

TPSA 氟氣體減排最佳控制技術實施指引

(2023 年 1 月)

一、前言

台灣顯示器暨應用產業協會 (TPSA)，為有效地執行含氟溫室氣體 (全氟化合物) 減排計畫，參與了世界顯示器產業合作委員會 (World Display Industry Cooperation Committee, WDICC) 會議 2010 年自願性減排協議，並積極符合全球追求淨零排放目標。參考行政院環境保護署公告之平面顯示器產業 SF₆ 破壞去除設備排放減量方法 (TM001) 之 FTIR 監測技術規範、IPCC 2019 年排放指南及最新在國內外公開發表之文獻資訊，由 TPSA 會員公司及工業技術研究院撰寫此指引，做為 TPSA 環安委員會會員公司在含氟溫室氣體減量及檢測之參考準則。

二、未來減量目標

- 執行面板廠的氟氣體減排最佳控制技術，WDICC 已達成 2020 年的標準排放率 (NER) 為 32.07 kgCO₂e / m²，相當於從 2010 年的總基準中減少 30% 的 NER。2030 年減量目標，TPSA 亦將配合 WDICC 決議執行相關減量工作。
- 在環境報告中新設工廠亦實施氟氣體減排最佳控制技術，並增加了“本國以外其他世界地區”之工廠範疇。
- 基於 WDICC 取 NER 為度量單位，定義為每玻璃基板投入使用面積的千克碳當量 (KgCO₂e / m²)，這將是全球面板產業的一項目標值。此目標不應應用於單一各別地區，公司或設施在 2010 年之後破土動工的面板製造廠被認為是新廠，必須採用 WDICC 最佳執行情序。本 TPSA 面板業氟氣體減排最佳控制技術實施原則，亦將配合 WDICC 審查和更新氟氣體減排最佳控制技術。

三、排放計算指引與參數採用

3.1 排放估算：

- 提供 WDICC 目標與需求:依據“2019IPCC 國家溫室氣體清單指南，第3卷，第6章”(IPCC GL)和第五次評估報告(AR5)GWP 值的估算方法。
- 提供環保署目標與需求: 依據“2006IPCC 國家溫室氣體清單指南，第3卷，第6章”(IPCC GL)和第四次評估報告(AR4)GWP 值的估算方法。

3.2.最佳執行情序

針對特定情況選擇最佳執行情序。執行情序將參考相關廠區環境因素與工程技術。例如可執行的能力，效率和其他考慮因素。

3.2.1 製程優化

優化製程以減少溫室氣體的消耗是減少含氟溫室氣體排放的一項基本程序。有關詳細資訊，請參見第4.1和4.2節。

3.2.2 溫室氣體替代

用更低的GWP或無GWP的氣體代替高全球暖化潛勢(GWP)的氣體或在電漿製程中更有效地使用氣體，進一步減少淨含氟溫室氣體排放的另一種解決方案。有關詳細資訊，請參見第4.2節。

3.2.3 使用POU(Point of use,使用點)處理設備減少排放

減排系統用於通過破壞含氟溫室氣體來減少溫室氣體排放，並能減少能夠同時處理含氟溫室氣體和有害氣體。相關詳細資訊，請參見第3.3節。

含氟溫室氣體減排可應用於：

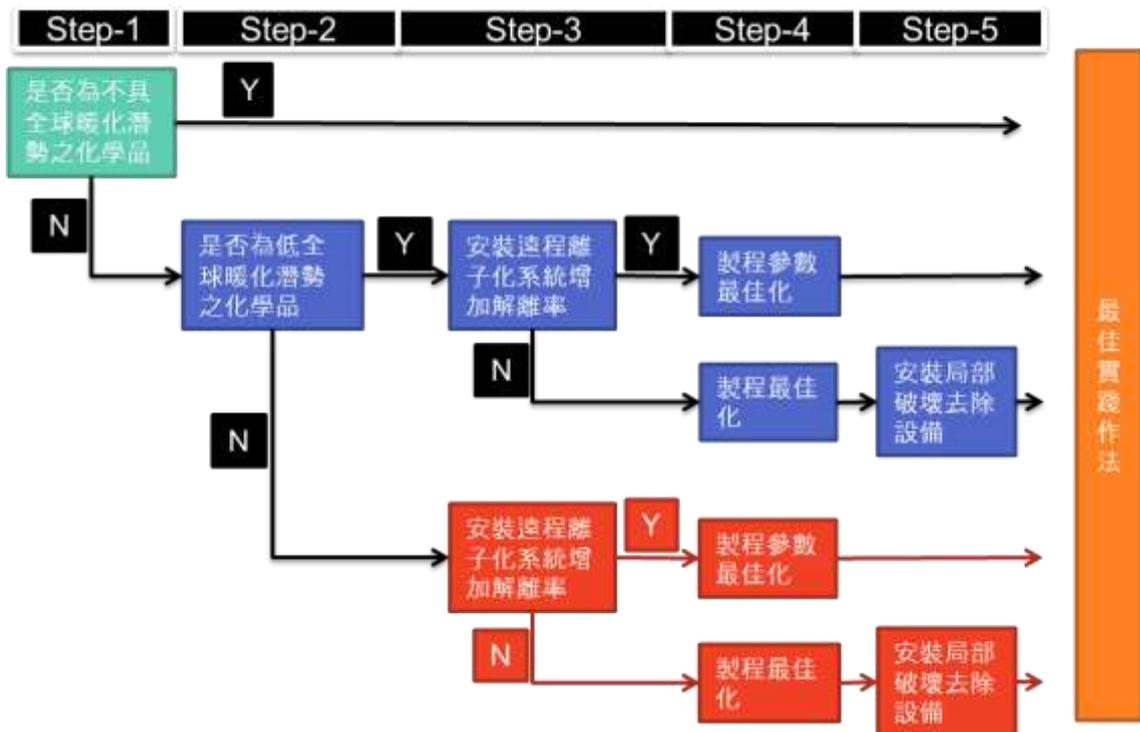
- 新設面板廠:所有新的面板廠建設。
- 既存面板廠:所有減排設備並包含下列情況的設備
 - 維護或更換現有的減排設備。
 - 搬遷到不同地區的現有設備時，應包括減排設備。
 - 升級現有減排設備，在既存工廠中安裝新設備，並在基礎架構空間允許且技術可行的情況下進行安裝改造。

3.3.遠端電漿清洗

這是在 CVD 腔室清洗中提高 NF_3 分解速率的最佳方法。與 CVD 中使用的其他氟氣體（例如 SF_6 ）相比，它可以減少使用的氣體量，並且還可以顯著減少氟氣體排放。有關詳細資訊，請參見第 4.4 章。

3.4. 最佳做法選擇流程圖

下圖提供了 TPSA 會員公司，對氟氣體減排最佳控制技術實施流程。實施的步驟是先判斷是否為高暖化潛勢的化學品，再依取代化學品，製程優化及安裝破壞去除設備做為評估因子，達到氟氣體最少排放目標。



四、減少排放方法

4.1 製程參數優化

- 技術說明:通過優化製程:可以經由調節製程參數來減少排放，這些參數包括：腔室壓力，溫度，電漿功率，清洗氣體流速，氣體流動時間以及混合氣體的氣體比率。製程優化可適用於化學氣相沉積 (CVD) 腔室清洗和蝕刻製程。有時可以通過使用端點檢測系統來實現過程優化，該端點檢測系統使用 MS(質譜儀)，紅外 (infrared IR) 光譜，光發射光譜 (optical emission spectroscopy, OES) 和射頻 (RF) 阻抗監測等技術來監測變化並提供電漿。使用端點檢測已廣泛用於 CVD 腔室清洗，但是該技術也可以應用於蝕刻和其他含氟溫室氣體電漿製程。
- 適用性:製程優化適用於 G3、G3.5、G4、G4.5、G5、G5.5、G6、G7、G7.5、G8 和 G8.5、G8.6 世代廠化學氣相沉積(CVD)腔室清洗和蝕刻以及其他使用含氟溫室氣體的製程工具。

4.2 氣體替代化學品

- 技術說明:替代化學或化學替代方法是使用全球暖化潛勢值較低 (GWP) 或不含 GWP 的化學物質替代氟氣體。替代化學方法還包括高 GWP 氣體，這些氣體可更有效地用於電漿製程，從而總體上減少溫室氣體排放。在考慮替代化學品時，還必須考慮其對晶圓廠運營，員工保護和外部環境影響的潛在安全和健康影響。
- 適用性:低 GWP 值化學品的使用和不含 GWP 的化學藥品取決於特定的製程 (例如，某些蝕刻製程為 NF_3)。在某些情況下，使用高 GW 值 P 氣體是合適的，這些氣體在電漿處理中會更有效地使用，從而降低溫室氣體的排放，例如使用三氟化氮 (NF_3)。

4.3 POU 的減少排放與回收

- 技術說明:全球面板相關產業，已經開發了許多新的含氟溫室氣體減排技術，並使新系統商業化。從過去歷史評估，面板產業一直主張 POU 優於含氟溫室氣體的集中式 EOP (管道末端) 減排，因為在廢氣進一步受到污染和稀釋之前，減少源頭附近的排放通常更為有效。儘管一些國家和產業

協會已經開發出確定減排破壞/清除效率 (DRE) 的方法，但是相關面板業界尚未普遍採用確定破壞/清除效率的標準化方法。

- 適用性:以下列出了正在開發或證明可有效減少含氟溫室氣體排放的技術：
 - POU 燃燒濕式洗滌塔
 - POU 吸收式濕式洗滌塔
 - POU 電漿
 - POU 電加熱及濕式洗滌塔
 - 捕集/回收技術（膜分離，低溫回收和變壓吸附/解吸）已被業界評估，但尚未被證明是可行的商業化技術。

4.4 遠端離子清洗

- 一般技術說明:開發了遠端電漿清洗技術，以替代原位 CVD 腔室清洗技術，以清洗沉積後留在腔室中的殘留物。使用遠端電漿清洗時，將電漿生成單元安裝在 CVD 室的前端。遠端清洗通常會在電漿中先反應 NF_3 。在遠端電漿單元中生成的氟自由基和離子被引導至處理室，在此與沈積物發生化學反應。然後以氣態形式例如 SiF_4 帶走沉積副產物。
- 適用性:該技術可在市場上取得，常用於大約 G3~G8.6 的 CVD 腔室清洗。設備供應商製造或集成遠端電漿系統，以對某些現有的處理工具進行改造，以替換原來氟氣體清洗用途的化學品。
- 新技術將繼續在 WDICC 氟氣體 WG 中進行評估和共享。最佳控制技術標準程序將進行更新。如果公司要測量排放或要確定新技術的有效性，則必須遵循可靠的測量協議。此類案例可參考（第 5 章）。

五、排放參數與檢測程序

5.1 排放參數的使用

會員公司以 IPCC 2006 為主，以 2019 版為輔，計算排放量時，部份係數有缺少，會員公司可參考下列案例與原則，參採含氟溫室氣體係數計算其排放量。

- 製程氣體之 $(1-U_i)$ 於 Tier2a、Tier2b、Tier2c 皆無數據者，以 $(1-U_i)=1$ 計算。
- 製程氣體之 (B_i) 無數據者，以 $(B_i)=0$ 計算。
- 相同製程，不同世代者，優先採用相同製程:如製程氣體之 $(1-U_i)$ 無數據，但於其他 Tier2a、Tier2b、Tier2c 有數據者，優先引用相同層級之數據(此處 B_i 值也一併引用，而非以 0 計算)。
- 承上，如相同層級(Tier)皆無數據時，則引用 Tier2a 層級之數據。

- NF₃ 或其它氣體的副產品(如 CF₄)，在部份減量設備無預設值，可參採 2006 版本數值。2006 年沒有參數值時，可參考引用 2019 年版本(如 N₂O)。另可參考表一台灣地區面板產業檢測統計值(取中位數)，提供部份氣體有檢測值時，參考採用。若無近期的檢測報告，可引用機台驗收時的報告。做為去除效率的文件證明。
- 採用煙道檢測(Stack Test)估計排放量時，檢測設備極限值應低於 IPCC 2019 表 6.15 規範。若檢測極限值低於該表的一半時，仍無法檢測使用的氣體或其副產物排放。其排放量可以 Tier2C 計算排放量或檢測極限濃度的 1/2 估計相關氣體排放量。

表一、台灣地區面板產業檢測統計值(取中位)

各製程及氣體別	Ui	DRE
CVD_NF3	0.991	0.997
ETCH_SF6	0.770	0.978
ETCH_NF3	0.913	0.999
CVD_N2O	-	0.994
ETCH_CF4	0.551	0.979

5.2 檢測程序

在國內環境檢驗所未公告標準方法前，本協會會員公司將依環保署公告”平面顯示器產業 SF₆ 破壞去除設備排放減量方法”為基準，進行量測或檢測。

所有蒐集的監測資料應於量測結束後至少保存 2 年。所有的量測應使用依據相關產業標準進行校正後的設備執行。協會會員公司應對所有新設的處理設備在安裝後，同型破壞去除設備篩選一台(同型標準如下)，進行相關量測工作。既存的公司/廠區應依減量設備之型式進行群組分類，以同型破壞去除設備(篩選一台)進行檢測。檢視破壞去除率是否高於 IPCC Guideline 預設值；若高於 IPCC Guideline 預設值時，該廠之破壞去除率可以檢測值或 IPCC Guideline 預設值，做為同製程與氣體別的的破壞去除率。未高於 IPCC Guideline 2006 table 6.6 CF₄>85%預設值時，該設備之破壞去除率為零。在國家未公告標準的檢測方法與檢測單位前，環安委員會建議會員公司之檢測機構以委託外部單位為優先，以利未來對環保署或外部組織需求時，提出有效的數據與資訊。