

JEITA

電子情報技術産業協会規格

Standard of Japan Electronics and Information Technology Industries Association

JEITA EM-3501

(旧 JEIDA-18-2000)

シリコン単結晶の結晶方位の測定方法

Standard methods for determining the orientation of a
semiconductor silicon single crystal

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。

1973年3月 制定

2002年7月 改正

2016年3月 廃止

作 成

シリコン技術委員会

Silicon Technologies Committee

情報処理標準化運営委員会

Managing Committee on Information Technology Standardization

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

1. 適用範囲	1
2. 測定法	1
3. X線回折法	1
3.1 測定原理	1
3.2 測定装置	2
3.3 測定手順	3
4. 光像法	3
4.1 測定原理	3
4.2 測定装置	4
4.3 試料の調製	4
4.4 測定手順	4
5. 表示法	5
5.1 オリエンテーション・フラット (OF)	6
5.2 切断面の傾き表示	7
5.3 測定結果の表示	10
5.4 JEITA規格と欧米規格との対比	10
シリコン単結晶の結晶方位の測定方法の解説	14

序 文

わが国の半導体産業は、現代社会の基盤産業としての重要性がますます大きくなっている。近年、LSI等シリコンデバイスの発展は目覚ましく、半導体工業シリコン材料の需給の円滑化をはかるため、その測定方法や品質保証の標準化が重要事項となっている。

当協会では、「シリコン技術委員会」に「ウェーハ測定標準専門委員会」を設け、「シリコン単結晶の結晶方位の測定方法」について調査を行い、シリコンウェーハのエッチピット、晶癖線、ならびに光像パターンの表示法等について検討を行って来た。

このたびは、LSIからULSIと微細化が進むにつれて、ますます重要になると考えられるシリコン単結晶の結晶方位というシリコンウェーハ作成に欠かせない測定方法の要素技術、国内外との比較等に考慮した検討結果をまとめ、改正版を発行することとした。

本標準が、各方面に広く利用され、わが国電子工業の発展のための一助となれば幸いである。なお、本標準制定にあたり、ご指導、ご協力頂いた関係官庁、関係会社、直接労を賜った有識者ならび委員各位に対し、深く感謝の意を表する次第である。

平成14年7月

シリコン技術委員会
委員長 垂井康夫

電子情報技術産業協会規格

シリコン単結晶の結晶方位の測定方法

Standard methods for determining the orientation of a semiconductor silicon single crystal

1. 適用範囲 この規格は、シリコン単結晶ウェーハ又は棒状単結晶の切断面の結晶方位を測定する方法について規定したものである。

2. 測定法 測定法はX線回折法又は光像法とする。前者の測定精度は $\pm 15'$ 以内であり、後者のそれは $\pm 30'$ 程度である。

3. X線回折法

3.1 測定原理 結晶面 $(h k l)^{(1)}$ へのX線の入反射に関する Bragg の条件を用い、測定しようとする切断面の前記結晶面 $(h k l)$ からの傾きを求める。

注⁽¹⁾ $h k l$ はミラー指数である。

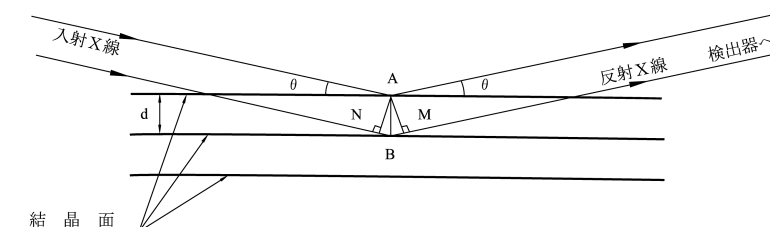
備考 この規格において結晶面、方向の表示は下記のように統一する。

	総称	個称
面	{ }	()
方向	< >	[]

3.1.1 Bragg の条件 結晶に入射するX線が次式の Bragg の条件を満足する時、X線の反射強度が最大になる。

$$2d \sin \theta = n \lambda$$

ここに d は反射面 $(h k l)$ の面間隔、 θ は Bragg 角、 λ はX線の波長、 n は整数である。



$$\left[\begin{array}{l} NB = BM = d \sin \theta \\ NB + BM = n \lambda \\ n \lambda = 2d \sin \theta \end{array} \right]$$

図1 結晶面におけるX線の入反射

3.1.2 反射角と Bragg 角 通常用いられる反射面 ($h k l$) の面間隔 d の値と銅対陰極を用いたとき、それらの反射面 ($h k l$) に対応する Bragg 角 θ の値を表 1 に示す。なお、実際の切断面と反射面との関係及び反射面の相対強度も同時に示す。

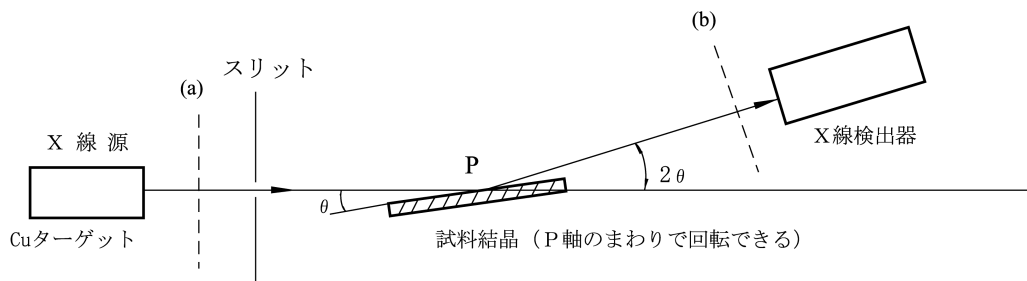
表 1 Cu K α 線を用いた Bragg 角 θ と反射強度

($\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$)

切断面	反射面	面間隔 d (\AA)	Bragg 角 θ	相対反射強度
(111)	(111)	3.1354	14° 14'	100
(110)	(220)	1.9200	23° 40'	65
(311)	(311)	1.6374	28° 05'	32
(100)	(400)	1.3576	34° 36'	31
(331)	(331)	1.2459	38° 13'	18
(211)	(422)	1.1085	44° 04'	18

備考 反射強度は完全単結晶の場合

3.2 測定装置 銅対陰極管を備えた X 線発生装置を用いる。平行な X 線束を得るために、スリットを用い、かつ単色 X 線にするため薄い Ni フィルタを使う。これらの配置を図 2 に示す。



Ni フィルタは (a) 及び (b) どちらの位置でもよい。
P 軸は P 点において紙面に垂直な軸である。

図 2 X 線回折法測定装置

試料支持台は測定しようとする切断面を入射 X 線を含む平面に垂直に保ち、かつ切断面内にある P 軸のまわりに回転できる構造であって、その回転角は分単位まで読み取れる装置とする。

検出器は通常 Geiger Muller 管、比例計数管、シンチレーション計数管のような X 線の強度が判定できるものを用いる。

3.3 測定手順

- (a) 切断面を支持台に固定したのち、検出器と試料の回転軸Pを結ぶ線が、入射X線の延長線とBragg角の2倍の角度をなすように検出器を置く。この場合、入射X線、反射X線、切断面の測定位置及び検出器が同一平面上にあることが必要である。
- (b) 図2に示すように測定しようとする切断面と入射X線の方向のなす角がBragg角 θ になるように試料支持台を設定し、X線を入射する。
- (c) 次に回転軸Pのまわりで反射強度が最大になるように切断面を回転させる。(b)の設定位置からの回転角を α とする。
- 零点未調整の装置では、さらに切断面の法線を軸として、試料を 180° 回転した位置で再測定し、両者の差の $1/2$ を求めて測定値とする。
- (d) 切断面の法線を軸として、試料を 90° 回転し(c)と同様な測定を行って(b)の設定位置からの回転角を β とする。
- (e) 測定値 α 、 β を用いて切断面の基準とする結晶面($h k l$)からの最大の傾き ϕ を次式によって求める。

$$\tan^2 \phi = \tan^2 \alpha + \tan^2 \beta$$

ただし、 α 、 β それぞれの値が 5° より小さな角に対しては、この関係は次のように簡略化することができる。

$$\phi^2 = \alpha^2 + \beta^2$$

4. 光像法

4.1 測定原理 図3に示すような測定装置を用い、アルカリ・エッチされた切断面に垂直に光線をあて、反射光を入射光に垂直なスクリーンに投影させると切断面の結晶方位に従い、図4に例示するような光像パターンが得られる。切断面が標準とする結晶面($h k l$)から傾いている場合、傾きに従って図5に示すようにスクリーン上のパターンの位置が決まり、この位置から結晶面($h k l$)よりの傾きを求める。

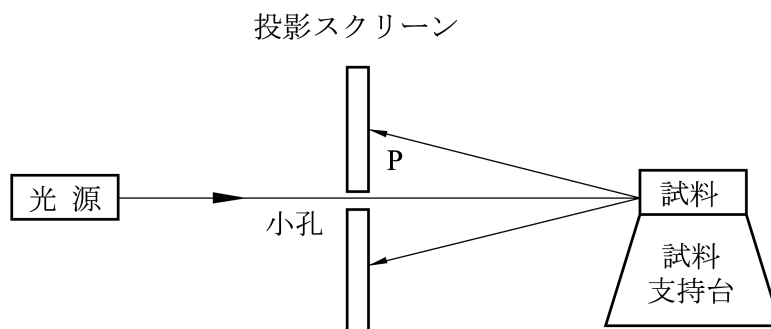


図3 光像法測定装置

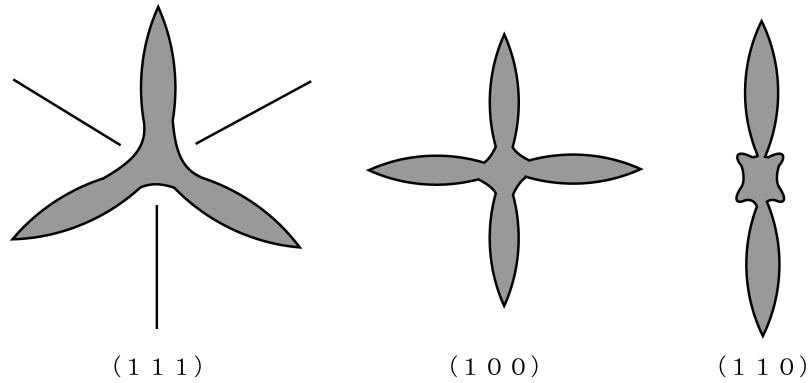


図4 切断面の光像パターン

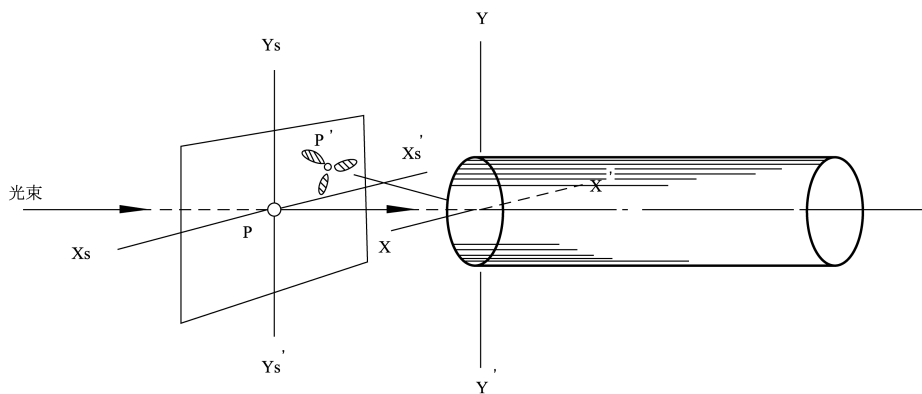


図5 光像法による測定原理

4.2 測定装置 測定装置は図3に示すように、光源、投影スクリーン及び試料支持台よりなる。光源は直径3mm以下の平行光束を発生する。投影スクリーンは入射光を通す小孔をもち、切断面からの反射光が投影されるように配置される。試料支持台は試料の切断面を入射光に直角に配置でき、かつ、このように設置したときの切断面内の互いに直角な2軸のまわりに回転できる機構を備えている。この回転角は分単位で読み取れるものである。

4.3 試料の調製 試料面を25~50 μ mの粗い砥粒で研磨してから水酸化ナトリウム水溶液（15~30重量%）を用いて、80 \pm 10 $^{\circ}$ Cで5~10分間エッチングする。

4.4 測定手順

- (a) 切断面に垂直に光束をあて、スクリーン上に光像パターンを結ばせる。
- (b) 切断面が結晶面 ($h k l$) から傾いている場合、図5に示すように光像パターンの中心P'はスクリーンの小孔Pに一致しない。
- (c) 切断面内の互いに直交する2軸 XX' 、 YY' 、のまわりに切断面を回転させる。スクリーン面内にP点を通り、 XX' 及び YY' に平行に、おのおの $Xs X's$ 及び $Ys Y's$ を設定する。

(d) まず、切断面を YY' のまわりに回転し、 P' を $YsY's$ 上にもってくる。このときの回転角を α とする。

(e) 再び試料面を(c)の設定位置に戻し、 XX' のまわりに回転し、 P' を $XsX's$ 上にもってくる。このときの回転角を β とする。

零点未調整の装置では、最初の測定後さらに切断面を切断面に垂直な軸のまわりに 180° 回転して同様に測定し、両者の平均をとる。

(f) 測定値 α 、 β を用いて、切断面の指定する結晶面 (hkl) からの最大の傾き ϕ は、X線回折法と同様にして求める。

5. 表示法 表示法は図6の配置を基準とし晶癖線、エッチピット及び光像パターンとの関係を示す。

ここにトップ面とは結晶成長の種側の面をいい、テイル面とはその反対側の面をいう。トップ面、テイル面の面指数は次のようにトップ側を正とする。

トップ面 (111) , (100)
 テイル面 $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$, $(\bar{1}00)$

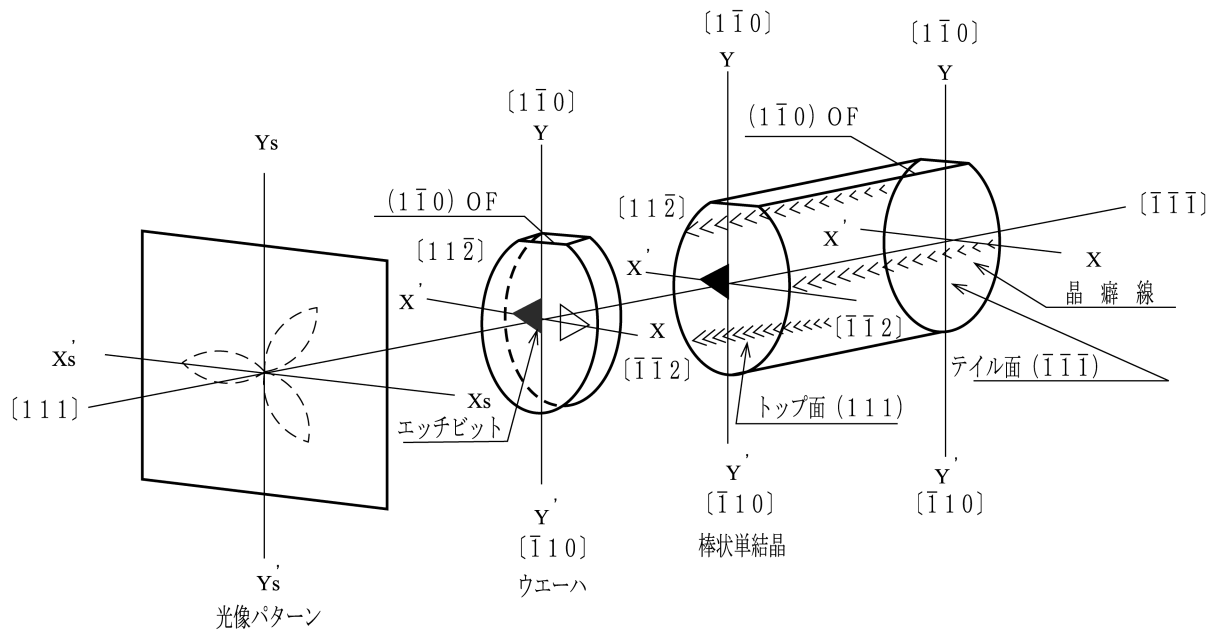


図6 (111)における光像パターン、エッチピット、晶癖線との関係

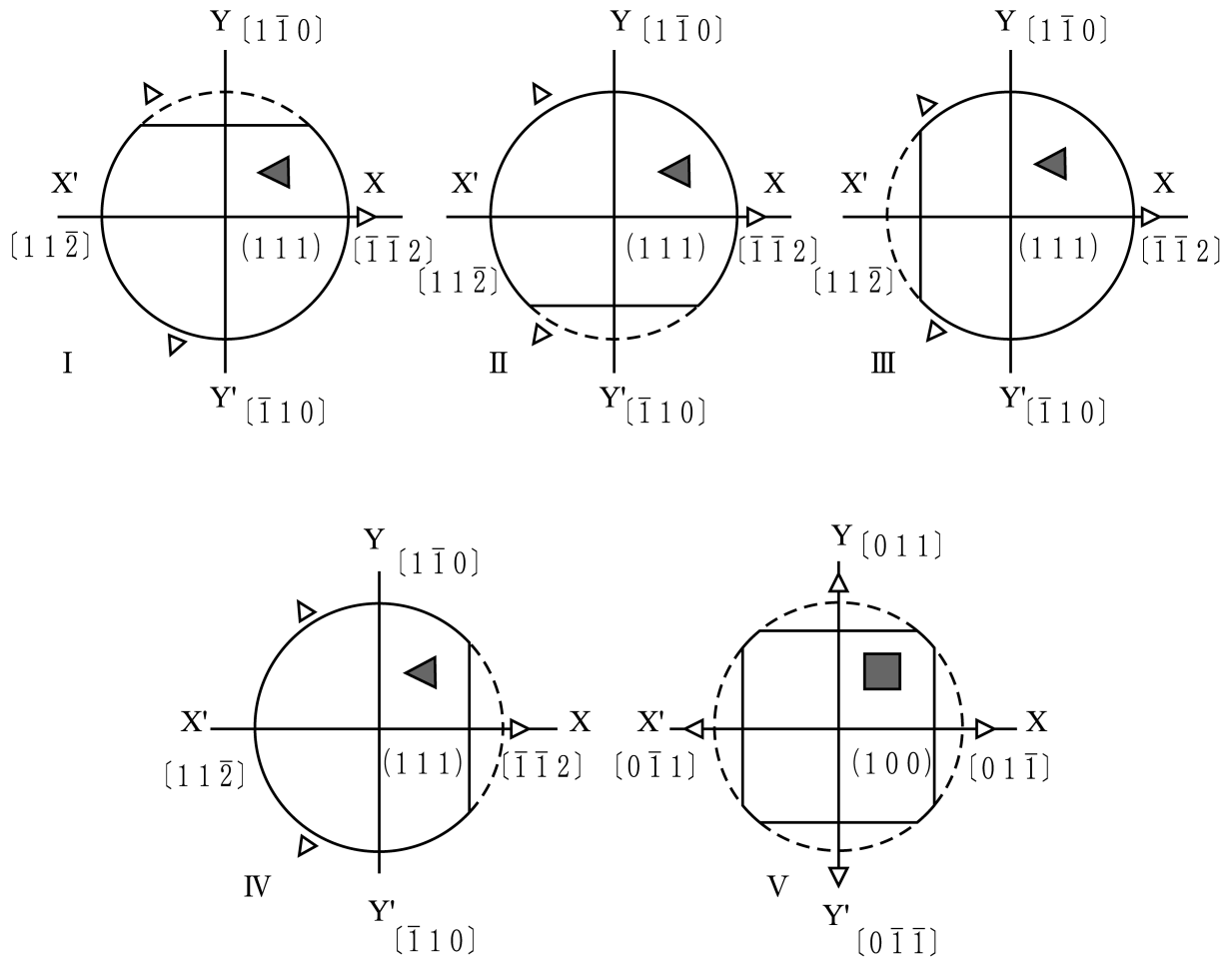
備考 SEMI規格では結晶成長面を基準面とするため、トップ面及びテイル面の面指数は次のようにトップ側が負となる。

トップ面 $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$, $(\bar{1}00)$
 テイル面 (111) , (100)

5.1 オリエンテーション・フラット オリエンテーション・フラット（以下、OFという）は主として用いられる(111)と(100)について規定し、(111)については4種類とし(100)については1種類とする。

トップ面から見て、晶癖線、エッチピット及び光線パターンが図6に示す関連位置にあるときを基準としてOFの位置を示す。

これらの表示は、表2に示すOF分類表示による。ただし、特に指定のない場合は一般的表示を用いてよい。



- 備考1 ▲・■は種側からみたエッチピットの向き
 2 △は晶癖線を示す

図7 OFの分類

また、図7において、OF加工面の指定結晶面(hkl)からの傾きのうち、XY軸に垂直なZ軸のまわり方向の傾き成分γを偏差角とする。

表2 OFの分類表示表

結晶軸方位	O F 面			備考 図-番号
	分類表示	一般的表示	結晶学的表示	
$\langle 111 \rangle$	$(110) - 1$	$\{110\}$	$(1\bar{1}0)$ $(\bar{1}01)$ $(01\bar{1})$	I
	$(110) - 2$		$(\bar{1}10)$ $(10\bar{1})$ $(0\bar{1}1)$	II
	$(211) - 1$	$\{211\}$	$(11\bar{2})$ $(1\bar{2}1)$ $(\bar{2}11)$	III
	$(211) - 2$		$(\bar{1}\bar{1}2)$ $(\bar{1}2\bar{1})$ $(2\bar{1}\bar{1})$	IV
$\langle 100 \rangle$	(110)	$\{110\}$	(011) $(01\bar{1})$ $(0\bar{1}1)$ $(0\bar{1}\bar{1})$	V

5.2 切断面の傾き表示

(1) 測定法

X線法又は光像法

(2) OF及びノッチ（基準面）の指定

オフ・オリエンテーションの方向の指定がある場合は、OF及びノッチの指定には面又は方位の個称を用いる。

(3) オフ・オリエンテーションの指定

オフ・オリエンテーションの方向の指定がある場合は、 (hkl) からのオフ・オリエンテーションの傾き方向と角度を明示する。

例 表示法

(111) ウェーハの場合

OF位置： $[\bar{1}10]$

オフ・オリエンテーション $[\bar{1}\bar{1}2]$ $4.0^\circ \pm 0.5^\circ$

$[\bar{1}10]$ $0^\circ \pm 0.5^\circ$

(1 1 1) から $[\bar{1} \bar{1} 2]$ (=toward nearest $\langle 0 0 1 \rangle$ direction in a plane parallel to a primary flat)に傾いた面をもつ (1 1 0) ₋₂ OF付きウェーハの例を図8に示す。

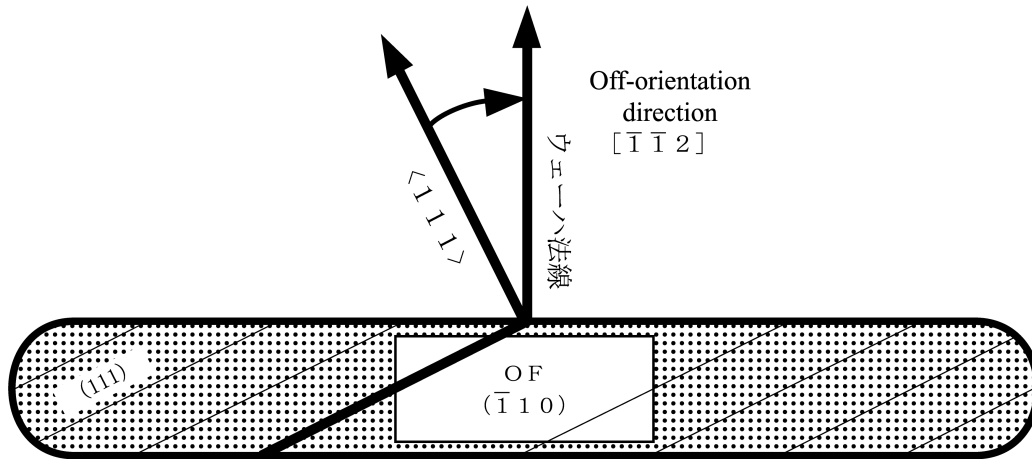


図8 オフ・オリエンテーションの指定例

OF (1 1 0) に平行に $[\bar{1} \bar{1} 2]$ 方向 (=toward nearest $\langle 0 0 1 \rangle$ direction in a plane parallel to a primary flat)に傾いたオフ・オリエンテーション (1 1 1) ウェーハ種側を上 OF (1 1 0) を手前にした時の断面図

$[1 1 1]$ 結晶から上記ウェーハを切り出すには、 $[1 1 1]$ を $[1 1 \bar{2}]$ 方向に傾けスライスする。

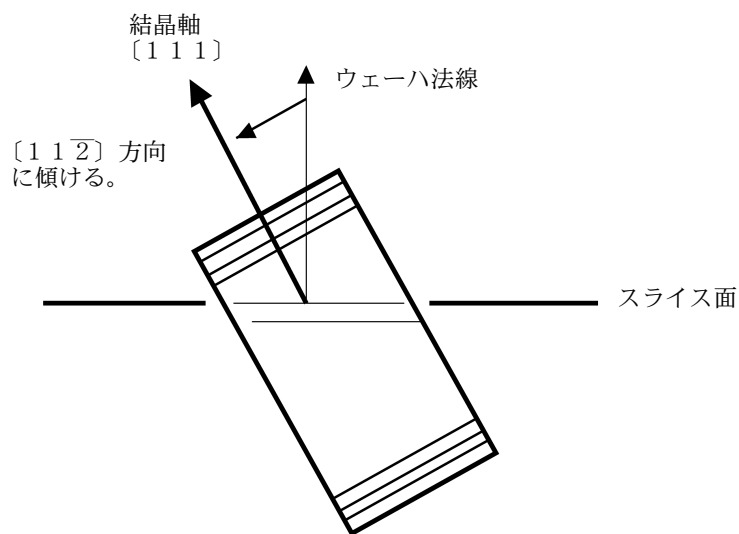
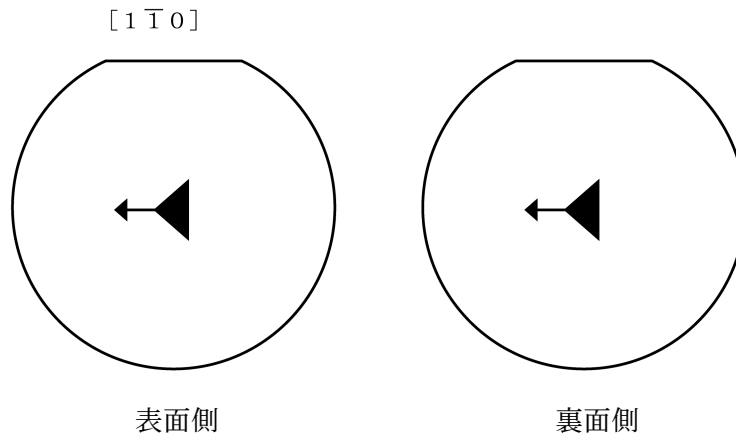


図9 $[1 1 1]$ 結晶軸を $[1 1 \bar{2}]$ 方向に指定傾角度でスライスする場合の概念図

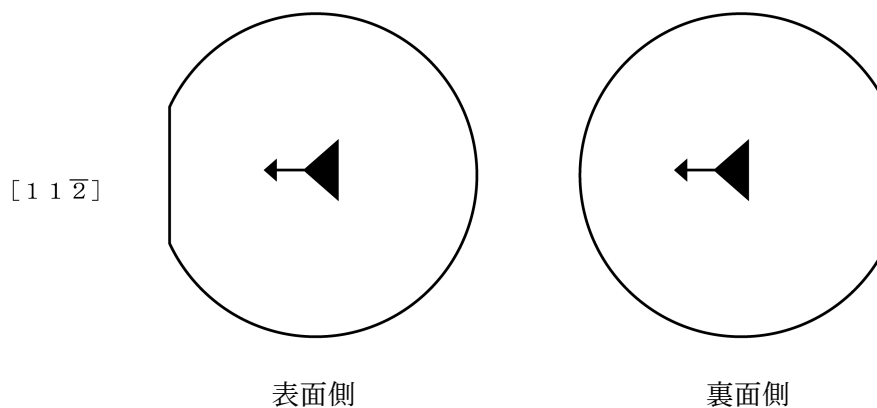
なお、(1 1 1) ウェーハの場合、OFを $(1\ 1\ 0)_{-1}$ 又は $(1\ 1\ 0)_{-2}$ にとり、オフ・オリエンテーションの方向をOFに平行な方向にした場合には、後述のステレオ投影図及び図 10 から分かるようにエッチピットの向きがウェーハ表裏で同方向を示すため、エピでのパターンシフトは同方向となり、ウェーハの研磨面を指定しなくとも問題を起こさない。



表裏でピットとウェーハの傾きとOF位置の関係が同じとなり、エピでのパターンシフトは、表裏で変わらない。

図 10 (1 1 1)ウェーハで、OFが $[1\ \bar{1}\ 0]$ 、オフ・オリエンテーションが $[1\ 1\ \bar{2}]$ の場合

しかし、OFの取り方、オフ・オリエンテーションの取り方によっては、ウェーハの表裏でエピのパターンシフトが異なる等の不具合を生じる。従ってそのような場合には、第2OF等を付与し、研磨面又はエピ面の面指定をする必要がある。



表裏でピットとウェーハの傾き関係は同じであるが、OF位置との関係が逆になりエピでのパターンシフトは、表裏で異なる。従って表裏指定が必要となる。

図 11 (1 1 1) ウェーハで、OFが $[1\ 1\ \bar{2}]$ 、オフ・オリエンテーションが $[1\ 1\ \bar{2}]$ の場合

備考 オフ・オリエンテーションの指定は、本規格（図 8）のようにウェーハ面のオフ・オリエンテーションの方向と角度で指定する場合が多いが、一部には図 9 のように $[h k l]$ を基準として結晶軸の傾け方向を指定する場合があります、両者は異なるので表現に注意する必要があります。

5.3 測定結果の表示 測定結果は、次のように表示する。

表 3 測定結果の表示例

	例 1	例 2	例 3
(1) 測定法	X線法	X線法	X線法
(2) 結晶面	(1 1 1)	(1 0 0)	(1 1 1)
(3) 傾き	$\phi = 0^\circ 32'$	$\phi = 3^\circ 21'$	$\phi = 3^\circ 04'$
(4) 傾き成分		$\alpha = 3^\circ 20'$ (X') $\beta = 0^\circ 15'$ (Y')	$\alpha = 2^\circ 50'$ (X') $\beta = 1^\circ 10'$ (Y')
(5) O F		(1 1 0) $\gamma = 15'$	(1 1 0) -1 $\gamma = 1^\circ 20'$

備考 特に問題ない場合は、方向の指定は必要ない。

5.4 JEITA規格と欧米規格との対比 JEITA規格ではシリコン単結晶のトップ面を(1 1 1)，(1 0 0)の様に規定している。一方欧米（SEMI規格）等では、結晶成長面（テイル面）を基準面にとり、(1 1 1)，(1 0 0)等と規定している。

両者の関係をステレオ投影図で示すと図 12 及び図 13 のようになる。

図において、▲及び■ はエッチピットの現れ方を示している。円の外側に出ている三角部分は晶癖線を示している。花びらは、光をウェーハ面にあてた場合、ウェーハ面からの反射でできる光像の方向を示している。

ここで注意すべきことは、 $\{111\}$ ウェーハでは、JEITAと欧米（SEMI規格）等で基準面の取り方が異なるため、 (111) のピット形状と強く現れる3本の晶癖線の関係が、両者間で逆の関係になっている。JEITAでは、トップ面を (111) としているため、 (111) のピット形状と強く現れる3本の晶癖線が逆の関係になっているが、欧米等では、成長面であるテイル面を (111) としているため、 (111) のピット形状と強く現れる3本の晶癖線は同じ方位を向いている。

したがって、 (111) ウェーハで第2OF等を付与した表裏の指定のあるウェーハでは、研磨面に注意する必要がある。 (111) 研磨面と云った場合、JEITAでは単結晶のトップ側を、欧米（SEMI）等はシリコン単結晶のテイル面を指している。また、第2OF等のとり方、ウェーハのオフ・オリエンテーション等にも注意を払う必要がある。

シリコン単結晶の結晶方位の測定方法の解説

この解説は、本体及び付属書に規定・記載した事柄、並びに関連した事柄を説明するもので、規格の一部ではない。

1. **適用範囲** この規格は、単結晶切断面の結晶方位の測定法にとどめたが、単結晶棒軸の結晶方位を決定するには単結晶棒の外形を円筒研削によって整えて、まず棒軸を決め、適当な治具を用いて、この規格の測定装置、測定法を応用すれば、その棒軸の結晶方位を決定することができる。

備考 この規格は、旧 JEIDA-18 を JEITA規格の様式に変更したもので、規定内容などは旧 JEIDA-18 と同じである。

2. **測定法** 測定法としては、X線回折法が主として用いられ、光像法はどちらかといえば従的な測定法である。しかし、光像法は比較的簡単な装置で実施できることと、測定値を直接必要としない場合、例えば単結晶切断機と組み合わせて、単結晶棒の切断の際、所用の結晶軸を決定するなど実用的な方法があるので、光像法も測定法として規定した。

3. X線回折法

(1) **相対反射強度** 完全単結晶の場合について計算値を示してあるが、CuK α 線の積分反射強度は次式を用いて計算した。

$$R_{H^{\theta}} = \frac{K \lambda^2 (e^2/mc^2) |F'_{H}| e^{-M}}{\pi |b|^{1/2} V \sin 2\theta_B} R^y_H$$

K : 偏光因子

λ : X線の波長

e^2/mc^2 : 古典電子半径

$|F'_{H}|$: 構造因子

e^{-M} : Debye-Waller 係数

V : 単位格子の体積

θ_B : ブラック角

b : 対称反射の時 $b = -1$

R^y_H : 積分反射能

備考 Zachariasen : Theory of X-ray Diffraction in Crystals (John Wiley & Sons, New York' 45)

(2) 測定手順と計算式 測定手順により、傾き ϕ の計算式は2通りになる。本規格の場合には、本文で示したように、

$$\tan^2 \phi = \tan^2 \alpha + \tan^2 \beta$$

となり、この場合には α と β との測定はいずれも3.3(b)の設定位置より操作した手順の場合である。3.3(b)の設定位置よりまず α をはかり、3.3(b)の設定位置に戻さずそのまま引き続いて、3.3(d)の操作すなわち試料面を 90° 回転して得た測定値 β' を測定した場合は、計算式は次式になる。

$$\cos \phi = \cos \alpha \cdot \cos \beta'$$

いずれの場合にも ϕ の値は正しいが、 β と β' とは厳密には等しくない。しかも、通常用いられる α 、 β が5度以内であれば、近似式としていずれの場合も

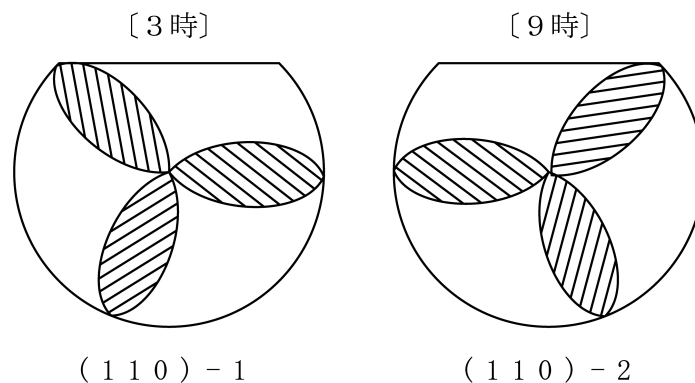
$$\phi^2 = \alpha^2 + \beta^2$$

が成立する。したがって、実際の場合 α 、 β の操作の基準位置を3.3(b)の設定位置に戻さず引き続いて3.3(d)の操作に入っても、 α 、 β が5度以内であれば、実用上問題ない。

4. 光像法 測定手順と計算式の関係は、X線回折法の場合と同じことがいえる。ただ傾き角 ϕ のみを求めるときは、4.4(c)において、切断面を入射光に垂直な軸の廻りに回転し、光像パターンをX s X' s上にもって行き、この位置から光像パターンの中心がPに一致するまでの回転角が傾き ϕ となり、測定としては簡単になる。

5. 表示法 OFの結晶方位のとり方、オフ・オリエンテーションの傾きの表示については種々の方法がある。基準とするのは、光像パターン、エッチピットの形、晶癖線の位置（この場合、結晶のトップ面、テイル面の区別が必要）などである。これらの代表例をあげる。

本文図5において、OFを上にした場合、スクリーン上に現れた光像を結晶側から見た図を解説図1に示す。（ウェーハの形は、単にOFを上にしたことを示しているだけで、スクリーン上には何も無い。）



解説図 1

JEITA EM-3501 解説

例 OFの時計表示

{1 1 1} 方位の単結晶の場合、{1 1 0} のOFのつけ方は2種類あるが、この場合の分類法として時計表示が用いられることがある。

解説図1に示すように、OFを上部に水平になるように置いて、光像パターンを見て水平方向の花びらの方向により「3時」、「9時」の区別をする。

本規格の表示と対象すると

「3時」 (1 1 0)₋₁

「9時」 (1 1 0)₋₂

に対応する。上記表示法においてエッチピットの形状を用いることもできる。

6. JEITA EM-3501 審議委員会の構成表 (2002年7月現在)

情報処理標準化運営委員会

委員長 柴田 彰 (株)デンソーウェーブ

シリコン技術委員会

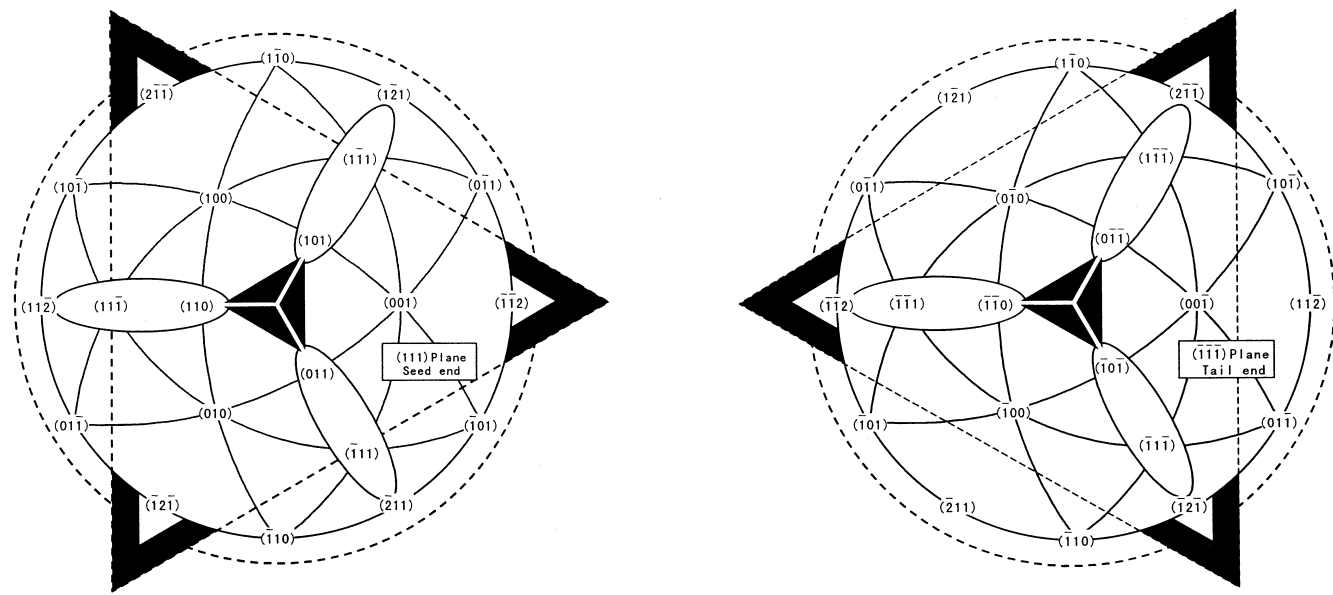
委員長	垂井康夫	東京農工大学
幹事	岡山重夫	産業技術総合研究所
同	金山敏彦	産業技術総合研究所
同	小山浩	日本電子(株)
委員	井上直久	大阪府立大学
同	宮崎守正	三菱住友シリコン(株)
同	大橋弘通	(株)東芝
同	福田哲生	富士通(株)
同	松本行雄	アクセントオプティカルテクノロジーズ(株)
同	今井久也	旭化成マイクロシステム(株)
同	辻村学	(株)荏原製作所
同	青島孝明	エム・イー・エム・シー(株)
同	伊佐治弘	キヤノン(株)
同	進藤健一	黒田精工(株)
同	中井康秀	(株)コベルコ科研
同	河野光雄	コマツ電子金属(株)
同	竹中卓夫	信越半導体(株)
同	島田孝	ソニー(株)
同	藤野誠二	(株)デンソー
同	宮下守也	(株)東芝

同	松 下 嘉 明	東芝セラミックス(株)
同	吉 瀬 正 典	日本エーディーイー(株)
同	北 野 友 久	日本電気(株)
同	中 嶋 定 夫	(株)日立国際電気
同	河 合 直 行	(株)日立製作所
同	高 崎 金 剛	(株)富士通研究所
同	吉 住 恵 一	松下電器産業(株)
同	大 石 博 司	松下電器産業(株)
同	清 水 保 弘	三菱住友シリコン(株)
同	益 子 洋 治	三菱電機(株)
同	秋 山 哲	(株)レイテックス
同	神 保 丞	ワッカー・エヌエスシーイー(株)
事務局	中 瀬 真	(社)電子情報技術産業協会
同	高 梨 健 一	(社)電子情報技術産業協会

ウェーハ測定標準専門委員会

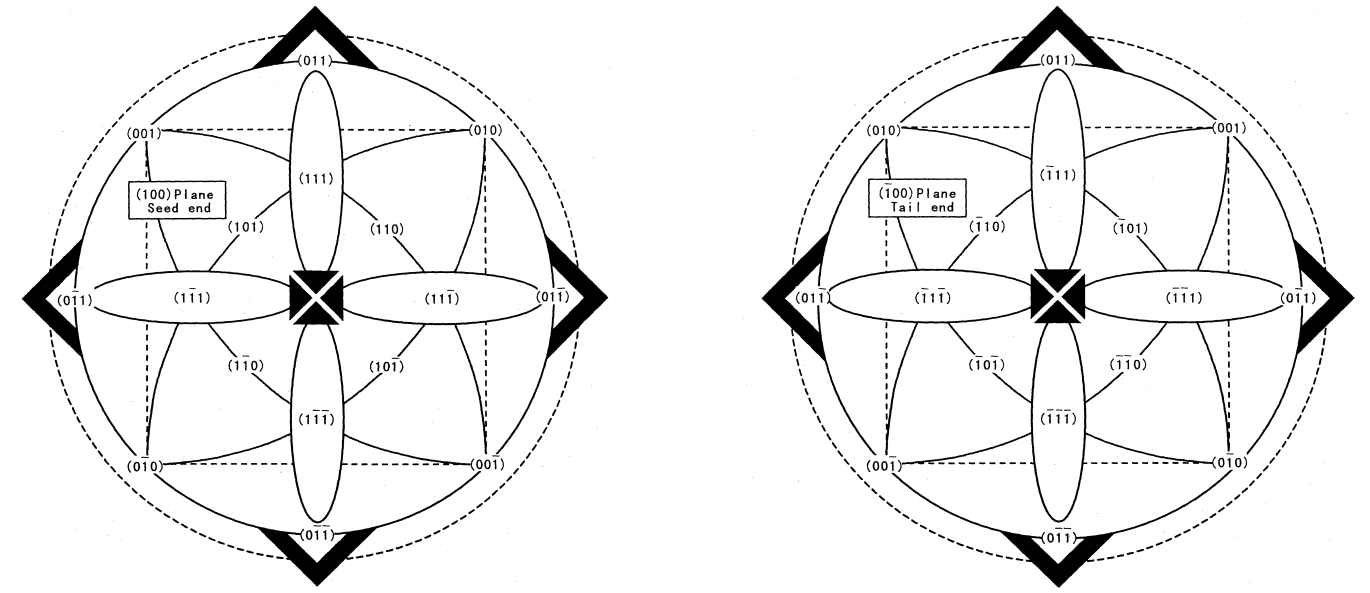
委員長	宮 崎 守 正	三菱住友シリコン(株) (2002年4月～)
同	榎 井 積	信越半導体(株) (~2002年3月)
委 員	井 上 直 久	大阪府立大学
同	武 縄 智 章	アクセントオプティカルテクノロジーズ(株)
同	青 島 孝 明	エム・イー・エム・シー(株)
同	本 間 則 秋	キヤノン(株)
同	住 江 伸 吾	(株)コベルコ科研
同	松 本 圭	コマツ電子金属(株)
同	榎 井 積	信越半導体(株)
同	滝 澤 律 夫	ソニー(株)
同	竹 田 隆 二	東芝セラミックス(株)
同	菊 池 浩 昌	日本電気(株)
同	斎 藤 滋 晃	(株)日立製作所
同	金 田 寛	(株)富士通研究所
同	米 田 健 司	松下電器産業(株)
同	木 村 泰 広	三菱電機(株)
同	碓 敦	ワッカー・エヌエスイーシー(株)
客 員	小 山 浩	日本電子(株)
同	河 合 健 一	河合企画
事務局	高 梨 健 一	(社)電子情報技術産業協会

JEITA の場合



(1 1 1) Seed end (a)

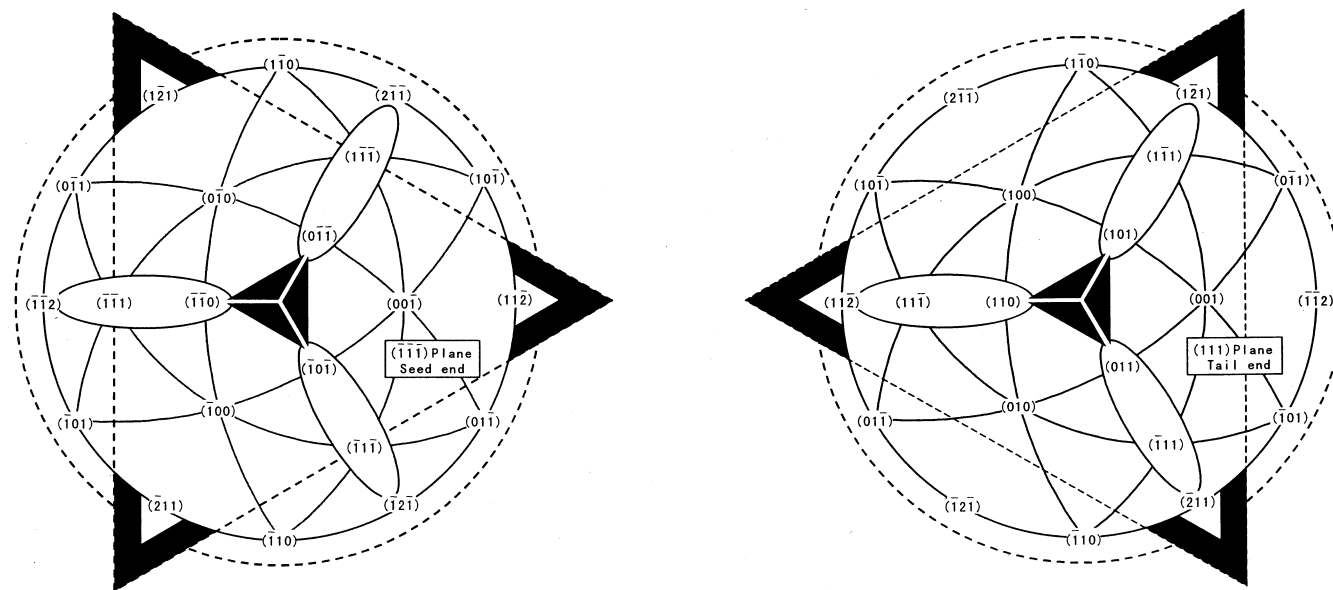
(1 1 1) Tail end (b)



(1 0 0) Seed end (a)

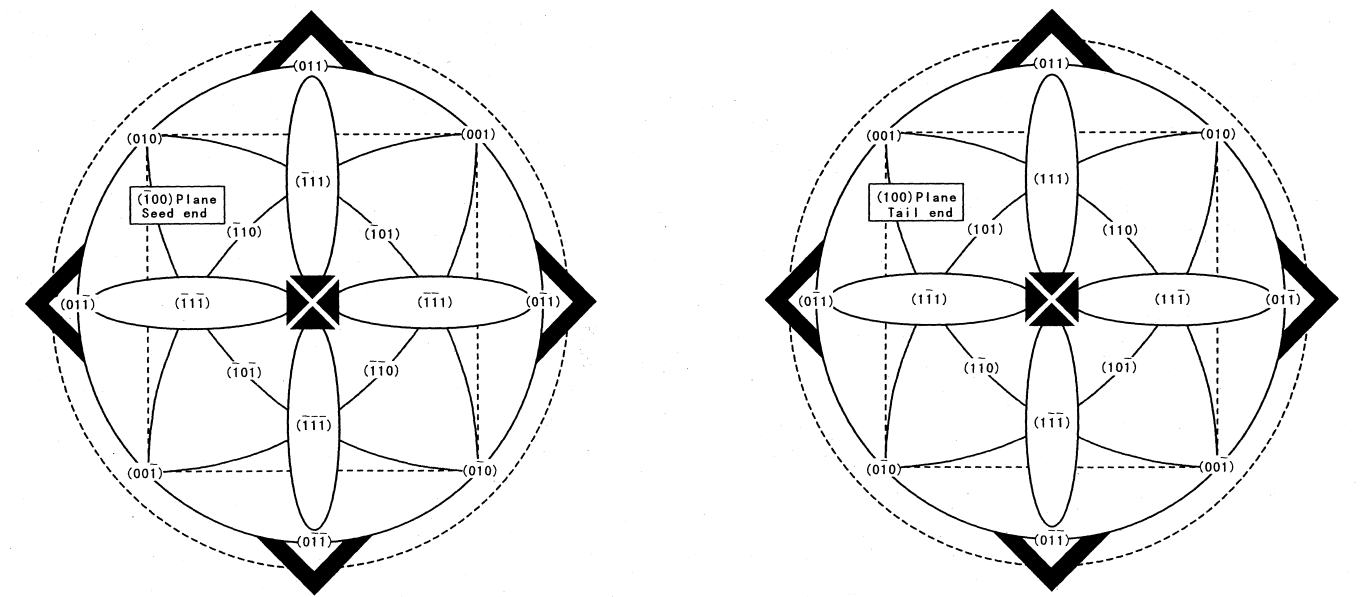
(1 0 0) Tail end (b)

欧米等の場合



(1 1 1) Seed end (c)

(1 1 1) Tail end (d)



(1 0 0) Seed end (c)

(1 0 0) Tail end (d)

強く現れる3本の晶癖線，エッチピットの形状，光像を重ねて表した<1 1 1>結晶のステレオ投影図 (a)はJEITAの場合で種側，(b)はJEITAの場合でテイル側，(c)は欧米等の場合で種側，(d)は欧米等の場合でテイル側から見た図を示す。

図12 JEITA規格と欧米規格の対比1

晶癖線，エッチピットの形状，光像を重ねて表した<1 0 0>結晶のステレオ投影図 (a)はJEITAの場合で種側，(b)はJEITAの場合でテイル側，(c)は欧米等の場合で種側，(d)は欧米等の場合でテイル側から見た図を示す。

図13 JEITA規格と欧米規格の対比2

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 0 1

2 0 0 2 年 7 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 - 1 1
TEL 03-3518-6434 FAX 03-3295-8727

印 刷 三協印刷(株)
〒152-0002 東京都目黒区目黒本町 5 - 2 0 - 7
TEL 03-3793-5971

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。 ）

JEITA

Standard of Japan Electronics and Information Technology Industries Association

JEITA EM - 3501 *(JEIDA-18-2000)*

**Standard methods for determining the orientation of a
semiconductor silicon single crystal**

Established in March, 1973
Revised in July, 2000

Prepared by

Silicon Technologies Committee
Managing Committee on Information Technology Standardization

Published by

Japan Electronics and Information Technology Industries Association

11, Kanda-Surugadai 3-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 101-0062, Japan
Printed in Japan

Contents

1. Scope	1
2. Measurement method	1
3. X-ray diffraction method	1
3.1 Measurement principle	1
3.2 Measurement equipment	2
3.3 Measurement procedure	3
4. Light figure method	3
4.1 Measurement principle	3
4.2 Measurement equipment	4
4.3 Preparation of specimen	4
4.4 Measurement procedure	4
5. Indication method	5
5.1 Orientation flat (OF)	6
5.2 Inclination of cut surface	7
5.3 Indication of measurement result	10
5.4 Comparison of JEITA standards and European/American standards	10
Explanation for Standard methods for determining the orientation of a semiconductor silicon single crystal ...	14

Standard of Japan Electronics and Information Technology Industries Association

Standard methods for determining the orientation of a semiconductor silicon single crystal

1. **Scope** This standard specifies the standard methods for determining the orientation of a cut surface of a silicon single crystal wafer or a bar single crystal.

2. **Measurement method** The measurement method shall be either an X-ray diffraction method or a light figure method. The accuracy of the former method shall be within $\pm 15'$, and that of the latter method shall be about $\pm 30'$.

3. X-ray diffraction method

3.1 **Measurement principle** The Bragg's condition about incident and reflected of the X-rays to a crystal surface (hkl⁽¹⁾) is used, and the inclination of the cut surface to be measured, from the above-mentioned crystal surface (hkl) is obtained.

Note ⁽¹⁾ hkl is a Miller index.

Remark In this standard, a crystal plane and a direction are indicated as follows.

	Generic name	Individual name
Plane	{ }	()
Direction	< >	[]

3.1.1 **Bragg's condition** When the incident X-rays into a crystal meet the following Bragg's condition, the reflective intensity of X-rays becomes the maximum.

$$2d \sin \theta = n \lambda$$

where, d is the interval of plane of reflection (hkl), θ is Bragg angle, λ is the wave length of X-rays, and n is an integer.

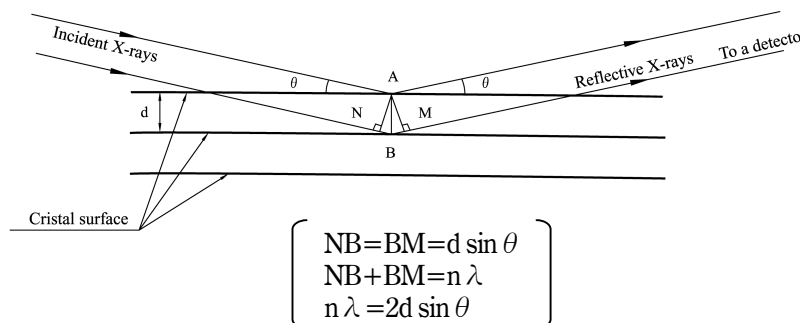


Fig.1 Incidence and reflection of the X-rays on a crystal plane

JEITA EM-3501

3.1.2 Angle of Reflection and Bragg angle Table1 shows the surface interval d of plane of reflection (hkl) usually used, and Bragg angle θ that corresponds to that plane of reflection (hkl) when a copper target is used. It shows also the relation between the actual cut surface and the plane of reflection, as well as the relative intensity of plane of reflection.

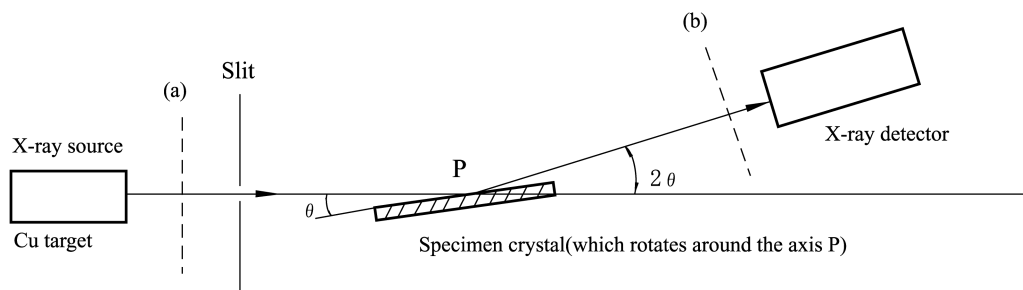
Table1 Bragg angle θ and reflective intensity when the Cu K α line is used

($\lambda = 1.5418\text{\AA}$)

Cut surface	Plane of reflection	Plane interval d (\AA)	Bragg angle θ	Relative reflective intensity
(111)	(111)	3.1354	14°14'	100
(110)	(220)	1.9200	23°40'	65
(311)	(311)	1.6374	28°05'	32
(100)	(400)	1.3576	34°36'	31
(331)	(331)	1.2459	38°13'	18
(211)	(422)	1.1085	44°04'	18

Remark Reflective intensity in the case of a perfect single crystal is shown.

3.2 Measurement equipment The X-rays generator equipped with the copper target tube is used. In order to obtain the parallel X ray beam, a slit is used. In order to obtain monochromatic X rays, a thin nickel filter is used. This arrangement is shown in Fig.2.



The nickel filter may be placed at either position of (a) or (b).
The axis P is an axis perpendicular to this sheet of paper at the point P.

Fig.2 X-ray diffraction method measurement equipment

A specimen holder shall be so constructed as to hold the cut surface to be measured, perpendicularly to the plane that contains the incident and reflective X-rays. It shall rotate around the axis P that lies on the cut surface. It shall indicate the rotation angle in the unit of minute for reading.

A detector shall be usually a device to measure X-ray intensity, such as a Geiger Muller tube, a proportional counter tube, a scintillation counter etc.

3.3 Measurement procedure

- (a) Fix the cut surface onto a specimen holder. Place a detector so that the following condition may be satisfied. Namely, the angle that is formed by a line connecting the detector and the rotation angle of specimen, and an extension line of incident X-rays must be double of Bragg angle. In this case, place the incident X-rays, reflective X-rays, the measurement position of cut surface and the detector on the same plane.
- (b) As shown in Fig.2, place the specimen holder so that the angle formed by the cut surface to be measured and the incident X-rays direction becomes Bragg angle θ . Then, perform incidence of X-rays.
- (c) Rotate the cut surface so that the reflective intensity may become the maximum around the rotation axis P. The rotation angle from the setting position of (b) shall be α .
If the zero point of equipment is not yet adjusted, rotate the specimen by 180° around the axis that is the normal of cut surface, and make measurement again. The measured value shall be $1/2$ of the difference of both.
- (d) Rotate the specimen by 90° around the axis that is the normal of cut surface, and make a similar measurement as (c). The rotation angle from the setting position of (b) shall be β .
- (e) Use the measured values of α , β and obtain the maximum inclination ϕ from the crystal plane that is a reference of cut surface by the following formula.

$$\tan^2 \phi = \tan^2 \alpha + \tan^2 \beta$$

However, when α and β are smaller than 5° , this formula can be simplified as follows.

$$\phi^2 = \alpha^2 + \beta^2$$

4. Light figure method

4.1 Measurement principle Use the measurement equipment as shown in Fig.3. Project a beam of light at the right angle to the cut surface that was subjected to alkali etching. Project the reflective light onto a screen that is perpendicular to the incident light. Then, according to the crystal orientation of cut surface, it is possible to obtain the light figure pattern as shown in Fig.4. If the cut surface inclines from the crystal plane (hkl) that is a reference, then the position of pattern on the screen is determined according to the inclination as shown in Fig.5. It is possible to obtain the inclination from the crystal plane (hkl), from this position.

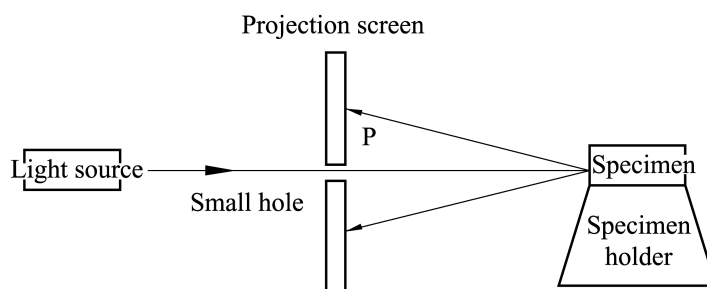


Fig.3 Light figure method measurement equipment

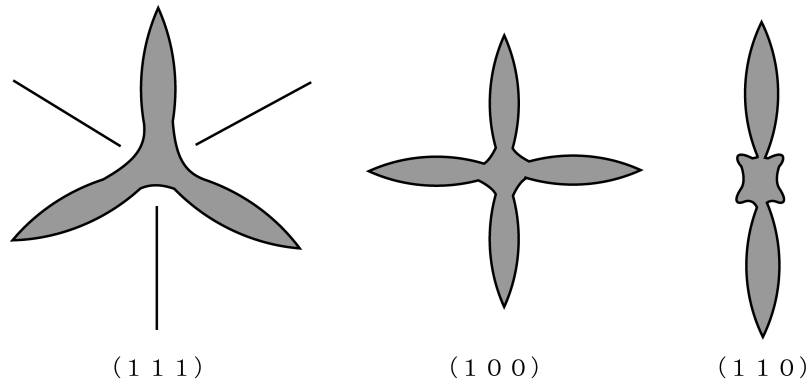


Fig.4 Light figure pattern of cut surface

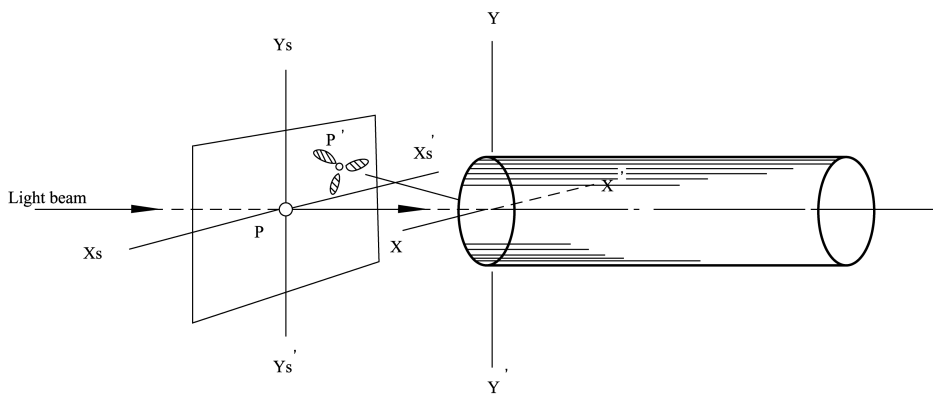


Fig.5 Measurement principle by light figure method

4.2 Measurement equipment As shown in Fig.3, measurement equipment consists of a light source, a projection screen, and a specimen holder. The light source generates parallel light beam of diameter of 3mm or less. A projection screen has a small hole through which the incident light passes, and it shall be placed so that the reflective light from a cut surface may be projected. A specimen holder shall keep the cut surface of specimen at the right angle to the incident light, and it shall rotate around two axes that are perpendicular each other on the cut surface. The rotation angle shall be read in the unit of minute.

4.3 Preparation of specimen Grind a specimen surface by the 25 to 50 μm coarse abrasive grain, then etch the surface at $80 \pm 10^\circ\text{C}$ for 5 to 10 minutes by using sodium hydroxide water solution (15 to 30 weight %).

4.4 Measurement procedure

- (a) Project a light beam at the right angle onto a cut surface, and make a light figure pattern on a screen.
- (b) When the cut surface inclines from the crystal plane (hkl) , the center P' of light figure pattern does not agree to a small hole on the screen, as shown in Fig.5.
- (c) Rotate a cut surface around the two orthogonal axes, XX' and YY' . Set $X_sX'_s$ and $Y_sY'_s$ on the screen plane in parallel to XX' and YY' , respectively. They must pass point P' .

- (d) Rotate a cut surface around YY'. Bring P' onto YsY's. The rotation angle at this time shall be α .
- (e) Return a specimen surface to the setting position of (c) again, rotate it around XX', and bring P' onto XsX's. The rotation angle at this time shall be β .

If the zero point of equipment is not yet adjusted, perform as follows. Make the first measurement. Rotate further the specimen by 180° around the axis that is perpendicular to the cut surface. Make a similar measurement and obtain the average of both.

- (f) Use the measured values of α , β and obtain the maximum inclination ϕ of the cut surface from the specified crystal plane (hkl) in the same manner as the x-ray diffraction method.

5. Indication method Indication method shall use the arrangement in Fig.6 as a reference and show the relation of a crystal-facet line, etch pit, and a light figure pattern.

A top surface means the surface where crystal growth occurs, and a tail surface means its opposite side. Concerning the indices of crystal plane of a top and a tail, a top side shall be positive as follows.

- Top side (111), (100)
- Tail side $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$, $(\bar{1}00)$

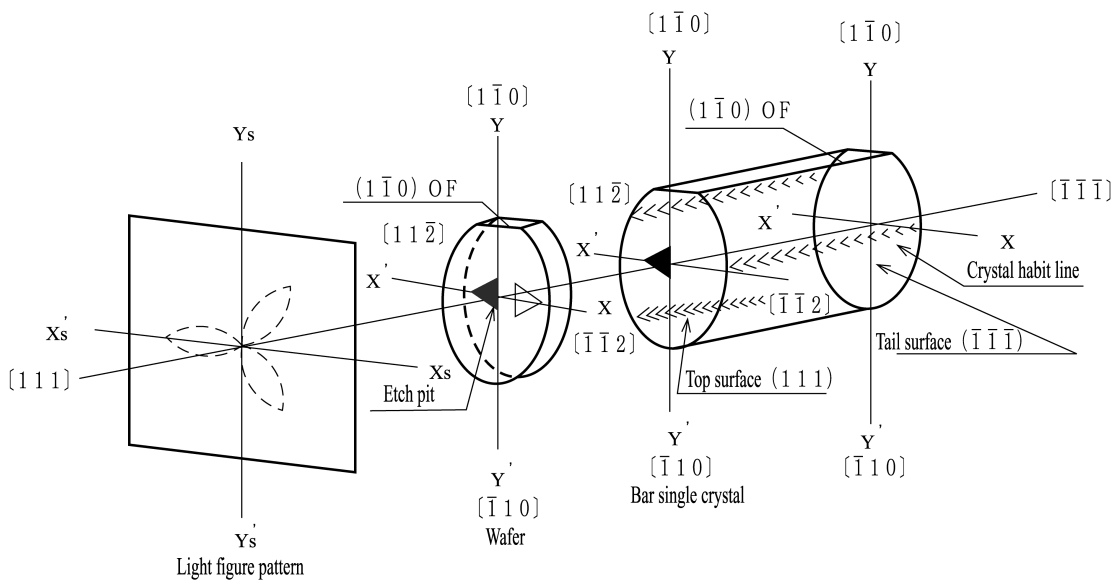


Fig.6 Relation of a light figure pattern, etch pits, and crystal facet lines at (111)

Remark In the SEMI standard, a crystal-growth surface is defined as a reference surface. Therefore, concerning the indices of crystal plane of a top and a tail, a top side shall be negative as follows.

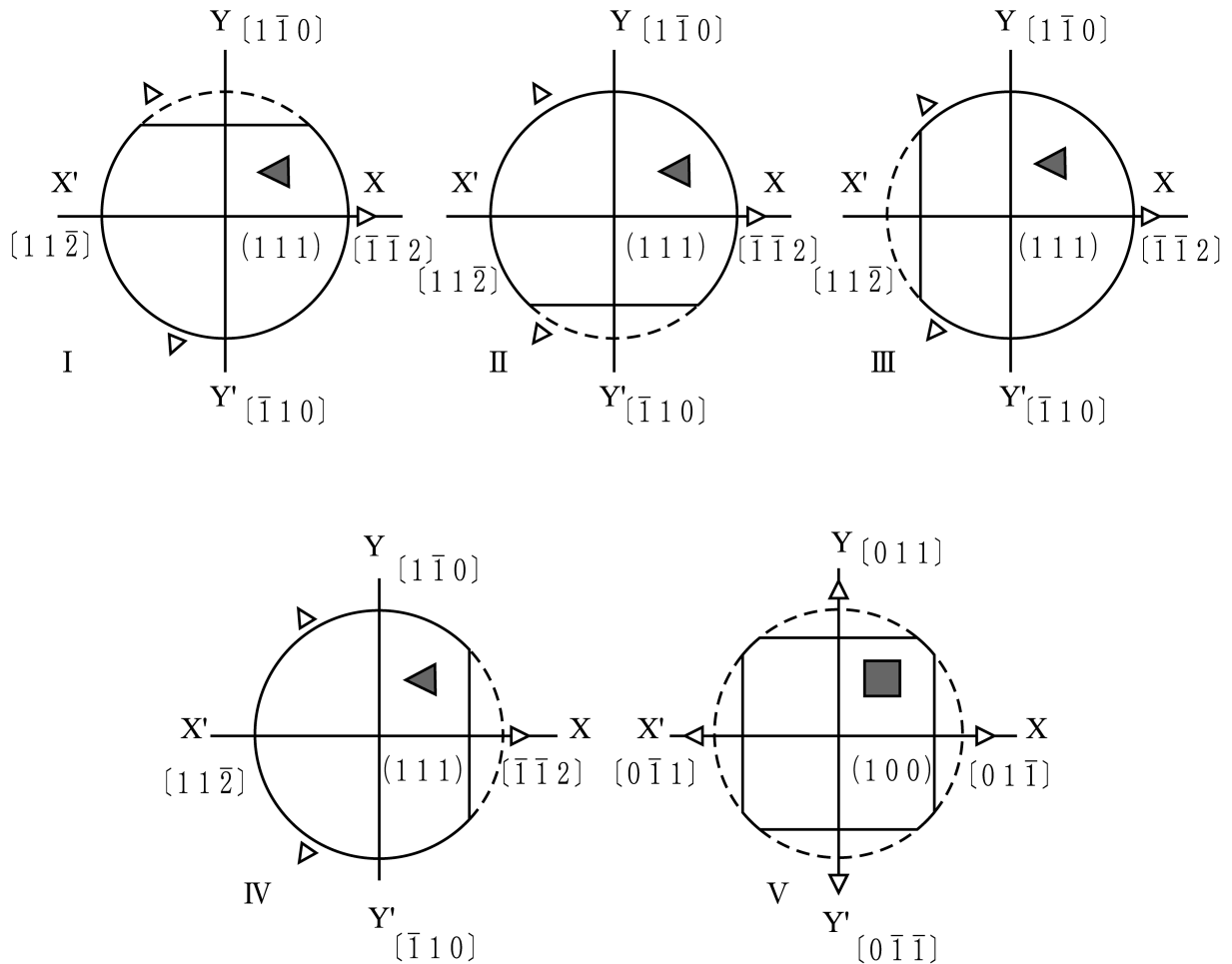
- Top side $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$, $(\bar{1}00)$
- Tail side (111), (100)

JEITA EM-3501

5.1 Orientation flat (hereinafter abbreviated as OF) OF specifies (100) and (111), which are mainly used. There are four kinds of (111), and one kind of (100).

Seen from a top surface, if a crystal-habit line, an etch pit, and a beam-of-light pattern are positioned as shown in Fig.6, OF position shall be indicated as a reference.

This indication is as per OF classification indication shown in Table2. However, unless otherwise specified, general indication may be used.



Remark 1 ▲ • ■ is a direction of the etch pit seen from the seed side.

2 △ shows crystal-habit line.

Fig.7 Classification of OF

Moreover, in Fig.7, inclinations of OF processing surface from the specified crystal plane (hkl) are noted. Among these, the inclination component γ of the direction around the axis Z that is perpendicular to XY shall be a deviation angle.

Table2 Classification indication table of OF

Crystal axis orientation	OF surface			Note
	Classification indication	General indication	Crystallographic indication	No. of figure
<111>	(110)-1	{110}	$(\bar{1}10)$ $(1\bar{0}1)$ $(10\bar{1})$	I
	(110)-2		$(\bar{1}\bar{1}0)$ $(10\bar{1})$ $(0\bar{1}1)$	II
	(211)-1	{211}	$(11\bar{2})$ $(12\bar{1})$ (211)	III
	(211)-2		$(\bar{1}1\bar{2})$ $(12\bar{1})$ (211)	IV
<100>	(110)	{110}	(011) $(01\bar{1})$ $(0\bar{1}1)$ $(0\bar{1}\bar{1})$	V

5.2 Inclination of cut surface

(1) Measurement method

An X-rays method or a light figure method

(2) Specification of an OF and a notch (datum plane)

When there is specification of the direction of off-orientation, OF and notch shall be specified by the individual name of plane or orientation.

(3) Specification of off orientation

When there is specification of the direction of off-orientation, inclination of off orientation from (hkl) and an angle shall be specified.

Example Indication

In case of (111) wafer

OF position: $[\bar{1}10]$

Off-orientation $[\bar{1}\bar{1}2]$ $4.0^\circ \pm 0.5^\circ$

$[\bar{1}10]$ $0^\circ \pm 0.5^\circ$

Fig. 8 shows an example of a wafer with $(110)_2$ OF that has an inclination surface from (111) to $[\bar{1}\bar{1}2]$ direction (=toward nearest $\langle 001 \rangle$ direction in a plane parallel to a primary flat).

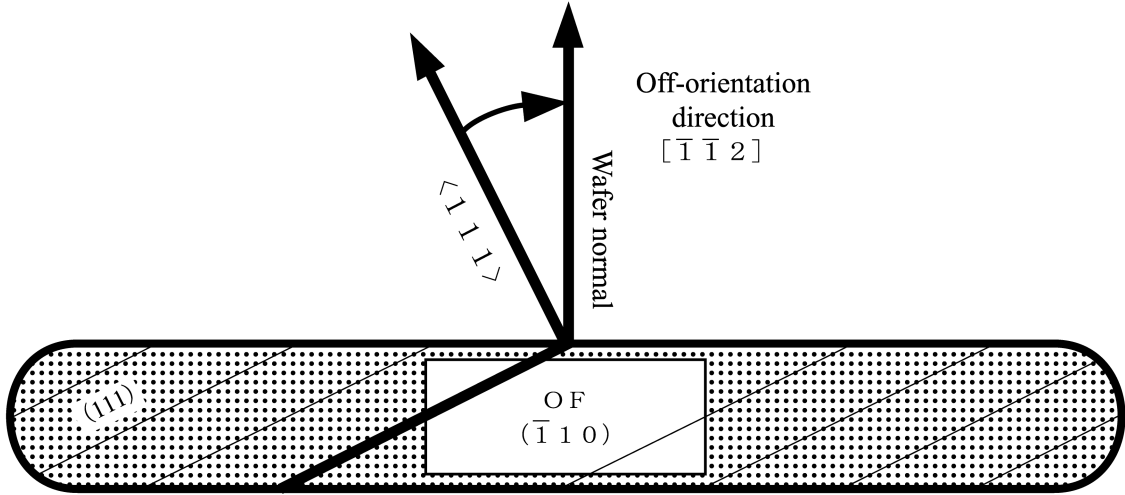


Fig.8 Example of indication of off-orientation

Cross section with off-orientation (111) wafer seed side that is inclined in parallel to OF $(\bar{1}10)$ to $[\bar{1}\bar{1}2]$ direction (=toward nearest $\langle 001 \rangle$ direction in a plane parallel to a primary flat) facing upward, and OF $(\bar{1}10)$ facing toward you.

In order to cut the above-mentioned wafer from $[111]$ crystal, incline $[111]$ toward $[11\bar{2}]$ and slice it.

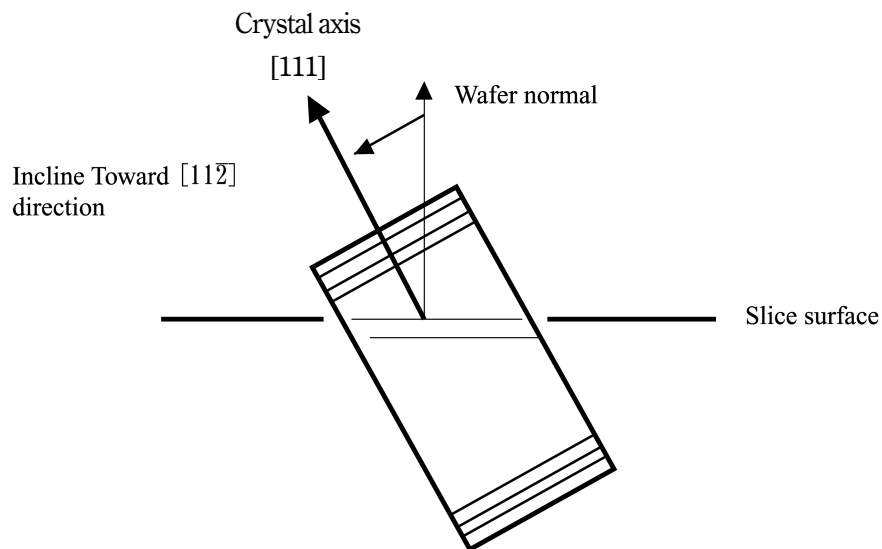
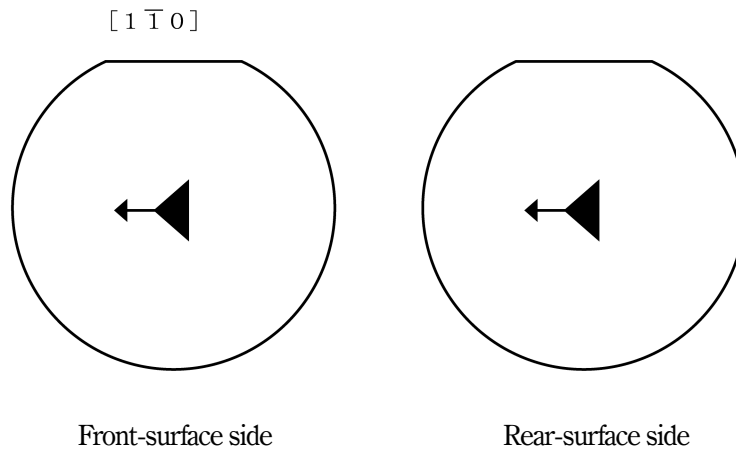


Fig.9 Conceptual illustration when $[111]$ crystallographic axis is sliced toward $[11\bar{2}]$ direction by the specified inclination angle

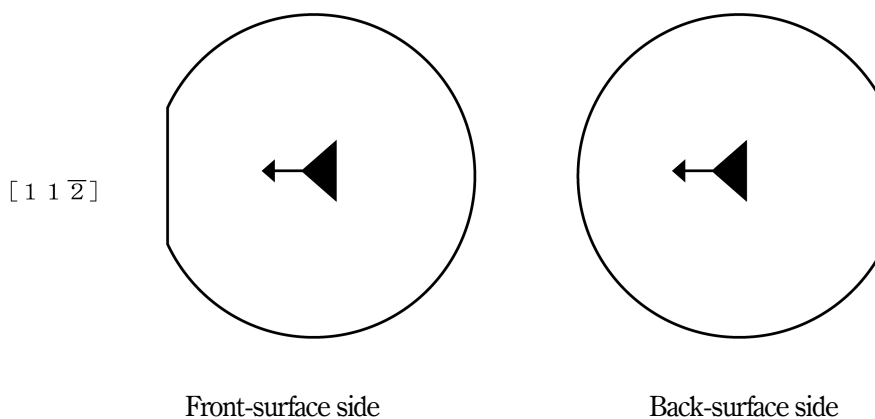
In addition, in the case of a wafer (111), OF is set to $(110)_{-1}$ or $(110)_{-2}$, and the direction of off-orientation is set to the direction parallel to OF. Then, as shown in the stereographic projection figure and Fig.10, the direction of etch pits shows the same direction at the front and back of wafer, and the pattern shift at epi becomes the same direction. So, even if the grinding surface of wafer is not specified, there is no problem.



The relation of inclination of pit and wafer as well as OF position become the same at the front and back. So, the pattern shift at epi does not change on the front and back.

Fig.10 In case of (111) wafer, when OF is $[1\bar{1}0]$ and off-orientation is $[11\bar{2}]$

However, depending on how to take OF and how to take off-orientation, the pattern shift of epi differs on the front and back, and other problems occur. Therefore, in such a case, it is necessary to give the 2nd OF etc. and specify the surface for grinding surface or epi surface.



The relation of inclination of a pit and a wafer is the same on the front and back. But, the relation with OF position becomes reverse and the pattern shifts at epi is different on the front and back. Therefore, it is necessary to specify the front and back.

Fig.11 This is a case of (111) wafer, where OF is $[11\bar{2}]$, and off-orientation is $[11\bar{2}]$

JEITA EM-3501

Note⁽²⁾ Off-orientation is often specified, like in this standard (Fig.8), by specifying by the direction and angle of inclination of wafer surface. But, in some cases, as shown in Fig.9, the inclination of crystal axis is specified with [hkl] being taken as a reference. Both are different, so it is necessary to be cautious of expression.

5.3 Indication of measurement result

A measurement result is indicated as follows, for example.

Table3 Example of indication of measurement result

	Example 1	Example 2	Example 3
(1) Measurement method	X-rays method	X-rays method	X-rays method
(2) Crystal plane	(111)	(100)	(111)
(3) Inclination	$\phi = 0^{\circ}32'$	$\phi = 3^{\circ}21'$	$\phi = 3^{\circ}04'$
(4) Inclination component		$\alpha = 3^{\circ}20'$ (X) $\beta = 0^{\circ}15'$ (Y)	$\alpha = 2^{\circ}50'$ (X) $\beta = 1^{\circ}10'$ (Y)
(5) O F		(110) $\gamma = 15'$	$(110)_{-1}$ $\gamma = 1^{\circ}20'$

Remark When there is no special problem, it is not necessary to specify a direction.

5.4 Comparison of JEITA standards and European/American standards JEITA standards specify that the top surface of a silicon single crystal shall be (111), (100). On the other hand, the European and American standards (SEMI standards) etc. specify that the crystal-growth side (tail surface) shall be a datum plane such as (111), (100) etc.

The relation of both is shown in a stereographic projection figure as follows.

In the figure, ▲ and ■ show how an etch pit appears. The triangular part that comes out to the outside of a circle shows the crystal-habit line. The petal shows the direction of light figure made by the reflection from a wafer side, when light is hit to a wafer side.

Here you should note the following. In case of {111} wafer, taking of a datum plane differs between JEITA and European and American standards (SEMI standards), etc. So, the relation of the pit shape (111) and the three crystal-habit lines that appear noticeably is reverse between both. In case of JEITA, the top surface is (111). So, the relation of the pit shape (111) and the three crystal-habit lines that appear noticeably are opposite. In Europe and American standards etc., the growth tail surface is (111). So, the pit shape (111) and the three crystal-habit lines that appear noticeably have the same orientation.

Therefore, in the case of a wafer where 2nd OF etc. is given and the front and back surfaces are specified, it is necessary to be cautious of the polishing surfaces. When (111) polishing surface is referred to, it means the top side of single crystal in the case of JEITA, while the same reference means the tail surface of silicon single crystal in the case of European and American (SEMI) etc. It is also necessary to pay attention to a way of taking the 2nd OF, off-orientation of a wafer, etc.

JEITA EM-3501 Explanation

Explanation for Standard methods for determining the orientation of a semiconductor silicon single crystal

The following description have been compiled to describe the matters provided in the standard proper and their associated matters, and is not part of the standard.

1. **Scope** This standard was limited to the measurement method of the crystal orientation of a single crystal cut surface. In order to determine the single crystal bar axis, you should form the outer shape of single crystal bar by cylindrical grinding, determine the bar axis, use suitable jigs, and apply the measurement equipment and measurement method specified in this standard. Then, you can determine the crystal orientation of that bar axis.

2. **Measurement method** As a measurement method, an X-ray diffraction method is mainly used, and a light figure method is subordinate to some extent. However, a light figure method can be performed by relatively simple equipment. When the measured values are not directly needed, for example, it can be combined with a single crystal cutter, and a single crystal bar is cut. Then, it is possible to determine the required crystal axis. Thus, it is a practical method, and it was also specified as a measurement method.

3. X-ray Diffraction Method

(1) Relative reflective intensity

The calculated value is shown for the case of a perfect single crystal. The integral reflection of a CuK α line was calculated by using the following formula.

$$RH^\theta = \frac{K\lambda^2(e^2/mc^2)|F^H|e^{-M}}{\pi|b|^{1/2}V\sin 2\theta_B} R^Y H$$

K : Polarization factor

λ : Wave length of X-rays

e^2/mc^2 : Classical electron radius

$|F^H|$: Structure factor

e^{-M} : Debye-Waller factor

V : Volume of a unit cell

θ_B : Bragg angle

b : At the time of symmetrical reflection, $b = -1$

$R^Y H$: Integral reflection

Remark Zachariasen : Theory of X-ray Diffraction in Crystals (John Wiley & Sons, New York '45)

(2) A measurement procedure and formula

Depending on the measurement procedure, there are two formulas to calculate the inclination ϕ . In this standard, as shown in the main text, it follows

$$\tan^2 \phi = \tan^2 \alpha + \tan^2 \beta$$

In this case, measurement of α and β applies to the case of procedure where operation is done from the setting position of 3.3 (b). From the setting position of 3.3 (b), α is measured first and it does not return to the setting position of 3.3 (b). This is followed by procedure 3.3 (d), namely the specimen surface is rotated by 90° and the measured value β is obtained. In this case, the calculation formula is as follows.

$$\cos \phi = \cos \alpha \cdot \cos \beta'$$

In either case, the value of ϕ is correct, but β and β' are not strictly equal. If the usually used α and β are smaller than 5° , then the approximation formula is valid as follows.

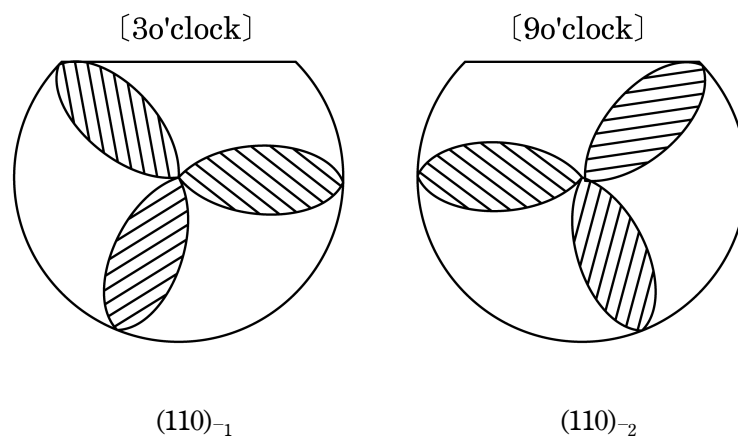
$$\phi^2 = \alpha^2 + \beta^2$$

Therefore, in practice, you need not return the operation of α and β to the setting position of 3.3 (b). You may continue to an operation of 3.3(d). If α and β are smaller than 5° , there is no problem practically.

4. Light figure method A measurement procedure and formula are the same as the case of an X-ray diffraction method. When you want to obtain only the inclination angle ϕ , at the measurement procedure 4.4(c), rotate the cut surface around the axis that is perpendicular to the incident light. Bring the light figure pattern onto XsX's. The rotation angle from this position to the position where the center of light figure pattern agrees to P, is the inclination angle. Thus, measurement is simplified.

5. Indication method There are several methods to take the crystal orientation of flat and to indicate inclination of off-orientation. The references are the light figure pattern, the shape of etch pits, and the crystal-habit line. (In this case, it is necessary to differentiate the top and tail surfaces of a crystal). A typical example is shown.

In Fig. 5 of the main text, with OF upward, the light figure on the screen was dealt with. The figures seen from the crystal side are shown below. (The shape of wafer only shows that OF is upward. There is nothing on the screen.)



Explanation Fig.1

JEITA EM-3501 Explanation

Example Clock indication of OF

In the case of the single crystal of {111} orientation, there are two kinds of methods of specifying the orientation flat of {110}. As a classification method of this case, clock indication is sometimes used.

As shown in Explanation Fig. 1, OF is placed upward horizontally, and the light figure pattern is seen. According to the orientation of the petal of the horizontal direction, differentiation of “3 o'clock” or “9 o'clock” is made.

In this standard, correspondence is as follows.

“3 o'clock” (110)₋₁

“9 o'clock” (110)₋₂

In this indication method, the shape of etch pits can be used.

6. Committee member (2002.7)

Managing Committee on Information Technology Standardization

Chairman	Akira Shibata	DENSO WAVE INCORPORATED
Silicon Technologies Committee		
Chairman	Yasuo Tarui	Tokyo University of Agriculture and Technology
Co-Chairman	Shigeo Okayama	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
Co-Chairman	Toshihiko Kanayama	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology
Co-Chairman	Hiroshi Koyama	JEOL Ltd.
Member	Naohisa Inoue	Osaka Prefecture University
Member	Morimasa Miyazaki	SUMITOMO MITSUBISHI SILICON CORPORATION
Member	Hiromichi Ohashi	Toshiba Corp.
Member	Tetsuo Fukuda	FUJITSU LIMITED
Member	Yukio Matsumoto	Accent Optical Technologies Co., Ltd.
Member	Hisaya Imai	Asahi Kasei Microsystems Co., Ltd.
Member	Manabu Tsujimura	Ebara Corporation
Member	Takaaki Aoshima	MEMC Japan Ltd.
Member	Hiroshi Isaji	Canon Inc.
Member	Kenichi Shindo	KURODA Precision Industries Ltd.
Member	Yasuhide Nakai	Kobelco Research Institute, Inc.
Member	Mitsuo kohno	Komatsu Electronic Metals Co.. Ltd.
Member	Takao Takenaka	Shin-Etsu Handotai Co.. Ltd.
Member	Takashi Shimada	Sony Corp.
Member	Seiji Fujino	DENSO CORPORATION
Member	Moriya Miyasita	Toshiba Corp.

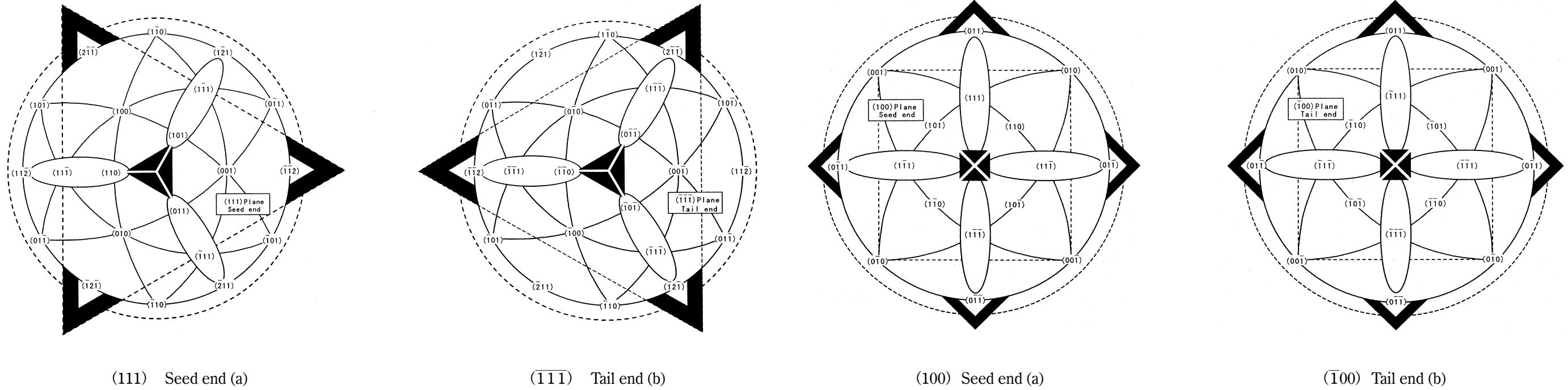
JEITA EM-3501 Explanation

Member	Yoshiaki Matsushita	Toshiba Ceramics Co., Ltd.
Member	Masanori Yoshise	JAPAN ADE LTD.
Member	Tomohisa Kitano	NEC Corp.
Member	Sadao Nakajima	Hitachi Kokusai Electric Inc.
Member	Naoyuki Kawai	Hitachi, Ltd.
Member	Kanetake Takasaki	Fujitsu Laboratories Ltd.
Member	Keiichi Yoshizumi	Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.
Member	Hiroshi Ohishi	Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.
Member	Yasuhiro Shimizu	SUMITOMO MITSUBISHI SILICON CORPORATION
Member	Yoji Mashiko	Mitsubishi Electric Corp.
Member	Satoshi Akiyama	RAYTEX CORPORATION
Member	Susumu Jinbo	Wacker NSCE Corp.
Secretariat	Makoto Nakase	Japan Electronics and Information Technology Industries Association
Secretariat	Kenichi Takanashi	Japan Electronics and Information Technology Industries Association

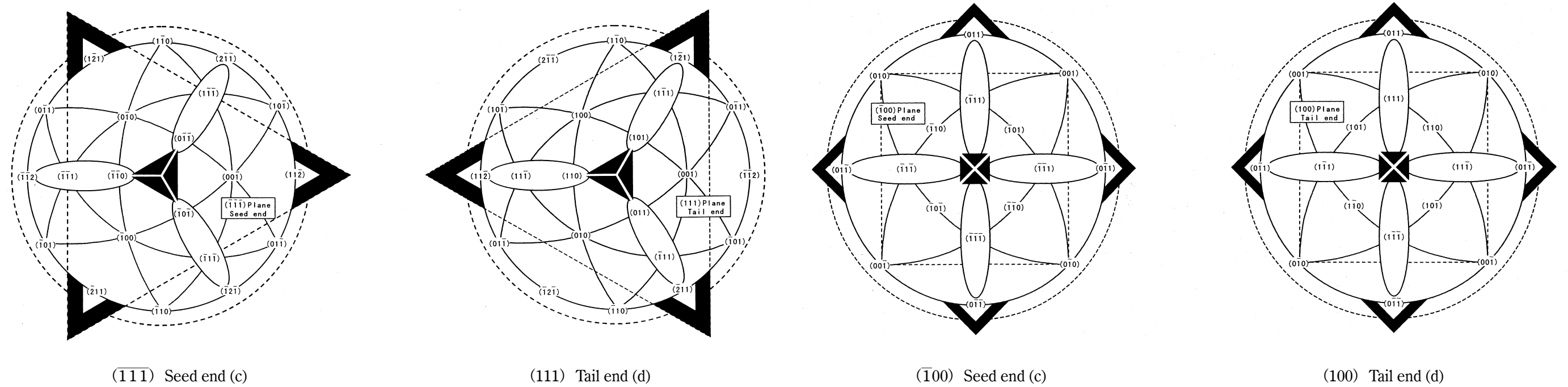
Wafer Measurement Standard Technical Committee

Chairman	Morimasa Miyazaki	SUMITOMO MITSUBISHI SILICON CORPORATION (2002.4~)
Chairman	Tsumoru Masui	Shin-Etsu Handotai Co., Ltd. (~2002.3)
Member	Naohisa Inoue	Osaka Prefecture University
Member	Tomoaki Takenawa	Accent Optical Technologies Co., Ltd.
Member	Takaaki Aoshima	MEMC Japan Ltd.
Member	Noriaki Homma	Canon Inc.
Member	Shingo Sumie	Kobelco Research Institute, Inc.
Member	Kei Matsumoto	Komatsu Electronic Metals Co., Ltd.
Member	Tsumoru Masui	Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.
Member	Ritsuo Takizawa	Sony Corp.
Member	Ryuji Takeda	Toshiba Ceramics Co., Ltd.
Member	Hiromasa Kikuchi	NEC Corp.
Member	Shigeaki Saito	Hitachi, Ltd.
Member	Hiroshi Kaneta	Fujitsu Laboratories Ltd.
Member	Kenji Yoneda	Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.
Member	Yasuhiro Kimura	Mitsubishi Electric Corp.
Member	Atsushi Ikari	Wacker NSCE Corp.
Guest Member	Kenichi Kawai	Kawai Standard Consulting
Guest Member	Hiroshi Koyama	JEOL Ltd.
Secretariat	Kenichi Takanashi	Japan Electronics and Information Technology Industries Association

In the case of JEITA standard



In the case of Europe and America etc.



The stereographic projection figures of <111> crystals which express three remarkable crystal-facet lines, shape of etch pit, and light figure being superimposed. Viewing orientation is as follows. (a) is from a seed side in the case of JEITA. (b) is from a tail side in the case of JEITA. (c) is from a seed side in the case of Europe and America etc. (d) is from the tail side in the case of Europe and America etc.

Fig.12 Comparison of JEITA standards and European/American Standard 1

The stereographic projection figures of <100> crystals which express the crystal-habit lines, shape of etch pit, and light figure being superimposed. Viewing orientation is as follows. (a) is from a seed side in the case of JEITA. (b) is from a tail side in the case of JEITA. (c) is from a seed side in the case of Europe and America etc. (d) is from the tail side in the case of Europe and America etc.

Fig.13 Comparison of JEITA standards and European/American Standard 2

Translation without guarantee in the event of any doubt arising, the original standard in Japanese is to be evidence.

JEITA standards are established independently to any existing patents on the products, materials or processes they cover.

JEITA assumes absolutely no responsibility toward parties applying these standards or toward patent owners.

© 2002 by the Japan Electronics and Information Technology Industries Association

All rights reserved. No part of this standards may be reproduced in any form or by any means without prior permission in writing from the publisher.