

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5678086号
(P5678086)

(45) 発行日 平成27年2月25日 (2015. 2. 25)

(24) 登録日 平成27年1月9日 (2015. 1. 9)

(51) Int. Cl.		F I			
GO 1 L	5/00	(2006. 01)	GO 1 L	5/00	K
F 1 6 C	33/58	(2006. 01)	F 1 6 C	33/58	
GO 1 L	1/24	(2006. 01)	GO 1 L	1/24	A

請求項の数 3 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2012-541338 (P2012-541338)	(73) 特許権者	508282993
(86) (22) 出願日	平成22年11月26日 (2010. 11. 26)		アクティエボラゲット・エスコエッフ
(65) 公表番号	特表2013-513089 (P2013-513089A)		スウェーデン・S-415・50・イエー
(43) 公表日	平成25年4月18日 (2013. 4. 18)		テボリ
(86) 国際出願番号	PCT/EP2010/007188	(74) 代理人	100108453
(87) 国際公開番号	W02011/066926		弁理士 村山 靖彦
(87) 国際公開日	平成23年6月9日 (2011. 6. 9)	(74) 代理人	100064908
審査請求日	平成25年10月9日 (2013. 10. 9)		弁理士 志賀 正武
(31) 優先権主張番号	61/283, 557	(74) 代理人	100089037
(32) 優先日	平成21年12月4日 (2009. 12. 4)		弁理士 渡邊 隆
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100110364
			弁理士 実広 信哉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ファイバーブラッググレーティングを利用した軸受の管理

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

外輪と、内輪と、前記外輪と前記内輪との間に位置する転がり要素とを備えている軸受であって、

前記外輪が、外輪軌道を備えている第1の外輪表面と、前記第1の外輪表面に対して前記外輪の反対側に配置されている第2の外輪表面とを備えており、前記内輪が、内輪軌道を備えている第1の内輪表面と、前記第1の内輪表面に対して前記内輪の反対側に配置されている第2の内輪表面とを備えており、前記転がり要素が、前記内輪軌道及び前記外輪軌道を介して、前記内輪及び前記外輪と共に結合しており、これにより、前記外輪と前記内輪との間において相対運動が可能とされる、前記軸受において、

前記第2の内輪表面及び前記第2の外輪表面のうち少なくとも1つの表面が、前記外輪と前記内輪との間において可能な相対運動の方向に対して略平行な溝を備えており、これにより、対応する前記外輪又は前記内輪を弱化することを特徴とし、

前記溝が、前記可能な相対運動の方向に沿って連続的な段差部を備えており、

前記段差部が、ブラッググレーテッド光ファイバを収容することができ

前記軸受が、前記段差部に配置されているブラッググレーテッド光ファイバであって、前記ブラッググレーテッド光ファイバが前記軸受の状態及び負荷を感知可能なように取り付けられている、前記ブラッググレーテッド光ファイバを備えており、

前記溝が、前記軸受の負荷変動及び振動の両方に対する前記ブラッググレーテッド光ファイバの感度を高めることを特徴とする軸受。

【請求項 2】

前記溝が、前記可能な相対運動の方向に沿って連続していることを特徴とする請求項 1 に記載の軸受。

【請求項 3】

前記段差部が、前記軸受の荷重ラインに沿って、前記溝内部に配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の軸受。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、軸受の状態管理、具体的には荷重検知と組み合わせた軸受の状態管理に関する。

10

【背景技術】**【0002】**

軸受は、回転機械にとって非常に重要な構成部品である。軸受が故障した場合には、通常、回転機械の機能も完全に失われる。幾つかの応用分野では、故障した軸受を定期点検以外において交換することは非常に困難であるか、又は極めて高コストとされる場合がある。このような応用分野としては、深海での利用、クルーズ船、及び他の連続的な製造ラインが挙げられる。軸受が故障する前に軸受の交換が必要とされる時期、及び軸受が整然とした指定の態様に適合しているか否かを予想するために、状態管理が行われている。回転機械及び軸受が容易にアクセス可能な位置に物理的に配置されている場合には、軸受の状態は、例えば振動計測によって判断される。例えば深海での利用のようなアクセス不可能な設備は、軸受の状態を評価することによって点検を要する時期を判断可能とするための他の手段を必要とする。軸受の状態を遠隔評価するための方法は数多く存在しているが、依然として改善の余地がある。

20

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0003】**

本発明の目的は、軸受の状態及び負荷を管理するための方法及び手段を提供することである。軸受に作用する負荷は、軸受の寿命に影響を及ぼす。

【0004】

30

本発明の他の目的は、軸受に給電することなく、軸受の状態を管理すると共に軸受の負荷を計測するためのユニットを提供することである。

【0005】

本発明のさらなる目的は、光ファイバに作用する歪みを計測することによって軸受の状態を管理すると共に軸受の負荷を計測するのに適合したブラッググレーテッド光ファイバを提供することである。

【0006】

本発明では、上述の目的は、軸受の負荷変動及び振動の両方に対するブラッググレーテッドファイバの感度を高めるために溝を備えている、軸受の状態及び不可を検知するためにブラッググレーテッドファイバを利用することによって達成される。

40

【0007】

本発明では、上述の目的は、複数のグレーテッド領域を有しているブラッググレーテッド光ファイバを備えていると共に、物理的に隣り合っているグレーテッド領域が周波数平面内で分離されている、軸受によって達成される。適切に隣り合っている周波数帯は、軸受の両側におけるグレーテッド領域に対応している。

【0008】

また、本発明では、上述の目的は、光ファイバが軸受に取り付けられている場合にグレーティングが平行になっている、ブラッググレーテッド光ファイバによって達成される。

【0009】

さらに、上述の目的は、外輪と内輪と外輪及び内輪の間に配置されている転がり要素と

50

を備えている、軸受によって達成される。外輪が、外輪軌道を備えている第1の外輪表面を備えている。外輪が、第1の外輪表面に対して外輪の反対側に配置されている第2の外輪表面を備えている。内輪が、内輪軌道を備えている第1の内輪表面を備えている。内輪が、第1の内輪表面に対して内輪の反対側に配置されている第2の内輪表面を備えている。転がり要素が、内輪軌道及び外輪軌道を介して、内輪及び外輪と共に結合している。これにより、外輪と内輪との間において相対運動が可能とされる。本発明では、第2の内輪表面及び第2の外輪表面のうち少なくとも1つの表面が、外輪と内輪との間における相対運動が可能な方向に対して略平行な溝を備えており、これにより、対応する外輪又は内輪を弱化させることができる。溝は、角部が丸められた矩形形状の断面を有しており、1つ以上の光ファイバを収容可能な大きさとされるが、軸受の性能に影響を与えない程度には小さい。溝の目的は、負荷及び振動によって発生する軸受の変形を、特に溝内部において大きくすることである。変形が大きくなるに従って、検出がより容易になり、同一の負荷/振動に基づく、取り付けられた歪センサ(例えばブラッググレーテッド光ファイバの歪センサ)の出力信号を、溝が設けられていない軸受よりも大きくすることができる。

10

【0010】

好ましくは、溝は、相対運動が可能な方向に沿って連続している。溝は、さらに好ましくは、相対運動が可能な方向に沿って連続的な段差部を備えている。段差部は、ブラッググレーテッド光ファイバを収容可能とされると共に、配置及び固定を容易にすることができる。適切な大きさとされる段差部は、溝内部に、好ましくは溝の底部に軸受の負荷ラインに沿って配置されている。また、溝は、好ましくは入口点/出口点を有している。すなわち、少なくとも1つの位置が、垂直方向からの位置口を有している。

20

【0011】

本発明における軸受は、溝内部に配置されているブラッググレーテッド光ファイバであって、ブラッググレーテッド光ファイバが軸受の状態及び負荷を検知可能なように取り付けられているブラッググレーテッド光ファイバを備えており、溝が、負荷変動及び振動の両方に対する光ファイバの感度を高めることができることを特徴とする。

【0012】

また、上述の目的は、本発明では、好ましくは軸受の全周に亘って溝の中央から下方に底部において形成されている段差部を有している、転がり要素によって達成される。溝は、ブラッググレーテッド光ファイバを収容可能とされると共に、軸受を弱化することによって光ファイバの受感度を高めることができ、これにより、負荷/振動に対する変形を、溝が設けられていない軸受の場合よりも大きくすることができる。

30

【0013】

本発明は、光学手段によって歪を感知するための方法及びユニットを提供するものであり、これにより、光学手段によって歪に関するデータを伝送することによって、軸受から数キロメートル離隔した場所であっても、状態管理及び負荷計測が計算可能となる。従って、軸受に給電する必要が全くない。例えば海面から数キロメートル下方に位置する深海ポンプの軸受の管理のような活用が、軸受に局所的に給電することなく、高信頼性を以って実現される。

【0014】

本発明の他の利点は、以下の発明の詳細な説明から明らかとなる。

40

【0015】

添付図面を参照しつつ、説明のための非限定的な実施例を用いて、本発明について詳述する。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の典型的な実施形態において、ハウジング内に収容されている軸受の側面図である。

【図2】本発明の一の実施例における軸受の一部分の断面図である。

【図3】本発明の他の実施例における軸受の一部分の断面図である。

50

【図4】本発明における軸受の上面図である。

【図5A】本発明の軸受周囲におけるセンサの配置の一例を表わす、本発明における軸受の断面側面図である。

【図5B】図5Aに表わすセンサの配置における、センサの周波数分布を表わす。

【図6A】ブラッググレーティングを備えた従来の光ファイバを表わす。

【図6B】図6Aに表わす光ファイバの周波数応答を表わす。

【図7A】ブラッググレーティングを備えた従来の光ファイバが真円軸受の周囲において湾曲している状態を表わす。

【図7B】図7Aに表わす湾曲した光ファイバの周波数応答を表わす。

【図8A】本発明における光ファイバの周波数応答を表わす。

【図8B】図8Aに表わす本発明における光ファイバの周波数応答を表わす。

【発明を実施するための形態】

【0017】

本発明を明確にするために、本発明の利用に関する幾つかの例について、図1～図8Bに関連して説明する。

【0018】

図1は、ハウジング120内に取り付けられている軸受110の側面図である。軸受110は、非回転式の外輪112と、回転式の内輪114と、外輪112と内輪114との間に配設されている転がり要素116とを備えている。これは、本発明の典型的な実施形態である。本発明では、光歪ゲージ、典型的にはブラッググレーテッド光ファイバを利用した歪感知ユニットが、非回転式の外輪112の溝に配設されている。溝は、光ファイバを収容するのに十分な大きさを有している必要がある。さもなければ、軸受はハウジング120内に装着することができないだろう。また、溝は、歪センサの感度が大きくなるように十分な大きさに配置されている必要がある。このことは、外輪112の脆弱化に起因するので、同一の大きさの力が軸受に作用した場合に、軸受がより大きく変形し、これにより、より大きな歪が歪センサに作用する。同時に、溝は、軸受の一体性が損なわれないように十分に小さく形成されている必要がある。すなわち、溝が過度に大きく形成されている場合には、軸受が自身の所定の容積を維持することができないだろう。従って、これら2つの条件の間には、溝を巧妙に配設することによって実現される妥協点が存在する。

【0019】

図2は、本発明の一の実施例における軸受の一部分の断面図である。その軸受は、2列のSRB（球面ころ軸受）であり、それぞれが対応する一連の転がり要素216, 217を有している2つの外輪212, 213を有している。当該実施例では、列それぞれが、対応する溝230, 231を備えている。溝それぞれが、幅235と高さ/深さ234とを有している。適切な溝それぞれが、光ファイバを配設するためのスリット238, 239を有している。溝230, 231と特に対応するスリット238, 239とが、好ましくは、対応する列それぞれの負荷ライン237に沿って配設されている。光ファイバは、グレーテッド区間によって歪検知位置が適切に配設されている状態において、軸受の周囲全体に配設されている。そのような光ファイバは、すべての必要なグレーテッド区間を備えている。代替的には、幾つかの光ファイバが、対応するグレーテッド区間が異なる位置に配設されている状態で配置されている場合がある。

【0020】

図3は、本発明の他の実施例における軸受、すなわちCARB（トロイダルころ軸受）の一部分の断面図である。当該実施例のみが、一列の転がり要素316を有している一の外輪312を備えているが、外輪312には、複数の溝330, 331, 332が形成されている。

【0021】

図4は、外輪412に形成されている計測溝430, 431に対する光ファイバアクセス手段440を表わす、本発明における軸受の上面図である。

【0022】

10

20

30

40

50

図5Aは、非回転式の外輪512と回転式の内輪514とその間に配設されている転がり要素516とを備えている、本発明における軸受500の断面側面図であり、当該軸受の周囲に分布している本発明のセンサ551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558の一例を表わす。ブラッググレーテッド光ファイバ550は、それぞれがグレーテッド区間によって形成されている1つ以上の歪センサ551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558を備えている。グレーテッド区間それぞれが、図5Bに関連して詳述するように、対応するグレーテッド区間の歪に依存して変動する周波数571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578によって周波数平面内に表わされている。

【0023】

センサがロード領域562内に位置する場合には、大きな変動580が生じ、任意の負荷及び負荷の変動が存在する場合には、アンロード領域内のセンサは、小さな変動584のみが存在することに起因して小さな周波数変動を示す。中程度の変動582に伴って、その間にセンサが存在することは言うまでもない。本発明では、最適な方法で光ファイバを利用するために、及び、周波数変動が互いに干渉しない状態で可能な限り多くのセンサとして組み込むために、センサは、周波数スペクトラムにおいて隣り合っているセンサの周波数が大きな580°に変動しないように物理的に離隔している。軸受は、常に反対側にロード領域とアンロード領域とを有しているので、周波数において隣り合っているセンサは、軸受の両側に物理的に配設されている。

【0024】

図6Aは、平坦に配置されているブラッググレーティングを備えている、従来の光ファイバ690を表わす。当該光ファイバは、第1の歪センサの格子間距離DA692を有する第1の歪センサ651と、第2の歪センサの格子間距離DB696を有する第2の歪センサ652とを備えている。グレーティングは、光ファイバの断面を貫通して等間隔で離隔されており、図6Bに表わすように、各センサからの良好なピークを有する周波数応答671, 672を形成する。

【0025】

図7Aは、例えば真円軸受の周囲に湾曲されているブラッググレーディングを備えている従来の光ファイバ790を表わす。また、当該光ファイバは、第1の歪センサ751と第2の歪センサ752とを備えている。しかしながら、図示の如く、光ファイバが湾曲した場合には、内側が圧縮され、第1のセンサ内側の格子間距離DA-791と第2のセンサ内側の格子間距離DB-795との両方が以前ほど大きくない。このことは、外側が伸長して形成された大きな格子間距離DA+793、DB+797であることと併せて、光ファイバに沿った可変の格子間距離を生成する。このことは、図7Bに表わすように、中央周波数771, 772におけるピークの代わりに、広範な周波数応答779を形成する。

【0026】

図8Aは、第1の歪センサ851及び第2の歪センサ852内に配置されているブラッググレーティングを備えている、湾曲した光ファイバ890を表わす。本発明におけるブラッググレーティングを備えている光ファイバは、光ファイバが例えば真円軸受を囲むように湾曲した場合に、光ファイバを通じて、同一の格子間距離DA892, DB896を有している。図8Bに表わすように光ファイバが湾曲した場合に、所望のピーク周波数応答871, 872を得ることができる。グレーティングは、軸受に光ファイバを取り付けた後に追加することができる。

【0027】

本発明は、上述の実施例に限定される訳ではないが、以下の特許請求の範囲によって規定される技術的範囲内において変更可能とされる。

【符号の説明】

【0028】

110 軸受

10

20

30

40

50

1 1 2	軸受の非回転式外輪	
1 1 4	軸受の回転式内輪	
1 1 6	外輪と内輪との間に配置されている、軸受の転がり要素	
1 2 0	ハウジング	
2 1 2	第 1 列に属する第 1 の外輪	
2 1 3	第 2 列に属する第 2 の外輪	
2 1 6	第 1 列の転がり要素	
2 1 7	第 2 列の転がり要素	
2 3 0	第 1 列のための第 1 の溝	
2 3 1	第 2 列のための第 2 の溝	10
2 3 4	溝の高さ / 深さ	
2 3 5	溝の幅	
2 3 7	第 1 列の負荷ライン	
2 3 8	第 1 の溝内に配置されている第 1 の光ファイバのためのスリット	
2 3 9	第 2 の溝内に配置されている第 2 の光ファイバのためのスリット	
3 1 2	外輪	
3 1 6	転がり要素	
3 3 0	第 1 の溝	
3 3 1	第 2 の溝	
3 3 2	第 3 の溝	20
4 1 2	外輪	
4 3 0	第 1 の溝	
4 3 1	第 2 の溝	
4 4 0	出入りするための光ファイバの通路	
5 0 0	光ファイバの歪センサユニットを備えている、本発明における軸受	
5 1 2	軸受の非回転式外輪	
5 1 4	軸受の回転式内輪	
5 1 6	外輪と内輪との間に配置されている、軸受の転がり要素	
5 5 0	光ファイバの歪センサユニット	
5 5 1	S A - 歪センサ	30
5 5 2	S B - 歪センサ	
5 5 3	S C - 歪センサ	
5 5 4	S D - 歪センサ	
5 5 5	S E - 歪センサ	
5 5 6	S F - 歪センサ	
5 5 7	S G - 歪センサ	
5 5 8	S H - 歪センサ	
5 6 0	軸受のアンロード領域	
5 6 2	軸受のロード領域	
5 7 1	f A - 歪センサ S A の中心周波数	40
5 7 2	f B - 歪センサ S B の中心周波数	
5 7 3	f C - 歪センサ S C の中心周波数	
5 7 4	f D - 歪センサ S D の中心周波数	
5 7 5	f E - 歪センサ S E の中心周波数	
5 7 6	f F - 歪センサ S F の中心周波数	
5 7 7	f G - 歪センサ S G の中心周波数	
5 7 8	f H - 歪センサ S H の中心周波数	
5 8 0	大きな負荷変動に起因する大きな周波数変動	
5 8 2	中程度の負荷変動に起因する中程度の周波数変動	
5 8 4	小さな負荷変動に起因する小さな周波数変動	50

- 6 5 1 第 1 の歪センサ
- 6 5 2 第 2 の歪センサ
- 6 9 0 ブラッググレーティングを備えている光ファイバセンサ
- 6 9 2 第 1 の歪センサの格子間距離 D A
- 6 9 4 第 2 の歪センサの格子間距離 D B
- 6 7 1 第 1 の歪センサの周波数応答
- 6 7 2 第 2 の歪センサの周波数応答
- 7 5 1 第 1 の歪センサ
- 7 5 2 第 2 の歪センサ
- 7 9 0 ブラッググレーティングを備えている光ファイバ
- 7 9 1 第 1 の歪センサ内側の格子間距離 D A -
- 7 9 3 第 1 の歪センサ外側の格子間距離 D A +
- 7 9 5 第 2 の歪センサ内側の格子間距離 D B -
- 7 9 7 第 2 の歪センサ外側の格子間距離 D B +
- 7 7 1 第 1 の歪センサの中心周波数応答
- 7 7 2 第 2 の歪センサの中心周波数応答
- 7 7 9 周波数幅
- 8 5 1 第 1 の歪センサ
- 8 5 2 第 2 の歪センサ
- 8 9 0 ブラッググレーティングを備えている光ファイバセンサ
- 8 9 2 第 1 の歪センサ外側及び内側の格子間距離 D A
- 8 9 6 第 2 の歪センサ外側及び内側の格子間距離 D B
- 8 7 1 第 1 の歪センサの周波数応答
- 8 7 2 第 2 の歪センサの周波数応答

10

20

【 図 1 】

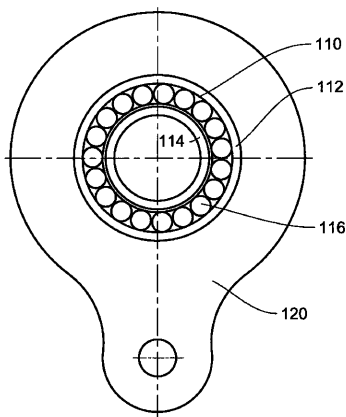


FIG 1

【 図 3 】

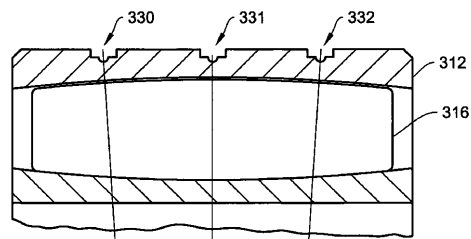


FIG 3

【 図 2 】

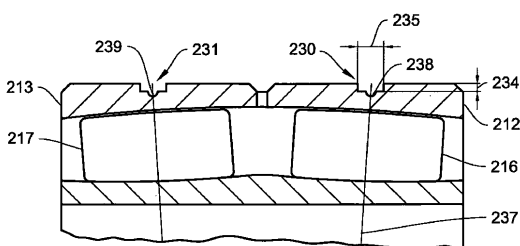


FIG 2

【 図 4 】

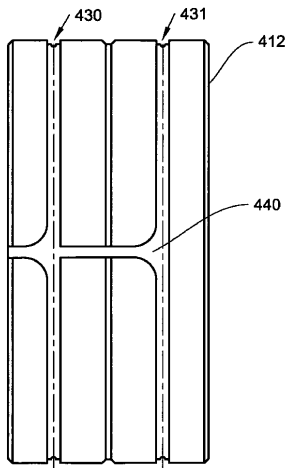


FIG 4

【 図 6 A 】

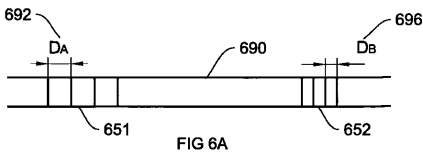


FIG 6A

【 図 8 A 】

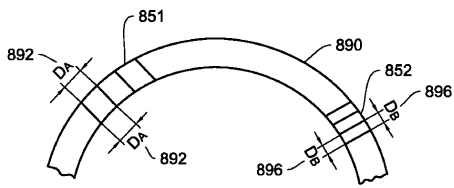


FIG 8A

【 図 8 B 】

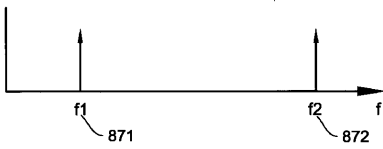


FIG 8B

【 図 6 B 】

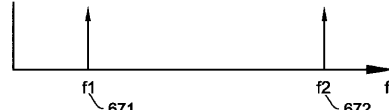


FIG 6B

【 図 7 A 】

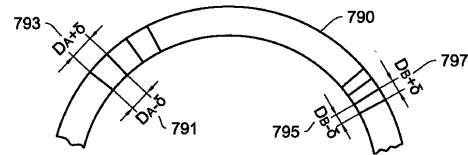


FIG 7A

【 図 7 B 】

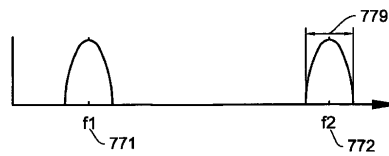


FIG 7B

【図5A】

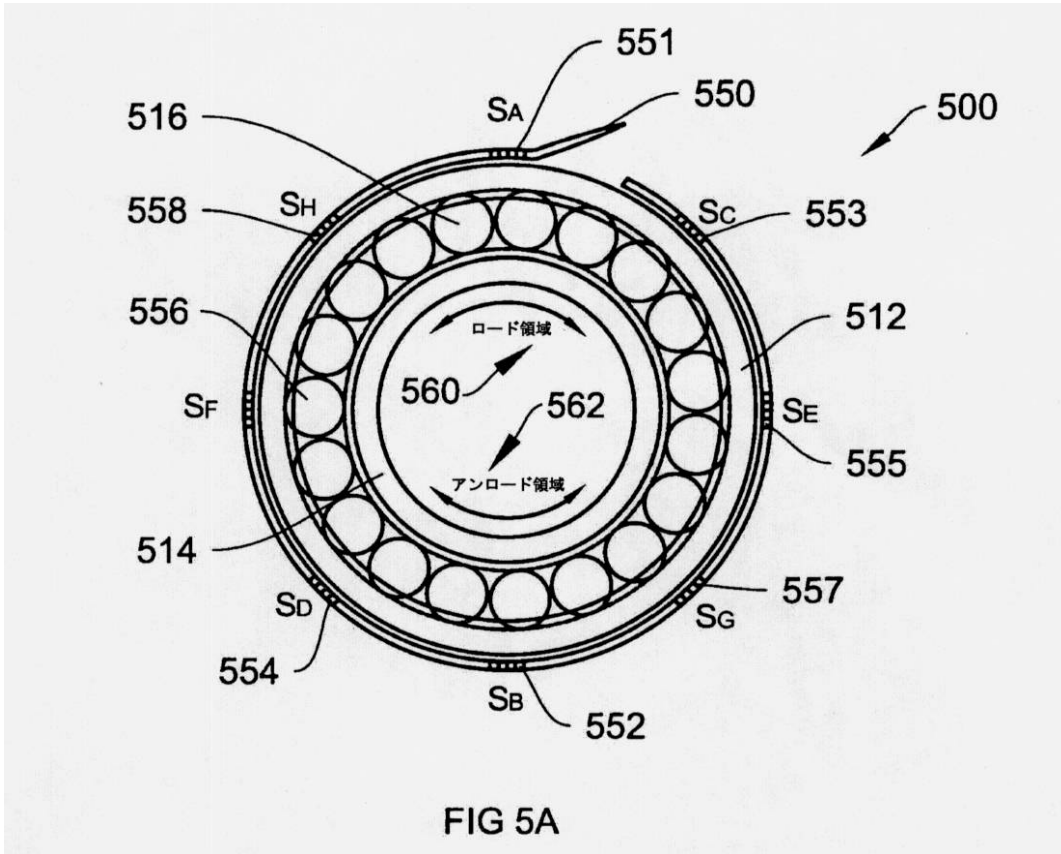


FIG 5A

【図5B】

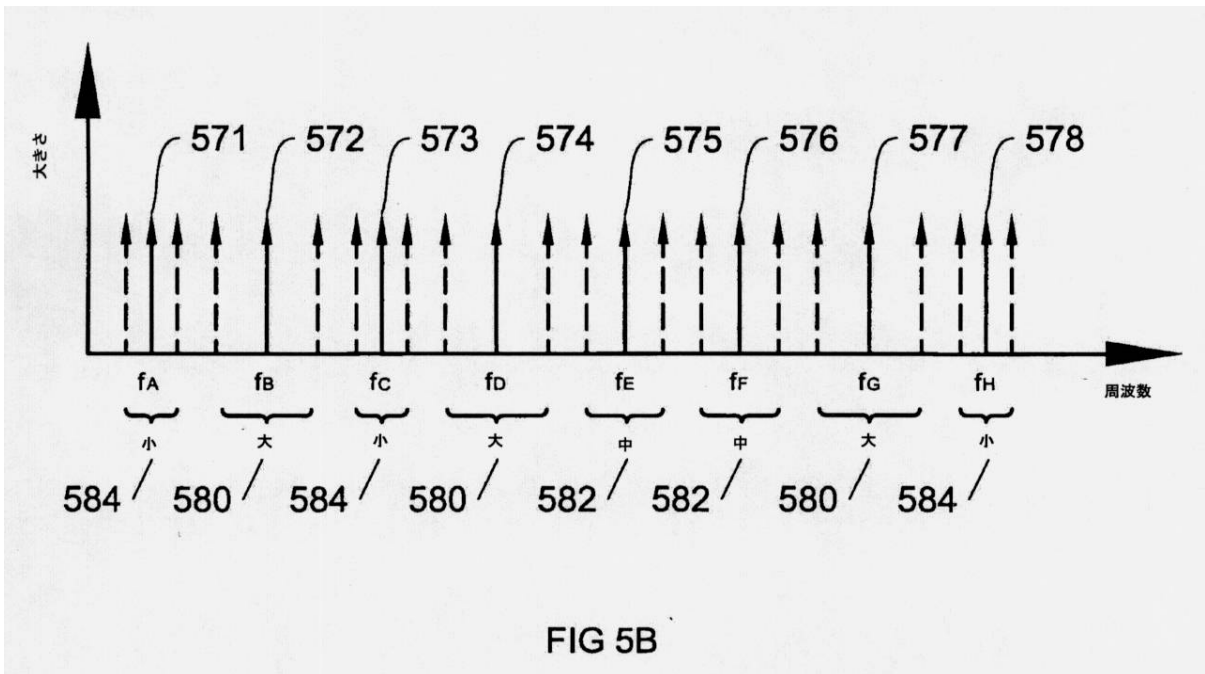


FIG 5B

フロントページの続き

- (72)発明者 アダム・ヴィクター・クリーク・リードマン
オランダ・NL - 4 2 2 3 ・ エスハー・ホールナール・ラーゲ・ギーッセン・3 5
- (72)発明者 ホン・ユ・ヤン
オランダ・NL - 3 8 9 3 ・ エーイクス・ゼーウォルデ・コーラール・1 3 4

審査官 公文代 康祐

- (56)参考文献 特開平09 - 0 6 1 2 6 8 (J P , A)
特開昭55 - 1 3 2 9 2 6 (J P , A)
国際公開第2 0 0 8 / 0 8 4 8 3 5 (WO , A 1)
特開2 0 0 1 - 1 7 4 3 4 1 (J P , A)
特開2 0 0 9 - 2 1 6 6 6 5 (J P , A)
L. Hoffmann et al. , “Fiber optic strain measurement for machine monitoring” , Proceedings of SPIE , 米国 , The International Society for Optical Engineering , 2 0 0 7 年 6 月 1 8 日 , vol. 6616, 66163A

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

G 0 1 L 5 / 0 0
G 0 1 L 1 / 2 4
F 1 6 C 3 3 / 5 8
F 1 6 C 4 1 / 0 0