

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5337488号  
(P5337488)

(45) 発行日 平成25年11月6日(2013.11.6)

(24) 登録日 平成25年8月9日(2013.8.9)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 N 29/26 (2006.01)

G O 1 N 29/26 5 0 1

請求項の数 8 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2008-537856 (P2008-537856)	(73) 特許権者	500520743
(86) (22) 出願日	平成18年10月24日(2006.10.24)		ザ・ボーイング・カンパニー
(65) 公表番号	特表2009-513979 (P2009-513979A)		The Boeing Company
(43) 公表日	平成21年4月2日(2009.4.2)		アメリカ合衆国、60606-1596
(86) 国際出願番号	PCT/US2006/041373		イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイド・プラザ、100
(87) 国際公開番号	W02007/050548	(74) 代理人	100109726
(87) 国際公開日	平成19年5月3日(2007.5.3)		弁理士 園田 吉隆
審査請求日	平成21年10月21日(2009.10.21)	(74) 代理人	100101199
(31) 優先権主張番号	11/261, 222		弁理士 小林 義敦
(32) 優先日	平成17年10月28日(2005.10.28)	(74) 代理人	100092196
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 橋本 良郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合接合の遠隔的な半径検査ツール

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

構造物の手動検査が可能でない特徴箇所を検査する非破壊検査装置であって、  
少なくとも1つの磁石を有し、前記構造物と相対的に移動可能であるように前記構造物の第1の表面に設置するように構成されている駆動部であって、ユーザが操作する駆動部と、

ハウジング、移動可能な検査センサ、及び、少なくとも1つの磁石を備えている検査部と、を具備し、

この検査部は、

前記駆動部の移動により、駆動部と直接的に接触することなく、前記駆動部と共同して検査部が移動するように前記駆動部と磁気結合されるように、前記第1の表面の反対側であり、前記構造物の手動検査が可能でない特徴箇所と同じ側にある前記構造物の第2の表面に位置決めするように構成されており、

当該検査部の位置を監視するための位置エンコーダ装置を含んでおり、

前記検査センサは、

前記検査部の前記ハウジングに対して移動可能である、非破壊検査装置。

【請求項 2】

前記検査部の前記移動可能な検査センサは、超音波ホイールトランスデューサ、空中超音波トランスデューサ、並びにレーザー超音波トランスデューサのうちの1つを備えている、請求項1に記載の非破壊検査装置。

10

20

## 【請求項 3】

前記移動可能な検査センサは、前記駆動部にほぼ近づく方向及び／又は前記駆動部から遠ざかる方向に選択的に移動可能である、請求項 1 または 2 に記載の非破壊検査装置。

## 【請求項 4】

前記移動可能な検査センサは、前記駆動部及び前記検査部の移動の方向とほぼアラインメントされている軸を中心として選択的に回転可能である、請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 に記載の非破壊検査装置。

## 【請求項 5】

前記検査部は、これの複数の磁石に近接しているローラの組を含み、また、前記駆動部は、これの複数の磁石に近接しているローラの組と、この駆動部の電動式位置決めのための電動式駆動ホイールと、駆動部の位置を監視するための位置エンコーダ装置とを有する、請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 に記載の非破壊検査装置。

10

## 【請求項 6】

構造物の手動検査が可能でない特徴箇所を検査する非破壊検査装置であって、

少なくとも 1 つの第 1 の磁石及び少なくとも 1 つの第 2 の磁石を有し、前記構造物と相対的に移動可能であるように前記構造物の第 1 の表面に設置するように構成されている駆動部であって、ユーザが操作する駆動部と、

ハウジング、移動可能な検査センサ、及び、少なくとも 1 つの磁石を備え、前記駆動部と直接的に接触することなく前記駆動部の移動が前記駆動部と共同した移動を生じさせるため前記駆動部の前記第 1 の磁石と磁気結合されるように、前記第 1 の表面の反対側であり、前記構造物の手動検査が可能でない特徴箇所と同じ側にある前記構造物の表面に位置決めするように構成されている第 1 の検査部と、

20

ハウジング、移動可能な検査センサ、及び、少なくとも 1 つの磁石を備えている第 2 の検査部とを具備し、

第 2 の検査部は、検査対象である前記構造物の前記特徴箇所が、前記第 1 の検査部と第 2 の検査部との間に位置するように前記第 1 の表面の反対側であり、前記構造物の手動検査が可能でない特徴箇所と同じ側にある前記構造物の表面に位置決めするように構成され、また、この第 2 の検査部は、前記駆動部と直接的に接触することなく駆動部の移動が駆動部と共同して前記第 2 の検査部に移動を生じさせるように、前記第 2 の検査部は、前記駆動部の前記第 2 の磁石と磁気結合され、前記第 1 の検査部及び前記第 2 の検査部のそれぞれが、前記駆動部と磁気結合されているときに、前記第 1 の検査部及び前記第 2 の検査部は相互にほぼ一定の相対位置にあり、

30

第 1 の移動可能な検査センサは、前記第 1 の検査部の前記ハウジングに対して移動可能であり、前記第 2 の移動可能な検査センサは、前記第 2 の検査部の前記ハウジングに対して移動可能であり、

前記第 1 の検査部は、前記第 1 の検査部の位置を監視するための位置エンコーダ装置を含み、前記第 2 の検査部は、前記第 2 の検査部の位置を監視するための位置エンコーダ装置を含む、非破壊検査装置。

## 【請求項 7】

前記第 1 の検査部の前記第 1 の移動可能な検査センサは、超音波発信器を備え、前記第 2 の検査部の前記第 2 の移動可能な検査センサは、超音波受信器を備えている、請求項 6 に記載の非破壊検査装置。

40

## 【請求項 8】

構造物の手動検査が可能でない特徴箇所を検査する方法であって、

少なくとも 1 つの磁石を有する非破壊検査装置の駆動部であって、ユーザが操作する駆動部を前記構造物の第 1 の表面に設置することと、

ハウジング、移動可能な検査センサ、及び、少なくとも 1 つの磁石を備えている検査部を位置決めすることが前記駆動部の前記磁石を前記検査部の前記磁石に磁気結合することを備えているように、前記非破壊検査装置の少なくとも 1 つの検査部を、前記第 1 の表面の反対側であり、前記構造物の手動検査が可能でない特徴箇所と同じ側にある前記構造物

50

の第 2 の表面に位置決めすることと、

前記検査部が前記駆動部と呼応して移動させられるように、前記構造物の前記第 1 の表面上で前記駆動部を移動させることと、

前記検査部に搭載された位置エンコーダ装置により、前記検査部の位置を監視することと、

前記移動可能な検査センサを前記検査部の前記ハウジングと相対的に移動させることと、

前記移動可能な検査センサからの出力を監視することと、  
を具備する方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は一般に非破壊検査装置に関係する。より詳細には、本発明は構造物のアクセスが制限されている特徴箇所を検査する検査装置に関係する。

(関連出願の相互参照)

【0002】

本願は、参照によって全体として本書に組み込まれている、2003年12月12日出願された同時係属中の米国特許出願第10/734,452号、及び、2004年1月7日出願された米国特許出願第10/752,890号の一部継続出願である。

【背景技術】

20

【0003】

構造物の非破壊検査は、構造物を傷つけることなく、又は、構造物の大幅な分解を必要とすることなく、構造物を徹底的に検査することに関係している。非破壊検査は、構造物の外部及び/又は内部の徹底的な検査が必要とされる多くのアプリケーションに有利である。たとえば、非破壊検査は、航空機構造物へのあらゆるタイプの内部損傷又は外部損傷に関して航空機構造物を検査するために航空機産業において広く利用されている。

【0004】

定期的に非破壊検査される構造物の中に複合構造物がある。この点に関して、複合構造物は、これらのエンジニアリング特性、設計柔軟性、及び、軽量性のため、産業全体で一般的に使用されている。したがって、複合構造物の性能に悪影響を与えることがあり得る亀裂、空洞、又は、空隙のようなあらゆるキズを特定するために複合構造物を検査することは高い頻度で望ましい。

30

【0005】

種々のタイプのセンサが非破壊検査を実行するため利用されることがある。1つ以上のセンサが被検査構造物の上で移動し、内部キズの特定を可能にする欠陥構造物に関するデータを受信する。たとえば、パルスエコーセンサ、透過センサ、又は、横波センサが、構造物の厚さ測定、層欠陥及び空隙の検出、及び/又は、亀裂検出のような超音波データを取得するために利用されることがある。共鳴センサ、パルスエコーセンサ、又は、機械インピーダンスセンサもまた、たとえば、構造物の接着界面内での空洞又は空隙の徴候を明らかにするために利用されることがある。センサによって取得されたデータは典型的にプロセッシングエレメントによって処理され、処理済みデータはディスプレイを用いてユーザに提示されることがある。

40

【0006】

検査を必要とする構造物の特徴箇所へのアクセス可能性は非破壊検査装置を選択する際の1つの検討事項である。検査を必要とする特徴箇所へのアクセスが制限されているので、技術者による手動検査が可能ではないことがある。アクセスが制限されている構造物の例は翼構造物の内部接合部である。より詳細には、翼の最後の区分が取り付けられたときに作られる最終接合部によって生成される接着界面は、構造物のアクセスが制限されている特徴箇所(feature)を、例示している。

【0007】

50

最終接合部のような構造物のアクセスが制限された特徴箇所は、従来型の検査装置を使用して完全に検査することが困難である。したがって、構造物のアクセスが制限された特徴箇所を検査するために使い易くかつ信頼性が高い非破壊検査装置の必要性が存在する。

【発明の開示】

【0008】

本発明の実施形態は、アクセスが制限された特徴箇所のような構造物の特徴箇所を検査する非破壊検査装置を提供することにより、上記必要性を解決し、その他の利点を実現する。検査装置は、検査部が駆動部に呼応して移動するように磁気結合されている駆動部及び少なくとも1つの検査部を有する。検査部は、ハウジング、検査センサ、及び、少なくとも1つの磁石を有する。駆動部が構造物の第1の表面に設置され、検査部が第1の表面と反対側にある構造物の表面に位置決めされているときに、検査部が駆動部と直接的に接触することなく駆動部の移動が駆動部と呼応して検査部を移動させるために駆動部と検査部の両方が磁気結合されるように、駆動部が少なくとも1つの磁石をさらに有する。さらに、検査センサは、検査部のハウジングと相対的に選択的に移動可能である。したがって、検査部は、特徴箇所を検査するため構造物の特徴箇所に近接するまで移動させられ得る。

10

【0009】

本発明の付加的な実施形態は、第2の検査部のハウジングと相対的に選択的に移動可能である第2の検査センサをさらに有する第2の検査部を有する。本発明の更なる実施形態は、限定されない例を挙げるならば、超音波トランスデューサ、超音波ホイールトランスデューサ、空中超音波トランスデューサ、又は、レーザー超音波トランスデューサを備えている検査センサを有する。検査センサは、おおよそ駆動部へ向かうか、及び/又は、駆動部から遠ざかる方向に、及び/又は、(複数の)駆動部及び(複数の)検査部の移動方向とおおよそアラインメントされている方向に選択的に移動可能である。

20

【0010】

構造物を検査する方法もまた本発明によって提供される。構造物を検査するために、非破壊検査装置の駆動部は構造物の第1の表面に設置され、非破壊検査装置の少なくとも1つの検査部は第1の表面とは反対側にある構造物の表面に配置されている。検査部内の少なくとも1つの磁石は駆動部内の少なくとも1つの磁石と磁気結合している。駆動部は、検査部が駆動部と呼応して移動させられるように、構造物の表面上で移動させられる。さらに、検査部の検査デバイスは、検査部のハウジングと相対移動させられる。検査センサは、キズ又は欠陥を見つけるために技術者によって監視され得る出力を生じる。したがって、非破壊検査装置及び検査方法は、構造物の特徴箇所の使い易くかつ信頼性が高い検査を提供する。

30

【0011】

発明の実施形態が一般的な用語で記載されたので、今度は、必ずしも正しい縮尺で描かれていない添付図面が参照される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

本発明の少なくとも6つの実施形態が添付図面を参照してさらに十分に説明されている。本発明は、多数の異なる形で具現化されることがあるので、記載され、明らかにされた実施形態だけに限定されるものとして解釈されるべきでない。同様の符号は全体を通じて同じ部材を示している。

40

【0013】

図1ないし13を参照すると、本発明の種々の実施形態による非破壊検査装置が示されている。図1ないし3の実施形態を参照すると、非破壊検査装置10は、駆動部12、第1の検査部14、及び、第2の検査部16を有する。駆動部12と検査部14及び16は、個別の部分であり、図示された実施形態では直接的に接続されていない。駆動部12は、被検査構造物の表面に設置するように構成されている。検査部14及び16は、駆動部が設置されている表面と反対側の表面に位置決めするように構成されている。

【0014】

50

駆動部 12 は、第 1 の検査部 14 の少なくとも 1 つの磁石 24 及び第 2 の検査部 16 の少なくとも 1 つの磁石 26 と磁気結合する少なくとも 1 つの第 1 の磁石 20 及び少なくとも 1 つの第 2 の磁石 22 を有する。磁気結合は、検査部が駆動部に呼応して移動するように、駆動部 12 と検査部 14 及び 16 との間で遠隔的な接続を行う。検査部 14 及び 16 は、検査部が駆動部と相対的に実質的に一貫した位置を維持するように、駆動部 12 と呼応して移動する。図 1 の駆動部 12 は、少なくとも 1 つの第 1 の磁石 20 を少なくとも 1 つの第 2 の磁石 22 に接続するハンドル 18 をさらに有する。少なくとも 1 つの第 1 の磁石 20 は検査装置 10 の動作中に第 1 の検査部 14 の磁石 24 と磁気結合する。同様に、駆動部 12 の少なくとも 1 つの第 2 の磁石 22 は検査装置 10 の動作中に第 2 の検査部 16 の磁石 26 と磁気結合する。少なくとも 1 つの第 1 の磁石 20 は、図 2 及び 3 に示されているように、駆動部 12 及び第 1 の検査部が構造物 30 の反対側の表面に位置決めされているときに第 1 の検査部 14 の磁石 24 と磁気結合させられる。磁石は、磁石間の磁気結合が最大化される形で磁石が構造物 30 の反対側の表面 32 及び 34 と近接するように、位置決めされると有利である。同様に、少なくとも 1 つの第 2 の磁石 22 は、駆動部 12 及び第 2 の検査部が構造物 30 の反対側の表面に位置決めされているときに第 2 の検査部 16 の磁石 26 と磁気結合させられる。磁石は、磁石間の磁気結合が最大化される形で磁石が構造物 30 の反対側の表面 32 及び 36 と近接するように、位置決めされると有利である。

10

#### 【0015】

図 1 ないし 13 に示されているような、図示されている実施形態の磁石 20、22、24 及び 26 は、好ましくは、標準的なセラミック磁石又はフェライト磁石（約 3900 ガウス）より大きい磁束（約 12000 ガウス）を有することが有利であるネオジウム鉄ホウ素製のパンケーキ型磁石である。発明の更なる実施形態は、代替的な磁石の 2 つの限定されない例を挙げるならば、サマリウムコバルト又はアルニコのような様々な材料の磁石を含み、及び / 又は、電磁石又はその他の磁気結合手段との磁気結合を生成することがある。本発明は、磁気結合の磁束を制御するために、非限定的な例が本譲受人に譲渡されている米国特許第 6,180,928 号に開示されている希土類金属スイッチ型磁気装置である、磁気分路メカニズムをさらに備えている。本発明の更なる実施形態は、駆動部と検査部との間で磁気結合を行うために、限定されない例を挙げるならば、4 台の磁石のような複数の磁石を有する。

20

30

#### 【0016】

本発明の検査装置 10 を用いて検査される構造物 30 は、複合非強磁性金属（たとえば、アルミニウム合金、チタニウム合金、又は、GLARE 或いは Ti / Gr のようなアルミニウム若しくはチタニウムハイブリッド積層板）、及び、ポリマーを有することがあるが、これらに限定されない。注意すべき点は、駆動部 12 と検査部 14 及び 16 が内部で磁気結合されている材料を集散的に規定する、図 2 に示されているような第 1 の表面 32、表面 34 及び 36 と、これらの間にある材料とは、磁気結合が駆動部と検査部との間に位置している強磁性材料によって弱められるか又は除去されることになるので、好ましくは、非強磁性金属を包含することである。

40

#### 【0017】

磁石 24 及び 26 は、検査部 14 及び 16 をそれぞれに支持し、検査部のそれぞれを実質的にアラインメントされた状態に保つ。各磁石 20、22、24 及び 26 は、少なくとも 1 つの個別の磁石を備えている。しかし、複数の磁石を備えている本発明の更なる実施形態は、好ましくは、磁石の最大カップリングを設けるために、対応する複数の磁石と実質的にアラインメントされ、磁気結合させられるパターンで磁石を配置する。

#### 【0018】

図 2 及び 3 を参照すると、構造物 30 は、構造物の表面 34 及び 36 から外向きに、たとえば、垂直に延在する特徴箇所 40 を有する。図 2 に示されているように、構造物 30 の特徴箇所 40 は、膜に接着又は締結されるか、表面 34 及び 36 に接合されるか、若しくは、表面 34 又は 36 から突起するシャータイ又はスパーのような、アクセスが制限され

50

る特徴箇所でもよい。特徴箇所40は特徴箇所を表面34及び36に接続するパイ接合42を有することがあり、実際の接合部は検査装置10によって検査されることがある。検査対象となる代替的な特徴箇所は、どのような形状、角度方向、サイズ、又は、位置をもつ特徴箇所でもよい。図2及び3の特徴箇所40は、航空機産業で使用される複合材料を包含する翼構造物の内部リブを表しているが、特徴箇所40は非破壊検査の対象となるあらゆる構造物のあらゆる部分を表す。さらに、特徴箇所40は、非破壊検査の対象となる、強磁性材料を有するどのような材料で作られてもよい。検査対象である特徴箇所40を通る磁気結合が必要とされないならば、強磁性材料を包含する特徴箇所を有する構造物30は、駆動部12と検査部14及び16が内部で磁気結合されている材料が非強磁性材料を包含するかどうかについて検査されることがある。このような構造物30は、航空宇宙アプリケーションにおける最小重量の重要性のため、典型的に航空宇宙以外のアプリケーションに使用され、強磁性特徴箇所40は、一般に複合特徴箇所のような非強磁性特徴箇所より重い。強磁性特徴箇所40を検査するために使用される検査センサは、好ましくは、駆動部と検査部との間に磁気結合によって作られた磁場に対し不浸透性である。

#### 【0019】

図示された実施形態の特徴箇所40は、第1の表面34の方に向かう第1の面44と、第2の表面36の方に向かう第2の面46とを有する。図2及び3に示されているように、検査装置10が構造物30に設置されたとき、特徴箇所40は第1の検査部14と第2の検査部16との間に位置している。検査装置の更なる実施形態は、特徴箇所40の非破壊検査のための、或いは、すなわち、特徴箇所の範囲内からの信号の反射に依存するか、又は、光学式ボアスコープ若しくは小型カメラを用いて特徴箇所を観察する片側の検査のための少なくとも1つの検査センサを伴う検査部を1つだけ有することがある。ピッチキャッチ法、パルスエコー法、共鳴法、機械インピーダンス法などのような片側超音波検査方法は、1つ以上の検査部を備えている本発明の更なる実施形態の片側検査技術の非限定的な例である。

#### 【0020】

図1ないし3の第1の検査部14及び第2の検査部16は、各々が検査センサ50及び52を有する。第1の検査部14は、少なくとも1つの磁石24を接続するハウジング54を規定する。第1の検査部14の検査センサ50は、第1の検査部のハウジング54に対して相対的に選択的に移動可能である。同様に、第2の検査部16の検査センサ52は、第2の検査部のハウジング56に対して相対的に選択的に移動可能である。したがって、検査装置10の検査センサ52及び54は、検査センサの選択された位置に基づいて、図3及び2にそれぞれ示されているように、特徴箇所(feature)40及び接合部42のような、構造物30の複数の部分を検査するように構成されている。図1ないし3の検査装置10を参照すると、検査センサ50及び52は、検査センサがそれぞれのハウジングに関して回転することを可能にするために、接合部58及び60をそれぞれに用いて、ハウジング54及び56と相対的に選択的に移動可能である。図1ないし3の接合部58及び60は、それぞれハウジング54及び56内の溝と、それぞれ検査センサ50及び52に接続されたフランジ内の貫通穴と、ハウジングをそれぞれのフランジに接続する留め具とを備えている。限定されない一例を挙げるならば、ウィングナット・ボルト組立体のような留め具は、好ましくは、ハウジングとフランジの相対位置の選択的な調整を可能にするので、検査センサをハウジングと相対的に選択的に移動させる。本発明の更なる実施形態は、検査部のハウジングと相対的に検査センサを選択的に移動させる代替的な装置を提供する。たとえば、図4の実施形態は、ハウジング154及び156のそれぞれに対して相対的に選択的に移動可能である検査センサ150及び152として、超音波ホイールトランスデューサを備え、各ハウジングと相対的に検査センサに付加的な位置を設けるために複数の溝、留め具、及び、貫通穴が含まれている。更なる実施形態は、限定されない一例を挙げるならば、留め具をバネ式ボール及び移動止めの組立体で置き換えるか、又は、ハウジングと相対的に選択的に移動させられるように検査センサに離散的な所定の位置を設けるためにその他の装置で置き換えることがある。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 1 】

図 1 ないし 3 の検査センサ 5 0 及び 5 2 は、単一の超音波ホイールトランスデューサを備えている。検査装置の更なる実施形態は、代替的な検査センサと任意の台数の検査センサとを有することがある。代替的な図示された実施形態に関して後述されているように、本発明の更なる実施形態は、非限定的な幾つかの例を挙げるならば、光ファイバ超音波システム、速度的若しくは機械インピーダンス解析装置、光学的ボアスコープ、小型カメラ、赤外線センサ、容量センサ、及び、X線源のようなその他の接触又は非接触検査センサと、検出器、従来型の接触パルスエコー及び透過超音波トランスデューサ、又は、UT共鳴プローブとを有することがある。図 8 及び 9 に示されているように、少なくとも 1 つの有利な実施形態では、検査センサは接触媒質を必要としないので、検査対象である特徴箇所へのアクセスが制限されているために非常に難しい接触媒質の清浄又は収集が不要である。

10

## 【 0 0 2 2 】

上述のように、特徴箇所 4 0 に強磁性材料を包含するが、駆動部 1 2 と検査部 1 4 及び 1 6 が磁気結合されている材料内に非強磁性材料を包含しない構造物 3 0 の場合、(複数の)検査センサは、強磁性特徴箇所を検査するため渦電流検査センサを備えている。このような構造物の一例は、上述されているように、典型的に、強磁性スパー及び非強磁性膜を備えている航空宇宙以外のアプリケーションである。

## 【 0 0 2 3 】

ローラの組 6 2、スキッド、スキーなどが、駆動部の移動を促進するために、少なくとも 1 つの第 1 の磁石 2 0 及び少なくとも 1 つの第 2 の磁石 2 2 に近接して駆動部 1 2 に設けられることがある。さらに、ローラの組 6 4、スキッド、スキーなどが、表面 3 4 に沿った移動を促進するために第 1 の検査部 1 4 に設けられることがある。ローラの組 6 6、スキッド、スキーなどが表面 3 6 に沿った移動を促進するために第 2 の検査部 1 6 に同様に設けられることがある。図示された実施形態では、ローラの組 6 2、6 4 及び 6 6 のそれぞれは、図 4 に示されているように、磁石がそれぞれの対応する表面の上方で名目的に吊されるように、各部分の磁石の近くに位置している 4 個の個別のローラを有するので、磁石は表面に接触しないが、検査部が構造物の検査中に駆動部 1 2 に呼応して移動するように検査部 1 4 及び 1 6 を支持し揃えるために必要な磁気結合を維持する。検査装置 1 0 の更なる実施形態は、検査装置の部分の移動を助長するためにどのような場所でもローラの組、スキッド、スキーなどを有することがあり、又は、部分の移動を助長するために表面又は特徴箇所を有することがある。

20

30

## 【 0 0 2 4 】

検査装置 1 0 の動作は、駆動部 1 2 を構造物 3 0 の第 1 の表面 3 2 に設置することと、検査部が検査対象である特徴箇所 4 0 に近接するように第 1 の検査部 1 4 のような少なくとも 1 つの検査部を第 1 の表面と反対側にある表面 3 4 に位置決めすることとを備えている。磁石 2 0 及び 2 4 は、検査部が支持されアライメントされるように、検査部 1 4 を駆動部 1 2 へ磁気結合する。特徴箇所 4 0 を非破壊的に検査するため、検査部 1 4 の検査センサ 5 0 は、検査センサ 5 0 によって受信される反射信号が、物理的電気接続を介して、又は、無線データ伝送によって、解析及び記憶のため、一実施形態では、技術者によって監視され得るディスプレイ上に出力を作成するため、プロセッシングエレメントへ送信されるように作動させられる。非限定的な例を挙げるならば、数値データ又はグラフィックデータのようなあらゆる形式のデータでもよい表示出力は、検査されている特徴箇所における内部キズ又は欠陥の場所及びサイズを表現する方が有利である。

40

## 【 0 0 2 5 】

駆動部 1 2 は、検査部 1 4 が対応して表面 3 4 に沿って移動させられるように、第 1 の表面 3 2 に沿って移動させられる。図 1 の検査装置 1 0 は、駆動部 1 2 を進めるためにハンドル 1 8 を把握する技術者によって手動で動かされることがある。検査装置 1 0 は、特徴箇所を実質的に検査するために特徴箇所 4 0 の長手に沿って(図 2 及び 3 に示されているように紙面に交差する方向へ)進められる。処理されたデータは、好ましくは、検査済み

50

特徴箇所におけるキズ又は欠陥を図示又は示すために全体的な検査結果の要約のため収集される。図 1 ないし 3 の検査センサ 50 は、前述されているように手動、又は、図 10 ないし 13 の実施形態に関して後述されているように自動の何れかで、それぞれの検査部 14 のハウジングと相対的に引き続いて移動させられ、検査装置 10 はこの場合も特徴箇所を実質的に検査するために特徴箇所の長手に沿って進められる。このプロセスは、必要に応じて複数のセンサ部に検査データを提供するために繰り返されることがある。特徴箇所 40 が十分に検査された後、検査装置 10 は、磁気結合に打ち勝つように構造物 30 から第 1 の検査部 14 を引き寄せ、その後に駆動部 12 を取り外すことにより取り外され得る。特に、技術者は、初期的に第 1 の検査部 14 を配置し、検査後に第 1 の検査部を回収するのではなく、一般的に、特徴箇所に近接している構造物の表面 34 にアクセスする必要があるないので、技術者は殆ど目視しなくても特徴箇所 40 を検査することが可能である。

10

#### 【0026】

検査装置 10 は、2 つ以上の検査部を用いて動作させられることもある。駆動部 12 が構造物 30 の第 1 の表面 32 に設置され、検査対象である特徴箇所 40 が検査部間に位置するように、第 1 の検査部 14 が第 1 の表面と反対側にある面 34 に位置決めされ、第 2 の検査部 16 が同様に第 1 の表面と反対側にある表面 36 に位置決めされる。各部分の磁石は、検査部が駆動部によって支持され、駆動部とアラインメントされるように、検査部 14 及び 16 を駆動部 12 に磁気結合する。検査部 14 及び 16 は、各々が駆動部 12 に磁気結合されているとき、さらに互いにほぼ一定の相対位置にある。特徴箇所 40 を非破壊検査するため、検査部 14 及び 16 のそれぞれの検査センサ 50 及び 52 は、第 1 の検査センサ 50 によって伝送される信号が特徴箇所 40 を通過し、解析及び記憶のため、そして、一実施形態では、技術者によって監視され得るディスプレイ上に出力を生成するためプロセッシングエレメントへ送信される前に第 2 の検査センサ 52 によって受信されるように、作動させられる。駆動部 12 は、検査部 14 及び 16 が呼応して表面 34 及び 36 に沿って移動させられるように、第 1 の表面 32 に沿って移動させられる。図 1 の検査装置 10 は、駆動部 12 を進めるためにハンドル 18 を把握する技術者によって手動で動かされることがある。検査装置 10 は、処理されたデータが、好ましくは、検査済み特徴箇所におけるキズ又は欠陥を図示又は示すために全体的な検査結果の要約のため収集されるように、特徴箇所を完全に検査するために特徴箇所 40 の長手に沿って進められる。図 1 ないし 3 の検査センサ 50 は、前述されているように手動、又は、図 10 ないし 13 の実施形態に関して後述されているように自動の何れかで、それぞれの検査部 14 及び 16 のハウジングと相対的に引き続いて移動させられ、検査装置 10 はこの場合も特徴箇所を実質的に検査するために特徴箇所の長手に沿って進められる。このプロセスは、必要に応じて複数のセンサ部に検査データを提供するために繰り返されることがある。特徴箇所 40 が十分に検査された後、検査装置 10 は、磁気結合に打ち勝つように構造物 30 から検査部 14 及び 16 を引き寄せ、その後に駆動部 12 を取り外すことにより取り外され得る。

20

30

1 つの検査部を用いる検査と同様に、技術者は、初期的に検査部 14 及び 16 を配置し、検査後に第 1 の検査部を回収するのではなく、一般的に、特徴箇所に近接している構造物の表面 34 及び 36 にアクセスする必要があるないので、技術者は殆ど目視しなくても特徴箇所 40 を検査することが可能である。

40

#### 【0027】

図 5 は、本発明の検査装置の第 3 の実施形態の駆動部 212 を示している。検査装置の第 2 の実施形態の検査部は、駆動部 212 の特徴箇所をより良く示すために、示されていない。駆動部 212 は、駆動部 212 及び対応する検査部の電動式位置決めを行うためモータ 272 によって回転させられる電動式駆動ホイール 270 を有する。電動式駆動ホイール 270 は、検査装置が、たとえば、プロセッシングエレメントなどのによって処理され表示される検査センサからのデータを発生させるため遠隔的に制御されるように、技術者が駆動部及び検査部に接続されている端末から検査装置を制御することを可能にさせる。したがって、図 5 の駆動部 212 を伴う検査装置は、図 1 ないし 3 の検査装置 10 によって必要とされているような技術者による手動接触無しで動かされることがある。図 5 の駆動

50



ホイール 270 は、駆動部 212 が設置されている構造物の表面と接触し、有利的には、駆動ホイールが構造物の表面と相対的に滑らないように十分な摩擦を与えるためテクスチャード加工された表面を有する。技術者によって、又は、自動設備を用いて作動させられるモータ電源（図示せず）は、駆動ホイール 270 を回転させるために、又は、検査を実行するために必要に応じて前進又は後退させるために、モータ 272 に給電する。

【0028】

図 5 の検査装置の駆動部 212 は、位置エンコーダ装置 274 をさらに有する。位置エンコーダ装置 274 は、より正確又は情報量の多い検査結果のため位置データを検査装置に供給する点で有利である。図 5 に示されているように、駆動部 212 に、又は代替的な実施形態（図示せず）の 1 つ以上の検査部に搭載されていることがある位置エンコーダ装置 274 は、検査装置の場所に対応する駆動部 212 の位置を示す信号をプロセッシングエレメント又は検査部に送信する。位置エンコーダ装置 274 は、位置エンコーダ装置が構造物の表面と相対的に、又は、構造物に不可欠であるか、若しくは、検査中の構造物とは独立した基準フレームと相対的に取り付けられている駆動部及び / 又は（1 つ以上の）検査部の移動又は場所を測定することがある。位置エンコーダ装置 274 から信号を受信する方が有利であるプロセッシングエレメントは、検出された欠陥又はキズが構造物上で正確に突き止められるように、位置エンコーダ装置からの信号を、検査センサから受信された信号と相互に関連付ける。図 5 の位置エンコーダ装置 274 は、駆動部 212 が設置されている表面と接触するエンコーダホイールの回転に対応し、さらに検査装置の場所に対応する信号を生成するエンコーダホイールである。本発明の更なる実施形態は、検査装置の移動及び / 又は場所を代替的に測定し、非限定的な例では、より正確であるか、又は、より情報量の多い検査結果のため検査装置の移動を光学的に測定する光エンコーダである位置エンコーダ装置を有する。

【0029】

図 6 及び 7 は、第 1 の検査部 314 及び第 2 の検査部 316 を含み、検査センサ 350 及び 352 がそれぞれに超音波シュートランスデューサを備え、検査センサが 1 つずつの検査部のハウジング 354 及び 356 とそれぞれに相対的に選択的に移動可能である、検査装置 310 の第 4 の実施形態を示している。さらに、図 8 及び 9 は、第 1 の検査部 414 及び第 2 の検査部 416 を含み、検査センサ 450 及び 452 がそれぞれに空中超音波センサを備え、検査センサが 1 つずつの検査部のハウジング 454 及び 456 とそれぞれに相対的に選択的に移動可能である、検査装置 410 の第 5 の実施形態を示している。図 1 ないし 4 及び 6 ないし 9 の実施形態は、駆動部及び検査部の移動方向とほぼアラインメントされている軸の周りに選択的に回転させられる検査センサを有している。

【0030】

図 10 ないし 13 は、検査センサ 550 及び 552 が、モータ装置 580 及び 582 によって第 1 の検査部 514 及び第 2 の検査部 516 のハウジング 554 及び 556 に対してそれぞれ相対的に選択的に移動可能である、本発明の検査装置 510 の第 6 の実施形態を示している。図 10 ないし 13 に示されている本発明の実施形態は、駆動部に近づくか、及び / 又は、駆動部から遠ざかる方向に選択的に移動可能であり、かつ、駆動部及び検査部の移動の方向とほぼアラインメントされている軸の周りに選択的に回転させられる検査センサを有する。図 10 ないし 13 の検査センサ 550 及び 552 は、モータ装置 580 及び 582 の回転がそれぞれに超音波ホイールトランスデューサを駆動部に近づく方向及び / 又は駆動部から遠ざかる方向に進めるように、ネジ付きロッド 584 及び 586 がそれぞれに配置されている超音波ホイールトランスデューサである。モータ装置 580 及び 582 の作動は、検査装置 550 及び 552 がそれぞれに駆動部 512 に向かう方へ及び / 又は駆動部 512 から離れる方へ進められるように、ネジ付きロッド 584 及び 586 を回転させる。検査装置 550 及び 552 は、したがって、特徴箇所 540 の実質的な部分を検査する能力を備えている。その上、図 13 に示されているように、検査センサ 550 及び 552 は、駆動部 512 及び検査部 514 の移動の方向とほぼアラインメントされている軸の周りに検査センサを旋回させ、それによって、接合 542 の検査を可能にさせ

るため、テーパ面 594 及び 596 とそれぞれに接触する。本発明の更なる実施形態は、検査部のハウジングと相対的に検査センサを自動又は手で移動させる代替的な装置を提供する。図 10 ないし 13 のモータ装置 580 及び 582 の作動は作業者によって制御されてもよく、又は、所定のシーケンスで実施されてもよく、モータ装置の制御は物理的な電気接続若しくは無線通信を用いて行われ、又は、モータ装置に直接的若しくは間接的に搭載されている処理回路によって行われる。本発明の更なる実施形態は、モータ装置を作動させる代替的な技術を提供する。

#### 【0031】

本発明の検査装置は、非破壊検査技術に対して多数の改良点を提供する。検査装置は、技術者が到達するか又はアクセスすることが困難である、アクセスが制限されている特徴箇所 10 の検査を可能にする。検査はさらに接触媒質の有無に関わることなく実施され、又は、単一の検査センサを用いて、若しくは、種々の構造に配置されている複数のセンサを用いて実行される可能性がある。その上、検査装置は、特徴箇所の反対側がアクセス不能であるときに特に有利である特徴箇所の片側の検査を提供する。さらに、検査装置は、技術者による使い勝手のよい操作のための遠隔制御と、検査データの簡略化された処理及び監視とを提供する。検査装置は、1 つずつの検査部のハウジングと相対的に選択的に移動可能である検査センサを設けることにより、比較的広いエリアの検査もまた可能にする。当業者に明らかな非破壊検査技術に対する更なる改良点が同様に本発明の検査装置によって提供される。

#### 【0032】

本書に記載された発明の多数の変形及び他の実施形態は、上述の説明及び添付図面に示された教示の恩恵を受ける発明が属する技術分野の当業者が思い付くであろう。したがって、発明は開示されている特定の実施形態に限定されるものではなく、その他の実施形態が請求項の範囲に包含されることが意図されているが理解されるべきである。特定の用語が本書中で用いられているが、これらの特定の用語は一般的かつ説明的な意味だけで用いられているものであり、限定の目的のため用いられていない。

#### 【0033】

本発明は以下に記載する実施態様を含む。

構造物の特徴箇所を検査する非破壊検査装置であって、

少なくとも 1 つの磁石を有し、前記構造物と相対的に移動可能であるように前記構造物の第 1 の表面に設置するように構成されている駆動部と、

ハウジング、移動可能な検査センサ、及び、少なくとも 1 つの磁石を備えている検査部と、を具備し、この検査部は、前記駆動部の移動により、駆動部と直接的に接触することなく、前記駆動部と共同して検査部が移動するように前記駆動部と磁気結合されるように、前記第 1 の表面と反対側にある前記構造物の第 2 の表面に位置決めするように構成されており、

前記検査センサは、前記検査部の前記ハウジングと相対的に選択的に移動可能である、非破壊検査装置。

#### 【0034】

前記検査部の前記移動可能な検査センサは、超音波トランスデューサを備えている、前記非破壊検査装置。

#### 【0035】

前記検査部の前記移動可能な検査センサは、超音波ホイールトランスデューサを備えている、前記非破壊検査装置。

#### 【0036】

前記検査部の前記移動可能な検査センサは、空中超音波トランスデューサを備えている、前記非破壊検査装置。

#### 【0037】

前記検査部の前記移動可能な検査センサは、レーザー超音波トランスデューサを備えている、前記非破壊検査装置。

## 【 0 0 3 8 】

前記移動可能な検査センサは、前記駆動部にほぼ近づく方向及び／又は前記駆動部から遠ざかる方向に選択的に移動可能である、前記非破壊検査装置。

## 【 0 0 3 9 】

前記移動可能な検査センサは、前記駆動部及び前記検査部の移動の方向とほぼアラインメントされている軸を中心として選択的に回転可能である、前記非破壊検査装置。

## 【 0 0 4 0 】

前記検査部は、複数の磁石を含み、また、前記駆動部は、前記検査部の前記複数の磁石に磁気結合されている複数の磁石を有する、前記非破壊検査装置。

## 【 0 0 4 1 】

前記検査部は、これの複数の磁石に近接しているローラの組を含み、また、前記駆動部は、これの複数の磁石に近接しているローラの組を有する、前記非破壊検査装置。

## 【 0 0 4 2 】

前記駆動部は、この駆動部の電動式位置決めのための電動式駆動ホイールを有する、前記非破壊検査装置。

## 【 0 0 4 3 】

前記駆動部は、駆動部の位置を監視するための位置エンコーダ装置を有する、前記非破壊検査装置。

## 【 0 0 4 4 】

構造物の特徴箇所を検査する非破壊検査装置であって、

少なくとも1つの第1の磁石及び少なくとも1つの第2の磁石を有し、前記構造物と相対的に移動可能であるように前記構造物の第1の表面に設置するように構成されている駆動部と、

ハウジング、移動可能な検査センサ、及び、少なくとも1つの磁石を備え、前記駆動部と直接的に接触することなく前記駆動部の移動が前記駆動部と共同した移動を生じさせるため前記駆動部の前記第1の磁石と磁気結合されるように、前記第1の表面と反対側にある前記構造物の表面に位置決めするように構成されている第1の検査部と、

ハウジング、移動可能な検査センサ、及び、少なくとも1つの磁石を備えている第2の検査部とを具備し、第2の検査部は、検査対象である前記構造物の前記特徴箇所が、前記第1の検査部と第2の検査部との間に位置するように前記第1の表面と反対側にある前記構造物の表面に位置決めするように構成され、また、この第2の検査部は、前記駆動部と直接的に接触することなく駆動部の移動が駆動部と共同して前記第2の検査部に移動を生じさせるように、前記第2の検査部は、前記駆動部の前記第2の磁石と磁気結合され、前記第1の検査部及び前記第2の検査部のそれぞれが、前記駆動部と磁気結合されているときに、前記第1の検査部及び前記第2の検査部は相互にほぼ一定の相対位置にあり、

第1の移動可能な検査センサは、前記第1の検査部の前記ハウジングと相対的に選択的に移動可能であり、前記第2の移動可能な検査センサは、前記第2の検査部の前記ハウジングと相対的に選択的に移動可能である、非破壊検査装置。

## 【 0 0 4 5 】

前記第1の検査部の前記第1の移動可能な検査センサは、超音波発信器を備え、前記第2の検査部の前記第2の移動可能な検査センサは、超音波受信器を備えている、前記非破壊検査装置。

## 【 0 0 4 6 】

前記第1の検査部の前記第1の移動可能な検査センサは、超音波ホイールトランスデューサを備え、前記第2の検査部の前記第2の移動可能な検査センサは、超音波ホイールトランスデューサを備えている、前記非破壊検査装置。

## 【 0 0 4 7 】

前記第1の検査部の前記第1の移動可能な検査センサは、空中超音波トランスデューサを備え、前記第2の検査部の前記第2の移動可能な検査センサは、空中超音波トランスデューサを備えている、前記非破壊検査装置。

10

20

30

40

50

**【 0 0 4 8 】**

前記駆動部は、前記駆動部の電動式位置決めのための電動式駆動ホイールを有する、前記非破壊検査装置。

**【 0 0 4 9 】**

前記駆動部は、前記駆動部の位置を監視するための位置エンコーダ装置を有する、前記非破壊検査装置。

**【 0 0 5 0 】**

構造物の特徴箇所を検査する方法であって、

少なくとも1つの磁石を有する非破壊検査装置の駆動部を前記構造物の第1の表面に設置することと、

ハウジング、移動可能な検査センサ、及び、少なくとも1つの磁石を備えている検査部を位置決めすることが前記駆動部の前記磁石を前記検査部の前記磁石に磁気結合することを備えているように、前記非破壊検査装置の少なくとも1つの検査部を前記第1の表面と反対側にある前記構造物の第2の表面に位置決めすることと、

前記検査部が前記駆動部と呼応して移動させられるように、前記構造物の前記第1の表面上で前記駆動部を移動させることと、

前記移動可能な検査センサを前記検査部の前記ハウジングと相対的に移動させることと、前記移動可能な検査センサからの出力を監視することと、

を具備する方法。

**【 0 0 5 1 】**

検査対象である前記構造物の前記特徴箇所が前記第1の検査部と第2の検査部との間に位置するように、前記非破壊検査装置の前記第2の検査部を、前記第1の表面と反対側にある前記構造物の第2の表面に位置決めすることをさらに備え、前記第2の検査部を位置決めすることは前記第2の検査部が前記駆動部と呼応して移動させられるために前記駆動部の第2の磁石を前記第2の検査部の磁石に磁気結合することを備えているように、前記第2の検査部は、ハウジング、移動可能な検査センサ、及び、少なくとも1つの磁石を有する、前記方法。

**【 0 0 5 2 】**

前記第2の移動可能な検査センサを、前記第2の検査部の前記ハウジングと相対的に移動させることをさらに備えている、前記方法。

**【 0 0 5 3 】**

前記構造物の前記特徴箇所は前記構造物の前記第2の表面から延在し、前記駆動部を移動させることは、前記検査部が前記構造物の前記第2の表面から延在する前記構造物の前記特徴箇所を検査するように前記駆動部を移動させることをさらに備えている、前記方法。

**【 0 0 5 4 】**

前記移動可能な検査センサを移動させることは、前記駆動部及び前記検査部の移動の方向とほぼアラインメントされている軸を中心として前記移動可能な検査センサを選択的に回転させることを備えている、前記方法。

**【 0 0 5 5 】**

前記移動可能な検査センサを移動させることは、前記駆動部へほぼ近づく方向及び／又は前記駆動部から遠ざかる方向に前記移動可能な検査センサを選択的に移動させることを備えている、前記方法。

**【 図面の簡単な説明 】****【 0 0 5 6 】**

【図1】駆動部及び2台の検査部を示し、検査センサが各検査部のハウジングと相対移動可能であり、検査センサが超音波ホイールトランスデューサを規定する、本発明の一実施形態による非破壊検査装置の斜視図である。

【図2】アクセスが制限された構造物の特徴箇所を検査するために構造物に設置された検査装置を示し、検査センサが各ハウジングと相対的な第1の位置にある、図1の検査装置の側面図である。

10

20

30

40

50

【図 3】アクセスが制限された構造物の特徴箇所を検査するために構造物に設置された検査装置を示し、検査センサが各ハウジングと相対的な第 2 の位置にある、図 1 の検査装置の側面図である。

【図 4】駆動部及び 2 台の検査部を示し、検査センサが各検査部のハウジングと相対移動可能である、本発明の第 2 の実施形態による非破壊検査装置の側面図である。

【図 5】電動式駆動ホイール及び位置エンコーダ装置を有する駆動部を示す、本発明の第 3 の実施形態による非破壊検査装置の駆動部の斜視図である。

【図 6】駆動部及び 2 台の検査部を示し、検査センサが各検査部のハウジングと相対移動可能であり、検査センサが超音波トランスデューサを規定する、本発明の第 4 の実施形態による非破壊検査装置の側面図である。

10

【図 7】各ハウジングと相対的な第 2 の位置にある検査センサを示す、図 6 の検査装置の側面図である。

【図 8】駆動部及び検査部を示し、検査センサが各検査部のハウジングと相対移動可能であり、検査センサが空中超音波トランスデューサを規定する、本発明の第 5 の実施形態による非破壊検査装置の側面図である。

【図 9】各ハウジングと相対的な第 2 の位置にある検査センサを示す、図 8 の検査装置の側面図である。

【図 10】駆動部及び 2 台の検査部を示し、検査部が各検査部のハウジングと相対的に検査センサを選択的に移動させるモータ装置を有する、本発明の第 6 の実施形態による非破壊検査装置の側面図である。

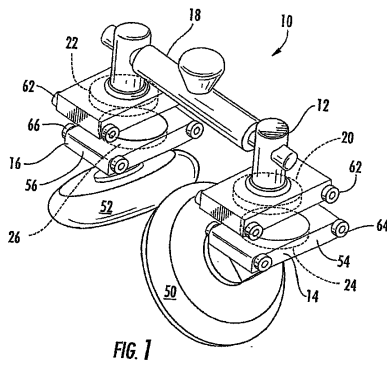
20

【図 11】各ハウジングと相対的な第 2 の位置にある検査センサを示す、図 10 の検査装置の側面図である。

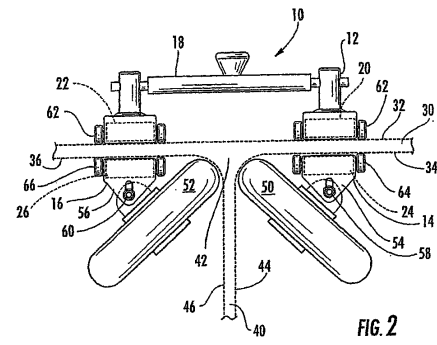
【図 12】各ハウジングと相対的な第 3 の位置にある検査センサを示す、図 10 の検査装置の側面図である。

【図 13】各ハウジングと相対的な第 4 の位置にある検査センサを示す、図 10 の検査装置の側面図である。

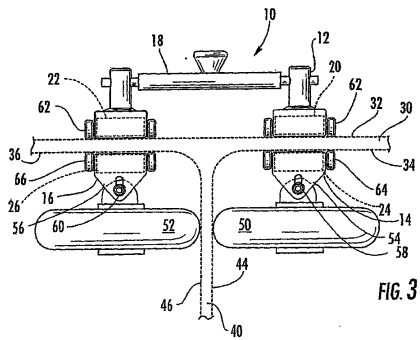
【図 1】



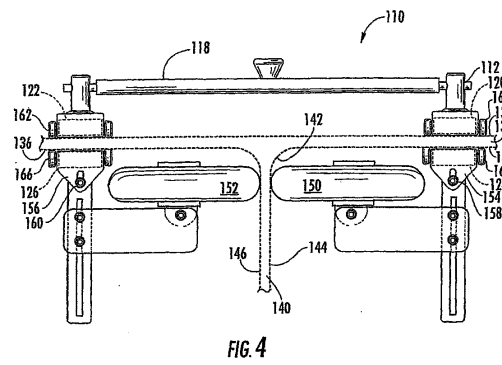
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】

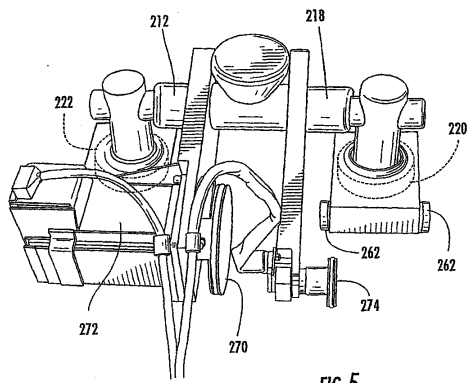


FIG. 5

【図 6】

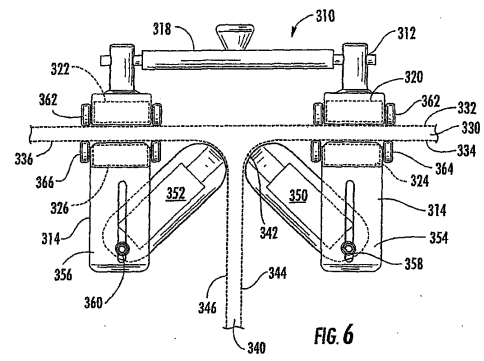


FIG. 6

【図 7】

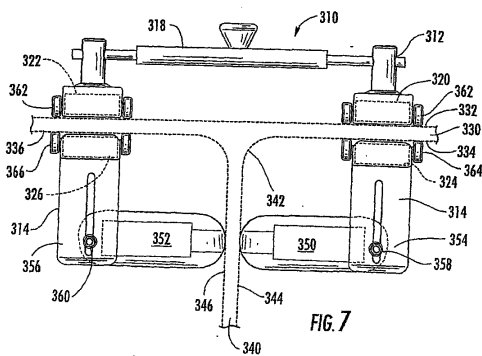


FIG. 7

【図 8】

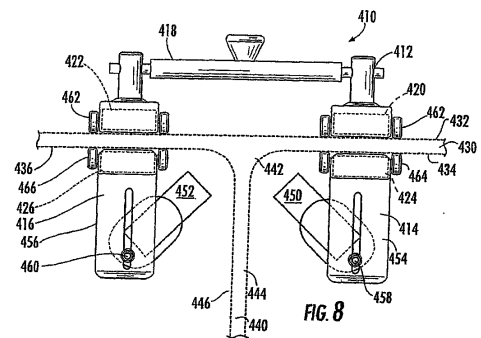


FIG. 8

【図 9】

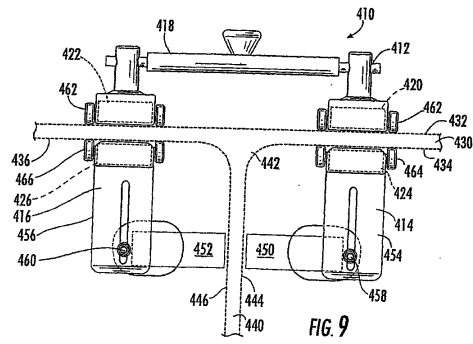


FIG. 9

【図 10】

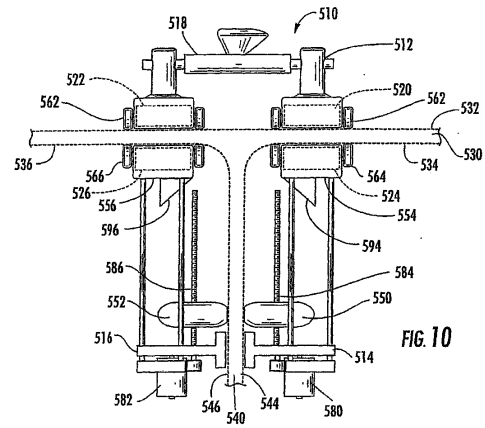


FIG. 10

【図 11】

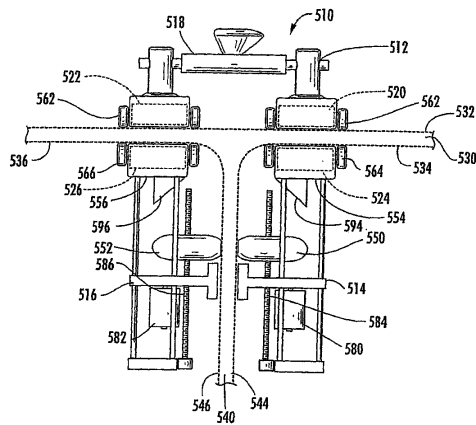


FIG. 11

【図 12】

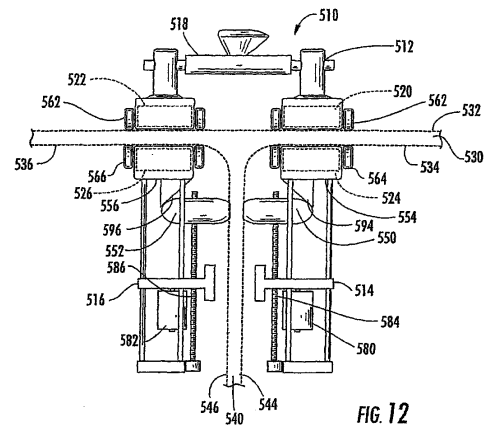


FIG. 12



【図 13】

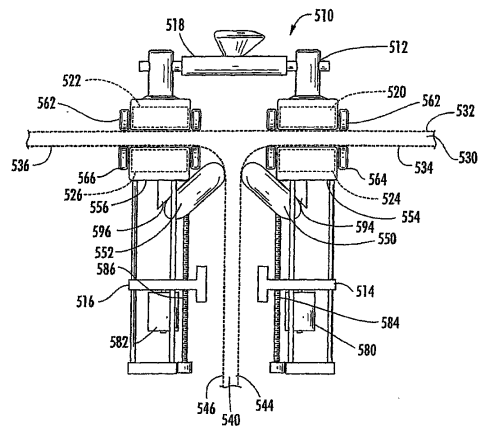


FIG. 13

---

フロントページの続き

- (72)発明者 ジョージサン、ガーリー・イー、  
アメリカ合衆国、ワシントン州 98003-8616、フェデラル・ウェイ、サウス・スリーハ  
ンドレッドフィフティーエイス・ストリート 145
- (72)発明者 フォーガティー、マイケル・ディー、  
アメリカ合衆国、ワシントン州 98092、オーバーン、サウスイースト・スリーハンドレッド  
トゥエンティセカンド・ストリート 16226

審査官 比嘉 翔一

- (56)参考文献 特開平09-229911(JP,A)  
特開2005-037395(JP,A)  
特開昭60-082853(JP,A)  
特開平09-054067(JP,A)  
特開2002-228431(JP,A)  
特開平11-108903(JP,A)  
特開2003-021509(JP,A)  
特開2003-254947(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G01N 1/00-37/00  
JSTPlus(JDreamII)