

SEMI S2-93A

半導体製造装置安全性ガイドライン

注意:本安全性ガイドラインは、装置の使用に伴う安全上の全ての事柄について、言及していると主張するものではない。

本安全性ガイドラインの採用者は、その適用に当たっては、適切な安全衛生上の使用方法を確立したり、管理上の規制の適用を決定したりすることに責任がある。

注:リスト又は改定されているように、引用された全てのドキュメントは、適用されるスタンダードの最新版でなければならない。

注:本ガイドラインは、1993 年に改訂されたものである。

1 目的

本ガイドラインは、半導体製造に使用される装置に対する、作業環境上の衛生と、安全要求に基づく最低限の性能として意図している。

2 範囲

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する。

本ガイドラインは次にあげる項目について記述している。

1. 目的
2. 適用範囲
3. 安全についての考え方
4. 一般指針
5. 安全インターロック
6. 化学物質(薬品・ガス)
7. イオン化放射
8. 非イオン化放射
9. 騒音
10. 換気と排気
11. 電気関係
12. 緊急停止
13. 加熱化学槽
14. 人間工学/人間要素
15. ロボットと自動化
16. 危険警告
17. 地震対策
18. 文書
19. 火災防止
20. 環境対策

付録 1 ー 言葉の定義

付録 2 ー 参考資料

付録 3 ー 補足情報

関連情報 1 ー 機械指令付属書 1 及び低電圧指令付属書 1 に対して製品を評価する場合に、SEMI S2-93 がカバーしない諸問題

3 安全についての考え方

3.1 半導体製造に使用される、製造装置の設計及び製造について専門的に述べた安全標準は、ほんの僅かしか存在しない。安全に関し、装置の設置後改造を行うのは高価となり、操業にも影響をもたらすので、作動中や整備中に生じる、既知の安全や衛生上の危険を排除する為に、このガイドラインは、製造装置の設計や製造時に使われるべきである。業界標準、建築・電気・防火基準、法的規制、安全作業が、全ての装置開発計画において、考慮されるべきである。

3.2 このガイドラインで主張する、安全性に関する基本方針は、操作時や整備時において予想される危険が、その設計と製造段階で明確にされ、除外されるべきである、ということである。危険が除去できないところでは、単一の不具合で人や装置やその地域が直ちに危険さらされたり、又は直接傷害や死亡や装置の破壊にならないようにすべきである。全ての装置は、フェイルセーフ又はフルプルーフの設計であるべきである。

3.3 このガイドラインは、半導体製造装置に対する最小限の安全配慮について述べている。装置の操作と整備に関して予想される、次のような項目について述べている。

- 化学物質の危険性
- 放射線の危険性
- 電氣的危険性
- 物理的危険性
- 機械的危険
- 環境問題
- 火災と爆発
- 地震による危険
- 換気
- 人間工学

4 一般指針

本章は、すべての半導体製造装置および試験装置に対する、基本的な安全性ガイドラインを述べたものである。

4.1 ユーザが使おうとしている装置は、これから述べる基本的安全基準に合致しているべきである。これらのガイドラインは、個々の装置に対するガイドラインとして書き改められるよりも、むしろ全ての標準的な装置購入仕様書として、参照されるべきである。ユーザの目的は、安全設計を買うことであり、装置設計ではない。本指針から外れる必要がある場合、ユーザとサプライヤはこの安全性ガイドラインのどんな項目も交渉出来る。

4.2 完成した装置や、その付属品の設計は、製品安全や他の技術専門家により試験され、危険分析されて記録に残されるべきである。危険分析や記録は、装置出荷前の 30 日以内に報告書の形で発行されるべきである。この報告書には、その部品や付属品を含む装置が、ここで述べるその装置が据え付けられる地域の、購入時点で有効なガイドラインや他の現行の製品安全基準、適用される法律、規制、規準等に、合致していると記述すべきである。独立した研究所や製品安全コンサルタント事務所は、このガイドラインに合致しているかどうかを評価する為に、追加テストや調査や評価試験を引き受けるだろう。

例外事項: 装置から技術的に取り除けない全ての危険性は、人的危険性や資産への損害を避けられるように明確に確認され、管理されるべきである。これらの危険性は、装置の操作マニュアルや整備マニュアルや添付文書に記述されるべきである。装置製造者は、これらの危険性を排除する作業継続すべきである。

4.3 装置製造者は、装置がその購入時点での、その装置が設置される地域の、法規や規準に従っていることを保証すべきである。政府機関の証明や承認が必要な装置については、規制によりこの証明や承認を受けている旨、本体やマニュアルに表示すべきである。

4.4 装置製造者は、予想されるどんな危険もユーザに確認し、是正し、通知する為に、品質保証、安全衛生、環境研究の評価計画を持っているべきである。ユーザへの通知は、装置技術者、環境衛生と安全の担当者及び購買部門へすべきである。

4.5 単一の部分の不具合又は装置の誤操作により、人や設備や地域を危険にさらしたり、直接傷害に到ることや死亡や、装置の破損に到ることがないようにすべきである。

4.6 装置製造者は、装置の稼働時や整備時に使用される、危険なプロセス材料のタイプと量についても考慮を払うべきである。装置製造者は、危険な材料の使用を避けたり、最小限にする努力をすべきである。もし、ユーザの使用する特定の化学物質が不明である場合は、装置製造者の標準工程が評価の為に採用される。

4.7 確立された、そして有効な製品安全プログラムを持たず、米国安全スタンダードを総合的に理解をしていない装置製造業者は、装置を開発する間、製品安全性に関する専門家の支援を受けるべきである。

5 安全インターロック

5.1 全ての装置は、装置稼働中における固有の危険性を防止するために、フェイルセーフ・ハードウェア・インターロックを使用するべきである。ハードウェア・インターロックは、それが作動すると、装置が自動的に安全なスタンバイ状態になり、作業員に知らせるように、装置稼働システムをバックアップするべきである。作業員への通知は、原因についての説明が表示されるべきである。

5.2 インターロック機構は、整備作業においては、その自動フェイルセーフ・インターロックシステムを無効にする必要性を、最小限にするように設計されるべきである。危険箇所に対しては、物理的バリアーに結合したインターロックがより好ましい(例えば、レーザービームを覆っているインターロックされたカバー)。取り除くことができない危険に対しては、整備モードにおいて、ソフトウェア・パスワード及び無効可能インターロックによって防護されるべきである。整備モードが終了したら、全てのインターロックは自動的に復帰されるべきである。

5.3 各インターロックのタイプとその動作は、操作マニュアルと整備マニュアルにおいて十分に説明されるべきである。

5.4 30 rmsVまたは、42.2 peakV以上の電圧、RF、危険な化学物質、レーザー、紫外線、放射線発生機器を用いた装置は、人的危害から効果的に防護する為に危険箇所に、(危険防止の為に表示された)物理的バリアーか、インターロックが必要である。その物理的バリアーを取り外すのに特別な工具が不要であれば、インターロックが必要である。

5.5 有毒ガスを使用している装置は、ガス検知装置からの入力信号を、受けることができるようになっているべきである。その際は、装置はガスフローの自動停止と、装置を安全な状態に停止すべきである。

5.6 インターロックは、それが動作したときは、危険な箇所が安全状態にされるべきである。

5.7 全てのインターロックは、その作動後、装置の機能が復旧する前に、それぞれのインターロックは、個々にマニュアルでリセットされるか、又は再起動されるべきである。

5.8 コンピュータ・ハードウェアが誤動作した場合には、自動的に装置を安全なスタンバイモードにもっていくようにすべきである。ソフトウェア・インターロックは、如何なる場合に於いても、バックアップとして重複するハードウェア・インターロックを持つべきである。

6 化学物質

6.1 操作マニュアルや整備マニュアルには、故障が発生する可能性のある主な箇所で、プロセス用危険物質又は危険なプロセス副生成物を使用又は収納している場合は、その事実を明記したり、図面に入れるべきである。マニュアルに、注意、警告、危険のような言葉を使って強調すべきである(注意、警告、危険という言葉の使用は、29CFR1910.144-149 [OSHA]及びANSI Standard Z535に従うべきである)。

6.2 連邦、州及び地区コードのような規則に基づいた、検出を要する危険物質を使用する装置は、サンプリング箇所を装置に取り付けるか、又は製品付属文書の中に、推奨するサンプリング箇所を明示すべきである。また外部監視装置からの入力信号を受けて、危険物質供給を遮断できるようにすべきである。

6.3 装置製造者は、単一装置内では相容性のある化学物質のみを使用するように努めるべきである。もし、相互に化学反応を起こすような化学物質が存在する場合には、不測の接触防止策を一方法のみにすべきでない。

6.4 装置製造者はプロセス副生成物と排気系統廃出物とを、確認するべきである。そしてそれらのユーザによる処理について最良の取扱方法を、装置製造業者は明示すべきである。これには、装置の部分であるラインフィルター、再循環トラップや真空ポンプオイルを含む(詳しくは、SEMI F5 参照)。

6.5 危険物質を加圧して収納する設計の装置の部品は、整備状況下でも余裕を持つべきである。機械継ぎ手は漏洩により、人に化学物質が暴露されることがないように、囲い込まれるべきである(詳しくは、UFC Article 51 参照)。

6.6 通常の整備作業で、化学物質やプロセス副生成物に人体が暴露される場合は、代表的な暴露レベルとその物質名を、ユーザに通知すべきである。

6.7 「警告:この中に危険な化学物質あり」という警告ラベルを、中にそれがある筐体のすべての扉につけるべきである。

7 イオン化放射

7.1 生産又は整備作業中のイオン化放射放出は、最小実用レベルに限定されるべきである。シールド、インターロック及びその他の保護装置が、最小実用漏洩レベルを実現する為に、使用されるべきである。

正常な使用状態においては、装置は、OSHA 29 CFR 1910, NRC 及び FDA, 21 CFR 1000-1050 又は地域規則の要求条件のうち、何れか低い方の値に適合するか、又はそれ以下でなければならない。

7.2 イオン化放射の発生源を持つ装置製造者は、NRCと州(協定州の場合)に届け出るべきである。もし役所の規制で必要ならば、製造時の装置から外部へ漏洩するイオン化放射線のタイプと強度を、文書でユーザに提供すべきである(追加情報については 29 CFR 1910.96 参照)。もし確定した同形式の装置の定格に基づく資料があり、規制でも認められるならば、性能保証をする文書を装置製造者より提出することも可能である。

7.3 イオン放射被爆を制限するための補足的な管理手順が必要な場合には、それらを手順詳細に操作及び整備マニュアルに記述されるべきである。

7.4 全ての危険部分のパネルやシールドは、それらが外されたときにはX線源の稼働、又は密閉された放射性物質への暴露を回避出来るように、インターロックされるべきである。このインターロックは、設計により無効化が出来ないようにすべきである。

7.5 イオン化放射発生源を持つ装置の表示の付け方は、装置製造者または供給者により、21 CFR 1020.40, NRC Part 20, 29 CFR 1910 又は州や地区の規制のより厳しい方によって適用されるべきである。

8 非イオン化放射

8.1 装置の稼働、整備作業中において、非イオン化放射及び電磁界等(紫外線放射による静電界、磁界;それらには紫外線、赤外線、可視光線、RF、レーザー、マイクロ波を含めた)への被爆は、最小実用漏洩レベルに制限され、適用される規準やガイドラインの規制値を超えるべきでない。シールド、インターロック及びその他の保護装置は、最小実用レベルに抑えるように使用されるべきである。装置の設計は通常の稼働、整備、及び修理作業中においては、人体への非イオン化放射への暴露を最小限にすべきである。いかなる状況においても、非イオン化放射は、人間がいる場所における最大許容値を超えるべきではない(追加情報についてはANSI Z-136.1, C95.1 又はOSHA 29 CFR 1046.10を参照)。

8.2 装置及びその周辺の影響区域から発生する、非イオン化放射の周波数/波長及びエネルギーレベルを明記した文書には、非イオン化放射を持つ装置の、全ての部分についてユーザに対して記述されるべきである(追加情報についてはANSI Z-136.1, C95.1 参照)。

8.3 非イオン化放射被爆を限定するための、補足的な管理が必要な場合には、これらを詳細に操作及び整備マニュアルに記述すべきである。補足的検知や警報についての記述も必要である。

8.4 全ての装置は、FDA-CDRHの要求に従うべきである。(追加情報についてはCDRH 21 CFR 1000-1050 参照)

8.5 全ての危険箇所のパネルやシールドは、しっかりと取り付けられ、取り外すのに特殊な工具を要し、既存の規準による表示がされるべきである。

8.6 取り外し可能なシールドやフィルター材料(のぞき窓に使う遮蔽用のフィルムのような)は、裏返しや誤って取り付けられないように設計され、ANSI Z-136.1, C95.1, CDRH 21 CFR 1000-1050 により示されているように、ラベル表示をすべきである。

9 騒音

9.1 装置は、どんな場合も騒音レベルが、80 dB(A)を超えないように最低実用dB(A)レベルで作動するように設計されるべきである(追加情報については 29 CFR 1910.95 参照)。要求に合致することを示すテスト結果は、ユーザの要求に応じて提出されるべきである。

9.2 必要に応じて騒音レベルテストは製造者の工場又は適切な試験室で実施されるべきである。測定方法は、ANSI S1.13(R1976), 米国音響学会STD4(ANSI S3.17), 又はANSI S1.4 によるべきである。その適用については、ACGIHの要求条件により確認されるべきである。

例外事項:実際の騒音レベル試験報告書の代わりに、同じタイプの装置の騒音定格に基づくものであれば、代替定格保証としての提出ができる。

10 換気と排気

10.1 換気される筐体は、通常稼働、整備の場合、更に他の制御システムの故障の場合に、化学物質の放出に対し、効果的に安全に制御出来るように設計され、試験し実証されるべきである。これらの装置は、洩れた化学物質が装置を侵さないように、実用化出来る限り空気流の利用を最適化すべきである。これらの方法は、ACGIH 工業換気 — 実用化推奨マニュアル, OSHA 29 CFR 1910, SEMI S6 換気, 又は設置される現場で適用される、モデル機械規準に規定されている設計方針に、準拠すべきである。

10.2 危険な化学物質を使用したり、危険性のあるプロセス副生成物を発生するような装置は、一次的な安全対策として、局部的な排気による換気装置を、使用するよう設計されるべきである。外部処理を必要とするような排気負荷は最小限にするべきである。連続流による整備時に必要な補助的な排気は、装置の連続排気を減少させたものを充当して使用すべきである。

10.3 NFPA 704 において人の健康上、可燃性又は反応強度 3 又は 4 に規定された化学物質を使う装置では、そのような物質を送る火溶接継ぎ手を、排気された筐体中に取り付けるべきである。装置供給者は、外部排気が必要であるときは、その旨明示し条件を明かにすべきである。

10.4 ガス配管に対する二次封じ込みや排気装置は、現実が生じうる最悪事態の漏洩の発生に対しても、保証出来るように設計されるべきである。

10.5 装置開発の間、装置供給者は、これらの規準に合致していることを示す試験を実施すべきである。排気流量は実際の応用試験によって決定されたということを示す文書を用意するべきである。SEMI F15 で示すトレーサーガス分析は、推奨出来る試験方法である。

10.5.1 漏洩の目標は零であり、通常の稼働状態では、ACGIHの推奨するTLV, PEL, 又は検知レベル下限の1%を超えるべきではない。

10.5.2 二次封じ込みの外側筐体は、作業環境雰囲気や排気装置の不具合の間も、ACGIHの推奨するTLV又はPELの25%以下に制御すべきである。

10.5.3 装置から作業環境域への放出は、整備作業中においてTLV, 又はPELの25%以下とすべきである。

10.5.4 作業区域に於ける危険な化学物質の雰囲気濃度の測定は、NIOSHにより確立された感度と精度とを持つ公認の方法を使うか、又は国家的に認められた標準か、又は試験方法によりなされるべきである。

10.6 筐体や取り外し可能なパネル及び開口部の大きさは、最小限にすべきである。

10.7 装置製造者は、気体の静圧、体積流量、排気流量測定がなされる箇所、及びユーザの排気装置に使われるダクト材料を明示すべきである。

10.8 装置製造者は、それぞれの排気流量規定し、排気の用途種別(熱排気、スクラバー排気、溶剤排気、発火性排気、その他)を、区別すべきである。

10.9 排気システムのインターロックは、危険化学物質を使う全ての装置について、装置製造者が用意すべきである(排気装置はユーザ側の施設であり、その監視装置もユーザから支給されるべきであるが)。排気が前述のセットポイント以下に落ちた場合には、可視及び可聴の警報で作業者に通報出来、かつ、プロセス装置は安全なスタンバイ状態にセットされるようにすべきである。

11 電気関係

11.1 通電中作業(ホットワーク)

装置製造者は、装置の設計に際して、通電中に校正、テスト及び整備を実施するような必要性を、最小限にすべきであり、被覆されていない通電された回路近傍の部品に対する作業を、最小限にすべきである。装置製造者は、「ホットワーク」の分類のタイプ 3, 4, 5 等の作業分類を、可能な限り多く 1 または 2 の作業分類に、移行させることが望ましい。これは、高電圧測定のための安全なリモートテストポイントを設けるというような、ハードウェアの変更によって可能である。タイプ 3, 4, 5 の作業は、整備マニュアル中に指示事項として、特別に記述されるべきである。下記は、通電作業の 5 種類について述べたものである。:

タイプ 1 – 装置は全く通電していない状態である(無通電状態)。

タイプ 2 – 装置は通電されている。通電されている回路は、カバーされているか又は絶縁されている。作業は、偶発的な感電を防止できるような離れた場所で行われている。

タイプ 3 – 装置は通電されている。通電されている回路は、露出されており、偶発的な接触の可能性はある。電圧又はエネルギーは、30 rmsV, 42.2 peakV, 240 VA, 又は 20 Joule 以下である。
(NEPA79-14.3, IEC204, UL1950 & 1262, IEC950を参照せよ)

タイプ 4 – 装置は通電されている。通電された回路は露出されており、接触可能である。電圧は 30 VrmsV, 42.2 peakV, 240 VA, 20 joules 以上か、又は RF エネルギーが存在する。

タイプ 5 – 装置は通電されており、測定や調整には、装置の内部に人体の入ることが必要であるか、又はクランプ・オンプローブは使えない装置の形状である。

装置製造者は、その装置の操作と整備マニュアルで、タイプ 3 又はそれ以上の通電中作業(11.1 で定義しているように)を、タイプ別に記載すべきである。

11.2 装置は、ロックアウト/タグアウトに関連するとして、ユーザが OSHA 29 CFR 1910.147(危険エネルギーの制御、ロックアウト/タグアウト)と 29 CFR 1910.331-335(電気安全作業施工要領)に、準拠する手段を用意すべきである。推奨できるロックアウト/タグアウトの手順や、支給されたロックアウト器具の取付方法を、整備マニュアルや据え付け説明書の中に入れるべきである。

11.3 電気関係の設計

装置製造者は、下記の電気設計ガイドラインに従うべきである(NFPA 79 設計の特記事項参照)。

11.3.1 装置製造者は、30 rmsV又は 42.2 peakV以上の露出回路には、絶縁又は接地された導体の物理的バリアー(カバー)を用意すべきである。危険箇所を覆ったバリアーは、覆っている危険を明示すべきである。可視危険警告は、SEMI S1-90, ANSI Z535 又は同等の規準によるべきである。

11.3.2 装置設計に際しては、整備、修理、改造、校正及び調整中における感電の可能性を最小限にするべきである。露出され通電された回路、部品、端子台には、偶発的な接触から作業員を守るため、取り外し可能な絶縁性で、不燃性材料のカバーを取り付けるべきである。

例外事項: その様なカバーは、開けるのに工具を要し正しく表示があり、通電回路に偶発的な接触を最小限にする設計がなされている筐体については必要ない。

11.3.3 装置では、その表面カバーと制御機器のアース回路の間に 3.5 mA以上の表面漏洩電流があるべきでない。装置内の接地回路抵抗は、装置の如何なる測定点及び主接地導体との間で、10 分の 1Ω 以下であるべきである。接地導体及びコネクタの電流定格は、NECで規定されているように、関連する非接地導体及びコネクタの電流定格と同等であるべきである。

11.3.4 装置組立時における全電気部品及び配線は、その装置が使われる国の、最新の電気規準で設計されるべきである。

- － 米国:NEC/NFPA 70, NFPA 79
- － 日本:JIS
- － 欧州:IEC 950, IEC 204

重要な電気又は電子部品(その不具合が電気ショックや、火災、人身事故を引き起こす場合)は、国家承認の試験機関により承認された物か、又は同等機関で承認された保護器具で囲われたり、保護されるべきである。

11.3.5 電気配線は、その両端が容易に識別出来る様に、国際規格又は(使用される)国内規格に従って、カラーコード又は表示を付けるべきである。

11.3.6 電気筐体は、NEMA又は同等の規準に従って製作されるべきである。

11.3.7 主電源遮断として使われる電気部品に対する遮断定格は、据え付け説明書と整備マニュアルに明記されるべきである(追加情報についてはNEC 110-9, 110-10 参照)。ユーザは最小限、次の項目について要求すべきである:

全ての 208/120 V 主回路保護に使用されている部品は、少なくとも入力端子において 208/120 V で 10,000 rms 対称 A の、短絡電流に耐えられるような定格を持つべきである。480/277 V 回路では、保護器具は最低 14,000 rms 対称 A に耐えるべきである。

例外事項:過電流保護器具で、もし他の電流保護器具の負荷側にあり、上記に述べた様に、妥当な AIC 定格、遮断電流定格を持っていれば、それらは 10,000 AIC(又は 14,000 AIC)を持つ必要はない。この過電流保護器具は、その装置の近くに取り付けられねばならない。

11.3.8 施設から装置への供給電力は、単一箇所から供給されるべきであり、11.3.7 で定義され主断路器に接続されるべきである。この断路器は、11.2 に明記されているロックアウト出来る構造を持つべきである(追加情報についてはOSHA 29 CFR 1019.147 参照)。

例外事項 1:補機や分電盤への内部電力分岐回路は、例外とする。

例外事項 2:2 電源以上の供給電源を持つ装置は、ロックアウトと次の様な文章が、全ての断路器に用意されるべきである“危険、感電の恐れあり。取扱いの前に全ての供給電源回路を遮断せよ”

例外事項 3:電源が臨界装置系を維持する為に、施設の無停電電源回路(以下 UPS)から供給されるときは、装置全体ではないが、二次電源供給として使われるかもしれない。外部の UPS からの供給電源は、緊急遮断回路が動作したり、装置の主電源開閉器が開となった場合は供給されない。

11.3.9 全ての装置には、外部電源接続部脇に、最低限、製造者名称、形式番号、製造番号、電気定格(電圧、電流、周波数、多相電源の場合はその相数と線数)を明示した銘板を取り付けるべきである(追加情報についてはNEC 670-3, NFPA 79, Chapter 2-7 参照)。

11.4 無停電電源装置(UPS) — 出力電圧 30 VAC又はDC、又は 500 VA以上の出力を持ち、装置の内蔵型のUPSに適用する(追加情報についてはNFPA 111A参照):

11.4.1 UPSの出力は、緊急停止回路が動作したり、主電源開閉器が開の場合は停止されるべきである。緊急停止回路又は主電源開閉器は、ハードウェアによるフェイルセーフ回路であるべきである。

11.4.2 UPSは、主電源筐体の中に設置すべきである。もし、そうでなければ、装置の他の部分と物理的に分離されねばならない。

11.4.3 UPSは国家承認試験機関の認定品であるべきである。

11.4.4 UPSからの配線は分離され、末端は「UPS電源出力」との明示をされねばならない。

12 緊急遮断

12.1 装置には、それが起動されると、装置を安全な停止状態にもっていく、緊急遮断回路(EMO)を持つべきである。安全な遮断状態では、装置の中の危険の程度を増大すべきではない。

例外事項: 単独の装置として使われるのではなく、何台かの統合された最終用途の装置の中で使われる(ユーザシステムから電源の供給を受けるときは)装置では、緊急遮断を用意する必要はない。しかしながら、そのような装置の据え付け説明書には、最終用途装置製造者に、最終用途装置の遮断回路への接続を指示するべきである。

12.2 緊急遮断回路(EMO)は、安全電圧で駆動されるEMO(通常 24 V)及びその電源以外の装置に対する全ての電力を、遮断するようなフェイルセーフ回路であるべきである。EMOは、主電源回路を断にさえしなければ、無効にならないように設計されるべきである。EMOは、装置の稼動システム(OS)とハードワイヤーで接続されるべきである。EMO回路は、電源が自動的に回復されないように、手動でリセットすることが要求されるべきである。EMOのリセットスイッチにより、装置に対して自動的に給電されるべきではない。

注: EMOは、給電された制御部品よりも無給電の部品によって、その機能を発揮するようにすべきである。

12.3 緊急遮断機能とそのハードウェア構成は、装置据え付け説明書及び整備マニュアルに、明確に記述されるべきである。

12.4 全てのEMOボタンは、明確な表示がなされ、作業及び整備箇所から用意に手が届くようにすべきである。装置本体や、別置のいくつかの補機で構成される装置の各所から、操作出来ることを保証する場合には、いくつかのEMOボタンを必要な場所に用意すべきである。EMO回路は、安全なEMO電圧が供給されているUPS出力回路では、無効であるべきである(追加情報についてはNFPA 797-2 参照)。

12.5 EMOボタンは赤色であり、パーム型又は茸型をしており、偶然的な作動を最小限にするような位置に取り付けられるべきである。装置の背後や整備箇所では、固定出来るタイプが考慮されるべきである。

12.6 他の目的で使用されるボタンは、NFPA 79, Chapter 11 のガイドラインに従うべきである。

注: 装置が緊急遮断と緊急停止、その他を持っている場合、EMOは赤色で他の用途のボタンはNFPA 79 Chapter 11 のガイドラインにより、他の色を使用すべきである。

13 加熱化学槽

加熱化学槽に関する安全性ガイドライン(SEMI S3-91)は、最低限の安全性設計条件として使用されるべきである。全ての加熱化学槽は、下記事項を整備されるべきである:

- 接地された又は漏電遮断器付きのヒーター
- 電源遮断
- マニュアルリセット
- 自動温度調節器
- 液体レベルセンサー
- フェイルセーフの過昇温度対策
- 適正構成材料
- 排気故障用インターロック
- 過電流保護

14 人間工学/人間要素

14.1 概論 — 製造装置は、人の傷害や装置の破損を防止するよう設計されるべきであり、操作手順ミスの誘発を最小限にすべきである。装置設計の特色は、作業員の作業負荷や、情報処理要求や肉体的要求が、ユーザの能力を超えたり安全を妨げることがないように、保証すべきである。以下に、更に説明を加えたり、又はSEMI S8 (装置の人間工学ガイドライン)や、付録 2 の適用可能な参考資料により詳細が述べられているガイドラインを示す。

14.2 人間工学的危険 — 人間工学的危険は、設計上で取り除くか又は最大限実行可能限度まで減らすべきである。人間工学的危険性は、装置設計や据え付けが、その作業要求量(又はレベル)に於いて、訓練された作

業者の情報処理や肉体的能力を超えた結果、何時でも存在することになる。この危険性は、以下の結果として発生するだろう：

- (a) 作業するのに混乱させるような制御
- (b) 読みとったり、理解するのが困難な表示
- (c) 重いか又は大きい部品の持ち上げ
- (d) 反復動作
- (e) 静止したそして又はぎこちない姿勢
- (f) 狭い入り口、不適当な隙間、届かない高さ（又は奥行き）、折り曲げ姿勢又は屈み込む姿勢

14.3 体格の特徴 — 装置は、ユーザ人口の 90%の体格に合致するように設計されるべきである（アジア系女性の 5%からアメリカ人男性の 95%まで）。ユーザの体格を考慮した設計は、以下の事柄を含むがそれだけに限らない：

- (a) 繰り返し動作要求は、身長の高い作業者の届く範囲内に限られること
- (b) 大きな作業者にとって、十分な入り口、隙間が用意されていること
- (c) 手で操作する際に、全ての作業者の操作能力の範囲にあること
- (d) 表示は見やすい位置に置かれていること

操作や表示方法は、ユーザの期待に応えるものであるべきである（例えば行動傾向）。

14.4 操作性

14.4.1 装置の操作盤や表示は、操作の容易性を促進すべきである。装置設計は、定常と非定常（例：緊急時又は傷害発生時）作業の両方を考慮すべきである。作業者へのリスクは、作業手順のミスの可能性とその結果による両方のリスクを、最小限にするべきである。

14.4.2 可視と可聴の信号により、作業者に不安全で有るか、又は直ちに処置が必要な状況かを警告すべきである。

14.4.3 適切で統一されたフィードバック方法が、装置の状況を表示したり、制御信号を入れたり、装置の条件を変更したりするために、用意されるべきである。

14.5 メンテナンス性/サービス性 — 装置設計と据え付けは、整備と修理を容易にすべきである。次のような特別な配慮が含まれるべきである：

- (a) 明確な不良動作検知方法と、不具合の部品を分離する方法を持った設計
- (b) 部品の取り外しと交換の容易な構成部品のユニット包装
- (c) 試験、修理、整備、又は交換が必要な部品へ手が届くこと
- (d) 重量のある、又は大きな部品の持ち上げ補助器具

14.6 訓練 — 装置設計は、人手と時間と費用とその効果を考慮して、教育要求を最小限にすべきである。

14.7 文書添付書類に於いて、装置の特色に関する人間工学上の設計思想について記述し、確認すべきである。公認された方法と実施方法とが、人間－機械間のインターフェースを評価する際に採用されるべきである。

15 ロボット工学と自動化

ANSI/RIA R15.06 が、最低限の安全性設計条件として使用されるべきである。ロボット工学と自動化によって、一般的に装置の持つ危険の程度を増大させてはならず、むしろ、以前から存在していた操作上、化学的、電氣的、そして機械的危険を最小限にするような設計をするべきである。

16 危険警告

全ての電氣的、化学的、熱的、機械的危険は、装置上に明示されるべきである。全ての化学的危険は、記述ラベルによって明示されるべきである。他の全ての危険ラベルは、SEMI S1 又は ANSI Z535, IEC 417 又はこれらと同等の規準に従うべきである。すべての危険は、操作及び整備マニュアルに明示されるべきである。注意、警告及び危険の用語の使用は、29 CFR 1910.141-149 と ANSI Z535 とに合致すべきである。