清潔	H ₂ O ₂ 、IPA、Methanol、Acetone、H ₂ SO ₄ 、1,1,1-Trichloroethane、C ₂ F ₆ 、NF ₃ 、HCl

2.2 半導體廠製程排氣中央處理設備

某半導體廠針對不同之化學物質設立不同的處理流程與排放管道，簡單可分類為酸性排氣管路、鹼性排氣管路、有機排氣管路，在排氣後端設立對應之中央洗滌塔(Central Scrubber)與揮發性有機物(VOCs)處理系統，而酸性及鹼性排氣洗滌塔主要針對製程排氣中有酸鹼性氣體成份，以水洗裝置去除氣體中粒子，並利用洗滌塔內填充物(拉西環)增加氣體滯留時間，提高處理效率。而洗滌使用之循環水則是以製程回收之化學廢

液 H_2SO_4 與 $NaOH$ ，以加藥酸鹼中和方式，重復循環使用，以符合環保法規排放標準。一般洗滌塔結構圖，如圖2-2所示【11】。

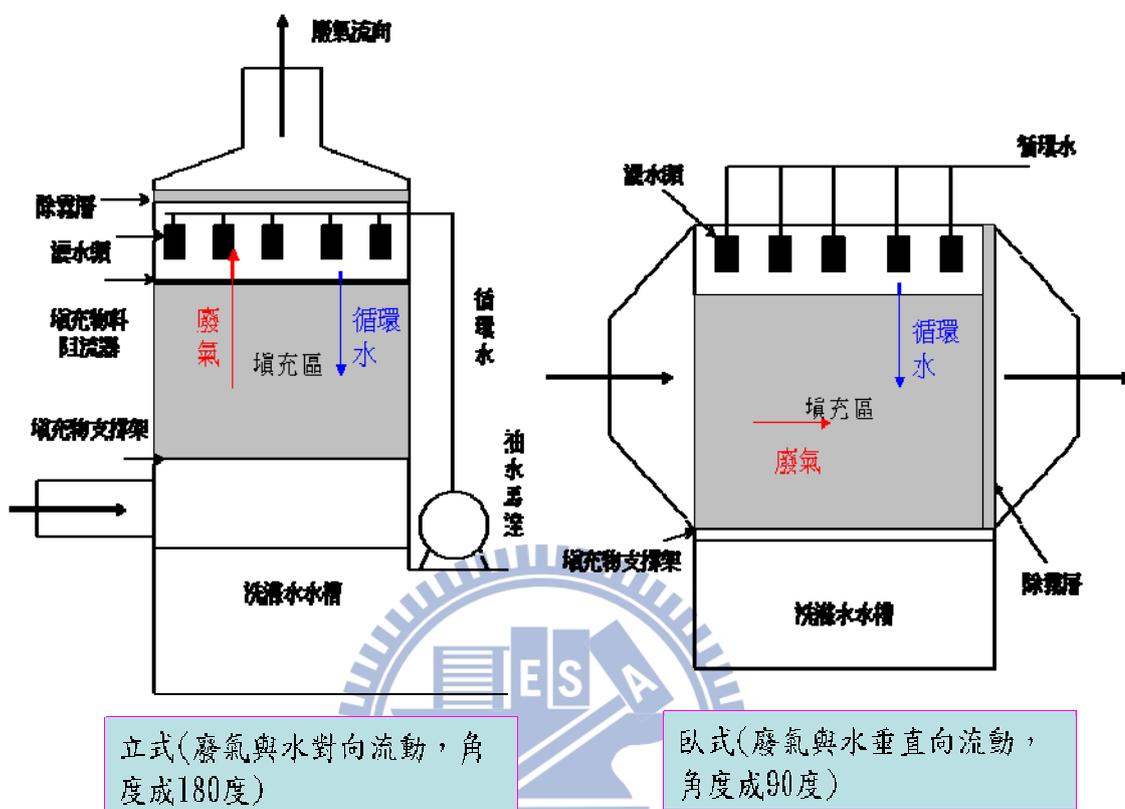


圖 2-2 立式與臥式洗滌塔結構【11】

而揮發性有機化學物質 (IPA、光阻劑) 處理設備，一般常見的有活性炭吸附塔，填充式洗滌塔，沸石濃縮轉輪+焚化爐，生物濾床等。而目前半導體製造業舊廠 (10年以上) 大多以活性炭吸附塔或填充式洗滌塔處理廠內排放之有機廢氣，依處理設備之設計去除效率及園區內實際調查結果顯示，有機廢氣排放削減率大多無法符合未來半導體製造業空氣污染排放標準 (排放削減率需大於90%)，如表2-2所示【12】。而某半導體廠沸石濃縮轉輪+蓄熱式焚化爐，其去除效果相當顯著，去除率可達90%以上，其設計原理為有機廢氣經過沸石濃縮轉輪 (Concentrating Rotor) 常溫濃縮吸附後，在以蓄熱式燃燒爐高溫燃燒後排放，而沸石轉輪所需之高溫脫附氣流，則是以燃燒爐之高溫廢氣經由熱交換器提供予沸石轉輪使用。而此系統設計一方面做為有機廢氣濃縮轉輪再生 (Regenerating) 之熱源，節省能源；二方面預熱進入燃燒機之有機廢氣氣體，以節省燃料；三方面可減低熱量排放造成之熱污染。並且有機廢氣進氣氣流經過濃縮轉輪，濃縮倍率為10倍，如此可望降低燃料供應損失，並且達到節能減碳的要求，系統架構如

圖2-3所示【11】。

表 2-2 園區半導體廠商污染防置設備之調查結果【12】

設備名稱	工廠代號	污染防制設備效率	污染防制設備說明
活性炭吸附塔	A032	98.5%	一般活性炭吸附塔在正常操作下，其去除率應可達 90%以上，但當活性炭吸附塔出現超飽和時，去除效率則會明顯降低。
	A042	56.3%	
	A025	25%	
	A002	-1.5%	
填充式洗滌塔	A001	67.2%	半導體廠所排放有機廢氣中，部份屬於水溶性較低的物質，故採用濕式洗滌法去除有機廢氣者，其去除效率有一定的限制。
	A004	60.7%	
	A005	54.6%	
	A015	33.4%	
沸石轉輪+直燃式焚化爐	A124	92.3%	本法為目前園區較佳之空氣污染控制技術，在一般操作條件下，其去除率應可達 90%以上。
	A274	88.5%	
	A151(試運轉)	78%	
生物濾床	-	60~80%	通常此法的總有機廢氣去除效率不會大於 90%以上，需藉由二種以上之控制設備之串連，才得以符合半導體排放標準之要求。

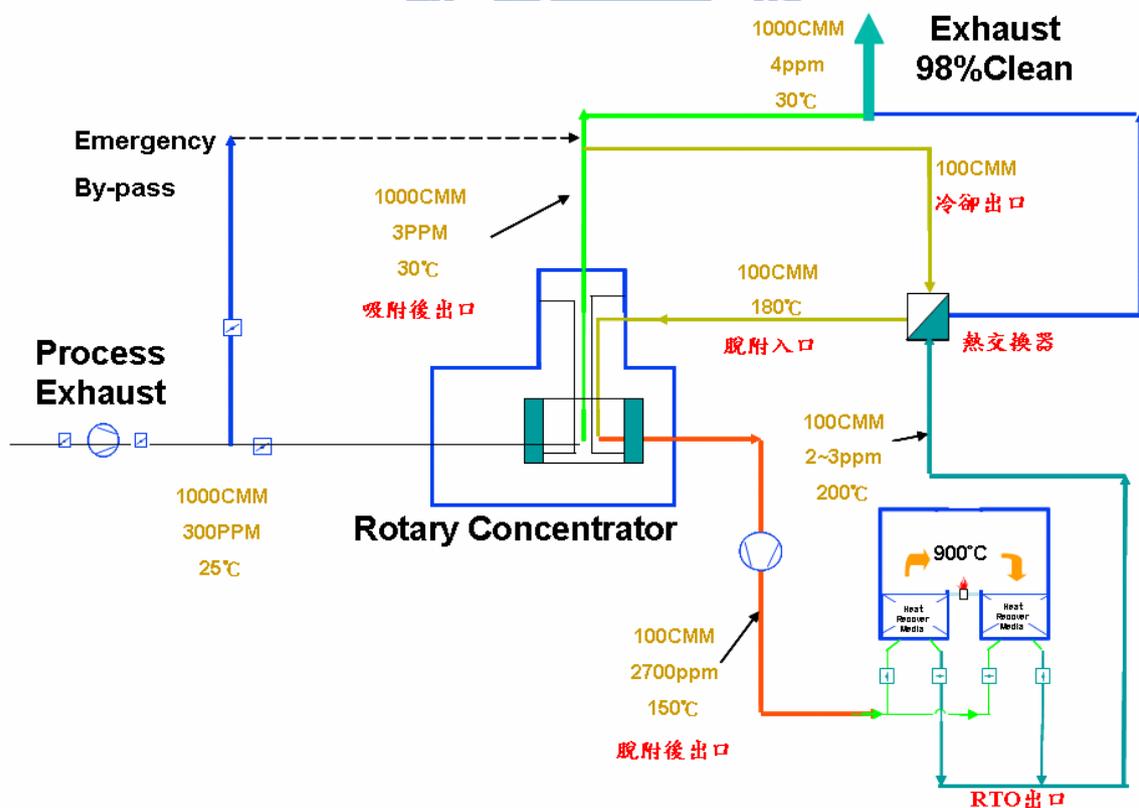


圖 2-3 有機廢氣處理流程示意【11】

2.3 半導體廠製程排氣區域洗滌設備

區域洗滌設備(Local Scrubber)之範圍針對提供現場設備廢氣處理的裝置，從製程設備處理未反應完之可燃性氣體或帶有酸性或毒性氣體，送入Central Scrubber 之前所裝置的設備，依其燃燒加熱與洗滌作用或以物理吸附方式增加廢氣處理效果。其處理廢氣的差異分為四種不同型式【12】。

2.3.1 吸附式(含加熱吸附式)

利用化學吸附方式將廢氣吸附至金屬罐中，吸附劑之飽和檢測機制有壓力感測器，或出口濃度感知器，或由吸附劑之顏色變化判斷，定時移除化學吸附劑。此類型Local Scrubber 可去除水溶性不高的氣體、毒性氣體、PFC 等廢氣，其方式有常溫操作及高溫觸媒反應吸附，主要應用於尾氣量較少的製程(如Implantation 及Dry Etching)，其原理是將高毒性之氣體採用不可逆的化學吸附反應，藉著附著於載體上的化學物質與廢氣中的毒性物質產生反應，以降低廢氣中汙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著所欲去除之汙染物而有所差異，常用的化學吸附材料為乾式的鹼劑和氧化劑，較著名的有Rikasole 和KS 兩種吸收劑【13】。

(1). Rikasole 為酸性吸收劑，其發明於1941 年，主要的成份是矽藻土浸漬於 FeCl_3 內，一般可吸收氧化之毒物性質包括 AsH_3 、 H_2Se 、 B_2H_6 、 PH_3 等氫化物氣體(Hydrides)。其可藉著 FeCl_3 轉變成 FeCl_2 而逐漸失去吸附效能，將其還原 FeCl_3 後便可恢復功效，但其效能會隨著再生的次數而逐漸降低，一般至多重複使用六次後就需更換。

(2). KS 吸附劑顏色呈現紫色，屬於鹼性吸收劑，其發展於1982 年，作用機制與Rikasole 類似，成分亦是使用矽藻土作為載體，並跟 NaOH 、 KMnO_4 等氧化劑浸漬在一起，由於 KMnO_4 的氧化能力較強，所以除了能去除 AsH_3 及 PH_3 外、更可以去除 $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ 等有機金屬化合物，以及 HCl 等性氣體和 SiH_4 、 B_2H_6 等水解氣體。其他吸收劑如ICS Gassmith 系統之吸附劑，可在常溫下將製程廢氣轉換為穩定的鹽類等方式。一般大部分的吸收劑可藉由其顏色改變情形加以判斷使用狀態，操作時應注意吸附劑破出的時機。

而某廠使用吸附式型態的Local Scrubber 廠牌計有SHOWA (ZN-13、Z-poly、PFC)、ICS (Gassmith)，如圖2-4、圖2-5、圖2-6所示。其吸附處理效率皆有達成百分之九十%以上，並且所需要能源損耗少如NG、 O_2 、水資源等，但缺點為吸附劑成本高，以蝕刻

製程排氣處理機台 (Z-13) 而言，平均約15~20天就需更換一組吸附劑，且會造成吸附劑廢棄物環保處理問題，吸附劑更換處理流程，如圖2-7所示【14】。

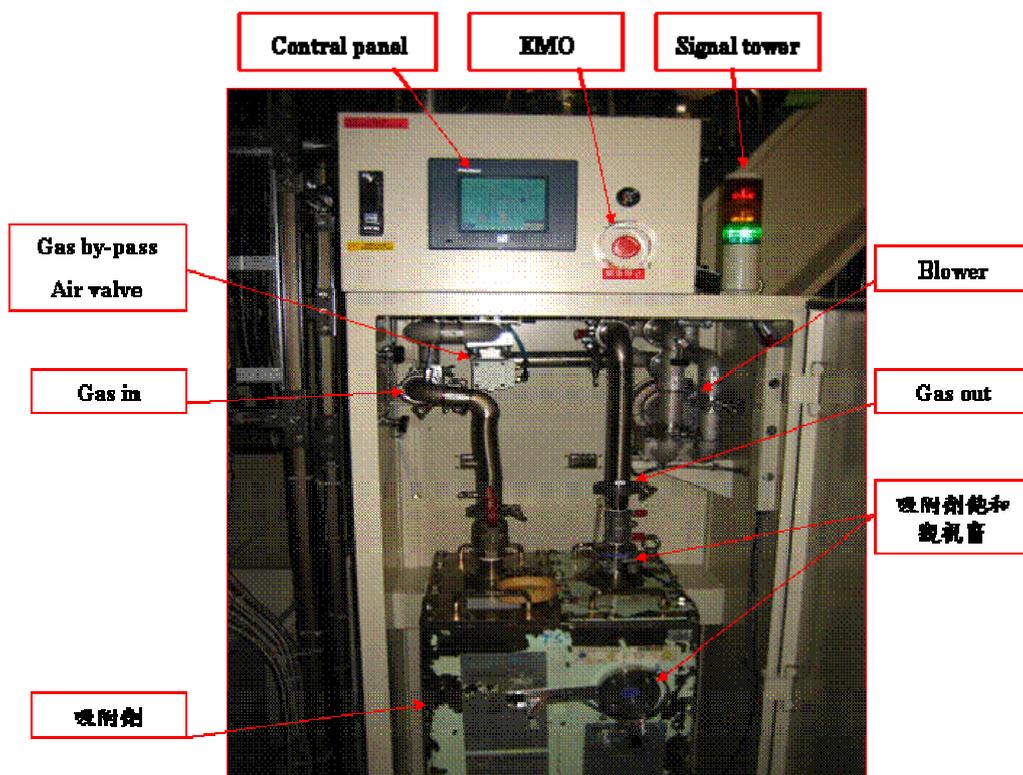


圖 2-4 SHOWA ZN-13 吸附式



圖 2-5 SHOWA PFC 加熱吸附式

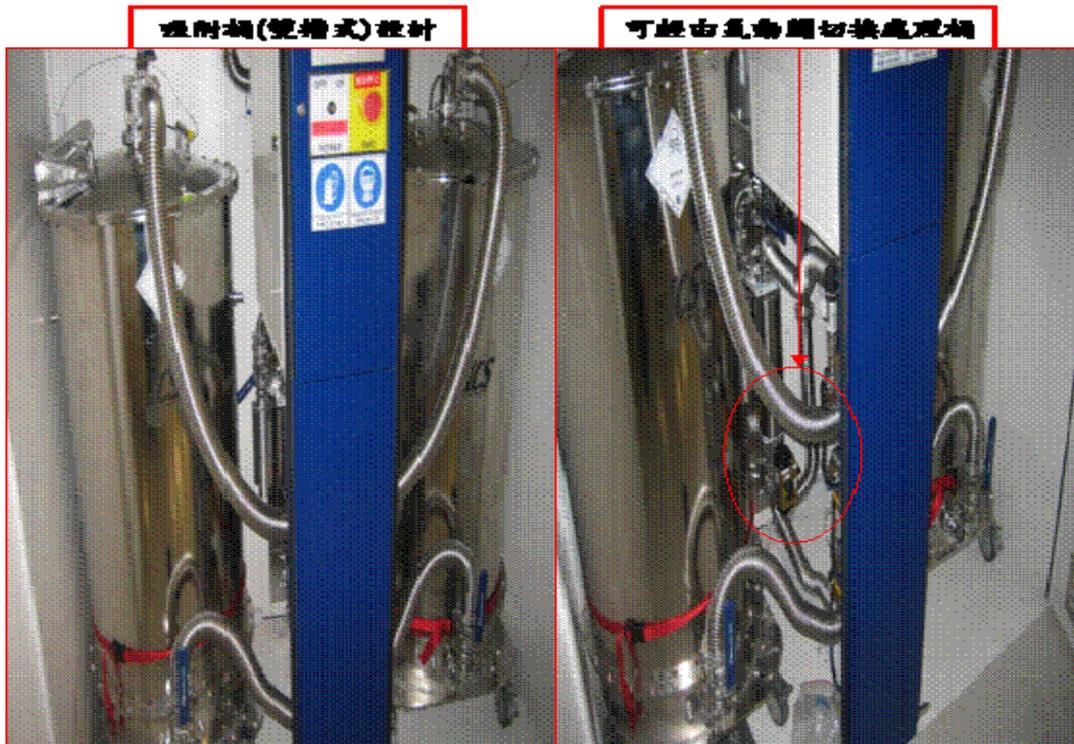


圖 2-6 ICS Gassmith D360LA 內部結構

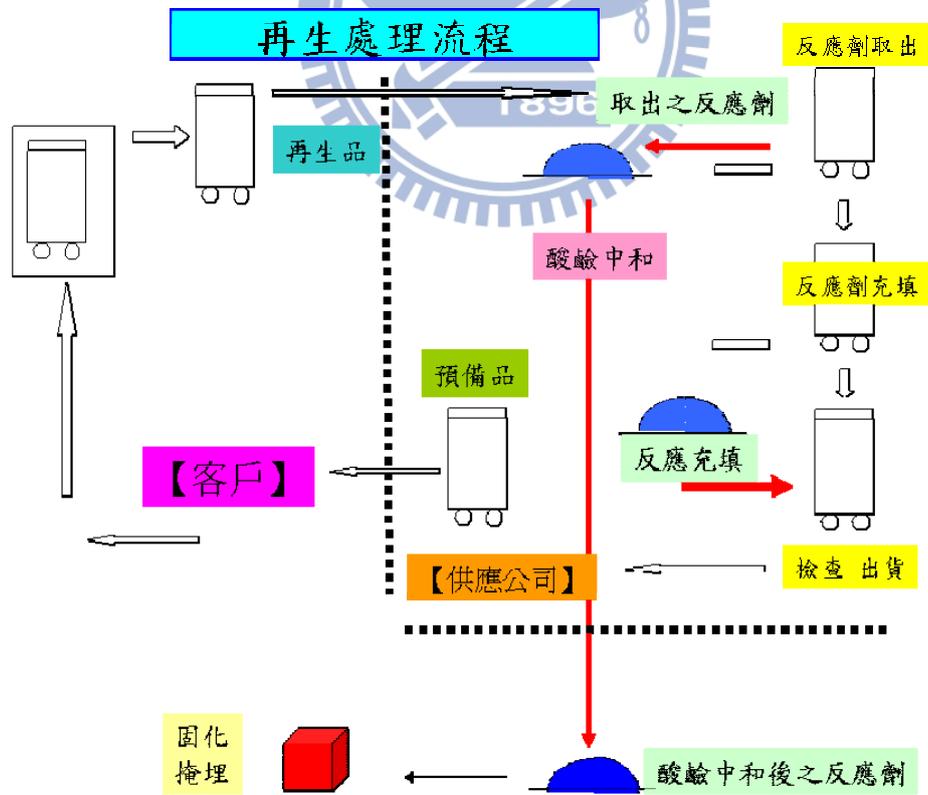


圖 2-7 吸附劑再生處理流程【14】

2.3.2 燃燒式區域洗滌塔

廢氣處理方式為在該處理設備內，設有一燃燒室，內部有通入一定壓力之燃料（NG），並以一定壓力通入 O_2 ，在利用火星塞點火，以此燃燒製程廢氣，後續經過冷卻槽（Quench）冷卻製程廢氣，後端處理則是利用水洗充填塔（Packed Tower）水洗補捉燃燒後氣體微粒，充填塔內部則有二段式拉西環，增加微粒補捉效率。壓力偵測方式則是利用進出口之壓差感知裝置確認堵塞情形，定時必須清理氣室內部。而某廠使用燃燒式型態的Local Scrubber 廠牌計有BOC Edwards、Unisem等機型。以下就各廠牌內部主要結構進行回顧探討【14】。

(1). Edwards (TPU、TPU+WESP)

該廠牌在某半導體廠主要應用在處理爐管機台製程排氣，主要結構可分為氣體入口端，燃燒室，冷卻槽，分離器，充填水洗塔等五個元件，以下就各部件結構進行說明。氣體入口端後端排氣經Pumping Line進入處理設備，在氣體管路進入處理器部份，每組inlet管路都有三向的控制閥門可切換至另一台處理設備或者直接排放至中央洗滌塔處理，如圖2-8 所示。

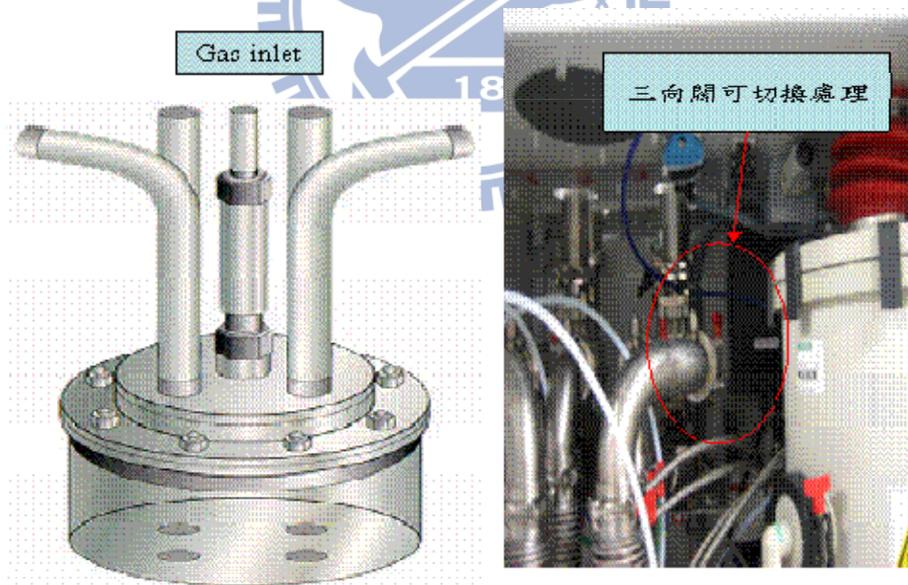


圖 2-8 製程排氣入口端【14】

燃燒室部份則是經由一個火星塞的裝置會先點燃母火，瓦斯和空氣的混合氣體會經過一多孔式隔熱陶瓷內襯進入燃燒室內，而製程排氣從燃燒室上方進入，最後在燃燒室內部混合機台製程排氣與燃料氣體進行燃燒，如圖 2-9 所示。

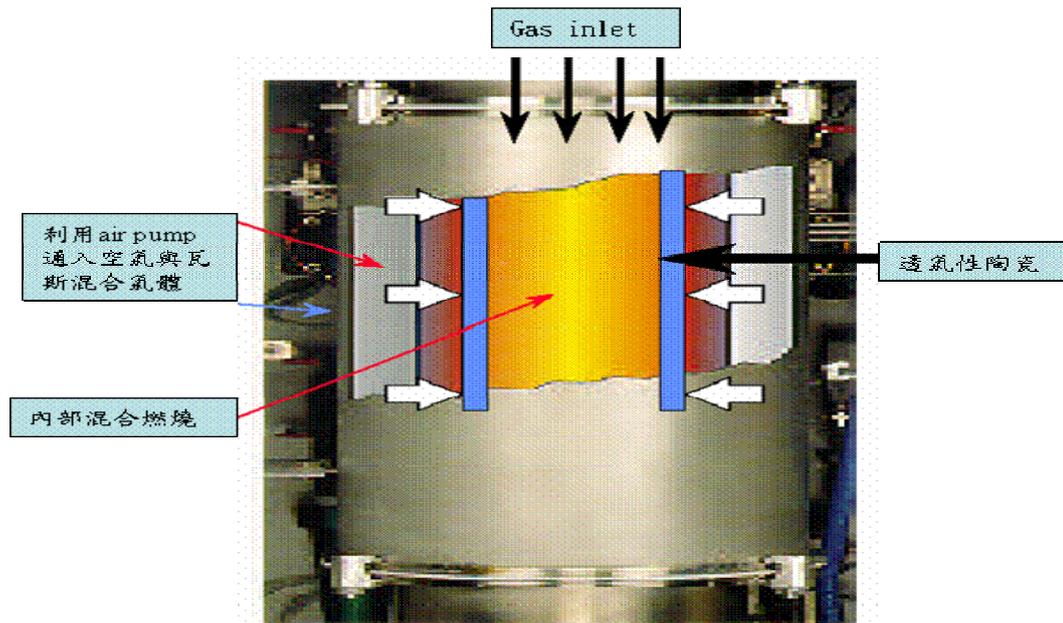


圖 2-9 燃燒室內部結構【14】

在燃燒室所排出的高溫氣體會先進入冷卻槽 (Quench)，其內壁有兩道水會流入，提供冷卻效果，避免過熱破壞其結構。在出口端則設置兩道水噴嘴，產生水霧灑向熱氣，把氣體被冷卻至 60°C 以下。其外觀及原理如圖 2-10 所示。氣體經過冷卻後部分與水凝結成 Powder，一起掉入分離器 (Cyclone)。

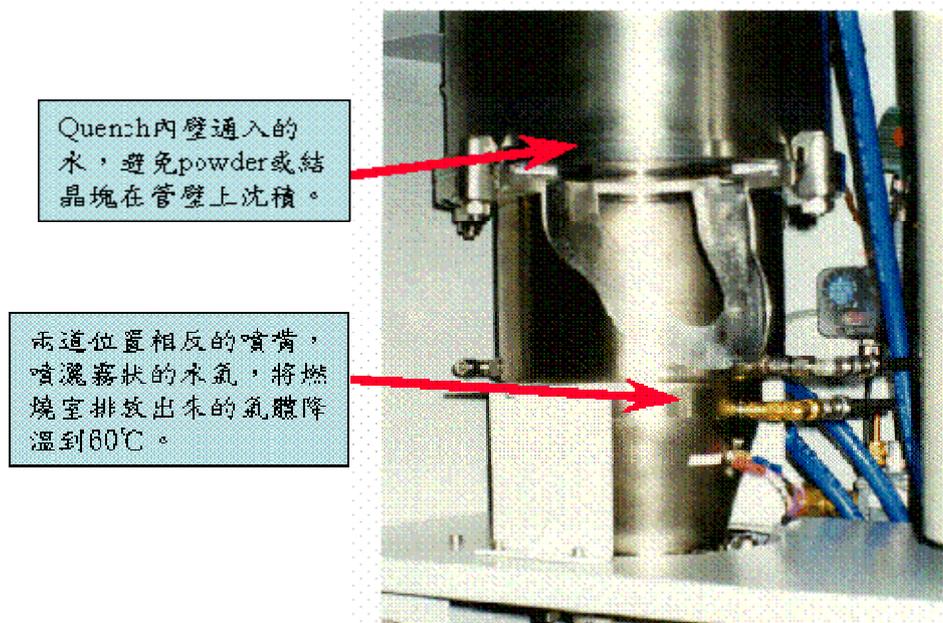


圖 2-10 冷卻槽外觀及原理

分離器 (Cyclone) 結構為螺旋狀，內部結構讓製程氣體、燃燒後氣體顆粒 (Powder)、與水產生慣性力量，主要為利用管壁螺旋設計之離心力原理，加上水平式的水柱噴灑使得殘存的結晶固體隨著旋轉水流的沖刷而排出至排水槽 (Water Drain Trap)，如圖 2-11 所示。

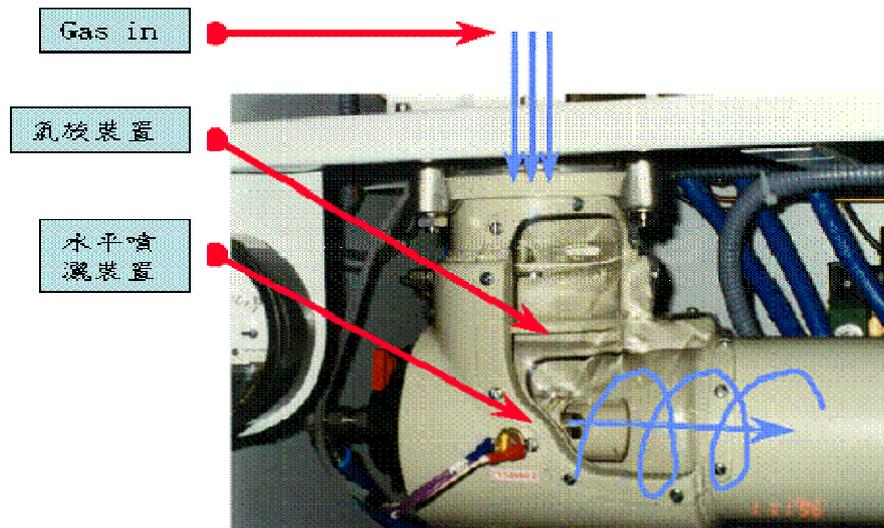


圖 2-11 分離器外觀及原理

分離器後端排放的液體與 Powder，將進入排水槽 (Water Drain Trap)，在 Drain Trap 入口處會有分離檔板，利用重力沉降原理，分離水與粉末顆粒，後續將將液體排至 WRU (Water Re-Circulation Unit) 循環回收在利用，或是經由 Service Module 直接帶至廠務端處理。而二者之差別在於，WRU 有設置濾心可過濾廢水，可循環至 Scrubber 在使用，而 Service Module 則無設置，如圖 2-12 所示。

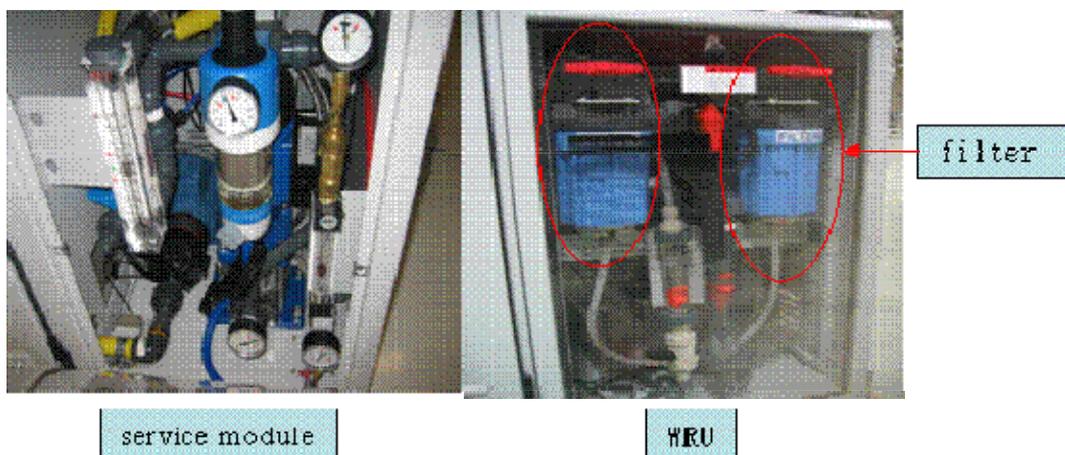


圖 2-12 WRU 與 Service Module 外觀

而在分離器後端的氣體進入（Packed tower）底部，由廠務排氣系統提供抽力，將氣體往上抽，在 Packed Tower 上方會有水霧灑下，並利用底部的拉吸環，增加氣液接觸面積，去除氣體殘餘微粒，之後氣體會經過 Mist Filter 過濾小水滴，然後由排氣口排至廠務端，

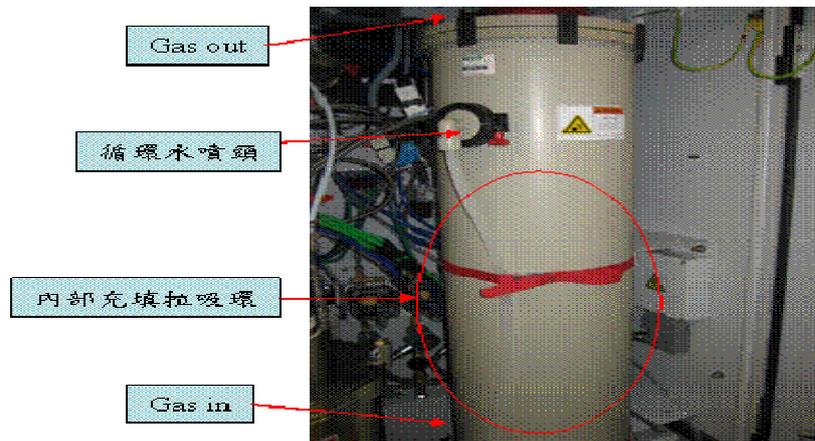


圖 2-13 Packed Tower 外觀

在充填塔後端之廠務排氣管路（Exhaust Piping），排放過程中，有少數 Powder 會沉積，長久亦會造成酸排氣風管阻塞，該處理設備利用靜電水洗處理系統（Wet Electrostatic Precipitator, WESP）約 90~95% 能夠把製程排氣殘留微粒補捉下來，其原理簡單來說則是在反應室內部有電極棒，利用電子電場原理，將粒狀污染物碰撞至管壁，在利用水幕補捉氣體殘留微粒。如圖 2-14 所示。

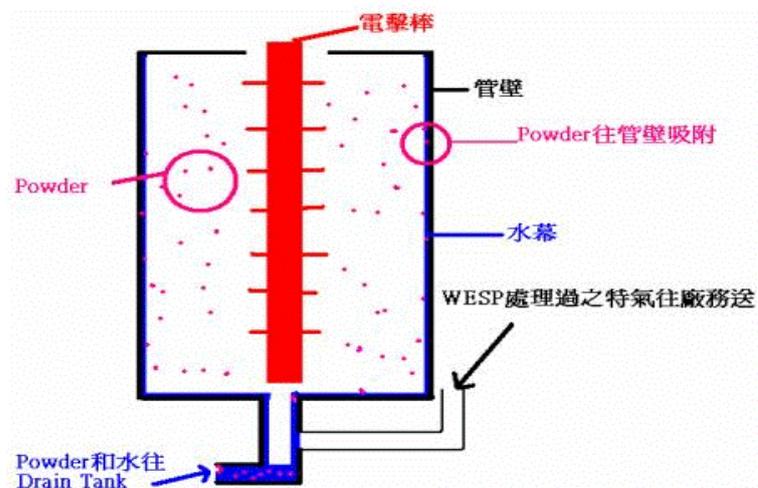


圖 2-14 WESP 處理原理【14】

(2). Unisem (PG、PGD、PGT)

此廠牌在該廠應用於處理薄膜沉積製程廢氣 (CVD、PVD)，機台結構與Edwards處理設備大同小異，亦分為氣體導入整合端 (Manifold)、燃燒室 (Burning Chamber)、冷卻槽 (Quench)、冷凝區 (Condensing Zone)、集水槽 (Water Tank)、水洗塔 (Wet Column)) 等六個部件，如圖2-15 所示。

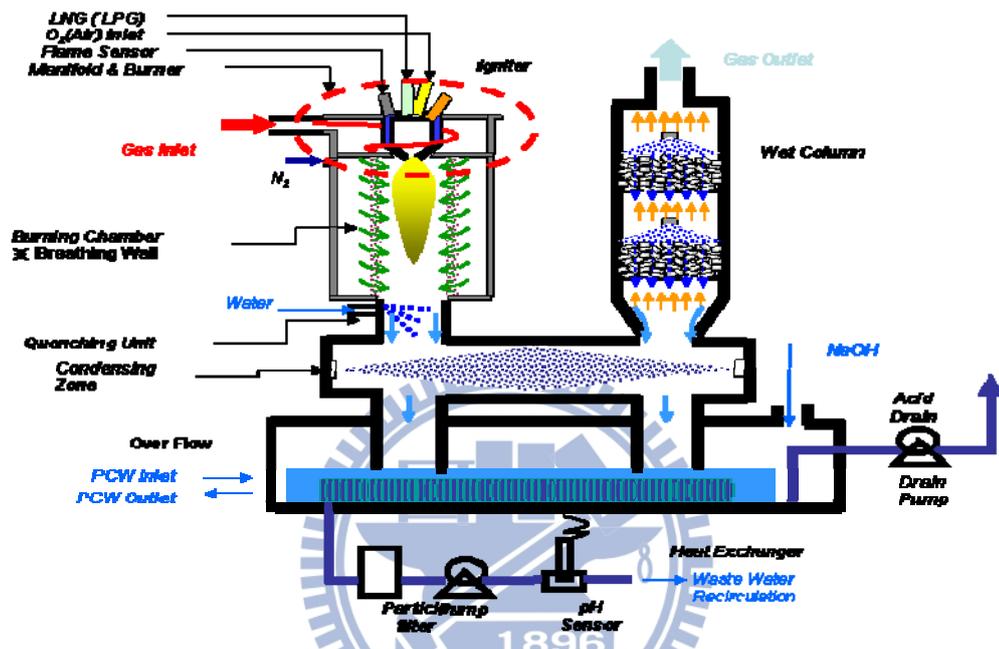


圖 2-15 Unisem 機台結構示意【14】

在某廠中該廠牌共有三種型式處理設備，PG型、PGD型、PGT型，主要是設計以區分反應處理室為單槽與雙槽式，就該型式分類，PG型為單反應槽型式，結構同圖2-15所示。

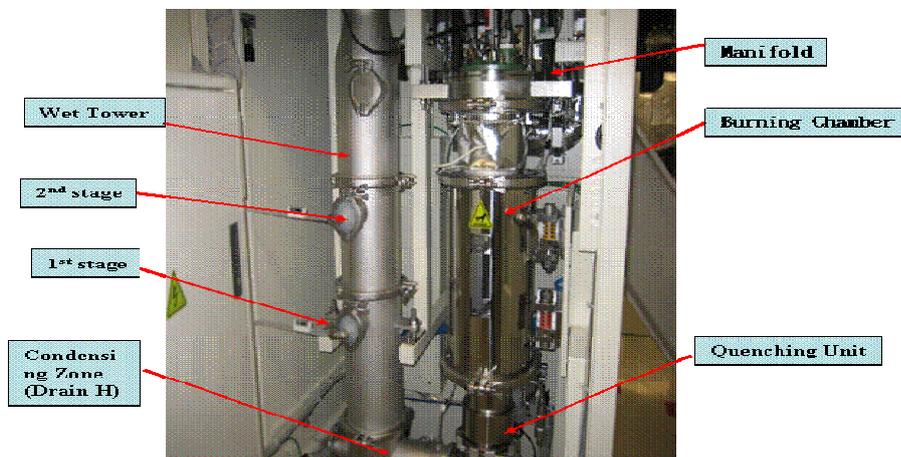


圖 2-16 PG 單反應槽型式

而PGD型與PGT型式皆為雙處理槽型，其差別為PGT型正常狀態下，是一處理槽處理製程廢氣另一槽待命，當運作之處理槽發生故障或警報時，則經由程式控制入口閘閥自動切換至待命之處理槽繼續運作，如圖2-16所示。而PGD型則為雙槽各自處理所銜接之氣體管路廢氣，當處理槽有故障或警報時，經由程式控制自動切換集中於另一槽處理，氣體旁通排放示意如圖2-17所示。

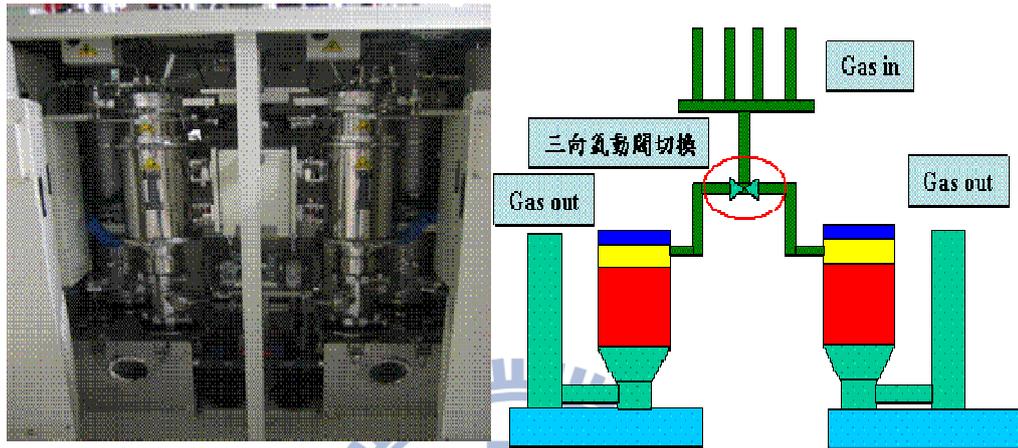


圖 2-17 PGT 雙反應槽型

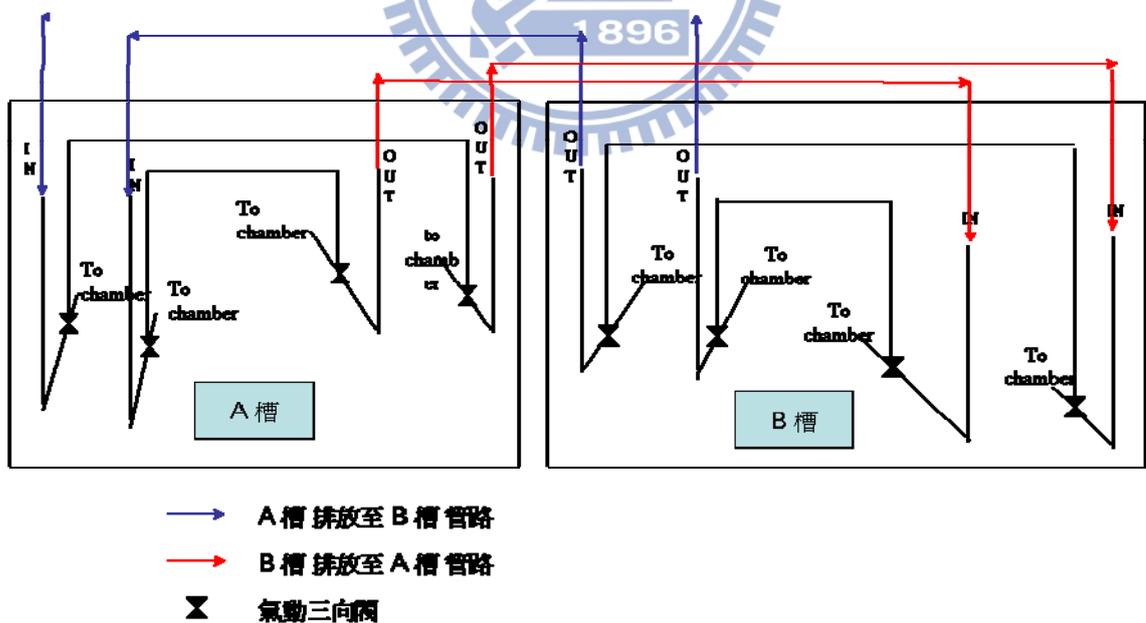


圖 2-18 PGD 雙反應槽管路切換示意

2.3.3 電熱式區域洗滌塔

某廠主要使用台禹（ECS-2250）電熱水洗裝置，對應製程則是處理爐管Hi-K 介電

質沉積製程廢氣，該製程主要排放屬於可燃性氣體如氫氣，矽甲烷，TMA，TMAH，利用加熱方式使內部可燃性廢氣高溫自燃氧化，並加以冷水洗滌冷卻補捉微粒。其簡單原理主要為先通入 N_2 稀釋製程廢氣濃度，在經過電熱棒加熱製程廢氣，後續經過二水霧噴頭，補捉氣體殘留微粒後排出。而廢水則是流至下方之水槽。而Level Sensor 共分為二道，第一道則是控制循環水幫浦啟動循環水，第二道則是控制Drain Pump 將水槽水排掉，結構圖如圖2-18所示。而廠內排放處理安全設計，為二台處理設備互相Back Up，一台故障，則經由自動閥切換至另一台處理，如圖2-19所示。

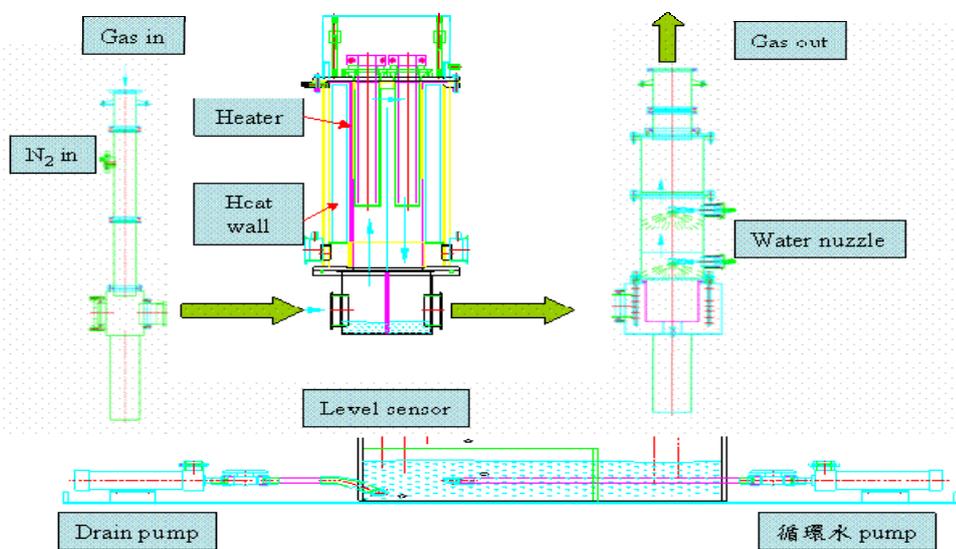


圖 2-19 台禹 (ECS-2250) 電熱水洗裝置結構【14】

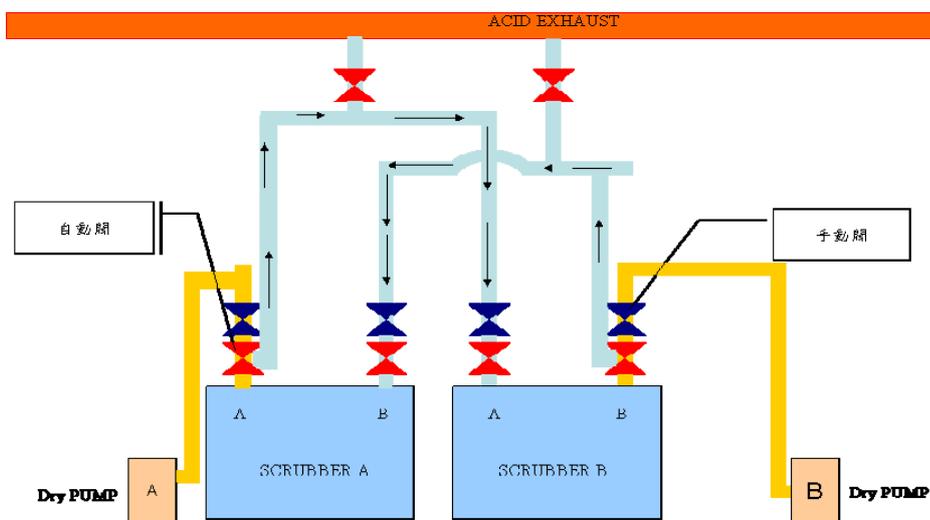


圖 2-20 台禹 (ECS-2250) 排放處理設備管路切換

2.3.4 電漿水洗式區域洗滌塔

電漿破壞技術是以高週波電漿(RF Plasma)在400 托爾(Torr)的壓力下解離 CF 鍵結，並提供H⁺以形成HF，部份解離的氣體及等量的帶正、負電荷粒子所組成，其中所含的氣體具高度的活性，它是利用外加電場的驅動而形成，並且會產生輝光放電(Glow Discharge)現象，其中心溫度可達到10000度以上，如圖2-20所示【14】。且其具低耗能的特點，主要可處理CF₄、C₄F₆、C₅F₈ 等穩定性較高的氣體，電漿解離過後的離子，與水反應產生低濃度的酸系廢水，並經Drain Pump 帶到廠務端進行後續處理【13】。而某廠因其可處理PFCs 製程氣體之特性，故應用於乾蝕刻(Dry Etching)後端廢氣處理，使用的廠牌為Edwards Zenith，如圖2-21所示。而實際使用後之缺點，因水洗之水源皆為廠內製程回收水，而回收水中會添加較多之漂白水（次氯酸鈉）殺菌，而該廠牌電漿處理設備內部元件，如放電頭為銅材質，內部水氣會造成放電頭腐蝕，導致設備故障，並影響廢氣處理功能。

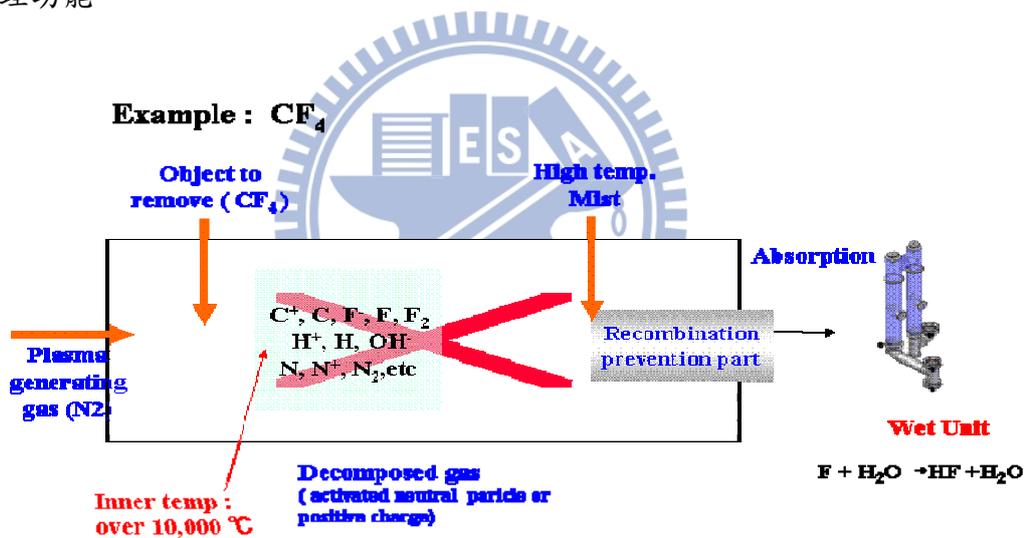


圖 2-21 電漿處理設備基本原理【14】

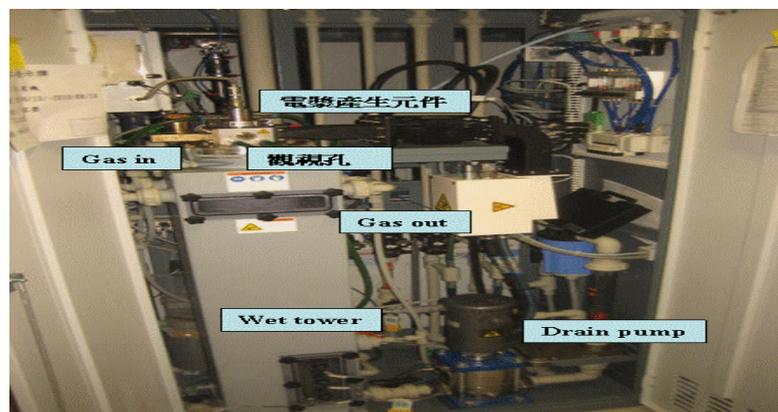


圖 2-22 電漿處理設備內部基本構造

各類型之廢氣處理方式皆有其優缺點及適用範圍，吸附式系統的廢氣處理效率佳，只應用於蝕刻、離子植入製程，由於吸附材上讓氣體通過的通道有孔隙大小的限制，以及每組吸附材皆有其吸附處理的極限流量，因此不適用於容易堵塞或是氣體流量較大的製程中。且因導致吸附藥劑需時常更換，使運轉成本更高。而電熱水洗式則是常因Powder附著造成加熱棒發出的溫度無法均勻散佈於反應室中，導致處理效率不佳。燃燒水洗式則是因處理之製程容易造成管路阻塞，導致氣體洩露等異常事件發生。電漿水洗式則是因廠內使用回收水供應處理設備，造成內部銅材質元件損壞之問題。以下彙整區域洗滌設備應用之製程與優缺點，如表2-3所示。

表 2-3 Local Scrubber 優缺點彙整表【12】

LS 型式	應用製程	優點	缺點
乾式吸附式	蝕刻(Metal/PFC) 離子植入	1.只更換吸附劑，故維修保養次數少 2.無使用燃料與水，故能源損耗少。 3.加熱式對於PFC吸附效率高。	1.吸附劑成本高。 2.廢棄物處理環保問題。 3.較不適用在高流量之廢氣
電熱水洗式	擴散 (Hi-K)	1.利用電力加熱,節省燃料消耗。 2.較適用於高流量廢氣。 3.較適用於處理可燃性物質。	1.加熱棒易損壞。 2.水分含量高易浪費能源。
燃燒水洗式	薄膜 (PVD/CVD) 擴散 (Poly)	1.可燃物及毒性物質處理效率高 2.較適用於高流量廢氣	1.粉塵凝結及造成阻塞事故多 2.維修保養次數多。 3.有燃料洩漏爆炸危險性。
電漿水洗式	蝕刻(PFC)	1.對於PFC處理效率高。 2.相對於吸附式處理設備成本較低。	1.副產物需至廠務中央端處理 2.銅材質元件損壞率高。

2.4 區域洗滌設備區警報設備

區域洗滌設備 (local scrubber) 因處理各類製程廢氣，如因管路破裂或設備元件故障，有氣體洩漏、液體洩漏乃至火災發生之風險，因此半導體廠皆會在此區域設置安全防護系統，如氣體偵測器與液體偵測器，火警偵煙感知器等。而本文異常事件統計資料，皆以歷年半導體安全偵測系統警報作動為主，故以下就各種感知器相關法令及系統原理進行回顧探討。

2.4.1 氣態與液態偵測裝置工安法令

氣體偵測器設置相關法源依據，以下就相關法規回顧：

1. 勞工安全衛生設施規則第177條【15】：雇主對於化學設備或其附屬設備，為防止因爆炸、火災、洩漏等造成勞工之危害，應採取以下措施：施作安全閥、緊急遮斷

- 裝置、自動警報裝置或其他安全裝置於異常狀態時之有運轉。
2. 勞工安全衛生設施規則第185條：雇主對於常溫下具有自燃性之四氯化矽(矽甲烷)之處理，除依高壓氣體相關法規規定辦理，另氣體設備應具有氣密之構造及防止氣體洩漏之必要設施，並設置氣體洩漏檢知警報系統。
 3. 勞工安全衛生設施規則第197條：雇主對於化學設備或其附屬設備，為防止因爆炸、火災、洩漏等造成勞工之危害，應採取下列措施：保持安全閥、緊急遮斷裝置、自動警報裝置或其他安全裝置於異常狀態時之有效運轉。
 4. 勞動檢查法第28條【16】：勞動檢查機構指派勞動檢查員對各事業單位工作場所實施安全衛生檢查時，發現勞工有立即發生危險之虞，得就該場所以書面通知事業單位逕予先行停工。立即發生危險之虞之定義探討勞檢法法則如下所示：
 - (1). 勞動檢查法第六條：有立即發生火災、爆炸危險之虞之情事如對於存有易燃性液體之蒸氣或有可燃性氣體滯留，而有火災、爆炸之作業場所，未於作業前測定前述蒸氣、氣體之濃度；或其濃度爆炸下限值之百分之三十以上時，未即刻使勞工退避至安全場所，並停止使用煙火及其他點火源之機具。
 - (2). 勞動檢查法第七條：有立即發生中毒、缺氧危險之虞之情事如製造、處置或使用特定化學物質危害預防標準所稱之丙類第一種或丁類物質之特定化學管理設備時，如表2-4、2-5所示。未設置適當之溫度、壓力及流量之計測裝置及發生異常之自動警報裝置。

表 2-4 丙類第一種特定化學物質

項次	化學名	英文名
1	次乙亞胺	Ethyleneimine
2	氯乙烯	Vinyl chloride
3	對-二甲胺基偶氮苯	p-Dimethylaminoazobenzene
4	3,3-二氯-4,4-二胺基苯化 甲烷	3,3-Dichloro-4,4-diaminodiphenylmethane
5	四羰化鎳	Nickel carbonyl
6	氯甲基甲基醚	Chloromethyl methyl ether
7	β-丙內酯	β-Propiolactone
8	苯	Benzene
9	丙烯醯胺	Acrylamide
10	丙烯?	Acrylonitrile
11	氯	Chlorine
12	氰化氫	Hydrogen cyanide

13	溴甲烷	Methyl bromide
14	2,4-二異氰酸甲苯	Toluene 2,4-diisocyanate
15	4,4-異氰酸二苯甲烷	Methylene bisphenyl isocyanate
16	二異氰酸異佛爾酮	Isophorone diisocyanate
17	異氰酸甲酯	Methyl isocyanate
18	對-硝基氯苯	p-Nitrochlorobenzene
19	氟化氫	Hydrogen fluoride
20	碘甲烷	Methyl iodide
21	硫化氫	Hydrogen sulfide
22	硫酸二甲酯	Dimethyl sulfate
23	含有 1 至 22 列舉物佔其重量超過百分之一製劑及其他之物。	

表 2-5 丁類特定化學物質

項次	化學名	英文名
1	氨	Ammonia
2	一氧化碳	Carbon monoxide
3	氯化氫	Hydrogen chloride
4	硝酸	Nitric acid
5	二氧化硫	Sulfur dioxide
6	酚	189 Phenol
7	光氣	Phosgene
8	甲醛	Formaldehyde
9	硫酸	Sulfuric acid
10	含有 1 至 9 列舉物佔其重量超過百分之一之製劑及其他之物。	

2.4.2 氣態與液態偵測裝置環保法令

氣體偵測器設置相關環保類法規回顧，彙整後如下列所示。

1. 毒性化學物質管理法第19條【17】：第一類至第三類毒性化學物質之運作過程中，應維持其防止排放或洩漏設施之正常操作，並備有應變器材。前項應變器材及偵測與警報設備之設置、構造、操作、檢查、維護、保養、校正、記錄、紀錄保存及其他應遵行事項之辦法，由中央主管機關定之。
2. 毒性化學物質管理法第32條：有違反第十九條第一項規定或依同條第二項所定辦法中有關應變器材、偵測與警報設備之設置、構造、操作、檢查、維護、保養及校正

之管理規定而污染環境者，處新臺幣一百萬元以上五百萬元以下罰鍰，並令其限期改善；屆期不改善者，得令其停工或停業；必要時，並得勒令歇業、撤銷、廢止登記或撤銷、廢止其許可證。

3. 毒性化學物質管理法第34條：有違反第十九條第一項規定或依同條第二項所定辦法中有關應變器材、偵測與警報設備之設置、構造、操作、檢查、維護、保養、校正、記錄及紀錄保存之管理規定者，處新臺幣十萬元以上五十萬元以下罰鍰，並令其限期改善；屆期不改善者，得令其停工或停業；必要時，並得勒令歇業、撤銷、廢止登記或撤銷、廢止其許可證。
4. 毒性化學物質應變器材及偵測與警報設備管理辦法第4條【18】：製造、使用、貯存第一類至第三類毒性化學物質有以下情形者，運作人應於運作場所適當地點設置偵測及警報設備。
 - (1). 常溫常壓下為氣態，或常溫常壓下為液態，運作時為氣態；其任一場所單一物質任一時刻運作總量達大量運作基準者。
 - (2). 常溫常壓下及運作時皆為液態，其任一場所單一物質年運作總量達三百公噸以上，或任一時刻達十公噸以上者。但在攝氏二十五度時該毒性化學物質蒸氣壓小於零點五毫米汞柱（mmHg）者，不在此限。

偵測及警報設備，指利用儀器連續偵測、記錄環境中毒性化學物質濃度，當濃度超過設定值時，可發出警報訊號之設備。
5. 毒性化學物質應變器材及偵測與警報設備管理辦法第6條：偵測及警報設備應具備下列構造及功能：
 - (1). 備用電源。
 - (2). 在偵測周圍濃度達警報設定值時，應能於一分鐘內自動發出警報燈示及聲響。
 - (3). 能發出持續明亮或閃爍之燈示及聲響。具有二個以上偵測端者，應能辨別發出信號之地點，且不相干擾。
 - (4). 發出警報後，偵測設備應能隨環境中氣體濃度之變化連續顯示信號。
6. 毒性化學物質應變器材及偵測與警報設備管理辦法第8條：偵測及警報設備之警報設定值，應依各運作場所適當地點之環境條件設定，其設定值不得大於勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準之十倍，無勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準者，設定值在攝氏二十五度一大氣壓條件下，不得大於每立方公尺二五〇毫克。
7. 毒性化學物質應變器材及偵測與警報設備管理辦法第9條：偵測設備於警報設定值

之偵測誤差應在正負百分之三十以內。

8. 毒性化學物質應變器材及偵測與警報設備管理辦法第10條：警報設備應設於運作場所人員常駐之地點，並指派專人管理。警報發出後，運作場所人員應確認已採取緊急措施，始能停止警報。
9. 毒性化學物質應變器材及偵測與警報設備管理辦法第11條：應變器材、偵測及警報設備應保持功能正常，且應每月實施檢查、維護及保養各一次。警報設備應每月實施功能測試一次；偵測設備應每年測試及校正一次，結果應作成紀錄，保存一年備查。
10. 毒性化學物質應變器材及偵測與警報設備管理辦法第13條：應變器材、偵測及警報設備發生故障者，應以書面記載並於十日內修復；未能於十日內修復者，應以書面向當地主管機關說明故障情形、修復時間及完成修復前所採取之替代措施。前項修復時間最多不得超過三個月；必要時，得向當地主管機關申請展延三個月。情況特殊者，得報請中央主管機關核准展延期限。

就調查某廠使用之具有火災爆炸危險之虞氣體，計有 PH_3 、IPA、 CH_4 、 C_2H_4 、 H_2 、六甲基化合物（OAP、HMDS）、 SiH_2Cl_2 、 SiH_4 、TEOS等。而丙類與丁類特定化學物質計有 Cl_2 、CO、HF、HCl、 NH_3 等。第一類至第三類毒化物質計有，1% PH_3/Ar 、 Cl_2 、 CrO_3 、ELM-C30(二甲基甲醯胺)、 PH_3 、1% PH_3/H_2 、1.25% Kr/Ne 、1% F_2/N_2 、20% F_2 、3.5% Ar/Ne 。以上使用多種法律規範化學物質，其條文說明為防止災害之發生，需設置氣態與液態偵測器重要性。

2.4.3 氣體偵測裝置分類及原理

氣體漏洩檢知警報設備定義，依照高壓氣體勞工安全規則相關基準，乃是應能檢知可燃性氣體、氧氣或毒性氣體之漏洩而指示其濃度並發出警報。而其條文規範內之檢知警報設備可利用接觸燃燒方式、隔膜加羅瓦尼克電池方式、半導體方式或其他方式，依賴檢知元件之變化為電氣性機構，周圍濃度達到於事前設定之氣體濃度警報設定值時可即刻發出自動警報者【19】。而一般半導體廠固定型氣體偵測器較常使用為半導體式，電化學式，紙帶式，紅外線式(IR)，觸媒燃燒式，熱裂解式等。而紙帶式適用於環境中毒性氣體之偵測，因在早期還未有適當之偵測器可測無塵室內部中之毒性氣體，所以廣泛應用於半導體工廠。但因其無法作標準氣體校正及耗材太貴及不易保存，慢慢已被電

化學式偵測器取代。以下就各型原理解文獻回顧探討【20】。

1. 半導體式

測量主體為一金屬氧化物(常用的為 SnO_2)，當無欲量測之氣體時，其電阻是一定值。但當有欲測試氣體時出現時，則電阻會依濃度而產生相對的變化。經由阻值之變化可得知測試氣體濃度，如圖而其優點可應用於各種氣體之偵測，並且價格便宜與反應快速。但缺點為無選擇性與干擾多，造成誤報性狀況嚴重，並且氣體濃度太高會有元件過熱燒毀的現象。

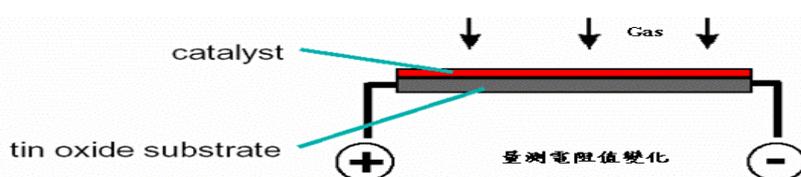


圖 2-23 半導體式氣體偵測器【20】

2. 電化學式

量測原理乃氣體經一滲透薄膜進入偵測器內部，在充滿膠態電解液室中，以特定電位將該氣體電解，藉由此電解反應中其電流值測定氣體濃度，一般輸出電流為4~20ma，在經由內部設定換算為受測氣體濃度值。其內部結構如圖2-24所示。其優點在於氣體選擇性較佳，環境干擾性較低，亦較其它偵測器穩定，並且使用壽命較長。缺點在於部份較穩定特殊氣體如 NF_3 、 C_5F_8 等無法氧化還原反應氣體，沒辦法準確測得濃度。此偵測器類型於半導體廠使用最為頻繁。

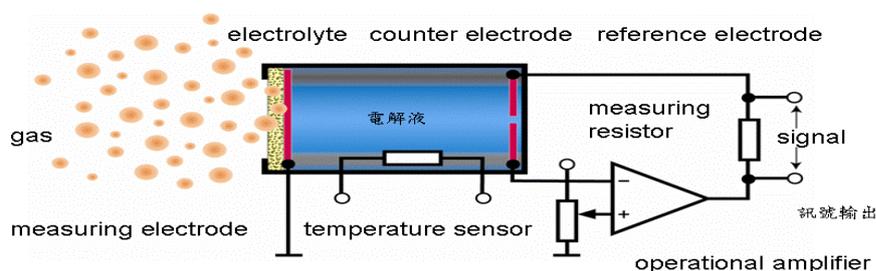


圖 2-24 電化學式氣體偵測器【20】

3. 觸媒燃燒式

此偵測器主要應用於偵測爆炸性氣體濃度，其原理是利用二條白金線圈置於兩個磁珠內，一個磁珠外面覆蓋一層觸媒，當燃燒性氣體與偵測器接觸後，一個磁珠會因化學

反應而產生熱，而另一個磁珠因無觸煤所以無反應，所以該磁珠因溫度升高則阻抗降低的關係，由此可以偵測出燃燒性氣體的濃度，如圖2-25所示。偵測器所顯示的濃度單位為爆炸下限(Low Explosive Limit %, LEL%)，當偵測之氣體濃度達到100% LEL時，並且有足夠氧氣及有點火源，那麼就很容易發生爆炸。其優點在於操作容易並且價格便宜，反應時間快。而缺點則是Sensor容易受H₂S，NH₃，F，Cl，Br等化合物與烷化物之毒化，並且測定濃度為LEL%，無法作精準濃度值(ppm)之量測。因有火災爆炸之虞，故目前半導體廠皆逐漸降低使用該偵測器。

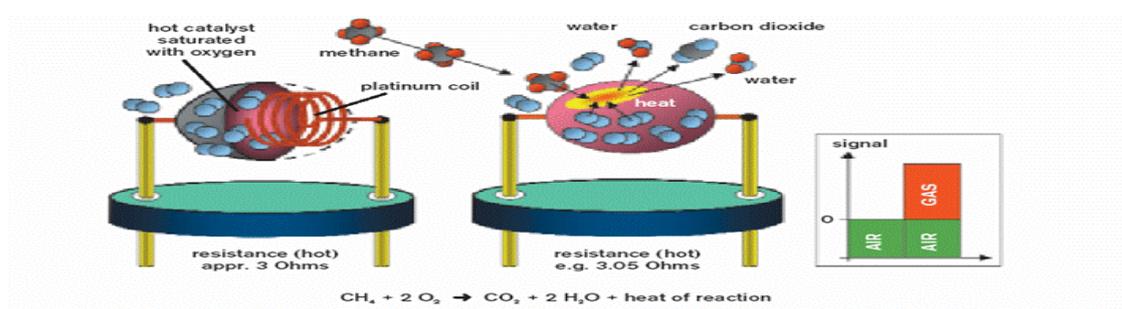


圖 2-25 觸媒式氣體偵測器【20】

4. 紅外線(IR)偵測器

一種取代觸媒偵測器的產物，利用紅外線之特定波長(如: 3.3um or 3.4um)，照射量測氣體(含C、H鍵有機化合物)，其因吸收了紅外線能量，造成紅外線能量的減少，由減少的量換算受測氣體濃度值，如圖2-26。其優點在於使用壽命長達15年，且具有穩定高不易零點飄移，可因此減少校正及維修工作。其可測定濃度0-100%LEL，精確度可測至0-2000 ppm小單位濃度。反應速度約比觸媒Sensor快一倍，且Sensor不會受H₂S, F₂, Cl₂, Br₂, NH₃及矽烷化物毒化。缺點為價錢太高，且無法量測氫氣。故一般半導體廠皆使用定點量測瓦斯閥箱。

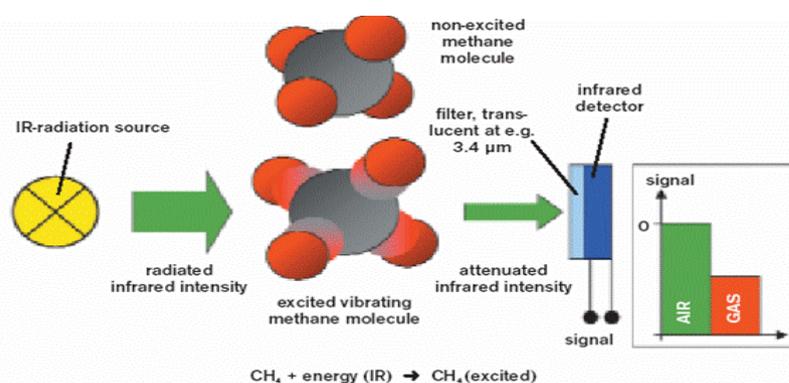


圖 2-26 紅外線式氣體偵測器【20】

5. 熱裂解電化學偵測器

其原理是利用加熱裂解難氧化還原的氣體，如 NF_3 、 C_5F_8 等穩定度很高之氣體，使其轉變成為 NO 、 HF 及 CO_2 。再利用 HF Sensor加以偵測濃度後，經過內部程式換算成 NF_3 或 C_5F_8 之濃度。優點在於許多無法利用氧化還原方式，來使其成離子化偵測濃度的氣體，可以使用熱裂解之方式來偵測，避免應用昂貴的分析儀。缺點在於精確度較電化學Sensor低，可能因為熱裂解的效率不足，程式濃度換算產生誤差值。並且較電化學Sensor價格貴，而且加熱線圈容易腐蝕，而常需維修保養。

2.4.4 液體偵測器原理

而某廠使用之定址式液體偵測器，感測原理為主要靠2條感測電纜線來偵測漏液或導電物質，如二條電纜線路的導通，則會造成警報，如圖2-27所示。而連接線及信號線則可偵測線路是否異常斷線之情況。

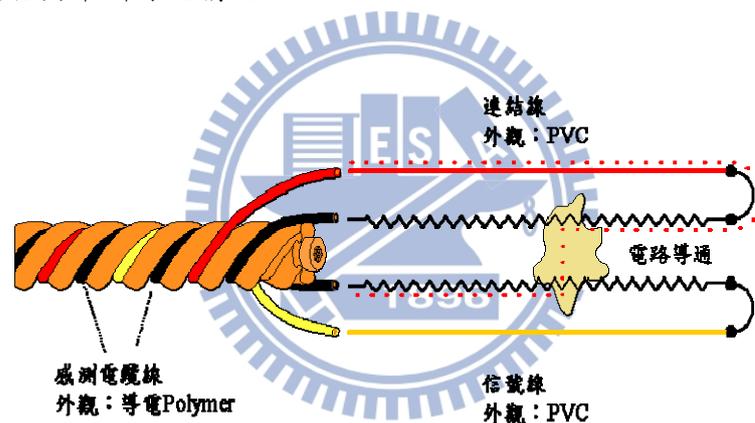


圖 2-27 漏液感知器原理【20】

2.5 區域洗滌設備氣體偵測器偵測點探討

氣體之設置廣泛運用於高科技廠房，主要功用在於短時間內偵測出毒性與可燃性氣體是否存在，與該有害氣體濃度值。進一步在化學災害擴大前發出警報，讓應變人員可進行災害搶救，而降低災害損失與環境污染情形。故氣體偵測器選用與偵測點位設計是極為重要。而某半導體廠氣體偵測系統設計架構，從現場設置之偵測器本體偵測到有害氣體，傳送電訊號給接收模組，再經由可編程式控制器（Programmable Logic Controller, PLC）進行安全連鎖連動將現場供應設備關閉，另一方面轉換為數位訊號輸出給監視控制系統（Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA），系統架構如圖2-28所示。監

控人員可藉由此警報訊號，進行緊急應變並防止災害擴大。

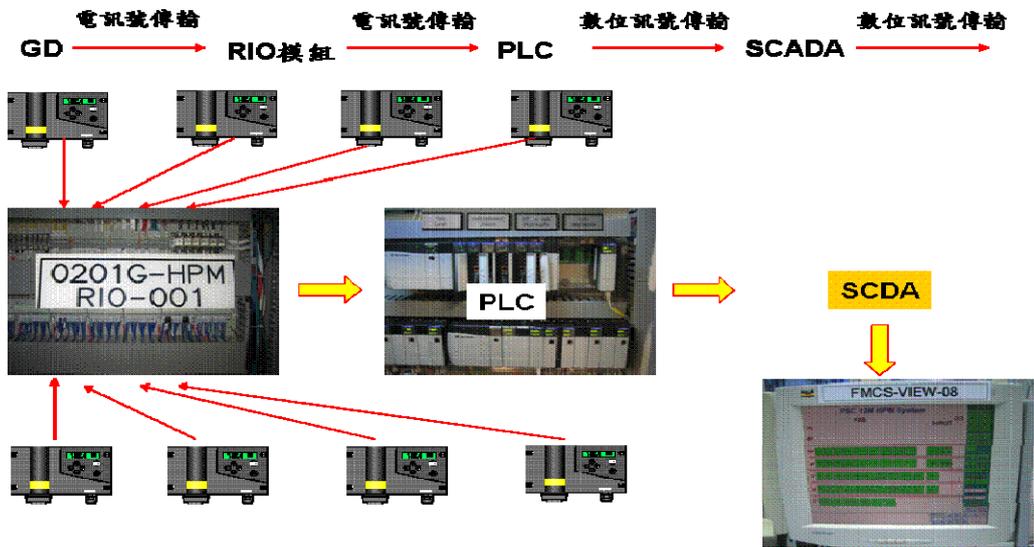


圖 2-28 氣體偵測系統架構

2.5.1 區域洗滌設備氣體偵測器採樣方式

半導體廠固定型氣體偵測器採樣方式，主要可分為擴散式、內嵌式與主動吸引式。而擴散式主要為偵測環境中氧濃度與有害氣體含量，應用於氣體房，化學房，電氣室等區域。內嵌式則是將偵測器安裝至需偵測點如排氣風管內。此類型可減少採樣幫浦抽氣時間，如氣體洩漏可迅速得知。一般應用於高風險場所，如特殊氣瓶供氣櫃、氣體閥箱。主動吸引式為利用採樣幫浦連接導管，將偵測點中環境氣體抽至氣體偵測器偵測。一般安裝於區域洗滌設備，製程幫浦等設備之排氣風管，一般採取共點方式，如製程機台幫浦與區域洗滌設備共一偵測點方式設置，如此可節省氣體偵測器設置成本。如圖2-29所示。

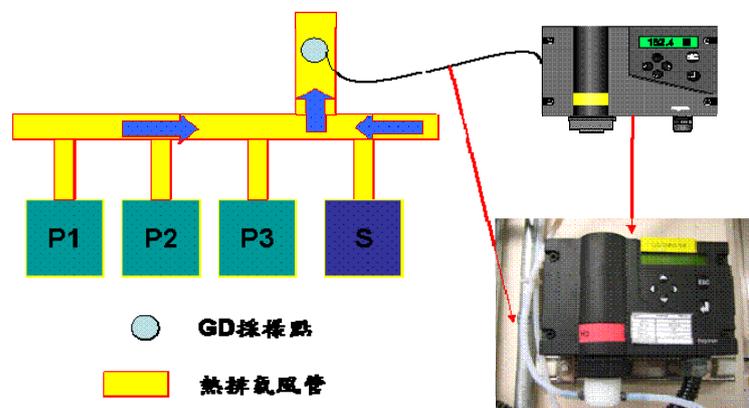


圖 2-29 製程幫浦與區域洗滌設備偵測器佈點

氣體偵測器採樣點佈點位置錯誤，會導致氣體偵測功能失效。以下針對某半導體廠歷年佈點位置錯誤案例探討。

1. 案例一：

設計為二台區域洗滌設備（Scrubber）與製程幫浦（Pump）共用採樣點，如此會造成警報機台不明確，而增加應變人員查漏時間。後續針對此設計修改將該熱排氣風管分開，以在警報發生時可立即確認事故機台，如圖2-30所示。

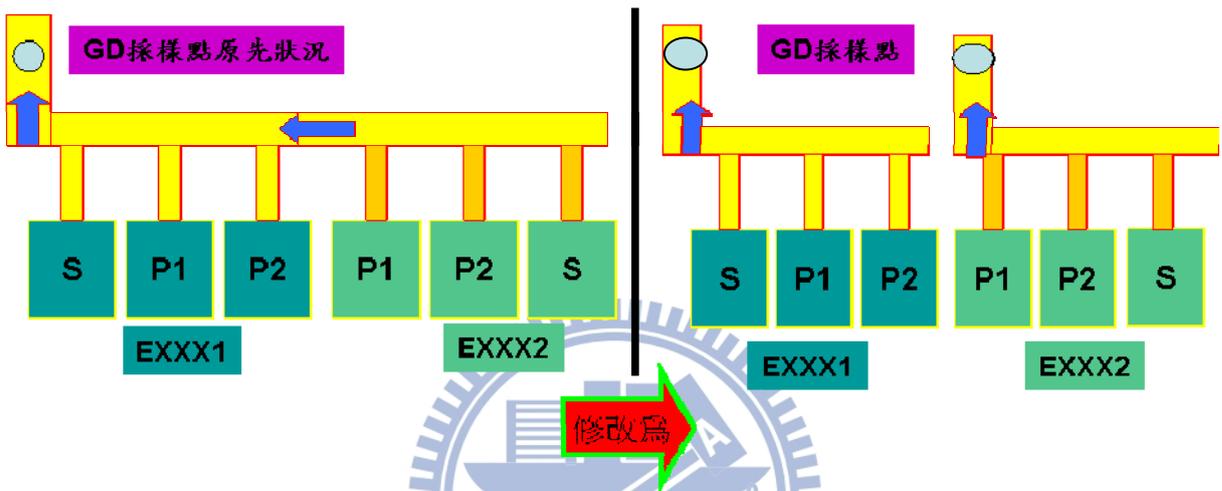


圖 2-30 氣體採樣點設計不良案例(1)

2. 案例二：

氣體偵測器採樣點因設計在區域洗滌設備熱排氣管路上方，失去偵測製程幫浦熱排氣管路功能，固後續針對此設計，修改為在區域洗滌設備與製程幫浦熱排氣風管共管處，裝設偵測點，如此可達到偵測二點之效益，如圖2-31所示。

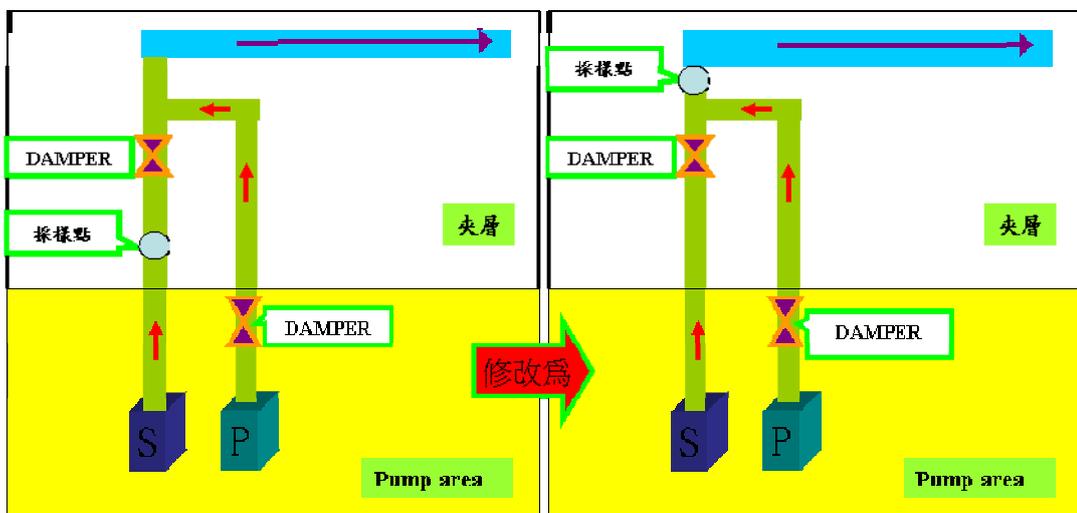


圖 2-31 氣體採樣點設計不良案例(2)

2.5.2 區域洗滌設備氣體偵測器警報設定

而氣體偵測器警報值設定，乃是依照國際半導體設備產業協會（SEMI）規範建議，矽甲烷氣體偵測器濃度警報值須設定於時量平均恕限值（Threshold Limit Value-Time Weighted Average, TLV）的二分之一，故廠內氣體偵測器，毒性及可燃性氣體第一段警報值(alarm 1)，大多依照此建議設定，或者優於此建議，設定為TLV的四分之一，而半導體廠一般特殊氣體氣體偵測警報值設定，如表2-6所示。但由於某些氣體偵測器因其偵測極限與警報設定問題，無法偵測或設定到低濃度，故無法低於TLV值，如O₃、CH₂F₂、AsH₃、ClF₃等特殊氣體。

表 2-6 半導體廠氣體偵測器警報設定值

Chemical Name	TLV(ppm)	A1(ppm)	A2(ppm)	Range(ppm)
HF	3	2.5	5	10
SiH ₂ Cl ₂	5	2.5	5	10
WF ₆	3	2.5	5	10
TiCl ₄	3	2.5	5	10
IPA	200	100	200	300
NO	25	12.5	25	100
O ₃	0.1	0.25	0.5	1
NF ₃	10	10	10	50
CH ₂ F ₂	1000	2000	4000	10000
N ₂ O	50	250	500	1000
CO	35	12.5	25	100
TEOS	10	5	10	100
O ₂	18%	19.5	18	25vol%
Cl ₂	0.5	0.25	5	1
20%F ₂ /N ₂	1	0.25	0.5	1
F ₂ /Kr/Ne	1	0.25	0.5	1
NH ₄	25	12.5	25	100
PH ₃	0.3	0.15	0.3	1
SiH ₄	5	2.5	5	10
AsH ₃	0.05	0.05	0.1	1
B ₂ H ₆	0.1	0.25	0.5	1
BCl ₃	5	2.5	5	10
HCl	5	2.5	5	30
ClF ₃	0.1	0.3	0.3	3
HBr	3	2.5	5	30
BF ₃	1	0.25	0.5	3

2.6 風險分析應用與方法

半導體業界為避免潛在的危害造成重大工安事故，藉由各類危害辨識與風險評估機制，來評估潛在可能的危害或風險程度，並依據評估結果設計或變更風險控制措施，可降低風險至可容忍範圍。所以進行風險分析的目的是要了解影響安全與生產力的因素有哪些，如此才能掌握重點，進行設備完整的整體性規劃。各種風險分析的應用範圍不外乎下列四項：【21】

1. 設備分級

確認製程內所有之設備，並將它們予以分級，以作為管理實施之依據，風險分析乃是分析以設備的功能性及發生異常的嚴重性為主要探討內容，唯有透過風險分析才能確認設備分級制度之正確性。

2. 檢測規劃

因為設備種類的繁多，首先透過設備之分級過濾，排定優先順序，透過風險分析可以協助判斷個別設備的檢測需求。後續排定設備進行安全性檢測，以維持設備可以正常運轉下的狀況，

3. 設計變更

設計變更指的是工廠因應製程需求，或為製程變更與加強安全性，利用分析的結果，可具體地提出設計變更的需求與方向，而設計變更的項目不限制系統設備硬體與軟體，舉凡因應風險而生的管理或作業程序之設計皆屬之。

4. 教育訓練

教育訓練以符合技術專長與作業安全為訴求，無論是以安全或技術的觀點，風險分析的結果是最佳的教育訓練教材，因為風險分析是集合單位內人員的智慧與經驗，指設備的設計、製造、安裝、操作與維護。

而風險分析方法起始於航空工業及核能發電工業。其目的在尋找系統中可能潛在的危害，並加以預防改善。工廠中一般之定性風險分析方法有：故障樹分析(Fault Tree Analysis, FTA)，檢核表 (Check List)，如果與結果分析(What-If)，危害及可操作性分析(Hazard and Operability Studies, HazOp)，失誤模式與影響分析(Failure Modes and Effects Analysis, FMEA)等五種。以下就各種分析方法做文獻回顧討論。

2.6.1 故障樹分析

故障樹分析方法為 1961 年貝爾實驗室華特森 (H.A. Watson) 開發出來的安全分析技術，其為空軍義勇兵飛彈的控制系統內一項研究計畫、原本用以分析飛彈發射管制系統，其後又經該實驗室研究小組持續改進，其由於對繁複系統具有多層面的分析，所以獲得當時人們重視。後來故障樹技術由赫索 (Haasl) 領導在波音航空公司實施該分析方法，而這項技術經常被應用於重大安全顧慮的系統上，如核能發電廠、煉油業等等，以防止重大災害的發生【22】。而故障樹技術以系統操作時所系統失效之結果設為頂端事件 (Top Event)，利用演繹的方法，從上至下逐步找出導致該事件發生的事件及原因，依其關係逐一繪製成樹狀圖形，即為故障樹圖，如圖 2-32 所示。而故障樹分析即為探求結構樹圖中的各項事件及原因，分析結束後，何者對頂端事件影響較大，即為系統操作時之失誤，而因該失誤則進行改善系統可靠度之依據。且其優點在於而其提供明確之圖示方法、以使設計者之外的人亦可容易的了解導致系統故障之各種途徑。

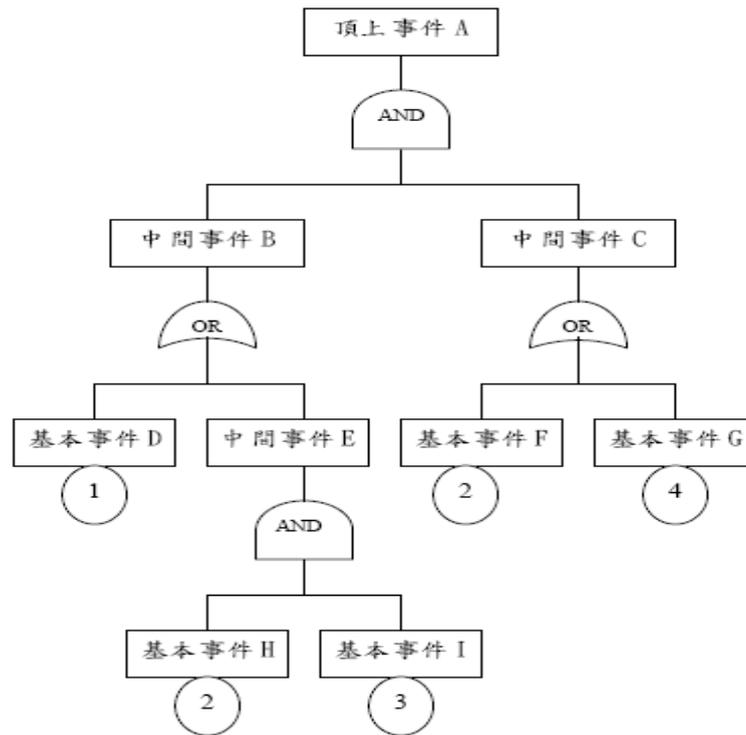


圖 2-32 失誤樹分析示範

2.6.2 檢核表

檢核表 (Check List) 是最常使用於工業界進行檢查作業場所危害之工具，且我國推行多年之事業單位自動檢查亦常使用該方法，其執行方式為事前參照相關安全規範而定義出，並以條列之方式列出需查核項目，提供現場檢查人員逐條進行檢查並紀錄，使

用範圍非常廣泛且分析方法相當簡易的一種危害鑑別方式，而執行危害辨識人員利用查核表中列出的具體項目，包括設備系統、操作、維修或其它應被關注之項目，再利用制式的表單項目辨識硬體系統，作業方式或物質的危害，操作失誤或潛在的風險危害。

2.6.3 如果-結果分析

What-If 是一種利用小組成員來討論製程或操作上之安全性的方法，由評估小組成員以各自的專長提出許多「如果……會怎樣？」(What-If)的問題來研討出發生事故所造成可能的結果，目前有的安全措施及建議改善措施等。而這種分析技術不需要具體的量化方式或額外的事前規劃，為執行危害辨識較簡單的方法，舉例來說可為如果氣體供應系統內氣動閥異常，會發生什麼狀況，如表 2-7 所示。

表 2-7 What if 分析表示範

區域名稱	分析日期		
設備名稱	分析人員		
如果…/產生之結果	後果/危害	既有防護措施	改善建議
如果氣動閥(氮氣供應不足)/閥開關異常	管路內漏	後端壓力計	該氣動閥改成(N.O)
如果矽甲烷供應壓力過大/氣體洩漏	火災爆炸	壓力調節	增設緊急遠端停止
如果異丙醇供應流量過大/液體洩漏	火災爆炸	緊急撤水裝置	增設漏液感知器
如果洗滌塔循環水不足/排放高濃度廢氣	環境污染	流量監測	增設備用幫浦

2.6.4 危害及可操作性分析

HazOp 為一種簡單且具系統結構性的危害辨識方法。分析方法的基礎是在製程參數及操作條件上，利用導引字(Guide Words)描述出可能的既有設計值偏離的狀況，及發生異常的情境，而其分析的目的是以系統化的方式詳細的審查製程或操作，判斷製程偏離是否導致不期望的後果。HazOp 的分析術語，如表 2-8 所示【22】。當辨識人員列出偏離可能的原因和後果，以及防止偏離的防護措施後，則進一步判斷現有的保護措施是否不足，再提出相關的建議行動以降低危害。儘管該方法本為應用於新設計產品、但亦可應用於廠房設計與操作的任何階段。該分析表範例如附錄二所示。

表 2-8 HazOp 分析術語定義

術語	定義
製程區段 (或研討節點)	具有明確界線的設備區段(如兩容器間的管線)，在這界線內檢討製程參數的偏離。或者P&IDs 圖上的一個地方(如反應器)，在此處檢討製程參數的偏離。

操作步驟	被HazOp 分析小組所分析之批式製程或操作程序，其中的間斷動作可能是手動、自動或軟體執行的動作。應用在每一步驟的偏離分析與用在連續製程的偏離分析有點不同。
目的	在沒有偏離的情況下，工廠被預期如何操作的定義，有許多種形式來表達，可能是描述的或圖表的(如製程描述、流程圖、管線圖、P&IDs)。
引導字	用來描述表示設計目的的簡單字詞，並用來引導和刺激腦力激盪的程序以辨識製程危害。
製程參數	與製程相關之物理或化學性質，包括一般的項目如反應、混合、濃度、pH 和特定的項目如溫度、壓力、相(Phase)和流量。
偏離	遠離設計目的，經由以下方法來發現潛在問題，即藉著有系統地將引導字應用至製程參數形成一群可能引發危害原因(如無流量、高壓等)，以供小組來評估每個製程區段。
原因	偏離發生的理由，一但偏離顯示有一個可信的原因，即被認為是有意義的偏離，這些原因可能是硬體故障、人為失誤、不預期的製程狀況(如組成改變)、外界失常(如停電)等。
後果	偏離的結果(如火災爆炸、毒性物質外洩等)，通常小組會假設無防護措施或既有防護措施均失效。較輕微的後果可不被考慮。
防護措施	工程系統或管理上的控制，設計來防止原因發生或減輕偏離的後果(如製程警報、連鎖系統、操作程序等)。
改善建議	對於設計修改、程序改變或進一步研討範圍的提議(如增加一套壓力警報或調整兩個操作步驟的順序等)。

2.6.5 失誤模式與影響分析

1950 年 Gruman 航空器公司提出失效模式與效應分析 (FMEA)，並用於飛機主操縱系統失效分析之用，因其效用彰顯並獲得極大認同，隨後即被美國太空總署、國防部及各軍種在發展武器系統或安全程序時使用，其後逐漸推廣至其他相關軍需用品、電子設備等。FMEA 技術的應用發展十分迅速，到了 1960 年代，此技術應用在航太業之可靠度設計與安全風險評估【23】【24】。FMEA 為一種辨識潛在的產品或安全性失誤模式的分析技術，目的在探討可能導致意外或嚴重事件之失誤情況。因 FMEA 具有詳細的格式表格，對設備清單內的每一設備／零組件一一分析，細究造成原因，探討失效導致的後果並定義其嚴重等級，最後提出改善意見或檢測建議。分析人員可依據這些失誤之描述，而作為改善系統設計之資料。而典型之分析表如表 2-9 所示。

表 2-9 FMEA 分析表範例

項次	設備元件	失效模式	影響結果	嚴重性			可能性	風險等級	改善建議
				人員危害	設備狀況	環境危害			

2.7.1 風險分析案例研究回顧

1. 陳清庭應用利用失誤模式與影響分析(FMEA)、失誤樹分析(FTA)等方法【8】，在氯氣瓶櫃找出人員操作或設備故障所導致洩漏的問題點，並藉此建立人員作業標準程序及系統設置時的檢核表，作為避免問題點重複發生的預防機制，進而增加氯氣供應系統的穩定性、提升人員作業的安全性、提高供應氣體的品質、減少意外洩漏發生機率。
2. 林英才於晶片式 Solar cell 廠，進行機台風險之研究【26】，該研究運用半導體機台相對危害等級分析法探討出在晶片式 Solar Cell 廠區內，重大不可接受風險區域為 SiH₄ 氣瓶櫃、VMB、PECVD 機台。後續使用 HazOp 分析得 63 項可能造成製程偏離之因素，進而建立一安全查核表。並利用每月查核方式，進行高風險區域之查核，避免或降低危害事件之發生。
3. 葉忠益利用 HazOp 風險分析技術於蒸汽鍋爐工場之適用性研究【27】，此研究在鍋爐區、重油區、飼水區、加藥區、脫硝區及、脫硫區。設想製程偏離情境，對製程每一節點作分析，並導入事故後果的嚴重性、可能性及風險等級的觀念，評估蒸氣鍋爐工作場所之危害內容，進而規劃相關改善措施。
4. 黃國強應用 HazOp 風險分析技術於石油化學輕裂工場【28】，並利用相關防護方法降低其風險。而該研究顯示輕裂工場中烯烴製程區、乙炔回收區、乙烯儲存區內超過 1984 條管路，為潛在失誤風險最高的製程。經分析結果將防護措施改善後，工廠設備可靠度從 88.2% 提高至 98.1%。
5. 陳焜耀於高科技產業 10% SiH₄ + N₂ 供應製程【29】，應用 Check List 實施初步危害分析，結果顯示其製程內有潛在重大危害。並利用 HazOp 進行細部危害分析，而分析所得結果之執行相關系統改善建議。後續進行 FTA 危害分析，以比較製程變更前後之安全效益。

由上述風險分析案例得知，實施風險分析對於危害的辨識與風險管控有一定之必要性，並可藉由眾人腦力激盪的評估後內容，得知發生情境，影響後果，進而探討出改善方法。故本文後續將採用相關分析方法，探討失誤發生後果及嚴重度，再藉由危害因子探討改善對策。

第三章 研究方法

本文初步統計某半導體異常事件，於區域洗滌設備發生之事故件數為最高，約占總百分比 25%。就前述統計顯示，因其為異常事故發生率較高之設備，故將針對某半導體廠區域洗滌設備，從 2006 年到 2010 年導致氣體偵測器與液體偵測器及偵煙感知器警報之異常事件進行初步統計。而相關偵測器原理與警報設定值於文獻回顧已得知。將統計完之結果進行基本原因及直接與間接發生原因初步分析。而後續之後果分析方法選用，以美國於 1992 年二月頒布之 OSHA(Occupational Safety & Health Administration, OSHA) 29 (Code of Federal Regulation, CFR) Part 1910.119 高危險化學品物質製程安全管理【30】，此法案要求需執行製程危害分析，且指定需使用 What - If、Check List、HazOp、FMEA、FTA、What-If 與 Check List 混合法等六種方法中之任何一種做為分析方法。而我國中央主管機關亦規範需採用上述其中之一方法。故將採用上述其中一種方法。

而本研究因歷年異常事件之原因及故障因子已得知，故不需重覆探討其原因。而就文獻回顧中已得知 HazOp、FTA、What-If 等分析方法，皆為先行演譯異常事件發生原因，所以本文選用失誤模式與影響分析法 (FMEA)，做為本研究中之危害分析方法。該方法乃利用一預先制定之空白分析表，其中項目分為失效因子，失效模式，失效機率，嚴重性，可能性，改善對策，風險等級，如附錄三所示。可將異常事件發生原因，故障元件代入失效模式及失效因子，在代入統計之件數，估算失效機率。且可進行後果嚴重性等級，改善對策，可能性等級與風險等級評估。

故本文先將統計結果內之事故原因，故障元件將其分為失效模式及失效因子，進行失效模式與影響效應分析。後續寫入該分析表內，而其中之失誤機率計算，就統計結果內異常元件之件數，除以該設備 2006~2010 年運轉時數，得出該元件失誤機率。而分析表內之嚴重性等級，則是參考美國半導體協會所訂立之風險評估規範內嚴重性分類標準，如表 3-1 所示【31】。而分析表內之可能性等級之判定，亦參考該評估規範內所定義之可能性標準，如表 3-2 所示。後續將嚴重度等級與可能性等及代入風險矩陣表中，如表 3-3 所示，即得出該失效因子風險等級。後續將分析表內之改善對策進行彙整，並針對廠內相關設施實施行政管控與工程控制。

後續針對異常事件改善完成之結果比對，則是統計 2011 年異常事件件數，在使用失誤模式及影響分析方法，分析其失誤機率及可能性，嚴重性，風險等級，再針對上述之項目進行比較。判斷廠內進行改善對策後之成效性。最後彙整區域洗滌設備硬體安全設備與安全互鎖機制，國內外相關安全基準與法令制定標準規範，提供後續設備機台裝機評估，及保養維修須知之參考標準。而研究流程如圖 3-1 所示。

表 3-1 嚴重性分類標準

嚴重的	人員	設備／設施	財產
4. 一重大的	一人或多人死亡。	系統或設備損失。	化學品洩漏具有立即及持續對環境或健康的衝擊。
3. 一嚴重的	殘廢傷害／疾病。	主要的次系統損失或設施損壞。	化學品釋放，具有暫時對環境或公眾健康的衝擊。
2. 一中度的	醫療處理或須限制其工作活動。	次要的次系統損失或設施損壞。	化學品釋放，有須要對外報告。
1. 一輕度的	僅須一般醫藥處理。	不嚴重的設備或設施損壞。	化學品釋放，只需要例行的清除，不須要報告。

表 3-2 可能性分級標準

可能性分類	預期的發生率。	分級
經常的	每年超過五次的。	5
可能的	每年一次以上，但每年未超過五次。	4
也許的	五年內超過一次，但每年未超過一次。	3
稀少的	十年內超過一次，但五年內未超過一次。	2
極不可能的	十年內未超過一次。	1

表 3-3 風險等級矩陣

風險評估矩陣		可 能 性				
		經常的 5	可能的 4	也許的 3	稀少的 2	極不可能的 1
嚴重性	重大的 4	5	5	4	3	2
	嚴重的 3	5	4	3	2	2
	中度的 2	4	3	2	2	1
	輕度的 1	3	2	2	1	1

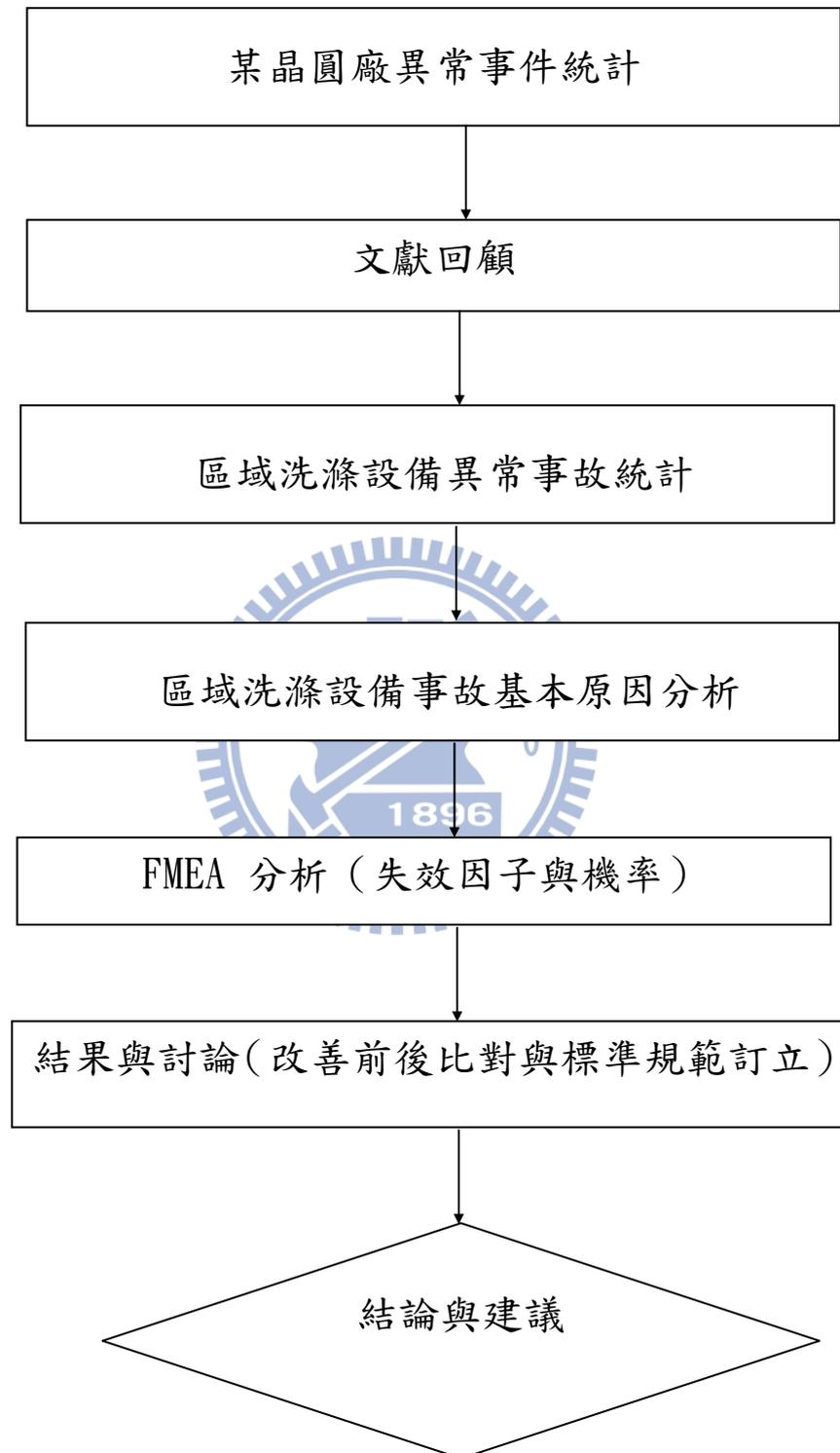


圖 3-1 研究流程

第四章 區域洗滌設備異常事件統計與分析

統計某半導體廠2006年到2010年異常事件發現，在區域洗滌設備總件數高達252件，其中氣體洩漏事故157件，佔百分比62%，液體洩漏事故為90件，佔百分比36%，煙霧產生為5件，佔百分比2%，如圖4-1所示。由該圖可得知氣體洩漏事故，在區域洗滌設備總事故為最高後。後續針對各區域洗滌設備進行異常事件發生之機台製程、區域洗滌設備廠牌、發生原因進行探討。

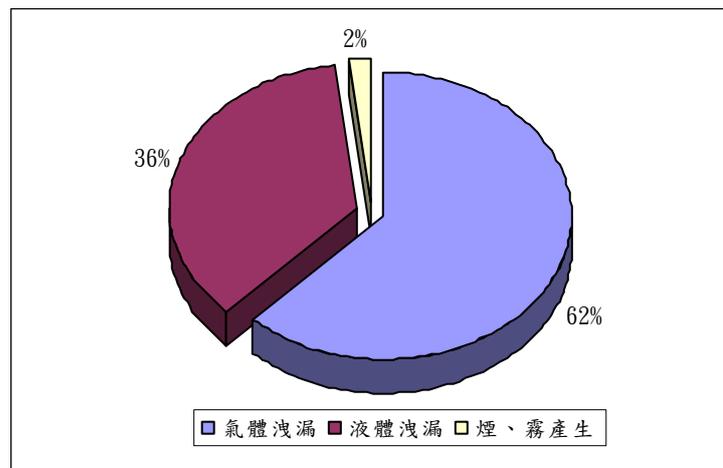


圖 4-1 區域洗滌設備事故分類

4.1 氣體洩漏事故原因統計

就統計發現事故件數最高為，區域洗滌設備排氣管路與酸排氣管路阻塞的65件，其次為區域洗滌設備內部管路接點鬆脫42件，排氣管路與管件破損18件，區域洗滌設備元件故障16件，人員作業管理缺失的16件等，如表4-1所示。

表 4-1 氣體洩漏事故原因分類

異常原因	合計	百分率
Scrubber 管路阻塞	65	41%
Scrubber 管路接點鬆脫	42	27%
排氣管路_管件破損	18	11%
Scrubber 元件故障_破損	16	10%
作業管理之缺失	16	10%
總計	157	100%

4.1.1 區域洗滌設備管路阻塞統計

管路阻塞以製程分類統計分析，如表4-2所示，發現在薄膜製程中，管路阻塞件數為54件，其中又以W/Wsi 製程為最高17件，Ti/TiN 與TEOS 製程各為16件，蝕刻製程共計為6件，其中以金屬蝕刻製程為最高4件，而爐管製程為8件，其中以SIN 製程為最高共為6件。故由以上得知半導體各製程中以薄膜TEOS、Ti 與W沉積製程，蝕刻金屬導線蝕刻製程 (Metal)，爐管則為氮化矽 (SIN) 沉積製程，此五種製程管路阻塞發生率為最高。

表 4-2 管路阻塞製程分類

製程名稱	製程代號	Process Gas	Clean Gas	管路阻塞次數
Thin Film	SiON	NH ₃ ,N ₂ O,SiH ₄	NF ₃	1
	A-C	C ₃ H ₆	NF ₃	0
	BPSG/TEOS	O ₃ ,TEOS,TEB,TEPO	NF ₃	16
	IMD	SiF ₄ ,N ₂ O,OMCTS,TEOS	NF ₃	0
	SiN	SiH ₄ ,NH ₃ ,N ₂ O	NF ₃	1
	SiO ₂	SiH ₄ ,H ₂	NF ₃	0
	Ti/TiN	TiCl ₄ ,NH ₃ ,H ₂	ClF ₃	16
	W/Wsi	WF ₆ ,SiH ₄ ,H ₂	NF ₃ /ClF ₃	17
ETCH	Metal	SF ₆ ,Cl ₂ ,BCl ₃ ,CF ₄ ,CHF ₃	N/A	4
	Poly	SF ₆ ,Cl ₂ ,BCl ₃ ,CF ₄	N/A	1
	Oxide	C ₅ F ₈ ,CH ₂ F ₂ ,C ₄ F ₈ ,C ₄ F ₆ ,CO,CHF ₃ ,CF ₄	N/A	1
Furnace	POLY	SiH ₄ 、PH ₃ 、N ₂ 、O ₂	ClF ₃	0
	D-POLY	SiH ₄ 、H ₂ 、N ₂ 、O ₂ /Ar、AsH ₃ /H ₂	ClF ₃	1
	Hi-K	TEMAH、TMA、Octane、O ₃ 、HCL、N ₂	HCl	0
	SIN/M-SIN	SiH ₂ Cl ₂ 、NH ₃ 、O ₂ 、N ₂	20% F ₂ /N ₂ & HF&ClF ₃	6
	POLY	SiH ₄ 、PH ₃ 、N ₂ 、O ₂	ClF ₃	1
	PYRO	N ₂ 、H ₂ 、O ₂ 、NO	N/A	0
	TEOS	TEOS、N ₂ 、HF、20%F ₂ /N ₂ 、O ₂ 、N ₂ O、SiH ₂ Cl ₂ 、NH ₃ 、ClF ₃	ClF ₃	0
總計				65

而區域洗滌設備管路阻塞導致氣體洩漏事故內，針對其進行設備阻塞元件統計發現，Scrubber Inlet 管路阻塞件數為最高33件，主要集中在肘管彎管處與製程特氣導入處阻塞，如圖4-2所示。其次為Scrubber出口酸排氣風管阻塞的12件，Scrubber 切換旁通風管排放未經處理廢氣，導致酸排旁通風管阻塞，共計有7件，如圖4-3所示。燃燒室阻塞

的8件，如圖4-4所示。Scrubber By Pass Pipe 阻塞的2件等，總計如表4-3所示。而上游製程排氣統計分類方面，以BPSG/TEOS 製程在Scrubber Inlet 肘管處為最高，阻塞導致氣體總洩漏次數達11件。如表4-4所示。

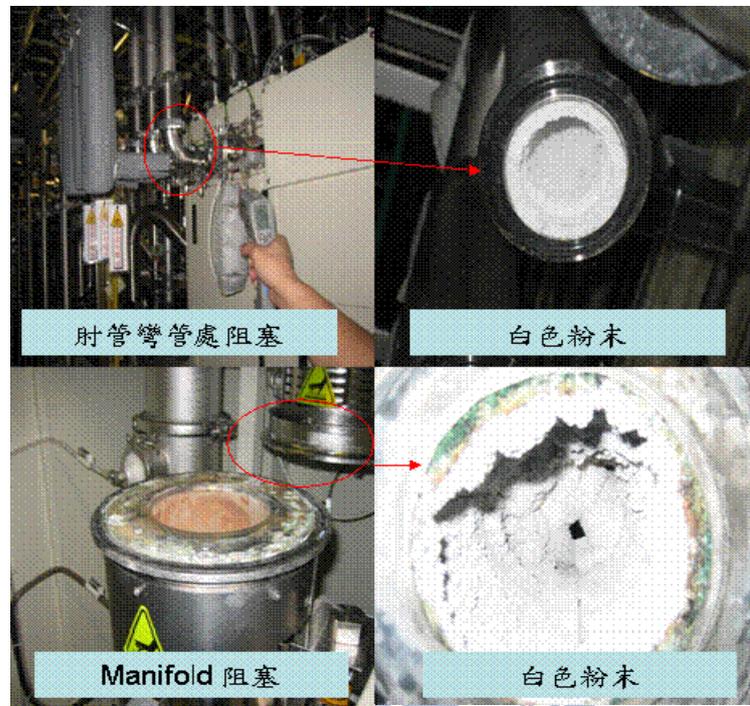


圖 4-2 Inlet Pipe/Manifold 阻塞狀況

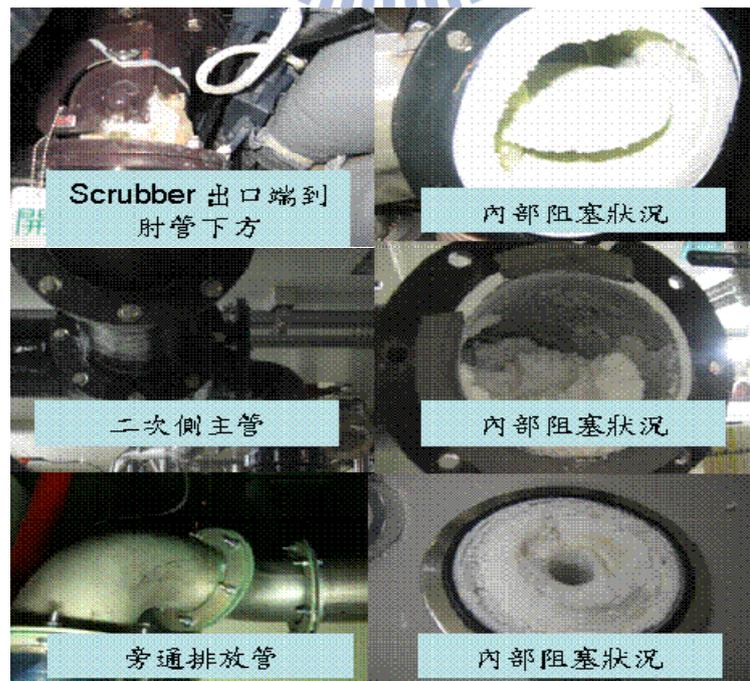


圖 4-3 酸排氣風管阻塞狀況

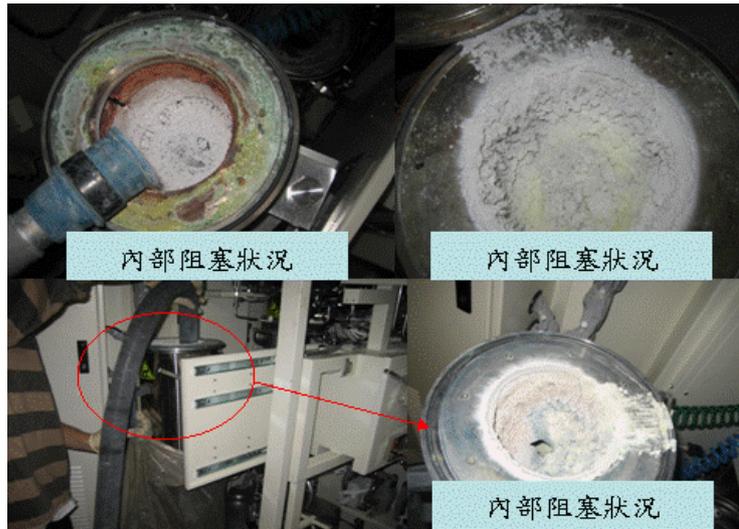


圖 4-4 燃燒室阻塞狀況

表 4-3 管路阻塞異常元件

異常元件	合計	百分率
Scrubber Inlet Pipe	33	50%
酸排氣風管	12	18%
Burner	8	12%
酸排(旁通)風管	7	11%
Scrubber By Pass Pipe	2	3%
Scrubber Outlet Pipe	1	2%
Packed Tower	1	2%
吸附濾心	1	2%
總計	65	100%

表 4-4 製程與阻塞異常元件統計

製程代號	區域洗滌設備型號	阻塞處	小計
BPSG/TEOS	UN2002A-PG	CVD 排氣風管	2
		Scrubber Inlet Pipe	11
		Scrubber Outlet Pipe	1
		燃燒室	2
D-POLY	TPU+WESP	Scrubber Inlet Pipe	1
Metal	Clean-S-Z-13	Scrubber Inlet Pipe	2
		濾心	1
M-SIN	UN2004A-PG	Scrubber Inlet Pipe	1
	UN2002A-PG	CVD 排氣風管	2
Oxide	Zenith	By-Pass 酸排氣風管	1
	PFC	酸排氣風管	1

POLY	Clean-S-ZN-13	By-Pass 酸排氣風管	1
	TPU+WESP	CVD 排氣風管	1
SiN	UN2002A-PG	Scrubber By Pass Pipe	1
		Scrubber Inlet Pipe	1
		燃燒室	1
	UN2002A-PGT	By-Pass 酸排氣風管	1
SiON	UN2002A-PG	Scrubber Inlet	1
Ti/TiN	UN2002A-PG	By-Pass 酸排氣風管	1
		CVD 排氣風管	2
		Packed Tower	1
		Scrubber Inlet Pipe	4
		燃燒室	2
	UN2002A-PGD	By-Pass 酸排氣風管	2
		Scrubber Inlet Pipe	2
	UN2002A-PGT	Scrubber Inlet Pipe	1
燃燒室		1	
W/Wsi	UN2002A-PGD	Scrubber Inlet Pipe	6
		燃燒室	2
	UN2002A-PGT	By-Pass 酸排氣風管	1
		CVD 排氣風管	4
		Scrubber By Pass Pipe	1
		Scrubber Inlet Pipe	3
總計			65

4.1.2 區域洗滌設備管路接點鬆脫統計

就統計分析資料顯示，Scrubber Inlet Clamp，Scrubber By Pass Clamp，Condensing Zone Clamp 等元件鬆脫導致氣體洩漏次數為最高，共為35件，探討原因可能為製程排放尾氣使用乾式幫浦抽真空，導致管路有些微震動，長期影響下接點有微鬆動狀況，進而導致氣體洩漏。而CDA，Hot N₂，氣動閥N₂接頭鬆脫，導致供應用一般氣體洩漏，共為7件，其應為一般性接頭材質破損造成。總計如表4-5所示。

表 4-5 管路接點鬆脫統計

異常元件	合計	百分比
Scrubber Inlet Clamp	29	69%
Scrubber By Pass Clamp	4	10%
CDA 管路接頭	3	7%
Hot N ₂ 管路接頭	2	5%
氣動閥~N ₂ 管路接頭	2	5%

Condensing Zone Clamp	1	2%
Scrubber Outlet Clamp	1	2%
總計	42	100%

4.1.3 區域洗滌設備管路元件破損統計

就統計分析資料顯示，在區域洗滌設備進氣端管路與旁通管路墊片腐蝕破損，導致氣體洩漏最多，共計為8件。進氣端伸縮軟管（Bellows）腐蝕破損為6件，其中有5件材質為鐵弗龍（Polytetrafluoroethylene, PTFE）但因較容易破損造成Gas Leak，故後續全面採用日本工業標準(Japanese Industrial Standards, JIS) SUS316 材質。如圖4-5所示。區域洗滌設備旁通二次側排氣風管破損為2件，進氣管路破損為2件，進氣管路破損為2件，統計如表4-6所示。統計顯示比較其製程與異常元件，就BPSG/TEOS製程與Metal等製程進行比較，統計顯示薄膜製程（BPSG/TEOS）較易形成管材之破損。

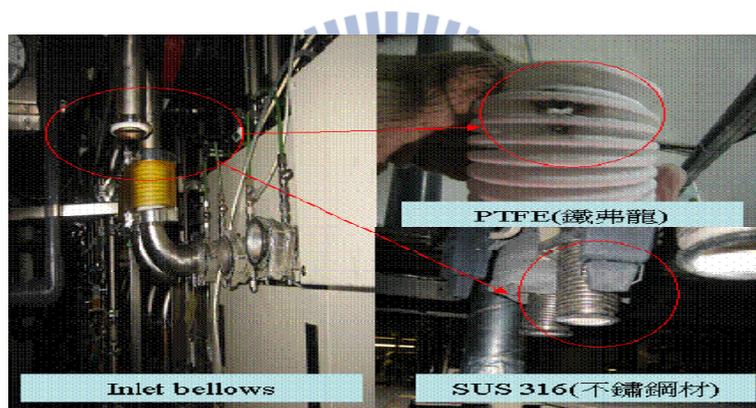


圖 4-5 Inlet Bellows 破損狀況

表 4-6 管路元件破損統計

製程代號	異常元件	合計
BPSG/TEOS	By-pass 酸排氣風管	2
	Scrubber Inlet Pipe	2
	Scrubber Inlet Bellows	4
	Scrubber Inlet Clamp O-ring	2
Metal	Scrubber Inlet Clamp O-ring	3
POLY	Scrubber By pass Clamp O-ring	1
	Scrubber Inlet Clamp O-ring	1
Ti/TiN	Scrubber Inlet Bellows	1
W/Wsi	Scrubber Inlet Bellows	1
	Scrubber Inlet Clamp O-ring	1
總計		18

4.1.4 區域洗滌設備元件故障破損統計

就統計分析資料顯示，區域洗滌設備冷凝槽 (Condensing Zone)，燃燒室，吸附濾心桶表面因腐蝕破損而導致氣體洩漏為5件，因冷卻水噴頭阻塞，導致冷卻槽 (Quench) 與冷凝槽之塗佈材質過熱破損腐蝕，因而內部阻塞造成氣體洩漏的4件，如圖4-6所示。Quench Nozzle 接頭腐蝕造成氣體洩漏的2件。因排水幫浦故障，且系統未停止供水及切換旁通排放，導致區域洗滌設備內部滿水至冷凝槽，導致壓力升高而造成氣體洩漏，共計有2件。氣動閥內部墊片破損的1件。區域洗滌設備因進氣壓力異常，但因旁通氣動閥故障，未自動切換旁通排放的1件。ICS 區域洗滌設備排氣鼓風機故障，導致內部壓力升高造成氣體洩漏的1件。總計為16件，如表4-7所示。

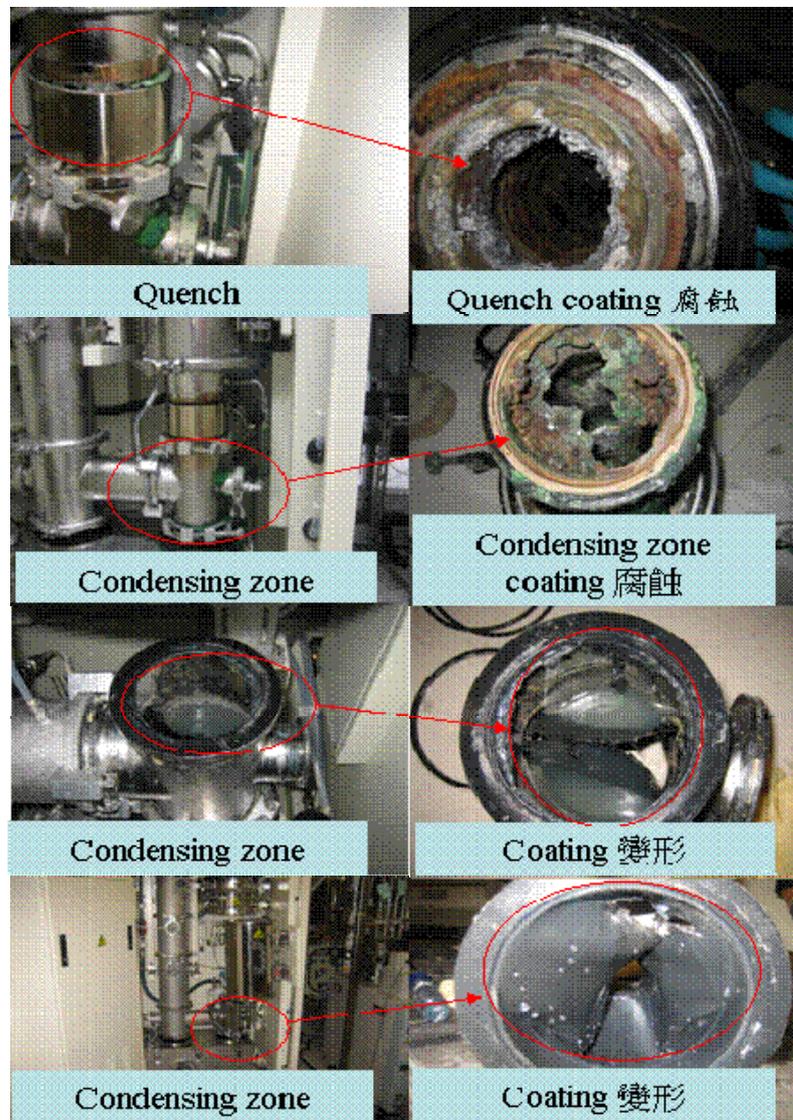


圖 4-6 Condensing Zone Coating 腐蝕狀況

表 4-7 區域洗滌設備元件故障破損統計

異常元件	合計	百分比
Condensing Zone	3	19%
Condensing Zone Coating	3	19%
Quench Nozzle	2	13%
Circulation Pump	1	6%
Drain Pump	1	6%
氣動閥墊片	1	6%
鼓風機	1	6%
燃燒室	1	6%
濾心桶槽	1	6%
旁通氣動閥	1	6%
Quench Coating	1	6%
總計	16	100%

4.1.5 作業管理缺失統計

就統計資料顯示，Scrubber內部管路與元件清潔，保養前未確實進行前置作業（真空幫浦排空製程廢氣），而立即拆除管路，與因拆管後無先行將管路盲蓋，導致管內殘氣逸散，共為12件。壓力偵測預留孔未盲蓋與壓力偵測導管未銜接，造成氣體洩漏為2件。壓力校正作業未先行停機，導致氣體洩漏為1件。機台誤關機導致無法自動切換，因而造成內部壓力過高，導致氣體外洩為1件。共計為16件，如表4-8所示。

表 4-8 作業管理缺失分類

異常元件	小計	百分比
管路殘氣逸散	12	75%
壓力偵測預留孔未盲蓋	1	6%
壓力校正作業未停機	1	6%
機台誤關	1	6%
壓力偵測導管未接	1	6%
總計	16	100%

4.2 液體洩漏事故統計

就統計資料顯示，設備元件故障造成液體洩漏事故有26件，管路接點鬆脫造成為21件，管件破裂造成液體洩漏為18件，元件破損造成液體洩漏者為12件，人員維修保養作業管理缺失為9件，設備管路阻塞造成液體洩漏為4件。總計如表4-9所示。

表 4-9 液體洩漏事故原因分類

異常原因	小計	百分比
設備元件故障	26	30%
設備管路接點鬆脫	21	23%
設備管件破損	19	21%
設備元件破損	11	12%
作業管理之缺失	9	10%
設備管路阻塞	4	4%
總計	90	100%

4.2.1 區域洗滌設備元件故障統計

而設備元件故障就以廠牌統計顯示，Unisem與BOC Edwards之區域洗滌設備其供水電磁閥故障主要原因為，因Scrubber 所使用水為回收後化學中和之酸鹼性廢水，常會加入大量漂白水(次氯酸鈉)，其容易造成電磁閥片腐蝕，導致閉鎖不全導致持續進水造成水槽溢流。而BOC Edwards 區域洗滌設備Drain Pump故障，探究其原因為因機台警報造成系統Idle，且關閉之供水電磁閥閉鎖不全，而其初設定為系統停止後，各連動功能將失去作用，如水槽液位計連動排水幫浦，故水槽滿水亦無法連動幫浦起動，導致水槽溢流。其異常件數共有4件，統計如表4-10所示。而不分類統計顯示水供應流量電磁閥故障為最高佔58%。區域洗滌設備排水幫浦故障，無法正常排水狀況佔27%，因液位計故障無法正常連動停止供水事故為15%，如表4-11所示。

表 4-10 廠牌設備元件故障統計

廠牌	型號	危害元件	小計
BOC EDWARDS	TPU+WESP	Drain pump	4
		Scrubber 供水流量控制閥	9
		Water Tank 液位計	1
	Zenith	Scrubber 供水流量控制閥	2
		Water Tank 液位計	1
UNISEM	UN2002A-PG	Scrubber 供水流量控制閥	1
		Water Tank 液位計	2
	UN2002A-PGD	Drain Pump	1
		Scrubber 供水流量控制閥	2
	UN2002A-PGT	Drain Pump	1
UN-2004A-PGS	Drain Pump	1	
台禹	ECS-2250	Scrubber 供水流量控制閥	1
總計			26

表 4-11 設備元件故障狀況統計

異常元件	小計	百分比
Scrubber 供水流量控制閥	15	58%
Scrubber Drain Pump	7	27%
Water Tank 液位計	4	15%
總計	26	100%

4.2.2 區域洗滌設備管路接點鬆脫統計

設備管路接點鬆脫統計資料顯示，在循環水幫浦管路接頭為8件最高，生產補給水管路接頭為6件，製程冷卻水管路接頭為6件，排水幫浦管路接頭為2件。探討其原因皆為因水供應及幫浦運轉皆有震動及水錘現象，故研判長期以來造成管路接頭鬆脫。總計如表4-12所示。

表 4-12 管路鬆脫狀況統計

異常元件	小計	百分比
循環水幫浦管路接頭	8	36%
生產補給水管路接頭	6	27%
製程冷卻水管路接頭	6	27%
排水幫浦管路接頭	2	9%
總計	22	100%

4.2.3 區域洗滌設備管件破損統計

設備管件破損統計資料顯示，在循環水幫浦與排水幫浦端管路接頭，因長期震動造成管路接頭破損現象達6件。區域洗滌設備排水（Local scrubber return, LSR）接頭因薄膜式幫浦供應氣源不足，導致管內壓力過大造成爆管。與管路揚程過高，水無法達到預定高度，導致管路內壓力過大造成爆管狀況，如圖4-7所示。及因管路固定不良長期震動導致接頭磨損造成管路破裂。上述異常事件共為3件。其餘一般接頭與墊片破損，造成液體洩漏共計9件，如表4-13所示。

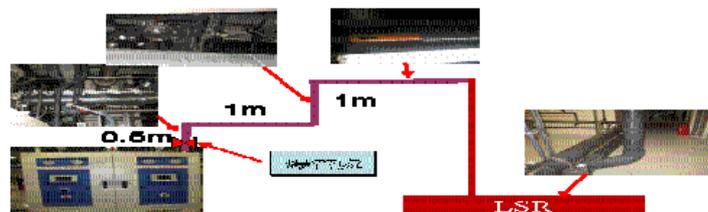


圖4-7 LSR爆管示意

表 4-13 管件破損狀況統計

異常元件	小計	百分比
循環水幫浦管路接頭	5	28%
LSR 管路接頭	3	17%
Quench 生產補給水管路接頭	2	11%
生產補給水管路 (JW)	1	6%
PCW 管路接頭	1	6%
Cyclone Nozzle 接頭	1	6%
JW Flow Meter O-ring	1	6%
Water Tank Inside PCW 管路	1	6%
Burner Outside PCW 接頭	1	6%
Condensing Zone Nozzle 接頭	1	6%
排水幫浦管路接頭	1	6%
總計	18	100%

4.2.4 區域洗滌設備元件破損統計

而設備元件破損統計顯示，生產補給水濾心外殼材質不良龜裂，濾心墊片 Seal 不良造成液體洩漏為 8 件。循環水幫浦軸封液體滲漏為 2 件，酸排氣風管壓差計破裂，導致內部蓄積水氣之液體洩漏。總計如表 4-14 所示。

表 4-14 元件破損狀況統計

異常元件	小計	百分比
JW Filter O-ring	4	36%
JW Filter 外殼	4	36%
Circulation Pump 軸封	2	18%
酸排氣風管壓差計	1	9%
總計	11	100%

4.2.5 作業管理缺失統計

作業管理缺失統計顯示，一般機台及反應室清潔不慎造成液體滴漏狀況為 6 件，因供應排水幫浦潔淨壓縮空氣 (CDA) 氣源閥件遭誤關，且 Leak Sensor 及水供應電磁閥皆未連動關閉。導致水持續供應且無法排水造成水槽溢流事故為 2 件。保養維修人員使用中央集塵管吸除清理反應室殘水，造成管內累積酸液，導致液體洩漏為 1 件。總計如表 4-15 所示。

表 4-15 作業管理缺失狀況統計

異常元件	小計	百分比
機台反應室清潔作業	6	67%
CDA 閥件誤關	2	22%
使用中央集塵吸水	1	11%
總計	9	100%

4.2.6 區域洗滌管路阻塞統計

設備管路阻塞統計顯示，水槽排水管阻塞造成溢流狀況為3件。LSR手動閥其閥片腐蝕斷裂，斷裂之閥片卡住排水管路，導致阻塞爆管現象為1件。總計如表4-16所示

表 4-16 管路阻塞狀況統計

異常元件	小計	百分比
Water Tank Drain 管	3	75%
LSR 手動閥	1	25%
總計	4	100%

4.3 煙霧事故統計

就統計資料顯示，煙霧產生導致偵煙感知器動作共有 5 件，區域洗滌設備進氣管路阻塞，導致 Powder 噴出為 2 件，人員保養作業，未依規定將管路盲蓋缺失為 2 件，設備管路防震護套因無法耐高溫而發生熱熔為 1 件，如表 4-17 所示。

表 4-17 煙霧產生異常原因統計

異常原因	異常元件	合計
設備管路阻塞	Scrubber Inlet	2
作業管理缺失	管路粉塵逸散	2
材質不良	Scrubber Bellow Pipe 防震護套	1
總計		5

4.4 異常事件基本原因分析

根據區域洗滌設備氣體洩漏異常事件統計結果，針對各項異常元件進行直接原因，間接原因，基本原因分析。如下列所示：

1. 管路阻塞導致氣體洩漏事故佔總異常事件41%。
 - (1). 直接原因：製程排氣洩漏造成氣體偵測器動作。
 - (2). 間接原因：排氣管路阻塞導致壓力升高。
 - (3). 基本原因：壓力異常警報，未自動切換旁通排放（安全連鎖裝置失效）。與長期旁通排放造成旁通管路阻塞，導致切換時造成壓力過大造成洩漏。
 - (4). 改善對策：每日壓力點檢，維修保養時進行連動測試。針對阻塞情況較多之製程（Ti/TiN，W/Wsi，BPSG/TEOS，SIN）等製程進行保養週期規劃，降低阻塞導致氣體洩漏事故次數。
2. 管路接點鬆脫導致氣體洩漏事故，佔總洩漏事故27%。
 - (1). 直接原因：製程排氣洩漏造成氣體偵測器動作。
 - (2). 間接原因：管路接點鬆脫導致氣體洩漏。
 - (3). 基本原因：管路震動造成接點鬆脫。
 - (4). 改善對策：維修保養後重覆確認各接點是否鎖固，墊片是否密合。
3. 排氣管路元件破損導致氣體洩漏事故，佔總洩漏事故10%。
 - (5). 直接原因：製程排氣洩漏造成氣體偵測器動作。
 - (6). 間接原因：管件破裂造成氣體洩漏。
 - (7). 基本原因：管件腐蝕造成管路破損。
 - (8). 改善對策：維修保養確認各管件狀況，每次保養之管件墊片建議更換。
4. 區域洗滌設備元件故障及破損導致氣體洩漏事故，佔總洩漏事故10%。
 - (1). 直接原因：製程排氣洩漏造成氣體偵測器動作。
 - (2). 間接原因：元件內襯材質破裂或故障造成內部阻塞造成壓力升高導致氣體洩漏。
 - (3). 基本原因：製程排氣管內壓力升高，造成氣體洩漏。
 - (4). 改善對策：維修保養測試各元件，及確認內部材質是否有腐蝕破損。
5. 作業管理缺失導致氣體洩漏事故，佔總洩漏事故10%。
 - (1). 直接原因：製程排氣洩漏造成氣體偵測器動作。
 - (2). 間接原因：人員不安全動作及人員疏失。
 - (3). 基本原因：維修時管路未Cap及導管未銜接與關錯機台。
 - (4). 改善對策：人員教育訓練及保養前工具箱會議。

根據區域洗滌設備液體洩漏異常事件統計結果，針對各項異常元件進行直接原因，間接原因，基本原因分析。如下列所示：

1. 設備元件故障(供水流量控制閥，排水幫浦，液位計)導致液體洩漏事故，佔總洩漏事故30%。
 - (1). 直接原因：液體洩漏造成漏液偵測器動作。
 - (2). 間接原因：因軟體設定異常造成供水流量開關無法動作，與排水幫浦與液位計失效故障造成無法連動水停止供應。
 - (3). 基本原因：設備元件失效且互鎖功能系統設定異常。
 - (4). 改善對策：修正系統互鎖功能設定，使如漏液偵測器動作，系統Idle，但循環水槽液位計連動排水幫浦啟動功能仍可連動。加上機台保養時確實進行功能測試。
2. 設備管路接點鬆脫（循環水幫浦，排水幫浦，水供應接頭等）導致液體洩漏事故，佔總洩漏事故23%。
 - (1). 直接原因：液體洩漏造成漏液偵測器動作。
 - (2). 間接原因：管路接點鬆脫導致液體洩漏。
 - (3). 基本原因：因幫浦運轉造成管路震動，長久導致管路接點鬆脫。
 - (4). 改善對策：每次保養確認管路接點有無鬆脫現象。
3. 設備管件破損（循環水幫浦接頭，排水幫浦接頭，LSR接頭，水供應管路接頭等）導致液體洩漏事故，佔總洩漏事故21%。
 - (1). 直接原因：液體洩漏造成漏液偵測器動作。
 - (2). 間接原因：管路與接頭破損導致液體洩漏。
 - (3). 基本原因：因幫浦啟動與停止，造成管路震動產生水槌現象，導致管路接頭有龜裂及破損。
 - (4). 改善對策：每次保養確認管路與接頭有無破損現象，降低排水管路高度，避免管路水錘震動過大。
4. 設備元件破損（循環水幫浦軸封，生產補給水Filter外殼與Filter墊片等）導致液體洩漏事故，佔總洩漏事故12%。
 - (1). 直接原因：液體洩漏造成漏液偵測器動作。
 - (2). 間接原因：循環水幫浦Filter外殼與墊片破損導致液體洩漏。

- (3). 基本原因：循環水幫浦長時間接觸酸性廢水，造成軸封腐蝕。生產補給水濾心盒材質不良與該墊片密合不佳導致液體洩漏。
- (4). 改善對策：每次保養確認濾心盒與循環幫浦等元件現況有無破損。
5. 作業管理缺失（人員保養作業，閥件誤關，不當使用中央集塵管等）導致液體洩漏事故，占總洩漏事故10%。
 - (1). 直接原因：液體洩漏造成漏液偵測器動作。
 - (2). 間接原因：保養作業與人員誤操作導致液體洩漏。
 - (3). 基本原因：人員不安全動作與疏失。
 - (4). 改善對策：人員教育訓練及保養前工具箱會議。
6. 排水管路阻塞（區域洗滌設備排水管與排水管路手動閥）導致液體洩漏事故，占總洩漏事故4%。
 - (1). 直接原因：液體洩漏造成漏液偵測器動作。
 - (2). 間接原因：區域洗滌設備排水手動閥片遭腐蝕與WESP內部元件掉落，造成阻塞管路，導致水槽溢流。
 - (3). 基本原因：元件腐蝕破損與Powder阻塞管路。
 - (4). 改善對策：於循環水槽中，增設柵欄以阻隔粒狀物，避免Powder阻塞後端管路與增加保養清理頻率。

根據區域洗滌設備煙霧產生之異常事件統計結果，針對各項異常元件進行直接原因，間接原因，基本原因分析。如下列所示：

1. 管路阻塞導致煙霧事故佔總異常事件40%。
 - (1). 直接原因：Powder 噴出造成偵煙感知器動作。
 - (2). 間接原因：排氣管路壓力升高，造成powder噴出。
 - (3). 基本原因：管路壓力異常未自動切換旁通排放。
 - (4). 改善對策：每日壓力點檢，維修保養時進行連動測試。針對阻塞情況較多之製程（Ti/TiN，W/Wsi，BPSG/TEOS，SIN，Metal）等製程進行保養週期規劃，降低阻塞導致氣體洩漏事故次數。
2. 作業管理缺失導致煙霧事故佔總異常事件40%。
 - (1). 直接原因：清理powder產生煙霧造成偵煙感知器動作。

- (2). 間接原因：保養人員誤操作造成煙霧產生。
 - (3). 基本原因：人員不安全動作與疏失。
 - (4). 改善對策：人員教育訓練與工具箱會議宣導。
3. 設備元件溶毀導致煙霧事故佔總異常事件20%。
- (5). 直接原因：煙霧產生造成偵煙感知器動作。
 - (6). 間接原因：防震護套溶毀造成煙霧產生。
 - (7). 基本原因：護套材質耐溫不足造成熔毀。
 - (8). 改善對策：保養時點檢相關管路護套是否有相同熱熔狀況。

4.5 異常事件失誤模式與效應分析

而該方法首先針對某半導體廠發生之異常事件原因及異常元件，將其分成失效因子與失效元件，在代入 2006~2010 年統計件數，除於 5 年總時數共 43800 小時，得出該異常元件每小時失效機率，再依照 SEMI 之風險評估規範進行風險評估，得出嚴重性標準，可能性標準，後續代入風險等級矩陣得出風險等級。而分析結果得知，氣體洩漏事故發生之失效因子共有 36 項，其失效機率最高為進氣管路阻塞的 7.5×10^{-4} ，等，如附錄四所示。液體洩漏事故發生之失效因子共有 27 項，其中失效機率最高為供水流量控制閥故障的 3.4×10^{-4} 等，如附錄五所示。煙霧事故發生之失效因子共有 3 項，其中失效機率最高為進氣管路阻塞與作業管理缺失的 4.6×10^{-5} ，如附錄六所示。參考分析之基本原因絕大部分皆是，設備管路阻塞，設備元件故障，安全連鎖裝置失效，設備管件震動破損，人員作業疏失造成。

而進行失誤模式與影響分析後，發現大多之失效因子風險等級皆在等級五，其屬於高度風險，而依照行政院勞委會發佈之風險評估技術指引【25】，內容說明第五級為高度風險，需立即採取風險降低措施。第四級為高度風險，需在一定期限採取風險控制措施。第三級為中度風險，亦需致力於風險的降低，可參酌成本考量，逐步降低風險比例。第二級為暫時無須降低風險，但需確保現有防護措施之有效性。第一級為無需降低風險，但仍需確保現有防護措施之有效性，故後續將針對分析結果內之失效因子，將風險等級較高項目，持續改善至可容忍風險。而進行方法先為彙整分析表內之預防措施及改善對策，如表 4-18 所示。將相關改善對策於 2010 年實施工程控制與行政管控改善。後續進行統計 2011 年異常事件件數進行比較，藉此判斷改善成效性。

表 4-18 改善對策彙整

項次	改善對策
1	每日進行區域洗滌設備排氣壓力點檢。
2	針對阻塞情況較多之製程 (Ti/TiN, W/Wsi, BPSG, TEOS, SIN) 等製程進行保養週期規劃。
3	維修保養時確認供應氣體壓力是否在正常範圍。
4	維修保養時確認供應水流量是否在正常範圍。
5	維修保養時需確實進行各互鎖功能連動測試。
6	維修保養後重覆確認各接點是否鎖固，墊片是否密合。
7	維修保養時確認各管件狀況，每次保養之管件墊片建議更換。
8	維修保養時確認各設備元件及內部材質是否有腐蝕破損。
9	維修保養時確認各洗滌水與冷卻水管路及噴頭是否有阻塞狀況。
10	人員教育訓練及保養前工具箱會議。
11	修正 BOC 軟體系統互鎖功能設定。(機台 Idle, 水槽液位計亦可連動幫浦起動)
12	降低排水管路高度，避免管路水錘效應，導致震動過大。
13	針對震動較大管路，增加管路固定。
14	於循環水槽中，增設柵欄以阻隔粒狀物隨循環幫浦抽取至水噴頭造成噴頭阻塞。
15	針對特定製程爐管 (Poly) 易產生 powder 製程之區域洗滌設備，採用水源不循環設計，(Water Re-Circulation Unit, WRU) 換成 Service module 設計，避免濾心及管路阻塞。
16	管材 (Bellow) 避免使用 PTFE 材質，採用 SUS 316 不鏽鋼材質，避免破損。

第五章 結果與討論

5.1 異常事件改善探討

根據分析結果之改善建議於2010年進行後，統計某半導體廠2011年之區域洗滌設備事故，氣體洩漏次數為15件，液體洩漏次數為12件，煙霧產生次數為2件。總計為29件。事故百分比如圖5-1所示。而氣體與液體洩漏及煙霧產生之異常事件，扣除2006年因建廠初期，故設備運轉時數較少。其餘比較2007年事故次數的39件，2008年事故次數的76件，2009年事故次數的76件，2010年事故次數的56件改善許多。歷年異常事件比較如表5-1所示。

圖 5-1 區域洗滌設備異常事件次數 (2011 年)

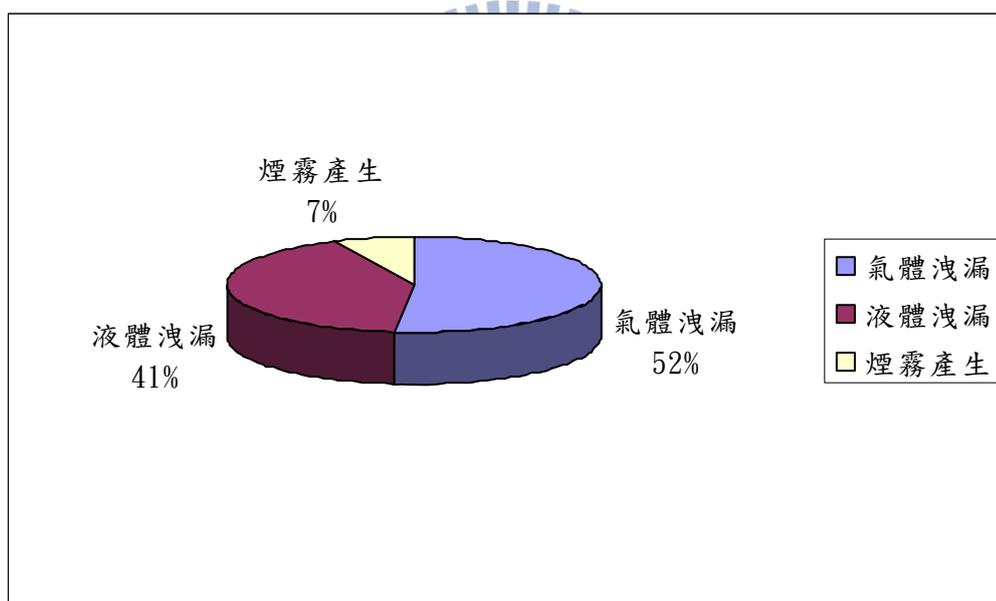


表 5-1 歷年異常事件次數比較

年度/狀況分類	氣體洩漏	液體洩漏	煙霧產生	小計
2006	4	1	0	5
2007	25	12	2	39
2008	51	25	0	76
2009	39	35	2	76
2010	38	17	1	56
2011	15	12	2	29

而異常原因部份，以 2011 年統計資料，氣體洩漏事故方面，仍為管路阻塞導致氣體洩漏次數為最高，共計 6 件。其餘原因仍為排氣管路_元件破損，管路接點鬆脫，作業管理缺失，氣體供應管路破損等。在液體洩漏事故，為管件破損為最高，共計 4 件。其餘原因為設備內部元件破損，設備元件故障，管路接點鬆脫，作業管理缺失等。而煙霧產生事故，則為因天然氣 (NG) 切換液化石油氣 (LPG) 後，因 LPG 熱值過高，影響其供應之區域洗滌設備機台因燃燒室溫度過高，造成全數機台 (BOC) 切換旁通排放，而後因旁通排放管路內已有些許阻塞 (靜壓不足)，導致氣體洩漏事故。統計彙整如表 5-2 所示。

表 5-2 異常原因與異常元件彙整

狀況分類	異常原因	危害元件	小計	
氣體洩漏事故	作業管理之缺失	管路殘氣逸散	1	
	排氣管路_元件破損	Scrubber Inlet Clamp O-ring	2	
	設備管路阻塞	Scrubber By Pass	2	
		Scrubber Inlet 管路	3	
		Scrubber Outlet Pipe	1	
	設備管路接點鬆脫	Scrubber By Pass Clamp	1	
		Scrubber Inlet Clamp	2	
		燃燒室 Flange	1	
	設備氣體供應管路破損	CDA 管路	1	
		N2 管路接頭	1	
液體洩漏事故	作業管理之缺失	CDA 供應閥件誤關	1	
		機台管路_反應室清潔作業	2	
	設備元件故障	Scrubber 供水流量控制閥	2	
		流量計	1	
	設備元件破損	JW Filter 外殼	1	
		設備管件破損	循環水幫浦管路接頭	1
			生產補給水電磁閥管路接頭	1
			生產補給水管路	1
設備管路接點鬆脫	WESP Inlet 循環水管路接頭	1		
煙霧產生事故	機台跳脫	NG 供應異常	1	
	設備管路阻塞	Scrubber By Pass Exhaust	1	
總計			29	

而改善前後失誤因子比較，其因子之失誤機率，皆有明顯下降之現象，如氣體洩漏事故失誤因子，Scrubber Inlet 管路阻塞之失效機率從每小時 7.5×10^{-4} 下降至 3.4×10^{-4} 。液體

洩漏是故失誤因子中，供水流量控制閥故障之失效機率從每小時 3.4×10^{-4} 下降至 2.3×10^{-4} 。煙霧產生事故之失誤因子中，Scrubber Inlet 阻塞之失效機率從每小時 4.6×10^{-5} 下降至0。比較彙整如表5-3，5-4，5-5所示。而改善後之風險等級有部分失效因子仍無變化，以氣體洩漏失效因子項次1，Scrubber Inlet Pipe 阻塞說明，依照SEMI風險評估標準，其發生頻率仍為太高，每年仍超過一次。代入風險矩陣後，風險等級仍為5，故改善前及改善後風險等級不變。另有新增部份失效因子因2006~2010年未發生過，但2011年有發生該異常事件，如氣體洩漏因子第37項及第38項。

表 5-3 氣體洩漏失誤因子改善前後失效機率比較

項次	失效因子	失效模式	改善前失效機率 (hr ⁻¹)	改善後失效機率 (hr ⁻¹)	改善前風險等級	改善後風險等級
1	Scrubber Inlet Pipe	管路阻塞	7.5E-4	3.4E-4	5	5
2	Scrubber Inlet Clamp	管路接點鬆脫	6.6E-4	2.3E-4	5	5
3	酸排氣風管	管路阻塞	2.7E-4	0	5	2
4	管路殘氣逸散	作業管理之缺失	2.7E-4	1.1E-4	4	3
5	Burner	管路阻塞	1.8E-4	0	5	2
6	酸排(旁通)風管	管路阻塞	1.6E-4	2.3E-4	5	5
7	Scrubber Inlet Clamp O-ring	排氣管路_元件破損	1.6E-4	2.3E-4	5	5
8	Scrubber Inlet Bellow	排氣管路_元件破損	1.4E-4	0	5	2
9	Scrubber By Pass Clamp	管路接點鬆脫	9.1E-5	1.1E-4	4	4
10	Condensing Zone	內部元件故障_破損	6.8E-5	0	4	2
11	Condensing Zone Coating	內部元件故障_破損	6.8E-5	0	4	2
12	CDA 管路接頭	氣體供應管件破損	6.8E-5	0	2	1
13	Scrubber By Pass Pipe	管路阻塞	4.6E-5	0	4	2
14	旁通酸排氣風管	排氣管路_元件破損	4.6E-5	0	4	2

15	Scrubber Inlet	排氣管路_元件破損	4.6E-5	0	4	2
16	Quench Nozzle	內部元件故障_破損	4.6E-5	0	4	2
17	N2 管路接頭	氣體供應管件破損	4.6E-5	1.1E-4	3	4
18	Hot N2 管路接頭	氣體供應管件破損	4.6E-5	0	3	2
19	Scrubber Outlet Pipe	管路阻塞	2.3E-5	1.1E-4	4	4
20	Packed Tower	管路阻塞	2.3E-5	0	4	2
21	吸附濾心	管路阻塞	2.3E-5	0	4	2
22	Condensing Zone Clamp	管路接點鬆脫	2.3E-5	0	4	2
23	Scrubber Outlet Clamp	管路接點鬆脫	2.3E-5	0	4	2
24	Scrubber By Pass Pipe Clamp O-ring	排氣管路_元件破損	2.3E-5	0	4	2
25	Circulation Pump	內部元件故障_破損	2.3E-5	0	4	2
26	Drain Pump	內部元件故障_破損	2.3E-5	0	4	2
27	氣動閥墊片	內部元件故障_破損	2.3E-5	0	4	2
28	鼓風機	內部元件故障_破損	2.3E-5	0	4	2
29	燃燒室	內部元件故障_破損	2.3E-5	0	4	2
30	濾心桶槽	內部元件故障_破損	2.3E-5	0	4	2
31	旁通氣動閥	內部元件故障_破損	2.3E-5	0	4	2
32	Quench Coating	內部元件故障_破損	2.3E-5	0	4	2
33	壓力偵測預留孔未盲蓋	作業管理之缺失	2.3E-5	0	4	2
34	壓力校正作業未停機	作業管理之缺失	2.3E-5	0	4	2
35	機台誤關	作業管理之缺失	2.3E-5	0	4	2

36	壓力偵測導管未接	作業管理之缺失	2.3E-5	0	4	2
37	燃燒室 Flange	管路接點鬆脫	0	1.1E-4	4	4
38	CDA 管路	氣體供應管件破損	0	1.1E-4	1	3

表 5-4 液體洩漏失誤因子改善前後失效機率比較

項次	失效因子	失效模式	改善前失效 機率(hr ⁻¹)	改善後失效 機率(hr ⁻¹)	改善前 風險等 級	改善後 風險等 級
1	供水流量控制閥	設備元件故障	3.4E-4	2.3E-4	3	3
2	循環水幫浦管路接頭	設備管路接點 鬆脫	1.8E-4	1.1E-4	3	3
3	Drain Pump	設備元件故障	1.6E-4	0	3	1
4	生產補給水管路接頭	設備管路接點 鬆脫	1.4E-4	0	3	1
5	製程冷卻水管路接頭	設備管路接點 鬆脫	1.4E-4	0	3	1
6	機台反應室清潔作業	作業管理之缺 失	1.4E-4	2.3E-4	3	3
7	循環水幫浦管路接頭	設備管件破損	1.1E-4	1.1E-4	3	3
8	Water Tank 液位計	設備元件故障	9.1E-5	0	2	1
9	JW Filter O-ring	設備元件破損	9.1E-5	0	2	1
10	JW Filter 外殼	設備元件破損	9.1E-5	1.1E-4	2	2
11	LSR 管路接頭	設備管件破損	6.8E-5	0	2	1
12	Water Tank Drain 管	設備管路阻塞	6.8E-5	0	2	1
13	排水幫浦管路接頭	設備管路接點 鬆脫	4.6E-5	0	2	1
14	Quench JW 管路接頭	設備管件破損	4.6E-5	0	2	1
15	Circulation Pump 軸 封	設備元件破損	4.6E-5	0	2	1
16	CDA 閥件誤關	作業管理之缺 失	4.6E-5	1.1E-4	2	2
17	JW 管路	設備管件破損	2.3E-5	1.1E-4	2	2
18	PCW 管路接頭	設備管件破損	2.3E-5	0	2	1
19	Cyclone Nozzle 接頭	設備管件破損	2.3E-5	0	2	1
20	JW Flow Meter O-ring	設備管件破損	2.3E-5	0	2	1

21	Water Tank Inside PCW 管路	設備管件破損	2.3E-5	0	2	1
22	Burner Outside PCW 接頭	設備管件破損	2.3E-5	0	2	1
23	Condensing Zone Nozzle 接頭	設備管件破損	2.3E-5	0	2	1
24	排水幫浦管路接頭	設備管件破損	2.3E-5	0	2	1
25	酸排氣風管壓差計	設備元件破損	2.3E-5	0	2	1
26	使用中央集塵吸水	作業管理之缺 失	2.3E-5	0	2	1
27	LSR 手動閥	設備管路阻塞	2.3E-5	0	2	1
28	JW 電磁閥管路接頭	設備管件破損	0	1.1E-4	1	3
29	WESP Inlet JW 管路接 頭	設備管件破損	0	1.1E-4	1	3
30	流量計	設備元件破損	0.0E+0	1.1E-4	1	3

表 5-5 煙霧失誤因子改善前後失效機率比較

項次	失效因子	失效模式	改善前失 效機率 (hr ⁻¹)	改善後失 效機率 (hr ⁻¹)	改善前 風險等 級	改善後 風險等 級
1	Scrubber Inlet	設備管路阻塞	4.6E-5	0	4	2
2	管路粉塵逸散	作業管理缺失	4.6E-5	0	4	2
3	Bellows 護套	材質不良	2.3E-5	0	4	2
4	NG 供應異常	機台跳脫	0	1.1E-4	2	5
5	Scrubber Bypass exhaust	設備管路阻塞	0	1.1E-4	2	5

因表5-3, 5-4, 5-5比較失效機率及風險等級後得知各失效因子改善成效尚算良好，故後續將該改善對策，及彙整區域洗滌設備硬體裝置，警報設定，安全連動機制。再結合國內外相關安全規範。制立區域洗滌設備標準安全規範，提供設備裝機運轉，維修保養，系統測試參考基準。

5.2 標準安全規範訂立

探討區域洗滌設備安全裝置與連動功能，並結合法令與規範與歷年事故原因及改善對策，建立標準規範，提供區域洗滌設備在購買安裝前，應要求之安全功能。與後續維護保養測試，現場操作及保養人員參考依據。

5.2.1 區域洗滌設備硬體安全裝置

區域洗滌設備 (Local Scrubber)，參考某廠各廠牌之區域洗滌設備之硬體裝置，建議至少應裝設下列硬體安全設備：

- (1). 溫度偵測器：偵測燃燒室內外，冷卻槽，分離槽，循環水槽，進氣與排氣端溫度，避免有內部溫度過高現象產生。
- (2). 燃燒室火焰偵測器：偵測燃燒室是否有火焰，如 UV/IR 等。
- (3). 壓力偵測器：偵測進氣與排氣端，燃燒室，設備使用之氣體 (O_2 、 N_2 ，NG) 入口端之壓力。
- (4). 流量監測器：偵測設備使用之液體 (回收水) 入口端與水洗塔流量。
- (5). 液位偵測器：偵測循環水槽液位高低。
- (6). 漏液偵測器：燃燒水洗式區域洗滌設備使用，偵測是否有漏液產生。
- (7). 偵煙感知器：偵測內部是否有火災發生。
- (8). 瓦斯偵測器：偵測瓦斯供應是否有洩漏。
- (9). 氣體偵測器：偵測有害氣體是否外洩。
- (10). 防震基座：應能符合 SEMI S2 0706 規範之防震固定裝置【32】。
- (11). 色相指示器：吸附式區域洗滌設備應設置有吸附濾心觀測孔，依據吸附劑是否變色判斷飽和度。
- (12). 出口排氣端氣體偵測器：吸附式設備應設置排氣出口端氣體偵測器，藉此判斷排放端是否有製程氣體吸附不良狀況。

而以上之硬體裝置，應可將聲光警報訊號傳送至生產機台進行監控。若有異常時，可發出警報通知設備負責人員知悉，以便迅速進行異常處理。

5.2.2 燃燒水洗式區域洗滌設備安全連鎖設計

燃燒式區域洗滌設備 (Local scrubber) 應必需要具備安全連鎖設計，如壓力過高之連鎖功能。且應使用即使設備失效也能安全(Fail Safe)的安全連鎖裝置。當安全連鎖作動時，使設備自動處於安全的備用狀態。而電腦硬體控制若失效時，設備仍必須有自動維持硬體的安全連鎖裝置的功能。而安全連鎖設計項目，參考目前廠內使用各廠牌之連鎖功能設計，如附錄七、八、九所示【33】。而該廠內燃燒式及電熱式區域洗滌設備自動

連鎖方式，如下列所示。

1. 進氣端阻塞：進氣管路超過其壓力設定值，則各廠牌連動功能：
 - (1). BOC：供應系統自動關閉與切換旁通排放。
 - (2). Unisem：NG/O₂/Air/N₂ 供應關閉與切換旁通排放。
 - (3). 台禹：供應系統正常運作，排氣切換旁通排放與加熱器關閉。
2. 燃燒室高溫：燃燒室溫度超過溫度設定值，則各廠牌連動功能：
 - (1). BOC：供應系統自動關閉與切換旁通排放。
 - (2). Unisem：NG/O₂/Air/N₂ 供應閥關閉與切換旁通排放。
 - (3). 台禹：供應系統正常運作，排氣切換旁通排放與加熱器關閉。
3. 燃燒室低溫：燃燒室溫度低於設定值，則各廠牌連動功能：
 - (1). BOC：僅止警報顯示。
 - (2). Unisem：無設定此功能。
 - (3). 台禹：供應系統正常運作，排氣切換旁通排放與加熱器關閉。
4. 燃燒室無火燄：火燄偵測器 (UV/IR) 無偵測到火燄，則各廠牌連動功能：
 - (1). BOC：供應系統自動關閉與切換旁通排放。
 - (2). Unisem：NG/O₂/Air 供應閥關閉與切換旁通排放。
 - (3). 台禹：無此裝置。
5. 燃燒室外部高溫：燃燒室外部溫度高於設定值，則各廠牌連動功能：
 - (1). BOC：供應系統自動關閉與切換旁通排放。
 - (2). Unisem：無此功能。
 - (3). 台禹：無此功能。
6. 進氣管路過熱：進氣管路溫度高於設定值，則各廠牌連動功能：
 - (1). BOC：無此功能。
 - (2). Unisem：無此功能。
 - (3). 台禹：無此功能。
7. 進排氣口壓差異常：進出口排氣壓差超過設定值，則各廠牌連動功能：
 - (1). BOC：無此功能。
 - (2). Unisem：無此功能。
 - (3). 台禹：供應系統正常運作，排氣切換旁通排放與加熱器關閉。
8. 燃燒室進氣口過熱：燃燒室進氣口溫度超過設定值，則各廠牌連動功能：

- (1). BOC：供應系統自動關閉與切換旁通排放。
 - (2). Unisem：無此功能。
 - (3). 台禹：無此功能。
9. 氮氣壓力異常：供應壓力低於設定值，則各廠牌連動功能：
- (1). BOC：僅警報顯示。
 - (2). Unisem：NG/O₂/Air供應系統關閉。
 - (3). 台禹：供應系統正常運作，排氣切換旁通排放。
10. 循環水槽液位高：循環水槽水位高於偵測點，則各廠牌連動功能：
- (1). BOC：供應系統自動關閉與切換旁通排放。
 - (2). Unisem：NG/O₂/Air/PCW/CW供應關閉與切換旁通排放。
 - (3). 台禹：系統切換旁通排放與加熱器關閉，CW供應閥關閉與排水幫浦開啟。
11. 循環水槽液位低：循環水槽水位低於偵測點，則各廠牌連動功能：
- (1). BOC：無此功能。
 - (2). Unisem：無此功能。
 - (3). 台禹：供應系統正常運作，加熱器關閉和排水幫浦與排水閥門關閉。
12. 循環水槽高溫：循環水槽偵測溫度高於設定值，則各廠牌連動功能：
- (1). BOC：供應系統自動關閉與切換旁通排放。
 - (2). Unisem：NG/O₂/Air供應系統關閉與切換旁通排放。
 - (3). 台禹：無此功能。
13. 循環水入口流量異常：循環水槽入口偵測流量高於設定值，則各廠牌連動功能：
- (1). BOC：無此功能。
 - (2). Unisem：無此功能。
 - (3). 台禹：供應系統正常運作，系統切換旁通排放與加熱器關閉，循環幫浦關閉。
14. 液體洩漏：漏液偵測器偵測到漏液，則各廠牌連動功能：
- (1). BOC：系統自動關閉與切換旁通排放。
 - (2). Unisem：NG/O₂/Air/PCW/CW供應關閉與排氣切換旁通排放。
 - (3). 台禹：供應系統正常運作，排氣切換旁通排放與加熱器關閉，CW/PCW 供應關閉。
15. 液位偵測器故障：偵測器訊號電路開路，則各廠牌連動功能：
- (1). BOC：系統自動關閉與切換旁通排放。

- (2). Unisem：無此功能。
- (3). 台禹：無此功能。
16. 排氣端高溫：排氣出口端溫度高於設定值，則各廠牌連動功能：
- (1). BOC：無此功能。
- (2). Unisem：NG/O₂/Air供應系統關閉。
- (3). 台禹：系統切換旁通排放與加熱器關閉。
17. 排氣端阻塞：排氣出口端壓力高於設定值，則各廠牌連動功能：
- (1). BOC：無此功能。
- (2). Unisem：NG/O₂/Air/N₂供應關閉與排氣切換旁通排放。
- (3). 台禹：排氣系統切換旁通排放與加熱器開啟。
18. 偵煙器動作：內部偵測到煙霧，則各廠牌連動功能：
- (1). BOC：系統自動關閉與切換旁通排放。
- (2). Unisem：NG/O₂/Air/N₂/PCW/CW供應關閉與供應關閉與排氣切換旁通排放。
- (3). 台禹：排氣系統切換旁通排放與加熱器關閉。
19. 氧氣供應高壓：氧氣供應壓力過高，則各廠牌連動功能：
- (1). BOC：TPU系統自動關閉與切換旁通排放，ATLAS僅警報顯示。
- (2). Unisem：無此功能。
- (3). 台禹：無此功能。
20. 氧氣供應低壓：氧氣供應壓力低於設定值，則各廠牌連動功能：
- (1). BOC：供應系統自動關閉與切換旁通排放。
- (2). Unisem：NG/O₂/Air供應關閉與切換旁通排放。
- (3). 台禹：供應系統正常運作，排氣切換旁通排放與加熱器關閉。
21. 空氣供應低壓：空氣供應壓力低於設定值，則各廠牌連動功能：
- (1). BOC：供應系統自動關閉與切換旁通排放。
- (2). Unisem：NG/O₂/Air/PCW/CW供應關閉與切換旁通排放。
- (3). 台禹：供應系統正常運作，排氣切換旁通排放與加熱器關閉。
22. 空氣/瓦斯混合室高壓：空氣與瓦斯混合室壓力高於設定值，則各廠牌連動功能：
- (1). BOC：供應系統自動關閉與切換旁通排放。
- (2). Unisem：無此功能。
- (3). 台禹：無此功能。

23. 空氣/瓦斯混合室高溫：空氣與瓦斯混合室溫度高於設定值，則各廠牌連動功能：
- (1). BOC：供應系統自動關閉與切換旁通排放。
 - (2). Unisem：無此功能。
 - (3). 台禹：無此功能。
24. 冷卻槽外部高溫：冷卻槽外部溫度高於設定值，則各廠牌連動功能：
- (1). BOC：供應系統自動關閉與切換旁通排放。
 - (2). Unisem：無此功能。
 - (3). 台禹：無此功能。
25. 冷卻槽出口高溫：冷卻槽排氣出口端溫度高於設定值，則各廠牌連動功能：
- (1). BOC：供應系統自動關閉與切換旁通排放。
 - (2). Unisem：UNSEM:NG/O₂/Air 供應關閉與排氣切換旁通排放。
 - (3). 台禹：無此功能。
26. 冷卻槽進水流量異常：冷卻槽噴頭進水流量低於設定值，則各廠牌連動功能：
- (1). BOC：僅ATLAS有系統自動關閉與切換旁通排放之功能。
 - (2). Unisem：無此功能。
 - (3). 台禹：無此功能。
27. 冷卻水排水壓力異常：冷卻回水端壓力低於設定值，則各廠牌連動功能：
- (1). BOC：無此功能。
 - (2). Unisem：NG/O₂/PCW/CW供應系統關閉。
 - (3). 台禹：無此功能。
28. 冷卻水供應壓力異常：冷卻供應端壓力低於設定值，則各廠牌連動功能：
- (1). BOC：無此功能。
 - (2). Unisem：NG/O₂/PCW/CW供應系統關閉。
 - (3). 台禹：供應系統正常運作，排氣切換旁通排放與加熱器關閉。
29. 瓦斯洩漏：內部管路有瓦斯洩漏，則各廠牌連動功能：
- (1). BOC：供應系統自動關閉與切換旁通排放。
 - (2). Unisem：NG/O₂/Air/N₂ 供應關閉與排氣切換旁通排放。
 - (3). 台禹：無此功能。
30. 瓦斯供應壓力低：瓦斯供應壓力低於設定值，則各廠牌連動功能：
- (1). BOC：供應系統自動關閉與切換旁通排放。

- (2). Unisem：NG/O₂/Air/供應關閉與排氣切換旁通排放。
- (3). 台禹：無此功能。
31. 水槽排水開關故障：排水開關開路故障，則各廠牌連動功能：
- (1). BOC：供應系統自動關閉與切換旁通排放。
- (2). Unisem：無此功能。
- (3). 台禹：切換旁通排放與加熱器關閉，排水幫浦與閥門開啟，CW 供應關閉。
32. 水洗塔水流量低：水洗塔供應水流量低於設定，則各廠牌連動功能：
- (1). BOC：供應系統自動關閉與切換旁通排放。
- (2). UNSEM：無此功能。
- (3). 台禹：無此功能。
33. 分離器水流量異常：分離器供應水流量低於設定，則各廠牌連動功能：
- (1). BOC：供應系統自動關閉與切換旁通排放。
- (2). Unisem：無此功能。
- (3). 台禹：無此功能。
34. 自來水供應壓力低：自來水進水端流量低於設定值，則各廠牌連動功能：
- (1). BOC：供應系統自動關閉與切換旁通排放。
- (2). Unisem：NG/O₂/Air供應關閉。
- (3). 台禹：系統切換旁通排放與加熱器關閉，排水幫浦與排水閥門關閉。

而在該廠內燃燒水洗式與電熱水洗式，區域洗滌設備連鎖裝置警報設定彙整，如表 5-6 所示【33】。

表 5-6 燃燒與電熱水洗式連鎖裝置警報設定【33】

項次	Scenario	BOC-TPU/Zenith	BOC-ATLAS	UNISEM	台禹（電熱）
1	進氣端阻塞	>+50 毫米水柱	>+50 毫米水柱	>-5 毫米水柱	>+50 毫米水柱
2	燃燒室高溫	>1150°C	>1150°C	無	>1050°C
3	燃燒室低溫	400°C	無	無	600°C
4	燃燒室無火	大於 1 秒	大於 1 秒	有	無
5	燃燒室外部高溫	無	>70°C	>250°C	無
6	進氣管路過熱	>180°C	>170°C	>150°C	無
7	進排氣口壓差異常	無	無	無	>+25 毫米水柱

8	燃燒室進氣口過熱	120°C	180°C	無	無
9	氮氣供應異常	<3 Bar	<3 Bar	<2.9 Bar	<4.8 bar
10	循環水槽液位高	有	有	有	有
11	循環水槽液位低	無	無	無	有
12	循環水槽高溫	無	>60°C	>60°C	無
13	循環水入口流量異常	無	無	無	有
14	液體洩漏	有	有	有	有
15	液位偵測器故障	有	有	無	無
16	排氣端高溫	無	無	>65°C	>50°C
17	排氣端阻塞	無	無	< -15 毫米 水柱	> +50 毫米水柱
18	偵煙器動作	有	有	有	有
19	氧氣供應高壓	>12 PSI	>12 PSI	無	無
20	氧氣供應低壓	無	無	1.9 bar	有
21	空氣供應低壓	0.006 bar	0.006 bar	1.9 bar	有
22	空氣/瓦斯混合室高壓	0.01 bar	0.007 bar	NA	NA
23	空氣/瓦斯混合室高溫	>150°C	>150°C	NA	NA
24	冷卻槽牆面高溫	70°C	80°C	無	無
25	冷卻槽出口高溫	80°C	80°C	100°C	無
26	冷卻槽水流量異常	無	<4.5 L/min	無	無
27	冷卻水排水壓力異常	無	無	3-10 LPM	無
28	冷卻水供應壓力異常	無	無	< 0.4 bar	有
29	瓦斯洩漏	有	有	有	NA
30	瓦斯供應壓力低	<0.075mbar	<0.075 bar	0.34 bar	NA
31	水槽排水開關故障	有	有	無	有
32	水洗塔水流量低	<0.3 L/min	<0.8 L/min	<2 L/min	無
33	分離器水流量異常	0.3 L/min	NA	NA	NA
34	CW 供應壓力低	< 3 Bar	< 2 Bar	< 0.4 bar	<1.7 bar

由上述各燃燒水洗區域洗滌設備連鎖功能設定可得知，不同廠牌之區域洗滌設備，其偵測器設位置，連動設定點，乃至於警報值設定皆有所不同，故參考上述之警報偵測點，一般至少需具備下列安全機制，方可減少異常事件發生：

- (1). 進氣端與出口端壓力偵測超過其設定值應該正常連動供應系統停止功能，並開啟旁通排放處理機制。
- (2). 燃燒室，冷卻槽，循環水槽，進氣管路等溫度偵測超過其設定值應該正常連動供應系統停止功能，並開啟旁通排放處理機制。

- (3). 燃燒室火燄偵測器如無偵測到火燄，應能正常連動供應系統停止，並開啟旁通排放處理機制。
- (4). 進水流量監測器如流量低於設定值，應能正常連動供應系統停止，並開啟旁通排放處理機制。
- (5). 供應氣體壓力低於設定值，應能正常連動供應系統停止，並開啟旁通排放處理機制。
- (6). 液位監測器應能設定二段以上警報，如超過第一段監測液位，應該自動開啟排水幫浦進行排水，超過第二段則連動供應系統停止，並切換旁通排放處理。當系統停止時，該液位偵測功能應還能正常動作，防止水供應開關閉鎖失效。
- (7). 漏液偵測器應能自動連動供應系統停止，與切換旁通排放處理。
- (8). 煙霧偵測器應能自動連動供應系統停止，與切換旁通排放處理。
- (9). 瓦斯偵測器應能自動連動供應系統停止，與切換旁通排放處理。

5.2.3 吸附式區域洗滌設備安全連鎖設計

吸附式區域洗滌設備 (Local Scrubber) 應必需要具備安全連鎖設計，某晶圓廠之安全連鎖警報設定彙整如表 5-7 所示【33】，而其動作方式如下列所示。

1. 進氣管路高壓：進氣管路壓力高於設定值，則各型式連動功能：
 - (1). ZN-13：管路切換旁通排放。
 - (2). Z-poly：管路切換旁通排放。
 - (3). PFC：管路切換旁通排放與加熱器關閉。
2. 進氣管路高溫：進氣管路溫度高於設定值，則各型式連動功能：
 - (1). ZN-13：無此偵測功能。
 - (2). Z-poly：無此偵測功能。
 - (3). PFC：無此偵測功能。
3. 濾心高溫：濾心溫度高於設定值，則各型式連動功能：
 - (1). ZN-13：管路切換旁通排放。
 - (2). Z-poly：管路切換旁通排放。
 - (3). PFC：管路切換旁通排放與加熱器關閉。
4. 濾心色相檢知：濾心飽和導致出口色相檢知器變色，則各型式連動功能：

- (1). ZN-13：管路切換旁通排放。
 - (2). Z-poly：管路切換旁通排放。
 - (3). PFC：管路切換旁通排放與加熱器關閉。
5. 出口氣體偵測器動作：出口管路廢氣濃度高於設定值，則各型式連動功能：
- (1). ZN-13：無此偵測器。
 - (2). Z-poly：無此偵測器。
 - (3). PFC：管路切換旁通排放與加熱器關閉。
6. 鼓風機異常：鼓風機發生故障，則各型式連動功能：
- (1). ZN-13：無鼓風機。
 - (2). Z-poly：無鼓風機。
 - (3). PFC：管路切換旁通排放與加熱器關閉。
7. 氮氣供應低壓：氮氣供應壓力低於設定值，則各型式連動功能：
- (1). ZN-13：無此壓力偵測器。
 - (2). Z-poly：無此壓力偵測器。
 - (3). PFC：無此壓力偵測器。
8. 壓縮空氣低壓：壓縮空氣壓力低於設定值，則各型式連動功能：
- (1). ZN-13：無此壓力偵測器。
 - (2). Z-poly：無此壓力偵測器。
 - (3). PFC：管路切換旁通排放與加熱器關閉。

表 5-7 SHOWA 吸附式警報設定彙整【33】

項次	Scenario	ZN-13	Z-poly	PFC
1	廢氣入口高壓	2Kpa	2Kpa	2Kpa
2	入口管路高溫	無	無	無
3	濾心高溫	35°C	35°C	680°C
4	濾心色相檢知	有	有	有
5	出口氣體偵測器	無	無	有
6	Blower Error	無	無	有
7	N ₂ 低壓	無	無	無
8	CDA 低壓	無	無	5Kpa

由上表得知，某廠使用之吸附式區域洗滌設備，除 PFC 型式有 CDA 低壓警報偵測

器，其餘型式皆無，如氣源中斷，其旁通氣動閥將失去作用，且無警報顯示之功能。如又因管內壓力過大，其無法自動開啟旁通閥，極易造成製程尾氣洩漏。故下列建議吸附式區域洗滌設備至少需具備下列功能：

- (1). 入口端壓力偵測超過其設定值應該正常連動系統停止功能，並開啟旁通排放處理。
- (2). 供應氣體壓力低於設定值，應能正常連動系統停止，並開啟旁通排放處理。
- (3). 濾心溫度高於設定值，應能正常連動系統停止，並開啟旁通排放處理。
- (4). 濾心色相檢知，如吸附劑變色，應能正常連動系統停止，並開啟旁通排放處理。
- (5). 鼓風機故障，應能正常連動系統停止，並開啟旁通排放處理。

5.2.4 區域洗滌設備安全規範建立

參考勞研所公布之半導體製造業晶圓廠設施安全檢核指引【34】，美國防火協會 (National Fire Protection Association, NFPA) 所公佈之無塵室防護標準【35】，國際半導體設備與材料產業協會 (SEMI) 所公佈之半導體製造設備安全衛生與環保基準，半導體製造設備排氣通風標準【36】，半導體製造設備電氣設計安全基準【37】，與 PSC 區域洗滌設備安全與環保驗收規範【38】，與先前探討出之硬體安全裝置與連動機制，建立標準規範與查核表。

1. 電氣安全

- 1.1 應有配電系統安全檢測，檢測項目至少需有保護協調機制與接地系統。
- 1.2 設備通電之電線端子外露，且大於危險電壓 $30V_{rms}$ 或 $42.4V$ 尖峰值，需加裝不導電板或接地觸電阻隔，並須有危害標示標明潛在觸電危害。
- 1.3 設備表面漏電流應小於 $3.5ma$ 。
- 1.4 接地保護線端子和可接觸到的金屬表面之前不能超過 0.1 歐姆以上之電阻。
- 1.5 主電源開關之最低過電流率應列於設施安裝及保養手冊中，並於安裝後保養項目持續測試。
- 1.6 設備應具有主要過電流保護裝置，對於交流電 $240V$ 以下之電路，此裝置應至少能承受 $10000 A_{rms}$ 短路電流，對於 $240 V$ 以上之電路，至少能承受 $14000 A_{rms}$ 短路電流。
- 1.7 電源須有上鎖與懸掛標籤裝置，並於標準程序書中詳細說明上鎖方法及程

序。

1.8 設備須掛設名牌，製造商名、型號、電器資料(電流、電壓、頻率)電力來源需標示。

2. 化學品安全與標示

2.1 處理可燃性、自燃性及其混合氣體之製程排氣處理設備，應具有備用或兼用製程排氣處理系統。或管內任何位置可燃性氣體濃度必須小於1/4 LEL，方可自動旁路(By-pass)排放。

2.2 操作維修手冊與處理設備表面，應說明或圖示有害物質使用於設備上可能之危害，並標以注意(Caution)、警告(Warning)、危險(Danger)等文字。

2.3 裝有有害物質之容器(濾心)，應有明顯標示(圖示及內容)，圖示內文字應以中文為主。

3. 緊急停止裝置 (Emergency Off Circuits, EMO)

3.1 緊急停機按鈕需標示清楚，且需設於方便操作處，人員操作距離與EMO 按鈕不應超過3m。

3.2 緊急停機按鈕形狀應為紅色且為蘑菇狀易於辨識。

3.3 當緊急停機啟動後，緊急停機的電路應保持通路狀態，而其它電力源應被切斷，避免產生進一步災害。

3.4 當緊急停機啟動後，主機台端應需要有警報訊息，與自動停止排放製程尾氣。

3.5 緊急停機裝置需為硬體設備，且有手動復歸按鈕設計。而其電路與功能需在安裝及維修說明書內詳細載明。

4. 硬體安全裝置

4.1 溫度偵測器：偵測燃燒室內外，冷卻槽，分離槽，循環水槽，進氣與排氣端。

4.2 壓力偵測器：偵測進氣與排氣端，燃燒室，設備使用之氣體壓力。

4.3 燃燒室火焰偵測器：偵測燃燒室是否有火焰。

4.4 流量監測器：偵測設備使用之液體(回收水)入口端與水洗塔流量。

4.5 液位偵測器：偵測循環水槽液位高低。

4.6 漏液偵測器：燃燒水洗式區域洗滌設備使用，偵測是否有漏液產生。

4.7 偵煙感知器：偵測內部是否有火災發生。

4.8 瓦斯偵測器：偵測瓦斯供應是否有洩漏。

4.9 氣體偵測器：偵測有害氣體是否外洩。

- 4.10 色相指示器：判斷吸附劑是否飽和。
- 4.11 出口排氣端氣體偵測器：判斷吸附劑是否飽和。
- 4.12 防震基座：設置適當且符合規範之防震基座。
5. 安全互鎖裝置 (Interlock)
 - 5.1 應建立硬體與軟體安全互鎖機制，並將每一安全互鎖裝置及其操作方法，須於操作及維修手冊中詳細說明。
 - 5.1.1 進氣端與出口端壓力偵測超過其設定值應該正常連動供應系統停止功能，並開啟旁通排放處理機制。
 - 5.1.2 燃燒室，冷卻槽，循環水槽，進氣管路等溫度偵測超過其設定值應該正常連動供應系統停止功能，並開啟旁通排放處理機制。
 - 5.1.3 燃燒室火燄偵測器如無偵測到火燄，應能正常供應連動系統停止，並開啟旁通排放處理機制。
 - 5.1.4 進水流量監測器如流量低於設定值，應能正常連動供應系統停止，並開啟旁通排放處理機制。
 - 5.1.5 供應氣體壓力低於設定值，應能正常連動供應系統停止，並開啟旁通排放處理機制。
 - 5.1.6 液位監測器應能設定二段以上警報，如超過第一段監測液位，應該自動開啟排水幫浦進行排水，超過第二段則連動供應系統停止，並切換旁通排放處理。當系統停止時，該液位偵測功能應還能正常動作，防止水供應開關閉鎖失效。
 - 5.1.7 漏液偵測器應能自動連動供應系統停止，與切換旁通排放處理。
 - 5.1.8 煙霧偵測器應能自動連動供應系統停止，與切換旁通排放處理。
 - 5.1.9 瓦斯偵測器應能自動連動供應系統停止，與切換旁通排放處理。
 - 5.2 安全互鎖裝置須為失效也安全(Fail Safe)設計之硬體裝置。
 - 5.3 Interlock 啟動後須有警報或視覺通知操作人員，並馬上顯示於螢幕上，操作人員須能立即判斷原因處理。
 - 5.4 維修時，若需要可將安全互鎖 By pass，但維修完畢回到正常運轉狀態時，安全互鎖功能須將其正常恢復。
6. 設備管路
 - 6.1 Local Scrubber 內所有管路與Pump本體及其零件應為抗腐蝕材質。

- 6.2 排氣管路需標示排氣內容物（酸，鹼，有機）性物質。
- 6.3 任何組件內含有壓力之危害物，其機械性接頭必須密封以防洩漏，機械性接頭與各組件需經耐壓測試。
- 6.4 對於Local Scrubber 底部水洗槽若加入酸鹼其管件結合處之O 型環須耐腐蝕材料，管件須有固定基座且有足夠空間進行維修。

7. 文件資料

- 7.1 設備之潛在危害與安全控制及相關安全流程應在操作保養手冊上說明，並以插圖方式說明危害警告，手冊應採用使用者能瞭解的國際語言。
- 7.2 文件資料需載明設備供應商提供各項評估項目與第三方公證單位測試準則及結果，機台型號及全部系統設備及基礎組件之說明圖表。
- 7.3 設備廠商(或代理商)需提出完整之Semi S2認證報告。

8. 通風與排氣

- 8.1 Local Scrubber 設備須有箱體密閉櫃，並應提供箱體排氣，其排氣壓力須能有效捕捉洩漏物質，依照SEMI S2 0706 指引，其建議設置面速度以 0.5米/秒，或靜壓在-1.3 ~ -2.5 mmH₂O 之間。
- 8.2 依照SEMI S2 0706 指引，幫浦與設備排氣管路排氣壓力以-6 mmH₂O ~ -25 mmH₂O之間。
- 8.3 應每日點檢Local Scrubber 靜壓值，並確實記錄。
- 8.4 箱體排氣管路應分類裝設氣體偵測器，並能警報傳送至中央監控，通知負責單位處理。
- 8.5 在系統正常操作下，該製程排放不得有危害物質洩漏，且如發生洩漏，不得超過ACGIH 的TLV 值或OSHA要求之PEL 值。
- 8.6 針對較易管路阻塞之製程，應採用可互相Back Up之設計，如（PGD、PGT）型式之區域洗滌設備。

9. 維修保養

- 9.1 維修保養停機前須重覆確認主機台狀況，避免誤關狀況發生。
- 9.2 Local Scrubber 保養時應先將管路與組件內有害氣體排空，建議以乾式幫浦空抽30 min，在通入氮氣Purge後，方可進行拆管。
- 9.3 Local Scrubber 保養時，拆卸完之管路後須立即Cap，避免管內殘餘有害氣體外洩至環境。

9.4 保養人員須全程穿戴安全防護具（手套，防護衣，全罩式濾毒灌面具）。

9.5 保養維修時，需確實進行機台互鎖功能測試。

10. 排放處理效率

10.1 無論任何型式之Local Scrubber對於製程產生的所有可燃性、酸鹼腐蝕性、毒性氣態污染物(不包含PFC)，其處理效率均需達到99%以上，而PFC氣體的處理效率則應達95%以上(其中CF₄應達90%以上)，固態（粒狀）污染物去除效率，則以粒徑<0.1μm微粒物質質量去除率應達90%以上。上述效率計算應以處理設備前後端的污染物質流量做基準。

10.2 Local Scrubber出口端排入後端管路需進行溫度及氣體相對溼度檢測（建議相對濕度不得超過70%），以避免導致水氣於排氣風管凝結現象。

10.3 對於製程產生的所有可燃性、酸鹼腐蝕性、毒性氣態污染物(不包含PFC) 處理效率於驗收時亦應檢附公正之第三單位出具之檢測報告，並採用可檢出處理效率的檢測設備及方法。

10.4 對於PFC氣體處理效率於驗收時應檢附公正之第三單位出具之檢測報告，並採用可檢出處理效率的檢測設備及方法。測試時的條件應包括至少3組以上之操作條件(即至少須包含該型式L/S對於所有機台使用之PFC氣體處理效率於90%、介於90%與其最佳處理效率之中間值、及其最佳處理效率時之操作條件)，且需在機台正常運作下的狀況分別測試，並將結果完整載於檢測報告內。

第五章 結論與建議

6.1 結論

半導體製程使用之特殊氣體，因其使用多數的可燃性，易燃性及毒性氣體與液體，如發生洩漏，將會對生產及人員安全極大影響，而本文結論如下列所示。

1. 故本文統計某晶圓半導體廠歷年來發生之異常事件，並發現在區域洗滌設備所占比例為最高，約為25%，而在後端排放處理之區域洗滌設備因其處理製程排放尾氣，如產生異常事件，將造成極大之影響。後續針對該設備作統計探討。
 - (1). 發現在氣體洩漏之異常事件，管路阻塞占總百分比41%為最高，分別在薄膜（TEOS、Ti、W）沉積製程，蝕刻金屬導線蝕刻製程（Metal），爐管則為氮化矽（SIN）沉積製程，此五種製程後端發生阻塞，導致氣體洩漏次數為最多，約佔百分比90%。探討其基本原因為其壓力異常警報，未自動切換旁通排放（安全連鎖裝置失效），與區域洗滌設備長期旁通排放造成旁通管路阻塞，導致切換時造成壓力過大造成洩漏。
 - (2). 而液體洩漏之異常事件最高為該設備內部元件故障，占百分比30%。探討基本原因大部份為電磁閥閉鎖不全與排水幫浦等元件故障，導致異常事件發生。
2. 進行失效模式分析後，得知氣體洩漏事故發生之失效因子共有36項，其每小時失效機率最高為進氣管路阻塞的 7.5×10^{-4} 等，液體洩漏事故發生之失效因子共有27項，其中每小時失效機率最高為供水流量控制閥故障的 3.4×10^{-4} 。煙霧事故發生之失效因子共有3項，其中每小時失效機率最高為進氣管路阻塞與作業管理缺失的 4.6×10^{-5} 。
3. 彙整失效模式分析後之預防措施及改善對策，並於某半導體廠進行改善控制措施，而內容包括一般性作業管控及部分工程改善措施。
4. 管理與工程控制措施改善成效探討，則統計2011年所發生之異常事件次數為29件。利用失效模式與影響分析後，探討出共22項失效因子，與2006~2010年比較其失效因子之失效機率，發現確實有持續下降。如氣體洩漏事故中，其失效因子管路阻塞之失效機率從每小時 7.5×10^{-4} 下降至 3.4×10^{-4} 。液體洩漏事故中，其失效因子供水流量控制閥故障的失效機率從每小時 3.4×10^{-4} 下降至 2.3×10^{-4} 。煙霧事故失效因子，管路阻塞的失誤機率從每小時 4.6×10^{-5} 下降至0。故得知其行政管理與部份工程改善有一定之成效。

5. 部分失效因子改善後風險等級仍無變化，因依照SEMI風險評估標準，其發生頻率仍為太高，每年仍超過一次。代入風險矩陣後，風險等級仍無變化，故改善前與改善後風險等級不變。
6. 本文且參考各廠牌硬體安全裝置，與警報連動設計，彙整出燃燒水洗式互鎖功能安全設計，至少需具備九項之互鎖（Interlock）功能。而吸附式區域洗滌設備，至少需具備五項之互鎖（Interlock）功能。並且參考國內外安全指引與異常事件改善建議，建立標準規範。而建議之安全規範內容包含電氣安全，化學品安全與標示，緊急停止裝置，硬體安全裝置，互鎖功能，文件資料，設備管路，通風與排氣，維修保養，排放處理效率，共十項安全規範提供業界參考。

6.2 建議

就本文探討後半導體廠失效因子最高者仍為管路阻塞造成氣體洩漏，但因成本因素無法完全改善至零發生率。但就本研究結果，可將預期發生之元件危害性，提供相關同業參考之。另因區域洗滌設備廠牌眾多，其設計原理與警報設定皆不一，後續藉由本文之彙整研究，建議業界在選擇處理設備，可審慎評估其適用性，包括安全機制與處理效率及設備在裝機測試與保養維修應注意要素。未來除了可繼續探討各項半導體製程區域洗滌設備之安全功能性，並可將本文中異常元件風險評估與成本效益分析納入研究考量。

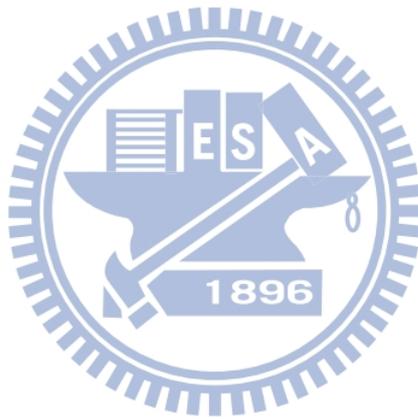
參考文獻

- [1] 莊達人，VLSI 製造技術，高立圖書有限公司，民國 89 年。
- [2] 蕭宏，半導體製程技術導論，歐亞書局有限公司，頁 33-40，民國 99 年。
- [3] 力晶科技股份有限公司製造機台教育訓練資料。
- [4] 侯璿，「半導體製程設備拆移機風險管理之研究」，國立交通大學，碩士論文，民國 91 年。
- [5] 陳俊勳，「高科技廠房建築防火及消防安全法規及規範介紹」，高科技廠房防火安全工程設計實務研討會，財團法人消防安全中心基金會，p3~26，台北，民國 92 年。
- [6] 張一岑，防火與防爆，初版，揚智文化事業股份有限公司，民國 88 年。
- [7] Semiconductor Manufacturing Technology Consortium, SEMATECH S71 final Report, Silane Safety Improvement Project, AT&T Bell, 1994.
- [8] 陳清庭，氣瓶櫃洩漏危害分析與改善研究，國立交通大學，碩士論文，民國 95 年。
- [9] 張承明，「半導體晶圓廠重要設施安全檢核表」，勞工安全衛生研究所半導體研究成果發表會，p.1~13，新竹，民國 90 年 5 月。
- [10] 林義凱，「半導體廠化學性危害及沖淋裝置介紹」，工業安全衛生月刊第一百八十期，p.31~38，2004 年。
- [11] 力晶科技股份有限公司空調系統教育訓練資料。
- [12] 魏振翼、彭淑惠、胡石政，「半導體廠製程排氣系統」，中華潔淨技術協會潔淨雜誌 期刊第 13 期，2006 年。
- [13] 張勝祈，「某晶圓廠區域洗滌設備異常事件之風險評估與改善對策」，國立交通大學，碩士論文，民國 97 年。
- [14] 力晶科技股份有限公司區域洗滌設備教育訓練資料。
- [15] 行政院勞工委員會 (2009). 勞工安全衛生設施規則，台灣。
- [16] 行政院勞工委員會 (2002). 勞動檢查法，台灣。
- [17] 行政院環境保護署 (2007). 毒性化學物質管理法，台灣。
- [18] 行政院環境保護署 (2007). 毒性化學物質應變器材及偵測與警報設備管理辦法，台灣。
- [19] 行政院勞工委員會 (2008). 高壓氣體勞工安全規則相關基準，台灣。

- [20]力晶科技股份有限公司氣體偵測系統教育訓練資料。
- [21]施元斌，「風險分析方法於工廠之應用」，工業安全科技第24期，p.24~28，經濟部工業局，2002。
- [22]黃清賢，危害分析與風險評估，三民書局，台北，民國85年。
- [23]王世煌，工業安全風險評估，初版，揚智文化事業股份有限公司，民國91年。
- [24]楊昌喬，系統安全設計與危害分析，初版，文京圖書有限公司，民國89年。
- [25]行政院勞工委員會 (2010). 風險評估技術指引，台灣。
- [26]林英才，「晶片式 Solar cell 廠(大產量)機台危害風險之研究以建立 PECVD 查核表為例」，國立交通大學，碩士論文，民國96年。
- [27]葉忠益，「應用 HAZOP 及 Hazard Tree Analysis 風險分析技術於蒸汽鍋爐工場之適用性研析」，嘉南藥理科技大學，碩士論文，民國99年。
- [28]黃國強，「應用 HAZOP 及 RBI 系統於輕裂工場風險分析及其效益之研究」，國立成功大學，碩士論文，民國92年。
- [29]陳焜耀，「危害分析應用於製程持續改善之研究」，以高科技產業矽甲烷混合氣供應系統為例，國立交通大學，碩士論文，民國97年。
- [30]Occupational Safety & Health Administration (1992). CFR 29.1910, Process safety management of highly hazardous chemicals, USA.
- [31]Semiconductor equipment and materials International Association. SEMI S10-0307, Safety Guideline for Risk Assessment, 1996.
- [32]Semiconductor equipment and materials International Association. SEMI S2-0706, Environmental, health, and safety guideline for semiconductor manufacturing equipment, 1996.
- [33]力晶科技股份有限公司區域洗滌設備警報設定及互鎖連動資料。
- [34]勞工安全衛生研究所，半導體製造業晶圓廠設施安全檢核指引，行政院勞工安全衛生研究所，台北，民國89年。
- [35]National Fire Protection Association. NFPA 318, Standard for the Protection of Cleanrooms, 1995.
- [36]Semiconductor equipment and materials International Association. SEMI S6-0707, Guideline for exhaust ventilation of semiconductor manufacturing equipment, 2006.
- [37]Semiconductor equipment and materials International Association. SEMI S22-0706, Safety Guideline for the electrical design of semiconductor manufacturing equipment,

2006.

[38]力晶科技股份有限公司區域洗滌設備安全與環保驗收規範。



附錄

附錄一、常見半導體排氣不相容物質

物質名稱	危害性	閃火點 (°C)	LEL/UEL (%)	容許 濃度	不相容物質	危險警告訊息
三氟化氯 ClF ₃	TC			0.1ppm	與有機物質接觸會導致燃燒。會腐蝕所有塑膠、橡膠、樹脂製品，但除高氟化聚合物，如鐵氟龍和Kel-F之外。與水、含氫物質會產生爆炸性反應。	刺激皮膚、眼睛、黏膜及呼吸道，並引起嚴重灼傷及窒息。
一氧化碳 CO	FT		12.5/74.2	35ppm	氧化物:增加火災及爆炸的危險性。	吸入過量會引起頭痛、噁心、昏暈，嚴重者導致死亡。
二氧化碳 CO ₂	I			5000ppm	水:形成碳酸	皮膚及眼睛凍傷吸入引起頭痛、嘔吐，大量吸入會昏迷死亡。
氫氣 H ₂	F				鹵素:爆炸性反應、白金粉末、三氟化氮	若氧氣不足，會引起缺氧，危害心臟及神經系統
溴化氫 HBr	TC			3ppm	金屬、氫氣、氟	灼傷眼睛、皮膚、
氫氣 He	I					若氧氣不足，會引起缺氧，危害心臟及神經系統
氮氣 N ₂	I				與臭氧會引起爆炸	若氧氣不足，會引起缺氧，危害心臟及神經系統
三氟化氮 NF ₃	T			10ppm	可氧化物(如氨、二氧化碳、氫氣)、氧化物:接觸會產生火災爆炸。與水蒸氣之混合物被引燃後會爆炸。	
氨氣 NH ₃	FTC		16/25	50ppm	鹵素、鹵素化合物:劇烈反應形成爆炸性化合物	吸入有毒、刺激眼睛及呼吸系統、皮膚接觸凍傷灼傷
一氧化氮 NO	T			25ppm	與水或蒸氣反應產生熱及腐蝕性蒸煙(硝酸)	吸入有毒
氧化氮 N ₂ O	Oxidant				碳氫化合物、易燃和可燃性物、鹼金屬	眼睛及皮膚接觸凍傷
氫化磷 PH ₃	FPT			0.3ppm	空氣或任何氧化劑如氧氣會導致磷化氫著火	吸入會有劇毒 極高度易燃 刺激眼睛、皮膚、呼吸系統
四氯化矽 SiCl ₄	TC			7mg/m ³	水、醇類、一級與二級胺、氨	刺激眼睛、皮膚、呼吸系統

物質名稱	危害性	閃火點 (°C)	LEL/UEL (%)	容許 濃度	不相容物質	危險警告訊息
SiF ₄	TC			3ppm	水、鹼類、醇類、丙酮	暴露可能引起窒息、水腫、咳嗽，刺激眼睛、皮膚
矽甲烷 SiH ₄	FP		1.4/96		空氣、鹵素、氧化劑、酸性溶液	極高度易燃 吸入有害 於空氣中不安定
二氯甲矽烷 SiH ₂ Cl ₂	FTC	-37.2	4.1/98.8		水、鹼、酒精、丙酮、氧化劑	極高度易燃 嚴重刺激感及灼傷 溫度高於 100°C 則不安定
六氟化硫 SF ₆	I			1000ppm	矽烷化合物:激烈反應而爆炸	容器加熱會爆炸 吸入會窒息
TiCl ₄	TC				水、鉀、氨、酒精	刺激鼻及咽喉、咳嗽、胸腔疼痛、呼吸困難、失去知覺
氟化錫 WF ₆	(T)C			3ppm	水、水蒸氣	具腐蝕性，會刺激呼吸系統、皮膚及眼睛。 肺部刺激過度會引起急性肺炎和肺水腫
氟 F ₂	TC			1ppm	水:產生 HF、二氟化氧等有毒氣體 硝酸:產生會爆炸之氣體	造成鼻及喉嚨、肺部刺激感、咳嗽、呼吸短促及胸痛
氖 Ne	I				無	常溫常壓下會引起缺氧
氫氟酸 HF	TC			3ppm	氟氣(引起火災)、三氧化砷、大部分金屬(腐蝕)	刺激及灼傷呼吸系統、眼睛、皮膚
鹽酸 HCl	TC			5ppm	金屬(腐蝕)、鹼、氧化劑、還原劑	刺激及灼傷呼吸系統、眼睛、皮膚
硝酸 HNO ₃	TC			2ppm	大部分金屬(腐蝕)、有機物、有機固體(引起劇烈或爆炸性反應或自燃)、還原劑(產生劇烈或爆炸性反應)	刺激及灼傷呼吸系統、眼睛、皮膚
磷酸 H ₃ PO ₄	TC			1mg/m ³	鹼、金屬(腐蝕)、硫化物、磷化物、氟化物(釋出易燃或毒性氣體)	刺激及灼傷呼吸系統、眼睛、皮膚
硫酸 H ₂ SO ₄	TC			1mg/m ³	氯酸、硝酸、金屬、水、可燃物、腐蝕大部分金屬	刺激及灼傷呼吸系統、眼睛、皮膚

附錄二、HazOp 空白分析表

製程/操作程序名稱：

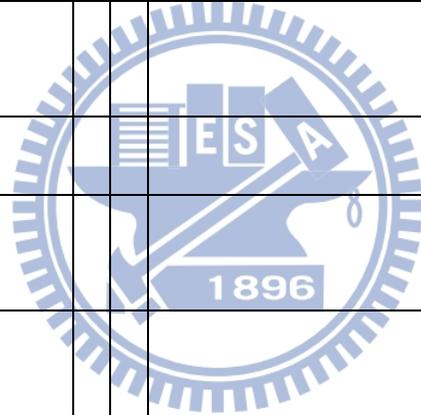
研討節點：

設計目的

項目	製程偏離	可能原因	可能危害／後果	防護措施／補充說明	嚴重性	可能性	風險等級	改善建議

附錄三、FMEA 空白分析表

項次	失效因子	失效模式	失效機率(hr)	嚴重度	可能性	失效影響	預防及改善措施	風險等級



附錄四、氣體洩漏事故 FMEA 分析結果

項次	失效因子	失效模式	失效機率(hr^{-1})	嚴重度	可能性	失效影響	預防及改善措施	風險等級
1	Scrubber Inlet Pipe	管路阻塞	7.5E-4	4	5	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 每日壓力點檢。 2. 保養時實施切換旁通排放連動功能測試。 3. 保養週期規劃。	5
2	Scrubber Inlet Clamp	管路接點鬆脫	6.6E-4	4	5	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 保養後重覆確認各接點是否鎖固，墊片是否密合。	5
3	酸排氣風管	管路阻塞	2.7E-4	4	4	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 每日壓力點檢。 2. 保養時實施切換旁通排放連動功能測試。 3. 保養週期規劃。	5
4	管路殘氣逸散	作業管理之缺失	2.7E-4	3	4	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 人員教育訓練與宣導。 2. 保養前工具箱會議。	4
5	Burner	管路阻塞	1.8E-4	4	4	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 每日壓力點檢。 2. 保養時實施切換旁通排放連動功能測試。 3. 保養週期規劃。	5
6	酸排(旁通)風管	管路阻塞	1.6E-4	4	4	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 每日壓力點檢。 2. 保養時實施切換旁通排放連動功能測試。 3. 保養週期規劃。	5
7	Scrubber Inlet Clamp O-ring	排氣管路_元件破損	1.6E-4	4	4	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 保養時確認各管件狀況，每次保養之管件墊片建議更換。	5
8	Scrubber Inlet Bellow	排氣管路_元件破損	1.4E-4	4	4	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 保養時確認各管件狀況，每次保養之管件墊片建議更換。 2. 管材 (Bellow) 避免使用 PTFE 材質，採用 SUS 316 不鏽鋼材質，避免破損。	5
9	Scrubber By Pass Clamp	管路接點鬆脫	9.1E-5	4	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 保養後重覆確認各接點是否鎖固，墊片是否密合。	4
10	CDA 管路接頭	管路接點鬆脫	6.8E-5	2	3	1. 氣動閥供應壓力低，無法正常切換。	1. 保養後重覆確認各接點是否鎖固，墊片是否密合。	2

11	Condensing Zone	內部元件故障_破損	6.8E-5	4	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 保養時測試各元件，及確認內部材質是否有腐蝕破損。	4
12	Condensing Zone Coating	內部元件故障_破損	6.8E-5	4	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 保養時測試各元件，及確認內部材質是否有腐蝕破損。	4
13	Scrubber By Pass Pipe	管路阻塞	4.6E-5	4	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 每日壓力點檢。 2. 保養時實施切換旁通排放連動功能測試。 3. 保養週期規劃。	4
14	Hot N2 管路接頭	管路接點鬆脫	4.6E-5	3	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷	1. 保養後重覆確認各接點是否鎖固，墊片是否密合。	3
15	氣動閥~N2 管路接頭	管路接點鬆脫	4.6E-5	3	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷	1. 保養後重覆確認各接點是否鎖固，墊片是否密合。	3
16	旁通酸排氣風管	排氣管路_元件破損	4.6E-5	4	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 保養時確認各管件狀況，每次保養之管件墊片建議更換。	4
17	Scrubber Inlet	排氣管路_元件破損	4.6E-5	4	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 保養時確認各管件狀況，每次保養之管件墊片建議更換。	4
18	Quench Nozzle	內部元件故障_破損	4.6E-5	4	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 保養時測試各元件，及確認內部材質是否有腐蝕破損。	4
19	Scrubber Outlet Pipe	管路阻塞	2.3E-5	4	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 每日壓力點檢。 2. 保養時實施切換旁通排放連動功能測試。 3. 保養週期規劃。	4
20	Packed Tower	管路阻塞	2.3E-5	4	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 每日壓力點檢。 2. 保養時實施切換旁通排放連動功能測試。 3. 保養週期規劃。	4
21	吸附濾心	管路阻塞	2.3E-5	4	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 每日壓力點檢。 2. 保養時實施切換旁通排放連動功能測試。 3. 保養週期規劃。	4
22	Condensing Zone Clamp	管路接點鬆脫	2.3E-5	4	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 保養後重覆確認各接點是否鎖固，墊片是否密合。	4
23	Scrubber Outlet Clamp	管路接點鬆脫	2.3E-5	4	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 保養後重覆確認各接點是否鎖固，墊片是否密合。	4

24	Scrubber By Pass Pipe Clamp O-ring	排氣管路_元件破損	2.3E-5	4	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 保養時確認各管件狀況，每次保養之管件墊片建議更換。	4
25	Circulation Pump	內部元件故障_破損	2.3E-5	4	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 保養時測試各元件，及確認內部材質是否有腐蝕破損。	4
26	Drain Pump	內部元件故障_破損	2.3E-5	4	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 保養時測試各元件，及確認內部材質是否有腐蝕破損。	4
27	氣動閥墊片	內部元件故障_破損	2.3E-5	4	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 保養時測試各元件，及確認內部材質是否有腐蝕破損。	4
28	鼓風機	內部元件故障_破損	2.3E-5	4	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 保養時測試各元件，及確認內部材質是否有腐蝕破損。	4
29	燃燒室	內部元件故障_破損	2.3E-5	4	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 保養時測試各元件，及確認內部材質是否有腐蝕破損。	4
30	濾心桶槽	內部元件故障_破損	2.3E-5	4	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 保養時測試各元件，及確認內部材質是否有腐蝕破損。	4
31	旁通氣動閥	內部元件故障_破損	2.3E-5	4	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 保養時測試各元件，及確認內部材質是否有腐蝕破損。	4
32	Quench Coating	內部元件故障_破損	2.3E-5	4	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 保養時測試各元件，及確認內部材質是否有腐蝕破損。	4
33	壓力偵測預留孔未盲蓋	作業管理之缺失	2.3E-5	4	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 人員教育訓練與宣導。 2. 保養前工具箱會議。	4
34	壓力校正作業未停機	作業管理之缺失	2.3E-5	4	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 人員教育訓練與宣導。 2. 保養前工具箱會議。	4
35	機台誤關	作業管理之缺失	2.3E-5	4	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 人員教育訓練與宣導。 2. 保養前工具箱會議。	4
36	壓力偵測導管未接	作業管理之缺失	2.3E-5	4	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 人員教育訓練與宣導。 2. 保養前工具箱會議。	4

附錄五、液體洩漏事故 FMEA 分析結果

項次	失效因子	失效模式	失效機率(hr^{-1})	嚴重度	可能性	失效影響	預防及改善措施	風險等級
1	供水流量控制閥	設備元件故障	3.4E-4	2	4	1. 液體洩漏造成水損。 2. 人員不慎噴濺受傷	1. 修正系統互鎖功能（機台 idle，水槽液位計亦可連動幫浦起動）。 2. 保養時確實進行功能連動測試。	3
2	循環水幫浦管路接頭	設備管路接點鬆脫	1.8E-4	2	4	1. 液體洩漏造成水損。 2. 人員不慎噴濺受傷	1. 保養時確認管路接點有無鬆脫現象。	3
3	Drain Pump	設備元件故障	1.6E-4	2	4	1. 液體洩漏造成水損。 2. 人員不慎噴濺受傷	1. 保養時確實進行功能連動測試。	3
4	生產補給水管路接頭	設備管路接點鬆脫	1.4E-4	2	4	1. 液體洩漏造成水損。 2. 人員不慎噴濺受傷	1. 保養時確認管路接點有無鬆脫現象。	3
5	製程冷卻水管路接頭	設備管路接點鬆脫	1.4E-4	2	4	1. 液體洩漏造成水損。 2. 人員不慎噴濺受傷	1. 保養時確認管路接點有無鬆脫現象。	3
6	機台反應室清潔作業	作業管理之缺失	1.4E-4	2	4	1. 液體洩漏造成水損。 2. 人員不慎噴濺受傷	1. 人員教育訓練與宣導。 2. 保養前工具箱會議。	3
7	循環水幫浦管路接頭	設備管件破損	1.1E-4	2	4	1. 液體洩漏造成水損。 2. 人員不慎噴濺受傷	1. 保養時確認管路接點有無鬆脫現象。	3
8	Water Tank 液位計	設備元件故障	9.1E-5	2	3	1. 液體洩漏造成水損。 2. 人員不慎噴濺受傷	1. 保養時確實進行功能連動測試。	2
9	JW Filter O-ring	設備元件破損	9.1E-5	2	3	1. 液體洩漏造成水損。 2. 人員不慎噴濺受傷	1. 保養時確認有無破損現象。	2
10	JW Filter 外殼	設備元件破損	9.1E-5	2	3	1. 液體洩漏造成水損。 2. 人員不慎噴濺受傷	1. 保養時確認有無破損現象。	2
11	LSR 管路接頭	設備管件破損	6.8E-5	2	3	1. 液體洩漏造成水損。 2. 人員不慎噴濺受傷	1. 降低排水管路高度。 2. 保養時確認管路接點有無破損現象。	2
12	Water Tank Drain 管	設備管路阻塞	6.8E-5	2	3	1. 液體洩漏造成水損。 2. 人員不慎噴濺受傷	1. 特定製程增加排水管路尺寸。 2. 清管保養頻率增加。	2

13	排水幫浦管路接頭	設備管路接點鬆脫	4.6E-5	2	3	1. 液體洩漏造成水損。 2. 人員不慎噴濺受傷	1. 保養時確認管路接點有無鬆脫現象。	2
14	Quench JW 管路接頭	設備管件破損	4.6E-5	2	3	1. 液體洩漏造成水損。 2. 人員不慎噴濺受傷	1. 保養時確認管路接點有無破損現象。	2
15	Circulation Pump 軸封	設備元件破損	4.6E-5	2	3	1. 液體洩漏造成水損。 2. 人員不慎噴濺受傷	1. 保養時確認有無破損現象。	2
16	CDA 閥件誤關	作業管理之缺失	4.6E-5	2	3	1. 液體洩漏造成水損。 2. 人員不慎噴濺受傷	1. 人員教育訓練與宣導。 2. 保養前工具箱會議。	2
17	JW 管路	設備管件破損	2.3E-5	2	3	1. 液體洩漏造成水損。 2. 人員不慎噴濺受傷	1. 保養時確認管路接點有無破損現象。	2
18	PCW 管路接頭	設備管件破損	2.3E-5	2	3	1. 液體洩漏造成水損。 2. 人員不慎噴濺受傷	1. 保養時確認管路接點有無破損現象。	2
19	Cyclone Nozzle 接頭	設備管件破損	2.3E-5	2	3	1. 液體洩漏造成水損。 2. 人員不慎噴濺受傷	1. 保養時確認管路接點有無破損現象。	2
20	JW Flow Meter O-ring	設備管件破損	2.3E-5	2	3	1. 液體洩漏造成水損。 2. 人員不慎噴濺受傷	1. 保養時確認管路接點有無破損現象。	2
21	Water Tank Inside PCW 管路	設備管件破損	2.3E-5	2	3	1. 液體洩漏造成水損。 2. 人員不慎噴濺受傷	1. 保養時確認管路接點有無破損現象。	2
22	Burner Outside PCW 接頭	設備管件破損	2.3E-5	2	3	1. 液體洩漏造成水損。 2. 人員不慎噴濺受傷	1. 保養時確認管路接點有無破損現象。	2
23	Condensing Zone Nozzle 接頭	設備管件破損	2.3E-5	2	3	1. 液體洩漏造成水損。 2. 人員不慎噴濺受傷	1. 保養時確認管路接點有無破損現象。	2
24	排水幫浦管路接頭	設備管件破損	2.3E-5	2	3	1. 液體洩漏造成水損。 2. 人員不慎噴濺受傷	1. 保養時確認管路接點有無破損現象。	2
25	酸排氣風管壓差計	設備元件破損	2.3E-5	2	3	1. 人員不慎滴到受傷	1. 保養時確認有無破損現象。	2
26	使用中央集塵吸水	作業管理之缺失	2.3E-5	2	3	1. 人員不慎滴到受傷	1. 人員教育訓練與宣導。 2. 保養前工具箱會議。	2
27	LSR 手動閥	設備管路阻塞	2.3E-5	2	3	1. 液體洩漏造成水損。 2. 人員不慎噴濺受傷	1. 增加清管保養頻率。	2

附錄六、煙霧異常事件 FMEA 分析表結果

項次	失效因子	失效模式	次數	失效機率 (hr ⁻¹)	嚴重度	可能性	失效影響	預防及改善措施	風險等級
1	Scrubber Inlet	設備管路阻塞	2	4.6E-5	4	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 每日壓力點檢。 2. 保養時實施切換旁通排放連動功能測試。 3. 保養週期規劃。	4
2	管路粉塵逸散	作業管理缺失	2	4.6E-5	4	3	1. 氣體洩漏造成人員吸入受傷 2. 可燃性氣體洩漏造成火災	1. 人員教育訓練與宣導。 2. 保養前工具箱會議。	4
3	Bellows 護套	材質不良	1	2.3E-5	4	3	1. 材質劣化造成高溫燃燒導致火災	1. 保養時點檢管路護套是否有熱熔狀況。	4



附錄七、Edward BOC 連鎖功能表

項次	Scenario	Interlock	Set-point	TPU response
1	電源關閉	燃料供應關閉	NA	系統停止與燃料供應開關關閉
2	機台幫浦停機	進氣旁通閥動作	NA	TPU 進氣端切換旁通
3	燃燒室進氣端阻塞	高壓開關動作	2 英吋水柱	TPU 進氣端切換旁通
4	進氣端過熱	溫度開關動作	180°C	TPU 進氣端切換旁通
5	氮氣供應異常	N ₂ 低壓開關動作	3 Bar	1.TPU 警報顯示 2.超過 10 秒後自動切換 TPU 系統關閉 inlet bypass
6	燃燒室低溫	溫度開關動作	400°C	1.TPU 警報顯示
7	冷卻槽牆面高溫	溫度開關動作	70°C	1.TPU 警報顯示 2.超過 10 秒後自動切換 TPU 系統關閉 inlet bypass
8	分離器水供應異常	分離器低流量開關動作	0.3 L/min	1.TPU 警報顯示 2.超過 10 秒後自動切換 TPU 系統關閉 inlet bypass
9	入口管路過熱	溫度開關動作	120°C	1.TPU 警報顯示 2.超過 10 秒後自動切換 TPU 系統關閉 inlet bypass
10	水洗塔水供應異常	水洗塔水流量開關動作	0.3 L/min	1.TPU 警報顯示 2.超過 10 秒後自動切換 TPU 系統關閉 inlet bypass
11	冷卻槽出口高溫	冷卻槽高溫開關動作	80°C	1.TPU inlet bypss 2.TPU 系統關閉
12	集水槽液位高	集水槽液位開關動作		1.TPU inlet bypss 2.TPU 系統關閉
13	燃燒室高溫	燃燒室高溫開關動作	1150°C	1.TPU inlet bypss 2.TPU 系統關閉
14	空氣/瓦斯混合供應壓力過高	燃料混合室高壓開關動作	4 英吋水柱	1.TPU inlet bypss 2.TPU 系統關閉
15	空氣/瓦斯混合供應溫度過高	燃料混合室溫度開關動作	150°C	1.TPU inlet bypss 2.TPU 系統關閉
16	瓦斯供應異常	瓦斯低壓開關動作	7.5mbar	1.TPU inlet bypss 2.TPU 系統關閉
17	空氣供應異常	瓦斯低壓開關動作	2.5 英吋水柱	1.TPU inlet bypss 2.TPU 系統關閉
18	燃燒室未燃燒	火焰偵測器動作	大於 1 秒	1.TPU inlet bypss 2.TPU 系統關閉
19	液體洩漏	液體偵測器動作	NA	1.TPU inlet bypss 2.TPU 系統關閉
20	冷卻水溫度異常	冷卻水溫度警告	55°C	1.TPU 警報顯示

21	冷卻水溫度異常	冷卻水溫度警報	60°C	1.TPU inlet bypass 2.TPU 系統關閉
22	液位偵測器故障	NA	NA	1.TPU inlet bypass 2.TPU 系統關閉
23	水槽排水開關故障	NA	NA	1.TPU 警報顯示 2.超過 4 分後自動切換 TPU 系統關閉 inlet bypass
24	瓦斯洩漏	瓦斯偵測器動作	NA	1.TPU inlet bypass 2.TPU 系統關閉



附錄八、Unisem 連鎖功能表

NO.	Alarm List	LAMP		BY-PASS & EXHAUST V/V &	LNG OFF	AIR OFF	O2 OFF	N2 OFF	CW V/V Close	PCW OFF	SETTING VALUE	REMARK	결과
		YELLOW	RED										(359A)
1	AIR Pressure Low Error	√ (351)	√		√	√	√		√	√	≤ 2kgf/cm ²		<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG
2	N ₂ Pressure Low Error	√ (351)	√		√	√	√				≤ 3kgf/cm ²		<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG
3	O ₂ Pressure Low Error	√ (351)	√		√	√	√				≤ 2kgf/cm ²		<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG
4	CW Pressure Low Error	√ (351)	√		√	√	√				≤ 0.5kgf/cm ²		<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG
5	PCW Pressure Low Error	√ (351)	√		√	√	√				≤ 0.5kgf/cm ²		<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG
6	LNG Pressure Low Error	√ (351)	√		√	√	√				≤ 5psig	5 psig = 34,5 kPa	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG
7	PCW Return Low Check	√ (351)	√		√	√	√		√	√	≤ 20% Setting(5-10PLPR)	Flow Sensor	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG
8	LNG LEAK		√	√	√	√	√	√			20% LEL		<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG
9	CABINET SMOKE ERROR		√	√	√	√	√	√	√	√	57℃ /3%	SMOKE SENSOR	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG
10	INLET #1,2,3,4 Pressure Low	√ (351)	√	√	√	√	√	√			-5 mmH2O	Delay Time (3sec)	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG
11	EXHASUT Pressure Low	√ (351)	√	√	√	√	√	√			-30 mmH2O	Delay Time (15sec)	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG
12	CHAMBER Temp High Error		√		√	√	√				≥ 500℃	Delay Time 2sec	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG
13	TANK Temp High Error		√		√	√	√				≥ 60℃	Delay Time 2sec	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG
14	EXHASUT Temp High Error		√		√	√	√				≥ 50℃	Delay Time 2sec	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG
15	DRAIN H Temp High Error		√		√	√	√				≥ 100℃	Delay Time 2sec	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG
16	DRAIN PUMP Error	√			√	√	√		√	√	high		<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG
17	DRAIN TANK Overflow Error		√		√	√	√		√	√	Float Sensing		<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG
18	WATER LEAK		√		√	√	√		√	√	Leak Sensing		<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG
19	RECIRCULATION PUMP Error	√									CW ON & REC-PUMP STOP		<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG
20	Not Flame Error	√ (351)	√		√	√					U,V Sensor		<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG
21	LNG MFC Flow Check	√											<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG
22	H/J HIGH TEMP Error	√									≥ 140℃	HEAT JACKET OFF	<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG
23	H/J LOW TEMP Error	√									≤ 100℃		<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG
24	INLET #1,2,3,4 Valve Error												<input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG

附錄九、台禹連鎖功能表

名稱	燈號	Air Valve	N2 Valve	PCW-S Valve	PCW-R Valve	Drain Valve	Water By-pass Valve	City Water Valve	Drain Pump	Cir. Pump	Heater Power Controller	System By-Pass Valve	Buzzing	alarm Light	Warning light	告警輸出及動作延遲	說明	Note
Normal	綠	0	0	0	0	0	NA	0	NA	0	NA	X	X	X	X			
Power Fail	無	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	X	X	X			
N2 Low	紅	0	0	0	0	0	NA	0	NA	0	0	X	0	0	0	動作延遲0秒，紅燈告警	若N ₂ 供應器不足，PLC將會出現警告訊號及警告鈴聲，機臺仍會繼續運轉。	
Air Low	紅	0	0	0	0	0	NA	0	NA	0	0	X	0	X	0	動作延遲0秒，紅燈告警	若CDA供應器不足，PLC將會出現警告訊號及警告鈴聲，機臺仍會繼續運轉	
入/出口堵塞	紅	0	0	0	0	0	NA	0	NA	0	0	X	0	0	0	動作延遲30秒，紅燈告警	系統運期間，若入出口壓力偵測器檢測壓力差值高於設定值時，PLC發出警告	
入口堵塞	紅	0	0	0	0	0	NA	0	NA	0	0	X	0	0	0	動作延遲30秒，紅燈告警	機臺入口端有一壓力偵測器，若入口通道或反應槽內阻塞，則入口壓力會過高，超過設定值，則PLC會發出警告鈴	
出口高溫	紅	0	0	0	0	0	X	0	NA	0	0	X	0	0	0	動作延遲180秒，紅燈告警	廢氣處理設備排氣口有一熱電偶式溫度偵測器，當廢氣出口溫度高於50℃時，	
出口堵塞	紅	0	0	0	0	0	NA	0	NA	0	X	X	0	X	0	動作延遲30秒，紅燈告警	機臺出口端有一壓力偵測器，若出口通道內阻塞，則出口壓力會過高，超過設定值，則PLC將會發出警告鈴聲。	
沒PCW水	紅	0	0	0	0	0	NA	0	NA	0	0	X	0	0	0	動作延遲3秒，紅燈告警	若冷卻水供水系統故障或輸水管阻塞，以致水流量太低，則水流量偵測器會發出警告訊號至PLC，PLC將會發出警告鈴	
缺自來水	紅	0	0	0	0	X	0	0	NA	0	0	X	0	0	0	動作延遲3秒，紅燈告警	若自來水供水系統故障或輸水噴嘴阻塞，以致水流量太低，則水流量偵測器會發出警告訊號至PLC，PLC將會發出警告	
排水 AL	紅	0	0	0	0	X	NA	X	X	0	0	X	0	0	0	動作延遲2秒，紅燈告警	若Tank內液位偵測器，於排水幫浦啟動後90秒內，若液位未達低水位，則PLC會發出警告訊號；此時使用者需先檢查是否此排水幫浦葉片故障或排水管線阻	

名稱	燈號	Air Valve	N2 Valve	PCW-S Valve	PCW-R Valve	Drain Valve	Water By-pass Valve	City Water Valve	Drain Pump	Cir. Pump	Heater Power Controller	System By-Pass Valve	Buzzing	alarm Light	Warning light	告警輸出及動作延遲	說明
桶內沒水	紅	0	0	0	0	X	NA	0	X	0	0	X	0	0	0	動作延遲0.5秒，紅燈告警；	若循環系統打開但是卻沒有水持續補充進入Tank內，使得Tank內缺水，則plc會自動切掉加熱電源
循環水流量不足	紅	0	0	0	0	0	NA	0	NA	X	0	X	0	0	0	動作延遲5秒，紅燈告警	當Cir. Water AL. 時，PLC會驅動NV2, NV3, 並藉FS5偵測，於90秒內偵測5次，判斷Cir. Pump是否故障，PLC將會
循環水幫浦故障	紅	0	0	0	0	0	X 5次	0	NA	X	0	X	0	0	0	1. 動作延遲5秒，紅燈告警 2. 動作90後秒啟動1007：循環水幫浦故障：紅燈告警	若循環水幫浦故障或循環水流管線阻塞，則水流量偵測器會將警訊傳至PLC，PLC將會發出警告鈴聲。
腔體低溫	紅	0	0	0	0	0	NA	0	NA	0	X	X	0	X	0	動作延遲0秒，紅燈告警（昇溫四小時後才有作用）	當昇溫鍵按下四小時後，若加熱器溫度低於設定值660度(可設定)，則溫度控制器將會發出警訊至PLC，PLC會出現警告訊號。
腔體超溫	紅	0	0	0	0	0	NA	0	NA	0	0	X	0	0	0	動作延遲0秒，紅燈告警	若加熱器內溫度高於設定值或是高於設定值50度，則溫度控制器會自動關閉加
超高水位	紅	0	0	0	0	0	NA	X	0	0	0	X	0	0	0	動作延遲6秒，紅燈告警； 啟動排水SV	若排水幫浦故障，則PLC會將供水系統關閉，避免水漏至機臺內。
煙霧發生	紅	0	0	0	0	0	NA	0	NA	0	0	X	0	0	0	動作延遲0秒，紅燈告警	若Rack內或電控箱內發生異常煙霧產生，偵煙器發出警訊號至PLC，並發生告
電熱超溫	紅	0	0	0	0	0	NA	0	NA	0	0	X	0	0	0	動作延遲0秒，紅燈告警	若加熱器內溫度高於設定值1050度，則溫度控制器會自動關閉加熱器電源控制訊號，且PLC會發出警告鈴聲。
漏水	紅	0	0	X	X	0	NA	X	0	0	0	X	0	0	0	動作延遲3秒，自保持，紅燈告警。 啟動PUMP；關閉自來水SV	水循環系統下端有防漏盤，若系統有漏水至滴水盤，則漏水檢知器及浮球偵測器會將警訊傳至PLC，PLC將會發出警告鈴聲。