

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-294745

(P2005-294745A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H01L 21/66

F 1

H01L 21/66

テーマコード(参考)

4M106

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願2004-111205 (P2004-111205)

(22) 出願日

平成16年4月5日 (2004.4.5.)

(71) 出願人 302006854

株式会社 SUMCO

東京都港区芝浦一丁目2番1号

(74) 代理人 100097180

弁理士 前田 均

(74) 代理人 100099900

弁理士 西出 真吾

(74) 代理人 100111419

弁理士 大倉 宏一郎

(74) 代理人 100117927

弁理士 佐藤 美樹

(72) 発明者 近藤 英之

東京都港区芝浦一丁目2番1号 三菱住友

シリコン株式会社内

F ターム(参考) 4M106 BA20 CA47 CA48 DH03 DJ28

DJ38

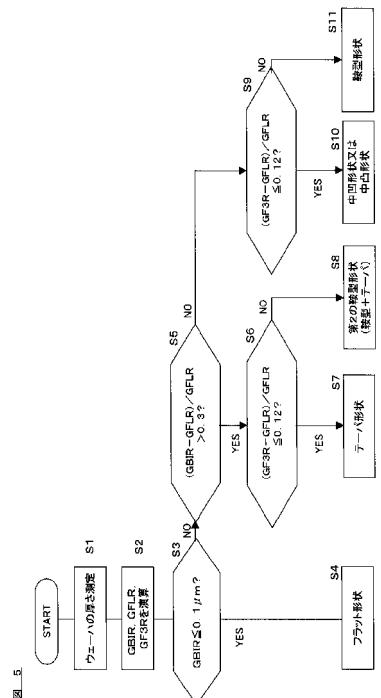
(54) 【発明の名称】半導体ウェーハの形状判定方法及び装置

## (57) 【要約】

【課題】SEM規格の平坦度データを用いて簡単かつ正確にウェーハの厚さ形状を判定できる形状判定方法及び形状判定装置を提供する。

【解決手段】少なくともSEM規格により定義されるGBIR、GFLR及びGFRのデータを組み合わせて、半導体ウェーハの厚さ形状を、フラット形状、テバ形状、中凹形状又は中凸形状及び鞍型形状の何れかに判定する。

【選択図】 図5



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

少なくとも SEMI 規格により定義される G B I R 、 G F L R 及び G F 3 R のデータを組み合わせて、半導体ウェーハ厚みの全体形状を、フラット形状、テーパ形状、中凹形状又は中凸形状及び鞍型形状の何れかに判定することを特徴とする半導体ウェーハの形状判定方法。

**【請求項 2】**

判定対象の半導体ウェーハの G B I R により当該半導体ウェーハがフラット形状であるか否かを判定したのち、フラット形状でない場合は、半導体ウェーハの ( G B I R - G F L R ) / G F L R および ( G F 3 R - G F L R ) / G F L R により当該半導体ウェーハがテーパ形状、中凹形状又は中凸形状及び鞍型形状の何れかであることを判定することを特徴とする請求項 1 記載の半導体ウェーハの形状判定方法。 10

**【請求項 3】**

判定対象の半導体ウェーハの G B I R が 1 . 0  $\mu\text{m}$  以下であるときはフラット形状であると判定する請求項 1 または 2 に記載の半導体ウェーハの形状判定方法。

**【請求項 4】**

判定対象の半導体ウェーハの G B I R が 1 . 0  $\mu\text{m}$  超、かつ ( G B I R - G F L R ) / G F L R が 0 . 3 超、かつ ( G F 3 R - G F L R ) / G F L R が 0 . 1 2 以下であるときはテーパ形状であると判定する請求項 1 ~ 3 の何れかに記載の半導体ウェーハの形状判定方法。 20

**【請求項 5】**

判定対象の半導体ウェーハの G B I R が 1 . 0  $\mu\text{m}$  超、かつ ( G B I R - G F L R ) / G F L R が 0 . 3 以下、かつ ( G F 3 R - G F L R ) / G F L R が 0 . 1 2 以下であるときは中凹形状又は中凸形状であると判定する請求項 1 ~ 4 の何れかに記載の半導体ウェーハの形状判定方法。

**【請求項 6】**

判定対象の半導体ウェーハの G B I R が 1 . 0  $\mu\text{m}$  超、かつ ( G F 3 R - G F L R ) / G F L R が 0 . 1 2 超であるときは鞍型形状であると判定する請求項 1 ~ 5 の何れかに記載の半導体ウェーハの形状判定方法。

**【請求項 7】**

( G B I R - G F L R ) / G F L R が 0 . 3 以下であるときは第 1 の鞍型形状であると判定し、( G B I R - G F L R ) / G F L R が 0 . 3 超であるときは第 2 の鞍型形状であると判定する請求項 6 記載の半導体ウェーハの形状判定方法。 30

**【請求項 8】**

判定対象の半導体ウェーハの厚さを測定する厚さ測定手段と、前記厚さ測定手段により測定された測定データに基づいて少なくとも SEMI 規格により定義される G B I R 、 G F L R 及び G F 3 R を求める演算手段と、求められた G B I R 、 G F L R 及び G F 3 R のデータを組み合わせて、半導体ウェーハの全体形状を、フラット形状、テーパ形状、中凹形状又は中凸形状及び鞍型形状の何れかに判定する判定手段と、を備えたことを特徴とする半導体ウェーハの形状判定装置。 40

**【請求項 9】**

前記判定手段は、前記演算手段により求められた判定対象の半導体ウェーハの G B I R により当該半導体ウェーハがフラット形状であるか否かを判定したのち、フラット形状でない場合は、半導体ウェーハ表面の ( G B I R - G F L R ) / G F L R および ( G F 3 R - G F L R ) / G F L R により当該半導体ウェーハがテーパ形状、中凹形状又は中凸形状及び鞍型形状の何れかであることを判定することを特徴とする請求項 8 記載の半導体ウェーハの形状判定装置。

**【請求項 10】**

前記判定手段は、前記演算手段により求められた判定対象の半導体ウェーハの G B I R が 1 . 0  $\mu\text{m}$  以下であるときはフラット形状であると判定する請求項 8 または 9 に記載の 50

半導体ウェーハの形状判定装置。

【請求項 1 1】

前記判定手段は、前記演算手段により求められた判定対象の半導体ウェーハの G B I R が  $1.0 \mu m$  超、かつ ( G B I R - G F L R ) / G F L R が 0.3 超、かつ ( G F 3 R - G F L R ) / G F L R が 0.12 以下であるときはテープ形状であると判定する請求項 8 ~ 10 の何れかに記載の半導体ウェーハの形状判定装置。

【請求項 1 2】

前記判定手段は、前記演算手段により求められた判定対象の半導体ウェーハの G B I R が  $1.0 \mu m$  超、かつ ( G B I R - G F L R ) / G F L R が 0.3 以下、かつ ( G F 3 R - G F L R ) / G F L R が 0.12 以下であるときは中凹形状又は中凸形状であると判定する請求項 8 ~ 11 の何れかに記載の半導体ウェーハの形状判定装置。

10

【請求項 1 3】

前記判定手段は、前記演算手段により求められた判定対象の半導体ウェーハの G B I R が  $1.0 \mu m$  超、かつ ( G F 3 R - G F L R ) / G F L R が 0.12 超であるときは鞍型形状であると判定する請求項 8 ~ 12 の何れかに記載の半導体ウェーハの形状判定装置。

【請求項 1 4】

前記判定手段は、前記演算手段により求められた ( G B I R - G F L R ) / G F L R が 0.3 以下であるときは第 1 の鞍型形状であると判定し、( G B I R - G F L R ) / G F L R が 0.3 超であるときは第 2 の鞍型形状であると判定する請求項 13 記載の半導体ウェーハの形状判定装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体ウェーハの厚み形状の判定方法及び判定装置に関し、半導体ウェーハ製造工程の品質管理等に適用して好ましい半導体ウェーハの形状判定方法及び形状判定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

一般的なシリコンウェーハの製造工程では、CZ法により引き上げられたシリコン単結晶インゴッドをスライスし、得られたシリコンウェーハの外周部を面取りしたのち、ラップ盤を用いてウェーハ両面にラップ加工を施し、このラップドウェーハをアルカリや混酸などのエッティング液に浸漬することで面取りやラップ加工による歪を除去し、さらに研磨定盤及び研磨布を用いてウェーハの表面を鏡面研磨する。

30

【0003】

こうして得られたシリコンウェーハは、検査工程に送られて平坦度などの各種検査が行われるが、この平坦度検査は、静電容量型非接触式センサを用いてウェーハ全面の厚さを測定し、この厚さデータに基づいて演算により平坦度が求められる。そして、得られた厚さデータを基に等高線図や三次元画像データを作成し、このような画像データを参照することで、シリコンウェーハの形状判定が行われていた。

40

【0004】

ところが、この種の画像データは 1 枚のウェーハに付きメガバイトオーダのデータ量となることから、検査により得られた全てのデータを保存しておくには大容量の記憶装置が必要となる。

【発明の開示】

【0005】

本発明は、SEMI ( Semiconductor Equipment and Materials International ) 規格の平坦度データを用いて簡単かつ正確にウェーハの厚み形状を判定できる形状判定方法及び形状判定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、本発明の第 1 の観点によれば、少なくとも SEMI 規格に

50

より定義される G B I R、G F L R 及び G F 3 R のデータを組み合わせて、半導体ウェーハ厚みの全体形状を、フラット形状、テーパ形状、中凹形状又は中凸形状及び鞍型形状の何れかに判定することを特徴とする半導体ウェーハの形状判定方法が提供される。

#### 【0006】

また、上記目的を達成するために、本発明の第2の観点によれば、判定対象の半導体ウェーハの厚さを測定する厚さ測定手段と、前記厚さ測定手段により測定された測定データに基づいて少なくとも SEMI 規格により定義される G B I R、G F L R 及び G F 3 R を求める演算手段と、求められた G B I R、G F L R 及び G F 3 R のデータを組み合わせて、半導体ウェーハ厚みの全体形状を、フラット形状、テーパ形状、中凹形状又は中凸形状及び鞍型形状の何れかに判定する判定手段と、を備えたことを特徴とする半導体ウェーハの形状判定装置が提供される。10

#### 【0007】

本発明者は、グローバル平坦度を指標する SEMI 規格の幾つかを組み合わせて用いると、半導体ウェーハ厚みの全体形状（グローバルな形状）とより相関が強いことを見出し、簡易かつ正確に厚み形状を判定できる本発明を完成させるに至った。

#### 【0008】

すなわち、SEMI 規格により定義される G B I R、G F L R 及び G F 3 R は、それ単独で用いてもウェーハ表面の全体形状を特定することはできるが、( G B I R - G F L R ) / G F L R と ( G F 3 R - G F L R ) / G F L R なる指標を用いることで、ウェーハ厚みの全体形状を、フラット形状、テーパ形状、中凹形状又は中凸形状及び鞍型形状といった形状の何れかに、正確に判定することができる。このようにウェーハ厚みの全体形状を判定することで、露光時の焦点ずれが生じやすいウェーハを選別することができる。20

#### 【発明の実施の形態】

#### 【0009】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

まず、SEMI 規格により定義される平坦度について説明する。SEMI 規格においては、半導体ウェーハの平坦度(Flatness)を指標する規格として、大きくグローバル平坦度とサイト平坦度が規定されている。

#### 【0010】

このうちサイト平坦度とは、図1に示すようにデバイスプロセスの露光工程における露光単位となる部分（サイト）の平坦度を指標するもので、この種のサイト平坦度は露光時のピントずれに影響するので、サイト平坦度を指標としてピントずれの調整に用いられる。サイト平坦度には、その目的に応じて、S F 3 R, S F 3 D, S F L R, S F L D, S F Q R, S F Q D, S B I R, S B I D がある。たとえば S B I R (いわゆる L T V ) は、図2に示すようにウェーハを裏面基準にして、すなわちウェーハの裏面を平面に矯正した状態において、一つのサイトの中心を基準面にしたときの表面高さの最大値と最小値の差 (  $\mu m$  ) と定義される。露光工程における露光時には、図3に示すようにレーザー光をサイトに照射し、その反射光のずれ量に基づいてサイトの高さを測定する。したがって、ウェーハの S B I R は、露光時のピントずれに強い相関を示す指標である。30

#### 【0011】

ところで、露光工程の露光時に、3点基準により半導体ウェーハをグローバルチルトしてから露光することが行われることがある。この3点基準によるグローバルチルトとは、各サイトの露光を行う前に、ウェーハの3点基準を通る平面が水平になるようにウェーハ全体を傾けてから各サイトを露光する補正方法であり、ウェーハ表面の平坦度に応じて露光時のピントずれを修正するものである。40

#### 【0012】

しかしながら、3点グローバルチルトによる平坦度の修正は、ウェーハ全体の平坦度、すなわちグローバル平坦度に拠るものであるのに対し、上述した S B I R などのサイト平坦度はウェーハ全体の平坦度とは異なる性質の指標、すなわち各サイトの平坦度である。したがって、3点グローバルチルトでウェーハの傾きを補正したのち露光時のピントを補

10

20

30

40

50

正すると、ピントのずれ量と S B I R とが相関しないこともある。

#### 【 0 0 1 3 】

このような事態を回避するため、本実施形態では、ウェーハ表面の全体形状を、3点グローバルチルトを実施することを想定した形状に分類し、各サイトでピント合わせをした場合に S B I R と強い相関を示すウェーハを選別する。具体的には、半導体ウェーハ表面の全体形状を、図 4 に示すフラット形状、テーパ形状、中凹形状又は中凸形状及び鞍型形状の 4 つに分類する。

#### 【 0 0 1 4 】

フラット形状とは、ウェーハを裏面基準にしたときの表面の 3 点基準面が水平又はほぼ水平となっている形状であり、この場合には 3 点グローバルチルトを実施しても殆どその傾斜角は変化しないので、露光時の焦点ずれ量と S B I R は強い相関を示すことになる。したがって、S B I R のデータを把握しておけばピントずれの不具合の解析に有意義である。

#### 【 0 0 1 5 】

テーパ形状とは、ウェーハを裏面基準にしたときの表面の 3 点基準面がテーパ面に平行又はほぼ平行となっている形状であり、この場合には 3 点グローバルチルトを実施するとウェーハ表面は水平又はほぼ水平になるので、露光時の焦点ずれ量は S B I R よりも小さくなる。したがって、S B I R のデータを把握しておけばピントずれの不具合の解析に有意義である。

#### 【 0 0 1 6 】

中凹形状とは、ウェーハを裏面基準にしたときの表面の 3 点基準面が水平又はほぼ水平となっている形状であってそれ以外のウェーハ中心部分が凹んだ形状であり、この場合には 3 点グローバルチルトを実施しても殆どその傾斜角は変化しないので、露光時の焦点ずれ量と S B I R は強い相関を示すことになる。したがって、S B I R のデータを把握しておけばピントずれの不具合の解析に有意義である。

#### 【 0 0 1 7 】

また、中凸形状とは、中凹形状と同様にウェーハを裏面基準にしたときの表面の 3 点基準面が水平又はほぼ水平となっている形状であってそれ以外のウェーハ中心部分が凸となった形状であり、この場合には 3 点グローバルチルトを実施しても殆どその傾斜角は変化しないので、露光時の焦点ずれ量と S B I R は強い相関を示すことになる。したがって、S B I R のデータを把握しておけばピントずれの不具合の解析に有意義である。

#### 【 0 0 1 8 】

鞍型形状とは、ウェーハを裏面基準にしたときの表面の 3 点基準面が大きく傾いた形状であり、この場合には 3 点グローバルチルトを実施すると、露光時の焦点ずれ量は S B I R よりも大きくなる。したがって、露光時の焦点ずれ量と S B I R は相関しない結果となる。このように本実施形態では、3 点グローバルチルトを実施したのちピント合わせを行った場合に、S B I R の指標よりもピントのずれ量が大きくなる鞍型形状のウェーハを選別し、このような鞍型形状のウェーハが製造されないようにウェーハ製造工程にフィードバックしたり、どのような鞍型形状のウェーハを不良品として処理したりすることに利用する。

#### 【 0 0 1 9 】

本実施形態において、半導体ウェーハ表面の全体形状を、上述した 4 つの形状、すなわちフラット形状、テーパ形状、中凹形状又は中凸形状及び鞍型形状に分類するには、図 5 に示すステップ S 1 ~ S 1 1 を実行する。

#### 【 0 0 2 0 】

同図に示す手順を説明する前に、本実施形態において用いられるグローバル平坦度について説明すると、G B I R 規格は、図 6 に示すようにウェーハを裏面基準にして、表面高さの最大値と最小値との差 (  $\mu m$  ) と定義される。また、G F L R 規格は、同図に示すように最小自乗法を用いてウェーハ表面の各ポイントに対するベストフィット平面を演算し、このベストフィット平面における表面高さの最大値と最小値との差 (  $\mu m$  ) と定義され

10

20

30

40

50

る。G F 3 R 規格は、同図に示すようにウェーハのノッチを時計の6時としたときの4時、8時及び12時の外周から3mmの3点を通る基準平面を演算し、この基準平面における表面高さの最大値と最小値との差(μm)と定義される。

#### 【0021】

図5に戻り、半導体ウェーハの形状判定を行うにあたり最初にウェーハの厚さを実測し、この厚さデータに基づいてSEMI規格のGBIR, GFLRおよびGFRを演算により求める(ステップS1およびステップS2)。図7は本実施形態で用いられるウェーハの厚さ測定装置の一例を示す構造図であり、図8は図7に示す厚さ測定装置にて取得された厚さデータに基づいて、裏面を理想的に平面に矯正するよう吸着ウェーハの表面形状を求めるときの方法を示す概念図である。

10

#### 【0022】

図7に示す厚さ測定装置は、測定すべき半導体ウェーハWを挟んで上下の同軸線上に設けられた一対の静電容量型距離センサ1, 2を有し、各距離センサ1, 2は非接触で距離d<sub>upper</sub>とd<sub>lower</sub>を測定する。

#### 【0023】

本例では、一対の距離センサ1, 2間の距離d<sub>total</sub>は既知であることから、半導体ウェーハWのその測定点における厚さtは、d<sub>total</sub> - (d<sub>upper</sub> + d<sub>lower</sub>)を演算することにより得られる。この厚さtは、図8に示すように裏面を同一平面上に揃えたとき、すなわち半導体ウェーハWの裏面が完全吸着されたと仮定したときの表面の高さを示すデータであることから、この全ての厚さデータtを用いて図6に示されるGBIR, GFLRおよびGFRを求める。

20

#### 【0024】

すなわち、平坦度GBIRは半導体ウェーハWの裏面を上述したように同一平面上に揃えたときの表面の高さデータそのものから求められる。これに対して、平坦度GFLRは、図6に示されるグローバルベストフィット平面を演算したのち、この平面からの変位として求められる。また、平坦度GFRの場合は所定の3点における表面高さデータを用いて図6に示される3点基準平面を演算したのち、この平面からの変位として求められる。

#### 【0025】

ここで、任意に抽出された半導体ウェーハWを12枚用意し、上述したステップS1およびステップS2を実行するとともに、得られた裏面基準による厚さデータに基づいて半導体ウェーハの三次元画像を求めた。そして、各半導体ウェーハの平坦度GBIRを比較したところ、GBIRが0.1μm以下であるときは、三次元画像観察によりフラット形状とそれ以外のテーパ形状、中凹又は中凸形状、鞍型形状とを識別することができる事が判明した。したがって、本例では半導体ウェーハの表面形状を、フラット形状かそれ以外の形状かを判定するための指標として、BGRが0.1μm以下かどうかで行うこととした(ステップS3)。ただし、本発明においてはこの0.1μmという具体的な数値は完全同一に限定されるものではなく、実質的に均等な閾値を含む趣旨である。

30

#### 【0026】

次に、用意された半導体ウェーハのうちステップS3でフラット形状以外の形状であると判定されたものについて、ステップS2で演算された平坦度GBIR, GFLRおよびGFRを用いて、(GBIR - GFLR) / GFLRなる指標と、(GFR - GFLR) / GFLRなる指標を演算により求め、横軸を(GBIR - GFLR) / GFLR、縦軸を(GFR - GFLR) / GFLRにして各半導体ウェーハのデータをプロットした。この結果を図9に示すが、各半導体ウェーハの表面形状の三次元画像と比較すると、横軸の(GBIR - GFLR) / GFLRなる指標は、テーパ形状であるかどうかと相関が強く、縦軸の(GFR - GFLR) / GFLRなる指標は、鞍型形状であるかどうかと相関が強いことが判明した。すなわち、同図に示す結果によれば、横軸の(GBIR - GFLR) / GFLRが大きくなるとテーパ形状が強く表れるウェーハとなり、縦軸の(GFR - GFLR) / GFLRが大きくなれば鞍型形状が強く表れるウェーハとなる。

40

50

## 【0027】

そして、フラット形状ではないが、テーパ形状および鞍型形状でもない、すなわち( G B I R - G F L R ) / G F L R が小さく、かつ( G F 3 R - G F L R ) / G F L R も小さいウェーハを三次元画像で観察すると、ウェーハの中央が凹又は凸となった中凹形状又は中凸形状のウェーハであり、また、横軸の( G B I R - G F L R ) / G F L R も大きく、かつ縦軸の( G F 3 R - G F L R ) / G F L R も大きいウェーハを三次元画像で観察すると、鞍型形状でありしかも表面全体が傾斜したテーパ形状でもあることが判明した。

## 【0028】

そこで本例では、この2つの新たな指標( G B I R - G F L R ) / G F L R および( G F 3 R - G F L R ) / G F L R により、中凹形状(又は中凸形状)、テーパ形状、鞍型形状を判定することとした。なお、図9に示す領域IVの半導体ウェーハは基本的には鞍型形状であり、露光工程にて3点グローバルシフトを実行するとピントのずれ量とサイト平坦度S B I R とが相関しない性質のウェーハであることから、本発明に係る第2の鞍型形状として分類した。

## 【0029】

図5のステップS3からグローバル平坦度G B I R が0.1μmを超えると判定されたウェーハについては、ステップS5にて( G B I R - G F L R ) / G F L R が0.3を超えるものはステップS6に進み、次にそれらウェーハの( G F 3 R - G F L R ) / G F L R が0.12以下であるかどうかを判定する。このステップS6で0.12以下であると判定された半導体ウェーハは、ステップS7にてテーパ形状であると判定される(図9に示す領域III)。これに対して、ステップS6で0.12を超えると判定された半導体ウェーハは、ステップS8にて第2の鞍型形状(鞍型形状でテーパ形状でもある。)であると判定される(図9に示す領域IV)。

## 【0030】

ステップS5にて( G B I R - G F L R ) / G F L R が0.3以下であるものはステップS9に進み、次にそれらウェーハの( G F 3 R - G F L R ) / G F L R が0.12以下であるかどうかを判定する。このステップS9で0.12以下であると判定された半導体ウェーハは、ステップS10にて中凹形状又は中凸形状であると判定される(図9に示す領域I)。これに対して、ステップS9で0.12を超えると判定された半導体ウェーハは、ステップS11にて鞍型形状であると判定される(図9に示す領域II)。

## 【0031】

このようにして判定された結果、鞍型形状又は第2の鞍型形状であるとされた半導体ウェーハは、不良品として処理したり或いはそのウェーハの製造工程へフィードバックすることで工程条件の見直しに供される。

## 【0032】

なお、以上説明した実施形態は、本発明の理解を容易にするために記載されたものであって、本発明を限定するために記載されたものではない。したがって、上記の実施形態に開示された各要素は、本発明の技術的範囲に属する全ての設計変更や均等物をも含む趣旨である。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0033】

【図1】サイト平坦度を説明するための半導体ウェーハの平面図である。

【図2】サイト平坦度を説明するための、半導体ウェーハの平面図および断面図である。

【図3】各サイトにおける露光焦点合わせを説明するための、半導体ウェーハと高さセンサを示す概念図である。

【図4】本発明の実施形態に係る半導体ウェーハの厚さ形状の分類を示す三次元画像である。

【図5】本発明の実施形態に係る半導体ウェーハの厚さ形状の判定方法を示すフローチャートである。

## 【図6】SEMI規格の平坦度G B I R 、G F L R およびG F 3 R の定義を説明するため

10

20

30

40

50

の半導体ウェーハの断面図および平面図である。

【図7】本発明の実施形態で用いた厚さ測定装置の測定原理を説明するための概念図である。

【図8】図7に示す厚さ測定装置で得られるシグナルから厚さ分布を求める方法を説明するための半導体ウェーハの断面図である。

【図9】本発明の実施形態に係る半導体ウェーハの厚さ形状と指標との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

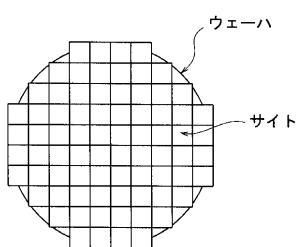
【0034】

W...半導体ウェーハ

10

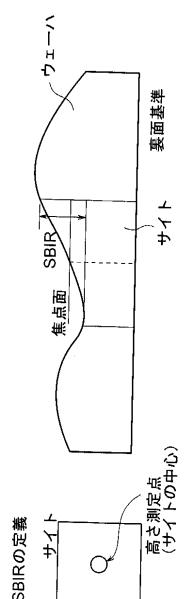
【図1】

図1



【図2】

図2



SBR、サイトの中心に焦点を合わせた場合の変位量

【図3】

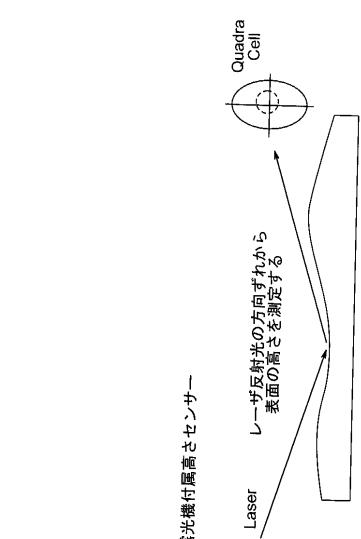
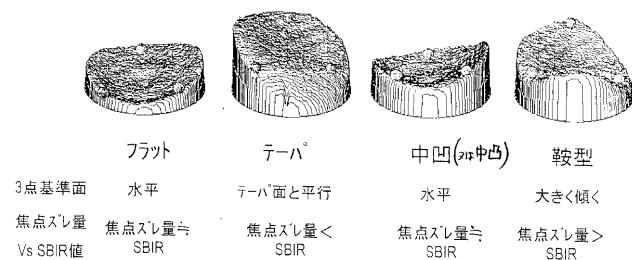


図3

【図4】

図4



【図5】

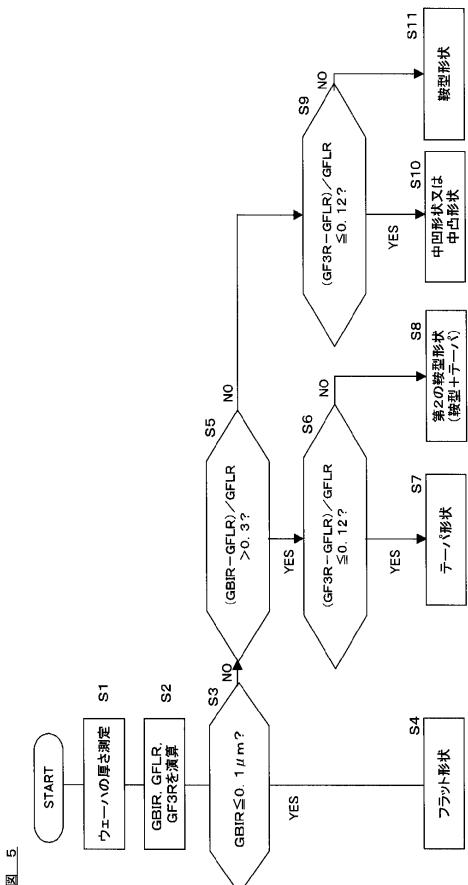
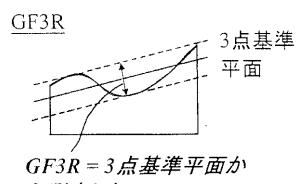
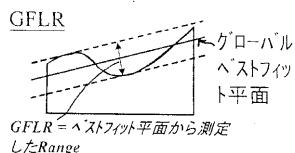
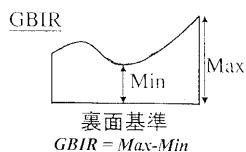


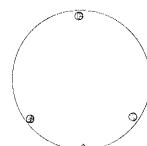
図5

【図6】

図6



$GF3R = 3\text{点基準平面から測定したRange}$   
ノッチを6時として、  
4時、8時、12時(外周から6mm)の3点で  
基準平面を構成する



【図7】

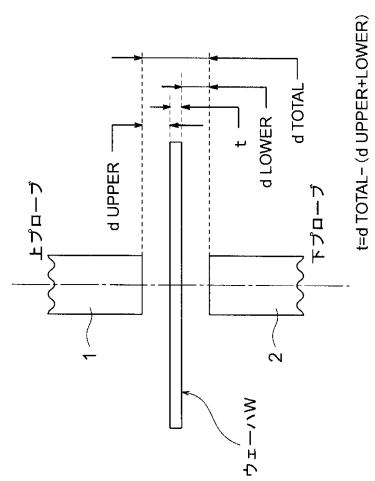


図7

【図8】

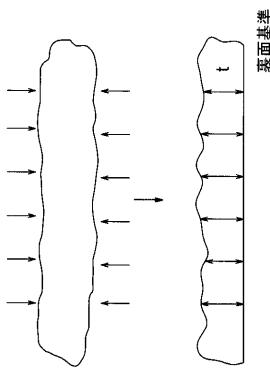


図8

【図9】

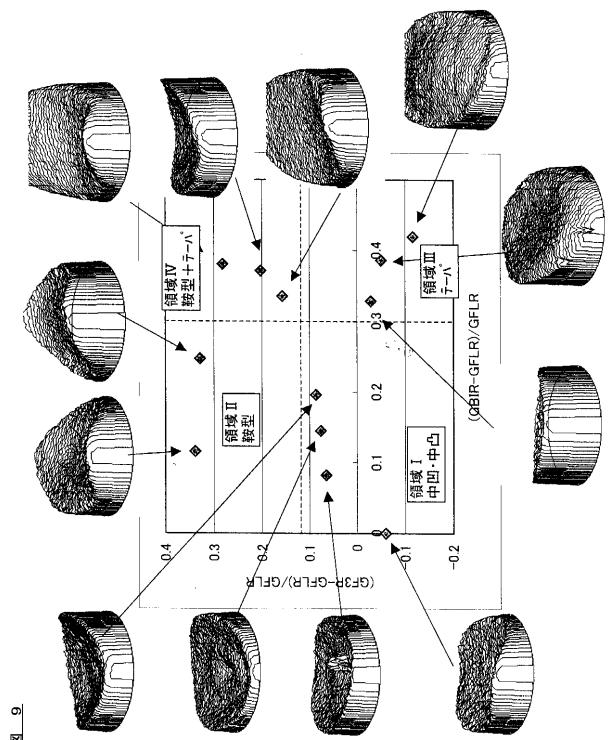


図9