

(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
2022年10月6日(06.10.2022)



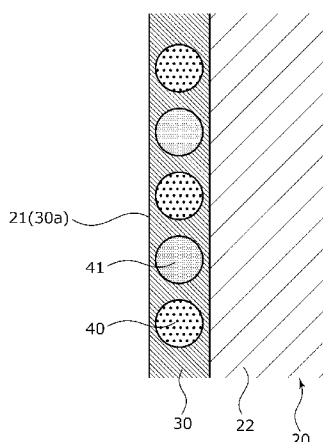
(10) 国際公開番号

WO 2022/209965 A1

- (51) 国際特許分類:
F16C 33/16 (2006.01) *F16J 15/34* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/012342
- (22) 国際出願日: 2022年3月17日(17.03.2022)
- (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 2021-057271 2021年3月30日(30.03.2021) JP
- (71) 出願人: 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1-1-2-15 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 荒井 峰洋 (ARAI Minchiro); 〒1058587 東京都港区芝大門1-1-2-15 イーグル工業株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 重信 和男, 外 (SHIGENOBU Kazuo et al.); 〒1020094 東京都千代田区紀尾井町3番1号 KKDビル7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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JM, JO, JP, 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, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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,

(54) Title: SLIDING COMPONENT

(54) 発明の名称: 摺動部品



(57) Abstract: Provided is a sliding component with which it is possible to obtain a low friction effect that is stable under a wide range of usage conditions. A sliding component 10, 20 having sliding surfaces 11, 21 that slide in a relative manner, wherein a base material 22 of the sliding component 20 is directly coated with a thin film 30 mainly composed of graphite, the sliding surface 21 is formed from the thin film 30, and the thin film 30 contains fillers 40, 41 having a film thickness the same or smaller than that of the thin film 30.

(57) 要約: 広い使用条件において安定した低摩擦効果を得ることができる摺動部品を提供する。相対摺動する摺動面11, 21を有する摺動部品10, 20であって、摺動部品20の基材22には黒鉛を主とする薄膜30が直接被膜されており、摺動面21は薄膜30からなり、薄膜30には、当該薄膜30の膜厚以下の寸法のフィラー40, 41が含まれている。

WO 2022/209965 A1

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)）

明 細 書

発明の名称： 摺動部品

技術分野

[0001] 本発明は、相対摺動する摺動部品に関し、例えば自動車、一般産業機械、あるいはその他のシール分野の回転機械の回転軸を軸封する軸封装置に用いられる摺動部品、または自動車、一般産業機械、あるいはその他の軸受分野の機械の軸受に用いられる摺動部品に関する。

背景技術

[0002] 摺動部品は、相手側の摺動面と相対摺動する摺動面を有しており、回転または往復運動する軸等を支持する軸受や被密封流体の漏れを防止する軸封装置の構成部品として用いられている。被密封流体の漏れを防止する軸封装置として、例えばメカニカルシールは相対回転し摺動面同士が摺動する一对の環状の摺動部品を備えている。例えば、特許文献1に示される摺動部品は、軟質材であるカーボンから形成されることにより、カーボンの自己潤滑性を利用して低摩擦効果が得られるようになっているが、摺動面間に異物が侵入した場合、カーボンから形成される摺動部品の摺動面が削れやすく、耐異物性に問題がある。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2011-58517号公報（第6頁、第1図）

特許文献2：特開2004-225725号公報（第6頁、第2図）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 摺動部品を硬質材であるSiCから形成する（例えば特許文献2）ことで耐異物性を高めることができるが、例えばメカニカルシールを摺動面間に液体を介在させない無潤滑環境下、すなわちドライ環境下で使用する場合、大気中におけるSiCの摩擦係数が大きいことから、使用条件によっては摺動

面にかじりが生じてしまう虞がある。また、特許文献2においては、摺動部品の摺動面がダイヤモンドライクカーボン被膜（以下、DLC被膜と表記することもある。）により被覆されており、例えば無潤滑環境下で使用する場合、DLC被膜が高硬度であることから、使用条件によっては相手側の摺動面にかじりが生じてしまう虞がある。DLC被膜による低摩擦効果を得るためには、使用条件に応じてDLC被膜の水素含有量等を変更する等の煩雑な条件設定が必要となり、汎用性に乏しかった。

[0005] 本発明は、このような問題点に着目してなされたもので、広い使用条件において安定した低摩擦効果を得ることができる摺動部品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

[0006] 前記課題を解決するために、本発明の摺動部品は、

相対摺動する摺動面を有する摺動部品であって、

前記摺動部品の基材には黒鉛を主とする薄膜が直接被膜されており、前記摺動面は前記薄膜からなり、前記薄膜には、当該薄膜の膜厚以下の寸法のフィラーが含まれている。

これによれば、摺動部品の基材が黒鉛を主としフィラーが含まれる薄膜で被膜されることにより、相手側の摺動面との摩擦によって摺動面を構成する黒鉛を主とする薄膜がファンデルワールス力で結合している黒鉛層の層間でせん断され、基材表面の微細凹部内に薄膜の一部が残ることで摺動面が平滑化されるとともに、相手側の摺動面に対して黒鉛の自己潤滑性を発揮することができるため、流体潤滑域、境界潤滑域、無潤滑環境下等の広い使用条件において安定して低摩擦効果を得ることができる。加えて、摺動面はフィラーによる機能が付加されるとともに、膜厚の薄い薄膜であってもフィラーが脱落し難く、フィラーが摺動面から突出することも抑制できるため、摩擦により相手側の摺動面を傷つけ難い。

[0007] 前記薄膜は、当該薄膜を構成する前記黒鉛よりも硬質な高硬質フィラーを含んでいてもよい。

これによれば、黒鉛を主とする薄膜が高硬質フィラーを含むことにより、摺動面の耐摩耗性や耐異物性を高めることができる。

[0008] 前記高硬質フィラーの硬度は、相手側の摺動面の硬度よりも小さくてもよい。

これによれば、高硬質フィラーが相手側の摺動面よりも軟質であるため、摩擦により相手側の摺動面を傷つけ難い。

[0009] 前記薄膜は、当該薄膜を構成する前記黒鉛よりも摩擦係数が小さい低摩擦フィラーを含んでいてもよい。

これによれば、黒鉛を主とする薄膜が低摩擦フィラーを含むことにより摺動面の潤滑性を高めることができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の実施例におけるメカニカルシールの一例を示す縦断面図である。

[図2]実施例における薄膜が形成された使用前の回転密封環の摺動面を示す拡大断面図である。

[図3]実施例における薄膜の膜中にフィラーが分散された様子を示す断面模式図である。

[図4]実施例における薄膜が形成される回転密封環の摺動面と静止密封環の摺動面との摺動により黒鉛のせん断塊が生じた状態を示す拡大断面図である。

[図5]実施例における薄膜が形成される回転密封環の摺動面と静止密封環の摺動面との摺動後の状態を示す拡大断面図である。

発明を実施するための形態

[0011] 本発明に係る摺動部品を実施するための形態を実施例に基づいて以下に説明する。

実施例

[0012] 実施例に係る摺動部品につき、図1から図5を参照して説明する。尚、本実施例においては、摺動部品がメカニカルシールである形態を例に挙げ説明する。また、メカニカルシールを構成する摺動部品の内径側を漏れ側として

の低圧流体側、外径側を被密封流体側としての低圧流体側（被密封流体側）として説明する。

[0013] 図1に示される一般産業機械用のメカニカルシールは、摺動面間に液体を介在させない無潤滑環境下、すなわちドライ環境下において摺動面の外径側から内径側に向かって漏れようとする被密封流体を密封するインサイド形のものである。

[0014] メカニカルシールは、摺動部品としての回転密封環20と、摺動部品としての静止密封環10と、から主に構成されている。回転密封環20は円環状をなし、回転軸1にスリーブ2を介して回転軸1と共に回転可能な状態で設けられている。静止密封環10は円環状をなし、被取付機器のハウジング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に移動可能な状態で設けられている。スプリング6によって静止密封環10が軸方向に付勢されることにより、静止密封環10の摺動面11と回転密封環20の摺動面21とが互いに密接摺動するようになっている。また、回転密封環20とスリーブ2との間はガスケット7によりシールされており、静止密封環10とシールカバー5との間はOリング8によりシールされている。

[0015] 本実施例における静止密封環10および回転密封環20はSiC（炭化珪素）から形成されている。尚、静止密封環10および回転密封環20は、同一素材から構成されるものに限らず、異なる素材から構成されていてもよい。

[0016] 図2に示されるように、回転密封環20は、基材としてのSiC基材22に薄膜30が直接被覆されて構成されている。すなわち、回転密封環20における実質的な摺動面21は、薄膜30の表面30aにより構成されている。尚、本実施例において、相手側の摺動面としての静止密封環10の摺動面11には薄膜が形成されないものとする（図4参照）。

[0017] 尚、本実施例の摺動面21は後述するように薄膜30の厚さがSiC基材22の表面粗さよりも厚く、SiC基材22の軸方向の一方の端面部22aの全面が薄膜30により被覆される態様について説明するが、これに限らず

、例えば薄膜30の厚さを薄く形成することで摺動面21はSiC基材22の端面部22aの一部、例えば表面の山の頂部が薄膜30により被覆されず露出しているもよい。

[0018] また、薄膜30はSiC基材22に直接被覆されることにより、中間層などがある場合に比べ、中間層を形成する手間が無く、また、中間層に合わせた使用条件の制限が無い。

[0019] 尚、薄膜の「薄」とは、基材よりも薄いことを意味する。

[0020] また、本実施例において、薄膜30は、黒鉛を主成分とする炭素原子の骨格構造を母材とする層状構造を有するものであり、膜中にはフィラーとしての高硬質フィラー40および低摩擦フィラー41が含まれている。

[0021] 尚、黒鉛は、炭素原子から主に構成され、炭素材料の一種で六方晶系の結晶構造を主に有し、ラマン分光分析等により解析される物質である。

[0022] 詳しくは、本実施例の薄膜30は、黒鉛を主とする薄膜、すなわち表面における炭素原子の骨格構造の黒鉛成分の特徴が顕著に表れる組成を示す薄膜である。薄膜30において、黒鉛を主に構成する炭素原子同士は、共有結合により六方晶系に配置されたシート状の結晶構造を構成し、薄いシート状の結晶構造がファンデルワールス力により層状に結合することにより黒鉛層を形成している。尚、骨格構造における炭素原子の一部は、非黒鉛化炭素から構成される領域を形成しているもよい。

[0023] 薄膜30は、熱硬化性樹脂であるポリイミド樹脂を有機溶媒に溶解させて得た前駆体溶液であるポリアミック酸ワニスを用いて回転密封環20を構成するSiC基材22の軸方向の一方の端面部22aを被覆するように直接塗布し、乾燥・硬化処理によりイミド化させた後、不活性雰囲気中で1200℃以上の温度で加熱硬化し、さらに焼成することにより黒鉛化した骨格が形成されている。すなわち、薄膜30における炭素原子の骨格構造は、ポリアミック酸由来である。

[0024] 尚、薄膜30は、所定の範囲の厚さの薄膜に形成されることにより、膜の破れを防止することができるとともに、比較的低温での焼成により熱硬化性

樹脂を黒鉛化させることができる。さらに尚、初期の使用前における薄膜30は、厚みが $1\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ となるように形成されていてもよい。膜厚が上記値より薄いとSiC基材22との間に剥がれが生じ、膜厚が上記値より厚いと膜形成時に亀裂が生じる。また、薄膜30の膜厚は、膜中に分散されるフィラーや添加剤の粒径に応じて最適値を設定するとよい。

[0025] また、薄膜30により被覆されるSiC基材22の端面部22aは、その表面における算術平均粗さRaが $0.1\mu\text{m}$ 以上であり、薄膜30は、SiC基材22の端面部22aの微細凹部22b内に薄膜30の一部が入り込んだ状態で形成される。

[0026] また、薄膜30とSiC基材12の硬度測定はナノインデントーにより試験を行い、薄膜30よりもSiC基材12が硬い値を示したことを確認した。

[0027] 上述したように、本実施例の薄膜30は、熱硬化性樹脂であるポリイミド樹脂を 1200°C 以上の温度で焼成することにより表面に黒鉛領域を主として形成されるものである。尚、薄膜30における膜の組成は、例えばXRD、ラマン分光分析、熱分析により膜の組成を分析することにより判別することができる。

[0028] また、薄膜30は、熱硬化性樹脂であるポリイミド樹脂を 1200°C 以上 2000°C 未満の温度で焼成することにより形成されることが好ましい。

[0029] 図3に示されるように、薄膜30は、膜中に当該薄膜30の膜厚以下の寸法の粒状の高硬質フィラー40および低摩擦フィラー41が略均一に分散されている。尚、図3においては、説明の便宜上、高硬質フィラー40および低摩擦フィラー41を同一の粒径により図示している。また、フィラーは、ナノフィラーであってもよい。

[0030] 本実施例においては、高硬質フィラー40として、薄膜30を構成する黒鉛よりも硬質、かつ相手側の摺動面を構成するSiC基材12よりも軟質なコークスを用いた。尚、高硬質フィラー40としては、コークス以外にも例えばカーボンブラック(C. B.)、カーボンファイバー(C. F.)、活

性炭、黒鉛粉等のフィラーが用いられてもよい。

- [0031] また、高硬質フィラー40の硬度測定はナノインデントーにより試験を行い、薄膜30を構成する黒鉛よりも高硬質フィラー40が硬い値、かつSiC基材12よりも高硬質フィラー40が軟い値を示したことを確認した。
- [0032] また、薄膜30は、膜中における高硬質フィラー40の含有率が1~50重量%に調整されることが好ましい。
- [0033] また、本実施例においては、低摩擦フィラー41として薄膜30を構成する黒鉛よりも摩擦係数が小さいカオリンクレーを用いた。
- [0034] 薄膜30と低摩擦フィラー41の摩擦係数の測定は、AFM（原子間力顕微鏡）により摩擦力を測定する試験を行い、薄膜30を構成する黒鉛よりも低摩擦フィラー41の摩擦係数が小さい値を示したことを確認した。
- [0035] 本実施例の薄膜30は、メインフィラーとして高硬質フィラー40を添加することにより、黒鉛を主とする薄膜30の耐摩耗性を高めるとともに、低摩擦フィラー41を少量添加することにより、薄膜30の表面の摩擦係数を低減することができる。尚、低摩擦フィラー41としてカオリンクレーを用いることにより、特にドライ環境下における摩擦係数を低減することができる。
- [0036] また、薄膜30に含まれるフィラーの含有率の合計は75重量%以下であることが黒鉛の自己潤滑性による低摩擦効果の発揮させる上で好ましい。
- [0037] また、薄膜30は、摺動面21に求められる特性に応じて膜中に含まれるフィラーの種類や数、含有割合が自由に変更されてよい。例えば、上述した高硬質フィラー40や低摩擦フィラー41以外にも酸化セリウムをフィラーとして添加することにより、ロング・ライフ・クーラント（LLC）起因によるシリケート堆積物を除去することができる。また、カーボンナノチューブ（CNT）や天然黒鉛をフィラーとして添加することにより、薄膜に電気的特性を付与することができる。
- [0038] 尚、薄膜30の表面の黒鉛化度の分析には、ナノフォトン社製の分光分析装置を使用し、中心波数 2082.24 cm^{-1} 、励起波長 532.36 nm

、レーザー強度0.8mWで測定した。I_Gは中心波数1574~1576cm⁻¹に現れるGピークの強度である。I_Dは中心波数1344~1348cm⁻¹に現れるDピークの強度である。試料において特定の領域の複数点を測定し、平均化スペクトルのG、Dピーク強度より、強度比I_D/I_Gを計算し、その値が1以下であれば、本発明における黒鉛を表している。

[0039] 次いで、薄膜30が形成された回転密封環20について、次の条件でRing-on-Ring摩擦・摩耗試験を行った結果について説明する。また、静止密封環10は、上述したように薄膜が形成されず、少なくとも摺動面11がSiCにより形成されるものとする。

[0040] 荷重=10N
静止密封環の摺動面の面圧=0.25MPa
回転密封環の回転数=74rpm
PV値=0.008MPa・m/sec
試験時間=摺動距離1000mに達するまで
被密封流体=大気

[0041] 本実施例における回転密封環20（サンプルF~M）の薄膜30の形成結果とRing-on-Ring摩擦・摩耗試験の試験結果は表1のとおりであった。尚、Ring-on-Ring摩擦・摩耗試験については、無潤滑環境下において、摺動面の焼き付きが発現されたか否かに基づき使用可否の判定を行った。さらに尚、Ring-on-Ring摩擦・摩耗試験後に回転密封環20の摺動面21からの薄膜30の剥がれの有無と亀裂の有無を確認した。薄膜の剥がれの有無の確認については、回転密封環20の摺動面21に対するエア吹き付けで付着物を除き、光学顕微鏡5倍の倍率において、端面部22aの微細凹部22bにおける薄膜30の残留が接触範囲内の面積率で80%以下であれば、回転密封環20の摺動面21からの剥がれがあるものとして判定を行った。薄膜の亀裂の有無の確認については、回転密封環20の摺動面21に対するエア吹き付けで付着物を除き、亀裂の有無を確認した。

[0042] [表1]

サンプル	膜厚 (μm)	使用可否	剥がれ	亀裂
F	1	○	なし	なし
G	10	○	なし	なし
H	20	○	なし	なし
I	50	○	なし	なし
K	100	○	なし	なし
L	0.5	—	あり	なし
M	120	—	なし	あり

[0043] 無潤滑環境下において、摺動面の焼き付きが無く、かつ回転密封環20の摺動面21からの薄膜30の剥がれ、亀裂がなかった回転密封環20の薄膜30については、厚み $1\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ であることが判明した（サンプルF, G, H, I, K）。

[0044] 次に、本実施例における薄膜30が形成された回転密封環20について、膜中における高硬質フィラー40の含有率（重量%）を変えて作成し、次の条件でRing-on-Ring摩擦・摩耗試験を行った結果について説明する。尚、回転密封環20の薄膜30は、厚さが $20\mu\text{m}$ に統一された状態で形成されるものとする。また、薄膜30は、膜中における低摩擦フィラー41の含有率が5重量%に統一された状態で形成されるものとする。また、静止密封環10は、上述したように薄膜が形成されず、少なくとも摺動面11がSiCにより形成されるものとする。

[0045] 荷重 = 10N
 静止密封環の摺動面の面圧 = 0.25MPa
 回転密封環の回転数 = 74rpm
 PV値 = 0.008MPa·m/sec
 試験時間 = 摺動距離1000mに達するまで
 被密封流体 = 大気

[0046] 本実施例における回転密封環20（サンプルN～S）のRing-on-Ring摩擦・摩耗試験の試験結果は表2のとおりであった。尚、Ring

- o n - R i n g 摩擦・摩耗試験については、無潤滑環境下において、摺動面の焼き付きが発現されたか否かに基づき使用可否の判定を行った。さらに、R i n g - o n - R i n g 摩擦・摩耗試験後に、表 1 と同様に、回転密封環 2 0 の摺動面 2 1 の薄膜 3 0 における亀裂の有無を確認した。

[0047] [表2]

サンプル	高硬質フィラー（重量%）	使用可否	亀裂
N	5	×	あり
O	10	○	なし
P	15	○	なし
Q	20	○	なし
R	25	○	なし
S	30	×	なし

[0048] 無潤滑環境下において、摺動面の焼き付きが無く、かつ亀裂がなかった回転密封環 2 0 の薄膜 3 0 については、高硬質フィラー 4 0 の含有率が 1 0 重量%以上、かつ高硬質フィラー 4 0 および低摩擦フィラー 4 1 の合計含有率が 3 0 重量%以下であることが判明した（サンプル O, P, Q, R）。

[0049] 尚、薄膜 3 0 が形成されない摺動面 2 1 に対して、相手側である静止密封環 1 0 が軟質材であるカーボンから形成される場合、摺動面 1 1, 2 1 間への異物の侵入により、軟質なカーボンから形成される静止密封環 1 0 の摺動面 1 1 に異物が噛み込み、摺動面 1 1 が削られることにより表面荒れが生じ、摺動面の平滑性が失われて摩擦係数に悪影響を与える。このように、カーボンから形成される摺動部品の摺動面は耐異物性に問題がある。これに対し、本実施例において、回転密封環 2 0 は、硬質な S i C 基材 2 2 に薄膜 3 0 が被覆されて構成されるとともに、相手側である静止密封環 1 0 も硬質材である S i C から形成されているため、摺動面 1 1, 2 1 間への異物の侵入に対しては、薄膜 3 0 の黒鉛領域が優先的に削られることとなり、摺動面の摩擦係数に悪影響を与えるような S i C 基材 1 2, 2 2 の表面荒れが生じ難くなっている。

[0050] 以上のように、本発明に係わる回転密封環 20 の SiC 基材 22 が黒鉛を主とし高硬質フィラー 40 および低摩擦フィラー 41 が含まれる薄膜 30 により直接被覆されることにより、静止密封環 10 の摺動面 11 との摩擦によって摺動面 21 を構成する黒鉛を主とする薄膜 30 が弱いファンデルワールス力で結合している黒鉛層の層間でせん断されるとともに（図 4 の拡大部分参照）、摺動面 11, 21 同士の圧接力により軸方向に押し込まれ、SiC 基材 22 の端面部 22 a の微細凹部 22 b 内に薄膜 30 の一部が入り込み残ることで摺動面 21 が平滑化される（図 5 の拡大部分参照）。これにより、微細凹部 22 b 内に残った薄膜 30 が静止密封環 10 の摺動面 11 に対して黒鉛の自己潤滑性を発揮することができるため、流体潤滑域、境界潤滑域、無潤滑環境下等の広い使用条件において安定して低摩擦効果を得ることができる。

[0051] 加えて、薄膜 30 により被覆される回転密封環 20 の摺動面 21 は、薄膜 30 の膜厚以下の寸法の高硬質フィラー 40 および低摩擦フィラー 41 による機能が付加されるとともに、膜厚の薄い薄膜 30 であっても高硬質フィラー 40 および低摩擦フィラー 41 が脱落し難く、特に高硬質フィラー 40 が摺動面 21 から突出することも抑制できるため、摩擦により静止密封環 10 の摺動面 11 を傷つけ難い。尚、薄膜 30 は、フィラー等の粒子の保持能力が高い。ドライ環境下においても特にカーボン系フィラーの脱落を防止することができる。

[0052] また、薄膜 30 は、当該薄膜 30 を構成する黒鉛よりも硬質な高硬質フィラー 40 を含むことにより、黒鉛を主とする薄膜 30 により構成される摺動面 21 の耐摩耗性や耐異物性を高めることができる。

[0053] さらに、薄膜 30 は、高硬質フィラー 40 よりも黒鉛領域が優先的に摩耗して摺動面 21 に凹凸が形成されることにより、摺動面 21 に粗さを形成できる。これにより、摺動面 21 に形成された凸部で荷重受けをしつつ、特に流体潤滑時においては、凹部に流体が入り込むことにより潤滑が促され、摺動による鳴きを防止することができる。

- [0054] また、薄膜30由来の黒鉛のせん断塊P30が流体中に介在することにより、潤滑性を向上させることができる。
- [0055] また、高硬質フィラー40は、静止密封環10の摺動面11よりも軟質であるため、摩擦により相手側の摺動面11を傷つけ難い。
- [0056] また、薄膜30は、当該薄膜30を構成する黒鉛よりも摩擦係数が小さい低摩擦フィラー41を含むことにより摺動面21の潤滑性を高めることができる。
- [0057] さらに、薄膜30は、回転密封環20の摺動面21のみに形成されることにより、摺動面11, 21間に発生する薄膜30由来の黒鉛のせん断塊P30(図4の拡大部分参照)は、摺動面11, 21同士の圧接力により軸方向に押し込まれ、静止密封環10の摺動面11を構成するSiC基材12の端面部12aの微細凹部12b内に入り込んで移着し、移着膜31を形成することにより、静止密封環10の摺動面11も平滑化される(図5の拡大部分参照)。これにより、摺動面11, 21間において、SiCと黒鉛または黒鉛同士の摺動部分の割合が多くなるため、より良好な低摩擦効果を得ることができる。
- [0058] また、薄膜30は、熱硬化性樹脂であるポリイミド樹脂を有機溶媒に溶解させて得た前駆体溶液であるポリアミック酸ワニスにSiC基材22の端面部22aに直接塗布し、焼成することにより形成するため、SiC基材22の端面部22aの微細凹部22bに入り込むことでSiC基材22に対する薄膜30の密着性が高い。尚、造膜性に優れるポリイミド樹脂の前駆体溶液であるポリアミック酸ワニスを任意の粘度に調整し塗布、成膜することにより、面方向、厚み方向に好適に収縮し、密着力を向上させることができる。そのため、薄膜30は成膜面積に制限がない。
- [0059] また、薄膜30は、SiC基材22に直接被膜されることにより、相手側の摺動面11との相対摺動により生じた摩擦熱が薄膜30からSiC基材22に直接伝熱されるため、摺動面21の温度上昇を抑制することができる。
- [0060] また、黒鉛は、通常3000℃程度の超高温で作成するが、本発明の薄膜

30は、ポリアミック酸ワニスを薄く塗布し、1200℃以上2000℃未満の比較的低温で焼成することにより作成できるため、熱による収縮に起因する薄膜30の剥がれや破れ等が発生し難く、加工性に優れ、摺動面21として黒鉛による優れた自己潤滑性を発揮することができる。

[0061] また、薄膜30は、厚みが1μm~100μmと薄く形成されるとともに、薄膜30の膜厚以下の寸法のフィラーが含まれることにより、焼成時に薄膜30の内部に発生するガスが逃げやすくなっており、亀裂の発生を防止することができる。

[0062] また、薄膜30の硬度は、静止密封環10の摺動面11、すなわちSiC基材12の硬度よりも小さいことにより、薄膜30が静止密封環10の摺動面11よりも軟質となり、摩擦により静止密封環10の摺動面11を傷つけ難い。さらに、薄膜30の硬度は、回転密封環20のSiC基材22の硬度よりも小さいことにより、摺動面11、21間に異物が侵入した場合、軟質な薄膜30の黒鉛領域が優先的にせん断されることにより摺動面21の平滑化が促進され、露出した硬質なSiC基材22の端面部22aや高硬質フィラー40により耐異物性を高めることができるため、摺動面11、21間において黒鉛の自己潤滑性と耐異物性とを両立することができる。

[0063] また、回転密封環20の基材は、セラミックスであるSiCから形成されており、SiC基材22が多孔質であることから端面部22aに薄膜30の一部が入り込む微細凹部22bが多く存在し、金属よりも表面粗さが出やすいため、薄膜30が基材表面に定着しやすい。さらに、薄膜30が形成されるSiC基材22の端面部22aは、その表面の算術平均粗さRaが0.1μm以上であることにより、端面部22aの微細凹部22b内に薄膜30の一部がより入り込みやすくなるため、静止密封環10の摺動面11との摩擦によって薄膜30の黒鉛領域がせん断されても、微細凹部22b内に薄膜30の一部が保持され、摺動面11、21間から脱落し難い。

[0064] また、SiC基材22の端面部22aは、薄膜30により全面が被覆される、言い換えれば、基材表面が露出しないことにより、端面部22aにおけ

る全ての微細凹部22b内に薄膜30の一部が入り込んだ状態となるため、薄膜30の黒鉛領域がせん断されることにより摺動面21が平滑化されやすい。

[0065] また、薄膜30は、厚さが $1\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ であることにより、SiC基材22の端面部22aからの薄膜30の剥がれや薄膜30に亀裂が生じることを防止することができるため、摺動部品の膜として用いることができる。

[0066] さらに、薄膜30は、厚さがSiC基材22の端面部22aの表面における算術平均粗さ R_a よりも大きい、すなわち薄膜30の厚さがSiC基材22の端面部22aの表面の凹凸よりも大きいことにより、薄膜30の一部がSiC基材22の微細凹部22bに入り込みやすく、静止密封環10の摺動面11との摩擦により薄膜30の黒鉛領域が確実にせん断されるため、微細凹部22b内に薄膜30の一部が残りやすく、低摩擦効果を発揮しやすい。

[0067] また、回転密封環20の基材と摺動面とを別素材により形成することができるため、基材にSiC等のセラミックスの剛性、高熱伝導性を持たせつつ、摺動面21の薄膜30により黒鉛の自己潤滑性や各種フィラーによる機能を持たせることができる。さらに、基材を安価な材料に変更することで摺動部品のコストを削減することができる。

[0068] また、薄膜30は、黒鉛を主とするため、耐薬品性、耐酸化性にも優れる。尚、薄膜30の耐酸化性については、結晶性の高い電極用人造黒鉛と同レベルであり、高い結晶性が比較的低温で得られることを示している。

[0069] 以上、本発明の実施例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例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。

[0070] 例えば、前記実施例では、摺動部品として、一般産業機械用のメカニカルシールを例に説明したが、自動車やウォーターポンプ用等の他のメカニカルシールであってもよい。また、メカニカルシールに限られず、すべり軸受などメカニカルシール以外の摺動部品であってもよい。さらに、薄膜30は、軸

受の内周面にも形成可能であるため、ラジアル軸受等を構成する摺動部品にも適用することができる。

[0071] また、前記実施例では、摺動部品が適用されるメカニカルシールは、無潤滑環境下で使用されるものとして説明したが、これに限らず、摺動面間に被密封流体である液体を介在させた流体潤滑域や境界潤滑域で使用されてもよい。

[0072] また、前記実施例では、薄膜30を回転密封環20にのみ設ける例について説明したが、薄膜30を静止密封環10にのみ設けてもよく、回転密封環20と静止密封環10の両方に設けてもよい。

[0073] また、前記実施例では、薄膜30は、ポリイミド樹脂を有機溶媒に溶解させて得た前駆体溶液であるポリアミック酸由来のものとして説明したが、これに限らず、薄膜は、フェノール樹脂、メラミン樹脂、ユリア樹脂、エポキシ樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、シリコーン樹脂、ジアリルフタレート樹脂、ポリイミド樹脂、ポリウレタン樹脂等の中から選択される1種類または2種類以上の熱硬化性樹脂を有機溶媒に溶解させて得た前駆体溶液由来のものであってもよい。

[0074] また、フィラーは粒状のものに限らず、例えば繊維状のものであってもよい。

[0075] また、薄膜30は、黒鉛の自己潤滑性により摺動面21に十分な潤滑性が得られるものであれば、低摩擦フィラー41は含まれなくてもよい。

[0076] また、前記実施例では、薄膜30は、焼成温度を1200℃以上2000℃未満の範囲で変更し窒素雰囲気中において30分間焼成することにより、黒鉛化度を変化させる態様について説明したが、これに限らず、焼成温度を1200℃以上2000℃未満の範囲で同じ温度に設定し、焼成時間を変更することにより、黒鉛化度を変化させてもよい。

[0077] また、薄膜30により被覆されるSiC基材22の端面部22aは、その表面における算術平均粗さRaが薄膜30の膜厚によっては0.1μm以下であってよい。

[0078] また、前記実施例では、静止密封環10および回転密封環20はSiCから形成されるものとして説明したが、これに限らず、摺動材料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であれば適用可能である。尚、SiCとしては、ボロン、アルミニウム、カーボン等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等であってもよい。また、上記摺動材料以外では、アルミナ、ジルコニア、窒化ケイ素(Si₃N₄)等の他のセラミックス、金属材料、樹脂材料、複合材料等も適用可能である。

[0079] 例えば、摺動部品の基材を部分安定化ジルコニアにした場合、基材自体は韌性に優れる反面、熱伝導性が悪いが、摺動面を被覆する薄膜30の黒鉛領域における面方向の熱伝導性に優れるため、相手側の摺動面との相対摺動により生じた摩擦熱を面方向に逃がすことができ、摺動面の温度上昇を抑制することができる。

符号の説明

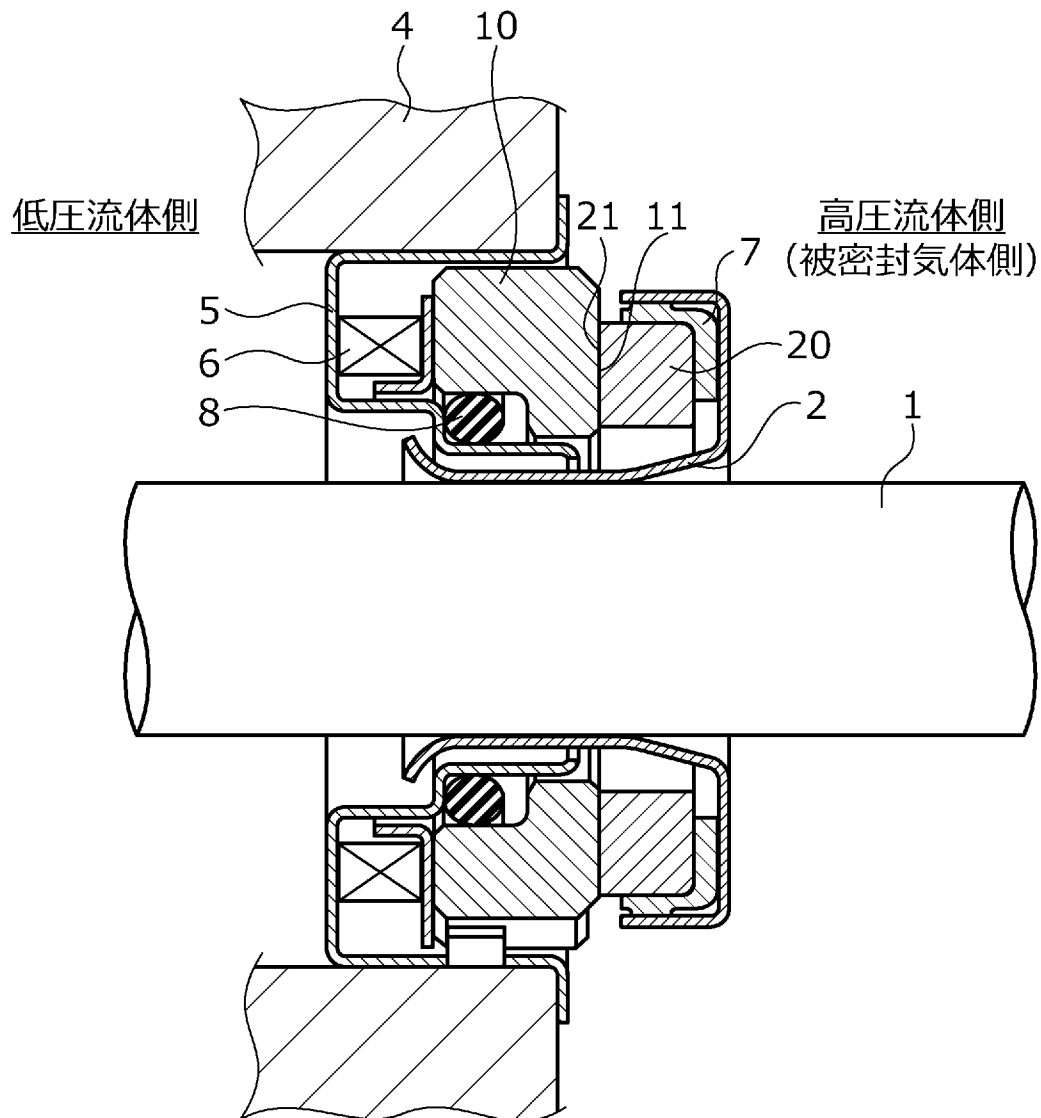
[0080]	10	静止密封環（摺動部品）
	11	摺動面
	12	SiC基材（基材）
	12a	端面部
	12b	微細凹部
	20	回転密封環（摺動部品）
	21	摺動面
	22	SiC基材（基材）
	22a	端面部
	22b	微細凹部
	30	薄膜
	30a	表面
	31	移着膜

4 0	高硬質フィラー（フィラー）
4 1	低摩擦フィラー（フィラー）
P 3 0	せん断塊

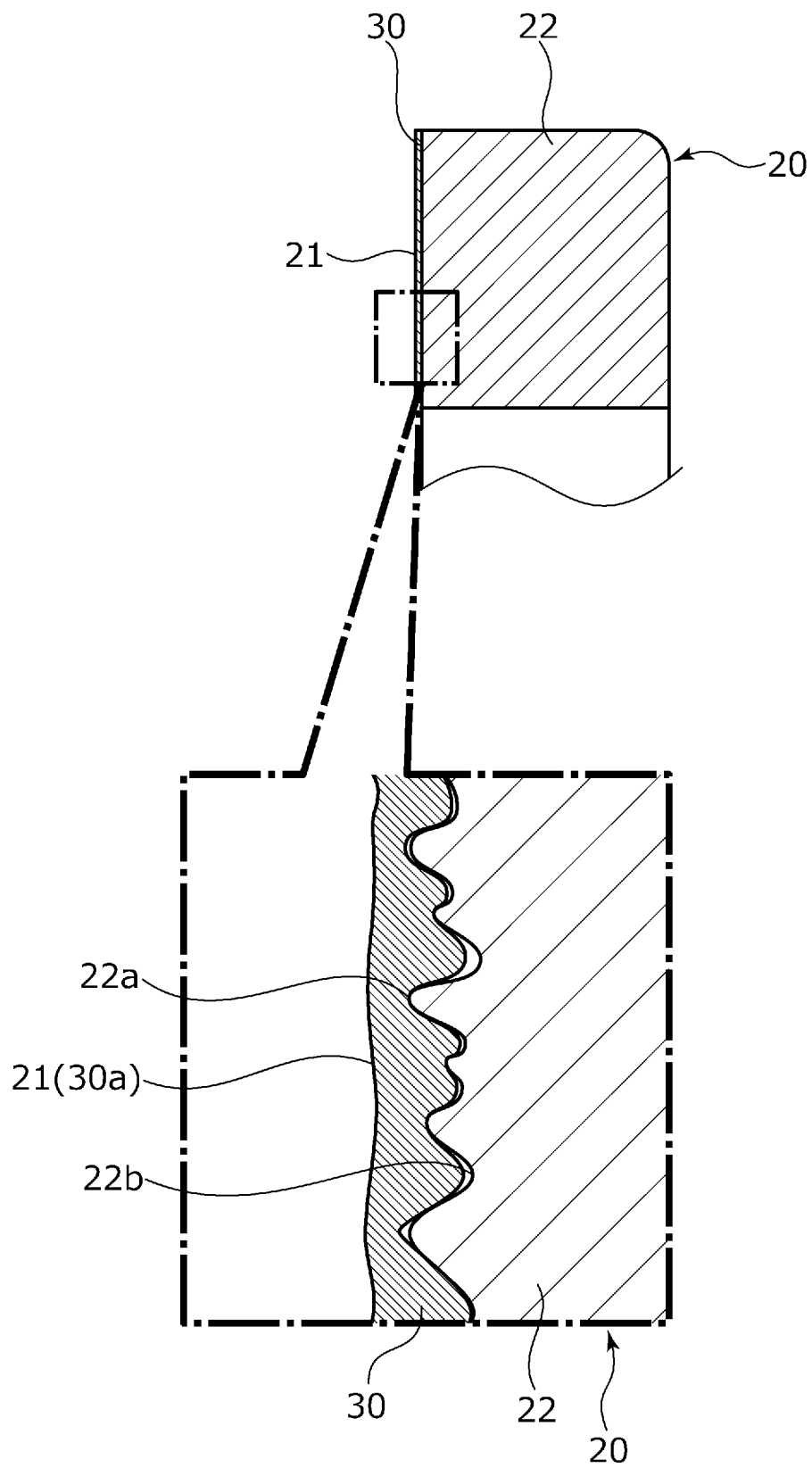
請求の範囲

- [請求項1] 相対摺動する摺動面を有する摺動部品であって、
前記摺動部品の基材には黒鉛を主とする薄膜が直接被膜されており、前記摺動面は前記薄膜からなり、前記薄膜には、当該薄膜の膜厚以下の寸法のフィラーが含まれている摺動部品。
- [請求項2] 前記薄膜は、当該薄膜を構成する前記黒鉛よりも硬質な高硬質フィラーを含んでいる請求項1に記載の摺動部品。
- [請求項3] 前記高硬質フィラーの硬度は、相手側の摺動面の硬度よりも小さい請求項2に記載の摺動部品。
- [請求項4] 前記薄膜は、当該薄膜を構成する前記黒鉛よりも摩擦係数が小さい低摩擦フィラーを含んでいる請求項1ないし3のいずれかに記載の摺動部品。

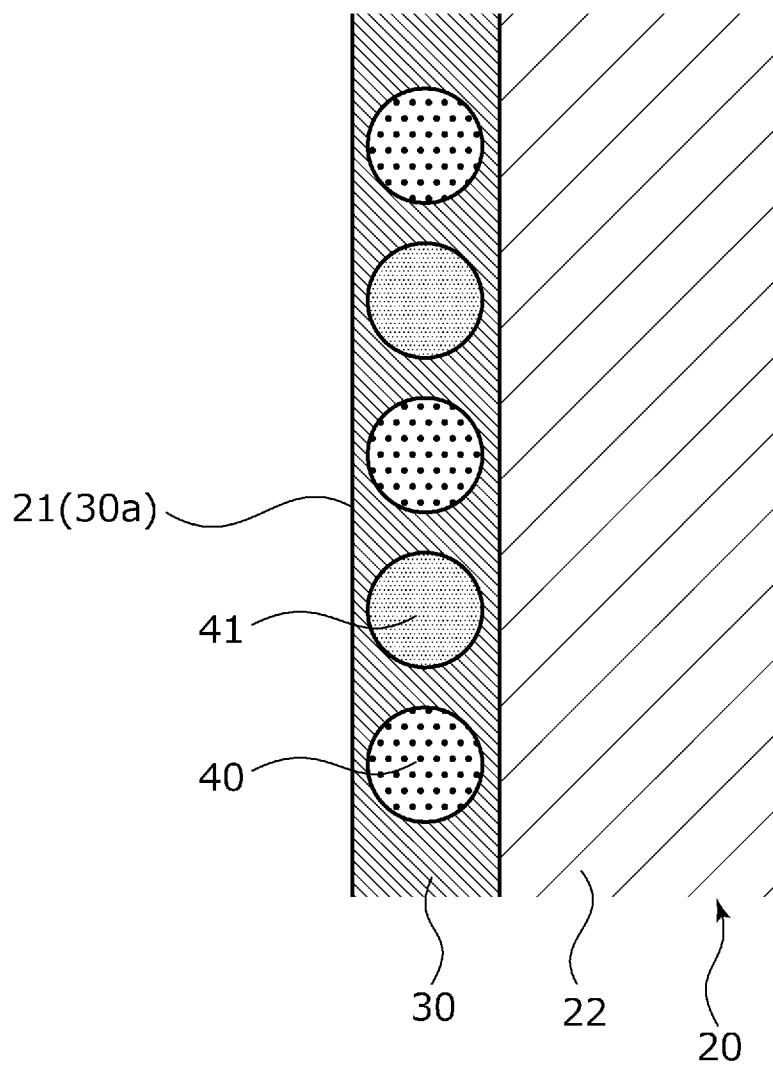
[図1]



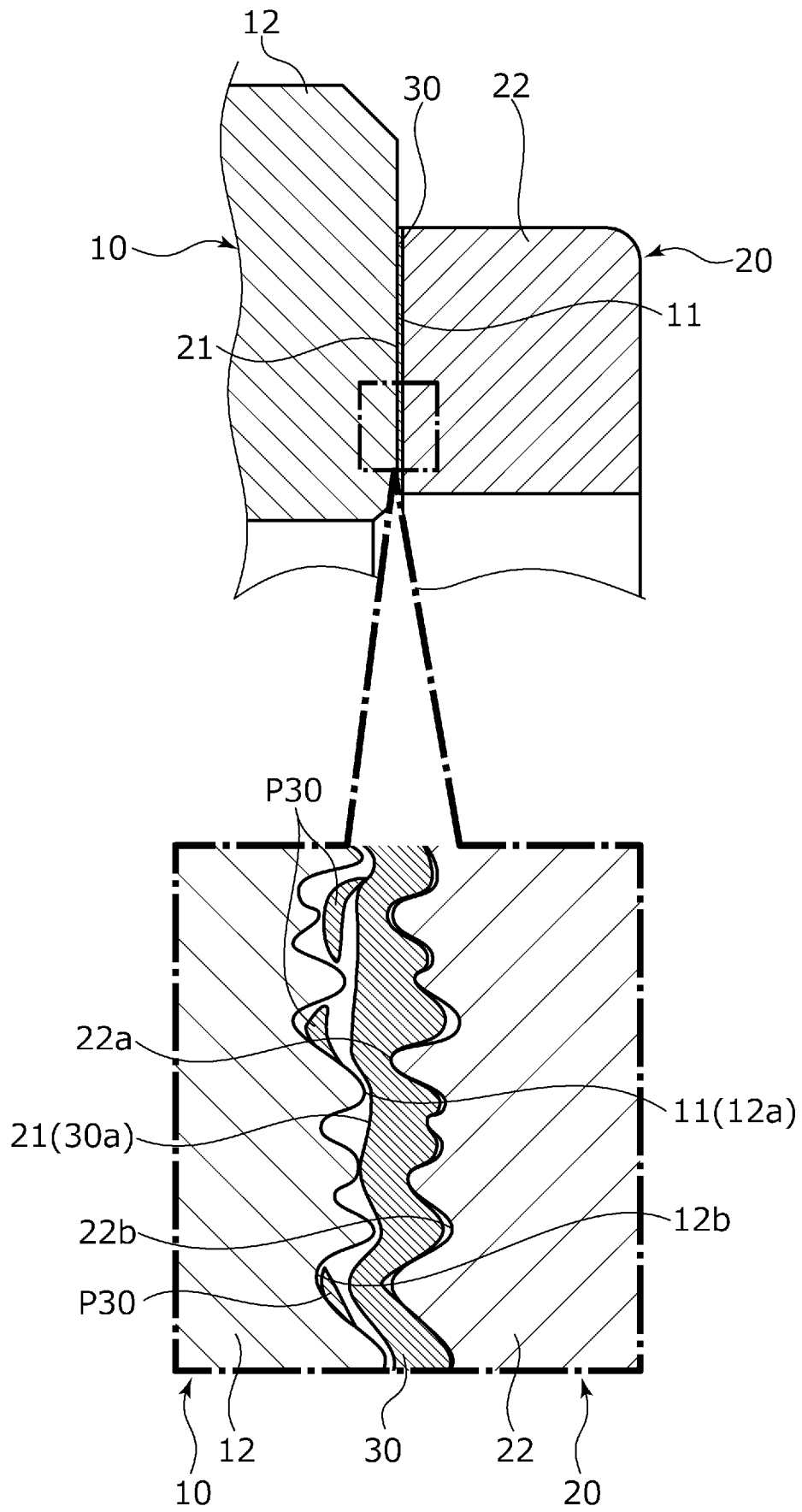
[図2]



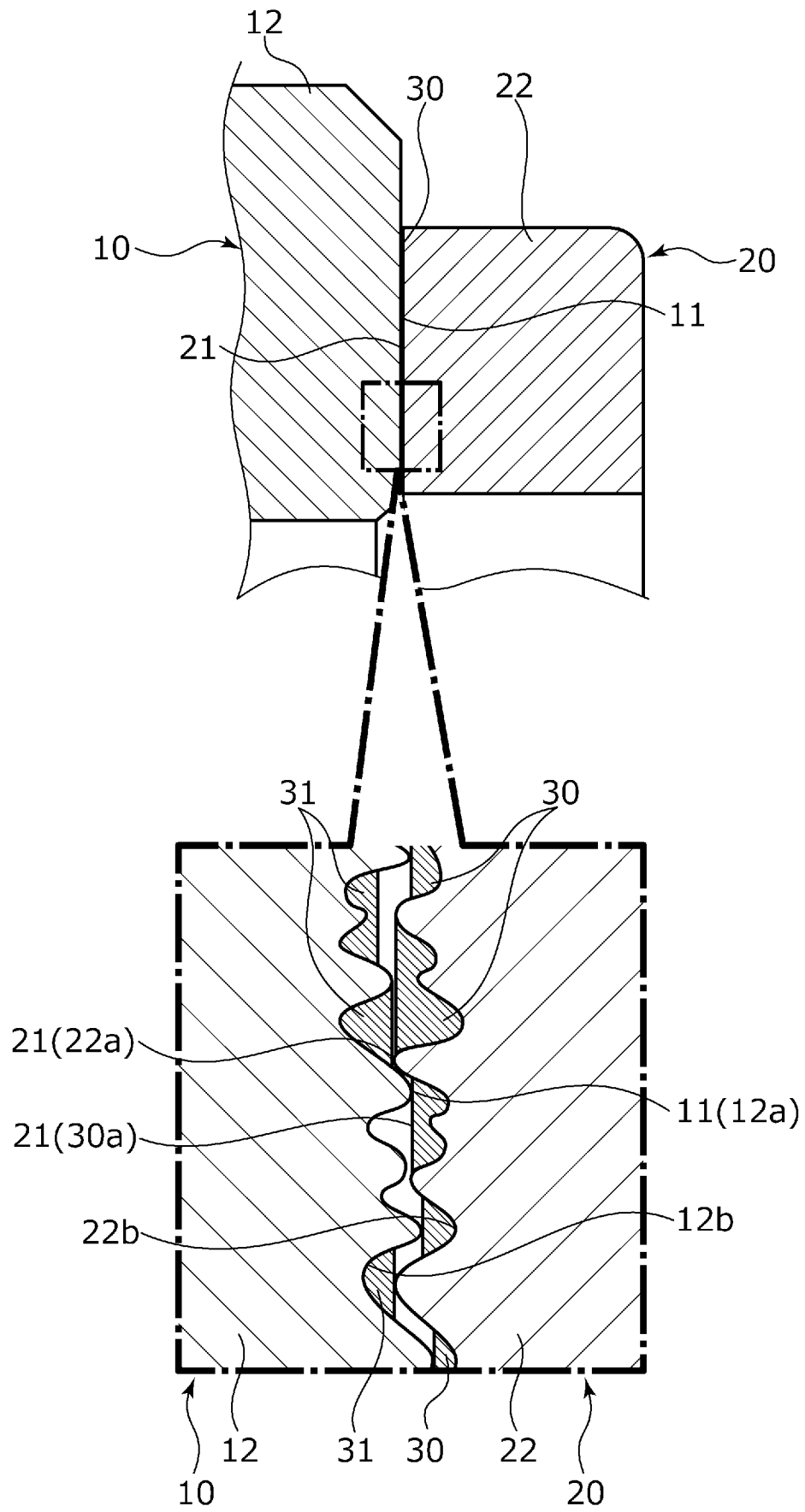
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/012342

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>F16C 33/16</i> (2006.01)i; <i>F16J 15/34</i> (2006.01)i FI: F16J15/34 F; F16C33/16 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) F16C33/16; F16J15/34		
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 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022		
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	JP 2009-91661 A (TOTAN KAKO KK) 30 April 2009 (2009-04-30) paragraphs [0008]-[0017], [0020], fig. 1	1-4
A	JP 2019-15309 A (EAGLE IND CO LTD) 31 January 2019 (2019-01-31) entire text, all drawings	1-4
A	JP 2008-128220 A (HITACHI APPLIANCES INC) 05 June 2008 (2008-06-05) entire text, all drawings	1-4
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 17 May 2022		Date of mailing of the international search report 31 May 2022
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/JP2022/012342

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2009-91661 A	30 April 2009	(Family: none)	
JP 2019-15309 A	31 January 2019	(Family: none)	
JP 2008-128220 A	05 June 2008	KR 10-2008-0047281 A whole document	
		CN 101187397 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F16C 33/16(2006.01)i; F16J 15/34(2006.01)i FI: F16J15/34 F; F16C33/16		
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）） F16C33/16; 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 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022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 2009-91661 A（東炭化工株式会社）30.04.2009（2009-04-30） 段落0008-0017, 0020, 図1	1-4
A	JP 2019-15309 A（イーグル工業株式会社）31.01.2019（2019-01-31） 全文, 全図	1-4
A	JP 2008-128220 A（日立アプライアンス株式会社）05.06.2008（2008-06-05） 全文, 全図	1-4
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な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	
国際調査を完了した日	17.05.2022	国際調査報告の発送日 31.05.2022
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 大谷 謙仁 3W 1957 電話番号 03-3581-1101 内線 3328	

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/012342

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2009-91661 A	30.04.2009	(ファミリーなし)	
JP 2019-15309 A	31.01.2019	(ファミリーなし)	
JP 2008-128220 A	05.06.2008	KR 10-2008-0047281 A Whole document	
		CN 101187397 A	