

SEMI G78-0699 (Withdrawn 1011) TEST METHOD FOR COMPARING AUTOMATED WAFER PROBE SYSTEMS UTILIZING PROCESS-SPECIFIC MEASUREMENTS

プロセス特定測定を利用する自動ウェーハプローブシステム比較試験法

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、global Traceability Technical Committee で技術的に承認されている。現版は 2011 年 9 月 12 日、global Audits and Reviews Subcommittee にて発行が承認された。2011 年 10 月に www.semiviews.org および www.semi.org で入手可能となる。初版は 1999 年 6 月発行。

注意: 本文書は、編集上の修正を伴い、再承認された。

1 目的

1.1 自動ウェーハプローバ機能即ち精度、再現性およびスループットを比較測定即ち相対測定する条件を定義すること、およびその手段を提供すること。

2 範囲

2.1 この方法は、単一の自動ウェーハプローバの性能を評価するために使用できる。または多くのプローバを比較する手段として使用できる。この文書が扱うプローバは、完全コンピュータ化されたもの、即ち自動搬送、アライメントおよびプロービング能力を持つものとして定義される。

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 この試験および比較法は、自動ウェーハプローバの性能測定について統計的に完全な方法論を示すことを意図していない。特定のエンドユーザの環境内におけるウェーハプローバのステッピング能力を比較する際、これを実質的な手段として使用することが正しい用途である。

3.2 文書の中で使用される用語「再現性」および「精度」の定義は、National Conference of Standards Laboratories (NCSL) の定義に一致しない。また一致させることを意図していない。それらはこの文書だけに使用され、他の用途を持っていない。

3.3 プローブニードルの「フロート」のような位置エラーは高温の影響を受ける。この影響を特徴づけて排除することは困難である。したがって、同じプローブカードを使用して対象のプローバ全部を評価することが望ましい。

3.4 各試験の前後において、プローブカードが同じ状態かどうか検証すること(即ち位置精度および総合機能を評価すること)が望ましい。

3.5 半導体素子上の bumps 配置は、それらの公称の場所に関して一般に ± 0.001 " 以内である。bumps を調査するために使用される垂直針のプローブカードは固有のニードルドリフトを持っている。したがって、垂直針のプローブカードを bumps デバイス上でプローバ精度測定の手段として使用する際、注意すること。

4 参照スタンダードおよび文書

4.1 SEMI スタンダードおよび安全ガイドライン

SEMI E10 — Standard for Definition and Measurement of Equipment Reliability, Availability and Maintainability (RAM)

SEMI S2 — Safety Guidelines for Semiconductor Manufacturing Equipment

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 定義

5.1.1 3 シグマ限界 (3σ limit) — 工程変動を統計的に処理した測定値。ある工程が ($a \pm 3$ シグマ) の偏差を持つとすると、1000 個当たり 2.7 個が確立限界の外に落ちることになる。

5.1.2 精度 (accuracy) — 自動ウェーハプローバが、そのチャックおよびチャック上のウェーハを、初期位置から事後位置までインデックスし、ウェーハ上の公称場所で静止プローブチップと接触する能力。この方法のコンテキストでは、精度は平均ダイオフセットとして定義される。

5.1.2.1 平均ダイオフセットは、ダイパッドの中心線から、スクラブマークデータ点の分布の中心を統計的に表す平行線まで測定した垂直距離である (図 1 を参照)。この図の中で示される各データ点は、この方法の操作によって得られたスクラブマークの、集積の中心値だけを表す。

5.1.2.2 この方法によって確立される精度はそのシステムの特性である (即ち精度は全体として自動プローバおよびそのプローブカードの両方を表す)。最終的に、この方法は 2 つの精度、即ちダイの X 軸および Y 軸に沿ったパッドに対する値を確立する。これらの軸方向は任意である。

5.1.2.3 もし完全にコンピュータ化されたプローバ設定モードを、試験中の「プローブ、ニードル、パッドのアライメント」に使用しないならば、システム精度を評価するとき作業者エラーの可能性を変数と見なすべきである。

5.1.3 自動ウェーハプローバ (automatic wafer prober) — ダイボンディングパッドまたは相互接続バンプを、半導体素子上で自動的に繰返して位置合せし、プローブカードに付けられた 1 組の試験ニードルに位置合わせするデバイス。

5.1.4 ボンディングパッド (bonding pad) — 半導体素子上の露出した金属接触面積であって、絶縁性のパッシベーションによって囲まれる面積。ここで相互接続が、ウェーハレベル試験のために一時的に行われ、パッケージングのために恒久的に行われる。

5.1.5 バンプ (bumps) — 半導体素子上の突き出した金属性の接触面積であって、ボンディングパッドの代りに使用される。この種の接続を使用するように設計されたダイを、「フリップチップ」または直接チップアタッチと一般に呼ぶ。

5.1.6 ダイ (die) — 個々の半導体素子。この方法の目的のためには、ダイは分離されておらずなおウェーハの形をしている。(ウェーハソートの文脈の中で) 頭字語 DUT (測定されるデバイス) と同義語である。

5.1.7 オーバードライブ (overdrive) — ウェーハが使用者定義の初期接点、典型的には「最初の電氣的な接触」を行き過ぎる距離の Z。

5.1.8 オーバーヘッド試験 (overhead test) — テストヘッドがプローバ上方に直接マウントされる半導体試験方法。その目的はピン電子回路とプローブカードとの間の距離を短くすることである。テストヘッドとプローバとの間の接続は、プローバテスターインタフェース (PTI) と呼ばれるデバイスを通じて一般に行われる。

5.1.9 ピン電子回路 (pin electronics) — DUT を試験するのに使用される試験信号を生成するテスターハードウェア。

5.1.10 プローブカード (probe card) — プリント基板またはセラミック基板であって、恒久的なニードルまたは接点を持つもの。ニードルまたは接点はダイの接触パターンにマッチするように製造時に調整される。通常、プローブカードには次のものがある：

- ブレード
- 周辺装置／片持針 (別名、エポキシリング)

- 垂直針(別名, エリア配列またはコブラ™)

5.1.11 プローブカードの平面度およびアライメント(probe card planarity and alignment) — 使用者が「x」, 「y」および「z」で指定するプローブチップの位置。

5.1.12 プローブニードル(probe needles) — プローブカードとボンディングパッドの間の接点。次のような材料から製造されることが多い:

- ベリリウム銅
- タングステン
- タングステンレニウム合金
- Paliney

5.2 プローバ通信プロトコル(§ 9.6 参照)(prober communications protocol) — データをテスターとプローバの間で送信する手段。通常、次のものがある:

- TTL
- RS-232c
- GPIB

5.2.1 プローバテスターインタフェース(prober tester interface (PTI)) — 信号を送信する電子機械デバイスであって、テスター中のピンカードをプローブカードに接続するデバイス。

5.2.2 再現性(repeatability) — 図 1 は経験的なデータであり、スクラブマークの統計的に有意なサンプルを表す。このデータは次のことを明らかにする。即ちニードルはダイが変わると必ずしも一貫して同じ点と接触するわけではない。この方法では精度は平均のダイオフセットとして定義される。したがって、再現性は平均のダイオフセットに対する 3 シグマ分布値を表す。再現性は、この方法によって得られた集積オフセットデータ点に対する 99.7% 即ち 3 シグマ分布値を表す。

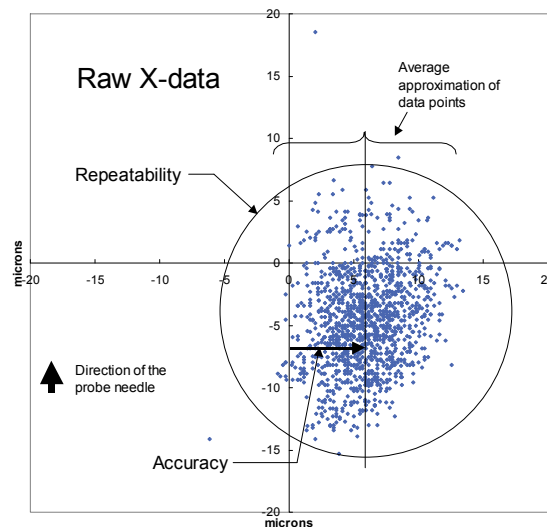


図 1
生の X データ

5.2.2.1 これらのスクラブマークを X-Y でプロットしたセントロイドは、点の「雲」を形成する。中心が最も濃密であり周辺に向かうにつれて希薄になる。

5.2.2.2 再現性はプローブマークのその雲即ち「クラスター」の半径である。3 シグマまたは使用者が決めた限界によって定義される。その雲の中心が公称の目標からずれるエラーが、自動ウェーハプローバの「精度」として定義される(図 1 参照)。

5.2.3 設定値(set point) — 制御系の入力装置が設定される値。制御系が制御量を駆動する実際値と対比されるもの。例えばウェーハチャック温度調節器への入力設定である。これはウェーハチャックの温度を独立に測定した実際値と対比される。

5.2.4 ソーク時間(soak time) — 装置が設定温度に達してからその装置を使用するまでの時間。

5.2.5 スクラブマーク(scrub mark) — プローブによってボンディングパッドまたはバンプに残されるマーク。プローブカードがウェーハに接触した後にこのマークが残される。

5.2.6 温度試験(temperature testing) — 気温以外の管理温度レベルにおけるデバイスの試験。

5.2.7 試験(test) — 自動ウェーハプローバにおいて、この文書のデータ収集を一通り完全に行うこと。

5.2.8 テスター(tester) — 特殊のコンピュータ制御システムであって、集積回路の試験のために設計されたもの。

5.2.9 テストヘッド(test head) — 電子回路のパッケージ(「テスター」の一部)であって、プローブカードと電気的、機械的の両方で相互作用するもの。典型的にはプローバテスターインタフェース(PTI)を通じて相互作用する。

5.2.10 スループット(throughput) — ダイが自動ウェーハプローバによって、試験されるために循環される率。自動ウェーハプローバ(または他の電動位置決め装置)の機能の本質として、精度、再現性およびスループットは相互に不可分に関連している。

5.2.11 タッチダウン(touch down) — プローブカードとウェーハとの間の接触。使用者は最初の接触を電氣的にするかまたは機械的にするか選ぶことができる。

5.2.12 ウェーハ(wafer) — 半導体基板であって、その上にマルチプルなダイが組立てられるもの。

5.2.13 ウェーハボートまたはウェーハカセット(wafer boat or wafer cassette) — マルチプルウェーハのためのキャリア。

5.2.14 ウェーハチャック(wafer chuck) — 自動ウェーハプローバ内のプラットフォームであって、ウェーハを保持し輸送するもの。チャックは、管理温度試験のための手段を含んでいることがある。

5.2.15 x , y , z , および θ (x , y , z and θ) — プローブカードの中心に対しプローバの前に立ったときの動き:

- 右への動きは正の X 方向への動きである。
- プローバの背に向かう動きは正の Y 方向への動きである。
- 床から遠ざかる動きは正の Z 方向への動きである。
- Z 軸の周りを回りプローブカードの中心を通り抜ける動きは θ の動きである。プローバの上方から下をみて反時計回りの動きは、正の θ の動きである。

5.2.16 z -クリアランス(z -clearance) — 使用者定義された初期接点とウェーハの表面との間の距離であって、ウェーハプローバのサイクルの中で、ウェーハチャックがウェーハを DUT 相互間で動かしているときの距離である。

6 方法の要約

6.1 目的 — SEMI プローブスタンダードタスクフォースはこの方法を定義した。そのタスクフォースは、半導体ウェーハプローブシステム使用者およびウェーハプローブシステム供給者からのメンバーから構成されていた。この方法は、その一部分がデータ収集の指針であり、ウェーハプローブシステムの特定のパラメータを取り扱う。そのパラメータは精度、再現性およびスループットである。この方法は比較データを生成するツールである。そのデータは、複数のウェーハプローブシステムの競合を判断することができる判定基準の役割をする。

6.2 プローブシステムの精度およびスループット — ウェーハプローブシステムは、プローブシステムの電子機械システムに起因するニードル配置エラーを有する。この他にプローブカードにおけるニードルの物理的なアライメントに起因するニードル配置エラーを有する。プローブシステムがチャックを配置する精度、プローブシステムのボンディングパッドのニードルアライメントに対する有効性、 X および Y 平面におけるプローブカードニードルの物理的アライメント、並びにプローブシステムのビジョン分解能および精度(ピクセル 1 個当たり距離が何ミクロンかということ)などが、プローブシステムの総合的な配置性能に影響を及ぼす要因になる。

6.2.1 プローブシステムの比較精度および再現性がこの方法で確立されている。それに使用したのはビジョンシステムで手動で収集したプローブマークデータである。または自動プローブマークデータ解析システムが使用できる場合はそれを使用した。収集データの解析に使用したのは、この方法に含まれるプローブマークデータ解析アルゴリズムである。

6.2.1.1 このデータ収集の意図はプローブ精度を確立する決定的な結論を出すことではない。データの解析結果に意味があるのは、複数のプローブシステムの比較分析をする場合だけである。

6.2.2 プローブシステムのスループットを決める最良の方法は、ストップウォッチで時間を測定することである。この他に次の方法もある：

- 評価対象のプローブシステム上の時間スタンプおよびログファイル(入手可能な場合)
- プローバの試験に使用されたデバイス試験プログラム内の時間トラッキング。

6.2.3 これらのどの方法もプローブシステムの稼働中に時間間隔を測定することはできない。この方法の応用の一部としてデータ収集表にそのデータを入力することになっている。

6.2.4 アルゴリズムは、1 ロットが 10 のウェーハから 9 つのウェーハを選びデータを収集する。1 つのセットアップ当たり 3 つのウェーハを使用して、3 つのセットアップを実行する。ダイを全て調査するが、各ウェーハ上のダイのうちの 12 のダイからだけデータを得る。各ダイの上の 24 のパッドを評価する(図 4 参照)。全体として、1 ロットについて 2592 のダイパッドが解析される。

6.2.5 データを全て収集し分析した場合、各プローブシステムは平均のダイオフセット値を持つ。これは精度の相対的な表現であり、評価された全てのダイの平均のオフセットである。精度の相対的な表現は、プローブシステムがチャックを(したがってプローブニードルを)正確にダイパッドの中心点に当て正常に動作するかどうかの目安になる。

6.2.6 一般的に、全てのダイのプローブマークを見た場合、データ広がり即ち各ウェーハのエラーポイントの分布がある。再現性は全てのダイオフセットに関する ± 3 シグマの変動である。それは「正規化されたダイオフセットの計算」としてこの方法の中で識別される。

6.3 プローブカードの問題 — プローブカード構造の変動、および気温以外の温度におけるプローブカード使用を考慮する必要がある。エラーには下記の原因がある：

- ホットチャックの環境では、プローブカードおよびニードルは高温のチャックにさらされることが多い。プローブカードの材質をどう選ぶかによって、プローブカードが温度によってどう膨張し収縮するかが決まる。プローブシステムにはプログラマブル予熱(ソーク)時間をプログラムできる。予熱時間を長くするとプローブカードの変動は減がスループットも低下する。
- 過度のプローブシステム z-ステージが過度のオーバードライブで使用される場合、ニードル構造はニードルのベンディングにより過度のエラーに帰着することができる。ニードルの番号、およびニードル技術(つまり垂直針対片持針)のセレクションは、測定結果に顕著な効果がある別の変数である。
- この方法の各使用者は、標準のプローブカード構造というものに制約されない。したがって、よい保全性を備えたプローブカードおよびベンダーを選び、かつ複数のプローブシステムを評価する場合その同じプローブカードを使用することが望ましい。同じプローブカードを使用して複数のシステムを評価すると、環境要因が異なる場合も反復可能な方法で反応させ得る。この前提条件は、プローブカードニードルが複数評価の間に摩耗し過ぎていないこと、ニードルアライメントが各手順の前に検証されまたは達成されることである。

6.3.1 プローブマークスクラブの長さは種々の要因によって異なる。例えば下記要因である：

- チャックおよびステージトラベルにおける平面度の変動であって、z-センサマッピングアルゴリズムによって補正されないもの
- アルミニウムパッドにおけるハードスポットによって、または
- プローブチップ形状などの変動によって

6.3.2 プローブマーク解析アルゴリズムにおけるこの変動のインパクトを最小限にするために、スクラブ方向に垂直に得られるスクラブマークの場所データだけを使用すること。スクラブマークの向きに垂直に測定した距離は、スクラブマークの向きに平行に測定した距離より著しく安定していると一般に認められている(図 2 参照)。

6.3.3 要するに、ニードル配置精度を測定する場合、プローブカードそれ自身が制限因子でありうる。特に環境要因が異なるときはそうである。材質選定、ベンダー対ベンダーの変動、プローブカードの構造(ブレード、エポキシリング、垂直針、など)、などによって、環境要因の異なる場合特に、解析結果に一貫性がなくなる(この方法を注意して適用しないとする)。ここに述べた注意事項は、この方法で一貫した正確な評価結果を得るためのものである。

6.3.4 しかしながら、ここに述べた注意事項はこの方法を使用する重要な根拠にもなる。例えば、プローブカードは XY の位置および平面度に対し設計され、室温での正常動作中の顧客仕様書要求事項を満たすと期待される。この方法は数値結果を確立する手段として役立つことができる。数値結果は、温度またはプローブカード構造の変動がプローブカード仕様要求事項に及ぼす影響を表す。

6.4 PMA アルゴリズム — 最良適合長方形をスクラブマークおよびパッシベーションオープニングのまわりで各パッドに対して描くことができる。図 3 を参照すること。

注 1: パッシベーション孔のまわりに最良適合長方形を適用することは、あるビジョンシステムにとって難しいことがある。ダイパッド金属のまわりに最良適合長方形を適用することは、許容できる代案である。スクラブマークのまわりの最良適合長方形の中心ポ位置は、スクラブマークの中心を表す。ダイパッドの中心はパッシベーション孔のまわりの最良適合長方形の中心である。2 つの中心間の距離はパッドオフセットである。パッドオフセットは 4 つの値から計算される。左、右、トップおよびボトム(図 2 参照)。

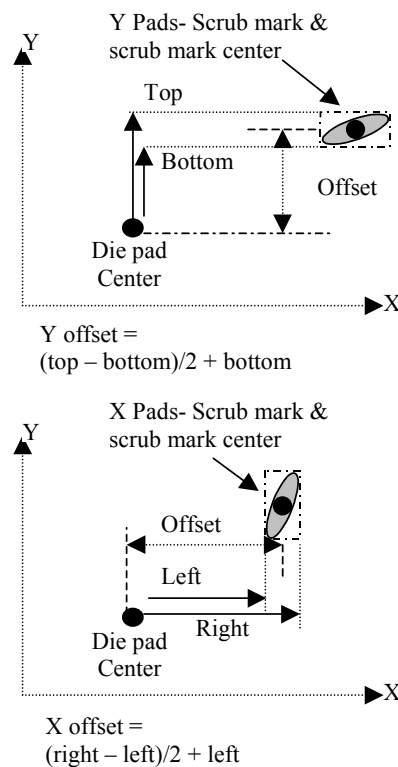


図 2

X および Y のオフセット

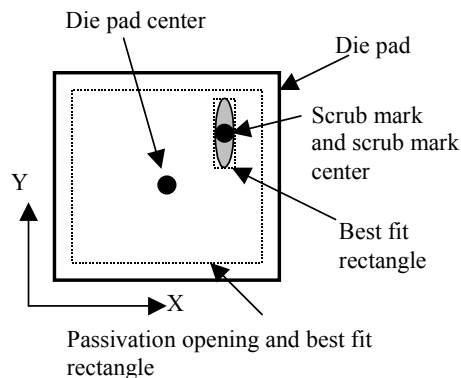


図 3
スクラブマーク解析

6.4.1 ビジョンシステムの測定は、ダイパッドセンターからスクラブマークまでのオフセット距離を確立して行う。測定の安定性が比較的大きいのは、測定がスクラブマーク方向に垂直になった時である。これは、ダイの X および Y の平面内でパッドのオフセットを測定して X と Y のオフセットを確立する。

6.4.2 一度オフセットを確立すれば、2 段階の手順で 1296X および 1296Y のオフセット値を処理する。アルゴリズムの最終結果は、分析されたパッドに対する総合プローブシステム精度および再現性の相対的測度になる。図 5 は方法を要約した図である。

6.5 スケールの考慮 — 特定のプローブシステムの適合性を評価し、ボンディングパッドの特定のサイズを調査しまたは特別のパッドからパッドまでのピッチを正確に調査する場合、目安となる方法は、仕様に述べられたプローバの位置精度を、調査されるフィーチャのスケールの 1/10 にすることである。例えば、評価されているプローブシステムが $5 \mu\text{m}$ の総合配置精度を持っている場合、 $50 \mu\text{m}$ 平方未満のパッドを持っているダイのためにこの方法およびこのプローブシステムを使用して、ウェーハを分析することは不適當である(これは 10 倍未満である)。

6.5.1 とにかく、この方法を複数システムの評価のために使用する場合、ダイおよびボンディングパッドのサイズ／ピッチの一貫性を、各評価に対して保つ必要がある。そうしないと結果が無意味になる。

6.5.2 同じ 10 倍規則が、パッドオフセット測定に使用されるビジョンシステムまたは自動プローブマーク解析システムに適用される。これらのシステムは、測定されるスクラブマークに関連したダイパッド寸法より少なくとも 10 倍繊細なピクセル分解能を持つべきである。

6.6 結論 — 前提条件として、この方法の使用はウェーハプローブシステムを持っているか、または市販のシステムから選ぶことを計画しており、精度、再現性およびスループットの客観的な比較分析を要求しているものとする。

6.6.1 この方法は 3 段階のプロセスを使用する。即ちプロービング、プローブマークデータ収集およびデータ解析の各プロセスである。

6.6.2 調査する場合、10 のウェーハの各々上の全てのダイが「試験され」調査されたことになっている。それらの、10 のウェーハのうち最後の 9 つ(12 のダイが各ウェーハにある)を使用してスクラブマークデータを収集する。1 つのダイ当たり少なくとも 24 のパッドを使用して解析する。第 1 のウェーハだけがプローブシステムおよびそのプローブカードの安定化に使用される。