

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003 年 12 月 24 日 (24.12.2003)

PCT

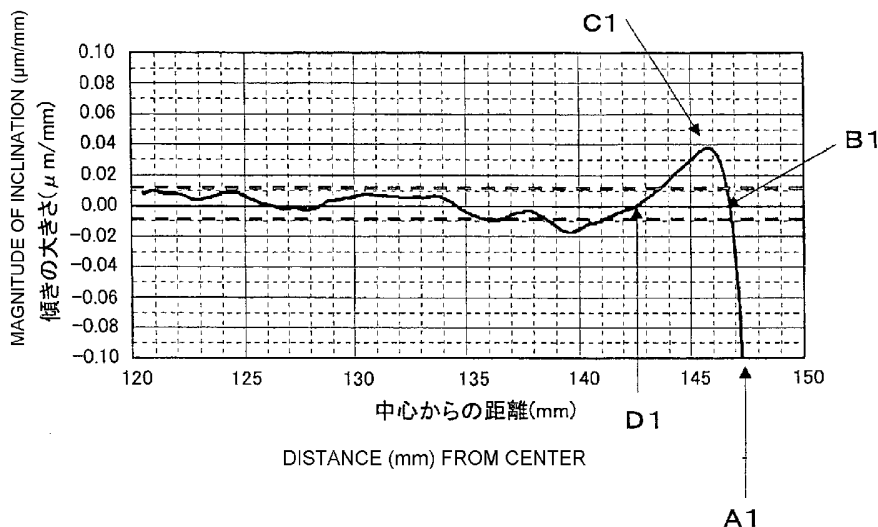
(10) 国際公開番号
WO 03/106925 A1

- (51) 国際特許分類⁷: G01B 21/20, H01L 21/66 [JP/JP]; 〒100-0005 東京都千代田区丸の内1丁目4番2号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP03/07320
- (22) 国際出願日: 2003 年 6 月 10 日 (10.06.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2002-173268 2002 年 6 月 13 日 (13.06.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 信越半導体株式会社 (SHIN-ETSU HANDOTAI CO.,LTD.)
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 佐藤 正和 (SATO,Masakazu) [JP/JP]; 〒961-8061 福島県西白河郡西郷村大字小田倉字大平150番地 信越半導体株式会社 半導体白河研究所内 Fukushima (JP). 大西理 (ONISHI,Masato) [JP/JP]; 〒961-8061 福島県西白河郡西郷村大字小田倉字大平150番地 信越半導体株式会社 半導体白河研究所内 Fukushima (JP).
- (74) 代理人: 好宮 幹夫 (YOSHIMIYA,Mikio); 〒111-0041 東京都台東区元浅草2丁目6番4号 上野三生ビル 4 F Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: SEMICONDUCTOR WAFER SHAPE EVALUATING METHOD AND SHAPE EVALUATING DEVICE

(54) 発明の名称: 半導体ウエーハの形状評価方法及び形状評価装置



(57) Abstract: A method for evaluating the shape of a semiconductor wafer, characterized in that the front and/or back surface of a semiconductor wafer is scanned to measure shape data on the semiconductor wafer, the measured shape data is differentiated to calculate a differentiation profile, and the calculated differentiation profile is analyzed to determine surface characteristics of the semiconductor wafer. By the method, the shape quality of a semiconductor wafer, especially the shape quality of the peripheral part of a semiconductor wafer can be quantitatively evaluated from a different viewpoint of conventional SFQR, and appropriate evaluation can be made even if the specifications of the design rule are strict. A semiconductor wafer shape evaluating device is also disclosed.

(57) 要約: 本発明は、半導体ウエーハの形状を評価する半導体ウエーハの形状評価方法であって、半導体ウエーハの表面及び/または裏面を走査して半導体ウエーハの形状データを測定し、測定した形状データを微分処理して微分プロファ

[続葉有]



(81) 指定国 (国内): US.

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

イルを算出し、得られた微分プロファイルの解析を行ってウエーハの表面特性を求めることにより半導体ウエーハの形状を評価することを特徴とする半導体ウエーハの形状評価方法である。これにより、ウエーハの形状品質を従来のSFQR等とは異なる観点から、半導体ウエーハの形状、特にウエーハ外周部の形状を定量的に評価でき、かつ厳しいデザインルールの仕様に対しても的確に評価することができる半導体ウエーハの形状評価方法及び形状評価装置が提供される。

明 細 書

半導体ウエーハの形状評価方法及び形状評価装置

5 技術分野

本発明は、シリコンウエーハに代表される半導体ウエーハの形状を評価するための半導体ウエーハの形状評価方法及び形状評価装置に関するものである。

背景技術

- 10 従来、半導体基板材料として用いられるシリコンウエーハの製造は、一般的に、チョクラルスキー（C z o c h r a l s k i ; C Z）法や浮遊帯域溶融（F l o a t i n g Z o n e ; F Z）法等により円筒状の半導体単結晶インゴットを育成し、育成した半導体単結晶インゴットを薄板状に切断（スライシング）してウエーハを作製した後、得られたウエーハに、ウエーハの割れ・欠けを防止するためにウエーハ外周部を面取りする面取り工程、ウエーハの厚さ及び平坦度を整えるために行うラッピング工程、ウエーハの加工歪みを除去するためにウエーハをエッチングするエッチング工程、エッチング処理されたウエーハの表面粗さ及び平坦度を一層向上させて鏡面とする研磨工程、ウエーハに付着した研磨剤や異物を除去する洗浄工程等が行われ、半導体ウエーハが製造される。この半導体ウエーハの製造工程は、主な工程を示したもので、他に熱処理工程等の工程を加えたり、工程順を入れ換えたりすることができる。
- 15
- 20

- 近年、半導体デバイス技術の飛躍的な進歩による半導体デバイスの高集積化が著しく、それに伴い半導体デバイス用基板となる半導体ウエーハに対する品質要求もより厳しくなっている。例えば、半導体デバイスの製造において、上記
- 25
- のように製造された半導体ウエーハに光源として紫外線であるK r Fエキシマレーザ光（波長＝0．248 μm）等を用いてレジストパターンを形成する工程は、通常、20回～30回程度行われており、D R A M（d y n a m i c r a n d o m a c c e s s m e m o r y）を例に挙げると、現在量産が行われている64MビットD R A Mでは、0．25 μm～0．20 μmのレジストパターン

が描かれている。このような近年の半導体集積回路の高集積化・高性能化に伴うデバイスパターンの一層の微細化が進むにつれて、レジストパターンの寸法精度及び重ね合わせ精度の更なる向上が望まれており、回路パターンが形成される半導体ウエーハに対する品質要求もより厳しくなっている。

- 5 例えば、上記のようにデバイスパターンの微細化が進むにつれ、半導体ウエーハに極小さなうねり等が存在する場合であっても、フォトリソグラフィ工程等においてデバイスパターンに誤差が生じてしまい、半導体デバイスの歩留りの低下を招くという問題が生じた。また一方で、半導体ウエーハの有効利用による製造コストの低下を図るため、ウエーハ上の広範囲にデバイスが形成できるようにウエーハ主表面の最外周付近（面取り部ぎりぎり）まで平坦な半導体ウエーハの製造が望まれている。

- 15 このような半導体デバイス用基板となる半導体ウエーハに要求される重要な特性の一つとして、半導体ウエーハの形状品質がある。半導体ウエーハの形状品質としては、一般に、直径、厚さ、平行度、平坦度、そり、及びバウ、ワープ等といわれる比較的長周期な凹凸や数mm周期の凹凸であるうねり、表面粗度といった様々なパラメータがある。最近では、このような形状品質に関するパラメータの中で、平坦度の指標として裏面基準又は表面基準のグローバルフラットネスまたはサイトフラットネスと言われる品質が重要視されるケースが多くなっている。

- 20 特に平坦度の指標として、裏面基準のグローバルフラットネスは、GBIR（Global Back Ideal Range）と言われ、ウエーハ面内に1つの基準面を持ち、この基準面に対する最大、最小の位置変位の幅と定義されるのが普通で、従来からの慣例の仕様であるTTV（全厚さ偏差）に相当する。

- 25 また、裏面基準のサイトフラットネスは、SBIIR（Site Back Ideal Range）と言われ、過去においてかなり頻繁に使用されたLTVに相当するものである。このSBIIRは、ウエーハ裏面を基準面とし、更に各サイトにおいて、サイト中心点を含む平面を焦点平面とした時、サイト内の焦点平面から＋側、－側の各々最大変位量の絶対値の和によって各サイト毎に評価される。通常、8インチウエーハ（直径200mm）等ではサイトの大きさが20mm

× 20 mm 程度の領域で評価される。このサイトの大きさは、ウエーハの直径又は仕様により変化させることができる。

その他にも表面基準のサイトフラットネスは、SFQR (Site Front Least Squares Range) と言われ、設定されたサイト内で
5 データを最小二乗法にて算出したサイト内平面を基準平面とし、この平面からの
+側、-側の各々の最大変位量の絶対値の和によって各サイト毎に評価される。

更には、ナノトポグラフィーと言われる品質も重要視されている。ナノトポグラフィー (ナノトポロジーとも言われる) は、波長が 0.2 mm から 20 mm 程度で振幅が数 nm から 100 nm 程度の凹凸のことであり、その評価方法は、
10 辺が 0.1 mm から 10 mm 程度の正方形、または直径が 0.1 mm から 10 mm 程度の円形のブロック範囲 (この範囲は WINDOW SIZE などと呼ばれる) の領域で、ウエーハ表面の凹凸の高低差 (PV 値; peak to valley) を評価するものである。この PV 値は、Nanotopography

Height 等とも呼ばれる。ナノトポグラフィーによる半導体ウエーハの評価
15 においては、特にウエーハ面内に存在する凹凸の最大値が小さいことが望まれている。通常、2 mm × 2 mm の正方形で複数のブロック範囲に対して測定が行われ、その PV 値の最大値で評価し、この PV 値の最大値が小さければ小さいほど、より品質の優れたウエーハとして評価される。また、許容値超の領域が FQA (Fixed Quality Area; ウエーハ有効領域) の面積のどれ
20 くらいを占めるかにより、ウエーハの形状品質を評価する場合もある。

しかしながら、上記に示したような指標を用いて半導体ウエーハの形状品質を評価する場合、デバイス製造工程におけるデザインルールが 0.18 μm までであれば、その規格を満足することで十分な形状品質を有する半導体ウエーハとすることができたが、近年の半導体デバイスの高集積化により、デザインルールが
25 0.15 μm や更に 0.13 μm とその仕様が厳しくなるにつれ、上記のような指標を満足した半導体ウエーハであっても、実際にウエーハ上にデバイスを形成してみるとレジストパターンを正確に形成することができない等の問題が生じ、歩留りの低下を招いていた。

また、デバイス製造工程では露光機等の多くの処理装置が用いられているが、

デバイスパターンの微細化に伴い、各処理装置に用いられているウエーハ保持用のチャックとウエーハ形状との相性が問題視されるようになってきた。このようなウエーハチャックとウエーハ形状の相性に関しては、ウエーハチャックの形状とウエーハのうねりや外周部形状のマッチングが重要である。特に、ウエーハ外周部において、形状変化の割合が大きくなる変極点が問題となることが多く、ウエーハ形状が変化する位置及びその度合いを正確に把握する必要が出てきた。

しかしながら、上記のようなGBIRやSBIR、SFQR等の指標では、ウエーハ中心部の平坦度は精度良く評価することができるものの、ウエーハ外周部、特にウエーハ主表面と面取り部の境界付近の形状を正確に評価することができない。またナノトポグラフィーも同様に、ウエーハエッジ部の外側にデータがないために正確なフィルター処理が行えず、ウエーハ外周部について正確な評価を行うことが出来なかった。

すなわち、マスクパターン（レチクルパターン）の投影像に対しウエーハを繰り返しステップし露光するステッパ（ステップ式投影露光機の通称）やスキャンニング式の露光機等で使用するのに好ましい半導体ウエーハを、上記のようなSFQR等の指標で正確に判定する事ができなかった。

したがって、各デバイス製造工程、更に細かくは各処理装置のウエーハチャックとウエーハ形状の相性等を正確に判定するために、ウエーハ外周部の形状を正確に評価でき、さらにウエーハ表面及び裏面の形状を別々に評価できるような指標が必要となってきた。

発明の開示

そこで本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、ウエーハの形状品質を従来のSFQR等とは異なる観点から、半導体ウエーハの形状、特にウエーハ外周部の形状を定量的に評価でき、かつ厳しいデザインルールの仕様に対して的確に評価することができる半導体ウエーハの形状評価方法及び形状評価装置を提供することを目的とする。

上記目的を達成するために、本発明によれば、半導体ウエーハの形状を評価する半導体ウエーハの形状評価方法であって、半導体ウエーハの表面及び／または

裏面を走査して半導体ウエーハの形状データを測定し、測定した形状データを微分処理して微分プロファイルを算出し、得られた微分プロファイルの解析を行ってウエーハの表面特性を求めることにより半導体ウエーハの形状を評価すること
を特徴とする半導体ウエーハの形状評価方法が提供される。

- 5 このように、半導体ウエーハの表面及び／または裏面を走査して半導体ウエーハの形状データを測定し、測定した形状データを少なくとも1度微分処理して微分プロファイルを算出し、得られた微分プロファイルの解析を行ってウエーハの表面特性を求めることによって半導体ウエーハの形状を評価すれば、ウエーハの形状、例えば、ウエーハ面内の局所的な変極点等をナノトポグラフィーに相当する測定レベルで正確に定量化することができる。さらにウエーハ表面及び裏面の形状を別々に評価することも可能となるため、ウエーハ形状をより正確に評価することができる。その結果、デバイス工程におけるデザインルールが厳しくなっても、レジストパターンを正確に形成できる半導体ウエーハを判定することが可能となり、歩留りの低下を抑制することができる。
- 10

- 15 このとき、前記半導体ウエーハの表面特性を、少なくとも、半導体ウエーハの外周部について求めることが好ましい。

- このように、本発明における半導体ウエーハの形状評価方法によれば、従来では評価することができなかった半導体ウエーハの外周部形状の表面特性を求めることができ、ウエーハ外周部の形状、例えばウエーハ外周部の形状ダレ等について定量的に正確に評価できる。そして、このようにウエーハ外周部の形状を正確に評価できることによって、ウエーハチャックとウエーハ形状の相性等も正確に判定することが可能となる。
- 20

このとき、前記半導体ウエーハの形状データを、半導体ウエーハの表面及び／または裏面を1 mm間隔以下で走査することが好ましい。

- 25 半導体ウエーハの表面及び／または裏面を走査する間隔は細かければ細かいほど精度の優れた評価を行うことができるため、このように半導体ウエーハの表面及び／または裏面を1 mm間隔以下で走査することによって、十分に優れた測定精度で半導体ウエーハ形状の評価を行うことができる。

この場合、前記半導体ウエーハの形状データを、半導体ウエーハ面の変位デー

タ及び／または半導体ウエーハの厚さデータとすることが好ましい。このとき、前記半導体ウエーハ面の変位データを、半導体ウエーハを非吸着で載置した際のウエーハ表面または裏面の厚さ方向の面の変位とすることができ、また、前記半導体ウエーハの厚さデータを、半導体ウエーハの一主表面全体を吸着した際のウエーハの他方の主表面の厚さ方向の面の変位とすることができる。さらに、前記半導体ウエーハ面の変位データを、半導体ウエーハの一部をウエーハ支持具で吸着した際のウエーハ表面及び裏面の厚さ方向の面の変位とし、また前記半導体ウエーハの厚さデータを、半導体ウエーハの一部を吸着した際のウエーハ表面と裏面の面の変位データの差とすることができる。

10 このように、半導体ウエーハの形状データを半導体ウエーハ面の変位データ及び／または半導体ウエーハの厚さデータとすることにより、半導体ウエーハの形状を正確に評価することができる。このとき、半導体ウエーハ面の変位データ及び／または半導体ウエーハの厚さデータについては、例えば、上記のように、半導体ウエーハ面の変位データをウエーハを非吸着で載置した際の厚さ方向の面の変位としたり、または、厚さデータをウエーハの一主表面全体を吸着した際の厚さ方向の面の変位としたり、あるいは、半導体ウエーハ面の変位データをウエーハの一部を吸着した際の厚さ方向の面の変位とし、厚さデータをこのウエーハ表面と裏面の面の変位データの差とすることによって、半導体ウエーハの形状データを容易にかつ正確に測定することができる。

20 また、前記測定した形状データの微分処理は、先ず前記測定した形状データから半径方向に沿った形状プロファイルを作成し、該形状プロファイルを任意の位置を基準として一定間隔で微分して微分プロファイルを算出することによって行われることが好ましい。

25 このように、先ず測定した形状データから半径方向に沿った形状プロファイルを作成し、この形状プロファイルを任意の位置を基準として一定間隔で微分して微分プロファイルを算出することによって、半導体ウエーハの半径方向、特に周辺部での半導体ウエーハの形状を高精度で評価することができる。

このとき、前記微分プロファイルとして、前記形状プロファイルを任意の位置を基準として一定間隔で微分して1階微分プロファイルを算出した後、さらに該

1 階微分プロファイルを一定間隔で微分して算出した 2 階微分プロファイルを用いることができる。

このように、微分プロファイルとして、形状プロファイルを微分して 1 階微分
5 階微分プロファイルを算出した後、さらにこの 1 階微分プロファイルを微分した 2 階微分
5 階微分プロファイルを用いることによって、半導体ウエーハの形状をさらに詳細に評価
評価することができる。

このとき、前記形状プロファイルの微分を 1 mm 間隔で行うことが好ましく、
また前記 1 階微分プロファイルの微分を 1 mm 間隔で行うことが好ましい。

形状プロファイルの微分を行う間隔は、評価対象となる半導体ウエーハの形状
10 に応じて任意に選択することができるが、上記のように形状プロファイルの微分
、また 1 階微分プロファイルの微分を 1 mm 間隔で行うことによって、優れた精
精度で半導体ウエーハの形状を評価することができる。例えば、形状プロファイル
の微分を 1 mm 間隔で行うことにより、2 mm×2 mm 角で評価したナノトポグ
ラフィーに相当する測定レベルで半導体ウエーハ形状の評価を行うことができる
15 。

さらに、前記微分プロファイルを算出する際に、長波長成分及び／または測定
ノイズの除去を行うことが好ましく、このとき、前記長波長成分の除去を、最小
自乗法近似またはハイパスフィルターを施すことによって行うことができ、また
前記測定ノイズの除去を、移動平均またはローパスフィルターを施すことによっ
20 て行うことができる。

このように、微分プロファイルを算出する際に、長波長成分及び／または測定
ノイズの除去を行うことにより、半導体ウエーハに長周期のうねり等が存在して
いても、ウエーハ形状の局所的な変化を正確に測定することができるため、半導
体ウエーハ形状の評価を正確に行うことができる。このとき、長波長成分の除去
25 は、最小自乗法近似またはハイパスフィルター施すことにより、また測定ノイズ
の除去は、移動平均またはローパスフィルター施すことにより、容易に行うこと
ができる。

また、前記半導体ウエーハの表面特性を、前記算出した微分プロファイルの最
外点を最外データポイント A 1 とし、該最外データポイント A 1 からウエーハ中

心方向に微分プロファイルを走査して最初に零となる位置をロールオフ（R o l l O f f）開始点B 1として検出し、該ロールオフ開始点B 1を基準に解析を行うことによって求めることができる。

5 このように、半導体ウエーハの表面特性を、微分プロファイルからロールオフ開始点B 1を検出し、このロールオフ開始点B 1を基準に解析を行って求めることにより、半導体ウエーハにおけるロールオフ（傾きがプラスからマイナスに変化する位置）の開始位置や程度を半導体ウエーハの表面特性として評価することができる。すなわち、ウエーハ外周部におけるウエーハ面のダレやハネ、特に面取り部につながるダレの開始位置や程度等を定量化することができ、ウエーハ形状、特にウエーハ外周部の形状を正確に評価することができる。

10 また、前記半導体ウエーハの表面特性を、前記算出した微分プロファイルの最外点を最外データポイントA 1とし、該最外データポイントA 1からウエーハ中心方向に微分プロファイルを走査して最大値となる位置をフリップアップ（F l i p U p）最大スロープ位置C 1として検出し、該フリップアップ最大スロープ位置C 1を基準に解析を行うことによって求めることができ、さらにこのとき、前記半導体ウエーハの表面特性を、前記算出したフリップアップ（F l i p U p）最大スロープ位置C 1からウエーハ中心方向に微分プロファイルを走査して最初に零となる位置をフリップアップ（F l i p U p）開始点D 1として検出し、該フリップアップ開始点D 1を基準に解析を行うことによって求めること
15 20 ができる。

25 このように、半導体ウエーハの表面特性を、微分プロファイルからフリップアップ最大スロープ位置C 1及びフリップアップ開始点D 1を検出し、これらを基準に解析を行って求めることにより、フリップアップの程度や位置あるいは状態を半導体ウエーハの表面特性として評価することが可能となる。例えば、ウエーハ中心からフリップアップ最大スロープ位置C 1またはフリップアップ開始点D 1までの距離やC 1からD 1までの距離、及びC 1地点の最大スロープの大きさ等を表面特性として定量化することにより、従来とは異なる観点からウエーハ形状、特にウエーハ外周部の形状を一定の基準で確実に評価することができる。

さらに、前記半導体ウエーハの表面特性を、前記微分プロファイルとして算出

した2階微分プロファイルの最外点を最外データポイントA2とし、該最外データポイントA2からウェーハ中心方向に2階微分プロファイルを走査して最初に零となる位置をフリップアップ (F l i p U p) 最大スロープ位置C2として検出し、該フリップアップ最大スロープ位置C2を基準に解析を行うことによって求めることができる。

このように微分プロファイルとして算出した2階微分プロファイルを走査して最初に零となる位置として検出されたフリップアップ最大スロープ位置C2は、例えば上記で検出したフリップアップ最大スロープ位置C1のウェーハ中心からの距離と略一致し、このようなフリップアップ最大スロープ位置C2を基準に解析を行うことによって、形状プロファイルの変位の大きい部分（傾斜のある部分）を正確に解析でき、ウェーハの外周部形状をより詳細に評価することができる。

このとき、前記微分プロファイルに、しきい値を設定してウェーハ形状の局所的異常値を検出することが好ましく、前記しきい値を $\pm 0.01 \mu\text{m}/\text{mm}$ に設定することが好ましい。

このように、微分処理にて算出した微分プロファイルにしきい値を設定することによって、ウェーハ形状の局所的異常値（傾きの異常値や曲率の異常値）を検出することができる。このとき、しきい値を $\pm 0.01 \mu\text{m}/\text{mm}$ に設定することによって、ウェーハ形状の局所的異常値を高精度に検出することができる。例えば、1階微分で算出された微分プロファイル（1階微分プロファイル）に $\pm 0.01 \mu\text{m}/\text{mm}$ でしきい値を設定することによって、ウェーハ形状の局所的な傾きをナノトポグラフィーにより $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 角で評価する場合に相当する測定レベルで検出することができる。

そして、前記半径方向に沿って求めた半導体ウェーハの表面特性を、ウェーハ全周に渡って求めることが好ましく、このとき、前記半導体ウェーハ全周に渡る表面特性を、ウェーハ中心角が 1° 以下の間隔で求めることが好ましい。

このように、半導体ウェーハの表面特性をウェーハ全周に渡って求めることにより、半導体ウェーハの形状を全面あるいは全周に渡り正確に把握することができる。その結果、例えば、ウェーハチャックとウェーハ形状の相性等についても

正確な判定を行うことが可能となる。このとき、半導体ウエーハの表面特性をウエーハ中心角が 1° 以下の間隔で放射状に求めることにより、極めて高精度に評価することができる。

さらに、本発明によれば、半導体ウエーハの形状を評価する半導体ウエーハの形状評価装置であって、少なくとも、半導体ウエーハの形状データを測定する形状測定手段と、該測定された形状データを保存する記憶手段と、該保存した形状データを微分処理して微分プロファイルを算出する微分処理手段と、該算出した微分プロファイルを解析することによりウエーハの表面特性を求める表面特性算出手段を有することを特徴とする半導体ウエーハの形状評価装置が提供される。

このように、少なくとも、形状データを測定する形状測定手段と、形状データを保存する記憶手段と、形状データを微分処理して微分プロファイルを算出する微分処理手段と、微分プロファイルを解析してウエーハの表面特性を求める表面特性算出手段を有する半導体ウエーハの形状評価装置であれば、ウエーハの形状、例えばウエーハ面内の局所的な変極点等をナノトポグラフィーに相当する測定レベルで定量化でき、さらに、ウエーハ表面及び裏面の形状を別々に評価することや、従来では評価できなかった半導体ウエーハの外周部の表面特性を求めることができるため、ウエーハ形状をより正確に評価できる半導体ウエーハの形状評価装置となる。

このとき、前記形状測定手段が、前記形状データとして、非吸着で載置された半導体ウエーハの表面又は裏面の厚さ方向の面の変位を測定することによって、面の変位データを求めるものとすることができ、または、前記形状測定手段が、前記形状データとして、一主表面全体が吸着された半導体ウエーハの他方の主表面の厚さ方向の面の変位を測定することによって、厚さデータを求めるものとすることができ、あるいは、前記形状測定手段が、前記形状データとして、ウエーハ支持具により半導体ウエーハの一部が吸着された半導体ウエーハの表面と裏面の厚さ方向の面の変位を測定することによって面の変位データを求め、求めたウエーハ表面と裏面の面の変位データの差を測定することによって厚さデータを求めるものとすることができる。

このような形状測定手段とすれば、半導体ウエーハの形状データを容易かつ正

確に測定することができ、半導体ウエーハ形状を正確に評価できる。

また、前記微分処理手段が、前記形状データから半径方向に沿った形状プロファイルを作成し、該形状プロファイルを任意の位置を基準として一定間隔で微分して微分プロファイルを算出するものであることが好ましい。

- 5 このように、微分処理手段が形状データから形状プロファイルを作成し、この形状プロファイルを任意の位置を基準として一定間隔で微分して微分プロファイルを算出するものであれば、半導体ウエーハの径方向、特に周辺部の形状を高精度で評価できる装置となる。

- 10 このとき、前記微分処理手段が、前記形状プロファイルを任意の位置を基準として一定間隔で微分して1階微分プロファイルを算出した後、さらに該1階微分プロファイルを一定間隔で微分して2階微分プロファイルを算出するものであることが好ましい。

- 15 このように、微分処理手段が形状プロファイルを微分して1階微分プロファイルを算出した後、さらにこの1階微分プロファイルを微分した2階微分プロファイルを算出するものであれば、半導体ウエーハの形状をより高精度で評価できる形状評価装置とすることができる。

このとき、前記微分処理手段が、長波長成分及び／または測定ノイズの除去を行うものであることが好ましい。

- 20 このように、微分処理手段が長波長成分及び／または測定ノイズの除去を行うものであれば、半導体ウエーハに長周期のうねり等が存在していても、ウエーハ形状の局所的な変化を正確に測定することができ、半導体ウエーハ形状の正確な評価を行うことができるものとなる。

- 25 また、前記表面特性算出手段が、前記微分プロファイルの最外点を最外データポイントA1とし、該最外データポイントA1からウエーハ中心方向に微分プロファイルを走査して最初に零となる位置をロールオフ（Roll Off）開始点B1として検出し、該ロールオフ開始点B1を基準に解析を行うことによってウエーハの表面特性を求めるものとすることができる。

このように、表面特性算出手段が、微分プロファイルからロールオフ開始点B1を検出し、このロールオフ開始点B1を基準に解析を行うことによってウエー

ハの表面特性を求めるものであれば、半導体ウエーハのロールオフ（傾きがプラスからマイナスに変化する位置）の開始位置や程度を半導体ウエーハの表面特性として評価することができる。すなわち、ウエーハ外周部におけるウエーハ面のダレやハネ、特に面取り部につながるダレの開始位置や程度等を定量化することができ、ウエーハ形状、特にウエーハ外周部の形状を正確に評価することができるものとなる。

また、前記表面特性算出手段が、前記微分プロファイルの最外点を最外データポイントA 1とし、該最外データポイントA 1からウエーハ中心方向に微分プロファイルを走査して最大値となる位置をフリップアップ（F l i p U p）最大スロープ位置C 1として検出し、該フリップアップ最大スロープ位置C 1を基準に解析を行うことによってウエーハの表面特性を求めるものとすることができ、さらにこのとき、前記表面特性算出手段が、前記算出したフリップアップ（F l i p U p）最大スロープ位置C 1からウエーハ中心方向に微分プロファイルを走査して最初に零となる位置をフリップアップ（F l i p U p）開始点D 1として検出し、該フリップアップ開始点D 1を基準に解析を行うことによってウエーハの表面特性を求めるものとすることができる。

このように、表面特性算出手段が、微分プロファイルからフリップアップ最大スロープ位置C 1及びフリップアップ開始点D 1を検出し、これらを基準に解析を行うことによってウエーハの表面特性を求めるものであれば、フリップアップの程度や位置あるいは状態を半導体ウエーハの表面特性として評価することが可能となる。例えば、ウエーハ中心からフリップアップ最大スロープ位置C 1またはフリップアップ開始点D 1までの距離やC 1からD 1までの距離、及びC 1地点の最大スロープの大きさ等を表面特性として定量化することにより、従来とは異なる観点からウエーハ形状、特にウエーハ外周部の形状を一定の基準で確実に評価することができるものとなる。

さらに、前記表面特性算出手段が、前記微分プロファイルとして算出した2階微分プロファイルの最外点を最外データポイントA 2とし、該最外データポイントA 2からウエーハ中心方向に2階微分プロファイルを走査して最初に零となる位置をフリップアップ（F l i p U p）最大スロープ位置C 2として検出し、

該フリップアップ最大スロープ位置 C 2 を基準に解析を行うことによってウエーハの表面特性を求めるものとすることができる。

このように、表面特性算出手段が、2 階微分プロファイルからフリップアップ最大スロープ位置 C 2 を検出し、これを基準に解析を行うことによってウエーハの表面特性を求めるものであれば、フリップアップ最大スロープ位置 C 2 は、例えば上記で検出したフリップアップ最大スロープ位置 C 1 のウエーハ中心からの距離と略一致するため、形状プロファイルの変位の大きい部分（傾斜のある部分）を正確に解析でき、ウエーハの外周部形状をより詳細に評価することができる。

- 10 また、前記表面特性算出手段が、前記微分プロファイルにしきい値を設定してウエーハ形状の局所的異常値を検出するものであることが好ましい。

このように、表面特性算出手段が、微分プロファイルにしきい値を設定するものであれば、ウエーハ形状の局所的異常値（傾きの異常値や曲率の異常値）を検出することができる。例えば、1 階微分で算出された微分プロファイルにしきい値を $\pm 0.01 \mu\text{m}/\text{mm}$ に設定することによって、ウエーハ形状の局所的な傾きを、ナノトポグラフィーにより $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 角で評価する場合に相当する測定レベルで検出することができる装置となる。

以上説明したように、本発明によれば、従来の指標である S F Q R 等とは違った観点からウエーハの形状、例えば局所的な変極点等をナノトポグラフィーに相当する測定レベルで定量化でき、またウエーハ表面及び裏面の形状を別々に評価することも可能となるため、ウエーハ形状を正確に評価することができる。

また、本発明によれば、半導体ウエーハの外周部の表面特性を正確に求めることができるため、従来では困難であったウエーハ外周部の形状、例えばウエーハ外周部の表面ダレ等を定量的に正確に評価することができる。

- 25 さらに、本発明は、従来のウエーハ形状の評価方法では得ることのできない有効な情報を得ることができることから、例えばリソグラフィーや化学機械的研磨（CMP）の処理装置に好適な半導体ウエーハを判定すること等が可能となり、デバイス製造工程における歩留りの向上を図ることができる。また、本発明により求められる表面特性は、種々の実験データの解析用パラメータとして活用する

こともできるとともに、これらのデータの蓄積によって、製造工程の能力等を容易に把握することが可能となり、安定した半導体ウエーハの供給を行うことが可能となる。

5 図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の微分処理手段によって算出した微分プロファイルを示したグラフである。

図 2 は、半導体ウエーハ表面の変位データを測定して得られた形状データを示したグラフである。

10 図 3 は、半導体ウエーハのウエーハ中心から 120 ～ 148 mm の範囲の形状プロファイルを示したグラフである。

図 4 は、実施例 2 において作成したウエーハ表面の面の変位、ウエーハ裏面の面の変位、及びウエーハの厚さの 3 つの形状プロファイルを示したグラフである。

15 図 5 は、実施例 2 において算出したウエーハ表面の面の変位、ウエーハ裏面の面の変位、及びウエーハの厚さの 3 つの微分プロファイルを示したグラフである。

図 6 は、微分処理の際の差分について説明するグラフである。

20 図 7 は、本発明による半導体ウエーハの形状評価装置の一例を示す概略説明図である。

図 8 は、図 7 の半導体ウエーハの形状評価装置の変位計による半導体ウエーハの形状データの測定について説明した説明図である。

図 9 は、本発明による半導体ウエーハの形状評価装置の別の一例を示す概略説明図である。

25 図 10 は、図 9 の半導体ウエーハの形状評価装置の変位計による半導体ウエーハの形状データの測定について説明した説明図である。

図 11 は、半導体ウエーハの外周部の形状を概略的に表した概略説明図である。

図 12 は、実施例 3 において算出した平均微分プロファイルを示したグラフで

ある。

図 1 3 は、実施例 3 において、図 1 2 の平均微分プロファイルをさらに微分して算出した平均 2 階微分プロファイルを示したグラフである。

5 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明について実施の形態を説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

本発明者等は、半導体ウエーハの形状を従来の S F Q R 等の指標とは異なる観点から評価するために、半導体ウエーハ上を走査してその形状データを測定し、
10 測定した形状データに微分処理及び一定の解析を行ってウエーハの表面特性を求めることによって、半導体ウエーハの形状、特にウエーハ外周部の形状を定量的に評価し、かつ厳しいデザインルールでの使用に対しても的確に半導体ウエーハ形状を評価することができることを見出し、本発明を完成するに至った。

15 15 先ず、本発明に係る半導体ウエーハの形状評価装置について、図面を参照しながら説明する。図 7 は本発明に係る半導体ウエーハの形状評価装置の一例について、その要部構成を示す概略説明図であり、また、図 9 は本発明に係る半導体ウエーハの形状評価装置の別の例の要部構成を示す概略説明図である。

本発明の半導体ウエーハの形状評価装置 1 1 は、半導体ウエーハの形状データを測定し、微分処理及び解析を行う装置であり、少なくとも、半導体ウエーハの
20 形状データを測定する形状測定手段 1 と、測定された形状データを保存する記憶手段 2 と、保存した形状データを微分処理して微分プロファイルを算出する微分処理手段 3 と、算出した微分プロファイルを解析することによりウエーハの表面特性を求める表面特性算出手段 4 を有している。

ここで、形状測定手段 1 は、例えば、被測定対象物を載せる試料台 7 上に半導
25 体ウエーハ 6 を非吸着で載置し、変位計 8 によって半導体ウエーハの表面又は裏面における厚さ方向の面の変位を測定することによって、例えば図 8 に示すように、形状データとして面の変位データを求めることができる。

また、例えば、試料台 7 上に半導体ウエーハ 6 を一主表面全体を吸着することによりウエーハの吸着された一主表面を強制的に平らな状態で保持し、変位計 8

によって半導体ウエーハの他方の主表面における厚さ方向の面の変位を測定することによって、形状データとして厚さデータを求めるようにしても良い。

形状測定手段1のさらに別の形態としては、例えば図9に示した半導体ウエーハの形状評価装置12のように、ウエーハ支持具9により半導体ウエーハ6の一部を吸着して保持し、ウエーハの上下から表裏2本の変位計10により、半導体ウエーハの表面と裏面におけるそれぞれの厚さ方向の面の変位を測定することによって、例えば図10に示すようにそれぞれの面の変位データを求めることができ、また求めたウエーハ表面と裏面の面の変位データの差を測定することによって厚さデータを求めることができる。ウエーハ支持具9は測定の妨げにならない位置で保持すれば良く、ウエーハ主面の一部又はウエーハ外周部を支持するようにすれば良い。

このとき、変位計8または変位計10は、レーザー発振器、及びCCD (Charge Coupled Device) カメラ、自動焦点回路等からなる自動焦点機構を備えている。そして、このような変位計8または変位計10は、半導体ウエーハの表面及び／または裏面に対して垂直に所定の間隔でレーザー光（例えば、HeNeレーザー等）を照射させ、自動焦点機構によって照射されたレーザー光の半導体ウエーハからの反射像の焦点を自動的に合わせて予め校正された基準点からの距離のずれを測ることによって、半導体ウエーハの表面及び／または裏面の厚さ方向の面の変位を測定することができる。

しかしながら、半導体ウエーハの形状データを測定する形状測定手段1における変位計は、上記に説明したレーザー光を用いて測定する変位計に限られるものではなく、例えば、静電容量式の変位計（厚さ計）センサーである静電容量式のフラットネス測定器によって、半導体ウエーハの形状データを測定しても良い。このような静電容量式のフラットネス測定器としては、市販の非接触ウエーハ厚み、平坦度、BOW/WARP測定装置、例えばADE社製ウルトラゲージ9900等を使用することができる。すなわち、半導体ウエーハの形状データとして、半導体ウエーハの形状を示すパラメータ、すなわち半導体ウエーハ面の変位データや半導体ウエーハの厚さデータ等を精度良く測定できるものであれば、形状測定手段1として使用することができる。

また、本発明の半導体ウエーハの形状評価装置 11 または 12 は、記憶手段 2、微分処理手段 3、及び表面特性算出手段 4 を、例えば、CPU (Central Processing Unit)、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory) 等を備えたコンピュータ 5 に組み込むことができる。このコンピュータ 5 は、例えば変位計 8 から出力された半導体ウエーハの形状データを入力して記憶手段 2 に保存し、RAM を作業領域として、ROM に内蔵された所定の解析プログラム、すなわち微分処理手段 3 及び表面特性算出手段 4 を読み出して、CPU にて先に保存した形状データから表面特性を求めることができるものである。

10 次に、上記のような本発明の半導体ウエーハの形状評価装置を用いて、半導体ウエーハの形状を評価する方法を説明する。

本発明による半導体ウエーハの形状評価方法は、半導体ウエーハの表面及び／または裏面を走査して半導体ウエーハの形状データを測定し、測定した形状データを微分処理して微分プロファイルを算出し、得られた微分プロファイルの解析を行ってウエーハの表面特性を求めることにより半導体ウエーハの形状を評価することを特徴とする。このとき、微分プロファイルとして、形状データを 1 階微分して算出した 1 階微分の微分プロファイルを用いても良いし、またこの 1 階微分の微分プロファイルを更に微分して算出した 2 階微分の微分プロファイルを用いても良い。

20 このような本発明の半導体ウエーハの形状評価方法によれば、半導体ウエーハの中心部における表面特性はもちろんのこと、従来では評価が困難であった半導体ウエーハの外周部についてウエーハの表面特性を求めることができ、正確にかつ優れた測定精度でウエーハ形状の評価を行うことができる。

このような本発明の形状評価方法において、半導体ウエーハの形状の評価は、半導体ウエーハの最外周から 1 mm ~ 2 mm 以内の領域を除外して行われることが好ましい。現状、デバイスを形成する領域の平坦度等の保証は、周辺 3 mm を除いた領域で行われており、本発明の半導体ウエーハの形状評価方法では、この保証領域と同じ範囲内またはこの領域より更に外側まで評価することが好ましい。例えば、ウエーハの最外周から 1 mm ~ 2 mm 以内の領域を除外して評価すれ

ば、今後要求される周辺 2 mm を除いた領域の平坦度の保証や周辺 1 mm を除いた領域の保証に対しても使用できる。但し、一般に、半導体ウエーハの外周部にはウエーハのカケ等を防止するため面取り工程が施されるため、図 11 に示すような面取り部が形成されている。この面取り部の幅はウエーハの製造方法によつて異なるが、通常およそ 300 ~ 500 μ m 程度である。近年、ウエーハ形状の評価は、ウエーハ主表面と面取り部の境界近傍まで行われることが望まれているものの、測定精度等を考慮に入れると、面取り部を含む半導体ウエーハの最外周から 1 mm 以内の領域を除外すること（測定除外領域）により、さらに測定精度の優れた半導体ウエーハの形状の評価を行うことができる。

10 以下、本発明の半導体ウエーハの形状評価方法について、図面を参照しながらより詳細に説明する。

先ず、形状測定手段により、測定対象となる半導体ウエーハの表面及び／または裏面を走査して半導体ウエーハの形状データを測定する。このとき、半導体ウエーハの形状データとして、半導体ウエーハ面の変位データ及び／または半導体
15 ウエーハの厚さデータを求めることができる。

例えば、上述のように、半導体ウエーハの形状データとして、半導体ウエーハを非吸着で載置した際のウエーハ表面または裏面における厚さ方向の面の変位を測定することによって、半導体ウエーハ面の変位データを求めることができる。あるいは、半導体ウエーハの形状データとして、半導体ウエーハの一主表面全体
20 を吸着した際のウエーハの他方の主表面における厚さ方向の面の変位を測定することによって、半導体ウエーハの厚さデータを求めることができる。また、半導体ウエーハの形状データとして、半導体ウエーハの一部をウエーハ支持具で吸着した際のウエーハ表面及び裏面における厚さ方向の面の変位を測定することによって半導体ウエーハ面の変位データを求めることができ、これらのウエーハ表面
25 と裏面の面の変位データの差を測定することによって、半導体ウエーハの厚さデータを求めるようにしても良い。

このように、半導体ウエーハの形状データとして、半導体ウエーハ面の変位データ及び／または半導体ウエーハの厚さデータを求めることによって、半導体ウエーハの形状データを容易に測定することができる。

その後、測定した形状データは、上記コンピュータの記憶手段に順次保存される。

このとき、半導体ウエーハの形状データは、半導体ウエーハの表面及び／または裏面を細かい測定間隔で走査することによって、優れた精度で半導体ウエーハの形状評価を行うことができる。例えば、半導体ウエーハを走査する間隔を1 mm間隔以下、特に0.05 mm間隔程度とすることにより、優れた測定精度で半導体ウエーハ形状の評価を行うことができる。

このように形状測定手段を用いて半導体ウエーハの表面及び／または裏面を走査することによって、例えば、図2に示すような半導体ウエーハの形状データを測定することができる。この図2は、直径300 mmの半導体ウエーハを非吸着で載置し、変位計を用いてウエーハ表面における厚さ方向の面の変位を0.05 mm程度の測定間隔で測定することによって求めた半導体ウエーハ面の変位データであり、ウエーハ中心を基準に径方向に-150 mmから150 mmの範囲における変位を二次元的に示したものである。この図2の形状データでは、長周期のうねりや測定ノイズが見られ、また面取り部としてウエーハ最外周から0.5 mm程度の位置において形状データが急激に変化していることがわかる。

このとき、形状データの符号（プラス・マイナス）は、ウエーハの一主表面を表面または裏面をどちらにするかによってプラスまたはマイナスに変化するため、ウエーハ表面（または裏面）の形状データをどちらの符号で表すかは任意であり、ウエーハ形状を評価する際にウエーハの外周部におけるウエーハ面のハネまたはダレ方向を間違えることなく評価することができれば良い。

次に、上記形状測定手段で測定して記憶手段に保存した形状データは、上記微分処理手段によって形状データの微分処理が行われ、微分プロファイルが算出される。

25 先ず、測定した形状データから半径方向に沿った形状プロファイルを作成する。例えば、図2の形状データから半径方向に沿って、ウエーハ中心から120～148 mmの範囲（ウエーハ最外周から2 mmは測定除外領域とした）の形状プロファイルを作成することによって、図3に示す形状プロファイルを得ることができる。

尚、この図 3 の形状プロファイルは、図 2 の形状データから形状プロファイルを作成した後に、長波長成分を除去するために最小自乗法近似を施し、さらに測定ノイズを除去するために 1 ~ 2 mm 程度の移動平均の操作を行ったものである。このように、形状プロファイルを作成した後に、ワープ等の長波長成分及び／
5 または測定ノイズの除去を行うことによって、ウェーハ形状の局所的な変化を正確に測定することができ、半導体ウェーハ形状の評価を優れた測定精度で行うことができる。

このとき、長波長成分または測定ノイズを除去する方法は上記に限定されるものではない。例えば、長波長成分の除去は、最小自乗法近似のほかハイパスフイ
10 ルター等を施すことによって容易に行うことができる。また、測定ノイズの除去も、移動平均のほかローパスフィルター等を施すことによって容易に行うことができるが、このような測定ノイズの除去は必ずしも行われる必要はない。

尚、長波長成分の除去は、この形状プロファイルの状態では行わず、その後の微分処理により微分プロファイルを算出した後に行うこともできる。

15 続いて、作成した形状プロファイル（図 3）を、任意の位置を基準として一定間隔で差分を取り、その中点にデータをプロットすることで微分プロファイルを算出する。例えば、図 6 に示すような形状プロファイルが得られた場合、任意の位置 X_i (mm) を基準として、 X_{i+1} (mm) における形状プロファイルの大きさ Y_{i+1} (μ m) と、 X_i (mm) における形状プロファイルの大きさ Y_i (μ m) との差を一定間隔 ($X_{i+1} - X_i$) で除した値を微分値 (dy_i) として
20 求めた後、間隔 ($X_{i+1} - X_i$) の中間点にデータをプロットすることによって微分プロファイルを算出することができる。

またこのとき、微分プロファイルとして、微分処理手段によって形状プロファイルを任意の位置を基準として一定間隔で微分して 1 階微分プロファイルを算出した後、さらに該 1 階微分プロファイルを一定間隔で微分して算出した 2 階微分
25 プロファイルを用いることができる。このように、微分プロファイルとして 2 階微分プロファイルを算出すれば、半導体ウェーハの形状をさらに高精度で評価することができる。

このとき、形状プロファイルの微分を行う間隔 ($X_{i+1} - X_i$)、さらに 1 階

微分プロファイルの微分を行う間隔は、評価対象となる半導体ウエーハの形状に応じて任意に選択することができるが、これらの間隔を1 mm間隔で行うことにより、半導体ウエーハの形状を高精度に評価することができる。例えば、形状プロファイルの微分を1 mm間隔で行うことによって、2 mm×2 mm角で評価したナノトポグラフィーに相当する優れた測定レベルで半導体ウエーハ形状の評価を行うことができる。

このように微分処理手段により形状データの微分処理を行うことによって、形状データから一定の基準で微分プロファイルを算出することができ、例えば上記図3の形状プロファイルを微分（1階微分）することによって、図1に示す微分プロファイルを算出することができる。縦軸は微分値であり、凹凸の傾きの大きさに相当する。このように算出した微分プロファイル（図1）を表面特性算出手段により解析することにより、ウエーハの表面特性を求めることができ、ウエーハ形状に関する十分に有益な情報を得ることができる。以下、微分プロファイルを解析して表面特性を求める方法について説明する。

本発明の半導体ウエーハの表面特性は、表面特性算出手段を用いることにより、算出した微分プロファイルの最外点を最外データポイントA1とし、該最外データポイントA1からウエーハ中心方向に微分プロファイルを走査して最初に零となる位置をロールオフ（Roll Off）開始点B1として検出し、該ロールオフ開始点B1を基準に解析を行うことによって求めることができる。

すなわち、ロールオフ開始点B1を基準に、例えば、A1-B1間の任意地点の大きさを調べることによりロールオフの強度を求めることができ、この値の絶対値の大きさが大きい程ロールオフの強度は大きくなる。またウエーハ中心からロールオフ開始点B1までの距離（または、B1からウエーハ最外周までの距離）を調べることにより、ロールオフの開始位置を求めることができる。その結果、ウエーハ外周部におけるウエーハの面ダレやハネの開始位置やその程度等を正確に定量化することが可能となり、半導体ウエーハ形状、特にウエーハ外周部の形状を正確に評価することができる。

また、本発明の半導体ウエーハの表面特性は、表面特性算出手段を用いることにより、算出した微分プロファイルの最外点を最外データポイントA1とし、該

最外データポイント A 1 からウェーハ中心方向に微分プロファイルを走査して最大値となる位置をフリップアップ (F l i p U p) 最大スロープ位置 C 1 として検出し、さらに該フリップアップ最大スロープ位置 C 1 からウェーハ中心方向に微分プロファイルを走査して最初に零となる位置をフリップアップ (F l i p

5 U p) 開始点 D 1 として検出し、前記フリップアップ最大スロープ位置 C 1 及びフリップアップ開始点 D 1 を基準に解析を行うことによっても求めることができる。

すなわち、フリップアップ最大スロープ位置 C 1 及びフリップアップ開始点 D 1 を基準に解析を行うことにより、フリップアップ最大スロープ位置 C 1 の大き
10 さからフリップアップの強度を求めることができ、さらに、例えばウェーハ中心からフリップアップ最大スロープ位置 C 1、及びフリップアップ開始点 D 1 までの距離、または C 1 から D 1 までの距離を表面特性として定量化することにより、従来の S F Q R 等とは異なる観点からウェーハ形状、特にウェーハ外周部の形状を一定の基準で確実に評価することができる。

15 さらに、本発明の半導体ウェーハの表面特性は、微分プロファイルとして 2 階微分プロファイルを用いる場合、表面特性算出手段を用いることにより、算出した 2 階微分プロファイルの最外点を最外データポイント A 2 とし、該最外データポイント A 2 からウェーハ中心方向に 2 階微分プロファイルを走査して最初に零となる位置をフリップアップ (F l i p U p) 最大スロープ位置 C 2 として検
20 出し、該フリップアップ最大スロープ位置 C 2 を基準に解析を行うことによっても求めることができる。

このように検出されたフリップアップ最大スロープ位置 C 2 は、例えば上記で検出したフリップアップ最大スロープ位置 C 1 のウェーハ中心からの距離と略一致する。したがって、このようなフリップアップ最大スロープ位置 C 2 を基準に
25 解析を行うことによっても、形状プロファイルの変位の大きい部分 (傾斜のある部分) を正確に解析してウェーハのフリップアップの位置を高精度に検出でき、ウェーハの外周部形状をより詳細に評価することができる。

このような表面特性を求めることによっても、従来のウェーハ形状の評価方法では得ることのできない有効な情報を得ることができるため、デバイス製造工程等

におけるウエーハチャックとウエーハ形状の相性の問題等を定量的に評価解析に資することにより、デバイス工程の歩留りの向上を図ることができ、さらに種々の実験データの解析用パラメータとして活用することもできる。

- また、算出した微分プロファイルに、表面特性算出手段によりしきい値を設定
- 5 することによって、ウエーハ形状の局所的異常値、例えば傾きの異常値や曲率の異常値を自動的に検出することができる。このとき、しきい値を $\pm 0.01 \mu\text{m}/\text{mm}$ に設定することによって、ウエーハ形状の局所的異常値を高精度で検出することができる。例えば、1階微分で算出された微分プロファイル（1階微分プロファイル）にしきい値を $\pm 0.01 \mu\text{m}/\text{mm}$ に設定することによって、ナノ
- 10 トポグラフィーによりウエーハ形状を $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 角で評価する場合に相当する測定レベルで、ウエーハ形状の局所的な傾きを検出することができる。

- このとき、上記のように半径方向に沿って求めた半導体ウエーハの表面特性を、ウエーハ全周に渡って求めることにより、半導体ウエーハの全周の形状を正確に把握することができる。このように半導体ウエーハ全周の形状を評価すること
- 15 により、例えば、ウエーハチャックとウエーハ形状の相性等についても正確に判定することが可能となる。このとき、半導体ウエーハの表面特性をウエーハ中心角が 1° 以下の間隔で、例えばウエーハ面内で $360 \sim 400$ 本程度放射状に求めることにより、半導体ウエーハの全周の形状を高精度に評価することができる。

- 20 このように、本発明の半導体ウエーハの形状評価方法によれば、従来の指標であるSFQR等とは違った観点からウエーハの形状、例えば局所的な変極点等をナノトポグラフィーに相当する測定レベルで定量化でき、またウエーハ表面及び裏面の形状を別々に評価することも可能となるため、ウエーハ形状を正確に評価することができる。

- 25 尚、半導体ウエーハの形状を評価する際には、上記に示したような本発明の表面特性の他、従来用いられているようなSFQR等の平坦度、表面粗さといった他の評価パラメータと組み合わせることにより、より詳細な半導体ウエーハの形状を評価することができる。

さらに、本発明は、従来のウエーハ形状の評価方法では得ることのできない有

効な情報を得ることができることから、例えばリソグラフィーや化学機械的研磨（CMP）等の処理装置に好適な半導体ウエーハを判定することや、また求めた表面特性に基づいて更にプラズマエッチング等でウエーハを局部的に加工してより高品質のウエーハを作製すること等に応用することが可能となり、その結果、

5 デバイス製造工程における品質および歩留りの向上を図ることができる。

さらに、本発明により求められる表面特性は、種々の実験データの解析用パラメータとして活用することもできるとともに、これらのデータの蓄積によって、製造工程の能力等を容易に把握することが可能となり、安定した半導体ウエーハの供給を行うことが可能となる。

10

以下、実施例を示して本発明をより具体的に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

（実施例 1）

15 まず、CZ法により直径300mmのシリコン単結晶を引き上げ、得られた単結晶をスライスし、面取り、ラッピング、研磨を施してシリコンウエーハを作製した。その後、図7に示すような形状評価装置11を用いて、作製した直径300mmのシリコンウエーハを試料台7に非吸着で載置し、変位計8でウエーハ表面を走査することによって、形状データとして図2に示すようなウエーハ表面の

20 変位データを求め、コンピュータ5の記憶手段2に保存した。

次に、図2の形状データから半径方向に沿って、ウエーハ中心から120～148mmの範囲の形状プロファイルを作成した後、2mmの移動平均を施して測定ノイズを除去し、また最小自乗法近似により長波長成分を除去することによって、図3に示すような長波長成分及び測定ノイズが除去された外周部形状プロファイルを作成した。その後、この作成した形状プロファイル（図3）に1mm間隔で微分を行って、図1に示すような微分プロファイルを算出した。

25

続いて、得られた微分プロファイル（図1）から最外データポイントA1、ロールオフ開始点B1、フリップアップ最大スロープ位置C1、及びフリップアップ開始点D1を検出して、これらのパラメータを基準にして、ウエーハ中心から

ロールオフ開始点 B 1 までの距離を表面特性 B として、フリップアップ最大スロープ位置 C 1 での傾きの大きさを表面特性 C として、またウエーハ中心からフリップアップ開始点 D 1 までの距離を表面特性 D として解析を行った。また、しきい値を $\pm 0.01 \mu\text{m}/\text{mm}$ に設定してウエーハ形状の局所的異常値（傾きの異常値）について評価を行った。

その結果、実施例 1 で作製したシリコンウエーハの形状は、表面特性 $B = 146.8 \text{ mm}$ 、表面特性 $C = 0.039 \mu\text{m}/\text{mm}$ 、表面特性 $D = 142.8 \text{ mm}$ として評価することができた。また、しきい値を設定したことによって、ウエーハ中心から 139.5 mm 付近にウエーハ形状の局所的な傾きを検出することができた。

（実施例 2）

まず、CZ 法により直径 300 mm のシリコン単結晶を引き上げ、得られた単結晶をスライスし、面取り、ラッピング、研磨を施してシリコンウエーハを作製した。このとき、ウエーハの研磨条件については実施例 1 とは異なる条件とし、その他に関しては、ほぼ同様にしてシリコンウエーハを作製した。

その後、図 9 に示すような表裏両面から測定する形状評価装置 12 を用いて、作製した直径 300 mm のシリコンウエーハの外周部をウエーハ支持具で保持し、形状データとして、変位計 10 により半導体ウエーハの表面及び裏面の面の変位データを測定し、また測定したウエーハ表面と裏面の面の変位データの差を求めることによって厚さデータを求め、コンピュータ 5 の記憶手段 2 に保存した。このとき、変位計 10 として、非接触レーザー変位計（2 ヘッド方式）の測定器ナノメトロ（登録商標）300 TT（黒田精工社製）を用いて測定を行った。

次に、得られた形状データ、すなわち、ウエーハ表面及び裏面の面の変位データと厚さデータのそれぞれから、半径方向に沿ってウエーハ中心から $120 \sim 148 \text{ mm}$ の範囲の形状プロファイルを作成した。このように作成したウエーハ表面の面の変位、ウエーハ裏面の面の変位、及びウエーハの厚さの 3 つの形状プロファイルを図 4 に示す。

続いて、この図 4 のそれぞれの形状プロファイルに 2 mm の移動平均を施して

測定ノイズを除去した後、1 mm 間隔で微分処理を行って微分プロファイルを出し、最小自乗法近似により長波長成分を除去することによって、図 5 に示すようなウエーハ表面の面の変位、ウエーハ裏面の面の変位、及びウエーハの厚さの 3 つの微分プロファイルを得た。

- 5 その後、この図 5 の微分プロファイルのそれぞれに、実施例 1 と同様の解析を行って、表面特性 B, C, D を求め、またしきい値を $\pm 0.01 \mu\text{m}/\text{mm}$ に設定してウエーハ形状の局所的異常値（傾きの異常値）について評価を行った。

- その結果、実施例 2 で作製したシリコンウエーハの形状は、ウエーハ表面形状においては表面特性 $B = 147.5 \text{ mm}$ 、表面特性 $C = 0.011 \mu\text{m}/\text{mm}$ 、
10 表面特性 $D = 141.4 \text{ mm}$ であり、またウエーハ裏面形状においては表面特性 $B = 140.3 \text{ mm}$ 、表面特性 $C = 0.033 \mu\text{m}/\text{mm}$ 、表面特性 $D = 140.0 \text{ mm}$ であり、ウエーハの厚さにおいては表面特性 $B = 142.9 \text{ mm}$ 、表面特性 $C = 0.00 \mu\text{m}/\text{mm}$ 、表面特性 $D = 140.0 \text{ mm}$ として評価することができた。また、しきい値を設定したが、実施例 2 のシリコンウエーハでは、ウ
15 エーハ中心から $120 \sim 144.2 \text{ mm}$ の範囲において、ウエーハ表裏両面に局所的な傾きがないことがわかった。

- 上記のように、実施例 2 のシリコンウエーハには大きなうねりがあるため、従来用いられている SFQR 等の指標では局所的なウエーハ形状の変化等を評価することは困難であるが、本発明によれば、どのようなウエーハ形状であってもそ
20 の表面特性を求めることができ、正確に評価を行うことができる。

また、比較のため、実施例 1 及び実施例 2 で作製した両方のシリコンウエーハの表面形状を SFQR で評価した結果、両ウエーハとも $0.13 \mu\text{m}$ 程度とほぼ同様の値を示し、本発明のようにウエーハ形状の違いを正確に評価することはできなかった。

25

（実施例 3）

実施例 1 と同様に直径 300 mm の鏡面研磨されたシリコンウエーハを準備し、図 7 に示すような形状評価装置 11 を用いてウエーハ表面を走査することによって、形状データとしてウエーハ表面の変位データを求めた。次に、得られたウ

エーハ表面の形状データから半径方向に沿ってウエーハ中心から120～149 mmの範囲の形状プロファイルをウエーハ中心角が1°の間隔で360本作成した。続いて、得られた各形状プロファイルを2 mmの平均移動を施して測定ノイズを除去した後、1 mm間隔で微分を行って微分プロファイルを算出した。

- 5 算出したウエーハ全周に渡る360本の微分プロファイルを90°間隔で4つのエリアに分け、各エリア毎の90本の微分プロファイルの平均を取って平均微分プロファイルを作成した。つまり、ノッチ位置を基準に0～89°の範囲の微分プロファイルから平均微分プロファイルR11を作成し、同様に、90～179°の範囲から平均微分プロファイルR21を、180～269°の範囲から平均微分プロファイルR31を、270～359°の範囲から平均微分プロファイルR41をそれぞれ作成した。その後、得られた各平均微分プロファイルに対して最小自乗近似により長波長成分の除去を行って、図12に示すような微分プロファイルを算出した。

- 図12のように得られた平均微分プロファイルのそれぞれに、実施例1と同様の解析を行って、表面特性B、C、Dを求めた。その結果、平均微分プロファイルR11では表面特性B=148.0 mm、表面特性C=38 nm/mm、表面特性D=141.5 mmであり、平均微分プロファイルR21では表面特性B=146.8 mm、表面特性C=17 nm/mm、表面特性D=144.0 mmであり、平均微分プロファイルR31では表面特性B=136.0 mm、表面特性C=8 nm/mm、表面特性D=125.0 mmであり、平均微分プロファイルR41では表面特性B=145.9 mm、表面特性C=7 nm/mm、表面特性D=143.0 mmであり、このようにしてシリコンウエーハの表面形状を評価することができた。

- 次に、上記の各平均微分プロファイルを更に1 mm間隔で微分して2階微分プロファイルを算出した後、最小自乗近似により長波長成分の除去を行った。このとき、平均微分プロファイルR11を微分して算出したものを平均2階微分プロファイルR12とし、同様に、平均微分プロファイルR21、R31、R41を微分して算出したものを、それぞれ平均2階微分プロファイルR22、R32、R42とした。その結果を図13に示す。図13の縦軸は(2階)微分値であり

、曲率の大きさに相当する。

得られた各平均 2 階微分プロファイルを、最外データポイントからウエーハ中心方向に走査して最初に零となる位置をフリップアップ最大スロープ位置 C 2 として検出して、ウエーハ中心からフリップアップ最大スロープ位置 C 2 までの距離を表面特性 E として解析を行った。

その結果、平均 2 階微分プロファイル R 1 2 の表面特性 E は 1 4 6 . 5 m m、平均 2 階微分プロファイル R 2 2 の表面特性 E は 1 4 6 . 0 m m、平均 2 階微分プロファイル R 3 2 の表面特性 E は 1 4 4 . 8 m m、平均 2 階微分プロファイル R 4 2 の表面特性 E は 1 4 5 . 0 m m であり、シリコンウエーハの形状をより詳細に評価することができた。

なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は、例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

例えば、上記実施の形態においては、主に半導体ウエーハの外周部形状の評価について説明しているが、本発明はこれには限定されず、ウエーハ中心からウエーハ最外周までのウエーハ全面の形状についても評価できることは言うまでもない。例えば、ウエーハ表面全面をマップ図的に表して評価することによって、ウエーハ面内の異常値や変極点のある部分を正確に把握することができる。

請 求 の 範 囲

1. 半導体ウエーハの形状を評価する半導体ウエーハの形状評価方法であって、半導体ウエーハの表面及び／または裏面を走査して半導体ウエーハの形状データ
- 5 タを測定し、測定した形状データを微分処理して微分プロファイルを算出し、得られた微分プロファイルの解析を行ってウエーハの表面特性を求めることにより半導体ウエーハの形状を評価することを特徴とする半導体ウエーハの形状評価方法。
- 10 2. 前記半導体ウエーハの表面特性を、少なくとも、半導体ウエーハの外周部について求めることを特徴とする請求項1に記載の半導体ウエーハの形状評価方法。
- 15 3. 前記半導体ウエーハの形状データを、半導体ウエーハの表面及び／または裏面を1mm間隔以下で走査することによって測定することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の半導体ウエーハの形状評価方法。
- 20 4. 前記半導体ウエーハの形状データを、半導体ウエーハ面の変位データ及び／または半導体ウエーハの厚さデータとすることを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか一項に記載の半導体ウエーハの形状評価方法。
- 25 5. 前記半導体ウエーハ面の変位データを、半導体ウエーハを非吸着で載置した際のウエーハ表面または裏面の厚さ方向の面の変位とすることを特徴とする請求項4に記載の半導体ウエーハの形状評価方法。
6. 前記半導体ウエーハの厚さデータを、半導体ウエーハの一主表面全体を吸着した際のウエーハの他方の主表面の厚さ方向の面の変位とすることを特徴とする請求項4に記載の半導体ウエーハの形状評価方法。

7. 前記半導体ウエーハ面の変位データを、半導体ウエーハの一部をウエーハ支持具で吸着した際のウエーハ表面及び裏面の厚さ方向の面の変位とし、また前記半導体ウエーハの厚さデータを、半導体ウエーハの一部を吸着した際のウエーハ表面と裏面の面の変位データの差とすることを特徴とする請求項4に記載の半導体ウエーハの形状評価方法。

8. 前記測定した形状データの微分処理は、先ず前記測定した形状データから半径方向に沿った形状プロファイルを作成し、該形状プロファイルを任意の位置を基準として一定間隔で微分して微分プロファイルを算出することによって行われることを特徴とする請求項1ないし請求項7のいずれか一項に記載の半導体ウエーハの形状評価方法。

9. 前記微分プロファイルとして、前記形状プロファイルを任意の位置を基準として一定間隔で微分して1階微分プロファイルを算出した後、さらに該1階微分プロファイルを一定間隔で微分して算出した2階微分プロファイルを用いることを特徴とする請求項8に記載の半導体ウエーハの形状評価方法。

10. 前記形状プロファイルの微分を1mm間隔で行うことを特徴とする請求項8または請求項9に記載の半導体ウエーハの形状評価方法。

11. 前記1階微分プロファイルの微分を1mm間隔で行うことを特徴とする請求項9または請求項10に記載の半導体ウエーハの形状評価方法。

12. 前記微分プロファイルを算出する際に、長波長成分及び／または測定ノイズの除去を行うことを特徴とする請求項8ないし請求項11のいずれか一項に記載の半導体ウエーハの形状評価方法。

13. 前記長波長成分の除去を、最小自乗法近似またはハイパスフィルターを施すことによって行うことを特徴とする請求項12に記載の半導体ウエーハの形

状評価方法。

14. 前記測定ノイズの除去を、移動平均またはローパスフィルターを施すことによって行うことを特徴とする請求項12に記載の半導体ウエーハの形状評価方法。

15. 前記半導体ウエーハの表面特性を、前記算出した微分プロファイルの最外点を最外データポイントA1とし、該最外データポイントA1からウエーハ中心方向に微分プロファイルを走査して最初に零となる位置をロールオフ (Roll Off) 開始点B1として検出し、該ロールオフ開始点B1を基準に解析を行うことによって求めることを特徴とする請求項1ないし請求項14のいずれか一項に記載の半導体ウエーハの形状評価方法。

16. 前記半導体ウエーハの表面特性を、前記算出した微分プロファイルの最外点を最外データポイントA1とし、該最外データポイントA1からウエーハ中心方向に微分プロファイルを走査して最大値となる位置をフリップアップ (Flip Up) 最大スロープ位置C1として検出し、該フリップアップ最大スロープ位置C1を基準に解析を行うことによって求めることを特徴とする請求項1ないし請求項15のいずれか一項に記載の半導体ウエーハの形状評価方法。

20

17. 前記半導体ウエーハの表面特性を、前記算出したフリップアップ (Flip Up) 最大スロープ位置C1からウエーハ中心方向に微分プロファイルを走査して最初に零となる位置をフリップアップ (Flip Up) 開始点D1として検出し、該フリップアップ開始点D1を基準に解析を行うことによって求めることを特徴とする請求項16に記載の半導体ウエーハの形状評価方法。

25

18. 前記半導体ウエーハの表面特性を、前記微分プロファイルとして算出した2階微分プロファイルの最外点を最外データポイントA2とし、該最外データポイントA2からウエーハ中心方向に2階微分プロファイルを走査して最初に零

となる位置をフリップアップ (F l i p U p) 最大スロープ位置 C 2 として検出し、該フリップアップ最大スロープ位置 C 2 を基準に解析を行うことによって求めることを特徴とする請求項 9 ないし請求項 1 7 のいずれか一項に記載の半導体ウエーハの形状評価方法。

5

1 9 . 前記微分プロファイルに、しきい値を設定してウエーハ形状の局所的異常値を検出することを特徴とする請求項 1 ないし請求項 1 8 のいずれか一項に記載の半導体ウエーハの形状評価方法。

10 2 0 . 前記しきい値を $\pm 0.01 \mu\text{m/mm}$ に設定することを特徴とする請求項 1 9 に記載の半導体ウエーハの形状評価方法。

2 1 . 前記半径方向に沿って求めた半導体ウエーハの表面特性を、ウエーハ全周に渡って求めることを特徴とする請求項 8 ないし請求項 2 0 のいずれか一項に記載の半導体ウエーハの形状評価方法。

15

2 2 . 前記半導体ウエーハ全周に渡る表面特性を、ウエーハ中心角が 1° 以下の間隔で求めることを特徴とする請求項 2 1 に記載の半導体ウエーハの形状評価方法。

20

2 3 . 半導体ウエーハの形状を評価する半導体ウエーハの形状評価装置であつて、少なくとも、半導体ウエーハの形状データを測定する形状測定手段と、該測定された形状データを保存する記憶手段と、該保存した形状データを微分処理して微分プロファイルを算出する微分処理手段と、該算出した微分プロファイルを解析することによりウエーハの表面特性を求める表面特性算出手段を有することを特徴とする半導体ウエーハの形状評価装置。

25

2 4 . 前記形状測定手段が、前記形状データとして、非吸着で載置された半導体ウエーハの表面又は裏面の厚さ方向の面の変位を測定することによって、面の

変位データを求めるものであることを特徴とする請求項 2 3 に記載の半導体ウェーハの形状評価装置。

2 5. 前記形状測定手段が、前記形状データとして、一主表面全体が吸着された半導体ウェーハの他方の主表面の厚さ方向の面の変位を測定することによって、厚さデータを求めるものであることを特徴とする請求項 2 3 に記載の半導体ウェーハの形状評価装置。

2 6. 前記形状測定手段が、前記形状データとして、ウェーハ支持具により半導体ウェーハの一部が吸着された半導体ウェーハの表面と裏面の厚さ方向の面の変位を測定することによって面の変位データを求め、求めたウェーハ表面と裏面の面の変位データの差を測定することによって厚さデータを求めるものであることを特徴とする請求項 2 3 に記載の半導体ウェーハの形状評価装置。

2 7. 前記微分処理手段が、前記形状データから半径方向に沿った形状プロファイルを作成し、該形状プロファイルを任意の位置を基準として一定間隔で微分して微分プロファイルを算出するものであることを特徴とする請求項 2 3 ないし請求項 2 6 のいずれか一項に記載の半導体ウェーハの形状評価装置。

2 8. 前記微分処理手段が、前記形状プロファイルを任意の位置を基準として一定間隔で微分して 1 階微分プロファイルを算出した後、さらに該 1 階微分プロファイルを一定間隔で微分して 2 階微分プロファイルを算出するものであることを特徴とする請求項 2 7 に記載の半導体ウェーハの形状評価装置。

2 9. 前記微分処理手段が、長波長成分及び／または測定ノイズの除去を行うものであることを特徴とする請求項 2 3 ないし請求項 2 8 のいずれか一項に記載の半導体ウェーハの形状評価装置。

3 0. 前記表面特性算出手段が、前記微分プロファイルの最外点を最外データ

ポイントA 1とし、該最外データポイントA 1からウエーハ中心方向に微分プロファイルを走査して最初に零となる位置をロールオフ (R o l l O f f) 開始点B 1として検出し、該ロールオフ開始点B 1を基準に解析を行うことによってウエーハの表面特性を求めるものであることを特徴とする請求項23ないし請求項29のいずれか一項に記載の半導体ウエーハの形状評価装置。

31. 前記表面特性算出手段が、前記微分プロファイルの最外点を最外データポイントA 1とし、該最外データポイントA 1からウエーハ中心方向に微分プロファイルを走査して最大値となる位置をフリップアップ (F l i p U p) 最大スロープ位置C 1として検出し、該フリップアップ最大スロープ位置C 1を基準に解析を行うことによってウエーハの表面特性を求めるものであることを特徴とする請求項23ないし請求項30のいずれか一項に記載の半導体ウエーハの形状評価装置。

32. 前記表面特性算出手段が、前記算出したフリップアップ (F l i p U p) 最大スロープ位置C 1からウエーハ中心方向に微分プロファイルを走査して最初に零となる位置をフリップアップ (F l i p U p) 開始点D 1として検出し、該フリップアップ開始点D 1を基準に解析を行うことによってウエーハの表面特性を求めるものであることを特徴とする請求項31に記載の半導体ウエーハの形状評価装置。

33. 前記表面特性算出手段が、前記微分プロファイルとして算出した2階微分プロファイルの最外点を最外データポイントA 2とし、該最外データポイントA 2からウエーハ中心方向に2階微分プロファイルを走査して最初に零となる位置をフリップアップ (F l i p U p) 最大スロープ位置C 2として検出し、該フリップアップ最大スロープ位置C 2を基準に解析を行うことによってウエーハの表面特性を求めるものであることを特徴とする請求項28ないし請求項32のいずれか一項に記載の半導体ウエーハの形状評価装置。

34. 前記表面特性算出手段が、前記微分プロファイルにしきい値を設定してウェーハ形状の局所的異常値を検出するものであることを特徴とする請求項23ないし請求項33のいずれか一項に記載の半導体ウェーハの形状評価装置。

図 1

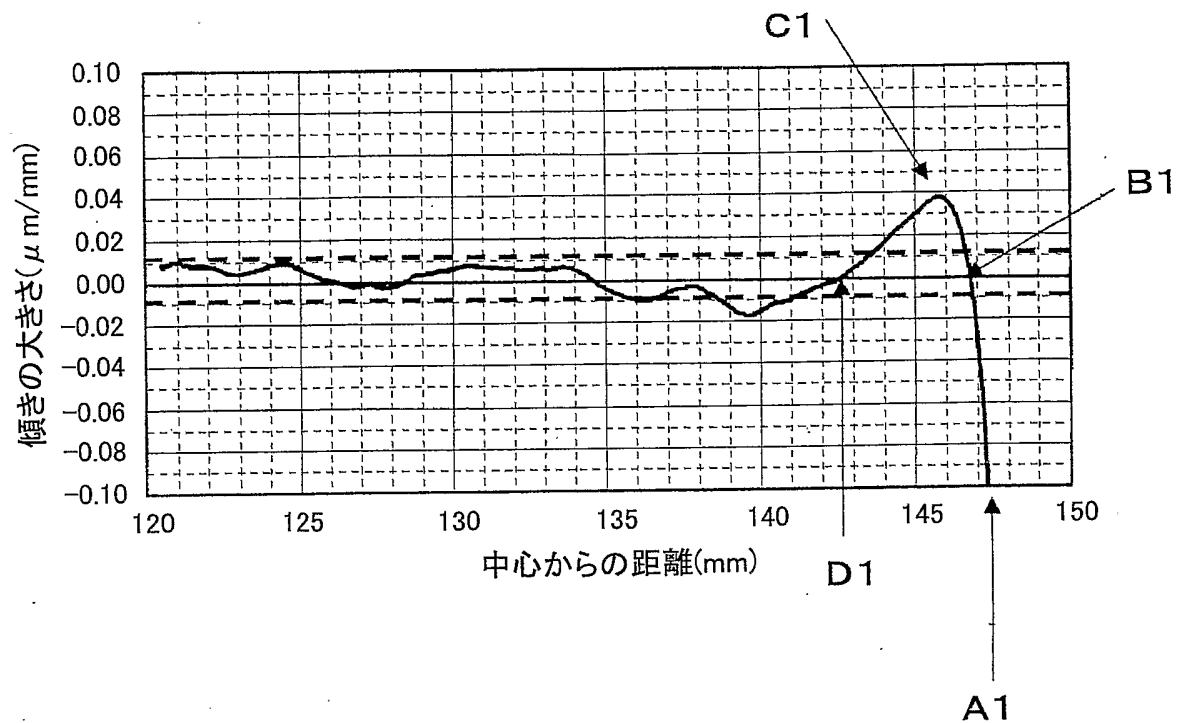
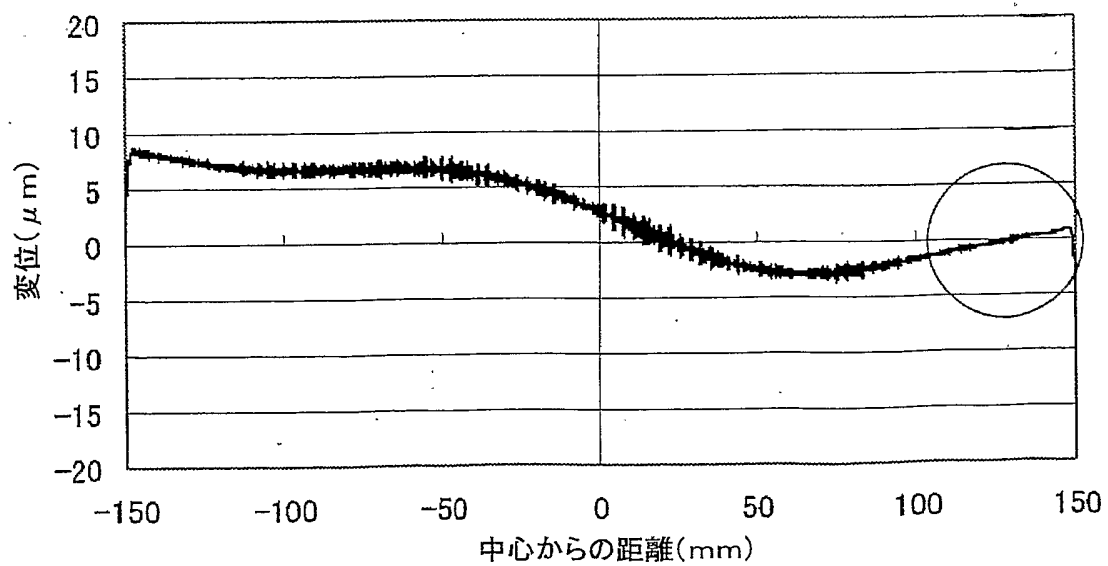


図 2



2 / 8

図 3

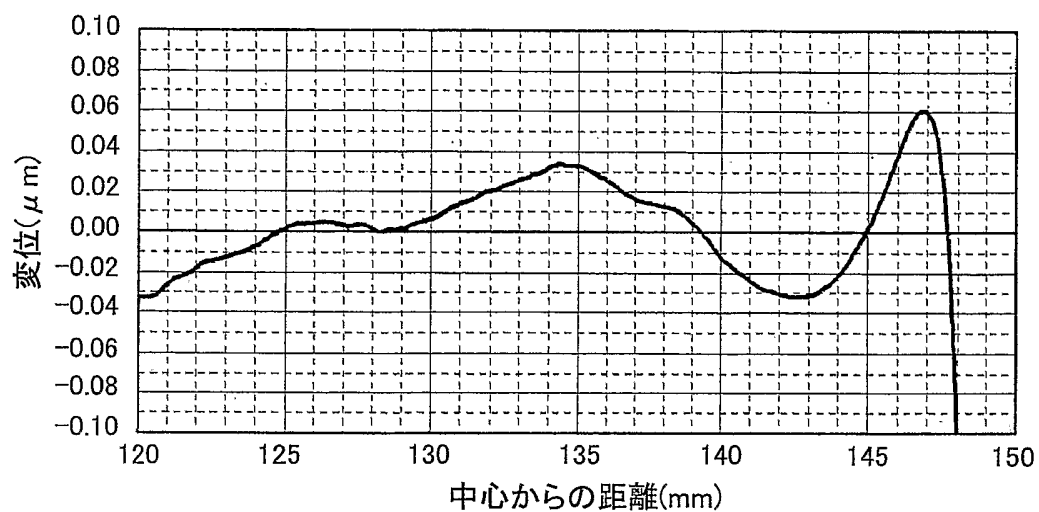


図 4

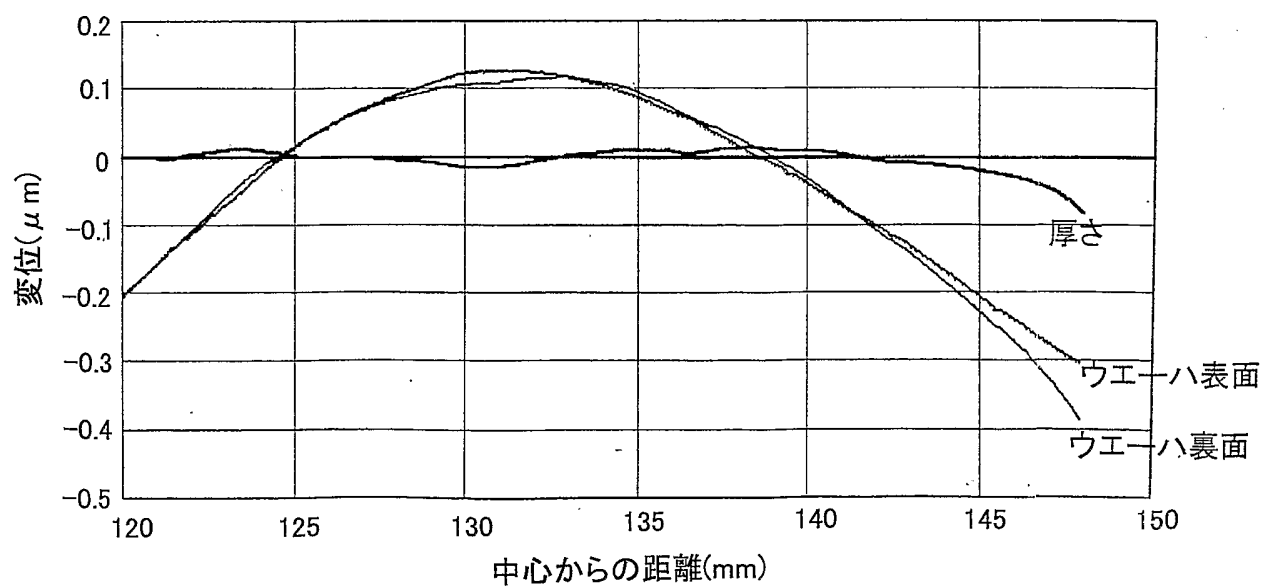


図 5

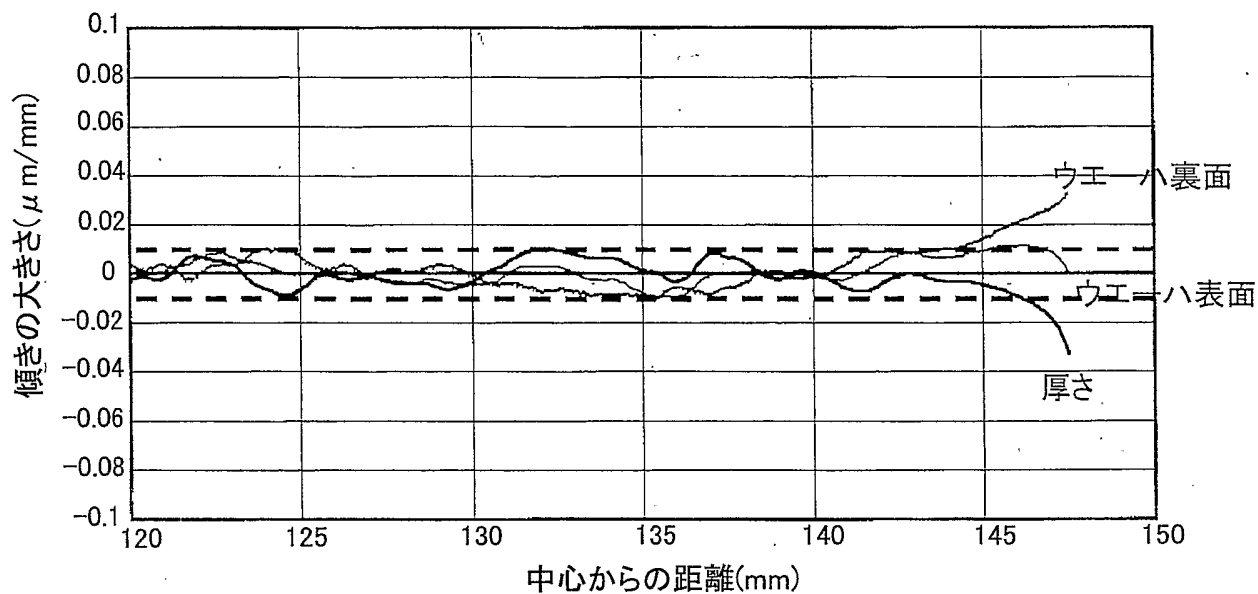


図 6

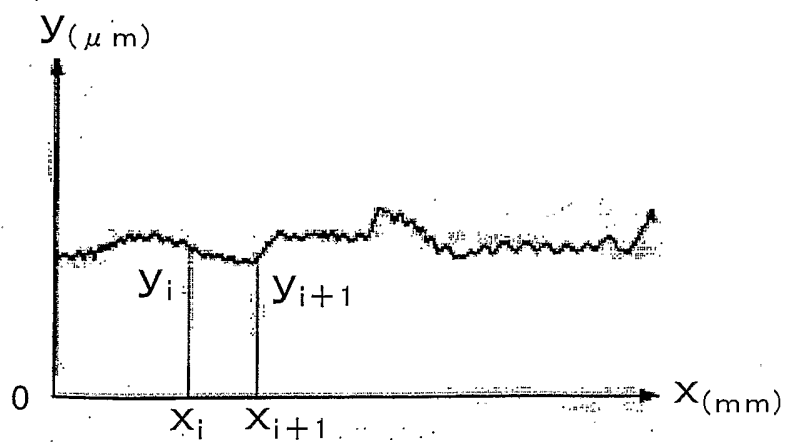


図 7

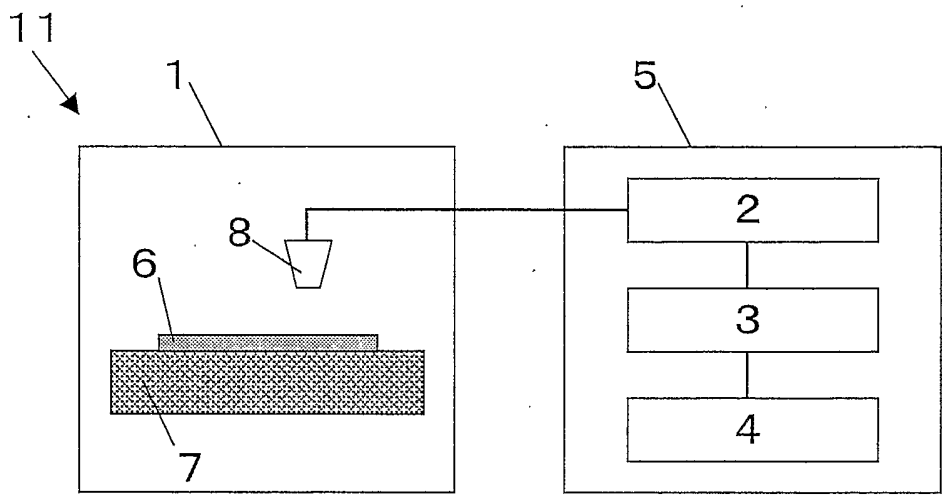


図 8

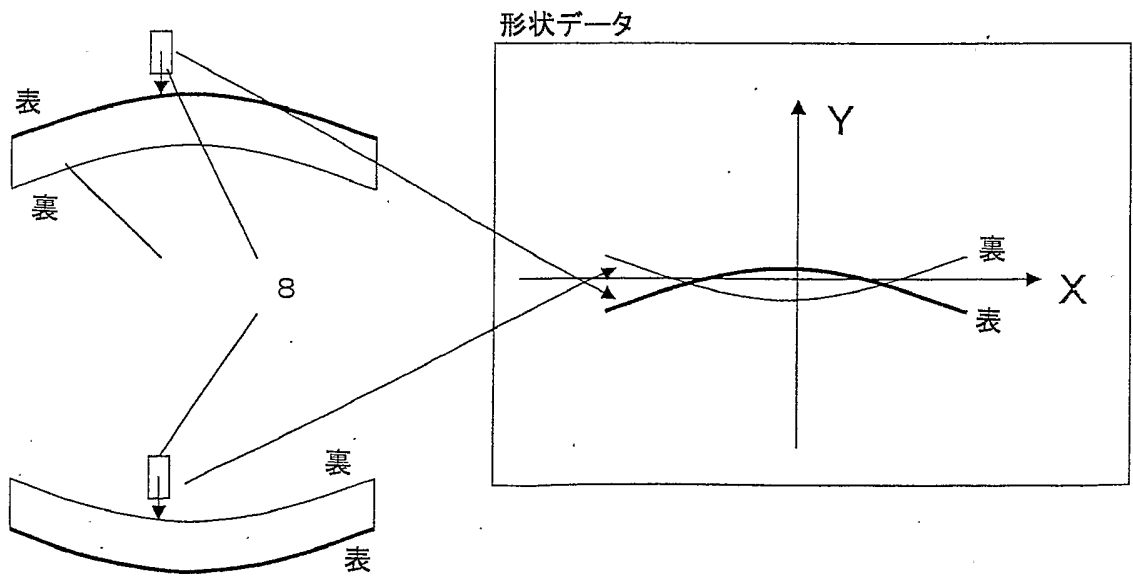


図 9

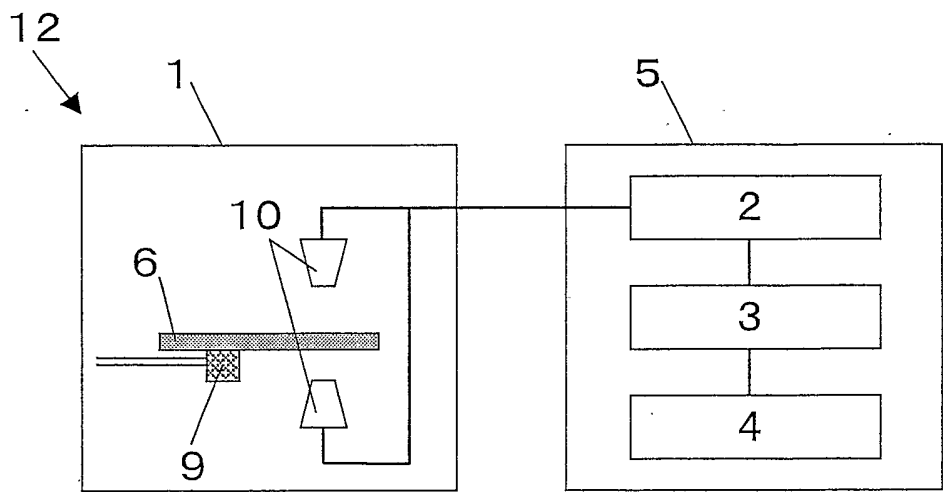


図 10

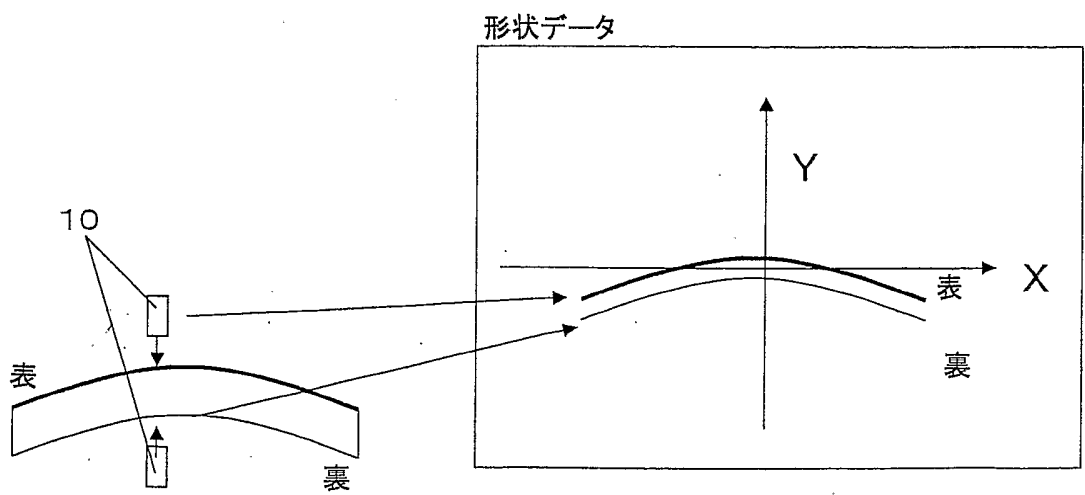


図 1 1

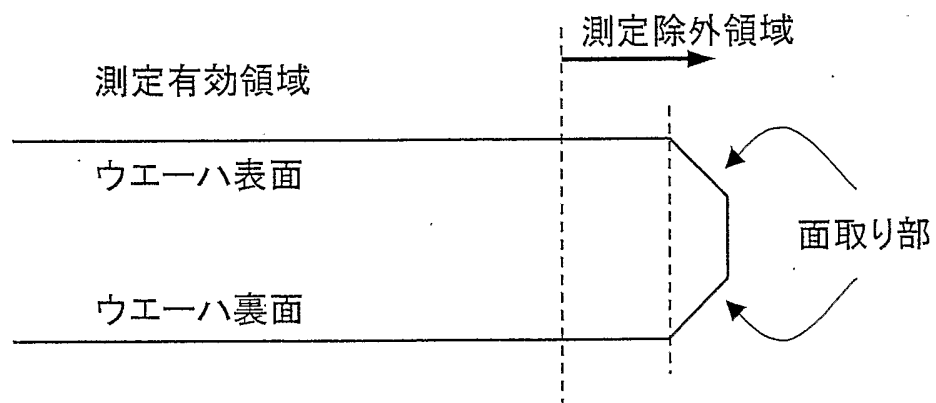


図 1 2

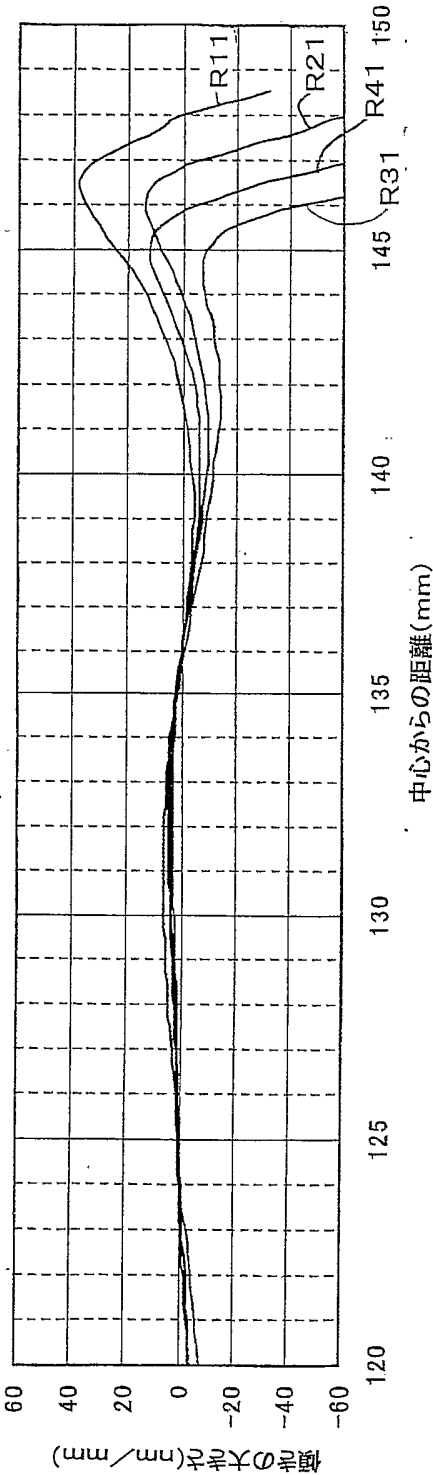
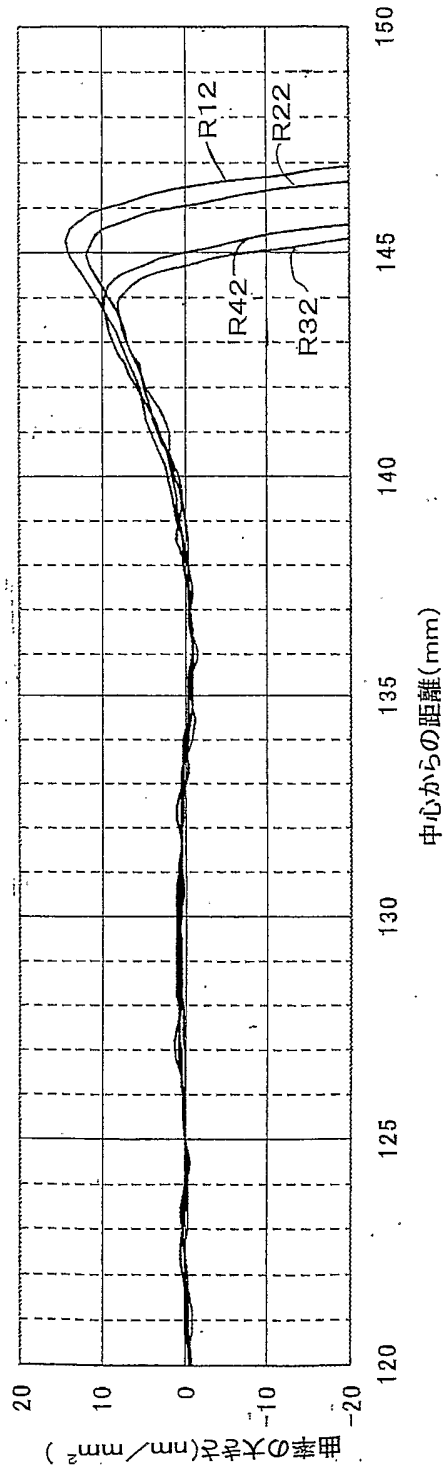


図 1 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/07320

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G01B21/20, H01L21/66

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ G01B21/20, H01L21/66

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
<u>X</u>	JP 9-148413 A (Dainippon Screen Mfg. Co., Ltd.), 06 June, 1997 (06.06.97), Par. No. [0058]; Fig. 9 (Family: none)	<u>1-7, 19-26,</u> <u>29, 34</u> <u>8-15, 27, 28,</u> <u>30</u> <u>16-18, 31-33</u>
<u>Y</u>	JP 2-083404 A (Anritsu Corp.), 23 March, 1990 (23.03.90), Full text; all drawings (Family: none)	8-15, 27-28, 30
<u>A</u>		
Y	JP 11-287630 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd. et al.), 19 October, 1999 (19.10.99), Full text; all drawings (Family: none)	9, 28



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
30 July, 2003 (30.07.03)

Date of mailing of the international search report
12 August, 2003 (12.08.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/07320

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-041736 A (Nidek Co., Ltd.), 16 February, 2001 (16.02.01), Par. Nos. [0026] to [0035]; Fig. 3 (Family: none)	15-19, 30-33
A	JP 2000-292152 A (Kuroda Precision Industries Ltd. et al.), 20 October, 2000 (20.10.00), Full text; all drawings (Family: none)	4-7, 25, 26

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl ⁷ G01B21/20, H01L21/66		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl ⁷ G01B21/20, H01L21/66		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2003年 日本国実用新案登録公報 1996-2003年 日本国登録実用新案公報 1994-2003年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 9-148413 A(大日本スクリーン製造株式会社), 1997. 06. 06 段落番号[0058];図9(ファミリーなし)	1-7, 19-26, 29, 34
Y		8-15, 27, 28, 30
A		16-18, 31-33
Y	JP 2-083404 A(アンリツ株式会社), 1990. 03. 23 全文, 全図(ファミリーなし)	8-15, 27-28, 30
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
30. 07. 03	12.08.03	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 福田 裕司	2S 9109
	電話番号 03-3581-1101 内線 3256	

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 11-287630 A(信越半導体株式会社, 他1名), 1999. 10. 19 全文, 全図(ファミリーなし)	9, 28
A	JP 2001-041736 A(株式会社ニデック), 2001. 02. 16 段落番号[0026]-[0035]; 図3(ファミリーなし)	15-19, 30-33
A	JP 2000-292152 A(黒田精工株式会社, 他1名), 2000. 10. 20 全文, 全図(ファミリーなし)	4-7, 25, 26