

(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13日(13.02.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/031995 A1

(51) 国際特許分類:

F16C 33/62 (2006.01) *F16C 33/44* (2006.01)
C23C 14/06 (2006.01) *F16C 33/56* (2006.01)
F16C 19/36 (2006.01) *F16C 33/64* (2006.01)
F16C 19/38 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/030812

(22) 国際出願日: 2019年8月6日(06.08.2019)

(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 2018-149640 2018年8月8日(08.08.2018) JP
特願 2018-174174 2018年9月18日(18.09.2018) JP
特願 2019-034126 2019年2月27日(27.02.2019) JP

(71) 出願人: N T N株式会社(NTN CORPORATION)
[JP/JP]; 〒5500003 大阪府大阪市西区京町堀
1丁目3番17号 Osaka (JP).

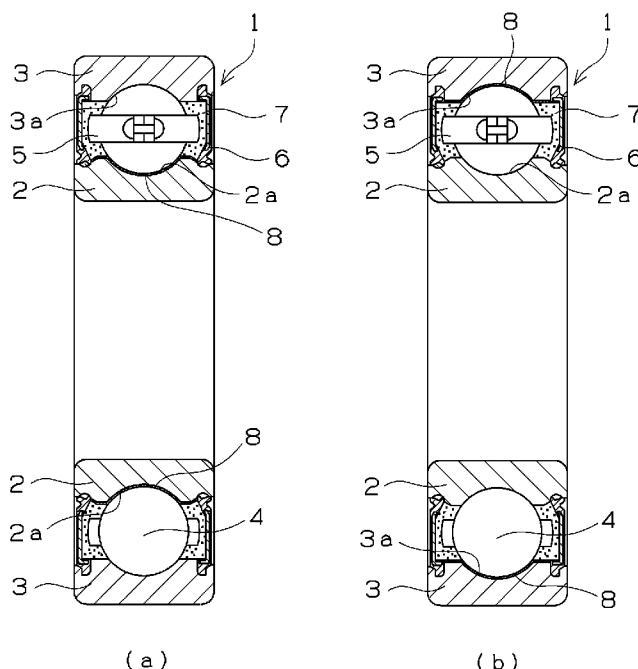
(72) 発明者: 中西 雅樹 (NAKANISHI Masaki);
〒5110867 三重県桑名市陽だまりの丘5丁目105番 N T N株式会社内 Mie (JP).
三上 英信 (MIKAMI Hidenobu); 〒5110867 三
重県桑名市陽だまりの丘5丁目105番
N T N株式会社内 Mie (JP).

(74) 代理人: 和 気 光, 外 (WAKI Hikaru et al.);
〒5110233 三重県員弁郡東員町城山一
丁目2番6 Mie (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,

(54) **Title:** ROLLING BEARING, WHEEL SUPPORT DEVICE, AND MAIN SHAFT SUPPORT DEVICE FOR WIND POWER GENERATION

(54) 発明の名称: 転がり軸受、車輪支持装置、および風力発電用主軸支持装置



(57) **Abstract:** Provided is a rolling bearing which improves peeling resistance of a DLC film even when coming into contact with another member under a high load or slipping condition due to a poorly lubricated state or under a condition in which foreign matter is mixed, and has excellent seizure resistance, wear resistance, and corrosion resistance by exhibiting the original properties of the DLC film. A deep groove ball bearing (1) comprises: an inner ring (2) having an inner ring raceway surface (2a) on the outer periphery thereof; an outer ring (3) having an outer ring raceway surface (3a) on the

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, 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))

inner periphery thereof; a plurality of rolling elements (4) rolling between the inner ring raceway surface (2a) and the outer ring raceway surface (3a); and a retainer (5) that retains the rolling elements (4), wherein a hard film (8) is formed on the inner ring raceway surface (2a) or the like, and the hard film (8) is in rolling contact and sliding contact with another bearing member. The hard film (8) is a film having a structure including: a ground layer; a mixture layer which has a gradient composition and is mainly formed of WC and DLC which are formed on the ground layer; and a surface layer mainly formed of DLC formed on the mixture layer, and the indentation hardness of the surface layer, as measured by the ISO14577 method, is 9-22 GPa.

(57) 要約: 高荷重または潤滑状態が悪く滑りを伴う条件下や異物が混入した条件下で他部材と接触する場合でも、DLC膜の耐剥離性を向上させ、DLC膜本来の特性を発揮させることで、耐焼き付き性、耐磨耗性、および耐腐食性に優れる転がり軸受を提供する。深溝玉軸受(1)は、外周に内輪軌道面(2a)を有する内輪(2)と、内周に外輪軌道面(3a)を有する外輪(3)と、内輪軌道面(2a)と外輪軌道面(3a)との間を転動する複数の転動体(4)と、転動体(4)を保持する保持器(5)を備え、内輪軌道面(2a)等に硬質膜(8)が成膜されてなり、硬質膜(8)が他の軸受部材と転がり接触および滑り接触するものであり、この硬質膜(8)は、下地層と、この上に成膜されるWCとDLCとを主体とする傾斜組成の混合層と、この上に成膜されるDLCを主体とする表面層とからなる構造の膜であり、表面層のISO14577法により測定される押し込み硬さが9~22GPaである。

明 細 書

発明の名称：

転がり軸受、車輪支持装置、および風力発電用主軸支持装置

技術分野

[0001] 本発明は、軸受部材である内輪、外輪、転動体、保持器表面にダイヤモンドライクカーボンを含む硬質膜を成膜した転がり軸受に関する。また、該転がり軸受を適用した車輪支持装置や風力発電用主軸支持装置に関する。

背景技術

[0002] 硬質カーボン膜は、一般にダイヤモンドライクカーボン（以下、DLCと記す。また、DLCを主体とする膜／層をDLC膜／層ともいう。）と呼ばれている硬質膜である。硬質カーボンはその他にも、硬質非晶質炭素、無定形炭素、硬質無定形型炭素、i-カーボン、ダイヤモンド状炭素など、様々な呼称があるが、これらの用語は明確に区別されていない。

[0003] このような用語が用いられるDLCの本質は、構造的にはダイヤモンドとグラファイトが混ざり合った両者の中間構造を有するものである。ダイヤモンドと同等に硬度が高く、耐摩耗性、固体潤滑性、熱伝導性、化学安定性、耐腐食性などに優れる。このため、例えば、金型・工具類、耐摩耗性機械部品、研磨材、摺動部材、磁気・光学部品などの保護膜として利用されつつある。こうしたDLC膜を形成する方法として、スパッタリング法やイオンプレーティング法などの物理的蒸着（以下、PVDと記す）法、化学的蒸着（以下、CVDと記す）法、アンバランスド・マグネトロン・スパッタリング（以下、UBMSと記す）法などが採用されている。

[0004] 従来、転がり軸受の軌道輪の軌道面や、転動体の転動面、保持器の摺接面などに対し、DLC膜を形成する試みがなされている。DLC膜は、膜形成時に極めて大きな内部応力が発生し、また高い硬度およびヤング率を持つ反面、変形能が極めて小さいことから、基材との密着性が弱く、剥離しやすいなどの欠点を持っている。このため、転がり軸受における上記各面にDLC

膜を成膜する場合には、密着性を改善する必要性がある。

[0005] 例えば、中間層を設けてDLC膜の密着性改善を図ったものとして、鉄鋼材料で形成された軌道溝や転動体の転動面に、クロム（以下、Crと記す）、タングステン（以下、Wと記す）、チタン（以下、Tiと記す）、珪素（以下、Siと記す）、ニッケル、および鉄の少なくともいずれかの元素を含む組成の下地層と、この下地層の構成元素と炭素とを含有し、炭素の含有率が下地層の反対側で下地層側より大きい中間層と、アルゴンと炭素とからなりアルゴンの含有率が0.02質量%以上5質量%以下であるDLC層とが、この順に形成されてなる転動装置が提案されている（特許文献1参照）。

[0006] また、アンカー効果によりDLC膜の密着性改善を図ったものとして、軌道面にイオン衝撃処理により10～100nmの高さで平均幅300nm以下の凹凸を形成し、この軌道面上にDLC膜を形成した転がり軸受が提案されている（特許文献2参照）。

[0007] 例えば、転がり軸受は、自動車の懸架装置に対して車輪を回転自在に支持するための車輪支持装置などに適用される。後輪駆動型車両における前輪の如き非駆動輪を支持する車輪支持装置においては、ステアリングナックルに設けられたアクスル（ナックルスピンドル）上に2個の転がり軸受を取付け、その転がり軸受によって回転自在に支持されたアクスルハブの外径面にフランジを設け、このフランジに設けられたスタッドボルトと、これにねじ係合されるナットによってブレーキ装置のブレーキドラムおよび車輪のホイールディスクを取付けるようにしている。また、ステアリングナックルに設けられたフランジにバックプレートを取付け、そのバックプレートによってブレーキドラムに制動力を付与する制動機構を支持するようにしている。上記のような車輪支持装置においては、アクスルハブを回転自在に支持する転がり軸受として、負荷容量の大きい剛性の高い円すいころ軸受が用いられる。この円すいころ軸受は、アクスルとアクスルハブ間に充填されたグリースによって潤滑される。

[0008] 車輪支持装置に用いられる転がり軸受は、高速、高荷重という過酷な使用

条件のため、特に、円すいころの大径側の端面と鰐部の端面とで滑り運動するため、グリースの潤滑油膜が破断しやすくなる。潤滑油膜が破断すると金属接触が起こり、発熱、摩擦摩耗が増大する不具合が発生する。そのため、高速、高荷重下での潤滑性および耐荷重性を向上させ、潤滑油膜破断による金属接触を防止する必要がある、極圧剤含有グリースを使用して、その不具合を軽減している。

[0009] 従来、高速下で、高荷重のかかる車輪支持装置の例として、ニッケル、テルル、セレン、銅、鉄の中から選択される金属を含む有機金属化合物がグリース全量に対して、20重量%以下含まれることを特徴とするグリースを封入した鉄道車両用軸受が知られている（特許文献3参照）。

[0010] しかしながら、ころ軸受の使用条件がdN値10万以上という高速条件下での潤滑など過酷になるにつれて、従来のグリースではころ軸受の使用が困難になるなどの問題がある。車輪支持装置用ころ軸受は、内、外輪の軌道面と転動体である「ころ」との間に転がり摩擦が、鰐部と「ころ」との間に滑り摩擦が発生する。転がり摩擦に比べると滑り摩擦は大きいので、使用条件が過酷になると鰐部の焼付きが生じやすくなる。そのためグリースの交換作業等が頻繁になりメンテナンスフリー化を達成できないという問題がある。

先行技術文献

特許文献

[0011] 特許文献1：特許第4178826号公報

特許文献2：特許第3961739号公報

特許文献3：特開平10-17884号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0012] 転がり滑り運動において発生する高い接触面圧下ではフレーキングの防止は容易でなく、特に滑り摩擦により強いせん断力が発生し得るような潤滑・運転条件においてはより困難となる。DLC膜の適用が検討される摺動面は

、潤滑状態が悪く、滑りを伴うといった状況であることが多く、一般的な転がり軸受における運転状況より厳しい場合が多い。また、異物が混入した状態で使用されることがあるため、その状態での焼き付き、摩耗などを抑制する必要があるが、異物が噛み込んだ際の局所的な高面圧および母材の変形に対しての耐剥離性の確保はさらに困難である。

[0013] 上記した特許文献 1、2 の技術は、硬質膜の剥離防止などを図ったものであるが、得られた転がり軸受について、使用条件に応じた要求特性を満足させるべく、DLC 膜を適用する際の膜構造や成膜条件には更なる改善の余地がある。

[0014] 本発明はこのような問題に対処するためになされたものであり、高荷重または潤滑状態が悪く滑りを伴う条件下や異物が混入した条件下で他部材と接触する場合でも、DLC 膜の耐剥離性を向上させ、DLC 膜本来の特性を発揮させることで、耐焼き付き性、耐摩耗性、および耐腐食性に優れる転がり軸受の提供を目的とする。また、上記転がり軸受を適用した車輪支持装置および風力発電用主軸支持装置の提供を目的とする。

課題を解決するための手段

[0015] 外周に内輪軌道面を有する内輪と、内周に外輪軌道面を有する外輪と、上記内輪軌道面と上記外輪軌道面との間を転動する複数の転動体と、上記転動体を保持する保持器とを備え、上記内輪、上記外輪、上記複数の転動体、および上記保持器が鉄系材料からなる転がり軸受であって、硬質膜は、上記内輪、上記外輪、上記転動体、および上記保持器から選ばれる少なくとも一つの軸受部材の表面に直接成膜される下地層と、該下地層の上に成膜されるタングステンカーバイト（以下、WC と記す）と DLC とを主体とする混合層と、該混合層の上に成膜される DLC を主体とする表面層とからなる構造の膜であり、該硬質膜が他の軸受部材と転がり接触および滑り接触するものであり、上記表面層の ISO 14577 法により測定される押し込み硬さが 9 ～ 22 GPa であり、上記混合層は、上記下地層側から上記表面層側へ向けて連続的または段階的に、該混合層中の上記 WC の含有率が小さくなり、該

混合層中の上記DLCの含有率が高くなる層であることを特徴とする。

- [0016] 上記表面層の押し込み硬さが10～15GPaであることを特徴とする。
- [0017] 上記表面層は、上記混合層との隣接側に、上記表面層の押し込み硬さよりも小さい押し込み硬さの傾斜層部分を有することを特徴とする。
- [0018] 上記鉄系材料が、高炭素クロム軸受鋼、炭素鋼、工具鋼、または、マルテンサイト系ステンレス鋼であることを特徴とする。
- [0019] 上記下地層が、CrとWCとを主体とする層であることを特徴とする。
- [0020] 本発明の車輪支持装置は、アクスルの外径面上に取付けられた転がり軸受を備え、該転がり軸受によって車輪と共に回転する回転部材を回転自在に支持する車輪支持装置であって、上記転がり軸受が、本発明の転がり軸受であることを特徴とする。
- [0021] 上記転がり軸受が、円すいころ軸受であり、該円すいころ軸受は、上記転動体である円すいころの大径側の端面と、上記内輪に形成された大鍔の端面とが転がり接触および滑り接触する軸受であり、上記円すいころの大径側の端面および上記内輪の大鍔の端面の少なくとも一方に上記硬質膜が形成されていることを特徴とする。
- [0022] 上記転がり軸受が、風力発電機のブレードが取付けられた主軸を支持する軸受であり、該軸受が、上記内輪と上記外輪との間に、上記転動体として軸方向に並んで2列にころを介在させ、上記外輪軌道面を球面状とし、上記ころの外周面を上記外輪軌道面に沿う形状とした複列自動調心ころ軸受であることを特徴とする。
- [0023] 上記内輪は、該内輪の外周面において上記2列のころ間に設けられ、各列のころの軸方向内側の端面と滑り接触する中鍔と、上記内輪の外周面の両端にそれぞれ設けられ、各列のころの軸方向外側の端面と滑り接触する小鍔とを備え、上記各列のころのうち、少なくとも一方の列のころの外周面に上記硬質膜が形成されていることを特徴とする。
- [0024] 本発明の風力発電用主軸支持装置は、ブレードが取付けられた主軸を、ハウジングに設置された1個または複数の軸受によって支持する風力発電用主

軸支持装置であって、上記軸受のうち少なくとも一個が上記複列自動調心ころ軸受であり、該複列自動調心ころ軸受において、上記ブレードから遠い方の列の軸受部分を、近い方の軸受部分よりも負荷容量が大きいものとしたことを特徴とする。

発明の効果

- [0025] 本発明の転がり軸受は、内輪、外輪、転動体、および保持器から選ばれる少なくとも一つの軸受部材の表面に、DLCを含む所定の膜構造の硬質膜を有するとともに、該硬質膜が他の軸受部材と転がり接触および滑り接触する条件で使用される軸受である。中間層がWCとDLCの混合層(WC/DLC)であり、傾斜組成とされているので、成膜後の残留応力の集中が発生し難い。これに加えて、上記表面層は、押し込み硬さが9~22GPaであるので、特に高荷重または潤滑状態が悪く滑りを伴う条件下や、異物が混入した条件下で他部材と接触する場合でも硬質膜の耐焼き付き性に優れる。
- [0026] 上記構造により、該硬質膜は、例えば、転動体の転動面に形成されながら耐剥離性に優れ、DLC本来の特性を発揮できる。その結果、転がり軸受は、耐焼き付き性、耐摩耗性、および耐腐食性に優れ、無潤滑状態を含む苛酷な潤滑状態や、異物混入潤滑環境下でも摺動面などの損傷が少なく長寿命となる。
- [0027] 本発明の車輪支持装置は、アクスルの外径面上に取付けられた転がり軸受として本発明の転がり軸受を備えるので、摺動面の耐摩擦摩耗性に優れ、長期耐久性に優れる。
- [0028] 本発明の風力発電用主軸支持装置は、ブレードが取付けられた主軸を少なくとも本発明の転がり軸受で支持するので、高荷重または潤滑状態が悪く滑りを伴う条件下であっても硬質膜の耐剥離性に優れ、軸受の長寿命となり、メンテナンスフリー化にも寄与する。また、該軸受が、内輪と外輪との間に、軸方向に並んで2列にころを介在させた複列自動調心ころ軸受であり、2列のころのうち、少なくとも一方の列のころの外周面に硬質膜が形成されているので、2列のころのうち一方の列のころに、より大きなスラスト荷重が

かかる風力発電機主軸用軸受の特有の使用状態に適している。

図面の簡単な説明

- [0029] [図1]本発明の転がり軸受の一例を示す断面図である。
- [図2]本発明の転がり軸受の他の例を示す断面図である。
- [図3]硬質膜の構造を示す模式断面図である。
- [図4]車輪支持装置の一例を示す断面図である。
- [図5]本発明の円すいころ軸受の一例を示す切欠き斜視図である。
- [図6]本発明の円すいころ軸受の別例を示す切欠き斜視図である。
- [図7]風力発電用主軸支持装置を含む風力発電機全体の模式図である。
- [図8]風力発電用主軸支持装置を示す図である。
- [図9]本発明の複列自動調心ころ軸受の模式断面図である。
- [図10]従来の風力発電機における主軸支持用の軸受を示す図である。
- [図11]U B M S 法の成膜原理を示す模式図である。
- [図12]U B M S 装置の模式図である。
- [図13]往復動滑り試験機の概要を示す図である。
- [図14]2円筒試験機の模式図である。
- [図15]圧痕の盛り上がり高さの測定例を示す図である。

発明を実施するための形態

- [0030] D L C 膜などの硬質膜は膜内に残留応力があり、残留応力は膜構造や成膜条件の影響により大きく異なり、その結果、耐剥離性にも大きな影響を及ぼす。また、耐剥離性は硬質膜が使用される条件によっても変化する。本発明者らは、往復動滑り試験などにより、例えば潤滑状態が悪く（境界潤滑下）、滑り接触する条件下で検証を重ねた結果、転がり軸受の表面に形成する硬質膜について、その膜構造を限定するとともに、特に硬質膜表面層の押し込み硬さを所定範囲内とすることで、該条件下での耐剥離性の向上が図れることを見出した。さらに、この硬質膜は、軸受の実使用条件である、異物が混入した潤滑条件下でも耐剥離性に優れ、異物により形成された圧痕による軌道面損傷を抑制できることを見出した。本発明はこのような知見に基づきな

されたものである。

[0031] 本発明の転がり軸受を図1および図2に基づいて説明する。図1は、内・外輪軌道面に後述の硬質膜を形成した深溝玉軸受の断面図を、図2は転動体の転動面に硬質膜を形成した深溝玉軸受の断面図をそれぞれ示す。深溝玉軸受1は、外周に内輪軌道面2aを有する内輪2と、内周に外輪軌道面3aを有する外輪3と、内輪軌道面2aと外輪軌道面3aとの間を転動する複数の転動体4とを備える。転動体4は保持器5により一定間隔で保持されている。シール部材6により、内・外輪の軸方向両端開口部がシールされ、軸受空間にグリース7が封入されている。グリース7としては、転がり軸受用の公知のグリースを使用できる。

[0032] 例えば図1(a)の転がり軸受では、内輪2の外周面（内輪軌道面2aを含む）に硬質膜8が形成されており、図1(b)の転がり軸受では、外輪3の内周面（外輪軌道面3aを含む）に硬質膜8が形成されているが、適用用途に応じて内輪、外輪、転動体、および転動体の少なくとも1面に硬質膜が形成してあればよい。

[0033] また、図2の転がり軸受では、転動体4の転動面に硬質膜8が形成されている。図2の転がり軸受は深溝玉軸受であることから、転動体4は玉であり、その転動面は球面全体である。図に示した態様以外の転がり軸受として、円筒ころ軸受や円すいころ軸受を用いる際に、該硬質膜8をその転動体に形成する場合は、少なくとも転動面（円筒外周など）に形成してあればよい。特に、車輪支持装置に用いられる円すいころ軸受や、風力発電用主軸支持装置に用いられる複列自動調心ころ軸受については後述する。

[0034] 図1および図2に示すように、深溝玉軸受の内輪軌道面2aは、転動体4である玉を案内するため、軸方向断面が円弧溝状である円曲面である。同様に、外輪軌道面3aも、軸方向断面が円弧溝状である円曲面である。この円弧溝の曲率半径は、一般的に鋼球径を d_w とすると、 $0.51 \sim 0.54 d_w$ 程度である。また、図に示した態様以外の転がり軸受として、円筒ころ軸受や円錐ころ軸受を用いる場合では、これらの軸受のころを案内するため、

内輪軌道面および外輪軌道面は、少なくとも円周方向で曲面となる。その他、自動調心ころ軸受などの場合、転動体としてたる型ころを用いるので、内輪軌道面および外輪軌道面は、円周方向に加えて、軸方向についても曲面となる。本発明の転がり軸受は、内輪軌道面および外輪軌道面が、以上のいずれの形状であってもよい。

[0035] 本発明の深溝玉軸受 1 において、硬質膜 8 の成膜対象となる軸受部材である内輪 2、外輪 3、転動体 4、および保持器 5 は鉄系材料からなる。鉄系材料としては、軸受部材として一般的に用いられる任意の鋼材などを使用でき、例えば、高炭素クロム軸受鋼、炭素鋼、工具鋼、マルテンサイト系ステンレス鋼などが挙げられる。

[0036] これらの軸受部材において、硬質膜が形成される面の硬さが、ビッカース硬さで $Hv\ 650$ 以上であることが好ましい。 $Hv\ 650$ 以上とすることで、硬質膜（下地層）との硬度差を少なくし、密着性を向上させることができる。

[0037] 上記硬質膜が形成される面において、硬質膜形成前に、窒化処理により窒化層が形成されていることが好ましい。窒化処理としては、基材表面に密着性を妨げる酸化層が生じ難いプラズマ窒化処理を施すことが好ましい。また、窒化処理後の表面の硬さがビッカース硬さで $Hv\ 1000$ 以上であることが、硬質膜（下地層）との密着性をさらに向上させるために好ましい。

[0038] 上記硬質膜が形成される面の表面粗さ Ra は、 $0.05\ \mu m$ 以下であることが好ましい。表面粗さ Ra が $0.05\ \mu m$ をこえると、粗さの突起先端に硬質膜が形成され難くなり、局所的に膜厚が小さくなる。

[0039] 本発明における硬質膜の構造を図 3 に基づいて説明する。図 3 は、図 1 (a) の場合における硬質膜 8 の構造を示す模式断面図である。図 3 に示すように、該硬質膜 8 は、(1) 内輪 2 の内輪軌道面 2a 上に直接成膜される下地層 8a と、(2) 下地層 8a の上に成膜される WC と DLC とを主体とする混合層 8b と、(3) 混合層 8b の上に成膜される DLC を主体とする表面層 8c とからなる 3 層構造を有する。本発明では、硬質膜の膜構造を上記

のような３層構造とすることで、急激な物性（硬度・弾性率等）変化を避けるようにしている。

[0040] 下地層８aは、基材となる各軸受部材の表面に直接成膜される下地層である。材質や構造は、基材との密着性を確保できるものであれば特に限定されず、例えば材質としてC r、W、T i、S iなどが使用できる。これらの中でも、基材となる軸受部材（例えば高炭素クロム軸受鋼）との密着性に優れることから、C rを含むことが好ましい。

[0041] また、下地層８aは、混合層８bとの密着性も考慮して、C rとWCとを主体とする層であることが好ましい。WCは、C rとD L Cとの中間的な硬さや弾性率を有し、成膜後の残留応力の集中が発生し難い。特に、内輪２側から混合層８b側に向けてC rの含有率が小さく、かつ、WCの含有率が高くなる傾斜組成とすることが好ましい。これにより、内輪２と混合層８bとの両面での密着性に優れる。

[0042] 混合層８bは、下地層と表面層との間に介在する中間層となる。混合層８bに用いるWCは、上述のように、C rとD L Cとの中間的な硬さや弾性率を有し、成膜後の残留応力の集中も発生し難い。混合層８bが、下地層８a側から表面層８c側に向けて連続的または段階的に、該混合層中のWCの含有率が小さく、かつ、該混合層中のD L Cの含有率が高くなる傾斜組成であるので、下地層８aと表面層８cとの両面での密着性に優れる。また、該混合層内において、WCとD L Cとが物理的に結合する構造となっており、該混合層内での破損などを防止できる。さらに、表面層８c側ではD L C含有率が高められているので、表面層８cと混合層８bとの密着性に優れる。

[0043] 混合層８bは、非粘着性の高いD L CをWCによって下地層８a側にアンカー効果で結合させる層である。

[0044] 表面層８cは、D L Cを主体とする膜である。表面層８cにおいて、混合層８bとの隣接側に、緩和層部分８dを有することが好ましい。これは、混合層８bと表面層８cとで成膜条件パラメータ（炭化水素系ガス導入量、真空度、バイアス電圧）が異なる場合、これらパラメータの急激な変化を避け

るために、該パラメータの少なくとも1つを連続的または段階的に変化させることで得られる緩和層部分である。より詳細には、混合層8bの最表層形成時の成膜条件パラメータを始点とし、表面層8cの最終的な成膜条件パラメータを終点として、各パラメータをこの範囲内で連続的または段階的に変化させる。これにより、混合層8bと表面層8cとの急激な物性（硬度・弾性率等）の差がなくなり、混合層8bと表面層8cとの密着性がさらに優れる。なお、バイアス電圧を連続的または段階的に上昇させることで、DLC構造におけるグラファイト構造（ sp^2 ）とダイヤモンド構造（ sp^3 ）との構成比率が後者に偏っていき、硬度が傾斜（上昇）する。

[0045] 後述の実施例に示すように、無潤滑状態で他部材と滑り接触する場合において硬質膜の耐剥離性を向上させるには、硬質膜の表面層の表面硬さを所定範囲にすることが重要となる。また、異物が混入した潤滑状態で他部材と転がり滑り接触する場合においても該硬質膜の表面層の表面硬さが重要となる。本発明の転がり軸受において、硬質膜の表面層のISO14577法により測定される押し込み硬さは9～22GPaであり、好ましくは10～21GPaであり、より好ましくは10～15GPaであり、さらに好ましくは10～13GPaである。また、表面層8cが緩和層部分8dを有する構成では、表面層8cの押し込み硬さに比べて、緩和層の押し込み硬さは小さくなっており、該緩和層の押し込み硬さは、例えば9～22GPaである。なお、緩和層は、混合層側から硬度が連続的または段階的に高くなっている。

[0046] 硬質膜8の膜厚（3層の合計）は0.5～3.0 μ mとすることが好ましい。膜厚が0.5 μ m未満であれば、耐摩耗性および機械的強度に劣る場合があり、3.0 μ mをこえると剥離し易くなる。さらに、該硬質膜8の膜厚に占める表面層8cの厚さの割合が0.8以下であることが好ましい。この割合が0.8をこえると、混合層8bにおけるWCとDLCの物理結合するための傾斜組織が不連続な組織となりやすく、密着性が劣化するおそれがある。

[0047] 硬質膜8を以上のような組成の下地層8a、混合層8b、表面層8cから

なる３層構造とすることで、耐剥離性に優れる。

[0048] 本発明の転がり軸受において、以上のような構造・物性の硬質膜を形成することで、使用時に滑り接触の負荷を受けた場合でも、該膜の摩耗や剥離を防止でき、苛酷な潤滑状態でも軌道面などの損傷が少なく長寿命となる。また、異物が混入した潤滑条件下においても、異物により形成された圧痕による軌道面損傷を抑制できるため長寿命となる。また、グリースを封入した転がり軸受において、軌道輪などの損傷により金属新生面が露出すると、触媒作用によりグリース劣化を促進させるが、本発明の転がり軸受では、硬質膜により金属接触による軌道面や転動面の損傷を防止できるので、このグリース劣化も防止できる。

[0049] 本発明の転がり軸受を車輪支持装置に適用した例を図４に基づいて説明する。図４は本発明の車輪支持装置の断面図である。図４に示すように、ステアリングナックル１１にはフランジ１２と、アクスル１３とが設けられ、そのアクスル１３の外径面上に取付けた一对の円すいころ軸受１４ a、１４ b によって回転部材としてのアクスルハブ１５が回転自在に支持されている。アクスルハブ１５は、外径面にフランジ１６を有し、そのフランジ１６に設けたスタッドボルト１７と、そのスタッドボルト１７にねじ係合したナット１８によってブレーキ装置のブレーキドラム１９、および車輪のホイールディスク２０が取付けられている。２１はホイールディスク２０の外径面に取付けられたリムを示し、そのリム上にタイヤが取付けられる。図４においては、円すいころ軸受１４ a、１４ b が車輪支持装置に相当する。

[0050] 上記ステアリングナックル１１のフランジ１２にはスタッドボルト１７、ナット１８の締付けによってブレーキ装置のバックプレート２２が取付けられている。バックプレート２２にはブレーキドラム１９に制動力を付与する制動機構が支持されるが、図では省略してある。

[0051] アクスルハブ１５を回転自在に支持する上記一对の円すいころ軸受１４ a、１４ b は、アクスルハブ１５内に封入されたグリースによって潤滑される。その円すいころ軸受１４ b から外部にグリースが漏洩したり、外部から泥

水が浸入するのを防止するため、アクスルハブ 15 の外側端面に円すいころ軸受 14 b を覆うようにしてグリースキャップ 23 が取付けられている。

[0052] 本発明の車輪支持装置の円すいころ軸受の一例について図 5 により説明する。図 5 は円すいころ軸受の一例を示す一部切り欠き斜視図である。円すいころ軸受 14 は、外周面にテーパ状の内輪軌道面 25 a を有する内輪 25 と、内周面にテーパ状の外輪軌道面 24 a を有する外輪 24 と、内輪軌道面 25 a と外輪軌道面 24 a との間を転動する複数の円すいころ 27 と、各円すいころ 27 をポケット部で転動自在に保持する保持器 26 とを備えている。保持器 26 は、大径リング部と小径リング部とを複数の柱部で連結してなり、柱部同士の間ポケット部に円すいころ 27 を収納している。内輪 25 において、大径側端部に大鏝 25 c、小径側端部に小鏝 25 b がそれぞれ一体形成されている。円すいころ軸受における内輪は、テーパ状の内輪軌道面を有することから軸方向に見て小径側と大径側とがあり、「小鏝」は小径側端部に設けられた鏝であり、「大鏝」は大径側端部に設けられた鏝である。

[0053] 上記構成において、円すいころ 27 の転動面（テーパ面）27 a は、内輪軌道面 25 a と外輪軌道面 24 a との間で転がり摩擦を受け、円すいころ 27 の小径側の端面（小端面）27 b は、小鏝 25 b の内側端面との間で滑り摩擦を受け、円すいころ 27 の大径側の端面（大端面）27 c は、大鏝 25 c の内側端面との間で滑り摩擦を受ける。また、円すいころ 27 と保持器 26 との間でも転がり摩擦や滑り摩擦が発生する。例えば、円すいころ 27 の小端面 27 b は、ポケット部を形成する小径リングの端面との間で滑り摩擦を受け、円すいころ 27 の大端面 27 c は、ポケット部を形成する大径リングの端面との間で滑り摩擦を受ける。これらの摩擦を低減するために上記グリースが封入されている。グリースとしては、転がり軸受用の公知のグリースを使用できる。

[0054] 円すいころ軸受 14 の使用時には、円すいころ 27 が大径側に押圧されることで、大鏝 25 c と円すいころ 27 とが滑り接触する部分の負担が特に大きいので、この部分が損傷しやすく軸受寿命に影響する。

[0055] 本発明の車輪支持装置は、該装置内の部材間で（特に、境界潤滑条件下で）滑り接触する表面に所定範囲の押し込み硬さを有する硬質膜が形成されていることを特徴とする。そのため、潤滑状態が悪い条件下で他部材と滑り接触する場合でも該硬質膜の耐剥離性に優れる。また、車輪支持装置用の軸受として使用される場合、軸受内に外部から異物が混入するおそれがあるところ、上記硬質膜が形成されているので、異物が混入した状態でも耐剥離性に優れる。また、軸受転走面に形成された圧痕の盛り上がりが硬質膜による切削効果により除去されるため、圧痕起点剥離耐性に優れる。上記硬質膜の低摩擦性および金属接触の防止の効果により円すいころ軸受の鍔部などの耐焼き付き性にも優れる。

[0056] 上記硬質膜の形成箇所について、図5の円すいころ軸受14では、軸受部材である内輪に硬質膜が設けられている。具体的には、内輪25の鍔部（小鍔25b、大鍔25c）の内側端面に硬質膜28がそれぞれ形成されている。内輪の鍔部に硬質膜を設ける構成では、大鍔における滑り摩擦の方が小鍔における滑り摩擦よりも大きいことを考慮して、少なくとも大鍔の内側端面に硬質膜を設けることが好ましい。なお、内輪軌道面25aに硬質膜28が設けられていてもよい。

[0057] また、図6の円すいころ軸受14'では、軸受部材である円すいころに硬質膜が設けられている。具体的には、円すいころ27の軸方向端面である小端面27bおよび大端面27cに硬質膜28がそれぞれ形成されている。上記と同様、滑り摩擦を考慮して、少なくとも円すいころの大端面に硬質膜を設けることが好ましい。なお、円すいころ27の転動面27aにも硬質膜28が設けられていてもよく、その場合は円すいころ27の表面全体に硬質膜が設けられることになる。

[0058] また、円すいころ軸受において硬質膜の形成箇所は、図5と図6に示す箇所に限定されず、互いに転がり接触および滑り接触する、内輪、外輪、転動体、および保持器から選ばれる少なくとも一つの軸受部材の任意の表面に形成することができる。例えば、円すいころの小端面や大端面と転がり接触お

よび滑り接触する保持器の小径リングの内側端面や大径リングの内側端面に硬質膜を形成してもよい。また、外輪に小鍔および大鍔が形成された円すいころ軸受では、該鍔部の内側端面に硬質膜を形成してもよい。

[0059] 図4～図6では、車輪支持装置における転がり軸受として円すいころ軸受を示したが、軸受部材間で転がり滑り運動が生じる軸受であればよく、円すいころ軸受以外にも、円筒ころ軸受、自動調心ころ軸受、針状ころ軸受、スラスト円筒ころ軸受、スラスト円すいころ軸受、スラスト針状ころ軸受、スラスト自動調心ころ軸受などを用いることができる。例えば、円筒ころ軸受の場合、ころの軸方向両端部と軌道輪の軸方向両端の鍔部とが転がり接触および滑り接触する。

[0060] ここで、本発明の転がり軸受が適用される風力発電機について説明する。従来、大型の風力発電機における主軸用軸受には、図10に示すような大型の複列自動調心ころ軸受54が用いられることが多い。主軸53は、ブレード52が取付けられた軸であり、風力を受けることによって回転し、その回転を増速機（図示せず）で増速して発電機を回転させ、発電する。風を受けて発電している際に、ブレード52を支える主軸53は、ブレード52にかかる風力による軸方向荷重（軸受スラスト荷重）と、径方向荷重（軸受ラジアル荷重）が負荷される。複列自動調心ころ軸受54は、ラジアル荷重とスラスト荷重を同時に負荷することができ、かつ調心性を持つため、軸受ハウジング51の精度誤差や、取付誤差による主軸53の傾きを吸収でき、かつ運転中の主軸53の撓みを吸収できる。そのため、風力発電用機主軸用軸受に適した軸受であり、利用されている（参考文献：NTN社カタログ「新世代風車用軸受」A65、CAT. No. 8404/04/JE、2003年5月1日発行）。

[0061] ところで、図10に示すように、風力発電用の主軸を支持する複列自動調心ころ軸受においては、ラジアル荷重に比べてスラスト荷重が大きく、複列のころ57、58のうち、スラスト荷重を受ける列のころ58が、もっぱらラジアル荷重とスラスト荷重を同時に負荷することになる。そのため、転が

り疲労寿命が短くなる。また、スラスト荷重が負荷されることから、鰐で滑り運動が起こり摩耗を生じると言う問題があった。加えて、反対側の列では軽負荷となり、ころ57が内外輪55、56の軌道面55a、56aで滑りを生じ、表面損傷や摩耗を生じると言う問題がある。そのため、軸受サイズが大きなものを用いることで対処されるが、軽負荷側では余裕が大きくなり過ぎて、不経済である。また、無人で運転されたり、ブレード52が大型となるために高所に設置される風力発電機主軸用軸受では、メンテナンスフリー化が望まれる。

[0062] この対処として、本発明の転がり軸受を複列自動調心ころ軸受として、風力発電用主軸支持装置に適用することができる。本発明の転がり軸受を風力発電用主軸支持装置に適用した例を図7および図8に基づいて説明する。図7は本発明の風力発電用主軸支持装置を含む風力発電機全体の模式図であり、図8は図7の風力発電用主軸支持装置を示す図である。図7に示すように、風力発電機31は、風車となるブレード32が取付けられた主軸33を、ナセル34内に設置された複列自動調心ころ軸受35（以下、単に軸受35とも言う。）により回転自在に支持し、さらにナセル34内に増速機36および発電機37を設置したものである。増速機36は、主軸33の回転を増速して発電機37の入力軸に伝達するものである。ナセル34は、支持台38上に旋回座軸受47を介して旋回自在に設置され、旋回用のモータ39（図8参照）の駆動により、減速機40（図8参照）を介して旋回させられる。ナセル34の旋回は、風向きにブレード32の方向を対向させるために行われる。主軸支持用の軸受35は、図8の例では2個設けられているが、1個であってもよい。

[0063] 図9は、風力発電機の主軸を支持する複列自動調心ころ軸受35を示す。この軸受35は、一对の軌道輪となる内輪41および外輪42と、これら内外輪41、42間に介在した複数のころ43とを有する。複数のころは、軸受の軸方向に2列に並んで介在し、図9では、ブレードに近い方の列（左列）のころが43a、ブレードから遠い方の列（右列）のころが43bとなっ

ている。軸受３５は、スラスト負荷が可能なラジアル軸受である。軸受３５の外輪軌道面４２ａが球面状とされ、各ころは外周面が外輪軌道面４２ａに沿う球面形状のころとされている。内輪４１は、左右各列のころ４３ａ、４３ｂの外周面に沿う断面形状の複列の内輪軌道面４１ａが形成されている。内輪４１の外周面の両端には、小鏑４１ｂ、４１ｃがそれぞれ設けられている。内輪４１の外周面の中央部、すなわち左列のころ４３ａと右列のころ４３ｂ間には、中鏑４１ｄが設けられている。ころ４３ａ、４３ｂは、各列毎に保持器４４で保持されている。

[0064] 上記構成において、各ころ４３ａ、４３ｂの外周面は、内輪軌道面４１ａと外輪軌道面４２ａとの間で転がり接触する。また、ころ４３ａの軸方向内側の端面は、中鏑４１ｄの軸方向一方の端面との間で滑り接触し、ころ４３ａの軸方向外側の端面は、小鏑４１ｂの内側端面との間で滑り接触する。また、ころ４３ｂの軸方向内側の端面は、中鏑４１ｄの軸方向他方の端面との間で滑り接触し、ころ４３ｂの軸方向外側の端面は、小鏑４１ｃの内側端面との間で滑り接触する。これらの摩擦を低減するためにグリースが封入されている。グリースとしては、転がり軸受用の公知のグリースを使用できる。

[0065] 図９において、外輪４２は軸受ハウジング４５の内径面に嵌合して設置され、内輪４１は主軸３３の外周に嵌合して主軸３３を支持している。軸受ハウジング４５は、軸受３５の両端を覆う側壁部４５ａを有し、各側壁部４５ａと主軸３３との間にラビリンスシール等のシール４６が構成されている。軸受ハウジング４５で密封性が得られるため、軸受３５にはシール無しのもので用いられている。軸受３５は、本発明の実施形態にかかる風力発電機主軸用軸受となるものである。

[0066] 上記複列自動調心ころ軸受は、ころと他部材間で（特に、境界潤滑条件下で）転がり滑り接触する表面に所定構造の硬質膜が形成されていることを特徴とする。そのため、潤滑状態が悪く滑りを伴う条件下で他部材と接触する場合でも該硬質膜の耐剥離性に優れる。また、風力発電機主軸用軸受として使用される場合、軸受内に外部から異物が混入するおそれがあるところ、上

記硬質膜が形成されているので、異物が混入した状態でも耐剥離性に優れる。また、軸受転走面に形成された圧痕の盛り上がりが硬質膜による切削効果により除去されるため、圧痕起点剥離耐性に優れる。その結果、硬質膜本来の特性を発揮でき、耐焼き付き性、耐摩耗性、耐腐食性にも優れ、複列自動調心ころ軸受の金属接触に起因する損傷などを防止できる。

[0067] 硬質膜の形成箇所について以下に説明する。図9の形態の軸受35では、軸受部材である内輪41の外周面に硬質膜48が形成されている。内輪41の外周面は、軌道面41a、中鋸41dの軸方向両端面、小鋸41bの内側端面、小鋸41cの内側端面を含む。図9の形態では、内輪41の外周面全体に硬質膜48が形成されており、ころ43a、43bと転がり滑り接触しない面にも硬質膜48が形成されている。硬質膜48を形成する内輪41の箇所は、境界潤滑条件下でころと滑り接触する表面に形成されていれば、図9の形態に限らない。例えば、各ころ43a、43bと滑り接触する、中鋸41dの軸方向両端面や、小鋸41bの内側端面、小鋸41cの内側端面のうち、少なくともいずれかの端面に硬質膜を形成してもよい。

[0068] また、上述したように、風力発電機主軸用軸受として自動調心ころ軸受では、ブレードから遠い方の列のころ（ころ43b）の方がブレードに近い方の列のころ（ころ43a）に比べて、大きなスラスト荷重を受ける。この場合、ころ43bと滑り接触する箇所では、特に境界潤滑となりやすい。そのため、軸方向に並ぶ2列のころに互いに大きさが異なる荷重が作用することを考慮して、小鋸41b、41cのうち小鋸41cの内側端面にのみ硬質膜を形成してもよい。

[0069] 上記複列自動調心ころ軸受では、他の軸受部材と境界潤滑（低ラムダ条件）で滑り接触（特に、転がり滑り接触）する条件となる表面に硬質膜を形成している。ころは内外輪との間で転がりつつ滑りも生じている。図9に示す硬質膜は、このような条件下で使用されるものである。また、該硬質膜の形成箇所は、図9に示す箇所限定されず、上記条件となるような、内輪、外輪、ころ、および保持器から選ばれる少なくとも一つの軸受部材の任意の表

面に形成することができる。

[0070] 図9の形態では、内輪41の外周面に硬質膜48を形成したが、これに代えてまたは加えて、外輪42や、各ころ43a、43bの表面に硬質膜48を形成してもよい。外輪42に硬質膜を形成する構成では、外輪42の内周面（外輪軌道面42aを含む）に硬質膜を形成するとよい。また、各ころ43a、43bの表面に硬質膜を形成する構成では、各ころ43a、43bの両端面に硬質膜を形成してもよい。また、ころにかかる荷重の違いを考慮して、ころ43bの両端面にのみ硬質膜を形成する構成としてもよい。また、各ころ43a、43bの外周面に硬質膜を形成する構成としてもよい。例えば、各列のころのうち、少なくとも一方の列のころの外周面に硬質膜を形成する構成としてもよい。

[0071] 以下、硬質膜の形成方法について説明する。上記硬質膜は、軸受部材の成膜面に対して、下地層8a、混合層8b、表面層8cをこの順に成膜して得られる。

[0072] 下地層8aおよび混合層8bの形成は、スパッタリングガスとしてArガスをを用いたUBMS装置を使用してなされることが好ましい。UBMS装置を用いたUBMS法の成膜原理を図11に示す模式図を用いて説明する。図中において、基材62は、成膜対象の軸受部材である内輪、外輪、転動体、または保持器であるが、模式的に平板で示してある。図11に示すように、丸形ターゲット65の中心部と周辺部で異なる磁気特性を有する内側磁石64a、外側磁石64bが配置され、ターゲット65付近で高密度プラズマ69を形成しつつ、上記磁石64a、64bにより発生する磁力線66の一部66aがバイアス電源61に接続された基材62近傍まで達するようにしたものである。この磁力線66aに沿ってスパッタリング時に発生したArプラズマが基材62付近まで拡散する効果が得られる。このようなUBMS法では、基材62付近まで達する磁力線66aに沿って、Arイオン67および電子が、通常のスパッタリングに比べてイオン化されたターゲット68をより多く基材62に到達させるイオンアシスト効果によって、緻密な膜（層

) 63を成膜できる。

[0073] 下地層8aがCrとWCとを主体とする層である場合は、ターゲット65としてCrターゲットおよびWCターゲットを併用する。また、混合層8bを形成する際には、(1)WCターゲット、および、(2)黒鉛ターゲットと必要に応じて炭化水素系ガスを用いる。各層の形成毎に、それぞれに用いるターゲットを逐次取り替える。

[0074] 下地層8aにおいて、上述のようなCrとWCの傾斜組成とする場合は、連続的または段階的に、WCターゲットに印加するスパッタ電力を上げながら、かつ、Crターゲットに印加する電力を下げながら成膜する。これにより混合層8b側に向けてCrの含有率が小さく、かつ、WCの含有率が高くなる構造の層とできる。

[0075] 混合層8bは、連続的または段階的に、炭素供給源となる黒鉛ターゲットに印加するスパッタ電力を上げながら、かつ、WCターゲットに印加する電力を下げながら成膜する。これにより表面層8c側に向けてWCの含有率が小さく、かつ、DLCの含有率が高くなる傾斜組成の層とできる。

[0076] 混合層8bの成膜時におけるUBMS装置内(成膜チャンバー内)の真空度は0.2~1.2Paであることが好ましい。また、基材となる軸受部材に印加するバイアス電圧は20~100Vであることが好ましい。このような範囲とすることで、耐剥離性の向上が図れる。

[0077] 表面層8cの形成も、上記のスパッタリングガスとしてArガスを用いたUBMS装置を使用してなされることが好ましい。より詳細には、表面層8cは、この装置を利用して、炭素供給源として黒鉛ターゲットと炭化水素系ガスとを併用し、Arガスの上記装置内への導入量100に対する上記炭化水素系ガスの導入量の割合を1~15とし、炭素供給源から生じる炭素原子を混合層8b上に堆積させて成膜されたものとするのが好ましい。また、併せて、装置内の真空度を0.2~0.9Paとすることが好ましい。この好適条件について以下に説明する。

[0078] 炭素供給源として黒鉛ターゲットと炭化水素系ガスとを併用することで、

DLC膜の押し込み硬さおよび弾性率を調整できる。炭化水素系ガスとしては、メタンガス、アセチレンガス、ベンゼンなどが使用でき、特に限定されないが、コストおよび取り扱い性の点からメタンガスが好ましい。炭化水素系ガスの導入量の割合を、ArガスのUBMS装置内（成膜チャンバー内）への導入量100（体積部）に対して1～15（体積部）、好ましくは6～15、より好ましくは11～13とすることで、表面層8cの耐摩耗性などを悪化させずに、混合層8bとの密着性の向上が図れる。

[0079] UBMS装置内（成膜チャンバー内）の真空度は上記のとおり0.2～0.9Paであることが好ましい。より好ましくは0.4～0.9Paであり、さらに好ましくは0.6～0.9Paである。真空度が0.2Pa未満であると、チャンバー内のArガス量が少ないため、Arプラズマが発生せず、成膜できない場合がある。また、真空度が0.9Paより高いと、逆スパッタ現象が起こり易くなり、耐摩耗性が悪化するおそれがある。

[0080] 基材となる軸受部材に印加するバイアス電圧は50～150Vであることが好ましい。なお、基材に対するバイアスの電位は、アース電位に対してマイナスとなるように印加しており、例えば、バイアス電圧100Vとは、アース電位に対して基材のバイアス電位が－100Vであることを示す。

実施例

[0081] 本発明の転がり軸受に使用する硬質膜として、所定の基材に対して硬質膜を形成し、該硬質膜の物性に関する評価した。また、往復動滑り試験機および2円筒試験機を用いて耐剥離性などの評価を行なった。

[0082] 硬質膜の評価用に用いた基材、UBMS装置、およびスパッタリングガスなどは以下のとおりである。

（1）基材物性：SUJ2 焼き入れ焼き戻し品 硬さ780Hv

（2）基材：鏡面研磨された（0.02μmRa）SUJ2平板

（3）相手材：研削仕上げ（0.7μmRa）SUJ2リング（φ40×L12 副曲率60）

（4）UBMS装置：神戸製鋼所製；UBMS202

(5) スパッタリングガス：A r ガス

[0083] 下地層の形成条件を以下に説明する。成膜チャンバー内を 5×10^{-3} Pa 程度まで真空引きし、ヒータで基材をベーキングして、A r プラズマにて基材表面をエッチング後、UBMS法にてC r ターゲットとWCターゲットに印加するスパッタ電力を調整し、C r とWCの組成比を傾斜させ、基材側でC r が多く表面側でWCが多いC r /WC傾斜層を形成した。

[0084] 混合層の形成条件を以下に説明する。下地層と同様にUBMS法にて成膜した。ここで、該混合層については、炭化水素系ガスであるメタンガスを供給しながら、WCターゲットと黒鉛ターゲットに印加するスパッタ電力を調整し、WCとDLCの組成比を傾斜させ、下地層側でWCが多く表面層側でDLCが多いWC/DLC傾斜層を形成した。

[0085] 表面層の形成条件は、各表に示すとおりである。

[0086] 図12はUBMS装置の模式図である。図12に示すように、円盤70上に配置された基材71に対し、スパッタ蒸発源材料（ターゲット）72を非平衡な磁場により、基材71近傍のプラズマ密度を上げてイオンアシスト効果を増大すること（図11参照）によって、基材上に堆積する被膜の特性を制御できるUBMS機能を備える装置である。この装置により、基材上に、複数のUBMS被膜（組成傾斜を含む）を任意に組合せた複合被膜を成膜することができる。この実施例では、基材とするリングに、下地層、混合層、表面層をUBMS被膜として成膜している。

[0087] 実施例1～6、比較例1

表1に示す基材をアセトンで超音波洗浄した後、乾燥した。乾燥後、これをUBMS装置に取り付け、上述の形成条件にて下地層および混合層を形成した。その上に、表1に示す成膜条件にて表面層であるDLC膜を成膜し、硬質膜を有する試験片を得た。なお、比較例1の硬質膜は、実施例1～6の硬質膜と同様の3層の膜構造を有する従来の硬質膜を想定している。表1における「真空度」は上記装置における成膜チャンバー内の真空度である。得られた試験片を用いて下記に示す各試験を行った。結果を表1に併記する。

[0088] <硬度試験>

得られた試験片の押し込み硬さをアジレントテクノロジー社製：ナノインデント（G200）を用いて測定した。なお、測定値は表面粗さの影響を受けない深さ（硬さが安定している箇所）の平均値を示しており、各試験片10箇所ずつ測定した。また、得られた押し込み硬さの値から、換算式（ビッカース硬度（HV）＝押し込み硬さ H_{IT} （N/mm²）×0.0945）に基づいて、ビッカース硬度に換算した。

[0089] <膜厚試験>

得られた試験片の硬質膜の膜厚を表面形状・表面粗さ測定器（テーラーホブソン社製：フォーム・タリサーフPG1830）を用いて測定した。膜厚は成膜部の一部にマスキングを施し、非成膜部と成膜部の段差から膜厚を求めた。

[0090] <往復動滑り試験>

得られた試験片について図13に示す往復動滑り試験機を用いて、滑りによる耐剥離性の試験を行った。図13に示すように、試験ではまず、ロードセル77および加速度センサ78が取り付けられた台座に硬質膜74が形成された基材73（試験片）を載置する。そして、試験片の硬質膜74に、荷重80が負荷された窒化珪素球75を載せ、下記条件にて窒化珪素球75を水平方向に往復動させる。窒化珪素球75は、加振機79に接続された相手材ホルダ76に保持されている。往復動滑り試験は無潤滑で行い、下記の荷重増加速度で荷重を増加させ、硬質膜の剥離により摩擦係数が増大したときの荷重を限界荷重（N）とした。なお、実施例4では最大荷重を120Nとし、実施例5では最大荷重を100Nとした。具体的な試験条件は以下のとおりである。

（試験条件）

潤滑：無潤滑

球：3/8インチ、窒化珪素球

荷重：30～80N

負荷増加速度：10N/min

周波数：60Hz

振幅：2mm

[0091] [表1]

	実施例						比較例
	1	2	3	4	5	6	1
基材材質	SUJ2	SUJ2	SUJ2	SUJ2	SUJ2	SUJ2	SUJ2
基材硬さ, HV	780	780	780	780	780	780	780
基材表面粗さ, μmRa	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
下地層 ¹⁾ の材質	Cr/WC	Cr/WC	Cr/WC	Cr/WC	Cr/WC	Cr/WC	Cr/WC
混合層 ²⁾ の材質	WC/DLC	WC/DLC	WC/DLC	WC/DLC	WC/DLC	WC/DLC	WC/DLC
最表層の成膜条件							
メタンガス導入比 ³⁾	3.0	3.0	10.0	12.0	12.0	6.0	3.0
真空度, Pa	0.85	0.85	0.25	0.8	0.4	0.8	0.25
バイアス電圧(負), V	50	75	100	100	100	100	100
押し込み硬さ							
平均値, GPa	12.6	14.3	20.1	10.3	13.0	13.2	24.5
換算ピッカース硬度	1190	1348	1899	980	1230	1250	2315
膜厚, μm	2.1	2.0	1.9	2.0	1.9	2.0	1.9
往復動滑り試験 (N=2)							
限界荷重, N (1回目)	80以上	51.4	73.4	120以上	100以上	77.9	30.5
限界荷重, N (2回目)	80以上	54.6	80	120以上	100以上	83.4	46.9

- 1) 本発明におけるCrとWCの下地層に相当する層であり、本発明のように2成分を混合している場合には「第1成分/第2成分」で表す。
 2) 本発明におけるWCとDLCの混合層に相当する層であり、本発明のように2成分を混合している場合には「第1成分/第2成分」で表す。
 3) 導入比はアルゴンガス導入量100(体積部)に対するメタンガス導入量(体積部)の割合である。

[0092] 表1に各層の成膜条件および往復動滑り試験の結果を示す。なお、往復動滑り試験は、実施例および比較例についてそれぞれ2回ずつ試験を実施し、各試験の結果をそれぞれ示した。各実施例と各比較例は、使用する基材および混合層の成膜条件は同一である。表1に示すように、表面層の成膜条件を変化させて表面層の押し込み硬さを変化させた結果、押し込み硬さが9～22GPaと、従来の硬質膜の押し込み硬さよりも低い範囲で限界荷重が大きい傾向を示した。特に、押し込み硬さが10～13GPaの場合（実施例1、4、5）では、押し込み硬さが24.5GPaの場合（比較例1）の場合に比べて、限界荷重が顕著に増大した。これにより、本発明の転がり軸受は

、潤滑状態が悪く、滑り接触する条件下でも耐剥離性に優れることが分かった。

[0093] 実施例 7 ～ 10、比較例 2 ～ 4

表 1 に示す基材をアセトンで超音波洗浄した後、乾燥した。乾燥後、これを U B M S 装置に取り付け、上述の形成条件にて下地層および混合層を形成した。その上に、表 2 に示す成膜条件にて表面層である D L C 膜を成膜し、硬質膜を有する試験片を得た。なお、比較例 4 は、硬質膜を形成せずに、基材自体からなる試験片とした。表 2 における「真空度」は上記装置における成膜チャンバー内の真空度である。得られた試験片を、下記に示す 2 通りの 2 円筒試験機を用いた試験に供した。なお、硬度試験および膜厚試験は上述の試験方法で行った。結果を表 2 に併記する。

[0094] < 2 円筒試験機による耐圧痕性試験 >

得られた試験片について図 1 4 に示す 2 円筒試験機を用いて異物混入下での耐剥離性の試験を行なった。この 2 円筒試験機は、駆動側試験片 8 1 と転がり滑り接触する従動側試験片 8 2 とを備え、それぞれの試験片（リング）は支持軸受 8 4 で支持されており、負荷用バネ 8 5 により荷重が負荷されている。また、図中の 8 3 は駆動用プーリ、8 6 は非接触回転計である。従動側試験片 8 2 のみに硬質膜を形成し、該硬質膜の剥離を助長するために駆動側試験片 8 1 と従動側試験片 8 2 の間に異物を混入し、運転後の硬質膜の耐剥離性を評価した。具体的な試験条件は以下のとおりである。

[0095] リング試験片の転動面内で 0.5 mm × 0.5 mm の範囲で明度による 2 値化を行い剥離部面積を決定し、以下の計算式を用いて計測範囲内での剥離率を算出した。

$$(\text{計測範囲内での剥離率}) = (\text{剥離部面積}) / (\text{2 値化対象範囲}) \times 100$$

[%]

リング試験片の外周における位置 4 箇所（0°、90°、180°、270°）でそれぞれ算出した上記計測範囲内での剥離率の平均値を剥離率とした。

[0096] (試験条件)

潤滑油：V G 5 6 相当油（異物未添加油）または V G 5 6 相当油に以下の異物を混入した油（異物添加油）

給油方式：滴下給油

異物：粉末ハイス鋼 K H A 3 0 1 0 0 ~ 1 8 0 μm 、1 0 g / l

油温：4 0 ~ 5 0 $^{\circ}\text{C}$

最大接触面圧：2 . 5 G P a

回転数：（試験片側）3 0 0 min^{-1}

（相手材側）3 0 0 min^{-1}

時間：異物添加油で 1 h 運転後、異物未添加油で負荷回数 1×10^6 回まで運転

[0097] < 2 円筒試験機による圧痕除去性試験 >

得られた試験片について図 1 4 に示す 2 円筒試験機を用いて圧痕除去性試験を行なった。従動側試験片 8 2 のみに硬質膜を形成し、相手材である駆動側試験片 8 1 に圧痕を形成した状態で試験を開始し、一定時間ごとに圧痕の盛り上がり部の変化を確認した。初期の圧痕盛り上がり高さ（試験前高さ A）の時間変化を評価した。図 1 5 に圧痕盛り上がり高さの測定例を示す。駆動側試験片に形成された圧痕の盛り上がり高さは、1 . 2 ~ 1 . 4 μm 程度であった。圧痕の中心を通る母線形状を取得し試験片半径で補正した母線の最大値を圧痕盛り上がり高さとして計測した。負荷の移動方向に対して盛り上がりの削れ方に差異がみられ、負荷の移動方向の上流側の圧痕盛り上がり高さを採用した。以下の計算式を用い圧痕盛り上がり高さの残存率として評価した。

$$[0098] \quad (\text{圧痕残存率}) = (\text{試験後高さ B}) / (\text{試験前高さ A}) \times 100 [\%]$$

[0099] (試験条件)

潤滑油：V G 5 6 相当油（添加剤含有）

給油方式：滴下給油

圧痕形成条件：1 5 k g f ロックウェル試験用ダイヤモンド圧子

油温：40～50℃

最大接触面圧：2.5 GPa

回転数：（試験片側）300 min⁻¹

（相手材側）300 min⁻¹

試験サイクル：負荷回数1×10⁶回まで運転

[0100] [表2]

	実施例				比較例		
	7	8	9	10	2	3	4
基材材質	SUJ2	SUJ2	SUJ2	SUJ2	SUJ2	SUJ2	SUJ2
基材硬さ, HV	780	780	780	780	780	780	780
基材表面粗さ, μmRa	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
下地層 ¹⁾ の材質	Cr/WC	Cr/WC	Cr/WC	Cr/WC	Cr/WC	Cr/WC	硬質膜 なし
混合層 ²⁾ の材質	WC/DLC	WC/DLC	WC/DLC	WC/DLC	WC/DLC	WC/DLC	
最表層の成膜条件							
メタンガス導入比 ³⁾	3.0	3.0	3.0	10.0	3.0	3.0	
真空度, Pa	0.85	0.85	0.85	0.25	0.25	0.25	
バイアス電圧(負), V	35	50	75	100	150	100	
押し込み硬さ							
平均値, GPa	10.4	12.6	14.3	20.1	28.2	24.5	
換算ピッカース硬度	980	1190	1348	1899	2690	2315	
膜厚, μm	1.9	2.1	2	1.9	2.0	1.9	
圧痕付け転動試験							
1×10 ⁶ cycle 剥離率, %	1	1	3	9	63	24	
圧痕除去試験							
1×10 ⁶ cycle 圧痕残存率, %	74	68	59	43	3	11	77

1) 本発明におけるCrとWCの下地層に相当する層であり、本発明のように2成分を混合している場合には「第1成分/第2成分」で表す。

2) 本発明におけるWCとDLCの混合層に相当する層であり、本発明のように2成分を混合している場合には「第1成分/第2成分」で表す。

3) 導入比はアルゴンガス導入量100(体積部)に対するメタンガス導入量(体積部)の割合である。

[0101] 試験の結果、比較的高硬度の硬質膜（比較例2、3）は、相手材の圧痕盛り上がりを取り除く能力が高いものの、異物が混入した条件での耐剥離性が低かった。一方、比較的低硬度の硬質膜（実施例7～10）は、比較例2、3に比べて、圧痕除去能力は低下したものの、異物混入に対する耐剥離性は大幅に向上した。特に、押し込み硬さが10～15 MPaの実施例7、8では硬質膜の剥離はほとんど見られなかった。これにより、本発明の転がり軸

受は、異物が混入した潤滑条件下でも耐剥離性に優れることが分かった。

産業上の利用可能性

[0102] D L Cの適用が検討される摺動面・転動面は潤滑が希薄または滑り速度が速いなど苛酷な潤滑状態であることが多い。特に、異物が混入した潤滑油中での摺動および転動はより苛酷である。本発明の転がり軸受は、例えば、内・外輪軌道面や転動体の転動面にD L C膜が形成され、苛酷な潤滑状態（例えば、潤滑状態が悪く、滑り接触する条件下や異物が混入した潤滑条件下）で運転した場合においてもこのD L C膜の耐剥離性に優れ、D L C本体の特性を発揮できるので、耐焼き付き性、耐摩耗性、および耐腐食性に優れる。このため、本発明の転がり軸受は、苛酷な潤滑状態での用途を含め、各種用途に適用可能である。特に、車輪支持装置や風力発電用主軸支持装置への適用に適している。

符号の説明

- [0103]
- 1 深溝玉軸受（転がり軸受）
 - 2 内輪
 - 3 外輪
 - 4 転動体
 - 5 保持器
 - 6 シール部材
 - 7 グリース
 - 8 硬質膜
 - 1 1 ステアリングナックル
 - 1 2 フランジ
 - 1 3 アクスル
 - 1 4 円すいころ軸受（転がり軸受）
 - 1 5 アクスルハブ（回転部材）
 - 1 6 フランジ
 - 1 7 スタッドボルト

- 1 8 ナット
- 1 9 ブレーキドラム
- 2 0 ホイールディスク
- 2 1 リム
- 2 2 バックプレート
- 2 3 グリースキャップ
- 2 4 外輪
- 2 5 内輪
- 2 6 保持器
- 2 7 円すいころ
- 2 8 硬質膜
- 3 1 風力発電機
- 3 2 ブレード
- 3 3 主軸
- 3 4 ナセル
- 3 5 複列自動調心ころ軸受（転がり軸受）
- 3 6 増速機
- 3 7 発電機
- 3 8 支持台
- 3 9 モータ
- 4 0 減速機
- 4 1 内輪
- 4 2 外輪
- 4 3 ころ
- 4 4 保持器
- 4 5 軸受ハウジング
- 4 6 シール
- 4 7 旋回座軸受

4 8 硬質膜

請求の範囲

[請求項1] 外周に内輪軌道面を有する内輪と、内周に外輪軌道面を有する外輪と、前記内輪軌道面と前記外輪軌道面との間を転動する複数の転動体と、前記転動体を保持する保持器とを備え、前記内輪、前記外輪、前記複数の転動体、および前記保持器が鉄系材料からなる転がり軸受であって、

硬質膜は、前記内輪、前記外輪、前記転動体、および前記保持器から選ばれる少なくとも一つの軸受部材の表面に直接成膜される下地層と、該下地層の上に成膜されるタングステンカーバイトとダイヤモンドライクカーボンとを主体とする混合層と、該混合層の上に成膜されるダイヤモンドライクカーボンを主体とする表面層とからなる構造の膜であり、該硬質膜が他の軸受部材と転がり接触および滑り接触するものであり、

前記表面層のISO14577法により測定される押し込み硬さが9～22GPaであり、

前記混合層は、前記下地層側から前記表面層側へ向けて連続的または段階的に、該混合層中の前記タングステンカーバイトの含有率が小さくなり、該混合層中の前記ダイヤモンドライクカーボンの含有率が高くなる層であることを特徴とする転がり軸受。

[請求項2] 前記表面層の押し込み硬さが10～15GPaであることを特徴とする請求項1記載の転がり軸受。

[請求項3] 前記表面層は、前記混合層との隣接側に、前記表面層の押し込み硬さよりも小さい押し込み硬さの傾斜層部分を有することを特徴とする請求項1記載の転がり軸受。

[請求項4] 前記鉄系材料が、高炭素クロム軸受鋼、炭素鋼、工具鋼、または、マルテンサイト系ステンレス鋼であることを特徴とする請求項1記載の転がり軸受。

[請求項5] 前記下地層が、クロムとタングステンカーバイトとを主体とする層

であることを特徴とする請求項 1 記載の転がり軸受。

[請求項6] アクスルの外径面上に取付けられた転がり軸受を備え、該転がり軸受によって車輪と共に回転する回転部材を回転自在に支持する車輪支持装置であって、

前記転がり軸受が、請求項 1 記載の転がり軸受であることを特徴とする車輪支持装置。

[請求項7] 前記転がり軸受が、円すいころ軸受であり、

該円すいころ軸受は、前記転動体である円すいころの大径側の端面と、前記内輪に形成された大鍔の端面とが転がり接触および滑り接触する軸受であり、

前記円すいころの大径側の端面および前記内輪の大鍔の端面の少なくとも一方に前記硬質膜が形成されていることを特徴とする請求項 6 記載の車輪支持装置。

[請求項8] 前記転がり軸受が、風力発電機のブレードが取付けられた主軸を支持する軸受であり、該軸受が、前記内輪と前記外輪との間に、前記転動体として軸方向に並んで 2 列にころを介在させ、前記外輪軌道面を球面状とし、前記ころの外周面を前記外輪軌道面に沿う形状とした複列自動調心ころ軸受であることを特徴とする請求項 1 記載の転がり軸受。

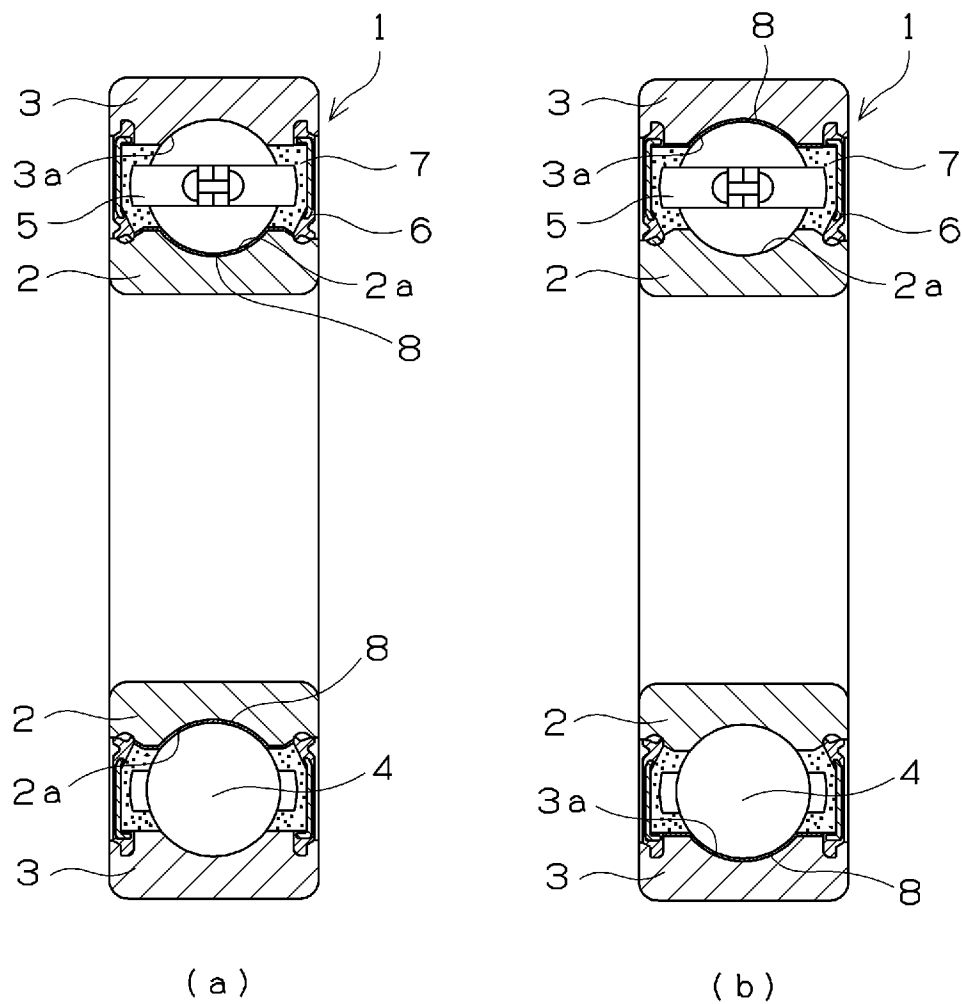
[請求項9] 前記内輪は、該内輪の外周面において前記 2 列のころ間に設けられ、各列のころの軸方向内側の端面と滑り接触する中鍔と、前記内輪の外周面の両端にそれぞれ設けられ、各列のころの軸方向外側の端面と滑り接触する小鍔とを備え、

前記各列のころのうち、少なくとも一方の列のころの外周面に前記硬質膜が形成されていることを特徴とする請求項 8 記載の転がり軸受。

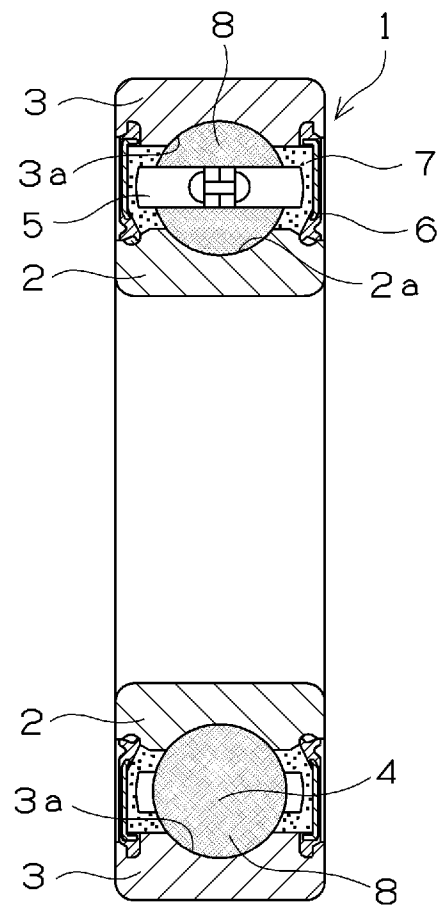
[請求項10] ブレードが取付けられた主軸を、ハウジングに設置された 1 個または複数の軸受によって支持する風力発電用主軸支持装置であって、

前記軸受のうち少なくとも一個が請求項 8 記載の複列自動調心ころ軸受であり、該複列自動調心ころ軸受において、前記ブレードから遠い方の列の軸受部分を、近い方の軸受部分よりも負荷容量が大きいものとしたことを特徴とする風力発電用主軸支持装置。

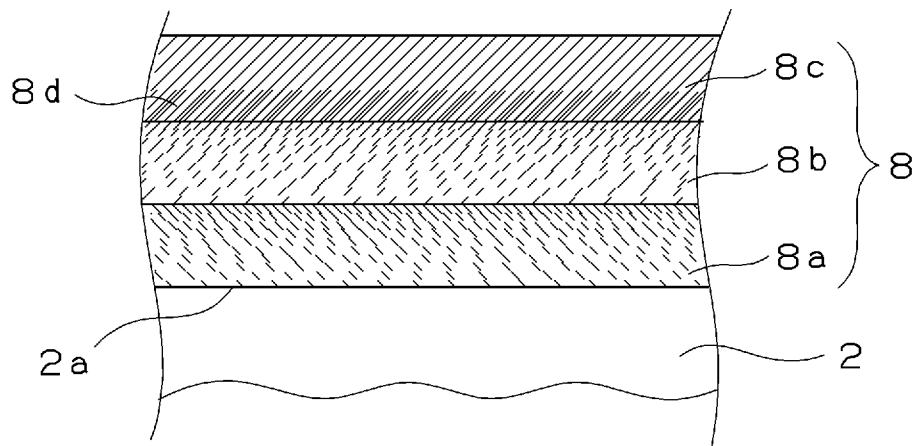
[図1]



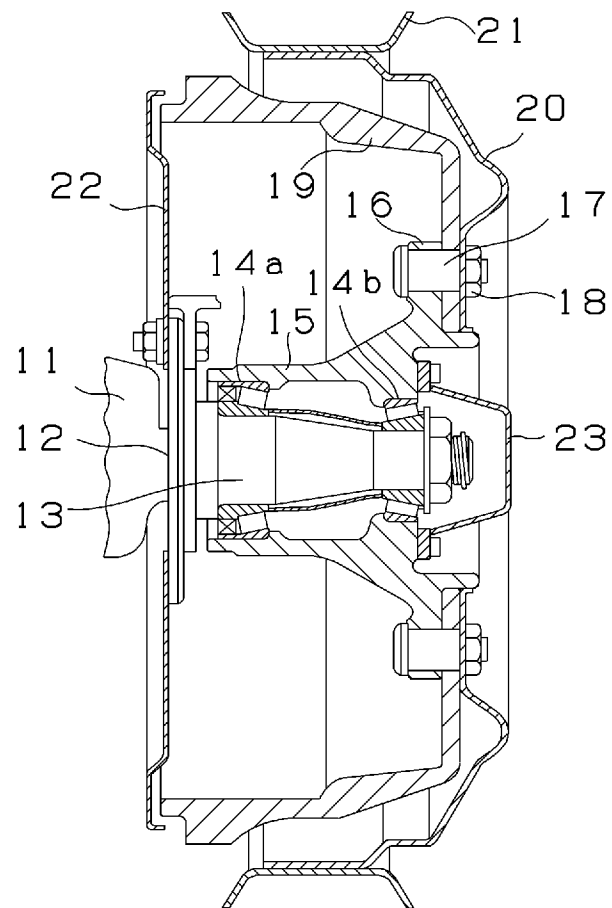
[図2]



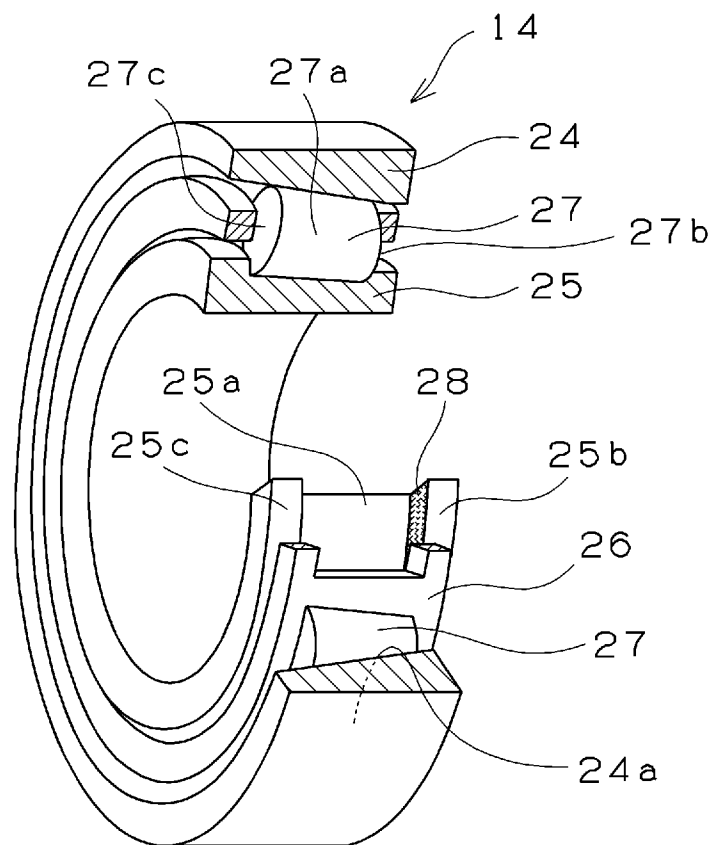
[図3]



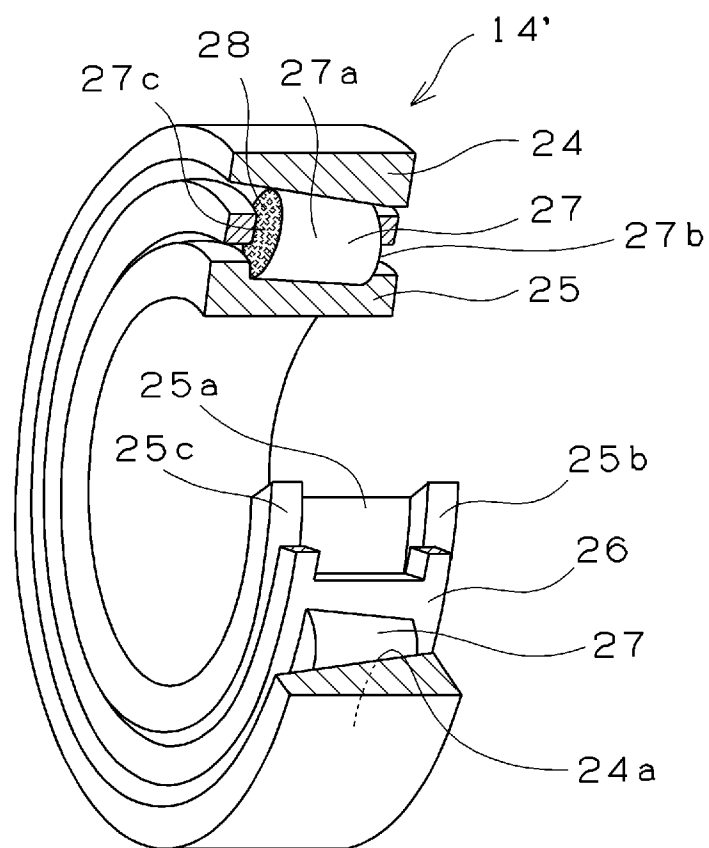
[図4]



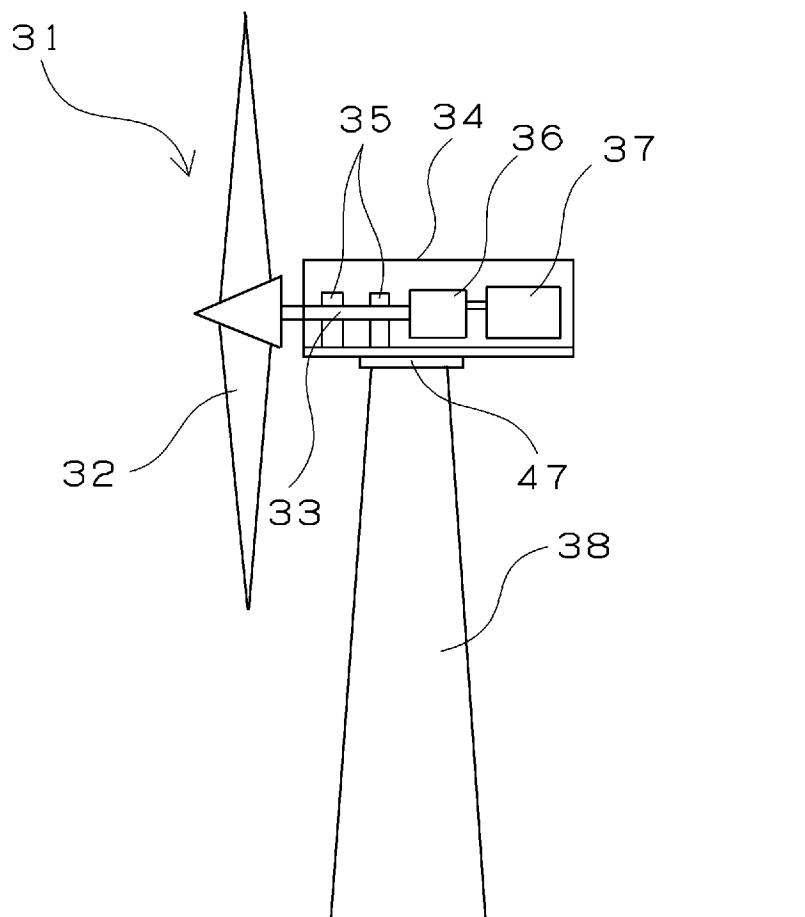
[図5]



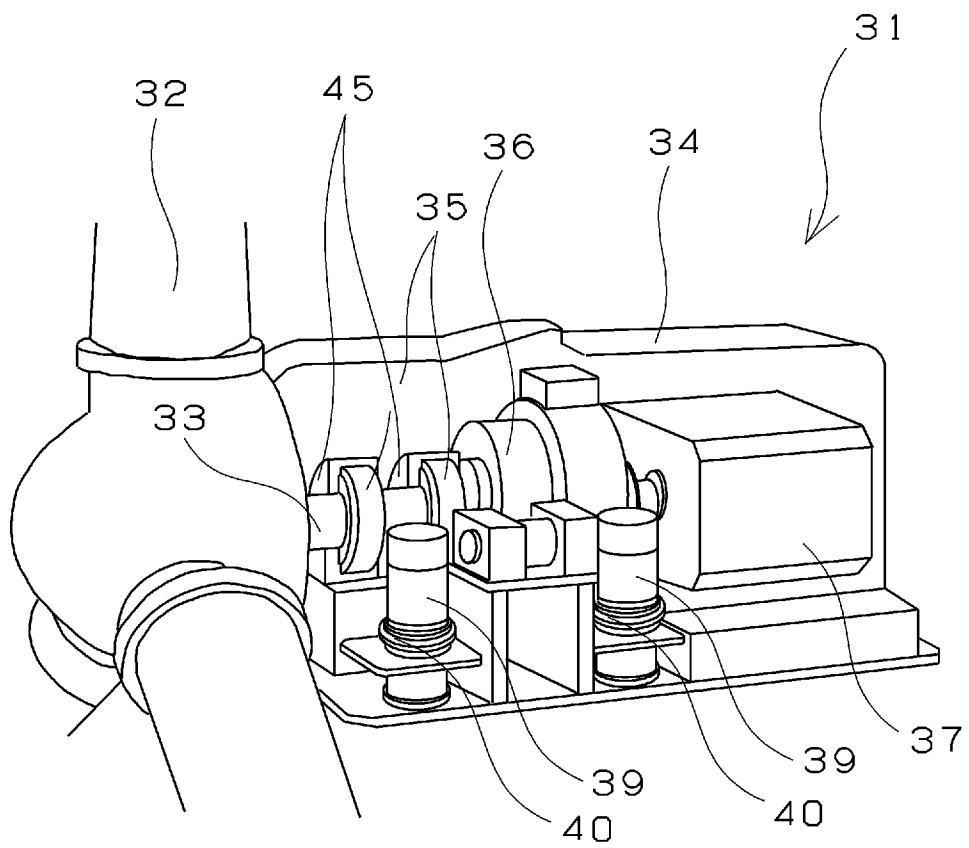
[図6]



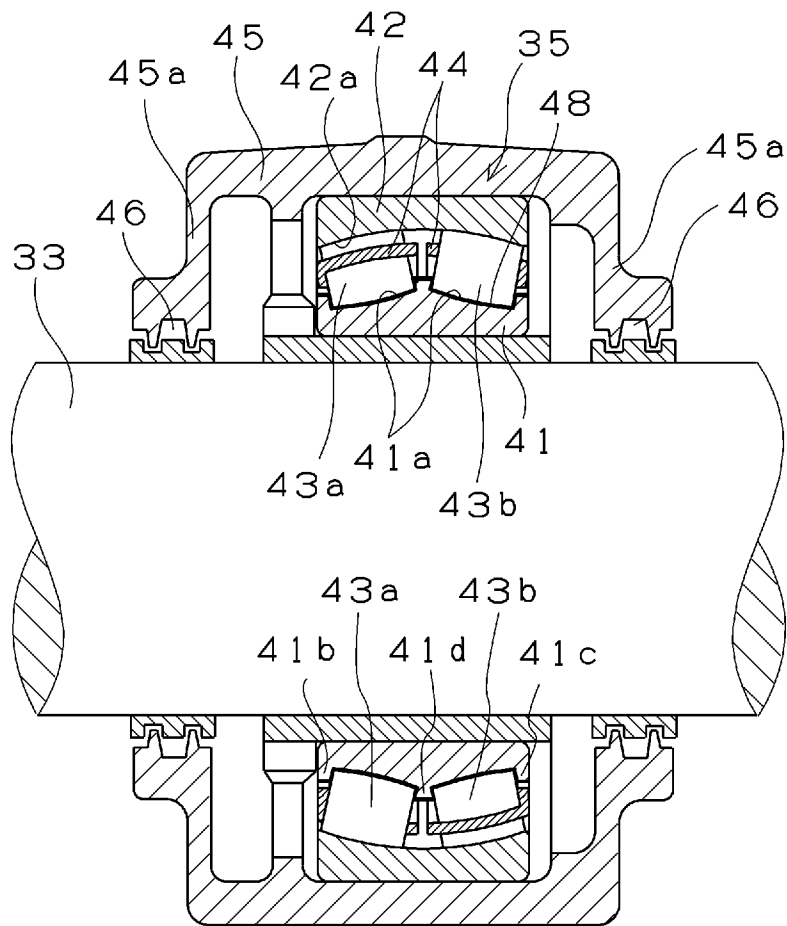
[図7]



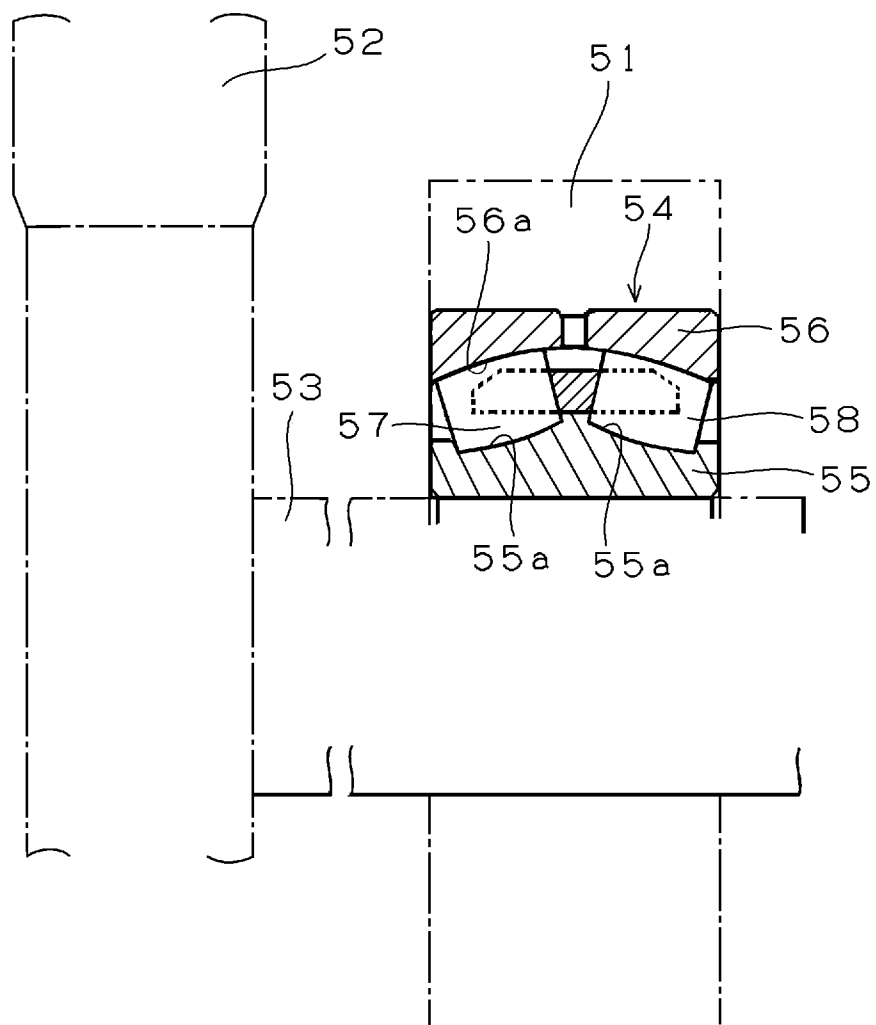
[図8]



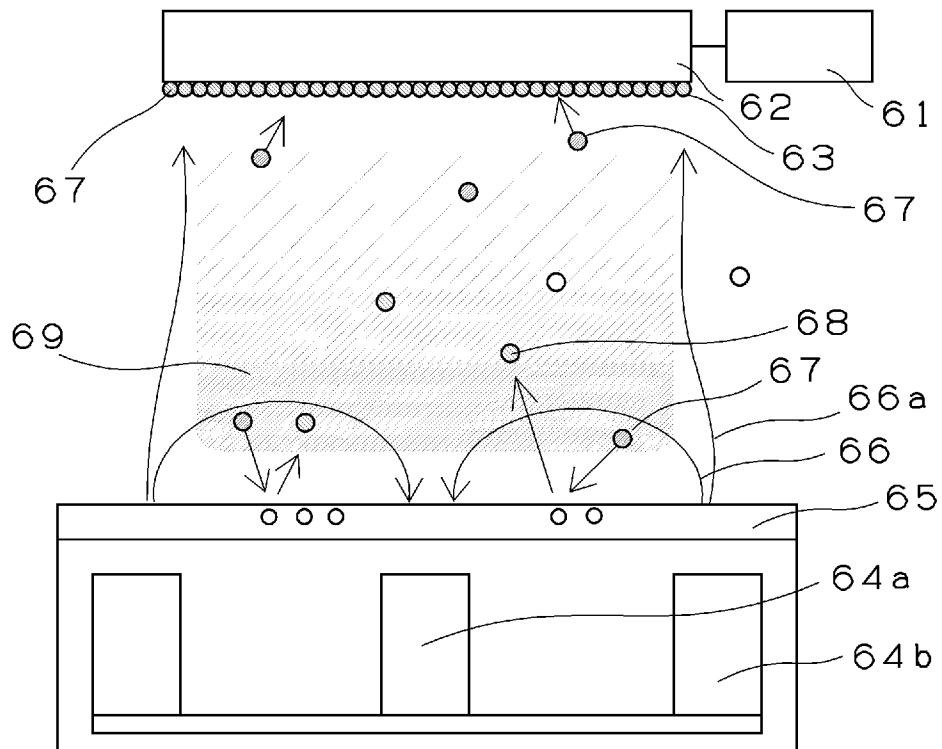
[図9]



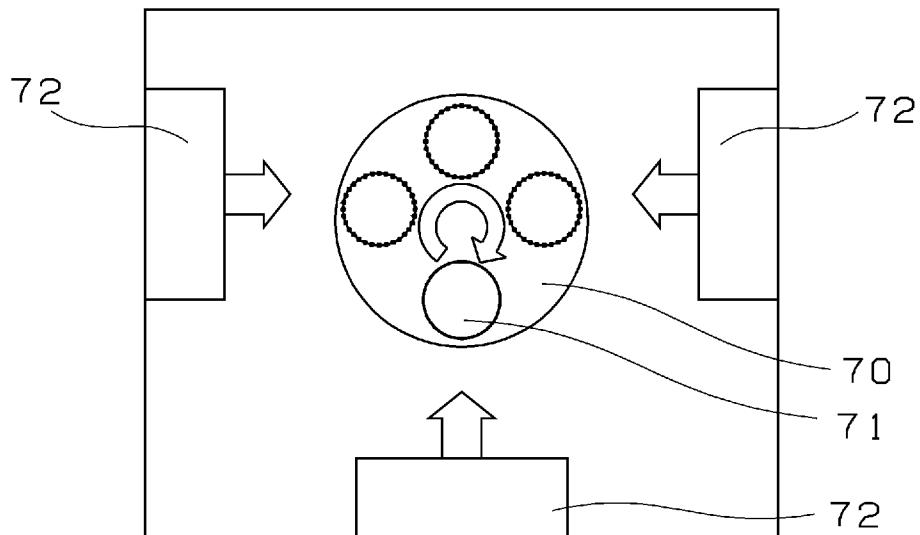
[図10]



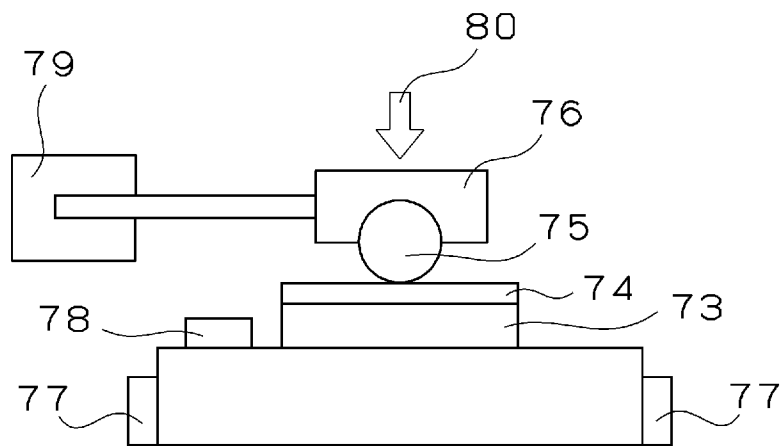
[図11]



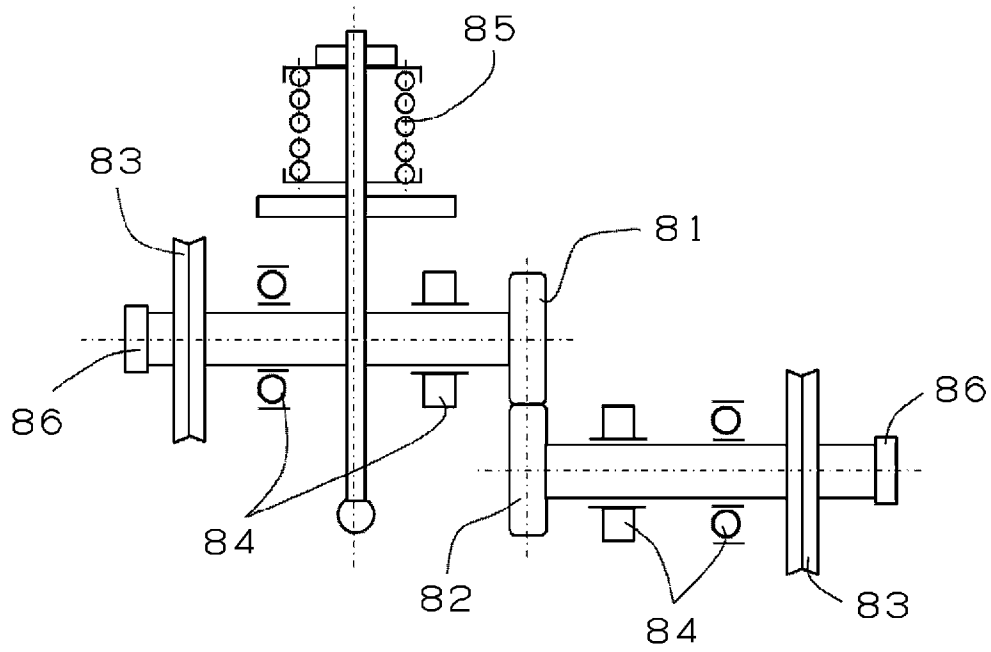
[図12]



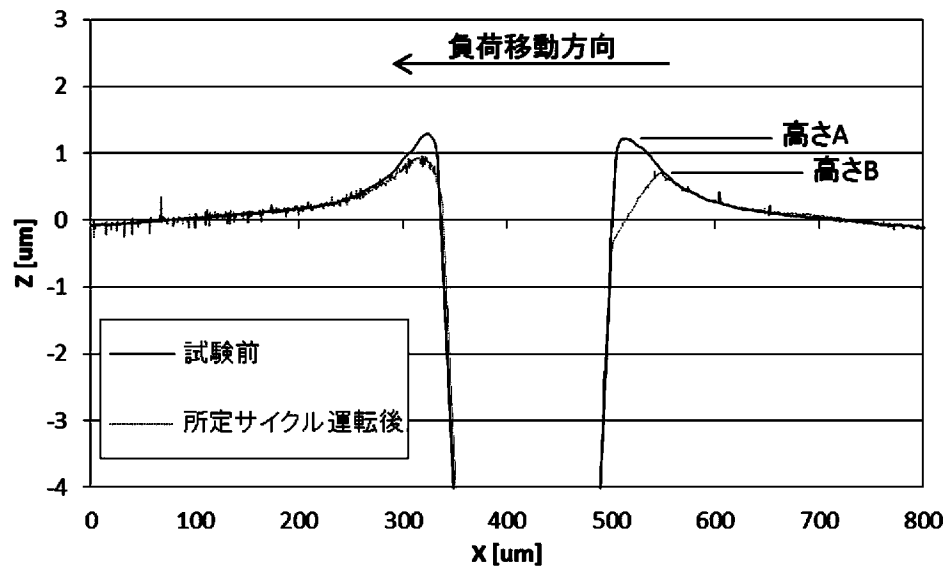
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/030812

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. F16C33/62 (2006.01) i, C23C14/06 (2006.01) i, F16C19/36 (2006.01) i,
F16C19/38 (2006.01) i, F16C33/44 (2006.01) i, F16C33/56 (2006.01) i,
F16C33/64 (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. F16C33/62, C23C14/06, F16C19/36, F16C19/38, F16C33/44, F16C33/56,
F16C33/64

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.
Y	JP 2013-79721 A (NTN CORPORATION) 02 May 2013, paragraphs [0035], [0043]-[0052], fig. 5 & US 2014/0219595 A1, paragraphs [0063], [0071]-[0080], fig. 5 & WO 2013/042765 A1 & EP 2759620 A1 & CN 103814150 A	1-10
Y	WO 2016/140225 A1 (NTN CORPORATION) 09 September 2016, paragraphs [0027]-[0029], fig. 2 & WO 2016/140224 A1	1-10

☒ 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

"I" 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
23 October 2019 (23.10.2019)

Date of mailing of the international search report
05 November 2019 (05.11.2019)

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/JP2019/030812

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2006-322504 A (NTN CORPORATION) 30 November 2006, paragraphs [0002], [0009] (Family: none)	6-7
Y	JP 2018-115762 A (NTN CORPORATION) 26 July 2018, paragraphs [0010], [0059], fig. 1 & WO 2018/131617 A1	8-10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F16C33/62(2006.01)i, C23C14/06(2006.01)i, F16C19/36(2006.01)i, F16C19/38(2006.01)i,
F16C33/44(2006.01)i, F16C33/56(2006.01)i, F16C33/64(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. F16C33/62, C23C14/06, F16C19/36, F16C19/38, F16C33/44, F16C33/56, F16C33/64

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
Y	JP 2013-79721 A (NTN株式会社) 2013.05.02, 段落0035, 0043-0052, 図5 & US 2014/0219595 A1, 段落0063, 0071-0080, 図5 & WO 2013/042765 A1 & EP 2759620 A1 & CN 103814150 A	1-10
Y	WO 2016/140225 A1 (NTN株式会社) 2016.09.09, 段落0027-0029, 図2 & WO 2016/140224 A1	1-10

☒ 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	「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
「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	「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
「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)	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

23.10.2019

国際調査報告の発送日

05.11.2019

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)

藤村 聖子

3 J

9 4 2 5

電話番号 03-3581-1101 内線 3328

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 2006-322504 A (NTN株式会社) 2006. 11. 30, 段落 0002, 0009 (ファミリーなし)	6-7
Y	JP 2018-115762 A (NTN株式会社) 2018. 07. 26, 段落 0010, 0059, 図1 & WO 2018/131617 A1	8-10