

SEMI P43-0304 フォトマスク品質評価用語

本用語は、Global Micropatterning Committee で技術的に承認されたもので、the European Micropatterning Committee が直接責任を負うものである。現版は、2004 年 1 月 9 日 European Regional Standards Committee に承認されている。2004 年 2 月にまず www.semi.org で入手可能、2004 年 3 月発行に至る。本文書は SEMI PR7-0302 に替わるものである。

1 目的

1.1 本スタンダードは、半導体産業において光学リソグラフィに使用されるフォトマスクの仕様および品質評価の領域における特有の言語を定義。

2 範囲

2.1 現在、International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS)だけが、一般的に認められているフォトマスクを規定する方法に関する作業文書を提供しているが、使用されているその定義は、解釈を要するものである。異なる装置メーカー、マスクメーカーおよびマスクユーザ間のコミュニケーションが妨げられているため、最初にお互いの用語を知り、理解する必要がある。共通用語の不足が装置の比較を複雑にしている。統一的に使用され、また不明瞭さを最小限にする一般的に認められた用語が必要とされている。

2.2 記載した定義は、マスク品質評価のためのものであり、所定の品質評価パラメータに対し、可能な三つのタイプの値を包含している。

- ・ < (真の) 品質評価パラメータ (true qualification parameter) > は、測定したい¹特性の全数理想的測定結果である。
- ・ < 測定された品質評価パラメータ (measured qualification parameter) > は、任意の測定数の結果である。ここでは、測定値 (例えば、平均値、標準偏差、範囲) は、測定母集団のサンプルサイズおよび測定方法が常に条件となることが述べられている。従って、サンプルサイズおよび測定方法は、必須情報である。
- ・ < 品質評価パラメータ仕様 (qualification parameter specification) > は、必須情報として定義されるべき選択測定数を、超えてはならない最大値または最小値。

2.2.1 任意のパラメータの最初の 2 つのタイプの値、つまり真の品質評価パラメータおよび測定された品質評価パラメータは、現行の文書内で定義される。

2.2.2 3 番目のパラメータのタイプ、つまりパラメータ仕様は、マスク品質評価プロセスのそれぞれの組織間の合意によって制約されているので、ここでは説明しない。

2.3 ユーザを支援するために、本スタンダードとITRSマスクテーブル定義の間の推奨既定値における主な差異が適用可能な限り記載されている。

注意: このスタンダードはその使用に関連した全ての安全問題を取り扱うことを意図していない。このスタンダードの使用者は、その責任において、適切な安全および健康上実施すべき事柄を確立し、また使用前に法規制やその他の制限への適用性を判断するものである。

3 制限

3.1 本文書は、寸法のメトロロジ面に限定されている。材料、オーバーレイ、欠陥性に関連する側面も含め、従来のその他のマスク品質評価面については、本版の範囲外とする。

1 参照文書の 4.2 項を参照。

3.2 記載した定義は、縮小レチクルに焦点を当てた最先端のフォトマスクに特定するものである。したがって、より一般的な範囲において、他のスタンダードのいかなる関連用語をも取り込むことができる。別タイプのマスク、例えば、NGLへの応用は、恐らく可能であるが、現行文書の範囲内では扱うことを意図してはいない。

4 参照スタンダード

4.1 SEMI スタンダード

SEMI P10 — Specification of Data Structure for Photomask Order Entry

SEMI P19 — Specification for Metrology Pattern Cells for Integrated Circuit Manufacture

SEMI P21 — Guidelines for Precision and Accuracy Expression of Mask Writing Equipment

SEMI P22 — Guideline for Photomask Defect Classification and Size Definition

SEMI P24 — CD Metrology Procedures

SEMI P35 — Terminology for Microlithography Metrology

SEMI Compilation of Terms

4.2 ISO スタンダード²

International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology

4.3 その他のスタンダード

International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS)³

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

5 関連の一般用語の解釈

注 1: このパラグラフは、本文書の主題である特定のマスク関連用語を基本として、一般的用語を含んでいる。

5.1 フィーチャ(*feature*) — SEMI P35 に定義されているとおり。

5.2 近接範囲(*proximity range*) — フィーチャが他のものに重大な影響を及ぼす距離(記述される基準)。三タイプの近接範囲(例えば、マスク製作の近接範囲のための用語)を定義する、マスク製作、マスクメトロロジ、および/または転写されるウェーハイメージに適用する。その三つの内のいずれが参照されるのかを説明することが必須である。

注 2: 本文書内では、近接範囲はデフォルトによって言及された第 1 タイプを引用する。

5.3 ライン(*line*) — 幅によって決まる半無限長(>>近接範囲)の明視野内の暗い形状(ダークフィーチャ)。ラインは 1D(一次元)形状の例である(図 1 参照)。

5.4 スペース(*space*) — ラインと類似するが、暗視野(ダークフィールド)内の明るい形状(クリアフィーチャ)(図 1 参照)。

5.5 コンタクト(*contact*) — 暗視野内の明るい形状であって、長さ対幅の比が 0.5(デフォルトは 1)~最大 2 の範囲にあるもの(図 1 参照)。そのような形状の幅は、あたかも 1D 形状であるかのように測定できるが、関連性を強調するには面積測定のような 2D(二次元)の評価が必要である。大きなコンタクトはウィンドウ(*window*)と呼ぶことがある。

5.6 ドット(*dot*) — コンタクトと似ているが、これは明視野内の暗い形状である(図 1 参照)。大きなドットはパッド(*pad*)と呼ぶことがある。

5.7 孤立フィーチャ(*isolated feature*) — 形状の任意のエッジに対する近接範囲より近いところに別のフィーチャが存在しない形状。

² International Organization for Standardization 1, rue de Varembe Case Postale 56 CH-1211 Genève 20 Switzerland

³ International Technology Roadmap for Semiconductors, organized by International SEMATECH, 2706 Montopolis Drive, Austin, Texas 78741, USA, see itrs.org

5.8 密集フィーチャ(*dense feature*) — 相互に影響を及ぼす複数のフィーチャ(つまり孤立していないフィーチャ)。規則的なアレイについては形状のピッチやライン数を詳細に記述する(ピッチ=追加されるライン幅およびスペース幅の設計値),あるいは周辺領域を記述することによって近接という言葉を明確にする必要がある(7 項参照)。それが明確でなければ,密集とはデフォルトにより,フィーチャの幅が近接範囲を超えない程度において,半無限サイズのアレイ内の均等なラインアンドスペースであると見なされる。

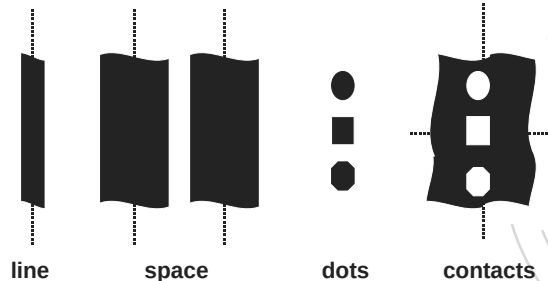


図 1
名称フィーチャタイプ (設計どおり)
デフォルトコンタクト (ドット) は正方形

5.9 公称フィーチャ(*nominal feature*) — 意図したとおりのフィーチャ。これは,通常,マスク作製に使用されるデータに対応し,ウェーハプロセスのプロセスバイアス(例えば,ハンマーの頭やセリフ活字等の分解能未満の形状)を克服するための事前補正は含まれるが,純粋にマスクプロセスの制限(例えば,クロムエッチングのバイアス)を処理するために実行される事前補正は除外される。最も単純な場合,オリジナル設計自体に対応する。

5.10 実形状(*actual feature*) — マスク上に存在するとおりのフィーチャ。実際には,これにはフィーチャの幅,長さ,形,位置の公称形状との偏差が含まれる。

注 3: 図 2 に示すように,実フィーチャであれ,公称フィーチャであれ,フィーチャにはホールが含まれることがある。



図 2
ホールを含む形状例
(左: 公称形状, 右: 実形状)

5.11 パターン(*pattern*) — 1 つまたは複数のフィーチャを含むレイアウトのサブセット。

注 4: いくつかのフィーチャが部分的に含まれるだけということも可能である。クリップされたフィーチャ(*clipped feature*)を参照すること。

5.12 対象領域(*region of interest (ROI)*) — 測定が検討されるフィーチャ(または,その一部)を含むパターンの囲まれた部分。

注 5: 得られる結果に影響しないように ROI は可能な限り小さくすることが望まれる。

5.13 クリップされた(公称/実)フィーチャ(*clipped (nominal/actual) feature*) — 対象領域内にある(公称/実)フィーチャの一部(図 7 参照)。

5.14 フィーチャ(またはパターン)のアライメント(*feature (or Pattern) alignment*) — 公称フィーチャと実フィーチャ(またはパターン)を相互に位置決めすること(8.4 項参照)。

6 座標システム

6.1 本文書のXYZ座標系を、図 3 で定義する。座標系はマスクのパターン面を上にして、マスクの向きはパターンが作成された通りに定義する。XY軸によってマスク面が決まる。Z軸は、マスク面と直交している。アブソーバと基板の界面で $z = 0$ 、そして基板方向で $z < 0$ とする。アブソーバは、例えばクロムや埋め込まれた材料である。 $(x,y) = (0,0)$ となる点は、ツールまたはアプリケーションに固有な点である。

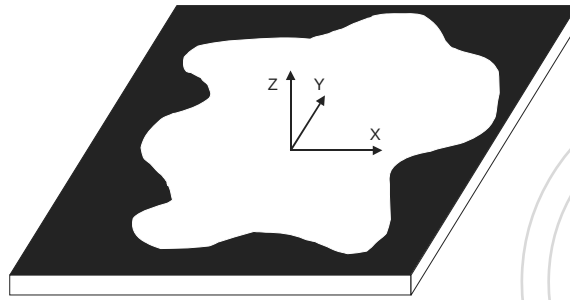


図3
マスク座標システム

6.2 フィーチャは、その長さがY軸に沿っていれば、垂直と称される。従って、フィーチャ幅は、X軸において測定される。これはSEMI P35 の図 2 に対応している。水平フィーチャは、X軸に沿ったそれらの長さを持っている。フィーチャ幅は、Y軸において測定される。図 4 参照。

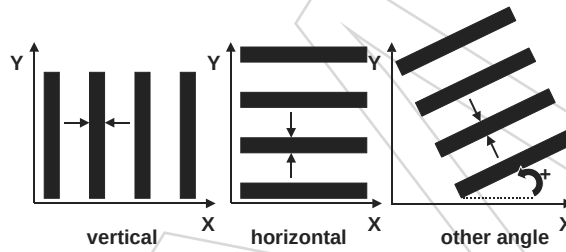


図4
マスクフィーチャの方向

7 1Dマスク品質評価用語

7.1 フィーチャ幅 (*feature width*) — SEMI P35 に記載されている適切な境界ボックスモデルにより定義された特定の高さにおけるマスクフィーチャ断面の幅(図 5 参照)。境界ボックスモデルおよび測定の高さのz方向の高さは必須情報として記載しなければならない。デフォルトは、 $z = 0$ である。

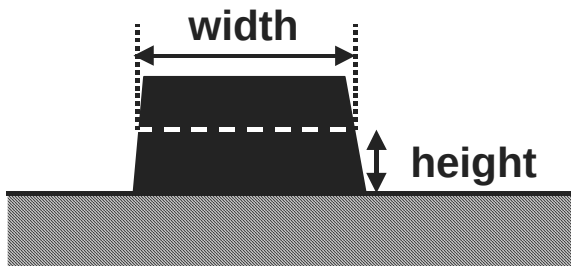


図 5
マスクフィーチャの断面図

7.2 測定形状幅 (*measured feature width*) — マスクフィーチャ上で得られる測定信号から決まる幅。例えば、幅は、測定信号が特定のレベルにあるときの幅として決定できる。次の項目を必須情報として記載すること。

- 所定の領域。1D フィーチャに関しては、これは特定のラインセグメントに対応する (SEMI P35)。
- 使用された測定方法 (SEM, 光学反射, 光学透過, AFM, etc.)。
- 使用された較正および／または補正。
- 精度 (SEMI P24)。

また、任意の情報として、

- 測定装置 (ベンダー、型式、ツール固有のオプション)。
- 使用された測定アルゴリズム。

注 6: 境界ボックスは、断面を使用する特別なフィーチャ測定の特殊状況と同様、無限に短くなり得る。

7.3 フィーチャ幅の偏差 (目標値に対する) (*feature width deviation (from target)*) — 実フィーチャの幅と公称フィーチャの幅の差。

7.4 測定されたフィーチャ幅の偏差 (目標値に対する) (*measured feature width deviation (from target)*) — 測定されたフィーチャ幅と公称フィーチャ幅の差。

7.5 フィーチャエッジ (*feature edge*) — 物理的断面のある高さにおけるマスクフィーチャの材料境界の位置 (SEMI P35 図 2 参照)。それは、必須情報として記述される。デフォルトはフィーチャと基板の界面である。

7.6 測定フィーチャエッジ (*measured feature edge*) — マスクフィーチャのエッジ上で得られた測定信号から決まる位置。例えば、SEMI P35 の境界ボックスモデルによって定義されているように、特定のレベルの信号によって決まる位置。測定フィーチャ幅 (*measured feature width*) と同じ必須／オプション情報を記載しなければならない。

7.7 臨界寸法 (CDと略す) (*critical dimension (abbreviated to CD)*) — ユーザが定義し、対象とするフィーチャ幅であって、主に、より詳細な品質評価に使用する。複数となることがある。デフォルトは、一つの幅および一つのピッチである。必須情報は公称フィーチャ幅およびピッチである。

注 7: ITRS マスクテーブルは、多重ピッチを想定している。

7.8 フィーチャ幅均一性 — 後に詳述されるように選択された、任意の設計サイズ的全マスクフィーチャ幅分布の広がり。以下を必須情報として記述すること:

- その対象フィーチャ幅。
- 使用される判定基準 (範囲, 3 シグマ, 最大偏差等)。ここで、シグマは標準偏差のことである。推奨事項: 3 シグマが関連するためには、分布は「正規分布」あるいは「準正規分布」である必要があり、測定値の数は、30 超でなければならない。
- 考慮されたフィーチャのタイプとトーン (SEMIP19 に定義のとおり、ライン、コンタクト、スペース等)

注 8: フィーチャの複数のタイプおよび／またはトーンを組合せることができるが、1 つのタイプと 1 つのトーンを推奨する。デフォルトは、明視野についてはライン、暗視野についてはスペースである。

- 例えば、水平および垂直共に、水平のみ、垂直のみ、その他の角度を含め、水平／垂直を別々に、等の考えられる全ての方向(6 項の座標系に基づき、決定済みのマスク方向を採用して)。デフォルトは、水平および垂直共に、である。
- フィーチャのピッチ(または一般的に、周辺部の説明、さらに参照)。例、等しいラインアンドスペース、隔離されたライン、等、または(要求があれば、しかし推奨ではない)ピッチ間隔、そして、

注 9: 複数のピッチの場合、定義されるフィーチャ幅の均一性は、近接するフィーチャがない均一性ではない。デフォルトは 1 つの固定されたピッチであり、これについて言及すること。(ITRS のマスクテーブルでは、複数ピッチが仮定される。)

- マスク上の、考慮された所定のエリア

7.9 測定されたフィーチャ幅均一性(*measured feature width uniformity*) — フィーチャ幅均一性の測定値であり、測定フィーチャ幅の値と測定されたフィーチャ幅均一性に加えて必須情報として記述される。

- 使用された測定点の数
- マスク上の測定エリア

および、任意の情報として

- 測定位置の空間的分布。例えば、それらの座標値で表す。デフォルトは、測定領域全体における均一分布である。

7.10 (測定)CD 均一性(*(measured) CD uniformity*) — 選択したフィーチャが臨界寸法であるときに、フィーチャ幅均一性の特別な場合である。

7.11 フィーチャの目標に対する平均差(*feature mean-to-target*) — 詳述される、フィーチャ幅の平均値と、目標とするフィーチャ幅との差であり、フィーチャ幅均一性(*measured feature width uniformity*)と同じ情報を記述する。(デフォルト: 測定形状幅均一性について選択した値と同じ値を選択)

7.12 測定されたフィーチャの目標に対する平均差(*measured feature mean-to-target*) — 測定フィーチャ幅の平均値と、目標フィーチャ幅との差であり、測定形状幅均一性(*measured feature width uniformity*)と同じ情報を記述する。(デフォルト: 測定形状幅均一性について選択した値と同じ値を選択)

7.13 (測定)CD の目標に対する平均差(*(measured) CD mean-to-target*) — 選択フィーチャが臨界寸法である特殊な場合の(測定)フィーチャの目標に対する平均差。

7.14 目標に対するフィーチャ幅の最大偏差(*maximum feature width deviation from target*) — 検討対象フィーチャの総数についての目標フィーチャ幅に対するフィーチャ幅の最大偏差であり、形状幅均一性(*feature width uniformity*)と同じ情報を記述している。(デフォルト: フィーチャ幅均一性(*feature width uniformity*)に使用されるものと同じ情報および値を選択)

7.15 目標に対するフィーチャ幅の測定最大偏差(*measured maximum feature width deviation from target*) — 測定総数についての測定フィーチャ幅の目標幅に対する最大偏差であり、測定フィーチャ幅均一性(*measured feature width uniformity*)と同じ情報を記述する。(デフォルト: 測定フィーチャ幅均一性について選択した値と同じ値を選択)

注 10: 目標からの(測定)フィーチャ幅最大偏差は、(測定)フィーチャ幅の均一性と、(測定)平均対目標とを組合せたものである。

7.16 平均X-Y 偏差(*mean X-Y deviation*) — X 軸とY 軸方向(水平と垂直方向)における考慮されたフィーチャ幅の平均の差異であり、フィーチャ幅の均一性と同じ情報を記述している(デフォルト: 形状幅均一性で使用する値と同じ値を選択)。

7.17 測定平均X-Y 偏差(*measured mean X-Y deviation*) — X 軸とY 軸方向における測定フィーチャ幅の平均値の差異であり、測定フィーチャ幅の均一性における情報と同じ情報を記述している(デフォルト: 測定形状幅均一性で使用する値と同じ値を選択)。

7.18 **X-Y偏差の均一性 (X-Y deviation uniformity)** — X軸およびY軸方向(水平および垂直方向)において考慮された全フィーチャ幅の差異分布の広がりであり、フィーチャ幅の均一性と同じ情報を記述している(デフォルト: フィーチャ幅均一性で使用する値と同じ値を選択)。

注 11: このような目的については、X 軸方向と Y 軸方向のフィーチャ幅測定位置は、實際上可能な限り近い位置でなければならない。

7.19 **測定X-Y偏差の均一性 (measured X-Y deviation uniformity)** — X軸とY軸方向(水平および垂直方向)における測定フィーチャ幅の差異分布の広がりであり、測定フィーチャ幅の均一性における情報と同じ情報を含み/記述している(デフォルト: 測定フィーチャ幅均一性で使用する値と同じ値を選択)。

7.20 **形状直線性誤差 (feature linearity error)** — フィーチャ幅のある範囲について、マスクフィーチャ幅とそれに対応する目標フィーチャ幅の偏差の全範囲であり(図 6a参照)、次の必須情報として記述する。

- 使用されたフィーチャ幅の範囲(マスクレベルで)(デフォルトは、臨界寸法からこの値の5倍の間隔)。

注 12: ITRS では、より広い間隔を使用。

- 考慮されたフィーチャの全種類とトーン、例えば、ライン、コンタクト、スペースなど(これらの用語定義には5項参照)。有効数に達するためには、1トーン/1タイプで固定することが強く推奨される。デフォルトは、ライン上である(“ライン直線性誤差”)。コンタクトは、さらに難しくなる(“コンタクト直線性誤差”)。
- 考慮された全方向、例えば、水平と垂直共に、水平のみ、垂直のみ、その他の角度を含む、水平と垂直を別々に、等。
- フィーチャのピッチ(または、一般的には:(マスクエリア)周辺の説明、さらに参照)、例えば、等しいラインアンドスペース、隔離されたライン、等、またはピッチの間隔(要求があれば、しかし推奨ではない)。デフォルトは、**近接内フィーチャ誤差**として規定される、隔離されたフィーチャのみである。

注 13: ピッチ範囲が含まれる場合、結果としての定義には、(中間)近接誤差が含まれる。(ITRS マスクテーブルは、多重ピッチを想定している。)

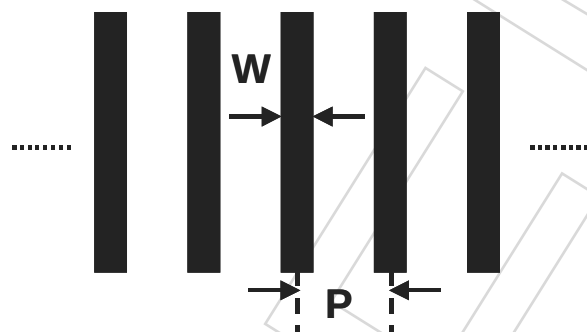


図 6

次の項目を決定するためのフィーチャの
アレイ内の幅(W)とピッチ(P)の選択
(ここではラインについて示す。)

- フィーチャの直線性: W を変化させ、P を固定
- フィーチャの相互近接: W を固定、P を変化
- フィーチャ近接: W と P の両方を変化

7.21 **測定フィーチャ直線性誤差 (measured feature linearity error)** — フィーチャ直線性誤差の測定値であり、測定フィーチャ幅およびフィーチャ直線性誤差の必須情報に加え、必須情報として記述する。

- フィーチャ幅毎の測定点数(フィーチャ毎に複数の測定点を推奨する)。フィーチャ毎に複数の測定点を取る場合は、各フィーチャ幅について平均値を使用する。