

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4719900号
(P4719900)

(45) 発行日 平成23年7月6日(2011.7.6)

(24) 登録日 平成23年4月15日(2011.4.15)

(51) Int.Cl.

G01N 23/04 (2006.01)
B64F 5/00 (2006.01)

F 1

G01N 23/04
B64F 5/00

B

請求項の数 6 外国語出願 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2001-294 (P2001-294)
 (22) 出願日 平成13年1月5日 (2001.1.5)
 (65) 公開番号 特開2001-264271 (P2001-264271A)
 (43) 公開日 平成13年9月26日 (2001.9.26)
 審査請求日 平成19年12月27日 (2007.12.27)
 (31) 優先権主張番号 09/643688
 (32) 優先日 平成12年8月22日 (2000.8.22)
 (33) 優先権主張国 米国(US)
 (31) 優先権主張番号 60/175089
 (32) 優先日 平成12年1月7日 (2000.1.7)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 390041542
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
 GENERAL ELECTRIC COMPANY
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネクタディ、リバーロード、1番
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 聰志
 (72) 発明者 クリフォード・ブエノ
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、クリフトン・パーク、ナデュー・ロード、21番
 (72) 発明者 ケネス・ゴードン・ヘルド
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカユナ、リバー・ロード、2975番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】航空機の胴体の高速ディジタル放射線写真検査

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

円筒形の胴体を備える航空機の胴体の放射線写真検査装置に於て、
 前記胴体(12)の内側に配置された放射線源(28)と、
 前記胴体(12)の外側に配置されていて、前記胴体(12)の長手方向における位置が
 前記放射線源(28)と整合している放射線検出器(32)と、
 前記放射線源(28)を前記胴体(12)の長手方向に移動させる放射線源位置ぎめ装置
 (30)と、
 前記放射線検出器(32)を前記胴体(12)の円周方向に移動させる放射線検出器位置
 ぎめ装置(34)と
 を有し、

前記放射線検出器位置ぎめ装置(34)が、
 前記胴体(12)の外面に装着された少なくとも2つの検出器案内レール(48)と、
 前記2つの検出器案内レール(48)に装着され、該2つの検出器案内レール(48)の
 間を前記胴体の円周方向に摺動自在の支持はり(52)と、
 前記支持はり(52)に装着され前記胴体の長手方向に摺動自在の検出器支持体(50)
 と
 を有し、

前記放射線検出器(32)が前記検出器支持体(50)に装着されている
 航空機の胴体の放射線写真検査装置。

10

20

【請求項 2】

前記放射線源位置ぎめ装置（30）が前記胴体（12）の内側に配置されていて、前記胴体（12）の長手方向に伸びる少なくとも1つの放射線源案内レール（46）と、該放射線源案内レール（46）に摺動自在に装着された放射線源支持体（44）とを有し、前記放射線源（28）が前記放射線源支持体（44）に装着されている請求項1記載の航空機の胴体の放射線写真検査装置。

【請求項 3】

前記2つの検出器案内レール（48）が前記胴体（12）の長手方向に移動することが出来る請求項1記載の航空機の胴体の放射線写真検査装置。

【請求項 4】

更に、前記胴体（12）の内側に配置された少なくとも1つの追加の放射線源（28）を有する請求項1記載の航空機の胴体の放射線写真検査装置。

【請求項 5】

前記放射線源（28）が、X線管である請求項1に記載の航空機の胴体の放射線写真検査装置。

【請求項 6】

前記放射線検出器（38）は、X線感知材料の層（56）と、該X線感知材料の層（56）の下に配置され、該X線感知材料の層（56）に入射したX線を表す出力信号を発生する電子手段（58）とを有するセル（54）を複数備えるデジタルX線検出器である請求項5記載の航空機の胴体の放射線写真検査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の背景】

この発明は全体的に放射線写真検査、更に具体的に言えば、航空機の胴体を検査する高速デジタル放射線写真法に関する。

【0002】

空機の胴体は、円周方向の枠部材と長手方向のストリンガの格子を軽量板金の表皮で覆って構成されているのが典型的である。表皮はリベット等によって枠部材及びストリンガに取付けるのが普通である。高度の高いところで乗客の快適さを確実にする為に、航空機は客室加圧装置を具えていて、それが航空機の客室内に海面空気圧に近い呼吸環境を作り出す。客室圧力を加えることにより、表皮、枠部材及びストリンガが若干伸びる。圧力を取去ると、表皮、枠部材及びストリンガが通常の形に戻る。ここで使う差圧は比較的小さいが、毎回の飛行中に起こる加圧及び減圧順序によって、胴体構造に加わる応力の繰り返しサイクルが、疲労及びひび割れの形成につながることがある。この疲労による損傷は、胴体構造の腐食によって助けられることが多い。

【0003】

自然の疲労によるひび割れは、寸法が極めて小さいことがあり、検出するのが困難である。ひび割れは普通は非常に小さいので、航空機の客室に日常的な加圧をしても、ごく小さいひび割れは航空機内に検出出来るような圧力損失を招かないで、検出されがない。腐食と循環的な応力の組合せ効果により、リベット並びに／又はリベットのひび割れの周りの弛みを招くことがある。この状態は、検出されないと、表皮が枠部材及びストリンガから分離することがある。

【0004】

従来、航空機の胴体の検査は、主に可視的な検査技術に頼っている。こういう技術は、天井ビン、内部パネル、絶縁物等のような物体を除去することを含めて、航空機の大がかりな分解を必要とする。この為、この方式は、時間がかかり、労働集約形で費用がかかる。更に、可視検査方法は、人間の能力に強く依存しており、周囲の照明状態、環境の影響、及び目の視力補正、時間的な制約、精神状態、集中力及び判断力のような検査する者の肉体的及び精神的な制約を受ける。

【0005】

10

20

30

40

50

放射線写真法は、これまでに提案された航空機の胴体を検査する別的方式である。しかし、胴体の画像を捕捉する為に放射線写真フィルムを使うことは、コストがかかると共に労働集約形の過程であって、典型的には大量のフィルムを必要とする。更に、画像を検査するには、その前に、フィルムを取外して現像しなければならぬので、これは過程として比較的遅い。フィルムを電子画像を作ることが出来るX線検出器に置き換えることが、X線フィルムに代わる方法であるが、この種の装置は一般的に、X線源及び検出器を相互にも胴体に対しても、精密に整合させることを必要とする。従来は、航空機の胴体の寸法が大きい為に、この整合を達成することが困難であった。

【0006】

従って、内部ビン、パネル、絶縁物、照明、配線等を取外すことなく、航空機の胴体の高速ディジタル放射線写真検査を行うことが出来る方法及び装置を提供することが望ましい。

10

【0007】

【発明の簡単な要約】

上に述べた必要が、放射線源が好ましくは胴体の内側に配置され、放射線検出器が好ましくは胴体の外側に配置されて、航空機の胴体のX線写真検査をする装置及び方法を提供するこの発明によって満たされる。源位置ぎめ装置を設けて、放射線源を胴体に対して長手方向に移動させると共に、検出器位置ぎめ装置を設けて、放射線検出器を放射線源と長手方向に整合した状態に位置ぎめする。検出器位置ぎめ装置は放射線検出器を胴体に関して円周方向にも移動させる。動作の際、放射線源が胴体の隣接領域を放射線で照射する間、放射線検出器が円周方向に胴体の上を移動させられる。

20

【0008】

この発明並びに従来技術に比べたその利点は、次に、図面について詳しく説明するところ並びに特許請求の範囲を読めば明らかになろう。

【0009】

【発明の詳しい説明】

この発明の要旨は、明細書の特許請求の範囲に具体的に且つ明確に記載されているが、この発明は、図面について以下説明するところから最もよく理解されよう。

【0010】

図面全体に亘り、同様な部分には同じ参照数字を用いているが、図1-3は航空機の胴体12を検査する放射線写真検査装置10を概略的に示す。公知のように、胴体12は、全体として、円周方向の枠部材14及び長手方向のストリンガ(図3に一部破断して示す)の格子を軽量板金の表皮18で覆って構成された円筒形の壁で構成される。図2に見られるように、乗客デッキ20が胴体12内に水平に配置されていて、内部客室の床を構成する。客室には普通の天井ビン22、通気パネル24及び側面パネル26を設けることが出来る。図2には示していないが、典型的には、胴体12は灯、配線、絶縁物等のような他の普通の構造を含んでいる。

30

【0011】

装置10が、客室内に配置された源位置ぎめ装置32に装着された放射線源28を含む。入射する放射を電気出力信号に変換することが出来る少なくとも1つの放射線検出器32が、胴体12の外側に配置された検出器位置ぎめ装置34に装着されている。後で更に詳しく説明するが、放射線源28及び放射線検出器32は、胴体の両側に相対的に配置されていて、放射線源28から放出された放射が胴体の壁を照射し、その後放射線検出器32に入射するようになっている。放射線検出器32から出力される画像データ信号がケーブル38を介して制御装置36に供給される。制御装置36は、普通のコンピュータ装置であってよいが、こういう信号を処理し、モニタ40に対応する画像を発生させる。このとき、オペレータは表示された画像を見て、欠陥があるかどうかを検査することが出来る。画像データ信号は制御装置36内のメモリにも記憶される。制御装置36が、開いたドアのような、胴体12内の開口を通り抜けるケーブル42を介して放射線源28に接続されている。この接続を通じて、制御装置36が放射線源28の動作を制御し、それをターン

40

50

オン及びターンオフと共に、印加される電圧を調整する。

【0012】

必ずしもそうしなくてもよいが、放射線源28は、高圧電源（図に示していない）から給電される標準的な工業用X線管であることが好ましい。ガンマ線を発生するアイソトープ放射線源のような代りの放射線源も同じように使うことが出来る。放射線源28が胴体12の円周方向にパノラマ形放射ビームを発生し、乗客デッキ20の上方の床線から床線まで、胴体12を照射する。放射線源28が、源位置ぎめ装置30によって胴体12内に位置ぎめされる。具体的に言うと、源位置ぎめ装置30が、放射線源28を装着した第1の支持体44を含む。第1の支持体44が、乗客デッキ20の上に配置されていて、胴体12の長手方向中心線と平行に伸びる2つの直線形案内レール46の上に摺動自在に装着される。第1の支持体44は、制御装置36の制御の下に、案内レール46に沿って前後に動かされる。この動きは、公知の形で、電動機（図に示していない）のような任意の普通の原動手段によって発生される。この為、放射線源28は、胴体12の長さに沿って選択的に位置ぎめすることが出来る。源位置ぎめ装置30は、胴体12の内側に配置されたどの物体とも干渉せずに、所望の移動範囲に亘って、放射線源28を移動させるように構成されている。この為、こういう物体（これは天井ピン、隔壁、空気マスク、酸素用鉛管、灯、電気配線、ファスナー、洗面所及び料理室の器具等を含むことがある）は、検査を行うのに、取外す必要がない。

【0013】

検出器位置ぎめ装置34は、胴体12の外面に装着された複数個の湾曲案内レール48を含むレール装置を利用する。この装着は、レール48に固定されて胴体12と係合する吸込みカップのような任意の手段によって行うことが出来る。案内レール48は胴体12に対して円周方向の向きであり、胴体12の長さに沿って隔たっている。各々の案内レール48が胴体の曲率に合うような形であって、胴体12の片側で乗客デッキ20に隣接する点から、胴体の中高部分を通って、胴体12の反対側で乗客デッキ20に隣接した点まで伸びている。この為、案内レール48は、放射線源28から放出されたパノラマ形放射ビームの通路を追跡するように配置されている。湾曲案内レール48は、胴体12の関心の持たれる区域の上に、放射線検出器32を位置ぎめするように、胴体12上に配置される。放射線検出器32が隣り合った案内レール48の間に装着され、各対の隣接した案内レール48が走査ステーションを構成する。この為、案内レール48は、検査しようとする胴体構造の両側に位置ぎめされる。例えば、図3は、案内レール48が夫々の枠部材14にまたがっていることを示しており、この為枠部材に欠陥があるかどうか検査することが出来る。しかし、装置10は、ストリンガ、重ね継手等のような胴体の他の構造を検査する為にも使うことが出来る。案内レール48は、単にそれに応じて位置ぎめされる。

【0014】

レール装置に1個の放射線検出器32を使うことが出来るが、幾つかの放射線検出器32を同時に使えば、検査装置10のスループットが増加する。幾つかの検出器に対する種々の配置が考えられる。例えば、図1及び2に示すように、胴体12の各々の側に1つずつ、2つの放射線検出器32を1つの走査ステーションの上に装着することが出来る。図3に示すように、幾つかの走査ステーションに同時に放射線検出器32を用いることも可能である。

【0015】

各々の放射線検出器32に対し、検出器位置ぎめ装置34は第2の支持体50と、この第2の支持体50を支持する支持はり52とを含む。放射線検出器が、胴体12の方を向くように、第2の支持体50の下側に装着される。支持はり52が、選ばれた走査ステーションを構成する1対の隣接した案内レール48の間に摺動自在に装着されて、放射線検出器32を胴体12に対する所望の位置に位置ぎめする。公知の形で任意の普通の原動手段により、支持はり52は制御装置36の制御の下に選ばれた案内レール48に沿って移動させられる。この為、放射線検出器32は、胴体12の外面の上を、乗客デッキ20の上方で移動することが出来る。

10

20

30

40

50

【0016】

図4に一番よく示されているように、第2の支持体50（従って、放射線検出器32も）は、支持はり52に対して横向きすなわち長手方向に動くことが出来る。この横方向の動きが、検査の際、枠部材14（又は胴体構造のどの部分でも検査される部分）の図をよくする。ある場合には、垂直枠部材14の視野が、放射線源28から放出される放射ビームの通路内にある内部の物体によって制限されることがある。この場合、放射線検出器32を、この邪魔を避けるように、枠部材14に対して横方向に位置を決め直し、こうして枠部材14の高い画質を保つことが出来る。第2の支持体50のこの横方向の動きは、公知の形で、制御装置36の制御の下に行われる。放射線源28も、源位置ぎめ装置30により、長手方向に細かく位置を決め直すことが出来る。

10

【0017】

放射線検出器32は、放射線源28から受取った放射を電気出力信号に変換することが出来る任意の手段であってよい。図5及び6について説明すると、好ましい1形式の検出器は、デジタルX線検出器であり、この種の適当な多くの検出器が商業的に利用出来る。公知のように、デジタルX線検出器は一般的にセル54の配列を持ち、各々のセル54は、発光体のようなX線感知材料の層56と、X線感知材料56の下に配置されていて、X線感知材料に入射したX線を表す出力信号を発生する、フォトダイオード及びトランジスタのような電子手段58とを持っている。放射線検出器32は線形配列（図5）又は面積配列（図6）の何れかとして構成することが出来る。何れにせよ、必ずしもそうしなくてもよいが、配列が少なくとも8時の幅を持つことが好ましいが、これは関心のある特定の胴体構造に応じて変わることがある。線形配列は、各々の走査ステーションで、胴体12の連続的な走査が出来る。即ち、各々の走査ステーションで、検出器位置ぎめ装置34が放射線検出器32を胴体12の上に連続的に移動させ、相次ぐ線のデータが制御装置36に伝送される。この後、制御装置36が、一度に1本の線ずつ、画像を構成する。こうすると、検出器位置ぎめ装置34を機械的に繰り返して始動させたり停止させたりすることが避けられる。

20

【0018】

動作について説明すると、1つ又は更に多くの放射線検出器32が選ばれた走査ステーションの湾曲案内レール48の上に装着される。源位置ぎめ装置30を作動して、放射線源28を選ばれた走査ステーションと長手方向に整合させる。その後、放射線源28をターンオンし、乗客デッキ20より上方の胴体12の隣接領域が放射線で照射されるようになる。放射線源28が放射を放出している間、検出器位置ぎめ装置34を作動して、放射線検出器34（1つ又は複数）を胴体12の外面の上を移動させる。1つの放射線検出器を用いる場合、それが案内レール48の距離全体を移動し、胴体12の片側を登り、中高部を超えて、反対側を下りる。走査ステーションで2つの放射線検出器32を用いる場合、夫々が胴体12の両側を登り、中高部で会う。放射線源28から放出された放射が胴体12を通過し、各々の放射線検出器32に入射する。放射が電気信号に変換され、この信号が制御装置36に供給される。制御装置36がこれらの信号を処理し、それが発生する画像が、モニタ40に表示される。オペレータが欠陥があるかどうか、画像を検査する。

30

【0019】

第1の走査ステーションで一旦胴体12の検査が完了すると、放射線検出器32を次の走査ステーションへ移動させ、源位置ぎめ装置30が放射線源28を再び長手方向に整合するように移動させる。この走査ステーションに於ける検査が、放射線源28がターンオンになっている間、放射線検出器32を胴体の外面の上に移動させることによって、同じように実行される。胴体12全体が検査されるまで、各々の走査ステーションに対して、この過程が繰り返される。前に述べたように、幾つかの走査ステーションで放射線検出器32を同時に用いて、胴体12の全体を検査するのに必要な全体的な時間を短縮することが出来る。この方式には、胴体12内に同じ数の放射線源28を配置することを必要とする。好ましい実施例は、胴体12の両端で検査を開始して、中心に向かって移動することである。

40

50

【0020】

上の説明では、放射線源28が胴体12の内側に配置され、放射線検出器32（1つ又は複数）が胴体12の外側に配置される。この配置は、放射線検出器32を検査される胴体構造にかなり接近して配置することが出来、こうして倍率効果を最小限に抑えることが出来るので、画像の解像度にとって一般的に最もよい。画像の倍率が大きすぎると、画像の解像度が劣化することがある。他方、画像を検査するには、ある程度の倍率が助けになり、その為望ましい。商業的に入手し得るあるX線管は組込みの倍率能力を持っている。装置10は、放射線源28と放射線検出器32の間に配置された別個の倍率素子を持っていてもよい。更に、装置10は、その代りに、放射線源28が胴体12の外側、そして放射線検出器32がその内側に配置されるような形にしてもよい。放射線検出器を胴体12の内側に配置することは、一般的に放射線検出器を検査される胴体構造から遠ざけることになる。この配置で起こり得る過大な倍率を補償する為に、マイクロフォーカス管を使うことが出来る。

【0021】

図7には、別の検出器位置ぎめ装置134が示されている。この別の検出器位置ぎめ装置134は、放射線源と統制を取って、相次ぐ走査ステーションへ移動する遠隔長手方向位置ぎめ能力を持つレール・トロリー装置を利用する。装置134が、胴体12の中高部の上に車輪160で装着された2つの湾曲案内レール148を持っている。案内レール148は、胴体12に対して円周方向の向きであり、長手方向には隔たっている。更に検出器位置ぎめ装置134が第2の支持体150と、第2の支持体150を支持する支持はり152とを持っている。支持はり152は案内レール148の間を摺動するように装着されている。放射線検出器32が、胴体12の方を向くように、第2の支持体150の下側に装着される。公知の形で、任意の普通の原動手段により、支持はり152は制御装置36の制御の下に、案内レール148に沿って移動させる。これによって、放射線検出器32が胴体12の外面の上を円周方向に移動する。第1の実施例の場合と同じく、第2の支持体150（及び放射線検出器32も）、支持はり152に対して局部的に横向き又は長手方向に動くことが出来る。この横方向の動きにより、検査の際、枠部材14（又はどれであっても、検査される胴体構造）の図がよくなる。

【0022】

電動機（図に示していない）のような原動手段を設けて、公知の形で、制御装置136の制御の下に車輪160を駆動し、こうして湾曲案内レール148を胴体12に沿って長手方向に移動させる。従って、放射線検出器32は、放射線源が客室の内側に配置されているとき、選ばれた走査ステーションに位置ぎめすることが出来る。放射線検出器32が放射線源28と長手方向に正確に整合することは必要ではない。これは、放射線源から放出される放射ビームの幅が、一般的には、枠部材14の両側をカバーするからである。更に、放射線検出器の位置は、円周方向の走査の前に、支持はり152に対して第2の支持体150を移動させることによって、調節することが出来る。

【0023】

以上、航空機の胴体の高速デジタル検査を行う放射線写真検査装置10を説明した。装置10は、内部ビン、パネル、絶縁物、灯及び配線を取外さずに検査が出来、こうして従来の検査のやり方に比べて、大幅に時間及びコストを節約する。装置10は、他の非破壊試験（NDT）センサを乗せることも出来、放射線写真検査と同時に他のNDTモードを実施して、更に生産性を高めることが出来る。例えば、超音波プローブを1つの位置ぎめ装置の装着して、結合部材の腐食及びひび割れがあるかどうか、重ね継手及びストリングを長手方向に検査することが出来る。

【0024】

この発明の特定の実施例を説明したが、特許請求の範囲に定められたこの発明の範囲を逸脱せずに、この実施例に種々の変更を加えることは当業者に明らかであろう。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【図1】航空機の胴体を検査する放射線写真検査装置の略図。

【図2】図1の放射線写真検査装置の一部分の断面端面図。

【図3】図1の検査装置を備えた航空機の斜視図であり、内部の胴体構造を示す為に、胴体の一部分を部分的に破断してある。

【図4】図1の検査装置の放射線検出器集成体の拡大図。

【図5】放射線検出器の線形配列の実施例の斜視図。

【図6】放射線検出器の面積配列の実施例の斜視図。

【図7】別の検出器位置ぎめ装置を持つ検査装置を備えた航空機の斜視図。

【符号の説明】

12 : 航空機の胴体

10

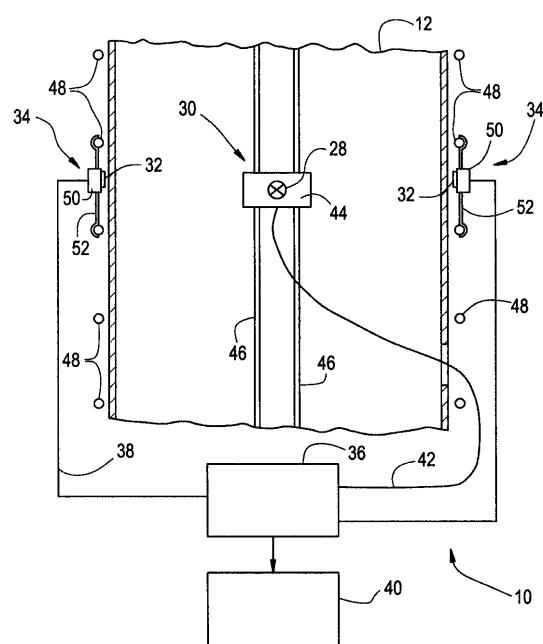
28 : 放射線源

30 : 第1の位置ぎめ手段

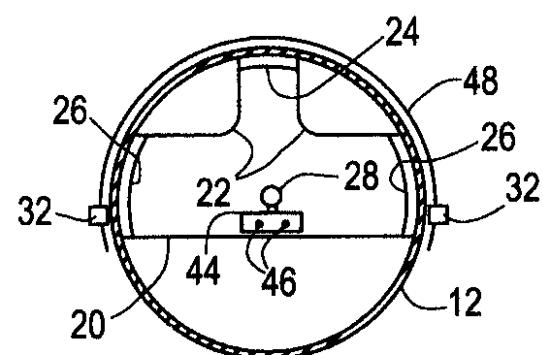
32 : 放射線検出器

34 : 第2の位置ぎめ手段

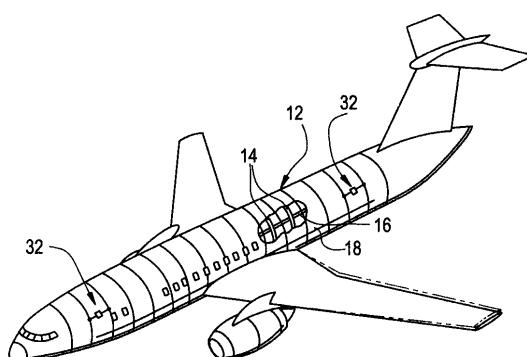
【図1】



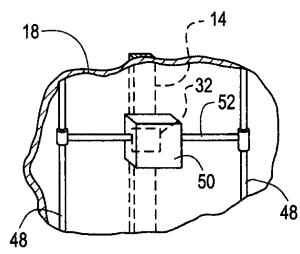
【図2】



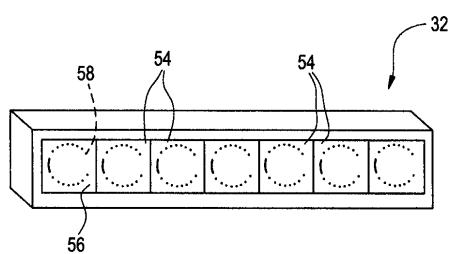
【図3】



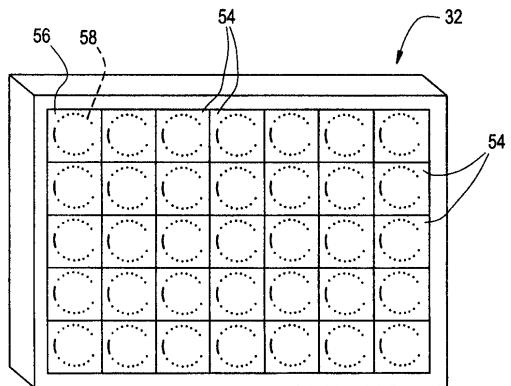
【図4】



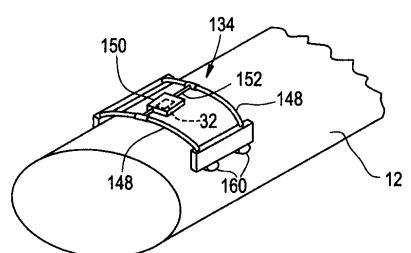
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 グレゴリー・アラン・モール
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スコウシャ、ワシントン・ロード、111番
(72)発明者 トーマス・ジェームズ・バッジンジャー
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、バント・ヒルズ、ケリー・メドウ・ロード、12番
(72)発明者 デニス・マイケル・ワルシュ
アメリカ合衆国、テキサス州、サウスレイク、ストーンベリー・ドライブ、510番

審査官 越柴 洋哉

(56)参考文献 特開2000-180387(JP,A)
特開平07-333176(JP,A)
特開平06-222484(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N 23/00-23/227