SEMI M53-1109
パターンのない半導体ウェーハ表面上に証明済み手法で付着した単分散標準粒子を用いた走査型表面検査システム較正の作業方法

NOTICE: This translation is a REFERENCE COPY ONLY. If differences should exist between the English version and a translation in any other language, the English version is the official and authoritative version.

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。

SEMI スタンダード日本語翻訳版をご利用にあたっての注釈を本文の末尾に記載しております（「すべきである」「しなければならない」について等）。

本スタンダードは，Silicon Wafer Global Technical Committee で技術的に承認されている。現版は 2009 年 9 月 4 日，global Audits and Reviews Subcommittee にて発行が承認された。2009 年 10 月に www.semi.org で。初版は 2003 年 3 月発行，前版は 2009 年 3 月に発行された。

SUPERSEDED

1 目的

1.1 この作業方法では，パターンのない鏡面，エピタキシャル，薄膜生成された半導体表面上に付着された PSL（ポリスチレンラテックス）粒子のサイズを走査型表面検査システム（以下 SSIS）が正確に決定できるように，SSIS の暗視野検出器チャンネルの較正について記述する。

1.2 この作業方法では，（材質の）識別および実際のサイズが未知の表面実欠陥を報告する手段としてラテックス粒子等価 (LSE) 信号を用いることを定義する。

1.3 この作業方法では，SSIS の性能を定量化するための基礎を提供する。また，SSIS 性能定量化は，関連スタンダードの中で例えば感度，再現性，キャプチャレート等に影響するパラメータとして関係している。

2 範囲

2.1 この作業方法では，次の事項を取り扱う。

2.1.1 標準粒子が付着される較正基準半導体ウェーハの表面およびその他の特性に対する要求条件（¶ 8.1 参照）。

2.1.2 標準粒子付着に適した標準粒子のサイズ分布要求条件も含め，SSIS を較正するための標準粒子の適切で証明済み付着の選択。ただし，付着手法は含まれない（¶ 8.2 参照）。

2.1.3 応答曲線の変動があるが故に単調ではない，モデルで予測した散乱データを使用した較正曲線の生成。

2.1.4 モデルで予測した散乱データを使用した単調な較正曲線の生成。

2.2 これは，主として SEMI M1 で指定されている幾何学的特性を有する研磨シリコンウェーハ局所的光散乱体 (LLS) の検出に使用される SSIS の較正に使用するために開発されたが，適切な基準ウェーハが採用されるという条件で，この作業方法はパターンのない他の半導体表面の LLS の検出に使用される SSIS にも適用できる。

2.3 この作業方法は，LSE 値を使用して PSL 球以外の LLS のサイズを決定する方法を定義する意図はまったくない（¶ 3.1 を参照）。

注：SEMI による書面での了承なき場合は，本書の全部もしくは一部の転載を禁じる。

©SEMI ジャパン 〒102－0074 東京都千代田区九段南 4－7－15

Documents Document Sharing Hub

Full document details: SEMI M53-1109 (Japanese)

2.4 この作業方法は，SEMI M52 に記載されている要求条件をサポートする。

2.5 付属書 1 では，限定された生産用途に使用できるシングルポイント較正について説明するが，SEMI M52 に記載されている要求条件はサポートしていない。

2.6 付属書 2 では PSL ではない標準粒子の屈折率を決める方法について説明している。

注意： このスタンダードおよび安全ガイドラインはその使用に関連した全ての安全上の問題を取り扱うことを意図していない。この文書の使用者は，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項を決定し，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 LLS に対する SSIS の応答は，SSIS の光学システムの特性，LLS のサイズ，形状，向き，構成によって異なるので，LLS は，通常は LSE サイズのみを割り当てるものであって，物理的な直径を割り当てるものではない。異なる SSIS の光学システム特性は異なるので，PSL 粒子に対して較正された SSIS によって特定の LLS に割り当てられる LSE サイズは，同様に較正された異なるモデルの別の SSIS によって同じ LLS に割り当てられる LSE サイズと異なる可能性がある。

3.2 付着システムの伝達関数に起因して，まとめて販売される標準球には，付着の結果として得られる特性とは著しく異なる仕様特性（平均直径の不確実性，直径の分布，平均直径およびモード直径の間の広がり）を有している可能性がある。この理由により，この作業方法は，適切に特性評価された標準粒子付着を使用する場合に限定される（¶ 8.4 参照）。

3.3 この作業方法で使用できる最大の標準粒子の直径は，個々の SSIS 特性に依存するが，しばしば光源の波長の約 10 倍の直径に制限される。

3.4 この作業で使用できる最小の標準粒子の直径は，較正する SSIS の感度によって決められと共に制限要素となる。

注 1: この作業方法のこの版の作成時には，付着される実際の標準粒子の直径は 30 nm に近いが，IC テクノロジのクリティカルな寸法はますます小さくなっていくので，より小さな直径の標準粒子の体積が提供されるようになると予測される。

3.5 単調応答曲線を使用し，かつ較正対象の検出器チャンネルのダイナミックレンジが，単調ではない応答曲線に応答曲線の変動がある領域に及ぶ場合は，その領域では LSE 粒子のサイズを決定する精度は低下する。

3.6 *背景汚染*

3.6.1 付着プロセスと較正作業は，両方とも ISO 14644-1 で定義されているクラス 4 以上の環境で実行しなければならない。

注 2: ISO のクラス 4 は，連邦規格 209E で定義されているクラス M2.5（クラス 10）とほぼ同じである。

3.6.2 基準ウェーハ上に基準標準粒子直径の局所的光散乱体に近い LSE サイズの汚染が存在すると，結果が不正になる可能性がある。この状態になると，大きな誤差が生じたり，サイズ決定の精度が低下する可能性がある。

3.6.3 基準ウェーハまたはウェーハ上の汚染が高レベルである場合，SSIS が過負荷になったり，付着標準粒子の直径の分布のピークが不明確になることがある。この状態でも，大きな誤差が生じたり，等価サイズ決定の精度が低下する可能性がある。

3.6.4 これらの理由により，付着プロセスおよび構成手順は両方法ともクリーンな環境で実行しなければならず，基準ウェーハは，付着プロセスと較正の間で汚染を生じない方法で取り扱わなければならない。

3.7 基準ウェーハまたはウェーハの表面粗度が大きい場合，標準粒子分布のピークが不明確になったり，歪む可能性がある。

SUPERSEDED

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: SEMI M53-1109 (Japanese)

3.8 較正する SSIS が安定に動作していない場合，較正を実行してもその後のシステムの使用に当たって適切でなくなる可能性がある。適切な期間にわたりこの作業方法に従って較正を繰り返すことによってシステムの安定性を評価できる。

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 M12 — Specification for Serial Alphanumeric Marking of the Front Surface of Wafers

SEMI M20 — Practice for Establishing a Wafer Coordinate System

SEMI M50 — Test Method for Determining Capture Rate and False Count Rate for Surface Scanning Inspection Systems by the Overlay Method

SEMI M52 — Guide for Specifying Scanning Surface Inspection Systems for Silicon Wafers for the 130 nm, 90 nm, 65 nm, and 45 nm Technology Generations

SEMI M58 — Test Method for Evaluating DMA Based Particle Deposition Systems and Processes

SEMI M59 — Terminology for Silicon Technology

4.2 *Federal スタンダード*[1]

Fed Std 209E — Airborne Particulate Cleanliness Classes in Cleanrooms and Clean Zones

4.3 *ISO スタンダード*[2]

ISO 14644-1 — Cleanrooms and Associated Controlled Environments – Part 1: Classification of Airborne Particulates

注意： 別途指示のない場合，引用された全ての文書は最新版を指す。

5 用語

5.1 シリコン技術に使われる頭字語，定義，およびシンボルは，SEMI M59 に記載されている。

5.2 本スタンダードのみに使用されるその他の頭字語は以下の通りである：

5.2.1 *GNF (gain-nonlinearity function)* — 利得非線形関数。

5.2.2 *MPRC (monotonic predicted response curve)* — 単調予測応答曲線。

5.2.3 *MRC (monotonic response curve)* — 単調応答曲線。

5.2.4 *PRC (predicted response curve)* — 予測応答曲線。

5.2.5 *RC (response curve)* — 応答曲線。

5.3 本スタンダードのみに使用されるその他の用語は以下の通りである：

5.3.1 *ダイナミックレンジ (dynamic range)* — 走査型表面検査システムの測定条件の集合の 1 つにより測定器によってカバーされる信号の範囲。

5.3.1.1 *議論* — 役に立つダイナミックレンジは，背景雑音や計測器の本質的な分解能によって信号の小さい側に限定されるか，検出器や関連電子回路の飽和によって信号の大きい側に限定される。小さな信号の限界は，通常，少なくとも 95%の捕獲率で測定できる最小のラテックス粒子換算の直径として定義される。

[1] Standardization Documents Order Desk, Bldg. 4 Section D, 700 Robbins Ave., Philadelphia, PA 19111-5094, Attn: NPODS
（本スタンダードは，ISO 14644-1 と入れ替わったので，使用できない。）

[2] International Organization for Standardization, ISO Central Secretariat, 1, ch. de la Voie-Creuse, CP 56, CH-1211 Geneva 20, Switzerland; Telephone: +41.22.749.01.11, Fax: +41.22.733.34.30, http://www.iso.org

SUPERSEDED

Documents Document Sharing Hub
Full document details: SEMI M53-1109 (Japanese)

5.3.2 *利得非線形関数 (gain-nonlinearity function [GNF])* — SSIS の実際の応答とモデルで予測した SSIS の応答の間の関係であって，複数の独立パラメータおよび調整可能なパラメータを有する関数として与えられる。GNF は SSIS 検出器の応答特性と検知器に入射が予測される光量との関係であるから，GNF は標準粒子の材質に影響を受けてはならない。

5.3.3 *ラテックス粒子等価 (latex sphere equivalent [LSE])* — 同じテスト条件で，調査対象の LLS と同じ検出信号が生じる単分散ポリスチレンラテックス粒子に関連する。

5.3.3.1 *議論* — LLS がパーティクル（またはピット）に起因するものであると仮定すると，パーティクル（またはピット）の LSE サイズ（直径）は長さの単位の後に LSE を付けて与えられ，例えば '0.12 µm, LSE' となる。異なる計測器では光学システムおよび信号の処理手順が異なるので，異なる材質については単位はいろいろな状況で異なってくる。したがって，特定の LLS を異なったモデルの計測器や同じ計測器の異なる検出器チャンネルで測定すると，一般に同じ LSE サイズにならない。入射角度，集光立体角，偏光等，SSIS の光学システムのエレメントが変化し得る場合，特定の LLS の LSE サイズは，光学システムの各構成について必ずしも同じにはならない。

5.3.4 *LSE 直径決定の不確実性 (LSE sphere sizing uncertainty)* — 較正範囲内の任意の直径を有する PSL 粒子に対して，SSIS によって報告される直径の相対的不確実性の評価値。較正直径誤差および証明済み付着の不確実性による寄与度を組み合わせることによって決定される。

5.3.5 *単調予測応答曲線 (monotonic predicted response curve [MPRC])* — PRC から導かれ，単調になるように修正された予測応答曲線。MPRC に添付されている小文字は（例えば，$MPRC_{silica}$ または $MPRC_{PSL}$），MPRC に適用される粒子の材質を表す。

5.3.6 *単調応答曲線 (monotonic response curve [MRC])* —SSIS の実際の信号と粒子直径の間の単調な関係。PRC_{PSL} ではなく MPRC から導かれるので RC_{PSL} とは異なる。MRC に添付されている小文字は（例えば，MRC_{silica} または MRC_{PSL}），MRC に適用される粒子の材質を表す。

5.3.7 *予測応答曲線 (predicted response curve [PRC])* — 散乱光の強度（または SSIS の信号応答）と，さまざまな粒子の直径近傍でスキャナの応答を分析するために使用される粒子の直径の間のモデルで予測した関係。PRC は，粒子の材質およびスキャナの設計に依存し，一般に非線形である。応答と直径の関係が複数の値になる応答曲線の変動がある領域が含まれることがある。PRC に添付されている小文字は（例えば，PRC_{silica} または or PRC_{PSL}）PRC の計算に使われる粒子の材質を表す。

5.3.7.1 *応答曲線 (response curve [RC])* — SSIS の実際の信号および PSL 粒子の直径の間の関係。RC に添付されている小文字は（例えば，RC_{silica} または RC_{PSL}），RC に適用される粒子の材質を表す。RC は，スキャナの設計に依存し，一般に非線形である。応答と直径の関係が複数の値になる応答曲線の変動がある領域が含まれることがある。

5.3.7.2 *応答曲線の変動 (response curve oscillations)* — 応答曲線内の山と谷。これによって応答曲線は単調にはならない。較正の目的は，SSIS によって捕捉される光量を光散乱体の物理的サイズに関係づけることである。SSIS によって捕捉される局所的光散乱体 (LLS) から散乱される光量は，LLS の散乱特性（散乱の方向依存性も含む）および SSIS の集光光学系の幾何学的構成の両方の関数である。入射光の与えられた波長および SSIS の幾何学的構成に対して，特定のサイズの規則的な対象物は応答曲線の変動という形態の非線形性を示すので，散乱体の物理的サイズの関数としての散乱強度の曲線は，単調ではないことがある。したがって，物理的サイズが中程度に変動している類似の対象物は，与えられた検出器に同じ量の光を散乱することがあり得る。さまざまな材質のさまざまなサイズで応答曲線が変動を示す可能性がある。応答曲線の変動は，波長のほぼ半分より大きな直径の PSL 粒子で発生する。

5.3.7.3 *しきい値 (threshold)* — 異なるサイズの信号パルスを区別するために走査型表面検査システム (SSIS) に設定されるレベル。

5.3.7.3.1 *議論* — しきい値を設定して真の計数と表面雑音または電気雑音（それぞれ妨害計数または偽計数）あるいは異なるサイズの光散乱体を区別できる。走査ビーム強度の空間的不均一性および SSIS で一般に使用されるオーバーラップ走査により，走査ビームの行程に対する位置に依存して，しきい値近傍

SUPERSEDED

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: SEMI M53-1109 (Japanese)

の同じサイズの局所的光散乱体がしきい値より大きなあるいは小さな信号を発生することがある。前者の場合は，真の計数，後者の場合は消失計数として識別される。

6 作業方法の概要

6.1 較正する SSIS は，検査するウェーハに使用される条件と同じ装置条件でセットアップする。

6.2 較正された SSIS による検査に使用される装置条件と同じ装置条件の下に，基準ウェーハは較正中の SSIS によって走査される。

6.3 各基準ウェーハ上に付着された標準粒子直径分布のピークは，SSIS 信号ユニットのピーク値に割り当てられる。

6.4 PRC は標準粒子の材質毎，PSL 毎にその屈折率及び測定条件に用いられるパラメータを使って決定，生成される。

6.5 実際の SSIS 信号および理論的に予測される反応を使用して，利得非線形関数（GNF）を決定する。

6.6 PRC_{PSL} および GNF を使用して PSL（RC_{PSL}）を決定する。これには応答曲線の変動がある可能性がある。

6.6.1 *議論*—標準粒子として PSL が使われた場合，完全に一致するわけではないが RCpsl のグラフは標準粒子の直径に対する信号のグラフに近いものとなる。別の粒子材質を使った場合，RCpsl のグラフは標準粒子の直径に対するグラフとのマッチングはとれない。すなわち，LLS に対する LSE の直径を割り当てられ較正された SSIS は，PSL 標準粒子でない粒子の寸法を正しく表すことはできない。

6.7 PSL 粒子のサイズ決定の広がった不確実性が決定され，SEMI M52 の要求条件と比較される。

6.8 PRC_{PSL} から単調予測応答曲線（$MPRC_{PSL}$）を生成し，応答曲線の変動を除去できる。

6.9 $MPRC_{PSL}$ および GNF を使用して，応答曲線の変動がない単調応答曲線（MRC_{PSL}）を作成できる。

6.10 各検出器チャンネルについて，独立した RC_{PSL} および MRC_{PSL} が作成される。

6.11 RC_{PSL} または MRC_{PSL} のどちらかを使用して，LSE 直径が決定され，報告される。

7 装置

7.1 *走査型表面検査システム (Scanning Surface Inspection System)* — パターンのない半導体ウェーハ上の局所的光散乱体 (LLS) を検出，サイズ決定，マッピングするように設計されていて，次の機能を有する。

7.1.1 レーザビームでウェーハ表面の品質保証領域全体を走査する。

7.1.2 局所的光散乱体をレーザ光散乱現象として検出する。

7.1.3 ユーザ定義可能な感度しきい値がある。

7.1.4 ウェーハの与えられた領域について SSIS 信号（つまり，SSIS の生信号の関数としてのレーザ光散乱イベント数）のヒストグラムを作成できる。

7.1.5 ヒストグラムのピークを生成できる表計算ソフトやその他のアプリケーションプログラムにインポートできるヒストグラムのピークまたは出力データセットのファイルを評価できる。

7.1.6 各検出器チャンネルについてユーザが提供する較正曲線を受け入れることができる，あるいは後述の§ 9 に記載されている手順を自動的に実行できる。

7.1.7 意図した用途に対して十分な再現性がある。

7.1.8 ISO 14644-1 によるクラス 4 以上のクリーンな環境でウェーハを取り扱う。

SUPERSEDED

Documents Document Sharing Hub
Full document details: SEMI M53-1109 (Japanese)