

SEMI S6-93

換気のための安全指針

注意:この指針は、その使用に伴うすべての安全問題を取り扱うものではない。適当な安全衛生体制を確立し、使用前に規制値の適用可能性を定めておくことは、この指針のユーザの責任である。

注:引用されたすべての文献は、採用された基準の最新版であるものとする。

1 前書き

装置製造者は、それを使用する可能性のあるユーザの排気システムに接続されたとき有効であるように、装置内部の排気システムを設計しなければならない。特別なプロセス装置あるいは特別なプロセス装置のセットのために設計されたユーザの(排気)システムは殆どまれである。殆どのユーザの排気システムは、工業的に受入れ可能な排気の思想に基づいて設計され、設置されている。

2 目的

2.1 この資料が意図するところは、装置の排気システムを設計しようとする半導体製造装置の製造者が、性能の判断指標の共通のセットを入手する上で手助けとなること、および、ユーザと装置製造者の双方に対して装置システムに必要な排気系に関する理解への援助を準備することである。設計仕様を確立することは意図していない。装置製造者は常に、自身に特有の情報を保有し、またその情報に責任を持つであろう。この指針は、次下の 6 項目の共働的機能に関連する目的を有する。

2.1.1 (装置が通常通り操作されている間、および施設の運転が通常通り行われている間)、危険なガス、臭気及び蒸気は、作業を行う室内でのそれらの濃度が、米国産業衛生協議会 (ACGIH) が定めた限界閾値 (TLV) あるいは当該監督官庁が定めた許容被曝限界 (PEL) のいずれか低いほうの 1.0% 以下となるように制御することにより安全を確保すること。

2.1.2 装置固有の操作を支える仕様にかなう排気系を準備することにより、安全を確保すること。

2.1.3 ユーザの排気系(統)を最適化すること。

2.1.4 ユーザの排気系統とのインタフェースには、最も投資効率の高い方法を用いること。

2.1.5 「特別な場合」の排気に必要な通信のための手段を準備すること。

2.1.6 装置の排気に必要な測定と通信に関する指針を確立すること。

3 範囲

この指針は、ユーザの施設の排気系(統)に接続しようとする排気された筐体と合体するすべての半導体製造装置に適用する。この資料は、ユーザの排気分散系統が中央のファン、ダクトおよび、適用可能ならダンパを以て設計されているものとの前提で書かれている。ユーザが別の形式の排気系統を使用している場合は、装置製造者はユーザから排気の仕様を入手しなければならない。装置が中央排気系統に接続されているとき、または装置の排気系としてのみ役立つ系に接続されているときのいずれの場合にも、この指針は適用されなければならない。

4 参照された資料 (付録 2 を参照のこと)

5 用語

5.1 バランス調整 — 換気される装置と換気システムがすえつけられた後、換気される装置の各部分への空気流が設計仕様を満たすようにするため行う調整。

5.2 捕獲する — 望ましくない要素(ガス、臭気、蒸気及び粒子)を除去するため排気の流れにのせること。

- 5.3 希釈する — 望ましくない要素の濃度を受入れ可能な程度まで減じること。希釈は風量の関数である。
- 5.4 風速 (V) — 排気ダクトを通して流れが移動する平均の速度。単位はメートル毎秒 (m/s) またはフィート毎分 (fpm)。
- 5.5 風量 (Q) — 単位時間内に排気システムの与えられた位置を通過する流れの、体積で表した流れ速度。単位は立方メートル毎秒 (m³/s) 又は立方フィート毎分 (cfm)。
- 5.6 起動 — 汚染物 (若しくは機械の部品) の、それがあつた部分からの除去を開始するため排気の流れを使用すること。
- 5.7 長半径エルボ — 排気ダクトのエルボであつて、中心線の半径がダクト直径の 1.5 倍かそれ以上あるもの。
- 5.8 設定点の余裕度 — 静圧の範囲 (+/-) であつて、排気される筐体の静圧が効率的かつ有効にその範囲内にはいるべきもの。
- 5.9 静圧 (SP) — ダクトの壁を境にした (ダクト内部の) 圧力との差圧の度量。度量の単位はパスカル (Pa, N/m²) 或いは水柱の高さ (インチ) である。
- 5.10 横断測定 — 等間隔でマトリックス状に設定した各点で、排気ダクトの断面或いは排気筐体の開口部に沿って行う多重の空気流の測定。
- 5.11 縮流部 — ダクトの中で空気の流れの直径がダクトの直径より小さくなる部分。

6 典型的半導体工場の排気系統の特徴

6.1 典型的半導体工場の排気系統は、以下の 3 つの測定可能な動作要素を持っている。

(1) 風速, (2) 風量, (3) 圧力

6.1.1 風量は式 $Q = VA$ によって風速と関係がある。この式で Q は風量, V は平均風速, そして A はダクトの断面積 (m² 又は ft²) である。

6.2 3 種類のダクト圧力が測定可能である: (1) 静圧, (2) 動圧, (3) 全圧。

6.2.1 中央ファンと (半導体工場に特有な) ダンパを有する排気系統において、ファンの上流の排気ダクト (静) 圧は、ダクト外部の圧力より低い。

6.2.2 動圧 (VP) と全圧 (TP) は流れの指標として静圧より信頼度が高いが、VP と TP は通常、半導体工場の排気系統向けに特化されていない。従つて、この指針ではそれらについて議論しないこととする。VP ないし TP に関してさらに情報が必要なら、“工業における換気” (付録 2, 参照文献 1) を参考のこと。

7 半導体工業における排気の代表的使用

半導体製造装置は、以下の機能の 1 つあるいはそれ以上を行うために排気系を使用する。

7.1 捕獲 — 人あるいは生産物が望ましくない要素に被曝するのを避けるため、できるだけその源に近いところで捕獲する必要がある。

7.1.1 捕獲は風速の関数である。“工業における換気” 第 3 章推奨される実施法のマニュアル, 第 20 版 (付録 2, 参照文献 1) に、実際の設計及びプロセスから放出される有害物の捕獲のために必要な風速の計算に関する概要が記述されている。

7.2 移動もまた風速の関数である。装置供給者が決めた排気への要求条件は、望ましくない要素がひとたび排気の流れに捕獲されたならば、その運動を保つに十分なものでなければならないということである。

7.3 希釈は風量の関数である。希釈は、排気の流れに流入してくる望ましくない要素に対して反応性がある要素を与えるべきである (例えば空気とシラン)。

7.4 保持 — 排気の流れの運動は、ベーンスイッチや差圧計のような安全管理用器具を活性にしあるいは活性状態に保持するためにしばしば用いられる。このような安全管理用器具は、プロセス装置の安全な操作を確保する為、適切な感度を排気圧や排気量に対し、有しなければならない。

7.5 始動 — 半導体工場で始動を行うために排気を利用することは、特別の場合の応用であり、購入の時に解決されているべきである。半導体に係わる殆どのガス、蒸気、臭気そして微細粒子(直径 20 μm 以下)はそれらが混合された状態で空気とともに運動する。

8 排気の仕様の鍵となる要素

8.1 SEMI S2 では、危険な材料を使用する装置の排気管体に関する要求仕様を規定している。危険な材料のための管体へのアクセスには特別な設計が必要である。アクセスのための扉が開いているとき、人が危険な材料にさらされる可能性があれば、(扉の開口部で測定した)平均の法面速度は扉開口部で危険材料を捕獲するに十分であるように保たなければならない。(SEMI S2 はまた、排気のモニタリングと警報についても推奨事項を持っている。危険な材料のための排気系統を設計するに先立って、S2 を完全に理解するべきである。)

8.2 化学物質の性質(密度、蒸気圧、沸点、引火性等)、排気管体の中における材料の状態(固体、気体、液体等)、そして温度や濃度などの条件が最終的な設計と装置管体の排気仕様を決めるであろう。装置製造者は、化学物質の性質に関する情報を得るため、役立てうる参考文献と材料安全データシート(MSDS)を使用すべきである。プロセスからくる装置への要求条件が、材料の状態と条件を与えるであろう。

8.3 装置のユーザに与えられるべき装置排気系の仕様案ができたなら、装置製造者は鍵となる要素全てをまとめるべきである。そうすることによって明快で正確な情報を準備することができる。鍵となる要素とは以下の通りである。

1. 測定点
2. 測定点でのダクトの寸法
3. ダクトを通る流量
4. 空気の密度
5. 排気系に入るときの排気の流れの温度
6. 測定点での静圧
7. 測定時点でのプロセス装置の物理的状态
8. ピーク時、通常時および特別な場合の、排気系に対する要求
9. 予想される(据えつけられた)装置の環境条件
10. 仕様の安定性と余裕度に関する要求
11. システムがバランスしたときの排気の特性の優先順位(排気の第 1 位の目的は 2 位は? 等)
12. 測定に使用される(そして推奨される)装置と方法
13. 装置の全排気システムに係る設計情報(構造材料を含む)
14. 排気の流れの構成成分

これらの鍵となる要素は 8.3.1 節から 8.3.14 節で詳細を議論する。

8.3.1 装置の排気ダクトのための測定点は明確に定義されなければならない。測定点を指定するために与えられる情報は、排気接続図を使用される横断点の位置とともに含まなければならない。

8.3.1.1 測定点において、ダクト内の乱流は最小にすべきである。測定点はダクトの直線部に置くべきである。測定点は、装置内でなされる最後の変換から縮流部を通り過ぎた下流の接続ダクトに置くべきである。測定点は、継手、ダンパあるいはスプリングヘッドなどから十分遠くとし、測定へのそれらの影響を最小にすべきである。通常推奨される方法は、接続または継手のいかなる点からもダクト直径の 7.5 倍離す方法である。“HVAC システムの試験、調整およびバランス調整”(付録 2、参考文献 3)を参照のこと。

8.3.1.2 排気システムの空き部分に新たな圧力降下を生じる装置を接続する際行う排気のバランス調整のため、装置のユーザは通常スロットル型ダンパを使用する。バランス調整のための測定は、これらのバランス用ダンパの装置側で行うべきである。装置製造者は、風量と圧力に係る装置の仕様の範囲を越えて調整を行うための手段と

してのみ使用されるダンパを、装置の接続点又はその近傍に用意する方法を採用してもよい。このダンパの要点は、排気の流れが完全に阻止されることが無いように設計することである。

8.3.2 ダクトの寸法は、装置からの排気接続部の内側の直径とする。装置製造者は、排気系の装置への接続関係を設計するのに必要な他のすべての寸法を用意しておくべきである。

8.3.2.1 装置接続部のダクトの寸法は、ダクトの摩擦抵抗表の低流速範囲に適合するように決めるべきである。“HVACシステムの試験、調整およびバランス調整”(付録 2, 参考文献 2)を参照のこと。低流速ダクトは、複数装置に対応できる排気系として柔軟性に富み、インタフェースをとるのも容易である。粒子を捕獲し除去しなければならない場合は、排気システムを流速が最小になるように設計すること。そうすれば、捕獲が確実になるであろう。

注意:排気系の設計者は、極度に大きいダクトにおける流速測定の際経験できるような困難性に留意すべきである。測定手段の接続に際しては正確な風量測定のために寸法を決めるべきである。

8.3.2.2 装置排気の接続部の設計に当たっては、接続点で長半径接続エルボの使用を認めるべきである。このことは、摩擦による損失を低減するであろう。加えて、装置製造者は、ユーザのブラチダクトへの入り口の角度が30°以上必要となるような形態を避けるべきである。

8.3.2.3 ダクト接続部の形態は、装置筐体内部での液体のこぼれまたは排出が施設の排気系に入らないようなものであるべきである。

8.3.3 装置筐体を通過する流れ、および接続点でダクトを通過する流れは速度または体積で仕様化できる。通常、バランス調整を行う技術者は風速を測定し、式 $Q=VA$ (節 6.1.1)を用いて風速を風量に変換する。

8.3.3.1 この文書の節 8.3.6 には、半導体工場の排気系のための、圧力に係る指針が示されている。装置製造者は試験を通じて、その装置の排気系を有効に動作させるに必要な風速と風量を確定すべきである。ユーザと装置製造者は、購入に先立って、安全管理に使用される機器に関し合意しておくべきである。いかなる安全管理用機器も、それらのレンジを越える流れと圧力を必要とするものは特別な場合であり、購入時に解決されているべきである。

8.3.4 排気の仕様は、“工業の換気”(付録 2, 参考文献 1)に定義されているように、標準空気密度(kg/m^3 または lb/ft^3)で記述すべきである。もし測定が標準ではない空気でおこなわれた場合は、密度の補正係数を記述すること。ユーザは、装置製造者の仕様データと比較する前に、上空 600 m(2000 フィート)以上のところで行った場のバランス測定結果を補正すべきである。加えて装置製造者のデータは、それが 600 m上空での測定値の場合は、海面に対して補正されなければならない。

8.3.4.1 標準気温(21.1°C (70°F))以外の温度で行われた流れの測定は、標準条件に対して補正されるべきである。

8.3.4.2 海拔と温度に対する補正には、以下の関係式を使用すべきである。

$$M^3/s = (m^3/s) (294.3/T_K) (D)$$

$$CFM = (cfm) (530/T_R) (D)$$

M^3/s = 毎秒の標準体積(立方メートル)

m^3/s = 毎秒の測定された体積(立方メートル)

CFM = 毎分の標準体積(立方フィート)

Cfm = 毎分の測定された体積(立方フィート)

T_K = 測定された絶対温度(K) ($T_K = T_C + 273.2$)

T_C = 測定された摂氏温度(C)

T_R = 測定されたランキン温度(R) ($T_R = T_F + 459.7$)

T_F = 測定された華氏温度(F)

D = 海拔と密度の補正係数