

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4366185号
(P4366185)

(45) 発行日 平成21年11月18日(2009.11.18)

(24) 登録日 平成21年8月28日(2009.8.28)

(51) Int. Cl. F I
A 6 1 B 19/00 (2006.01) A 6 1 B 19/00 5 0 2
G 0 5 B 13/04 (2006.01) G 0 5 B 13/04
G 0 5 D 3/12 (2006.01) G 0 5 D 3/12 N

請求項の数 25 (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2003-514348 (P2003-514348)	(73) 特許権者	500390995
(86) (22) 出願日	平成14年7月16日 (2002.7.16)		イマージョン コーポレーション
(65) 公表番号	特表2004-535870 (P2004-535870A)		IMMERSION CORPORATI ON
(43) 公表日	平成16年12月2日 (2004.12.2)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95 131 サンノゼ フォックス レーン 801
(86) 国際出願番号	PCT/US2002/022750		
(87) 国際公開番号	W02003/009069	(74) 代理人	100106002
(87) 国際公開日	平成15年1月30日 (2003.1.30)		弁理士 正林 真之
審査請求日	平成17年7月5日 (2005.7.5)	(72) 発明者	グレゴリオ・ペドロ
(31) 優先権主張番号	60/305,957		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95 131 サンホセ フォックスレーン80 1
(32) 優先日	平成13年7月16日 (2001.7.16)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	10/196,563		
(32) 優先日	平成14年7月15日 (2002.7.15)		
(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】 ケーブル駆動によるカフィードバックを有するインタフェース装置及び4個の接地されたアクチュエータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

アクチュエータを介して抵抗感を与えることによって現実的な感覚をユーザに与えるシステムであって、該システムは、

ユーザが連係する連係可能な訓練器具と、

前記訓練器具に連結した連結機構、及び複数の前記アクチュエータを備える機械的シミュレーション装置と、

前記機械的シミュレーション装置に連結したインタフェース装置と、

アプリケーションプログラムを実行するべく前記インタフェース装置に接続されたホストコンピュータと、を備え、

複数の前記アクチュエータは、接地された複数の駆動源と、これら駆動源に連係していると共に前記連結機構に連結した複数のケーブルとを備え、前記駆動源が前記ケーブルを介して前記連結機構が有する自由度を駆動し、

前記アプリケーションプログラムは、前記連結機構を動かすべく前記アクチュエータに信号を送信していることを特徴とするシステム。

【請求項2】

前記訓練器具は、現実の医療器具として構成されている請求項1に記載のシステム。

【請求項3】

前記インタフェース装置は、前記ホストコンピュータ及び機械的シミュレーション装置の内の1つに設けられている請求項1に記載のシステム。

【請求項 4】

前記インタフェース装置は、前記ホストコンピュータ及び機械的シミュレーション装置と別体化されている請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記インタフェース装置は、前記機械的シミュレーション装置に対してローカルなマイクロプロセッサを備えている請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 6】

前記機械的シミュレーション装置と前記ユーザとを遮断する障壁を更に備えている請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 7】

前記訓練器具が腹腔鏡下手術装置として構成され、套管針を備えている請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 8】

前記訓練器具が、カテーテル、皮下注射器、ワイヤ、光ファイバ束、スタイラス、ジョイスティック、スクリュードライバー、プールキュー、及び握りグリップからなる群の 1 つとして構成されている請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 9】

複数の訓練器具を備え、
前記機械的シミュレーション装置は、前記複数の訓練器具の動きを個別に検知する請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 10】

前記機械的シミュレーション装置が、
接地部材と、
前記接地部材に連結した前記連結機構と、
前記訓練器具及び前記連結機構に連結した直線状軸部材と、
前記接地部材に連結した前記アクチュエータと、
前記アクチュエータに係合していると共に前記連結機構と連結したケーブルと、を備えている請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 11】

少なくとも 4 個のアクチュエータを備えている請求項 10 に記載のシステム。

【請求項 12】

前記少なくとも 4 個のアクチュエータが DC (直流) モータを備えている請求項 11 に記載のシステム。

【請求項 13】

前記少なくとも 4 個のアクチュエータと多様に係合している少なくとも 3 本のケーブルを備えている請求項 11 に記載のシステム。

【請求項 14】

前記アクチュエータまたは前記連結機構の動きを検知する少なくとも 1 個のセンサを更に備えている請求項 10 に記載のシステム。

【請求項 15】

前記少なくとも 4 個のアクチュエータ及び前記連結機構の少なくとも 1 個の動きを検知する少なくとも 4 個のセンサを更に備えている請求項 11 に記載のシステム。

【請求項 16】

アクチュエータを介して抵抗感を与えることによって現実的な感覚をユーザに与えるシステムであって、該システムは、

前記ユーザに係合する係合可能な訓練器具と、

前記訓練器具に連結され、

接地部材と、

前記接地部材に対して前記訓練器具が 3 自由度で回転可能に連結した連結機構と、

前記訓練器具及び前記連結機構に係合し、前記訓練器具を直線状の自由度で動作可能に

10

20

30

40

50

した直線状軸部材と、

前記接地部材に連結した少なくとも4個のアクチュエータと、

前記アクチュエータの少なくとも1個及び連結機構の動きを検知する少なくとも1個のセンサと、

前記少なくとも4個のアクチュエータが有する複数の駆動源に係合していると共に前記連結機構に連結された少なくとも3本のケーブルと、を備え、前記駆動源が前記ケーブルを介して前記連結機構が有する自由度を駆動する機械的シミュレーション装置と、

前記機械的シミュレーション装置に連結したインタフェース装置と、

アプリケーションプログラムを実行するべく前記インタフェース装置に連結したホストコンピュータと、を備え、

前記アプリケーションプログラムは、前記ケーブルを動かし、それにより、前記連結機構を動かすべく前記アクチュエータに信号を送信することを特徴とするシステム。

【請求項17】

前記訓練器具は、現実の医療器具として構成されている請求項16に記載のシステム。

【請求項18】

前記インタフェース装置は、前記ホストコンピュータ及び機械的シミュレーション装置の内の1つに設けられている請求項16に記載のシステム。

【請求項19】

前記インタフェース装置は、前記ホストコンピュータ及び機械的シミュレーション装置と別体化されている請求項16に記載のシステム。

【請求項20】

前記少なくとも4個のアクチュエータが直流モータを備えている請求項16に記載のシステム。

【請求項21】

前記インタフェース装置は、前記機械的シミュレーション装置に対してローカルなマイクロプロセッサを備えている請求項16に記載のシステム。

【請求項22】

前記機械的シミュレーション装置と前記ユーザとを遮断する障壁を更に備えている請求項16に記載のシステム。

【請求項23】

前記訓練器具が腹腔鏡下手術器具として構成され、套管針を備えている請求項16に記載のシステム。

【請求項24】

前記訓練器具が、カテーテル、皮下注射器、ワイヤ、光ファイバ束、スタイラス、ジョイスティック、スクリュードライバー、プールキュー、及び握りグリップからなる群の1つとして構成されている請求項16に記載のシステム。

【請求項25】

複数の訓練器具を備え、

前記機械的シミュレーション装置は、前記複数の訓練器具の動きを個別に検知する請求項16に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、広くは人間とコンピュータとの間のインタフェース装置に関し、より詳しくは、ユーザにフィードバックを与えるインタフェース装置に関する。

【背景技術】

【0002】

バーチャルリアリティ(仮想現実)コンピュータ・システムは、ユーザに「仮想」環境の一部であるという幻想を抱かせるものである。一のバーチャルリアリティシステムは、一般に、コンピュータプロセッサ、バーチャルリアリティソフトウェア、及び、頭部装着

10

20

30

40

50

型表示装置、センサ手袋、三次元(「3D」)のポインタ等のバーチャルリアリティ入出力装置を備えている。

【0003】

バーチャルリアリティコンピュータ・システムは、訓練に使用され得るものである。航空や、自動車や、システム・オペレーション等の多くの分野では、バーチャルリアリティシステムを用いることによって、ユーザが現実的な「仮想」の環境から会得し、該環境を体験することに成果を収めている。訓練にバーチャルリアリティコンピュータ・システムを活用することの利点は、かかるシステムが、高度に現実化された環境において被訓練者に確信をもって操作させ、且つ、その結果、「現実世界」において誤らせない性能を有していることに一部関係している。例えば、バーチャルリアリティコンピュータ・システムにより、研修医、又は、その他のオペレータ、又は、ユーザが、外科用メスを「巧みに操作する」か、又は、コンピュータによりシミュレートされた「身体」の内部を検診し、その結果、現実の患者に医療処置を施すことが挙げられる。この例においては、一般に、3次元ポインタ、スタイラス、又は同様のものである入出力装置は、外科用メスや探り針等の手術器具に代えて使用される。「外科用メス」又は「探り針」が与えられた空間又は構造物の内部で移動するとき、そのような移動の結果は、コンピュータシステムのスクリーンに表示される身体画像内で更新され表示される。その結果、オペレータは、実際の人又は死体で訓練することなく、かかる操作を実行している体験を得るのである。その他のアプリケーションでは、バーチャルリアリティコンピュータ・システムによって、ユーザは、娯楽目的及び/又は訓練のために複雑且つ高価な自動車や機械の制御機器の操作部を手繰り、操作することができる。

10

20

【0004】

現実的な(それ故、効果的な)体験をユーザに与えるバーチャルリアリティシステムにとって、感覚的なフィードバックと手動的インタラクションは、可能な限り、自然であることが必要となる。ユーザの手動的動作を検知し、追跡すること、及び、その情報を3次元に視覚化してユーザに与えるべく制御中のコンピュータに供給することに加え、ヒューマンインタフェースメカニズムは、力又は(「触覚」)フィードバックをユーザに与えるべきである。ユーザが現実の触覚情報を得ることは、多数の種類シミュレーション(模擬実験)やその他の応用において、広範囲に必要とされている。例えば、医療/外科手術のシミュレーションにおいて、シミュレート(模擬)された身体の内部で探り針又はメスシミュレータを動かすときの「感覚」は重要である。研修医にとっては、身体の内部でどのように器具が動くか、手術を行うために如何程の力が必要となるか、器具を巧く操作するために身体に確保されているスペース等を学びとることは計り知れない程重要である。その他の応用アプリケーションでは、触覚フィードバックによって与えられる現実感の恩恵が同様に得られることとなる。「高帯域」インタフェース・システム、即ち、速い変化と広範囲な周波数を有する信号に正確に応答すると共にそのような信号を制御システムに正確に送信するインタフェースは、それ故に、それら及びその他の応用において望ましいものとなるのである。

30

【0005】

いくつかの既存の装置には、器具又は操作可能な物体の運動に複数の自由度の動きを与え、触覚フィードバックを備えているものがある。これらの装置の多くが、しかしながら、力と与えられる自由度の数において制限があり、更に、特定のアプリケーションに望まれている正確さと現実感に欠けている。医療及びその他のバーチャルシミュレーション応用においては、リーズナブルな価格でありながら、より大きな現実感を有する装置が望まれている。

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、抵抗感を与えることで現実的な感覚をユーザに与えるためのシステムを提供する。

50

【課題を解決するための手段】

【0007】

本システムは、ユーザが連係する連係可能な訓練器具を備えている。機械的シミュレーション装置が前記訓練器具に連結され、インタフェース装置が前記シミュレーション装置に連結している。ホストコンピュータが、アプリケーション（応用）プログラムを実行するべく前記インタフェース装置に連結している。前記アプリケーションプログラムは、前記訓練器具の検知された位置に基づいて前記訓練器具に抵抗感を与えるべく、機械的シミュレーション装置に信号を送信する。

【0008】

本発明の一態様においては、前記訓練器具は、実際の医療器具として構成されている。

10

【0009】

本発明の別の態様においては、前記インタフェース装置は、ホストコンピュータ内に設けられている。

【0010】

本発明の更に別の態様においては、前記インタフェース装置は、ホストコンピュータと別体化されている。

【0011】

本発明の更にまた別の態様においては、前記インタフェース装置は、前記機械的シミュレーション装置に対してローカルなマイクロプロセッサを備えている。

【0012】

本発明の更に別の態様においては、前記システムは、前記機械的シミュレーション装置と前記ユーザとを遮断する障壁を備えている。

20

【0013】

本発明の別の態様においては、前記訓練器具は、腹腔鏡下手術器具として構成され、套管針（trocar）を備えている。

【0014】

本発明の更に別の態様においては、前記訓練器具は、カテーテル、皮下注射器、ワイヤ、光ファイバ束、スタイラス、ジョイスティック、スクリュードライバー、プールキュー（pool queue）、及び握りグリップからなる群の1つとして構成されている。

【0015】

本発明の更にまた別の態様においては、前記システムは、複数の訓練器具を備えている。

30

【0016】

本発明の一態様においては、前記機械的シミュレーション装置は、接地部材、該接地部材に連結した連結機構、前記訓練器具及び連結機構に連結した直線状軸部材、前記接地部材に連結した少なくとも1個のアクチュエータ、及び前記少なくとも1個のアクチュエータに連係していると共に前記連結機構に連結したケーブルを備えている。

【0017】

本発明の別の態様によれば、前記システムは、少なくとも4個のアクチュエータを備えている。

40

【0018】

本発明の更に別の態様によれば、前記アクチュエータは、直流モータを備えている。

【0019】

本発明の更にまた別の態様によれば、前記システムは、前記4個のアクチュエータと多様に連係している少なくとも3本のケーブルを備えている。

【0020】

本発明の更なる態様においては、前記アクチュエータ及び/又は連結機構の動きを検知する少なくとも1個のセンサを備えている。

【0021】

本発明は、抵抗感を与えることによって現実的な感覚をユーザに与える方法をも提供す

50

るものである。該方法は、連結機構、少なくとも1個のアクチュエータ、前記少なくとも1個のアクチュエータに連係していると共に前記連結機構と連結された少なくとも1本のケーブル、及びセンサを備える機械的シミュレーション装置に連結された連係可能な訓練器具を用意する過程を備えている。前記方法は、前記器具を前記ユーザに連係させ、前記ユーザが前記訓練器具に力を加える過程を更に備えている。前記器具の位置は前記センサにより検知される。前記検知された位置は、アプリケーション（応用）プログラムを有するホストコンピュータに送信され、そして、前記少なくとも1本のケーブルを動かす、それにより、前記連結機構を動かすべく、前記ホストコンピュータから前記少なくとも1個のアクチュエータに向けて信号が送信される。前記信号は、前記検知された位置及びアプリケーションプログラムに基づいている。

10

【0022】

本発明のその他の特徴及び利点は、同じ部材に同じ数字を付している図面を参酌しつつ、以下に見出される、好ましく、優れた実施形態を読み、把握することにより理解されるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】**【0023】**

図1に、医療シミュレーション（模擬訓練）用途に本発明が用いられている一例を図示する。バーチャルリアリティ（仮想現実）システム10が、ヒューマン（人間）/コンピュータ・インタフェース装置12、電子インタフェース14、及びホストコンピュータ16を備える医療処置をシミュレート（模擬）するべく使用されている。図示されたバーチャルリアリティシステム10は、腹腔鏡下手術のバーチャルリアリティ・シミュレーションを目的とするものである。

20

【0024】

本発明に係る腹腔鏡下手術器具18のハンドル26が、オペレータにより操作されており、仮想現実画像が、かかる操作にตอบสนองするデジタル処理システムにおける画面装置20上に表示されている。例えば、前記器具18がユーザによって動かされる時、例えば、前記器具又はその一部の表示画像が、装置20上に表示されているグラフィック（画像）環境の内部でそれに対応して動かされ得る。前記画面装置20は、標準の画面スクリーン若しくはCRT、3次元ゴーグル、又はいかなる他の視覚インタフェースであっても良い。前記デジタル処理システムは、一般に、ホストコンピュータ16である。前記ホストコンピュータは、パーソナルコンピュータ、ワークステーション、又はその他のコンピュータ装置、或いは、プロセッサ、具体的には、一般にテレビに接続される家庭用ゲームシステム等等であっても良く、具体的には、任天堂、セガ、又はソニー製のシステム、例えば、対話型のテレビを提供するべく用いられる「セットトップボックス」、アーケードゲーム、携帯用コンピュータ装置等であっても良い。複数の器具18は、それぞれがユーザにより操作可能であるが、下記する好ましい形態のように設けられていても良い。

30

【0025】

ホストコンピュータ16は、ユーザが周辺機器及びインタフェース装置14を介してインタラクト（相互作用）しているホストアプリケーションプログラムを実行する。例えば、前記ホストアプリケーションプログラムは、フォースフィードバックを利用するテレビゲーム、医療シミュレーション、科学的分析プログラム、更にはオペレーティングシステム又は他のアプリケーションプログラムであり得る。一般に、前記アプリケーションは、後述するように、画面出力装置上に表示するイメージを創り出すか、及び/又は、可聴信号等のその他のフィードバックを出力する。図1の医療シミュレーションの実例では、ホスト医療シミュレーション・アプリケーションプログラムが含まれている。そのようなアプリケーションに使用できるソフトウェアは、カリフォルニア州サンノゼのイメージョン社から購入できる。その代わりに、画面スクリーン20は、ゲームアプリケーションプログラムからの又はその他のプログラムからの画像を表示することもできる。

40

【0026】

50

ここに図示しているヒューマン/インタフェース装置 12 の一例は、腹腔鏡下の医療処置をシミュレートしているものである。標準的な腹腔鏡下手術器具 18 のハンドルに加えて、ヒューマン/インタフェース装置 12 は、障壁 22 及び標準的な腹腔鏡下手術用の套管針 24 (又は、套管針の模倣物) を備えていても良い。前記障壁 22 は、患者の身体を被う皮膚の一部を表現するために使用される。套管針 24 が仮想患者の身体に挿入されることにより、仮想患者の身体の挿入点及び仮想患者の身体からの摘出点を腹腔鏡下手術器具 18 に提供しており、それにより腹腔鏡下手術器具の操作が容易化されている。他の形態においては、障壁 22 及び套管針 24 は、装置 12 から必要に応じて省略することができる。好ましくは、腹腔鏡下手術器具 18 は、変更可能である。即ち、一の形態においては、後述するように、シャフトの代わりに直線状軸部材を用いても良い。他の形態では、前記器具のシャフトの端部 (例えば、先鋭端部) は、取り外しても良い。腹腔鏡下手術器具 18 の末端部は、バーチャルリアリティ・シミュレーションに必ずしも必要とされない。

10

【0027】

前記腹腔鏡下手術器具 18 は、ハンドル又は「グリップ」部分 26 及びシャフト部分 28 を備えている。前記シャフト部分は、後に詳述するように、長尺の機構物である。一の形態では、本発明は、例えば、3次元空間、例えば、4つの自由度におけるシャフト部 28 の動きの追跡に関する。前記シャフト 28 は、その長手方向に沿った数箇所であらゆる束縛され、それにより、シミュレートされた患者の身体の内部で、4つの自由度で移動することができる。

20

【0028】

機械的入出力をインタフェースするための機械装置 25 が、患者の「身体」内に破線で示されている。インタラクション (相互作用) がコンピュータ上でシミュレートされるとき、該コンピュータはフィードバック信号を前記器具 18 及び機械装置 25 に送信する。それは、コンピュータ画面装置上に表示される表面又は機能に関連付けられた仮想の腹腔鏡下手術器具の位置に反応して力を発生するアクチュエータを有している。機械装置 25 については、以下にさらに詳細に説明する。複数の信号が、後述するインタフェース 72 と類似するインタフェース 30 を介して器具 25 との間で送受信されても良い。

【0029】

本発明の一の形態は、前記腹腔鏡下手術器具 18 を参照しながら説明されるが、本発明の方法及び器具は、その他のより多くの種類の物体にも好適に用いられ得るものである。実際のところ、本発明は 1乃至6つの自由度のヒューマン/コンピュータ・インタフェースを提供することが望まれる如何なる機械的物体にも用いられ得るものである。そのような物体には、医療処置に用いられる内部透視又はその他の同様な外科手術用の器具、カテーテル、皮下注射器、ワイヤ、光ファイバ束、スタイラス、ジョイスティック、スクリュードライバー、プールキュー、握りグリップ等が含まれ得る。

30

【0030】

前記電子インタフェース 14 は、前記ヒューマン/コンピュータ・インタフェース装置 12 の構成部品であり、前記装置 12 を前記ホストコンピュータ 16 に接続させ得るものである。電子インタフェース 14 は、ホストコンピュータ 16 内に設けられていても、機械装置 25 のハウジング内に設けられていても、又は、別体の構成ユニットとして設けられていても良い。より詳細には、インタフェース 14 は、好ましい形態において、器具 25 (詳細に後述する。) の多様なアクチュエータ及びセンサをコンピュータ 16 に接続させるために用いられる。ある形態では、前記インタフェースは、センサのデータ及びアクチュエータ制御機器を操作するべく前記器具 25 に対してローカルなマイクロプロセッサを備え得るものである。適当な電子配置については、例えば、米国特許第 5,623,582号、5,821,920号、5,731,804号、5,734,373号、5,828,197号、及び、6,024,576号明細書に記載されており、これらの全ては、本引用をもって本明細書に記載されているものとする。

40

【0031】

50

複数の信号が、インタフェース14及びコンピュータ16との間で、標準インタフェース32(RS 232、USB、ファイファイヤ(商標)、シリアル、パラレル等)によって、又は無線送受信装置によって送受信され得る。本発明の多様な形態においては、インタフェース14は、コンピュータ16のための入力装置のみとして、コンピュータ16用の出力装置のみとして、又は、コンピュータ16のための入/出力(I/O)装置として機能させることができる。前記インタフェース14は、装置12に関連付けられているその他の入力装置又は操作具から入力を受け、該入力をコンピュータ16に中継しても良い。例えば、装置12上のボタンを押圧することでユーザにより送信された指令は、指令の一つを実行するべくコンピュータ16に中継されるか、又は、前記コンピュータ16により指令の一つを装置12に出力させることができる。

10

【0032】

図2A及び2Bに、本発明に係る、機械的入出力を与える機械装置25の斜視図を示す。装置25は、2個以上の器具18(1個のみ図示されている)を備えていても良く、これにより、ユーザが腹腔鏡下手術器具を用いて実際の外科手術を現実の如くシミュレートすることが可能となる。本発明においては、ユーザが各器具18を個別に巧みに操作することができ、ここでは、各器具は個別に検知され、動作させられる。

【0033】

各器具18は、後に詳述する連結機構38に連結された直線状軸部材40に連結している。例えばハンドル等であるユーザ物体44は、直線状軸部材40に連結していることが好ましい。前記連結機構は、底部構造体46を介して接地されている。例えば直流モータ等である複数の前記アクチュエータは、各直線状軸部材40及び器具18に力を出力するものであり、本実施形態においては、底部構造体46内に配置されているため、全てが接地されている。かかる構成によって、高忠実且つ効率的な触覚フィードバックが装置25で作成されるようになる。複数のアクチュエータは、各アクチュエータの回転を検知するセンサを備えることもでき、そして、その結果、4つの自由度の前記器具の動きを検出する。他の形態では、各センサは、前記器具の動きをより直接的に検知するべく前記連結機構38の部品に連結させても良い。

20

【0034】

本実施形態においては、各直線状軸部材40/器具18は、図示する、挿入の自由度50、捻れ自由度52、第1の回転(左右揺動)54、及び第2の回転(上下揺動)56の4つの自由度で動かすことができる。他の形態では、自由度はより少ない数に制限しても良く、或いは、付加することもできる。

30

【0035】

図2C及び2Dは、底部構造体46、及び、回転可能に底部構造体に連結した連結機構38の一部を更に図示するものである。

【0036】

図2Eは、本実施形態におけるアクチュエータの多く及びセンサのいくつかを見せている装置25の背面図である。例えば、直流モータ等であるロータリーアクチュエータ62は、挿入の自由度50に駆動し、ロータリーアクチュエータ64は、左右揺動の自由度54に駆動し、及び、アクチュエータ64の背後に置かれたロータリーアクチュエータ66(図2E参照)は、捻れの自由度52に駆動する。アクチュエータとセンサとのペア70は、上下揺動の自由度56に駆動する。

40

【0037】

図2Fは、前記装置25の頂面を図示するものであり、図2Gは、前記装置の頂面の拡大図である。プリー72が、アクチュエータ62に連結されており、その周りに巻き掛けられたケーブル160を有している。プリー74が、アクチュエータ64に連結されており、その周りに巻き掛けられたケーブル106を有している。プリー76が、アクチュエータ66に連結されており、その周りに巻き掛けられたケーブル130を有している。これらケーブルについては、以下により詳細に説明する。各ケーブルの全ては、底部構造体の側部の隙間77を通過して連結機構38に至っている。本実施形態では、各ケーブ

50

ルは、それぞれの中心軸 7 8 の周りに巻き掛けられた後、対応するプーリー 7 2、7 4、又は、7 6 に至っている。本実施形態では、センサ 6 5 がアクチュエータ 6 4 のシャフトの動きを検知し、センサ 6 7 がアクチュエータ 6 2 のシャフトに接続された軸 7 8 の動きを検知し、そして、センサ 6 9 がアクチュエータ 6 6 のシャフトの動きを検知する。各センサは、図示するように、エミッタ及びディテクタを有し、プーリー又はスピンドルに連結されたエンコーダホイール上のマークを検知する光学エンコーダである。本実施形態では、前記上下揺動 5 6 を検知するセンサは、アクチュエータシャフトの回転を直接測定するべくアクチュエータ/センサ 7 0 のハウジング上に設けられている。

【 0 0 3 8 】

前記システムのための変換器（トランスデューサ）として実質的に機能するセンサ及びアクチュエータの他の種類のものとしては、アナログ電位差計（アナログポテンシオメータ）、ポヒマス（Polhemus）（磁気）センサ、横方向効果（lateral effect）フォトダイオード等が挙げられ、他の形態で用いることができる。その代わりに、各センサは、機械装置 2 5 の相対運動部又は連結部におけるその他の位置に配置することができる。本発明に絶対及び相対センサの両者を使用し得ることは特筆すべきことである。各アクチュエータには、また、能動的アクチュエータ、及び/又は、受動的アクチュエータ等の多様な種類のもので使用できる。能動的アクチュエータには、直流制御モータ、ステッピングモータ、空気圧/流体圧の能動的アクチュエータ、ステッピングモータ、ブラシレス直流モータ、空気圧/流体圧のアクチュエータ、トルカ（torquer）（限られた角度範囲で回転するモータ）、ボイスコイル、及び、その他の種類の、物体を動かすべく力を伝達するアクチュエータが含まれ得る。また、受動的アクチュエータを使用することもできる。磁性粒子ブレーキ、摩擦ブレーキ、又は、空気圧/流体圧の受動的アクチュエータを、モータに追加して、又は、モータに代えて 1 つの度合の動きにおけるダンピング抵抗又は摩擦を発生するべく使用することができる。加えて、ある形態においては、受動的（又は「粘性の」）制動部材を、前記システムからエネルギーを除去し、機械的システムの動的安定性を意図的に高めるべく、装置 2 5 のベアリングに設けることができる。他の形態では、前記システムからエネルギーを取り除くべくアクチュエータの逆起電力（EMF）を使用することによって、この受動的制動部材が導入され得る。加えて、ボイスコイルの実施形態においては、複数のワイヤコイルが設けられ、それらのコイルのいくつかは逆起電力（EMF）と強制的な減衰作用を得るべく使用され得る。

【 0 0 3 9 】

各アクチュエータ及び各センサは、これら変換器が地表面 4 7 に接している接地部材 4 6 に直接連結すると、即ち、例えば、前記地表面が、ユーザが操作する器具 1 8 ではなく、前記変換器の荷重を受けるようになると、減結合される。その結果、前記変換器の重量及び慣性は、前記器具を取り扱い、動かすユーザにとって、実質的に無視し得るものとなる。このことにより、バーチャルリアリティシステムに対してより現実的なインタフェースが与えられることとなる。その理由は、前記コンピュータが、これら度合の動きにおいてユーザに感知された実質的に全ての力を与えるべく前記変換器を制御するためである。対照的に、多自由度インタフェースの一般的な従来技術における配列では、一のアクチュエータが、連続するリンク及びアクチュエータの連鎖において別のアクチュエータ上に「跨る」こととなる。この低い帯域幅の配列によって、ユーザは、物体を操作する際に、連結したアクチュエータの慣性を感じるようになる。

【 0 0 4 0 】

任意に、器具 1 8 のための自由度を付加するべく補助変換器を装置 2 5 に追加することができる。具体的には、一の変換器を、例えば、前記器具の鋭利な刃の延長動作をシミュレートするべく、器具 1 8 の 2 つの部分相互に関連付けて動かすユーザによって与えられる自由度の力を検知するか及び/又は該力を出力するために、腹腔鏡下手術器具 1 8 のグリップに追加することができる。

【 0 0 4 1 】

図 3 A（斜視図）、3 B（頂面図）、3 C（側面図）、3 D（正面図）、及び 3 E（底面

10

20

30

40

50

図)は、前記装置25の連結機構38を図示するものである。前記連結機構38は、第2の回転56を可能とするべく、前記底部構造体46に回転可能に連結されており、そこでは、連結機構38の多様な可動部からのケーブルが底部構造体のアクチュエータに延びて入っている。直線状軸部材40は、2つの自由度50及び52を与えるべく連結機構38に関連付けられて動かされても良く、別の2つの自由度54及び56を与えるべく連結機構の各部分と共に動いても良い。

【0042】

図4A及び4Bは連結機構38の斜視図を示す。前記第2の回転(上下揺動)56が、連結機構38と底部構造体46との間に位置している機械的ベアリングによって与えられている。接地されたアクチュエータ70から前記第2の回転方向に力を与えるためには、キャプスタン駆動部80が前記アクチュエータから連結機構38に力を伝達する機械的トランスミッションであることが必要となる。キャプスタンプリー82が、前記アクチュエータ70の回転シャフト71に固設されていても良い。そこでは、前記プリーは、前記連結機構38の前記自由度56の回転軸Aに平行な回転軸を有している。そして、前記プリーは、図示するように連結機構38に固設されているドラム84に近接して配置されている。ケーブル86が、前記ドラム84の一端に接続され、該ドラムの縁に沿って配線され、前記プリー82の周りに1又はそれ以上の回数巻き付けられ、更に、前記ドラムの残りの縁に沿って他の側に向けて配線されている。前記ケーブルは、例えば、テンションナット88を用いて緊張状態とされても良い。他の形態では、他の種類のトランスミッション、例えば、ギヤ、摩擦車、ベルトドライブ等を使用し得る。

【0043】

連結機構38の前記第1の回転(左右揺動)54が異なるケーブル駆動部100により与えられる。ケーブル駆動部100は、ドラム102を備えており、該ドラムは、連結部材112に連動して軸Bの周りを自由度54で回転する連結部材110に固設されている。2個のアイドルプリー104a及び104bが回転可能に連結部材112に連結しており、軸Bに平行な各軸の周りで回転している。破線で示すケーブル106は、ドラム102の一端から発し、アイドルプリー104aの周りに巻かれ、連結機構38を通過して外に出て底部構造体に送られてアクチュエータ64のプリー74に複数回巻回されている。前記ケーブルは、そこで引き返し、前記連結機構38を通過して、アイドルプリー104bの周りを通り、ドラム102の縁に沿って延びてテンショナー114に至っている。この構成により、ケーブル106によってドラム102の所定の側部を引き取ることで、前記アクチュエータが連結部材110を回転させ得るのである。

【0044】

図5A、5B、5C、及び5Dは、前記連結機構38の他の側面断面図である。そこでは、前記連結部材112に関連付けられて連結部材110が極端に回転している例が示されている。その動きは、前記ドラム102の移動経路に設けられた各停止部により制限を受け得る。例えば、図5Aに示すように、開口部118がドラム102内に設けられている。円柱部等の停止部材120が、前記連結部材112に連結され、開口部118内に配置されることで、前記停止部材120が開口部118の両端部に係合し、前記ドラムの動きが制限される。

【0045】

図6A及び6Bは、それぞれ連結機構38の底部と底部の斜視図である。捩りの自由度52の方向に力を出力するため、(破線で示す)ケーブル130の第1の端部が底部構造体46のアクチュエータ66において直接駆動されるプリー76から発し、連結機構38を通過している。前記ケーブル130は、アイドルプリー132の周りを通り、別のアイドルプリー134の周りを通り、別のアイドルプリー136の周りを通過している。前記ケーブル130は、(図6aに示すように、)次に、回転可能なドラム138の周りで反時計回りに巻き掛けられており、地点140で前記ドラムに接続されている(地点140は他の形態では他の場所に配置されていても良い)。前記ケーブル130の他の第2の端部は、地点140でドラム138に接続されており、(図6aに示すように、

反時計周りに前記ドラム 138 の残りの側部上に巻き掛けられ、前記プーリー 142 に至っている。ケーブル 130 は、次に、前記第 2 の端部から発し、アイドラプーリー 142 及びアイドラプーリー 144 の周りに巻き掛けられている。ここでは、アイドラプーリー 144 及びアイドラプーリー 134 は、互いに近接して配置されており、同一の回転軸を有している。ケーブル 130 は、次に、アイドラプーリー 146 の周りを通っている。該アイドラプーリーは、プーリー 132 に近接して配置され、同一の回転軸を有している。前記ケーブル 130 は、次に、前記連結機構 38 を通り（その両端は、線 130 で示している。）、前記底部構造体内のアクチュエータ 66 に至り、そこで該アクチュエータ 66 により直接駆動されている前記プーリー 76 の周りに複数回巻き付けられている。

10

【0046】

動作時には、前記アクチュエータ 66 は、ドラム 138 をいずれの方向にも回転させ得るものとなり、その結果、直線状軸部材 40 及び器具 18 が回転する。前記アクチュエータシャフトが一方方向に回転するとき、プーリー 136 の周りのケーブル 130 の第 1 の端部は引き取られ、その結果、前記ドラムがそれと対応する方向に中央点 170 の周りで回転するようになる。前記アクチュエータシャフトがそれと逆方向に回転するとき、ケーブル 130 の第 2 の端部はプーリー 142 の周りで引き取られ、その結果、前記ドラムがその逆方向に中央点 170 の周りで回転するようになる。

【0047】

前記直線状の挿入方向の自由度 50 に力が出力されるようにするため、ケーブル 160 の第 1 の端部（図 6a に破線で示している。）が、底部構造体 46 内のアクチュエータ 62 において直接駆動されるプーリー 72 から発し、連結機構 38 を通っている。前記ケーブル 160 は、アイドラプーリー 162 の周り、アイドラプーリー 164 の周り、及び、アイドラプーリー 166 の周りを通っている。前記ケーブル 160 の第 1 の端部 161 は、次に、プーリー 169 の周りを通り（図 7a 参照）、直線状軸部材 40 に連結している。前記ケーブル 160 の第 2 の端部 162 は、回転軸の中心点 170 の反対側にある直線状軸部材 40 に連結している。前記ケーブル 160 は、第 2 の端部から発し、プーリー 168 の周り、プーリー 164 に近接し且つ同一の軸の周りに回転するプーリー 172 の周り、プーリー 162 に近接し且つ同一の軸の周りを回転するプーリー 174 の周りを通っている。前記ケーブルは、次に、前記連結機構 38 を通って、前記アクチュエータ 62 により駆動されている前記プーリー 72 に至り、そこで複数回巻回されている。

20

30

【0048】

動作時には、前記アクチュエータ 62 は、その駆動するプーリーをいずれかの方向に回転させることによって、それに対応して前記ケーブル 160 の第 1 又は第 2 の端部を引き取ることができる。前記第 1 の端部が引き取られる場合には、（図 3 に方向付けされているように、）前記直線状軸部材 40 に下向きの力が出力される一方、前記第 2 の端部が引き取られる場合には、前記直線状軸部材に上向きの力が出力される。

【0049】

図 7A~7C は、前記連結機構 38、前記ケーブル、及び上述した各ケーブル及びプーリーの別の斜視断面図であり、挿入の自由度 50 の機構を図示するものである。

40

【0050】

図 8A 及び 8B は、上述した特性を示している前記連結機構 38 の斜視断面図及び正面図である。

【0051】

このように、本発明の機構は、前記器具 18 の、4 つの自由度における力を発生する 4 個の接地されたアクチュエータを備えていることが好ましい。前記アクチュエータが接地されるために、各ケーブルは、各アクチュエータが遠隔した機械的な動きに対して出力し得るように用いられる。例えば、回転されるドラム又は移動される直線状軸部材は、標準的な巻き駆動とは異なり、駆動されるプーリーから離隔して配置されている。前記連結機構の内部を通り、外に出されて前記底部構造体に送られた 3 本のケーブル（6 つの端部）

50

は、多様な方法で各アイドラープリーの周りに曲げられ、その縦軸に巻き付けられている。しかしながら、これは、各ケーブルの伸張による問題を引き起こさない。前記複数のケーブルの6つの端部は、前記ケーブルの伸張を最小限とするべく、上下揺動軸Aに近接し、束ね整理されることが好ましい。例えば、6本のケーブルの長さが整理され、各断面が前記回転軸Aの周りにほぼ円を形成している。

【0052】

以上、本発明を、いくつかの好ましい形態によって説明してきたが、さまざまな変更や修正、均等形態との置換が可能なのは、詳細な説明の読み込み及び図面の観察によって考察すれば当業者には明白である。例えば、装置25の前記連結部材は、開示された連結構造を維持しながら、現物の大きさ及び形態の相似形を採用することもできる。同様に、複数の自由度を与える他の種類のジンバル機構又は異なる機構は、慣性、摩擦、及びバックラッシュ（巻き返し）を低減させるべく本明細書に開示された駆動機構と共に用い得る。また、多様な装置を、与えられた自由度で物体の位置を検知し、それらの自由度の範囲で前記物体を駆動するべく用いることもできる。加えて、前記変換器内で用いられ、望ましい性能を発揮するセンサ及びアクチュエータは、多様な形態をとり得る。同様に、その他の種類の組み合わせが、前記物体とアクチュエータとの間で望ましい性能を発揮するべく使用され得る。更に、専門用語は、記載の明瞭性を担保するために使用したものであり、本発明を限定するものではない。

【図面の簡単な説明】

【0053】

【図1】図1は、医療シミュレーション用途に使用されている本発明の図面である。
 【図2A】図2Aは、本発明に係る機械的シミュレーション装置の斜視図である。
 【図2B】図2Bは、本発明に係る機械的シミュレーション装置の斜視図である。
 【図2C】図2Cは、機械的シミュレーション装置の底部構造体の図である。
 【図2D】図2Dは、機械的シミュレーション装置の連結機構の一部の斜視図である。
 【図2E】図2Eは、本発明に係る機械的シミュレーション装置の背面図である。
 【図2F】図2Fは、本発明に係る機械的シミュレーション装置の頂面図である。
 【図2G】図2Gは、本発明に係る機械的シミュレーション装置の頂部表面の拡大図である。

【図3】図3Aは、本発明に係る機械的シミュレーション装置の連結機構の斜視図であり、図3Bは、前記連結機構の頂面図であり、図3Cは、前記連結機構の側面図であり、図3Dは、前記連結機構の正面図であり、図3Eは、前記連結機構の底面図である。

【図4A】図4Aは、前記連結機構の斜視図である。

【図4B】図4Bは、前記連結機構の斜視図である。

【図5A】図5Aは、前記連結機構の側面断面図である。

【図5B】図5Bは、前記連結機構の側面断面図である。

【図5C】図5Cは、前記連結機構の側面断面図である。

【図5D】図5Dは、前記連結機構の側面断面図である。

【図6A】図6Aは、前記連結機構の底面図である。

【図6B】図6Bは、前記連結機構の斜視図である。

【図7A】図7Aは、前記連結機構の別の斜視断面図である。

【図7B】図7Bは、前記連結機構の別の斜視断面図である。

【図7C】図7Cは、前記連結機構の別の斜視断面図である。

【図8A】図8Aは、前記連結機構の斜視断面図である。

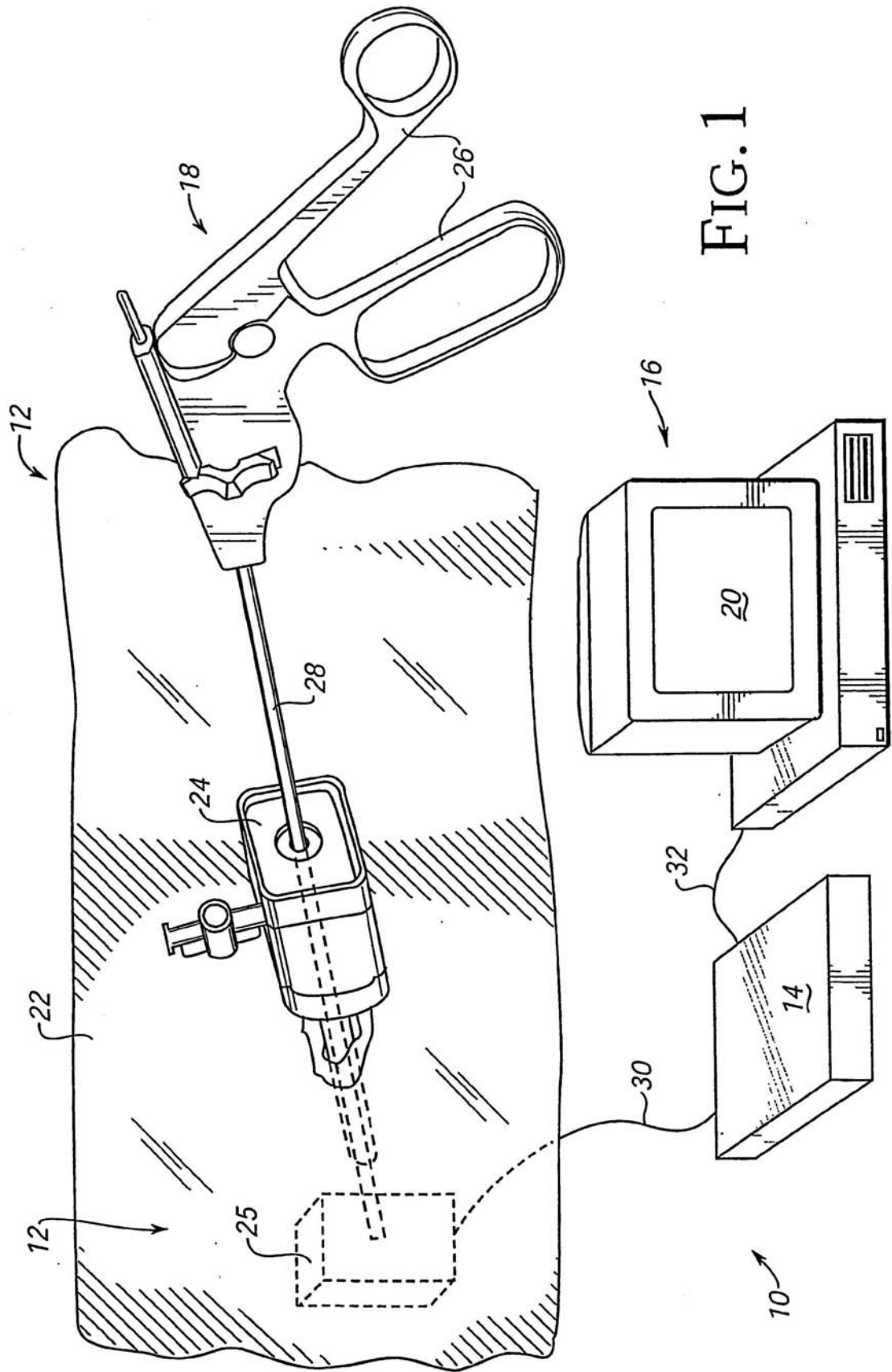
【図8B】図8Bは、前記連結機構の正面図である。


【符号の説明】

【0054】

10... (バーチャルリアリティ) システム、14... インタフェース装置、16... ホストコンピュータ、18... 訓練器具、25... 機械的シミュレーション装置、62, 64, 66, 70... アクチュエータ

【 図 1 】



【 2 A】

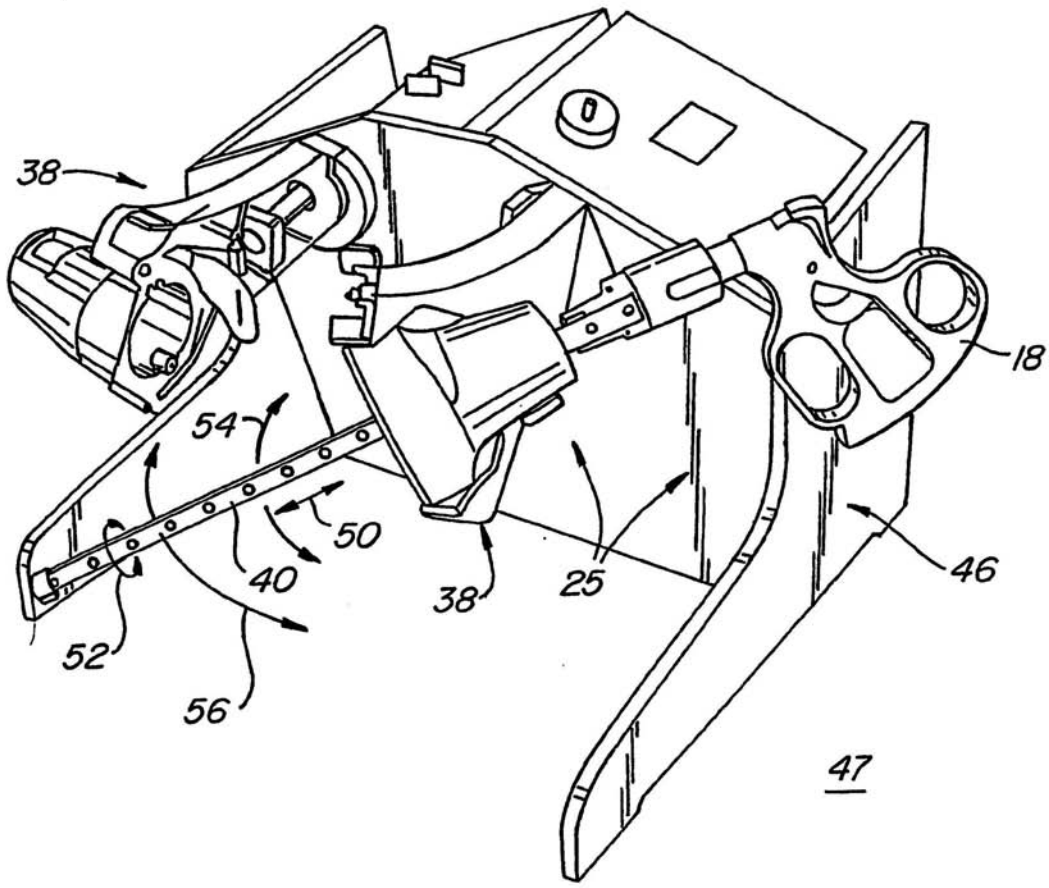


FIG. 2A.

【 2 B 】

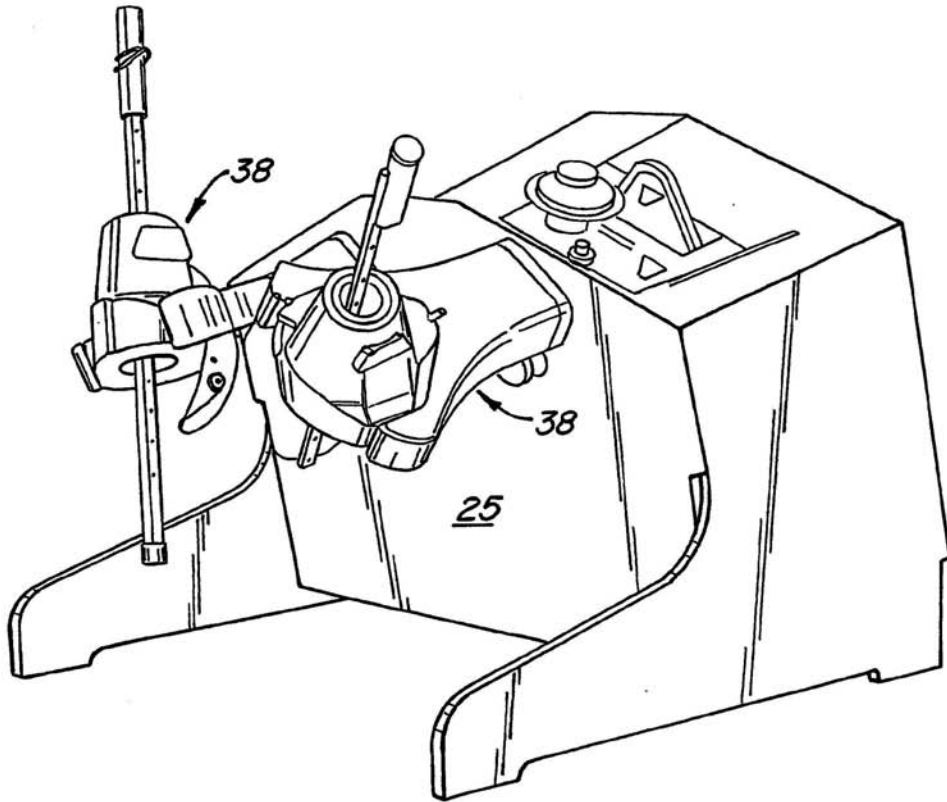


FIG. 2B.

【 図 2 C 】

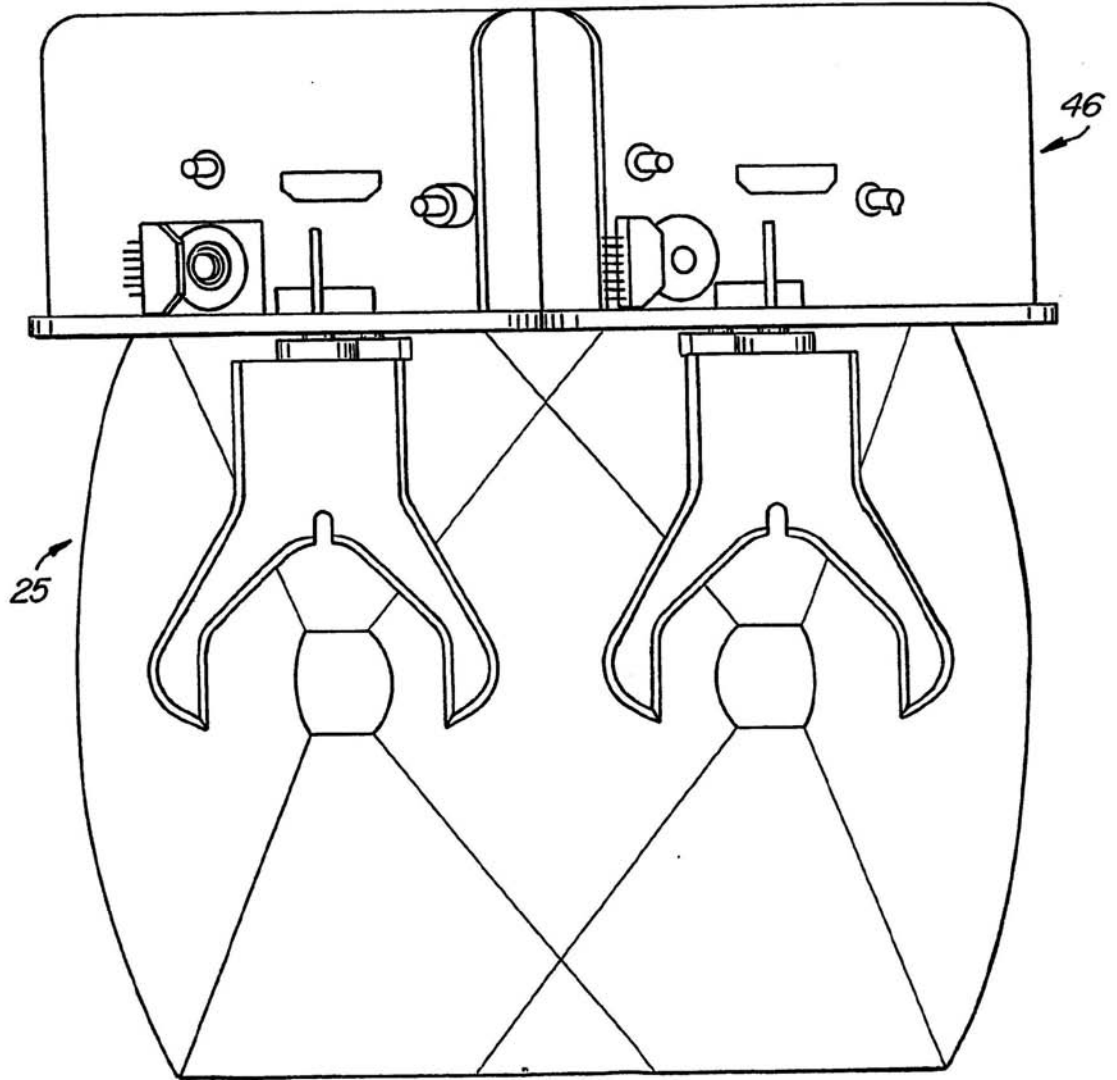


FIG. 2C.

【 図 2 D 】

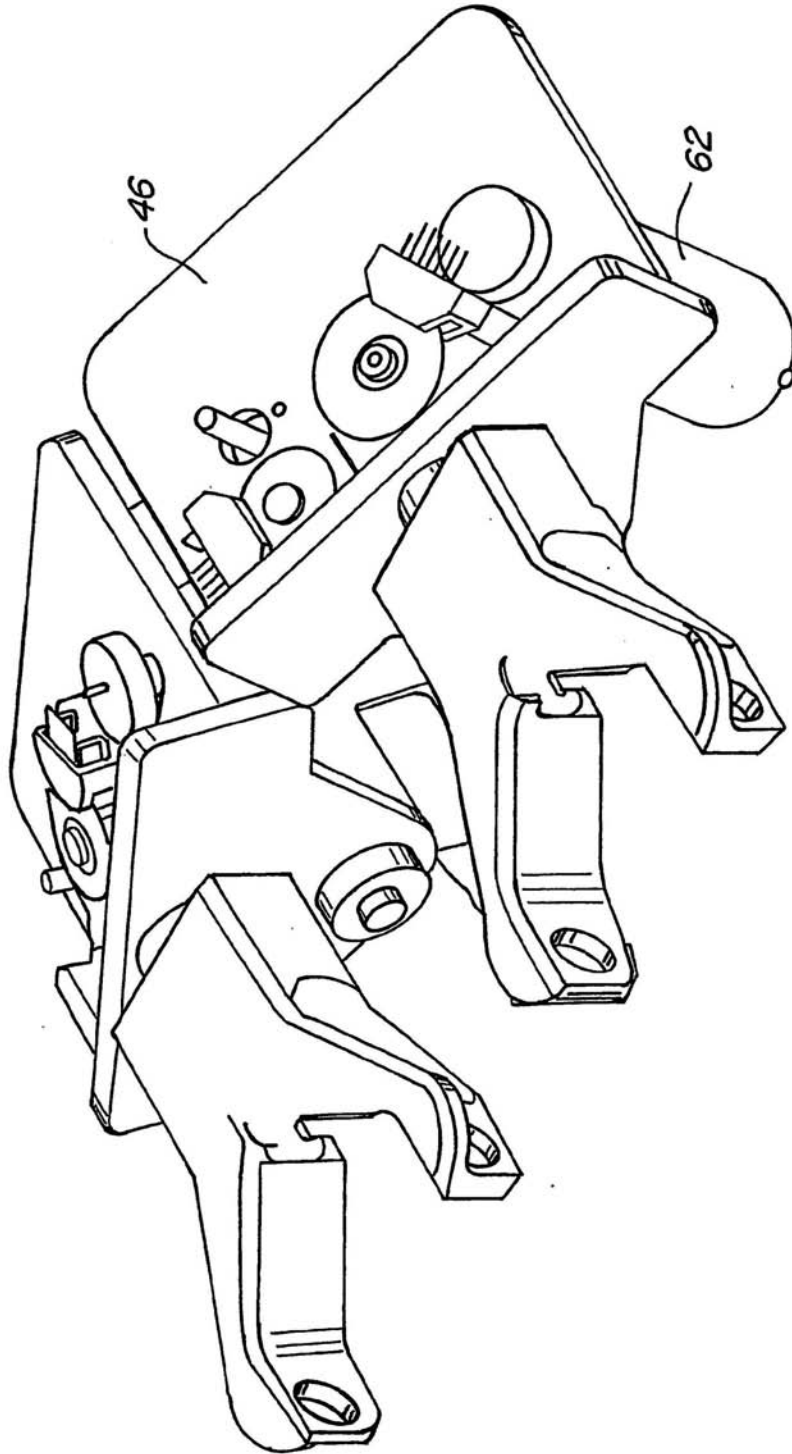


FIG. 2D.

【 2 E 】

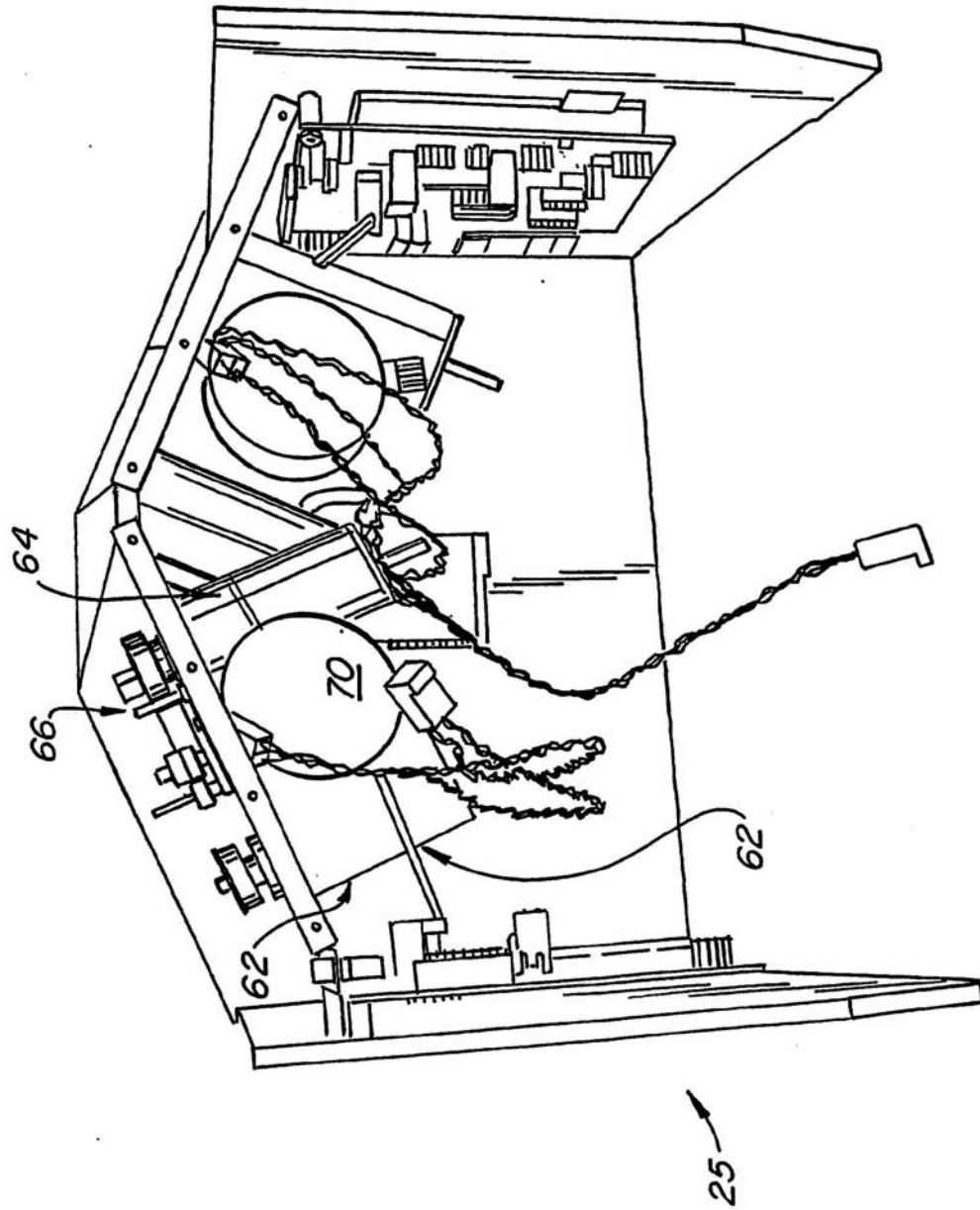


FIG. 2E.

【 図 2 F 】

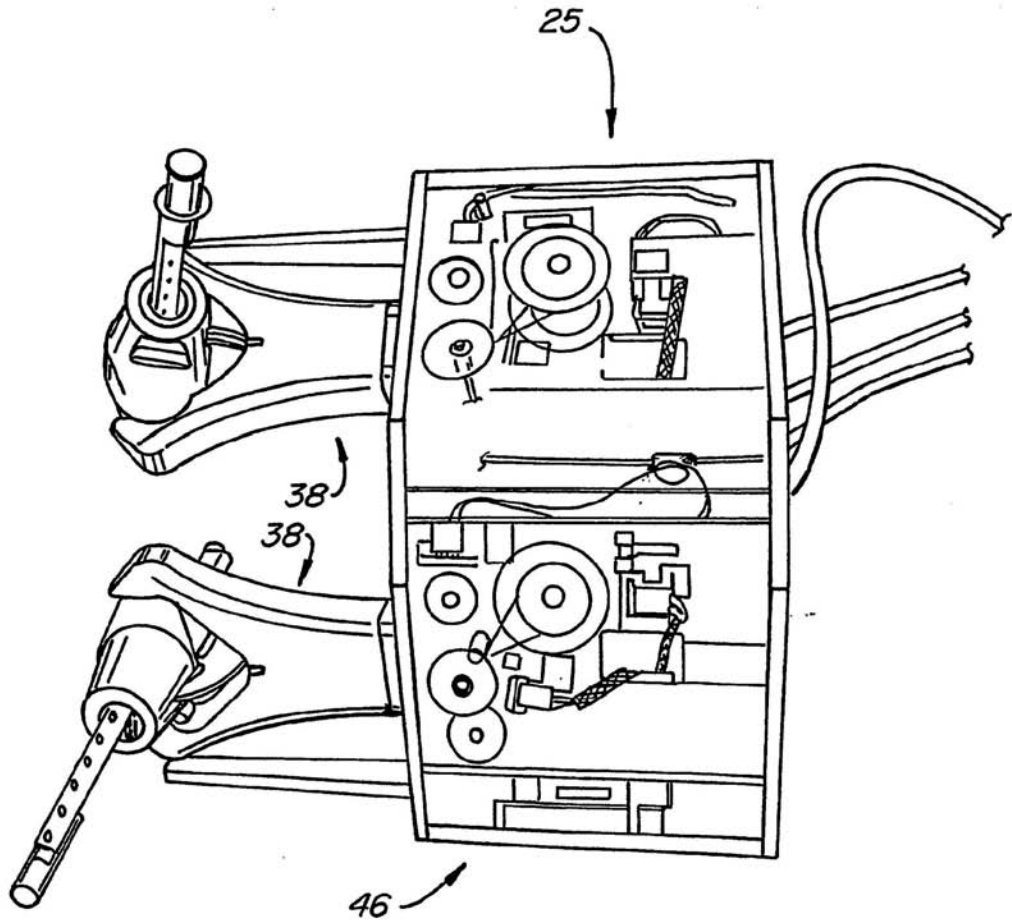


FIG. 2F.

【 図 2 G 】

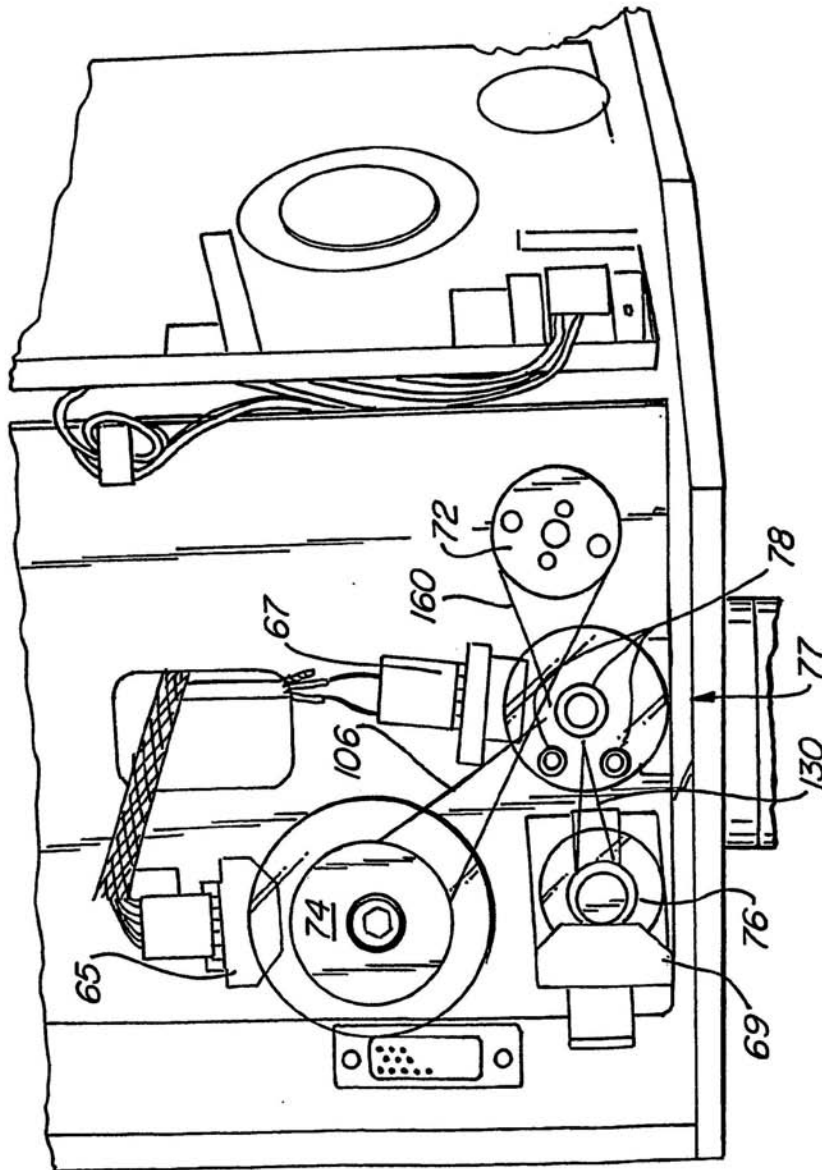
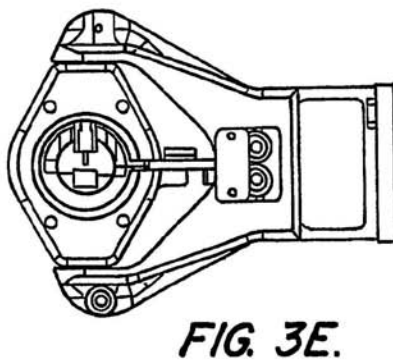
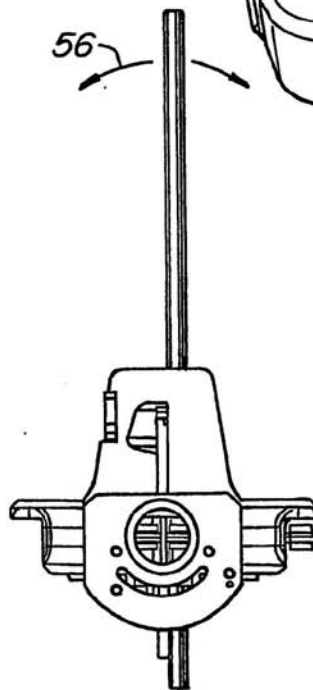
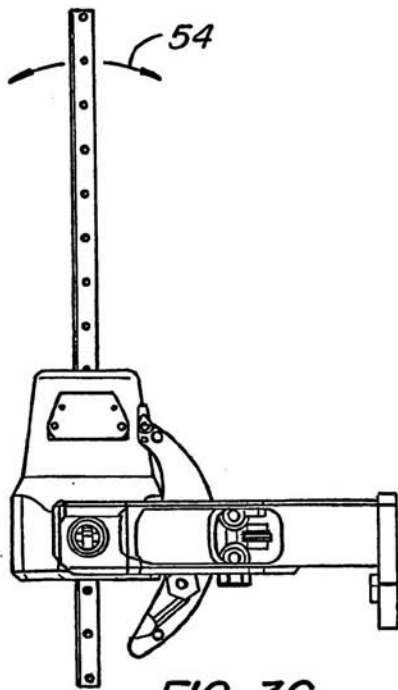
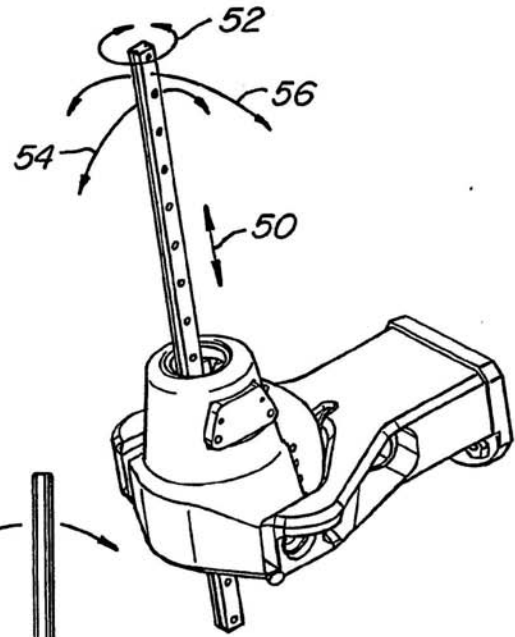
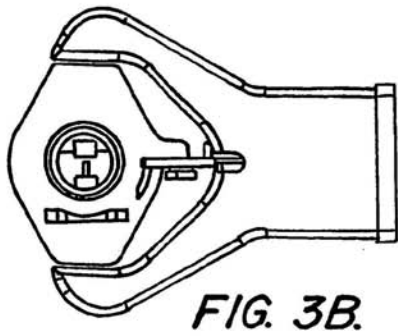



FIG. 2G.

【 図 3 】



【 4 B】

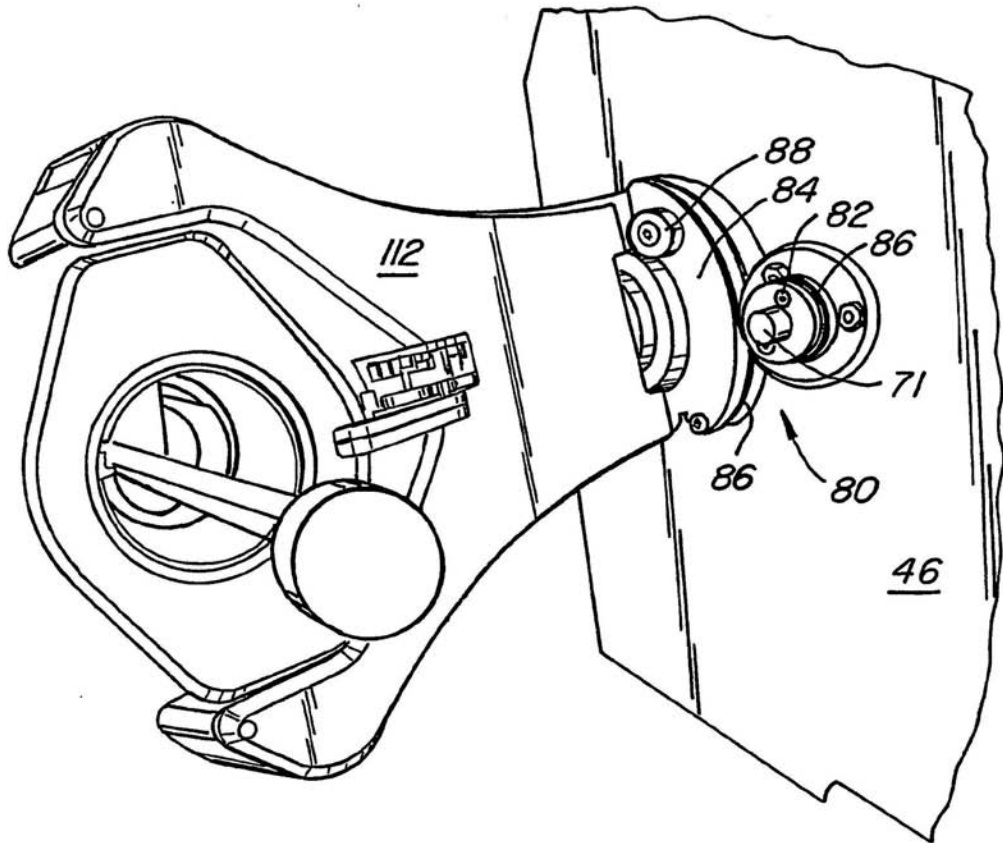


FIG. 4B.

【 5 A 】

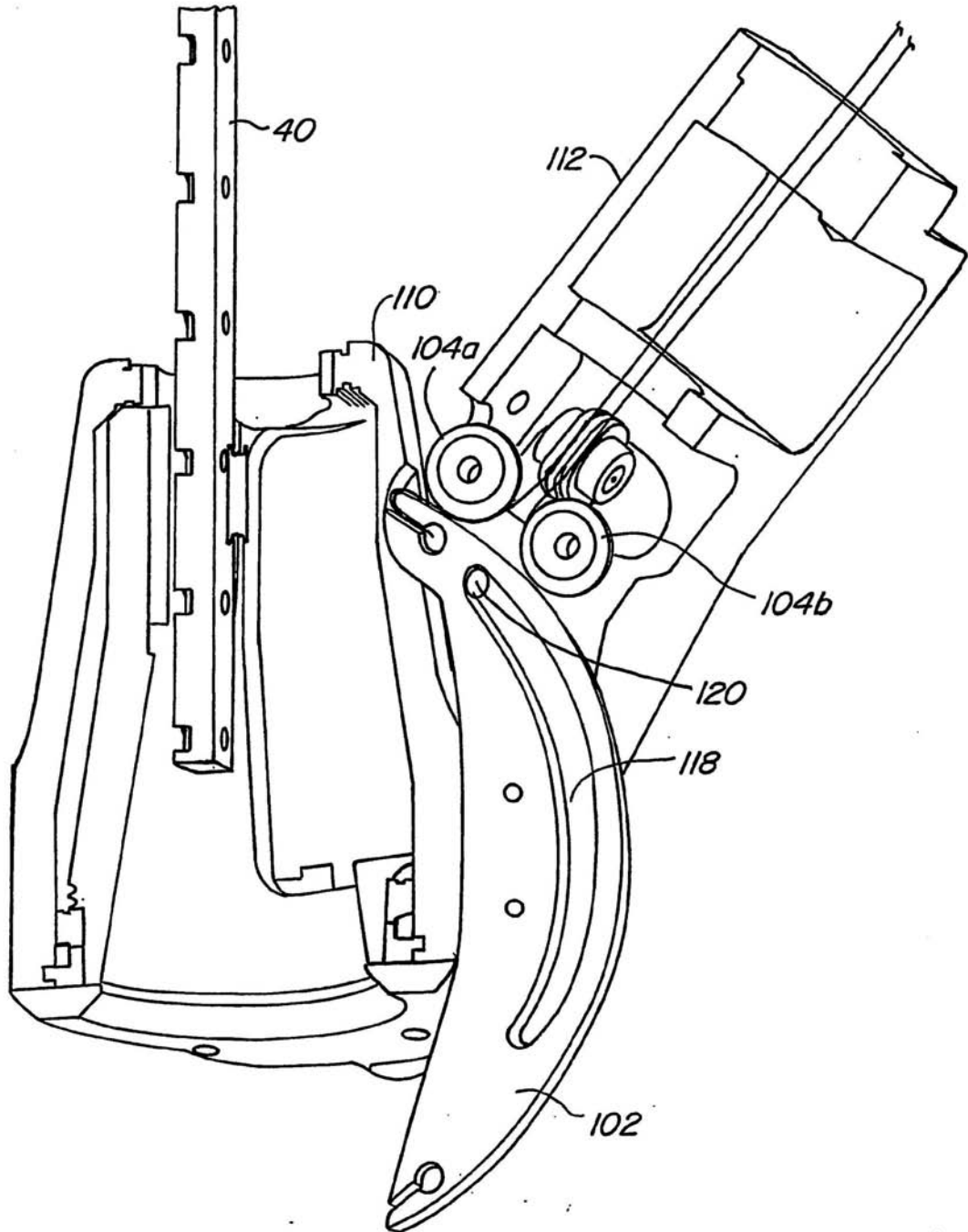


FIG. 5A.

【 図 5 B 】

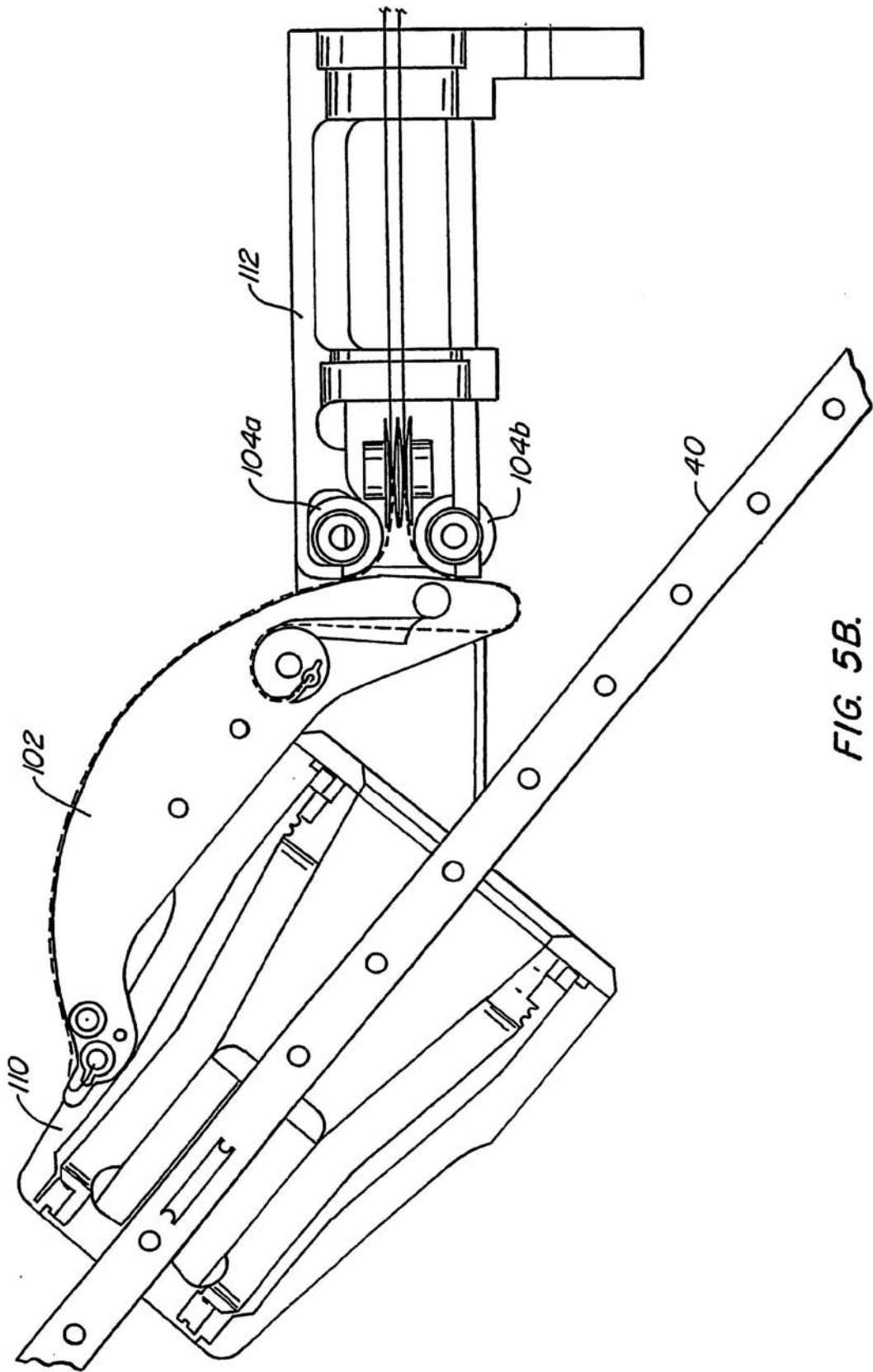


FIG. 5B.

【 図 5 C 】

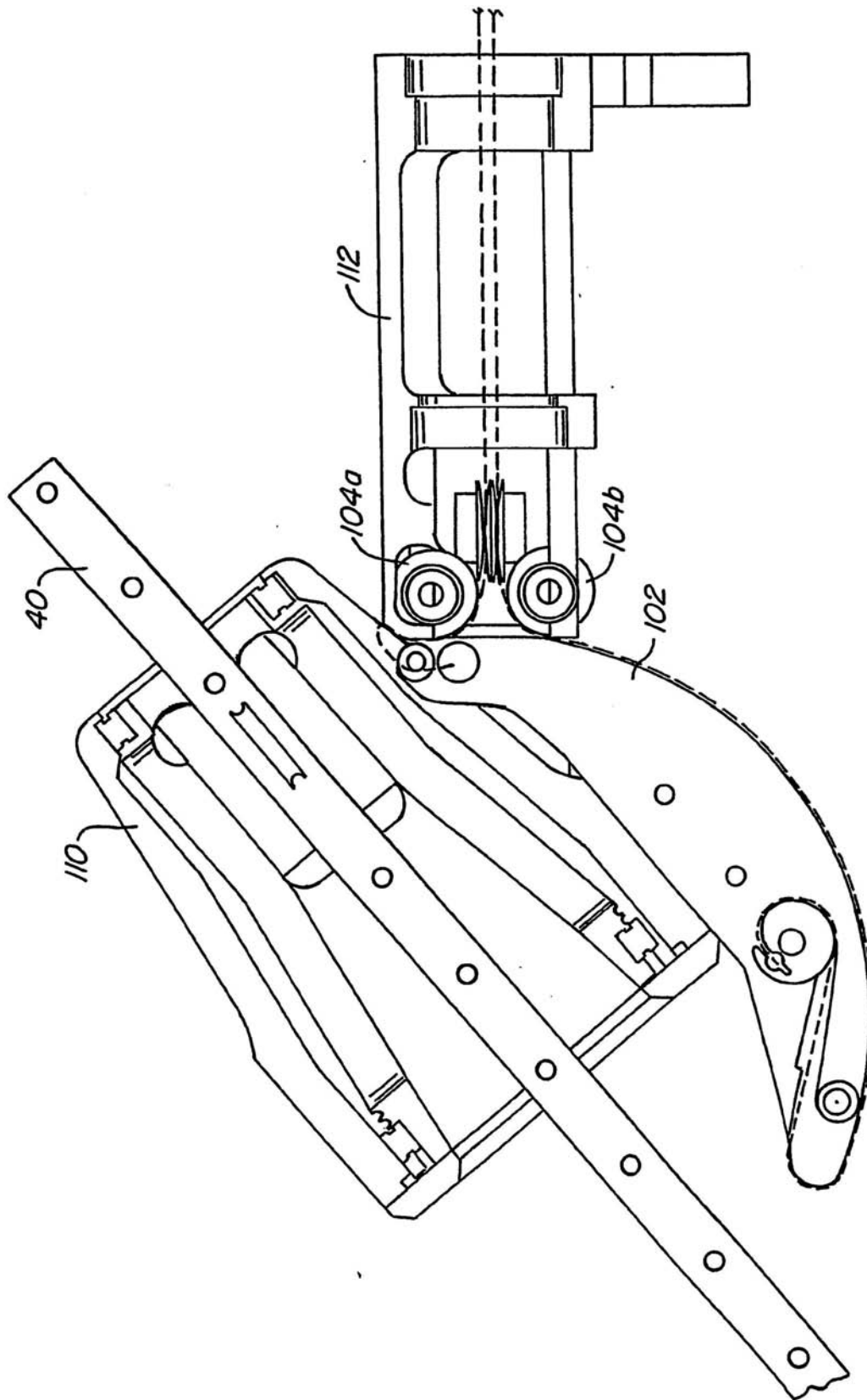


FIG. 5C.

【 5 D 】

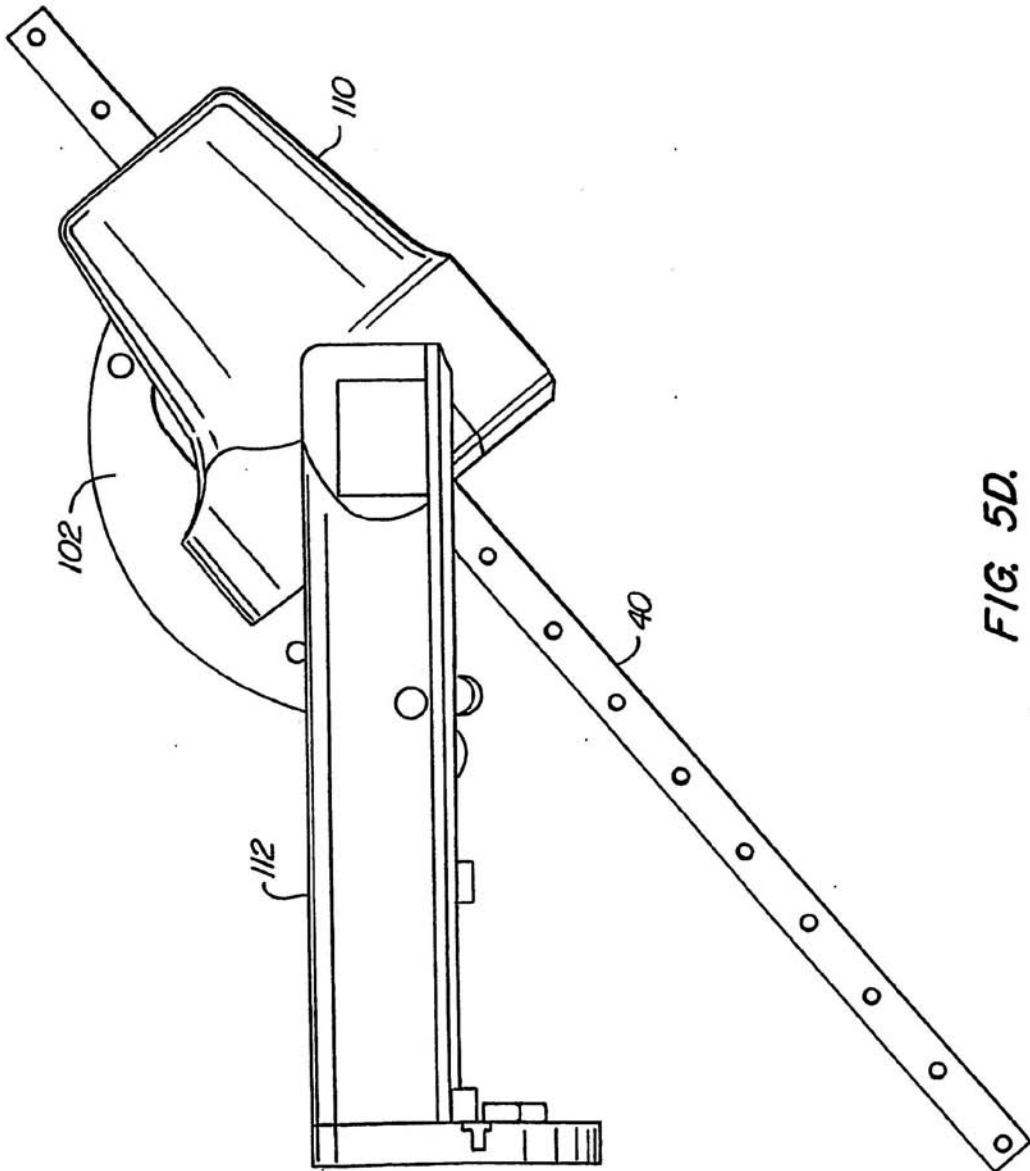


FIG. 5D.

【 図 6 A 】

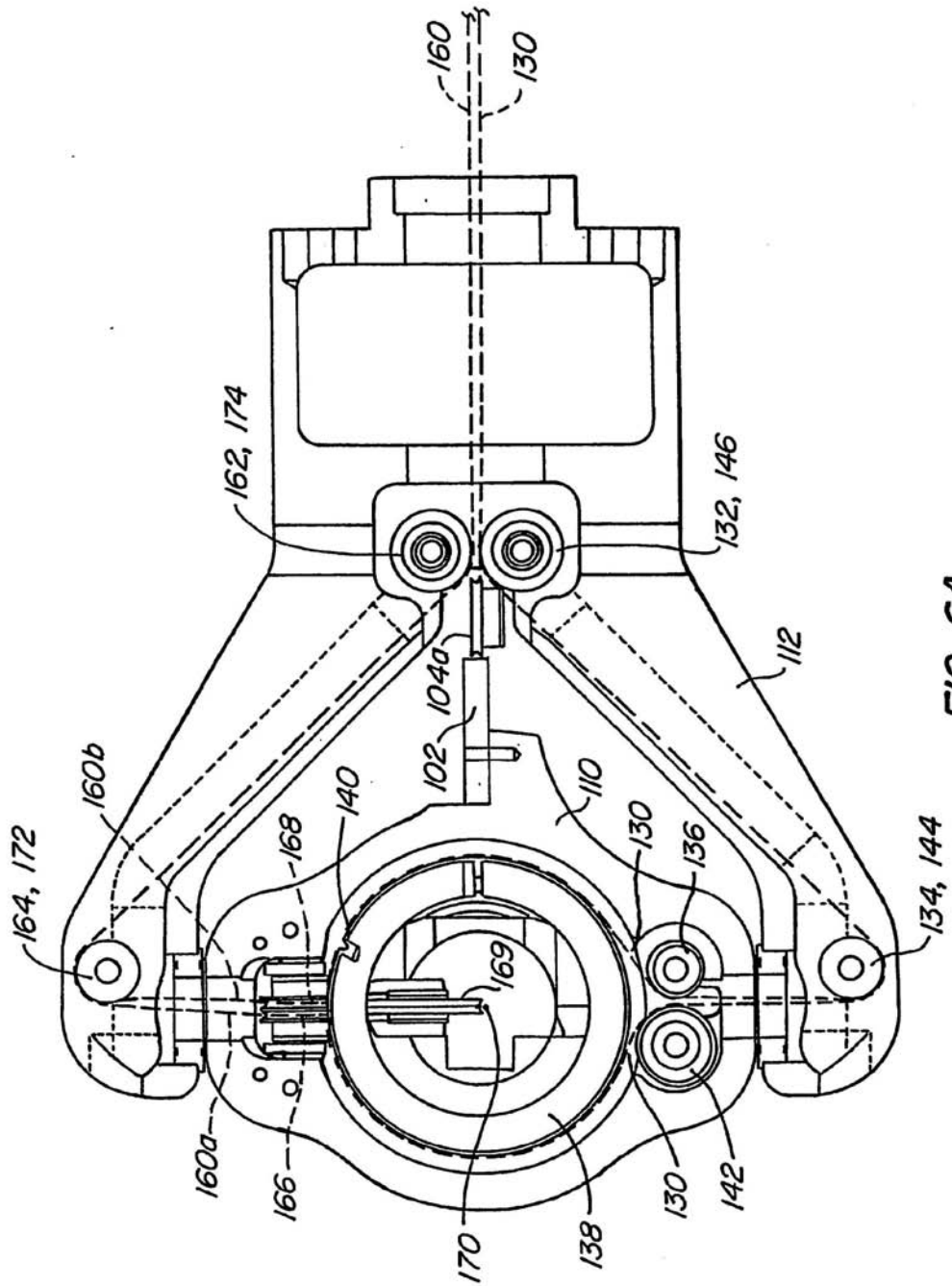


FIG. 6A.

【 図 6 B 】

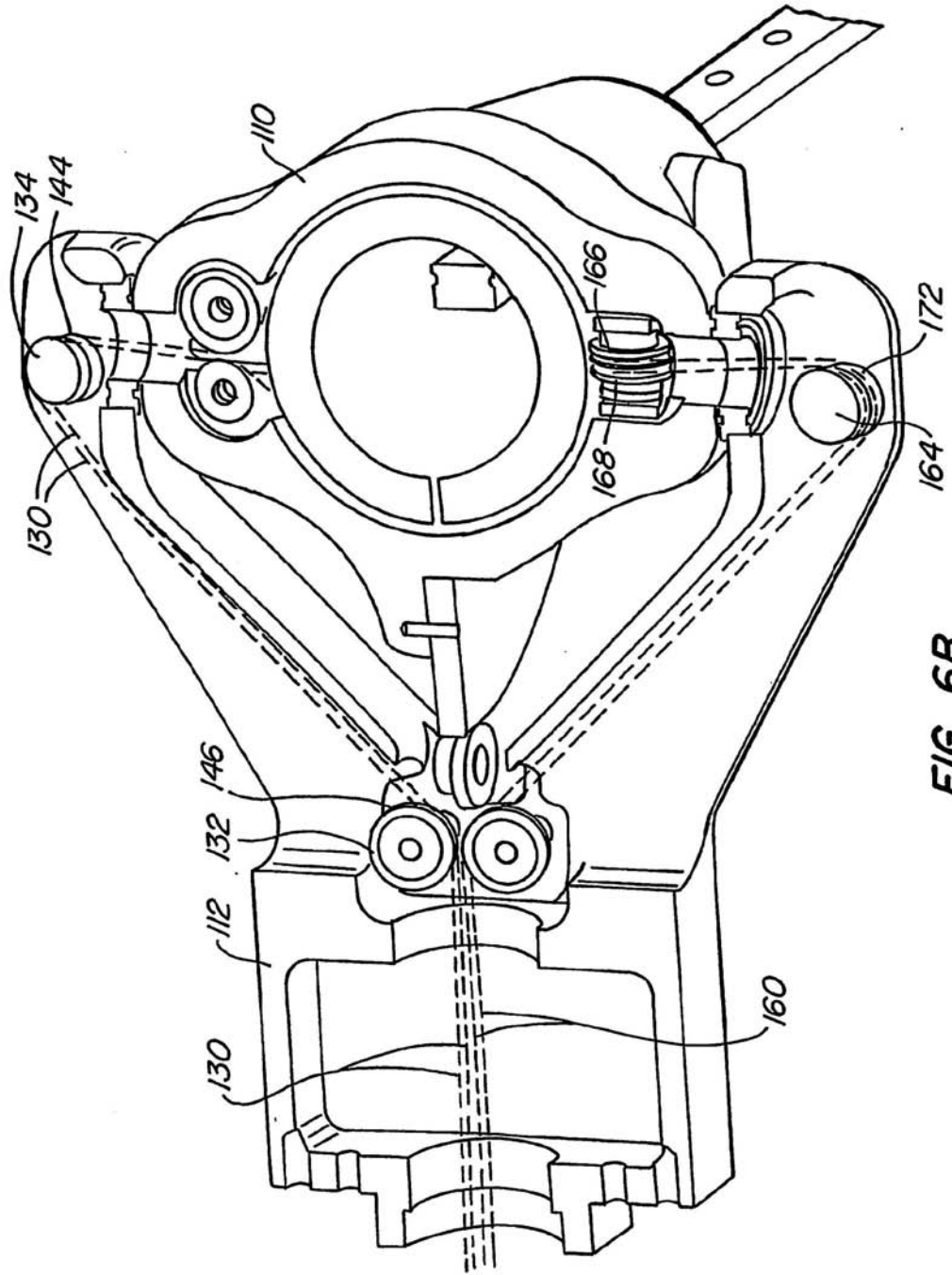


FIG. 6B.

【図7A】

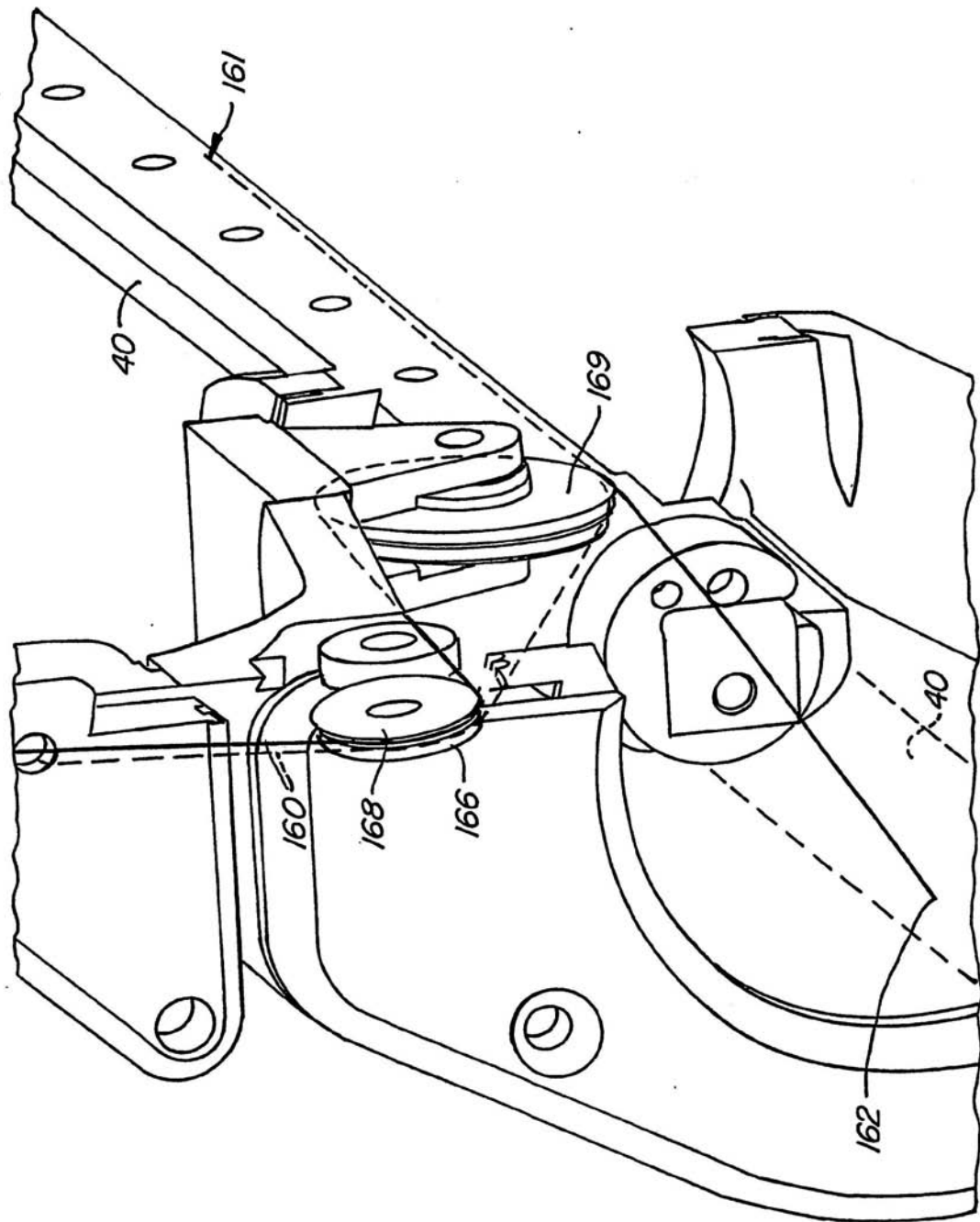


FIG. 7A.

【 図 7 B 】

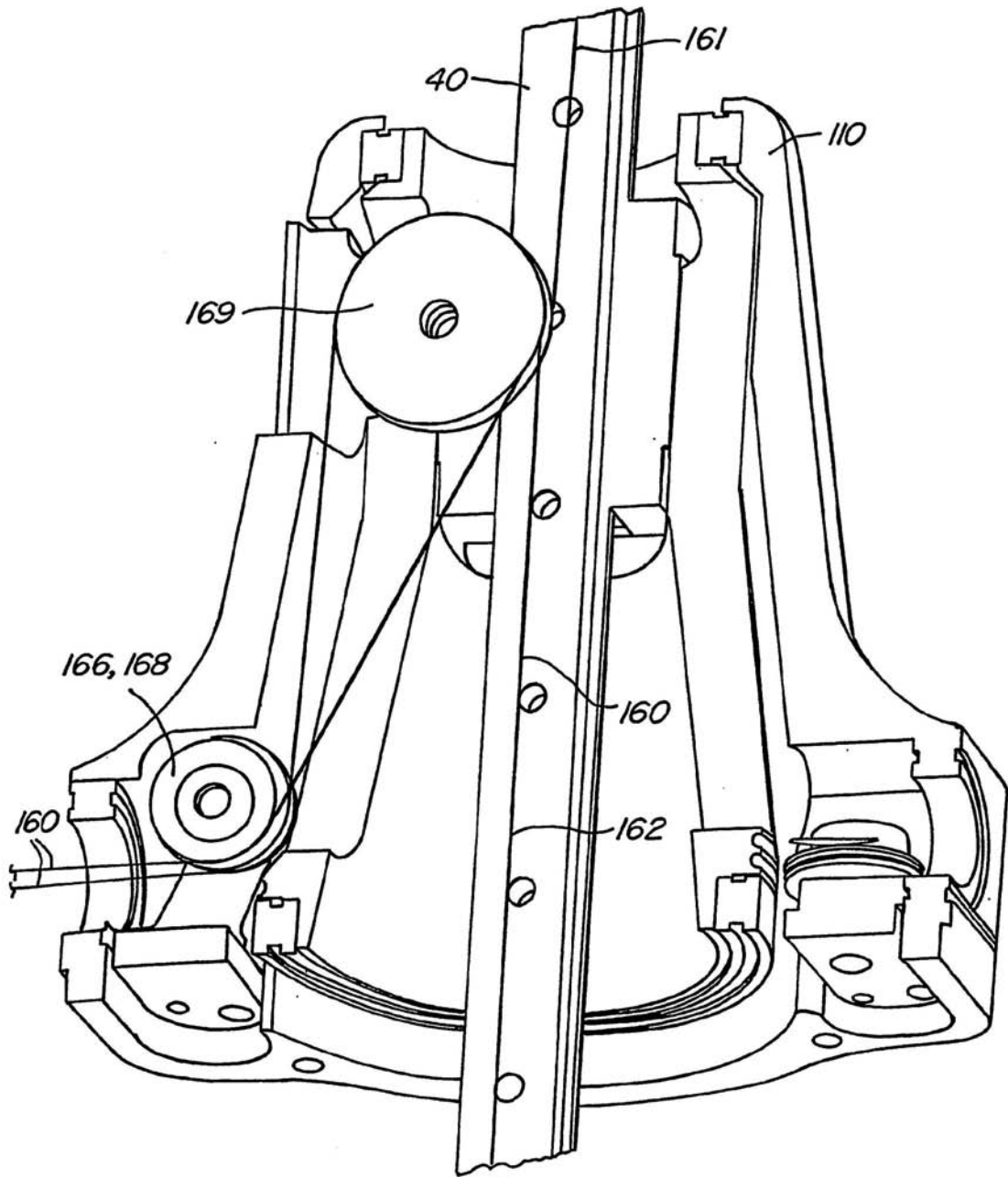


FIG. 7B.

【 7 C 】

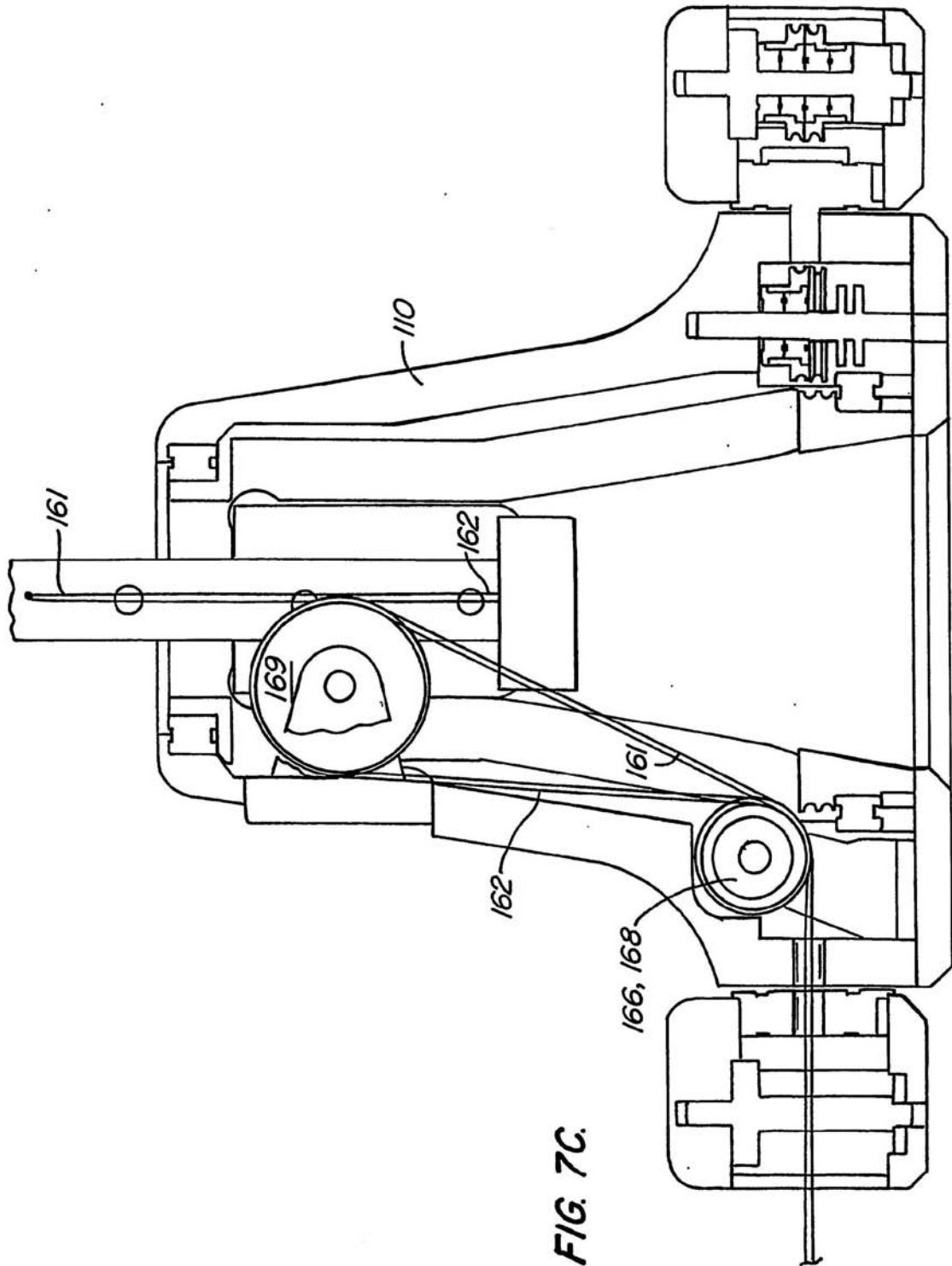


FIG. 7C.

【 8 A 】

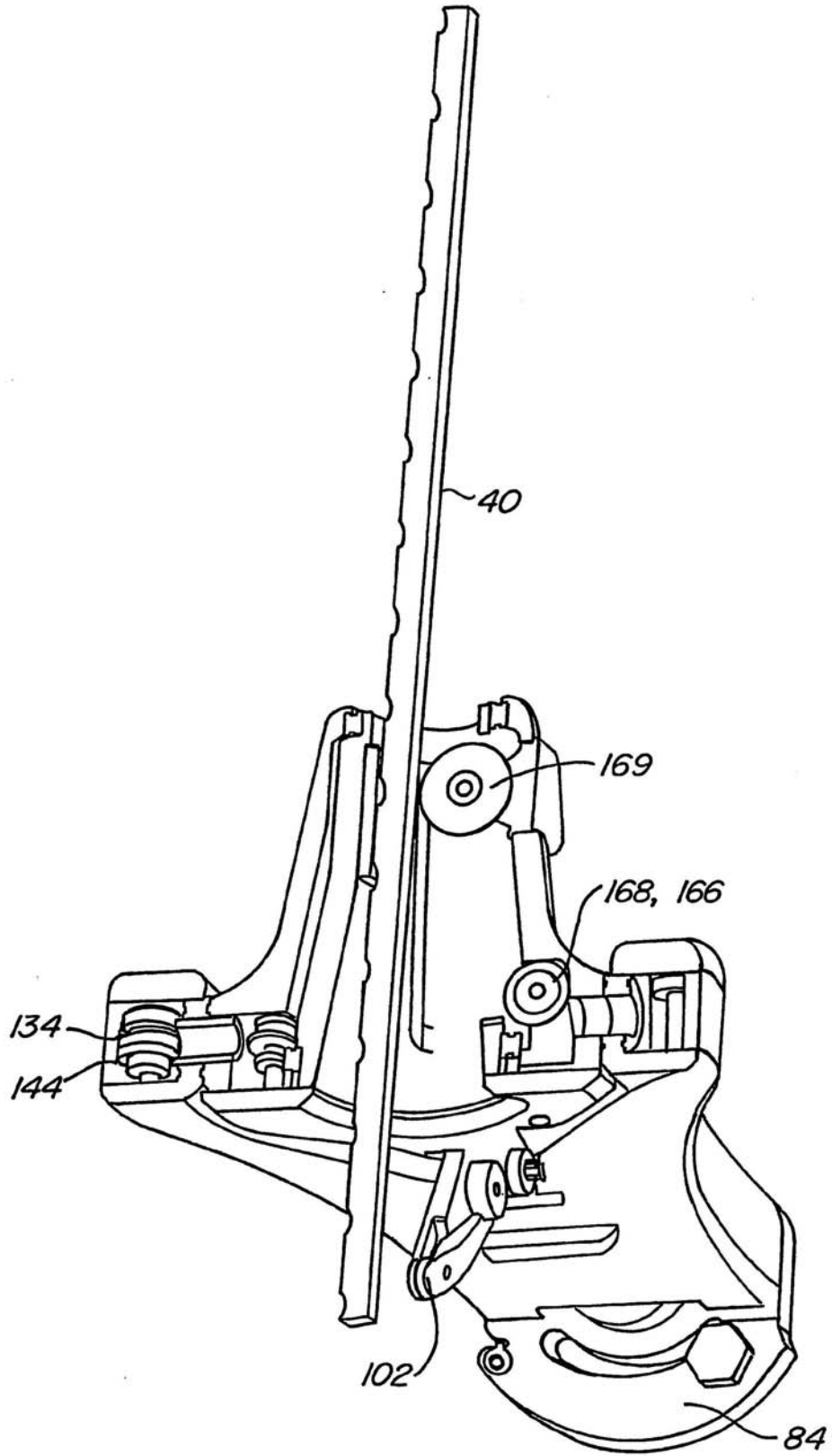


FIG. 8A.

【 図 8 B 】

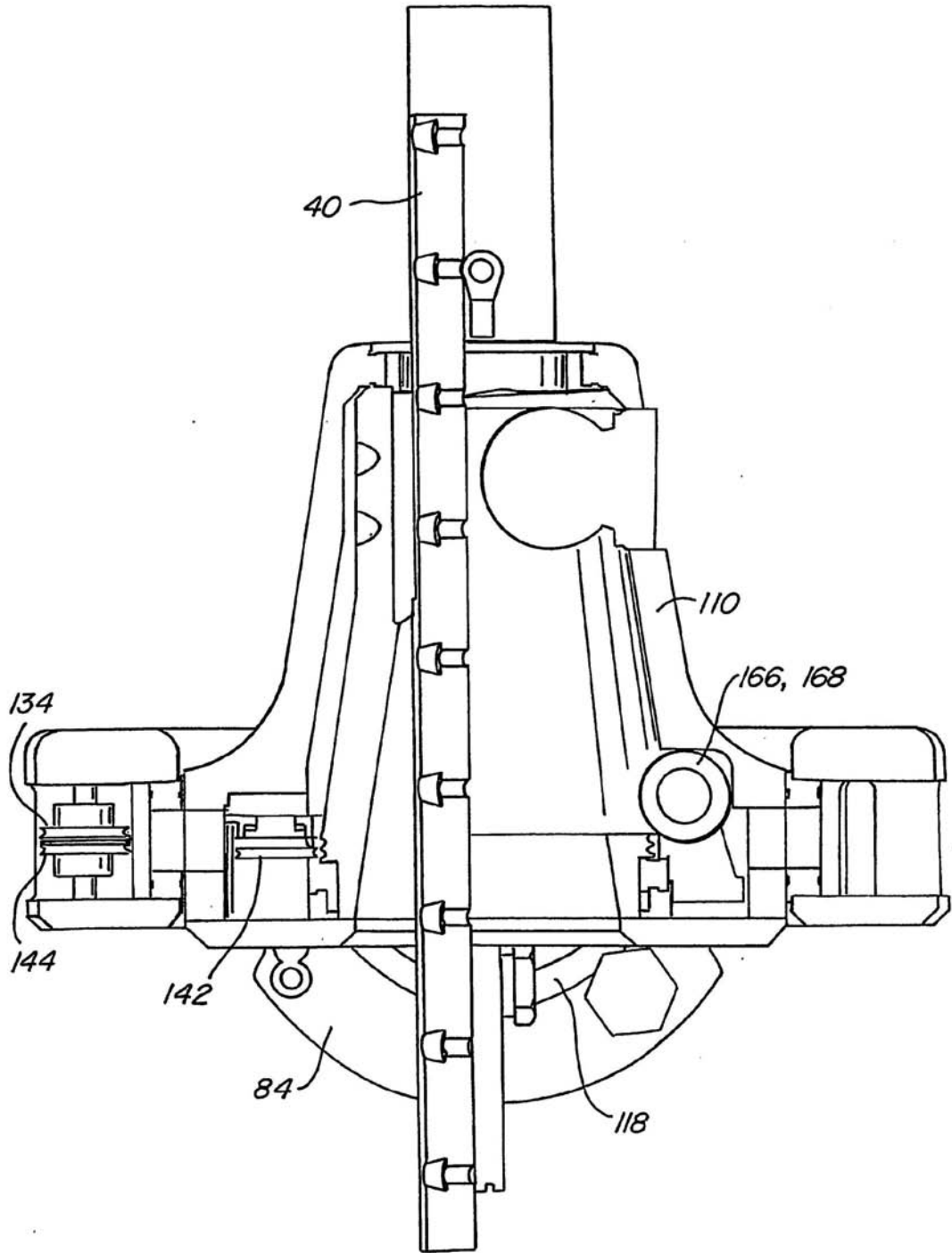


FIG. 8B.

フロントページの続き

- (72)発明者 オリエン・ニール・ティー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 3 1 サンホセ フォックスレーン 8 0 1
- (72)発明者 ベーリー・デビッド・ダブリュー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 3 1 サンホセ フォックスレーン 8 0 1
- (72)発明者 バサロ・スティーブン・ピー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 3 1 サンホセ フォックスレーン 8 0 1

審査官 川端 修

- (56)参考文献 特開 2 0 0 1 - 0 0 5 3 7 7 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 1 8 1 6 1 8 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
- | | |
|------|-------|
| A61B | 19/00 |
| G05B | 13/04 |
| G05D | 3/12 |