

SEMI M78-1110

量産時における 130nm から 22nm 世代のパターンなしシリコンウェーハ上のナノポグラフィー決定に関するガイド

免責事項: この SEMI スタンダードは、投票により作成された英語版が正式なものであり、日本語版は日本の利用者各位の便宜のために作成したものです。万が一英語と日本語とに差異がある場合には英語版記載内容が優先されます。

本スタンダードは、global Silicon Wafer Committee で技術的に承認されている。現版は 2010 年 8 月 27 日、global Audits and Reviews Subcommittee にて発行が承認された。2010 年 10 月に www.semi.org で入手可能となる。

1 目的

1.1 ウェーハ表表面の規定距離に亘る高さ変動は、選定された工程段階に許容できるウェーハを保証するために適切に制御される必要がある。ナノポグラフィー要因は、2003 年以来、国際半導体技術ロードマップ (ITR S) に組み込まれている。化学機械的平坦化 (CMP) 工程前のウェーハ表面ナノポグラフィーは、回路性能、工程原価や歩留に負の帰結の可能性を持つ CMP 後の膜厚変動を生ずる。ナノポグラフィー特性は、ある領域内の高さ変動により特徴付けられ、その空間波長領域により同様な高さの他の特性から区別される。裏表面ナノポグラフィーも選定された工程段階のウェーハ適性に影響を与える。このガイドは、ナノポグラフィーの表または裏表面測定のどちらにでも適用できる。

1.2 このガイドは、手順とナノポロジーデータを生成する際に、異なる可能性の選択肢を選ぶための決定系図 (図 1) を備えている。この計算に使われる重要な選択肢は、報告されたデータを規定するために明記される。このガイドは、シリコンウェーハの交易のために使用することを意図するものであり、選択肢のより広い範囲やデータ報告形式が適切になる工程開発を意図するものではない。

注 1: SEMI M43、ウェーハナノポグラフィー報告のガイドは、シリコンウェーハ表面上のナノポグラフィー表面特徴を報告するための枠組みを備えているが、フィルタリングのような重要な論題の明細な手引きを提供していない。本ガイドは、このような手引きを与えるとともに、先進技術ノッドのウェーハに適用する実用工業規格を目指している。SEMI M43 によって報告されたナノポグラフィーの全てが、このガイドの要求に従うものではない。

2 範囲

2.1 このガイドは、130nm から 22nm のデバイス世代に対するパターンの無いシリコンウェーハ表面のナノポグラフィーの決定と報告を扱っている。典型的例は、20mm よりも小さい支配的な空間波長を持ち、山と谷 (P-V) の高低差が 2~3 ナノメートルから数百ナノメートルの間で変化する、ウェーハ表面上のへこみ、出っ張りあるいはうねりを含んでいる。

2.2 このガイドは、ナノポグラフィーデータの収集と解析のための技法を明記する。

2.3 P-V 測定法の使用は、ナノポグラフィー定量化に関して明記する。代替の偏差測定法は、関連情報 1 に記載する。

2.4 ウェーハ表面上の欠陥領域の空間的表示は、このガイドの範囲外である。

注意: このスタンダードはその使用に関連したすべ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 このガイドの使用は測定系特有の影響を軽減することを意図する。けれども、このガイドはナノポロジーを決定するために応用される信号処理計算法を十分に記述することを意図していない。報告されたナノポロジーは測定系の制限や要因により影響される。これらの制限は以下を含む:

3.1.1 測定系と応用したフィルタリングの有限な空間帯域幅は操作帯域幅外の正確に測れない表面変動に帰着する。同様に、フィルタリングの有限な帯域外排除は、排除した帯域のエネルギーが高い領域に人工的なものを作り出す。

3.1.2 測定結果は、異なる測定系が異なる測定方法論と異なる空間帯域幅に亘る操作を採用しているために、異なった設計の測定系間で異なってくる。ある測定系では、表面高さを直接に測定し、一方、他の測定系では、それを局所表面傾斜あるいは局所曲率の測定を通して間接的に決定する。これらの異なる方法の使用も、報告されたナノポグラフィーの差を持たらす。

3.1.3 全ての測定系は、雑音床を持っている;この雑音床近くでの高さ変動を持つ特徴のものは、不適切に報告される。

3.1.4 ある特徴の報告された形は、採用した測定系の空間的採取方法論にも依存する。

3.1.5 表面高さ試料の空間的広さと空間的採取間隔の両方が、表面高さ特徴の測定された大きさと同様に帯域幅限界に影響する。

3.1.6 空間領域高域通過フィルタの全てに亘る応答は、指定された二重ガウシアン高域通過フィルタリングを遂行するために使われた空間フィルタデジタル計数器に依存する。

3.1.7 測定系それ自体が報告された高さデータに強い影響を与える、つまり、ウェーハの操作または保持、測定原理と測定系の設計が報告された高さ数値にウェーハに関係しない寄与または人工的な影響を与える。

3.2 報告されたナノポロジーはウェーハと測定系との間の相互作用でも変化する。これらの制限は以下を含む:

3.2.1 強いエッジロールオフを持つウェーハの端部領域のような極端なトポグラフィー領域の内部または近接での測定は FQA 内の不正確な高さ測定の原因となる。

3.2.1.1 これらの領域は測定系の間の機械的差異を強調する傾向がある。

3.2.1.2 これらの領域は測定系のフィルタリングと解析の手段の差異を強調する傾向がある。

3.2.2 もし、表面高さ試料の空間的広さがその特徴よりも大きい場合、または特徴間の間隔よりも大きい場合は、近接した間隔の特徴は単一特徴または特徴なしとして計数される。

3.2.3 報告された特徴は、実際の表面特徴、ウェーハ支持の方法、あるいはウェーハと支持台間に閉じ込められた粒子によるものの組み合わせに由来する。

3.2.4 高域通過(空間周波数)フィルタリングは(バウ、ワープとソリのような)ウェーハ形状の(長い空間波長)効果を除去するために、これらの測定に使われる。ウェーハ形状やウェーハエッジロールオフに沿ったフィルタリングは報告された結果に影響する。

3.2.5 ウェーハの異常なあるいは極度な表面高さ変動を持つある空間的位置では、これらの位置での原初高さデータを適切に取得するための測定系の能力を超える

3.3 ナノポグラフィー解析は、より短い空間波長領域に対応するマイクロフネスを含まない。

3.4 一定あるいは圧縮フィルタのどちらを使うかは、ウェーハの内部領域に比較して端部近傍領域では異なったデータ処理を要求する。

3.5 端部近傍領域での一定あるいは圧縮フィルタの選定は、異なる結果を作りだす。

3.5.1 圧縮型フィルタ(外挿なし)は、影響領域のより低い報告されたナノポロジーの結果となる。

3.5.2 一定型フィルタ(外挿が必要)は、より高いかより低いかわちの報告されたナノポロジーの結果となる。

3.6 FQA 境界を越えて広がった解析領域(部分解析領域)の P-V 測定は、完全に FQA 境界内の解析領域より少ないデータ点に基づいている。統計的には、これはこれらの部分解析領域に対して報告された P-V を減少させる傾向がある。

4 参照スタンダードおよび文書

4.1 SEMI スタンダード

SEMI M1 — Specifications for Polished Single Crystal Silicon Wafers

SEMI M20 — Practice for Establishing a Wafer Coordinate System

SEMI M43 — Guide for Reporting Wafer Nanotopography

SEMI M49 — Guide for Specifying Geometry Measurement Equipment for Silicon Wafers for the 130 nm to 22 nm Technology Generations

SEMI M59 — Terminology for Silicon Technology

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

5 用語

5.1 シリコン技術に関する一般的用語の定義は、SEMI M59にある。

5.2 他の適用できる用語は以下に定義する。

5.2.1 解析領域 (*analysis area*) — ウェーハ内側の高さマップ上で、ナトポロジーを計算するために使われる高さ変動領域

5.2.2 解析マップ (*analysis map*) — 任意座標位置での値が、高さマップのその座標位置を中心とした解析領域に対して決められた測定法によるナトポグラフィーを表わすマップ。

5.2.3 高さマップ (*height map*) — ウェーハ表面位置の関数($z(x, y)$)としての表面高さの表現

5.2.4 ナトポグラフィー測定法 (*Nanotopography metric*) — ナトポグラフィーを定量化するためにフィルタされた高さマップの各解析領域内のデータに適用する助変数技法、例えば、P-V 測定法または偏差測定法。

5.2.5 部分解析領域 (*partial analysis area*) — その領域が部分的に FQA の外側であるが中心はまだ FQA 内部にある解析領域。

5.2.6 フィルタの支持領域 (*support area of filter*) — 空間的領域のフィルタに対して、高さマップの領域、表面高さ試料上の中心、その高さ試料でのフィルタされた出力に影響する。

5.2.7 表面高さ試料 (*surface height sample*) — ある既知の空間座標位置でウェーハ表面の測定されたまたは導出された平面からの高さ値。

注 2: 外挿されたまたフィルタされたデータは、共に導出された表面高さである。完全な高さ測定 of 区域であっても、全ての導出された表面高さは制限にかけられる。導出されたデータは、ウェーハ上の物理的な形状に相当すると仮定してはならない。けれども、導出されたデータの慎重な使用は、このガイドの要求された側面である。

6 手順

6.1 データ取得 — FQA 内でウェーハ表表面あるいは裏表面の高さマップを測定する。対象の波長領域で支持に起因する人為的な高さを最小にするような方法で、測定の間ウェーハを支持する。最小の高さマップ試料密度は x と y 両方向に 2 点/mm である。

注 3: データ密度は、もし低域通過平滑化フィルタを適用しなければ、高さデータの高空間周波数を決める。

6.2 高域通過フィルタリングされた高さマップの計算

6.2.1 端部近傍処理 — 端部近傍データ処理に対して圧縮フィルタか一定フィルタを使うかを選定する。一定と圧縮は、空間領域フィルタの支持域に帰する。一定フィルタリングの場合に対しては、典型的に FQA 境界を越えてのデータ外挿が要求される。フィルタリングが遂行される前に FQA 外側の高さマップを導出するために、供給者と使用者間で合意された適切なデータ外挿法が実行される。