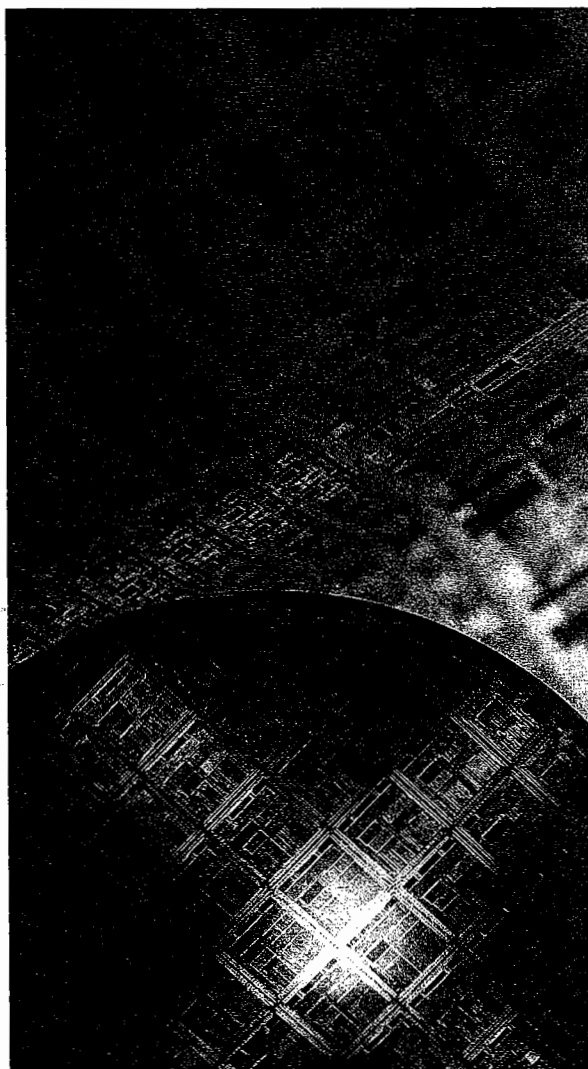


半導體廠極早型 火警探測器之研究探討

極早型火警探測器因其具頗佳早期預警功能，現已被半導體廠房普遍用於廠內特殊區域或環境內之火災預警系統，其多被裝置於無塵室內，如回風過濾區Dry coil前、高架地板下方空間與具高火災風險機台之週遭環境。

■ 文／鍾玉慰、陳俊勳



▲ 極早型火警探測器現已普遍使用在無塵室內許多重要區域與地點。

現行法規規定，無塵室內須裝設偵煙式火警探測器，但偵煙式火警探測器之靈敏度，無法符合無塵室火災預警時效之需求，當其偵測並發出警報，則此時火災產生的大量煙粒子，已然對無塵室潔淨度造成極大的影響及損害。極早型火警探測器因其具頗佳早期預警功能，現已被半導體廠房普遍用於廠內特殊區域或環境內之火災預警系統，其多被裝置於無塵室內，如回風過濾區Dry coil前、高架地板下方空間與具高火災風險機台之週遭環境。

極早型火警探測器已普遍被使用在無塵室內許多重要區域與地點，雖然其具有較佳偵測能力，但也相對有設置使用上之問題，常見問題有誤警率與定址能力。所以希望對極早型火警偵測系統進行無塵室內之使用分析探討，與實際放煙測試分析，可藉以降低誤報率，確認極早型火警探測器反應時間能否在可接受範圍內有效偵測，並藉以了解極早型火警探測器有效反應之直線距離。依此結果，訂定出適當設計、標準與規格，作為設計安裝之參考，使系統在火災發生時，能有效發揮最佳的預警功能，讓應變組織人員得以即時撲滅火災，降低火災發生風險或損失，確實達到早期發現早期處理的萬全準備。

原由與目的

現在大部分半導體廠，為因應無塵室潔淨度的要求，所以都是採三明治式（分別為SAC, FAB及RAP；見圖1）相互貫通結構設計，內部挑高大空間維持正壓空調，且使用大量可／易燃化學品與設置昂貴精密機台設備。不幸地，台灣在數年前發生幾次重大半導體廠房火災，對其無塵室機台設備造成嚴重煙損傷害。

現行國內相關消防法規對於建築物火警偵測器設置有條例式規定，而現今半導體廠房也須依規定設置火警偵測器，但因半導體廠房之特殊結構設計，其安裝傳統型式之火警探測器是否合適？而現行無塵室多以及早型火警探測器為主、傳統偵煙式火警探測器為輔，進行火災偵測與警報，所以極早型火警探測氣之設計、設置與保養時注意事項，為本文所要探討研究之主題。

半導體廠常用之火警偵測器

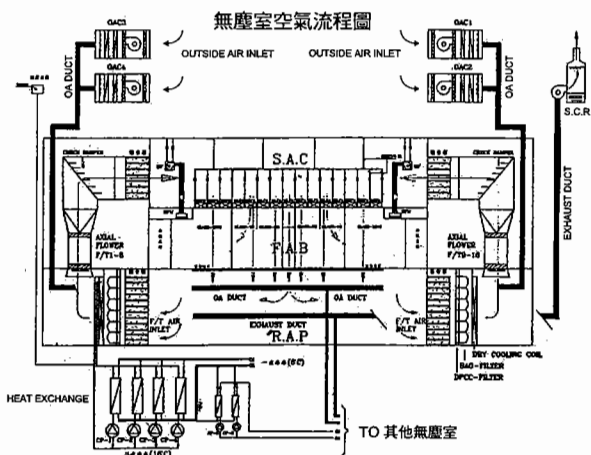
差動式熱感知器利用空氣熱膨脹原理作動，所以當有溫度差時即發出警報，適用場所如辦公室。而光電式偵煙感知器利用光電子感應方式作動，最主要是偵測器內部，檢測部收到設定之光量時即發出警報，適用場所如各相關機房。定溫式熱感知器利用雙金屬熱變化原理作動，所以當有溫度達某一溫度值時即發出警報，適用場所如鍋爐房、發電機房、廚房、茶水間。差動式防爆式熱感知器作動原理與差動式熱感知器相同，但其產品具有防爆功能，適用場所所有SiH₄ room、Gas room、Chemical room與放置危險品倉庫。

極早型火警偵測器之使用，環境設置點有在回風道、天花板、電盤內部與機台內部等地點。設置於回風道位置有Rap各區（黃光區、蝕刻區、擴散區等）、零件清潔區（Tube Clean

Room；TCR）、Gown room、WAT、銅製程區、CMP。設置於天花板位置有各電器室、化學房（Chemical room）、氣體房（Gas room）、電信實驗室、故障分析實驗室、MIS機房、Sub-Fab區。設置於機台內部有濕式化學站（Wet Bench）、布進機（Stepper）、晶片存放櫃（Wafer Stocker）、爐管（Furnace）、離子植入機（Ion Implanter）等。

極早型火警偵測器VESDA屬「空氣取樣系統」（Air Sampling System）之偵煙探測器，符合BS6266於1992年所定義之「高靈敏（High Sensitivity）」等級。系統由取樣管、排氣扇、過濾器、偵測頭、控制器等元件組成，工作程序則為抽氣、分析、輸出、排氣等。工作情形是由一個抽風扇將空氣樣品抽入取樣管網絡，為避免空氣中的灰塵影響量測信號而產生誤動作，並且造成偵測室的污染，空氣樣品在進入偵測室（Chamber）之前，會先經過一個兩階段濾網（Dual Stage Filter）。

在第一個階段中，先將空氣樣本中的灰塵及污垢除去，在第二個階段中，則進行極細微過濾以提供清潔空氣，來保護內部的光學表面免受污染。空氣樣本經過過濾器後，會受到以雷射為偵測之光源，光源對通過之煙霧粒子加以照射，以產生散射光。藉由量測散射光的強弱大小，計算煙霧濃度之

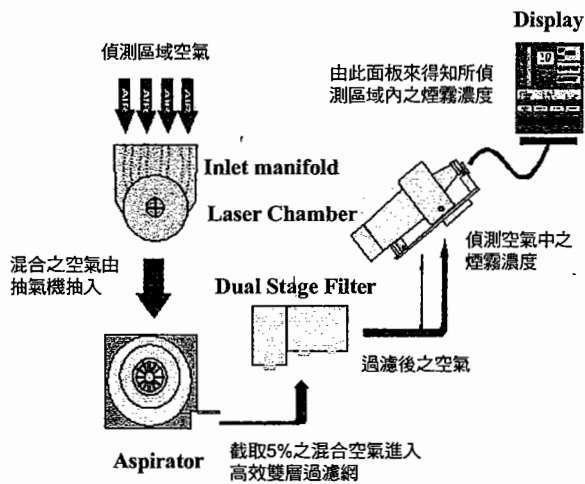


▲圖1.半導體廠結構示意圖。

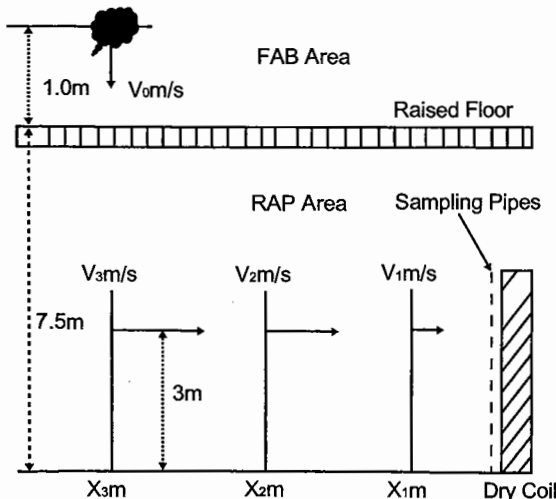
大小，當達到警報動作時，即在指示器上顯示或發出警報等（見圖2）。

VESDA系統放煙測試

管末端煙霧測試乃指對各主機的偵測管末端，以煙霧罐測試該單機功能是否正常。一般是使用測試偵煙式火警偵測器的噴霧罐，內含物為異丁烷及丙烷，其噴霧產生之霧狀氣體並不會殘留、也不會污染測試環境，所以非常適用於無塵室之環境。其測試方式為，用於管末端測試，在



▲圖2. VESDA偵測系統工作原理。



▲圖3. 放煙實驗之煙流動示意圖。

管末端開口處前0.3公尺處，噴霧罐噴射3秒鐘，VESDA偵測系統必須在60秒內觸發第一段火警警報。針對每組管路連接處及偵測主機取樣入口處進行噴劑測試，以檢查氣密性。再使用時須注意，因丙烷及異丁烷為極易燃性氣體，需避免火花。

Hot wire test，在現場的環境中，模擬煙霧產生，測試各主機反應時間，確認取樣管配置是否適當。測試方法將依據2002年最新版British Standard BS6266，詳細的訂定火警偵測器測試方法中A.3 (System performance test method using electrically overloaded PVC-coated wire (2m)) 方式進行測試。測試電線規格為兩公尺長10芯電線，每芯0.1mm，外表被PVC包覆成半徑厚度為0.3mm，導體切面面積為0.078mm²。變壓器為240V到6V，能夠產生至少15安培電容量，絕緣板為不可燃材質，尺寸至少為600mm x 600mm。而相關測試程序如下：

- 將測試用電線連接到變壓器之輸出端為6V側。
- 將電線確實放置於絕緣板上，並且確認電線間並無扭結或交叉跨越現象。
- 將240V電源供應器連接到變壓器輸入端。
- 電源供應器供電期間為180秒。
- 監測電線表面產生熱分解現象，並會散發出少量煙。

測試結果要求為，VESDA警偵測器必須在通電中斷後120秒內反應才算合格，此結果可作為驗證已經裝設的偵煙系統的性能。整體測試煙流動如圖3所示，整體測試實驗流程如圖4所示。

VESDA是否能有效偵測到煙霧，對早期火災產生之煙霧及時作出反應，流場之風速及流向是很重要的影響參數。由上述的說明可知，氣流從潔淨室到Dry Coils前的平均氣流速度如太低，會影響偵測系統警報的時間，如要在120秒內系統能

反應，建議在高危害機台（Wet Bench、Stepper、Stocker、Furnace、Ion Planter）附近的下吹氣流速度需大於0.2m/s（0.5公尺高度）。另實驗測試可知，採用0.6公尺長的電腦排線，供應電源為20A、6V通電一分鐘時所產生的煙量，可使得VESDA於二分鐘內作動達到Alert值。在RAP區Dry Coil前無障礙時，VESDA有效防護直線距離，可達32公尺。

VESDA系統查核及保養

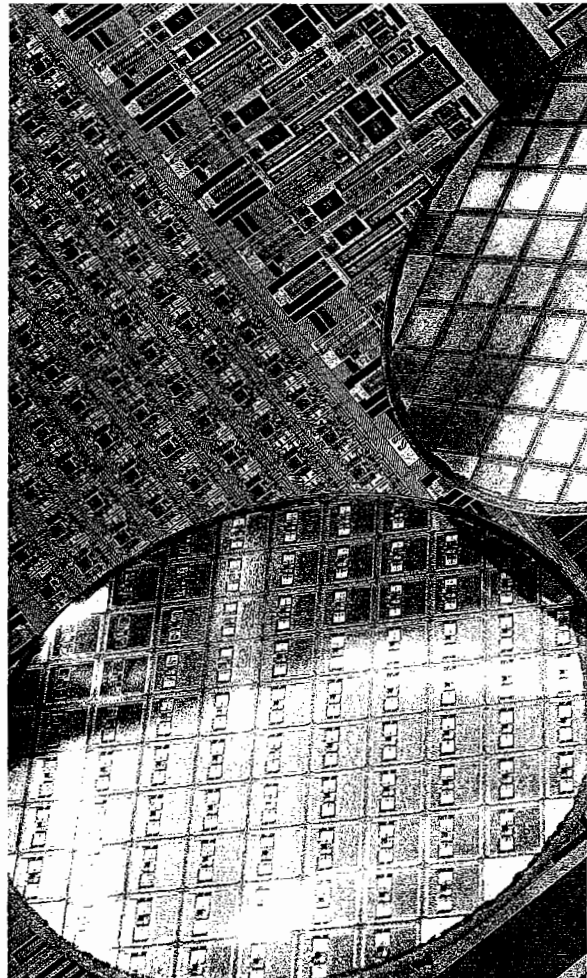
極早期火警偵測器，現已普遍被設置於高科技廠無塵室內，作為其消防安全防護系統，另保險公司基於風險控管原則，也普遍強烈要求高科技廠能夠設置極早期火警偵測器。

極早期火警偵測器無論是在初期設計、安裝與後續保養階段，皆需要有相關要求與規定，方能使其能夠正常運作，以期達到極早偵測之目標。一般使用者在評估、設計與設置極早期火警偵測器時，主要幾項考量項目有下列幾點：

1. 具有完整與豐富經驗可預防誤警的作業系統。
2. 偵煙系統的靈敏度範圍。
3. 系統設計、配置與安裝具有彈性。
4. 偵煙系統控制面板與無塵室系統的整合。
5. 偵煙系統的維修需求、頻率與費用。
6. 廠商整體後勤維修服務能力。

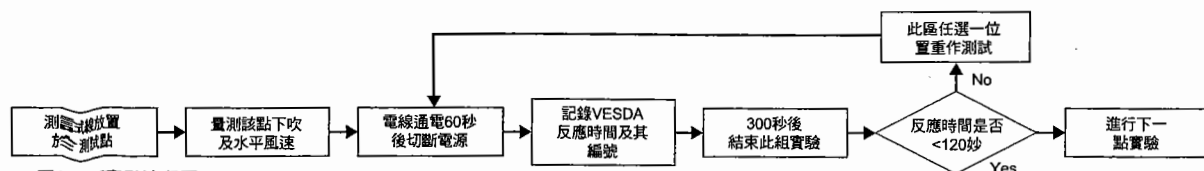
依據實測數據與功能性評估極早期火警偵測器系統，其廠商於安裝設置時應符合下列工程規格：

1. 靈敏度在0.015 obs/m以上。



▲ 保險公司基於風險控管原則，普遍強烈要求高科技廠能夠設置極早期火警偵測器。

2. 系統需以現場自我學習結果進行適當調整靈敏度。
3. 需能在120秒內偵測到火災。
4. 能定位發生源至半徑10公尺內。
5. 誤報率低於1%。
6. 安裝後需依BS 6266規定驗收。
7. 維修保養需依據NFPA 72的規定。



▲ 圖4. 放煙實驗流程圖。

安裝後之系統功能需符合主管機關要求、國際安全之標準，並達到保險公司等對損害防阻之要求規定。

此外，本系統之設置不能影響潔淨室正常之運轉與生產或造成負面之干擾，安裝後之系統功能需符合主管機關要求、國際安全之標準，並達到保險公司等對損害防阻之要求規定。

極早期火警偵測器系統於驗收後開始運轉，為使系統平時能維持功能正常，事故發生時能立

即應變運作，所以會建置相關保養規範，並依其定期進行保養與測試。一般系統保養週期以季為單位，需保養項目如下：

1. 檢測模組LED燈是否正常。
2. 查看fault面板上性能顯示燈號是否出現亮燈。
3. 警報設定值（% obs/m）是否正確。
4. 警報設定延遲秒數確認。
5. 抽氣流量是否正常。
6. 檢查濾網（灰塵數量）。
7. 各設定值再確認。
8. 清潔空氣取樣孔與取樣管。
9. 電源系統檢查。
10. 系統不斷電系統電源放電測試。
11. 煙霧測試反應時間。
12. 煙霧測試濃度（% obs/m）與對應警報等級。
13. 警報輸出是否正常。
14. 網路連線是否正常。

VESDA 季保養項目

項次	檢查項目	結果
1	抽氣流量	
2	濾網灰塵數量	
3	警報設定延遲秒數	
4	LED燈號顯示	
5	備用電源檢測	
6	警示功能檢測	
7	線路連結檢測	
8	管末端煙霧測試	
9	Hot wire test	
10	控制系統功能檢查	
11	顯示系統功能檢查	
12	通訊介面及網路檢查	
13	警報移報檢查	
14	空氣取樣管路清潔檢查	
15	氣流監測值檢查	
16	管路固定支撐架檢查	

作者群簡介

鍾玉慧 交通大學工學院產業安全專班 碩士研究生
陳俊勳 交通大學工學院產業安全專班 主任及教授

參考文獻

1. 蘇恆立、陸忠惠、林慶峰，“無塵室火災煙流控制”，工研院工安衛中心十年論文集。
2. 黃建平、吳博文，“廠房及密閉環境煙控危害功能性防護系統建立結案報告”，工研院工安衛中心，1999年。
3. 劉高育，“台灣科技產業廠房防火設計準則之研究—以新竹科學工業園區為例”，中華工學院建築與都市計畫學系碩士論文，1997年。
4. 邱景璋，“半導體產業無塵室消防安全設計因素之研究”，中央警察大學碩士論文，1999年。
5. “消防安全法令彙編”，財團法人消防安全設備中心基金會，中華民國九十一年三月。
6. NFPA 72 - National Fire Alarm Code, National Fire Protection, 1999 Edition.
7. NFPA 318 - Standard for the Protection of Cleanrooms, National Fire Protection Association, 2000 Edition.
8. 何承恩，“極早期偵煙器放煙測試於無塵室之火災防護”，工安簡訊第八期，中華民國九十年九月。
9. BS6266 - Code of Practice for Category 1 Aspirating Detection System.