

# JEITA

電子情報技術産業協会規格

Standard of Japan Electronics and Information Technology Industries Association

## JEITA EM - 3510

シリコン・ウェーハの  
エッジ・ロールオフの測定方法

**Edge Roll-Off Measurement Method for Silicon Wafers**

JEITA半導体部会 シリコン規格管理小委員会の終息に伴い、本規格は  
2016年3月（平成28年3月）をもって廃止されました。  
シリコン規格管理小委員会の活動記録として公開するものです。

2007年1月制定

2016年3月廃止

作 成

シリコン技術委員会

Silicon Technologies Committee

電子材料標準化委員会

Technical Standardization Committee on Electronic Materials

発 行

社団法人 電子情報技術産業協会

Japan Electronics and Information Technology Industries Association

## 目 次

まえがき	1
1. 適用範囲	1
2. 用語の定義	1
3. 測定装置	2
3.1 測定原理	2
3.2 物理エッジ基準の求め方	2
3.3 中心基準の求め方	2
3.4 エッジ・ロールオフ測定位置の位置決め精度	2
3.5 高さ方向の測定分解能	2
4. 測定方法	2
4.1 試料の保持方法	2
4.2 測定パラメータ	2
4.3 ロールオフ量を求める方法	2
4.4 表記方法	3
4.5 測定方位	4
5. 報告	4
附属書(参考) 参考文献	5
解説	6

電子情報技術産業協会規格

## シリコン・ウェーハの エッジ・ロールオフの測定方法

### Edge Roll-Off Measurement Method for Silicon Wafers

**まえがき** エッジ・ロールオフ<sup>(1)</sup>がウェーハ周辺部の平坦度を劣化させ、その結果周辺部でのリソグラフィの歩留まり低下を引き起こすことは以前から知られている。これに対し次世代ウェーハ技術専門委員会では、エッジ・ロールオフがウェーハ端部におけるCMPのパフォーマンスにも影響を与えると予想し、それを計算シミュレーションで明らかにした<sup>(2)</sup>。これらの活動の中でエッジ・ロールオフの測定標準が必要との認識に至り、本規格を制定した。

1. **適用範囲** この規格は、エッジ・ロールオフの測定方法について規定するものである。

#### 2. 用語の定義

- ① **物理エッジ** エッジ周辺部の形状を求める際基準となる位置で、ウェーハの最端先端部とする。
- ② **物理エッジ基準** 半径方向の測定位置を物理エッジを原点として規定すること。
- ③ **ウェーハ中心基準** 半径方向の測定位置をウェーハ中心を原点として規定すること。
- ④ **基準線** 表面・裏面形状、厚さプロファイルからフィッティングにより求めた、エッジ・ロールオフを含まないそれぞれの仮想表面上の直線又は曲線とする。
- ⑤ **基準区間** 基準線を算出する区間とし、物理エッジ又はウェーハ中心からの距離を $[r_1, r_2]$ と表記する。どちらの基準でも $r_1 < r_2$ となる。
- ⑥ **エッジ・ロールオフ** 非チャック状態のウェーハにおいて、そのエッジ付近における基準線からの変位とし、厚さが減少する方向を正とする。
- ⑦ **エッジ・ロールオフ測定位置** エッジ・ロールオフを測定する半径方向の位置とし $r_0$ で表記する。
- ⑧ **エッジ・ロールオフ量** 単にロールオフ量ともいう。測定位置におけるエッジ・ロールオフの値をROA(Roll Off Amount)と略す。
- ⑨ **直線基準ロールオフ量** 基準線として直線を使用したときのロールオフの値とする。L-ROA (Linear-referenced Roll Off Amount)と略す。
- ⑩ **曲線基準ロールオフ量** 基準線として3次曲線を使用したときのロールオフの値とする。P-ROA (3<sup>rd</sup> order Polynomial-referenced Roll Off Amount)と略す。

### 3. 測定装置

3.1 測定原理 ウェーハの径方向の表面形状を測定する装置であれば、測定原理を問わない。例えば下記のような装置が利用可能である。

- ① 触針プローブ式形状計又は光プローブを用いたスキヤニング式形状計
- ② 干渉計、共焦点光学系、又はその他を用いた面を一括で測定する形状計

3.2 物理エッジ基準の求め方 次のいずれかにより決定する。

- ① 先端部にウェーハ表面に垂直な物体を物理的に接触させ、エッジ位置を検出する。
- ② ウェーハ表面に垂直な光を投影し、その影を検出することによりエッジ位置を検出する。
- ③ その他の物理的な方法によりエッジ位置を検出する。

3.3 中心基準の求め方 光学的、機械的又は他の物理的方法を用いてウェーハ中心を検出する。

3.4 エッジ・ロールオフ測定位置の位置決め精度 100  $\mu\text{m}$  以下が望ましい

3.5 高さ方向の測定分解能 10nm 以下が望ましい。

### 4. 測定方法

4.1 試料の保持方法 非チャック状態とする。

4.2 測定パラメータ 試料の表面形状、裏面形状、厚さプロフィールとする。

4.3 ロールオフ量を求める方法

- ① 直線基準ロールオフ量(L-ROA)を求める場合 基準区間 $[r_1, r_2]$ で直線を最小自乗法で求め基準線とする。ロールオフ測定位置における測定高さ $h$ と基準線との変位を求めL-ROAとする。図1参照。

基準区間を、物理エッジ基準の場合  $r_1=3\text{mm}$ ,  $r_2=6\text{mm}$ , 中心基準の場合  $r_1=(R-6)\text{mm}$ ,  $r_2=(R-3)\text{mm}$  とする。ここでRは測定ウェーハの公称半径である。この数値以外でロールオフ量を測定する場合は、基準区間を明記しなければならない。

ロールオフ測定位置を、物理エッジ基準の場合  $r_0=1\text{mm}$ , 中心基準の場合  $r_0=(R-1)\text{mm}$  とする。この数値以外でロールオフ量を測定する場合は、基準区間を明記しなければならない。

- ② 曲線基準ロールオフ量(P-ROA)を求める場合 基準区間 $[r_1, r_2]$ で3次多項式を最小自乗法で求め基準線とする。ロールオフ測定位置における測定高さ $h$ と基準線との変位を求めP-ROAとする。図2参照。

基準区間を、物理エッジ基準の場合  $r_1=5\text{mm}$ ,  $r_2=20\text{mm}$ , 中心基準の場合  $r_1=(R-20)\text{mm}$ ,  $r_2=(R-5)\text{mm}$  とする。この数値以外でロールオフ量を測定する場合は、基準区間を明記しなければならない。 $r_1=5\text{mm}$ ,  $r_2=35\text{mm}$  を推奨する報告もある<sup>(3)</sup>。

ロールオフ測定位置を、物理エッジ基準の場合  $r_0=1\text{mm}$ , 中心基準の場合  $r_0=(R-1)\text{mm}$  とする。この数値以外で測定する場合は、測定位置を明記しなければならない。

- ③ 測定における注意 Rとして公称半径を用いる場合、中心基準のL-ROA, P-ROAは物理エッジ基準のL-ROA, P-ROAと一般に異なる。この理由は、公称半径と実半径に差異が存在するため、中心基準の $r_0 = (R-1)$ mmと物理エッジ基準の $r_0 = 1$ mmが同じ位置でないことに起因する。

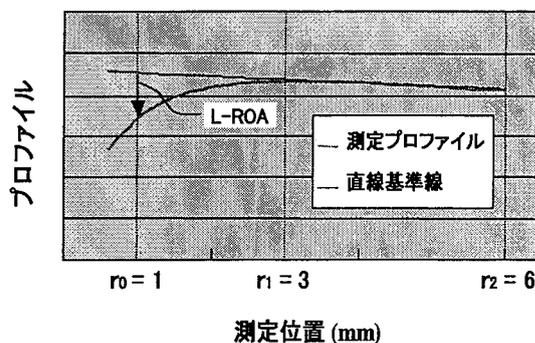


図1 L-ROAの測定方法  
(物理エッジ基準の場合)

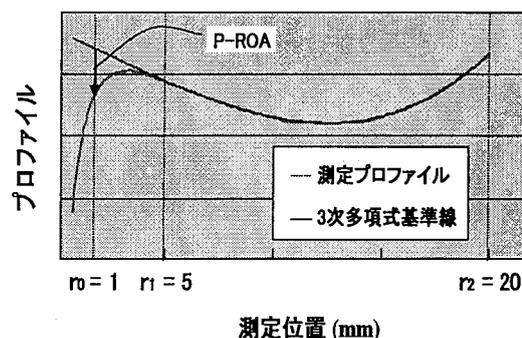


図2 P-ROAの測定方法  
(物理エッジ基準の場合)

4.4 表記方法 ロールオフ測定位置が標準設定( $r_0 = 1$ mm 又は  $r_0 = (R-1)$ mm)の場合もまた標準設定以外の場合も、L-ROA 又は P-ROA に続いて( $r_0$ )を付加して表記し省略しない。基準区間が標準設定以外の場合、L-ROA 又は P-ROA に続いて $[r_1, r_2]$ を付加して表記する。

① 例1. 標準設定の場合

- (1) 直線基準ロールオフ量 物理エッジ基準の場合 L-ROA(1), 中心基準の場合 L-ROA(R-1)
- (2) 曲線基準ロールオフ量 物理エッジ基準の場合 P-ROA(1), 中心基準の場合 P-ROA(R-1)

② 例2. ロールオフ測定位置が標準位置でない場合

- (1) 直線基準ロールオフ量 物理エッジ基準で  $r_0 = 2$ mm の場合 L-ROA(2), 中心基準で  $r_0 = (R-2)$ mm の場合 L-ROA(R-2)
- (2) 曲線基準ロールオフ量 物理エッジ基準で  $r_0 = 0.7$ mm の場合 P-ROA(0.7), 中心基準で  $r_0 = (R-0.7)$ mm の場合 P-ROA(R-0.7)

③ 例3. 基準区間が標準位置でない場合

- (1) 直線基準ロールオフ量 物理エッジ基準で  $r_1 = 5$ mm,  $r_2 = 10$ mm の場合 L-ROA(1) [5, 10], 中心基準で  $r_1 = (R-10)$ mm,  $r_2 = (R-5)$ mm の場合 L-ROA(R-1) [R-10, R-5]
- (2) 曲線基準ロールオフ量 物理エッジ基準で  $r_1 = 5$ mm,  $r_2 = 15$ mm の場合 P-ROA(1) [5, 15], 中心基準で  $r_1 = (R-15)$ mm,  $r_2 = (R-5)$ mm の場合 P-ROA(R-1) [R-15, R-5]

④ 例4. ロールオフ測定位置, 基準区間がともに標準位置でない場合

- (1) 直線基準ロールオフ量 物理エッジ基準で  $r_0 = 2$ mm,  $r_1 = 5$ mm,  $r_2 = 10$ mm の場合 L-ROA(2) [5, 10], 中心基準で  $r_0 = (R-2)$ mm,  $r_1 = (R-10)$ mm,  $r_2 = (R-5)$ mm の場合 L-ROA(R-2) [R-10, R-5]

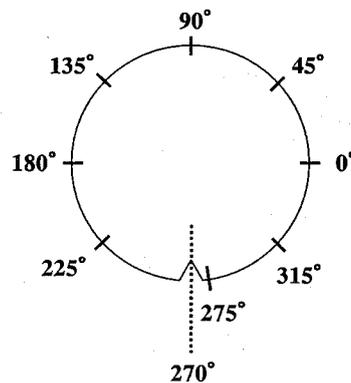
## JEITA EM-3510

- (2) **曲線基準ロールオフ量** 物理エッジ基準で  $r_0=0.7\text{mm}$ ,  $r_1=5\text{mm}$ ,  $r_2=15\text{mm}$  の場合 P-ROA(0.7)  
[5, 15], 中心基準で  $r_0=(R-0.7)\text{mm}$ ,  $r_1=(R-15)\text{mm}$ ,  $r_2=(R-5)\text{mm}$  の場合 P-ROA(R-0.7)  
[R-15, R-5]

**4.5 測定方位** 測定方位は  $45^\circ$  を基本単位とする。ノッチ位置を  $270^\circ$  とし、**図3**のように表面において反時計回りに移動した次の8方位のうち、少なくとも2方位において測定を行うものとする。

測定方位： $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $225^\circ$ ,  $275^\circ$ ,  $315^\circ$

測定方位の選択は当事者間で決めることとする。なお  $275^\circ$  とした理由は、ノッチ位置及びレーザーマーク位置をそれぞれ避けるためである。オリフラを有するウェーハあるいはその他の理由で  $275^\circ$  が測定に不適當な場合、当事者間で新たな方位の取決めを行う。



**図3 ロールオフの測定方位**  
(図示された面を表面とする。)

## 5. 報告

- ① **ロールオフ量** L-ROA, P-ROA のどちらかあるいは両方を、採用した基準(物理エッジ基準又は中心基準)とともに報告する。このとき、各ウェーハについて測定した全数値を報告するか、又は全数値の平均値を報告するものとする。ロールオフの測定位置や基準区間が前項の標準でない場合は、前項に従い  $r_0$ ,  $r_1$ ,  $r_2$  を明記する。
- ② **測定方位の明記** 測定方位の角度を明記する。平均値を報告する場合はこの限りでない。
- ③ **表面、裏面、厚さの区別** 表面、裏面、厚さの区別を明記する。

**附属書(参考)**

**参考文献**

**序 文** この附属書は、参考文献について記載するものであって、規定の一部ではない。

- (1) M. Kimura, Y. Saito, H. Hiroshi, and K. Yakushiji, Jpn. J. Appl. Phys. 38, 38 (1999).
- (2) 電子情報技術産業協会技術レポート **JEITA EMR-3001** (社)電子情報技術産業協会, 東京都千代田区神田駿河台 3-11, 2004)
- (3) F. Riedel, H. -A. Gerber, and P. Wagner, SEMI Standards Silicon Wafer Workshop (14 April, SEMICON Europa 2005, Munich, Germany).

## 解 説

この解説は、本体及び附属書に記載した事柄、参考に記載した事柄、並びにこれらに関連した事柄を説明するためのもので、規格の一部ではない。

**1. 基準区間に関する考察** エッジ・ロールオフは、非チャック状態のウェーハでエッジ付近における表面の基準線(理想的な仮想表面)からのズレを意味し、ROA(Roll off Amount)は半径方向の特定部位における垂直方向(L 方向)の変位量として定義されている。ここで基準線とは、ロールオフを含まない理想的な仮想表面を表す直線又は曲線で、エッジ・ロールオフの影響を受けないように、ウェーハのエッジ付近より内側(ウェーハ中心方向)の表面形状から求められる。このときウェーハにソリやバウ、ワーブ(以下、大曲りと総称する。)がなければ、基準線は内側の表面形状の外挿直線で求められるが、ウェーハに大曲りがある場合は、その影響を取り除く必要がある。

一般にエッジ・ロールオフの曲がりに対しウェーハの大曲りが空間周波数として比較的低いことを考慮し、本規格では、大曲りの影響をほとんど受けない短い区間を直線で近似した基準線(直線基準)を用いるか、ウェーハの大曲りを3次曲線で近似させた基準線(曲線基準)を用いるかの2種類の基準線を提案している。直線の短い区間に関しては、木村ら(1)の文献によりエッジから3mmと6mmの間の3mmを採用した。3次曲線に関しては、以下の根拠に基づき5mmと20mmの間の15mmを推奨値とした。

図1に示すようにエッジ・ロールオフと大曲りは独立したものとすると、大曲りの有無でエッジ・ロールオフの値は変わらないはずである。一方、厚さのプロファイルには大曲りが存在しないため、直線で基準線を作ることができる。これらから、もし大曲りをうまく反映した基準曲線が求められれば、表面、裏面それぞれの基準曲線を用いて算出される表面ROAと裏面ROAの合計は、別途直線基準線で求めた厚さのROAと一致するはずである。一致しない場合、表面ROAと裏面ROAが大曲りの影響を受け、ロールオフを評価できていないことを示すといえる。

そこで、実際のウェーハ(JEITA ウェーハ9枚, 2003年)で種々の基準区間で求めた表面ROAと裏面ROAの和と厚さのROAを比較した。1枚のウェーハから、45度おきに8箇所、9枚のウェーハすべてに対し、表面ROAと裏面ROAに関しては、[3, 6], [5, 10], [5, 15], [5, 20], [5, 25], [10, 15], [10, 20], [10, 25]の8種類の曲線基準ROAを、厚さROAについては直線基準の推奨基準区間で算出した。図2は、厚さROAに対する、表面ROAと裏面ROAの和をプロットした曲線区間毎の8個グラフである。大曲りによるROAの算出誤差を評価するため、各条件に対し(1)式を用いて、表面ROA及び裏面ROAの和と厚さROAの差の2乗平均を算出した。

$$\text{Calculated error} = \sum \frac{\{ROA_t - (ROA_f + ROA_b)\}^2}{N} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 $ROA_t$ 、 $ROA_r$ 、 $ROA_b$  はそれぞれ、厚さ ROA、表面 ROA、裏面 ROA を表す。表 1 にその算出結果を示すが、基準区間として 5~20mm を用いたときに最も誤差が小さい。これより 5~20mm の 15mm 区間が最も適切と結論した。もちろん、この結果は限られたウェーハで検証したものであり、Riedel ら<sup>(3)</sup>の別の提案もあるので、ユーザ間で別の範囲を取り決めたりなどして将来見直される余地はある。

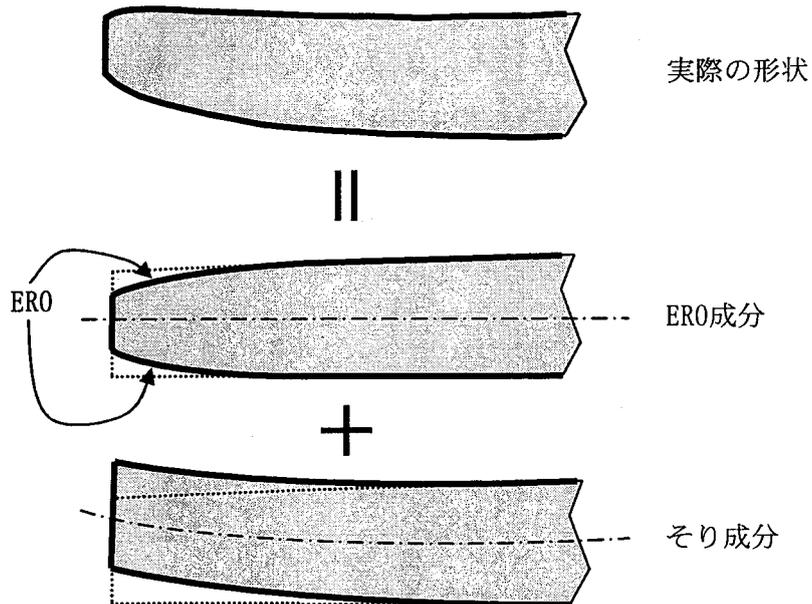
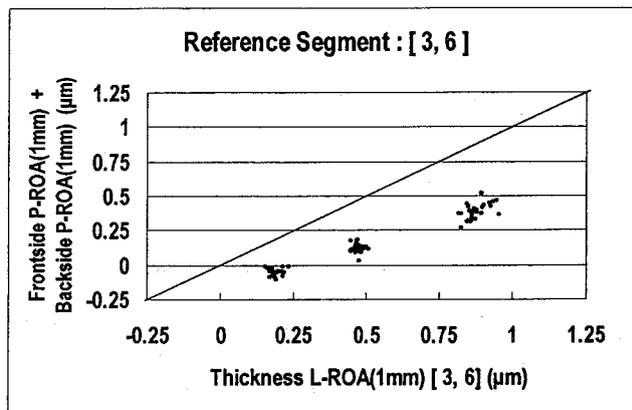
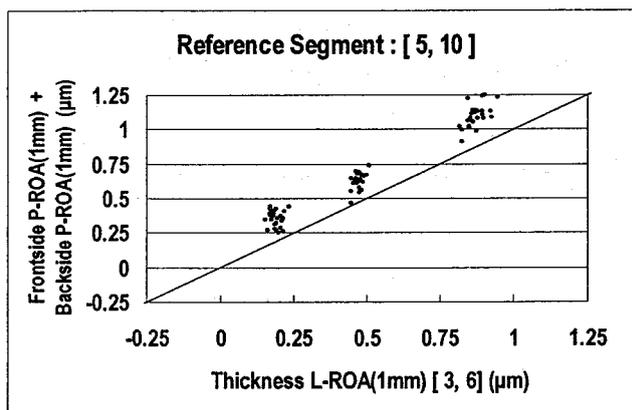


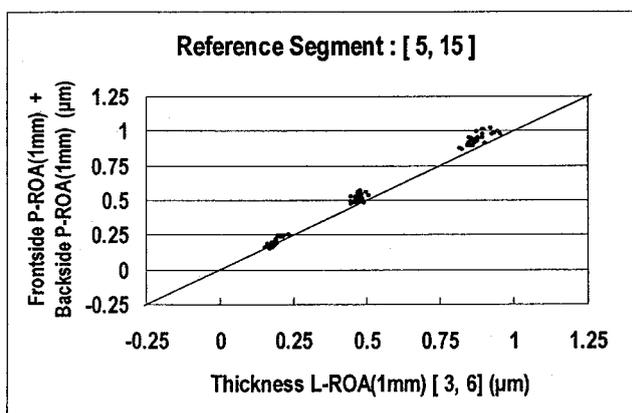
図1 エッジ・ロールオフとそり成分



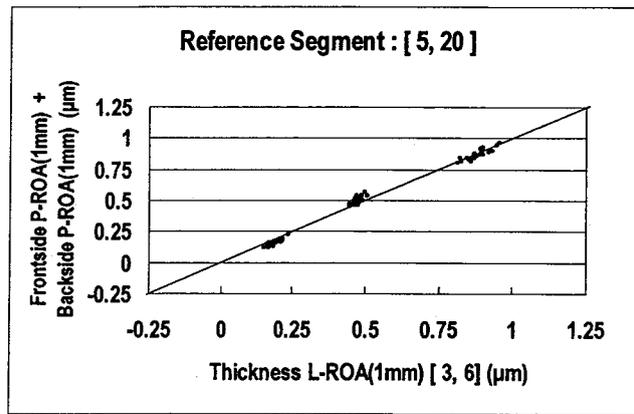
(a) 基準区間 3mm~6mm



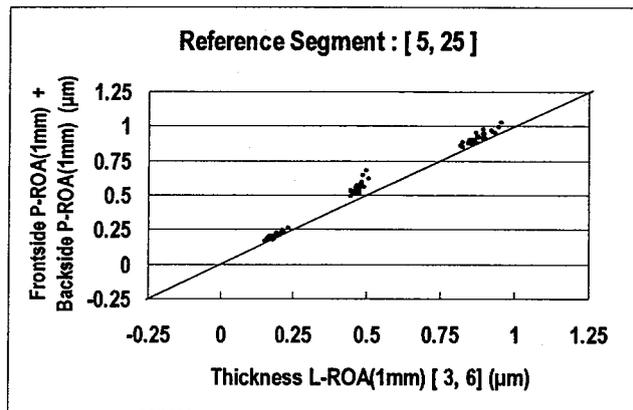
(b) 基準区間 5mm~10mm



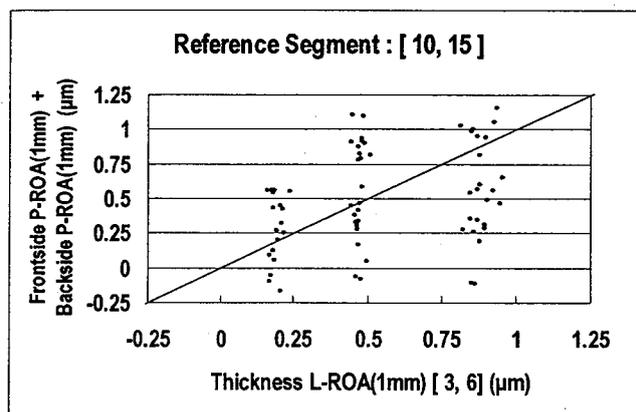
(c) 基準区間 5mm~15mm



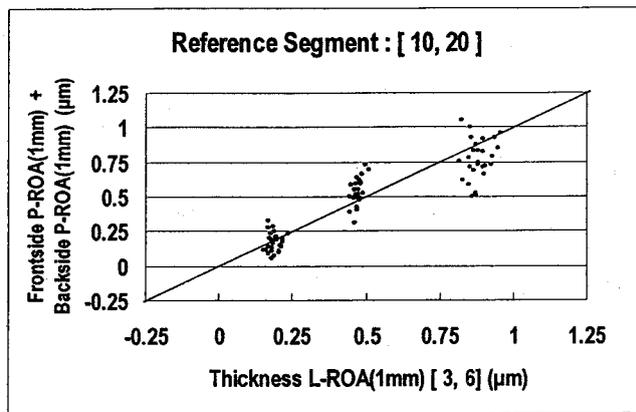
(d) 基準区間 5mm~20mm



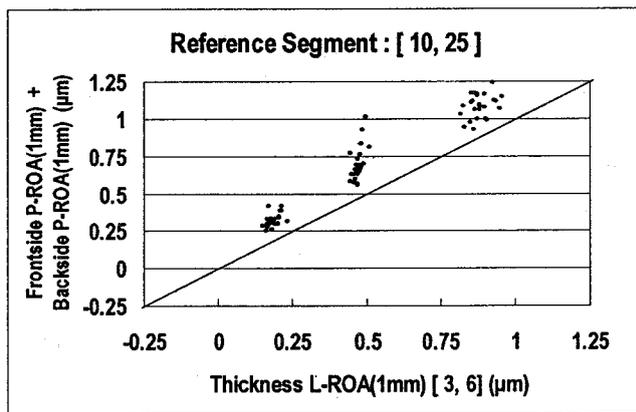
(e) 基準区間 5mm~25mm



(f) 基準区間 10mm~15mm



(g) 基準区間 10mm~20mm



(h) 基準区間 10mm~25mm

図2 厚さ L-ROA [3, 6] と各種の基準区間における表面 L-ROA, 裏面 L-ROA の比較

表1 各種基準区間における式(1)の誤差評価値の算出結果

Reference Segments of Front and Back Surface P-ROA	Calculated error
3mm- 6mm	0.378
5mm-10mm	0.201
5mm-15mm	0.049
5mm-20mm	0.029
5mm-25mm	0.056
10mm-15mm	0.542
10mm-20mm	0.127
10mm-25mm	0.201

## 2. JEITA EM-3510 審議委員会の構成表

## ＜電子材料標準化委員会＞

委員長 石垣尚幸 (株)NEOMAX

## ＜シリコン技術委員会＞

委員長	田島道夫	JAXA宇宙科学研究本部
幹事	金山敏彦	産業技術総合研究所
	小山浩	日本電子(株)
委員	井上直久	大阪府立大学
	小椋厚志	明治大学
	小島勇夫	産業技術総合研究所
	北野友久	NECエレクトロニクス(株)
	和田雄高	(株)荏原製作所
	高木久仁彦	エム・イー・エム・シー(株)
	内田英次	沖電気工業(株)
	進藤健一	黒田精工(株)
	中井康秀	(株)コベルコ科研
	宮崎守正	(株)SUMCO
	片浜久	(株)SUMCO
	河野光雄	SUMCO TECHXIV(株)
	石坂和紀	シルトロニック・ジャパン(株)
	竹中卓夫	信越半導体(株)
	滝澤律夫	ソニー(株)
	宮下守也	(株)東芝
	松下嘉明	東芝セラミックス(株)
	磯崎久	(株)トプコン
	吉瀬正典	日本エー・ディー・イー(株)
	渡辺正晴	日本エスイーゼット(株)
	松本行雄	ナノメトリクス・ジャパン(株)
	福田哲生	富士通(株)
	大石博司	松下電器産業(株)
	河合直行	(株)ルネサステクノロジ
	坂井秀男	(株)レイテックス
顧問	垂井康夫	東京農工大学
事務局	中瀬真	(社)電子情報技術産業協会
	吉田晃	(社)電子情報技術産業協会

## JEITA EM-3510 解説

### <次世代ウェーハ技術専門委員会>

委員長	福 田 哲 生	富士通(株)
委 員	吉 村 一 朗	エム・イー・エム・シー(株)
	富 山 智 彦	NECエレクトロニクス(株)
	福 田 明	(株)荏原製作所
	進 藤 健 一	黒田精工(株)
	中 井 康 秀	(株)コベルコ科研
	高 石 和 成	(株)SUMCO
	河 野 光 雄	SUMCO TECHXIV(株)
	原 田 博 文	シルトロニック・ジャパン(株)
	北川原 豊	信越半導体(株)
	柏 木 章 秀	ソニーセミコンダクタ九州(株)
	宮 下 守 也	(株)東 芝
	吉 瀬 正 典	日本エー・ディー・イー(株)
	渡 辺 正 晴	日本エスイーゼット(株)
	米 田 健 司	松下電器産業(株)
	磯 貝 宏 道	東芝セラミックス(株)
	松 川 和 人	(株)ルネサステクノロジ
半 沢 裕 史	(株)レイテックス	
オブザーバ	森 本 勉	(株)神戸製鋼所
客 員	田 島 道 夫	JAXA宇宙科学研究本部
	宇 根 篤 暢	防衛大学校
	金 山 敏 彦	産業技術総合研究所
	河 合 健 一	河合企画
	清 水 博 文	日本大学
事務局	吉 田 晃	(社)電子情報技術産業協会

(社) 電子情報技術産業協会が発行している規格類は、工業所有権（特許、  
実用新案など）に関する抵触の有無に関係なく制定されています。

(社) 電子情報技術産業協会は、この規格類の内容に関する工業所有権に対  
して、一切の責任を負いません。

J E I T A E M - 3 5 1 0

2 0 0 7 年 1 月 発 行

発 行 (社) 電子情報技術産業協会 標準・技術部  
〒 101-0062 東京都千代田区神田駿河台 3-11  
TEL 03-3518-6434 FAX 03-3295-8727

印 刷 (株) オガタ印刷  
〒 102-0072 東京都千代田区飯田橋 1-5-6  
TEL 03-3264-3456

禁 無 断 転 載

〔 この規格類の全部又は一部を転載しようとする場合  
は、発行者の許可を得て下さい。 〕