

(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
2018年5月24日(24.05.2018)



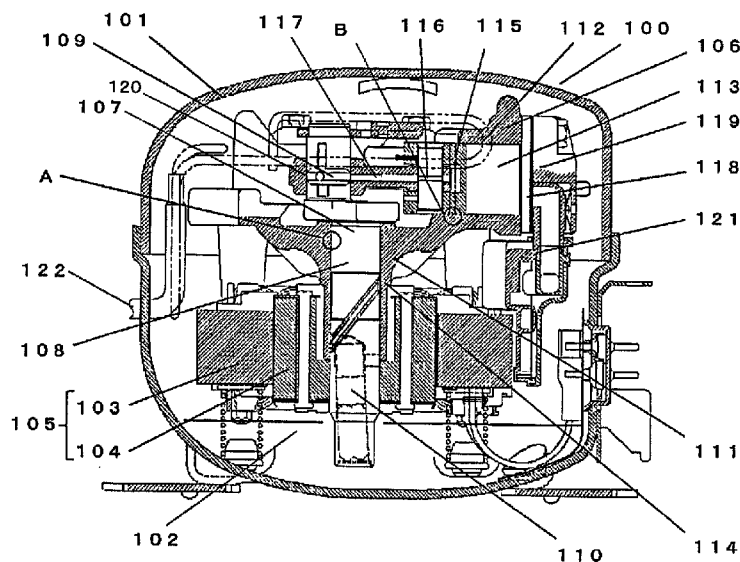
(10) 国際公開番号

WO 2018/092854 A1

- (51) 国際特許分類:
F04B 39/00 (2006.01) *F25B 1/02* (2006.01)
F04B 39/12 (2006.01) *F25D 11/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/041319
- (22) 国際出願日: 2017年11月16日(16.11.2017)
- (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 2016-225647 2016年11月21日(21.11.2016) JP
特願 2016-226462 2016年11月22日(22.11.2016) JP
- (71) 出願人: パナソニック IP マネジメント株式会社(PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5406207
- 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 稲垣 耕 (INAGAKI, Ko). 飯田 登 (IIDA, Noboru).
- (74) 代理人: 特許業務法人 有古特許事務所 (PATENT CORPORATE BODY ARCO PATENT OFFICE); 〒6500031 兵庫県神戸市中央区東町123番地の1 貿易ビル3階 Hyogo (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,

(54) Title: REFRIGERANT COMPRESSOR AND REFRIGERATION DEVICE WITH SAME

(54) 発明の名称: 冷媒圧縮機及びそれを備えた冷凍装置



(57) Abstract: This refrigerant compressor comprises: an electric drive element; a compression element driven by the electric drive element to compress a refrigerant and having a pair of sliding members facing each other and moving relative to each other; and a closed container for containing the electric drive element and the compression element. A soft coating is provided on the sliding surface of one of the pair of sliding members, and a hard coating having higher hardness than the soft coating is provided on the other sliding member.

(57) 要約: 電動要素と、前記電動要素により駆動されて冷媒を圧縮し、且つ、対向して相対的に運動する一対の摺動部材を有する圧縮要素と、前記電動要素及び前記圧縮要素を収容する密閉容器と、を備え、一対の前記摺動部材のうちの一方の前記摺動部材の摺動面に軟質皮膜を設け、他方の前記摺動部材の摺動面に前記軟質皮膜の硬さよりも高い硬さの硬質皮膜を設けている、冷媒圧縮機。

[続葉有]



WO 2018/092854 A1

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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,
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:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：冷媒圧縮機及びそれを備えた冷凍装置

技術分野

[0001] 本発明は、冷蔵庫及びエアーコンディショナー等に使用される冷媒圧縮機及びそれを備えた冷凍装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、地球環境保護の観点から化石燃料の使用を削減するために、高効率の冷媒圧縮機の開発が進められている。このため、特許文献1の密閉形コンプレッサでは、圧縮機械の摺動部の一方にリン酸マンガン系等で不溶解性皮膜処理を施した鋳鉄を用い、他方に炭素鋼を用いている。また、特許文献2のロータリー式コンプレッサでは、互いに摺動するローラー及びベーン板の少なくともいずれか一方に、軟窒化処理した鉄系焼結合金を用いている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平7-238885号公報
特許文献2：特公昭55-4958号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 例えば、図14に示すような一般的な冷媒圧縮機は、回転する主軸8、及び、これを軸支する主軸受14等の摺動部材を有している。この主軸8が主軸受14に対して回転し始める際、これらの間に大きな摩擦抵抗力が発生する。また、近年、冷媒圧縮機の高効率化のために、摺動部間に供給される潤滑油2の低粘度化、及び、摺動部の寸法の短縮化が図られており、潤滑条件が厳しくなっている。これにより、例えば、上記特許文献1のようなリン酸マンガン系皮膜が摺動部に施されていても、早期に摩耗し、冷媒圧縮機への入力が高くなるため、冷媒圧縮機の運転効率が低下してしまう。

[0005] また、近年、冷媒圧縮機の高効率化のために、インバータ駆動による低速

化（例えば20Hz未満）が進んでいる。このような状況では、摺動部間の油膜が薄くなるため、表面に存在する多数の微細な突起による摺動部間の接触が頻発し、冷媒圧縮機の入力が高くなってしまう。例えば、この摺動部に上記特許文献2のような硬い軟窒化処理皮膜が施されると、皮膜が摺動部の突起を覆うため、突起の摩耗の進行が遅くなり、入力が高い状態が長期化し、冷媒圧縮機の運転効率が低下してしまう。

[0006] 本発明はこのような点に鑑みてなしたもので、効率低下の低減を図った冷媒圧縮機及びそれを備えた冷凍装置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

[0007] 本発明の冷媒圧縮機は、上記目的を達成するため、電動要素と、前記電動要素により駆動されて冷媒を圧縮し、且つ、対向して相対的に運動する一对の摺動部材を有する圧縮要素と、前記電動要素及び前記圧縮要素を収容する密閉容器と、を備え、一对の前記摺動部材のうちの一方の前記摺動部材の摺動面に軟質皮膜を設け、他方の前記摺動部材の摺動面に前記軟質皮膜の硬さよりも高い硬さの硬質皮膜を設けている。

[0008] 本発明の別の冷媒圧縮機は、電動要素と、前記電動要素により駆動されて冷媒を圧縮し、且つ、対向して相対的に運動する一对の摺動部材を有する圧縮要素と、前記電動要素及び前記圧縮要素を収容する密閉容器と、を備え、一对の前記摺動部材のうちの一方の前記摺動部材の摺動面に、他方の前記摺動部材の摺動面の硬さ以上の硬さの硬質皮膜、及び、前記硬質皮膜を覆い且つ他方の前記摺動部材の摺動面の硬さよりも低い硬さの軟質皮膜を設けている。

[0009] 本発明に係る冷凍装置は、放熱器、減圧装置、吸熱器、並びに、前記冷媒圧縮機を備えている。

発明の効果

[0010] 本発明は、上記構成により、効率低下の低減を図った冷媒圧縮機及びそれを備えた冷凍装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明の実施の形態1に係る冷媒圧縮機を概略的に示す断面図である。

[図2]図2 Aは、図1の一部Aを示す拡大図である。図2 Bは、図1の一部Bを示す拡大図である。

[図3]図1の酸化皮膜のS I M（走査イオン顕微鏡）観察を行った結果の一例を示すS I M像である。

[図4]図1の主軸及び主軸受の深さ方向の硬さを表したグラフである。

[図5]図5 Aは、図1の冷媒圧縮機の入力の時系列変化曲線図である。図5 Bは、図1の冷媒圧縮機のC O Pの時系列変化曲線図である。

[図6]図6 Aは、図1の冷媒圧縮機の運転前の第1摺動部材の表面粗さを示す。図6 Bは、図1の冷媒圧縮機の運転後の第1摺動部材の表面粗さを示す。

[図7]本発明の実施の形態2に係る冷凍装置を概略的に示す図である。

[図8]本発明の実施の形態3に係る冷媒圧縮機を概略的に示す断面図である。

[図9]図8の一部Cを示す拡大図である。

[図10]図8の樹脂皮膜及び酸化皮膜のS I M（走査イオン顕微鏡）観察を行った結果の一例を示すS I M像である。

[図11]図8の主軸及び主軸受の深さ方向の硬さを表したグラフである。

[図12]図1 2 Aは、図8の冷媒圧縮機の入力の時系列変化曲線図である。図1 2 Bは、図8の冷媒圧縮機のC O Pの時系列変化曲線図である。

[図13]本発明の実施の形態4に係る冷凍装置を概略的に示す図である。

[図14]従来の冷媒圧縮機を概略的に示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0012] 第1の態様に係る冷媒圧縮機は、電動要素と、前記電動要素により駆動されて冷媒を圧縮し、且つ、対向して相対的に運動する一对の摺動部材を有する圧縮要素と、前記電動要素及び前記圧縮要素を収容する密閉容器と、を備え、一对の前記摺動部材のうちの一方の前記摺動部材の摺動面に軟質皮膜を設け、他方の前記摺動部材の摺動面に前記軟質皮膜の硬さよりも高い硬さの硬質皮膜を設けている。

[0013] これにより、硬質皮膜により摺動部材の耐摩耗性を向上することができる

。また、摺動面における多数の微小な突起による局所的な接触において軟質皮膜がわずかに摩滅することにより、早期に摩擦を軽減して、初期なじみ性を向上することができる。このため、効率低下の低減を図った冷媒圧縮機を提供することができる。

[0014] 第2の態様に係る冷媒圧縮機は、第1の態様において、前記軟質皮膜は、被覆している一方の前記摺動部材の基材の硬さよりも低い硬さであり、前記硬質皮膜は、一方の前記摺動部材の基材の硬さよりも高い硬さであってもよい。これにより、摺動部材の耐摩耗性、及び、初期なじみ性を向上させることができる。

[0015] 第3の態様に係る冷媒圧縮機は、第1又は2の態様において、前記軟質皮膜は、リン酸塩又は樹脂を主成分としてもよい。このような軟質皮膜によって初期なじみ性を向上することができる。

[0016] 第4の態様に係る冷媒圧縮機は、電動要素と、前記電動要素により駆動されて冷媒を圧縮し、且つ、対向して相対的に運動する一对の摺動部材を有する圧縮要素と、前記電動要素及び前記圧縮要素を収容する密閉容器と、を備え、一对の前記摺動部材のうちの一方の前記摺動部材の摺動面に、他方の前記摺動部材の摺動面の硬さ以上の硬さの硬質皮膜、及び、前記硬質皮膜を覆い且つ他方の前記摺動部材の摺動面の硬さよりも低い硬さの軟質皮膜を設けている。

[0017] これにより、硬質皮膜により摺動部材の耐摩耗性を向上することができる。また、摺動面における多数の微小な突起による局所的な接触において軟質皮膜がわずかに摩滅することにより、早期に摩擦を軽減して、初期なじみ性を向上することができる。このため、効率低下の低減を図った冷媒圧縮機を提供することができる。

[0018] 第5の態様に係る冷媒圧縮機は、第4の態様において、前記軟質皮膜は、樹脂を主成分としてもよい。このような軟質皮膜によって初期なじみ性を向上することができる。

[0019] 第6の態様に係る冷媒圧縮機は、第3又は5の態様において、前記樹脂は

、固体潤滑剤を含有していてもよい。これにより、油膜が薄い又は形成されていない状態であっても、固体潤滑剤が摩擦係数を低減するため、摩擦及び摩耗を低減することができる。

[0020] 第7の態様に係る冷媒圧縮機は、第1～6のいずれかの態様において、前記硬質皮膜は、酸化鉄を主成分としてもよい。このような硬質皮膜により摺動部材の耐摩耗性を向上することができる。

[0021] 第8の態様に係る冷媒圧縮機は、第1～7のいずれかの態様において、前記圧縮要素は、前記電動要素によって回転する主軸と、前記主軸を回転自在に支持する主軸受と、を有し、一对の前記摺動部材が前記主軸及び前記主軸受により構成されていてもよい。このような主軸と主軸受との間においても、耐摩耗性及び初期なじみ性を向上させることができる。

[0022] 第9の態様に係る冷媒圧縮機は、第1～8のいずれかの態様において、前記圧縮要素は、内部空間を有するシリンダボアと、前記シリンダボアに往復可能に挿入されるピストンと、を有し、一对の前記摺動部材が前記シリンダボア及び前記ピストンにより構成されていてもよい。このようなシリンダボアとピストンとの間においても、耐摩耗性及び初期なじみ性を向上させることができる。

[0023] 第10の態様に係る冷媒圧縮機は、第1～9のいずれかの態様において、前記電動要素は、商用電源周波数より小さい運転周波数を含む複数の運転周波数でインバータ駆動するように構成されていてもよい。このような商用電源周波数より小さい運転周波数の低速運転時においても、耐摩耗性及び初期なじみ性を向上させることができる。

[0024] 第11の態様に係る冷凍装置は、放熱器、減圧装置、吸熱器、並びに、第1～10のいずれかの態様の冷媒圧縮機を備えている。このような効率低下の低減を図った冷媒圧縮機を備えることにより、冷凍装置の消費電力を低減することができる。

[0025] 以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。なお、この実施の形態によってこの発明が限定されるものではない。また、以下

では全ての図面を通じて同一又は相当する要素には同一の参照符号を付して、その重複する説明を省略する。

[0026] (実施の形態1)

＜冷媒圧縮機＞

実施の形態1に係る冷媒圧縮機100は、図1に示すように、密閉容器101を備えている。密閉容器101にR600aが冷媒ガスとして充填されていると共に、密閉容器101の底部に潤滑油102が貯留されている。潤滑油102としては、VG8以下の低粘度の鉱油及びエステル油等の冷凍機油が用いられ、好ましくはVG5以下の粘度の低い冷凍機油が用いられる。

[0027] また、密閉容器101は、電動要素105及び圧縮要素106を収容している。電動要素105は、固定子103、及び、固定子103に対して回転する回転子104を有している。圧縮要素106は、電動要素105により駆動されて冷媒を圧縮し、例えば、往復式機構であって、クランクシャフト107、シリンダブロック111及びピストン115を有している。

[0028] クランクシャフト107は、主軸108及び偏心軸109を有している。主軸108は、円柱形状の軸部品であって、下部に回転子104が圧入固定されており、下端には潤滑油102に連通する給油ポンプ110が設けられている。偏心軸109は、円柱形状の軸部品であって、主軸108に対し偏心して配置されている。

[0029] シリンダブロック111は、例えば、鋳鉄等の鉄系材料からなり、シリンダボア112、及び主軸受114を有している。主軸受114は、円筒形状の軸受部品であって、内周面によって主軸108を回転可能に支持しており、主軸108のラジアル荷重を支えるジャーナル軸受である。このため、主軸受114の内周面と主軸108の外周面とは対向し、主軸受114に対して主軸108が摺動する。このように主軸受114の内周面及び主軸108の外周面において互いに摺動する部分が摺動面であって、この摺動面を有する主軸受114及び主軸108は一对の摺動部材を構成する。

[0030] シリンダボア112は、円筒形であって、内部空間を有し、端面がバルブ

プレート１１８で封止されている。ピストン１１５の一端部は、主軸１０８の回転によって往復可動にシリンダボア１１２の内部空間に挿入されている。これにより、シリンダボア１１２、バルブプレート１１８及びピストン１１５により囲まれた圧縮室１１３が形成される。

[0031] また、シリンダボア１１２の内周面とピストン１１５の外周面とは対向し、シリンダボア１１２に対してピストン１１５が摺動する。このようにシリンダボア１１２の内周面及びピストン１１５の外周面において互いに摺動する部分が摺動面であって、この摺動面を有するシリンダボア１１２及びピストン１１５は一对の摺動部材を構成する。

[0032] ピストン１１５の他端部に、ピストンピン１１６及びコンロッド（連結手段）１１７を介して偏心軸１０９と連結されている。偏心軸受１２０は、円筒形状の軸受部品であって、内周面によって円柱形状の偏心軸１０９を軸支しており、偏心軸１０９のラジアル荷重を支えるジャーナル軸受である。このため、偏心軸受１２０の内周面と偏心軸１０９の外周面とは対向し、偏心軸受１２０の内周面に対して偏心軸１０９が摺動する。このような偏心軸受１２０の内周面及び偏心軸１０９の外周面において互いに摺動する部分が摺動面であって、この摺動面を有する偏心軸受１２０及び偏心軸１０９は一对の摺動部材を構成する。

[0033] シリンダヘッド１１９は、バルブプレート１１８におけるシリンダボア１１２側と反対側に固定され、バルブプレート１１８の吐出孔を覆うことにより高圧室（図示せず）を形成している。また、サクシオンチューブ（図示せず）及びディスチャージチューブ１２２は、密閉容器１０１に固定されている。サクシオンチューブは冷凍サイクルの低圧側（図示せず）に接続され、冷媒ガスを冷凍サイクルから密閉容器１０１内に導く。また、ディスチャージチューブ１２２は冷凍サイクルの高圧側（図示せず）に接続され、冷媒ガスを高圧室（図示せず）から冷凍サイクルに導く。さらに、サクシオンマフラー１２１は、バルブプレート１１８とシリンダヘッド１１９に挟持されている。

[0034] <皮膜>

図2Aに示すように、以下、一对の摺動部材のうち一方の摺動部材である主軸受114を第1摺動部材135と称する。また、他方の摺動部材である主軸108を第2摺動部材136と称する。

[0035] 主軸受114は、基材140、及び、基材140の表面を被覆する軟質皮膜141により構成されている。基材140は、ねずみ鋳鉄等の鉄系材料により形成され、軟質皮膜141は、リン酸塩を主成分とする皮膜（リン酸塩皮膜）により形成されている。軟質皮膜141は、主軸受114の摺動面に設けられ、この基材140の硬さよりも低い硬さを有している。

[0036] 主軸108は、基材142、及び、基材142の表面を被覆する硬質皮膜143により構成されている。基材140は、ねずみ鋳鉄等の鉄系材料により形成され、硬質皮膜143は酸化皮膜等の酸化鉄を主成分として含む皮膜（酸化皮膜）により形成されている。この硬質皮膜143は、主軸108の摺動面に設けられ、対向する軟質皮膜141の硬さ、及び、軟質皮膜141により被覆される基材140の硬さよりも高い硬さを有している。

[0037] また、図2Bに示すように、以下、一对の摺動部材のうち一方の摺動部材であるシリンダボア112を第1摺動部材137と称する。また、他方の摺動部材であるピストン115を第2摺動部材138と称する。

[0038] シリンダボア112は、基材144、及び、基材144の表面を被覆する軟質皮膜145により構成されている。基材144は、ねずみ鋳鉄等の鉄系材料により形成され、軟質皮膜145はリン酸塩皮膜により形成されている。軟質皮膜145は、シリンダボア112の摺動面に設けられ、基材144の硬さよりも低い硬さを有している。

[0039] ピストン115は、基材146、及び、基材146の表面を被覆する硬質皮膜147により構成されている。基材140は、鉄系の焼結材により形成され、硬質皮膜147は酸化皮膜等の酸化鉄を主成分として含む皮膜（酸化皮膜）により形成されている。硬質皮膜147は、ピストン115の摺動面に設けられ、対向する軟質皮膜145の硬さ、及び、軟質皮膜145により

被覆される基材 1 4 4 の硬さよりも高い硬さを有している。

[0040] <酸化皮膜>

例えば、図 3 に示す酸化皮膜 1 6 0 は、硬質皮膜 1 4 3、1 4 7 に用いられる。この酸化皮膜 1 6 0 は、第一の部分 1 5 1、第二の部分 1 5 2 及び第三の部分 1 5 3 を有しており、これらの部分はこの順で表面側から基材 1 4 0 側に積層されている。なお、図 3 において、酸化皮膜 1 6 0 は縦方向の寸法（膜厚）は、約 $3\ \mu\text{m}$ である。また、第一の部分 1 5 1 の上には観察試料を保護するための保護膜（樹脂膜 1 6 1）が形成されている。さらに、酸化皮膜 1 6 0 の表面に平行な方向を横方向と称し、酸化皮膜 1 6 0 の表面に直交する方向を縦方向と称する。

[0041] 第一の部分 1 5 1 は、酸化皮膜 1 6 0 の表面を構成し、第二の部分 1 5 2 上に形成されており、微結晶の組織により形成されている。EDS（エネルギー分散型 X 線分光法）分析及び EELS（電子線エネルギー損失分光法）分析を行った結果、第一の部分 1 5 1 は、最も多く占める成分が三酸化二鉄（ Fe_2O_3 ）であって、ケイ素（Si）化合物も含んでいた。また、第一の部分 1 5 1 は、結晶密度が異なる 2 つの部分（第一 a の部分 1 5 1 a 及び第一 b の部分 1 5 1 b）を有している。

[0042] 第一 a の部分 1 5 1 a は、第一 b の部分 1 5 1 b 上に形成され、酸化皮膜 1 6 0 の表面を構成する。第一 a の部分 1 5 1 a の結晶密度は、第一 b の部分 1 5 1 b の結晶密度よりも小さい。また、第一 a の部分 1 5 1 a は、所々に空隙部 1 5 8（図 3 中の黒く見える部分）、及び、針状組織 1 5 9 を含有している。針状組織 1 5 9 は、縦長であって、例えば、横方向の短径側の長さが $100\ \text{nm}$ 以下であって、縦方向の径を横方向の径で除した比率（アスペクト比）が 1 以上且つ 10 以下である。

[0043] 第一 b の部分 1 5 1 b は、粒径 $100\ \text{nm}$ 以下からなる微結晶 1 5 5 が敷き詰められた組織である。第一 b の部分 1 5 1 b には、第一 a の部分 1 5 1 a で見られたような空隙部 1 5 8 及び針状組織 1 5 9 は殆ど見られない。

[0044] 第二の部分 1 5 2 は、第三の部分 1 5 3 上に形成されており、互いに同じ

方向に並ぶ多数の縦長の柱状組織 156 を含有している。例えば、柱状組織 156 は、縦方向の径が約 100 nm 以上且つ 1 μ m 以下であって、横方向の径が約 100 nm 以上且つ 150 nm 以下であって、アスペクト比が約 3 以上且つ 10 以下である。また、EDS 及び EELS の分析結果、第二の部分 152 は、最も多く占める成分が四酸化三鉄 (Fe_3O_4) であって、ケイ素 (Si) 化合物も含んでいる。

[0045] 第三の部分 153 は、基材 140 上に形成されており、横長の層状組織 157 を含有している。例えば、層状組織 157 は、縦方向の径が数十 nm 以下であって、横方向の径が数百 nm 程度であり、アスペクト比が 0.01 以上且つ 0.1 以下と横方向に長い。また、EDS 及び EELS の分析結果、第三の部分 153 は、最も多く占める成分が四酸化三鉄 (Fe_3O_4) であって、ケイ素 (Si) 化合物及びケイ素 (Si) 固溶部を含んでいる。

[0046] <硬さ>

図 4 は、主軸 108、及び、主軸受 114 の基材 140 の深さ方向の硬さを表したグラフである。なお、硬さはビッカース硬さで示している。硬さの計測には、シエンタ・オミクロン株式会社製のナノインデンテーション装置（トライボインデント）を使用した。また、主軸受 114 の軟質皮膜 141 については、このビッカース硬さの計測方法では計測できなかった。

[0047] 主軸 108 の硬さの計測では、圧子を主軸 108 の表面に押し込んで荷重を負荷した状態を一定時間維持させるステップを行った。そして、次のステップでは、一旦、荷重を除荷した後、除荷前のステップの荷重よりも高い荷重で圧子を主軸 108 の表面に押し込み、再び荷重を負荷した状態を一定時間維持するようにした。このように段階的に荷重を増加させるステップを 15 回、繰り返した。また、最大荷重が 1 N になるように各ステップの荷重を設定した。そして、各ステップ後に主軸 108 の酸化皮膜 160 及び基材 142 の硬さ及び深さを計測した。

[0048] また、主軸受 114 の基材 140 の硬さの計測では、基材 140 のそれぞれの一部をファインカッターで切り出した。この一部において、基材 140

の内周面に圧子を荷重 0.5 kgf を負荷して、硬さを計測した。

[0049] この結果から、主軸 108 の基材 142 の硬さは、この相手摺動部材である主軸受 114 の基材 140 の硬さと同等であった。また、主軸 108 の酸化皮膜 160（硬質皮膜 143）の硬さは、相手摺動部材である主軸受 114 の基材 140 の硬さ以上であった。

[0050] このような硬さは、物質及び材料等の物体において表面又は表面近傍の機械的性質の一つであって、物体に外力が加えられた時の、物体の変形し難さ及び傷つき難さである。硬さにはさまざまな測定手段（定義）及びそれに対応する値（硬さの尺度）が存在する。このため、測定対象に応じた測定手段を用いてもよい。

[0051] 例えば、測定対象が金属又は非鉄金属である場合、押込み硬さ試験法（例えば、先にあげたナノインデンテーション法や、ビッカースやロックウェル硬さ法等）が測定に用いられる。

[0052] また、樹脂膜及びリン酸塩皮膜等の皮膜のような、押込み硬さ試験法による測定が困難な測定対象には、例えば、リング・オン・ディスク方式などの摩耗試験が用いられる。

[0053] この摩耗試験について、例えば、小野雅彦著「摩擦摩耗特性に及ぼす表面粗さとリン酸マンガ処理の効果」（2005、表面技術）に記載されている。この摩耗試験では、リン酸塩皮膜の一種（リン酸マンガ皮膜）により表面を被覆したねずみ鋳鉄（FC250）の試験片を用いている。そして、試験片同士を摺動させて、摩耗試験を行っている。この結果、リン酸マンガ皮膜が摩耗して、なじみ状態になることが示されている。

[0054] このように、リン酸塩皮膜はねずみ鋳鉄よりも容易に摩耗する。このリン酸塩皮膜は軟質皮膜 141、145 を構成し、ねずみ鋳鉄は第 1 摺動部材 135、137 の基材 140、144 を構成する。よって、軟質皮膜 141、145 の硬さは、基材 140、144 の硬さよりも低い。

[0055] <冷媒圧縮機の動作>

商用電源（図示せず）から供給される電力は、外部のインバータ駆動回路

(図示せず)を介して電動要素１０５に供給される。これにより、電動要素１０５は複数の運転周波数でインバータ駆動され、電動要素１０５の回転子１０４はクランクシャフト１０７を回転させる。この運転周波数は、商用電源の周波数よりも小さい回転数を含む。

[0056] クランクシャフト１０７の偏心軸１０９の偏心運動は、コンロッド１１７及びピストンピン１１６によってピストン１１５の直線運動に変換されて、ピストン１１５はシリンダボア１１２内の圧縮室１１３を往復運動する。このため、サクションチューブを通して密閉容器１０１内に導かれた冷媒ガスをサクションマフラー１２１から圧縮室１１３に吸入し、さらに、冷媒ガスを圧縮室１１３内で圧縮して、シリンダヘッド１１９を経由してディスチャージチューブ１２２より密閉容器１０１から吐出する。

[0057] この冷媒ガスが圧縮される荷重は、ピストン１１５、ピストンピン１１６及びコンロッド１１７を介してクランクシャフト１０７の偏心軸１０９に伝わる。そして、クランクシャフト１０７において、荷重は、偏心軸１０９から主軸１０８に作用する。このように、冷媒圧縮機１００は、ピストン１１５に作用した圧縮による荷重を、ピストン１１５より下側に配置された主軸１０８を介して主軸受１１４が支持する、片持ち軸受の構成である。

[0058] また、クランクシャフト１０７の回転に伴って、潤滑油１０２は、給油ポンプ１１０から各摺動部に給油される。これにより、潤滑油１０２は、各摺動部を潤滑すると共に、ピストン１１５とシリンダボア１１２との間をシールすることによって圧縮室１１３からの冷媒ガスの漏れを低減している。

[0059] なお、近年の冷媒圧縮機１００では、高効率化のために、従来に比べて粘度が低い潤滑油１０２が使用されたり、各摺動部の摺動面積が小さくされたりしている。これにより、摺動条件がさらに過酷になり、摺動部間において油膜の薄膜化及び油膜切れし易くなっている。また、冷媒圧縮機１００における動力損失の低減化及び運転の効率化のため、電動要素１０５の回転の低速化が要望されている。これにより、摺動部間における油膜が形成され難くなっている。

[0060] これに対し、冷媒圧縮機１００では、第１摺動部材１３５、１３７の摺動面に軟質皮膜１４１、１４５を設け、第２摺動部材１３６、１３８の摺動面に硬質皮膜１４３、１４７を設けている。この硬質皮膜１４３の高い耐摩耗性によって、第１摺動部材１３５、１３７及び第２摺動部材１３６、１３８における摺動部間の摩耗を防止することができる。また、酸化皮膜１６０を硬質皮膜１４３に用いることにより、耐摩耗性を大幅に向上することができる。

[0061] <冷媒圧縮機の性能>

図５Ａは冷媒圧縮機１００への入力の時系列経時変化を示し、図５Ｂは、冷媒圧縮機１００のＣＯＰの時系列経時変化を示している。ここでは、インバータ駆動により低速運転（回転周波数１７Ｈｚ）にて冷媒圧縮機１００の性能評価を行った。ＣＯＰ（Coefficient of Performance）は、成績係数であって、冷凍冷蔵機器等のエネルギー消費効率の目安として使われる係数であり、冷凍能力（Ｗ）を入力（Ｗ）で除した値である。なお、従来として、一对の摺動部材のうち一方の摺動部材に硬質皮膜を設け、他方の摺動部材に皮膜を設けていない冷媒圧縮機を用いた。

[0062] 図５Ａに示すように、本実施の形態の冷媒圧縮機１００及び従来の冷媒圧縮機のいずれにおいても、運転開始直後の入力（以下、初期入力と称す）が最も高かった。その後、入力は、運転時間の経過に伴って徐々に低下し、最終的にはほとんど変化がない一定の値（以下、定常入力と称す）を示した。

[0063] ただし、冷媒圧縮機１００は、従来の冷媒圧縮機に比べて初期入力が高く、また、初期入力から定常入力までの移行時間も従来の冷媒圧縮機に比べて短かった。冷媒圧縮機１００の移行時間を t_1 、従来の冷媒圧縮機の移行時間を t_2 とすると、 t_1 は t_2 の約 $1/2$ 程度であった。このため、図５Ｂに示すように、冷媒圧縮機１００のＣＯＰは、従来の冷媒圧縮機に比べて短時間で安定し、かつ、従来の冷媒圧縮機に比べて絶対値が高かった。

[0064] <作用、効果>

このように、冷媒圧縮機１００のＣＯＰが向上した要因は、軟質皮膜１４

1、145のリン酸塩皮膜が、第1摺動部材135、137の表面の不均一性を覆っている。これにより、第1摺動部材135、137と第2摺動部材136、138との間における油膜の薄膜化及び油膜切れが低減されたと推定される。そこで、摺動部材の表面粗さの分析を行った。

[0065] 図6Aは、冷媒圧縮機100の運転前の第1摺動部材135の表面粗さを示し、図6Bは、冷媒圧縮機100の運転後の第1摺動部材135の表面粗さを示している。このように、冷媒圧縮機100の運転によって、第1摺動部材135の突起がなくなり、第1摺動部材135の表面が平滑化されている。

[0066] また、冷媒圧縮機100の運転において、硬質皮膜143の酸化皮膜160の突起により、摺動部材の基材140よりも柔らかい軟質皮膜141のリン酸塩皮膜が自己犠牲的に摩耗する。これにより、硬質皮膜143と軟質皮膜141とを組み合わせを用いることにより、硬質皮膜143の耐摩耗性が向上する。

[0067] さらに、片持ち軸受の構成では、圧縮荷重が作用すると、主軸108が主軸受114内で傾斜し、主軸受114の上下端で油膜が薄くなりやすい。さらに、回転数が非常に低い運転では、油膜が極端に薄くなり易い。このような場合であっても、軟質皮膜141の自己犠牲的摩耗によって、摩擦の増加を防止する初期なじみ効果を得ることができるため、冷媒圧縮機100の運転効率が向上する。

[0068] また、シリンダボア112及びピストン115のように往復動する摺動部では、ジャーナル軸受のようにくさび効果による油膜圧力の発生が期待できず、油膜の破断が起こりやすい。しかしながら、シリンダボア112の摺動面に軟質皮膜145を設け、ピストン115に硬質皮膜147を設けることにより、耐摩耗性及び初期なじみの向上を図ることができる。

[0069] さらに、酸化皮膜160は、表面を構成する第一の部分151は、三酸化二鉄(Fe_2O_3)を主成分とする。この三酸化二鉄(Fe_2O_3)は、微結晶の組織構造であるため、酸化皮膜160の表面が微少な凹凸形状となる。よ

って、凹凸部分に潤滑油 102 が溜まり、酸化皮膜 160 の表面に油膜が形成されやすい。したがって、酸化皮膜 160 は、摺動初期における摺動面のなじみ性を向上させることができる。

[0070] すなわち、第一の部分 151 を構成する微結晶組織は所々にわずかな空隙部 158 を有する、あるいは、微結晶によって表面に微小な凹凸が生じる。このような、わずかな空隙部 158 及び／又は微少な凹凸による毛細管現象によって、潤滑油 102 が酸化皮膜 160 の表面（摺動面）に保持されやすい。このため、摺動状態が厳しい状況であっても摺動面に潤滑油 102 を留め、「保油性」を発揮することが可能となり、摺動面に油膜が形成され易くなる。

[0071] このように、酸化皮膜 160 は高い耐摩耗性を持ちつつ、「保油性」を発揮することができる。このため、摺動初期であっても摺動部材同士間に油膜を残存させ、耐摩耗性を維持することができる。また、これは、軟質皮膜 141 の自己犠牲的摩耗による初期なじみ効果と相まって、運転初期から入力が低い高効率な運転を可能とする。

[0072] また、酸化皮膜 160 は、鉄の酸化物であるから、リン酸塩皮膜よりも化学的に安定であって、かつ、リン酸塩皮膜よりも高い硬さを有している。しかも、酸化皮膜 160 の表面を構成する第一の部分 151 は、鉄の酸化物よりも硬さが高いケイ素（Si）化合物を含んでいる。このため、酸化皮膜 160 は、より高い耐摩耗性を発揮することができる。

[0073] さらに、酸化皮膜 160 の第二の部分 152 及び第三の部分 153 は、いずれもケイ素（Si）化合物を含んでおり、第一の部分 151 と基材 154 との間に介在する。よって、酸化皮膜 160 の基材 154 に対する密着力は強力である。しかも、第三の部分 153 は、第二の部分 152 よりもケイ素の含有量が多い。このように、ケイ素（Si）化合物を含む部分が積層され、基材 154 に接する第三の部分 153 のケイ素の含有量が多いことにより、基材 154 に対する酸化皮膜 160 の密着力が一層強力である。この結果、摺動時の負荷に対して、酸化皮膜 160 の耐力が向上し、酸化皮膜 160

の耐摩耗性が一段と高いものとなる。よって、仮に第一の部分１５１が摩耗したとしても、第二の部分１５２及び第三の部分１５３により、より優れた耐摩耗性を発揮することができる。

[0074] <変形例>

上記の構成では、主軸受１１４及びシリンダボア１１２の各摺動面に軟質皮膜１４１、１４５を設け、主軸１０８及びピストン１１５の各摺動面に硬質皮膜１４３、１４７を設けた。ただし、冷媒圧縮機１００における一对の摺動部材の一方に軟質皮膜を設け、他方に硬質皮膜を設ければ、軟質皮膜及び硬質皮膜を設ける箇所はこれらに限定されない。

[0075] 例えば、主軸１０８の摺動面に軟質皮膜を設け、主軸受１１４の摺動面に硬質皮膜を設けてもよい。また、ピストン１１５の摺動面に軟質皮膜を設け、シリンダボア１１２の摺動面に硬質皮膜を設けてもよい。

[0076] さらに、一对の摺動部材として、偏心軸１０９、及び、コンロッド１１７における偏心軸１０９の軸受（偏心軸受）を用い、この一方に軟質皮膜を設け、他方に硬質皮膜を設けてもよい。また、一对の摺動部材として、クランクシャフト１０７と、クランクシャフト１０７の荷重をその軸心方向に支持するシリンダブロック１１１のスラスト面を用い、この一方に軟質皮膜を設け、他方に硬質皮膜を設けてもよい。この油膜圧力が発生しにくいスラスト面の摺動部であっても、耐摩耗性の向上及び効率向上の効果を得ることができる。

[0077] このように、冷媒圧縮機１００において、複数の一对の摺動部材がある場合、それらの全てに軟質皮膜及び硬質皮膜を設けてもよいし、それらのうちの一部に軟質皮膜及び硬質皮膜を設けてもよい。

[0078] 上記の構成では、摺動部材の基材上に直接、硬質皮膜又は軟質皮膜が設けられた。ただし、摺動部材の基材と硬質皮膜又は軟質皮膜との間に、他の膜層が設けられてもよい。

[0079] 上記全ての構成では、硬質皮膜に酸化皮膜１６０を用いたが、硬質皮膜は軟質皮膜の硬さよりも高い硬さを有するものであれば、これに限定されない

。例えば、硬質皮膜は、例えば、化合物層、機械的強度改善層及び被覆法により形成した層等が挙げられる。

[0080] すなわち、硬質皮膜が被覆する第2摺動部材の基材が鉄系である場合、硬質皮膜は、一般的な焼入れ方法、並びに、表層に炭素又は窒素等を浸み込ませる方法で形成した皮膜であってもよい。また、硬質皮膜は、水蒸気による酸化処理、及び、水酸化ナトリウムの水溶液に浸漬させた酸化処理によって形成された皮膜であってもよい。さらに、硬質皮膜は、冷間加工、加工硬化、固溶強化、析出強化、分散強化及び結晶粒微細化によって形成され、転位のすべり運動を抑制させて基材の強化を図った層（機械的強度改善層）であってもよい。さらに、硬質皮膜は、メッキ、溶射、PVD、CVD、DLC等の被覆法により形成した層であってもよい。

[0081] 上記全ての構成では、軟質皮膜として、リン酸塩皮膜を用いたが、これに限定されない。例えば、軟質皮膜として、樹脂を主成分とする皮膜等を用いてもよく、樹脂は固体潤滑剤を含有していてもよい。さらに、樹脂膜に固体潤滑剤を含むことにより、固体接触が発生した部位の摩擦係数を低減し、さらに摺動損失を低減することが可能となる。また、軟質皮膜として、亜鉛めっきやスズめっきなどの皮膜を用いてもよい。

[0082] 上記全ての構成では、往復動式（レシプロ）の冷媒圧縮機100を例示したが、冷媒圧縮機は、回転式、スクロール式及び振動式等の他の形式のものであってもよい。また、一对の摺動部材の摺動面に軟質皮膜及び硬質皮膜を設ける構成は、冷媒圧縮機に限定されず、摺動面を有する機器においても同様に用いられ、また、これにより同様の効果が得られる。この摺動面を有する機器としては、例えば、ポンプ及びモータ等であってもよい。

[0083] （実施の形態2）

図7は、本発明の実施の形態2における冷凍装置を示す。ここでは、冷凍装置の基本構成の概略について説明する。なお、この冷凍装置は、実施の形態1に係る冷媒圧縮機100を冷媒圧縮機200として備えている。

[0084] 冷凍装置は、本体201、区画壁207及び冷媒回路209を備えている

。本体 201 は、一面が開口した断熱性の箱体、及び、その開口を開閉する扉体を有している。区画壁 207 は、本体 201 の内部を、物品の貯蔵空間 203 と機械室 205 とに区画している。

[0085] 冷媒回路 209 は、冷媒圧縮機 100、放熱器 213、減圧装置 215、吸熱器 217 を環状に配管接続した構成であって、貯蔵空間 203 内を冷却する。吸熱器 217 は、送風機（図示せず）を具備した貯蔵空間 203 内に配置されている。吸熱器 217 の冷却熱は、矢印で示すように、送風機によって貯蔵空間 203 内を循環するように攪拌され、貯蔵空間 203 内を冷却する。

[0086] 以上の構成からなる冷凍装置は、冷媒圧縮機 200 として本発明の実施の形態 1 に係る冷媒圧縮機 100 を備えている。これにより、冷媒圧縮機 200 では、一对の摺動部材の一方の摺動部材の摺動面に軟質皮膜が設けられ、他方の摺動部材の摺動面に硬質皮膜が設けられている。これにより、硬質皮膜による摺動部の耐摩耗性の向上、及び、軟質皮膜による初期なじみ性の向上によって、冷媒圧縮機 200 の運転効率低下の低減が図られている。よって、このような冷媒圧縮機 200 を備える冷凍装置は、消費電力が低減でき、省エネルギー化を実現し、かつ信頼性を向上させることができる。

[0087] （実施の形態 3）

＜冷媒圧縮機の構成＞

実施の形態 3 に係る冷媒圧縮機 1100 は、図 8 に示すように、密閉容器 1101 を備えている。密閉容器 1101 に R600a を冷媒ガス 1102 として充填されていると共に、密閉容器 1101 の底部に潤滑油 1103 として鉱油が貯留されている。

[0088] また、密閉容器 1101 は、電動要素 1106 及び圧縮要素 1107 を収容している。電動要素 1106 は、固定子 1104、及び、固定子 1104 に対して回転する回転子 1105 を有している。圧縮要素 1107 は、電動要素 1106 により駆動されて冷媒を圧縮し、例えば、往復式機構であって、クランクシャフト 1108、シリンダブロック 1112 及びピストン 11

３２を有している。

[0089] クランクシャフト１１０８は主軸１１０９及び偏心軸１１１０を有し、基材がねずみ鋳鉄等の鉄系材料により形成されている。主軸１１０９は、円柱形状の軸部品であって、下部が回転子１１０５に圧入固定されており、下端には潤滑油１１０３に連通する給油ポンプ１１２０が設けられている。偏心軸１１１０は、円柱形状の軸部品であって、主軸１１０９に対し偏心して配置されている。

[0090] シリンダブロック１１１２は、例えば、鋳鉄等の鉄系材料からなり、シリンダボア１１１３及び主軸受１１１１を有している。このシリンダボア１１１３は、主軸受１１１１と一体成型されており、円筒形であって、内部空間を有し、端面がバルブプレート１１３９で封止されている。

[0091] 主軸受１１１１は、円筒形状の軸受部品であって、内周面によって主軸１１０９を回転可能に支持しており、主軸１１０９のラジアル荷重を支えるジャーナル軸受である。このため、主軸受１１１１の内周面と主軸１１０９の外周面とは対向し、主軸受１１１１の内周面に対して主軸１１０９が摺動する。このように主軸受１１１１の内周面及び主軸１１０９の外周面において互いに摺動する部分が摺動面であって、この摺動面を有する主軸受１１１１及び主軸１１０９は一对の摺動部材を構成する。

[0092] ピストン１１３２の一端部は、主軸１１０９の回転によって往復可動にシリンダボア１１１３の内部空間に挿入されている。これにより、シリンダボア１１１３、バルブプレート１１３９及びピストン１１３２により囲まれた圧縮室１１３４が形成される。

[0093] また、シリンダボア１１１３の内周面とピストン１１３２の外周面とは対向し、シリンダボア１１１３に対してピストン１１３２が摺動する。このようにシリンダボア１１１３の内周面及びピストン１１３２の外周面において互いに摺動する部分が摺動面であって、この摺動面を有するシリンダボア１１１３及びピストン１１３２は一对の摺動部材を構成する。

[0094] ピストン１１３２の他端部に、ピストンピン孔１１１６が設けられている

。ピストンピン１１１５は、略円筒形状をなし、偏心軸１１１０と平行に配置され、ピストンピン孔１１１６に回転不能に係止されている。コンロッド（連結手段）１１１７は、アルミ鋳造品からなり、一端部に偏心軸受１１１９が設けられ、他端部はピストンピン１１１５を介してピストン１１３２を連結されている。これにより、コンロッド１１１７は、偏心軸受１１１９により軸支する偏心軸１１１０とピストン１１３２とを連結している。

[0095] 偏心軸受１１１９は、円筒形状の軸受部品であって、内周面によって円柱形状の偏心軸１１１０を軸支しており、偏心軸１１１０のラジアル荷重を支えるジャーナル軸受である。このため、偏心軸受１１１９の内周面と偏心軸１１１０の外周面とは対向し、偏心軸受１１１９の内周面に対して偏心軸１１１０が摺動する。このような偏心軸受１１１９の内周面及び偏心軸１１１０の外周面において互いに摺動する部分が摺動面であって、この摺動面を有する偏心軸受１１１９及び偏心軸１１１０は一对の摺動部材を構成する。

[0096] シリンダヘッド１１４０は、バルブプレート１１３９におけるシリンダボア１１１３側と反対側に固定され、バルブプレート１１３９の吐出孔を覆うことにより高压室（図示せず）を形成している。また、サクシオンチューブ（図示せず）は、密閉容器１１０１に固定されると共に冷凍サイクルの低压側（図示せず）に接続され、冷媒ガス１１０２を冷凍サイクルから密閉容器１１０１内に導く。さらに、サクシオンマフラー１１４２は、バルブプレート１１３９とシリンダヘッド１１４０に挟持されている。

[0097] <皮膜>

図９に示すように、クランクシャフト１１０８の主軸１１０９の摺動面は、基材１１５０、及び、基材１１５０の表面を被覆する皮膜により構成されている。基材１１５０は、ねずみ鋳鉄（ＦＣ鋳鉄）等の鉄系材料により形成されている。皮膜は、基材１１５０を被覆する酸化皮膜１１６０等の硬質皮膜、及び、硬質皮膜を被覆する樹脂皮膜１１７０等の軟質皮膜により構成されている。

[0098] 硬質皮膜は、対向する主軸受１１１１の摺動面の硬さ以上の硬さを有し、

酸化鉄を主成分として含む皮膜（酸化皮膜 1 1 6 0）等により形成されている。

[0099] 軟質皮膜は、硬質皮膜の一部又は全てを覆い、対向する主軸受 1 1 1 1 の摺動面の硬さよりも小さい硬さを有している。軟質皮膜は、樹脂を主成分として含む皮膜（樹脂皮膜 1 1 7 0）等により形成されており、樹脂は固体潤滑剤を含有していてもよい。例えば、樹脂皮膜 1 1 7 0 は、例えば、ポリアミドイミド（P A I）をバインダーとして、二硫化モリブデン（M o S 2）粒子（図示せず）を固体潤滑材として含有している。

[0100] なお、樹脂皮膜 1 1 7 0 のバインダーは、ポリアミドイミドに限定されない。樹脂皮膜 1 1 7 0 のバインダーには、熱硬化型の樹脂であって、耐油性、耐熱性、耐冷媒性及び耐有機剤性に優れている樹脂が用いられる。このようなバインダーとして、例えば、エポキシ樹脂及びフェノール樹脂等が挙げられる。

[0101] また、樹脂皮膜 1 1 7 0 中に含有される固体潤滑剤は、二硫化モリブデンに限定されない。例えば、固体潤滑剤として、四フッ化エチレン樹脂（P T F E）及びグラファイト（C）、又は、この混合物が用いられる。

[0102] さらに、固体潤滑剤として二硫化モリブデン又はグラファイトを用いた場合、三酸化アンチモン（S b₂O₃）を併用してもよい。この場合、三酸化アンチモンが、樹脂皮膜 1 1 7 0 中に侵入してきた空気及び酸素を捕捉し、自らが先に酸化される。このため、樹脂皮膜 1 1 7 0 中の固体潤滑剤の酸化による変質を抑制し、固体潤滑剤による摩耗抑制効果を維持することができる。

[0103] <酸化皮膜>

図 1 0 に示すように、酸化皮膜 1 1 6 0 は縦方向の寸法（膜厚）は、約 3 μm である。なお、図 1 0 において、樹脂皮膜 1 1 7 0 の上には観察試料を保護するための保護膜（樹脂膜）が形成されている。また、酸化皮膜 1 1 6 0 の表面に平行な方向を横方向と称し、酸化皮膜 1 1 6 0 の表面に直交する方向を縦方向と称する。

- [0104] 酸化皮膜 1 1 6 0 は、第一の部分 1 1 5 1、第二の部分 1 1 5 2 及び第三の部分 1 1 5 3 を有しており、これらの部分はこの順で表面側から基材 1 1 5 0 側に積層されている。
- [0105] 第一の部分 1 1 5 1 は、酸化皮膜 1 1 6 0 の表面を構成し、第二の部分 1 1 5 2 上に形成されており、微結晶の組織により形成されている。E D S（エネルギー分散型 X 線分光法）分析及び E E L S（電子線エネルギー損失分光法）分析を行った結果、第一の部分 1 1 5 1 は、最も多く占める成分が三酸化二鉄（ Fe_2O_3 ）であって、ケイ素（Si）化合物も含んでいた。また、第一の部分 1 1 5 1 は、結晶密度が異なる 2 つの部分（第一 a の部分 1 1 5 1 a 及び第一 b の部分 1 1 5 1 b）を有している。
- [0106] 第一 a の部分 1 1 5 1 a は、第一 b の部分 1 1 5 1 b 上に形成され、酸化皮膜 1 1 6 0 の表面を構成する。第一 a の部分 1 1 5 1 a の結晶密度は、第一 b の部分 1 1 5 1 b の結晶密度よりも小さい。また、第一 a の部分 1 1 5 1 a は、所々に空隙部 1 1 5 8（図 1 0 中の黒く見える部分）、及び、針状組織 1 1 5 9 を含有している。針状組織 1 1 5 9 は、縦長であって、例えば、横方向の短径側の長さが 1 0 0 nm 以下であって、縦方向の径を横方向の径で除した比率（アスペクト比）が 1 以上且つ 1 0 以下である。
- [0107] 第一 b の部分 1 1 5 1 b は、粒径 1 0 0 nm 以下からなる微結晶 1 5 5 が敷き詰められた組織である。第一 b の部分 1 1 5 1 b には、第一 a の部分 1 1 5 1 a で見られたような空隙部 1 1 5 8 及び針状組織 1 1 5 9 は殆ど見られない。
- [0108] 第二の部分 1 1 5 2 は、第三の部分 1 1 5 3 上に形成されており、互いに同じ方向に並ぶ多数の縦長の柱状組織 1 1 5 6 を含有している。例えば、柱状組織 1 1 5 6 は、縦方向の径が約 1 0 0 nm 以上且つ 1 μm 以下であって、横方向の径が約 1 0 0 nm 以上且つ 1 5 0 nm 以下であって、アスペクト比が約 3 以上且つ 1 0 以下である。また、E D S 及び E E L S の分析結果、第二の部分 1 1 5 2 は、最も多く占める成分が四酸化三鉄（ Fe_3O_4 ）であって、ケイ素（Si）化合物も含んでいる。

[0109] 第三の部分 1 1 5 3 は、基材 1 1 5 0 上に形成されており、横長の層状組織 1 1 5 7 を含有している。例えば、層状組織 1 1 5 7 は、縦方向の径が数十 nm 以下であって、横方向の径が数百 nm 程度であり、アスペクト比が 0.01 以上且つ 0.1 以下と横方向に長い。また、EDS 及び EELS の分析結果、第三の部分 1 1 5 3 は、最も多く占める成分が四酸化三鉄 (Fe_3O_4) であって、ケイ素 (Si) 化合物及びケイ素 (Si) 固溶部を含んでいる。

[0110] なお、図 10 では、酸化皮膜 1 1 6 0 は、第一の部分 1 1 5 1、第二の部分 1 1 5 2、及び、第三の部分 1 1 5 3 により構成されており、この順で積層されている。ただし、酸化皮膜 1 1 6 0 の構成及び積層順はこれに限定されない。

[0111] 例えば、酸化皮膜 1 1 6 0 は、第一の部分 1 1 5 1 の単層によって構成されていてもよい。酸化皮膜 1 1 6 0 は、第一の部分 1 1 5 1 が酸化皮膜 1 1 6 0 の表面を形成するように第一の部分 1 1 5 1 及び第二の部分 1 1 5 2 の二層によって構成されていてもよい。酸化皮膜 1 1 6 0 は、第一の部分 1 1 5 1 が酸化皮膜 1 1 6 0 の表面を形成するように第一の部分 1 1 5 1 及び第三の部分 1 1 5 3 の二層によって構成されていてもよい。

[0112] また、酸化皮膜 1 1 6 0 は、第一の部分 1 1 5 1、第二の部分 1 1 5 2 及び第三の部分 1 1 5 3 以外の組成を含んでいてもよい。酸化皮膜 1 1 6 0 は、第一の部分 1 1 5 1 が酸化皮膜 1 1 6 0 の表面を形成するように第一の部分 1 1 5 1、第二の部分 1 1 5 2、第一の部分 1 1 5 1 及び、第三の部分 1 1 5 3 の四層によって構成されていてもよい。

[0113] このような酸化皮膜 1 1 6 0 の構成及び積層順は諸条件を調整することにより容易に実現することができる。代表的な諸条件としては、酸化皮膜 1 1 6 0 の製造方法（形成方法）が挙げられる。酸化皮膜 1 1 6 0 の製造方法には、公知の鉄系材料の酸化方法を好適に用いることができるが、これに限定されない。製造方法における条件は、基材 1 1 5 0 を形成する鉄系材料の種類、基材 1 1 5 0 の表面状態（研磨仕上げ等）、求める酸化皮膜 1 1 6 0 の

物性等の条件に応じて、適宜、設定される。

[0114] <皮膜の形成方法>

例えば、酸化皮膜 1 1 6 0 は、炭酸ガス（二酸化炭素ガス）等の公知の酸化性ガス及び公知の酸化設備を用いて、数百℃（例えば 4 0 0 ～ 8 0 0℃）の範囲内で基材 1 1 5 0 であるねずみ鋳鉄を酸化することにより形成される。

[0115] 続いて、予備加熱を行い、表面に酸化皮膜 1 1 6 0 を形成したクランクシャフト 1 1 0 8 を所定の温度に加熱する。これにより、酸化皮膜 1 1 6 0 の表面への樹脂皮膜 1 1 7 0 の固着が促進される。

[0116] そして、主軸 1 1 0 9 の軸心を中心軸としてクランクシャフト 1 1 0 8 を回転させながら、樹脂皮膜 1 1 7 0 の材料を配合したコーティング剤をスプレーによりクランクシャフト 1 1 0 8 に塗布する。なお、塗布の際、不要な場所へのコーティング剤の付着を防止するため、適切な形状のマスキング治具を取り付けている。

[0117] その後、予備加熱時の温度よりも高い温度で仮乾燥を数分間、行い、樹脂皮膜 1 1 7 0 を硬化させる。さらに、この樹脂皮膜 1 1 7 0 の表面を軽くバフ掛けする。これにより、樹脂皮膜 1 1 7 0 の表面粗さを微調整する。このため、バフには、砥粒を内包しているナイロンバフ及び比較的硬いスチールバフよりも、馬毛バフの方が望ましい。

[0118] 最後に、2 0 0℃以上 2 5 0℃以下の温度で、3 0 分から 2 時間程度、焼成を行い、コーティング剤中の希釈剤を全て蒸発させる。これにより、樹脂皮膜 1 1 7 0 を完全に酸化皮膜 1 1 6 0 の表面に固着させる。

[0119] <硬さ>

図 1 1 は、主軸 1 1 0 9 及び主軸受 1 1 1 1 の深さ方向の硬さを表したグラフである。なお、硬さはピッカース硬さで示している。硬さの計測には、シエンタ・オミクロン株式会社製のナノインデンテーション装置（トライインデント）を使用した。

[0120] 主軸 1 1 0 9 の硬さの計測では、圧子を主軸 1 1 0 9 の表面に押し込んで

荷重を負荷した状態を一定時間維持させるステップを行った。そして、次のステップでは、一旦、荷重を除荷した後、除荷前のステップの荷重よりも高い荷重で圧子を主軸 1109 の表面に押し込み、再び荷重を負荷した状態を一定時間維持するようにした。このように段階的に荷重を増加させるステップを 15 回、繰り返した。また、最大荷重が 1 N になるように各ステップの荷重を設定した。そして、各ステップ後に主軸 1109 の酸化皮膜 1160 及び基材 1150 の硬さ及び深さを計測した。

[0121] また、主軸受 1111 の硬さの計測では、主軸受 1111 の一部をファインカッターで切り出した。この一部において、主軸受 1111 の内周面に圧子を荷重 0.5 kgf を負荷して、硬さを計測した。

[0122] 図 11 に示すように、主軸 1109 の酸化皮膜 1160 の硬さは、相手摺動部材である主軸受 1111 の硬さ以上の硬さであった。

[0123] なお、主軸 1109 の樹脂皮膜 1170 の硬さは、酸化皮膜 1160 及び基材 1150 の硬さよりも大幅に小さいため、ナノインデンテーション装置で測定ができなかった。よって、樹脂皮膜 1170 の硬さを、摩耗試験による相対比較の結果を基にビッカース硬さを推定し、この硬さを図 11 の点線で示している。

[0124] 樹脂皮膜 1170 の摩耗試験は、リング・オン・ディスク方式で行った。試験に用いたリングは主軸受 1111 と同じ材料から作製し、ディスクは主軸 1109 と同じ材料から作製した。なお、ディスクの表面には、膜厚が約 3 μ m 程度であって、PAI 樹脂から成る樹脂皮膜 1170 を設けた。

[0125] このリング及びディスクを油中に浸漬した状態で、リングによって皮膜に荷重 1000 N を負荷しながら、回転速度 1 m/s で 1 時間、回転させて、皮膜上をリングで摺動する。この皮膜及びリングの表面の摺動面の状態を観察する。この結果、リングの摩耗量はほぼゼロであったのに対し、ディスクの樹脂皮膜 1170 は 1 ~ 2 μ m 程度摩耗した。このことから、硬さの指標で言えば、樹脂皮膜 1170 の硬さは主軸受 1111 の硬さより低いと判断した。

[0126] このような硬さは、物質及び材料等の物体において表面又は表面近傍の機械的性質の一つであって、物体に外力が加えられた時の、物体の変形し難さ及び傷つき難さである。硬さにはさまざまな測定手段（定義）及びそれに対応する値（硬さの尺度）が存在する。このため、測定対象に応じた測定手段を用いてもよい。

[0127] 例えば、測定対象が金属又は非鉄金属である場合、押込み硬さ試験法（例えば、先にあげたナノインデンテーション法や、ビッカースやロックウェル硬さ法等）が測定に用いられる。また、樹脂膜及びリン酸塩皮膜等の皮膜のような、押込み硬さ試験法による測定が困難な測定対象には、例えば、リング・オン・ディスク方式などの摩耗試験が用いられる。この皮膜及びリングの表面の摺動面の状態を観察した結果、リング及び皮膜のうち摩耗量が相対的に大き方を、硬さが低いと判断してもよい。

[0128] <冷媒圧縮機の動作>

商用電源（図示せず）から供給される電力は、外部のインバータ駆動回路（図示せず）を介して電動要素 1106 に供給される。これにより、電動要素 1106 は複数の運転周波数でインバータ駆動され、電動要素 1106 の回転子 1105 はクランクシャフト 1108 を回転させる。この運転周波数は、商用電源の周波数よりも小さい回転数を含む。

[0129] クランクシャフト 1108 の偏心軸 1110 の偏心運動は、コンロッド 1117 及びピストンピン 1115 によってピストン 1132 の直線運動に変換されて、ピストン 1132 はシリンダボア 1113 内の圧縮室 1134 を往復運動する。このため、サクシオンチューブを通して密閉容器 1101 内に導かれた冷媒ガスをサクシオンマフラー 1142 から圧縮室 1134 に吸入し、さらに、冷媒ガスを圧縮室 1134 内で圧縮して密閉容器 1101 から吐出する。

[0130] また、クランクシャフト 1108 の回転に伴い、潤滑油 1103 は給油ポンプ 1120 から各摺動面に給油され、摺動面を潤滑する。これと共に、潤滑油 1103 はピストン 1132 とシリンダボア 1113 との間においては

シールを形成し、圧縮室 1 1 3 4 を密閉している。

[0131] <冷媒圧縮機の性能>

図 1 2 A は冷媒圧縮機の入力の時系列経時変化を示し、図 1 2 B は冷媒圧縮機の成績係数 C O P (C o e f f i c i e n t o f P e r f o r m a n c e) の時系列経時変化を示す。C O P は、冷凍冷蔵機器などの冷媒圧縮機のエネルギー消費効率の目安として使われる係数であって、冷凍能力 (W) を入力 (W) で除した値である。ここでは、運転周波数 2 0 H z にて冷媒圧縮機を低速運転した場合の入力及び C O P を得た。また、従来の冷媒圧縮機は、主軸の摺動面に軟質皮膜を設けず硬質皮膜を設けたものである。

[0132] 図 1 2 A から、本実施の形態の冷媒圧縮機、及び従来の冷媒圧縮機のいずれも運転開始直後の入力（以下、初期入力と称す）が最も高い。その後の運転時間の経過に伴って入力は徐々に低下し、最終的には殆ど変化がない一定の値（以下、定常入力と称す）を示している。さらに、本実施の形態の冷媒圧縮機は、従来の冷媒圧縮機よりも初期入力が高く、また、初期入力から定常入力へ移行する時間（移行時間）も短い。本実施の形態の冷媒圧縮機の移行時間 t_1 、及び、従来の冷媒圧縮機の移行時間 t_2 について、 t_1 は t_2 の約 $1/2$ である。これにより、図 1 2 B に示すように、本実施の形態の冷媒圧縮機は、従来の冷媒圧縮機よりも C O P が早期に安定し、かつ向上している。

[0133] <作用、効果>

従来の冷媒圧縮機では、低速運転（例えば 2 0 H z 以下）において、主軸と主軸受との間の油膜厚さが薄くなり易い。このような状態では、主軸と主軸受との間で局所的な接触が生じ、油膜が切れてしまい、摺動面の多数の微細な突起による固体接触が頻発する。また、主軸の表面に硬質皮膜が形成されていると、主軸の摺動面における多数の微細な突起が摩耗しにくい。よって、主軸と主軸受との間でなじみ難くなり、突起による固体接触する時間が長くなる。この結果、冷媒圧縮機への初期入力が高く、しかも、移行時間も長くなる。

- [0134] これに対し、本実施の形態では、冷媒圧縮機 1100 では、主軸 1109 の摺動面に、主軸受 1111 の硬さ以上の硬さを有する酸化皮膜 1160、及び、酸化皮膜 1160 を被覆し且つ主軸受 1111 の硬さよりも小さい硬さの樹脂皮膜 1170 を設けている。このため、低速運転等により主軸 1109 と主軸受 1111 との間の油膜が薄膜化しても、樹脂皮膜 1170 の初期なじみ性によって、初期入力が高く、移行時間が短くなる。よって、冷媒圧縮機 1100 は、高効率であって、信頼性が高くなる。
- [0135] また、運転起動時等、油膜切れが生じやすい状態であっても、主軸 1109 及び主軸受 1111 が摺動すると、樹脂皮膜 1170 に含まれる二硫化モリブデン粒子等の固体潤滑材が主軸受 1111 の摺動面に移着する。これにより、主軸 1109 と主軸受 1111 との間の摩擦係数を低下し、冷媒圧縮機 1100 の高効率化を図ることができる。
- [0136] 酸化皮膜 1160 は、鉄の酸化物であるから、従来のリン酸塩皮膜と比較して硬くかつ化学的には非常に安定している。また、酸化皮膜 1160 の表面を構成する第一の部分 1151 には、鉄の酸化物よりも硬さが高いケイ素（Si）化合物が含まれている。よって、酸化皮膜 1160 は、高い耐摩耗性を示す。
- [0137] さらに、酸化皮膜 1160 の第二の部分 1152 及び第三の部分 1153 は、いずれもケイ素（Si）化合物を含み、第一の部分 1151 と基材 1150 との間に位置する。このため、酸化皮膜 1160 の基材 1150 に対する密着力は強力なものとなる。しかも、第三の部分 1153 は、第二の部分 1152 よりもケイ素の含有量が多い。このように、ケイ素（Si）化合物を含む第二の部分 1152 及び第三の部分 1153 が積層され、ケイ素の含有量がより多い第三の部分 1153 が基材 1150 に接する。これにより、酸化皮膜 1160 の密着力をより一層強化する。その結果、摺動時の負荷に対して、酸化皮膜 1160 の耐力が向上し、酸化皮膜 1160 の耐摩耗性が一段と高いものとなる。そして、仮に酸化皮膜 1160 の表面を形成する第一の部分 1151 が摩耗したとしても、第二の部分 1152 及び第三の部分

１１５３が残るため、酸化皮膜１１６０はより優れた耐摩耗性を発揮する。

[0138] また、第一の部分１１５１は微結晶の組織であって、これら微結晶の間には所々にわずかな空隙部１１５８が形成されている、あるいは、表面に微小な凹凸が生じている。このような酸化皮膜１１６０の表面に樹脂皮膜１１７０を形成することで、空隙部１１５８や表面の微小な凹凸に樹脂皮膜１１７０の一部が入り込むことで、酸化皮膜１１６０に対する樹脂皮膜１１７０の密着力は強力なものとなる。その結果、摺動時の負荷に対して、酸化皮膜１１６０及び樹脂皮膜１１７０が剥離することを防止できるので、高い耐摩耗性と高効率化の効果を確実なものにすることができる。

[0139] <変形例>

上記全ての構成では、硬質皮膜及び軟質皮膜を主軸１１０９の摺動面に設けたが、硬質皮膜及び軟質皮膜を設ける摺動面はこれに限定されない。つまり、一对の摺動部材のうちの一方の摺動部材の摺動面に、他方の摺動部材の摺動面の硬さ以上の硬さの硬質皮膜、及び、硬質皮膜を覆い且つ他方の摺動部材の摺動面の硬さよりも低い硬さの軟質皮膜を設けていけばよい。

[0140] このため、主軸受１１１１の摺動面に、主軸１１０９の摺動面の硬さ以上の硬さの硬質皮膜、及び、硬質皮膜を覆い且つ主軸１１０９の摺動面の硬さよりも低い硬さの軟質皮膜を設けてもよい。また、一对の摺動部材として、偏心軸１１１０及び偏心軸受１１１９を用い、この一方に硬質皮膜及び軟質皮膜を設けてもよい。

[0141] また、一对の摺動部材として、ピストン１１３２及びシリンダボア１１１３を用い、この一方に硬質皮膜及び軟質皮膜を設けてもよい。さらに、一对の摺動部材として、クランクシャフト１０７と、クランクシャフト１０７の荷重をその軸心方向に支持するシリンダブロック１１１のスラスト面を用い、この一方に硬質皮膜及び軟質皮膜を設けてもよい。

[0142] このように、冷媒圧縮機１００において、複数の一对の摺動部材がある場合、それらの全てに軟質皮膜及び硬質皮膜を設けてもよいし、それらのうちの一部に軟質皮膜及び硬質皮膜を設けてもよい。

- [0143] 上記全ての構成では、主軸 1109 の硬質皮膜に酸化皮膜 1160 を用いたが、硬質皮膜は、主軸受 1111 の摺動面の硬さ以上の硬さを有する皮膜であれば、これに限定されない。例えば、主軸 1109 の硬質皮膜は、例えば、化合物層、機械的強度改善層及び被覆法により形成した層等が挙げられる。
- [0144] すなわち、主軸 1109 の基材 1150 が鉄系である場合、硬質皮膜は、一般的な焼入れ方法、並びに、表層に炭素又は窒素等を浸み込ませる方法で形成した皮膜であってもよい。また、硬質皮膜は、水蒸気による酸化処理、及び、水酸化ナトリウムの水溶液に浸漬させた酸化処理によって形成された皮膜であってもよい。さらに、硬質皮膜は、冷間加工、加工硬化、固溶強化、析出強化、分散強化及び結晶粒微細化によって形成され、転位のすべり運動を抑制させて基材 1150 の強化を図った層（機械的強度改善層）であってもよい。さらに、硬質皮膜は、メッキ、溶射、PVD、CVD の被覆法により形成した層であってもよい。
- [0145] なお、上記全ての構成では、主軸 1109 の基材 1150 に鉄系材料を用いたが、基材 1150 は、主軸受 1111 の硬さ以上の硬さを有する皮膜を形成できるものであれば、鉄系以外の材料を用いることができる。
- [0146] 上記全ての構成では、軟質皮膜として樹脂皮膜 1170 を用いたが、対向する摺動面の硬さよりも低い硬さの皮膜であれば、これに限定されない。例えば、軟質皮膜として、亜鉛めっきやスズめっきなどの皮膜を用いてもよい。
- [0147] さらに、上記全ての構成では、軟質皮膜として 1 種類で 1 層の皮膜を用いた。ただし、軟質皮膜は、対向する摺動面の硬さよりも小さい硬さの皮膜であれば、軟質皮膜を構成する成分の種類及び層の数はこれに限定されない。例えば、軟質皮膜は、成分が異なる複数の層から構成されていてもよい。
- [0148] また、上記全ての構成では、往復動式（レシプロ）の冷媒圧縮機を例示したが、冷媒圧縮機は、回転式、スクロール式及び振動式等の他の形式のものであってもよい。また、上記構成の硬質皮膜及び軟質皮膜を摺動面に備えた

構成は、冷媒圧縮機に限定されず、摺動面を有する機器においても同様に用いられ、また、これにより同様の効果が得られる。この摺動面を有する機器としては、例えば、ポンプ及びモータ等であってもよい。

[0149] (実施の形態4)

図13は、実施の形態4に係る冷凍装置の構成を示す模式図である。ここでは、冷凍装置の基本構成の概略についてのみ説明する。なお、この冷凍装置は、実施の形態3に係る冷媒圧縮機1100を冷媒圧縮機1300として備えている。

[0150] 図13に示すように、冷凍装置は、本体1301、区画壁1307及び冷媒回路1309を備えている。本体1301は、一面が開口した断熱性の箱体、及び、その開口を開閉する扉体により構成されている。区画壁1307は、本体1301の内部を、物品の貯蔵空間1303と機械室1305とに区画している。

[0151] 冷媒回路1309は、冷媒圧縮機1300、放熱器1313、減圧装置1315及び吸熱器1317を環状に配管接続して構成されており、貯蔵空間1303内を冷却する。吸熱器1317は、送風機（図示せず）を具備した貯蔵空間1303内に配置されている。吸熱器1317の冷却熱は、矢印で示すように、送風機によって貯蔵空間1303内を循環するように攪拌され、貯蔵空間1303内を冷却している。

[0152] 以上の構成からなる冷凍装置は、冷媒圧縮機1300として実施の形態3に係る冷媒圧縮機1100を備えている。この冷媒圧縮機1300では、一对の摺動部材のうちの一方の摺動部材の摺動面に、他方の摺動部材の摺動面の硬さ以上の硬さの硬質皮膜、及び、硬質皮膜を覆い且つ他方の摺動部材の摺動面の硬さよりも低い硬さの軟質皮膜を設けている。これにより、硬質皮膜による摺動部の耐摩耗性の向上、及び、軟質皮膜による初期なじみ性の向上によって、冷媒圧縮機1300の運転効率低下の低減が図られている。よって、このような冷媒圧縮機1300を備える冷凍装置は、消費電力が低減でき、省エネルギー化を実現し、かつ信頼性を向上させることができる。

[0153] 以上、本発明に係る冷媒圧縮機及びそれを備えた冷凍装置について、上記実施の形態を用いて説明したが、本発明は、これに限定されるものではない。つまり、今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味及び範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

産業上の利用可能性

[0154] 以上のように、本発明は、効率低下の低減を図った冷媒圧縮機及びそれを備えた冷凍装置を提供することが可能となるので、冷凍サイクルを用いた各種機器に幅広く適用できる。

符号の説明

[0155] 100 : 冷媒圧縮機
101 : 密閉容器
105 : 電動要素
106 : 圧縮要素
108 : 主軸（摺動部材）
109 : 偏心軸（摺動部材）
112 : シリンダボア（摺動部材）
114 : 主軸受（摺動部材）
115 : ピストン（摺動部材）
120 : 偏心軸受（摺動部材）
140 : 基材
141 : 軟質皮膜
142 : 基材
143 : 硬質皮膜
144 : 基材
145 : 軟質皮膜
146 : 基材

1 4 7	: 硬質皮膜
1 5 4	: 基材
1 6 0	: 酸化皮膜（硬質皮膜）
2 0 0	: 冷媒圧縮機
2 1 3	: 放熱器
2 1 5	: 減圧装置
2 1 7	: 吸熱器
1 1 0 0	: 冷媒圧縮機
1 1 0 1	: 密閉容器
1 1 0 6	: 電動要素
1 1 0 7	: 圧縮要素
1 1 0 9	: 主軸（摺動部材）
1 1 1 0	: 偏心軸（摺動部材）
1 1 1 1	: 主軸受（摺動部材）
1 1 1 3	: シリンダボア（摺動部材）
1 1 1 9	: 偏心軸受（摺動部材）
1 1 3 2	: ピストン（摺動部材）
1 1 6 0	: 酸化皮膜（硬質皮膜）
1 1 7 0	: 樹脂皮膜（軟質皮膜）
1 3 0 0	: 冷媒圧縮機
1 3 1 3	: 放熱器
1 3 1 5	: 減圧装置
1 3 1 7	: 吸熱器

請求の範囲

- [請求項1] 電動要素と、
前記電動要素により駆動されて冷媒を圧縮し、且つ、対向して相対的に運動する一对の摺動部材を有する圧縮要素と、
前記電動要素及び前記圧縮要素を収容する密閉容器と、を備え、
一对の前記摺動部材のうちの一方の前記摺動部材の摺動面に軟質皮膜を設け、
他方の前記摺動部材の摺動面に前記軟質皮膜の硬さよりも高い硬さの硬質皮膜を設けている、冷媒圧縮機。
- [請求項2] 前記軟質皮膜は、被覆している一方の前記摺動部材の基材の硬さよりも低い硬さであり、
前記硬質皮膜は、一方の前記摺動部材の基材の硬さよりも高い硬さである、請求項1に記載の冷媒圧縮機。
- [請求項3] 前記軟質皮膜は、リン酸塩又は樹脂を主成分とする、請求項1又は2に記載の冷媒圧縮機。
- [請求項4] 電動要素と、
前記電動要素により駆動されて冷媒を圧縮し、且つ、対向して相対的に運動する一对の摺動部材を有する圧縮要素と、
前記電動要素及び前記圧縮要素を収容する密閉容器と、を備え、
一对の前記摺動部材のうちの一方の前記摺動部材の摺動面に、他方の前記摺動部材の摺動面の硬さ以上の硬さの硬質皮膜、及び、前記硬質皮膜を覆い且つ他方の前記摺動部材の摺動面の硬さよりも低い硬さの軟質皮膜を設けている、冷媒圧縮機。
- [請求項5] 前記軟質皮膜は、樹脂を主成分とする、請求項4に記載の冷媒圧縮機。
- [請求項6] 前記樹脂は、固体潤滑剤を含有している、請求項3又は5に記載の冷媒圧縮機。
- [請求項7] 前記硬質皮膜は、酸化鉄を主成分とする、請求項1～6のいずれか

一項に記載の冷媒圧縮機。

[請求項8]

前記圧縮要素は、

前記電動要素によって回転する主軸と、

前記主軸を回転自在に支持する主軸受と、を有し、

一对の前記摺動部材が前記主軸及び前記主軸受により構成されている、請求項1～7のいずれか一項に記載の冷媒圧縮機。

[請求項9]

前記圧縮要素は、

内部空間を有するシリンダボアと、

前記シリンダボアに往復可能に挿入されるピストンと、を有し、

一对の前記摺動部材が前記シリンダボア及び前記ピストンにより構成されている、請求項1～8のいずれか一項に記載の冷媒圧縮機。

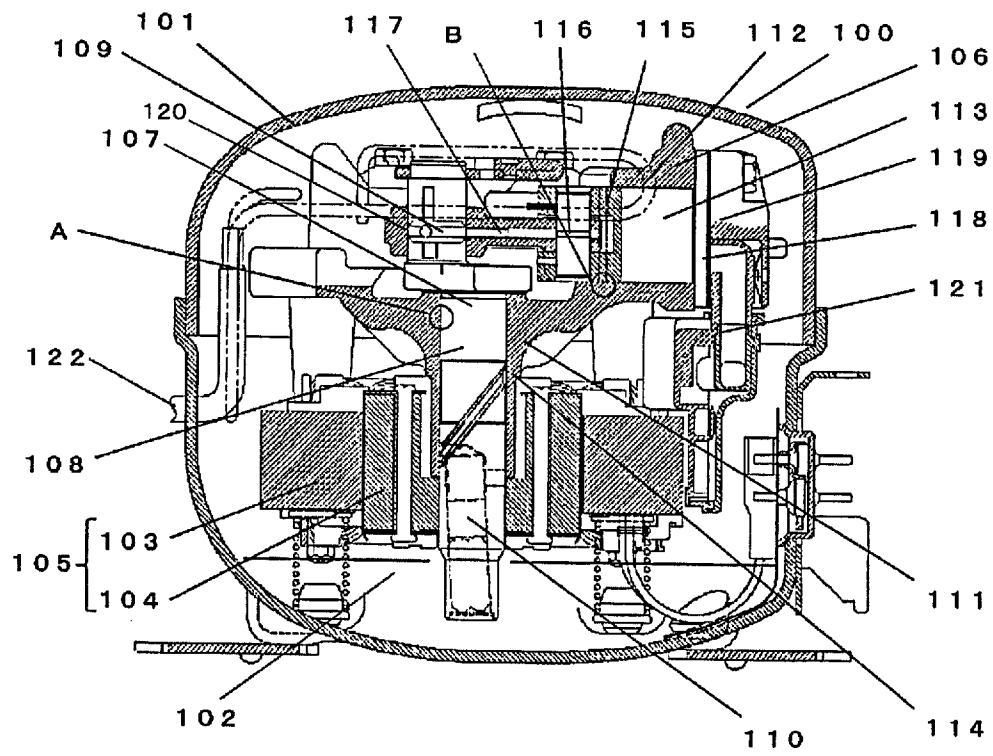
[請求項10]

前記電動要素は、商用電源周波数より小さい運転周波数を含む複数の運転周波数でインバータ駆動するように構成されている、請求項1～9のいずれか一項に記載の冷媒圧縮機。

[請求項11]

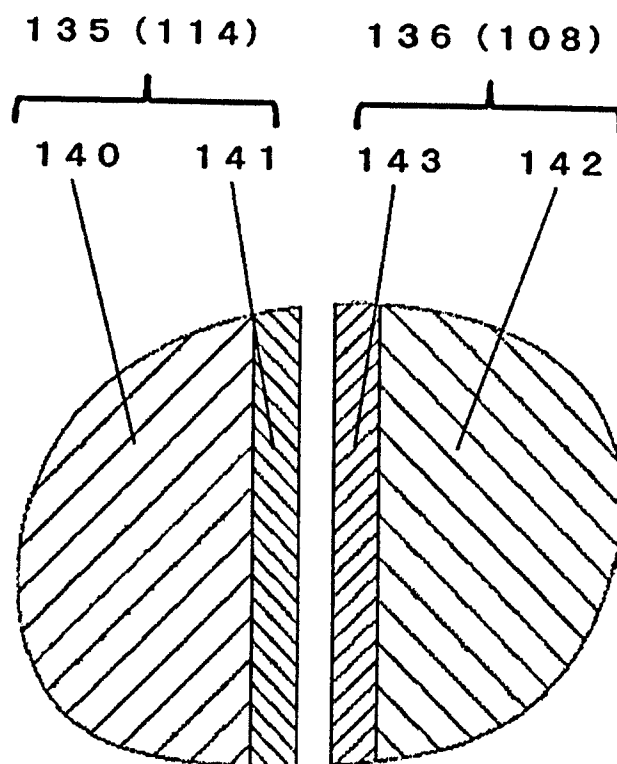
放熱器、減圧装置、吸熱器、並びに、請求項1～10のいずれかの前記冷媒圧縮機を備えている、冷凍装置。

[図1]

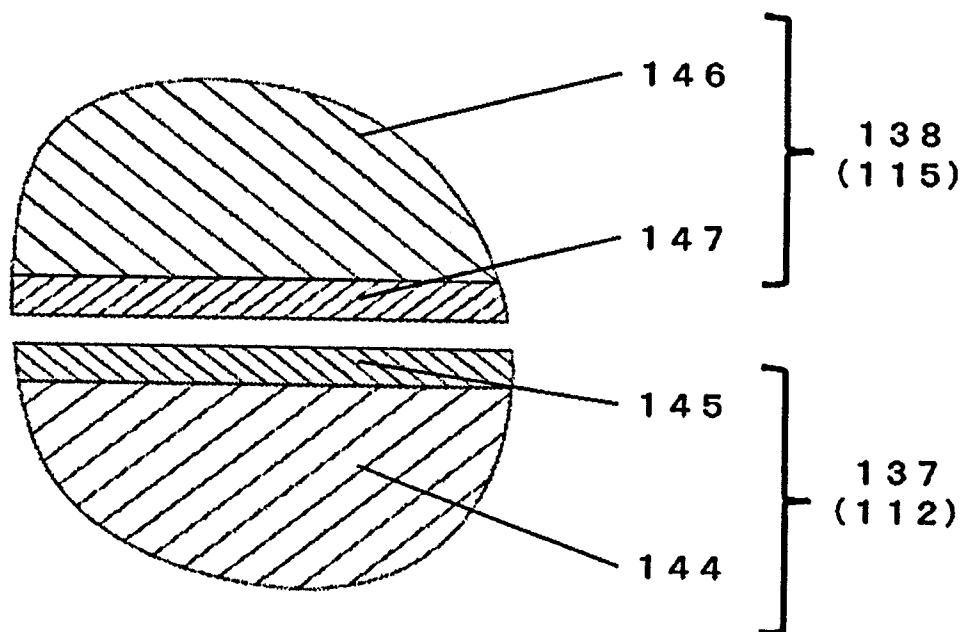


[図2]

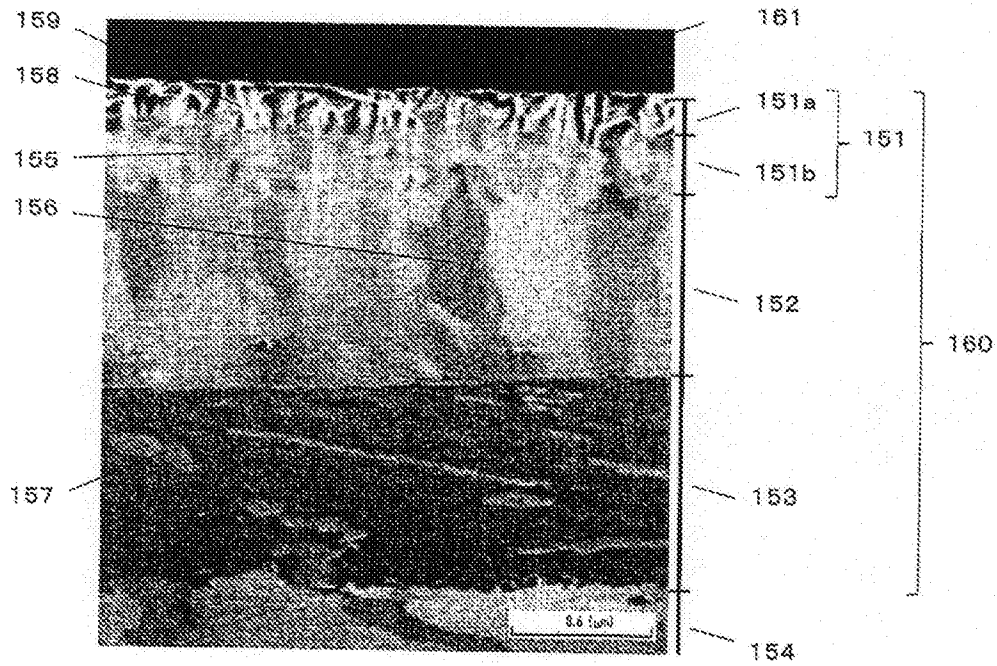
(図2A)



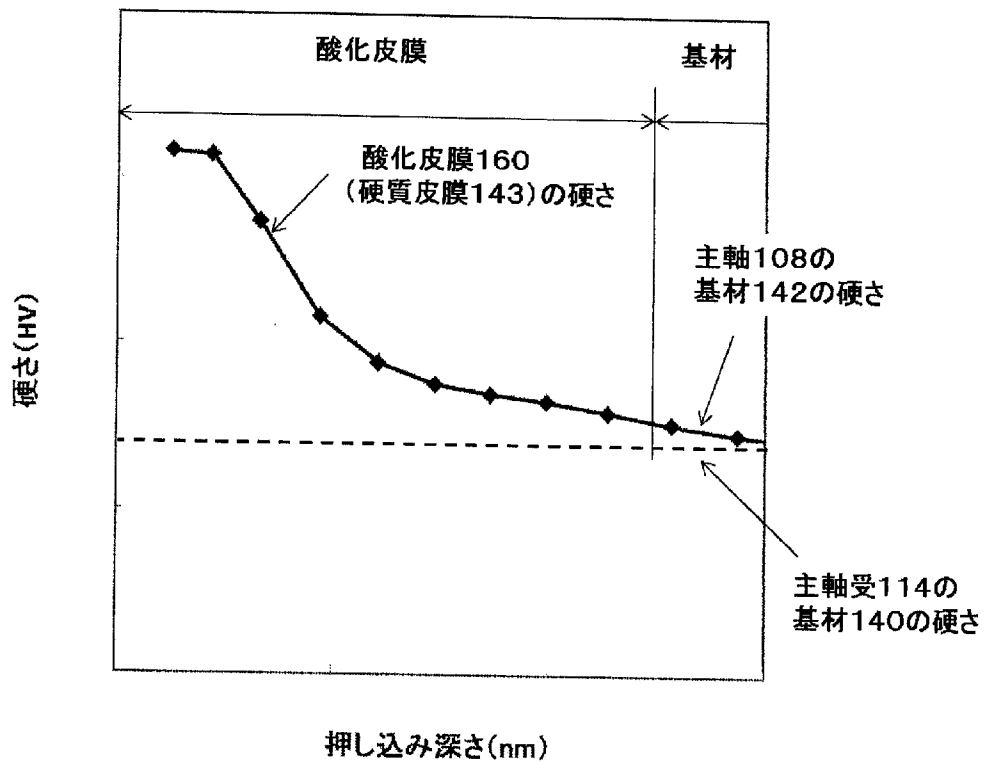
(図2B)



[図3]

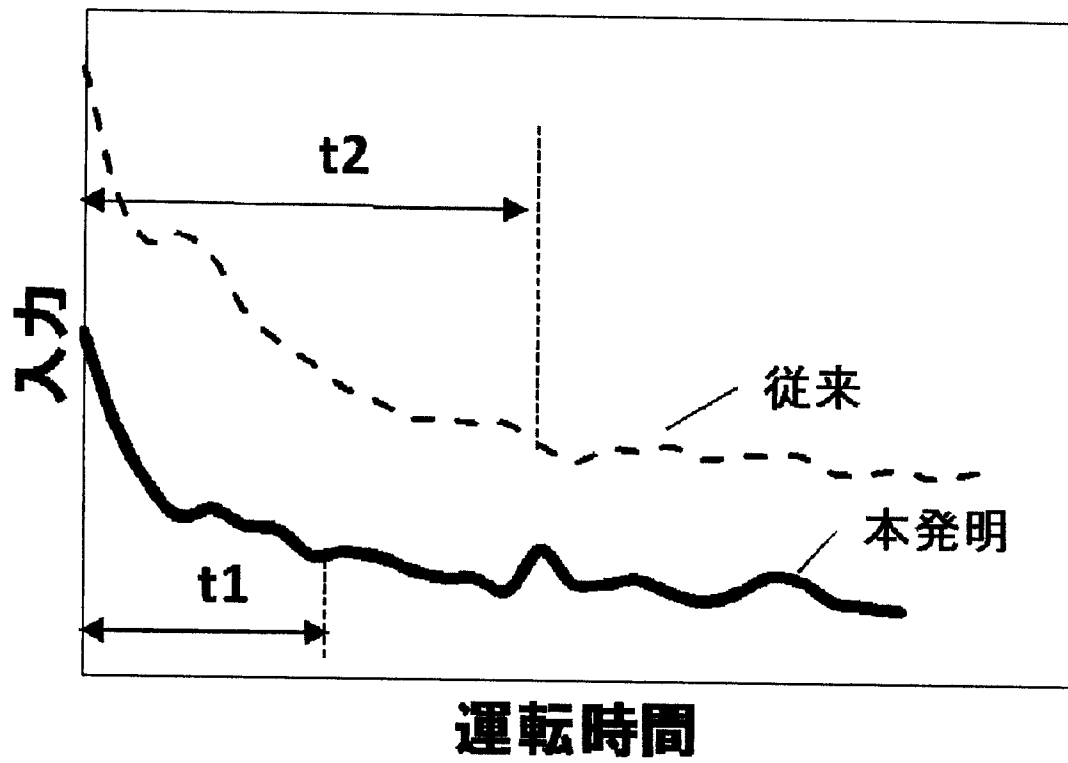


[図4]

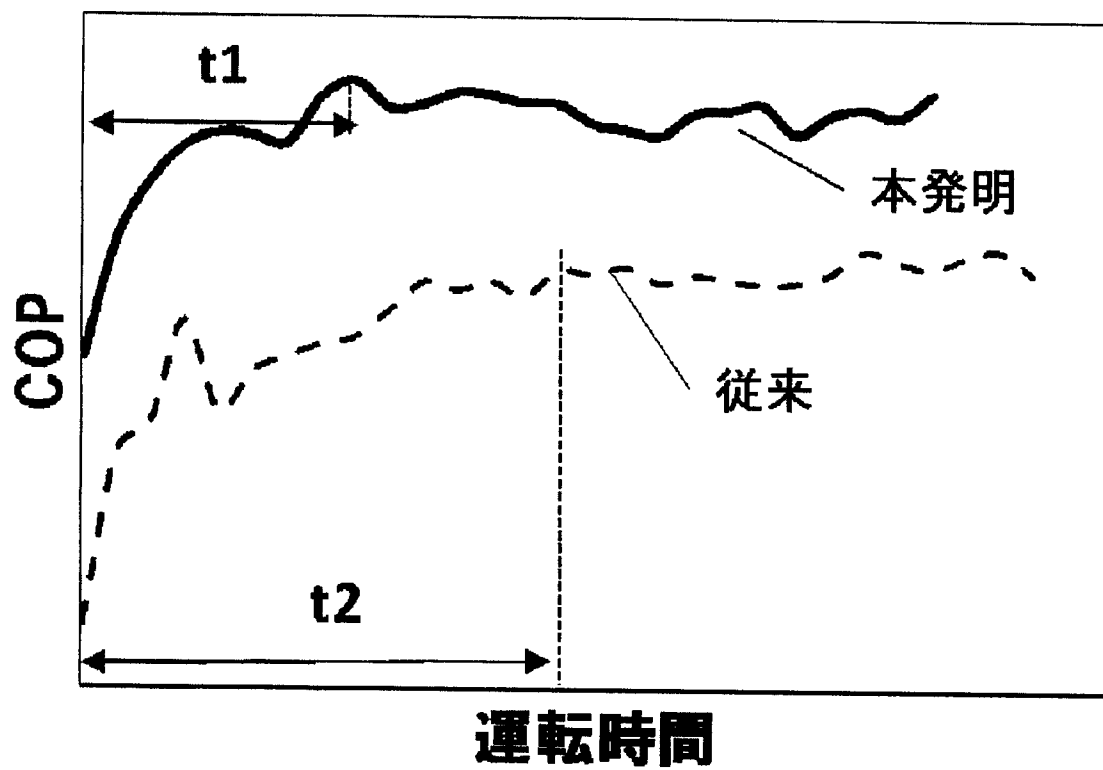


[図5]

(図5A)

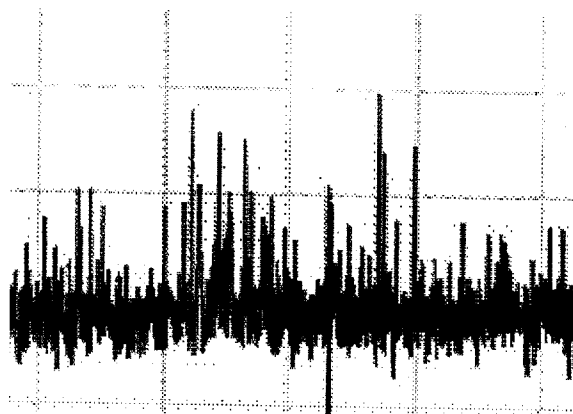


(図5B)

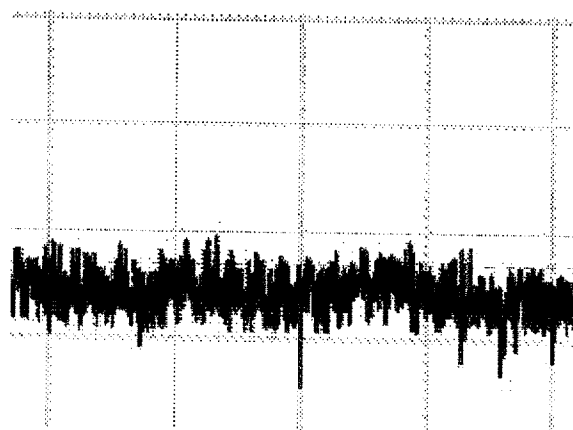


[図6]

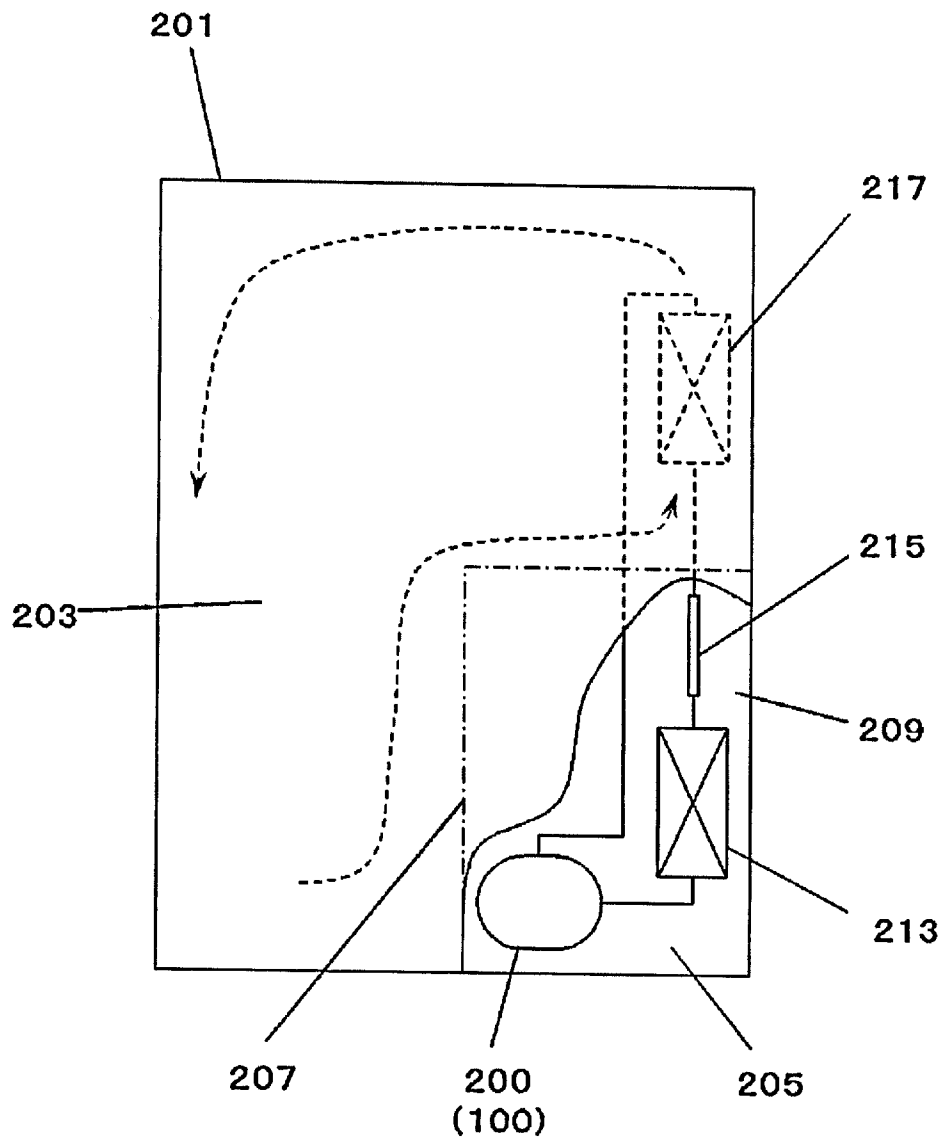
(図6A)



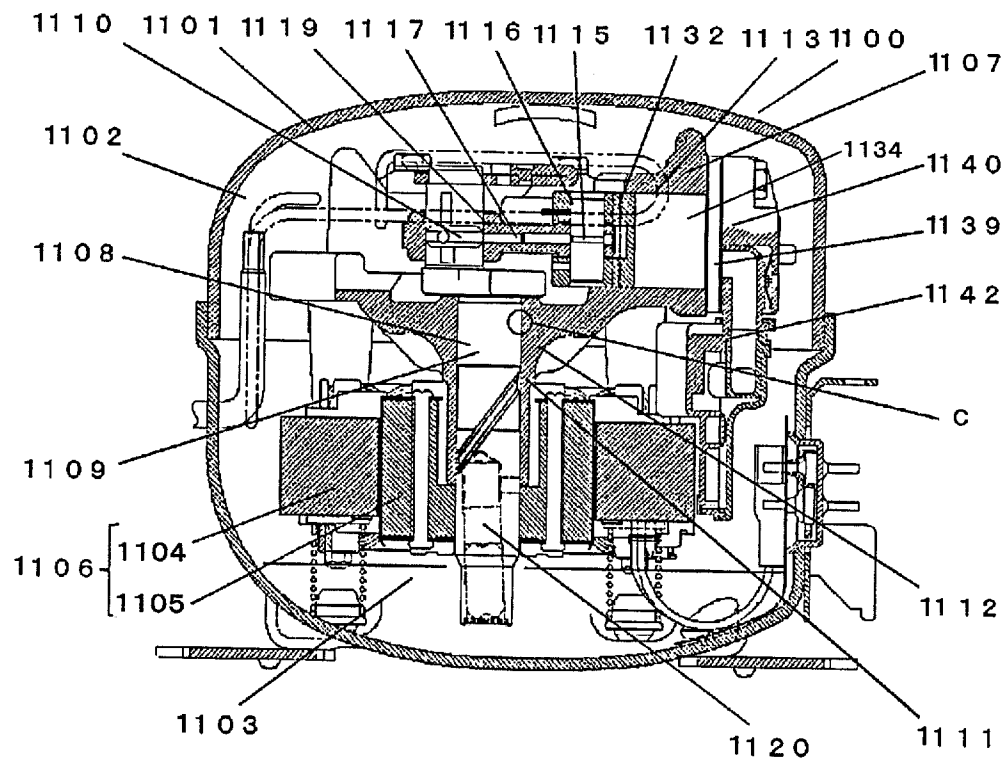
(図6B)



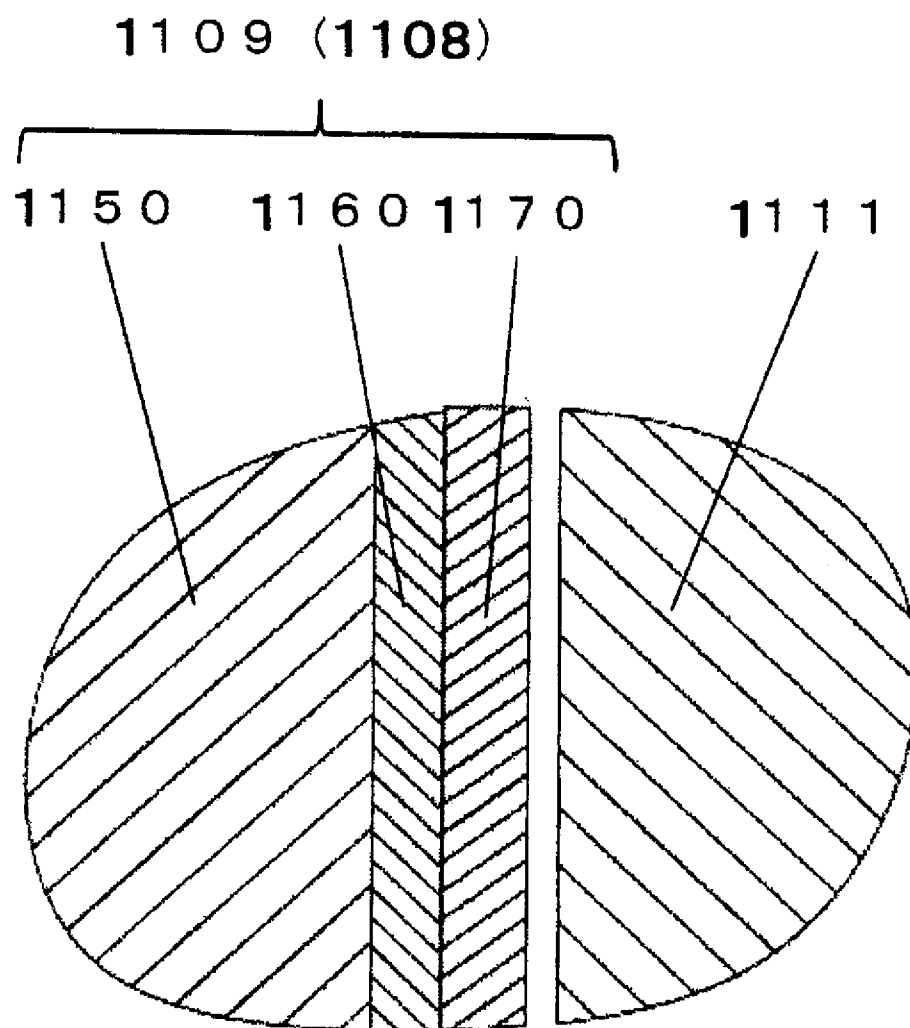
[図7]



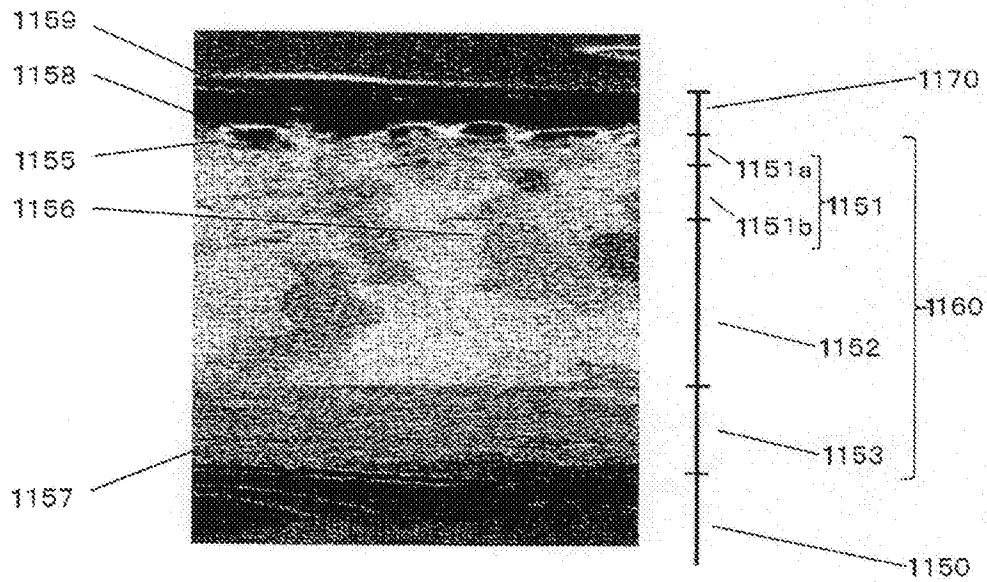
[図8]



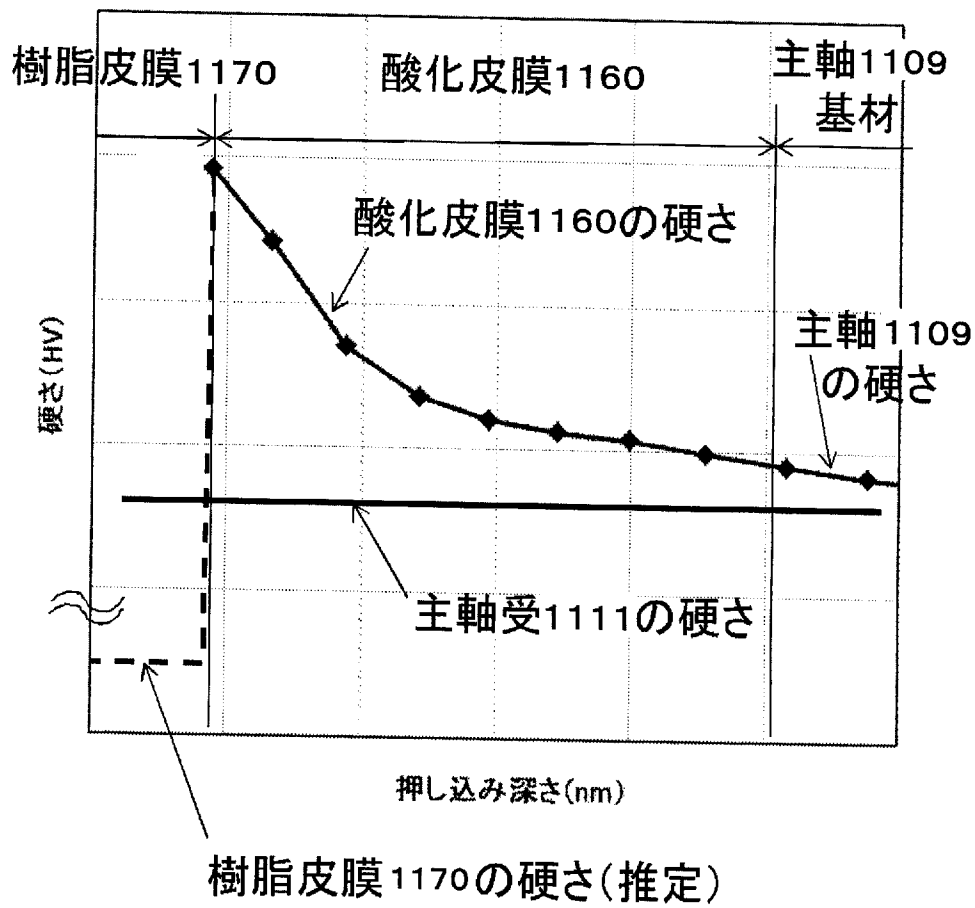
[図9]



[図10]

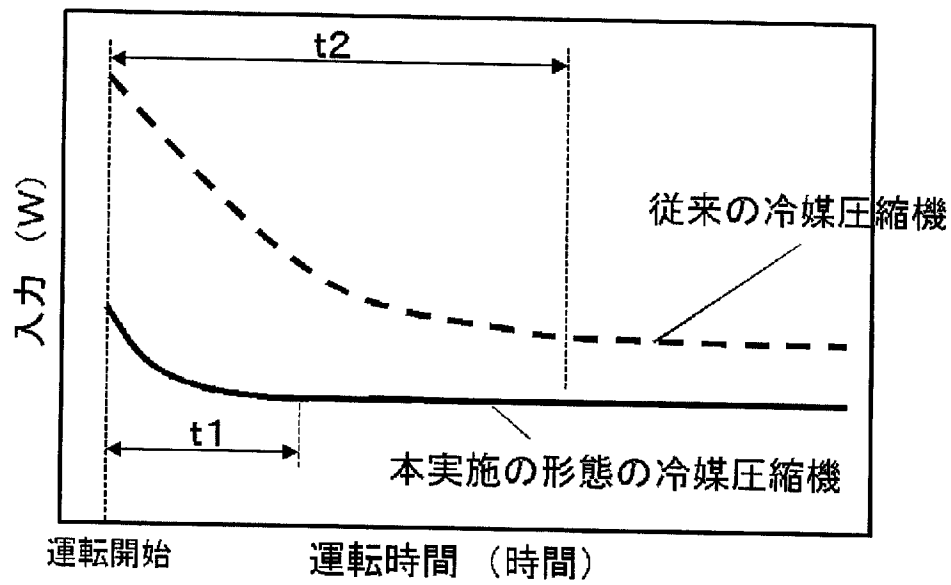


[図11]

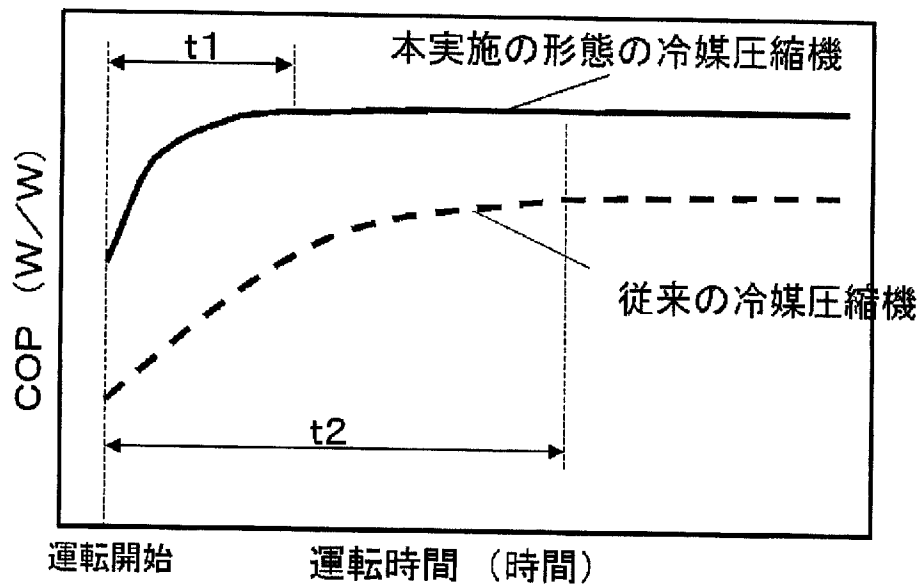


[図12]

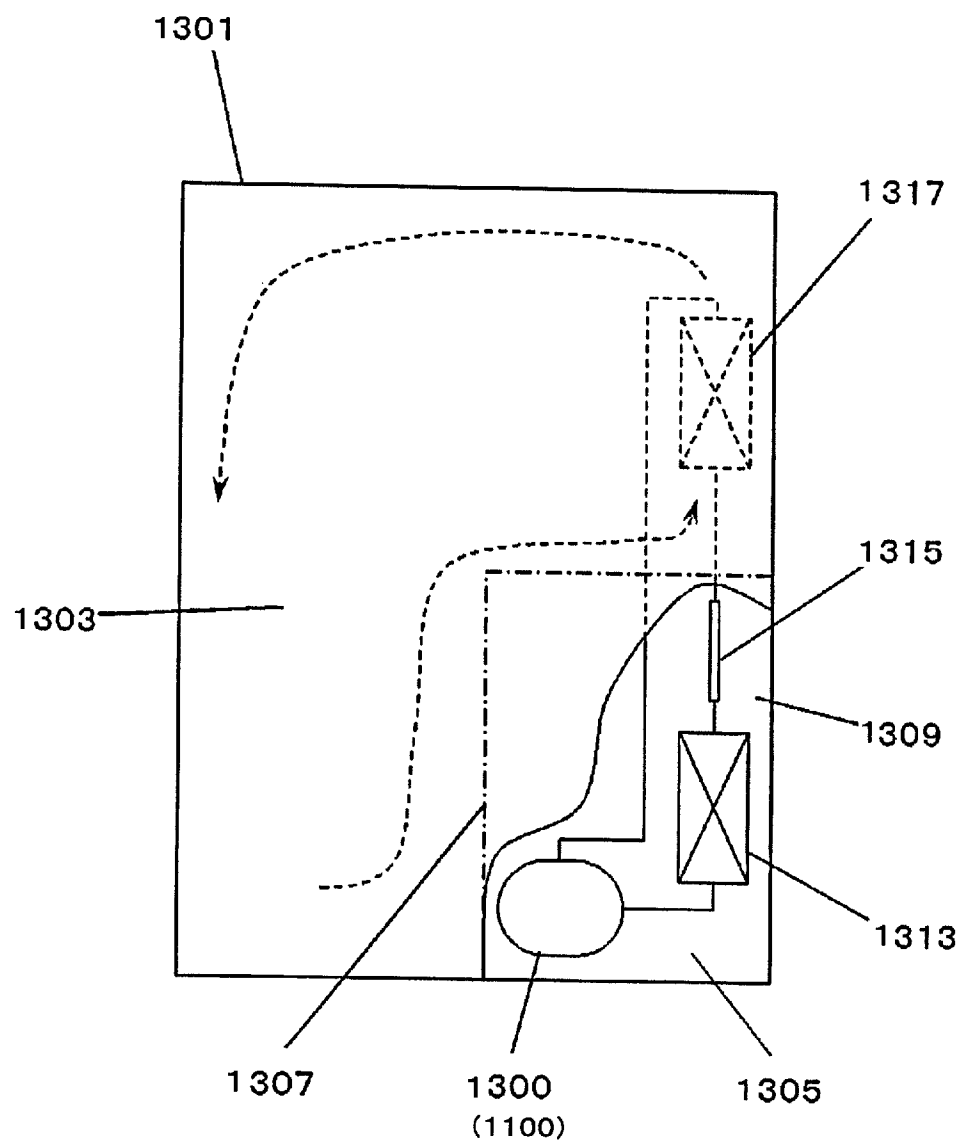
(図12A)



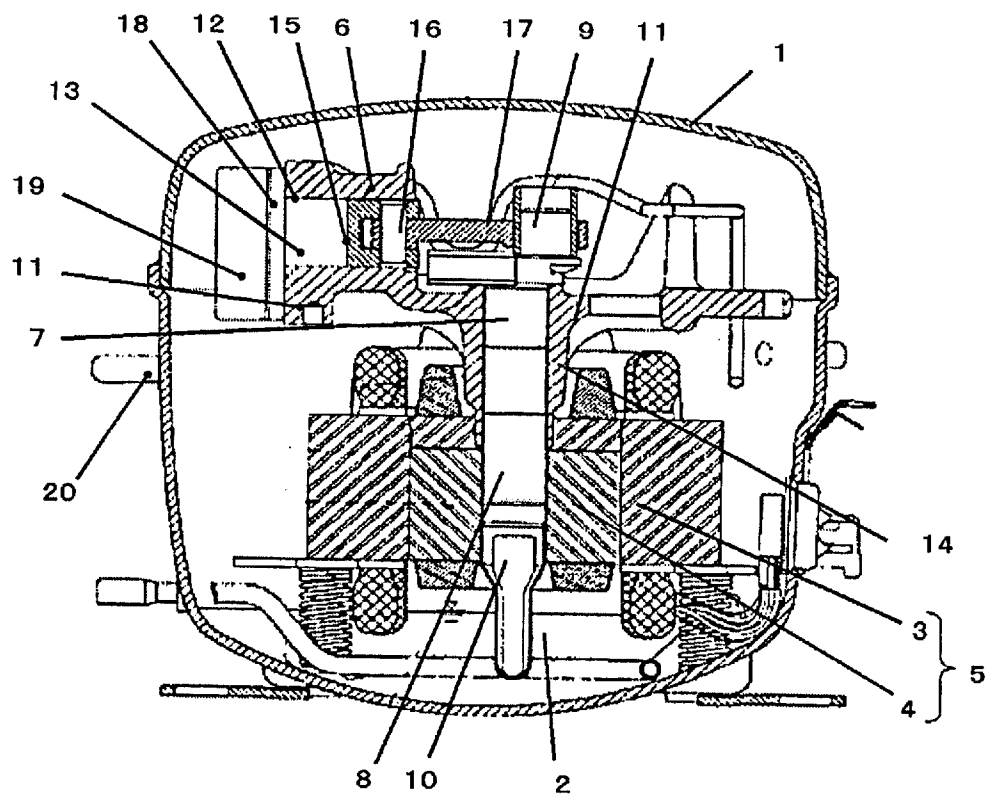
(図12B)



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/041319

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. F04B39/00 (2006.01) i, F04B39/12 (2006.01) i, F25B1/02 (2006.01) i,
F25D11/00 (2006.01) n

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. F04B39/00, F04B39/12, F25B1/02, F25D11/00

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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 8-121361 A (HITACHI, LTD.) 14 May 1996, paragraphs [0002], [0045]-[0047] (Family: none)	1-2 3, 5-11 4
Y A	JP 3-085389 A (TOYODA MACHINE WORKS LTD.) 10 April 1991, page 2, upper right column, lines 1-6, page 3, upper left column, lines 5-7 (Family: none)	3, 7-11 1-2, 4-6



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 January 2018 (19.01.2018)

Date of mailing of the international search report

06 February 2018 (06.02.2018)

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/JP2017/041319

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 6-264884 A (TOSHIBA CORP.) 20 September 1994, paragraph [0013] (Family: none)	4 3, 5-11 1-2
X Y A	WO 2013/125197 A1 (PANASONIC IP MANAGEMENT CO., LTD.) 29 August 2013, paragraphs [0042]-[0043] & US 2016/0017874 A1, paragraphs [0055]-[0056]	4 5-11 1-3
Y A	JP 2011-021530 A (HITACHI APPLIANCES, INC.) 03 February 2011, paragraph [0013] & WO 2011/007498 A1	7-11 1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F04B39/00(2006.01)i, F04B39/12(2006.01)i, F25B1/02(2006.01)i, F25D11/00(2006.01)n

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. F04B39/00, F04B39/12, F25B1/02, F25D11/00

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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 8-121361 A（株式会社日立製作所）	1-2
Y	1996.05.14, 段落[0002], [0045]-[0047]	3, 5-11
A	（ファミリーなし）	4
Y	JP 3-085389 A（豊田工機株式会社）	3, 7-11
A	1991.04.10, 第2頁右上欄第1-6行, 第3頁左上欄第5-7行 （ファミリーなし）	1-2, 4-6

☒ 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

19.01.2018

国際調査報告の発送日

06.02.2018

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）

富永 達朗

30

6209

電話番号 03-3581-1101 内線 3358

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
X	JP 6-264884 A (株式会社東芝)	4
Y	1994.09.20, 段落[0013]	3, 5-11
A	(ファミリーなし)	1-2
X	WO 2013/125197 A1 (パナソニック I P マネジメント株式会社)	4
Y	2013.08.29, 段落[0042]-[0043]	5-11
A	& US 2016/0017874 A1, 段落[0055]-[0056]	1-3
Y	JP 2011-021530 A (日立アプライアンス株式会社)	7-11
A	2011.02.03, 段落[0013] & WO 2011/007498 A1	1-6