(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015 年 4 月 2 日(02.04.2015)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2015/046525 A1

(51) 国際特許分類:
B24B 37/00 (2012.01) *B24B 9/00* (2006.01)
B24B 1/00 (2006.01) *G11B 5/84* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2014/075929

(22) 国際出願日: 2014 年 9 月 29 日(29.09.2014)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2013-202159 2013 年 9 月 27 日(27.09.2013) JP
特願 2013-202183 2013 年 9 月 27 日(27.09.2013) JP

(71) 出願人: ＨＯＹＡ株式会社(HOYA CORPORATION) [JP/JP]; 〒1618525 東京都新宿区中落合２丁目７番５号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 東 修平(AZUMA, Shuhei); 〒1618525 東京都新宿区中落合２丁目７番５号 ＨＯＹＡ株式会社内 Tokyo (JP). 大西 勝(ONISHI, Masaru); 〒1618525 東京都新宿区中落合２丁目７番５号 ＨＯＹＡ株式会社内 Tokyo (JP). 輿水 修(KOSHIMIZU, Osamu); 〒1618525 東京都新宿区中落合２丁目７番５号 ＨＯＹＡ株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: グローバル・アイピー東京特許業務法人(GLOBAL IP TOKYO); 〒1600023 東京都新宿区西新宿８丁目３番３０号 カーメルＩＩ Tokyo (JP).

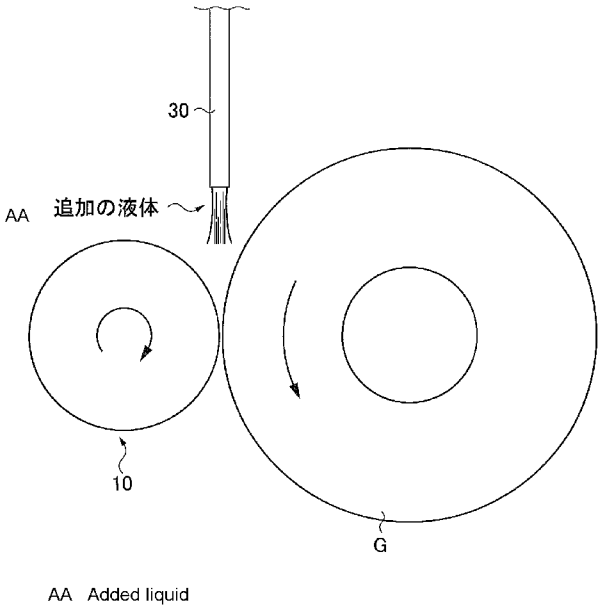
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) **Title**: METHOD FOR PRODUCING NON-MAGNETIC SUBSTRATE

(54) 発明の名称 : 非磁性基板の製造方法



(57) **Abstract**: Provided is a method for producing non-magnetic substrate and containing an end-surface polishing process for polishing the end surface of a plate-shaped non-magnetic substrate having a chamfered surface formed between a lateral wall surface and a primary surface, and a lateral wall surface. The end-surface polishing process is a process in which a magnetic field is formed using a magnetic field formation means in a manner so that the lines of magnetic force proceed in the thickness direction of the substrate, a lateral surface of the substrate and a magnetic functional fluid containing polishing grit are contacted together in the state of the magnetic functional fluid being held in the magnetic field, and the substrate and the magnetic functional fluid are moved relative to each other, thereby polishing the end surface of the substrate. During the end-surface polishing process, polishing grit is supplied to the magnetic functional fluid.

(57) 要約: 側壁面および主表面と側壁面との間に形成された面取面を有する板状の非磁性基板の端面を研磨する端面研磨処理を含む非磁性基板の製造方法が提供される。端面研磨処理は、磁場発生手段を用いて基板の厚さ方向に磁力線が進むように磁場を形成し、当該磁場に研磨砥粒を含む磁気機能性流体を保持させた状態で、基板の端面と磁気機能性流体とを接触させて、基板と磁気機能性流体とを相対移動させることにより、基板の端面を研磨する処理である。端面研磨処理中には、磁気機能性流体に対して研磨砥粒を供給する。

WO 2015/046525 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 非磁性基板の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、非磁性基板の製造方法であって、具体的には、非磁性基板の端面を研磨する工程を含む基板の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 今日、パーソナルコンピュータ、ノート型パーソナルコンピュータ、あるいはＤＶＤ（Digital Versatile Disc）記録装置等には、データ記録のためにハードディスク装置が内蔵されている。特に、ノート型パーソナルコンピュータ等の可搬性を前提とした機器に用いられるハードディスク装置では、磁気ディスク用ガラス基板に磁性層が設けられた磁気ディスクが用いられる。磁気ディスクの面上では、この面から僅かに浮上させた磁気ヘッド（ＤＦＨ（Dynamic Flying Height）ヘッド）で磁気ディスクの磁性層に磁気記録情報が記録され、あるいは読み取られる。この磁気ディスクの基板には、金属基板等に比べて塑性変形をしにくい性質を持つことから、非磁性基板としてガラス基板が好適に用いられている。

[0003] 今日、ハードディスク装置における記憶容量の増大の要請を受けて、磁気記録の高密度化が図られている。これに伴って、磁気ヘッドの磁気記録面からの浮上距離を極めて短くして磁気記録情報エリアを微細化することが行われている。このような磁気ディスク用ガラス基板においては、基板の表面凹凸は可能な限り小さく作製されている。

ハードディスク装置に用いる磁気ヘッドにおいては、磁気ディスクの表面に微小な凹凸があると、公知のサーマルアスペリティ（Thermal Asperity）障害を生じ、再生に誤動作を生じ、あるいは再生が不可能になる虞がある。このサーマルアスペリティ障害の原因は、ガラス基板上の異物によって磁気ディスクの表面に形成された凸部が磁気ディスクの高速回転によりヘッドの近傍の空気の断熱圧縮および断熱膨張を発生させ、磁気ヘッドが発熱するこ

とに起因する。すなわち、サーマルアスペリティ障害は、磁気ヘッドが磁気ディスクに接触しない場合においても発生し得る。

したがって、このサーマルアスペリティ障害を防止するためには、磁気ディスクの表面は、極めて平滑で、かつ、異物の無い高清浄化された面に仕上げておく必要がある。

[0004] 磁気ディスク用ガラス基板の表面に異物が付着する原因としては、ガラス基板の表面形状のみならず、ガラス基板の端面の表面形状が考えられている。すなわち、磁気ディスク用ガラス基板の端部が尖鋭な場合、若しくは端面の表面形状が平滑でない場合には、端部が樹脂製ケースの壁面などを擦過し、この擦過によって樹脂やガラスの微粒子（パーティクル）が発生する。そして、このような微粒子や雰囲気中の微粒子は、磁気ディスク用ガラス基板の端面に捕捉され蓄積されてしまう。磁気ディスク用ガラス基板の端面に蓄積された微粒子は、後工程において、あるいは、ハードディスク装置に搭載された後において、発塵源となり、ディスク基板の表面に異物が付着する原因となっている。

そのため、磁気ディスク用ガラス基板を製造するときには、円形状のガラス基板の主表面と側壁面に間に面取面を形成し、さらに側壁面と面取面とを研磨する処理が行われている。

[0005] ところで、アルミニウムやガラス等の非磁性材料の被加工面上に磁気感応性研磨剤および第１の磁石をこの順に載置するとともに、非磁性材料の下方に第２の磁石を配し、第１の磁石を、上記第２の磁石との間に発生する磁力を介して被加工面の上方を自転させながら公転させ、磁気感応性研磨剤を被加工面に対して相対運動させる磁気研磨方法が知られている（特許文献１）。このような磁気研磨方法は、被加工面の面精度と形状精度を簡素な方法で同時に向上させることができる、とされている。

[0006] また、円形状のガラス基板の端面を研磨する方法として、磁気研磨法が知られている。例えば特許文献２には、ガラス基板の内周端面を研磨する工程において、中央の円孔の内周側に磁場を形成し、この円孔内において磁場に

より磁性粒子と研磨砥粒とを含む研磨剤を保持させ、磁場を円孔の内周側端面に対して移動させることにより、研磨剤を円孔の内周側端面に対して移動させて円孔の内周側端面を研磨する磁気研磨法によって研磨を行うことが記載されている。このような磁気研磨法によれば、ガラス基板の中心部の円孔の内周側端面を簡易に、かつ、良好に研磨することができる、とされている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開２００８－２９０１６２号公報

特許文献2：特開２００５－５０５０１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 本願の発明者が、磁場発生手段を用いて前記ガラス基板の厚さ方向に磁力線が進むように磁場を形成し、当該磁場に研磨砥粒を含む磁気機能性流体を保持させ、ガラス基板の端面を磁気機能性流体と接触させた状態で磁気機能性流体に対して相対移動させることにより、ガラス基板の端面研磨処理を行ったところ、加工レートが高く、かつ端面の表面性状に優れたものが得られることが確認された。

しかし、上記端面研磨処理を多くのガラス基板を対象として枚葉式の処理により連続的に行った場合には、特に面取面の加工レートが次第に低下していくことがわかった。この問題は、ガラス基板に限らず他の材料（例えば、アルミニウム合金）を用いた非磁性基板についても同様に発生すると考えられる。

[0009] そこで、本発明は、基板の端面を連続的に研磨する際、面取面の加工レートの低下を抑制することができる基板の製造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

[0010] 本願の発明者は、磁気機能性流体を用いてガラス基板の端面研磨処理を連続的に行う場合に、ガラス基板の端面の加工レートが低下していく原因を鋭意検討した。その結果、加工レートが低下していく原因は、以下の通り推定された。すなわち、上記端面研磨処理では、ガラス基板の端面の一部が磁力線を横切る領域において磁束密度が低下する。そのような領域では、磁場による磁気機能性流体に対する保持力が低下しやすくなる。すなわち、基板の被加工部に対する磁気機能性流体の押圧力が小さくなりやすい。このような傾向は、基板の端部において側壁面と面取面とが形成されている場合、面取面においてより顕著になる。他方、研磨に寄与する研磨砥粒は非磁性であるため、基本的には磁場で保持されないが、磁性粒子と被加工基板との間の押圧力によって保持されている。そのため、当該押圧力が低下すると、研磨砥粒が磁気機能性流体から抜け易くなる。また、経時的にも、押圧力が少ない部分における研磨砥粒の濃度は徐々に低下していく。結果として、研磨の加工レートが低下していくと推定された。また、面取面に対する前記押圧力は側壁面よりも低くなる傾向にあるため、面取面に対して特に顕著に現れると推定された。この推定原因に基づき本願の発明者はさらに研究を推し進め、本発明に係る磁気ディスク用ガラス基板の製造方法によって、端面研磨において面取面の加工レートの低下を抑制できることを見出した。

[0011] 本発明の第１の態様は、側壁面および主表面と側壁面との間に形成された面取面を有する板状の非磁性基板の端面を研磨する端面研磨処理を含む非磁性基板の製造方法である。

前記端面研磨処理は、磁場発生手段を用いて前記基板の厚さ方向に磁力線が進むように磁場を形成し、当該磁場に研磨砥粒を含む磁気機能性流体を保持させた状態で、前記基板の端面と前記磁気機能性流体とを接触させて、基板と前記磁気機能性流体とを相対移動させることにより、前記基板の端面を研磨する処理である。ここで、端面研磨処理中に前記磁気機能性流体に対して前記研磨砥粒を供給することを特徴とする。

なお、磁気機能性流体は、磁場に応答する機能性流体であればよく、例え

ばＭＲＦ(磁気粘性流体；Magneto-rheological Fluid)、ＭＦ(磁性流体；Magnetic Fluid)、ＭＣＦ(磁気混合流体；Magnetic Compound Fluid)などであってもよい。

[0012] その際、上記端面研磨処理中に研磨砥粒を含む液体を供給することによって、前記研磨砥粒を供給してもよい。

[0013] 上記端面研磨処理中に供給する前記液体の温度は、室温以下であってもよい。

[0014] 上記端面研磨処理において、前記基板の端面が前記磁気機能性流体と接触する位置に向けて、かつ前記磁気機能性流体と接触する基板の端面の移動方向に沿って、前記研磨砥粒を供給してもよい。供給方法としては、研磨砥粒、または、研磨砥粒を含む液体を上記位置に向けて流出させる方法（例えば噴射する方法）や滴下する方法などが挙げられる。

[0015] 本発明の第２の態様は、側壁面および主表面と側壁面との間に形成された面取面を有する板状の非磁性基板の端面を研磨する端面研磨処理を含む非磁性基板の製造方法である。

前記端面研磨処理は、研磨砥粒を含む磁気機能性流体と前記基板を、研磨砥粒を含む液体に浸漬させた状態で、磁場発生手段を用いて前記基板の厚さ方向に磁力線が進むように磁場を形成し、当該磁場に研磨砥粒を含む磁気機能性流体を保持させた状態で、前記基板の端面と前記磁気機能性流体とを接触させて、基板と前記磁気機能性流体とを相対移動させることにより、前記基板の端面を研磨することを特徴とする。

[0016] 本発明の第１または第２の態様において、前記磁場発生手段は、前記基板の厚さ方向に、Ｎ極の面とＳ極の面が互いに対向するように離間した状態で配置された磁石の対を含むようにしてもよい。

[0017] 本発明の第１または第２の態様において、前記磁石の対の前記Ｎ極の面と前記Ｓ極の面との間には、非磁性体からなるスペーサが設けられていてもよい。

[0018] 前記基板は、円形状の内孔を有する円板形状であってもよい。このとき、

前記磁場発生手段は、前記基板の前記内孔内に設けられて、前記内孔の側壁面である内周端面の周りで、前記基板の厚さ方向に進む内周側磁力線が進むように磁場を形成する内周側手段、および／または、前記基板の外周側に設けられて、前記基板の外周端面の周りで、前記基板の厚さ方向に外周側磁力線が進むように磁場を形成する外周側手段、を有してもよい。さらに、前記基板の内周端面および／または外周端面を、前記内周側手段および／または前記外周側手段のそれぞれによって形成される磁場に前記磁気機能性流体を保持させた状態で、前記基板の内周端面および／または外周端面の両方を研磨してもよい。

[0019] また、本願の発明者は、上記とは別の観点からも、磁気機能性流体を用いてガラス基板の端面研削処理を連続的に行う場合に、ガラス基板の面取面の加工レートが低下していく原因を鋭意検討した。その結果、ガラス基板の面取面の加工レートが低下していく原因は、以下の通り推定された。すなわち、上記端面研磨処理において、ガラス基板の端面のうち側壁面は、平面視でガラス基板が磁力線を横切らない領域（「領域Ａ１」という。）にある磁気機能性流体の塊によって研磨される。領域Ａ１にある磁気機能性流体の塊は、磁力線が断ち切られないため磁場による塊の保持力が高く、研磨砥粒によって安定的に研磨が行われるため、研磨の加工レートが高い。一方、ガラス基板の端面のうち面取面は、平面視でガラス基板が磁力線を横切る領域（「領域Ａ２」という。）にある磁気機能性流体の塊によって研磨される。この領域Ａ２にある磁気機能性流体の塊は、磁力線が少なくとも部分的に断ち切られるため磁場による保持力が相対的に弱く、塊が崩れて変形（塑性変形）し、ガラス基板に対する押圧力が低下しやすくなっている。そのため、領域Ａ２では研磨砥粒によって安定的に研磨が行われ難いため、面取面の研磨の加工レートが側壁面の場合よりも低くなると考えられた。この推定原因に基づき本願の発明者はさらに研究を推し進め、基板と接触することにより変形した磁気機能性流体の形状を、基板に対する押圧力を一定に維持するように修正することで、面取面の加工レートの低下を抑制できることを見出した。

[0020] 本発明の第３の態様は、側壁面および主表面と側壁面との間に形成された面取面を有する板状の非磁性基板の端面を研磨する端面研磨処理を含む非磁性基板の製造方法である。

前記端面研磨処理は、磁場発生手段を用いて前記基板の厚さ方向に磁力線が進むように磁場を形成し、当該磁場に研磨砥粒を含む磁気機能性流体を保持させることによって前記磁気機能性流体の塊を形成し、前記基板の端面と前記磁気機能性流体の塊とを接触させて、基板と前記磁気機能性流体の塊とを相対移動させることにより、前記基板の端面を研磨する処理である。ここで、基板と接触することにより変形した磁気機能性流体の塊の形状を、基板に対する押圧力を一定に維持するように修正することを特徴とする。

[0021] その際、変形した前記磁気機能性流体に対して治具を接触させることによって、前記磁気機能性流体の塊の形状を修正してもよい。また、追加の磁気機能性流体の塊を供給することによって、前記磁気機能性流体の塊の形状を修正してもよい。

[0022] 本発明の第４の態様は、側壁面および主表面と側壁面との間に形成された面取面を有する板状の非磁性基板の端面を研磨する端面研磨処理含む非磁性基板の製造方法である。

前記端面研磨処理は、磁場発生手段を用いて前記基板の厚さ方向に磁力線が進むように磁場を形成し、当該磁場に研磨砥粒を含む磁気機能性流体を保持させることによって前記磁気機能性流体の塊を形成し、前記基板の端面と前記磁気機能性流体の塊とを接触させて、基板と前記磁気機能性流体の塊とを相対移動させることにより、前記基板の端面を研磨する処理であり、

前記基板と接触することにより変形した磁気機能流体の塊の形状を、元の形状に戻すように修正することを特徴とする。

[0023] 本発明の第５の態様は、側壁面および主表面と側壁面との間に形成された面取面を有する板状の非磁性基板の端面を研磨する端面研磨処理含む非磁性基板の製造方法である。

前記端面研磨処理は、磁場発生手段を用いて前記基板の厚さ方向に磁力線

が進むように磁場を形成し、当該磁場に研磨砥粒を含む磁気機能性流体を保持させることによって前記磁気機能性流体の塊を形成し、前記基板の端面と前記磁気機能性流体の塊とを接触させて、基板と前記磁気機能性流体の塊とを相対移動させることにより、前記基板の端面を研磨する処理であり、

前記磁気機能流体の塊に治具を接触させることで前記磁気機能流体の塊の形を変えることを特徴とする。

[0024] 前記治具の先端を前記磁気機能性流体の塊に差し込むようにして、前記磁気機能性流体の塊に対して前記治具を接触させてもよい。

[0025] 本発明の第３～第５の態様において、前記磁場発生手段は、前記基板の厚さ方向に、Ｎ極の面とＳ極の面が互いに対向するように離間した状態で配置された磁石の対を含むようにしてもよい。

[0026] 本発明の第３～第５の態様において、前記磁石の対の前記Ｎ極の面と前記Ｓ極の面との間には、非磁性体からなるスペーサが設けられことが好ましい。

[0027] 本発明の第３～第５の態様において、前記基板は、円形状の内孔を有する円板形状であってもよい。このとき、前記磁場発生手段は、前記基板の前記内孔内に設けられて、前記内孔の側壁面である内周端面の周りで、前記基板の厚さ方向に進む内周側磁力線が進むように磁場を形成する内周側手段、および／または、前記基板の外周側に設けられて、前記基板の外周端面の周りで、前記基板の厚さ方向に外周側磁力線が進むように磁場を形成する外周側手段、を有してもよい。さらに、前記基板の内周端面および／または外周端面を、前記内周側手段および／または前記外周側手段のそれぞれによって形成される磁場に前記磁気機能性流体の塊を保持させた状態で、前記基板の内周端面および／または外周端面の両方を研磨してもよい。

図面の簡単な説明

[0028] [図1A]第１の実施形態の磁気ディスク用ガラス基板の外観形状を示す図。

[図1B]第１の実施形態の磁気ディスク用ガラス基板の外周側の端部の拡大断面図。

[図2]磁気ディスク用ガラス基板の製造方法の一実施形態のフローを示す図。

[図3]第１の実施形態の端面研磨の研磨方法を説明する図。

[図4]第１の実施形態の端面研磨の研磨方法を説明する図。

[図5]第１の実施形態の端面研磨の研磨方法を説明する図。

[図6]第１の実施形態の端面研磨の研磨方法を説明する図。

[図7]第１の実施形態の変形例に係る端面研磨の研磨方法を説明する図。

[図8]第１の実施形態の変形例に係る端面研磨の研磨方法を説明する図。

[図9]第２の実施形態において、ガラス基板の端面研磨において研磨流体の形状を修正しない場合に、面取面の加工レートが低下する理由について説明する図。

[図10]第２の実施形態において、形状修正装置を用いて研磨流体の形状を修正する場合の構成例を示す図。

[図11]第２の実施形態において、形状修正装置を用いた研磨流体の形状修正処理を説明する図。

[図12]第２の実施形態において、供給装置を用いて研磨流体の形状を修正する場合の構成例を示す図。

[図13]第２の実施形態において、積層体を構成するガラス基板の端面を研磨するときに、供給装置を用いて研磨流体の形状を修正する場合の構成例を示す図。

[図14]側壁面と面取面との間の部分の形状の曲率半径をもとめる方法について説明する図。

発明を実施するための形態

[0029] （第１の実施形態）

以下、本発明の非磁性基板の製造方法の一実施形態として、磁気ディスク用基板の製造方法について詳細に説明する。なお、以下の説明では、磁気ディスク用基板としてガラス基板を用いる場合について説明するが、それに限られずアルミニウム合成基板であってもよい。

［磁気ディスク用ガラス基板］

本実施形態における磁気ディスク用ガラス基板の材料として、アルミノシリケートガラス、ソーダライムガラス、ボロシリケートガラスなどを用いることができる。特に、化学強化を施すことができ、また主表面の平坦度および基板の強度において優れた磁気ディスク用ガラス基板を作製することができるという点で、アルミノシリケートガラスを好適に用いることができる。

[0030] 本実施形態の磁気ディスク用ガラス基板に用いられるガラス材料の組成を限定するものではないが、本実施形態のガラス基板は好ましくは、必須成分として、SiO_2、Li_2O、Na_2O、ならびに、MgO、CaO、SrOおよびBaOからなる群から選ばれる一種以上のアルカリ土類金属酸化物を含み、MgO、CaO、SrOおよびBaOの合計含有量に対するCaOの含有量のモル比（CaO／（MgO＋CaO＋SrO＋BaO））が０．２０以下であって、ガラス転移温度が６５０℃以上であるアモルファスのアルミノシリケートガラスであってもよい。

また、酸化物基準の質量％で、SiO_2：４５．６０～６０％、およびAl_2O_3：７～２０％、およびB_2O_3：１．００～８％未満、およびP_2O_5：０．５０～７％、およびTiO_2：１～１５％、およびROの合計量：５～３５％（ただしRはZnおよびMg）の各成分を含有し、CaOの含有量が３．００％以下、BaOの含有量が４％以下であり、PbO成分、As_2O_3成分およびSb_2O_3成分およびCl^-、NO^-、SO^{2-}、F^-成分を含有せず、主結晶相としてRAl_2O_4、R_2TiO_4、（ただしRはZn、Mgから選択される１種類以上）から選ばれる一種以上を含有し、主結晶相の結晶粒径が０．５ｎｍ～２０ｎｍの範囲であり、結晶化度が１５％以下であり、比重が２．９５以下であることを特徴とする結晶化ガラスであってもよい。

[0031] 図１Ａに、実施形態の磁気ディスク用ガラス基板１の外観形状を示す。図１Ａに示すように、本実施形態における磁気ディスク用ガラス基板１は、内孔２が形成された、ドーナツ型の薄板のガラス基板である。磁気ディスク用ガラス基板のサイズは問わないが、例えば、公称直径２．５インチの磁気ディスク用ガラス基板として好適である。

図１Ｂは、実施形態の磁気ディスク用ガラス基板の外周側の端部の断面を拡大して示す図である。図１Ｂに示すように、磁気ディスク用ガラス基板は、一対の主表面１ｐと、一対の主表面１ｐに対して直交する方向に沿って配置された側壁面１ｔと、一対の主表面１ｐと側壁面１ｔとの間に配置された一対の面取面１ｃとを有する。図示しないが、磁気ディスク用ガラス基板の内周側の端部についても同様に、側壁面と面取面が形成されている。側壁面１ｔを基準として各面取面１ｃのなす角度（面取り角）は同一であり、例えば４０～５０度である。面取り角は典型的には図示するように４５度である。なお、面取面は、断面視において円弧状に形成されていてもよい。

[0032] 本実施形態の磁気ディスク用ガラス基板の板厚は、特に限定されるものではないが、例えば、公称２．５インチの磁気ディスク用ガラス基板の場合には、例えば０．８ｍｍ、０．６３５ｍｍ、０．５ｍｍであり、公称３．５インチの磁気ディスク用ガラス基板の場合には、例えば０．５～３．０ｍｍである。なお、非磁性基板としてアルミニウム合金基板を使用する場合についても同様である。

[0033] ［磁気ディスク用ガラス基板の製造方法］

次に、図２を参照して、磁気ディスク用ガラス基板の製造方法のフローを説明する。図２は、磁気ディスク用ガラス基板の製造方法の一実施形態のフローを示す図である。

図２に示すように、先ず、一対の主表面を有する板状のガラスブランクを成形する（ステップＳ１０）。次に、成形されたガラスブランクをスクライブして、円環状のガラス基板を作製する（ステップＳ２０）。これにより、中心部分に円孔の貫通孔を有する磁気ディスク用ガラス基板（以降単にガラス基板という）が得られる。次に、スクライブされたガラス基板に対して形状加工（チャンファリング加工）を行う（ステップＳ３０）。次に、ガラス基板に対して固定砥粒による研削を施す（ステップＳ４０）。次に、ガラス基板の端面研磨を行う（ステップＳ５０）。次に、ガラス基板の主表面に第１研磨を施す（ステップＳ６０）。次に、第１研磨後のガラス基板に対して

化学強化を施す（ステップＳ７０）。次に、化学強化されたガラス基板に対して第２研磨を施す（ステップＳ８０）。以上の処理を経て、要求された表面凹凸を満足する磁気ディスク用ガラス基板が得られる。なお、ガラスブランク成形処理（ステップＳ１０）から形状加工処理（ステップＳ３０）までの処理により、ガラスブランクから円形状のガラス基板が作製される。以下、各処理について、詳細に説明する。

[0034] （ａ）ガラスブランク成形処理（ステップＳ１０）

例えばフロート法によって板状ガラスを形成した後、この板状ガラスから、磁気ディスク用ガラス基板の元となる所定形状のガラス素板が切り出される。フロート法の代わりに、例えば上型と下型を用いたプレス成形によってガラス素板（ガラスブランク）を成形してもよい。なお、ガラス素板は、これらの方法に限らず、ダウンドロー法、リドロー法、フュージョン法などの公知の製造方法を用いて製造することもできる。

なお、ガラス素板の両主表面に対して、必要に応じて、粗研削処理を行ってもよい。

[0035] （ｂ）スクライブ処理（ステップＳ２０）

次に、スクライブ処理について説明する。ガラスブランク成形処理の後、スクライブ処理では、成形されたガラスブランクに対してスクライバを用いたスクライブ処理が行い、円形状の内孔が形成された円環状のガラス基板が得られる。なお、ガラスブランクに対してコアドリル等を用いて円形状の内孔を形成することにより円環状のガラス基板を得ることもできる。

[0036] （ｃ）形状加工処理（ステップＳ３０）

次に、形状加工処理について説明する。形状加工処理では、スクライブ処理後のガラス基板の端部に対するチャンファリング加工（外周端面および内周端面の面取り加工）を含む。チャンファリング加工は、スクライブ処理後のガラス基板の外周端面および内周端面において、ダイヤモンド砥石により面取りを施す形状加工である。面取りの傾斜角度は、主表面に対して例えば４０～５０度であり、略４５度であることが好ましい。この形状加工によっ

て、所定の断面形状をしたガラス基板が作製される。

[0037] （ｄ）精研削処理（ステップＳ４０）

精研削処理では、上定盤、下定盤、インターナルギヤ、キャリヤ、太陽ギヤを備えた公知の遊星歯車機構を持った両面研削装置を用いて、ガラス基板の主表面に対して研削加工を行う。具体的には、ガラス基板の外周端面が、両面研削装置の保持部材に設けられた保持孔内に保持されながらガラス基板の両側の主表面の研削が行われる。研削による取り代は、例えば数μｍ～１００μｍ程度である。精研削処理に用いられる固定砥粒の粒子サイズは、例えば１０μｍ程度である。両面研削装置は、上下一対の定盤（上定盤および下定盤）を有しており、上定盤および下定盤の間にガラス基板が狭持される。ガラス基板の挟持は、円板状のキャリヤに設けられた保持孔にガラス基板が保持された状態で、キャリヤが上定盤および下定盤の間に挟まれる。そして、上定盤または下定盤のいずれか一方、または、双方を移動操作させることで、ガラス基板と各定盤とを相対的に移動させることにより、ガラス基板の両主表面を研削することができる。

[0038] （ｅ）端面研磨処理（ステップＳ５０）

次に、端面研磨処理を説明する。端面研磨では、磁場発生手段を用いてガラス基板の厚さ方向に磁力線が進むように磁場を形成し、当該磁場に研磨砥粒を含む磁気機能性流体（以下、「研磨流体」という。）を保持させ、ガラス基板の端面を研磨流体と接触させた状態で研磨流体に対して相対移動させることにより、ガラス基板の端面を研磨する。研磨流体は、磁場において塊を形成している。研磨流体に含まれる研磨砥粒として、例えば、酸化セリウムや酸化ジルコニウム等の微粒子が用いられる。また、端面研磨による取り代は、１０μｍ以下であり、より好ましくは５μｍ以下である。端面研磨を行うことにより、ガラス基板の端面での塵埃等が付着した汚染、傷等の損傷の除去を行うことにより、サーマルアスペリティ障害の発生の防止や、ナトリウムやカリウム等のコロージョンの原因となるイオン析出の発生を防止することができる。本実施形態の端面研磨は、従来の端面研磨の方式、例えば

ブラシを用いて研磨スラリでガラス基板の端面を研磨する従来の磁気研磨の方式に比べて短時間に研磨することができ、極めて生産効率がよい。端面研磨については後述する。

[0039] （ｆ）第１研磨処理（ステップＳ６０）

次に、ガラス基板の主表面に第１研磨処理が施される。第１研磨処理では、遊星歯車機構を備えた両面研磨装置を用いてガラス基板の両側の主表面に対して研磨を行う。第１研磨処理では、例えば、酸化セリウム砥粒、あるいはジルコニア砥粒などの遊離砥粒と、樹脂ポリッシャが用いられる。第１研磨によって、例えば精研削処理を行った場合に主表面に残留したクラックや歪みを除去する。

[0040] （ｇ）化学強化処理（ステップＳ７０）

ガラス基板は適宜化学強化することができる。化学強化液として、例えば硝酸カリウム，硝酸ナトリウム、またはそれらの混合物を加熱して得られる溶融液を用いることができる。そして、ガラス基板を化学強化液に浸漬することによって、ガラス基板の表層にあるガラス組成中のリチウムイオンやナトリウムイオンが、それぞれ化学強化液中のイオン半径が相対的に大きいナトリウムイオンやカリウムイオンにそれぞれ置換されることで表層部分に圧縮応力層が形成され、ガラス基板が強化される。

化学強化処理を行うタイミングは、適宜決定することができるが、化学強化処理の後に研磨処理を行うようにすると、表面の平滑化とともに化学強化処理によってガラス基板の表面に固着した異物を取り除くことができるので特に好ましい。また、化学強化処理は、必要に応じて行われればよく、行われなくてもよい。

[0041] （ｈ）第２研磨（最終研磨）処理（ステップＳ８０）

次に、化学強化処理後のガラス基板に第２研磨が施される。第２研磨は、主表面の鏡面研磨を目的とする。第２研磨においても、第１研磨に用いる両面研磨装置と同様の構成を有する両面研磨装置が用いられる。第２研磨処理では、第１研磨処理よりも、遊離砥粒の粒子サイズと研磨パッドの樹脂ポリ

ッシャの硬度を小さくすることが好ましい。このようにすることで、ガラス基板の表面粗さを極めて小さくすることができる。

[0042] 第２研磨処理に用いる遊離砥粒として、例えばコロイダルシリカ等の微粒子が用いられる。

第２研磨処理は、必ずしも必須な処理ではないが、ガラス基板の主表面の表面凹凸のレベルをさらに良好なものとすることができる点で実施することが好ましい。この後、洗浄を行うことによって、磁気ディスク用ガラス基板となる。なお、第２研磨処理後のガラス基板の表面粗さの算術平均粗さＲａが０．１５ｎｍ以下となるようにガラス基板が研磨されることが、表面粗さの小さい磁気ディスク用ガラス基板を作製する点で好ましい。

[0043] ［端面研磨］

ステップＳ５０で行う端面研磨についてより詳細に説明する。図３および図４は、本実施形態の端面研磨の研磨方法を説明する図であり、わかり易く説明した図である。

端面研磨を行う研磨装置１０は、磁場発生手段と研磨流体を用いてガラス基板の端面の研磨を行う。図３および図４は、ガラス基板の外周端面の研磨を説明している。端面研磨を行う研磨装置１０の概要を説明する。図３に示すように、研磨装置１０は、円筒状の永久磁石である一対の磁石１２（Ｎ極）および磁石１４（Ｓ極）と、スペーサ１６と、を含む。一対の磁石１２（Ｎ極）および磁石１４（Ｓ極）の間には、スペーサ１６の回りに磁石１２から磁石１４に磁力線が向かう磁場が形成される。図３に示す例では、ガラス基板Ｇの厚さ方向に、Ｎ極の面とＳ極の面が互いに対向するように離間した状態で配置された磁石の対が磁場発生手段として用いられる。磁石１２，１４との間には、磁石１２のＮ極の端面と磁石１４のＳ極の端面との間の離間距離を予め定めた距離とするために、非磁性体からなるスペーサ１６が設けられる。

[0044] 図４に示すように、研磨装置１０を用いて端面研磨を行う場合には、端面研磨の対象となるガラス基板Ｇは、図示されない回転体によって保持され、

中心軸回りに回転させられる。

磁石１２から磁石１４に向かう磁力線が進むように磁場が形成され、当該磁場に研磨流体の塊Ｆを保持させた状態で、回転体に保持されるガラス基板Ｇの外周端部を研磨流体の塊Ｆに繰り返し接触させて、ガラス基板Ｇと研磨流体の塊Ｆとを相対移動させることにより、ガラス基板Ｇの外周端面を研磨する。図４に示すように、研磨流体の塊Ｆには、磁性体微粒子５ａおよび研磨砥粒５ｂが含まれる。

研磨装置１０、および、ガラス基板Ｇを保持する図示されない回転体は、図示されない駆動モータと機械的に接続されている。例えば、研磨装置１０とガラス基板Ｇを保持する回転体との回転方向を互いに逆向きに回転させ、研磨装置１０と回転体との周速度の相対速度を４０～５００ｍ/分として回転させることが好ましい。なお、研磨装置１０を固定し、それによって研磨流体の塊Ｆを固定し、ガラス基板Ｇを回転させることで、ガラス基板Ｇの外周端面と研磨流体の塊Ｆとを相対的に移動させてもよい。

[0045] なお、図３および図４に示す例では、磁場発生手段として永久磁石を用いたが、電磁石を用いることもできる。

[0046] 端面研磨に用いる研磨流体として、例えば、０．１～１０μｍの平均粒径(D50)のＦｅ（鉄）元素を含む磁性体微粒子を３～５ｇ／ｃｍ^{3}含む非極性オイル、および界面活性剤を含んだ流体が用いられる。非極性オイルあるいは極性オイルは、例えば、室温（２０℃）において１００～１０００（ｍＰａ・秒）の粘度を有する。

磁石１２から磁石１４に磁力線が向かう磁場によって研磨流体は比較的高い弾性特性を有する塊Ｆとなるので、ガラス基板の端面を研磨流体の塊に押圧することにより効率よく研磨することができる。すなわち、加工レートを従来よりも高くすることができ、効率よく研磨をすることができる。

[0047] 研磨流体に含まれる研磨砥粒として、酸化セリウム、コロイダルシリカ、酸化ジルコニア、アルミナ砥粒、ダイヤモンド砥粒等の公知のガラス基板の研磨砥粒を用いることができる。研磨砥粒の平均粒径(D50)については、例え

ば０．５～１０μｍである。この範囲の研磨砥粒を用いることにより、ガラス基板の端面を良好に研磨することができる。研磨砥粒は、研磨流体中に、例えば３～１５［Ｖｏｌ％］含まれる。

なお、平均粒径(D50)とは、体積分率で計算した累積体積頻度が粒径の小さいほうから計算して５０％となる粒径を意味している。

[0048] 研磨流体の粘度は室温（２０℃）で１０００～２０００[ｍＰａ・秒]であることが、研磨流体の塊Ｆを形成させ、端面研磨を効率よく行う点で好ましい。粘度が低いと塊Ｆを形成し難くなり、ガラス基板Ｇの端面に押圧された状態で相対運動させて研磨することは難しい。一方、研磨流体の粘度が過度に高い場合、研磨流体の塊Ｆが研磨中ガラス基板Ｇの端部形状に沿って形成され均一な押圧状態が形成し難い。また、磁場発生手段によって発生する磁場の磁束密度は、研磨流体の塊Ｆを形成させ、端面研磨を効率よく行う点で、０．３～０．９[テスラ]であることが好ましい。また、磁気機能性流体の降伏応力は、０．４[テスラ]の磁場を印加した状態で３０ｋＰａ以上であることが好ましく、３０～６０ｋＰａであることがより好ましい。

[0049] ここで、研磨流体、すなわち磁気機能性流体の降伏応力（降伏せん断応力）は、 例えば次の方法により求めることができる。回転粘度計に、０．４[テスラ]の磁場を印加可能な磁場発生手段（永久磁石、電磁石等）を組込んだ装置を用いて、磁気機能性流体のせん断速度とせん断応力の関係を求め、得られたせん断速度とせん断応力の関係を公知のCassonの式を用いて近似することよって、磁気機能性流体の降伏応力を求めることができる。

上記降伏応力は、磁場によって保持された研磨流体とガラス基板の外周端面とが相対移動する際に、ガラス基板が研磨流体から受ける圧力、即ちせん断応力に影響を与える。したがって、研磨流体の降伏応力が高い程（研磨流体流動時のせん断応力が高い程）、研磨砥粒とガラス基板との接触による研磨が効率的に行われ、端面研磨の加工レートを向上させることができる。

[0050] 上述した研磨流体を用いたガラス基板の端面研磨では、ワークである複数のガラス基板の端面を枚葉式の処理によって連続的に研磨する場合には、加

工レートが低下する虞がある。この加工レートが低下する原因について図５を参照して説明する。図５は、ガラス基板Ｇの外周端面を研磨しているときの磁力線について概念的に示す図である。

ガラス基板の端面研磨中に研磨流体の塊は、研磨装置１０の回転に伴って比較的高速で回転しながらガラス基板Ｇの端部と接触し、その一部が少しずつ外部に排出される。研磨流体の排出によって、磁場によって保持される研磨流体に含まれる研磨砥粒についても外部に放出される。特に、図４に示したように、Ｎ極およびＳ極の磁石の間に非磁性体であるガラス基板の端部を介在させて研磨を行う場合には、研磨流体に含まれる研磨砥粒が外部に放出されやすくなる（つまり、研磨流体中の研磨砥粒の濃度が低下する）が、その理由について図５を参照して説明する。

[0051] 図５において、ガラス基板Ｇを研磨流体に対して押し込み、ガラス基板Ｇと研磨流体とを相対的に移動させる端面研磨では、Ｎ極の磁石１２とＳ極の磁石１４の間に発生した磁束線を横切るようにガラス基板の端部が介在する。このとき、図５の領域Ａ１では、研磨流体中の磁性体微粒子が磁束線に沿って配列した状態となっていることから磁場による研磨砥粒の保持力が高く、ガラス基板Ｇは研磨流体からの反力（つまり、ガラス基板Ｇに対する押圧力）を受け易い。一方、領域Ａ２では、ガラス基板の端部が磁束線を横切ることにより、研磨流体中の磁性体微粒子の配列が崩れ、それによって磁場による研磨砥粒の保持力が局所的に低下することから、研磨砥粒が外部に放出されやすくなる。

その結果、複数のガラス基板Ｇについて連続的に端面研磨を行う場合には、磁場による保持力が高い領域Ａ１にある研磨流体については研磨砥粒の濃度が高く維持されるが、磁場による保持力が低下する領域Ａ２にある研磨流体については研磨砥粒の濃度が低下していく。そのため、領域Ａ１に含まれるガラス基板Ｇの側壁面Ｃｏ１は、連続的に研磨を行っても加工レートが低下しないが、領域Ａ２に含まれるガラス基板Ｇの面取面Ｃｏ２，Ｃｏ３は、連続的に研磨を行った場合には研磨流体中の研磨砥粒の量が少なくなってい

き、それに伴って加工レートが低下していく。

[0052] そこで、本実施形態の端面研磨処理では、研磨中に外部から研磨砥粒を供給しながら行うようにする。すなわち、図５においてスラリ濃度が連続加工において低下しやすい領域Ａ２に対して外部から新たな研磨砥粒を供給することで、連続的に端面研磨を行う場合に面取面の加工レートの低下を抑制することができる。研磨中における研磨砥粒の供給は、研磨砥粒自体を供給することによって行ってもよいし、研磨砥粒を含む液体を供給することによって行ってもよい。供給方法としては、研磨砥粒、または、研磨砥粒を含む液体を領域Ａ２に向けて流出させる方法（例えば噴射する方法）や滴下する方法などが挙げられるが、これらに限定されない。

研磨砥粒を含む液体を供給することによって研磨砥粒を供給する方法の一例を図６に示す。図６は、平面視にて供給装置３０のノズルから研磨流体を研磨装置１０に供給する例を示している。図６に示す例では、追加の研磨砥粒を含む液体は、磁場に保持されている研磨流体の塊とガラス基板Ｇの外周端部が接触する位置に向けて供給される。好ましくは、図６に示すように、研磨流体の塊と接触するガラス基板の端面の移動方向に沿って追加の研磨砥粒を含む液体が供給される。なお、上記液体としては例えば水を用いることができる。

[0053] 追加の研磨砥粒を含む液体の供給タイミングは特に限定するものではないが、例えば、端面研磨処理中の任意のタイミングで供給してもよいし、ガラス基板の研磨が終了してから次のガラス基板の研磨が開始するまでの間に供給してもよいし、所定時間若しくはガラス基板の所定枚数で区切られるロット間のタイミングで供給してもよい。また、特定のタイミングを指定することなく供給し続けてもよい。

なお、ガラス基板Ｇの端面研磨中に供給する上記液体に、研磨砥粒に加えて磁性体微粒子や磁気機能性流体を添加してもよい。研磨加工により磁性体微粒子も僅かではあるが徐々に減少するため、より長期的な視点で加工レートの低下を抑制することができる。ただし、磁性体微粒子は研磨砥粒に較べ

てはるかに減少しにくいため、磁性体微粒子を供給することにより、端面研磨中に研磨流体に含まれる磁性体微粒子の量が徐々に増えていく場合がある。この場合、磁場に保持しきれない磁性体微粒子が研磨装置の周囲に飛び散り、基板表面を汚す原因となる場合がある。したがって、磁性体微粒子や磁気機能性流体の供給量が多くなり過ぎないように調整することが必要である。

[0054] 端面研磨処理中に供給する研磨流体、又は研磨砥粒、若しくは研磨砥粒を含む液体の温度は室温以下であることが好ましい。具体的には２５度以下、より好ましくは２０度以下である。本実施形態の端面研磨処理では、磁場発生手段によって形成される磁力線を横切るようにしてガラス基板Ｇを研磨流体の塊に対して相対移動させるため摩擦熱が発生するが、この摩擦熱により研磨流体中の水分量が低下して被加工部における潤滑性が悪化して、被加工部の表面に微小なスクラッチを生じさせる要因となる。そこで、研磨中に供給する研磨流体の温度を室温以下とすることで上記摩擦熱の発生を抑制し、被加工部の研磨品質を高く維持することができるようになる。

[0055] 以下、第１の実施形態の変形例について説明する。

［変形例１］

図３～６を参照してガラス基板Ｇの外周端面の研磨について説明したが、ガラス基板の内周端面についても、同様の方法により研磨することができる。変形例１（図示せず）は、ガラス基板Ｇの外周端面の研磨と同時に内周端面の研磨を行う例である。

変形例１では、図３と同様の構成を備えた研磨装置（図示せず）を、ガラス基板Ｇの内周端面の近傍に配置し、一対のＮ極およびＳ極の磁石によって磁場を発生させる。この磁場によって研磨流体を保持させることによって研磨流体の塊を形成させる。この塊とガラス基板Ｇの内周端面を接触させた状態で相対的に移動させることにより、ガラス基板Ｇの内周端面の研磨が行われる。このとき、追加の研磨流体が、磁場に保持されている研磨流体の塊とガラス基板Ｇの内周端部が接触する位置に向けて供給される。

[0056] すなわち、変形例１の磁場発生手段は、図３および図４に示す磁石１２，１４をガラス基板Ｇの外周側に設けてガラス基板Ｇの板厚方向に磁力線（外周側磁力線）が進むように磁場を発生させる外周側手段と、ガラス基板Ｇの内周側（つまり、ガラス基板Ｇの内孔）に一対の磁石（Ｎ極およびＳ極）を設けてガラス基板Ｇの板厚方向に磁力線（内周側磁力線）が進むように磁場を発生させる内周側手段と、を含む。端面の研磨は、上記内周側手段および上記外周側手段のそれぞれによって形成される磁場によって研磨流体の塊を保持させ、ガラス基板Ｇの内周端面および外周端面を、研磨流体の塊と接触させた状態で相対移動させることにより、内周端面および外周端面の両方を同時に研磨する。したがって、変形例１では、図３および図４に示すガラス基板Ｇの外周端面の研磨を行うと同時に、内周端面の研磨を行うことができ、効率の良い端面研磨を実現することができる。

なお、内周端面および外周端面の両方を同時に研磨することは必須ではない。すなわち、上記内周側手段および上記外周側手段の少なくともいずれか一方が設けられていればよい。また、上記内周側手段および上記外周側手段が両方設けられている場合であっても、内周端面および外周端面の両方を同時に研磨せず、内周端面および外周端面を順に研磨してもよい。

[0057] ［変形例２］

図７は、ガラス基板Ｇの外周端面の研磨の変形例２を示す図である。変形例２では、１枚のガラス基板ではなく、複数のガラス基板の内周端面を纏めて研磨する例である。

図７に示す研磨装置１０Ａは、Ｎ極の磁石１２１，１２２，１２３，１２４，…と、Ｓ極の磁石１４０，１４１，１４２，１４３，…と、スペーサ１６１，１６２，１６３，…とを含む。Ｎ極の各磁石、Ｓ極の各磁石、および、各スペーサは、図３の磁石１２、磁石１４、および、スペーサ１６と同じ構成のものである。

すなわち、研磨装置１０Ａでは、磁石のＮ極の端面と隣り合うＳ極の端面とが一定距離離間して対向するように段重ねになって配列されている。研磨

装置１０Ａでは、スペーサを介在させて対向するＮ極の磁石からＳ極の磁石に磁力線が向かう磁場が形成される。つまり、ガラス基板Ｇの厚さ方向に、Ｎ極の面とＳ極の面が互いに対向するように離間した状態で配置された磁石の複数の対がそれぞれ磁場発生手段として用いられる。例えば、磁石１２１から磁石１４１に磁力線が向かう磁場が形成される。スペーサ１６１，１６２，１６３，…の各々の周縁において、磁場によって研磨流体の塊Ｆが保持される。端面研磨中では、研磨装置１０Ａを図示されない駆動モータを利用して図７に示すように自転させる。

[0058] 複数のガラス基板Ｇは、スペーサ１５１，１５２，１５３，１５４，…を挟んで接着剤等により積層体として一体化されている。ここで、積層体にするために用いる接着剤として、複数のガラス基板Ｇの各主表面同士をスペーサに接着、またはスペーサから剥離可能であればいかなるものでも構わない。例えば、紫外線硬化樹脂接着剤は、所定の波長の紫外線の照射で容易に固化するため接着作業が容易である。また、紫外線硬化樹脂として、温水あるいは有機溶媒により接着した複数のガラス基板Ｇを容易に剥離させることができるものが好ましい。接着剤としては紫外線硬化樹脂接着剤のほか、ワックス、光硬化樹脂、可視光線硬化樹脂等も使用することができる。ワックスは、所定の温度で軟化して液状になり常温で固形状となるので、複数のガラス基板Ｇの接着、剥離作業が容易である。接着剤の代わりにスペーサを挟み貼付してもよい。接着剤の代わりにスペーサを複数のガラス基板Ｇ間に貼付する場合には、樹脂材料、繊維材料、ゴム材料、金属材料、セラミック材料等の薄厚のスペーサを使用することができる。端面研磨中では、複数のガラス基板Ｇを含む積層体を、図示されない回転体で保持し、図示されない駆動モータを利用して図７に示すように自転させる。

[0059] 積層体に含まれる各ガラス基板Ｇの外周端面を、研磨流体の塊Ｆと接触させ、それによって研磨流体の塊Ｆと複数のガラス基板Ｇの外周端面とを相対移動させることにより、複数のガラス基板Ｇの外周端面を同時に研磨することができる。すなわち、複数のガラス基板の外周端面を同時に研磨すること

ができるので、加工レートを従来よりも高くすることができ、効率良く研磨をすることができる。

[0060] なお、各ガラス基板Ｇの間隔と、研磨流体の塊Ｆの間隔は一致し、各ガラス基板Ｇの外周端面が、研磨流体の塊Ｆのそれぞれと同時に接触するように磁石間に設けるスペーサを調整することにより、研磨流体の塊Ｆの形成位置を調整しておくことが好ましい。複数のガラス基板Ｇの外周端面が、研磨流体の塊Ｆのそれぞれと同時に接触しない場合を考慮して、複数の磁石とガラス基板Ｇの積層体とは、研磨中、積層体の積層方向に対して相対的に揺動することが好ましい。揺動させることにより、研磨流体の塊Ｆのそれぞれと研磨中、偏り無く接触し、複数のガラス基板Ｇの外周端面の研磨を均一に行うことができる。この揺動は、変形例２のガラス基板の積層体の端面研磨のみに用いられるわけではなく、図４に示すような１枚のガラス基板の端面を研磨する場合にも適用できる。

[0061] 変形例２の端面研磨処理においても、研磨中に外部から、研磨砥粒を含む液体を供給しながら行うようにする。それによって、研磨処理中に失われた研磨砥粒を補うことができ、連続的に端面研磨を行う場合に面取面の加工レートの低下を抑制することができる。図７に示す例では、供給装置３０Ａのノズルから追加の研磨流体が、磁場に保持されている研磨流体の塊Ｆとガラス基板Ｇの外周端部が接触する位置に向けて供給される。研磨砥粒を含む液体は上方から下方へ落下するため、各ガラス基板の外周端部が接触する複数の研磨流体の塊Ｆに供給されるようになる。また、図示しないが、図６に示したように、複数のノズルの各々から横方向に、各研磨流体の塊Ｆとガラス基板Ｇの外周端部が接触する位置に向けて研磨砥粒を含む液体が供給されるようにしてもよい。

[0062] 図７は、積層体として一体化されている複数のガラス基板Ｇの外周端面を研磨する場合について例示したが、同様にして複数のガラス基板Ｇの内周端面を研磨してもよい。また、積層体として一体化されている複数のガラス基板Ｇの外周端面と内周端面を同時に研磨してもよい。

[0063] ［変形例３］

図８は、端面研磨の変形例３を示す図である。変形例３では、図４と同様の研磨装置１０を用いるが、研磨装置１０と研磨対象のガラス基板Ｇの両方を、研磨砥粒を含む液体が充填された槽９０の中に浸漬させた状態でガラス基板Ｇの端面研磨を行う。槽内の研磨砥粒の濃度は、実施形態で説明した値と同一の値でもよいが、例えば１～５０ｗｔ％とすることができる。また、上記液体としては例えば水を用いることができる。

槽９０の中では、図４の場合と同様に、磁石１２から磁石１４に向かう磁力線が進むように磁場を形成し、当該磁場の周囲にある研磨流体を塊Ｆとして磁場によって保持させた状態で、ガラス基板Ｇの外周端部を研磨流体の塊Ｆに繰り返し接触させて、ガラス基板Ｇと研磨流体の塊Ｆとを相対移動させることにより、ガラス基板Ｇの外周端面を研磨する。このとき、前述したように、一部の領域（図５の領域Ａ２）では、ガラス基板の端部が磁束線を横切ることにより、研磨流体中の磁性体微粒子の配列が崩れ、それによって磁場による研磨砥粒の保持力が局所的に低下することから、研磨砥粒が外部に放出されやすくなる。しかし本変形例では、研磨砥粒を含む液体で充填された槽９０の中で研磨が行われるため、放出された研磨砥粒が槽内の周囲の研磨砥粒によって供給され、連続的に研磨を行った場合に研磨砥粒の濃度が低下していく状況が回避される。そのため、加工レートが時間とともに低下することがない。

なお、図８では、研磨流体の槽９０の中で１枚のガラス基板Ｇの外周端面を研削する場合について例示しているが、この場合に限られない。研磨流体の槽９０の中でガラス基板Ｇの内周端面を研磨してもよいし、変形例２で示したように複数のガラス基板Ｇの積層体の端面を研磨してもよい。

[0064] ［実施例］

本発明の効果を確かめるために、作製したガラス基板の端面研磨を行った。

作製したガラス基板の外径は６５ｍｍであり、厚さは０．８ｍｍであり、

形状加工処理で、ガラス基板の厚さ方向で０．１５ｍｍの面取りを主表面に対して４５度の傾斜角度で施した。

[0065] （比較例）

図４に示したように、一対の磁石をステンレス製のスペーサによって離間させて配置した研磨装置に、２．５インチ型磁気ディスク用のガラス基板の外周端部を挿入した。磁石の寸法は直径１９ｍｍ、厚さ１５ｍｍとした。そして、磁石間に研磨流体を与えて磁石によって形成された磁場に磁石スラリの塊を保持させ、ガラス基板の外周端面を研磨した。ガラス基板の端面と研磨装置を互いに逆向きとなるように回転させ、それぞれの回転数を７００ｒｐｍとした。１００枚のガラス基板を研磨し、１枚ごとの加工時間は３分間とした。

ガラス基板の外周端面の研磨のために用いる研磨流体は、非磁性オイル（シリコンオイル）に、２μｍの平均粒径(D50)のＦｅ（鉄）の微粒子を３［ｇ／ｃｍ^3］分散させ、かつ研磨砥粒として平均粒子径が２μｍの酸化セリウムを分散させたものを用いた。研磨流体中の酸化セリウムの濃度は５［ｖｏｌ％］となるように含ませた。磁石として、０．５[テスラ]の磁束密度を有する永久磁石を用いた。

[0066] （実施例１）

比較例の研磨条件に加えて、研磨砥粒を含む液体を供給しながら研磨を行った。具体的には、図６に示すように、研磨流体の塊と接触するガラス基板の端面の移動方向に沿って研磨砥粒を含む液体を、１枚のガラス基板の外周端面の研磨が終了する度に供給した。当該液体は水とした。比較例と同様に１００枚のガラス基板を研磨し、１枚ごとの加工時間は３分間とした。

[0067] （比較例と実施例１の評価）

比較例および実施例１の端面研磨後のガラス基板の外周端面の面取面について、１枚目のガラス基板と１００枚目のガラス基板の加工レートを測定した結果、表１に示す通りであった。表１において、加工レートの低下率は、以下の式（１）によって算出された値である。

加工レートの低下率（％）＝１００－（１００枚目のガラス基板の加工レート）／（１枚目のガラス基板の加工レート）×１００　…　式（１）

[0068] 表１に示すように、実施例１では、ガラス基板を連続して研磨を行う場合に、比較例と比べて加工レートの低下が大きく抑制されることが確認された。なお、表１には示していないが、側壁面における加工レートの低下率は、比較例および実施例１のいずれも２％以下であり、問題とならないレベルであった。

[0069] [表1]

	１枚目のガラス基板の加工レート［μｍ／分］	１００枚目のガラス基板の加工レート［μｍ／分］	加工レートの低下率
比較例	２７	１０	６３％
実施例１	２７	２５	７％

[0070] （実施例２）

研磨処理中に継続して、研磨砥粒を含む液体を研磨流体の塊に供給し続けたこと以外は上記比較例と同様にしてガラス基板の外周端面の研磨処理を行なった。このとき、上記液体は、研磨加工部（加工点）に至る直前研磨流体の塊に、上部から滴下させるようにした。

その結果、ガラス基板の面取面における加工レートの低下率は５％となり、実施例１よりも良好な結果が得られた。なお、ガラス基板の側壁面における加工レートの低下率は実施例１と同様に２％以下であった。

[0071] （実施例３）

図８に示したように、研磨砥粒を含む液体が充填された槽の中に、研磨対象のガラス基板を浸漬させた状態でガラス基板の外周端面の研磨処理を行なった。槽内の液体は水とし、研磨砥粒の濃度は２０ｗｔ％とした。研磨中には槽内に上記液体の供給を行わなかった。

その結果、ガラス基板の面取面における加工レートの低下率は０％となり、実施例２よりも一層良好な結果が得られた。

[0072] （第２の実施形態）

以下、本発明の非磁性基板の製造方法の第２の実施形態として、磁気ディ

スク用基板の製造方法について説明する。第１の実施形態と同様に磁気ディスク用基板としてガラス基板を用いる場合について説明するが、それに限られずアルミニウム合成基板であってもよい。

本実施形態において、磁気ディスク用ガラス基板、磁気ディスク用ガラス基板の製造方法の全体の処理の流れ、および、磁場発生手段と研磨流体を用いた端面研磨の方法（図３および図４に関連付けて説明した内容）については、第１の実施形態と同様である。以下では、第１の実施形態と異なる端面研磨の処理の内容に絞って説明する。

[0073] 第２の実施形態において、研磨流体を用いたガラス基板の端面研磨では、ワークである複数のガラス基板の端面を枚葉式の処理によって連続的に研磨する場合に、面取面の加工レートが大きく低下することがないように、研磨流体の塊の形状を修正する処理を行う。ここで、ガラス基板の端面研磨において研磨流体の形状を修正しない場合に面取面の加工レートが低下する理由について、図９を参照して説明する。

図９において端面研磨処理の初期の状態である状態Ｓ１では、磁石１２，１４によって形成される磁場によって研磨流体の塊Ｆが安定的に保持されている。この研磨流体の塊Ｆに対してガラス基板Ｇの接触を開始した直後は、ガラス基板Ｇの外周端面を構成する側壁面および面取面が一定の押圧力で塊Ｆから押圧され、側壁面および面取面の両方の加工レートが高い状態にある。

しかし、複数のガラス基板を枚葉式の処理によって連続して端面研磨を行う場合、側壁面の加工レートはほとんど低下しないが、面取面の加工レートが大きく低下する。すなわち、ガラス基板の外周端面のうち側壁面は、平面視でガラス基板Ｇが磁力線を横切らない領域Ａ１にある研磨流体の塊Ｆによって研磨される。領域Ａ１にある研磨流体の塊Ｆは、磁力線が断ち切られないため磁場による塊Ｆの保持力が高く、研磨砥粒によって安定的に研磨が行われるため、研磨の加工レートが高い。一方、ガラス基板の外周端面のうち面取面は、平面視でガラス基板Ｇが磁力線を横切る領域Ａ２にある研磨流体

の塊Ｆによって研磨される。この領域Ａ２にある研磨流体の塊Ｆは、磁場による保持力が相対的に弱い。そのため、複数のガラス基板Ｇを枚葉式の処理によって連続して端面研磨を行っていくと、図９の状態Ｓ２に示すように、領域Ａ２では研磨流体の塊Ｆが崩れて変形（塑性変形）し、ガラス基板Ｇの外周側の面取面に対する押圧力が低下しやすくなっている。ガラス基板Ｇの面取面に対する押圧力が低下すると、研磨砥粒によって安定的に研磨が行われ難いため、面取面の研磨の加工レートが低下する。

[0074] そこで、本実施形態の端面研磨処理では、ガラス基板Ｇと接触することにより変形した研磨流体の塊Ｆの形状を、ガラス基板Ｇに対する押圧力を一定に維持するように修正する。

以下、本実施形態の端面研磨処理において、形状修正装置を用いた研磨流体の塊の修正方法について、図１０および図１１を参照して説明する。図１０は、形状修正装置を用いて研磨流体の形状を修正する場合の構成例を示す図である。図１１は、形状修正装置を用いた研磨流体の形状修正処理を説明する図である。

図１０において、形状修正装置２０は、非磁性体で構成され平面視で円弧状の治具２１Ｕ、２１Ｌ、２２と、各治具を駆動する駆動機構（図示せず）とを備える。図示しない駆動機構は、治具２１Ｕおよび治具２１Ｌがそれぞれ磁石１２、磁石１４の表面上を移動可能となるように、治具２１Ｕおよび治具２１Ｌを水平方向および垂直方向に駆動する。また、駆動機構は、磁石１２と磁石１４の間の空間に治具２２を挿入できるように、治具２２を水平方向に駆動する。治具２２のガラス基板の厚さ方向の長さは、磁石１２および磁石１４の離間距離と同じか、それより僅かに低く設定されていることが好ましい。なお、研磨流体の形状修正の程度によっては、形状修正装置２０に治具２１Ｕおよび治具２１Ｌを設けなくてもよい。

[0075] 図１１では、形状修正装置２０によって研磨流体の塊Ｆの形状を修正する一連の処理（ステップＳ１～Ｓ３）において、形状修正装置２０の各治具、および磁石１２，１４の位置関係を、側面図および平面図によって示してい

る。なお、図１１に示す例では、治具２２の垂直方向の位置決めが既になされているものとする。

先ずステップＳ１において、治具２１Ｕ、２１Ｌが水平方向に駆動され、各治具はそれぞれ磁石１２、１４の側面に接触する。次いでステップＳ２において、治具２１Ｕが下方に駆動され、治具２１Ｌが上方に駆動される。それによって磁石１２、１４の側面上にはみ出して付着している研磨流体（つまり、変形した研磨流体の塊Ｆの一部）が押し当てられ、側面視で磁石１２、１４の間の位置に移動させられる。最後にステップＳ３において、治具２２が水平方向に駆動され、ステップＳ２で移動させられた研磨流体や、塊Ｆの変形によって各磁石の側面周縁に移動した研磨流体が、治具２２によって押し当てられることで磁石の中心に向かって移動する。以上のステップＳ１～Ｓ３によって、変形した研磨流体の塊Ｆの形状がガラス基板に対する押圧力を一定に維持するように修正される。

磁石１２、１４の側面上にはみ出す研磨流体が存在しない場合、治具２１Ｕおよび治具２１Ｌを用いなくてもよい。

[0076] 上述したように、本実施形態では、形状修正装置２０を用いて、ガラス基板と接触することにより変形した研磨流体の塊Ｆの形状を、元の形状に戻すように修正する。言い換えると、研磨流体の塊Ｆに治具を接触させることで研磨流体Ｆの塊の形を変える。それによって、ガラス基板に対する押圧力が一定に維持される。

[0077] 本実施形態では、治具の先端を研磨流体の塊Ｆに差し込むようにして、研磨流体の塊Ｆに対して治具を接触させることが好ましい。例えば、図１０に示す治具２２に代えて、先端の断面が凸形状となっている治具を用い、当該治具の水平方向の駆動によって当該治具の先端を研磨流体の塊Ｆに差し込むようにする。治具の形状は棒状であってもよいし、板状、扁平状、角柱状であってもよい。つまり、治具の先端の断面が円形若しくは楕円形であってもよいし、平板状、多角形であってもよい。そのような治具の垂直方向（つまり、研磨加工されるガラス基板Ｇの厚さ方向）の高さは、磁石１２，１４間

の間隙以下であればよい。上述した治具２１Ｕ、２１Ｌ、２２についても同様であるが、治具の材質は、アルミニウムやチタン等の金属やセラミックなど、非磁性で比較的硬い素材のものが好ましい。

治具の先端を研磨流体の塊に差し込むようにすることが好ましい理由は、以下のとおりである。すなわち、図９の状態Ｓ２に示したように、領域Ａ２において研磨流体の塊Ｆが崩れて変形（塑性変形）し、ガラス基板Ｇの外周側の面取面に対する押圧力が低下した場合、研磨流体の塊の内部において磁性体微粒子の密度の偏りが生じていると考えられる。つまり、図９の領域Ａ１では基板が押し込まれたことにより磁性体微粒子が高密度になっており、領域Ａ２では低密度になっており、それによって領域Ａ２における研磨砥粒の保持力が低下していると考えられる。そこで、治具の先端を研磨流体の塊に差し込み、奥の方に押し込まれた磁性体微粒子が手前に移動させることで、研磨流体内部の磁性体微粒子の磁場による再配置が促進されるため、加工前の磁性体微粒子の密度の偏りがない状態になる。そのため、面取面の加工レートの低下をさらに抑制することができる。

[0078] 研磨流体の塊の形状を修正するタイミングは、端面研磨処理中であればいつでも構わない。図１０に示したように、研磨装置１０を基準にして、ワークであるガラス基板Ｇの反対側に形状修正装置２０を配置することで、ガラス基板Ｇの端面研磨を行いながら研磨流体の塊の形状修正を行うことができる。また、ガラス基板の端面研磨が終了してから次のガラス基板の端面研磨が開始するまでの間に形状修正を行ってもよいし、所定時間若しくはガラス基板の所定枚数で区切られるロット間のタイミングで形状修正を行ってもよい。

[0079] 次に、研磨流体の塊の形状を修正する別の方法として、変形した研磨流体の塊に対して追加の研磨流体を供給する方法について、図１２を参照して説明する。

図１２は、平面視にて供給装置３０のノズルから研磨流体を研磨装置１０に供給する例を示している。図１２に示す例では、追加の研磨流体は、磁場

に保持されている研磨流体の塊とガラス基板Ｇの外周端部が接触する位置に向けて供給されているが、ガラス基板Ｇの外周端部と接触した後の位置における研磨流体の塊に供給するとより好ましい。また、研磨流体の塊と接触するガラス基板の端面の移動方向に沿って追加の研磨流体が供給されとより好ましい。この追加の研磨流体が塊として新たに磁場に保持されることで、結果として、ガラス基板に対する押圧力を一定に維持するように研磨流体の塊の形状が修正される。

[0080] 追加の研磨流体の供給タイミングは特に限定するものではないが、例えば、端面研磨処理中に適時供給してもよいし、ガラス基板の端面研磨が終了してから次のガラス基板の端面研磨が開始するまでの間に供給してもよいし、所定時間若しくはガラス基板の所定枚数で区切られるロット間のタイミングで供給してもよい。また、特定のタイミングを指定することなく供給し続けてもよい。

[0081] 端面研磨処理中に供給する研磨流体の温度は室温以下であることが好ましい。本実施形態の端面研磨処理では、磁場発生手段によって形成される磁力線を横切るようにしてガラス基板Ｇを研磨流体の塊に対して相対移動させるため摩擦熱が発生するが、この摩擦熱は研磨流体を劣化させ、研磨の加工レートを低下させる要因となる。そこで、研磨中に供給する研磨流体の温度を室温以下とすることで上記摩擦熱の発生を抑制し、研磨の加工レートを高く維持することができるようになる。

[0082] 以下、第２の実施形態の変形例について説明する。

［変形例１］

図９～１２を参照してガラス基板Ｇの外周端面の研磨について説明したが、ガラス基板の内周端面についても、同様の方法により研磨することができる。変形例１（図示せず）は、ガラス基板Ｇの外周端面の研磨と同時に内周端面の研磨を行う例であり、第１の実施形態の変形例１と同じ研磨方法であるため、詳細な説明については省略する。

[0083] なお、第２の実施形態の変形例１では、例えば、追加の研磨流体を、磁場

に保持されている研磨流体の塊とガラス基板Ｇの内周端部が接触する位置に向けて供給装置によって供給することで、内周端面研磨を行うための研磨流体の塊の形状を、ガラス基板に対する押圧力を一定に維持するように修正する。また、外周端面研磨については、上述した形状修正装置による研磨流体の塊に対する形状修正を行うか、あるいは追加の研磨流体を供給することによって、外周端面研磨を行うための研磨流体の塊の形状を、ガラス基板に対する押圧力を一定に維持するように修正する。そのため、この変形例では、内周端面および外周端面の両方を同時に研磨しつつ、内周側の面取面および外周側の面取面の加工レートの低下を抑制することができる。

[0084] ［変形例２］

図１３は、ガラス基板Ｇの外周端面の研磨の変形例２を示す図である。変形例２は、１枚のガラス基板ではなく、複数のガラス基板の外周端面を纏めて研磨する例である。

図１３に示す研磨装置１０Ａは、Ｎ極の磁石１２１，１２２，１２３，１２４，…と、Ｓ極の磁石１４０，１４１，１４２，１４３，…と、スペーサ１６１，１６２，１６３，…とを含む。Ｎ極の各磁石、Ｓ極の各磁石、および、各スペーサは、図３の磁石１２、磁石１４、および、スペーサ１６と同じ構成のものである。

すなわち、研磨装置１０Ａでは、磁石のＮ極の端面と隣り合うＳ極の端面とが一定距離離間して対向するように段重ねになって配列されている。研磨装置１０Ａでは、スペーサを介在させて対向するＮ極の磁石からＳ極の磁石に磁力線が向かう磁場が形成される。つまり、ガラス基板Ｇの厚さ方向に、Ｎ極の面とＳ極の面が互いに対向するように離間した状態で配置された磁石の複数の対がそれぞれ磁場発生手段として用いられる。例えば、磁石１２１から磁石１４１に磁力線が向かう磁場が形成される。スペーサ１６１，１６２，１６３，…の各々の周縁において、磁場によって研磨流体の塊Ｆが保持される。端面研磨中では、研磨装置１０Ａを図示されない駆動モータを利用して図１３に示すように自転させる。

[0085] 複数のガラス基板Ｇは、スペーサ１５１，１５２，１５３，１５４，…を挟んで接着剤等により積層体として一体化されている。ここで、積層体にするために用いる接着剤は、第１の実施形態の変形例２で述べたものと同様でよい。端面研磨中では、複数のガラス基板Ｇを含む積層体を、図示されない回転体で保持し、図示されない駆動モータを利用して図１３に示すように自転させる。

[0086] 積層体に含まれる各ガラス基板Ｇの外周端面を、研磨流体の塊Ｆと接触させ、それによって研磨流体の塊Ｆと複数のガラス基板Ｇの外周端面とを相対移動させることにより、複数のガラス基板Ｇの外周端面を同時に研磨することができる。すなわち、複数のガラス基板の外周端面を同時に研磨することができるので、加工レートを従来よりも高くすることができ、効率良く研磨をすることができる。

なお、第１の実施形態の変形例２で述べた技術的事項（例えば、磁石間のスペーサの調整や、複数の磁石とガラス基板Ｇの積層体との揺動等）は、この変形例においても適用できる。

[0087] 変形例２の端面研磨処理において、研磨中に外部から新たな研磨流体を供給しながら行うようにする。図１３に示す例では、複数のノズル３０１，３０２，３０３，…の各々から横方向に追加の研磨流体が、各研磨流体の塊Ｆとガラス基板Ｇの外周端部が接触する位置に向けて供給される。この追加の研磨流体が塊として新たに磁場に保持されることで、結果として、各ガラス基板に対する押圧力を一定に維持するように研磨流体の各塊Ｆの形状が修正される。それによって、ガラス基板Ｇの積層体に対して連続的に端面研磨を行う場合に各ガラス基板Ｇの面取面の加工レートの低下を抑制することができる。

[0088] 図１３は、積層体として一体化されている複数のガラス基板Ｇの外周端面を研磨する場合について例示したが、同様にして複数のガラス基板Ｇの内周端面を研磨してもよい。また、積層体として一体化されている複数のガラス基板Ｇの外周端面と内周端面を同時に研磨してもよい。

[0089] ［実施例］

本発明の効果を確かめるために、作製したガラス基板の端面研磨を行った。

作製したガラス基板の外径は６５ｍｍであり、厚さは０．８ｍｍであり、形状加工処理で、ガラス基板の厚さ方向で０．１５ｍｍの面取りを主表面に対して４５度の傾斜角度で施した。

[0090] （比較例）

図４に示したように、一対の磁石を非磁性のステンレス製のスペーサによって離間させて配置した研磨装置に、２．５インチ型磁気ディスク用のガラス基板の外周端部を挿入した。磁石の寸法は直径１９ｍｍ、厚さ１５ｍｍとした。そして、磁石間に研磨流体を与えて磁石によって形成された磁場に磁石スラリの塊を保持させ、ガラス基板の外周端面を研磨した。ガラス基板の端面と研磨装置を互いに逆向きとなるように回転させ、それぞれの回転数を７００ｒｐｍとした。１００枚のガラス基板を研磨し、１枚ごとの加工時間は３分間とした。なお、磁石の側面上にはみ出す研磨流体は存在しなかった。

ガラス基板の外周端面の研磨のために用いる研磨流体は、非磁性オイル（シリコンオイル）に、２μｍの平均粒径(D50)のＦｅ（鉄）の微粒子を３［ｇ／ｃｍ^3］分散させ、かつ研磨砥粒として平均粒子径が１．５μｍの酸化セリウムを分散させたものを用いた。研磨流体中の酸化セリウムの濃度は７［ｖｏｌ％］となるように含ませた。磁石として、０．５[テスラ]の磁束密度を有する永久磁石を用いた。

[0091] （実施例１）

比較例と同様に１００枚のガラス基板を研磨し、１枚ごとの加工時間は３分間とした。実施例１では、１０枚のガラス基板を研磨する度に形状修正装置を用いて、変形した研磨流体の塊の形状を修正した点を除き、比較例の研磨条件と同一条件で研磨を行った。

[0092] （比較例と実施例１の評価）

比較例および実施例１の端面研磨後のガラス基板の外周端面の面取面について、１枚目のガラス基板と１００枚目のガラス基板の加工レートを測定した結果、表２に示す通りであった。ここで、加工レートの低下率の算出方法は、上述した式（１）が適用された。表２に示すように、実施例１では、ガラス基板を連続して研磨を行う場合に、比較例と比べて面取面の加工レートの低下が大きく抑制されることが確認された。加工レートの低下率が１０％以下であれば、製造工程上特に問題にはならない。

[0093] [表2]

	１枚目のガラス基板の加工レート	１００枚目のガラス基板の加工レート	加工レートの低下率
比較例	２５μｍ／分	１１．２５μｍ／分	５５％
実施例１	２５μｍ／分	２４．２５μｍ／分	３％

[0094] （実施例２）

棒状で先端の断面が凸形状のアルミニウム製の治具を用い、端面研磨中に研磨流体の塊に当該治具の先端を差し込むようにしたこと以外は上記比較例と同一の条件で、ガラス基板の外周端面を研磨した。その結果、ガラス基板の面取面における加工レートの低下率は１％となり、実施例１よりも良好となった。

[0095] （実施例３）

形状修正装置を用いる替わりに、研磨処理中に研磨流体を追加してガラス基板の外周端面の研磨処理を行なった。この場合のガラス基板の面取面における加工レートの低下率は６％となった。

[0096] （実施例４）

実施例１の条件に加えて、研磨砥粒を含む液体を供給しながら研磨を行った。具体的には、図６に示すように、研磨流体の塊と接触するガラス基板の端面の移動方向に沿って研磨砥粒を含む液体を、１枚のガラス基板の外周端面の研磨が終了する度に供給した。当該液体は水とした。

この場合のガラス基板の面取面における加工レートの低下率は０％となり、実施例２よりも一層良好となった。

[0097] さらに、研磨対象のガラス基板１００枚それぞれについて、側壁面と面取面との間の部分の形状の曲率半径を測定した。

ここで、図１４を参照して、側壁面と面取面との間の部分の形状の曲率半径をもとめる方法について説明する。図１４において、Ｒは、側壁面１ｔと面取面１ｃとの間の部分の形状の曲率を形成する円Ｃ２の半径であって、当該部分の形状の曲率半径である。曲率半径Ｒは、例えば以下のようにしてもとめられる。先ず、面取面１ｃの直線部を延ばした仮想線Ｌ１と、側壁面１ｔの直線部を延ばした仮想線Ｌ２との交点をＰ１とする。次に、交点Ｐ１を通り、且つ、面取面１ｃの直線部に対して垂直に延びる仮想線Ｌ３を設定する。次いで、側壁面１ｔと面取面１ｃとの間の部分と、仮想線Ｌ３との交点をＰ２とする。また、ガラス基板Ｇの断面において、交点Ｐ２を中心として所定の半径（例えば５０μｍ）を有する円Ｃ１を設定する。また、側壁面１ｔと面取面１ｃとの間の部分と、円Ｃ１の外周との２つの交点をそれぞれＰ３，Ｐ４とする。さらに、３つの交点Ｐ２，Ｐ３，Ｐ４のそれぞれを通る円Ｃ２を設定する。そして、円Ｃ２の半径をもとめることによって、側壁面１ｔと面取面１ｃとの間の部分の形状の曲率半径Ｒがもとめられる。

なお、側壁面１ｔと他方の面取面１ｃ（図１４には図示せず）との間の部分の形状の曲率半径も、上記と同様にもとめることができる。

[0098] ガラス基板１００枚それぞれについて上記曲率半径を測定し（両面において周上の任意の各１点ずつの平均値）、１００枚におけるバラツキ（ここでは、最大値と最小値の差分として定義する。）を算出したところ、実施例１のバラツキの大きさに対する実施例４のバラツキの大きさの比（実施例４／実施例１）は、０．５となり、大幅に小さくなった。これは、研磨砥粒を含む液体を供給することによる相乗効果によって、面取面の研磨レートの低下が抑制されたのみならず、側壁面と面取面との間の部分の研磨が安定するようになったためであると推察される。すなわち、側壁面と面取面との間の部分は尖っているため、一般に加工条件の僅かな変化によっても当該部分の形状の変動が生じやすいが、実施例４では、当該変動が抑制されたことが確認

できた。

[0099] 以上、本発明の非磁性基板の製造方法について詳細に説明したが、本発明は上記実施形態および変形例に限定されず、本発明の主旨を逸脱しない範囲において、種々の改良や変更をしてもよいのは勿論である。例えば、本発明の非磁性基板の製造方法の一実施形態として、磁気ディスク用ガラス基板の製造方法について説明したが、加工対象は非磁性基板であればよく、アルミニウム合金基板等の他の材質の非磁性基板についても適用可能である。

符号の説明

[0100] １…磁気ディスク用ガラス基板

Ｇ…ガラス基板

１０，１０Ａ…研磨装置

５ａ…磁性体微粒子

５ｂ…研磨砥粒

１２，１４，１２１～１２４，１４０～１４３…磁石

１６，１５１～１５４，１６１～１６３…スペーサ

Ｆ…塊

Ｍ…磁力線

２０…形状修正装置

２１Ｕ，２１Ｌ，２２…治具

３０，３０Ａ…供給装置

９０…槽

請求の範囲

[請求項1] 側壁面および主表面と側壁面との間に形成された面取面を有する板状の非磁性基板の端面を研磨する端面研磨処理を含む非磁性基板の製造方法であって、

前記端面研磨処理は、磁場発生手段を用いて前記基板の厚さ方向に磁力線が進むように磁場を形成し、当該磁場に研磨砥粒を含む磁気機能性流体を保持させた状態で、前記基板の端面と前記磁気機能性流体とを接触させて、基板と前記磁気機能性流体とを相対移動させることにより、前記基板の端面を研磨する処理であり、

端面研磨処理中に前記磁気機能性流体に対して前記研磨砥粒を供給することを特徴とする、

非磁性基板の製造方法。

[請求項2] 端面研磨処理中に研磨砥粒を含む液体を供給することによって、前記研磨砥粒を供給することを特徴とする、

請求項１に記載された非磁性基板の製造方法。

[請求項3] 端面研磨処理中に供給する前記液体の温度は室温以下であることを特徴とする、

請求項２に記載された非磁性基板の製造方法。

[請求項4] 前記基板の端面が前記磁気機能性流体と接触する位置に向けて、かつ前記磁気機能性流体と接触する基板の端面の移動方向に沿って、前記研磨砥粒を供給することを特徴とする、

請求項１～３のいずれか１項に記載の非磁性基板の製造方法。

[請求項5] 側壁面および主表面と側壁面との間に形成された面取面を有する板状の非磁性基板の端面を研磨する端面研磨処理を含む非磁性基板の製造方法であって、

前記端面研磨処理は、研磨砥粒を含む磁気機能性流体と前記基板を、研磨砥粒を含む液体に浸漬させた状態で、磁場発生手段を用いて前記基板の厚さ方向に磁力線が進むように磁場を形成し、当該磁場に研

磨砥粒を含む磁気機能性流体を保持させた状態で、前記基板の端面と前記磁気機能性流体とを接触させて、基板と前記磁気機能性流体とを相対移動させることにより、前記基板の端面を研磨することを特徴とする、

非磁性基板の製造方法。

[請求項6] 前記磁場発生手段は、前記基板の厚さ方向に、Ｎ極の面とＳ極の面が互いに対向するように離間した状態で配置された磁石の対を含む、請求項１～５のいずれか１項に記載された非磁性基板の製造方法。

[請求項7] 前記磁石の対の前記Ｎ極の面と前記Ｓ極の面との間には、非磁性体からなるスペーサが設けられている、請求項６に記載された非磁性基板の製造方法。

[請求項8] 前記基板は、円形状の内孔を有する円板形状であり、

前記磁場発生手段は、前記基板の前記内孔内に設けられて、前記内孔の側壁面である内周端面の周りで、前記基板の厚さ方向に進む内周側磁力線が進むように磁場を形成する内周側手段、および／または、前記基板の外周側に設けられて、前記基板の外周端面の周りで、前記基板の厚さ方向に外周側磁力線が進むように磁場を形成する外周側手段、を有し、

前記基板の内周端面および／または外周端面を、前記内周側手段および／または前記外周側手段のそれぞれによって形成される磁場に前記磁気機能性流体を保持させた状態で、前記基板の内周端面および／または外周端面の両方を研磨する、請求項１～７のいずれか１項に記載された非磁性基板の製造方法。

[請求項9] 側壁面および主表面と側壁面との間に形成された面取面を有する板状の基板の非磁性端面を研磨する端面研磨処理を含む非磁性基板の製造方法であって、

前記端面研磨処理は、磁場発生手段を用いて前記基板の厚さ方向に磁力線が進むように磁場を形成し、当該磁場に研磨砥粒を含む磁気機

能性流体を保持させることによって前記磁気機能性流体の塊を形成し、前記基板の端面と前記磁気機能性流体の塊とを接触させて、基板と前記磁気機能性流体の塊とを相対移動させることにより、前記基板の端面を研磨する処理であり、

基板と接触することにより変形した磁気機能性流体の塊の形状を、基板に対する押圧力を一定に維持するように修正することを特徴とする、非磁性基板の製造方法。

[請求項10] 変形した前記磁気機能性流体の塊に対して治具を接触させることによって、前記磁気機能性流体の塊の形状を修正することを特徴とする、請求項９に記載の非磁性基板の製造方法。

[請求項11] 側壁面および主表面と側壁面との間に形成された面取面を有する板状の非磁性基板の端面を研磨する端面研磨処理含む非磁性基板の製造方法であって、

前記端面研磨処理は、磁場発生手段を用いて前記基板の厚さ方向に磁力線が進むように磁場を形成し、当該磁場に研磨砥粒を含む磁気機能性流体を保持させることによって前記磁気機能性流体の塊を形成し、前記基板の端面と前記磁気機能性流体の塊とを接触させて、基板と前記磁気機能性流体の塊とを相対移動させることにより、前記基板の端面を研磨する処理であり、

前記基板と接触することにより変形した磁気機能流体の塊の形状を、元の形状に戻すように修正することを特徴とする、非磁性基板の製造方法。

[請求項12] 側壁面および主表面と側壁面との間に形成された面取面を有する板状の非磁性基板の端面を研磨する端面研磨処理含む非磁性基板の製造方法であって、

前記端面研磨処理は、磁場発生手段を用いて前記基板の厚さ方向に磁力線が進むように磁場を形成し、当該磁場に研磨砥粒を含む磁気機能性流体を保持させることによって前記磁気機能性流体の塊を形成し

、前記基板の端面と前記磁気機能性流体の塊とを接触させて、基板と前記磁気機能性流体の塊とを相対移動させることにより、前記基板の端面を研磨する処理であり、

前記磁気機能流体の塊に治具を接触させることで前記磁気機能流体の塊の形を変えることを特徴とする、非磁性基板の製造方法。

[請求項13] 前記治具の先端を前記磁気機能性流体の塊に差し込むようにして、前記磁気機能性流体の塊に対して前記治具を接触させることを特徴とする、請求項１０または１２に記載の基板の製造方法。

[請求項14] 追加の磁気機能性流体の塊を供給することによって、前記磁気機能性流体の形状を修正することを特徴とする、請求項９または１１に記載の非磁性基板の製造方法。

[請求項15] 前記磁場発生手段は、前記基板の厚さ方向に、Ｎ極の面とＳ極の面が互いに対向するように離間した状態で配置された磁石の対を含む、請求項９～１４のいずれか１項に記載された非磁性基板の製造方法。

[請求項16] 前記磁石の対の前記Ｎ極の面と前記Ｓ極の面との間には、非磁性体からなるスペーサが設けられている、請求項１５に記載された非磁性基板の製造方法。

[請求項17] 前記基板は、円形状の内孔を有する円板形状であり、

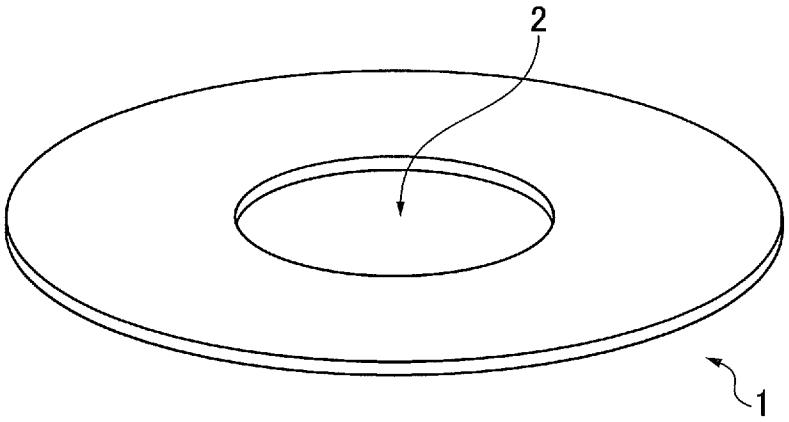
前記磁場発生手段は、前記基板の前記内孔内に設けられて、前記内孔の側壁面である内周端面の周りで、前記基板の厚さ方向に進む内周側磁力線が進むように磁場を形成する内周側手段、および／または、前記基板の外周側に設けられて、前記基板の外周端面の周りで、前記基板の厚さ方向に外周側磁力線が進むように磁場を形成する外周側手段、を有し、

前記基板の内周端面および／または外周端面を、前記内周側手段および／または前記外周側手段のそれぞれによって形成される磁場に前記磁気機能性流体の塊を保持させた状態で、前記基板の内周端面および／または外周端面の両方を研磨する、請求項９～１６のいずれか１

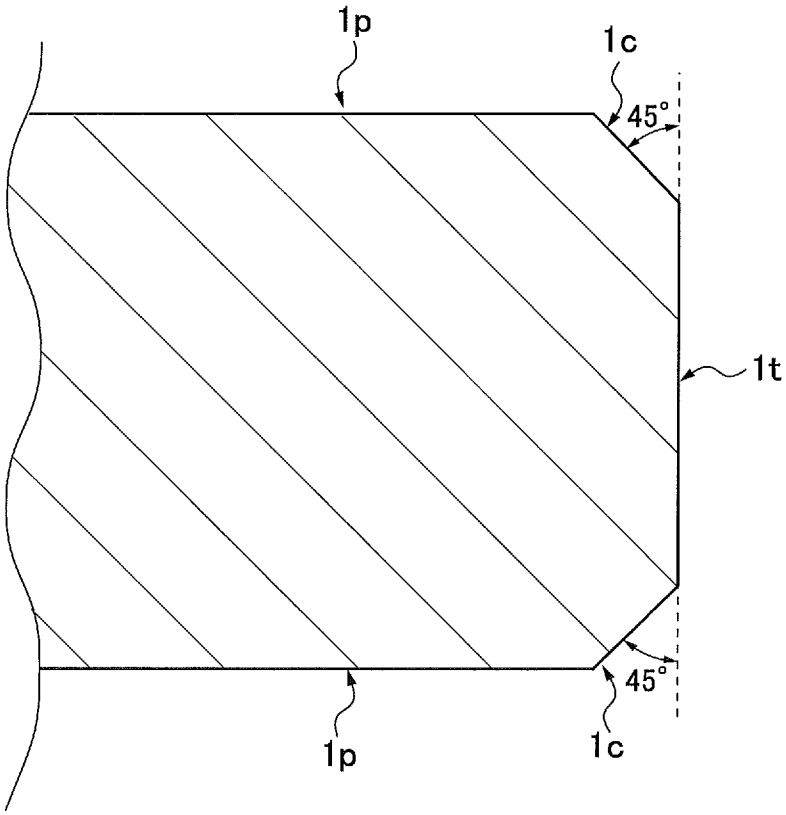
項に記載された非磁性基板の製造方法。

[請求項18] 前記基板の端面研磨処理中に前記磁気機能性流体の塊に対して前記研磨砥粒を供給することを特徴とする、請求項９～１７のいずれか１項に記載された非磁性基板の製造方法。

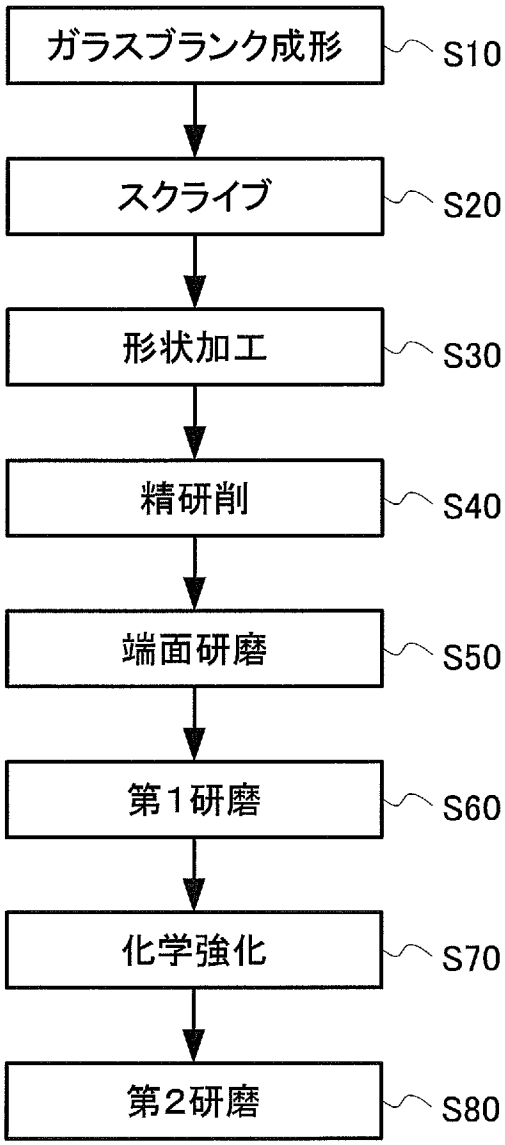
[図1A]



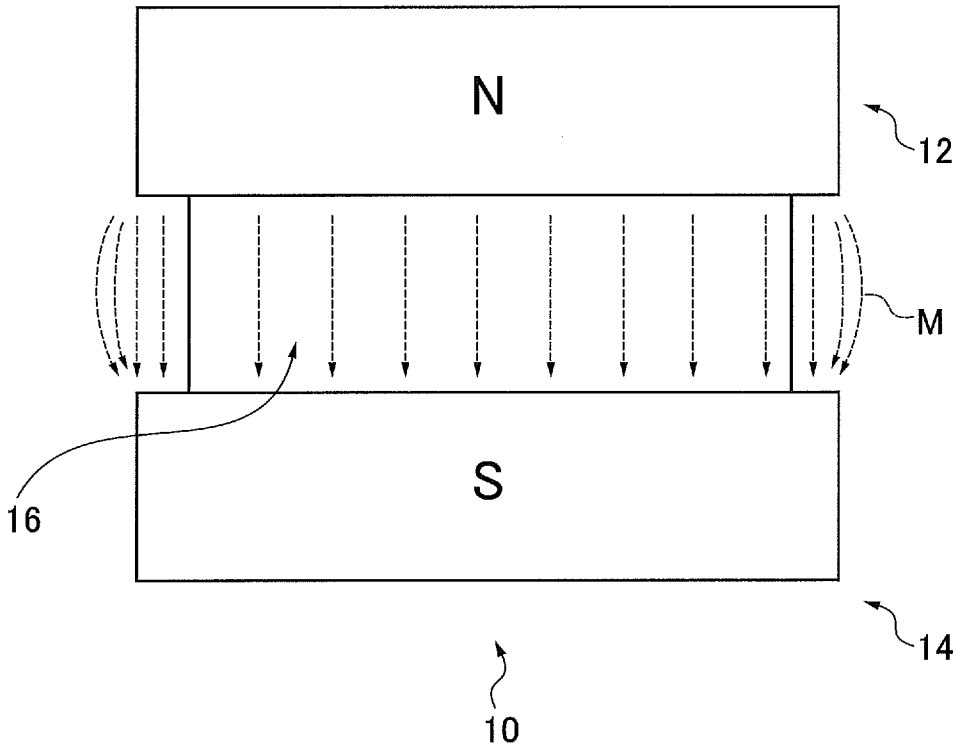
[図1B]



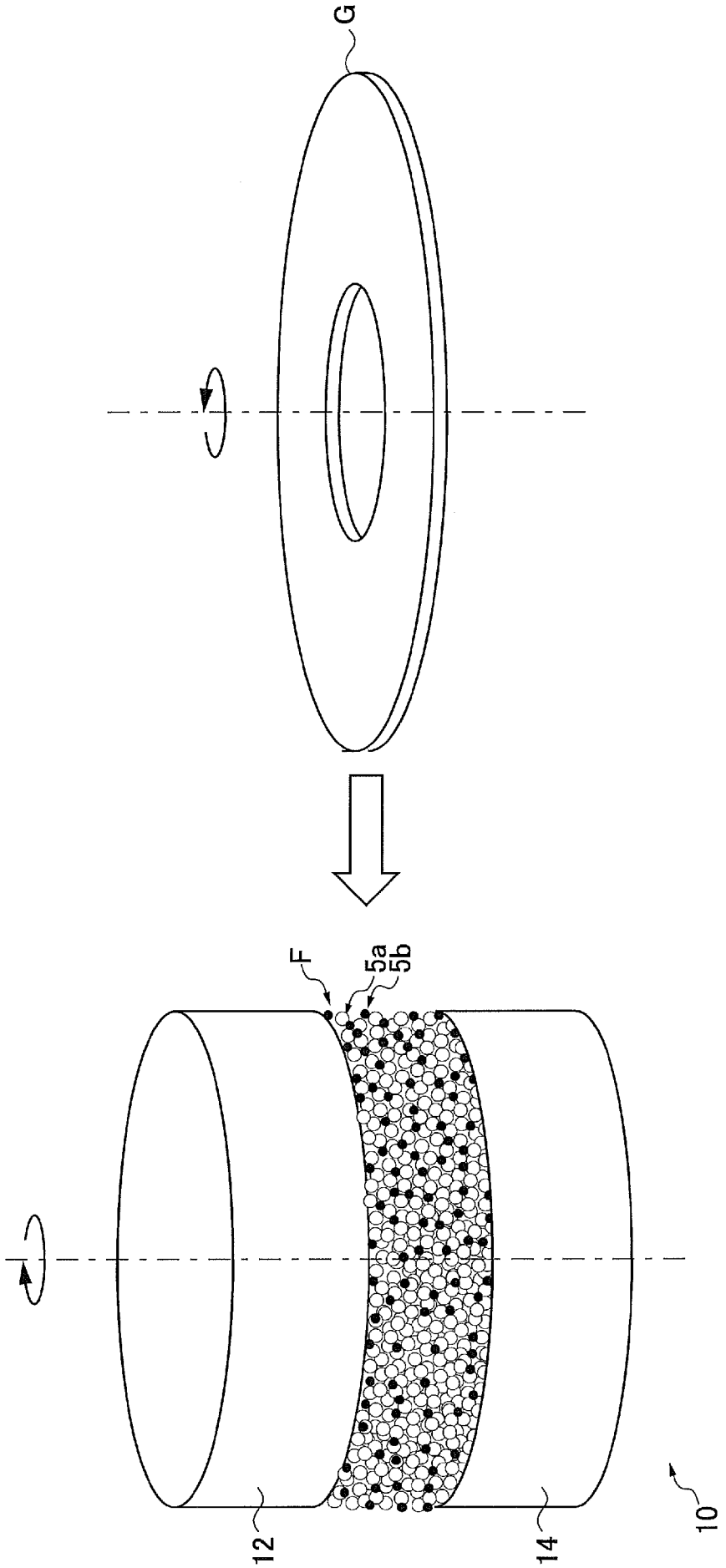
[図2]


ガラスブランク成形
S10
スクライブ
S20
形状加工
S30
精研削
S40
端面研磨
S50
第1研磨
S60
化学強化
S70
第2研磨
S80

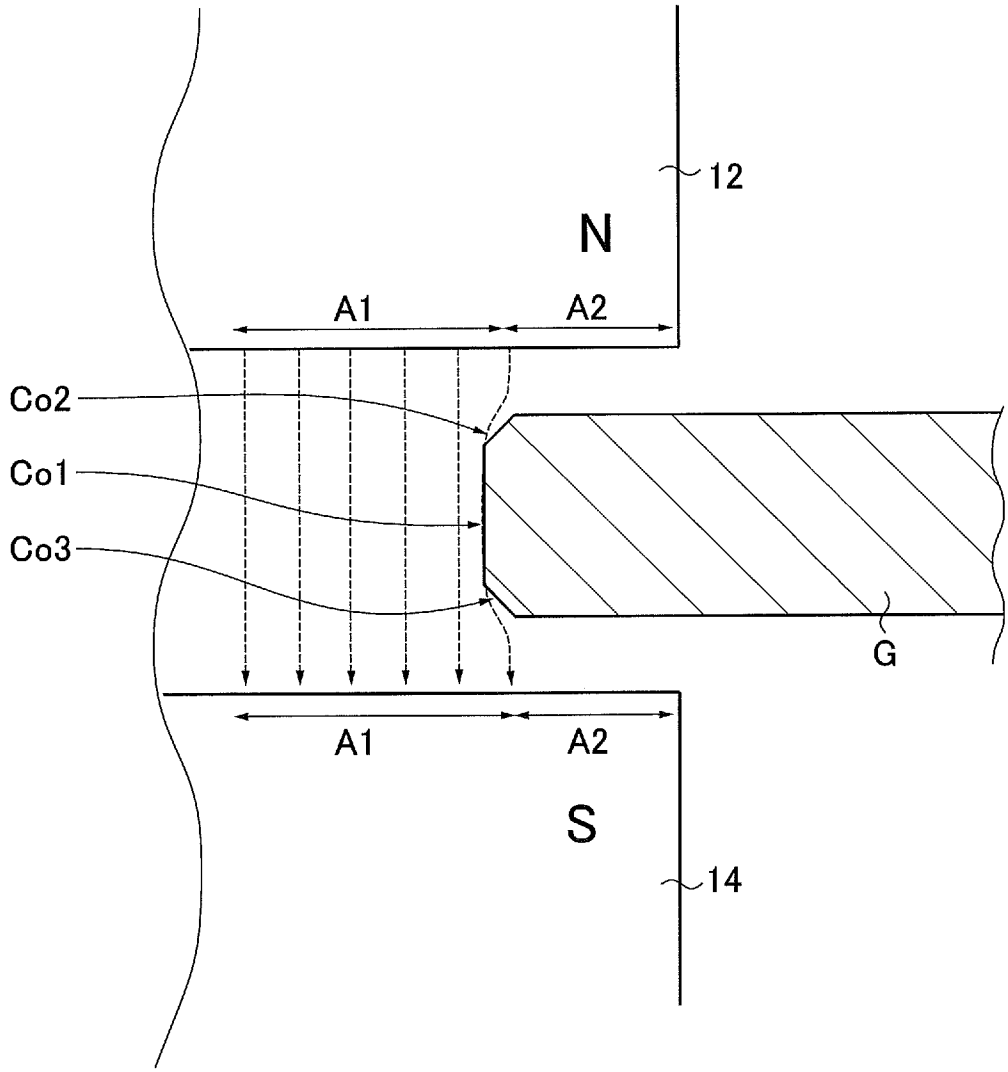
[図3]



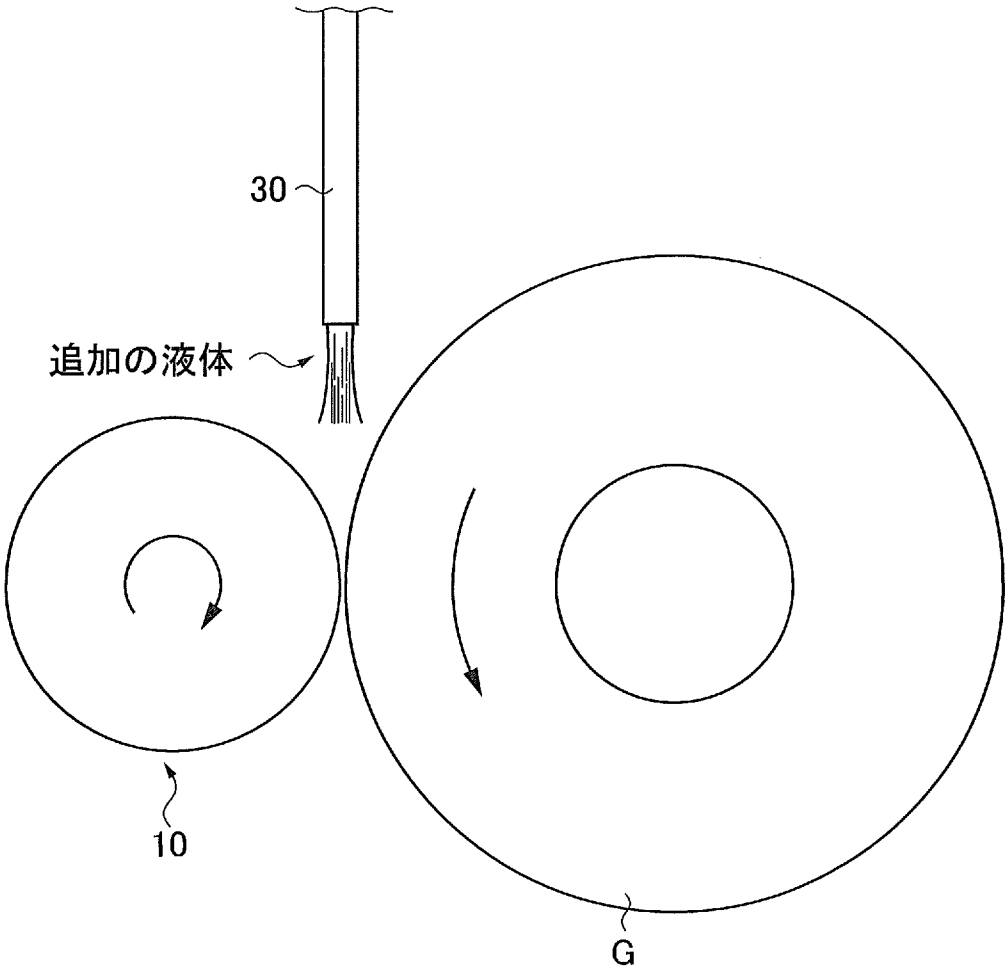
[図4]



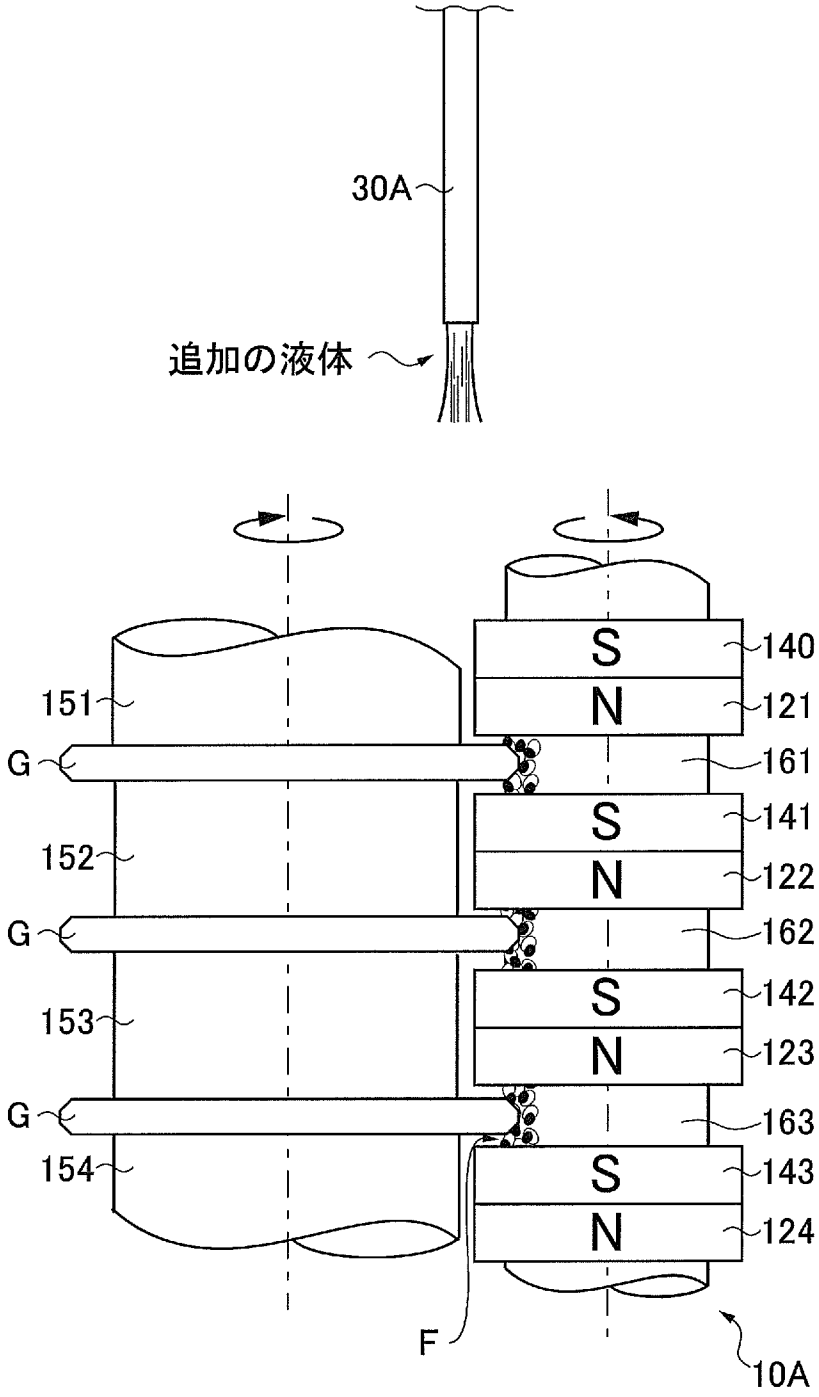
[図5]



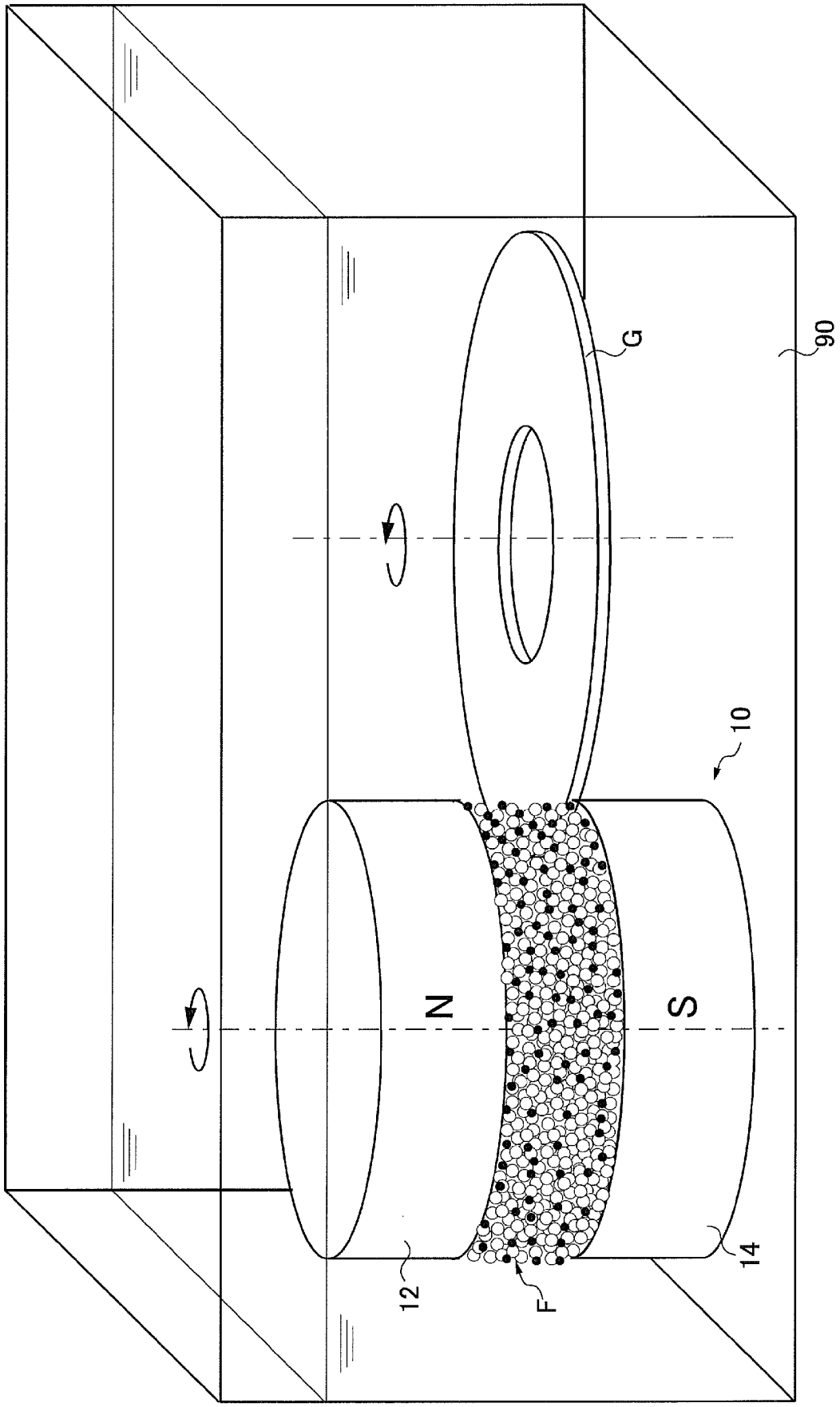
[図6]



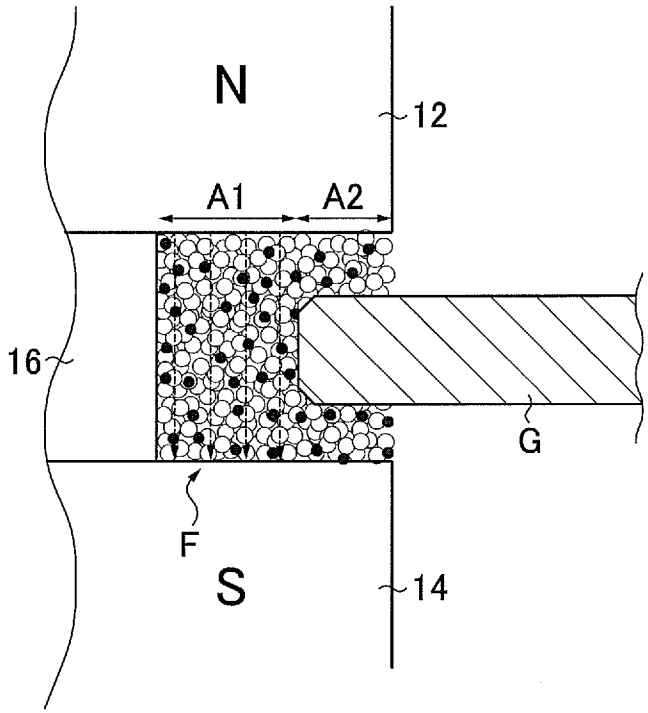
[図7]


30A
追加の液体
S
N
140
121
161
141
122
162
142
123
163
143
124
151
152
153
154
G
G
G
F
10A

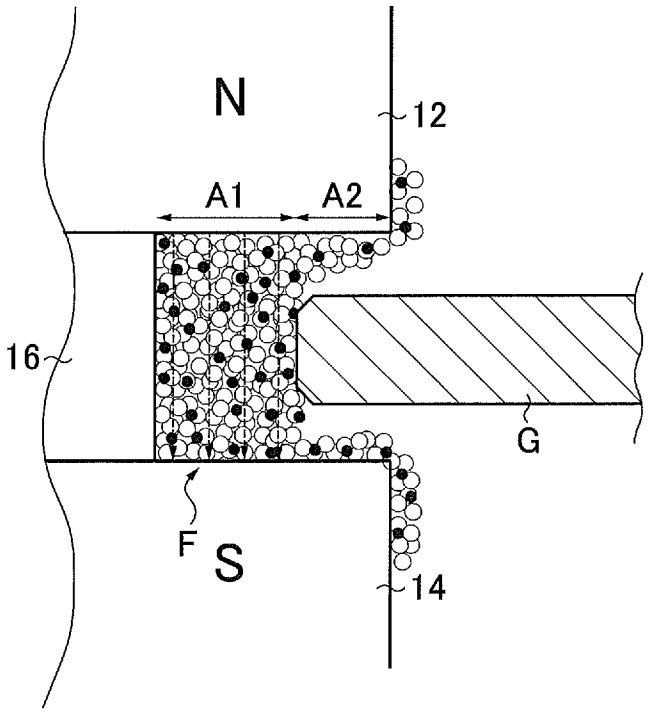
[図8]



[図9]

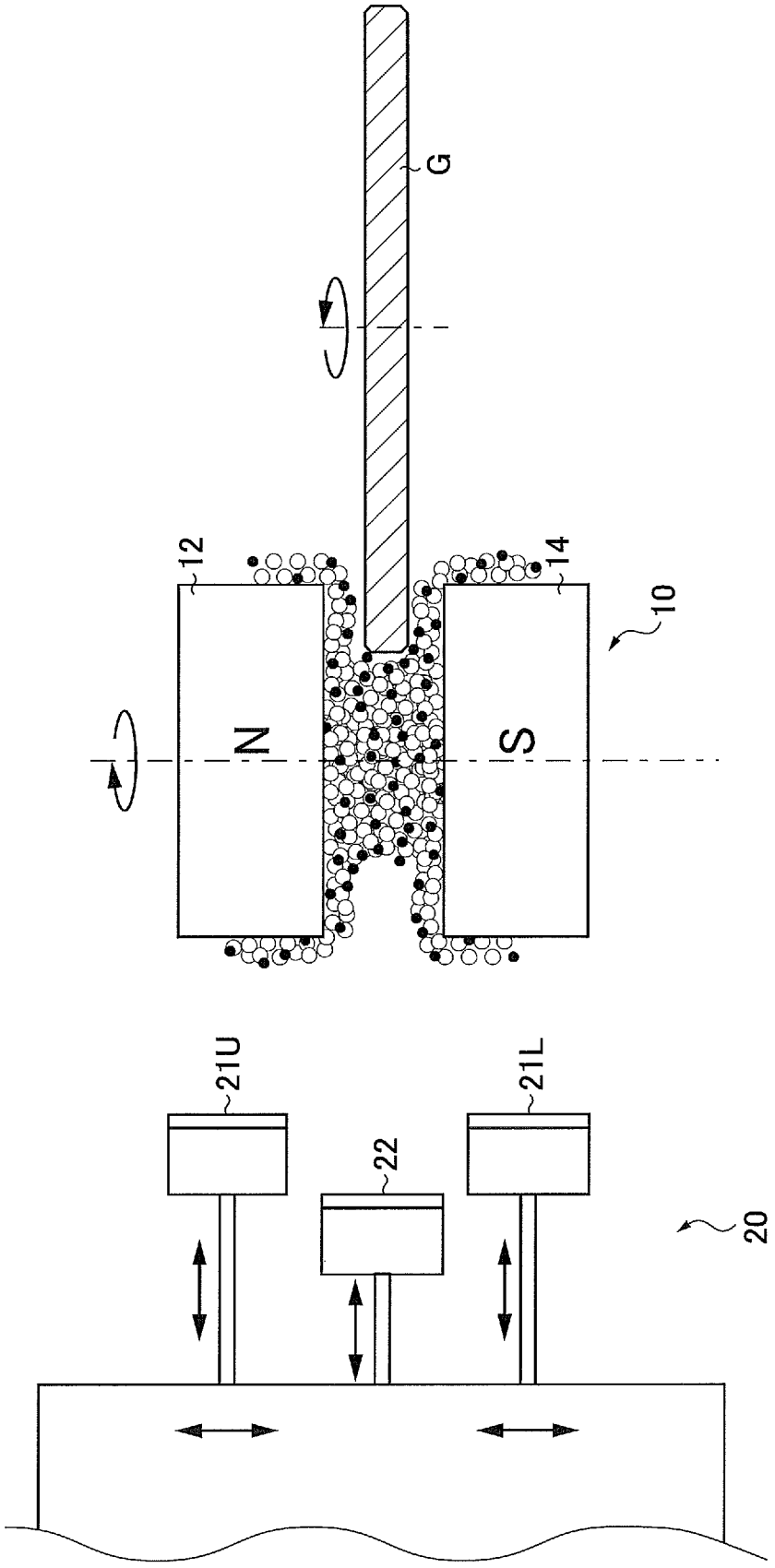


S1

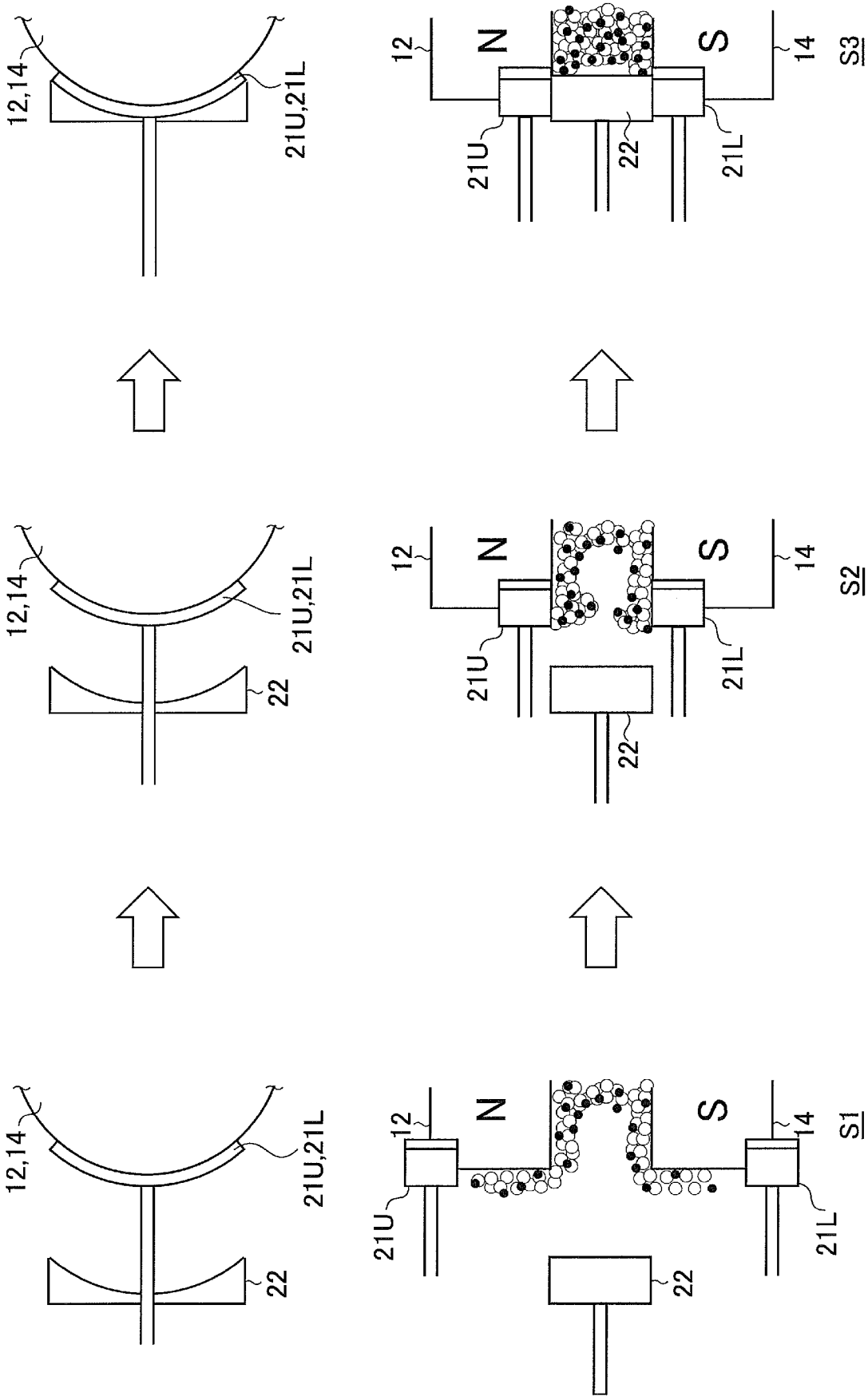


S2

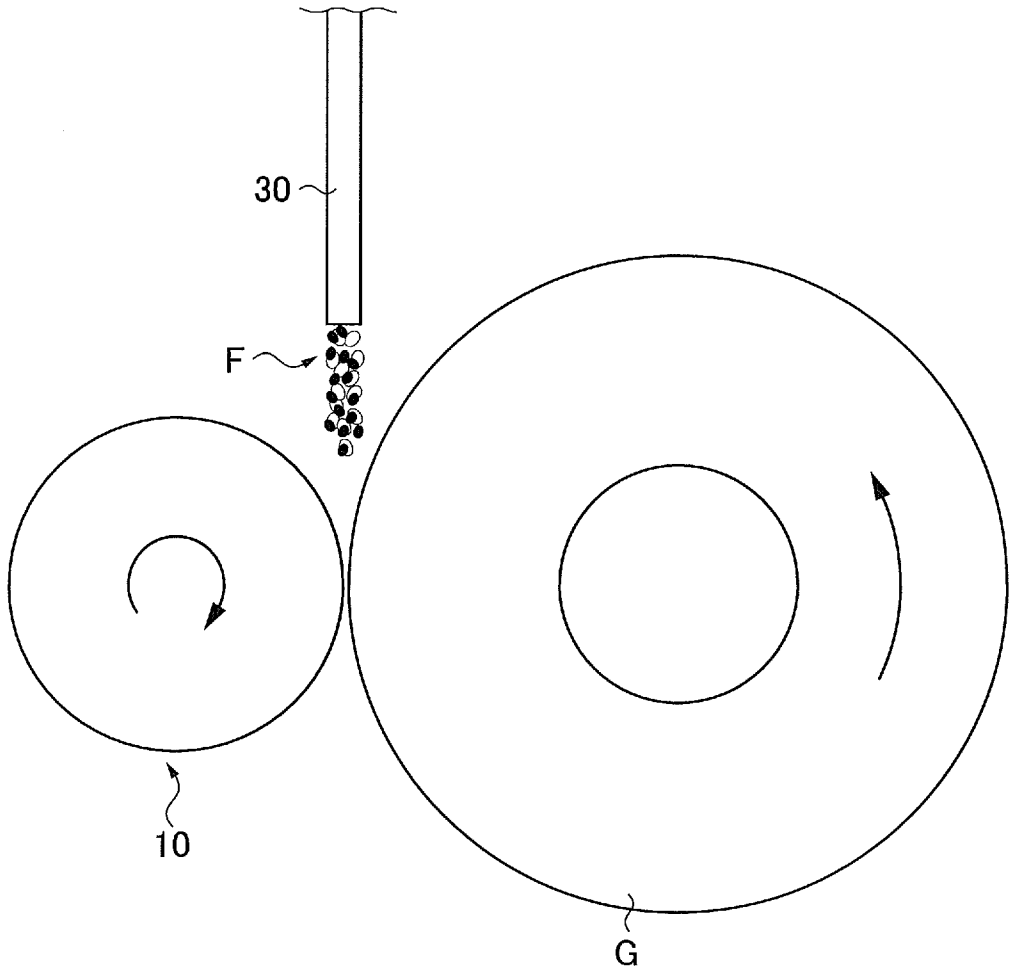
[図10]



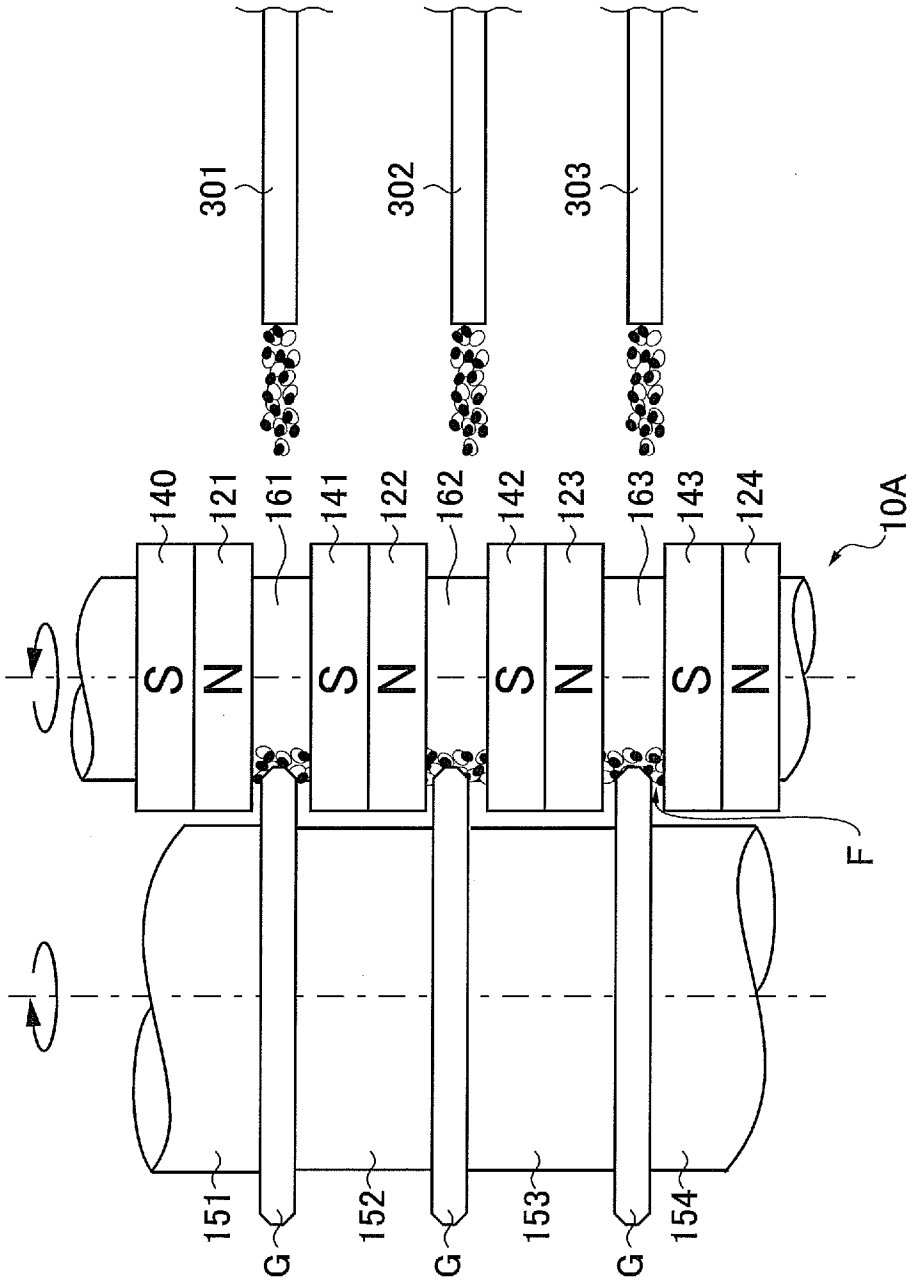
[図11]



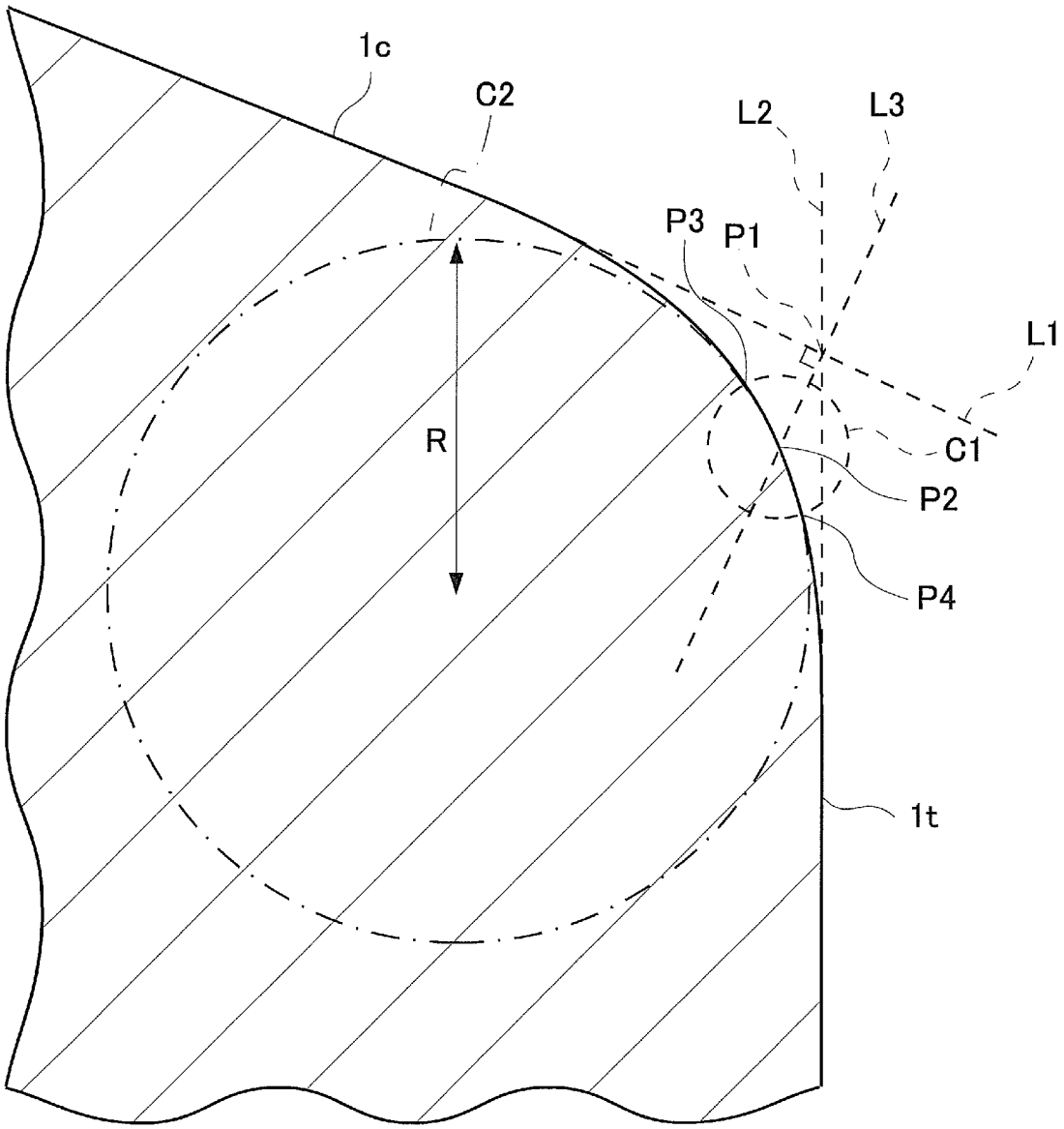
[図12]



[図13]


301
302
303
140
121
161
141
122
162
142
123
163
143
124
10A
S
N
S
N
S
N
S
N
F
151
152
153
154
G
G
G

[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/075929

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B24B37/00(2012.01)i, *B24B1/00*(2006.01)i, *B24B9/00*(2006.01)i, *G11B5/84*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B24B37/00, B24B1/00, B24B9/00, G11B5/84, H01L21/304

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2014 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
WPI

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2007-296598 A (FDK Corp.), 15 November 2007 (15.11.2007), paragraphs [0011] to [0023]; fig. 1, 3 (Family: none)	1-9,11,14-18 10,12-13
Y A	JP 2008-254140 A (Toshiba Corp.), 23 October 2008 (23.10.2008), paragraphs [0021] to [0038]; fig. 3 (Family: none)	1-9,11,14-18 10,12-13
Y A	JP 62-39172 A (Kureha Chemical Industry Co., Ltd.), 20 February 1987 (20.02.1987), page 3, lower left column, line 14 to page 4, lower right column, line 5; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-9,11,14-18 10,12-13

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
12 November, 2014 (12.11.14)	25 November, 2014 (25.11.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/075929

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2010-82746 A (Ohara Inc.), 15 April 2010 (15.04.2010), paragraph [0025]; fig. 2 (Family: none)	1-9,11,14-18 10,12-13
Y A	JP 2005-50501 A (Hoya Corp.), 24 February 2005 (24.02.2005), paragraphs [0069] to [0077], [0134] to [0137]; fig. 4 & US 2006/0148386 A1 & WO 2005/005099 A1	1-9,11,14-18 10,12-13
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 169064/1985(Laid-open No. 78259/1987) (Shinko Sangyo Setsubi Yugen Kaisha), 19 May 1987 (19.05.1987), specification, page 5, line 10 to page 6, line 12; fig. 5 (Family: none)	7,16

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１４／０７５９２９

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B24B37/00(2012.01)i, B24B1/00(2006.01)i, B24B9/00(2006.01)i, G11B5/84(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B24B37/00, B24B1/00, B24B9/00, G11B5/84, H01L21/304

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１４年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

WPI

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y A	JP 2007-296598 A（ＦＤＫ株式会社）2007.11.15, 段落【0011】-【0023】，図1,3（ファミリーなし）	1-9,11,14-18 10,12-13
Y A	JP 2008-254140 A（株式会社東芝）2008.10.23, 段落【0021】-【0038】，図3（ファミリーなし）	1-9,11,14-18 10,12-13
Y A	JP 62-39172 A（呉羽化学工業株式会社）1987.02.20, 第3ページ左下欄第14行-第4ページ右下欄第5行，第1-2図（ファミリーなし）	1-9,11,14-18 10,12-13

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
１２．１１．２０１４	２５．１１．２０１４

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｃ　３９３４
小川　真
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３２４

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y A	JP 2010-82746 A（株式会社オハラ）2010.04.15, 段落【0025】，図２（ファミリーなし）	1-9,11,14-18 10,12-13
Y A	JP 2005-50501 A（ＨＯＹＡ株式会社）2005.02.24, 段落【0069】-【0077】，【0134】-【0137】，図４ & US 2006/0148386 A1 & WO 2005/005099 A1	1-9,11,14-18 10,12-13
Y	日本国実用新案登録出願60-169064号(日本国実用新案登録出願公開62-78259号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（進興産業設備有限会社）1987.05.19，明細書第５ページ第10行-第６ページ第12行，第５図（ファミリーなし）	7,16