

SEMI S2-1102

半導体製造装置の環境、健康、安全に関するガイドライン

本安全ガイドラインは、Global Environmental, Health, and Safety Committee で技術的に承認されたもので、North American Environmental, Health, and Safety Committee が直接責任を負うものである。現版は 2002 年 8 月 29 日に North American Regional Standards Committee にて承認された。2002 年 9 月にまず www.semi.org で入手可能になり、2002 年 11 月発行に至る。初版は 1991 年発行、前版は 2002 年 3 月発行。

1 目的

1.1 本安全ガイドラインは、環境、健康、安全(EHS)上のパフォーマンスを基準にした、半導体製造装置で検討すべき一連の事項として提供される。

2 範囲

2.1 適用 — 本ガイドラインは、半導体製品の製造、測定、組立、及び試験に使用される装置に適用される。

2.2 内容 — 本書は以下の項目により構成される。

1. 目的
2. 範囲
3. 制限
4. 参照文書
5. 用語
6. 安全の考え方
7. 一般規定
8. 評価報告
9. ユーザに提出する文書
10. 危険警告ラベル
11. 安全インタロックシステム
12. 緊急シャットダウン
13. 電気設計
14. 防火
15. 加熱化学槽
16. 人間工学／人間要因
17. 危険エネルギーの切離し
18. 機械設計
19. 地震保護
20. 自動材料搬送機
21. 環境への配慮
22. 排気換気
23. 化学物質
24. 電離放射線
25. 非電離放射線及びフィールド
26. レーザ
27. 音圧レベル
28. 関連文書

付属書 1 — エンクロージャ開口部

付属書 2 — 装置の排気換気的设计原則及び評価テスト方法

付属書 3 — 薬液を使用する装置の設計ガイドライン

付属書 4 — 電離放射線のテスト確認

付属書 5 — 非電離放射線（レーザー以外）のフィールド及びテスト確認

付属書 6 — 防火：製作材料の選択フローチャート

2.3 条項の優先順位 — 本ガイドラインの複数の項の規定が相互に矛盾する場合は、当該技術問題を特定して取り扱う項が、より一般的な他の項に優先する。

2.4 本安全ガイドラインはその使用に関連した全ての安全問題を取り扱うことを意図していない。このスタンダードの使用者は、その責任において、適切な安全及び健康上の作業方法を確立し、また使用前に規制上の制限への適用性を判断するものである。

3 制限

3.1 本ガイドラインは、サプライヤとユーザがEHS上の配慮をするために参照して使用することを意図している。本ガイドラインは、地域的な法規制への適合を立証するために使用することは意図していない。

3.2 本ガイドラインの考え方は、半導体製造装置に適用されるEHS上の詳細設計基準の全てを提供することではない。本ガイドラインは、半導体産業特有の基準を提供し、また、半導体製造装置の設計にあたって考慮すべき、国際規則、規制、スタンダード、及び仕様のいくつかを参照するものである。

3.3 S2-93Aに適合している既存のシステムやサブシステムは、継続してSEMI S2-93Aの規定に適合すべきである。装置のEHS上の性質に重大な影響を及ぼす設計変更があるモデルは、最新版のSEMI S2 に適合すべきである。本ガイドラインは遡及して適用されるものではない。

3.4 本ガイドラインの多くの個所で、さまざまな規格を参照している。この参照の内容は規格全文の適用を意味するのではない。参照された部分だけが対象となる。

4 参照文書

4.1 SEMIスタンダード

SEMI E6 — Facilities Interface Specifications Guideline and Format

SEMI F5 — Guide for Gaseous Effluent Handling

SEMI F14 — Guide for the Design of Gas Source Equipment Enclosures

SEMI F15 — Test Method for Enclosures Using Sulfur Hexafluoride Tracer Gas and Gas Chromatography

SEMI S1 — Safety Guideline for Equipment Safety Labels

SEMI S3 — Safety Guideline for Heated Chemical Baths

SEMI S6 — Safety Guideline for Ventilation

SEMI S7 — Safety Guidelines for Environmental, Safety, and Health (ESH) Evaluation of Semiconductor Manufacturing Equipment

SEMI S8 — Safety Guidelines for Ergonomics Engineering of Semiconductor Manufacturing Equipment

SEMI S9 — Safety Guideline for Electrical Design Verification Tests for Semiconductor Manufacturing Equipment

SEMI S10 — Safety Guideline for Risk Assessment

SEMI S12 — Guidelines for Equipment Decontamination

SEMI S13 — Safety Guidelines for Operation and Maintenance Manuals Used with Semiconductor Manufacturing Equipment

SEMI S14 — Safety Guidelines for Fire Risk Assessment and Mitigation for Semiconductor Manufacturing Equipment

4.2 ANSIスタンダード¹

ANSI/IEEE C95.1 — Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz

ANSI R15.06 — Industrial Robots and Robot Systems - Safety Requirements

4.3 CEN/CENELECスタンダード²

EN775 — Manipulating industrial robots - Safety

EN1050 — Safety of Machinery - Risk Assessment

EN1127-1 — Explosive atmospheres - Explosion prevention and protection - Part 1: Basic concepts and methodology

4.4 IECスタンダード³

IEC 61010-1 — Safety Requirements for Electrical Equipment for Measurement, Control, and Laboratory Equipment, Part 1: General Requirements

4.5 ISOスタンダード⁴

ISO 10218 — Manipulating industrial robots - Safety

NFPAスタンダード⁵

4.6 NFPA12 — Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems

NFPA13 — Standard for Installation of Sprinkler Systems

NFPA72 — National Fire Alarm Code

NFPA497 — Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapors and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas

NFPA 704 — Identification of the Fire Hazards of Materials

NFPA2001 — Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems

4.7 その他のスタンダード及び文書

4.8 ACGIH, Industrial Ventilation Manual⁶

ASHRAE Standard 110 — Method of Testing Performance of Laboratory Fume Hoods⁷

Burton, D.J., Semiconductor Exhaust Ventilation Guidebook⁸

Uniform Building Code™ (UBC)⁹

¹ American National Standards Institute, 11 West 42nd Street, New York, New York 10036, USA, www.ansi.org
(国内連絡先) 日本規格協会 〒107-0052 東京都港区赤坂 4-1-24 03-3583-8003

² European Committee for Standardization (CEN)/European Committee for Standardization (CENELEC), Central Secretariat: ru de Stassart 35, B-1050 Brussels, Belgium

³ International Electrotechnical Commission, 1 rue de Varembe, Geneva, Switzerland, www.iec.ch
(国内連絡先) 日本規格協会 〒107-0052 東京都港区赤坂 4-1-24 03-3583-8003

⁴ International Organization for Standardization, C.P.56, CH-1211 Geneva 20, Switzerland, www.iso.ch
(国内連絡先) 日本規格協会 〒107-0052 東京都港区赤坂 4-1-24 03-3583-8003

⁵ National Fire Protection Association, 1 Batterymarch Park, P.O. Box 9101, Quincy, Massachusetts, USA www.nfpa.org
(国内連絡先) 日本規格協会 〒107-0052 東京都港区赤坂 4-1-24 03-3583-8003

⁶ ACGIH, 1330 Kemper Meadow Road, Cincinnati, Ohio 45240, USA

⁷ ASHRAE, 1791 Tullie Circle, NE, Atlanta, Georgia 30329, USA

⁸ IVE, Inc., 2974 South Oakwood, Bountiful, Utah 84010, USA

Uniform Fire Code™¹⁰

注 1: 別途指示のない場合、引用された全ての文書は最新の出版バージョンである。

5 用語

5.1 略語と頭字語

5.1.1 ACGIH® — American Conference of Governmental Industrial Hygienists (アメリカ政府機関産業衛生担当者会議)。(ACGIHはアメリカ政府機関産業衛生担当者会議の登録商標である)。

5.1.2 ASHRAE — American Society of Heating, Refrigeration, and Air Conditioning Engineers

5.2 定義

5.2.1 中断スイッチ (abort switch) — 作動すると火災検知または火災制御システムの動作シーケンスを中断するスイッチ。

5.2.2 公認試験所 (accredited testing laboratory) — 部品、デバイスあるいはシステムの試験を専門とする独立機関で、確立された安全標準規格に基づき評価を実施する能力を有し、そして政府あるいは規制機関によって認定されているもの。

5.2.3 ベースライン (baseline) — 本文書の目的においては、「ベースライン」とは装置が設計・製造された、プロセス化学作用を含んだ動作条件を表わす。

5.2.4 呼吸領域 (breathing zone) — 頭部周囲半径 600 mm (2 フィート) の仮想的球体。

5.2.5 捕捉流速 (capture velocity) — 排気フードの前、または排気フード開口部の任意の点における、反対方向の空気の流れに打ち勝って汚染された空気を排気フード内へ流入させて捕獲するのに必要な空気の流速。

5.2.6 発ガン物質 (carcinogen) — 国際癌研究機関 (International Agency for Research on Cancer (IARC)) や他の公認団体により定義された、人に対する発ガン性が確認もしくは疑われている物質。

5.2.7 薬品供給システム (chemical distribution system) — 半導体製造設備でプロセス化学物質をソースから基板製造プロセスの使用点まで制御し届けるために使用するサブシステム及び部品の集合体。

5.2.8 クリーンルーム (cleanroom) — 空気中のパーティクル濃度が指定限度に制御されている部屋

5.2.9 流入係数 (coefficient of entry (C_e)) — 排気フード内にはいる実際の空気流と、理論上の空気流の比率。理論上の空気流とは、フード流入損失係数 (K または F_h) がゼロであるとして、すべてのフード静圧を速度に変換した場合の空気流である。 VP =ダクト速度圧力、 SP_h =フード静圧の時、 $C_e = (VP / |SP_h|)^{0.5}$ となる。(付属書 2 参照)

5.2.10 可燃性材料 (combustible material) — 本ガイドラインの目的においては、可燃性材料とは炎が (点火源に継続して接触することの有無にかかわらず、点火ゾーンを越えて) 燃え広がる、本項に定義された不燃性材料に合致しないあらゆる材料である (不燃性材料の定義も参照)。

5.2.11 装置 (equipment) — 特定の機械、器具、プロセスモジュール、またはデバイスで、ある操作を実行するために使用されるもの。用語「装置」は装置の故障の結果損害を受ける製品 (例えば基板、半導体) には適用されない。

5.2.12 面速度 (face velocity) — 排気フードの入口断面での速度。

5.2.13 設備工事 (facilitization) — 設備あるいはサービスの受入れ準備。

5.2.14 フェイルセーフ (fail-safe) — ひとつの故障の結果としてリスクが増大しない設計。

注 2: 例えば、フェイルセーフの温度リミット装置は、故障すると制御外温度を示す。これによりプロセスは中断されるかもしれないが、故障に際して実際の温度にかかわらず制御リミット内の温度を示す装置よりも望ましい。

⁹ International Conference of Building Officials, 5360 Workman Mill Road, Whittier, California 90601-2298, USA www.icbo.org

¹⁰ International Fire Code Institute, 5360 Workman Mill Road, Whittier, California 90601-2298, USA www.ifci.org

5.2.15 故障 (failure) — 物品が要求される機能を実行する能力を失うこと。故障は出来事であり、状態である「欠陥」と区別される。

5.2.16 欠陥 (fault) — 要求される機能が実行不能であると特性付けられる物品の状態。ただし、予防的保守その他の計画作業、または外部資源の欠如による不能は除く。

5.2.17 耐欠陥性 (fault tolerant) — 合理的に予測可能な単一個所の故障の結果が、安全でない状態とはならない設計。

5.2.18 引火性ガス (flammable gas) — 20°C (68°F) で 101.3 kPa (14.7 psia) の空気中に引火性混合物を形成するあらゆるガス。

5.2.19 引火性液体 (flammable liquid) — 引火点が 37.8°C (100°F) より低い液体。

5.2.20 発火点 (flash point) — 液体が、その表面または使用されるテスト容器内に、空気との引火性混合物形成に十分な蒸気を発する最低の温度。

5.2.21 ガスシリンダキャビネット (gas cylinder cabinet) — ガスシリンダの収容に使用されるキャビネットで、ガス分配パイプまたはガスを使用する装置に接続される。同義語: ガスキャビネット。

5.2.22 ガスパネル (gas panel) — 流体を取り扱う部品 (例えば、バルブ、フィルタ、マスフローコントローラ) の配列。プロセスへの流体の流れを制御する。同義語: ガスジャングル、ジャングル、ガス制御バルブ、バルブマニホールド。

5.2.23 ガスパネルエンクロージャ (gas panel enclosure) — ガスパネルからの漏れをその中に格納するように設計されたエンクロージャ。同義語: ジャングルエンクロージャ、ガスボックス、バルブマニホールドボックス。

5.2.24 危険 (hazard) — 事故の先行条件となる条件。

5.2.25 危険生産材料 (hazardous production materials (HPM)) — 健康、可燃性、反応性について、NFPA704 でクラス 3 または 4 の危険程度と評価される固体、液体あるいは気体で、研究、実験室あるいは生産プロセスで直接使用され、最終生成物質は無害であるもの。

5.2.26 危険電圧 (hazardous voltage) — 別途適切な国際スタンダードで定義されない場合、本文書では 30 V rms, 42.4 V ピーク, 60 V dc を超える電圧を危険電圧として定義する。

注 3: 指定されたレベルは乾燥場所における通常条件下に基づく。

5.2.27 フード (hood) — 本ガイドラインの 22 項や関連する換気の付属書の文脈においては、「フード」とは汚染された空気を捕集し、それを排気ダクトシステムの中に導くために設計された形状の入口を意味する。

5.2.28 フード流入損失係数 (K または F_h) (hood entry loss factor) — フードの有効性を定量化する無単位係数。フードが 100% の効率であれば、 K または $F_h = 0$ となる。関連式:

$$Q = 4.043 A [(SP_h/d)/(1+F_h)]^{0.5}$$

但し:

Q = 体積流量 (m^3 /秒)

A = ダクトの断面積 (m^2)

SP_h = 水位計 (w.g.) でのフード静圧 (mm)

d = 密度補正係数 (無単位)

(米国単位の場合: $Q = 4005 A [(SP_h/d)/(1+F_h)]^{0.5}$)

但し:

Q = 体積流量 (cfm)

A = ダクトの断面積 (ft^2)

SP_h = 水位計でのフード静圧 (in)

d = 密度補正係数 (無単位)

5.2.29 混触危険性 (incompatible) — 化学物質に適用する場合: 本ガイドラインの 23 項の文脈においては、知らずに混ぜ合わせると激しい、あるいは制御できない反応をして、危険な状態を生じ得るエネルギーを放出する化学物質の組み合わせを表現する。

5.2.30 意図的反応生成物(intended reaction product) — 半導体生産プロセスの機能的部分として意図的に製造された化学物質。

5.2.31 インタロック(interlock) — 機械式、電気式あるいはその他の方式の装置またはシステムで、特定の機械構成要素の作動を特定の条件の下で防止または中断することを目的としたもの。

5.2.32 電離放射線(ionizing radiation) — アルファ粒子、ベータ粒子、ガンマ線、X線、中性子、高速電子、高速陽子、その他の人体組織にイオンを発生する作用を有する粒子。

5.2.33 レーザ(laser) — 制御された誘導放出によって、主に 180 nm から 1 mm の範囲の波長の電磁放射を生成または増幅するために製造された装置。

5.2.34 レーザ製品(laser product) — レーザ光源あるいはレーザー・システム(レーザーダイオードを含む)を構成するか、組み込むか、または組み込むことを予定する、あらゆる製品あるいは部品のアセンブリ。他の製造者に販売されて電子製品の部品(または、かかる部品の交換品)として使用されるものを除く。

5.2.35 レーザ源(laser source) — 電子、イオン、または分子を励起するエネルギーを供給するためのレーザーを伴って使用することが意図された装置。主電源等の一般的エネルギー源は、レーザーエネルギー源とみなすべきでない。

5.2.36 レーザシステム(laser system) — 適切なレーザーエネルギー源と組み合わせたレーザー。追加組み込み部品の有無は問わない。

5.2.37 事故率(likelihood) — 予想される事故の発生頻度。通常は率で表わす(例えば、年間、製品毎、あるいは基板処理毎の発生数)。

5.2.38 局所排気換気(local exhaust ventilation) — 局所排気換気システムは、汚染物質をその発生源またはその近くで捕獲し、一般的には空気洗浄器もしくは除害装置を介してその物質を外部環境へ移動させる原理で稼動する。層流換気と混同しないこと。同義語:LEV, 局所排気(local exhaust), 主要排気(main exhaust), 抽気システム(extraction system), モジュール排気(module exhaust), 個別排気(individual exhaust)。

5.2.39 爆発下限(lower explosive limit) — 発火源が存在する場合に炎の伝播を生じさせる気中の蒸気の最低濃度。同義語:LEL, 燃焼下限(lower flammability limit (LFL))。

5.2.40 保守(maintenance) — 装置を良好に作動する状態に保つための予定された、または予定外の作業(サービスの定義も参照)。

5.2.41 マスバランス(mass balance) — 入出力流(薬品、ガス、水、純水、圧縮空気、窒素、副生成物を含む)のマスフローの定性仕様、あるいは可能な場合には定量仕様で、排出物の特性及び選択可能な処理方法を判断する上で十分に詳しいもの。

5.2.42 物質安全データシート(Material Safety Data Sheet (MSDS)) — 危険材料を含む化学元素及び化合物に関する、適用されるスタンダードに従って作成された書類または印刷物。

注 4: このようなスタンダードの例としては、米国政府規制 29 CFR 1910.1200 の規定やカナダの WHMIS (Workplace Hazardous Material Information System) がある。

5.2.43 事故(mishap) — 死、傷害、職業疾患、装置や財産の損害または損失、または環境への損害を結果として生じる、予定外の出来事あるいは一連の出来事。

注 5: 本ガイドラインの目的においては、「一連の出来事」は単一個所の故障の結果として起こる出来事に限定される。6.5 項も参照。

5.2.44 不燃性材料(noncombustible material) — 使用される形態と予測される条件下において、炎や熱にさらされても、発火、燃焼、助燃、または燃焼性蒸気の発生をしない材料。代表的な不燃性材料には、金属、セラミック、及びシリカ材料(ガラスや水晶)がある(可燃性材料の定義も参照)。

5.2.45 非電離放射線(non-ionizing radiation) — 所与の周波数の光子 1 個と人体組織との相互作用によって、人体組織をイオン化するだけのエネルギーを持たない、電磁エネルギーの形態。非電離放射線は、慣例上、波長が 0 Hz ~ 3×10^{15} Hz (波長にして無限大から 100 nm) の範囲のものとされる。これには、静電磁界 (0 Hz, 波

長無限大), 電力周波数を含む極低周波電磁界(ELF), 低周波, 高周波/マイクロ波エネルギー, 赤外線, 可視光線, 紫外線のエネルギーなどがある。

5.2.46 非リサイクリング型デッドマン式中断スイッチ(non-recycling deadman-type abort switch) — 中断スイッチのひとつの方式で, 火災検知または抑制システムを中断するために継続して閉じ続ける必要のあるもの。さらに, それが作動したときに, 火災検知または抑制システムのタイム・ディレイ・シーケンスをリスタートも中断もしない。

5.2.47 職業上曝露限界(occupational exposure limits (OELs)) — 本文書の目的においては, OELは1日8時間労働を基礎として一般的に設定される。OELを意味する用語としては, 許容曝露レベル(permissible exposure levels), 臨界許容量(Threshold Limit Values®), 最大許容濃度(maximum acceptable concentrations), 最大曝露限界(maximum exposure limits), 職業上曝露規格(occupational exposure standards)など様々なものが使用されている。しかしOELを決定する際に使用される基準は, その値を設定している国によって異なる場合がある。詳しくはOELの設定を管轄する国家機関に問い合わせること(Threshold Limit Valueはアメリカ政府機関産業衛生担当者会議の登録商標である)。

5.2.48 オペレータ(operator) — 装置の予定された機能を実行するために必要な程度に限定して, 装置を操作する人。

5.2.49 部品洗浄フード(parts-cleaning hood) — 部品や装置を洗浄するために使用されるフード。同義語: 装置洗浄フード(equipment cleaning hood)。

5.2.50 強制乖離型(positive opening) — 電気機械的制御に適用する場合: スwitchの接点を, 弾性素子を利用せずにスwitch・アクチュエータの所定運動の結果として開放すること(つまり, 接点開放はスプリングの作用に依存しない)。

5.2.51 危険の可能性のある非電離放射線放出(potentially hazardous non-ionizing radiation emissions) — 本ガイドラインの目的においては, 付属書 5 に示される限界の範囲外の非電離放射線放出は危険である可能性があるとみなされる。

5.2.52 自然発火性物質(pyrophoric material) — 54.4°C (130°F) 以下の温度で, 空气中で自然に引火する化学物質。

5.2.53 無線周波数(radio frequency (RF)) — 周波数が 3 kHz~300 GHzの電磁エネルギー。マイクロ波はRFの一部で, 周波数は 300 MHz~300 GHzである。

5.2.54 容易に届く(readily accessible) — 操作または検査のために, 障害物を乗り越えたり取り除いたりせずに, またはポータブル梯子や椅子等を使用せずに, 素早く手が届く。

5.2.55 公認された(recognized) — 規格に適用する場合: 充分な国際合意により同意され, 承認され, 実施されている。

5.2.56 レム(rem) — 線量当量の単位。電離放射線の測定に使用される計器の多くは, 線量等量(レムまたはシーベルト)で読む。1レム = 0.01 シーベルト。

5.2.57 生殖毒物(reproductive toxicants) — 男性または女性の生殖機能や胎児生育力, 催奇性に統計的に重大な悪影響を生じさせることが確認もしくは疑われている化学物質。

5.2.58 残存(residual) — リスクまたは危険に適用する場合: 工学的, 管理的, 及び作業慣習的制御が実施された後にも残存するもの。

5.2.59 リスク(risk) — 事故から予想される損失を重大度及び事故率で表わしたもの。

5.2.60 安全シャットダウン状態(safe shutdown condition) — 新たな危険状態が結果として生じない限り, 全ての危険エネルギー源を除去または適切に格納し, また危険生産材料を除去または格納した状態。

5.2.61 重要安全部品(safety critical part) — 電源または安全回路に使用されるような独立したデバイスまたは部品で, その適切な使用がシステムまたは回路の安全性能に対して必要であるもの。

5.2.62 サービス(service) — 良好に作動しない状態に陥った装置を復帰させることを目的とした予定外の作業(保守の定義も参照)。

- 5.2.63 重大度(severity) — 特定の危険により発生した事故がもたらすことが確実な最悪の損失の程度。
- 5.2.64 シーベルト(sievert (Sv)) — 線量当量の単位。電離放射線の測定に使用する計器の多くは、線量当量(レムまたはシーベルト)で表示する。1 Sv = 100 rem。
- 5.2.65 標準温度及び圧力(standard temperature and pressure) — 排気の測定では、21°C(70°F)で 760 水銀柱ミリメートル(29.92 水銀柱in)の乾燥空気、または 20°C(68°F)で 760 水銀柱ミリメートル(29.92 水銀柱in)の相対湿度 50%空気のいずれか。
- 5.2.66 管理警報(supervisory alarm) — 火災検知または抑止システムに適用する場合:管理条件を示す警報。
- 5.2.67 管理条件(supervisory condition) — 火災検知または抑制システムに適用する場合:適切な機能の復帰あるいは継続のために作業あるいは保守が必要となる条件。
- 5.2.68 補助排気(supplemental exhaust) — 限定された時間の特定作業に対して断続的に使用される局所排気換気。
- 5.2.69 サプライヤ(supplier) — ユーザに装置を供給し、また直接コミュニケーションをする当事者。サプライヤは装置製造者、装置ディストリビュータ、あるいは装置代理店の場合がある(ユーザの定義も参照)。
- 5.2.70 試験(testing) — 用語「試験」は、指定の基準に対する適合を確認し文書化するための測定や観察を表わすために使用される。
- 5.2.71 トラブル警報(trouble alarm) — 火災検知または抑止システムに適用する場合:トラブル条件を示す警報。
- 5.2.72 トラブル条件(trouble condition) — 火災検知または抑制システムに適用する場合:システム、サブシステム、または部品に適切な機能を妨げ得る欠陥がある条件。
- 5.2.73 ユーザ(user) — 装置を半導体製造に使用する目的で取得する当事者(サプライヤの定義も参照)。
- 5.2.74 流速圧力(velocity pressure (VP)) — 流速ゼロからある流速Vまで空気を加速するために必要な圧力。流速圧力は空気流の運動エネルギーに比例する。関連する式:
$$VP = (V/4.043)^2$$
ここで、V=空気流速(m/s)、及び
$$VP = \text{水柱計(w.g.)での流速圧力(mm)}。$$

[US 単位: $VP = (V/4005)^2$ 、ここで、V=流速(フィート毎秒)、及び VP=水柱計(w.g.)での流速圧力(in)]
- 5.2.75 体積流量(volumetric flow rate (Q)) — 本ガイドラインの 22 項及び付属書 2 の文脈においては、Qとは単位時間あたりに排出される空気の体積である。関係式:
$$Q = VA$$
但し、
V = 空気流速、A = 標準条件の空気が流れるダクトまたは開口部の断面積。
- 5.2.76 ウェットステーション(wet station) — ハウジングに囲われた表面が開放したタンク。半導体材料の製造に使用する化学材料を格納する。同義語:ウェットシンク(wet sink)、ウェットベンチ(wet bench)、ウェットデッキ(wet deck)。

6 安全に対する考え方

- 6.1 本業界の主要な目標は、装置のライフサイクル中(装置の設置、操作、保守、サービス、及び廃棄)における危険を制御あるいは除去することである。
- 6.2 オペレータ、保守及びサービス要員は、実施する作業について事前にトレーニングされていることが前提となる。
- 6.3 装置の設計製作には、以下を考慮すべきである。
- 法規制による要求事項
 - 業界スタンダード

- 本ガイドライン
- 工学及び製造上の好ましい手法

6.4 本ガイドラインは、半導体製造装置の設計、製造、及び評価に適用し、再設計及びレトロフィットによる費用や混乱の影響を減じるべきである。

6.5 合理的に予見可能ないかなる単一個所の故障あるいは誤操作があっても、要員、設備、あるいは地域社会に対し、死、重大な傷害、または装置の重大な損害を引き起こす危険を及ぼさないようにすべきである。

注 6: この意図は、単一個所の故障の状態が、重大なリスク(つまり、SEMI S10 のリスク評価マトリクス例に基づく致命的、重大または中程度のリスク)を引き起こすことを制御することである。

6.6 装置の安全機能は、フェイルセーフ型あるいは耐欠陥性の設計及び構造とすべきである。

6.7 部品及びアセンブリは、製造者の定める定格の範囲外で使用すると安全上の危険が発生する場合は、その定格及び仕様に従って使用すべきである。

6.8 危険分析を実施して、危険の特定と評価をすべきである。危険分析は設計段階の初期に開始されるべきであり、設計が仕上がるに連れてアップデートされるべきである。

6.8.1 危険分析には以下についての考慮を含めるべきである:

- アプリケーションまたはプロセス
- 各作業に付随する危険
- 予想される故障の形態
- 事故の発生確率及び重大度
- 暴露される要員の専門技術レベル、及び暴露の頻度
- 操作、サービス、及び保守作業の頻度と複雑度、及び
- 重要安全部品。

注 7: 危険分析方法の例は、EN 1050 に含まれている。

6.8.2 危険に関連するリスクはSEMI S10 を使用してその特性を表わすべきである。

6.9 特定された危険を解決するための順序は次の通りにすべきである:

6.9.1 設計で危険を除去する — 初期の概念設計段階から、サプライヤは危険を除去する設計をすべきである。

注 8: サプライヤには、特定された危険を除去する作業を継続することが推奨される。

6.9.2 安全装置の組み込み — 設計を選択することによって、特定した危険を除去できない場合、あるいは付随するリスクを適切に制御できない場合、リスクは、固定式、自動式あるいはその他の方式の保護安全機能あるいは装置によって減じられるべきである。

注 9: 該当する場合は、安全装置の定期機能点検の規定を作ることが推奨される。

6.9.3 警告装置の設置 — 設計あるいは安全装置によって、特定した危険を効果的に排除できない場合、あるいは関連するリスクを適切に低減できない場合、危険状態を検出し、要員に危険を警報する警告信号を発する手段を講じるべきである。

6.9.4 危険警告ラベルの貼付 — 設計の選択によって危険を無くすこと、あるいは安全装置や警告装置によって付随するリスクを適切に減じることが実現不可能な場合は、危険警告ラベルを貼付すべきである。ラベルの情報については 10 項を参照。

6.9.5 管理的手法と訓練の開発 — 危険を設計選択によって除去できない場合、あるいは安全装置、警報装置、あるいは警告ラベルによって適切に制御できない場合、管理的手法と訓練を利用すべきである。管理的手法には、保護具の使用を含めることができる。

6.9.6 以上の手法の組み合わせが必要となる場合もある。

7 一般規定

7.1 本ガイドラインは、装置購入仕様書に引用することにより採用されるべきである。また、本ガイドラインから外れた要求事項については、ユーザとサプライヤの合意をとるべきである。ユーザがSEMI S2 に適合する装置を購入できるようにすることがその意図であって、装置を設計することではない。

7.2 装置は、購入時点でその使用地において発効している法令及び規制を遵守しなければならない。政府機関の許認可を要する全ての装置は、取締規則の要求に従って認証または認可を取らなければならない。

注 10: サプライヤが地域的な法令及び規制に関する情報をユーザに要請することが推奨される。

7.3 製造者は、装置/製品安全プログラムを維持し、危険の特定及び除去、あるいはリスクの制御を順序に従って行うべきである(6.9 参照)。

7.3.1 サプライヤは、ユーザが指定する代表者に対して、安全に関するアップグレードあるいは装置に関連して新たに特定された重大な危険を記載したブリティンを提供すべきである。

7.4 装置を安全に操作、保守、サービスするために必須の、モデル固有のツール及びアクセサリは、装置とともに供給されるか、あるいはサプライヤによって指定されるべきである。

注 11: 本ガイドラインの公式の値は、国際システム単位(SI 単位)で表わされる。以下の値は公式ではなく、参照用にのみ提供され、また SI 値の正確な変換とは限らない:

- インチ-ポンド単位(「米国慣習」、あるいは「英国」単位としても知られる)で表わされた値、
- 括弧内にある値、及び
- SI 単位で表わされた値の直後にある値。

8 評価プロセス

8.1 本項は本ガイドラインに対する装置の評価、評価報告の内容、及び評価を実行するために必要なサポート情報について述べる。

8.2 一般事項 — 審査機関(8.4 項参照)は本ガイドラインに沿って装置を評価し、文書による評価報告を作成すべきである。

注 12: 本ガイドラインの「べき(should)」の規定は、評価適合の基準として使用されることが意図されている。また、本ガイドラインの「してもよい、できる(may)」、「提案される(suggested)」、「好ましい(preferred)」、「推奨される(recommended)」、「注」の規定は、適合評価への使用は意図されていない。

8.2.1 SEMI S2 の特定の項に対する適合は、サプライヤの装置設置指示書(SEMI E6 参照)またはその他の文書に記載された指示により達成される場合もある。

8.3 評価報告の内容: 一般事項 — 評価報告には、マニュアル(9.6 項)及び設計に関連する項(10~27 項)のみを含めるべきである。付属書は、特定のアプリケーションに関連する場合にのみ評価に使用し、報告書で参照すべきである。

8.3.1 番号がふられた各項について、評価報告は下記のいずれであるかを示し、またその根拠を示すべきである。

- 「適合」 — 装置はその項またはその意図に適合している。
- 「適合しない」 — 装置はその項またはその意図のどちらにも適合していない。
- 「適用外」 — その項は装置に適用されない。

8.3.1.1 重大なリスクがないことを示すリスク評価結果は、その項目の意図に装置が適合するとの判定に使用することができる。

8.3.1.2 発見された不適合に関連するリスクのS10によるレベル判定を、評価報告書に含めるべきである。

8.3.1.3 証拠となる根拠には、試験データ、あるいは文書による技術的根拠を含めることができる。

8.4 評価報告の内容: その他の情報 — 評価報告には、下記事項も含めるべきである:

- 製造者のモデル番号
- 評価したユニットのシリアル番号
- 装置を評価した日付
- 構成、オプション、及び必用な図面を含むシステム／装置の説明書
- 審査機関の資格の陳述。SEMI S7の規定を満足する社内組織、独立試験所あるいは製品安全コンサルタント会社（「第三者機関」）を利用して、本文書に対する適合の試験や評価を調達することができる。

8.5 評価者に提供される証拠情報 — 必要に応じ、下記の文書類を評価者に提出あるいは評価者が作成し、本ガイドラインの規定に適合することを立証すべきである。

注 13: 製造者の一般的な構成とプロセスを評価過程で使用することが推奨される。あるいは、ユーザとサプライヤ間で合意されたプロセスを使用してもよい。

注 14: 初期の評価に含まれていない特別なオプションや構成で、危険を付加し得るものについては、別途見直しが必要となる場合がある。装置の安全設計に影響するアップグレード、改造、その他の変更は、適合性について評価することが推奨される。

8.5.1 一般的情報

- ハードウェアの構成及び機能、電源条件、出力、その他の装置の設計及び動作を理解する上で必要な情報を含めたシステムの文書による説明。
- 装置やサブアセンブリの地震固定具が、適用される設計負荷を満足していることの根拠を示すために使用される技術データ(19 項「地震保護」参照)。
- 安全デバイスの目的及び機能の説明。例えば、緊急遮断デバイス(EMO)、インタロック、過圧防止デバイス、及びリミット制御器。
- 危険分析(6.8 項を参照)。
- 人間工学評価(16 項を参照)。
- 重要安全部品のリスト、及びそれぞれの認証の証拠、またはその部品が用途に適したものであることを示す文書。
- 14.2 項に記述された残存火災リスク評価。
- 火災安全性に関して装置を評価するのに必要な試験結果、認定証明書、及び設計仕様書。火災検知及び抑制装置、及び操作装置の説明も提供されるべきである。

8.5.2 労働衛生に関する情報

8.5.2.1 労働衛生報告。これには下記の内、適用されるものを含めるべきである:

- 換気評価(22 項を参照),
- 化学薬品目録ならびに危険評価(23 項を参照),
- 電離放射線評価(24 項を参照),
- 非電離放射線評価(25 項を参照),
- レーザ評価(26 項を参照), 及び
- 可聴音圧レベル評価(27 項を参照)。

8.5.3 環境に関する情報(21 項を参照) — 以下を実証する文書:

- 資源(例えば、エネルギー、水、純水、圧縮空気、化学物質、及び梱包)を節約するための、設計上の配慮または取り入れた特徴,
- 廃止措置を講じた場合、装置及び部品の再利用や再生、あるいは材料リサイクルを促進するように配慮した特徴,
- 資源リサイクルあるいは再利用に対する特徴の配慮または取り入れ,
- 化学薬品選択方法及び基準(21.2.3 項参照),
- 廃液及び排気制御装置の装置への統合の配慮、及び
- 廃棄物、汚水、排気、副生成物削減の努力。

注 15: 8.5.3 項の目的においては、文書には設計ノート、測定基準(正規化されていなくても)、会議議事録、パレート評価、またはその他の分析が含まれる場合がある。

9 ユーザに提出する文書類

9.1 本項はサプライヤがユーザに提供する文書について記述する。

9.2 評価報告 — ユーザから要求された場合、サプライヤは、ユーザに対してSEMI S2 評価報告(8 項参照)の要約または完全な報告を提出すべきである。

9.2.1 報告に記述された不適合事項に対して、サプライヤは対応プランを示すか、または容認の正当化事由を示すべきである。正当化事由には、実施された対策とSEMI S10 に従ったリスクの特性記述を含めるべきである。

9.3 地震関係情報 — 本文書の 19 項を参照。

9.4 環境関係文書 — 製造者は、ユーザに対して、下記の環境関係文書の内適用されるものを提出すべきである：

9.4.1 製造者の最も代表的な(「ベースライン」)プロセスに対する、エネルギー消費情報。これにはアイドリング時、平均時、及びピーク時の運転条件を含める。

9.4.2 製造者の最も代表的な(「ベースライン」)プロセスに対するマスバランス。これにはアイドリング時、平均時、及びピーク時の運転条件を含める。

注 16: マスバランスには、資源消費率、ケミカルプロセス効率、廃水排出及び空気排出の特性、固形及び有害廃棄物生成(質及び量)、また副生成物が含まれる場合がある。

9.4.3 意図しない(廃液、廃棄物、排気、及び副生成物の)放出経路と、こうした放出に対する監視や制御をするための手法及びデバイスに関する情報。これには意図しない放出を監視、防止、制御するための特徴に関する情報を含めるべきである(21.2.4 項を参照)。

9.4.4 意図された(廃液、廃棄物、及び排気の)放出経路と、こうした放出を監視及び制御するための特徴に関する情報(21.2.5 項を参照)。

9.4.5 装置の運転、保守、サービスの結果として、廃棄が規制されると思われる物質からなるか、あるいはそれを含んでいる固体廃棄物となるもののリスト(例えば、ベリリウムを含む部品、水銀ランプ、水銀スイッチ、バッテリー、汚染部品、保守廃棄物)。

9.5 労働衛生情報 — 本文書の 22～27 項を参照。

9.6 マニュアル

9.6.1 サプライヤは、装置の本来予定された使用に基づくマニュアルをユーザに提供すべきである。マニュアルは、装置の範囲と通常使用を記述し、また装置の設備工事、操作、保守、及びサービスを安全に行うための情報を提供すべきである。

9.6.2 マニュアルは、SEMI S13 に適合すべきである。

注 17: 火災抑制剤、及び火災検知または抑制システムのテストに使用した化学物質は、それが装置と共に供給される場合は SEMI S13 の MSDS 規定に該当する。

注 18: 火災検知または抑制システム内の危険エネルギーは、火災検知または抑制システムが装置と共に供給される場合は SEMI S13 の危険エネルギー制御規定に該当する。

9.6.3 SEMI S13 の規定に加えて、マニュアルには以下が含まれるべきである：

- サービスを除く、日常のタイプ 4 の作業(13.3 項参照)についての特定の文書による指示、
- エネルギー切離し(ロックアウト/タグアウト)に対する指示(17.2 項参照)、
- 緊急遮断及びインタロック機能の記述、
- 保守、付帯装置、あるいは周辺機器の操作に必要な危険物質(例えば、潤滑剤、洗浄液、冷却液)のリストに、予期される交換頻度、量、及びプロセスからの起こり得る汚染を含めたもの、
- 装置の運転、保守、及びサービスの結果、固形廃棄物となる物品で、廃棄が規制されると思われる物質で作られているか、またはそれを含むもの(例えば、ベリリウムを含む部品、ベイパーランプ、水銀スイッチ、バッテリー、汚染された部品、及び保守廃棄物)のリスト、及び

- 安全に関する設計の特徴あるいはデバイス(つまり工学的制御)の効果を維持するために必要な保守及びサービスの手順。

9.6.4 意図しない放出が起こり得る経路に関する情報が提供されるべきである(21.2.4 項を参照)。

9.6.5 推奨される汚染除去及び廃止措置手順をSEMI S12 に従って提供し、また以下の情報を含めるべきである:

- リサイクル, 再生, 及び再使用の判断をサポートするに充分なだけ詳細な, 部品及び構造材の識別(8.5.3 項参照), 及び
- 廃止措置の前に装置内にあり得る残存危険材料, または危険材料によって汚染されやすい部品。

注 19: 一般的なプロセス薬品, あるいは装置を変更すると, 予測される環境への影響が変化し得ることをマニュアルに記述することが推奨される。

9.6.6 潜在的な環境への影響がある保守手順 — サプライヤの推奨する保守手順は以下とすべきである:

- 放出が発生する恐れがある手順ステップ, 及びその放出の性質を特定する, 及び
- 保守手順の間に発生する排液, 廃棄物あるいは排気の量をできるだけ少なくするための方法, 及び廃棄物の特性を特定する。

9.7 防火文書 — 装置サプライヤは以下を提供すべきである:

- 14.3 項に説明された防火評価の要約,
- オプションの火災リスク軽減特徴の説明(14.3.2 項を参照),

注 20: これは購入前に提供されることが推奨される。

- 火災検知システムの操作, 保守, 及びテストマニュアル,
- 火災抑制システムの操作, 保守, 及びテストマニュアル,
- 免許をもった設計者及び設置者が提供する受入れ文書(14.4.4.12 及び 14.4.5.16 項参照), 及び
- 装置の火災検知または抑制特徴をテストするために必要な特別の機器のリスト。リストにはその機器が装置に含まれているか, または別途購入するかを示すべきである。

10 危険警告ラベル

10.1 設計の選択により危険を除去できない場所, あるいは付随するリスクを安全または警告装置によって適切に減じることができない場所には, 危険警告ラベルを用意して, 危険を識別し警告すべきである。

10.2 ラベルは意図される用途の環境に対して耐久性を持つべきである。

10.3 ラベルはSEMI S1 に適合すべきである。

例外: 危険ラベルの書式や内容には法で定められているものもあり(例えば, 特定の使用国でのレーザラベリングや化学物質危険情報伝達ラベリング), SEMI S1 に適合しない場合がある。

11 安全インタロックシステム

11.1 本項は, 安全インタロック及び安全インタロックシステムを扱う。

注 21: 火災検知または抑制システムが装置と共に供給される場合は, 追加情報が 14 項にある。

11.2 適当である場合は, 装置操作に固有の危険から要員, 設備, 及び地域社会を保護する安全インタロックシステムを, 装置は使用すべきである。

注 22: 装置の保護が主機能である重要安全部品(例えば, 回路遮断器, ヒューズ)は, 一般には安全インタロックとは考えられていない。

11.3 安全インタロックは, インタロックが作動すると装置または装置の関係部分を自動的に安全な状態にするように設計すべきである。

11.4 作動すると, 安全インタロックは直ちにオペレータに警告すべきである。

例外：安全インタロックが EMO 回路 (12 項参照) を起動させる場合、あるいはその他の方法でユーザインタフェースへの電源を絶つ場合には、オペレータへの警告は求められない。

注 23: 安全インタロックが作動した際に、原因の説明があることが望ましい。

11.5 安全インタロックシステムは耐欠陥性があり、システム部品の機能または設定点が、デバイスまたは部品を分解、物理的改造、または破損しない限り変更できないように設計すべきである。

例外：調整可能な設定点またはトリップ機能がある安全インタロックシステムが使われる場合は、その調整可能デバイスへの接触または調整を、ツールの使用や特定のキーパッドのシーケンス等による判定動作を要求することで、保守またはサービス要員に限定すべきである。

注 24: 本項では安全インタロックの解除機能については取り扱わない。追加情報について、11.7 項を参照のこと。

11.6 電気機械デバイス及び部品が望ましいが、安全インタロックシステムあるいはそのシステムに関連する部分が使用に適しているか評価されることを条件に、ソリッドステートデバイス及び部品を使用することができる。適性評価には過電圧、不足電圧、電源瞬断、過渡過電圧、電圧のばたつき (ramp voltage)、電磁妨害感受性、静電放電、熱サイクル、湿気、埃、振動、衝撃、等の異常条件を考慮すべきである。

例外：SEMI S10 により、合理的に予見可能な事故の程度が軽度と思われる場合は、ソフトウェアベースのインタロックが適切とされる場合もある。

注 25: 安全インタロックが、SEMI S10 により重大 (Severe) または致命的 (Catastrophic) と分類される事故から要員を保護するために用意される場合は、強制乖離型スイッチの検討が推奨される。

注 26: 用途への適性評価には、NEMA ICS 1.1 や UL 991 といったスタンダードで言及されている、信頼性、自己モニタリング、及び冗長性も含める場合がある。

注 27: ソリッドステートデバイスの例として、オペアンプ、トランジスタ、IC があげられる。

11.6.1 安全インタロックシステムは、保守作業中に安全インタロックを解除する必要が最小となるように設計すべきである。

11.6.2 操作作業中の人を保護する安全インタロックは、ツールがないと解除できないようにすべきである。

11.6.3 インタロックによって保護されたエリアに、保守のためにアクセスする必要がある場合、解除可能なインタロックを、意識的な操作をしないとバイパスできないようにすることを条件として、使用してもよい。

11.6.3.1 保守モードを抜けるか完了した場合、全ての安全インタロックは自動的に復旧すべきである。

11.6.3.2 安全インタロックが解除される場合、要員を保護するため、または危険を最小限度にするための管理的制御手段を保守マニュアルに示すべきである。

11.7 安全インタロックの復旧によって、危険状態を引き起こし得る装置運転あるいは部品の運動が開始されるべきではない。

11.8 スイッチその他の制御装置の接点は、回路の非接地側に接続し、接地への短絡によってインタロックが作動しないようにすべきである。

11.9 エンクロージャを使用して要員に対する危険を制御している場合は、エンクロージャ内へアクセスするために工具の使用を要求し、それが保護している危険についてラベルを表示するか、あるいはエンクロージャをインタロックすべきである。エンクロージャに加えて、不注意に接触する恐れのある危険箇所には、物理的バリアを設けるべきである。

注 28: カバーを外すと危険に曝される場合は、追加のラベルを考慮する。ガイダンスは 10 項を参照。

12 緊急シャットダウン

12.1 装置には、「緊急遮断回路」(EMO回路)を設けるべきである。EMOアクチュエータ (例えばボタン) が作動すると、要員や設備に対する新たな危険の発生を伴わずに、装置は安全シャットダウン状態に移行すべきである。

例外 1: 定格が 2.4 kVA 以下の装置で、危険が本質的に電気に限られる場合は、主断路が 12.5.2 項のアクセス性の規定を満たすこと、及び主電源の切断に EMO 回路の作動と同等の効果があることを条件として、EMO 回路は必要ない。

例外 2: 単独装置としてではなく、むしろ統合システム全体の中で使用することを目的としたアセンブリで、ユーザのシステムから受電するものには、緊急遮断回路は必要ない。アセンブリを統合された装置の緊急遮断回路に接続するための明確な指示を、アセンブリの設置マニュアルに、装置の設置要員へ向けて記載すべきである。

注 29: 装置を効果的に安全シャットダウン状態に移行するために必要な、安全装置や安全関係機能を有する装置(例えば、マグネチック・チェック、ブレーキ装置)の効果は、緊急遮断機能によって減じないことが推奨される。

注 30: 火災検知または抑制システムが装置と共に供給される場合は、追加情報が 14 項にある。

12.1.1 サプライヤが装置に外部EMOインタフェースを用意する場合は、サプライヤはそのインタフェースとの接続についての指示書を含めるべきである。

12.2 緊急遮断回路が作動すると、主電源エンクロージャ外の装置の危険電圧及び 240 ボルトアンペア (240 VA) より大きな全ての電気を無くすべきである。

例外 1: 危険電圧でない EMO 回路(一般的には 24 V)及びその電源は、通電したままでもよい。

例外 2: 安全関連装置(例えば、煙検知機、漏洩ガス/水検知機、圧力測定装置等)は、EMO 回路からの電源で通電したままでもよい。

例外 3: データ/警報の記録、及びエラー復旧機能を実行するコンピュータシステムは通電したままでもよい。ただし、通電しているブレーカ、レセプタクル、及び通電している各導線端末に、EMO 作動後にも通電していることを明確に表示することを条件とする。EMO 作動後にも通電している危険エネルギーをもつ部品は絶縁あるいは防護し、保守要員が不注意に接触することを防ぐべきである。

例外 4: 別々に搭載された複数のユニットが、危険を共有せず、また危険な電圧、エネルギーレベル、その他の危険となり得る条件の相互接続回路を持たない場合は、以下でも良い:

- 明確に識別されるなら、給電及び電源断路手段を別とする、または
- 明確に識別されるなら、EMO 回路を別とする。

12.2.1 EMO回路には、それを解除あるいはバイパスさせることを目的とした機能を設けてはならない。

12.2.2 EMO回路は電気機械式部品で構成すべきである。

12.2.3 EMOスイッチのリセットによって、回路、装置、またはサブアセンブリに通電すべきではない。

12.2.4 EMO回路は、電気をなくすことにより装置を停止すべきであり、制御部品に通電することで行なうべきではない。

12.2.5 EMO回路は、電力が自動的に回復しないように、マニュアルリセットを必要とすべきである。

12.3 緊急遮断ボタンは、赤色で、かつ茸型にすべきである。EMOの背景色は黄色にすべきである。

注 31: 非施錠式で自己保持型(すなわち、ひねり、あるいは引き戻しにより解除する方式)の緊急遮断ボタンが規制により必要となる場合がある。

12.4 全ての緊急遮断ボタンには、「EMO」、「緊急遮断(Emergency Off)」,あるいはこれに相当するラベル表示を明確にすべきであり、また見る位置から明確に判読可能にすべきである。ラベルはボタン上、あるいは黄色の背景上に表示することができる。

12.5 緊急遮断ボタンは、操作作業位置及び定期的に予定されている保守作業位置から容易に届くようにすべきであり、また掌の付け根部分で作動できる適切な寸法にすべきである。

12.5.1 緊急遮断ボタンは、誤りによる作動が最も起こり難いように配置するか、あるいはガードを付けるべきである。

12.5.2 すべての操作作業位置あるいは定期的に予定されている保守作業位置は、EMOボタンまで 3 m(10 フィート)を越える移動を必要とすべきでない。

12.5.3 EMOボタンを作動させるか、または検査する人物が、つまずいたり転倒したりする重大な危険、あるいは通電している電気部品、運動中の機械、高温で作動している表面や物体に接触する重大な危険に曝されるべきではない。

12.6 EMOがUPSと一緒に使用される場合のEMOの追加ガイドラインは、13.5 項を参照のこと。

13 電気設計

13.1 本項では、危険電圧を使用する電気装置、及び電子装置を扱う。

13.2 電気作業のタイプ — 本ガイドラインで定義する電気作業には、下記の 4 種類がある。

タイプ 1 — 装置が全く通電していない状態。

タイプ 2 — 装置が通電している状態。通電している回路はカバーあるいは絶縁されている状態。

注 32: タイプ 2 の作業には、通電回路をカバーあるいは絶縁の適切な開口部からプローブで計測する作業、またはそれが可能である作業を含む。

タイプ 3 — 装置が通電している状態。通電している回路は露出しており、絶縁されていない通電部品に誤って接触する恐れのある状態。乾燥した場所での露出した電位は実効値 30 V、ピーク値 42.4 V、60 V dc、または 240 VA 以下である。

タイプ 4 — 装置が通電している状態。通電している回路は露出しており、絶縁されていない通電部品に誤って接触する恐れのある状態。乾燥した場所での露出した電位は実効値 30 V、ピーク値 42.4 V、60 V dc、または 240 VA より大きい。高周波電流に曝される可能性については、誘導された場合も導体を通した場合も、付属書 5 の表 A5-1 の限界を超えている。

13.3 通電中の電気作業 — サプライヤは、装置の校正、改造、修理、試験、調節、あるいは保守の作業を通電中に行なう必要が最小限度となるように設計すべきであり、また、露出した通電回路の近くにある部品に対する作業をできるだけ行わないで済むように設計すべきである。サプライヤは、タイプ 4 に分類される作業を、実現可能であればタイプ 1, 2 あるいは 3 に移行させるべきである。トラブルシューティングを除くタイプ 4 の日常的作業については、保守マニュアルに文書による明確な指示を記載すべきである。タイプ 4 の作業を含むトラブルシューティングについては、一般的安全手順(例えば、適切な保護具の着用やバリアの設置)を提供すべきである。

13.4 電気設計 — 装置は、適切な国際、地域、国家、あるいは業界の製品安全要求に適合すべきである。

13.4.1 非導電性あるいは接地した導電性の物理的バリアを以下に設けるべきである:

- 危険箇所の上、下、周り、あるいは直ぐ近くに手を伸ばして作業する必要のある箇所。
- 落下物が短絡あるいはアークを発生させる恐れのある箇所。
- 装置のいずれかの部分からの液体用継手の破損により、電気部品上に液体がかかる恐れのある箇所。
- 主断路器のライン側の上。
- 乾燥した場所にある装置の保守またはサービス作業中に、実効値 30 V、ピーク値 42.4 V、60 V dc より大きい電位、あるいは 240 VA よりも大きい電力のいずれかがある絶縁されていない通電部品に不注意に接触する恐れのある箇所。

注 33: 乾燥した場所とは、通常は湿気ったり濡れたりしていない場所とみなすことができる。

注 34: 非伝導性かつ不燃性の着脱式カバーが推奨される。

13.4.2 テストプローブ用開口部がバリアに用意されている部分では、テストプローブの通電部分を含む絶縁されていない通電部品に不注意に接触することを防ぐように、バリアを配置し、またプローブ用開口部の大きさを決めるべきである。

13.4.3 部品やアセンブリの故障が、感電、火災、あるいは要員の傷害のリスクの原因となる可能性がある場合は、部品やアセンブリは公認試験所により認証されたものを製造者の仕様にしたがって使用するか、あるいは他の方法で適用スタンダードに対し評価されたものにすべきである。

注 35: 地落保護動作を除き、シャントトリップを利用した電気トリップは、フェールセーフではないので安全制御回路への使用は推奨されない。

13.4.4 主回路、制御回路、接地線、及び中性線の電気配線は、13.4 項にあるように適切なスタンダードに従った電線色にするか、あるいは配線の両端にラベル表示をして識別を容易にすべきである。識別に色を使用する場合、電線の両端に適切な色のテープまたはスリーブをつけることが容認される。テープあるいはスリーブは電線に確実に固定すべきである。

例外 1: モーター、トランス、メーター、ソレノイドバルブ、電源等の独立した部品の内部配線。

例外 2: フレキシブルコード。

例外 3: 危険電圧以外の多芯ケーブル(例えば、リボンケーブル)。

例外 4: 特殊用途の電線(例えば、電気炉やオープンで 사용되는高温電線)で、適切な色が入手できない場合。

13.4.5 接地線及びコネクタのサイズは、13.4 項にあるように適切なスタンダードに従って、結合する非接地導線と電流定格が合うようにすべきである。

13.4.6 電気エンクロージャは、使用される環境に適したものにすべきである。

13.4.7 エンクロージャの開口部は、そこから要員が絶縁されていない通電部品に触れるのを防護すべきである(オペレータのアクセスを防止する開口部の例は、付属書 1 を参照)。

13.4.8 電気エンクロージャの天板は、エンクロージャ内部に物が落下しないように設計製作すべきである(許容される天板開口部の例は、付属書 1 を参照)。

13.4.9 装置の主断路器の定格遮断容量(AICとも言う)を、設備設置マニュアル及び保守マニュアルに示すべきである。

13.4.10 装置の主過電流保護装置、及び主断路器の定格遮断容量(AIC)は、少なくとも 10,000 A(対称分実効値)とすべきである。

注 36: 配電システムの設計によって、より大きな実効値定格を必要とする設備もある。

例外: 電源コード及びプラグで接続される単相の装置で、その定格が、線間電圧 240 V / 活線-接地間電圧 150 V 以下、また 2.4 kVA 以下の場合、5,000 A(対称分実効値)以上の定格遮断容量(AIC)がある過電流保護デバイスをつけてもよい。

13.4.11 装置は設備からの電力供給を、13.4.9 項に規定された主断路器に接続した単一の給電点から受電する設計にすべきである。この主断路器が開路すると、装置内に入るすべての電力が主断路器の負荷側から切離されるべきである。主断路器は、17 項に定めるエネルギー切離し(「ロックアウト」)機能も有すべきである。

例外 1: 複数の給電を受けている装置の場合、各給電線に対してエネルギー切離し(ロックアウト)手段を設けるべきであり、各断路器には次の文項あるいは同等のマークをつけるべきである:『警告:感電あるいは火傷の危険あり。取扱いの前に[給電箇所の数]の給電をすべて遮断すること』。装置の断路器は全て一ヶ所に集めることが望ましい。

例外 2: 別々に搭載された複数のユニットが、危険を共有せず、また危険な電圧、エネルギーレベル、その他の危険となり得る条件の相互接続回路を持たない場合は、以下でも良い:

- 明確に識別されるなら、給電及び電源断路手段を別にする、または
- 明確に識別されるなら、EMO 回路を別にする。

13.4.12 製造者名、機械シリアル番号、電源電圧、相数、周波数、及び全負荷電流を記載した恒久的な銘板を、装置の設置後よく見える箇所に取り付けべきである。複数の給電回路がある場合には、銘板は各回路毎に上記情報を記載すべきである。

注 37: 使用地によっては銘板に追加情報が必要な場合がある。

13.5 無停電電源装置(UPS) — 本項は、出力が実効値 30 V, ピーク値 42.4 V, 60 V dc, または 240 VAより大きいUPSに適用される。

13.5.1 装置にUPSを設けてある場合には、その場所及び配線を設置及び保守マニュアルに明記すべきである。

13.5.2 UPSからの電力は、以下の場合に遮断されるべきである:

- 緊急遮断アクチュエータ(ボタン)が押される、または
- 装置主断路器が開路する、または
- 主回路遮断器が開路する。

例外: EMO が作動した場合、12.2 項の例外条項に示すように UPS は EMO 回路, 安全関係装置, 及びデータ／警報記録コンピュータシステムに給電してもよい。

13.5.3 UPSは、それ専用のエンクロージャに収納され、また明確に区別されることを条件として、装置のフットプリント内に物理的に設置してもよい。

13.5.4 UPSは公認試験所の認証を受けているべきであり、また目的の環境(湿った場所、腐食性物質への暴露)に適合すべきである。

13.5.5 UPSの配線は、それを切断できる各終端点に「無停電電源出力」または同等の表示をすべきである。

13.6 電気安全試験

13.6.1 設備の最終支回路に電源コード及びプラグで接続される装置は、装置カバー及び付属操作装置表面の任意の点と接地間で測定される表面漏れ電流を 3.5 mA以下にすべきである(公認された試験方法については、SEMI S9, またはその他の適切なスタンダードを参照)設備の最終支回路に電源コード及びプラグで接続されてる装置は、SEMI S9 の「プラグ及びコード接続式装置の漏電試験」に従った試験の判定結果で、3.5 mAより大きな表面漏れ電流がないようにすべきである。

例外: 漏れ電流が 3.5 mA を越える装置は、高い漏れ電流を明白に容認する適用可能な製品安全スタンダードにその装置が完全に適合していることを実証する書類が用意されるなら、受入れられる。

13.6.2 装置接地回路は、SEMI S9 に従った試験の判定結果で、抵抗値が 0.1 オーム以下となるべきである。

13.7 引火性の液体あるいはガスを内部で使用する装置は、電気設計で必要となる追加予防措置(例えばパージ)を判断するための評価をすべきである。

注 38: NFPA 497 及び EN 1127-1 にこの評価方法が規定されている。

14 防火

14.1 概要 — 本項は、装置内部の火災の危険に適用される。

14.1.1 本項は、装置の防火設計及び制御手段に対する最低限の安全上の考慮事項を規定する。

14.1.2 本項はまた、装置と一緒に供給される火災検知及び抑制システムについての最低限の考慮事項を規定する。

注 39: 半導体製造装置の火災リスクの評価及び制御に対する詳細なガイダンスは、SEMI S14 に規定されている。

14.2 リスク評価

14.2.1 火災の危険及び潜在的に必要な制御手段を判定し評価する資格を持った機関が、リスク評価文書を作成するか、または受け入れるべきである。このリスク評価では、通常運転及び合理的に予見可能な装置内部の単一個所の故障を考慮すべきである。火災への曝露、または指定された使用環境にない外部発火源は考慮すべきでない。

注 40: リスク評価者が火災の危険に対するリスク評価を実行するために必要な職業的専門知識を有することを条件として、このリスク評価を本ガイドラインのために実行される全体危険評価と合わせて行うことが可能である。こうした評価者の資格は SEMI S7 に記載されている。

14.2.2 特定の手順または使用条件をユーザが厳守するかどうかによって正確なリスク評価が変わる場合は、サプライヤはこうした手順または条件を説明し、その重要性を述べるべきである。

14.2.3 SEMI S14 を財物と環境に対するリスクの評価と報告に使用すべきである。

14.3 報告

14.3.1 要旨報告がユーザに提供されるべきである。要旨には、確認された各火災の残存危険について、以下の性質をSEMI S10 に従って記載する：

- 割り当てられた重大度
- 割り当てられた事故率
- 結果として得られたリスク分類

14.3.2 火災リスク低減のオプション機能については、購入前にユーザに提供する情報の中でも説明されるべきである。

14.3.3 火災リスク低減の範囲と効果についても、明らかにし報告すべきである。これには、期待されるリスク低減も(14.3.1 項に説明されたように)記載すべきである。

14.3.4 装置内部の火災の危険によって、装置外部に熱または熱以外(例えば煙り)の損害がありうる場合は、この可能性をユーザに報告すべきである。報告には予測されるシナリオの性質上の説明を含めるべきである。

14.4 火災リスク低減

14.4.1 製作材料 — 装置は妥当であればどの部分も不燃性材料で製作すべきである。プロセス化学物質のために不燃性製作が許されない場合は、用途に合った、また使用プロセス化学物質との適合性のある材料で、火災リスクに最も寄与しないものを使って装置を製作すべきである。

注 41: いくつかの地域的法令(例えば、Uniform Fire Code)は、不燃性材料での製作を要求する場合がある。

14.4.1.1 付属書 6 にあるフローチャートを使って、装置の製作材料の選定をすることができる。

14.4.1.2 SEMI F14(ガス供給装置エンクロージャの設計指針)の範囲に該当する装置の部分は、いずれもその指針に従って設計されるべきである。

14.4.2 プロセス化学物質の危険の除去 — 引火性プロセス化学物質を、非引火性プロセス化学物質で置き換える選択肢を考慮すべきである。

14.4.3 工学的制御手段

14.4.3.1 プロセス化学物質に起因する火災リスクは、工学的制御手段(例えば、不適切な化学物質の混合の防止、引火点への温度到達防止)によって低減される場合がある。

14.4.3.2 構造材料に起因する火災リスクは、工学的制御(例えば、不燃性バリアで可燃性の構造材料を発火源から分離する、着火した材料を消火する火災抑制システムを設置する)を利用して低減することができる。

14.4.3.3 装置の電源及び予測不能の火災リスクを示す化学物質ソースは、火災検知及び抑制システムでインタロックし、火災検知及び抑制システムが動いていない時は装置または化学物質の供給を開始しないようにすべきである。

注 42: いくつかの管轄区域ではインタロックが要求される。

注 43: 受入れ基準については、6.5 項を参照のこと。

14.4.3.4 火災検知または抑制システムがシャットダウンまたは故障しても、装置を直ちにシャットダウンして装置内の製品のプロセスを中断する必要はない。しかし、火災検知または抑制システムが復帰するまで、新たなプロセスは行わないようにすべきである。この機能にはハードウェアを利用してソフトウェアを利用しても良い。

14.4.3.5 燃焼生成物の発生に起因する火災リスクの低減には、煙をクリーンルームから(サプライヤが指定した装置排気を使って)排気して制御する方法を利用してもよい。利用する場合、炎が燃え広がる可能性があるなら、この低減方法と検知または抑制を組み合わせるべきである。

注 44: 煙だけが結果として生じる場合 (例えば, くすぶる部品からの発煙) は, 煙の制御だけで十分な場合がある。

注 45: 有効に煙を制御するには, 煙を装置からだけでなくクリーンルームからも除去しなければならない。これは一般にはダクト排気によって達成される。

注 46: 煙を除去するために排気を使用すると, 建築及び消防等の規制を受ける場合がある。

注 47: 煙を除去するために排気を使用すると, 換気システム内に危険が生じる場合がある。従って, 排気システムへの予期される排出 (つまり, 予測空気流量, 温度, 煙の発生量) の説明は, 装置インストールにとって重要な情報となる。

14.4.4 火災検知 — 火災リスク評価によって火災防止に適切と判定される火災検知システムには, いずれも以下の基準が当てはまる:

注 48: 装置状態をモニタするためだけに使用される熱検知機, 煙センサ等のデバイスは, これらの要求事項を満たさなくてもよい。しかし, 地域的な管轄区域によっては, 全ての煙検知機について, 建屋のシステムに接続され, 適用可能な火災警報の全法令に適合することを求める場合がある。

14.4.4.1 検知機, 警報機, 及びそれらの制御装置を含めた火災検知システムは, 公認試験所により認証されるべきであり, また用途に適しているべきである。

注 49: こうした認証は一般に, 火災検知システムの部品が容易にそれと分かり, 装置の他の部品から区別されることを求める。

14.4.4.2 火災検知, 警報, 及び制御システムの設置は, 14.4.4.1 項の認証の要求事項, 及び適切な国際または国家法令またはスタンダード (例えば, NFPA 72) の要求事項に従うべきである。

14.4.4.3 火災検知システムは, 設備の警報システムとインタフェースがとれるべきである。装置サプライヤが検知器の位置と性能を指定するだけで, 供給はしないことが望ましい場合もある。この場合, ユーザは装置の検知システムを設備のものより良く統合できるかもしれない。この選択はユーザと明白に交渉されるべきである。

14.4.4.4 火災検知システムは, 装置についている聴覚及び視覚警報を作動させるべきである。

14.4.4.5 火災検知システムをマニュアルで作動できるようにすることを考慮すべきである。この目的は, 人が常駐する場所へ通報するためである。

14.4.4.6 故障または管理条件が発動したら, 以下の全てがなされるべきである:

- オペレータへ通知する,
- 装置内にある基板のプロセスを完了させることを許す,
- 故障または管理条件が解消するまで, 新たな基板のプロセスをはじめさせない, 及び
- 外部インタフェースを通して設備のモニタシステムまたは常に要員が配置される場所に信号を出す。

14.4.4.7 火災検知システムは, 装置が運転不能 (例えば, 装置コントローラの問題) または保守モード (例えば, 装置の危険エネルギーのいくつか, または全てが切離されている (「ロックアウト」)) にあるときを含めて, いつでも運転可能にすべきである。

例外: 火災検知システムの保守中は, 運転できなくて良い。

注 50: この項の目的においては, 「運転不能」には EMO 作動後の装置状態, 及び火災検知システムの見込みバッテリー寿命未満の時間の保守が含まれる。従って, 検知システムは危険エネルギー (例えば, 交流ライン電流) を EMO 作動後の運転に必要としないことが推奨される。

14.4.4.8 24 時間検知システムを維持する能力があるバックアップ電源を設置すべきである。

注 51: バックアップ電力は, 地域の規制に従って提供されなければならない。バックアップ電力に対する要求事項は行政管轄区域によって異なる。

14.4.4.9 火災検知システムは, EMO 作動後も通電したままとすべきである。

14.4.4.10 検知システム用の内部電源が, 長時間の保守手順が終わるまで電力を提供し続けられない場合がある (つまり, バックアップ電力の見込み持続時間より長時間の手順)。こうした場合サプライヤは, 火災の危険を除去する手順, または電力を火災検知システムに安全供給する手順のいずれかを文書で提供すべきである。

14.4.4.11 火災検知システムが作動したら、装置が安全にシャットダウンできる最短時間で装置をシャットダウンすべきである。これには、影響を受けるモジュールまたは部品に対し、新たな火災リスクを生み出す可能性がある火災関係の危険源全てのシャットダウンが含まれる。

注 52: 関連規定について 14.4.3.3 及び 14.4.3.4 を参照。

例外 1: 非リサイクリング型デッドマン中断スイッチは、装置シャットダウンに使用する検知システムには容認されるが、抑制システムの作動に使用する検知システムには容認されない。

例外 2: 火災検知システムの作動により、火災及び安全システムから電力を除くべきではない。

14.4.4.12 装置の設計及び構成は、ライセンスを有する当事者が火災検知システムの設計及び設置を認証する際に、妨げとならないようにすべきである。

注 53: これはライセンスを有する当事者が設置することを提案しているのではない。しかし、管轄区域によっては、火災検知及び抑制システムの設置者に、その管轄区域で指定されたライセンスを取ることが求められる。

14.4.5 火災抑制 — 火災リスク評価によって適切と判定される火災抑制システムには、いずれも以下の基準が当てはまる:

注 54: 火災検知システムは一般に火災抑制システムの一連の動作を開始するために必要とされる。本ガイドラインの意図するところでは、これは 14.4.4 項に説明された火災検知システムと同じ物である。

14.4.5.1 ノズル、アクチュエータ、及びそれらに関連した制御装置を含む火災抑制システムは、公認試験所によって認証されるべきであり、また用途に適しているべきである。

注 55: こうした認証は一般に、火災抑制システムの部品が容易にそれと分かり、装置の他の部品から区別されることを求める。これにはパイプの適切なラベル表示も含まれる。

14.4.5.2 火災抑制剤は、公認試験所によってその用途に認められたものにすべきである。抑制剤の選択プロセスには、クリーンルームに対する潜在的損害評価を含め、最も損害効果の小さいものを選択すべきである。複数の薬剤が有効な場合は、その選択肢をユーザに指定し、ユーザがどの薬剤を装置と共に供給すべきかを指定できるようにすべきである。サプライヤはまた、ユーザがその薬剤を供給できる場合も指定すべきである。

14.4.5.3 火災抑制剤及び供給システムは適切な国際または国家スタンダード(例えば、NFPA 12, NFPA 13, NFPA 2001)に従って設計及び設置されるべきである。装置サプライヤが抑制システムの位置と性能を指定するだけで、供給はしないことが望ましい場合もある。この場合、ユーザは装置の抑制システムを設備のものより良く統合できるかもしれない。この選択はユーザと明白に交渉されるべきである。

14.4.6 SEMI S2 に対する装置の評価には、抑制システムに関連するリスクも含めるべきである。

注 56: これには抑制システムを取り付けることによって生じるリスク(例えば、化学物質曝露、騒音、窒息)が含まれる。

14.4.6.1 火災抑制システムの作動は、装置のところで聴覚的及び視覚的に警報されるべきである。これは作動を開始するシステムと同じものを使って行っても良い。

14.4.6.2 抑制剤の放出が要員に対するリスクを生じる可能性がある場合は、警報は要員が薬剤の放出の危険を避けるのに十分な時間を提供すべきである。

14.4.6.2.1 装置に人が閉じこもるスペースがある場合は、抑制システムによって生じる窒息の危険を評価すべきである。

14.4.6.3 火災抑制システムは、装置が運転不能または保守モードにあるときを含めて、いつも運転していることを可能にすべきである。

注 57: この項の目的においては、「運転不能」には EMO 作動後の装置状態が含まれる。

例外: 多くの抑制システムには危険エネルギー源がある。これらのエネルギー源は要員を保護するために切離し(つまり「ロックアウト」)可能にすべきである。

14.4.6.4 火災抑制システムは、EMO 作動後も通電したままとすべきである。

14.4.6.5 抑制システム用の内部電源が、長時間の保守手順が終わるまで電力を提供し続けられない場合がある（つまり、バックアップ電力の見込み持続時間より長時間の手順）。こうした場合サプライヤは、火災の危険を除去する手順、または電力を火災抑制システムに安全供給する手順のいずれかを文書で提供すべきである。

14.4.6.6 保守モード中に火災抑制システムの自動放出を非作動にする機能を認めることができる。このような非作動スイッチは管理されるべきである（つまり、抑制システムが非作動にされた場合、ユーザにこれを表示し、装置の生産再開をさせるべきでない）。

注 58: 火災抑制システムに付随する危険エネルギーは、装置保守作業中はエネルギー切離し手順（17 項を参照）により切離（「ロックアウト」）してもよい。

注 59: 抑制システムを非作動にすることが許可されるかどうかは、行政管轄区域によって異なる。

14.4.6.7 火災抑制システムがそれを作動するために使用される検知システムと電力を別にする必要がある場合は、24 時間その抑制システムを維持可能なバックアップ電源を組み込むべきである。

注 60: バックアップ電力に対する要求事項は、行政管轄区域によって異なる。

14.4.6.8 火災抑制システムは、設備の警報システムとインタフェースをとれるべきである。これは火災検知システムを通して行われてもよい。

14.4.6.9 火災抑制システムが作動したら、装置が安全にシャットダウンできる最短時間で装置をシャットダウンすべきである。

注 61: 関連規定について 14.4.3.3 及び 14.4.3.4 を参照。

例外: 火災抑制システムの作動により、火災及び安全システムから電力を除くべきではない。

14.4.6.10 火災抑制システムはマニュアルで作動可能にし、それにより装置を遮断し、その場所及び人が常駐する場所の警告信号を作動すべきである。

14.4.6.11 火災抑制システムは装置の代表サンプルを使ってテストすべきである。テスト手順には、健康または環境上の理由で除外する場合を除き、抑制剤放出テストを含めるべきである。このテストは装置サプライヤの設備や類似した設備において実行してよいが、抑制効果を減じ得る全要因（例えば、装置の排気）が適切に再現された条件下で行うべきである。この代表サンプルは完動品である必要はないが、システムの性能に負の影響となり得る要因（例えば、排気、空気流）は再現すべきである。

14.4.6.12 抑制剤ソースへのアクセスを制御する手順を用意すべきである（例えば、許可されていない要員には薬剤シリンダの取り外しをさせない）。

14.4.6.13 装置の設計及び構成は、ライセンスを有する当事者が火災抑制システムの設計及び設置を認証する際に、妨げとならないようにすべきである。

注 62: これはライセンスを有する当事者が設置することを提案しているのではない。しかし、管轄区域によっては、火災検知及び抑制システムの設置者に、その管轄区域で指定されたライセンスを取ることが求められる。

14.4.6.14 火災抑制剤用配管の設置 — 火災抑制剤の配管は以下とすべきである：

- 耐腐食性の部品から製作する、
- 部品周囲の水分の集積を最小にし、その他の汚染を助長する条件を抑制するように設計する、及び
- 機械的検査が簡単に実行できるように設計する。

14.4.6.15 配管は、抑制剤の放出により生じる高圧に確実に耐えるように、設計、設置、及びテストされるべきである。

14.4.6.16 サプライヤは配管の適切な現場設置に必要な情報を提供すべきである。

14.5 警告及び安全な作業慣習 — 装置の火災検知及び抑制機能に関連した警告及び安全な作業慣習（例えば、作動中の火災検知システムの範囲内における裸火の使用禁止、加圧された抑制システムに蓄積された危険エネルギー）を、サプライヤが提供する文書に含めるべきである。

14.6 火災検知及び抑制システムの保守とテスト — 装置サプライヤは、装置と共に供給される火災システムの詳細な保守及びテスト手順を提供すべきである。手順にはテストの頻度の他、テストに必要な特殊装置の詳細を含めるべきである。

14.6.1 クリーンルームの用途では、化学物質発生テスト器具(例えば発煙缶)は避けるべきである。

注 63: 火災検知システムのテストで使用する紫外線／赤外線発生源に関する情報には、25 項(非電離放射線)の考慮が必要となる場合がある。

14.6.2 保守及びテスト手順には、設備インタフェースのテストを含め、装置の全ての火災検知及び抑制システムが機能することを確認するべきである。

14.6.3 検知及び抑制システムは、部品の予防的保守によって(例えば、センサの取り外しや分解の結果として)性能が損なわれることのないように設計されるべきである。

14.6.4 サプライヤは、抑制剤放出テストを行った場合は、放出時の音圧レベルを文書化すべきである。

14.6.5 火災検知及び抑制システムのテストで使用する材料や手順は、装置の予定された機能を実行する能力を損なわないようにすべきである。

14.6.6 サプライヤは火災検知及び抑制システムにある危険エネルギーを説明し、その適切な切離しについての指示を提供すべきである(17.2 項を参照)。

14.7 環境 — サプライヤは装置で使用する火災抑制剤の排出による影響について、ユーザにガイダンスを提供すべきである。

15 加熱化学槽

15.1 加熱化学槽に対する最小限の設計上の配慮についてはSEMI S3 を参照のこと。各加熱化学槽は、以下を有するべきである:

- 接地するか、あるいは GFCI で保護されたヒータ
- 電源遮断
- 手動リセット
- 自動温度制御器
- 液量センサー
- フェイルセーフ温度過昇保護
- 適切な構造材料
- 排気エラー・インタロック
- 過電流保護

注 64: 可燃性あるいは引火性化学物質を使用する槽に対しては、火災防止リスク評価の考慮について 14 項を参照。

16 人間工学及び人間要因

16.1 一般事項 — 人間工学及び人間要因の設計原理を装置開発に取り入れ、人間工学及び人間要因に関連した危険を除去あるいは軽減すべきである。

16.2 適合についての規定 — 装置はSEMI S8 に示されたガイドラインに対して評価されるべきである。サプライヤ人間工学成功基準(DESC, SEMI S8 を参照)、または相当するものを使用して評価結果を文書化すべきである。

17 危険エネルギーの切離し

17.1 一般事項

17.1.1 要員が危険エネルギー源に接触する可能性がある作業には、施錠可能なエネルギー切離し機能が提供されるべきである。

17.1.2 サブアセンブリのサービス作業を安全に行える場合は、サブアセンブリにエネルギー切離しデバイス(例えば、回路遮断器、断路スイッチ、手動バルブ)を用意して、装置システム全体を停止する代わりに使用してもよい。

切離しデバイスは、全ての危険エネルギーをサブアセンブリから切離し、危険エネルギーが切離される位置で施錠可能にすべきである。

17.1.3 エネルギー切離しデバイスを作動または検査する人が、つまずいたり転倒する重大な危険、または通電中の電気部品、運動中の機械、高温で運転している表面や物体、またはその他の危険な装置と接触する重大な危険に曝されないようにすべきである。

注 65: 危険エネルギーには、電気、蓄積された電気(例えば、コンデンサ、バッテリー)、化学、熱/低温、蓄積された圧力(例えば、圧力容器)、吊り下がった重量、蓄積された力(例えば、スプリング)、圧力発生(例えば、水力や気力)、等の損傷のリスクを導く可能性のあるエネルギー源が含まれる。

注 66: ダウンタイムを最短とし、使いやすくするために、エネルギー切離し装置は、保守あるいはサービスが実行される場所に位置することが望ましい。

注 67: 相容れない危険エネルギー源(例えば、電気と水、混触危険性のガス)用のエネルギー切離しデバイスは、分離することが推奨される。

注 68: 危険エネルギーの切離しには以下が含まれる: 危険電圧の通電を止める; 危険生産材料(HPM)の流れを止める; HPM の貯蔵を封じ込める; HPM 及び圧縮空気ラインの減圧あるいは封じ込め; 危険放射のエネルギーをなくすか、全体を封じ込める; コンデンサ内の残存エネルギーの放電; 危険な可動部品の停止; 及び危険温度源の停止。

注 69: 一体となった施錠機能のあるエネルギー切離しデバイスが望ましいが、実現不能、または市場で入手できない場合は、取外し式のロックアウトアダプタを使用してもよい。

注 70: 防火の危険エネルギーの情報は、14 項を参照。

17.2 設置及び保守マニュアル

17.2.1 設置及び保守マニュアルには、装置内の危険エネルギーの種類を示すべきである。

17.2.2 設置及び保守マニュアルには、装置について以下の特定の指示を提供すべきである:

- 順序正しく装置を停止する方法
- 装置の全てのエネルギー切離し装置の位置と操作方法
- エネルギー切離し装置の施錠方法
- 蓄えられているエネルギーの放出方法
- 装置が実際に切離され、エネルギーが無くなっているかを確認する方法
- 装置を切離された状態から適切に解除する方法

17.2.3 製造者が文書で提供するサブアセンブリの保守作業手順が、装置全体レベルでは危険エネルギーを制御しないで作業することを予定する場合は、設置及び保守マニュアルにサブアセンブリレベルでの適切なエネルギー切離し手順を記載すべきである。

17.3 電気エネルギーの切離し

17.3.1 主要なエネルギー切離し機能(装置電源の断路器)は、容易に届く位置に設けるべきであり、通電しない位置でのみ施錠可能にすべきである。

注 71: 複数の給電がある装置では、すべてのエネルギー切離し装置を一箇所に集めることが推奨される。

17.4 電気以外のエネルギー切離し

17.4.1 保守、またはサービス作業の前に、加圧システムや蓄積されたエネルギー等の危険エネルギー源を切離すか、エネルギーの無い状態まで減じるための対策及び手順を装置に用意すべきである。

17.4.2 危険エネルギー切離しデバイスは、容易に手が届く場所にあるべきである。

17.4.3 危険エネルギー切離しデバイスは、危険エネルギーが切離される位置で施錠可能にすべきである。

18 機械設計

18.1 本項は装置の機械的側面に起因する危険を取り扱う。

注 72: これは欧州連合指令の必須要求事項と類似する。サプライヤは任意に装置及びアプリケーションに適切なスタンダードを選んで適合を証明することができる。

注 73: 圧力容器は適用される法令及び規制に適合しなければならない。

18.2 機械の安定性 — 装置、部品、及び付属品は、輸送、設置、及び運転時に合理的に予見される条件で安定しているように設計製作すべきである。特別な取扱い機具や固定具等が必要な場合は、説明書に明示すべきである。固定されない装置は、その設置条件で正常な姿勢から各方向に 10 度傾けても転倒すべきでない。

注 74: 安定性試験の例は、IEC 61010-1 を参照。

18.3 運転中の破壊 — 装置の各種部品及びその結合部は、設計どおりの使い方をしたときに受けるストレスに耐えられるべきである。落下及び飛散物からのリスクを制御する対策が講じられるべきである。

18.3.1 目的の運転環境において考えられる、疲労、経年、腐食、及び摩耗の影響は、機械的危険リスク評価の一部として考慮されるべきである。

18.3.2 対策を施しているにも関わらず破損や分解の危険がある場合（例えば、基板チャックの真空喪失）には、可動部品の据え付け及び位置決めを、破損した場合にその破片が封じ込まれるようにすべきである。

18.3.3 液体あるいはガスを運ぶ剛性及びフレキシブル配管はどちらも、想定される内部及び外部ストレスに耐えることができるものとし、外部ストレス及び歪みに対して耐え得るよう強固に取り付け及び／あるいは保護すべきである。アプリケーションに基づいた適切な安全係数を含めるべきである。

18.4 可動部品 — 装置の可動部品は、危険を避けるよう設計、製作、及び取り付けすべきである。それでも危険が存在する場合には、ガードあるいは保護装置を装置に付けて損傷を招く恐れのある接触を起きにくくすべきである。

18.4.1 機械が多様な使用条件（例えば、さまざまな速度やエネルギー供給）で運転されるように設計されている場合、安全に条件の選択及び調整できるように機械を設計製作すべきである。

18.4.2 可動部品に関連したリスクに対する保護手段の選択 — 可動部品に関連したリスクからの保護に使用するガードあるいは保護装置は、以下を含めたリスク評価に基づいて選択すべきである：

- 保護対象となる危険、
- 各危険シナリオの発生確率及び損傷の重大度、及び
- ガードを取り外す頻度。

18.4.3 ガード及び保護装置。ガードは以下であるべきである：

- 要員が機械的危険に接触するリスクを許容レベルまで減じる、及び
- 新たなリスクを発生させない。

18.5 持ち上げ操作 — 持ち上げ操作に伴う危険（例えば、荷の落下、衝突、あるいは転倒）がある装置は、そのリスクを許容レベルまで減じるように設計製作されるべきである。

18.6 極端な温度 — 要員が接触し得る表面が、高温（表 1 の温度限界による）または著しく低温（-10°C [14°F] 未満）である場合は、ガードを付けるか、設計で解消すべきである。

18.6.1 極端な温度への曝露を、保護あるいは設計で解消できない場合、以下の条件の一方を満足するなら、限界を超える温度が許容される。

- このような表面との意図しない接触が起こりにくい、または
- その部分に、表面が危険な温度であることを示す警告がある。

19 地震保護

注 75: ユーザは地震が起こりやすい地域にも設備を有する。エンドユーザは、現地の地震に対する脆弱性の増大（例えば、地域の地盤状態及び建屋の設計が、加速度を著しく増加する場合がある）及び地域の規制要求事項を理由として、より厳しい設計基準を要求することもできる。管轄地によっては、承認された図面及び計算書が要求される場合がある。