

國立交通大學

工學院碩士在職專班產業安全與防災組

碩士論文

半導體廠附屬設備管路區環境監測改善研究-
以 CVD 區為例

The Special Gas Monitor Improvement in the Semiconductor CVD Utility
Area

研究生：張邱坤

指導教授：張翼 博士

中華民國九十九年元月

半導體廠附屬設備管路區環境監測改善研究-以 CVD 區為例

研究生：張邱坤

指導教授：張翼 博士

國立交通大學工學院碩士在職專班產業安全與防災組

摘 要

本論文研究主要以半導體廠附屬設備管路 CVD 區環境監測為對象，唯研究成果並不侷限於半導體，放諸光電業面板廠，或是設備供應商，亦具有高度參考價值。

附屬設備管路 CVD 區由於位於廠務區，且為高度噪音區，一般工作環境較差，加以高科技業界皆將維護保養工作外包，因此對此區環境的危害，如特氣的溢散或異味，比較不會注意，本文擬從廠區發生管路區人員反應異味開始探討，為何現場以手提式氣體偵測器量測有 F_2 讀值，甚且在量測過程中發現 CVD 區排氣管路有白色粉末 coating，且有部份金屬管路霧化情形探討。

本研究以 FORD 8D 為手法，D1. 主題選定及團隊形成，D2. 描述問題及現況掌握，D3. 執行及驗證暫時防堵措施，D4. 定義及驗證真因，D5. 列出、選定及驗證永久對策，D6. 執行永久對策及效果確認，D7. 預防再發及標準化，D8. 恭賀團隊及未來方向，透過八個主要步驟，將真正的問題定義清楚，並執行永久對策，進而建立標準化。

以上的手法值得推廣至各種異常狀況的解決，不僅是管路區也不僅是 CVD 機台，可以是任何異常調查與追求根本原因的參考手法，也可以是氣體偵測器發揮效用與使用範圍延伸的最佳化，或者是更大格局的研究，其運用之妙，端看使用者格局、決心，以及團隊支持。

有效性(available & functional)一直是安全與防災系統最實務面的講究，也是任何一個系統使用者的最基本需求，本文以 CVD 管路區環境特氣偵測為題，期在拋磚引玉，讓更多工安相關人員對設備、系統、元件的有效性產生高度關心，進而維持其在極高度可靠性為最終目的。期盼工安人能多多關懷廠區安全狀況，並保持對系統的高度熱忱。

The Special Gas Monitor Improvement in the CVD Utility Area

Student : CK Chang

Advisors : Dr. Edward Chang

Department of Industrial Safety and Risk Management
National Chiao Tung University

ABSTRACT

This paper focuses on special gas monitor in CVD utility areas. The study result is also to referable to all of the high technology fields such as DRAM, TFT LCD.

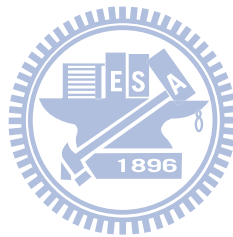
CVD tools used a lot of special gas in process, such as silane, SiF_4 , NF_3 , NH_3 , ClF_3 , WF_6 , DCS , O_3 . The CVD utilities areas are presented the noise, high temperature, and abnormal vapor & fume. However, the safety attention from ISEP or equipment or facility guy is not enough. It seems a problem that no body knows the outgasing in CVD utilities areas.

Gas monitor system (GMS) is a functional and available system in special gases detection. However, it seems rarely used for environment monitor. This paper just tries to adopt the GMS system that under sampling piping retrofit used in the CVD utilities areas.

The methodology of this study is via FORD 8D, it is a good solution of TQM field, and the detail and 8Ds are sequential introduced below. D1: chose the topic and build up team, D2: description the problem and current situation, D3: executed and verified the temporary action (if necessary), D4: define and verify the root cause, D5: verify and check out the permanent solution, D6: executed the permanent solution and evaluated the effort, D7: Standize, D8: congratulation and future orientation. This

methodology is suitable to promote to the widely fields, such as others tool efficiency evaluation, or others.

Functional & available is the most important of the life safety system; it is also the basic requirement of the user and designer. The most efficiency of the system available evaluation is adopted in tool sign off stage. The topic of this paper called “The Special Gas Monitor Improvement of the CVD Utility Area”, it is hope to recall the system owners, safety professionals to review, enhance, and improve the safety system into a good condition. The devotion in safety is never fall down.



誌 謝

本論文承蒙張翼博士於寫作期間多次細心的指導，並不時花費時間於觀念及架構的提醒，才得以有今日的成果，感謝指導教授的提點；並感謝題目審查及口試期間，張立老師、戴寶通老師提供寶貴的意見與建議，使得本論文的涵蓋性更為完整。

重回一流學府交通大學當專班學生已距大學生活已相當的時日，能夠在專長領域再進修，或多或少圓了大學時期更上層樓的夢想，別具意義的是，在專班的研習期間，讓累積十來年的工安相關經驗再佐以理論及學理的印證，就如實務有了靠山，學理基礎有了紮實的實務經驗驗證，而相得益彰。

能在一流的公司服務，結合工作心得，並得著研究方向，要感謝的人很多，首先是部門的長官，藉著一次異常狀況的調查處理，開啟此研究的方向，再來是可愛的工作夥伴，給予許多執行面的協助與配合，特別感謝 CVD 設備部門與廠務部門，給予許多機台相關 technical support, 感謝溫部經理提供系統化改善建議及更高格局的思維。

感謝家人的支持、鼓勵，及諒解，特別在工作與學校來去之間，不知不覺過了四年，感謝老婆大人，照顧好家庭，讓我可以工作與課業上盡情揮灑。

最後謹以此文獻給我所愛及愛我的人，沒有您們的鼓勵與支持，就沒有本篇論文的發表。

Regards,

張邱坤 謹誌
工學院碩士在職專班產業安全與防災組
中華民國九十九年元月

目 錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
誌謝	iv
目錄	v
表目錄	vii
圖目錄	viii
第一章 緒論.....	1
1.1 研究動機及緣起.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 研究範圍.....	2
1.4 研究方法與架構.....	3
第二章 文獻回顧.....	4
2.1 半導體廠房特性.....	4
2.2 半導體製程簡介.....	7
2.3 CVD 製程架構.....	9
2.4 國內外相關法令要求.....	14
2.5 特殊氣體供應系統簡介.....	14
2.6 氣體偵測系統簡介.....	20

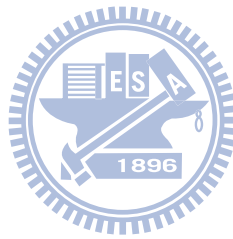


2.7	VESDA 系統簡介.....	23
第三章	研究方法與結果.....	27
3.1	研究方法介紹.....	27
3.2	主題選定.....	27
3.3	現況掌握.....	28
3.4	執行暫時性防堵措施.....	30
3.5	定義及驗證真因.....	31
3.6	列出，選定及驗證永久對策.....	33
第四章	結果與討論.....	34
4.1	執行永久對策及確認效果.....	34
4.2	標準化措施.....	35
4.3	研究成效.....	40
第五章	結論與建議.....	42
5.1	結論.....	42
5.2	困難與限制.....	43
5.3	未來展望.....	43
參考文獻	44
附錄	45
附錄一	物質安全資料表.....	45



表目錄

表 2-1 科技廠房使用製程氣體及其對人體之影響.....	5
表 2-2 各種 CVD 製程的優缺點比較及其應用.....	10
表 2-3 Gas Cabinet 與 Gas Manifold 功能分類表.....	18
表 2-4 氣瓶櫃性能設計分類表.....	19
表 2-5 各偵測原理特性對照表.....	23
表 3-1 以 Ford 8D 所擬定之行動計畫.....	27
表 3-2 CVD 區使用之特氣.....	29
表 3-3 氣體偵測系統設置優缺評估.....	33
表 4-1 研究成效一覽表.....	40



圖目錄

圖 1-1 CVD Utility 區主要設施.....	2
圖 1-2 研究方法與架構.....	3
圖 2-1 半導體廠房剖面示意圖.....	4
圖 2-2 積體電路製造簡易流程圖.....	9
圖 2-3 化學氣相沈積五個主要機制.....	10
圖 2-4 APCVD 系統結構示意圖.....	11
圖 2-5 LPCVD 系統結構示意圖.....	12
圖 2-6 PECVD 系統的結構示意圖.....	13
圖 2-7 半導體製程常用氣體相互反應圖.....	15
圖 2-8 毒性及腐蝕性氣體供應流程圖.....	16
圖 2-9 氣瓶櫃和氣瓶架外觀圖.....	17
圖 2-10 Gas Manifold 示意圖.....	18
圖 2-11 Gas Cabinet 示意圖.....	18
圖 2-12 GMS Detectors 安裝位示意圖.....	20
圖 2-13 氣體濃度與半導體監測器輸出訊號關係.....	21
圖 2-14 電化學式監測器工作原理圖說.....	22
圖 2-15 比色分析器偵測原理圖說.....	22
圖 2-16 傅立葉轉換紅外光譜儀偵測原理圖說.....	23
圖 2-17 VESDA 與傳統探測器比較.....	24
圖 2-18 VESDA 元件及系統架構.....	25
圖 3-1 CVD 製程管路區環境異常.....	28
圖 3-2 CVD Utility Area 現場環境一隅.....	28
圖 3-3 CVD 製程示意圖.....	29
圖 3-4 局部廢氣處理設備.....	30
圖 3-5 二氧化矽粉末形成機制.....	31

圖 3-6 F2 產生機制.....	32
圖 4-1 改善 L/S 之處理效能示意.....	34
圖 4-2 單點式佈點取樣點方式.....	36
圖 4-3 多點式佈點取樣點方式.....	36
圖 4-4 區域式佈點取樣點方式.....	37
圖 4-5 區域式+隔離控制閥佈點取樣點方式.....	37
圖 4-6 區域式+隔離控制閥系統結構圖.....	38
圖 4-7 二分法說明.....	38
圖 4-8GMS 設置後成果分享氣體異常讀值發現之一.....	41
圖 4-9GMS 設置後成果分享氣體異常讀值發現之二.....	41
圖 5-1 負壓抽氣設備及靜壓監測.....	42



第一章 緒論

1.1 研究動機及緣起

隨著政府宣示兩兆雙星重點獎勵產業在台灣蓬勃發展，泛半導體與 TFT-LCD 產業及環保節能如太陽能、LED 產業等掘起，台灣已是十二吋廠密度最高的國家，而 TFT-LCD 的產值也不遑多讓，然而這些科技產業的生產設備機台皆在高度潔淨的無塵室內，而隨著製程技術複雜化，各模組製程用到的化學品具有毒性、可燃性、自燃性及腐蝕性等本質危害之特性，故廠房潛藏了火災、爆炸及氣體外洩等危害，除可能導致設備損壞、環境污染外，嚴重時可能造成生產中斷或人員傷亡。

在半導體工廠中，使用危害氣體甚多，氣體監測器在安全監控系統上扮演極重要之角色，而且是相當重要的系統。因應產業發展需求，氣體監測系統扮演之角色已不僅止作為緊急狀況發生時之警示工具；將監測系統用於設備附屬機台區，可隨時監視管路區之環境是否有不當洩漏；一旦有洩漏發生可以第一時間反應至廠區之緊急應變中心，以期將災害程度減至最低。

半導體廠房製造過程中使用大量毒性、可燃性、腐蝕性氣體，由儲存、供應及生產後由尾氣排放，但一般廠內只針對原物料進行洩漏監測，對於製程反應後管路設備洩漏並無特別監測，為確保設備保養人員於設備管路區作業無安全疑慮，應於該區設置即時且有效之監測系統，本文以半導體廠化學氣相沉積(CVD)尾氣處理區常見異常案例，評估此系統設置必要性及最佳設置方法，以期掌握異常狀況並防範氣體洩漏危害所造成的損失，成為本論文之研究動機。

CVD Utility 區主要設施為 PUMP (Line)、Local Scrubber，(如圖 1-1)。



圖 1-1 CVD Utility 區主要設施為:PUMP (Line)、Local Scrubber

1.2 研究目的

本研究目的主要探討 CVD 區機台附屬設備管路區之環境監測，先探討該環境可能會因製程尾氣管路破損，造成大量的製程反應物(by product)外洩，或是長時間微量外洩，而造成設備或管路的腐蝕，嚴重者使長時間執行維設備維護保養的人員(PMO)因長期暴露於有害環境，而造成職業病等之危害；透過氣體監視系統(GMS)的擴充運用，並細部驗證其佈點與偵測效率之差別，防範管路區之環境之不良洩漏情形，系統設置完成後，以實務發生的案例，強化系統之信賴度。

1.3 研究範圍

以晶圓廠 CVD 管路設施區為主要研究範圍，原因如下：

- 發生過異味異常。
- 人員 PM 作業頻繁(每天約 4 台)。
- 相對其他區使用最多危害氣體，如矽甲烷 (SiH_4), SiF_4 , NF_3 , NH_3 , ClF_3 , WF_6 , DCS , O_3 等。
- 現場作業環境不佳。

研究結果亦適用於相關產業如 TFT LCD,及相關製程物理氣相沉積 (PVD),或爐管區等。

1.4 研究方法與架構

研究方法與架構採 FORD 8D 手法，(如圖 1-2)。FORD 8D 主要用於全面品質管制，後經發揚光大，而適用於找出偏誤、真因、及建立標準化的一種手法，其手法包含了 PDCA(plan-do-check-action)，是一個適於探索問題並獲至解答的研究手法。

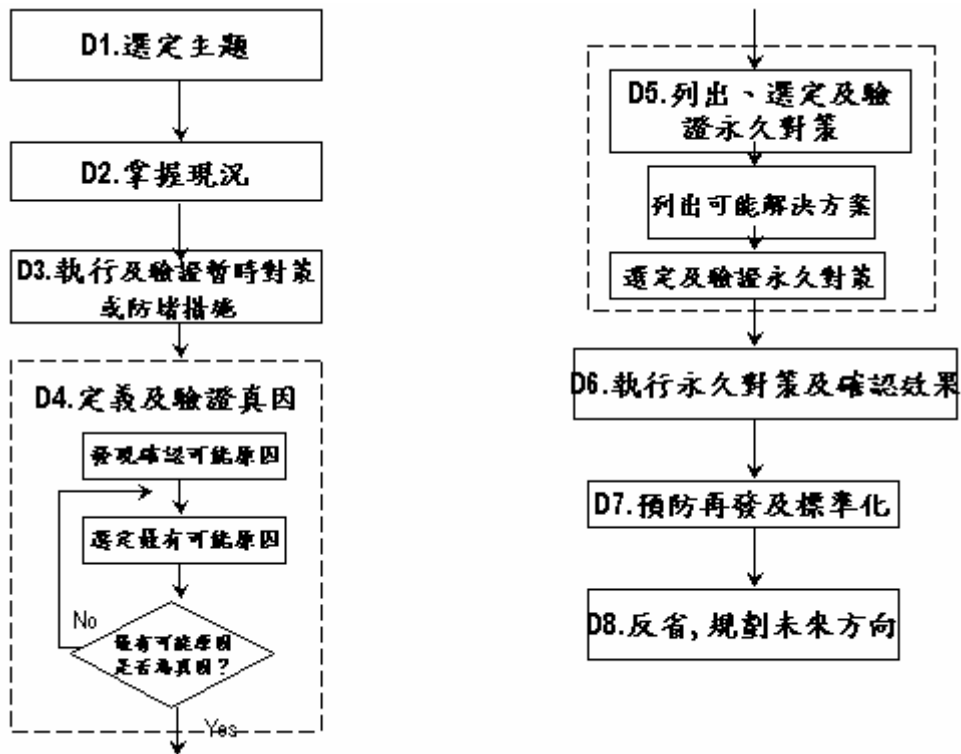


圖1-2 研究方法與架構

第二章文獻回顧

2.1 半導體廠房特性

2.1.1 半導體廠以『精密性高』為其特色，主要製程環境，無塵室(如圖 2-1)，因為高度潔淨空氣的需求，使得整個廠房有別於一般建築物的區劃及空調觀念。為了避免外氣或區劃塊內的不潔空氣藉由空調到處竄流，一般半導體廠房會劃分為數個區塊，當發現某區域有異常的空氣污染時，它的對策就是立即將該區之空調系統調為微負壓，以免污染源擴大。半導體元件製程中充滿了高危害性的物質，如處理晶片氧化過程中所需的純氧、氫氣、蝕刻過程中的各種強酸、強鹼、有機溶劑及化學氣相沉積(Cheical Vapor Deposition, CVD)成模時的易燃性與高腐蝕性物質等。這些物質的使用，加上半導體二十四小時不停的運轉生產，使得內部處處暗藏危機。倘若一旦發生危害事故，大量危害性化學物質可能迅速外洩，進而危害到工作人員、現場搶救人員及週遭環境。

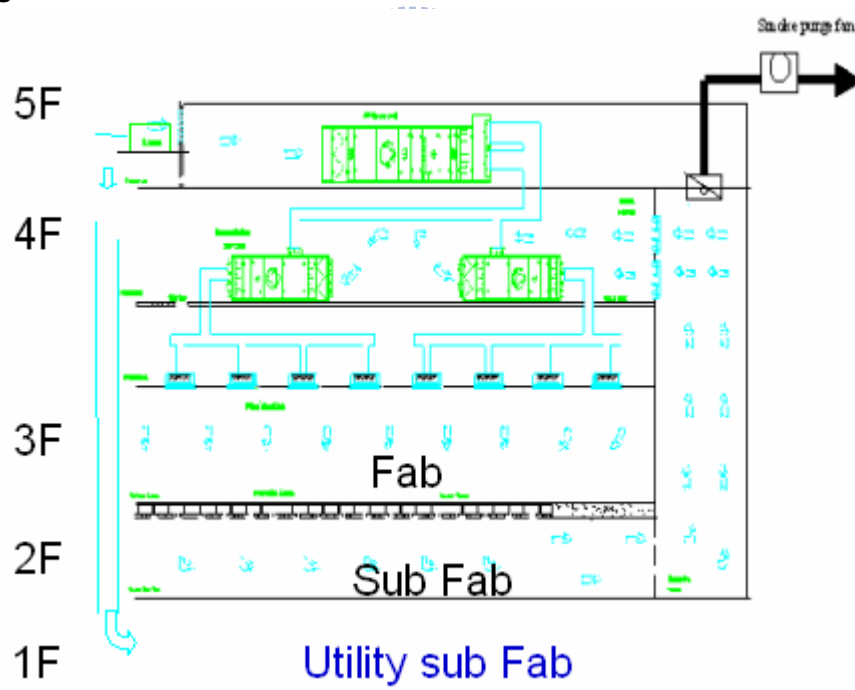


圖 2-1 半導體廠房剖面示意圖

2.1.2 半導體製程因特殊需求，必須使用到種類繁多之高純度易燃或劇毒性化學品，操作如有不慎，及可能引起損失慘重的意外事故，其中包括惰性、毒性、易燃易爆之氣相化學物質。而且，無塵室中一旦發生毒性化學物質外洩，受到空調系統影響，毒氣將可能蔓延各個區域，因此熟知上述

化學品之物理、化學特性，及對人體的影響，並慎重正確使用是十分重要的。一般半導體工廠中所使用之製程氣體對人體之影響如表 2.1 所示。

表 2.1 科技廠房使用製程氣體及其對人體之影響

危害分類	製程氣體	對人體之影響
腐蝕性	NO ₂ 、NH ₃ 、HCl、HBr、COF ₂ 、C ₄ Cl ₆ 及 Be 化合物	溶解於皮膚表面之汗水中，反覆侵蝕皮膚，將引發皮膚炎，甚至造成皮膚溶解
	SO ₂ 、NH ₃ 、HCl、HF、HBr、H ₂ S、COF ₂ 、SeH ₂ 及其它無機鹵素化合物	眼角膜、眼結膜上的水分溶解化學物後形成強酸性物質
	SO ₂ 、HCl、HF 及 HBr	唾液溶解酸性氣體，並附著於齒垢上，長時間對其表面作用，腐蝕牙齒
	SO ₂ 、HCl、HF、HBr、H ₂ S、SeH ₂ 、COF ₂ 、NH ₃ 及其它無機鹵素化合物	唾液水分於溶解中產生強酸性物質，對鼻及咽喉產生強烈次積極腐蝕
	SO ₂ 、NO ₂ 、HCl、HF、HBr、H ₂ S、SeH ₂ 、COF ₂ 、NH ₃ 、無機鹵素化合物及自然發火有機金屬蒸氣	造成黏膜纖毛運動停止，排除雜塵之功能降低，容易造成呼吸道二次感染，呼吸困難
	SO ₂ 、NO ₂ 、HCl、HF、HBr、H ₂ O ₂ 、SeH ₂ 、COCl ₂ 、COF ₂ 、AsH ₃ 、O ₃ 、H ₂ O ₂ 及 NH ₃ 、無機鹵素化合物及自然發火有機金屬蒸氣	溶解於肺部細胞黏膜水分中形成強酸強鹼。肺細胞膜之肺細胞毛管壁因受腐蝕侵害，造成肺水腫及呼吸困難
窒息	N ₂ 、Ar 等惰性氣體	降低空氣中氧氣濃度，造成無法呼吸

性	NO、CO、CO ₂	與血紅蛋白產生強固結合，血液的氧氣被阻礙，造成組織缺氧的症狀出現
	NO、NO ₂ 及NF ₃	將血紅蛋白中的Fe ²⁺ ，氧化成Fe ³⁺ ，造成血紅蛋白失去與氧結合的能力
	AsH ₃ 、SbH ₃ 、GeH ₃ 、TeH ₂ 、SnH ₄ 、(CH ₃) ₃ As、(C ₂ H ₅) ₃ As及(CH ₃) ₃ Sb	紅血球薄膜被破壞，失去Fe ²⁺ 、Fe ³⁺ ，而無法傳輸氧氣，形成血溶性貧血
毒性	鹵碳氫化合物	在腦中之組織裡分解，腦神經之反應刺激的傳達和抑制行為將遲緩
	有機金屬、CO、CO ₂ 及H ₂ S	腦細胞受其侵入，阻礙細胞之循環和新陳代謝作用，導致腦細胞被破壞
	CCl ₄ 及鹵化氫化合物	脂肪細胞其侵入影響，肝細胞脂肪代謝遭到阻礙，將使肝細胞壞死，引起肝硬化、肝癌等症狀
	NF ₃ 、POCl ₃ 、AsH ₃ 及其它As化合物	心肌壞死、心肌梗塞及心律不整
	HCF、As、Sb、Ga、In、Cd及Ge	細胞受損、新陳代謝功能喪失，產生溶血性腎功能傷害、尿毒症等症狀
	Ph ₃ 、As化合物其它磷化合物	造成蠕動激烈而有嘔吐或下瀉
	Cd化合物	鈣質脫離
	氟化合物	鈣質沉積
	磷化合物	細胞壞死

2.2 半導體製程簡介

2.2.1 半導體製程通論

一般積體電路製程主要可分為三個階段：矽晶片 (Wafer) 的製造、積體電路製造及積體電路封裝 (Package) 等，其簡易流程，如圖 2-2 所示。

1. 矽晶片的製造：

採用天然之矽砂(SiO_2)，於矽砂中加入探提煉出冶金級矽 (Metallurgical Grade Si)，之後再加入綠化清氣體生成三氯矽甲烷，經蒸餾精製後，再以氫氣還原成高純度之多晶矽；接著利用「浮動區 (Float Zone) 長晶法」或「柴可拉斯基 (Czochralski) 長晶法」，將多晶矽製成單晶矽晶棒；最後將矽晶棒切片及整形後，便可得到第二階段積體電路製造所需之單晶基板 (Substrate)，即是所稱之矽晶片 (Wafer)。由於單晶矽晶棒非常堅硬，所以從單晶矽晶棒至矽晶片之過程中，必須經由鑽石刀切割後，再利用研磨漿 (Slurry) 或各類蝕刻液如 HNO_3 、 HF 、 NaOH 及 KOH 等進行表面拋光，接著在使用多種無機酸鹼液進行清洗，即可製成單晶矽晶片。

2. 積體電路的製造：

一般來講包含薄膜沉積 (Thin Film Deposition)、微影 (Photolithography)、蝕刻 (Etching)、擴散 (Diffusion) 四大製程，又可將其細分為晶片清洗、氧化、光阻塗布、曝光、顯影、離子植入、光阻去除、濺鍍及化學氣相沉積等各種操作步驟。由於積體電路的製作過程相當複雜，一般依設計需求而異，基本上任何一種電路之製作都必須經過數次至數百次以上之步驟才能完成，以下將針對各主要製程逐一進行介紹：

- (1) 晶片清洗：積體電路製造中反覆操作次數最多的步驟即為晶片清洗，主要原因是矽晶片表面潔淨度對半導體元件之良率及品質有非常大的影響。一般晶片清洗主要可分為濕式清洗及乾式清洗兩種。
- (2) 氧化：將清洗完後之晶片送進通入氧氣之高溫爐管中，在晶片表面生成 SiO_2 氧化層。
- (3) 光阻塗佈：將光阻均勻塗佈於氧化層上。通常在上光阻之前通常會先塗一層特殊之附著層「六甲基二矽胺烷 (Hexamethyldisilazane, HMDS)」以增加光阻與晶片表面之附著

力。

- (4) 曝光：利用紫外光(UV)或其它光源將光罩(Mask)片上之線路圖案頭設在相對應之光阻模上，使光阻模上中之感光性化合物進行選擇性感光。
- (5) 顯影：利用加入鹼性之顯影液，將曝過光之光阻層，進行中和反應予以清除。
- (6) 離子植入：進行雜摻，利用氧化層或是光阻來作罩幕以便在選擇區域內植入摻質來改變基材，電性植入後必須作回火處理，以便使摻質分佈均勻。
- (7) 光阻去除：利用乾式之氧化電漿或濕式之無機酸或有機去光阻劑將剩餘之光阻層剝離。
- (8) 濺鍍：利用 Ar 電漿轟擊金屬靶產生動量轉換，將金屬靶表面之原子濺擊出來並吸附在矽晶片表層。
- (9) 化學氣相沉積：經由高溫氣體分解後將單種或多種氣相分子沉積在固相基板之半導體薄膜製程。

3. 積體電路封裝：

經由晶片探針檢測，切割成晶粒(Die)，再經黏著、打線、密封及包裝使成為產品。

半導體，簡言之就是導電能力介於導體與非導體之間的一種材料，其導電能力除決定於本身材質的能隙 (Energy Gap) 特性外，外來摻質 (Dopant) 亦可使半導體的電性發生變化，以四價矽為例，若矽中含有少量五價磷，磷將可提供電子使原本矽的導電性增加而形成 N 型半導體，若加入三價硼則形成電洞而成為 P 型半導體，III, IV 族元素如表 2-3 所示。目前超大型積體電路 (Very Large Scale Integration, VLSI) 的製程主要摻雜 (Doping) 技術，包括傳統式的擴散法 (Diffusion)，及離子植入法 (Ion Implantation) 等，離子植入法的進行方式是將摻質以離子形式藉由提昇它的能量或動能，直接將其打入矽裡面，通常以電漿 (Plasma) 產生製程所需的離子，利用電場加速離子運動速度及磁場改變運動方向，最後將離子植入晶圓中。

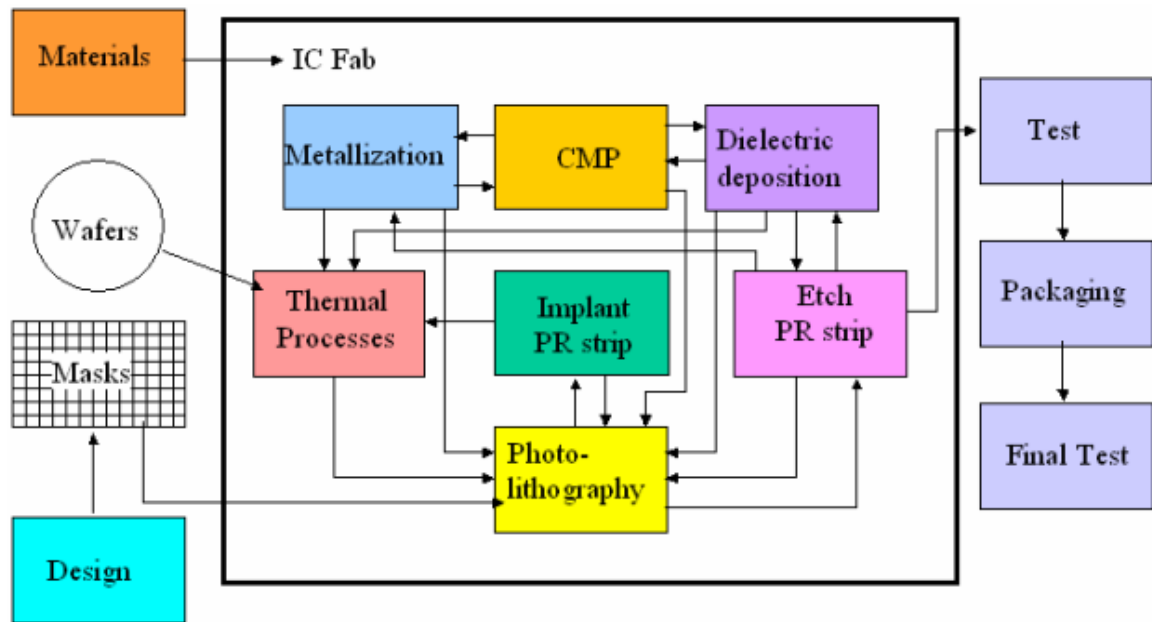


圖 2-2 積體電路製造簡易流程圖

2.3. CVD 製程機台架構

2.3.1 CVD 原理

在半導體製程上，CVD 反應的環境，包括：溫度、壓力、氣體的供給方式、流量、氣體混合比及反應器裝置等等。基本上氣體傳輸、熱能傳遞及反應進行三方面，亦即反應氣體被導入反應器中，藉由擴散方式經過邊界層(boundary layer)到達晶片表面，而由晶片表面提供反應所需的能量，反應氣體就在晶片表面產生化學變化，生成固體生成物，而沈積在晶片表面。[1]

2.3.2 CVD 反應機制

化學氣相沈積程分為下列五個主要的步驟：

- (a).首先在沈積室中導入反應氣體，以及稀釋用的惰性氣體所構成的混合氣體，『主氣流』(mainstream)、
- (b).主氣流中的反應氣體原子或分子往內擴散移動通過停滯的『邊界層』(boundary layer)而到達基板表面、
- (c).反應氣體原子被『吸附』(adsorbed)在基板上、
- (d).吸附原子(ad-atoms)在基板表面遷徙，並且產生薄膜成長所須要的表面化學反應、
- (e).表面化學反應所產生的氣體生成物被『吸解』(desorbed)，並且往外擴散通過邊界層而進入主氣流中，並由沈積室中被排除。

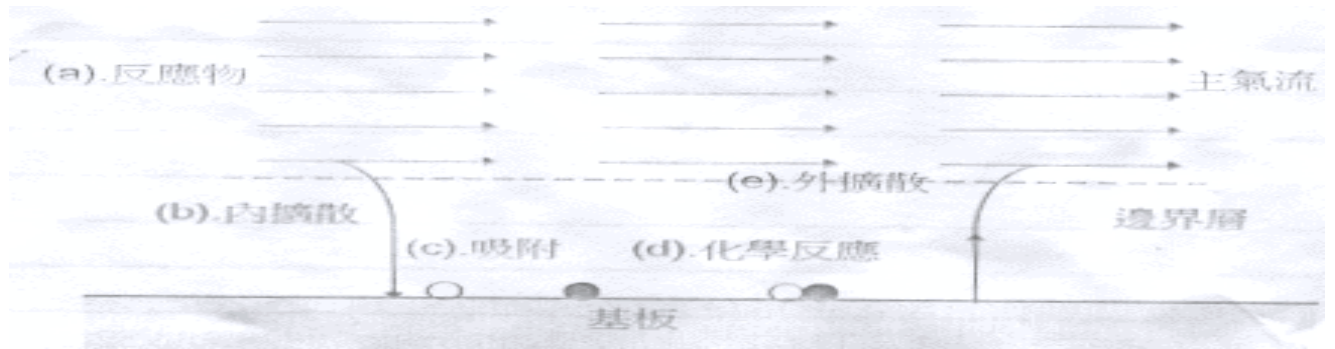


圖 2-3:化學氣相沈積五個主要機制

2.3.3 CVD 的種類與比較

在積體電路製程中，經常使用的 CVD 技術有：

- (1).『大氣壓化學氣相沈積』(atmospheric pressure CVD、縮寫 APCVD)系統、
- (2).『低壓化學氣相沈積』(low pressure CVD、縮寫 LPCVD)系統、
- (3).『電漿輔助化學氣相沈積』(plasma enhanced CVD、縮寫 PECVD)系統。

在表 2-2 中將上述的三種 CVD 製程間的相對優缺點加以列表比較，並且就 CVD 製程在積體電路製程中的各種可能的應用加以歸納。

表 2-2:各種 CVD 製程的優缺點比較及其應用

製程	優點	缺點	應用
APCVD	反應器結構簡單 沈積速率快 低溫製程	步階覆蓋能力差 粒子污染	低溫氧化物
LPCVD	高純度 步階覆蓋極佳 可沈積大面積晶片	高溫製程 低沈積速率	高溫氧化物 多晶矽 鎢，矽化鎢
PECVD	低溫製程 高沈積速率 步階覆蓋性良好	化學污染 粒子污染	低溫絕緣體 鈍化層

2.3.4 大氣壓化學氣相沈積系統(APCVD)

APCVD 是在近於大氣壓的狀況下進行化學氣相沈積的系統。圖 2-4 是一個連續式 APCVD 系統的結構示意圖。圖中晶片是經由輸送帶傳送進入沈積室內以進行 CVD 作業，這種作業方式適合晶圓廠的固定製程。圖中工作氣體是由中央導入，而在外圍處的快速氮氣氣流會形成『氣簾』(air curtain)作用，可藉此氮氣氣流來分隔沈積室內外的氣體，使沈積室內的危險氣體不致外洩。

APCVD 系統的優點是具有高沈積速率，而連續式生產更是具有相當高的產出數，因此適合積體電路製程。APCVD 系統的其他優點還有良好的薄膜均勻度，並且可以沈積直徑較大的晶片。然而 APCVD 的缺點與限制則是須要快速的氣流，而且氣相化學反應發生。在大氣壓狀況下，氣體分子彼此碰撞機率很高，因此很容易會發生氣相反應，使得所沈積的薄膜中會包含微粒。通常在積體電路製程中，APCVD 只應用於成長保護鈍化層。此外，粉塵也會卡在沈積室壁上，因此須要經常清洗沈積室。

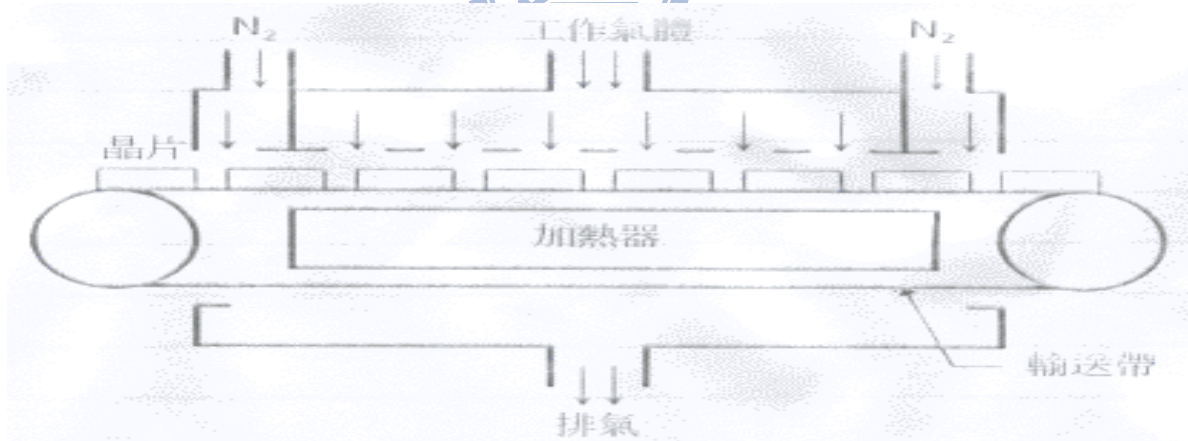


圖 2-4:APCVD 系統結構示意圖

2.3.5 低壓化學氣相沈積系統(LPCVD)

LPCVD 是在低於大氣壓狀況下進行沈積。圖 2-5 是一個典型的低壓化學氣相沈積系統的結構示意圖。在這個系統中沈積室(deposition chamber)是由石英管(quartz tube)所構成，而晶片則是豎立於一個特製的固定架上，這是一種『批次型式』(batch-type)的沈積製程方式。這種

系統是一個熱壁系統，加熱裝置是置於石英管外。在 LPCVD 系統中須要安裝一個真空幫浦，使沈積室內保持在所設定的低壓狀況，並且使用壓力計來監控制程壓力。在『三區高溫爐』(3-zone furnace)中溫度是由氣體入口處往出口處逐漸升高，以彌補由於氣體濃度在下游處的降低，所可能造成的沈積速率不均勻現象。

與 APCVD 系統相比較，LPCVD 系統的主要優點在於具有優異的薄膜均勻度，以及較佳的階梯覆蓋能力，並且可以沈積大面積的晶片；而 LPCVD 的缺點則是沈積速率較低，而且經常使用具有毒性、腐蝕性、可燃性的氣體。由於 LPCVD 所沈積的薄膜具有較優良的性質，因此在積體電路製程中 LPCVD 是用以成長磊晶薄膜及其它品質要求較高的薄膜。

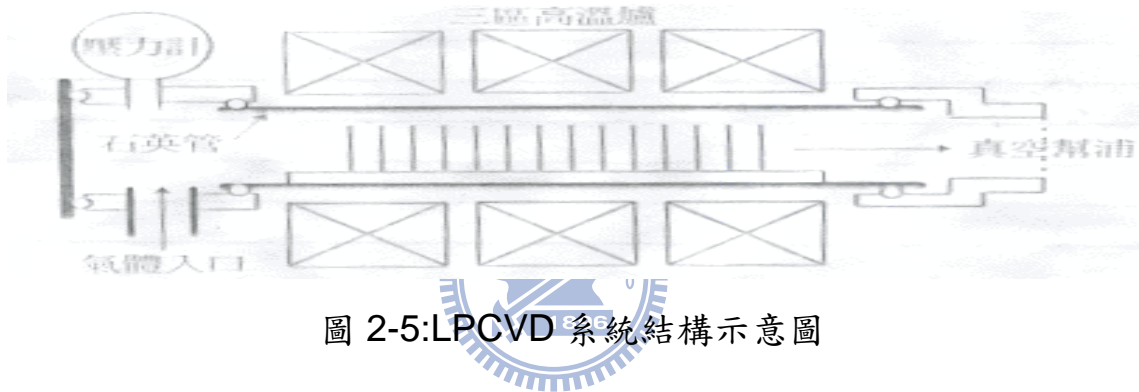


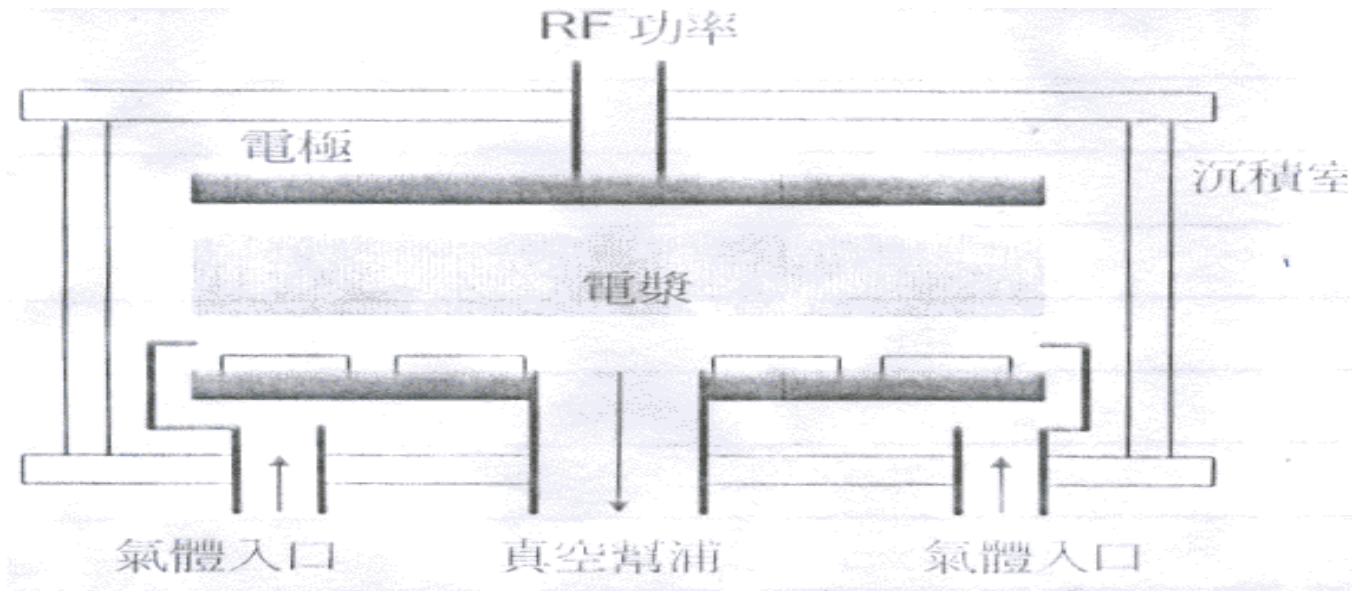
圖 2-5: LPCVD 系統結構示意圖

2.3.6 電漿輔助化學氣相沈積系統 (PECVD)

PECVD 系統使用電漿的輔助能量，使得沈積反應的溫度得以降低。在 PECVD 中由於電漿的作用而會有光線的放射出來，因此又稱為『輝光放射』(glow discharge)系統。圖 2-6 是一個 PECVD 系統的結構示意圖。圖中沈積室通常是由上下的兩片鋁板，以及鋁或玻璃的腔壁所構成的。腔體內有上下兩塊鋁製電極，晶片則是放置於下面的電極基板之上。電極基板則是由電阻絲或燈泡加熱至 100°C 至 400°C 之間的溫度範圍。當在二個電極板間外加一個 13.56MHz 的『射頻』(radio frequency, 縮寫 RF)電壓時，在二個電極之間會有輝光放射的現象。工作氣體則是由沈積室外緣處導入，並且作徑向流動通過輝光放射區域，而在沈積室中央處由真空幫浦加以排出。

PECVD 的沈積原理與一般的 CVD 之間並沒有太大的差異。電漿中的反應物是化學活性較高的離子或自由基，而且基板表面受到離子的撞

擊也會使得化學活性提高。這兩項因素都可促進基板表面的化學反應速率，因此 PECVD 在較低的溫度即可沈積薄膜。在積體電路製程中，PECVD 通常是用來沈積 SiO₂ 與 Si₃N₄ 等介電質薄膜。PECVD 的主要優點是具有較低的沈積溫度；而 PECVD 的缺點則是產量低，容易會



有微粒的污染。而且薄膜中常含有大量的氫原子。

圖 2-6:PECVD 系統的結構示意圖

2.3.7 CVD 與 PVD 之比較

1. 選材：

化學蒸鍍—裝飾品、超硬合金、陶瓷

物理蒸鍍—高溫回火之工、模具鋼

2. 蒸鍍溫度、時間及膜厚比較

化學蒸鍍—1000°C 附近，2~8 小時，1~30 μm(通常 5~10 μm)

物理蒸鍍—400~600°C，1~3 小時，1~10 μm

3. 物性比較

化學蒸鍍皮膜之結合性良好，較複雜之形狀及小孔隙都能蒸鍍；唯若用於工、模具鋼，因其蒸鍍溫度高於鋼料之回火溫度，故蒸鍍後需重施予淬火—回火，不適用於具精密尺寸要求之工、模具。

不需強度要求之裝飾品、超硬合金、陶瓷等則無上述顧慮，故能適

用。物理蒸鍍皮膜之結合性較差，且背對金屬蒸發源之處理件陰部會產生蒸鍍不良現象；但其蒸鍍溫度可低於工、模具鋼的高溫回火溫度，且其蒸鍍後之變形甚微，故適用於經高溫回火之精密工具、模具。

2.4 國內外相關法令要求

氣體偵測系統通常遇到的問題中，95%是沒有一個可供依循的國家或規範，包括安裝偵測器的數量、空間分佈以及安裝位置等。

依據毒性化學物質管理法規定：毒性化學物質偵測及警報設備設置及操作要點，對於第1，2，3類毒性化學物質其製造、使用、儲存之運作應於適當場所設置偵測及警報設備，其警報設定值不得大於容許濃度標準的10倍。

依據勞工安全衛生法規定：為防止缺氧作業引起危害(空氣中氧氣含量不得低於百分之十八或高於百分之二十三)，有缺氧疑慮空間需裝設連續式氧氣偵測器，當氧氣濃度達警報時該房間所有人員都需進行疏散，並進行緊急應變搶救及原因事故調查。

2.5 特殊氣體供應系統簡介

特氣供應系統是半導體廠中危險性最高的一環，只要有任何的疏失都可能造成人員、廠房、設備的嚴重損失，特別是其中有些氣體如 SiH_4 的自然性，只要一洩漏就會與空氣中的氧氣起劇烈反應，開始燃燒；還有 AsH_3 的劇毒性，任何些微的洩漏都可能造成人員生命的危害，也就是因為這些顯而易見的危險，所以對於系統設計安全性的要求就特別高。[2]

特殊氣體的供應設計則因其供應方式的特殊性，供應方式歸納如下：
氣態鋼瓶供應 --- 例： SF_6 、 CO_2 、 SiH_4 、 N_2O 、 NF_3 ...等。
液態鋼瓶供應 --- 例： SiH_2Cl_2 、 HCl 、 HBr 、 WF_6 ...等。

特殊氣體的種類一般可分為腐蝕性、毒性、可燃性、助燃性、惰性，一般常用的半導體氣體分類如下：

(一)、腐蝕性/毒性： HCl 、 BF_3 、 WF_6 、 HBr 、 SiH_2 、 Cl_2 、 NH_3 、 PH_3 、 Cl_2 、 BCl_3 ...等

(二)、可燃性： H_2 、 CH_4 、 SiH_4 、 PH_3 、 AsH_3 、 SiH_2Cl_2 、 B_2H_6 、 CH_2F_2 、 CH_3F 、 CO ...等

(三)、助燃性： O_2 、 Cl_2 、 N_2O 、 NF_3 ...等

(四)、惰性： N_2 、 CF_4 、 C_2F_6 、 C_4F_8 、 SF_6 、 CO_2 、 Ne 、 Kr 、 He 等

其中很多氣體是具有二項以上的特性，特別是腐蝕性氣體一般而言亦同時具有毒性， PH_3 則具有腐蝕性和毒性外，亦具有可燃性，是相當危險的一種氣體。若期望對氣體供應系統做出較佳的規劃設計，一定要對氣體特性有相當的了解，才有可能駕馭它、控制它，而詳細的閱讀各項氣體的物質安全資料表(MSDS)則是了解它的第一步。透過MSDS我們可以很清楚的知道它的各項特性，包括物理特性、化學特性、毒性、相容性...等，乃至於緊急處理的方法和步驟皆有詳細的介紹；圖2-7則是列出一些常用氣體間的相容性與可能的反應狀況。

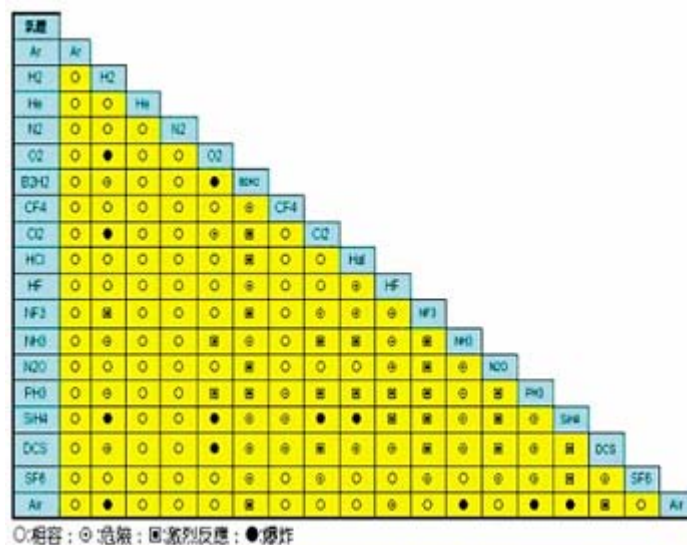


圖 2-7:半導體製程常用氣體相互反應圖

特殊氣體的供應方式截至目前為止，幾乎皆用鋼瓶的方式進行，一般常用的為高壓鋼瓶，但依其填充的氣體特性又可分為氣態與液態鋼瓶，一般氣體皆為氣態鋼瓶，其填充壓力亦高，氣體以氣態儲存於鋼瓶內；低蒸氣壓的氣體則以液態儲存於鋼瓶內。另有一種吸附式的氣體儲存鋼瓶，即所謂的安全供應氣源(SDS, Safe Delivery Source)，可藉由介質如沸石和活性碳對特定的氣體如 PH_3 、 AsH_3 、 BF_3 、 SiF_4 等進行物理吸附，以氣體分子與吸附劑間的凡得瓦力將氣體吸附於吸附劑

的孔隙中，其優點為供應壓力低於一大氣壓，無洩漏之餘。

經實驗結果，即使洩漏亦不致發生爆炸或造成足以危害人體的毒氣濃度，安全性佳，而且供應量可為傳統高壓鋼瓶的數倍至數十倍；國內部份 8 吋及 12 吋 晶圓廠內之離子植入機使用之製程氣體 AsH_3 、 BF_3 則採用 SDS (Safe Delivery Source) 氣體鋼瓶供氣。

針對腐蝕性、毒性、燃燒性的氣體，通常設計將鋼瓶置於氣瓶櫃(Gas Cabinet) 內，再透過管路將氣體供應至現場附近的閥箱(VMB, Valve Manifold Box)，而後再進入製程機台的使用點(POU, Point of Use)，於進入機台腔體之前，會有獨立的氣體控制盤(GB, Gas Box)與製程控制模組連線，以質流控制器(MFC, Mass Flow Controller)進行流量之控制與進氣的混合比例控制，如圖 2-8 所示。

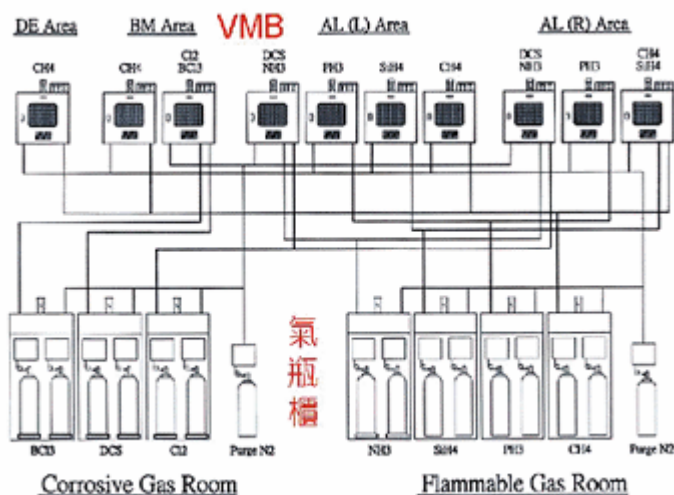


圖 2-8: 毒性及腐蝕性氣體供應流程圖

上述所提的為目前常用的「集中式」中央供應設計，缺點是只要一種氣體的供應出問題，就可能造成所有使用的機台停擺，甚或中斷整個生產線，對製程穩定的風險值較高。另有一種供應方式的設計為針對製程機台進行「分散式」的氣瓶櫃規劃，機台使用到幾種特殊氣體就使用幾台氣瓶櫃，將氣瓶櫃裝設於機台附近，其優點為對製程的風險值較低；但相對的，因其未集中管理，無法整體而有效的進行相關的防護設計，如防爆牆、洩漏的侷限性等，而且管理上相當耗費人力，不管是氣瓶櫃的維護、鋼瓶的更換，皆大大的增加了管理上的風險，雖然省下了 VMB 的設置及可選用較便宜的單鋼氣瓶櫃，卻大量的增加

氣瓶櫃的數目，比較不符合成本與安全性的設計，日本與韓國的半導體廠以往皆大量採用分散式的設計，因應安全考量，近年來則有漸漸改成集中式供應的趨勢。

2.5.1 氣瓶櫃系統

半導體製程所需要的各種特殊氣體都是儲存在大小不等的儲存容器裏，然後運送到半導體廠或是實驗室中，特別用來放置這些氣體的地點；氣體儲櫃的目的就是要用來隔離“危險氣體”，並保持儲存容器和氣體輸送裝置的安全。

SEMI-S4 對氣瓶櫃的定義：「一個金屬密閉容器，目的在提供局部排氣通以保護氣體鋼瓶不會著火、防止氣瓶櫃外之火源著火、及保護周圍不因氣瓶櫃之火源而著火，並限制火源於其內部。」因此氣瓶櫃一定需要具備防護箱體、強制抽氣、安全防護以避免火焰之蔓延，甚或將火源熄滅的功能。氣瓶架則為簡單的鋼瓶開放支架，沒有防護箱體，亦無強制抽氣之功能，圖 2-9 的照片為氣瓶櫃和氣瓶架的外觀，圖 2-10 為氣瓶架(Gas Manifold)示意圖，圖 2-11 為某八吋晶圓廠內氣體供應室之氣瓶櫃(Gas Cabinet)示意圖。



圖 2-9:氣瓶櫃和氣瓶架外觀圖

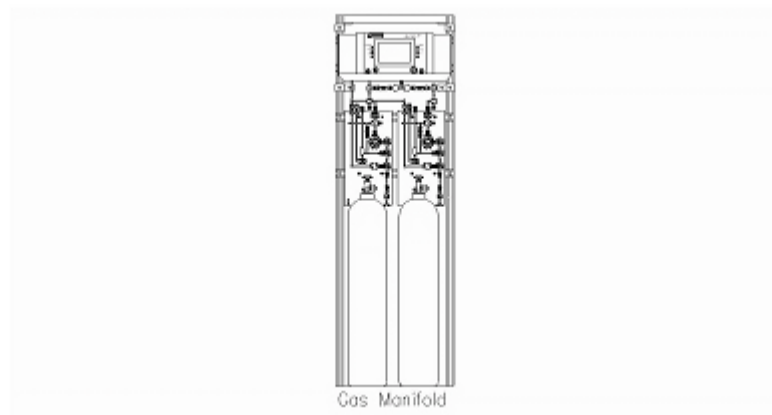


圖 2-10: Gas Manifold示意圖

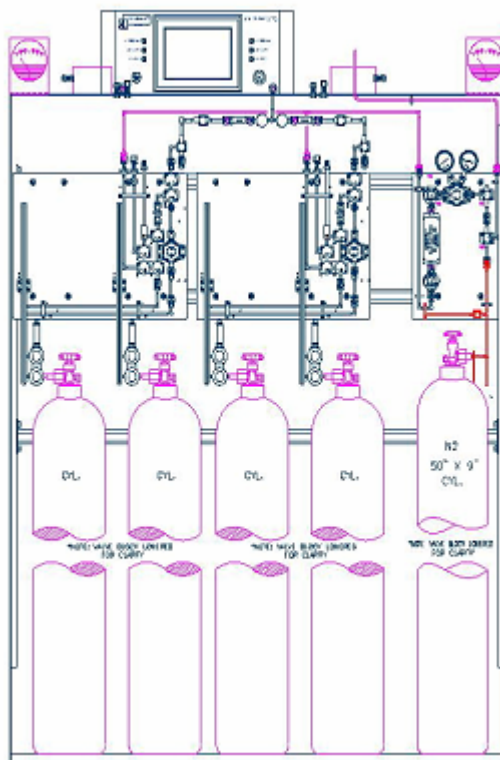


圖 2-11: Gas Cabinet示意圖

針對 Gas Cabinet 與 Gas Manifold 功能，茲將功能分類如下表 2-3:

表2-3: Gas Cabinet與Gas Manifold功能分類表

功能	氣瓶櫃	氣瓶架
防護箱體	有	無
強制抽氣	有	無
安全防護	有	無
自動化	有	有/無
氣體種類	腐蝕/毒性/可燃性	惰性氣體

2.5.2 氣瓶櫃/架型式的使用範圍

氣瓶櫃/架型式的使用氣體範圍區分為以下五種形式：

1. 高壓燃燒性氣體 (High-Pressure Flammable Gas)：儲放氣體如： SiH_4 、 B_2H_6 、 PH_3 、 CH_4 、 H_2 、 AsH_3 ...因其具有燃燒性，所以通常會加裝相關的消防設備，如 UV/IR 火焰偵測器、灑水頭、氣體洩漏偵測器等，又因其為高壓的壓縮氣體狀態，可使用偵測供應壓力的方式計算鋼瓶剩餘的氣體量。

2. 中壓液態燃燒性氣體 (Mid-Pressure Liquid Flammable Gas) 儲放氣體如： NH_3 、 HCl 、 Cl_2 、 HBr ...本型式除需安裝消防設備外，並以電子重量磅秤來偵測鋼瓶剩餘的氣體量；對供氣的流量有較大的需求時，可加裝相關的加熱設備。

3. 低蒸氣壓性氣體 (Low Vapor Pressure Gas)

儲放氣體如： BCl_3 、DCS (SiH_2Cl_2)、 ClF_3 、 WF_6 ...使用電子秤與加熱裝置，因屬非高壓的鋼瓶且供應流量小，較不需使用高壓測漏與過流量保護裝置。

因氣體特性不同，需依其使用的氣體種類設計相關的氣瓶櫃/架功能，例如危險性氣體，建議皆需加裝自動旋轉式關斷器 (Valve Shutter)，於緊急狀況發生時可將鋼瓶上的第一道出口旋轉閥關閉，除非鋼瓶破裂，否則只要此項關斷器功能正常，將可保證供應的安全性；屬於過流量供應的氣體，建議使用過流量關閉裝置，以確保避免異常的流量供應。

針對上述五種形式，依其設計功能整理如表 2-4

表2-4：氣瓶櫃性能設計分類表

氣瓶櫃形式	N 2	加熱 裝置	過流量 裝置	電子秤	自動 遮斷器	高壓 測漏
高壓燃燒性 氣		±		±		
中壓液態 燃燒性氣		U				U
低蒸氣壓性 氣	U		±			±
液態惰性氣體	U	±	±		±	±
惰性氣體	U	±	±	±	±	±
：選用 U： 依需求可考慮使用 ±：不需使用						

2.6 氣體偵測系統簡介

半導體工廠使用多樣之特殊氣體，其特性有：腐蝕性、氧化性、易燃性、自燃性、毒性。為維護廠內人員安全、環境保護、公司財產、故需完善的氣體安全監測系統。氣體偵測系統設置目的為當氣體洩洩時，自動作出適當處置(廣播自動疏散，關斷供應源，啟動空調系統監控氣體供應狀態，作為氣瓶使用管理的依據)，一般可偵測及控制的氣體種類有**毒性氣體**、**易燃性氣體**、及**氧氣**等特殊氣體。

Gas Cabinet 是一種金屬閉密空間提供局部排氣系統，保護氣體鋼瓶，製程氣體氣瓶櫃的供應系統大都採取三鋼瓶方式(一瓶為使用中的製程氣體，另一瓶為備用的製程氣體，一瓶為 **purge** 管路用 GN_2/PN_2)，以供應製程氣體經過各種閥及配件至 **VMB**(Valve Manifold Box；簡稱 **VMB**)至 **Gas Panel** 供各製程機台[1]，使這各氣體傳輸過程進行的一種系統。主要的配件：壓力調節器 (**Pressure Regulator**)、閥 (**Valve**)、管件與其他配件及流量控制裝置。一般氣體偵測器安裝的位置如圖 2-12。

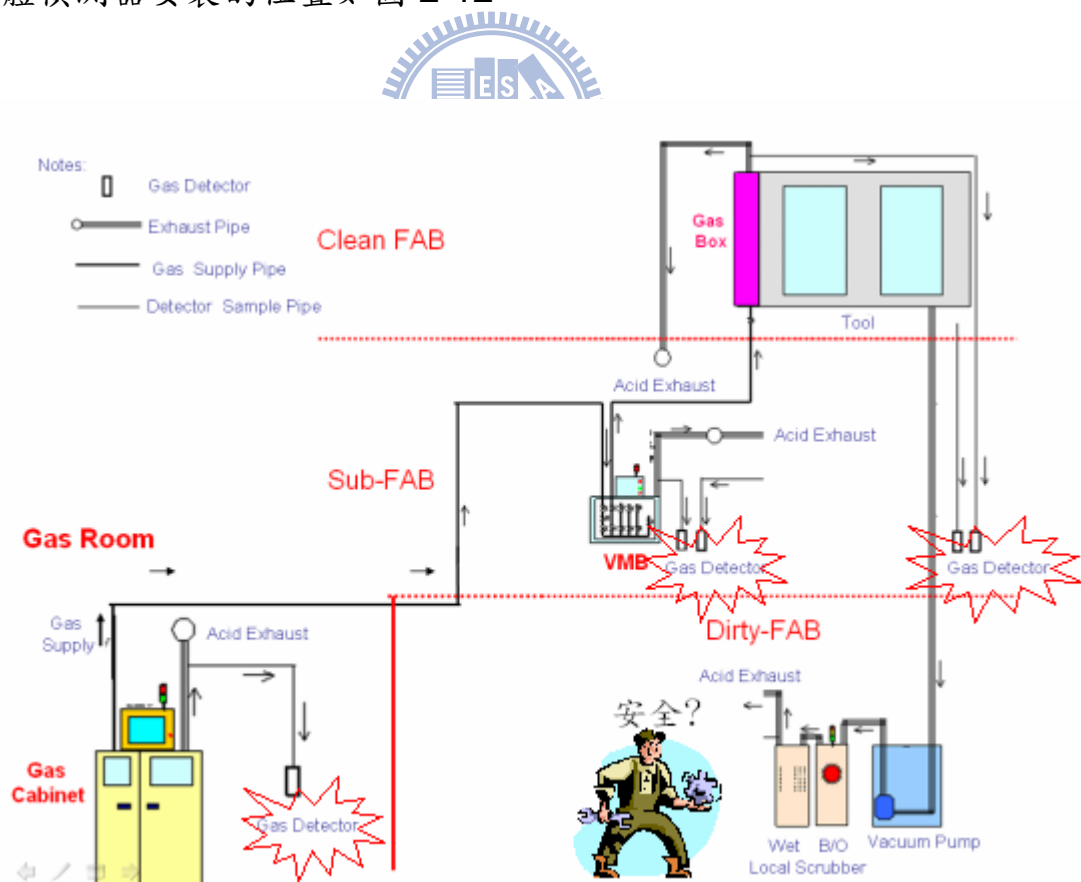


圖 2-12：GMS Detectors 安裝位示意圖

氣體偵測器工作原理有半導體式、電化學式(electrochemistry)、比色分析器(colorimetric analyzer)、傅立葉轉換紅外光譜儀(Fourier Transform InfraRed Spectrometer)等四種方式。

2.6.1 半導體式

監測器靈敏度高，以監測低濃度(ppm level)之氣體為最常見，一般可用於毒性及爆炸性氣體之監測。半導體式感測器(Semi-Conductive Detector)：半導體式感測器的感測元件可分為氧化鋁基板、金屬電極與 SnO_2 、 ZnO_2 、 Fe_2O_3 等感測層之三個部分，如圖 2-13 所示。當反應性氣體吸附於感測層後，由於氣體氧化還原作用，會產生電阻的變化，得知電流值訊號的改變。此類型之感測器則可應用於可燃、氧化或還原性氣體上。

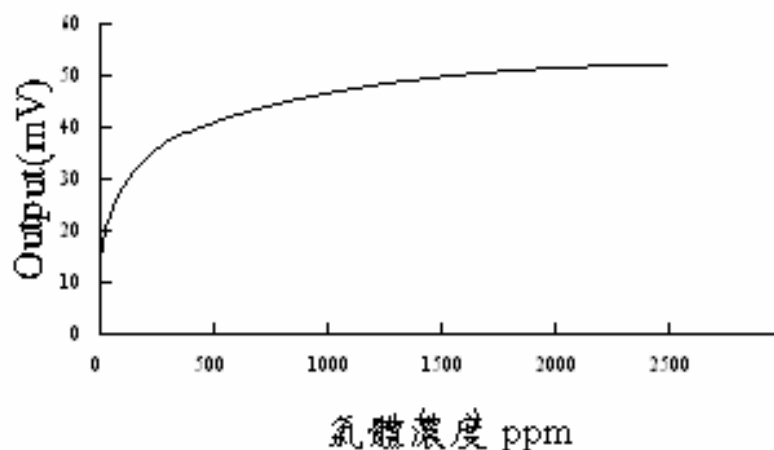


圖 2-13: 氣體濃度與半導體監測器輸出訊號關係

2.6.2 電化學式監測器

主要分為三類：定電位電解式、隔膜離子電極式、與膜加羅瓦克電池式三種，其中以定電位電解式最常見。定電位電解式監測器係將兩電極浸置在一液狀、膠狀或飽和多孔性固態電解質中，參考電極在於使對電極保持固定電位，當欲分析的氣體溶入電解液內，於作用電極發生"氧化或還原反應，同時對電極發生相對應之還原或氧化反應。

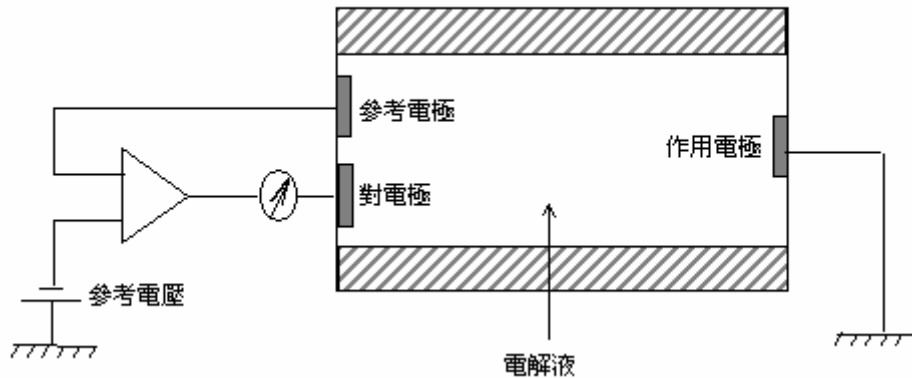


圖 2-14: 電化學式監測器工作原理圖說

2.6.3 比色分析器(colorimetric analyzer)

主要分為檢知管及色帶式監視器(chemcassette optical method)，藉由氣吸附於固相上與顯色劑反應而造成顏色變化。色帶式監視器在其色帶上塗覆有特殊試劑，環境空氣中若有待測氣體存在時，該氣體會與試劑反應，使紙帶變色。Implanter 用之 source gas 即以此原理偵測。

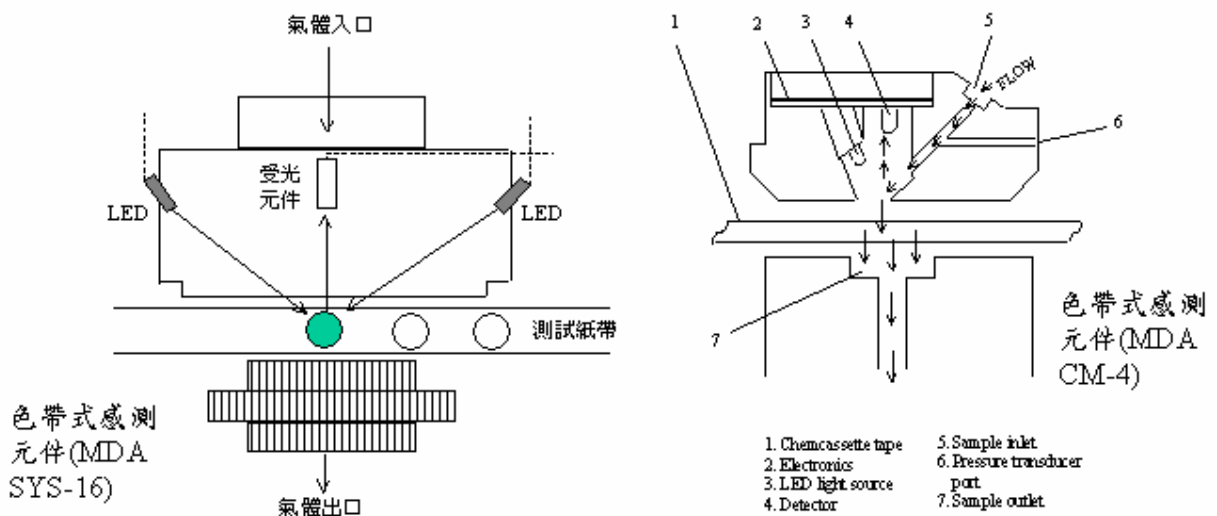


圖 2-15: 比色分析器偵測原理圖說

2.6.4 傅立葉轉換紅外光譜儀(FTIR)

干涉儀調整一束紅外線光射出，並且通過一個裝有取樣氣體的檢知單元，而取樣氣體吸收紅外線，並產生對於每種氣體獨一無二的光譜，再從光檢波器上測量光譜。

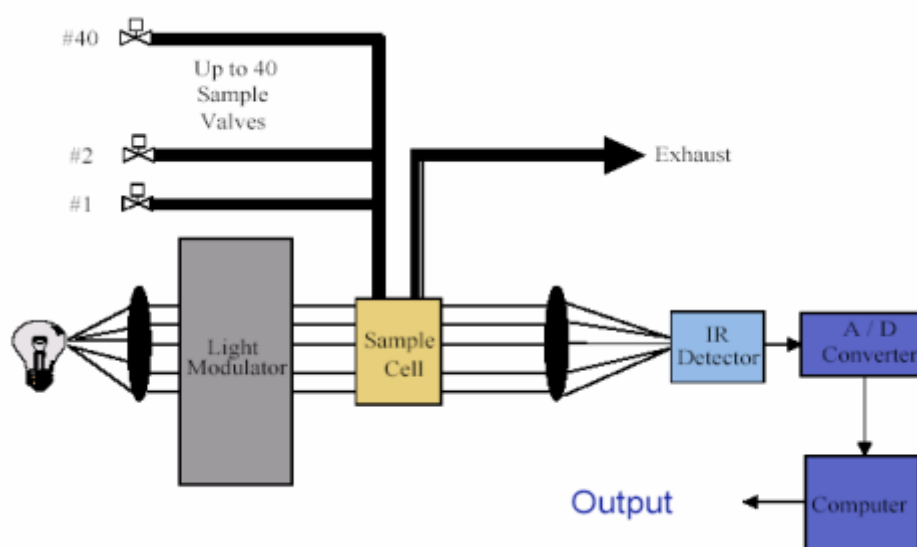


圖 2-16: 傅立葉轉換紅外光譜儀偵測原理圖說

表 2-5：各偵測原理特性對照表

偵測原理	可偵測氣體	優點	使用限制	較佳偵測範圍
火焰游離 (FID)	碳氫化合物 CO, CH ₄ 等	<ul style="list-style-type: none"> • 具高靈敏度 • 較大之線性範圍 • 不受環境干擾物及濕氣影響 	<ul style="list-style-type: none"> • 缺氧狀態下無法操作 	0~1000 ppm
紅外光 (IR)	除O ₂ 、N ₂ 、H ₂ 等雙原子分子氣體以外； 如碳氫化合物、NH ₃ 等	<ul style="list-style-type: none"> • 可作即時偵測(real-time measurement) 	<ul style="list-style-type: none"> • 若濕度太高，水氣容易破壞測試腔 • 濕度易影響監測值 	0~100 % v/v
電化學	一般可溶於水，且可解離成離子狀態之化合物； 如NH ₃ 、CO ₂ 、SO ₂ 、NO、NO ₂ 、HF等	<ul style="list-style-type: none"> • 構造簡單、操作容易 • 低濃度輸出為線形 • 價格便宜 • 高靈敏度 	<ul style="list-style-type: none"> • 可能需補充電解液或更換隔膜 	0~2000 ppm
比色法 (色帶式)	毒性氣體； 如SiH ₄ 等	<ul style="list-style-type: none"> • 具低濃度偵測 • 具適當之選擇性 • 操作方便 	<ul style="list-style-type: none"> • 濕度影響色帶之顯色，造成校正困難 • 需常更換色帶 	0.3~50 ppm (選擇性佳)
紫外光 (UV)	含不飽和鍵或氧、氮、硫或鹵素之化合物； 如O ₂ 、SO ₂ ，	<ul style="list-style-type: none"> • 容易操作 • 使用方便 	<ul style="list-style-type: none"> • 選擇性較差 	0~100 ppm

2.7 VESDA 系統簡介[3]

VESDA 是科學家及工程師在 1970 年代中期針對傳統的火災報警系統的缺點所研發出來的產品，VESDA 系統較之傳統的火災報警系統更能早

期而且有效的偵測到火災的發生；其應用主要在於保護電信機房、電腦機房、無塵室、博物館、機場等重要場所。無塵室非常講究作業場所的潔淨，故其中設備防護均傾向設置不會污染高科技廠商的防災器材，故引進極早期火災預警系統。無塵室空調循環強烈，其層流流速達 0.3-0.5m /s。故極早期火災預警系統是在火災發生前且冒煙的極早期，非常快速、靈敏，將火災徵兆測出，因為火災發生前會先產生可燃性氣體，吸氣孔約每四秒吸收附近空氣，當吸氣孔吸收這些氣體時會和該防火區劃的分析器將前三十小時的空氣樣本平均值比較後若有異常將會發出訊號告知受信總機，請應變人員儘速應變。因為是分析可燃性氣體故其現場幾乎仍未有火原的產生，讓人們應變時間縮短，避免因疏忽而導致火災的蔓延，或可達到不用滅火動作，即可消滅火災將災害減到最低。

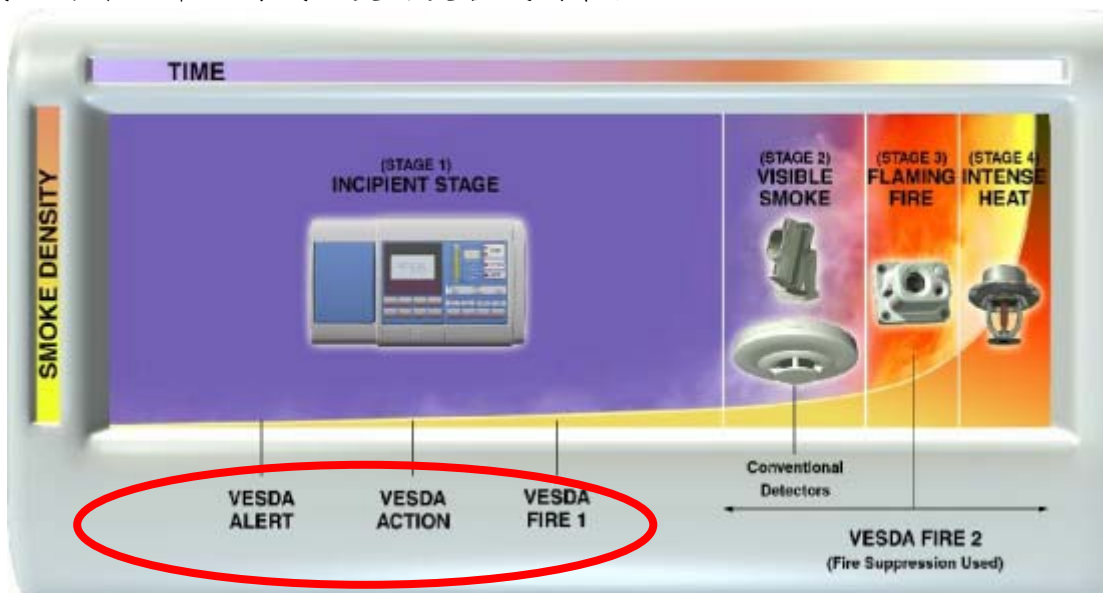


圖 2-17：VESDA 與傳統探測器比較

火災的發展分為四個階段：醞釀（燃燒前），可見煙霧，產生火焰和高熱階段。圖 2-17 表示了在一定時間內火災的不同發展階段。而在火悶燒的醞釀階段提供了更多的時間與機會來偵測並控制火災的發展。

所謂空氣取樣式/抽氣式是因為它的偵測原理是靠主機內部的抽氣泵，透過延伸至偵測區域的空氣取樣管路將空氣樣品抽回偵測室進行檢測，當空氣中的煙霧濃度達到一定程度時系統即發出警報。VESDA 元件及系統架構，如圖 2-18 所示。

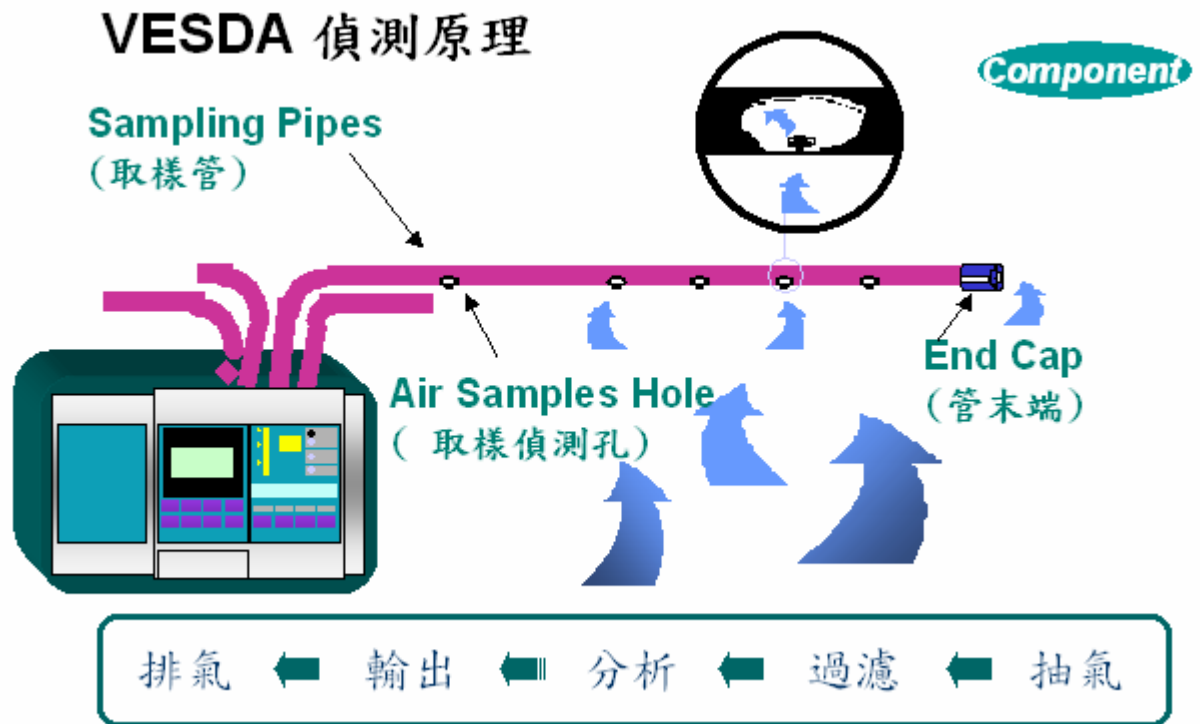


圖 2-18: VESDA 元件及系統架構

VESDA 的空氣取樣管路可依保護區域或對象做彈性配性，以保證能達到最佳火災偵測效果，保護區域內有空調或機械通風系統在運轉，使得火災產生的煙霧流動方向可能會受到影響時，取樣管路亦可配置在煙霧可能的行進的方向上，以捕捉含有火災煙霧的空氣樣品。

當火災的可能發生源被保護在一局限空間時，亦可利用一分支出去的取樣軟管，將取樣孔伸入此空間內，將空氣樣品抽回偵測主機進行檢測。VESDA 空氣取樣管路配置方式具有非常大的彈性，VESDA 取樣管路隨保護區域及對象調整取樣位置的做法，才能真正的達到火災偵測的效果。

2.7.1 採用全新的探測原理，此產品的核心技術有兩點，激光散射測量和例子計數，當激光束照射到煙霧樣本上時，由於煙霧粒子是球型的於是就發生了三度空間權方向的散射.而光接收器定位於接收球面的最有利位置接收煙霧粒子的散射信號此過程與人的視覺一樣人有兩個分離的光接收器雙眼接收到略有不同的圖像經大腦處理形成三度空間的視覺同樣的探測器也有兩個分離的光接收器其信號在微處理器中行程立體的視覺探測器中還有第三個光接收器用以指示激光束的強度以調節其光度。

2.7.2 採用主動抽氣適應各種環境，探測器使用高效抽氣機通過防護區的管網連續不斷的抽取空氣樣本經過濾器濾過灰塵近入激光分析室進行分析和

測量完成光電轉換。

2.7.3 採集式的偵煙感知器由採集管上開孔，經由泵吸取將防護區的狀態經由遠端偵測器感知，就是因為管狀採樣方式，空氣稀釋使得反應時間不及傳統偵煙器快，因此偵測器本身選擇就要較傳統式來得靈敏，此種偵煙器會用在生產區，傳統式偵煙器偵測時間會延遲，且無塵室空氣中粒徑很小，傳統式感知器無法迅速達到有效遮光率，使災害發生後，反應時間太慢，常使災害擴大。

選擇合適的偵煙系統，要有自動且極早期警報並標示位置。單一偵測器範圍不宜超過該偵測器設計值，同時兩偵測器間的距離宜以搜尋起火點合適為主，如果是兩區隔空間，則不論空間面積大小為何，均須設置獨立偵煙器。歐美國家的警報設備均與公立消防隊連線，期使火災發生後，能使有經驗的消防隊員攜帶更好的接氣體偵測滅火設施，而有效壓制火勢。

氣體偵測器設置，一般以洩漏位置及工作區為主，前者是為了立即控制洩漏源，而後者則是為了確認人員工作的安全性。因為半導體產業特別重視人員安全性，因此氣體偵測器除了警報功能外，更有控制供應停止裝置，尤其是閥件，其訊號通常由偵測器傳送至控制器及警報器，由電腦處理執行程序。

應注意的是，如果偵測器設置區域是溶劑或易燃性氣體，則防爆型偵測器必須被使用，而其防爆等級以半導體製造業使用化學物質而言為 Class1、Div2。由於相似氣體或蒸氣對電極的交互影響，因此要避免誤動作是很重要的。另外像無線電對講機的電磁波，有時也會使控制器誤動作，人員維修機台時，所用到的化學物質，或清洗時產生混合蒸氣，亦會引起電極動作。必須留意的是，許多災害擴大，均是因為不瞭解誤動作原因而關閉電極功能，在真正氣體洩漏時反而不能發生功效，使得災害情況擴大，解決方法應是找出原因並克服之。

第三章、研究方法與結果

3.1 研究方法介紹

福特(FORD)8D 為全面品質管理(TQM)手法之一，採用此方法乃在研究 CVD 製程設備管路區環境之異常現象，有效縮短異常處理時間，改善問題，並減少抱怨，所謂的 8D，乃將整個處理流程分為 D1，D2~D8，分別如下：D1.主題選定及團隊形成，D2.描述問題及現況掌握，D3.執行及驗證暫時防堵措施，D4.定義及驗證真因，D5.列出、選定及驗證永久對策，D6.執行永久對策及效果確認，D7.預防再發及標準化，D8.恭賀團隊及未來方向。

表 3-1:以 Ford 8D 所擬定之行動計畫

項目	時程				
	2009/2	2009/5	2009/8	2009/11	2009/12
D1. 主題選定	■				
D2. 描述問題及現況掌握		■			
D3. 執行及驗證暫時防堵措施		■			
D4. 定義及驗證真因		■			
D5. 列出、選定及驗證永久對策			■		
D6. 執行永久對策及效果確認				■	
D7. 預防再發及標準化				■	
D8. 未來方向					■

3.2 主題選定

廠區 CVD 製程設備管路區曾發生白色粉末附著於排氣風管表面、不銹鋼風管表面霧化，PVC 塑材管表面變色，更有甚者 local scrubber 水槽有明顯異味問題，以 F₂ 手提偵測器測得 1.7ppm，為探討製程設備管路區是否存在對於人員危害之特殊氣體溢散，以及如何有效偵測，可在微量溢散時，即能在效偵測，有效預警，以收氣體偵測系統設置之功效。本研究選定以 CVD 區的原因為此製程使用大量且多樣的特殊氣體，人員進行 PM 的頻率亦相對於其他區域高，何況，此區的環境亦說明了潛在的危害。



圖 3-1:CVD 製程管路區環境異常

3.3 現況掌握

3.3.1 CVD 設備尾氣處理管路區

CVD 設備尾氣處理管路區主要有 pump, local scrubber, piping 等，將 chamber 反應完之 by product, 透過 pump 抽至 local scrubber 進行尾氣處理，後再排至 VOC, 處理後再排至大氣。



圖 3-2:CVD Utility Area 現場環境一隅

3.3.2 CVD 用氣體相關資訊

有關製程氣體資訊係針對 CVD 製程用氣體毒性、容許濃度、物理性、化學性及反應性等資料為主，見表 3-2 所示。

表 3-2:CVD 區使用之特氣

區域	Gas name	TLV	MSDS No.	毒性	腐蝕性	易燃性	氧化性	禁水性
CVD	SiH4	5ppm	0050	V		V		
	ClF3	0.1ppm	0097	V	V		V	V
	SiF4	3ppm	0109	V	V			
	WF6	3ppm	0788	V	V			
	NH3	25ppm	0057	V	V	V		
	NF3	10ppm	0023				V	
	TDMAT	5ppm	0113		V	V		V
	O3	0.3ppm	0778	V			V	

3.3.3 CVD 製程

乃利用化學反應的方式在反應腔體內將反應物(通常為氣體)生成固態的生成物，並沉積在晶片表面的一種薄膜沉積技術

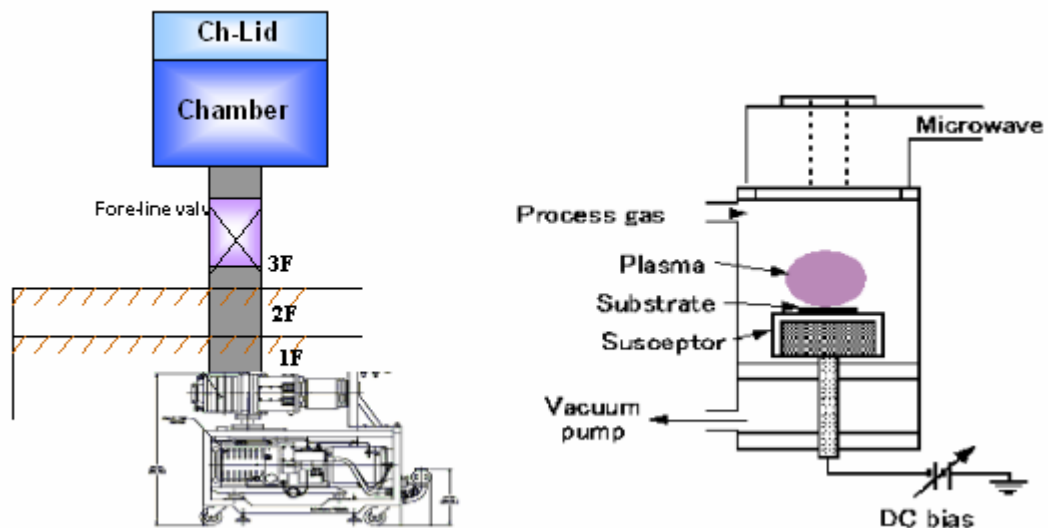


圖 3-3:CVD 製程示意圖

3.3.4 局部廢氣處理設備(local scrubber)

半導體製程設備使用多樣的特殊氣體與化學品，此類酸性腐蝕性物質如果未將此類化學性廢氣加以處理而排放，則勢必會嚴重衝擊我們的環境。一般製程尾氣的處理順序主要如下，Tool→PUMP→Local

scrubber→SEX→Central scrubber→VOC，擴散製程之廢氣處理，從製程設備處理未反應完之可燃性、毒性或腐蝕氣體，進入電熱式反應式，經由 Heater 加熱後使其分解並與 CDA 氧化反應，此混合氣體經由水降溫，此時粉塵被收集於下方之 Drain tank，其餘氣體前往 Wet scrubber，此時製程氣體中的酸性氣體及粉塵被水大量的稀釋而排入，再由尾氣送入中央洗滌塔(Central Scrubber)之前所裝置的設備。

由於局部廢氣處理設備是為降低製程危害物質的排放量而設置，也因此成為廠內廢污毒害匯流的系統，適當的局部廢氣處理系統可有效降低工業發展對環境的衝擊，然而，不當的處理系統不僅無法達成環境保護的目標，更可能成為引發廠內工安事故的源頭，造成不必要的損失，甚至生產中斷。業界較常發生 local scrubber exhaust 端長期於 exhaust 累積磷及副產物於管內部久之後若未清理則容易造成火災，所以選擇局部廢氣處理設備及管路設備及定期清理風管內壁則是重要一環；如圖 3-2 局部廢氣處理設備。



圖 3-4:局部廢氣處理設備

3.4 執行暫時性防堵措施:

依據可行性方案評估，其暫時性之防堵措施如下

- (1)加強巡檢 CVD 管路區，以確保立即發現異常並立即處理，
- (2)遇人員反應該區異味時，立即協同廠務與設備，並攜帶可攜式氣體偵測系統進行現場環境監測。

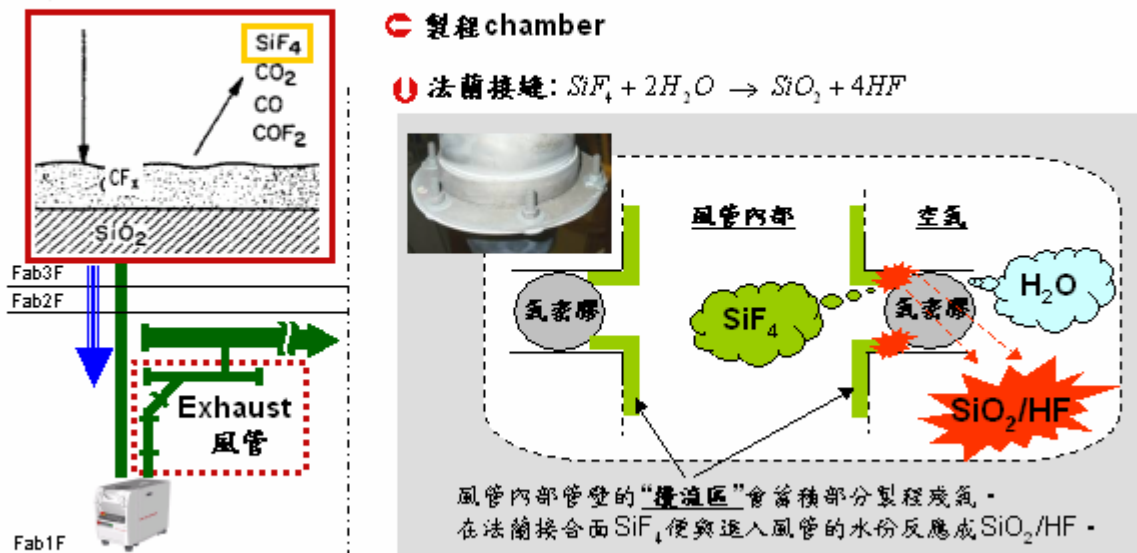
3.5 定義及驗證真因：

3.5.1 白色粉末從何而來？

CVD 區之異常異味及管路有白色粉末，顯為 SiO_2 之粉末，只是為何會產生 SiO_2 ，推與製程尾氣有關，因為該粉末為 SiO_2 可能是 SiF_4 尾氣與空氣反應而形成的，且尾氣管路法蘭處 SiO_2 粉末附著較為嚴重，表示管路氣密性不足，而造成管路微量溢散製程副產物與空氣反應，所以需針對管路法蘭之迫緊，檢查其是否老化，並進行迫緊之更換。

二氧化矽粉末形成機制

CF_x plasma 生成 SiF_4 等副產物，在法蘭接合面反應成矽粉末及氟化物



持續的 SiO_2/HF 逸散，造成法蘭接合面有明顯粉末累積

圖 3-5: 二氧化矽粉末形成機制

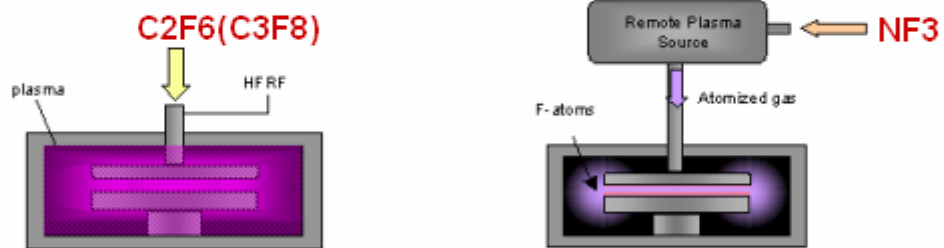
3.5.2 F₂ 產生機制?

CVD chamber clean 使用 C₂F₆, C₃F₈, NF₃ 等氣體，而該氣體進入 chamber 後之反應副產物，即為 F₂，一樣排至 local scrubber 處理，而若 local scrubber 的處理效能不佳，則排至環境之尾氣就會有 F₂ 偏高之問題與困境？下圖說明了 F₂ 產生之機制。

F₂ 產生機制

CVD : chamber clean

- Radio frequency (RF)
- Remote plasma source (RPS)



製程反應所生成的F.結合成副產物F₂

圖 3-6:F₂ 產生機制

3.6 列出，選定及驗證永久對策

以模擬方式找出真因後試作一組 sample，並驗證測試其有效性。

3.6.1 矽粉末溢散之問題，以排氣風管法蘭膠條更換成迫緊，以加強其氣密性。

3.6.2 F₂ 問題，則以加強 L/S 之效能著手。

3.6.3 積極偵測

除發現異常，並解決問題外，吾人思考有無積極偵測各類溢散或是氣體外洩狀況，廠區常見之氣體偵測系統之佈點，如何運用於 CVD Utility Area，並且進行成本與有效性評估，正是我們念茲在茲達成的目標。表 3-3: 氣體偵測系統設置優缺評估。

表 3-3: 氣體偵測系統設置優缺評估

設置方式	偵測方法	設置成本	應變	優點	缺點
單點式	該區於下風處設一取樣點	最低	最慢	1.設置成本最低	1.有洩漏易被環境稀釋不容易偵測 2.緊急應變困難
多點式	該區各可能洩漏點設置取樣點	高	快	1.洩漏異常偵測快速 2.漏點可快速尋找	1.設置成本最高
區域式	該區各可能洩漏點設置集氣管以負壓抽氣後設一取樣點(類似 VESDA)	低	慢	1.偵測到異常無法立即快速尋找漏點	1.設置時需抽氣負壓功能計算
區域式+隔離控制閥	以區域式的偵測管路加隔離控制閥	中	中	1.偵測到異常可自動控制判別漏點區域 2.可以二分法手動控制閥協助判別漏點	1.設置時需抽氣負壓功能計算

第四章結果與討論

4.1 執行永久對策及確認效果

4.1.1 更換法蘭膠條為 Teflon 迫緊(parking)

在排氣風管管施工上，因現場空間及尺寸問題，管段與管段銜接皆以法蘭接合，在法蘭面處以軟性膠條，配合法蘭螺絲鎖緊後，即完成管段之接合，唯軟性膠條因長期處於可能有微污染物的排放而造成氣密不良，經與廠務及廠商開會討論後，並且試行幾組法蘭膠條更換成 teflon parking 在更換後進行現場量測及風管金屬表面檢查，未再發現在白色粉末殘留，顯示此對策之效果是非常顯著的。

4.1.2 改善 L/S 之處理效能

因應 local scrubber 處理後，環境檢出 F_2 濃度值仍偏高，可行性之方案為改善 local scrubber 處理效能，藉由濾球加裝以增加尾氣與液氣接觸之表面積，並且在水洗槽上方加設噴水頭，以增加水洗之效能，說明如下圖，大大改善了 F_2 濃度值偏高的問題。

增加液氣接觸表面積比：加裝濾球(packing)

提昇操作溫度：650度 → 700度

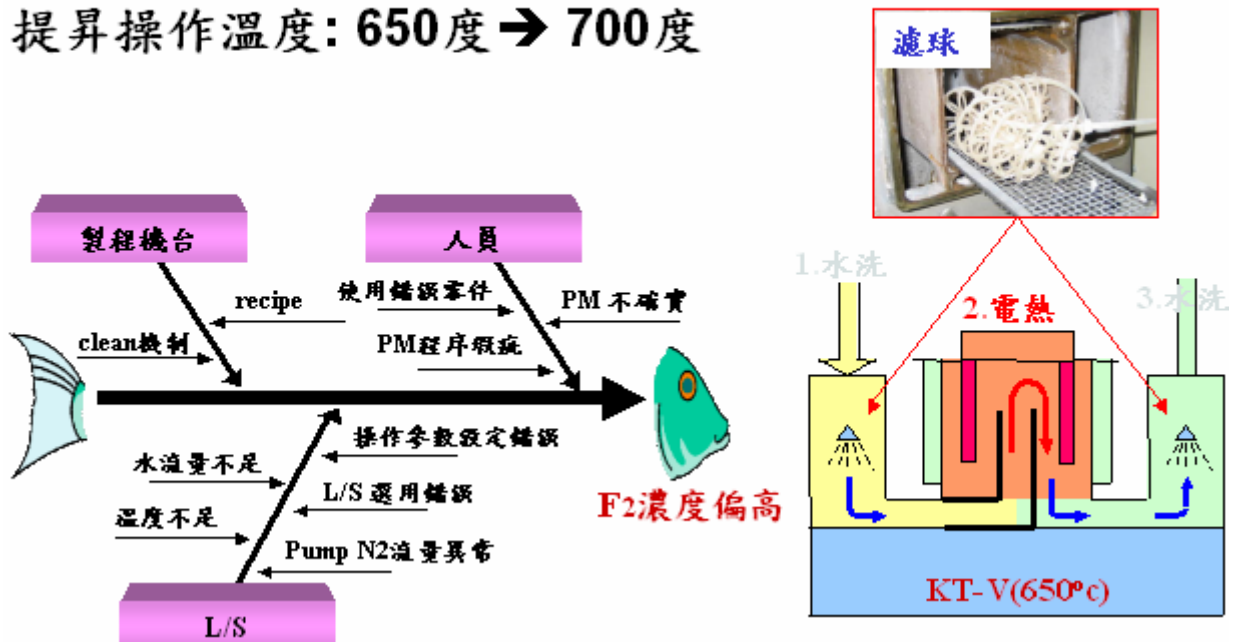


圖 4-1:改善 L/S 之處理效能示意

4.2 標準化措施

4.2.1 氣體偵測系統設置原則

作業環境測定[4]為避免勞工因職業因素暴露於各種危害因子，而造成健康危害，「勞工安全衛生法」規定雇主對於經中央主管機關指定之作業場所，應依規定實施作業環境測定。而連續偵測之目的，則為了了解現場環境之連續暴露，不僅勞工作業時間偵測，連勞工不在場時亦需偵測，以避免任何不正常的模式如洩漏等嚴重影響安全之情事發生。簡而言之，有三項：

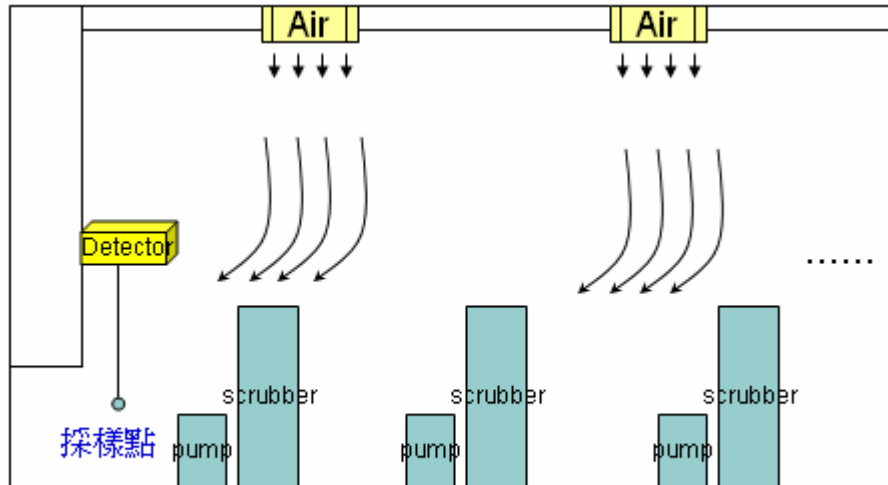
- 1.確保廠區作業區域人員安全，保護環境降低生產損失。
- 2.防止氣體外漏，當氣體外洩時自動啟動安全系統(廣播自動語音疏散、關斷供應源、啟動空調排氣系統、警報燈號)。
- 3.監控特殊氣體供應狀態作為緊急應變管理的依據-超出容許濃度。

氣體偵測系統的設置並無適當可供依循的規範，包括安裝偵測器的數量、空間分佈以及安裝位置等，而毒性化學物質管理法規定毒性化學物質偵測及警報設備設置及操作要點[5]，對於第1, 2, 3類毒性化學物質其製造、使用、儲存之運作應於適當場所設置偵測及警報設備，其警報設定值不得大於容許濃度標準的10倍，以上之規範對於如何設置並無太多著墨，僅能依循廠區實際運作方式設置，特別在製程尾氣的管路區，所考量的最大因素為有效、準確、快速，再其次為設置費用等因素，其設置之優缺比較表，已於表3-3說明[6]。

4.2.2 各設置方式說明

A. 單點式設置:

於下風區設置一採樣點，其有效性可能因環境氣流稀釋而失效，並且在偵測出讀值時，可能得一整個區域進行人員地毯式搜索，而造成緊急應變人員之應變負擔，唯其好處為設置成本最為低廉。

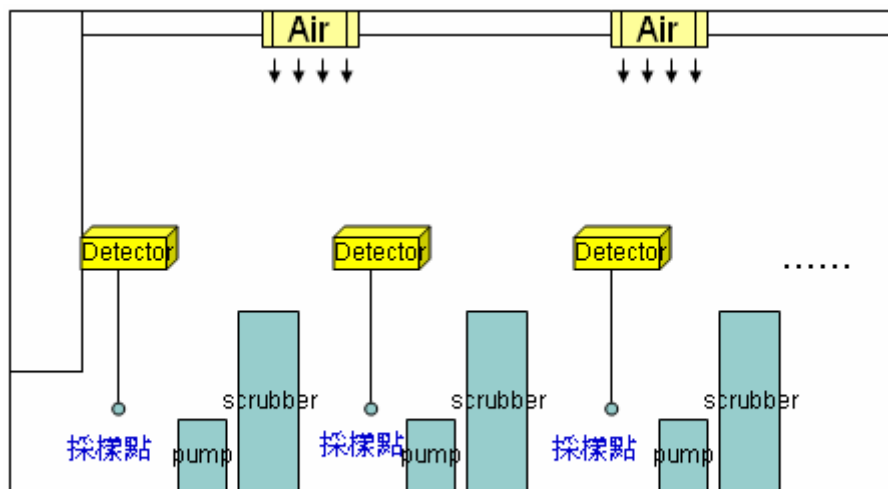


CVD Utility Area

圖 4-2: 單點式佈點取樣點方式

B. 多點式設置:

可能依 bay 與 bay 之間，或是依同類型 scrubber 檢討於下風區設置採樣點，其優點為快速且準確偵測，且緊急應變亦快速有效，然缺點為系統建置成本最高，示意圖如下



CVD Utility Area

圖 4-3: 多點式佈點取樣點方式

C. 區域式設置:

在同一區域以集氣管先將環境氣體抽至集氣管內，再於集氣管內設置採樣點，類似 VESDA 系統用於無塵室之早期火警偵測，其設置成功與否，關鍵在於負壓之集氣管。另因為透過集氣管採樣，有濃度值時，第一時間不易查驗濃度異常之來源，示意圖如下。

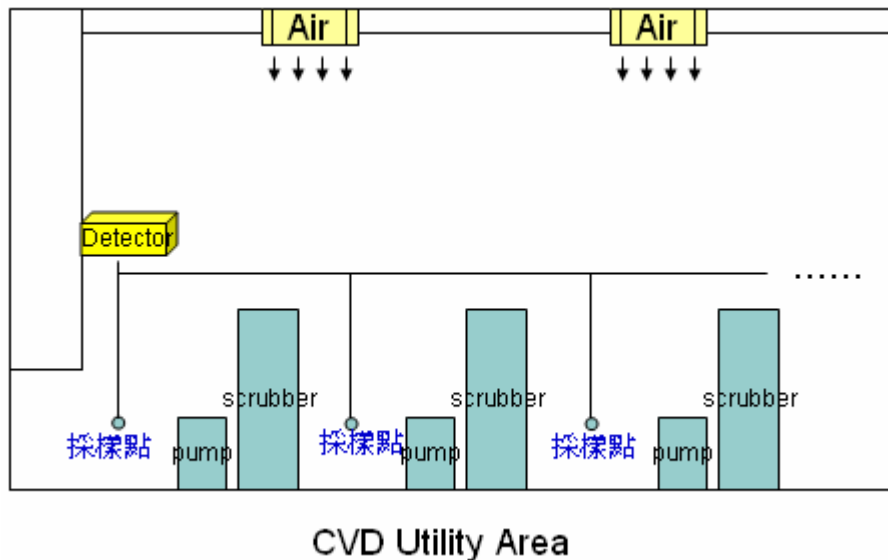


圖 4-4: 區域式佈點取樣點方式

D. 區域式+隔離控制閥設置:

為解決區域式之缺點，乃在於每一採樣點前加一控制閥，於偵測器測到讀值時，立即由 PLC 控制每一控制閥是否關閉或開啟，以進入二分法模式，經過 2~3 回合的二分法後，可以很快的判斷出是由哪個採樣點造成異常讀值的，示意圖如下:

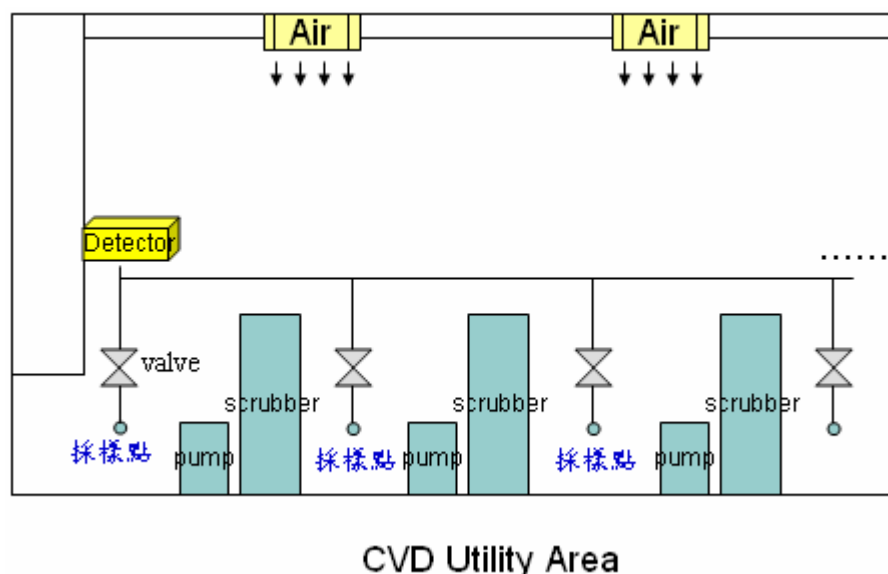
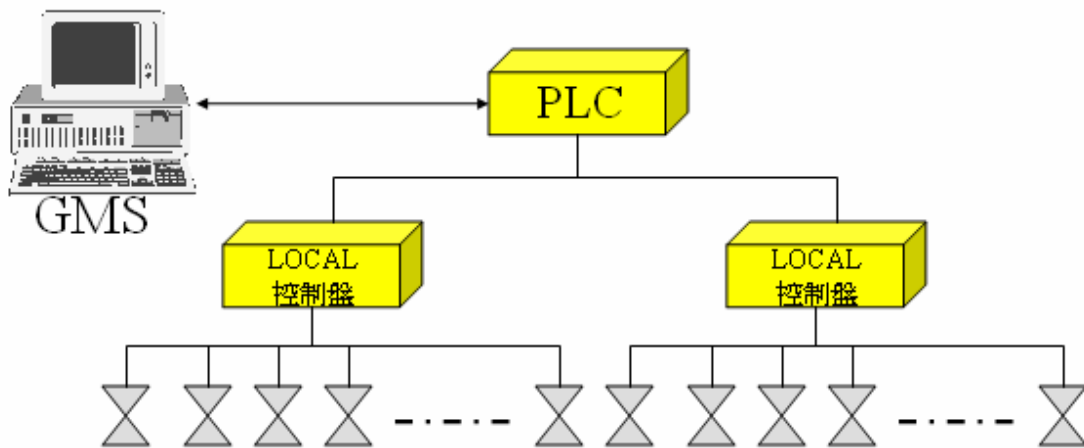


圖 4-5: 區域式+隔離控制閥佈點取樣點方式

4.2.3 二分法偵測細部探討

當氣體偵測系統測到異常讀值洩漏時，立即由可程式控制器(PLC)進行 local control panel 控制一半的 control valve 關閉，再進行一次的取樣比對，以確定是否仍有讀值，若仍有讀值，則再進行一半的控制閥關閉，



再次取樣比對，依此類推可以快速的尋找出漏點，系統結構示意圖如下:

圖 4-6: 區域式+隔離控制閥系統結構圖

以 44 至 55 取樣點，假設當異常讀值來至第 49 取樣點，那麼第一次的二分為 44~49，第二次的二分為 47~49，第三次的二分為 49，即完成有效準確的取樣與偵測，示意及程式運轉內容如下圖。

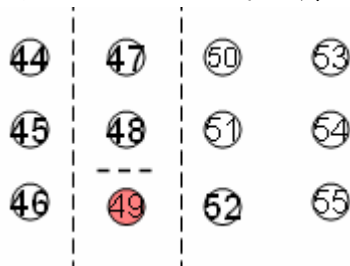


圖 4-7: 二分法說明

步驟一：研判偵測器濃度值是否有達到 LDL 警界值

```

IF CM4R15S2P1.HiStatus THEN
    LEAK1=1;
ELSE IF CM4R15S2P1.HiStatus==0 AND CM4R15S4P2.HiStatus==0 THEN
    LEAK1=0;
ENDIF;
ENDIF;

```


步驟二：將 SV#44 到 SV#49 氣動閥關閉，研判是否為此區域洩漏

```

ENDIF;
IF LEAK_I==0 AND LEAK_J == 0 THEN                                {SV#44~SV#55}
  FOR INDEX = 44 TO 49
    tagname.Name="SV#" + Text([INDEX,"#"]);
    tagname.Value=1;
  NEXT;
  LEAK_I=LEAK_I+1;
ENDIF;

```

步驟三：若濃度值持續，則表示濃度值來源不是 SV#44 到 SV#49，則開啟 SV#44 到 SV#49，另行關閉 SV#50 到 SV#52

```

IF LEAK_I==1 AND LEAK_J == 0 THEN                                {SV#44~SV#55}
  FOR INDEX = 50 TO 52
    tagname.Name="SV#" + Text([INDEX,"#"]);
    tagname.Value=1;
  NEXT;
  FOR INDEX = 44 TO 49
    tagname.Name="SV#" + Text([INDEX,"#"]);
    tagname.Value=0;
  NEXT;
  LEAK_I=LEAK_I+1;
ENDIF;

```

步驟四：反之若濃度值消除了，則表示濃度值來源就是 SV#44 到 SV#49，則開啟 SV#47 到 SV#49，另行關閉 SV#44 到 SV#46，進行二分判定

步驟五：依循二分原理，若關閉 SV#44 到 SV#46 後仍有濃度值，則表示濃度值來源為 SV#47 到 SV#49，則將其他關閉

```

ENDIF;
IF LEAK_J==5 AND LEAK_I==1 THEN                                {SV#47~SV#49}
  FOR INDEX = 44 TO 46
    tagname.Name="SV#" + Text([INDEX,"#"]);
    tagname.Value=0;
  NEXT;
  FOR INDEX = 47 TO 48
    tagname.Name="SV#" + Text([INDEX,"#"]);
    tagname.Value=1;
  NEXT;
  LEAK_I=LEAK_I+1;
ENDIF;

```

步驟六：最後依循二分法原理，在僅剩 SV#47 到 SV#49 氣動閥的情況下，若關閉 SV#47 到 SV#48 後，濃度值依舊持續，就表示濃度值來源最後鎖定為 SV#49 閥。

以二分法尋找濃度值之來源，每次進行 1/2 之取樣點確認時，約需一分鐘的時間，以 CVD 區佈置 20 個點，則最多需再六次分割取樣，共約歷時六分鐘，即可完成洩漏點之確認，可說是具相當之效率，另若所佈的點較少，則可更快取得偵測之結果。

4.3 研究成效

表 4-1:研究成效一覽表

現象	改善前	改善後
CVD 管路區有白色粉末附著	1.白色粉末成因不明 2.人員有無暴露危害狀況不明	1.成因具體而清楚 2.更換法蘭 parking 後改善成效佳
Local Scrubber 對於 F2 處理效率不佳	1.僅知排出之 F2 濃度偏高	1.以濾球增加尾氣與水氣之接觸，增加 F2 處理效率
無任何偵測系統	1.僅靠人員反應異味，或 2.ERC/工安人員巡檢時發現異常	1.氣體偵測系統設置後不僅改善人員反應異味件數，亦 2.主動偵測發現二件異常案例。

Scrubber outlet異常偵測讀值約SiH₄:0.6ppm(exhaust valve未開)

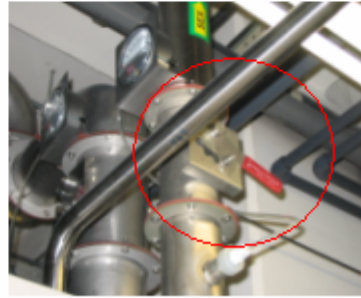
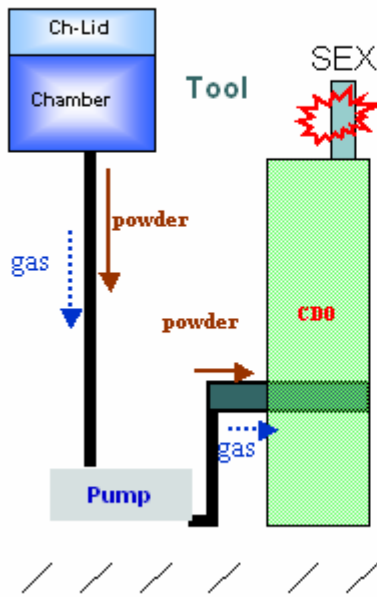


圖 4-8:GMS 設置後成果分享氣體異常讀值發現之一

Pump outlet異常偵測讀值約:0.9ppm(O-ring未裝好)

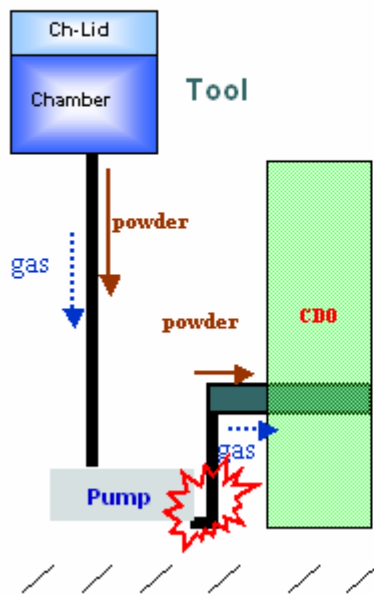


圖 4-9:GMS 設置後成果分享氣體異常讀值發現之二

在 CVD 區設置好區域式+隔離控制閥採樣之 GMS 系統後，前後共二次有效偵測到 SiH₄ 之讀值，並且在特氣初期洩漏時，即進入探測器之偵測範圍，以 SiH₄ 為例其偵測區間為 0.3~50 ppm，並且現場以手提式偵測器亦偵測得相當高的濃度值。

第五章 結論與建議

5.1 結論

CVD 管路區因長時間無人注意，成為安全死角，藉此論文的論述及可行性方案的執行後，不管設備、廠務、PMO 人員皆感覺現場環境與安全改善了許多，更使工安人員期能大處著眼、小處著手的最佳範例之一。

- A. 針對 Utility 附屬設備管路區之環境異常氣體監測可行性評估證實後以設置區域式+隔離控制閥方式較佳，且於設置完成後實際發現兩件管路異常案例。
- B. 氣體監測系統採樣點設置經由火警 VESDA 概念，創新設置應用於 CVD 附屬設備區，從採樣點規劃、水力計算到偵測器選用比較最後設計此方法，而且驗證每次氣體外洩異常時皆能有效偵測。
- C. 經由此次的改善案提出至廠內安全委員會，獲得很大的迴響後續繼續應用於蝕刻區 Cl_2 , HBr 、離子植入區 AsH_3 , BF_3 、擴散製程區 PH_3 , SiH_4 等相關區域，以大大提昇附屬設備管路區作業的安全性。
- D. 此系統採負壓抽氣設備完成區域監測效能，因此負壓設備的穩定性及有效性亦需監控，所以亦需加裝 Exhaust 靜壓不足警報裝置，若有靜壓不足情形馬上可連線通知相關值班人員處理。

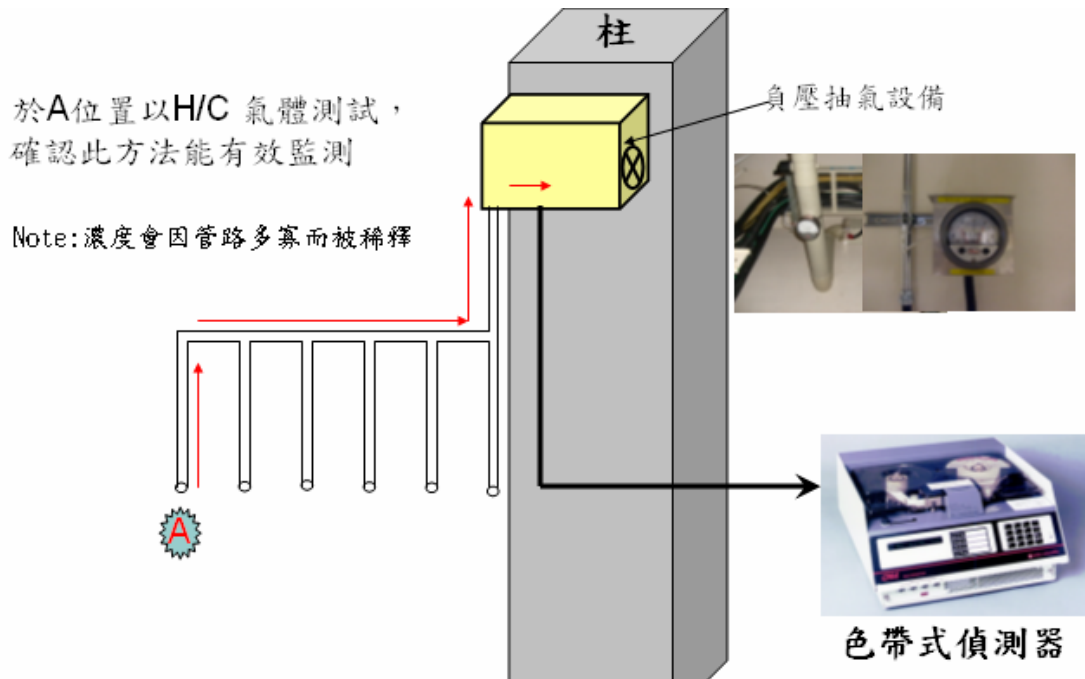


圖 5-1: 負壓抽氣設備及靜壓監測

5.2 困難與限制

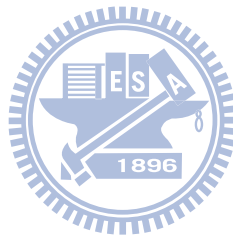
氣體監測系統能有效的主動的偵測，靠的是負壓抽氣的原理，所以確保負壓抽氣設備的常時運轉，就是確保系統高度可靠的不二法門。然半導體晶圓廠屬於高風險的產業，生命安全第一但在企業主或單位主管在成本與安全風險考量下，要多花許多成本建置一套可信賴的且有效的系統，實質上尚需工安相關人員的努力與推動。了解半導體製程與設備是需要花時間與精神的，可以透過預知保養(PM)或進行作業觀察或新進機台安全查核或事故事件調查而切入，然後進一步的研究改善。

5.3 未來展望

半導體或高科技廠房所使用多樣的特殊氣體及化學品，若有洩漏或溢散等危害點，皆會安裝氣體偵測系統以防患於未然，但於機台的附屬設備管路區並無設置即時監測系統，本文以改良式氣體偵測系統(區域式+隔離控制閥)建置於 CVD 管路區，並於驗證過程中發現廠區相關的異常，藉由 FORD 8D 手法尋求解決之道，藉此文章之發表，期能引起相關人員，如設備、廠務、工安、廠商等之興趣與注意；其成效不僅可應用於本廠區，亦可推廣至其他廠區，甚至亦可應用於 TFT LCD，或是太陽能光電等產業。

參考文獻

- [1] Semiconductor Introduction, Campbell, 1996
- [2] 彭國庭，氣體監控系統設計之最適化:以晶圓廠為例，2006
- [3] 郭紘綸，離子植入機極早期火警偵測系統有效性評估，2008
- [4] 環保署毒性化學物質管理法規之毒性化學物質管理法及毒性化學物質偵測及警報設備設置及操作要點
- [5] 勞委會公告之勞工作業環境空氣中有害物質容許濃度標準
- [6] 各偵測器的 technical handbook



附 錄

一、物品資料

物品名稱:	氟化氫 (Hydrogen fluoride)
物品代碼(序號):	69
其他名稱:	—
建議用途及限制使用:	烷化，異構化，縮合，脫水，聚合等之催化劑。無機及有機反應之氟化劑；氟及氟化鋁之生產。液態火箭推進劑之添加料；鈾之精製。

二、危害辨識資料

物品危害分類: 金屬腐蝕物第 1 級、急毒性物質（吸入）第 3 級、腐蝕／刺激皮膚物質第 1 級、嚴重損傷／刺激眼睛物質第 1 級、特定標的器官系統毒性物質（重複暴露）第 1 級

標示內容:

象徵符號:



警示語:

危險

危害警告訊息:

可能腐蝕金屬、吸入有毒、造成嚴重皮膚灼傷和眼睛損傷、造成嚴重眼睛損傷、長期或重複暴露會對器官造成傷害

危害防範措施:

若與眼睛接觸，立刻以大量的水洗滌後洽詢醫療／如遇意外或覺得不適，立即洽詢醫療／穿戴適當的防護衣物、手套、戴眼罩／護面罩／緊蓋容器、置於通風良好的地方

其他危害:

—

三、成分辨識資料

中文名稱:	氟化氫
英文名稱:	Hydrogen fluoride
同義名稱:	氫氟酸、Fluorohydric acid、Anhydrous hydrofluoric acid、HF、Anhydrous hydrogen fluoride
化學文摘社登記號碼:	7664-39-3
危害物質成分(成分百分比):	—

四、急救措施

不同暴露途徑之急救方法

吸入:	1.援助時需穿戴合適、安全的保護裝備，以確保自己的安全。2. 移除污染源或將患者移至新鮮空氣處。3.若呼吸停止，立即由受訓過人員施予人工呼吸或心肺復甦術。4.避免口對口接觸，最好在醫生的指示下，由受訓過之人員來施予氧氣。5.立即就醫。
皮膚接觸:	1.避免直接與該化學品接觸，必要時需戴防滲手套。2.儘速用緩和流動的溫水沖洗患部 20 分鐘以上。並在沖水時脫去污染物。3.將受傷處浸於冰的 0.2% Hyamine 1622 水溶液(1：500)或冰的 0.13% Zephiran，若無法直接浸泡，可使用繃帶，每兩分鐘更換一次。4.若敏感組織(唇或口)被燒傷，可敷 2.5%的葡萄糖酸鈣膠，立即就醫。
眼睛接觸:	1.立即撐開眼皮，用緩和流動的溫水沖洗污染的眼睛 20 分鐘。2. 小心勿使洗液沾染未受污染的眼睛。3.若無法立即就醫，可滴 1 或 2 滴 0.5%的 Pontocaine"鹽酸溶液(Winthrop Laboratories)。4.立即就醫，眼睛灼傷不可用皮膚處理的方式處理。
食入:	1.若患者即將喪失意識、已失去意識或痙攣，勿經口餵食任何東西。2.用冷水徹底地漱口。3.切勿催吐。4.讓患者喝下 240-300ml 的 10%葡萄糖酸鈣溶液，以稀釋胃中的物質。5.若患者自發性嘔吐，讓患者身體向前以避免吸入嘔吐物之危險。6. 反覆給患者喝水。7.立即就醫。
最重要症狀及危害效應:	會造成非常疼痛的深度皮膚灼傷。
對急救人員之防護:	應穿著 C 級防護裝備在安全區實施急救。
對醫師之提示:	1.吸入時，給予氧氣。2.皮膚接觸，考慮冰浴。3.避免洗胃或引發嘔吐。

五、滅火措施

適用滅火劑:	對於周遭之火災，使用合適之滅火劑來滅火
--------	---------------------

滅火時可能遭遇之特殊危害:

特殊滅火程序:

消防人員之特殊防護設備:

1.水與其接觸有猛烈噴出 HF 的危險，故水不要直接與打開或洩漏的容器接觸。 2.HF 儲存於金屬容器時，易燃性的氫氣可能產生並累積。

消防人員必須配戴 A 級氣密式化學防護衣、空氣呼吸器。

六、洩漏處理方法

個人應注意事項:

1.在污染區尚未完全清理乾淨前，限制人員接近該區。 2.確定清理工作是由受過訓練的人員負責。 3.提供適當的個人防護裝備。

環境注意事項:

1.穿戴供氣式抗酸服以達最大防護效果。 2.撲滅或除去所有發火源。 3.報告政府安全衛生與環保相關單位。

清理方法:

1.勿碰觸洩漏物。 2.避免外洩物流入下水道，水溝或其他密閉空間。 3.在安全許可狀況下，設法阻止或減少洩漏。 4.小量液體洩漏時用不會和外洩物反應的吸收劑吸除並置於適當密閉，有著標示之容器內。 5.用水沖洗洩漏區域。 6.不要直接加水於洩漏源亦不要讓水流入 HF 容器槽內。 7.若可能則將外洩容器倒轉，使氣體逸出，代替液體流出。 8.若不能阻漏時，將漏洩容器移至安全處所洩空修理。

七、安全處置與儲存方法

處置:

1.HF 會與某些容器材質或污染物反應產生爆炸性氫氣。 2.開 HF 容器時，確定工作區通風良好且無火花或引燃源存在。 3.含 HF 的製程須極小心操作。 4.避免讓釋出的蒸氣進入工作區的空氣中。 5.在通風良好的特定區內操作並採最小用量。 6.須備隨時可用於滅火及處理洩漏的緊急應變裝置。 7.無水 HF 應貯存於鋼材壓力容器中。 8.風扇及電氣設備應為防爆型設備。 9.考慮裝設洩漏偵測和警示系統。 10.於適當處張貼警示符號。 11.定期檢查有無損毀或洩漏等瑕疵。

儲存:

1.所有貯存容器應遠離熱且避免陽光直接射。 2.貯存區應有適當且獨立的通風，並遠離熱源及火花。 3.貯存區的建材、照明與通風系統應抗腐蝕。 4.限量儲存，並限制人員進入儲存區。 5.貯存區要與員工密集之工作區域分開。

八、暴露預防措施

工程控制:

1.在完全密閉中操作。 2.整體換氣或局部排氣裝置。

控制參數:

八小時日時量平均容許 3ppm

濃度(TWA):	
短時間時量平均容許濃度(STEL):	6ppm
最高容許濃度:	—
生物指標(BEIs):	上班前尿中每克肌酸酐含氟離子 3mg(B、Ns)
個人防護設備:	
呼吸防護:	<p>1.30 ppm 以下：含防 HF 濾罐的動力型空氣淨化式或全面型化學濾罐式呼吸防護具、含防 HF 濾罐的防毒面罩、全面型自攜式或供氣式呼吸防護具吸防護具輔以正壓自攜式呼吸防護具。</p> <p>2.未知濃度：正壓自攜式呼吸防護具、正壓全面型供氣式呼吸防護具輔以正壓自攜式呼吸防護具。</p> <p>3.逃生：含防 HF 濾罐之氣體面罩、逃生型自攜式呼吸防護具</p>
手部防護:	1.防滲手套，材質建議以 Saranex、Barricade、Chemrel、Responder 為佳。
眼睛防護:	1.化學安全護目鏡、寬緣硬質工作帽附有全面式護面罩。
皮膚及身體防護:	<p>1.上述橡膠材質連身式防護衣、工作靴。</p> <p>1.工作後儘速脫掉污染之衣物，洗淨後才可再穿戴或丟棄，且須告知洗衣人員污染之危害性。</p>
衛生措施:	<p>2.工作場所嚴禁抽煙或飲食。</p> <p>3.處理此物後，須徹底洗手。</p> <p>4.維持作業場所清潔。</p>

九、物理及化學性質

外觀:	無色、發煙液體或氣體
氣味:	銳利刺激味
嗅覺閾值:	0.04ppm
熔點:	-83.55℃
pH 值:	—
沸點/沸點範圍:	19.54 °C
易燃性:	—
閃火點:	不燃
測試方法:	
分解溫度:	—
自燃溫度:	—
爆炸界限:	—
蒸氣壓:	4.1 Kpa @21℃
蒸氣密度:	0.99 @13.6℃ (空氣=1)
密度:	0.99 @14℃ (水 1)
溶解度:	全溶 (水)

辛醇/水分配係數(log Kow): —
揮發速率: /

十、安定性及反應性

安定性: 正常狀況下安定

特殊狀況下可能之危害反應:

- 1.鹼(如苛性鈉): 劇烈反應。
- 2.氟氣: 與 50% HF 溶液劇烈反應, 可能引起火災。
- 3.三氧化砷: 反應產生大量熱。
- 4.玻璃、陶器、含矽石金屬、天然橡膠及天然皮: 此酸可將其溶解。
- 5.除臘、鉛及白金外大部份金屬: 此酸可將其腐蝕。

應避免之狀況: —

應避免之物質: 鹼(如苛性鈉)、氟氣、三氧化砷、玻璃、陶器、含矽石金屬、天然橡膠、天然皮、除臘、鉛、白金外大部份金屬

危害分解物: —

十一、毒性資料

暴露途徑: 吸入、皮膚接觸、眼睛接觸、食入

症狀: 刺激感、皮膚灼傷、骨質弱化及變化(骨質疏鬆症)。

急毒性:

皮膚:

- 1.其氣體或無水液體會造成疼痛難忍的深度皮膚灼傷。
- 2.過量的濺到皮膚會造成死亡。

吸入:

- 1.刺激鼻、咽、眼睛及呼吸道。
- 2.高濃度蒸氣會嚴重的灼傷唇、口、咽及肺。
- 3.可能造成液體蓄積於肺中及死亡。
- 4.122ppm 濃度下暴露 1 分鐘會嚴重刺激鼻、咽及呼吸道。
- 5.50ppm 濃度下暴露數分鐘可能致死。

食入:

- 1.不適用於 HF 氣體。

眼睛:

- 1.其蒸氣會溶解於眼球表面的水份上而造成刺激。

LD50(測試動物、吸收途徑): —

LC50(測試動物、吸收途徑): 1108 ppm/1H(大鼠, 吸入)

慢毒性或長期毒性:

- 1.氟化物為骨頭所需的, 但過量可能造成氟中毒(使骨質弱化及變性, 即骨質硬化症)。
- 2.氟中毒可能會有心臟、神經及腸的問題。
- 3.吸入氟化物的量愈多, 造成骨骼氟中毒的量愈多, 經過數年後過量氟化物可除去, 骨骼氟中毒可能慢慢部份康復。
- 4.尿中氟濃度應小於 4mg/l。

470ug/m³/4H(懷孕 1-22 天雌鼠, 吸入)造成胚胎死亡率提高。
IARC 將其列為 Group 3: 無法判斷為人體致癌性

十二、生態資料

生態毒性:	
LC50(魚類):	—
EC50(水生無脊椎動物):	—
生物濃縮係數(BCF):	—
持久及降解性:	1. 氟離子會儲存在骨頭中，但可在數年後排出。
半衰期(空氣):	—
半衰期(水表面):	—
半衰期(地下水):	—
半衰期(土壤):	—
生物蓄積性:	—
土壤中之流動性:	—
其他不良效應:	—

十三、廢棄處置資料

廢棄處置方法:	1. 參考相關法規處理。 2. 向產品供應商諮詢。
---------	------------------------------

十四、運送資料

聯合國編號:	1052
聯合國運輸名稱:	無水氟化氫
運輸危害主要分類:	
運輸危害次要分類:	
包裝類別:	I
海洋污染物(是/否):	否
特殊運送方法及注意事項:	—

十五、法規資料

適用法規:	1. 危險物與有害物標示及通識規則 2. 道路交通安全規則 3. 公共危險物品及可燃性高壓氣體設置標準暨安全管理辦法 4. 特定化學物質危害預防標準 5. 勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準 6. 事業廢棄物貯存清除處理方法及設施標準 7. 勞工安全衛生設施規則
-------	--

其他適用法規:

十六、其他資料

參考文獻:

- 1.CHEMINFO 資料庫，CCINFO 光碟，2005-3
- 2.RTECS 資料庫，TOMES PLUS 光碟，Vol.65，2005
- 3.HSDB 資料庫，TOMES PLUS 光碟，Vol.65，2005
- 4.危害化學物質中文資料庫，環保署
- 5.ChemWatch 資料庫，2005-1

製表者單位:

名稱: 國立台北科技大學
地址: 10608 台北市忠孝東路三段 1 號
電話: 02-27712171
製表人:
職稱: 華國緩
姓名: 組長
製表日期:

備註:

上述資料中符號“—”代表目前查無相關資料，而符號“/”代表此欄位對該物質並不適用。生物指標中的註記“Ns”代表非專一性指標，符號“Sc”代表需注意易受感族群，符號“B”代表請注意背景值，符號“Nq”代表未有確定建議值，符號“Sq”代表半定量性建議值。