



装置導入時の品質保証高度化要求  
(装置 QA の高度化)

*Request on Enhanced Equipment Quality Assurance upon  
Equipment Installation*

*(EEQA)*

Version 1.0  
[2004/03/17]

社団法人 電子情報技術産業協会  
株式会社 半導体先端テクノロジーズ



## Table of Contents

1. 背景	3
1.1. 活動体制	3
1.2. 概要	3
1.2.1. 経緯	3
1.2.2. EES の概念の広がり	4
1.2.3. 本書のねらい	5
1.3. 関連する EEC のガイドライン	6
2. 装置 QA の高度化の目的	9
3. 装置 QA 高度化の共通な対象範囲	10
4. プロセス条件準備機能	12
5. EEQA 内容の合意形成手順	13
6. QA 高度化内容	15
6.1. 何故チェックリストか	15
6.2. EEQA チェックリストの概要	15
7. EEQA チェックリストのコンテンツ例	19
7.1. 特性評価軸の例	19
7.2. 詳細な QA コンテンツの例	21
8. EEQA チェックリスト	24
8.1. 購入装置 QA 項目チェックシート	24
8.2. 納入装置 QA 項目リスト	25
8.3. 納入装置の EEQA コンテンツ	26
9. “装置運用時”の EE データ活用	28
9.1. 装置生産活動中における EE データの活用	28
9.2. 装置保守 / 修理時における EE データの活用	29
9.3. 装置改造時における EE データの活用	29
9.4. 装置売却 (装置移転) 時における EE データの活用	29
10. Appendix	30
10.1. 用語集	30
10.2. 連絡先情報	37

## List of Tables

表 1 導入時の装置性能 QA 高度化の目的	9
表 2 装置 QA 高度化の期待 (装置新規導入時)	11
表 3 機能軸の例(1)	16
表 4 機能軸の例(2)	16
表 5 性能評価軸の例	17
表 6 EEQA の詳細なコンテンツ例	21
表 7 購入装置 QA 項目チェックリストの例	24
表 8 納入装置 QA 項目チェックシートの例 (エッチング装置)	26
表 9 納入装置の詳細 EEQA コンテンツの例	27

## List of Figures

図 1 現在の協業体制 .....	3
図 2 EES 活動の経緯 .....	4
図 3 EES のサービス体系 .....	5
図 4 当面実装するときに重要なガイドライン .....	6
図 5 EE データの共有 .....	7
図 6 工場内装置の MTTR 分析 .....	9
図 7 QA 高度化の対象範囲 .....	10
図 8 準備と出来栄のバウンダリ .....	10
図 9 準備の対象範囲 .....	12
図 10 EEQA のコンテンツ .....	13
図 11 装置タイプ毎の機能表記の考え方 .....	15
図 12 機能軸と性能評価軸のイメージ .....	16
図 13 QA コンテンツへのジャンプテーブル .....	19
図 14 QA コンテンツ項目の例(1) .....	20
図 15 QA コンテンツ項目の例(2) .....	20
図 16 QA コンテンツ項目の例(3) .....	20
図 17 半導体製造装置のライフサイクル .....	28
図 18 過渡特性 / 安定性 / 再現性 / 忠実性の説明図エラー! ブックマークが定義されていません。	

### 改訂履歴

#### このドキュメントの著者

版	日付	著者 (50 音順)
初版	2004 年 3 月 17 日	秋森裕之 (Selete) 大川内義徳 (東芝) 小林 秀 (ルネサステクノロジ) 鶴見 徹 (富士通) 富川光博 (ルネサステクノロジ) 西村英孝 (三洋電機) 藤田雅人 (松下電器産業) 本間三智夫 (NEC エレクトロニクス)

### 総ページ数

このドキュメントは 39 ページから成る。タイトルページを 2 ページ(表と裏)とし、全ての前付と本文ならびに付録を数えることで、正しいページ数を得ることができるようになっている。

## 1. 背景

### 1.1. 活動体制

(社)電子情報技術産業協会(JEITA)半導体生産技術専門委員会では、これまで国際半導体技術ロードマップ委員会(ITRS)／日本半導体技術ロードマップ委員会(STRJ)のファクトリー・インテグレーション技術ワーキング・グループ(FITWG)で議論された半導体生産に関する課題や解決施策の中で、業界として取り組むべき課題を抽出し、ガイドラインの形でデバイス・メーカーとしての要求をまとめてきた。また、ガイドラインをベースに業界に開発の方向付けや対応の方向を公報・宣伝してきた。

(株)半導体先端テクノロジーズ(Selete)は詳細な要求仕様、ガイドラインを実現していくためのシステム仕様の検討・まとめ、ビジネス的見地からのシステム検討、実装観点の要素技術検証などを実施してきた。さらに、国際半導体装置材料協会(SEMI)の標準化活動に参加し、各種の標準作成段階にデバイス・メーカーの声を反映させている。

JEITA／Selete では装置サプライヤの協力を受けるために、個別の装置サプライヤとの情報交換やプロトタイプでの協業を実施している。さらに、(社)日本半導体製造装置協会(SEAJ)とも協力して、ビジネス課題を含む意見交換や業界への公報・宣伝活動を行っている。これらの関係を図 1(現在の協業体制)に示す。

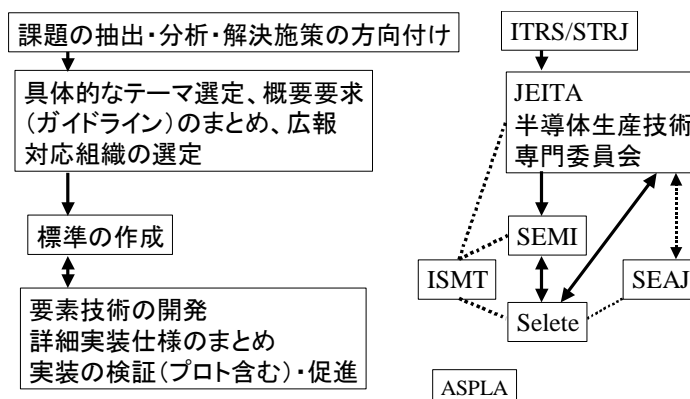


図 1 現在の協業体制

### 1.2. 概要

#### 1.2.1. 経緯

日本でも 300mm ラインの建設が始まった 1999 年の 12 月、ITRS の FITWG において、Intel 社から e-Diagnostics についての提案があり議論がなされた。これは、工場の外の装置サプライヤに装置情報を送り、装置メンテ等のサポートを受けるというものであった。このような提案がなされた背景には、IT 技術を生産に取り入れてまだまだ低い装置の稼働率を上げて、生産性の向上を図りたいと言う思惑があった。ITRS では、これに伴う問題点を議論したが、セキュリティやビジネスのやり方の変化について問題であるとの指摘が多かった。

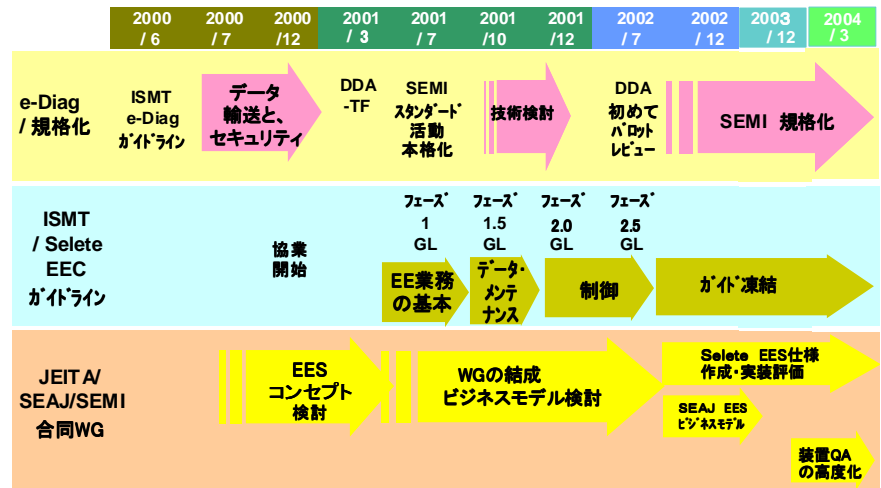
その後、米国では ISMT を中心としたプロジェクトが結成され e-Diagnostics に対する検討が進み、2000 年 7 月にはガイドラインの発表がなされるようになった。これを受けて、日本でも JEITA に

e-Manufacturing 検討 WG が半導体生産技術専門委員会下に結成され、検討が開始された。この検討 WG では、当初から SEMI、SEAJ の協力を受けて、デバイス・メーカ、装置サプライヤ、ソフトウェア・サプライヤが協力して検討を開始した。

2000 年 9 月に長野県で 3 連休を潰した合宿を実施し、EES (Equipment Engineering System: 装置エンジニアリング・システム) と呼ばれる新しいシステム分野の概念を作り上げた。

その後 ISMT(International SEMATECH) / JEITA / Selete との間でグローバルに EEC (Equipment Engineering Capabilities) ガイドラインの協業が行われた。その結果、EES は日本発としては珍しく基本的なシステム概念として広く世界中に認められるものになった。

図 2 (EES 活動の経緯) に EES 活動の経緯をまとめる。



出典 : JEITA e-Manufacturing 小委員会 EES 研究報告書

図 2 EES 活動の経緯

### 1.2.2. EES の概念の広がり

これまで、製品の工場内流通に着目していた Manufacturing Execution System (MES) と呼ばれるシステムが、装置前面での作業や搬送車が実施していた製品ハンドリング作業に対してサポートしていた。工程進捗管理の自動化技術やディスパッチング技術が、その代表的機能である。これに対して、EES は装置背面でのメンテ作業や条件出し作業等の装置エンジニアリングに対してサポートするシステムである。当初 EES は、装置稼働稼働率をアップするものとして期待されて検討が始まった。

しかし、現在各種のサポート機能を載せることができるプラットフォームとしての役割が、その主機能であると認識されるようになってきた。EES では、これまでのシステムと違って、はじめからインターネット技術をそのベース技術とすることが方向として認識されていた。この技術は、ミクロの工場内の装置ばかりでなく、工場間や企業間を跨ぐマクロな機能としても使えることが特徴であり、階層化されたシステムとして、詳細な情報を広く交換するプラットフォームとして考えられるようになった。装置の稼働向上や材料の手配、装置とファシリティの関係、コスト計算のシステム、条件だし情報や装置性能情報を扱うシステム等々いろいろなコンテンツ(アプリケーション)がこのプラットフォーム上に載り、効果を出していくものになると考えられている。

一方、日本の SoC のビジネスにおける設計からマスク製造、ウェーハ製造までを結ぶ情報交換のプラットフォームの重要性が認識され、Engineering Chain Management (ECM) と言う新しい

概念が生まれてきた。この概念と EES のプラットフォームの概念が一体となって新しい e-Manufacturing の概念が形成された。この概念は、階層化されたプラットフォームを示すものとなった。これにより、装置内、装置間、工場間・企業間・機能間のプラットフォームの関係が明確になり、統合化されたプラットフォームを利用したマイクロ情報とマクロ情報が関連してハンドリングされるものとして認識されるようになった。日本の新しい環境を基に考えられた概念ではあるが、広く世界に認められ、今や米国のみならず、台湾やヨーロッパでも盛んに研究が進められている。

### 1.2.3. 本書のねらい

このような広範囲な概念まで広がったことは、本来の開発初期段階のビジョンを固める上で重要なことである。しかし、EES のシステム実装を促進し、EES の成果を早期に得るためには、業界のパワーを集中する分野を特定する必要がでてきた。そこで、JEITA としては当面重点的に実施していくアプリケーション分野の絞込みを実施した。

現在考えられている EES のアプリケーションの利用項目を、図 3 (EES のサービス体系) にまとめた。

EES は図 3 に示すように装置サプライヤやデバイス・メーカーが双方で利用する多くのアプリケーション分野を持っている。JEITA では、この中で装置故障探知機能と装置の工場導入時のアプリケーションに着目した。さらに、本書では、装置導入時に関する品質保証 (Quality Assurance = QA) の要求に絞り込んでまとめている。本書では主として EES を利用した装置導入時の品質保証の高度化をまとめてあるが、EES を利用しない品質保証高度化も考慮している。品質保証の高度化要求は、装置を導入するときのデバイス・メーカーの下記要求項目に基づいてまとめている。

エネルギー負荷の把握、生産管理サポート情報の把握 デバイス設計との調整、レシピ管理の合理化 レティクル関連情報の利用 プロセス性能調整(工程モジュールレベル) 工程間の関連情報の利用(モジュールのプロセスモデル) ハードおよびシステムの提供 ラインネットワーク、管理システム	デバイスメーカー
ウェハ間差調整 NPW削減 機差調整 センサーを利用したプロセス調整 リモートサポートの提供	協業領域
装置故障停止時間の低減 装置使用モジュール・部品の故障探知・予知、調整・交換 部材・消耗品の交換支援、装置立ち上げ支援 ハード及びシステムの提供 EES情報管理機能レベル以下	装置・ソフトメーカー

図 3 EES のサービス体系

「1:故障しない、いい装置を買いたい。

- 初期故障の撲滅
- 稼動中故障の低減とメンテ時間の短縮

2:立ち上げ時間を短縮したい。(工数の低減)

- 導入までの時間
- 導入後立ち上げ(装置サプライヤでの立ち上げおよび基本プロセス条件だし)までの時間

3:機差を低減したい。

- 装置間、チャンバ間の差]

これらの要求を満足する装置を供給するためのコスト対効果を考えた品質保証をするためには、従来型の品質保証方法ではない新しい方法が必要で、効率的な品質保証方法を開発していく必要がある。時代の変化の中で、デバイス・メーカと装置サプライヤが WIN-WIN な関係を構築し、仕事のやり方を変えることにより、ラインの生産性を向上させて行きたい。

### 1.3. 関連する EEC のガイドライン

ここでは、ISMT/JEITA/Selete の EEC ガイドラインと JEITA の当面の要求、および本書の内容との関係を説明する。図 4(当面実装するとき重要なガイドライン)に示すように、これまで 29 項目のガイドラインが示されている。

今回 JEITA では、5 項目のガイドラインを抽出して、当面実装するときの重要ガイドラインとした。

これら 5 項目のガイドラインを抽出した理由は、まず装置レベルで装置エンジニアリング・データ(EE データ)を装置外へ出し、それを活用するプラットフォームを確立すること。また、装置導入前後の初期段階から利用することで、装置ライフサイクルの始めからの利用を促すことである。以下に 5 項目のガイドラインについて説明する。

これらのガイドラインを組み合わせると、本書で求める装置導入時における品質保証高度化要求の概要が明確化される。

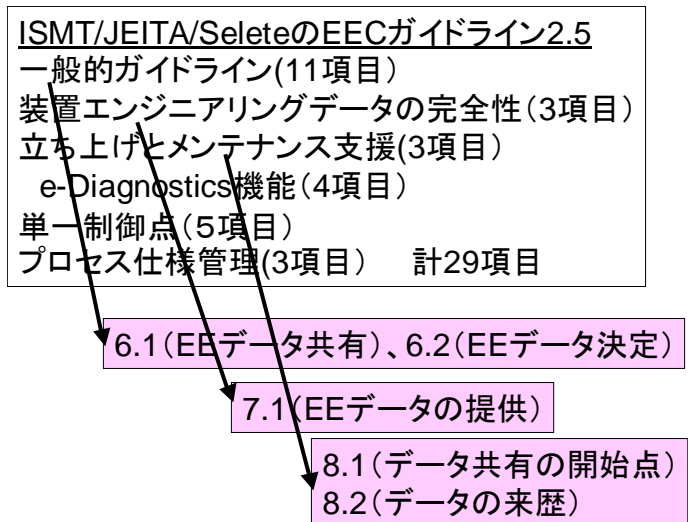


図 4 当面実装するとき重要なガイドライン

以降はガイドライン日本語本文からの抜粋である。下線のある行はガイドライン本文そのもので、それ以外は付帯説明となる。

#### (6. 1) Equipment Engineering Data Sharing (EE データの共有)

(本文の抜粋)

装置エンジニアリング業務遂行のため、装置サプライヤとデバイス・メーカ間で選別された EE データの共有ができればならない。

スタンダード:

装置から外部システムに対する装置データの送信方法に関して、スタンダードが必要である。

(説明)

図 5 は、EE データの共有をイメージした図である。装置から出されたデータは装置サプライヤとデバイス・メーカ双方で利用される。また、装置サプライヤとデバイス・メーカの情報とのやり取りは標準化されて、システム開発のコストダウンが図られる。

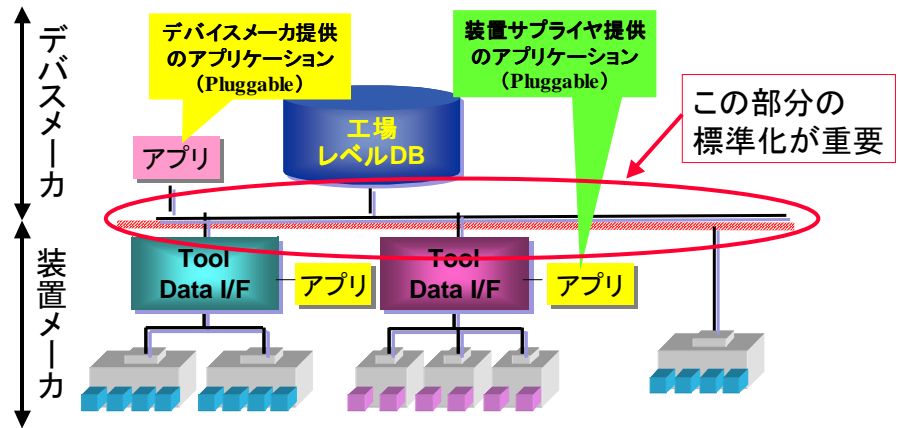


図 5 EE データの共有

## (6.2) Determination of Equipment Engineering Data (EE データの決定)

(本文の抜粋)

装置サプライヤは、装置エンジニアリングに関する全データを決定し、ドキュメント化しなければならない。装置性能の維持と改善を図るため、装置エンジニアリングの範囲を理解しておくことは装置サプライヤの一次責任である。デバイス・メーカは、サプライヤと共同で EE データリストを作成する。

備考:

少なくとも EE データは、装置の基本性能およびプロセス性能の維持と改善、保全作業の改善、必要な保全作業の予測に使用される

(説明)

EE データの決定が、一次責任が装置サプライヤでありデバイス・メーカが EE データリストの作成に協力することが述べられている。本書は、この流れをベースにビジネスフローをまとめている。

## (7.1) 装置エンジニアリング・データの提供

(本文の抜粋)

製品仕様もしくはプロセス仕様と装置に与えられるプロセス条件設定値。  
実際に装置の中で使用された、あるいは出現した値、即ち測定されたプロセス条件。  
測定されたプロセスの結果、較正值時間的に変化するような種々のアクチュエータの制御信号。  
コントローラの制御量、装置内に組み込まれたコントローラの制御パラメータ。

(説明)

データの種類について要求している。本書では、この中で装置導入の品質保証に必要なデータ

を構造化して要求している。

#### (8.1) 装置エンジニアリング・データ共有の開始点

(本文の抜粋)

装置エンジニアリング・データの収集、分析、利用は、装置の出荷前から始まるべきである。

装置サプライヤとデバイス・メーカーの装置エンジニアリング・データ共有の開始は装置サプライヤからデバイス・メーカーに当該装置の出荷がされる前から始まる。

装置サプライヤは出荷前に、装置エンジニアリング・データの収集とその分析、報告を個々の装置について行ないデバイス・メーカーに開示する必要がある。

#### (8.2) 装置エンジニアリング・データの来歴

(本文の抜粋)

装置立ち上げ中あるいは、装置の引き渡し時に収集された装置エンジニアリング・データは、当該装置の基準値として使用される。

装置サプライヤは装置の詳細な性能を表すデータを定め、またそれを立ち上げ期間中、および装置引き渡し時に、提供する必要がある。

デバイス・メーカーは装置の詳細な性能を分析するために独自に、任意の時点で装置エンジニアリング・データを収集分析する事がある。

(説明)

上記(8.1)(8.2)のガイドラインは直接本書の背景になっている。装置導入前後のデータ収集と開示を要求している。

以上の EEC ガイドラインを基に本書は作成されている。その意味では、運用イメージをつけて、ガイドラインより詳細に要求内容をまとめたものと見ることが出来る。

## 2. 装置 QA の高度化の目的

図 6 は工場内の装置の MTTR について分析をしたものであるが、最も重んじられる傾向にある装置のプロセス性能に関わる不具合を修理・復旧するのに要する時間割合がその他の故障に比べては多くはなく、装置の故障修理時間の大半は装置の基本的な機能の故障に原因があることを示している。

図 6 について もうひとつ重要な点は、半導体の生産ラインでは プロセスの実行の不具合を監視するために装置からプロセス状態をモニタしたデータを上げ、それを監視することで、スクラップウェーハの生産を排除する活動を行っている。しかしながら、そのような監視努力の殆どは、図 6 からわかるように装置の基本的な機能の不具合発生に起因した事象を検出することに充てられていると想像できる。

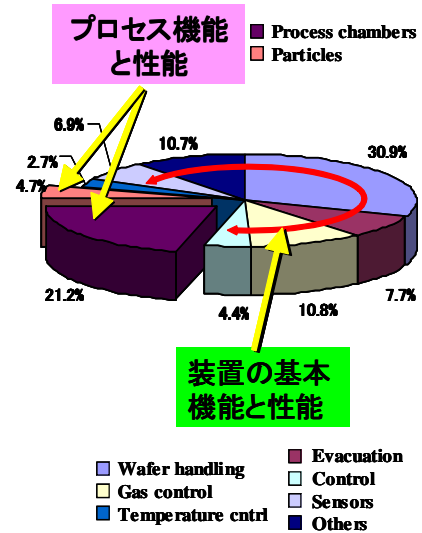


図 6 工場内装置の MTTR 分析

表 1 導入時の装置性能 QA 高度化の目的

### 1次目的

- 装置基本性能のより確実な検証
- 装置立ち上げスピードの短縮/立ち上げ工数の削減
- 装置の基本性能での機差/チャンパー間差の圧縮を達成する

### 2次目的

- 装置稼働後のトラブル解析時
- 初期の装置稼働・メンテ履歴
- プロセスを含めた機差/チャンパー間差圧縮
- 省エネ、パーツ交換、定期メンテナンス

のために使用する基礎データを確保する

それであれば、工場のランニングベースでの不具合や故障の検出は依然必要な活動としても、装置の基本機能の信頼性を向上することが必須の活動であることが理解できる。装置基本機能の信頼性を向上するには、装置の設計や、組立て業務等にフィードバックをすることで 装置の完成度の向上を促進することが必然的な施策である。

装置エンジニアリング・システムの一番の動機は上記の装置の根本的な改善を実現する

ことであり、このためには装置サプライヤの協力、即ち、装置のプロセス性能のみならず、基本性能を向上させるための業界規模の活動が必要であることは自明である。

装置の改善は、それがどのような機能性能であれ、不具合を顕在化させること、可視化させることが最初の一步であることはよく知られた大原則である。新規に導入する装置の性能について、使用を開始する時点で、できるだけ正確にプロセスと基本の性能が出ていることを確認することは、ユーザであるデバイス・メーカと、また装置を引き渡す装置サプライヤの両者が、重大な興味を持って機能性能のデータを分析し、問題があればそれを顕在化させる貴重で、重要な機会である。

この機会を捉えて、上記した両者は表 1 に示した目的を共有することができることは議論を待たない。この目的が共有された装置機能性能の高度化された QA を以降、EEQA (Enhanced Equipment Quality Assurance) と呼ぶことにする。

### 3. 装置 QA 高度化の共通な対象範囲

装置の機能と性能の確認を行う対象範囲を大まかに 3 つ別けて考えることができる(図 7)。最終的に一番重要なデバイスの出来栄に関わる機能性能、仮想的な標準プロセスでの出来栄機能性能、そしてプロセス条件を整える準備を行う基本機能性能である。

装置の基本機能であるプロセス条件の準備を行う機能の性能は、直接的にデバイスの出来栄に関わるのであるが、この準備機能について通常装置を操作する人間が知りうる情報の範囲では、出来栄の変動などを十分に説明できない事が多く起こる。しかしながらプロセス条件の準備機能性能をより正確に把握することで、出来栄の性能を、より効率的に分析する事ができると考えられる。

本書の目的とするところは、通常技術で電子化データとして得られる装置に関わる情報を用いて、高度化できる装置機能性能の QA を業界として共有することである。

ウェーハ直上あるいは表面で起きている反応を的確に取られることのでき、且つ量産装置にそのまま用いることができる、その場観察センシング技術が開発され、収集できる情報がより出来栄性能に近いものとなる等は、現状は少なくとも競争技術領域である。このようなセンシング技術で得られる装置情報を用いればより正確に装置の機能性能を把握であろうが、そのような技術を前提にすることは 本書の対象範囲外にある。

またデバイスの出来栄は、その装置を使用するプロセスに依拠する。プロセスは各デバイス・メーカーの固有の技術であり、プロセス条件準備機能性能で十分に捕捉することができないことがあるために、本書の対象範囲からは外れる場合が殆どである。仮想的な標準プロセスが想定されて装置が作られているので、一部出来栄性能を決める機能性能を対象とすることはありえる。

以上から本書で対象とする装置 QA の高度化に対応した範囲は、図 7 に即して言えば、点線で囲った範囲にある装置の機能性能である。プロセス条件準備機能が正常に機能することを前提にしてデバイス・メーカーはデバイスを製造しているので、図 8 に示すようにデバイス・メーカーの関心は、図では右側に偏る。

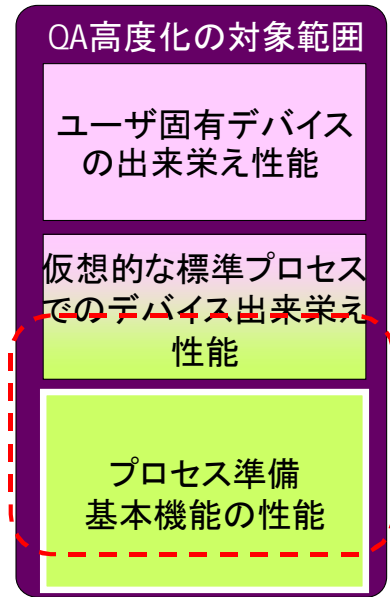


図 7 QA 高度化の対象範囲

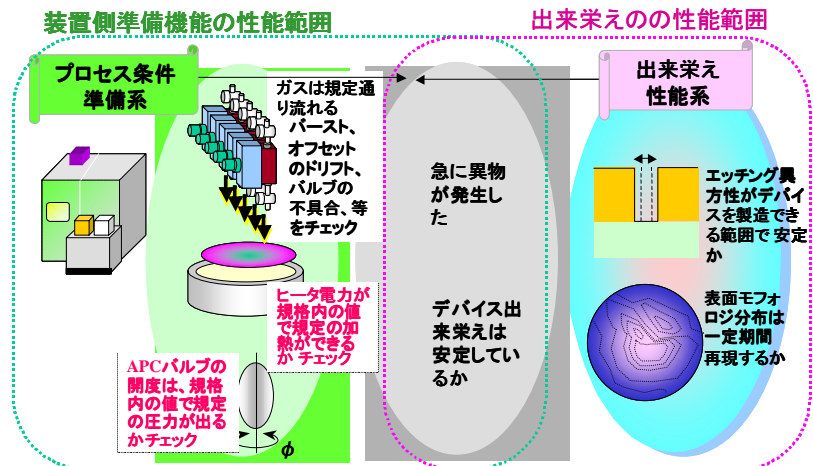


図 8 準備と出来栄のバウンダリ

## 装置導入時の品質保証高度化要求(装置 QA の高度化)

装置サプライヤによる左側での正常性の維持、あるいは信頼性の向上が抜本的になされることについてデバイス・メーカーの期待は非常に大きい。

表 2 は QA の高度化についての期待を纏めたものである。装置からの電子データを十全に活用することで装置の信頼性を向上するための、装置情報の帰還ループがユーザから装置サプライヤに築かれることが必須である。同時にそのような新しい業務が構築されるために必要な装置情報についての業界での検討例は殆ど無いため、十分な検討が必須である。

**表 2 装置 QA 高度化の期待 (装置新規導入時)**

性能確認	例	今まで	今後
デバイスの出来栄	C/D モフォロジー カバレッジ	/	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 今まで通り</li> <li>• 但し、プロセス準備の数値化された健全性を確認しながら実施</li> </ul>
プロセス条件の準備機能	温度制御 リアクタントの供給	諸特性は、規格内であることを確認 機差等の微妙なところは数値化されないことが多い Nの少ないデータ 紙ベースのデータ提供	<ul style="list-style-type: none"> <li>• レシピ再現の数値化された忠実性の確認</li> <li>• データ取得が正確、回数大化(必要であれば検収後もフォローオンが可能)</li> <li>• 機差のデジタル化と圧縮</li> <li>• 電子データの提供とベースラインデータ利用</li> </ul>
プロセス条件の準備の間接的な機能	ウェーハ搬送 補機機能	「1000枚ドライランでウェーハを割らないで搬送できること」	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 機構動作安定性を数値化して確認</li> <li>• レシピ再現の数値化された忠実性の確認</li> </ul>

## 4. プロセス条件準備機能

プロセス条件準備機能には、大きく別けて以下の2つがある。

### (1)直接的なプロセス条件準備機能

例:反応に必要なエネルギーの供給機能

光照射機能、ウェーハ温度を作る機能等

例:熱力学的条件を揃えるための機能

反応ガスを供給する機能等

### (2)間接的なプロセス条件準備機能

例:ウェーハを反応チャンバに搬送する機能

例:自動化対応機能

例:排気を行う機能

例:排ガス管路の温度調整機能

この両方の機能は、共に重要であると言え、QA 高度化の対象範囲と考えられる。

機能性能確認をどこまで行うべきかを決める必要がある。

1つの直接的なプロセス条件準備機能の後ろには複数の機能が控えている場合が殆どである。

更にその後ろにはまた別の機能が控えている場合もあるだろう。装置を組み立てる場合には、サブシステムはその装置サプライヤの外部から購入されている場合も多いだろう。本書は、連鎖する機能の全てを対象とすることはしない。デバイス・メーカーが積極的な意味で利用できる QA の証拠データが提供されることを欲している。デバイス・メーカーの関心は半導体製品を製造する行為に近いほど強い。したがって、プロセスの準備機能を支える背後の機能は、せいぜい1つ後ろの機能までを当面の範囲として考える。然しながら、複雑な機能であればあるほど、背後の機能は多くなり、一般化は難しいと考えられる(図 9)。

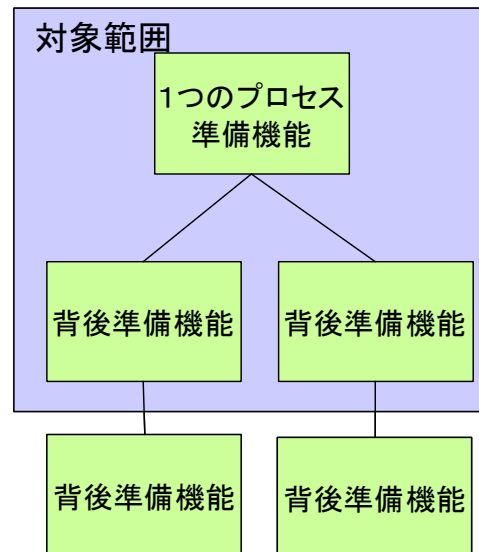


図 9 準備の対象範囲

## 5. EEQA 内容の合意形成手順

現状実際に、どのような EEQA を行ない、どのようなデータを用いるべきかについては既に業界に特に決まったルールが存在する訳ではない。然しながら、EEC ガイドラインでは、装置から提供するデータについて;

- 1) 装置サプライヤが定める
- 2) デバイス・メーカーとの合意が必要である

ことを述べている。同ガイドラインに従って EEQA で提供を受けるデータあるいはそのデータの取得方法の決定に至るシーケンスを図 10 に描いた。

まずデバイス・メーカーが、どの機能性能について QA 実施データの開示により確認したいかにつき高次の要求を出し、装置サプライヤはその内容と、自社の当該装置で為すことのできる QA 作業を検討して、具体的な QA 業務を提案し、両者の協議によって EEQA 内容について合意が形成されるだろうというシーケンスである。デバイス・メーカーからの高次の要求は、具体的には、機能としての括り単位での表現となると考えられる。当然のことであるが、対象とする QA 項目によっては、このようなシーケンスで無い場合もありえる。

重要なのは、装置サプライヤは、量産用装置として装置機能が十分な性能や信頼性等を有していることを合理的に示すデータを提供する具体的な QA 内容を提案することである。この時に参照されるべきものは、装置の設計性能値、基準装置の機能性能データ等が挙げられる。またフィールドでの信頼性データも参照されることがある場合もあるだろう。

デバイス・メーカーはユーザとして実施された QA に関して、どのようなデータ開示を期待しているかを示す必要がある。なぜならユーザとして、半導体製造工場で多くの半導体製造装置の不具合を経験しており、その不具合発生を合理的なレベルまで低減させる、或いは、遅らせるための一手段として確実な性能確認の徹底という要求があり、それは装置サプライヤが現在実施している QA の内容と必ずしも一致しているとは限らないからである。

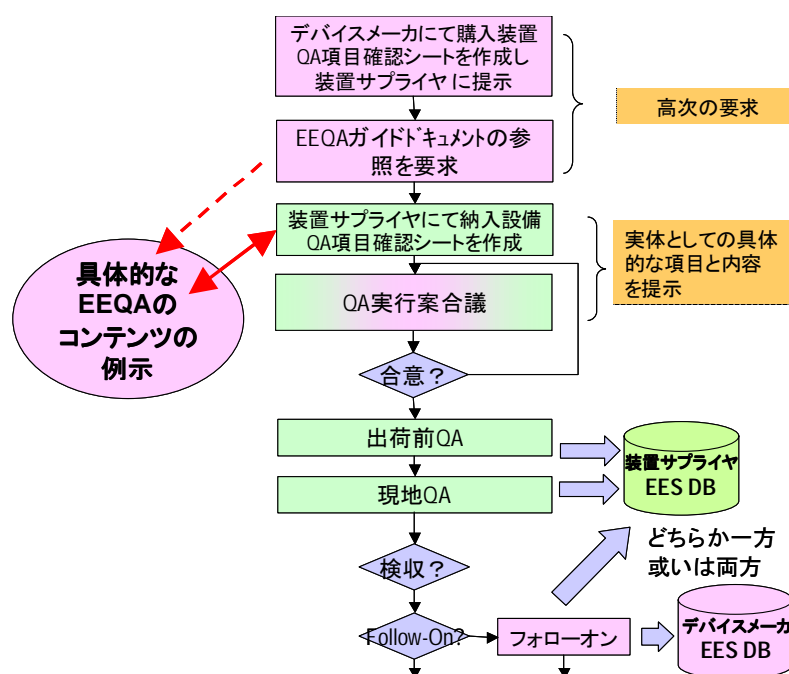


図 10 EEQA のコンテンツ

図 10 の「EEQA のコンテン

ツ」について、個々の装置機能の詳細や、QA 実施の具体的な方法に立ち入ることは本書の目的

ではない。技術は固有のものが多いし、また技術も急速に進化する。デバイス・メーカーの共通的な期待を、できるだけ一般論として整理したものとして、装置サプライヤへ伝達することを目的としている。具体的な例を示している場合には、あくまでも例示であり、例示の中からデバイス・メーカー共通の期待を汲み取ることが必要である。

## 6. QA 高度化内容

### 6.1. 何故チェックリストか

どの機能性能について QA 実施データの提供により確認したいかにつき高次の要求を出すためには、何らかのテンプレートが存在し、デバイス・メーカーが関心を持つ QA 項目について、落ちこぼれなくそれが伝達される事が望ましい。また、デバイス・メーカーが共通的に関心を持つものであるということを示すために、装置サプライヤにおいて、デバイス・メーカー間の要求項目にどのような差異があるかを比較・分析を行いやすいことも重要である。本要求がデバイス・メーカー各社の個々の特別仕様ではないことを理解していただく必要がある。

デバイス・メーカー側も、自社内での要求の共通化が必要である。またこの要求の表現が長期に維持できることも必要である。

上記した観点から、本書では、デバイス・メーカー間で装置 QA データ開示に関する要求を1つの形式のリストを共有することを提案している。図 10 でいえば、購入装置 QA 項目確認リストがこのリストにあたる。これを以降 EEQA チェックリストと呼ぶことにする。以上纏めると EEQA チェックリストの目的は;

- 1) デバイス・メーカーの EEQA データ開示/提供への要求の共通化
- 2) 上記要求のデバイス・メーカー間・内での均一性の維持
- 3) 上記要求のデバイス・メーカー間比較を容易にして、共通性を顕在化させる

### 6.2. EEQA チェックリストの概要

EE チェックリストでは、装置の機能とその性能とを合理的に捉える必要がある。装置サプライヤ間でも共通的な機能も多く、また装置タイプに固有なものも多い。このために装置全体の機能を分解して、「部品化」を行ない、部品化された機能を組み立てて使用することで、多くの装置タイプに対応して機能を表記できる工夫が必要である(図 11)。

EEQA チェックリストでは、QA データの提供

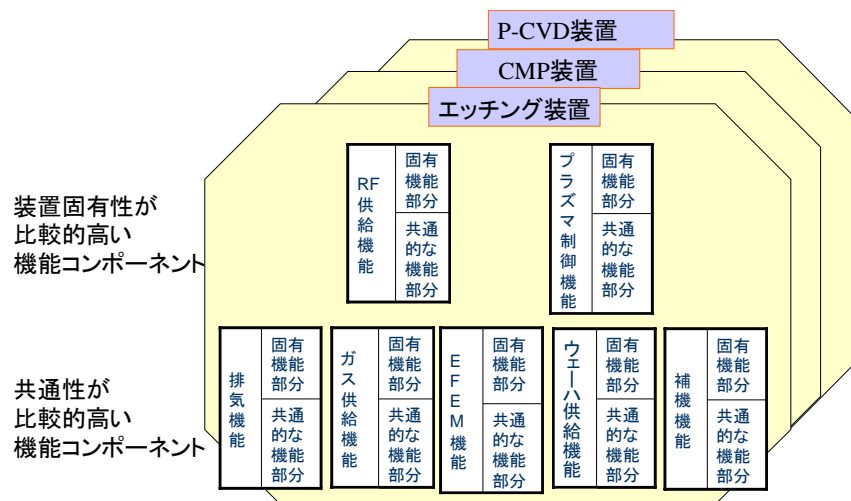


図 11 装置タイプ毎の機能表記の考え方

装置導入時の品質保証高度化要求(装置 QA の高度化)

を受けたい機能と、その機能のどの性能の QA データについて提供を受けたいかを示すことを構造的に分離した。2次元的なリストとして、図 12 に示した様に、横軸は機能項目を表す軸、縦軸は性能評価についての項目を表す軸とした。

また、通常の装置ユーザエンジニアは、業務として装置の部位としての機能を把握していることが普通である。従って装置の部位を意識する事が容易でないまでの「部品化」を行ってしまうのは、通常のエンジニアにとっては要求を表現しにくいものになってしまう問題が予想される。従って機能軸は、装置の部位に紐付けられて記述される形式を取ることにした。

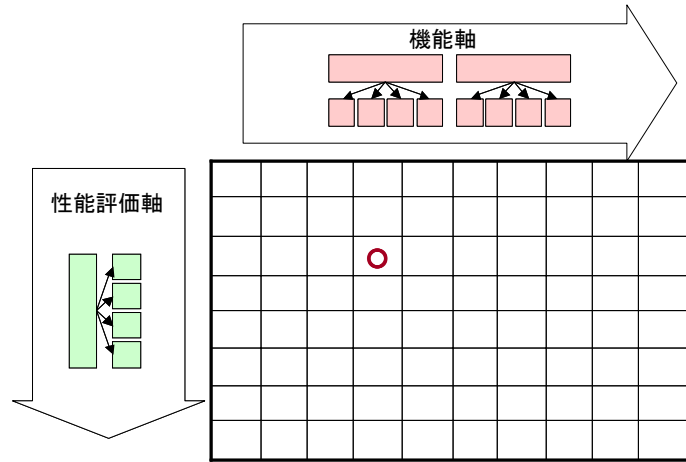


図 12 機能軸と性能評価軸のイメージ

表 3 機能軸の例(1)

機能の括り	EFEM機能 ロードポートと ウェーハハンドラ			ウェーハ搬送機能 (装置全体の内容も含む)						真空排気機能			ガス供給機能			圧力 設定 機能		
装置部位を示 すサブシステム	ロード ポート	ウェーハ ハンドラ	IDリリー ダー	ドア	ロード ロック	ゲート	搬送 チャンバ	ゲート	プロセ スチャンバ	プロセ スチャンバ	装置 全体	ロード ロック	搬送 チャンバ	プロセ スチャンバ	ロード ロック	搬送 チャンバ	プロセ スチャンバ	プロセ スチャンバ

表 3 は、機能軸の一例である。図中機能の括りと書いてある段は、装置機能の部品化された括りであり、装置部位を示すサブシステムでは 機能が搭載されている部位を示している。

表 4 機能軸の例(2)

機能の括り	EFEM機能 ロードポートと ウェーハハンドラ				ウェーハ搬送機能 (装置全体の内容も含む)						真空排気機能				ガス供給機能			圧力 設定 機能									
装置部位を示 すサブシステム	ロード ポート	ウェーハ ハンドラ	IDリリー ダー	ドア	ロード ロック	ゲート	搬送 チャンバ	ゲート	プロセ スチャンバ	プロセ スチャンバ	装置 全体	ロード ロック	搬送 チャンバ	プロセ スチャンバ	ロード ロック	搬送 チャンバ	プロセ スチャンバ	プロセ スチャンバ									
機能部品レ ベル	ロー ダー	FOUP オーブ ナー	アーム	FOUP IDリリー ダー	Wafer IDリリー ダー	ウェー ハ有無 センサ	アーム	フォ ーク	プッ シュピ ン	ステ ージ	ホイ スト	圧力 計	リー クチェ ック	ゲー ジ調 整	リー クチェ ック	ゲー ジ調 整	リー クチェ ック	MFC	配 管	ベ ント	MFC	配 管	MFC	配 管	ステ ージ	APC	圧 力計

表 4 では機能に対応する機能部品レベルに至るまでの詳細を示している。表 3 に書かれている詳細さのレベルで、デバイス・メーカから QA データ提供に関する要求があった場合を想定してみたい。この場合に装置サプライヤでは、当該装置に即して、機能部品レベルでの QA データの提供について検討を行っていただくという対応を想定している。

本書では、デバイス・メーカからこのレベルでの詳細な対応部位を EEQA チェックリストに記述する必要性は、殆どの場合ないと想定している。

表 5 は性能項目を表す性能評価軸(縦軸)の例である。デバイス・メーカがどのような機能性能について QA データの提供を求めるかを示すのに利用する。

大項目として、装置の基本機能、プロセス条件の準備機能、プロセスの実行機能に別けた。

中項目として、開ループ特性と閉ループ特性については説明が必要である。

開ループ特性とは、いわば装置機能の裸特性であり、真空処理装置においては、到達真空度、到達真空度に至る真空排気時間等の特性が代表的な例である。

ウェーハの熱処理機能にあつては、加熱して、ウェーハの温度をモニタし、目的の温度に調整する動作を行うのが通常であるが、加熱機構のフィードバックを掛けない場合の振る舞いが開ループ特性である。一番基本的なものの特性例は、一定の電力を投入し始めた場合の温度上昇特性、つまりインデシアル応答特性である。

これに対して閉ループ特性とは、温度調整機能関係の代表例としては、「温調を掛けた状態」の特性がこれにあたる。ガス圧力調整機能関係の場合で一番有名なものは APC (Automatic Pressure Control) がある。例えば設定圧力に対しての忠実度、設定可能範囲、外乱への応答等が性能の代表的なものである。

いずれの中項目も、性能評価項目観点からは殆ど同一の概念から表現される。即ち、忠実性、安定性、再現性、校正、制御範囲等である。

横軸である項目軸は、装置タイプによって交換、あ

表 5 性能評価軸の例

装置基本機能	機械的性能	忠実性
		安定性
		再現性
		過渡特性
		キャリブレーション
		ゼロ点調整
		制御範囲の確認
	電気的性能	忠実性
		安定性
		再現性
		過渡特性
		キャリブレーション
		ゼロ点調整
		制御範囲の確認
プロセス条件準備機能の確認	プロセス準備・実行機能性能(開ループ特性)	忠実性
		安定性
		再現性
		過渡特性
		キャリブレーション
		ゼロ点調整
		制御範囲の確認
	プロセス準備・実行機能性能(閉ループ特性)	忠実性
		安定性
		再現性
		過渡特性
		キャリブレーション
		ゼロ点調整
		制御範囲の確認
プロセス実行機能の性能	設定に対する応答性能(装置設定値)	設定範囲全域の応答性
		忠実性
		安定性
		再現性
		過渡特性
		キャリブレーション
		ゼロ点調整
	装置の規格に対する達成度	
	設定に対する応答性能(レシピ設定値)	設定範囲全域の応答性
		忠実性
		安定性
		再現性
		過渡特性
		キャリブレーション
ゼロ点調整		
装置の規格に対する達成度		

るいは組み合わせを交換する必要がある。性能評価軸は、装置タイプによっても交換されずに使用されることを志向している。デバイス・メカにとって興味の高い性能データ項目、データ粒度についての要求の共通性を示す事が重要だからである。

デバイス・メカの QA データの提供に関する興味のあるは、上述した表によって表現され、装置サプライヤに示すことができる。

## 7. EEQA チェックリストのコンテンツ例

装置サプライヤは上述したデバイス・メーカからの QA データの提供に関する興味のある所在に対応して、或いは装置サプライヤとして独自にでも、QA の実行計画案を策定することになる。最終的に装置サプライヤ側の QA 案は、必ずしも上述してきた EEQA チェックリストによる体系で示される必要は無いが、少なくともデバイス・メーカからの QA データの提供に関する要求への対応状態は、EEQA

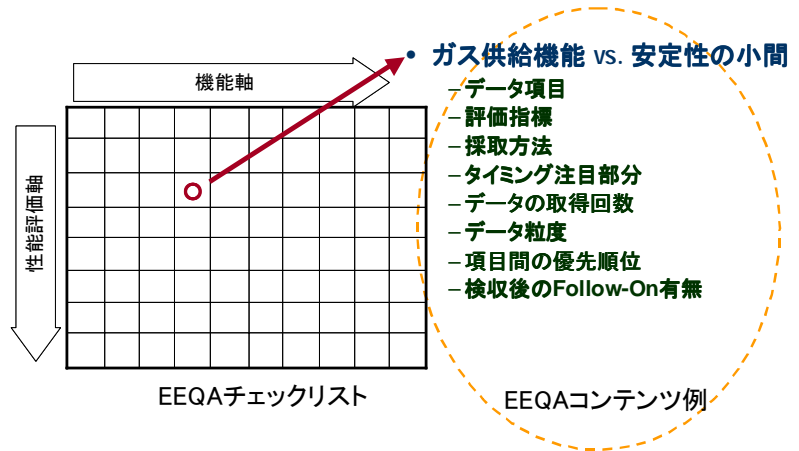


図 13 QA コンテンツへのジャンプテーブル

チェックリストによる体系でデバイス・メーカでは把握する必要があるので、デバイス・メーカと装置サプライヤとの合意に至る過程では、必然的に EEQA チェックリストによる体系を用いる、或いは経由することになる。

EEQA チェックリストに記入された、QA データの提供に関する興味のある所在が、QA の実行案に関連付けられることが必要で、EEQA チェックリストは EEQA コンテンツへの「ジャンプテーブル」の役割を果たすとも言うことが出来る(図 13)。

### 7.1. 特性評価軸の例

図 14 から図 16 は評価軸の中項目から小項目に対応した項目内容の例を示したものである。それぞれ真空排気機能、温度制御機能(静電力によるウェーハチャック機能の場合を想定)、装置フロントエンドモジュール機能(300mm 装置用固定バッファタイプを想定)に対応したものである。「電気特性」、「開ループ」、「閉ループ」等の意味するところを具体的に理解頂けるように示した物である。

項目内容例: 真空排気関連機能を例にして

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 電気特性                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- バルブのオンオフが指令通り起こる確認する</li> <li>- 真空計の校正を実施/確認する</li> <li>- ポンプの動作がON/OFF制御できること</li> <li>- インタロック機能の動作の確認(温度とか)</li> </ul> </li> <li>• 機械特性                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- ちゃんと弁がOpen/Closeすることを確認する</li> <li>- ポンプの振動が無いように取り付けられているか</li> </ul> </li> <li>• 開ループ                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 真空排気速度を確認する</li> <li>- リーク量</li> <li>- 到達真空度特性</li> <li>- ガス負荷のあるときのクライオパネル温度の上昇特性</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 閉ループ                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- (APCによつての)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 設定圧力と実測圧力の関係を求める</li> <li>• バルブ開度</li> </ul> </li> <li>- ガス圧                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• MFCでArを流した時の圧力制御能力の確認                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- リニアリティ</li> <li>- 絶対値</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• 装置の設定値(レシピ制御外)                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 装置設定値への忠実性を確認                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 粗引きから高真空排気に切り替わる設定圧力</li> <li>• クライオポンプ再生時の、ビルドアップレート判定値</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• レシピ                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- レシピに指定したプロファイルでガス圧力を設定できることを確認</li> </ul> </li> </ul>
---	--

図 14 QA コンテンツ項目の例(1)

項目内容例: 温度制御機構関係  
(静電ウェーハチャックを想定)

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 電気特性                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- ヒータエレメントの抵抗値の確認</li> </ul> </li> <li>• 機械特性                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 該当なし</li> </ul> </li> <li>• 開ループ                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 一定電力下での昇温特性                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 時間、場所の関数、電力の関数</li> <li>• 設置条件(大気と真空)</li> <li>• 電力投入のインデシャルレスポンス</li> </ul> </li> <li>- 表示がある場合にはその表示数値が正しいことを確認</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 閉ループ                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 設定温度に対するインデシャルレスポンス                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 熱電対付きダミーの温度だろうな</li> <li>• 真空中だろうな</li> </ul> </li> <li>- バックガス導入に対するインデシャルレスポンス</li> <li>- 連続処理実施中のウェーハ温度プロファイル再現性、忠実製</li> </ul> </li> <li>• 装置の設定値(レシピ制御外)                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 装置設定値への忠実性を確認                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 周辺のシールド温度等</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>• レシピ                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 温度プロファイル設定に対する忠実度、過渡特性、等を確認する                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• プラズマによるエネルギー入力がある場合とか、無い場合等 規定して</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
---	---

図 15 QA コンテンツ項目の例(2)

項目内容例: EFEM(300mm固定パツファタイプ)

<ul style="list-style-type: none"> <li>• 電気特性                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- モーターが動く</li> <li>- 蛍光灯が付く</li> <li>- 位置センサ等が動く</li> <li>- ダウンフローセンサが動く</li> <li>- Carrier ID Reader/Wafer ID Readerが動く</li> <li>- インターロックの確認(E84等)</li> </ul> </li> <li>• 機械特性                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- ティーチングはキャリブレーションです</li> <li>- 動作スピード確認</li> <li>- 位置精度の確認                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 何回?</li> </ul> </li> <li>- Opener動作の確認                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Door開けのスピードの確認</li> </ul> </li> <li>- ノッチのあわせ精度</li> <li>- ウェーハを落とさない</li> </ul> </li> <li>• 開ループ                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- なし</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 閉ループ</li> <li>• 組みあがっている性能                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- ノッチ合わせ動作が正しく行なわれるか(シーケンスの中で)</li> </ul> </li> <li>• 装置の設定値(レシピ外)                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- FOUPオープナーの開速度</li> </ul> </li> <li>• レシピあるいは別途のユーザ指定                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- ノッチ合わせ有り無し指示に対する忠実度</li> <li>- Wafer IDを 読む/読まない</li> <li>- ロードロック指定</li> <li>- アーム指定</li> <li>- ロードポート指定</li> <li>- スロット指定                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 総合性能に近いので 単体としての機能ではないが</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>
--	--

図 16 QA コンテンツ項目の例(3)

## 7.2. 詳細な QA コンテンツの例

表 6 は、実際に種々のデータを取り、高度の装置機能性能に関する QA を実施する方法の詳細を表した例である。表 6 の例では新排気機能について、その幾つかの機能特性を測定する際の詳細な条件、前提条件、データ粒度等について示した。また、データの提供の形態と、測定回数についても欄を設けてある。

表 6 EEQA の詳細なコンテンツ例

大分類	機能性能		測定方法			データの提供形		比較対照データ					注目点						
	内容	測定項目	前提条件、あるいは環境条件	方法、使用機器 あるいは併用データ	データ粒度等	数値	グラフ	データ点数	E/S所有の標準機	D/M所有の他同型機	設計値	部品仕様	安定度	再現性	忠実度	機差	チャンバ間差	個体差	
真空排気機能	圧力測定機能 (真空ゲージ等)の校正	温度等の条件	温度	校正来歴、校正に使用した機器	そのゲージの仕様にあったデータ粒度			N>5					-(					-(	
		同表示機能の忠実性確認				その表示機能の仕様にあったデータ粒度			N>=1										
		同データ出力機能の忠実性確認				そのゲージの仕様にあったデータ粒度			N>=1										
	真空ゲージの安定度	ゼロ点ドリフト特性	温度	ゼロ点の作り方、観測期間	同上			N>10						-(					-(
	各真空系統の排気速度特性等	t=0の時の傾きからの排気特性 log P/log t	設置状況	チャンバ体積、真空ゲージ	時間軸:0.3秒より詳細 圧力値:そのゲージ仕様に合致したデータ粒度			1<N<5											
	ポンプ動特性	電流値		大気圧力からのポンプダウン開始時から測定	時間軸:0.5秒より詳細 電流値:有効数字2桁			1<N<5											
	到達真空度	真空度	直前のチャンバ大気開放時間	チャンバ体積、真空ゲージ	そのゲージの仕様にあったデータ粒度	->	->	1<N<5											
ポンプのクロスオーバー圧力	設定値の実測	通常シーケンス	圧力測定グラフ上から読み取り	有効数字2桁			1<N<5											-(	

QA としてどのようなデータと比較されるべきかについても表中に示した。一番重要な比較参照値は、設計値であるが、設計値として許容されるべき特性値の範囲であっても、デバイス・メーカーに同型の装置が既に納入されている場合には、その装置との特性比較は、デバイス・メーカーにとって重要な場合が多い。

装置サプライヤが所有している標準的な装置の特性値との比較も、有意な場合が多い。装置サプライヤは、このような QA を通してフィールドで装置の特性を数値で把握して、設計の改善や、設置状況による特性の変化の度合い等を正確に把握する事ができる。

表の右端には、その測定を行うときの目的との関係を示すために、注目点の欄を設けた。

表6の例示で一番重要なメッセージは、データの粒度とデータ点数に表れている。装置の機能性能が QA の目的に沿った科学的なデータ、即ちデータ粒度とデータ点数で裏付けられていることが重要である。多くの場合には、電子的な方法で取得した正確で十分な回数の測定がなされていることで、現行よりも装置の性能が高度に確認され、また、装置性能の不具合が無い状態で、デ

バイス・メーカーに提供されるようになることが、デバイス・メーカーの共通した要求である。

表6は、あくまでもデバイス・メーカーと装置サプライヤが EEQA について合議して作成されるべきものであり、実際の装置に合わせて測定項目が選択され、測定方法も実行可能な方法が選択されるべきものである。

他の詳細な QA コンテンツについては 9 章の

“装置運用時”の EE データ活用に収録した。

## 8. EEQA チェックリスト

### 8.1. 購入装置 QA 項目チェックシート

第7章までに説明した EEQA チェックリストについての補足説明を行う。EEQA チェックリストは、最初にデバイス・メーカの QA に関する高度化の要求として装置サプライヤに提示される。この際のチェックリストと、8.2 で説明する装置サプライヤが提案し、またデバイス・メーカと合意すべき EEQA 内容を表すチェックリストとを 区別するために、前者を、「購入装置 QA 項目確認リスト」と呼ぶ場合がある。同様な理由で「納入装置 QA 項目確認リスト」と呼ぶ場合がある。

前節までで説明した EEQA チェックリストプロセス条件準備機能に関するものである。然しながら装置の総合的なプロセス準備／実行機能の性能も QA 高度化の対象である。本書では対象としていない、デバイス・メーカのプロセス条件に依存するプロセス性能も QA の対象である。プロセス性能については別途デバイス・メーカと装置サプライヤとの間でどのような QA を行うかを取り決める必要がある。

表 7 購入装置 QA 項目チェックリストの例

装置機能		EFEM機能 ロードボートと ウェーハハンドラ	ウェーハ搬送機能 (装置全体の内容も含む)	真空排気機能	ガス供給機能	圧力 設定 機能	温度設 定機能	高周 波供給 機能	材料 供給 機能	ユーティ リティ機 能	補機 機能	Fail Safe 機能	
この欄は部位などを記入し活用													
同上小項目などを記入し活用													
装置基本的機能	機械的性能	忠実性											
		安定性											
		再現性											
		過渡特性											
		キャリブレーション											
	電気的性能	ゼロ点調整											
		制御範囲の確認											
		忠実性											
		安定性											
		再現性											
プロセス条件準備機能の確認	プロセス準備・ 実行機能性能 (閉ループ特性)	過渡特性											
		キャリブレーション											
		ゼロ点調整											
		制御範囲の確認											
		忠実性											
	プロセス準備・ 実行機能性能 (閉ループ特性)	安定性											
		再現性											
		過渡特性											
		キャリブレーション											
		ゼロ点調整											
プロセス実行機能の性能	設定に対する 応答性能(装置 設定値)	制御範囲の確認											
		設定範囲全域の応答性											
		忠実性											
		安定性											
		再現性											
	設定に対する 応答性能(レン ジビ設定値)	過渡特性											
		キャリブレーション											
		ゼロ点調整											
		装置の規格に対する達成度											
		設定範囲全域の応答性											
装置全般性能	装置全般性能	装置寸法	縦・横・高さ、用力どりあり										
		装置構成	外形、装置構成										
		生産能力	スループット										
		クリーン度	発塵率										
			発塵数										
			金属汚染	金属汚染率									
			設置環境	許容値									
			信頼性	MTBF									
				MTTR									
			ファンリティ	ノイズマージン									
		消費量											

表 7 は、このような装置の総合的なプロセス準備/実行機能の性能に関する QA 要求を併せて表すものである。本リストは製造装置を新規に購入する際にデバイス・メーカから装置サプライヤへ購入時に作成する購入依頼仕様書に添付して装置サプライヤに実際に確認する項目やデータの提出方法などの詳細な記述を依頼するために使われる。

表の横軸は装置の機能の例を示している。2 行目、3 行目はこの機能を実現するために存在する部位やその部位に関わる詳細項目を記入することを期待しているが、デバイス・メーカにおいては詳細を記述せず、装置サプライヤによる内容の分解と決定及び具体的な記述を期待している。

縦軸は、装置の基本性能確認項目を段階的に確認していくために、まず大分類として、

- 装置基本機能・プロセス条件準備機能の確認・プロセス実行機能の性能に大分した上で、
  - ・ 装置基本機能に関しては、機械的性能と電気的性能
  - ・ プロセス条件準備機能に関しては、プロセス準備・実行機能性能を開ループ特性と閉ループ特性
  - ・ プロセス実行機能の性能に関しては、設定に対する応答性能(装置設定値)と設定に対する応答性能(レシピ設定値)

に分解して

- 忠実性: 設定値(時間関数の値あり)との差異
- 安定性: 安定状態での値に対しての時間軸に対するバラツキ
- 再現性: 同じ処理を繰り返したときの値(時間関数)のバラツキ
- 過渡特性: 設定できない過渡的状态での挙動
- キャリブレーション: 外部から性能調整のために意図的に加える補正
- ゼロ点調整: 原点位置の調整
- 制御範囲の確認: 装置調整を行った時に実行した範囲が異常でないことの確認

に着目して装置へ加えられる処置の有無を検討し、その結果QA項目としての確認の可否を判断して記入して頂くことを期待している。

また、その下段にあたる部分には、

- 装置全般性能、
- プロセス性能

に関して装置設計や装置製作後に点検又は計測が必要となるであろう項目を記述し、確認されることを期待している。本リストをもとに、次に示す購入装置 QA 項目リスト、納入装置 QA 実施内容詳細リストを作成、装置サプライヤとデバイス・メーカがその内容に合意した後に、実際の QA 作業が実行されることを期待するものである。

## 8.2. 納入装置 QA 項目リスト

本リストは、製造装置を新規に納入する際に装置サプライヤからデバイス・メーカへ納入時に作成する納入装置仕様書に添付して装置サプライヤが装置を製作・納入する際に実際に確認する



装置導入時の品質保証高度化要求(装置 QA の高度化)

決まってくる。その属性とは例えば、

- 機械関連、真空関連、ガス関連、温度関連、RF 関連、補機関連、

等に分類され、これらは整理を重ねていくと装置サプライヤにおいて具体的な項目、基準値、及び、データ取得方法は共通な内容となっていくことが予想され、詳細項目に対して、要否、基準値、データ取得方法、その他が決定されこれは装置サプライヤにとっての業務ナレッジとして蓄積されていくものと考えている。同時にデバイス・メーカにおいても、EEQA による QA の高度化によって、装置信頼性の向上等に対応した QA 方法の知識が蓄積され、業務の改善が業界規模で進行することが期待できる。

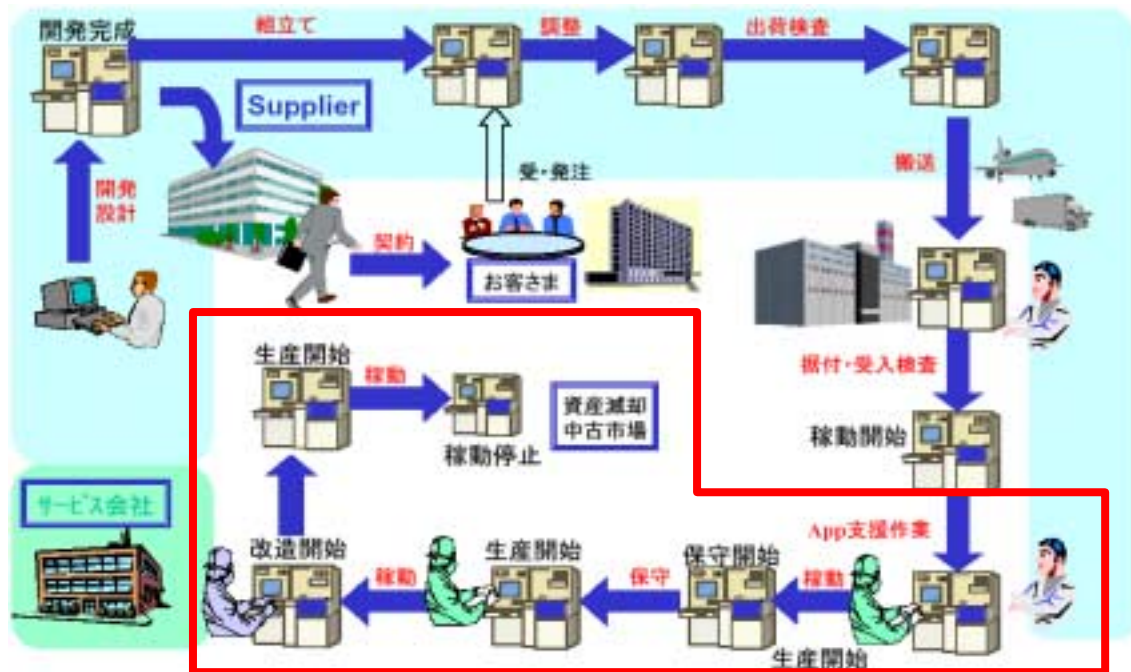
表 9 納入装置の詳細 EEQA コンテンツの例

大分類	機能性能		測定方法			データの提供形		比較対照データ				注目点						
	内容	測定項目	前提条件、あるいは環境条件	方法、使用機器 あるいは併用データ	データ粒度等	数値	グラフ	データ点数	E/S所有の標準機	D/M所有の他同型機	設計値	部品仕様	安定度	再現性	忠実度	機差	チャンバ間差	個体差
圧力調整機能	圧力測定機能 (真空ゲージ等)の校正	省略																
	真空ゲージの安定度	省略																
	開ループ特性 (バルブ制御の線形性)	バルブ開度/制御信号 とチャンバ圧力	設置状況 排気配管状態 MFC状態	10%FS, 50%FS, 90%FS相 当	時間軸:0.3秒より詳細 圧力値:そのゲージ仕様 に合致したデータ粒度	→	→	N>1	→	→	→							→
	開ループ特性 (インデシャル応答)	圧力、流量 バルブ開度と制御信号	設置状況 排気配管状態 MFC状態	10%FS, 50%FS, 90%FS相 当 ガス流量ハルメータでマッ プ化	時間軸:0.3秒より詳細 圧力値:そのゲージ仕様 に合致したデータ粒度	→	→	N>1	→	→	→	→						→
	外乱へのロバスト性			ガス供給圧力変化	動的特性:0.3秒刻み	→	→	1<N<5	→	→	→							
ガス流量制御機能	前後バルブ(ある場合 は)開閉タイミング	前後バルブ開閉タイミ ングと、MFC制御タイミ ング	左のタイミングが制 御されていること を前提として					N>10	→	→	→							
	開ループ特性 (インデシャル応答)	流量 バルブ開度と制御信号	供給側圧力を良好 な一定に保つ 蒸気圧低いもの は蒸気圧制御 の前提条件管 理が必要	10%FS, 50%FS, 90%FS相 当 校正曲線 トランジェント特性評価 別途定める必要がある	動的特性時間軸:0.3秒 より詳細 圧力値:そのゲージ仕様 に合致したデータ粒度	→	→	1<N<5	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
	外乱へのロバスト性	流量		0scmからではない、流 量設定の変更														
	外乱へのロバスト性	流量		ガス供給圧力変化 @50%FS	動的特性:0.3秒刻み	→	→	N>1	→	→	→	→						

詳細な EEQA コンテンツは、第 7 章でも示したが、表 9 は、詳細な EEQA コンテンツの他の例である。

## 9. “装置運用時”の EE データ活用

“装置運用時”とは、図 17 の半導体製造装置のライフサイクルにおける生産開始から稼働停止までの期間(枠で囲んだ箇所)のことを指しており、装置サプライヤからデバイス・メーカーに装置が引き渡された後の半導体デバイスの生産に関わる様々な場面において EE データが活用されることを想定したものである。このドキュメントでは装置サプライヤにフォーカスを絞り、上述の期間において装置サプライヤとして EE データの活用が期待できる場면을デバイス・メーカーの視点にて抽出したものである。



出典 :SEAJ EESビジネスモデル

※ SEAJ EES委員会発行の“EESビジネスモデルについて”より抜粋

図 17 半導体製造装置のライフサイクル

### 9.1. 装置生産活動中における EE データの活用

装置サプライヤからデバイス・メーカーに装置が引き渡された後の半導体デバイスの生産活動においても定期メンテナンス等を通じて継続的な EE データの取得を行うことにより、装置各部の基本的な EE データが蓄積され、このデータを活用することで、装置サプライヤは部材・消耗品の交換時期/寿命情報が推定できると考えられる。これを装置設計へフィードバックすることにより、より信頼性・性能の高い装置の開発に結びつけられる。

## 9.2. 装置保守／修理時における EE データの活用

定期的な装置保守作業や計画的・突発的な修理作業の場面においても、EE データは活用できる場面はある。従来の装置における保守はメンテナンス実行者の経験により左右され、装置の復元状態は必ずしも一律になっていない。また、修理作業は、装置の機械状態、ソフトウェアの内部状態、イベント情報を始めとするロギング情報の確認など、設計レベルのスキルを必要とされる場合がある。この方法では、スキルの違いにより作業時間の長期化や誤った判断による装置の改修で信頼性の低下を招く恐れがある。EE データの活用により、トラブル解析やメンテナンス作業の仕上がり品質が定量データにより判断することができる。これにより、これらの作業の定型化が図れ、作業時間の短縮や負荷低減に繋がる。

## 9.3. 装置改造時における EE データの活用

装置改造時は、デバイス・メーカーに新規装置を据付た時の EE データの活用方法に似ている。装置の EE データを収集して装置のリファレンスデータとの比較や各装置間の EE データの比較などにより、相違点から機械性能のばらつき状況や装置各部材の経時変化が定量的に把握できる。この情報を元に改善や改造を施すことにより、信頼性の向上や機械的な性能の向上が図られる。また、改善後に取得した EE データとリファレンスデータとを比較することで、改善後の装置性能の検証にも適用できる。

## 9.4. 装置売却(装置移転)時における EE データの活用

近年は、装置性能・機能の向上に伴い装置コストの増加が著しく、新規装置の導入を控え中古装置市場の装置を導入するケースも増えている。中古装置市場の装置は、そのハードウェア／ソフトウェア仕様と現物の状態は確認できても、その装置がどのように使われてきたか、現状はどのような性能なのかは図り知ることができない。そこで、装置稼働中に蓄積した EE データを装置売却や移転時に活用することで、EE データが装置のカルテ的な役割を果たし、装置状態の履歴や現在の状態を指し示すことになる。また、現在の装置状態をリファレンスデータに合わせこむことで、装置を限りなく初期状態に戻すことができ、これにより装置サプライヤは中古装置を高付加価値な装置として売却できると思われる。

## 10. Appendix

### 10.1. 用語集

凡例

用語

説明

関連用語

関連用語の説明

#### 一般用語

##### ECM

Engineering Chain Management の略。

サプライ・チェーン・マネジメント(SCM)の管理手法を機能性能に置き換えたモデルを用い、思考や技能の流れに当てはめた管理手法。

##### EEC

Equipment Engineering Capabilities = 装置エンジニアリング機能の略。

装置エンジニアリング機能は、EES を用いて実現する、種々の装置管理、稼働改善に必要な機能、能力などを意味する。

##### EES

Equipment Engineering System = 装置エンジニアリング・システムの略。

従来のホスト系で収集されていた制限の多い装置情報を元に装置管理を行う手法から脱却し、種々の装置状態を示すデータを基に、装置本来の機能を把握し、管理することにより、装置サプライヤにおける業務と半導体製品製造の業務の改善を行うシステムとして JEITA と Selete により提言された装置管理のシステム。

##### EE データ

Equipment Engineering Data = 装置エンジニアリング・データの略。

広義には EEC にて使用されるデータを示す。装置から得られるデータを指すことが多い。

DEE(装置詳細イベント)、トレース・データ(アナログ収集データ)、コンテキスト・データ(装置上の設定データ、静的な物と動的な物がある)の 3 種類のカテゴリがあり、各々相互に密接な関係を持つ。

##### EES のシステム実装

本書では EES を機能システムとして、工場管理システムの機能ノードや装置上の機能として搭載する事象を意図する。

##### EES のアプリケーション

EE データを用いた装置管理、品質管理等のアプリケーションを意味する。APC や、装置/プロセス FDC、装置故障探知機能等が含まれる。

##### 装置故障探知機能

本書では EE データ、特に装置詳細イベントやアナログトレース・データなどを駆使して、装置の異常状態や異常部位を固定化するアプリケーション機能を意味する。装置 FDC 機能の一つ。

##### e-Diagnostics

半導体製品製造装置の遠隔診断ソリューションのこと。

### EEQA

**Enhanced Equipment Quality Assurance** (高度な装置品質保証) の略。

本書では電子データで裏打ちされた装置性能の QA (品質保証) を意図する。

#### EEQA チェックリスト

EEQA の項目や、コンテンツを搭載した情報媒体。

#### EEQA のコンテンツ

実際の EEQA の実施条件、あるいは方法。

#### 機能軸

本書では、EEQA のためのデータ取りなどの検査を必要とする装置機能を列挙する表の軸を意味している。

#### 評価軸

本書では、EEQA のために取得したデータなどを客観的な評価を行うために示す指標の軸を意味している。

### e-Manufacturing

高度な情報活用により、製品製造における生産/品質/性能管理等が高度に行われる製造形態をいう。

### FDC

**Fault Detection & Classification** の略。

異常の検出と分類を意味する。元来、半導体製品製造プロセスでの異常検出を意味していたが、プロセスの異常には装置ハードや制御系も密接な関連があることから、現在はプロセス不全に限定された言葉ではなく、広く半導体製品製造活動における異常検出&分類を示している。C が“Control”と読み替えられて用いられている場合もあるので、注意が必要。

### GJG

半導体製品製造における自動化関連の **300mm Global Joint Guidance** の略。

元々は 300mm 半導体工場における機器の自動化指針を策定するために、国際協議会の **I300I (International 300mm Initiative)** と日本の **J300** が共同で策定した著作物で、GJG によって定められた路線に従って **ISMT/JEITA/Selete** 間で開発されたガイドライン等までを指す場合がある。

### JEITA/Selete/ISMT 共同でのガイドライン

GJG 以降の国際協業として、JEITA と Selete、米国の **International SEMATECH** の 3 者によって開発された 300mm 装置基本機能の通信制御に関するガイドラインを指す。

### MES

**Manufacturing Execution System** (=生産進捗システム) の略。

半導体製品製造工程の製造進捗管理を行うコンピュータ・システムを指す。

### MTTR

平均故障復帰時間 = **Mean Time Trouble Repair** の略。

通常、平均故障間隔 (**MTBF = Mean Time Between Failure**) とセットで用いられることが多い。

## QA

Quality Assurance (品質保証)の略。

### 装置 QA

本書では半導体製品製造装置その物の品質(ハードウェア、ソフトウェア)に関する保証を指す。

### 装置 QA 高度化

本書では装置の品質保証に関して現状よりも科学的根拠に基づいた客観的な QA を行う活動を指す。

### QA データ(装置 QA データ)

本書では半導体製品製造装置の品質保証に関わるデータを指す。

### QA 項目

本書では装置品質保証に必要な管理項目を指す。

### QA の証拠データ(QA 実施データ)

QA 実施を裏付ける実取得データを意味する。

### QA 作業

実際の装置で実施するデータ取りなど、品証のための作業と活動を意図する。

### QA 業務

装置の品質保証に関わる関連業務全般を指す。

### QA 内容

当該装置の品質を保証する上で実施される項目の具体的な手法や結果を指す。

## SoC

System on Chip の略。

通信機器、情報家電などの付加価値の高いシステムをセットとしてではなく、シリコンチップ上に直接搭載し、デバイス単体で完成させる概念。

## その場観察センサ

プロセス実行時のチャンバ内など、ウェーハ加工のための反応が起こっている「場の状態」を観察するためのセンサ。

## ディスパッチング技術

半導体製品製造工程に限らず、一般的に加工処理をする製品の最適な配送管理を行う技術を指す。製品のデリバリ保証や生産を行う場の物流最適化等には欠かせない技術。

## プラットフォーム

本書では、コンピュータを用いた基盤的な環境を指し、ハードウェアとソフトウェアの両方が関与する。

## プロセス実行機能

半導体製品処理を行うプロセスを実行するために必要となる機能、あるいはその集合体を意味する。

## ランニングベース

本書では実稼働状態を基にした状態把握を意図する。

レシピ

一般に処方箋や調理法を意味する言葉だが、半導体製品製造では処理装置のプロセス実行条件を記述したものを指す。

安定性

本書では観測対象の安定状態での値に対しての時間軸に対するバラツキを指す(=スタビリティ “Stability”、図 18 参照)。

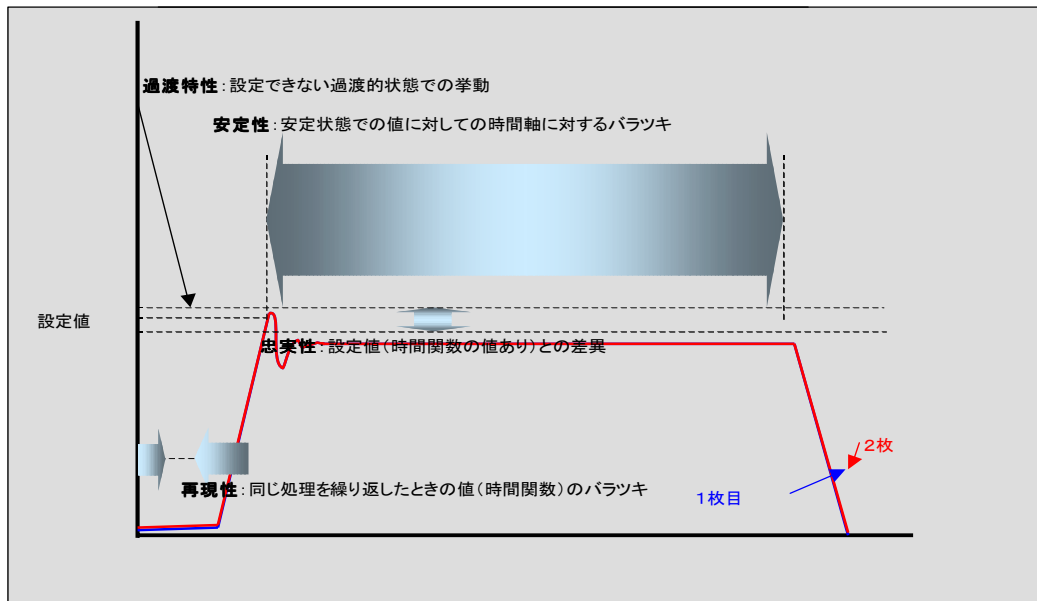


図 18 過渡特性 / 安定性 / 再現性 / 忠実性の説明図

可視化

通常であれば隠蔽されていて認知できないことを、なんらかの手法によって認知できる状態に変換することを意味する。

仮想的な標準プロセス

共通の事象を語る上で基準となる処理プロセスを標準プロセスと言い、実際に製品を製造するための処理プロセスとは必ずしも一致した物ではない。机上等で結果を予測するために使う場合などは「仮想的な標準プロセス」という表現を用いる。

過渡特性

一般的にはある状態から次の状態へ移る間の状態変化を意味するが、本書では設定できない過渡的な状態での観測対象の挙動を指す(図 18 参照)。

開ループ特性

本書では、装置内の特定機能の帰還制御が行われない時の特性を指す言葉として用いられている。

閉ループ特性

直接制御される変数を連続的に測定して、別の変数である基準量と比較し、その結果偏差がある場合は直接制御量を変更して偏差を減少させる制御における応答性等の傾向を示す。

### 機差

一般的に同一機種、同一機能の装置間の差を意味する。

装置 QA では装置内の同一仕様、同一機能のモジュール(プロセス・チャンバ等)間の差も指す場合がある。

### 機能性能

本書では機能の性能を意味している。

### 機能部品

単体でなんらかの作用をもたらす構造/機構部品を指す。

### 工程進捗管理

製造のフローに基づき、対象となる製品が生産計画に対していかなる状態におかれているかを確認し、その状態に基づきいかなる処置をすべきかを判断する役目を意味する。MES の代表的な機能の一つ。

### 再現性

一般的には、“ある状態が再び現れること”と定義されているが、本書では観測対象の挙動が同じ処理を繰り返したときの値(時間関数)のバラツキを指す(=リピータビリティ“Repeatability”、図 18 参照)。

### 自動化技術

製造業では一般に高度な判断や特殊技能が必要とされ人手に頼らざるを得ない部分を除き、作業を代替する機械などに置き換える事を自動化と呼び、その自動化を実現するために必要な手法や工法およびそれらを開発する事を自動化技術と総称する。

### 準備

本書では段取り作業や、装置の製品処理準備(シーズニング等)に代表される、半導体製品の加工に必要なプロセス環境を整える作業/業務と、ウェーハをそのような場に持ち込む作業/業務を包括的に指す言葉として用いている。

### 準備機能

本書では「準備」を実現するために必要な、装置や関連するシステムに実装すべき機能を指す。

### 装置

半導体製品製造の製品加工、検査、搬送等に関わるすべての装置を指す。

### 装置ライフサイクル

一般的に商品が市場に出た後から陳腐化し発売中止になるまでの周期を指す。

本書では更に設計開発段階や、市場からのフィードバックによる次期装置に対する改善サイクルまでを含んだ概念として使用している。

### 装置の基本的な機能

プロセス処理を行って半導体装置を加工するための機能以外にも、ウェーハを運ぶ、処理室の真空度を保つといった、プロセス処理以外の装置機能を指す(=装置基本機能)。

### 装置基本性能

装置の基本的な機能の性能。

### 忠実性

一般的には、“実際の通りに正確に行うこと”と定義されているが、本書では観測対象が、レシピなどに記述された指示値あるいは既定の設定値に対してどの程度差異があるかの度合いを示す(=ファイデリティ “Fidelity”、図 18 参照)。

### 直接的なプロセス条件準備機能

本書では、プロセス準備機能の中で、直接的にウェーハへの加工条件に作用するプロセス条件を作り出す機能を指す。

### 出来栄え

一般的に、できあがりのよいことであるが、本書では半導体製品製造装置によって加工されたデバイスが所定のスペックに対してどの程度満足しているかを包括的に示す言葉。

### 出来栄え評価

半導体製品が加工装置で所定の加工を施された後、要求する加工スペック(緒言)等に対してどれだけ正確に加工されたかを確認する作業を意味する。

### 出来栄え性能

本書では、出来栄えを決める性能を意味している。

### 電子化データ

旧来の紙に記録した装置稼働や管理記録をコンピュータ上で記録したり、再利用したりできる形態にしたものを意味する。EEデータなどがその代表である。

## 団体名称等の略称

### ASPLA

Advanced SoC Platform Corp. = (株)先端 SoC 基盤技術開発の略称。

富士通、松下電器産業、NEC エレクトロニクス、沖電気工業、ローム、ルネサステクノロジ、三洋電機、シャープ、ソニー、東芝、STARC(半導体理工学研究センター)の 11 社による共同研究開発会社。

URL = <http://www.aspla.com/>

### ISMT

International SEMATECH, Inc.の略称。米国半導体デバイス・メーカーを主体とした半導体デバイス技術の共同研究開発会社。設立当初は米国政府が関与していたが、現在は独立した民間コンソーシア企業。

URL = <http://www.semtech.org/>

### ISMI

International SEMATECH Manufacturing Initiative, Inc.

ISMT が新たに設立した組織で、特に装置自動化関係の生産技術に特化したテーマを扱う。

## ITRS

国際半導体技術ロードマップ、International Technology Road Map for Semiconductor の略称。半導体のプロセス技術、生産技術等の指針となる。

## FITWG

ITRS のファクトリー・インテグレーション技術ワーキング・グループ (Factory Integration Technology Working Group) の略称。高度自動化技術に関する検討を行う部会。

## JEITA

Japan Electronics and Information Technology Industries Association = (社)電子情報技術産業協会の略称。

URL = <http://www.jeita.or.jp/>

## JEITA e-Manufacturing 検討 WG

JEITA 電子デバイス部会内の半導体幹部会の下部組織、半導体事業委員会内の専門委員会内で活動する e-Manufacturing 関連の検討部会

## STRJ

Semiconductor Technology Road Map technical committee of Japan = 日本半導体技術ロードマップ専門委員会の略称。JEITA 電子デバイス部会内の半導体幹部会の下部組織、半導体事業委員会内の専門委員会。国際半導体技術ロードマップ (ITRS) と連携を持つ。

URL = <http://strj-jeita.elisasp.net/strj/>

## 半導体生産技術専門委員会

JEITA 電子デバイス部会内の半導体幹部会の下部組織

## SEAJ

Semiconductor Equipment Association of Japan、(社)日本半導体製造装置協会の略称。

URL = <http://www.seaj.or.jp/>

## Selete

㈱半導体先端テクノロジーズ = Semiconductor Leading Edge Technologies, Inc. の略称。

富士通、松下電器産業、NEC エレクトロニクス、沖電気工業、ローム、ルネサステクノロジ、三星電子(韓国)、三洋電機、セイコー・エプソン、シャープ、ソニー、東芝の 12 社の出資による、半導体プロセス技術、生産技術の共同研究開発会社。URL = <http://www.selete.co.jp/>

## SEMI

国際半導体装置材料協会、Semiconductor Equipment and Materials International の略称。半導体関連産業で標準化技術の策定や、企業間交流の場の提供、とりまとめなどを行う非営利団体。

URL = <http://www.semi.org/>

## 10.2. 連絡先情報

本書またはリファレンス書類についての詳細は、下記までお問い合わせください。

- (社)電子情報技術産業協会 (JEITA)

住所: 〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台 3 丁目 11  
三井海上別館ビル

電話: 03-3518-6421

Fax: 03-3295-8721

ホームページ: <http://www.jeita.or.jp/>

- (株)半導体先端テクノロジーズ (Selete) つくば本社 企画推進部

住所: 株式会社 半導体先端テクノロジーズ  
〒305-8569 茨城県つくば市小野川 16 番地 1

電話: 0298-49-1300

Fax: 0298-49-1185

ホームページ: <http://www.selete.co.jp/>

名前	会社	電話	FAX	Eメール
鶴見 徹	富士通	042-532-1374	042-532-2404	tsurumi@jp.fujitsu.com
藤田雅人	松下電器産業	0255-72-8812	0255-73-8598	fujita.masato@jp.panasonic.com
本間三智夫	NEC エレクトロニクス	044-435-1406	044-435-1570	michio.honma@necel.com
小林 秀	ルネサステクノロジ	029-270-2062	029-270-2691	kobayashi.shigeru2@renesas.com
西村英孝	三洋電機	0584-64-4897	0584-64-4943	nisi070657@sanyo.co.jp
秋森裕之	Selete	0298-49-1300	0298-49-1185	akimori@selete.co.jp
児玉祥一	東芝	044-548-2421	044-548-8337	syoichi.kodama@toshiba.co.jp