

(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
2013年2月14日(14.02.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/021839 A1

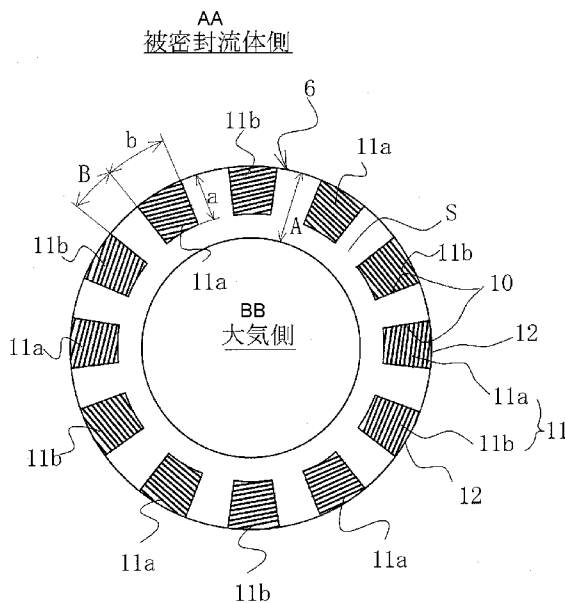
- (51) 国際特許分類:
F16J 15/34 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/069144
- (22) 国際出願日: 2012年7月27日(27.07.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-171414 2011年8月5日(05.08.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): イーグル工業株式会社(Eagle Industry Co., Ltd.) [JP/JP]; 〒1058587 東京都港区芝大門1-12-15 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 長田 晴裕(OSADA Haruhiro) [JP/JP]; 〒1058587 東京都港区芝大門1-12-15 イーグル工業株式会社内 Tokyo (JP). 井上 秀行(INOUE Hideyuki) [JP/JP]; 〒1058587 東京都港区芝大門1-12-15 イーグル工業株式会社内 Tokyo (JP). 細江 猛
- (74) 代理人: 重信 和男, 外(SHIGENOBU Kazuo et al.); 〒1028578 東京都千代田区紀尾井町4番1号 ガーデンコート19階 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST,

[続葉有]

(54) Title: MECHANICAL SEAL

(54) 発明の名称: メカニカルシール

[図3]



AA... SEALED FLUID
BB... ATMOSPHERE

(57) Abstract: [Problem] To provide a mechanical seal which does not leak when at rest, operates with fluid lubrication during rotation including the beginning of rotation while preventing leaking, and enables both sealing and lubrication. [Solution] A mechanical seal characterized in that multiple sealed fluid accommodating blocks which are separated in the circumferential direction are formed on the sliding surface of a fixed ring or the sliding surface of a rotating ring so as to communicate with a sealed fluid accommodating space, with pumping parts that produce a pumping action due to the relative rotational sliding of the fixed ring and the rotating ring being formed at the bottom of the multiple sealed fluid accommodating blocks, and with the pumping parts formed at the bottom of the multiple sealed fluid accommodating blocks including suction pumping parts which move the sealed fluid in the suction direction and discharge pumping parts which move the sealed fluid in the discharge direction.

(57) 要約: 【課題】静止時に漏れず、回転初期を含み回転時には流体潤滑で作動するとともに漏れを防止し、密封と潤滑を両立させることのできるメカニカルシールを提供する。

[続葉有]

WO 2013/021839 A1



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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

【解決手段】固定環または回転環の摺動面のいずれか一方には、円周方向に分離された複数の被密封流体收容ブロックが被密封流体收容空間と連通するように形成され、複数の被密封流体收容ブロックの底部には、固定環と回転環との相対回転摺動によりポンピング作用を生起するポンピング部が形成され、複数の被密封流体收容ブロックの底部に形成されるポンピング部は、被密封流体を吸い込む方向に作用する吸入ポンピング部と被密封流体を吐き出す方向に作用する吐出ポンピング部を備えることを特徴としている。

明 細 書

発明の名称：メカニカルシール

技術分野

[0001] 本発明は、自動車、一般産業機械、あるいはその他のシール分野で用いられるメカニカルシール、たとえば、ウォータポンプのハウジングと回転軸とのシールに用いられるメカニカルシールに関する。

背景技術

[0002] メカニカルシールにおいて、密封性を長期的に維持させるためには、「密封」と「潤滑」という相反する条件を両立させなければならない。特に、近年においては、環境対策などのために、被密封流体の漏れ防止を図りつつ、機械的損失を低減させるべく、より一層、低摩擦化の要求が高まっている。低摩擦化の手法としては、回転により摺動面間に動圧を発生させ、液膜を介在させた状態で摺動する、いわゆる流体潤滑状態とすることにより達成できる。しかしながら、この場合、摺動面間に正圧が発生するため、流体が正圧部分から摺動面外へ流出する。この流体流出はシールの場合の漏れに該当する。

[0003] 本出願人らは、先に、摺動面間への被密封流体の導入及びその保持を良好にすることで、安定的かつ良好な潤滑性を得る、すなわち、過大な漏洩を発生させることなく、摩擦係数の低減を図るべく、静止用摺動材と回転用摺動材とが対向する各摺動面を相対回転摺動させて、当該相対回転摺動する摺動面の径方向一方側に存在する被密封流体をシールするメカニカルシールにおいて、摺動面に、相互に平行な複数の直線状の凹凸部が所定のピッチで所定の区画内に形成されたグレーティング部が、各々分離して複数形成されており、複数のグレーティング部の直線状の凹凸部は、当該凹凸部の方向が当該摺動面の摺動方向に対して所定の角度を成して傾斜するように形成されているメカニカルシール摺動材の発明を特許出願している（以下「従来技術1」という。特許文献1参照。）。

[0004] 一方、停止を伴う往復摺動特性に優れた摺動面構造を提供することを目的として、固体材料表面を成す鏡面部分の離散的な複数の領域のいずれの領域も全周が鏡面部分で囲まれて分けられ、鏡面部分は連続した一面である、複数の領域にグレーティング状の周期構造を形成した低摩擦摺動面の発明が知られている（以下「従来技術 2」という。特許文献 2 参照。）。

また、低摩擦を実現するとともになじみ過程の短縮化を図ることのできる摺動面構造を提供することを目的として、第 1 部材の摺動面と第 2 部材の摺動面とが潤滑剤下で相対的に摺動する摺動面構造であって、第 1 部材と第 2 部材との少なくともいずれか一方の摺動面に、複数の凹凸からなるグレーティング部を摺動方向に沿って複数個形成し、摺動方向に沿って隣り合うグレーティング部の周期構造の方向を摺動方向に対して対称とした摺動面構造の発明も知られている（以下「従来技術 3」という。特許文献 3 参照。）。

[0005] しかしながら、従来技術 1 は、図 1 4 に示されるように、グレーティング部 5 0 は、内径 R 1 及び外径 R 4 の摺動面 5 1 の半径 R 2 ~ R 3 の範囲に形成されるものであって、被密封流体側と連通させる点については記載されていないことから、メカニカルシールの起動時にグレーティング部 5 0 に被密封流体を積極的に取り込んでおくことは意図されておらず、また、起動後においても、グレーティング部 5 0 への被密封流体の取り込み量は十分とはいえない。さらに、グレーティング部 5 0 が、摺動面 5 1 と略面一に形成されていることから、起動時及び起動後においてグレーティング部 5 0 に取り込まれる被密封流体の量も限定されたものとなる。

[0006] また、従来技術 2 は、図 1 5 に示されるように、複数のグレーティング状の周期構造部 6 0 は、全周が鏡面部分 6 1 で囲まれて分けられ、鏡面部分 6 1 の区域外と連通していないことから、メカニカルシールに適用した場合、グレーティング状の周期構造部 6 0 が相対する摺動材により覆われ、被密封流体側と非連通となることから、メカニカルシールの起動時にグレーティング状の周期構造部 6 0 に鏡面部分 6 1 の区域外に存在する被密封流体を取り込んでおくことができず、また、起動後においても、グレーティング状の

周期構造部60への被密封流体の取り込み量は十分とはいえない。さらに、グレーティング状の周期構造部60を鏡面部分61より深いところに形成すると、保持できる油膜量が増大するが、摺動時に周期構造部60による側方漏れ防止効果が低下するため、あまり深くできないことが示唆されている。

要するに、従来技術2には、メカニカルシールとして使うことは示唆されておらず、また、仮にメカニカルシールに使うとしても、メカニカルシールの起動時にグレーティング状の周期構造部60に積極的に被密封流体を取り込み、かつ、大気側へ漏らさないという技術思想は開示されていない。

[0007] また、従来技術3は、図16(a)に示されるように、円盤体70の摺動面とリング体71の摺動面とが潤滑剤下で相対的に摺動する軸受などの摺動面構造であって、図16(b)に示すように、円盤体70の摺動面72に、全周が摺動面72で囲まれて分けられ、複数の凹凸からなるグレーティング部73a、73bを摺動方向に沿って複数個形成し、図16(c)に示すように、摺動方向に沿って隣り合うグレーティング部73a、73bの周期構造の方向を摺動方向に対して対称としたものであるが、軸受以外の摺動面にどのように適用するかは開示されておらず、仮に、メカニカルシールに適用するとしても、円盤体70の摺動面72のグレーティング部73a、73bが被密封流体側と連通される点について示されていないから、メカニカルシールの起動時及び起動後においてグレーティング部73a、73bに被密封流体を積極的に取り込むという技術思想が開示されているとはいえない。さらに、グレーティング部73a、73bは摺動面72と略面一に形成されていることから、グレーティング部73a、73bに被密封流体を取り込むことができず、起動時及び起動後において摺動面の潤滑を十分に行うことはできないという問題がある。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：再公表WO2009/087995号公報

特許文献2：特開2007-69300号公報

特許文献3：特開2009-14183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、従来技術の問題を解決するためになされたものであって、静止時に漏れず、回転初期を含み回転時には流体潤滑で作動するとともに漏れを防止し、密封と潤滑を両立させることのできるメカニカルシールを提供することを目的とするものである。

課題を解決するための手段

[0010] 上記目的を達成するため本発明のメカニカルシール、第1に、固定側に固定される円環状の固定環と、回転軸とともに回転する円環状の回転環とが対向して各摺動面を相対回転させることにより、当該相対回転摺動する前記摺動面の径方向の一方側に存在する被密封流体を密封するメカニカルシールにおいて、

前記固定環または回転環の摺動面のいずれか一方には、円周方向に分離された複数の被密封流体収容ブロックが被密封流体収容空間と連通するように形成され、

前記複数の被密封流体収容ブロックの底部には、固定環と回転環との相対回転摺動によりポンピング作用を生起するポンピング部が形成され、

前記複数の被密封流体収容ブロックの底部に形成されるポンピング部は、被密封流体を吸い込む方向に作用する吸入ポンピング部と被密封流体を吐出す方向に作用する吐出ポンピング部を備えることを特徴としている。

この特徴によれば、静止時には、固定環及び回転環の摺動面間は固体接触状態となるため、円周方向に連続した摺動面により漏れを防止することによりシール性が維持されるとともに、起動時には、被密封流体収容ブロック内の空間に被密封流体を取り込むことによってすばやく潤滑流体膜を形成することができ、摺動面の摺動トルクを低くし、摩耗を低減することができる。さらに、運転時には、吸入ポンピング部を備えた被密封流体収容ブロック内に被密封流体を取り込み、摺動面により分離された位置にある吐出ポンピン

グ部に摺動面を通して被密封流体を送り込み、この被密封流体を被密封流体側に戻すことにより、摺動面の潤滑性を確保するとともに、漏れを防止し、シール性を保つことができる。

[0011] また、本発明のメカニカルシールは、第2に、第1の特徴において、前記固定環及び回転環の摺動面のうち、径方向の幅が小さい方の摺動面に被密封流体収容ブロックが設けられる場合、該被密封流体収容ブロックは摺動面の径方向の一部であって、被密封流体収容空間と外周側または内周側を介して直接連通するように形成されることを特徴としている。

また、本発明のメカニカルシールは、第3に、第1の特徴において、前記固定環及び回転環の摺動面のうち、径方向の幅が大きい方の摺動面に被密封流体収容ブロックが設けられる場合、該被密封流体収容ブロックは摺動面の径方向の外方及び内方を残して一部に形成され、かつ、被密封流体収容ブロックの被密封流体側の一部が相対する摺動面で覆われないように形成されることを特徴としている。

第2、第3の特徴によれば、被密封流体収容ブロックに被密封流体を取り込み、または、被密封流体収容ブロックから被密封流体側に被密封流体を戻すことを容易に行うことができる。

[0012] また、本発明のメカニカルシールは、第4に、第1ないし第3のいずれかの特徴において、前記ポンピング部は、線状の凹凸の周期構造をしており、前記線状の凹凸は、当該凹凸の方向が当該摺動面の摺動方向に対して所定の角度傾斜するように形成されていることを特徴としている。

この特徴によれば、線状の凹凸の周期構造で所要のポンピング作用を得ることができるので、ポンピング部の形成を容易に行うことができる。

また、本発明のメカニカルシールは、第5に、第1ないし第4のいずれかの特徴において、前記複数の被密封流体収容ブロックの底部に形成されるポンピング部は、隣接する被密封流体収容ブロックの前記線状の凹凸の方向が当該摺動面の摺動方向に対して対称となるように形成されていることを特徴としている。

この特徴によれば、摺動面が正逆両方向に回転する場合に好適である。

[0013] また、本発明のメカニカルシールは、第6に、第1ないし第5のいずれかの特徴において、前記被密封流体収容ブロック及びポンピング部の線状の凹凸の周期構造は、ピコ秒またはフェムト秒レーザの照射により形成されることを特徴としている。

この特徴によれば、その方向性の制御が可能であり、加工位置の制御も可能であるため、離散的な小区画に分けて各区画ごとに所望の周期構造の形成ができる。

また、本発明のメカニカルシールは、第7に、第1ないし第5のいずれかの特徴において、前記被密封流体収容ブロック及びポンピング部の線状の凹凸の周期構造は、スタンプまたは刻印により形成されることを特徴としている。

この特徴によれば、線状の凹凸の周期構造を能率良く行うことができる。

また、本発明のメカニカルシールは、第8に、第1ないし第5のいずれかの特徴において、前記被密封流体収容ブロックはエッチングにより形成され、ポンピング部の線状の凹凸の周期構造は、ピコ秒またはフェムト秒レーザの照射により形成されることを特徴としている。

また、本発明のメカニカルシールは、第9に、第1ないし第5のいずれかの特徴において、前記被密封流体収容ブロックはメッキまたは成膜により形成され、ポンピング部の線状の凹凸の周期構造は、ピコ秒またはフェムト秒レーザの照射により形成されることを特徴としている。

第8及び第9の特徴によれば、被密封流体収容ブロックの形成及び線状の凹凸の周期構造の形成を、製造設備に適した手段で柔軟に行うことができる。

[0014] また、本発明のメカニカルシールは、第10に、第1ないし第8のいずれかの特徴において、前記固定環と回転環との摺動面間に形成される液膜厚さを h とした場合、摺動面からのポンピング部の凹凸の頂点を結ぶ仮想平面の深さ d_1 が、 $d_1 = 0.1h \sim 10h$ の範囲に設定され、また、ポンピング

部の凹凸の深さ d_2 が、 $d_2 = 0.1h \sim 1.0h$ の範囲に設定されることを特徴としている。

この特徴によれば、液膜厚さに応じた最適なポンピング部を得ることができる。

[0015] また、本発明のメカニカルシールは、第 11 に、第 1 ないし第 10 のいずれかの特徴において、前記吸入ポンピング部及び吐出ポンピング部は、側面視において線状の凹凸が円周方向または／及び径方向において、それぞれ任意に傾斜して形成されていることを特徴としている。

また、本発明のメカニカルシールは、第 12 に、第 11 の特徴において、前記吸入ポンピング部は、側面視において線状の凹凸が相手側摺動部材の回転方向に向かって次第に高くなるように形成され、吐出ポンピング部は、側面視において線状の凹凸が相手側摺動部材の回転方向に向かって次第に低くなるように形成されていることを特徴としている。

また、本発明のメカニカルシールは、第 13 に、第 11 または 12 の特徴において、前記吸入ポンピング部は、側面視において線状の凹凸が内周方向に向かって次第に低くなるように形成され、吐出ポンピング部は、側面視において線状の凹凸が外周方向に向かって次第に低くなるように形成されていることを特徴としている。

第 11 ないし第 13 の特徴によれば、吸入ポンピング部においては、より一層、被密封流体を取り込んで吐出ポンピング部に送り込むことができ、また、吐出ポンピング部においては、送り込まれた被密封流体を、より一層、被密封流体側に戻すことができる。

[0016] また、本発明のメカニカルシールは、第 14 に、第 4 ないし第 13 のいずれかの特徴において、前記複数の被密封流体収容ブロックの底部に形成されるポンピング部において、前記吸入ポンピング部のポンピング容量と吐出ポンピング部のポンピング容量とが同等、または、いずれか一方のポンピング容量が大きく設定されていることを特徴としている。

また、本発明のメカニカルシールは、第 15 に、第 4 ないし第 14 のい

れかの特徴において、前記複数の被密封流体収容ブロックの底部に形成されるポンピング部において、前記吐出ポンピング部の線状の凹凸のピッチが吸入ポンピング部の線状の凹凸のピッチより小さく形成されていることを特徴としている。

また、本発明のメカニカルシールは、第16に、第4ないし第15のいずれかの特徴において、前記複数の被密封流体収容ブロックの底部に形成されるポンピング部において、前記吐出ポンピング部の線状の凹凸の幅または深さが吸入ポンピング部の線状の凹凸の幅または深さより大きく形成されていることを特徴としている。

また、本発明のメカニカルシールは、第17に、第1ないし第16のいずれかの特徴において、前記複数の被密封流体収容ブロックの底部に形成されるポンピング部において、前記吐出ポンピング部の径方向の長さまたは円周方向の長さが吸入ポンピング部の径方向の長さまたは円周方向の長さより大きく形成されていることを特徴としている。

第14の特徴によれば、吸入ポンピング部のポンピング容量と吐出ポンピング部のポンピング容量とを同等、または、いずれか一方のポンピング容量を大きく設定することができるため、メカニカルシールの使用態様に応じて吸入または吐出のポンピング容量を自由に設定することができる。

また、第15ないし第17の特徴によれば、吐出ポンピング部の吐出容量が吸入ポンピング部の吸入容量より大きく設定されているため、吸入ポンピング部等からの流入する被密封流体は吐出ポンピング部から被密封流体側に戻され、大気側に漏洩することが防止される。

[0017] また、本発明のメカニカルシールは、第18に、第1ないし第17のいずれかの特徴において、前記複数の被密封流体収容ブロックの底部に形成されるポンピング部には親水化加工が施されていることを特徴としている。

この特徴によれば、被密封流体をポンピング部に導入し易く、また、防汚効果を奏する。さらに、ポンピング部に親水性コーティングを設けて堆積物の発生を防止することで漏れの予防につながる。

また、本発明のメカニカルシールは、第19に、第1ないし第18のいずれかの特徴において、前記固定環と回転環との摺動面の大気側の摺動部において、少なくともポンピング部の形成された摺動面の大気側の摺動部には撥水加工が施されていることを特徴としている。

この特徴によれば、大気側に被密封流体が漏洩することを一層防止することができる。

発明の効果

[0018] 本発明は、以下のような優れた効果を奏する。

(1) 上記第1～第5の特徴により、静止時には、固定環及び回転環の摺動面間は固体接触状態となるため、円周方向に連続した摺動面により漏れを防止することによりシール性が維持されるとともに、起動時には、被密封流体収容ブロック内の空間に被密封流体を取り込むことによってすばやく潤滑流体膜を形成することができ、摺動面の摺動トルクを低くし、摩耗を低減することができる。さらに、運転時には、吸入ポンピング部を備えた被密封流体収容ブロック内に被密封流体を取り込み、摺動面により分離された位置にある吐出ポンピング部に摺動面を通して被密封流体を送り込み、この被密封流体を被密封流体側に戻すことにより、摺動面の潤滑性を確保するとともに、漏れを防止し、シール性を保つことができる。

(2) 上記第6～第9の特徴により、ポンピング部の線状の凹凸の周期構造を、容易かつ正確に設けることができる。

(3) 上記第10の特徴により、上記(1)の効果を最良のものとすることができる。

(4) 上記第11～第13の特徴により、吸入ポンピング部においては、より一層、被密封流体を取り込んで吐出ポンピング部に送り込むことができ、吐出ポンピング部においては、送り込まれた被密封流体を、より一層、被密封流体側に戻すことができるため、シール性及び潤滑性を一層高めることができる。

(5) 上記第14の特徴によれば、吸入ポンピング部のポンピング容量と吐

出ポンピング部のポンピング容量とを同等、または、いずれか一方のポンピング容量を大きく設定することができるため、メカニカルシールの使用態様に応じて吸入または吐出のポンピング容量を自由に設定することができる。

また、上記第15ないし第17の特徴によれば、吐出ポンピング部の吐出容量が吸入ポンピング部の吸入容量より大きく設定されているため、吸入ポンピング部等からの流入する被密封流体は吐出ポンピング部から被密封流体側に戻され、大気側に漏洩することが防止される。

(6) 上記第18の特徴によれば、被密封流体をポンピング部に導入し易く、また、防汚効果を奏する。さらに、ポンピング部に親水性コーティングを設けて堆積物の発生を防止することで漏れの予防につながる。

(7) 上記第19の特徴によれば、大気側に被密封流体が漏洩することを一層防止することができる。

図面の簡単な説明

- [0019] [図1]一般産業機械用のメカニカルシールの一例を示す正面断面図である。
- [図2]ウォータポンプ用のメカニカルシールの一例を示す正面断面図である。
- [図3]本発明の実施形態1に係り、図1及び2に例示されるようなメカニカルシールにおいて、固定環及び回転環の摺動面のうち、径方向の幅が小さい方の固定環の摺動面に被密封流体収容ブロック及びポンピング部が形成される場合を示す平面図である。
- [図4]図3の被密封流体収容ブロック及びポンピング部を説明するものであって運転時の状態を示しており、図4(a)は要部の拡大平面図、図4(b)は図4(a)のX-X断面図である。
- [図5]図3及び図4の被密封流体収容ブロック及びポンピング部を説明するもので、被密封流体側から見た斜視図である。
- [図6]本発明の実施形態2に係り、図1及び2に例示されるようなメカニカルシールの固定環の摺動面に形成される被密封流体収容ブロック及びポンピング部を示すもので、摺動面に直交する面で切断した断面図である。
- [図7]本発明の実施形態3に係り、図1及び2に例示されるようなメカニカル

シールにおいて、固定環及び回転環の摺動面のうち、径方向の幅が大きい方の回転環の摺動面に被密封流体収容ブロック及びポンピング部が形成される場合を示す断面図である。

[図8]本発明の実施形態4に係り、ポンピング部の他の例を説明する平面図であって、固定環及び回転環の摺動面のうち、径方向の幅が小さい方の固定環の摺動面に被密封流体収容ブロック及びポンピング部が形成される場合の例を示している。

[図9]本発明の実施形態5に係り、ポンピング部の他の例を説明する平面図であって、固定環及び回転環の摺動面のうち、径方向の幅が小さい方の固定環の摺動面に被密封流体収容ブロック及びポンピング部が形成される場合の例を示している。

[図10]本発明の実施形態6に係り、ポンピング部の他の例を説明する被密封流体側から見た斜視図であって、固定環及び回転環の摺動面のうち、径方向の幅が小さい方の固定環の摺動面に被密封流体収容ブロック及びポンピング部が形成される場合の例を示している。

[図11]本発明の実施形態7に係り、ポンピング部及び摺動面の他の例を説明する平面図であって、固定環及び回転環の摺動面のうち、径方向の幅が小さい方の固定環の摺動面に被密封流体収容ブロック及びポンピング部が形成される場合の例を示している。

[図12]本発明の実施形態7に係り、ポンピング部及び摺動面の種々の例を説明する断面図であって、固定環及び回転環の摺動面のうち、径方向の幅が小さい方の固定環の摺動面に被密封流体収容ブロック及びポンピング部が形成される場合の例を示している。

[図13]本発明の実施形態7に係り、ポンピング部及び摺動面の種々の例を説明する断面図であって、固定環及び回転環の摺動面のうち、径方向の幅が大きい方の回転環の摺動面に被密封流体収容ブロック及びポンピング部が形成される場合の例を示している。

[図14]従来技術1を説明する平面図である。

[図15]従来技術 2 を説明する平面図である。

[図16]従来技術 3 を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0020] 本発明に係るメカニカルシールを実施するための形態を図面を参照しながら詳細に説明するが、本発明はこれに限定されて解釈されるものではなく、本発明の範囲を逸脱しない限りにおいて、当業者の知識に基づいて、種々の変更、修正、改良を加えうるものである。

[0021] 図 1 は、一般産業機械用のメカニカルシールの一例を示す正面断面図である。

図 1 のメカニカルシールは摺動面の外周から内周方向に向かって漏れようとする被密封流体を密封する形式のインサイド形式のものであって、被密封流体側のポンプインペラ（図示省略）を駆動させる回転軸 1 側にスリーブ 2 を介してこの回転軸 1 と一体的に回転可能な状態に設けられた円環状の回転環 3 と、ポンプのハウジング 4 に固定されたシールカバー 5 に非回転状態かつ軸方向移動可能な状態で設けられた円環状の固定環 6 とが、この固定環 6 を軸方向に付勢するベローズ 7 によって、ラッピング等によって鏡面仕上げされた摺動面 S 同士で密接摺動するようになっている。すなわち、このメカニカルシールは、回転環 3 と固定環 6 との互いの摺動面 S において、被密封流体が回転軸 1 の外周から大気側へ流出するのを防止するものである。

回転環 3 及び固定環 6 は、代表的には SiC（硬質材料）同士または SiC（硬質材料）とカーボン（軟質材料）の組み合わせで形成されるが、摺動材料にはメカニカルシール用摺動材料として使用されているものは適用可能である。SiC としては、ボロン、アルミニウム、カーボンなどを焼結助剤とした焼結体をはじめ、成分、組成の異なる 2 種類以上の相からなる材料、例えば、黒鉛粒子の分散した SiC、SiC と Si からなる反応焼結 SiC、SiC-TiC、SiC-TiN などがあり、カーボンとしては、炭素質と黒鉛質の混合したカーボンをはじめ、樹脂成形カーボン、焼結カーボン、などが利用できる。また、上記摺動材料以外では、金属材料、樹脂材料、表

面改質材料（コーティング材料）、複合材料なども適用できる。

[0022] 図2は、ウォータポンプ用のメカニカルシールの一例を示す正面断面図である。

図2のメカニカルシールは摺動面の外周から内周方向に向かって漏れようとする冷却水を密封する形式のインサイド形式のものであって、冷却水側のポンプインペラ（図示省略）を駆動させる回転軸1側にスリーブ2を介してこの回転軸1と一体的に回転可能な状態に設けられた円環状の回転環3と、ポンプのハウジング4に非回転状態かつ軸方向移動可能な状態で設けられた円環状の固定環6とが、この固定環6を軸方向に付勢するコイルドウェーブスプリング8及びベローズ9によって、ラッピング等によって鏡面仕上げされた摺動面S同士で密接摺動するようになっている。すなわち、このメカニカルシールは、回転環3と固定環6との互いの摺動面Sにおいて、冷却水が回転軸1の外周から大気側へ流出するのを防止するものである。

[0023] [実施形態1]

図3は、本発明の実施形態1に係り、図1及び2に例示されるようなメカニカルシールにおいて、固定環6及び回転環3の摺動面のうち、径方向の幅が小さい方の固定環6の摺動面Sに被密封流体収容ブロック及びポンピング部が形成される場合の一実施形態を示す平面図である。

図3において、固定環6の摺動面Sには、円周方向に分離された複数の被密封流体収容ブロック10が、摺動面Sの径方向の一部であって被密封流体収容空間と外周側12を介して直接連通するように形成されている。

なお、被密封流体側が回転環3及び固定環6の内側に存在するアウトサイド形のメカニカルシールの場合、被密封流体収容ブロック10は、摺動面Sの径方向の一部であって被密封流体収容空間と内周側を介して直接連通するように形成すればよい。

被密封流体収容ブロック10の径方向の幅aは、摺動面Sの径方向の幅Aのおよそ $1/3 \sim 2/3$ であり、また、被密封流体収容ブロック10の周方向の角度範囲bは、隣接する被密封流体収容ブロック10、10間に存在す

る摺動面の角度範囲Bと同じかやや大きく設定される。

[0024] メカニカルシールを低摩擦化させるためには、被密封流体の種類、温度などによるが、通常、摺動面間に $0.1\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ ほどの液膜が必要である。この液膜を得るために、上記したように、摺動面Sに、円周方向に独立した複数の被密封流体収容ブロック10が配置され、該複数の被密封流体収容ブロック10の底部には、固定環6と回転環3との相対回転摺動によりポンピング作用を生起するポンピング部11が形成されている。該ポンピング部11は、被密封流体を吸い込む方向に作用する吸入ポンピング部11aと被密封流体を吐き出す方向に作用する吐出ポンピング部11bとを備えている。

[0025] ポンピング部11の各々には、後記する図5で詳細に説明するように、相互に平行で一定のピッチの複数の線状の凹凸（本発明においては、「線状の凹凸の周期構造」ともいう。）が形成され、該凹凸は、例えば、フェムト秒レーザにより形成される微細な構造である。

なお、本発明において「線状の凹凸」には、直線状の凹凸の他、直線状の凹凸形成の過程で出現される多少彎曲された凹凸、または曲線状の凹凸も包含される。

[0026] 図4は、図3の被密封流体収容ブロック及びポンピング部を説明するものであって運転時の状態を示しており、図4(a)は要部の拡大平面図、図4(b)は図4(a)のX-X断面図である。

図4において、固定環6は実線で、また、相手側摺動部材である回転環3は二点差線で示されており、回転環3はR方向に回転する。

図4(a)に示すように、複数の被密封流体収容ブロック10は、円周方向において隣接する被密封流体収容ブロック10と摺動面Sにより分離され、また、大気側とも摺動面Sにより非連通となっている。また、図4(b)に示すように、被密封流体収容ブロック10は、摺動面Sの径方向の一部に形成されており、被密封流体を収容できるように凹状をなし、摺動面Sと段差を有し、被密封流体収容空間とは外周側12を介して直接連通している。

このため、静止時には、固定環 6 及び回転環 3 の摺動面間は固体接触状態となるため、円周方向に連続した摺動面によりシール性が維持されるとともに、起動時には、図 4 (a) において二点差線の矢印で示すように、被密封流体收容ブロック 10 へ被密封流体の取り込みが行われるようになっている。

さらに、図 4 (a) に示すように、ポンピング部 11 に形成される線状の凹凸 (図においては、線状の凹凸として代表的な直線状の凹凸を示している。以下同じ。) は、摺動面 S の摺動方向、換言すれば摺動面 S の回転接線方向に対して所定の角度 θ (曲線状の凹凸の場合は接線のなす角度である。以下同じ。) で傾斜するように形成される。所定の角度 θ は、摺動面 S の回転接線に対して内径方向及び外径方向の両方向において各々 $10^{\circ} \sim 80^{\circ}$ の範囲であることが好ましい。

[0027] 複数被密封流体收容ブロック 10 の各々におけるポンピング部 11 の線状の凹凸の回転接線に対する傾斜角度 θ は、全て同じであってもよいし、ポンピング部 11 ごとに異なってもよい。しかし、この傾斜角度 θ に応じて摺動面 S の摺動特性が影響を受けるので、要求される潤滑性や摺動条件等に応じて、適切な特定の傾斜角度 θ に各ポンピング部 11 の凹凸の傾斜角度を統一するのが安定した摺動特性を得るために有効である。

[0028] 従って、摺動面 S の回転摺動方向が一方向であれば、複数のポンピング部 11 の各々における凹凸の回転接線に対する傾斜角度 θ は、最適な特定の角度に規定される。

[0029] また、摺動面 S の回転摺動方向が正逆両方向であれば、一方の方向の回転の際に適切な摺動特性となる第 1 の角度で回転接線に対して傾斜する凹凸を有する第 1 のポンピング部と、それとは反対方向の回転の際に適切な摺動特性となる第 2 の角度で回転接線に対して傾斜する凹凸を有する第 2 のポンピング部とを混在させることが望ましい。そのような構成であれば、摺動面 S が正逆両方向に回転する際に、各々適切な摺動特性を得ることができる。

[0030] さらに具体的には、摺動面 S が正逆両方向に回転する場合には、吸入ポン

ピング部 1 1 a と吐出ポンピング部 1 1 b との各凹凸の傾斜角度 θ は、回転接線に対して対称となるような角度となるように形成しておくのが好適である。

また、吸入ポンピング部 1 1 a と吐出ポンピング部 1 1 b とは、摺動面 S の周方向に沿って交互に配置されるように形成するのが好適である。

図 1 及び図 2 に示す摺動面 S は、そのような摺動面 S が両方向へ回転する場合に好適な摺動面 S の構成である。

なお、吸入ポンピング部 1 1 a と吐出ポンピング部 1 1 b とは、摺動面 S の周方向に沿って交互に配置されなくてもよく、例えば、吸入ポンピング部 1 1 a が 2 個、吐出ポンピング部 1 1 b が 1 個の割合で配置されても、あるいは、逆の割合で配置されてもよい。

[0031] 相互に平行で一定のピッチの複数の線状の凹凸を精度よく所定のピッチで配置した構造（線状の凹凸の周期構造）であるポンピング部 1 1 は、例えば、フェムト秒レーザを用いて、摺動面 S の所定の領域に厳密に区画分けされ、さらに各区画において凹凸の方向を精度よくコントロールして形成される。

加工しきい値近傍の照射強度で直線偏光のレーザを基板に照射すると、入射光と基板の表面に沿った散乱光又はプラズマ波の干渉により、波長オーダーのピッチと溝深さを持つ凹凸状の周期構造が偏光方向に直交して自己組織的に形成される。この時、フェムト秒レーザをオーバーラップさせながら操作を行うことにより、その周期構造パターンを表面に形成することができる。

[0032] このようなフェムト秒レーザを利用した線状の凹凸の周期構造では、その方向性の制御が可能であり、加工位置の制御も可能であるため、離散的な小区画に分けて各区画ごとに所望の周期構造の形成ができる。すなわち、円環状のメカニカルシール摺動材の摺動面を回転させながらこの方法を用いれば、摺動面に選択的に微細な周期パターンを形成することができる。そしてまたフェムト秒レーザを利用した加工方法では、メカニカルシールの潤滑性向

上及び漏洩低減に有効なサブミクロンオーダーの深さの凹凸の形成が可能である。

[0033] 前記被密封流体収容ブロック10及び線状の凹凸の周期構造の形成は、フェムト秒レーザに限らず、ピコ秒レーザや電子ビームを用いてもよい。また、前記被密封流体収容ブロック10及び線状の凹凸の周期構造の形成は、線状の凹凸の周期構造を備えた型を用いて円環状のメカニカルシール摺動材の摺動面を回転させながらスタンプ又は刻印することにより行われてもよい。

さらに、前記被密封流体収容ブロック10及び線状の凹凸の周期構造の形成は、エッチングで行い、その後、フェムト秒レーザなどにより被密封流体収容ブロック底部に線状の凹凸の周期構造を形成させてもよい。さらに、フェムト秒レーザなどにより、摺動面に線状の凹凸の周期構造のみ形成させ、その後、線状の凹凸の周期構造が形成されていない摺動面にメッキあるいは成膜を行うことで、被密封流体収容ブロック10を形成させてもよい。

[0034] 図5は、図3及び図4の被密封流体収容ブロック及びポンピング部を説明するもので、被密封流体側から見た斜視図である。

固定環6と回転環3との摺動面間には、図4(b)に示すように、回転初期から運転時において、厚さ $0.1\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ の液膜 h が形成されるが、その場合、ポンピング部11において、凹凸の頂点を結ぶような仮想平面をとると、該仮想平面は液膜 h に応じて摺動面 S より $d_1 = 0.1h\sim 10h$ 低く設定され、仮想平面が摺動面 S と段差 d_1 を形成する形状となっている。この段差 d_1 により形成された被密封流体収容ブロック10内の空間に被密封流体が取り込まれ、十分な液膜が形成される。しかし、十分な液膜を形成するだけでは圧力差により漏れが発生することになる。このため、被密封流体収容ブロック10の底部には、被密封流体が大気側に漏れないように液体の流れを生起させるポンピング部11が形成されているのである。

フェムト秒レーザによる場合には、まず、被密封流体収容ブロック10が形成され、その後続いて、ポンピング部11が形成される。

また、凹凸の頂点と底部との深さ d_2 は、 $d_2 = 0.1h\sim 10h$ の範囲

が望ましい。

ポンピング部 11 の線状の凹凸のピッチ p は、被密封流体の粘度に応じて設定されるが、 $0.1 \mu\text{m} \sim 100 \mu\text{m}$ が望ましい。被密封流体の粘度が高い場合、溝内に流体が十分に入り込めるようにピッチ p を大きくした方がよい。

なお、図 5 において、ポンピング部 11 は、円周方向及び径方向において、軸と直交する面と平行に形成されている。

[0035] 上記のように、静止時には、固定環 6 及び回転環 3 の摺動面間は固体接触状態となるため、円周方向に連続した摺動面 S により漏れを防止することによりシール性が維持されるとともに、起動時には、被密封流体収容ブロック 10 内の空間に被密封流体を取り込むことによってすばやく潤滑流体膜を形成することができ、摺動面 S の摺動トルクを低くし摩耗を低減することができる。さらに、運転時には、吸入ポンピング部 11 a を備えた被密封流体収容ブロック 10 内に被密封流体を取り込み、この被密封流体を摺動面 S を介して分離された位置にある吐出ポンピング部 11 b を備えた被密封流体収容ブロック 10 に送り込み、吐出ポンピング部 11 b の作用により該被密封流体収容ブロック 10 からこの被密封流体を被密封流体側に戻すものである（図 4 (a) の二点差線で示す矢印参照。）。このような被密封流体の流れを通じて、摺動面 S の潤滑性を確保するとともに、漏れを防止し、シール性を保つことができる。特に、ポンピング部 11 の凹凸の頂点を結ぶ仮想平面が摺動面 S より低く設定され、仮想平面が摺動面 S と段差 d_1 を有する形状となっていることにより、起動時に段差 d_1 により形成された空間に被密封流体を取り込むことによってすばやく潤滑流体膜を形成することができる。

[0036] [実施形態 2]

図 6 は、本発明の実施形態 2 に係り、図 1 及び 2 に例示されるようなメカニカルシールの固定環 6 の摺動面 S に形成される被密封流体収容ブロック 10 及びポンピング部 11 を示す断面図である。

実施形態 1 において、ポンピング部 11 は、円周方向及び径方向において

軸と直交する面と平行に形成されているが、図6においては、被密封流体収容ブロック10の底部に形成される吸入ポンピング部11aは、周方向において、その線状の凹凸が相手側摺動材である回転環3の回転方向Rに向かって次第に高くなるように形成され、吐出ポンピング部11bは、その線状の凹凸が相手側摺動材である回転環3の回転方向Rに向かって次第に低くなるように形成されている。

このように、線状の凹凸が、平面から見た際の回転接線に対する傾斜に加えて、側面から見ても周方向に傾斜して形成されていることから、吸入ポンピング部11aにおいては、より一層、被密封流体を取り込んで吐出ポンピング部11bに送り込むことができ、また、吐出ポンピング部11bにおいては、送り込まれた被密封流体を、より一層、被密封流体側に戻すことができる。

本例の場合、前記固定環と回転環との摺動面間に形成される液膜厚さを h とした場合、摺動面からのポンピング部の凹凸の頂点を結ぶ仮想平面の最深部及び最浅部の深さが、 $0.1h \sim 10h$ の範囲内に入るように設定されればよい。

[0037] 被密封流体収容ブロック10の底部に形成されるポンピング11は、円周方向または／及び径方向において、必要に応じて、任意に傾斜させることができる。例えば、図3に示すようにポンピング部11が形成される場合、吸入ポンピング部11aは、径方向内側に向かって次第に低くなるように形成されて被密封流体を吸い込み易くし、吐出ポンピング部11bは、径方向内側に向かって次第に高くなるように形成されて被密封流体を吐出し易くすることが考えられる。

本例の場合も、前記固定環と回転環との摺動面間に形成される液膜厚さを h とした場合、摺動面からのポンピング部の凹凸の頂点を結ぶ仮想平面の最深部及び最浅部の深さが、 $0.1h \sim 10h$ の範囲内に入るように設定されればよい。

[0038] [実施形態3]

図7は、本発明の実施形態3に係り、図1及び2に例示されるようなメカニカルシールにおいて、固定環及び回転環の摺動面のうち、径方向の幅が大きい方の回転環の摺動面に被密封流体収容ブロック及びポンピング部が形成される場合の一実施形態を示す平面図である。

図7において、回転環3及び固定環6の摺動面のうち、径方向の摺動面の幅が大きい回転環3の摺動面Sに、円周方向に分離された複数の被密封流体収容ブロック10が形成されている。これら複数の被密封流体収容ブロック10は、摺動面Sの径方向の外方及び内方を残して一部に形成され、かつ、被密封流体収容ブロック10の被密封流体側の一部が相対する固定環6の摺動面Sで覆われないように形成されるものである。このため、静止時のシール性が維持されるとともに、起動時においては、被密封流体収容ブロック10へ被密封流体が取り込まれるものである。

なお、被密封流体側が回転環3及び固定環6の内側に存在するアウトサイド形のメカニカルシールの場合、被密封流体収容ブロック10の径方向内側の一部が相対する固定環6の摺動面により覆われないように配置すればよい。

[0039] [実施形態4]

図8は、本発明の実施形態4に係り、ポンピング部の他の例を説明する平面図であって、固定環及び回転環の摺動面のうち、径方向の幅が小さい方の固定環の摺動面に被密封流体収容ブロック及びポンピング部が形成される場合の例を示している。

メカニカルシールの摺動面Sに同じ容量の吸入ポンピング部11a及び吐出ポンピング部11bが形成されている場合、両回転方向のメカニカルシールで利用できるメリットはあるが、被密封流体の圧力が高い場合、吐出ポンピング部11bからの吐出量より吸入ポンピング部11a等からの流入量が上回り漏れ量が増加する恐れがある。

[0040] 図8(a)では、吐出ポンピング部11bの線状の凹凸のピッチPbが吸入ポンピング部11aの線状の凹凸のピッチPaより小さく形成され、吐出

ポンピング部 1 1 b の吐出容量が吸入ポンピング部 1 1 a の吸入容量より大きく設定されている。このため、吸入ポンピング部 1 1 a 等から流入する被密封流体は吐出ポンピング部 1 1 b から被密封流体側に吐出され、大気側に漏洩することが防止される。

また、図 8 (b) では、吐出ポンピング部 1 1 b の線状の凹凸の幅または深さが吸入ポンピング部 1 1 a の線状の凹凸の幅または深さより大きく形成され、吐出ポンピング部 1 1 b の吐出容量が吸入ポンピング部 1 1 a の吸入容量より大きく設定されている。このため、吸入ポンピング部 1 1 a 等からの流入する被密封流体は吐出ポンピング部 1 1 b から被密封流体側に戻され、大気側に漏洩することが防止される。

[0041] [実施形態 5]

図 9 は、本発明の実施形態 5 に係り、ポンピング部の他の例を説明する平面図であって、固定環及び回転環の摺動面のうち、径方向の幅が小さい方の固定環の摺動面に被密封流体収容ブロック及びポンピング部が形成される場合の例を示している。

メカニカルシールの摺動面 S に同じ容量の吸入ポンピング部 1 1 a 及び吐出ポンピング部 1 1 b が形成されている場合、両回転方向のメカニカルシールで利用できるメリットはあるが、被密封流体の圧力が高い場合、吐出ポンピング部 1 1 b からの吐出量より吸入ポンピング部 1 1 a 等からの流入量が上回り漏れ量が増加する恐れがある。

[0042] 図 9 (a) では、吸入ポンピング部 1 1 a 及び吐出ポンピング部 1 1 b の周方向の長さ a は同じであるが、吐出ポンピング部 1 1 b の径方向の長さ b' が吸入ポンピング部 1 1 a の径方向の長さ b より大きく形成され、吐出ポンピング部 1 1 b の吐出容量が吸入ポンピング部 1 1 a の吸入容量より大きく設定されている。このため、吸入ポンピング部 1 1 a 等からの流入する被密封流体は吐出ポンピング部 1 1 b から被密封流体側に戻され、大気側に漏洩することが防止される。

また、図 9 (b) では、吸入ポンピング部 1 1 a 及び吐出ポンピング部 1

1 bの径方向の長さbは同じであるが、吐出ポンピング部1 1 bの周方向の長さa'が吸入ポンピング部1 1 aの周方向の長さaより大きく形成され、吐出ポンピング部1 1 bの吐出容量が吸入ポンピング部1 1 aの吸入容量より大きく設定されている。このため、吸入ポンピング部1 1 a等からの流入する被密封流体は吐出ポンピング部1 1 bから被密封流体側に戻され、大気側に漏洩することが防止される。

さらに、図示されていないが、吐出ポンピング部1 1 bの周方向の長さまたは径方向の長さを吸入ポンピング部1 1 aの周方向の長さまたは径方向の長さより大きく形成し、吐出ポンピング部1 1 bの吐出容量を吸入ポンピング部1 1 aの吸入容量より大きく設定してもよい。

[0043] [実施形態6]

図10は、本発明の実施形態6に係り、ポンピング部の他の例を説明する被密封流体側から見た斜視図であって、固定環及び回転環の摺動面のうち、径方向の幅が小さい方の固定環の摺動面に被密封流体収容ブロック及びポンピング部が形成される場合の例を示している。

被密封流体収容ブロック10の底部に形成されたポンピング部11は被密封流体に連通する構成となっているが、被密封流体収容ブロック10の深さは極浅いことから吸入ポンピング部11aの被密封流体が入り込みにくく、また、摺動面Sの隙間が狭いため、吸入ポンピング部11aから出た被密封流体が吐出ポンピング部11bに入り込む際も入り込みにくいと想定される。一方、ポンピング部11がその能力を発揮するためには、ポンピング部11に被密封流体が流れ込みやすいことが必要である。

[0044] 図10では、被密封流体収容ブロック10の底部に形成されるポンピング部11（吸入ポンピング部11a及び吐出ポンピング部11b）の凹凸部の表面に沿って親水化加工が施され、濡れ性を制御することでポンピング部11に被密封流体が流れ込みやすくなるように改善されている。

なお、図10において、親水化加工が施されていることを示すハッチングがポンピング部11の凹部を埋めているように見られる恐れがあるが、ハッ

チングは凹凸部の表面に沿って付されているのであり、ポンピング部 1 1 の親水化加工は凹凸部の表面に沿って施されているものである。

この親水化の手段としては、以下のものがある。

- (1) 親水性の物質をコーティングすることによる親水化
- (2) 表面を極微細に粗し（凹凸を増やし）表面積を増加させることによる親水化
- (3) 光触媒（プラズマ処理を含む）などを用いた化学反応による親水化

[0045] 親水性の物質をコーティングする場合における親水性コーティング材料としては、シリカ、アルミナ、ジルコニア及びチタニアなどのセラミックス、脂肪酸エステル、脂肪酸エーテル、硫酸エステル、リン酸エステル及びサルフェート類などの有機物、並びに、表面に親水性基（脂肪酸、カルボン酸残基など）を持つものが挙げられる。

また、コーティング方法としては、塗布、ゾルーゲル法、プラズマ処理、PVD、CVD及びショットピーニングがあり、光触媒を用いた方法も可能である。

[0046] ポンピング部 1 1 に親水性コーティングを設けた場合、被密封流体をポンピング部 1 1 に導入し易く、また、防汚効果がある。さらに、ポンピング部 1 1 に堆積物が付着すると漏れにつながるため、親水性コーティングを設けて堆積物の発生を防止することで漏れの予防につながる。

[0047] [実施形態 7]

図 1 1 ないし図 1 3 を参照しながら、本発明の実施形態 7 について説明する。

図 1 1 は、固定環及び回転環の摺動面のうち、径方向の幅が小さい方の固定環の摺動面に被密封流体収容ブロック及びポンピング部が形成される場合の例を示しているものであって、摺動面 S の大気側の摺動部には環状の撥水性コーティング 1 6 が設けられている。

なお、図 1 1 では、ポンピング部 1 1（吸入ポンピング部 1 1 a 及び吐出ポンピング部 1 1 b）には実施形態 6 で示した親水性コーティング 1 5 が設け

られている場合を示しているが、必ずしも必要ではなく、撥水性コーティング 16 が単独で設けられてもよいことはもちろんである。

図 11 の例では、吸入ポンピング部 11 a 及び吐出ポンピング部 11 b は親水性であるから被密封流体の導入が促進され、摺動面 S の潤滑性が良好になり、また、大気側の摺動部は撥水性であるから大気側に被密封流体が漏洩することが防止される。

[0048] 図 12 は、固定環及び回転環の摺動面のうち、径方向の幅が小さい方の固定環の摺動面に被密封流体収容ブロック及びポンピング部が形成される場合の種々の撥水性コーティングの例を示したものである。

図 12 (a) では、ポンピング部 11 に親水性コーティング 15 が設けられ、ポンピング部 11 の設けられた摺動面 S の大気側の摺動部に環状の撥水性コーティング 16 が設けられている。撥水性コーティング 16 が設けられた摺動面には撥水性コーティング 16 の厚さ分の段差ができるが、撥水性コーティング 16 の厚さが摺動面 S の液膜の厚さ程度であればシール性に影響はない。

図 12 (b) では、ポンピング部 11 の設けられた摺動面 S の大気側の摺動部には撥水性コーティング 16 の厚さ分だけ削られた環状凹部が形成され、その環状凹部に撥水性コーティング 16 が設けられている。このため、摺動面 S は面一となり段差はない。

図 12 (c) では、ポンピング部 11 の設けられた摺動面 S の大気側の摺動部には撥水性コーティング 16 の厚さ以上に削られた環状凹部が形成され、その環状凹部に撥水性コーティング 16 が設けられている。この場合、撥水性コーティング 16 は相手側摺動材と非接触となるが、 $1\ \mu\text{m}$ 以下の隙間であれば被密封流体の漏洩は十分防止可能である。

図 12 (d) では、それぞれの摺動面 S の大気側の摺動部には撥水性コーティング 16 の厚さ分だけ削られた環状凹部が形成され、その環状凹部に撥水性コーティング 16 が設けられている。この場合、大気側への被密封流体の漏洩は一層防止される。

[0049] 図 13 は、固定環及び回転環の摺動面のうち、径方向の幅が大きい方の回

転環の摺動面に被密封流体収容ブロック及びポンピング部が形成される場合の種々の撥水性コーティングの例を示したものである。

図13(a)では、ポンピング部11に親水性コーティング15が設けられ、ポンピング部11の設けられた摺動面Sの大気側の摺動部に環状の撥水性コーティング16が設けられている。撥水性コーティング16が設けられた摺動面には撥水性コーティング16の厚さ分の段差ができるが、撥水性コーティング16の厚さが摺動面Sの液膜の厚さ程度であればシール性に影響はない。

図13(b)では、ポンピング部11の設けられた摺動面Sの大気側の摺動部には撥水性コーティング16の厚さ分だけ削られた環状凹部が形成され、その環状凹部に撥水性コーティング16が設けられている。このため、摺動面Sは面一となり段差はない。

図13(c)では、ポンピング部11の設けられた摺動面Sの大気側の摺動部には撥水性コーティング16の厚さ以上に削られた環状凹部が形成され、その環状凹部に撥水性コーティング16が設けられている。この場合、撥水性コーティング16は相手側摺動材と非接触となるが、 $1\mu\text{m}$ 以下の隙間であれば被密封流体の漏洩は十分防止可能である。

図13(d)では、それぞれの摺動面Sの大気側の摺動部には撥水性コーティング16の厚さ分だけ削られた環状凹部が形成され、その環状凹部に撥水性コーティング16が設けられている。この場合、大気側への被密封流体の漏洩は一層防止される。

[0050] 以上、本発明の実施の形態を図面により説明してきたが、具体的な構成はこれら実施の形態に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲における変更や追加があっても本発明に含まれる。

[0051] 例えば、前記実施形態4及び5では、複数の被密封流体収容ブロックの底部に形成されるポンピング部において、吐出ポンピング部のポンピング容量が吸入ポンピング部のポンピング容量より大きい場合について説明しているが、メカニカルシールの使用態様によっては、ある程度の漏れが許容される場合もあり、そのような場合には、潤滑に重きをおいて吸入ポンピング部の

ポンピング容量を吐出ポンピング部のポンピング容量より大きく設定してもよい。

符号の説明

[0052]	1	回転軸
	2	スリーブ
	3	回転環
	4	ハウジング
	5	シールカバー
	6	固定環
	7	ベローズ
	8	コイルドウェーブスプリング
	9	ベローズ
	10	被密封流体収容ブロック
	11	ポンピング部
	11 a	吸入ポンピング部
	11 b	吐出ポンピング部
	12	外周側
	15	親水性コーティング
	16	撥水性コーティング
	S	摺動面

請求の範囲

- [請求項1] 固定側に固定される円環状の固定環と、回転軸とともに回転する円環状の回転環とが対向して各摺動面を相対回転させることにより、当該相対回転摺動する前記摺動面の径方向の一方側に存在する被密封流体を密封するメカニカルシールにおいて、
- 前記固定環または回転環の摺動面のいずれか一方には、円周方向に分離された複数の被密封流体収容ブロックが被密封流体収容空間と連通するように形成され、
- 前記複数の被密封流体収容ブロックの底部には、固定環と回転環との相対回転摺動によりポンピング作用を生起するポンピング部が形成され、
- 前記複数の被密封流体収容ブロックの底部に形成されるポンピング部は、被密封流体を吸い込む方向に作用する吸入ポンピング部と被密封流体を吐き出す方向に作用する吐出ポンピング部を備えることを特徴とするメカニカルシール。
- [請求項2] 前記固定環及び回転環の摺動面のうち、径方向の幅が小さい方の摺動面に被密封流体収容ブロックが設けられる場合、該被密封流体収容ブロックは摺動面の径方向の一部であって、被密封流体収容空間と外周側または内周側を介して直接連通するように形成されることを特徴とする請求項1記載のメカニカルシール。
- [請求項3] 前記固定環及び回転環の摺動面のうち、径方向の幅が大きい方の摺動面に被密封流体収容ブロックが設けられる場合、該被密封流体収容ブロックは摺動面の径方向の外方及び内方を残して一部に形成され、かつ、被密封流体収容ブロックの被密封流体側の一部が相対する摺動面で覆われないように形成されることを特徴とする請求項1記載のメカニカルシール。
- [請求項4] 前記ポンピング部は、線状の凹凸の周期構造をしており、前記線状の凹凸は、当該凹凸の方向が当該摺動面の摺動方向に対して所定の角

度傾斜するように形成されていることを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載のメカニカルシール。

[請求項5] 前記複数の被密封流体収容ブロックの底部に形成されるポンピング部は、隣接する被密封流体収容ブロックの前記線状の凹凸の方向が当該摺動面の摺動方向に対して対称となるように形成されていることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載のメカニカルシール。

[請求項6] 前記被密封流体収容ブロック及びポンピング部の線状の凹凸の周期構造は、ピコ秒レーザまたはフェムト秒レーザの照射により形成されることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載のメカニカルシール。

[請求項7] 前記被密封流体収容ブロック及びポンピング部の線状の凹凸の周期構造は、スタンプまたは刻印により形成されることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載のメカニカルシール。

[請求項8] 前記被密封流体収容ブロックはエッチングにより形成され、ポンピング部の線状の凹凸の周期構造は、ピコ秒レーザまたはフェムト秒レーザの照射により形成されることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載のメカニカルシール。

[請求項9] 前記被密封流体収容ブロックはメッキまたは成膜により形成され、ポンピング部の線状の凹凸の周期構造は、ピコ秒レーザまたはフェムト秒レーザの照射により形成されることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載のメカニカルシール。

[請求項10] 前記固定環と回転環との摺動面間に形成される液膜厚さを h とした場合、摺動面からのポンピング部の凹凸の頂点を結ぶ仮想平面の深さ d_1 が、 $d_1 = 0.1h \sim 1.0h$ の範囲に設定され、また、ポンピング部の凹凸の深さ d_2 が、 $d_2 = 0.1h \sim 1.0h$ の範囲に設定されることを特徴とする請求項 1 ないし 8 のいずれか 1 項に記載のメカニカルシール。

- [請求項11] 前記吸入ポンピング部及び吐出ポンピング部は、側面視において線状の凹凸が円周方向または／及び径方向において、それぞれ任意に傾斜して形成されていることを特徴とする請求項1ないし10のいずれか1項に記載のメカニカルシール。
- [請求項12] 前記吸入ポンピング部は、側面視において線状の凹凸が相手側摺動部材の回転方向に向かって次第に高くなるように形成され、吐出ポンピング部は、側面視において線状の凹凸が相手側摺動部材の回転方向に向かって次第に低くなるように形成されていることを特徴とする請求項11に記載のメカニカルシール。
- [請求項13] 前記吸入ポンピング部は、側面視において線状の凹凸が内周方向に向かって次第に低くなるように形成され、吐出ポンピング部は、側面視において線状の凹凸が外周方向に向かって次第に低くなるように形成されていることを特徴とする請求項11または12に記載のメカニカルシール。
- [請求項14] 前記複数の被密封流体収容ブロックの底部に形成されるポンピング部において、前記吸入ポンピング部のポンピング容量と吐出ポンピング部のポンピング容量とが同等、または、いずれか一方のポンピング容量が大きく設定されていることを特徴とする請求項1ないし13のいずれか1項に記載のメカニカルシール。
- [請求項15] 前記複数の被密封流体収容ブロックの底部に形成されるポンピング部において、前記吐出ポンピング部の線状の凹凸のピッチが吸入ポンピング部の線状の凹凸のピッチより小さく形成されていることを特徴とする請求項4ないし14のいずれか1項に記載のメカニカルシール。
- [請求項16] 前記複数の被密封流体収容ブロックの底部に形成されるポンピング部において、前記吐出ポンピング部の線状の凹凸の幅または深さが吸入ポンピング部の線状の凹凸の幅または深さより大きく形成されていることを特徴とする請求項4ないし15のいずれか1項に記載のメカ

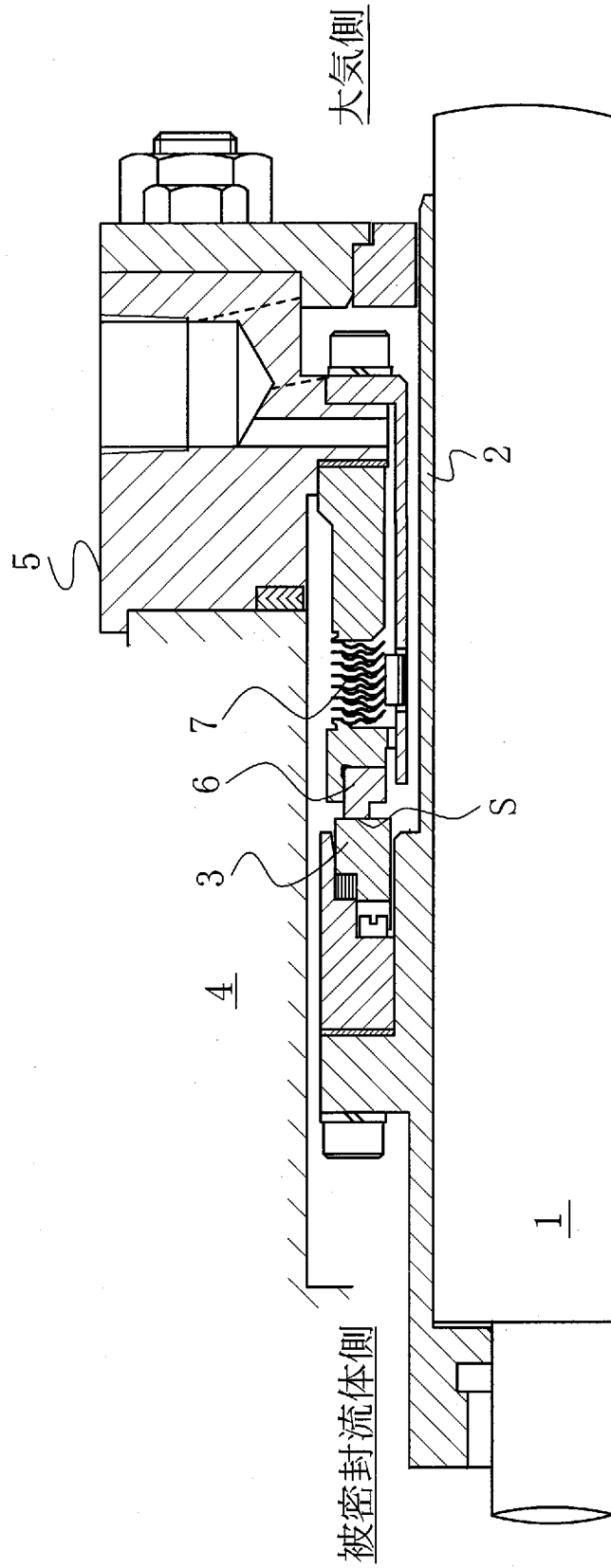
ニカルシール。

[請求項17] 前記複数の被密封流体収容ブロックの底部に形成されるポンピング部において、前記吐出ポンピング部の径方向の長さまたは円周方向の長さが吸入ポンピング部の径方向の長さまたは円周方向の長さより大きく形成されていることを特徴とする請求項1ないし16のいずれか1項に記載のメカニカルシール。

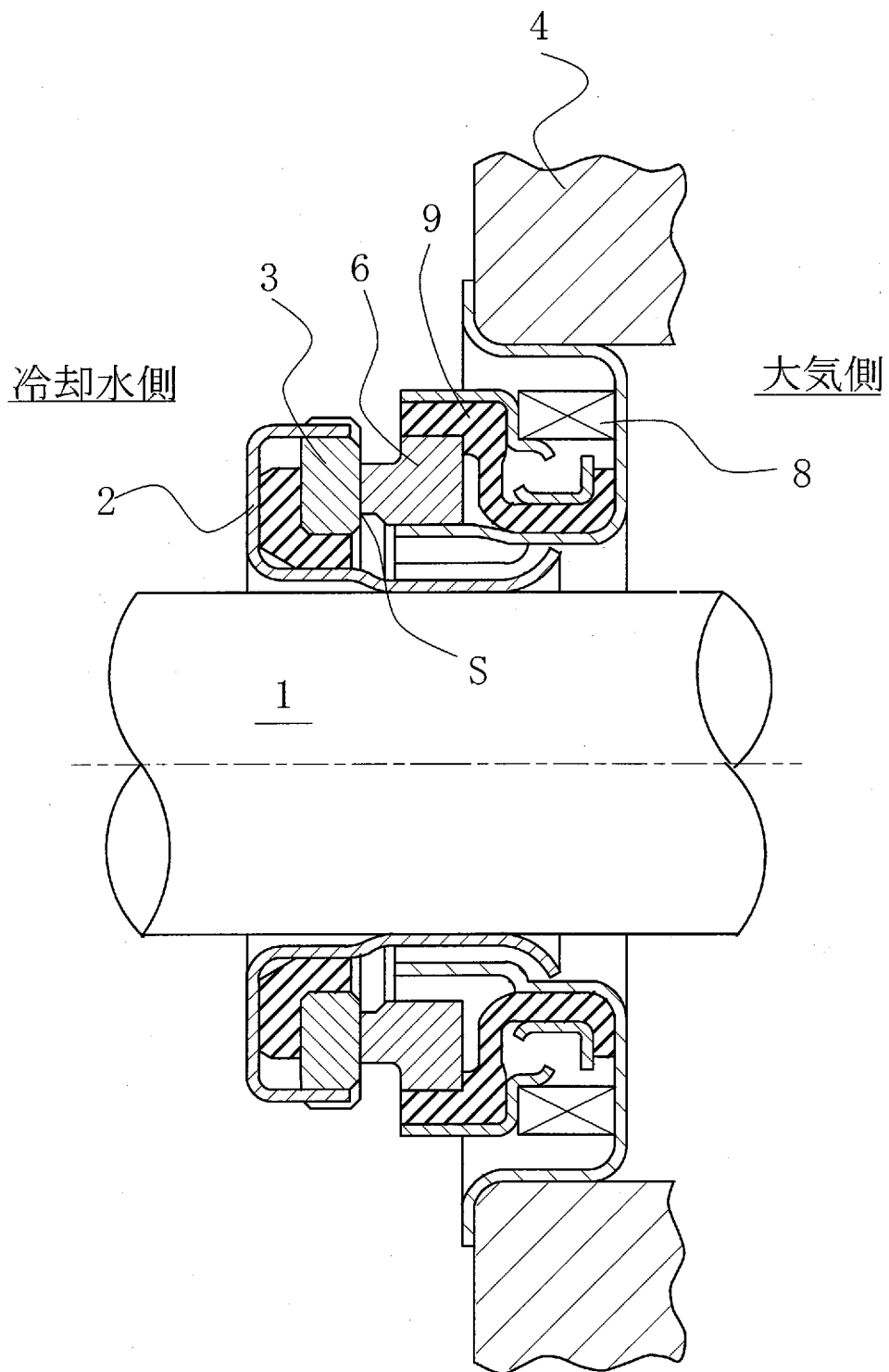
[請求項18] 前記複数の被密封流体収容ブロックの底部に形成されるポンピング部には親水化加工が施されていることを特徴とする請求項1ないし17のいずれか1項に記載のメカニカルシール。

[請求項19] 前記固定環と回転環との摺動面の大気側の摺動部において、少なくともポンピング部の形成された摺動面の大気側の摺動部には撥水化加工が施されていることを特徴とする請求項1ないし18のいずれか1項に記載のメカニカルシール。

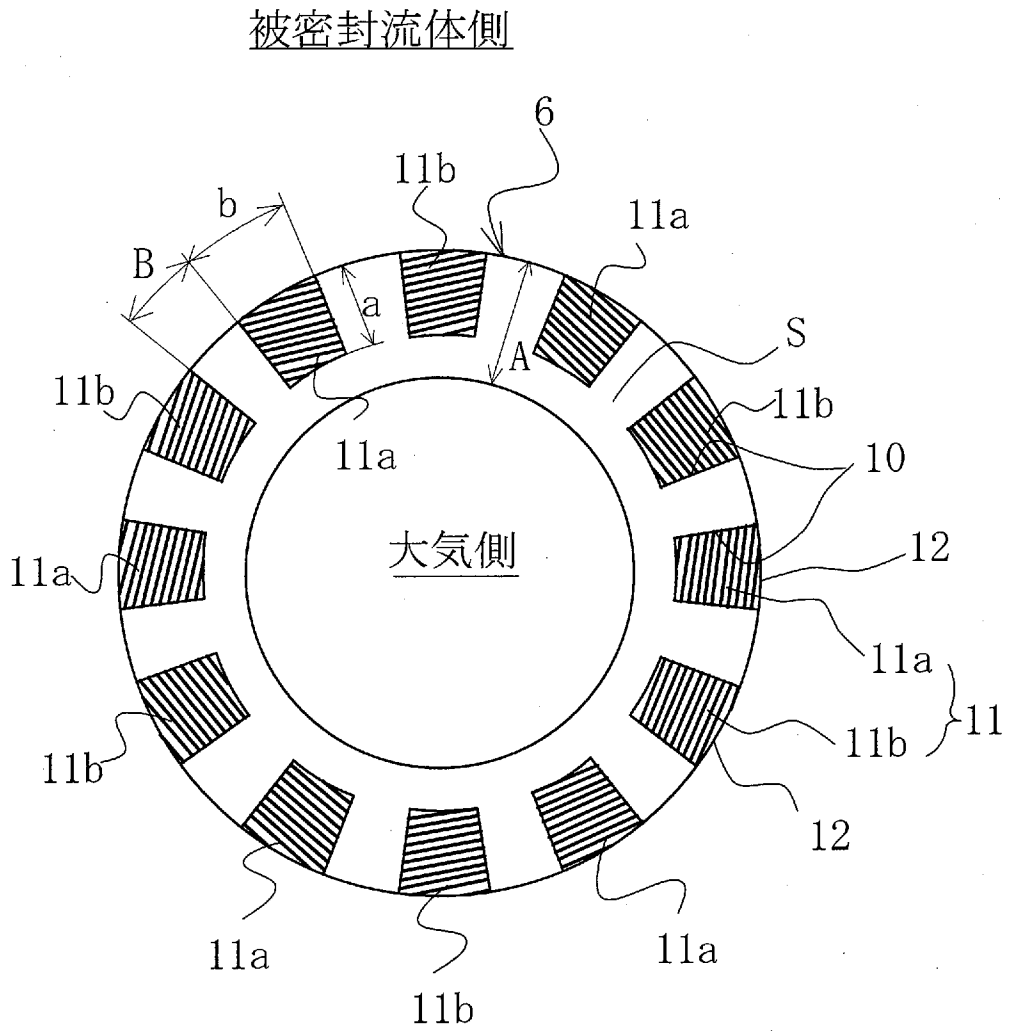
[図1]



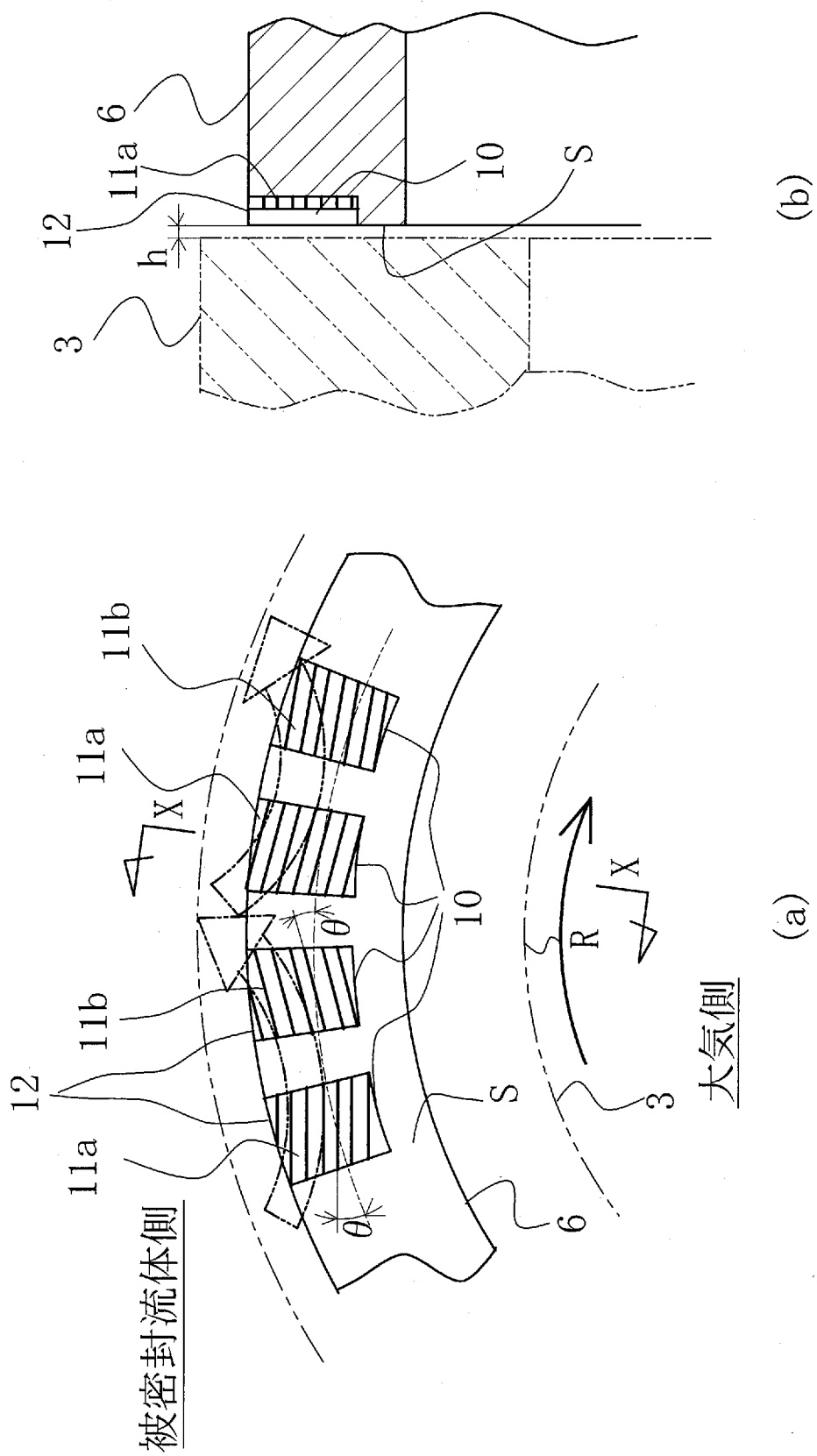
[図2]



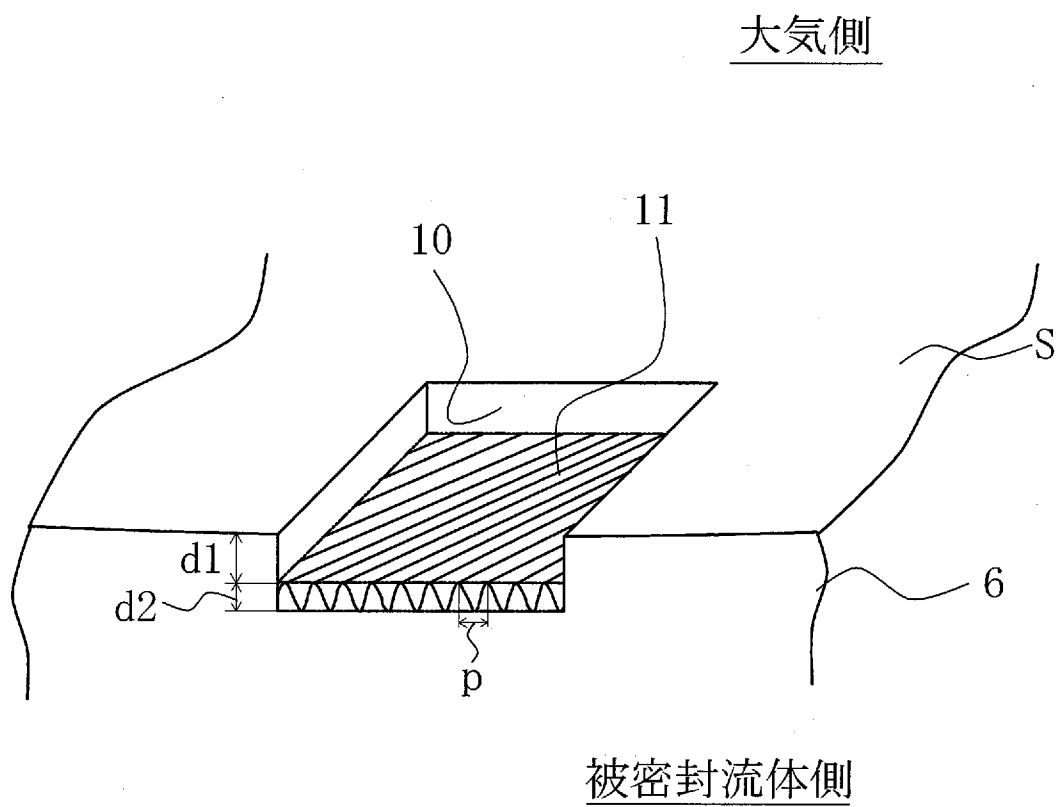
[図3]



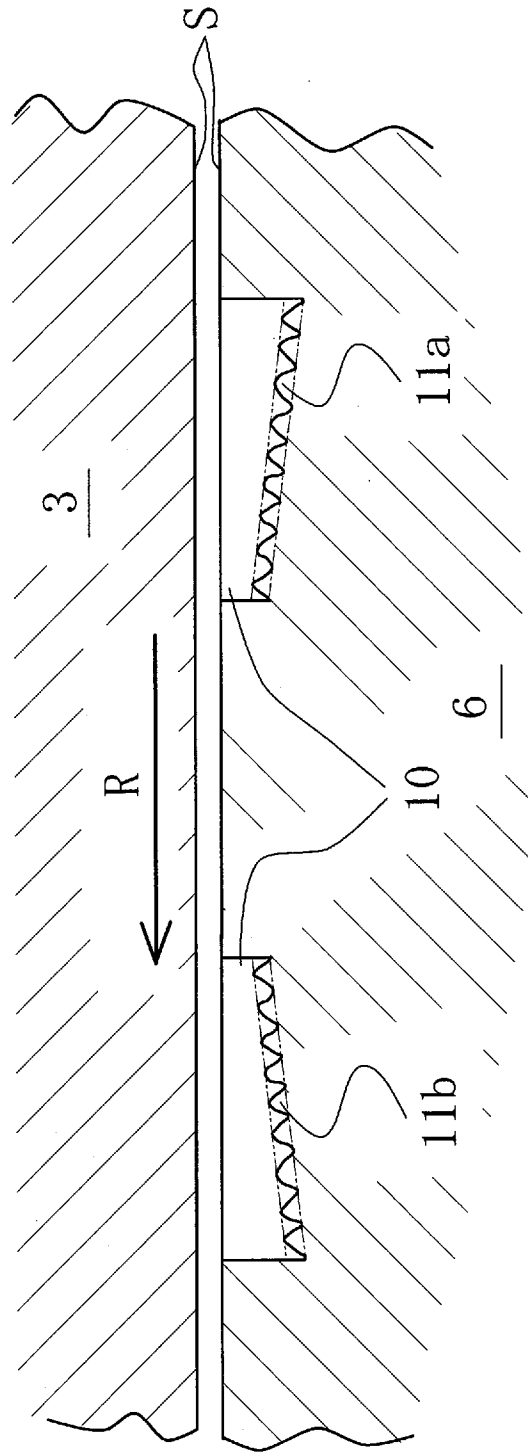
[図4]



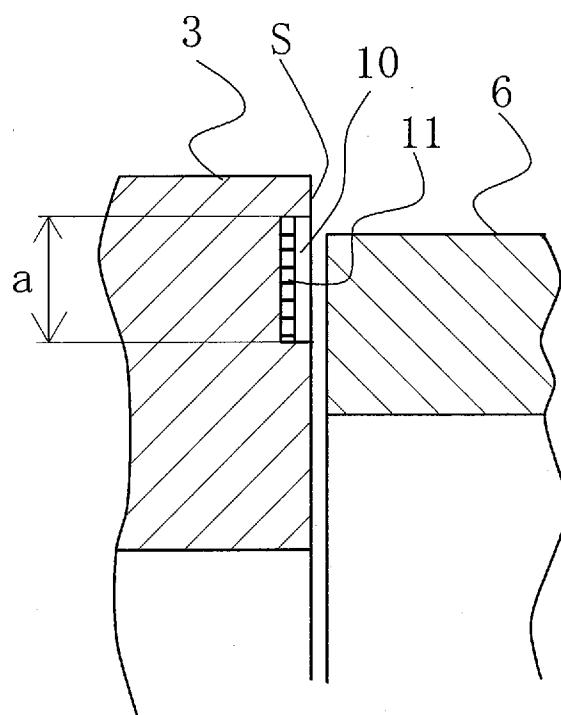
[図5]



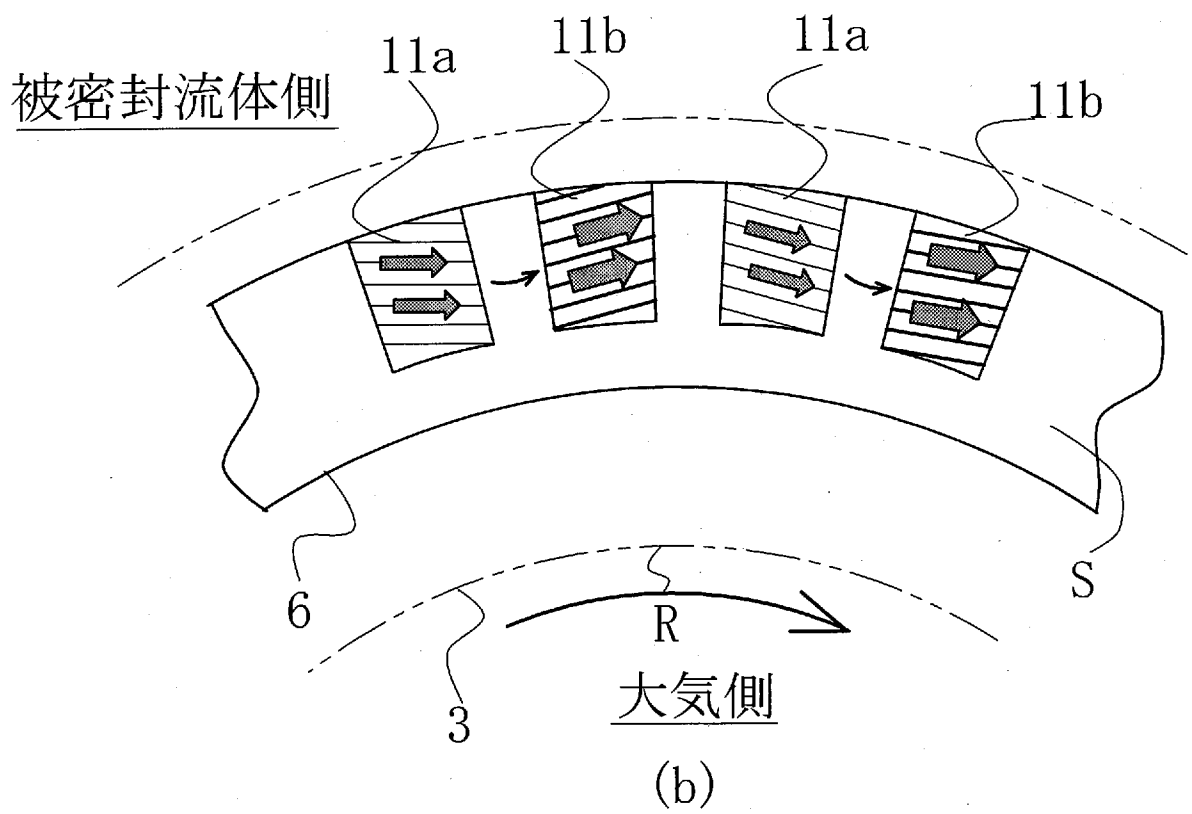
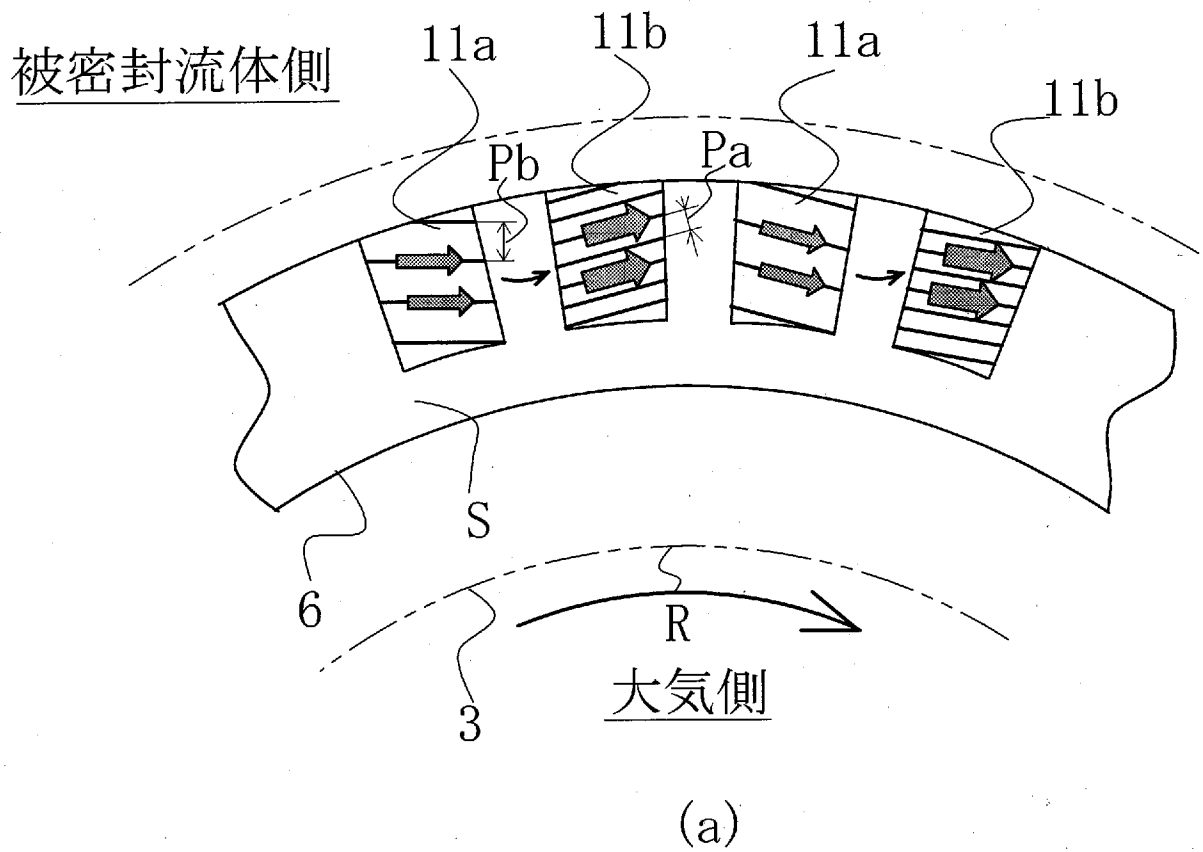
[図6]



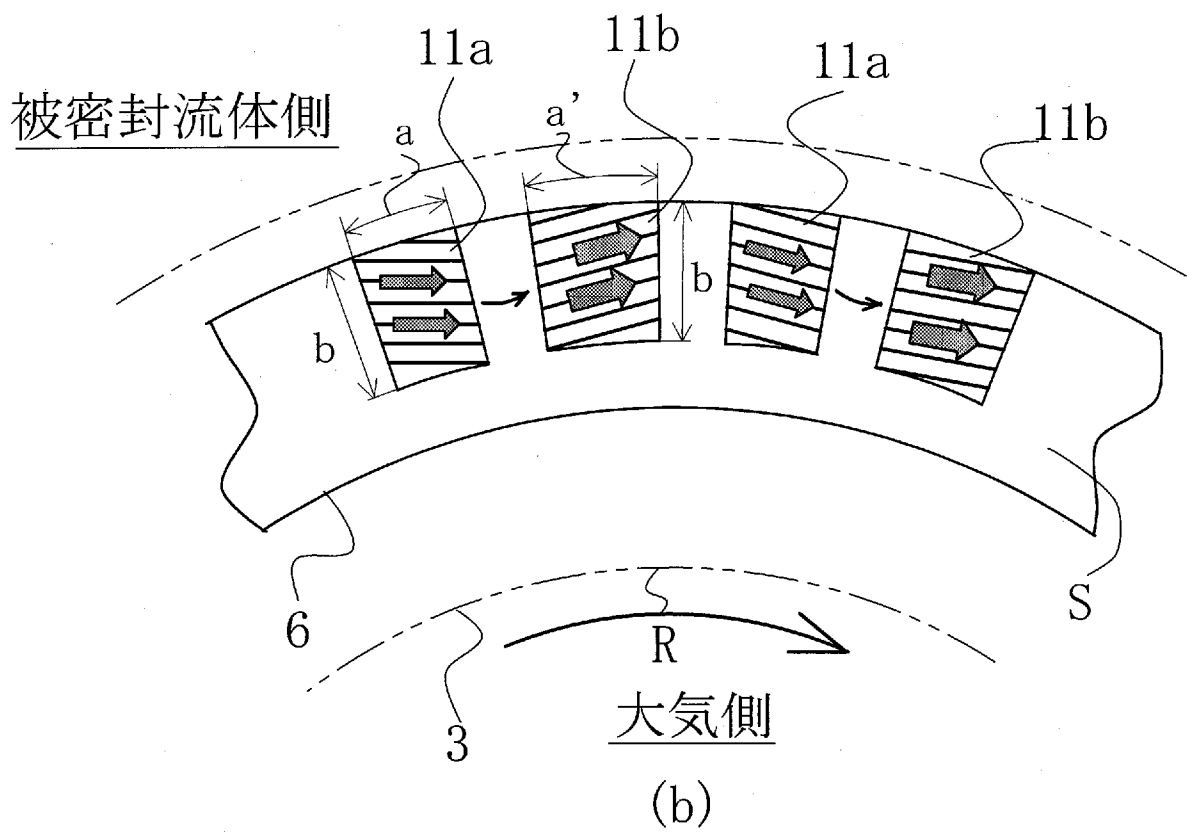
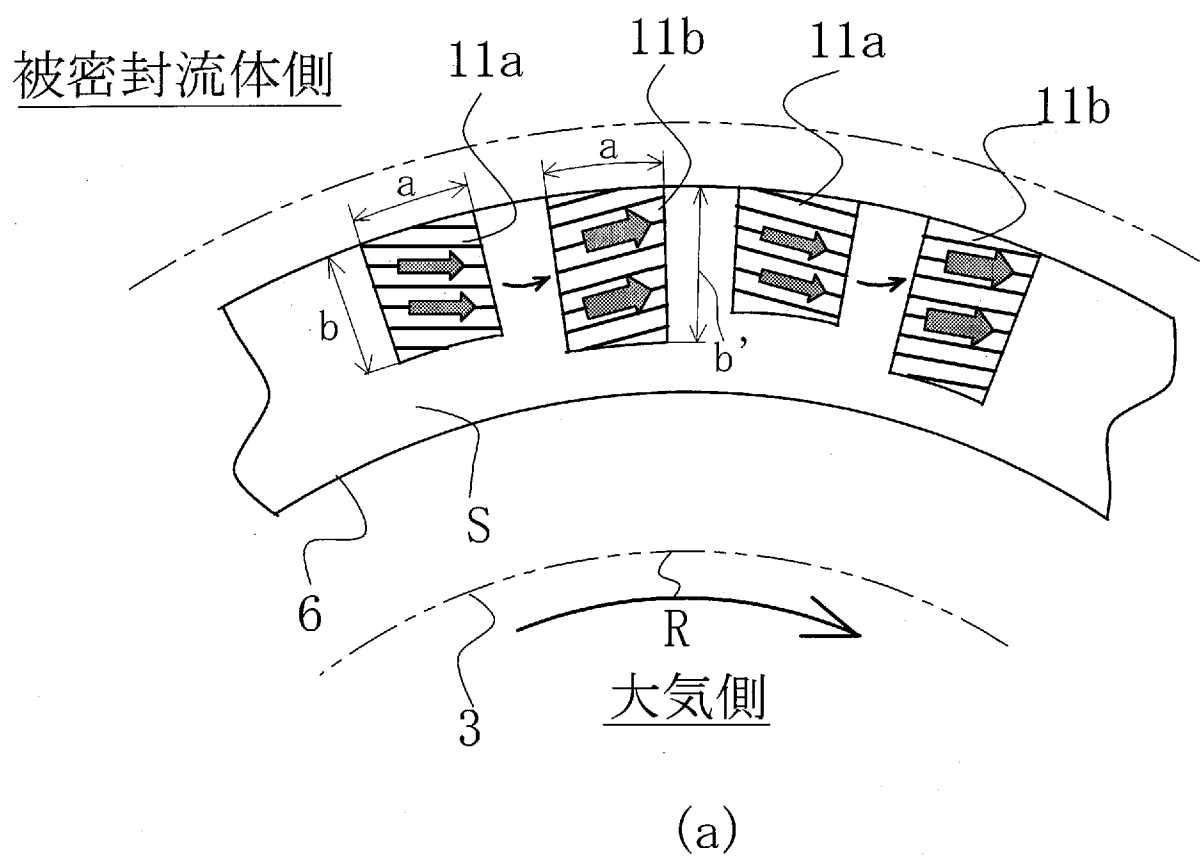
[図7]

被密封流体側大気側

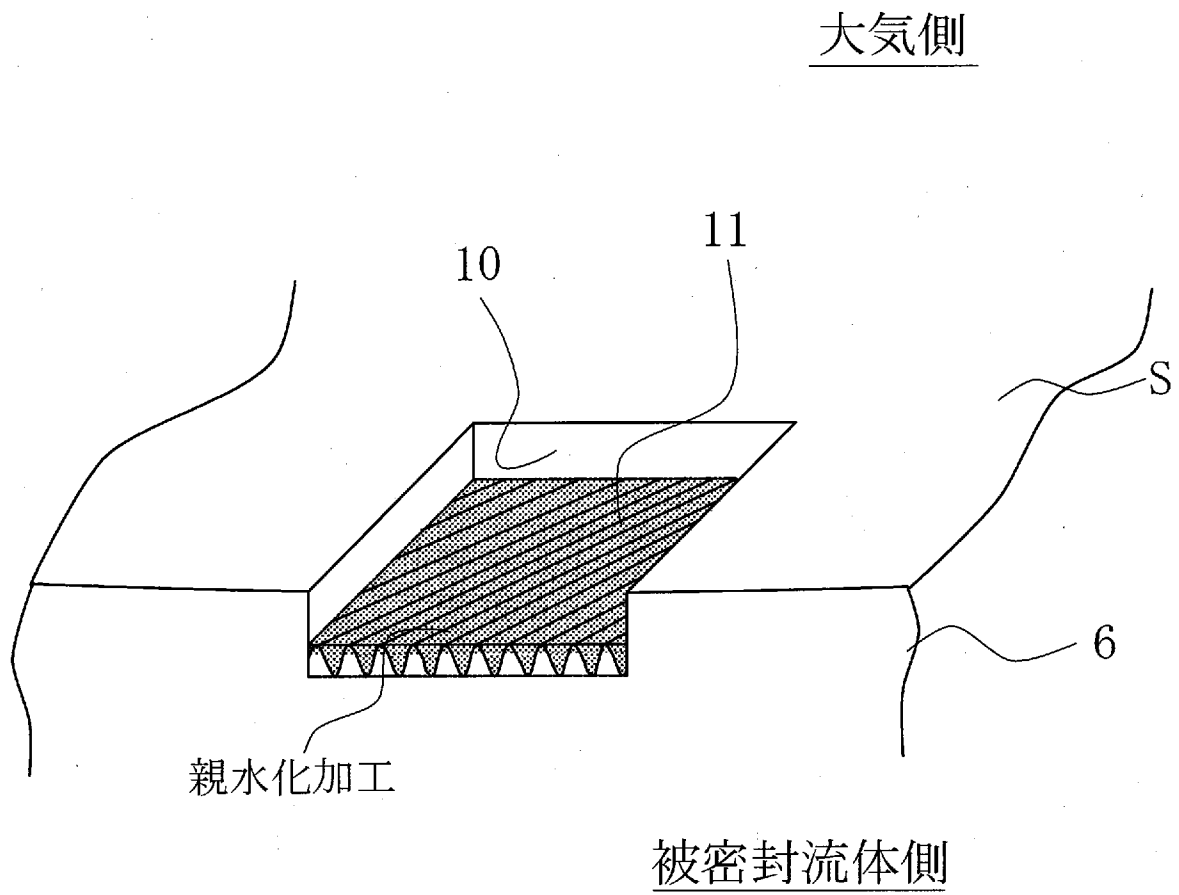
[図8]



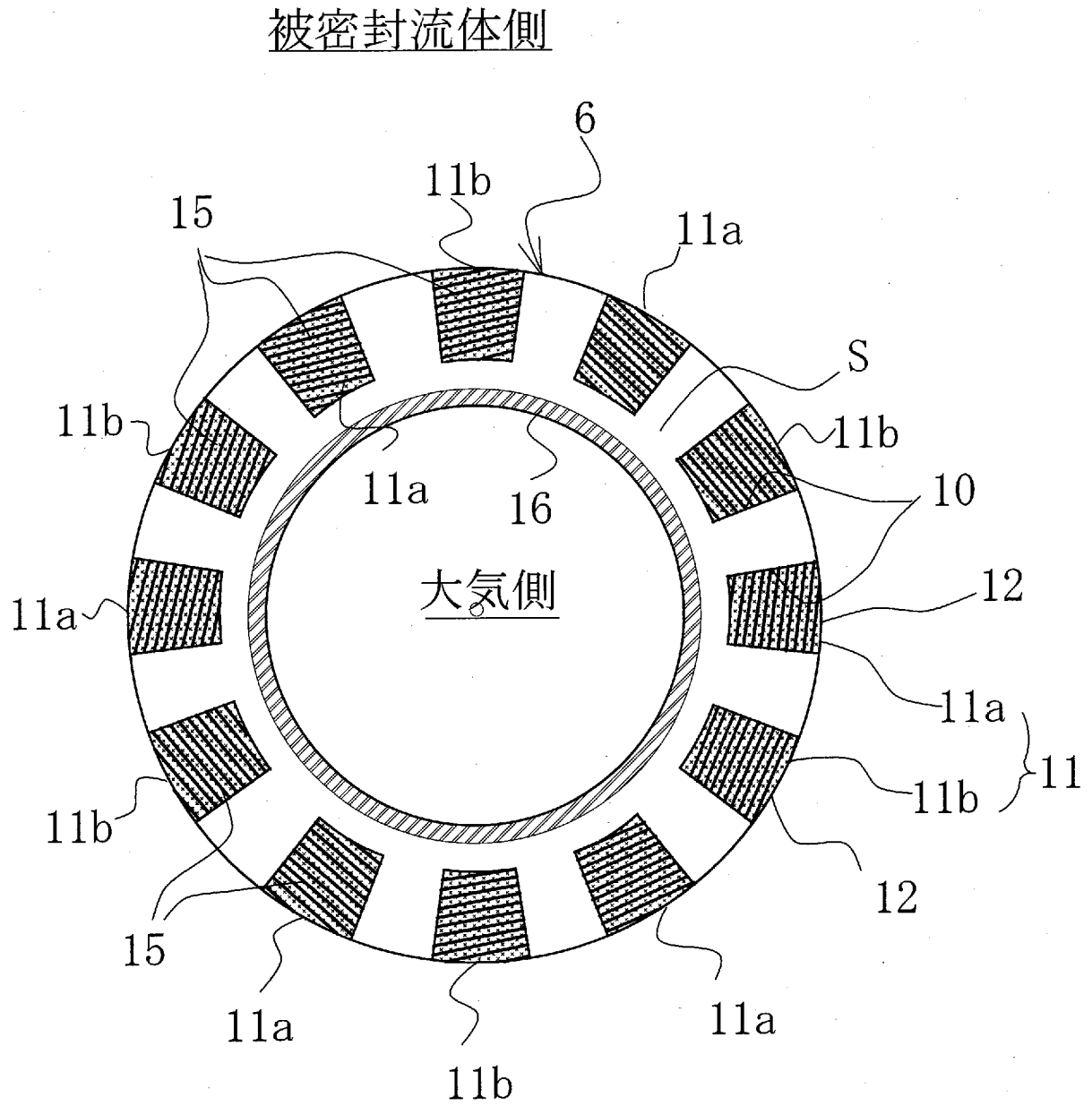
[図9]



[図10]

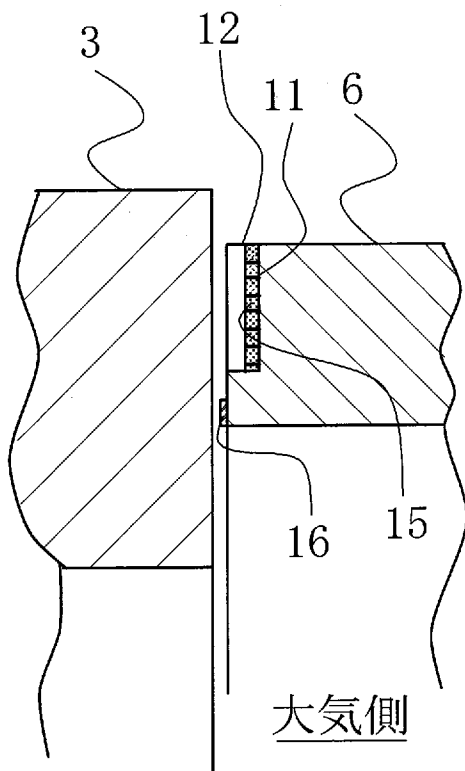


[図11]



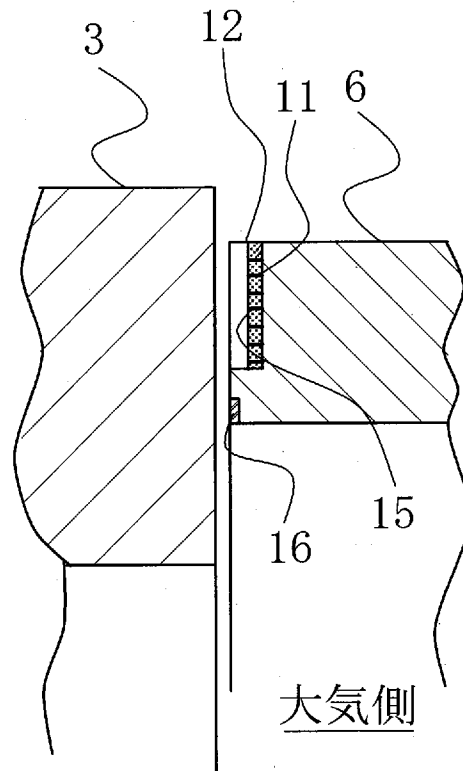
[図12]

被密封流体側



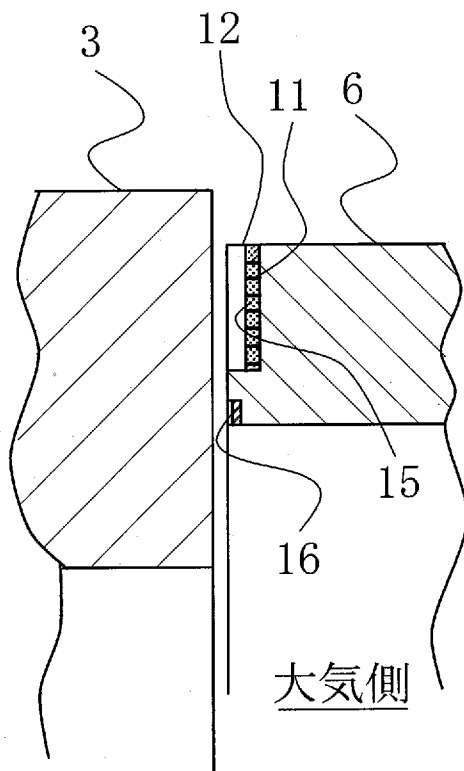
(a)

被密封流体側



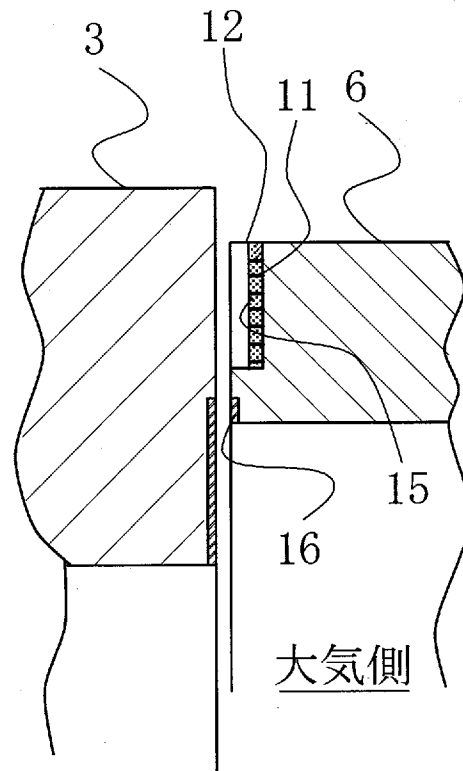
(b)

被密封流体側



(c)

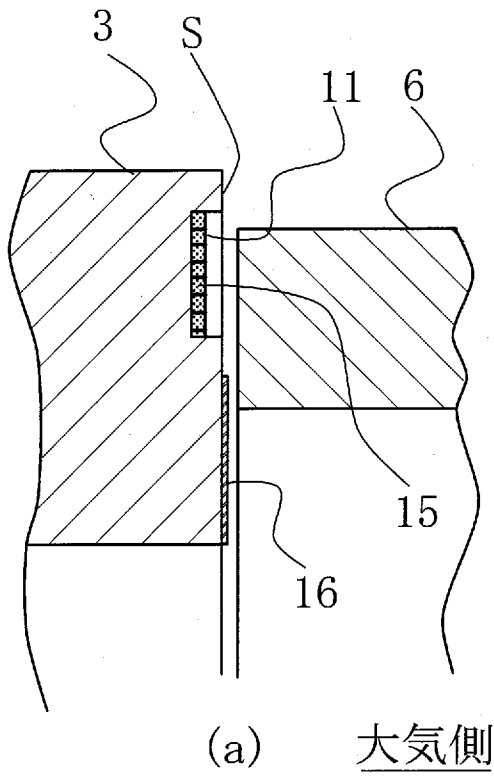
被密封流体側



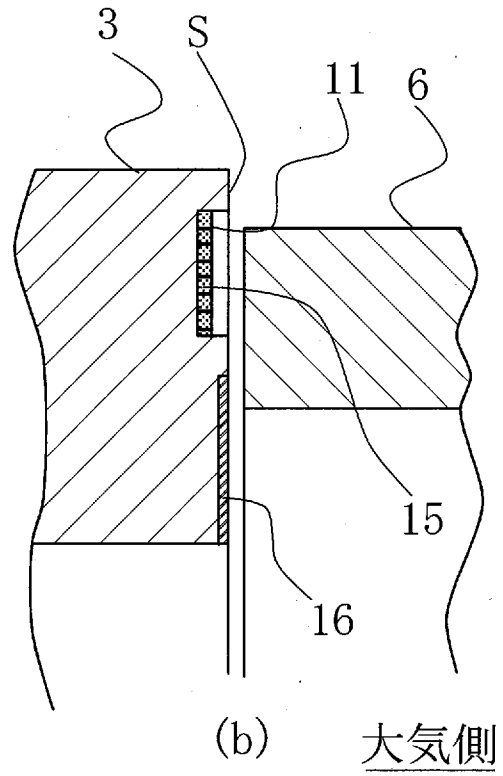
(d)

[図13]

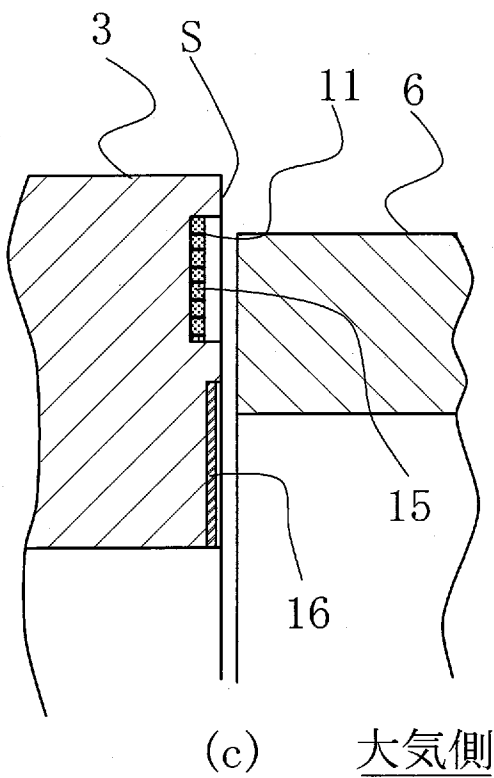
被密封流体側



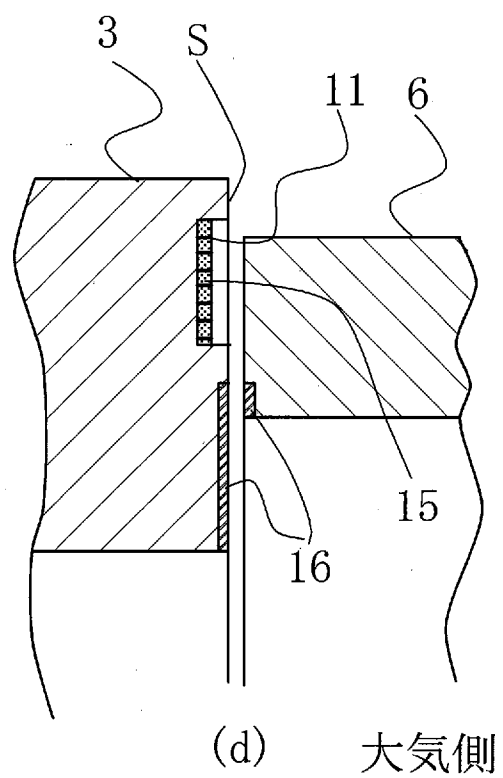
被密封流体側



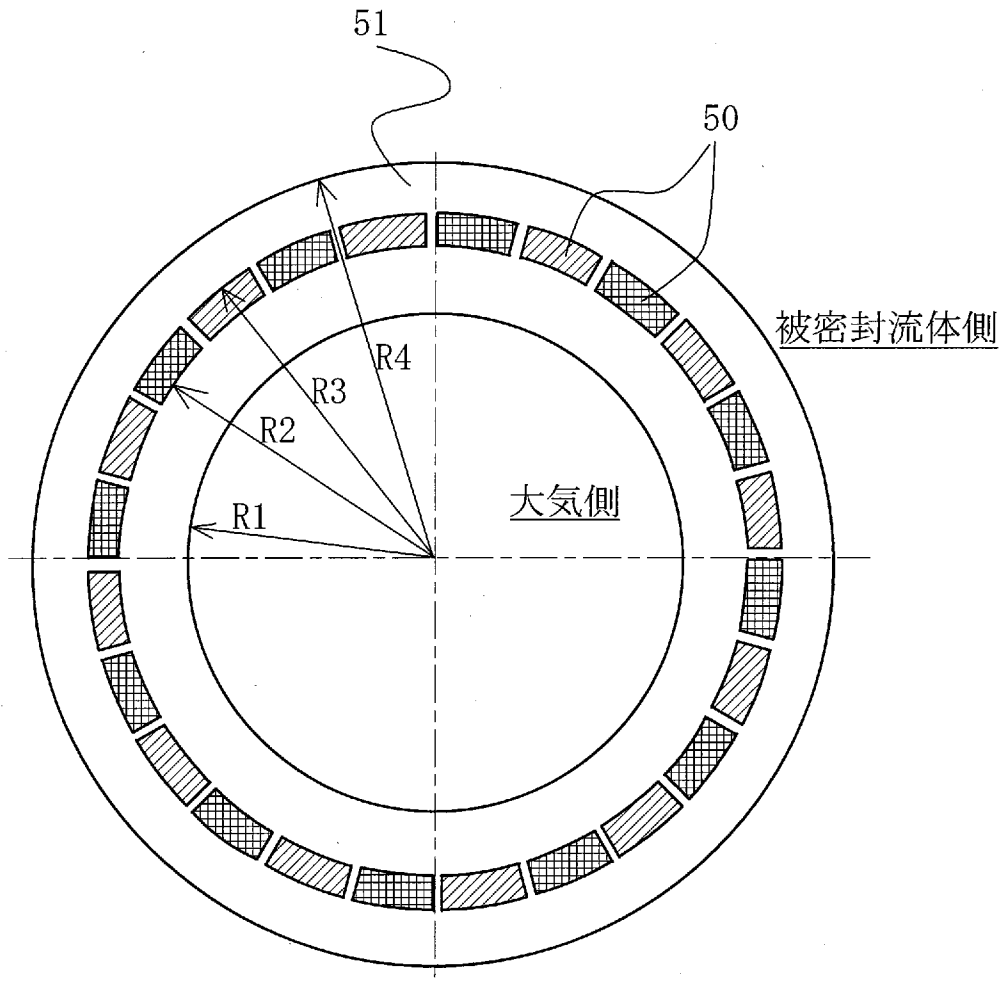
被密封流体側



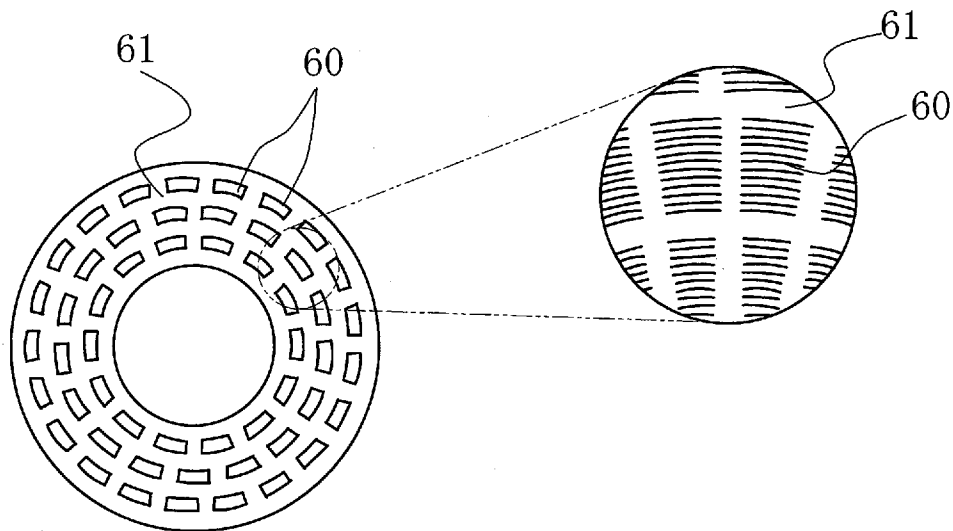
被密封流体側



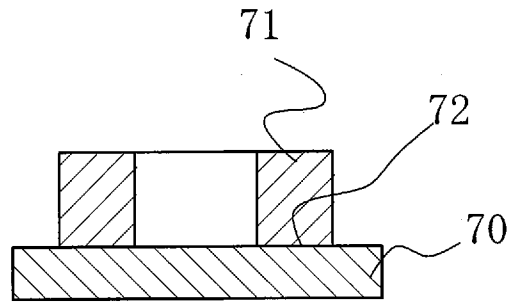
[図14]



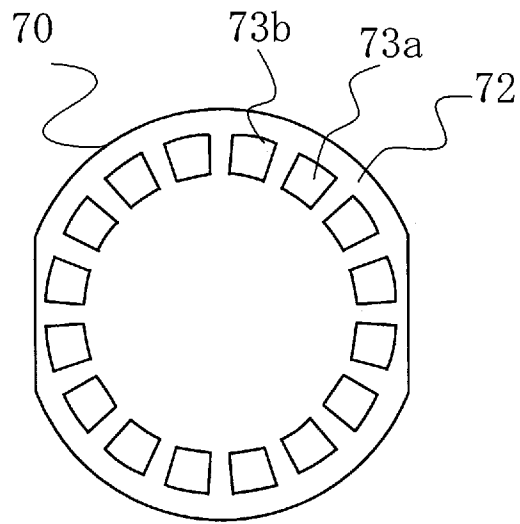
[図15]



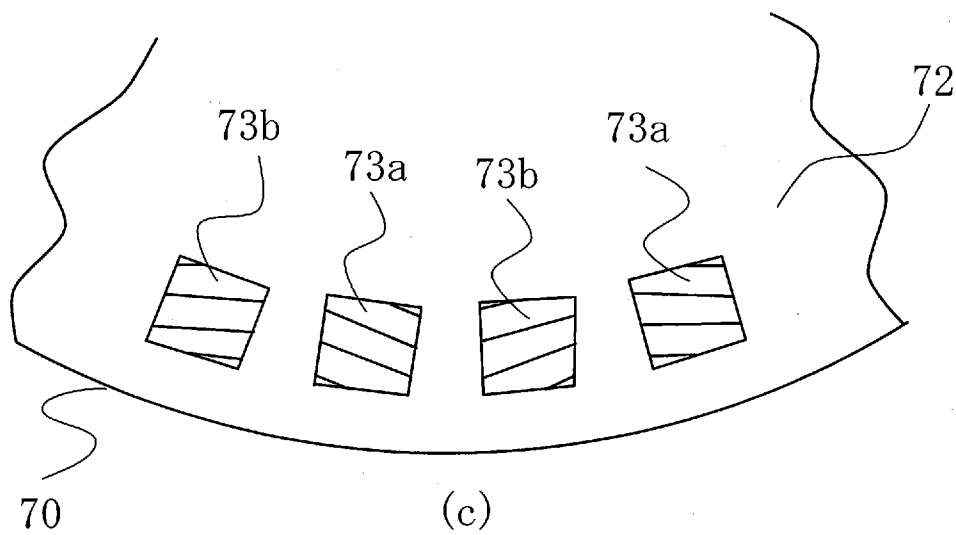
[図16]



(a)



(b)



(c)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/069144

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F16J15/34 (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)

F16J15/34

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 7-35242 A (Nippon Pillar Packing Co., Ltd.), 07 February 1995 (07.02.1995), paragraphs [0011] to [0020]; fig. 1 to 10 & US 5501470 A & EP 601821 A1	1-3 4-9, 11-13, 18, 19
X Y	JP 2009-250378 A (Eagle Kogyo Co., Ltd.), 29 October 2009 (29.10.2009), paragraphs [0020] to [0025]; fig. 6, 7 (Family: none)	1-3 4-9, 11-13, 18, 19
Y	JP 2009-14183 A (Canon Machinery Inc.), 22 January 2009 (22.01.2009), paragraphs [0026] to [0034]; fig. 4, 9 (Family: none)	4-9, 11-13, 18, 19

 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
27 August, 2012 (27.08.12)Date of mailing of the international search report
04 September, 2012 (04.09.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/069144

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 10006/1987 (Laid-open No. 118460/1988) (Mitsubishi Electric Corp.), 30 July 1988 (30.07.1988), page 7, line 4 to page 8, line 14 (Family: none)	11-13, 18, 19
Y	JP 4-73 A (Eagle Kogyo Co., Ltd.), 06 January 1992 (06.01.1992), page 2, upper right column, line 17 to lower right column, line 11 (Family: none)	11-13, 18, 19
Y	JP 2004-183810 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 02 July 2004 (02.07.2004), paragraph [0030]; fig. 1 (Family: none)	18, 19
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 29706/1988 (Laid-open No. 133572/1989) (Eagle Kogyo Co., Ltd.), 12 September 1989 (12.09.1989), fig. 1 (Family: none)	1-19
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 67431/1985 (Laid-open No. 184165/1986) (Eagle Kogyo Co., Ltd.), 17 November 1986 (17.11.1986), page 2, line 12 to page 3, line 1 (Family: none)	1-19
A	WO 2009/087995 A1 (Eagle Kogyo Co., Ltd., Canon Machinery Inc.), 16 July 2009 (16.07.2009), entire text; all drawings & US 2011/0101616 A1 & EP 2230425 A1	1-19

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F16J15/34(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. F16J15/34

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	1971-2012年
日本国実用新案登録公報	1996-2012年
日本国登録実用新案公報	1994-2012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)

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
X	JP 7-35242 A (日本ピラー工業株式会社) 1995. 02. 07, 段落【0011】-【0020】、図1-10 & US 5501470 A & EP 601821 A1	1-3
Y		4-9, 11-13, 18, 19
X	JP 2009-250378 A (イーグル工業株式会社) 2009. 10. 29, 段落【0020】-【0025】、図6、7 (ファミリーなし)	1-3
Y		4-9, 11-13, 18, 19

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

27. 08. 2012

国際調査報告の発送日

04. 09. 2012

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 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)

塩澤 正和

電話番号 03-3581-1101 内線 3368

3W

3319

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	JP 2009-14183 A (キヤノンマシナリー株式会社) 2009. 01. 22, 段落【0026】 - 【0034】、図4、9 (ファミリーなし)	4-9, 11-13, 18, 19
Y	日本国実用新案登録出願 62-10006 号(日本国実用新案登録出願公開 63-118460 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 (三菱電機株式会社) 1988. 07. 30, 第7頁第4行- 第8頁第14行 (ファミリーなし)	11-13, 18, 19
Y	JP 4-73 A (イーグル工業株式会社) 1992. 01. 06, 第2頁右上欄第1 7行-右下欄第11行 (ファミリーなし)	11-13, 18, 19
Y	JP 2004-183810 A (松下電器産業株式会社) 2004. 07. 02, 段落【0030】、図1 (ファミリーなし)	18, 19
A	日本国実用新案登録出願 63-29706 号(日本国実用新案登録出願公開 1-133572 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 (イーグル工業株式会社) 1989. 09. 12, 第1図 (ファミリーなし)	1-19
A	日本国実用新案登録出願 60-67431 号(日本国実用新案登録出願公開 61-184165 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 (イーグル工業株式会社) 1986. 11. 17, 第2頁第12行-第3頁第1行 (ファミリーなし)	1-19
A	WO 2009/087995 A1 (イーグル工業株式会社、キヤノンマシナリー株 式会社) 2009. 07. 16, 全文全図 & US 2011/0101616 A1 & EP 2230425 A1	1-19