

SEMI M43-0301

ウェーハナノポトグラフィを報告するためのガイド

本ガイドは、Global Silicon Wafer Committee で技術的に承認されたもので、North American Silicon Wafer Committee が直接責任を負うものである。現版は 11 月 22 日に North American Regional Standards Committee に よって承認された。2000 年 12 月にまず www.semi.org で入手可能となり、2001 年 3 月に発行に至る。

1 目的

1.1 本ガイドは、シリコンウェーハに関するナノポトグラフィ表面特徴を報告するためのフレームワークを提供する。

2 範囲

2.1 本ガイドは、ウェーハ表面上に見られるナノポトグラフィ表面特徴特性に関する報告を取り扱う。ナノポトグラフィは、約 0.2 から 20 mm の波長範囲内およびフィクストクオリティエリア(FQA)内の全ウェーハ表面の非平面偏差である。一般的な例は、数ナノメートルから数百ナノメートルのレンジで高さが変化するウェーハ表面上のディップ、バンプ、または波状の変動を含む。

2.2 本ガイドは、サプライヤとユーザ間で合意した特徴のレベルを制限する特定値および／または密度を報告するためのフレームワークを提供する。

討議 — ナノポトグラフィ測定は、0.25 μm 世代のデバイスには必要ではなかったが、CMP 要求条件を満足するために、より小さな線幅では要求されると予想される。CMP プロセス前のウェーハ表面上のナノポトグラフィは、回路性能および歩留まりに対して否定的な結果を生じる可能性のあるポスト CMP 誘電体層の厚さ変動の原因となる。20 nm (ピーク/バレー間) ほどの小さな変化は、CMP 後の誘電体の局部的厚さ変化の結果、誘電体のポスト CMP 変色の原因となる¹。規定以上の高さ変化 (CMP の特徴／またはリソグラフィシステムによって決まる) は、ウェーハが選定プロセスステップに耐えられることを確実にするために正確にコントロールすることが必要である。CMP の場合においては、問題はナノポトグラフィにより生じる膜厚変化をコントロールすることである。メトロロジ業界では、ナノポトグラフィの振幅および空間波長の特徴を測定およびマッピングするための装置を製造している。ナノポトグラフィの特性は、エリア内の高さ変動で特徴付けられ、他の同程度の高さ変動とはその空間波長範囲によって識別される。

2.3 本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ユーザは、その責任において、使用前に適切な安全及び健康上の作業方法を確立し、また規制上の制限への適用性を判断するものである。

3 制限

3.1 報告された表面特性は、測定装置の制限およびパラメータによって影響を及ぼされる。次のものが含まれる。

3.1.1 装置および使用フィルタの有限な空間的帯域幅は、測定の帯域幅以外の変動を測定から排除する。また、フィルタの有限な帯域幅は、この除外した帯域内の密度が高い領域で明確な物理的に存在しない人工物を発生する。

3.1.2 帯域幅のエッジは、必ずしも明確に定義されていない。測定結果は、設計が異なる装置は幾何学形状が異なり、それらの測定が異なる空間帯域幅で行われるために、異なるシステム間で必ずしも一致するとは限らない。

3.1.3 全ての表面形状測定システムは、ベースノイズ付近の信号を歪ませる最小感度をもっている。

3.1.4 報告されたいくつかのフィーチャー形状は、計器に採用されているピクセルグリッド方向に依存することがある。

3.1.5 ピクセルサイズおよびサンプルエリアは、帯域幅の限界に影響を及ぼすことがある。

3.2 報告された形状も、またウェーハと装置間の相互作用により変化する。この制限には、以下を含む。

3.2.1 ウェーハエッジ付近で行った測定は、誤った測定値となることがある。ある条件のもとでは、それが FQA 内において不正確な高さ測定の原因となることがある。

3.2.2 等間隔の形状は、ピクセルサイズが形状より大きいのか、形状間の間隔より大きな場合には、単一形状、または形状が無いものと見なされる。報告された形状は実際の表面特徴組合せ、ウェーハのチャック

1 K.V.Ravi, "Wafer Flatness Requirement for Future Technologies," Future Fab International, 1999 年 7 月

方法に起因するか、ウェーハ裏面とチャック間のパーティクルが原因となることがある。

3.2.3 ハイパス(空間周波数)フィルタは、一般的にウェーハ形状(バウ、ワープおよびソリのような)の(長空間波長)影響を取り除くためにこの測定に使用される。このフィルタは、報告結果に影響することがある。

3.3 ナノポトグラフィ特性には、より短い空間波長範囲に適用する微小粗さを含まない。

3.4 欠陥エリアの位置は、6 項の計算の通り、その数値となる表面特徴の位置と一致しないことがある。それが報告された欠陥エリアとデバイスプロセス欠陥エリア間の空間的相関性の不足を引き起こす原因となることがある。

3.5 ナノポトグラフィ報告を作成するために用いる高さマップは、ウェーハ形状および測定チャックの効果によって影響を受けることがある。

4 参照スタンダード

4.1 SEMI スタンダード

SEMI M1 — Specification for Monocrystalline Polished Silicon Wafers

注1: 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 用語

5.1 フィクストクオリティエリア (fixed quality area) (FQA) [SEMI M1] — 公称エッジ除外領域が限定するウェーハ表面の中央エリアで、パラメータの指定値が当てはまるX。

討議:FQAの境界線は、公称寸法のウェーハ周辺から距離X離れたすべての点にある(図 1 参照)。FQAサイズは、ウェーハ直径およびオリフラ長公差とは無関係である。FQAを規定するためには、ノッチ基準点のある位置におけるウェーハ周辺は公称ウェーハ直径に等しい直径をもつ円の円周に従うものと仮定する。

5.2 ウェーハ表面のナノポトグラフィ (nanotopography, of a wafer surface) — 約 0.2 から 20 mmの空間波長範囲における表面の非平面偏差。

5.3 ウェーハ表面のナノポロジ (nanotopology, of a wafer surface) — ナノポトグラフィ参照。

5.4 粗さ (roughness)[SEMI M1] — 表面組織のより精密な間隔に置いた要素。

5.5 空間波長 (spatial wavelength) — 純粋な正弦形状の隣接したピーク間の間隔。

6 測定

6.1 高さマップは、表面の測定によって得られる。明確な基準面は、値の計算および割り当てには使用しない。

注 2: ナノポトグラフィを分析するその他の方法は、明確な基準面の使用を必要とすることがある。

6.2 ハイパスフィルタを使用すると、長空間波長のウェーハ傾斜およびトポグラフィ効果を取り除き、効果的にグローバル基準面を作り出す。

6.3 計算 — 計算により、分析エリアに含まれるピクセルのピークから谷までの高さ(P-V)変化を計算し、その値をナノメートル単位で、分析エリアの中心点へ割り当てる。計算はウェーハのFQA内にある全ての分析エリアに対して行う。その計算は、異なる形状Dの分析エリアに対し繰り返されるかもしれない。

注 3: この計算は、“完全(フル)分析エリア”法を記述する。中心ピクセルがウェーハのFQA内にあるエリアのみを計算する、別の計算、“部分(パーシャル)分析エリア”も法がある。パーシャル分析エリア法は、この文書には規定していないが、スタンダードに含めるため、さらにSEMIによって検討が継続されている。

6.4 次の測定要素を報告するのが望ましい。

6.4.1 フィルタ

- a) ハイパスフィルタの空間カットオフ
- b) フィルタの種類
- c) ピクセル間隔

フィルタは、高さの生データから長波長形状成分を取り除くために使用される。

6.4.2 分析エリア — 次のものを指定する。

- a) 形状、例えば、正方形、円形
- b) 分析エリアの寸法 D

分析エリアは、その中心にピクセルを含む(図 1)。寸法Dの周囲の分析エリア内およびFQA内のピクセルは、中心ピクセル位置に対して割り当てられた値を決めるために用いられる。

6.4.3 データ報告 — 次の項に関して、1 つ以上報告する。

6.4.3.1 しきい値曲線による統計的表現 — ナノメートルで、各Dに対して、%エリア対しきい値Tをプロットする、ここで%エリアは、次の比率である。

- a) しきい値 T を超える値(6.3 項に従って計算)が割り当てられた分析エリアの数と