(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
2020年2月6日(06.02.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/026744 A1

(51) 国際特許分類:
F16J 15/18 (2006.01) *F16J 15/447* (2006.01)
F16J 15/3268 (2016.01) *F16K 11/07* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2019/027454

(22) 国際出願日： 2019年7月11日(11.07.2019)

(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 2018-146327 2018年8月2日(02.08.2018) JP

(71) 出願人：ＳＭＣ株式会社(**SMC CORPORATION**) [JP/JP]；〒1010021 東京都千代田区外神田４丁目１４番１号 Tokyo (JP).

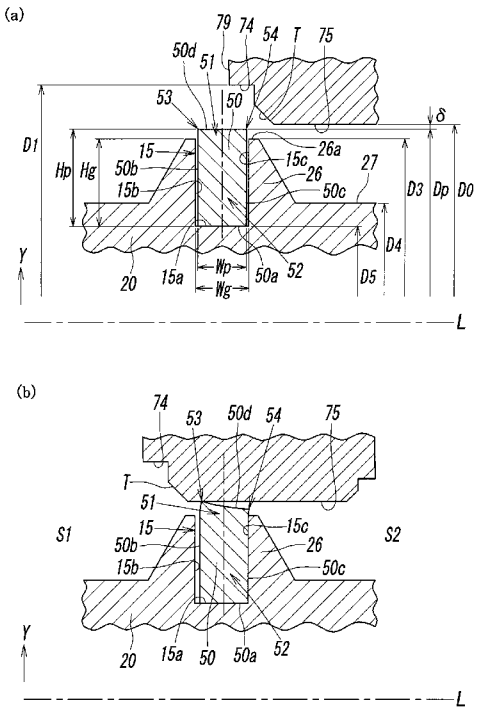
(72) 発明者：宮添真司(**MIYAZOE Shinji**)；〒3002436 茨城県つくばみらい市絹の台４－２－２ ＳＭＣ株式会社筑波技術センター内 Ibaraki (JP). 野口和宏(**NOGUCHI Kazuhiro**)；〒3002436 茨城県つくばみらい市絹の台４－２－２ ＳＭＣ株式会社筑波技術センター内 Ibaraki (JP). 梅田和寛(**UMEDA Kazuhiro**)；〒3002436 茨城県つくばみらい市絹の台４－２－２ ＳＭＣ株式会社筑波技術センター内 Ibaraki (JP). 工藤政行(**KUDO Masayuki**)；〒3002436 茨城県つくばみらい市絹の台４－２－２ ＳＭＣ株式会社筑波技術センター内 Ibaraki (JP). 川上雅彦(**KAWAKAMI Masahiko**)；〒3002436 茨城県つくばみらい市絹の台４－２－２ ＳＭＣ株式会社筑波技術センター内 Ibaraki (JP).

(74) 代理人：林 宏，外 (**HAYASHI Hiroshi** et al.)；〒1600023 東京都新宿区西新宿１丁目１３番１２号 新宿中央特許事務所内 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) **Title:** SEAL STRUCTURE FOR SPOOL-TYPE SWITCHING VALVE, AND SAID SPOOL-TYPE SWITCHING VALVE

(54) 発明の名称： スプール式切換弁におけるシール構造及びそのスプール式切換弁



(57) **Abstract:** [Problem] To provide: a seal structure for a spool-type switching valve, which is provided between a spool and a spool hole, the seal structure making it possible to implement smoother movement of the spool and also to extend the lifetime of packing; and a spool-type switching valve provided with such a seal structure. [Solution] The present invention is configured so that: the outer diameter Dp of packing 50 having a pair of seal sections 53, 54 at both side ends of the outer peripheral surface of the packing 50 is formed to be smaller than the diameter D0 of the slide surface 75 of a cylinder hole 7 in a state in which the packing 50 is mounted on the land section 26 of the spool 20; and in a state in which the outer periphery of the land section faces the slide surface and also in which compressed fluid is being supplied from an air supply flow passage 8 to a first space from among first and second spaces S1, S2 which are separated by the land section, the first space-side side end of the packing elongates in a radial direction Y because of elastic deformation caused by fluid pressure, and a first seal section narrows a gap δ formed relative to the slide surface or comes into contact with the slide surface.

WO 2020/026744 A1

［続葉有］

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).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

(57) 要約:【課題】スプールのよりスムーズな動作を実現することができ、しかもパッキンの長寿命化を図ることが可能な、スプール式切換弁におけるスプールとスプール孔との間のシール構造、及びそのようなシール構造を備えたスプール式切換弁を提供する。【解決手段】外周面の両側端部に一対のシール部５３，５４を有するパッキン５０の外径Ｄｐを、スプール２０のランド部２６に装着した状態において、シリンダ孔７の被摺動面７５の径Ｄ０よりも小さくなるように形成し、ランド部の外周が被摺動面に対峙し、且つ、該ランド部によって仕切られた第１及び第２空間Ｓ１，Ｓ２のうち第１空間に給気流路８から圧縮流体が供給されている状態においては、パッキンの第１空間側の側端部が、流体圧による弾性変形によって径方向Ｙに伸長し、第１シール部が被摺動面との間に形成された空隙δを狭窄するか又は被摺動面に当接するように構成した。

明　細　書

発明の名称 ：

スプール式切換弁におけるシール構造及びそのスプール式切換弁

技術分野

[0001] 本発明は、スプール孔にスプールが摺動自在に収容されたスプール式切換弁における、該スプールのランド部と該スプール孔の被摺動面との間のシール構造、及びそのシール構造を備えたスプール式切換弁に関するものである。

背景技術

[0002] 流体圧源に接続するための給気ポートと、該流体圧源からの圧縮流体を各種アクチュエータ等の外部機器に対して出力するための出力ポートと、各種アクチュエータから戻された排気を排出するための排気ポートとを有していて、内部に形成されたスプール孔内で、弁体としてのスプールを動作させることにより、これらポート間の接続状態を切り換えるスプール式切換弁は、特許文献１等に開示されているように従来から広く知られている。

[0003] 具体的には、上記スプール孔には、上記給気ポート、出力ポート及び排気ポートが連通されており、上記スプールには、弁部としてのランド部（大径部）及び流路部としての環状凹部（小径部）が軸方向に交互に形成されている。そして、上記スプール孔内で、上記スプールを、例えば電磁式パイロット弁等から成る駆動部によって軸方向に摺動させるように構成されている。このとき、上記スプール孔の内周面には、上記各ポートに対応させて凹設された環状の流路溝と、上記スプールのランド部を摺動させるための環状の被摺動面とが、軸方向において交互に周設されており、上記流路溝の溝底にはそれぞれ、上記対応するポートが連通されている。その一方で、上記ランド部の外周面から成る摺動面には、ゴム弾性材で形成され上記スプール孔の被摺動面との間をシールするための環状のパッキンが装着されていて、それにより、上記摺動面と被摺動面との間を通じて圧縮流体が漏れるのを防止して

いる。

[0004] ところで、特許文献１等に開示された従来の切換弁においては、上記スプールのランド部の摺動面と、上記スプール孔の被摺動面との間のシール性を確保するために、上記ランド部の摺動面に装着された状態でのパッキンの外径が、上記スプール孔の被摺動面の内径よりも大きく形成されている。すなわち、上記パッキンは、上記摺動面と被摺動面とが対峙した状態においては、弾性変形した状態で該被摺動面に常時圧接されており、また、スプールを動作させて上記ポート間の接続状態を切り換える時には、上記スプール孔の流路溝の開口縁に衝突して圧縮されながら、上記被摺動面へと乗り上げていくようになっている。

[0005] しかしながら、スプール式切換弁におけるこのような従来のシール構造では、上記パッキンは、スプール孔の被摺動面に圧接された状態が長期間維持されると、永久変形したり被摺動面に固着したりしてしまうことが懸念される。さらに、該パッキンは、スプール孔の内周面の状態や形態の影響を直接的に受けるため、スプールの動作の繰り返しによって、上記被摺動面との摩擦抵抗により摺動摩耗や捩れが生じる虞があり、また、上記流路溝の開口縁への衝突によって繰り返し負荷が掛けられる。そして、これらは、スプールの動作効率の低下を招くばかりでなく、該パッキンの物理的な劣化や損傷を招く要因ともなる。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開２０１０－１０１３４１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] そこで、本発明の技術的課題は、スプールのよりスムーズな動作を実現することができ、しかもパッキンの長寿命化を図ることが可能な、スプール式切換弁におけるスプールとスプール孔との間のシール構造、及びそのような

シール構造を備えたスプール式切換弁を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 上記課題を解決するため、本発明は、スプール式切換弁におけるシール構造であって、上記切換弁は、軸方向に延びるように形成されて給気流路、出力流路及び排気流路が連通されたスプール孔と、該スプール孔に軸方向に摺動自在に挿入されたスプールと、該スプールを動作させて上記流路間の接続状態を切り換えるための弁駆動部とを有しており、上記スプールは、軸周りの外周に摺動部を有するランド部と、該ランド部よりも外径が小さい環状凹部とを軸方向に沿って交互に有しており、上記スプール孔の軸周りの内周面には、上記給気流路、出力流路及び排気流路にそれぞれ対応させて凹設された環状の流路溝と、上記スプールのランド部がその摺動部を対峙させて摺動する環状の被摺動面とが軸方向に沿って交互に形成されていて、上記流路溝の各々には、それに対応する上記流路の何れかが接続されており、上記ランド部の摺動部には、径方向に開口する環状の凹溝が軸周りに周設されていて、ゴム弾性材から成るパッキンの内周側の基端部が該凹溝内に収容されると共に、該パッキンの外周側の先端部が該凹溝の開口縁から突出しており、上記パッキンの先端部における軸方向の一方の側端部には第１シール部が、他方の側端部には第２シール部が該軸周りに周設されており、上記凹溝に収容された状態のパッキンにおける上記第１及び第２シール部の外径は、上記スプール孔の被摺動面の内径よりも小さく形成されており、上記ランド部の摺動部が上記スプール孔の被摺動面と対峙し、且つ、スプール孔における該ランド部によって区画された一対の空間のうちの一方に、上記給気流路から圧縮流体が供給されている状態において、上記パッキンにおける該圧縮流体が供給されている空間側の側端部が、該圧縮流体の圧力による弾性変形によって径方向に伸長し、それにより、上記第１及び第２シール部のうち該圧縮流体が供給されている空間側のシール部が、上記スプール孔の被摺動面との間に形成された空隙を狭窄するか又は該被摺動面に当接するように構成されていることを特徴としている。

[0009] ここで、上記シール構造において、好ましくは、上記パッキン及び凹溝が、軸に沿う横断面において、該軸方向に左右対称を成しており、上記凹溝が、上記パッキンの基端が当接する底壁面と、該底壁面における軸方向の両端から径方向に立ち上がって互いに対向する一対の側壁面とから構成されており、上記径方向において、上記凹溝における上記開口縁から上記底壁面までの深さが、上記パッキンにおけるその基端から先端までの高さの１／２又はそれよりも大きく形成されている。また、より好ましくは、上記凹溝において、上記底壁面と一対の側壁面とが９０度又はそれよりも小さい角度を成している。そして、さらに好ましくは、軸方向において、上記パッキンにおける上記凹溝に収容された基端部の最大幅が、該凹溝における一対の側壁面間の最小幅よりも小さく形成されている。このとき、上記パッキンの基端が、上記凹溝の底壁面に接着により固定されていても良い。

[0010] また、上記シール構造において、好ましくは、上記パッキンは、その軸方向両端に、互いに平行を成して背向する一対の側端面を有していて、該軸に沿う横断面において、該軸方向に左右対称を成しており、上記パッキンの先端部には、上記被摺動面と対向する先端面が形成されており、上記先端面における軸方向の一方の側端部に上記第１シール部が形成されていて、該先端面における軸方向の他方の側端部に上記第２シール部が形成されている。ここで、より好ましくは、上記第１シール部が、上記先端面から径方向に向けて突設された第１突条によって形成され、上記第２シール部が、該先端面から径方向に向けて突設された第２突条によって形成されている。さらに好ましくは、径方向における上記被摺動面から第１突条及び第２突条の先端までの距離が、互いに等しく形成されており、さらに、上記パッキンの先端面が上記被摺動面と平行を成していて、上記先端面から上記第１突条及び第２突条の先端までの高さが、互いに等しく形成されており、上記第１突条と第２突条が、軸方向において、互いに離間して配置されている。

[0011] このとき、上記第１突条及び第２突条が、上記先端面から上記先端に向けて徐々に軸方向の幅が狭くなる楔形状に形成されていても良いし、上記パッ

キンの先端面における上記第１突条と第２突条との間には、ラビリンスシールを形成するラビリンス突起が設けられていても良い。また、上記パッキンの一対の側端面には、上記凹溝の開口に連通された環状のくびれ溝がそれぞれ周設されていても良いが、このとき、より好ましくは、上記くびれ溝が凹曲面によって形成されている。

さらに、上記課題を解決するため、本発明によれば、上記シール構造を備えたスプール式切換弁であって、上記切換弁は、上記スプール孔が形成されたハウジングを有しており、上記ハウジングの外面には、上記給気流路を形成し、流体圧源に接続して圧縮流体を供給するための給気ポートと、上記出力流路を形成し、上記流体圧源からの圧縮流体を外部の流体圧機器に対して出力するための出力ポートと、上記排気流路を形成し、上記流体圧機器からの排気を排出するための排気ポートとが開設されているものを提供することができる。

発明の効果

[0012] 以上のように、本発明においては、ランド部の凹溝に収容された状態のパッキンにおける上記第１及び第２シール部の外径は、スプール孔の被摺動面の内径よりも小さく形成されている。しかしながら、上記ランド部の摺動部が上記スプール孔の被摺動面と対峙し、且つ、スプール孔における該ランド部によって区画された一対の空間のうちの一方に、上記給気流路から圧縮流体が供給されている状態において、上記パッキンにおける該圧縮流体が供給されている空間側の側端部が、該圧縮流体の圧力による弾性変形によって径方向に伸長し、それにより、上記第１及び第２シール部のうち該圧縮流体が供給されている空間側のシール部が、上記スプール孔の被摺動面との間に形成された空隙を狭窄するか又は該被摺動面に当接するように構成されている。

[0013] そのため、圧縮流体を給気流路に供給することなくスプールの動作を停止させた状態、すなわち、該スプールのランド部がその摺動面をスプール孔の被摺動面と対峙させて停止した状態が、長期間維持されたとしても、そのと

き、パッキンの各シール部はスプール孔の被摺動面とは非接触状態にあるため、ゴム弾性材から成るパッキンが、永久変形したり上記スプール孔の被摺動面に固着したりして物理的に劣化又は損傷するのを防止することができる。その一方で、上記弁駆動部によりスプールを動作させて各流路間の接続状態を切り換える時には、たとえ上記パッキンがその変形によって上記流路溝の開口縁に対し衝突したとしても、該パッキンへの負荷を可及的に抑制することができ、さらに、該パッキンと被摺動面との間に生じる摩擦抵抗も可及的に抑制することができる。その結果、スプールのよりスムーズな動作を実現することが可能になると共に、パッキンの物理的な劣化や損傷を可及的に抑制して該パッキンの長寿命化を図ることが可能となる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明に係るスプール式切換弁の一実施形態を示す、軸に沿った概略的な断面図であって、スプールが第１切換位置に変位した状態を示している。

[図2]図１のスプール式切換弁において、スプールが第２切換位置に変位した状態を示している。

[図3]本発明に係るシール構造の第１実施形態を示す概略的な断面図である。（ａ）は、図１におけるＭ部の拡大図であり、スプールのランド部の摺動部がスプール孔の被摺動面と対峙していない状態を示している。（ｂ）は、図２におけるＮ部の拡大図であり、ランド部の摺動部が被摺動面と対峙し、且つ、スプール孔におけるランド部によって区画された一対の空間のうちの一方（Ｓ１）に、給気流路から圧縮流体が供給されている状態を示している。

[図4]本発明に係るシール構造の第２実施形態を示す概略的な断面図である。（ａ）は、図１におけるＭ部の拡大図であり、スプールのランド部の摺動部がスプール孔の被摺動面と対峙していない状態を示している。（ｂ）は、図２におけるＮ部の拡大図であり、ランド部の摺動部が被摺動面と対峙し、且つ、スプール孔におけるランド部によって区画された一対の空間のうちの一方（Ｓ１）に、給気流路から圧縮流体が供給されている状態を示している。

[図5]本発明に係るシール構造の第３実施形態を示す概略的な断面図である。

（ａ）は、図１におけるＭ部の拡大図であり、スプールのランド部の摺動部がスプール孔の被摺動面と対峙していない状態を示している。（ｂ）は、図２におけるＮ部の拡大図であり、ランド部の摺動部が被摺動面と対峙し、且つ、スプール孔におけるランド部によって区画された一対の空間のうちの一方（Ｓ１）に、給気流路から圧縮流体が供給されている状態を示している。

[図6]図４の第２実施形態に係るシール構造の変形例を示す概略的な断面図である。

発明を実施するための形態

[0015] 本発明に係るスプール式切換弁１は、軸Ｌ方向に延びるスプール孔７と、該スプール孔７に連通された給気流路８、出力流路及９，１０及び排気流路１１，１２と、該スプール孔７内に軸Ｌ方向に摺動自在に挿入された主弁としてのスプール２０と、上記スプール２０を動作させるための弁駆動部５とを有していて、該弁駆動部５によってスプール孔７内でスプール２０を摺動させることにより、上記出力流路９，１０と、上記給気流路８及び排気流路１１，１２との接続状態を切り換えるようになっている。ここで、上記給気流路８は、図示しない流体圧源（例えばコンプレッサ）からの圧縮空気等の圧縮流体をスプール孔７へと供給するためのものであり、上記出力流路９，１０は、そのスプール孔７に供給された圧縮流体を、該圧縮流体で駆動される流体圧アクチュエータ（例えば空気圧シリンダ）等の各種流体圧機器（図示略）に対して出力するためのものであり、上記排気流路１１，１２は、該流体圧機器からの排気を大気等の外部に対して排出するためのものである。

[0016] 具体的には、図１及び図２に示すように、本発明の一実施形態に係るスプール式切換弁１は、電磁弁（電磁パイロット式切換弁）であって、上記スプール孔７、給気流路８，出力流路９，１０、排気流路１１、１２、及びスプール２０を備えた弁本体部２と、軸Ｌ方向において該弁本体部２の両側端面に連結された第１アダプタ部３及び第２アダプタ部４と、上記第１アダプタ部３における上記弁本体部２とは反対側の側端面に連結された上記弁駆動部５としての電磁式パイロット弁部とから構成されている。

[0017] 上記弁本体部２は、樹脂や金属によって略直方体に一体成型されたハウジング６を有しており、上記スプール孔７が、該ハウジング６の長手方向に沿ってその両側端面間を貫通している。該ハウジング６の平面（上面）には、上記出力流路９，１０を形成していて、上記流体圧機器への配管を接続するための出力ポートＡ，Ｂが開設されている。一方、その平面と背向する底面（下面）には、上記給気流路８を形成していて、上記流体圧源からの流路（又は配管）を接続するための給気ポートＰと、上記排気流路１１，１２を形成していて、上記流体圧機器から出力ポートＡ，Ｂを通じて戻された排気を外部に排出するための流路（又は配管）を接続することが可能な排気ポートＥＡ，ＥＢとが開設されている。

[0018] ここで、上記出力ポートＡ，Ｂは、該出力ポートＡ．Ｂよりも流路断面積が小さい出力連通路９ａ，１０ａを通じて上記スプール孔７に連通されており、該出力ポートＡ，Ｂと出力連通路９ａ，１０ａとによって上記出力流路９，１０が形成されている。また、上記給気ポートＰは、該給気ポートＰよりも流路断面積が小さい給気連通路８ａを通じて上記スプール孔７に連通されており、該給気ポートＰと給気連通路８ａとによって上記給気流路８が形成されている。さらに、上記排気ポートＥＡ，ＥＢは、該排気ポートＥＡ，ＥＢよりも流路断面積が小さい排気連通路１１ａ，１２ａを通じて上記スプール孔７に連通されており、該排気ポートＥＡ，ＥＢと排気連通路１１ａ，１２ａとによって上記排気流路１１，１２が形成されている。

[0019] より具体的に説明すると、上記スプール式切換弁１は、１つの給気ポートＰと、上記ハウジング６の長手方向に並設された第１出力ポートＡ及び第２出力ポートＢと、同じく該ハウジング６の長手方向において、上記給気ポートＰの両側に配された第１排気ポートＥＡ及び第２排気ポートＥＢとの５つのポートを備えている。そして、上記電磁式パイロット弁部（弁駆動部）５をＯＦＦ又はＯＮすることによって、上記スプール２０を、給気ポートＰが第２出力ポートＢに接続されると同時に第１出力ポートＡが第１排気ポートＥＡに接続される第１切換位置（図１参照）と、給気ポートＰが第１出力ポ

ートＡに接続されると同時に第２出力ポートＢが第２排気ポートＥＢに接続される第２切換位置（図２参照）との２つの切換位置に対して、選択的に移動させることができるようになっている。

[0020] 上記スプール孔７の内周面は、軸Ｌ方向において、上記第１アダプタ部３が取り付けられた一方の側端面の開口部から、上記第２アダプタ部４が取り付けられた他方の側端面の開口部まで、第１支持部７ａ、第１流路溝７０、第１被摺動面７１、第２流路溝７２、第２被摺動面７３、第３流路溝７４、第３被摺動面７５、第４流路溝７６、第４被摺動面７７、第５流路溝７８、及び第２支持部７ｂが順次設けられることにより構成されており、これらは何れも軸Ｌを中心とした環状に形成されている。すなわち、上記スプール孔７の内周面には、これら被摺動面と流路溝とが軸Ｌに沿って交互に形成されている。

[0021] このとき、上記第１及び第２支持部７ａ，７ｂ並びに第１～第４被摺動面７１，７３，７５，７７の内径Ｄ０は互いに等しく形成されていて、上記第１、第３及び第５流路溝７０，７４，７８の溝底面の内径Ｄ１は互いに等しく形成されており、上記第２及び第４流路溝７２，７６の溝底面の内径Ｄ２は互いに等しく形成されている。そして、上記内径Ｄ１は内径Ｄ２よりも若干大きく形成されており、これら流路溝の内径Ｄ１，Ｄ２は、ハウジング６の幅寸法よりも小さい範囲において、上記被摺動面等の内径Ｄ０よりも大きく形成されている。なお、上記第１流路溝７０における第１被摺動面７１と接続する開口縁、第３流路溝７４における第２及び第３被摺動面７３，７５と接続する両開口縁、並びに、第５流路溝７８における第４被摺動面７７と接続する開口縁には、図３－図６に示すように、これら流路溝の溝幅を開口側に向けて拡開させるテーパ部Ｔが形成されている。

[0022] そして、上記スプール孔７の内周面から成る第１支持部７ａ及び第２支持部７ｂによって、上記スプール２０の一端部（第１被押圧部２０ａ）及び他端部（第２被押圧部２０ｂ）が気密かつ摺動自在に支持されている。また、上記第１流路溝７０の溝底面に上記第１排気流路１１の連通路１１ａが接続

され、上記第２流路溝７２の溝底面に上記第１出力流路９の連通路９ａが接続され、上記第３流路溝７４の溝底面に上記給気流路８の連通路８ａが接続され、上記第４流路溝７６の溝底面に上記第２出力流路１０の連通路１０ａが接続され、上記第５流路溝７８の溝底面に上記第２排気流路１２の連通路１２ａが連通されている。なお、図中の符号７９は、図示しないパイロット流路を通じてパイロット流体を、上記弁駆動部５を介して第１アダプタ部３に供給したり、上記第２アダプタ部４に供給したりするためのパイロット流体供給孔であって、上記給気流路８に常時連通されている。

[0023] 一方、上記スプール２０は、軸Ｌ方向において、上記第１アダプタ部３側の一端から、上記第２アダプタ部４側の他端まで、上記第１支持部７ａに気密かつ摺動自在に嵌合された第１被押圧部２０ａ、第１環状凹部２１、第１ランド部２２、第２環状凹部２３、第２ランド部２４、第３環状凹部２５、第３ランド部２６、第４環状凹部２７、第４ランド部２８、第５環状凹部２９、及び上記第２支持部７ｂに気密かつ摺動自在に嵌合された第２被押圧部２０ｂが順次設けられることにより構成されており、これらは何れも軸Ｌを中心とした環状に形成されている。すなわち、上記スプール２０においては、これら環状凹部とランド部とが軸Ｌに沿って交互に形成されている。

[0024] このとき、上記各ランド部２２，２４，２６，２８は、径方向Ｙにおいて、隣接する上記環状凹部に接続された基端から外周端の摺動部に至るまで徐々に軸Ｌ方向の幅が狭くなる略等脚台形状に形成されており、これらランド部は、径方向の中心軸に関して軸Ｌ方向に左右対称を成している。そして、これらランド部２２，２４，２６，２８の外周端には、環状の凹溝１５（図３－図６参照）が開設されている。そして、上記ランド部２２，２４，２６，２８の各外周端に開設された凹溝１５には、後に詳述する環状のパッキン５０がそれぞれ装着されている。

[0025] それにより、上記ランド部がスプール孔７の被摺動面の位置に配されて、その外周端の摺動部が該被摺動面と対峙したときに、該ランド部の摺動部とスプール孔７の被摺動面との間に形成された空隙が上記パッキン５０でシー

ルされて、その空隙を通じて圧縮流体が漏出するのを可及的に抑制又は防止することができるようになっている。すなわち、該パッキン５０等のシール部材が無装着の状態において、上記第１及び第２被押圧部２０ａ，２０ｂ並びに第１～第４ランド部２２，２４，２６，２８の外径Ｄ３は互いに等しく形成されていて、上記第１～第５環状凹部２１，２３，２５，２７，２９の外径Ｄ４は互いに等しく形成されており、上記外径Ｄ３は、上記被摺動面等の内径Ｄ０よりも若干小さく、かつ上記外径Ｄ４よりも大きく形成されている。

[0026] 上記第１アダプタ部３は、上記スプール孔７よりも大径に形成されて上記弁本体部２側に開口する第１シリンダ孔３０と、該シリンダ孔３０に気密かつ軸Ｌ方向に摺動自在に嵌合された第１ピストン３１とを軸Ｌ上に有している。すなわち、該シリンダ孔３０は、該ピストン３１によって、該ピストン３１よりも弁駆動部５側の第１室３０ａと、弁本体部２側の第２室３０ｂとに気密に区画されている。また、上記第１ピストン３１は、その弁本体部２側に、上記スプール２０と同軸に配された第１押圧部３１ａを一体に有しており、該第１押圧部３１ａは、上記スプール孔７の第１支持部７ａよりも小径に形成されていて、上記スプール２０の第１被押圧部２０ａに当接している。そして、上記第１室３０ａは弁駆動部５のパイロット弁に接続されていて、上記第２室３０ｂは大気に常時開放されている。なお、図中の符号３２は、外部から手動操作により押し込んで、上記第１室３０ａ内に充填された圧縮流体を排気するためのマニュアル操作部である。

[0027] 一方、上記第２アダプタ部４は、上記スプール孔７よりも大径かつ上記第１シリンダ孔３０よりも小径に形成されて上記弁本体部２側に開口する第２シリンダ孔４０と、該シリンダ孔４０に気密かつ軸Ｌ方向に摺動自在に嵌合された第２ピストン４１とを軸Ｌ上に有している。すなわち、該シリンダ孔４０は、該ピストン４１によって、該ピストン４１よりも弁本体部２側の第１室４０ａと、それと反対側の第２室４０ｂとに気密に区画されており、また、上記第１ピストン３１の径が第２ピストン４１の径よりも大きく形成さ

れていて、該第１ピストン３１の第１室３０ａ側における受圧面積が、第２ピストン４１の第２室４０ｂ側における受圧面積よりも大きくなっている。

[0028] 上記第２ピストン４１は、その弁本体部２側に、上記スプール２０と同軸に配された第２押圧部４１ａを一体に有しており、該第２押圧部４１ａは、上記スプール孔７の第２支持部７ｂよりも小径に形成されていて、上記スプール２０の第２被押圧部２０ｂに当接している。また、上記第２シリンダ孔４０の第１室４０ａは、上記スプール２０の中心を軸Ｌ方向に貫通する貫通孔２０ｃを通じて、上記第１シリンダ孔３０の第２室３０ｂに連通されており、大気に常時開放されている。一方、上記第２室４０ｂは、上記パイロット流体供給孔７９に常時連通されていて、パイロット流体によって常時加圧されている。そのため、上記スプール２０は、軸Ｌ方向において、上記第１アダプタ部３側（すなわち、第１ピストン側）に向けて常時押圧されている。

[0029] なお、上記スプール孔７の各支持部、各流路溝及び各被摺動面、上記スプール２０の各被押圧部、各ランド部及び各環状凹部、並びに、上記各シリンダ孔３０，４０及び各ピストン３１，４１は、軸Ｌと直交する横断面において、円形のみならず、楕円形又はトラック形状を成していても良い。そこで、本願においては、便宜上、このように軸Ｌ周りに環状に周設されたものについて、軸Ｌを直角に横切る弦を一律に「径」といい、軸Ｌから外周までの距離を一律に「半径」ということとする。

[0030] 続いて、図１及び図２に基づいて、上記スプール式切換弁１の動作を説明する。まず、図１に示すように、弁駆動部５を構成する電磁式パイロット弁部がＯＦＦの状態においては、第１シリンダ孔３０の第１室３０ａが大気に開放されている。そのため、上記第２ピストン４１が、その押圧力により、上記スプール２０と共に第１ピストン３１を該第１室３０ａ側のストローク端へと移動させ、その結果、該スプール２０が上記第１切換位置に切り換えられた状態となる。そのとき、軸Ｌ方向において、上記スプール２０の第１ランド部２２は上記スプール孔７の第１流路溝７０の位置に配され、第２ラ

ンド部２４は第２被摺動面７３の位置に配され、第３ランド部２６は第３流路溝７４の位置に配され、第４ランド部２８は第４被摺動面７７の位置に配されている。

[0031] すなわち、スプール孔７内において、第１出力ポートＡを含む第１出力流路９と給気ポートＰを含む給気流路８との接続が、上記第２ランド部２４によって遮断されると共に、第２出力ポートＢを含む第２出力流路１０と第２排気ポートＥＢを含む第２排気流路１２との接続が、上記第４ランド部２８によって遮断されている。そして、このようなスプール孔７とスプール２０との位置関係により、上記第１出力流路９と第１排気流路１１とがスプール孔７を通じて相互に接続されると共に、上記第２出力流路１０と給気流路８とが同じくスプール孔７を通じて相互に接続されている。なお、このとき上記第２排気流路１２は、上記スプール孔７内において閉塞されている。

[0032] 一方、図２に示すように、弁駆動部５を構成する電磁式パイロット弁部がＯＮの状態においては、第１シリンダ孔３０の第１室３０ａに対し該弁駆動部５を通じてパイロット流体が供給される。そのため、上記第１ピストン３１が、その押圧力により、スプール２０と共に第２ピストン４１を、該第２ピストン４１の押圧力に抗して第２シリンダ孔４０の第２室４０ｂ側のストローク端へと移動させ、その結果、該スプール２０が上記第２切換位置に切り換えられた状態となる。そのとき、軸Ｌ方向において、上記スプール２０の第１ランド部２２は上記スプール孔７の第１被摺動面７１の位置に配され、第２ランド部２４は第３流路溝７４の位置に配され、第３ランド部２６は第３被摺動面７５の位置に配され、第４ランド部２８は第５流路溝７８の位置に配されている。

[0033] すなわち、スプール孔７内において、第１出力ポートＡを含む第１出力流路９と第１排気ポートＥＡを含む第１排気流路１１との接続が、上記第１ランド部２２によって遮断されると共に、第２出力ポートＢを含む第２出力流路１０と給気ポートＰを含む給気流路８との接続が、上記第３ランド部２６によって遮断されている。そして、このようなスプール孔７とスプール２０

との位置関係により、上記第１出力流路９と給気流路８とがスプール孔７を通じて相互に接続されると共に、上記第２出力流路１０と第２排気流路１２とが同じくスプール孔７を通じて相互に接続されている。なお、このとき上記第１排気流路１１は、上記スプール孔７内において閉塞されている。

[0034] 以下、スプール２０とスプール孔７との間のシール構造の各実施形態について、図３－図６を用いてより具体的に説明する。ただし、ここでは、主として、図１のＭ及び図２のＮで示す、第３ランド部２６とスプール孔７との間のシール構造について説明することとし、その説明の中では「第３ランド部２６」を単に「ランド部２６」、「第４環状凹部２７」を単に「環状凹部２７」、「第３流路溝７４」を単に「流路溝７４」、「第３被摺動面７５」を単に「被摺動面７５」とそれぞれいうこととする。そして、その他の第１、第２及び第４ランド部２２，２４，２８とスプール孔７との間のシール構造については、上記第３ランド部２６によるシール構造と実質的に同じであるから、詳細な説明は重複記載を避けるため省略することとする。

[0035] 本発明の各実施形態に係るシール構造において、上記スプール２０のランド部２６の上記摺動部としての外周面２６ａは、上記被摺動面７５と実質的に平行を成している。そして、該外周面２６ａの軸Ｌ方向の中央には、径方向Ｙに開口する上記凹溝１５が軸Ｌ周りに周設されていて、該凹溝１５に上記パッキン５０が装着されている。ここで、上記パッキン５０の材料としては、シール機能を発揮するゴム弾性材であれば特に限定されるものではないが、例えばニトリルゴムやフッ素ゴム等を用いることができる。

[0036] 上記凹溝１５は、軸Ｌ周りに環状に周設されると共に該軸Ｌに沿って平坦に延びた底壁面１５ａと、該底壁面１５ａの軸Ｌ方向の両端から径方向Ｙ（軸Ｌと直交方向）に延びて互いに対向する、上記第１被押圧部２０ａ側の第１側壁面１５ｂ及び上記第２被押圧部２０ｂ側の第２側壁面１５ｃとから構成されている。すなわち、上記外周面２６ａと、互いに平行な平面に形成された一対の側壁面１５ｂ，１５ｃとは、互いに直角に交わっていて、それにより、上記凹溝１５の開口を形成している。そして、上記凹溝１５は、軸Ｌ

に沿った横断面において、径方向Ｙに延びる中心軸に関して軸Ｌ方向に左右対称な矩形状に形成されている。

[0037] ここで、この凹溝１５の底壁面１５ａは直径Ｄ５に形成されており、そのため、上記外周面２６ａから該底壁面１５ａまでの距離（＝（Ｄ３－Ｄ５）／２）が、該凹溝１５の深さＨｇに相当している。そして、該凹溝１５は、ランド部２６の周方向全体に亘って均一な深さＨｇを有している。また、該凹溝１５の軸Ｌに沿った溝幅Ｗｇも、その開口から底壁面１５ａまでの深さ全体に亘って均一に形成されている。ただし、この凹溝１５は、上述の形態のものに限定されず、例えば上記一対の側壁面１５ｂ，１５ｃを、上記底壁面１５ａ及び外周面２６ａと鋭角に交わらせて、溝幅Ｗｇが上記底壁面１５ａから開口に向けて徐々に狭くなる略等脚台形状に形成されていても良い。

[0038] その一方で、上記パッキン５０は、凹溝１５に装着されていない未使用状態において、その内径が上記凹溝１５の底壁面１５ａの直径Ｄ５よりも小さく形成されている。換言すると、パッキン５０の内周面（すなわち基端面）５０ａの周方向長さが、上記凹溝１５の底壁面１５ａの周方向長さよりも短く形成されている。そのため、図３－図６のように、パッキン５０を凹溝１５に装着した状態においては、ゴム弾性材から成るパッキン５０が周方向に伸長されて、その内周面５０ａが上記底壁面１５ａに弾性的に圧接されている。それにより、パッキン５０の内周面５０ａと凹溝１５の底壁面１５ａとの間のシール性を確保している。

[0039] 以下においては、上記パッキン５０が上記凹溝１５内に装着された状態について説明することとする。

図３に示す第１実施形態のシール構造において、上記パッキン５０は、軸Ｌに沿った横断面において、実質上、径方向Ｙの中心軸に関して軸Ｌ方向に左右対称な中実の矩形状に形成されている。すなわち、このパッキン５０の外形は、該パッキン５０の内周面によって形成され、軸Ｌ周りに環状を成すと共に軸Ｌに沿って平坦に延びた上記基端面５０ａと、該パッキン５０の外周面によって形成され、軸Ｌ周りに環状を成すと共に軸Ｌに沿って平坦に延

びた先端面５０ｄと、上記基端面５０ａ及び先端面５０ｄの軸Ｌ方向の一端同士を連結し、上記凹溝１５の第１側壁面１５ｂと対向して径方向Ｙに延びる第１側端面５０ｂと、上記基端面５０ａ及び先端面５０ｄの軸Ｌ方向の他端同士を連結し、上記凹溝１５の第２側壁面１５ｃと対向して径方向Ｙに延びる第２側端面５０ｃとの四面によって形作られている。このように、上記基端面５０ａは、その全面が上記底壁面１５ａに圧接されていると共に、上記先端面５０ｄと平行を成して背向している。また、上記一対の側端面５０ｂ，５０ｃは、共に全体が平面に形成され、互いに平行を成して背向すると共に、上記基端面５０ａ及び先端面５０ｄと直角を成している。

[0040] そして、上記凹溝１５に装着されたパッキン５０の外径（本第１実施形態では上記先端面５０ｄの径）をＤｐとしたとき、パッキン５０における上記底壁面１５ａに圧接された基端面５０ａから先端面５０ｄまで距離、すなわちパッキン５０の径方向Ｙの高さＨｐ（＝（Ｄｐ－Ｄ５）／２）は、上記凹溝１５の深さＨｇよりも大きく形成されている。よって、上記パッキン５０における先端面５０ｄを含む高さＨｐ－Ｈｇの先端部５１が、上記ランド部２６の外周面（摺動部）２６ａから径方向Ｙに突出しており、基端面５０ａを含む高さＨｇの基端部５２が、上記凹溝１５内に収容されている。このとき、上記凹溝１５の深さＨｇがパッキン５０全体の高さのＨｐの１／２以上であると、パッキン５０が該凹溝１５から外れるのを防止することができて望ましい。

[0041] ところで、本第１実施形態のシール構造においては、上記パッキン５０が、径方向Ｙにおいて基端面５０ａから先端面５０ｄに至るまで、均一な軸Ｌ方向の幅Ｗｐを有していて、この幅Ｗｐは上記凹溝１５の幅Ｗｇよりも小さく形成されている。すなわち、本発明において、パッキン５０における凹溝１５内に収容された基端部５２の最大幅Ｗｐｍａｘは、上記凹溝１５の最小幅Ｗｇｍｉｎよりも小さく形成されている。そのため、該パッキン５０は、流体圧によって、上記凹溝１５の第１側壁面１５ｂと第２側壁面１５ｃとの間を軸Ｌ方向に移動可能となっている。

[0042] また、上記パッキン５０の先端面５０ｄの外径Ｄｐは、上記スプール孔７の被摺動面７５の内径Ｄ０よりも僅かに小さく形成されている。このとき、上記パッキン５０の先端部５１における上記第１側端面５０ｂ側の端部が、軸Ｌ周りに環状の第１シール部５３を形成し、同じく上記第２側端面５０ｃ側の端部が、軸Ｌ周りに環状の第２シール部５４を形成している。ここで、上記第１シール部５３は、上記先端面５０ｄと第１側端面５０ｂとが交わる直角の角部を含んでおり、上記第２シール部５４は、上記先端面５０ｄと第２側端面５０ｃとが交わる直角の角部を含んでいる。

[0043] そして、上記各ランド部２２，２４，２６，２８の摺動部が、上記スプール孔７における対応する各被摺動面７１、７３、７５、７７と対峙し、且つ、スプール孔７における各ランド部２２，２４，２６，２８によって区画された一対の空間Ｓ１，Ｓ２（図３（ｂ）－図５（ｂ）参照）のうちの一方に、上記給気流路８から圧縮流体が供給されている状態において、その圧縮流体の流体圧でパッキン５０が弾性変形することにより、上記ランド部の摺動部とスプール孔の被摺動面との間において、必要なシール性が確保されるようになっている。具体的には、上記圧縮流体の流体圧によるパッキン５０の弾性変形により、上記第１及び第２シール部５３，５４のうち上記圧縮流体が供給されている一方の空間Ｓ１，Ｓ２側に位置するシール部が、上記ランド部の摺動部とスプール孔の被摺動面との間の空隙δ（＝（Ｄ０－Ｄｐ）／２）を狭窄するか、又は該被摺動面に当接し、その結果、上述のように、被摺動面と摺動面との間の必要なシール性を確保することができるようになっている。

[0044] このようなシール構造の機序を、図３のランド部２６を例に挙げてより具体的にすると、まず、図１に示すように、スプール２０が上記第１切換位置に切り換えられた状態においては、図３（ａ）に示すように、上記ランド部２６が流路溝７４の位置に配されていて、該ランド部２６の摺動部２６ａが、対応する被摺動面７５と対峙していない。そのため、上記パッキン５０が実質的に変形したり凹溝１５内を移動したりすることなく、上記ランド部２

６は、給気流路８からスプール孔７内に供給された圧縮流体が、被摺動面７５と環状凹部２７との間に形成された流路を通じて出力されるのを許容している。

[0045] 次に、上記弁駆動部５を切り換えると、スプール２０が上記第１切換位置から図２に示す第２切換位置へと移動し、それに伴って、ランド部２６及びそのパッキン５０も、上述した図３（ａ）の位置から、図３（ｂ）の位置へと移動する。このスプールが第２切換位置に切り換えられた状態においては、上記ランド部２６の摺動部２６ａが、上記スプール孔７の被摺動面７５と対峙した状態、すなわち、該ランド部２６に装着されたパッキン５０における上記両シール部５３，５４を含んだ先端面５０ｄの全体が被摺動面７５と対峙した状態となり、該ランド部２６によってスプール孔７内の空間が、給気流路８に接続された第１空間Ｓ１と排気流路１２に接続された第２空間Ｓ２とに区画される。

[0046] そのとき、上記第１空間Ｓ１には給気流路８から圧縮流体が供給されているため、その流体圧により、上記パッキン５０が凹溝１５内を第２側壁面１５ｃ側に移動して、該パッキン５０の第２側端面５０ｃが上記第２側壁面１５ｃに押し付けられた状態となっている。また、それと同時に、上記パッキン５０には、上記流体圧により、上記第２側壁面１５ｃの開口縁を中心とした図中時計回りのモーメント力が作用し、上記パッキン５０における第１側端面５０ｂと第１シール部５３とを含んだ第１空間Ｓ１側の側端部が、径方向Ｙに向けて（すなわち、スプール孔７の被摺動面７５に向けて）弾性的に伸長している。その結果、上記第１シール部５３（特に上記角部）が、上記被摺動面７５との間に形成された空隙δを狭窄するか、又は該被摺動面７５に当接した状態となっている。以上のようにして、上記第１空間Ｓ１から第２空間Ｓ２への圧縮流体の漏れを可及的に抑制し、これら空間Ｓ１，Ｓ２の間におけるシール性を確保することができるようになっている。

[0047] ところで、上記ランド部２６が、図３（ａ）の位置から図３（ｂ）の位置へと変位する過程において、該ランド部２６のパッキン５０は、スプール孔

７の流路溝７４と被摺動面７５との境界部分（すなわち、流路溝７４の開口縁のテーパ部Ｔ）を横切って該被摺動面７５と対峙する位置へと移動する。そのとき、先ずパッキン５０の第２シール部５４が被摺動面７５と対峙し、続いて第１シール部５３も該被摺動面７５と対峙することとなるが、パッキン５０の外径Ｄｐがスプール孔７の被摺動面７５の内径Ｄ０よりも小さく形成されているため、少なくとも第２シール部５４は上記境界部分に衝突することなく被摺動面７５と対峙する位置に移動する。そして、このようにして、第２シール部５４が被摺動面７５と対峙すると、第１シール部５３が上記境界部分（テーパ部Ｔ）を横切る前に、圧縮流体の流体圧により、パッキン５０の第２側端面５０ｃが凹溝１５の第２側壁面１５ｃに押圧されると共に、上記パッキン５０における第１側端面５０ｂと第１シール部５３とを含んだ側端部が、弾性変形により径方向Ｙに向けて伸長することが想定される。

[0048] そのとき、たとえ、上記第１シール部（特に、先端面５０ｄと第１側端面５０ｂとが交わる直角の角部）の外径が被摺動面７５の内径Ｄ０よりも大きくなって、それにより、該第１シール部５３が上記境界部分に衝突し、さらに上記被摺動面７５に乗り上げて当接したとしても、それらに伴うパッキン５０の変形量が従来のものと比較して小さく、しかも、それらに伴ってパッキン５０に作用する力は、流体圧による弾性変形を元に戻す方向に作用するため、上記衝突によるパッキン５０への負荷や、該パッキン５０と被摺動面７５との間の摺動抵抗を可及的に抑制することができる。

[0049] 以上のような第１実施形態に係るシール構造によれば、スプール２０を第１切換位置と第２切換位置とに選択的に変位させて、各流路８，９，１０，１１，１２間の接続状態を切り換えた際に、たとえ、上記ランド部２２，２４，２６，２８のパッキン５０が圧縮流体の流体圧で弾性変形することによって上記流路溝７０，７４，７８の開口縁（テーパ部Ｔ）に対し衝突したとしても、該パッキン５０への負荷を可及的に抑制することができると共に、該パッキン５０と被摺動面７１，７３，７５，７７との間に生じる摩擦抵抗も可及的に抑制することができる。その結果、スプール２０のよりスムーズ

な動作を実現することが可能になると共に、パッキン５０の物理的な劣化や損傷を可及的に抑制して該パッキン５０の長寿命化を図ることが可能となる。

[0050] また、圧縮流体を給気流路８に供給することなくスプール２０の動作を停止させた状態、すなわち、該スプール２０のランド部がその摺動面をスプール孔７の被摺動面と対峙させて停止した状態が、長期間維持されたとしても、そのとき、パッキン５０の各シール部５３，５４は、スプール孔７の被摺動面とは非接触状態にあるため、ゴム弾性材から成るパッキン５０が、永久変形したり上記スプール孔７の被摺動面に固着したりして物理的に劣化又は損傷するのを防止することができる。さらに、スプール式切換弁を組み立てるにあたっても、ハウジング６におけるスプール孔７の開口部に、スプール２０を導入するための加工（例えば面取り加工等）を必ずしも施す必要性が無い。

[0051] 次に、図４に基づいて、本発明に係るシール構造の第２実施形態ついて説明する。ただし、ここでは重複記載を避けるため、上記第１実施形態と同じ構成部分及びその作用効果については、図に同じ符号を付して説明は省略することとする。

[0052] この第２実施形態のシール構造が上記第１実施形態のシール構造と異なっている部分は、主として、パッキンの先端部５１に周設された第１及び第２シール部の形態にある。図４（ａ）に示すように、この第２実施形態において、上記第１シール部は、パッキン５０Ａの先端面５０ｄにおける第１側端面５０ｂ側の端部から、径方向Ｙに向けて一体に突設された環状の第１突条５３ａによって形成されている。また、第２シール部は、上記先端面５０ｄにおける第２側端面５０ｃ側の端部から、径方向Ｙに向けて一体に突設された環状の第２突条５４ａによって形成されている。すなわち、これら突条５３ａ，５４ａは、軸Ｌ方向において、軸方向に平坦な先端面５０ｄを間に介在させて、該先端面５０ｄの両側端部に離間して配置されている。

[0053] また、このような第１突条５３ａ及び第２突条５４ａを有するパッキン５

０Ａも、軸Ｌに沿った横断面において、径方向Ｙの中心軸に関して軸Ｌ方向に左右対称を成している。そのため、上記先端面５０ｄから上記各突条５３ａ，５４ａの先端までの距離は互いに等しくなっており、上記シリンダ孔７の被摺動面７５から上記各突条５３ａ，５４ａの先端までの距離δも互いに等しくなっている。そして、軸Ｌからこれら突条５３ａ，５４ａの先端までの距離が、本第２実施形態におけるパッキン５０Ａの外径Ｄｐとなっている。

[0054] さらに、このパッキン５０Ａにおいては、上記一対の突条５３ａ，５４ａが、その先端面５０ｄ上の基端から被摺動面７５側の先端に向けて、軸Ｌ方向の幅が徐々に狭くなる楔形状に形成されている。具体的には、上記第１突条５３ａは、上記第１側端面５０ｂから成り上記先端面５０ｄと直角を成す外壁と、該先端面５０ｄから上記第１側端面５０ｂ側に傾斜させて立設された内壁とによって形成されている。また、上記第２突条５４ａは、上記第２側端面５０ｃから成り上記先端面５０ｄと直角を成す外壁と、該先端面５０ｄから上記第２側端面５０ｃ側に傾斜させて立設された内壁とによって形成されている。換言すると、本第２実施形態のパッキン５０Ａは、第１実施形態のパッキン５０において、その外周面の軸Ｌ方向中央に、先端面５０ｄを底面とする断面逆等脚台形の溝を形成したものであり、上記第１及び第２突条５３ａ，５４ａの先端は、第１及び第２側端面５０ｂ、５０ｃと鋭角を成す角部によって形成されている。

[0055] このようなパッキン５０Ａを備えた第２実施形態に係るシール構造においては、スプール２０を上記第１切換位置（図１参照）から上記第２切換位置（図２参照）に変位させた際に、第１空間Ｓ１の流体圧により、上記第１及び第２シール部としての第１及び第２突条５３ａ，５４ａが、上記第１実施形態と同様の機序で、上記被摺動面７５との間の空隙δ（＝（Ｄ０－Ｄｐ）／２）を狭窄するか、又は該被摺動面７５に当接する（図４（ｂ）参照）。そして、その結果、上記スプール孔７の被摺動面７５と上記ランド部２６の摺動面２６ａとの間の必要なシール性を確保することができるようになって

いる。

[0056] 次に、図５に基づいて、本発明に係るシール構造の第３実施形態ついて説明する。ただし、ここでも重複記載を避けるため、上記第１及び第２実施形態と同じ構成部分及びその作用効果については、図に同じ符号を付して説明は省略することとする。

[0057] 図５（ａ）に示すように、この第３実施形態に係るシール構造においては、パッキン５０Ｂの第１側端面５０ｂ及び第２側端面５０ｃに、軸Ｌを中心とした同じ直径を有する環状の第１くびれ溝５５ａ及び第２くびれ溝５５ｂが周設されている。すなわち、これらくびれ溝５５ａ，５５ｂは、該パッキン５０Ｂの横断面において、上記基端面５０ａからの高さが同じ位置に対向配置されており、それにより、該パッキン５０Ｂの幅Ｗｐが狭くなるくびれ部５６を形成している。そして、このパッキン５０Ｂにおいては、これらくびれ溝５５ａ，５５ｂによって、例えば図５（ｂ）に示すように、上記第１空間Ｓ１の流体圧が第１側端面５０ｂに作用した時に、上述のような弾性変形による径方向Ｙへの伸長が促進されるようになっている。なお、他の実施形態と同様に、上記パッキン５０Ｂも、横断面の中心軸に関して軸Ｌ方向に左右対称に形成されている。

[0058] より具体的には、上記一対のくびれ溝５５ａ，５５ｂは、その溝壁が滑らかな凹曲面、好ましくは円弧面によって形成され、上記くびれ部５６の幅はパッキン５０Ｂの全幅Ｗｐの１／２よりも大きくなっており、上記側端面５０ｂ，５０ｃにおける両くびれ溝５５ａ，５５ｂの開口幅は、パッキン５０Ｂの全高Ｈｐの１／２よりも小さくなっている。そして、本第３実施形態においては、上記一対のくびれ溝５５ａ，５５ｂ及びくびれ部５６の全体が、パッキン５０Ｂの基端部５２に設けられており、具体的には、パッキン５０Ｂの高さ方向の中央よりも外周側であって、凹溝１５内におけるその開口の近傍に形成されている。

[0059] また、本第３実施形態においては、パッキン５０Ｂの横断面の中心軸と凹溝１５の横断面の中心軸とを一致させた状態で、該パッキン５０Ｂの基端面

５０ａが、凹溝１５の底壁面１５ａに対して接着により固定されている。すなわち、パッキン５０Ｂは凹溝１５の幅方向の中央に固定されていて、第１側端面５０ｂと第１側壁面１５ｂとの間及び第２側端面５０ｃと第２側壁面１５ｃとの間には、同幅の空隙（＝（Ｗｇ－Ｗｐ）／２）が形成されている。よって、上記一対のくびれ溝５５ａ，５５ｂは、上記凹溝１５の開口に連通している。

[0060] このようなパッキン５０Ｂを備えた第３実施形態に係るシール構造によれば、図５（ｂ）に示すように、スプール２０を上記第１切換位置（図１参照）から上記第２切換位置（図２参照）に変位させた際に、第１空間Ｓ１の流体圧によって、パッキン５０Ｂに対し図中時計回りのモーメント力が作用する。すると、第１実施形態の場合と同様に、パッキン５０Ｂにおける第１空間Ｓ１側（すなわち、圧縮流体の流体圧が作用している第１側端面５０ｂ側）の側端部が伸長する。そのとき、第１側端面５０ｂに形成された第１くびれ溝５５ａは該流体圧によって拡大するが、それとは逆の第２側端面５０ｃに形成された第２くびれ溝５５ｂは縮小するため、上記第１側端面５０ｂ側の側端部の伸長がより促進されることとなる。また、上記第２側端面５０ｃと凹溝１５の第２側壁面１５ｃとの間に空隙が形成されているため、上記第１側端面５０ｂ側の側端部の伸長が妨げられることもない。さらに、パッキン５０Ｂは凹溝１５の幅方向の中央に接着により固定されているため、上記モーメント力及び流体圧でパッキン５０Ｂの基端面（内周面）５０ａが凹溝１５の底壁面１５ａから浮き上がるのを防止することができる。

[0061] そして、その結果、圧縮流体の流体圧が作用している第１空間Ｓ１側の第１シール部５３が、上記被摺動面７５との間の空隙δ（＝（Ｄ０－Ｄｐ）／２）を狭窄するか、又は該被摺動面７５に当接することにより、上記スプール孔７の被摺動面７５と上記ランド部２６の摺動面２６ａとの間の必要なシール性を確保することができるようになっている。

[0062] なお、上記第２実施形態に係るシール構造においては、圧縮流体の漏れを抑制するラビリンスシールを形成するために、図６に示すように、上記パッ

キン５０Ａの先端面５０ｄにおける上記第１突条５３ａと第２突条５４ａとの間の位置に、ラビリンス突起５７が径方向Ｙに向けて立設されていても良い。このラビリンス突起５７は、好ましくは、上記先端面５０ｄの軸Ｌ方向の中央（パッキン５０Ａの横断面の中心軸上）に、上記突条５３ａ，５４ａと平行を成して軸Ｌ周りに環状に形成されている。そして、その横断面は、例えば頂角が鋭角の二等辺三角形等、左右対称で先端に向けて徐々に幅が狭くなる楔形状に形成されている。また、上記先端面５０ｄから先端までのラビリンス突起５７の高さは、上記突条５３ａ，５４ａの高さ以上であることが望ましい。

[0063] 以上、本発明に係るスプール式切換弁におけるシール構造について説明してきたが、本発明は上記の各実施形態に限定されることなく、特許請求の範囲の趣旨を逸脱しない範囲で様々な設計変更が可能であることは言うまでもない。

例えば、図３や図４に示す第１及び第２実施形態においても、図５の第３実施形態のようにして、パッキン５０の基端面５０ａと凹溝１５の底壁面１５ａとを、接着等により固定しても良い。スプール２０を動作させる弁駆動部５も、電磁式パイロット弁部によって構成されたもの限定されず、直動式等様々な駆動機構によって構成することが可能である。また、ポートの数やランド部の数を変更したり、第２ピストン４１に替えてコイルバネを使用したりしても良い。さらに、上記シール部５３（５３ａ），５４（５４ａ）は、上述のように、パッキン５０の側端面５０ｂ，５０ｃと直角又は鋭角を成す角部を有していることが望ましいが、必ずしもそれに限定されるものではない。

符号の説明

[0064] １ スプール式切換弁（電磁弁）

２ 弁本体部

３ 第１アダプタ部

４ 第２アダプタ部

５　　弁駆動部（電磁式パイロット弁部）

６　　ハウジング

７　　スプール孔

８　　給気流路

９　　第１出力流路

１０　　第２出力流路

１１　　第１排気流路

１２　　第２排気流路

１５　　凹溝

１５ａ　底壁面

１５ｂ　第１側壁面

１５ｃ　第２側壁面

２０　　スプール

２６　　第３ランド部

２６ａ　外周面（摺動部、摺動面）

２７　　第４環状凹部

５０，５０Ａ，５０Ｂ　　パッキン

５０ａ　基端面

５０ｂ　第１側端面

５０ｃ　第２側端面

５０ｄ　先端面

５１　　先端部

５２　　基端部

５３，５３ａ　第１シール部

５４，５４ａ　第２シール部

５５ａ　第１くびれ溝

５５ｂ　第２くびれ溝

５６　　くびれ部

５７　ラビリンス突起

７４　スプール孔の第３流路溝

７５　スプール孔の第３被摺動面

δ　パッキンと被摺動面との間の空隙（＝（Ｄ０－Ｄｐ）／２）

Ｄ０　被摺動面の内径

Ｄｐ　パッキンの外径

Ｗｐ　パッキンの横断面の幅

Ｗｇ　環状凹溝の横断面の幅

Ｌ　軸

請求の範囲

[請求項1] スプール式切換弁におけるシール構造であって、

上記切換弁は、軸方向に延びるように形成されて給気流路、出力流路及び排気流路が連通されたスプール孔と、該スプール孔に軸方向に摺動自在に挿入されたスプールと、該スプールを動作させて上記流路間の接続状態を切り換えるための弁駆動部とを有しており、

上記スプールは、軸周りの外周に摺動部を有するランド部と、該ランド部よりも外径が小さい環状凹部とを軸方向に沿って交互に有しており、

上記スプール孔の軸周りの内周面には、上記給気流路、出力流路及び排気流路にそれぞれ対応させて凹設された環状の流路溝と、上記スプールのランド部がその摺動部を対峙させて摺動する環状の被摺動面とが軸方向に沿って交互に形成されていて、上記流路溝の各々には、それに対応する上記流路の何れかが接続されており、

上記ランド部の摺動部には、径方向に開口する環状の凹溝が軸周りに周設されていて、ゴム弾性材から成るパッキンの内周側の基端部が該凹溝内に収容されると共に、該パッキンの外周側の先端部が該凹溝の開口縁から突出しており、

上記パッキンの先端部における軸方向の一方の側端部には第１シール部が、他方の側端部には第２シール部が該軸周りに周設されており、

上記凹溝に収容された状態のパッキンにおける上記第１及び第２シール部の外径は、上記スプール孔の被摺動面の内径よりも小さく形成されており、

上記ランド部の摺動部が上記スプール孔の被摺動面と対峙し、且つ、スプール孔における該ランド部によって区画された一対の空間のうちの一方に、上記給気流路から圧縮流体が供給されている状態において、上記パッキンにおける該圧縮流体が供給されている空間側の側端

部が、該圧縮流体の圧力による弾性変形によって径方向に伸長し、それにより、上記第１及び第２シール部のうち該圧縮流体が供給されている空間側のシール部が、上記スプール孔の被摺動面との間に形成された空隙を狭窄するか又は該被摺動面に当接するように構成されている、

ことを特徴とするシール構造。

[請求項2] 請求項１に記載のシール構造であって、

上記パッキン及び凹溝が、軸に沿う横断面において、該軸方向に左右対称を成しており、

上記凹溝が、上記パッキンの基端が当接する底壁面と、該底壁面における軸方向の両端から径方向に立ち上がって互いに対向する一対の側壁面とから構成されており、

上記径方向において、上記凹溝における上記開口縁から上記底壁面までの深さが、上記パッキンにおけるその基端から先端までの高さの１／２又はそれよりも大きく形成されている、

ことを特徴とするシール構造。

[請求項3] 請求項２に記載のシール構造であって、

上記凹溝において、上記底壁面と一対の側壁面とが９０度又はそれよりも小さい角度を成している、

ことを特徴とするシール構造。

[請求項4] 請求項３に記載のシール構造であって、

軸方向において、上記パッキンにおける上記凹溝に収容された基端部の最大幅が、該凹溝における一対の側壁面間の最小幅よりも小さく形成されている、

ことを特徴とするシール構造。

[請求項5] 請求項４に記載のシール構造であって、

上記パッキンの基端が、上記凹溝の底壁面に接着により固定されている、

ことを特徴とするシール構造。

[請求項6] 請求項１に記載のシール構造であって、

上記パッキンは、その軸方向両端に、互いに平行を成して背向する一対の側端面を有していて、該軸に沿う横断面において、該軸方向に左右対称を成しており、

上記パッキンの先端部には、上記被摺動面と対向する先端面が形成されており、

上記先端面における軸方向の一方の側端部に上記第１シール部が形成されていて、該先端面における軸方向の他方の側端部に上記第２シール部が形成されている、

ことを特徴とするシール構造。

[請求項7] 請求項６に記載のシール構造であって、

上記第１シール部が、上記先端面から径方向に向けて突設された第１突条によって形成され、上記第２シール部が、該先端面から径方向に向けて突設された第２突条によって形成されている、

ことを特徴とするシール構造。

[請求項8] 請求項７に記載のシール構造であって、

径方向における上記被摺動面から第１突条及び第２突条の先端までの距離が、互いに等しく形成されている、

ことを特徴とするシール構造。

[請求項9] 請求項８に記載のシール構造であって、

上記パッキンの先端面が上記被摺動面と平行を成していて、

上記先端面から上記第１突条及び第２突条の先端までの高さが、互いに等しく形成されており、

上記第１突条と第２突条が、軸方向において、互いに離間して配置されている、

ことを特徴とするシール構造。

[請求項10] 請求項９に記載のシール構造であって、

上記第１突条及び第２突条が、上記先端面から上記先端に向けて徐々に軸方向の幅が狭くなる楔形状に形成されている、

ことを特徴とするシール構造。

[請求項11] 請求項９に記載のシール構造であって、

上記パッキンの先端面における上記第１突条と第２突条との間には、ラビリンスシールを形成するラビリンス突起が設けられている、

ことを特徴とするシール構造。

[請求項12] 請求項６に記載のシール構造であって、

上記パッキンの一対の側端面には、上記凹溝の開口に連通された環状のくびれ溝がそれぞれ周設されている、

ことを特徴とするシール構造。

[請求項13] 請求項１２に記載のシール構造であって、

上記くびれ溝が凹曲面によって形成されている、

ことを特徴とするシール構造。

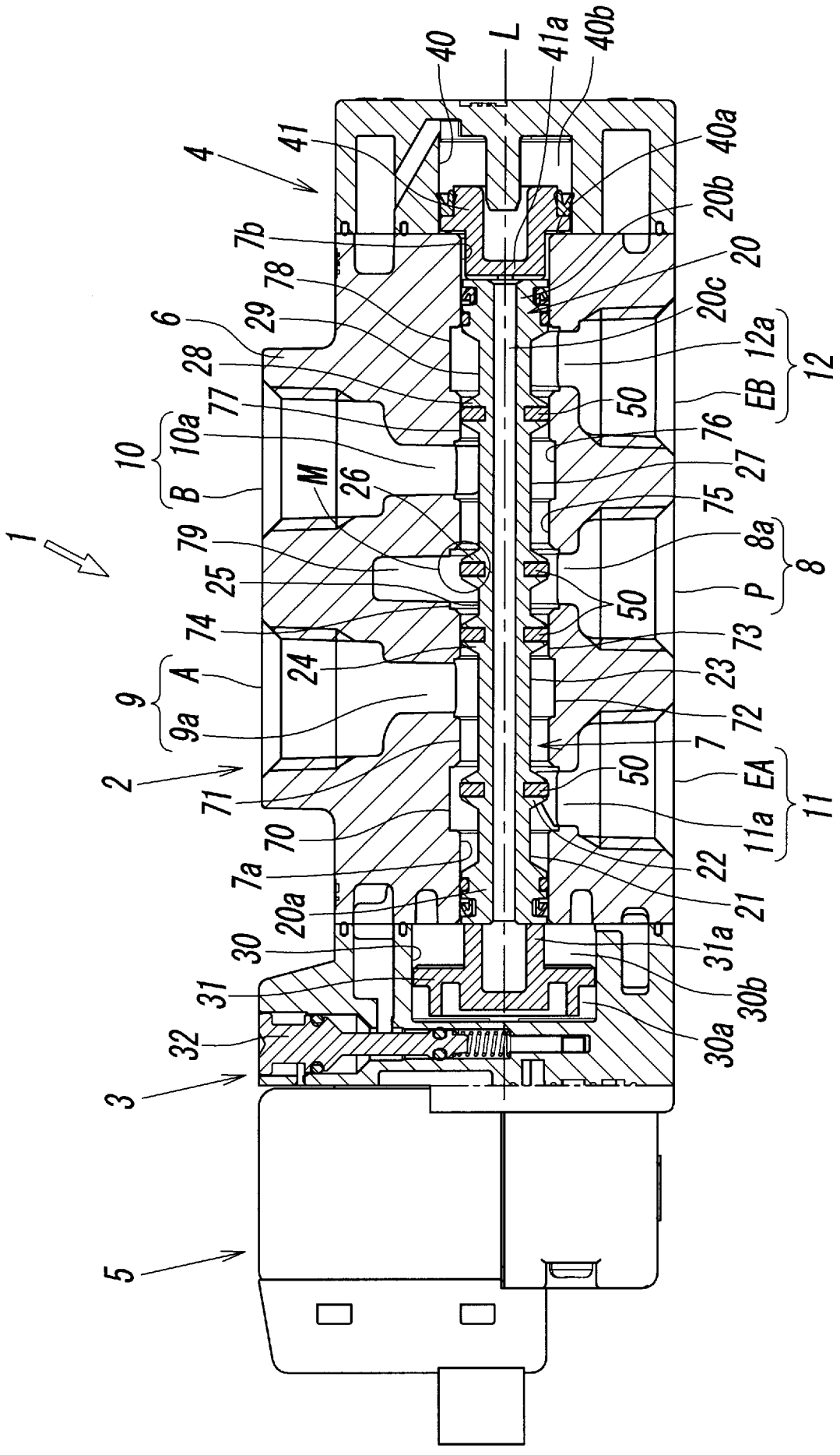
[請求項14] 請求項１－１３の何れかに記載のシール構造を備えたスプール式切換弁であって、

上記切換弁は、上記スプール孔が形成されたハウジングを有しており、

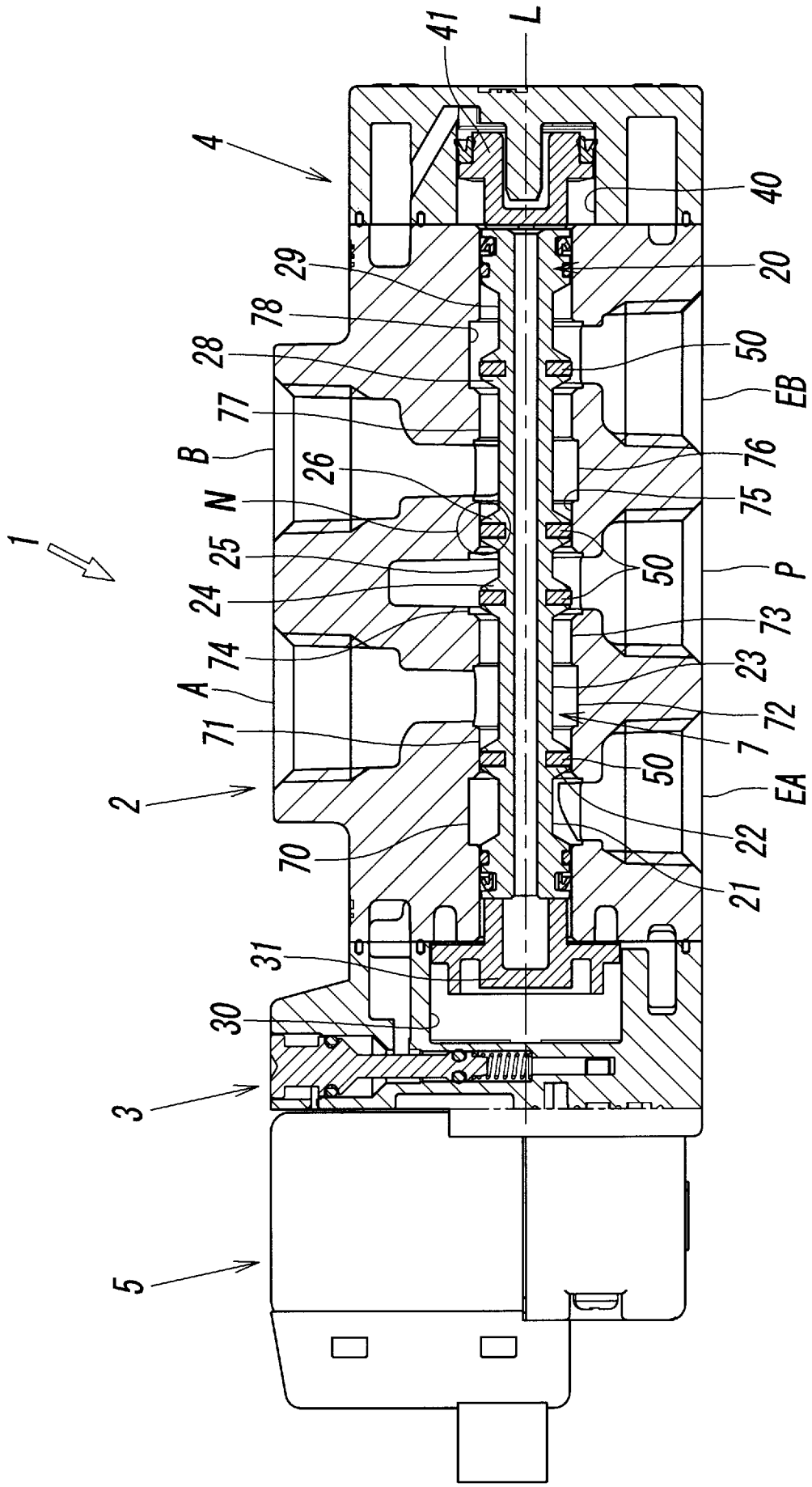
上記ハウジングの外面には、上記給気流路を形成し、流体圧源に接続して圧縮流体を供給するための給気ポートと、上記出力流路を形成し、上記流体圧源からの圧縮流体を外部の流体圧機器に対して出力するための出力ポートと、上記排気流路を形成し、上記流体圧機器からの排気を排出するための排気ポートとが開設されている、

ことを特徴とするスプール式切換弁。

[図1]

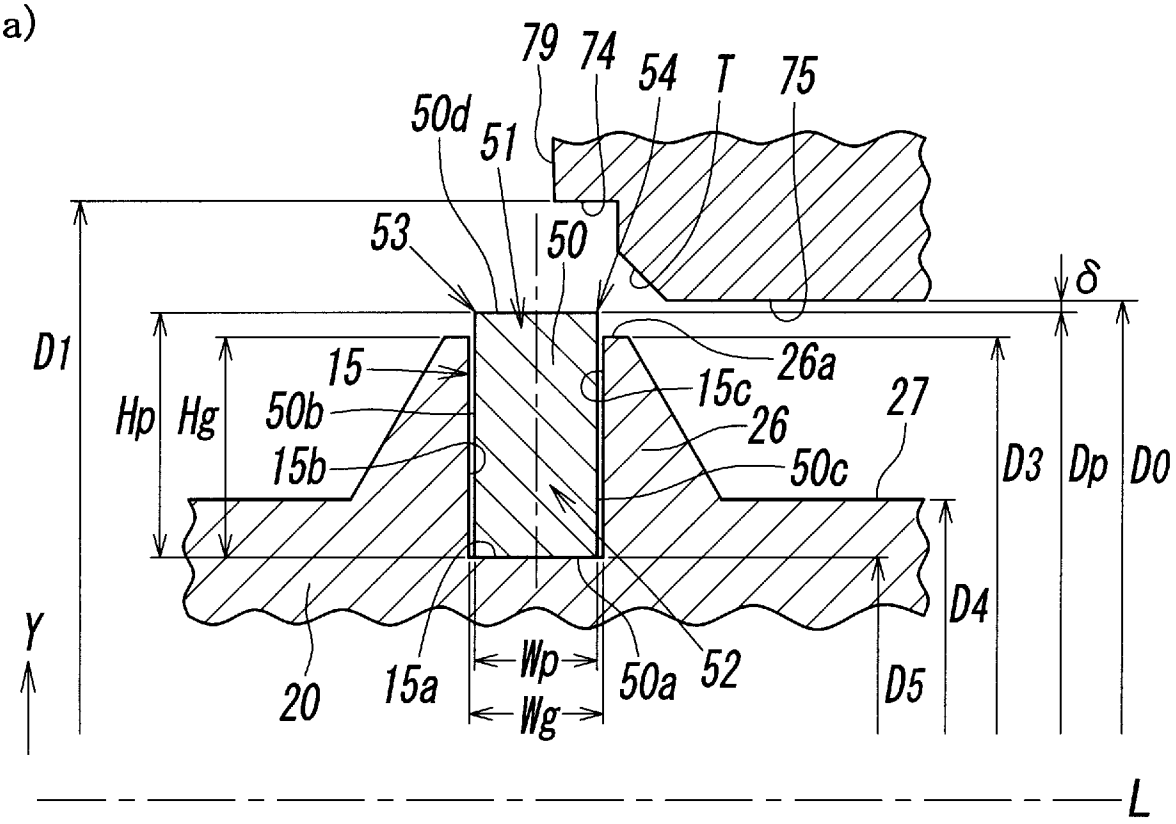

40
L
41a
40b
41
4
40a
20b
7b
20
78
20c
29
12a
6
12
28
EB
50
77
76
10a
10
27
B
M
26
75
1
79
8a
25
P
8
50
74
73
24
23
A
9
9a
72
7
2
50
EA
71
11
11a
70
22
7a
21
20a
31a
30
30b
31
30a
32
3
5

[図2]

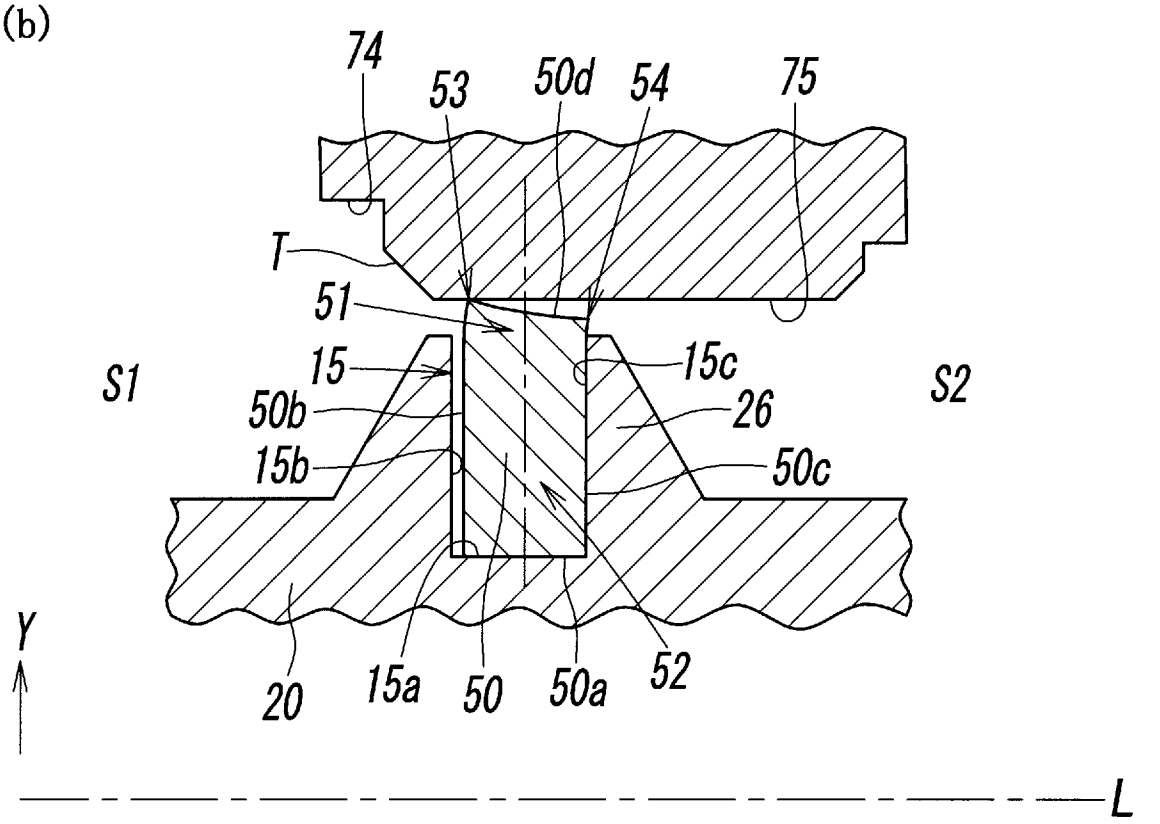

41
L
4
40
29
20
78
28
50
EB
77
B
26
76
N
75
1
25
50
P
24
73
74
23
A
72
71
7
50
EA
2
70
22
21
31
30
3
5

[図3]

(a)

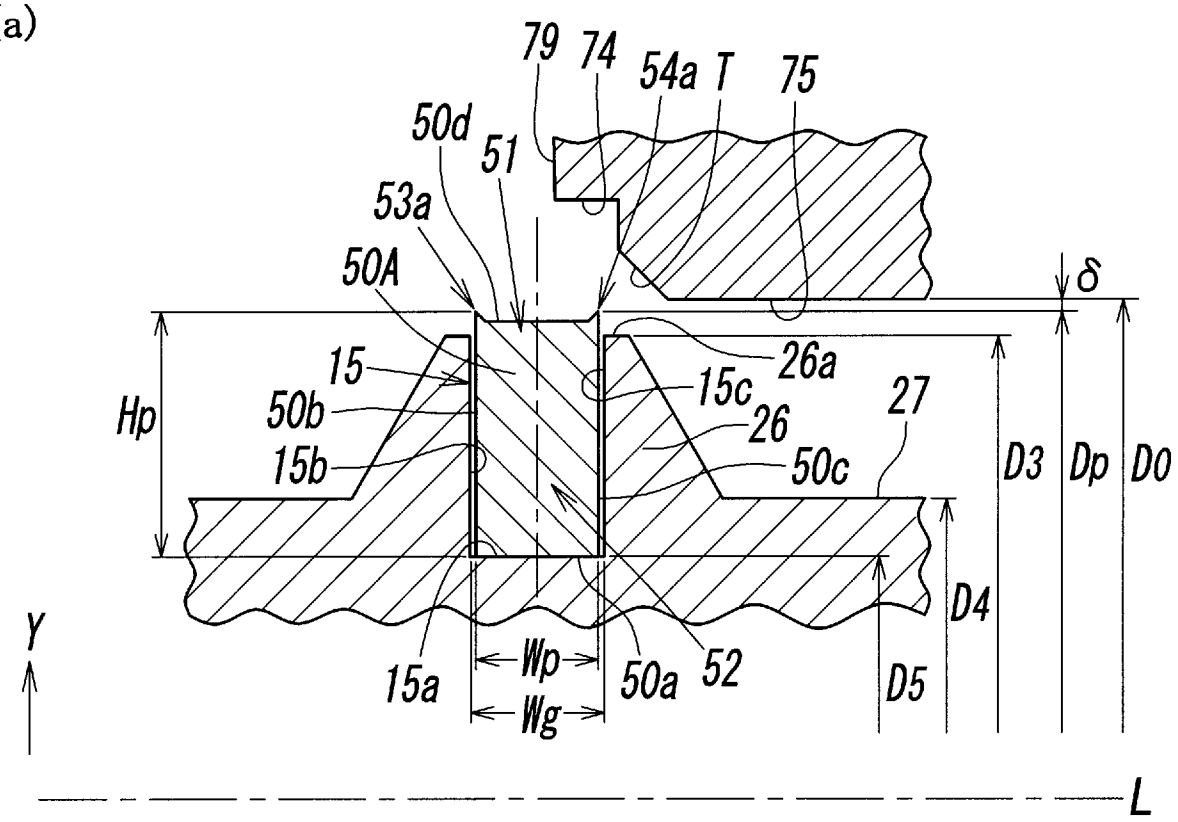

79
74
54
T
75
50d
51
53
50
δ
D1
Hp
Hg
15
50b
15b
26a
15c
26
27
50c
D3
Dp
D0
D4
D5
Y
20
15a
Wp
Wg
50a
52
L

(b)

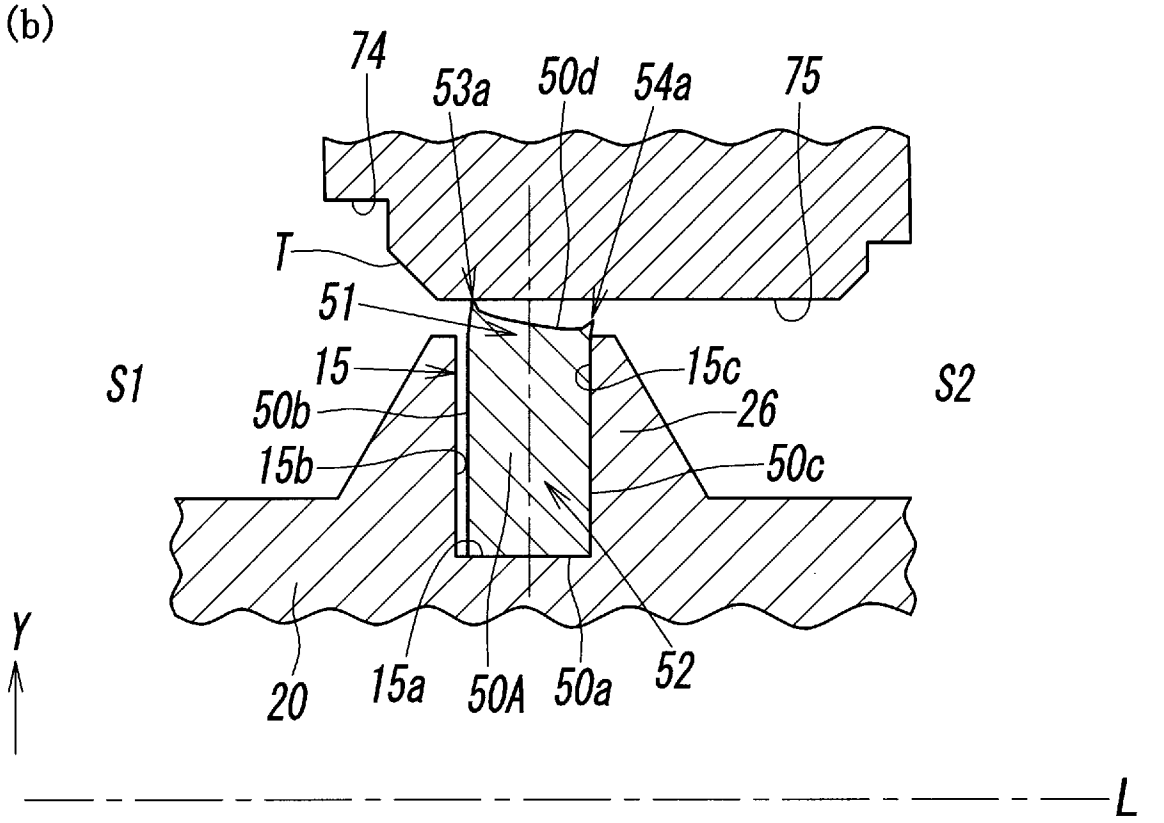

74
53
50d
54
75
T
51
S1
15
50b
15b
15c
26
50c
S2
Y
20
15a
50
50a
52
L

[図4]

(a)

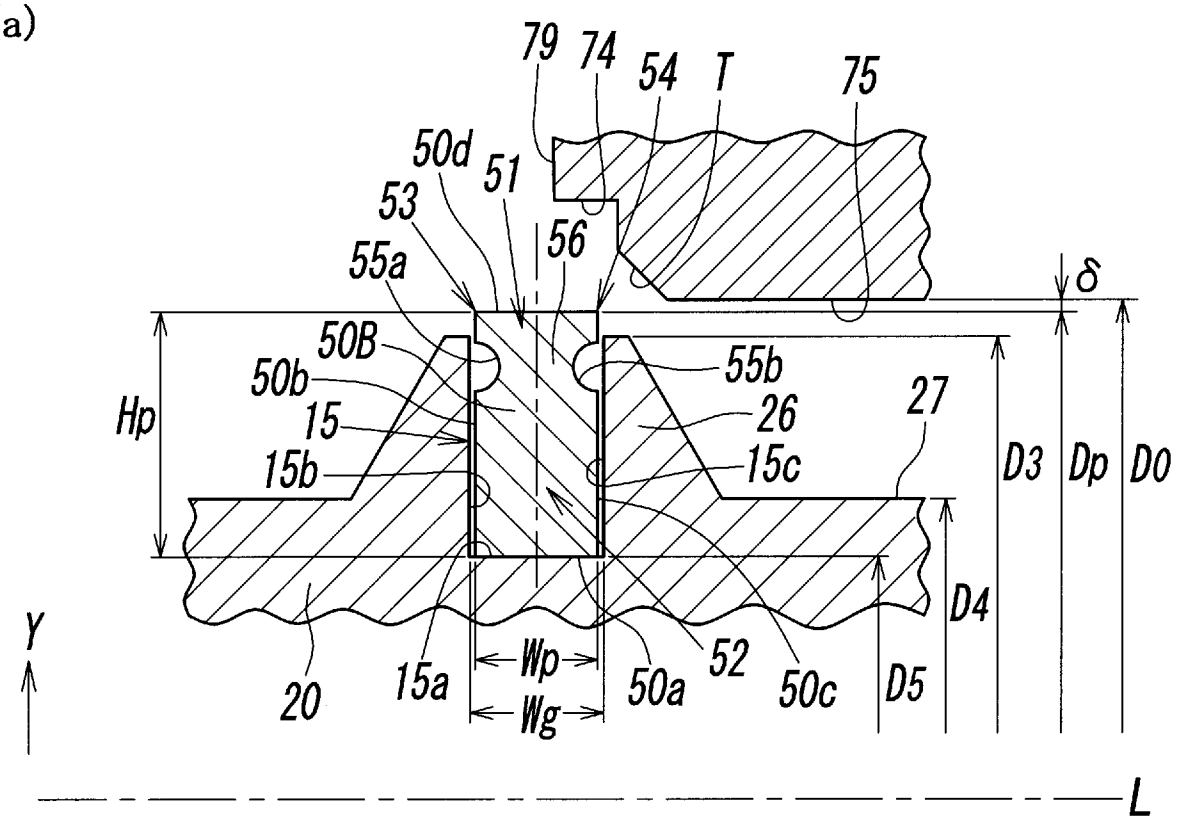

79
74
54a
T
75
50d
51
53a
50A
δ
15
26a
Hp
50b
15c
26
27
15b
50c
D3
Dp
D0
D4
Y
15a
Wp
50a
52
D5
Wg
L

(b)

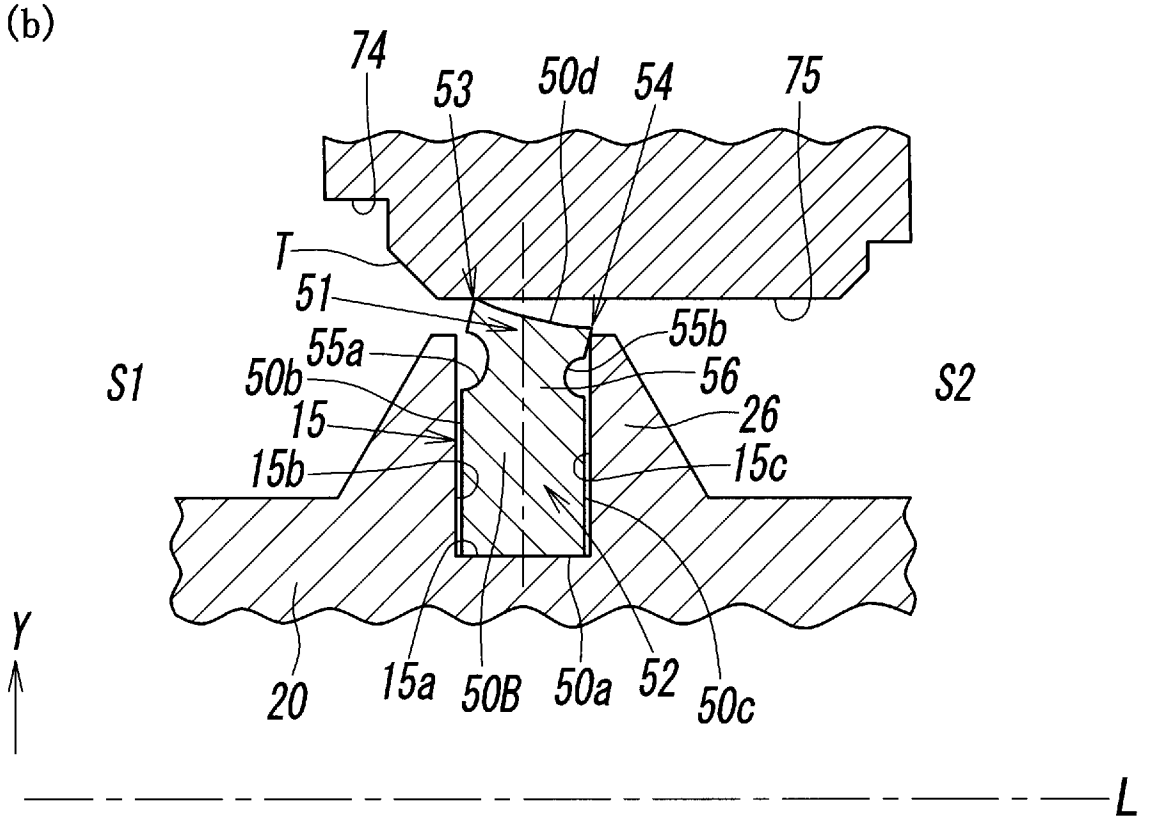

74
53a
50d
54a
75
T
51
S1
15
15c
S2
50b
26
15b
50c
Y
20
15a
50A
50a
52
L

[図5]

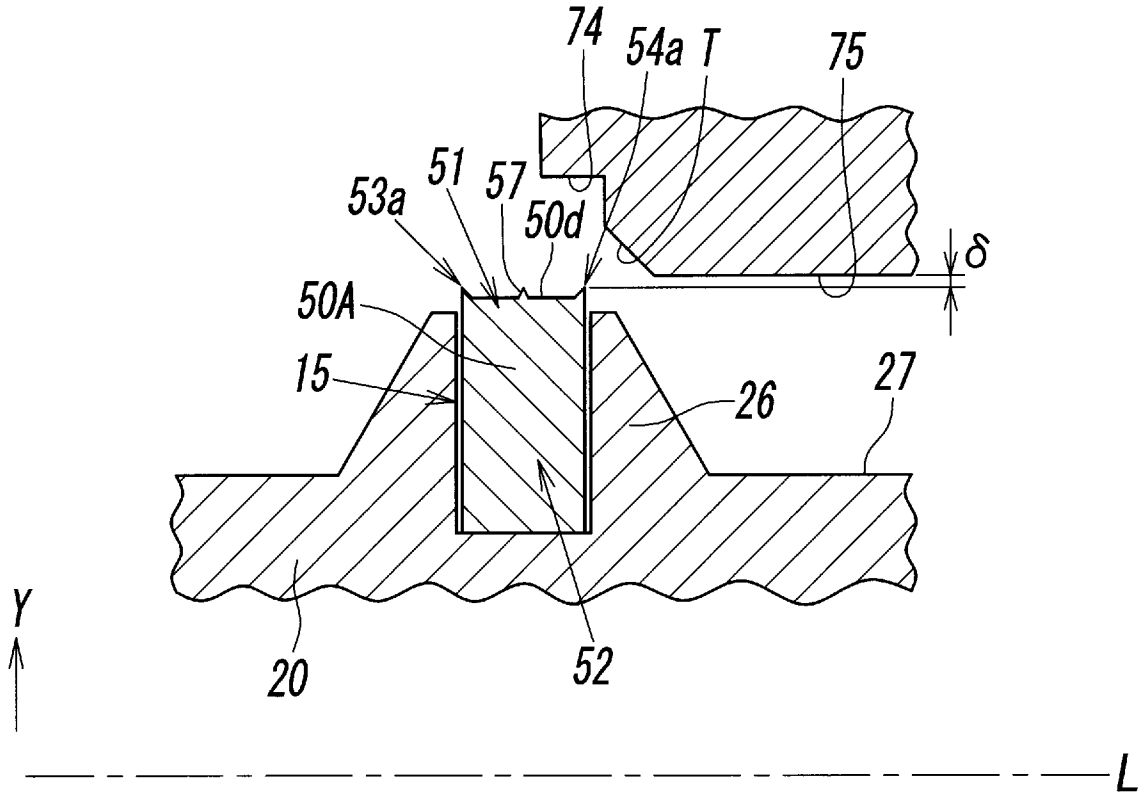
(a)


79
74
54
T
75
50d
51
53
56
55a
δ
50B
55b
50b
26
27
Hp
15
15c
15b
D3
Dp
D0
D4
Y
Wp
52
20
15a
50a
50c
D5
Wg
L

(b)


74
53
50d
54
75
T
51
55b
55a
S1
50b
56
S2
15
26
15b
15c
Y
20
15a
50B
50a
52
50c
L

[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/027454

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl. F16J15/18(2006.01)i, F16J15/3268(2016.01)i, F16J15/447(2006.01)i, F16K11/07(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)
Int.Cl. F16J15/18, F16J15/3268, F16J15/447, F16K11/07

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922–1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971–2019
Registered utility model specifications of Japan	1996–2019
Published registered utility model applications of Japan	1994–2019

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.
A	JP 2010-101341 A (SMC CORPORATION) 06 May 2010, paragraphs [0008]-[0027], fig. 1 & US 2010/0096033 A1, paragraphs [0020]-[0048], fig. 1	1-14
A	WO 2012/124534 A1 (NOK CORPORATION) 20 September 2012, paragraphs [0034]-[0062], fig. 1 & US 8844937 B2, column 5, line 22 to column 8, line 44	1-14

☒ 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 19 September 2019 (19.09.2019)	Date of mailing of the international search report 01 October 2019 (01.10.2019)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/027454

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-14202 A (NOK CORPORATION) 21 January 2010, paragraphs [0021]-[0036], fig. 1-2 (Family: none)	1-14
A	JP 49-112059 A (ETABLISSEMENTS D'OCCIDENT) 25 October 1974, fig. 1-2 & US 3895815 A, fig. 1-2	1-14
A	US 2018/0080564 A1 (TANNER, Douglas E.) 22 March 2018, paragraphs [0017]-[0042], fig. 1 (Family: none)	1-14

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１９／０２７４５４

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　F16J15/18(2006.01)i, F16J15/3268(2016.01)i, F16J15/447(2006.01)i, F16K11/07(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.　F16J15/18, F16J15/3268, F16J15/447, F16K11/07

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	１９７１－２０１９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１９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
A	JP 2010-101341 A (SMC 株式会社) 2010.05.06, 段落[0008]-[0027]、図 1 & US 2010/0096033 A1, 段落[0020]-[0048]、FIG. 1	1-14
A	WO 2012/124534 A1 (NOK 株式会社) 2012.09.20, 段落[0034]-[0062]、図 1 & US 8844937 B2, 第 5 欄第 22 行-第 8 欄第 44 行	1-14

☑　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
１９．０９．２０１９	０１．１０．２０１９

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）　３Ｗ　７８６９
杉山　悟史
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３６７

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
A	JP 2010-14202 A (NOK株式会社) 2010.01.21, 段落[0021]-[0036]、図1-2 (ファミリーなし)	1-14
A	JP 49-112059 A (エタブリスマン　ドクシダン) 1974.10.25, FIG. 1-2 & US 3895815 A, FIG. 1-2	1-14
A	US 2018/0080564 A1 (TANNER, Douglas E.) 2018.03.22, 段落[0017]-[0042]、FIG. 1 (ファミリーなし)	1-14