

ファクトリインテグレーション¹

概要

ムーアの法則を実現するためには、微細化、100%に近い歩留りへの改善、ウェハサイズの大口径化、その他の生産性の改善を最大限に活用しなければならない。さらに、ムーアの法則実現の基盤となる製造装置を、良品を適切な量でスケジュール通りに効率よく生産するために必要なすべての工場構成要素とともに、完全に統合できる工場が必要となる。また、対機能年 30%というコスト削減のトレンドを何十年間もの間維持するためには、あらゆる可能なコスト削減の機会を活かす必要がある。このペースを維持するには以下の基本的な特徴を持つ生産を精力的に追求しなければならない。即ち、ウェハの単位面積あたりのコストを維持して、テクノロジーとビジネスニーズの変化に対応できるよう、工場の立上げ期間を短縮し、工場の汎用性を向上させることである。(この章への寄稿)

半導体の成功と市場の成長は主として機能単価の継続的な改善によるところが大きい。多くの要素はプロセステクノロジーの進歩、ウェハサイズの大型化、歩留りの向上、製造効率向上を含む生産性向上を牽引してきた。技術革新(high-k ゲート膜、メタルゲート、銅配線/low-k 膜など)の導入の段階と、高集積で複雑な設計や、30マスク層以上の SoC の様なプロセスの複雑さは生産性を維持することが過去の基準と比較して困難になっている。

経済性の面でファブの生産性を向上し続ける一つの積極的な例は 300mm ウェハへの移行である。それは多くの知見によって新しいファブのコストが急激に増大するのを抑える。それにもかかわらず、テクノロジーのコストと、規模による効率を追求する大規模工場建設はファブの投資額を増大し続けている。(ムーアの法則と産業のトレンドを参照)

この注目すべき経歴の継続は現在、下記に述べるようなこの産業の成長を脅かすいくつかの困難なチャレンジに直面している。

1. 複雑な工場と複雑なビジネスモデルの統合

半導体技術、ビジネスの必要条件、より早い製品供給の必要性、および変わりやすい市況などの急速な変化が、歩留り目標の達成や立上げの加速に適合する効果的でタイムリーなファクトリインテグレーションを長い期間にわたっていっそう難しいものになっている。工場は今や複雑な市場への対応と顧客の要求を満たすために、新しい多くの異なった装置タイプとソフトウェアアプリケーションを統合しなければならない。平均売値が低下する市場においては少量品種の生産はマスク費、製造費、極度に困難な工場の統合を招く。工場の複雑さと設備コントロールのための堅牢で十分な機能が必要とされるソフトウェアシステムの欠落は問題をさらに増やすことになる。(混乱を生じるテクノロジーの導入に対しての情報の追加)

¹ ファクトリインテグレーションは市場への投入時期が重要である複雑な製品において利益の得る製造のための工場運用、製造装置、ファシリティ、搬送、工場情報制御システムおよびブローブテストの連携した取り組みである。

2 ファクトリインテグレーション

2. 製造装置の信頼性、利用率、そして多世代活用性

製造装置が投資と経費に対し、非常に大きいインパクトを与える稼働率や利用率の目標についていくことができていない。産業は新しい装置(157nm リソ)や材料(Cu、High K ゲートスタック、Low K 絶縁膜、SOI など)が急速に導入されるために、これまでの装置あるいはスキルの効率的な再利用をすることができなくなっている。

3. 300mm への転換効果の実現

継続的な 300mm への移行は、300mm 量産工場の早急な立上げと、自身で決めた効率目標の達成を求める。ここでいう効率とは 1) 200mm ウェハに対し 2.25 倍以上のチップ数、2) 30%以上のチップコストの削減、3) (人間工学上の要求として)100%の工程内および工程間 の AMHS (Automatic Material Handling System; 自動材料搬送システム) 運用上の柔軟性とコストの改善、4) そのためにキャリア内でそれぞれのウェハのために異なったレシピをトラックする能力、5) 施設、電力消費、排出の縮小などを含んだものである。幾つかの企業では 2001 年に 300mm が立ち上がり始めたが、業界全体では 2003 年の終わりから 2004 年にかけて実質的な効果が現れ始めるだろう。

4. ポスト Bulk CMOS と次世代大口径ウェハ製造パラダイム

新規のデバイスと 300mm 以降の次世代大口径ウェハ(例えば 450mm ウェハ)への転換は半導体産業におけるキーとなる変曲点を表している。Bulk CMOS 以降の新規デバイスに対応する製造装置および生産への潜在的なインパクトは明らかではないが、重要であると予想される。300mm 以上のウェハへの転換は製造コスト効率を改善するもうひとつの変化の機会を表しており、ムーアの法則を実現し続ける半導体産業の能力として重要な要素になる。

これらのチャレンジを取扱うことは、半導体製造におけるいくつかの基本的な特質が改善されなければならないということを意味する。即ち、単位面積あたりの処理ウェハのコストを維持するか下げる、高歩留りで量産するまでの工場立上げ時間を短縮する、新規ビジネス条件やモデルに適応するための汎用性を向上させる、などである。

- 単位面積あたりのコスト ウェハの単位面積あたりの製造コストは生産性を計る一つの指標である。工場投資額は 1980 年代の\$50M から 2003 年の\$3B まで毎年著しく増大してきた²。
- 高歩留りで高い量産性の工場を立上げる時間 工場を高歩留りで量産にまで立上げる時間を短縮することは、運用コストを削減するよりももっと経済的なインパクトが大きい。新工場は、表 86 および表 89 に反映されるように、構築、量産までの立上げが、より速く行われなければならない。また、既存の工場はより速く、進行中の生産に影響を与えないでアップグレードされなければならない。
- 技術とビジネスの変化に対応するために汎用性を増加させること 技術の進歩と企業のグローバルゼーションは電子部品のコスト削減につながっている。これは新市場の開拓を可能にして、新製品導入のペースを増加させるニーズを創造するものである。ビジネス予測におけるこれらの変化に対応する汎用性は大きなコストインパクトなしに向上させなければならない。

² Strategies for determining or dealing with the upper limit of factory cost are beyond the scope of this chapter.

大量生産の工場は製造技術を歴史的に推進しており、ファクトリインテグレーションの焦点となっている。また、高いプロダクトミックスと低いプロダクトミックスの工場の間での異なる必要条件が述べられている。

図 65 で示されるように、半導体工場としての範囲は、ウェハ製造工程と、プローブ・テストを含むチップ製造工程、バックグラインドおよびダイシング(singulation)、最終的にはパッケージが組立てられて、テストされる製品組立て工程にまで至る。シリコン基板の製造と製品流通はファクトリインテグレーションの範囲外である。

工場は先に述べられた必要条件を満たさなければならないが、半導体製造を実行するのに必要である 5 つの技術項目 (thrust)、または機能に分けることにより、より容易に議論できる。5 つの技術項目とは、工場運用 (Factory Operations)、製造装置 (Production Equipment)、搬送 (Material Handling)、工場情報制御システム (Factory Information and Control System)、ファシリティ (Facilities) である。工場運用、および関連する工場ビジネスモデルは他の 5 項目への要求と行動のキーとなる項目である。全体的に見て、これらの 5 項目は困難なチャレンジから技術的要求事項と解決策候補を抽出するために使われている。

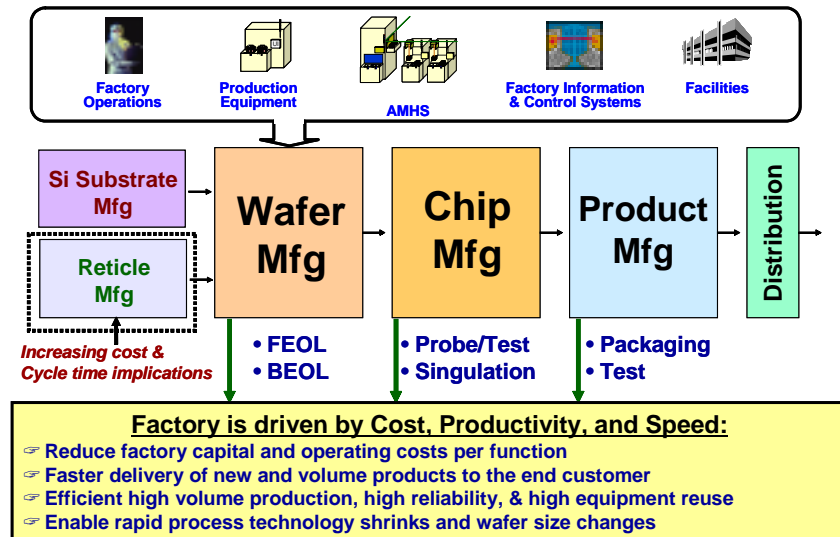


図 65 Factory Integration Scope

課題

FIの課題は、多世代の技術ノードと5つの技術推進領域に関連させてまとめた。多くの工場を跨いで生産が行われる現状の課題とも対応してまとめている。(これらの課題は、しばしば多くの工場を跨いだ運用がバラバラになるのを最小化するため、産業上の問題の技術的解決策に関連している。)工場に対する短期の課題はビジネスや技術、必要最低限の経済課題を含んでいる。

表 84a Factory Integration 課題—短期

課題 ≥ 45 nm/ 2009 年まで	課題の要約
急激に変化する複雑なビジネス 要求対応	<p>多くのビジネスモデルの並存(IDM、ファンダリ、ファブレス、ジョイントベンチャ、協業、アウトソーシングなど)</p> <p>新製品や量産製品の納期短縮要求の増大</p> <p>設計から製造までのトータルなプロセス統合の改善の必要性</p> <p>早い設計 プロトタイプの繰り返し 量産</p> <p>アウトソーシングを使用しているときの顧客へのビジビリティの増加</p> <p>急激な環境変化の中で競争力を保つために、工場の立上げ期間や、装置、プロセスの立上げ期間の短縮</p> <p>ニーズが急激に変化するSOCにおける30以上のマスクを使うシステム構築</p> <p>ビジネス要求の変化によって必要になる急な、たびたびの計画変更</p> <p>工場のアウトプットを最適化するための工場能力モデリング力</p> <p>工場の稼働率を高く保つための装置への定常的な製品着工調整能力</p> <p>グローバルに展開した工場群をあたかも一つの工場として動かせるようにする要求</p>

表 84a Factory Integration 課題—短期(continued)

課題 ≥ 45 nm/ 2009 年まで	課題の要約
マージンが減少している中で難しくなっている目標の達成	<p>コスト目標にマッチングするため、上昇するウェハ、組み立てやその他の材料コストへの影響</p> <p>立上げ時点で、高歩留をより早く達成</p> <p>品質確認のコストを増加させないで、複雑化しているプロセスに対応</p> <p>サプライチェーンに跨る複雑性やムダの削減</p> <p>製品ウェハに匹敵する量の非製品ウェハ(NPW)による非効率性</p> <p>手に入る価格にしようとしている新規設計のマスクセットの高コスト、長納期</p> <p>製造の非効率に起因するマスクや装置問題の増加</p> <p>マスクセットを共有化する挑戦</p> <p>チップサイズやコスト効果のために年当たり70%の割合でシュリンクしているトランジスタのトレンドを保つ難しさ</p>
工場の複雑性の増大管理	<p>プロセス技術の急激な変化に対応した、すばやく、効果的な統合</p> <p>キャリアへの品種混載、ウェハへの製品混載、組み立てでの要素機能混載の管理</p> <p>プロセスや材料に対する増加する清浄度の要求への理解</p> <p>同一工場にアルミと銅が流れる要求</p> <p>複数のプロセスと製品が流れると同時に、プロセス工程数の増加</p> <p>新しく大きなソフトシステム群を、増加する高い依存関係のあるシステム群と同時に管理する要求</p> <p>プロセスとモデリングの要求によって爆発的に増加しているデータ収集と解析要求</p> <p>ウェハレベルやチップレベル・トレーサビリティ要求の増加</p>
工場や装置のロードマップに沿った信頼性、性能や生産性の達成	<p>プロセス装置の稼働可能率、ランレイト、稼働率目標がロードマップ目標未達成</p> <p>工場の運用を保つための装置やシステムの個別や統合化された信頼性</p> <p>密接に統合化された複雑な工場において一つの問題が及ぼす影響の増大</p> <p>製造装置の内部制御の品質課題</p> <p>最適化や問題の改善をするために装置や工場の有効性をはかるデータの欠如</p> <p>工場の能力計画やサプライチェーンマネジメントシステムは、実際の工場データが起こすエラーによって無停止にならない。</p> <p>古い非効率なシステムから新しい効率的なシステムへの移行を妨げているマイグレーションパスの欠如</p>

表 84b Factory Integration 課題—長期

課題 ≥45 nm/ 2009 年まで	課題の要約
生産性の良い最先端の工場の汎用性、多世代活用性、拡張性要求の達成	<p>装置、ファシリティ、スキルを再使用しながら、新しいプロセス技術に対してすばやく切り替える要求</p> <p>新しい技術に工場を切り替えるときに、工場の稼働ダウンの最小限化</p> <p>50k枚 / 月の 300mm 工場に達成するための拡張的立上げ</p> <p>スループットとサイクルタイムの継続的改善</p> <p>多世代の技術ノードに跨る、建屋、製造・サポート装置や工場の情報・制御システムの再利用</p> <p>EFS (Extendibility, Flexibility, Scalability) を実現するまでの事務的コストの理解</p> <p>200mm の工場を 300mm の工場に切り替える能力</p> <p>プロセスや材料の清浄度要求に対する深い理解</p> <p>産業界の要求に合った標準化早さの加速</p>
65nm、45nm ノード時代での量産規模でのプロセス装置の稼働の達成」	<p>多くのプロセスモジュールにおいて、65nm & 45nm 技術ノード時代のプロセスのバラツキに対する許容限界やプロセス目標の厳しさは、プロセス制御の難しさを増加させている。</p> <p>工場へ次世代のリソグラフィ装置をまとめて導入することの複雑さ</p> <p>シュリンクのための包括的な開発・量産の実行計画</p> <p>デバイスやプロセスの複雑性は、特定のプロセス領域の機能問題をトレースすることを難しくする。</p> <p>制御条件とサイクルタイムの目標を保ちながら、それぞれのウェハに対して違うプロセスパラメータを実行することの困難さ</p> <p>パラメータ多様性の影響の減少</p>
環境課題でのグローバルな制限	<p>異なる地域での規制に対応する要求</p> <p>ビジネス要求に対応しながら、なお且つ、いくつかの国における技術的制限事項に対応する要求</p> <p>厳しい ESH コード要求への深い理解</p> <p>除外化学物質や制限された材料</p> <p>新材料の導入</p>
2010 年から 2018 年まで	課題の要約
現在の CMOS プロセス以降における製造の不確かさ	<p>従来の CMOS に代わる新しいデバイスのタイプの不確実性やそれらの製造がもたらす工場設計への影響</p> <p>低いリスクでの移行ができるため、新デバイスの特定、プロセス技術や工場設計の創造の時間的不確実性</p> <p>与えられたチップサイズやコスト目標のために、70% のトランジスタシュリンクを毎年続ける潜在的困難性</p> <p>同一の工場で現在の CMOS も次世代のデバイスも流せる要求</p>
発展段階の工場の論理的枠組みと次のウェハサイズへの移行	<p>次世代のウェハサイズ 450mm やその切り替え時期に対する不確実性</p> <p>次世代のウェハサイズへの切り替えのためには、現在のキャリア 25 枚の方式はとれないかもしれない。また、製造装置や搬送に重大な影響がでるだろう。</p> <p>可能なコストで 450mm への移行を可能とするやめに、どのように建屋、装置、システムの再使用を行うかの不確実性</p>

技術的要求

前述した初期の目標達成に必要とされる技術的要求を検討し、解決されなければならない課題に対する解決策候補を特定するために、工場を互いに関連し合う機能から以下の5つの技術項目に分類した。

- 工場運用は工場内の計画、監視、制御のための方針と手順をカバーする。
- 製造装置は、検査 / プロセス装置と工場における他の構成要素と装置のインタフェースをカバーする。
- 搬送システムは、工場内における材料の移送、保管、認識、トラッキングおよび直接的、間接的な材料の制御をカバーする。
- 工場情報制御システムは、コンピュータのハードウェア、ソフトウェアおよび、製造関連の支援システム、スケジュール、装置 / 材料管理、上位プロセス制御などをカバーする。
- ファシリティは、建屋のインフラストラクチャ、用力、モニタリングシステムをカバーする。
- プローブ・テスト工程は装置を含み、ウェハとチップに対する製造プロセスをカバーする

工場運用

工場運用では、リソースの効率的な活用とインテグレーションについて述べている。即ち、工期と製品仕掛け (WIP) の最小化とスループットの最大化、かつ運用コストを低く維持するための情報管理システム、搬送、装置、用力、および ESH (Environmental, Safety and Health) についてである。装置の指標、特に稼働率向上、有効性、活用もまた技術的要求の表に含まれる。

工場運用に求められる指標として後述する技術的要求の表では、高いレベルの製造指標と、いつでも競争力のあるパフォーマンス特性を実現できる半導体工場に要求される改善目標値を列挙してある。工場運用の指標とは、特急ロットおよび通常ロットの1マスクあたりのサイクルタイム、X-factor、1キャリア内のロット数、1人1日あたりのウェーハ・レイヤー数である。これらの指標は、多品種大規模生産か少品種大規模生産かでさらに分けて示してある。これらの指標は主に月産 40K の多品種工場にフォーカスしている。加えて、工場立上げの指標がある。建物竣工から最初の装置搬入までの期間、装置搬入から最初の一貫処理ウェーハが出てくるまでの期間、製品 / プロセスの切り替え期間、そしてクリンルームのフロア・スペース効率である。

競争姿勢を明確に示した工場のパフォーマンス特性は、多くの要素に依存する。例えば、装置を稼働させる程、工期が長くなってしまうといったトレードオフの関係にある工期と装置資産活用のバランスがある。従って、それぞれの工場は、低い装置資産活用コストに対し、自らが関連するビジネスの切り口で工期を短縮する程度を調節しなければならない。同様に、多品種生産の工場は、少品種大規模生産の工場とは異なる運用形態と意思決定の支援ツールが必要となる。装置などの資産活用については、装置活用、有効性、能力低下の形で把握される。別の指標である装置総合効率 (OEE) は運用の表では明快に述べられていない。それは OEE の重要な要素である活用、有効性が技術の表で把握されるからである。

かつて、工場の基本的なパフォーマンス特性として確立されてきたものに生産性の継続的な向上があった。この生産性の向上は、同じ投資額において、工期を短くすることか、スループットを向上させることのどちらかを表したものである。またレチクルを交換する前に処理できる平均ウェーハ枚数を提示することが必要である。な

ぜならば 450mm ウェーハと対になった多品種工場ではレチクル交換間に処理されるウェーハ枚数がより少なくなるからである。

ここに示す指標は、対象とするものを実現するための研究が、より革新に向けてフォーカスできるようなガイダンスを提供することが主旨である。この革新とは、新しいコンセプト、ポリシー、モデル、アルゴリズム等の形を具体的に描くことである。これらは、開発されたり生産導入されたりするソフトウェア・アプリケーションとして具現化されることになるであろう。そしてこれらのソフトウェア・アプリケーションは、意思決定支援ツール、もしくは実務ツールとして工場全体の情報制御システムに統合されることになり、対象とする工場運用を行うための生産性改善を推進し、支援するツールとなる。

[工場運用の解決策候補](#) は、計画段階の戦略的意思決定の支援ツールと、実際に稼動している工場の戦術的もしくは実務的なツールに分類される。これら 2 つの解決策候補の内容は、まったく異なる。しかし、多品種の工場を効果的に管理するには必要である。戦略的なツールには、多くの分析やレポート機能といった大量のデータを必要とする意思決定支援ツールとして、処理データへの高速アクセスが要求される。データの増加に伴い、必要なデータを収集するだけでなく、インテリジェントな解析とデータに基づく判断をするための正しい徴候を認定、使用するアルゴリズムの発展が必要である。

ひとつの解決策候補として、需要計画と予測のためのツール(アルゴリズム、モデル)がある。工場ネットワーク(ファブ、ソータ工程、組立て工程、テスト工程)に広がった需要情報が正確でも俊敏でもない場合、結果として供給能力やサプライ・チェーン計画が劣ることになる。いつ、どこで、どのくらいの量の製品が必要とされているかを上手く決めることは、生産性改善のための基本である。主要な装置の購入コストは、著しく増加しており、今やウェーハ工場の主要なコストの 75%以上を占め、固定費の内の多くを装置の減価償却費が占めている。ウェーハ・コスト全体に占めるこのコスト増加のインパクトを減らすことは、装置の活用、有効性の改善、(例えば多品種による)セットアップロス、故障による能力ロスの改善が必要とされる。効率的な工場スケジューリングもまた、装置の信頼性と活用の改善の主要な役割をはたし、工期とオン・タイム・デリバリ(OTD; On-Time-Delivery)の改善につながる。高価な製造装置を効果的に利用するためには、効率的なスケジューリングとディスパッチングのツールの活用がなくてはならない。いくつもの要因が工場スケジューリングを複雑なものにしている。これには、ロット・スケジューリング・ツールにもスケジューリング・ポリシーにも効率的に統合されていない AMHS があげられる。リアルタイム・スケジューラとディスパッチャは、AMHS と装置メンテナンスのスケジューリングが統合され、そしてリソースのスケジューリング・ポリシーが製品仕掛りを減らし、オン・タイム・デリバリーを改善し、能力活用を向上させることが要求される。[\(工場運用の解決策候補の表につながる\)](#) [\(追加詳細については工場運用の技術的要求と解決策候補を参照。\)](#)

工場運用の技術的要求

表 85a Factory Operations Technology Requirements—Near-term

Year of Production	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Technology Node		hp90			hp65		
DRAM ½ Pitch (nm)	100	90	80	70	65	55	50
MPU/ASIC ½ Pitch (nm) (Un-contacted Poly)	107	90	80	70	65	55	50
Wafer Diameter (mm)	300	300	300	300	300	300	300
Non-hot lot (average of 94% lots) Cycle time per mask layer (days) X-Factor [1]	1.6 3.2	1.6 3.2	1.6 3.2	1.5 3.1	1.5 3.1	1.5 3.1	1.4 3.05
Hot lot (average top 5% of lots) Cycle time per mask layer (days) X-Factor [1]	0.62 1.4	0.62 1.4	0.62 1.4	0.55 1.3	0.55 1.3	0.55 1.3	0.51 1.3
Super hot lot (average top 1% of lots) Cycle time per mask layer (days)	0.33	0.33	0.33	0.32	0.32	0.32	0.31
High-mix capacity degradation	15%	13.33%	11.67%	10%	8.33%	6.67%	5%
Bottleneck equipment [2] [3] Utilization Availability	90% 92%	90% 92%	90% 92%	92% 94%	92% 94%	92% 94%	94% 96%
Wafer layers/day/head count	55	55	55	61	61	61	67
Number of lots per carrier (high mix) [4]	Multiple	Multiple	Multiple	Multiple	Multiple	Multiple	Multiple
Facilities cycle time (months) 1 st tool to 1 st full loop wafer out	4	3.5	3.5	3	3	2.5	2.5
Node -to-node change-over (weeks)	13	13	13	12	12	12	11
Floor space effectiveness	1×	1×	1×	1×	1×	1×	1×
Average number of wafers between reticle changes	50	45	40	35	30	25	20

量産可能な解決策有り、最適化の検討中

量産可能な解決策が既知

暫定の解決策は既知

量産可能な解決策は未知

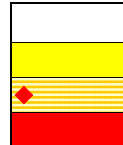


表 85a and 85b の注:

[1] X-factor は継続して改善中。実際の X-Factor 値はプロセス技術または世代の正味プロセス時間に大きく依存する

[2] ボトルネックの装置は通常、リソグラフィ装置とみなす

[3] 活用と有効性は継続して改善中

[4] 多品種の定義は以下の通り:

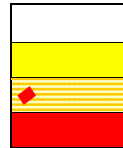
- 同一工場内で3つより多い技術世代が同時に流れている
- 同一の技術世代で10より多いプロセスフローで流れている
- 工場内で50より多い製品が流れている
- 1-10 枚ウエーハの小ロットサイズ
- 露光装置でレチクル交換間の処理ウェーハ枚数が平均50枚以下
- ロット処理開始がカスタマーのオーダーによる
異なる製品、プロセスフローによりロット数がデیلیーで変化
- 50%以上の製品量の製品をもたず、少なくとも5つの製品(製品フロー)がある

10 ファクトリインテグレーション

表 85b Factory Operations Technology Requirements—Long-term

Year of Production	2010	2012	2013	2015	2016	2018
Technology Node	hp45		hp32		hp22	
DRAM ½ Pitch (nm)	45	35	32	25	22	18
MPU/ASIC ½ Pitch (nm) (Un-contacted Poly)	45	35	32	25	22	18
Wafer Diameter (mm)	300	450	450	450	450	450
Non-hot lot (average 100% lots) Cycle time per mask layer (days) X-Factor [1]	1.4 3.05	1.2 3.05	1.2 3.05	1.13 3.05	1.13 3.05	1.05 3.0
Hot lot (average top 5% of lots) Cycle time per mask layer (days) X-Factor [1]	0.51 1.3	0.47 1.2	0.47 1.2	0.44 1.2	0.44 1.2	0.39 1.1
Super hot lot (average top 1% of lots) Cycle time per mask layer (days)	0.31	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
High-mix capacity degradation	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Bottleneck equipment [2] [3] Utilization Availability	94% 96%	94% 96%	94% 96%	94% 96%	94% 96%	94% 96%
Wafer layers/day/head count	67	73	73	81	81	89
Number of lots per carrier (high mix) [4]	Multiple	Multiple	Multiple	Multiple	Multiple	Multiple
Facilities cycle time (months) 1st tool to 1st full loop wafer out	2.5	2	2	1.5	1.5	1
Node-to-node change-over (weeks)	11	10	10	9.5	9.5	9
Floor space effectiveness	1×	1×	1×	1×	1×	1×
Average number of wafers between reticle changes	20	20	20	15	15	13

量産可能な解決策有り、最適化の検討中
 量産可能な解決策が既知
 暫定の解決策は既知
 量産可能な解決策は未知



工場運用に求められる指標の説明

項目	説明
1 マスクレイヤーあたりの サイクルタイム (通常ロット)	1 枚のウェーハを 1 マスクレイヤーあたり処理する総時間の計測。 1 ロット 25 枚ウェーハとする。たとえば、あるプロセスが 20 枚マスク、マスクあたりの サイクルタイムが 1.5 日だとすると、工場(加工・搬送)のトータル・サイクルタイムは、 20 × 1.5 = 30 日となる。これはコストにつながる重要な時間指標である。
1 マスクレイヤーあたりの サイクルタイム (特急ロット)	定義は上記と同様。一般に工場では、通常ロットよりもこれらのロットが優先され る。結果として、特急ロットのサイクルタイムは、1 ロットのウェーハを 25 枚とすると、 通常ロットの 50% 以下となる。新製品の試作ロットは特急品 として処理される。
1 マスクレイヤーあたりの サイクルタイム (超特急ロット)	1 ロットのウェーハを 5 枚とする。一般に工場では、通常ロットよりもこれらのロットが 優先される。迅速にプロセス・フローの下流へとこれらを移動させられるツールが使 われたり、抜き取り検査頻度が少なくされることもある。 結果として、超特急ロットのサイクルタイムは、特急ロットのサイクルタイムより短くな る。

X-factor[1]	<p>X-factor はトータルのサイクルタイム(待ち時間 + ホールド時間 + 正味のプロセス時間 + 搬送時間)を正味のプロセス時間(RPT)で割ったものである。1 ロットの 1 装置における RPT はその装置で 1 ロットが処理される時間である。通常、この時間は装置がロットの処理を開始し、処理が終了するまでで(そのため他の装置へは移動できない)そして次の処理に移動できる。</p> <p>工程の RPT は工程内のプロセス各装置での RPT と総搬送時間の合計である。工程の表には RPT は示されない。なぜならば、X-factor と 1 マスクレイヤーあたりのサイクルタイムが示されているからである。</p> <p>関係式は: $\text{サイクルタイム} = \text{RPT} \times \text{X-factor}$</p> <p>現状のサイクルタイムを 1.6 日 / マスクで、通常ロットの X-factor を 80% の利用で 3.2 とすると通常ロットの $\text{RPT} = 1.6 / 3.2 = 0.5$ となる。</p> <p>通常ロットと特急ロットの RPT が同じとすると、特急ロットの X-factor は“後入れ、先出し”の優先順位で決定される。</p>
多品種によるキャパ低下	<p>多品種(% で示される)による工場運用の不利をキャパのロスとしてみる。</p> <p>このキャパロスはバッチサイズの減少、段取りの増加などによって起きる。</p> <p>これはライン内のすべての装置の段取りの平均である。</p> <p>低下は 5% (少品種、1FOUP に 25 枚のウェーハ、10 ロットごとにレシピ / 段取りを変える、ウェーハ上には 1 製品の場合) から最大 15% (多品種、1FOUP に 25 枚以下のウェーハ、FOUP ごとにレシピ / 段取りを変える、1 ロット内に多製品) に増加する。</p> <p>この指標は有効なキャパ利用に影響する。それは(1-Idle No WIP))と定義される Idle No WIP は装置のキャパの一部である。それは装置が準備状態で装置にかかる WIP がないか装置に搬送中の WIP がない。</p> <p>あるときはオペレータが有効なキャパの利用に貢献していない。</p>
ボトルネック装置の利用と有効性 [2][3]	<p>有効性は SEMI E10³に定義されている。すなわち“装置が必要なときに意図された機能を果たす状態にある見込み。”</p> <p>利用は SEMI E10 に定義されている。すなわち“装置がある指定された時間内で装置が意図された機能を果たす割合。”すべてロット 25 枚。</p> <p>有効性は段取り、無効、処理時間を含む。利用はサイクルタイムを犠牲にすることなしに装置の制約(通常、リソグラフィ装置)を加味した値の時間と考えられている。制約装置の利用(通常、リソグラフィ)は工場の振動となり、出力キャパを決める。</p>
1人1日あたりのウェーハ・レイヤー数	<p>装置のアウトプットと直接人員数を含む生産性の指標。 1日に処理される全ウェーハ枚数と露光マスク数の積を1日の直接人員数で割ったもの。</p>
1キャリア内のロット数(多品種) [4]	<p>トラッキングされ、モニタリングされ、処理される一連のキャリア内のロット数。</p> <p>多品種の工場ではロットあたりのウェーハ枚数は 25 より少なく、製造装置は同一キャリア内の各ウェーハに対して異なるレシピやパラメータで処理できないといけない。</p> <p>また工場内、装置内でトラッキング、モニタ、ウェーハを制御するのに工場の情報制御システムを必要とする。</p> <p>工場の情報制御システムは各ウェーハに対して製造装置が異なるレシピやパラメータで処理するよう導く能力が必要である。</p> <p>キャリアごとのマルチロットは 1 つ以上の製品ロットを意味する。</p> <p>多品種は少なくとも 5 つの多量の製品(製品フロー)で 1 製品が 50% を超える製品量をもたない。</p>
最初の装置搬入から最初の一貫処理ウェーハが出てくるまでの期間(月)	<p>新工場の立上げ時間に関する主要な指標。 最初の装置が搬入されてから最初の一貫処理ウェーハが完成するまでの経過時間。</p>

³ SEMI E10-0699E: Specification for Definition and Measurement of Equipment Reliability, Availability, and Maintainability (RAM).

製品 / プロセスの切り替え期間 (週)	稼働中のラインに新しい製品 / 製造プロセスが導入完了されるまでの時間 (対象とする製造装置が搬入されてから最初のロットが出てくるまで)。約 80% の既存装置が再利用され、20% が新しくされたとする。装置は常に決められた場所が利用できる場所にあるものとし、品質は要求レベルにあるものとする。拡散炉とウェット・プロセス装置は、入れ替えなしとする。初号機は該当しない。
クリーンルームのフロア・スペース効率	クリーンルーム内の装置設置密度の指標であり、製造装置のフットプリントを小さくし、処理を速める要求を加速する。 $(\text{プロセス・ステップ数} \times \text{月産ウェーハ枚数}) / (\text{床面積} \times 30 \text{ 日})$ で表される。すべてのノードにおいて、メタル配線が 1 レイヤー付加され、(ウェーハあたりのプロセス処理時間短縮によって) 進捗率が毎年 4% 改善すると仮定すると、各新規のノードでは、計算上最大で、クリーンルーム単位 m^2 あたり同じアウトプットが達成できる。
レチクル交換間のウェーハの 平均枚数	これは工場内で多品種製品がいかに効率よく処理されたかを測る。 指標が示すように、レチクル交換前に処理されたウェーハの平均枚数である。

製造装置

製造装置の範囲としては工場内の全てのプロセスと評価装置を含む。また、装置コントローラとキャリアやウェハ搬送用の EFEM (装置フロントエンドモジュール) とロードポート、ホストシステムとのインタフェースのファームウェアやソフトウェア、全ての装置への用力インタフェースを含む。製造装置の指標、特にスループット (run rate) の改善、稼働率、利用率も同様に技術的要求の表に含まれる。

製造装置の設計と制御は、単位面積あたりのプロセスコストの維持と削減の重要な要素である。もし、生産性の大幅な改善無しで投資コストの増加傾向が続くと、産業の成長が将来に渡り維持できなくなる。装置の生産性に影響を与えるいくつかの要因がある。それらは下記の項目である。

1. 装置の信頼性、稼働率、利用率向上への解決策を見つけること
2. 装置間バラツキの低減、チャンバマッチングの達成
3. 物理的インタフェースおよびデータインタフェースの標準化による装置間での互換性の改善
4. 複数技術世代やノードに対応できる装置の長寿命化
5. 環境への影響を低減しながらのユーティリティと消耗材料 (非生産ウェーハを含む) の有効利用の達成
6. “相対的、つまり正規化された装置コスト” (プロセス能力要求に対する装置コスト増の比率) をプロセス処理速度の向上により削減する。これは COO (Cost of Ownership) の削減になる。
7. 短切替時間で多品種生産に対応できる、装置固有のセットアップ時間の短縮
8. 多品種生産に伴うロス削減を装置設計技術の向上 (すなわち、セットアップ時間を削減する装置設計とすること)

製造装置の解決策候補 は上記項目の実現に向けた施策が優先される。装置標準と相互利用性の解決が直接的に装置のコスト削減を可能にする。信頼性と利用率の改善は In-situ (イン・サイチュ) モニタや高度なプロセス制御 (APC) 性能、高性能の内蔵コントローラ、自己診断機能、リモート診断能力、枚葉ウェーハ管理および制御等の革新的な解決方法によって実現できる。高効率な装置設計は、より高効率のパワー供給システム、加熱と放熱の方法、水の回収と再利用の最適化により実現される。もう一つの優先分野として、複数のテクノロジー・ノードに対応できる装置の長寿命化の方法をさがることがあげられる。工期の削減や稼働率の向上に向けた装置の適応性として、キャリアレベルとウェハレベルで統合された物流とその制御が能力向上のための解決策候補となる。その他の重要分野としては工期短縮とスペア部品費用の削減の革新的な解決方

法を見つけることがある。(”[Production Equipment Potential Solutions table](#)”へのリンク)(”[additional details on Production Equipment technology requirements and potential solutions](#)”を参照。 ”[additional details on Agile Manufacturing and e-Manufacturing potential solutions](#)”へのリンク)

製造装置の技術的要求

表 86a *Production Equipment Technology Requirements—Near-term*

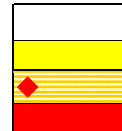
<i>Year of Production</i>	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<i>Technology Node</i>		<i>hp90</i>			<i>hp65</i>		
<i>DRAM ½ Pitch (nm)</i>	100	90	80	70	65	55	50
<i>MPU/ASIC ½ Pitch (nm) (Un-contacted Poly)</i>	107	90	80	70	65	55	50
<i>Wafer Diameter (mm)</i>	300	300	300	300	300	300	300
Throughput improvement (run-rate) per year	Base	+4%	+4%	New base	+4%	+4%	New base
New non-product wafers (NPW) as a % of wafer starts per week	<16%	<15%	<14%	<13%	<12%	<11%	<11%
Overall NPW activities versus production wafers activities	10%	10%	10%	7%	7%	7%	5%
% capital equipment reused from previous node	>90%	>90%	>90%	>90%	>90%	>90%	>90%
Wafer edge exclusion	3 mm	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm
Equipment lead time from setup to full throughput capable	4 wks	4 wks	4 wks	4 wks	4 wks	4 wks	4 wks
Process availability (Ag0)	>85%	>88%	>90%	>92%	>94%	>95%	>95%
Metrology availability (Ag0)	>90%	92%	94%	>95%	95%	>96%	>97%
Intrinsic setup time reduction year to year	Base	10%	10%	10%	12%	12%	15%
Ability to run different recipes and parameters for each wafer	Partial	Partial	Partial	Yes	Yes	Yes	Yes
248 nm lithography scanner productivity (wafers outs per week per tool)	7000	7400	7400	7400	7700	7700	8000
193 nm lithography scanner productivity (wafers outs per week per tool)	5000	5300	5300	5300	5600	5600	6000
Maximum allowed electrostatic field on wafer and mask surfaces (V/cm)	125	100	90	80	70	60	50

Manufacturable solutions exist, and are being optimized

Manufacturable solutions are known

Interim solutions are known

Manufacturable solutions are NOT known



14 ファクトリインテグレーション

表 86b Production Equipment Technology Requirements—Long-term

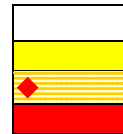
Year of Production	2010	2012	2013	2015	2016	2018
Technology Node	hp45		hp32		hp22	
DRAM ½ Pitch (nm)	45	35	32	25	22	18
MPU/ASIC ½ Pitch (nm) (Un-contacted Poly)	45	35	32	25	22	18
Wafer Diameter	300	450	450	450	450	450
Throughput improvement (run-rate) per year	New base	+10 to 12%	+10 to 12%	+10 to 12%	+10 to 12%	+10 to 12%
New non-product wafers (NPW) as a % of wafer starts per week	<11%	<10%	<10%	<9%	<9%	<9%
Overall NPW activities versus production wafers activities	5%	5%	5%	5%	5%	5%
% capital equipment reused from previous node	>90%	>70%	>70%	Limited	Limited	>70%
Wafer edge exclusion	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm	2 mm
Equipment lead time from setup to full throughput capable	4 wks	4 wks	4 wks	4 wks	4 wks	4 wks
Process availability (A80)	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%	>95%
Metrology availability (A80)	>98%	>98%	>98%	>98%	>98%	>98%
Intrinsic setup time reduction year to year	15%	17%	17%	17%	17%	20%
Ability to run different recipes and parameters for each wafer	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
248 nm lithography scanner productivity (wafers outs per week per tool)	8000	8000	8000	8300	8300	8500
193 nm lithography scanner productivity (wafers outs per week per tool)	6000	6000	6000	6300	6300	6500
Maximum allowed electrostatic field on wafer and mask surfaces (V/cm)	50	35	35	25	25	18

Manufacturable solutions exist, and are being optimized

Manufacturable solutions are known

Interim solutions are known

Manufacturable solutions are NOT known



製造装置の技術的要求の項目説明

項目	説明
多品種少量生産における年毎のスループット向上率	スループットはウェハ毎のプロセス時間の削減、装置内ウェハ搬送やステージ載置ステップといった付加価値を生み出さない時間の削減、装置制御コントローラの効率向上、ウェハプロセスステップシーケンスの不要時間の削減によって実現される。仮に、要求値が 4% である場合、現状の時間あたりの処理数が 100 枚であれば、翌年要求される値は時間あたり(100 × 1.04)=104 枚で翌々年は (104 × 1.04)=108 枚である。
1 週間当たりの生産数に対する新規非生産ウェハ(non-product wafers :NPW) 使用率	新規に使用する非生産ウェハの量を同じ期間の生産量で割った値。非生産ウェハにはテストウェハ、モニタウェハ、評価用ウェハ、ダミーウェハなどがある。
生産数に対する全非生産ウェハ使用率	使用するすべての(新品、再生品の合計) 非生産ウェハの量を同じ期間の全生産量(再生ステップにかかわる生産数を含む)で割った値。非生産ウェハについては上記項目の説明を参照のこと。
生産装置の再利用率	前世代の装置のうち、次世代でも使用可能な生産装置の割合。例えば、前世代の装置のうち、X 台が次世代でも使用可能であり、また、次世代で使用する装置が全部で Y 台であるとすると、再利用率は X/Y で定義される。
物理的に良品が取れないウェハエッジ幅	製品チップを形成できないウェハ端からの領域(単位は mm)。ウェハ両面を含む。
装置立ち上げからフル生産までのリードタイム	装置が設置されてから、所定のスループットで生産できるようになるまでの時間。この値は主にこの値が最も長いリソ装置に適用される。
プロセス装置の稼働率(A80)	プロセス装置(検査装置を除く)の稼働率は 100%から(計画ダウンタイム%-準備時間%+非計画ダウンタイム%)を引いた値。計画・非計画ダウンタイムは SEMI E10 で定義されている。

検査装置の稼働率(A80)	検査装置の稼働率は 100%から(計画ダウタイム%-準備時間%+非計画ダウタイム%)を引いた値。計画・非計画ダウタイムは SEMI E10 で定義されている。(英語原文誤植と思われる。要確認)
装置固有立ち上げ時間の年間短縮率	装置固有の立ち上げ時間の短縮は主にプロセス装置における立ち上げ能力の改善(ソフトウェア・ハードウェアの改善)や品質確認の早期化に依存する。
ウェハ単位で異なるレシピやパラメータで処理する機能	製造装置にキャリア内の各ウェハ毎に異なるレシピやパラメータで処理する機能。この機能によりキャリア内のマルチロット化が容易となる。基本的な要求項目として、工場内の各ポイントでまたは装置内部において、ウェハのトラッキングやモニターおよび制御可能な機能を備えていること。製造装置にとっては、同一キャリア内またはキャリア間で連続的に処理が可能となる”レシピ連続処理”の拡大に寄与できる。
248nm スキャナーの生産能力(週あたりのウェハ生産数)	248nm スキャナーとして使用した場合の稼働日数当たりの平均良品処理枚数。
193nm スキャナーの生産能力(週あたりのウェハ生産数)	193nm スキャナーとして使用した場合の稼働日数当たりの平均良品処理枚数。
ウェハ・マスク表面間の最大許容電界 (V/cm)	使用キャリアから抜き取られた時のウェハ・マスク表面間の許容電界。測定方法は SEMI E78 ⁴ と E43 ⁵ を参照。

材料搬送システム

効率的で迅速な材料搬送への要求と組み合わされた人間工学と安全からの課題は、300 mm ウェハ以降の世代の材料搬送システムを明確にするための主要な原動力となる。この自動材料搬送システムは、通常のプロセスフローで使われる全ての製造装置に対して直接的なインタフェースを持ちながら、十分な投資効果(ROI; Return on Investment)を上げなければならない。300 mm 製造装置の装置寸法の増加を見るに伴い、工場フロアスペースの有効活用は改善されなければならない。製作と据え付け期間を短縮し、さらにプロセス装置と検査装置の統合を通じてフロアのスペース効率の改善策が開発されなければならない。

表 87 は、材料搬送システムに対する需要が増加するにつれ、ベイ間とベイ内に分かれた搬送システムが、それらが統合されたもの(装置間のダイレクト搬送システム)にまとめられていく必要があるという前提に立って作られている。これは、1つのシステムや1つのサプライヤの1つのシステムを意味するのではなく、そのシステムは複数のサプライヤ(最も優れたシステムを持つ)の互換可能なサブシステムから作られることもあり、またストックを経由したロットの送り込みを無しで済ませる性能を有することもある。

このような環境において効率的な生産を行うために、サイクルタイムを短縮させ、製造装置の生産性を向上させ、保管量に関する要求量を減らし、搬送のトータル量を減らすことを目標として、WIP(Work in Process)スケジューリングとディスパッチングシステムを保管及び搬送のシステムと統合する必要がある。ダイレクト搬送の優先は下記のとおりである。

1. スーパーホットロット(< WIPの1%)と通常ホットロット(約WIPの5%)
2. ボトルネック装置について常時稼働状態にすることを保証する。

⁴ SEMI E78: *Electrostatic Compatibility – Guide to Assess and Control Electrostatic Discharge (ESD) and Electrostatic Attraction (ESA) for Equipment.*

⁵ SEMI E43: *Guide for Measuring Static Charge on Objects and Surfaces.*

3. 重要な検査工程、センドアヘッドウェハ、その他タイミングのあったロットのために、ダイレクトの装置間搬送を活用する。現在開発中であり、品質検査と試験生産が 2004-2006 の早い時期に行われることが期待される。

WIP を搬送するため 300 mm 工場におけるダイレクト搬送システムの実現を進めると同時に、多品種を大量に作るような IC メーカーでは、レチクル SMIF (Standard Mechanical Interface) ポッドに入ったレチクルの自動搬送が必要とされる。WIP とレチクルの自動材料搬送システムは、それらが同様の性能特質を有することを実証する必要性が期待されている。IC メーカーはレチクルストックに関して異なる保管方法を選択するかもしれない。ストック内でレチクルのみを保管する場合とレチクル SMIF ポッドの形で保管する場合がある。レチクル搬送システムの解決策候補は、リソ装置の設置面積、稼働率、据付け、さらに解体に対して悪い影響を与えてはならない。IC メーカーによる自動レチクル搬送システムの採用は、その工場に適用されるビジネスモデルに依存する。

次の 4 年間を通じて材料搬送装置とその構成機器の故障を約半分まで減らし、その故障に対する復旧時間も同様に減らさなければならない。スループットの向上も搬送時間の短縮とともに十分に達成されなければならない。その上、材料搬送システムは、工場における多世代活用性や汎用性に対する要求に答えられるように設計される必要がある。[\(材料搬送解決策候補表にリンク\)](#) (詳細は材料搬送技術要求と解決策候補の補足ファイル参照のこと)。

表 87a Material Handling Systems Technology Requirements—Near-term

Year of Production	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Technology Node		hp90			hp65		
DRAM ½ Pitch (nm)	100	90	80	70	65	55	50
MPU/ASIC ½ Pitch (nm) (Un-contacted Poly)	107	90	80	70	65	55	50
Wafer Diameter (mm)	300	30	300	300	300	300	300
Transport E-MTTR (minimum per SEMI E10)	15	12	10	9	9	8	8
Storage E-MTTR (minimum per SEMI E10)	30	25	25	25	20	20	20
Transport MMBF	5000	7000	8000	11000	15000	25000	35000
Storage MCBF	22000	25000	30000	35000	45000	55000	60000
Peak system throughput (40K WSPM)							
Interbay transport (moves/hour)	2075	2150	2250	2500	N/A	N/A	N/A
Intrabay transport (moves/hour)—high throughput bay	190	200	210	230	N/A	N/A	N/A
Transport (moves/hour)—unified system	N/A	4100	4240	4740	4900	5000	5000
Stocker cycle time (seconds) (100 bin capacity)	14	12	12	10	10	10	10
Average delivery time (minutes)	8	6	6	5	5	5	5
Peak delivery time (minutes)	15	12	12	10	10	10	10
Hot lot average delivery time (minutes)	4	3	3	2	2	2	2
AMHS lead time (weeks)	<12	<11	<10	<9	<8	<8	<8
AMHS install time (weeks)	<16	<14	<12	<10	<10	<10	<10
Downtime to extend system capacity when previously planned (minutes)	<90	<60	<30	<30	<15	<15	<0

E-MTTR—mean time to repair equipment-related failures

MMBF—mean move between failure

MCBF—mean cycle between failure

Manufacturable solutions exist, and are being optimized

Manufacturable solutions are known

Interim solutions are known

Manufacturable solutions are NOT known

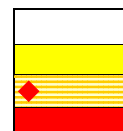


表 87b Material Handling Systems Technology Requirements—Long-term

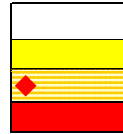
Year of Production	2010	2012	2013	2015	2016	2018
Technology Node	hp45		hp32		hp22	
DRAM ½ Pitch (nm)	45	35	32	25	22	18
MPU/ASIC ½ Pitch (nm) (Un-contacted Poly)	45	35	32	25	22	18
Wafer Diameter	300	450	450	450	450	450
Transport E-MTTR (minimum per SEMI E10)	8	8	8	7	7	6
Storage E-MTTR (minimum per SEMI E10)	20	20	20	15	15	10
Transport MMBF (mean move between failure)	35,000	45,000	45,000	55,000	55,000	65,000
Storage MCBF (mean cycle between failure)	60,000	70,000	70,000	80,000	80,000	100,000
Peak system throughput (40K WSPM)						
Interbay transport (moves/hour)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Intrabay transport (moves/hour)—high throughput bay	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Transport (moves/hour)—unified system	5000	5000	5000	5000	5000	5000
Stocker cycle time (seconds) (100 bin capacity)	10	10	10	10	10	10
Average delivery time (minutes)	5	5	5	5	5	5
Peak delivery time (minutes)	10	10	10	10	10	10
Hot lot average delivery time (minutes)	2	2	2	2	2	2
AMHS lead time (weeks)	<8	<8	<8	<8	<8	<8
AMHS install time (weeks)	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Downtime to extend system capacity when previously planned (minutes)	<0	<0	<0	<0	<0	<0

Manufacturable solutions exist, and are being optimized

Manufacturable solutions are known

Interim solutions are known

Manufacturable solutions are NOT known



材料搬送システム要求の項目説明

項目	説明
搬送 E-MTTR(SEMI E10 による最小値)	<p>装置関連(AMHS 搬送)の故障を修理するための平均時間;装置関連の故障を修正しそれが元の機能を果たすことができる状態に装置を復帰させるための平均時間;指定された期間(装置とプロセス試験時間を含むがメンテナンスの遅れ停止時間を含まない)に負ったすべての装置故障時間の合計時間(経過時間であり、合計人時ではない)をその期間内に起こった装置関連の故障の回数で割ったもの。</p> <p>注) 非計画でサプライヤ依存の故障と考えられる。ベイ間とベイ内搬送システムを含む。構成機器のオフライン修理は、この時間には含まない。組み込みソフトウェアの制御システム(搬送コントローラ)は含む。保管のための AMHS 装置や保管装置によって引き起こされたエラーは含まない。ロードポート、FOUP キャリアや MES レベルのソフトウェアの問題は含まない。レチクルシステムは含まない。</p>
保管 E-MTTR(E10 による最小値)	<p>装置関連(AMHS 保管)の故障を修理するための平均時間;装置関連の故障を修正しそれが元の機能を果たすことができる状態に装置を復帰させるための平均時間;指定された期間(装置とプロセス試験時間を含むがメンテナンスの遅れ停止時間を含まない)に負ったすべての装置故障時間の合計時間(経過時間であり、合計人時ではない)をその期間内に起こった装置関連の故障の回数で割ったもの。</p> <p>注) 非計画でサプライヤ依存の故障と考えられる。保管装置のロードポートと組み込みソフトウェアを含む。ベイ間、ベイ内搬送、またはこれらエラーによって引き起こされた事故は含まない。FOUP キャリアまたは MES レベルのソフトウェアの問題は含まない。レチクルシステムは含まない。</p>

搬送 MMBF (故障間の平均搬送回数)	人が故障を直すために介入するまでの AMHS のベイ間とベイ内搬送装置によって行われた平均サイクル回数(A ポイントから B ポイントへの搬送)。搬送回数 / サプライヤ依存の非計画故障回数。搬送回数の詳細については本表の搬送(回数/時間)の定義を参照のこと。
----------------------	--

材料搬送システム要求の項目説明(続き)

項目	説明
保管 MCBF (故障間の平均サイクル)	人が故障を直すために介入するまでの AMHS の保管装置によって行われる平均サイクル回数(A ポイントから B ポイントへの搬送)。ストックサイクル回数 / サプライヤ依存の非計画故障回数。ストックサイクルの詳細については本表のストックサイクルタイム(100 個)の定義を参照のこと。
ベイ間搬送(回数/時間)	ベイ間搬送システムによって行われる時間あたりの搬送回数である。ベイ間搬送の 1 回の搬送は、あるストックのあるベイ間ピークルへの積み込みから搬送先ストックでの同一ピークルからの積み降ろしまでのキャリア搬送として定義される。搬送回数は、ホストである材料制御システム(MCS)によってカウントされる。
ベイ内搬送(回数/時間)	ベイ内搬送システムによって行われる時間あたりの搬送回数である。ベイ内搬送の 1 回の搬送は、ロードポート間(ストックのロードポートと製造装置のロードポートの間、2 つの製造装置のロードポート間)のキャリア搬送として定義される。搬送回数は、ホストである材料制御システム(MCS)によってカウントされる。
統合システムにおけるダイレクト搬送(回数 / 時間)	1 回の搬送とは、2 つのロードポート(ストック、プロセス装置、または搬送システム間の搬送ポイント)間のキャリア搬送として定義される。 注) 搬送元から搬送先ロードポートへのストックロボットの搬送は同時に起こるとは想定しないし、システムスループットの搬送回数にも含まない。搬送回数は、ホストである材料制御システム(MCS)によってカウントされる。
ストックサイクルタイム (100 個容量)	ストックサイクルタイムは、ホストである MCS が搬送命令を発してからストックが完了報告をホストに対して行うまでの時間として定義される。物理的な動作は、ポートまたは保管場所へのストック内部ロボットの回送、キャリアの積み込み、それをもう1つのロードポートまたは同じストック内の保管場所への搬送から成る。ストックサイクルタイムは、所定の期間を通じた幾つかの異なるタイプの搬送の平均として決定される。この搬送は、すべてのロードポートとすべての棚の場所を含む。各搬送は、異なるキャリアの間で交互に行われる必要がある。
平均搬送時間(分)	MES からのキャリア搬送に対する要求を受けてキャリアが搬送先の装置のロードポートに到着するまでの時間である。
ピーク搬送時間(分)	ピーク搬送時間は、平均搬送時間に2倍の標準偏差を足したものとして定義されるピーク搬送性能と考えられる。
AMHS 製作期間(週)	材料搬送システムに関して発注が発令してから最初の積み渡しがサプライヤドックで行われるまでの週単位の経過時間である。発注命令が出された時に装置構成は決定されていることを前提とする。この製作時間は、サプライヤの需要量に影響されるべきでない。
AMHS 据付期間(週)	材料搬送システムの最初の構成機器がサプライヤドックから搬入された時から最後の構成機器が据え付けられ、立上げられ、フル性能を満足するかどうかのテストが完了するまでの週単位の経過時間である。新しい工場で材料搬送システムの据付に対して障害のないことを前提としている。約 200m × 80m で 15-20 の短い工程から成る工場の大きさに基づくものである。レチクルシステムは含まない。
事前に計画された場合のシステムの拡張に必要な停止時間(分)	オリジナルの設計の中に事前に盛り込まれている場合において、システム軌道の延長に対する接続や新しいストックの設置に要求される分を単位とする材料搬送システムの故障時間に関する材料搬送への影響である。

工場情報制御システム

工場情報制御システム (FICS; Factory Information and Control System) の範囲は、コンピュータハードウェアとソフトウェア、製造実行と決定支援システム、工場スケジューリング、装置と搬送システムの制御およびプロセス制御を含んでいる。FICS アプリケーションは、工場運用、製造装置と搬送システム を含むいくつかの機能分野において技術的要求を満たすポテンシャルソリューションを見出すのに不可欠である。

製造装置と工場運用は、装置性能改善を実現するために、FICS アプリケーションに強く依存している。FICS アプリケーションは、装置利用率、稼働率、ランレートを、正確に、探知しなければならない。深査した報告により、工場は、いち早く、性能ロスの回避や改良の好機を特定できるようになる。ボトルネック装置の平均故障間隔時間(MTBF; Mean Time between Failures)や平均復旧時間(MTTR; Mean Time to Repair)を改善するためには、装置状態のアクティブなモニタリングが要求される。装置エンジニアリング・システムでの e-diagnostic および e-manufacturing 能力に対するアプリケーションが、今まで以上のデータ収集と分析、装置状態のモニタリング、リモート診断機能、突発の修理や装置復旧時間を最小にするための将来の故障予知を可能にし、MTTR と MTBF を改善していく。

材料が処理可能となっている時には、工場は製造装置の待ち時間を低減しなければならない。FICS アプリケーションは、工場スケジューラ/ディスパッチャおよび自動搬送システム、装置トラッキングシステムと結合し、生産実行システム(MES; manufacturing execution system)の統合化をサポートしなければならない。これらの異なるシステムの統合化が、装置の待ち時間を最小にして、適時な材料出荷を保証するために、1 つの装置で次に、何の材料が、処理されるか決めるために要求される。処理状態、ロードポートの空き状態、予知保全(PM; Predicted Maintenance)、スケジューリング、工期見込みなど、装置から情報を集める必要がある。そして、次に処理される材料を示す、動的なディスパッチ・リストと比較される必要がある。装置へ材料の次のセットが、正確に、いつディスパッチするのか、AMHS キューイングが決定したように、現状の材料の所在に基づいて、見積られた走行時間に対しても、評価されなければならない。歩留り管理システムを備えた更なる統合化では、歩留りを最大にする装置へ、材料を提供する最適経路を指示することが可能になる。e-diagnostic および PM システムを備えた統合化は、装置使用トレンドに基づいた予知保全を可能にする。工場システムによるインテリジェントな分析は、PM の実施が、装置状態および工場生産高の両方へのどのようなインパクトがあるのか、予測することにより、未来に予定されたか、プッシュされ、より早く終えることができるか、どうかについて、自動的に意志決定できるようになる。

工場運用面から特に、優先ロットのサイクルタイム削減要求から AMHS への追加の技術的要求とポテンシャルソリューションが生まれている。その中には、統合配送、ストックへ返すこと無しに直接装置に材料を運ぶダイレクト搬送が含まれる。このような製造技術の転換は、必要な時期に適切な材料が手に入ることを保証するため、優先ロットとチャンバレベルの詳細な装置状態の情報とスケジューラ、ディスパッチャ、搬送システムを統合することを要求している。将来の工場システムは、ダイナミックに現状の材料の所在を知り、かつ材料が正しい製造装置に的確に送られることを保証する能力を含んだ、場所を取らない AMHS に基づいた保管システムをサポートしなければならない。

歩留り改善は、さらに FICS に強く依存する。FICS のポテンシャルソリューションは、データ取得と、プロセスの逸脱を防ぐ advanced process control system と、相互作用し、歩留りを改善し、非製品処理を削減し、再加工により発生したサイクルタイムを縮小して、装置較正および保守の低減を提供する。FICS のポテンシャルソリューションは、故障検知および分類(FDC; fault detection and classification)、ロットやウェーハレベルの run-to-run control と、integrated metrology 能力を含んでいる装置エンジニアリング・システム(EES; equipment engineering system) を含有している。プロセスコントロールは、プロセス実行から実行までの間やプロセス実行中に、それぞれのウェーハを異なるプロセス・パラメータで実行する能力をサポートすることができなければならない。それらは、他のプロセス制御や工場システムソフトウェアとデータを交換するロバストな方法でなければならない。プロセスコントロールシステムでは、これらのアプリケーションが要求性能をサポートするのに、信頼でき、計量可能であることが必要とされる。コストとサイクルタイムの低減を実現するために、「エンジニアリング・チェーン」のコンセプトは設計から最終製品まで、正確で、柔軟で、迅速なデータ交換を進めることである。設計、マスク加工、ウェーハ加工および最終加工を含むエンジニアリング・チェーン・パートナーを統合するための共通のデータモデルは、最適な生産効果に必要とされる必須情報へのアクセシビリティを円滑にしている。マスクコストおよびサイクルタイムの増大に対応して、エンジニアリング・チェーン ポテンシャルソリューションはマスク運用に当初、焦点を合わせた。ウェーハ・リソグラフィ・プロセス・マージンが低下することで、必要とされた、強引な光学的近接補正(OPC; optical proximity correction)は、データ爆発的增加やマスク生産サイクルタイムの増大を引き起こしている。また、それはマスク生産歩留りの低下により、過度に狭められたマスク許容差によって、更に悪化している。OPC とデータ準備のための時間と同様にテーパーアウト・データを送り、ロードする時間も、各ノードにつれて著しく増加する。FICS ソリューションは、将来のノードデザインの中で、増大して行く複雑さに対応して、2004 年から、これらのオペレーションのための安定したサイクルタイムを保全するために要求される。

ウェーハ製造歩留りを維持しながら、OPC とマスクの許容差を最適化することは、マスク製作者に対し、コンテキストに応じたマスク許容度を、設計者に効率的に連絡することを要求している。また、設計技術者に、マスクとウェーハのリソグラフィ・プロセス能力に関する正確な情報の適時の交換も要求している。既存の多様な専用のデータフォーマットは、一直線とならなければならないデータの流れに対して、設計の意図や下流の生産能力を不明瞭にしている。生産目標を明瞭にするため、装置およびプロセスを特徴づける本質的なデータおよびフィードバック・メカニズムが明確にされなければならない。既存の粉々となったデータの流れは、データの爆発的增加やマスク書込みツール速度の減少の 2 つの主なマスク工期・コスト増大要因のうちの二因となって、オリジナル設計データ中の上下関係を台無しにしている。今後の設計およびリソグラフィ手段をサポートするマスク・データフォーマットは、データフローを効率的にする。エラー発生時の経費の公正な分担や製作性のための設計をサポートするために、エンジニアリング・チェーンに沿った要求を有効に連絡するための情報モデルのような研究が、FICS ポテンシャルソリューション上で必要である。データがエンジニアリング・チェーンの全体にわたってよりアクセス可能になるに従って、FICS はさらにセキュリティ上の問題を扱わなければならない。

これらの目標を成し遂げるには、業界のインタフェース標準への適合が要求される。装置固有そして / あるいは製造固有に定義された専用インタフェースは受容できない。IC メーカーと FICS サプライヤ双方の実装時間とコスト増大に繋がる固有策を避けるため、オープンで標準化されたインタフェースが要求されている。Agile manufacturing とプロセス制御を支援する新しい標準が、SEMI の装置データ収集ための新規標準を織り込んで、要求される。これらの新規標準を開発する時間は、IC メーカーと FICS サプライヤの協力により短縮されな

ればならない。標準ベースの FICS アプリケーションが工場要求に合わせて入手できるよう、新規標準の開発と標準化された FICS の開発を並行して進めることにより、FICS の標準への適合リードタイムを短縮することが必要である。ITRS 参画企業と大学のグループが、工場規模のアプリケーションと制御システムアプリケーションを開発・統合する時期を決定するための調査研究を行い、改良点追加の機会を見極める必要がある。最終的には、標準に準拠したアプリケーションが市場に供給される時間を短縮することにより、統合のための時間とコストが低減され、IC メーカーとサプライヤは固有の統合対応にではなく能力改善に集中することができる。また、新しいアプリケーションを既存の工場に統合する際のリスクも減少される。

工場でプロセスと技術がアップグレードされる際に、非常に高いレベルでソフトウェアが再利用できるようにするため、ソフトウェアの汎用性と多世代活用性が要求される。半導体製造メーカーが新しい技術、プロセス、あるいは製品を開発するか、もしくは新しい装置あるいは工場を導入する時、工場情報制御システムを再利用できることが望ましい。再利用性の目標が、新規サプライヤ、新しい考え、システム、あるいは技術の採用に妨げとならないようにしなければならない。この目標は、1つのテクノロジー・ノードから次のノードまでのソフトウェアシステムのモジュール性と拡張性を保証し、新規アプリケーション導入の際に生じるリスクとコストを減らすことを意図したものである。

増大した複雑さによる困難なチャレンジは、製造装置と AMHS によるデータ増大を招く。製造装置は、欠陥検出のために必要とされるセンサデータ、APC データ、装置パフォーマンスデータ、そして 300 mm の処理に必要とされるウェーハレベル情報など、多量のデータを提供することになる。工場情報制御システムは、この増加したデータの収集および蓄積 / 検索の処理ために拡大可能なものでなければならない。さらに、FICS は大規模なデータをフィルタリングして、工場運用あるいはビジネスレベルでの意思決定に必要とされる特定の情報セットを識別する能力をサポートしなくてはならない。ビジネスレベルソフトウェアシステムと FICS アプリケーションを統合することで、サプライマネージメントのための正確な工場フロアデータと改善された製品のトラッキングが提供される。ポテンシャルソリューションが、このレベルでの統合を可能にする技術(たとえば XML ; extendable markup language)の標準化を要求している。

表 88 に示されるように、工場情報制御システムへの依存が高まることで、システム稼働率が非常に重要になっている。工場に必須なアプリケーションに対する平均故障間隔時間(MTBF)は、6 ヶ月から 2 年に延ばされている。増大した工場の複雑さが、工場情報制御システムの統合拡大を生んでいる。このために、ひとつのアプリケーションの故障によって引き起こされる工場全体の操業停止件数を減少させることへ注意が向けられる。さらに、工場に必須なシステムやデータベースのインストールやアップグレードの時間は、工場運用への影響を最小限に押さえるレベルでなければならない。ポテンシャルソリューションには、ダイナミックなアップグレードができるソフトウェアアプリケーションとデータベース、工場システムの状態のモニタや、ロード・バランシングを促すソフトアプリケーション、そしてフェールオーバーに対し、透明性を有したハードウェア・スイッチングを備えた無停止コンピュータシステムなどが挙げられる。

一般に、システム性能はさらに将来の工場予測に対応しなければならない。材料仕掛に必要な生産実行システム(MES)は、特に 40K の WSPM を有する工場(25 枚 FOUP を前提にして、)に毎時 40,000 (「into」及び「out」操作処理)までの処理をサポートしなければならない。

22 ファクトリインテグレーション

表 88a Factory Information and Control Systems Technology Requirements—Near-term

Year of Production	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Technology Node		hp90			hp65		
DRAM ½ Pitch (nm)	100	90	80	70	65	55	50
MPU/ASIC ½ Pitch (nm) (Un-contacted Poly)	107	90	80	70	65	55	50
Wafer Diameter (mm)	300	300	300	300	300	300	300
Availability of mission critical application (% per year)	99.977	99.980	99.986	99.986	99.987	99.990	99.991
Downtime of mission critical application (minutes per year)	120 min	105 min	75 min	75 min	68 min	53 min	45 min
Mean time to recover for mission critical applications (minutes down per year)	60	45	30	15	<15	<15	<15
Availability of the total factory system (% per year)	99.909	99.920	99.943	99.943	99.949	99.960	99.966
Factory down due to unscheduled FICS downtime due to FICS (minutes per year)	240 min	180 min	120 min	120 min	90 min	90 min	60 min
Factory down due to scheduled FICS downtime (minutes per year)	240 min	240 min	180 min	180 min	180 min	120 min	120 min
MCS design to support peak number of AMHS transport moves (moves/hr)	12K	12.3K	12.7	14.2	14.7	15K	15K
FICS design to support peak number of AMHS direct transport moves (moves/hr)	N/A	N/A	1270	1420	1470	1500	1500
Time to send and load tape-out data into mask shop data system (hours)	5–10	6–12	6–12	6–12	6–12	6–12	6–12
Time for OPC calculations and data preparation for mask writer (days)	2.5–5.5	4–8	4–8	4–8	4–8	4–8	4–8
Time for OPC calculations only (days)	2–4	3–6	3–6	3–6	3–6	3–6	3–6
% Factory information and control systems reusable for next node	>93%	>93%	>93%	>93%	>93%	>93%	>93%
Ability to run/adjust different recipes/parameters within a run	Partial	Partial	Partial	Partial	Yes	Yes	Yes

Manufacturable solutions exist, and are being optimized

Manufacturable solutions are known

Interim solutions are known

Manufacturable solutions are NOT known

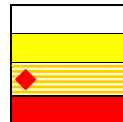


表 88b Factory Information and Control Systems Technology Requirements—Long-term

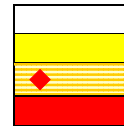
Year of Production	2010	2012	2013	2015	2016	2018
Technology Node	hp45		hp32		hp22	
DRAM ½ Pitch (nm)	45	35	32	25	22	18
MPU/ASIC ½ Pitch (nm) (Un-contacted Poly)	45	35	32	25	22	18
Wafer Diameter (mm)	300	450	450	450	450	450
Availability of mission critical application (% per year)	99.991	99.994	99.994	99.999	99.999	99.999
Downtime of mission critical application (minutes per year)	45 min	30 min	30 min	8 min	8 min	4 min
Mean time to recover for mission critical applications (minutes)	<15	<15	<15	5	5	2
Availability of the total factory system (% per year)	99.966	99.977	99.977	99.994	99.997	99.997
Factory down due to unscheduled FICS (minutes per year)	60 min	60 min	60 min	30 min	15 min	15 min
Factory down due to scheduled FICS downtime (minutes per year)	120 min	60 min	60 min	0 min	0 min	0 min
MCS design to support peak number of AMHS transport moves (moves/hr)	15K	15K	15K	15K	15K	15K
FICS design to support peak number of AMHS direct transport moves (moves/hr)	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Time to send and load tape-out data into mask shop data system (hours)	6–12	6–12	6–12	6–12	6–12	6–12
Time for OPC calculations and data preparation for mask writer (days)	4–8	4–8	4–8	4–8	4–8	4–8
Time for OPC calculations only (days)	3–6	3–6	3–6	3–6	3–6	3–6
% Factory information and control systems reusable for next node	>93%	>80%	>80%	>80%	>80%	>80%
Ability to run/adjust different recipes/parameters within a run	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Manufacturable solutions exist, and are being optimized

Manufacturable solutions are known

Interim solutions are known

Manufacturable solutions are NOT known



工場情報制御システムの技術的要求の項目説明

項目	説明
必須アプリケーションの稼働率 (%/年間) 必須アプリケーションの停止時間 (分/年間)	稼働率(A)は 100% - (計画ダウタイム%+計画外ダウタイム%)。計画ダウタイムと計画外ダウタイムは SEMI E10 にて定義。
工場全体ダウン回数(年間)	必須アプリケーションの停止による必須システムに対する年間の総工場ダウン発生件数。必須アプリケーションは、ウェーハ工場運転全体を維持するために必要なもの。工場構成に依存して、これらは、MES、スケジューラ/ディスパッチャ、MCS、セルコントローラ、SPC、レティクルシステム、ファシリティ制御システムなどである。
必須アプリケーションの平均復旧時間(分)	必須アプリケーションの計画外ダウタイムに引き続く平均復旧時間(上記の MTBF での故障毎)。工場システム内の必須アプリケーションとは、ウェーハ工場全体を稼働させ続けるのに必要なアプリケーションをいう。平均復旧時間は、分単位で発生ごとに測定される。
全工場システムの稼働率 (%/年間) 計画外 FICS ダウンによる工場停止 (分/年間) 計画 FICS ダウンによる工場停止 (分/年間)	稼働率(Ai)は 100% - 必須工場情報制御システムそれぞれの (計画ダウタイム%+計画外ダウタイム%)。計画ダウタイムと計画外ダウタイムは SEMI E10 にて定義。 工場の総稼働率=[A1×A2×A3×A4]。指標値では一つの工場内に4つ以上の必須アプリケーションがあるとしている。
材料コントロールシステム(MCS)によって支援される AMHS 搬送動作のピーク数(動作/時間)	材料コントロールシステム(MCS)によって支援される時間毎の搬送最大動作数。同一搬送システムのピーク時動作数×1.5(工程間/工程内システムへの振り替え)×2(FICS に対する安全係数)。

ダイレクト搬送ピーク時動作数 (動作/時間)	FICS によりサポートされる時間当りのダイレクト搬送ターゲット動作数。ダイレクト搬送動作は、キャリアが一つの製造装置ロードポートからもう一つの製造装置ロードポートまで、ダイレクトな動作として定義されている。ピーク時の搬送動作数の 10% の前提がダイレクト搬送に要求している。
マスクショップデータシステムに データ送信とロード・テーパーアウトする時間(時間)	マスク設計者からマスク・ショップへデータを送信し、かつ OPC アプリケーションにそれをロードする時間。
マスクライターに向けた OPC 計算とデータ準備時間(日数)	OPC 計算時間+マスクライターの形式へ OPC エンジンの出力の変換時間+マスクライティングシステムにデータを送信する時間
OPC のみの時間(日数)	OPC 計算時間は、単に、一旦、OPC アプリケーションがマスク設計者からテーパーアウト・データを受信したならば、OPC 計算を行なう数時間となる。
次のノードのために再利用可能な工場情報制御システム(%)	コストで測られるプロセステクノロジー・ノードからプロセステクノロジー・ノードまで再利用される工場情報制御システム(コンピュータ・ハードウェアとソフトウェア両方)のパーセンテージ。
一処理内のレシピ/パラメータを調整する能力	工場情報制御システムがキャリア内の各ウェーハに対し、異なるレシピおよび/またはパラメータを実行する能力。 これは、1 キャリア当たりの多数ロットを有する能力を促進する。 基本要件は、また、工場あるいは装置内の各ポイントで、ウェーハを追跡し、モニタし、かつコントロールする能力を含んでいる。

ファシリティ

ファシリティには建物、クリーンルーム、ファシリティのインフラとしてのシステムから製造装置まで含まれる。また、半導体製造運用も直接関わってくる。製造装置の要求、生産のゴール、環境、安全、健康(ESH)の要求、建築の規制や欠陥低減目標、ウェーハコスト低減目標もファシリティやインフラシステムの要求に影響を及ぼす。工場の大さは、製造装置やサポート装置の複雑さ、大きさ、重量の増加を伴いながら、増加している。新しくて従来と異なる工程が製造能力の増加を上回ってクリーンルームの大きさを増加させる。クリーンルームの清浄度に対する要求はミニエンバイロメントや SMIF、FOUP 等の隔離技術によって緩和され続けている。

ファシリティはフレキシブル、エクステンダビリティ拡張性、信頼性、素早いオンライン化、そしてよりコスト効率的であることが望まれる。製造装置からの要求、ESH への対応や工場運用のフレキシビリティを確保するため、ファシリティの投資額は増加し続けている。清浄度要求の緩和からクリーンルームのエアフローを削減できる可能性があるが、エアフローの削減は熱エネルギー処理と製造装置裏側のメンテナンス環境によって実現される。その結果と、工場、製造装置、材料搬送システムの増加する規模と複雑さから、また、同様に建設期間の短縮圧力から、現状の多くの技術要求チャレンジ(表 89a89b に記述されているように)が導かれる。ファシリティのフレキシビリティに対する挑戦的な要求に挑戦することで投資額低減と建設期間の短縮の一助になるだろう。製造装置メーカーのコラボレーションはファシリティの実態や能力に協調できるような装置設計を要求される。例えばファシリティの振動要求の低減に関して、装置の製造者が適正な振動制御を装置に適用することでファシリティのコストは低減される。製造装置、メンテナンス、環境の夫々の要求や運用負荷とインフラとしてのファシリティ設計をマッチングさせることで、システムの利用率を改善しファシリティの投資と運用コストを低減する。製造装置の複雑さや運用の汎用性が増加する中、また世界的規制の多様化する中での着工から最初の試作ウェーハ完までの期間を短縮する要求によって、IC 製造メーカーと IC 工場の設計者/建設者間の協力の改善が要求される。設計コンセプトの標準化、変化のマネージメント、オフサイト製造の技術開発は建築の混乱を緩和したり、コスト削減、建設期間を目標まで短縮することになる。

ファシリティの複雑さとコストは多くの他の領域の要求から増加の一途である。例えば、ガスや薬液の大幅な多様化、厳しくなる一方の ESH 規制、静電放電(ESD)、エレクトロマイグレーション(EMI)制御を含む。これらの複雑なドライバーが提供されることによって、製造装置メーカーの早期のコラボレーションが要求され、革新的で、コスト効率的なメンテナンス、軽減、再要求リサイクルの解が導かれるだろう。製造装置の要求(振動、純度)をユースポイントで満たすことはファシリティコスト増を伴わない将来の要求に合致するためのよりコスト効率的なアプローチになるだろう。

製造装置の立上げコストは立上げ安定性の欠落や常にある設計変更、不正確なドキュメント、ガス/薬液の接続増加や ESH への対応によって上昇していく。新しく装置を設計するときには「装置立上げのための設計」の基礎を構築し、標準で一定の装置接続が出来るようにすることが重要になる。

工場運用コストは建設費用、ユーティリティーの消費量と労働コストによって決まる。低い建設コストと同様な低い運用コストを得るには排気/空調要求を下げることで製造装置へ供給する電圧を高くする必要がある。

工場インフラシステムの信頼性は殆どの向上で 99%を越えているが、現状の製造をサポートするには十分である。この信頼性は冗長を持たせる事で達成されている。個々のシステムや工場には連続的な改善が必要であり、オフサイト、オンサイトの電気システムが原因となる生産の中断を低減することが必要である。

最後に、ポスト CMOS や 450nm によってもたらされる製造装置の重大な変化(新しい薬液や水質要求など)はどれも工場の仕様、計画、コストにインパクトを与える可能性があるので、注意深くモニタされるべきである。ファシリティのポテンシャルソリューション表にリンク。ファシリティテクノロジー要求とポテンシャルソリューションのより詳細な情報は付録資料を参照されたい。

表 89a Facilities Technology Requirements—Near-term

Year of Production	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Technology Node		hp90			hp65		
DRAM ½ Pitch (nm)	100	90	80	70	65	55	50
MPU/ASIC ½ Pitch (nm) (Un-contacted Poly)	107	90	80	70	65	55	50
Wafer Diameter (mm)	300	300	300	300	300	300	300
Cleanroom area as a % of total site building area	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Manufacturing (cleanroom) area/wafer starts per month (m ² /WSPM) (low mix only)	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
Facility life (in three-year nodes)	3	3	3	3	3	3	3
Tool maintenance cleanliness level (ISO 14644) ⁶	Class 4	Class 4	Class 4	Class 5	Class 5	Class 5	Class 5
Facility cleanliness level (ISO 14644)	Class 5	Class 5	Class 5	Class 6	Class 6	Class 6	Class 6
Production equipment install and qualification cost as a % of capital cost	10%	9%	8%	8%	8%	8%	8%
Facility operating cost (including utilities) as a % of total operating cost	13%	13%	13%	13%	13%	13%	13%
Utility cost per total factory operating cost (%)	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%
Utility utilization (demand/installed)	60%	70%	70%	70%	80%	80%	80%
Facility critical vibration areas (lithography, metrology, other) (micro inches per	250 (VC D)	250 (VC D)	250 (VC D)	250 (VC D)	250 (VC D)	250 (VC D)	250 (VC D)

⁶ ISO 14644: Cleanrooms and Controlled Environments.

26 ファクトリインテグレーション

second)							
Facility non-critical vibration areas (micro inches per second)	2000 (VC A)	2000 (VC A)	2000 (VC A)	2000 (VC A)	2000 (VC A)	2000 (VC A)	2000 (VC A)
Fab to sub-Fab ratio	1	1	1	1	1	1	1
Maximum allowable electrostatic field on facility surfaces (V/cm)	125	100	90	80	70	60	50
Factory construction time from groundbreaking to first tool move-in (months)	10	10	10	9	9	9	8
Gas, water, chemical purity	Discussed in Yield Enhancement Chapter						
Power, water, and chemical consumption	Discussed in ESH Chapter						

Manufacturable solutions exist, and are being optimized

Manufacturable solutions are known

Interim solutions are known

Manufacturable solutions are NOT known

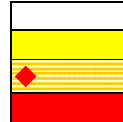


表 89b Facilities Technology Requirements—Long-term

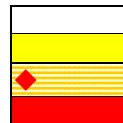
Year of Production	2010	2012	2013	2015	2016	2018
Technology Node	hp45		hp32		hp22	
DRAM 1/2 Pitch (nm)	45	35	32	25	22	18
MPU/ASIC 1/2 Pitch (nm) (Un-contacted Poly)	45	35	32	25	22	18
Wafer Diameter (mm)	300	450	450	450	450	450
Cleanroom area as a % of total site building area	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Manufacturing (cleanroom) area/wafer starts per month (m ² /WSPM) (low mix only)	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
Facility life (in three-year nodes)	3	3	3	3	3	3
Tool maintenance cleanliness level (ISO 14644)	Class 5	Class 6	Class 6	Class 6	Class 6	Class 6
Facility cleanliness level (ISO 14644)	Class 6	Class 7	Class 7	Class 8	Class 8	Class 9
Production equipment install and qualification cost as a % of capital cost	8%	10%	10%	9%	9%	8%
Facility operating cost (including utilities) as a % of total operating cost	13%	13%	13%	13%	13%	13%
Utility cost per total factory operating cost (%)	3%	3%	3%	3%	3%	3%
Utility utilization (demand/installed)	80%	70%	70%	70%	70%	80%
Facility critical vibration areas (lithography, metrology, other) (micro inches per second)	250 (VC D)	450 (VC D)	450 (VC D)	450 (VC D)	450 (VC D)	450 (VC D)
Facility non-critical vibration areas (micro inches per second)	2000 (VC A)	2000 (VC A)	2000 (VC A)	2000 (VC A)	2000 (VC A)	2000 (VC A)
Fab to sub-Fab ratio	1	1	1	1	1	1
Maximum allowable electrostatic field on facility surfaces (V/cm)	50	35	35	25	25	18
Factory construction time from groundbreaking to first tool move-in (months)	8	9	9	9	8	8
Gas, water, chemical purity	Discussed in Yield Enhancement Chapter					
Power, water, and chemical consumption	Discussed in ESH Chapter					

Manufacturable solutions exist, and are being optimized

Manufacturable solutions are known

Interim solutions are known

Manufacturable solutions are NOT known



ファシリティの技術的要求の項目説明

項目	説明
トータルサイト建物の面積に対するクリーンルーム面積の割合(%)	クリーンルームと建物の面積比。 製造クリーンルームの面積は平方メートルで定義し、例えばリソ、拡散、エッチング、薄膜、CMPなどの直接製造に関わるプロセス装置と測定装置を含み、装置の補機類、ファシリティのインフラシステムは除く。トータルサイト建物面積は建築物の合計面積と定義し、建物の天井や壁、事務所スペース、工場のクリーンルーム、サポートスペース、中央ユーティリティパッドや建物そのものを含む。
投入あたりの製造(クリーンルーム)面積(m ² / WSPM)	製造(クリーンルーム)面積はプロセスや検査装置を含んだ平方メートルで定義される。例えばフォトリソ、エッチング、成膜、CMPの装置を含み、ファシリティの設備は含まない。
ファシリティの寿命(3ヵ年のノードに対して)	ファシリティの寿命は、プロセス要求に従って大きな変革が要求されるまでの、システムが利用できる(3ヵ年の)ノードの数で表される。
ツールメンテナンス清浄度(ISO14644)	クリーンルームの中で装置がメンテナンス中に必要とする装置周辺の清浄度、ISO14644-1に定義されている。
ファシリティの清浄度(ISO14644)	ウェーハを処理する製造領域(クリーンルーム)の清浄度であり、ISO14644-1に定義されている。
工場全体投資に占める製造装置の立上げと装置性能確認に必要なコスト(%)	製造装置にユーティリティを ぎこむところから製造に供するまでに必要な労働力と材料コスト。 装置の性能確認を含むが、ファシリティシステムやグレードアップ、製造装置のコストは含まない。
工場全運用コストに占めるファシリティ運用コスト(ユーティリティを含む)	全てのファシリティ消費として定義され、材料、労働力、メンテナンスコストを含む。
工場全運用コストに占めるユーティリティコストの比	製造に必要な電力、水、ガス、薬液コストで、工場維持に必要な消耗品を含む。
ユーティリティの利用率(必要分/設置分)	「ユーティリティの利用率」は装置全体でリアルタイムに消費されるユーティリティをユーティリティシステムの設計値で割ったもの。
ファシリティの振動に対して重大な領域(リソ、測定他)(μ インチ / 秒)	「振動に対して重大」とは装置の重要な部分が振動に弱い構造を持った装置が設置されている製造フロアとして定義される。 この装置には振動に対する緩和策が適用されておらず、過度の振動が製品に有害な効果を及ぼすかもしれない状況にある。 広範な測定がファシリティの構造設計や装置の機械設計に求められるかもしれない。 振動のクライテリアは床の上や装置の支柱上での振幅として規定され、VC-xとして与えられる、ここでxはA からEを表し、夫々は特定の振動振幅スペクトルに相当する。 振幅の定義、測定方法、信号処理の要求については IEST-RP-DTE012.1 ⁷ を参照。
ファシリティの振動に対して重大でない領域(μ インチ / 秒)	「振動に対して重大でない」とは装置の全ての部分が振動に強い構造を持った装置が設置されている製造フロアの領域として定義される。 振動のクライテリアは床の上や装置の支柱上での振幅として規定され、VC-xとして与えられる、ここでxはA からEを表し、夫々は特定の振動振幅スペクトルに相当する。 振幅の定義、測定方法、信号処理の要求については IEST-RP-DTE012.1を参照。
ファブとサブファブの比率	「サブとサブファブの比率」は製造面積の床面積に対する床下のサポート面積として定義される。 工場運用の「床面積効率」を参照されたし。

⁷ IEST-RP-DTE012.1: Handbook for Dynamic Data Acquisition and Analysis.

ファシリティ表面の最大許容電界 (V/cm)	工場の建築材料、備品、人間、装置などに印可される鏡面電界の限界で測定方法は SEMI 標準 E129 ⁸ 、E78 ⁹ と E43 ¹⁰ を参照のこと。
工場の建設(着工から最初の装置導入まで) 期間(月)	工場の建設期間は最初のコンクリート打ちから製造エリアの最初の装置が導入されフックアップの準備ができるまでの期間として定義される。建物のシステムは装置の導入が始めるのに十分な程度の検査を合格している。

解決策候補

ファクトリーインテグレーションの基本的到達目標は、単位面積あたりの一定コストの維持、立ち上げ期間の削減、技術やビジネスモデルの変化への工場汎用性の拡大である。困難なチャレンジであるところの 1)複雑なビジネス要求への回答、 2)成長目標の達成、 3)工場複雑さの管理、 4)工場と装置信頼性、能力または生産性要求への合致、 5)柔軟性、伸張性、および拡張性のニーズへの合致、 6)65nm および 45nm ノードの量産稼動におけるプロセス要求への合致、 7)環境問題に対する世界的な制約の増進、 8)既存 CMOS 製造を担う次製品の模索、および 9)工場の枠組みと次のウェーハサイズの出現 は、これらの目標を達成するためにある。解決策候補は工場運用、製造装置、搬送システム、工場情報制御システムおよびファシリティで区分される。ウェーハ口径を含むグラフの部分は、特定のウェーハサイズが解決策候補であることに留意されたい。

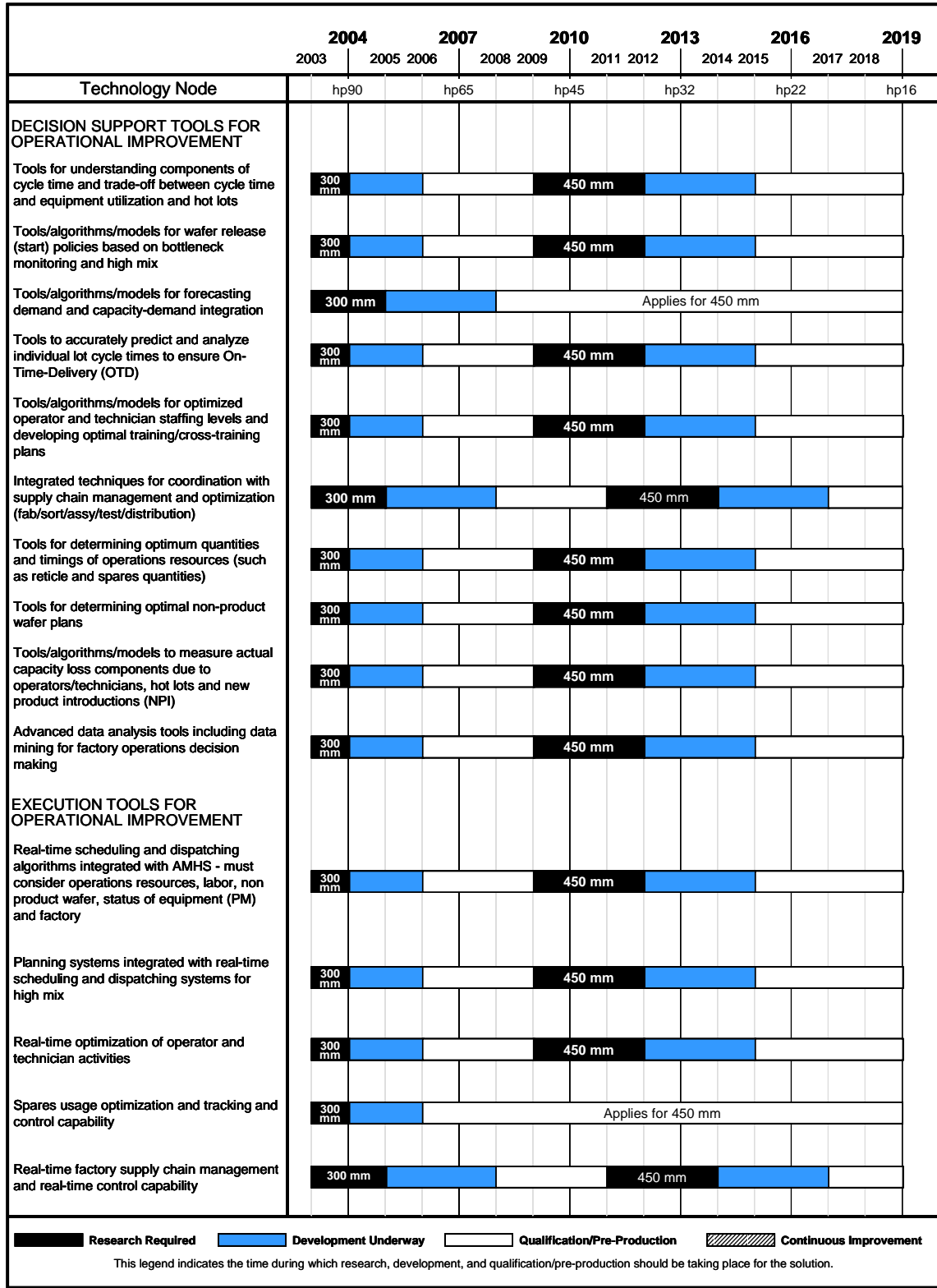
解決策候補は、研究段階、開発段階、試作段階で示される。その目的は、研究者、サプライヤ、IC メーカーに対して工場内での解決策が必要な時期の指針を提供することにある。いくつかの研究努力は技術必要条件に取り組み、かつこれらの潜在的な解決策を開発するための計画(例:ファクトリー・オペレータズ・リサーチ・センター)が始まっている。単に図表中では、これらの活動が連続的に行われるように示されているが、実際に各活動はオーバーラップしている。

⁸ SEMI E129: Guide to Assess and Control Electrostatic Charge in A Semiconductor Manufacturing Facility.

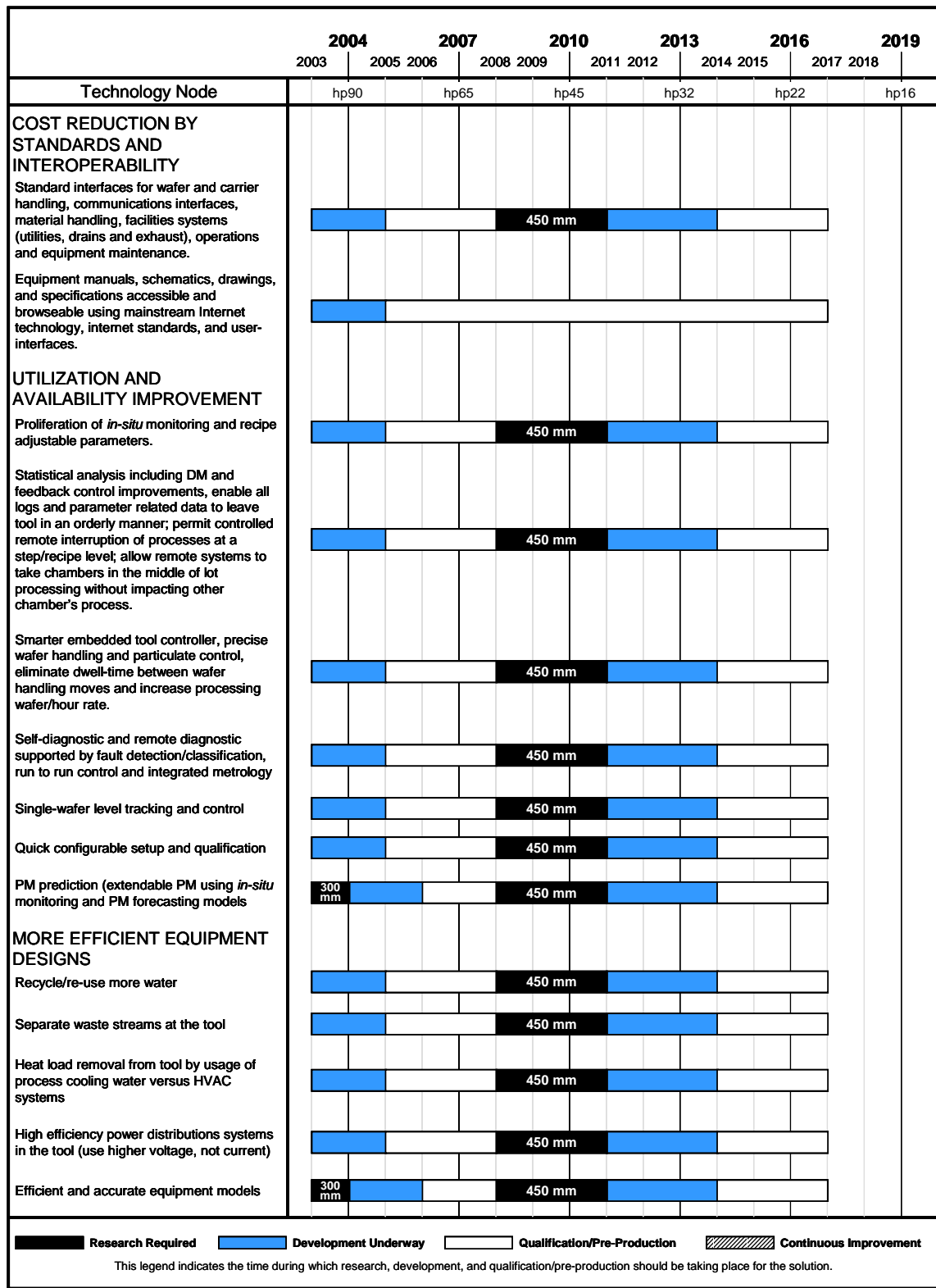
⁹ SEMI E78: Electrostatic Compatibility – Guide to Assess and Control Electrostatic Discharge (ESD) and Electrostatic Attraction (ESA) for Equipment.

¹⁰ SEMI E43: Guide for Measuring Static Charge on Objects and Surfaces.

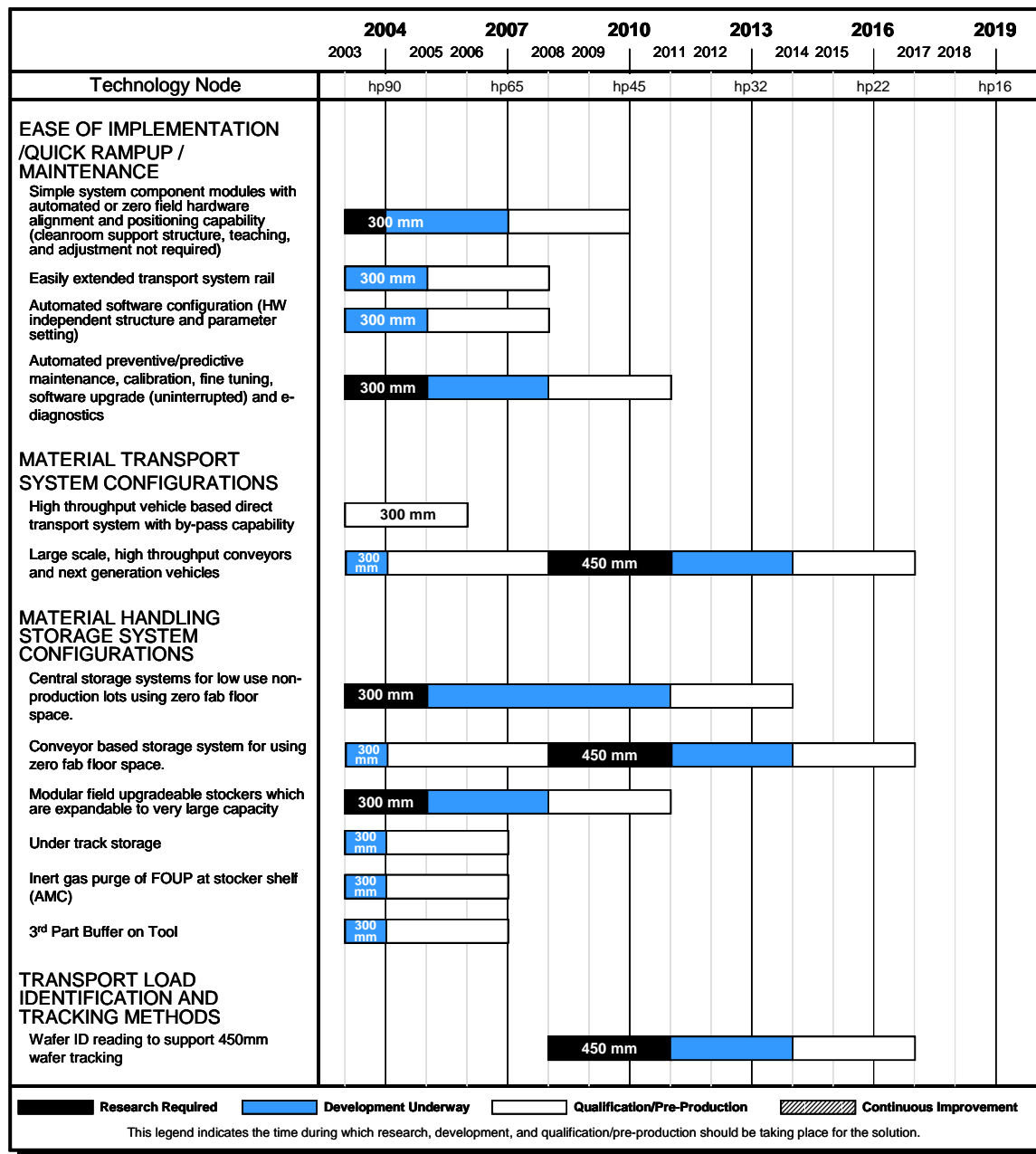
工場運用

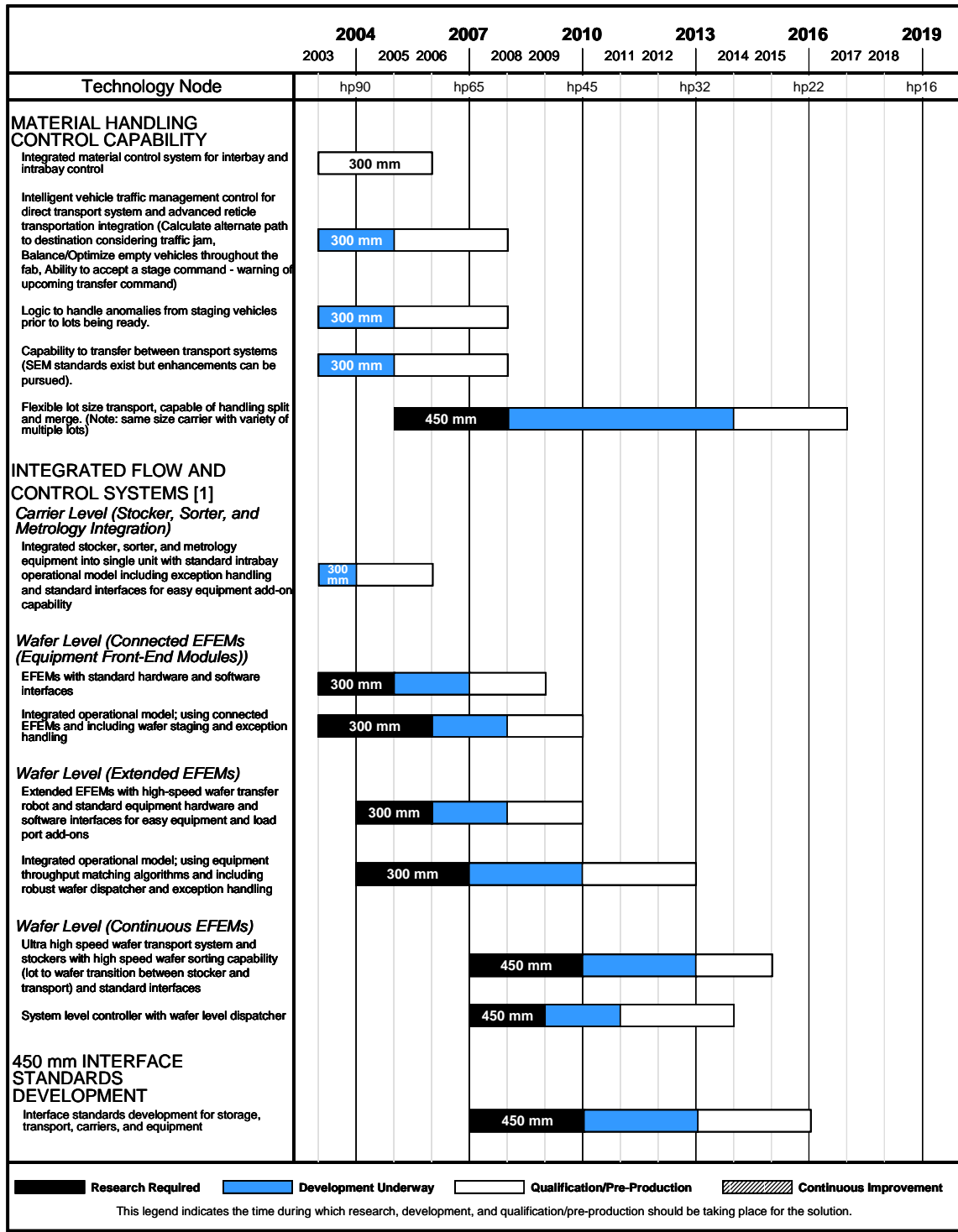


製造装置

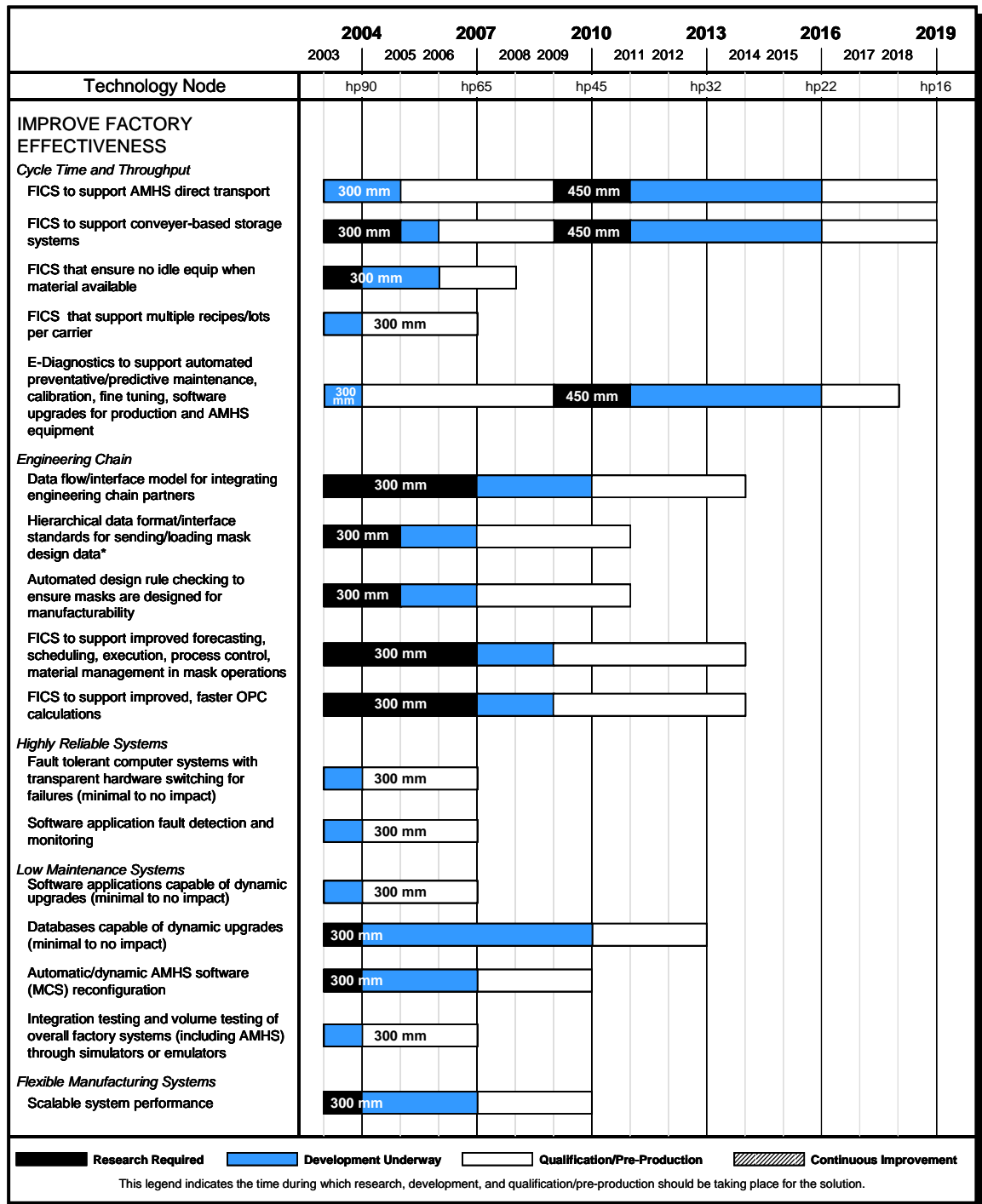


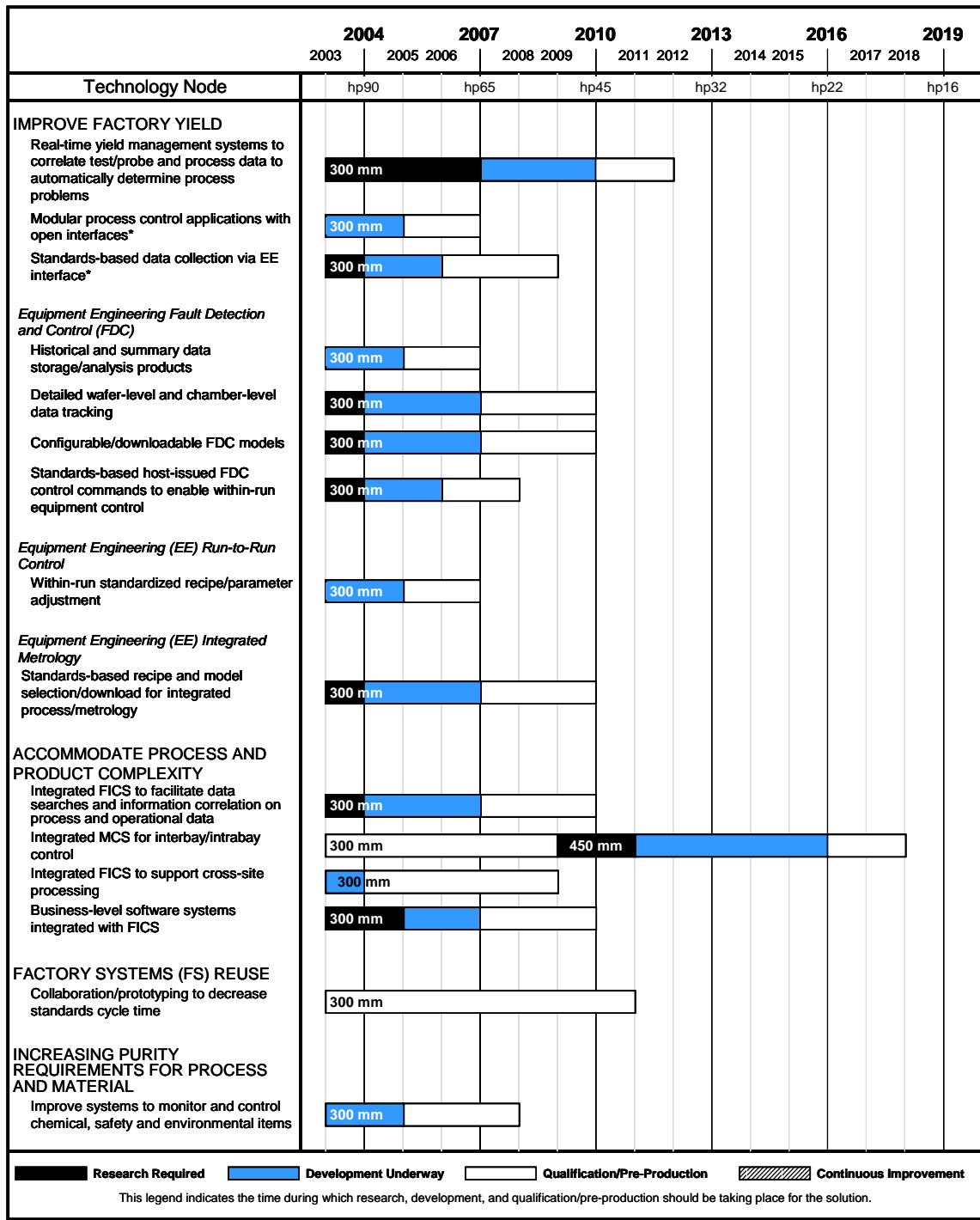
材料搬送システム



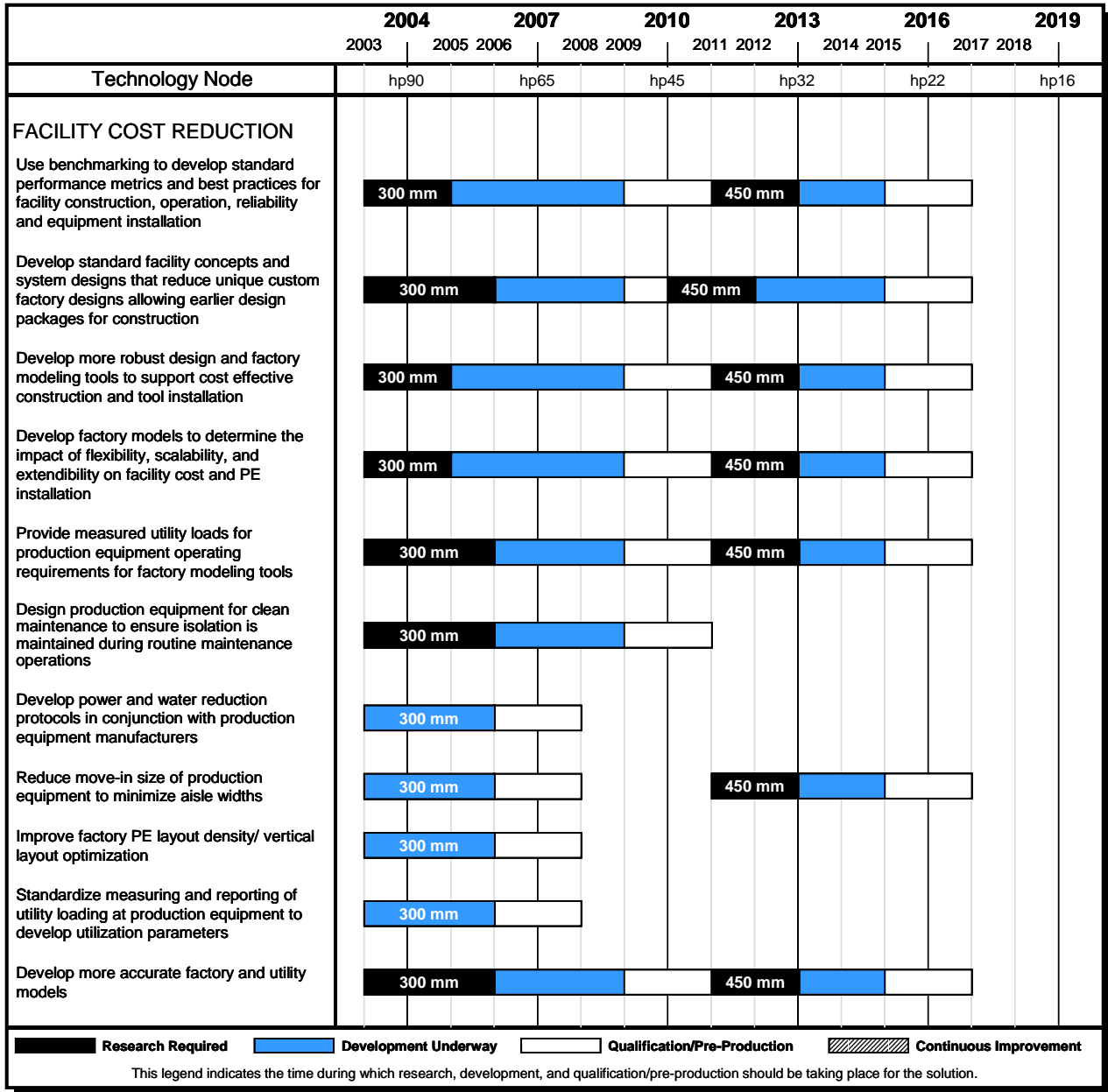


工場情報制御システム

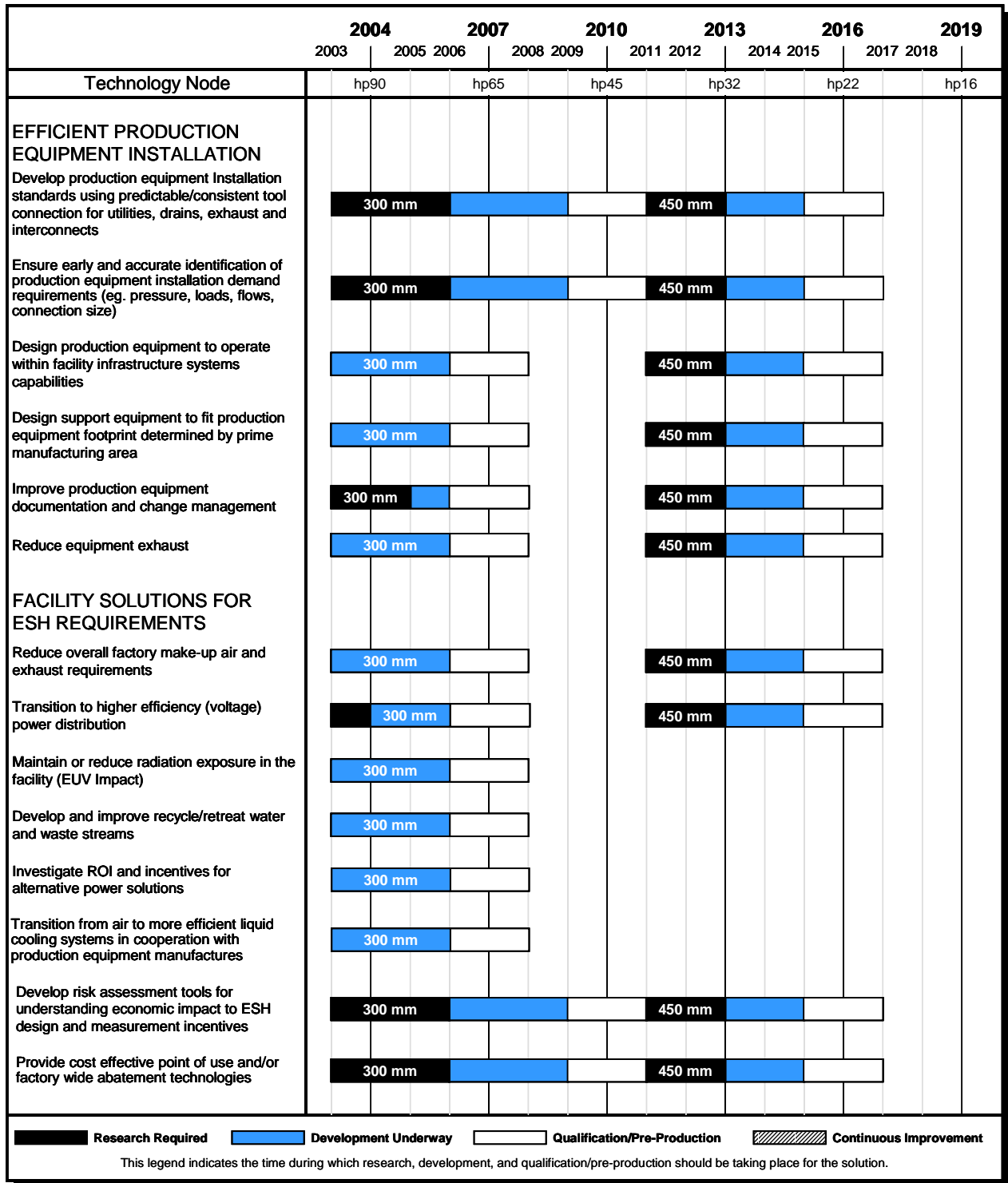




ファシリティ



70 Facilities Potential Solutions



クロスカット課題

環境、安全、健康

ESH は半導体工場の設計および運用において非常に重要な役割を担う。工場計画当初の段階における意志決定は、厳密な安全および環境に対する要求に経済的に合致する工場を造る上で大変重要なインパクトとなる。安全と環境面に配慮した設計を早期にすることは、高額な再設計および改造を避けながら、ESH からの要求条件に適合した工場を早期に立上げるために、絶対必要である。

新しいファシリティ(装置)設計および既存装置の改造は、200 mm から 300 mm への変換による工場全体に渡る装置のミニエンパイロメント、Cu プロセス、およびレチクルクリーン化等の 1 つの技術ノードから次に変わる時に必要なファシリティ(装置)の変化によって大きな影響を与えられる。装置サプライヤは減価した機器や設備を何処まで進歩向上させるかを示さなければならない。しかしながら、サブ Fab (fabrication; 装置およびファシリティ設備設置場所)の設備フットプリントは結果としてかなり増大した。従って、早急なチャレンジとして、フットプリントの全体の増加なしで使用機器をサブ Fab だけでなくサブ Fab と Fab の両方に組み入れる効率的な設備デザインを見出すことが必要である。

将来の工場における継続的な安全向上計画を確立しなければならない。自動装置に付随して発生する危険リスクの綿密な検討が作業者および製品のために安全な作業条件を保証する標準の形成を導く。この標準は、自動化システム、自動化システムがインタフェースをとる装置、およびインタフェースにおいても適用される。

我々の業界はますます増加している環境上の制限に直面している。利用可能な給水能力はすでに工場の大きさおよび場所に制約を課している。資源消費を最小にし、再利用を最大にする工場の建設が目標である。環境上有害な材料の廃出液をゼロに近いレベルに引き下げる必要がある。

省エネルギーは以前よりもさらに重要になってきている。省エネルギー化を妨げる要因は工場規模の大型化である。これによってエネルギー供給側とウェーハ製造工場側双方が解決策候補の策定を迫られている。

ESH プログラムに対する多くの責任を装置サプライヤが負う一方で、先進のリソースマネジメントプログラムの適用が大変重要である。業界のために、業界によって確立された訓練計画により ESH の国際的標準化および設計に関する各プログラムの大幅な改善を可能とすることができる。装置設計、メンテナンス、最終廃出処理における ESH 標準の検討が、ESH 性能ならびにコストに関して多大な改善効果をもたらす。この、環境、安全、健康に関する記述は、より広範囲に亘る情報と、関連した新しいケミカルスクリーニングツール(化学物質制限表)に対して参照される。

アセンブリとパッケージング

プロセスフローの複雑さおよびフォームファクターの激増は、半導体製造のアセンブリとパッケージ段階において、近年では材料搬送の増大とソフトウェアによる自動化によりコスト高となり、汎用性へのチャレンジが求められている。

材料搬送コストは、装置間の製品および装置内の製品を搬送するために使用されるカート、保管庫、キャリア、トレイなどの補助材料により変動する。その他の材料搬送コストは製品をロードし、搬送するために使用される主要な装置に起因している。

装置自動化のソフトウェアコストは、適切な標準の欠如と既存標準の固守の不足により増大している。従ってカスタムソフトウェアインタフェースの開発が要求される。これらの生産サイクルにわたって装置をトレースする要求が、主要な装置生産性を増大させるデータおよび制御の要望と結び付けられることにより、アセンブリとパッケージエリアのこのソフトウェアオートメーションの需要は急激に増大している。

平均的な売り値の低下、および増大した市場分野を持つ業界のトレンドに合致させるため、材料搬送と装置の通信分野においてコスト低減と汎用性の向上が必要とされる。アセンブリとパッケージ工程のキャリア、メディアおよび装置ハードウェア/ソフトウェアインタフェースの要求の確認と標準化の推進にロードマッププロセスを適用することは、これらのコスト問題の解決策候補となる。このアセンブリとパッケージングに関する記述は、パッケージ技術への特殊な要求を詳述する。

表 90 Assembly and Packaging Potential Solutions

Key Issues	Potential Solutions
Material Handling Costs	Carrier and media standards Production equipment load/unload interface standards
Equipment Communication Costs	Adherence to existing proven standards Standard behavioral models across equipment types Use of mainstream computing standards for equipment to host communication to reduce cost and complexity

歩留り管理

優れた歩留り管理戦略を構築することにより諸コストおよび投資リスクを低減することができる。工場歩留りモデルは標準的な運用性能を明確にし、性能・歩留りの悪化要因についてのパレート図を得ることができる。実験的なプロセスパラメータのマッピングおよびプロセス制御戦略に基づいた工場モデルにより、増加しがちであった検査装置およびモニタウェアの必要性を低減する。

生産ラインでの最終検査への依存度を減らすためには、プロセスパラメータのバラツキの許容範囲およびプロセス間の相互干渉度を割り出すことも非常に重要である。また、短時間での工場建設、急速な歩留り向上、高い装置利用率および将来の技術ノードに対する多世代活用性を達成するための効率的な工場デザインが問題なくできるように、工場モデルは欠陥低減に関する情報入力に対応できなければならない。表 91 に欠陥低減ニーズの概要を纏める。

歩留り管理システム(YMS; Yield Management System)は多様なデータソースからの情報にアクセスし、その情報の相関を明らかにできるように開発されなければならない。YMS はプリコンペティティブな標準に基

づいたデータフォーマットを用いた複数のサプライヤからの検査装置の環境下で稼動しなくてはならない。
YMS のより総合的な議論については歩留まり向上の章を参照するべきである。

表 91 Yield Management Potential Solutions

<i>Key Issues</i>	<i>Potential Solutions</i>
<i>Tolerance Variations for Critical Process Parameters</i> Process control enablers and extendibility Root cause analysis of performance detractors	Experimental mapping of the parameter space for each process and correlation to device performance
<i>Process Interactions</i> Wafer state analysis Initial equipment state consistency Impact of contamination on equipment output	Short loop modeling and experimental mapping of parameter state variations Component wear and lifetime studies
<i>Process Critical Fluids and Materials Purity Requirements</i> Point-of-use contamination monitoring Materials reliability and consistency	Industry test structure for each node on roadmap Process parameter studies
<i>Reduce End-of-line Inspection and Monitor Wafers</i> Non-visual defect detection Metrology for <.08 μm defects	In situ process control
<i>Yield Management System Flexibility</i> Interoperability of equipment and data sources with YMS	Standards for equipment data formats
<i>Rapid Yield Ramp</i> Process specific yield models Process control	Inline inspection metrology Correlation of parameter space variation and defects
<i>Facilities Impact to Yield</i> Electromagnetic interference Vibration Molecular contamination	Short loop models Data/metrics standards

モデリングと シミュレーション

モデリングとシミュレーションに関する章は製造装置内で行なわれるデバイスや回路の形成のための物理的な加工プロセスを記述し、検討することについて述べている。このような物理シミュレーションは、ウェーハの工場内での移動様態や、装置使用様態、またはロットスケジューリングに、ファクトリーインテグレーションの主要な方法論として用いられるシミュレーションとは 大きく異なるものである。しかしながら、この物理的なモデリングとシミュレーションもファクトリーインテグレーションの戦略的なゴール、即ち、コスト、生産性、そしてスピードの改善に寄与するべきものであるということは 同じである。

特に、モデリングとシミュレーションの総括的な目的は、早く低コストで新しい技術、あるいは IC を開発することであり、ファクトリーインテグレーションの最終的な目的である、プロセス技術の微細化と大口径ウェーハへの移行を迅速に可能とすることと合致するものである。モデリングとシミュレーションとは、装置、プロセス、デバイス、回路シミュレーションツールについて、既に導入されているデバイス技術を更に微細化に対応させることについての可能性や、影響を探索に貢献できるものでなければならない。このことはデバイスの加工コストを削減する点から極めて重要な欠く事のできない貢献である。更に、歩留まり向上の章に類似して、モデリングとシミュレーションは、ファクトリーインテグレーションにとっても、プロセスの変動が製品仕様に合致するデバイスと IC の数に対してどのように影響するかというのを探索することができる点から、極めて重要である。APC (Advanced Process Control) と フィードフォワードあるいはフィードバックのプロセス制御の領域でモデリングとシミュレーションは 特に重要な援助技術である。効率的な物理モデリングがあると、装置が通常行なわれる装置のメンテナンスと性能の校正作業間での、プロセスの変動を補償するプロセスを後段に配置することができるので 重要である。このような意味から、物理モデリングとシミュレーションへのファクトリーインテグレーションからの一番重要な要求は、プロセスの 3 次元予想モデル等の開発ではなく、機能が単純化され電算機が効果的に、理想的な場合には、その場観察のプロセスモニタあるいは統合測定機能(IM: Integrated Measurement)、そして APC 機能のソフトウェアと併用されて、インラインで、且つリアルタイムでの制御をおこなうアプリケーションが出現することである。

検査システムの統合

検査システムは、1 処理単位ごとのプロセス制御、歩留り解析、生産中の物流追跡やその他のオフライン解析を容易に行えるよう、工場情報制御システムと完全に統合されなければならない。測定データ源の範囲は主要サプライヤ(マスクやシリコンウェーハ)からウェーハ工程、プローブテスト、組立て、最終テストにまでおよび、事業レベルの情報までその繋がりは及ぶ。装置の生産への適用可能性を認定し、生産開始するまでの時間を最小化するために、この”データから情報”への繋がりは工場運用開始後できる限り早い段階で実現すべきである。総データ量とデータ転送スピードは大口径化とプロセス微細化の進行により飛躍的に増加しつづけていく。このデータ解析には工場中(ウェーハ工程、プローブ検査、等)の様々なデータベースと容易に接続ができ、相関を取れるようなシステムが必要である。300 mm 工場では、欠陥をレビューし解析する検査装置が高効率な工場インタフェースを実現するクラスターツールあるいは統合クラスターツールの中に組み込まれて登場してくるだろう。IM は、IC メーカーの十分な考慮の上に選択され、また装置自身の制御機能と完全に一体化され、且つ装置の占有面積を増加させることなく組み込まれている事が必要である。300 mm のプロセス装置の中には、工期やウェーハ間バラツキを低減するために、統合測定機能(IM: Integrated Measurement)を有するものもある。IM に要するコストは工場全体の生産性を向上させるための個々の運用に関する決定事

項から得られる利益とうまくバランスが取れるよう注意しなくてはならない。検査システムについての総合的な記述については、[検査技術の章](#)を参照されたい。

静電気コントロール

静電気の帯電は半導体生産のあらゆる局面で悪影響を与え、大別して3つの問題を引き起こす。

1. 静電気引力起因 (ESA; electrostatic attracted) 汚染は異物サイズが小さくなるに伴い増大し、欠陥密度の目標達成をますます難しいものになっている。現在マスクの焦点面に異物を存在させないようにするために用いられているペリクルを、将来使用しないようになると、この静電気引力によるマスクへの異物付着は、一層深刻な問題となるだろう。
2. 静電放電(ESD; electrostatic discharge)はデバイスやホトマスクにダメージを及ぼす。デバイス寸法の微細化はより小さいエネルギーでデバイスやマスクが静電破壊を引き起こすことを意味している。157 nm のリソグラフィプロセスでは低湿度が要求されるために、高レベルのチャージが発生しマスクへの ESD リスクが増大する。
3. 装置は ESD に関連した電磁妨害(EMI; electromagnetic interference)によって動作信頼性が低下する。装置内 CPU の動作スピードが向上するに伴い、誤動作の頻度も増加してきている。

これらの3つの問題は材料としてのウェーハやレティクルの生産現場、ウェーハ加工、デバイスがパッケージング・組立て・テストのあらゆる場所で発生する。(ESD 技術要求とポテンシャル技術の詳細に関わる補助的な記述を参照されたい)

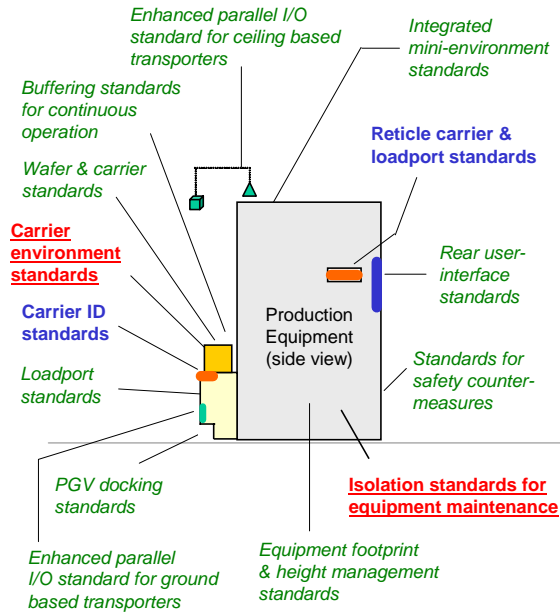
工場インタフェース標準の必要条件

標準は非競争技術分野に適用され、全ての参加者に利益がもたらされるときに、最も力を発揮する。非競争技術としての標準をうまく開発・導入・テストすることにより、短期間内に工場システムに接続し、低コストでフル生産にもっていくことのできる工場を容易に展開することができる。相互に関係し合って動く要素、特に工場内の異なるシステム間のインタフェースを標準化することによって、急激に増加する工場の複雑さを管理する能力が改善される。

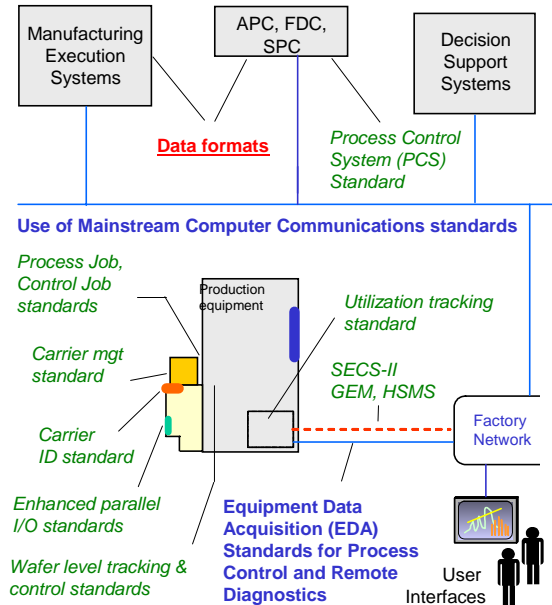
300 mm 工場を目指す IC メーカーや装置サプライヤ間のグローバルな協力体制により、非競争技術として工場インタフェース標準を定義・導入することができた。これにより、半導体産業は装置開発期間を最小にし、プロセス開発のコスト/リスクを減らす上で莫大な恩恵を得るとともに、工場の複雑さを低減するのに役立った。

図 71 は 300 mm 標準化の開発および展開に対する業界全体での進捗を示している。同時に現在標準がないが必要とされている分野で何をすべきかが特定できる。本図はグローバルな共同作業により最も大きな利益をもたらす工場の4つの基本要素、即ち、-製造装置、ファシリティシステム、AMHS、工場情報制御システムをカバーしている。

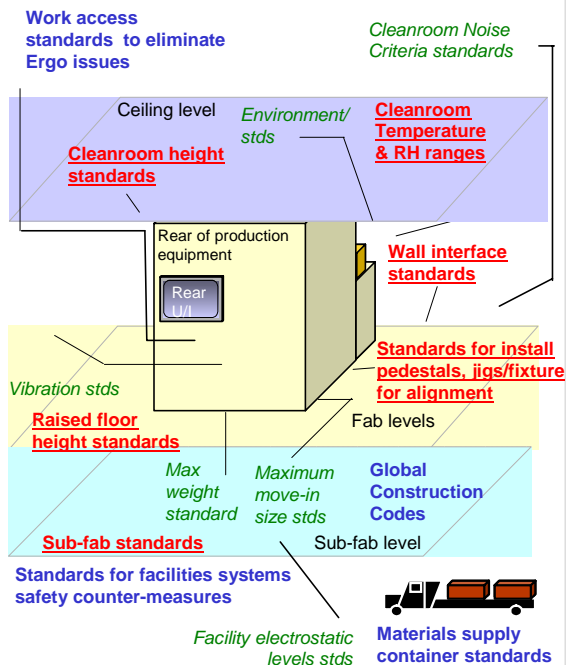
Production Equipment



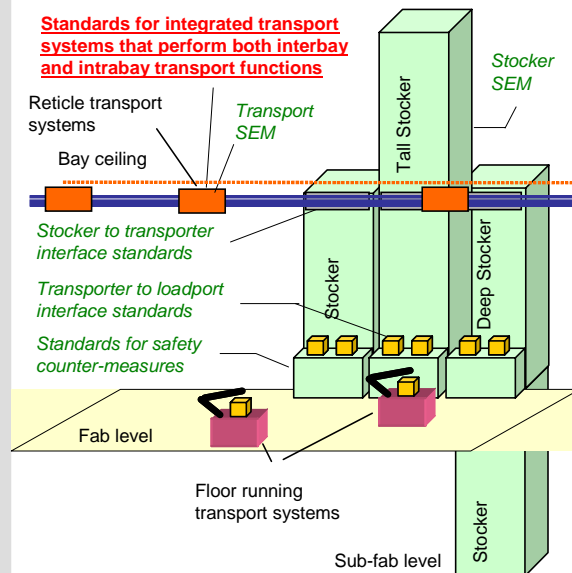
Factory Information and Control Systems



Facilities Systems



Material Handling Systems



Legend:

-> Standards Exist

-> Standards Are Under Development

-> Standards Are Needed