SEMI M73-1013
TEST METHODS FOR EXTRACTING RELEVANT CHARACTERISTICS FROM MEASURED WAFER EDGE PROFILES

測定したウェーハエッジプロファイルから直接的関連性ある特性を抽出するテスト方法

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，the Silicon Wafer Global Technical Committee で技術的に承認されている。現版は 2013 年 8 月 22 日，global Audits and Reviews Subcommittee にて発行が承認された。2013 年 10 月に www.semiviews.org および www.semi.org で入手可能となる。初版は 2008 年 11 月発行。前版は 2009 年 3 月発行。

1 目的

1.1 SEMI M1 ではシリコンウェーハエッジ形状の輪郭線をテンプレートで規格化しているが，その方法では複数のシリコンサプライヤーによって製造されたウェーハエッジプロファイルに規格内ではあるが広い変動を許す余地がある。

1.2 多くの先端ウェーハ応用では，引続く電子回路製造工程での変動を制御するためにエッジプロファイルのもっと狭い規格化が要求されている。これらの規格にはしばしばエッジプロファイル輪郭の部位を記述する幾つかの特性の値を含む。

1.3 エッジプロファイルに関するより狭い許容誤差を規定することに対する先行必要条件はエッジプロファイルを記述するために使われる直接的関連性ある特性の名称と測定したエッジプロファイルからこれらの特性を抽出するための方法についての取決めである。それ故これらのテスト方法では，シリコンウェーハエッジプロファイルの特性を述べるために使われる用語が命名されその意味が概略図形で例証される。

1.4 この標準は測定したエッジプロファイルからこれらの特性を導出するための二つのテスト方法を包む。

2 範囲

2.1 これらテスト方法はどちらも産業で使用される。これらは以下のようなプロファイル部位パラメータに対する数値を得るために測定したエッジプロファイルを幾つかの部位にわたって直線，円弧あるいは接線で適合させることに基づいている：

- ベベル角（bevel angles）
- エッジ幅（edge widths）
- エイペックス長（apex lengths）
- エイペックス角（apex angles），そして
- ショルダー半径（shoulder radii）

加えて，エッジプロファイルを各部位に分割する基準点の位置が決められる。これら部位パラメータは表 1 にプロファイル回りの順で記載され，図 1 に例証されている。

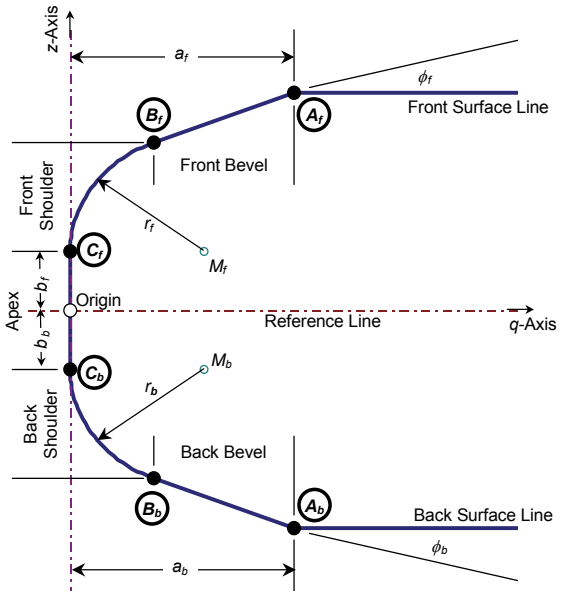
注：SEMI による書面での了承なき場合は，本書の全部もしくは一部の転載を禁じる。
©Semiconductor Equipment and Materials International（http://www.semi.org/）
©SEMI ジャパン 〒102－0074 東京都千代田区九段南 4－7－15

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: SEMI M73-1013 (Japanese)

表 1　エッジプロファイルの部位パラメータ

		部位パラメータ	記号	単位	説明
ウェーハ厚さ, t (μm)[注1]		表側ベベル角	ϕ_f	°	表側表面と表側ベベルとの間の角度で，ウェーハ方向に正をとる。
	エッジ幅, a_f または a_b (μm)[注2]	表側ショルダー半径	r_f	μm	表側ショルダーの円弧の半径。
		表側エイペックス長	b_f	μm	原点から表側ショルダー円弧の始点までの距離。
		表側エイペックス角	β_f	°	z-軸と表側エイペックスとの間の角度で，$+q$ 方向に正をとる。
		裏側エイペックス角	β_b	°	z-軸と裏側エイペックスとの間の角度で，$+q$ 方向に正をとる。
		裏側エイペックス長	b_b	μm	原点から裏側ショルダー円弧の始点までの距離。
		裏側ショルダー半径	r_b	μm	裏側ショルダーの円弧の半径。
		裏側ベベル角	ϕ_b	°	裏側表面と裏側ベベルとの間の角度で，ウェーハ方向に正をとる。

注 1　ウェーハ厚さは z-軸方向にある。
注 2　エッジ幅は q-軸方向にある。エッジ幅はウェーハの表側と裏側表面で同じまたは異なる;もし同じであれば，プロファイルは対称である。



注 1:　この標準の中のこの図およびその他の図において，ウェーハエッジはウェーハの中心方向で半径に沿った q-軸の正方向を持ちそしてウェーハの表側表面方向に z-軸の正方向を持つウェーハエッジの円形周辺部分に沿ったウェーハ表面に垂直なウェーハ断面として描写されている。エイペックス角 β_f と β_b はモデルプロファイルに対しては零に等しいと仮定されている。

注 2:　ウェーハの現実のエッジプロファイルでは，基準点 A_f と A_b での角張りは滑らかであり実際のエッジ幅はそんなに正確には確定できない。結果として，エッジ幅と品質保証領域の外側限界線との間のウェーハの全領域が平坦であることは期待できない。

図 1
プロファイルを記述するために使われる用語，
記号と基準点を例示するモデルエッジプロファイルの略図

2.2　二つの方法の間で適合させる場所と手順がかなり異なるため，特定の部位パラメータについて得られた結果が同一になりにくい。

2.3　この標準で扱う両方のテスト方法はシリコンウェーハの測定したエッジプロファイルのすべての型に応用可能である。

2.3.1　　テスト方法 1 では，指定したエッジ幅が測定したエッジプロファイルの適合させるべき領域を決定するために使われ，基準点位置の座標は測定したエッジプロファイルの適合領域から導出される。テスト方法 1 のやり方を記述する:

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: SEMI M73-1013 (Japanese)

- エッジプロファイルパラメータをウェーハの周縁部から規定した距離で測定したエッジプルファイルから直接に抽出し，それらを指定値と比較する，
- 抽出した特性値を使ってエッジプロファイルを再構築する，そして
- 測定した，目標とした，そして再構築したプロファイルの間の一致を評定し，ユーザが抽出パラメータがいかに代表的に測定パラメータを顧慮しているかを調べることを可能にさせる。

2.3.2　テスト方法 2 では，指定したベベル角度が測定したエッジプロファイルの適合させるべき領域と基準点 A_i と B_i の座標の両方を決定するために使われる。テスト方法2のやり方を記述する:

- エッジプロファイル特性パラメータをウェーハの周縁部から規定した距離で測定したエッジプロファイルの部分に直線または円弧を適合させることにより抽出し，それらを指定値と比較する。
- 適合させた直線と円弧を測定したプロファイルの適切な部分と比較し，ユーザが抽出したパラメータが各部位でいかに上手く適合しているかを調べることを可能にさせる。

注 1:　両テスト方法に対し，三つの異なるエッジプロファイル型に対して測定した結果が例としてこの標準の最後の関連情報 1 に与えられる。

2.4 これらのテスト方法は明確にシリコンウェーハを指しているが，他の材料のウェーハにも応用できるかもしれない。

2.5 これらのテスト方法はエッジプロファイルを測定するために使われる装置あるいはこのような測定の方法論に対するどちらの要求事項も包含していない。これらはまた，ウェーハのエッジプロファイル測定のための装置あるいは技術のどちらの能力評定法も記述していない。

2.6 これらのテスト方法は表面仕上げあるいはエッジ近傍領域のエッジロールオフに対するどちらの評価も包含していない。

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 これらのテスト方法の結果はプロファイルの測定品質に依存する。

3.2 これらのテスト方法の結果はウェーハ上のパーティクル汚染，ウェーハの欠陥，使用する測定系の不調整，測定系との相対的なウェーハの不調整，そしてひどいウェーハ曲がりによって不利に影響される。

3.3 これらのテスト方法により決定された抽出特性に対して得られた数値は試験手順に基づいた指定パラメータの値，つまり，エッジ幅あるいはベベル角に依存する。

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 M1 — Specification for Polished Single Crystal Silicon Wafers

SEMI M20 — Practice for Establishing a Wafer Coordinate System

SEMI M59 — Terminology for Silicon Technology

SEMI M76 — Specification for Developmental 450 mm Diameter Polished Single Crystal Silicon Wafers

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 シリコン技術に関連しこの標準に使われる一般用語，頭字語，省略語と記号は SEMI M59 の中に列挙され定義される。特に SEMI M59 に与えられたエッジプロファイルに関する定義には*裏側表面，エッジプロファイル，表側表面*と*厚さ*が含まれる。

5.2 *記号*

5.2.1　この標準の使用者の便利のために，この中で使われる記号を表 2 と図 1 に要約する。

M73-1013
Documents
Document Sharing Hub
Full document details: SEMI M73-1013 (Japanese)

表 2　この標準で使われる記号

記号	*意味*	*単位*
β 注 1, 注 2	エイペックス角	度
ϕ 注 1, 注 2, 注 3	ベベル角	度
a 注 1, 注 2, 注 3	エッジ幅（以前は *ファセット長*と呼ばれた）	µm
A_i 注 1, 注 2	ベベルが表面と交わる基準点	µm, µm
b 注 1, 注 2, 注 4	エイペックス長	µm
B_i 注 1, 注 2	ベベルとショルダーとの間の基準点	µm, µm
C_i 注 1, 注 2	ショルダーとエイペックスとの間の基準点	µm, µm
M 注 1, 注 2	ショルダー円の中心点	µm, µm
O	ウェーハのエッジ断面図で使われる *q-z* エッジ基準座標系の原点	0 µm, 0 µm
q	ウェーハのエッジ断面図で使われる *q-z* エッジ基準座標系の半径座標	µm
r 注 1, 注 2	ショルダー半径	µm
t	厚さ	µm
z	ウェーハのエッジ断面図で使われる *q-z* エッジ基準座標系の垂直座標	µm

注 1　下付き文字 *i* が使われる時は，適時に，表側と裏側の量のどちらか一方または両方を意味する。
注 2　下付き文字 *f* が使われる時は，表側表面の量を意味する。下付き文字 *b* が使われる時は，裏側表面の量を意味する。
注 3　プライム符号（′）が使われる時は，エッジ幅またはベベル角の値がカスタマにより指定されたもの，あるいは別の方法で試験手順の初めに仮定されたものであることを意味する。
注 4　下付き文字が使われない時は，b_f と b_b の合計を意味する。

6 エッジプロファイル型

6.1　エッジプロファイルを議論する便宜上，表 1 の 3 組のパラメータ値の範囲が，次のとおり，三つの型のエッジプロファイル用に確認された。

- *A* — エッジ幅が長く，ショルダー半径が小さく，そしてエイペックス長が長い。
- *B* — エッジ幅が短く，ショルダー半径が小さく，そしてエイペックス長が長い。
- *C* — エッジ幅が中間的で，ショルダー半径が大きく，そしてエイペックス長が短いかまたは無い。

6.2　450mm に対しては，SEMI M1 中のこの種のウェーハに関する仕様に従って，表 3 中に一組の数値のみが表 3 に報告されている。

6.3　四つのエッジプロファイル型に対して各種パラメータを個別に仮定した場合の数値範囲が表 3 中に示される。

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: SEMI M73-1013 (Japanese)

表 3　300 mm および 450 mm 用の異なるエッジプロファイル型のパラメータ値の範囲

パラメータ	*記号*	*300 mm ウェーハ　エッジプロファイルの型*		
		A	*B*	*C*
エッジ幅	a_f または a_b	300 ～ 400 µm	200 ～ 270 µm	240 ～ 310 µm
ショルダー半径	r_f または r_b	200 ～260 µm	200 ～260 µm	300 µm ～ *t/2*
エイペックス長	b_f または b_b	100 ～ 175 µm	100 ～175 µm	0 ～ 100 µm
		450 mm ウェーハ　エッジプロファイル		
エッジ幅	a_f または a_b	300 ～ 400 µm		
ショルダー半径	r_f または r_b	160 ～ 245 µm		
エイペックス長	b_f または b_b	120 ～ 260 µm		

注 2:　表 3 中の数値はウェーハエッジプロファイルに対する仕様を意味していない。これらは単に異なるエッジプロファイル型に対して個別のパラメータを仮定した場合の範囲を境界化している。ウェーハエッジプロファイルの仕様は SEMI M1 あるいは SEMI M76 に属する。

7 テスト方法 1ーエッジ幅法

7.1 *方法の要約*

7.1.1　測定点がウェーハの周縁部上に選ばれる（SEMI M20 に定義されたウェーハ座標系の R, θ 座標で）。もし測定がウェーハの周縁部回りの幾つかの場所でなされる場合は，測定位置に対するサンプリング計画が選択される。

7.1.2　測定エッジプロファイルが取得される。

7.1.3　測定エッジプロファイルの断面図は最も外側のエッジ位置を左に内側への半径拡がりを右に位置調整される。

7.1.4　エッジプロファイルの特徴付けに対する座標系が設定される。

7.1.5　測定点間隔が表面線，ベベル，ショルダーとエイペックスに適合させた線または円弧に亘って指定される。

7.1.5.1　直線をウェーハの表側と裏側のベベル，表面線とエイペックスの測定点に適合させる。

7.1.5.2　半径 r_i で中心点 M_i を持つ円がウェーハ表側と裏側表面のエッジプロファイルショルダーの測定点に適合させられる（ここでそしてその後も，下付き文字 i は表側には f, あるいは裏側には b を立てる）。

7.1.6　エッジプロファイルを七つの領域に分ける六つの基準点の位置 A_i, B_i, と C_i は適合させた線の交点と円の接点とで決定される。

7.1.7　表側と裏側のエッジ幅 a_i, ベベル角 ϕ_i, ショルダー半径 r_i, エイペックス長 b_i, そしてエイペックス角 β_i は上記の点，線，そして円を使って計算される。

7.1.8　エッジプロファイルは抽出されたパラメータを使って再構築され，測定プロファイルから再構築プロファイルの二乗平均平方根偏差が計算される。

7.1.9　もしウェーハ当たり幾つかの方位位置が使われるならば，平均値，標準偏差そしてそれらの 95%確定間隔が計算される。

7.1.10　抽出されたパラメータ，点 A_i, B_i, と C_i の座標，測定パラメータと再構築パラメータとの偏差，それらの統計量も同様に報告される。

7.2 *手順*

注 3:　以下の手順は一般には測定装置内部で自動的に実行される。採用した手順の性質を示すためここに情報が提供される。

7.2.1　試験関係者間の合意に従ってサンプリング計画を，もし何かあればそれを，選択し記録する。

7.2.2　SEMI M20 の R-θ 座標系に従って，プロファイル測定の方位角位置を度で決定する。

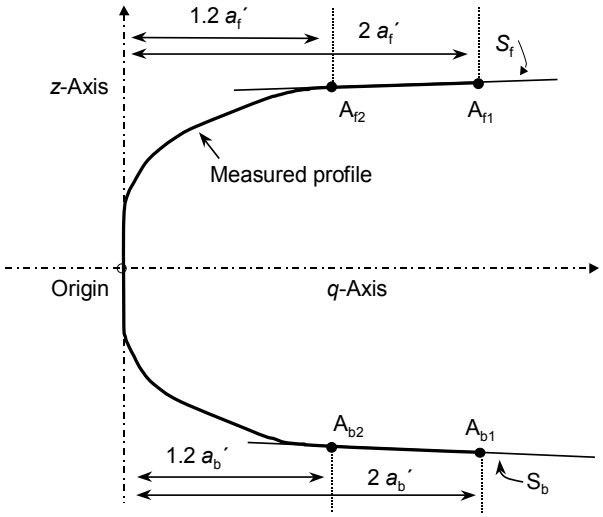
AVA Documents
Document Sharing Hub

Full document details: SEMI M73-1013 (Japanese)

7.2.3　一つの方位角θで，ウェーハエッジのエイペックスから半径方向内側に $2a_i'$（ここで a_i' =表側（i = f）領域のまたは裏側（i =b）領域の使用者により指定されたエッジ幅）以上か等しい距離まで，試験関係者間で合意した適切な装置を使って測定点の q-z 座標の組としてウェーハ表側と裏側領域のウェーハエッジプロファイルを取得する。

7.2.4　測定したエッジプロファイルの断面図をエッジプロファイルの最も外側の半径位置を左に内側への半径広がりを右にして位置調整する（図 1 参照）。

7.2.5　次の手順により座標系を設定する（図 2 参照）：



注:　q-軸は線 S_f と S_b との間の角を 2 等分している。

図 2
ウェーハのエッジプロファイルに対する座標系設定の実例

7.2.5.1　直線 S_i（$i = f, b$）を 1.2 a_i'（点 A_{i2}）と $2a_i'$（点 A_{i1}）との間で q-座標を持つ表側と裏側表面の測定点に適合させる。

注 4:　このテスト方法で要求された測定点に直線と円弧のすべての適合が二乗平均平方根ベストフィット手法を使って実行される。

7.2.5.2　直線 S_i の二等分線として基準線を計算する。その基準線をウェーハ中心方向が正方向となる座標系の q-軸としてとる。

注 5:　指定されたエッジ幅が分からない場合は，自動選択値（表4）あるいは帰納的（反復的）計算のどちらかが使われる（付録 1 参照）。

注 6:　「実際の」ウェーハ表面と比較して測定した表面線の傾きは現在広く使われている測定系からの産物である。この差異はエッジプロファイルの投影像を造り出すために使われる平行光束に対するウェーハの不整合，光路に沿ったウェーハの厚さ変動，そして光の回折など幾つかの効果に起因している。

表 4　指定されたエッジ幅 a_f' と a_b' に対する自動選択値

	300 mm ウェーハ エッジプロファイル		
	A	*B*	*C*
a_f', a_b' [µm]	350	235	275
	450 mm ウェーハ エッジプロファイル		
a_f', a_b' [µm]	350		

7.2.5.3　座標系の原点を q-軸と q-軸の両側で q-軸に最も近い 5 測定点に適合させた直線との交点にとる。

Documents
Document Sharing Hub
Full document details: SEMI M73-1013 (Japanese)

7.2.5.4　q-軸に垂直で原点を通る線を構築し，この線をウェーハ表側表面方向に正方向を持つ座標系の z-軸にとる。

注 7:　SEMI M1 では，¶7.2.5.4 に定義された z-軸は y-軸と呼ばれ，この軸はウェーハ表面（表側または裏側）での原点からウェーハ中央面方向へ向かう正の値しか持たない。

7.2.6　　直線 G_i を $0.5a_i'$（点 B_{i1}）と $0.8a_i'$（点 A_{i3}）との間で q-座標を持つベベル領域内で測定されたエッジプロファイルの点に適合させる（図 3 と図 4 参照）。

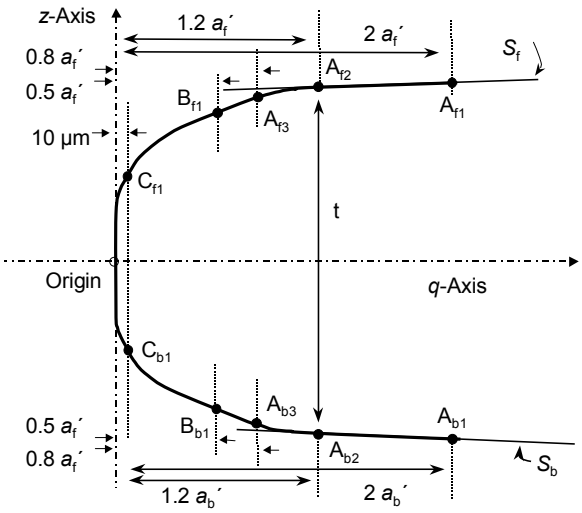


図 3
点 A_{i2}, B_{i1},と C_{i1}，理想表面線 K_i，そして厚さ t の決定

7.2.6.1　直線 L_i を 0 µm（原点）と 10 µm（点 C_{i1}）との間で q-座標を持つエイペックス領域内で測定されたエッジプロファイルの点に適合させる（図 3 と図 5 参照）。

7.2.7　　基準点 A_i の位置とエッジ幅 a_i，ベベル角 ϕ_i，エイペックス角 β_i，そして厚さ t の大きさを次のようにして決定する：

7.2.7.1　基準点 A_i の位置を線 G_f と線 S_f との交点（図 4 参照）または線 G_b と線 S_b との交点にとる。

7.2.7.2　エッジ幅 a_i の大きさを基準点 A_i の q-座標としてとる（図 4 参照）。

7.2.7.3　ベベル角 ϕ_i の大きさを線 G_i と q-軸との間の角としてとる（図 4 参照）。

7.2.7.4　エイペックス角 β_i の大きさを線 L_i と z-軸との間の角としてとる（図 5 参照）。

7.2.7.5　厚さ t の大きさを z-方向の点 A_f と A_b との間の距離としてとる（図 3 と図4参照）。

7.2.8　　基準点 B_i と C_i の位置，エッジプロファイルのショルダー半径 r_i とエイペックス長 b_i の大きさを以下のようにして決定する：

7.2.8.1　線 I_i を q-軸方向へ 10 µm の距離に線 G_i と平行に引く。線 I_i と測定エッジプロファイルとの交点が点 B_{i2} を生ずることに注意する（図 5 参照）。

7.2.8.2　q-座標 ≥10 µm 点（点 C_{i1}）とウェーハ表側表面に対しては線 I_f の q-座標 ≥10 µm より小さいか等しい z-座標点あるいはウェーハ裏側表面に対しては線 I_b の q-座標 ≥10 µm より大きいか等しい z-座標点を持つエッジショルダー領域に円弧を適合させると，結果としての円は z-軸に最も近い終点上の線 L_i と z-軸から最も遠い点での線 G_i とに接する（図 6 参照）。

注 8:　もしショルダー半径が非常に小さくなければ，B_{i2} の z-座標は C_{i1} の z-座標よりも大きい。円を適合させるための同じ手順は B_{i2} の z-座標が C_{i1} の z-座標よりも小さい場合にも適用できる。点 B_{i2} と C_{i1} 位置が同じかほぼ同じ場合にはショルダー半径は r_i = 10 µm/(1 − cos((90-ϕ_i-β_i)/2)により計算することができ，従って 2 点間には唯一の測定点があるかまたは無いかである。

M73-1013
Documents
Document Sharing Hub
Full document details: SEMI M73-1013 (Japanese)