

装置レベルでの装置機能の性能確認 に関する解説書

Ver. 1.0

2005年03月23日

発 行

社団法人 電子情報技術産業協会 (JEITA)

半導体部会 半導体生産技術専門委員会

e-Manufacturing 小委員会 EES ワーキンググループ

Table of Contents

1.	序論	6
1.1.	本書開発の目的	6
1.2.	本書開発の経緯	7
2.	概要	7
2.1.	背景	7
2.2.	装置基本機能	9
2.2.1.	装置基本機能の例 1 : ガス供給機能	9
2.2.2.	装置基本機能の例 2 : ウェーハ搬送機能	10
2.2.3.	装置基本機能の例 3 : 真空排気機能	10
2.2.4.	なぜ装置レベルでの不具合監視が必要か	11
3.	装置レベルFD/FPの位置づけ	11
3.1.	装置レベルFD/FPとは	11
3.2.	EESにおける装置レベルFD/FP	14
4.	装置レベルFD/FPのビューポイント	15
4.1.	運用FD/FP	16
4.2.	制御FD/FP	17
4.2.1.	装置コントロールレベルのFD/FP	18
4.2.2.	モジュールレベルのFD/FP	18
4.2.3.	サブシステムレベルのFD/FP	19
4.2.4.	IOデバイスレベルのFD/FP	20
4.3.	データ妥当性FD/FP	21
4.3.1.	イベントデータの妥当性検証	21
4.3.2.	トレースデータの妥当性検証	23

4.3.3.	コンテキストデータの妥当性検証	25
5.	装置レベルFD/FPの機能	26
5.1.	装置レベルFD/FPの処理タイミング	26
5.2.	装置コントローラにおけるリミット監視機能との比較	27
5.3.	装置内時刻把握	28
5.4.	装置レベルFD/FPのログ機能	30
5.5.	装置レベルFD/FPのレポート機能	31
5.6.	装置レベルFD/FPからの発報	32
5.7.	装置レベルFD/FP機能選択	35
5.8.	装置レベルFD/FP使用条件のメンテナンス	36
6.	装置レベルFD/FPの仕様書について	37
7.	装置レベルFD/FP実装のアプローチ	39
7.1.	マルチチャンバ真空装置構成例	39
7.2.	装置構成モデル	40
7.3.	プロセスモジュール構成例	41
7.4.	I/Oデバイス動作監視の例	43
7.5.	サブシステムレベルにおけるFD/FP実装例	45
7.5.1.	真空排気系サブシステム監視	45
7.5.2.	ガス導入系サブシステム監視	52
7.5.3.	ウェーハステージ温調サブシステム監視	54
7.6.	モジュールレベルにおけるFD/FP実装例	56
7.6.1.	プロセス条件の監視	56
7.7.	装置コントロールレベルにおけるFD/FP実装例	59
7.7.1.	搬送スケジュール監視	59

8.	DEEデータを使用した不具合監視機能などの公知例化.....	62
8.1.	技術報告の掲載情報.....	62
8.2.	開示技術の概要.....	62
8.3.	開示技術の詳細.....	63
8.3.1.	開発の背景.....	63
8.3.2.	開発目標.....	64
8.3.3.	装置エンジニアリングシステム（EES）の概要.....	64
8.3.4.	EESのハードウェア構成.....	66
8.3.5.	EESのインタフェース.....	68
8.3.6.	EESにおけるデータの取り扱い.....	68
8.3.7.	装置詳細イベント（DEE）データ.....	69
8.3.8.	データカテゴリー.....	71
8.4.	EESの機能.....	74
8.4.1.	データ・ハンドリング関連機能.....	74
8.4.2.	装置運転管理に関する機能.....	75
8.5.	結び.....	79
9.	装置レベルFD/FP例.....	81
10.	APPENDIX.....	83

List of Tables

表 4-1. 装置レベルFD/FPのビューポイント	15
表 4-2. 運用FD/FP詳細	16
表 4-3. 制御FD/FPの分類.....	17
表 4-4 イベントデータに含まれる情報とそのチェック項目の例.....	22
表 4-5 トレースデータに含まれる情報とそのチェック項目の例.....	23
表 4-6 アナログトレースデータの妥当性の検証例	24
表 4-7 コンテキストデータに含まれる情報とそのチェック項目の例.....	25
表 5-1 装置レベルFD/FP処理タイミング	26
表 5-2 装置におけるリミット監視とTDIにおけるFD/FPとの比較.....	27
表 5-3 装置レベルFD/FPレポート項目例	30
表 5-4 装置レベルFD/FPレポート項目の例.....	31
表 5-5 装置レベルFD/FPアラーム報告内容例	33
表 5-6 装置レベルFD/FP機能選択の例.....	35
表 6-1 装置レベルFD/FP仕様書項目	37
表 6-2 装置レベルFD/FP仕様書のフォーマット例	38
表 7-1 装置レベルFD/FP デバイス動作監視仕様.....	44
表 7-2 装置レベルFD/FP：粗引きサブシステムの例	48
表 7-3 装置レベルFD/FP：高真空排気機能の例.....	51
表 7-4 装置レベルFD/FP -ガス導入監視仕様.....	53
表 7-5 装置レベルFD/FP - ヒータ電源監視仕様	55
表 7-6 装置レベルFD/FPプロセス条件制御機能の監視（スパッタパワー）仕様の例	58
表 7-7 装置レベルFD/FP- 搬送時間監視仕様例	61

List of Figures

図 2-1 装置不具合捕捉のピラミッド.....	8
図 3-1 従来のQAの階層	12
図 3-2 EES実装後のQAの階層	13
図 3-3 装置レベルFD/FPの実装されるシステム内位置	14
図 4-1 フィードバックループ	19
図 5-1 装置階層で管理する時計	28
図 5-2 クロックの異なる複数階層のデータを使用するFD/FPの例	29
図 5-3 装置レベルFD/FPから他システム(MES)への直接発報.....	32
図 5-4 TDI上の装置レベルFDアプリケーションから装置へアラームを発生させる例.....	34
図 5-5 装置レベルFD/FPの運用例.....	36
図 7-1 PVD装置の構成例	39
図 7-2 装置の構成モデル.....	40
図 7-3 スパッタチャンバの構成例.....	41
図 7-4 スパッタチャンバの構成モデル例	42
図 7-5 デバイス制御の例.....	43
図 7-6 真空排気系の例	45
図 7-7 粗引き排気シーケンスの例	46
図 7-8 高真空排気シーケンスの例	49
図 7-9 ガス導入系	52
図 7-10 ウェーハステージ温調サブシステムの例	54
図 7-11 レシピ設定とプロセス条件のトレースデータ	56
図 7-12 搬送系	59
図 7-13 ウェーハ毎の搬送時間差の例.....	60

1. 序論

1.1. 本書開発の目的

本書は、装置によって提供されている機能が発揮すべき性能の健全性を確認するという基本的な装置エンジニアリング業務に関して解説を行うことを目的としている。

したがって、本書で述べる機能はプロセス性能や出来栄えに必ずしも直結しない内容とものである。装置を正常稼働させるための努力は、デバイスメーカーの日常業務のみならず装置サプライヤの開発段階からなされている活動であることは自明であり、そういった点で本書はデバイスメーカーだけでなく広く装置にかかわるすべての人に読んで頂くことを想定している。

装置から収集した装置エンジニアリングデータをベースにして、より精度の高い装置機能の性能確認の手法を確立することで階層的に装置の品質を高め、その結果として量産技術としてプロセスの再現性や機差を圧縮する状況を醸成することを本書の目的としている。

また 装置エンジニアリングデータ収集と装置レベル不具合発見機能と不具合予知機能 (FD/FP) 機能の搭載により装置のライフサイクルを管理できると共に、常に信頼性が高く且つ安定したプロセスを実行できる装置が提供されることを奨励することも目的としている。

本解説書は、装置が計画/設計通りに性能を維持しているかを常時監視するため、装置制御の振舞を整理した上で装置レベルのFD/FPの機能をどのような考え方で実装すべきかをまとめているので装置サプライヤの設計の方にも装置レベルFD/FP機能の設計をする際に活用していただくように御願いをしたい。

1.2. 本書開発の経緯

本書は、JEITA 半導体部会の半導体生産技術専門委員会に設置された e-Manufacturing 小委員会の中の EES ワーキングにて、装置がきちんと動いていることを確認するための方法について検討した結果をまとめたものである

しかしながら、装置サプライヤやサブシステム供給者が最も装置機能や装置の物理或いは制御構造を理解しており、本書に記述された多くの装置機能の性能確認の手法はハードウェア供給者によって実現されることになると想定している。

2. 概要

2.1. 背景

半導体製品の製造プロセスにおいては微細化・大口径化に伴う加工マージンの要求が厳しさを増し、品質の劣化や変動の監視は元より、製品品質事故における装置起因の発生割合が約半数を占めていることから、装置機能の劣化や変動、機差の有無の監視をその場で行い、できるだけ速やかに異常を検知することが重要な課題となってきている。

品質の変動や劣化を早期に検出するために、製造ラインでは品質の監視と装置の監視が定期的に行われる業務となっている。また最近では 装置から装置の様々な稼働状態を表すデータを収集して、そこに変化が出現しないかを監視することで、装置或いは装置が司るプロセスに何らかの変動があったことを検出する努力が広くおこなわれている。このような機能を一般に FDC (Fault Detection & Classification) と呼んでいる。しかしながらプロセスと品質の変動は非常に複雑な要因が絡み合って起こると考えられ、果たして本当に必要な感度で、プロセスや品質の変動が捕捉されるのか等、十分に技術として発展していない状況である。このような状況を改善する方法として、装置が提供する機能の性能の健全性について確実に検証をする技術が EES (装置エンジニアリングシステム) において提案されている。

半導体の製造装置は、複雑化が進み、装置全体としての信頼度低下や、性能維持業務の複雑化・高

度化が問題となっている。具体的には、構成要素である制御部品(アクチュエータ)の数が増え、また複雑な制御を行っている。一般的に装置は複数の制御階層から成り立っており、それぞれの階層の中でさらに複数の小さな制御単位に分かれている。プロセスに問題が発生した場合、どの制御単位がプロセスに影響を与えているのかを診断することは大変困難である。このために装置全体としての動作の健全性の確認対象が非常に多岐に亘り、且つ、構成要素相互の関連によって複雑化している。このために装置が提供する機能の健全性は、簡単に検証できる物ではない。またいったん調整されたコントローラであっても制御性能は時間を経るとともに変化するものであり、その性能を維持管理していく機能が必要となってくる。従って装置を組み立て、デバイスメーカーにおける量産に寄与させる際と、デバイスメーカーにて量産を実施しながらの両方の局面で装置機能の健全性は確認されることが必要である。

デバイスメーカーは装置サプライヤに対し、納入する装置の信頼性が十分に高まったものであることと、信頼性についての合理的な設計手法が確立されていることを要求している。また納入後には装置機能の性能が高く維持されえるものであることを強く要求する動きがある。このような要求は、Selete と JEITA によって明示的かつ体系的に提案され、EEQA (Equipment Engineering Quality Assurance) と呼ばれている。

上記した装置信頼性の向上の要求に応え、また、装置健全性の能率のよい、且つ定量性のある検証を可能にする技術として、装置に実装されているアクチュエータ、あるいは同等の機能、あるいはサブシステム毎に、その機能の健全性を確認することを積み上げる方法が Selete より提案された。

(下図参照)

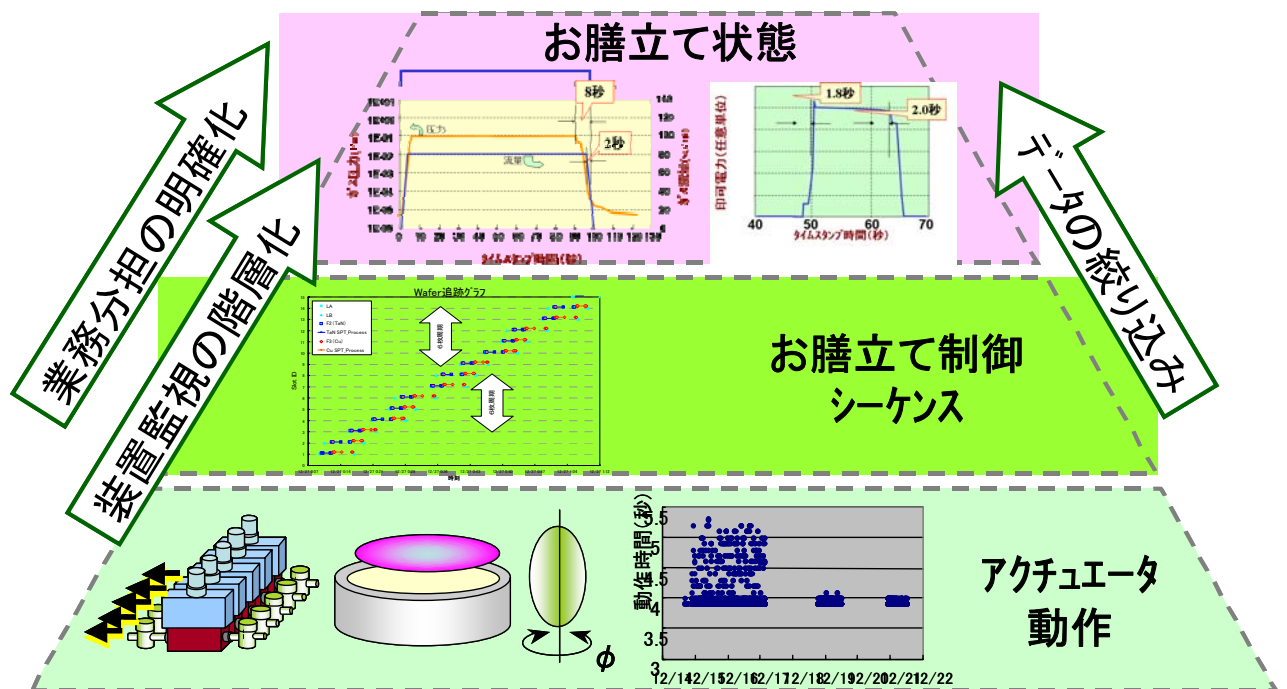


図 2-1 装置不具合捕捉のピラミッド

2.2. 装置基本機能

本章では装置の基本機能について、本書の観点を述べる。

冒頭でも述べたように装置は多くの基本的な機能から構成されており、装置の信頼性を向上は基本機能の1つ1つがきちんと所定の機能を発揮あるいは性能を発揮することに依拠している。この観点から具体的にどのような装置の基本機能がどのように機能/性能確認がされるべきかを代表的な装置基本機能について例示することを行う。

具体的には装置から性能確認に必要な装置エンジニアリングデータを収集し、まずは必要部分を切り出してモニターする。さらにはモニターから知見を集めて不具合/異常の検知 (FD : Fault Detection) を行う。最終ゴールとして異常検知の知見を集め異常予知 (FP : Fault Prediction) が出来ることを目指している。それが一体どのように実装されるのかを本章では簡単に述べ、特にプロセス装置ユーザの読者が具体的なイメージを抱いていただくことを期待する。

また、このような機能が開発され装置に実装されてゆく過程において、装置レベルFD/FP機能を具備した装置による装置エンジニアリング業務を、装置サプライヤとデバイスメーカーが協力してWIN/WINの関係を築き、更に協同で装置の信頼性を高め、高信頼で安定な設備の供給によるデバイス安定生産を実現する状況の出現を期待するものである。

2.2.1. 装置基本機能の例1：ガス供給機能

ガス供給機能の代表的な部品にMFC (Mass Flow Controller) がある。MFCでは通常指示値とMFCでの観測値とを比較することが行われている。しかしながらMFCはサーボ系を内装しているために、指示値に対して同じ観測値を報告することになり、以下の不具合を知ることができない場合が多々ある。

- ・MFCのゼロ点オフセットがずれた場合
- ・MFC内に異物が詰まり適正なコンダクタンスが取れなくなりつつある場合
- ・何らかの不具合のために観測値と真値とがずれてしまった場合

更にMFCが正常に動作するにはMFCの前後のバルブが適正なタイミングで協調して動作する必要があるが通常はこのような粒度までの装置機能の監視が行われることがない。

プロセスの健全性を確認する上で重要なのはこのようなデバイス(アクチュエータ)が正常に機能しているかを確認することと、生成されたプロセス条件を検討することを分離することである。後者はレシピ等のコンテキストデータを読み解釈することが必要である場合があり、必要な診断が複雑化あるいは診断ルールのメンテナンスを行うことが難しい場合がある。従ってMFCの場合であればサーボ系の内部で扱われているバルブ制御電圧を読むことでMFC機能そのものの診断をすることが重要となる。

直接的にプロセスの条件を生成するデバイス(アクチュエータ)の機能監視が殆ど行われていないにもかかわらず、生成条件の検定に現在の主要なFDC努力が集中しているのが現状であるが、装置サプライヤあるいは部品メーカーとの分業を行い、本当に必要な監視機能、あるいはそのためのデータを出現させることで、装置エンジニアリング業務に関する現状態が改善されるべきであるというのが

本書の立場である。

2.2.2. 装置基本機能の例2: ウェーハ搬送機能

ウェーハ搬送機能は常に安定に機能してもらいたい機能の代表格であるが、その信頼性を高めるための情報ソースは主にフィールドデータに依拠している。Selete の EES プログラムでは、装置からハードウェアのアクティビティを示すイベントデータを収集して、搬送のようなハードウェアの QA と監視に使用することを提案した。搬送は複雑な動作をしており クラスツール等では搬送経路等もレシピによって種々枚葉で変化するのが一般である。しかしながら搬送系の動作をいくつかの定型動作の集合として分解し、それぞれの定型動作を 動作時間の観点から検定することで、ウェーハ枚葉でデータが収集され、特に磨耗性の故障にいたる過程での動作不安定性の早い時期の発見などに有効と考えられている。総合的な搬送時間では、少しぐらいの動作時間のズレは これを発見することは至難の技となる。細かい動作に分解して監視するメリットの例として、めったに発生しない不具合の発見が挙げられる。たとえばロードロックでのウェーハの搬送は 枚葉で反復されるために、1000 回に 10 回のプッシャーの動きの不安定さがの発生しても、あるいはチョコ停であっても、これらを抑えることができる。ここでもレシピに依存しない監視が可能であることが極めて重要な要件であることが理解されるべきである。

2.2.3. 装置基本機能の例3: 真空排気機能

真空機能は多くのプロセス装置に存在するが、装置種類によって所定の真空生成機能は大きく異なる。スパッタ装置の高真空排気機能は できるだけ高真空に排気する、言わばオープンループ機能であり、一定の圧力を生成する APC(Automatic Pressure Control)機能は、クローズドループの機能である。真空排気系の健全性を確認するに、総合性能で確認することはもちろん必要であるが、メンテナンス経緯でその時々で 検定に掛ける真空度は 大きく異なるために、十分な監視機能は なかなか得がたいのが実情である。

真空機能も部品レベル機能の集合体であり、メインの機能部品として真空ポンプが挙げられる。真空ポンプ自身の健全性を確認することができれば メンテナンス経緯に依拠しない 早い判定が可能となり、長い時間真空排気を行っての最終的な総合性能の確認以前に、有効な情報を提供することができる場合があると考えられる。

真空ポンプの健全性は 粗引きであれ 高真空排気であれ、排気開始直後の真空度と時間経過の関係を求めることで知ることができる。より具体的には、真空度をログスケールにプロットし、横軸に時間を絶対軸でプロットすることで、排気カーブは 排気開始直後については 直線となり、その負の傾きは 真空排気時定数を表す。真空排気するチェンバの容積は めったなことでは変更されることがないから、真空排気速度を求めることができ、これがとりもなおさず真空ポンプの健康を示す数値となる。ここでもこの検定方法は レシピ等に依存することなく機能の確認を行うことができるものであることに注意を払われたい。

2.2.4. なぜ装置レベルでの不具合監視が必要か

上記に述べた不具合発見あるいは不具合予知をする機能は、すべて装置の詳細な内部構造を知っていて開発できるものである。装置内容を知っていても、非常に多くの検定を行うために、その閾値をそれぞれ経験を積んで適正值にセットすることは非常に多大な時間を要する作業である。デバイスメーカーはこのような作業に従事することは不向きであるのが通常である。また装置一々で異なる構成を持つものでありユーザが装置の種類とバージョンに併せて診断ルールをメンテナンスすることは現実ありえないシナリオである。したがって装置の基本機能を部品レベルで監視する機能については、装置サプライヤが主導で提供することがもっとも現実的であると想定している。

このような不具合発見機能であれば装置が導入されたその日から動作し、ユーザを守ることができるが、通常の FDC ではその設定にはプロセスの立ち上げ習熟などが必須である。また通常の FDC では、コンテキスト等の情報を併せ解析することが必要な場合があるが、十分なデータがない或いはそのような考慮をできない場合には、多くの間違った診断結果を出す（虚報）ことがあり、虚報低減が APC(Advanced Process Control)関連の学会でも重要なテーマとして話題に常に取り上げられているのが現実である。虚報の低減に必要な時間も含めて、結局工場レベルの FDC が有効に動作するようになるまでに相当な期間が必要となる。

これに対して装置レベルの不具合発見では単純な動作に限って監視し診断をしているためにセットアップが単純であり、またレシピに強く依存せず機能できるポテンシャルが高い。シンプルな診断であるために虚報も少ないこと、より簡単な根本原因究明が期待できる。装置機能の動作について詳細な知識が必要であるために、デバイスメーカーがこのような機能を開発することは非常に難しいが、この欠点を補ってあまりあるメリットがある場合も多いと考えられている。

このような機能は、アクチュエータ/デバイスレベルの活動情報での診断であるために、装置サプライヤはユーザからその情報の開示を受け、フィールドデータとして解析し、装置品質を一層たかめることが可能であり、かくして装置サプライヤとユーザの WIN-WIN 関係が構築されることの期待も内包されている。

3. 装置レベル FD/FP の位置づけ

3.1. 装置レベル FD/FP とは

装置レベル FD/FP は装置納入時の立上げ調整から、実際の運用（プロセス処理、メンテナンス、装置改造）にいたるまで装置エンジニアリングデータを使用して装置状態の変動およびその兆候を検知し、装置を適正な状態に保つことを意味する。

装置レベル FD/FP は、装置サプライヤが装置エンジニアリング領域で実装することが適していると考えられる機能である。

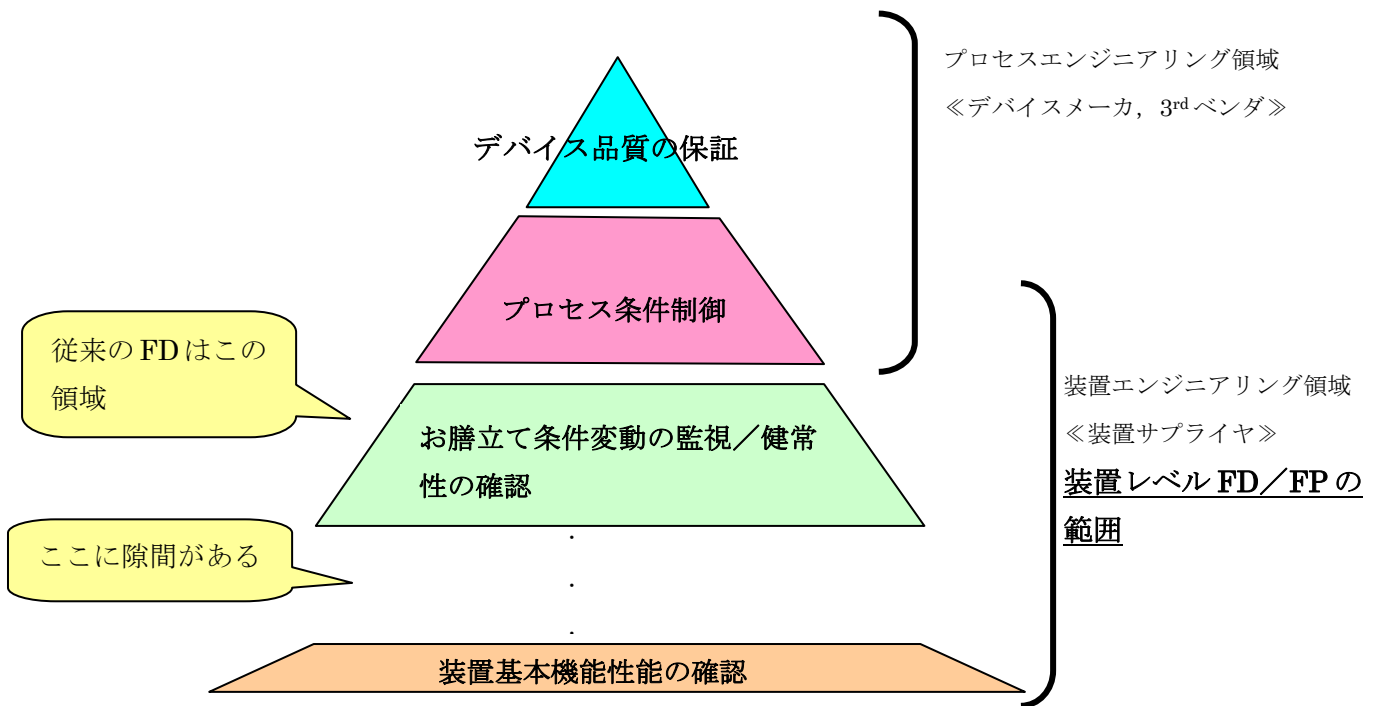


図 3-1 従来の QA の階層

上図に品質保証（QA）の階層を示す。

EES 導入前の装置ではプロセスを行うための準備、すなわち**お膳立て条件健全性の確認**について FD が行われてきた。しかしながら本当に装置機能が正しく動作しているのか、装置機能動作にばらつきが無いのかという**装置基本機能性能の確認**の部分については十分な情報を収集していなかったため、上図のような隙間が生じており、装置の基本機能性能が不安定であることから**お膳立て条件**も変動してしまうケースもあった。

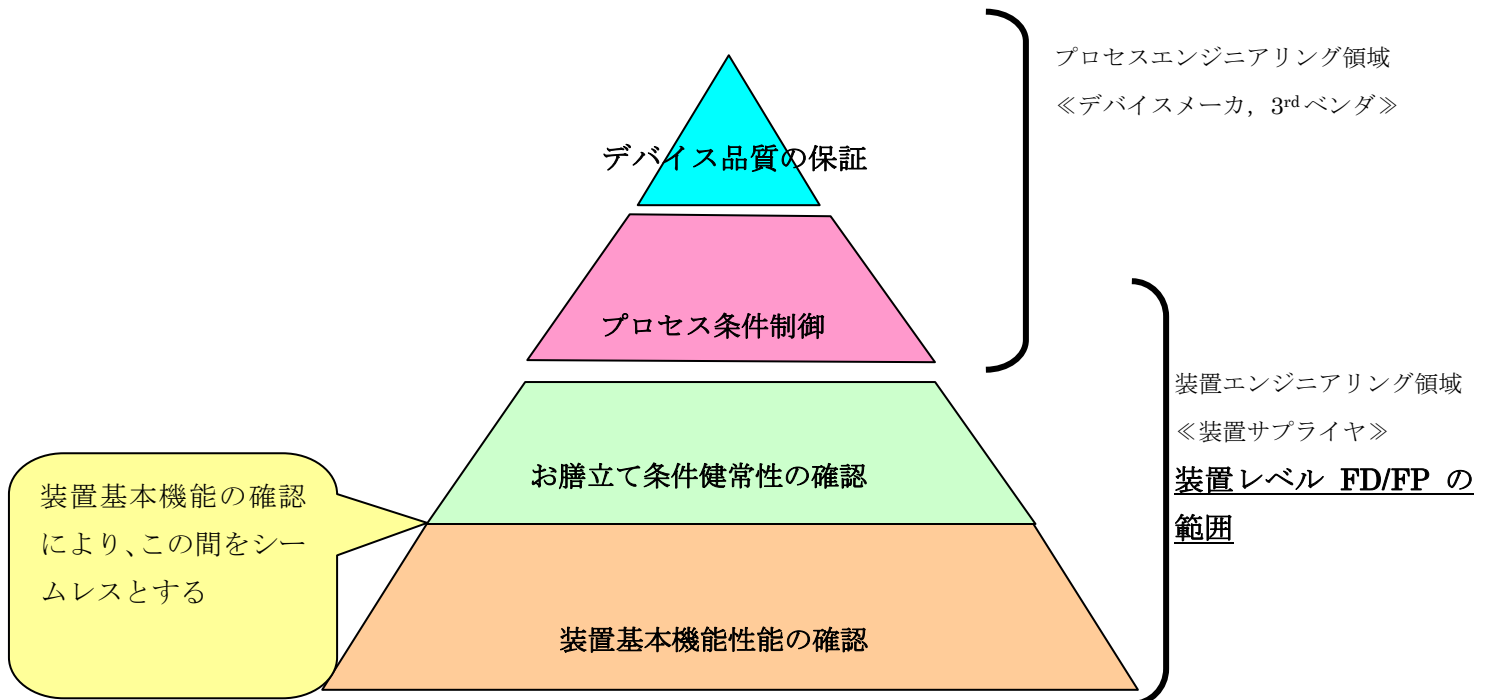


図 3-2 EES 実装後の QA の階層

EES 導入後の装置では装置動作に関わる詳細なデータを収集することで、**装置基本機能性能の確認**の部分を実質させることが可能となり、上図のように上位の**お膳立て条件健全性の確認**との間の隙間をなくすことが期待されている。

EES 実装後では、装置の個々の動作が安定していることを前提とした上で**お膳立て条件健全性の確認**ができるためより高い装置機能あるいは装置全体の信頼性を維持していくことが期待される。

装置レベル FD では装置の個々の部品レベル機能からの動作健全性について監視するため、多くの場合にダイナミックコンテキスト情報（ロット情報や）についての情報は不要であり、装置内部で閉じた情報だけで、装置監視を実現できることが期待されている。

また将来的には全装置が装置レベル FD の機能を持つことで、装置で使用している部品やモジュールを工場全体で管理していくことも可能となる。例えば個々の装置で使用しているマスフローコントローラ（MFC）を工場全体で管理していくことも可能となることも期待できる。

装置サプライヤは EES による詳細データを活用して、装置改善活動を行うことが期待され、以って装置の信頼性と品質の向上を図り、これによってビジネス的なメリットが生まれるという循環が成り立つことが期待されている。

3.2. EES における装置レベル FD/FP

EES は F-EES/L-EES/TDI で構成される。各システムの名称の意味は下記の通りである。

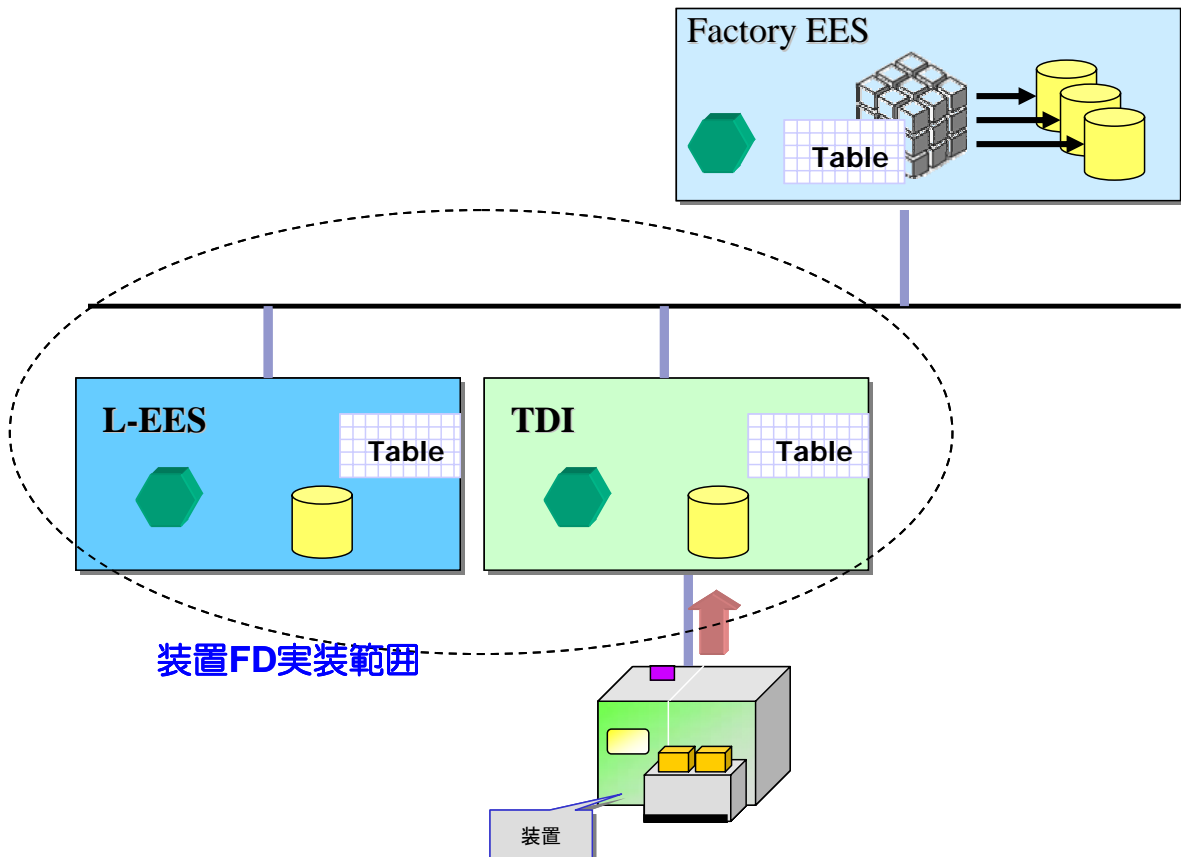


図 3-3 装置レベル FD/FP の実装されるシステム内位置

- F-EES : Factory EES (server)
- L-EES : Local EES (server)
- TDI : Tool Data Interface

TDI は文字通り装置データインタフェースであり、装置エンジニアリングデータをデータベース化したサーバの位置づけである。

L-EES は装置レベルの機能を持つものであって、TDI のデータを利用して装置（群）を管理するアプリケーションサーバの位置づけである。TDI に装置レベルのアプリケーションが実装されており、且つ別途に L-EES が存在しない場合には TDI が L-EES の階層に属する機能も受け持つ場合がある。また L-EES と TDI が一体となった場合にも その集合物を L-EES と呼ぶ場合がある。

装置レベル FD/FP は、L-EES 上で実装されるものとする。F-EES はデバイスメーカーが工場全体でプロセスエンジニアリングの領域でアプリケーションを搭載するものであるが、装置レベル FD/FP が L-EES で実装されることで、F-EES のシステム負荷が軽減され結果的に TDI へのデータアクセスの頻度も少なくすることができる。

4. 装置レベル FD/FP のビューポイント

装置レベル FD は下表のように 3 つのビューポイントに分類される。

表 4-1. 装置レベル FD/FP のビューポイント

	項目	定義
1	運用 FD/FP	装置の経時変化やプロセス処理を重ねることで発生する機能性能の変化を監視／検知、もしくは予知する FD および FP である。
2	制御 FD/FP	装置制御シーケンスを実行させる際、動作を行うための基準値（設計値・限界値）と観測値を比較して許容範囲内であるかを監視／検知もしくは予知する FD および FP である
3	データ妥当性 FD/FP	TDI で収集したデータが合理性があるか、或いは許容範囲内であるかを監視／検知する FD である

4.1. 運用 FD/FP

運用 FD/FP は経時変化やプロセス処理回数によって発生する装置の機能性能あるいは状態の変化を捉える。またメンテナンス前後の装置状態の変化を監視することもその範囲に含まれる。

これらの状態変化により装置の環境条件の変更やレシピの値に対する自動調整機能のチェックも必要となる。

判定の基準として使用するデータは次のケースのいずれかもしくは両方である。

- 1) 装置立上げ完了時、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時に EEQA として使用したデータ
- 2) デバイスメーカーにおいてプロセスの条件出しに使用したデータ

表 4-2. 運用 FD/FP 詳細

NO.	大項目	小項目	説明
1	基礎データ収集	装置立上げ時のデータ取得	装置立上げ時、納入時の試験成績書に相当するデータを定量化し保存しておく。下記の監視項目のリファレンスとする。
2	予知保全	経時変化による監視	装置内で継続的にデータを収集することでその経時変化を捉え、異常に至る前に保全作業の実施を促す。
3		処理履歴による監視	処理ウェーハ枚数のカウントにより保全作業の実施を促す。
4		装置エンジニアリングデータで取得するデータの加工によって装置状態を監視	プロセス時間の総和、プロセスパワーの総和等による計算処理結果に基づき保全作業の実施を促す。
5	保全作業	メンテナンス処理による装置状態の監視	メンテナンス処理を行ったことによる装置状態の変化を捉える。 全てが自動で行われるのではなく、装置状態を確認するシーケンスを装置上で動かし、その結果得られる装置データを基礎データと比較することで作業が成功したかどうかを診断する。
6	日常的運用	朝のラジオ体操	業務の前に点検作業を行い、基礎データと比較することで問題がないかを確認する。

4.2. 制御 FD/FP

近年、製造装置のコントローラは、

- 1) 装置の物理的構造の複雑化（クラスタ形式の構造）
- 2) 工場の自動化（GEM300 対応）
- 3) 処理の枚葉化（デバイスメーカーの運用の変化）

等の要因により、複雑な制御構造を持つに至っている。

以下装置制御における FD を制御レベルに従って分類して説明する。

本書では装置制御を次の 4 つのレベルに分けた。

各レベルにおける FD の特徴を下表で比較する。

表 4-3. 制御 FD/FP の分類

NO.	制御レベル	説明
1	装置コントロールレベル	HOST またはオペレータから指示された処理条件の基で当該装置機能が装置スペックの許容範囲内で動作しているかを監視／検知する FD/FP である。
2	モジュールレベル	デバイスもしくはサブシステムから構成されるモジュールが、指示値どおりに処理を行うことができるかを監視／検知する FD/FP である。
3	サブシステムレベル	フィードバック制御を行うような複数のデバイスからなる複合システムが、いくつかのパラメータ設定の基で安定して動作しているかを監視／検知する FD/FP である
4	IO デバイスレベル	装置を構成するセンサ・アクチュエータが設計値どおりに安定して動作しているかを監視／検知する FD/FP である

注) 装置コントロールレベル, モジュールレベル, サブシステムレベル, デバイスレベル という名称は SEMI-STANDARD E120 (CEM :Common Equipment Model) を参考にしてしている。

装置制御レベルで更に構造化して制御 FD/FP を考えることにより、次のような考え方が可能となる。

- 1) 下位レベルでそれぞれ装置動作の健康状態を確認する
- 2) 1) が成り立っていることで、上位レベルの装置レベル FD/FP をシンプルにすることが可能となる
- 3) それぞれの階層の FD/FP の積み重ねで装置全体の健全性を総合的に監視することが可能となる。

これらの階層に応じた装置レベル FD の説明を次に記述する。

4.2.1. 装置コントロールレベルの FD/FP

装置コントロールレベルの FD/FP では、HOST から得たコンテキスト情報や、マンマシン I/F から得た情報などから装置の上位階層で持つ情報と装置のシーケンス動作を比較して FD/FP を行う。

プロセス実行時はレシピにより各ウェーハの処理フローが計算され、それに従ってウェーハ搬送が実行される。搬送自体は搬送モジュールコントローラへ搬送指示が行われる。

プロセス処理はモジュールコントローラにモジュールレベルに展開したプロセスレシピを与えて処理を指示する。

装置コントロールレベルの FD/FP ではこれらの複数モジュールの間で実行されるシーケンスのイベントやトレースデータを総合的に診断し、装置全体でエラーが発生していないか、装置として保証しているスペックどおりに動作しているかを確認する。

4.2.2. モジュールレベルの FD/FP

モジュールレベルの FD/FP では、モジュール内のシーケンスの動作を確認する。

プロセス実行時は プロセスレシピがモジュール毎に展開される。

展開されたレシピデータが指示値となりプロセス処理が実行される。

これらのデータ設定やシーケンスの動き、外部センサとの関係を行い、モジュール全体でエラーが発生していないかを確認する。

モジュールレベルの FD/FP ではモジュール内で実行されるシーケンスのイベントやトレースデータを診断し、モジュール内でエラーが発生していないか、指示値どおりに動作しているかを確認する。

FD/FP を行う方式は次のようなシーケンスとなる。

- ① モジュール内のシーケンスの制御を行う。複数のサブシステムやデバイスに対して指示をする。
- ② 正しく動作を実行しているかを監視する。
- ③ 最終的に目的の動作が完了したか、もしくはモジュール内に存在するセンサによりモジュール内の状況を確認する
- ④ 変化を察知して FD もしくは FP を発報する。

4.2.3. サブシステムレベルの FD/FP

サブシステムレベルではある機能を持った複数のデバイスから構成される最小単位の機器や PID コントローラから構成されている。

温度制御などの一つのフィードバックループをサブシステムとして捉え、そのサブシステムの振舞いについて制御性能を監視することを考える。

FD/FP を行う方式は次のようなシーケンスとなる。

温度などのアナログ量を変化させる場合、

- ① 設定値を指示する
- ② 観測値を監視する／制御対象となる内部動作を示す値を監視する
- ③ 適切な時間内に指示した値に観測値が達しているかを確認する

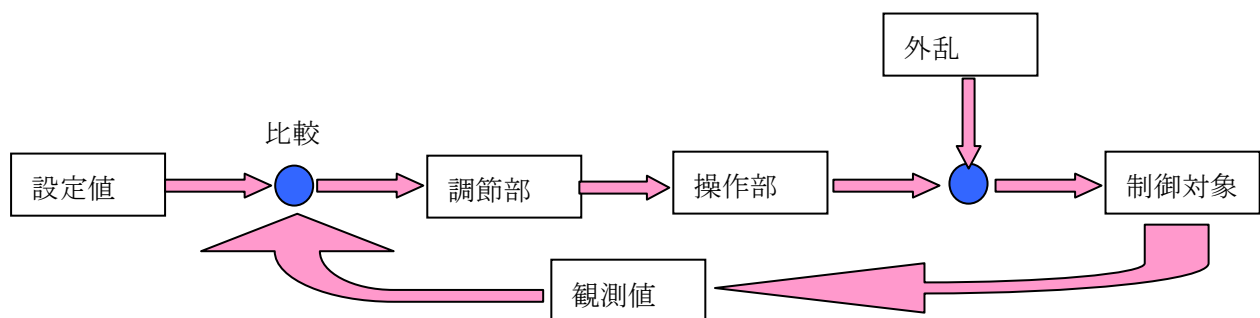


図 4-1 フィードバックループ

ここで必要とされる FD/FP 機能はこのようなフィードバック系のシステムが以下のように正しく動作しているかを監視することである。

- ① 設定値に対して適切な時間内に制御対象値が目的とする設定値に達するか？
- ② 外乱が発生し設定値から観測値にズレが発生しても適切な時間内に元の設定値の範囲に戻るか？
- ③ 過渡応答（オーバーシュート/アンダーシュート等）が規定値以内に収まっているか？
- ④ N+1 回目も正常に制御可能かどうか？

PID 制御を行うようなフィードバック系のサブシステムでは、全て同様の考え方が適応可能である。

4.2.4. IO デバイスレベルの FD/FP

本仕様書でいう IO デバイスとはセンサ・アクチュエータから構成され、装置を動作させるための最小構成を意味する。デバイスレベルの FD/FP では、シーケンスのアルゴリズムはシンプルに考えることができる。

- 1) 指示をする・動作させる
- 2) 正しく動作を実行しているかを観測する
- 3) 最終的に目的の動作が完了したか確認する

以下位置検出のためのセンサと移動させるためのアクチュエータから構成される I/O デバイスを例にとって説明を行う。

装置コントローラは次のような振舞を行う。

- ① 現在位置を示すセンサを確認する
- ② アクチュエータを動かす
- ③ 現在位置を示すセンサが OFF となる
- ④ 次位置を示すセンサが ON となる

必要とされる FD 機能は、本動作が装置設計者の意図したデバイス固有の値（距離・時間などの設計値に依存）で部品が移動しているかを検知することである。FP 機能は動作のバラツキや傾向から安定状態が継続できるか検知することである。

TDI 上の IO デバイスレベル FD/FP において、全てのデバイスに対し“指示する”というアクションと時間を“監視する”という最小の故障検知・予知機能を持ち、継続的に監視を続けることが出来れば装置内の部品あるいは I/O デバイスの健康状態を把握することが可能となる。

4.3. データ妥当性 FD/FP

TDIで収集・保存したデータの妥当性を検証する。

収集・保存されているデータに信頼性に欠けるデータが含まれていた場合、分析・解析が不可能な状況が発生してしまう。ここで扱うデータ異常とは、センサや計測器などの故障などにより、本来そのデータが持つべき値が正常に表現されていない状況を言う。

データの妥当性を常に監視し、異常なデータが収集・TDI蓄積され続ける状況を回避しなければならない。

EESで扱われるデータに関しては、装置から出力されるデータとして以下の3種類のデータがある。

- ① イベントデータ
- ② トレースデータ
- ③ コンテキストデータ

これらのデータの内容をチェックしておく必要がある。

4.3.1. イベントデータの妥当性検証

イベントデータとは、装置内で発生している事象を報告するデータである。

以下にイベントデータの例を示す。

- ① シーケンス開始／終了イベント（ロードポートや補器の動作シーケンスも含む）
- ② アラームの発生／収束イベント
- ③ ジョブ開始／終了イベント
- ④ レシピステップ実行開始／終了イベント
- ⑤ 人間の装置操作によって発生するイベント
- ⑥ センサ・アクチュエータステータス変化イベント

表 4-4 イベントデータに含まれる情報とそのチェック項目の例

No	情報名	説明	参考例	チェック項目
1	Timestamp	発生した時刻	2004-12-26T13:15:20.322+09:00	タイムスタンプのフォーマットがあっているか？ 時刻を示す値の範囲を超えていないか？
2	関連するロケーション	関連するロケーション (データソース)	EquipmentID、ModuleID、SubSystemID、IODeviceID	TDI で定義しているものと相違がないか？
3	Event Reporter ID	発生した事象の分類	Pump Down、Vent、Load、Process、など	装置から報告されるべきイベントと相違がないか？
4	Action Name	発生した事象の内容	Start、End、On、Off、Up、Down、Open、Close、など	装置から報告されるべきアクションと相違がないか？
5	付帯情報、Result	発生事象に関する付帯情報 (コンテキストデータ)	レシピ情報、JOB 情報、WaferNo、CarrierID、SlotNo、など	各項目の内容が適切か？その内容についてはデバイスメーカーと協議して決定する必要がある。

4.3.2. トレースデータの妥当性検証

トレースデータは、アナログ信号データ等の装置の処理状態を示すモニタデータである。トレースデータには真空度や温度など、装置の健全性を把握するために常に収集する基本的なデータと、プロセス圧力、プロセス温度など、プロセス関連のトレースデータの2種類がある。以下にトレースデータの例を示す。

- ① プロセス実行に関連するデータ（PVD 装置ではスパッタパワーやガス流量等）
- ② プロセス実行に直接関連しないデータ（バックグラウンド真空度、チェンバー壁面温度等）
- ③ 環境データ（装置周りの気圧、温度、湿度等）

表 4-5 トレースデータに含まれる情報とそのチェック項目の例

No	情報名	説明	参考例	チェック項目
1	Timestamp	収集した時刻	2004-12-26T13:15:20.322+09:00	タイムスタンプのフォーマットがあっているか？ 時刻を示す値の範囲を超えていないか？
2	関連するロケーション	関連するロケーション (データソース)	EquipmentID、ModuleID、 SubSystemID、IODeviceID	TDI で定義しているものと相違がないか？
3	トレースデータ	対象となるトレースデータ	プラズマ強度、真空度、温度、など	下表参照
4	(付帯情報、Result)	発生事象に関する付帯情報 (コンテキストデータ)	レシピ情報、JOB 情報、 WaferNo、CarrierID、SlotNo、 など	各項目の内容が適切か？ その内容についてはデバイスメーカーと協議して決定する必要がある。

トレースデータでは更に装置に入力しているデータが適切であるかのチェックが必要である。アナログのトレースでは下記の内容も確認する必要がある。

表 4-6 アナログトレースデータの妥当性の検証例

NO.	項目	チェック内容
1	センサからの信号が正しく伝達されているか？	センサが接続されない場合のデータ挙動であるか否かを確認
2	センサが正しく動作しているか？	センサの値が、変化するべき場合にも変わらないことがないかを確認 例) データの値が 常時 0 である データの値が 設計値の範囲外
3	センサのキャリブレーションは正しく設定されているか？	ありえない値が出力されていないか？ キャリブレーション事象のイベントデータも記録されていることが望まれる

4.3.3. コンテキストデータの妥当性検証

コンテキストデータは、HOST から与えられたプロセス処理に関する情報やレシピが含まれる。

表 4-7 コンテキストデータに含まれる情報とそのチェック項目の例

No	情報名	説明	参考例	チェック項目
1	Timestamp	収集した時刻	2004-12-26T13:15:20.322+09:00	タイムスタンプのフォーマットがあっているか？ 時刻を示す値の範囲を超えていないか？
2	関連するロケーション	関連するロケーション (データソース)	EquipmentID、ModuleID、 SubSystemID、IODeviceID	TDI で定義しているものと相違がないか？
3	ダイナミック・ コンテキストデータ	レシピ関連情報	レシピ設定値、レシピ展開値、実行値、	TDI で定義しているものと相違がないか？
		HOST から指示される情報	LotID、CarrierID、SlotNo、 レシピ ID、など	各項目の内容が適切か？その内容についてはデバイスメーカーと協議して決定する必要がある。
		ジョブ情報	Control Job ID、 Process Job ID	各項目の内容が適切か？その内容についてはデバイスメーカーと協議して決定する必要がある。
4	(付帯情報、 Result)	付帯情報		

5. 装置レベル FD/FP の機能

5.1. 装置レベル FD/FP の処理タイミング

装置レベル FD/FP 処理（データ処理）を行うタイミングについて下表にまとめる。

表 5-1 装置レベル FD/FP 処理タイミング

	装置レベル FD/FP 処理タイミング	説明
1	リアルタイム	トレースデータなどの変化をリアルタイムに診断する。 装置コントローラからリアルタイムにデータが報告され、且つ TDI 上での監視プログラムもリアルタイムでデータ診断を行うことが必要がある。現在のところコンピュータの処理速度、開発形態から考えて、インターロック機能のように荒い診断/判断機能以外の実装は困難であろう。
2	準リアルタイム	モジュールレベルでのプロセス処理が終わったタイミングやレシピのステップが終了したタイミングで装置レベル FD/FP を起動させ、収集したデータの解析を行う。 そのトリガは装置イベントログなど装置が持つデータであることが望ましい。 数分に一回程度のバッチ処理もここに分類される。 現在実装を推奨するのはこのタイミングでの FD/FP である。
3	バッチ処理	数時間から 1 日に 1 回程度で起動させる処理である。例としては磨耗性の性能劣化の診断とかを挙げることができる。 時間報、日報の形で装置レベル FD の結果報告やその日装置で実行された装置メンテナンス結果報告等をまとめる。 現在実装を推奨するのはこのタイミングでの FD/FP である。

本解説書で有効と想定されている装置レベル FD/FP の処理タイミングは準リアルタイムとバッチ処理の 2 つのレベルである。

5.2. 装置コントローラにおけるリミット監視機能との比較

装置コントローラでも上下限の比較をリアルタイムに行っている。TDIにおけるFD/FPとの機能比較を下表に示す。

表 5-2 装置におけるリミット監視と TDI における FD/FP との比較

項目	監視タイミング	監視内容	対処
1 装置における リミット監視	リアルタイム	設定値を超えたかどうか。 高い感度、あるいは診断機能を持たさせることは難しい。	即時アラーム対応
2 TDI における FD/FP 機能	イベントトリガによる起動 例 1) あるシーケンスの終了イベントで実行される 例 2) ある周期で起動される	指示値に対する観測値の統計処理により傾向を診断する。 高い診断能力が望まれる。	TDI が担当者に通知

装置コントローラではよりリアルタイムな異常の検出が求められ、さらに制御シーケンスを中断しエラー処理も行う必要がある。

TDI での異常監視では、リアルタイムの診断よりむしろ装置がどのような傾向を示しているのか？またメンテナンスを行う必要があるのか？などを報告として装置担当者に上げ、担当者が装置停止などのアクションを取る等の判断するのに供する。

TDI を使用した業務フローが体系化してくれば将来的には TDI 機能での診断により装置停止が必要な場合も発生すると想定される。

5.3. 装置内時刻把握

装置コントローラが階層化されていることにより、それぞれの階層のコンピュータが独自に時計を有している場合がある。これらのコンピュータはデータ収集する際には自分の時計から時間を受け取り、タイムスタンプをつけているため、装置制御の中央のコントローラに収集データが集められたときには下位のコンピュータの持つ時刻にずれが発生している可能性が高い。

また FD を行う機能を実行させる場合、その制御階層にクローズした環境で行う方が 時刻のズレに起因するの問題発生の可能性が低くなる。

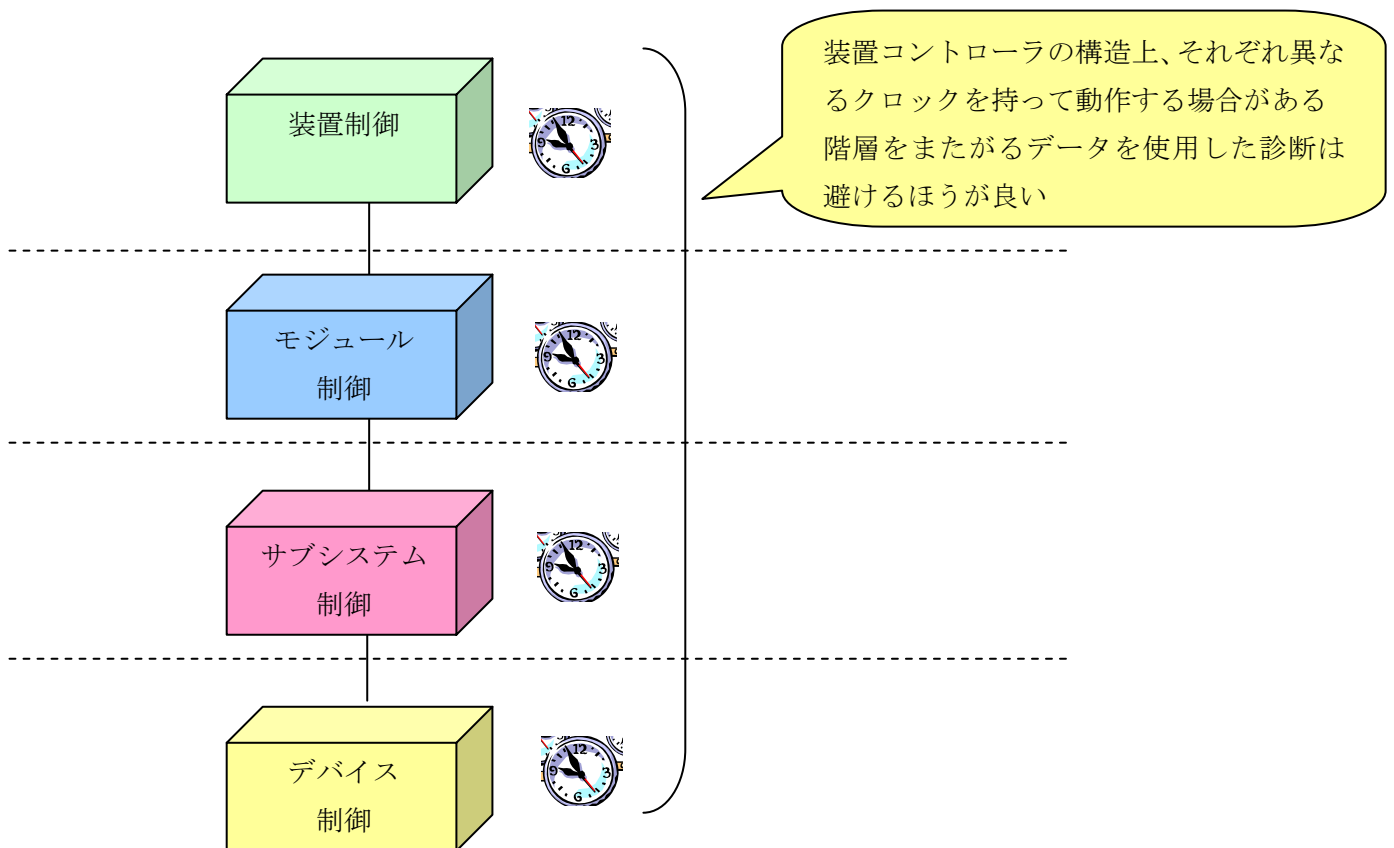


図 5-1 装置階層で管理する時計

お互いに別の制御スレッド下のアナログデータのサンプリングと、I/O デバイスの活動に関するデータの収集を行うとサンプリング速度や通信の問題で数 100msec から 1sec 程度の精度でデータにズレが発生する。またもともとクロックがずれている場合もある。装置レベル FD あるいは FP をより正確に行うためにはこれらのデータ収集と制御シーケンスの制御は同じクロックで扱うようにする必要がある。

類似した問題は、外付け FDC 機能を利用する場合でも発生する。

外付け FDC を実装する場合は HOST 通信からのイベントデータを捕捉して外付け FDC を実行する計算機に引き渡すが、このデータにはイベントが起きた時間の情報がないのが通常であるので、外付け FDC の計算機のクロックでタイムスタンプを付与することになる。この FDC 機能が 外部データ（後付けのアナログデータロガーからのデータなど）を対象として診断すると、大きな時間的不定性があるために診断の正確さが損なわれる。また、レシピステップを外付け FDC 計算機から装置に問い合わせたとしても数秒のオーダーでの誤差を見込むことが必要な場合があり、データを解析する意味が失われることがある。

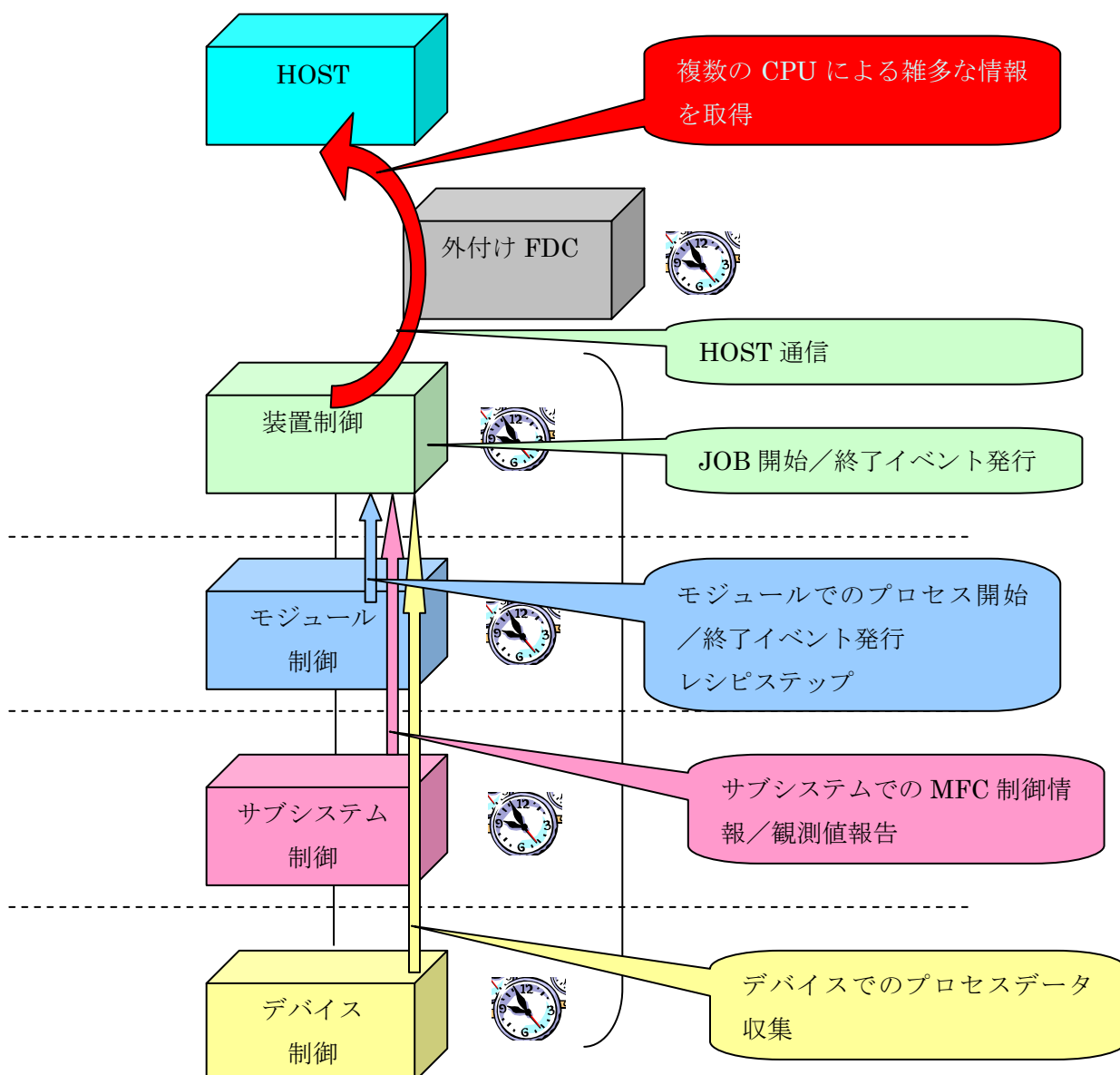


図 5-2 クロックの異なる複数階層のデータを使用する FD/FP の例

装置内時刻管理には次の2つの項目が必要な要件となると考えられる。

- 1) 装置内で一括して時刻を管理し、クロックの時刻のズレが最小となるようようにする。時間の発生
の検知 あるいは修正のための機能も具備することが望ましい
- 2) データ発生時点のタイムスタンプとデータ収集時点のタイムスタンプを峻別し、データ収集側の
事情に左右されない、診断ができるように配慮する

5.4. 装置レベル FD/FP のログ機能

TDI で実行される装置レベル FD/FP 機能は全て、その活動ログ (=データ処理) を残すことが必要である。

ログは次の項目を記述する必要がある。

表 5-3 装置レベル FD/FP レポート項目例

	項目	説明
1	監視項目	FD 対象となっている項目名称
2	当該装置	FD 対象となっている装置
3	当該モジュール	FD 対象となっているモジュール
4	当該サブシステム	FD 対象となっているサブシステム
5	当該デバイス	FD 対象となっているデバイス
6	監視開始イベント	FD を起動するためのイベント名称
7	監視終了イベント	FD を終了するためのイベント名称
8	監視開始タイムスタンプ	FD を開始した時間
9	監視終了タイムスタンプ	FD を終了した時間
10	監視時間 (終了 - 開始 の時間)	終了時間から開始時間を引いた値⇒監視時間
11	判定結果	FD を行った判定結果
12	判定条件	FD を行った条件 限界値であるとか 統計値
13	当該データ	判定対象のデータ自身。単位情報等も必要

5.5. 装置レベル FD/FP のレポート機能

TDI で実行される装置レベル FD 機能に応じた FD/FP 活動のレポート出力機能がが必要である。レポートする項目は上記 装置レベル FD のログの項目に追加して下記の内容を含むことが望まれる。

表 5-4 装置レベル FD/FP レポート項目の例

	項目	説明
1	グラフ	横軸を時間、縦軸を監視項目の値としたグラフの記載
2	データ/計算式	判定を行った値や計算式の表記
3	レシピ	当該監視項目がレシピに関係する場合はそのレシピ名とデータの値を表記
4	コンテキストデータ	当該監視項目がコンテキストデータに関係する場合はそのデータ項目を表記

5.6. 装置レベル FD/FP からの発報

装置レベル FD/FP がなんらかの不具合あるいは前兆を捕捉した場合には、通常の TDI の PULL 型のインタフェースを通じての情報発信を行う他に、他のシステム（MES, YMS 等）への発報を行う機能を装備する場合が有りえる。その方法は下記のように 2 つが考えられる。

- 1) 装置レベル FD から他システムへの直接発報する
- 2) TDI から装置にエラーが発生したことを伝え、装置が他システム（MES）に発報する

下図は 1) のケースを示す。

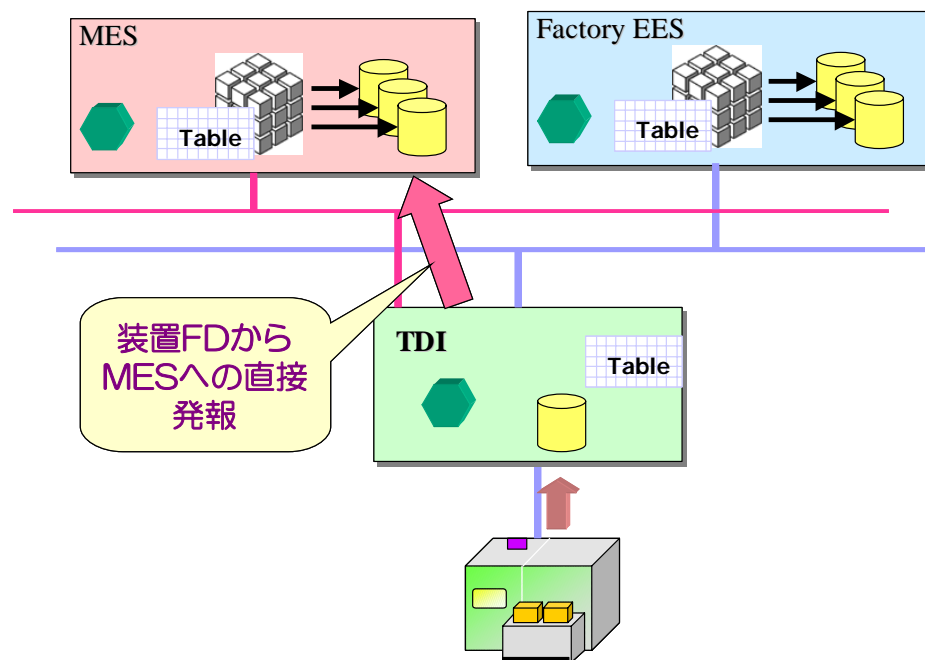


図 5-3 装置レベル FD/FP から他システム(MES)への直接発報

装置レベル FD で異常を検出した場合、即時に発報する必要からは、発報を TDI から PUSH 型で行うように設計する場合もある。

PUSH 型の送出方法には下記のプロトコルが例として挙げられる。

- SOAP
- HSMS

本書では特に通知先については言及しない。（上図における MES は参考例である）

アラーム報告は下記内容を含むことが必要である。

表 5-5 装置レベル FD/FP アラーム報告内容例

項目名	索引	説明	データ源	必要度
TDI Time	○	TDI におけるタイムスタンプ	TDI	必須
SourceID	○	データソースの ID 下記の複合キーとすることを推奨。 (1) EquipmentID (2) LocationObjectName	TDI	必須
FD ID		FDID/FP ID	TDI (FD/FP 実装場所)	必須
Error CD		エラーコード	TDI	必須
Lot ID		ロット ID	データソース	推奨
Carrier ID		キャリア ID	データソース	推奨
Wafer ID		ウェーハ ID	データソース	推奨
Slot ID		スロット ID	データソース	推奨

下図は2) の例を示す。
 TDI と装置の間のプロトコルは本書では問わない。

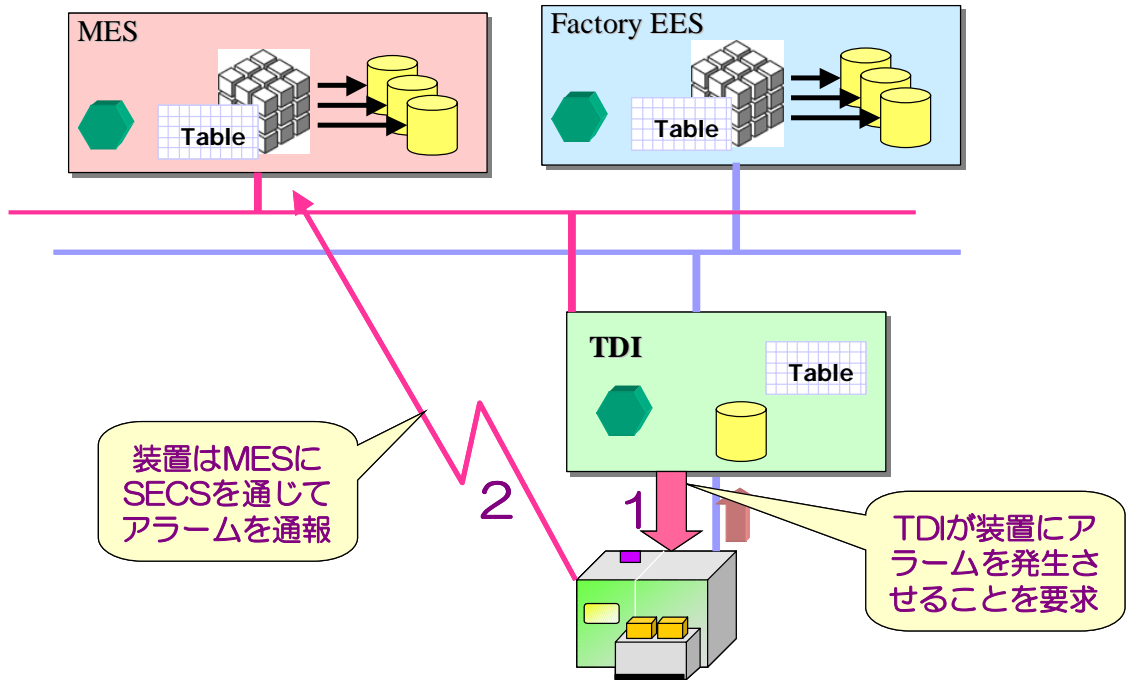


図 5-4 TDI 上の装置レベル FD アプリケーションから装置へアラームを発生させる例

装置から MES への報告は SECS のラインを使用することになり、S5F1 メッセージで行う。ALCD, ALID, ALTX は装置サプライヤが決める。この例では TDI を通じた装置への制御が含まれているが、実装は、EEC ガイドライン (SPOC の項) に沿って為されるべきである。

5.7. 装置レベル FD/FP 機能選択

TDI で実行する装置レベル FD/FP では下表の機能を持つことが想定される。

表 5-6 装置レベル FD/FP 機能選択の例

NO.	機能	説明
1	装置レベル FD/FP 実行選択	装置レベル FD 項目を個別で Enable / Disable 選択可能なことが必要である
2	他システムへの報告機能選択	F-EES や MES に対する報告を行うかどうか選択可能なことが必要である
3	装置への報告有無	装置に対して処理停止を要求するかどうかの選択が可能なが必要である なお、TDI から装置へ制御を行うことは、EEC ガイドラインに沿ってなされるべきである。

5.8. 装置レベル FD/FP 使用条件のメンテナンス

装置レベル FD/FP を運用していくには次のような運用のループが想定される。

- 1) 装置レベル FD/FP の仕様を明確にした上で、装置レベル FD/FP で使用する判定条件を整理する。
- 2) それらの条件設定をデバイスメーカーは装置サプライヤから提供される GUI を使用して行う。
- 3) 設定した条件がいつから適応されるかを明確にする。
- 4) 装置レベル FD/FP の結果レポートの検証ができる。

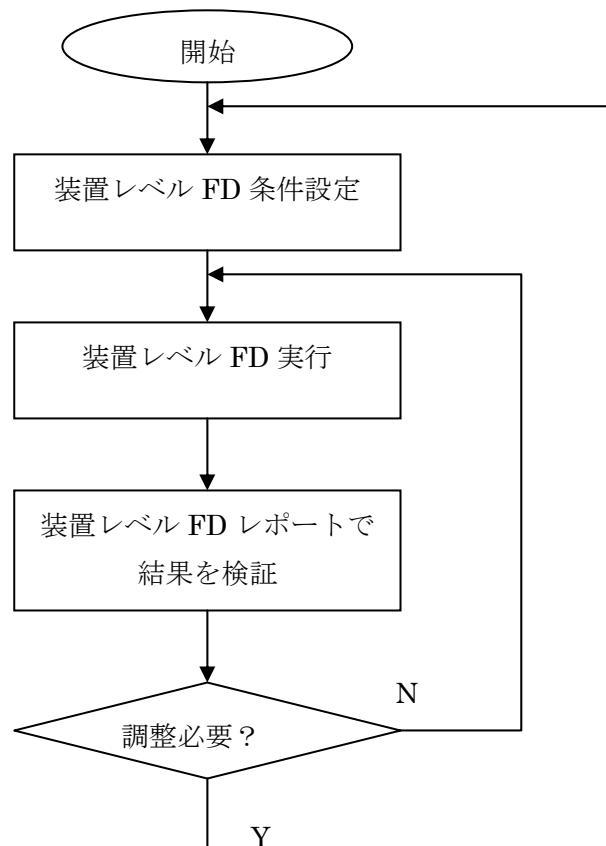


図 5-5 装置レベル FD/FP の運用例

装置レベル FD/FP 機能は一般に装置内の構成と設計に大きく依存する為に、装置サプライヤの主導で提供されると期待される。またできるだけ単純な機能を分解して1つ1つの健全性を確認することで、装置全体のできるだけ多くの機能を確認することが骨子である。このため FD/FP の判定の参照値は 装置サプライヤが適正な値に定め その後にこの値を調整する機会は 多くはないと考えられるが、機能の追加、FD 機能の確認のために条件設定を行うための GUI 等の環境を整えておくことは重要である。

6. 装置レベル FD/FP の仕様書について

装置サプライヤから納入される 装置レベル FD/FP の仕様には次のような内容が記述されていることが必要である。

表 6-1 装置レベル FD/FP 仕様書項目

NO.	項目	説明
1	装置構成モデル	SEMI スタンダード E120 による XML スキーマ もしくは装置構成が理解できる資料（ただし電子データであること）が提供されることが必要である
2	収集データの定義	SEMI スタンダード E125 による XML スキーマ もしくはデータ定義が理解できる資料（ただし電子データであること）が提供されることが必要である
3	装置レベル FD/FP 仕様	監視項目ごとに下記を明記することが必要である <ol style="list-style-type: none"> 1. 該当装置/該当モジュール/該当サブシステム/該当デバイス 2. 監視開始イベント 3. 監視終了イベント 4. 判定条件 5. 出力データ 6. 参照されるデータ/計算式 7. レシピとの関連 8. コンテキストデータとの関連

下表は装置レベル FD/FP 仕様のフォーマット例である。
これらの詳細説明が装置レベル FD/FP の項目毎にまとめられて提出されることが望ましい。

表 6-2 装置レベル FD/FP 仕様書のフォーマット例

検知したい項目			【FD 項目名称】						
該当センサ または入力 信号	データ切出しタイミング		同時に知るべき装置内部動作				レシピ 指示情報	コンテキス トデータ	判定 条件
	開始 イベント	終了 イベント	動作	指示	実績	遅延 時間			
【入力信号 の説明】	【該当イ ベント名 称】	【該当イベ ント名称】	【具体 的な動 作の説 明】	【具体的 なコンロ ーラから の指示の 説明】	【具体的 なコンロ ーラから の応答の 説明】	【指示と 応答の間 の予想さ れる遅延 時間】	【関連レ シピ情報 の説明】	【関連コン テキストデ ータの説 明】	【判定 条件の 説明】

7. 装置レベル FD/FP 実装のアプローチ

本章では装置レベル FD/FP を実装するための考え方と手順について説明を行う。

本仕様書における装置レベル FD/FP では デバイスのレベルから確実に動作していることを押さえ、その上で上位レベルの FD/FP を積み上げていく。

このような装置レベル FD/FP を行うためには装置コントローラの制御構造を整理しモデル化する必要がある。装置の制御構造を階層化について説明した後、それぞれの階層での装置レベル FD/FP の実装例を示す。

7.1. マルチチャンバ真空装置構成例

下図はクラスタ型マルチチャンバ PVD 装置（真空処理装置の代表例）の構成例である。大別すると搬送とプロセスの2つのユニットで構成されている。

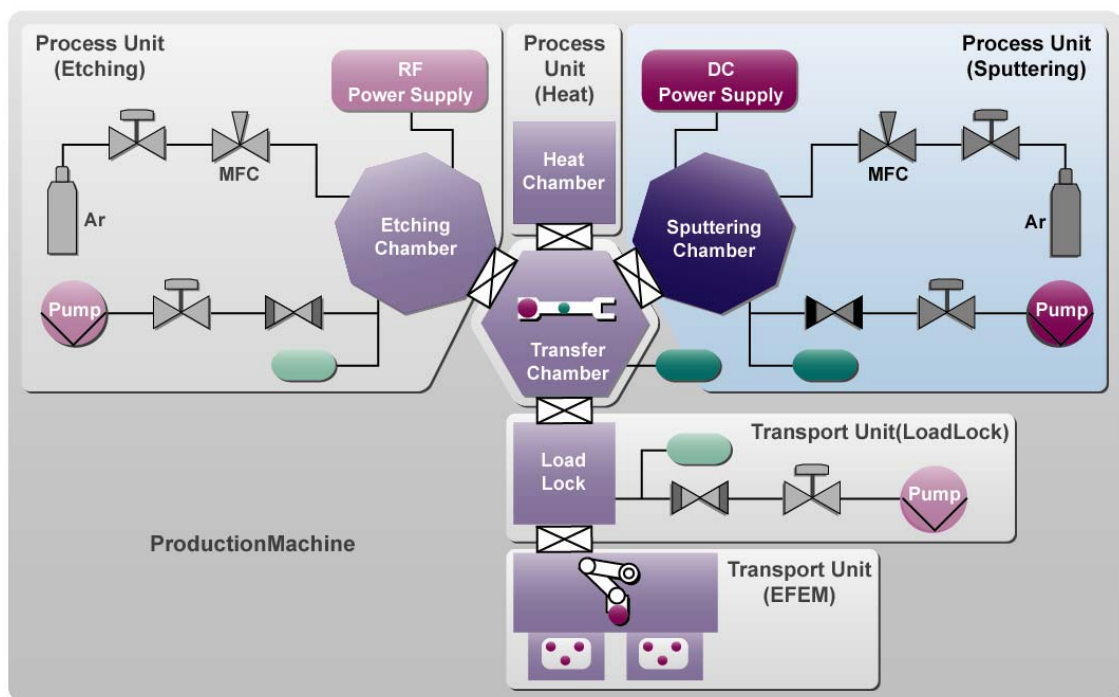


図 7-1 PVD 装置の構成例

この装置は一般的にメインフレームと呼ばれる搬送チャンバを中心に配置されている。搬送ユニットには、ウェーハ・キャリアが装架される EFEM、ロードロック、搬送チャンバが接続されている。

ウェーハを加工するプロセスユニットを構成するスパッタチャンバ、エッチングチャンバ、ヒートチャンバは、搬送チャンバにそれぞれ接続されている。

7.2. 装置構成モデル

前ページの装置を SEMI スタンド E120 に従い、機能と階層を意識してモデル化すると下図のようになる。

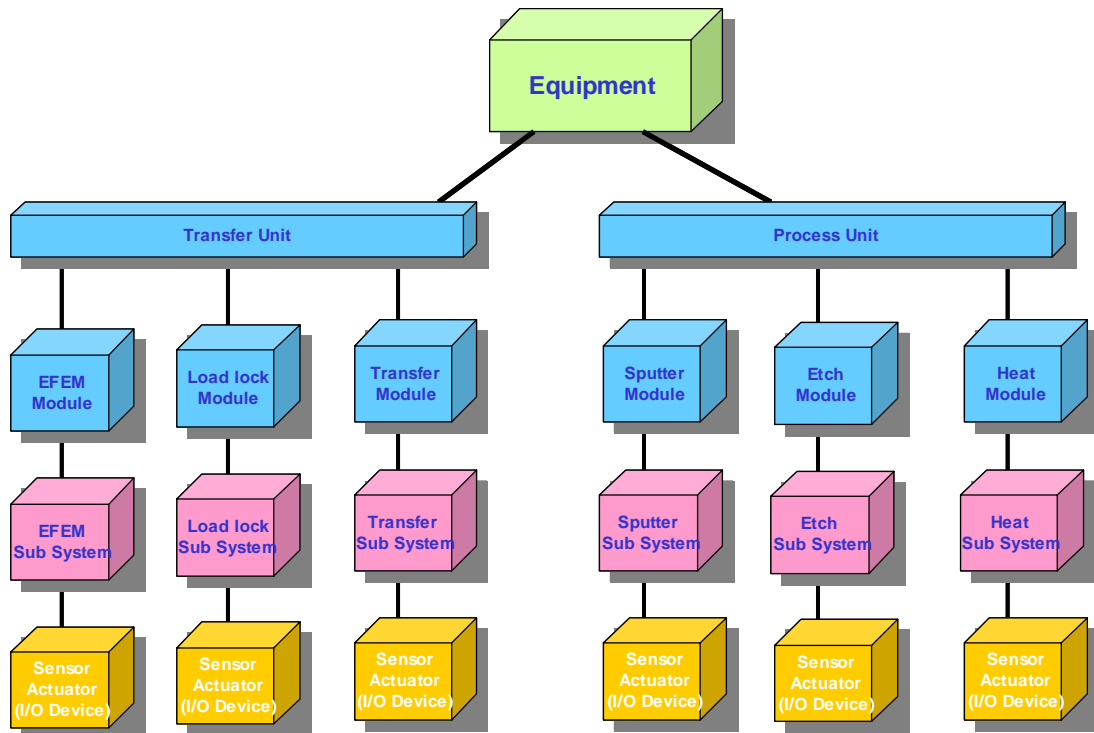


図 7-2 装置の構成モデル

装置レベル FD/FP を考える場合に、装置はどのようなシステム（ハード的，論理的）から構成されているかを分析する必要がある。

上図では 以下のような仮定をしている。

- 1) 装置はモジュールの集合で構成されている
- 2) モジュールはサブシステムから構成されている
- 3) サブシステムは複数のデバイスから構成されている
- 4) 最小単位であるデバイスはセンサとアクチュエータで構成されている

7.3. プロセスモジュール構成例

下図は PVD 装置内のプロセスモジュールであるスパッタチャンバの構成を示している。

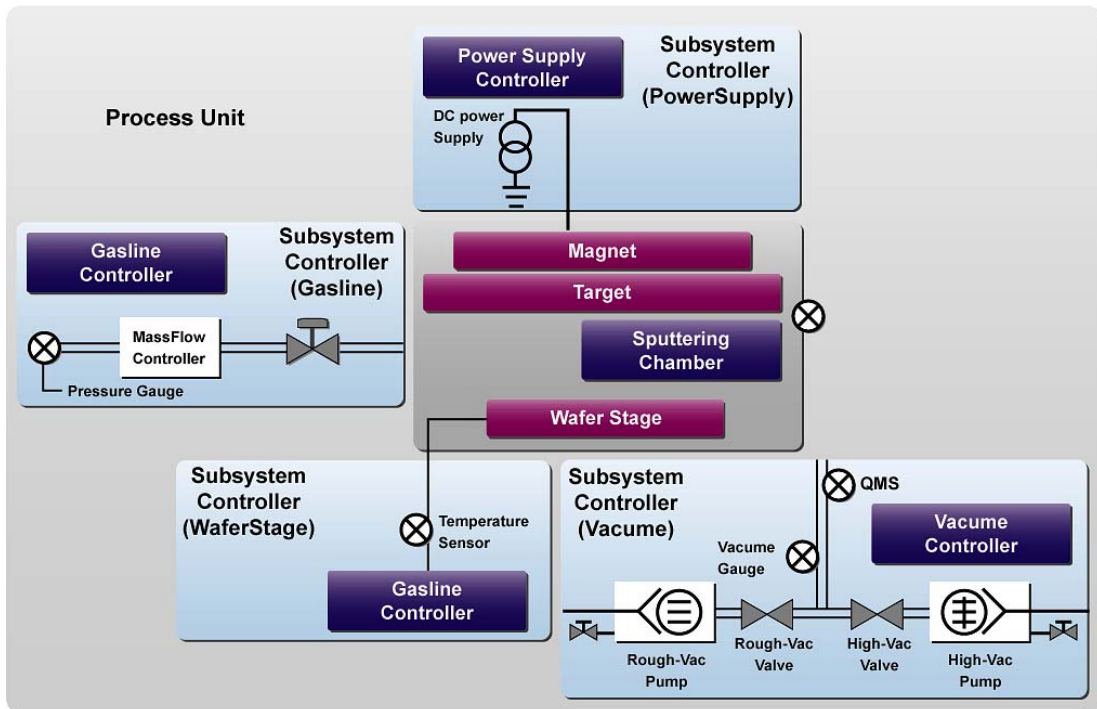


図 7-3 スパッタチャンバの構成例

モジュールコントローラは装置コントローラから指示を受け、モジュール全体の制御を行う。
それぞれのモジュールコントローラは、モジュール毎に展開されたレシピなどの指示データを更にサブモジュールレベルに分解し、モジュール全体の挙動を監視する。

(4.2.2モジュールレベルのFD/FPを参照のこと)

上図のスパッタモジュールは下記のサブシステムから構成されている

- 1) プロセス用電源系サブシステム
- 2) ガス導入系サブシステム
- 3) ウェーハステージ系サブシステム
- 4) 真空排気系サブシステム

これらのサブシステムには各々バルブや電源制御機構などのデバイスを含んでいる。またサブシステムは、その中に更にサブシステムを含む場合がある。

このスパッタモジュールの例では ウェーハステージ系サブシステムは、更に 温度制御系サブシステムとウェーハチャックサブシステムを含んでいる。

これらの関係を下図に示す。

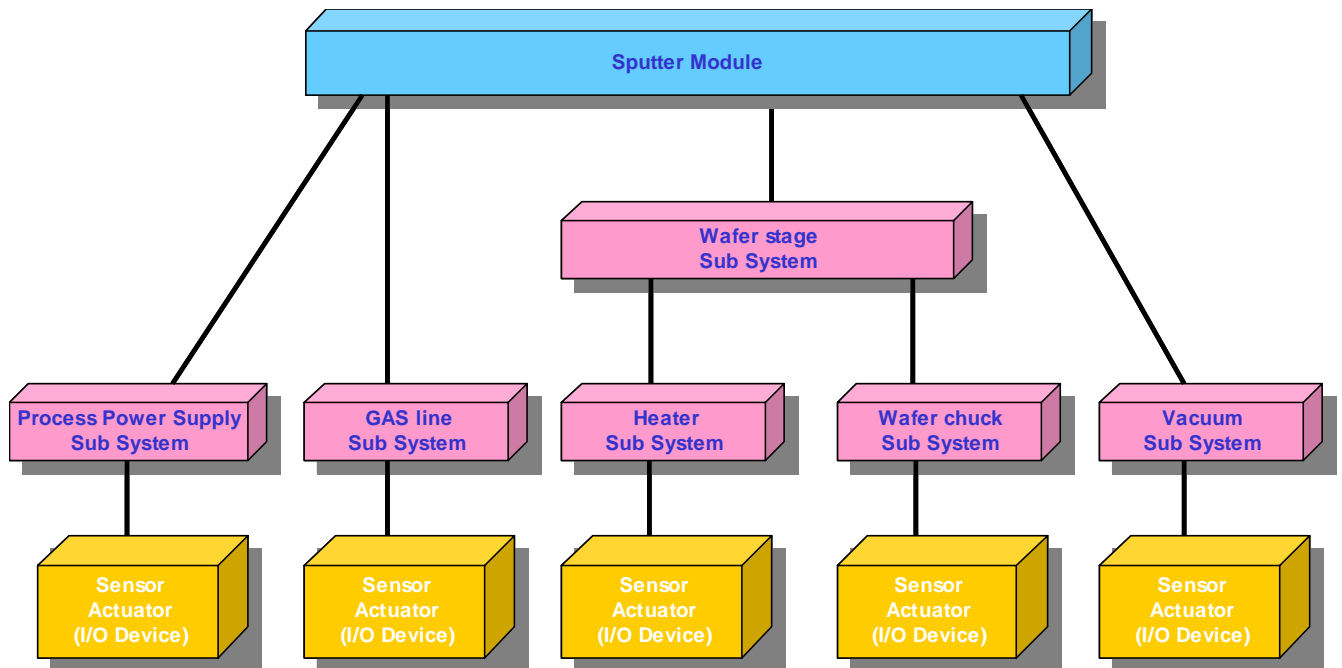


図 7-4 スパッタチャンバの構成モデル例

上述したようにこのモジュールは複数のサブシステムからなり、さらにサブシステムはサ I/O デバイスから構成されている。

FD/FP 機能を実装するためにこれらのサブシステムを下記のような2つに分類して考えることが必要である。

- 1) 装置内で最小限の有意に連続するシーケンスを実行可能なデバイスの集まりとしてのサブシステム
- 2) 独立したフィードバックループを持つサブシステム
(4.2.3 サブシステムレベルのFD/FP参照のこと)

装置の最小制御単位がデバイスである。デバイスは、センサとアクチュエータの組合せで一つのデバイスとしての動きが制御される。

- (4.2.4 IOデバイスレベルのFD/FP参照のこと)

7.4. I/O デバイス動作監視の例

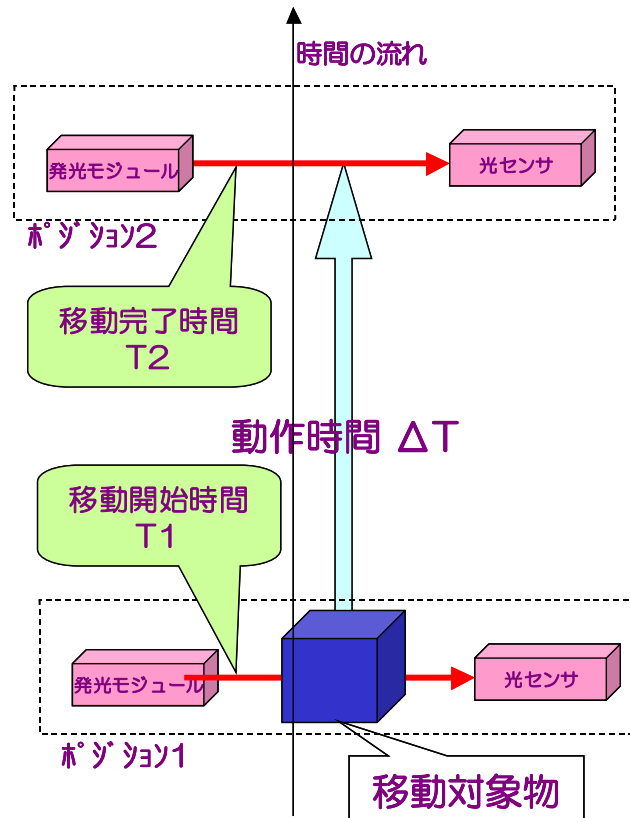


図 7-5 デバイス制御の例

<装置基本機能監視の対象機能>

物体を移動させる、或いは物体の移動を伴うメカニズム

<装置基本機能挙動監視の内容>

装置を構成する最小単位であるデバイスレベルの動作が問題ないことを確認すること

<説明>

エアシリンダやモータによりある対象物を移動させるケースでデバイスレベルの FD の実装を説明する。

対象動作メカニズムはポジションを2つ持っており、それぞれ ポジション 1,2 と名付ける。それぞれの位置でセンサによる位置検出が行えるものとする。

本 I/O デバイス機能についての FD/FP を行うには、動作開始から動作完了までの時間を検出し、分析するやり方が考えられる。

本 I/O デバイスの移動を始めるように命令を発行した時刻を装置の活動を表すイベントデータ（以降装置詳細イベントデータ：DEE データと呼ぶ）として T1 のタイムスタンプを以て記録する。ポジシ

ヨシ 1 のセンサが ON→OFF となるイベントに相当する。

ポジション 2 のセンサが OFF→ON となる時刻を DEE データとして記録（タイムスタンプ T2 とする）する。ΔT=T2-T1 にて動作時間を抽出し、機能性能の変動を監視データとする。

ポジション 2 のセンサでハンチングが発生する場合は 動作が安定するまでの時間も考慮する。

上述した監視を行うことでメカニズム機能動作時間の変動を検出することが可能となる。動作時間の変動を見るためにはこの動作時間 ΔT を長期に保存しておく必要がある。

この I/O デバイスの動作時間に変動が出てくる場合には、平均動作時間から徐々に変化する場合や設計値から上限を超えたりするケースがある。前者の場合には、これを故障の兆候として捕らえれば故障前にその予測を行うことが期待できる。

表 7-1 装置レベル FD/FP デバイス動作監視仕様

検知したい項目			デバイス動作監視							
該当センサ または入力 信号	データ切出しタイミング		同時に知るべき装置内部動作				レシピ 指示情報	コンテ キスト データ	判定 条件	
	開始 イベント	終了 イベント	動作	指示	実績	遅延 時間				
該当デバイ スのセン サ・アクチ ュエータ	該当デバ イス開始 イベント	該当デバイ ス終了イベ ント	デバイ スを制 御する ための シーケ ンス	アクチュ エータオ ン	センサ応答	制御コ ンピュ ータの I/O サン プリン グ速度,	なし	動作時 間監視 のため のタイ ムアウ ト関連 パラメ ータ	①該当デバイ スの動作時間 が適正か確認 する ②動作時間の 変動が無いか 確認する	

4.2制御FD/FP の章で記述しているように、デバイスの階層に属する主要なセンサ・アクチュエータの動作を監視することにより、上位レベルであるサブシステムレベルのFD/FPではそこに含まれるデバイスの個々の動作は健全であることを前提に設計・実装することができる。

7.5. サブシステムレベルにおける FD/FP 実装例

PVD 装置を構成するスパッタモジュールのサブシステムで実装する FD/FP の実例を以下に記述する。

7.5.1. 真空排気系サブシステム監視

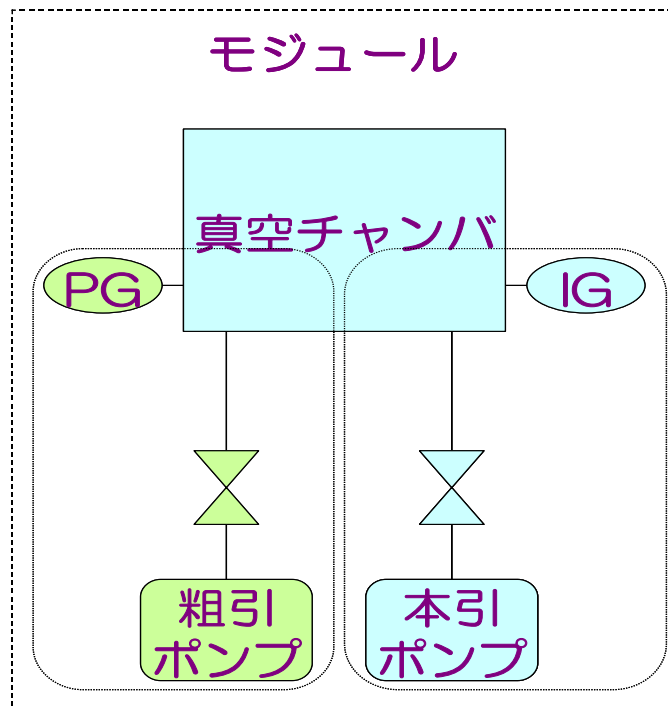


図 7-6 真空排気系の例

PVD 装置を構成する真空系には粗引き系と高真空引き系の 2 つに分けることができる。

7.5.1.1. 粗引き排気系サブシステム

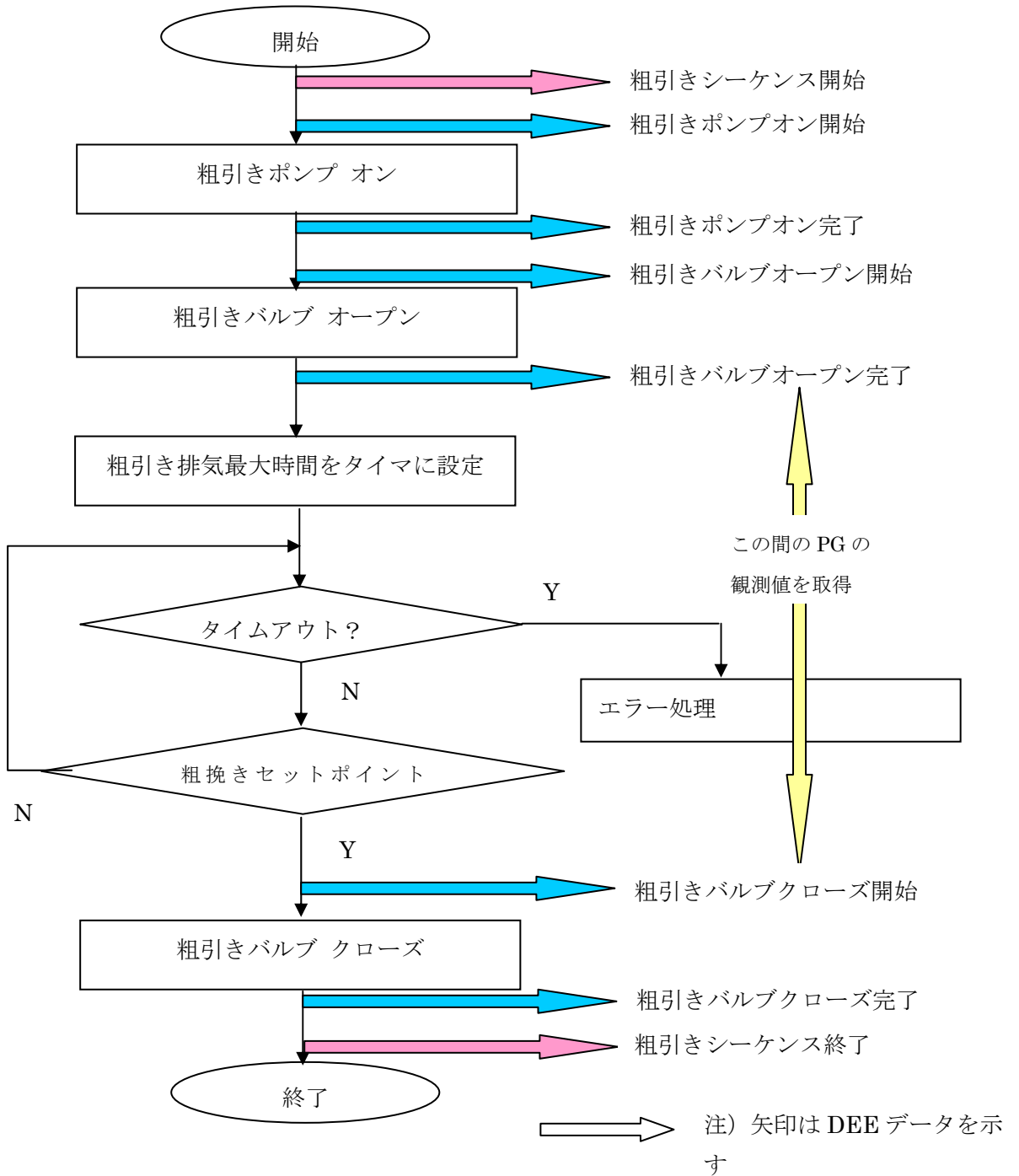


図 7-7 粗引き排気シーケンスの例

<装置基本機能監視の対象機能>

ポンプ，バルブ，センサから成るサブシステムで大気から低真空にする粗引き系の真空排気機能。

<装置基本機能挙動監視の内容>

粗引き排気機能が正常に動作していることを確認すること

<説明>

FD/FP の対象となるシーケンスは上図の通り。本シーケンスは装置上で動くもので TDI の動きでは無い。

シーケンスフロー中のデバイスの機能は、それぞれのデバイスレベルの FD/FP によってその動作が監視されていることを前提とする。

(4.2制御FD/FP の章を参照のこと)

粗引き排気系サブシステムで行うべき FD/FP の対象データは、上図の黄色矢印で取得される時間範囲でのピラニーゲージ (以下 PG と呼ぶ) の観測値 (排気中の圧力カーブ) である。

FD/FP の動作は、粗引きシーケンス完了イベントをトリガとして起動される。

粗引きバルブオープン完了イベントから PG セットポイント到達までの間、PG の圧力を収集する。この排気系機能の異常検知方法の例を以下に 2 つ挙げる。

1) 粗引きバルブオープン直後の排気カーブの時間に対する傾きを抽出することで、粗引きポンプの健全性を確認する。一般に ある容積 V を、排気速度 S で排気する時の、圧力は 時間の関数で；

$$P(t)=P_0 \cdot \exp(-t/T_0)$$

で表す事ができる。ここに P_0 は 初期の圧力、 T_0 は 排気時定数であり；

$$T_0=V/S$$

である。

真空度は対数スケールプロット、 時間は絶対軸としてプロットすることによって；

$$\text{Log}(P(t))=P_0-t/T_0$$

となり、傾きが 排気体積/排気速度であるグラフを得ることができるので、排気速度の検定が可能である。但し メインバルブが開いた直後の短時間での計測が必要であるので データサンプリングには 0.1 秒程度の時間分解能が必要である。この方法であると 初期の圧力 P_0 に依存しないで、排気速度を検定できる。

2) 粗引き排気の終了を、いつも一定の圧力で終了するようにシーケンスを設定すると、粗引き シーケンスに要した時間を確認することで 粗引きポンプ及びチャンバに問題が無いか (リークや故障) を確認することができる。しかしながら、粗引きを開始する時の圧力も一定であることが必要であり、真空排気機能健全性の検定のためには、このような前提条件が成立しない場合への対応も考慮しておくことが必実装上必要である。

表 7-2 装置レベル FD/FP : 粗引きサブシステムの例

検知したい項目			粗引きモジュール機能の健全性						
該当センサ または入力 信号	データ切出しタイミング		同時に知るべき装置内部動作				レシピ 指示情 報	コンテキ ストデー タ	判定 条件
	開始 イベント	終了 イベント	動作	指示	実績	遅延 時間			
粗引きタイ ムアウトの 時間と PG のアナログ 入力	粗引きシ ーケンス 開始イベ ント	粗引きシ ーケンス終 了イベ ント	粗引き バルブ の開閉	アクチュ エータ駆 動	PGのアナ ログ変化	装置コン トローラ が複数の コンピュ ータで制 御されて いる場合 はその通 信時間	なし	PGセット ポイント, タイムア ウト時間	①最大許容 時間と比較 する ②動作時間 の変動が無 いか確認す る ③PG トレー スデータの 排気カーブ の傾きを確 認する

7.5.1.2. 高真空排気系サブシステム

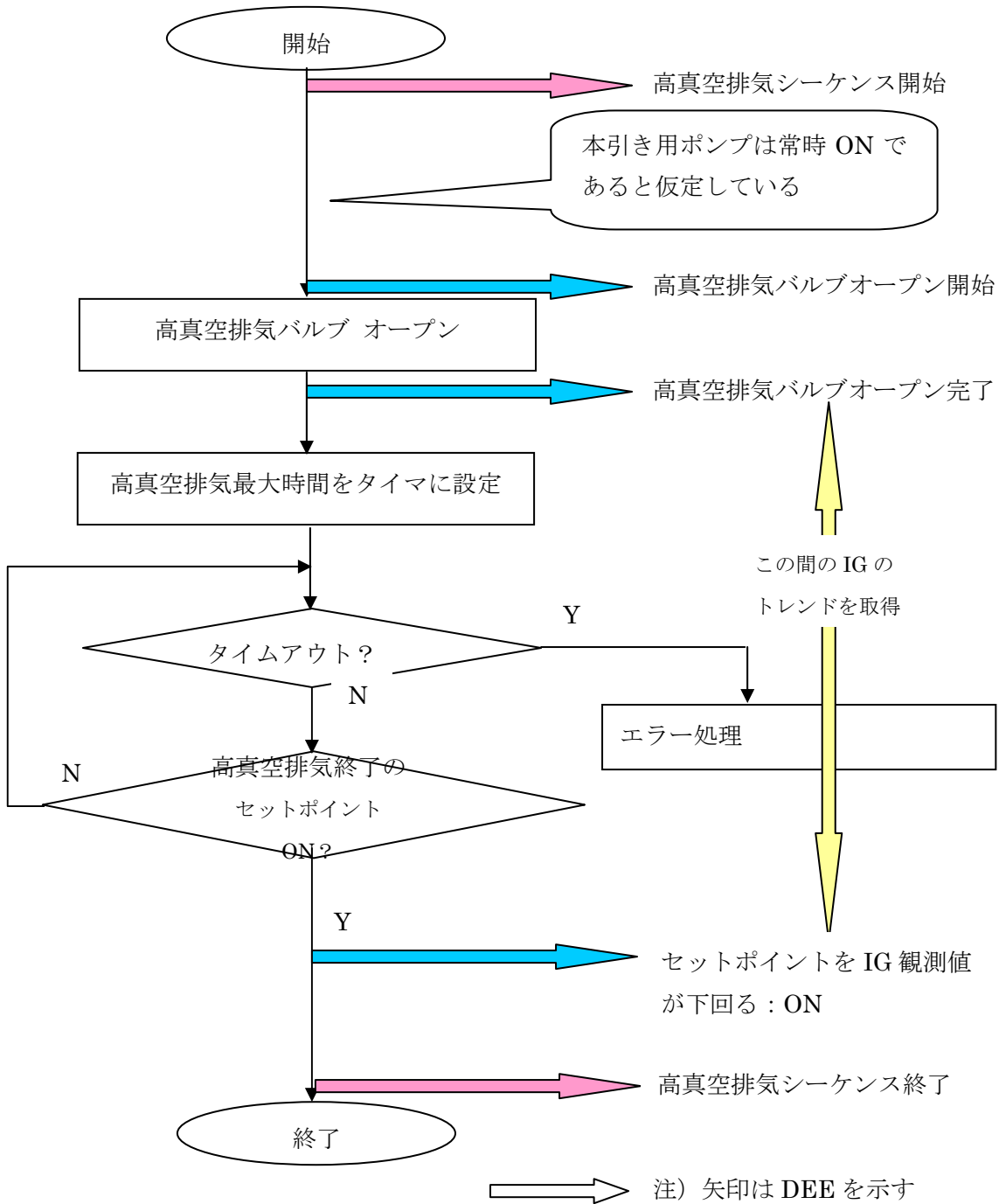


図 7-8 高真空排気シーケンスの例

<装置基本機能監視の対象機能>

ポンプ，バルブ，センサから成るサブシステムで低真空から高真空にする本引き系の真空機器。

<装置基本機能監視の必要事項>

高真空排気機能が問題なく動作していることを確認すること

<説明>

上図で示したシーケンスフロー中のデバイスの動作は、それぞれのデバイスレベルの FD/FP によってその動作時間が監視されていることを前提とする。

(4.2制御FD/FP の章を参照のこと)

また前述の粗引き排気系サブシステムのシーケンスが正常終了し、且つその健全性が確認された上で成り立つ監視の考え方である。

高真空排気系サブシステムで行うべき FD/FP の対象データは、上図の黄色矢印で取得される時間範囲/FP でのイオンゲージ (以下 IG と呼ぶ) の圧力データである。

FD/FP の動作は、高真空排気シーケンス完了イベントをトリガとして起動される。この排気系機能の異常検知方法の例を以下に 2 つ挙げる。

1) 高真空排気バルブオープン完了イベント直後の排気カーブの時間に対する傾きを抽出することで、粗高真空排気ポンプの健全性を確認する。前述した説明と全く同様に、一般に ある容積 V を、排気速度 S で排気する時の、圧力は 時間の関数で；

$$P(t)=P_0 \cdot \exp(-t/T_0)$$

で表す事ができる。ここに P_0 は 初期の圧力、 T_0 は 排気時定数であり；

$$T_0=V/S$$

である。

真空度は対数プロット 時間は絶対軸としてプロットすることによって；

$$\text{Log}(P(t))=P_0-t/T_0$$

となり、傾きが 排気体積/排気速度であるグラフを得ることができるので、排気速度の検定が可能である。但し高真空排気バルブが開いた直後の短時間での計測が必要であるので データサンプリングには 0.1 秒程度の時間分解能が必要である。この方法であると 初期の圧力 P_0 に依存しないで、排気速度を検定できる。

2) 高真空排気の終了を、いつも一定の圧力で終了するようにシーケンスを設定すると、高真空排気 シーケンスに要した時間を確認することで 高真空排気ポンプ及びチャンバに問題が無い(リークや故障)を確認することができる。しかしながら、高真空排気を開始する時のチェンバ圧力も比較する事象間で同一であることが必要であり、真空排気機能健全性の検定のためには、このような前提条件が成立しない場合への対応も考慮しておくことが必実装上必要である。

更にポンプの到達圧力まで計測を行う場合は排気シーケンスを起動する前の大気開放時間に影響されることについても考慮が必要である。

FD/FP 機能が大気開放時間を診断のためのパラメータとして取込、以て到達圧力までの時間を予測し、真空性能の健全性を診断するという機能も、装置活動を表すイベントデータが取得される場合には構成することが可能となる。

超高真空の排気シーケンスの確認は 時間だけの管理が難しく大気解放時間 あるいは 交換した真空槽内の治具を知った上で判断することも必要となる。このように機能性能を確認したくても、高真空排気の場合難しく また長時間たって結果を知るのでは 生産性が上がらない。従って (1) の方法で少なくとも高真空排気ポンプの機能が、高真空排気シーケンスの早期に於て確認できることはメリットになり得る。

表 7-3 装置レベル FD/FP : 高真空排気機能の例

検知したい項目			本引きタイムアウト						
該当センサ または入力 信号	データ切出しタイミ ング		同時に知るべき装置内部動作				レシ ピ 指 示 情 報	コンテ キ ス ト デ ー タ	判定 条件
	開始 イ ベ ン ト	終了 イ ベ ン ト	動作	指示	実績	遅延 時 間			
高真空排気 タイムアウトの時間と IGのアナログ入力	高 真 空 排 気 シ ー ケ ン ス 開 始 イ ベ ン ト	高 真 空 排 気 シ ー ケ ン ス 終 了 イ ベ ン ト	高 真 空 排 気 バ ル ブ の 開 閉	ア ク チ ュ エ ー タ 駆 動 メ イ ン バ ル ブ オ ー プ ン	IG の ア ナ ログ 変 化	装 置 コ ン ト ロ ー ラ が 複 数 の コ ン ピ ュ ー タ で 制 御 さ れ て い る 場 合 は そ の 通 信 時 間	なし	IG セッ ト ボ イ ム ア ウ ト 時 間	①大気開放時間をパラメータとする最大許容時間との比較を行う ②動作時間の変動が無いかを確認する ③IG トレースデータの排気カーブの傾きを確認する

7.5.2. ガス導入系サブシステム監視

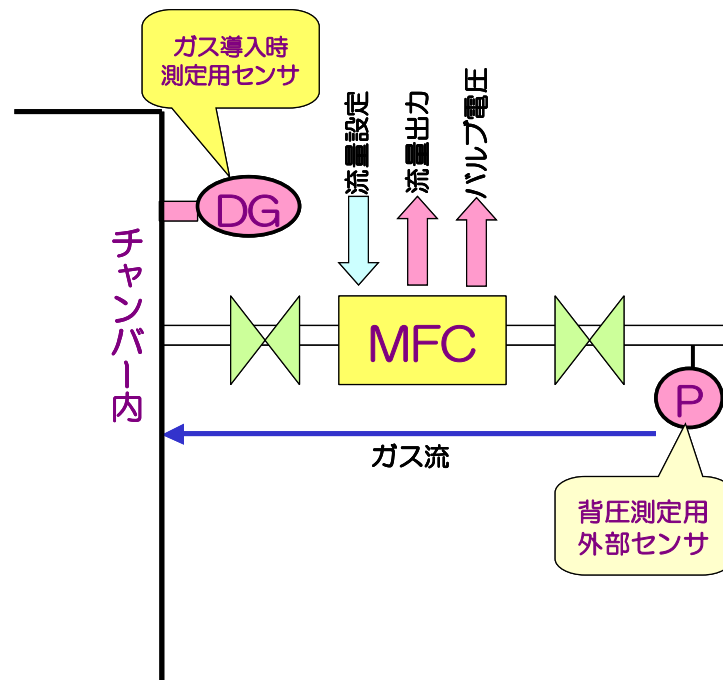


図 7-9 ガス導入系

<装置基本機能監視の対象機能>

ガス導入を行う次のプロセスアクチュエータ 及びセンサ。

- ① (ガス流量コントローラ) MFC
- ② 圧力センサ (ガス導入時測定用)
- ③ MFC の前後に位置するバルブ

さらに MFC 自体が流量センサ、制御用バルブ、PID コントローラからなるサブシステムと考えられる。

<プロセスお膳立て条件監視の必要事項>

ガス導入系におけるガス流の PID 制御が問題なく動作していることを監視すること

<説明>

ガス導入系の FD/FP を行う項目例を記す。

- 1) 設定値と流量の出力とを比較し、規定内の誤差であるか否かを判定する。
- 2) 制御系の動作を示すデータとして、MFC のバルブ開度値 (バルブ制御電圧) と、設定値、観測値を観測し、併せて制御が通常通り行われていることを判定する。
- 3) 背圧が MFC の動作に影響を与えるので、上記の判定は 規定の範囲内で且つ 背圧が落ち着いていることを確認して 行う必要がある。
- 4) ガス流量の設定を変化させた場合のステップ応答特性を、オーバーシュートあるいは アンダーシ

ュートの観点と、応答時間の観点から診断し、不都合がないことを判定する。

表 7-4 装置レベル FD/FP -ガス導入監視仕様

検知したい項目			MFC						
該当センサ または入力 信号	データ切出しタイミング		同時に知るべき装置内部動作				レシピ 設定情報	コンテ キスト データ	判定 条件
	開始 イベント	終了 イベント	動作	設定	観測	遅延 時間			
MFC の設 定値、観測 値、バルブ 電圧	プロセス 開始シー ケンス開 始イベン ト	プロセス終 了シーケ ンス終了イ ベント	MFC バ ルブの開 閉、 MFC オ ン、	アクチュ エータ駆 動 MFC バル ブオープ ン、MFC へのガス 流量設定	MFC のア ナログ変化 観測値とバ ルブ電圧	MFC と の通信 時間	レシピガ ス流量	ガス導 入 PID パラメ ータ	①ガス流量の 設定値に対す る限界値と観 測値との比較 を行う ②設定値変更 時のオーバー シュートが許 容量内かを確認 する ③設定値変更 から完了まで の変化時間が 設定時間内で あることを確 認する

7.5.3. ウェーハステージ温調サブシステム監視

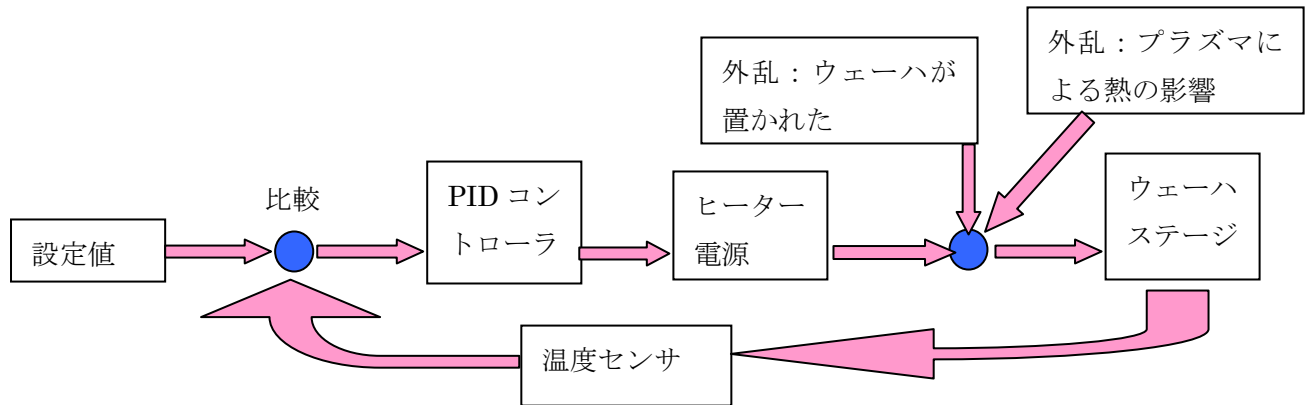


図 7-10 ウェーハステージ温調サブシステムの例

<装置基本機能監視の対象機能>

ウェーハステージ温調サブシステムを構成する次の部品の機能。

- ① 温度センサ
- ② 電力制御
- ③ PID コントローラ

<装置基本機能挙動監視の必要事項>

ウェーハステージ温調サブシステムにおける温度の PID 制御が問題なく動作していることを監視すること

<説明>

制御対象としてヒータ電源の電力のトレンドを監視することで、測温を含めた温調システムの動作を確認できる。

ウェーハステージ温調サブシステムの FD/FP を行うための観察項目を記す。

- 1) 設定値と温度センサの観測値を比較する。
- 2) 制御値としてヒータ電源が当該ヒータへ供給する電力もしくは電流のプロファイルを監視する。これによりヒータ電源の実動作を確認できる。
- 3) 温度設定を変化させた場合のステップ応答を抽出する。
- 4) 温度設定を変化させた場合に所定の応答をするか；設定時間内に温度センサの値が安定するか、オーバーシュート/アンダーシュートが限界値を超えないかを確認する。

表 7-5 装置レベル FD/FP - ヒータ電源監視仕様

検知したい項目			ヒータ電源						
該当センサ または入力 信号	データ切出しタイミング		同時に知るべき装置内部動作				レシピ	コンテ	判定 条件
	開始 イベント	終了 イベント	動作	指示	実績	遅延 時間	指示情 報	キスト データ	
ヒータの設 定値、観測 値、ヒータ 電源電流	ヒータ電 源 ON イベ ント	ヒータ電源 OFF イベ ント	ヒータ 電源オ ン、	温度指 示値	ヒータ 温度と ヒータ 電源電 流	PID コ ントロ ーラと の通信 時間	レシピ ヒータ 温度	ヒータ 電源 PID パ ラメー タ	①ヒータ温度の指示値 に対する偏差の規格値 と観測値との比較を行 う ②設定値変更時の応答 が許容量内かを確認す る ③設定値変更から完了 までの変化時間が設定 時間内であることを確 認する

7.6. モジュールレベルにおける FD/FP 実装例

7.6.1. プロセス条件の監視

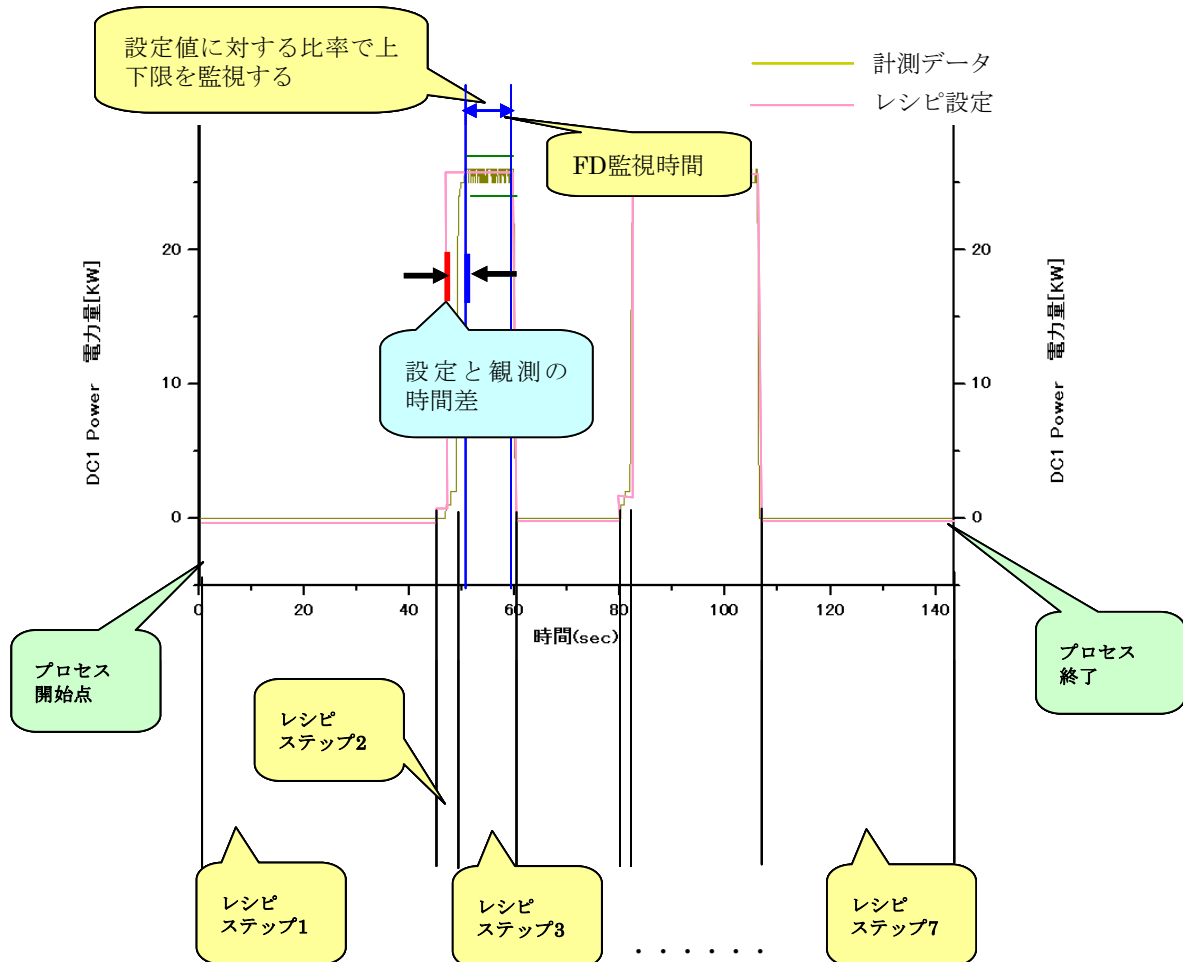


図 7-11 レシピ設定とプロセス条件のトレースデータ

<プロセス条件制御機能の監視>

生成されたプロセス条件を表すトレースデータ

<プロセス条件制御機能の監視の必要事項>

プロセスがレシピどおりの時間で行われたか、プロセス結果を証明するトレースデータに問題が無かったかを時間の関数として、或いは プロセスステップ1つ1つで、且つウェーハ 1 枚ずつ確認を行うこと。プロセス条件の設定は 時間関数で与えられるの通常であり、比較は時間関数で実施される必要がある。

<説明>

プロセス中の FD を行うには下記の情報が必要である。

- 1) プロセス開始/終了イベント
- 2) 個々のレシピステップイベント
- 3) レシピステップの各項目の設定値
- 4) 各項目のアナログトレースデータ

上図はプロセス時間に対するスパッタパワーの変化を示す。

装置コントローラは本シーケンス実行前にレシピを展開しており、スパッタプロセスの振舞を知っている。 TDI で FD を実行させるためには実際に指示を行ったパラメータを TSI に報告しておく必要がある。

プロセス終了イベントによってプロセスモジュールの FD は起動される。ある特定のレシピステップにおいて設定されている値に対し、観測値が正しく指定した領域に入っているか、想定したデータの変化となっているか？ 等が FD を行う判断となる。

上図では FD 監視時間帯では設定データに対するある比率を上下限值としてみなし、その値を超えないかというチェックを行っている例である。

また制御を行っている以上、装置コントローラから設定値を出力し、その指示が電源などのプロセス機器の届き、その値が反映されプロセス条件が生成され、その観測値がコントローラに戻ってくるまでの間に必ず時間のズレが発生する。

この時間差は装置コントローラの制御方式にも依存するし、通信速度やサンプリング時間にも影響される。

装置コントローラでどれだけの時間差が発生するかを考慮して制御遅延の影響の無い安全な範囲内で FD/FP を行う必要がある。 クリティカルな場合には予め検証が必要である。

表 7-6 装置レベル FD/FP プロセス条件制御機能の監視 (スパッタパワー) 仕様の例

検知したい項目			スパッタパワー監視						
該当センサ または入力 信号	データ切出しタイミング		同時に知るべき装置内部動作				レシピ 設定情 報	コンテ キスト データ	判定 条件
	開始 イベント	終了 イベント	動作	設定	実績観察	遅延 時間			
スパッタ電 源からのパ ワーのアナ ログ入力	プロセス 開始	プロセス終 了	レシピ ステッ プ	レシピ依 存	レシピス テップイ ベント	装置コン トローラ が複数の コンピュー ターで制 御されて いる場合 はその通 信時間	スパッ タパワ ー、スパ ッタス テップ 毎の時 間	キャリ ア ID, ウェー ハ ID,	① アナログ 信号を FD/FP の時 間範囲で時 間関数とし て判定値と 比較する ② 設定を行 ってから応 答するまで の時間差が 十分に小さ いか確認す る

7.7. 装置コントロールレベルにおける FD/FP 実装例

7.7.1. 搬送スケジュール監視

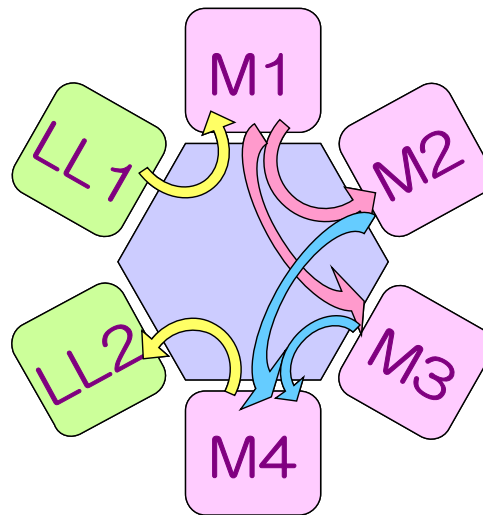


図 7-12 搬送系

<装置基本機能監視の対象機能>

ウェーハ搬送を行うためのロボット及び搬送機能

<プロセス条件制御機能の監視の必要事項>

レシピで設定されたウェーハの動線とその搬送シーケンスに搬送時間のバラツキが無いかを確認する。

<説明>

プロセスを行うにはウェーハフローを定義するレシピがある。

同じキャリアに存在する全てのウェーハに対し搬送時間の比較を行い、バラツキが無いかを確認する。上図の場合には、3層のメタル膜形成プロセスを実行する場合が示してある。ロードロックチェンバ LL1 から M1 で一層目を形成、M2 または M3 で 2 層目が並行して形成される。更に 3 層目も並行処理が為されているものである。

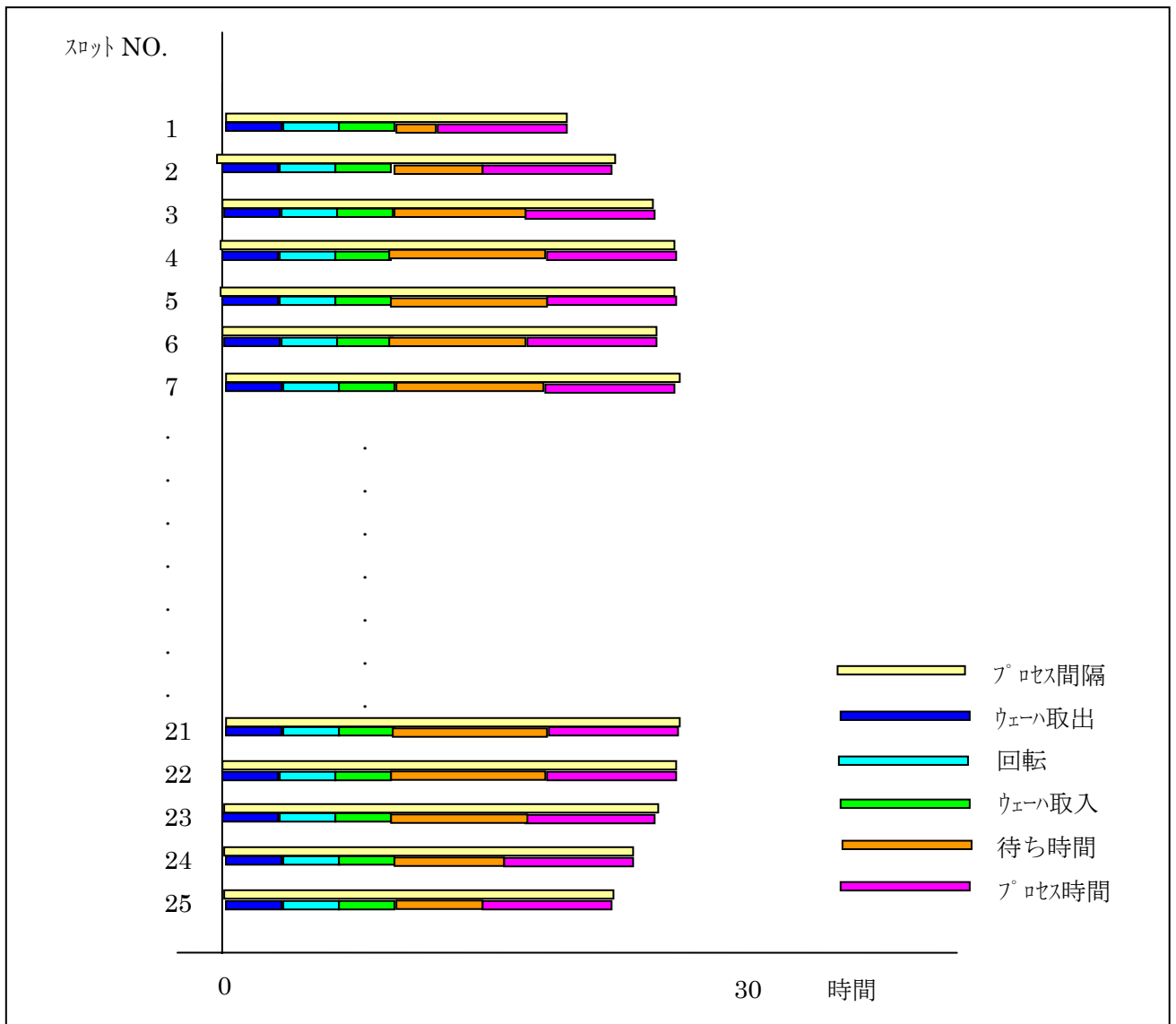


図 7-13 ウェーハ毎の搬送時間差の例

上図は、プロセスモジュールのプロセス終了から次のウェーハのプロセス終了までの時間に、処理されるウェーハ個々のウェーハ搬送シーケンス時間とプロセス時間を積み上げたグラフである。全体のプロセス間隔から個別の搬送処理に必要な時間を差し引くと各ウェーハの待ち時間となる。待ち時間はフローレシピや装置コントローラのウェーハスケジューラの性能に依存する。

この例ではウェーハ搬送の各シーケンスに要する時間のみ、個々に細分化して監視し、同時に待ち時間のバラツキも監視する考え方を現している。

この両方を監視することで装置がハード的に正しく動作しているのかを確認することが可能となる。

表 7-7 装置レベル FD/FP- 搬送時間監視仕様例

検知したい項目			搬送時間監視						
該当センサ または入力 信号	データ切出しタイミング		同時に知るべき装置内部動作				レシピ 指示情 報	コンテ キスト データ	判定 条件
	開始 イベント	終了 イベント	動作	設定	実績観察	遅延 時間			
シーケンス 動作に関するログ	該当シー ケンス開 始イベン ト	該当シーケ ンス終了イ ベント	ウェー ハの移 動とシ ーケン ス動作 の対応 を取っ ておく	搬送シー ケンス設 定	シーケン ス動作タ イムスタ ンプ	装置コン トローラ が複数の コンピュー ータで制 御されて いる場合 はその通 信時間	ウェー ハ毎の フロー レシピ	キャリ ア ID, ウェー ハ ID,	①ウェーハ毎 の各シーケン ス動作時間に ばらつきがな いこと。 ②待ち時間に 変動が無いこ と ③各シーケン ス時間に変動 傾向が顕在化 していないこ と

8. DEE データを使用した不具合監視機能などの公知例化

DEE データを利用することが装置レベルの FD/FP にとって必須のものであることが、Selete での検討で明らかになるに従って、業界にて DEE データの積極的な利用を促進し、同アプリケーションが広まることを奨励する必要性が強く認識されるに至った。このために、Selete では 委託者と協議の結果、DEE データを使用したアプリケーション技術と利用ノウハウ、そしてそれを支持するシステム構成を公知例化する施策を取った。公知例化は 社団法人 発明協会 (<http://www.jiii.or.jp/>) の公開技報を利用した。8.2 節以下は その登録情報と開示技術の原稿の原文である。公知例として本開示技術の正確な内容を知るには、社団法人 発明協会の掲載内容を直接に確認する必要がある。公開日以前の権利関係については不明である。

以下の文章は、2002 年に執筆されたものであり、その後 Selete における装置データインタフェースの検討が大きく進み、以下の文章で記述している実装例とは異なる実装方法を以て標準仕様とするに至っている。またインタフェースとそれに関連する呼称にも用法が現在の標準仕様とは異なるものがあることに、以下のドキュメントの利用者は注意されるようお願いしたい。以下の文章は DEE データを使用した、装置の監視機能についての技術思想の開示であり、それ以外の用途である、最新の技術開発結果に基づいた EES 実装技術の解説として読む目的には 適さない。

8.1. 技術報告の掲載情報

技報番号 2002-500805

公開日 2002/07/09

IPC 分類

(C)G06F 17/60

(C)H01L 21/00

(J)G06F 17/60 106

(J)G06F 17/60 138

(J)H01L 21/02 Z

開発企業名： 株式会社 半導体先端テクノロジーズ

公開技法名称： 半導体デバイス製造装置の管理システム

代表図： 図 10

8.2. 開示技術の概要

半導体デバイスの製造システムを管理する場合には、各製造装置の稼動状況やメンテナンスに必要な情報を効率よく収集する必要があります。このため、デバイスメーカーは、製造装置サプライヤに依頼して、必要な情報を収集するための独自仕様を製造装置に追加してもらうことで、独自のシステム管理を実現しています。しかし、各製造装置への独自仕様の組み込みはデバイスメーカーにとってコスト面で大きな負担となります。また、製造装置サプライヤにとっても、デバイスメーカーごとに装置仕様を検討する負担は少なくありません。

以下に提案する装置エンジニアリングシステムは、半導体デバイスの製造装置と管理サーバの間のインタフェースを標準化することにより、上記問題を解決するものです。また、これまでデバイスメーカーと製造装置サプライヤとの間でクローズされていた管理データを共通に使用できるようにすること、またデータフォーマットをオープンにすることで、一部のシステム管理業務の合理的な分担、あるいはアウトソーシングを推進します。各業務を、その業務を得意とする専門業者がそれぞれ担当することで、少数精鋭担当者による高レベルなシステム管理を実現できます。

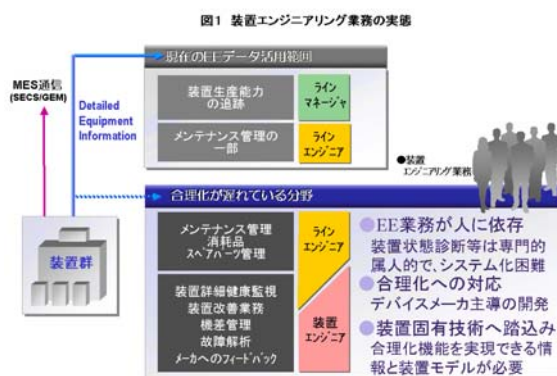
装置エンジニアリングシステムの有意な特徴の一つは、今まで、情報量が多く扱いが困難と考えられてきた、装置のハードウェア部分の稼動状況を報告するためのデータを、バイナリ形式のシンプルなフォーマットとしたことです。各製造装置は、発生したイベント（バルブの開閉など）を2値化した情報として出力します。製造装置は、システム管理をする側の利用形態を意識したデータ加工を行う必要はありません。システム管理装置は、各製造装置が出力したバイナリデータの中から必要なデータを取捨選択してシステム管理に利用します。取捨選択したデータをどのように利用するかはデバイスメーカーの自由です。

8.3. 開示技術の詳細

8.3.1. 開発の背景

高品質な半導体製品を安定供給するためには、工場設備を有効に活用して製品歩留を向上することが重要であることはいうまでもない。しかし、実際には工場設備全体の実効稼働率は必ずしも高いとはいえない。デバイスメーカー、製造装置サプライヤの両方の協力を得て収集したデータによれば、FAB内で行われている作業のうちウェアの付加価値を高める作業は40%に過ぎない。残りの60%の作業時間は、NPW（ノン・プロダクト・ウェア）を使った準備や設備のメンテナンスに費やされる時間、装置が停止・待機している時間である。また、故障により装置が停止した時間の内訳をみると、製造プロセスが原因の故障は3分の1であり、装置の基礎的な機能故障が残りの3分の2を占めている。すなわち、製造プロセスを改善するだけでは、システム全体の有効稼働率（OEE）の大幅な向上は期待できない。

システム全体の有効稼働率を高めるためには、各製造装置からの情報収集はかせない。このため、各製造装置からホストコンピュータに、各種管理情報を電子データとして転送するシステムが提案されており、一般に、製造実行システム（MES：Manufacturing Execution System）と呼ばれている。このよう



なシステムは、デバイスメーカーが製造装置サプライヤに依頼して、必要な情報を収集するための独自仕様を製造装置に追加してもらうことで構築されている。しかし、各製造装置への独自仕様の組み込みはデバイスメーカーにとってコスト面で大きな負担となっている。また製造装置サプライヤにとっても、デバイスメーカーごとに仕様を検討する負担は少なくない。

また、現状、製造装置から出力される情報の種類は、デバイスの生産状況を追跡するための情報や、一部のメンテナンス管理情報に限られている。例えば、消耗

品、スペアパーツ管理や、装置の故障監視、故障解析、機差管理、業務改善のための情報収集などについては、未だ人的作業に依存するところが多く、合理化は遅れている。また、このような合理化は通常デバイスメーカー主導で行われているため、製造装置固有の機能、技術にまで踏み込めていないのが現状である（図1）。

8.3.2. 開発目標

以下に提案するシステムは、装置停止時間の3分の2を占める基礎的故障を減らすことによってシステム全体の稼働率を向上することを第一義の目的とするものである。但し、一部のデバイスメーカーあるいは製造装置サプライヤのための開発ではなく、できる限り数多くのメーカーに共通に使用できる基盤的な技術を提供することを目標とする。これにより、誰もがこの共通の基盤的な技術の上に比較的安価にシステムを構築できるようにする。

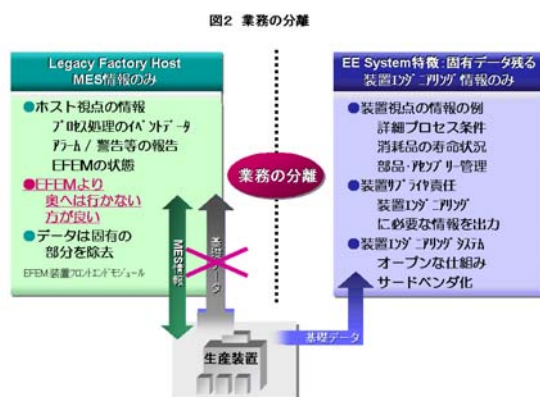
以下のシステムでは、この目標を達成するために、データインターフェースの統一（標準化）を目指す。システム管理業務の合理化が遅れている原因を排除するためである。統一するインターフェースの仕様は、製造装置の固有仕様や、データを利用する側の個別事情に、柔軟に対応できるようなものとする。すなわち、シンプルで、情報を出力する側の製造装置にも、利用する側のホストコンピュータにも、無理なく実装できるようなインターフェースを提案する。

また、以下に提案するシステムは、製造装置サプライヤとデバイスメーカーの業務責任分担の明確化を図ることを、もう1つの目標とする。従来は、製造装置の稼働状況も生産進捗を把握するための情報の1つと解釈されていた。しかし、以下に提案するシステムでは、製造装置の基本機能の情報を監視して稼働状況を管理するシステムを装置エンジニアリングシステム（EES：Equipment Engineering System、あるいは

E Eシステム）と称することとして、プロセスデータを監視して生産進捗を管理するシステムと明確に区別する

（図2）。これにより生産管理は従来どおりデバイスメーカーが主体となっており、装置の故障監視等は製造装置サプライヤや保守サービスベンダーが主体となっていくというように業務の分散を図る。業務分散により各業務の専門性を高め、少数精鋭によるレベルの高いシステム管理を実現することを目標とする。但し、これは、EESを生産進捗管理システムと無関係に機能させることを目指すものではない。2システムに分けた上で連携を図ることにより、よりきめ細かなシステム管理を

実現する。



8.3.3. 装置エンジニアリングシステム(EES)の概要

EESは、半導体デバイスの製造ラインを構成する各種製造装置の基本機能に関する情報を収集・解析するシステムである。システム稼働率を高めることを目標とするため、主として稼働状況に関わる情報を収集・解析する。稼働状況に関わる情報とは、装置が稼働中か非稼働中か、また稼働中の装置の状態を表す情報である。さらに、稼働中の装置の状態とは、装置自体を構成する各要素の状態と、装置が制御する対

象の状態をいう。装置自体を構成する各要素の状態とは、例えばバルブ・チャンパドアの開閉、モータ・ポンプのON/OFFなどアクチュエータの動作状況である。また、装置が制御する対象の状態とは、例えばプロセスガスの流量、ウェハの温度などである。

以下にEESの主な特徴を述べる。

(1) 製造装置の稼動状況の情報を収集する際の最小の情報収集単位を、その単位情報だけでは製造装置側で何が行われているかわからないような細かい単位とする。例えば、チャンパのドアが開いたなど、アクチュエータの単純な動作を1つの単位情報として収集する。

(2) 装置自体を構成する個々の要素の状態、すなわちアクチュエータの動作状況の情報は、2値情報として収集する。例えばドアが開いている状態を1、閉じている状態を0として、1または0のビットデータを製造装置から管理サーバに転送する。但し、複数のビットにより1つの情報を表現してもよい。例えば4つの状態をとるアクチュエータがあるとすれば、その状態は2ビットのデータとして収集することができる。また、複数種類のアクチュエータの状態を示す情報を、十数ビット～数十ビットのビット列データとしてまとめて収集してもよい。何ビット目がどの要素の状態を示すかは予め定義しておく。但し、まとめて転送するビット数は予め定義しておけば、何ビットでもよく、特に限定はされない。

(3) 製造装置は、上記ビットデータあるいはビット列データにそのデータを取得した時刻を示す情報(タイムスタンプ)を付与する。収集した情報を解析する際に、この時刻を示す情報を参照すれば、稼動状況の経時変化の情報を得ることができる。なお、経時変化さえ把握できればよいという場合には、必ずしもデータを取得した絶対時刻を付与する必要はなく、時間変位がわかるような他の情報を付与してもよい。

(4) 収集する情報の、製造装置側での解析あるいは加工は行わない。すなわち、製造装置は「素」のままのデータを出力する。

(5) 情報の解析もしくは加工は、各製造装置がその情報を出力した後に装置外部で行うこととする。これにより、収集した各情報のうちどの情報を利用するか、複数の情報を組み合わせて利用するか否か、あるいはどのように組み合わせるかなどを、製造装置サプライヤ以外が自由に定めることができるようになる。解析・加工のアプリケーションソフトも、ユーザニーズに合わせて種々提供されることが期待でき、選択の幅が広がる。

(6) 情報の解析・加工に、収集した情報以外の情報を利用することもできる。そのような情報としては、製造装置サプライヤが提供する情報と、デバイスメーカーが提供する情報と、その他の情報がある。

製造装置サプライヤが提供する情報とは、例えば、前述のようにビット列データとして情報を収集する場合の、何ビット目がどの要素の状態を示すかという情報などである。解析・加工時にビット列データの中から必要な情報を抽出するためには、ホストコンピュータあるいは情報解析・加工アプリケーションソフトにこの情報を予め保持しておく必要がある。

また、デバイスメーカーが提供する情報としては、レシピやプロセスデータ、データ解析のノウハウなどがある。解析ノウハウが知識データベースとして存在する場合には、製造装置から収集したデータに何らかの異常が認められても解析する側で正しく解釈することができる場合もある。例えば1つの製造装置が複数のモジュールにより構成されており各モジュールが備える時計の時刻が一致していないような場合、あるいは情報収集時に時計の時刻が調整された場合などには、タイムスタンプが示すデータの順番と、データが収集された順番に食い違いが生ずる可能性がある。しかし、正常なプロセスが如何なるものであるかという情報が予めホストコンピュータ側に用意されていれば、このような時計のずれを許容することが

できる。

(7) 前述のようにEESの特徴の1つは、収集したデータの解析および加工を自由に行える点にあるが、多くの種類の装置に共通に利用できる基本機能を備えたソフトウェアを開発し、種類の異なる装置ごとに必要な機能を追加してもよい。基本機能としては、例えば汎用な装置の動作モデルに沿った解析・加工機能が考えられる。具体的には、SEMIスタンダードE98-1101の中で規定されているOBEM (Object-Based Equipment Model) を採用し、データの属性の定義などを行い、このようなソフトウェアの汎用性を高めることが考えられる。

8.3.4. EESのハードウェア構成

8.3.4.1. システム構成

8.3.4.1.1. 基本構成

EESの物理的なシステム構成について説明する。図3に、EESの構成の一例を示す。図に示すように、狭義(工場内)のEESは、EESの実現に必要な機能(Internal EE Capabilities)を備えた製造装置(Equipment)、および製造装置から出力されたデータを加工・解析して利用するためのアプリケーションソフト(EE Application)を備えたサーバコンピュータ(EE Server)からなる。但し、装置側のEE機能は、装置本体ではなく、装置コントローラに組み込まれている場合もある。また、ホストコンピュータをEEサーバとして兼用することも可能である。

図の例では、この他、アプリケーション・サーバ(EE Application Server)やデータベース(Database Machine)がネットワークに接続されており、さらにサーバコンピュータ自身もデータベースを備えている。これらは、EEサーバが収集したデータを利用する際に必要となるツール、データなどを蓄積するためのものであるが、必須ではない。広義のEESは、これに加え、インターネットなどを介して外部と通信する機能を備える。例えば、装置の故障監視、保守を外部のサービス会社に委託するような場合に、このような外部接続機能が必要となる。

なお、以下の説明では、EES実現に必要な製造装置側の機能を装置内EES機能、サーバコンピュータなど製造装置以外が備える機能を装置外EES機能と称することとする。

8.3.4.1.2. 構成バリエーション

なお、上記例は、あくまでEESを構成するハードウェア要素を示すための一例に過ぎない。ハードウェア同士の接続は、運用形態やプロセス、装置構成によって左右される。以下に、EESの構成のバリエーションを示す。詳細な構成は、EESユーザであるデバイスメーカーと、EESサプライヤである装置サプライヤが、任意にデザインすることができる。広義なEESの場合にはEESユーザには装置サプライヤが加えられる。

(a) データベース共有型 (図4)

データベース共有型は、複数のアプリケーション・サーバがEEデータを蓄積する同一のデータベース

図3 システムの基本構成

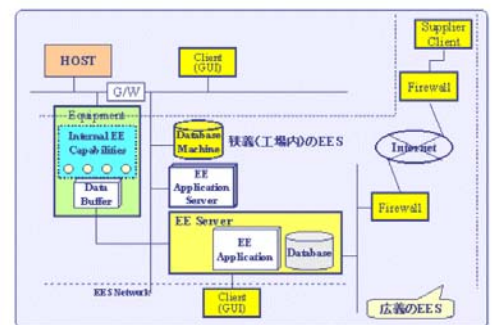
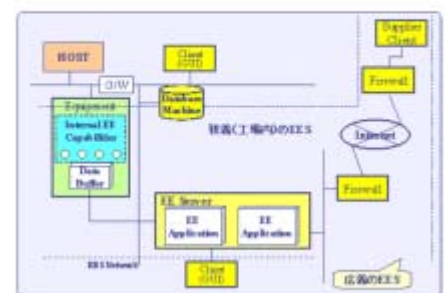


図4 他のシステム構成例(データベース共有型)



システムを共有する形態である。図にあるようにE E S ネットワークに接続されているデータベースシステム(Database)を共有する。これは、データベースシステムを共有することでデータ蓄積のコストを削減することを目的としている。ただし、共有データベースの管理責任については運用ルールが必要となる。

(b) E Eアプリケーション共有型 (図5)

E Eアプリケーション共有型は、EE Application Server を複数のE E Sで共有する形態である。これはE E S 共通アプリケーション (例えば、どの装置のE E Sにでも共通に使えるようなアプリケーションのこと) を活用することで、アプリケーション開発の効率化を図る。ただし、EE Application サーバの管理責任については運用ルールが必要となる。

8.3.4.1.3. 製造装置の内部構成

E E S 対応の製造装置は、製造装置の稼動状況を示すデータを取得してネットワークへ出力するE E 機能 (Internal EE Capabilities) を備える。これまでの製造装置にも、工場ホストとコミュニケーションするライン (ME Sライン) を通してメッセージ (SECS II など) に対応した処理を行う機能や、その状態をイベントとして報告する機能、あるいは異常を検知した場合にアラーム通報する機能などがあつた。E E S 対応の製造装置は、このホストコンピュータとのコミュニケーションポート (SECS など) を利用して装置外部へE E データを出力してもよいが、望ましくはこのコミュニケーションポートとは別にE E データを出力するための専用ポートを備えるのがよい。これをE E データポートと称することとする。

(a) E Eデータポート

製造装置のE E機能は製造装置に対してパッシブ (passive) として動作することを前提にしている。このため、稼動情報を示すデータを取得するタイミングと、そのデータをE Eサーバに対し発信するタイミングは、常に一致するとは限らない。しかし、E Eサーバ側が効率的に収集を行えるようにするためには、必要なタイミングで必要な量でデータを発信できなければならない。そのためには、送信データのバッファリングが必要となる。

(b) E Eデータの一時バッファ

製造装置のE E機能は、製造装置本来のプロセス処理に対して影響を与えないで、データを逐次発信しなければならない。このため、図3～5に示したように、データバッファ (Data Buffer) を設けて、プロセス処理とE Eデータ発信の干渉を最小限に抑えるためのメカニズムを設けてもよい。発信するデータが少量であればメモリをバッファとすればよいし、大量であれば発信前にデータを一旦データベースに蓄積してから発信する方法も考えられる。

図5 他のシステム構成例(EEアプリケーション共有型)

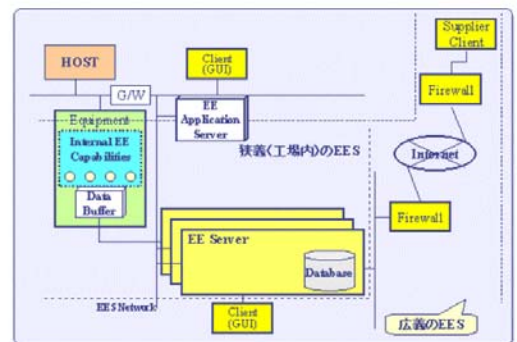
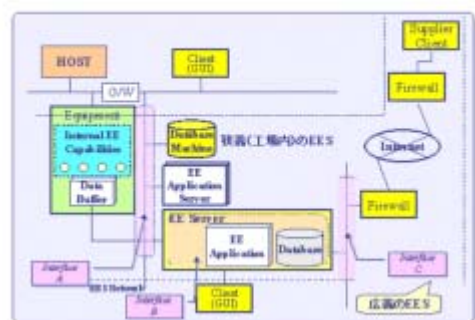


図6 インタフェース



8.3.5. EESのインタフェース

8.3.5.1. インタフェースの種類

前述のように、EESの効果的な実現には、各種インタフェースの統一（標準化）が欠かせない。図6に示すように、標準化が望まれるインタフェースは3つある（Interface A, B, C）。

8.3.5.2. インタフェースA

前述のEEデータポートからEEサーバなどにデータを発信する際のインタフェースである。特にデータのフォーマットは、装置サプライヤ、デバイスメカ両方にとって重大な関心事といえる。本技術報告書では、主としてこの部分についての提案を行う。

8.3.5.3. インタフェースB

EEサーバにアプリケーションを実装する際のアプリケーションインタフェースである。通信インタフェースではないので、物理層の規定はなく、論理インタフェースである。このインタフェースを標準化すれば、製造装置サプライヤが供給するソフトウェアモジュールと、サードベンダーが提供するソフトウェアモジュールを自由に組み合わせることが可能になるので、EEサーバ用アプリケーションソフトの開発は極めて容易になり、開発コストも節約できる。

8.3.5.4. インタフェースC

このインタフェースは、EEサーバへのリモートアクセスのためのインタフェースである。この部分を標準化することにより、第3ベンダーによる保守サービスの提供などが可能になる。

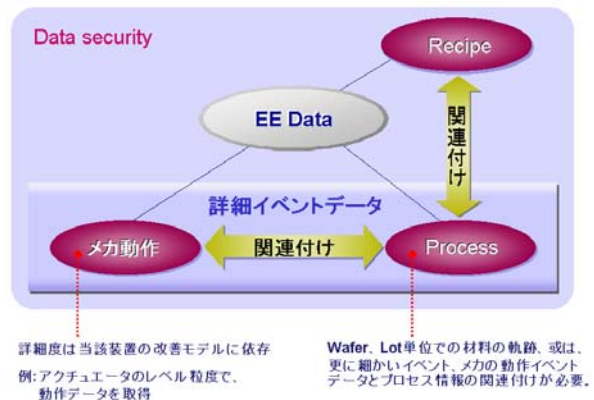
8.3.6. EESにおけるデータの取り扱い

8.3.6.1. 従来との違い

図7はシステム管理に用いられるデータの関係を表す図である。一般に、半導体装置を管理するためには、各製造装置にどのような加工を行わせたいかを示すレシピデータ、および、そのレシピの指示に従ってプロセスを実行するためのセッティングデータが必要である。また、ウェハをチャンバに運んだり温度設定したりするメカ動作（裏方仕事）についても捉えておく必要がある。この「メカ動作」の部分と「プロセス」「レシピ」の設定データの部分が関連付けされていないと「何のために何が、どう動いているか」といった動作チェックや解析はできない。このため、従来の装置管理システムは、各製造装置からプロセス状況を把握するためのデータを取得することのみ重点をおいていた。

しかし、EESでは、冒頭に説明したように「何のために何が、どう動いているか」ということに加え、「各製造装置の各部分が正常に機能しているか」を確実に把握できるようにすることを目標としている。このため、例えば、チャンバドアを閉める制御命令が出されてから実際にドアが閉まるまでに何秒かかったか、その秒数は適切（正常）かといった装置の細かい動作までチェックする必要がある。このため、E

図7 データの関連付け



ESでは、各製造装置に、制御命令が出されたという情報、あるいはアクチュエータが実際に動作したという情報など、装置に関わる詳細情報を、そのまま外部へ出力してもらう。素のデータを装置外部に出力させることで、あるときはそのデータをプロセスやレシピと関連付けて従来と同じくプロセスの不具合や生産進捗を監視するために利用し、またあるときは、プロセスとは無関係に製造装置自体の異常を監視するために利用する、というように、利用する側で使い分ける。

ここでは、アクチュエータ動作などを示すデータのことを装置詳細イベント (DEE:Detailed Equipment Event) データと称することとする。

8.3.7. 装置詳細イベント(DEE)データ

8.3.7.1. DEEデータインタフェース

図8は、製造装置内部で発生した状態変化を種類ごとに、また発生した順に上から並べたチャートである。各状態変化は、それぞれ1つのイベントとして外部に通知される。図の右側に示されているのは、イベントを通知するDEEデータである。DEEデータが通知するイベントは、製造装置の各部動作から生じるハードウェアの状態変化であり、(a) 電圧あるいは電流のON/OFF、(b) バルブの開閉、(c) スロットドアあるいはチャンパドアの開閉、(d) ウェハとキャリアの有無、(e) その他各操作部の変化などである。

DEEデータは、イベントフィールドと称するビット列のデータに、そのイベントが発生した時刻(あるいは装置内ES機能がそのイベントが発生したことを認識した時刻)を示すタイムスタンプを付与したデータである。図の例では、さらにデータ末尾にステータス情報を付与している。ステータス情報は、装置全体の稼動状況を示す情報で停止中、稼動中などを表す。ステータス情報は、SEMIスタンダードの装置モデル(OBEM: Object-Based Equipment Model)などに準拠して取り扱うのがよい。

イベントフィールドの各ビット(情報要素)は、例えばバルブが開いている状態を「1」、閉じている状態を「0」で表すというように、各アクチュエータの動作に対応している。どのビットがどのアクチュエータに対応するかといった情報は、各装置サプライヤが予め開示する必要がある。なお、どのビットが何の情報を表すかというところまで含めてインタフェースの標準化を行うことも考えられるが、その場合には各装置サプライヤがメーカー固有の情報を出力できるようにイベントフィールドの一部のビットをユーザ定義用に開放しておくことが好ましい。

なお、イベントフィールドのビット数は予め決めておく必要はあるが、何ビットでなければならないといった制限はない。同様に、タイムスタンプやステータス情報の配置も、必ずしも先頭あるいは末尾に限定されるも

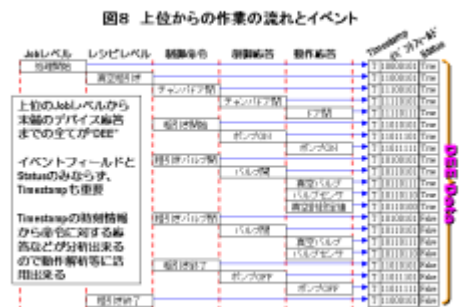


図8 上位からの作業の流れとイベント



のではない。

このような単純なデータを製造装置から外部に出力してもらうことで、前述のようにデータの利用形態に幅を持たせることができる。図9は、利用する側から見たDEEデータを示す図である。DEEデータの解析あるいは加工は、簡単な2値データの論理演算として実行できるので、EEサーバは少ない負荷で高速な処理を行うことができる。

8.3.7.2. DEEデータの利用形態その1－装置基本機能の監視

DEEデータを利用するEEサーバは、例えば、次のようにDEEデータを利用することで、装置の基本機能を監視することができる。

(a) まず、所定のビット列のみの時系列変化を監視することにより、例えばゲートバルブの開閉を確認することができる。

(b) また、複数のビット列を組み合わせることで監視することにより、装置内で何が起きているかを把握することができる。例えば、図の例で、ゲートバルブのビットとウェハアームのビットを監視すれば、ウェハがセットされた後ゲートバルブが閉まり、再びゲートバルブが開いて、その後ウェハが移動されたといった流れを読取ることができる。このような監視を行う場合には、予め装置サプライヤに特定のシーケンスパターンを開示してもらい、論理演算によりシーケンスパターンの一致、不一致を判定することによって、装置側で何が起きているかを把握してもよい。この場合、複数のシーケンスパターンが連続する場合の、「つなぎ目」の確認も必要である。「つなぎ目」のイベントフィールドがどのような値となるかを予め知っておくことで、適切な監視を行うことができる。

(c) 所定のビット列の値が変化する時刻を監視することで、ある状態が続いている時間（例えばポンプが作動している時間など）を計測することができる。常に一定になるはずの時間が不安定に変動していれば、装置の基本性能に異常があることを検出できる。

(d) あるイベントから別のあるイベントまでの時間を監視することで、例えば制御命令が出てから実際の動作が行われるまでの応答時間をチェックすることができる。これにより、装置の異常を検出したり、応答時間の改善を行うことができる。

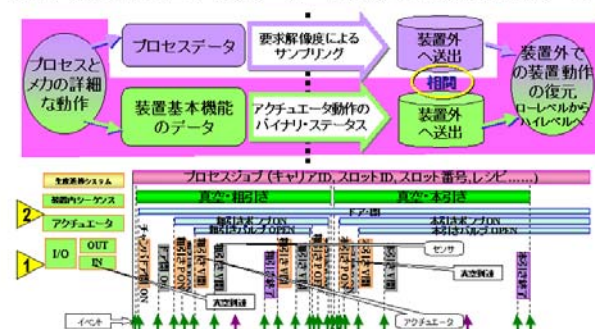
(e) ステータス情報を確認することで、稼動／非稼動を監視することができる。

8.3.7.3. DEEデータの利用形態その2－プロセスの監視

図10は、DEEデータを「プロセス」や「レシピ」と関連づけて解析する例を示す図である。図の上段に示されるように、プロセスデータと装置基本機能のデータは区別されて装置外へと出力されるが、利用する側では、これを関連付けて解釈することができる。

図下段に示すように、DEEデータにより通知された各イベントをアクチュエータの動作として解析し、さらにはそのアクチュエータの動作から装置内シーケンスを解析し、これをプロセスデータと関連付けて生産進捗の確認に利用することが可能である。

図10 装置エンジニアリング・データと装置基本機能を表すデータ



8.3.7.4. DEEデータの利用形態その3－知識データベースを利用した加工・解析

DEEデータの解析時に、DEEデータと関連付けられるのはプロセスやレシピデータには限られない。本来こうあるべきというシナリオを蓄積した知識データベースを用意しておき、蓄積された知識を用いてDEEデータを解析することも可能である。あるいは、蓄積された知識を用いてDEEデータを加工してから、通常どおりの解析を行うことが好ましい場合もある。例えば、製造装置側の時計のずれによりイベントの順番が入れ替わったり、データ伝送系の不具合によりデータの収集もれがあつて一部のイベントを検出できなかったりした場合には、不可解なシーケンスが得られる場合がある。このような場合に、イベントの本来の順番が知識データベースに保持されていれば、キーになるイベントを抽出してデータを相互に比較できるように整理し、整理した情報をもとにして正しい情報を推論により求めることができる。

8.3.8. データカテゴリー

以下に、EESが取り扱う代表的なデータを示す。なお、上記DEEデータインタフェースは、以下に示すすべてのデータカテゴリーに適用できるわけではなく、主として後述する装置監視データのアクチュエータ・データのインタフェースとして用いることを前提として提案したものである。しかしながら、アクチュエータ・データ以外でも、バイナリデータとして表せるデータがあれば、積極的にDEEデータインタフェースを採用することが望ましい。

8.3.8.1. 装置の稼働状態監視に関するデータ

日常監視される装置全体の管理データで一般的に以下の項目の物が挙げられる。

装置外EES機能により解析・加工され、要・不要などの判断後、整理された上で保存・蓄積される。

(1) 稼働状態

装置／モジュール／サブシステム等の稼働状態データでマクロスコピーックなデータとなる。SEMI Standard E90(Substrate Tracking Standard = STS)等も含まれる粒度であるが、EESが装置に実装されていれば装置監視データでより詳細な遷移を取得できるため、このようなマクロスコピーックなデータを改めて収集する必要はない。

(a) 装置状態データ

ホストモードおよびRAM(SEMI E10)/ARAMS(SEMI E58)状態のデータを収集する。

(b) モジュール状態データ、サブシステム状態データ

各プロセス・チャンバやロードポート、メインフレーム搬送系等のRAM(SEMI E10) /ARAMS(SEMI E58)状態。MES系ではサポートされていない粒度で収集する。

(2) 履歴

装置全体の履歴管理であり、処理、メンテナンス、トラブルの総てを対象とする。部材やモジュールの交換などと、関連づける必要がある。処理履歴に関しては処理した製品のレシピ情報、実行ジョブ(Process Job/Control Jobとも)情報、時刻情報等との関連付けが必要である。

(3) 装置監視データ

装置を監視するデータは、装置内外の各種センサーからの入力となるが、一般的な測定センサーからの入力(デジタル/アナログ有り)と、各種アクチュエータ(サブシステムであるポンプの駆動モータまで含む)、さらに装置を構成する各構成要素(ここではデバイスと呼称)を区別して記述するのがよい。さらにそれらのセンサー類の較正結果であるキャリブレーション結果およびセンサー入力から得られる各種デバイスのシーケンス実行時間を範疇とする。

(a) センサーデータ（装置内外のセンサー入力データ。デジタル・データとアナログ・データの両方を含む。）

- ・プロセスガス制御系： プロセスガスの流量、供給圧力、温度、残留ガス分析（分圧など）
- ・プロセス温度制御系： ウェーハステージ温度、ウェハ温度、温度制御系（ヒータやチラー）運転状態
- ・排気システムからの監視情報入力： 圧力データ、真空機器の運転状態（マクロスコピック。詳細はアクチュエータ・データで監視）
- ・プラズマ生成系： RF/DC 電源の運転状態、異常放電監視
- ・外部供給のユーティリティ監視データ： ハウスガスや電力、冷却水、外部インターロックの入力信号等から得られるデータ。装置によっては周囲温湿度、気圧データが必要な場合もある。
- ・各デバイス温度状態： SOG/SOD ソース・キャビネットや、コータ・デベ系のスピнкаップ等の温度監視が必要なデバイス及び周辺の温度遷移

(b) アクチュエータ・データ

- ・バルブ開閉動作状態、動作回数：
電磁バルブ、エアオペ系
- ・駆動系エアシリンダ、モータの動作状態、動作回数、動作時間：
電極やサセプタ／ステージ系、ドア、ゲートバルブ系、ウェハ搬送系、スピン駆動系（コータ／デベ、スピンドライヤ、イオン注入機等）、但しシリンダ系の場合は応答速度、モータ系回転バラツキ等も必要な系統がある。
- ・真空機器の稼働状態、動作時間：
駆動モータの動作状態、動作時間、回転バラツキ等、キャリブレーションデータ、各センサーのキャリブレーション結果、各アクチュエータのキャリブレーション結果
- ・デバイス応答時間： 各モジュールやサブシステムを構成する、デバイスの応答時間
- ・シーケンス実行時間： 真空排気特性（負荷／無負荷状態）

8.3.8.2. プロセスデータ

ウェハ単位、キャリア単位、モジュール単位など、装置毎に最適と考えられる単位を報告単位として報告される。例えば次のようなものがある。なお、装置内 E E S 機能側から発信されるデータに時刻情報やジョブとの関連情報が欠けている場合は装置外 E E S 機能上でリンクさせて記録する必要がある。

(1) レシピデータ

ME S系から送信されるレシピとそれに対応するレシピ・ボディで実行レシピではない。

- ・レシピ・ヘッダ： ME S系から装置に送信されるレシピ名称
- ・レシピ・ボディ： ME S系から装置に送信されるレシピ名称に対応するレシピ本体。ヘッダに付随して送信される場合と、装置上でヘッダに対応するライブラリが存在する場合がある。

(2) プロセスデータ

実際のプロセス処理によって発生するデータ群で、例えば次のようなものがある。

- ・実行レシピ： ME S系から送信されたレシピ名称に対して、実際に装置上で展開されたレシピ内容であり、先述のセッティングデータである。
- ・バリアブル・パラメータ： 上記レシピでの処理による、当該工程に対する前工程の処理結果からの影響を抑える、あるいは後工程の処理に対する影響を抑えるための補正值

- ・装置オフセット： 装置の標準状態に対するプロセス実行時の各構成要素のオフセット値
- ・ウェハ単位プロセスデータ： 各ウェハの処理中のトレースデータ、及び結果のデータ。ウェハ単位のリピータビリティや、瞬時異常などを検出する。プロセスの種類によって取得すべき、あるいは取得できるデータは異なる。
- ・モジュール単位プロセスデータ： 各モジュールの処理データ（ウェハ処理以外も含む）。同一プロセスチャンパー間でのズレなどを検出する。装置内でのウェーハ・フローなども含む（搬送モジュールのプロセスデータという位置づけ）
- ・MES系とのリンク情報（ロット情報等）

8.3.8.3. メンテナンス関連

(1) アラームデータ

装置内EES機能から発報されるアラームで、発生と解除が報告される。装置外EES機能はこの報告により、時間情報とともにロギングを行い、プロセスデータとの関連づけや、装置の異常監視に活用する。記録されるべき項目としては、例えばアラームID、アラーム内容、発生解除時刻がある。装置内EES機能でサポートできない場合は装置外EES機能として実装する。装置異常のアラームを受けたときは、同時に装置内EES機能から関連する必要な詳細データを発生時刻で関連付けを行って収集する。

8.3.8.4. 保全データ

装置の点検／保守の記録で、次回スケジューリングやプロセス・トラブルの原因特定等に活用される。記録されるべき項目としては、例えば保全項目名、保全実施頻度（使用回数、使用時間、経過時間、日時等）、保全平均所要時間、保全作業員がある。EESはこの情報を記録するための入力テンプレート等をサポートし、更に点検時の装置状態データをもしくはひも付けのためのキーを添付する。装置の構成部材や使用材料に関する保全データには、耐久品やOリング／ガスケット等の消耗部品、ターゲットやプロセスガス、レジスト等の消耗材料の、例えば交換部品の使用状態、消耗品の使用量、消耗品の残量などがある。

8.3.8.5. 装置定数設定データ

装置を構成するユニット、システムに関する管理データで、装置を構成するユニットを管理する装置構成データと部材レベルの部材データを収集する。収集する情報としては、例えば次のようなものがある。

(1) 装置構成データ

メインフレーム、プロセスチャンパー、排気システム等の各構成ユニットのハードウェア・バージョンと、上記ハードウェアの制御ソフトウェア・バージョン。ソフトウェアのバージョンに関しては同一機種でもチャンパ構成などの基本システム構成で変わる場合も多いので特に注意が必要である。

(2) 部材データ

装置の構成部材や使用材料に関する管理データで、耐久品やOリング／ガスケット等の消耗部品、ターゲットやプロセスガス、レジスト等の消耗材料も含まれる。前項の装置構成データと関連づけてユニット単位などで分類するのが望ましい。部材データとしては、例えば、交換部品の使用限度値、部材のバージョン情報などがある。複数購買の場合も考えて、購入先や部材メーカーの情報も添付することが望ましい。

8.3.8.6. セキュリティに関するデータ

場内での情報漏洩や、外部からの遠隔診断時の情報漏洩などを防ぐために一般的なセキュリティシステムが搭載されるため、セキュリティ関連の情報を扱う必要がある。ユーザ認証のために必要な情報としては、例えば、アカウント情報としてはユーザ名、ログインID、パスワード、所属、アクセスレベル等が

ある。また、アクセス履歴を管理するために必要な情報として、ログインノードや接続時間の情報がある。

8.4. EESの機能

次に、製造装置、E Eサーバなどを含むE E Sが、全体として提供する機能について説明する。以下に説明する機能の一部は従来のME Sでも提供していたものであるが、前述のようにE E Sでは製造装置に装置の基本機能に関わる詳細データを出力させるため、ME Sよりも、きめ細かなシステム管理機能を提供することができる。すなわち、提供する機能のレベルが高い。またE E SをME Sと分離することにより、業務分担が可能になるという利点があることは、前述のとおりである。

8.4.1. データ・ハンドリング関連機能

E E業務を遂行する上で必要となるデータの授受、管理等に関する機能である。

8.4.1.1. データ収集・整理

装置内E E S機能はE E Sで扱うデータを装置内の個々のデバイスと、それに付加されたセンサーなどから日常監視機能によってもたらされるデータを集める。データには解析に必要なキーデータを付加する。装置外E E S機能はME Sや工場システムに対してデータを要求する。E Eデータを収集する場合、データ収集機能は装置がME Sとの通信制御が確立されていない状態でもデータを収集する。この際、E Eデータの収集によって、装置性能に影響を与えることがないようにする。なお、データ収集作業や整理作業に高負荷がかかり装置性能に影響が現れる事が予測される作業が発生する場合は、装置にME S系からの命令実行を優先させるような安全対策が採用されている必要がある。もしくはデータ収集・整理系と装置制御系を別システムにするなど、装置性能に影響を与えない工夫が必要となる場合がある。

8.4.1.2. データ集計

装置外E E S機能は、収集したデータを用いた任意のデータの統計処理を行う。統計処理としては、例えば、予知保全において消耗部品の使用回数や使用経過時間の累積値、などを算出する機能などが考えられる。

8.4.1.3. データ保存・廃却

収集したデータおよび集計したデータの保存を行う機能である。保存したデータはE E S内外の機能で活用される。装置内E E S機能ではデータの整理・圧縮や送信タイミング等の条件により決められた大きさの範囲で一時的に保管する。装置外E E S機能では装置内E E S機能が一時蓄積したデータを受け取り、求められる機能に必要な期間のデータを保存する。装置内E E S機能で一時的に保管したデータは、装置外E E S機能上に転送し、あらかじめ決められたバックアップ保証の期間を経た後、装置内から廃却（消去）するものとする。

また、E E Sで設定している保存期間を越えたデータに関しては、データベースから抽出し、管理法規などの規則に則り別途保管するものとする。E E Sでの保管期間を越えたデータは外部への抽出・保管後、データベースからは廃却（消去）するものとする。

8.4.1.4. データ発信（外部システムへの発信）

収集、集計、保存したデータを外部からの要求、もしくは送信先の機能との間であらかじめ決められた時間間隔や関連イベント等に同期して要求元へ発信する。発信するデータは予め要求元の決められたフォーマットをふまえて準備しておくか、要求時に決められたフォーマットに加工する必要がある。また、デ

ータの種類や大きさによっては必要な形式で圧縮して発信する。また、データ圧縮に関しては機能の要求元の求める形式に随時変更したり新たな機能に対して追加したりすることを装置外EES機能で可能とすることが必要である。

8.4.1.5. 履歴データ管理

装置毎の履歴データを装置外EES機能で管理する。同一装置の過去の来歴参照比較、同一機種複数号機の横視み比較などのアプリケーションに用いる。各履歴管理においては、保持する期間とその期間に応じた必要粒度を設定できるようにする。

履歴のカテゴリとしては下記の分類が考えられる。なお、履歴の管理を行うデータカテゴリーは前述のとおりである。

(1) モジュール稼動履歴

モジュール単位での稼動履歴を管理する。

(2) トラブル履歴

トラブル解析、トラブル対応作業に関する履歴を管理する。

(3) 部品交換履歴

部品の交換記録を管理する。

(4) イベント履歴管理

装置上で発生したイベント記録を管理する。各々のイベントの記録可否は必要に応じて設定する。

(5) エラー履歴管理

装置上で発生したエラー（通常、イベントの中に含まれる場合が多い）記録を管理する。エラー記録は一般イベント記録と別に要求される場合が多いため、イベントとは別に管理する場合がある（重複があってもよい）。各々のエラーの記録可否は必要に応じて設定可能とする。

(6) 装置物理状態履歴

アクチュエータ、センサーなどの動作状況をデータとして管理する。インターロック情報の管理も行う。

(7) 装置処理履歴

装置上でのプロセス処理履歴データを管理する。一般的にMES系より細かい粒度の設定値／実行値を収集する。

8.4.1.6. 他情報とのリンケージ

日常監視や異常解析のために、MES系やYMS系、外部のナレッジ・ベースなど他の情報システムとの間で標準化されたインタフェースによるリンクを行い相互にデータの授受を行う。

8.4.2. 装置運転管理に関する機能

8.4.2.1. 日常監視

装置における日常運転状態を監視し、運転状態の傾向をデータ化する。この中にはハードウェアだけでなく、プロセス処理の設定値／実行値比較結果なども含まれる。日常監視は、装置内EES機能や装置外EES機能である場合とEES外（例えば、人や工場施設など）の場合がある。装置内EESの監視機能で生成した装置の運転状態に関するデータはデータ収集の機能により装置内EES機能上に一時的にバッファリングしたあと、データ整理の機能により適切な索引データとともに装置外EES上に蓄積する。装置外EES機能で解析した結果のデータや外部から入力されたデータはキー（索引）パラメータによるインデックスを付加された後、装置外EES機能上にそのまま蓄積する。装置外EES機能での監視の場合、

装置内E E Sおよび装置外E E Sのデータ収集機能で収集したデータにより、任意の傾向監視アルゴリズムを用いて装置運転状態の日常監視ができるようにする。

日常監視機能としては、例えば次のような機能がある。なお、日常監視アルゴリズムはカスタマイズ、バージョンアップできるようにしておく。

- (a) 常時運転状態をモニターし、装置動作状況の変化傾向を監視する。
- (b) 常時運転状態をモニターし、メンテナンス必要時期の予測などをサポートする。
- (c) ある一定の期間あるいは、後述の異常検知などのイベントにより、装置状態をモニターし、変化傾向を監視する。
- (d) 外部からの指示により全体もしくは特定の部位の状態を取得する。
- (e) 日常監視アルゴリズムによる傾向管理を行う。
- (f) 日常監視アルゴリズムでの傾向管理により、装置の異常予知を行う（この予知段階で後述の「異常検知（一次診断）・発報」へ移行）。

また、E E S外からの監視の場合は、装置外E E Sは外部からの入力を支援する。ここでの支援とは監視のための情報を提供することなどが考えられる。E E S外からの監視診断を受け入れるために、前述のインタフェースCを提供する。

8.4.2.2. 異常検知(一次診断)・発報

装置における異常を検知し、異常を日常監視データと関係付け、異常発生時の詳細データとして識別させる。この機能により生成された装置のエラーに関する詳細データはデータ収集の機能により装置内E E S上に一時的にバッファリングしたあと、データ整理の機能により適切な索引データとともに装置外E E S上に蓄積する。装置内E E S上に一時的にバッファリングした異常に関する詳細データは装置外E E S機能やE E Sを仲介して問い合わせしてくる別のコンポーネントに対して参照させる。装置外E E S機能で解析した結果のデータや外部から入力されたデータはキー（索引）パラメータによるインデックスを付加された後、装置外E E S機能上に蓄積する。異常検知機能を持つものは、装置内E E Sおよび装置外E E S、更にE E S外（例えば、人など）が挙げられる。装置からのアラーム発報等の高速な異常検知は通常、装置内E E Sの異常検知（装置上の一次診断）機能によって検知・発報される事が想定される。この場合の異常検知については以下の機能を実現する。なお、なお、異常検知報告のアルゴリズムはカスタマイズ、バージョンアップできるようにしておく。

- (a) 装置内E E S機能は自分自身の外部(装置外E E SやME S系コンポーネント)に対して異常発生や警報や異常の兆候を知らせる警告の発報を行う。
- (b) 装置外E E S機能は装置からの異常発報（アラーム）による検知を行う。
- (c) 装置外E E S機能は装置内E E S機能からの異常発報（アラーム）により発報前までに収集した装置状態データなどを基に装置の異常状態を詳細に報告する。また、E E S外からの検知の場合は、装置外E E S機能は外部からの入力を支援する。ここでの支援とは検知のための情報を提供することなどが考えられる。E E S外からの検知診断は前述のインタフェースCを介して受け入れる。異常の発報は、装置で異常が発生した場合および装置外E E S機能上で日常監視データから異常を検知した場合、装置およびE E Sの外部からの入力により異常が検知された場合に実行する。この場合の異常発報については以下の機能を有する。なお、従来は装置からの異常発報に関してはME S系の生産管理システムに対して行われていたが、その機能の削除もしくは変更を意図するものではなく、単に従来の異常発報の報告先追加を求め

るものである。

(d) 装置内EES機能は装置外EES機能に対して異常に関するアラームを発報する。

(e) 装置外EES機能は装置内EES機能からの異常に関するアラームを受け取ると、それを他のシステムに発報する。

(f) 装置外EES機能は装置内EES機能からの異常に関するアラームを受け取り、装置状態確認後の異常解析(二次診断)の結果、異常であると判断した場合、EESとしてのアラームを他のシステムに発報する。

なお、故障など予測できない異常だけでなく、下記のような場合も検知の対象とする。

(g) 定期点検・保全を行う時刻になったこと、あるいは規定の処理枚数に達した場合。

(h) パーティクル・チェックなど定期点検の結果が規格外になった場合。

8.4.2.3. 異常解析(二次診断)

異常検知された情報を用いて、異常解析を行うことができる。異常解析については以下の機能を提供する。

(a) 異常解析アルゴリズムにより原因を特定する。

(b) 異常解析アルゴリズムにより故障箇所を特定する。特定が出来ない場合は、外部からの支援を受ける。外部支援とは、装置エンジニアや装置サプライヤなどである。

(c) 異常解析アルゴリズムは、任意にカスタマイズできる。

(d) EES外からの解析支援を受け入れるためのインタフェースを有する。ESES外とは、場内(人など)、場外(装置サプライヤ)の両者を示す。

また、傾向変化などの変異が「緩慢」な異常の検知は、装置外EES機能の日常監視機能によって収集されたデータを解析する事により検知・発報される事が想定される。この異常検知は解析作業を介するため、二次診断に含むものとする。検知は装置外EES機能によって行われ、データ収集機能によって収集したデータから、任意の異常検知アルゴリズムを用いて異常を監視する。この場合の異常検知については前述の機能に加えて以下の機能を提供する。なお、異常解析アルゴリズムはカスタマイズ、バージョンアップできるようにしておく。

(e) 異常解析アルゴリズムによる異常検知を行う。

8.4.2.4. 管理値編集機能

日常監視や異常検知・解析のトリガとなる各種管理(リミット)値の編集を行う。各種管理値は装置の使用環境やプロセス条件により変わるため、必須の機能である。

8.4.2.5. インターロック管理

装置の各種インターロックの状態監視および設定管理を行う。インターロックには制御系のソフトウェア・インターロック、装置内のハードウェアのインターロック、装置外部の環境管理系からの入力によるインターロック等が挙げられる。特に外部からの入力によるインターロックはガス漏洩検知システム等からの安全にかかわるものが多いため、状態監視は重要な項目である。インターロック管理としては以下の機能を提供する。

(a) インターロック設定状態が記録できる物はその記録を残す。

(b) インターロック設定状態がプロセス処理条件や装置運転条件/状態と矛盾する設定の場合は警告を発報する。

(c) 外部からのインターロック信号入力の記録を保存する（安全に関わる入力の場合は信号により装置が停止するため、停止に至った状態を保存する必要がある）。

8.4.2.6. 機差吸収

履歴管理機能によって蓄積された物理的な運転やプロセス処理の設定値／実行値等の履歴データを元に同一機種他号機間の物理的な環境およびプロセス的な環境の機差吸収を行い、同一レシピで同一の出来映えを保障する。

8.4.2.7. チャンバ差吸収

履歴管理機能によって蓄積された履歴データを元に一台の装置内における同一プロセスチャンバー間の物理的な環境およびプロセス的な環境の機差吸収を行い、同一レシピで同一の出来映えを保障する。

8.4.2.8. 保守作業支援機能

EESでは装置エンジニアリング業務について、現場のライン管理者、作業指示が出来るスーパーオペレータ等への作業提案および直接作業を実施するスーパーオペレータや一般オペレータ、保守要員に対する作業支援をする。また、該当する支援情報提案や作業指示内容に対する情報が不足する場合は外部からの支援を受けることができるようにする。スーパーオペレータやライン管理者に対する作業提案としては、保守要員のスキル提案や、保守要員を要するか、現場のオペレータ・レベルで対処できるかの切り分け判断などが挙げられ、スーパーオペレータやオペレータ、保守要員への作業支援としては、保守手順支援やナビゲーションなどがある。

また、外部からの作業支援としては、診断／支援フェイズでは異常診断支援や異常解析支援など、作業提案や作業指示のフェイズでは装置サプライヤのナレッジ・ベースへの接続やエンジニアに依る遠隔提案等が考えられる。

以下にその作業項目を列举する。

(a) 事前提案

- ・保守作業計画立案： 装置状態を解析し、更に生産計画などを鑑み、ライン管理者やスーパーオペレータ等に保守計画を立案できるようにする。
- ・作業スキル指示提案： 作業に必要なエンジニアのスキルを提案できるようにする。

(b) 作業支援

- ・保守手順支援： 保守作業の手順を作業者に情報提供できるようにする。手順については、同時に実施すべき他の保守項目情報の最適化を計るための仕掛けを設ける。保守対象の部品に関する情報を提供できるようにする。
- ・ナビゲーション（電子マニュアル）： 電子化されたマニュアルを用いて、保守作業手順などを分かりやすく導く。電子マニュアルのバージョンアップ、装置使用者による独自マニュアルのアップロード、修正などを可能にする。
- ・EES外からの支援： EESだけでは解決することが出来ない場合、外部からの支援を受けるためのポートが必要になる。このためのインタフェース（前述のインタフェースC）を提供する。具体的な一例としては装置サプライヤからの遠隔診断が挙げられる。

(c) 診断解析支援

- ・異常診断支援： 異常検知の項を参照のこと。
- ・異常解析支援： 異常解析の項を参照のこと。

・データ表示： MMI (Man Machine Interface) 等により装置外部から要求されたデータや、イベントによって発生するデータ等を表示する。

(d) 入力支援

E E Sに情報を入力するためのインタフェースを提供する。例えば、メンテ後の作業記録の入力テンプレートや、作業終了時の装置状態のデータが自動的に付加される機能、装置サプライヤのサービス・エンジニア向けのレポート機能などがある。

8.4.2.9. ネットワーク関連機能

(1) セキュリティ関連

使用ユーザの限定や使用機能の限定を行うことは、装置セキュリティ上必要不可欠である。データもしくは資源を不正アクセスから保護するために、ユーザ管理機能を提供する。E E Sの持つ各画面の参照および変更は、ユーザレベルにより制限がかけられるものとする。また、遠隔診断はインターネット経由で実施されることが前提になっているため、インターネットで一般的に使用される情報暗号化やユーザ認証システムなどをサポートする。

(2) 遠隔装置情報閲覧

装置外E E S機能は遠隔診断のための情報閲覧機能に限って操作ができるようにする。この場合は、通常の装置オペレーションは禁止する。装置の情報閲覧はアクセス権を持った主体者のみが行えるものとする。これはセキュリティにおけるユーザレベル管理と関連することである。

(3) レシピ管理

装置のレシピ管理を行う。例えば、時系列によるレシピの変更履歴の管理、同機種他号機間の横睨み監視などを行う。管理するレシピの編集機能も提供する。同機種他号機間の一括編集もサポートする。また、装置状態を把握しレシピの実行可能／不可能を告知する機能も提供する。この場合、ME S系などにフィードバックリスケジュールリングやディスパッチの組み替えを促す。

8.5. 結び

冒頭でも述べたように、E E Sは、インタフェースの統一を図ることにより製造装置サプライヤ、デバイスメーカーの両者に多くの利益をもたらす。また、E E Sの目標の1つである業務の分離は、新たなビジネスモデルを生むきっかけとなり得る。上記インタフェースは、SEM Iにより公表済みの Background statement to document #3508 “Guide for Equipment Data Acquisition(EDA)”の中で提案したものであり、提案にあたっては、装置サプライヤ、デバイスメーカー両者の負担やニーズを十分に検討した。インタフェースの統一は、製造装置サプライヤ、デバイスメーカーの協力なくしては実現し得ない。できるだけ多くの関係者が本提案に賛同して下さることを期待して止まない。

9. 装置レベル FD/FP 例

大項目	レベル	QA 観点の階層	FD の項目	本書 説明箇所	本書 実装例
運用 FD			経時変化による監視	4.1運用FD	
			処理履歴による監視	4.1運用FD	
			メンテナンス処理による装置状態の監視	4.1運用FD	
			装置エンジニアリングデータで取得するデータの加工によって装置状態を監視する	4.1運用FD	
制御 FD	ジョブレベル	プロセス条件制御	JOB レベルの FD コンテキストデータやレシピの展開値を参照した FD	4.2.1装置コントロールレベルのFD	7.7.1搬送スケジュール監視
	モジュールレベル	プロセス条件制御	プロセス処理においてレシピのモジュールレベルでの展開値による処理と FD	4.2.2モジュールレベルのFD	7.6.1プロセス条件の監視
	サブシステムレベル	プロセスお膳立て条件健全性の確認	PID 制御等のフィードバックループ	4.2.3サブシステムレベルのFD	7.5.2ガス導入系サブシステム
		プロセスお膳立て条件健全性の確認	同上	同上	7.5.3ウェーハステージ温調サブシステム
		装置基本機能性能の確認	複数のデバイスから構成されるシステムの FD	同上	7.5.1真空排気系サブシステム

	デバイスレベル	装置基本機能性能の確認	メカニカルな構成要素でアクチュエータとセンサから構成されるデバイスレベルのFD	4.2.4I/OデバイスレベルのFD	7.4I/Oデバイス動作監視
データ妥当性FD			イベント	4.3.1イベントデータの妥当性検証	
			トレース	4.3.2トレースデータの妥当性検証	
			コンテキスト	4.3.3コンテキストデータの妥当性検証	

10. Appendix

- 委員会担当事務局

社団法人 電子情報技術産業協会 (JEITA) 電子デバイス部

住所： 〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台3丁目1番地
三井住友海上別館ビル3階

電話： 03-3518-6430

FAX： 03-3295-8725

ホームページ： <http://jeita-smtc.elisasp.net/> <http://www.jeita.or.jp/>

- e-Manufacturing 小委員会 EES ワーキンググループメンバー (2005年2月現在)

名前	会社	E メールアドレス
本間三智夫	NEC エレクトロニクス(株)	michio.honma@necel.com
西村英孝	三洋電機(株)	nisi070657@sanyo.co.jp
和田康一	セイコーエプソン(株)	Wada.Koichi@exc.epson.co.jp
平井都志也	ソニー(株)	toshiya.hirai@jp.sony.com
児玉祥一	(株)東芝	shoichi.kodama@toshiba.co.jp
秋森裕之	(株)日立製作所	akimori@mdd.hitachi.co.jp
中瀬秀雄	富士通(株)	nakase@jp.fujitsu.com
大山 泰	富士通(株)	y.ohyama@jp.fujitsu.com
小林 秀	(株)ルネサステクノロジ	Kobayashi.shigeru2@renesas.com
小湊芳仁	(株)ルネサステクノロジ	kominato.yoshihito@renesas.com
篠原壽邦	ローム(株)	toshikuni.shinohara@lsi.rohm.co.jp