

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7700751号  
(P7700751)

(45)発行日 令和7年7月1日(2025.7.1)

(24)登録日 令和7年6月23日(2025.6.23)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 L 21/66 (2006.01)

H 0 1 L 21/66 L

G 0 1 B 11/30 (2006.01)

G 0 1 B 11/30 1 0 2 G

請求項の数 13 (全16頁)

(21)出願番号	特願2022-118842(P2022-118842)	(73)特許権者	302006854
(22)出願日	令和4年7月26日(2022.7.26)		株式会社 S U M C O
(65)公開番号	特開2023-41001(P2023-41001A)		東京都港区芝浦一丁目2番1号
(43)公開日	令和5年3月23日(2023.3.23)	(74)代理人	110000109
審査請求日	令和6年7月30日(2024.7.30)		弁理士法人特許事務所サイクス
(31)優先権主張番号	特願2021-147927(P2021-147927)	(72)発明者	太田 広樹
(32)優先日	令和3年9月10日(2021.9.10)		東京都港区芝浦一丁目2番1号 株式会
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		社 S U M C O 内
		(72)発明者	森 敬一郎
			東京都港区芝浦一丁目2番1号 株式会
			社 S U M C O 内
		(72)発明者	長澤 崇裕
			東京都港区芝浦一丁目2番1号 株式会
			社 S U M C O 内
		(72)発明者	木瀬 芳美

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半導体ウェーハの評価方法および半導体ウェーハの製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

評価対象の半導体ウェーハの表面の1つ以上の測定領域において、粗さ測定装置による測定を行うことによって最大高さ S z および S z 以外の粗さパラメータを取得すること、ならびに、  
各測定領域について、最大高さ S z の値を指標として、該測定領域において取得された S z 以外の粗さパラメータの値が評価対象の半導体ウェーハの評価用に採用可能な値であるか否かを判定すること、  
を含む半導体ウェーハの評価方法。

【請求項2】

最大高さ S z の値が予め設定した閾値以下または閾値未満である場合、該値の最大高さ S z が得られた1つ以上の測定領域について取得された S z 以外の粗さパラメータの値を、評価対象の半導体ウェーハの評価用の値として採用することを含む、請求項1に記載の半導体ウェーハの評価方法。

【請求項3】

最大高さ S z の値が予め設定した閾値以上または閾値を超える場合、該値の最大高さ S z が得られた測定領域について取得された S z 以外の粗さパラメータの値は、評価対象の半導体ウェーハの評価用の値としては採用しない、請求項1に記載の半導体ウェーハの評価方法。

【請求項4】

最大高さ  $S_z$  の値が予め設定した閾値以上または閾値を超える場合、該値の最大高さ  $S_z$  が得られた測定領域について粗さ測定装置による測定を再度行うことを更に含む、請求項 3 に記載の半導体ウェーハの評価方法。

【請求項 5】

最大高さ  $S_z$  の値が予め設定した閾値以上または閾値を超える場合、該値の最大高さ  $S_z$  が得られた測定領域以外の領域において、粗さ測定装置による測定を行うことを更に含む、請求項 3 に記載の半導体ウェーハの評価方法。

【請求項 6】

最大高さ  $S_z$  の値が予め設定した閾値以上または閾値を超える場合、該値の最大高さ  $S_z$  が得られた測定領域について取得された 1 つ以上の粗さパラメータの値の再計算を行うことを更に含む、請求項 3 に記載の半導体ウェーハの評価方法。

10

【請求項 7】

前記再計算を、最大高さ  $S_z$  の異常値発生原因と推定される部分を粗さパラメータの計算対象から除外して行う、請求項 6 に記載の半導体ウェーハの評価方法。

【請求項 8】

前記  $S_z$  以外の粗さパラメータは、算術平均高さ  $S_a$  および二乗平均平方根高さ  $S_q$  となる群から選択される 1 種以上の粗さパラメータである、請求項 1 に記載の半導体ウェーハの評価方法。

【請求項 9】

前記粗さ測定装置は、光干渉顕微鏡である、請求項 1 に記載の半導体ウェーハの評価方法。

20

【請求項 10】

前記光干渉顕微鏡は、白色干渉顕微鏡である、請求項 9 に記載の半導体ウェーハの評価方法。

【請求項 11】

テスト製造条件下で評価用半導体ウェーハを製造すること、  
前記製造された評価用半導体ウェーハを請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の評価方法によって評価すること、  
前記評価の結果に基づき、前記テスト製造条件に変更を加えた製造条件を実製造条件として決定するか、または前記テスト製造条件を実製造条件として決定すること、および、  
前記決定された実製造条件下で半導体ウェーハを製造すること、  
を含む半導体ウェーハの製造方法。

30

【請求項 12】

前記変更が加えられる製造条件は、半導体ウェーハの表面研磨処理条件を含む、請求項 11 に記載の半導体ウェーハの製造方法。

【請求項 13】

複数の半導体ウェーハを含む半導体ウェーハロットを製造すること、  
前記半導体ウェーハロットから 1 つ以上の半導体ウェーハを抽出すること、  
前記抽出された半導体ウェーハを請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の評価方法によって評価すること、および、  
前記評価の結果、良品と判定された半導体ウェーハと同じ半導体ウェーハロットの半導体ウェーハを製品として出荷するための準備に付すこと、  
を含む半導体ウェーハの製造方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体ウェーハの評価方法および半導体ウェーハの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体ウェーハ（以下、単に「ウェーハ」とも記載する。）の製造工程では、通常、製品の品質管理のために、工程管理のための検査やロットからの出荷前抜き取り検査が行わ

50

れる。かかる検査の検査項目としては、表面粗さが挙げられる（例えば特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 3 】

【文献】特開 2 0 0 6 - 2 7 8 9 7 2 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

半導体ウェーハは、一般に、インゴットから切り出したウェーハに表面研磨処理等の各種加工を施して製造される。こうして製造された半導体ウェーハの表面粗さを測定することによって、測定結果に基づき、例えば、表面研磨処理が適正に行われたか否かを評価することができる。そして、評価結果に基づき表面研磨処理の工程管理を行うことによって、および/または、良品ロット・不良品ロットの判別を行うことによって、高品質な製品ウェーハを市場へ供給することが可能になる。しかし、表面粗さの測定結果には、各種ノイズが含まれ得る（特許文献 1 の段落 0 0 0 6 参照）。表面粗さの測定結果に基づく評価の精度を高めるためには、ノイズの影響が低減された表面粗さの測定結果が得られることが望ましい。この点に関して、特許文献 1 には、半導体ウェーハの表面形状を少なくとも異なる 2 つの測定条件で測定し、各表面形状のデータをパワースペクトルに変換し、パワースペクトルに現れるピークのうち、ピーク空間周波数が一致しないものをノイズ成分と判別し、判別したノイズ成分をパワースペクトルの少なくとも一方から除去してから評価を行う方法が提案されている。ただし、本発明者は、かかる方法では、除去可能なノイズは周波数依存性のあるノイズ（具体的には装置要因のノイズ）に限定され、周波数依存性のないノイズである外乱要因のノイズは除去できないと考えている。しかし、半導体ウェーハの表面粗さをより精度よく評価する観点からは、各種ノイズの影響を低減できることが望ましい。

【 0 0 0 5 】

以上に鑑み、本発明の一態様は、半導体ウェーハの表面粗さを精度よく評価することが可能な新たな評価方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

本発明の一態様は、以下の通りである。

[ 1 ] 評価対象の半導体ウェーハの表面の 1 つ以上の測定領域において、粗さ測定装置による測定を行うことによって最大高さ  $S_z$  および  $S_z$  以外の粗さパラメータを取得すること、ならびに、

各測定領域について、最大高さ  $S_z$  の値を指標として、該測定領域において取得された  $S_z$  以外の粗さパラメータの値が評価対象の半導体ウェーハの評価用に採用可能な値であるか否かを判定すること、

を含む半導体ウェーハの評価方法（以下、単に「評価方法」とも記載する。）。

[ 2 ] 最大高さ  $S_z$  の値が予め設定した閾値以下または閾値未満である場合、該値の最大高さ  $S_z$  が得られた 1 つ以上の測定領域について取得された  $S_z$  以外の粗さパラメータの値を、評価対象の半導体ウェーハの評価用の値として採用することを含む、[ 1 ] に記載の半導体ウェーハの評価方法。

[ 3 ] 最大高さ  $S_z$  の値が予め設定した閾値以上または閾値を超える場合、該値の最大高さ  $S_z$  が得られた測定領域について取得された  $S_z$  以外の粗さパラメータの値は、評価対象の半導体ウェーハの評価用の値としては採用しない、[ 1 ] または [ 2 ] に記載の半導体ウェーハの評価方法。

[ 4 ] 最大高さ  $S_z$  の値が予め設定した閾値以上または閾値を超える場合、該値の最大高さ  $S_z$  が得られた測定領域について粗さ測定装置による測定を再度行うことを更に含む、[ 3 ] に記載の半導体ウェーハの評価方法。

[ 5 ] 最大高さ  $S_z$  の値が予め設定した閾値以上または閾値を超える場合、該値の最大高

さ $S_z$ が得られた測定領域以外の領域において、粗さ測定装置による測定を行うことを更に含む、[ 3 ]または[ 4 ]に記載の半導体ウェーハの評価方法。

[ 6 ] 最大高さ $S_z$ の値が予め設定した閾値以上または閾値を超える場合、該値の最大高さ $S_z$ が得られた測定領域について取得された1つ以上の粗さパラメータの値の再計算を行うことを更に含む、[ 3 ] ~ [ 5 ]のいずれかに記載の半導体ウェーハの評価方法。

[ 7 ] 上記再計算を、最大高さ $S_z$ の異常値発生原因と推定される部分を粗さパラメータの計算対象から除外して行う、[ 6 ]に記載の半導体ウェーハの評価方法。

[ 8 ] 上記 $S_z$ 以外の粗さパラメータは、算術平均高さ $S_a$ および二乗平均平方根高さ $S_q$ からなる群から選択される1種以上の粗さパラメータである、[ 1 ] ~ [ 7 ]のいずれかに記載の半導体ウェーハの評価方法。

10

[ 9 ] 上記粗さ測定装置は、光干渉顕微鏡である、[ 1 ] ~ [ 8 ]のいずれかに記載の半導体ウェーハの評価方法。

[ 10 ] 上記光干渉顕微鏡は、白色干渉顕微鏡である、[ 9 ]に記載の半導体ウェーハの評価方法。

[ 11 ] テスト製造条件下で評価用半導体ウェーハを製造すること、  
上記製造された評価用半導体ウェーハを[ 1 ] ~ [ 10 ]のいずれかに記載の評価方法によって評価すること、

上記評価の結果に基づき、上記テスト製造条件に変更を加えた製造条件を実製造条件として決定するか、または上記テスト製造条件を実製造条件として決定すること、および、  
上記決定された実製造条件下で半導体ウェーハを製造すること、

20

を含む半導体ウェーハの製造方法（以下、「製造方法1」と記載する。）。

[ 12 ] 上記変更が加えられる製造条件は、半導体ウェーハの表面研磨処理条件を含む、  
[ 11 ]に記載の半導体ウェーハの製造方法。

[ 13 ] 複数の半導体ウェーハを含む半導体ウェーハロットを製造すること、  
上記半導体ウェーハロットから1つ以上の半導体ウェーハを抽出すること、  
上記抽出された半導体ウェーハを[ 1 ] ~ [ 10 ]のいずれかに記載の評価方法によって評価すること、および、

上記評価の結果、良品と判定された半導体ウェーハと同じ半導体ウェーハロットの半導体ウェーハを製品として出荷するための準備に付すこと、

を含む半導体ウェーハの製造方法（以下、「製造方法2」と記載する。）。

30

#### 【発明の効果】

##### 【0007】

本発明の一態様によれば、半導体ウェーハの表面粗さを精度よく評価することが可能な新たな評価方法を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【0008】

【図1】白色干渉顕微鏡の測定原理を示す説明図である。

【図2】白色干渉顕微鏡による測定におけるフリンジスキャン時の干渉光の変化の一例を示す。

【図3】シリコンウェーハの表面の白色干渉顕微鏡像による測定結果の一例である。図3 (a) は白色干渉顕微鏡像を示し、図3 (b) は高さプロファイルを示す。

40

【図4】視野内に高さ200nm程度の異物が存在する、シリコンウェーハ表面の白色干渉顕微鏡像である。図4 (a) は白色干渉顕微鏡全体像であり、図4 (b) は異物付着箇所の拡大像であり、図4 (c) は異物の高さプロファイルである。図4 (d) に示す表には、図4 (a) に示す全体像から算出した粗さパラメータが記載されている。

【図5】実施例における測定フローを示す。

【図6】実施例で得られた評価結果の一例を示す。

【図7】実施例で評価した25枚のシリコンウェーハについてそれぞれ得られた $S_q$ の値の算術平均をプロットしたグラフを示す。

#### 【発明を実施するための形態】

50

## 【 0 0 0 9 】

## [ 半導体ウェーハの評価方法 ]

本発明の一態様は、評価対象の半導体ウェーハの表面の1つ以上の測定領域において、粗さ測定装置による測定を行うことによって最大高さ $S_z$ および $S_z$ 以外の粗さパラメータを取得すること、ならびに、各測定領域について、最大高さ $S_z$ の値を指標として、この測定領域において取得された $S_z$ 以外の粗さパラメータの値が評価対象の半導体ウェーハの評価用に採用可能な値であるか否かを判定すること（以下、単に「採用可否の判定」とも記載する。）、を含む半導体ウェーハの評価方法に関する。

## 【 0 0 1 0 】

半導体ウェーハの2つの表面の一方は、デバイス形成面側となる表面（おもて面）であり、他方はおもて面とは反対側の表面（裏面）である。本発明および本明細書において、半導体ウェーハ表面とは、おもて面および裏面のいずれか一方または両方をいうものとする。

10

## 【 0 0 1 1 】

本発明および本明細書において、各種粗さパラメータについては、ISO 25178-2:2012および上記ISOに対応する日本産業規格JIS B 0681-2:2018を参照できる。粗さパラメータの1つである最大高さ $S_z$ は、「 $S_z = S_p + S_v$ 」で表される。 $S_p$ は、最大山高さ（平均面からの高さ最大値）であり、 $S_v$ は、最大谷深さ（平均面からの高さ最小値の絶対値）である。これらの和として算出される $S_z$ は、測定対象の表面の最も高い点から最も低い点までの距離ということができる。

20

## 【 0 0 1 2 】

上記評価方法では、評価対象の半導体ウェーハ表面の1つ以上の測定領域において、粗さ測定装置による測定を行うことによって、各測定領域について、最大高さ $S_z$ を含む2種以上の粗さパラメータを取得する。そして、最大高さ $S_z$ の値を指標として、各測定領域において取得された $S_z$ 以外の粗さパラメータの値が、評価対象の半導体ウェーハの評価用に採用可能な値であるか否かを判定する。この点に関して、本発明者は以下のように推察している。ただし、本発明は、本発明者の推察に限定されるものではない。

本発明者は、最大高さ $S_z$ は、上記の通り最大山高さと最大谷深さとの和であるため、装置要因のノイズの影響を受け易く、更には異物付着等の外乱要因のノイズの影響も受け易いと考えている。一例として、本発明者の検討によれば、測定視野内に100nm以上のサイズの異物が付着している場合、他の粗さパラメータ（例えば後述する $S_a$ や $S_q$ ）の値は正常時と比べて数～十数nm程度しか変化しないのに対し、 $S_z$ の値は100nm以上と大きく変化する。また、突発的な装置の振動が発生すると、ウェーハ表面には通常存在し得ない200nm以上の段差が発生し得るが、かかる場合、 $S_z$ の値は200nm程度または200nm以上となる。例えば上記のような場合、 $S_z$ の値について閾値を例えば100nmに設定し、閾値に基づき、ノイズの影響の有無を判定することができる。具体的には、 $S_z$ とともに取得された粗さパラメータの測定結果にノイズ起因の異常値が含まれるか、または上記測定結果がノイズの影響を含まないもしくはノイズの影響が少ない正常値であるかを、判定することができる。例えばこのように、粗さ測定装置による測定が行われた各測定領域について、最大高さ $S_z$ の値を指標として、各測定領域において取得された $S_z$ 以外の粗さパラメータの値が評価対象の半導体ウェーハの評価用に採用可能な値であるか否かを判定することができる。その結果、ノイズの影響が低減された粗さパラメータの値を、半導体ウェーハの評価のために使用することが可能になる。

30

40

以下、上記評価方法について、更に詳細に説明する。

## 【 0 0 1 3 】

## &lt; 評価対象の半導体ウェーハ &gt;

上記評価方法における評価対象の半導体ウェーハとしては、シリコンウェーハ（例えば単結晶シリコンウェーハ）等の各種半導体ウェーハを挙げることができる。本発明および本明細書において、特記しない限り、シリコンウェーハとは、単結晶シリコンウェーハを示す。また、評価対象の半導体ウェーハの一例としては、ポリッシュドウェーハを挙げる

50

ことができる。ポリッシュドウェーハとは、一方または両方の表面が研磨面、即ち表面研磨処理が施された表面であるウェーハである。ポリッシュドウェーハは、通常、粗研磨、エッチング、鏡面研磨（即ち仕上げ研磨）等の工程を順次経て製造され、表面に研磨面を有する。研磨面は、通常鏡面である。表面研磨処理は、DSP（double side polishing；両面研磨）またはSSP（single side polishing；片面研磨）であることができる。また、評価対象の半導体ウェーハの導電型は限定されず、n型であってもp型であってもよい。そのドーパント濃度（即ち抵抗率）、酸素濃度等も限定されるものではない。評価対象の半導体ウェーハの直径は、例えば、200 mm、300 mmまたは450 mmであることができるが、特に限定されるものではない。

#### 【0014】

<粗さ測定装置による測定>

上記評価方法では、評価対象の半導体ウェーハの表面の1つ以上の測定領域において、粗さ測定装置によって粗さパラメータを取得するための測定を行う。測定が行われる半導体ウェーハの表面は、一形態ではおもて面または裏面の一方のみであることができ、また他の一形態ではおもて面および裏面の両面であることもできる。上記評価方法における粗さ測定装置による測定において、おもて面または裏面の一方の表面あたりの測定領域の総数は1以上であり、一形態では1であることができ、他の一形態では2以上であることができる。また、上記の総数は、例えば50以下、40以下、30以下もしくは20以下であることができ、またはここに例示した値を上回ることできる。

#### 【0015】

粗さ測定装置としては、粗さパラメータの取得が可能な各種粗さ測定装置を使用することができる。粗さ測定装置の具体例としては、光干渉顕微鏡、原子間力顕微鏡、レーザー顕微鏡、フィゾー干渉計等を挙げることができる。一例として、光干渉顕微鏡について以下に更に説明する。ただし、上記評価方法において使用される粗さ測定装置は、光干渉顕微鏡に限定されるものではない。

#### 【0016】

光干渉顕微鏡は、光の干渉を利用して測定対象の表面の凹凸を計測する粗さ測定装置である。光干渉顕微鏡の測定方式としては、垂直走査型白色干渉方式と位相シフト干渉方式とがある。垂直走査型白色干渉方式の光干渉顕微鏡が、白色干渉顕微鏡である。白色干渉顕微鏡は、より詳しくは、白色光を光源として、測定対象の表面について、広域で、かつ

高い垂直分解能で三次元測定ができる装置である。

#### 【0017】

図1は、白色干渉顕微鏡の測定原理を示す説明図である。図1(a)に示すように、白色光源からの光をビームスプリッタで二分割し、一方を対物レンズ付属の参照ミラーに、もう一方を測定対象の表面に照射すると、これら二つの光が反射し再度結合する。対物レンズに垂直走査スキャナが取り付けられた機構となっており、図1(b)に示すように、対物レンズを垂直方向に走査し、生じる干渉縞の強度が最大になる高さを計測することによって高さ情報を得ることができる。図1(b)に示す例では、A地点とB地点の干渉強度のピーク位置の差が高低差を示す。白色光の干渉は複数波長の光の干渉が重なったものであって、干渉シグナルのピーク位置はすべての位相が揃う位置であるため、白色干渉顕微鏡によれば、観察倍率に依らず高精度な高さ測定が可能である。

#### 【0018】

図2は、白色干渉顕微鏡による測定におけるフリンジスキャン時の干渉光の変化の一例を示す。白色干渉顕微鏡の対物レンズには、例えば図1(a)に示すように垂直走査スキャナが取り付けられており、図1に示す例のように、対物レンズを垂直方向に走査することにより生じる干渉縞（フリンジ）の強度が最大になる高さを計測するフリンジスキャンによって高さ情報が得られる。干渉縞の本数は、測定対象表面の傾斜角度によって決まり、フリンジの隣り合う明部と暗部の高低差は、白色光源の中心波長の1/4の約140 nmとなる。フリンジスキャンの干渉シグナルの中で、最も干渉光の強度が高くなるポイントを0次干渉といい、2番目に強くなるポイントを1次干渉という。ノイズの影響が含ま

10

20

30

40

50

れないならば、例えば図2に示すような干渉波形が得られる。図2中、Aは図1(b)に示すA地点に対応し、Bは図1(b)に示すB地点に対応する。これに対し、例えばフリンジスキャン時に突発的な装置の振動が発生すると、干渉波形が乱れ、本来0次干渉が得られる箇所では0次干渉が検出できなくなる場合がある。そのような場合、1次干渉または2次干渉が、そのピクセル内で最も高い干渉強度となって高さ情報を誤認識することがあり得る。また、測定中に突発的な装置の振動が発生し、干渉波形が乱れて1次干渉を0次干渉として誤認識した場合、その箇所には白色光の中心波長(560nm)の $\frac{1}{2}$ である280nmほどの段差が形成され得る。図3は、シリコンウェーハの表面の白色干渉顕微鏡像による測定結果の一例である。図3(a)は白色干渉顕微鏡像を示し、図3(b)は高さプロファイルを示す。図3では、測定中に突発的な装置の振動が発生したことによって、測定視野内に260nm程度の段差があることが確認できる。最大高さS<sub>z</sub>を指標とすることによって、例えば上記のような装置要因のノイズの影響が粗さ測定装置によって得られた測定結果に含まれることを判定することができる。これは、先に記載したように、最大高さS<sub>z</sub>は最大山高さと最大谷深さとの和であるため、装置要因のノイズの影響を受け易いと考えられるためである。更に、最大高さS<sub>z</sub>は、異物付着等の外乱要因のノイズの影響も受け易いと考えられる。以下に、図4を例として示し、この点について更に説明する。

#### 【0019】

図4は、視野内に高さ200nm程度の異物が存在する、シリコンウェーハ表面の白色干渉顕微鏡像である。図4(a)は白色干渉顕微鏡全体像であり、図4(b)は異物付着箇所の拡大像であり、図4(c)は異物の高さプロファイルである、図4(d)に示す表には、図4(a)に示す全体像から算出した粗さパラメータが記載されている。白色干渉顕微鏡の測定視野内に異物、キズ、欠陥等が存在すると、その異物、キズ、欠陥等により、半導体ウェーハ表面の粗さパラメータの値がシフトする場合がある。図4(d)の表に示されているS<sub>a</sub>やS<sub>q</sub>の値は、一般的なシリコンウェーハのS<sub>a</sub>やS<sub>q</sub>の値と比べてわずかに高い程度である。なお、S<sub>a</sub>およびS<sub>q</sub>について、詳細は後述する。これに対し、図4(d)に示されているS<sub>z</sub>の値は、視野内の異物による影響を受け、200nm以上の値を示している。したがって、S<sub>z</sub>を指標とすることによって、異物付着等の外乱要因のノイズの影響が、粗さ測定装置によって得られた測定結果に含まれることを判定することができる。

#### 【0020】

上記では、粗さ測定装置として白色干渉顕微鏡を例として、半導体ウェーハとしてシリコンウェーハを例として、それぞれ示した。ただし先に記載したように、上記評価方法において使用される粗さ測定装置は白色干渉顕微鏡以外の粗さ測定装置であることもでき、評価対象の半導体ウェーハはシリコンウェーハ以外の半導体ウェーハであることもできる。

#### 【0021】

<粗さパラメータの採用可否の判定>

上記評価方法では、上記の通り、1つ以上の測定領域において、粗さ測定装置による測定を行うことによって最大高さS<sub>z</sub>およびS<sub>z</sub>以外の粗さパラメータを取得する。そして、各測定領域について、この測定領域について取得された最大高さS<sub>z</sub>の値を指標として、同測定領域において取得されたS<sub>z</sub>以外の粗さパラメータの値が評価対象の半導体ウェーハの評価用に採用可能な値であるか否かを判定する。上記評価方法において、かかる指標として最大高さS<sub>z</sub>を採用するに至った理由の詳細は、先に記載した通りである。採用可否の判定の具体的な形態としては、例えば、以下の形態を挙げることができる。以下の各種形態は任意に組み合わせることもできる。

#### 【0022】

(1)一形態では、最大高さS<sub>z</sub>の値が予め設定した閾値以下または閾値未満である場合、この値の最大高さS<sub>z</sub>が得られた1つ以上の測定領域について取得されたS<sub>z</sub>以外の粗さパラメータの値を、評価対象の半導体ウェーハの評価用の値として採用する。最大高さS<sub>z</sub>の値が予め設定した閾値以下または閾値未満であることを、「S<sub>z</sub>異常なし」とも記

10

20

30

40

50

載する。閾値は、例えば、半導体ウェーハに付着し得る異物の高さ、半導体ウェーハに生じ得る欠陥またはキズの深さ、測定中に生じ得る装置要因のノイズの大きさ、評価対象の半導体ウェーハに求められる品質等を考慮して決定すればよい。閾値以下を基準とするか閾値未満を基準とするかは適宜決定すればよい。また、 $S_z$ 以外の粗さパラメータとしては、例えば、算術平均高さ $S_a$ および二乗平均平方根高さ $S_q$ からなる群から選択される1種以上の粗さパラメータを挙げることができる。算術平均高さ $S_a$ のみ、二乗平均平方根高さ $S_q$ のみ、またはこれらの両方を、評価用の値として採用することができる。算術平均高さ $S_a$ および二乗平均平方根高さ $S_q$ については、先に記載したようにISO 25178-2:2012を参照できる。

以上の点は、後述する各種形態についても同様である。

10

#### 【0023】

本形態において、測定領域の総数が1であった場合には、この1つの測定領域について取得された $S_z$ 以外の粗さパラメータの値を、評価対象の半導体ウェーハの評価用の値として採用する。一方、本形態において、測定領域の総数が2以上であり、かつ最大高さ $S_z$ の値が予め設定した閾値以下または閾値未満であった測定領域の総数が2以上であった場合には、それら2以上のすべての測定領域について取得された $S_z$ 以外の粗さパラメータの値を評価対象の半導体ウェーハの評価用の値として採用することができ、または一部の領域について取得された $S_z$ 以外の粗さパラメータの値を評価対象の半導体ウェーハの評価用の値として採用することもできる。2以上の測定領域について取得された $S_z$ 以外の粗さパラメータの値を評価用の値として採用する場合、例えば、複数の測定領域について取得された値の算術平均、最大値、最小値等によって、評価対象の半導体ウェーハが所望の品質を有する半導体ウェーハ（即ち良品）であるか、所望の品質に満たない半導体ウェーハ（即ち不良品）であるかを、判定することができる。良品判定または不良品判定のための閾値は、評価対象の半導体ウェーハに求められる品質等を考慮して決定すればよい。

20

以上の点は、後述する各種形態についても同様である。

#### 【0024】

(2)一形態では、最大高さ $S_z$ の値が予め設定した閾値以上または閾値を超える場合、この値の最大高さ $S_z$ が得られた測定領域について取得された $S_z$ 以外の粗さパラメータの値は、評価対象の半導体ウェーハの評価用の値としては採用しない。最大高さ $S_z$ の値が予め設定した閾値以上または閾値を超えることを、「 $S_z$ 異常あり」とも記載する。本形態によれば、具体的には、最大高さ $S_z$ が予め設定した閾値以上または閾値を超える測定領域については、この測定領域において行われた測定結果は、ノイズの影響を受けた異常値を含むため評価対象の半導体ウェーハの評価用の値としては採用しないと判定することができる。

30

#### 【0025】

本形態においては、一形態では、予め設定した閾値以上または閾値を超える最大高さ $S_z$ の値が得られた測定領域について、粗さ測定装置による測定を再度行うこと（以下、「再測定」とも記載する。）ができる。予め設定した閾値以上または閾値を超える最大高さ $S_z$ の値が得られた測定領域が2つ以上あった場合には、それらの一部または全部において、再測定を実施することができる。例えば、ある測定領域において最大高さ $S_z$ の値が予め設定した閾値以上または閾値を超えた要因が、測定中に生じた装置の振動等の装置要因であれば、この測定領域について再測定により得られる測定結果は異常値を含まないものになり得る。再測定の測定結果が異常値を含むものであるか否かも、上記と同様に最大高さ $S_z$ を指標として判定することができる。再測定で取得された最大高さ $S_z$ の値が予め設定した閾値以下または閾値未満であったならば、再測定により取得された $S_z$ 以外の粗さパラメータの値を、評価対象の半導体ウェーハの評価用の値として採用することができる。一方、再測定によっても、予め設定した閾値以上または閾値を超える最大高さ $S_z$ の値が得られた場合、その測定領域について取得された $S_z$ 以外の粗さパラメータの値は、評価対象の半導体ウェーハの評価用の値としては採用しないと最終判定することができる。

40

50

## 【 0 0 2 6 】

また、一形態では、予め設定した閾値以上または閾値を超える最大高さ  $S_z$  の値が取得された場合、この値の最大高さ  $S_z$  が得られた測定領域以外の領域において、粗さ測定装置による測定を更に行うことができる。例えば、1 回目の測定における測定領域の中に予め設定した閾値以上または閾値を超える最大高さ  $S_z$  の値が得られた測定領域が含まれていた場合、2 回目の測定として、1 回目の測定において測定に付されていない領域の 1 つ以上について、粗さ測定装置による測定を行うことができる。ある測定領域について 1 回目の測定で取得された最大高さ  $S_z$  が閾値以上または閾値を超えた要因が、この測定領域に存在する異物、キズ、欠陥等であったならば、測定領域を変えることで、それらの影響を含まない測定結果が得られる可能性がある。かかる場合、測定領域を変えて行われた測定により取得された最大高さ  $S_z$  の値が予め設定した閾値以下または閾値未満であったならば、この測定により取得された  $S_z$  以外の粗さパラメータの値を、評価対象の半導体ウェーハの評価用の値として採用することができる。一方、測定領域を変えて得られた測定結果として予め設定した閾値以上または閾値を超える最大高さ  $S_z$  の値が得られた場合、その測定領域について取得された  $S_z$  以外の粗さパラメータの値は、評価対象の半導体ウェーハの評価用の値としては採用しないと判定することができ、または、その測定領域について再測定を行うこともできる。再測定により得られた測定結果の判定については、先の記載を参照できる。

10

## 【 0 0 2 7 】

また、一形態では、予め設定した閾値以上または閾値を超える最大高さ  $S_z$  の値が得られた場合、この値の最大高さ  $S_z$  が得られた測定領域について取得された 1 つ以上の粗さパラメータの値の再計算を行うことができる。再計算は、最大高さ  $S_z$  の異常値発生原因、即ち最大高さ  $S_z$  が閾値以上または閾値を超えた原因、と推定される部分を粗さパラメータの計算対象から除外して行うことができる。例えば、ある測定領域について取得された最大高さ  $S_z$  が閾値以上または閾値を超えた理由が異物であった場合には、異物が存在する部分を画像処理（例えばマスク処理）で除去するか、または異物が存在する部分の測定結果をデータ処理によって除去したうえで、測定結果を再計算することによって、異物の影響を含まないか異物の影響が低減された測定結果を得ることができる。再計算の対象は、1 つ以上の粗さパラメータであって、最大高さ  $S_z$  以外の 1 つ以上の表面パラメータであることができる。例えば、こうして得られた再計算結果を、評価対象の半導体ウェーハの評価用の値として採用することができる。または、更に最大高さ  $S_z$  も再計算してもよく、再計算された最大高さ  $S_z$  が閾値以下または閾値未満であったならば、この再計算によって取得された最大高さ  $S_z$  以外の表面パラメータの値は評価対象の半導体ウェーハの評価用に採用可能な値であると判定することができる。

20

30

## 【 0 0 2 8 】

上記評価方法では、以上説明したように採用可否が判定された結果、採用可能と判定された  $S_z$  以外の粗さパラメータの値に基づき、評価対象の半導体ウェーハを評価することができる。かかる評価は、1 つの測定領域について取得された  $S_z$  以外の表面パラメータの値の 1 つ以上に基づき行うことができ、または複数の測定領域について取得された値の算術平均、最大値、最小値等に基づき行うこともできる。いずれの場合も、表面パラメータの値が予め設定した閾値以下または閾値未満である場合、評価対象の半導体ウェーハは所望の品質を有する半導体ウェーハ（即ち良品）であると判定することができ、予め設定した閾値以上または閾値を超える場合、評価対象の半導体ウェーハは所望の品質に満たない半導体ウェーハ（即ち不良品）であると判定することができる。先に記載した通り、良品判定または不良品判定のための閾値は、評価対象の半導体ウェーハに求められる品質等を考慮して決定すればよい。また、一形態では、最大高さ  $S_z$  の値も評価対象の半導体ウェーハの良否判定のために使用することができる。最大高さ  $S_z$  によれば、半導体ウェーハ表面（おもて面または裏面）の局所的な欠陥の有無の判定、凹凸評価等を行うことができる。

40

## 【 0 0 2 9 】

50

## [ 製造方法 1 ]

製造方法 1 は、

テスト製造条件下で評価用半導体ウェーハを製造すること、

上記製造された評価用半導体ウェーハを上記評価方法によって評価すること、

上記評価の結果に基づき、上記テスト製造条件に変更を加えた製造条件を実製造条件として決定するか、または上記テスト製造条件を実製造条件として決定すること、および、

上記決定された実製造条件下で半導体ウェーハを製造すること、

を含む半導体ウェーハの製造方法、

である。

## 【 0 0 3 0 】

製造方法 1 では、実製造条件を決定するための前段階として、テスト製造条件を設定し、このテスト製造条件下で評価用半導体ウェーハを製造する。「実製造条件」とは、製品半導体ウェーハの製造条件を意味するものとする。テスト製造条件下で製造された評価用半導体ウェーハは、先に詳述した評価方法による評価に付される。評価用半導体ウェーハは、少なくとも 1 つであり、2 つ以上であってもよく、その数は特に限定されるものではない。評価用半導体ウェーハについて得られた表面パラメータ（例えば先に記載した算術平均高さ  $S_a$  および / または二乗平均平方根高さ  $S_q$ ）の評価結果が製品半導体ウェーハに望まれる値であれば、このテスト製造条件を実製造条件として製品半導体ウェーハを製造して出荷することによって、所望の表面性を有する製品半導体ウェーハを市場に安定的に供給することができる。他方、評価の結果、評価用半導体ウェーハについて得られた表面パラメータの評価結果が製品半導体ウェーハに望まれる値とは異なる場合には、テスト製造条件に変更を加えた製造条件を実製造条件として決定する。半導体ウェーハの製造工程の一例として、例えばシリコンウェーハの一形態であるポリッシュドウェーハは、チョクラルスキー法（CZ 法）等により育成されたシリコン単結晶インゴットからのシリコンウェーハの切断（スライシング）、面取り加工、粗研磨（例えばラッピング）、エッチング、鏡面研磨（仕上げ研磨）、上記加工工程間または加工工程後に行われる洗浄を含む製造工程により製造することができる。シリコンウェーハまたはシリコンウェーハ以外の半導体ウェーハについて、上記の変更を加える製造条件は、表面パラメータに影響を及ぼすと考えられる製造条件であることが好ましい。そのような製造条件の一例としては、半導体ウェーハの表面（おもて面および / または裏面）の研磨処理条件を上げることができる。かかる表面研磨処理条件の具体例としては、粗研磨条件および鏡面研磨条件を上げることができ、より詳しくは、研磨液の種類、研磨液の砥粒濃度、研磨パットの種類（例えば硬さ等）等を上げることができる。こうしてテスト製造条件に変更を加えた製造条件を実製造条件として決定し、この実製造条件下で製品半導体ウェーハを製造し出荷することによって、所望の表面性を有する製品半導体ウェーハを市場に安定的に供給することができる。なお、テスト製造条件に変更を加えた製造条件下で改めて評価用半導体ウェーハを製造し、この評価用半導体ウェーハを上記評価方法によって評価して、この製造条件を実製造条件とするか更に変更を加えるかを判定することを、1 回または 2 回以上繰り返してもよい。評価用半導体ウェーハについて得られた表面パラメータの評価結果が製品半導体ウェーハに望まれる値であるか否かを判定するための閾値は、市場の要求品質等に応じて適宜設定することができる。

## 【 0 0 3 1 】

## [ 製造方法 2 ]

製造方法 2 は、

複数の半導体ウェーハを含む半導体ウェーハロットを製造すること、

上記半導体ウェーハロットから 1 つ以上の半導体ウェーハを抽出すること、

上記抽出された半導体ウェーハを上記評価方法によって評価すること、および、

上記評価の結果、良品と判定された半導体ウェーハと同じ半導体ウェーハロットの半導体ウェーハを製品として出荷するための準備に付すこと、

を含む半導体ウェーハの製造方法、

10

20

30

40

50

である。

【 0 0 3 2 】

製造方法 2 では、いわゆる抜き取り検査を行い、その結果、良品と判定された半導体ウェーハと同じロットの半導体ウェーハが製品半導体ウェーハとして出荷するための準備に付される。製造方法 2 における半導体ウェーハロットの製造は、一般的な半導体ウェーハの製造工程を採用して行うことができる。一例として、ポリッシュドウェーハの製造工程については先の記載を参照できる。

【 0 0 3 3 】

製造された半導体ウェーハロットから抽出され、所謂抜き取り検査に付される半導体ウェーハの数は、少なくとも 1 つであり、2 つ以上であってもよく、その数は特に限定されるものではない。半導体ウェーハロットから抽出された半導体ウェーハは、先に詳述した評価方法による評価に付される。評価の結果、良品と判定された半導体ウェーハと同じ半導体ウェーハロットの半導体ウェーハを、製品半導体ウェーハとして出荷するための準備に付す。良品と判定するための基準、具体的には表面パラメータ（例えば先に記載した算術平均高さ  $S_a$  および / または二乗平均平方根高さ  $S_q$ ）の閾値は、製品半導体ウェーハに求められる品質に応じて決定すればよい。製品半導体ウェーハとして出荷するための準備としては、例えば梱包等を挙げることができる。こうして製造方法 2 によれば、所望の表面性を有する製品半導体ウェーハを市場に安定的に供給することができる。

【実施例】

【 0 0 3 4 】

以下に、本発明を実施例に基づき更に説明する。ただし、本発明は実施例に示す実施形態に限定されるものではない。

【 0 0 3 5 】

[ 評価対象の半導体ウェーハ ]

評価対象の半導体ウェーハとして、直径 300 mm のシリコンウェーハを 25 枚準備した。上記シリコンウェーハは、両面研磨 (DSP) されたポリッシュドウェーハである。

【 0 0 3 6 】

[ 粗さ測定装置による測定 ]

上記の各シリコンウェーハの裏面について、以下の測定条件による測定を行った。

【 0 0 3 7 】

< 測定条件 >

粗さ測定装置：白色干渉顕微鏡

測定倍率：10 倍 ( 視野：1.6 mm × 1.6 mm )

フィルター：Hi-pass Filter 80  $\mu\text{m}$  ( 80  $\mu\text{m}$  以上の空間波長のうねりを除去 )

測定領域：各シリコンウェーハについて、表 1 に示すウェーハ面内 9 領域

【 0 0 3 8 】

10

20

30

40

50

【表 1】

測定領域	X座標* (mm)	Y座標* (mm)
測定領域1	0	0
測定領域2	75	0
測定領域 3	0	75
測定領域 4	-75	0
測定領域 5	0	-75
測定領域6	140	0
測定領域7	0	140
測定領域8	-140	0
測定領域9	0	-140

\*ウェーハ中心部 (Center) を原点とする。

10

## 【 0 0 3 9 】

## &lt; 測定フロー &gt;

図 5 に、本実施例における測定フローを示す。以下に、測定フローの詳細を説明する。

20

測定対象のシリコンウェーハ表面を白色干渉顕微鏡による測定に付して得られた顕微鏡画像に平坦化処理等の画像処理を施した。白色顕微鏡の解析部において、画像処理後の顕微鏡画像の解析を実施し、各シリコンウェーハの面内 9 点のそれぞれについて、粗さパラメータ  $S_a$ 、 $S_q$  および  $S_z$  を出力した。

$S_z$  の閾値に関して、本実施例では、ノイズの原因となる異物の高さまたは欠陥もしくはキズの深さを 50 nm 以上と想定し、 $S_z$  の閾値を 50 nm と設定した。ただし、閾値はウェーハの表面形状を除去してしまわない値であればよい。例えば、ウェーハ表面が平滑面であれば、10 nm や 20 nm といった値を閾値にすることも適切といえる。

本実施例では、 $S_z$  の値が 50 nm 以上であれば「 $S_z$  異常あり」、50 nm 未満であれば「 $S_z$  異常なし」として、 $S_z$  異常有無判定を行った。各シリコンウェーハの 9 つの測定領域について、それぞれ、 $S_z$  異常なしであれば、その測定領域における  $S_a$  および  $S_q$  をウェーハ評価用に採用可能であると判定した。

30

一方、 $S_z$  異常ありの場合には、更なる処理が必要と判定し、再測定、他の測定領域での測定および再計算の 1 つ以上の処理を実施することができる。これらの処理の詳細は、先に記載した通りである。

## 【 0 0 4 0 】

図 6 に、本実施例で得られた評価結果の一例を示す。

図 6 中、画像 A は  $S_z$  の値が閾値未満である「 $S_z$  異常なし」と判定された画像である。画像 A には、粗さパラメータ測定においてノイズになり得る段差、異物、欠陥等は確認されない。

40

これに対し、画像 B、画像 C および画像 D は、 $S_z$  の値が閾値以上である「 $S_z$  異常あり」と判定された画像である。画像 B には、装置の振動要因と推察される段差が見られる。画像 C には、異物付着が見られる。画像 D には、ピット系の欠陥が見られる。

以上の結果から、 $S_z$  の値を指標とすることによって、粗さパラメータ測定の結果にノイズの影響が含まれるか否かを判定可能であることが確認できる。

## 【 0 0 4 1 】

本実施例では、25 枚のシリコンウェーハについて各ウェーハの測定領域数を 9 としたため、白色干渉顕微鏡による測定によって合計 225 画像が得られた。225 画像中、 $S_z$  異常有無判定を行った結果、216 画像が「 $S_z$  異常なし」、9 画像が「 $S_z$  異常あり」と判定された。225 画像の  $S_q$  の値の算術平均および標準偏差ならびに  $S_z$  異常なし

50

と判定された 2 1 6 画像の  $S_q$  の値の算術平均および標準偏差を表 2 に示す。

【 0 0 4 2 】

【表 2】

	画像数	算術平均 (nm)	標準偏差 (nm)
全画像	225	0.432	1.895
Sz異常なし	216	0.202	0.022

10

【 0 0 4 3 】

図 7 に、2 5 枚のシリコンウェーハについてそれぞれ得られた  $S_q$  の値の算術平均（「 $S_q$  算術平均」と記載する。）をプロットした。

本実施例で評価されたシリコンウェーハに施された両面研磨については、両面研磨後の研磨面の  $S_q$  の正常値は 0 . 2 nm 程度である。

図 7 中、左側には、2 5 枚のシリコンウェーハについて面内 9 つの測定領域について得られた  $S_q$  算術平均がプロットされている。図 7 中の左側のプロットには、 $S_q$  の値の算術平均が 1 nm 以上のプロットも含まれている。

図 7 中、右側には、 $S_z$  異常ありと判定された画像は除外して得られた  $S_q$  算術平均がプロットされている。図 7 中の右側のプロットは、いずれも  $S_q$  算術平均が 0 . 2 nm 前後である。

20

【 0 0 4 4 】

表 2 および図 7 に示す結果から、 $S_z$  の値を指標とすることによって、半導体ウェーハの表面粗さを精度よく評価することが可能であることが確認できる。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 4 5 】

本発明の一態様は、シリコンウェーハ等の各種半導体ウェーハの製造分野において有用である。

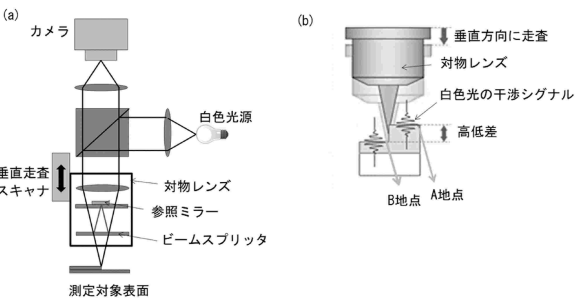
30

40

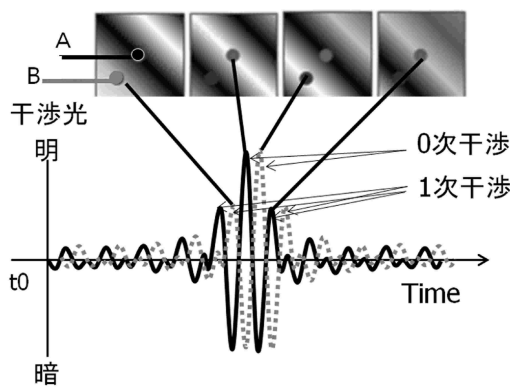
50

【図面】

【図 1】

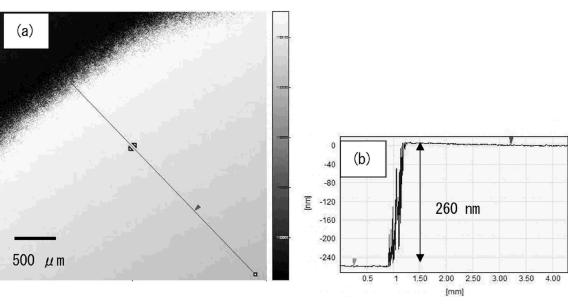


【図 2】

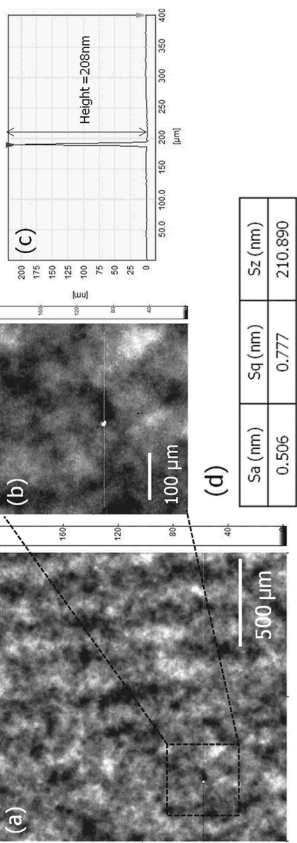


10

【図 3】



【図 4】



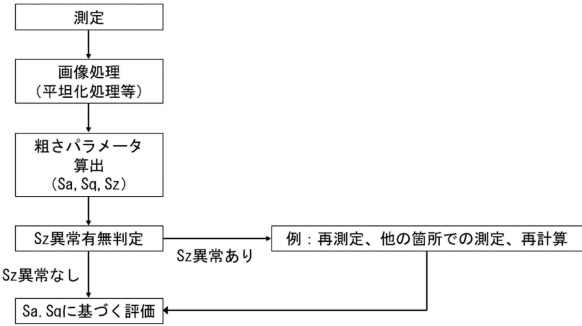
20

30

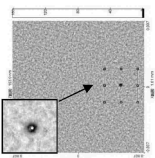
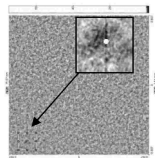
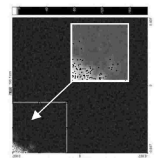
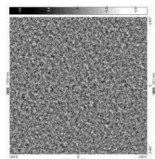
40

50

【図 5】



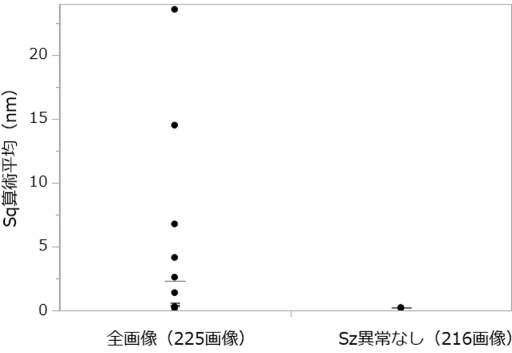
【図 6】

画像D (Pit系欠陥)		0.295	164.430
画像C (異物付着)		0.248	75.980
画像B (振動要因段差)		1.381	195.130
画像A		0.199	1.904
分類	画像	Sa (nm)	Sz (nm)

10

20

【図 7】



40

50

---

フロントページの続き

東京都港区芝浦一丁目2番1号 株式会社SUMCO内  
(72)発明者 谷本 竜一  
東京都港区芝浦一丁目2番1号 株式会社SUMCO内  
審査官 庄司 一隆  
(56)参考文献 特開2006-300676(JP,A)  
特開2006-278972(JP,A)  
国際公開第2012/090392(WO,A1)  
特開2016-213411(JP,A)  
(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
H01L 21/66  
G01B 11/30