

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4576002号
(P4576002)

(45) 発行日 平成22年11月4日(2010.11.4)

(24) 登録日 平成22年8月27日(2010.8.27)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 B 21/00 (2006.01) GO 1 B 21/00 E
GO 1 B 11/00 (2006.01) GO 1 B 11/00 C

請求項の数 23 (全 42 頁)

(21) 出願番号	特願2003-568352 (P2003-568352)	(73) 特許権者	598064510
(86) (22) 出願日	平成15年2月13日 (2003. 2. 13)		ファロ テクノロジーズ インコーポレーテッド
(65) 公表番号	特表2005-517914 (P2005-517914A)		アメリカ合衆国 フロリダ州 レイク メリー テクノロジー パーク 125
(43) 公表日	平成17年6月16日 (2005. 6. 16)	(74) 代理人	100075258
(86) 国際出願番号	PCT/US2003/004289		弁理士 吉田 研二
(87) 国際公開番号	W02003/069277	(74) 代理人	100096976
(87) 国際公開日	平成15年8月21日 (2003. 8. 21)		弁理士 石田 純
審査請求日	平成17年12月27日 (2005. 12. 27)	(72) 発明者	ラーブ サイモン
(31) 優先権主張番号	60/357, 599		アメリカ合衆国 フロリダ メイトランド イースト アダムス ドライブ 1640
(32) 優先日	平成14年2月14日 (2002. 2. 14)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	60/394, 908		
(32) 優先日	平成14年7月10日 (2002. 7. 10)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
前置審査			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内蔵ラインレーザスキャナを備えた携帯可能な座標測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

選択された量で物体の位置を測定する携帯可能な座標測定装置 (CMM) であって、
 対向する第 1 および第 2 の端部を有する手動で位置決め可能な多関節アームであって、
 前記アームが、複数のジョイントアーム部分を含み、各々のアーム部分が、位置信号を生成するための少なくとも 1 つの位置変換器を含む多関節アームと、

前記アームの前記第 1 の端部に取り付けられ、球状のボールを有するプローブと、
 前記プローブに軸受を介して接続され、前記軸受により前記球状のボールを通る軸と同軸に回転可能であるとともに、前記球状のボールを通る軸を中心にした回転を測定する回転エンコーダを有するレーザスキャナと、

前記変換器から前記位置信号を受信して、選択された量で、前記球状のボールの位置に対応するデジタル座標を提供するとともに、前記回転エンコーダの測定結果に基づいて前記レーザスキャナに対応するデジタル座標を提供する電子回路と、

電力信号およびデータ信号のうちの少なくとも 1 つを前記レーザスキャナに伝送するための前記多関節アーム内における少なくとも 1 つのバスと、

を備えており、前記レーザスキャナが、前記少なくとも 1 つのバスと通信を行う回路を含む CMM。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の CMM であって、前記回転可能なプローブから延在するハンドルを含む CMM。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の CMM であって、前記プローブおよび前記レーザスキャナが、測定値を捕捉する際に同時にアクセス可能である CMM。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の CMM であって、前記アームの前記第 1 の端部が、3つの自由度を含んでおり、前記 3つの自由度のうちの 1つが、前記レーザスキャナを回転させる回転軸である CMM。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の CMM であって、前記 CMM は、前記ジョイントアーム部分が、2 - 1 - 3 構成の自由度を有するような、3つの追加の自由度を含む CMM。

10

【請求項 6】

請求項 4 に記載の CMM であって、前記 CMM は、前記ジョイントアーム部分が、2 - 2 - 3 構成の自由度を有するような、4つの追加の自由度を含む CMM。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の CMM であって、前記少なくとも 1つのバスが、シリアル通信バスで構成されており、前記レーザスキャナが、前記シリアル通信バスに接続されている CMM。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の CMM であって、前記シリアル通信が、RS - 485 タイプである CMM。

20

【請求項 9】

請求項 1 に記載の CMM であって、前記レーザスキャナが、前記プローブに脱着可能に取り付けられている CMM。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の CMM であって、前記スキャナを前記プローブに脱着可能に取り付けるためのキネマティックマウントを含む CMM。

【請求項 11】

請求項 1 に記載の CMM であって、前記回転可能なプローブが、ハウジングを含んでおり、前記レーザスキャナが、前記プローブハウジング内に配置されている CMM。

【請求項 12】

請求項 1 に記載の CMM であって、前記レーザスキャナが、レーザおよびカメラを収容するスキャナハウジングを含んでおり、前記ハウジングが、前記プローブに取り付けられている CMM。

30

【請求項 13】

請求項 12 に記載の CMM であって、前記スキャナハウジングが、前記プローブに恒久的に取り付けられている CMM。

【請求項 14】

請求項 12 に記載の CMM であって、前記スキャナハウジングが、前記プローブに脱着可能に取り付けられている CMM。

【請求項 15】

請求項 12 に記載の CMM であって、少なくとも前記レーザおよびカメラが、低 CTE フレームに取り付けられている CMM。

40

【請求項 16】

請求項 15 に記載の CMM であって、前記低 CTE フレームが、スチール / ニッケル合金で構成されている CMM。

【請求項 17】

請求項 16 に記載の CMM であって、前記スチール / ニッケル合金が、インバーを含む CMM。

【請求項 18】

請求項 1 に記載の CMM であって、

50

前記レーザスキャナが、さらに、
カメラと、
カメラにより検出された画像を処理する画像処理基板と、
を備えるCMM。

【請求項19】

請求項18に記載のCMMであって、
前記画像処理基板は、
前記カメラと通信を行うデジタルインターフェースと、
前記スキャナからの画像を処理するために、前記デジタルインターフェースと通信を行
うデジタル信号プロセッサ(DSP)と、
前記DSPと通信を行うメモリと、
前記DSPと通信を行う通信プロセッサと、
を備えるCMM。

10

【請求項20】

請求項19に記載のCMMであって、前記デジタルインターフェースが、前記カメラと
前記デジタルインターフェースとの間において通信を行う高速データ通信インターフェ
ースを含むCMM。

【請求項21】

請求項20に記載のCMMであって、前記高速データ通信インターフェースが、ファイ
ヤワイヤデータ形式を用いるCMM。

20

【請求項22】

請求項1に記載のCMMであって、前記バスが、電力信号およびデータ信号の両方を伝
送するCMM。

【請求項23】

請求項1に記載のCMMであって、前記アームが、前記変換器からのデータおよび前記
レーザスキャナからのデータをホストコンピュータに同時に送信する回路を含むCMM。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、座標測定装置(CMM: Coordinate Measurement Machines)に関し、特に
、内蔵ラインレーザスキャナを備えた多関節アームを有する携帯可能なCMMに関する。

30

【背景技術】

【0002】

現在、携帯可能な多関節アームは、測定システムとして、ホストコンピュータおよびア
プリケーションソフトウェアを備える。多関節アームは、一般に、物体上の点を測定す
るために用いられており、これらの測定された点を、ホストコンピュータに保存されたC
AD(Computer-Aided Design: コンピュータ援用設計)データと比較して、その物体が、
CAD仕様の範囲内にあるかが判断される。すなわち、CADデータは、多関節ア
ームによって実際に測定された測定値が比較される基準データである。また、ホストコ
ンピュータは、点検プロセスの間を通じて操作者を誘導するアプリケーションソフトウ
ェアを含む場合もある。複雑なアプリケーションを伴う数多くの状況では、ユーザは、アプ
リケーションソフトウェアの複雑なコマンドに応えながら、ホストコンピュータ上の3次元
CADデータを観察することになるので、このような構成とするのが適切である。

40

【0003】

上述の測定システムに用いるための従来技術による携帯可能なCMMの一例が、本願と
同一譲受人に譲渡された(本願と同一出願人による)米国特許第5,402,582号(‘
582号)明細書に開示されており、これを、本願に引用して援用する。この‘582
号特許には、手で操作されるマルチジョイント多関節アームであって、その一方の端部
に支持基部を有し、もう一方の端部に測定プローブを有する多関節アームで構成される従
来の3次元測定システムが開示されている。同一出願人による米国特許第5,611,1

50

47号(‘147号)明細書は、これもまた、本願に引用して援用するが、多関節アームを有する同様のCMMを開示する。この特許において、多関節アームは、プローブ端部における追加の回転軸を含む数々の重要な特徴を含むので、2-1-3または2-2-3のジョイント構成を備えたアーム(後者の場合は、7軸アーム)を提供するとともに、そのアームにおける軸受のための改良された予荷重がかけられた(pre-loaded)軸受構造を提供する。

【0004】

同一出願人による米国特許第5,978,748号(‘748号)明細書は、本願に引用して援用するが、1つまたは複数の実行可能なプログラムを保存する一方で、ユーザに指示(例えば、点検手順)を与えるとともに、基準データとしてのCADデータを保存するオンボードコントローラを有する多関節アームを開示する。この‘748号特許では、コントローラが、アームに取り付けられており、例えば、点検手順のようなプロセスの間を通じてユーザに指示する実行可能なプログラムを実行する。そのようなシステムにおいて、ホストコンピュータを用いて、実行可能なプログラムを生成することもできる。

【0005】

従来技術による機器は、一度に、空間における1つの点のみを測定できるにすぎないという点で限界がある。単点プローブ(single point probe)を、走査レーザによって画定された平面上に位置する物体の表面上における点の軌跡を同時に測定することが可能なラインレーザスキャナおよび電荷結合素子(CCD: Charge-Coupled Device)と取り替えた製品が出回ってきている。そのような従来技術による製品の一例としては、米国ミシガン州プリマスのパーセプトロン(Perceptron)社製のスキャンワークス(ScanWorks)(商標)がある。但し、そのような従来技術による機器は、携帯可能なCMMの既存の多関節アームに後付けするものであり、スキャナから、CCDによって生成された画像データを解読するために用いられるホストコンピュータへの外部高帯域幅データ接続、および電力供給装置への外部接続を必要とする。従って、電気配線は、多関節アームのハウジングの外側まで延びる。さらに、単点プローブを後付けラインレーザスキャナに取り替えた場合には、非常に正確な単点プローブの機能性は、失われたり、あるいは、少なくとも低下したりする。

【0006】

【特許文献1】米国特許第5,402,582号明細書

【特許文献2】米国特許第5,611,147号明細書

【特許文献3】米国特許第5,978,748号明細書

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明によれば、携帯可能なCMMが、ジョイントアーム部分を有する多関節アームを備えており、その一方の端部に測定プローブを備えており、その測定プローブは、その上に回転可能に取り付けられた、新規な、内蔵ラインレーザスキャナを有する。さらに、好適な実施の形態において、この測定プローブは、一体的に取り付けられたタッチトリガプローブを有しており、これは、容易に、通常のハードプローブと交換することが可能である。また、この測定プローブには、改良されたスイッチおよび測定表示灯が含まれる。この改良されたスイッチは、異なる表面の手触りおよび/または高さを備えており、これによって、操作者は、容易に、各スイッチを区別することが可能である一方で、表示灯は、望ましくは、操作しやすいように色分けされている。

【0008】

本発明の上述およびその他の特徴および利点は、以下の詳細な説明および図面から、当業者によって正しく認識されるとともに理解されるはずである。図面において、同様の構成要素は、各図において同様の符号を付す。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

まず、図1～図3を参照すると、本発明に係るCMMを、10に、概括的に示す。CMM10は、マルチジョイント式の、手で操作される、多関節アーム14であって、一方の端部が、基部12に連結されており、もう一方の端部が、測定プローブ28に連結されている多関節アーム14を備える。アーム14は、基本的に、2種類のジョイント、すなわち、ロング（長い）ジョイント（スイベル動作を得るため）およびショート（短い）ジョイント（ヒンジ動作を得るため）で構成されている。ロングジョイントは、アームに沿って、実質的に軸方向に、つまり長手方向に配置されるが、ショートジョイントは、アームの縦軸に対して、90°に配置されるのが望ましい。ロングジョイントおよびショートジョイントは、一般に、2-2-2構成として知られている構成で対をなす（但し、例えば、2-1-2、2-1-3、2-2-3等のようなその他のジョイント構成を用いるようにしてもよい）。これらのジョイント対の各々を、図4～図6に示す。

10

【0010】

図4は、第1のジョイント対、すなわち、ロングジョイント16およびショートジョイント18の分解組立図を示す。また、図4は、携帯可能な電力供給電子回路20、携帯可能な電池パック22、磁気マウント24、および2つの部分からなる基部ハウジング26A、26Bを含む基部12の分解組立図を示す。これらの部品については、全て、以下に、より詳細に説明する。

【0011】

言うまでもないが、多関節アーム14の様々な主要部品の直径が、基部12からプローブ28の方に向かって、徐々に細くなっている（テーパ形状である）ということは重要なことである。このようなテーパ形状は、連続的なものであってもよく、また、図面に示した実施の形態のように、テーパ形状が、不連続的なもの、または段階的なものであってもよい。さらに、多関節アーム14の主要部品の各々を、螺合可能（threadably）に連結することによって、従来技術によるCMMに付随する数多くの固定具をなくすることができる。例えば、後述することではあるが、磁気マウント24は、第1のロングジョイント16に螺合可能に連結される。望ましくは、そのようなねじ切りは、テーパ形状のねじ切りであって、これは、自己ロック式（self-locking）であり、向上された軸方向/曲げ剛性を可能にするものである。代替的には、図25Aおよび図25Bに示すように、また、以下に説明するように、多関節アームの主要部品は、対応付けられたフランジを備えた相補的なテーパ形状のオス端部とメス端部とを有する場合もあり、そのようなフランジは、互いにボルト止めされる。

20

30

【0012】

図5を参照すると、ロングジョイントおよびショートジョイントの第2のセットが、第1のセットに連結される状態で図示されている。第2のジョイントセットは、ロングジョイント30およびショートジョイント32を含む。磁気マウント24のロングジョイント16への連結と整合するように、ロングジョイント30は、ロングジョイント16の内側表面のねじ切りに螺合可能に連結される。同様に、図6を参照すると、第3のジョイントセットは、第3のロングジョイント34および第3のショートジョイント36を含む。第3のロングジョイント34は、第2のショートジョイント32の内側表面のねじ切りに螺合可能に連結する。以下に、さらに詳細に説明するように、プローブ28は、ショートジョイント36に螺合可能に連結する。

40

【0013】

望ましくは、各々のショートジョイント18、32、36は、鋳造および/または機械加工されたアルミニウム部品、または、代替的に、軽量であって硬質の合金または複合材料で構成される。各々のロングジョイント16、30、34は、望ましくは、鋳造および/または機械加工されたアルミニウム、軽量であって硬質の合金および/または繊維強化ポリマーで構成される。3つの上述したジョイント対（すなわち、ジョイント対16、18を備えるペア1、ジョイント対30、32を備えるペア2、およびジョイント対34、36を備えるペア3）の機械軸は、円滑かつ均一な機械的な動作を得るために、基部に対して位置合わせされる。基部12からプローブ28にかけての上述したテーパ形状の構

50

造は、より大きな荷重がかかる基部における剛性をより向上したものにすることで、また、使用時に遮るものがないことが重要なプロブまたはハンドルにおける断面をより小さなものにすることで好ましい。以下に、さらに詳細に説明するように、各々のショートジョイントには、そのいずれの端部にも保護緩衝材 38 が連結されており、各々のロングプロブは、保護スリーブ 40 または 41 で覆われている。言うまでもないが、第 1 のロングジョイント 16 は、第 2 および第 3 のロングジョイント 30, 34 に対してスリーブ 40, 41 によって提供されるのと同様のタイプの保護を提供する基部ハウジング 26A, 26B によって保護されている。

【0014】

本発明の重要な特徴によれば、多関節アームにおけるジョイントの各々が、例えば、図 7 および図 8 に示したショートカートリッジ 42 およびロングカートリッジ 44 のようなモジュール式の軸受/エンコーダカートリッジを用いる。これらのカートリッジ 42, 44 は、デュアルソケットジョイント 46, 48 の開口部に取り付けられる。各々のソケットジョイント 46, 48 は、第 1 の凹部つまりソケット 120 を有する第 1 の円筒形延長部分 47 および第 2 の凹部つまりソケット 51 を有する第 2 の円筒形延長部分 49 を含む。一般に、ソケット 120, 51 は、互いに 90° に配置されるが、その他の相対的な角度構成を用いる場合もある。ショートカートリッジ 42 は、デュアルソケットジョイント 46, 48 の各ソケット 51 内に配置されて、ヒンジジョイントを構成する一方で、ロングカートリッジ 44 は、ジョイント 46 のソケット 120 (図 25 参照) 内に配置されて、ロングカートリッジ 44' (図 26 参照) は、ジョイント 48 のソケット 120 内に配置されて、各々が、長手方向のスイベルジョイントを構成する。モジュール式の軸受/エンコーダカートリッジ 42, 44 によれば、モジュール式のエンコーダ部品が取り付けられる、予め圧力が加えられた、あるいは予荷重がかけられたデュアル軸受カートリッジを別々に製造することが可能となる。この軸受エンコーダカートリッジは、さらに、多関節アーム 14 の外部躯体部品 (すなわち、デュアルソケットジョイント 46, 48) に固定的に連結することが可能である。このようなカートリッジを用いることは、当該分野における著しい進歩であるが、これは、そのことによって、多関節アーム 14 のこれらの複雑なサブコンポーネントを高品質かつ高速で生産することが可能となるからである。

【0015】

本明細書において説明した実施の形態では、4 つの異なるカートリッジタイプ、すなわち、ジョイント 30, 34 のための 2 つのロング軸方向カートリッジ、ジョイント 16 のための 1 つの基部軸方向カートリッジ、ショートジョイント 18 のための 1 つの基部カートリッジ (カウンターバランスを含む)、およびジョイント 32, 36 のための 2 つのヒンジカートリッジがある。さらに、多関節アーム 14 のテーパ形状と整合するように、基部に最も近い (例えば、ロングジョイント 16 およびショートジョイント 18 に位置する) カートリッジは、ジョイント 30, 32, 34, 36 における比較的小さな直径と比べて、より大きな直径を有する。各々のカートリッジは、予荷重がかけられた軸受機構と、この実施の形態では、デジタルエンコーダを備える変換器と、を含む。続いて、図 9 および図 10 を参照して、軸方向ロングジョイント 16 内に配置されたカートリッジ 44 について説明する。

【0016】

カートリッジ 44 は、内スリーブ 54 および外スリーブ 56 によって分離された一对の軸受 50, 52 を含む。軸受 50, 52 に、予荷重がかけられているということは重要なことである。この実施の形態において、そのような予荷重は、締め付けたときに、所定の予荷重が、軸受 50, 52 上に生じるように、異なる長さである (内スリーブ 54 は、外スリーブ 56 よりも、約 0.0005 インチ短い) スリーブ 54, 56 によって与えられる。軸受 50, 52 は、封止材 58 を用いて封止されており、このアセンブリは、シャフト 60 に回転可能に取り付けられている。その上面において、シャフト 60 は、シャフト上部ハウジング 62 で終端している。環状部 63 は、シャフト 60 とシャフト上部ハウジング 62 との間に画定されている。このアセンブリ全体は、シャフトとその軸受アセンブ

10

20

30

40

50

りが、内ナット66と外ナット68との組み合わせを用いて、ハウジング64にしっかりと固定された状態で、外カートリッジハウジング64の内部に配置される。なお、組み立てに際して、外ハウジング64の上部分65は、環状部63の内部に収容されることになる。言うまでもないが、上述した予荷重が、軸受50, 52に与えられるのは、内ナット66および外ナット68を締め付けたときであって、これらが、軸受に対して圧縮力を与えるとともに、内スペーサ54および外スペーサ56の長さの違いによって、所望の予荷重が加えられることになる。

【0017】

望ましくは、軸受50, 52は、二重ボール軸受である。適切な予荷重を得るためには、軸受面が、可能な限り平行であることが重要である。この平行度が、軸受の外周周囲における予荷重の均一性に影響を及ぼす。不均一な荷重では、軸受に、粗くて不均一な回転トルク感触を与えることになり、結果として、予測がつかない径方向の回転振れおよびエンコーダ性能の低下をもたらすことになる。モジュール式に取り付けられたエンコーダディスク(後述)の径方向の回転振れは、結果として、読み取りヘッドの下方における望ましくないフリンジパターンシフトをもたらすことになる。これは、著しいエンコーダ角度測定エラーをもたらす。さらに、望ましくは二重軸受であるこの構造の剛性は、軸受間の間隔に直接的に関係がある。軸受間の隔たりが大きいほど、そのアセンブリの剛性は、より高くなる。スペーサ54, 56は、軸受間の間隔を広げるために用いられる。カートリッジハウジング64は、アルミニウムであることが望ましいことから、さらに、スペーサ54, 56もまた、アルミニウムを材料として作られて、長さおよび平行度が、高精度に機械加工されることが望ましい。その結果、温度変化によって、予荷重を損なうことになるであろう膨張差をもたらすことはない。既に述べたように、予荷重は、スペーサ54, 56の長さにおいて、既に分かっているその長さの違いを組み込むことによって設定される。ナット66, 68が完全に締め付けられると、この長さにおける差が、軸受予荷重をもたらすことになる。封止材58を用いて、封止された軸受が提供されるのは、その汚れが、どのような汚れであっても、あらゆる回転運動およびエンコーダの正確さに影響があるばかりではなく、ジョイント感触に影響があるからである。

【0018】

カートリッジ44には、間隔をあけて配置された一対の軸受が含まれることが望ましいが、代替的に、カートリッジ44が、単一の軸受、または3つ以上の軸受を含むようにしてもよい。このように、各々のカートリッジは、少なくとも1つの軸受を最低限必要とする。

【0019】

本発明のジョイントカートリッジでは、回転に制限のない場合もあれば、代替として、回転が制限されている場合もある。制限された回転では、ハウジング64の外面上におけるフランジ72上の溝70によって、円筒形の軌道が提供されて、これに、シャトル74が収容される。シャトル74は、軌道70の内部を、それが、例えば、回転を停止させる止めねじ76のような、脱着可能なシャトル停止部に接するようになるまで進み、それ以上は、回転が起これないようになっている。回転量は、どのくらいが望ましいかに応じて異なることが可能である。1つの好適な実施の形態において、シャトル回転は、720°未満に制限されるであろう。このタイプの回転シャトル停止部は、本願出願人が特許権者である米国特許第5,611,147号明細書に、より詳細に説明されており、その内容は全て、既に、本願に引用して援用されている。

【0020】

既に述べたように、1つの代替的な実施の形態において、本発明に用いられるジョイントは、その回転が制限されていない場合もある。この後者の場合においては、既に知られているスリップリングアセンブリが用いられる。望ましくは、シャフト60は、これを貫通する中空つまり軸方向の開口78を有しており、この一方の端部に、直径が、より大きい部分80を有する。軸方向の開口78, 80の交差部分に画定された肩部を接合することで、円筒形のスリップリングアセンブリ82となる。スリップリングアセンブリ82は

10

20

30

40

50

、モジュール式のジョイントカートリッジにおける上述した予荷重がかけられた軸受アセンブリに対して、非構造的である（すなわち、機械的な機能は、何ら提供せず、電気的および/または信号伝達機能を提供するにすぎない）。スリップリングアセンブリ 82 は、どのような市販のスリップリングで構成するようにしてもよいが、好適な実施の形態において、スリップリングアセンブリ 82 は、英国バークシャー州レディングの IDM エレクトロニクス社（IDM Electronics Ltd.）から入手可能な H シリーズスリップリングで構成される。そのようなスリップリングは、小型であり、円筒形のデザインを備えているので、シャフト 60 のなかの開口 80 において用いるのに最適である。シャフト 60 を貫通する軸方向の開口 80 は、アパーチャ 84 で終端しており、これは、スリップリングアセンブリ 82 からの配線を収容するような大きさおよび構成となっている経路 86 に連絡している。そのような配線は、所定の位置に固定されており、経路 86 およびアパーチャ 84 にパチンとはまって収容される配線カバー 88 によって保護されている。そのような配線は、図 10 において、90 に概略的に図示されている。

10

【0021】

上述したように、モジュール式のカートリッジ 44 には、既に説明した、予荷重がかけられた軸受構造ばかりではなく、以下に説明する、モジュール式のエンコーダ構造の両方が含まれる。さらに、図 9 および図 10 を参照すると、本発明に用いる好適な変換器は、2つの主要な部品である読み取りヘッド 92 および格子ディスク 94 を有するモジュール式の光学エンコーダを備える。この実施の形態において、一对の読み取りヘッド 92 が、読み取りヘッド接続ボード 96 上に配置される。接続ボード 96 は、取り付けプレート 100 に（固定具 98 を介して）連結される。ディスク 94 は、望ましくは、シャフト 60 の下部軸受面 102 に（望ましくは、適切な接着剤を用いて）連結されており、読み取りヘッド 92（プレート 100 によって支持および保持されている）から間隔をおいて、これに位置合わせして配置されることになる。配線ファンネル 104 および封止キャップ 106 によって、ハウジング 64 の下端部に最終的な外側の被覆が提供される。配線ファンネル 104 は、図 10 に最適な状態で図示されているように、配線 90 を、捕捉して、保持することになる。言うまでもないが、エンコーダディスク 94 は、102 において接着剤を用いたことにより、シャフト 60 に保持されて、これとともに回転することになる。図 9 および図 10 は、ダブルの読み取りヘッド 92 を図示しているが、2つよりも多くの読み取りヘッドを用いてもよいし、代替的に、図 9A に示すような単一の読み取りヘッドを用いてもよいということも言うまでもない。図 9B ~ 図 9E には、2つよりも多くの読み取りヘッドを備えたモジュール式のカートリッジ 44 の例を示す。図 9B および図 9C は、プレート 100 に収容された 4 つの読み取りヘッド 92 を、90° ずつ間隔をおいて配置された状態で示す（但し、異なる相対的な間隔が相応しい場合もある）。図 9D および図 9E は、プレート 100 に収容された 3 つの読み取りヘッド 92 を、120° ずつ間隔をおいて配置された状態で示す（但し、異なる相対的な間隔が相応しい場合もある）。

20

30

【0022】

ディスク 94 を正しく位置合わせするために、穴（図示せず）が、ディスク 94 に隣接する位置にハウジング 64 を貫通して設けられる。さらに、工具（図示せず）を用いて、ディスク 94 を正しい位置合わせになるように押したところで、ディスク 94 とシャフト 60 との間の接着剤を硬化させて、ディスク 94 を所定の位置に固定する。さらに、穴栓 73 が、ハウジング 64 内の穴を貫通して設けられる。

40

【0023】

ディスク 94 および読み取りヘッド 92 の位置を逆にして、ディスク 94 を、ハウジング 56 に連結させて、読み取りヘッド 92 をシャフト 60 とともに回転するようにしてもよいということは、重要な留意点である。そのような実施の形態を、図 12A に示すが、図中、ボード 96' が、（接着剤を介して）シャフト 60' に連結されるのは、それとともに回転するようにするためである。一对の読み取りヘッド 92' が、ボード 96' に連結されて、従って、シャフト 60' とともに回転することになる。ディスク 94' は、支持部 100' 上に配置されて、これは、ハウジング 64' に連結される。いずれにせよ、

50

ディスク94または読み取りヘッド92のどちらか一方を、シャフトとともに回転するように取り付けることができるということは言うまでもない。重要なことは、ディスク94および読み取りヘッド92が、光学的な通信状態を維持しつつ、互いに対して回転可能となるようにカートリッジ(またはジョイント)内に配置されるということだけである。

【0024】

望ましくは、本発明において用いられる回転エンコーダは、米国特許第5,486,923号明細書および米国特許第5,559,600号明細書に開示されたものと同様であって、これらの明細書の内容は、その全てを、本願に引用して援用する。そのようなモジュール式のエンコーダは、ピュアプレジジョンオプティクス(Pure Precision Optics)という商品名でマイクロEシステムズ社(MicroE Systems)から市販されている。これらのエンコーダは、回折次数の間の干渉を検出することで、フリンジパターンに差し込まれた光検出器アレイ(例えば、読み取りヘッド)から、ほぼ完全な正弦波信号を生成する物理的な光学素子に基づいている。この正弦波信号を、電子的に補間することで、光学フリンジのほんの一部にすぎない変位を検出することが可能となる。

10

【0025】

レーザ光源を用いて、レーザビームは、まず、レンズによって平行化されて、続いて、アパーチャによって大きさが調整される。大きさが調整された平行ビームが、光を離散的な次数に回折させる格子を通過すると、0次および全ての偶数次は、格子構造によって除去される。0次が除去されると、発散する3次を超える領域が、存在しており、ここでは、±1次のみが重複して、ほぼ純粋な正弦波干渉がもたらされる。1つまたは複数の光検出器アレイ(読み取りヘッド)が、この領域に配置されて、格子と検出器との間に相対的な動きがあるときに、4チャンネルのほぼ純粋な正弦波出力を生成する。電子回路によって、その出力は、所望のレベルの分解能に増幅、正規化、および補間される。

20

【0026】

このエンコーダのデザインが簡単であることによって、従来の光学エンコーダと比較して、いくつかの利点が得られる。測定が、レーザ源とその平行化するための光学素子、回折格子、および検出器アレイのみを用いて行うことができる。その結果、比較的かさばる従来の通常のエンコーダと比べて、極めて小型のエンコーダシステムが得られる。また、格子とフリンジの動きとの間の直接的な関係によって、このエンコーダは、従来の機器が影響を受けやすい、環境的に引き起こされた誤差に影響を受けにくい。さらに、干渉の領域が大きいので、また、この領域のいたるところで、ほぼ正弦波の干渉が得られるので、位置合わせ許容範囲が、従来のエンコーダの場合よりもはるかに緩やかである。

30

【0027】

上述の光学エンコーダの著しい利点としては、スタンドオフの向きおよび距離、つまり読み取りヘッドのエンコーダディスクに対する向きおよび距離の精度は、厳密さをはるかに低いということがある。これによって、高い精度の回転方向の測定と、組み立てやすいパッケージと、が可能になる。この「形状的に許容性がある」エンコーダ技術を用いた結果として、著しいコストの低下と製造の容易さを備えたCMM10が得られる。

【0028】

言うまでもないが、上述した好適な実施の形態においては、光学ディスク94が含まれているが、本発明の好適な実施の形態は、同様に、読み取りヘッドが相対的な動きを測定することを可能にするあらゆる光学フリンジパターンを包含する。ここで用いたように、そのようなフリンジパターンとは、動きの測定を可能にするあらゆる周期的なアレイ状の光学素子を意味する。そのような光学素子つまりフリンジパターンは、上述したように、回転ディスクまたは固定ディスクに取り付けることが可能であろうし、また、代替的に、カートリッジの相対的可動部品(例えば、シャフト、軸受、ハウジング等)のいずれかの上に、堆積、固定、またはその他のやり方で配置され、あるいは、存在することが可能であろう。

40

【0029】

実際、読み取りヘッドおよび対応付けられた周期的なアレイつまりパターンは、必ずし

50

も、光学素子（上述）に基づいたものである必要は全くない。むしろ、より広義においては、読み取りヘッドは、動き、一般には、回転運動を測定するために用いることが可能なその他の何らかの測定可能な量または特性のその他の何らかの周期的なパターンを読み取る（検知する）ことが可能であろう。そのようなその他の測定可能な特性としては、例えば、反射率、不透明度、磁界強度、キャパシタンス、インダクタンス、または表面粗さが含まれる場合がある。（なお、表面粗さパターンを、例えば、CCDカメラのようなカメラの形態をとった読み取りヘッドつまりセンサを用いて読み取ることにも可能であろう。）そのような場合において、読み取りヘッドは、例えば、磁界強度、反射率、キャパシタンス、インダクタンス、表面粗さ等の周期的な変化を測定するであろう。従って、ここで用いたように、「読み取りヘッド」という用語は、これらの測定可能な量または特性の分析のためのあらゆるセンサまたは変換器および対応付けられた電子回路を意味しており、光学読み取りヘッドは、1つの好適な例であるにすぎない。当然、読み取りヘッドによって読み取られている周期的なパターンは、読み取りヘッドと周期的なパターンとの間に相対的な動き（一般に、回転運動）がある限り、あらゆる表面上に存在することが可能である。周期的なパターンの例としては、回転部品または固定部品の上にパターン状に堆積させられた磁気媒体、電磁誘導媒体、または容量性媒体が含まれる。また、表面粗さが、読み取られる周期的なパターンである場合に、対応付けられた読み取りヘッド（おそらく、例えば、CCDカメラのようなカメラ）と通信状態にあるいずれの部品の表面粗さを用いるようにしてもよいので、別の周期的な媒体を、堆積またはその他のやり方で設ける必要はない。

10

20

【0030】

上述したように、図9および図10には、軸方向に長いロングジョイント16のモジュール式の軸受およびエンコーダカートリッジの各要素を示す。図11および図12には、軸方向に長いロングジョイント30, 34の軸受およびエンコーダカートリッジを示す。これらのカートリッジアセンブリは、図9および図10に示したものと実質的に同様であり、44'で示す。軽微な違いが、各図から、カートリッジ44を基準として、例えば、異なる構成の配線キャップ/カバー88'、わずかに異なる配線ファンネル/カバー104', 106'、ハウジング64'の上端部におけるフランジ72'の配置に関して明らかである。また、ハウジング64'とシャフト上部ハウジング62'との間のフランジは、外側に向かって広がっている。当然、図11および図12に示した様々な部品の相対的な長さは、図9および図10に示したものと多少異なる場合もある。これらの部品は、全て、実質的に同様のものであるから、各部品について、プライム（'）を付けた同一の符号が付されている。図11Aは、図11と同様であるが、単一の読み取りヘッドの実施の形態を示す。

30

【0031】

さらに、図13および図14には、ショートヒンジジョイント32, 36の軸受およびエンコーダカートリッジについて、同様の分解組立図および断面図を示す。図11および図12のロング軸方向ジョイント44'の場合と同様に、ショートヒンジジョイント32, 36のカートリッジは、詳細に上述したカートリッジ44と実質的に同様であって、従って、これらのカートリッジの各部品は、44''において特定されて、同様の部品が、ダブルプライム（''）を用いて特定されている。言うまでもないが、カートリッジ44''は、ショートジョイント32, 36に用いるためのものであるので、スリッピングアセンブリが必要とされることはなく、配線は、これらのジョイントのヒンジ動作により、単に、軸方向の開口78'', 80''を貫通することになる。図13Aは、図13と同様であるが、単一の読み取りヘッドの実施の形態を示す。

40

【0032】

最後に、図15および図16を参照すると、ショートヒンジジョイント18のモジュール式の軸受/エンコーダカートリッジが、108に図示されている。言うまでもないが、カートリッジ108のほぼ全ての部品が、カートリッジ44, 44', 44''における各部品と同様または同一であって、重要な例外としては、カウンタバランスアセンブリを

50

含むという点がある。このカウンタバランスアセンブリには、ハウジング 64' の上方に収容されたカウンタバランススプリング 110 が含まれており、CMM 10 に重要なカウンタバランス機能を提供する。図 15 A は、図 15 と同様であるが、単一の読み取りヘッドの実施の形態を示す。

【 0033 】

上述したように、好適な実施の形態において、1つよりも多くの読み取りヘッドを、エンコーダに用いるようにしてもよい。言うまでもないが、エンコーダの角度測定は、加えられた荷重によるディスクの心振れつまり径方向の動きによって行われる。2つの読み取りヘッドが、互いに 180° の角度で配置されていることで、結果として、各々の読み取りヘッドにおいて相殺効果を生じさせる心振れをもたらすことになるということが確認されている。これらの相殺効果を平均して、最終的な「耐性のある」角度測定値を求める。このように、2つの読み取りヘッドを用いること、およびその結果として得られる誤差相殺によって、より誤差の生じにくい、より正確なエンコーダ測定値がもたらされることになる。図 17 ~ 図 19 には、それぞれ、例えば、ジョイント 16, 18 (すなわち、基部の最も近くにあるジョイント) において見られるような、より大きな直径のカートリッジにおいて有用な、デュアル読み取りヘッドの実施の形態についての底面図、断面図、上面図を示す。さらに、カートリッジ端部キャップ 100 は、そこに一对の回路基板 96 を取り付けており、各々の回路基板 96 が、そこに機械的に連結された読み取りヘッド 92 を備えている。読み取りヘッド 92 は、望ましくは、互いに 180° 離して配置されており、ディスクの心振れつまり径方向の動きから結果として生じる誤差相殺を可能にする。各々の基板 96 は、さらに、その回路基板 96 を内部バスおよび/またはその他の配線に連結するためのコネクタ 93 を含んでおり、これについては、以下にさらに説明する。図 20 ~ 図 22 には、図 17 ~ 図 19 において示したのと実質的に同一の部品を示すが、主要な違いとしては、より小さい直径のカートリッジ端部キャップ 100 である。このより小さい直径のデュアル読み取りヘッドの実施の形態は、例えば、ジョイント 30, 32, 34, 36 のより小さい直径のカートリッジと対応付けられるであろう。

【 0034 】

さらに、図 23 A には、図 9 A、図 11 A、図 13 A および図 15 A の単一の読み取りヘッドの実施の形態について、電子回路のブロック図を示す。言うまでもないが、CMM 10 には、望ましくは、外部バス (望ましくは、USB バス) 260 および内部バス (望ましくは、RS-485) 261 が含まれており、これは、より多くのエンコーダのためばかりではなく、外部に取り付けられたレールまたは例えば 7 番目の軸のような追加の回転軸のために拡張可能なように設計されている。内部バスは、望ましくは、RS 485 と整合性がある、このバスは、望ましくは、同一出願人による米国特許第 6,219,928 号明細書に開示されたような携帯可能な CMM アームにおいて変換器からデータを通信するためのシリアルネットワークと整合性があるように、シリアルネットワークとして用いられるように構成されており、この明細書の内容は、その全てを本願に引用して援用する。

【 0035 】

図 23 A を参照すると、言うまでもないが、各々のカートリッジにおける各々のエンコーダは、エンコーダ基板に対応付けられている。ジョイント 16 におけるカートリッジのためのエンコーダ基板は、基部 12 の内部に配置されており、図 25 において 112 に特定されている。ジョイント 18, 30 のためのエンコーダは、デュアルエンコーダ基板上において処理されるが、これは、第 2 のロングジョイント 30 内に位置しており、図 26 において 114 に特定されている。また、図 26 は、ジョイント 32, 34 に用いるエンコーダのための同様のデュアルエンコーダ基板 116 を示しており、この基板 116 は、図 26 に示したように、第 3 のロングジョイント 34 内に配置されている。最後に、端部エンコーダ基板 118 が、図 24 に示すように、測定プローブハンドル 28 の内部に配置されており、ショートジョイント 36 においてエンコーダを処理するために用いられる。各々の基板 114, 116, 118 は、熱電対に対応付けられており、温度の過渡的な事

10

20

30

40

50

象による熱補償を可能にする。各々の基板 112, 114, 116, 118 は、組み込まれたアナログデジタル変換手段、エンコーダ計数手段およびシリアルポート通信手段を内蔵する。また、各々の基板は、読み取りプログラム可能なフラッシュメモリを有することで、動作データの局部記憶を可能にしている。また、メインプロセッサ基板 112 は、外部 USB バス 260 を介して現場でプログラム書き込みすることも可能である。上述したように、内部バス (RS-485) 261 は、より多くのエンコーダのために拡張可能なように設計されており、また、これには、外部に取り付けられたレールおよび/または 7 番目の回転軸が含まれる。軸ポートが、内部バスの診断を提供するように設けられている。これらの図面において 10 に図示したタイプの複数の CMM を、外部 USB 通信プロトコルの機能により、単一の適用先 (アプリケーション) に連結することもできる。さらに、全く同一の理由から、複数の適用先 (アプリケーション) を、単一の CMM 10 に連結することもできる。

10

【0036】

望ましくは、各々の基板 112, 114, 116, 118 には、例えば、モトローラ社 (Motorola) から DSP56F807 の型番で入手可能なプロセッサのような、16ビットのデジタル信号プロセッサが含まれる。この単一の処理部品は、シリアル通信、直交復調、A/Dコンバータ、およびオンボードメモリを含む数多くの処理機能を兼ね備えており、従って、各々の基板に必要とされるチップの総数を少なくすることを可能にする。

【0037】

本発明のもう一つの重要な特徴によれば、各々のエンコーダは、個々に設けられた識別チップ 120 に対応付けられている。このチップは、各々の個別のエンコーダを特定することになるので、従って、品質管理、検査、および修理を容易にするとともに迅速化するように、各々の個別の軸受/エンコーダモジュール式カートリッジを特定することになる。

20

【0038】

図 23B は、図 23A と同様の電子回路ブロック図であるが、図 10、図 12、図 14 および図 16 ~ 図 22 のデュアル読み取りヘッドの実施の形態を示す。

【0039】

図 24 ~ 図 26 を参照して、多関節アーム 14 における各々のカートリッジの組み立てについて、さらに説明する (なお、図 24 には、基部 12 を含まないアーム 10 を示す。また、図 24 ~ 図 26 では、図 9A、図 11A、図 13A および図 15A の単一の読み取りヘッドの実施の形態を用いる)。図 25 に示すように、第 1 のロングジョイント 16 には、比較的長いカートリッジ 44 が含まれており、その上端部は、デュアルソケットジョイント 46 の円筒形のソケット 120 に差し込まれている。カートリッジ 44 は、適切な接着剤を用いてソケット 120 のなかにしっかりと保持される。カートリッジ 44 の反対側の端部である下端部は、延長チューブに差し込まれるが、これは、この実施の形態では、アルミニウム製のスリーブ 122 であってもよい (但し、スリーブ 122 は、硬質の合金または複合材料で構成されてもよい)。カートリッジ 44 は、再度、適切な接着剤を用いてスリーブ 122 内に固定される。スリーブ 122 の下端部は、外径が、より大きい部分 124 を含み、その上に、内ねじ切り 126 を有する。そのようなねじ切りは、外側に向かってテーパ形状であって、図 4 に明らかに示すように、磁気マウントハウジング 130 上において内側に向かってテーパ形状であるねじ切り 128 と螺合可能に嵌合するように構成される。既に述べたように、CMM 10 のいくつかのジョイントは、全て、そのようなテーパ形状のねじ切りを用いて相互に接続される。望ましくは、このテーパねじは、自己締め付け式である NPT タイプのものであり、従って、ロックナットまたはその他の固定機構は、全く必要ない。また、このねじ切りは、ねじロック剤を許容するものであり、これを含むであろう。

30

40

【0040】

図 26 を参照すると、第 1 のロングジョイント 16 においてと同様に、ロングカートリッジ 44' は、デュアルソケットジョイント 46' の円筒形の開口 120' に接着固定さ

50

れる。カートリッジ 44' の外ハウジング 64' には、フランジ 72' の下側表面によって画定された肩部 132 が含まれる。この肩部 132 は、ハウジング 64' の外側表面の上方に、これを取り囲むように設けられた円筒形の延長チューブ 134 を支持する。延長チューブは、各ジョイントにおいて、ねじ切りされた部品に連結するための調節可能な長さのチューブをつくるために用いられる。延長チューブ 134 は、従って、カートリッジ 64' の底部から外側に向かって延在しており、そのなかに、ねじ切りされたスリーブ 136 を差し込んでいる。適切な接着剤が、ハウジング 44' を延長チューブ 134 に接着するとともに、スリーブ 136 とチューブ 134 とを互いに接着するために用いられる。スリーブ 136 は、テーパ部分が、その上に、外ねじ切り 138 を有するところで終端する。外ねじ切りは、デュアルソケットジョイント 48 の開口 144 内に接着固定されている接続部 142 上において、内ねじ切り 140 と螺合可能に嵌合する。望ましくは、延長チューブ 134 は、例えば、適切な炭素繊維複合材料のような、複合材料で構成される一方で、螺合可能なスリーブ 136 は、デュアルソケットジョイント 48 の熱特性に適合するようにアルミニウムで構成される。言うまでもないが、PC (プリント回路) 基板 114 が、支持部 146 に固定されて、さらに、これが、デュアルソケットジョイント支持部 142 に固定される。

【0041】

上述したねじ切りされた接続部に加えて、各ジョイントのうちの 1 つ、一部、または全てを、図 25A および図 25B に示したようなねじ切りされた固定具を用いて相互に接続するようにしてもよい。図 26 のねじ切りされたスリーブ 136 の代わりに、図 25B のスリーブ 136' は、滑らかなテーパ形状の端部 137 を有しており、これは、相補的なテーパ形状のソケット支持部 142' に収容される。フランジ 139 は、スリーブ 136' から外側に向かって円周状に延在しており、それを貫通するボルト穴アレイ (この場合は、6 穴) が、ねじ切りされたボルト 141 を収容するために備えられている。ボルト 141 は、ソケット支持部 142' の上側表面に沿って、対応する穴に螺合可能に収容される。延長チューブ 134' は、図 26 の実施の形態においてと同様に、スリーブ 136' の上方に収容される。各ジョイントのための相補的なテーパ形状のオス相互接続部とメス相互接続部とによって、従来と比べて向上した接続インターフェースが提供される。

【0042】

さらに、図 26 を参照すると、第 3 のロングジョイント 34 のロングカートリッジ 44' は、ロングジョイント 30 のカートリッジ 44' と同様のやり方で、アーム 14 に固定されている。すなわち、カートリッジ 44' の上部分は、デュアルソケットジョイント 46' の開口 120' のなかに接着固定されている。延長チューブ 148 (望ましくは、チューブ 134 について述べたような複合材料で構成されている) は、外ハウジング 64' の上方に配置されており、そこから外側に向かって延在して、嵌合スリーブ 150 を収容するようにして、これを、延長チューブ 148 の内径に接着固定する。嵌合スリーブ 150 は、テーパ部分が、外ねじ切り 152 を有するところで終端しており、デュアルソケットジョイント 148' の内部において円筒形のソケット 156 に接着連結されているデュアルソケットジョイント支持部 154 上における相補的な内ねじ切り 153 と嵌合する。プリント回路基板 116 は、同様に、デュアルソケットジョイント支持部 154 に固定された PCB 支持部 146' を用いて、デュアルソケットジョイントに接続される。

【0043】

図 7 および図 8 について述べたように、図 13 および図 14 におけるショートカートリッジ 44' および図 15 の 108 は、単に、2 つのデュアルソケットジョイント 46, 48 の間に配置されており、デュアルソケットジョイントの内部において適切な接着剤を用いて固定される。結果として、ロングカートリッジおよびショートカートリッジは、互いに、直角 (あるいは、所望の場合には、直角以外の角度) で、容易に連結される。

【0044】

10

20

30

40

50

上述したようなモジュール式の軸受/変換器カートリッジは、例えば、ラーブ (Raab) に付与された米国特許第 5, 794, 356 号明細書および Eaton (Eaton) に付与された米国特許第 5, 829, 148 号明細書において示したような、携帯可能な CMM における重要な技術的進歩を構成する。これは、カートリッジ (または、カートリッジのハウジング) が、多関節アームを構成する各々のジョイントの構成要素を実際に画定するからである。ここで用いたように、「構成要素」とは、カートリッジ (例えば、カートリッジハウジング) の表面が、アームの変形を伴うことなく (あるいは、最大でも、ほんの少しの変形を伴うのみで) 回転を伝達するために、多関節アームの別の構成部品に固定的に連結されているということの意味する。これは、独立した別個のジョイント要素と伝達要素とが必要とされており、回転エンコーダが、ジョイント要素の一部である (但し、伝達要素ではない)、従来の携帯可能な CMM (例えば、ラーブの '356 号特許および Eaton の '148 号特許に開示されたような CMM) と対照的である。要するに、本発明によれば、ジョイント要素および伝達要素の機能性を組み合わせ、単一のモジュール式の部品 (すなわち、カートリッジ) にすることによって、独立した伝達要素 (例えば、伝達部材) の必要性が解消されている。このように、独立した別個のジョイントおよび伝達部材で構成された多関節アームの代わりに、本発明においては、より長いジョイント要素およびより短いジョイント要素 (すなわち、カートリッジ) の組み合わせで構成された多関節アームを用いており、これらのジョイント要素の全てが、そのアームの構成要素である。これは、従来の技術に比べて効率向上につながる。例えば、'148 号特許および '582 号特許におけるジョイント/伝達部材の組み合わせにおいて用いられた軸受の数は、4 つ (ジョイントにおける 2 つの軸受および伝達部材における 2 つの軸受) であつたのに対して、本発明のモジュール式の軸受/変換器カートリッジでは、最低の 1 つの軸受を (但し、2 つの軸受のほうが望ましい) 用いることができるだけでなく、これまでどおり同様の機能性を (但し、異なる、より向上したやり方で) 達成することができる。

【0045】

図 24A、図 26A および図 26B は、図 24 ~ 図 26 と同様の断面図であるが、図 10、図 12、図 14 および図 16 ~ 図 22 のデュアル読み取りヘッドの実施の形態を示しており、さらに、図 3A に示した CMM 10' の断面図である。

【0046】

多関節アーム 14 の全長および/または様々なアーム部分は、その所期の用途に応じて様々であろう。1 つの実施の形態において、多関節アームは、約 24 インチの全長を有して、約 0.0002 インチ ~ 約 0.0005 インチのオーダーの測定値を提供する場合がある。このアーム寸法および測定精度では、現在、例えば、マイクロメータ、ハイトゲージ、キャリパ等のような、一般的な手持ちの器具を用いて達成されている測定に好適な携帯可能な CMM が提供される。当然のことながら、多関節アーム 14 が、より小さな寸法またはより大きな寸法およびより低い精度レベルまたはより高い精度レベルを有することも可能であろう。例えば、より大きなアームは、全長が、8 フィートまたは 12 フィートであつて、対応付けられた測定精度が、0.001 インチである場合があり、これによって、ほとんどの即時検査の用途に用いること、またはリバースエンジニアリングに用いることを可能にする。

【0047】

また、CMM 10 は、それに取り付けられたコントローラとともに用いて、上述の米国特許第 5, 978, 748 号明細書および米国特許出願第 09/775, 226 号明細書において開示されたように、比較的簡単な実行可能なプログラムを実行するために用いることができるし、また、ホストコンピュータ 172 上のより複雑なプログラムに用いることもできる。

【0048】

図 1 ~ 図 6 および図 24 ~ 図 26 を参照すると、好適な実施の形態において、ロングジョイントおよびショートジョイントの各々は、エラストマ緩衝材またはカバーによって保護されており、これは、衝撃の大きいショックを抑制するとともに、人間工学的に快適な

10

20

30

40

50

グリップ位置（および見た目に美しい外観）を提供するように機能する。ロングジョイント16, 30, 34は、全て、硬質プラスチック（例えば、ABS）製の交換可能なカバーによって保護されており、これは、衝撃および摩耗に対するプロテクタとしての役割を果たす。第1のロングジョイント16の場合は、この硬質プラスチック製の交換可能なカバーは、図4にも示したように、2つの部分からなる基部ハウジング26A, 26Bの形で提供されている。ロングジョイント30, 34は、それぞれ、一対のカバー部分40, 41によって保護されており、これは、図5および図6に示すように、保護スリーブを形成するように、適切なねじを用いて二枚貝の貝殻（クラムシェル）状に互いに固定することができる。言うまでもないが、好適な実施の形態において、各々のロングジョイント30, 34のための、この硬質プラスチック製の交換可能なカバーによって、望ましくは、
10
複合材料（炭素繊維）製である延長チューブ134, 148が、それぞれ、取り囲まれることになる。

【0049】

望ましくは、これらのカバーの1つ、すなわち、この場合は、カバー部分41には、それに一体成形された傾斜支持支柱166が含まれており、これによって、プローブ28が、停止位置にあるときに基部12にぶつからないように、アームの肘部分における回転を制限する。これは、図3、図24および図26に、最適な状態で図示されている。言うまでもないが、支柱166は、このようにして、不必要な衝撃および摩耗を抑制することになる。

【0050】

また、図29および図31について、以下に説明するように、プローブ28は、硬質プラスチック材料でつくられた交換可能なプラスチック保護カバーを含む場合もある。

【0051】

図3A、図24A、図26Aおよび図26Bには、代替的な保護スリーブ40', 41'を示しており、これらもまた、クラムシェル構造を有するが、ねじ切りされた固定具の代わりに、ストラップまたはスプリングクリップ167を用いて所定の位置に保持される。

【0052】

ショートジョイント18, 32, 36の各々には、上述したように、また、図1～図3、図5および図6に明らかに示すように、一対のエラストマ（例えば、スタントプレネ（Stantoprene）（登録商標）のような熱可塑性ゴム）製の緩衝材38が含まれる。緩衝材38は、ねじ切りされた固定具または適切な接着剤を用いて連結してもよいし、その他の適切ないずれかのやり方で連結してもよい。エラストマまたはゴム製の緩衝材38によって、衝撃の大きいショックが抑制されるばかりではなく、見た目に美しく、人間工学的に快適なグリップ位置が提供されることになる。

【0053】

上述のカバー40, 41, 40', 41'および緩衝材38は、全て、簡単に交換することが（基部ハウジング26A, 26Bと同様に）可能であるので、アーム14は、CMM10の機械的な性能に影響を与えることなく、速やかに、かつ安価で修繕することが可能となる。

【0054】

引き続き、図1～図3を参照すると、基部ハウジング26A, 26Bには、図3の168に示すように、少なくとも2つの円筒形の突起が、球面の取り付け用に含まれる。この球面は、クランプタイプのコンピュータホルダ170の取り付けに用いることができるが、これによって、さらに、携帯可能なまたはその他のコンピュータ機器172（例えば、「ホストコンピュータ」）が支持される。望ましくは、円筒形の突起が、基部ハウジング26A, 26Bのいずれの側面にも設けられるので、ボールおよびクランプによるコンピュータマウントを、CMM10のいずれの側面にも取り付けすることができる。

【0055】

次に、図27および図28A～図28Cを参照して、測定プローブ28の好適な実施の

10

20

30

40

50

形態について、以下に説明する。プローブ28には、ハウジング196が含まれており、そのなかに、プリント回路基板118を収容するための内部空間198を有する。言うまでもないが、ハウジング196は、上述したタイプのデュアルソケットジョイントを構成しており、回路基板118を支持するための支持部材199が接着されるソケット197を含む。望ましくは、ハンドル28は、2つのスイッチ、すなわち捕捉スイッチ200および確認スイッチ202を備える。操作者は、これらのスイッチを用いて、操作中に、測定値を捕捉（捕捉スイッチ200）するとともに、その測定値を確認（確認スイッチ202）する。本発明の重要な特徴によれば、これらのスイッチは、互いに、違いを明確にすることで、使用に際して、取り違えることをできるだけ少なくする。このように違いを明確にすることは、例えば、スイッチ200、202が、異なる高さおよび/または異なる手触り（なお、スイッチ202は、スイッチ200の滑らかな上面とは対照的に、凹凸（indentation）を有する）および/または異なる色（例えば、スイッチ200は、緑色であってもよく、スイッチ202は、赤色であってもよい）であることを含む1つまたは複数の形で実現できる。また、本発明の重要な特徴によれば、表示灯204が、正常なプローブ検出が行われていることを表示するために、スイッチ200、202と対応付けられている。望ましくは、表示灯204は、2色灯であり、例えば、灯204は、測定値を捕捉（緑色の捕捉ボタン200を押下）しているときは緑色であって、測定値を確認（赤色の確認ボタン202を押下）している間は赤色である。多色灯を用いることは、既に知られているLEDを灯204の光源として用いることで容易に達成される。グリップを助けるために、また、美観の向上および耐衝撃性を提供するために、上述したタイプの外側の保護被覆が、206に特定されており、プローブ28の一部を覆うように設けられている。スイッチ回路基板208が、ボタン200、202およびランプ204を取り付けるために設けられており、支持部材199によって支持されている。スイッチ基板208は、基板118と電気的に相互接続されており、これは、スイッチおよび表示灯を処理するためばかりではなく、ショートヒンジジョイント36の処理をするための部品を収容する。

【0056】

本発明のもう1つの重要な特徴によれば、また、図27および図28A~図28Cを参照すると、プローブ28には、恒久的に取り付けられたタッチトリガプローブばかりではなく、タッチトリガプローブを保護しつつ固定プローブを適応させるための脱着可能なキャップが含まれる。タッチプローブ機構は、図27において210に図示されており、簡単な3点キネマティックシートを土台としている。この従来の構成においては、コンタクトスプリング216によってバイアスがかけられたボール214に接触するノーズ212を備える。3つのコンタクトピン（1つのピンが、218に図示されている）が、下にある電気回路と接触している。プローブノーズ212に対して何らかの力を加えると、結果として、3つのコンタクトピン218のいずれか1つを持ち上げることになり、下にある電気回路を開くことになり、従って、スイッチを作動させることになる。望ましくは、タッチトリガプローブ210は、前面の「捕捉」スイッチ200と連係して動作することになる。

【0057】

図28Bに示すように、タッチトリガプローブ210を用いる場合に、ねじ切りされた保護カバー220が、トリガプローブ210を取り囲むねじ切り222に螺合可能に連結される。但し、タッチトリガプローブではなく、固定プローブを用いるのが望ましい場合には、脱着可能なキャップ220を取り外して、例えば、図27および図28A~図28Cの224に図示したような所望の固定プローブが、ねじ切り222に螺合可能に連結される。言うまでもないが、固定プローブ224は、これに連結された球状のボール226を有するが、どのような異なる所望の固定プローブ構造であっても、容易に、プローブ28にねじ切り222を介して螺合可能に連結することができる。タッチトリガプローブアセンブリ210は、ハウジング228に取り付けられており、これは、ねじ切りされたコネクタ230に螺合可能に収容されており、これによって、プローブハウジング196の一部が形成される。このように螺合可能に相互接続することによって、タッチトリガプロ

10

20

30

40

50

ープ210をプローブ28に完全に一体化することが可能になる。完全に一体化されたタッチプローブを設けることは、本発明の重要な特徴であり、従来のCMMに連結された従来の脱着式タッチプローブと区別することが可能である。さらに、恒久的に取り付けられたタクトリガプローブもまた、上述したように、容易に、ハードプローブと交換することが可能である。

【0058】

図27A～図27Cには、本発明による測定プローブのさらにもう1つの好適な実施の形態を示す。図27A～図27Cにおいて、測定プローブは、28'に図示されており、図27の測定プローブ28と実質的に同様であって、主な違いは、「捕捉」スイッチおよび「確認」スイッチの構成にある。図27に示した別々のボタン形スイッチの代わりに、測定プローブ28'では、二対の弓状長円形スイッチ200a, 200bおよび202a, 202bを用いる。長円形スイッチ200a, 200bおよび202a, 202bの各対のそれぞれは、図27について上述した捕捉スイッチおよび確認スイッチに、それぞれ相当する。測定プローブ28'の実施の形態における測定プローブ28の実施の形態に対する利点としては、長円形スイッチ202および200の各対は、実質的に、測定プローブの全周（または、その周囲の少なくとも大部分）を取り囲んでおり、従って、その携帯可能なCMMの操作者によって、より容易に動かすことが可能であるという点がある。図27の実施の形態においてと同様に、表示灯204が、各々のスイッチに対応付けられており、灯204およびスイッチ200, 202は、それぞれの回路基板208'上に取り付けられている。また、図27の実施の形態においてと同様に、スイッチ200, 202は、例えば、異なる高さ、異なる手触り、および/または異なる色を用いることで、違いを明確にすることができる。望ましくは、スイッチ200, 202は、わずかな浮きを有しており、そのボタンを、それに沿ったどの位置であっても押下したときに作動させることができる。図27の実施の形態においてと同様に、上述したタイプの外側の保護被覆が、206に用いられており、プローブ28'の一部を覆うように設けられている。

【0059】

次に、図29を参照すると、CMM10に用いるための代替的な測定プローブを、232に概略的に示す。測定プローブ232は、図27の測定プローブ28と同様であって、主な違いは、プローブ232には、回転ハンドルカバー234が含まれるという点である。回転カバー234は、間隔をあけて配置された一対の軸受236, 238上に取り付けられており、これらは、さらに、内側の中心部つまり支持部240上に取り付けられているので、カバー234は、内側の中心部240のまわりを（軸受236, 238を介して）自由に回転することが可能となっている。軸受236, 238は、望ましくは、ラジアル軸受であって、プローブ操作によるアーム上の寄生トルク（parasitic torques）を最小限に抑える。重要なことに、スイッチ板208'および対応するスイッチ200', 202'およびLED204'は、全て、回転ハンドルカバー234に、これとともに回転するように取り付けられている。回転中に、処理回路基板118'への電氣的な接続性を提供するのに、従来のスリップリング機構242が用いられており、これは、間隔をあけて配置された既に知られている複数のスプリングフィンガ242を備えており、これが、固定された環状経路244に接触する。さらに、これらの接触経路244が、回路基板118'に電氣的に接続される。回転ハンドルカバー234およびスイッチアセンブリは、このようにして、内側の中心部つまりプローブシャフト240および電子回路基板118'に、スリップリング導体242を用いて電氣的に結合される。プローブハンドル234の回転によって、スイッチ200', 202'を、使用者にとって具合のよい向きに向けることが可能になる。これによって、記録されない力を最小限に抑えることによって、操作中における多関節アーム14'による正確な測定が可能になる。カバー234は、望ましくは、硬質ポリマによって構成されており、適切な凹凸246, 248が設けられているので、プローブ操作者が、容易かつ具合よく、握ったり操作したりすることが可能である。

【0060】

10

20

30

40

50

言うまでもないが、プローブ232の残りの部分は、恒久的かつ一体的に取り付けられたタッチプローブ210がカバー220に設けられていることを含めて、プローブ28と全く同様である。なお、スイッチ200'、202'は、容易に識別することを可能にするように、高さおよび表面の手触りが異なっている。

【0061】

回転カバー234は、例えば、上述の米国特許第5,611,147号明細書に開示されたようなプローブにおける追加の(すなわち、7番目の)回転軸の必要性を軽減させることが可能であるという点で、CMM分野における著しい進歩である。言うまでもないが、7番目の軸を追加することは、より複雑で高価なCMMとなることにつながるばかりではなく、システムに起こりうるエラーを増加させることにつながる。回転可能なプローブ232を用いることによって、「真の」7番目の軸の必要性が軽減されるのは、それによって、そのプローブが、プローブ端部におけるハンドル配置のために必要な回転を、7番目の変換器および付随する軸受、エンコーダ、および電子回路による複雑さを伴うことなく与えることが可能となっているからである。

10

【0062】

「真の」7番目の軸を有する測定プローブを用いることが望ましい場合には、すなわち、測定プローブが、旋回回転を測定するための7番目の回転エンコーダを備えており、そのような測定プローブを、図30~図33に示す。これらの図面には、測定プローブ500が図示されており、そのような測定プローブは、図27の測定プローブと実質的に同様であって、主な違いは、上述したタイプのモジュール式の軸受/変換器カートリッジ502を装着していること、測定プローブの側面に捕捉スイッチ504および確認スイッチ506があること、脱着可能なハンドル508を含むことである。

20

【0063】

言うまでもないが、モジュール式の軸受/変換器カートリッジ502は、詳細に上述したカートリッジと実質的に同様であって、回転可能なシャフトと、シャフト上の一对の軸受と、光学エンコーダディスクと、エンコーダディスクから間隔をあけて配置されて、エンコーダディスクと光学的な通信状態にある、少なくとも1つ、望ましくは、2つの光学読み取りヘッドと、これらの、軸受と、光学エンコーダディスクと、読み取りヘッドと、シャフトの少なくとも一部と、を取り囲むハウジングと、を含んでおり、単体のモジュール式の軸受/変換器カートリッジを画定することになる。エンコーダ電子回路のための回路基板503が、プローブ500の開口504にある。捕捉ボタン504および確認ボタン506の各対は、プローブ500の下向きに突き出たハウジング部分510のいずれの側面にも配置されており、各ボタンは、図27の実施の形態による測定プローブにおいてと同様に、適切なPC基板512に接続されている。同様に、表示灯513が、上述した実施の形態においてと同様に、ボタン504とボタン506との間に配置されている。ハウジング510におけるねじ切りされた一对の開口514において、測定プローブ500の使用中に容易に回転操作することを可能にするハンドル508を脱着可能に連結するための固定具を収容する。

30

【0064】

その他の重要な全ての点において、測定プローブ500は、図27の測定プローブ28と同様であって、望ましくは、516に、恒久的に取り付けられたタッチトリガプローブを用いるとともに、タッチトリガプローブを保護しつつ固定プローブ518を適応させるための脱着可能なキャップを用いる。言うまでもないが、測定プローブ500に7番目の回転エンコーダ502が含まれていると、CMM10を、既に知られているラインレーザスキャナおよびその他の周辺機器と接続して用いる上で役に立つ。

40

【0065】

次に、図2~図4、図23および図25を参照すると、本発明の重要な特徴によれば、携帯可能な電力供給装置を設けて、CMM10に電力を供給することで、完全に携帯可能なCMMが提供される。これは、従来のCMMにおいて、電力供給を、ACコードのみによって得ていたのとは異なる。また、CMM10は、通常の差し込み式のコンセントから

50

AC/DCアダプタを介してACコードによって直接、電力供給を得るようにしてもよい。図2、図3および図25に示すように、通常の再充電可能な電池（例えば、リチウムイオン電池）が、22に図示されている。電池22は、通常の電池支持部252に機械的かつ電氣的に接続されており、これは、さらに、回路基板20上に配置された通常の電力供給用および電池再充電用の回路部品254に電氣的に接続されている。同様に、基板20と通信を行うのは、オン/オフスイッチ258（図3参照）および高速通信ポート260（望ましくは、USBポート）である。アーム14のジョイント電子回路は、RS-485バスを用いて基板20に接続されている。電池22は、独立した充電器上で充電したり、通常のビデオカメラで一般的にみられるようにクレードル252における所定の位置に入れて充電したりすることが可能である。言うまでもないが、携帯可能なコンピュータ172（図2参照）は、その内蔵電池により数時間にわたって動作することが可能であり、および/または、代替的に、CMM10の電力供給ユニット254に電氣的に接続される場合もある。

10

【0066】

本発明によるオンボード電力供給/再充電ユニットは、望ましくは、この部品を、基部12の一体化された部分として、より具体的には、プラスチック製の基部ハウジング26A、26Bの一部として配置することによって、CMM10の一体化された部分として配置される。なお、望ましくは、基部ハウジング26A、26Bは、予備の電池またはプローブ等を保管するために、枢動可能な蓋262を有する小型の保管領域259を含む。

【0067】

20

次に、図34Aおよび図34Bを参照すると、ラインレーザスキャナ312が図示されており、これは、プローブ28、28'、232上に、より望ましくは、プローブ500上に完全に一体化されている。ラインレーザスキャナ312には、デジタルカメラ316と、ラインレーザ318と、適切な電子回路320と、を収容するためのハウジング314が含まれる。ハウジング314は、プローブ28を取り囲んでおり、そこから下向きに延在するハンドル322を含む。ハンドル322は、レーザスキャナを使用する際に、操作者によって、容易にアクセス可能（accessible）となっている。重要なことは、レーザスキャナは、正確な、オンラインの測定を確実にするように回転可能であるべきであるということである。そのために、ハウジング312は、適切な軸受構造324を用いて、追加の（すなわち、7番目の）回転軸に取り付けられる。この好適な実施の形態において、この追加の回転軸は、変換器を含むので、多関節アーム14において、通常、5つまたは6つのジョイントに加えて、完全に独立したジョイントを構成する。より望ましくは、追加の軸は、アームの3軸リスト（手首）の一部である（これは、一般的な2-1-3または2-2-3のアーム構成につながる）。

30

【0068】

望ましくは、図27および図28A~図28Cに示したような一体化されたタッチプローブおよびハードプローブカバーの連結機構は、図34Aおよび図34Bの実施の形態においても同様に用いられる。一体化されたラインレーザスキャナ312は、既に知られている通常のやり方で動作することになるが、携帯可能なCMMの端部に後付けしなければならない従来の機器とは異なり、本発明は、CMMに、完全に一体化されている。従って、電子回路320は、多関節アーム14における電力および信号のためのバスに完全に一体化されることになる。その結果、レーザスキャナおよびCMMプローブは、同一のハウジング内に配置されて、同一の内部配線を用いて、統合された機械的な構造を構成することになる。また、このような構造によれば、同時に、レーザスキャナと、タッチプローブまたはハードプローブと、を用いたり、これらにアクセスしたりということが可能になる。さらに、回路320によれば、ホストコンピュータ172と連絡するとき、即時、かつ、レーザスキャナからの信号がRS-485（または、同様の）シリアル通信バスを介して送信されている操作しやすい環境において、基板上における画像分析および画像処理が行われることになる。

40

【0069】

50

一体化されたラインレーザスキャナのもう1つの実施の形態が、図35～図39に図示されており、図中、CMM10は、一体化されたラインレーザスキャナ/プローブ600が、プローブ28に連結されている状態で図示されている。図36および図37に示すように、プローブ28から間隔をあけて離して配置されているのは、レーザ放出窓であり、これを通じて、走査レーザビーム604が、走査レーザ601から放出される。走査レーザ604は、スキャナ/プローブ600の平面図を示す図37の紙面に平行に、図36の紙面に垂直に位置する面を横切って走査する。レーザ放出窓602の下方には、CCD窓606がある。CCD窓606は、実際のところ、ハウジング610の内部に配置されたCCD605の集束レンズであろうが、これについては、以下に、さらに詳細に説明することとする。CCD605は、図中、破線608で示すような視界(FOV:Field of View)を有する。CCD605のFOVは、図37において破線で示した領域612の範囲内において走査レーザビーム604によって画定された面と交差する。従って、言うまでもないが、ある物体を、領域612を通過させた場合に、スキャナ/プローブ600の方に面している、その物体上における領域612に交差する点の軌跡は、走査レーザビーム604によって照射されて、CCD605によって撮像されることになる。

【0070】

走査レーザビーム604によって照射された物体の点の軌跡は、CCD605上において外形画像として現れることになる。ラインレーザスキャナ/プローブ600の位置および向きは、CMM10において分かっているので、走査レーザビーム604によって画定された面における領域612の正確な位置は分かっている。そのビームによって照射された物体上の点が、ラインレーザスキャナ/プローブ600に近づけられたり遠ざけられたりすると、レーザによって反射された光の画像が、CCD撮像面(図示せず)上において寄ったり引いたりするが、このとき、CCD605の撮像面上における左側の点および右側の点は、領域612に交差する物体であって、走査レーザビーム604によって照射された物体の左側の位置および右側の位置に対応する。従って、CCD605における各々の画素は、CCD605のFOVの範囲内であって、走査レーザビーム604によって照射される可能性がある領域612において対応する位置と対応付けられている。

【0071】

図38および図39を参照すると、CCD605からの画像データが、ハウジング610のハンドル611内における回路基板である画像処理基板620上において処理される。CCD605は、CCD605によって検出された画像を取り込んで、これを、例えば、アップルコンピュータ社(Apple Computers, Inc.)によって確立されたファイヤワイヤ(FIREWIRE)データ形式(または、いずれかの好適な高速データ通信プロトコル)のような、デジタル形式に変換するためのセンサ基板を含む。完全な画像は、新規な画像処理基板620に即座に中継される。画像処理基板620は、ファイヤワイヤインターフェース622と、デジタル信号プロセッサ(DSP)624と、メモリ626と、を含む。DSPが画像データを受信すると、これは、それを即座に処理する。ソフトウェアアルゴリズムによって、各フレームを処理して、測定された物体の正確な位置をサブピクセル精度で特定する。これが可能であるのは、ラインレーザを横切る輪郭(profile)が、ガウス関数に近似しており、CCD画像面上における複数行の画素を横切って広がるからである。ライン位置に相当する適切な画素を選択することは、そのソフトウェアの重要な機能である。ソフトウェアアルゴリズムによって、1つの画素列に沿ったライン輪郭を分析して、「重心(COV:Center of Gravity)」を算出すると、これは、部分画素位置であることも可能であり、そのラインの厳密な位置を最適に表す点となる。

【0072】

アルゴリズムは、続いて、フレーム内の各々の列についてCOVを算出する。そのフレームが処理された後は、元の画像は廃棄されて、処理済みデータのみが保持される。保持された情報は、各々のジョイントにある様々なデジタルエンコーダによって生成されたその他のデータと同様に、CMMの基部にある基板に、通信チップ627を介して送信される。画像処理基板620によって生成されたデータパケットは、元の画像サイズのほんの

10

20

30

40

50

何分の一かのサイズであって、かなりの量の通信帯域幅が必要とされるということはない。メインＣＭＭプロセッサからは、そのデータが、そのときのアーム位置とともにホストＣＰＵに送信される。このように、この新規な画像処理基板によれば、アーム１０内におけるオンボード画像処理が可能となるが、これは、そのような画像処理を、独立したユニットまたはレーザスキャナに外部の後付け部品を介して配線接続されたコンピュータにおいて実現する従来の技術とは対照的である。

【 0 0 7 3 】

上述した実施の形態においてと同様に、ハンドル 6 1 1 は、２つのスイッチ、すなわち、捕捉スイッチ 2 0 0 および確認スイッチ 2 0 2 を含む。これらのスイッチを操作者がプローブ検出モード時に用いて、操作中に、測定値を捕捉（捕捉スイッチ 2 0 0）するとともに、その測定値を確認（確認スイッチ 2 0 2）する。また、表示灯 2 0 4 が、正常なプローブ検出が行われていることを表示するために、スイッチ 2 0 0、2 0 2 と対応付けられている。望ましくは、表示灯 2 0 4 は、２色灯であり、例えば、灯 2 0 4 は、測定値を捕捉（緑色の捕捉ボタン 2 0 0 を押下）しているときは緑色であって、測定値を確認（赤色の確認ボタン 2 0 2 を押下）している間は赤色である。多色灯を用いることは、既に知られている ＬＥＤ を灯 2 0 4 の光源として用いることで容易に達成される。

【 0 0 7 4 】

走査モード時においては、捕捉スイッチ 2 0 0 によって、上述した走査プロセスを作動させる一方で、確認スイッチ 2 0 2 をその他の何らかの目的で、例えば、直前の走査を取り消すために用いるようにしてもよい。いずれのモードであっても、各スイッチの機能については、ソフトウェアプログラムによって指定することができる。

【 0 0 7 5 】

図 3 8 のプローブ 2 8 は、図 2 7 および図 3 0 において上述したように、タッチプローブ機構 2 1 0 およびハードプローブカバー 2 2 0 を含む。タッチプローブ機構 2 1 0 は、スプリングによってバイアスがかけられた要素に接触するノーズ 2 1 2 を備える。３つのコンタクトピンが、下にある電気回路と接触している。プローブノーズ 2 1 2 に対して力を加えると、結果として、３つのコンタクトピンの１つを持ち上げることになり、下にある電気回路を開くことになり、従って、スイッチを作動させることになる。望ましくは、タッチトリガプローブ 2 1 0 は、プローブモード時において、前面の「捕捉」スイッチ 2 0 0 と連係して動作することになる。

【 0 0 7 6 】

タッチプローブ機構 2 1 0 を用いる場合に、プローブカバー 2 2 0 が、螺合状態から取り外される。但し、タッチトリガプローブではなく、固定プローブを用いるのが望ましい場合には、プローブカバー 2 2 0 が、図示のように連結される。言うまでもないが、プローブカバー 2 2 0 は、これに連結された球状のボール 2 2 6 を有するが、どのような異なる所望の固定プローブ構造であっても、容易に、プローブ 2 8 に螺合可能に連結することができる。タッチプローブ機構 2 1 0 は、ハウジング 2 2 8 に取り付けられており、これは、ねじ切りされたコネクタに螺合可能に収容されており、これによって、プローブハウジング 1 1 0 の一部が形成される。

【 0 0 7 7 】

次に、図 4 0 ~ 図 4 8 を参照すると、ラインレーザスキャナのさらにもう１つの実施の形態が、図 7 0 0 に図示されている。図 4 0 において、レーザスキャナ 7 0 0 は、図 3 0 ~ 図 3 2 に示したタイプのプローブ 5 0 0 を有する ＣＭＭ 7 0 2 に連結された状態で図示されている。図 4 7 を参照すると、レーザスキャナ 7 0 0 は、ハウジング 7 0 4 を含んでおり、これに、ＣＣＤ窓 6 0 6 と、集束レンズ 6 0 5 と、画像処理基板 6 2 0 と、高速データ通信プロトコルインターフェース基板 6 2 2 と、デジタル信号プロセッサ 6 2 4 と、メモリ 6 2 6 と、を収容するが、これらの全てについては、既に、図 3 8 の実施の形態と関連して上述している。

【 0 0 7 8 】

ハウジング 7 0 4 から外向きおよび下向きに延在しているのは、キネマティックリング

10

20

30

40

50

であり、これは、図49および図50に最適に図示されており、これには、間隔をあけて（望ましくは、等間隔つまり180°ずつ隔てて）配置された3つの切り欠きまたは開口707が含まれる。各々の開口707には、そのなかに小型の円筒形棒材708を収容する。円筒形棒材708は、プローブ500の下向きに突き出たハウジング部分510の内部表面712上に、対応するように間隔をあけて配置された、相補的な形状の開口710に収容される。保持リング714には、内ねじ切り716を備えており、これが、プローブ500のねじ切り222に螺合可能に収容されて、さらに、これが、ハウジング504をしっかりとプローブ500に正確な位置合わせで接続する（キネマティックシート706による）。

【0079】

レーザスキャナ700は、図38のレーザスキャナ600の場合と同様に動作するが、スキャナ700には、追加軸プローブ500に、容易に、脱着可能に連結可能であるという利点がある（これは、図24Aおよび図38の、より恒久的に連結されたレーザスキャナと対照的である）。上述したレーザスキャナの実施の形態と同様に、図40～図48のラインレーザスキャナは、完全に一体化された走査機器を提供しており、これは、ラインレーザと、光学フィルタと、デジタルカメラと、で構成されており、これらの全てが、画像分析および3次元分析のために、高速データ通信プロトコル（すなわち、ファイヤワイヤ）からデジタル画像に処理するプロセッサ、DSPプロセッサ、およびメモリに接続されており、最後に、結果として得られるデータパケットを、CMM10の多関節アームのバスに通信するために通信プロセッサに接続されており、最終的には、ホストコンピュータ172に接続されている。重要なこととしては、レーザスキャナ700は、CMM10のアームに既に組み込まれている電力供給装置を用いることになる。この実施の形態において必要なただ1つの外部ケーブルは、スキャナハウジング704からプローブ500上のコネクタへのショートケーブルである。このケーブルは、データパケットを送信するために、電力および信号のためのバス接続を媒介する。ホストCPU172との通信手段は、多関節アームの内部に組み込まれているので、従来の機器と同様に、外部通信ケーブルは必要ない。従って、本発明のレーザスキャナによれば、内部デジタル画像化プロセッサ基板620が画像化センサデータを即座に分析することが可能となり、そのような分析の結果は、ホストCPUに、そのときのエンコーダ位置データとともに通信して戻される。上述したように、従来の技術では、煩雑で、かさばる外部ケーブルを含んだ外部ビデオ処理ユニットおよび電力供給装置が必要とされる。

【0080】

スキャナ700のもう1つの特徴によれば、レーザ602とカメラ605との間に固定的な、熱的に安定した配置（rigid thermal and stable orientation）があって、ハウジング704と追加軸プローブ500との間に熱的に安定した接続があることが重要である。そのために、好適な実施の形態によれば、ハウジング704内におけるフレーム718の内部構造は、熱膨張係数（CTE：Coefficient of Thermal Expansion）が低い材料（例えば、平均CTEが、 $1.0 \times 10^{-6} \sim 10 \times 10^{-6}$ in/in/°Fの間である材料）、望ましくは、例えば、スチール/ニッケル合金のような金属合金、例えば、インバー（望ましくは、インバー36）でつくられている。この金属フレーム718は、通常、プラスチック製のハウジング704の範囲内にとどまることなく、連結リング706として延在しており、上述した3点キネマティックマウントに直接に接続することを可能にする。上述したように、3点キネマティックマウント710は、スキャナハウジング704を収容するために、アームのプローブマウントの基部に配置されている。さらに、言うまでもないが、キネマティックマウント710は、必要に応じて、どのようなその他の外部に取り付けられたセンサを収容するようにしてもよい。

【0081】

図34～図48のレーザスキャナは、本明細書に記載のCMMに用いることができるにすぎないというわけではなく、例えば、上述の米国特許第5,794,356号明細書または米国特許第5,829,148号明細書に記載のような多関節アームを有するその他

10

20

30

40

50

のどのような携帯可能なCMMに用いてもよいし、コサカ（Kosaka）社、シムコア（Cimcore）社、ローマー（Romer）社、他によって製造された多関節CMMアームに用いてもよい。

【0082】

いくつかの好適な実施の形態を図示および説明してきたが、本発明の精神および範囲から逸脱することなく、これらに対して、様々な修正および置換を行うことが可能である。従って、当然のことながら、本発明は、限定としてではなく、例示として説明されたものである。

【図面の簡単な説明】

【0083】

【図1】多関節アームおよび連結されたホストコンピュータを含む本発明に係る携帯可能なCMMを示す正面斜視図である。

【図2】図1のCMMを示す背面斜視図である。

【図3】図1のCMMを（ホストコンピュータを取り外した状態で）示す右側面図である。

【図3A】図1のCMMを示す右側面図であり、わずかに変更された保護スリーブによって、ロングジョイントの2つを被覆している。

【図4】本発明に係るCMMを示す部分分解斜視図であり、基部および第1の多関節アーム部分を示す。

【図5】本発明に係るCMMを示す部分分解斜視図であり、基部、第1のアーム部分、および部分的に分解された第2のアーム部分を示す。

【図6】本発明に係るCMMを示す部分分解斜視図であり、基部、第1のアーム部分、第2のアーム部分、および部分的に分解された第3のアーム部分を示す。

【図7】本発明による一对のエンコーダ/軸受カートリッジを2つのデュアルソケットジョイントの間において組み立てられている状態で示す分解斜視図である。

【図8】図7の軸受/エンコーダカートリッジおよびデュアルソケットジョイントを示す正面立面図である。

【図9】本発明によるショート軸受/エンコーダカートリッジを示す分解斜視図である。

【図9A】図9と同様であるが、単一の読み取りヘッドを示す分解斜視図である。

【図9B】図9と同様であるが、4つの読み取りヘッドを示す分解斜視図である。

【図9C】組み立て後の図9Bを示す斜視図である。

【図9D】図9と同様であるが、3つの読み取りヘッドを示す分解斜視図である。

【図9E】組み立て後の図9Dを示す斜視図である。

【図10】図9のカートリッジを示す断面立面図である。

【図11】本発明によるロング軸受/エンコーダカートリッジを示す分解斜視図である。

【図11A】図11と同様であるが、単一の読み取りヘッドを示す分解斜視図である。

【図12】図11のカートリッジを示す断面立面図である。

【図12A】図12のカートリッジを示す断面立面図であり、シャフトとともに回転可能であるデュアル読み取りヘッドを示す。

【図13】本発明によるさらにもう1つの軸受/エンコーダカートリッジを示す分解斜視図である。

【図13A】図13と同様であるが、単一の読み取りヘッドを示す分解斜視図である。

【図14】図13のカートリッジを示す断面立面図である。

【図15】本発明による軸受/エンコーダカートリッジおよびカウンタバランススプリングを示す分解斜視図である。

【図15A】図15と同様であるが、単一の読み取りヘッドを示す分解斜視図である。

【図16】図15のカートリッジおよびカウンタバランスを示す断面立面図である。

【図17】本発明による、より大きな直径の軸受/エンコーダカートリッジを用いた場合のデュアル読み取りヘッドアセンブリを示す上面平面図である。

【図18】図17の線18-18に沿った断面立面図である。

10

20

30

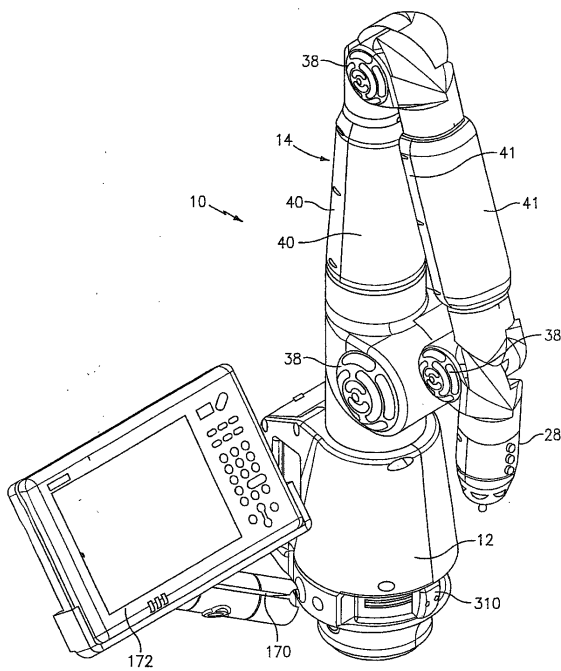
40

50

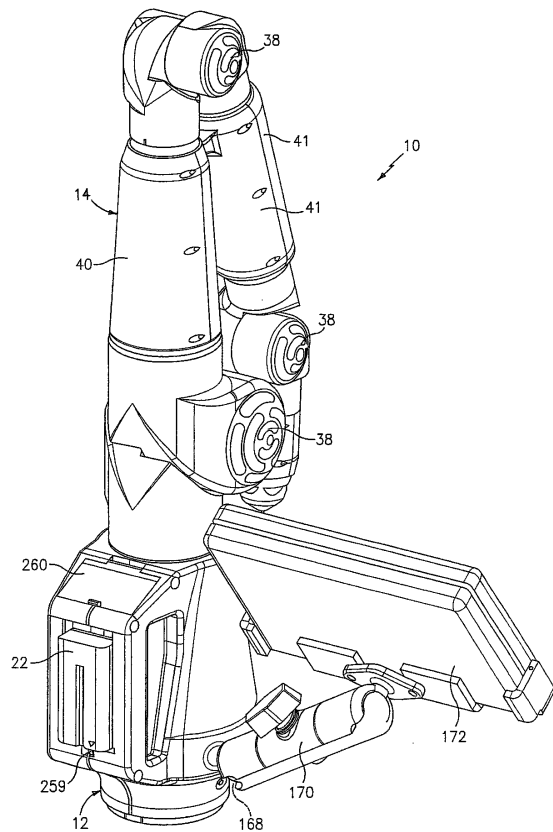
- 【図19】図17のデュアル読み取りヘッドアセンブリを示す底面平面図である。
- 【図20】本発明による、より小さい直径の軸受/エンコーダカートリッジの場合のデュアル読み取りヘッドアセンブリを示す上面平面図である。
- 【図21】図20の線21-21に沿った断面立面図である。
- 【図22】図20のデュアル読み取りヘッドアセンブリを示す底面平面図である。
- 【図23A】単一の読み取りヘッドを用いる本発明に係るCMMの場合の電子回路構成を示すブロック図である。
- 【図23B】デュアル読み取りヘッドを用いる本発明に係るCMMの場合の電子回路構成を示すブロック図である。
- 【図24】本発明に係るCMMを(基部を取り外した状態で)長手方向に貫通して示す断面立面図である。 10
- 【図24A】図3AのCMMを示す断面立面図である。
- 【図25】図24の一部を示す拡大断面図であり、図24のCMMの基部および第1のロングジョイント部分を示す。
- 【図25A】本発明の代替的な実施の形態によるロングジョイントとショートジョイントとの間における相互接続を示す斜視図である。
- 【図25B】図25Aの一部を長手方向に貫通して示す断面立面図である。
- 【図26】図24の一部を示す拡大断面図であり、第2および第3のロングジョイント部分を示す。
- 【図26A】図24Aの各部を示す拡大断面図であり、第2および第3のロングジョイントおよびプローブを示す。 20
- 【図26B】図24Aの各部を示す拡大断面図であり、第2および第3のロングジョイントおよびプローブを示す。
- 【図27】本発明による測定プローブの第1の実施の形態を貫通して示す断面側面図である。
- 【図27A】本発明による測定プローブのもう1つの実施の形態を示す側面図である。
- 【図27B】図27Aの線27B-27Bに沿った断面立面図である。
- 【図27C】図27Aおよび図27Bにおいて用いた一对の「捕捉」または「確認」スイッチを示す斜視図である。
- 【図28A】図28Bおよび図28Cとともに、本発明による内蔵タッチプローブアセンブリと、ハードプローブアセンブリへの切り換えと、を示す連続的な立面平面図である。 30
- 【図28B】図28Aおよび図28Cとともに、本発明による内蔵タッチプローブアセンブリと、ハードプローブアセンブリへの切り換えと、を示す連続的な立面平面図である。
- 【図28C】図28Aおよび図28Bとともに、本発明による内蔵タッチプローブアセンブリと、ハードプローブアセンブリへの切り換えと、を示す連続的な立面平面図である。
- 【図29】本発明による測定プローブのさらにもう1つの実施の形態を貫通して示す断面側面図である。
- 【図30】7番目の軸の変換器を備えた測定プローブを示す側面図である。
- 【図31】図30と同様であるが、脱着可能なハンドルを含む側面図である。
- 【図32】図31の測定プローブを示す端面図である。 40
- 【図33】図31の測定プローブを示す断面立面図である。
- 【図34A】本発明に係る内蔵ラインスキャナの第1の実施の形態を示す側面斜視図である。
- 【図34B】図34Aの内蔵ラインスキャナを示す部分的に切り取られた斜視図である。
- 【図35】内蔵ラインレーザスキャナを備えた多関節アームおよび連結されたホストコンピュータを含む本発明に係る携帯可能なCMMを示す正面斜視図である。
- 【図36】図35の多関節アームの手持ち式ラインレーザスキャナユニット部分を示す側面図であり、その動作を概略的に示す。
- 【図37】図36の手持ち式ラインレーザスキャナユニットを示す上面平面図であり、その動作を示す。 50

- 【図38】図36の手持ち式ラインレーザスキャナを示す断面図である。
- 【図39】内蔵ラインレーザスキャナを備えた図35の多関節アームの動作を示すブロック図である。
- 【図40】図31の測定プローブに取り付けられたラインレーザスキャナのさらにもう1つの実施の形態を示す斜視図である。
- 【図41】図40のラインレーザスキャナを示す背面斜視図である。
- 【図42】図40のラインレーザスキャナを示す正面斜視図である。
- 【図43】図40のラインレーザスキャナを示す側面図である。
- 【図44】図40のラインレーザスキャナを示す正面図である。
- 【図45】図40のラインレーザスキャナを示す背面図である。
- 【図46】図40のラインレーザスキャナを示す図44と同様の、正面立面図である。
- 【図47】図46の線47-47に沿った断面立面図である。
- 【図48】図31のプローブへのラインレーザスキャナの取り付けを示す部分分解図である。
- 【図49】図40のラインレーザスキャナに用いたキネマティックマウントを示す正面斜視図である。
- 【図50】図49のキネマティックマウントを示す背面斜視図である。

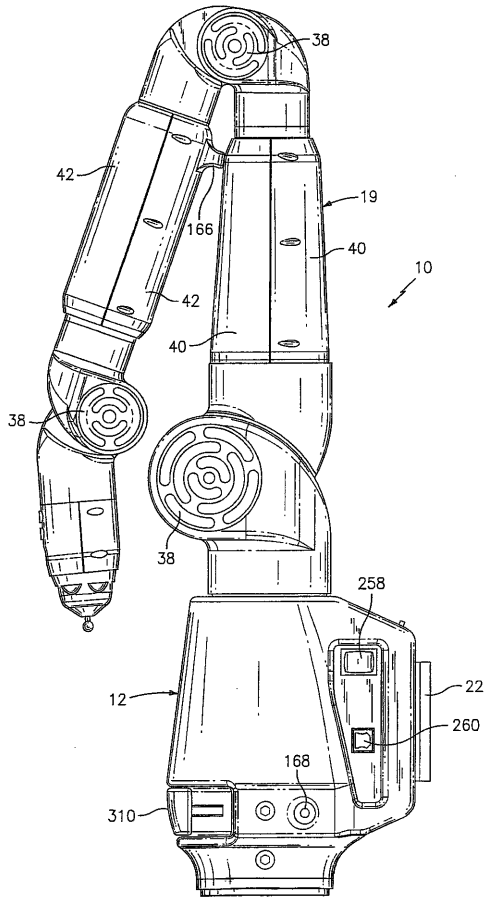
【図1】



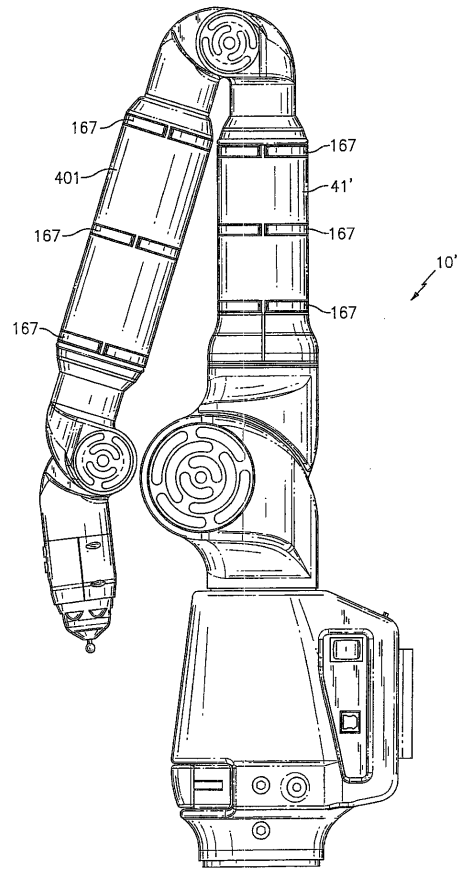
【図2】



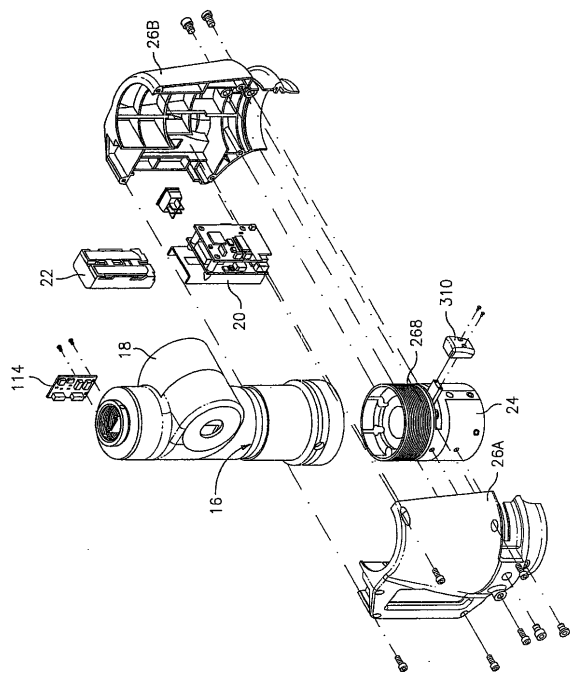
【 図 3 】



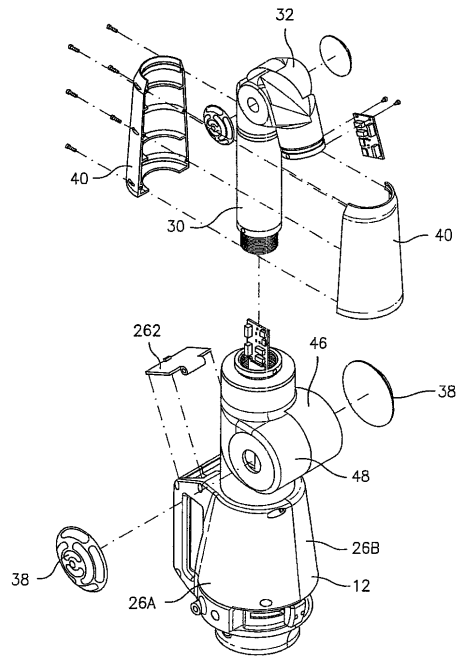
【 図 3 A 】



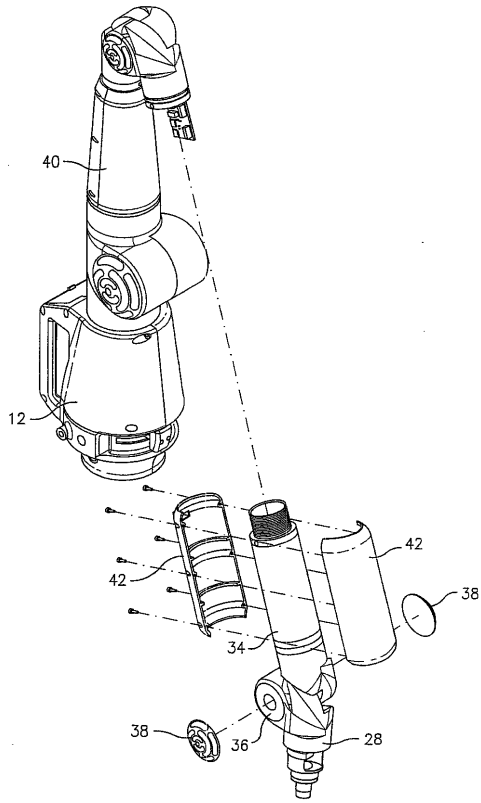
【 図 4 】



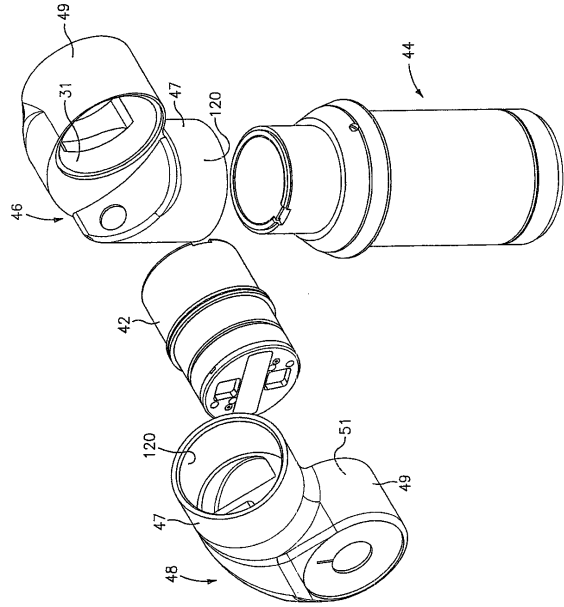
【 図 5 】



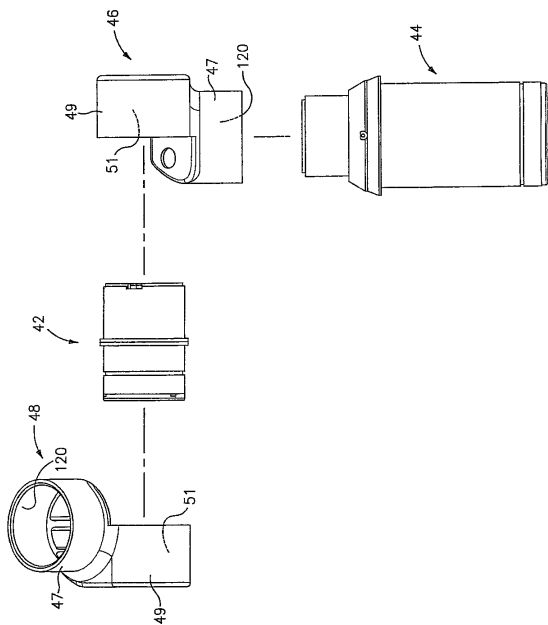
【 図 6 】



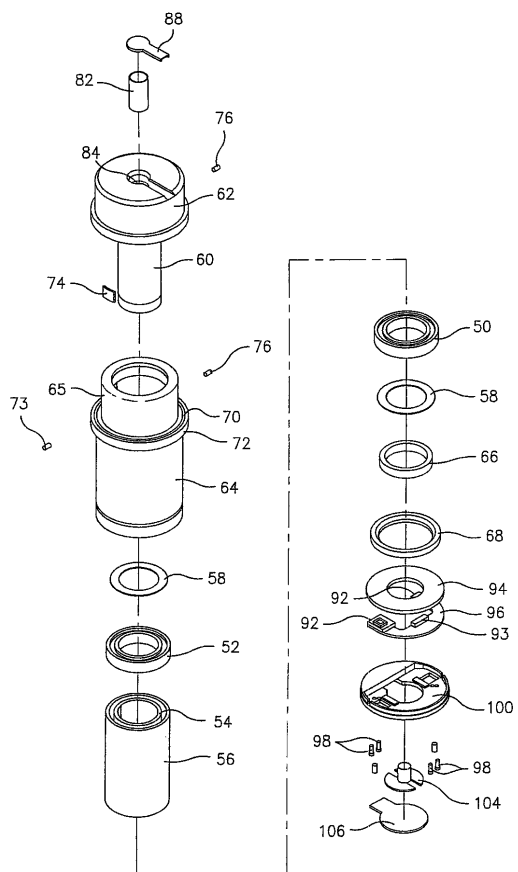
【 図 7 】



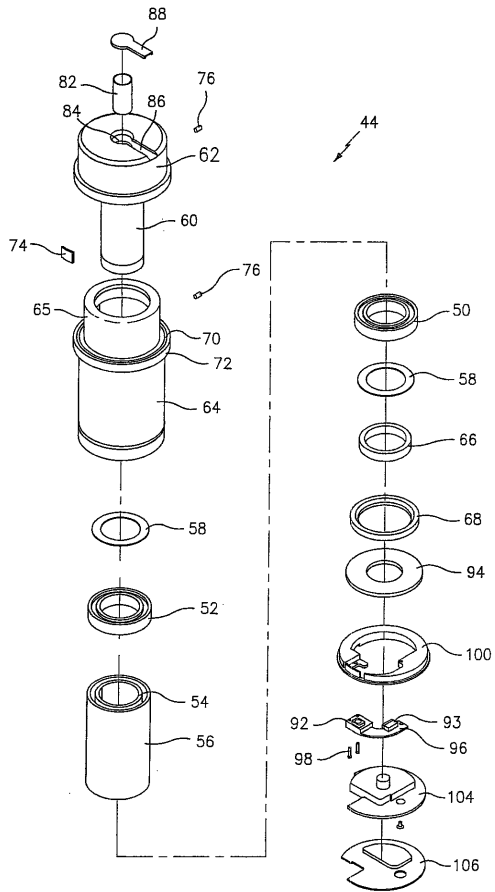
【 図 8 】



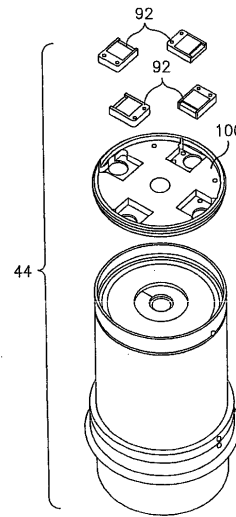
【 図 9 】



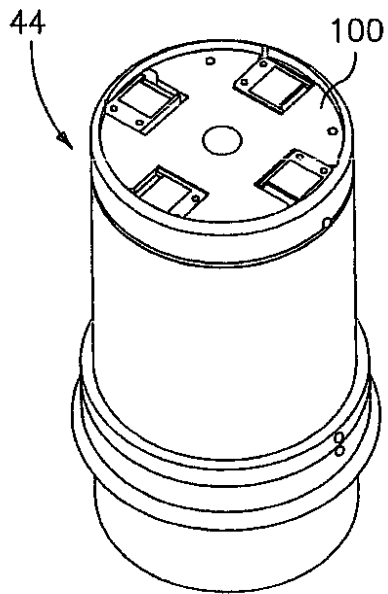
【図9A】



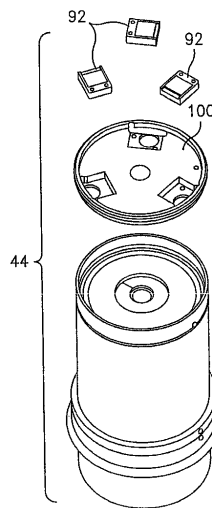
【図9B】



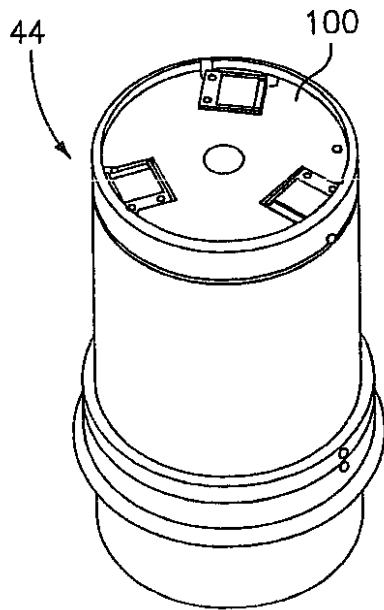
【図9C】



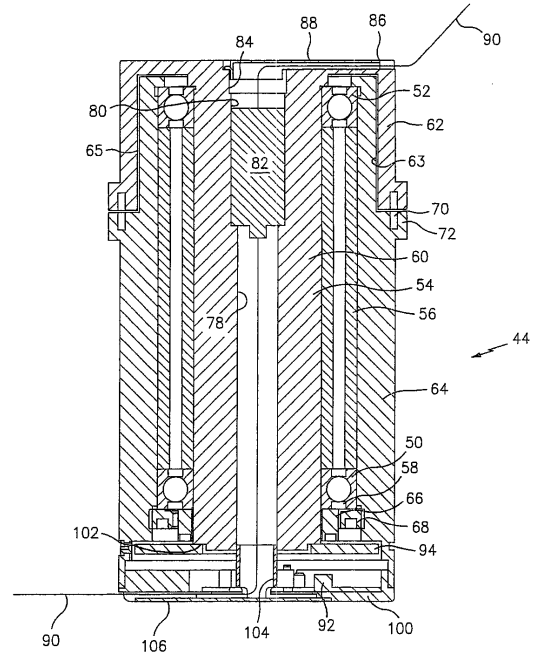
【図9D】



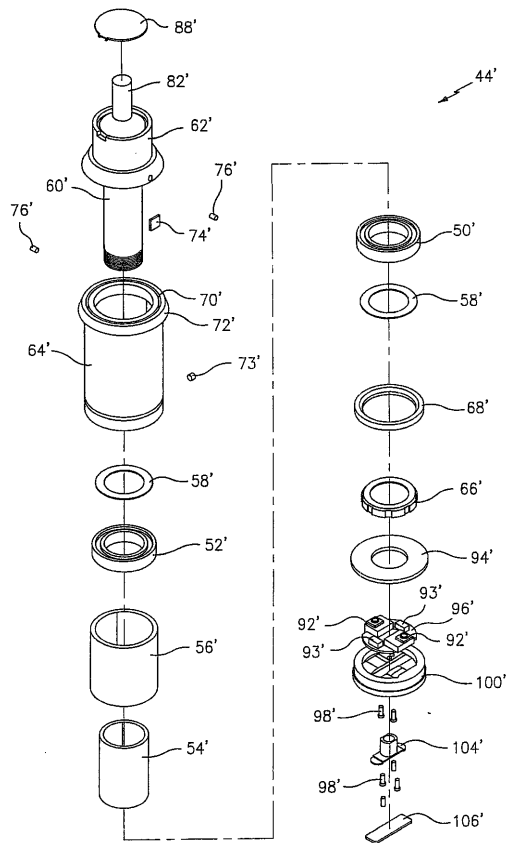
【 図 9 E 】



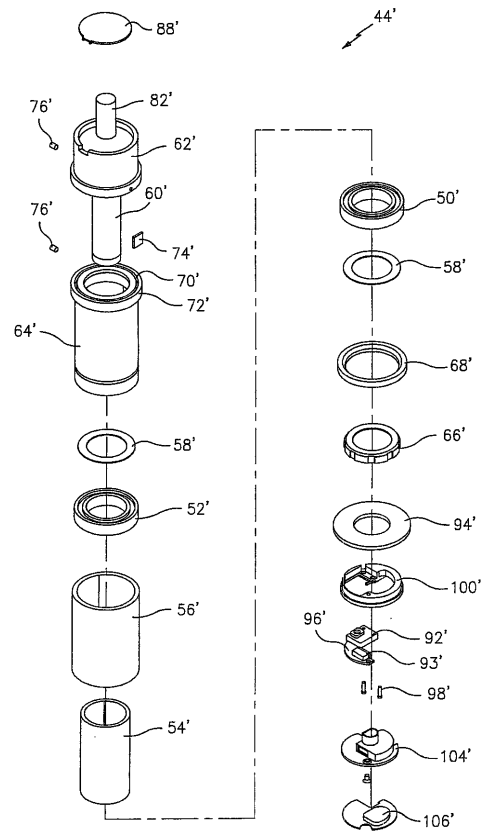
【 図 10 】



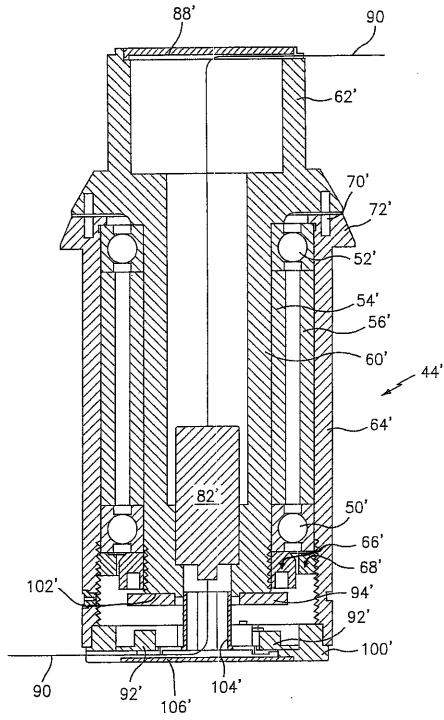
【 図 11 】



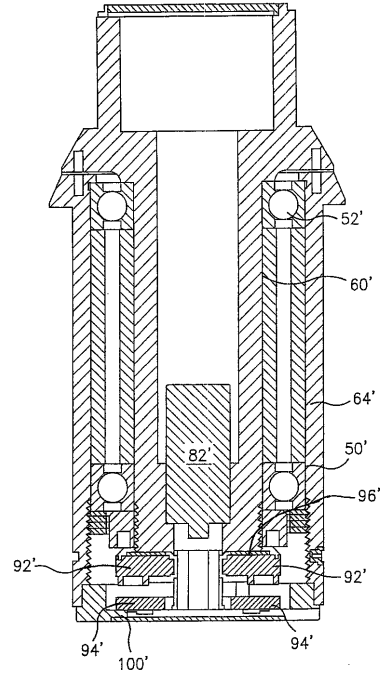
【 図 11 A 】



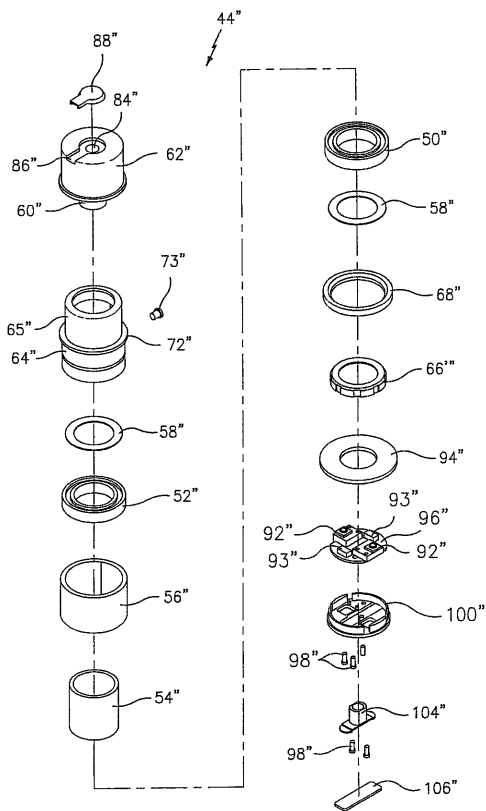
【 図 1 2 】



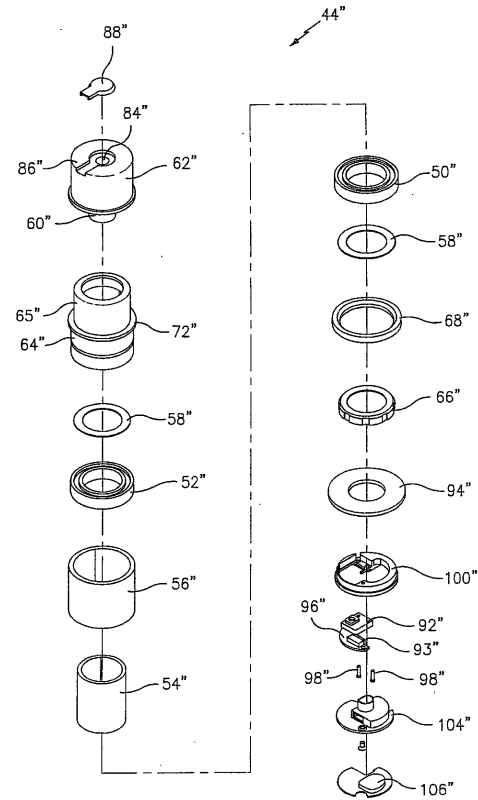
【 図 1 2 A 】



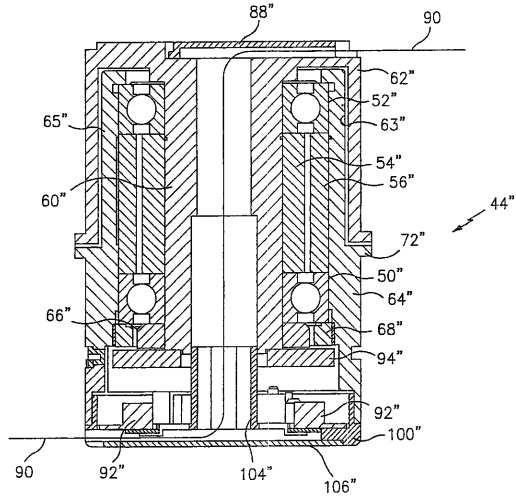
【 図 1 3 】



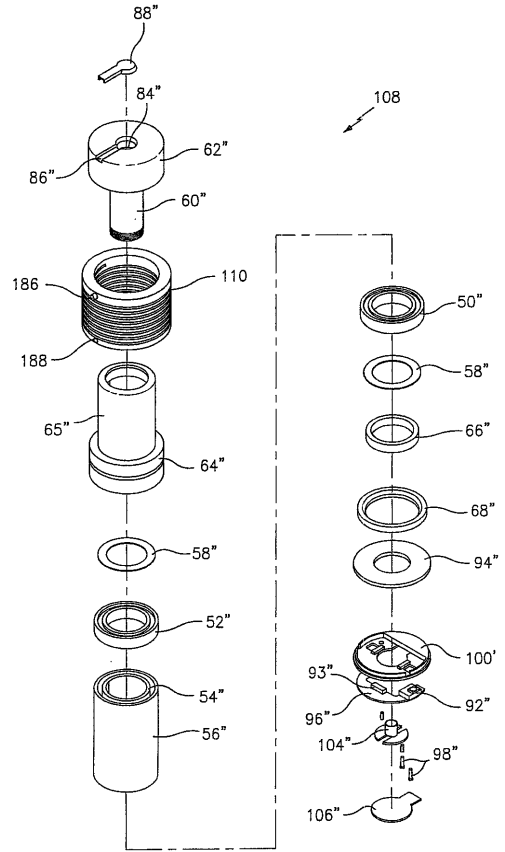
【 図 1 3 A 】



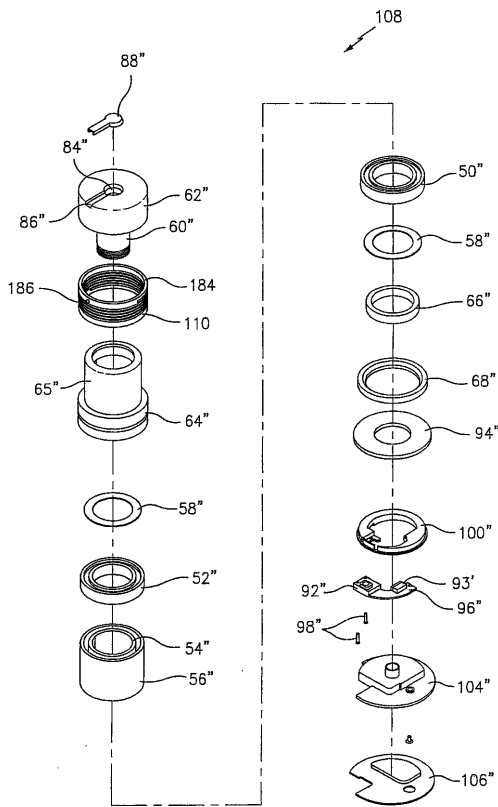
【 図 1 4 】



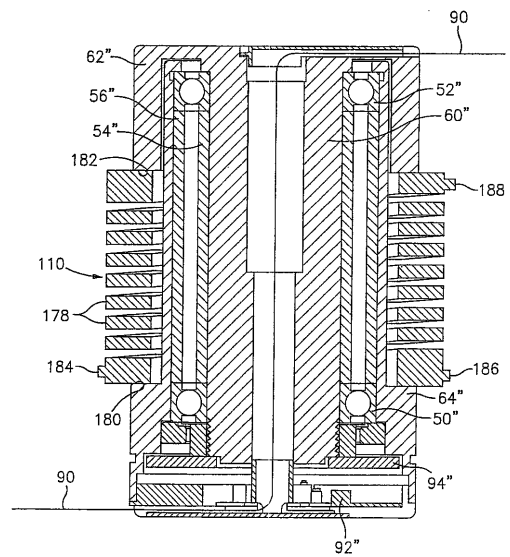
【 図 1 5 】



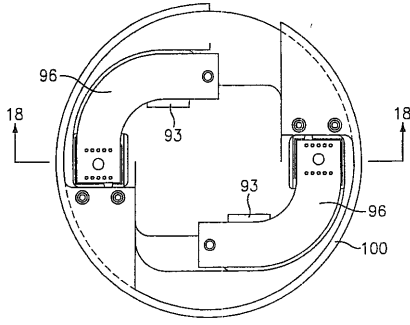
【 図 1 5 A 】



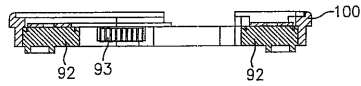
【 図 1 6 】



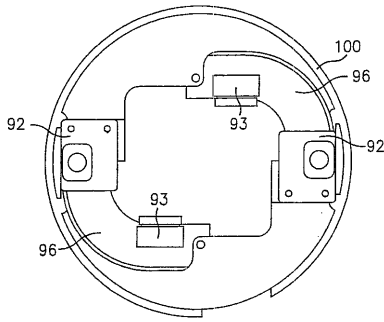
【図17】



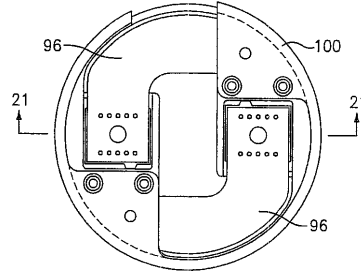
【図18】



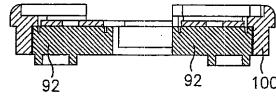
【図19】



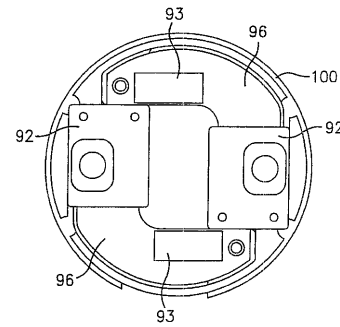
【図20】



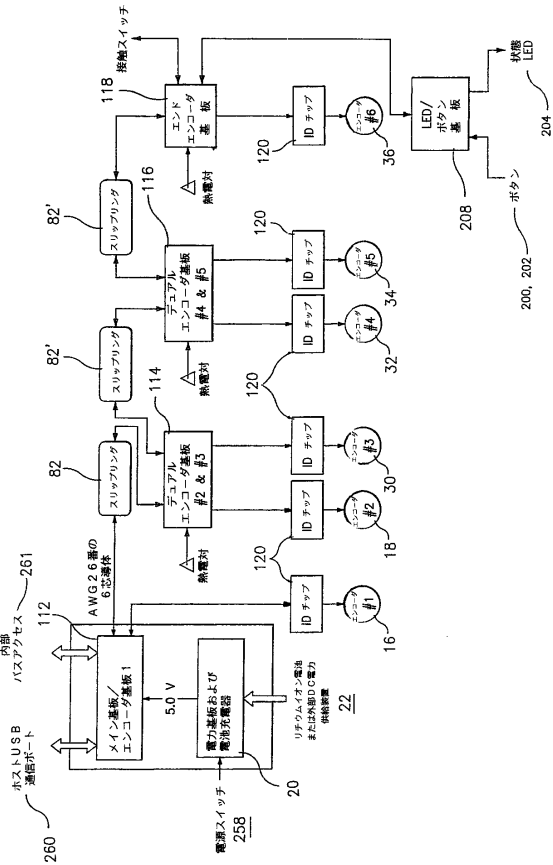
【図21】



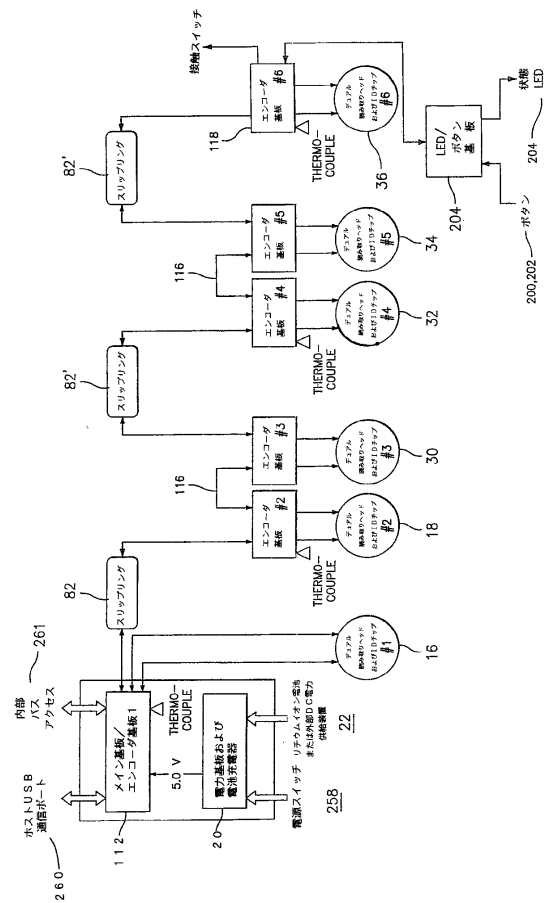
【図22】



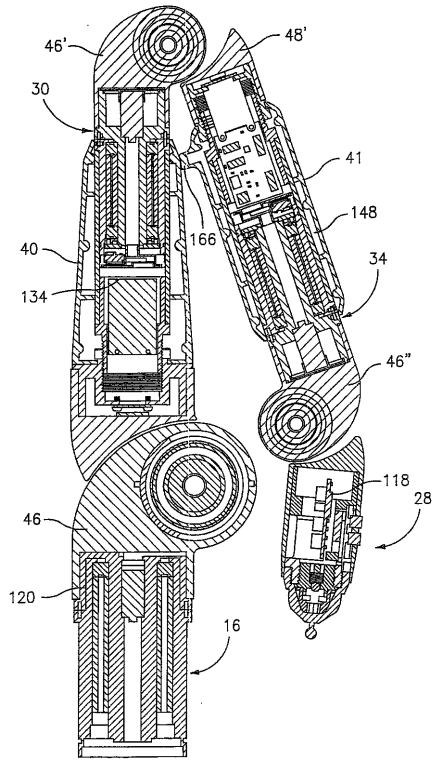
【図23A】



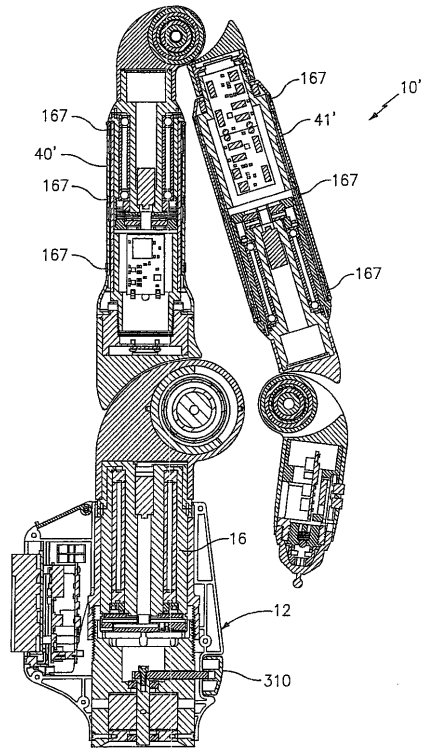
【図23B】



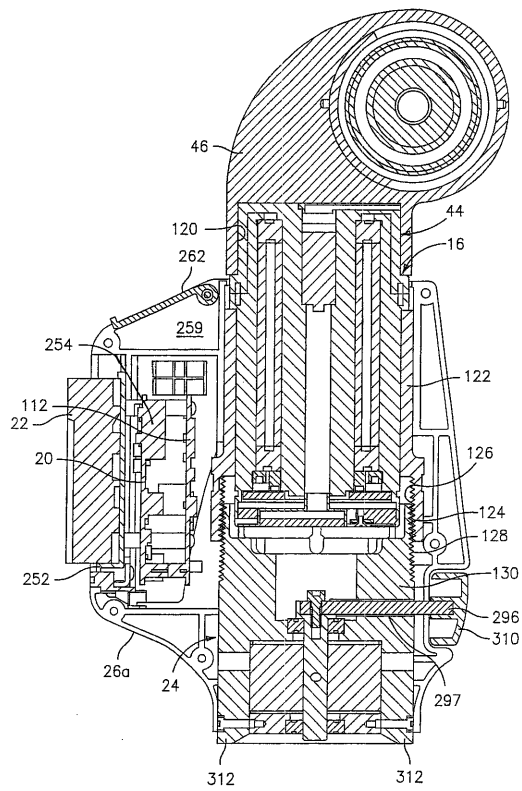
【 図 2 4 】



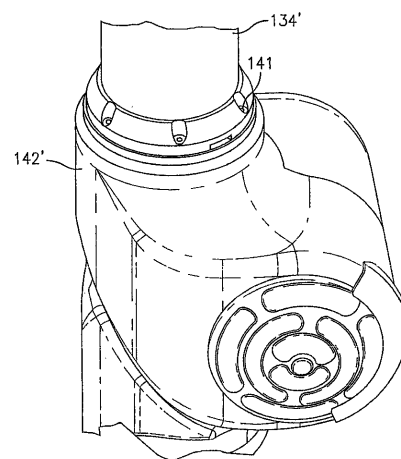
【 図 2 4 A 】



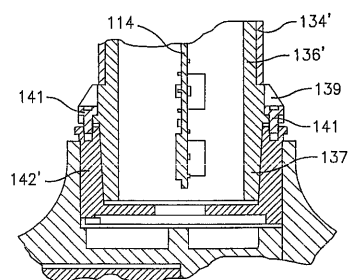
【 図 2 5 】



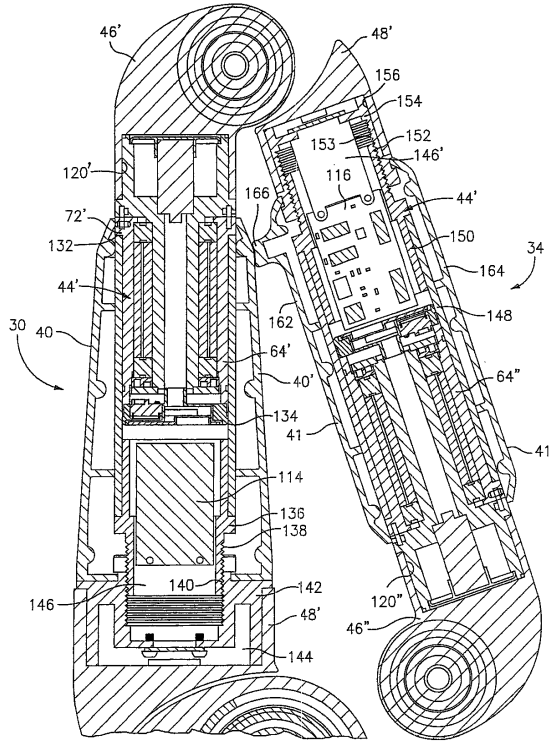
【 図 2 5 A 】



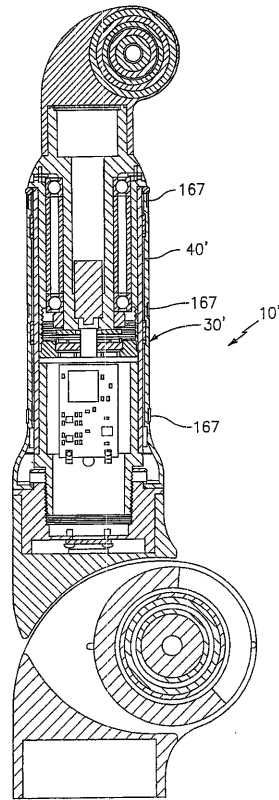
【 図 2 5 B 】



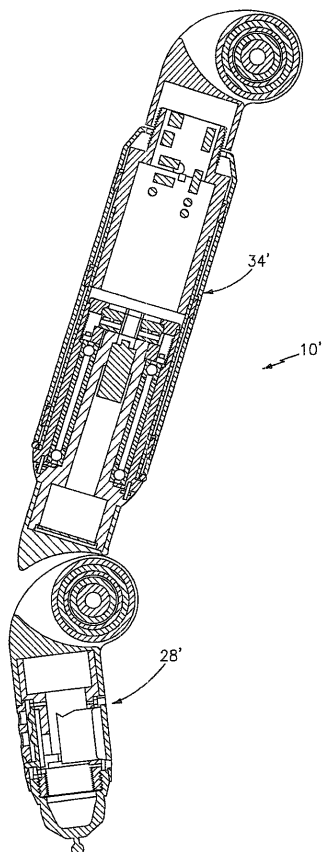
【図26】



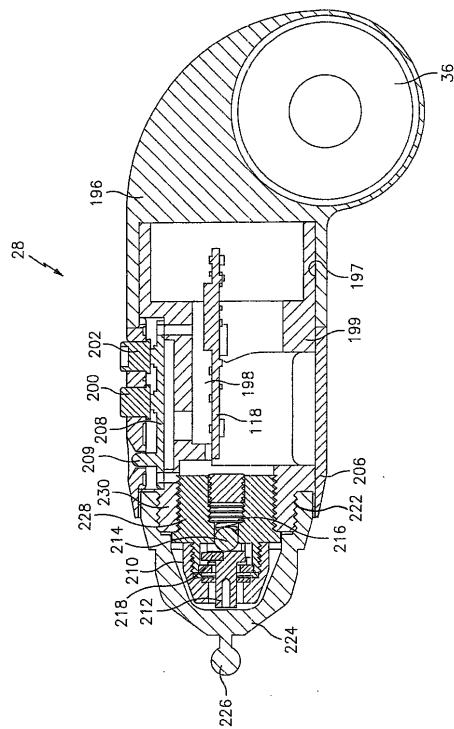
【図26A】



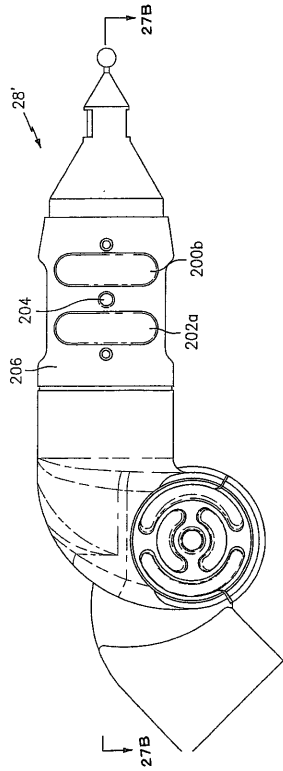
【図26B】



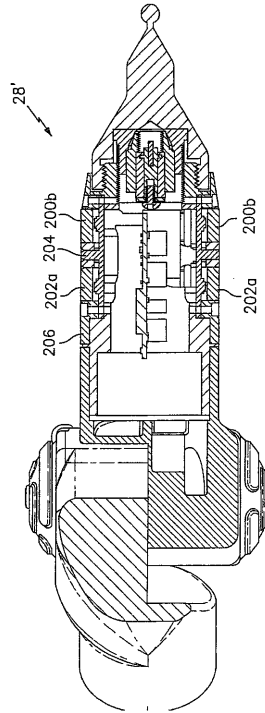
【図27】



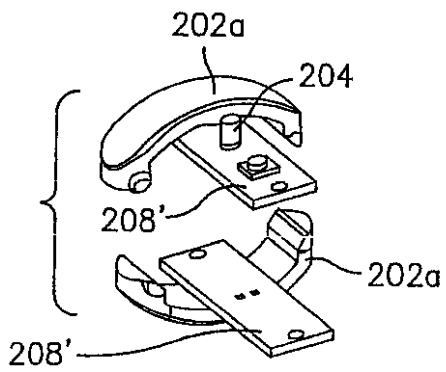
【図 27 A】



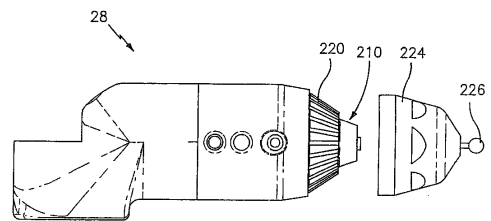
【図 27 B】



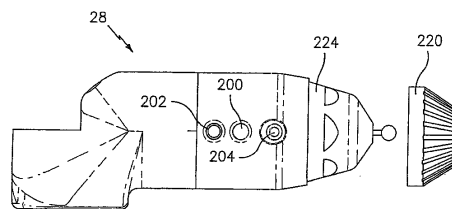
【図 27 C】



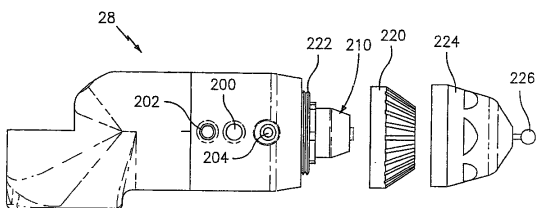
【図 28 B】



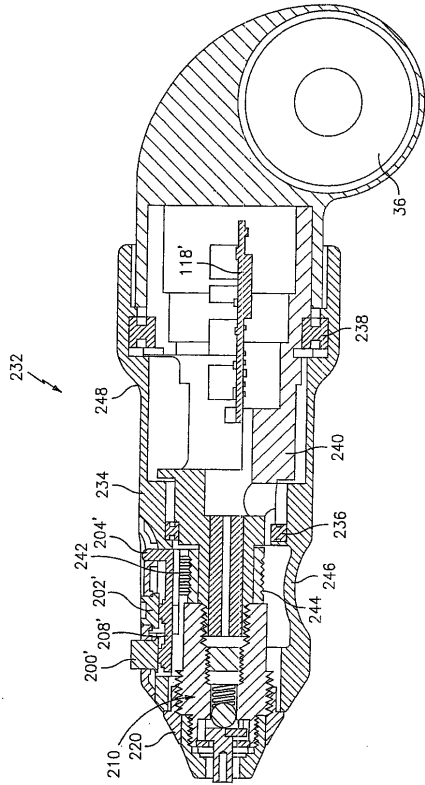
【図 28 C】



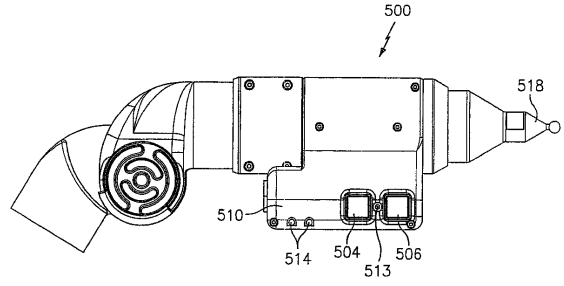
【図 28 A】



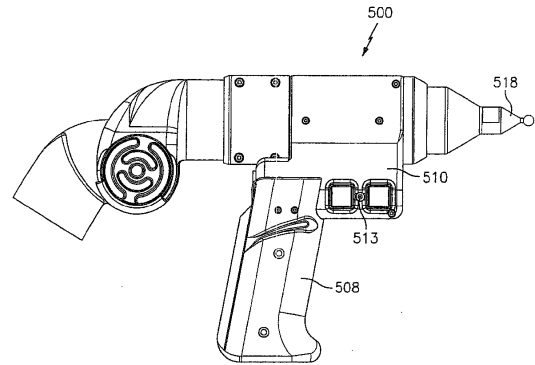
【 図 29 】



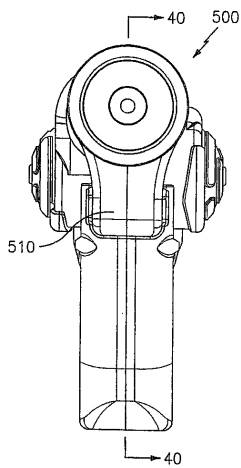
【 図 30 】



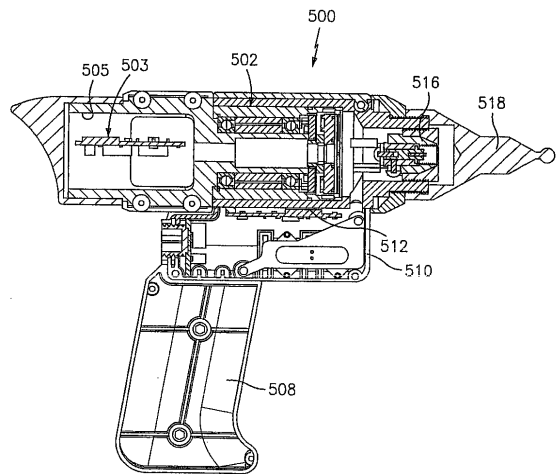
【 図 31 】



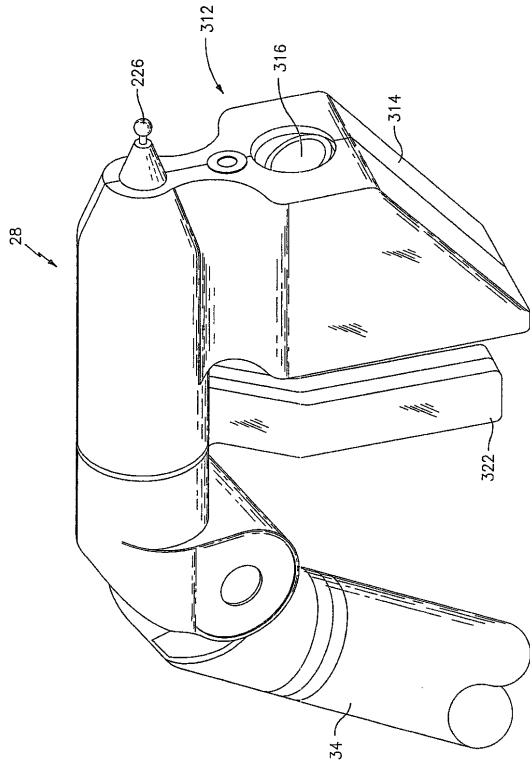
【 図 32 】



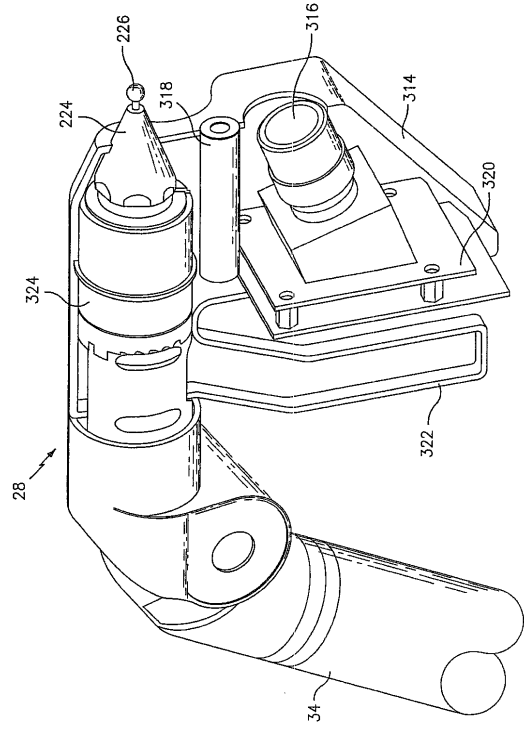
【 図 33 】



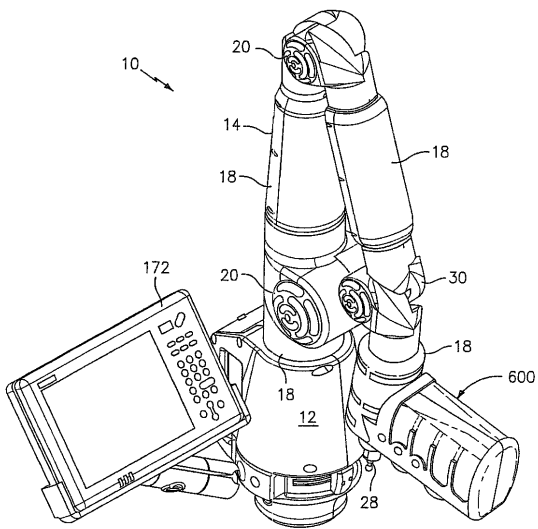
【 図 3 4 A 】



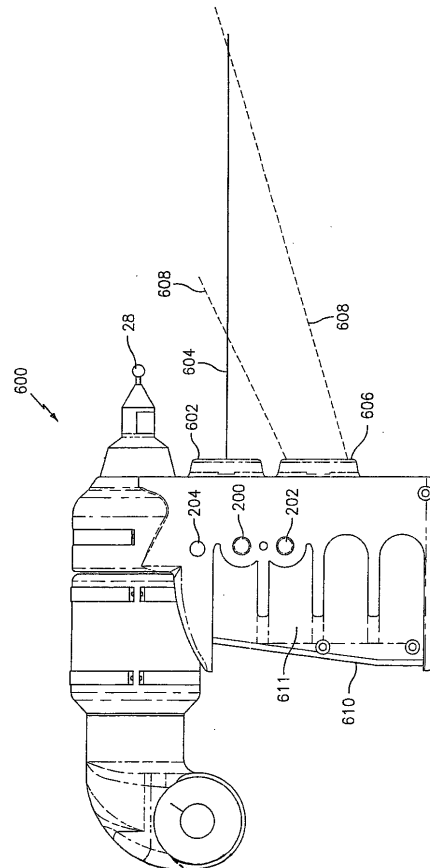
【 図 3 4 B 】



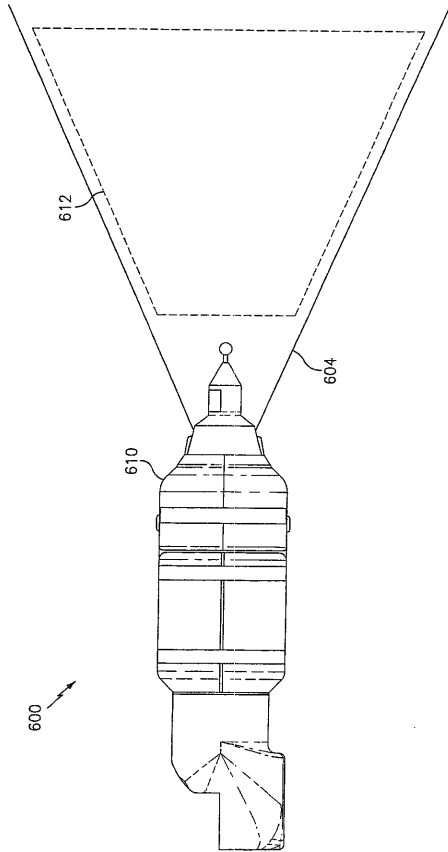
【 図 3 5 】



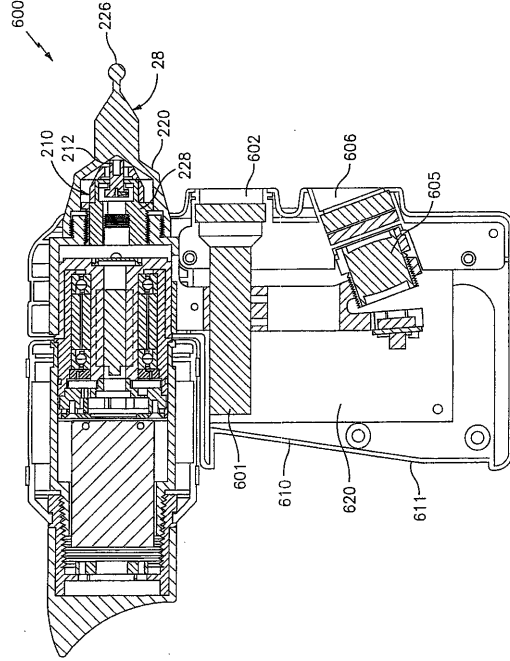
【 図 3 6 】



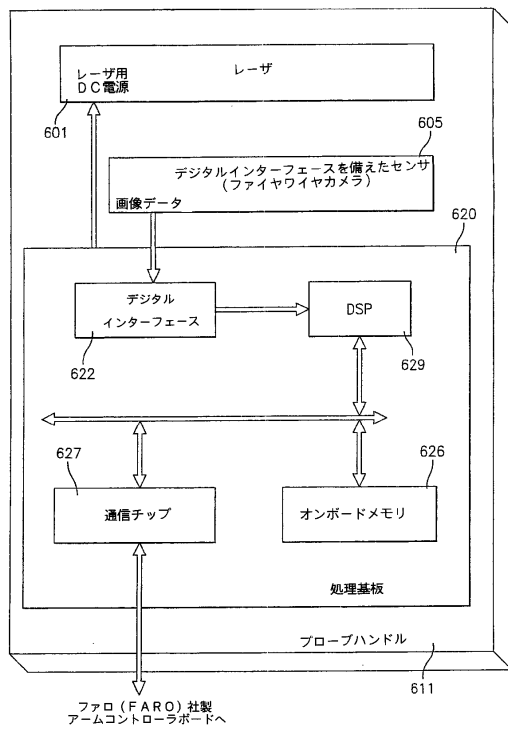
【図37】



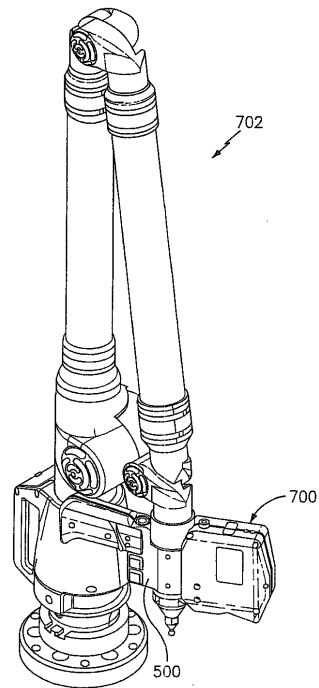
【図38】



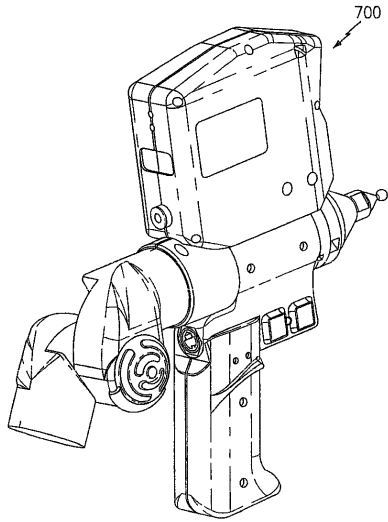
【図39】



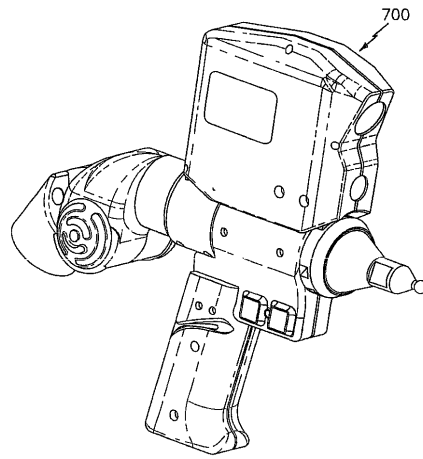
【図40】



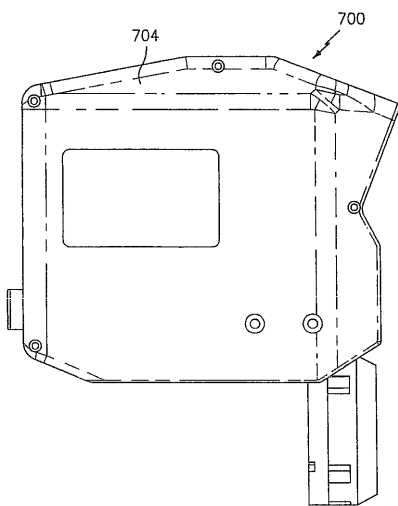
【図 4 1】



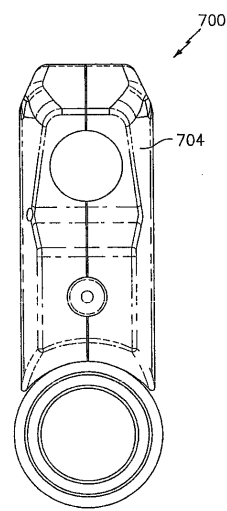
【図 4 2】



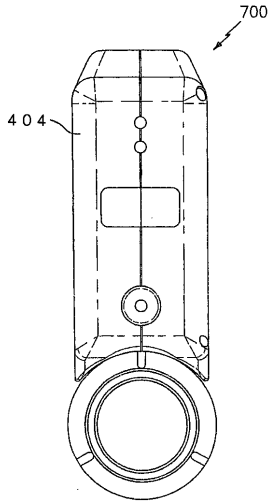
【図 4 3】



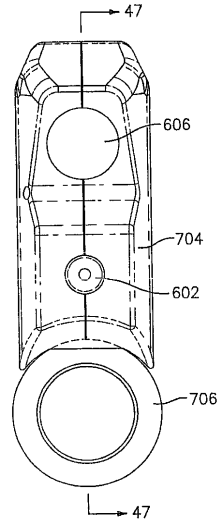
【図 4 4】



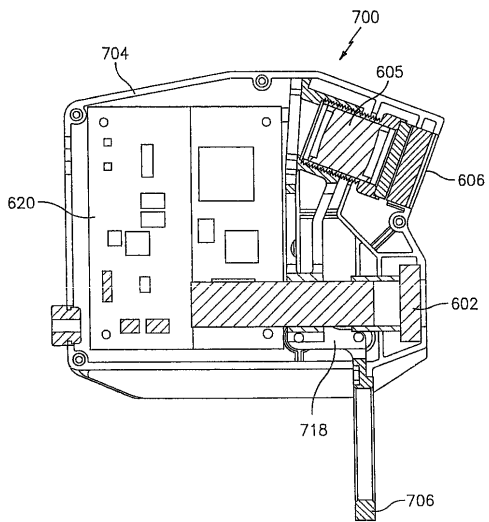
【図45】



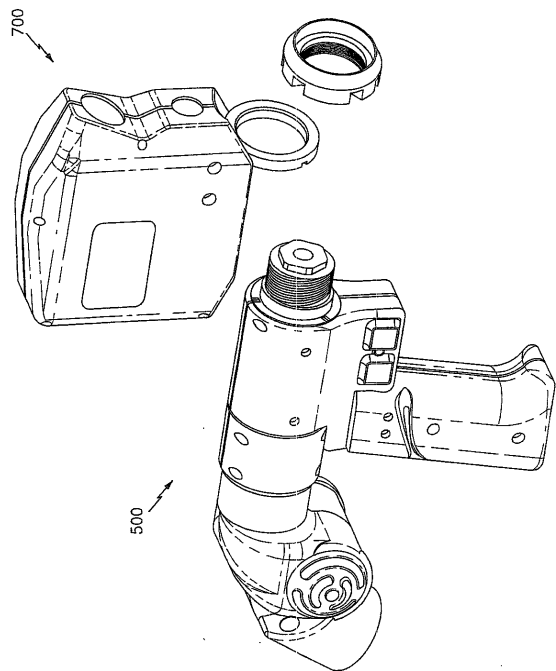
【図46】



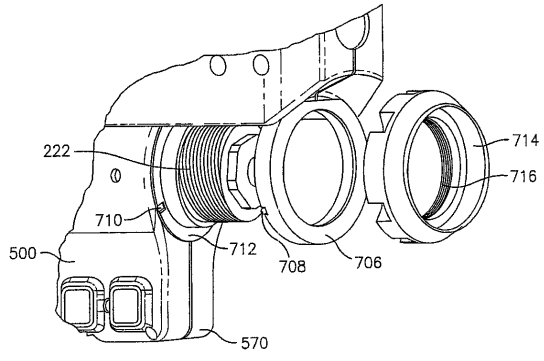
【図47】



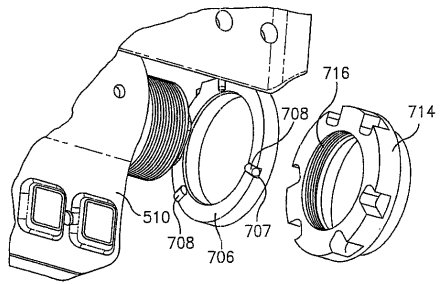
【図48】



【図 49】



【図 50】



フロントページの続き

- (72)発明者 サジェディ セイド アリ
アメリカ合衆国 フロリダ ウィンター パーク ピア シエナ 2438
- (72)発明者 ヘルム シー アンドリュー
アメリカ合衆国 フロリダ オビード キングスブリッジ ドライブ 829
- (72)発明者 ホブデン ランディ
アメリカ合衆国 フロリダ オビード シトラス アベニュー 628

審査官 小林 紀史

- (56)参考文献 特開平08-261745(JP,A)
特開平06-186025(JP,A)
特表平11-509928(JP,A)
特表2003-505682(JP,A)
特開平06-131032(JP,A)
特開2000-035301(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01B11/00-11/30,102
G01B21/00-21/32