

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号

特表2025-512675

(P2025-512675A)

(43)公表日 令和7年4月22日(2025.4.22)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
H 0 1 L 21/304(2006.01)	H 0 1 L 21/304 6 2 2 R	4 M 1 0 6
G 0 6 N 3/0475(2023.01)	H 0 1 L 21/304 6 3 1	5 F 0 5 7
G 0 6 N 3/094(2023.01)	G 0 6 N 3/0475	
H 0 1 L 21/66 (2006.01)	G 0 6 N 3/094	
H 0 1 L 21/02 (2006.01)	H 0 1 L 21/66 J	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全31頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2024-550252(P2024-550252)  
 (86)(22)出願日 令和5年2月23日(2023.2.23)  
 (85)翻訳文提出日 令和6年10月22日(2024.10.22)  
 (86)国際出願番号 PCT/US2023/063117  
 (87)国際公開番号 WO2023/164540  
 (87)国際公開日 令和5年8月31日(2023.8.31)  
 (31)優先権主張番号 17/652,571  
 (32)優先日 令和4年2月25日(2022.2.25)  
 (33)優先権主張国・地域又は機関  
 米国(US)  
 (81)指定国・地域 AP(BW,CV,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV)

最終頁に続く

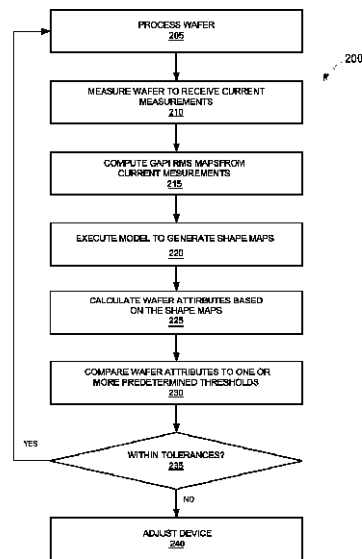
(71)出願人 518112516  
 グローバルウェーハズ カンパニー リミテッド  
 GlobalWafers Co., Ltd.  
 台湾 30075 シンチュ シンチュ サイエンス パーク インドストリー イーロード セカンド ナンバー 8  
 (74)代理人 100145403  
 弁理士 山尾 憲人  
 (74)代理人 100184343  
 弁理士 川崎 茂雄  
 (74)代理人 100112911  
 弁理士 中野 晴夫  
 (72)発明者 ハラジャデー, ヴァヒド

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 強化されたウエハ製造のためのポリッシング後のトポグラフィ生成システムおよび方法

(57)【要約】

コンピュータ装置は、アセンブリラインの一部をシミュレートするために形状マップを変換するモデルを保存し、組み立て中の製品の第1の検査のスキャンデータを受信し、第1の検査のスキャンデータから形状マップを生成し、形状マップを入力として使用してモデルを実行し、製品の最終形状マップを生成し、最終形状マップを1つまたは複数の閾値と比較し、最終形状マップが1つまたは複数の閾値のうち少なくとも1つを超えているかどうかを判断し、最終形状マップが1つまたは複数の閾値のうち少なくとも1つを超えていると判断された場合、第1の装置を調整させるようにプログラムされている。



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

少なくとも 1 つのメモリ装置と通信する少なくとも 1 つのプロセッサを含むコンピュータ装置であって、少なくとも 1 つのプロセッサは、

少なくとも 1 つのメモリ装置に、組立ラインの一部をシミュレートするための形状マップ変換モデルを格納し；

組立中の製品の第 1 の検査のスキャンデータを受信し、ここで第 1 の検査は、組立ラインの第 1 の装置に続く組立ラインの第 1 の検査ステーションで実施され；

第 1 の検査のスキャンデータから形状マップを生成し；

形状マップを入力としてモデルを実行して、製品の最終形状マップを生成し；

最終形状マップを 1 つまたは複数の閾値と比較し；  
最終形状マップが 1 つまたは複数の閾値のうち少なくとも 1 つを超えるか否かを判定し；および、

最終形状マップが 1 つまたは複数の閾値のうち少なくとも 1 つを超えると判定された場合、第 1 の装置を調整させる；

ようにプログラムされたコンピュータ装置。

**【請求項 2】**

少なくとも 1 つのプロセッサは、さらに、

最終形状マップから 1 つまたは複数の製品属性を計算し；

1 つまたは複数の製品属性を 1 つまたは複数の閾値と比較し；および、

1 つまたは複数の製品属性が 1 つまたは複数の閾値を超える場合、第 1 の装置を調整させる；

ようにプログラムされた請求項 1 に記載のコンピュータ装置。

**【請求項 3】**

形状マップは、グラインド後の形状マップであり、

最終形状マップは、ポリッシング後のナノトポグラフィマップである請求項 1 に記載のコンピュータ装置。

**【請求項 4】**

形状マップは、G A P I R M S (二乗平均平方根) マップであり、

最終形状マップは、面内歪み (I P D) マップである請求項 1 に記載のコンピュータ装置。

**【請求項 5】**

モデルは、敵対的生成ネットワーク (G A N) 人工知能モデルである請求項 1 に記載のコンピュータ装置。

**【請求項 6】**

モデルは、入力形状マップを最終製品の形状マップのシミュレーションに変換する請求項 5 に記載のコンピュータ装置。

**【請求項 7】**

形状マップは、第 1 の形状マップであり、

最終形状マップは、第 1 の最終形状マップであり、

少なくとも 1 つのプロセッサは、さらに、

スキャンデータから第 2 の形状マップを生成し、第 2 の形状マップは第 1 の形状マップとは異なる方法で生成し；および、

第 2 の形状マップを入力としてモデルを実行し、製品の第 2 の最終形状マップを生成する；ようにプログラムされている請求項 1 に記載のコンピュータ装置。

**【請求項 8】**

少なくとも 1 つのプロセッサは、さらに、

第 1 の最終形状マップおよび第 2 の最終形状マップから 1 つまたは複数の製品属性を計算し；

1 つまたは複数の製品属性を 1 つまたは複数の閾値と比較し；および、

10

20

30

40

50

1つまたは複数の製品属性が1つまたは複数の閾値を超える場合、第1の装置を調整させる；ようにプログラムされている請求項7に記載のコンピュータ装置。

【請求項9】

第1の形状マップは、グラインド後の形状マップであり、  
 第1の最終形状マップは、ポリッシング後のナノトポグラフィマップであり、  
 第2の形状マップは、G A P I R M S（二乗平均平方根）マップであり、  
 第2の最終形状マップは、面内歪み（I P D）マップである請求項7に記載のコンピュータ装置。

【請求項10】

スキャンデータは、製品の4つのラインスキャンデータまたは8つのラインスキャンデータのうちの1つである請求項1に記載のコンピュータ装置。 10

【請求項11】

製品は、半導体ウエハである請求項1に記載のコンピュータ装置。

【請求項12】

第1の装置は、グラインダまたはスライサのうちの1つであり、  
 第1の検査ステーションは、ナノトポグラフィ測定装置を含む請求項11に記載のコンピュータ装置。

【請求項13】

少なくとも1つのプロセッサは、さらに、  
 最終形状マップを1つまたは複数の閾値およびモデルと比較することに基づいて、第1の装置に対する1つまたは複数の調整を生成し；および、  
 1つまたは複数の調整をユーザおよび第1の装置の少なくとも1つに送信する；ようにプログラムされた請求項1に記載のコンピュータ装置。 20

【請求項14】

最終形状マップが1つまたは複数の閾値のうち少なくとも1つを超えると判定された場合、少なくとも1つのプロセッサは、さらに、  
 複数の過去の検査を分析して傾向を決定し；  
 その傾向に基づいて、その後の製品のその後の検査が1つまたは複数の閾値のうち少なくとも1つを超える可能性を予測し；そして、  
 その傾向に基づいて第1の装置を調整させる；ようにプログラムされた請求項1に記載のコンピュータ装置。 30

【請求項15】

組立ラインを分析する方法であって、少なくとも1つのメモリ装置と通信する少なくとも1つのプロセッサを含むコンピューティング装置によって実施される方法が、  
 組立ラインの一部をシミュレーションするためのモデルを少なくとも1つのメモリ装置に格納する工程；  
 形状マップを変換して組立ラインの一部をシミュレーションするためのモデルを少なくとも1つのメモリ装置に格納する工程；  
 組み立て中の製品の第1の検査のスキャンデータを受信する工程であって、第1の検査は、組み立てライン中の第1の装置に続く組み立てライン中の第1の検査ステーションで実施される工程； 40  
 第1の検査のスキャンデータから形状マップを生成する工程；  
 形状マップを入力として使用してモデルを実行し、製品の最終形状マップを生成する工程；  
 最終形状マップを1つまたは複数の閾値と比較する工程；  
 最終形状マップが少なくとも1つの閾値を超えるか否かを判定する工程；および、  
 最終形状マップが少なくとも1つの閾値を超えると判定された場合、第1の装置を調整させる工程；を含む方法。

【請求項16】

最終形状マップから1つまたは複数の製品属性を計算する工程；

1つまたは複数の製品属性を1つまたは複数の閾値と比較する工程；および、  
1つまたは複数の製品属性が1つまたは複数の閾値を超える場合、第1の装置を調整させる工程；をさらに含む請求項15に記載の方法。

【請求項17】

形状マップは、グラインド後の形状マップまたはG A P I R M S（二乗平均平方根）マップのいずれかであり、

最終形状マップは、面内歪み（I P D）マップのポリッシング後のナノトポグラフィマップの1つである請求項15に記載の方法。

【請求項18】

形状マップは、第1の形状マップであり、

最終形状マップは、第1の最終形状マップであり、さらに、

スキャンデータから第2の形状マップを生成する工程であって、第2の形状マップは第1の形状マップとは異なる方法で生成される工程；および、

第2の形状マップを入力としてモデルを実行して、製品の第2の最終形状マップを生成する工程；を含む請求項15に記載の方法。

【請求項19】

第1の最終形状マップおよび第2の最終形状マップから1つまたは複数の製品属性を計算する工程；

1つまたは複数の製品属性を1つまたは複数の閾値と比較する工程；および、

1つまたは複数の製品属性が1つまたは複数の閾値を超える場合、第1の装置を調整させる工程；をさらに含む請求項18に記載の方法。

【請求項20】

第1の形状マップは、グラインド後の形状マップであり、

第1の最終形状マップは、ポリッシング後のナノトポグラフィマップであり、

第2の形状マップは、G A P I R M S（二乗平均平方根）マップであり、そして、

第2の最終形状マップは、面内歪み（I P D）マップである請求項18に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【関連出願の相互参照】

【0001】

本出願は、2022年2月25日に出願された米国仮特許出願第17/652,571号の優先権を主張するものであり、その開示内容全体は、参照することにより本明細書にその全体が組み込まれる。

【技術分野】

【0002】

本技術分野は、一般に強化されたウエハ製造に関し、より具体的にはナノトポグラフィを用いた強化されたウエハ分析に関する。

【背景技術】

【0003】

シリコンウエハなどの半導体ウエハは、一般的に集積回路（I C）チップの製造における基板として使用される。チップメーカーは、1枚のウエハから最大限のチップを製造できるように、極めて平坦で平行な表面を持つウエハを必要とする。インゴットからスライスされた後、ウエハは通常、平坦性や平行性などの特定の表面特性を改善するためのグラインドおよびポリッシング工程を受ける。

【0004】

トポロジの劣化に関する懸念を特定し対処するために、装置および半導体材料メーカーはウエハ表面のナノトポグラフィを考慮する。例えば、半導体業界の国際的な業界団体であるS E M I（Semiconductor Equipment and Materials International）は、ナノトポグラフィを約0.2mmから約20mmの空間波長におけるウエハ表面の偏差と定義している（S E M I文書3089）。この空間波長は、加工された半導体ウエハのナノメートル単位の表面特徴に非常に近い値である。ナノトポグラフィはウエハの表面の高

10

20

30

40

50

低偏差を測定するもので、従来の平坦度測定のようにウエハの厚みのばらつきは考慮しない。一般的に、ナノトポグラフィの測定には光散乱法と干渉法の2つの技術が使用される。これらの技術では、ポリッシングされたウエハの表面から反射した光を使用して、非常に小さな表面のばらつきを検出する。

#### 【0005】

半導体業界では、各社が低コストで高品質なシリコンウエハの製造を競い合っている。そのため、損失を最小限に抑えた非常に効率的な製造プロセスを持つことが競争優位性につながる。ワイヤソーによるスライスやグラインドなどの製造プロセスは、ウエハ上にトポグラフィの特徴を生み出し、トポグラフィの劣化につながる可能性がある。さらに、これらのプロセス後の測定に使用される一般的な測定ツールは、ノイズが多い傾向がある。また、これらのプロセス後に表面粗さが大きすぎるため、ポストポリッシングツールを使用することができない。これらの問題を回避するには、シリコンウエハ製造の各段階におけるポストポリッシングマップ（面内歪み（IPD）、ナノトポグラフィ（NT）、ポストポリッシング形状マップなど）を綿密に監視することが非常に重要である。しかし、ほとんどのポストポリッシングマップは製造の最終段階でしか入手できないため、フィードバックプロセスが非常に非効率的になる。

10

#### 【0006】

いくつかのシステムでは、グラインドプロセスで問題が検出される前に、多くのウエハがグラインド後に処理される可能性がある。また、各製造ラインおよびグラインダには、装置ごとに異なる特定の特性がある可能性がある。従って、ウエハを分析して潜在的な問題を迅速かつ効率的に検出し、材料の損失を低減しながら効率を高めるためのシステムが必要とされている。

20

#### 【0007】

本背景技術の項は、以下に説明および/または主張される本開示の様々な態様に関連する可能性がある技術の様々な態様を読者に紹介することを目的とする。この議論は、本開示の様々な態様をより良く理解するための背景情報を読者に提供する上で役立つと考えられる。従って、これらの開示は、この観点から読まれるべきであり、先行技術の承認ではないことを理解すべきである。

#### 【発明の概要】

#### 【0008】

一つの態様では、コンピュータ装置は、少なくとも1つのメモリ装置と通信する少なくとも1つのプロセッサ（または「プロセッサ」）を含む。プロセッサは、少なくとも1つのメモリ装置に、組立ラインの一部をシミュレートするための形状マップ変換モデルを格納するようにプログラムされている。プロセッサはまた、組立中の製品の第1の検査のスキャンデータを受信するようにプログラムされている。第1の検査は、組立ラインの最初の装置に続く組立ラインの第1の検査ステーションで実施される。プロセッサはさらに、第1の検査のスキャンデータから形状マップを生成するようにプログラムされている。さらに、プロセッサは、形状マップを入力として使用してモデルを実行し、製品の最終的な形状マップを生成するようにプログラムされている。さらにまた、プロセッサは、最終的な形状マップを1つまたは複数の閾値と比較するようにプログラムされている。さらに、プロセッサは、最終形状マップが1つまたは複数の閾値のうち少なくとも1つを超えるかどうかを判定するようにプログラムされている。最終形状マップが1つまたは複数の閾値のうち少なくとも1つを超えるという判定がなされた場合、プロセッサは、第1の装置を調整するようにプログラムされている。

30

40

#### 【0009】

別の態様では、組立ラインを分析する方法は、少なくとも1つのメモリ装置と通信する少なくとも1つのプロセッサを含む演算装置によって実行される。この方法は、少なくとも1つのメモリ装置に、組立ラインの一部をシミュレートするための形状マップ変換モデルを格納することを含む。また、この方法は、組立中の製品の第1の検査のスキャンデータを受信することを含む。第1の検査は、組立ラインの第1の装置に続く組立ラインの第

50

1の検査ステーションで実施される。さらに、この方法は、第1の検査のスキャンデータから形状マップを生成することを含む。さらに、この方法は、形状マップを製品の最終形状マップを生成するための入力として使用してモデルを実行することを含む。さらに、この方法は、最終形状マップを1つまたは複数の閾値と比較することを含む。さらに、この方法は、最終形状マップが1つまたは複数の閾値のうち少なくとも1つを超えるかどうかを判定することを含む。最終形状マップが1つまたは複数の閾値のうち少なくとも1つを超えるという判定がなされた場合、この方法は、第1の装置を調整することを含む。

【0010】

上記態様に関連して述べた特徴には、様々な改良が存在する。さらに、上記特徴には、さらなる特徴も組み込むことができる。これらの改良および追加の特徴は、個別に、または任意の組み合わせで存在することができる。例えば、以下に図示の実施形態のいずれかと関連して述べる様々な特徴は、単独で、または任意の組み合わせで、上記特徴のいずれかに組み込むことができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】一実施形態にかかる半導体ウエハの処理システムを示すブロック図である。

【図2】図1に示すシステムを使用してウエハを評価する処理の一例を示すフローチャートである。

【図3】図1に示すシステムに従って、図2に示すプロセスを使用してウエハを評価するシステムの一例の簡略化されたブロック図である。

20

【図4】図3に示すクライアントコンピュータ装置の一例の構成を示す図である。

【図5】図3に示すサーバシステムの構成の一例を示す図である。

【図6】測定装置によって実行されるラインスキャンプロセスの例を示す図である。

【図7A】図6に示すラインスキャンプロセスの例をさらに説明する図である。

【図7B】図6に示すラインスキャンプロセスの例をさらに説明する図である。

【図8A】ウエハの側面図である。

【図8B】ウエハの側面図である。

【図9A】ウエハに対して得られた走査線を示すウエハの上面図である。

【図9B】ウエハに対して得られた走査線を示すウエハの上面図である。

【図10A】グランド後の形状マップを予測されたポリッシング後のNTマップに変換するために、トレーニングされたニューラルネットワークモデルを使用することを示す。

30

【図10B】GAPIRM Sマップを予測されたIPDマップに変換するために、トレーニングされたニューラルネットワークモデルを使用することを示す。

【図11A】ウエハ形状マップの画像を示す。

【図11B】図11Aに示す予測NTマップとグランド後の実際の画像とを比較するグラフの例を示す。

【図12A】ウエハ形状マップの画像を示す。

【図12B】図12Aに示す予測NTマップとグランド後の実際の画像とを比較するグラフの例を示す。

【図13A】ウエハ形状マップの画像を示す。

40

【図13B】図13Aに示す予測IPDマップとグランド後の実際の画像とを比較するグラフの例を示す。

【0012】

対応する参照文字は、図面の複数の図全体を通して対応する部分を示す。

【発明を実施するための形態】

【0013】

説明した実施は、ウエハデータを分析するためのシステムおよび方法に関し、より具体的には、ウエハの加工後の表面を分析してウエハの加工後の表面を予測することに関する。より具体的には、計算装置によって実行されるウエハ表面分析モデルは、(1)ウエハの現在の状態を決定し、(2)現在の状態とモデルに基づいて、ウエハの加工後の状態を

50

予測し、(3)ウエハの加工後の状態と1つ以上の所定の閾値に基づいて、グラインダに対して調整が必要かどうかを決定する。このシステムおよび方法は、以前のプロセスと比較して、より短時間で、より高い精度でナノトポグラフィのフィードバックを可能にし、ナノトポグラフィを改善するために行われる調整を認識し、より短い遅延時間で実施することを可能にし、これにより品質管理および/またはウエハ収率が改善される。

【0014】

ウエハ表面分析コンピュータ装置および関連コンピュータシステムなどのコンピュータシステムは、プロセッサおよびメモリを含む。しかし、本明細書で言及するコンピュータ装置内のプロセッサは、プロセッサが1つの計算装置内にあるか、または並列に動作する複数の計算装置内にある、1つまたは複数のプロセッサを指す場合もある。さらに、本明細書で言及するコンピュータ装置内のメモリは、メモリが1つの計算装置内にあるか、または並列に動作する複数の計算装置内にある、1つまたは複数のメモリを指す場合もある。

10

【0015】

プロセッサは、マイクロコントローラ、縮小命令セット回路(RISC)、特定用途向け集積回路(ASIC)、論理回路、および本明細書に記載の機能を実行可能なその他の回路またはプロセッサを使用するシステムを含む、あらゆるプログラマブルシステムを含み得る。上記の例は例示に過ぎず、従って「プロセッサ」という用語の定義および/または意味を限定することを意図するものではない。

【0016】

「データベース」という用語は、データ集合、関係データベース管理システム(RDBMS)、またはその両方を指す場合がある。本明細書で使用される場合、データベースは、階層型データベース、関係データベース、フラットファイルデータベース、オブジェクト関係データベース、オブジェクト指向データベース、およびコンピュータシステムに保存されるその他の構造化されたレコードまたはデータの集合を含むあらゆるデータの集合を含み得る。上記の例は例示のみを目的とするものであり、データベースという用語の定義および/または意味を限定することを意図するものではない。RDBMSの例としては、Oracle(登録商標) Database、MySQL、IBM(登録商標) DB2、Microsoft(登録商標) SQL Server、Sybase(登録商標)、PostgreSQLなどが含まれるが、これらに限定されない。ただし、本明細書に記載するシステムおよび方法を使用できるデータベースであれば、どのようなデータベースでも使用できる(Oracleは、カリフォルニア州レッドウッドショアズのOracle Corporationの登録商標であり、IBMは、ニューヨーク州アーモニックのInternational Business Machines Corporationの登録商標であり、Microsoftは、ワシントン州レッドモンドのMicrosoft Corporationの登録商標であり、Sybaseは、カリフォルニア州ダブリンのSybaseの登録商標である)。

20

30

【0017】

一実施形態のコンピュータプログラムは、コンピュータで読み取り可能な媒体に具現化される。一例では、システムは、サーバコンピュータへの接続を必要とせずに、単一のコンピュータシステム上で実行される。さらなる一例の実施形態では、システムは、Windows(登録商標)環境(Windowsは、ワシントン州レッドモンドのマイクロソフトコーポレーションの登録商標)で実行される。さらに別の実施形態では、システムはメインフレーム環境およびUNIX(登録商標)サーバ環境で実行される(UNIXは英国バークシャー州レディング所在のX/Open Company Limitedの登録商標である)。さらに別の実施形態では、システムはiOS(登録商標)環境で実行される(iOSは米国カリフォルニア州サンノゼ所在のCisco Systems, Inc.の登録商標である)。さらに別の実施形態では、システムはMac OS(登録商標)環境で実行される(Mac OSは、カリフォルニア州クパチーノに所在するApple Inc.の登録商標である)。さらに別の実施形態では、システムはAnd

40

50

r o i d (登録商標) O S で実行される ( A n d r o i d は、カリフォルニア州マウンテンビューに所在する G o o g l e , I n c . の登録商標である)。別の実施形態では、システムは L i n u x (登録商標) O S で実行される ( L i n u x は、マサチューセッツ州ボストンに所在する L i n u s T o r v a l d s の登録商標である)。このアプリケーションは柔軟性があり、主要な機能を損なうことなく、さまざまな異なる環境で実行できるように設計されている。いくつかの実施形態では、システムは複数のコンピューティング装置に分散された複数のコンポーネントを含む。1つ以上のコンポーネントは、コンピュータで実行可能な命令の形態で、コンピュータで読み取り可能な媒体に具現化されている。システムおよびプロセスは、本明細書で説明されている特定の実施形態に限定されない。さらに、各システムおよび各プロセスのコンポーネントは、本明細書で説明されている他のコンポーネントおよびプロセスから独立して別個に実施することができる。また、各コンポーネントおよびプロセスは、他のアセンブリパッケージおよびプロセスと組み合わせて使用することもできる。

10

**【0018】**

単数形で記載され、「1つ(a)」または「1つ(an)」という語で進行する要素またはステップは、除外が明示的に記載されていない限り、複数の要素またはステップを除外しないものと理解されるべきである。さらに、本開示の「例示的な実施形態」または「一実施形態」への言及は、記載された特徴も組み込む追加の実施形態の存在を除外するものと解釈されることを意図したものではない。

**【0019】**

「ソフトウェア」および「ファームウェア」という用語は交換可能であり、プロセッサによる実行のためにメモリに格納されたあらゆるコンピュータプログラムを含み、これにはRAMメモリ、ROMメモリ、EPROMメモリ、EEPROMメモリ、および不揮発性RAM(NVRAM)メモリが含まれる。上記のメモリタイプは例示に過ぎず、従ってコンピュータプログラムの格納に使用可能なメモリのタイプを限定するものではない。

20

**【0020】**

「リアルタイム」という用語は、関連するイベントの発生時間、所定のデータの測定および収集時間、データの処理時間、およびイベントおよび環境に対するシステムの応答時間の少なくとも1つを指す。これらの活動およびイベントは、実質的に瞬時に発生する。

**【0021】**

システムおよびプロセスは、本明細書で説明した特定の実施形態に限定されない。さらに、各システムおよび各プロセスのコンポーネントは、本明細書で説明した他のコンポーネントおよびプロセスから独立して別個に実施することができる。また、各コンポーネントおよびプロセスは、他のアセンブリパッケージおよびプロセスと組み合わせて使用することもできる。

30

**【0022】**

図1は、半導体ウエハを処理するためのシステム100のブロック図を示す。システム100は、シリコンウエハ製造工程におけるスライサ105から始まる。例示的な実施形態では、スライサ105は、シリコン材料の円盤を切断するワイヤソーである。

**【0023】**

スライサ105がウエハをスライスした後、ウエハは、ウエハのプロファイルを生成するためのデータを測定する第1の測定装置110によって分析される。この時点では、ウエハはグラインディングされておらず、エッチングされておらず、ポリッシングもされていない。第1の測定装置110は、グラインドされたウエハからウエハ表面分析(WSA)コンピュータ装置115に測定データを提供する。いくつかの実施形態では、第1の測定装置110は、ウエハを測定するために静電容量プローブまたはレーザーベースの距離センサを使用する。特に、WASコンピュータ装置115は、スライス後の形状データおよびGAPI RMSデータを使用して、シリコンウエハの面内歪み(IPD)、ナノトポグラフィ(NT)、および形状分布マップを生成する。本明細書で使用される場合、GAPI RMSは、ウエハ基板の滑らかさを表す指標である形状ベースの行列を指す。

40

50

## 【 0 0 2 4 】

G A P I R M S は、W S A コンピュータ装置 1 1 5 によって計算することができる。まず、W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、第 1 の測定装置 1 1 0 などから、未加工の測定データを読み込む。未加工の測定データには、厚さおよび下部（または前面）プロファイルが含まれる。W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、この生データを複数の直径ラインスキャンプロファイルに変換する。直径スキャンプロファイルの数は、2、4、8、またはそれ以上である可能性がある。W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、厚さ平面に最小二乗法で最もよく適合するものを計算する。W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、低プロファイルに厚さ最適適合平面の厚さの半分を加えたものによって、生形状直径スキャンプロファイルを計算する。W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、定義されたウィンドウサイズによる移動平均によって、未加工形状直径スキャンプロファイルを平滑化する。W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、一次元の多項式フィッティングによって、各未加工形状直径スキャンプロファイルによる理想形状直径スキャンプロファイルを計算する。W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、形状直径スキャンプロファイルのデルタが未加工形状直径スキャンプロファイルから理想形状直径スキャンプロファイルを引いたものに等しいことを決定する。

10

## 【 0 0 2 5 】

W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、直径方向に沿って定義された移動ウィンドウ内のデルタ形状変動および傾斜変化によって重み付けプロファイルを計算する。閾値もまた、高い変動および傾斜変化を検出するために定義される。デルタ形状変動は、標準変動、分散、または範囲とすることができる。傾斜変化とは、例えば、左側の傾斜と右側の傾斜の積が負であることを意味する。G A P I は、未加工の形状と理想的な形状との間のギャップを表し、これはデルタ形状の直径に重み付けプロファイルを乗じたものに等しい。G A P I R M S は、G A P I の二乗平均平方根である。

20

## 【 0 0 2 6 】

W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、スライス後のウエハのプロファイルを決定するために、ウエハの測定データを分析する。決定されたプロファイルが品質閾値のいずれかを上回る場合、W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、スライサ 1 0 5 または他の装置を調整する必要があると決定することができる。

## 【 0 0 2 7 】

システム 1 0 0 の次の装置は、片面または両面である可能性があるグラインダ 1 2 0 である。同時両面グラインディングは、ウエハの両面を同時にグラインド、高度に平坦化された表面を持つウエハを製造する。これらのグラインダ 1 2 0 は、グラインド中に半導体ウエハを保持するためにウエハクランプ装置を使用する。このクランプ装置は通常、静水圧パッドとグラインディングホイールをそれぞれ 1 組ずつ含む。パッドとホイールは対向するように配置され、その間に半導体ウエハを垂直に保持する。静水圧パッドは、それぞれのパッドとウエハ表面の間に流体バリアを形成し、グラインド中に硬いパッドがウエハに物理的に接触することなくウエハを保持する。これにより、物理的なクランプによって生じる可能性のあるウエハへの損傷が軽減され、ウエハはパッド表面に対して接線方向に移動（回転）し、摩擦が低減される。このグラインディングプロセスにより、グラインドされたウエハ表面の平坦度および/または平行度が改善される一方で、ウエハ表面のトポロジが劣化する可能性がある。具体的には、静水圧パッドとグラインディングホイールのクランプ面のずれが、このような劣化の原因となることが知られている。グラインド後のポリッシングでは、グラインドされたウエハの表面に高反射性の鏡面が形成されるが、トポロジの劣化は改善されない。

30

40

## 【 0 0 2 8 】

グラインダ 1 2 0 がウエハをグラインドした後、ウエハは第 2 の測定装置 1 2 5 によって測定データが分析され、グラインドされたウエハのプロファイルが生成される。この時点では、ウエハはエッチングもポリッシングもされていない。第 2 の測定装置 1 2 5 は、グラインドされたウエハからの測定データをウエハ表面分析（W S A）コンピュータ装置 1 1 5 に提供する。いくつかの実施形態では、第 2 の測定装置 1 2 5 は、キャパシタンス

50

プローブまたはレーザーベースの距離センサを使用してウエハを測定する。特に、W A S コンピュータ装置 1 1 5 は、グラインド後の形状および G A P I (未加工形状と理想形状との間のギャップ) R M S (二乗平均平方根) データを使用して、シリコンウエハの面内歪み ( I P D )、ナノトポグラフィ ( N T )、および形状分布マップを生成する。

【 0 0 2 9 】

W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、ウエハの測定データを分析して、グラインド後のウエハのプロファイルを決する。決定されたプロファイルが品質閾値を超える場合、W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、グラインダ 1 2 0 または他の装置を調整する必要があると決定することができる。

【 0 0 3 0 】

システム 1 0 0 は、複数のグラインダ 1 2 0 を含んでもよく、各グラインダ 1 2 0 はウエハをグラインドするが、各ウエハは 1 回だけグラインドされる。これらの実施形態では、W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、複数のグラインダ 1 2 0 の各々のグラインド結果を追跡する。

【 0 0 3 1 】

システム 1 0 0 は、複数のグラインド後の装置を含み、例えば、グラインドされたウエハをエッチングするためのエッチング装置 1 3 0、エッチングされたウエハの表面の平坦度を測定するための表面測定装置 1 3 5、エッチングされたウエハをポリッシングするためのポリッシング装置 1 4 0、およびポリッシングされたウエハのナノトポグラフィを測定するためのナノトポグラフィ測定装置 1 4 5 などである。他の実施形態では、他の装置がシステム 1 0 0 に含まれる場合がある。

【 0 0 3 2 】

W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、システム 1 0 0 内の装置のモデルを含み、そのモデルは、ウエハの測定値に基づいて、ウエハのエッチング、ポリッシング、および場合によってはグラインディングをシミュレートし、ポリッシング後のウエハの表面を予測する。ポリッシング後の表面は、ナノトポグラフィ測定装置 1 4 5 によって測定された表面と類似している。本明細書でさらに説明するように、W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、複数の製造されたウエハに対する複数の履歴データに基づいてモデルを生成する。履歴データは、少なくとも第 1 の測定装置 1 1 0 (スライス後) または第 2 の測定装置 1 2 5 (グラインド後) とナノトポグラフィ測定装置 1 4 5 (ポリッシング後) とのウエハの比較に基づく。

【 0 0 3 3 】

W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、分析する各システム 1 0 0 のモデルを作成する。例えば、工場ではウエハを製造するための複数の生産ラインを有することがある。各生産ラインについて、W S A コンピュータ装置 1 1 5 は個別のモデルを生成する。複数のスライサ 1 0 5 またはグラインダ 1 2 0 が同じグラインダ後処理を使用するいくつかの実施形態では、W S A コンピュータ装置 1 1 5 は同じモデルを使用してもよい。

【 0 0 3 4 】

図 2 は、システム 1 0 0 (図 1 に示す) を使用してウエハを評価する例示的なプロセス 2 0 0 を示すフローチャートである。例示的な実施形態では、プロセス 2 0 0 のステップは W S A コンピュータ装置 1 1 5 (1 に示す) によって実行される。

【 0 0 3 5 】

プロセス 2 0 0 に先立って、少なくとも 1 つのニューラルネットワークモデルが構築される。ニューラルネットワークモデルは、複数の履歴画像を用いてトレーニングされる。第 1 のニューラルネットワークモデルは、グラインド後またはスライス後のウエハの形状マップを受信し、入力形状マップからポリッシング後 N T マップを決定するようにトレーニングされる。第 2 のニューラルネットワークモデルは、グラインド後またはスライス後のウエハの G A P I R M S マップを受信し、ウエハの I P D マップを決定するようにトレーニングされる。これらのニューラルネットワークモデルは、いずれも複数の過去の画像と敵対的生成ネットワーク ( G A N ) を用いてトレーニングされる。

10

20

30

40

50

## 【0036】

GANアーキテクチャは、新規の妥当な合成画像を出力するための生成モデルと、画像を（データセットからの）本物または（生成された）偽物のいずれかに分類する識別モデルとで構成される。識別モデルは直接更新されるが、生成モデルは識別モデルを介して更新される。このように、2つのモデルは、生成器が識別器を欺くことを目指し、識別器が偽造画像をより正確に識別することを目指す敵対的プロセスにおいて同時にトレーニングされる。

## 【0037】

本明細書で説明されているGANモデルでは、出力画像の生成は入力に依存しており、この場合、入力はソース画像である。識別器はソース画像とターゲット画像の両方を含み、ターゲットがソース画像の妥当な変換であるかどうかを決定しなければならない。生成器は、ターゲットドメインにおいて妥当な画像を生成するように生成器を促す敵対的損失（adversarial loss）によってトレーニングされる。生成器はまた、生成された画像と期待される出力画像との間で測定されるL1損失によっても更新される。この追加の損失は、生成モデルがソース画像の妥当な変換を作成するように促す。モデルへの入力は、4ラインスキャンデータまたは8ラインスキャンデータのいずれかである。モデルのトレーニングに関するさらなる議論は以下に記載する。

## 【0038】

ウエハ処理205は、スライサ105によるスライスおよび/またはグラインダ120によるグラインディング（両方とも図2に示す）を含んでもよい。処理205の後、第1の測定装置110および第2の測定装置125（いずれも図1に示す）のうち少なくとも一方が、グラインドされたウエハを測定し210、処理後の現在の測定値をWSAコンピュータ装置115に送信する。WSAコンピュータ装置115は、現在の測定値からGAPI RMSマップを計算し、予め定義されたアルゴリズムからGAPI RMSマップを計算する。

## 【0039】

WSAコンピュータ装置115は、前述のニューラルネットワークモデルを実行して、ポリッシング後NTマップおよび/またはIPDマップなどのシェイプマップを生成する。本開示の目的上、ニューラルネットワークモデルは、シェイプマップをポリッシング後のNTマップに、またはGAPI RMSマップをIPDマップに、変換することができる。次に、WSAコンピュータ装置115は、シェイプマップに基づいて予測ウエハ属性を算出する。これらのウエハ属性には、平均IPD、THA1010、およびTHA2525が含まれるが、これらに限定されない。THA1010およびTHA2525は、ナノトポグラフィマップに基づいて算出されるナノトポグラフィパラメータである。THA1010は、10mm×10mmの移動ウィンドウでピークとバレーの差分値を記録し、これをウエハ全体にわたって移動させ、記録された値の特定パーセンタイル値をTHA1010値とみなす。パーセンタイル値は変化し得、通常はエンドユーザによって指定される。THA2525は、ウィンドウが25mm×25mmの正方形または直径25mmの円であることを除いて、THA1010と同様である。ウエハ属性は、ナノトポグラフィ測定装置145によって測定されるような、処理の終了時のウエハの状態を予測する。

## 【0040】

WSAコンピュータ装置115は、ウエハ属性を1つまたは複数の所定の閾値と比較する。例示的な実施形態では、所定の閾値は、ポリッシング後のウエハの適切な表面に関する要件である。例示的な実施形態では、所定の閾値および/または要件の一部は、ウエハの製造業者および/またはウエハを購入する顧客からの1つまたは複数のユーザの好みに基づく。

## 【0041】

ウエハの属性が許容範囲内にある場合、WSAコンピュータ装置115はデータを保存し、次のウエハの分析に移る。保存されたウエハの属性は、ニューラルネットワークを改良するため、および/または1つ以上の傾向を検出するために使用することができる。ウ

10

20

30

40

50

エ八属性が許容範囲内になれば、W S A コンピュータ装置 1 1 5 は警告を発生し、スライサ 1 0 5、グラインダ 1 2 0、エッチング装置 1 3 0、およびポリッシング装置 1 4 0 など、1 つまたは複数の装置を調整する可能性がある。いくつかの実施形態では、W S A コンピュータ装置 1 1 5 が直接、装置を調整する。他の実施形態では、W S A コンピュータ装置 1 1 5 が別の装置に指示して、装置を調整する。さらに他の実施形態では、W S A コンピュータ装置 1 1 5 がユーザに指示して、装置を調整する。

#### 【 0 0 4 2 】

W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、ウエ八が許容範囲内にあると判断するが、同時に、装置のうちの 1 つまたは複数について、もはや適切に調整されなくなっていると判断する。これらの実施形態では、W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、複数のウエ八の後処理検査の現在の傾向に基づいて、装置が適切な調整から外れつつあると判断することがある。W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、その傾向を認識し、特定の使用回数または一定期間後に調整が必要になると判断することができる。これらの実施形態では、W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、システム 1 0 0 の次の計画された中断時間を決定することができる。予定された中断時間が、装置が適切な調整から外れると予想される前である場合、W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、予定された中断時間中に装置調整が起こるようにスケジュールしてもよい。W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、1 つ以上の所定の閾値、各ウエ八のポスト処理結果の変化量、およびモデルに基づいて、装置が許容範囲外のウエ八を生成すると予想される時期を決定してもよい。

#### 【 0 0 4 3 】

W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、第 1 の測定装置 1 1 0 による過去のスライス後の測定、第 2 の測定装置 1 2 5 による過去のグラインド後の測定、およびナノトポグラフィ測定装置 1 4 5 による過去のポリッシング後の測定を含む複数の履歴データに基づいてモデルを生成する。例示的な実施形態では、W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、スライス後 / グラインド後のウエ八画像とポリッシング後のウエ八画像とを比較してモデルを生成し、システム 1 0 0 がウエ八を加工する際にどのようにウエ八が変化するかを判断する。いくつかの実施形態では、W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、特定の生産ライン（システム 1 0 0）用のトレーニング済みの汎用モデルを、その生産ラインからの過去の検査データを使用して保存する。他の実施形態では、W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、その生産ラインの履歴データからモデルを完全に生成する。さらに他の実施形態では、モデルは、生産中の生産ラインのナノトポグラフィ測定装置 1 4 5 の測定データに基づいて継続的に更新される。これにより、モデルは現在の生産ライン（システム 1 0 0）を最も正確にモデル化することができる。他の実施形態では、モデルは 6 か月ごとまたは他の所定の期間ごとにのみ更新または較正される。この実施形態は、システム 1 0 0 内の他の装置が定期的に変更されないか、または再較正を必要としない場合に最適である。いくつかの実施形態では、装置が交換、較正、または他の方法で変更されるたびに、モデルは生産ラインの現在の状態に合わせて更新および較正される。

#### 【 0 0 4 4 】

システム 1 0 0 およびプロセス 2 0 0 は、半導体ウエ八製造組立ラインについて説明されているが、当業者であれば、この開示が他の組立ラインでも使用できることを理解するであろう。これらの他の実施形態では、システム 1 0 0 は製品を作製するための組立ライン 1 0 0 と見なされる。組立ラインは、第 1 の装置 1 0 5、第 1 の検査ステーション 1 1 0、コンピュータ装置 1 1 5、第 2 の装置 1 4 0、第 2 の検査ステーション 1 4 5、および場合により第 3 の装置 1 2 0、第 3 の検査ステーション 1 2 5 を含む。これらの他の実施形態では、コンピュータ装置 1 1 5 は、少なくとも 1 つのメモリ装置に、組立ライン 1 0 0 の一部をシミュレートするためのモデルを格納する。コンピュータ装置 1 1 5 は、組立て中の製品の第 1 の検査のスキャンデータを受信する。第 1 の検査は、組立ライン 1 0 0 における第 1 の装置 1 0 5（または 1 2 0）に続く組立ライン 1 0 0 における第 1 の検査ステーション 1 1 0（または 1 2 5）において実施される。コンピュータ装置 1 1 5 は、スキャンデータを入力として使用してモデルを実行し、製品の最終プロファイルおよび

ノまたは属性を生成する。

【0045】

コンピュータ装置115は、最終プロファイルを1つ以上の閾値と比較する。コンピュータ装置115は、最終プロファイルが1つ以上の閾値の少なくとも1つを超えることによって、1つ以上の許容値を超えるかどうかを判断する。最終プロファイルが1つ以上の閾値のうち少なくとも1つを超えると判定された場合、コンピュータ装置115は、第1の装置105（または120）を調整させる240。

【0046】

コンピュータ装置115は、その組立ライン100の複数の検査データに基づいて、組立ライン100の一部をシミュレートするためのモデルを生成してもよい。このモデルは、第2の検査ステーション145に到達した際の製品の実際のプロファイルをシミュレートする製品の最終プロファイルを生成する。いくつかのさらなる実施形態では、第2の検査ステーション145は、組立ライン100の完了後に配置される。いくつかの実施形態では、複数の検査データは、第1の検査ステーション110における複数の個々の製品の第1の複数のスキャンデータと、第2の検査ステーション145における複数の個々の製品の第2の複数のスキャンデータとを含む。さらにいくつかの実施形態では、コンピュータ装置115は、第2の検査ステーション145で組み立て中の製品の第2の検査のスキャンデータを受信する。コンピュータ装置115は、第2の検査のスキャンデータを最終プロファイルと比較する。コンピュータ装置115は、比較に基づいてモデルを調整する。

【0047】

他の実施形態では、コンピュータ装置115は、組立ライン100の一部をシミュレーションするためのモデルを生成する。このモデルは、最終検査ステーション145に到達した際の実際のプロファイルをシミュレーションする、製品の最終プロファイルおよび属性を生成する。モデルは、第1の処理ステーション105の後に第1の検査ステーション110からのスキャンデータを、および/または第2の処理ステーション120の後に第2の検査ステーション125からのスキャンデータを、受け取ることができる。次に、コンピュータ装置115は、両方の検査ステーション110および125からの入力に基づいて製品のプロファイルを生成する。

【0048】

最終的なプロファイルが1つまたは複数の閾値のうち少なくとも1つを超えると判定された場合、コンピュータ装置115は、複数の過去の検査を分析して傾向を決定する。コンピュータ装置115は、その傾向に基づいて、その後の製品のその後の検査が1つまたは複数の閾値のうち少なくとも1つを超える可能性を予測する。コンピュータ装置115は、その傾向に基づいて、第1の装置105または第2の装置120を調整する。

【0049】

図3は、図1に示すシステム100に従って、図2に示すプロセス200を使用してウエハを評価するためのシステム300の一例の簡略化されたブロック図である。例示的な実施形態では、システム300は、グラインド後のウエハを分析して、ポリッシング後に許容範囲内になるかどうかを判断するために使用される。さらに、システム300は、ウエハ表面分析(WSA)コンピュータ装置310(WSAサーバとも呼ばれる)を含む、リアルタイムデータ分析および分類コンピュータシステムである。WSAコンピュータ装置310は、ウエハを分析し、分析に基づく将来の状態を予測するように構成される。

【0050】

測定装置305は、ウエハの表面をスキャンしてそのウエハのプロファイルを生成するように構成されている。より具体的には、測定装置305はウエハのナノトポグラフィをスキャンし、WSAコンピュータ装置310と通信する。測定装置305は、ローカルエリアネットワーク(LAN)やワイドエリアネットワーク(WAN)などのネットワーク、ダイヤルイン接続、ケーブルモデム、インターネット接続、ワイヤレス、および特別な高速統合デジタル通信網(ISDN)回線など、さまざまな有線または無線インターフェ

10

20

30

40

50

イスを介してW S Aコンピュータ装置3 1 0に接続する。測定装置3 0 5は、ウエハの表面に関するデータを受信し、そのデータをW S Aコンピュータ装置3 1 0に報告する。他の実施形態では、測定装置3 0 5は1つ以上のクライアントシステム3 2 5と通信し、クライアントシステム3 2 5は測定データをリアルタイムまたはほぼリアルタイムでW S Aコンピュータ装置3 1 0に転送する。いくつかの実施形態では、第1の測定装置3 0 5がウエハの一方の側を測定し、第2の測定装置3 0 5がウエハの他方の側を測定する。例示的な実施形態では、測定装置3 0 5は、第1の測定装置1 1 0（図1に示す）、第2の測定装置1 2 5（図1に示す）、およびナノトポグラフィ測定装置1 4 5（図1に示す）と類似している。

#### 【0051】

上記でより詳細に説明したように、W S Aサーバ3 1 0は、ウエハが許容範囲外になるような変化にシステム3 0 0が迅速に対応できるように、ポリッシング後のウエハ表面のナノトポグラフィを予測するためにウエハを分析するようにプログラムされている。W S Aサーバ3 1 0は、（1）ウエハの現在の状態を決定し、（2）現在の状態とモデルに基づいてウエハの加工後の状態を予測し、（3）ウエハの加工後の状態と1つ以上の所定の閾値に基づいてウエハ加工装置に調整が必要かどうかを決定するようにプログラムされている。例示的な実施形態において、W S Aサーバ3 1 0は、ウエハ表面分析コンピュータ装置1 1 5（図1に示す）に類似している。

#### 【0052】

クライアントシステム3 2 5は、ウェブブラウザまたはソフトウェアアプリケーションを含むコンピュータであり、これにより、クライアントシステム3 2 5は、インターネット、ローカルエリアネットワーク（LAN）、または広域ネットワーク（WAN）を使用して、W S Aサーバ3 1 0と通信することができる。いくつかの実施形態では、クライアントシステム3 2 5は、インターネット、LAN、WAN、統合デジタル通信網（ISDN）、ダイヤルアップ接続、DSL（デジタル加入者線）、携帯電話接続、衛星接続、およびケーブルモデムなどのネットワークの少なくとも1つを含むが、これらに限定されない多くのインターフェイスを介してインターネットに通信可能に結合される。クライアントシステム3 2 5は、インターネットなどのネットワークにアクセス可能な任意の装置であり、デスクトップコンピュータ、ラップトップコンピュータ、パーソナルデジタルアシスタント（PDA）、携帯電話、スマートフォン、タブレット、ファブレット、またはその他のウェブベースの接続可能な機器を含むが、これらに限定されない。

#### 【0053】

データベースサーバ3 1 5は、データを保存するデータベース3 2 0と通信可能に結合される。一実施形態では、データベース3 2 0は、履歴データおよびモデルを含むデータベースである。いくつかの実施形態では、データベース3 2 0は、W S Aサーバ3 1 0からリモートで保存される。いくつかの実施形態では、データベース3 2 0は分散型である。例示的な実施形態では、人はW S Aサーバ3 1 0にログオンすることにより、クライアントシステム3 2 5を介してデータベース3 2 0にアクセスすることができる。

#### 【0054】

図4は、クライアントシステム3 2 5（図3に示す）の一例の構成を示す。ユーザコンピュータ装置4 0 2はユーザ4 0 1によって操作される。ユーザコンピュータ装置4 0 2は、第1の測定装置1 1 0、第2の測定装置1 2 5、ウエハ表面解析コンピュータ装置1 1 5、ナノトポグラフィ測定装置1 4 5（すべて図1に示す）、測定装置3 0 5、W S Aコンピュータ装置3 1 0、およびクライアントシステム3 2 5（すべて図3に示す）を含むが、これらに限定されない。ユーザコンピュータ装置4 0 2は、命令を実行するためのプロセッサ4 0 5を含む。いくつかの実施形態では、実行可能な命令はメモリ領域4 1 0に格納される。プロセッサ4 0 5は、1つまたは複数の処理ユニット（例えば、マルチコア構成）を含んでもよい。メモリ領域4 1 0は、実行可能な命令および/またはトランザクションデータなどの情報を格納および取得できる任意の装置である。メモリ領域4 1 0は、1つ以上のコンピュータ読み取り可能な媒体を含んでもよい。

10

20

30

40

50

## 【0055】

ユーザコンピュータ装置402は、ユーザ401に情報を提示するための少なくとも1つのメディア出力コンポーネント415も含む。メディア出力コンポーネント415は、ユーザ401に情報を伝達できる任意のコンポーネントである。いくつかの実施形態では、メディア出力コンポーネント415は、ビデオアダプタおよび/またはオーディオアダプタなどの出力アダプタ(図示せず)を含む。出力アダプタはプロセッサ405に動作可能に結合されており、ディスプレイ装置(例えば、陰極線管(CRT)、液晶ディスプレイ(LCD)、発光ダイオード(LED)ディスプレイ、または「電子インク」ディスプレイ)またはオーディオ出力装置(例えば、スピーカまたはヘッドフォン)などの出力装置に動作可能に結合可能である。いくつかの実施形態では、メディア出力コンポーネント415は、グラフィカルユーザインターフェイス(例えば、ウェブブラウザおよび/またはクライアントアプリケーション)をユーザ401に提示するように構成される。グラフィカルユーザインターフェイスは、例えば、1つまたは複数のウエハの分析結果を表示するためのインターフェイスを含んでもよい。いくつかの実施形態では、ユーザコンピュータ装置402は、ユーザ401からの入力を受信するための入力装置420を含む。ユーザ401は、入力装置420を使用して、例えば、分析結果を表示するウエハを選択することができる。入力装置420は、例えば、キーボード、ポインティング装置、マウス、スタイラス、タッチセンシティブパネル(例えば、タッチパッドまたはタッチスクリーン)、ジャイロスコープ、加速度計、位置検出器、生体認証入力装置、および/またはオーディオ入力装置を含むことができる。タッチスクリーンなどの単一のコンポーネントは、メディア出力コンポーネント415の出力装置および入力装置420の両方として機能する場合がある。

10

20

## 【0056】

ユーザコンピュータ装置402は、通信インターフェイス425も含み、WSAサーバ310(図3に示す)などのリモート装置と通信可能に結合される場合がある。通信インターフェイス425は、例えば、有線または無線ネットワークアダプタ、および/または移動通信ネットワークで使用するための無線データ送受信機を含んでもよい。

## 【0057】

メモリ領域410に格納されるのは、例えば、メディア出力コンポーネント415を介してユーザ401にユーザインターフェイスを提供し、オプションとして入力装置420からの入力を受信および処理するためのコンピュータが読み取り可能な命令である。ユーザインターフェイスは、例えばウェブブラウザおよび/またはクライアントアプリケーションを含むことができる。ウェブブラウザは、ユーザ401などのユーザが、WSAサーバ310からウェブページまたはウェブサイトに通常埋め込まれているメディアおよびその他の情報を表示し、それらとやりとりすることを可能にする。クライアントアプリケーションは、ユーザ401が、例えばWSAサーバ310とやりとりすることを可能にする。例えば、指示がクラウドサービスによって保存され、その指示の実行の出力がメディア出力コンポーネント415に送信される場合がある。

30

## 【0058】

プロセッサ405は、本開示の側面を実施するためのコンピュータ実行可能命令を実行する。いくつかの実施形態では、プロセッサ405は、コンピュータ実行可能命令を実行するか、またはその他の方法でプログラムされることによって、特殊目的マイクロプロセッサに変換される。

40

## 【0059】

図5は、図3に示すサーバシステム310の一例の構成を示す。サーバコンピュータ装置501は、WSAコンピュータ装置115(図1に示す)、データベースサーバ315、およびWSAサーバ310(両方とも図3に示す)を含むが、これらに限定されない。サーバコンピュータ装置501は、命令を実行するためのプロセッサ505も含む。命令は、メモリ領域510に格納される場合がある。プロセッサ505は、1つまたは複数の処理ユニット(例えば、マルチコア構成)を含む場合がある。

50

## 【 0 0 6 0 】

プロセッサ 5 0 5 は、サーバコンピュータ装置 5 0 1 が、別のサーバコンピュータ装置 5 0 1、別の W S A サーバ 3 1 0、またはクライアントシステム 3 2 5 ( 図 3 に示す ) などのリモート装置と通信できるように、通信インターフェイス 5 1 5 と動作可能に結合される。例えば、図 3 に示されているように、通信インターフェイス 5 1 5 は、インターネットを介してクライアントシステム 3 2 5 からのリクエストを受信することがある。

## 【 0 0 6 1 】

プロセッサ 5 0 5 は、ストレージ装置 5 3 4 に動作可能に結合されることもある。ストレージ装置 5 3 4 は、データベース 3 2 0 ( 図 3 に示す ) に関連するデータなど、データを保存および / または取得するのに適した、コンピュータで動作する任意のハードウェアである。いくつかの実施形態では、ストレージ装置 5 3 4 はサーバコンピュータ装置 5 0 1 に統合されている。例えば、サーバコンピュータ装置 5 0 1 は、ストレージ装置 5 3 4 として 1 つ以上のハードディスクドライブを含んでもよい。他の実施形態では、ストレージ装置 5 3 4 はサーバコンピュータ装置 5 0 1 の外部にあり、複数のサーバコンピュータ装置 5 0 1 によってアクセスされる場合がある。例えば、ストレージ装置 5 3 4 は、ストレージエリアネットワーク ( S A N )、ネットワーク接続ストレージ ( N A S ) システム、および / またはハードディスクおよび / またはソリッドステートディスクなどの複数のストレージユニットを、低価格ディスクの冗長アレイ ( R A I D ) 構成で含む場合がある。

10

## 【 0 0 6 2 】

プロセッサ 5 0 5 は、ストレージインターフェイス 5 2 0 を介してストレージ装置 5 3 4 に動作可能に結合されていてもよい。ストレージインターフェイス 5 2 0 は、プロセッサ 5 0 5 にストレージ装置 5 3 4 へのアクセスを提供するあらゆる構成要素である。ストレージインターフェイス 5 2 0 は、例えば、アドバンスド・テクノロジー・アタッチメント ( A T A ) アダプタ、シリアル A T A ( S A T A ) アダプタ、小型コンピュータ・システム・インターフェイス ( S C S I ) アダプタ、R A I D コントローラ、S A N アダプタ、ネットワークアダプタ、および / またはプロセッサ 5 0 5 にストレージ装置 5 3 4 へのアクセスを提供する任意のコンポーネントを含んでもよい。

20

## 【 0 0 6 3 】

プロセッサ 5 0 5 は、本開示の態様を実施するためのコンピュータ実行可能命令を実行する。いくつかの実施形態では、プロセッサ 5 0 5 は、コンピュータ実行可能命令を実行するか、またはその他の方法でプログラミングされることにより、特殊目的マイクロプロセッサに変換される。例えば、プロセッサ 5 0 5 は、図 2 に例示されているような命令でプログラミングされる。

30

## 【 0 0 6 4 】

図 6 は、測定装置 3 0 5 ( 図 3 に示す ) によって実行されるラインスキャンプロセス 6 0 0 の例を示す図である。例示的な実施形態では、プロセス 6 0 0 は、システム 1 0 0 ( すべて図 1 に示す ) の一部として、第 1 の測定装置 1 1 0、第 2 の測定装置 1 2 5、およびナノトポグラフィ測定装置 1 4 5 によって実行され、プロセス 2 0 0 ( 図 2 に示す ) が実行される。

40

## 【 0 0 6 5 】

ラインスキャンプロセス 6 0 0 によると、ウエハ W は、ウエハの第 1 の表面 6 0 5 A に接触する 1 つ以上の支持ピン 6 0 3 によって支持される。無重力状態のウエハの形状 ( 参照番号 6 0 7 で示す ) と支持された状態のウエハの形状 ( 参照番号 6 0 9 で示す ) との比較で示されているように、支持されたウエハ 6 0 9 の形状は、重力とウエハ W の質量との関数として偏向する。測定装置 3 0 5 は、支持されたウエハ 6 0 9 の直径に沿った第 1 のセンサ 6 2 1 A と第 1 の表面 6 0 5 A ( 例えば、前面 ) との間の複数の距離 ( 例えば、「距離 - B」 ) を測定するための第 1 の静電容量センサ 6 2 1 A を含む。同様に、測定装置 3 0 5 は、支持されたウエハ 6 0 9 の直径に沿った第 2 のセンサ 6 2 1 B と第 2 の表面 6 0 5 B ( 例えば裏面 ) との間の複数の距離 ( 例えば「距離 - F」 ) を測定するための第 2

50

の静電容量センサ 6 2 1 B を含む。得られたデータには、直径に対応するラインスキャンデータセットが含まれる。ラインスキャンデータセットは、支持されたウエハ 6 0 9 の直径に沿って第 1 のセンサ 6 2 1 A によって測定された複数の距離と、支持されたウエハ 6 0 9 の直径に沿って第 2 のセンサ 6 2 1 B によって測定された複数の距離とから構成される。ラインスキャンデータセットは、直径に沿ったウエハのプロファイルを示す。

#### 【 0 0 6 6 】

図 7 A および図 7 B は、例示的なラインスキャンプロセス 6 0 0 ( 図 6 に示す ) をさらに説明する図である。図 7 A および図 7 B は、特定の直径に沿ったウエハのプロファイルを示す複数のラインスキャンデータセットを取得するために測定装置 3 0 5 によって実行されるラインスキャンプロセス 6 0 0 を示す。図 7 A に示されているように、ウエハの第 1 の直径に沿って第 1 のラインスキャン ( 矢印 7 0 1 で示す ) が実行される。特に、第 1 のセンサ 6 2 1 A は、ウエハの第 1 の直径に沿った第 1 の方向において、第 1 の表面 6 0 5 A の上方の平面内で移動される。第 1 のセンサ 6 2 1 A は、予め定められた間隔 ( すなわち、ピッチ R、測定頻度 ) で、第 1 のセンサ 6 2 1 A とウエハの第 1 の表面 6 0 5 A との間の距離を測定する。予め定められた間隔は、図 7 A のウエハ W の表面にハッチングマークで示されている。例えば、第 1 のセンサ 6 2 1 A は、ウエハの第 1 の直径に沿って 1 または 2 mm 間隔で距離を測定してもよい。第 2 のセンサ 6 2 1 B は同様に、第 1 の方向に第 2 の表面 6 0 5 B の下の平面内で移動し、ウエハの第 1 の直径に沿って第 2 のセンサ 6 2 1 B と第 2 の表面 6 0 5 B との間の距離を測定する。ウエハの第 1 の直径は、基準点の関数として定義されてもよい。例えば、図示のプロセスでは、第 1 の直径はウエハの外周に位置する切り欠き N を通過する。

#### 【 0 0 6 7 】

図 7 B に図示されているように、第 1 のラインスキャン 7 0 1 を完了した後、ウエハ W は回転する ( 矢印 7 0 9 で示す ) 。特に、支持ピン 6 0 3 の下方に位置する回転ステージ 7 0 5 が上昇し、支持ピン 6 0 3 の上方にある位置 ( 参照番号 7 0 7 で示す ) までウエハ W を持ち上げる。ウエハを上昇位置 7 0 7 で支持しながら、回転ステージが回転する。その結果、ウエハは数度 ( ) 回転する。回転ステージ 7 0 5 が下降し、回転したウエハが支持ピン 6 0 3 上に再配置される。ウエハの第 2 の表面に対する支持ピン 6 0 3 の位置は、図 7 A および 7 B において破線で示されている。次に、ウエハの第 2 の直径に沿ったラインスキャン ( 矢印 7 1 5 で示す ) が実行される。図示されたプロセスに従って、第 1 および第 2 のセンサ 6 2 1 A および 6 2 1 B は、それぞれ、ウエハの第 2 の直径に沿って第 1 の方向と反対の第 2 の方向に、第 1 および第 2 の表面 6 0 5 A および 6 0 5 B に対応する平面内で移動される。第 1 のラインスキャン 7 0 1 に関連して上述したように、第 1 および第 2 のセンサ 6 2 1 A および 6 2 1 B は、それぞれ、ウエハの第 2 の直径に沿って予め定められた間隔で、センサ 6 2 1 A および 6 2 1 B とウエハの第 1 および第 2 の表面 6 0 5 A および 6 0 5 B との間の距離を測定する。回転 7 0 9 およびラインスキャン動作 7 0 1 および 7 0 5 は、複数のラインスキャンデータセットのそれぞれを取得するために繰り返される。

#### 【 0 0 6 8 】

測定装置 3 0 5 は、好適には、無重力状態 6 0 7 におけるウエハ形状を決定するために、自己質量補償アルゴリズムを使用する。自己質量補償は、ラインスキャンデータセット、ウエハ密度、弾性定数、ウエハの直径、および支持ピン 6 0 3 の位置の関数としてウエハの形状を決定する。一実施形態では、測定装置 3 0 5 は、ウエハ形状に基づいて 1 つまたは複数のウエハパラメータを測定する。ウエハパラメータは、反り、うねり、T T V ( 総厚さ変動 )、および / または G B I R ( グローバル裏面理想範囲 ) のうちの 1 つまたは複数を含んでもよい。

#### 【 0 0 6 9 】

図 8 A を参照すると、反りおよびうねりは一般的に基準面に関して決定される。基準面は、支持ピン 6 0 3 とウエハの表面 6 0 5 A との接触点の関数として定義される。具体的には、反りは、基準面からの中央領域の最大偏差と最小偏差の差の絶対値として定義され

る。中央領域は、ウエハの前面 605 B と裏面 605 A から等距離にある点の軌跡である。反りは、ウエハの中心における基準面からの偏差量として定義される。図 8 B を参照すると、GBIR および TTV はウエハの線形厚さ変動を反映し、ウエハの表面から基準面までの最大距離と最小距離との差に基づいて計算することができる。例えば、測定装置 305 は、図 9 A に例示されているように 4 つのラインスキャンデータセット、または図 9 B に例示されているように 8 つのラインスキャンデータセットを取得することができる。各ラインスキャンデータセットは、ウエハの直径方向のプロファイルを示す。

#### 【0070】

図 1 に示したシステム 100 を参照すると、グラインダ 120 によってグランドされたウエハのナノトポグラフィを測定するために測定装置 110、125、および 145 によって取得されたデータは、WSA コンピュータ装置 115 に送信される。例えば、ラインスキャンデータセットおよび / または決定されたウエハ形状が WSA コンピュータ装置 115 に送信されてもよい。WSA コンピュータ装置 115 は、スキャンデータを受信し、本明細書で説明されているように、受信したスキャンデータを処理するための複数の操作を実行するためのコンピュータ実行可能命令を実行する。特に、WSA コンピュータ装置 115 は、受信したスキャンデータに基づいて、ウエハの研磨後のナノトポグラフィを予測する。いくつかの実施形態では、WSA コンピュータ装置 115 は、予測されたウエハのナノトポグラフィに基づいてグランドパラメータを決定する。グラインダ 120 の動作は、それに応じて調整される。

#### 【0071】

WSA コンピュータ装置 115 は、受信したスキャンデータを処理するためのフィードバックプログラムにアクセスしてもよい。受信したスキャンデータは、ラインスキャンデータセットおよび / または研磨済みのウエハの決定されたウエハ形状を含んでもよい。特に、WSA コンピュータ装置 115 は、受信した反りデータに基づいて、ポリッシング後のウエハのナノトポグラフィを予測する。第 1 の測定装置 110 または第 2 の測定装置 125 がウエハを測定するときには、ウエハはまだポリッシングされていないため、ウエハのナノトポグラフィは、実際に測定されるのではなく、予測される。WSA コンピュータ装置 115 は、ウエハの予測されたナノトポグラフィに基づいて、1 つまたは複数のグランドパラメータを決定する。一実施形態では、WSA コンピュータ装置 115 はシフトパラメータを決定する。シフトパラメータは、グランドホイールの位置合わせのずれに起因するナノトポグラフィの劣化を低減するために、一对のグランドホイールを移動させる大きさおよび方向を示す。別の実施形態では、WSA コンピュータ装置 115 は、追加的または代替的に、傾斜パラメータを決定する。傾斜パラメータは、グランドホイールの位置合わせのずれに起因するナノトポグラフィの劣化を低減するために、ウエハに対する一对のグランドホイールの位置合わせの角度を示す。

#### 【0072】

決定されたパラメータに基づいて、グラインダ 120 または他のステーションの動作が調整される。例えば、グラインダ 120 の場合、決定されたシフトおよび / または傾斜パラメータによって指定されるように、グランドホイールが調整されてもよい。一実施形態では、グランドホイールは、決定されたシフトおよび / または傾斜パラメータと、事前に定義された補償量との関数として調整される。一実施形態では、グラインダ 120 は、決定されたグランドパラメータを受信し、決定されたグランドパラメータの関数としてグラインダ 120 の 1 つ以上の構成要素を調整するように構成される。別の実施形態では、決定されたグランドパラメータがオペレータに提供され、オペレータは決定されたグランドパラメータの関数としてグラインダ 120 の 1 つ以上の構成要素を調整するようにグラインダ 120 を構成する。

#### 【0073】

図 10 A は、グランド後の形状マップを、予測されたポリッシング後の NT マップに変換するために、トレーニングされたニューラルネットワークモデルを使用することを示す。図 10 B は、GAPI RMS マップを予測された IPD マップに変換するために、

トレーニングされたニューラルネットワークモデルを使用することを示す。ニューラルネットワークまたは他の人工知能または機械学習に基づくモデルであるGAN AIモデル1005は、入力画像1010を受信し、予測された出力画像を出力する1015。入力画像1010は、図10Aに示すような形状マップ、または図10Bに示すようなGAPI RMSマップを含むことができる。

【0074】

GAN AIモデル1005は、入力データ1010を出力マップ1015に関連させるために、大規模なデータセットでトレーニングされる。図10Aに示す最初の例では、4ラインスキャンまたは8ラインスキャンなどのグラインド後（またはスライス後）の欄データが、第1の測定装置110または第2の測定装置125（いずれも図1に示す）によって取得される。ラインデータは形状マップの作成に使用される。形状マップはモデル1005への入力画像1010として使用される。モデル1005は、出力画像1015として予測されたポリッシング後のナノトポグラフィ（NT）マップを出力する。いくつかの実施形態では、トレーニングされたモデル1005は、グラインド後の4ラインスキャンデータまたは8ラインスキャンデータ1010とNTマップ1015との間の相関をR2が約80%で提供する。

10

【0075】

図10Bに示す第2の例では、GAPI RMSマップは、第1の測定装置110または第2の測定装置125（いずれも図1に示す）によって取得される。GAPI RMSマップは、モデル1005への入力画像1010として使用される。モデル1005は、予測された形状に基づく面内歪み（IPD）マップを出力画像1015として出力する。いくつかの実施形態では、学習済みのモデル1005は、GAPI RMSマップ1010とIPDマップ1015との間の相関を、R2で約90%で提供する。

20

【0076】

NTマップおよびIPDマップの両方が利用可能になると、WSAコンピュータ装置310は、THA1010、THA2525、平均IPDなど、異なるパラメータ（これらに限定されない）を計算することができる。WSAコンピュータ装置310は、これらのパラメータを使用して、シリコンウエハの製造中のグラインディング、スライス、およびポリッシングプロセスを最適化することができる。

【0077】

図11Aは、ウエハ形状マップの画像を示す。最初の画像は入力画像1105、具体的にはグラインド後の滑らかなデータセットマップである。2番目の画像は、グラインド後の実際の測定ウエハである実際の画像（実像）1110である。グラインドされた実際の画像1110は、ナノトポグラフィ測定装置145（図1に示す）によって測定されてもよい。第3の画像は、予測NTマップ1115である。

30

【0078】

図11Bは、グラインド後の実際の画像1110と予測NTマップ1115（両方とも図11Aに示す）を比較するグラフの例を示す。この例では、グラインド後の実際の画像1110と予測NTマップ1115の両方に対してTH2525が計算される。図11Bのグラフは、計算されたTH2525に基づいて、グラインド後の実際の画像1110と予測NTマップ1115の間の相関関係を示している。相関プロットは、R二乗値が約0.788であることを示している。

40

【0079】

図12Aは、ウエハ形状マップの画像を示す。最初の画像は入力画像1205であり、具体的にはフィルタリングされたグラインド後のデータセットマップである。2番目の画像は、実際のポリッシング後の測定ウエハであるグラインド後の実際の画像1210である。グラインド後の実際の画像1210は、ナノトポグラフィ測定装置145（図1に示す）によって測定されてもよい。第3の画像は、予測NTマップ1215である。

【0080】

図12Bは、グラインド後の実際の画像1210と予測NTマップ1215（両方とも

50

図 1 2 A に示す) を比較するグラフの例を示す。この例では、グランド後の実際の画像 1 2 1 0 および予測 NT マップ 1 2 1 5 の両方について TH 2 5 2 5 が計算される。図 1 2 B のグラフは、計算された TH 2 5 2 5 に基づいてグランド後の実際の画像 1 2 1 0 と予測 NT マップ 1 2 1 5 との間の相関関係を示している。相関プロットは、R 二乗値が約 0 . 8 2 9 であることを示している。

【 0 0 8 1 】

図 1 3 A は、ウエハ形状マップの画像を示す。最初の画像は入力画像 1 3 0 5、具体的には G A P I R M S マップである。2 番目の画像は、実際のポリッシング後の測定ウエハであるグランド後の実際の画像 1 3 1 0 である。グランド後の実際の画像 1 2 1 0 は、ナトポグラフィ測定装置 1 4 5 ( 図 1 に示す ) によって測定されてもよい。第 3 の画像は、予測された I P D マップ 1 3 1 5 である。

10

【 0 0 8 2 】

図 1 3 B は、グランド後の実際の画像 1 2 1 0 と予測された I P D マップ 1 3 1 5 ( 両方とも図 1 3 A に示す ) を比較するグラフの例を示す。この例では、グランド後の実際の画像 1 3 1 0 および予測された I P D マップ 1 3 1 5 の両方について TH 2 5 2 5 が計算される。図 1 3 B のグラフは、計算された I P D に基づくグランド後の実際の画像 1 3 1 0 と予測された I P D マップ 1 3 1 5 との間の相関関係を示す。相関プロットは、R 二乗値が約 0 . 9 3 0 であることを示す。

【 0 0 8 3 】

ウエハ表面解析コンピュータ装置 1 1 5 ( 図 1 に示す ) などのコンピュータ装置は、少なくとも 1 つのプロセッサ 5 0 5 と、少なくとも 1 つのメモリ装置 5 1 0 ( 両方とも図 5 0 に示す ) とが通信可能に構成される。W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、組立ライン 1 0 0 ( 図 1 に示す ) の一部をシミュレートするための形状マップを変換するためのモデルを、少なくとも 1 つのメモリ装置 5 1 0 に保存するようにプログラムされている。W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、組立て中の製品の最初の検査のスキャンデータを受信する。第 1 の検査は、第 1 の検査ステーション ( 第 1 の測定装置 1 1 0 と呼ばれる。第 1 の測定装置 1 1 0 または第 2 の測定装置 1 2 5 ( いずれも図 1 に示す ) である場合がある。第 1 の検査ステーションは、組立ライン 1 0 0 における第 1 の装置 1 0 5 または 1 2 0 ( いずれも図 1 に示す ) に続く組立ライン 1 0 0 内にある。

20

【 0 0 8 4 】

W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、第 1 の検査のスキャンデータから形状マップも生成し、形状マップを入力として使用してモデルを実行し、製品の最終的な形状マップを生成する。W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、最終的な形状マップを 1 つまたは複数の閾値と比較し、最終的な形状マップが 1 つまたは複数の閾値のうち少なくとも 1 つを超えるかどうかを判断する。最終形状マップが 1 つまたは複数の閾値のうち少なくとも 1 つを超えると判定された場合、W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、第 1 の装置を調整させる。

30

【 0 0 8 5 】

W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、最終的な形状マップから 1 つまたは複数の製品属性を計算することもできる。W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、1 つまたは複数の製品属性を 1 つまたは複数の閾値と比較する。1 つまたは複数の製品属性が 1 つまたは複数の閾値を超える場合、W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、第 1 の装置を調整させる。

40

【 0 0 8 6 】

形状マップは、好適には、グランド後の形状マップおよび G A P I R M S ( 二乗平均平方根 ) マップのうちの一つである。次に、最終的な形状マップは、それぞれポリッシング後のナトポグラフィマップおよび面内歪み ( I P D ) マップのうちの一つである。モデルは、部分的に処理された製品および完全に処理された製品の過去の画像でトレーニングされた生成的敵対的ネットワーク ( G A N ) 人工知能モデルである。このモデルは、入力された形状マップを、最終的な製品の形状マップのシミュレーションに変換する。

【 0 0 8 7 】

形状マップは第 1 の形状マップであり、最終的な形状マップは第 1 の最終的な形状マッ

50

ブである。これらの実施形態では、W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、スキャンデータから第 2 の形状マップを生成する。第 2 の形状マップは、第 1 の形状マップとは異なる方法で生成される。W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、第 2 の形状マップを製品の第 2 の最終形状マップを生成するための入力として使用してモデルを実行する。W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、第 1 の最終形状マップおよび第 2 の最終形状マップから 1 つまたは複数の製品属性を計算する。W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、1 つまたは複数の製品属性を 1 つまたは複数の閾値と比較する。1 つまたは複数の製品属性が 1 つまたは複数の閾値を超える場合、W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、第 1 の装置を調整させる。これらの実施形態では、第 1 の形状マップはグラインド後の形状マップであり、第 1 の最終形状マップはポリッシング後のナノトポグラフィマップであり、第 2 の形状マップは G A P I R M S (二乗平均平方根) マップであり、第 2 の最終形状マップは面内歪み ( I P D ) マップである。

**【 0 0 8 8 】**

スキャンデータは、製品の 4 つのラインスキャンデータまたは 8 つのラインスキャンデータのうちの 1 つである。製品は上述の半導体ウエハであり、第 1 の装置はグラインダまたはスライサのうちの 1 つである。第 1 の検査ステーションは、ナノトポグラフィ測定装置を含む。

**【 0 0 8 9 】**

W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、最終形状マップを 1 つ以上の閾値およびモデルと比較することに基づいて、第 1 の装置に対する 1 つ以上の調整を生成する。W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、1 つ以上の調整をユーザおよび第 1 装置の少なくとも一方に送信する。

**【 0 0 9 0 】**

最終形状マップが 1 つまたは複数の閾値の少なくとも 1 つを超えると判定された場合、W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、複数の過去の検査を分析して傾向を決定する。次に、W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、その傾向に基づいて、その後の製品のその後の検査が 1 つまたは複数の閾値の少なくとも 1 つを超える可能性があるかどうかを予測する。さらに、W S A コンピュータ装置 1 1 5 は、傾向に基づいて第 1 の装置を調整する。

**【 0 0 9 1 】**

このシステムによって技術的問題に対処するために可能となる技術的解決策の少なくとも 1 つは、以下を含み得る。( i ) ウエハ表面の分析の改善、( i i ) 誤動作または不適切なアライメントに起因する材料の損失の減少、( i i i ) ウエハ分析の速度の向上、( i v ) ウエハ分析の精度の向上、( v ) グラインダに対する不必要な調整の減少、( v i ) 偽陽性および偽陰性の減少、( v i i ) 各個別の生産ラインに合わせて較正された最新分析。

**【 0 0 9 2 】**

コンピュータで実施される方法には、本明細書の他の箇所で説明されているものを含む、追加の、より少ない、または代替の動作が含まれる場合がある。これらの方法は、1 つまたは複数のローカルまたはリモートのプロセッサ、トランシーバ、サーバ、および/またはセンサ(車両またはモバイル装置に搭載された、またはスマートインフラストラクチャまたはリモートサーバに関連付けられたプロセッサ、トランシーバ、サーバ、および/またはセンサなど)を介して、および/または非一時的なコンピュータ可読媒体または媒体に格納されたコンピュータ実行可能命令を介して実施することができる。

**【 0 0 9 3 】**

さらに、コンピュータシステムは、本明細書の他の箇所で説明されているものを含め、追加の、より少ない、または代替の機能を含んでもよい。コンピュータシステムは、非一時的なコンピュータ可読媒体または媒体に格納されたコンピュータ実行可能命令によって、またはそれらを介して、含んでもよいし、実装されてもよい。

**【 0 0 9 4 】**

プロセッサまたは処理エレメントは、教師ありまたは教師なしの機械学習を使用してト

10

20

30

40

50

レーニングされてもよく、機械学習プログラムは、畳み込みニューラルネットワーク、ディープラーニングニューラルネットワーク、強化または強化学習モジュールまたはプログラム、または2つ以上の関心分野または領域で学習する複合学習モジュールまたはプログラムであるニューラルネットワークを採用してもよい。機械学習は、その後のデータの予測を容易にするために、既存のデータにおけるパターンの識別および認識を含む場合がある。新規の入力に対する有効かつ信頼性の高い予測を行うために、例となる入力に基づいてモデルを作成する場合がある。

【0095】

さらにまたは代替として、機械学習プログラムは、画像、対象の統計および情報、過去の推定、および/または実際の修理費用などのサンプルデータセットまたは特定のデータをプログラムに入力することにより、トレーニングされる場合がある。機械学習プログラムは、主にパターン認識に焦点を当てたディープラーニングアルゴリズムを利用することができ、複数の例を処理した後に訓練される場合がある。機械学習プログラムは、ベイズプログラム学習(BPL)、音声認識および合成、画像または物体認識、光学文字認識、および/または自然言語処理を、個別にまたは組み合わせて含む場合がある。機械学習プログラムは、自然言語処理、意味解析、自動推論、および/または機械学習も含む場合がある。

10

【0096】

教師ありおよび教師なしの機械学習技術が使用される場合がある。教師あり機械学習では、処理要素は、入力例およびそれに関連する出力を含み、入力を出力にマッピングする一般的な規則を発見しようとすることがあり、これにより、その後に新規の入力が提供された場合に、処理要素は、発見された規則に基づいて、正確な出力を正確に予測することができる。教師なし機械学習では、処理要素は、ラベルのない入力例から自身の構造を見つけることが要求される場合がある。一実施形態では、機械学習技術を使用して、ウエハ表面のナノトポグラフィに関するデータを抽出して、将来の状態を予測することがある。

20

【0097】

これらの分析に基づいて、処理要素は、画像データ、モデルデータ、および/またはその他のデータの分析に適用できる特性およびパターンを特定する方法を学習することができる。例えば、処理要素は、グラインド後およびポリッシング後の測定値の比較に基づいて、グラインダが位置ずれを起こす前に現れる傾向を特定する方法を学習することができる。また、処理要素は、収集されたスキャンデータに基づいて、グラインダが位置ずれを起こす前に現れる傾向など、容易には明らかにならない傾向を特定する方法を学習することもできる。

30

【0098】

方法およびシステムは、コンピュータプログラミングまたはコンピュータソフトウェア、ファームウェア、ハードウェア、またはそれらの任意の組み合わせもしくはサブセットを含むエンジニアリング技術を使用して実施することができる。上記で開示したように、先行するシステムにおける少なくとも一つの技術的問題は、ナノトポグラフィを予測するためのデータを分析するための費用対効果が高く信頼性の高いシステムが必要であることである。本明細書で説明するシステムおよび方法は、その技術的問題に対処するものである。さらに、このシステムによって技術的問題を克服する技術的解決策の少なくとも一つは、以下のものを含み得る。すなわち、(i)ウエハ表面の分析の改善、(ii)誤動作または不適切なアライメントに起因する材料の損失の減少、(iii)ウエハ分析の速度の向上、(iv)ウエハ分析の精度の向上、および(v)個々の生産ラインごとに較正された最新分析。

40

【0099】

上述の方法およびシステムは、コンピュータプログラミングまたはコンピュータソフトウェア、ファームウェア、ハードウェア、またはそれらの任意の組み合わせもしくはサブセットを含むエンジニアリング技術を使用して実施することができ、その場合、以下のステップのうち少なくとも一つを実行することによって技術的効果が達成される。(a)少

50

なくとも1つのメモリ装置に、組立ラインの一部をシミュレートするためのモデルを格納する。b)組立中の製品の最初の検査のスキャンデータを受信する。最初の検査は、組立ラインの最初の装置に続く組立ラインの最初の検査ステーションで位置決めされる。c)スキャンデータを入力として使用してモデルを実行し、製品の最終プロファイルを生成する。d)最終プロファイルを1つ以上の閾値と比較する。e)最終プロファイルが1つ以上の閾値のうち少なくとも1つを超えるかどうかを判断する。f)最終プロファイルが1つ以上の閾値のうち少なくとも1つを超えるという判断がなされた場合、第1の装置を調整させる。g)組立ラインの一部をシミュレーションするためのモデルを、その組立ラインの複数の検査データに基づいて生成する。組立ラインには、組立ラインの第2の装置に続く第2の検査ステーションが含まれ、組立ラインの第2の装置に続く第2の検査ステーションを含み、モデルが、第2の検査ステーションに到達した際の製品の実際のプロファイルをシミュレートする製品の最終プロファイルを生成し、第2の検査ステーションが組立ラインの完了後に配置され、複数の検査データが、第1の検査ステーションにおける複数の個々の製品の第1の複数のスキャンデータと、第2の検査ステーションにおける複数の個々の製品の第2の複数のスキャンデータとを含む、h)第2の検査ステーションで組み立て中の製品の第2の検査のスキャンデータを受信する。h)第2の検査ステーションで組み立て中の製品の第2の検査のスキャンデータを受信する。i)第2の検査のスキャンデータを最終プロファイルと比較する。j)比較に基づいてモデルを調整する。k)最終プロファイルと1つまたは複数の閾値およびモデルとの比較に基づいて、第1の装置に対する1つまたは複数の調整を生成する。l)1つまたは複数の調整を、ユーザおよび第1の装置の少なくとも一方に送信する。m)最終プロファイルが1つ以上の閾値の少なくとも1つを超えるという判定がなされた場合、以下のステップのうち少なくとも1つが実行される。i)複数の過去の検査を分析して傾向を決定する。ii)その後の製品のその後の検査が、その傾向に基づいて1つ以上の閾値の少なくとも1つを超える可能性があるかどうかを予測する。iii)その傾向に基づいて第1の装置を調整する。

10

20

**【0100】**

これらの方法は、1つまたは複数のローカルまたはリモートのプロセッサ、トランシーバ、サーバ、および/またはセンサ(車両または移動装置に搭載された、またはスマートインフラストラクチャまたはリモートサーバに関連付けられたプロセッサ、トランシーバ、サーバ、および/またはセンサなど)を介して、および/または非一時的なコンピュータ可読媒体または媒体に格納されたコンピュータ実行可能命令を介して実施することができる。さらに、本明細書で説明されるコンピュータシステムは、本明細書の他の箇所で説明されるものを含め、追加、削減、または代替の機能を含んでもよい。本明細書で説明されるコンピュータシステムは、非一時的なコンピュータ可読媒体または媒体に格納されたコンピュータ実行可能命令を含んでもよいし、またはそれらを介して実装されてもよい。

30

**【0101】**

本明細書で使用される場合、「非一時的コンピュータ可読媒体」という用語は、コンピュータ可読命令、データ構造、プログラムモジュールおよびサブモジュール、または任意の装置内のその他のデータなど、情報の短期および長期保存のための任意の方法または技術で実装される任意の有形コンピュータベースの装置の代表であることを意図している。従って、本明細書に記載された方法は、実行可能な命令として、有形かつ一時的でないコンピュータ可読媒体(記憶装置および/またはメモリ装置を含むが、これらに限定されない)にエンコードすることができる。このような命令は、プロセッサによって実行されると、プロセッサに本明細書に記載の方法の少なくとも一部を実行させる。さらに、本明細書で使用される場合、「恒久的でないコンピュータ可読媒体」という用語は、揮発性および不揮発性媒体、およびリムーバブルおよびファームウェア、物理的および仮想ストレージ、CD-ROM、DVD、ネットワークやインターネットなどのその他のデジタルソース、およびまだ開発されていないデジタル手段(一時的な伝播信号を唯一の例外とする)を含む。

40

**【0102】**

50

本明細書の記述では、最良のモードを含む様々な実施態様を開示するために例を用いており、また当業者が任意の装置またはシステムの作成および使用、および組み込まれた方法の実行を含む様々な実施態様を実施できるようにしている。開示の特許可能な範囲は特許請求の範囲によって定義されており、当業者に思い浮かぶ他の例を含めることができる。このような他の例は、クレームの文言と異なることのない構造的要素を有する場合、またはクレームの文言と実質的な差異のない同等の構造的要素を含む場合には、クレームの範囲内であることが意図されている。

【0103】

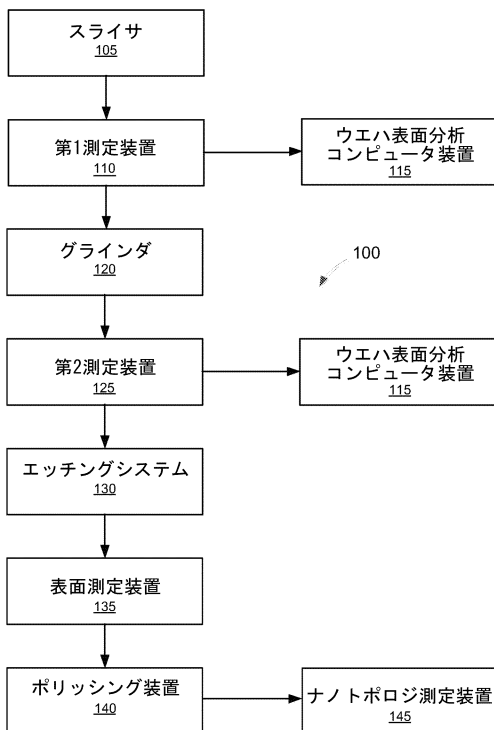
本開示またはその実施形態の要素を導入する際、「1つの(a)」、「1つの(an)」、「その(the)」、および「該(said)」という冠詞は、その要素が1つ以上存在することを意味する。「含む(comprising)」、「含む(including)」、「含む(containing)」、「有する(having)」という用語は、包括的な意味であり、列挙された要素以外の追加の要素が存在し得ることを意味する。特定の方向を示す用語(例えば、「上(top)」、「下(bottom)」、「側面(side)」など)の使用は、説明の便宜を図るためのものであり、説明される物品の特定の方向を要求するものではない。

【0104】

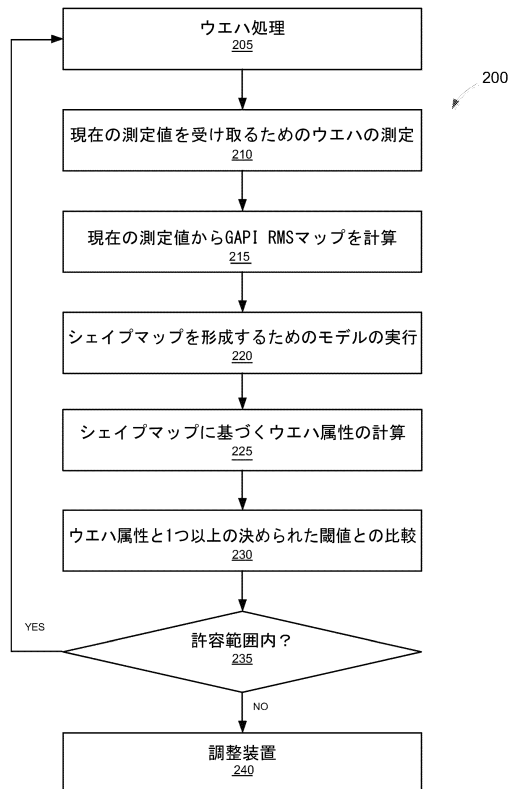
開示の範囲から逸脱することなく、上記の構造および方法に様々な変更を加えることができるため、上記の説明に記載され、添付の図面に示されるすべての事項は、例示的なものであり、限定的なものではないと解釈されるべきである。

【図面】

【図1】



【図2】



10

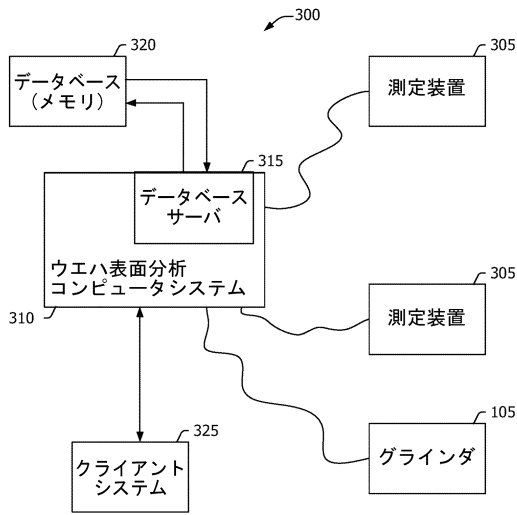
20

30

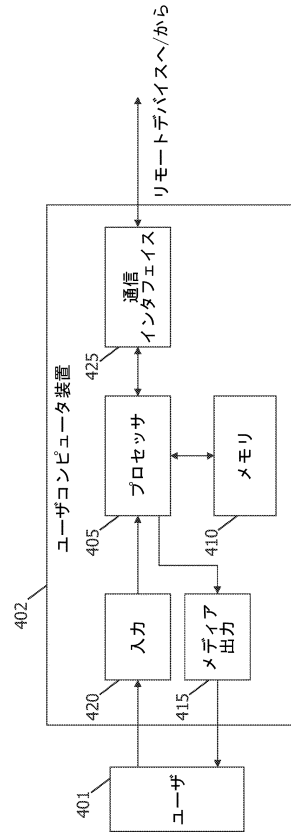
40

50

【 図 3 】



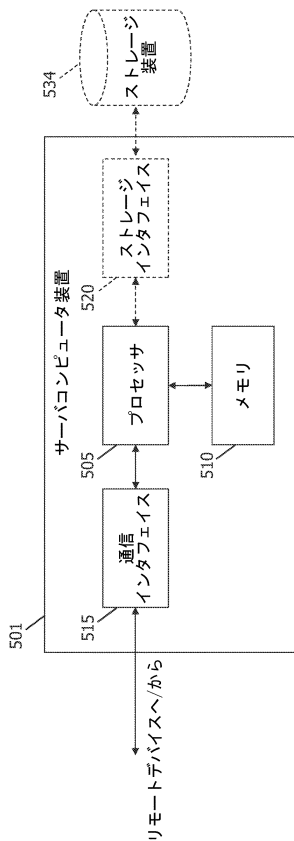
【 図 4 】



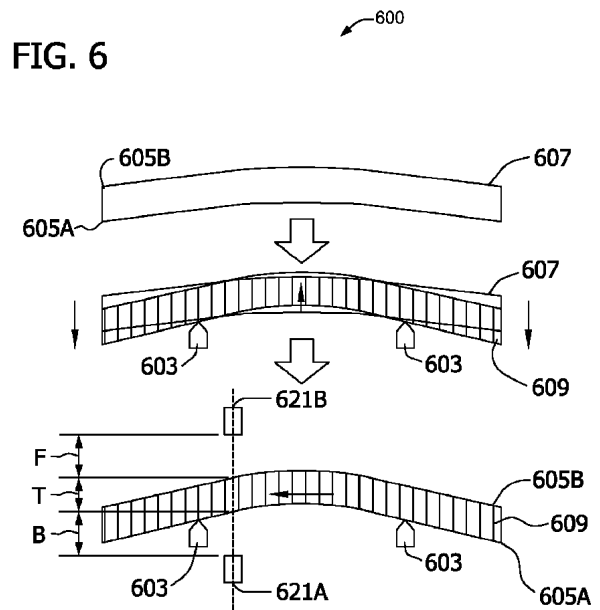
10

20

【 図 5 】



【 図 6 】



30

40

50

【 図 7 A 】

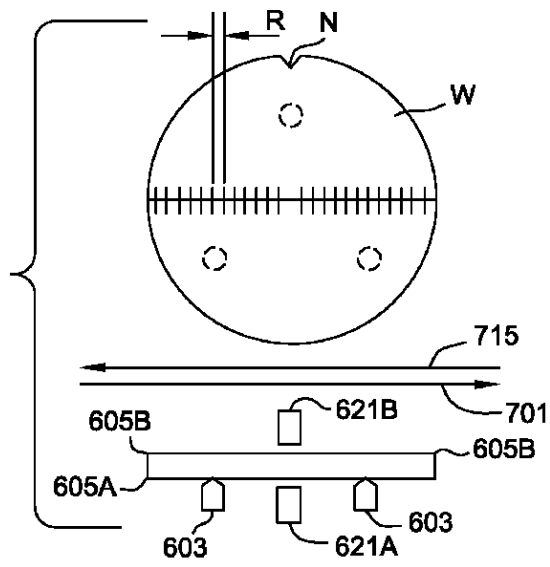


FIG. 7A

【 図 7 B 】

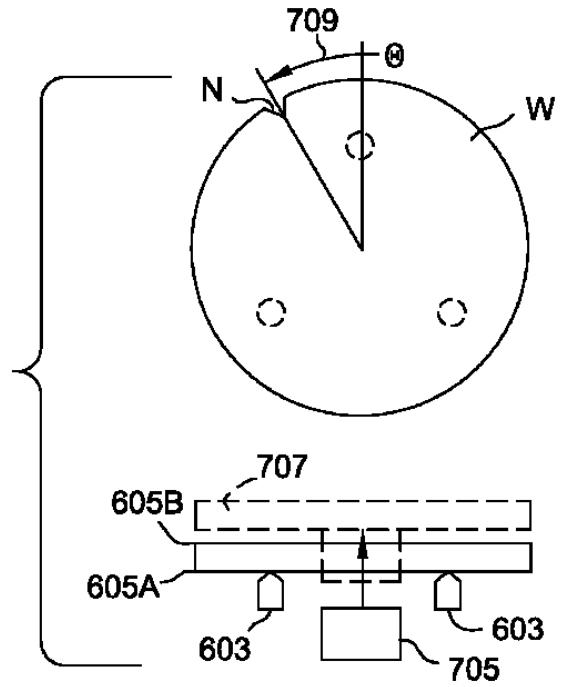
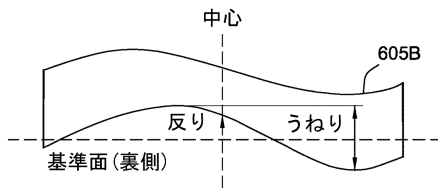


FIG. 7B

10

20

【 図 8 A 】



【 図 8 B 】

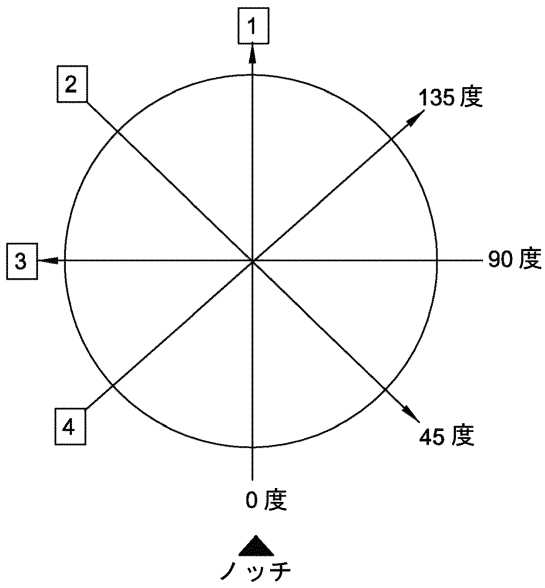


30

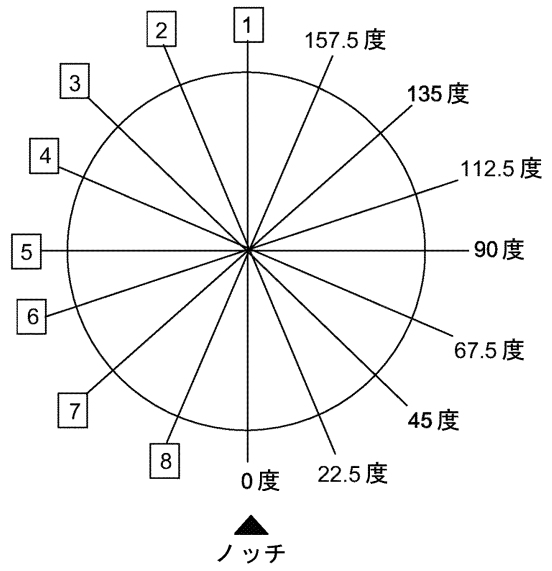
40

50

【図 9 A】



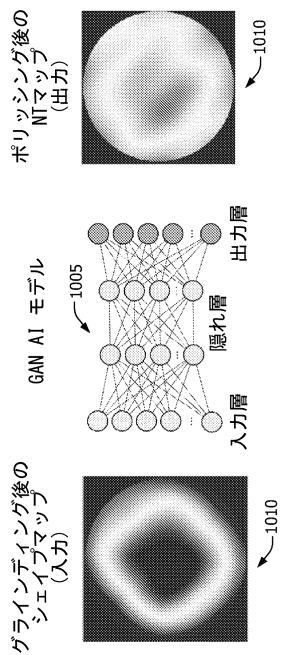
【図 9 B】



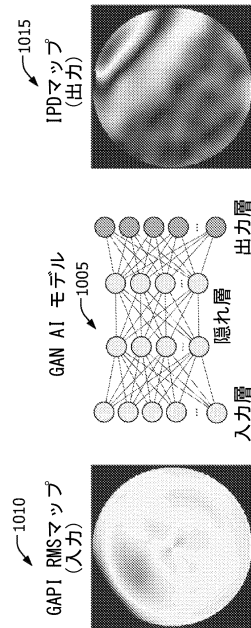
10

20

【図 10 A】



【図 10 B】

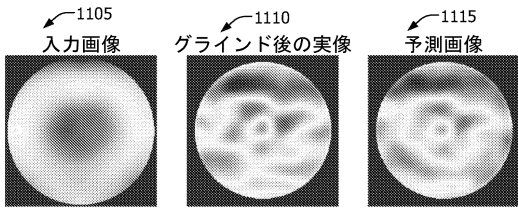


30

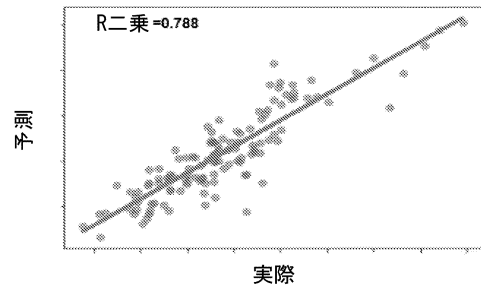
40

50

【図 1 1 A】

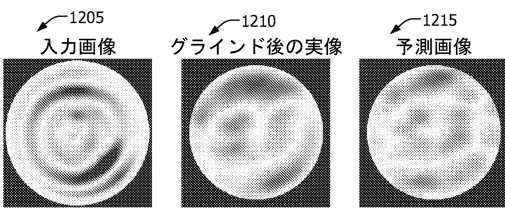


【図 1 1 B】

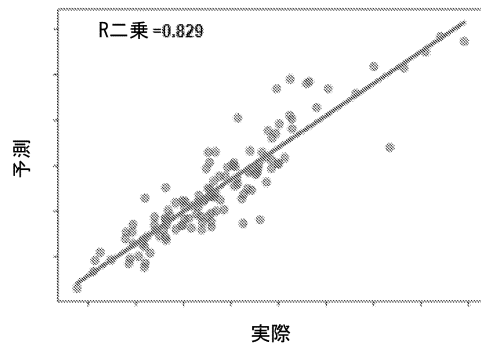


10

【図 1 2 A】

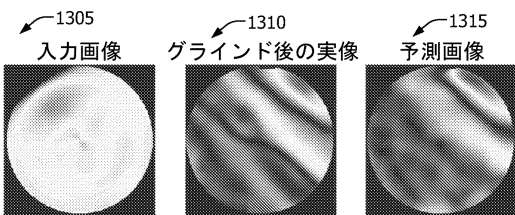


【図 1 2 B】

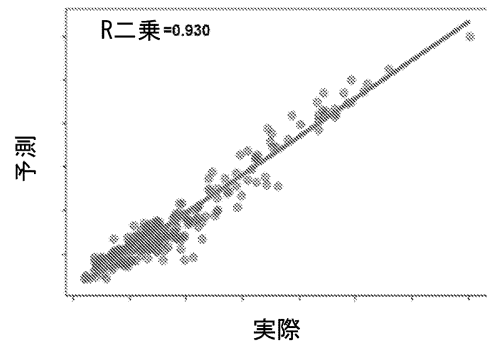


20

【図 1 3 A】



【図 1 3 B】



30

40

50

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/US2023/063117

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <b>INV. G05B19/418</b> <b>ADD.</b>  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) <b>G05B</b>		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) <b>EPO-Internal</b>		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<b>US 2021/247748 A1 (BHAGAVAT SUMEET S [US])</b> <b>12 August 2021 (2021-08-12)</b> <b>paragraphs [0008], [0027], [0037],</b> <b>[0043], [0044], [0053], [0073]</b> -----	1-20
X	<b>KR 2022 0019717 A (TOKYO ELECTRON LTD</b> <b>[JP]) 17 February 2022 (2022-02-17)</b> <b>paragraphs [0049], [0052], [0053],</b> <b>[0054], [0062], [0082]</b> -----	1-20
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		
<input checked="" type="checkbox"/> 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 application or patent 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 <b>16 June 2023</b>		Date of mailing of the international search report <b>28/06/2023</b>
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer <b>Bassi, Luca</b>

10

20

30

40

4

50

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No  
**PCT/US2023/063117**

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
<b>US 2021247748 A1</b>	<b>12-08-2021</b>	<b>CN 115244472 A</b>	<b>25-10-2022</b>
		<b>EP 4104023 A1</b>	<b>21-12-2022</b>
		<b>JP 2023513276 A</b>	<b>30-03-2023</b>
		<b>KR 20220140793 A</b>	<b>18-10-2022</b>
		<b>TW 202137026 A</b>	<b>01-10-2021</b>
		<b>US 2021247748 A1</b>	<b>12-08-2021</b>
		<b>US 2022334568 A1</b>	<b>20-10-2022</b>
		<b>WO 2021162887 A1</b>	<b>19-08-2021</b>
-----			
<b>KR 20220019717 A</b>	<b>17-02-2022</b>	<b>CN 113994255 A</b>	<b>28-01-2022</b>
		<b>JP 7204911 B2</b>	<b>16-01-2023</b>
		<b>JP 2023052161 A</b>	<b>11-04-2023</b>
		<b>JP WO2020246366 A1</b>	<b>10-12-2020</b>
		<b>KR 20220019717 A</b>	<b>17-02-2022</b>
		<b>TW 202115390 A</b>	<b>16-04-2021</b>
		<b>US 2022237770 A1</b>	<b>28-07-2022</b>
		<b>WO 2020246366 A1</b>	<b>10-12-2020</b>
-----			

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 L

21/02

Z

テーマコード (参考)

,MC,ME,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1 . M y S Q L

アメリカ合衆国 6 3 3 7 6 ミズーリ州セント・ピーターズ、パール・ドライブ 5 0 1

(72)発明者 バガバト, スミート エス

アメリカ合衆国 6 3 3 7 6 ミズーリ州セント・ピーターズ、パール・ドライブ 5 0 1

F ターム (参考) 4M106 AA01 CA24 DJ18 DJ20 DJ27

5F057 AA19 BA11 BB03 CA27 DA11 FA46 GA17 GB17