

半導體廠房之火警警報系統

極早預防有保障 緊急應變不慌張

■ 文=呂忠奇
徐啓銘

半導體廠內潔淨室依法令所裝設之偵煙感測器，因潔淨室內層流及高循環換氣量之影響，不易偵測到火災發生源，本文以VESDA (Very Early Smoke Detection Apparatus, 極早期火災預警系統) 之主動式空氣採樣偵測器進行探討，期待可更早更快預知火災可能發生的地點，儘早處理危機及應變，更可有效的預防不可恢復的損失。

半導體晶圓廠是高投資高風險的產業，其生產過程使用眾多特殊氣體、強酸強鹼化學藥品及高壓電氣設備，任何環節發生問題，皆可能對企業的營運造成莫大而不可收拾的影響。

傳統之光電式偵煙感測器，由於潔淨室內層流及高循環換氣量因素之影響，不易偵測到火災發生始源，故普遍增設極早期火災預警系統 (VESDA)，其目的為預知火災可能發生的地點，並配合受過專業訓練的應變處理人員，能儘早處理危機及應變，有效預防不可收復的損失，藉此提昇現場工作人員及環境 (生產設備機台) 之安全，避免業務上之中斷及客戶信賴上的損失，此外裝設VESDA系統還可符合保險公司對火警風險評估之要求，可大幅降低火損或煙損之保險費率。



▲ 半導體廠房其生產過程多為使用強酸強鹼化學藥品及高壓電氣設備，任何環節發生問題，皆可能對企業營運造成莫大影響。

VESDA系統介紹

VESDA系統主要由偵測分析儀、取樣管、顯示器、控制盤、圖控系統、警報裝置等所組成。設置於防護區域現場之偵測分析儀，利用儀器內之抽氣幫浦，透過取樣偵測孔主動抽取環境空氣進入取樣管，取樣空氣經儀器內之過濾裝置過濾後，再進行分析並將分析資料輸出、傳輸到監控中心之監控電腦中。其動作原理如圖1所示。

(一) 偵測分析儀

- 為主動抽氣式，每套至多四組以上進氣管口及一組排氣口。
- 分析光源為雷射光，分析靈敏為0.005~20%obs/m。
- 內附雙段式濾組，第一段為過濾 $20\mu\text{m}$ 以上之灰塵，第二段利用HEPA濾網來過濾 $0.3\mu\text{m}$ 以上之微粒，再送進分析儀內進行分析。

d.具備環境自動學習功能，學習時間設定可從15分鐘至16天，學習功能不得將微環境變化正常化(normalize)，造成誤差累積而導致系統誤動作。

e.可自動設定白天/夜晚/國定假日之三種不同運轉模式。

f.具有獨立的電池電源，當系統斷電，能持續運轉8小時及必須有自動充電之功能。

(二) 顯示器

可以顯示控制對應VESDA偵測器區域，每一個顯示器可以顯示偵測器的煙霧濃度讀值，讓操作人員了解偵測區域的環境狀態。在顯示器上同時可以顯示偵測器及系統的相關故障狀態(如電力狀態，通訊，濾網或氣流狀態)。

(三) VESDA系統控制盤

可控制同一網路上之設備可達100台偵測器與100組顯示器，

並保存所有連線設備之參數設定資料及事件記錄，當電腦無法正常操作時，為該系統回路之備援控制主機。

(四) VSC圖形控制系統

同時控管多部VESDA系統控制盤，提供動態設備平面配置圖，事件記錄資料庫管理，VESDA系統設備之即時監視、控制、管理及設定。

(五) 警報裝置

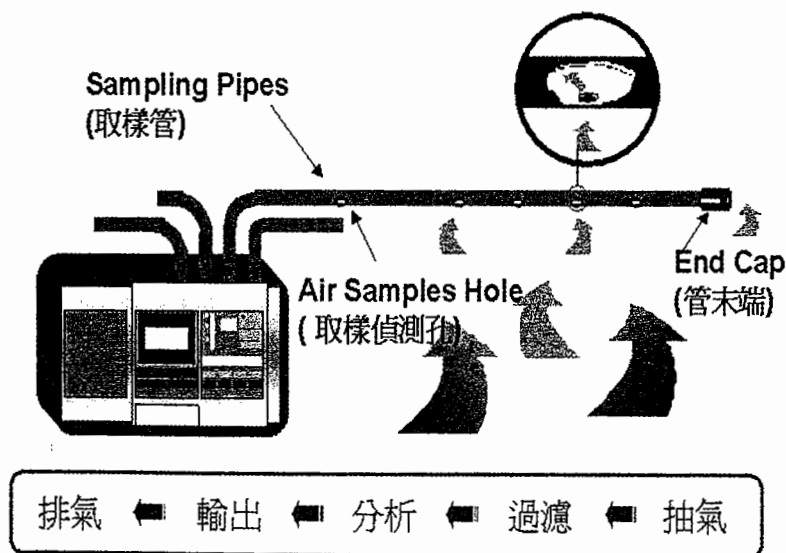
依NFPA318規定，需在保護區現場提供閃示及聲響之警報，且器材均需通過UL/FM之認證。能提供多段警報接點：警示(Alert)、行動(Action)及火警1(Fire1)、火警2(Fire2)多種聲響輸出區隔不同警報階段，同時具備閃爍燈。

警報設定值

警報設定值會因各廠房、使用區域或防護需求等不同因素各有所異。應變人員在接收到警報時，會依據警報程度的高低，來對應不同的應變程序。下述設定值僅供參考。

(一) 警示(Alert)為第一級警報，設定值為0.030% obs/m。警報時閃示燈開始動作，依UL之規定每秒至少閃爍一次，亮度不得低於75cd(50ft)，且燈具上要標有紅色「FIRE」字樣且須發出聲響，閃示燈在發生警報時需全程作動。

(二) 行動(Action)為第二級警



▲ 圖1.VESDA之動作原理示意圖。

報，設定值為0.050% obs/m。警報需觸發警鈴或類似音頻之警告音響，其音量不得低於85 dBA (10ft)。

(三) 火警1 (Fire1) 為第三級警報，設定值為0.150% obs/m。警報時則觸發高頻之警笛音響，其音量不得低於90dBA (10ft)。

(四) 火警2 (Fire2) 此等級必須高於Fire1的設定，設定值為0.350% obs/m。此警報點的設定，可以決定要不要連動其它滅火系統。

VESDA偵測器種類

(一) VLC (VESDA Laser Compact) :

a. 為主動抽氣式，並至少一組以上進氣管口及一組排氣口。

b. 內附4組可自由定義之乾接點警報輸出及專用網路介面。

(二) VLP (VESDA Laser Plus) :

a. 為主動抽氣式，並至少四組以上進氣管口及一組排氣口。

b. 內附7組可自由定義之乾接點警報輸出及專用網路介面。

(三) VLS (VESDA Laser Scanner) :

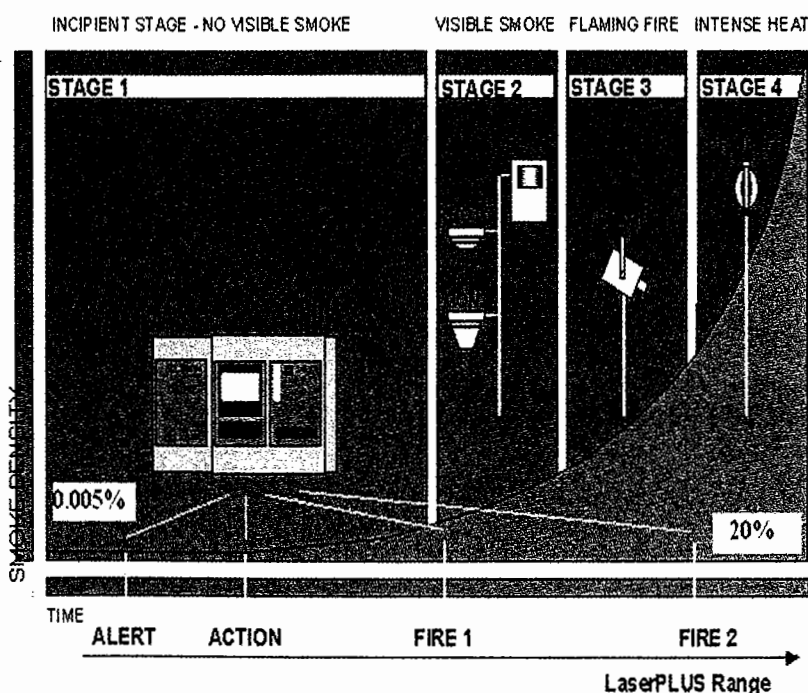
a. 為主動抽氣式，並至少四組以上進氣管口及一組排氣口。

b. 內附7組可自由定義之乾接點警報輸出及專用網路介面。

c. 獨立四區掃描電子控制選擇閥。

偵測靈敏度

偵測靈敏度一般以遮蔽率表示。傳統型偵煙器與VESDA系統遮蔽率之差異，如圖2所示：



▲ 圖2. VESDA之偵測能力範圍示意圖。

依據NFPA318規定潔淨室內偵煙器靈敏度需小於0.1% obs/m，而傳統型偵煙器之靈敏度為0.5~5% obs/m，VESDA之靈敏度為0.005~20% obs/m。由於煙霧濃度會隨時間增加而增高，所以VESDA系統比傳統煙霧偵測器能提供人員更多應變時間，以提早從事相關的處置。

VESDA之應用

VESDA可與防災監控中心其他系統(廣播、門禁、閉路監視)連結，相互連動，提供監控人員更精確的資料，作為應變之參考。

系統連動

當佈置於防護區域的VESDA主機，發現分析數值達到設定之警報值，訊號會由主機傳輸到總機，總機在同一時間會連動警鈴與閉路監視系統，且經防災系統連動緊急業務廣播。其系統連動機制如圖3所示。

(一) 連動該警報區域的警鈴，使該區作業人員能得知有異常狀況發生，協助監控中心作第一時間之異常確認。

(二) 連動閉路監視系統，使監控中心透過攝影機獲得即時畫面，作為應變判定參考，並電話或無線電方式告知應變人員現場情況，提供更多相關訊息。

(三) 如警報等級達到火警2 (Fire2)，防災系統會自動連動緊急業務廣播，廣播告知該區域有

VESDA警報發生。

平時就需制定符合公司現況之緊急應變標準程序，並將應變標準程序公佈，且定期或不定期舉行演練。VESDA警報處理流程如圖4所示。

(一) 警報發生：現場人員作確認，ERC與廠務同仁立即前往警報區域協助確認。

(二) 確認異常：ERC人員擔任應變幕僚，提供資訊供現場作業同仁應變處理。

(三) 異常擴大：通報監控中心，廣播招集緊急應變小組 (Emergency Response Team) 支援，ERC人員擔任現場指揮幕僚，協助現場指揮官，處理異常事件。

應變案例

案例介紹

某工廠發生變電站濾波變壓器燒毀，導致VESDA與火警系統警報作動。

(一) 20:06:00 監控中心收到VESDA警報，警報等級達到警示 (Alert) 標準，立即以無線電通報ERC人員前往警報區域 (變電站) 確認狀況，同時聯絡廠務人員前往協助確認現場狀況。

(二) 20:06:10 警報等級達到行動 (Action) 標準。

(三) 20:06:32 警報等級達到火警1 (Fire 1) 標準。

(四) 20:08:00 ERC人員回報該警報區域內，現場煙霧瀰漫、有燒焦味，但未發現火源。

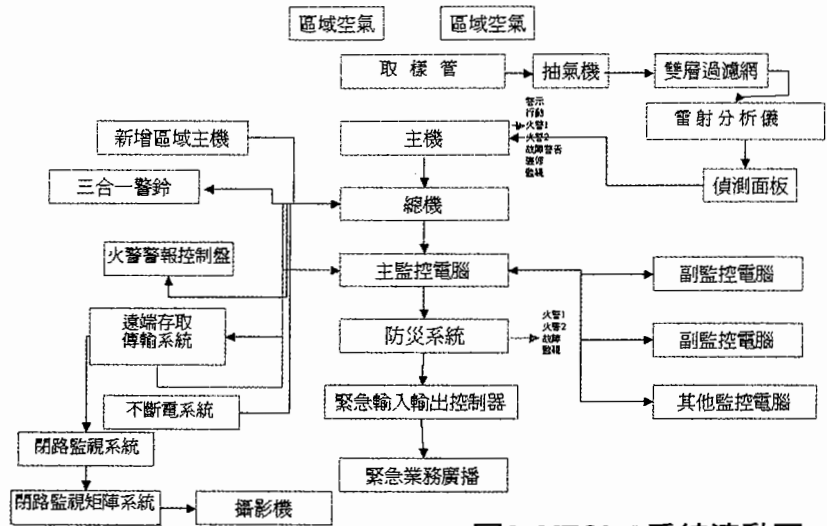


圖3. VESDA系統連動圖。

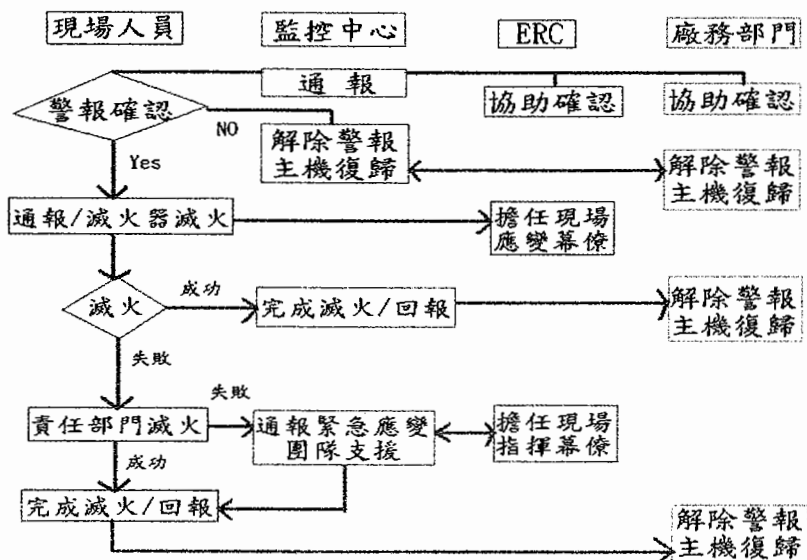
(五) 20:10:38 警報等級達到火警2 (Fire 2) 標準。

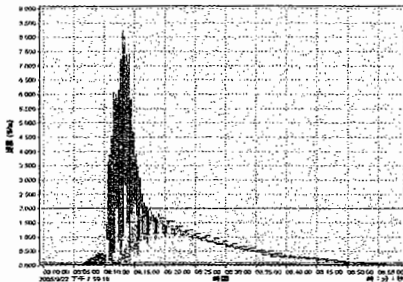
(六) 20:11:28 火警圖控系統收到該變電站之火災警報。同時ERC回報偵煙器作動，但因未發現火源，故按壓暫停釋放開關，待廠務人員確認狀況；另一組應變人員支援滅火器與防護具等裝備至現場。

(七) 20:25:00 廠務人員確認為不斷電系統之濾波變壓器燒毀，災害已控制，不需釋放滅火藥劑。ERC人員暫時將VESDA系統隔離並進行現場排煙處理。

(八) 20:50:00 安管人員回報，少部份生產設備因此異常事故而當機，狀況排除後已陸續恢復運作。

圖4. VESDA警報處理流程。





▲ 圖5. 本案例之VESDA煙霧趨勢圖。

案例分析

(一) 由VESDA煙霧趨勢圖(圖5)可知，該變電站設有兩組VESDA主機，圖中紅色區域為第一組之煙霧趨勢，綠色區域為第二組之煙霧趨勢，該濾波變壓器位於第一組防護區。在異常狀況發生初期，20:06 VESDA已經有偵測到煙霧值。當煙霧值突然劇增時，20:11:28傳統型偵煙器才偵測到異常情況，兩系統警報發生時間相差約五分鐘，而VESDA提供這黃金的五分鐘，使應變人員及早到達現場確認並作處理，故災害不至於擴大。

(二) 因為有設置VESDA系統，使人員能提早發現並處理，不至於釀成火災，僅造成少數生產設備當機，但由於處理得宜，隨即恢復生產運作。此外因VESDA極早預警功能，讓應變人員能有足夠時間到達現場確認處理並控制災害蔓延，故不需釋放滅火藥劑進行滅火，以本案為例約可節省藥劑填充費用三百萬元。

案例結果與討論

透過應變案例可得知，VES-

DA比傳統型偵測器提早5分28秒偵測到異常情況，使ERC人員有足夠的時間前往確認並進行狀況處理。VESDA系統大多應用在工廠內最重要的生產區域，如無塵室、電氣室或電腦機房。假設同一案例，該工廠無設置VESDA系統，則應變人員所面臨的情況可能是變電站起火，應變規模與搶救難易度，絕對會是更難處理的，人員損傷與財產損失更是無法估計。

但也因為VESDA之偵測靈敏度高，相對很容易受到影響，增加誤判機率。例如在取樣管附近施工或是環境髒亂、灰塵粉塵多，皆容易影響VESDA偵測，造成誤警報，使得緊急應變人員疲於奔命，此情形可透過加強承攬商管理與教育訓練，改善人為因素造成的誤警報。

及早偵測火警，增加疏散及應變時間

在產業激烈競爭之下，半導體公司不斷擴廠，投資金額劇增，所以不容有重大事故的發生。因其損失及影響範圍甚廣，

故防災技術與設備的提升，越來越受到許多高科技行業重視，損害防阻系統(消防系統、氣體偵測系統、漏液偵測系統等)預算支出比重也隨之增加，更有部分公司，成立專業的緊急應變小組，針對廠內可能發生之危害，進行風險評估與損害防阻，結合緊急應變專家系統的建置，形成多層防護網。

其目的都是希望在事故發生時，增加可利於疏散與緊急處理的時間，減少財物的損失及業務的停頓，並避免因自動滅火設備釋放的物質而造成不必要的損害。而可防災設備不斷的提升且精密化，仍須配合專業的使用人員，因此人員的訓練更不容忽視，從人員挑選，制度化的教育訓練，到熟悉應變處置等，每個環節都需注重，才能培育出專業合格的ERC人員。

經由防災設備與系統的建置，以及專業應變小組的成立，建構一個安全可靠的運作機制，使得一旦事故發生，能將人員傷害、財產損失及對環境造成的衝擊減至最低程度。

參考文獻

1. 陳光漢、牟科俊，從損害防阻淺談企業永續經營計畫淺論，工業安全科技，92年09月
2. 陳光漢、鍾有裕，半導體廠房損害防阻簡介，2003科技廠房消防防災知識管理研討會論文集，92年
3. 牟科俊，CCTV結合VESDA、門禁，打造廠區防災中心，安全&自動化，93年02月
4. 牟科俊，風險管理系列報導之三-VESDA/CCTV/Access Control系統之整合管理，消防與防災科技雜誌，91年11月
5. 劉君毅，半導體廠火災損失預防與控制，工業安全科技，37，38-43，89年
6. 楊守對，VESDA操作手冊，博見科技股份有限公司，94年03月
7. 郭賢輝，VESDA操作手冊，大府電機股份有限公司，94年03月