

SEMI E10-0312

SPECIFICATION FOR DEFINITION AND MEASUREMENT OF EQUIPMENT RELIABILITY, AVAILABILITY, AND MAINTAINABILITY (RAM) AND UTILIZATION

半導体製造装置の信頼性、有用性、整備性（RAM），利用性の定義と測定 のための仕様

NOTICE: This translation is a REFERENCE COPY ONLY. If differences should exist between the English version and a translation in any other language, the English version is the official and authoritative version.

免責事項： この SEMI スタンドアードは、投票により作成された英語版が正式なものであり、日本語版は日本の利用者各位の便宜のために作成したものです。万が一英語と日本語とに差異がある場合には英語版記載内容が優先されます。

SEMI スタンドアード日本語翻訳版をご利用にあたっての注釈を本文の末尾に記載しております（「すべきである」「しなければならない」について等）。

本スタンドアードは、Metrics Global Technical Committee で技術的に承認されている。現版は 2011 年 12 月 24 日、global Audits and Reviews Subcommittee にて発行が承認された。2012 年 3 月に www.semiviews.org および www.semi.org で入手可能となる。初版は 1986 年発行。前版は 2004 年 3 月発行。

注意： 本文書は、2011 年、全面的に書き換えられた。

1 目的

1.1 本文書では、製造環境において半導体製造装置の信頼性、有用性、整備性（RAM），利用性の性能を測定する標準化された方法を提供して、装置のユーザとサプライヤ間の意見の交換に共通の基盤を確立している。

2 範囲

2.1 本書では、あらゆる装置状況および時間が必ずどこかに類別される 6 つの互いに相容れない唯一の基本的な装置状態を定義している。計画外ダウンタイムと呼ばれる状態は、装置システムの「故障」状態と定義される。本仕様での装置信頼性の測定は、装置の稼動に対する装置の故障の関係に重点を置いている。

2.2 ここで定義される全ての測定基準は、ノンクラスタツール、シングルパスクラスタツール（SPCT）、マルチパスクラスタツール（MPCT）内の装置モジュール、装置モジュールの所期のプロセスセット（IPSs）およびマルチパスクラスターツール（MPCT）を含む装置システムに適用可能である。本文書は、装置モジュールレベルの性能の関数として IPS の性能を初めて定義することにより、MPCT のための RAM 測定を取り扱う方法を定義している。提示している測定基準ごとに、IPS および MPCT に必要な特別な取り扱いをすべて定義している。

2.3 本文書は、次の基本的な測定基準を定義する：

2.3.1 **信頼性（Reliability）** — 故障間の平均時間および故障間の平均サイクルを含む。

2.3.2 **有用性（Availability）** — 合計のアップタイム、運転のアップタイム、装置依存のアップタイム、およびサプライヤ依存のアップタイムを含む。

2.3.3 **整備性（Maintainability）** — 修理のための平均時間（MTTR: 平均修理時間）、予備保守（実施）の平均時間、オフラインの平均時間、総故障率および減失率を含む。

2.3.4 利用率 (Utilization) — 合計の利用率および運転の利用率を含む。

2.4 本文書に含まれる関連資料では、MTBF の不確実性の測定および信頼性の向上と低下の測定のコンセプトを扱っている。

注意： このスタンダードおよび安全ガイドラインはその使用に関連した全ての安全上の問題を取り扱うことを意図していない。この文書の使用者は、その責任において、適切な安全および健康上実施すべき事項を決定し、また使用前に法規制やその他の制限への適用性を判断するものである。

3 制限

3.1 装置状態や性能を自動的に追跡するのは、本文書の範囲ではなく、これは SEMI E58 および SEMI E116 で扱われている。

3.2 本文書に含まれる計算の結果は、各ユーザや装置のタイプにより、実際の運転の状況（例えば、仕様、プロセス、レシピ、環境、メンテナンス方法、人的要因など）に依存する。

3.3 本文書では、ユーザまたはサプライヤへの装置システムの故障に対する責任の割り当てに関するガイドダンスは提供しない。ただし、特定のダウンタイムイベントおよびダウンタイム部分が装置関連またはサプライヤ依存と区別され得る場合は除く。それ以外の場合、装置状態は誰が機能を実行するかに関係なく、装置システムの機能的観点によって決定される。

3.4 本文書で定義している測定基準では、装置システムの効率、生産性、スループット低下、または生産能力は扱っていない。装置効率および生産性については SEMI E79 で扱われている。

3.5 本文書は、本文書で規定するとおり、装置システムに重要な信頼性の基本的コンセプトを簡潔に扱うことを目的としており、一般的な信頼性理論を包括的に取り扱うものではない。

4 参照スタンダードおよび文書

4.1 SEMI スタンダードおよび安全ガイドライン

SEMI E35 — Guide to Calculate Cost of Ownership (COO) Metrics for Semiconductor Manufacturing Equipment

SEMI E58 — Automated Reliability, Availability, and Maintainability Standard (ARAMS): Concepts, Behavior, and Services

SEMI E79 — Specification for Definition and Measurement of Equipment Productivity

SEMI E116 — Specification for Equipment Performance Tracking

注意： 別途指示のない場合、引用された全ての文書は最新版を指す。

5 用語

5.1 略語および頭字語

5.1.1 AMSAA (Army Materials Systems Analysis Activity) — 陸軍資材システム分析活動

5.1.2 ARAMS (Automated Reliability, Availability, and Maintainability Standard) — 自動化による信頼性、有用性、および整備性に関するスタンダード

5.1.3 COO (cost of ownership) — コストオブオーナーシップ

5.1.4 DT (downtime) — ダウンタイム

5.1.5 $E-MCBF_p$ (mean cycles between equipment-related failures during productive time) — 製作時間中の平均装置関連故障間隔内サイクル

5.1.6 $E-MCBF_u$ (mean cycles between equipment-related failures during uptime) — アップタイム中の平均装置関連故障間隔内サイクル

- 5.1.7 $E-MTBF_p$ (mean productive time between equipment-related failures) — 装置関連故障間の平均製作時間間隔
- 5.1.8 $E-MTBF_u$ (mean uptime time between equipment-related failures) — 平均装置関連の故障間隔アップタイム時間
- 5.1.9 $E-MTTR$ (mean time to repair during equipment-related failures) — 平均的な装置関連故障の修理時間
- 5.1.10 ENG (engineering) — エンジニアリング
- 5.1.11 HPP (homogeneous Poisson process) — 同質ポアソンプロセス
- 5.1.12 IPS (intended process set) — 所期のプロセスセット
- 5.1.13 K (key group) — キーグループ
- 5.1.14 LCB (lower confidence bound) — 信頼度下限界
- 5.1.15 LN_2 (liquid nitrogen) — 液体窒素
- 5.1.16 $MCBF_p$ (mean cycles between failures during productive time) — 製作時間中の平均故障間隔内サイクル
- 5.1.17 $MCBF_u$ (mean cycles between failures during uptime) — アップタイム中の平均故障間隔内サイクル
- 5.1.18 MFD_p (mean failure duration for failures during productive time) — 製作時間中の故障している平均時間
- 5.1.19 MFD_u (mean failure duration for failures during uptime) — アップタイム中の故障している平均時間
- 5.1.20 $MPCT$ (multi-path cluster tool) — マルチパスクラスタツール
- 5.1.21 $MTBF_p$ (mean time between failures during productive time) — 製作時間中の平均故障間隔時間
- 5.1.22 $MTBF_u$ (mean time between failures during uptime) — アップタイム中の平均故障間隔時間
- 5.1.23 $MTOL$ (mean time off-line) — オフライン平均時間
- 5.1.24 $MTTPM$ (mean time to [perform] preventive maintenance) — 平均予備保守[実行]時間
- 5.1.25 $MTTR$ (mean time to repair) — 平均修理時間
- 5.1.26 OOS (out of specification) — 仕様から外れた
- 5.1.27 PM (preventive maintenance) — 予備保守
- 5.1.28 PRD (productive) — 生産の
- 5.1.29 SBY (standby) — スタンドバイ
- 5.1.30 SDT (scheduled downtime) — 計画ダウンタイム
- 5.1.31 $SPCT$ (single-path cluster tool) — シングルパスクラスタツール
- 5.1.32 TFR (total failure rate) — 総故障率
- 5.1.33 UCB (upper confidence bound) — 信頼度上限界
- 5.1.34 UDT (unscheduled downtime) — 計画外ダウンタイム

5.2 定義

- 5.2.1 有用性 (availability) — 装置が必要に応じて所期の機能を実行できる状態にある確率。
- 5.2.2 クラスタツール (cluster tool) — 機械的につながれた複数の処理装置モジュールを集約した装置システム。装置モジュールのサプライヤは同じ場合も、同じでない場合もある。

5.2.3 構成部品 (component part) — アセンブリから脱着できる構成要素であって、通常、独立して動作できないと考えられる。時々、ただ部品とだけ呼ばれる。[SEMI E149]

5.2.4 消耗材 (consumable material) — 任意の時点で装置システムによって、または装置システムをサポートするために使用される材料。例としては、ガス（例えば、アルゴン、空気）、液体（例えば、酸、溶媒、超純水、冷却水、モールドコンパウンド）、固体（例えば、注入源、ボンディングワイヤ、リードフレーム）がある。ただし、装置構成部品（例えば、消耗部品）、サポートツール（例えば、キャリア、プローブカード）、生産基板（例えば、ウェーハ、ダイ、アセンブリ部品）、モニタ/フィラーユニット（例えば、テストウェーハ）、設備配管（例えば、電気、排出機構）は含まれない。

注 1: これらの消耗材の供給源は装置、現場、および企業によって異なることがあるため、この定義では配送方法に基づく消耗材の区別は行わない。例えば、プロセス冷却水は装置専用の熱交換器によって、または設備の供給システムによって供給されることがあるが、一貫した方法で扱うべきである。

5.2.5 消耗部品 (consumable part) — 装置のプロセスオペレーションによって消費され、予測可能な平均寿命が1年未満である装置構成部品。装置が所期の機能を実行することができるようにするために定期交換が必要である。

注 2: 耐用年数の概念は、SEMI E35 から来ている。

5.2.6 継続的ダウタイムイベント (continuous downtime event) — 装置システムが非ダウタイム状態からダウタイム状態に移行する際のダウタイムイベント。例えば、生産状態からダウタイム状態への移行、継続的ダウタイムイベントであるが、計画ダウタイム状態から計画外ダウタイム状態あるいはその逆の移行は継続的ダウタイムイベントではない。

5.2.7 サイクル (cycle) — 処理、製造、あるいは装置システムまたはサブシステムのテストステップという一連の完全な操作シーケンス（ユニットのロードおよびアンロードを含む）。ユニットを個々に処理する装置システムでは、サイクル数は処理されるユニット数に等しい。バッチ単位で処理する装置システムでは、サイクル数は処理されるバッチ数に等しい。

5.2.8 ダウタイム (downtime (DT)) — 装置システムが所期の機能を果たす状態にない、あるいは使用できない操作時間。ダウタイムは、計画ダウタイムおよび計画外ダウタイムを含む。

5.2.9 ダウタイムイベント (downtime event) — (1) 計画ダウタイム状態以外の状態から計画ダウタイム状態へ、または (2) 計画外ダウタイム状態以外の状態から計画外ダウタイム状態へ、移行する初期状態イベント。計画ダウタイム状態から計画外ダウタイム状態あるいはその逆の移行はダウタイムイベントとなり得る。計画ダウタイム状態におけるサブステート移行または計画外ダウタイム状態におけるサブステート移行はダウタイムイベントではない。

5.2.10 エンジニアリング時間 (engineering time) — 装置システムは所期の機能を果たす状況にある（装置あるいはプロセスに問題がない）が、エンジニアリングテストを行うために移動している時間で、特に、装置の使用は通常の生産を示さない。

5.2.11 装置 (equipment) — 動作や作業（たとえば、処理、移送、保存）を行うのに必要なハードウェアおよびソフトウェアの組み合わせ。すべての直接的な補助サポート装置や周辺装置（たとえば、真空ポンプ、熱交換器、排出物/排気処理装置）を含む。[SEMI E149]

5.2.12 装置モジュール (equipment module) — 装置システム内の個別のエンティティ。装置モジュールは、非処理装置モジュールまたは処理装置モジュールのいずれかである。

5.2.13 装置関連の故障 (equipment-related failure) — （例えば、スペック外入力でない）装置単独に起因するあらゆる故障。

5.2.14 装置システム (equipment system) — 処理、検査、測定、搬送、または貯蔵する材料を独立して受け入れることができ、その信頼性、有用性、整備性 (RAM) と利用性の独立したトラッキングが可能な装置のシステム。これには、非クラスタツール、装置モジュール、シングルパスクラスタツール、マルチパスクラスタツール (MPCT) 内の所期のプロセスセット (IPS)、および MPCT が含まれる。

5.2.15 故障 (failure) — 装置システムが所期の機能を実行できなくなる状態に変化させる予定外あるいは計画外ダウンタイムイベント。一つ以上の部品やサブシステムの故障、ソフトウェアあるいはプロセスレシピ問題、設備またはユーティリティサプライの機能不全あるいは人的エラーなどが装置システムの故障の原因となる。SEMI E10 状態の観点では、故障は、計画外ダウンタイム状態の内のダウンタイムイベントのひとつである。計画外ダウンタイム状態への初期の移行のみが故障であり、連続する計画外ダウンタイム中に起きた以降の問題は、追加の故障として数に入らない。

5.2.16 ホスト (host) — 工場を代表する工場のコンピュータシステムまたは中間システムおよび装置のオペレータ。[SEMI E116]

5.2.17 所期の機能 (intended function) — 装置が稼動するように作られた製造機能。これには、搬送装置の搬送機能および計測装置の測定機能、ならびに CVD やワイヤボンダーのようなプロセス機能も含まれる。装置が所期の機能を果たす期間は、装置の初期化や基本となる運転環境状態（例えば、温度や圧力など）にまで達することを含む。複合装置は1つ以上の所期の機能を備えている。

5.2.18 所期のプロセスセット(intended process set (IPS)) — プロセスを達成するために使用され、装置オペレーションのためにユーザによって指定される装置モジュールの所定のセット。マルチパスクラスタツール (MPCT) は、1つまたは複数のそうした所期のプロセスセット (IPS) を含むことができる。IPS には、プロセスの1つまたは複数のステップのところで代替の装置モジュールを含むことができる。従って、1つの IPS は1つ以上のプロセスパスを含むことができる。

5.2.19 キーグループ (key group (K)) — マルチパスクラスタツール (MPCT) 内のすべての所期のプロセスセット (IPS) に共通し、その故障がすべての IPS、ひいては MPCT の故障の原因として十分である装置モジュールのサブセット。キーグループ (K) には、メインフレーム装置モジュールを含むことがある。

5.2.20 メインフレーム装置モジュール (mainframe equipment module) — マルチパスクラスタツール (MPCT) をモデル化する際に、個別の装置モジュールではなく、装置システム全体の機能を表現するために使用することができる個別の抽象的装置モジュール。例としては、共有コンピューティング資源、レシピダウンロードのような情報サービス、電気、ガス分配がある。

5.2.21 整備性 (maintainability) — 装置が、所期の機能を指定された時間の間実行できる状態に保持できるかまたはその状態に回復できるかについての確率。

5.2.22 メンテナンス (maintenance) — 装置の所期の機能を果たせるような状況に装置を保持する行為、あるいはそのような状況に戻す行為。メンテナンスは組織ではなく機能をさしている；それには、誰が仕事を行うかには関係なく、調整、消耗品の交換、ソフトウェアの更新、修理、予防保守(PM)などが含まれる。

5.2.23 製造時間 (manufacturing time) — 製作時間および待機時間の合計。

5.2.24 マルチパスクラスタツール (multi-path cluster tool (MPCT)) — 複数のユニットが、ユニットごとに異なるシーケンスで装置モジュールのサブセットを使用するクラスタツール。

5.2.25 ノンクラスタツール (noncluster tool) — 一つの処理装置モジュールのみで構成される装置システム。

5.2.26 非消耗部品 (nonconsumable part) — 装置のプロセス運転で通常消耗されない装置部品。装置が所期の機能を果たすために他の部品との交換（例えば、故障などによる）が必要とされる場合がある。

5.2.27 非処理装置モジュール (nonprocessing equipment module) — 装置の中でユニットの動きや状態をサポートする個別の装置エンティティ。非処理装置モジュールの例としては、ロボットハンドラ、ロード／アンロードロック、プリアライナがある。

5.2.28 非計画時間 (non-scheduled time) — 装置システムが製作に使用されると計画されていない時間。

5.2.29 非サプライヤ (nonsupplier) — メンテナンスの遅れの原因を分類するために使用される、本来の装置サプライヤ以外に装置システム関連の活動を行うエージェント。例としては、ユーザ（オペレータ

またはホスト)のほか、部品、材料、情報、またはその他の資源を装置システムに提供するエージェント(社内メンテナンス要員、独立した第三者メンテナンス要員、独立した第三者サプライヤなど)がある。

5.2.30 観察時間 (*observation period*) — 装置システムのパフォーマンスがトラッキングされる暦時間の指定された連続期間(例えば、72時間、6週間、3か月、1四半期、過去90日間)。

5.2.31 オペレーション時間 (*operations time*) — 総時間マイナス非計画時間。

5.2.32 オペレータ (*operator*) — 装置のコントロールパネルを介して装置とローカルに通信する人。

5.2.33 予防保守イベント (*preventive maintenance (PM) event*) — 計画ダウンタイム (SDT) 状態に移行するダウンタイムイベントであって、装置が計画ダウンタイム状態を脱する前に SDT 予防保守サブステートが発生するもの。

5.2.34 処理装置モジュール (*processing equipment module*) — 装置システム内の個別の生産エンティティ。処理装置モジュールの例としては、プロセスチャンバやプロセスステーションがある。

5.2.35 プロセスパス (*process path*) — ユニットが通過するモジュールの特定のセットであって、各モジュールがユニークであり、代替モジュールがないもの。

5.2.36 プロダクト (*product*) — 製作時間内に製作されたユニット(ユニット参照)。

5.2.37 製作時間 (*productive time*) — 装置システムが初期の機能を果たしている時間。

5.2.38 ランプダウン (*ramp-down*) — 実際のメンテナンス作業用の装置を準備するのに必要なメンテナンスプロシージャの一部。これにはパージ、冷却、暖機ソフトウェアのバックアップ、データの転送(レシピやパラメータ)等が含まれる。ランプダウンは計画的ダウンタイムおよび非計画ダウンタイムにのみ含まれる。

5.2.39 ランプアップ (*ramp-up*) — 実際のメンテナンス作業が完了した後、所期の機能を実行できるような状況に装置を戻すのに必要な、メンテナンスプロシージャの一部。これにはポンプダウン、暖機、安定処理時間、初期化ルーチン、ソフトウェアのロード、ソフトウェアのバックアップ、データの再転送(レシピやパラメータ)、コントローラの再起動等が含まれる。装置あるいはプロセス試験時間は含まない。ランプアップは計画的ダウンタイムおよび非計画ダウンタイムにのみ含まれる。

5.2.40 レシピ (*recipe*) — ユニットが受けるプロセス環境を決定する、プロセスエージェントの管理下にある一連の指示、設定、パラメータのあらかじめ計画された再利用できるもの。レシピは、運転中またはプロセスサイクルの間に変更される場合がある。

5.2.41 信頼性 (*reliability*) — 装置が、所定の状態で指定された時間内に所期の機能を実行できる確率。

5.2.42 計画ダウンタイム (*scheduled downtime*) — 計画されたダウンタイムイベントのため、装置システムが所期の機能を果たせない時間。

5.2.43 シャットダウン (*shutdown*) — 非計画状態に入る時装置を安全な状況におくために必要な時間。これには安全な状況に至るのに必要なあらゆるプロシージャが含まれている。シャットダウンは非計画時間にのみ含まれる。

5.2.44 シングルパスクラスタツール (*single-path cluster tool (SPCT)*) — 全てのユニットが単一のプロセスパスに従うクラスタツール。

5.2.45 仕様(装置オペレーション) (*specification (equipment operation)*) — ユーザとサプライヤの間で合意された、装置オペレーションに関して記述されている状況内での所期の機能についての文書。

5.2.46 待機時間 (*standby time*) — 非計画時間 (*nonscheduled time*) 以外の時間で、装置システムが所期の機能を果たす状況にあり、消耗材および設備は使用可能であるが、装置システムは稼動していない時間。

5.2.47 スタートアップ (*start-up*) — 非計画状態から出る時、装置が所期の機能を果たすことができるような状況になるのに必要な時間。これにはポンプダウン、暖機、冷却、安定処理時間、初期化ルーチン、ソフトウェアのロード、ソフトウェアのバックアップ、データの再転送（レシピやパラメータ）、コントローラの再起動などが含まれる。スタートアップは非計画時間にのみ含まれる。

5.2.48 状態 (*state*) — 条件およびそれに関連した挙動の静的な集まり。条件がすべて満たされている間、その状態が現状（アクティブ）である。ある状態での挙動にはさまざまな刺激に対する応答も含まれる。
[SEMI E58]

5.2.49 サプライヤ (*supplier*) — ユーザー（例えば、ユニット製造者など）へ装置や関連サービスを提供する人/組織。装置ベンダーまたは相手先商標製造会社（OEM）とも呼ぶ。

5.2.50 サポートツール (*support tool*) — 装置の一部ではないが、必要とされていて、通常のオペレーションの過程で装置と一体になるツール（例えば、カセット、ウェーハキャリア、プローブカード、コンピュータ化された制御装置/モニタ装置）。

5.2.51 総時間 (*total time*) — 観察時間中のすべての時間（1日24時間、週7日）。総時間を正確に表示するには、6つの基本装置状態をすべて計上し、正確にトラッキングしなければならない。

5.2.52 トレーニング（オフライン） (*training (off-line)*) — オペレーション時間以外に行われる、装置の操作またはメンテナンスに関するスタッフ教育。オフライントレーニングは非計画時間にのみ含まれる。

5.2.53 トレーニング（オンザジョブ） (*training (on-the-job)*) — 通常の可動時間内に行われる、装置の操作またはメンテナンスに関するスタッフ教育。オンザジョブトレーニングは通常、オペレーションあるいはメンテナンス活動を中断せず、そのため、特に分類せずに（待機および非計画を除く）どんな装置状態にも含められる。

5.2.54 ユニット (*unit*) — ウェーハ、ダイ、パッケージされたダイ、もしくはその一部。

5.2.55 計画外ダウンタイム (*unscheduled downtime*) — 装置システムが故障してから、装置が所期の機能を果たせる状況に回復するまでの時間

5.2.56 アップタイム (*uptime*) — 装置システムが所期の機能を果たせる状況にある時間。これには生産、待機およびエンジニアリング時間が含まれ、ダウンタイムあるいは非計画時間（*nonscheduled time*）は含まれない。

5.2.57 ユーザ (*user*) — オペレータとしてローカルに、あるいはホストを介してリモートで、装置と作用を及ぼし合うエンティティ。装置の観点からいうと、オペレータとホストの両方がユーザである。

5.2.58 利用率 (*utilization*) — 装置が指定された時間内に、所期の機能を果たしている時間の割合。

5.2.59 確認稼動 (*verification run*) — 装置が仕様規定値内で所期の機能を果たしていることを確認するための一度のサイクル（ユニットまたはユニットでないものを使用する）。

5.3 記号

5.3.1 Ai (*alternative equipment module*) — 代替装置モジュール

5.3.2 Li (*load lock i*) — ロードロック i

5.3.3 M (*equipment module*) — 装置モジュール

5.3.4 P (*mainframe equipment module*) — メインフレーム装置モジュール

5.3.5 PMj (*processing equipment module j*) — 処理装置モジュール j

5.3.6 r (*number of failures*) — 故障の回数

5.3.7 Si (*serial equipment module*) — 直列装置モジュール

5.3.8 T (transport equipment module) — 搬送装置モジュール

6 装置状態およびトラッキング要求条件

6.1 装置状態

6.1.1 装置パフォーマンス (RAM) を計測するために本書では、あらゆる装置の状況と時間が必ずそのうちのどれかに分類されなければならない、6つの基本的な装置状態を定義している。すべての装置システムは、いかなる時点においても唯一の SEMI E10 状態にある必要がある。すべての装置システムがいずれかの時点で被る故障は、その故障の原因である、あるいはそれに起因する基本的な問題の数にかかわらず、多くとも1つである必要がある。

6.1.2 装置状態は組織ではなく機能によって決定される。例えば、メンテナンスプロシージャは（例えば、オペレータ、製作技術者、メンテナンス技術者、あるいはプロセスエンジニア）誰が行うかには関係なく、同じように分類される。

6.1.3 図1は6つの基本装置状態のスタックチャートである。これらの基本装置状態は、製造オペレーションで望まれる装置トラッキング分解能を得るのに必要なだけの数のサブステートに分けられる。本文書は、考えられるサブステートすべてをリストアップしようとはしていないが、特定の測定基準および他のガイダンスの例のサポートを要求するいくつかのサブステートを挙げている。

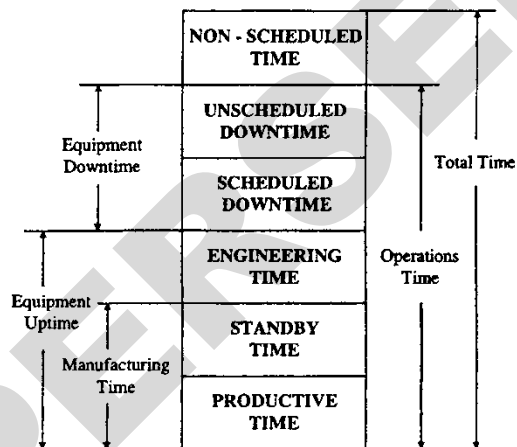


図1
装置状態スタックチャート

6.1.4 基本状態およびサブステートの例に関連した時間のキープブロックは、図2に示されている。これらの時間ブロックは、本書に後述されている RAM 計算式に用いられている。基本状態および実例準状態に関連した時間のブロックは、次項に記述されている。

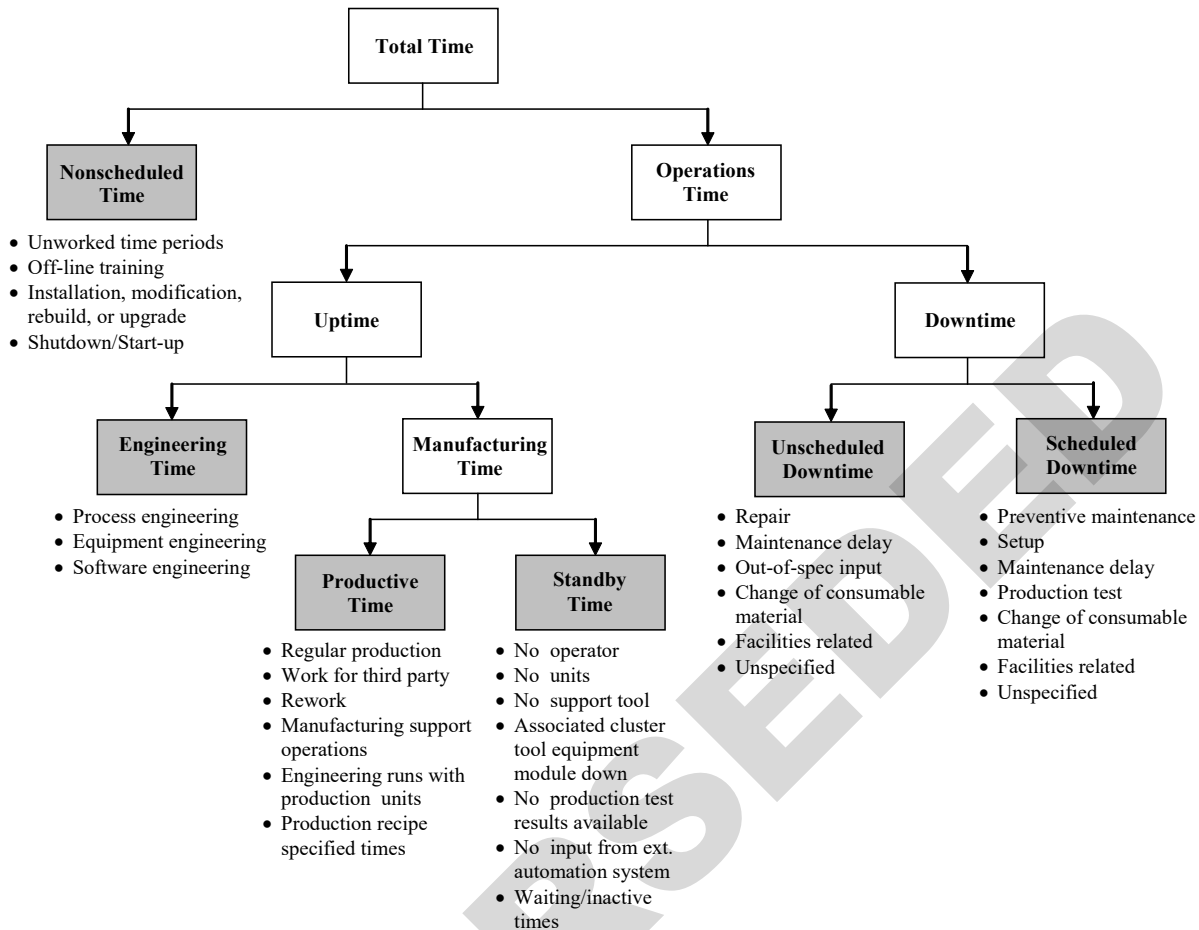


図 2
装置状態のヒエラルキー

6.1.5 製作状態 (Productive (PRD) State) — 装置システムが所期の機能を果たしている時間（製作時間）。製作状態には下記が含まれる：

- 通常の製作（装置およびレシピダウンロードへの内部ユニットのロード，アンロードを含む）
- 第三者のための作業
- やり直し
- 生産サポートオペレーション（例えば，他のプロセスや装置をサポートする処理テストユニットなど）
- 製作ユニット（production unit）に関連して行うエンジニアリングラン（例えば，分割ロットおよび新しいアプリケーション）

6.1.5.1 製作レシピの一部として規定される加熱，冷却，パージ，ポンプダウン，クリーニング等の時間は，特に製作時間に含めること。しかし，製作レシピの一部として規定されない類似の時間は，特に製作時間から除外されること。

注 3: 製作状態イベントは SEMI E58 (ARAMS) 状態変化データあるいは SEMI E116 (EPT) 装置モジュールの BUSY 状態イベントから導くことができ，装置システムは「製造」状態にあることが知られており，SEMI E116 のタスクタイプは「プロセス」または「サポート」のどちらかである。

6.1.6 スタンドバイ状態 (Standby (SBY) State) — 非計画時間以外の時間で、装置が所期の機能を果たす状況にあり、消耗材および設備は使用可能であるが稼動はしていない時間、(待機時間)。待機状態には下記が含まれる：

- オペレータがいない (例えば、休憩、昼食、会議)
- ユニットが得られない (例えば、計量機器などのサポート装置が使用できないために、ユニットが得られない)
- サポートツールがない (例えば、カセット、ウェーハキャリア、プローブカードなど)
- 関連するクラスタツール装置モジュールがダウンしている
- レビューする生産テスト結果がない
- 情報システムからの入力がない (例えば、ホストコンピュータ)
- ロードの待機、アンロードの待機を含む待機時間または不活動時間

6.1.7 エンジニアリング状態 (Engineering (ENG) State) — 装置システムが所期の機能を果たす状況にある (装置あるいはプロセスに問題がない) が、エンジニアリングテストを行うために稼動している時間 (エンジニアリング時間) で、特に装置の利用が通常の生産を示さない状況。そのような極端な状況下の故障は、製作状態に起因すると考えるべきではない。エンジニアリング状態には下記が含まれる：

- プロセスエンジニアリング (例えば、プロセス評価)
- 装置エンジニアリング (例えば、装置の評価)
- ソフトウェアエンジニアリング (例えば、ソフトウェアの評価)

6.1.8 計画ダウンタイム状態 (Scheduled Downtime (SDT) State) — 予定されたダウンタイムイベントのため、装置システムが所期の機能を果たせない時間 (計画ダウンタイム)。これらのイベントは、時間、装置使用、あるいは装置状況に基づいている場合もある。計画ダウンタイムは下記の相互に相容れないサブステートに分けられる。

- SDT 予防保守
- SDT セットアップ
- SDT メンテナンスの遅れ、サプライヤ
- SDT メンテナンスの遅れ、非サプライヤ
- SDT 製作テスト
- SDT 消耗材の交換
- SDT 設備関連
- SDT 規定なし

注 4: サブステート SDT 予防保守; SDT セットアップ; SDT メンテナンスの遅れ, サプライヤ; および SDT 消耗材の交換は、正確なサプライヤ依存測定基準および装置依存測定基準に対応している必要がある。その他の SDT サブステートは、これらの測定基準では使用されない。§ 8.3.3 および § 8.3.4 を参照のこと。

6.1.8.1 SDT (計画ダウンタイム状態) 予防保守 (SDT Preventive Maintenance) — サプライヤが規定した次の手順のための時間:

- 予防処置：オペレーション中に装置が故障を起こす事態を減らすために一定の間隔 (例えば、消耗部品の交換) で行われる、(装置ランプダウンおよびランプアップを含む) 前もって定義されたメンテナンスプロシージャ。一定の間隔は時間、装置使用、あるいは装置の状況に基づく。

- 装置テスト：装置の機能性を実際に示すための予防処置後の装置オペレーション（例えば、チャンバが基準圧力に達する、ユニットが問題なく搬送される、ガスのフローが正確である、プラズマが発生する、電源電圧が既定値になる）。
- 確認稼動：装置が仕様書の範囲内で所期の機能を果たせるようにするために予防処置の後で行われるユニットの処理および評価。

注 5: 装置サプライヤは、前もって決められた装置パフォーマンスレベルを得るために予防保守プログラム(PM program)を規定する責任がある。ユーザは、サプライヤにそのパフォーマンスレベルを満足させるあるいは向上させてもらいたいなら、勧告されたプログラムからの逸脱をすべて見つける義務がある。

6.1.8.2 *SDT セットアップ (SDT Setup)* — サプライヤが規定したセットアップに関連する次の活動のための時間：

- コンバージョン：通常の生産処理の一環として、プロセス、ユニット、パッケージ外形等の変更に応じて必要な製造装置の再調整（ハードウェアおよび／またはソフトウェア）に要する時間（改造、際組み立ておよびグレードアップを除く）。例としては、パラメータ（例えば、ビーム電流、温度、ガスフロー）の調整やハンドラの調整がある。
- 装置テスト：コンバージョン後、装置の機能性を実際に示すための装置オペレーション；（例えば、チャンバが基準圧力に達する、ユニットが問題なく搬送される、ガスのフローが正確である、プラズマが発生する、電源電圧が既定値になる、等）。
- 確認稼動：装置が仕様書の範囲内で所期の機能を果たせるようにするために予防処置の後で行われるユニットの処理および評価。

注 6: 装置サプライヤはコンバージョンの手順を推奨する責任がある。ユーザは推奨手順からの逸脱を見つける義務がある。

注 7: 通常または頻繁には行われず、装置の時間に特に大きく影響するか、あるいは手作業による大規模な介入を必要とするレシピダウンロード活動は、SDT セットアップ時間の下でのコンバージョンとしてトラッキングすべきである。定期的な自動処理機能であるレシピダウンロード活動は、生産時間の下でトラッキングすべきである。

6.1.8.3 *SDT メンテナンスの遅れ, サプライヤ (SDT Maintenance Delay, Supplier)* — 装置が、メンテナンスに関係のあるサプライヤのスタッフ、サプライヤが管理している部品、サプライヤが管理している消耗材、あるいはテスト結果のようなサプライヤが管理している情報を待っているため、所期の機能を果たせない時間。SDT メンテナンスの遅れのサブステートは、計画されたダウンタイム状態の間のどの時点でも、起こりうる。

6.1.8.4 *SDT メンテナンスの遅れ, 非サプライヤ (SDT Maintenance Delay, Nonsupplier)* — 装置が、メンテナンスに関係のある非サプライヤのスタッフ、非サプライヤが管理している部品、非サプライヤが管理している消耗材、あるいはテスト結果のような非サプライヤが管理している情報を待っているため、所期の機能を果たせない時間。SDT メンテナンスの遅れのサブステートは、計画されたダウンタイム状態の間のどの時点でも、起こりうる。SDT メンテナンスの遅れサブステートは、装置をダウン状態にしておいて、メンテナンスを後回しにしようという管理上の決定が原因のこともある。

6.1.8.5 *SDT 生産テスト (Production Test)* — 装置オペレーションのユーザ仕様書に定義されている通り、装置が所期の機能を仕様書の限度内で果たしていることを確認するために、ユニットの評価をする計画された装置アップタイムの時間（生産試験ダウンタイム）。これには、生産稼動と平行して、あるいは生産稼動に影響を与えないで行える試験を含まないし、PM、セットアップ、修理手順の後に行われる試験も含まない。試験結果を待っている間の時間もまた含まない。

6.1.8.6 *STD 消耗材の交換 (SDT Change of Consumable Material)* — 消耗材を交換するための装置アップタイムの計画された中断の時間。

6.1.8.7 *STD 設備関連 (Facility-Related)* — 仕様から外れた設備のためだけに装置が所期の機能を果たせない時間（計画された設備関連ダウンタイム）。以下に示す設備に必要な計画ダウンタイムはすべて、SDT 設備関連サブステートに含めなければならない。例えば、計画された設備変更、アップグレード、

または修理の結果として、そうでなければ必要のないPM処置が必要になった場合、装置が所期の機能を果たせるような状況に戻るまでにかかった時間はすべて SDT 設備関連サブステートに含まれる。設備とは、次のものを含む:

- 環境条件: (例えば、温度、湿度、振動、パーティクル数等)
- 設備接続: (例えば、電源、冷却水、ガス類、排気、液体窒素[LN2]など)
- 他の装置あるいはホストコンピュータとの通信リンク

6.1.8.8 SDT (計画されたダウンタイム) 不特定の (SDT Unspecified) — 上記のサブステートのいずれかの下で特にトラッキングされないすべての計画ダウンタイム。

6.1.9 計画外ダウンタイム (UDT) 状態 (Unscheduled Downtime (UDT) State) — 装置システムが故障してから装置が所期の機能を果たすであろう状況に回復するまで。

6.1.9.1 メンテナンスの遅れ (Maintenance Delay) — 計画外ダウンタイムの持続的なインスタンスは故障と呼ばれる。故障は、計画外ダウンタイム以外の状態から計画外ダウンタイムに最初に移行してから、次に計画外ダウンタイム以外の状態に移行するまでにわたる。

6.1.9.2 「故障発生イベント」は、計画外ダウンタイム以外の状態から計画外ダウンタイム状態への最初の移行である。故障発生イベントは、故障の数が必要なすべての測定基準で使用しなければならない。計画外ダウンタイムのサブステート間の移行は故障発生イベントではなく、追加の故障としてカウントしてはならない。

6.1.9.3 装置関連の故障は、その原因および／または責任がサプライヤに割り当てられているすべての故障のサブセットである。残りの故障は装置関連でない故障である。

6.1.9.4 計画外ダウンタイムは下記の相互に相容れないサブステートに分けられる。

- UDT 修理, 装置に関連するもの
- UDT 修理, 装置に関連のないもの
- UDT メンテナンス遅れ, サプライヤ
- UDT メンテナンス遅れ, 非サプライヤ
- UDT 仕様外入力
- UDT 消耗材の変更
- UDT 設備関連の
- UDT 不特定の

注 8: サブステート UDT 修理;装置関連;UDT メンテナンスの遅れ, サプライヤ;および UDT 消耗材の交換は, 正確なサプライヤ依存測定基準および装置依存測定基準に対応している必要がある。その他の UDT サブステートは, これらの測定基準では使用されない。§ 8.3.3 および § 8.3.4.を参照のこと。

6.1.9.5 UDT 修理, 装置関連 (UDT Repair, Equipment-Related) — サプライヤに割り当てられた故障に対応して, 装置を生産状態に戻すために修理が進行中である計画外ダウンタイムサブステート。完全な修理時間には以下の活動を含める:

- 診断: 装置の問題点あるいは故障の原因を見つける手順。
- 修理作業: 装置の故障を特定し (例えば, 部品の交換など), 所期の機能を果たせるような状況に装置を戻すために行われる保守手順 (装置ランプダウンおよびランプアップ, リブート, リセット, リサイクル, リスタート, 前のバージョンのソフトウェアに復帰するなどを含む)。

- **装置テスト**：予防処置の後、装置の機能性を実際に示すための装置オペレーション；（例えば、チャンバが基準圧力に達する、ユニットが問題なく搬送される、ガスのフローが正確である、プラズマが発生する、電源電圧が既定値になる）。
- **確認稼働**：装置が仕様書の範囲内で所期の機能を果たせるようにするために予防処置の後で行われるユニットの処理および評価。

6.1.9.6 **UDT 修理, 非装置関連 (UDT Repair, Nonequipment-Related)** — サプライヤに割り当てられていない故障に対応して、装置を生産状態に戻すために修理が進行中である計画外ダウンタイムサブステート。完全な修理時間には以下の活動を含める：

- **診断** — 装置の問題点あるいは故障の原因を見つける手順。
- **修理作業** — 装置の故障を特定し（例えば、部品の交換など）、所期の機能を果たせるような状況に装置を戻すために行われる保守手順（装置ランプダウンおよびランプアップ、リブート、リセット、リサイクル、リスタート、前のバージョンのソフトウェアに復帰するなどを含む）。
- **装置テスト** — 予防処置の後、装置の機能性を実際に示すための装置オペレーション；（例えば、チャンバが基準圧力に達する、ユニットが問題なく搬送される、ガスのフローが正確である、プラズマが発生する、電源電圧が既定値になる）。
- **確認稼働** — 装置が仕様書の範囲内で所期の機能を果たせるようにするために予防処置の後で行われるユニットの処理および評価。

6.1.9.7 **UDT メンテナンスの遅れ, サプライヤ (UDT Maintenance Delay, Supplier)** — サプライヤのスタッフ、サプライヤが管理している部品、サプライヤが管理している消耗材、あるいはテスト結果のようなサプライヤが管理している情報を待っているため、装置が所期の機能を果たせない間の計画外ダウンタイムのサブステート。UDT メンテナンスの遅れは、計画外のダウンタイムの間のどの時点でも、起こりうる。

6.1.9.8 **UDT メンテナンスの遅れ, 非サプライヤ (UDT Maintenance Delay, Nonsupplier)** — 非サプライヤのスタッフ、非サプライヤが管理している部品、非サプライヤが管理している消耗材、あるいはテスト結果のような非サプライヤが管理している情報を待っているため、装置が所期の機能を果たせない間の計画外ダウンタイムのサブステート。UDT メンテナンスの遅れサブステートは、装置をダウン状態において、メンテナンスを後回しにしようという管理上の決定が原因のこともある。

6.1.9.9 **UDT スペック外入力 (UDT Out-of-Specification (OOS) Input)** — スペック外入力あるいは誤った入力のために発生した問題の結果だけが原因で、装置が所期の機能を果たせない時間外ダウンタイムのサブステート。以下に示す入力に必要な計画外ダウンタイムはすべて、UDT OOS 入力ダウンタイムに含めなければならない。例えば、プローブカードのショートによりプローブやテスターシステムの修理が必要になったとすると、問題を突き止める前に発生したダウンタイムは UDT OOS 入力ダウンタイムとして再分類される。こういった入力には下記が含まれる：

- **サポートツール**：（例えば、歪んだカセットあるいはウェーハキャリア、誤ったプローブカード、あるいはレチクル等）。
- **ユニット**：（例えば、上流側プロセスの問題点、歪んだウェーハ、汚染されたウェーハ、歪んだリードフレームなど）。
- **試験データ**：（例えば、校正していない計量機器、チャートの誤読、データの解釈エラー／入力エラーなど）。
- **消耗材**：（例えば、汚染された酸、漏洩しているターゲットボンド、劣化しているフォトレジスト、劣化しているモールドコンパウンド等）。
- **誤ったホストあるいは他の装置の入力**（例えば、誤ったレシピなど）

6.1.9.10 **UDT 消耗材の交換 (UDT Change of Consumable Material)** — 消耗材を交換するために装置アップタイムの計画外中断がある計画外ダウンタイムサブステート。これは、消耗材に直接関連する故障を伴

うこともあれば、関連しない故障によって必要になる消耗材の交換を伴うこともある。消耗材を取ってくる際の遅れは含まれない。

6.1.9.11 UDT 設備関連 (Facility Related) — 計画外の設備の故障の結果、装置が所期の機能を果たせない計画外ダウンタイムのサブステート。以下に示す設備に必要な計画ダウンタイムはすべて、UDT 設備関連サブステートに含めなければならない。例えば、計画されていた 15 分の停電の結果、クライオポンプの再生が必要になったとすると、装置が所期の機能を果たせるような状況に戻るまでにかかった時間はすべて UDT 設備関連サブステートに含められる。設備には下記が含まれる：

- 環境条件：（例えば、温度、湿度、振動、パーティクル数、電磁干渉）
- 設備接続：（例えば、電源、冷却水、ガス類、排気、液体窒素）
- 他の装置あるいはホストとの通信リンク

6.1.9.12 UDT 不特定の (UDT Unspecified) — 上記のサブステートのいずれかの下で特にトラッキングされないすべての計画外ダウンタイム。

6.1.10 非計画 (NST) 状態 (Nonscheduled (NST) State) — 装置システムが生産に使用されると計画されていない状態。非計画時間は次の事項を含む。

- 休止シフトの時限
- オフラインのトレーニング
- 装置の設置
- 装置の改造
- NST IPS (IPS 装置システムのみ)

6.1.10.1 休止シフトの時限 (Unworked Time Periods) — シフト、週末、祝日、設備のシャットダウンなど。生産計画外のもの。各休止シフト時限は、装置シャットダウンやスタートアップを含む。

6.1.10.2 オフラインのトレーニング (Off-line Training) — トレーニングのみを目的とし、その他の生産出力をまったくもたらさない装置オペレーション。

6.1.10.3 装置の設置 (Equipment Installation) — 装置が初期の設置のために生産計画外の状態

6.1.10.4 装置の改造 (Equipment Modification) — 装置は、通常の予防保守計画では対応できない改造、再組み立て、あるいはアップグレード（ハードウェアまたはソフトウェア）のために生産計画から外れている。

6.1.10.5 NST IPS — 生産に使用されると現在計画されている IPS または複数 IPS のいずれかでない IPS 装置システムの場合。IPS 非計画時間の詳細については、§ 7.4.6.1 を参照のこと。

注 9: IPS を NST IPS サブステートとして指定することにより、生産時間は個別の IPS により正確に帰属する。複数の IPS が生産に使用されると同時に計画されている限り、生産時間を個別の IPS に帰属させることはできない。この帰属は、生産時間を含むすべての IPS 測定基準の結果に直接影響する。

6.1.10.6 非計画状態は、これらの事項のうちのいずれかの後、所期の機能が果たせるような状況に装置を持っていくのに必要な限定された時間が含まれる。

6.1.10.7 装置に対して行われたメンテナンスは非計画状態にはカウントできない。なぜなら、全てのメンテナンス（これにはプログラムされたクライオポンプの再生といった自動メンテナンスルーチンを含む）は、計画ダウンタイムか計画外ダウンタイム状態のいずれかに分類されなければならないからである。

6.1.10.8 同様に、この時間内に行われた全ての生産作業あるいはエンジニアリング作業（「定時後」に自動的に停止する無人才オペレーションも含む）は、生産タイムあるいはエンジニアリングタイムのどちらかに分類されなければならない。

注 10: 非計画時間は、総時間から戦略的な休止期間を除外することを目的としており、通常は長期的な生産計画においてあらかじめ決定されるべきである。唯一の明らかな例外は、おそらくはロット間で頻繁に IPS を切り替える特に機動的な MPCT の IPS 非計画時間である。一般に、生産期間の間でその時々で発生する不規則なアイドル期間は、非計画状態ではなくスタンドバイ状態でトラッキングすべきである。

6.2 装置サイクルのトラッキング要求条件 (*Tracking Requirements for Equipment Cycles*) — 特定の SEMI E10 測定基準をサポートするために、各観測期間において装置サイクルのカウントも必要である。サイクルは、処理、製造、あるいは装置システムまたはサブシステムのテストステップという一連の完全な操作シーケンスである（ユニットのロードおよびアンロードを含む）。ユニットを個々に処理する装置システムでは、サイクル数は処理されるユニット（例えば、ウェーハ）数に等しい。バッチ単位で処理する装置システムでは、サイクル数は処理されるバッチ数に等しい。

6.2.1 製作時間の間の装置サイクルの数 (*Count of Equipment Cycles During Productive Time*) — 生産時間中の装置サイクルの数は、測定基準 $MCBF_p$ で使用される。

6.2.2 アップタイムの間の装置サイクルの数 (*Count of Equipment Cycles During Uptime*) — 生産時間中の装置サイクルの数にエンジニアリング時間中の装置サイクルの数を加えたもの。SEMI E10 状態の定義により、スタンドバイ時間中の装置サイクルはないはずである。アップタイム中の装置サイクルの数は、測定基準 $MCBF_u$ で使用される。

6.3 ダウンタイムイベントのトラッキング要求条件 (*Tracking Requirements for Downtime Events*) — 各観測期間において、各 SEMI E10 状態および/またはサブステートの時間の合計とは別に、SEMI E10 測定基準で使用する各装置システムのダウンタイムイベントをトラッキングし、分類する必要がある。

6.3.1 ダウンタイムイベント (*Downtime Event*) — ダウンタイムイベントは、(1) 計画ダウンタイム状態以外の状態から計画ダウンタイム状態へ、または (2) 計画外ダウンタイム状態以外の状態から計画外ダウンタイム状態への初期状態移行イベントである。計画ダウンタイム状態から計画外ダウンタイム状態あるいはその逆の移行はダウンタイムイベントとなり得るが、計画ダウンタイム状態におけるサブステート移行または計画外ダウンタイム状態におけるサブステート移行はダウンタイムイベントではない。

6.3.2 継続的ダウンタイムイベント (*Continuous Downtime Event*) — 装置が非ダウンタイム状態からダウンタイム状態に移行する際のダウンタイムイベント。例えば、生産状態からダウンタイム状態への移行、継続的ダウンタイムイベントであるが、計画ダウンタイム状態から計画外ダウンタイム状態あるいはその逆の移行は継続的ダウンタイムイベントではない。継続的ダウンタイムイベントの数は、測定基準 MTOL（オフライン平均時間）で使用される。

6.3.3 予備保守イベント (*Preventive Maintenance (PM) Event*) — 計画ダウンタイム状態に移行するダウンタイムイベントであって、装置が計画ダウンタイム状態を脱する前に SDT 予防保守サブステートが発生するもの。PM イベントの数は、測定基準 $MTTPM$ （平均予防保守時間）で使用される。

6.3.4 故障 (*Failure*) — 装置が所期の機能を果たせなくなる状態に変化させる予定外または計画外のイベント。一つ以上の部品やサブシステムの故障、ソフトウェアまたはプロセスレシピ問題、設備またはユーティリティサプライの機能不全あるいは人的エラーなどが、装置システム故障の原因となる。SEMI E10 状態の観点では、故障は、計画外ダウンタイム状態の内のダウンタイムイベントのひとつである。修理サブステートが計画外ダウンタイム状態から抜け出る前に起こる場合でさえ、故障は修理として分類される場合がある。

6.3.4.1 製作時間の間の故障 (*Failure During Productive Time*) — 製作状態からの故障イベント。これには、生産状態への移行直後に発生する故障も含まれる。生産時間中の故障の数は、測定基準 $MTBF_p$ および $MCBF_p$ で使用される。

6.3.4.2 アップタイムの間の故障 (*Failure During Uptime*) — 生産、待機およびエンジニアリング状態からの故障イベント。これには、これらの状態への移行直後に発生する故障も含まれる。アップタイム中の故障のカウントは、測定基準 $MTBF_u$ および $MCBF_u$ で使用される。