

SEMI S18-1102

矽烷族氣體處理之安全衛生及環保基準

本安全基準之技術業經全球環境、衛生與安全委員會核准，且由日本環境、衛生與安全委員會直接負責。目前版本由日本區域標準委員會於 2002 年 7 月 19 日核准。2002 年 9 月首先在 www.semi.org 發行線上版本，2002 年 11 月正式出版。

注意：本安全基準中以「註」為標題的段落並非正式內容，不得以此修改或取代正式的安全基準。工作小組提供註解內容係為協助設備設計者瞭解並使用本基準。

1 目的

1.1 本基準之目的係在設定矽烷族氣體處理的最低安全與衛生標準，並適用半導體或平面顯示器（FPD）的製造設備與設施。

2 範圍

2.1 本基準中說明的矽烷族氣體為：矽甲烷（ SiH_4 ）、二矽乙烷（ Si_2H_6 ）、三矽烷（ Si_3H_8 ）、二氯矽烷（ SiH_2Cl_2 ）以及三氯矽烷（ SiHCl_3 ）。

2.2 本基準包含下列章節：

- 目的
- 範圍
- 限制
- 參考標準
- 詞彙
- 一般原則
- 教育訓練
- 漏氣偵測與警報系統
- 火災偵測、滅火與警報系統
- 緊急應變
- 矽烷族氣體處理設備與設施的材料、零組件及結構
- 加壓與漏氣測試
- 貯存
- 供氣系統
- 供氣配送系統
- 使用矽烷族氣體的設備
- 排氣及配管系統
- 排氣處理系統
- 相關文件

2.3 本安全基準之目的非在討論與使用本手冊有關的所有安全議題。本安全基準的使用者有責任在使用前採取適當的安全衛生實務，並確定法令的適用性或其他限制。

3 限制

3.1 本文件非在提出其他組織所規定的要求。

3.2 本文件不適用於氣體製造商或經銷公司。

4 參考標準

註 1：無論是列表或修正，所有引述的文件皆應為最新出版的版本。

4.1 SEMI 標準

SEMI F1—高純度氣體管路系統與零組件的漏氣完整性規範

SEMI F3—半導體製造應用之焊接不銹鋼管指南

SEMI F4—氣動氣瓶閥門規範

SEMI F5—廢氣處理指南

SEMI F6—危險氣體管路系統第二層圍阻指南

SEMI F13—氣體來源控制設備指南

SEMI F14—氣體來源設備櫃之設計指南

SEMI F15—六氟化硫追蹤氣體櫃與氣體色層分析的測試方法

SEMI S1—設備安全標籤的安全基準

SEMI S2—半導體製造設備的環境、衛生與安全基準

SEMI S4—隔離／區隔設備櫃內氣瓶的安全基準

SEMI S5—限流裝置的安全基準

SEMI S6—通風設備的安全基準

SEMI S10—風險評估的安全基準

SEMI S13—半導體製造設備操作與保養手冊的安全基準

SEMI S14—半導體製造設備火災風險評估與降低之安全持基準

4.2 NFPA¹ 標準

NFPA 13—安裝灑水系統

¹ 美國國家消防協會，地址：1 Batterymarch Park, PO Box 9101, Quincy, MA 02269-9101。

NFPA 70—國家電氣原則

NFPA 318—無塵室保護的標準

4.3 壓縮氣體協會²

CGA P-20—有毒混合氣體的分類標準

CGA P-23—內含易燃與非易燃成分的混合氣體分類標準

4.4 其他文件

高壓氣體安全法規³

日本高壓氣體安全協會 (KHK)，高壓氣體安全法規的應用指南⁴

美國聖塔克拉拉 (Santa Clara) 郡有毒氣體條令，編號NS-517.44⁵

SSA期刊⁶—第 11 卷第 4 期，1997 年冬季刊

4.5 美國聯邦法典

統一消防法典 (UFC)⁷—第 51、79 與 80 節—半導體設施特定章節

29CFR 1910.1200⁸—「危險通識」(OSHA)

NIOSH 隨身版指南—可從線上取得 <http://www.cdc.gov/niosh/topreg.tml>

4.6 歐盟指令

安全資料指令 93/112 EEC

5 詞彙

5.1 除下列詞彙外，亦應參考 SEMI S2 的定義詞彙。

5.2 縮寫與縮略字

5.2.1 ACGIH[®]—美國政府工業衛生師協會 (ACGIH 是美國政府工業衛生師協會的註冊商標)。

² 壓縮氣體協會，地址：1725 Jefferson Davis Highway, Suite 1004, Arlington, Virginia 22202-4102。

³ 日本高壓氣體安全協會，地址：Sumitomo-Tranomom Bldg., 4-3-9 Toranomom, Minatoku, Tokyo 105-8447

⁴ 日本高壓氣體安全協會，地址：Sumitomo-Tranomom Bldg., 4-3-9 Toranomom, Minatoku, Tokyo 105-8447

⁵ 聖塔克拉拉郡 TGO

⁶ SSA 期刊，SSA 期刊總部地址：1313 Dolly Madison Blvd. Suite402, McLean, VA22101

⁷ 統一消防法典 (UFC)，5360 South Workman Mill Road, Whittier, CA 90601

⁸ 美國勞工部職業安全與衛生署，網址：<http://www.osha.gov>

5.2.2 *ESOV*—緊急斷流閥。

5.2.3 *IDLH*—對生命與健康具有立即性危險（空氣中污染物的濃度），通常以每百萬零件或每立方公尺毫克來表示。此最大等級代表人員可在 30 分鐘內逃離，而不會有任何受傷症狀或不可復原的健康影響。此等級是由美國國家職業安全衛生署（NIOSH）所訂定[SEMI F6]。

5.2.4 *MSDS*—材料安全資料表；以規範（如 OSHA 29 CFR 1910.1200，「危險通識」）指定形式來提供化學物質特性之資訊的文件。

5.2.5 *PTFE*—四氟化乙烯（鐵氟龍）

5.2.6 *SSCS*—矽烷安全控制系統；SSCS 為偵測裝置的整合系統，可在進行全面監視時顯示危險氣體處理系統（例如，連接到閥門狀態監控器與閥門循環計數程式的壓力變換器，或是提供聯鎖控制以阻斷來源的溢流監控）的整體安全狀態。

5.2.7 *TLV*[®]—為 ACGIH[®]針對工作環境中的化學物質所設定的閾限值（*TLV*[®]是美國政府工業衛生師協會的註冊商標）[SEMI F6]。

5.2.8 *TWA*—時量平均—請參閱美國政府工業衛生師協會（ACGIH[®]）的定義[SEMI F6]。

5.2.9 *VMB*—閥門分歧箱

5.3 定義

5.3.1 *排放系統*—改變製程排放物使其可安全地由設施排出，或是將排放物的危險物質降至安全等級的系統。

5.3.2 *核准人員*—經過訓練且具備執行活動能力的人員，而該等活動具有指定任務的相關風險。

5.3.3 *氣瓶車*—可裝載一或二個氣瓶的手拉車。

5.3.4 *氯矽烷*—二氯矽烷或三氯矽烷。

5.3.5 *受控狀態*—矽烷系氣體在核准的管路系統密閉空間內受到控制器控制的狀態；該此控制器可判定管路系統的安全參數是否失效。

5.3.6 *廢氣處理系統*—與排放系統類似，但僅能處理製程所排放的廢氣，使其可安全地排出，或是將危險物質減至安全的排放等級。

5.3.7 *失效安全*—此設計可防止因故障而增加風險 [SEMI S2]。

5.3.8 *易燃氣體*—會在空氣為 20°C（68°F）與 101.3 kPa（14.7 psia）的情況下起火的所有氣體 [SEMI S2]。

5.3.9 *限流裝置*—安裝在閥門內的裝置，且經過設計可在閥門位於滿流狀態時降低最大流量 [SEMI F5] [扼流孔板（RFO）即為範例之一]。

5.3.10 防呆措施—此設計可讓任何單一人為失誤或誤用的情況不會導致不可接受的風險。

5.3.11 職業暴露限制 (OEL) —有許多詞都可當作 OEL，例如允許暴露等級、閾限值[®]、最大可接受濃度、最大暴露限制，以及職業暴露標準。當本文件中使用 OEL 作為工作區域的標準時，OEL 通常係以一天工作八小時為基準來建立。當本文件中使用 OEL 作為非職業場所中的警報或警告標準時，OEL 可建立在較短的暴露時間上。然而，在已建立數值的不同國家中，所決定的 OEL 標準可能會有所差異。請洽詢各國負責建立 OEL 的國家機關（閾限值为美國政府工業衛生師協會的註冊商標）。

5.3.12 氧化氣體—可助燃的氣體，或是在接觸到可燃材料時會增加可燃材料燃燒率的氣體。[SEMI S4]

5.3.13 自燃氣體—係指在大氣壓力為 101.3 kPa (14.7 psia) 的情況下，「當溫度等於或高於 54°C (130°F) 時，接觸到大氣便會自動起火的氣體」[SEMI S4]。

5.3.14 安全關機條件—所有危險能量來源與危險生產材料皆已去除或受到正確控制的情況，但此情況會造成額外危險條件時則不在此限。

5.3.15 安全狀態—設備沒有未受控的危險，而不會影響設備本身或人員的狀態，且此狀態可禁止危險的生產化學物質流動。可接受的安全狀態須由設備設計者根據設計中的危險予以判定。

5.3.16 矽烷—矽甲烷、二矽乙烷或三矽烷。

5.3.17 不可接受的風險—審核設計或程序的人員無法接受的風險等級或種類。

5.3.18 不安全氣體條件—設備製程的設計參數內氣體未安全圍阻的狀態，或是會造成氣體排放或是氣體危險的狀態。

6 一般原則

6.1 由於矽烷族氣體具有數種危險特性，因此人員在進行與矽烷族氣體來源相關的工作時，應穿戴適當的保護裝備。

6.1.1 矽甲烷 (SiH_4)、二矽乙烷 (Si_2H_6) 以及三矽烷 (Si_3H_8) 皆屬自燃氣體。若這些氣體在空氣中與濃度較強的氧化氣體混合，燃燒與爆炸能量便會快速增加。

6.1.2 二氯矽烷 (SiH_2Cl_2) 為自燃氣體，而三氯矽烷 (SiHCl_3) 為易燃氣體；此兩種氣體皆屬於腐蝕性氣體。若這些氣體與濕氣結合，腐蝕性便會增加，且會產生自燃氣體。

註 2：最新的一項 DCS 有效研究中，AIT（自燃溫度）被設定為 $44^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ ，或約 111°F 。但請注意，根據研究發現，DCS 與矽烷不同，DCS 在幾乎所有的使用環境條件下並不會自燃。因此，在火災保護層面上，DCS 可視為高易燃氣體。

6.2 風險管理對策—安全與預防意外的基礎概念為：

6.2.1 徹底瞭解從貯存乃至氣體排放的層面之設施、管路與設備，乃是半導體或 FPD 製造設施內安全處理矽烷族氣體的關鍵環節。

6.2.2 加強設施的安全性；設計時，可在氣體來源、管路與設備上使用具有失效安全、防呆、自我診斷與預測性功能的裝置。

6.2.3 安全系統應可透過電腦自我診斷功能與專門的 SSCS 裝置來偵測目前的安全狀態，並提醒人員風險提高的情況。若 SSCS 裝置無法確認指定的矽烷族氣體處理系統或單元是否正常運作，矽烷族氣體供應設備應自動關閉。

6.2.3.1 SSCS 應可在進入矽烷族氣體處理製程的下一步流程前確定是否已達到安全狀態。

6.2.3.2 分布設施、氣瓶櫃、製程設備、氣體處理系統與其他相關裝置皆應設有 SSCS。

6.2.4 設計是否安全乃取決於設備與設施的設計者對矽烷族氣體特性與危險的瞭解程度。控制這些危險的設計方法須完全整合輸送與使用系統的所有控制措施。

註 3：有關矽烷族氣體之危險的資訊可從許多資料來源取得，包括規範、MSDS、工廠共同預防損失資料表、NFPA 標準、統一建築原則，以及其他許多研究資料。

6.2.4.1 使用任何矽烷族氣體系統前，供應商應完成危險認定與風險評估[如製程危險分析（PHA）、危險與操作性分析（Haz-Op）、失效模式影響分析（FMEA）]。

6.2.4.2 分析的結果應依據 SEMI S10 的風險基礎提出報告。

6.2.5 數量最小化—應限制所有線上及使用中的矽烷族氣體，將其降至可達到有效生產所需的最低數量。

註 4：矽烷族氣體貯存與分配區域的區隔及逆流考量均須符合法規需求。

6.2.6 應定期進行意外預防分析，以協助將意外發生頻率降至最低。

6.3 隔離（上鎖／掛籤）—所有等級的矽烷來源皆應具備隔離功能（上鎖／掛籤），俾便安全地維修或保養矽烷族氣體系統。

6.3.1 亦應正確隔離其他能量（如電氣、機械性能量）來源，以維護矽烷族氣體相關能量系統操作人員的安全。

註 5：保養通電的非危險性電氣系統時，若系統內含有矽烷族氣體，可能會發生危險。

6.4 接觸控制

6.4.1 在所有的矽烷族氣體系統中，正常或失效狀態下會產生危險的任何位置應備有多重等級的接觸控制。

6.5 需處理矽烷族氣體的所有人員皆應接受訓練，以瞭解要執行的工作與可能接觸的危險。此類訓練須正式進行文件記錄，且若有適用規範時，文件紀錄便須符合規範。

6.5.1 須定期執行系統狀態與設備情況的稽核，並作文件紀錄。

6.5.2 操作員或技術員應具有檢查目前狀態與所有異常情況的能力，始能執行任何系統或子系統的工作。

6.5.3 疏通與淨化

6.5.3.1 當矽烷族氣體管路與設備連接時，應利用惰性氣體（如氮氣）將管路內的空氣排出至安全地點，以預防與矽烷族氣體產生反應。

6.5.3.2 為能淨化並將空氣排放到安全地點，應在密封系統需要淨化的位置安裝淨化口。淨化口應設有止流閥，且在未連接淨化氣體時應使用護蓋或栓塞封住。

6.5.3.3 使用者應待系統中的氧化氣體以其他不相容氣體、材料或物質排出後，才能輸入矽烷族氣體。

6.5.3.4 為確保矽烷族氣體系統在開啟接觸大氣前已達到足夠的淨化，系統的程序需符合計算過的最小淨化循環、淨化氣體最小壓力，以及必要的真空等級。應計算確認最小循環的次數。由於製程的淨化通常會遠超出此循環次數，因此一般不需進行測試。

6.5.3.5 應具有足夠的方法可避免意外倒流時淨化氣體與製程氣體的交叉污染。

6.5.3.6 不可單靠止回閥來區隔淨化氣體與矽烷族氣體。當流程中可能發生倒流情況時，建議在止回閥前方或後方放置控制閥（如氣動閥）以隔離矽烷族氣體與其他氣體。

6.5.4 應從專用的來源容器供應矽烷族氣體的淨化氣體。

註 6：某些區域的法規（如日本的高壓氣體安全法）規定，淨化氣體的來源需完全與氧化氣體管線的淨化氣體來源區隔。

6.5.4.1 專用散裝供應系統（在所有法規許可之處）的淨化管線應具有多重等級的倒流與壓力差保護，以預防自燃氣體回流至散裝系統中。

註 7：當惰性氣體在遠離污染來源處暴露於大氣環境時，若回流進入散裝淨化系統，就會產生易起火的混合氣體。

7 教育訓練

註 8：管理人員與員工務必深入瞭解氣體的特性，以確保安全的工作實務。若員工不需處理氣體，則可略過本節。

7.1 每位處理矽烷族氣體的人員都應接受特別的教育，深入瞭解氣體的危險特性以及安全處理氣體的方法。

註 9：某些法規（如日本）會要求「特殊高壓氣體」的使用者須提供員工特別的安全教育。

7.1.1 在安全教育訓練的實踐上，每個組織都應建立一套教育訓練課程，或是採用核准的課程，

並指派一名負責教育訓練的人員定期實行訓練計畫。

7.1.2 擔任指導員的人員應對矽烷族氣體的危險、使用以及安全控制等具備充分的知識與經驗。

註 10：視組織的教育訓練能力而定，亦可能需要請外部專家協助。

7.1.3 訓練課程應包含製程氣體的安全使用、處理、危險特性、副產品以及緊急程序，且應包含先前意外的個案研究。

7.1.4 訓練應定期舉行，且需作訓練結果的文件紀錄。

7.2 設備與設施供應商、保養、維修服務供應商以及使用者皆應針對工作特定的環境、安全與衛生（ES&H）教育計畫來建立課程，訓練人員並作紀錄，或是頒發認證。

7.3 保養人員應通過其所負責之工作範疇的所有訓練。

7.3.1 保養人員須瞭解矽烷族氣體設施與設備的整體設計。

7.3.2 預期要負責保養與維修矽烷族氣體系統的所有員工皆應接受能量隔離（上鎖／掛籤）的訓練。

7.4 購買規格中應包含從負責單位（建造商、設施經理或設備製造商）取得訓練課程。

7.4.1 各方皆應設有合格人員可訓練在其設施內工作的員工。

註 11：視組織的教育訓練能力而定，亦可能需請外部專家協助訓練。

註 12：各方的負責人員均應通過規範所要求的訓練。

7.5 應提供人員定期檢驗方面的訓練，以確保檢驗可正確執行與紀錄。

註 13：理想狀況下，安全設計實務與意外調查摘要的資訊應可在業界間自由分享，因此，此資訊可當作教育訓練的一部分，用以提供給所有可能遭受危險的人員。

8 漏氣偵測與警報系統

8.1 一般原則

8.1.1 應提供音效與視覺警報，並放置在工作人員可看見與聽見的位置。

8.1.2 應提供遠端的音效與視覺警報，並置於經常有人員駐守的位置，以便採取適當行動。

8.2 矽烷族氣體漏氣偵測實務

8.2.1 漏氣情況應可直接由漏氣感應器（氣體偵測器）或間接由高溫或火災偵測器測得。

註 14：感應器種類包含電氣化學式、化學處理式、化學發光式、離子化偵測與 UV/IR 式。

8.2.1.1 氣體偵測器的能力至少應可偵測到一半 TLV[®] 等級的矽烷氣體。

8.2.1.2 有些法規允許使用紫外線／紅外線 (UV/IR) 偵測器。

8.2.1.3 若使用 UV/IR 偵測器，此偵測器在設計上應可將偵測光束聚焦在矽烷族氣體排放空間內可能會漏氣的所有表面。

8.2.1.3.1 在某些情況下，UV/IR 偵測器可偵測到的熱影像級數比氣體偵測器的偵測範圍低。

8.3 安裝漏氣偵測器

8.3.1 決定偵測點的位置時，應考量氣流模式、氣體的比重、四周環境條件或護欄，以及設備的高度。

8.3.2 在排氣導管或氣瓶貯存處安裝漏氣偵測系統時，偵測點之間的間隔應配合偵測技術或依照規範的要求。

8.3.3 漏氣偵測器也應安裝在下列位置：

- 氣體櫃內，且安裝位置可偵測到管路系統或氣瓶漏氣的情況；
- 矽烷族氣體分布系統的氣體分歧箱內；
- 使用矽烷族氣體的設備內，以偵測設備氣體箱內是否漏氣。

8.3.4 進行保養或維修時，預期會發生漏氣但一般偵測點無法偵測到的位置皆應加裝漏氣偵測器。

8.3.5 應根據偵測器的能力與每個偵測器的監控區域（或數量）決定偵測點的數量與位置。

註 15：偵測點可以是吸入式漏氣系統的收集開口，亦可為擴散式漏氣偵測系統的偵測器。

8.3.5.1 安裝後，應測試偵測範圍以驗證效能。

8.4 漏氣偵測系統特性

8.4.1 漏氣偵測系統應具有失效安全設計。

8.4.2 偵測到指定氣體濃度時應可發出警告與警報，才算是有效的偵測。

8.4.3 當氣體濃度等於或低於 OEL 或是使用點所在國的現行規範指定的濃度時，即應發出警告，但此警告並不會啟動音效或視覺警報。達到 OEL 濃度等級時應發出警報，而此警報會啟動提示以及音效與視覺警報。若矽烷族氣體並無可用的 OEL 值，或是該數值對於系統而言不實用，則應使用技術上可行的最低可偵測濃度或是現行法規設定的濃度。

8.4.4 系統偵測目標氣體的能力最低需可偵測 1/2 的 OEL 等級以及 1/2 的 IDLH(對生命與健康具有立即性危險) 等級。

8.4.5 10% 的電壓波動不可造成高於 30% 的濃度變化。

8.4.6當偵測點暴露到的氣體濃度超出警告或警報等級時，偵測能力應可在一分鐘內測出漏氣。

8.4.7即使濃度在偵測後有所變化，警報仍應持續到手動重置為止。

8.4.8氣體箱的漏氣偵測器啟動後，應將氣瓶自動關閉閥門關閉，如第 14.3.5 節所示。

8.5 保養

8.5.1應依照氣體偵測系統製造商提供的程序，定期檢驗與保養漏氣偵測與警報系統。

8.5.1.1 檢驗與保養工作應進行紀錄。

8.5.2應依照偵測系統製造商指定的週期來校正系統。

8.5.3校正頻率應要足夠，以符合精確的標準。

8.6 漏氣偵測系統應設有備援電力（如 UPS、緊急電力等），以在短暫電力中斷或失效安全階段時持續保持運作。應定期測試或檢驗備援電力，並進行紀錄。

註 16：務必依照現行規範來進行測試、檢驗並作文件紀錄。

8.7 在某些廢氣處理系統中，氣體偵測器可能需要偵測破洞。請參閱廢氣處理系統的詳細說明。

註 17：規範或是許可標準可能會要求在導管內安裝氣體偵測器以進行監控。

9 火災偵測、滅火與警報系統

9.1 應依照 SEMI S2 的基準連接警報系統與相關設施。

9.2 若採用火災偵測與滅火系統，系統應隨時都可操作，包括設備或設施在關閉或進行保養時。請參閱 SEMI S14 中決定此類系統是否適用以及設計此類系統的基準。

例外 1：保養火災偵測系統時。

例外 2：啟動火災偵測系統時，不可關閉火災偵測系統與安全系統的電力。

9.3 散裝矽烷系統的火災偵測與滅火

9.3.1 應在散裝矽烷系統上提供自動式固定灑水系統，但僅能用來使系統降溫。

9.3.1.1 也應用灑水系統來保護調節站及控制面板區，但僅能用來使系統降溫。

註 18：應使用如 NFPA 318 中的方法並依據容器的表面積，以正確算出設計的密度、區域與持續時間。