

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5833677号
(P5833677)

(45) 発行日 平成27年12月16日 (2015.12.16)

(24) 登録日 平成27年11月6日 (2015.11.6)

(51) Int. Cl. F I
G O 1 H 9/00 (2006.01) G O 1 H 9/00 E

請求項の数 18 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2013-553486 (P2013-553486)	(73) 特許権者	599078705
(86) (22) 出願日	平成24年2月7日 (2012.2.7)		シーメンス エナジー インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2014-505262 (P2014-505262A)		アメリカ合衆国 32826-2399
(43) 公表日	平成26年2月27日 (2014.2.27)		フロリダ オーランド アラファヤ トレイル 4400
(86) 国際出願番号	PCT/US2012/024081	(74) 代理人	100075166
(87) 国際公開番号	W02012/109197		弁理士 山口 巖
(87) 国際公開日	平成24年8月16日 (2012.8.16)	(74) 代理人	100133167
審査請求日	平成26年1月17日 (2014.1.17)		弁理士 山本 浩
(31) 優先権主張番号	13/024,496	(72) 発明者	ハンフリーズ、ベンジャミン ティー
(32) 優先日	平成23年2月10日 (2011.2.10)		アメリカ合衆国 32817 フロリダ、
(33) 優先権主張国	米国 (US)		オーランド、レイク シャープ コート 9282

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 振動センサの状態監視方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

機械における振動センサの状態を監視する方法であって、
前記振動センサは、質量スプリングシステムにより伸縮する、ファイバブラッググレーティングを備えた光ファイバを用いて構成してあり、

前記機械の振動を前記振動センサで受け、

該振動センサにより、前記機械の振動を表すデータと前記振動センサの固有周波数を表すデータとを同時に含むセンサデータを出力し、

当該振動センサから出力されたセンサデータを監視し、

前記振動センサの固有周波数を表すデータにおける少なくとも前記固有周波数のピークの変化又は前記固有周波数の周波数包絡線の変化に基づいて前記振動センサに対する注意を喚起する、

ことを含む方法。

【請求項 2】

前記注意喚起した振動センサを点検することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記振動センサの点検は、前記機械から当該振動センサを取り外し、該取り外した振動センサを他の振動センサに交換することを含む、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記機械が発電機であり、該発電機のステータバーに前記振動センサを取り付け、前記

10

20

発電機の前記ステータバーの振動を前記振動センサで受ける、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 5】

前記振動センサの受ける振動の大部分が、前記振動センサの固有周波数より低い周波数を含む、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 6】

前記振動センサの受ける振動の大部分が 2 5 0 H z 以下の周波数を含み且つ前記振動センサの固有周波数が 4 0 0 H z 以上である、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記振動センサの受ける振動が、前記振動センサの固有周波数より低い調波周波数を含む、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の方法。

10

【請求項 8】

前記振動センサから出力されたセンサデータを監視する際に、当該振動センサから出力されるセンサデータをリアルタイムで監視することを含む、請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 9】

前記振動センサの固有周波数のピークが少なくとも 5 H z 増加するか又は減少する場合に、前記振動センサに対する注意を喚起する、請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 1 0】

20

前記振動センサの固有周波数の周波数包絡線がなだらか又は急峻になる場合に、前記振動センサに対する注意を喚起する、請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 1 1】

前記監視の対象である振動が予定の振動範囲からはずれる場合に、前記機械の少なくとも 1 つの運転パラメータを変更することをさらに含む、請求項 1 ~ 1 0 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 1 2】

前記振動センサの固有周波数は、前記機械内で起こる振動から独立している、請求項 1 ~ 1 1 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 1 3】

30

発電機の振動を受ける少なくとも 1 つの振動センサと、該振動センサから出力されるセンサデータを監視するプロセッサと、を備え、

前記振動センサは、質量スプリングシステムにより伸縮する、ファイバブラッググレーティングを備えた光ファイバを用いて構成され、当振動センサの受けた振動を表すデータと、当振動センサの固有周波数を表すデータと、を同時に含むセンサデータを出力し、

前記プロセッサは、前記固有周波数を表すデータにおける少なくとも前記固有周波数のピーク又は前記固有周波数の周波数包絡線が変化した前記振動センサに対する注意を喚起するように構成されている、

発電機を監視するシステム。

【請求項 1 4】

40

前記振動センサは、前記発電機のステータバーに取り付けられて当該ステータバーの振動を受ける、請求項 1 3 に記載のシステム。

【請求項 1 5】

前記振動センサの受ける振動の大部分が、該振動センサの固有周波数より低い周波数を含む、請求項 1 3 又は請求項 1 4 に記載のシステム。

【請求項 1 6】

前記振動センサの受ける振動の大部分が 2 5 0 H z 以下の周波数を含み且つ前記振動センサの固有周波数が 4 0 0 H z 以上である、請求項 1 5 に記載のシステム。

【請求項 1 7】

前記振動センサの受ける振動が、該振動センサの固有周波数より低い調波周波数を含む

50

、請求項 13 ~ 16 のいずれか 1 項に記載のシステム。

【請求項 18】

前記プロセッサは、前記振動センサの固有周波数のピークが少なくとも 5 Hz 増加するか又は減少する場合、及び、前記振動センサの固有周波数の周波数包絡線がなだらか又は急峻になる場合、の少なくともいずれかの場合に、前記振動センサに対する注意を喚起する、請求項 13 ~ 17 のいずれか 1 項に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、振動センサの状態監視、より詳しくは、固有周波数のリアルタイム監視による、発電機内の振動センサの状態監視に関する。

【背景技術】

【0002】

発電分野で使用される発電機は、ベース体、特に、積層ステータコア又はロータ体のスロットに圧入された多数の導体又はステータバーを有したステータ巻線を含む。このような発電機は大変高価で長期投資となる。その故障は、発電設備そのものを危うくするのみならず、修理に伴う停止期間中の深刻なサービス低下をも招き得る。

【0003】

そのような状況を回避すべく、欠陥を早期に発見するために診断システムが開発されている。発電機内が超高電圧なので、発電機用診断システムは、通常、高電圧構造に置かれた場合に接地へのアーク放電を誘起し得る導電配線を使用しないセンサテクノロジーを使用する。例えば、発電機内で検知信号は、グラスファイバなどの光導体により伝送される。

【発明の概要】

【0004】

本発明の第一の態様によれば、機械における振動センサの状態を関するための方法が提案される。振動センサは、質量スプリングシステムにより伸縮する、ファイバブラッググレーティングを備えた光ファイバを用いて構成してあり、当振動センサで機械の振動を受ける。この振動センサによりセンサデータを出力する。該センサデータは、機械の振動を表すデータと振動センサの固有周波数を表すデータとを同時に含んでいる。振動センサから出力されたセンサデータを監視し、振動センサの固有周波数を表すデータの変化、すなわち、少なくとも固有周波数のピークの変化又は固有周波数の周波数包絡線の変化に基づいて、振動センサに対する注意を喚起する。

【0005】

本発明の第二の態様によれば、発電機を監視するシステムが提案される。このシステムは、少なくとも 1 つの振動センサとプロセッサとを備える。振動センサは、質量スプリングシステムにより伸縮する、ファイバブラッググレーティングを備えた光ファイバを用いて構成され、発電機の振動を受け、当振動センサが受けた振動を表すデータと当振動センサの固有周波数を表すデータとを同時に含むセンサデータを出力する。プロセッサは、該振動センサから出力されるセンサデータを監視し、その固有周波数を表すデータが変化している、すなわち、少なくとも固有周波数のピーク又は固有周波数の周波数包絡線が変化している振動センサに対する注意を喚起するように構成される。

【図面の簡単な説明】

【0006】

本願は、本発明を具体的に示し明確に請求する特許請求の範囲を含むが、次の図面を伴う以下の説明により、本発明をより良く理解できるであろうと考える。図中、同様の要素は同様の参照符号で示す。

【図 1】本発明の一実施形態に係る振動センサを設けた発電機のステータコアの一部を示す斜視図。

【図 2】図 1 に示した振動センサの内部の拡大斜視図。

【図 3】図 2 に示した振動センサの要部の拡大斜視図。

10

20

30

40

50

【図４】図２に示した振動センサの分解斜視図。

【図５】本発明の一実施形態に係る振動センサの発電機運転中の出力例を示すグラフ。

【図６】本発明の一実施形態に係る振動センサの発電機運転中の出力例を示すグラフ。

【図７】本発明の一実施形態に係る振動センサの発電機運転中の出力例を示すグラフ。

【図８】本発明の一実施形態に係る振動センサの発電機運転中の出力例を示すグラフ。

【図９】本発明の一実施形態に係る振動センサの発電機運転中の出力例を示すグラフ。

【図１０】本発明の一実施形態に係る複数の振動センサを含むセンサシステムの概略図。

【図１１】本発明に係る振動センサで使用するメンブレンディスクの代替例の側面図。

【図１２】本発明に係る振動センサで使用するメンブレンディスクの代替例の側面図。

【発明を実施するための形態】

10

【０００７】

次に記載する好適な実施形態の詳細説明において、本発明を実施する特定の形態を、限定の目的ではなくて、例示の目的で示す図面を参照する。本発明の思想及び範囲を逸脱することなく、他の実施形態も可能であるし、変更もなし得ることは当然である。

【０００８】

図１を参照すると、発電機用ステータ１０の一部が図示しており、放射状に延設されたスロット１６を画定する多数のステータティース（固定子歯）１４を備えたステータコア１２が含まれている。ステータコア１２は、各スロット１６に配置された１以上のステータバー２０を含むステータコイル１８を備える。図示の実施形態においては、一对のステータバー２０が、各スロット１６内に積み重ねた状態で配置されている。ステータバー２０は、接地壁絶縁を形成する絶縁層（図示せず）で包んでおくことができる。

20

【０００９】

バー２０は保持機構２４によりその位置を維持可能とされる。保持機構２４は、スロット１６においてステータバー２０の内側のものよりも半径方向内方に位置した、トップスロットフィルタ２６などの１以上のフィルタ部材とトップリップル（波形）スプリング２８とを備える。保持機構２４はさらに、トップリップルスプリング２８よりも半径方向内方に配置してスロット１６に組み入れたくさび３０を備え、予め決められた締め付け力でスロット１６内にステータバー２０を押さえ込み、ステータコア１２に対するバー２０の変動をほぼ制限する。ステータバー２０の対の位置は保持機構２４によりほぼ維持されるが、それでもステータバー２０の多少の曲げ変動が発電機内振動に伴い発生し、バー２０の素材中にストレスをもたらす。

30

【００１０】

追加して図２を参照すると、本発明の一実施形態に係る振動センサ５０が、ステータバーの中の所定のバー２０'に、図１に示すごとく該選択ステータスバー２０'の端部２０Ａにおいて取り付けられる。ただし、ステータコア１２のその他のステータバー２０がさらに振動センサ５０を含んでいてもよい。また、振動センサ５０は、選択ステータセンサ２０'に、例えば上部２０Ｂや側部２０Ｃ（図１参照）といった端部２０Ａ以外の場所で取り付けられていてもよい。

【００１１】

本発明によれば、選択ステータバー２０'の振動及び振動センサ５０の状況、すなわち構造的状況、が振動センサ５０により提供される信号を介して監視される。つまり、振動センサ５０がセンサデータを含んだ信号を生成し、ここに説明するように、本発明の実施形態に従って、センサデータの監視により選択ステータバー２０'の振動が判断され、また振動センサ５０の状況も判断される。振動センサ５０により提供される信号は、ほぼ周期的に変化する値の動的測定信号を含み、ステータバー２０内のストレスレベルを表し得る。特に、この測定信号は、選択ステータバー２０'の端部２０Ａに関し、一度の識別で速度のデータを提供し、二度の識別で加速度のデータを提供する、変位信号を含む。

40

【００１２】

図２～図４を参照すると、振動センサ５０は、ここに説明する振動センサ５０の内部部品を収容したハウジング５２（図２及び図４）を備える。図３には振動センサ５０の要部

50

のみを示し、該要部をより明確に図示してその機能を効果的に説明し易くしてある。

【 0 0 1 3 】

振動センサ 5 0 は、光ファイバ導体 (F O C) 5 8 に形成した屈折率格子により画定される光ファイバブラッググレーティング (F B G) 5 4 (図 3 及び図 4 参照) を備えた光ファイバセンサを含む。 F B G 5 4 の屈折率格子は、予め決められた間隔で形成され、 F O C 5 8 を通る光を、格子特有の中心ブラッグ波長 λ_0 を含む予め決められた波長で反射する。 F O C 5 8 は、例えば既存のブラッググレーティングセンサにおいて使用されている光ファイバなど、 F B G 5 4 のどちらかの側に力をかけると伸張及び短縮し得る、弾性的に変形可能な材料を用いて形成される。以下に詳しく説明するように、 F O C 5 8 は、該 F O C 5 8 も接続されるフレームに対して変位する変位可能質量体に、接続される。選択ステータバー 2 0 ' の振動に対応した、フレームに対する該質量体の変位は、 F O C 5 8 の周期的な弾性伸張及び短縮を招き、その結果、 F B G 5 4 から反射される光の測定波長 λ が、中心ブラッグ波長 λ_0 に対して周期的に変化する。 F B G 5 4 から反射される光の測定波長 λ の周期的変化は、周知の方法で監視されて処理され、選択ステータバー 2 0 ' の領域における発電機の状況が調べられる。

10

【 0 0 1 4 】

広帯域光源などの光照射源 5 6 がカブラ 6 0 で F O C 5 8 と連結され、振動センサ 5 0 に光を照射する (図 2 ~ 図 4 参照) 。光照射源 5 6 は、振動センサ 5 0 の中心ブラッグ波長 λ_0 の反射応答に対応して予め決められた範囲の光波長 (又は周波数) を提供する。ここに説明するように、振動センサ 5 0 からの反射光は、 F O C 5 8 を伝って戻り、カブラ 6 0 を介してプロセッサ 6 2 又はスペクトルアナライザで受光される。

20

【 0 0 1 5 】

図 2 を参照すると、 F O C 5 8 は、ハウジング 5 2 の壁に形成された孔 6 4 を通ってハウジング 5 2 へ入る。図 3 に示すように、 F O C 5 8 の第 1 部分 5 8 A は、振動センサ 5 0 のアンカー (錨) 部材 6 6 を貫通するボア 6 6 A を通り延伸する。 F O C 5 8 の第 1 部分 5 8 A は、例えば、ボア 6 6 A 内でアンカー部材 6 6 に F O C 5 8 の第 1 部分 5 8 A を接着剤接合やセメンティングするなどによる適切な付着処理を使用して、ボア 6 6 A 内の第 1 位置 L_1 (図 3 参照) でアンカー部材 6 6 に固着させてある。アンカー部材 6 6 は、アンカープレート構造体 6 8 に形成されている孔 6 8 A を通って延伸し、コアサポート 7 0 へ螺着される (図 4 参照) 。アンカープレート構造体 6 8 は、該アンカープレート構造体 6 8 の脚 6 9 の溝 6 9 A とアンカー部材 6 6 との間における F O C 5 8 の湾曲部を画定するためと、 F O C 5 8 の第 1 部分 5 8 A の位置を維持するために、使用される。アンカープレート構造体 6 8 は、複数のボルト 7 2 でコアサポート 7 0 へ取り付けられ、コアサポート 7 0 は、複数のボルト 7 4 でハウジング 5 2 の下側部品 5 2 A へ連結される (図 2 参照) 。コアサポート 7 0 は、ハウジング 5 2 の下側部品 5 2 A 内において、アンカープレート構造体 6 8 、アンカー部材 6 6 、及び第 1 位置 L_1 にある F O C 5 8 の第 1 部分 5 8 A を構造的に支持し、これらの部品をハウジング 5 2 に対し固定とする。

30

【 0 0 1 6 】

図 4 に示すように、アンカー部材 6 6 の螺合端部 6 6 B は、コアサポート 7 0 を貫通する螺合孔 7 0 A へ螺合する。 F O C 5 8 は、アンカー部材端部 6 6 B でボア 6 6 A から出て延伸し、ここに説明するポインター (指標) 部材 8 0 を通り延伸するボア 8 0 A へ受け入れられる (図 3 参照) 。アンカー部材 6 6 とポインター部材 8 0 との間に延びる F O C 5 8 の第 2 部分 5 8 B が伸張及び短縮させられ、ここに、上述の F B G 5 4 を有する F O C 5 8 の検知部分が含まれる。

40

【 0 0 1 7 】

図 4 に示すように、ポインター部材 8 0 の螺合第 1 端部 8 0 B は、第 1 質量体 8 2 の螺合孔 8 2 A へ螺合して該第 1 質量体 8 2 を支持する。ポインター部材 8 0 の螺合第 2 端部 8 0 C は、第 2 質量体 8 4 の螺合孔 8 4 A へ螺合して該第 2 質量体 8 4 を支持する。第 1 及び第 2 質量体 8 2 , 8 4 のそれぞれは本発明の一実施形態によれば 2 0 ~ 3 0 グラムの重さであるが、質量体 8 2 , 8 4 は、振動センサ 5 0 及び該センサを用いる発電機の構成

50

に応じたその他の重さであってよい。質量体 8 2 , 8 4 に関するさらなる詳細がここに説明される。

【 0 0 1 8 】

F O C 5 8 の第 3 部分 5 8 C (図 3 参照) は、例えば、ボア 8 0 A 内でポインター部材 8 0 に F O C 5 8 の第 3 部分 5 8 C を接着剤接合やセメンティングするなどによる適切な付着処理を使用して、ボア 8 0 A 内の第 2 位置 L_2 でポインター部材 8 0 の第 2 端部 8 0 C に固着させてある。ここに説明するように、第 2 位置 L_2 にある F O C 5 8 の第 3 部分 5 8 C は、ハウジング 5 2 に対し可動である。

【 0 0 1 9 】

図 2 ~ 図 4 を参照すると、メンブレンスプリングアセンブリ 9 0 がポインター部材 8 0 とつながっている。図 4 に最も明示されているように、メンブレンスプリングアセンブリ 9 0 は、第 1 メンブレンストッパ 9 2、第 1 高さディスク 9 4、メンブレンディスク 9 6、第 2 高さディスク 9 8、及び第 2 メンブレンストッパ 1 0 0 を備える。メンブレンスプリングアセンブリ 9 0 のこれらの部品は、好ましくは、ステンレス鋼により形成し、複数のボルト 1 0 2 で互いに連結する。

【 0 0 2 0 】

ボルト 1 0 2 はスペーサ部材 1 0 4 のねじ穴 1 0 4 A へ締め込まれ、メンブレンスプリングアセンブリ 9 0 をスペーサ部材 1 0 4 へ連結する (図 2 及び図 4 参照)。スペーサ部材 1 0 4 は、複数のボルト 1 0 5 でコアサポート 7 0 へ連結される。コアサポート 7 0 及びスペーサ部材 1 0 4 により質量スプリングサポート構造体 1 0 7 が構成され、メンブレンディスク 9 6 の外周縁部分がハウジング 5 2 へ事実上連結される。したがって、メンブレンディスク 9 6 の外周縁部分は選択ステータバー 2 0 ' へ事実上連結される。すなわち、メンブレンディスク 9 6 の外周縁部分は、コアサポート 7 0 によってハウジング 5 2 内で構造的に支持され、ハウジング 5 2 及び選択ステータバー 2 0 ' に対し固定とされる。スペーサ部材 1 0 4 がメンブレンスプリングアセンブリ 9 0 とコアサポート 7 0 との好適な間隔を維持するために設けられるが、メンブレンディスク 9 6 は、ここに説明するように、発電機運転中、振動センサ 5 0 に伝わる振動に応じて、振動センサ 5 0 の中心軸 C A (図 2 参照) の方向において少量撓む。

【 0 0 2 1 】

図 3 及び図 4 に示すように、第 1 及び第 2 ナット 1 0 6 , 1 0 8 が第 1 及び第 2 質量体 8 2 , 8 4 のそれぞれとメンブレンディスク 9 6 との間に位置する。これら質量体 8 2 , 8 4 及びナット 1 0 6 , 1 0 8 は、それらの間にメンブレンディスク 9 6 を事実上挟持し、メンブレンディスク 9 6 の可動 (対ハウジング 5 2) 中央部分を、中央部分の各側へのナット 1 0 6 , 1 0 8 の螺着を通じて、ポインター部材 8 0 へ連結する。ポインター部材 8 0 は、第 2 位置 L_2 においてポインター部材 8 0 のボア 8 0 A 内に F O C 5 8 の第 3 部分 5 8 C が結合されていることにより、F B G 5 4 を含む F O C 5 8 の第 2 部分 5 8 B と、事実上接続されている。したがって、メンブレンディスク 9 6 の中央部分は、F B G 5 4 を含む F O C 5 8 の第 2 部分 5 8 B と事実上連結され、選択ステータバー 2 0 ' の振動性変動及び振動センサ 5 0 とメンブレンディスク 9 6 の外周縁部分の対応する変動が、F B G 5 4 を含む F O C 5 8 の第 2 部分 5 8 B を変位させる。すなわち、メンブレンディスク 9 6 の中央部分と第 1 及び第 2 質量体 8 2 , 8 4 とは互いに対し固定である一方、ハウジング 5 2 に対しては可動であり、質量スプリングシステム 1 1 0 (図 2 参照) を形成する。質量スプリングシステム 1 1 0 は質量スプリングサポート構造体 1 0 7 へ支持され、選択ステータバー 2 0 ' からハウジング 5 2 へ伝わる振動により生じるメンブレンディスク 9 6 の中央部分の撓み変動が、ここに説明するように、F B G 5 4 を含む F O C 5 8 の第 2 部分 5 8 B の対応する伸張及び短縮を発生させる。

【 0 0 2 2 】

メンブレンディスク 9 6 の互いに反対側に配置された第 1 及び第 2 高さディスク 9 4 , 9 8 は、それぞれ中央孔 9 4 A , 9 8 A (図 4 参照) を画定するリング状部材からなる。第 1 及び第 2 高さディスク 9 4 , 9 8 は、メンブレンディスク 9 6 の中央部分振動性変動

10

20

30

40

50

を減衰させ、メンブレンディスク 96 の最大変位撓みを制限し、これにより F O C 58 の第 2 部分 58 B の伸張量及び短縮量を制限して F O C 58 の損壊を防止する。詳細には、第 1 高さディスク 94 は、センサ 50 の放射状で内向きの方向、すなわちセンサ 50 の中心軸方向 C A と平行な方向、のメンブレンディスク 96 の外周縁部分の変動を規制することにより、メンブレンディスク 96 の中央部分の最大変位撓みを制限し、F O C 58 の第 2 部分 58 B の短縮量を事実上制限する。同様に、第 2 高さディスク 98 は、放射状で外向きの方向のメンブレンディスク 96 の外周縁部分の変動を規制することにより、メンブレンディスク 96 の中央部分の最大変位撓みを制限し、F O C 58 の第 2 部分 58 B の伸張量を事実上制限する。なお、高さディスク 94 , 98 の孔 94 A , 98 A のサイズを変更することで、当該高さディスク 94 , 98 により提供されるメンブレンディスク 96 の中央部分振動性変動に対する減衰量を調節することができる。

10

【 0 0 2 3 】

第 1 及び第 2 メンブレンストッパ 92 , 100 もまた、メンブレンディスク 96 の最大変位撓みを制限し、これにより、F O C 58 の第 2 部分 58 B の伸張量及び短縮量が制限され、F O C 58 の損壊が防止される。詳細には、第 1 メンブレンストッパ 92 が、メンブレンディスク 96 の中央部分と接触する物理的停止部位として機能し、放射状で内向きの方向のメンブレンディスク 96 の中央部分の変動が規制されて、F O C 58 の第 2 部分 58 B の短縮量が事実上制限される。同様に、第 2 メンブレンストッパ 100 が、メンブレンディスク 96 の中央部分と接触する物理的停止部位として機能し、放射状で外向きの方向のメンブレンディスク 96 の中央部分変動が規制されて、F O C 58 の第 2 部分 58 B の伸張量が事実上制限される。

20

【 0 0 2 4 】

なお、メンブレンストッパ 92 , 100 の孔 92 A , 100 A (図 4 参照) のサイズ及び高さディスク 94 , 98 の厚みの一方又は両方を変更することで、メンブレンストッパ 92 , 100 により提供されるメンブレンディスク 96 の中央部分振動性変動の制限を調節することができる。また、メンブレンディスク 96 の外周縁部分はハウジング 52 に対し固定であり且つメンブレンディスク 96 の中央部分はハウジング 52 に対し可動であるが、センサ 50 としては、メンブレンディスク 96 の外周縁部分がハウジング 52 に対し可動且つメンブレンディスク 96 の中央部分がハウジング 52 に対し固定とする構成とすることも可能である。すなわち、第 1 及び第 2 高さディスク 94 , 98 がその間にメンブレンディスク 96 の中央部分を挟持し、外周縁部分が放射状で撓むことを許容する。このような構成において、メンブレンディスク 96 の外周部分、あるいは少なくともその一部が、直接的又は間接的に、F O C 58 の第 2 部分 58 B へ構造的に連結される。

30

【 0 0 2 5 】

さらに、メンブレンストッパ 92 , 100 の孔 92 A , 100 A のサイズは本実施形態においては固定であるが、当該孔 92 A , 100 A のサイズは、発電機運転中に手動又は自動でアジャストしてメンブレンディスク 96 の最大変位撓みを変化させられるように、可変とすることもできる。これは、いわゆる当業者には自明であるように、カメラの絞り機構のような方式で実施可能である。

【 0 0 2 6 】

本実施形態の場合、第 1 及び第 2 メンブレンストッパ 92 , 100 は、高さディスク 94 , 98 とは別部品としてある。しかしながら、高さディスク 94 , 98 は、各メンブレンストッパ 92 , 100 と一体として、すなわちストッパ部品として形成することもできる。

40

【 0 0 2 7 】

発電機運転中、選択ステータバー 20 ' の端部 20 A に対するセンサハウジング 52 の取り付け部を経て、ステータバー 20 ' の振動 (振動性変動) がセンサハウジング 52 の対応する振動性変動を引き起こす。センサハウジング 52 の振動性変動は、センサハウジング 52 の下側部品 52 A にコアサポート 70 が連結されているので、質量スプリングサポート構造体 107 へ伝達される。メンブレンディスク 96 の外周縁部分が質量スプリン

50

グサポート構造体 107 へ固着しているので、ハウジング 52 の振動性変動は、メンブレンディスク 96 の外周縁部分へ伝達される。メンブレンディスク 96 の中央部分においては、質量体 82, 84 の慣性がメンブレンディスク 96 の中央部分の変動に事実上抵抗し、固定であるメンブレンディスク 96 の外周縁部分に伝達された振動性変動に応じてメンブレンディスク 96 を撓ませる。したがって、メンブレンディスク 96 は、選択ステータバー 20' の駆動周波数に応じた周波数で振動し得る。

【0028】

F O C 58 の第 3 部分 58C がポインター部材 80、すなわち第 2 位置 L_2 、を通じてメンブレンディスク 96 の中央部分と連結され、そして、F O C 58 の第 1 部分 58A がアンカー部材 66、すなわち第 1 位置 L_1 、を通じてサポート 70 と連結されているので、質量スプリングサポート構造体 107 によりメンブレンディスク 96 へ伝達される振動による、メンブレンディスク 96 の中央部分の変位は、F O C 58 の第 2 部分 58B の対応する伸張及び短縮を、選択ステータバー 20' における振動の周波数に対応する周波数で、引き起こす。なお、好ましくは、F O C 58 は、予め緊張させた状態でアンカー部材 66 及びポインター部材 80 に取り付けられる。この場合、メンブレンディスク 96 に伝達される振動性変動は、F O C 58 のさらなる伸張と短縮をもたらす。この F O C 58 の伸張及び短縮は非常に小さく、すなわち、マイクロメートルのオーダーである。巨視的（肉眼的）スケールでみると、メンブレンディスク 96 の変動及び対応する F O C 58 の変動はほとんど感知できないが、その結果生じる F B G 54 の伸張及び短縮は、F B G 54 により反射される波長に検知可能な変化を引き起こす。反射波長の変化は、ハウジング 52 の振動性変動により生じるメンブレンディスク 96 の変位に直接関係する、F O C 58 の伸張及び短縮の大きさの直接測定値である。この方法により、メンブレンディスク 96 の撓み変動を、選択ステータバー 20' の端部 20A の振動に関連した変位を判断するために、測定して使用し得る。

【0029】

F B G 54 で生成された反射波長の形式でのデータは、F O C 58 を通り、カブラ 60 を経てプロセッサ 62 へ伝送される。プロセッサ 62 は、データすなわち波長の変化を時間軸で処理し、データに関わる加速度を判断する。さらに、プロセッサ 62 は、時間に伴う波長変化に基づいて変化の周波数を判断する。とりわけ、選択ステータバー 20' 上のセンサ 50 の変位及び加速度の一方又は両方に対応したデータの受信に加え、プロセッサ 62 は、データを処理して、注目すべき周波数を、その周波数での変位及び加速度の一方又は両方の大きさを含めて、識別する。このような注目すべき周波数の一つが、メンブレンディスク 96 及び質量体 82, 84 により形成される質量スプリングシステム 110 の固有周波数に相当する。

【0030】

既存の加速度計センサの設計の場合、質量スプリングシステムは、その固有周波数が、センサにより監視すべきシステムにおける振動周波数と実質的に異なっているように設計することが望まれる。殊に、既存のセンサ設計においては、センサの固有周波数が測定対象のシステムの周波数よりも実質的に高くなるように設計することが、常識である。センサの固有周波数と監視すべきシステムで収集されるデータの周波数との間に実質的差異を設定することで、センサからの固有周波数入力に関連した歪みが収集データにおけるノイズとして干渉する可能性はまずない。

【0031】

本発明の一つの側面によると、センサ 50 の質量スプリングシステム 110 の固有周波数は、監視すべきシステムの駆動周波数に比較的近いものに設計される。特に、システムが高感度をもつように設計されると、センサ 50 の質量スプリングシステム 110 の固有周波数を低める結果となる。例えば、監視周波数の大部分が典型的には約 250 Hz 以下の調波（高調波）周波数を含む発電機の場合、センサ 50 の設計は、約 400 Hz 以上、例えば約 410 Hz の固有周波数を含み得る。しかし、振動センサ 50 の設計は、その固有周波数を、他の監視すべき周波数をもつ他のシステムでの使用に合わせるように、改変

することができる。例えば、第 1 及び第 2 質量体 8 2 , 8 4 の重さ及び高さディスク 9 4 , 9 8 の中央孔 9 4 A , 9 8 A のサイズの一方又は両方を、振動センサ 5 0 の固有周波数を事実上変更すべく変更することができる。さらに、センサ 5 0 の感度は、メンブレンディスク 9 6 の厚さ、直径、及び硬さの少なくともいずれかを変更することによりチューニングすることができる。

【 0 0 3 2 】

システムの振動を表す、すなわち、選択ステータバー 2 0 ' で生成される振動性変位に対応するデータと、振動センサ 5 0 の固有周波数を表すデータとを含む、振動センサ 5 0 から出力されるセンサデータは、F O C 5 8 によってカプラ 6 0 を通りプロセッサ 6 2 へ伝送される。このデータは、リアルタイムでプロセッサ 6 2 により監視される。メンブレンディスク 9 6 の変位の変化に対応するセンサデータは、振幅（変位）測定値を得るために使用され、センサ 5 0 の固有周波数と共にセンサ 5 0 の振動が得られる。

10

【 0 0 3 3 】

センサデータを高速フーリエ変換（F F T）で処理した後の、正常運転状況における振動センサ 5 0 の周波数の典型的出力スペクトルを示したグラフを、図 5 に示す。メンブレンディスク 9 6 で測定される、選択ステータバー 2 0 ' の振動は、符号 F_V でグラフ中に示されている。 F_{V1} 及び F_{V2} は、振動 F_V の調波である。振動センサ 5 0 の固有周波数は、符号 F_N でグラフ中に示されている。なお、振動センサ 5 0 の固有周波数は、発電機内で起こる振動から独立している。すなわち、センサ 5 0 の固有周波数 F_N の逸脱は、ほぼ、選択ステータバー 2 0 ' の測定振動 F_V の逸脱に影響しない又は逸脱を引き起こしたりしないし、その逆もまた同様である。上述のように、振動センサ 5 0 により検知される振動の大部分は、振動センサの固有周波数より低い調波周波数を含む。すなわち、上述の具体例においては、振動センサ 5 0 により検知される振動の大部分は 2 5 0 H z 以下の調波周波数を含む一方、例示した振動センサの固有周波数は約 4 1 0 H z である。

20

【 0 0 3 4 】

プロセッサ 6 2 は、センサデータを監視し、発電機部品にダメージを与え得る振動を見張る。監視振動 F_V が予定の振幅範囲又は周波数範囲から外れていると判断される場合、少なくとも 1 つのシステム運転パラメータを変更して発電機に起こっている振動を変えることができる。例えば、発電機の負荷を減らしたり、発電機冷却用のガス又は水の温度を変えたりすることが可能である。

30

【 0 0 3 5 】

また、プロセッサ 6 2 は、振動センサ 5 0 の固有周波数 F_N を表すデータの変化、例えば、振動センサ 5 0 におけるクラックなどの構造的ダメージを示す変化、を見張る。すなわち、本実施形態によれば、振動センサ 5 0 の固有周波数包絡線のピークがおよそ 4 1 0 H z である。この値が、例えば少なくとも 5 H z 程度の予め決めた量だけ 4 1 0 H z から外れる場合、振動センサ 5 0 は構造的ダメージをおっており、修理又は交換が必要である。したがって、振動センサ 5 0 の固有周波数のピークが少なくとも 5 H z ほど 4 1 0 H z から外れる、すなわち、図 6 に示すように低くなる、あるいは、図 7 に示すように高くなる場合、振動センサ 5 0 の修理や交換のために注意が喚起される。この他の要因も、振動センサ 5 0 の注意喚起に対する引き金として使用し得る。例えば、振動センサ 5 0 の固有周波数の周波数包絡線が図 8 と図 9 にそれぞれ示すようになだらかになったり急峻になったりする場合である。なお、図 6 ~ 図 9 中に示す点線は、図 5 に示す正常な運転状況における振動センサ 5 0 の周波数包絡線を表し、図 6 ~ 図 9 において振動センサ 5 0 の周波数逸脱を説明するために提供されている。

40

【 0 0 3 6 】

振動センサ 5 0 に注意が喚起されると、選択ステータバー 2 0 ' から取り外して点検し、例えば、修理や交換が行われる。そして、新しい振動センサ（あるいは修理した振動センサ 5 0）が選択ステータバー 2 0 ' に配設される。

【 0 0 3 7 】

振動センサ 5 0 の状況は選択ステータバー 2 0 ' の振動と同時に監視されるので、振動

50

センサ 50 のいかなるダメージも、早い段階で検出することができ、振動センサ 50 に対する物理的点検不要で実行することができる。さらに、振動センサ 50 の固有周波数 F_N を表すデータは、選択ステータバー 20' の振動 F_V を表すデータと同時に FOC 58 を通し本質的に伝送されるので、振動センサ 50 の状況を監視するための専用機器が不要である。

【0038】

図 10 を参照すると、発電機 201 の運転状況を監視するシステム 200 が示されている。このシステム 200 は、上述の振動センサ 50 などの振動センサを少なくとも 1 つ含むが、好ましくは、多数の振動センサ 50 a ~ f を備え、該振動センサ 50 a ~ f のそれぞれが、上述のような対応するステータバーへ取り付けられている。

10

【0039】

システム 200 の各振動センサ 50 a ~ f は、プロセッサ 202、例えばプラントデータ取得システムと通信し、センサデータを送信する。そのセンサデータは、上述のように、対応する振動センサ 50 a ~ f に伝わる振動を表すデータと対応する振動センサ 50 a ~ f の固有周波数を表すデータとを含んでいる。さらに、システム 200 の各振動センサ 50 a ~ f は、個々のセンサ 50 a ~ f に対応した固有の中心ブラッグ波長 λ_0 をもつ固有の FBG 54 a ~ f を有する。広帯域光源などの光照射源 56 が、振動センサ 50 a ~ f まで延伸する多数の FOC 58 a ~ f に接続され、振動センサ 50 a ~ f へ光を放射する。広帯域光源は、センサ 50 a ~ f の FBG 54 a ~ f により提供される反射波長に対応した範囲の光を供給する。プロセッサ 202 は、センサ 50 a ~ f の FBG 54 a ~ f からそれぞれ反射される固有の波長範囲に基づいて、センサ 50 a ~ f から受信されるデータの発信源を同定し得る。

20

【0040】

プロセッサ 202 は、振動センサ 50 a ~ f のそれぞれに対応するセンサデータを取得する。その監視センサデータが、予定範囲から外れた振動の発生を示している場合、発電機 201 の 1 以上の運転状況が変更されてその中で生じている振動が変えられる。さらに、上述したように、監視センサデータが、振動センサ 50 a ~ f のいずれかの固有周波数が正常周波数から外れている、例えば、低くなっているか又は高くなっていることを示す場合、あるいは、周波数包絡線がなだらか又は急峻になっている場合、当該振動センサ 50 の修理又は交換のための注意が喚起される。

30

【0041】

図 11 及び図 12 を参照すると、本発明の他の実施形態に係る振動センサ用のメンブレンディスク 300, 400 が示されている。図 11 に示すメンブレンディスク 300 は、概略円形であり、その外周縁の切り欠き又はその他の切除による丸め又は湾曲凹部 302, 304, 306, 308 を有する。すなわち、凹部 302, 304, 306, 308 は外周縁から半径方向内方へ延設されている。図 12 に示すメンブレンディスク 400 は、概略円形であり、その外周縁の切り欠き又はその他の切除による、より広範囲の双曲線状凹部 402, 404, 406, 408 を有する。すなわち、凹部 402, 404, 406, 408 は外周縁から半径方向内方へ延設されている。凹部 302 ~ 308 及び凹部 402 ~ 408 の切り欠きにより、メンブレンディスク 300, 400 はより撓み易くなり、メンブレンディスク 300, 400 の固有周波数が低くなる。また、当該メンブレンディスク 300, 400 はそり易いので、各振動センサが取り付けられるステータバーの振動におけるより小さな振幅変化に応じてメンブレンディスク 300, 400 が容易に撓み、センサがより高感度になる。加えて、図 12 の実施形態の場合、メンブレンディスク 400 から材料を切り欠いた凹部 402 ~ 408 を画定する双曲線状が、決められた設計基準に準拠するメンブレンディスク 400 のチューニングを可能にすると期待される。さらに、切り欠き凹部 402 ~ 408 の双曲線状は、メンブレンディスク 400 の構造的ストレスを大幅に低くし、ディスク 400 にクラックが入る可能性を低くする。

40

【0042】

ここに説明したセンサデータの監視は、振動センサ 50 の使用に関連させて説明してき

50

たが、本発明のシステム及び方法は、センサの固有周波数を表すデータを含んだ出力を提供するいずれのセンサでも実行し得る。さらに、発電機内状況が監視されるとしてここに説明しているが、他のタイプのシステムでも、ここに説明するシステム及び方法を使用して監視可能である。すなわち、ここに説明したシステム及び方法は、発電機内状況の監視に限定するように意図されてはいない。

【 0 0 4 3 】

本発明の特定の実施形態について図示し説明してきたが、当業者であれば、本発明の思想及び範囲を逸脱することなくその他様々な交換や変更をなし得ることは自明である。したがって、本発明の範囲内にあるそれら交換や変更の全ては特許請求の範囲に含まれるものと意図されている。

【 符号の説明 】

【 0 0 4 4 】

1 0	ステータ	
1 2	ステータコア	
1 4	ステータティース	
1 6	スロット	
1 8	ステータコイル	
2 0	ステータバー	
2 0 '	選択ステータバー	
2 4	保持機構	20
2 6	トップスロットフィルタ	
2 8	トップリップルスプリング	
3 0	くさび	
5 0 , 5 0 a ~ 5 0 f	振動センサ	
5 2	ハウジング	
5 2 A	下側部品	
5 2 B	上側部品	
5 4 , 5 4 a ~ 5 4 f	ファイバブラッググレーティング (F B G)	
5 6	光照射源 (光源)	
5 8 , 5 8 a ~ 5 8 f	光ファイバ導体 (F O C)	30
5 8 A	第 1 部分	
5 8 B	第 2 部分	
5 8 C	第 3 部分	
6 0	カブラ	
6 2	プロセッサ	
6 4	孔	
6 6	アンカー部材	
6 6 A	ボア	
6 6 B	螺合端部	
6 8	アンカープレート構造体	40
6 9	脚	
6 9 A	溝	
7 0	コアサポート	
7 2	ボルト	
7 4	ボルト	
8 0	ポインター部材	
8 0 A	ボア	
8 0 B	第 1 端部	
8 0 C	第 2 端部	
8 2	第 1 質量体	50

8 2 A	螺合孔	
8 4	第 2 質量体	
8 4 A	螺合孔	
9 0	メンブレンスプリングアセンブリ	
9 2	第 1 メンブレンストッパ	
9 2 A	孔	
9 4	第 1 高さディスク	
9 4 A	中央孔	
9 6	メンブレンディスク	
9 8	第 2 高さディスク	10
9 8 A	中央孔	
1 0 0	第 2 メンブレンストッパ	
1 0 0 A	孔	
1 0 2	ボルト	
1 0 4	スペーサ部材	
1 0 4 A	ねじ穴	
1 0 5	ボルト	
1 0 6	第 1 ナット	
1 0 7	質量スプリングサポート構造体	
1 0 8	第 2 ナット	20
2 0 0	システム	
2 0 1	発電機	
2 0 2	プロセッサ	
3 0 0	メンブレンディスク	
3 0 2 , 3 0 4 , 3 0 6 , 3 0 8	凹部	
4 0 0	メンブレンディスク	
4 0 2 , 4 0 4 , 4 0 6 , 4 0 8	凹部	
L ₁	第 1 位置	
L ₂	第 2 位置	

【図 1】

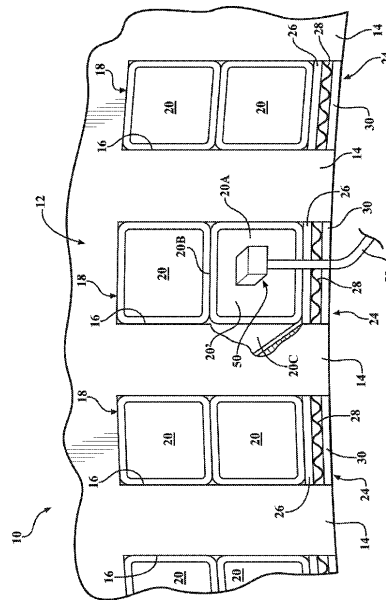


FIG. 1

【図 2】

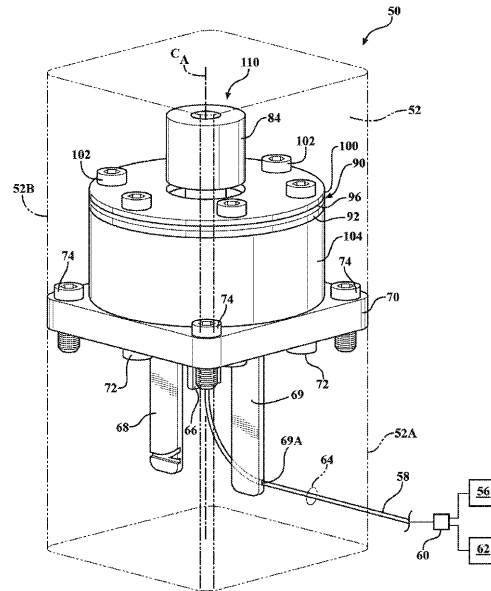


FIG. 2

【図 3】

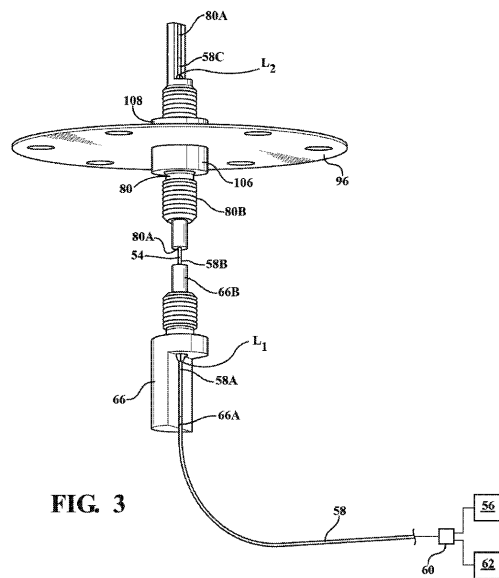


FIG. 3

【図 4】

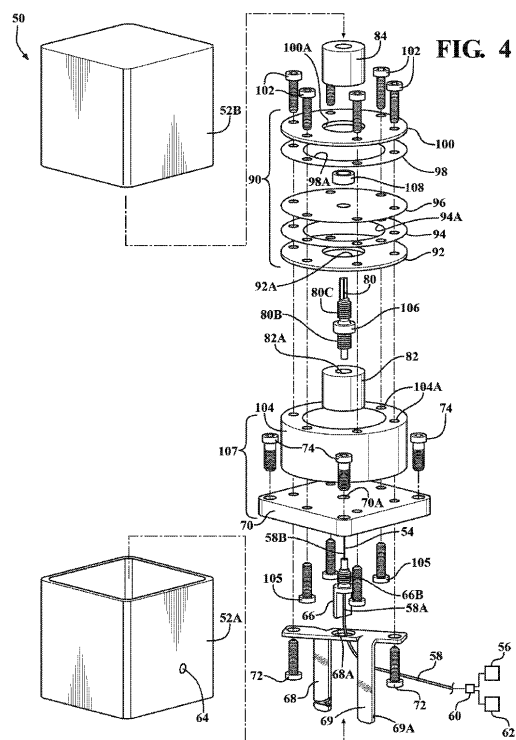
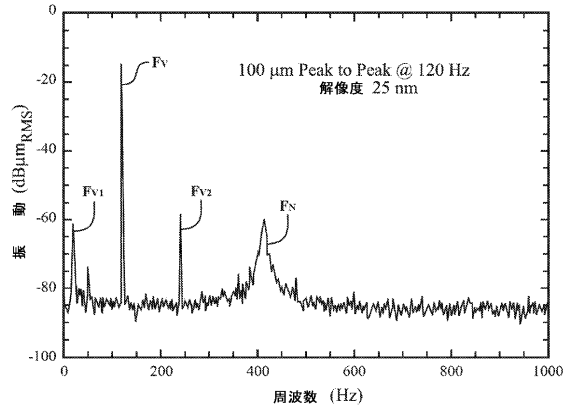
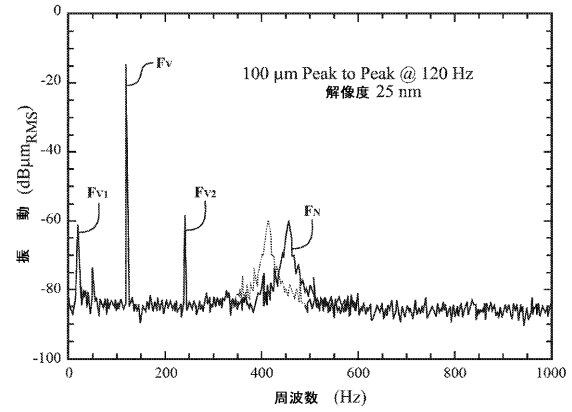


FIG. 4

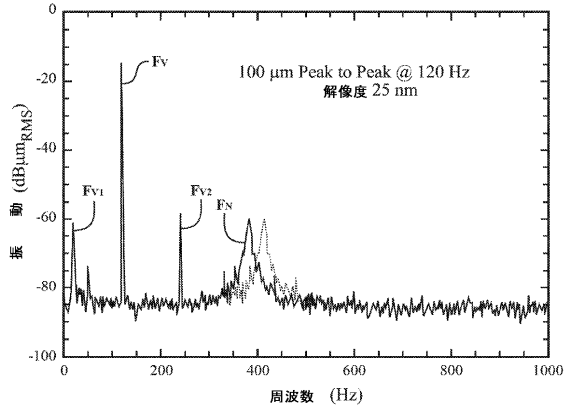
【図 5】



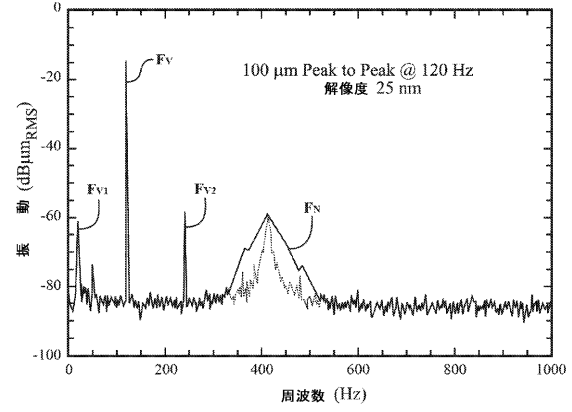
【図 7】



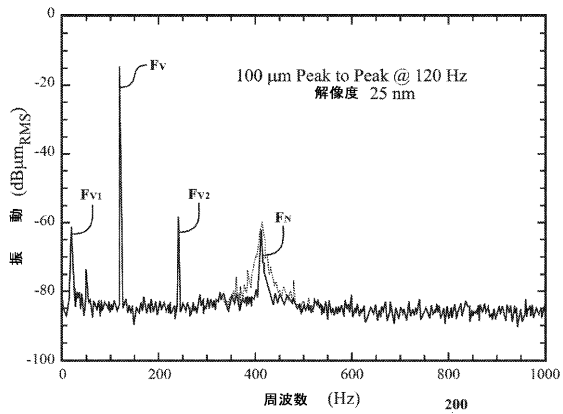
【図 6】



【図 8】

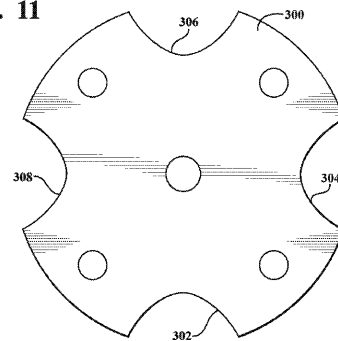


【図 9】

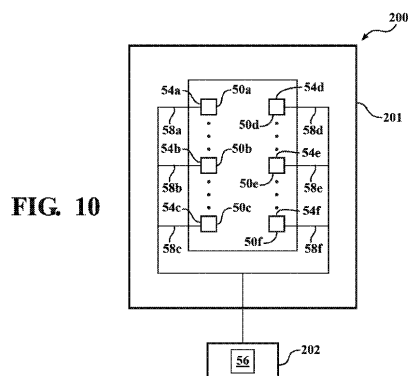


【図 11】

FIG. 11

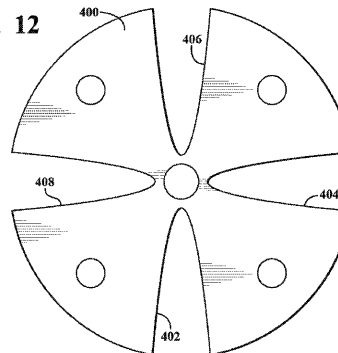


【図 10】



【図 12】

FIG. 12



フロントページの続き

- (72)発明者 ディアツィキス、エヴァンジェロス ヴィ
アメリカ合衆国 3 2 7 6 6 フロリダ、チュルオータ、オスプレイ レイクス サークル 3 5
3
- (72)発明者 トゥワードクリブ、マイケル
アメリカ合衆国 3 2 7 6 5 フロリダ、オヴィエド、ウッドクレスト ウェイ 8 7 7
- (72)発明者 ラウ、ジェイムズ エフ
アメリカ合衆国 3 2 8 2 5 フロリダ、オーランド、サウス ディアウッド アヴェニュー 6
1 5
- (72)発明者 トンプソン、エドワード ディー
アメリカ合衆国 3 2 7 0 7 フロリダ、キャッセルベリー、サウス トリプレット レイク ド
ライヴ 5 5 0

審査官 田中 秀直

- (56)参考文献 特開2009-236596(JP,A)
特開平07-049265(JP,A)
特開2006-258614(JP,A)
特開2010-164447(JP,A)
特開2010-256352(JP,A)
特開平06-109580(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01H 1/00-17/00