

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5519256号
(P5519256)

(45) 発行日 平成26年6月11日(2014.6.11)

(24) 登録日 平成26年4月11日(2014.4.11)

(51) Int.Cl.		F I			
B 2 4 B	9/00	(2006.01)	B 2 4 B	9/00	6 0 1 H
B 2 4 B	21/00	(2006.01)	B 2 4 B	21/00	A
B 2 4 B	21/02	(2006.01)	B 2 4 B	21/02	
H O 1 L	21/304	(2006.01)	H O 1 L	21/304	6 2 1 E

請求項の数 4 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2009-275408 (P2009-275408)	(73) 特許権者	000000239
(22) 出願日	平成21年12月3日(2009.12.3)		株式会社荏原製作所
(65) 公開番号	特開2011-115893 (P2011-115893A)		東京都大田区羽田旭町11番1号
(43) 公開日	平成23年6月16日(2011.6.16)	(74) 代理人	100091498
審査請求日	平成24年11月15日(2012.11.15)		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	中西 正行
			東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会
			社 荏原製作所内
		(72) 発明者	小野澤 益信
			東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会
			社 荏原製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 裏面が研削された基板を研磨する方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板の表面および外周面に保護フィルムが貼り付けられており、裏面が研削された前記基板を研磨する方法であって、

前記基板をその中心周りに回転させ、

研磨テープを前記基板の裏面側から表面側に送ることで前記保護フィルムを前記基板から剥がしながら、前記裏面と前記基板の外周面とによって形成された角部に研磨テープを押し当てて該角部を研磨することを特徴とする方法。

【請求項2】

基板の表面および外周面に保護フィルムが貼り付けられており、裏面が研削された前記基板を研磨する方法であって、

前記基板をその中心周りに回転させ、

研磨テープを前記基板に対して押し付ける研磨ヘッドの角度を連続的に変えることで前記保護フィルムを前記基板から剥がしながら、前記裏面と前記基板の外周面とによって形成された角部に前記研磨テープを押し当てて該角部を研磨することを特徴とする方法。

【請求項3】

前記基板と前記研磨テープとの接触角度を変えながら前記角部に前記研磨テープを押し当てて該角部を研磨することを特徴とする請求項1または2に記載の方法。

【請求項4】

前記基板にはオリエンテーションフラットが形成されており、

10

20

前記角部を研磨した後、前記オリエンテーションフラットが前記研磨テープに対向するまで前記基板を回転させ、

前記オリエンテーションフラットに前記研磨テープを押し当てながら、前記研磨テープを横方向に揺動させて前記オリエンテーションフラットを研磨し、

前記オリエンテーションフラットを研磨した後、前記オリエンテーションフラットと前記外周面との境界部が前記研磨テープに対向するまで前記基板を回転させ、

前記境界部に前記研磨テープを押し当てながら、前記研磨テープを横方向に揺動させて前記境界部を研磨する工程をさらに含むことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板の裏面を研削した後に行われる基板の研磨方法および研磨装置に関し、特に研削された裏面と基板の外周面とにより形成される角部を研磨する方法および装置に関する。

【背景技術】

【0002】

SOI (Silicon on Insulator) 基板、貫通電極 (Through Silicon Via, TSV)、パワーデバイス (電力用半導体素子) などの製造工程では、基板の裏面を研削して基板を薄くする加工が行われる。この切削加工にはバックグラインダーと呼ばれる研削具が使用され、基板の厚さが、例えば 300 μm 以下となるまで基板の裏面が切削される。具体的には、回転するバックグラインダーに基板の裏面を押し付け、基板の厚さが所望の厚さとなるまで基板の裏面を研削する。

20

【0003】

通常、基板の外周面は、クラック (割れ) やチップング (欠け) を防止するために、丸みを帯びた形状に予め研磨されている。このような丸みを帯びた外周面を有する基板の裏面を研削すると、その結果として基板には角張った端部が形成される。図 1 は、基板の厚さが半分以下になるまでその裏面が研削された結果、鋭角に角張った端部が形成された例を示している。この角張った端部 (以下、角部という) は、研削された裏面と基板の外周面とにより形成される。このような鋭角な角部は、物理的な接触により欠けやすく、基板の搬送時に基板自体が破損することがある。特に、半導体ウェハの性質上、一旦基板が欠けると、デバイスが形成されている領域にまでひび割れが進行しやすく、製品の欠陥を生じさせてしまう。また、角部が基板の裏面の均一な研削工程を障害し、さらには基板が研削中に割れることがある。

30

【0004】

そこで、このような基板の破損を防止するために、砥石 (バイト) を基板に接触させて基板に形成された角部を取り除くことが従来から行われている。より具体的には、研削された裏面が上向き状態で基板を真空吸着などによりサポートステージで保持し、さらに基板をその中心周りに回転させる。その状態で、基板の角部に砥石を接触させ、該角部を研磨する。

40

【0005】

しかしながら、基板は完全な円形ではなく、また基板の中心とサポートステージの回転軸とを厳密に一致させることは困難であるため、砥石が基板の角部に接触したときに基板を破損させるおそれがある。このような基板の破損を防ぐためには、砥石をゆっくりと基板に近づける必要があるため、砥石を基板に接触させるまでの時間 (エアーカッティングタイム) が長くなり、スループットが低下してしまう。さらに、砥石が基板に接触した後も、角部全体が砥石によって切削されるまでは、砥石を非常にゆっくりと進行させる必要がある。このように、剛体である砥石と基板との間の衝撃を和らげるためには長い切削時間が必要とされていた。

【0006】

50

また、基板の裏面が切削された基板には、通常、図2に示すように、保護フィルムが貼付されている。この保護フィルムは、基板の表面（裏面とは反対側の面）に形成されたデバイスを保護するためのものであり、基板の表面および外周面を覆うように基板に貼付されている。このような保護フィルムが貼り付けられた基板の角部の研磨は、基本的に上述した方法と同様にして行われる。すなわち、保護フィルムが貼付された基板の表面がサポートステージによって保持され、サポートステージにより回転される基板の角部が砥石によって研磨される。研磨中、砥石は保護フィルムを削りながら角部を研磨する。

【0007】

しかしながら、保護フィルムに使用されている接着剤が基板の周方向において不均一に存在していると、保護フィルムが局所的に研磨を阻害し、基板が不均一に研磨されてしまう。また、接着剤が砥石に付着して、砥石の研磨能力が低下するおそれもある。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開平11-333680号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明は、上述した従来の問題に鑑みてなされたものであり、裏面が研削された薄肉の基板を破損させることなく、裏面と外周面とにより形成された角部を速やかに研磨することができる方法および装置を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0010】

上述した目的を達成するために、本発明の一態様は、基板の表面および外周面に保護フィルムが貼り付けられており、裏面が研削された前記基板を研磨する方法であって、前記基板をその中心周りに回転させ、研磨テープを前記基板の裏面側から表面側に送ることで前記保護フィルムを前記基板から剥がしながら、前記裏面と前記基板の外周面とによって形成された角部に研磨テープを押し当てて該角部を研磨することを特徴とする。

【0011】

本発明の一態様は、基板の表面および外周面に保護フィルムが貼り付けられており、裏面が研削された前記基板を研磨する方法であって、前記基板をその中心周りに回転させ、研磨テープを前記基板に対して押し付ける研磨ヘッドの角度を連続的に変えることで前記保護フィルムを前記基板から剥がしながら、前記裏面と前記基板の外周面とによって形成された角部に前記研磨テープを押し当てて該角部を研磨することを特徴とする。

30

本発明の好ましい態様は、前記基板と前記研磨テープとの接触角度を変えながら前記角部に前記研磨テープを押し当てて該角部を研磨することを特徴とする。

【0012】

本発明の好ましい態様は、前記基板にはオリエンテーションフラットが形成されており、前記角部を研磨した後、前記オリエンテーションフラットが前記研磨テープに対向するまで前記基板を回転させ、前記オリエンテーションフラットに前記研磨テープを押し当てながら、前記研磨テープを横方向に揺動させて前記オリエンテーションフラットを研磨し、前記オリエンテーションフラットを研磨した後、前記オリエンテーションフラットと前記外周面との境界部が前記研磨テープに対向するまで前記基板を回転させ、前記境界部に前記研磨テープを押し当てながら、前記研磨テープを横方向に揺動させて前記境界部を研磨する工程をさらに含むことを特徴とする。

40

【0013】

本発明の参考例は、前記基板にはオリエンテーションフラットが形成されており、前記オリエンテーションフラットを、該オリエンテーションフラットに対応する形状を有する切り欠きカバーに対向させ、前記基板および前記切り欠きカバーを該基板の中心周りに一体に回転させながら、前記角部を研磨する。

50

本発明の参考例は、前記角部の研磨中、前記研磨テープを前記角部および前記切り欠きカバーに接触させる。

【0014】

本発明の参考例は、前記切り欠きカバーは、研磨されにくい構造を有する。

本発明の参考例は、前記角部の研磨中、前記研磨テープは前記切り欠きカバーおよび前記角部を研磨する。

【0015】

本発明の参考例は、裏面が研削された基板を研磨する装置であって、前記基板に形成されているオリエンテーションフラットに対応する形状の切り欠きカバーを有し、前記基板をその中心周りに回転させる回転保持部と、前記裏面と前記基板の外周面とによって形成された角部に研磨テープを押し当てて該角部を研磨する研磨ヘッドとを有する。

10

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、研磨テープは柔軟性を有しているので、研磨テープとの接触で角部が欠けるおそれがない。したがって、研磨テープを基板に速やかに近づけることができ、エアカッティングタイムを短縮することができる。また、保護フィルムが基板の表面に貼付されている場合であっても、研磨テープによって保護フィルムを剥がしながら基板の角部を研磨することができるので、保護フィルムの影響を受けることなく均一な研磨を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

20

【0017】

【図1】裏面が研削された基板を示す断面図である。

【図2】保護フィルムが貼付された基板を示す断面図である。

【図3】本発明の一実施形態に係る研磨方法を実行するための研磨装置を示す平面図である。

【図4】図3に示す研磨装置の縦断面図である。

【図5】研磨ヘッドの拡大図である。

【図6】図6(a)乃至図6(c)は、チルト機構により傾斜した研磨ヘッドを示す側面図である。

【図7】図7(a)および図7(b)は、研磨ヘッド組立体の拡大平面図である。

30

【図8】研磨テープが基板の角部を研磨している様子を示す図である。

【図9】図9(a)および図9(b)は、研磨テープによって角部が研磨された基板を示す断面図である。

【図10】研磨テープが保護フィルムを剥がしながら基板の角部を研磨している様子を示す図である。

【図11】図11(a)および図11(b)は、研磨テープによって角部が研磨された基板を示す断面図である。

【図12】複数対の研磨ヘッド組立体および研磨テープ供給機構を備えた研磨装置を示す平面図である。

【図13】基板に形成されたオリエンテーションフラットを示す図である。

40

【図14】研磨テープがオリエンテーションフラットを研磨する様子を示す平面図である。

【図15】図15(a)および図15(b)は、オリエンテーションフラットと角部との境界部を示す図である。

【図16】基板のオリエンテーションフラットと外周面との境界部の断面を示す図である。

【図17】オリエンテーションフラットと角部との境界部を研磨テープが研磨する様子を示す平面図である。

【図18】図18(a)および図18(b)は、本発明の他の実施形態に係る研磨装置の保持ステージを示す拡大図である。

50

【図19】基板が保持ステージに保持されているときの基板および切り欠きカバーを示す平面図である。

【図20】図20(a)乃至図20(c)は、本実施形態に係る研磨装置の変形例を示す保持ステージを示す側面図である。

【図21】基板が保持ステージに保持されているときの基板および切り欠きカバーを示す平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

本発明の研磨方法によって研磨される対象物は、SOI (Silicon on Insulator) 基板、貫通電極 (Through Silicon Via, TSV)、パワーデバイス (電力用半導体素子) の製造工程で使用される、裏面がバックグラインダーなどの研削具で研削された薄肉の基板である。ここで、SOI基板とは、 SiO_2 からなる絶縁層の上にシリコン単結晶層が形成された基板である。貫通電極 (TSV) とは、半導体チップの内部を垂直に貫通する電極のことである。また、パワーデバイスとは、電力を他の形態の電力に変換する素子や、電力を制御する素子である。パワーデバイスの代表的な例としては、パワートランジスタ、サイリスタ、整流ダイオードなどが挙げられる。

【0019】

本研磨方法の対象となる基板は、SOI基板、貫通電極 (TSV)、またはパワーデバイスが形成された基板であって、その裏面が研削されてより薄く加工された基板である。研磨対象となる基板の一例は、ウェハ (シリコンウェハまたは化合物半導体からなるウェハ) の表面にパワーデバイスが形成された基板であって、元の厚さの半分以下になるまで裏面が研削された基板である。このような基板には、図1に示すように、研削された裏面と基板の外周面とにより角部が形成されている。通常、デバイスが形成されている表面 (研削された裏面と反対側の面) には、デバイスを保護するための保護フィルムが貼付されている。以下に説明する研磨方法は、保護フィルムが貼付されている基板および保護フィルムが貼付されていない基板のいずれにも適用することができる。

【0020】

図3は、本発明の一実施形態に係る研磨方法を実行するための研磨装置を示す平面図である。図4は、図3に示す研磨装置の縦断面図である。この研磨装置は、基板に形成されている角部 (図1参照) を研磨し、除去するための装置である。図3および図4に示すように、研磨装置は、その中央部に、研磨対象物である基板Wを水平に保持し、その軸心周りに回転させる回転保持機構3を備えている。図3および図4においては、回転保持機構3が基板Wを保持している状態を示している。回転保持機構3は、基板Wを真空吸着により保持する保持ステージ4と、保持ステージ4の中央部に連結された中空シャフト5と、この中空シャフト5を回転させるモータM1とを備えている。

【0021】

中空シャフト5は、2つのボールスプライン軸受 (直動軸受) 6によって上下動自在に支持されている。保持ステージ4の上面には溝4aが形成されており、この溝4aは、中空シャフト5を通して延びる連通ライン7に連通している。連通ライン7は中空シャフト5の下端に取り付けられたロータリジョイント8を介して真空ライン9に接続されている。連通ライン7は、処理後の基板Wを保持ステージ4から離脱させるための窒素ガス供給ライン10にも接続されている。これらの真空ライン9と窒素ガス供給ライン10を選択的に連通ライン7に接続することによって、基板Wを保持ステージ4の上面に保持し、離脱させることができる。

【0022】

2つのボールスプライン軸受6のうち的一方にはプーリーp1が固定されている。モータM1の回転軸にはプーリーp2が取り付けられている。中空シャフト5は、プーリーp1と、プーリーp2と、これらプーリーp1, p2に掛けられたベルトb1を介してモータM1によって回転される。このような構成により、保持ステージ4の上面に保持された

10

20

30

40

50

基板Wは、モータM1によって回転される。

【0023】

ボールスプライン軸受6は、中空シャフト5がその長手方向へ自由に移動することを許容する。ボールスプライン軸受6は円筒状のケーシング12の内周面に固定されており、ケーシング12は、円筒状のケーシング14によって囲まれている。ケーシング12とケーシング14との間にはラジアル軸受18が介装されており、ケーシング12はラジアル軸受18によって回転自在に支持されている。中空シャフト5は、ケーシング12に対して相対的に上下に直線移動が可能であり、中空シャフト5とケーシング12は一体に回転する。中空シャフト5は、エアシリンダ(昇降機構)15に連結されており、エアシリンダ15によって中空シャフト5および保持ステージ4が上昇および下降される。このよう

10

【0024】

図3に示すように、回転保持機構3に保持された基板Wに近接して研磨ヘッド組立体(研磨部)1が配置されている。研磨ヘッド組立体1の径方向外側にはテープ供給機構2が設けられている。研磨ヘッド組立体1とテープ供給機構2とは隔壁20によって隔離されている。隔壁20の内部空間は研磨室21を構成し、研磨ヘッド組立体1および保持ステージ4は研磨室21内に配置されている。一方、テープ供給機構2は隔壁20の外側(すなわち、研磨室21の外)に配置されている。

【0025】

20

テープ供給機構2は、研磨テープ23を研磨ヘッド組立体1に供給する供給リール24と、基板Wの研磨に使用された研磨テープ23を回収する回収リール25とを備えている。供給リール24と回収リール25は上下に配列されている。供給リール24および回収リール25にはカップリング27を介してモータM2がそれぞれ連結されている(図3には供給リール24に連結されるカップリング27とモータM2のみを示す)。それぞれのモータM2は、所定の回転方向に一定のトルクを発生し、研磨テープ23に所定のテンションをかけることができるようになっている。

【0026】

研磨テープ23は長尺のテープ状の研磨具であり、その片面は研磨面を構成している。研磨テープ23は供給リール24に巻かれた状態でテープ供給機構2にセットされる。研磨テープ23の一端は回収リール25に取り付けられ、研磨ヘッド組立体1に供給された研磨テープ23を回収リール25が巻き取ることで研磨テープ23を回収するようになっている。研磨ヘッド組立体1はテープ供給機構2から供給された研磨テープ23を基板Wに当接させるための研磨ヘッド30を備えている。研磨テープ23は、その研磨面が基板Wを向くように研磨ヘッド30に供給される。

30

【0027】

テープ供給機構2は複数のガイドローラ31, 32, 33, 34を有しており、研磨ヘッド組立体1に供給され、研磨ヘッド組立体1から回収される研磨テープ23がこれらのガイドローラ31, 32, 33, 34によってガイドされる。研磨テープ23は、隔壁20に設けられた開口部20aを通してテープ供給機構2の供給リール24から研磨ヘッド30へ供給され、研磨に使用された研磨テープ23は開口部20aを通過して回収リール25に回収される。

40

【0028】

図4に示すように、基板Wの上方には研磨液供給ノズル36が配置され、回転保持機構3に保持された基板Wの上面(裏面)に向けて研磨液を供給する。また、基板Wと保持ステージ4との境界部(保持ステージ4の外周部)に向けて研磨液を供給する研磨液供給ノズル37が設けられている。研磨液には通常純水が使用される。

【0029】

中空シャフト5がケーシング12に対して昇降した時にボールスプライン軸受6やラジアル軸受18などの機構を研磨室21から隔離するために、図4に示すように、中空シャ

50

フト5とケーシング12の上端とは上下に伸縮可能なベローズ19で接続されている。図4は中空シャフト5が下降している状態を示し、保持ステージ4が研磨位置にあることを示している。研磨処理後には、エアシリンダ15により基板Wを保持ステージ4および中空シャフト5とともに搬送位置まで上昇させ、この搬送位置で基板Wを保持ステージ4から離脱させる。

【0030】

基板Wは、搬送機構のハンド(図示せず)により研磨室21に搬入および搬出される。隔壁20は、基板Wを研磨室21に搬入および搬出するための搬送口20bを備えている。搬送口20bは、水平に延びる切り欠き状の開口として形成されている。したがって、搬送機構に把持された基板Wは、水平な状態を保ちながら、搬送口20bを通過して研磨室21内を横切ることが可能となっている。図3に示すように、研磨室21内には、基板Wを搬送機構から受け取るセンタリングチャック80が配置されている。このセンタリングチャック80は、一对のチャッキングアーム80a, 80bを有しており、これらは基板Wを挟むように配置される。チャッキングアーム80a, 80bは、基板Wを把持したときに、基板Wの中心と保持ステージ4の中心とが一致するように構成されている。

10

【0031】

隔壁20の上面には開口20cおよびルーバ40が設けられ、下面には排気口(図示せず)が設けられている。研磨処理時は、搬送口20bは図示しないシャッターで閉じられるようになっている。したがって、排気口から図示しないファン機構により排気をすることで研磨室21の内部には清浄空気のダウンフローが形成されるようになっている。この状態において研磨処理がされるので、研磨液が上方へ飛散することが防止され、研磨室21の上部空間を清浄に保ちながら研磨処理をすることができる。

20

【0032】

図5は研磨ヘッド30の拡大図である。図5に示すように、研磨ヘッド30は、研磨テープ23を基板Wに所定の力で押圧する押圧機構41を備えている。この押圧機構41は研磨テープ23の裏側に配置されている。また、研磨ヘッド30は、研磨テープ23を供給リール24から回収リール25へ送るテープ送り機構42を備えている。研磨ヘッド30は複数のガイドローラ43, 44, 45, 46, 47, 48, 49を有しており、これらのガイドローラは基板Wの接線方向と直行する方向に研磨テープ23が進行するように研磨テープ23をガイドする。

30

【0033】

テープ送り機構42は、テープ送りローラ42aと、テープ把持ローラ42bと、テープ送りローラ42aを回転させるモータM3とを備えている。モータM3は研磨ヘッド30の側面に設けられ、モータM3の回転軸にテープ送りローラ42aが取り付けられている。テープ把持ローラ42bは図示しない付勢機構に支持されており、この付勢機構によって、図5のNFで示す方向(テープ送りローラ42aに向かう方向)に付勢され、テープ送りローラ42aを押圧している。研磨テープ23はテープ送りローラ42aとテープ把持ローラ42bとの間に挟まれている。

【0034】

モータM3が図5に示す矢印方向に回転すると、テープ送りローラ42aが回転して研磨テープ23がその長手方向に進行する。研磨テープ23は、供給リール24から引き出され、研磨ヘッド30を経由して回収リール25へ送られる。テープ把持ローラ42bはそれ自身の軸まわりに自在に回転することができるよう構成され、テープ送りローラ42aの回転に伴って回転する。

40

【0035】

押圧機構41は、研磨テープ23の裏側に配置された押圧パッド50と、この押圧パッド50を基板Wに向かって移動させるエアシリンダ(駆動機構)52とを備えている。押圧パッド50は、ゴムまたはスポンジなどの軟質な材料から構成されている。エアシリンダ52はいわゆる片ロッドシリンダである。エアシリンダ52へ供給する空気圧を制御することによって、研磨テープ23を基板Wに対して押圧する力が調整される。

50

【 0 0 3 6 】

図3に示すように、研磨ヘッド30はアーム60の一端に固定され、アーム60は、基板Wの接線に平行な軸Ctの周りに回転自在に構成されている。アーム60の他端はプーリーp3、p4およびベルトb2を介してモータM4に連結されている。モータM4が時計回りおよび反時計回りに所定の角度だけ回転することで、アーム60が軸Ctの周りに所定の角度だけ回転し、これにより研磨ヘッド30が傾斜する。図6(a)乃至図6(c)は、チルト機構により傾斜した研磨ヘッド30を示す側面図である。本実施形態では、モータM4、アーム60、プーリーp3、p4、およびベルトb2によって、研磨ヘッド30を傾斜させるチルト機構が構成されている。研磨ヘッド30のチルト動作は、研磨前または研磨中に行われる。このチルト動作により、研磨テープ23は、基板Wの角部を除去して、所望の形状に仕上げることができる。本実施形態では、チルト機構は、研磨ヘッド30が水平面から上側に100度、下側に90度傾くことができるように構成されている。

10

【 0 0 3 7 】

図4に示すように、チルト機構は、プレート状の移動台61に搭載されている。移動台61は、ガイド62およびレール63を介してベースプレート65に移動自在に連結されている。レール63は、回転保持機構3に保持された基板Wの半径方向に沿って直線的に延びており、移動台61は基板Wの半径方向に沿って直線的に移動可能になっている。移動台61にはベースプレート65を貫通する連結板66が取り付けられ、連結板66にはリニアアクチュエータ67がジョイント68を介して取り付けられている。リニアアクチュエータ67はベースプレート65に直接または間接的に固定されている。

20

【 0 0 3 8 】

リニアアクチュエータ67としては、エアシリンダや位置決め用モータとボールネジとの組み合わせなどを採用することができる。このリニアアクチュエータ67、レール63、ガイド62によって、研磨ヘッド30を基板Wの半径方向に沿って直線的に移動させる移動機構が構成されている。すなわち、移動機構はレール63に沿って研磨ヘッド30を基板Wへ近接および離間させるように動作する。一方、テープ供給機構2はベースプレート65に固定されている。

【 0 0 3 9 】

図7(a)および図7(b)は、研磨ヘッド組立体の拡大平面図である。研磨ヘッド組立体1は、研磨ヘッド30を保持ステージ4上の基板Wの接線方向に揺動させる揺動機構70を備えている。この揺動機構70は、アーム60の端部に接続された揺動シャフト71と、揺動シャフト71に連結されるクランク72と、クランク72を回転させるモータM5とを備えている。揺動シャフト71の一部にはスプライン(図示せず)が形成されており、揺動シャフト71とプーリーp3とは直動軸受(図示せず)を介して連結されている。この直動軸受は、揺動シャフト71とプーリーp3とが一体に回転しつつ、揺動シャフト71がプーリーp3に対してその軸方向に直線移動することを許容する。

30

【 0 0 4 0 】

揺動シャフト71は、ジョイント74を介してクランク72に連結されている。このジョイント74は、揺動シャフト71の回転はクランク72には伝達せず、クランク72の横方向の動きを揺動シャフト71に伝達する。このような構成において、モータM5によりクランク72が回転すると、図7(a)および図7(b)に示すように、揺動シャフト71がその長手方向に往復移動し、これにより研磨ヘッド30が基板Wの接線方向に揺動する。この研磨ヘッド30の揺動幅は、研磨テープ23が大きくうねらない程度に設定される。

40

【 0 0 4 1 】

研磨テープ23は、可撓性のあるシート基材と、シート基材の片面上に形成されている研磨層とを有している。シート基材は、ポリエチレンテレフタレート、ポリエステル、ポリウレタンなどの柔軟性のある材料から形成されており、シート基材の厚さは10 μ m~100 μ mである。研磨層は、接着作用のあるバインダ(例えば樹脂)と、砥粒との混合

50

から構成される。砥粒はバインダによって保持され、研磨層の表面が基板Wを研磨する研磨面を構成する。砥粒に使用される材料としては、ダイヤモンド、SiC、シリカ、セリア、立方晶窒化ホウ素、アルミナ、またはこれらの複合材が挙げられる。研磨テープ23の砥粒としてシリカ砥粒を使用する場合は、研磨液の使用は不要である。

【0042】

シート基材の表面に、ポリエチレン、ポリウレタンなどの発泡材からなる柔軟層を形成し、その上に砥粒を付着させてもよい。このような構成を有する研磨テープは、基板Wにストレスを与えることなく該基板Wを研磨することができる。また、この研磨テープは、バインダを使用した研磨テープよりも変形しやすく、広い範囲に亘って基板Wに接触するので、研磨時間が短くなる。なお、シート基材に代えて、シート状の発泡材を用い、その上に砥粒を付着させて研磨テープを構成することもできる。不織布または植毛仕上げを施した布などの凹凸が表面に形成されているシート基材を使用してもよい。この場合、シート基材の表面にはバインダによって砥粒が固定される。いずれのタイプの研磨テープを用いる場合においても、基板Wの汚染を防ぐために、金属成分を実質的に含まないことが必要である。

10

【0043】

次に、上述のように構成された研磨装置の動作について説明する。基板Wは、その裏面が上を向いた状態で、図示しない搬送機構のハンドにより開口部20bを通して研磨室21内に搬入される。センタリングチャック80は搬送機構から基板Wを受け取り、チャッキングアーム80a, 80bで基板Wを把持する。搬送機構のハンドは基板Wをセンタリングチャック80に渡した後、研磨室21の外に移動する。次いで図示しないシャッターにより開口部20bが閉じられる。そして、回転保持機構3の保持ステージ4が上昇し、真空ライン9を連通ライン7に接続して基板Wの表面(裏面とは反対側の面)を真空吸着する。その後、チャッキングアーム80a, 80bは、基板Wから離れる方向に移動し、次いで、基板Wを保持した保持ステージ4が研磨位置(図4に示す位置)まで下降する。

20

【0044】

モータM1により保持ステージ4を時計回りに回転させ、研磨液供給ノズル36, 37から基板Wに純水の供給を開始する。基板Wの回転速度および純水の供給流量が所定の値になった時点で、リニアアクチュエータ67により研磨ヘッド30を基板Wに向かって移動させ、研磨テープ23の研磨面を基板Wの角部に接触させる。研磨テープ23と基板Wとは互いに摺接し、これにより基板Wの角部が研磨される。基板Wの研磨中は、研磨テープ23がテープ送り機構42(図5参照)によって所定の速度で移動する。基板Wの角部に接触している研磨テープ23の進行方向は、基板Wの裏面側から表面側に向かう方向である。研磨テープ23の使用量を減らすために、研磨テープ23を送らないで基板Wを研磨することも可能である。

30

【0045】

基板Wの研磨中、押圧パッド50により研磨テープ23が基板Wの角部に対して押圧される。あるいは、押圧パッド50を研磨テープ23から離間させ、研磨テープ23のテンションを利用して基板Wの角部を研磨してもよい。研磨テープ23のテンションは、供給リール24および回収リール25にそれぞれ連結されるモータM2、および/または研磨ヘッド30を移動させるリニアアクチュエータ67により調整することができる。本研磨方法では、研磨液として純水が用いられるので、研磨装置から排出される研磨液が環境を汚染することがない。

40

【0046】

基板Wの研磨は、所定の時間が経過したときに終了するか、または基板Wを回転させるモータM1のトルク電流が所定のしきい値に達したときに基板Wの研磨を終了する。研磨終了後、研磨ヘッド30が基板Wから離間し、エアシリンダ15により保持ステージ4を搬送位置まで上昇させる。この搬送位置において、保持ステージ4による基板Wの真空吸着が解除され、基板Wはセンタリングチャック80に把持される。保持ステージ4は下降し、図示しないシャッターが開いて搬送口20bから搬送機構のハンド(図示せず)が研

50

磨室 2 1 内に進入する。搬送機構のハンドは基板 W を受け取り、基板 W を研磨室 2 1 から搬出する。

【 0 0 4 7 】

研磨される基板 W は、その裏面が研削された結果、図 1 に示すように、その端部に角部を有している。この角部は、研削された裏面と基板 W の外周面とによって形成されている。角部は鋭角な断面形状を有していることがあるため、角部が欠けないように低い押し付け力で該角部を研磨する必要がある。そこで、基板の角部を研磨するときは、低い押し付け力（例えば、1 ~ 6 N）で研磨テープ 2 3 を基板 W に接触させることが好ましい。所定時間が経過した後（すなわち、角部が除去された後）は、研磨速度を上げるために、上記押し付け力を（例えば、8 N 以上に）増加させることが好ましい。例えば、研磨の初期段階では、押圧パッド 5 0 を研磨テープ 2 3 から離間させた状態で、基板 W に形成されている角部を所定の低い押し付け力で研磨し、前記所定の時間が経過した後で、押圧パッド 5 0 により研磨テープ 2 3 を高い押し付け力で基板 W に押し付けて基板 W の外周面を研磨してもよい。

10

【 0 0 4 8 】

基板 W に形成されている角部の欠けを防止する観点から、角部を研磨するときは、基板 W を低速（例えば、 $10 \sim 300 \text{ min}^{-1}$ ）で回転させることが好ましい。前記所定時間が経過した後には、研磨速度を上げるために、基板 W の回転速度を（例えば、 400 min^{-1} 以上に）上げることが好ましい。このように、角部を研磨するときには低い押し付け力および低い回転速度で基板 W を研磨することにより角部の欠けを防止することができ、角部が除去された後は高い押し付け力および高い回転速度で基板 W の外周面を研磨することで、研磨速度（除去レート）を向上させることができる。

20

【 0 0 4 9 】

押圧パッド 5 0 の押し付け力を研磨中に変化させることも可能である。例えば、研磨の初期段階では、押圧パッド 5 0 により低い押し付け力（例えば、1 ~ 6 N）で研磨テープ 2 3 を基板 W に押し付けて角部を除去し、前記所定時間が経過した後には、押圧パッド 5 0 の押し付け力を（例えば、8 N 以上に）増加させてもよい。この場合も、角部の欠けを防止する観点から、研磨の初期段階では、基板 W を低速（例えば、 $10 \sim 300 \text{ min}^{-1}$ ）で回転させ、前記所定時間が経過した後には、基板 W の回転速度を（例えば、 400 min^{-1} 以上に）上げることが好ましい。

30

【 0 0 5 0 】

研磨中における研磨ヘッド 3 0 の傾斜角度、すなわち、研磨テープ 2 3 と基板 W との接触角度は、任意に設定することができる。基板 W に形成されている角部を除去するときは、図 8 に示すように、研磨ヘッド 3 0 を上側に傾けて（例えば水平面から約 4 5 度に傾けて）、研磨テープ 2 3 を基板 W の角部に対して斜め下方に押し付けることが好ましい。角部の研磨中に、研磨ヘッド 3 0 の角度を所定の角度範囲で連続的に変化させてもよい。また、研磨中に研磨ヘッド 3 0 の角度を間欠的に変化させてもよい。基板 W の外周面、角部の順に研磨することも可能である。例えば、図 6 (c) に示すように、研磨ヘッド 3 0 を水平面から下方に傾斜させて外周面を研磨し、研磨ヘッド 3 0 を徐々に上方に傾けて角部を研磨してもよい。この場合も、上述したように、外周面を研磨するときの押し付け力よりも低い押し付け力で角部を研磨することが好ましい。また、上述したように、角部を研磨するときは、基板 W の回転速度を下げるのが好ましい。

40

【 0 0 5 1 】

図 9 (a) は、研磨テープ 2 3 によって角部が研磨された基板を示す断面図である。図 9 (a) に示すように、研磨テープ 2 3 と基板 W との摺接により、基板 W の裏面と外周面とにより形成された角部が除去される。また、図 9 (b) に示すように、角部の研磨中に研磨ヘッド 3 0 を所定の角度範囲で連続的に傾動させることにより、角部が除去された後の基板 W の外周面を丸くすることも可能である。

【 0 0 5 2 】

研磨される基板 W の表面および外周面には、上述したように、デバイスを保護するため

50

の保護フィルムが貼付されていることがある。この保護フィルムは、一般的には、約150 μm の厚さを有し、接着剤により基板Wに貼り付けられる。研磨テープを用いた本研磨方法によれば、研磨テープを基板Wの裏面側から表面側に進行させながら基板Wの角部を研磨するので、図10に示すように、研磨テープ23は保護フィルムを基板Wから剥がしながら角部を研磨することができる。より正確には、研磨テープ23によって保護フィルムを基板Wから剥がし、その直後に研磨テープ23で角部を研磨する。したがって、保護フィルムに使用されている接着剤の影響を受けることなく基板Wの角部を均一に研磨することができる。研磨ヘッド30の傾動動作によっても、保護フィルムを基板Wから剥がすことが可能である。例えば、基板Wの角部の研磨中に研磨ヘッド30を上から下に傾動させることにより、保護フィルムを剥がすことができる。

10

【0053】

図11(a)は、研磨テープ23によって角部が研磨された基板を示す断面図である。研磨テープ23の移動および/または研磨ヘッド30の傾動動作により保護フィルムを基板Wから剥がしながら、図11(a)に示すように、研磨テープ23と基板Wとの摺接により、基板Wの裏面と外周面とにより形成された角部が除去される。また、図11(b)に示すように、角部の研磨中に研磨ヘッド30を所定の角度範囲で連続的に傾動させることにより、角部が除去された後の基板Wの外周面を丸くすることも可能である。

【0054】

研磨が終了した後、保持ステージ4によって基板Wを研磨中の回転速度よりも速い回転速度で回転させて、基板Wを乾燥させてもよい。また、本研磨装置で研磨された基板Wを別に設けられた洗浄装置に搬送し、ここで基板Wの表裏面を洗浄し、さらに洗浄された基板Wをスピン乾燥装置に搬送し、ここで基板Wを高速で回転させて乾燥してもよい。上記洗浄装置の例としては、回転するスポンジを基板Wの表裏面に接触させるスポンジタイプの洗浄装置、流体を基板Wの表裏面に噴射して該基板Wを洗浄する流体噴射タイプの洗浄装置、基板Wに超音波(振動)を与えて該基板Wを洗浄するメガソニックタイプの洗浄装置などが挙げられる。

20

【0055】

図12に示すように、研磨ヘッド組立体1および研磨テープ供給機構2を複数対(図12では4組)設けてもよい。これら研磨ヘッド組立体1および研磨テープ供給機構2は、保持ステージ4に保持された基板Wを囲むように略等間隔で配置される。図12に示す研磨装置は、異なる種類の研磨テープを用いて多段研磨を行うことが可能である。例えば、基板Wの粗研磨および仕上げ研磨を連続的に行うことができる。この研磨装置によれば、保持ステージ4上に基板Wを保持したまま多段研磨を行うことができるので、スルーブットを向上させることができる。さらに、研磨テープに加えて、砥粒を持たない洗浄用テープを使用して、研磨テープで研磨された部分を該洗浄用テープで洗浄することもできる。

30

【0056】

図3および図4に示す研磨装置は、基板に形成されているオリエンテーションフラットの研磨にも使用することができる。なお、オリエンテーションフラットは、図13に示すように、基板Wの一部を直線状にカットすることによって形成された切り欠きである。図3に示すように、研磨室21内には、基板Wに形成されているオリエンテーションフラットを検出するサーチユニット82が設けられている。サーチユニット82は、図示しないアクチュエータにより、サーチ位置と退避位置との間を移動するように構成されている。サーチユニット82によりオリエンテーションフラットが検出されると、オリエンテーションフラットが研磨ヘッド30の方を向くまで基板Wが回転保持機構3によって回転する。

40

【0057】

基板Wが搬送機構(図示せず)によって搬送口20bから研磨室21内に搬入されると、保持ステージ4が上昇し、基板Wは保持ステージ4の上面に真空吸着により保持される。回転保持機構3は、基板Wを研磨位置まで下降させ、この状態で、サーチユニット82は、基板Wに形成されているオリエンテーションフラットの位置を検出し、オリエンテ

50

ションフラットが研磨ヘッド30の方を向くまで基板Wを回転させる。その後、研磨液供給ノズル36, 37から基板Wに純水の供給を開始する。

【0058】

図14に示すように、研磨ヘッド30は、オリエンテーションフラットに接触するまで基板Wに向かって移動する。そして、研磨テープ23がオリエンテーションフラットに接触した状態で、研磨ヘッド30は上述した揺動機構70により横方向に(すなわち、基板Wの接線方向に)揺動し、これによりオリエンテーションフラットを研磨する。研磨中、研磨テープ23は、基板Wの裏面側から表面側に送られる。オリエンテーションフラットの研磨中、研磨ヘッド30を水平に維持してもよく、または研磨ヘッド30を所定の角度に傾斜させてもよく、または所定の角度範囲で連続的に傾動させてもよい。なお、オリエンテーションフラットの研磨中は、回転保持機構3は、基板Wを回転させない。

10

【0059】

図3および図4に示す研磨装置は、図1に示す基板Wの角部と図13に示すオリエンテーションフラットとを連続的に研磨することもできる。角部とオリエンテーションフラットの研磨は、次の三段階のステップで行われる。第1の研磨ステップは、基板Wの角部を研磨する工程である。この第1の研磨ステップは、上述したように、基板Wを回転保持機構3により回転させながら行われる。第2の研磨ステップは、基板Wのオリエンテーションフラットを研磨する工程である(図14参照)。この第2の研磨ステップは、上述したように、基板Wを回転させずに行われる。

【0060】

20

通常、オリエンテーションフラットと基板Wの外周面との境界部は、図15(a)に示すように、丸みを帯びた形状となっている。しかしながら、オリエンテーションフラットおよび角部をこの順に研磨すると、オリエンテーションフラットと外周面との境界部において、図15(b)に示すように、荷重集中により新たな角部が形成されてしまう。このような角部が形成されないように、本実施形態では、まず、基板Wの裏面と外周面とによって形成されている角部が第1の研磨ステップとして研磨され、その後、第2の研磨ステップとしてオリエンテーションフラットが研磨される。第2の研磨ステップの後には、次に説明する第3の研磨ステップが行われる。

【0061】

第3の研磨ステップは、外周面とオリエンテーションとの境界部を研磨する工程である。この第3の研磨ステップを行う理由は次の通りである。基板Wの角部を研磨する第1の研磨ステップでは、図8に示すように、研磨テープ23の研磨面が斜め下を向くように研磨ヘッド30を上側に傾けて(約45度の角度に傾けて)基板Wに形成されている角部が研磨される。第1の研磨ステップにおいて研磨テープ23の基板Wに対する押し付け力が高いと、図16に示すように、オリエンテーションフラットと外周面との境界部に新たな角部が形成されることがある。図16は、基板のオリエンテーションフラットと外周面との境界部の断面を示している。通常の厚さの基板では、このような境界部に形成された角部が問題となることはないが、本研磨方法が対象とする薄肉基板(裏面が研磨された基板)では、境界部に形成された角部が欠けてしまうおそれがある。そこで、第3の研磨ステップでは、オリエンテーションフラットと外周面との境界部を研磨して、該境界部に形成された角部を除去する。

30

40

【0062】

第3の研磨ステップでは、図17に示すように、オリエンテーションフラットと外周面との境界部が研磨テープ23の研磨面を向くように、回転保持機構3によって基板Wが所定の角度だけ回転される。この状態で、研磨テープ23を送りながら、研磨ヘッド30を基板Wに向かって移動させて研磨テープ23を基板に接触させる。そして、上記揺動機構70によって研磨ヘッド30を横方向に(すなわち、基板Wの接線方向に)揺動させ、境界部に形成されている角部を除去する。この第3の研磨ステップでは、第2の研磨ステップと同様に、基板Wを回転させずに行われる。

【0063】

50

境界部を丸く研磨するために、研磨中は研磨ヘッド30の角度を連続的に変化させることが好ましい。研磨ヘッド30の角度範囲は、境界部に形成されている角部の位置に応じて決定される。通常、第1の研磨ステップでは、図8に示すように、研磨ヘッド30を上方に約45度傾けた状態で基板Wの角部が研磨される。その結果、境界部の角部は、図16に示すように、境界部のほぼ中央に形成される。したがって、この場合は、研磨ヘッド30を0度を中心とする所定の角度範囲に亘って連続的に傾動させることが好ましい。

【0064】

次に、本発明の他の実施形態について説明する。特に説明しない研磨装置の構成および研磨方法の工程は、上述した実施形態と同様である。図18(a)および図18(b)は、本発明の他の実施形態に係る研磨装置の保持ステージを示す拡大図である。本実施形態に使用される研磨装置は、保持ステージ4に固定された切り欠きカバー(保護カバー)90を有している。この切り欠きカバー90は、オリエンテーションフラットに対応する形状を有している。より具体的には、切り欠きカバー90は、基板Wの切り欠きとして形成されているオリエンテーションフラットを補う弓形状(あるいは三日月形状)を有している。切り欠きカバー90は、保持ステージ4の上面(基板保持面)から上方にやや突出しており、基板Wとほぼ同じ厚さを有している。切り欠きカバー90は、基板Wよりも研磨されにくい材料から構成されている。この実施形態では、切り欠きカバー90は保持ステージ4と一体に形成されているが、別部材として設けられた切り欠きカバーを保持ステージ4に固定してもよい。

【0065】

切り欠きカバー90の弓形状を構成する直線部(弦)の長さは、オリエンテーションフラットの長さとはほぼ同じであり、切り欠きカバー90の弓形状を構成する曲線部(弧)の曲率は、基板Wの半径の逆数にほぼ等しい。したがって、基板Wを上から見たときに、基板Wと切り欠きカバー90は、実質的に円形状を構成する。基板Wのオリエンテーションフラットは、研磨室21内に搬入される前に図示しない検知センサにより検知され、研磨室21内の切り欠きカバー90を向くように基板Wが位置決めされる。その後、基板Wは、図18(a)に示すように、そのオリエンテーションフラットが切り欠きカバー90の方向を向いた状態で、図示しない搬送機構のハンドにより研磨室21内に搬入される。そして、基板Wは保持ステージ4の上面に真空吸着により保持され、図18(b)に示すように、オリエンテーションフラットが切り欠きカバー90に向き合った状態で基板Wが保持ステージ4の上面に載置される。

【0066】

図19は、基板Wが保持ステージ4に保持されているときの基板Wおよび切り欠きカバー90を示す平面図である。図19に示すように、基板Wのオリエンテーションフラットが切り欠きカバー90に対向しているとき、基板Wと切り欠きカバー90とが一体となってその全体が略円形となる。研磨は、上述した実施形態に係る方法に従って行われる。すなわち、基板Wおよび切り欠きカバー90が回転保持機構3により基板Wの中心周りに一体に回転され、この状態で、研磨ヘッド30により研磨テープ23が基板Wの角部に押圧される。この切り欠きカバー90は、基板Wのオリエンテーションフラットと外周面との境界部への荷重集中を防止して、該境界部の過研磨を防止することができる。

【0067】

基板Wの角部の研磨中、切り欠きカバー90の外周面は研磨テープ23の研磨面に接触する。したがって、切り欠きカバー90が研磨テープ23によって研磨されないようにするために、切り欠きカバー90の外周面をDLC(ダイヤモンドライクカーボン)で被覆することが好ましい。また、研磨テープ23の砥粒として、比較的軟質のアルミナまたはシリカを使用することが好ましい。

【0068】

図20(a)乃至図20(c)は、本実施形態に係る研磨装置の変形例を示す保持ステージを示す側面図である。この変形例では、保持ステージ4には、基板Wのオリエンテーションフラットに対応する切り欠き4bが設けられている。切り欠きカバー90は、保持

10

20

30

40

50

ステージ４とは別部材として設けられている。すなわち、図２０（ａ）に示すように、切り欠きカバー９０は、回転体９１の上部に一体に形成されており、この回転体９１の下端は、ケーシング１２の上端に連結されている。上述したように、ケーシング１２は、保持ステージ４と一体に回転するので、切り欠きカバー９０および回転体９１も保護ステージ４と一体に回転する。また、保持ステージ４は、ケーシング１２に対して相対的に上下動するので、保持ステージ４は、切り欠きカバー９０および回転体９１に対して相対的に上下動する。なお、切り欠きカバー９０の上から見たときの形状は、図１８（ａ）、図１８（ｂ）、図１９に示す切り欠きカバー９０のそれと同じである。

【００６９】

基板Wのオリエンテーションフラットは、研磨室２１内に搬入される前に図示しない検知センサにより検知され、研磨室２１内の切り欠きカバー９０を向くように基板Wが位置決めされる。その後、基板Wは、図２０（ａ）に示すように、そのオリエンテーションフラットが切り欠きカバー９０の方向を向いた状態で、図示しない搬送機構のハンドにより研磨室２１内に搬入される。基板Wは、図２０（ｂ）に示すように、保持ステージ４の上面に真空吸着により保持され、そして、保持ステージ４が基板Wとともに下降すると、図２０（ｃ）に示すように、オリエンテーションフラットおよび保持ステージ４の切り欠き４ｂが切り欠きカバー９０に向き合う。

【００７０】

図２１は、基板Wが保持ステージ４に保持されているときの基板Wおよび切り欠きカバー９０を示す平面図である。図２１に示すように、基板Wのオリエンテーションフラットが切り欠きカバー９０に対向しているとき、基板Wと切り欠きカバー９０とが一体となってその全体が略円形となる。したがって、この例でも、オリエンテーションフラットと基板Wの外周面との境界部が過研磨されることが防止される。

【００７１】

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に解釈されるものである。

【符号の説明】

【００７２】

- １ 研磨ヘッド組立体（研磨部）
- ２ テープ供給機構
- ３ 回転保持機構（基板保持部）
- ４ 保持ステージ
- ５ 中空シャフト
- １５ エアシリンダ
- ２０ 隔壁
- ２１ 研磨室
- ２３ 研磨テープ
- ３０ 研磨ヘッド
- ４１ 押圧機構
- ５０ 押圧パッド
- ６７ リニアアクチュエータ
- ７０ 揺動機構
- ８０ センタリングチャック
- ９０ 切り欠きカバー
- ９１ 回転体

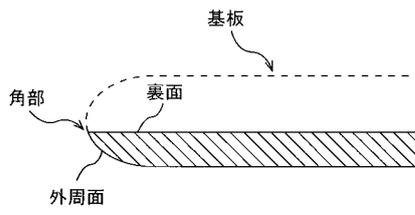
10

20

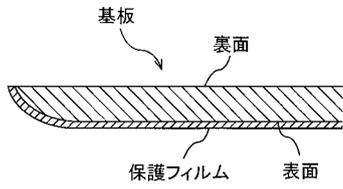
30

40

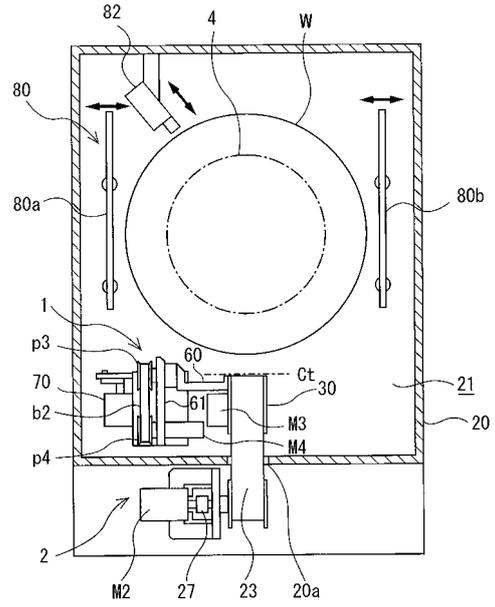
【図1】



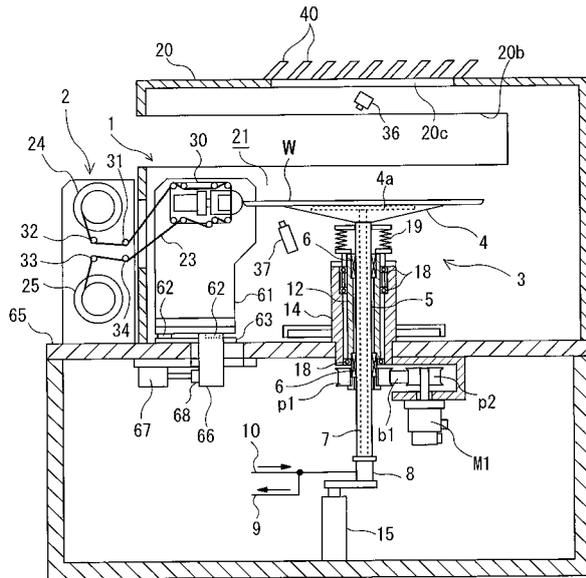
【図2】



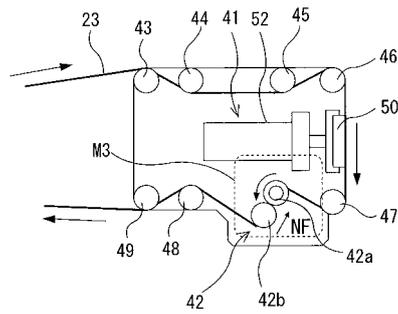
【図3】



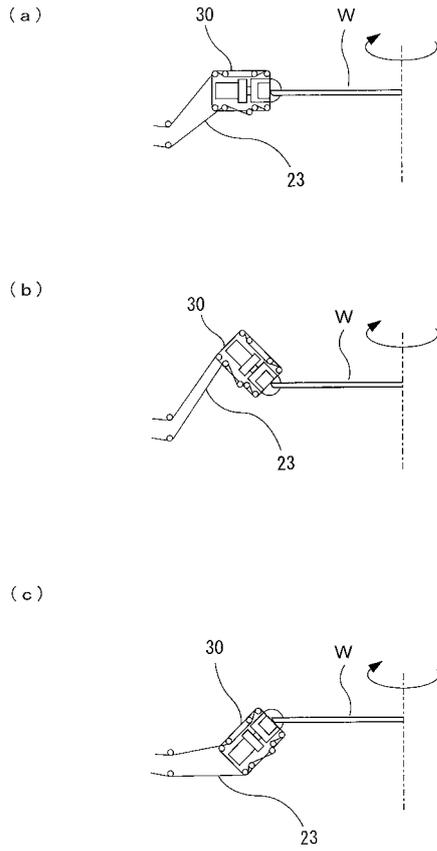
【図4】



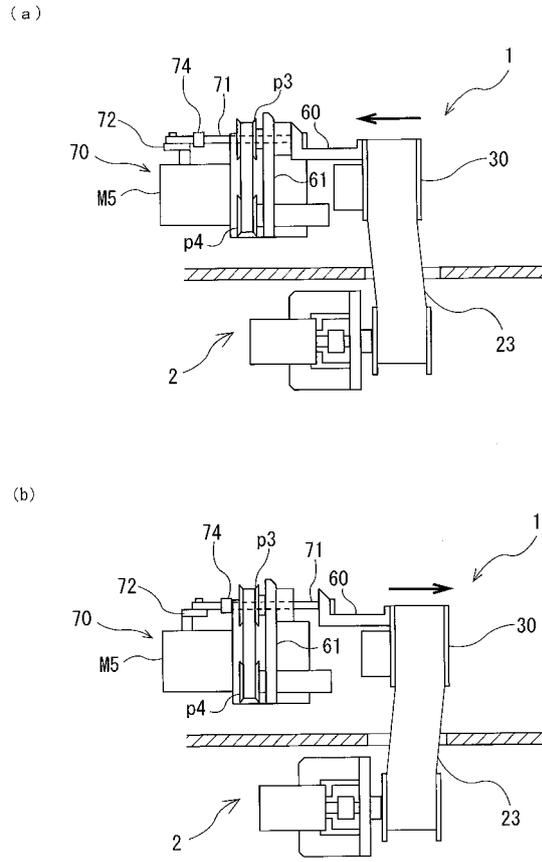
【図5】



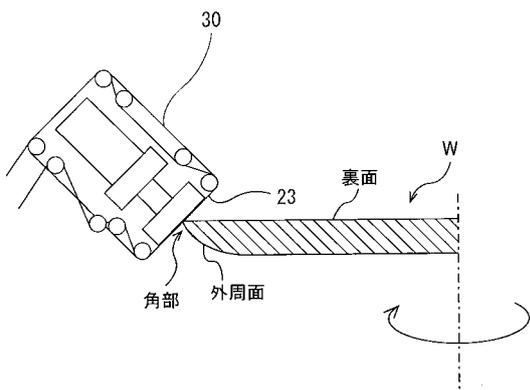
【図6】



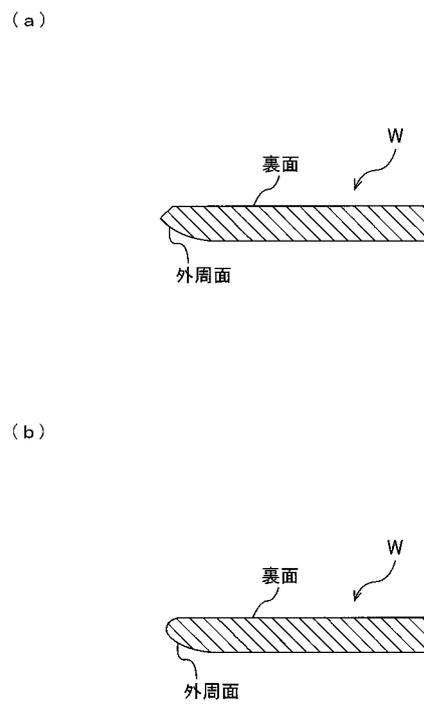
【図7】



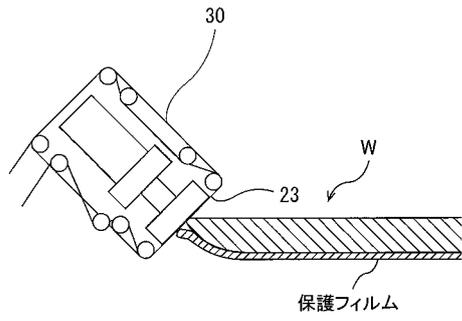
【図8】



【図9】

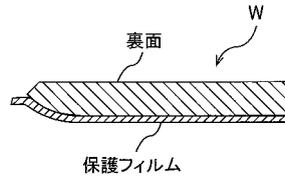


【図10】

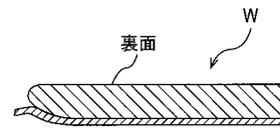


【図11】

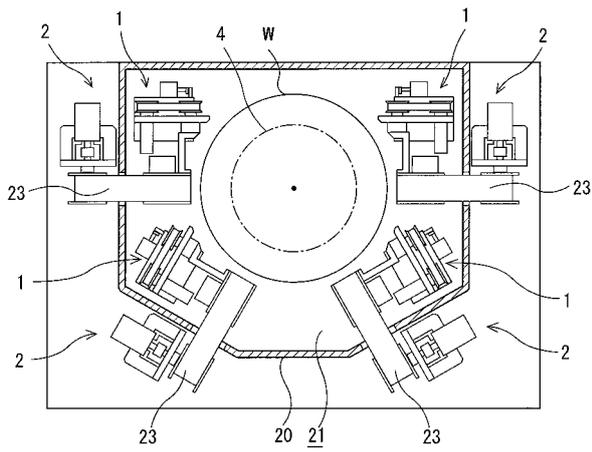
(a)



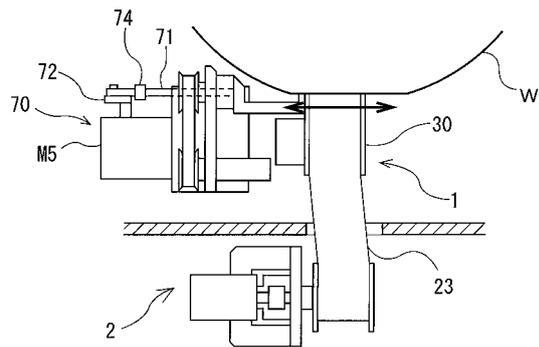
(b)



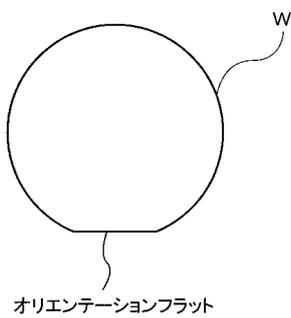
【図12】



【図14】

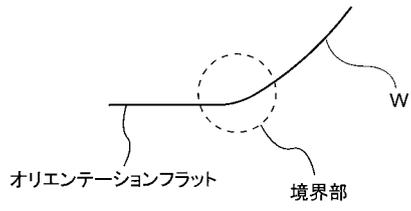


【図13】

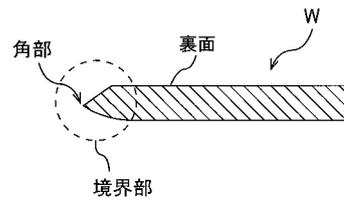


【図15】

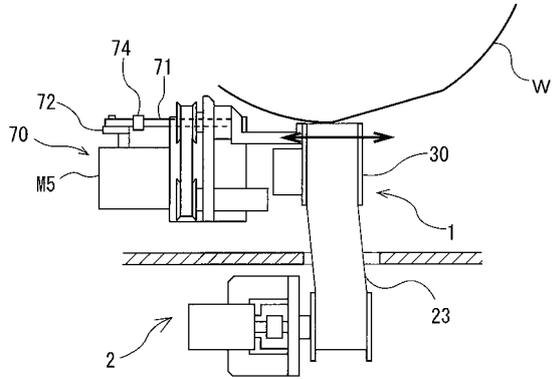
(a)



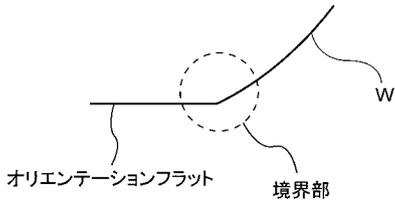
【図16】



【図17】

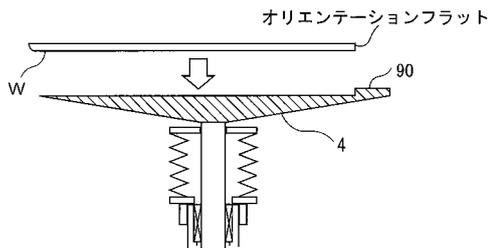


(b)

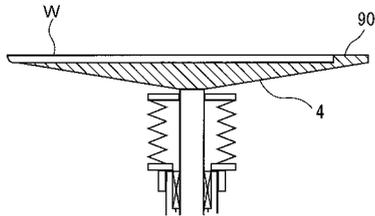


【図18】

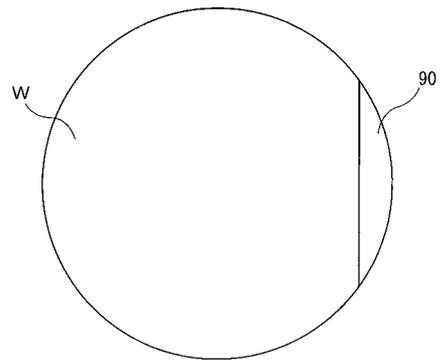
(a)



(b)

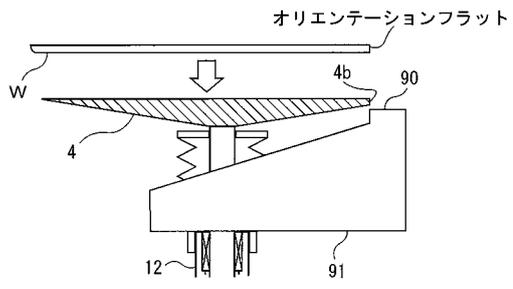


【図19】

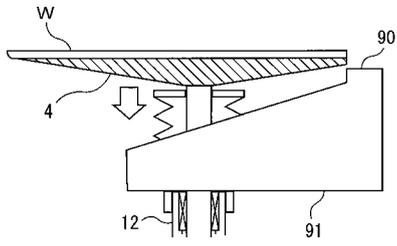


【図20】

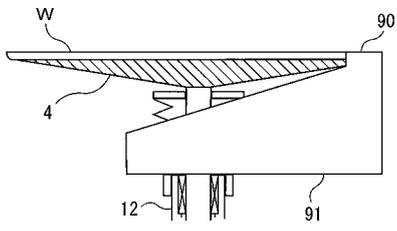
(a)



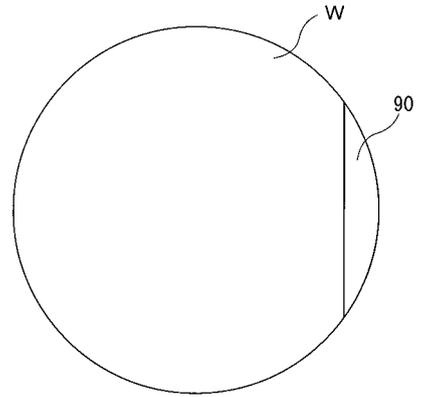
(b)



(c)



【図21】



フロントページの続き

(72)発明者 関 正也

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

審査官 山本 忠博

(56)参考文献 特開2005-186176(JP,A)

特開平10-249689(JP,A)

特開2009-119537(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B24B 9/00

21/00 - 21/02

H01L 21/304