

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 回転機用ダンパ18は、回転機のシャフト12を回転自在に支持する軸受16を支持可能な内側部材30と、内側部材30の外周側に設けられる外側部材40と、磁石50と、を備える。内側部材30および外側部材40の一方は、導電部材であり、磁石50は、内側部材30および外側部材40の他方に固定され、内側部材30および外側部材40の一方と隙間を介して対向する。

明 細 書

発明の名称：回転機用ダンパおよびそれを備える回転機

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2022年9月20日に出願された日本国特許出願2022-149533号および2023年3月17日に出願された日本国特許出願2023-43537号に基づくものであって、それらの優先権の利益を主張するものであり、それらの特許出願の全ての内容が、参照により本明細書に組み込まれる。

技術分野

[0002] 本開示は、回転機用ダンパおよびそれを備える回転機に関する。

背景技術

[0003] 回転機の回転軸の振動を抑制する技術として、ワイヤメッシュダンパなどの摩擦型のダンパが知られている（例えば特許文献1）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2020-159434号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 摩擦型のダンパは、構成部品同士の摩擦により減衰力を発生させるため、それら構成部品に摩耗が生じやすく、したがって寿命が比較的短い。

[0006] 本開示は、このような課題に鑑みてなされ、その目的は、回転機用ダンパの長寿命化を実現できる技術を提供することである。

課題を解決するための手段

[0007] 上記課題を解決するために、本開示のある態様の回転機用ダンパは、回転機のシャフトを回転自在に支持する軸受を支持可能な内側部材と、内側部材の外周側に設けられる外側部材と、磁石と、を備える。内側部材および外側

部材の一方は、導電部材であり、磁石は、内側部材および外側部材の他方に固定され、内側部材および外側部材の一方と隙間を介して対向し、内側部材は、シャフトの軸方向および径方向に変位可能であり、内側部材の変位に基づく電磁誘導起電力により、シャフトの軸方向および径方向振動を減衰させる。

[0008] 本開示の別の態様は、回転機である。この回転機は、上述の回転機用ダンパと、回転機用ダンパの内側部材により支持される軸受と、軸受に回転自在に支持される回転軸と、を備える。

発明の効果

[0009] 本開示によれば、回転機用ダンパの長寿命化を実現できる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]実施の形態の回転機の断面図である。

[図2]図1の回転支持部とその周辺を拡大して示す拡大断面図である。

[図3]図2の回転機用ダンパの斜視断面図である。

[図4]シミュレーション結果を示す図である。

[図5]シミュレーション結果を示す図である。

[図6]第1変形例の回転機の回転支持部とその周辺を拡大して示す拡大断面図である。

[図7]第2変形例の回転機の回転支持部とその周辺を拡大して示す拡大断面図である。

[図8]シミュレーション結果を示す図である。

[図9]シミュレーション結果を示す図である。

[図10]シミュレーション結果を示す図である。

[図11]シミュレーション結果を示す図である。

[図12]第3変形例の回転機の回転支持部とその周辺を拡大して示す拡大断面図である。

[図13]第4変形例の回転機の回転支持部とその周辺を拡大して示す拡大断面図である。

[図14]第5変形例の回転機の回転支持部とその周辺を拡大して示す拡大断面図である。

[図15]第6変形例の回転機の回転支持部とその周辺を拡大して示す拡大断面図である。

[図16]シミュレーション結果を示す図である。

[図17]第7変形例の回転機の回転支持部とその周辺を拡大して示す拡大断面図である。

[図18]第8変形例の回転機の回転支持部とその周辺を拡大して示す拡大断面図である。

[図19]シミュレーション結果を示す図である。

[図20]シミュレーション結果を示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] 図1は、実施の形態の回転機10を、シャフト12の回転中心である回転軸Rを含む平面で切断した断面図である。図2は、図1の2つの回転支持部14のうちの1つとその周辺を拡大して示す拡大断面図である。図3は、図2の回転機用ダンパ18の斜視断面図である。回転機10は、例えば、ロケットエンジンの液体水素ポンプや液化メタンポンプ、水素ステーションの超高圧液体水素昇圧ポンプである。つまり、回転機10は、極低温環境下で使用される回転機であり得る。ここでの「極低温」は、例えば、 -253°C 以下の温度をいう。

[0012] 回転機10は、回転軸Rを中心として回転するシャフト12と、シャフト12を回転自在に支持する2つの回転支持部14と、を備える。回転機10が備える回転支持部14の数は特に限定されないが、互いに軸方向（シャフト12の回転軸Rに平行な方向）に異なる位置に配置された複数の回転支持部14でシャフト12を支持することにより、シャフト12をより安定に支持できる。

[0013] 回転支持部14は、シャフト12を回転自在に支持する2つの軸受16と、2つの軸受16ひいてはシャフト12の振動を抑制するための回転機用ダ

ンパ18と、を備える。なお、回転支持部14が備える軸受16の数は特に限定されない。

[0014] シャフト12は、軸受16に回転自在に支持される。

[0015] 軸受16は、特に限定されないが、典型的には転がり軸受である。軸受16は、内輪20と、外輪22と、複数の転動体24と、含む。内輪20は、シャフト12を環囲してシャフト12に固定される。つまり、内輪20は、シャフト12と構造的に一体化されており、シャフト12と一体に回転する。なお、回転機10がロケットエンジンの液体水素ポンプや水素ステーションの超高压液体水素昇圧ポンプの場合、シャフト12および内輪20は、数万rpmで回転する。シャフト12への内輪20の固定方法は特に限定されない。軸受16は、回転機用ダンパ18に支持される。

[0016] 回転機10は、上述したように、極低温環境下で使用される回転機であり得る。したがって回転機用ダンパ18は、極低温環境下でも使用可能に構成される。ここで、「極低温環境下で使用可能」とは、極低温環境下において使用した場合に、常温環境下で使用した場合と同程度あるいはそれ以上の減衰力を得られることをいう。ここで、オイルダンパなどの粘性ダンパは、極低温環境下では、粘性体の粘性が低下するため、減衰力が低下する。したがって、粘性ダンパは極低温環境下では使用できない。これに対し本実施の形態の回転機用ダンパ18は、非粘性ダンパとして構成される。詳しくは、回転機用ダンパ18は、粘性ダンパのような制限のない、すなわち極低温環境下で使用可能な、いわゆる磁気ダンパ（渦電流ダンパ）として構成される。

[0017] 回転機用ダンパ18は、軸受16を支持する内側部材30と、内側部材30の外周側に設けられる外側部材40と、内側部材30と外側部材40との間に設けられる2つの磁石50と、を備える。

[0018] 内側部材30は、軸受16を支持する軸受支持部32と、それぞれ磁石50の磁極面と対向する2つの対向部34と、を含む。軸受支持部32は、筒状、例えば円筒状に形成される。なお、軸受支持部32は、筒状に限定されない。軸受支持部32は、例えば、軸方向に直交する断面がC字状に形成さ

れてもよい。また例えば、軸受支持部32は、複数のC字状の部材を切り込みの周方向位置が互いに異なるように重ねた積層体であってもよい。軸受支持部32は、2つの軸受16の外輪22を環囲して外輪22に固定される。つまり、軸受支持部32は、外輪22と構造的に一体化されており、外輪22と一体に例えば軸方向あるいは径方向に移動（変位）する。2つの軸受16への内側部材30の固定方法は特に限定されない。なお、内側部材30とシャフト12との間に軸受16が介在するため、内側部材30はシャフト12の回転とともに回転しない。

[0019] 2つの対向部34は、本実施の形態では、軸受支持部32から径方向外向きに突出する。2つの対向部34は、軸方向に互いに離間している。対向部34は、本実施の形態では、周方向に連続的にすなわちリング状に形成される。なお、対向部34は、周方向に間欠的に形成されてもよい。対向部34は、本実施の形態では、磁石50と所定の隙間を介して軸方向に対向する。

[0020] 軸受支持部32と対向部34とは、一体に形成されてもよいし、別々に形成された上で接合されてもよい。

[0021] 内側部材30は、導電部材である。また、内側部材30は、好ましくは非磁性体である。この場合、内側部材30と磁石50との間で磁気吸引力が生じるのを避けられる。具体的には、内側部材30は、好ましくは、導電率が常温環境下よりも極低温環境下において高くなる非磁性体の部材であり、例えばアルミニウムである。

[0022] なお、変形例として、軸受支持部32は導電性を有しなくても（すなわち非導電性であっても）よい。つまり、内側部材30は、少なくとも対向部34が導電性を有していればよい。

[0023] 外側部材40は、回転機10の図示しない構成部材に固定される。外側部材40は、内側部材30を環囲する外周部42と、外周部42の軸方向の両端のそれぞれから径方向内向きに張り出したリング状の2つのカバー部44と、磁石50を支持する磁石支持部46と、を含む。

[0024] 外周部42は、筒状、例えば円筒状に形成される。なお、外周部42は、

筒状に限定されない。外周部42は、例えば、軸方向に直交する断面がC字状に形成されてもよい。また例えば、外周部42は、複数のC字状の部材を切り込みの周方向位置が互いに異なるように重ねた積層体であってもよい。

[0025] 磁石支持部46は、本実施の形態では、外周部42の軸方向の中央から径方向内向きに突出する。磁石支持部46は、周方向に連続的にすなわちリング状に形成されてもよいし、周方向に間欠的に形成されてもよい。磁石支持部46の軸方向の両端面46a、46bのそれぞれには磁石50が固定される。

[0026] カバー部44は、軸方向において、対向部34を挟んで磁石50と対向する。

[0027] 磁石50は永久磁石である。磁石50は、軸方向における両端が互いに異なる磁極となるように着磁される。詳しくは、磁石50は、一方の磁極面であるN極が磁石支持部46の軸方向の端面46a、46bに当接し、他方の磁極面であるS極が対向部34と所定の隙間を介して軸方向に対向する。なお、磁石50のN極とS極とが逆であってもよい。磁石50は、周方向に連続するリング状に形成される。なお、磁石50は、周方向に間欠的に形成されてもよい。

[0028] 外側部材40は、所定の磁性材料により形成される磁性体である。外側部材40は、好ましくは、透磁率の高い材料、すなわち軟磁性材料により形成される軟磁性体である。ここで、外側部材40は、上述したように、磁石支持部46が磁石50のN極に対向（当接）し、カバー部44が磁石50のS極に対向する。したがって、磁石50のN極から出た磁束は、磁石支持部46、外周部42、カバー部44をこの順に通じ、対向部34を軸方向に貫いてS極に戻る。つまり、外側部材40は、磁気回路の一部を構成するヨークとして機能する。これにより、磁束の相殺が抑えられ、また漏れ磁束が少なくなり、磁気効率が高まる。

[0029] 磁石50、磁石支持部46、外周部42およびカバー部44は、磁気回路Mを構成する。磁気回路Mの磁束は、対向部34を軸方向に貫く。磁気回路

Mは、シャフト12の振動に伴う対向部34の変位に応じて対向部34を貫く磁束が変化する磁束密度分布を対向部34に与える。具体的には、磁気回路Mは、磁束密度が径方向に非一様な磁束密度分布を対向部34に与える。これは、例えば、磁石50の磁束密度が径方向に非一様であることによって実現されてもよい。対向部34における磁束密度が径方向に非一様であることにより、シャフト12の振動に応じて対向部34が径方向に変位した場合に對向部34を軸方向に貫く磁束が変化する。軸方向については、磁石50と対向部34との距離に応じて対向部34における磁束密度が変化する。したがって、シャフト12の振動に応じて対向部34が軸方向に変位した場合に對向部34を軸方向に貫く磁束が変化する。

[0030] 以上が回転機用ダンパ18を備える回転機10の構成である。続いて、その動作を説明する。

[0031] シャフト12が振動すなわち軸方向あるいは径方向に移動（変位）すると、それに伴って軸受16さらには内側部材30が軸方向あるいは径方向に移動する。したがって、シャフト12が振動すると、内側部材30の対向部34が磁石50に対して軸方向あるいは径方向に移動する。このとき対向部34を軸方向に貫く磁束が変化する、対向部34には電磁誘導による誘導起電力が生じて渦電流が流れる。この渦電流と磁石50の磁束（磁界）とが作用して、対向部34すなわち内側部材30と磁石50との間には、内側部材30と磁石50との相対変位方向とは反対向きの抵抗力が作用する。この抵抗力は、内側部材30と磁石50との相対速度に比例するため、減衰力として作用する。この減衰力は、シャフト12の振動を減衰させる。

[0032] 続いて、本発明者は、本実施の形態の回転機用ダンパ18の減衰性能を確かめるため、以下の条件でシミュレーションを行った。

- ・内側部材30の軸受支持部32の内径：148mm
- ・外側部材40の外周部42の外径：264mm
- ・対向部34と磁石50との軸方向の隙間：0.5mm

このような条件の下、シャフト12に径方向あるいは軸方向のインパルス

加振を行った。

[0033] 図4は、シャフト12を径方向にインパルス加振したときの減衰振動波形（シミュレーション結果）を示す図である。横軸は時間（ms）であり、縦軸はシャフト12の振幅（m）である。グラフ70は、本実施の形態の減衰振動波形を示す。グラフ72, 74, 76はそれぞれ、減衰係数が200Ns/m, 300Ns/m, 350Ns/mの場合のバネマスダンパ系の減衰振動波形を示す。本実施の形態におけるシャフト12の振幅の最大値は減衰係数300Ns/mのバネマスダンパ系と同程度であり、減衰速度は減衰係数300Ns/mのバネマスダンパ系よりも速い。つまり、本実施の形態の回転機用ダンパ18が、径方向に減衰係数300Ns/m以上の減衰性能を有することが分かる。

[0034] 図5は、シャフト12を軸方向にインパルス加振したときの減衰振動波形（シミュレーション結果）を示す図である。横軸は時間（ms）であり、縦軸はシャフト12の振幅（m）である。図5より、本実施の形態の回転機用ダンパ18の減衰係数が84.4Ns/mという比較的大きい減衰係数であること、つまり、本実施の形態の回転機用ダンパ18が軸方向に比較的高い減衰性能を有することが分かる。

[0035] 本実施の形態によれば、シャフト12の振動を摩擦なしで減衰できるため、摩擦型のダンパに比べて、回転機用ダンパ18の長寿命化を実現できる。

[0036] 本実施の形態によれば、軸方向および径方向の両方向のシャフト12の振動を減衰させることができる。軸方向および径方向の両方向のシャフト12の振動の減衰が可能なことにより、軸方向および径方向の両方向の荷重の支持を担う軸受16の耐久性、例えば故障するまでの総回転数が向上する。また、それにより、シャフト12の安定性が向上する。

[0037] 本実施の形態によれば、回転機用ダンパ18は磁気ダンパとして構成されるため、回転機用ダンパ18は極低温環境下で使用できる。

[0038] 本実施の形態によれば、内側部材30は好ましくは導電率が常温環境下よりも極低温環境下において高くなる非磁性体の部材であり、例えばアルミニ

ウムである。例えば、アルミニウムの導電率は、極低温環境下では常温環境下の23倍になる。したがって、回転機10が極低温下で使用される場合、回転機用ダンパ18の減衰性能が向上する。この場合、回転機10は、極低温下で使用されるロケットエンジンの液体水素ポンプや、水素ステーションの超高压液体水素昇圧ポンプに好適に用いることができる。

[0039] 本実施の形態によれば、対向部34を軸方向に貫く磁束に基づいて対向部34に渦電流が発生する。したがって、対向部34の径方向の寸法を大きくすれば、磁石50の磁束をより有効に利用でき、回転機用ダンパ18の減衰性能が向上する。つまり、回転機用ダンパ18の軸方向の薄さを保ったまま、回転機用ダンパ18の減衰性能を向上させることができる。

[0040] 以上、本開示を実施の形態をもとに説明した。この実施の形態は例示であり、その各構成要素や各処理プロセスの組合せにいろいろな変形例が可能なこと、またそうした変形例も本開示の範囲にあることは当業者に理解されるところである。以下、変形例を示す。

[0041] (第1変形例)

図6は、第1変形例の回転機10の回転支持部14とその周辺を拡大して示す拡大断面図である。図6は、図2に対応する。実施の形態との相違点を中心に説明する。

[0042] 本変形例の回転機用ダンパ18は、2つの磁石50に加えて、さらに2つの磁石52を備える。磁石52は、カバー部44の軸方向内側（軸方向における回転機用ダンパ18の中央側）の面44aに固定される。対向部34は、磁石52と所定の間隙を介して軸方向に対向する。詳しくは、対向部34の軸方向内側の面34cは磁石50と対向し、対向部34の軸方向外側（軸方向における反磁石支持部46側）の面34dは磁石52と対向する。つまり、本変形例では、対向部34は軸方向の両端面が磁石と対向する。

[0043] 磁石52は永久磁石である。磁石52は、軸方向における両端が互いに異なる磁極となるように着磁される。詳しくは、磁石52は、一方の磁極面であるN極が対向部34の軸方向外側の面34dと所定の間隙を介して軸方向

に対向し、他方の磁極面であるS極がカバー部44の軸方向内側の面44aに当接する。すなわち磁石52は、磁石50と同じく、軸方向内側の磁極面がN極で、軸方向外側の磁極面がS極である。なお、磁石50のN極とS極とが逆であってもよく、この場合、磁石52のN極とS極も逆になる。磁石52は、磁石50と同様の理由により、磁束密度が径方向に非一様であってもよい。磁石52は、周方向に連続するリング状に形成される。なお、磁石52は、周方向に間欠的に形成されてもよい。

[0044] 本変形例では、実施の形態と同様の磁気回路Mが構成される。

[0045] 本変形例では、シャフト12の変位に伴って内側部材30が変位すると、磁石50と対向する対向部34の軸方向内側の面34cに加え、磁石52と対向する対向部34の軸方向外側の面34dにも渦電流が発生する。つまり、より多くの渦電流が発生する。その結果、より高い減衰力が得られる。

[0046] 本変形例によれば、実施の形態と同様の作用効果を奏することができる。加えて、本変形例によれば、上述のように、対向部34の2つの面34c、34dに渦電流が発生するため、より高い減衰力が得られる。

[0047] (第2変形例)

図7は、第2変形例の回転機10の回転支持部14とその周辺を拡大して示す拡大断面図である。図7は、図6に対応する。第1変形例との相違点を中心に説明する。

[0048] 本変形例の回転機用ダンパ18は、2つの側部補助磁石60と、1つの中央補助磁石62と、をさらに備える。

[0049] 側部補助磁石60は、磁石52の軸方向外側（軸方向における反磁石支持部46側）であって、カバー部44の径方向内側に配置される。側部補助磁石60は、特に限定されないが、磁石52の軸方向外側の面52aおよびカバー部44の径方向内側の面44bに固定される。なお、側部補助磁石60は、磁石52の軸方向外側の面52aのみに固定されてもよいし、カバー部44の径方向内側の面44bのみに固定されてもよい。

[0050] 側部補助磁石60は永久磁石である。側部補助磁石60は、径方向におけ

る両端が互いに異なる磁極となるように着磁される。詳しくは、側部補助磁石60は、一方の磁極面であるN極が径方向外側を向き、他方の磁極面であるS極が径方向内側を向く。なお、磁石50, 52のN極とS極とが逆の場合、側部補助磁石60のN極とS極も逆になる。すなわち、側部補助磁石60は、径方向外側の磁極が磁石50, 52の軸方向外側の磁極と同じになるように着磁される。いずれにせよ、側部補助磁石60は軸方向の磁束密度変化を生じさせる。側部補助磁石60は、周方向に連続するリング状に形成される。なお、側部補助磁石60は、周方向に間欠的に形成されてもよい。

[0051] 中央補助磁石62は、2つの磁石50の間であって、磁石支持部46の径方向内側に配置される。中央補助磁石62は、特に限定されないが、磁石50の軸方向内側の面50aおよび磁石支持部46の径方向内側の面46cに固定される。なお、中央補助磁石62は、磁石50の軸方向内側の面50aのみに固定されてもよいし、磁石支持部46の径方向内側の面46cのみに固定されてもよい。

[0052] 中央補助磁石62は永久磁石である。中央補助磁石62は、径方向における両端が互いに異なる磁極となるように着磁される。詳しくは、中央補助磁石62は、一方の磁極面であるN極が径方向内側を向き、他方の磁極面であるS極が径方向外側を向く。なお、磁石50, 52のN極とS極とが逆の場合、中央補助磁石62のN極とS極も逆になる。すなわち、中央補助磁石62は、径方向内側の磁極が磁石50, 52の軸方向内側の磁極と同じになるように着磁される。いずれにせよ、中央補助磁石62は軸方向の磁束密度変化を生じさせる。中央補助磁石62は、周方向に連続するリング状に形成される。なお、中央補助磁石62は、周方向に間欠的に形成されてもよい。

[0053] 補助磁石60, 62は、特に限定されないが、軸方向に見たときに少なくとも一部が磁石50, 52と重なるように配置される。補助磁石60, 62は、図7に示されるように、軸方向に見たときにその全体が磁石50, 52と重なるように配置されてもよい。

[0054] 磁石50, 52は、磁石支持部46、外周部42およびカバー部44とと

もに、主磁気回路M1を構成する。磁気回路M1の磁束は、対向部34を軸方向に貫く。磁気回路M1は、シャフト12の振動に伴う対向部34の変位に応じて対向部34を貫く磁束が変化する磁束密度分布を対向部34に与える。具体的には、磁気回路M1は、磁束密度が径方向に非一様な磁束密度分布を対向部34に与える。これは、例えば、磁石50、52の磁束密度が径方向に非一様であることによって実現されてもよい。対向部34における磁束密度が径方向に非一様であることにより、シャフト12の振動に応じて対向部34が径方向に変位した場合に対向部34を軸方向に貫く磁束が変化する。軸方向については、磁石50、52と対向部34との距離に応じて対向部34における磁束密度が変化する。したがって、シャフト12の振動に応じて対向部34が軸方向に変位した場合に対向部34を軸方向に貫く磁束が変化する。

[0055] 側部補助磁石60および中央補助磁石62は、カバー部44、磁石支持部46および軸受支持部32とともに、補助磁気回路M2を構成する。なお、回転機用ダンパ18が側部補助磁石60のみを備え、中央補助磁石62を備えない構成も考えられる。この場合も、側部補助磁石60は、カバー部44、磁石支持部46および軸受支持部32とともに、補助磁気回路M2を構成する。

[0056] 主磁気回路M1の磁束に、補助磁気回路M2の磁束が重畳される。主磁気回路M1の磁束の向きと、補助磁気回路M2の磁束の向きは、重畳部分において同一である。したがって、補助磁気回路M2の磁束によって、主磁気回路M1の磁束が強められる。

[0057] なお、補助磁気回路M2の磁束によって主磁気回路M1の磁束が強められる効果が得られるのであれば、言い換えると主磁気回路M1の磁束と補助磁気回路M2の磁束とが重畳され、重畳部分においてそれぞれの磁束の向きが同一であれば、補助磁石60、62は軸方向に見たときに磁石50、52と重なっていなくてもよい。

[0058] 本変形例においても、第1変形例と同様に、シャフト12の変位に伴って

内側部材 30 が変位すると、対向部 34 の 2 つの面 34 c, 34 d に渦電流が発生し、その結果、減衰力が得られる。

[0059] 続いて、本発明者は、本変形例の回転機用ダンパ 18 の減衰性能を確かめるため、実施の形態のシミュレーションと同様の条件でシミュレーションを行った。

[0060] 図 8 は、シャフト 12 を径方向にインパルス加振したときの発熱密度分布（シミュレーション結果）を示す図である。図 8 では、渦電流損が最も顕著に表れている時刻における分布を示している。図 10 についても同様である。

[0061] 図 8 の 3 つの発熱密度分布はそれぞれ、左から順に、本変形例、実施の形態、第 1 変形例の発熱密度分布を示す。渦電流が流れることで発熱するため、発熱密度分布から渦電流の発生状況が分かる。図 8 より、本変形例は実施の形態および第 1 変形例と比べて対向部 34 の発熱密度が高いこと、すなわち本変形例では実施の形態および第 1 変形例と比べてより多くの渦電流が対向部 34 に発生していることが分かる。また、図 8 より、本変形例では、実施の形態および第 1 変形例と比べて、より多くの渦電流が磁石 50, 52 と径方向に対向する軸受支持部 32 の部分に発生していることが分かる。

[0062] 図 9 は、シャフト 12 を径方向にインパルス加振したときの減衰振動波形（シミュレーション結果）を示す図である。横軸は時間 (ms) であり、縦軸はシャフト 12 の振幅（無次元量）である。グラフ 78 は、本変形例の減衰振動波形を示す。グラフ 80, 82 はそれぞれ、実施の形態、第 1 変形例の減衰振動波形を示す。シャフト 12 の振幅の最大値は本変形例が最も小さく、減衰速度も本変形例が最も速い。つまり、本変形例の回転機用ダンパ 18 が、径方向に比較的高い減衰性能を有することが分かる。

[0063] 図 8～9 より、シャフト 12 の変位に伴って内側部材 30 が径方向に変位すると、対向部 34 および軸受支持部 32 に比較的多くの渦電流が発生し、その結果、径方向に高い減衰力が得られることが分かる。

[0064] 図 10 は、シャフト 12 を軸方向にインパルス加振したときの発熱密度分

布（シミュレーション結果）を示す図である。図10の3つの発熱密度分布は、左から順に、本変形例、実施の形態、第1変形例の発熱密度分布を示す。図10より、本変形例では、磁石50、52の角付近と軸方向に対向する対向部34の部分に比較的多くの渦電流が発生していることが分かる。また、本変形例では、実施の形態および第1変形例と比べて、より多くの渦電流が補助磁石60、62と径方向に対向する軸受支持部32の部分に発生していることが分かる。

[0065] 図11は、シャフト12を軸方向にインパルス加振したときの減衰振動波形（シミュレーション結果）を示す図である。横軸は時間（ms）であり、縦軸はシャフト12の振幅（無次元量）である。グラフ84は、本変形例の減衰振動波形を示す。グラフ86、88はそれぞれ、実施の形態、第1変形例の減衰振動波形を示す。本変形例におけるシャフト12の振幅の最大値は最も小さく、減衰速度は減衰速度も最も速い。つまり、本変形例の回転機用ダンパ18が、軸方向に比較的高い減衰性能を有することが分かる。

[0066] 図10～11より、シャフト12の変位に伴って内側部材30が軸方向に変位すると、対向部34および軸受支持部32に比較的多くの渦電流が発生し、その結果、軸方向に高い減衰力が得られることが分かる。

[0067] 本変形例によれば、第1変形例と同様の作用効果を奏することができる。加えて、本変形例によれば、より多くの渦電流が対向部34および軸受支持部32に発生するため、より高い減衰力が得られる。すなわち、より高い減衰性能を実現できる。また、本変形例によれば、補助磁石60、62によって軸方向の磁束密度変化が追加されるため、軸方向により強い減衰力が得られる。

[0068] （第3変形例）

図12は、第3変形例の回転機10の回転支持部14とその周辺を拡大して示す拡大断面図である。図12は、図2に対応する。実施の形態との相違点を中心に説明する。

[0069] 内側部材30は、軸受支持部32と、対向部34と、軸受支持部32と対

向部34とを連結する連結部36と、を含む。対向部34は、本変形例では筒状であり、軸受支持部32および磁石50を環囲する。連結部36は、周方向に連続的にすなわちリング状に形成されてもよいし、周方向に間欠的に形成されてもよい。対向部34は、本変形例では、磁石50と所定の隙間を介して径方向に対向する。内側部材30は、実施の形態と同様に、少なくとも対向部34が導電性を有する。

[0070] 外側部材40は、外周部42と、2つのカバー部44と、2つのカバー部44のそれぞれの内周端から軸方向内側（軸方向における回転機用ダンパ18の中央側）に張り出した2つの磁石支持部46と、を含む。2つの磁石支持部46のそれぞれの外周面46cには、磁石50が固定される。

[0071] 磁石50は、径方向における両端が互いに異なる磁極となるように着磁される。詳しくは、磁石50は、一方の磁極面であるN極が対向部34の内周面34aと所定の隙間を介して径方向に対向し、他方の磁極面であるS極が磁石支持部46の外周面46cに当接する。なお、磁石50のN極とS極とが逆であってもよい。

[0072] 外側部材40は、実施の形態と同様に、磁性体であり、好ましくは、軟磁性体である。外側部材40は、外周部42が磁石50のN極に対向し、磁石支持部46が磁石50のS極に対向（当接）する。したがって、磁石50のN極から出た磁束は、対向部34を径方向に貫いてから、外周部42、カバー部44、磁石支持部46をこの順に通ってS極に戻る。つまり、外側部材40は、実施の形態と同様に、磁気回路の一部を構成するヨークとして機能する。

[0073] 磁石50、外周部42、カバー部44および磁石支持部46は、磁気回路Mを構成する。磁気回路Mの磁束は、対向部34を径方向に貫く。磁気回路Mは、シャフト12の振動に伴う対向部34の変位に応じて対向部34を貫く磁束が変化する磁束密度分布を対向部34に与える。具体的には、磁気回路Mは、磁束密度が軸方向に非一様な磁束密度分布を対向部34に与える。これは、例えば、磁石50の磁束密度が軸方向に非一様であることによって

実現されてもよい。対向部 34 における磁束密度が軸方向に非一様であることにより、シャフト 12 の振動に応じて対向部 34 が軸方向に変位した場合に対向部 34 を径方向に貫く磁束が変化する。径方向については、磁石 50 と対向部 34 との距離に応じて対向部 34 における磁束密度が変化する。したがって、シャフト 12 の振動に応じて対向部 34 が径方向に変位した場合に対向部 34 を径方向に貫く磁束が変化する。

[0074] 本変形例においても、実施の形態と同様に、シャフト 12 の変位に伴って内側部材 30 が変位すると、対向部 34 に渦電流が発生し、その結果、減衰力が得られる。

[0075] 本変形例によれば、実施の形態と同様の作用効果を奏することができる。加えて、本変形例によれば、対向部 34 を径方向に貫く磁束に基づいて対向部 34 に渦電流が発生する。したがって、対向部 34 の軸方向の寸法を大きくすれば、磁石 50 の磁束をより有効に利用できる。つまり、回転機用ダンパ 18 の径方向の寸法を保ったまま、回転機用ダンパ 18 の減衰性能を向上させることができる。

[0076] (第 4 変形例)

図 13 は、第 4 変形例の回転機 10 の回転支持部 14 とその周辺を拡大して示す拡大断面図である。図 13 は、図 2 に対応する。実施の形態との相違点を中心に説明する。

[0077] 内側部材 30 は、軸受支持部 32 と、対向部 34 と、を含む。軸受支持部 32 は、対向部 34 を挟んで、磁石 50 および外側部材 40 の内向き突出部 48 と径方向に対向する。対向部 34 は、例えば円筒状であり、軸受支持部 32 を環囲して軸受支持部 32 に固定される。対向部 34 は、本変形例では、磁石 50 と所定の間隙を介して径方向に対向する。内側部材 30 は、実施の形態と同様に、少なくとも対向部 34 が導電性を有する。

[0078] 外側部材 40 は、外周部 (磁石支持部) 42 と、外周部 42 の軸方向の中央から径方向内向きに突出する内向き突出部 48 と、を含む。外周部 42 の内周面 42a には、内向き突出部 48 を挟むように 2 つの磁石 50 が固定さ

れる。

- [0079] 磁石50は、径方向における両端が互いに異なる磁極となるように着磁される。詳しくは、磁石50は、一方の磁極面であるN極が外周部42の内周面42aに当接し、他方の磁極面であるS極が対向部34の外周面34bと所定の隙間を介して径方向に対向する。なお、磁石50のN極とS極とが逆であってもよい。
- [0080] 外側部材40は、実施の形態と同様に、磁性体であり、好ましくは、軟磁性体である。また、本変形例の軸受支持部32は、外側部材40と同様に、磁性体であり、好ましくは、軟磁性体である。外側部材40の外周部42が磁石50のN極に対向（当接）し、内側部材30の軸受支持部32が磁石50のS極に対向する。また、外側部材40の内向き突出部48が、内側部材30の軸受支持部32と近接している。したがって、磁石50のN極から出た磁束は、外側部材40の外周部42、内向き突出部48、内側部材30の軸受支持部32をこの順に通ってS極に戻る。つまり、外側部材40および内側部材の軸受支持部32は、磁気回路の一部を構成するヨークとして機能する。
- [0081] 磁石50、外側部材40の外周部42、内向き突出部48および内側部材30の軸受支持部32は、磁気回路Mを構成する。磁気回路Mの磁束は、対向部34を径方向に貫く磁気回路Mは、シャフト12の振動に伴う対向部34の変位に応じて対向部34を貫く磁束が変化する磁束密度分布を対向部34に与える。具体的には、磁気回路Mは、磁束密度が軸方向に非一様な磁束密度分布を対向部34に与える。これは、例えば、磁石50の磁束密度が軸方向に非一様であることによって実現されてもよい。対向部34における磁束密度が軸方向に非一様であることにより、シャフト12の振動に応じて対向部34が軸方向に変位した場合に対向部34を径方向に貫く磁束が変化する。径方向については、磁石50と対向部34との距離に応じて対向部34における磁束密度が変化する。したがって、シャフト12の振動に応じて対向部34が径方向に変位した場合に対向部34を径方向に貫く磁束が変化する。

る。

[0082] 本変形例においても、実施の形態と同様に、シャフト12の変位に伴って内側部材30が変位すると、対向部34に渦電流が発生し、その結果、減衰力が得られる。

[0083] 本変形例によれば、第3変形例と同様の作用効果を奏することができる。

[0084] (第5変形例)

実施の形態および上述の変形例では、磁石50が外側部材40に固定され、内側部材30の対向部34に渦電流を発生させる場合について説明したが、変形例として、磁石50が内側部材30に固定され、外側部材に渦電流を発生させてもよい。

[0085] 図14は、第5変形例の回転機10の回転支持部14とその周辺を拡大して示す拡大断面図である。図14は、図2に対応する。実施の形態との相違点を中心に説明する。

[0086] 外側部材40は、外周部42と、それぞれ磁石50の磁極面と対向する2つの対向部144と、を含む。対向部144は、外周部42から径方向内向き突出する。対向部144は、本変形例では、磁石50と所定の隙間を介して軸方向に対向する。外側部材40は、実施の形態の内側部材30と同様に、少なくとも対向部144が導電性を有し、好ましくは非磁性体、例えばアルミニウムである。

[0087] 内側部材30は、軸受支持部32と、軸受支持部32の軸方向の両端のそれぞれから径方向外向きに張り出したカバー部134と、磁石50を支持する磁石支持部136と、を含む。磁石支持部136は、本変形例では、軸受支持部32の軸方向の中央から径方向外向きに突出する。磁石支持部136は、実施の形態の磁石支持部46と同様に、周方向に連続的あるいは間欠的に形成され、軸方向の両端面136a, 136bのそれぞれに磁石50が固定される。

[0088] カバー部134は、軸方向において、対向部144を挟んで磁石50と対向する。

[0089] 内側部材30は、磁性体であり、好ましくは、軟磁性体である。内側部材30は、上述したように、磁石支持部136が磁石50のN極に対向（当接）し、カバー部134が磁石50のS極に対向する。したがって、磁石50のN極から出た磁束は、磁石支持部136、軸受支持部32、カバー部134をこの順に通り、対向部144を軸方向に貫いてS極に戻る。つまり、内側部材30は、磁気回路の一部を構成するヨークとして機能する。これにより、磁束の相殺が抑えられ、また漏れ磁束が少なくなり、磁気効率が高まる。

[0090] 磁石50、磁石支持部136、軸受支持部32およびカバー部134は、磁気回路Mを構成する。磁気回路Mの磁束は、対向部144を径方向に貫く。磁気回路Mは、シャフト12の振動に伴う対向部144の変位に応じて対向部144を貫く磁束が変化する磁束密度分布を対向部144に与える。具体的には、磁気回路Mは、磁束密度が径方向に非一様な磁束密度分布を対向部144に与える。これは、例えば、磁石50の磁束密度が軸方向に非一様であることによって実現されてもよい。対向部144における磁束密度が軸方向に非一様であることにより、シャフト12の振動に応じて対向部144が軸方向に変位した場合に対向部144を径方向に貫く磁束が変化する。径方向については、磁石50と対向部144との距離に応じて対向部144における磁束密度が変化する。したがって、シャフト12の振動に応じて対向部144が径方向に変位した場合に対向部144を径方向に貫く磁束が変化する。

[0091] 本変形例では、シャフト12の変位に伴って磁石50が変位すると、対向部144に渦電流が発生し、その結果、減衰力が得られる。

[0092] 本変形例によれば、実施の形態と同様の作用効果を奏することができる。

[0093] さらに変形例として、第1変形例と同様に、回転機用ダンパ18は、2つのカバー部134のそれぞれの軸方向内側の面に固定される2つの磁石52をさらに備えてもよい。また、回転機用ダンパ18は、第2変形例と同様に、2つの側部補助磁石60と、1つの中央補助磁石62をさらに備えても

よい。2つの側部補助磁石60は、磁石52の軸方向外側であって、カバー部134の径方向内側に配置されればよい。中央補助磁石62は、2つの磁石50の間であって、磁石支持部136の径方向外側に配置されればよい。

[0094] (第6変形例)

実施の形態および上述の変形例とは異なり、磁石50はハルバッハ配列の磁石であってもよい。

[0095] 図15は、第6変形例の回転機10の回転支持部14とその周辺を拡大して示す拡大断面図である。図15は、図2に対応する。実施の形態との相違点を中心に説明する。

[0096] 磁石50は、対向部34側の磁束密度が高くなるように構成されたハルバッハ配列の磁石である。

[0097] 詳しくは、磁石50は、径方向に積層された複数の磁石50__1~50__5を含む。なお、磁石50を構成する磁石の数は特に限定されない。磁石50__1は最も径方向内側に位置し、磁石50__2は磁石50__1を環囲し、磁石50__3は磁石50__2を環囲し、磁石50__4は磁石50__3を環囲し、磁石50__5は磁石50__4を環囲する。磁石50__1, 50__3, 50__5は、軸方向における両端が互いに異なる磁極となるように着磁される。磁石50__1, 50__5は、軸方向外側がN極、軸方向内側がS極となるように着磁される。磁石50__3は、軸方向内側がN極、軸方向外側がS極となるように着磁される。磁石50__2, 50__4は、径方向における両端が互いに異なる磁極となるように着磁される。磁石50__2は、径方向内側がN極、径方向外側がS極となるように着磁される。磁石50__4は、径方向外側がN極、径方向内側がS極となるように着磁される。

[0098] 本変形例においても、実施の形態と同様に、シャフト12の変位に伴って内側部材30が変位すると、対向部34に渦電流が発生し、その結果、減衰力が得られる。

[0099] 続いて、本発明者は、本変形例の回転機用ダンパ18の減衰性能を確かめるため、実施の形態のシミュレーションと同様の条件でシミュレーションを

行った。

[0100] 図16は、シャフト12を軸方向にインパルス加振したときの減衰振動波形（シミュレーション結果）を示す図である。横軸は時間（ms）であり、縦軸はシャフト12の振幅（無次元量）である。グラフ90は、本変形例の減衰振動波形を示す。グラフ92, 94, 96はそれぞれ、実施の形態、第1変形例、第2変形例の減衰振動波形を示す。シャフト12の振幅の最大値は本変形例が最も小さく、減衰速度も本変形例が最も速い。つまり、本変形例の回転機用ダンパ18が、軸方向に比較的高い減衰性能を有することが分かる。

[0101] なお、シミュレーションにより、本変形例の回転機用ダンパ18が、径方向について、実施の形態と同程度の減衰性能を有することも確認されている。

[0102] 本変形例によれば、実施の形態と同様の作用効果を奏することができる。加えて、本変形例では、磁石50がハルバッハ配列の磁石であるため、シャフト12の変位に伴って内側部材30が軸方向に変位したときに対向部34を軸方向に貫く磁束の変化量が高く、したがって対向部34には多くの渦電流が発生する。その結果、軸方向に高い減衰力が得られる。

[0103] さらなる変形例として、外側部材40を非磁性体としてもよい。つまり、外側部材40をヨークとして機能させなくてもよい。磁石50がハルバッハ配列の磁石であり、その磁束は対向部34側に集中するため、外側部材40をヨークとして機能させなくても対向部34とは反対側への漏れ磁束が少ないためである。この場合、外側部材40は、磁束を通しやすくする必要がないため、比較的薄く構成されうる。

[0104] （第7変形例）

図17は、第7変形例の回転機10の回転支持部14とその周辺を拡大して示す拡大断面図である。図17は、図15に対応する。本変形例は、第6変形例に第1変形例を組み合わせた変形例である。第6変形例との相違点を中心に説明する。

- [0105] 本変形例の回転機用ダンパ18は、2つの磁石50に加えて、第1変形例と同様にさらに2つの磁石52を備える。
- [0106] 磁石50および磁石52はいずれも、対向部34側の磁束密度が高くなるように構成されたハルバッハ配列の磁石である。対向部34を挟んで対向する磁石50および磁石52は、いわゆるデュアルハルバッハ配列の磁石54を構成する。
- [0107] 上述したように磁石50、52はハルバッハ配列の磁石であり、その磁束は対向部34側に集中するため、対向部34とは反対側への漏れ磁束を抑止するためのヨークは不要となる。つまり、外側部材40を、磁気回路の一部を構成するヨークとして機能させる必要がない。したがって、外側部材40は非磁性体である。また、外側部材40が磁気回路の一部を構成する場合は磁束を通しやすくするために外側部材40を比較的厚く構成する必要があるが、本変形例では外側部材40は磁気回路の一部を構成しないすなわち磁束を通しやすくする必要がないため、外側部材40は比較的薄く構成される。なお、外側部材40をヨークとして機能させてもよいことはもちろんである。
- [0108] 外側部材40が非磁性体であるため、磁石50、52が単独で磁気回路Mを構成する。
- [0109] 本変形例においても、実施の形態と同様に、シャフト12の変位に伴って内側部材30が変位すると、対向部34に渦電流が発生し、その結果、減衰力が得られる。
- [0110] 本変形例によれば、第6変形例および第1変形例と同様の作用効果を奏することができる。加えて、本変形例によれば、外側部材40は磁石50、52を支持できればよく、ヨークとして機能する必要がないため、比較的薄く構成される。したがって、外側部材40ひいては回転機用ダンパ18を比較的軽くできる。
- [0111] (第8変形例)
- 図18は、第8変形例の回転機10の回転支持部14とその周辺を拡大し

て示す拡大断面図である。図18は、図17に対応する。本変形例は、第7変形例に第2変形例を組み合わせた変形例である。第7変形例との相違点を中心に説明する。

[0112] 本変形例の回転機用ダンパ18は、第2変形例と同様に、2つの側部補助磁石60と、1つの中央補助磁石62と、をさらに備える。

[0113] 側部補助磁石60は、ハルバッハ配列の磁石52を構成する複数の磁石のうちの最も内側の磁石52__1と軸方向に並ぶ。側部補助磁石60は、磁石52__1とともに、軸受支持部32（別の対向部）側の磁束密度が高くなるハルバッハ配列の磁石56を構成する。

[0114] 同様に、中央補助磁石62は、ハルバッハ配列の磁石50を構成する複数の磁石のうちの最も内側の磁石50__1と軸方向に並ぶ。中央補助磁石62は、磁石50__1とともに、軸受支持部32側の磁束密度が高くなるハルバッハ配列の磁石58を構成する。

[0115] 本変形例においても、実施の形態と同様に、シャフト12の変位に伴って内側部材30が変位すると、対向部34に渦電流が発生し、その結果、減衰力が得られる。

[0116] 図19は、シャフト12を径方向にインパルス加振したときの減衰振動波形（シミュレーション結果）を示す図である。横軸は時間（ms）であり、縦軸はシャフト12の振幅（無次元量）である。グラフ102は、本変形例の減衰振動波形を示す。グラフ104、106はそれぞれ、第2変形例、第7変形例の減衰振動波形を示す。シャフト12の振幅の最大値は本変形例が最も小さく、減衰速度も本変形例が最も速い。つまり、本変形例の回転機用ダンパ18が、径方向に比較的高い減衰性能を有することが分かる。

[0117] 図20は、シャフト12を軸方向にインパルス加振したときの減衰振動波形（シミュレーション結果）を示す図である。横軸は時間（ms）であり、縦軸はシャフト12の振幅（無次元量）である。グラフ112は、本変形例の減衰振動波形を示す。グラフ114、116はそれぞれ、第2変形例、第7変形例の減衰振動波形を示す。シャフト12の振幅の最大値は本変形例が

最も小さく、減衰速度も本変形例が最も速い。つまり、本変形例の回転機用ダンパ18が、軸方向に比較的高い減衰性能を有することが分かる。

[0118] 本変形例によれば、第7変形例および第2変形例と同様の作用効果を奏することができる。加えて、本変形例によれば、補助磁石60、62が磁石50_1、52_1とともにハルバッハ配列を構成し、軸受支持部32により多くの渦電流が発生するため、より高い減衰力が得られる。すなわち、より高い減衰性能を実現できる。

[0119] (第9変形例)

第6～第8変形例では特に言及しなかったが、図12の第3変形例、図13の第4変形例および図14の第5変形例の回転機用ダンパ18についても同様に、磁石50はハルバッハ配列の磁石であってもよい。また、図6の第1変形例および図7の第2変形例の回転機用ダンパ18は、磁石50および磁石52のうち的一方のみがハルバッハ配列の磁石であってもよい。

[0120] (本開示の各態様) 本開示のある態様の回転機用ダンパは、回転機の回転機用ダンパであって、回転機のシャフトを回転自在に支持する軸受を支持可能な内側部材と、内側部材の外周側に設けられる外側部材と、磁石と、を備える。内側部材および外側部材の一方は、導電部材であり、磁石は、内側部材および外側部材の他方に固定され、内側部材および外側部材の一方と隙間を空けて対向し、内側部材は、シャフトの軸方向および径方向に変位可能であり、内側部材の変位に基づく電磁誘導起電力により、シャフトの軸方向および径方向振動を減衰させる。

[0121] ある態様では、磁石と、内側部材および外側部材の他方とは、内側部材の変位に応じて内側部材および外側部材の一方を通過する磁束が変化する磁束密度分布を内側部材および外側部材の一方に与える磁気回路を構成する。

[0122] ある態様では、内側部材は導電部材であり、磁石は外側部材に固定され、磁石と外側部材とは、内側部材の変位に応じて内側部材を通過する磁束が変化する磁束密度分布を内側部材に与える磁気回路を構成する。

[0123] ある態様では、外側部材は導電部材であり、磁石は内側部材に固定され、

磁石と内側部材とは、内側部材の変位に応じて外側部材を通過する磁束が変化する磁束密度分布を外側部材に与える磁気回路を構成する。

- [0124] ある態様では、内側部材および外側部材は筒状である。
- [0125] これらの態様によれば、回転機用ダンパの長寿命化を実現できる。
- [0126] ある態様では、磁石は、軸方向における両端が互いに異なる磁極となるように着磁され、内側部材および外側部材の一方は、磁石と軸方向に対向する対向部を有する。
- [0127] この態様によれば、回転機用ダンパの軸方向の薄さを保ったまま、渦電流が発生する導電部材の表面積を大きくして磁石の磁束をより有効に利用できる。
- [0128] ある態様では、内側部材および外側部材の他方に固定され、内側部材および外側部材の一方と隙間を介して対向する別の磁石をさらに備え、別の磁石は、軸方向において対向部に対して磁石とは反対側に配置され、対向部と軸方向に対向し、磁石および別の磁石はいずれも、対向部側の磁束密度が高くなるように構成されたハルバッハ配列の磁石である。
- [0129] この態様によれば、外側部材ひいては回転機用ダンパを比較的軽くできる。
- [0130] ある態様では、補助磁石をさらに備え、補助磁石は、内側部材および外側部材の他方に固定され、径方向における両端が互いに異なる磁極となるように着磁され、磁石による磁束を強める方向の磁束を発生させる。
- [0131] ある態様では、磁石は、対向部側の磁束密度が高くなるように構成されたハルバッハ配列の磁石であり、内側部材および外側部材の一方は、磁石および補助磁石と軸方向に対向する別の対向部を有し、補助磁石は、磁石とともに別の対向部側の磁束密度が高くなるように構成されたハルバッハ配列の磁石を構成する。
- [0132] これらの態様によれば、より高い減衰性能を実現でき、回転機用ダンパのさらなる長寿命化を実現できる。
- [0133] ある態様では、内側部材および外側部材の他方は、ヨークを兼ねる磁性体

である。

- [0134] この態様によれば、漏れ磁束が少なくなり、磁気効率が高まる。
- [0135] 本開示のある態様の回転機は、上記の回転機用ダンパと、回転機用ダンパの内側部材により支持される軸受と、軸受到回転自在に支持されるシャフトと、を備える。
- [0136] この態様によれば、回転機用ダンパの長寿命化を実現できる。
- [0137] ある態様では、複数の回転機用ダンパと、複数の回転機用ダンパに対応する複数の軸受であって、それぞれが、対応する回転機用ダンパの内側部材に支持される複数の軸受と、を備える。シャフトは、複数の軸受到回転自在に支持される。
- [0138] この態様によれば、シャフトをより安定に支持できる。
- [0139] ある態様では、回転機は、極低温環境下で使用される。

産業上の利用可能性

- [0140] 本開示は、回転機用ダンパおよびそれを備える回転機に関する。

符号の説明

- [0141] 10 回転機、 12 シャフト、 16 軸受、 18 回転機用ダンパ、 30 内側部材、 34, 144 対向部、 40 外側部材、 50 磁石。

請求の範囲

- [請求項1] 回転機のシャフトを回転自在に支持する軸受を支持可能な内側部材と、
前記内側部材の外周側に設けられる外側部材と、
磁石と、を備え、
前記内側部材および前記外側部材の一方は、導電部材であり、
前記磁石は、前記内側部材および前記外側部材の他方に固定され、
前記内側部材および前記外側部材の一方と隙間を介して対向し、
前記内側部材は、前記シャフトの軸方向および径方向に変位可能であり、
前記内側部材の変位に基づく電磁誘導起電力により、前記シャフトの軸方向および径方向振動を減衰させる回転機用ダンパ。
- [請求項2] 前記磁石と、前記内側部材および前記外側部材の前記他方とは、前記内側部材の変位に応じて前記内側部材および前記外側部材の前記一方を通過する磁束が変化する磁束密度分布を前記内側部材および前記外側部材の前記一方に与える磁気回路を構成する請求項1に記載の回転機用ダンパ。
- [請求項3] 前記内側部材は導電部材であり、前記磁石は前記外側部材に固定され、
前記磁石と前記外側部材とは、前記内側部材の変位に応じて前記内側部材を通過する磁束が変化する磁束密度分布を前記内側部材に与える磁気回路を構成する請求項1に記載の回転機用ダンパ。
- [請求項4] 前記外側部材は導電部材であり、前記磁石は前記内側部材に固定され、
前記磁石と前記内側部材とは、前記内側部材の変位に応じて前記外側部材を通過する磁束が変化する磁束密度分布を前記外側部材に与える磁気回路を構成する請求項1に記載の回転機用ダンパ。
- [請求項5] 前記内側部材および前記外側部材は筒状である請求項1に記載の回

転機用ダンパ。

[請求項6] 前記磁石は、前記軸方向における両端が互いに異なる磁極となるように着磁され、

前記内側部材および前記外側部材の前記一方は、前記磁石と前記軸方向に対向する対向部を有する請求項1に記載の回転機用ダンパ。

[請求項7] 前記内側部材および前記外側部材の他方に固定され、前記内側部材および前記外側部材の一方と隙間を介して対向する別の磁石をさらに備え、

前記別の磁石は、前記軸方向において前記対向部に対して前記磁石とは反対側に配置され、前記対向部と前記軸方向に対向し、

前記磁石および前記別の磁石はいずれも、前記対向部側の磁束密度が高くなるように構成されたハルバツハ配列の磁石である請求項6に記載の回転機用ダンパ。

[請求項8] 補助磁石をさらに備え、

前記補助磁石は、前記内側部材および前記外側部材の前記他方に固定され、前記径方向における両端が互いに異なる磁極となるように着磁され、前記磁石による磁束を強める方向の磁束を発生させる請求項6に記載の回転機用ダンパ。

[請求項9] 前記磁石は、前記対向部側の磁束密度が高くなるように構成されたハルバツハ配列の磁石であり、

前記内側部材および前記外側部材の前記一方は、前記磁石および前記補助磁石と前記軸方向に対向する別の対向部を有し、

前記補助磁石は、前記磁石とともに前記別の対向部側の磁束密度が高くなるように構成されたハルバツハ配列の磁石を構成する請求項8に記載の回転機用ダンパ。

[請求項10] 前記内側部材および前記外側部材の前記他方は、ヨークを兼ねる磁性体である請求項1に記載の回転機用ダンパ。

[請求項11] 請求項1から10のいずれかに記載の回転機用ダンパと、

前記回転機用ダンパの内側部材により支持される軸受と、
前記軸受に回転自在に支持されるシャフトと、
を備える回転機。

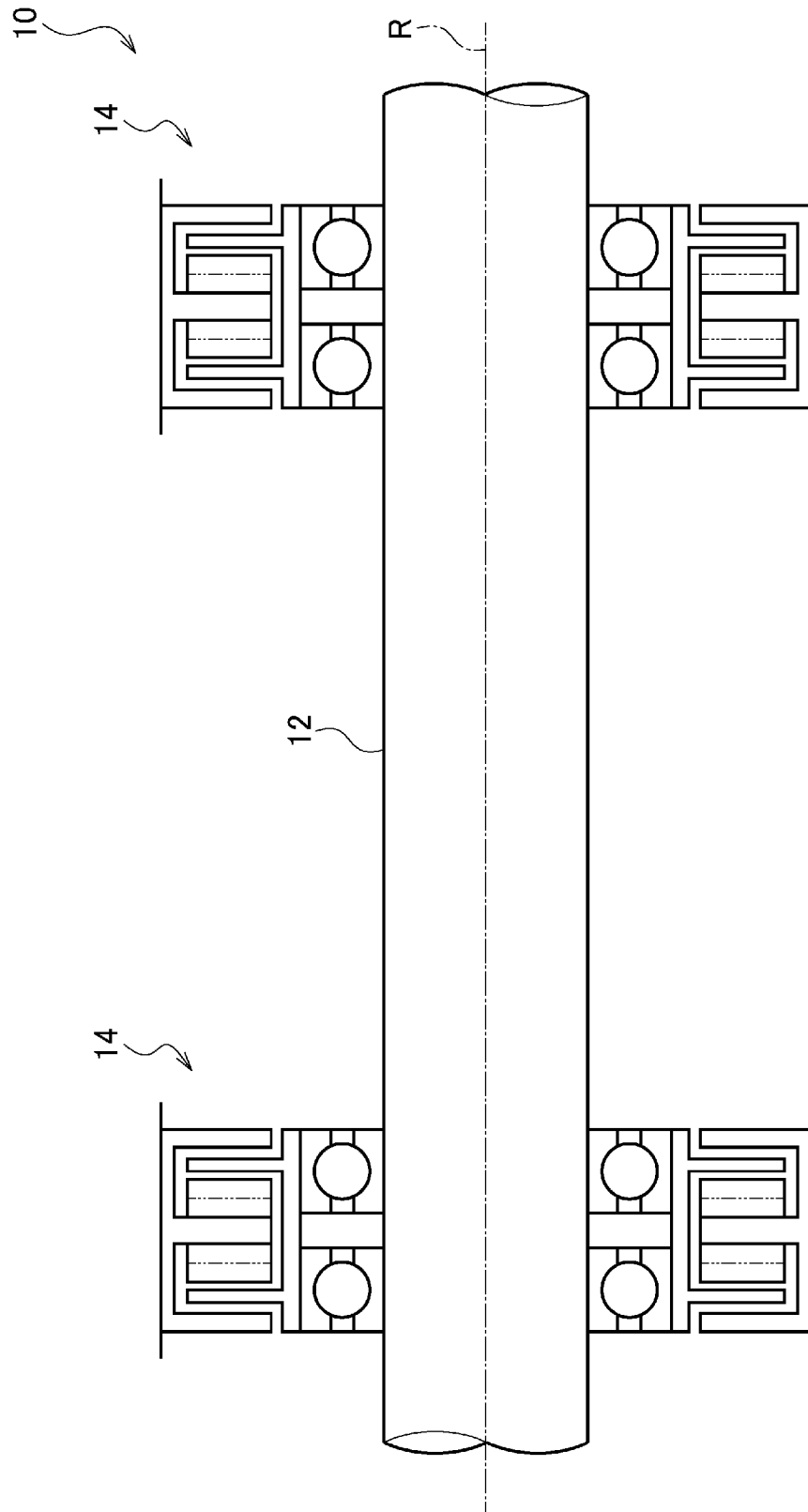
[請求項12]

複数の前記回転機用ダンパと、
複数の前記回転機用ダンパに対応する複数の軸受であって、それぞれが、対応する回転機用ダンパの内側部材に支持される複数の軸受と、
、
を備え、
前記シャフトは、前記複数の軸受に回転自在に支持される請求項1
1に記載の回転機。

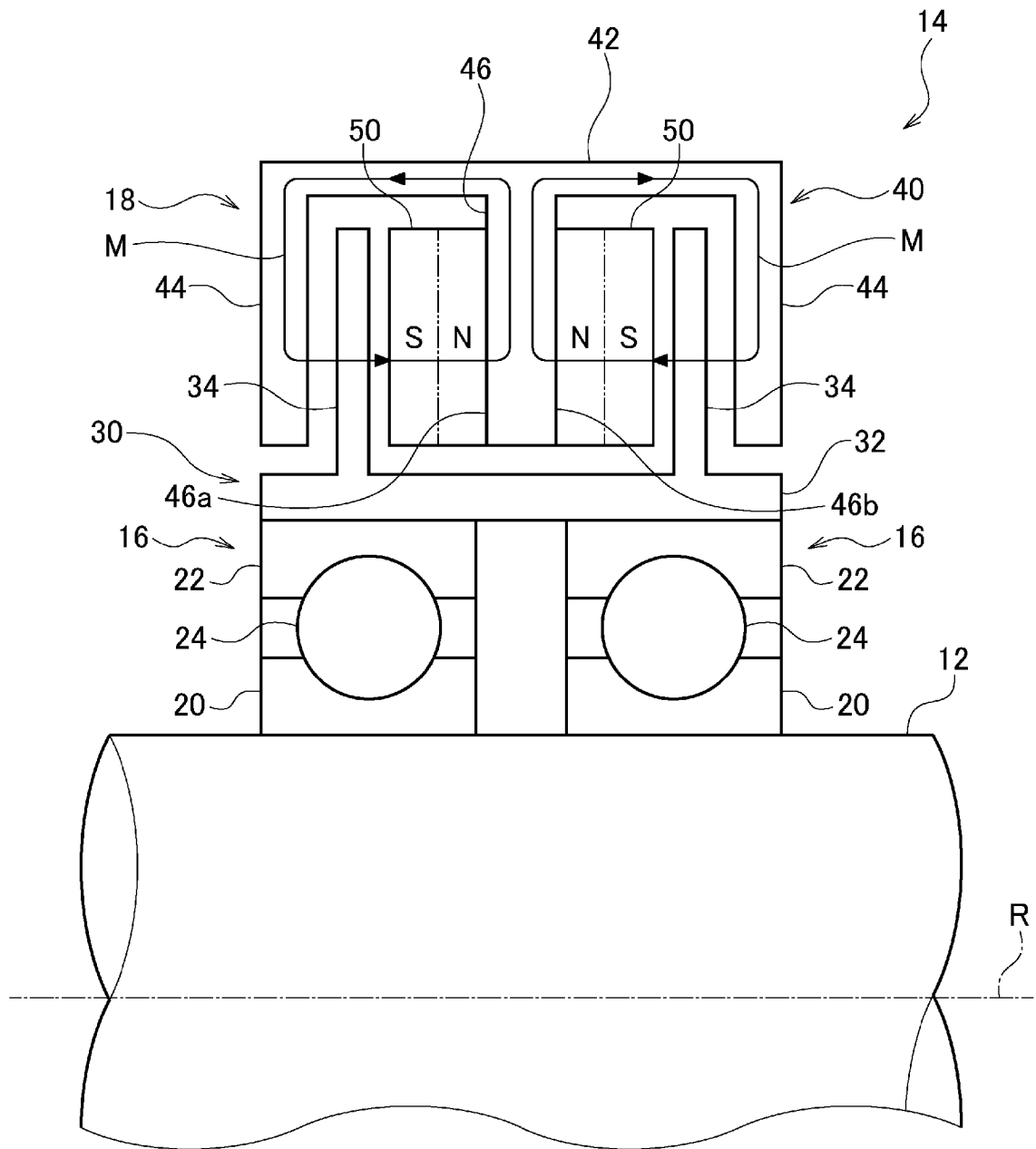
[請求項13]

極低温環境下で使用される請求項1 1に記載の回転機。

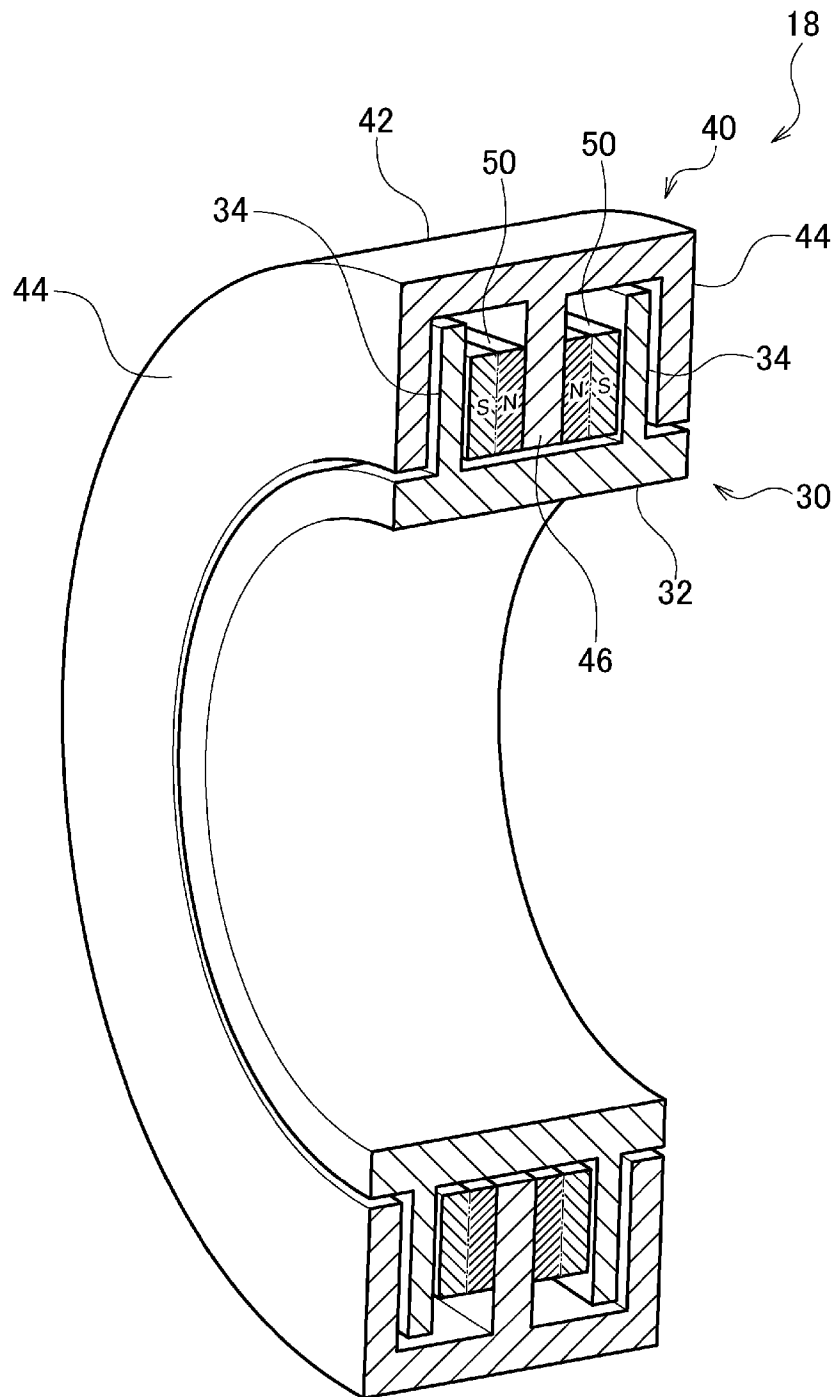
[図1]



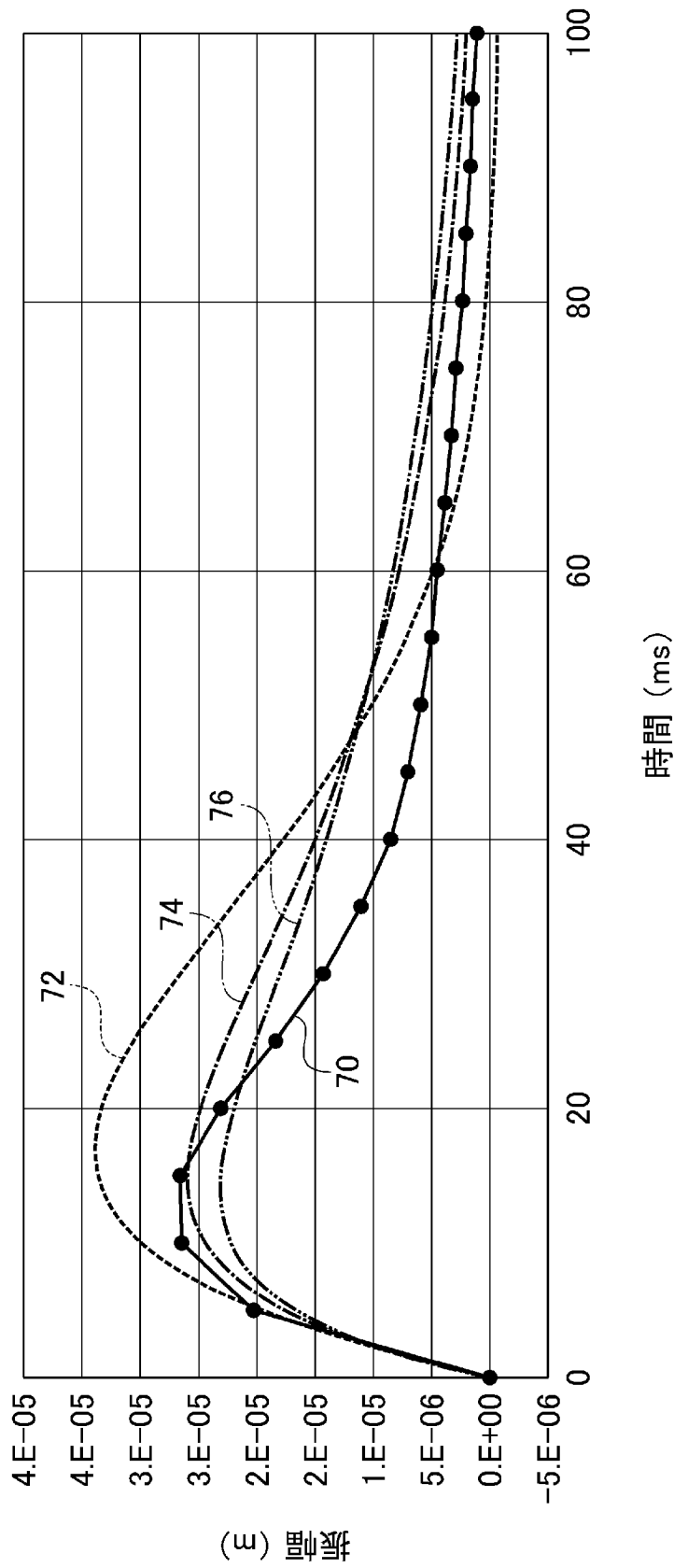
[図2]



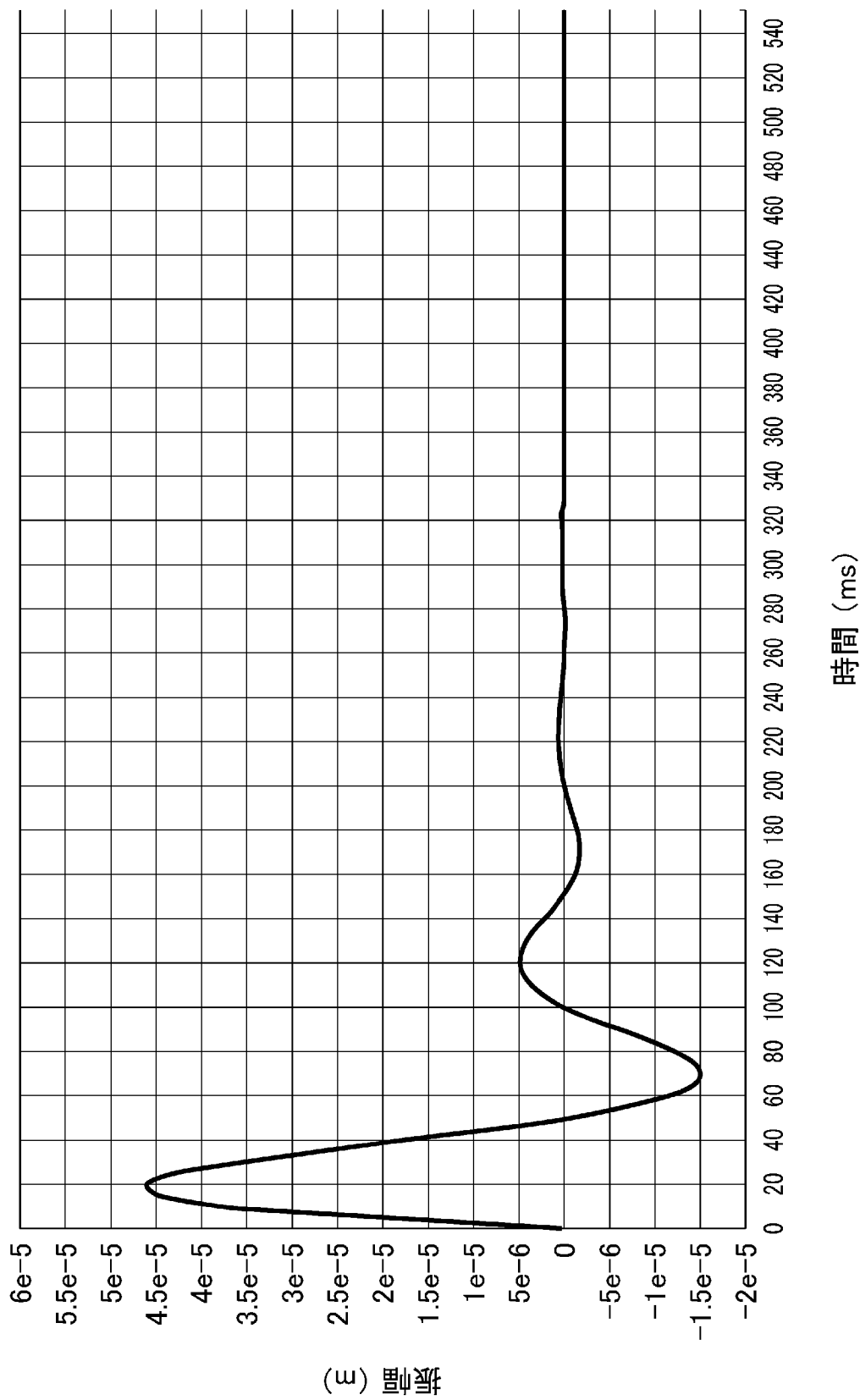
[図3]



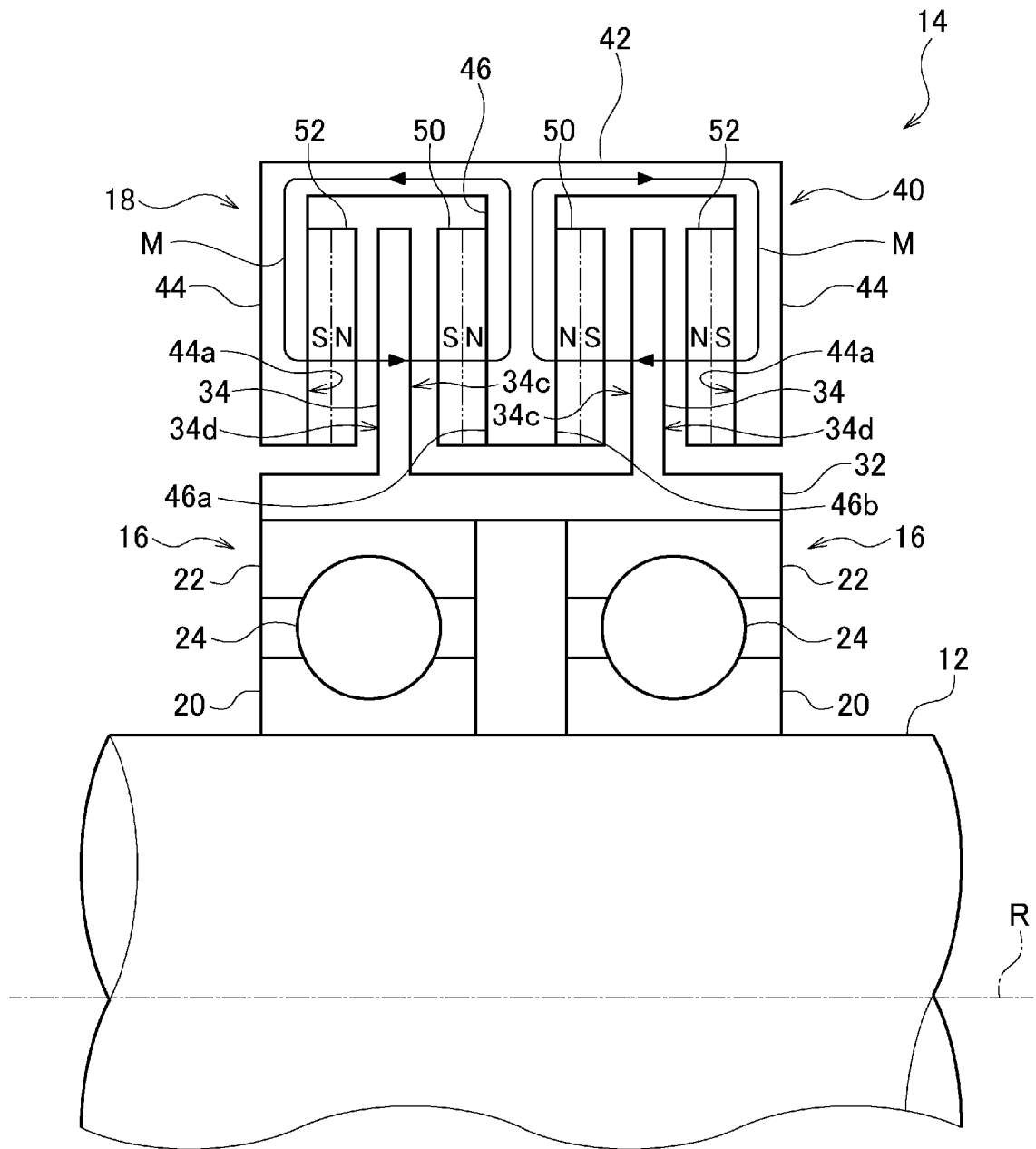
[図4]



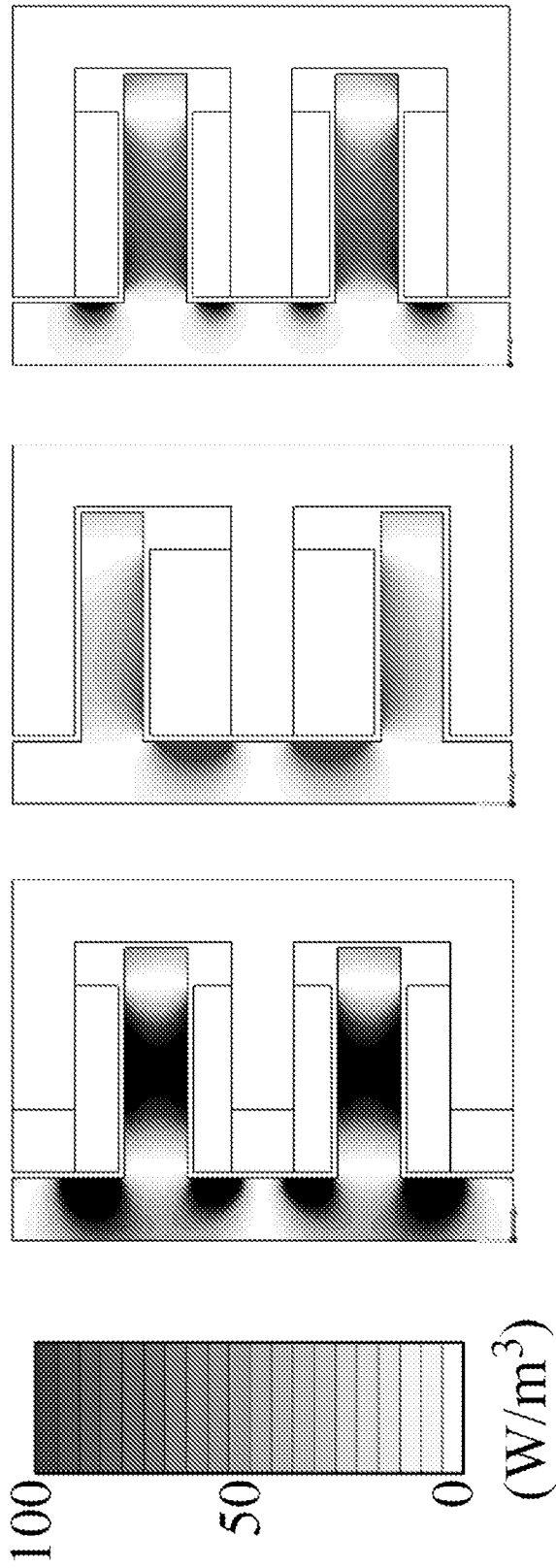
[図5]



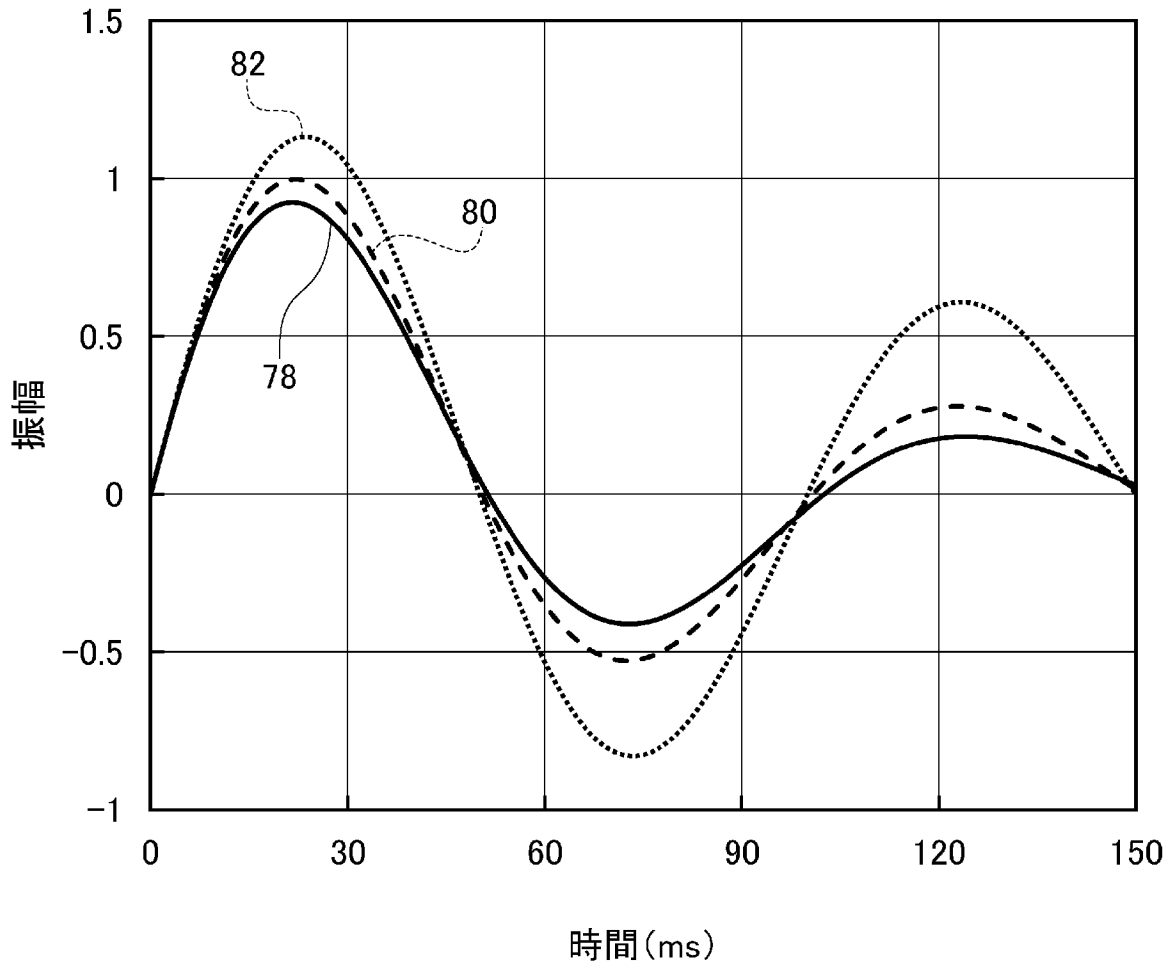
[図6]



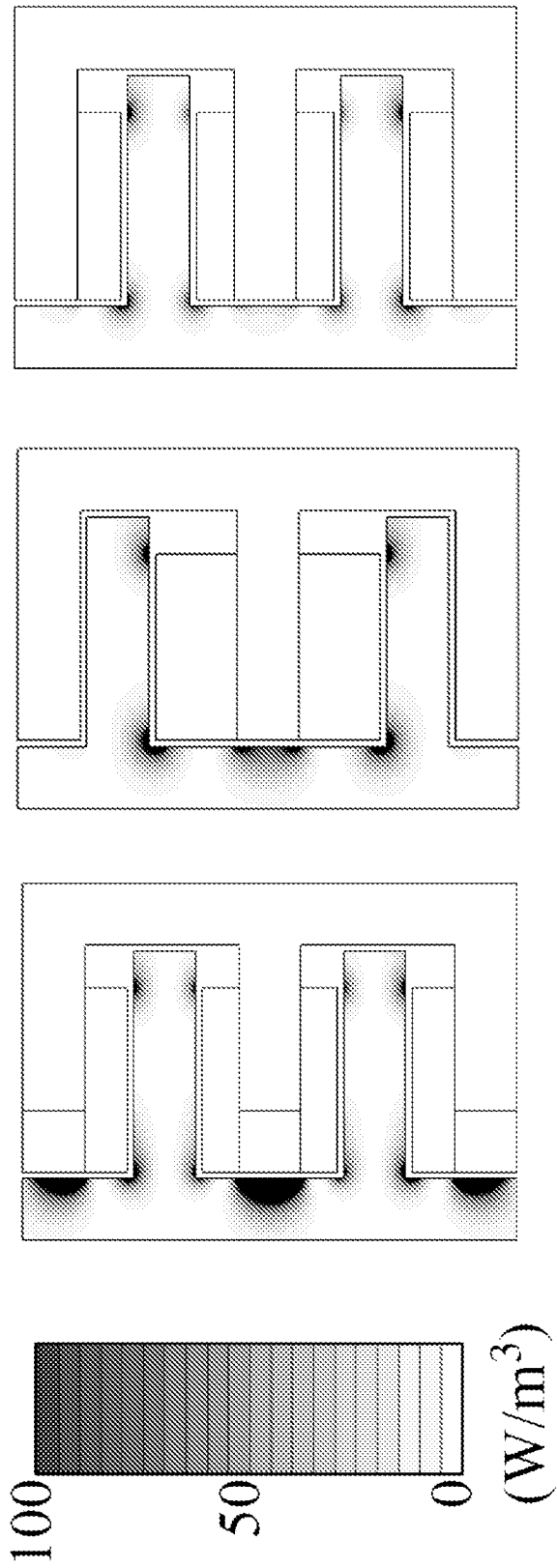
[図8]



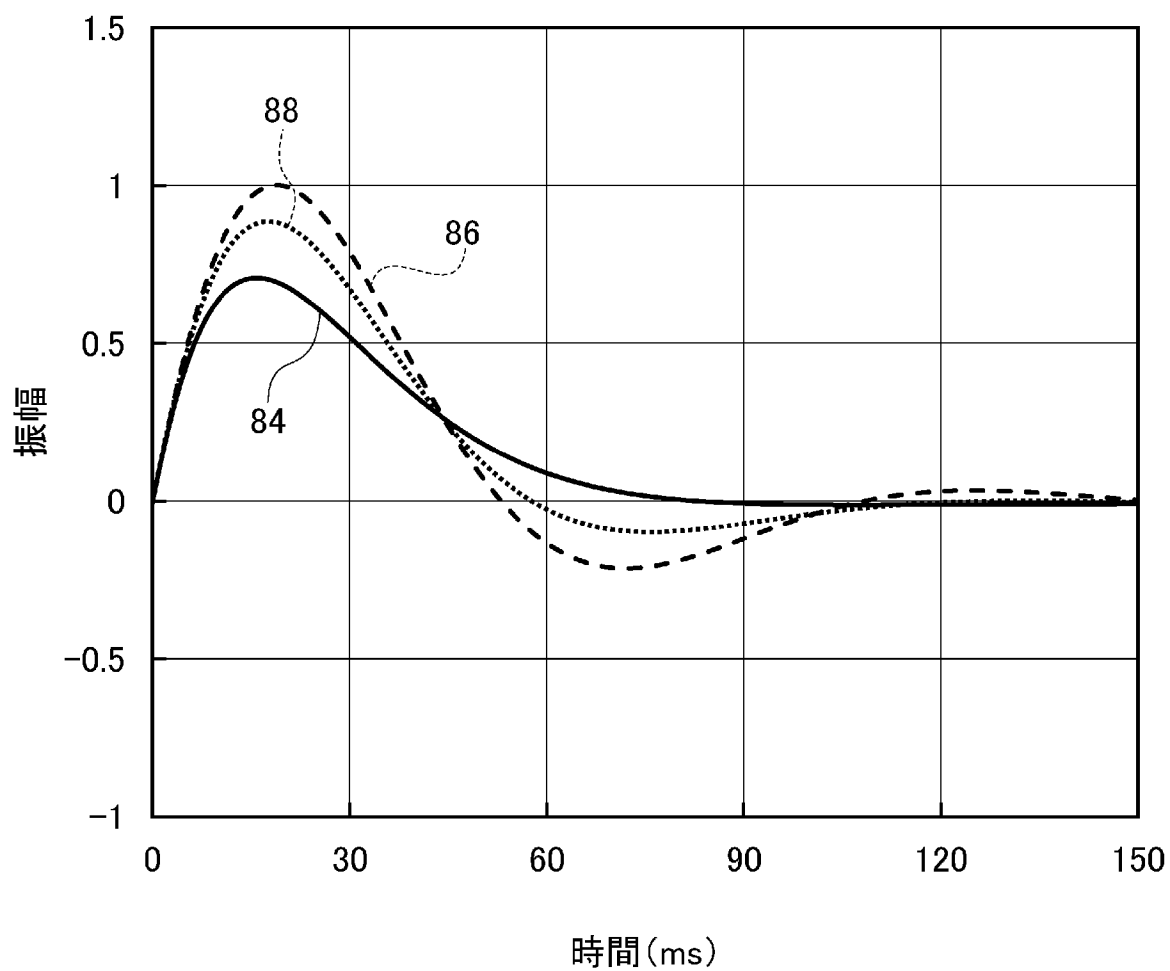
[図9]



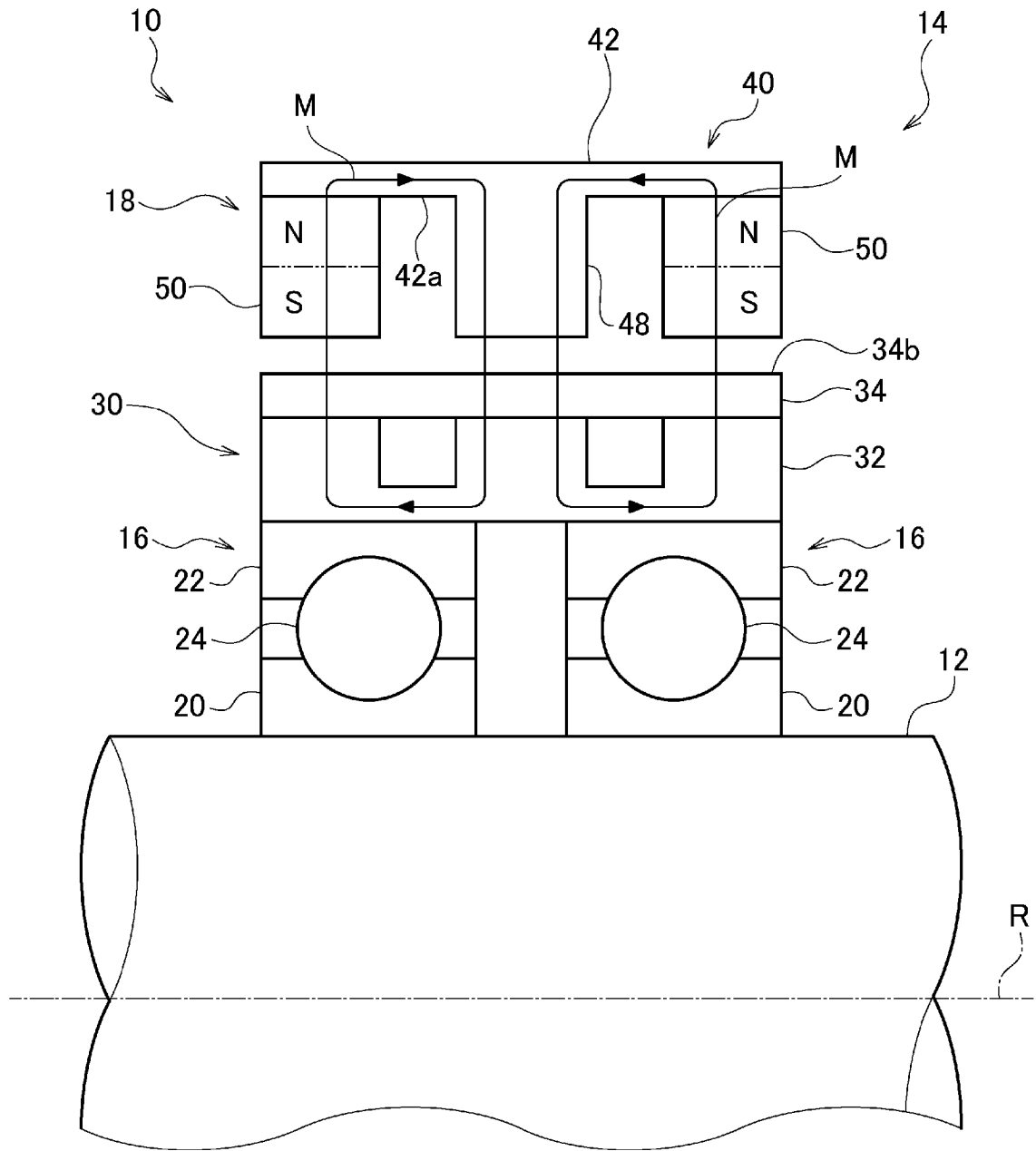
[図10]



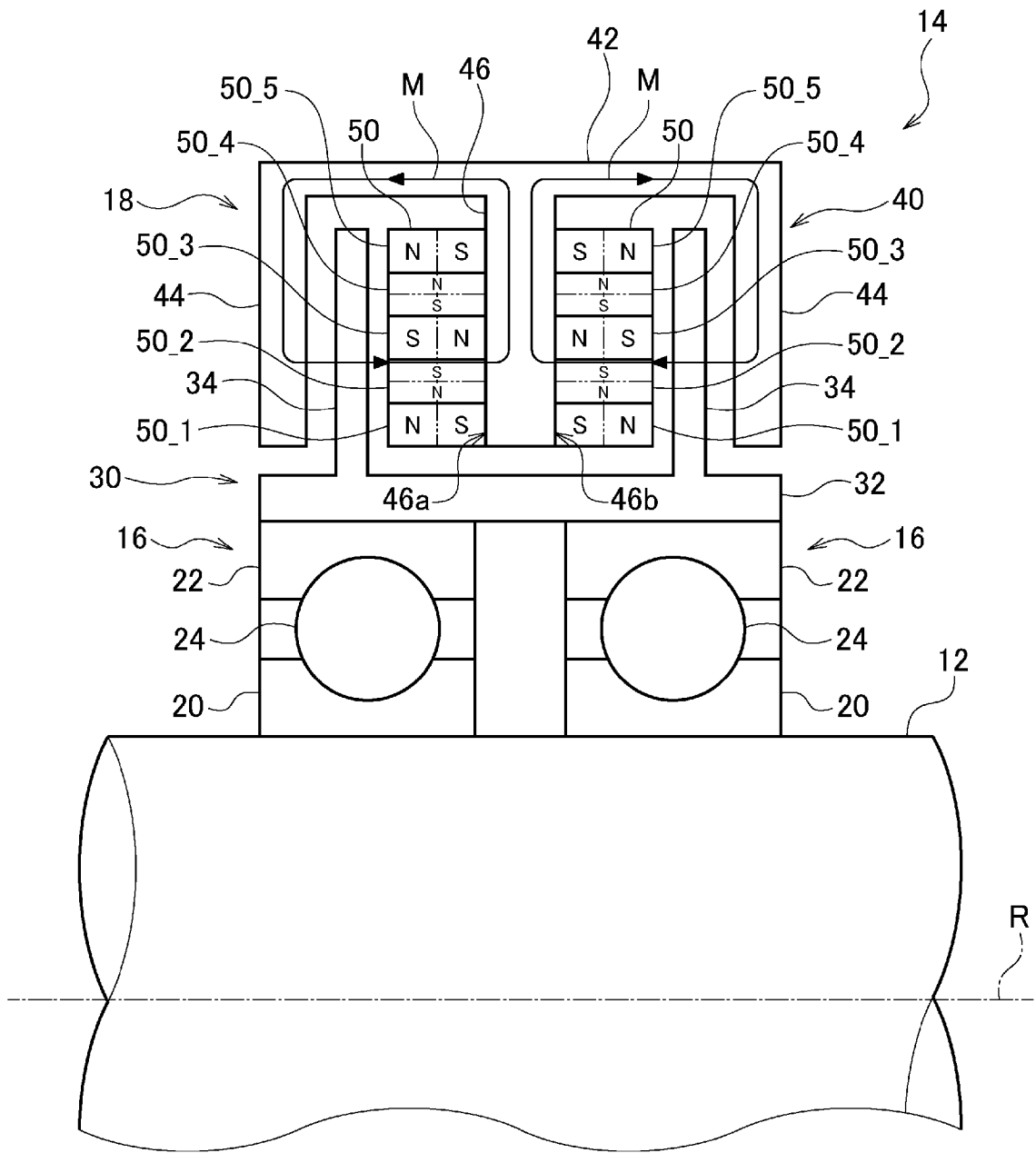
[図11]



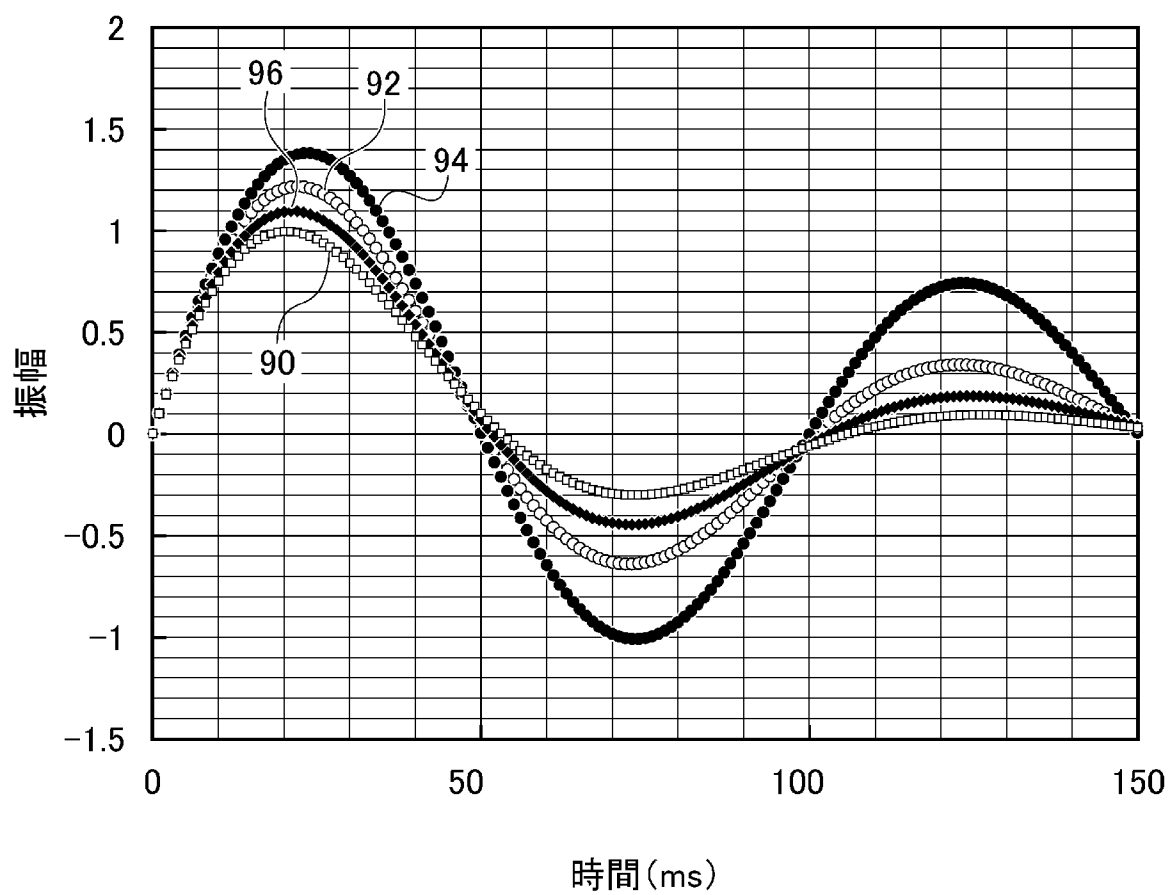
[図13]



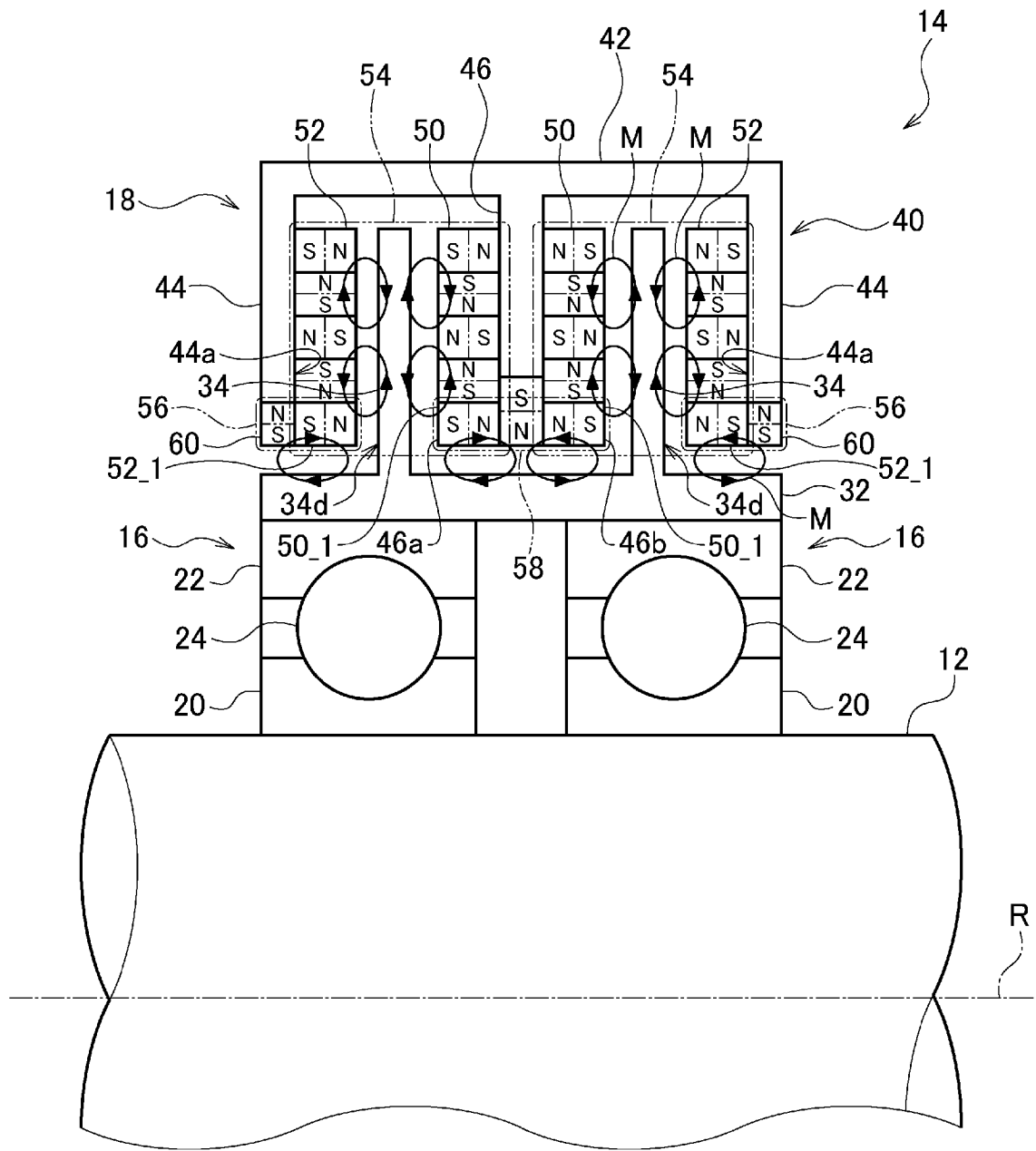
[図15]



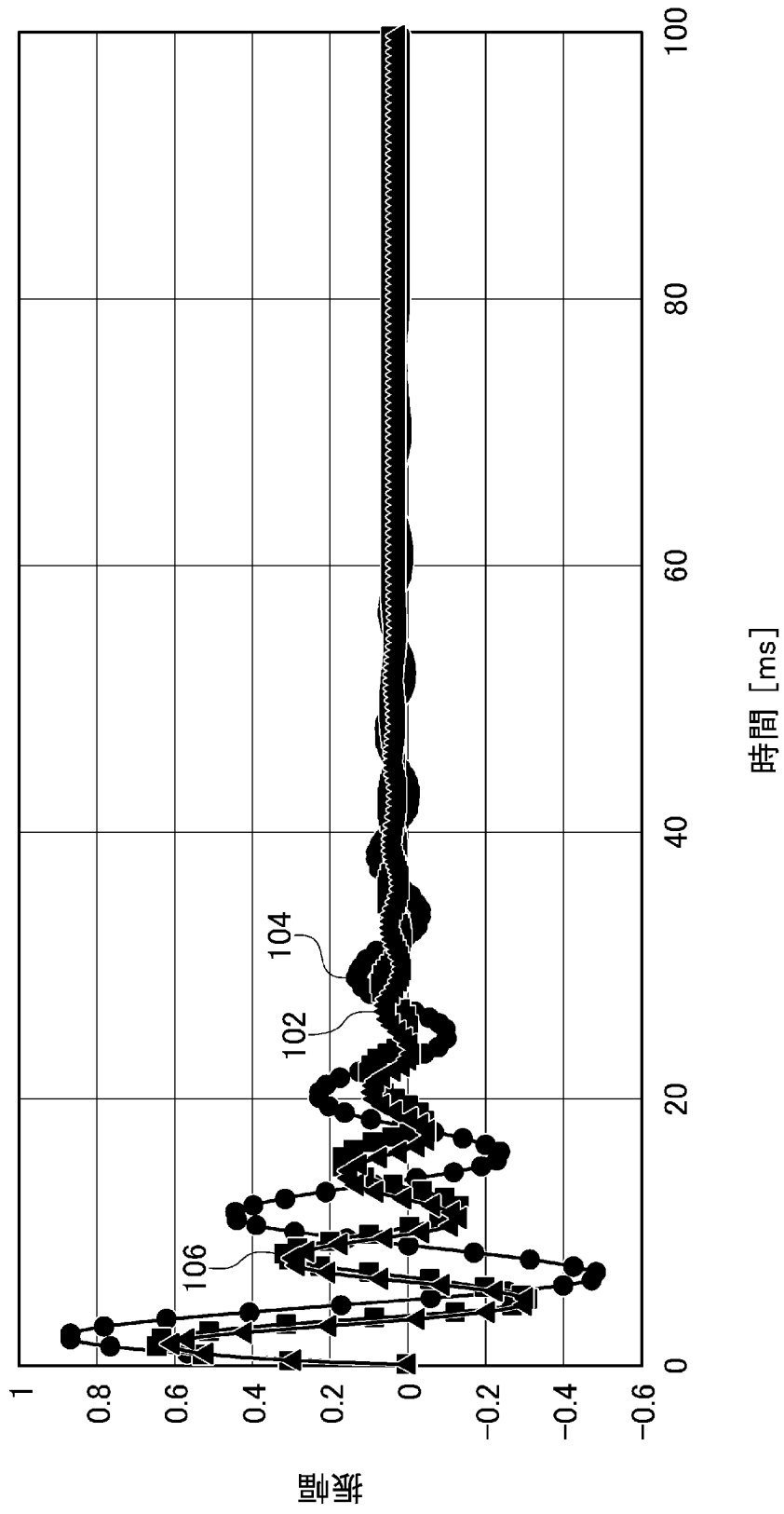
[図16]



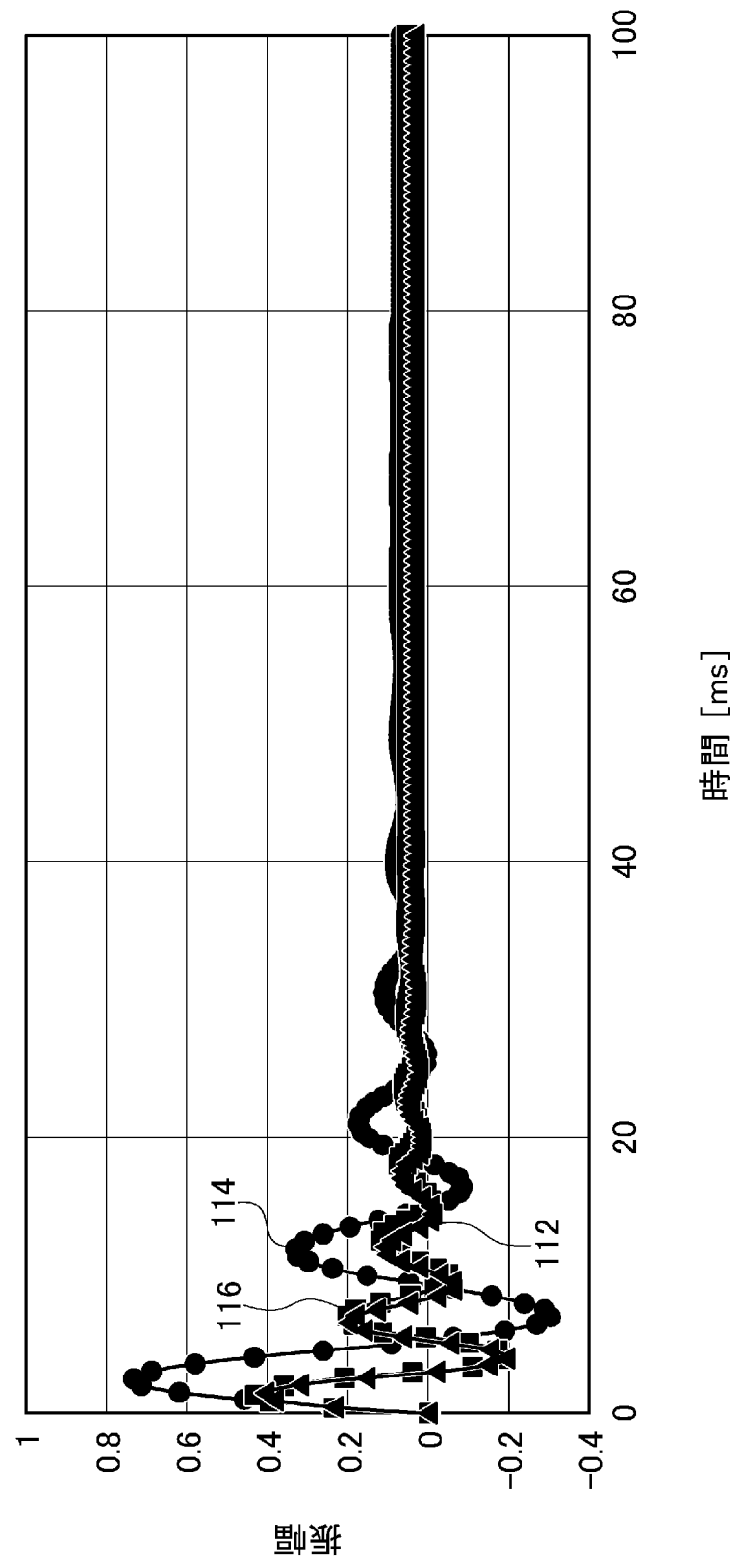
[図18]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/034122

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>F16F 15/03</i> (2006.01)i; <i>F16C 19/06</i> (2006.01)i; <i>F16C 23/06</i> (2006.01)i; <i>F16C 35/077</i> (2006.01)i; <i>F16C 35/12</i> (2006.01)i; <i>H02K 49/10</i> (2006.01)i FI: F16F15/03 J; H02K49/10 B; F16C35/077; F16C19/06; F16F15/03 G; F16C23/06; F16C35/12		
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) F16F15/03; F16C19/06; F16C23/06; F16C35/077; F16C35/12; H02K49/10		
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 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
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	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 51780/1977 (Laid-open No. 146839/1978) (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 18 November 1978 (1978-11-18), specification, p. 1, line 14 to p. 6, line 7, fig. 1-2	1-13
Y	JP 11-2292 A (EBARA CORP) 06 January 1999 (1999-01-06) paragraphs [0017]-[0034], fig. 1-6, etc.	1-13
Y	JP 2017-526874 A (ESM ENERGIE- UND SCHWINGUNGSTECHNIK MITSCH GMBH) 14 September 2017 (2017-09-14) paragraphs [0062]-[0086], fig. 1-9	1-13
A	JP 2019-157871 A (NTN TOYO BEARING CO LTD) 19 September 2019 (2019-09-19)	1-13
<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 04 December 2023		Date of mailing of the international search report 12 December 2023
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/JP2023/034122

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 53-146839 U1	18 November 1978	(Family: none)	
JP 11-2292 A	06 January 1999	US 6213737 B1 column 6, line 26 to column 10, line 52, fig. 1-8, etc.	
JP 2017-526874 A	14 September 2017	US 2017/0219045 A1 paragraphs [0095]-[0119], fig. 1-9	
JP 2019-157871 A	19 September 2019	(Family: none)	

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））</p> <p>F16F 15/03(2006.01)i; F16C 19/06(2006.01)i; F16C 23/06(2006.01)i; F16C 35/077(2006.01)i; F16C 35/12(2006.01)i; H02K 49/10(2006.01)i FI: F16F15/03 J; H02K49/10 B; F16C35/077; F16C19/06; F16F15/03 G; F16C23/06; F16C35/12</p>																	
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））</p> <p>F16F15/03; F16C19/06; F16C23/06; F16C35/077; F16C35/12; H02K49/10</p> <p>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</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table> <p>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）</p>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年							
日本国実用新案公報	1922 - 1996年																
日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年																
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年																
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年																
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>日本国実用新案登録出願52-51780号(日本国実用新案登録出願公開53-146839号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（三菱電機株式会社）18.11.1978（1978-11-18）明細書第1頁第14行-第6頁第7行, 第1-2図</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 11-2292 A（株式会社荏原製作所）06.01.1999（1999-01-06） [0017]-[0034], 図1-6等</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 2017-526874 A（エーエスエム エネルギーウント シュヴィングングステヒニツク ミトウシュ ゲーエムペーハー）14.09.2017（2017-09-14） [0062]-[0086], 図1-9</td> <td>1-13</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2019-157871 A（NTN株式会社）19.09.2019（2019-09-19）</td> <td>1-13</td> </tr> </tbody> </table>			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	日本国実用新案登録出願52-51780号(日本国実用新案登録出願公開53-146839号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（三菱電機株式会社）18.11.1978（1978-11-18）明細書第1頁第14行-第6頁第7行, 第1-2図	1-13	Y	JP 11-2292 A（株式会社荏原製作所）06.01.1999（1999-01-06） [0017]-[0034], 図1-6等	1-13	Y	JP 2017-526874 A（エーエスエム エネルギーウント シュヴィングングステヒニツク ミトウシュ ゲーエムペーハー）14.09.2017（2017-09-14） [0062]-[0086], 図1-9	1-13	A	JP 2019-157871 A（NTN株式会社）19.09.2019（2019-09-19）	1-13
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	日本国実用新案登録出願52-51780号(日本国実用新案登録出願公開53-146839号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（三菱電機株式会社）18.11.1978（1978-11-18）明細書第1頁第14行-第6頁第7行, 第1-2図	1-13															
Y	JP 11-2292 A（株式会社荏原製作所）06.01.1999（1999-01-06） [0017]-[0034], 図1-6等	1-13															
Y	JP 2017-526874 A（エーエスエム エネルギーウント シュヴィングングステヒニツク ミトウシュ ゲーエムペーハー）14.09.2017（2017-09-14） [0062]-[0086], 図1-9	1-13															
A	JP 2019-157871 A（NTN株式会社）19.09.2019（2019-09-19）	1-13															
<p><input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p>																	
<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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）</p> <p>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” 同一パテントファミリー文献</p>																	
<p>国際調査を完了した日</p> <p>04.12.2023</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p>12.12.2023</p>																
<p>名称及びあて先</p> <p>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</p>	<p>権限のある職員（特許庁審査官）</p> <p>大山 広人 3W 3026</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3367</p>																

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/JP2023/034122

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 53-146839 U1	18.11.1978	(ファミリーなし)	
JP 11-2292 A	06.01.1999	US 6213737 B1 第6欄第26行-第10欄第52行, 図1-8等	
JP 2017-526874 A	14.09.2017	US 2017/0219045 A1 [0095]-[0119], 図1-9	
JP 2019-157871 A	19.09.2019	(ファミリーなし)	