

SEMI E116-0707^E

SPECIFICATION FOR EQUIPMENT PERFORMANCE TRACKING

装置性能トラッキング (EPT) 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 スタンダードは、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 スタンダ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)。

本スタンダードは、Information & Control Global Technical Committee で技術的に承認されている。現版は 2007 年 4 月 25 日、global Audits and Reviews Subcommittee にて発行が承認された。2007 年 6 月に www.semi.org で。初版は 2002 年 7 月発行、前版は 2006 年 7 月に発行された。

^E 本文書は 2007 年 9 月に、誤字を訂正するため、編集上の修正がなされた。変更箇所は、表 R1-13 である。

1 目的

1.1 この資料は、生産装置の基本的な性能のトラッキングを実行するための仕様について記述する。この資料の規定により、ホストコンピュータは、オペレータやホスト入力なしに自動的かつ一貫性のある方法で装置の基本的な性能をトラッキングできる。この資料は、装置サプライヤが次の事項を実行するための仕様について記述する。

- 装置の基本的な状態をトラッキングすること (オペレータやホスト入力は不要)。
- 主要なモジュールおよび装置全体の両方について、モジュラ式に装置の基本的な状態をトラッキングすること。
- モジュールと装置の両方のレベルで、装置の基本的な状態の変化をホストコンピュータにレポートすること。
- モジュールと装置の両方のレベルで、装置がその状態にある時間をホストコンピュータにレポートすること。
- モジュールと装置の両方のレベルで、装置がタスクを実行できないようにブロックされている理由をホストコンピュータにレポートすること。

1.2 装置のユーザは、ユーザの入力に依存せずに装置性能をトラッキングし、ユーザによる不正な入力やタイムリーではない入力に起因する不正確さをなくす必要がある。ユーザ入力なしで装置性能をトラッキングすることは、運転のシナリオにおいて手動介入を最小限にする必要がある 300mm ウェーハの工場では重要である。EPT は、ホストコンピュータがオペレータやホスト入力なしに自動的かつ一貫性のある方法で装置の性能をトラッキングするために必要な装置データを取得できるようにする概念、動作、メッセージサービスを定義する。

1.3 EPT により、工場の管理者は、ユーザ入力に依存せずに、装置およびモジュール (プロセスチャンバなど) の両方のレベルで工場の装置の現状態を特定できる。EPT により、工場の技術者は、さまざまな状態において装置とモジュールによって消費された時間を評価し、改善の対象となる領域を特定できる。EPT により、工場の技術者は、装置やモジュールの動作が妨げられている理由を装置から直接取得できる。EPT により、工業技術者は、装置のデータを製造実行システム (MES: Manufacturing Execution System) からの外部データと組み合わせると、装置レベルとモジュールレベルで SEMI E10 の状態および SEMI E79 の測定基準を正確に計算できる。EPT により、自動化技術者は、標準化された収集イベントおよび装置

の状態データを取得するためのデータ変数を使用して再使用可能なホストインターフェイスを開発できる。

2 範囲

2.1 このスタンダードの範囲は、装置の動作状態および生産装置の基本的な装置性能をトラッキングするために必要なデータを定義することである。これらの要件は、ホストやオペレータの入力なしに、装置レベルとモジュールレベルでのトラッキングを容易にし、かつホストに状態情報を伝達してシンプルな装置性能のトラッキングを実行することを目的とする。

2.2 具体的には、この資料は次の項目について記述する。

- 状態変化のトリガーを定義する装置性能トラッキング (EPT: Equipment Performance Tracking) 状態モデル
- 基本的な装置性能データをホストコンピュータに伝達するために必要なデータ変数の仕様
- 基本的な装置性能データをホストコンピュータに伝達するために使用されるイベントメッセージの仕様
- EPT 準拠の要件

2.3 このスタンダードでは、ホストコンピュータがオペレータやホスト入力なしに自動的かつ一貫性のある方法で装置の性能をトラッキングするために必要な装置データを取得できるようにする概念、動作、メッセージサービスを指定する。装置からホストコンピュータへの SEMI E10 の状態のレポートではユーザ入力が必要であり、すでに SEMI E58 によって指定されているので、これについては指定しない。

2.4 このスタンダードは、SEMI E58 とは矛盾せず、装置が SEMI E58 による SEMI E10 の状態をレポートすることを妨げるものではない。

2.5 このスタンダードは、SEMI E10 および SEMI E79 の測定基準に必要な正確な装置情報をオペレータやホストの入力に依存せずに提供し、ユーザによる不正な入力やタイムリーではない入力に起因する不正確さをなくす、SEMI E10 および SEMI E79 のための基礎的要素である。EPT は、装置性能トラッキングのモジュラアプローチを提供することによって SEMI E10 および SEMI E79 の両方を支援し、装置の主要モジュールの状態によって装置の状態を決定できる。EPT は、装置やモジュールの現在の動作についてタスクレベルの詳細情報を提供することによって SEMI E79 を支援し、性能測定基準をタスクレベルでトラッキングできる。

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 このスタンダードは、半導体製造装置に適用される。他のタイプの装置は検討されていない。しかし、適用可能ならば他のタイプの装置に使用してもよい。

4 参照スタンダードおよび文書

4.1 SEMI スタンダード

SEMI E10 — Specification for Definition and Measurement of Equipment Reliability, Availability, and Maintainability (RAM)

SEMI E39 — Object Services Standard: Concepts, Behavior, and Services

SEMI E30 — Generic Model for Communications and Control of Manufacturing Equipment (GEM)

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

SEMI E79 — Standard for Definition and Measurement of Equipment Productivity

SEMI E90 — Specification for Substrate Tracking

SEMI E98 — Provisional Standard for the Object-Based Equipment Model (OBEM)

SEMI E101 — Provisional Guide for EFEM Functional Structure Model

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 *EFEM (Equipment Front End Module)* — 装置フロントエンドモジュール

5.1.2 *EPT (Equipment Performance Tracking)* — 装置性能トラッキング

5.1.3 *GEM (Generic Equipment Model)* — 包括的装置モデル [SEMI E30]

5.2 定義

5.2.1 *EPT モジュール (EPT module)* — プロセスやスループットに影響する装置の主要なコンポーネント。

5.2.1.1 単純化するために、1つのEPTモジュールは一度に1つのタスクだけを実行する。それぞれのEPTモジュールには、装置によって維持されるEPT状態モデルがある。

5.2.2 *EPT 状態 (EPT state)* — EPT状態モデル内のIDLE, BUSY, BLOCKEDの状態。

5.2.3 *イベントレポート (event report)* — 収集イベントが発生すると装置がホストに送信するメッセージ。

5.2.4 *障害 (fault)* — 例外。

5.2.5 *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。

5.2.6 *本来の機能 (intended function)* — 装置がそれを実行するために作られた製造機能。これには、搬送装置の搬送機能、測定装置の測定機能、PVDやワイヤボンディングなどのプロセス機能が含まれる。完全な装置は複数の本来の機能を有することができる。[SEMI E58]

5.2.7 *材料 (material)* — プロセスの基本単位。このスタンダードの目的においては、材料とは1枚または複数枚の基板の集合である。

5.2.8 *モジュール (module)* — 少なくとも1つの材料位置を含み、材料に対して何らかのタスクを実行する装置の主要コンポーネント。装置モジュールとは、装置のサブシステム、I/Oデバイスおよび他のモジュールの集合体である場合がある。[SEMI E98]

5.2.9 *基板 (substrate)* — それに対して作業が実行され製品を作製する材料の基本単位。その例には、ウェーハ、ダイ、マスクに使用されるプレート、フラットパネル、回路基板、リードフレームが含まれる。[SEMI E90]

5.2.10 *タスク (task)* — 想定時間、確定した開始点と終了点を有する計画され、繰り返し可能な動作（ウェーハをカセットからステージに移動する、ウェーハをプリアライメントする、レティクルをアライメントする、チャンバを予熱する、真空度を上げるなど）注：実際の期間は変化してもよい。

5.2.11 *トリガー (trigger)* — 装置の状態を変化させるイベント。例として、センサ指示値の変化、アラーム、ホストから受信するメッセージ、オペレータ命令などがある。

5.2.12 *ユニット (unit)* — ウェーハ、ダイ、パッケージされたデバイス、もしくはその一部（製品および非製品単位を含む）。[SEMI E10]

5.2.13 *ユーザ (user)* — オペレータによってローカルで、あるいはホストによってリモートで装置と相互作用する任意の実体。装置の視点からは、オペレータとホストの両方がユーザである。[SEMI E58]

6 要求条件

6.1 EPT 準拠の実装には、ステータス情報へのアクセス可能性、イベントのレポート、アラーム管理、内部の日付時刻のクロックの規定など、他のスタンダードによって定義される特定の機能に関する規定が必要である。これらの要件は、次の要件を SEMI E30 に準拠させることによって満足できる。

- クロックサービス
- イベント通知
- ステータスデータ収集
- 装置定数
- アラーム管理

6.2 EPT 準拠の実装には、装置内に含まれるすべての EPT モジュールの文書化されたリストが必要である。

6.3 EPT 準拠の実装には、装置と各 EPT モジュールの EPT 状態モデルが必要である。

6.4 各 EPT モジュールには、そのモジュールが実行できるタスクの文書化されたリストがなければならない。

7 規定

7.1 この資料は、§ 4 で参照される SEMI スタンダードによって使用される状態モデルの方法およびサービス定義の表記法にしたがう。

7.2 状態モデルの方法論

7.2.1 状態モデルには、3 つの要素がある。すなわち、各状態やサブの状態の定義、状態間の有効な遷移を示す状態図、それに対応する各遷移のトリガーを定義する状態遷移表である。状態モデルのダイアグラムでは、ハレル状態チャート表記法を使用する。この表記法の概要は、SEMI E30 の Appendix に記述されている。この表記法の定義は、Science of Computer Programming 8, 1987 の中で D. Harel によって書かれた、“Statecharts: A Visual Formalism for Complex Systems”に記述されている。

7.2.2 遷移表は、状態図と共に提供され、各状態遷移の特性を明示的に記述する。遷移表には、遷移番号、前状態、トリガー、新状態、処理、コメントの列がある。遷移の「トリガー」（3 列目）は、「前状態」にある時に発生する。「処理」（5 列目）には、次の項目の組み合わせが含まれる。

1. 前状態を終了する時にとる処理
2. 新状態に入るときにとる処理
3. その遷移に最も緊密に関連してとる処理

7.2.3 これらのケースの間には違いはない。

番号	前状態	トリガー	新状態	処理	コメント
Transition #					

7.3 変数データ項目の定義

7.3.1 この資料に含まれる変数項目ディクショナリにより、変数名、内容、型（形式）、アクセス（読み出し/書き込み、読み出しのみ）、変数に関するコメントを定義する。これは、次の表の形式で示す。

変数名	内容	型	アクセス	コメント

7.4 イベントの内容

7.4.1 この資料に含まれる収集イベント記述テーブルには、イベント名、状態モデル遷移、内容、そのイベントに必要なデータが含まれる。これは、次の表の形式で示す。

イベント名	状態モデル 遷移番号	内容	必要なデータ

8 概要

8.1 本項では、装置性能を決定するために必要な情報を EPT が提供できるようにする概念を定義する。

8.2 スループットとサイクルタイムも含め、装置のプロセス時間は、次の 2 つの要因によって決定される。(1)装置の EPT モジュールによって実行されるタスクのシーケンス。実行される各タスクの番号、タスク間の直列、並列の関係なども含む。(2)それぞれの個別タスクの実行時間。タスクを実行するモジュールによって装置システムをトラッキングすることにより、システム全体の性能に対する両者の要因の影響を正確に特定することが可能になる。

8.3 EPT モジュールの概念とタスクの概念を導入することにより、EPT は、このレベルの詳細事項までトラッキングできる。EPT 準拠の装置は、タスクと EPT モジュールまでブレークダウンされた装置の動作にしたがってイベントをレポートする必要がある。EPT モジュールは、プロセスやスループットに影響する装置のコンポーネントであり、一時に 1 つのタスクだけを実行できる。EPT モジュールの例には、プロセスステーション、プロセスチャンバ、ウェーハハンドリングシステムなどがある。タスクは、想定時間、確定した開始点と終了点を有する計画され、繰り返し可能な動作である。タスクの例には、次のものがある。

- ウェーハをカセットからステージに移動する。
- ウェーハをプリアライメントする。
- レティクルをアライメントする。
- チャンバを予熱する。
- 真空度を上げる。

8.4 EPT 準拠の装置は、タスクを実行する EPT モジュールから構成される。したがって、装置の状態は、EPT モジュールの状態の複合として効果的にモデル化できる。さらに、EPT は、各 EPT モジュールのタスクレベルの詳細を提供することにより、性能トラッキングに必要な詳細情報を提供する。

8.5 EPT モジュールとタスクは、各 EPT モジュールが一時に 1 つのタスクだけを実行するように定義されなければならない。その例を、関連情報の § R1-7 に記載する。各装置システムは、少なくともそのシステムによって同時に実行できるタスクと同じ数の EPT モジュールを定義していなければならない。

8.6 各タスクは、関与するユニット（ウェーハ、基板、レティクルなど）、関与する EPT モジュール（プロセスステーション、ロボットなど）、タスクのタイプ（「プロセス」、「サポート」など）が、タスクの期間を通じて一定になるように定義しなければならない。次の項目のどれかが変更されると、新しいタスクを開始するか、現在のタスクが完了することになる。

- 関与する材料の変更（ウェーハの到着、ウェーハの取り除きなど）

- 関与する EPT モジュールの変更（ロボットがウェーハを移動した、チャンバがウェーハを処理したなど）
- タスクのタイプの変更（生産レシピの前のパージレシピなど）

注 1: 装置がタスクやモジュールを無限に詳細に定義することは実際的ではない。したがって、関与する材料、関与する EPT モジュール、タスクのタイプがすべて一定である各インスタンスにおいて、1 つだけのタスクに対するイベントをレポートするように推奨される。EPT に準拠させるためには、それ以上のブレイクダウンは不要である。EPT では、任意のタスク内で補足イベントのレポートに制限はない。しかし、これらの補足イベントは、EPT イベントとしてレポートしてはならない。

9 EPT 状態モデル

9.1 この項では、装置性能トラッキング状態モデルを定義する。これは、装置および EPT モジュールに適用される。

9.2 EPT 状態モデルの要件

9.2.1 EPT 状態モデルは、装置およびその EPT モジュールのさまざまな状態を次のような運転上の視点から捕捉することが目的である。

- EPT モジュールがタスクの実行でビジー状態
- EPT モジュールがタスクの実行をブロック
- EPT モジュールアイドルリング

9.2.2 装置は、ユニットがキャリアから取り出されキャリアに戻るまで装置全体を通過するそれぞれの主要モジュール（プロセスステーションとチャンバ、ウェーハハンドリングシステムなど）について EPT 状態モデルを維持しなければならない。

9.2.3 装置は、プロセスやスループットに影響する装置の主要コンポーネントについて EPT 状態モデルを維持しなければならない。

9.2.4 装置は、装置全体の独自の EPT 状態モデルを維持しなければならない。

9.2.5 装置は、すべての EPT 状態遷移を伝達する責任がある。

9.2.6 EPT 状態モデルは、装置フロントエンドモジュール (EFEM: Equipment Front-End Module) に適用できる。

9.2.7 EPT モジュールには 2 つのタイプがある：(1) EPT モジュールと (2) EFEM/ロードポート EPT モジュールである。どちらのタイプもモジュールレベルの EPT 状態マシンの有する。

9.3 EPT 状態モデルのダイアグラム

9.3.1 図 1 に、EPT 状態モデルのダイアグラムを示す。

9.4 EPT 状態の定義

9.4.1 この項では、EPT 状態について説明する。

9.4.2 IDLE

9.4.2.1 EPT モジュール— モジュールが IDLE 状態であるためには次の条件が必要である。

- モジュールに材料が存在していないこと。
- モジュールがタスクを実行中ではないこと。
- モジュールに新しいタスクを開始できないようにする障害条件が存在しないこと。

9.4.2.2 装置— 装置が IDLE 状態であるためには次の条件が必要である。

- EPT モジュールが新たなタスクを開始することを妨げる BLOCKED EPT モジュールがないこと。

- 1, 2, 3, 4, 5 のタスクに伴い, BUSY 状態の EPT モジュールが存在しないこと。

9.4.2.3 装置とモジュールの両方について, IDLE 状態において次のような状態が存在してもよい。

- 装置またはモジュールが, 環境要件 (バックグラウンドの温度, パーティクルのモニタリングなど) を維持し, モニタリングしている。

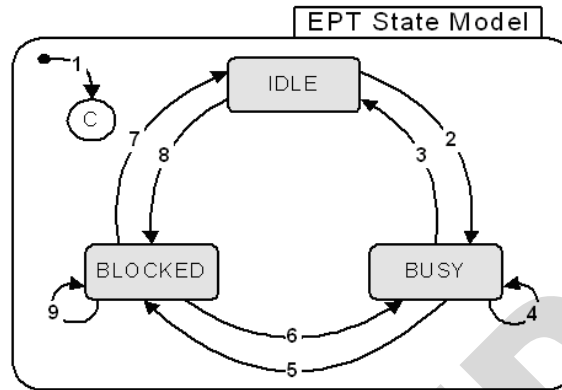


図 1
装置性能トラッキング状態モデル

9.4.3 BUSY

9.4.3.1 EPT モジュール— モジュールが BUSY 状態であるためには次の条件が必要である。

- モジュールがタスクを実行中である。かつ,
- モジュールにタスクを実行できないような障害条件が存在しないこと。

9.4.3.2 装置— 装置が BUSY 状態であるためには次の条件が必要である。

- 1, 2, 3, 4, 5 のタイプのタスクに伴い少なくとも 1 つの EPT モジュールが BUSY であること。

9.4.3.3 装置とモジュールの両方について, BUSY 状態において次のような状態が存在してもよい。

- 材料が存在する。

9.4.4 BLOCKED

9.4.4.1 EPT モジュール— モジュールが BLOCKED 状態であるためには次の 1 つまたは複数の条件が必要である。

- EPT モジュールがタスクの実行を継続できないあるいは開始できない条件が存在する:
- EPT モジュールがタスクを完了できない障害条件が存在する。
- EPT モジュールが新しいタスクを開始できない障害条件が存在する。
- EPT モジュールが一時停止 (または中止) の指示により一時停止 (または中止) 中である。
- EPT モジュールがタスクを一時停止して, 再開の指示を待っている。
- EPT モジュールがスタートアップ時の初期化に失敗した。

9.4.4.2 装置— EPT 装置が BLOCKED 状態であるためには次の条件が必要である。

- 1,2,3,4,5 のタイプのタスクに伴い BUSY 状態にある EPT モジュールが存在しないこと。

- 少なくともひとつの BLOCKED EPT モジュールによって EPT モジュールが新たなタスクを行う、もしくは現在のタスクを完了することを妨げられていること。

9.4.4.3 EPT 装置とモジュールの両方について、BLOCKED 状態において次のような状態が存在してもよい。

- 材料が存在する。

9.5 EPT 状態遷移表 – モジュールレベル

9.5.1 この項では、装置内の EPT モジュールの状態遷移を定義する。

9.5.2 イベントの変化により更新されるそれぞれのステータス変数について、対応するイベント変数も更新されなければならない（表 4 を参照）。

表 1 状態の基本遷移 モジュールレベル

#	前状態	トリガー	新状態	処理	コメント
1	(状態なし)	EPT モジュール初期化完了。	IDLE [または] BLOCKED [または] BUSY	EPT イベントはトリガーされない。 • EPTState = IDLE または BLOCKED または BUSY • PreviousEPTState = No State • PreviousTaskName = “No Task” • PreviousTaskType = 0 • EPTStateTime = 0 • BlockedReason が更新される場合がある。 • BlockedReasonText が更新される場合がある。 • TaskName がセットされる。 • TaskType がセットされる。	(状態なし) は実際の EPT 状態ではないことに注意。ここでは単に初期化完了後新たな EPT 状態に入ることを示している。 障害条件が存在せず、材料がない場合、IDLE または BUSY に遷移する。 障害条件が存在する、あるいは EPT モジュールを初期化できない場合、BLOCKED に遷移する。 材料が存在する場合、BLOCKED または BUSY に遷移する。
2	IDLE	EPT モジュールが新しいタスクの実行を開始する。	BUSY	• EPTStateChange _i イベントがトリガーされる。 • EPTStateTime が計算される。 • EPTState = BUSY • PreviousEPTState = IDLE • TaskName がセットされる。 • TaskType がセットされる。	

#	前状態	トリガー	新状態	処理	コメント
3	BUSY	EPT モジュールがタスクの実行を完了する。 [かつ] EPT モジュールから材料が取り除かれる。	IDLE	• EPTStateChange_i イベントがトリガーされる。 • EPTStateTime が計算される。 • EPTState = IDLE • PreviousEPTState = BUSY • TaskName = “No Task” • TaskType = 0 • PreviousTaskName がセットされる。 • PreviousTaskType がセットされる。	
4	BUSY	前のタスクが正常に完了すると EPT モジュールは新しいタスクの実行を開始する。	BUSY	• EPTStateChange_i イベントがトリガーされる。 • TaskName がセットされる。 • TaskType がセットされる。 • PreviousTaskName がセットされる。 • PreviousTaskType がセットされる。	EPTStateTime は変化しない。したがって、モジュールが BUSY 状態を脱すると、EPTStateTime には、モジュールが BUSY だった総時間が反映される。 PreviousEPTState は変化しない。したがって、PreviousEPTState には継続してモジュールが BUSY であった前状態が反映される。
5	BUSY	EPT モジュールを一時停止する一時停止命令を受信した。 [または] EPT モジュールを中止する中止命令を受信した。 [または] EPT がタスクを実行できない障害条件が発生した。	BLOCKED	• EPTStateChange_i イベントがトリガーされる。 • EPTStateTime が計算される。 • BlockedReason がセットされる。 • BlockedReasonText がセットされる。 • EPTState = BLOCKED • PreviousEPTState = BUSY • PreviousTaskName がセットされる。 • PreviousTaskType がセットされる。	TaskName および TaskType は変化しない。これらの変数は、現在実行できないようにブロックされているタスクの情報を継続して反映する。