

SEMI E157-0611

SPECIFICATION FOR MODULE PROCESS TRACKING

モジュールプロセストラッキングの仕様

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、global Information & Control Committee で技術的に承認されている。現版は 2010 年 12 月 21 日、global Audits and Reviews Subcommittee にて発行が承認された。2011 年 6 月に www.semiviews.org および www.semi.org で入手可能となる。初版は 2010 年 6 月発行。前版は、2011 年 2 月発行。

1 目的

- 1.1 本仕様の目的は、プロセス関連データを工場システムに報告する標準の装置機能を定義することである。本仕様は主に、レシピの実行に関連したプロセスロケーション(プロセスモジュール)のアクティビティを対象としている。
- 1.2 今日の半導体工場において、レシピ実行時のプロセスデータの収集は重要である。これにより、装置プロセス、完成品の品質、歩留まり、および工場の全般的なパフォーマンスの最適化に役立つさまざまなアプリケーションをサポートできる。
- 1.3 このプロセスデータの報告機能により、工場のアプリケーションは、抽出した時系列データ(トレース)およびサマリープロセスデータを関連するコンテキストデータに結び付けることができる。本 Standard で規定されるプロセスモジュールのレシピ実行を記述するイベントによって、このようなコンテキスト情報が利用可能であることを保証する。コンテキストデータには、プロセス・ジョブ、装置レシピ、処理基板の識別子などの項目が含まれる。この報告機能では、処理の開始/終了レコードが、レシピステップレベルの粒度で提供される。
- 1.4 これらのイベントの報告は、プロセスモジュール固有のデータパラメータを報告するために、プロセスモジュールごとに行う必要がある。これらのプロセスモジュールは、一般に、それぞれ異なるコンテキストやプロセスのデータパラメータ値を持つ。一つのイベントがすべてのプロセスチャンパに適用されるような一般イベントでは、そのイベントレポートが発生したプロセスモジュールに関係なく同じデータが報告される。このような一般イベントでは、それぞれのプロセスモジュールで得られるユニークなデータパラメータの取得に必要とされる、プロセスモジュール固有のデータセットは報告されない。

2 範囲

- 2.1 本スタンダードは、製造装置内のプロセスロケーション(プロセスモジュール)における、装置レシピ実行に関するデータ収集に適用する。
- 2.2 本スタンダードは、次について記述する。
 - プロセスモジュールにおける装置レシピの実行
 - レシピ実行のためのプロセスモジュールの状態モデル
 - プロセスデータを収集するためのイベントレポート
 - プロセスのコンテキストデータのパラメータ
 - 装置レシピのコンポーネントと、そのレシピコンポーネントをプロセスモジュールで実行する際に指定するレシピステップ

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柄を確立し、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 本仕様は、装置のプロセ스로ケーション(プロセスモジュール)でのレシピ実行のみを対象とし、プロセスチャンバ間の基板シーケンスや装置内での基板の移動は対象としていない。

3.2 本仕様は、プロセスモジュールに直接影響するアクティビティ時間外に発生する、プロセスに関連した算出処理は対象とはしない。

3.2.1 例えば、プロセスモジュールで基板を処理した後、その基板をプロセスモジュールの外へ移動するが、別途報告するために、プロセスアクティビティの結果を継続して算出することがある。本仕様では、そのようなデータの報告や、処理プロセスをトラッキングするためのイベントなどについては規定しない。

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 E5 — SEMI Equipment Communications Standard 2 Message Content (SECS-II)

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

SEMI E40 — Standard for Processing Management

SEMI E87 — Specification for Carrier Management (CMS)

SEMI E90 — Specification for Substrate Tracking

SEMI E120 — Specification for the Common Equipment Model (CEM)

SEMI E125 — Specification for Equipment Self-Description (EqSD)

SEMI E134 — Specification for Data Collection Management (DCM)

SEMI E139 — Recipe and Parameter Management (RaP)

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

5 用語

5.1 略語および頭字語

5.1.1 *EDA* — equipment data acquisition

5.2 定義

5.2.1 *データパラメータ(data parameter)* — データの項目。本仕様では、データパラメータは 1 つまたは複数の値で構成され、現在のステータスや装置内で発生したイベントを報告するために使用される。

5.2.2 *EDA (equipment data acquisition)* — SEMI E120, SEMI E128, SEMI E132, SEMI E134, SEMI E138 などを参照スタンダードとして、SEMI E125 および SEMI E134 に基づくデータ収集インタフェース。

5.2.3 *装置(equipment)* — 操作やアクティビティ(プロセス、搬送、保管など)の実行に必要なハードウェアとソフトウェアの組み合わせ。すべての直接的な補助装置や周辺装置を含む(真空ポンプ、熱交換器、排水/排気処理装置など)。

5.2.4 *装置レシピ(equipment recipe)* — 装置上で実行可能なアクティビティやプロセスの仕様。ユーザが管理する、再利用可能な一連の命令や設定であり、材料に適用するプロセス環境はこの装置レシピで決まる。レシピは実行ごとに、またはプロセスサイクル間で変更できる。装置レシピは 1 つまたは複数のレシピコンポーネントで構成される。

5.2.5 *ホスト(host)* — 装置と通信するインテリジェントシステム。

5.2.6 マスターレシピ(*master recipe*) — 装置レシピを構成する複数のレシピコンポーネントの集合を表すレシピコンポーネント。マスターレシピによって、その他のレシピコンポーネントが決定される。このマスターレシピの識別子を装置で指定して、アクティビティを処理する。例えば、SEMI E40 ProcessJob で指定する RecID は、マスターレシピの名前または識別子である。レシピを構成するコンポーネントが 1 つのみの場合は、そのコンポーネントがマスターレシピになる。

5.2.7 multi-chamber equipment マルチチャンバ装置 — 1 つ以上のプロセスモジュールを持つ装置。

5.2.8 プロセスモジュール(*process module*) — 材料を処理(製造値の追加など)することができる装置のコンポーネント。プロセスモジュールは、工場のユーザによる制御の下で、装置レシピから命令を受けてそれぞれの処理を実行する。プロセスモジュールはプロセスチャンバとも呼ばれる。同じ概念が SEMI E120 Module クラスに規定されている。プロセスモジュールには別のプロセスモジュール(サブモジュール)を設置できる。

5.2.9 製造装置(*production equipment*) — 半導体デバイスを製造するための装置。ウェーハソータ、プロセス、および測定装置を含み、材料搬送装置は含まない。

5.2.10 レシピコンポーネント(*recipe component*) — 個別のエンティティ(ファイルなど)として装置で管理される実行可能な仕様。レシピコンポーネントは、装置レシピのすべてまたは一部を表す。複数の部分で構成するレシピでは、レシピコンポーネントをサブレシピとして参照できる。1 つのレシピコンポーネントには、ゼロ個以上のレシピステップが存在する。

5.2.11 レシピパラメータ(*recipe parameter*) — レシピ内で定義した変数(設定)。外部から実際の値を指定できる。

5.2.12 レシピステップ(*recipe step*) — レシピのプロセス仕様における個別のサブセット。先行または後続のステップからの、レシピ実行の条件や命令に対する有意な変更を表す。1 つのレシピステップは、その全体が単一のレシピコンポーネントに包含される。レシピコンポーネントで指定したステップは 1 つずつ実行される。

5.2.13 基板(*substrate*) — 製品を作成するための材料の基本ユニット。ウェーハ、リードフレーム、CD、ダイ、ガラスパネル、回路基板、ディスクなどがある。

6 表記法

6.1 要求事項の識別

6.1.1 次の表記法は要求事項の識別子の構造を規定する。

6.1.1.1 次の要求事項接頭辞の書式は、要求事項の文面の始まりに使用される。要求事項接頭辞の書式注記については、表 1 を参照のこと。

- [Vsss.ss-RQ-nnnnnn-nn]

6.1.1.2 要求事項の文面の終わりを示すために、次の接尾辞の書式が使用される。

- [/RQ]

6.1.2 別途指示のない場合、要求 ID は表の列(左から右)に適用する。この場合、要求事項の文面の終わりを示す[/RQ]は使わない。

6.1.3 要求を示す識別記号があるテキストのみが本仕様の要求である。説明、例、および関連する推奨事項が要求事項の近傍に記述されていても、これらは要求には含まれない。

表1 要求識別子

書式注記	目的
Vsss.ss	SEMI スタンダード仕様識別子。例：E087.00, E087.01, E134.00。
RQ	要求事項の識別子であることを示す。
Nnnnn	本仕様内での一意の 5 桁の番号。90000~99999 が SEMI による使用のため予約されている。

書式注記	目的
.nn	要求事項のバージョンレベルを示す 2 桁の番号（最初のバージョンには 00 が用いられる）。
/RQ	要求事項の終わりを示す。

6.2 状態モデルの方法論

6.2.1 本文書では、Harel ステートチャートの表記法を使用して、定義されたオブジェクトの動的な操作を記述している。この表記法の概要については、SEMI E30 の添付資料に説明がある。この表記法の公式な定義は、*Science of Computer Programming 8, 1987* で D. Harel 氏寄稿の “*State Charts: A Visual Formalism for Complex Systems*” を参照のこと。

6.2.2 Harel の表記法には、一時エンティティに対する状態モデルの「作成」や「消滅」の概念はない。本文書では、中央に黒い丸のある円を使用してエンティティの消滅を表している。塗りつぶされた黒い丸は、状態モデルに対する入力（エンティティの作成）を示す。

6.2.3 各状態遷移の特性を明示的に説明するため、状態表と共に遷移表を使用している。遷移表には、遷移番号、前の状態、トリガー、新しい状態、処理、およびコメント用の列がある。遷移の「トリガー」(列 3) は、その前の状態で発生する。「処理」(列 5) では、次を組み合わせ指定する。

- 1) 前の状態の終了時に実行する処理。
- 2) 新しい状態の開始時に実行する処理。
- 3) 状態遷移に最も密接に関連して実行する処理。

6.2.3.1 これらは、互いに区別なく記述されている。

6.2.4 状態モデルは、状態モデル表、状態定義、および状態遷移表で構成される。

[E157.00-RQ-00001-00]本スタンダードにおけるすべての状態遷移は、特に指定のない限り、収集イベントに対応するものとする。[/RQ]

6.2.5 状態モデルはホストから見た装置を表すが、必ずしも装置の内部操作を説明するものではない。

[E157.00-RQ-00002-00]すべての状態モデルの遷移は、これらの遷移の要求を満たす、装置の適切な内部イベントにマッピングされるものとする。[/RQ]

6.2.6 特定の実装では、装置がある状態になった時点で、別の状態への遷移に必要な状態モデルのすべての条件をすでに満たしていることがある。そのような場合は、ただちに次の状態遷移が実行される。

番号	前状態	トリガー	新状態	処理	コメント

7 実装の概要

7.1 本章では、モジュールプロセストラッキング機能について概説する。ここでは文書の後半で定義される要求を参照しているが、本章のいかなる記述も要求を定義するものではない。この概要は、モジュールプロセストラッキングの概念について一般的な知識を提供し、後続の詳細な要求を理解しやすくすることを目的としている。

7.1.1 モジュールプロセストラッキング機能は、プロセスモジュールでのレシピ実行を追跡するためのデータ収集機能を提供する。これには、必要なコンテキスト情報やレシピ実行に関連する重要なデータパラメータが含まれる。

7.1.2 本仕様は、収集データの特定の使用を暗示も制限もしない。

7.2 レシピ実行の実装は装置のタイプによって異なるが、次の概念は多くのプラットフォームに共通して見られる。図 1 に、これらの概念の一部をクラス図で例示する。

7.2.1 この例は概念のみを表し、自己説明的であることを意図しているため、ここに示したクラスの定義は示していない。定義は **ProcessJob** のコンテキストで認識され、装置ではジョブをさまざまなレベルで実行する。最上位レベルの **MasterProcess** は **MasterRecipe** から命令を受け、従属の **SubProcess** は個別の **RecipeComponent** から命令を受ける。**ProcessModule** での実行は、複数の **RecipeStep** に分割される。レシピパラメータ (**RcpParamValues**) はすべてのレベルの処理に影響し、あらゆる **RecipeComponent** が取得する。

7.2.2 モジュールプロセス状態モデルには、**ProcessModule** に対するレシピ実行の影響が反映される。この状態モデルでは、プロセスモジュールでのプロセス実行に関連したデータ報告イベントが得られる。レシピステップのレベルで報告が可能である。

7.2.3 図1で太い枠線と太字のテキストで示されているクラスについては、本仕様内で詳しく説明する。

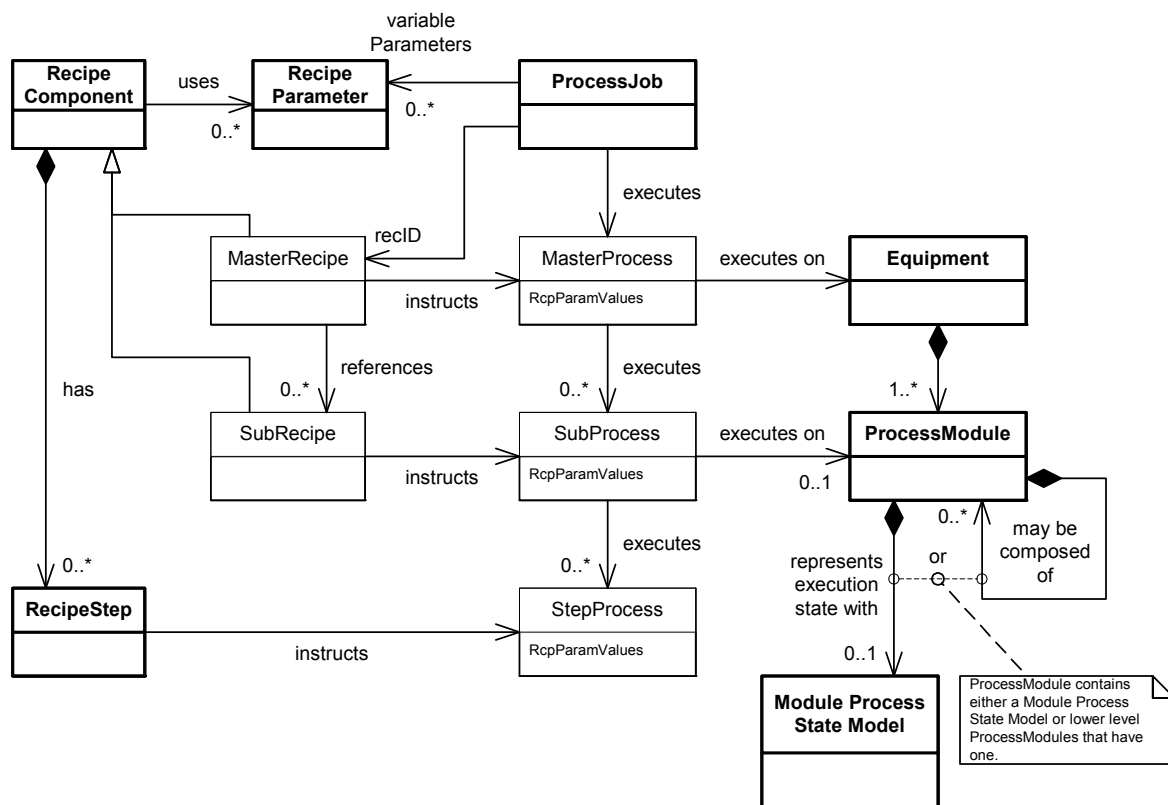


図 1
レシピ実行の概念の例

7.3 レシピ¹

7.3.1 装置がゼロ個以上の基板の処理命令を受けると、通常、処理のセットアップでメインレシピ、つまりマスターレシピの名前が参照される。例えば、SEMI E40 **ProcessJob** で指定されている **RecID** である。

7.3.2 このマスターレシピは複数のサブレシピを参照できる。マスターレシピとすべてのサブレシピは独立したレシピコンポーネントであり、これらのレシピコンポーネントによって装置レシピが構成される。

¹ 本仕様、および本仕様内で言及しているレシピ識別子は、サポートされるレシピのスタイル（またはプロセスプログラム）や対応する名前付け表記とは関係ないことに注意する。詳細については、SEMI E30、SEMI E40、および SEMI E139 を参照のこと。

7.3.3 一部またはすべてのレシピコンポーネントは、各プロセスモジュールで実行する処理の命令や設定を持っている。「モジュールプロセス」とは、装置レシピに従ってプロセスモジュールで実行するアクティビティのことである。モジュールプロセスは、プロセスモジュールで実行しない、処理前や処理後のアクティビティは含まない。例えば、プロセスモジュールに対するすべての影響が反映された後に発生する処理アクティビティは、モジュールプロセスには含まない。

7.3.4 モジュールプロセスアクティビティの開始と終了は、必ずしも特定のレシピコンポーネントの実行の開始や終了と一致しない。

7.3.5 レシピ実行で基板を扱う場合、装置レシピの処理命令は、各基板または基板グループに対して個別に実行される。装置内で複数の基板に対するアクティビティは、通常、平行して発生する。ある基板がチャンバ A で処理されている場合に、別の基板がチャンバ B で処理され、もう一つの基板はキャリアに戻る途中にあるというようにアクティビティが発生する。

7.3.6 プロセスモジュールでのレシピ実行のトラッキングは、実行の開始方法には関係ない。SEMI E40 ProcessJob を介するなど、レシピ実行はリモートで開始できる。またユーザインタフェースからの開始や、装置自体によるレシピ実行のトリガーも可能である。例えば、時間の経過に従ってトリガーされるメンテナンスアクティビティなどがある。

7.3.7 プロセスモジュールでのプロセス実行は、一般に、連続実行や並行実行するさまざまなアクティビティで構成される。プロセスの実行対象（通常は基板）から見ると、これは条件（または条件の組み合わせ）の直線的シーケンスとして記述できる。

7.3.7.1 条件の変更がユーザにとって重要であると思われる場合は、レシピステップの境界を定義する必要がある。これにより、この重大な変更が報告されるようになる。

7.3.7.2 ステップ関連イベントを報告することで、ホストに重要な情報を提供できる。モジュールプロセス状態モデルは、モジュールプロセス実行の範囲内で開始および終了するレシピステップを認識し、その開始および終了を報告する遷移を提供する。

7.3.7.3 複数のステップを報告する場合は、それらのステップを一度に 1 つずつ発生したものとして表す必要がある。ステップの順序に制約はない。単純なものである場合や、複数のループや分岐を使用している場合もある。

7.3.7.4 報告するレシピステップがある場合、その定義は実装者に委ねられる。

7.3.7.5 定義されたステップの粒度は実装上の判断事項であるが、レシピの実行条件に関するすべての変更を示すことができないことがある。

7.3.8 各モジュールプロセスアクティビティは、個別にトラッキングされ報告される。レシピステップがサプライヤによって定義されていれば、そのレシピステップが認識され報告される。

7.4 レシピパラメータ

7.4.1 レシピの仕様はレシピパラメータを使用して変更できる。レシピパラメータの値はいくつかの方法で指定できる。

7.4.2 レシピパラメータの値は、例えば ProcessJob 可変パラメータとして工場のホストから得られる。ただし、レシピコンポーネントやレシピステップで使用するレシピパラメータの値は、ジョブのセットアップ時に指定した可変パラメータ値と一致しないこともある。

7.4.2.1 レシピパラメータは、上位レベルのレシピからサブレシピに渡すことができる。例えば、マスターレシピで指定したプロセス時間の固定値を、実行時にレシピパラメータとしてレシピコンポーネントに渡すことができる。

7.4.2.2 レシピ実行時に使用する内部チューニングアルゴリズムに基づき、装置からレシピパラメータを指定することもできる (Wafer to Wafer 制御など)。

7.4.3 レシピパラメータの指定方法は本仕様の対象ではないが、レシピパラメータに使用する値の報告については本仕様で取り上げている。

7.5 モジュールプロセス状態モデル

7.5.1 本スタンダードで導入された新しい主要な概念に、モジュールプロセス状態モデルがある(¶ 9.11. 図 2 を参照)。この状態モデルは、すべてのプロセスモジュールに共通の挙動やイベントを定義する。その結果、ほとんどすべての装置のタイプで、主要な処理イベントの報告形式が統一されている。この状態モデルの詳細については、¶ 9.1 で説明している。

7.5.2 レシピの命令を実行する装置内の各プロセスモジュールは、モジュールプロセス状態モデルの専用インスタンスを持つ。

7.5.3 本仕様では、装置固有でより詳細な情報を提供する状態モデルを別途提供することを禁止しない。そのような状態モデルはモジュールプロセス状態モデルと共存可能である。

7.6 モジュールプロセス状態モデルは、プロセスモジュールでレシピによって実行したプロセスアクティビティに関連する有意なイベントとデータを報告する手段を提供する。これは、装置レシピやレシピコンポーネントの状態モデルではなく、プロセスモジュールに対するレシピ実行の影響を表すものである。

7.7 プロセスモジュール

7.7.1 モジュールプロセストラッキングの実装における重要な側面は、プロセスモジュールの指定と状態モデルインスタンスの割り当てにある。

7.7.2 多くの場合、プロセスモジュールは容易に識別できる。プロセスモジュールは一般に、装置内で基板に対して順番に処理が発生するロケーションである。装置では 1 つ以上のプロセスモジュールを保有できる。

7.7.3 数は少ないものの、1 つのプロセスモジュールで、複数の基板を、基板独立に、独立したスレッドでレシピ実行処理できる装置がある。本仕様に準拠するには、実装者はそのようなプロセスモジュールを、複数の下位プロセスモジュールを持つ上位プロセスモジュールとして表す必要がある。これらの下位プロセスモジュールで一度に実行できるプロセススレッドは 1 つのみである。この場合、上位プロセスモジュールにはモジュールプロセス状態モデルはないが、下位プロセスモジュールはそれぞれモジュールプロセス状態モデルのインスタンスを持つ。

7.7.3.1 このように、プロセスモジュールは、レシピの命令を実行機能を持つ、あるいはその機能を持つ下位プロセスモジュールを 1 つ以上備えた装置の一部である。モジュールプロセス状態モデルのインスタンスは、レシピの命令を実行するプロセスモジュールに対してのみ定義できる。

7.7.4 処理前および処理後

7.7.4.1 装置の内部スケジューラの実行、処理前のレシピ設定の計算(モジュール状態の変更に合わせて調整する場合など)、処理後の処理結果の計算など、処理前や処理後のアクティビティのトラッキングがユーザにとって有意な場合がある。

7.7.4.2 このようなトラッキングは、将来定義される別のスタンダードやサプライヤによって定義された、モジュールプロセス状態モデルとは異なる状態モデルで実行される。モジュールプロセス状態モデルは、装置での処理前や処理後のアクティビティをトラッキングする機能を具体的には備えていない。

8 前提条件

8.1 要求されるスタンダード — 前提条件はない。本スタンダードのいくつかの項で、¶ 4.1 に示した他の SEMI スタンダードを参照しているが、本スタンダードに準拠するためにこれらのスタンダードに対応する必要はない。

8.2 要求される基本的な性能

[E157.00-RQ-00003-00]装置は、イベントと関連データを工場ホストに報告できなければならない。[/RQ]

8.2.1 SEMI E30 および SEMI E134 で規定されるイベントレポートは、本性能の例である。イベントレポートのさらなる議論については § 10 を参照のこと。

[E157.00-RQ-00004-00]装置は、装置レシピの実行をサポートしなければならない。[/RQ]

8.2.2 SEMI E40 で、本性能の例を規定している。