

SEMI S8-95A

半導体製造装置の人間工学/人的要因に基づくエンジニアリングに対する安全性ガイドライン

注意：本ガイドラインの利用については、安全性に関連した全ての問題について記述することが目的でない。利用するにあたり妥当な安全性及び健康維持を確立し、そして規制の適用範囲を決定するのは、ガイドライン使用者の責任である。

注意：本ガイドラインは人間工学/人的要因の様相の記載と、効果的な人間－装置間の作業の為、全般的設計目標も数多く含まれている。本ガイドラインの安全性と健康維持を適用した時でも、本ガイドラインの利用については、安全性に関連した全ての問題について記述する事が目的ではない。利用するにあたり妥当な安全性及び健康維持を確立し、そして規制の適用範囲を決定するのは、ガイドライン使用者の責任である。

注：記載か改訂に際し、引用する全ての文章は採用されたスタンダードの最新版でなくてはならない。

1 目的

このガイドラインは、半導体製造装置に考慮すべき事項に人間工学的/人的要因設計原則を提供している。これは装置製造者と装置購入者間に柔軟な協力体制のガイドラインを提供するために開発された。本ガイドラインを厳守することで、半導体製造の環境における装置とユーザ作業員の統合について融和性が高まるであろう。

2 範囲

本ガイドラインは、半導体製造装置の設計、据え付け、操作、保守及びサービスに対して適用される。本文書は以下の内容を含む。

- 目的
- 範囲
- 制限
- 参考文献
- 用語
- 関連文書
- 人間とシステムの統合の原則
- 全般的ガイドライン
- 作業位置の設計
- 保守性及びサービスの為の設計
- 持ち上げ、握力、及び材料の取り扱い
- 危険警告と警報
- 操作部と表示
- ユーザとコンピュータインタフェース
- 文書
- 関連情報 1－人体測定学リソースデータ
- 関連情報 2－人間工学リソースデータ
- 関連情報 3－人手による材料取扱いのリソース情報
- 関連情報 4－3 ゾーン等級付けシステム
- 関連情報 5－サプライヤの人間工学サクセス
判定基準

注：本ガイドラインは人間工学/人的要因の安全性と非安全性の様相について記載し、効果的な人間－装置間の作業の為、全般的設計目標も数多く含まれている。その為、安全リスク分析（SEMI S2, 4.2 項）のサポートとして、

本ガイドラインを使用する際、SEMI S2 の分析の中で識別された直接安全性に関係するか、危険を分析するのに必要な部分だけが適用し得る。評価者は、不適合が容認出来ないレベルの危険であるかを、SEMI S2 の安全評価の一部として判断すべきである。

3 制限

3.1 法規により要求される場合を除き、本文章は各条項の一行一行に対して厳密に適合し評価される事を望んでいない。装置が使用されている場所の規制要求を満足しているかは、国家、国際、及び地域のスタンダード、コード、規制を調べて確認すべきである。

3.2 データの適用制限－参照や仕様として集録されている人的要因データは、そのデータの基となった集団及びデータ収集の目的によって影響される。多くの人間工学的設計の基準は、限定された対象を使った研究に基づいていたり、または、ある状況特有のものである。データの解釈や開発の必要性がある場合は、人間工学の専門家に相談すべきである(サンプルデータについては関連情報 1, 2, 3 参照)。

3.3 特定集団－装置サプライヤは、特殊な要求を有する装置ユーザに対して合理的な装置設計を奨励する。例えば、左利き、色盲、聴力障害、視力障害、身体障害など。ユーザ集団の大部分に柔軟に対応する設計は、こうした特殊な要求を持つユーザと装置の効果的なインタフェースも許容し得るが、このガイドラインは全ての特殊な要求を予測し完全に適応することはできない。

4 参照文書

4.1 SEMI文書

SEMI S2 Safety Guidelines for Semiconductor Manufacturing Equipment

4.2 ANSI文書¹

ANSI/NFS 100 American National Standard for Human Factors Engineering of Visual Display Terminal Workstations

ANSI Z535.4 Product Safety Signs and Labels

4.3 EN文書²

注：以下の EN スタンダードは、EU 内で使用される半導体製造装置に対し適用する為に挙げられている。EN スタンダードは、広範囲の産業用及び民生用製品に使用する事を目的としているため、SEMI の安全性ガイドラインと相反する場合が有り得る。さらに、提案中の EN (prEN) スタンダードは採用に先立って改訂される場合がある。従って、EN スタンダードへの現実または潜在的な不適合は、規制当局者、Competent Body と確認するか、または購入者の受け入れを確認すべきである。

prEN 894-1 Safety/Ergonomics for Operator Interaction

prEN 894-2 Safety/Ergonomics for Display

prEN 894-3 Safety/Ergonomics for Control Actuators

EN 60204-1 Safety of Machinery-Electrical Equipment of Machines, Part1. Terminology and General requirements

prEN 50099-2 Safety/Marking Principles

prEN 614-1 Safety of Machinery - Ergonomic Design Principles, Part 1. Terminology and General Principles

4.4 Militaryスタンダード³

MIL-STD-1472 Human Engineering Design Criteria for Military Systems, Equipment and Facility

4.5 NFPA文書⁴

NFPA 79 Electrical Standard for Industrial Machinery

4.6 SAE文書⁵

SAE J833 Human Physical Dimensions

¹ American National Standards Institute, 1430 Broadway, New York, NY 10018 USA

² European Committee for Standardization, Central Secretariat, Rue de Stassart 36, B-1050 Brussels, Belgium

³ Superintendent of Documents, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. 20555 USA

⁴ National Fire Protection Association, Batterymarch Park, Quincy, MA 02269 USA

⁵ Society of Automotive Engineers, 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096 USA

4.7 その他の文書

NIOSH Publication No.81-1226 Work Practices Guide for Manual Lifting, National Institute for Occupational Safety and Health, 1981

Pheasant, Stephen, Bodyspace Anthropometry, Ergonomics and Design, Taylor & Francis, 1988

Snook, Stover and Ciriello, The Design of Manual Handling Tasks - Revised Tables of Maximum Acceptable Weights and Forces, Ergonomics, Vol. 34, No. 9, 1991

Lifting Tasks, Ergonomics, Vol. 36, No. 7, 1993.

Waters, Thomas, et. al., Revised NIOSH Equation for the Design and Evaluation of Manual Lifting Tasks, Ergonomics, Vol. 36, No. 7 1993.

5 用語

5.1 作業管理 (Administrative Control) ー問題のある作業にさらされる時間, 頻度, または程度を減らすことで, 作業者を危険から保護する手法。

5.2 警報 (Alarm) ー危険警告を示す聴覚または視覚信号。

5.3 人体測定学的配慮 (Anthropometric Consideration) ー作業者の人体測定学上(寸法, 強さ)の限度に基づく設計制約。

5.4 人体測定学 (Anthropometry) ー人間の物理的差異の測定による記述。

5.5 無理な姿勢 (Awkward Posture) ー継続したり頻度が高いと疲労をもたらす姿勢。

5.6 キャンセル (Cancel) ー警報信号を認知して消すこと。

5.7 認知 (Cognitive) ー人間の情報処理, 知覚, および注意力に関連した。

5.8 操作部 (Control) ープロセスやシーケンスを指示あるいは調節するための, 手段または器具。

5.9 重大な (Critical) ー人体に対する危険や, 製品または装置に対する損害に直接関連した。

5.10 重大な操作部および表示 (Critical Controls and Displays) ー作業者に対する危険や, 装置または製品に対する損害が生じる恐れのある, 安全でない状態に装置が入ることを防いだり, その状態に装置が入りつつあることを示す操作部および表示。緊急停止 (EMO) スイッチ, インターロック無効表示器, 誤動作警報はその一例である。

5.11 表示 (Display) ー語句, 数字, 記号, 絵, または図面による, 情報の視覚表示。

5.12 緊急停止 (Emergency Off) (EMO) ースイッチを入れると装置を安全な運転停止状態にする制御スイッチ。

5.13 工学的管理 (Engineering Control) ー設計段階で危険を排除または軽減する管理手法。

5.14 装置サプライヤ (Equipment Supplier) ー装置が所有者に販売される際に経由する業者。製造者, 小売業者もしくは輸入業者が考えられる。

5.15 人間工学に関連する危険 (Ergonomic-Related Hazard) ーユーザにストレスを生じる装置または作業環境。このストレスが急性の傷害または蓄積性疲労を引き起こす危険となりうる。

5.16 人間工学 (Ergonomics) ー作業環境および作業者によって操作される装置に関連した, 人間の心理的, 身体的能力の研究。

5.17 人間工学/人的要因問題 (Ergonomics/Human Factors Issues) ーユーザの身体および認知の要求, 能力, 人間の動作の限界を扱う諸問題。機械の設計, 作業, その他の人間の作業環境の変更に関連している。

5.18 過度のリーチ (Excessive Reach) ー生体力学的ストレスをユーザに生じる, 拡張したリーチ。

5.19 拡張したリーチ (Extended Reach) ー身体を曲げたり, 伸ばしたり, 屈めたり, しゃがんだりすることを必要とするリーチ。

⁶ National Institute for Occupational Safety and Health, Technical Information Branch, 4676 Columbia Pkwy, Cincinnati, OH 45226 USA

- 5.20 反復作業(Frequent Task)－ひと周期 30 秒以下の仕事, 全体の仕事の周期の 50%以上が, ひとつの基礎周期の実行に費やされる場合に該当。基礎周期の速度が 2 回/分以上, 操作回数 2000 回/日以上, または 4 時間以上ビデオディスプレイターミナル(VDT)を繰り返し使う作業。
- 5.21 機能(Function)－人間－装置システムが, 性能目標や仕様を満たすために達成しなければならない動作や作業。
- 5.22 偶発的作動(Inadvertent Actuation)－偶然による, または意図しない制御の起動, 停止。
- 5.23 非反復作業(Infrequent Task)－2 時間あたり 1 回以下の仕事。
- 5.24 据え付け(Installation)－装置がユーザの工場にて受け入れられた後, 最初のサービスの準備として実行される一連の作業。移送, 吊り上げ, 荷解き, 設置, 水平出し, 施設への取り付けが含まれる。
- 5.25 保守(Maintenance)－装置の性能を保証するためにユーザによって実行される諸機能。クリーニングと消耗品の補給が含まれよう。
- 5.26 モックアップ(Mock Up)－装置の原寸模型。通常は比較的安価な材料で作られ, 人的要因の評価に使用される。
- 5.27 標準視線(Normal Line of Sight)－両目を結ぶ線に垂直で, 目の水平位置より 15 度下向きの線。
- 5.28 随時作業(Occasional Task)－非反復作業よりも頻発かつ, 反復作業より少なく実行される作業。
- 5.29 操作(Operation)－操作員が装置に所定の目的を実行させるために行う機能の構成。これには, 製品のロードと外部制御装置の設定, 操作が含まれよう。
- 5.30 操作員(Operator)－意図された機能を実行するために必要な程度だけ, 装置の操作をするユーザ。
- 5.31 オーバーライド(Override)－現在の制御システムの状態に対する優先権を得ること。
- 5.32 保護具(Personal Protective Equipment, PPE)－実行する作業において付随する危険に対して, 人への傷害の可能性を減らすために着用する器具や衣服。本文書においては, クリーンルーム用服装(手袋, 無塵衣, ブーツ, フード等)は保護具として考慮されない。
- 5.33 基本視野(Primary Viewing Area)－ユーザの標準視線の周囲 30 度の円錐で囲まれた範囲。ユーザが主要な作業範囲にいる時に適用。
- 5.34 問題作業(Problem Tasks)－操作員への生体工学的ストレスや傷害, 誤操作, または装置や製品に対する損害を生じる可能性のある人間工学的条件が存在する, と定義された作業。
- 5.35 危険要因(Risk Factors)－人への傷害/病気, 装置, 環境または製品への損害の可能性与える設計の諸要因。
- 5.36 半導体製造装置(Semiconductor Manufacturing Equipment)－半導体や半導体のサポートプロセスに関連する, 設計, 開発, 製造, 組立, 測定および試験に用いられる装置。
- 5.37 サービス(Service)－通常は修理の意味。サービスは特別に訓練されたサービス員または高度な知識を持つユーザによって, サービス指示書として特別に区別される指示に従って実行される。ある保守手順が希であったり, 複雑かつ高度に専門的である場合は, サービスとして定義され得る。
- 5.38 静止姿勢(Static Posture)－身体の特定の部位が動かない, 固定した姿勢。
- 5.39 作業(Task)－仕事の周期の中で実行される, 関連した作業要素のひとかたまりで, 特定の目的に向けられるもの。
- 5.40 作業分析(Task Analysis)－装置を操作したり仕事を行う時に, ユーザに要求される特定の行動を決めるために用いられる分析プロセス。各々の作業のステップは, 認知, 判断, 記憶, 姿勢, 生体工学的要求, 予想される誤りの項目別に記述される。
- 5.41 ユーザ(User)－装置を操作する人。ユーザは, 操作員, 保守員, サービス員, その他の人員を含む。

5.42 ユーザ集団 (User Population) – 操作, 保守, サービス作業のために装置を操作する事が無理なく予想される, 人の代表分布。

5.43 確認試験 (Validation Testing) – 設計の有効性を確認するための試験。

5.44 警告 (Warning) – 危険な状態をユーザに知らせるために用意された指示 (ラベル, 文章, メッセージ等)。一般には, 警告は危険を識別し, 危険をどのように避けるかの詳細な情報を提供し, 指示に従わない場合の結果を説明すべきである。

5.45 保管棚 (WIP Nest: Work In Process Nest) – 加工中の製品の保管用構造物。

5.46 作業環境 (Work Environment) – 半導体デバイスおよび付随するサポートプロセスが設計, 開発, 製造, 組立, 測定, 試験される場所。

5.47 作業場レイアウト (Workplace Layout) – 工場内での装置の物理的配置。

5.48 作業スペース (Workspace) – ユーザが装置を操作, 保守, サービスするために利用し得る場所。

5.49 作業位置 (Workstation) – 装置の操作部と表示器がある場所, および材料のロード/アンロードの位置。

6 関連文書

- Bailey, Robert W., Human Performance Engineering, Prentice Hall, 1989.
- Bass, Lewis (ed.), Products Liability-Design and Manufacturing Defects, Shepards/McGraw-Hill, 1986
- Eastman Kodak Company, Ergonomic Design for People at Work, Vols. 1 and 2, Van Nostrand-Reinhold, 1983.
- Grandjean, E., Fitting the Task to the Man: A Textbook of Occupational Ergonomics (4th Ed.), Taylor & Francis, 1988.
- Konz, S., Work Design: Industrial Ergonomics (3rd Ed), Publishing Horizons, 1990.
- Miller, Dwight P. And Whitehurst, Hugh, Preventing User-Hostile Interfaces in IC-Fab Equipment - Ergonomic Approaches for Preventing Ten Frequent Interface Problems⁷ SEMATECH Technology Transfer #92091299NA-ENG, Nov. '92.
- Salvendy, Gravriel (ed.), Handbook of Human Factors, Wiley, 1987.
- Sanders, Mark S.and McCormick, Ernest, Human Factors in Engineering and Design (7th Ed.), McGraw-Hill Book Company, 1993.
- Schneiderman, Ben, Designing the User Interface, Addison-Wesley, 1987.
- VanCott, Harold P.and Kinkade, Robert (eds.), Human Engineering Guide to Equipment Design, U.S. Government Printing Office, 1972.
- Woodson, W. E., et al., Human Factors Design Handbook, McGraw-Hill Book Company, 1992.⁷

7 人間-システム統合の原則

以下の一般原則は, 装置の人間工学/人的要因に基づく設計及び評価に不可欠である。

7.1 人間と機械間の機能配分 – 装置の設計は, (一般的には分析から導かれるように) 作業をハードウェア, ソフトウェア, ユーザに配分し, それぞれの能力が最大限に生かされ, また制限や危険を最小限にするように, 安全性と性能を最適化すべきである。

7.2 ユーザの期待 – 装置の設計は, 経験と現行の作業習慣に基づくユーザの期待に沿うことにより, 誤りと故障の可能性を最少化すべきである。

7.3 人間の身体能力 – 装置の設計は, ユーザ集団の身体の大きさ, 体力, 動作範囲に装置を合わせる事により, 作業実行を容易にし, 疲労および傷害を最少化すべきである。

8 一般的ガイドライン

8.1 人間工学に関連した安全性の問題 – システム設計, 据え付け, 操作, サービスまたは保守の要因により, 適切に訓練されたユーザの情報処理能力または身体能力を上回る作業の要求が発生した時は, 人間工学に関連した安全性の問題が必ず生じる。例えば, 安全性の問題は次のものが原因となる:

⁷

SEMATECH, Technology Transfer, 2706 Montopolis Dr., Austin, TX 78741 USA

- － 静止した、もしくは無理な姿勢。
- － 手や、身体が入りにくい場所、不十分なクリアランス、過度のリーチ。
- － 重いかまたは大きい部品の持ち上げ。
- － 読み取りまたは理解が困難な表示。
- － 混乱させるような操作部または操作に力のいる操作部。
- － 特定できない警告の使用や機械の問題についての誤った情報伝達。

8.1.1 人間工学に関連した安全性の問題は、生産する前に設計で解決するか、さもなければ最小限に止めるべきである。人的要因を基本設計に取り入れ、また作業要求を人間の作業能力と制限に従って構成する事により、人間工学に関連する危険は減少される。

8.1.2 装置の設計に於いて、人間と機械または人間と作業の組み合わせを誤った事が原因となる潜在的なエラーの種類(例えば不注意による作動、抜けまたは指示ミス)を減じたり取り除く事で、人間(が冒す)エラーの可能性を最小にすべきである。

8.1.3 作業管理よりもむしろ工学的管理により人間工学的危険を減ずる。人間工学的危険の制御について工学的管理による取り上げ方が容易でない場合には、装置所有者は管理的制御手段により、危険に曝されている時間、頻度を減ずる事により危険を軽減する事が求められる。

8.1.3.1 作業管理は仕事のローテーション、仕事の増大、シフトおよび休憩時間のスケジュール、ストレッチング、および強化訓練が含まれるが、必ずしもこれらに限定するわけではない。

8.2 装置設計プログラムー装置サプライヤは、人間工学に関連する危険を識別、除去、あるいは制御のための正式な手順を確立しなくてはならない。

8.2.1 包括的な人間工学的プログラムは、一般的に以下のものを含む：

- － 人間と機械間の相互作用に関する要求の特徴づけ。作業者の身体および認識上の要求を含む。
- － 設計ガイドラインまたは仕様に、人的要因の工学的配慮を含める。
- － ハードウェアおよびソフトウェアにより制御されるシステム、手順、トレーニングの詳細設計への入力。
- － 人的要因の試験および検討。

8.2.2 作業員への傷害、あるいは重要な装置や製品への損害の原因となり得る、人間工学に関連する問題を優先に置くべきである。

8.2.3 装置サプライヤとシステム所有者あるいはユーザ間の、人間と機械のインタフェースについての情報交換は、量産試作の一部として開発段階、および装置の量産後に実施するよう推奨する。

8.3 人間工学/人的要因の試験および検討ー人間工学の試験および検討は、人的要因の要求が満たされているか装置を検査する事を伴う。検査により人間工学設計の特徴が文書化されるべきである。

8.3.1 装置の検討によって、装置の設計、操作、トレーニングの必要性、据え付け、保守およびサービスに付随する、問題となる作業と危険要因が特定される。検討は、認められた手法、例えば作業分析、身体能力査定、アンケート、チェックリストを用いるべきである。また人間工学、安全性、産業衛生、生産工学、設計工学等の訓練を受けた有資格者からなるチームによって実施および文章で承認されるべきである。課題事項の専門家(例えば、操作員、プロセス専門家、保守員)もまた、試験および検討に対して重要な貢献をする事が可能である。

8.3.2 実物大模型とシミュレーションの利用は、設計が最終決定される前に人間工学の問題を特定および解決するために有益である。試験は、ユーザ全体のサンプルとなる人々を使って、予測される作業条件下で実施すべきである。

8.4 装置・工場インタフェースユーザの作業環境および要求される設備サービスに適合するように、装置は設計されるべきである。

8.4.1 装置の人間と機械操作に影響する設備の要求は明確に特定されるべきである。装置の据え付けは、装置の人間工学上の特長を損なわないように、作業環境内に配置されるべきである。

8.4.2 最も効果的な作業上の配置は、装置、操作員および関連プロセスの相互関係を注意深く分析する事により決定できる。製品の流れ、操作員の職務、保守/サービスの手順、複数の機械操作、効率の良い動き(motion

ない。全体的な目標は、システム効率および作業員の便利さであり、作業員が装置を操作および保守する際は快適さと安全を提供する事である。

8.5 衣服と装置の統合—装置設計は、特殊な衣服および保護具(PPE)の利用によって操作員に課せられる制約に配慮すべきである。装置の操作により、要求される作業員の衣服が過度に劣化したり損傷してはならない。ノブやスイッチといった操作部は、汚れ防止あるいは作業防護のためユーザが着用する手袋に適合されるべきである。例えば、クリーンルーム用手袋は、一般的に握力を 15%減少させる。装置の表示は、クリーンルーム用フード、ケミカルゴーグル、またはフェースシールドの使用により生じ得る視力および聴力の減少に配慮すべきである。

8.6 トレーニングシステムの統合—トレーニングシステムは、技術文書(例えばマニュアル)およびシステム上の指示(例えば、ラベル、インジケータ、およびスクリーンメニュー)と用語、記号使用および体裁が一貫するように調和するべきである。

8.7 特殊なカスタマーエンジニアリング—半導体製造装置にとって、特定の用途に対するカスタマイズや、顧客の独自の要求への適合は通常のことである。カスタマイズにより、装置に対する人間工学に関連する設計の特長が低下し得る場合、装置製造者は装置所有者に早期に通知し、カスタマイズの悪影響を最も小さくし、共同で作業すべきである。

9 作業位置の設計

9.1 人体測定学—システムの良好な性能を得るため、90%の作業員の身体寸法(例えば、アジア女性の 5 パーセント目から北米男性の 95 パーセント目まで)に適合するように、装置と作業スペースを設計すべきである。関連情報 1 の表 1、図 1 と 2 を参照の事。安全性の低下が、緊急事態での退去または退避不能といった生命の危険を起し得る場合については、より広いパーセンテージを使用すべきである。(例えば、1 パーセント目から 99 パーセント目の範囲)

9.1.1 人体測定学的データは、一般に無着衣状態の身体寸法として報告される。従って、作業着(例えば、クリーンルーム用衣服)や保護具に対するゆとりを見込むべきである。

9.1.2 リーチ、その他の制限寸法は、5 パーセント目のアジア女性の数値に基づく身体寸法に適合させるべきである。

9.1.3 快適性および作業能率のために調整が必要な、座席、作業面および装置は、5 パーセント目以上のアジア女性から 95 パーセント目までの北米男性の数値範囲の身体に対し、容易に調整出来るようにすべきである。

9.1.4 重要でまた頻繁に使用される装置、道具、作業機器は、操作員の基本視野に設置するべきである。

9.1.5 操作中に必要とされる材料および情報機器の設置場所に関する規定を設計に取り入れるべきである。

9.1.6 ユーザと接触する露出した縁および角は、丸みを付け、また表面を滑らかにすべきである。

9.2 作業姿勢

9.2.1 手足や胴が自然な状態からはずれた無理な姿勢の維持、または繰り返しを要求する作業スペースの形状は避けるべきである。

9.2.2 ユーザに手を伸ばしたり、上げたままの状態を要求する作業は避けるべきである。

9.2.3 作業により静止姿勢が要求される場合は、適当な支え(例えばアームレスト、スリープ)を用意すべきである。

9.2.4 実行する作業に適用できるなら、装置は座位でも立位でも操作ができるように設計されるべきである。

9.2.5 操作部、道具および材料は、最も頻繁な動作を自然な姿勢(例えば、肘を完全に伸ばした状態から 90-120 度まげて楽に身体につける)から行えるように配置されるべきである。

9.2.6 ユーザが腰を屈めずに操作位置に接近できるように、足の部分に十分なクリアランスを用意し、または作業材料を適切な高さに保持するよう設計するべきである。

9.3 立位の作業位置

9.3.1 立位の作業位置についての推奨(関連情報 2 の表 1 参照)

9.3.2 正確なまた頻度の高い読み取りを必要とする表示はユーザの基本視野内にあるべきである。

9.3.3 頻繁に使用される操作部、道具、材料は、5 パーセント目のアジア女性の肘からグリップまでの距離内に配置されるべきである。

9.3.4 まれにしか利用されない操作部、道具、材料は、以下のように配置されるべきである。

- － 5パーセント目のアジア女性の前方に手の届く距離内。
- － 5パーセント目のアジア女性の立った姿勢での頭上に手の届く距離内。
- － 95パーセント目の北米男性の立った姿勢でのグリップの高さより高い位置。

9.4 座位の作業位置

9.4.1 座位の作業位置についての推奨(関連情報 2 の表 2 参照)

9.4.2 正確なまた頻度の高い読み取りを必要とする表示は、ユーザの基本視野内にあるべきである。

9.4.3 頻繁に使用される操作部、道具、材料は、5 パーセント目のアジア女性の肘からグリップまでの距離内に配置されるべきである。

9.4.4 まれにしか利用されない操作部、道具、材料は以下のように配置されるべきである。

- － 5パーセント目のアジア女性の前方に手の届く距離内。
- － 5パーセント目のアジア女性の座った姿勢での頭上に手の届く距離より低い位置。

9.5 座位/立位の作業姿勢

座位/立位の作業位置についての推奨(関連情報 2 の表 3 参照)

9.6 作業スペースの範囲

9.6.1 作業スペースの範囲についての推奨(関連情報 2 の表 4 参照)

9.6.2 最適な縦方向の作業域(関連情報 2 の表 4 参照)

10 保守およびサービスのための設計

10.1 概論－装置は、故障の検出を素早くそして明確にし、故障箇所の分離を容易になるように設計されるべきである。

10.1.1 実用可能な限り、標準部品を使用すべきである。部品はモジュラーパッケージとして取り替え可能にすべきであり、また、迅速な取り外しと取り替えが可能な形状にすべきである。

10.1.2 定期的な校正や調整を必要とする装置は、解体することなしに、容易にアクセス可能にすべきである。

10.1.3 装置は、適切なクリーンルーム防塵着と必要な保護具を着用している作業環境にいる人々によってサービスできるように、設計されるべきである。

10.1.4 定められた部品の不適切な装着や設置ができないように、部品は設計されるべきである。

10.1.5 (装置の)取り扱いを容易にし、また装置に対する損害や人員に対する障害を防ぐために必要な場合、ガイド、補助軌道、ストッパーを用意しなければならない。

10.1.6 人員に対する安全性の危険、または衣服または装置に対する潜在的損害を引き起こす鋭利な縁および角は、適切に保護するか丸みをつけるべきである。

10.1.7 保守エリアが照明不足にならないように、装置に必要な照明をつけるべきである。

10.2 アクセスのしやすさ－構造上の部材または永久的に据え付けられる装置は、調整、サービス、取り替え可能な装置の除去、あるいはその他必要とされる保守作業を、視覚的あるいは物理的に妨げないようにすべきである。

10.2.1 クリアランスのガイドラインー関連情報 2 の表 R2.6 参照。

10.2.2 迅速、または頻繁な保守を必要とする箇所は、もっともアクセスが容易でなければならない。高い故障率が予見される、あるいは既知である箇所は、非故障箇所を取り外さなくても取り替えのためのアクセスができるべきである。

10.2.3 標準に基づく装置および必要な保守工具を、困難や危険なく使用するに十分な空間を用意すべきである。自己診断機能、または組み込み試験機能が推奨される。

10.2.4 スライドする、回転する、または蝶番で結合された装置で、裏側にアクセスする必要のあるものは、自由に十分に解放できるようにすべきである。

10.2.5 修理可能な部品は、直接に重なり合わないようにすべきである。(例えば、下層で上層を支持すべきでない)。

10.3 ケーブル、コネクタ、プラグ、レセプタクルおよび回路基板。

10.3.1 ケーブル、コネクタ、プラグ、およびレセプタクルには、ラベル、誤挿入防止キー、カラーコードをつけるか、あるいはその他の方法で配置するかして、接続を容易にし、誤った接続を防ぐべきである。

10.3.2 近接するコネクタ間には、それぞれの取り外し、再取り付けが各々が簡単にできるようにクリアランスを設けるべきである。

10.3.3 「カードケージ(カードラック)」の形状に装着される回路基板には、着脱のために指が入れられるようにし、またつかむための補助となるものを付けるべきである。

10.4 装置の筐体

10.4.1 筐体は簡単に取り外せるか、またはそれが囲う箇所より充分大きくして、部品の取り付けや取り外しが容易になるようにすべきである。

10.4.2 カバーやシールドの穴は、正確に位置合わせをしなくても良いように留め金具の穴よりゆとりを十分大きくすべきである。

10.4.3 筐体あるいはカバーは開放位置をそれ自身で保持すべきであり、また保守中に人手で支える事を必要とすべきでない。防火または火の抑制のために自動的に閉まるドアは例外である。

10.5 作業用開口部ー頻繁に行う保守に際してカバーの取り外し、筐体の開放、あるいは装置の解体を必要とする場合、必ず作業用開口部は用意すべきである。

10.5.1 作業用開口部は、物理的および視覚的作業を妨害なく行えるように設計されるべきである。作業用開口部の寸法や形状は装置、必要な保護具を着用した 95 パーセント目の北米男性の身体部分、および工具が楽に通じ抜けられるようにすべきである。

10.5.2 作業用開口部のカバーには、開けるために手全体でつかむ場所(例えばハンドル)またはその他の手段を備えるべきである。

10.5.3 微細汚染の見地から禁止されている場合以外は、面積が $0.3\text{m}^2 (3\text{ft}^2)$ 以上の作業用開口部のカバーには、蝶番をつけるか、あるいはスライド式にすべきである。

10.5.4 開けられた時に危険を引き起こす可能性がある蝶番付きあるいはスライド式作業用開口部のカバーは、開放位置をそれ自身で保持するか、または人員に対する傷害を防ぐフェイルセーフ装置を備えるべきである。

10.6 留め具ー使用する留め具の数および種類は、できるだけ少なくすべきである。接近が制限されている場所を除き、標準的ではない工具を必要とする留め具は避けなければならない。

10.6.1 蝶番、キャッチャ、および取り付けピンは、必要な留め具の数を最少にするように利用されるべきである。汚染管理のためには、蝶番よりピンとフックの組み合わせの方が好ましい。

10.6.2 キャプティブ留め具は、留め具の落下あるいは損失が装置に損害をもたらすか、困難を引き起こす場合、あるいは危険な場合の除去に使用すべきである。キャプティブ留め具は、頻繁な取り外しを必要とする作業用開口部のカバーにも用意すべきである。

10.6.3 留め具は、機械的ストレス、位置合わせ、位置決め、および荷重に対する考慮とそれに適合するよう、回転の回数を最小にしなければならない。毎日あるいはそれ以上の頻度の検査や修理のために、取り外しが必要とされる箇所は、クイックリリース留め具を利用すべきである。

11 持ち上げ、力、および材料の取り扱い

11.1 一般原則—ユーザの体力を上回る力あるいは物上げの応用は、筋骨格へのストレスと損傷をもたらす可能性がある。

11.2 カー作業実行に予定されるユーザの最大の力は、以下の指針に従うべきである。45 歳以上の女性の体力データを使用すること。

- 最大能力の 60%を上回る能力の行使は避けるべきである
- 頻繁でない 50%までの能力の行使は許容される
- 頻繁な能力の行使は、30%以下に保つべきである
- 継続的な能力の行使は 15%以下に保つべきである

注：最大握力は参照用に、関連情報 2 の表 R2.7 に提供されている。

11.3 製品（ウェーハ）の取り扱い—標準的な製品あるいはコンテナ（カセット）が、装置のロードおよびアンロード位置で取り扱われる場合、向き変えおよび取り扱いの機械化を検討すべきである。人手による取り扱いが必要な場合、製品またはコンテナ（カセット）に対する拡張リーチ、持ち上げ、引っ張り、および人力による向き変えを避けるように設計すべきである。持ち上げとねじりを同時に行うことは避けるべきである。人手による製品の取り扱いのロード、アンロード、および持ち上げ位置は、立った床面から 89~97 cm (35~46 インチ)、身体の前面から測定した製品のつかみ位置までの水平距離を、18~46 cm (7~18 インチ) にすべきである。

11.4 ハンドル—ハンドルあるいは切り込みは、（例えば、ピストルを持つためのにぎりと同様に）握る力を効果的に利用するように設計すべきである。つまんで持ったり、あるいは手首の位置をずらす必要のあるハンドルは避ける。ハンドルは体の正面で物を運べるように位置すべきである。

11.5 生体力学—屈んだ姿勢での持ち上げおよび取り扱い作業は避けるべきである。両手による押したり引いたりする作業は、肘の高さまたはその少し下の位置で行われるべきである。ユーザの立つ位置の床面、および床面間の摩擦率に対しては、最大限の配慮をすべきである。動作は、各身体関節の動作範囲の中央点を中心とすべきである。

12 危険警告と警報

12.1 一般原則

12.1.1 現実的または潜在的な、ユーザに対する危険、及び装置または製品に対する損害の危険で、警告を必要とするものを確定すべきである。評価には、SEMI S2 に列挙される危険を含めるべきである。

12.1.2 妥当な警告方法、警告内容そして警告位置について評価を行うべきである。複数の警告方法が必要とされる場合もある。

12.1.3 視覚または聴覚手段により、差し迫った、または現状の危険を指示または告知するように、危険警告を設計、構成、配置すべきである。

12.1.4 危険警告は、ラベル、記号、表示板の視覚警告、聴覚警報、状態表示器、装置と一体の危険警告システム（例えば、ビデオディスプレイによる表示）によって知らせる事が出来る。

12.1.5 危険警告は、操作および保守マニュアル、またその他の訓練および情報資料により提供され、一貫した情報となっているべきである。

12.1.6 危険警告と異常警告は特定可能で、またそれを無視したり無効にした場合に予想される事態も知らせるべきである。