

SEMI M58-0704

DMA を基にしたパーティクル堆積システムとプロセス評価のためのテスト方法

本テスト方法は、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 2004 年 4 月 22 日 North American Regional Standard Committee にて承認されている。2004 年 5 月にまず www.semi.org で入手可能になり、2004 年 7 月出版に至る。

1 目的

1.1 SEMI M52 は、走査型表面検査システム (SSIs: scanning surface inspection systems) の校正のため、認証された標準試料 (CRMs: certified reference materials) の使用を要求している。校正方法は、SEMI M53 で規定されている。本テスト法は、差分移動度解析器 (DMA: differential mobility analyzer) を用いた特定のパーティクル堆積システムが、要求されている CRMs を制作出来るか否かを決定する手順を提供する。

1.2 自家使用のため内部で堆積を行う組織、および販売目的で堆積物を製造する会社は共に、彼らのパーティクル堆積システムが SEMI M52 の要求を満足させる堆積を保証するため、本テスト方法を適用することが出来る。

2 範囲

2.1 本テスト方法は、パーティクル堆積システムによって作り出される堆積物のピーク直径と、関連した拡張された相対結合ピーク直径不確実性の決定方法と、SEMI M52 の 3% 要求と比較のための関連する堆積手順を提供する。

2.2 本テスト方法は、またより広い分布を持ったパーティクル材料を用いた場合に於いても、堆積システムが SEMI M52 で要求される半値幅 (FWHM: full width at half maximum) 5% 以下の直径分布をもった堆積を作り出せる能力の有無を決定する方法を提供する。

2.3 これらのテストは、堆積システムがピーク直径の決定と、パーティクル源の分布の狭小化を実行できる DMA (または、同等のプログラム可能なフィルターリングシステム) を用いることを要求している (関連情報 1 参照)。

2.4 本テスト方法は、1 週間にわたり繰り返し、精度の決定法を提供する。テストが長期間の安定性を決定するため定期的に繰り返される。ほとんどの DMA を基にしたパーティクル堆積システムの長期安定性は、

1 年あるいはそれ以上であると信じられているが、テストは毎年、ないし装置が故障したと思われるときに繰り返されることを推奨している。

2.5 本テスト方法には、指定された特性を持つ 3 種類のパーティクル分布を持つ試料と、最小パーティクルの検出に 95% 以上の捕獲率を認めるに十分な表面特性をもったウェーハが必要となる。

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 本テスト法は、PLS 球の堆積の用途に限定されるが、勿論本テストに用いられる堆積システムは他の材料粒子の堆積にも用いることは出来る。

3.2 測定可能な保証されたピーク直径を持たない PSL 懸濁液が堆積を作るのに用いられた時には (または、堆積が懸濁液の分布のピークから離れたサイズでなされた場合)、堆積システムがピーク堆積直径を評価する際の不確実さは、1 つの知られた標準あるいは非常に狭い分布をもった標準に基づく測定から決定される偏りの情報を含んだものとなる。本テスト法が開発された時点で、唯一そのような標準が存在した。従って、もし不確実さに及ぼす偏りの寄与が懸濁中のピーク直径の関数である場合は、決定法はその知られた標準から外れピーク直径には誤差があり得る。

3.3 懸濁液中の界面活性剤および水中の汚染物がパーティクル径を増加させる事があり得るので、堆積されたパーティクル直径が、懸濁を入れた瓶に対し認証された値から少し外れることがあり得る。この制限事項は、同一スプレイスシステム、同一純度の希釈水と、瓶内のパーティクルサイズ作りと堆積をするのと同じ懸濁濃度を持った DMAs を用いることで回避可能である。この可能性は、懸濁パーティクル上で不揮発性物質が乾燥する可能性を減らすため、低濃度の不揮発

性物質をもったPSL懸濁液を用いることで最小化できる。

4 参照スタンダード

4.1 SEMI スタンダード

SEMI M50 — Test Method for Determining Capture 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 Technology Generation

SEMI M53 — Practice for Calibrating Scanning Surface Inspection Systems using Depositions of Monodisperse Polystyrene Latex Sphere on Unpatterned Semiconductor Wafer Surfaces

SEMI MF1241 — Terminology of Silicon Technology

4.2 ISO スタンダード¹

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の出版バージョンである。

5 用語

5.1 表面走査型検査システムに関する事項の定義は、SEMI M50, SEMI M52, SEMI M53 に記載されている。

5.2 シリコンウェーハ技術に関する追加用語は、SEMI MF1241 で定義されている。

6 方法の要約

6.1 一定の要求を満足する 3 つのPSL球の懸濁液の瓶 (A, B, C) が用意される。瓶Aは、認証されたピーク直径と非常に狭い直径分布をもったCRMであり、堆積システムがどのようなものであれ、堆積はSEMI M52 の要求を満足する。瓶B (より小さい直径) と瓶C (より大きな直径) は、より幅広い分布を持ち、ピーク直径の精度には制限の無いものである。

6.2 5 日間にわたって、3 つのPSL球サイズのそれぞれについて、1 枚またはそれ以上のウェーハ上に同

数の点状の堆積が毎朝行われ、瓶Aの球直径の最終走査チェックがその日の遅くになされる。

6.3 それぞれの瓶からの堆積直径が、堆積システムで決まった通りにデータシートに記録される。

6.4 その週の終わりに点状堆積のそれぞれに対してヒストグラムを求めるためSSISで走査される。FWHM値がこれらのヒストグラムから得られ記録される。またSSISから見いだされたピーク直径値とパーティクルの計数が記録されることもあるが、これらの数値はSEMI M52 の要求を実証するために必要ではない。

6.5 それぞれの瓶に対する結果が、堆積システムが拡張された相対結合標準不確か率がSEMI M52 によって要求される 3%以下であるか、そしてウェーハ上に堆積されたFWHMが 5%以下であるかを定めるため解析される。

7 機器

7.1 パーティクル堆積システム

7.1.1 評価されるべきパーティクル堆積システムは、クラス 4 またはISO 14644-1 で規定されているより良いクリーンルーム下で実施されなければならない。

7.1.2 堆積システムには、液体懸濁液からパーティクルを空気中の小滴の霧にするアトマイザーを持っていなければならない。

7.1.3 パーティクル堆積システムは、ピーク直径の決定とパーティクル源の分布の狭小化を実現できるDMA (または同等のプログラム可能なフィルターシステム) を持っていなければならない。

7.1.4 堆積システムは、堆積がなされるウェーハにたいし適切なウェーハハンドリング装置を備えていなければならない。

7.2 表面走査型検査システム

7.2.1 用いられるウェーハと堆積されたPSL球を用いるに相応しいSSISは、なされた堆積のいずれに対してもFWHMを決定できるものでなければならない。

7.2.2 SSISは、本テスト方法を用いるためSEMI M53 に一致して校正される必要はない、しかし、本テストが実施された時に得られる結果は、テストサイズ領域においてSSISの校正のための指標を与えることは出来る。

8 試薬と材料

8.1 PSL 球

8.1.1 3 つのタイプのPSL球液体懸濁液が本テストで使用される。

1 International Organization for Standardization, ISO Central Secretariat, 1, rue de Varembe, Case postale 56, CH-1211 Geneva 20, Switzerland. Telephone: 41.22.749.01.11; Fax: 41.22.733.34.30 Website: www.iso.ch; also available in the US from American National Standards Institute, New York Office: 11 West 42nd Street, New York, NY 10036, USA. Telephone: 212.642.4900; Fax: 212.398.0023 Website: www.ansi.org, and in other countries from ISO member organizations.

8.1.1.1 瓶Aは、3%より遙かに小さい拡張された相対ピーク直径不確実性と5%以下のFWHMを持ったPSL球の懸濁液を含んだCMRである。これは、堆積システムの(1)ピーク直径の繰り返し精度と(2)ピーク直径の偏りの測定に用いられる。²

8.1.1.2 瓶Bは、瓶Aの球より少なくとも20%小さな単一の明確なピーク直径と、5%より明確に大きなFWHMを持ったPSL球の懸濁液を含んでいる。本液は、幅広い直径分布から小さな直径をフィルターしたときの堆積システムの(1)ピーク直径の繰り返し精度と(2)FWHMの測定に用いられる。

8.1.1.3 瓶Cは、瓶Aより少なくとも30%大きな単一の明確なピーク直径と、もし可能なら5%以上のFWHMを持ったPSL球の懸濁液を含んでいる。幅広い直径分布から大きな直径をフィルターリングした時の堆積システムの(1)ピーク直径の繰り返し精度と(2)FWHM測定に用いられる。

注1: 100 nm より大きなピーク直径を持つ球は、しばしば5%より小さなFWHMを持つので、5%以上のFWHMを持った瓶を確保するのは可能でないかも知れない;この場合は出来る限り大きなFWHMを持った瓶を用いる。

8.2 ウェーハ

8.2.1 堆積された最小のPSL球がSEMI M53 ごとに95%以上の捕獲率をもってSSISで検出され得るに充分な高ウェーハ表面品質をもった適切な直径の1枚またはそれ以上の鏡面ウェーハシリコンウェーハ。

9 機器の準備と管理

9.1 テストされる堆積システムは、全5日間のテスト期間中、計画の有無、メンテナンスあるいは他の中断があろうとも稼働できる様でなければならない。

9.2 堆積システムが管理状態にあることを保証するために、1ないしそれ以上のピーク直径に関連する電圧の管理図を毎日あるいは週単位で維持する。

9.3 全テスト手順、計算、および結果の解釈(10項から12項参照)を、年単位であるいは管理図が管理基準を外れたときは何時でも繰り返す。

10 手順

10.1 8.1項で記載されている3つのPSL球の懸濁液(A, B およびC)を入手する。データシートに瓶Aの保証されたピーク直径の1 σ 相対不確実性とパーティクル分布の%FWHM値を記録する。懸濁液のそれぞれの瓶の供給者、パート番号、そしてロット番号を記録する。出来れば、瓶BとCについて同様の情報を記

録する。データシートの1例が図1に示されており、完全な例が図R2-1に示されている。

注2: 出来れば、データシートは11項で議論される計算を自動的に遂行するスプレッドシートとしてまとめることが出来る。本スプレッドシートは、関連情報2に概説されている。この場合、エラーメッセージが、データが挿入されるまで、計算を実行する式を含むセルに現れる。

10.2 データシートには、連絡が取れる様、実験室名、テストの為の連絡先、住所、電話番号、E-mailアドレス、そしてテスト日を記録する。

10.3 データシートに、供給者、モデル番号、シリアル番号そしてソフトウェアの版名を含めたテストする堆積システムの身元確認を記録する。本堆積システムについて以前テストが実施されていたなら、一番最後のテストデータを入れておく。

10.4 堆積をする為のウェーハを1枚ないしそれ以上選び、最初のウェーハを堆積システムに載せる。

10.5 堆積数を勘定する為、パーティクル数N(1000から3000の間の数)を選び、その値をデータシートに記録する。全ての堆積に対しNに同じ数値を用いる。

10.6 最初の日の堆積

10.6.1 5日間の期間の最初の日の朝に、ピーク直径を検出するために堆積システムにおいて瓶Aからのパーティクルを走査する。データシートの堆積システム直径(Deposition System Diameter)部分の最初の瓶A欄の第1日目の行に堆積システムによって見いだされたピーク直径を記録する。最初のウェーハ上のある1点上にN個のパーティクルの堆積をするため、ピーク直径に中心を合わせ堆積システムを用いる。

10.6.2 この手順を瓶BおよびCに繰り返し、データシートの堆積システム直径部分の適切な第1日目欄に堆積システムによって見いだされたピーク直径を記録する。

10.6.3 その日の終わり近くで、瓶Aの(追加的堆積は行わずに)最後のピーク直径走査を行う。データシートの堆積システム直径部分の第2列瓶A欄の第1日目の行に堆積システムによって見いだされたピーク直径を記録する。

10.7 次の4日間に対しても、そのウェーハの追加場所または追加ウェーハ上に、10.6項内の手順を繰り返す。

10.8 5日間の最終日に、15の堆積のそれぞれに対しヒストグラムを求めるためSSIS上で、そのウェーハ(または複数枚のウェーハ)を走査する。

² 現時点では NIST SRM 1963 がこれらの要求条件に合致する。

10.8.1 ヒストグラムから得られたFWHM値をnm単位で決め、データシートのSSISデータ (SSIS Data) 部分のウェーハ上のFWHM欄にこれらの値を記録する。

10.8.2 出来るなら、データシートのSSISデータ部分の測定ピーク (Measured Peak) と計数 (Count) 欄にSSISヒストグラムから得られたピーク直径と計数値を入れる。これらの値は、SSISの校正と、堆積システムの計数精度を評価するために用いる事が出来るが、SEMI M52 の要求に対する堆積システムの評価には使用できない。

11 計算 (注 2 参照)

11.1 データシートの堆積システム直径部分の 4 つの欄のそれぞれの平均をとり、平均直径をnm単位で小数点以下1桁まで、相対標準偏差をパーセントとして計算し、記録する。

11.2 データシートのSSISデータ部分のそれぞれの適切な欄に、nm単位で表されたFWHMを、nm単位で測定されたピーク直径で割り、小数点以下 2 桁のパーセントに変換した相対FWHMを求め記録する。

11.3 データシートの 3 つのSSISデータ部分のそれぞれの欄の平均値と標準偏差を計算する。

11.4 瓶Aからの堆積に対応するピーク直径に対する拡張された相対結合標準不確実性、 U_{relA} を以下のように計算する:

$$U_{relA} = 2\sqrt{s_{DepA}^2 + u_{BottleA}^2} \quad (1)$$

ここに

s_{DepA} = データシートの堆積システム直径データ部分の瓶 A からの堆積に関連したシステムの繰り返し精度に対する統合相対標準偏差で、それぞれの日の初めになされた 5 回の堆積から得られた標準偏差の自乗にそれぞれの日の終わりになされた 5 回の走査から得られた標準偏差の自乗を加え、2 で割り、平方根をとること得られる。

$u_{BottleA}$ = データシートの瓶のピーク直径部分に見られる製造者によって認証された瓶 A 中のパーティクル分布のピーク直径の 1σ 相対結合標準不確実性。

データシートの解析 (Analysis) 部分の堆積ピーク不確実性 (Dep Peak Uncertainty) 行の瓶A欄に小数点以下 1 桁のパーセントとして結果を記録する。堆積のピーク直径の認証値を、瓶Aからの堆積のピーク直径として採用する。

11.5 瓶Bからの堆積に関連したピーク直径に対する拡張された相対結合標準不確実性、 U_{relB} を計算する。

$$U_{relB} = 2\sqrt{s_{DepB}^2 + u_{BottleA}^2} \quad (2)$$

ここに:

s_{DepB} = 堆積システム直径データから得られる瓶 B からの測定されたピークの相対標準偏差: データシートの瓶 B 部分で、そして

$u_{BottleA}$ は、式(1) 内と同じ意味を持つ。この式の 1 項はDMAによって瓶Bのピーク直径を検出する際の不確実性による変動を表しており、2 項はDMAによって検出される瓶Bのピーク直径を補正するために用いられる瓶A中の懸濁液の保証されたピーク直径の不確実性を表している。結果をデータシートの解析部分の堆積ピーク不確実度行の瓶B欄に小数点以下1桁までのパーセンテージで記録する。瓶Bからの堆積のピーク直径を次のように決定する:

$$PeakDia_B = Mean_B \left(1 + \frac{Cert_A - Mean_A}{Cert_A} \right) \quad (3)$$

ここに:

$Mean_B$ = データシートの堆積システム直径部分から得られた瓶 B からの平均堆積直径値で、そして

$Mean_A$ = その日の終わりの走査から得られた平均にその日の初めの堆積からの平均を加えることによってデータシートの堆積システム直径データ部分から得られた瓶 A からの平均堆積直径の平均値で、そして

$Cert_A$ = データシートの瓶のピーク直径部分に示されている製造者によって認証された瓶 A 中の懸濁液のピーク直径の値。

データシートの解析部分のピーク (補正済み堆積システム) (Peak(DepSysCorrected)) 行の瓶 B 欄に $PeakDia_B$ を記録する。

11.6 瓶Cからの堆積に関連する拡張された相対結合標準不確実性、 U_{relC} を計算する:

$$U_{relC} = 2\sqrt{s_{DepC}^2 + u_{BottleA}^2} \quad (4)$$

ここに

s_{DepC} = 堆積システムの直径データから得られた瓶 C からの測定されたピークの相対標準