

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-64220

(P2010-64220A)

(43) 公開日 平成22年3月25日(2010.3.25)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 4 B 37/04 (2006.01)	B 2 4 B 37/04 D	3 C 0 5 8
H 0 1 L 21/304 (2006.01)	B 2 4 B 37/04 K	
	H 0 1 L 21/304 6 2 2 S	
	H 0 1 L 21/304 6 2 2 R	

審査請求 未請求 請求項の数 31 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2008-234991 (P2008-234991)	(71) 出願人	000000239
(22) 出願日	平成20年9月12日 (2008. 9. 12)		株式会社荏原製作所
			東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号
		(74) 代理人	100091498
			弁理士 渡邊 勇
		(74) 代理人	100093942
			弁理士 小杉 良二
		(74) 代理人	100118500
			弁理士 廣澤 哲也
		(72) 発明者	金馬 利文
			東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会
			社荏原製作所内
		Fターム(参考)	3C058 AA07 AA09 AC02 BA01 BA09
			BB02 BC01 BC02 CA05 CB01
			CB03 CB04 DA12 DA17

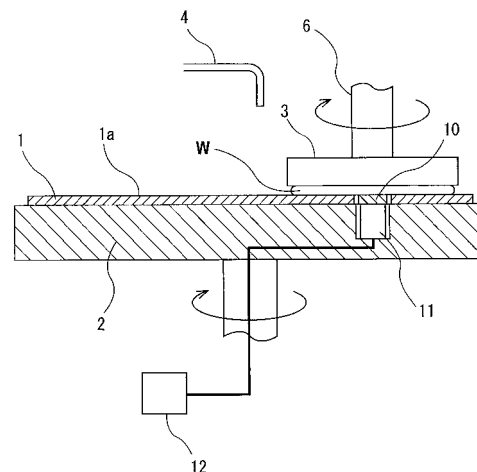
(54) 【発明の名称】 研磨装置および研磨方法

(57) 【要約】

【課題】膜の除去などの研磨の変移点を精度よく検知することができ、かつ基板の表面内の局所的な研磨状態を監視することができる研磨装置および研磨方法を提供する。

【解決手段】本発明の研磨装置は、研磨面 1 a を有する研磨パッド 1 が取り付けられる研磨テーブル 2 と、基板 W を研磨面 1 a に押圧する基板保持部 3 とを有し、研磨テーブル 2 と基板保持部 3 の相対移動により基板 W の表面を研磨する。研磨装置は、基板 W の表面に接触するターゲット 10 と、ターゲット 10 の振動の振幅および周波数の少なくとも一方を測定する振動測定部 11 と、振動測定部 11 によって測定された振幅および周波数の少なくとも一方に基づいて研磨処理を制御する制御部 12 とを備える。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

研磨面を有する研磨パッドが取り付けられる研磨テーブルと、
基板を前記研磨面に押圧する基板保持部とを有し、前記研磨テーブルと前記基板保持部の相対移動により基板の表面を研磨する研磨装置であって、
前記基板の表面に接触するターゲットと、
前記ターゲットの振動の振幅および周波数の少なくとも一方を測定する振動測定部と、
前記振動測定部によって測定された前記振幅および周波数の少なくとも一方に基づいて研磨処理を制御する制御部とを備えたことを特徴とする研磨装置。

【請求項 2】

10

前記制御部は、前記振幅および周波数の少なくとも一方が増加または減少して所定の値となったときに、研磨終点に達したと判断することを特徴とする請求項 1 に記載の研磨装置。

【請求項 3】

前記基板保持部は、前記基板の複数の領域を独立に押圧する複数の押圧機構を有し、
前記制御部は、前記振動測定部によって測定された前記振幅および周波数の少なくとも一方に基づいて、前記複数の押圧機構の押圧力を制御することを特徴とする請求項 1 に記載の研磨装置。

【請求項 4】

20

前記研磨テーブルには、その上面で開口する液体室が設けられ、
前記ターゲットは、前記液体室内に配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の研磨装置。

【請求項 5】

前記ターゲットは、内部に流体が封入された弾性バッグを備えることを特徴とする請求項 1 に記載の研磨装置。

【請求項 6】

前記振動測定部は、前記弾性バッグの振動の振幅および周波数の少なくとも一方を測定することを特徴とする請求項 5 に記載の研磨装置。

【請求項 7】

30

前記弾性バッグに供給される流体の圧力を調整する圧力調整機構をさらに備えたことを特徴とする請求項 5 に記載の研磨装置。

【請求項 8】

前記振動測定部は、前記弾性バッグに封入された流体の圧力を測定する圧力センサであることを特徴とする請求項 5 に記載の研磨装置。

【請求項 9】

前記ターゲットは、前記基板の表面に接触する接触パッドをさらに有しており、
前記接触パッドは、前記弾性バッグに取り付けられており、
前記振動測定部は、前記接触パッドの振動の振幅および周波数の少なくとも一方を測定することを特徴とする請求項 5 に記載の研磨装置。

【請求項 10】

40

前記弾性バッグは光透過性を有する材料から構成されており、
前記弾性バッグを介して前記基板の表面の画像を取得する画像取得手段をさらに備えていることを特徴とする請求項 5 に記載の研磨装置。

【請求項 11】

前記画像取得手段によって取得された画像から前記基板の表面の構造を解析する画像解析部をさらに備えていることを特徴とする請求項 10 に記載の研磨装置。

【請求項 12】

前記ターゲットと前記基板との接触圧力を調整する接触圧力調整機構をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の研磨装置。

【請求項 13】

50

前記制御部は、前記接触圧力調整機構を介して前記接触圧力を一定に制御することを特徴とする請求項 1 2 に記載の研磨装置。

【請求項 1 4】

前記振動測定部は、

前記ターゲットの画像を取得する画像取得手段と、

前記画像取得手段によって取得された画像から前記ターゲットの振動の振幅および周波数の少なくとも一方を解析する画像解析部とを備えていることを特徴とする請求項 1 に記載の研磨装置。

【請求項 1 5】

前記振動測定部は、

前記ターゲットに光を照射する投光部と、

前記ターゲットで反射した光を受光する受光部と、

前記受光部によって受光された光の強さを測定する測定部とを有することを特徴とする請求項 1 に記載の研磨装置。

【請求項 1 6】

前記ターゲットは、前記研磨パッドの一部であることを特徴とする請求項 1 に記載の研磨装置。

【請求項 1 7】

前記研磨パッドには切れ込み線が形成されており、前記ターゲットは、前記切れ込み線で囲まれた領域であることを特徴とする請求項 1 6 に記載の研磨装置。

【請求項 1 8】

前記ターゲットを構成する前記研磨パッドの一部は、他の部分よりも厚さが薄い部分であることを特徴とする請求項 1 6 に記載の研磨装置。

【請求項 1 9】

前記基板の表面に光を照射し、該基板から戻ってくる反射光の強度を測定する反射強度測定部をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の研磨装置。

【請求項 2 0】

前記ターゲットが接触する基板の箇所と、前記反射強度測定部が光を照射する基板の箇所とは同一であることを特徴とする請求項 1 9 に記載の研磨装置。

【請求項 2 1】

前記制御部は、前記振幅および周波数の少なくとも一方と、前記反射光の強度とを選択的に監視することを特徴とする請求項 1 9 に記載の研磨装置。

【請求項 2 2】

前記研磨テーブルの振動の振幅および周波数の少なくとも一方を測定するリファレンス測定部をさらに備え、

前記振動測定部は前記研磨テーブルに設けられ、

前記制御部は、前記振動測定部の測定値から前記リファレンス測定部の測定値を除算することを特徴とする請求項 1 に記載の研磨装置。

【請求項 2 3】

基板を基板保持部により保持し、

研磨テーブルに取り付けられた研磨パッドの研磨面に基板を押圧し、

前記基板保持部と前記研磨テーブルとを相対移動させて前記基板の表面を研磨し、

研磨中に、前記基板の表面に接触するターゲットの振動の振幅および周波数の少なくとも一方を測定し、

測定された前記振幅および周波数の少なくとも一方に基づいて研磨処理を制御することを特徴とする研磨方法。

【請求項 2 4】

前記振幅および周波数の少なくとも一方が増加または減少して所定の値となったときに、研磨終点に達したと判断することを特徴とする請求項 2 3 に記載の研磨方法。

【請求項 2 5】

測定された前記振幅および周波数の少なくとも一方に基づいて、前記基板の複数の領域に対する押圧力を制御することを特徴とする請求項 2 3 に記載の研磨方法。

【請求項 2 6】

前記ターゲットと前記基板との接触圧力を一定に維持しながら、前記ターゲットの振動の振幅および周波数の少なくとも一方を測定することを特徴とする請求項 2 3 に記載の研磨方法。

【請求項 2 7】

研磨中に、前記基板の表面に光を照射し、該基板から戻ってくる反射光の強度を測定することを特徴とする請求項 2 3 に記載の研磨方法。

【請求項 2 8】

前記ターゲットが接触する基板の箇所と、前記光を照射する基板の箇所とは同一であることを特徴とする請求項 2 7 に記載の研磨方法。

【請求項 2 9】

前記振幅および周波数の少なくとも一方と、前記反射光の強度とを選択的に監視することを特徴とする請求項 2 7 に記載の研磨方法。

【請求項 3 0】

研磨中に、前記基板の表面の画像を取得し、
前記画像から前記基板の表面の構造を解析することを特徴とする請求項 2 3 に記載の研磨方法。

【請求項 3 1】

研磨中に、前記ターゲットの画像を取得し、
前記画像から前記ターゲットの振動の振幅および周波数の少なくとも一方を解析することを特徴とする請求項 2 3 に記載の研磨方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、膜が付された半導体ウェハなどの基板を研磨する研磨装置および研磨方法に関し、特に基板と研磨面との間に作用する摩擦の変化に基づいて研磨処理を制御する研磨装置および研磨方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

半導体デバイスの製造工程では、ウェハ上に種々の材料が膜状に繰り返し形成され、積層構造を形成する。この積層構造を形成するためには、膜が形成されたウェハの表面を平坦にする技術が重要となっている。このようなウェハの表面を平坦化する一手段として、化学機械研磨（CMP）を行う研磨装置が広く用いられている。

【0 0 0 3】

この種の研磨装置は、一般に、研磨パッドが取り付けられた研磨テーブルと、ウェハを保持するトップリングと、研磨液を研磨パッド上に供給するノズルとを備えている。ノズルから研磨液を研磨パッド上に供給しながら、トップリングによりウェハを研磨パッドに押し付け、さらにトップリングと研磨テーブルとを相対移動させることにより、ウェハを研磨してその表面を平坦にする。研磨装置は、通常、研磨終点を検出する装置を備えている。

【0 0 0 4】

上述した研磨終点検出装置の 1 つとして、研磨が異材質へ移行した際の研磨摩擦力の変化を検知する装置が知られている。ウェハは、半導体、導体、絶縁体などの異なる材料を含む積層構造を有している。摩擦係数は材料によって異なるため、研磨により膜が除去されてその下地層が表面に現われると、研磨摩擦力が変化する。したがって、研磨摩擦力の変化から、ある特定の膜が研磨により除去されたことを検知することができる。

【0 0 0 5】

ここで、研磨摩擦力の変化は通常次のように検出される。研磨摩擦力は研磨テーブルの

10

20

30

40

50

回転中心から偏心した位置に作用するため、回転する研磨テーブルには研磨摩擦力は負荷トルクとして作用する。このため、研磨摩擦力は研磨テーブルに働くトルクとして検出することができる。ウェハを保持するトップリングについても同様に、研磨摩擦力をトルクとして検出することができる。研磨テーブルまたはトップリングを回転駆動させる手段が電動モータの場合には、トルクはモータに流れる電流として測定することができる。したがって、電流を電流計でモニターし、電流値に適当な信号処理を施すことによって研磨終点が検知される。

【 0 0 0 6 】

しかしながら、研磨テーブルおよびトップリングは、それ自体がある程度の重さを有しているため、研磨摩擦力の変化に起因した電流の変化を精度よく検知することは難しい。また、この方法は、ウェハの表面全体に作用する研磨摩擦力の変化を検知するため、ウェハの表面内での局所的な研磨状態を検知することができない。最近では、複数の加圧機構によりウェハの複数の領域に対して独立して押圧することが可能なトップリングが開発されている。このトップリングは、ウェハの領域ごとの研磨の進行に基づいて各領域に対する押圧力を調整することが可能である。しかしながら、上述の検知方法は、このような局所的な押圧力の調整に寄与することができない。

10

【 0 0 0 7 】

【特許文献 1】特開平 8 - 1 9 7 4 1 7 号公報

【特許文献 2】特開平 9 - 1 3 1 6 6 3 号公報

【発明の開示】

20

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 8 】

本発明は上述した事情に鑑みてなされたもので、膜の除去などの研磨の変移点を精度よく検知することができ、かつ基板の表面内の局所的な研磨状態を監視することができる研磨装置および研磨方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

上述した目的を達成するために、本発明の一態様は、研磨面を有する研磨パッドが取り付けられる研磨テーブルと、基板を前記研磨面に押圧する基板保持部とを有し、前記研磨テーブルと前記基板保持部の相対移動により基板の表面を研磨する研磨装置であって、前記基板の表面に接触するターゲットと、前記ターゲットの振動の振幅および周波数の少なくとも一方を測定する振動測定部と、前記振動測定部によって測定された前記振幅および周波数の少なくとも一方に基づいて研磨処理を制御する制御部とを備えたことを特徴とする。

30

【 0 0 1 0 】

本発明の好ましい態様は、前記制御部は、前記振幅および周波数の少なくとも一方が増加または減少して所定の値となったときに、研磨終点に達したと判断することを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記基板保持部は、前記基板の複数の領域を独立に押圧する複数の押圧機構を有し、前記制御部は、前記振動測定部によって測定された前記振幅および周波数の少なくとも一方に基づいて、前記複数の押圧機構の押圧力を制御することを特徴とする。

40

本発明の好ましい態様は、前記研磨テーブルには、その上面で開口する液体室が設けられ、前記ターゲットは、前記液体室内に配置されていることを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

本発明の好ましい態様は、前記ターゲットは、内部に流体が封入された弾性バッグを備えることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記振動測定部は、前記弾性バッグの振動の振幅および周波数の少なくとも一方を測定することを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記弾性バッグに供給される流体の圧力を調整する圧力調整

50

機構をさらに備えたことを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記振動測定部は、前記弾性バッグに封入された流体の圧力を測定する圧力センサであることを特徴とする。

【0012】

本発明の好ましい態様は、前記ターゲットは、前記基板の表面に接触する接触パッドをさらに有しており、前記接触パッドは、前記弾性バッグに取り付けられており、前記振動測定部は、前記接触パッドの振動の振幅および周波数の少なくとも一方を測定することを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記弾性バッグは光透過性を有する材料から構成されており、前記弾性バッグを介して前記基板の表面の画像を取得する画像取得手段をさらに備えていることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記画像取得手段によって取得された画像から前記基板の表面の構造を解析する画像解析部をさらに備えていることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記ターゲットと前記基板との接触圧力を調整する接触圧力調整機構をさらに備えたことを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記制御部は、前記接触圧力調整機構を介して前記接触圧力を一定に制御することを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記振動測定部は、前記ターゲットの画像を取得する画像取得手段と、前記画像取得手段によって取得された画像から前記ターゲットの振動の振幅および周波数の少なくとも一方を解析する画像解析部とを備えていることを特徴とする。

【0013】

本発明の好ましい態様は、前記振動測定部は、前記ターゲットに光を照射する投光部と、前記ターゲットで反射した光を受光する受光部と、前記受光部によって受光された光の強さを測定する測定部とを有することを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記ターゲットは、前記研磨パッドの一部であることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記研磨パッドには切れ込み線が形成されており、前記ターゲットは、前記切れ込み線で囲まれた領域であることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記ターゲットを構成する前記研磨パッドの一部は、他の部分よりも厚さが薄い部分であることを特徴とする。

【0014】

本発明の好ましい態様は、前記基板の表面に光を照射し、該基板から戻ってくる反射光の強度を測定する反射強度測定部をさらに備えたことを特徴とする。

本発明の好ましい態様は前記ターゲットが接触する基板の箇所と、前記反射強度測定部が光を照射する基板の箇所とは同一であることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記制御部は、前記振幅および周波数の少なくとも一方と、前記反射光の強度とを選択的に監視することを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記研磨テーブルの振動の振幅および周波数の少なくとも一方を測定するリファレンス測定部をさらに備え、前記振動測定部は前記研磨テーブルに設けられ、前記制御部は、前記振動測定部の測定値から前記リファレンス測定部の測定値を除算することを特徴とする。

【0015】

本発明の他の態様は、基板を基板保持部により保持し、研磨テーブルに取り付けられた研磨パッドの研磨面に基板を押圧し、前記基板保持部と前記研磨テーブルとを相対移動させて前記基板の表面を研磨し、研磨中に、前記基板の表面に接触するターゲットの振動の振幅および周波数の少なくとも一方を測定し、測定された前記振幅および周波数の少なくとも一方に基づいて研磨処理を制御することを特徴とする研磨方法である。

【0016】

本発明の好ましい態様は、前記振幅および周波数の少なくとも一方が増加または減少して所定の値となったときに、研磨終点に達したと判断することを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、測定された前記振幅および周波数の少なくとも一方に基づいて、前記基板の複数の領域に対する押圧力を制御することの特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記ターゲットと前記基板との接触圧力を一定に維持しながら、前記ターゲットの振動の振幅および周波数の少なくとも一方を測定することの特徴とする。

本発明の好ましい態様は、研磨中に、前記基板の表面に光を照射し、該基板から戻ってくる反射光の強度を測定することの特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記ターゲットが接触する基板の箇所と、前記光を照射する基板の箇所とは同一であることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記振幅および周波数の少なくとも一方と、前記反射光の強度とを選択的に監視することの特徴とする。

10

【0017】

本発明の好ましい態様は、研磨中に、前記基板の表面の画像を取得し、前記画像から前記基板の表面の構造を解析することの特徴とする。

本発明の好ましい態様は、研磨中に、前記ターゲットの画像を取得し、前記画像から前記ターゲットの振動の振幅および周波数の少なくとも一方を解析することの特徴とする。

【発明の効果】

【0018】

基板の被研磨面に接触するターゲットの振動の振幅および周波数は、基板の表面を構成する膜や表面形状に依存して変化する。したがって、研磨中にターゲットの振動の振幅および/または周波数を監視することにより、膜の除去や表面の凹凸の除去を検知することができる。さらに、基板の表面内の複数の領域ごとに振幅および周波数を測定することができるので、領域ごとの研磨状態を検知することができる。したがって、検知された研磨状態に応じて調整された押圧力で基板の各領域を研磨することが可能となる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。

以下に説明では、同一または対応する要素には同一の符号を付して、その重複する説明を省略する。

図1は、本発明の原理を説明するための研磨装置の断面を示す模式図である。図1に示すように、この研磨装置は、研磨パッド1を保持する研磨テーブル2と、膜を有するウェハWを保持して研磨パッド1に押圧するトップリング3と、研磨パッド1に研磨液（スラリー）を供給する研磨液供給ノズル4とを備えている。研磨テーブル2は、その下方に配置されるモータ（図示せず）に連結されており、軸心周りに回転可能になっている。研磨パッド1は研磨テーブル2の上面に固定されている。

30

【0020】

研磨パッド1の上面1aは、ウェハWが摺接される研磨面を構成している。トップリング3は、トップリングシャフト6を介してモータ及び昇降シリンダ（図示せず）に連結されている。これにより、トップリング3は昇降可能かつトップリングシャフト6周りに回転可能となっている。このトップリング3の下面には、ウェハWが真空吸着等によって保持される。

40

【0021】

トップリング3の下面に保持されたウェハWはトップリング3によって回転させられつつ、回転している研磨テーブル2上の研磨パッド1にトップリング3によって押圧される。ウェハWが研磨面1aと摺接する間、研磨液供給ノズル4から研磨パッド1の研磨面1aに研磨液が供給され、これによりウェハWと研磨パッド1との間に研磨液が存在した状態でウェハWが研磨される。ウェハWと研磨面1aとを相対移動させる機構は、研磨テーブル2およびトップリング3によって構成される。

【0022】

研磨パッド1には、研磨テーブル2および研磨パッド1と一体に回転するターゲット1

50

0 が設けられている。このターゲット 10 の上面は研磨面 1 a と略同一平面内（好ましくは同一平面内）に位置しており、研磨テーブル 2（研磨パッド 1）の回転に伴ってウェハ W の被研磨面に周期的に接触する。ターゲット 10 の下面は研磨テーブル 2 に対向している。ターゲット 10 の上面はウェハ W との接触面であり、その面積はウェハ W の表面よりも小さい。ターゲット 10 は、研磨パッド 1 と同じ材料から構成されてもよく、または異なる材料から形成されてもよい。

【0023】

図 2（a）は研磨パッド 1 とトップリング 3 に保持されたウェハ W との位置を示す平面図であり、図 2（b）はターゲット 10 がウェハ W を横切る軌跡を示す図である。ターゲット 10 が配置される位置は、研磨テーブル 2 が回転するたびに、ターゲット 10 がウェハ W の中心 C r を通る位置である。図 1 に示すように、ターゲット 10 の下方には振動測定部 11 が設けられており、振動測定部 11 は制御部 12 に接続されている。振動測定部 11 はターゲット 10 の振動の大きさ、すなわち振幅および周波数の少なくとも一方を測定し、その測定値を制御部 12 に送るようになっている。

10

【0024】

トップリング 3 および研磨テーブル 2（研磨パッド 1）が回転すると、ターゲット 10 は周期的にウェハ W に接触する。このとき、ターゲット 10 とウェハ W との摩擦によりターゲット 10 が振動する。振動測定部 11 は、ターゲット 10 の振動の大きさを測定し、その測定値を制御部 12 に送る。制御部 12 は、振動測定部 11 から送られてくる振幅および周波数の少なくとも一方を監視し、その値に基づいて研磨の変移点を検出する。

20

【0025】

ターゲット 10 の振動の振幅および周波数は、ウェハ W の表面を構成する膜の材料および表面形状に依存する。これは、膜の材料および表面形状によって摩擦係数が異なるからである。これに加え、最近では、上層の膜は除去されやすく、その下層の膜は除去されにくい化学成分を有する研磨液を用いて研磨することが一般的となっている。このような研磨液を用いて研磨すると、上層膜が除去されて下層膜が表出すると、研磨レートが極端に低下する。このことは、研磨が上層膜から下層膜に移行した時点で、ウェハ W と研磨面 1 a との摩擦が変化することを意味する。このように摩擦が変化すると、ターゲット 10 の振動の大きさが変化する。このような原理から、制御部 12 は、研磨中の振幅および/または周波数の変化から研磨の変移点を検出することができる。なお、研磨の変移点とは、例えば、膜が除去された点や膜の表面の凹凸が平坦化された点などである。

30

【0026】

振動測定部 11 としては、変位センサや加速度センサなどを用いることができる。変位センサの例としては、三角測距式変位センサやマイケルソン型干渉計などが挙げられる。加速度センサの例としては、MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）タイプの加速度センサが挙げられる。図 3 は振動測定部 11 として変位センサを研磨テーブル 2 内に配置した例を示す断面図である。図 3 に示すように、ターゲット 10 の下面には、下向きの斜面を有する変位変換部材 15 が固定されており、この変位変換部材 15 の斜面によりターゲット 10 の横方向の変位が縦方向の変位に変換される。振動測定部 11 は変位変換部材 15 の斜面の変位を測定することで、ターゲット 10 の横方向の変位、すなわちターゲット 10 の振動の振幅および周波数を測定する。

40

【0027】

図 4 は振動測定部 11 として MEMS タイプの加速度センサを研磨テーブル 2 内に配置した例を示す断面図である。図 4 に示すように、ターゲット 10 の下面には加速度センサとしての振動測定部 11 が固定されている。振動測定部（加速度センサ）11 はターゲット 10 と一体に移動し、ターゲット 10 の加速度を測定する。したがって、振動測定部 11 はターゲット 10 の加速度から振動の振幅および周波数を求めることができる。ただし、本発明はこれらのセンサに限られず、振動を計測することができる他の計器を用いることができる。

【0028】

50

次に、上述した研磨装置を S T I (Shallow Trench Isolation) の形成に用いた例について説明する。図 5 は S T I の一工程を示す断面図であり、S i 層に形成された凹凸構造上に絶縁膜である S i O₂ 膜が形成された積層構造を示している。図 5 に示すように、S i 層 (通常はシリコンウェハ) の凸部には、S i N 膜 (S i₃ N₄) および熱酸化膜パッドが形成される。S i O₂ 膜は、矢印で示すように、S i N 膜が露出するまで C M P (化学機械研磨) により除去される。S i N 膜はポリッシングストッパーとして機能し、C M P によって S i 層がダメージを受けてしまうことを防止する。S i N 膜はアクティブ部とも称される。

【 0 0 2 9 】

図 6 (a) は研磨の初期段階の S T I 構造を示す断面図であり、図 6 (b) は図 6 (a) に示す状態のときに測定されたターゲット 1 0 の振動を示すグラフである。図 6 (b) において縦軸はターゲット 1 0 の変位を示し、横軸はターゲット 1 0 がウェハ W を横切って移動している間の時間を示す。研磨の初期段階では、最上層の膜は S i O₂ 膜であり、その表面には凹凸が形成されている。このときのターゲット 1 0 の振動の振幅は比較的小さく、一方で周波数は比較的高い。図 7 (a) は研磨がある程度進んだ状態の S T I 構造を示す断面図であり、図 7 (b) は図 7 (a) に示す状態のときに測定されたターゲット 1 0 の振動を示すグラフである。図 7 (a) に示すように、最上層の膜である S i O₂ 膜の凹凸が除去されている。このときのターゲット 1 0 の振動の振幅は、図 6 (b) のグラフに比べて大きく、周波数は低い。このような波形の変化 (すなわち振動の変化) は、図 6 (a) に示す表面状態と図 7 (a) に示す表面状態とでは摩擦が異なることに起因している。図 6 (a) および図 7 (a) に示す振動のグラフは、図 6 (a) に示す表面状態の方が図 7 (a) に示す表面状態よりも摩擦が小さいことを示している。つまり、この例では、摩擦は接触面積に比例していると考えられ、図 6 (a) では S i O₂ 膜の凸部のみの接触であることから、図 7 (a) に示す表面状態よりも摩擦が小さいと考えられる。

【 0 0 3 0 】

図 8 (a) は研磨がさらに進んだ状態の S T I 構造を示す断面図であり、図 8 (b) は図 8 (a) に示す状態のときに測定されたターゲット 1 0 の振動を示すグラフである。図 8 (a) および図 8 (b) は、研磨レートがウェハ W の全面に亘って均一でない例を示している。すなわち、図 8 (a) に示すように、S i N 膜の一部が表面に現われているが、S i N 膜の中央部には S i O₂ 膜が残存している。このときのターゲット 1 0 の振動の振幅は、S i N 膜が露出した領域では小さく、S i O₂ 膜が残存している領域では大きい。一方、振動の周波数は、S i N 膜が露出した領域では高く、S i O₂ 膜が残存している領域では低い。

【 0 0 3 1 】

図 9 (a) は研磨終点に達したときの S T I 構造を示す断面図であり、図 9 (b) は図 9 (a) に示す状態のときに測定されたターゲット 1 0 の振動を示すグラフである。研磨終点は、S i O₂ 膜の下に形成された S i N 膜が表面に現われ、平坦な表面が形成された状態である。このときのターゲット 1 0 の振動の振幅は小さく、周波数は高い。図 1 0 は、図 6 (b) 乃至図 9 (b) のグラフを研磨時間に沿って並べた図である。図 1 0 に示すように、研磨テーブル 2 の回転に伴って、ターゲット 1 0 がウェハ W と周期的に接触し、摩擦によって振動していることが分かる。そして、ウェハ W の表面を形成する膜の種類および表面形状によって、ターゲット 1 0 の振動の仕方が変わっている。

【 0 0 3 2 】

このように、膜が除去されて、その下地層が現われると、ウェハ W とターゲット 1 0 との間に作用する摩擦が変化し、その結果としてターゲット 1 0 の振動の振幅および周波数が変化する。したがって、振幅および周波数の少なくとも一方を監視することにより、膜が除去されたことを検出することができる。上述の積層構造の例では、S i O₂ 膜が除去されると振幅が減少し、周波数が増加したが、膜の種類によっては、振幅の増加および周波数の減少が膜の除去を示すこともある。したがって、制御部 1 2 は、振幅が所定のしきい値にまで増加または低下したとき、および / または周波数が所定のしきい値にまで増加

または低下したときに、膜が除去されたと判断する。

【 0 0 3 3 】

ところで、図 8 (a) に示すように、研磨レートがウェハ W の全面に亘って均一でないと、膜の一部が除去されずに下地層の上に残存する。ターゲット 1 0 は、ウェハ W の略径方向に沿ってウェハ W の表面を横切るので、図 8 (b) のグラフの横軸は、研磨時間のみならず、ウェハ W の径方向位置も表しているといえる。つまり、図 8 (b) のグラフの縦軸に示されるターゲット 1 0 の変位は、ウェハ W の端から端まで連続的に測定され、振幅および周波数もウェハ W の径方向の全体に亘って求められる。したがって、制御部 1 2 は、振幅および周波数の少なくとも一方から、残存する膜の位置（すなわち、研磨レートが低い領域）を特定することができる。さらに、制御部 1 2 は、研磨レートの低い領域に対

10

【 0 0 3 4 】

上述のような観点から、トップリング 3 は、ウェハ W の複数の領域を独立に押圧する複数の押圧機構を有することが好ましい。図 1 1 は、そのような複数の押圧機構を有するトップリング 3 の一例を示す断面図である。トップリング 3 は、トップリングシャフト 6 に自由継手 2 0 を介して連結されるトップリング本体 2 1 と、トップリング本体 2 1 の下部に配置されたりテーナリング 2 2 とを備えている。トップリング本体 2 1 の下方には、ウェハ W に当接する円形の弾性パッド（メンブレン） 2 6 と、弾性パッド 2 6 を保持するチャッキングプレート 2 7 とが配置されている。弾性パッド 2 6 とチャッキングプレート 2 7 との間には、4 つの圧力室（エアバッグ） P 1 , P 2 , P 3 , P 4 が設けられている。圧力室 P 1 , P 2 , P 3 , P 4 は弾性パッド 2 6 とチャッキングプレート 2 7 とによって形成されている。中央の圧力室 P 1 は円形であり、他の圧力室 P 2 , P 3 , P 4 は環状である。これらの圧力室 P 1 , P 2 , P 3 , P 4 は、同心上に配列されている。

20

【 0 0 3 5 】

圧力室 P 1 , P 2 , P 3 , P 4 にはそれぞれ流体路 3 1 , 3 2 , 3 3 , 3 4 を介して圧力調整部 4 0 により加圧空気等の加圧流体が供給され、あるいは真空引きがされるようになっている。圧力室 P 1 , P 2 , P 3 , P 4 の内部圧力は互いに独立して変化させることが可能であり、これにより、ウェハ W の 4 つの領域、すなわち、中央部、内側中間部、外側中間部、および周縁部に対する押圧力を独立に調整することができる。また、トップリング 3 の全体を昇降させることにより、リテーナリング 2 2 を所定の押圧力で研磨パッド 1 1 0 に押圧できるようになっている。

30

【 0 0 3 6 】

チャッキングプレート 2 7 とトップリング本体 2 1 との間には圧力室 P 5 が形成され、この圧力室 P 5 には流体路 3 5 を介して上記圧力調整部 4 0 により加圧流体が供給され、あるいは真空引きがされるようになっている。これにより、チャッキングプレート 2 7 および弾性パッド 2 6 全体が上下方向に動くことができる。ウェハ W の周端部はリテーナリング 2 2 に囲まれており、研磨中にウェハ W がトップリング 3 から飛び出さないようになっている。圧力室 P 3 を構成する、弾性パッド 2 6 の部位には開口が形成されており、圧力室 P 3 に真空を形成することによりウェハ W がトップリング 3 に吸着保持されるようになっている。また、この圧力室 P 3 に窒素ガスやクリーンエアなどを供給することにより、ウェハ W がトップリング 3 からリリースされるようになっている。

40

【 0 0 3 7 】

制御部 1 2 は、振動測定部 1 1 から送られてくる振幅および周波数の少なくとも一方の測定値に基づいて各圧力室 P 1 , P 2 , P 3 , P 4 の内部圧力を決定し、決定された内部圧力が各圧力室 P 1 , P 2 , P 3 , P 4 に形成されるように圧力調整部 4 0 に指令を出すようになっている。このような構成を有するトップリング 3 によれば、研磨レートが低い領域に対応する圧力室の内部圧力を高くすることにより、膜を均一に除去することができる。

【 0 0 3 8 】

ターゲット 1 0 は振動測定部 1 1 に直接取り付けてもよく、または、図 1 2 に示すよう

50

に、ばねやゴムなどの弾性部材を介して研磨テーブル 2 に連結してもよい。図 1 2 に示す例では、ターゲット 1 0 は、ウェハ W に接触する接触パッド 1 0 a と、接触パッド 1 0 a を保持する台座 1 0 b とを有している。台座 1 0 b は、研磨テーブル 2 に形成された凹部 4 5 内に横方向に移動自在に置かれている。台座 1 0 b と凹部 4 5 の側面とはばね 4 6 により連結されており、ターゲット 1 0 に作用するばね 4 6 の横方向の力は釣り合っている。

【 0 0 3 9 】

振動測定部 1 1 は、研磨テーブル 2 に形成された部屋 5 0 内に配置されている。この部屋 5 0 は、凹部 4 5 の側面で開口しており、その開口は透明窓 5 1 によって塞がれている。振動測定部 1 1 としては、変位センサの一種であるレーザ干渉計が使用されている。部屋 5 0 の内部にはミラー 5 2 が配置されており、振動測定部（レーザ干渉計）1 1 から発せられたレーザ光は、ミラー 5 2 で反射して透明窓 5 1 を通過し、ターゲット 1 0 の台座 1 0 b の側面に照射されるようになっている。台座 1 0 b の側面で反射したレーザ光は振動測定部 1 1 に戻り、これにより、ターゲット 1 0 の振動の大きさが振動測定部 1 1 によって測定される。なお、台座 1 0 b の側面のレーザ光が当たる箇所に、ミラーを取り付けてもよい。

【 0 0 4 0 】

図 1 3 に示す図は、図 1 2 に示すターゲット 1 0 の変形例である。この例では、ばね 4 6 が上方に傾いており、これによりターゲット 1 0 に上向きの力が作用している。図 1 4 は、図 1 2 に示すターゲット 1 0 の他の変形例を示す断面図である。この例では、研磨テーブル 2 には、透明な液体としての純水が流れる液体供給路 5 4 および液体排出路 5 5 が形成されており、これら液体供給路 5 4 および液体排出路 5 5 は凹部 4 5 に連通している。この例では、凹部 4 5 は液体室として機能する。純水は、液体供給路 5 4 を通って凹部 4 5 に流入し、これにより凹部 4 5 は純水で満たされる。ターゲット 1 0 は、その上面を除き、純水中に浸漬される。液体は、凹部 4 5 に浸入した研磨液と共に、液体排出路 5 5 から排出される。このような構成によれば、研磨液（通常はスラリー）がターゲット 1 0 に付着することが防止され、ターゲット 1 0 の自由な動きが確保される。

【 0 0 4 1 】

図 1 5 は、図 1 2 に示すターゲット 1 0 のさらに他の変形例を示す断面図である。この例では、振動測定部 1 1 として MEMS タイプの加速度センサが使用されている。振動測定部 1 1 はターゲット 1 0 の台座 1 0 b に取り付けられており、振動測定部 1 1 とターゲット 1 0 とは一体に振動するようになっている。

【 0 0 4 2 】

上述の例では、ターゲット 1 0 は研磨パッド 1 から分離された部材として構成されているが、研磨パッド 1 の一部がターゲット 1 0 を構成してもよい。例えば、図 1 6 に示すように、研磨パッド 1 の一部をターゲット 1 0 と定義し、ターゲット 1 0 の下面（つまり研磨パッド 1 の下面）の振動を振動測定部 1 1 によって測定してもよい。この場合、研磨パッド 1 の一部の厚みを薄くして薄肉部を形成し、この薄肉部をターゲット 1 0 としてもよい。図 1 7 に示すように、研磨パッド 1 に環状の切れ込み線 5 7 を形成し、切れ込み線 5 7 で囲まれた領域をターゲット 1 0 としてもよい。なお、この場合の切れ込み線 5 7 は、複数のスリットが配列されて形成される線である。また、この場合、振動測定部 1 1 の測定精度を向上させるために、振動測定部 1 1 の一部を研磨パッド 1 に埋設してもよい。

【 0 0 4 3 】

さらに、図 1 8 に示すように、ウェハ W に接触する液体の振動の大きさを測定してもよい。図 1 8 に示す例では、研磨パッド 1 に形成されている貫通孔の下側開口部は薄いパッドなどの閉塞プレート 5 8 で塞がれている。貫通孔には液体が満たされており、この液体がターゲット 1 0 として機能する。液体の振動の大きさは閉塞プレート 5 8 を介して振動測定部 1 1 によって測定される。貫通孔を満たす液体は研磨液供給ノズル 4 から供給された研磨液でもよく、または純水などの他の液体でもよい。

【 0 0 4 4 】

図19は、ターゲット10の他の例を示す断面図である。この例では、ターゲット10は、内部に流体が封入された弾性バッグ10cと、弾性バッグ10cの頂部に取り付けられた接触パッド10aとを有している。弾性バッグ10cは、研磨テーブル2に形成された凹部45内に配置されており、接触パッド10aは、研磨パッド1に形成された貫通孔の内部に位置しており、接触パッド10aの上面の少なくとも一部は、研磨パッド1の研磨面1aと略同一平面内に位置している。弾性バッグ10cは略円形の縦断面形状を有しており、弾力性のある樹脂などから構成されている。弾性バッグ10cには流体供給路60が接続され、この流体供給路60は流体供給源61に接続されている。空気や水などの流体は、流体供給源61から流体供給路60を通して弾性バッグ10cに供給される。流体供給路60には圧力調整機構62および圧力センサ63が設けられており、圧力調整機構62により弾性バッグ10c内の流体の圧力が調整され、圧力センサ63により弾性バッグ10c内の流体の圧力が測定される。圧力調整機構62の具体例としてはバルブが挙げられる。

10

20

30

40

50

【0045】

ターゲット10のウェハWに対する押圧力（すなわちターゲット10とウェハWとの接触圧力）は、弾性バッグ10c内の流体の圧力に依存する。ここで、ターゲット10のウェハWに対する押圧力は、振動の測定中、できるだけ一定に維持することが好ましい。そこで、本実施形態では、圧力センサ63の測定値が制御部12によって監視され、制御部12による接触圧力のフィードバック制御が行われている。より具体的には、制御部12は、圧力センサ63の測定値を監視し、この測定値と予め設定されている値との偏差がゼロとなるように圧力調整機構62を操作する。このようにして、制御部12は、振動測定部11による測定中、ターゲット10のウェハWに対する押圧力（接触圧力）が一定に維持されるようにフィードバック制御する。

【0046】

上記設定値（すなわち、ターゲット10の押圧力の目標値）は、振動測定部11による振幅および/または周波数の測定が良好に行われる値に設定される。具体的には、被研磨面の状態や研磨装置の運転条件などに応じて上記設定値が決定される。被研磨面の状態としては、ウェハの種類や除去すべき膜の種類などが挙げられる。また、研磨装置の運転条件としては、研磨テーブル2の回転速度、研磨パッド1の種類、トッピング3によるウェハの研磨パッド1への押圧力、研磨パッド1の温度などが挙げられる。

【0047】

上記設定値は制御部12に予め記憶される。また、ウェハの種類に対応した複数の設定値を制御部12に記憶することもできる。この場合は、ウェハの研磨開始時に、記憶されている複数の設定値からそのウェハに応じた設定値が選択される。このように、研磨対象となるウェハに関連づけられた押圧力でターゲット10がウェハに接触するので、より精度の高い振動測定が可能となっている。

【0048】

弾性バッグ10cは透明な材料から構成されている。接触パッド10aは弾性バッグ10cの頂部に取り付けられている。この接触パッド10aは、研磨パッド1と同じ材料から構成されてもよく、または別の材料から構成されてもよい。振動測定部11は弾性バッグ10cの下方に位置しており、接触パッド10aの下面に対向するように配置されている。より具体的には、弾性バッグ10cの下方に形成された孔の内部に振動測定部11が配置されている。孔の上端には研磨液などの液体の侵入を防ぐ透明窓51が設けられている。振動測定部11としては、変位センサの一種であるレーザ干渉計が用いられている。この振動測定部（レーザ干渉計）11は、レーザ光を弾性バッグ10cに向けて上方に発する。レーザ光は、弾性バッグ10cを貫通して接触パッド10aの下面で反射し、振動測定部11に戻る。弾性バッグ10cに供給される流体としては、空気や水などのレーザ光を透過させるものが選択される。

【0049】

弾性バッグ10cの大きさは、流体の圧力によって変化する。したがって、研磨パッド

1の摩擦に合わせて弾性バッグ10cの大きさを変更することにより、接触パッド10aの上面を研磨パッド1の研磨面1aと同一平面内に位置させることができる。接触パッド10aは、弾性体である弾性バッグ10cに保持されているので、ウェハWとの接触により振動する。振動測定部11は、接触パッド10aの振動の大きさを、弾性バッグ10cを貫通するレーザ光を用いて、弾性バッグ10cの下方から計測する。

【0050】

上述の構成において、接触パッド10aとウェハWとが接触すると、接触パッド10aと共に弾性バッグ10cが振動し、その内部に封入されている流体も振動する。したがって、圧力センサ63は、弾性バッグ10c内の流体の圧力を測定し、その圧力の変動からターゲット10(弾性バッグ10c)の振動の振幅および周波数を求めることができる。この場合は、圧力センサ63が振動測定部を構成する。なお、この場合は、上述の振動測定部11を省略してもよい。

10

【0051】

図20は図19に示す構成の変形例を示す断面図である。この例では、研磨テーブル2に形成された凹部45に、上述した液体供給路54と液体排出路55が接続されている。純水は、液体供給路54を通じて凹部45に供給され、これにより凹部(すなわち液体室)45は純水で満たされる。そして、凹部45に侵入した研磨液は純水と共に液体排出路55を通じて排出される。その他の構成は図19に示す構成と同一である。

【0052】

図21は図19に示す構成の他の変形例を示す断面図である。この例では、振動測定部11は、研磨テーブル2に形成された部屋50内に配置されている。この部屋50は、凹部45の側面で開口しており、その開口は透明窓51によって塞がれている。部屋50の内部にはミラー52が配置されており、振動測定部(レーザ干渉計)11から発せられたレーザ光は、ミラー52で反射して透明窓51を通過し、弾性バッグ10cの表面に照射されるようになっている。弾性バッグ10cの表面で反射したレーザ光は同じ経路をたどって振動測定部11に戻る。そして、振動測定部11は、接触パッド10aと一体に振動する弾性バッグ10cの振動の大きさを測定する。その他の構成は図19に示す構成と同一である。

20

【0053】

この例では、接触パッド10aを省略してもよい。この場合は、弾性バッグ10cがウェハWの表面に直接接触する。弾性バッグ10cは研磨パッド1と同じ材料で構成してもよい。また、図20に示す液体供給路54および液体排出路55を設けてもよい。この場合は、凹部45に供給される純水の流れによって弾性バッグ10cが振動しないように、測定中は純水の供給を止めるか、または純水の流量を低くすることが好ましい。

30

【0054】

図22は図19に示す構成の他の変形例を示す断面図である。この例では、振動測定部11として、超音波式変位センサが使用されている。この振動測定部(超音波式変位センサ)11は弾性バッグ10cの下部に接するように配置されており、超音波を弾性バッグ10cに向けて上方に発する。超音波は、弾性バッグ10cを貫通して接触パッド10aの下面で反射し、振動測定部11に戻る。このように、振動測定部11は、接触パッド10aの振動の大きさを、弾性バッグ10cを貫通する超音波を用いて、弾性バッグ10cの下方から計測する。弾性バッグ10cに供給される流体としては、水などの液体が選択される。その他の構成は図19に示す構成と同一である。なお、図20に示す液体供給路54および液体排出路55を設けてもよい。

40

【0055】

図23は図19に示す構成の他の変形例を示す断面図である。この例では、振動測定部11として、三角測距式変位センサが使用されている。この振動測定部(三角測距式変位センサ)11は弾性バッグ10cの下部に接するように配置されており、レーザ光を弾性バッグ10cに向けて斜め上方に発する。レーザ光は、弾性バッグ10cを貫通して接触パッド10aの下面で反射し、振動測定部11に戻る。このように、振動測定部11は、

50

接触パッド 10 a の振動の大きさを、弾性バッグ 10 c を貫通するレーザ光を用いて、弾性バッグ 10 c の下方から計測する。弾性バッグ 10 c に供給される流体としては、空気や水などのレーザ光を透過させるものが選択される。その他の構成は図 19 に示す構成と同一である。なお、図 20 に示す液体供給路 54 および液体排出路 55 を設けてもよい。

【0056】

図 24 は、振動測定部 11 として光学式センサを用いた例を示す断面図である。この光学式センサは、光を対象物に照射し、対象物から戻ってくる光の強度を測定する装置である。図 24 は光学式センサの一具体例を示しており、図 12 に示す振動測定部 11 としての変位センサを、光学式センサに代えた例を示す。その他の構成は図 12 または図 14 に示す例と同様である。図 24 に示すように、ターゲット 10 の一部である台座 10 b の側方には 2 つの光ファイバー 65, 66 が配置されており、これら光ファイバー 65, 66 の先端は台座 10 b の側面を向いている。一方の光ファイバー 65 は光源 67 に接続され、他方の光ファイバー 66 は、光の強さを測定する測定部としての光パワーメータ 68 に接続されている。

10

【0057】

光源 67 としては、発光ダイオード (LED)、ハロゲンランプ、キセノンランプなどを用いることができる。光源 67 の光は光ファイバー 65 の先端から台座 10 b (すなわちターゲット 10) の側面に照射される。光は台座 10 b の側面で反射し、光ファイバー 66 によって受光される。このように、光ファイバー 65 および光源 67 は投光部を構成し、光ファイバー 66 は受光部を構成する。受光された光は光パワーメータ 68 に送られ、ここで反射光の強さが測定される。

20

【0058】

ウェハ W との接触によりターゲット 10 が振動すると、光ファイバー 65, 66 の先端とターゲット 10 との距離が変化する。その結果、反射光の強さが変化する。反射光の強さはターゲット 10 の振動の大きさに応じて変化するので、反射光の強さはターゲット 10 の振動の大きさに対応する。したがって、光パワーメータ 68 は、反射光の強さからターゲット 10 の振動の振幅および周波数を測定することができる。光パワーメータ 68 は制御部 12 に接続されており、光パワーメータ 68 の測定値は制御部 12 に送られるようになっている。なお、この例では、光ファイバー 65, 66、光源 67、および光パワーメータ 68 から振動測定部 11 が構成される。

30

【0059】

図 25 は、図 24 の変形例を示す断面図である。より詳しくは、図 25 は、図 19 に示す振動測定部 11 としての変位センサを、光学式センサに代えた例を示している。この例では、光ファイバー 65, 66 は弾性バッグ 10 c の下方に配置される。その他の構成は、図 24 に示す例と同様である。光は光ファイバー 65 から弾性バッグ 10 c を貫通して接触パッド 10 a に照射され、接触パッド 10 a で反射した光は弾性バッグ 10 c を貫通して光ファイバー 66 に受光される。この例でも、反射光の強さからターゲット 10 の振動の大きさを測定することができる。

【0060】

図 26 は、振動測定部に加え、反射強度測定部を設けた例を示す断面図である。より詳しくは、図 26 は、図 21 に示す構成に反射強度測定部 70 を加えた構成を示している。この反射強度測定部 70 は、ウェハ W の表面に光を照射し、ウェハ W から戻ってくる光の強度を測定する装置である。図 26 に示すように、反射強度測定部 70 は、弾性バッグ 10 c の下方に配置された 2 つの光ファイバー 65, 66 と、これらの光ファイバー 65, 66 にそれぞれ接続された光源 67 および分光器 71 とを備えている。光源 67 としては、発光ダイオード (LED)、ハロゲンランプ、キセノンランプなどを用いることができる。

40

【0061】

この例では、ターゲット 10 は弾性バッグから構成される。すなわち、この例では接触パッドは弾性バッグに取り付けられていなく、弾性バッグの最上部がウェハ W に直接接触

50

するようになっている。この弾性バッグは、光を透過させる透明な材料から構成されている。なお、光を透過させる透明な接触パッドを弾性バッグの最上部に取り付けてもよい。弾性バッグ（ターゲット）１０には、図２１に示す例と同様に、流体供給源６１が流体供給路６０を介して連結され、圧力調整機構６２および圧力センサ６３が流体供給路６０に設けられている。

【００６２】

ターゲットである弾性バッグ１０には、光を透過させる透明な流体が封入されている。光源６７の光は光ファイバー６５の先端から弾性バッグ１０を貫通してウェハＷの下面（被研磨面）に照射される。光はウェハＷの下面で反射し、光ファイバー６６によって受光される。このように、光ファイバー６５および光源６７は投光部を構成し、光ファイバー６６は受光部を構成する。

10

【００６３】

光ファイバー６６で受光された光は分光器７１に送られる。分光器７１は、光を波長に従って分解してスペクトルを生成する。分光器７１で得られるスペクトルは、波長ごとの反射強度（反射光の強さ）を示す情報を含んでおり、波長ごとの反射強度が分光器７１によって測定される。各波長での反射強度は、ウェハＷの膜の厚さに応じて周期的に変化する。図２７は、研磨時間に従って変化する反射強度を示すグラフである。図２７の横軸は研磨時間（膜厚と考えてもよい）、縦軸は反射強度を示す。図２７に示すように、膜厚が減少するにしたがって、反射強度はサインカーブを描いて変化する。これは、膜の表面で反射した光と、その膜を透過して下地層の表面で反射した光とが干渉するためである。

20

【００６４】

分光器７１は制御部１２に接続されており、制御部１２によって、所定の波長での反射強度、すなわち膜厚が監視されるようになっている。研磨初期では、図２７に示すように、研磨の不安定さやノイズ等により反射強度の波形が安定しない場合がある。このため、反射強度のモニター開始を意図的に遅らせ、ある程度研磨が進行した後に反射強度のモニターが開始される。

【００６５】

制御部１２は、反射強度を監視することにより、ウェハＷの膜が所定の厚さにまで除去されたか否かを判定する。すなわち、制御部１２は、モニター開始後に現われる極大値（または極小値）の数をカウントして、予め定められた個数の極大値（または極小値）が現われた時点を検出する。この検出すべき点は、ウェハＷの膜が所定の厚さにまで除去された点（以下、目標研磨点という）であり、予め制御部１２に設定されている。例えば、図２７では、４番目の極大値が目標研磨点として予め設定されている。したがって、モニター開始後の極大値のカウントが４になったときに、制御部１２は目標研磨点に達したと判断する。この場合、目標研磨点が表れた時点に所定の時間を加算した時点を研磨終点に設定してもよい。

30

【００６６】

なお、反射強度に代えて、異なる波長での反射強度同士を割り算した値である特性値を用いてもよい。この特定値は、反射強度からノイズ成分などを取り除いた値と考えることができる。この特性値も、反射強度と同様に、膜厚の変化に従って周期的に変化する。特性値を用いる場合は、制御部１２は、予め選択された２つの波長 λ_1 、 λ_2 における反射強度 $\rho_{\lambda_1}(t)$ 、 $\rho_{\lambda_2}(t)$ を用いて、特性値 $X(t)$ を次の式から求める。

40

$$X(t) = \rho_{\lambda_1}(t) / (\rho_{\lambda_1}(t) + \rho_{\lambda_2}(t))$$

ここで、 ρ は反射強度、 t は研磨時間を表す。

【００６７】

上述したスペクトルは、波長ごとの反射光の強度の分布を示すグラフとして表わすことができる。このスペクトルは、ウェハＷの膜厚に応じて変化する。したがって、スペクトルと膜厚との関係を示すデータと、研磨中に取得されたスペクトルとから、膜厚を研磨中に求めることができる。具体的には、次のような方法で膜厚を求めることができる。まず、膜の厚さごとのスペクトルをシミュレーション計算によりデータとして取得する。分光

50

器 7 1 で得られたスペクトルの波形は、制御部 1 2 により、カーブフィッティングなどの手法を用いて、データ中のスペクトルと比較される。そして、分光器で得られたスペクトルに最も近いスペクトルがデータの中から選択され、その選択されたスペクトルに対応する膜厚が研磨中の膜厚と判断される。この方法によれば、制御部 1 2 は、膜厚が減少して所定のしきい値に達したときに、目標研磨点または研磨終点に達したと判断することができる。

【 0 0 6 8 】

光ファイバー 6 5 からの光が照射されるウェハ W の部位は、弾性バッグ（ターゲット）1 0 に接触する部位である。つまり、反射光の強度が測定されるウェハ W の箇所と、振動および周波数の少なくとも一方が測定されるウェハ W の箇所は同一である。したがって、制御部 1 2 は、振動測定部 1 1 および反射強度測定部 7 0 から送られてくる測定値に基づき、ウェハ W の同じ領域における研磨状態を監視することができる。この場合、制御部 1 2 は、振動測定部 1 1 から送られてくる振幅および周波数の少なくとも一方と、反射強度測定部 7 0 から送られてくる反射強度とを、同時または交互に監視することができる。例えば、制御部 1 2 は、研磨初期における膜の表面の凹凸の除去（図 7（a）参照）を振動測定部 1 1 からの測定値に基づいて判断し、次いで、研磨終点における膜の除去（図 9（a）参照）を反射強度測定部 7 0 からの測定値に基づいて判断することができる。または、研磨初期における膜の表面の凹凸の除去を反射強度測定部 7 0 からの測定値に基づいて判断し、次いで、研磨終点における膜の除去を振動測定部 1 1 からの測定値に基づいて判断してもよい。このように、制御部 1 2 は、振幅および周波数の少なくとも一方と反射強度とを選択的に監視することができる。

【 0 0 6 9 】

多層構造を有する基板の処理においては、研磨終点検知、膜厚測定、膜の表面の平坦化などの処理の目的に適した研磨監視方法を用いることが有効である。また、膜の性質に適した研磨監視方法を採用することも有効である。例えば、凹凸の大きい表面を平坦にするときは振動測定部 1 1 を用いて摩擦の変化を監視し、研磨の最終段階において研磨終点検知が必要なときには反射強度測定部 7 0 を用いて反射強度（すなわち膜厚の変化）を監視することが好ましい。さらに、制御部 1 2 は、振動測定部 1 1 および反射強度測定部 7 0 の両方を用いて摩擦の変化と反射強度とを同時に監視してもよい。

【 0 0 7 0 】

図 2 8 は、振動測定部に加えて、基板の被研磨面の画像を取得するカメラを備えた例を示す断面図である。この例では、図 2 6 に示す反射強度測定部 7 0 に代えて、ウェハ W の被研磨面の画像を取得するカメラ（画像取得手段）7 2 が配置されている。その他の構成は、図 2 6 に示す例と同一であるので、その重複する説明を省略する。カメラ 7 2 は、ターゲットである弾性バッグ 1 0 の下方に配置されている。カメラ 7 2 としては、CCD などのイメージセンサを用いたデジタルスチールカメラが好ましく用いられる。カメラ 7 2 は、研磨テーブル 2 に形成された孔の内部に配置されており、孔の上端には研磨液などの液体の侵入を防ぐ透明窓 5 1 が設けられている。弾性バッグ 1 0 は、光透過性を有する材料から構成されており、弾性バッグ 1 0 には、光を透過させる透明な流体が封入されている。

【 0 0 7 1 】

ウェハ W の研磨中は、ウェハ W の表面と弾性バッグ 1 0 とが接触し、これにより弾性バッグ 1 0 が振動する。振動測定部 1 1 は、上述の例と同様に、弾性バッグ 1 0 の振動の振幅および周波数の少なくとも一方を測定し、その測定値を制御部 1 2 に送信する。一方、カメラ 7 2 は、ウェハ W の研磨中、ウェハ W の表面の画像を撮像する。具体的には、カメラ 7 2 は、弾性バッグ 1 0 と接触しているウェハ W の表面の領域の画像を、弾性バッグ 1 0 を通じて取得する。なお、図示しないが、撮影用の光源が弾性バッグ（ターゲット）1 0 に近接して設けられている。この光源としては、連続光を発するライト、またはフラッシュなどが用いられる。

【 0 0 7 2 】

カメラ 7 2 が取得した画像は画像解析部 7 3 に送られる。画像解析部 7 3 は、ウェハ W の表面の画像から、ウェハ W の構造を解析する。具体的には、画像解析部 7 3 は、画像に現われるウェハ W の表面の模様および色から、スクライブラインの位置や、スクライブライン上のテストエレメントを測定したり、セルの位置や面積を測定する。このように、ウェハ W の構造の解析と振動測定部 1 1 による測定結果とを関連づけることで、ウェハ W の研磨状態をより正確に判断することができる。上はまた、画像解析部 7 3 は、取得した画像から膜厚を測定したり、構造上の欠陥を検知してもよい。画像解析部 7 3 の解析結果は、制御部 1 2 に送られ、研磨処理の制御に使用される。

【 0 0 7 3 】

図 2 9 は、振動測定部として、カメラおよび画像解析部を用いた例を示す断面図である。その他の構成は、図 1 9 に示す例と同一であるので、その重複する説明を省略する。この例の振動測定部 1 1 は、ターゲット 1 0 の画像を取得するカメラ（画像取得手段）7 2 を備えている。このカメラ 7 2 は、ターゲット 1 0 の下方に配置されている。カメラ 7 2 としては、CCD などのイメージセンサを用いたデジタルスチールカメラが好ましく用いられる。この例では、図 1 9 に示す例と同様に、ターゲット 1 0 は、弾性バッグ 1 0 c と、弾性バッグ 1 0 c の頂部に取り付けられた接触パッド 1 0 a とを有している。カメラ 7 2 は、研磨テーブル 2 に形成された孔の内部に配置されており、孔の上端には研磨液などの液体の侵入を防ぐ透明窓 5 1 が設けられている。弾性バッグ 1 0 c は、光透過性を有する材料から構成されており、弾性バッグ 1 0 c には、光を透過させる透明な流体が封入されている。

【 0 0 7 4 】

カメラ 7 2 はターゲット 1 0 に対向して配置されており、研磨中にターゲット 1 0 の画像を取得するように動作する。なお、図示しないが、撮影用の光源がターゲット 1 0 に近接して設けられている。この光源としては、連続光を発するライト、またはフラッシュなどが用いられる。ターゲット 1 0 には模様が予め付されており、カメラ 7 2 はこのターゲット 1 0 上の模様の画像を取得する。この例では、カメラ 7 2 は、接触パッド 1 0 a の裏面の画像を取得するように配置されている。接触パッド 1 0 a の裏面には、同心円、格子状の線などの模様が付されている。カメラ 7 2 は、研磨中に、接触パッド 1 0 a の裏面（模様を含む）の画像を、弾性バッグ 1 0 c を通じて取得する。この場合、接触パッド 1 0 a を透明な材料で構成し、その裏面に付された模様を観察すると同時に、ウェハ W の表面の画像を制御部 1 2 により観察してもよい。

【 0 0 7 5 】

カメラ 7 2 が取得した画像は画像解析部 7 4 に送られる。画像解析部 7 4 は、ターゲット 1 0 の画像から、ターゲット 1 0 の振動の振幅および周波数の少なくとも一方を解析する。取得された画像には、上述したように、ターゲット 1 0 に付された模様が現われているので、画像解析部 7 4 は、この模様の変位から、ターゲット 1 0 の振動の振幅および周波数の少なくとも一方を解析することができる。ターゲット 1 0 の振動の方向および大きさの解析が容易となるように、模様の変位や変位の方向を画像解析部 7 4 が認識しやすいような模様であることが好ましい。画像解析部 7 4 の解析結果（すなわち、ターゲット 1 0 の振動の振幅および周波数の少なくとも一方）は、制御部 1 2 に送信され、制御部 1 2 によって研磨処理の制御に使用される。

【 0 0 7 6 】

なお、図 2 8 に示す例と同様に、接触パッドを有しない弾性バッグをターゲット 1 0 として用いてもよい。この場合は、ウェハ W の表面に接触する弾性バッグの裏面に模様が付され、カメラ 7 2 は、弾性バッグを介して模様の画像を取得する。また、図 2 9 に示す実施形態は、ターゲットとして弾性バッグを用いた例に限らず、例えば図 1 2 に示すように、ウェハ W に接触する接触パッド 1 0 a と、接触パッド 1 0 a を保持する台座 1 0 b とを備えたターゲットを使用した例にも適用することができる。この場合は、台座 1 0 b の下面に模様を付し、カメラ 7 2 によって台座 1 0 b の下面（模様を含む）の画像を取得するようにしてもよい。

【 0 0 7 7 】

上述した構成例では、ターゲット 10 は弾性的に研磨テーブル 2 に連結されているため、回転する研磨テーブル 2 自体の振動がターゲット 10 に伝わる場合がある。このような研磨テーブル 2 の振動はノイズとして振動測定部 11 の測定値に重畳されてしまう。そこで、振動測定部 11 とは別に、リファレンスセンサ（リファレンス測定部）を研磨テーブル 2 に設け、リファレンスセンサの測定値を利用して、振動測定部 11 の測定値からノイズを除去することが好ましい。

【 0 0 7 8 】

図 30 は、研磨テーブル 2 にリファレンスセンサを設けた例を示す断面図である。リファレンスセンサ 75 は、研磨テーブル 2 の内部または研磨テーブル 2 の表面上に設置される。振動測定部 11 がターゲット 10 の振動を測定すると同時に、リファレンスセンサ 75 は、研磨テーブル 2 の所定の部位の振動の大きさを測定する。リファレンスセンサ 75 によって測定される対象は、ターゲット 10 とウェハ W との接触に起因する振動以外のあらゆる振動、つまりノイズである。このノイズは、例えば研磨テーブル 2、トップリング 3 のそれぞれ固有の偏心やがたつきなどに起因する機械的振動、駆動モータの振動などである。

【 0 0 7 9 】

リファレンスセンサ 75 の測定値は制御部 12 に送られる。振動測定部 11 の測定値は、リファレンスセンサ 75 の測定値で除算され、これにより振動測定部 11 の測定値に含まれるノイズが取り除かれる。図 30 に示すように、リファレンスセンサ 75 が測定する研磨テーブル 2 の部位は、ターゲット 10 の近くであることが好ましい。これはノイズを正確にキャンセルするために、振動測定部 11 のノイズとなるべく同種のノイズをリファレンスセンサ 75 で測定するためである。振動測定部 11 とリファレンスセンサ 75 とは、同一のタイプのセンサが用いられる。本例においては、リファレンスセンサは 1 つであるが、複数のリファレンスセンサを設置してもよい。この場合、複数のリファレンスセンサの信号強度比を変えてから振動測定部 11 の測定値を除算すると効果的な場合がある。例えば、同じタイプのリファレンスセンサを使う場合、信号感度がセンサごとに異なることがある。このような場合は、それぞれのリファレンスセンサの信号強度を調整して一致させる。一方、異なるリファレンスセンサを組み合わせる場合は、必ずしも信号感度が一致するとは限らないので、信号強度を調整して一致させる。

【 0 0 8 0 】

上述した実施形態では、研磨中にターゲットの振動の大きさ（および反射光の強度）が測定される。しかしながら、より高い測定精度が必要な場合、または測定部を研磨テーブルに内蔵することが困難な場合は、研磨テーブル外に専用の測定部を設け、ここで測定を行ってもよい。この場合、研磨開始時、研磨中断時、または研磨終了後に測定を行うことができる。また、専用の測定部に代えて、ウェハ（基板）を洗浄する洗浄ユニットや、ウェハを搬送する搬送機構などの基板処理装置を構成する機構に測定部を設けてもよい。例えば、搬送機構に設けられた測定部により、ウェハの搬送中に測定を行ってもよい。

【 0 0 8 1 】

上述した実施形態は、本発明が属する技術分野における通常の知識を有する者が本発明を実施できることを目的として記載されたものである。上記実施形態の種々の変形例は、当業者であれば当然になしうることであり、本発明の技術的思想は他の実施形態にも適用しうることである。したがって、本発明は、記載された実施形態に限定されることはなく、特許請求の範囲によって定義される技術的思想に従った最も広い範囲とすべきである。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 8 2 】

【 図 1 】 本発明の原理を説明するための研磨装置の断面を示す模式図である。

【 図 2 】 図 2（a）は研磨パッドとトップリングに保持されたウェハとの位置を示す平面図であり、図 2（b）はターゲットがウェハを横切る軌跡を示す図である。

【 図 3 】 振動測定部として変位センサを研磨テーブル内に配置した例を示す断面図である

。

【図 4】振動測定部として MEMS タイプの加速度センサを研磨テーブル内に配置した例を示す断面図である。

【図 5】STI の一工程を示す断面図である。

【図 6】図 6 (a) は研磨の初期段階の STI 構造を示す断面図であり、図 6 (b) は図 6 (a) に示す状態のときに測定されたターゲットの振動を示すグラフである。

【図 7】図 7 (a) は研磨がある程度進んだ状態の STI 構造を示す断面図であり、図 7 (b) は図 7 (a) に示す状態のときに測定されたターゲットの振動を示すグラフである。

。

【図 8】図 8 (a) は研磨がさらに進んだ状態の STI 構造を示す断面図であり、図 8 (b) は図 8 (a) に示す状態のときに測定されたターゲットの振動を示すグラフである。

10

【図 9】図 9 (a) は研磨終点に達したときの STI 構造を示す断面図であり、図 9 (b) は図 9 (a) に示す状態のときに測定されたターゲットの振動を示すグラフである。

【図 10】図 6 (b) 乃至図 9 (b) のグラフを研磨時間に沿って並べた図である。

【図 11】複数の押圧機構を有するトップリングの一例を示す断面図である。

【図 12】弾性部材を介してターゲットが研磨テーブルに連結された例を示す断面図である。

【図 13】図 12 に示すターゲットの変形例を示す断面図である。

【図 14】図 12 に示すターゲットの他の変形例を示す断面図である。

【図 15】図 12 に示すターゲットのさらに他の変形例を示す断面図である。

20

【図 16】研磨パッドの一部がターゲットを構成している例を示す断面図である。

【図 17】研磨パッドの一部がターゲットを構成している他の例を示す断面図である。

【図 18】ターゲットとして液体を使用した例を示す断面図である。

【図 19】ターゲットの他の例を示す断面図である。

【図 20】図 19 に示す構成の変形例を示す断面図である。

【図 21】図 19 に示す構成の他の変形例を示す断面図である。

【図 22】図 19 に示す構成の他の変形例を示す断面図である。

【図 23】図 19 に示す構成の他の変形例を示す断面図である。

【図 24】振動測定部として光学式センサを用いた例を示す断面図である。

【図 25】図 24 の変形例を示す断面図である。

30

【図 26】振動測定部に加え、反射強度測定部を設けた例を示す断面図である。

【図 27】研磨時間に従って変化する反射強度を示すグラフである。

【図 28】振動測定部に加えて、基板の被研磨面の画像を取得するカメラを備えた例を示す断面図である。

【図 29】振動測定部として、カメラおよび画像解析部を用いた例を示す断面図である。

【図 30】研磨テーブルにリファレンスセンサを設けた例を示す断面図である。

【符号の説明】

【 0 0 8 3 】

- | | |
|----|------------|
| 1 | 研磨パッド |
| 2 | 研磨テーブル |
| 3 | トップリング |
| 4 | 研磨液供給ノズル |
| 6 | トップリングシャフト |
| 10 | ターゲット |
| 11 | 振動測定部 |
| 12 | 制御部 |
| 15 | 変位変換部材 |
| 20 | 自由継手 |
| 21 | トップリング本体 |
| 22 | リテーナリング |

40

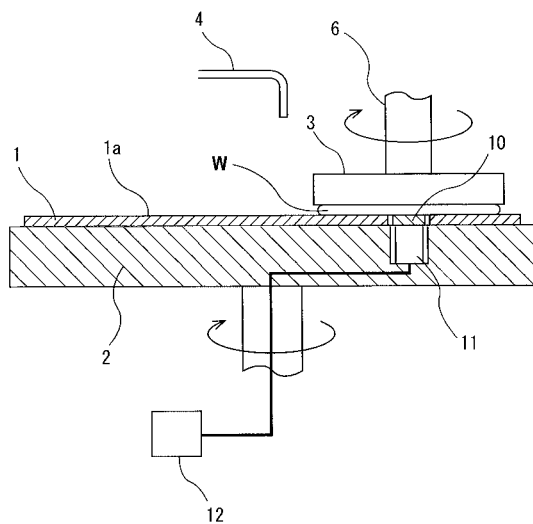
50

- 2 6 弾性パッド
- 2 7 チッキングプレート
- 3 1 ~ 3 5 流体路
- 4 0 圧力調整部
- 4 5 凹部
- 4 6 ばね
- 5 0 部屋
- 5 2 ミラー
- 5 4 液体供給路
- 5 5 液体排出路
- 5 7 切れ込み線
- 5 8 閉塞プレート
- 6 0 流体供給路
- 6 1 流体供給源
- 6 2 圧力調整機構
- 6 3 圧力センサ
- 6 5 , 6 6 光ファイバー
- 6 7 光源
- 6 8 光パワーメータ
- 7 0 反射強度測定部
- 7 1 分光器
- 7 2 カメラ
- 7 3 , 7 4 画像解析部
- 7 5 リファレンスセンサ

10

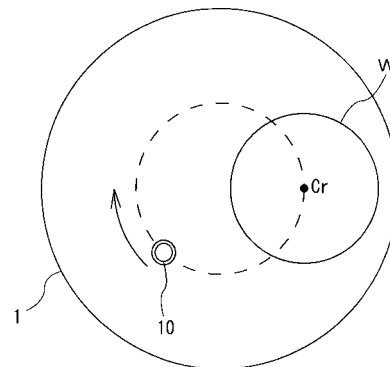
20

【図 1】

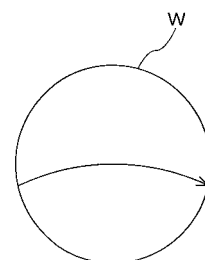


【図 2】

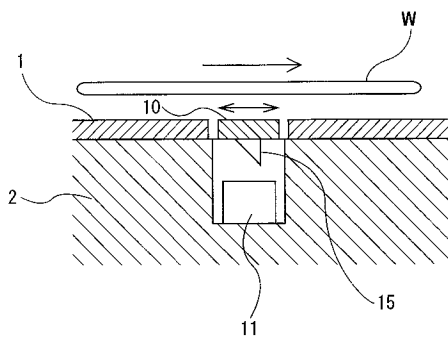
(a)



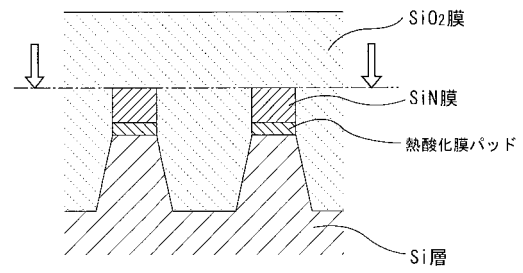
(b)



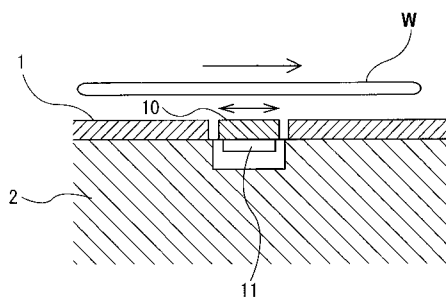
【図 3】



【図 5】

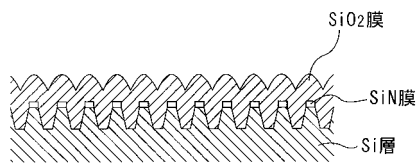


【図 4】



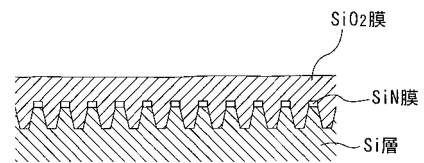
【図 6】

(a)

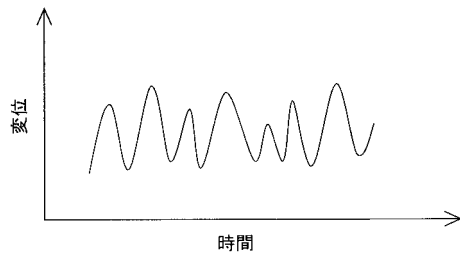


【図 7】

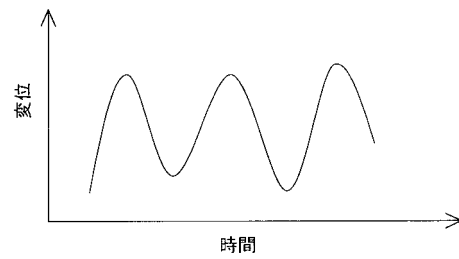
(a)



(b)

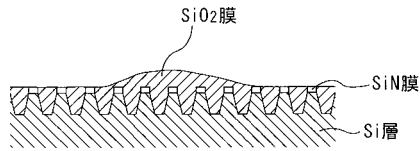


(b)

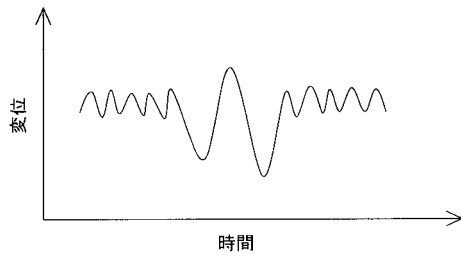


【図 8】

(a)

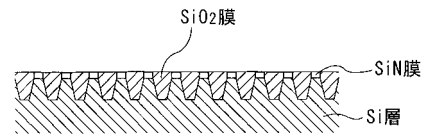


(b)

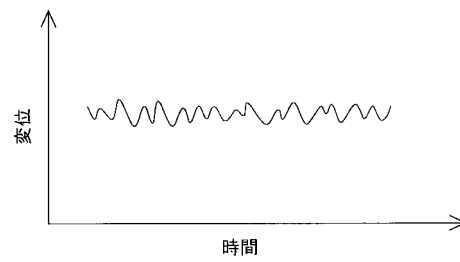


【図 9】

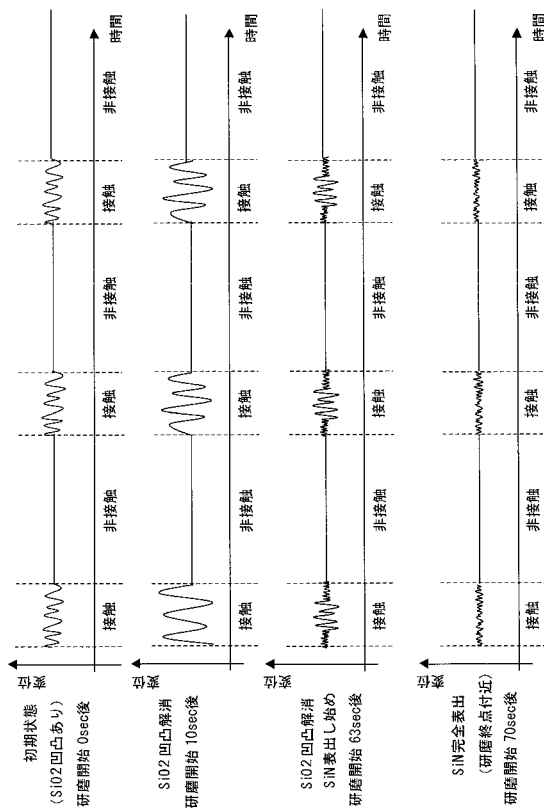
(a)



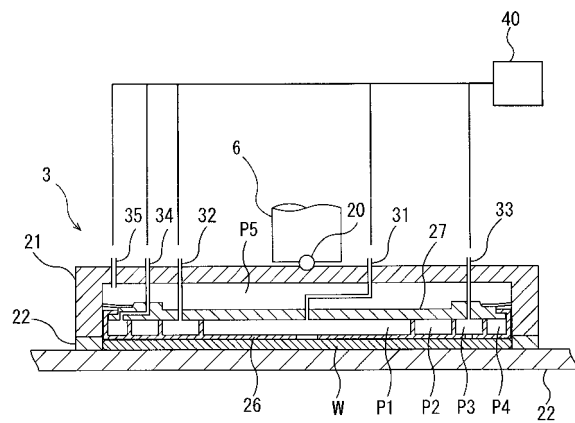
(b)



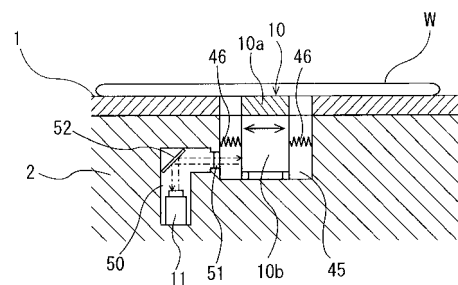
【図 10】



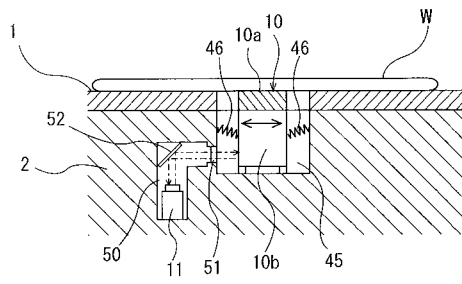
【図 11】



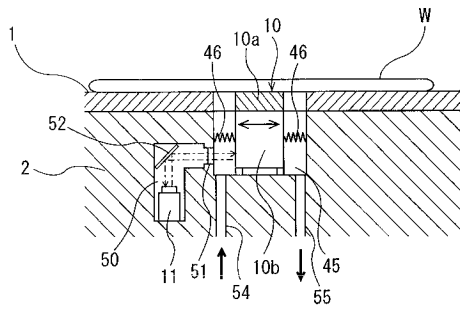
【図 12】



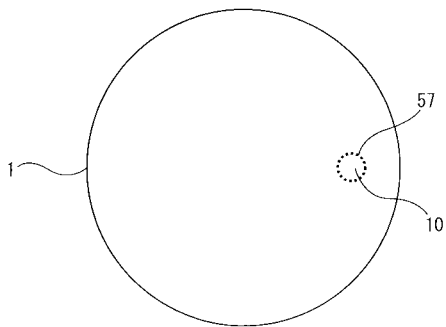
【図 13】



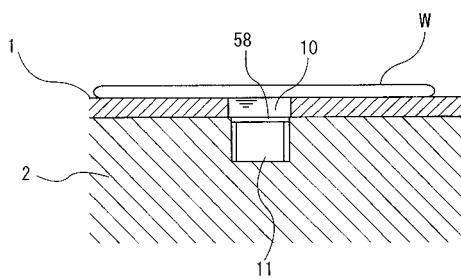
【図 14】



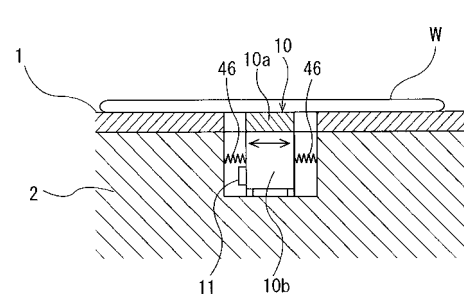
【図 17】



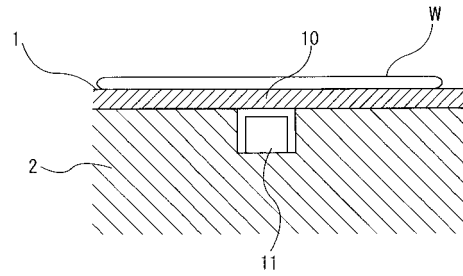
【図 18】



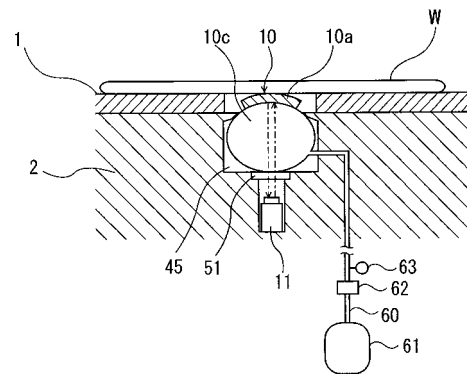
【図 15】



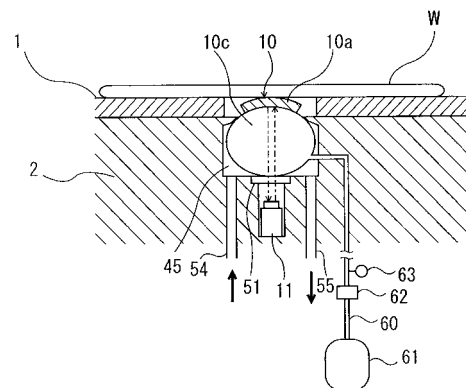
【図 16】



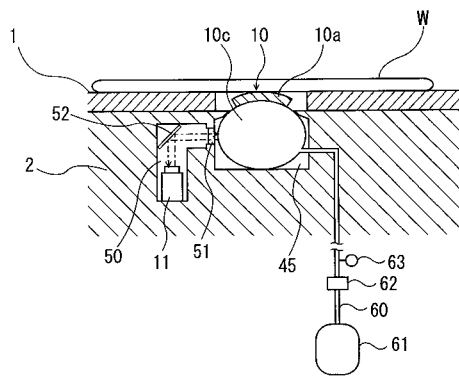
【図 19】



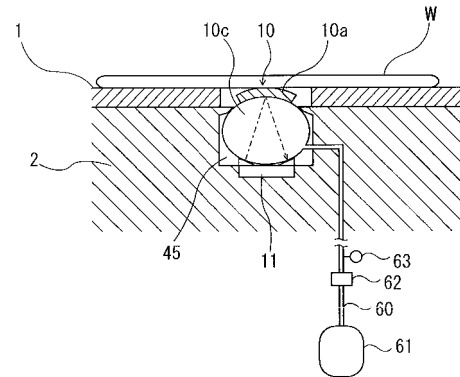
【図 20】



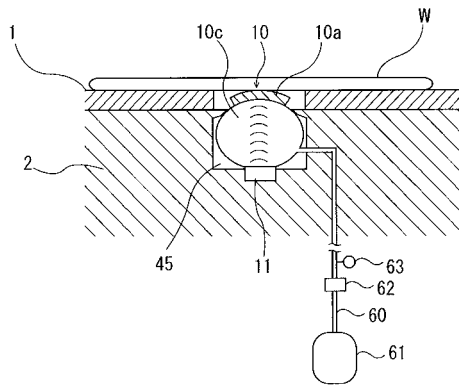
【図 2 1】



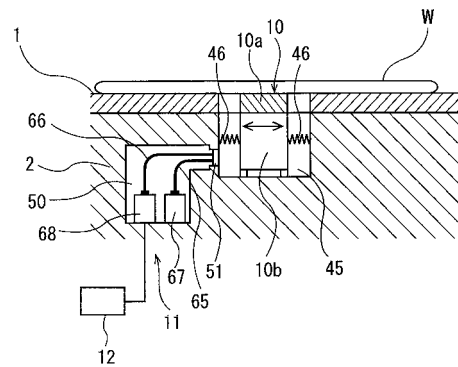
【図 2 3】



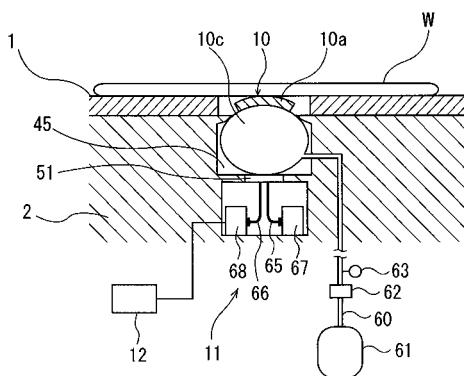
【図 2 2】



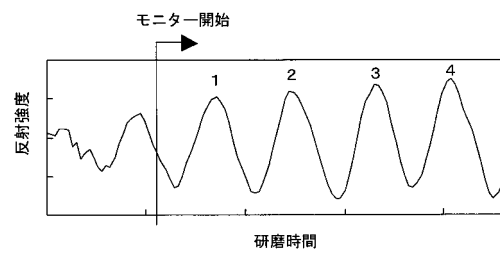
【図 2 4】



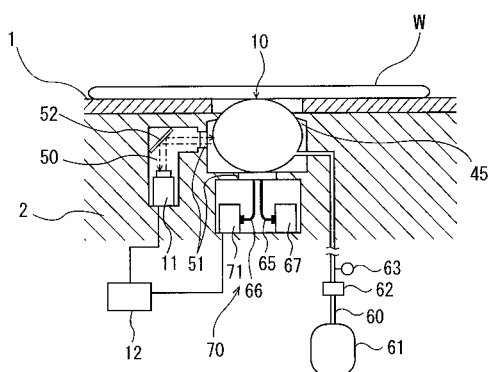
【図 2 5】



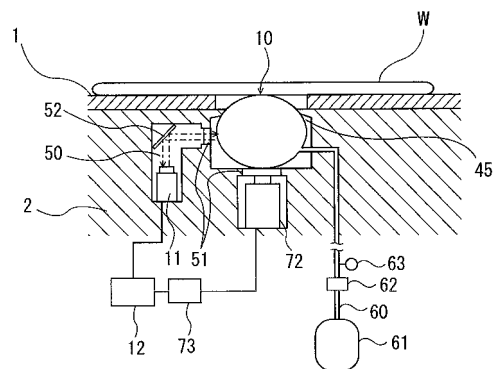
【図 2 7】



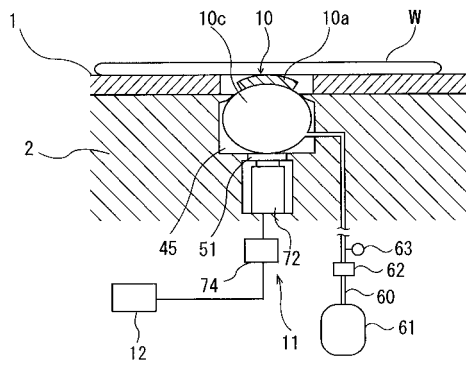
【図 2 6】



【図 2 8】



【図 29】



【図 30】

