

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6013317号  
(P6013317)

(45) 発行日 平成28年10月25日(2016.10.25)

(24) 登録日 平成28年9月30日(2016.9.30)

(51) Int.Cl.

H01L 21/304 (2006.01)  
B24B 7/17 (2006.01)

F 1

H01L 21/304 622G  
H01L 21/304 621A  
H01L 21/304 622R  
B24B 7/17 Z

請求項の数 10 (全 37 頁)

(21) 出願番号 特願2013-500633 (P2013-500633)  
 (86) (22) 出願日 平成23年3月18日 (2011.3.18)  
 (65) 公表番号 特表2013-524484 (P2013-524484A)  
 (43) 公表日 平成25年6月17日 (2013.6.17)  
 (86) 國際出願番号 PCT/IB2011/051152  
 (87) 國際公開番号 WO2011/117792  
 (87) 國際公開日 平成23年9月29日 (2011.9.29)  
 審査請求日 平成26年3月17日 (2014.3.17)  
 (31) 優先権主張番号 61/317,919  
 (32) 優先日 平成22年3月26日 (2010.3.26)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 392026316  
 エムイーエムシー・エレクトロニック・マ  
 テリアルズ・インコーポレイテッド  
 MEMC ELECTRONIC MATERIALS, INCORPORATED  
 アメリカ合衆国63376ミズーリ州セ  
 ント・ピーターズ、パール・ドライブ50  
 1番  
 (74) 代理人 100100158  
 弁理士 鮫島 瞳  
 (74) 代理人 100138863  
 弁理士 言上 恵一  
 (74) 代理人 100145403  
 弁理士 山尾 憲人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】同時両面ウエハ研削盤における静水圧パッド圧力調節

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

両面研磨盤により行われる研削操作の間に、一对の研削砥石と一对の静水圧パッドとの間にウエハを保持する種類の両面研削盤を用いて半導体ウエハを処理する方法であって、該方法が

研削操作の第1段階において、静水圧パッド内に第1静水圧を確立してウエハを最初にクランプすること、

両面研削盤の研削砥石によって使用される電流量を測定すること、

両面研削盤の研削砥石によって使用される、測定された電流量に基づいて、研削操作の3つの段階の1つを決定すること、

研削操作の第2段階でウエハを研削する間に、第1静水圧よりも低い第2静水圧まで静水圧を低下させること、および

研削操作の第3段階の間ににおいて、第3静水圧まで静水圧を上昇させて、静水圧パッドによりウエハをクランプし、それにより、処理されたウエハにおけるナノトポロジーを改善すること、を含み、

第1段階は、ウエハが静水圧パッドによってクランプされる最初の期間に対応し、

第2段階は、研削操作が除去する間のうち、最も多くの材料が除去される第2の期間に対応する、方法。

## 【請求項2】

10

20

第3静水圧が、第1静水圧と等しい、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

第2段階において、ウエハを研削する間、研削砥石によってウエハをクランプする、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

流れ制御弁を使用することによって静水圧を変更する、請求項1に記載の方法。

【請求項5】

ウエハを、垂直な平面上に保持する、請求項1に記載の方法。

【請求項6】

測定された電流が残留状態から初期状態まで増加したときに、研削操作の段階が第1段階であると決定することを更に含む、請求項1に記載の方法。 10

【請求項7】

測定された電流がそのピークレベルである場合に、研削操作の段階が第2段階であると決めることを更に含む、請求項1に記載の方法。

【請求項8】

測定された電流がそのピークレベルから減少したときに、研削操作の段階が第3段階であると決定することを更に含み、

測定された電流がそのピークレベルから減少したとの決定に応じて、静水圧を増加する、請求項7に記載の方法。

【請求項9】

一対の研削砥石と、プロセッサと、一対の静水圧パッドと、流れ制御弁と、を含む両面研削盤であって、

研削砥石と静水圧パッドとが、一対の研削砥石の間に配置されたウエハの第1部分および一対の静水圧パッドの間に配置されたウエハの第2部分とを備えた平坦なウエハとを同一平面で保持するように作動でき、

プロセッサが、研削砥石によって使用される電流量を測定するように作動し、

静水圧パッドが、静水圧を維持するようにそこを通過して流れる水を含み、

流れ制御弁が、パッドを通過する水の流速を制御しそれにより静水圧を制御するように作動し、

プロセッサは、研削砥石によって使用される、測定された電気量に基づいて、切削プロセスの段階を検出するパターン検出ソフトウェアプログラムを実行し、 30

プロセッサは、パターン検出ソフトウェアプログラムによって検出された段階に応じて、流れ制御弁を通過する水の流速を制御するように作動する両面研削盤。

【請求項10】

パターン検出ソフトウェアプログラムが研削プロセスの研削段階を検出した場合に、プロセッサが、弁を通過する水の流速を増加するように流れ制御弁を制御する、請求項9に記載の研削盤。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この開示は、概して、半導体ウエハを同時に両面研削することに関し、とりわけ、改善されたウエハナノトポロジーのために両面研削する装置および方法に関する。 40

【背景技術】

【0002】

一般的に、半導体ウエハは、回路がプリントされる集積回路（IC）チップの製造に用いられる。まず、回路を、小型形態でウエハ表面上にプリントし、次いで、ウエハを分割して回路チップにする。しかし、この小さな回路は、ウエハ表面に亘って回路を適切にプリントできることを保証するためには、ウエハ表面が極めて平坦かつ平行であることを必要とする。これを達成するためには、ウエハをインゴットから切り出した後、一般的には研削プロセスを用いて、にウエハのとある特徴（例えば、平坦度および平行度）を改善する。 50

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0003】

同時両面研削は、同時にウエハの両面上で行い、高度に平坦化された表面を有するウエハを製造する。従って、望ましい研削プロセスといえる。これを達成するのに使用できる両面研削盤は、光洋機械工業株式会社製の研削盤を含む。これらの研削盤は、研削中に半導体ウエハを保持するのにウエハクランプデバイスを用いる。クランプデバイスは、典型的には、一対の静水圧パッドと一対の研削砥石とを含む。一対のパッドおよび一対の砥石は、それらの間に垂直方向にウエハを保持できるように、向かい合った関係で方向付けられている。静水圧パッドは、研削中に硬質なパッドがウエハと物理的に接触しない状態でウエハを保持するために、個々のパッドとウエハ表面の間に流体バリアを好都合的に形成する。これは、物理的なクランプにより生じ得るウエハに対する損傷を軽減し、そして、ウエハを、少ない摩擦で、パッド表面に対して接線方向に移動（回転）することを可能にする。この研削プロセスは、研削されたウエハ表面の平坦度および平行度を顕著に改善するが、ウエハ表面のトポロジーおよびナノトポロジー（NT）を悪化（または劣化、degradation）させる可能性もある。

## 【0004】

ナノトポロジーが劣ると、後の研磨（CMP）プロセスにおいて、不均一な酸化層除去をもたらす。これは、IC製造者などのウエハ使用者に、実質的な収率の損失をもたらし得る。IC製造者は、ナノメートルレベルのプロセス技術へと向かっていくので、ナノトポロジーに関する許容誤差は、更に厳しくなると予測される。

## 【0005】

デバイスおよび半導体材料の製造者は、トポロジー悪化の課題を特定し対処するためには、ウエハ表面のナノトポロジーを検討する。ナノトポロジーは、約0.2mm～約20mmの空間波長内におけるウエハ表面の偏差（ずれ、誤差：deviation）として規定されている。この空間波長は、処理された（または加工された）半導体ウエハのナノメートルスケールの表面特性に非常によく一致する。前記の規定は、半導体産業のための世界的な取引協会であるSemiconductor Equipment and Materials International (SEMI)によって提案されている(SEMI document 3089)。ナノトポロジーは、ウエハの片方の表面の高さのずれを測定しており、従来の平坦度の測定と同様に、ウエハの厚さ変化を考慮しない。いくつかの計測方法は、このような表面変化を検出および記録するように開発されている。例えば、入射光と反射光との測定誤差（または測定のずれ）により、非常に小さな表面変化を検出できる。これらの方法は、波長内のピークバレー（PV）の変化を測定するのに用いられる。

## 【0006】

両面研削は、完成したウエハのナノトポロジー（NT）に影響を与えるプロセスの1つである。C-マーク（一般に、中心から半径0mm～50mmの範囲内におけるPV値）とB-リング（一般に、中心から半径100mm～150mmの範囲内におけるPV値）などのNT欠陥は、研削プロセス中に形を成し、実質的な収率の損失をもたらし得る。これらは、NTに起因して実質的な収率の損失を生じる2つの欠陥である。NTに起因して損失を生じる第3の欠陥は、ワイヤソーでのスライスのときにウエハ上に形成される入口マークである。両面研削は、研削砥石がウエハに対して好ましく方向付けられれば、入口マークを減少できる可能性がある。現在の実践では、研削直後にウエハのゆがみとTTVを、神戸製鋼所製のSBW 330のようなキャパシタンス・ツールを用いて測定し、次いで、ウエハをエッティングし、Wafercomのようなレーザー系ツールを用いて測定する。この後、ウエハは、エッジ研磨、両面研磨および仕上研磨などの様々な仕上段階（または最終段階、downstream）のプロセスを経て、そしてナノマッパーでNTを検査する前に、平坦度およびエッジ欠陥の測定を行う。

## 【0007】

NTを制御する現在の方法は、研削盤を調整することによって課題を解決しようと試み

10

20

30

40

50

ているが、これらの解決策では、NT悪化の原因に対して満足のいく対処ができない。NT悪化の少なくとも1つの原因は、パッドの静水圧プロファイルと、入れたウエハとの間の相互作用により決定されるクランプ状態であると考えられる。

#### 【0008】

ウエハを研削盤に装填した後（または入れた後）、ウエハは、その両側のパッドにより生じる静水圧によってクランプする。ウエハは、入れるウエハの形状と、静水圧パッドの静水圧プロファイルとの相互作用に基づいて、最初のクランプ状態において弾性的に変形し得る。砥石がウエハと接触し始めた後、多量の材料を除去することなしに、砥石がウエハを掴もうと試みる期間がある。この期間に、ウエハは、砥石の傾きおよびシフト(shift)と、最初のクランプ状態の傾きおよびシフトとの間の相互作用に依存して更なる弾性変形を受ける。安定状態に達すると、砥石はウエハを研削し始め、ウエハから材料が除去される。安定状態で材料が除去されているので、ウエハのNTは、砥石と、安定状態のウエハとの幾何学的な相互作用の関数になると考えられる。

10

#### 【0009】

所定量の材料を除去した後、砥石は後退して（または格納し、引っ込み：retract）、ウエハの弾性変形が反転する（または逆になる：reverse）。砥石が後退した後の弾性変形の反転は、NTをさらに悪化させる。NT悪化に対する2つの原因---砥石と安定状態にあるウエハとの幾何学的な相互作用と、弾性変形の反転---の複合的な影響は制御するのが困難である。従来のアプローチでは、ウエハの弾性変形によって生じるNT悪化の制御について、満足な結果が得られていなかった。

20

#### 【0010】

従来技術における両面研削盤の典型的なウエハクランプデバイス1'を図1および図2に概略的に示される。研削砥石9'および静水圧パッド11'は、互いに独立してウエハWを保持する。それらは、クランプ平面71'および73'を個々に規定する。ウエハWに対する研削砥石9'のクランプ圧力は砥石の回転軸67'に集中し（または中心があり：centered）、ウエハに対する静水圧パッド11'のクランプ圧力はウエハの中心WCの近くに集中する（または中心がある）。研削中にクランプ平面71'および73'が同時に保持されている限り（図1）、ウエハは平らに維持され（すなわち、曲がらず）、砥石9'によって均一に研削される。クランプ平面のアラインメントに関する一般的な議論は、米国特許第6,652,358号に見出すことができる。しかしながら、2つの平面71'および73'が正しく整列されなくなると、研削砥石9'のクランプ圧力と静水圧パッド11'のクランプ圧力とにより、ウエハW内に曲げモーメント、または静水圧クランプモーメントが生じて、研削砥石用開口(grinding wheel opening)39'の周縁部41'にほぼ隣接してウエハを鋭く曲げる（図2）。これは、ウエハW内において、高度に局在した応力の領域を形成する。

30

#### 【0011】

クランプ平面71'および73'の不整列（ミスアラインメント）は、両面研削の操作中によく起こることであり、静水圧パッド11'に対する研削砥石9'の相対的な動きによって大抵は引き起こされる（図2）。不整列が起こり得るモードを図2および3に概略的に示す。これらは、3つの異なるモードの組み合わせを含む。第1モードでは、研削砥石の回転軸67'に沿った移動において、静水圧パッド11'に対する研削砥石9'の相対的な横方向シフトSがある（図2）。第2モードは、個々の研削砥石の中心を通過する水平軸Xのまわりにおける砥石9'の垂直傾斜(vertical tilt)VTによって特徴付けられる（図2および3）。図2は、第1モードと第2モードの組み合わせを示す。第3モードでは、個々の研削砥石の中心を通過する垂直軸Yのまわりにおける砥石9'の水平傾斜(horizontal tilt)HTがある。これらのモードは、概念を説明するために図中でかなり誇張されている。実際の不整列は、比較的小さいだろう。さらに、例えば左側の砥石の水平傾斜HTが右側の砥石の水平傾斜と異なってもよいなど、各々の砥石9'は、他方とは独立して動くことができ、また2つの砥石の垂直傾斜VTについても同様である。

40

#### 【0012】

50

クランプ平面 71' および 73' の不整列によって生じる静水圧クランプモーメントの大きさは、静水圧パッド 11' の デザイン に 関連 する。例えば、ウエハ W の より大きい面積 をクランプするパッド 11' (例えば、広い加工表面積を有するパッド)、パッド クランプの中心が研削砥石の回転軸 67' から 比較的大きく離れて 配置されているパッド、ウエハに 高い 静水圧パッドクランプ力を及ぼす (すなわち、ウエハを非常に強固に保持する) パッド、またはこれらの特徴の組み合わせを示すパッドによって、一般的に、より高い モーメントが生じる。

#### 【0013】

従来技術のパッド 11' (従来技術のパッドの一例を図 4 に示す) を用いたクランプデバイス 1' では、クランプ平面 71' および 73' が不整列になったときのウエハ W 内の曲げモーメントは 比較的大きい。これは、ウエハが、研削砥石用開口 39' の周縁部 (near peripheral edge) 41' の 近傍 を含め、パッド 11' によって 非常にきつく、強固に クランプされる ため である。ウエハで研削砥石 9' の動作を調整することはできず、ウエハは、開口縁部 41' の 近傍 で鋭く曲がる (図 2)。ウエハ W は均一に研削されず、そして 次のプロセス (例えば、研磨) において 除去不可能な、望ましくない ナノトポロジー特徴を生じる。クランプ平面 71' および 73' の不整列は、研削砥石 9' の 不均一な磨耗 を引き起こす それもあり、それはさらに、研削された ウエハ W に 望ましくない ナノトポロジー特徴を生じる 一因となり得る。

#### 【0014】

図 5 A および 5 B は、クランプ平面 71' および 73' が 整列しておらず、研削操作中に ウエハが曲がっている 場合に、研削されたウエハ W の表面上に形成され得る 望ましくない ナノトポロジー特徴を示す。特徴は、中心マーク (C - マーク) 77' および B - リング 79' を含む (図 5 A)。中心マーク (C - マーク) 77' は、一般に、研削砥石 9' の 横方向シフト S と 垂直傾斜 V T との組み合わせによって 生じ、B - リング 79' は、一般に、砥石の横方向シフト S と 水平傾斜 H T との組み合わせによって 生じる。図 5 B に示されるように、両方の特徴 77' および 79' は、それらに付随する 比較的大きい ピークバレー変化を有する。従って、それらは、劣った ウエハナノトポロジーを示して おり、ウエハ表面上に 小型回路 をプリントする能力に 大きな影響 を及ぼし得る。

#### 【0015】

このセクションは、本発明の様々な態様に 関連 し得る技術の様々な態様を読み手に紹介することを意図しており、それらは以下に記載されおよび / または特許請求される。この議論は、読み手に背景情報を提供するのに有益で、本発明の様々な態様のより良い理解を促進すると考えられる。従って、これらの記述は、この観点から読まれるべきであり、従来技術の承認 (admission) として読まれるべきではないと理解すべきである。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0016】

1 つの態様は、一対の研削砥石と、その中に 静水圧を有する一対の静水圧パッドとの間にウエハを保持する タイプ の両面研削盤を用いて半導体ウエハを処理する方法である。研削盤は、研削盤によって引き込まれた電流を検出するための パターン検出 ソフトウェアを含むプロセッサを含む。この方法は、ウエハをクランプする 段階 と、ウエハを研削する 段階 と、ウエハを研削砥石との接触から離す 段階 を含む。この方法は、さらに、各々の 段階 を検出するための ソフトウェア を使用すること、各々の 段階 における静水圧を変えて、ウエハに適用されるクランプ圧力を変え、それにより 処理したウエハのナノトポロジーを改善することを含む。

#### 【0017】

別の態様は、研削操作中に一対の研削砥石と一対の静水圧パッドとの間にウエハを保持する タイプ の両面研削盤を用いて半導体ウエハを処理する方法である。この方法は、研削操作の第 1 段階において、静水圧パッド内に第 1 静水圧を確立してウエハを最初にクランプすることを含む。研削操作の第 2 段階でウエハを研削する間に、第 1 圧力よりも低い第 2 静水圧まで静水圧を減少させる。研削操作の第 3 段階において第 3 静水圧まで静水圧を

10

20

30

40

50

増加させてウエハをクランプし、これにより処理されたウエハのナノトポロジーを改善する。

【0018】

さらに別の態様は、一対の研削砥石と、プロセッサと、一対の静水圧パッドとを含む両面研削盤である。研削砥石と静水圧パッドとは、ほぼ平坦なウエハを、一対の研削砥石の間に配置されているウエハの第1部分と一対の静水圧パッドの間に配置されているウエハの第2部分とが同一平面内で保持されるように操作可能である。静水圧パッドは、静水圧を維持するように静水圧パッドを通過して流れる水を含む。研削盤は、パッドを通過する水の流速（または流量、flow rate）を制御するための、それにより静水圧を制御するための、流量制御弁を更に含む。流量制御弁は、プロセッサによって制御される。

10

【0019】

上述した態様に関して記載された特徴には、様々な改良が存在する。更なる特徴は、同様に、上述した態様に組み込まれ得る。これらの改良および付加的な特徴は、個々にまたは任意の組み合わせで存在し得る。例えば、図解した実施形態のいずれかに関連して以下に議論様々な特徴は、単独で、または任意の組み合わせで、上述した態様のいずれかに組み込まれ得る。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】図1は、従来のウエハクランプデバイスの概略側面図であり、（複数の）静水圧パッドと（複数の）研削砥石とを、それらの間に配置された半導体ウエハとともに含んでおり、静水圧パッドが断面で示されている。

20

【図2】図2は、図1と同様の概略的な側面図であるが、研削砥石が横方向シフトし、かつ垂直傾斜している。

【図3】図3は、研削砥石の水平傾斜および垂直傾斜を示す概略正面図である。

【図4】図4は、図1の従来の静水圧パッドの1つのウエハ側の面の概略図である。

【図5A】図5Aは、図1のウエハクランプデバイスを用いて研削され、次いで研磨された半導体ウエハのナノトポロジー表面特徴の図的記述(pictorial representation)である。

【図5B】図5Bは、図5Aのウエハの表面の半径方向プロファイルのグラフ表示である。

30

【図6】図6は、断面で示した静水圧パッドを備えている本発明に係るウエハクランプデバイスを組み込んだ研削盤の概略側面図である。

【図7】図7は、（複数の）静水圧パッドと（複数の）研削砥石とを、それらの間に配置された半導体ウエハとともに含んでいるウエハクランプデバイスの拡大概略側面図である。

【図8】図8は、本発明に係る左側の静水圧パッドの斜視図であり、研削操作中にウエハに向かい合うパッドの面の静水圧ポケットの構成を示している。

【図9A】図9Aは、図8の左側の静水圧パッドのウエハ側の正面図であり、パッドとの位置関係を示すために研削砥石とウエハを鎖線で示している。

【図9B】図9Bは、図9Aの静水圧パッドの底面図であり、ウエハを再度鎖線で示している。

40

【図10】図10は、図9Aと同様のウエハ側の正面図であり、パッドの静水圧ポケット内の流体注入ポートに接続するチャンネルを示している。

【図11】図11は、パッドの研削砥石用開口に対して静水圧ポケットの位置を示す図9Aの静水圧パッドの部分拡大正面図である。

【図12】図12は、右側の静水圧パッドについての図8と同様な斜視図であり、研削操作中に2つのパッドの間にウエハを保持できるように、左側の静水圧パッドに向かい合っている。

【図13A】図13Aは、右側の静水圧パッドについての図9Aと同様の正面図である。

【図13B】図13Bは、右側の静水圧パッドの底面図である。

50

【図14】図14は、図6のウエハクランプデバイスを用いて研削され、次いで研磨された半導体ウエハについての、図5Aと同様の図的記述である。

【図15A】図15Aは、本発明に係る静水圧パッドでウエハを保持したときに、研削中に半導体ウエハの表面に適用されるクランプ応力の図的記述である。

【図15B】図15Bは、従来の静水圧パッドで保持したウエハにかかるクランプ応力についての図15Aと同様の図的記述である。

【図16】図16は、研削砥石が横方向シフトしたとき、研削中に、研削砥石の外縁と隣接する半導体ウエハ内にかかる応力を示すグラフであって、本発明に係る静水圧パッドで保持したウエハと、従来の静水圧パッドで保持したウエハと比較している。

【図17】図17は、研削砥石の横方向シフトおよび垂直傾斜に起因するウエハ内の応力を比較した、図16と同様のグラフである。

【図18】図18は、研削砥石の水平傾斜と合わせて横方向シフトに起因するウエハ内の応力を比較した、図16と同様のグラフである。

【図19】図19は、研削砥石の横方向シフト、垂直傾斜、および水平傾斜の組み合わせ効果に起因するウエハ内の応力を比較した、図16と同様のグラフである。

【図20】図20は、従来のウエハクランプデバイスで研削したウエハの上位0.05パーセンタイルのナットポロジー値を、本発明のウエハクランプデバイスで研削したウエハと比較しているグラフである。

【図21】図21は、本発明の第2の実施形態に係る静水圧パッドの概略図であり、研削中に半導体ウエハに向かい合うパッドの面の静水圧ポケットの構成を示している。

【図22】図22は、本発明のナットポロジーシステムについての、部分的にブロック図の形式にした概略正面図である。

【図23】図23は、ナットポロジー評価システムの概略側面図である。

【図24】図24は、ナットポロジー評価システムの複数のセンサから出力を示すグラフである。

【図25A】図25Aは、ウエハのクランプ条件の情報から有限要素分析の境界条件が得られる位置についての一例を示す略図である。

【図25B】図25Bは、ウエハの有限要素構造分析に適したメッシュである。

【図26A】図26Aは、ナットポロジー評価システムにより得られたウエハのナットポロジープロファイルである。

【図26B】図26Bは、ナットポロジー評価システムにより得られたウエハのナットポロジープロファイルである。

【図27】図27は、本発明の1つの実施形態に従って予測したウエハのプロファイルと、ナノマッパーから得られた、研磨後のウエハの平均的な半径プロファイルと、を示すグラフである。

【図28】図28は、図27で予測したウエハのB-リング値と、図27のウエハの実際のB-リング値との間の相関を示すグラフであり、相関係数はR=0.9である。

【図29】図29は、ウエハ研削盤の別の実施形態の略図である。

【図30】図30は、図29の研削盤の研削砥石によって引き込まれる電流のグラフである。

【図31】図31は、従来の研削プロセスおよび図29に記載されるプロセスについてのウエハの表面上におけるしきい値高さの面積の測定結果(threshold height area measurements)を規格化した分布を示すグラフである。

【図32】図32は、従来の研削プロセスおよび図29に記載されるプロセスのために、ウエハの表面上における規格化されたしきい値高さの面積測定結果を示すボックスプロットチャート(箱ひげ図)である。

【0021】

対応する参照記号は、添付図面の複数の図全体を通して対応する部分を表す。

【発明を実施するための形態】

【0022】

10

20

30

40

50

図を再び参照すると、図6および7は、一般に符号1で示した本発明に係るウエハクランプデバイスを概略的に示す。

【0023】

クランプデバイスは、一般に図6の符号3で示した両面研削盤内で用いることができる。

【0024】

ウエハクランプデバイス1を用いることができる両面研削盤の例は、光洋機械工業株式会社製のモデルDXSG320およびモデルDXSG300Aを含む。

【0025】

ウエハクランプデバイス1は、ウエハの両表面を同時に均一に研削できるように、図中で一般にWで示される單一の半導体ウエハ(広義には「ワークピース(workpiece)」)を、研削盤3内に垂直姿勢で保持している。

【0026】

これは、研磨工程および回路プリント工程の前に、ウエハの表面の平坦度および平行度を改善する。

【0027】

研削盤は、本発明の技術的範囲から逸脱せずに、半導体ウエハ以外のワークピースを保持するクランプデバイスを有してよいことを理解されたい。

【0028】

図6および7にも示されるように、ウエハクランプデバイス1は、一般に符号9a、9bでそれぞれ示した左右の研削砥石、および一般に符号11a、11bでそれぞれ示した左右の静水圧パッドを含む。

【0029】

左右の指定は、ただ記載を簡易にするためになされており、および砥石9a、9bとパッド11a、11bのいかなる特定の方向をも要求しない。

【0030】

文字「a」および「b」は、左側の砥石9aと左側のパッド11aとの部分を、右側の砥石9bと右側のパッド11bのものと区別するのに用いる。研削砥石9a、9bと静水圧パッド11a、11bは、当業者に既知である手段によって研削盤3に取り付けられる。

【0031】

従来から知られているように、2つの研削砥石9a、9bは、実質的に同じであり、各々の砥石は、ほぼ平坦である。

【0032】

図6および7に示すように、研削砥石9a、9bは、一般に、ウエハの中心から下側で(または下側中心に向かって:toward a lower center of the wafer)、ウエハWとの係合部を研削するために置かれている。

【0033】

各々の砥石9a、9bの外縁は、ウエハの下端におけるウエハWの外縁より下まで延在し、ウエハの中心におけるウエハの中心軸WCより上まで延在している。

【0034】

これは、各々のウエハWの表面積全体を操作中に研削することを確実にする。

【0035】

加えて、研削砥石9a、9bの少なくとも一方は、その対にされた研削砥石に対して相対的に移動可能である。

【0036】

これは、研削盤3のクランプデバイス1内の研削砥石9a、9bの間の位置に半導体ウエハWを装填する(または入れる:load)のを容易にする。

【0037】

図示されたクランプデバイス1においても、半導体ウエハWをデバイス1内に装填するのが更に容易になるように、左側の静水圧パッド11aは、対応する左側の研削砥石9a

10

20

30

40

50

に対して相対的に移動可能であり、また、固定されたままの右側の静水圧パッド 11 b に対しても移動可能である。

【0038】

両方のパッドが対応する研削砥石に対して相対的に移動可能なウエハクランプデバイス、ウエハを装填中に両方のパッドを固定するウエハクランプデバイス、またはウエハを装填中に静水圧パッドと対応する研削砥石とが共に動くウエハクランプデバイスは、本発明の技術的範囲から逸脱しない。

【0039】

図6および7に示したウエハクランプデバイス1をまた参照すると、研削操作中に、ウエハクランプデバイスの2つの研削砥石9a、9bと、2つの静水圧パッド11a、11bは、それらの間に半導体ウエハWを保持するために、向かい合った関係で配置されている。

【0040】

研削砥石9a、9bおよび静水圧パッド11a、11bは、垂直なクランプ平面71、73をそれぞれ規定し、ウエハを垂直姿勢で保持するのを支援するクランプ圧力を、ウエハW上に生み出す。

【0041】

このことは、以下に更に詳細に説明する。

【0042】

図6をとりわけ参照すると、静水圧パッド11a、11bは、操作中に静止しているが、一般に符号14で示されるドライブリングはウエハを動かして、パッドおよび研削砥石9a、9bに対して相対的に回転させる。

【0043】

従来から知られているように、ドライブリング14の戻り止め(detent)またはクーポン(coupon)15は、一般に、ウエハの外縁に形成された切欠きN(図6では破線で示される)においてウエハWと係合して、ウエハを動かし、その中心軸WC(中心軸WCは、パッド11a、11bの水平軸44a、44bにほぼ対応する(図8および図12を参照))のまわりに回転させる。

【0044】

同時に、研削砥石9a、9bは、ウエハWと係合し、互いに反対の方向に回転する。

【0045】

砥石9a、9bの一方は、ウエハWと同じ方向に回転し、他方は、ウエハとは反対の方向に回転する。

【0046】

次に図8～13Bを参照すると、本発明の静水圧パッド11a、11bは、更に詳細に示されている。

【0047】

図8～11は、左側の静水圧パッド11aを示し、図12～13Bは、向かい合った右側の静水圧パッド11bを示す。

【0048】

図示されるように、2つのパッド11a、11bは実質的に同じであり、互いにほぼ鏡像である。

【0049】

従って、左側のパッド11aだけが説明され、右側のパッド11bの説明は同じであると理解されるだろう。

【0050】

図8～9Bに示すように、左側の静水圧パッド11aは、概して薄く、円形形状であり、処理されるウエハWと同様の寸法を有する。

【0051】

この関係を示すために、図9Aおよび9Bに、ウエハWを鎖線で図示した。

10

20

30

40

50

## 【0052】

図示された静水圧パッド11aは、直径が約36.5cm(14.4in)で、操作中にウエハWと向かい合う加工表面積が約900cm<sup>2</sup>(139.5in<sup>2</sup>)である。

## 【0053】

従って、例えば、直径が約300mmの標準的なウエハを研削するのに用いることができる。

## 【0054】

とはいっても、静水圧パッドは、本発明の技術的範囲から逸脱せずに、異なる直径および表面積にしてもよいことを理解すべきである。

## 【0055】

例えば、パッドは、200mmのウエハの研削に用いるための小さいスケールの寸法にしてもよい。

## 【0056】

図8および9Aから最もよくわかるように、静水圧パッド11aの本体17aは、研削操作中にウエハWに直接向かい合った(immediately opposite)ウエハ側の面19aを含む。

## 【0057】

ウエハ側の面19aに形成されている6つの静水圧ポケット21a、23a、25a、27a、29a、31aは、それぞれ、パッド11aの研削砥石用開口(一般に符号39で示される)のまわりにほぼ半径方向に配置されている。

## 【0058】

パッド本体17aの後面35aは、ウエハ側の面19aの反対側にあり、ほぼ平坦で静水圧ポケットは無いが、本発明の技術的範囲から逸脱せずにポケットを含んでよい。

## 【0059】

加えて、6つより多いまたは少ない静水圧ポケット、例えば、4つのポケットを有する静水圧パッドは、本発明の技術的範囲から逸脱しない。

## 【0060】

6つの静水圧ポケット21a、23a、25a、27a、29a、31aは、それぞれ、アーチ形状であり、パッド11aのまわりにほぼ周方向に延在している。

## 【0061】

それぞれのポケット21a、23a、25a、27a、29a、31aは、ウエハ側の面19aにおける盛り上がった表面(raised surface)32a内で凹んでおり、それが、比較的平坦な垂直側壁(flat vertical sidewalls)37aと、丸みを帯びた外周角部(rounded perimeter corners)とを含む。

## 【0062】

ポケットは、パッド11aの面19aに、浅いキャビティを切削または成型(casting)することによって形成されている。

## 【0063】

異なるプロセスで形成した静水圧ポケットは、本発明の技術的範囲から逸脱しない。

## 【0064】

図8および9Aを再度参照すると、ポケット21aと23a、25aと27a、および29aと31aの対の各々は、実質的に同じ寸法および形状にされることがわかる。

## 【0065】

更に、図示されたパッド11aでは、ポケット21aおよび23aの各々は、表面積が約14.38cm<sup>2</sup>(2.23in<sup>2</sup>)で、ポケット25aおよび27aの各々は、表面積が約27.22cm<sup>2</sup>(4.22in<sup>2</sup>)である。およびポケット29aおよび31aは、それぞれ、約36.18cm<sup>2</sup>(5.61in<sup>2</sup>)の表面積を有する。

## 【0066】

パッドの全ポケット表面積11aは、約155.56cm<sup>2</sup>(24.11in<sup>2</sup>)であり、全ポケット表面積のパッド加工表面積に対する割合は、約0.17である。

10

20

30

40

50

## 【0067】

この割合は、0.17以外であってもよく、それでも、本発明の技術的範囲内にある。例えば、割合は、約0.26以下であってよい。従来のパッド11'（図4）と比較すると、ポケット21'、23'の各々の表面積は、約31.82cm<sup>2</sup>（4.93in<sup>2</sup>）であり、ポケット25'、27'の各々の表面積は、約36.47cm<sup>2</sup>（5.65in<sup>2</sup>）であり、ポケット29'、31'の各々の表面積は、約47.89cm<sup>2</sup>（7.42in<sup>2</sup>）である。従来のパッド11'の全ポケット表面積は、約232.36cm<sup>2</sup>（36.02in<sup>2</sup>）であり、全ポケット表面積に対するパッド加工表面積の割合は、約0.26（パッド11'の加工表面積は、約900cm<sup>2</sup>（139.5in<sup>2</sup>））である。

## 【0068】

ポケット21aと23a、25aと27a、および29aと31aは、それぞれ、（パッド11aの垂直軸43aで分割された）ウエハ側の面19aの左右半分づつ（または、反対側の半分：opposite halves）に、対称的に配置されている。ポケット21a、23aは、一般に、パッド11aの水平軸44aよりも下側にあるが、ポケット25a、27a、29a、31aは、一般に、軸44aよりも上側にある。ポケット29a、31aは、一般に、ポケット25a、27aより上側にあり、研削砥石用開口39aに隣接して配置されておらず、それの間に配置されたポケット25a、27aにより開口から分離されている。このポケットの配向において、全ポケット表面積の約15%が、水平軸44aより下側に位置する。このパーセントは、本発明の技術的範囲から逸脱せずに23%以下であり得る。従来のパッド11'を比較すると、全ポケット表面積の少なくとも約24%が、パッドの水平軸44'より下側に位置する。軸44'より下側のポケット面積が増加することによって、パッド11'によりウエハにかけられるクランプ力は、研削砥石用開口39'側に向かって増加し、B-リング形成の一因となることを理解すべきである。

## 【0069】

図8および9Aは、静水圧パッド11aの本体17aの下側部分に形成された円形の研削砥石用開口39aを示しており、パッドを貫通しウエハWの中心から下側と係合する研削砥石9aを、収容できる寸法および形状にされている（研削砥石およびウエハは、図9Aにおいて鎖線で示される）。開口に収容したときに、開口39aの中心は研削砥石9a（および9b）の回転軸67にほぼ対応する。図示されたパッド11aでは、研削砥石用開口39aの半径R1は約87mm（3.43in）であり、研削砥石9aの周縁部と、半径方向に向かい合う研削砥石用開口縁部41aとの間の距離は、比較的均一であり、おおむね約5mm（0.20in）である。これらの距離は、本発明の技術的範囲から逸脱せずに異なってよい。

## 【0070】

図示するように、パッド11aの盛り上がった表面32aは、各々のポケット21a、23a、25a、27a、29a、31aの外周を囲むように延在している同一の広がりを有する平坦域（（または、同一の広がりを有する高台部分：coextensive plateaus）34aを含む。符号36aでそれぞれ示した排水チャンネルは、ポケット21a、23a、25a、27a、29a、31aの各々の平坦域34aの間ににおいて、盛り上がった表面32aに形成されている。おおよそ三日月形の自由領域60aは、研削砥石用開口の周縁部41aと、ポケット21a、23a、25a、27aの平坦域34aの内側部分の縁部38aとの間ににおいて、盛り上がった表面上で凹んでいる。

ウエハWに対するクランプ力は、自由領域60aでは実際上ゼロである。これらの特徴を以下に更に説明する。

## 【0071】

図10を参照すると、静水圧ポケット21a、23a、25a、27a、29a、31aは、それぞれ、流体をポケットに導入するための流体注入ポート61aを含む。パッド本体17a内のチャンネル63a（隠れ線によって示される）は、流体注入ポート61aと相互接続されており、流体を、外部流体源（図示せず）からポケットに供給する。研削中に、パッド面19aではなく流体がウエハWと接触するように、操作中に、比較的一定

10

20

30

40

50

の圧力下で、流体をポケット 21 a、23 a、25 a、27 a、29 a、31 a に送り込む。このように、ポケット 21 a、23 a、25 a、27 a、29 a、31 a での流体は、ウエハWをパッドクランプ平面 73 内で垂直に保持する一方で（図 6 および 7 を参照されたい）、ウエハWが研削中に非常に低い摩擦抵抗でパッド 11 a（および 11 b）に対して相対的に回転可能になる、潤滑されたベアリング領域またはスライドバリア(sliding barrier)を提供する。パッド 11 a のクランプ力は、主に、ポケット 21 a、23 a、25 a、27 a、29 a、31 a に提供される。

#### 【0072】

図 11 は、パッド 11 a のウエハ側の面 19 a の左半分を更に詳細に参照し、ポケット 21 a、25 a、29 a の配向を示す。半径距離（または半径方向の距離）R D 1、R D 2 および R D 3 は、理想的には研削砥石の回転軸 67 に対応する研削砥石用開口の中心からの、ポケット 21 a、25 a および 29 a のそれぞれについて最も近い垂直側壁 37 a（最も近い垂直側壁 37 a は、研削砥石用開口 39 a の縁部 41 a に最も近い垂直側壁のことである）の周縁部の位置を示す。図示するように、距離 R D 1 は、ポケット 21 a の最も近い垂直側壁 37 a のまわりにおいて一定ではなく、ポケット 21 a の下端(bottom end)からのほうが、上端からよりも開口 39 a まで遠い。具体的には、距離 R D 1 は、ポケットの下端の方向で約 104 mm (4.1 in) から、上端の方向で約 112 mm (4.4 in) の範囲である（これらの値は、ポケット 23 a と同じである）。半径距離 R D 2 および R D 3 は、それぞれ、ポケット 25 a および 29 a の最も近い垂直壁 37 a まで比較的一定であり、R D 2 が約 113 mm (4.4 in) の値であり、R D 3 が約 165 mm (6.5 in) の値である（これらの値は、ポケット 27 a、31 a のそれぞれと同じである）。本発明の技術的範囲から逸脱せずに、半径距離 R D 1 は一定であってよく、半径距離 R D 2 および R D 3 は一定でなくてよい。

#### 【0073】

図 11 は、また、研削砥石の回転軸 67 から、ポケット 21 a、25 a の平坦域 34 a の半径方向に最も内側の縁部 38 a まで半径方向に測定した半径距離 R D 11 を示す。縁部 38 a は、ゼロ圧力の（自由な：free）領域 60 a の末端または境界を規定する。図から分かるように、半径距離 R D 11 は縁部 38 a に対して一定ではなく、図示されたパッド 11 a では、垂直軸 43 の近傍における約 108 mm (4.25 in) から、縁部 38 a が研削砥石の開口縁部 41 a と合体する位置であるポケット 21 a の下端近傍における約 87 mm (3.43 in) までの範囲にある。研削砥石 9 a の周縁部（開口 39 a に収容したとき）から、半径方向に向かい合った縁部 38 a の最深部分(a radially opposed innermost portion)までを、これらと同じように測定すると、垂直軸 43 a の近傍における約 26 mm (1.02 in) から、ポケット 21 a の下端近傍における約 5 mm (0.20 in) までの範囲にあり、研削砥石用開口 39 a の半径 R 1 に対する割合は、約 0.30 ~ 約 0.057 の範囲となる。比較すると、従来の静水圧パッド 11'（図 4）における対応する距離は一定であり、これは、盛り上がった表面 32' の最深部分の周縁部 38' は、研削砥石の開口縁部 41' と一致する（すなわち、従来のパッド 11' 内にゼロ圧力の（自由な）領域がない）からである。このパッド 11' では、半径距離 R D 11' は、約 87 mm (3.43 in) であり、研削砥石 9' の周縁部から縁部 38' までの同じ測定は、約 5 mm (0.20 in) である。

#### 【0074】

本発明の静水圧パッド 11 a および 11 b は、従来の静水圧パッド 11' と比較して少なくとも以下の好都合な特徴を有する。全静水圧ポケット表面積は減少する。これは、パッドによってウエハWに適用される全体のクランプ力を効果的に減少し、これは、操作中に静水圧ポケット 21 a、23 a、25 a、27 a、29 a、31 a、21 b、23 b、25 b、27 b、29 b、31 b に収容される流体の量が減少するからである。加えて、水平軸 44 a より下側にあるポケット表面積は減少する。これは、研削砥石用開口 39 a、39 b の左側および右側におけるクランプ力をとりわけ低くする。更に、内側ポケット 21 a、23 a、25 a、27 a、21 b、23 b、25 b、27 b は、研削砥石用開口

縁部 4 1 a、4 1 b から離れ、それらの間にゼロ圧力の自由領域 6 0 a、6 0 b が形成される。これは、研削砥石用開口 3 9 a、3 9 b の縁部 4 1 a、4 1 b のまわりのクランプ力をとりわけ低くする。

#### 【 0 0 7 5 】

研削砥石 9 a、9 b のシフト動作および/または傾斜動作を更に容易に一致させることができるように、ウエハ W を研削操作に静水圧パッド 1 1 a、1 1 b あまり強固ではなく保持する。これは、研削砥石 9 a、9 b が移動するときに形成される静水圧クランプメントの大きさを減少する（すなわち、ウエハの曲げ領域に形成される応力が小さくなる）。加えて、ウエハ W を、研削砥石用開口縁部 4 1 a に隣接して、きつく保持しない。砥石が移動するときに、ウエハ W は、研削砥石用開口縁部 4 1 a に隣接して曲がる可能性はやはりあるが、従来の研削デバイスよりは鋭くはない。従って、静水圧パッド 1 1 a および 1 1 b は、ウエハ W の表面に亘る更に均一な研削を促進し、研削したウエハの B - リングおよび中心 - マーク (C - マーク) の形成などのナノトポロジー悪化を減少または排除する。これは、図 5 A と 1 4 を比較することによってわかる。図 5 A は、従来の静水圧パッド 1 1 ' を用いて研削されたウエハ W を示し、図 1 4 は、本発明のパッド 1 1 a および 1 1 b を用いて研削されたウエハ W を示す。図 1 4 に示されるウエハは、B - リングおよび中心 - マーク (C - マーク) が実質的に存在しない。

#### 【 0 0 7 6 】

図 1 5 A ~ 1 9 は、本発明のパッド 1 1 a、1 1 b および従来のパッド 1 1 ' で保持したウエハ W 内の応力を示す。図 1 5 A および 1 5 B は、研削砥石および静水圧パッドのクランプ平面が整列（または調整：align）したときの、これらの応力を視覚的に図示する。両方のウエハ W において、研削砥石用開口 3 9 および 3 9 ' 内の応力は無視してよい（パッドは、これらの領域ではウエハをクランプしない）。図 1 5 A は、パッド 1 1 a および 1 1 b によって保持されたときにウエハ W に形成される低い応力を示す。それは、特に、研削砥石用開口縁部 4 1 a、4 1 b に隣接したウエハ W の全体表面に亘って低い応力（9 8 および 9 9 で示した明るい色の領域）を示す。それはまた、ウエハに亘る均一に分布された応力を示す。一方で、図 1 5 B に示されるように、パッド 1 1 ' によって保持されたウエハ W 内の最大の応力 9 7 は、開口 3 9 ' の周縁部に近接している（すなわち、ゼロ圧力（自由）領域がない）。

#### 【 0 0 7 7 】

図 1 5 A および 1 5 B を比較してわかるように、大きな応力が集中する領域 9 7 は、パッド 1 1 a および 1 1 b を用いての研削中には、パッド 1 1 '（図 1 5 B）を用いたときほどには広がらない。利点は、（例えば、研削砥石用開口縁部 4 1 a に隣接した）曲げ領域におけるウエハ W の局所的な変形が少ないと、研削砥石 9 a、9 b のより均一な磨耗と、の両方である。砥石の均一な磨耗は、砥石の形状が、研削中に変化しない（すなわち、差別的な（または特異的な：differential）研削磨耗がない）ことを確実にする。これは、研削盤が、長期間に亘って、低いナノトポロジーの設定を維持できることも保証する。また、砥石がシフトまたは傾斜したときに、動作によって生じる応力をウエハ W に亘って効果的に広げて、中心 - マーク (C - マーク) および B - リングをあまり目立って形成させない。これにより、望ましくは、研削のナノトポロジーが、研削砥石のシフトおよび傾斜による影響を受けにくくなる。

#### 【 0 0 7 8 】

図 1 6 ~ 1 9 は、研削砥石 9 a、9 b がシフトおよび/または傾斜したときに、静水圧パッド 1 1 a、1 1 b を用いた研削操作中のウエハ W 内の応力が低いことを示している。図示された応力は、研削砥石用開口縁部 4 1 a、4 1 b に隣接したウエハ W 内に生じるものであり、縁部 4 1 a、4 1 b のまわりの位置において、約 7 時の位置（弧の長さ (arc length) 0 mm）から始めて、周縁部を時計回りに移動して（弧の長さ約 4 0 0 mm まで）測定される。従来の静水圧パッド 1 1 ' で保持されるウエハ W 内の応力は、一般に符号 9 1 で示し、パッド 1 1 a、1 1 b で保持されるウエハ 内の応力は、一般に符号 9 3 で示す。

10

20

30

40

50

## 【0079】

図16は、研削砥石がシフトしたときの応力91、93を示す。図から分かるように、応力93は、応力91より顕著に小さく、ウエハWの中心WC（約200mmの弧の長さに対応する）を含む研削砥石用開口39a、39bの外縁全体にわたって、応力91に比べて更にほとんど一定である。従って、本発明において、研削砥石9a、9bがシフトしたときに、ウエハWは、従来のデバイスで研削されるウエハと比較して、それらの中心の近傍で鋭く曲がらない。

## 【0080】

図17は、研削砥石がシフトして垂直傾斜したときの、ウエハW内の応力91、93を示す。再び、パッド11a、11bに関連する応力93は、研削砥石用開口縁部39a、39bの外縁全体に沿ってほぼ一定である。加えて、ウエハ中心WCに対応する位置でパッド11a、11bによって保持されたウエハW内の応力93の増加は著しく少ない。従って、研削砥石9a、9bがシフトして垂直傾斜したときに、ウエハWは、研削砥石用開口39a、39bの外縁に隣接してそれほど鋭く曲がらず、中心マーク（Cマーク）の形成は減少する。

10

## 【0081】

図18は、砥石がシフトして水平傾斜したときのウエハW内の応力91、93を示す。図から分かるように、ウエハWの左側における応力93は、応力91のようには鋭く増加しない。従って、パッド11a、11bで保持されたウエハWは、砥石9a、9bがシフトして水平傾斜したときにそれらの外縁ではそれほど鋭く曲がらず、B-リングおよび/またはC-マークの形成は減少する。研削砥石のシフトと垂直傾斜と水平傾斜との組み合わせ効果によってウエハW内の応力91、93が生じる場合の同様の結果を図19に示す。

20

## 【0082】

図20は、従来の静水圧パッド11'および本発明の静水圧パッド11a、11bを用いて研削されたウエハについて、上位0.05パーセンタイルのナノトポロジー値を図に記したものである。パッド11'を用いて研削されたウエハのナノトポロジー値は、一般に符号72で示されており、パッド11a、11bを用いて研削されたウエハの値は、一般に符号74で示される。本発明のパッド11a、11bを用いて研削されたウエハは、一貫して従来の値72より低いナノトポロジー値74を有する。

30

## 【0083】

本発明の静水圧パッド11a、11bは、単一の操作セットアップ(operational set-up)で、ウエハのセット（または一連のセット:a set of wafers）における多数のウエハを研削するのに用いることができる。ウエハのセットは、例えば、少なくとも400枚のウエハを含み得る。それは、本発明の技術的範囲から逸脱せずに、400枚よりも多いウエハを含んでよい。単一の操作セットアップは、研削砥石9a、9bの手動調整の間に、一般に考慮される連続的な操作である。研削されたウエハWのセットの各々は、一般に、改善されたナノトポロジーを有する（例えば、中心マーク（Cマーク）およびB-リングの形成が、減少または排除されている）。とりわけ、それらの各々は、平均ピーカバレー変化が約12mm未満である。例えば、ウエハの平均ピーカバレー変化は、約8nmであってよい。平均ピーカバレー変化は、各々のウエハWの平均半径スキャン(an average radial scan)における変化を表す。ピーカバレー変化は、ウエハWの外縁の辺りで、多数のウエハ半径において求められ、それらの値の平均は、平均的な変化を定める。

40

## 【0084】

図21は、本発明の第2の実施形態に従って左側の静水圧パッドを概略的に示す。パッドは、一般に符号111aで示し、第1の実施形態のパッド11aの部分に対応するこのパッドの部分は、同じ符号に「100」を足して示す。この静水圧パッド111aは、これまで記載した静水圧パッド11aと実質的に同じであるが、パッド11aの対応するポケット21a、23a、25a、27a、29a、31aとは異なる形状および方向にされている静水圧ポケット121a、123a、125a、127a、129a、131a

50

を有する。パッド 11a と同様に、ポケット 121a、123a、125a、127a、129a、131a は、パッド 111a の研削砥石用開口 139a のまわりに半径方向に配置されており、ポケット 121a と 123a、ポケット 125a と 127a、ポケット 129a と 131a は類似しており、ウエハ側の面 119a の左右半分づつ（または、反対側の半分）に、おいて対称的に配置されている。加えて、ポケット 121a、123a は、パッド 111a のまわりに周方向に延在している。しかしながら、このパッド 111a では、ポケット 125a、127a、129a、131a は、研削砥石用開口 139a から離れて半径方向に延在している。その他の全ての態様については、これらのパッド 111a、111b は、パッド 11a、11b と同じである。

## 【0085】

10

静水圧パッドのクランプの中心が、静水圧パッドのポケットにかかる水圧を制御することにより影響を受け得ることが、追加的に考慮される。これは、クランプの中心を下げ、ウエハクランプデバイスの研削砥石の回転軸の近くに動かすだろう。更にとりわけ、各々のポケット（またはポケットのいくつかのサブセット）内での流体圧力は、一連の研削（the course of grinding）の間に変化させ得、および / または他のポケットから独立して制御され得る。いくつかのポケットの間で圧力を変える1つの方法は、ポケット内のオリフィス開口の寸法を異ならせることである。

更に、各々のポケットに関連する領域の剛性（stiffness）は、ポケット深さを異ならせることによって、ポケットの間で変えることができる。深いポケットは、深いポケットの領域において、浅いポケットに比べてウエハの柔軟な（compliant）保持をもたらし、浅いポケットの領域においてウエハを強固に保持する。

20

## 【0086】

本明細書で図示され記載された静水圧パッド 11a、11b、111a、111b は、約 300 mm の直径を有するウエハ W とともに用いるために記載される。これまでに示されるように、静水圧パッドは、本発明の技術範囲から逸脱せずに、200 mm のウエハを研削するのに用いるための縮小したスケールの寸法にできる。これは、本明細書に記載された各々の静水圧パッド寸法に適用する。

## 【0087】

30

本発明の静水圧パッド 11a、11b は、研削操作の間にウエハ W を支持でき、そして繰り返しの研削の使用に耐えることができる好適な硬質材料、例えば金属から作られている。他の同様な硬質材料から作られている静水圧パッドは、本発明の技術的範囲から逸脱しない。

## 【0088】

本発明の別の態様によれば、ウエハが両面研削盤内にある間に、ナノトポロジーを評価するためのシステムは、ウエハナノトポロジーにフィードバックを提供し始め。ナノトポロジー評価システムは、ワークピースが両面研削盤内に保持されている間にワークピースの位置および / または変形についての情報を収集するため配置された少なくとも 1 つのセンサを含む。センサは、ウエハの有限要素構造分析に用いられる 1 以上の境界条件を規定するのに用いる 1 以上の測定を行うために使用可能である。システムは、本発明の技術的範囲から逸脱せずに、（センサを用いずに規定または仮定できる境界条件を含め、有限要素分析を行うのに充分な境界条件が存在する限りは、）单一の境界条件の規定に用いられる单一の測定を行う单一のセンサのみを有してよいことを理解されたい。しかしながら、いくつかの実施形態において、ウエハの有限要素構造分析のための付加的な境界条件を規定するように、1 以上のセンサは、多数の境界条件を規定するのに用いる複数の測定を行い、それはしばしば望ましい（または必要である）と認識される。

40

## 【0089】

例えば、一般に 301 で示した本発明のナノトポロジー評価システムの 1 つの実施形態は、図 22、23 に概略的に示す。この実施形態は、特定の静水圧パッド配置を有する両面研削盤と組み合わせて記載されるけれども（以下に記載される図 25A、25B におい

50

て明らかであるように）、ナノトポロジー評価システムは、本発明の技術的範囲から逸脱せずに、（別のワークピースクランプシステムを有する）他の両面研削盤とともに用いるのに適していることを理解されたい。更に、本発明は、ナノトポロジーシステム自体に限定されず、本発明のナノトポロジー評価システムを備えた両面研削装置も含む。

#### 【0090】

1 以上のセンサ 303（例えば、複数のセンサ）は、静水圧パッド 305 の内側表面に配置されている。図に示される特定の実施形態において、例えば、複数のセンサ 303（例えば、4 つ）は、静水圧パッド 305 の各々の内側加工表面に沿って配置されている（図 23）。ウエハの有限要素構造分析のための境界条件を規定するのに使用できる情報を収集できる任意の種類のセンサを使用できる。例えば、1 つの実施形態において、センサ 303 は、ウエハに対して制限するノズルから出る加圧された空気の流れによって受けた抵抗を測定することによって、静水圧パッドとウエハ W との間の距離を測定する動的な空気圧力センサを含む（例えば、MARPOSS Model E4N によって製造される）。加圧された空気を大気に排出する。このようなノズルは、静水圧パッド 305 に強固に取り付けることができ、または別の方法では、静水圧パッドに対して固定することができる。当業者が認識するように、このような動的な圧力センサ 303 からの測定は、静水圧パッド 305 と、ウエハ W の表面との間の空間を示す。従って、動的な空気圧力センサによる圧力の測定は、センサ 303 と、ウエハ W の表面との間の距離に対応する。

#### 【0091】

各々の静水圧パッド 305 に関連するナノトポロジー評価システムのセンサ 303 は、ウエハ W を x、y 平面で保持するように規定した x、y、z 直交座標系（図 22 および 23）の x 方向と y 方向の少なくとも 1 つにおいて、その静水圧パッドに関連する他のセンサから空間をあけられている。このように、（複数の）センサ 303 を離すことにより、1 つのセンサを、ウエハ W の表面上の対応する1 つの位置の測定を行うのに使用し、そして別のセンサを、ウエハの表面上の対応する異なる位置の測定を行うのに使用するのが容易になる。

#### 【0092】

更に、図面に示される実施形態の各々の静水圧パッド 305 は、同じ数のセンサ 303 を有し、パッドの 1 つにおけるセンサの分配（または分布：distribution）は、実質的に、他のパッドにおけるセンサの分配（または分布）の鏡像である。結果として、両方の静水圧パッド 305 は、x、y、z 座標系の x 方向と y 方向の少なくとも 1 つにおいて分離されたセンサ 303 を有する。更に、図 23 に示すように、静水圧パッド 305 を互いに向かい合って配置する場合に（例えば、研削盤が使用中である場合に）、1 つの静水圧パッドにおける各々のセンサを、他の静水圧パッドにおけるセンサと対にしてすることにより、センサ 303 を、対として配置する。所定のセンサ対におけるセンサ 303 は、x および y 方向において互いにほぼ整列されており、実質的に x、y、z 座標系の z 方向のみにおいて互いから分離されている。所定のセンサ対におけるセンサ 303 は、静水圧パッド 305 によって保持されるウエハ W の向かい合う面に配置されており、同じ場所においてウエハの向かい合う面における同時の測定を行うことを容易にする。これは、ウエハ W の両面上における表面の位置を、その場所において同時に求めることを可能にする。

#### 【0093】

センサ 303 の数と配置は変更することができる。一般に、当業者は、センサ 303 の数が多いほうが利点があるだろうと認識すると思われるが、それは、多数のセンサを用いることにより、より多くの測定値が得られ、多数の境界条件を規定でき、これにより境界条件の間の領域における、ウエハ変形に対する有限要素分析の結果の不確実性を低減することができるからである。しかしながら、センサ 303 の数に対して実際上の制限もある。例えば、センサ 303 は、静水圧パッド 305 のクランプ機能に与える影響が最小であること、およびその逆も同様であることが望ましい。図示されたナノトポロジー評価システム 301 において、例えば、センサ 303 は、静水圧ポケット 313 ではなく、静水圧パッド 305 の平坦域（plateaus）311 に配置されている。（平坦域 311 および静水圧

10

20

30

40

50

ポケット313に対応する位置は図25Aに示されており、図25Aは、ウエハのクランプ条件から得られる境界条件のマップである。)これにより、センサ303と、静水圧ポケット313によってクランプされるウエハWの領域と、の間に分離が提供され、このために、クランプ条件の情報から境界条件を得ることが可能である。センサ303とポケット313との分離によって、静水圧ポケットの局的影響による、センサ測定に対する影響を低減できる。

#### 【0094】

上述したように、(複数の)センサ303は、ウエハWの異なる部分の測定を行うように配置されている。例えば、いくつかのセンサ303は、ウエハWの中心部分と相関し得る測定を行うように配置されており、他のセンサは、B-リング欠陥および/またはC-マーク欠陥になりやすいウエハの部分における測定を行うように配置されている。図22および23に示される特定のセンサ配置を参照すると、センサ303は、ウエハWの中心から複数の異なる距離における測定を行うように配置されている。少なくとも1つのセンサ(例えば、Cで示したセンサの対における複数のセンサ)は、研削中に、ウエハの中心部分の変形に関する測定を行うことができるウエハWの中心近くに配置されている。少なくとも1つの他のセンサ(例えば、RとLで示したセンサの対における複数のセンサ)は、研削中に、ウエハWの外縁近傍に(すなわち、ウエハの中心から相対的に離れて)配置されている。更に別のセンサ(例えば、Uで示したセンサの対における複数のセンサ)は、ウエハの外縁近傍に配置された少なくとも1つのセンサおよびウエハの中心近傍に配置された少なくとも1つのセンサに対して、ウエハWの中心から中間の距離に(例えば、B-リング欠陥および/またはC-マーク欠陥が起こりやすいウエハの部分の近傍に)配置されている。

#### 【0095】

ウエハWは、それが研削盤内で回転する際に曲げモーメントに応じて曲がってよい。結果として、ウエハ上の所定位置におけるウエハWの変形は、ウエハが研削盤内で回転する際に変わり得る。センサ303は、ウエハWの中心から異なる距離において測定を行うように配置されているだけでなく、それらは、ウエハの中心から延在している異なる半径線323、325、327上に配置されている。例えば、センサ対RおよびLは、ウエハの中心から概ね同じ距離に配置されているが、それらは異なる半径線上にある。センサ対Rにおけるセンサは、概して、1つの半径線323上にあり、センサ対Lにおけるセンサは、概して、異なる方向においてウエハWの中心から延在している別の半径線325上にある。さらに、センサ対CおよびUにおけるセンサは、概して、更なる別の方向におけるウエハWの中心から延在している第3の半径線327上に配置されている。図に示される実施形態において、半径線323、325、327は、互いから実質的に等距離である。従って、半径線323、325、327は、互いに約120度の角度を形成する。しかしながら、互いに関して半径線の空間と、センサがそれに沿って配置されている異なる半径線の数とは、本発明の技術的範囲から逸脱せずに変わってよい。

#### 【0096】

さらに、センサ303は、研削装置の要素に関して異なる位置に配置されている。例えば、センサ対Lのセンサは、研削砥石9を間にして、センサ対Rのセンサと反対側にある。これは、センサ対Rのセンサのうちの1つとセンサ対Lのセンサのうちの1つとを含んでおり且つ(上記で規定した)座標系のx、y、平面と垂直である仮想平面331(図22を参照されたい)が、研削砥石9を横切っていることから明らかである。センサ対RおよびLのセンサは、それらがウエハWの中心から概ね同じ距離であるように配置されているので、1つのセンサ対によって測定が行われるウエハの部分は、後に、(ウエハの回転が、ウエハのその部分を他のセンサ対に移動させた後に)他のセンサ対によって測定を行うことができる。しかしながら、ウエハWは、それが研削盤内で回転する際に曲がり得るので、センサ対Rのセンサによる測定値は、センサ対Lのセンサによる対応の測定値とは異なってよい。

#### 【0097】

10

20

30

40

50

さらに、少なくとも 1 つのセンサ（例えば、センサ対 R および L における複数のセンサ）は、ウエハの水平な中央線 341 より実質的に下側に配置されている（図 22）が、少なくとも 1 つの他のセンサ（例えば、センサ対 U における複数のセンサ）をウエハの水平な中央線より実質的に上に配置されている。別のセンサ（例えば、センサ対 C における複数のセンサ）を、ウエハ W の水平な中央線 341 に対して相対的に近くに配置できる。例えば、図に示される実施形態において、センサ対 C におけるセンサは、ウエハ W の水平な中央線 341 よりわずかに上にある。

#### 【 0098 】

さらに、少なくとも 1 つのセンサ（例えば、センサ対 R、C および L における複数のセンサ）は、研削砥石 9 を収容するために、静水圧パッド 305 内の開口 345 の 1 つの近くに配置されており、従って、操作中に、研削砥石に隣接して配置されている。同様に、少なくとも 1 つのセンサ（例えば、センサ対 R、C および L における複数のセンサ）は、いずれの静水圧ポケット 313 よりも研削砥石 9 の近くに配置されている。上述したように、いくつかの研削盤における研削盤の不整列は、研削砥石 9 によるクランプと、静水圧パッド 305 によるクランプとの間の移行時に、相対的にさらに高い応力をウエハ W に加える可能性があり、この場合において、操作中に、いずれの静水圧ポケットよりも研削砥石の近くに配置されているおよび / または研削砥石に隣接して配置されている任意のセンサは、研削盤の不整列に際して、相対的にさらに高い応力が加えられたウエハの一部からの測定を行うように配置するように考慮され得る。この意味で、静水圧パッド 305 を用いることに対するいくつかの付加的な利点があつてよく、静水圧パッド 305 における静水圧ポケット 313 は、研削砥石から離れるようにクランプ力の中心を移動する（上述したように）ように、研削砥石 9 から離れて移動する。なぜなら、静水圧ポケットのこの配置は、ナットプロロジー評価システム 301 のセンサ 303 のための更なる室を静水圧ポケットと研削砥石の間（例えば、実質的にゼロのクランプ圧力の自由領域内）に配置できるからである。

#### 【 0099 】

少なくとも 1 つの他のセンサ（例えば、センサ対 U における複数のセンサ）は、静水圧パッド 305 における開口 345 からさらに遠くに配置されており、従って、操作する際に研削砥石 9 からさらに遠くなるように配置されている。その少なくとも 1 つのセンサ（例えば、センサ対 U における複数のセンサ）は、また、少なくともいくつかの静水圧ポケット 313 よりも研削砥石 9 からさらに遠い。さらに、その少なくとも 1 つのセンサ（例えば、センサ対 U における複数のセンサ）は、研削盤の不整列に際して、それらの研削盤において相対的にさらに低い応力が加えられたウエハ W の一部から測定を行うように配置されるように考慮でき、該研削盤は、不整列がある場合に、研削砥石によるクランプと、静水圧パッドによるクランプとの間の移行時に、相対的にさらに高い応力をウエハに加える。

#### 【 0100 】

既に記載したように、センサ 303 は、センサからウエハ W 表面までの距離についての情報を検出するため使用可能である。センサ 303 は、プロセッサ 351 と信号伝達的に連結しており（図 22）、センサからのセンサデータ出力を受信するように作動できる。プロセッサ 351 は、研削装置から離れていてもよいが、必須ではない。図 22 は、プロセッサ 351 をセンサに接続するハード配線（またはハードワイヤリング：hard wiring）353 を図示するが、プロセッサおよびセンサは、本発明の技術的範囲から逸脱せずに、ワイヤレス通信してよいことを理解されたい。

#### 【 0101 】

コンピューターウォーターステーションの CPU は、プロセッサ 351 として用いることができる。さらに、センサ 303 からのデータおよび / またはそこから得られる情報 355 の処理は、多重処理ユニット間で共有でき、その場合に、用語「プロセッサ（processor）」は、全てのこのような処理ユニットを含む。本発明の 1 つの実施形態において、プロセッサ 351 は、研削操作の間に、センサ 303 からのセンサデータ出力を監視する。セ

10

20

30

40

50

ンサ 3 0 3 からの出力は、情報収集目的のためにおよび／または研削装置の操作を検証するように記録される。必要に応じて、センサ 3 0 3 からの出力は、研削操作の間および／または後に、図 2 4 に示すように図示される。

#### 【0102】

本発明の 1 つの実施形態において、プロセッサ 3 5 1 は、ウエハ W の有限要素構造分析を行うために、センサ 3 0 3 から監視したセンサデータを用いて作動できる。図 2 4 に示すように、プロセッサ 3 5 1 は、研削操作中の時間 3 5 7 に、好ましくは主要な研削段階の終了近く（例えば、研削の仕上段階が始まる前）に、センサデータを収集する。主要な研削サイクルは、図 2 4 に示す第 2 工程に対応する。図 2 4 に示される全ての研削サイクルは、5 つの工程から成る。工程 3 6 1 = 速い切込（または速い送り込み：fast infeed）、工程 3 6 3 = 主要な研削サイクル、工程 3 6 5 = 低速の研削サイクル、工程 3 6 7 = スパークアウトサイクル、および工程 3 6 9 = 砥石格納サイクルである。プロセッサ 3 5 1 は、センサデータから 1 つ以上の境界条件を求めるように、そしてセンサデータから得られた 1 つ以上の境界条件を用いて、ウエハ W の有限要素分析を行うように作動させることができる。センサデータから得られた境界条件は、静水圧パッドによってもたらされるクランプ条件の情報から得られた付加的な境界条件で補足される。

研削サイクルおよび、プロセッサ 3 5 1 が有限要素構造分析のためのデータを収集する時間は、本発明の技術的範囲から逸脱せずに変更可能である。

#### 【0103】

図 2 5 A は、境界条件がクランプ条件の情報から得られる一組の位置の一例を示す。図 2 5 A において、境界条件は、静水圧パッド 3 0 5 の外縁および静水圧ポケット 3 1 3 の外縁において規定されている。図 2 5 B は、ウエハ W の有限要素構造分析を行うために適したメッシュを示す。図 2 5 A および 2 5 B に示される例に用いる静水圧パッド 3 0 5 は、上記に示される静水圧パッド 1 1 a、1 1 b とはわずかに異なる静水圧ポケットの配置を有することに留意されたい。しかしながら、当業者は、境界条件を規定する方法および、どのような研削装置にも用いる特定の静水圧パッドに適したメッシュを開発する方法を知っている。

#### 【0104】

センサデータから得られる境界条件を用いて、クランプ条件から得られる境界条件とウエハ W の特性（例えば、シリコンの材料特性）を組み合わせると、プロセッサ 3 5 1 は、ウエハ のナットポロジーの予測を含むウエハ 形状を予測するように、ウエハ の有限要素分析を行う。有限要素分析において、プロセッサ 3 5 1 によって予測されるウエハ W の形状は、未加工ウエハ のプロファイルである。研削プロセスは、典型的には、半径方向の対称性を示すナットポロジーの特徴をもたらすので、未加工ウエハ のプロファイルは、ウエハ の中心から距離の関数として変形に関して表され得る。センサデータを用いた有限要素分析によって予測される未加工ウエハ のプロファイルの 1 つの例は図に示される。

#### 【0105】

1 つの実施形態において、変形したウエハ 形状は、有限要素分析を用いて以下のように計算される。所定のメッシュは、シェル要素を用いて、この分析のために特定される。1 つのメッシュの詳細は、図 2 5 A に示される。ウエハ の変形は、ウエハ のクランプ角度、砥石の傾斜およびシフトに依存して、R または L の B - リングセンサにおいて、より可能性があるということを念頭に置くべきである。さらに大きい変形は、NT 悪化とのさらに強い相関を有する傾向がある。従って、この効果を得るために、2 つの測定値（reading）R および L のより高い方を両方の場所に適用する。静水圧パッドによるウエハ クランプは、基本的な剛性（fundamental stiffness）の境界条件を用いて、もたらされる。研磨後の NT は、通常、10 秒未満で計算される。研削砥石の外縁に沿ったウエハ の変位（displacement）が考慮される（図 2 5 B における弧 A B C (arc ABC)）。ウエハ の中心から延在している全ての半径 r について、円弧に沿った 2 つの位置がある。これらの 2 つの位置における変位は、有限要素分析の結果に基づいて求めることができるおよびその半径における平均の変位を得るために平均化できる。平均の変位は、未加工プロファイル曲線と

10

20

30

40

50

してプロットできる（図26A）。従って、未加工プロファイル曲線からの測定値は、フィルタ処理されたプロファイル曲線をもたらすように、空間フィルタを通過する（図26）。

#### 【0106】

当業者に当然のことながら、研削後に、通常、付加的なウエハ処理工程がある。例えば、ウエハを、一般的に、研削後に研磨する。さらに、ナノトポロジー生成量は、研削した後ではないが仕上段階の処理工程（典型的には、ウエハのナノトポロジーを変化させる）が完了した後のナノトポロジーによって求められる。従って、本発明の1つの実施形態において、プロセッサ351は、有限要素分析から得られる未加工ウエハのプロファイルを用いて、1以上の仕上段階の処理工程後にウエハナノトポロジーがどうなり得るか予測するのに作動できる。10

#### 【0107】

1以上の仕上段階の処理工程（例えば、研磨）後のウエハプロファイルを予測するように、例えば、空間フィルタは、未加工ウエハのプロファイルに適用できる。当業者は、この種の空間フィルタ処理を行うのに適用できる様々なウエハの欠陥／収率の管理ソフトウェアツールを知っている。いくつかの例は、Siglaz of Santa ClaraからIntelligent Defect Analysis Software；Zenpire of Palo Alto、CAからiFAB software；Galaxy Semiconductor Inc. - USA of Waltham、MAからExaminator software；およびKnights Technology of Sunnyvale、CAからYieldmanager softwareを含む。フィルタ処理されたウエハプロファイルは、ナノトポロジーが更に処理された後にどうなり得るかの代表例である。フィルタ処理されたウエハプロファイルの1つの例は、図26bに示される。有限要素分析から得られる未加工ウエハのプロファイルを、多くのウエハのための仕上段階の処理後（例えば、研磨後）の実際のナノトポロジー測定（例えば、ナノマッパー（登録商標））と比較することにより、有限要素分析に用いるパラメータ（例えば、静水圧クランプに関する境界条件）は、より良い相関のために微調整できる。20

#### 【0108】

さらに、プロセッサ351は、センサからセンサデータを受信しおよびセンサデータからワークピースのナノトポロジーを評価するように作動できる。1つの実施形態において、プロセッサは、悪いナノトポロジー評価に応じて改善作業を実施するように、必要に応じて、情報355（例えば、予測されたワークピースのNT）を提供するように作動できる（例えば、1以上のウエハプロファイルが、仕様または他の所定基準に適合しない場合にプロセッサによって求められるように）。その最も簡単な形態において、改善作業を対象とした情報355は、調整がなされるべきであるおよび／または研削プロセスが注意を必要とする1以上の人間操作者（例えば、プロセスエンジニア）を対象とした信号を出力することを含んでよい。プロセッサ351からの信号に応じて、人間操作者は、研削盤の性能を改善するように、研削盤の位置合わせ（例えば、研削砥石の水平傾斜に対応する少なくとも1つの角度、研削砥石の垂直傾斜に対応する角度、研削砥石同士の間のシフト）および／または静水圧パッドのポケットに供給される流体の圧力を調整できる。代替的にまたは追加的に、操作者は、研削盤の初期設定（例えば、設定のための親指の法則）を調整することによって、位置合わせを調整できる。プロセッサ351は、可変の研削プロセスを調整することを含むいくつかの改善作業を実施するように、他の情報355も提供できる。例えば、プロセッサ351は、センサデータに応じて研削砥石および／または静水圧パッドのうちの少なくとも1つの位置または適用についての調整、および／またはポケット313に供給される流体の圧力を調整することによるウエハに対するクランプ力の中心についての調整を示す情報355を提供するように作動できる。同様に、プロセッサ351は、研削盤を再整列するように、研削砥石9および静水圧パッド305の少なくとも1つの位置を調整するのに用いる一組のアクチュエータ（図示せず）を制御するように操304050

作者の入力に応答できる。

【0109】

本発明に従って半導体ウエハを処理する方法の1つの実施形態において、上述したナノトポロジー評価システム301を有する両面研削盤内に半導体ウエハWを装填する。ウエハWの実際の研削は、本明細書での記載を除き、従来の様式で進行する。1以上のセンサ303は、研削プロセスの間ににおいて、ウエハWの変形を示しおよびウエハの有限要素構造分析のための1以上の境界条件を得るのに使用可能なデータを収集する。例えば、上述したナノトポロジー評価システム301のセンサ303は、ウエハWの表面とセンサとの間の複数の距離測定を収集する。さらに、評価システム301のセンサ303は、上述したように、ウエハの異なる部分から、研削盤要素に関する様々な位置において、同時にデータを収集する。

【0110】

1つの実施形態において、センサは、B-リング欠陥に関連するワークピースの一部における距離について、ワークピースの2つの表面のずれを測定し、プロセッサ351は、センサからこのような距離データを受信し、受信したセンサデータから、ワークピースナノトポロジーにおけるB-リング欠陥を評価するように作動できる。別の実施形態において、センサは、C-マーク欠陥に関連するワークピースの一部分における距離について、ワークピースの2つの表面のずれを測定し、プロセッサ351は、センサから、このような距離データを受信し、受信したセンサデータからワークピースナノトポロジーにおけるC-マーク欠陥を評価するように作動できる。

【0111】

センサ303は、センサデータをプロセッサ351に伝送し、該プロセッサ351は、センサデータを受信および処理する。センサ303からの出力は、図24に示すように、必要に応じて記録および/または図示される(研削中および/または研削後)。センサデータを、ウエハWのナノトポロジーを評価するのに用いる。方法の1つの実施形態において、プロセッサ351は、ウエハWのナノトポロジーを評価するように、研削プロセスにおける時間からセンサデータを記録する。例えば、図24は、両面研削プロセスサイクルの工程361、363、365、367、369と同時にプロットされる各々のセンサの時間変化出力を示す。プロセッサ351は、各々のセンサから一組の同時データを得るよう、プロセスサイクルにおける所定時間(例えば、図24における矢印357により示される時間)において、センサ303からの出力を記録する。プロセッサ351は、ウエハWの有限要素構造分析を行うための境界条件を得るよう、その組のデータを用いる。

【0112】

プロセッサ351は、センサから得られる境界条件、および任意の他の境界条件(例えば、クランプ条件の情報から得られる境界条件)を用いて、ウエハの有限要素分析を行う(図25A)。有限要素分析を、未加工ナノトポロジーウエハプロファイルを生じるように用いる(図26B)。上述した空間フィルタを、必要に応じて、仕上段階の処理工程後(例えば、研磨後)にウエハWの生じ得るナノトポロジーを予測するように、未加工ウエハのプロファイルに適用する。

【0113】

プロセッサ351は、ナノトポロジー要求について、研削盤の性能を評価するように、未加工ウエハのプロファイルおよび/またはフィルタ処理されたウエハプロファイルを再検討する。この評価は、研削盤ナノトポロジー性能が所定の基準を満たすかどうかを求めるように、バッチにおける他のウエハのために未加工ウエハのプロファイルおよび/またはフィルタ処理されたウエハプロファイルを考慮できる。プロセッサ351が、研削盤がナノトポロジー基準を満たさないということを求める場合に、プロセッサは、改善作業を始める。1つの実施形態において、改善作業は、研削装置が注意を必要とする1以上の人間操作者に信号を送ることを含む。従って、人間の操作者は、上述したように、研削盤装置の位置合わせを調整するおよび/またはクランプの中心を調整する。別の実施形態において、プロセッサ351は、悪いナノトポロジー評価および操作者入力に応じて、改善

作業を実施する。例えば、プロセッサ351は、プロセッサの制御下において操作者入力に応じて1以上のアクチュエータを用いて、クランプの中心を調整するおよび/または研削盤の位置合わせを調整するように、ウエハWの1以上の部分に適用される静水圧量を調整できる。

【0114】

別の実施形態において、改善作業は、次のワークピースの研削を調整することを含む。例えば、研削盤は、第1ワークピースを研削しおよび次いで第2ワークピースを研削した後に第3ワークピースを研削するように作動できる。プロセッサ351は、センサからデータを受信しおよびセンサデータから第1ワークピースのナットポロジーを評価するのに作動できる。従って、プロセッサ351は、第2ワークピースのような次のワークピースを研削する場合に用いるためのセンサデータに応じて、研削砥石および/または静水圧パッドの少なくとも1つの位置に対する調整を示す情報355を提供するように作動できる。ワークピースが複数のウエハのカセットである状況において、有限要素分析を、カセットにおける各々のウエハに対して行うことができ、ウエハのカセット全体を研削するまで待つ必要がない。従って、設定値が適切でない場合およびNT欠陥を1以上のウエハ内において検出する場合に、カセットにおける他のウエハが、いくらかの形態の介入なしに、さらに大きな収率損失をもたらす類似または同じ欠陥を有することはあり得る。本発明の1つの実施形態に従って、操作者は、カセットにおける全てのウエハからフィードバックを得るように待つ必要がなく、多量の収率損失を避ける。従って、研磨中における研磨後のNT欠陥の信頼性のある予測が提供される。このような予測は、次のウエハおよびカセットのための研削盤設定値を最適化して、次のウエハの研磨後のナットポロジー欠陥を最小化するように操作者を支援する。

10

20

30

【0115】

図27は、ナノマッパーによって求められるように、特定のウエハのための本発明の1つの実施形態に従って予測されるプロファイルを示し、研磨後に、その同じウエハのための平均的な半径の変位を示すグラフである。実線は、本発明の1つの実施形態に従って、有限要素分析に基づいてウエハの予測されるプロファイルの1つの例を示す。破線は、ウエハを分析したナノマッパーからのデータに基づいてプロファイルを示す。図28は、多くのウエハの水平軸にプロットされている予測B-リング値と、垂直軸にプロットされている実際のB-リング値との間の相関を示すグラフであり、相関係数は、R = 0.9である。

30

【0116】

本発明の方法は、研削盤のナットポロジー性能に対する素早いフィードバックを提供する。例えば、ウエハナットポロジーの評価は、ウエハの研削サイクルが完了する前に始めることができる。さらに、ナットポロジーフィードバックは、研磨前に得られる。対照的に、多くの従来のナットポロジーフィードバックシステムは、ウエハナットポロジーを測定するように、レーザー検査を用いる。これらのシステムは、典型的には、反射的な表面を欠く非研磨ウエハを有する使用に適合しない。本発明の方法を通じて得られる多くの他の利点は、この開示の観点から当業者によって認識される。

40

【0117】

上述した方法において、センサ303は、研削盤操作中に、実質的に連続してデータを収集する。しかしながら、研削が完了した後、ウエハがまだ研削盤内にある間に、データをセンサから収集できることを理解されたい。さらに、センサ303は、本発明の技術的範囲から逸脱せずに、時間内において断続的または一点において測定を行ってよい。同様に、本発明の技術的範囲から逸脱せずに、研削操作が完了した後および/またはウエハが研削盤から取り出された後に、センサデータの処理が始まるまたは続くことができる。

【0118】

また、上述したナットポロジーシステムの実施形態は、ウエハを両面研削盤内で垂直に保持しつつ、ウエハのナットポロジーを評価することを示しているが、本発明の技術的範囲から逸脱せずに、異なる方向（例えば、水平方向）に保持されたウエハのナットポロジ

50

ーを評価するように、ナノトポロジー評価システムを使用できることを理解されたい。

【0119】

本明細書に記載されたナノトポロジー評価システムについての実施形態では、ナノトポロジーを評価するためにウエハごとに有限要素分析を行っているが、当業者であれば、プロセッサが、実際に有限要素構造分析を行わずにナノトポロジーを評価できる基準を開発するためには、多くのこのような有限要素分析からの経験的データを利用できることを認識するだろう。例えば、研削盤内におけるウエハのセンサデータが、有限要素分析を行った別のウエハのセンサデータと十分に似ている場合には、研削盤内のウエハの有限要素分析を実際に行わずに研削盤内のウエハのナノトポロジーを評価するために、これまでの有限要素分析結果を用いることができる。データベースおよび学習ルーチンは、この処理を拡大するのに使用でき、これにより、プロセッサが有限要素分析を行う場合を減少または排除できる。ナノトポロジー評価システムに熟練した人間オペレータは、センサ出力のグラフまたは他の表示を見ることによってナノトポロジー欠陥を示すサインを見分ける能力、および、本発明の技術的範囲から逸脱せずに、是正措置を手動で実施する能力が身につくことも検討される。

【0120】

さらに、ウエハごとにナノトポロジー評価を行うことは必須ではない。必要に応じて、ナノトポロジーは、本発明の技術的範囲から逸脱せずに、研削盤内で研削されたウエハのサブセット（例えば、品質管理のためのサンプル）について、本明細書に記載されるように評価できる。

【0121】

概略図の図29を参照すると、別の実施形態のウエハ研削盤を図示しており、一般に500で表される。ウエハ研削盤は、一般に、第1静水圧パッド506と、第2静水圧パッドとは反対に位置する第2静水圧パッド508を含む。ウエハ501（広義には、ワープース）は、静水圧パッド506、508の間に配置されている。一对の研削砥石（図示せず）は、ウエハ研削盤内に含まれる。ウエハ研削盤は、上述したこれらの実施形態と類似していてもよい。しかしながら、図29のウエハ研削盤は、ウエハ研削盤で処理したウエハのNT悪化の軽減を支援するために、付加的な構成要素を含む。

【0122】

第1流量制御弁504は、第1静水圧パッド506に向かう水流を制御し、第2流量制御弁502は、第2静水圧パッド508に向かう水流を制御する。この実施形態において、パッド内の静水圧は、他のモードも検討されるが、水流によって制御される。

【0123】

流量制御弁502、504は、水流または水圧を制御できる適切な弁である。例えば、流量制御弁502、504は、グローブ弁、ボール弁、ゲート弁、ダイアフラム弁、ニードルバルブまたはそれらの任意の組み合わせであってよい。流量制御弁502、504は、適切なアクチュエータ（図示せず）で制御することができ、また、それらは別々に制御できる。

【0124】

制御システム600は、ウエハ研削盤および流量制御弁502、504の操作を制御する。制御システム600は、プロセッサを有するコンピューターデバイス602と、1つ以上の形態のコンピューター可読媒体と、入力/出力デバイスとを含む。いくらかの実施形態において、コンピューターデバイス602のプロセッサは、流量制御弁502、504を制御するように作動できる。制御システム600は、研削砥石によって使用される電流量を測定するように作動できる。制御システム600は、研削砥石によって使用される電流を直接測定できるか、または、研削砥石によって使用される電流を測定する分離した監視デバイス（図示せず）からの信号または他の通信を受信できる。

【0125】

研削砥石によって使用される電流量は、研削操作の現在の段階を表している。例えば、図30に示すように、研削砥石がウエハ501と最初に接触すると、研削砥石によって引

き込まれる電流は、540で示した残留状態と比較して、550で示した初期状態においてわずかに増加する。図30は、研削操作中の各研削砥石によって引き込まれる電流を示す。電流引き込みは、560で示した部分に沿って示されるように、研削砥石がウエハ501を掴もうとすると増加し続ける。この段階の間に、ウエハ501から比較的少量の材料が除去される。電流引き込みが、570で示したセクションにおいてそのピークに達したとき、ウエハ501から除去される材料の量は増加する。電流引き込みは、このピークレベルにとどまり、材料の大部分が研削砥石によってウエハ501から除去される。580で示したスパークアウト段階（その間に研削砥石を後退させ始める）では、電流引き込みは、急速に低下する。研削砥石が完全に格納された後、電流引き込みは低下して、590で示した残留レベルに戻る。

10

#### 【0126】

コンピューターデバイス602は、研削操作の現在の段階を予測（すなわち、検出または決定）するため、監視された、または感知された研削砥石の電流引き込みを用いる。コンピューターデバイス602は、パターン検出ソフトウェアプログラムの支援によってこの予測を行う。パターン検出ソフトウェアプログラムは、コンピューターデバイス602上の1つ以上の形態のコンピューター可読媒体に蓄積されたコンピューター実行可能命令を含む。コンピューター実行可能命令は、コンピューターデバイス602のプロセッサによって実行される。

#### 【0127】

制御システム600は、パターン検出ソフトウェアによって決められた研削段階に基づいて、流量制御弁502、504を用いて、静水圧パッド506、508内の圧力を制御するように操作可能である。NT悪化を最小限にするように、制御システム600は、研削段階中における研削プロセスの開始時および終了時に、静水圧パッド内の圧力を増加する。これらの研削段階では、研削砥石の電流引き込みは最も低くなる。従って、制御システム600は、流量制御弁が静水圧パッド506、508への水の流入速度を増加させて、それにより静水圧パッド内の圧力を増加させるように、流量制御弁502、504を制御する。

20

#### 【0128】

ウエハ501から材料の大部分を除去する（1つまたは複数の）研削段階中に、制御システム600は、静水圧パッド506、508への水の流入速度を減少し、それにより静水圧パッド内の圧力を減少するように、流量制御弁502、504を制御する。この研削段階において、（2つの）研削砥石は、それらの間でウエハ501を支持し、そしてウエハを掴む。この研削段階中に静水圧パッド506、508内の圧力を減少することによって、ウエハが受ける弾性変形の量は、劇的に減少または排除される。ウエハ501内の弾性変形のこのようないずれかは、ウエハ表面に低減したNTをもたらす。

30

#### 【0129】

操作中、制御システム600は、ブロック610において、パターン検出ソフトウェアを用いて研削段階を検出する方法（すなわち決定する方法）を実行する。ブロック620では、ブロック610においてパターン検出ソフトウェアで検出された研削段階に基づいて、流速の変化を計算する。制御システム600は、ブロック630で、流量制御弁502、504を制御することによってこれらの変化を適用する。このように、制御システム600は、静水圧を調節するように作動できる。

40

#### 【0130】

ウエハ501をパッド間に初めにクランプするのに、制御システム600は、静水圧パッド506、508において第1静水圧を確立する別の方法を行うように作動できる。この方法では、ウエハ501を、実質的に垂直な平面内で保持する。次いで、ウエハ501の研削中に、流量制御弁502、504により、静水圧パッド506、508における静水圧を第1圧力よりも低い第2静水圧まで減少させる。ウエハ501の研削中に、ウエハ501を、研削砥石によって実質的にクランプできる。次いで、ウエハをクランプし、従ってウエハ501におけるナットポロジーを改善するように、静水圧を、第3静水圧まで

50

増加する。第3静水圧は、第1静水圧と実質的に同じであつてよい。

【0131】

別の方法においては、制御システム600は、ウエハをクランプする段階と、ウエハを研削する段階と、ウエハを研削砥石との接触から離す段階と、を含む方法を行う。ウエハは、実質的に垂直な平面内で保持される。パターン検出ソフトウェアを使用して研削操作の各々の段階を検出し、各々の段階における静水圧を変えてウエハに適用されるクランプ圧力を変化させ、それにより処理されたウエハのナノトポロジーを改善する。圧力を変化させる他の方法も検討できるが、本実施形態の静水圧は、流量制御弁502、504を通過する流速を変えることによって変化させる。例示的な実施形態では、圧力は、研削段階で減少させる。他の実施形態では、圧力は、研削段階中に増加させる。

10

【実施例】

【0132】

第1組のウエハと第2組のウエハの表面を測定することによって、2つのデータセットを得た。試験されるウエハは、入口および出口のマークまたは他の類似した欠陥がなかった。第1組のウエハを従来の方法（すなわち、プロセスレコード(process of record)またはPOR）に従って研削し、静水圧は研削段階中に変えなかった。第2組のウエハを、図29の実施形態に従って研削し、静水圧を研削段階中に増加させた。試験したウエハの表面を、表面の部分（例えば、10mm×10mmの部分）のためにしきい値の高さ平均（すなわち、THA1010測定標準）に従って測定した。THA1010測定標準に従って行われた測定は、ウエハの表面の部分内において、最大ピークバレー垂直距離を表す。多数のこのようないくつかの測定を、異なる部分におけるウエハの表面を横切って行う（部分は重なり得るけれども）。THA1010測定標準は、ウエハ表面のナノトポロジーを評価するのに用いる既知の測定標準である。標準を用いると、数が少ないほど、ウエハ表面のナノトポロジーは良好であった。

20

【0133】

図31は、両方のデータセットのためのTHA1010測定の規格化された分布を示すグラフである。第1データセットは、規格化されたTHA1010 PORのことを言い、第2データセットは、規格化されたTHA1010 Low Prのことを言う。各々のデータセットに対する測定を規格化した（すなわち、公約数で割った）。グラフにおけるデータポイントの各々の1つのy軸は、別個のデータポイントのx軸と等しいまたはそれより少ない測定値のパーセントを表す。さらに、実線は、第1データセットのために95%の信頼区間の境界を表す。破線は、第2データセットのために95%の信頼区間の境界を表す。

30

【0134】

図32は、試験したウエハの表面における規格化されたしきい値の高さ領域の測定を示すボックスプロット表である。表は、図31の2つのデータセットのボックスプロットを示し、各々のデータセットのために、表は、それぞれ、最小、第1四分位数、中間、第3四分位数および最大を示す。

【0135】

図31および32は、図29の実施形態に従って研削したウエハの表面が、PORに従って研削したウエハよりも顕著に低いピークバレー値を有することを示す。従って、図29の実施形態に従って研削したウエハの表面は、PORに従って研削したウエハの表面と比較して、改善したナノトポロジーを有する。例えば、図29のプロセスに従って研削したウエハは、0.6346の規格化した平均THA1010を有するが、PORに従って研削したウエハは、0.6738の規格化した平均THA1010を有する。同様に、標準誤差は、POR（標準誤差=0.09956）に従って研削したウエハと比較して、図29に従って（標準誤差=0.09826）研削したウエハについて減少する

40

【0136】

さらに、図32のボックスプロット表は、図29に従って研削したウエハの規格化されたピークバレー測定値が、PORのそれらと比較してより狭い範囲において分布することを示す。明確に示されるように、第2データセットの第1および第3の四分位数（すなわち

50

、Low Pr) は、第 1 データセットのそれら (すなわち、POR Pr) よりも更に狭い間隔である。さらに、第 2 データセットの最大および最小は、第 1 データセットの最大および最小よりも更に低い値を有する。

【 0 1 3 7 】

本発明またはその好ましい実施形態の要素を導入するときに、冠詞「a」、「an」、「the」および「said」は、1 つ以上の要素があることを意味するように意図している。用語「comprising」、「including」および「having」は、包含的でありかつ示された要素以外の追加的な要素があってよいことを意味することを意図している。

【 0 1 3 8 】

本発明の技術的範囲から逸脱することなく、上記のものに様々な変化を行うことができるので、上述の記載に含まれおよび添付の図面に図示された全ての事項は、例示と解釈されるべきであり、制限する意味ではないことを意図している。

【 0 1 3 9 】

本明細書の開示内容は、以下の態様を含み得る。

( 態様 1 )

一対の研削砥石と、その中に静水圧を有する一対の静水圧パッドとの間にウエハを保持するタイプの両面研削盤を用いて半導体ウエハを処理する方法であって、研削盤は、研削盤によって引き込まれた電流を検出するためのパターン検出ソフトウェアを含むプロセッサを含んでおり、該方法は、

ウエハをクランプする段階と、

ウエハを研削する段階と、

ウエハを研削砥石との接触から離す段階と、

各々の段階を検出するためのソフトウェアを使用し、各々の段階における静水圧を変えて、ウエハに適用されるクランプ圧力を変え、それにより処理したウエハのナノトポロジーを改善する段階と、の複数の段階を含む方法。

( 態様 2 )

流量制御弁を通過する流速を変えることによって静水圧を変える、態様 1 に記載の方法。

( 態様 3 )

各々の段階を検出するため、研削盤によって引き込まれる電流をパターン検出ソフトウェアで測定する、態様 1 に記載の方法。

( 態様 4 )

研削段階において、静水圧を低下させることを更に含む、態様 1 に記載の方法。

( 態様 5 )

研削段階において、静水圧を上昇させることを更に含む、態様 1 に記載の方法。

( 態様 6 )

研削操作中に一対の研削砥石と一対の静水圧パッドとの間にウエハを保持するタイプの両面研削盤を用いて半導体ウエハを処理する方法であって、該方法は、

研削操作の第 1 段階において、静水圧パッド内に第 1 静水圧を確立してウエハを最初にクランプすることと、

研削操作の第 2 段階でウエハを研削する間に、第 1 圧力よりも低い第 2 静水圧まで静水圧を低下させることと、

研削操作の第 3 段階において第 3 静水圧まで静水圧を上昇させてウエハをクランプし、これにより処理されたウエハのナノトポロジーを改善することと、を含む方法。

( 態様 7 )

第 3 静水圧は第 1 静水圧と実質的に等しい、態様 6 に記載の方法。

( 態様 8 )

ウエハの研削中に、研削砥石によってウエハを実質的にクランプする、態様 6 に記載の方法。

( 態様 9 )

10

20

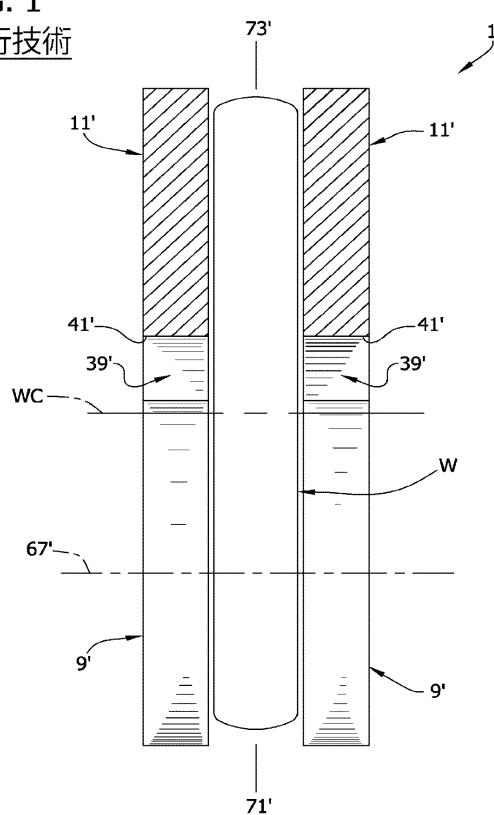
30

40

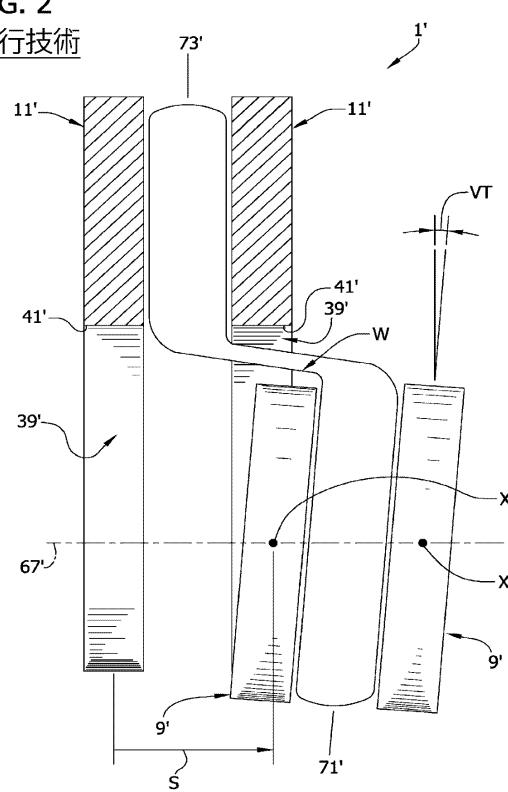
50

- 静水圧を、流量制御弁の使用によって変える、態様 6 に記載の方法。  
( 態様 1 0 )  
ウエハを、実質的に垂直な平面内で保持する、態様 6 に記載の方法。  
( 態様 1 1 )  
両面研削盤の研削砥石によって使用される電流量を測定することを更に含む、態様 6 に記載の方法。  
( 態様 1 2 )  
両面研削盤の研削砥石によって使用される、測定された電流量に基づいて、研削操作の段階を決めるこ  
とを更に含む、態様 1 1 に記載の方法。  
( 態様 1 3 ) 10  
測定された電流が残留状態から初期状態まで増加したときに、研削操作の段階が第 1 段階であると決めるこ  
とを更に含む、態様 1 2 に記載の方法。  
( 態様 1 4 )  
測定された電流がそのピークレベルであるときに、研削操作の段階が第 2 段階であると決めるこ  
とを更に含む、態様 1 2 に記載の方法。  
( 態様 1 5 )  
測定された電流がそのピークレベルから減少したときに、研削操作の段階が第 3 段階であると決めるこ  
とを更に含む、態様 1 4 に記載の方法。  
( 態様 1 6 ) 20  
一対の研削砥石と、プロセッサと、一対の静水圧パッドとを含む両面研削盤であって、  
研削砥石と静水圧パッドとは、ほぼ平坦なウエハを、一対の研削砥石の間に配置されて  
いるウエハの第 1 部分と一対の静水圧パッドの間に配置されているウエハの第 2 部分とが  
同一平面内で保持されるように操作可能であり、  
静水圧パッドは、静水圧を維持するように静水圧パッドを通過して流れる水を含み、  
研削盤は、パッドを通過する水の流速を制御するための、それにより静水圧を制御する  
ための、流量制御弁を更に含み、  
流量制御弁は、プロセッサによって制御される、両面研削盤。  
( 態様 1 7 )  
プロセッサが、研削プロセスの様々な段階を検出するためのパターン検出ソフトウェア  
を含んでおり、該プロセッサは、パターン検出ソフトウェアによって検出された段階に応  
じて、流量制御弁を通過する水の流速を制御するように動作可能である、態様 1 6 に記載  
の研削盤。 30  
( 態様 1 8 )  
プロセッサが、研削砥石によって使用される電流量を測定するように動作可能である、  
態様 1 7 に記載の研削盤。  
( 態様 1 9 )  
パターン検出ソフトウェアは、研削砥石によって使用される、測定された電気量に基づ  
いて段階を検出する、態様 1 8 に記載の研削盤。  
( 態様 2 0 ) 40  
プロセッサは、パターン検出ソフトウェアが研削プロセスの研削段階を検出したときに  
、弁を通過する水の流速を増加するように流量制御弁を制御する、態様 1 9 に記載の研削  
盤。

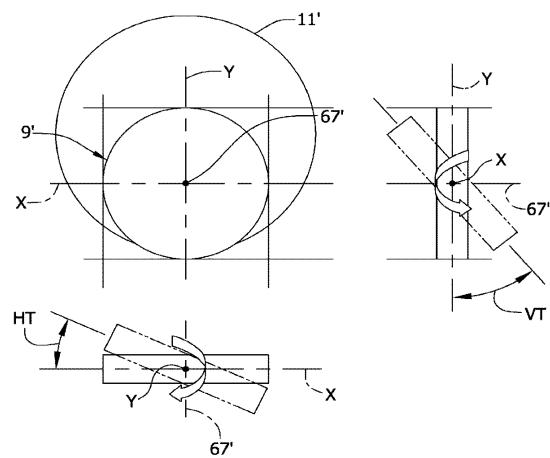
【図1】

FIG. 1  
先行技術

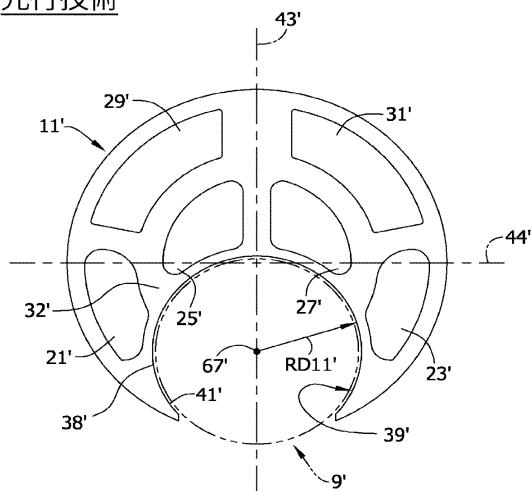
【図2】

FIG. 2  
先行技術

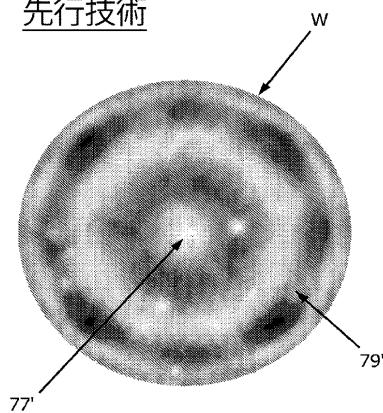
【図3】

FIG. 3  
先行技術

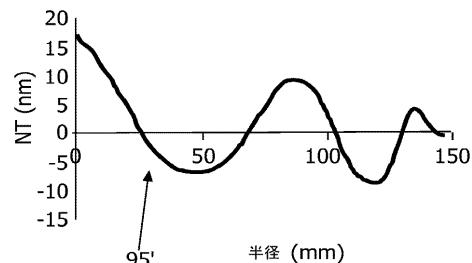
【図4】

FIG. 4  
先行技術

【図 5 A】

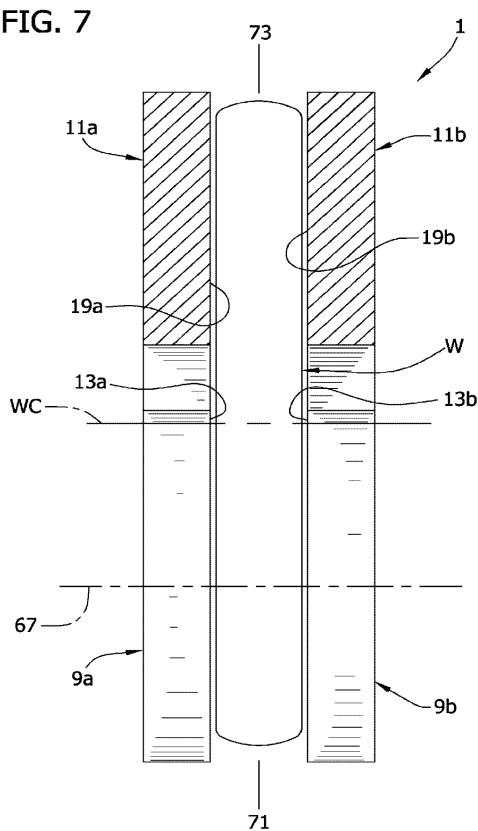
FIG. 5A  
先行技術

【図 5 B】

FIG. 5B  
先行技術

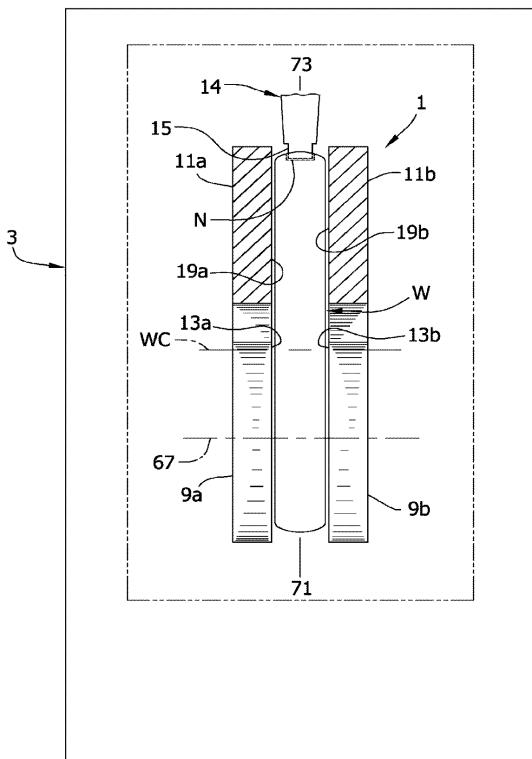
【図 7】

FIG. 7



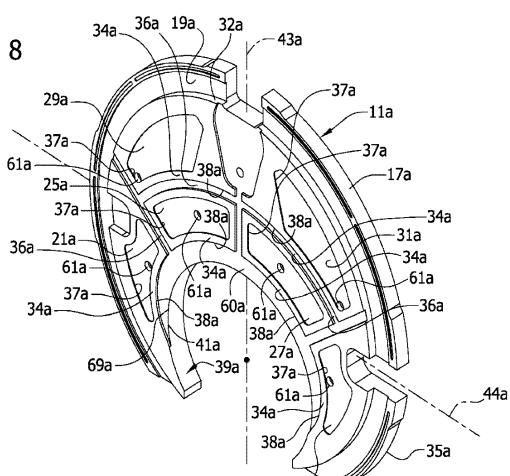
【図 6】

FIG. 6



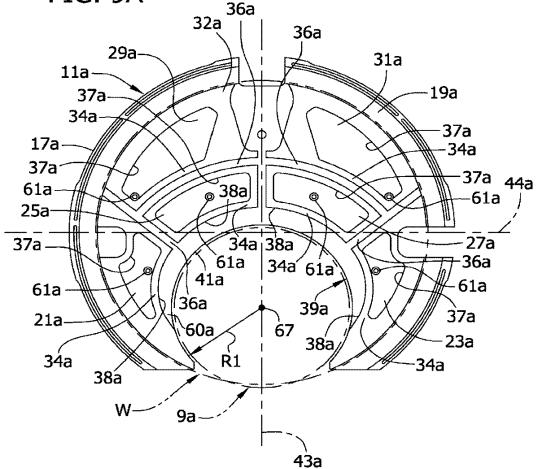
【図 8】

FIG. 8



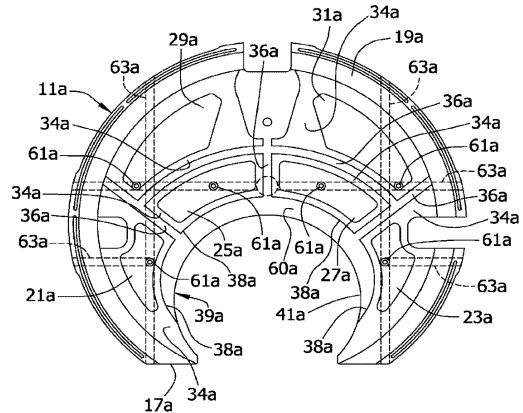
【図 9 A】

FIG. 9A



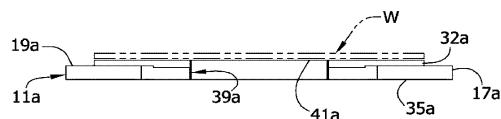
【図 10】

FIG. 10



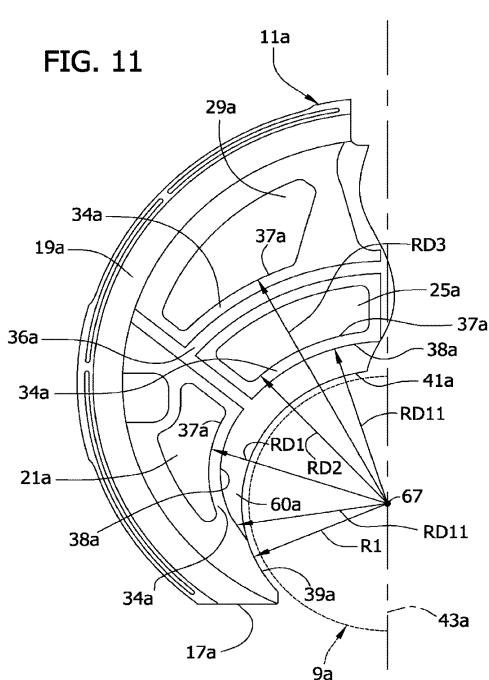
【図 9 B】

FIG. 9B



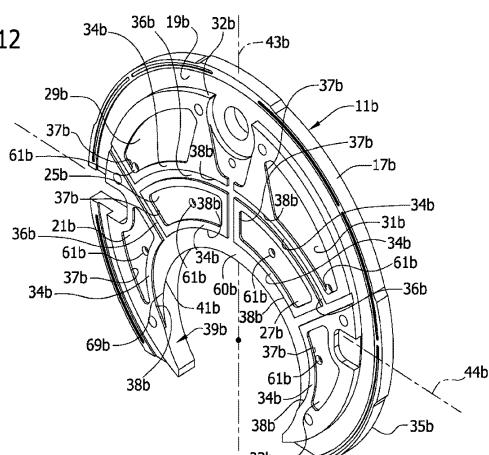
【図 11】

FIG. 11



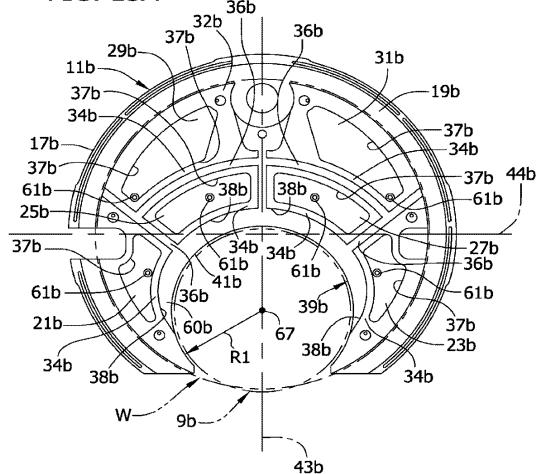
【図 12】

FIG. 12



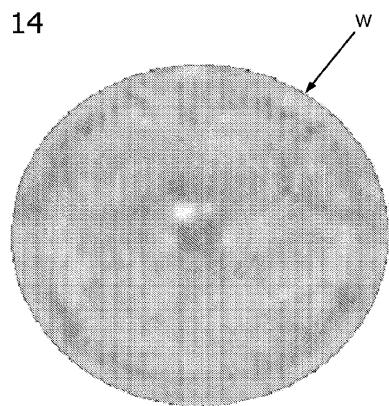
【図 1 3 A】

FIG. 13A



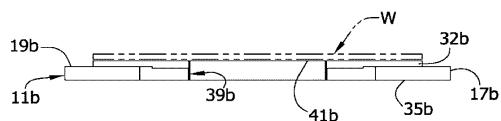
【図14】

FIG. 14



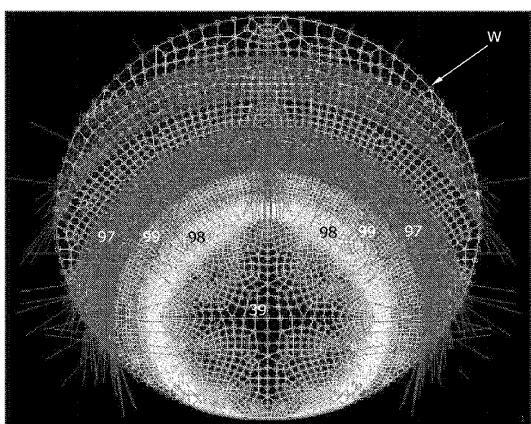
【図13B】

FIG. 13B



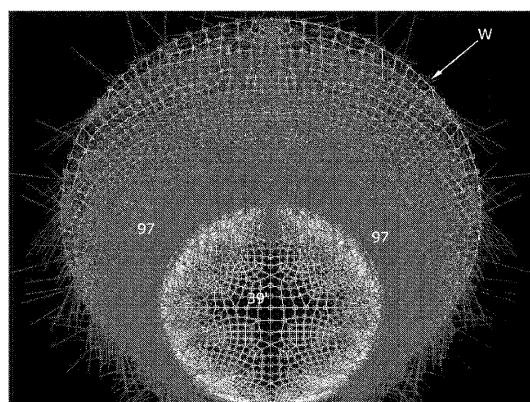
【図 15A】

FIG. 15A



【図15B】

FIG. 15B  
先行技術



【図16】

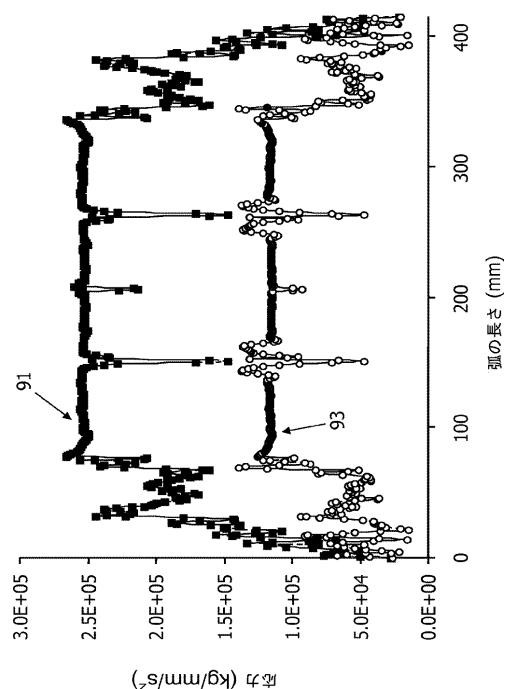


FIG. 16

【図17】

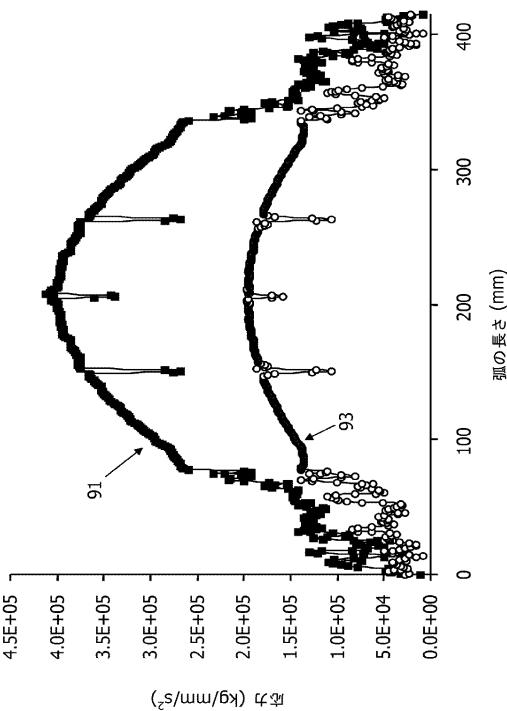


FIG. 17

【図18】

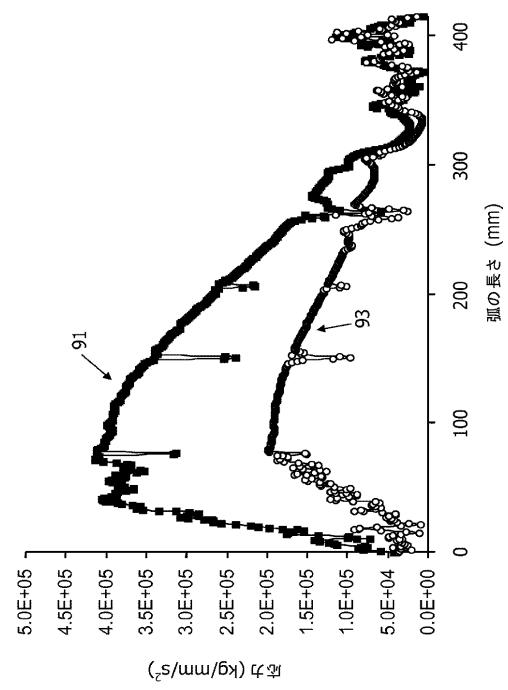


FIG. 18

【図19】

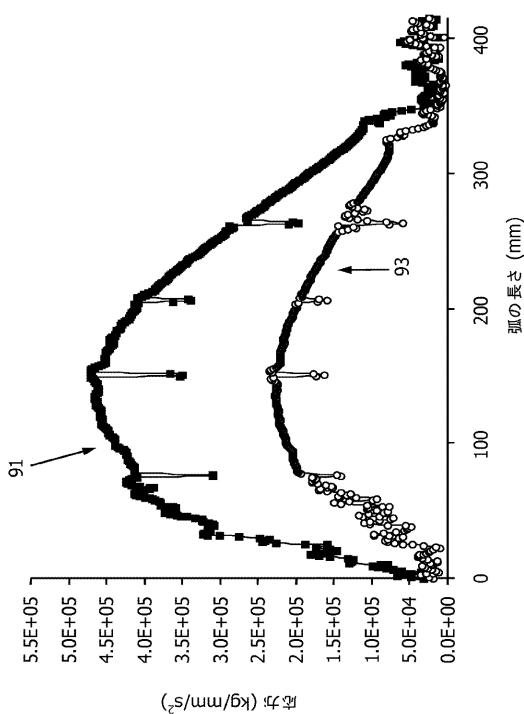


FIG. 19

【図20】

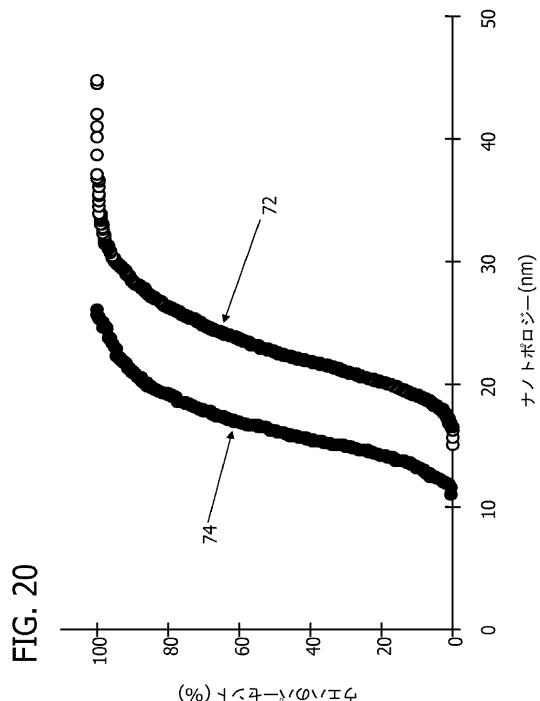
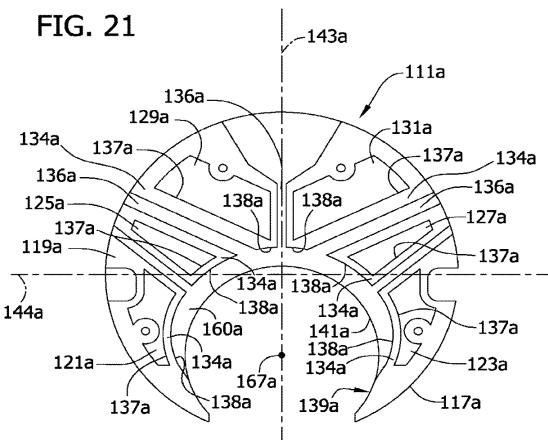


FIG. 20

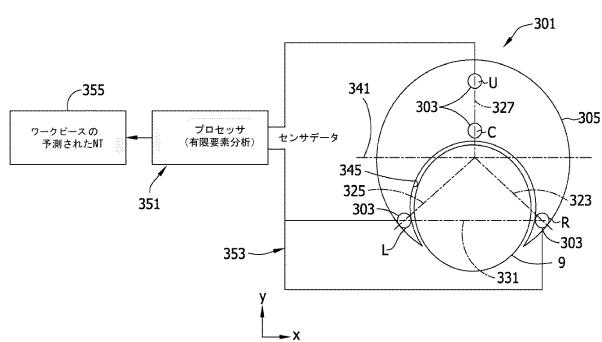
### 【図21】



【図24】

### 【図22】

FIG. 22



【図23】

FIG. 23

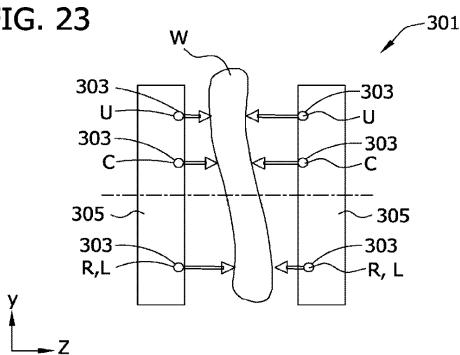
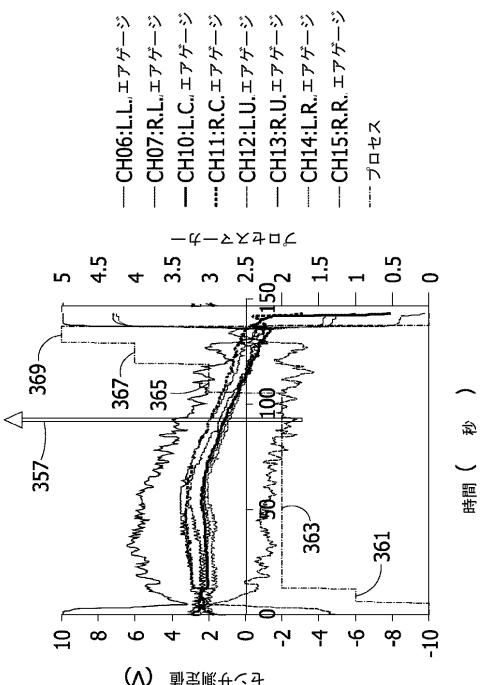
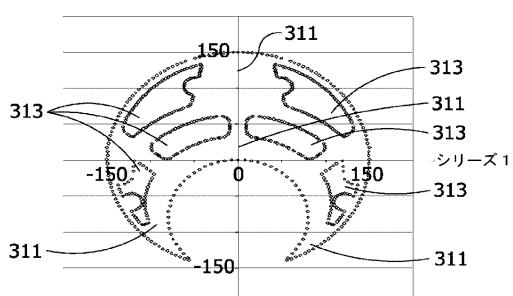


FIG. 24



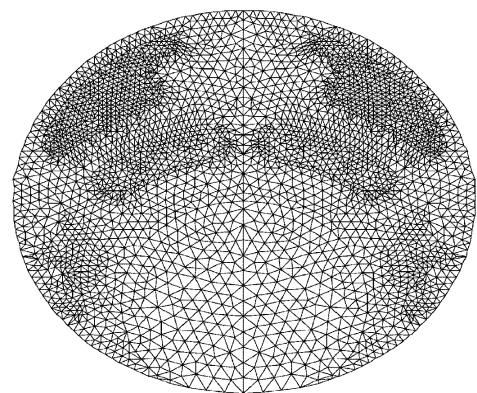
【図 25A】

FIG. 25A



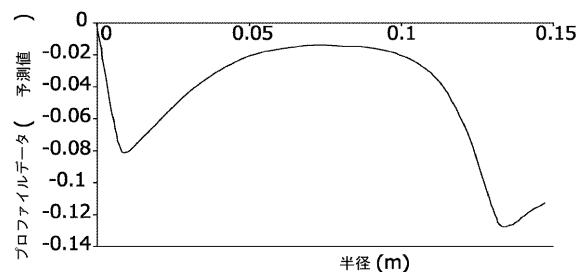
【図 25B】

FIG. 25B



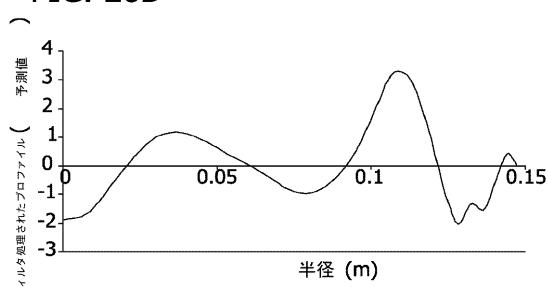
【図 26A】

FIG. 26A



【図 26B】

FIG. 26B



【図 27】

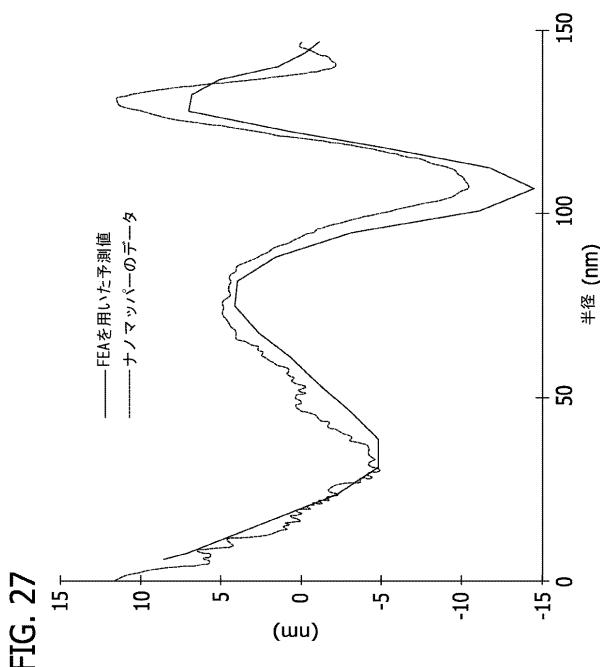


FIG. 27

【図 28】

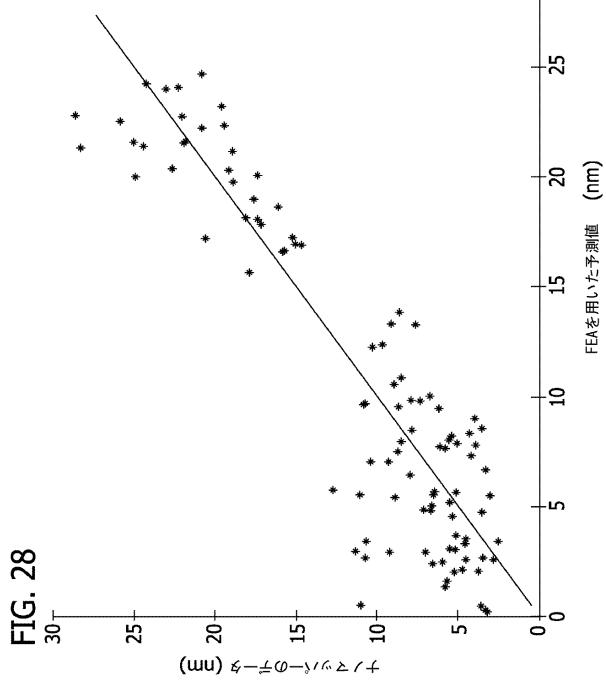


FIG. 28

【図 29】

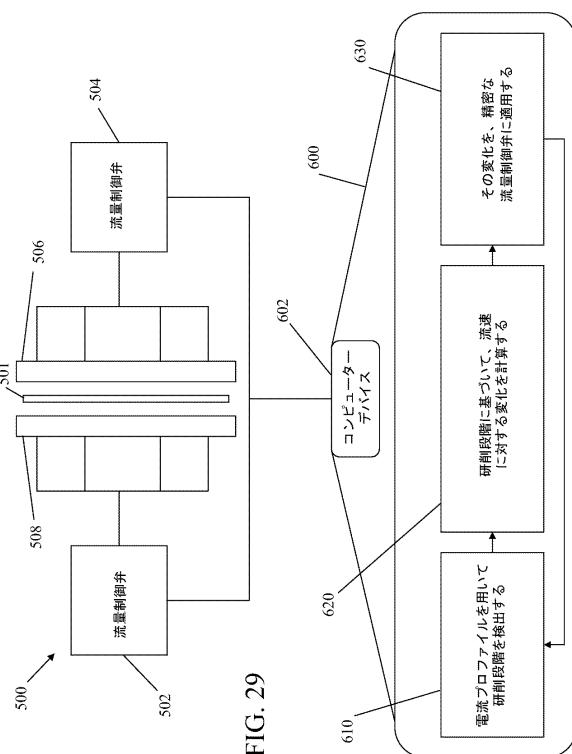


FIG. 29

【図 30】

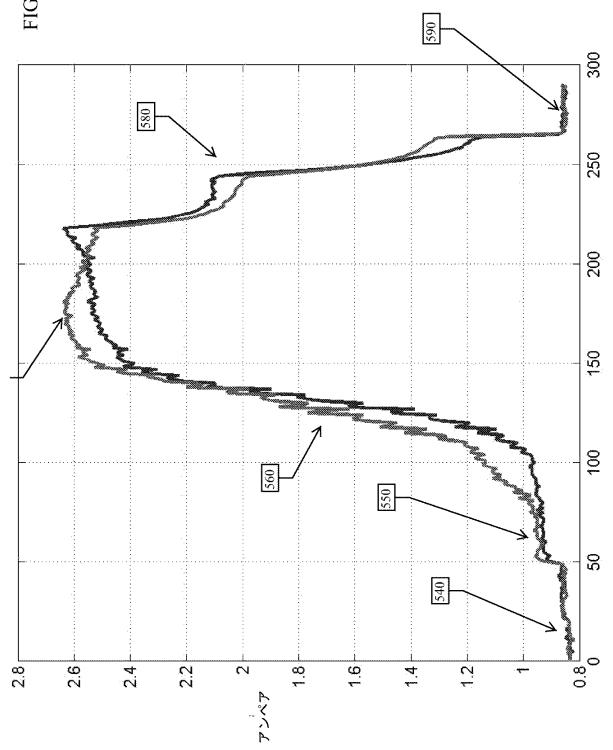


FIG. 30

【図 31】

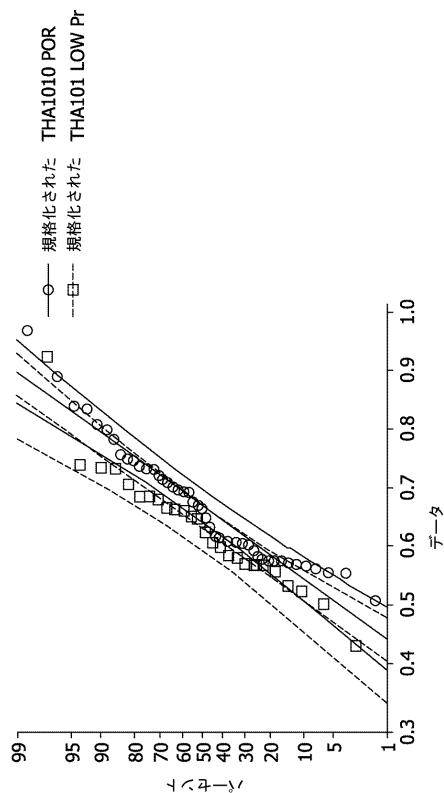


FIG. 31

【図 3 2】

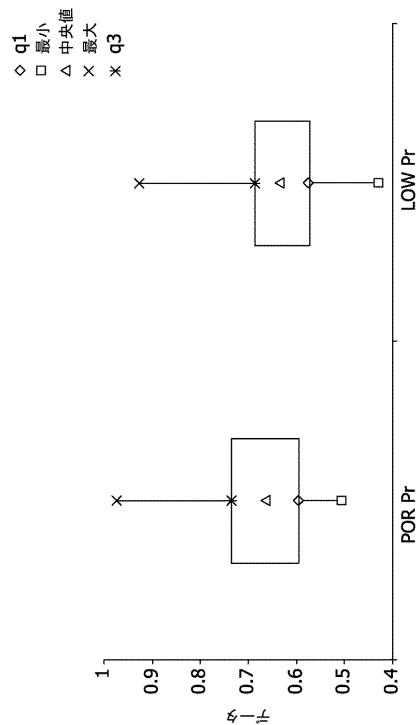


FIG. 32

---

フロントページの続き

(72)発明者 サミート・エス・バガヴァット

アメリカ合衆国63376ミズーリ州セント・ピーターズ、パール・ドライブ501番、エムイー  
エムシー・エレクトロニック・マテリアルズ・インコーポレイテッド内

(72)発明者 ローランド・アール・バンダム

アメリカ合衆国63376ミズーリ州セント・ピーターズ、パール・ドライブ501番、エムイー  
エムシー・エレクトロニック・マテリアルズ・インコーポレイテッド内

(72)発明者 小村 朋美

アメリカ合衆国63376ミズーリ州セント・ピーターズ、パール・ドライブ501番、エムイー  
エムシー・エレクトロニック・マテリアルズ・インコーポレイテッド内

審査官 鈴木 和樹

(56)参考文献 特開2007-096015(JP, A)

特開2002-346924(JP, A)

特開2003-117785(JP, A)

特開平11-077497(JP, A)

特開2002-307303(JP, A)

特開2005-205528(JP, A)

特開2010-064214(JP, A)

特開2009-190125(JP, A)

特表2007-529332(JP, A)

特開2002-307275(JP, A)

特表2009-525621(JP, A)

特開2005-217326(JP, A)

特開2006-093192(JP, A)

特開2010-046756(JP, A)

特開2009-039826(JP, A)

米国特許出願公開第2005/0260922(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/304

B24B 7/17