



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 14 598 T2** 2007.10.25

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 474 650 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 14 598.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US03/04319**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 709 088.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2003/069266**

(86) PCT-Anmeldetag: **13.02.2003**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **21.08.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **10.11.2004**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **27.06.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **25.10.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G01B 5/008** (2006.01)

**B23Q 35/04** (2006.01)

**B25J 9/02** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**357599 P**      **14.02.2002**      **US**

**394908 P**      **10.07.2002**      **US**

(73) Patentinhaber:

**Faro Technologies, Inc., Lake Mary, Fla., US**

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Magenbauer & Kollegen, 73730  
Esslingen**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,  
GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR**

(72) Erfinder:

**RAAB, Simon, Maitland, FL 32751, US; SAJEDI,  
Seyed Ali, Winter Park, FL 32789, US;  
HASLEOCHER, Kenneth J., Deltona, FL 32738, US;  
BARBER, Marc, Deltona, FL 32725, US**

(54) Bezeichnung: **EIN GELENKARM FÜR EINE TRAGBARE KOORDINATENMESSMASCHINE**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

Allgemeiner Stand der Technik 1. Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ganz allgemein Koordinatenmessvorrichtungen (KMV) und insbesondere eine tragbare KMV, welche einen Gelenkarm aufweist.

## 2. Stand der Technik

**[0002]** Gegenwärtig sind tragbare Gelenkarme als Messsystem mit einem Hauptrechner und Anwendungs-Software verfügbar. Üblicherweise wird der Gelenkarm dazu benutzt, um Punkte an einem Gegenstand zu vermessen, und diese vermessenen Punkte werden mit den Daten der rechnergestützten Konstruktion (CAD-Daten), die auf dem Hauptrechner gespeichert sind, verglichen, um festzulegen, ob sich der Gegenstand innerhalb der CAD-Kenndaten befindet. Mit anderen Worten sind die CAD-Daten die Bezugsdaten, mit denen die tatsächlichen Messwerte, die vom Gelenkarm aufgenommen werden, verglichen werden. Der Hauptrechner kann auch Anwendungs-Software enthalten, welche den Bediener durch den Messvorgang führt. Für viele Situationen, die komplizierte Anwendungsfälle beinhalten, ist diese Anordnung nützlich, da der Benutzer die dreidimensionalen CAD-Daten auf dem Hauptrechner betrachtet, während er auf die komplexen Befehle in der Anwendungs-Software reagiert.

**[0003]** Ein Beispiel für eine tragbare KMV des Standes der Technik für den Einsatz in dem oben diskutierten Messsystem ist im US-Patent Nr. 5.402.582 ('582) offenbart, welches dem Inhaber erteilt worden ist. Das Patent '582 offenbart ein herkömmliches dreidimensionales Messsystem, welches aus einem manuell bedienten Mehrgelenkarm besteht, der an seinem einen Ende einen Stützfuß und an seinem anderen Ende eine Messsonde aufweist. Ein Hauptrechner kommuniziert mit dem Arm über einen zwischen geschalteten Controller oder einen seriellen Anschlusskasten. Es ist erkennbar, dass bei dem Patent '582 der Arm auf elektronischem Wege mit dem seriellen Anschlusskasten kommuniziert, welcher seinerseits auf elektronischem Wege mit dem Hauptrechner kommuniziert. Ganz allgemein offenbart das erteilte US-Patent 5.611.147 ('147) eine ähnliche KMV, die einen Gelenkarm aufweist. Bei diesem Patent weist der Gelenkarm eine Anzahl von wichtigen Merkmalen auf, darunter eine zusätzliche Rotationsachse am Ende der Sonde, wodurch ein Arm mit entweder einer Zwei-eins-drei- oder einer Zwei-zwei-drei-Gelenkkonfiguration (im letzteren Fall ein 7-Achsen-Arm) einsetzbar ist, sowie für die Lager im Arm verbesserte Konstruktionen der Vorspannla-

**[0004]** Noch andere relevante KMV des Standes der Technik sind in den erteilten US-Patenten Nr. 5.926.782 ('782) und 5.956.857 ('857) enthalten. Das Erstere betrifft einen Gelenkarm, welcher verriegelbare Übertragungsgehäuse aufweist, um einen oder mehrere Freiheitsgrade auszuschließen, und das Letztere betrifft einen Gelenkarm, welcher ein System zur schnellen Montage und Demontage aufweist.

**[0005]** KMV jüngerer Datums des hier beschriebenen Typs erfordern nicht den Einsatz eines zwischen geschalteten Controllers oder eines seriellen Anschlusskastens, da deren Funktionalität nunmehr in die vom Hauptrechner bereitgestellte Software integriert ist. Beispielsweise offenbart das erteilte US-Patent 5.978.748 ('748) einen Gelenkarm, welcher einen Bord-Controller aufweist, auf dem ein oder mehrere ausführbare Programme gespeichert sind und der den Benutzer mit Anweisungen (z. B. Prüfungsverfahren) versorgt und auf dem die CAD-Daten gespeichert sind, welche als Bezugsdaten dienen. Im Patent '748 ist ein Controller an dem Arm montiert und arbeitet das ausführbare Programm ab, welches den Benutzer durch einen Vorgang leitet wie beispielsweise durch ein Prüfungsverfahren. In einem solchen System kann ein Hauptrechner dazu benutzt werden, um das ausführbare Programm zu generieren. Der an dem Arm montierte Controller wird benutzt, um das ausführbare Programm auszuführen, kann aber nicht dazu benutzt werden, ausführbare Programme zu erzeugen oder ausführbare Programme abzuändern. In Analogie zu Videospiele-Systemen dient der Hauptrechner als Plattform zum Schreiben oder Abändern eines Videospiele, und der am Arm montierte Controller dient als Plattform für das Abspielen eines Videospiele. Der Controller (z. B. Abspielgerät) kann das ausführbare Programm nicht abändern. Wie im Patent '748 beschrieben wird, führt dies zu einem dreidimensionalen Koordinatenmesssystem mit geringeren Kosten, da die Notwendigkeit eines Hauptrechners für jeden Gelenkarm entfällt. Das US-Patent 6.612.044 ('044), welches dem Inhaber erteilt worden ist, offenbart ein Verfahren und ein System zur Lieferung von ausführbaren Programmen an die Benutzer von Koordinatenmesssystemen des im Patent '748 offenbarten Typs. Das Verfahren umfasst die Entgegennahme einer Anforderung zur Generierung eines ausführbaren Programms seitens eines Kunden und den Empfang von Informationen mit Bezug auf das ausführbare Programm. Das ausführbare Programm wird dann entwickelt und führt einen Bediener durch eine Anzahl von Messschritten, die mit dem dreidimensionalen Koordinatenmesssystem auszuführen sind. Das ausführbare Programm wird dem Kunden vorzugsweise über ein Online-Netzwerk wie beispielsweise das Internet geliefert.

**[0006]** Das erteilte US-Patent Nr. 6.131.299 ('299) offenbart einen Gelenkarm, welcher eine darauf angebrachte Anzeigevorrichtung aufweist, um dem Be-

diener zu ermöglichen, dass er über eine bequeme Anzeige der Positionsdaten und der Menü-Prompts des Systems verfügt. Diese Anzeigevorrichtung enthält beispielsweise LEDs, welche die Leistung des Systems, den Status der Aufnehmerposition und den Fehlerstatus anzeigen. Das US-Patent 6.219.928 ('928), welches dem Inhaber erteilt worden ist, offenbart ein serielles Netzwerk für den Gelenkarm. Dieses serielle Netzwerk tauscht Daten von den im Arm befindlichen Aufnehmern mit einem Controller aus. Jeder Aufnehmer enthält eine Aufnehmer-Schnittstelle, welche einen Speicher aufweist, auf dem die Daten des Aufnehmers gespeichert werden. Der Controller steuert jeden Speicher auf serielle Weise an, und die Daten werden vom Schnittstellenspeicher des Aufnehmers zum Controller übertragen. Die beiden erteilten US-Patente 6.253.458 ('458) und 6.298.569 ('569) offenbaren einstellbare Mechanismen für den Gewichtsausgleich für tragbare KMV mit Gelenkarm des hier beschriebenen Typs.

**[0007]** Auch wenn die KVM des Standes der Technik für ihre beabsichtigten Zwecke gut geeignet sind, besteht doch ein ständiger und deutlicher Bedarf an verbesserten KMV, die in ihrem Gebrauch einfacher sind, deren Fertigung effizienter ist und die verbesserte Merkmale aufweisen und zu einem niedrigeren Preis verkauft werden können.

**[0008]** US 5.402.582 beschreibt eine tragbare Koordinatenmessvorrichtung, welche einen mehrgelenkigen, manuell positionierbaren Messarm umfasst. Die in diesem Dokument beschriebene KMV umfasst eine Anzahl von separaten Bauteilen. Ein erstes Bauteil liefert die Funktionalität der Messung der Rotation (siehe beispielsweise [Fig. 7](#), wo ein Codierer **80** dargestellt ist in einem getrennten Gehäuse **96**, welches mit Schrauben an einem Gelenkelement **46** oder **48** angebracht ist). Die Funktionalität der Lagerung der Rotation wird erbracht durch Lager, die in einem zweiten, getrennten Bauteil dargestellt sind (siehe die Lager in Pos. **46** und **48** dieses Dokuments), während die Funktionalität der Übertragung der Rotation in noch einem anderen, getrennten Bauteil geboten wird (siehe die Pos. **44** und **50** in [Fig. 5](#) dieses Dokuments).

**[0009]** EP 0.302.194 beschreibt einen Codierer, welcher zwei Leseköpfe aufweist, die mit einem periodischen Muster zusammenwirken.

**[0010]** US-A-5.581.166 beschreibt einen Roboter-Gelenkarm mit gekapselten modularen Gelenken. Benachbarte Gelenke sind untereinander durch einen lösbaren Klemmring verbunden.

#### Darstellung der Erfindung

**[0011]** Die Erfindung betrifft eine tragbare Koordinatenmessvorrichtung (KMV) zur Messung der Position

eines Gegenstandes in einem ausgewählten Volumen. Diese KMV umfasst:

- einen manuell positionierbaren Gelenkarm mit einander gegenüber liegendem ersten und zweiten Ende, wobei der genannte Arm eine gewisse Anzahl von Gelenkverbindungen aufweist,
- eine Messsonde, welche am ersten Ende des genannten Gelenkarms angebracht ist,
- eine elektronische Schaltung, welche die Lage-signale von Aufnehmern in dem genannten Arm aufnimmt und einen digitalen Koordinatenwert liefert, welcher der Lage der Sonde in dem ausgewählten Volumen entspricht, wobei mindestens eine der genannten Gelenkverbindungen umfasst:
- eine drehbare Welle,
- mindestens ein Lager auf der genannten Welle,
- ein periodisches Muster einer messbaren Kenngröße,
- mindestens einen Lesekopf, der sich in einem gewissen Abstand von dem genannten Muster und mit diesem in Kommunikation befindet, wobei das genannte Muster und der genannte Lesekopf in Bezug zueinander drehbar sind.

**[0012]** Die mindestens eine Gelenkverbindung umfasst eine Patrone, welche die genannte drehbare Welle, das genannte mindestens eine Lager, das genannte periodische Muster und den genannten mindestens einen Lesekopf umfasst, wobei die Patrone ferner ein Gehäuse umfasst, welches das genannte mindestens eine Lager, das genannte periodische Muster, den genannten mindestens einen Lesekopf und wenigstens einen Teil der genannten Welle umgibt, dass ein diskretes Bauteil festgelegt wird, wobei das genannte Gehäuse ein Paar von Enden mit einer dazwischen befindlichen äußeren Fläche aufweist und die genannte äußere Fläche ein strukturelles Element der genannten mindestens einen Gelenkverbindung festlegt und die Patrone in eine erste bzw. zweite Muffe einer ersten und einer zweiten Muffenverbindung eingesteckt ist und fest an den strukturellen Komponenten dergestalt angebracht ist, dass ein Kippgelenk oder Drehgelenk festgelegt wird, wobei die Welle der Patrone fest an der ersten Muffenverbindung angebracht ist und das Gehäuse der Patrone fest an der zweiten Muffenverbindung angebracht ist.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0013]** Es soll nun auf die Zeichnungen Bezug genommen werden, wo gleiche Bauteile in den verschiedenen Abbildungen die gleichen Bezugszahlen haben.

**[0014]** [Fig. 1](#) ist von vorn eine Perspektivansicht der tragbaren KMV der vorliegenden Erfindung mit einem Gelenkarm und angebrachtem Hauptrechner;

[0015] [Fig. 2](#) ist von hinten eine Perspektivansicht der KVM von [Fig. 1](#);

[0016] [Fig. 3](#) ist von rechts eine Perspektivansicht der KVM von [Fig. 1](#) (mit weggenommenem Hauptrechner);

[0017] [Fig. 3A](#) ist von rechts eine Ansicht der KVM von [Fig. 1](#) mit leicht abgewandelten Schutzhüllen, welche zwei der langen Gelenkverbindungen abdecken;

[0018] [Fig. 4](#) ist zum Teil in Explosivdarstellung eine Perspektivansicht der KVM der vorliegenden Erfindung, bei welcher der Fuß und der erste Abschnitt des Gelenkarms dargestellt sind;

[0019] [Fig. 5](#) ist zum Teil in Explosivdarstellung eine Perspektivansicht der KVM der vorliegenden Erfindung, bei welcher der Fuß, der erste Abschnitt des Gelenkarms und zum Teil in Explosivdarstellung der zweite Abschnitt des Gelenkarms dargestellt sind;

[0020] [Fig. 6](#) ist zum Teil in Explosivdarstellung eine Perspektivansicht der KVM der vorliegenden Erfindung, bei welcher der Fuß, der erste Abschnitt des Gelenkarms, der zweite Abschnitt des Gelenkarms und zum Teil in Explosivdarstellung der dritte Abschnitt des Gelenkarms dargestellt sind;

[0021] [Fig. 7](#) ist in Explosivdarstellung eine Perspektivansicht, welche ein Paar von Codierer-/Lagerpatronen zeigt, welche zwischen zwei dualen Muffenverbindungen gemäß der vorliegenden Erfindung angeordnet sind;

[0022] [Fig. 8](#) ist eine Vorderansicht einer Lager-/Codierer-Patronen und der dualen Muffenverbindungen von [Fig. 7](#);

[0023] [Fig. 9](#) ist in Explosivdarstellung eine Perspektivansicht einer kurzen Lager-/Codierer-Patrone gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0024] [Fig. 9A](#) ist in Explosivdarstellung eine Perspektivansicht ähnlich der [Fig. 9](#), zeigt aber einen einzelnen Lesekopf;

[0025] [Fig. 9B](#) ist in Explosivdarstellung eine Perspektivansicht ähnlich der [Fig. 9](#), zeigt aber vier Leseköpfe;

[0026] [Fig. 9C](#) ist eine Perspektivansicht der Teile von [Fig. 9B](#) nach dem Zusammenbau;

[0027] [Fig. 9D](#) ist in Explosivdarstellung eine Perspektivansicht ähnlich der [Fig. 9](#), zeigt aber drei Leseköpfe;

[0028] [Fig. 9E](#) ist eine Perspektivansicht der Teile

von [Fig. 9D](#) nach dem Zusammenbau;

[0029] [Fig. 10](#) ist im Schnitt ein Aufriss der Patrone von [Fig. 9](#);

[0030] [Fig. 11](#) ist in Explosivdarstellung eine Perspektivansicht einer langen Lager-/Codierer-Patrone gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0031] [Fig. 11A](#) ist in Explosivdarstellung eine Perspektivansicht ähnlich der [Fig. 11](#), zeigt aber einen einzelnen Lesekopf;

[0032] [Fig. 12](#) ist im Schnitt ein Aufriss der Patrone von [Fig. 11](#);

[0033] [Fig. 12A](#) ist im Schnitt ein Aufriss der Patrone von [Fig. 12](#), welche die dualen Leseköpfe zeigt, die sich mit der Welle drehen können;

[0034] [Fig. 13](#) ist in Explosivdarstellung eine Perspektivansicht von noch einer anderen Lager-/Codierer-Patrone gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0035] [Fig. 13A](#) ist in Explosivdarstellung eine Perspektivansicht ähnlich der [Fig. 13](#), zeigt aber einen einzelnen Lesekopf;

[0036] [Fig. 14](#) ist im Schnitt ein Aufriss der Patrone von [Fig. 13](#);

[0037] [Fig. 15](#) ist in Explosivdarstellung eine Perspektivansicht einer Lager-/Codierer-Patrone und Gewichtsausgleichfeder gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0038] [Fig. 15A](#) ist in Explosivdarstellung eine Perspektivansicht ähnlich der [Fig. 15](#), zeigt aber einen einzelnen Lesekopf;

[0039] [Fig. 16](#) ist im Schnitt ein Aufriss der Patrone und Gewichtsausgleichfeder von [Fig. 15](#);

[0040] [Fig. 17](#) ist eine Draufsicht auf eine duale Lesekopfanordnung für eine Lager-/Codierer-Patrone größeren Durchmessers, welche gemäß der vorliegenden Erfindung eingesetzt wird;

[0041] [Fig. 18](#) ist im Schnitt ein Aufriss längs der Linie 18-18 von [Fig. 17](#);

[0042] [Fig. 19](#) ist von unten eine Ansicht der dualen Lesekopfanordnung von [Fig. 17](#);

[0043] [Fig. 20](#) ist eine Draufsicht auf eine duale Lesekopfanordnung für eine Lager-/Codierer-Patrone kleineren Durchmessers gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0044] [Fig. 21](#) ist im Schnitt ein Aufriss längs der Li-

nie 21-21 von [Fig. 20](#);

[0045] [Fig. 22](#) ist von unten eine Ansicht der dualen Lesekopfanordnung von [Fig. 20](#);

[0046] [Fig. 23A](#) ist ein Blockdiagramm, welches die Konfiguration der Elektronik für die KMV der vorliegenden Erfindung unter Verwendung eines einzelnen Lesekopfes zeigt; und

[0047] [Fig. 23B](#) ist ein Blockdiagramm, welches die Konfiguration der Elektronik für die KMV der vorliegenden Erfindung unter Verwendung eines dualen Lesekopfes zeigt;

[0048] [Fig. 24](#) ist im Schnitt ein Aufriss längs durch die KMV der vorliegenden Erfindung (wobei der Fuß entfernt worden ist);

[0049] [Fig. 24A](#) ist im Schnitt ein Aufriss der KMV von [Fig. 3A](#);

[0050] [Fig. 25](#) ist im vergrößerten Maßstab eine Schnittdarstellung eines Teils von [Fig. 24](#), welche den Fuß und das erste Segment der langen Gelenkverbindung der KMV von [Fig. 24](#) zeigt;

[0051] [Fig. 25A](#) ist eine Perspektivdarstellung des Koppelteils zwischen einer langen Gelenkverbindung und einer kurzen Gelenkverbindung gemäß einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0052] [Fig. 25B](#) ist im Schnitt ein Aufriss in Längsrichtung durch einen Teil von [Fig. 25A](#);

[0053] [Fig. 26](#) ist im vergrößerten Maßstab ein Schnitt durch einen Bereich von [Fig. 24](#), welcher die Segmente der zweiten und dritten langen Gelenkverbindung zeigt;

[0054] [Fig. 26A](#) und B sind im vergrößerten Maßstab Schnitte von Bereichen der [Fig. 24A](#), welche die zweite und dritte lange Gelenkverbindung sowie die Sonde zeigen;

[0055] [Fig. 27A](#) ist in Explosivdarstellung eine Seitenansicht, welche die Anordnung zwischen der ersten kurzen Gelenkverbindung und dem Gewichtsausgleich gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0056] [Fig. 27B](#) ist eine Perspektivdarstellung, welche die Bauteile von [Fig. 27A](#) zeigt;

[0057] [Fig. 28](#) ist im Schnitt ein Aufriss, der den erfindungsgemäßen inneren Gewichtsausgleich zeigt;

[0058] [Fig. 29](#) ist im Schnitt eine Seitenansicht durch eine erste Ausführungsform der Messsonde gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0059] [Fig. 29A](#) ist eine Seitenansicht einer anderen Ausführungsform der Messsonde gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0060] [Fig. 29B](#) ist im Schnitt ein Aufriss längs der Linie 29B-29B von [Fig. 29A](#);

[0061] [Fig. 29C](#) ist eine Perspektivdarstellung eines Paares von Schaltern „Aufnahme“ oder „Bestätigung“, die in den [Fig. 29A](#) und [Fig. 29B](#) benutzt werden;

[0062] [Fig. 30A–C](#) sind aufeinanderfolgende Aufrisse, welche die integrierte Berührungssondenanordnung und die Umwandlung in die harte Sondenanordnung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigen;

[0063] [Fig. 31](#) ist von der Seite ein Schnitt durch noch eine weitere Ausführungsform einer Messsonde gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0064] [Fig. 32](#) ist in Explosivdarstellung eine Perspektivansicht des integrierten Magnetfußes gemäß der vorliegenden Erfindung;

[0065] [Fig. 33](#) ist im Aufriss ein Schnitt durch den Magnetfuß von [Fig. 32](#);

[0066] [Fig. 34](#) ist eine Draufsicht auf die Magnetunterlage von [Fig. 32](#);

[0067] [Fig. 35](#) ist im Schnitt ein Aufriss einer KMV-Gelenkverbindung nach Raab '356 mit dualen Leseköpfen;

[0068] [Fig. 36](#) ist im Schnitt ein Aufriss einer KMV-Gelenkverbindung nach Eaton '148 mit dualen Leseköpfen;

[0069] [Fig. 37](#) ist ein Seitenaufriß einer Messsonde mit einem Aufnehmer der siebenten Achse;

[0070] [Fig. 38](#) ist ein Seitenaufriß ähnlich [Fig. 37](#), enthält aber einen abnehmbaren Handgriff;

[0071] [Fig. 39](#) ist eine Seitenansicht der Messsonde von [Fig. 38](#); und

[0072] [Fig. 40](#) ist im Schnitt ein Aufriss der Messsonde von [Fig. 38](#).

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform

[0073] Zunächst soll Bezug auf [Fig. 1–Fig. 3](#) genommen werden. Die KMV der vorliegenden Erfindung wird allgemein mit **10** bezeichnet. Die KMV **10** umfasst einen mehrgelenkigen, manuell bedienten Gelenkarm **14**, der mit einem Ende an einem Fußabschnitt **12** befestigt ist und an dessen anderem Ende eine Messsonde **28** angebracht ist. Der Arm **14** ist

aus grundsätzlich zwei Typen von Gelenkverbindungen aufgebaut, nämlich einer langen Gelenkverbindung (für die Drehbewegung) und einer kurzen Gelenkverbindung (für die Kippbewegung). Die langen Gelenkverbindungen sind im Wesentlichen axial oder longitudinal längs des Arms positioniert, während die kurzen Gelenkverbindungen vorzugsweise unter 90° zur Längsachse des Arms positioniert sind. Die langen und kurzen Gelenkverbindungen sind paarweise angeordnet, was üblicherweise als 2-2-2-Konfiguration bekannt ist (auch wenn andere Gelenkkonfigurationen wie beispielsweise 2-1-1, 2-1-3, 2-2-3 usw. benutzt werden können). Jedes dieser Paare von Gelenkverbindungen ist in den [Fig. 4–Fig. 6](#) dargestellt.

**[0074]** [Fig. 4](#) zeigt eine Explosivdarstellung des ersten Gelenkpaars, nämlich der langen Gelenkverbindung **16** und der kurzen Gelenkverbindung **18**. [Fig. 4](#) zeigt auch eine Explosivdarstellung des Fußes **12** einschließlich der tragbaren Elektronik **20** für die Stromversorgung, eines tragbaren Batterieteils **22**, einer Magnetunterlage **24** und eines zweiteiligen Gehäuses **26A** und **26B** für den Fuß. All diese Bauteile werden anschließend noch näher besprochen.

**[0075]** Es ist zu erkennen, dass bezeichnenderweise die Durchmesser der verschiedenartigen primären Bauteile des Gelenkarms **14** sich vom Fuß **12** bis zur Sonde **28** verjüngen. Eine derartige Verjüngung kann kontinuierlich erfolgen oder kann, wie das in der in den Abbildungen dargestellten Ausführungsform gezeigt ist, diskontinuierlich oder schrittweise erfolgen. Ferner kann jede der Hauptkomponenten des Gelenkarms **14** über Gewinde angebracht sein, wodurch eine große Anzahl von Befestigungsvorrichtungen entfällt, die bei den KVM des Standes der Technik vorhanden sind. Beispielsweise, und wie das später noch diskutiert werden soll, ist die Magnetunterlage **24** über Gewinde an der ersten langen Gelenkverbindung **16** angebracht. Vorzugsweise ist ein derartiges Gewinde ein Kegeltgewinde, welches selbstsperrend ist und für eine erhöhte Axial- bzw.

**[0076]** Biegesteifigkeit sorgt. Alternativ, wie das in [Fig. 25A](#) und [Fig. 25B](#) dargestellt ist und anschließend debattiert werden soll, können die Hauptkomponenten des Gelenkarms komplementäre kegelförmige Stecker- und Buchsenenden mit daran befindlichen Flanschen aufweisen, wobei derartige Flansche miteinander verschraubt werden.

**[0077]** Es soll nun auf [Fig. 5](#) Bezug genommen werden. Hier ist der zweite Satz von langen und kurzen Gelenkverbindungen dargestellt, welcher am ersten Satz angebracht ist. Der zweite Gelenksatz umfasst die lange Gelenkverbindung **30** und die kurze Gelenkverbindung **32**. Wie das mit der Anbringung der Magnetunterlage **24** an der langen Gelenkverbindung **16** folgerichtig ist, wird die lange Gelenkverbindung **30** in das Gewinde auf der Innenfläche der lan-

gen Gelenkverbindung **16** eingeschraubt. Auf ähnliche Weise und mit Bezug auf [Fig. 6](#) umfasst der dritte Gelenksatz eine dritte lange Gelenkverbindung **34** und eine dritte kurze Gelenkverbindung **36**. Die dritte lange Gelenkverbindung **34** wird in das Gewinde auf der Innenfläche der zweiten kurzen Gelenkverbindung **32** eingeschraubt. Wie anschließend noch ausführlicher besprochen wird, ist die Sonde **28** schraubbar an der kurzen Gelenkverbindung **36** angebracht.

**[0078]** Vorzugsweise ist jede kurze Gelenkverbindung **18**, **32** und **36** aus Aluminiumguss und/oder oberflächenbearbeiteten Aluminiumteilen oder alternativ aus leichtgewichtiger steifer Legierung oder einem Verbundwerkstoff aufgebaut. Jede lange Gelenkverbindung **16**, **30** und **34** ist vorzugsweise aus Aluminiumguss und/oder oberflächenbearbeiteten Aluminiumteilen, aus leichtgewichtiger steifer Legierung und/oder aus faserverstärktem Polymer gefertigt. Die mechanischen Achsen der drei vorerwähnten Gelenkpaare (d. h. Paar **1** umfasst Gelenkpaar **16**, **18**, Paar **2** umfasst Gelenkpaar **30**, **32** und Paar **3** umfasst Gelenkpaar **34**, **36**) sind bezüglich des Fußes auf ein glattes und gleichförmiges mechanisches Verhalten ausgerichtet. Die vorerwähnte, sich verjüngende Bauart vom Fuß **12** bis zur Sonde **28** wird deswegen vorgezogen, um am Fuß, wo die Belastungen größer sind, die Steifigkeit zu erhöhen, und an der Sonde oder am Handgriff, wo ein Einsatz ohne Einschränkungen wichtig ist, das Profil kleiner zu halten. Wie anschließend noch ausführlicher diskutiert werden soll, ist jede kurze Gelenkverbindung an jedem ihrer Enden mit einem schützenden Dämpfer **38** verbunden, und jede lange Gelenkverbindung ist mit einer Schutzhülle **40** oder **41** bedeckt. Es ist zu erkennen, dass die erste lange Gelenkverbindung **16** durch das Fußgehäuse **26A**, **B** geschützt wird, welches dieselbe Art von Schutz bietet wie die Hülsen **40**, **41** für die zweite und die dritte lange Gelenkverbindung **30** bzw. **34**.

**[0079]** Gemäß einem wichtigen Merkmal der vorliegenden Erfindung werden bei jeder der Gelenkverbindungen des Gelenkarms eine modulare Lager-/Codierer-Patrone wie beispielsweise die Kurzpatrone **42** und die Langpatrone **44**, die in den [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) dargestellt sind, benutzt. Diese Patronen **42**, **44** sind in die Öffnungen der dualen Muffenverbindungen **46**, **48** eingebaut. Jede Muffenverbindung **46**, **48** enthält eine erste zylinderförmige Verlängerung **47**, die eine erste Vertiefung oder Muffe **120** aufweist, und eine zweite zylinderförmige Verlängerung **49**, die eine zweite Vertiefung oder Muffe **51** aufweist. Im Allgemeinen sind die Muffen **120** und **51** um 90 Grad zueinander positioniert, auch wenn andere Winkelkonfigurationen zum Einsatz gelangen können. Eine Kurzpatrone **42** ist in jeder Muffe **51** der dualen Muffenverbindungen **46** und **48** positioniert, um ein Kippgelenk festzulegen, während eine Langpatrone **44** in der Muffe **120** der Gelenkverbindung **46**

(siehe [Fig. 25](#)) positioniert ist und eine Langpatrone **44'** (siehe [Fig. 26](#)) in der Muffe **120** der Gelenkverbindung **48** positioniert ist, so dass jede ein Drehgelenk in Längsrichtung festlegen. Die modularen Lager-/Codierer-Patronen **42, 44** ermöglichen die getrennte Fertigung einer vorgespannten oder vorgespannten dualen Lagerpatrone, auf welche die modularen Codiererkomponenten montiert werden. Die Lager-/Codierer-Patrone kann dann an den äußeren Skelettbauteilen (d. h. den dualen Muffenverbindungen **46, 48**) des Gelenkarms **14** fest angebracht werden. Der Einsatz derartiger Patronen ist ein signifikanter Vorteil auf diesem Gebiet, da durch ihn eine hohe Qualität und eine hohe Geschwindigkeit in der Produktion dieser komplizierten Unterbauteile des Gelenkarms **14** ermöglicht werden.

**[0080]** In der in diesem Dokument beschriebenen Ausführungsform gibt es vier unterschiedliche Patronentypen, nämlich zwei lange axiale Patronen für die Gelenkverbindungen **30** und **34**, eine axiale Fußpatrone für die Gelenkverbindung **16**, eine Fußpatrone (welche einen Gewichtsausgleich enthält) für die kurze Gelenkverbindung **18** und zwei Kippatronen für die Gelenkverbindungen **32** und **36**. Zusätzlich haben, wie das der Verjüngung des Gelenkarms **14** entspricht, die Patronen, die dem Fuß am nächsten sind (die sich z. B. in der langen Gelenkverbindung **16** und in der kurzen Gelenkverbindung **18** befinden) einen größeren Durchmesser gegenüber den Gelenkverbindungen **30, 32, 34** und **36** mit kleineren Durchmessern. Jede Patrone enthält eine vorgespannte Lageranordnung und einen Aufnehmer, der bei dieser Ausführungsform einen digitalen Codierer umfasst.

**[0081]** Wir wollen uns nun den [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) zuwenden, wo die Patrone **44**, die sich in der axialen langen Gelenkverbindung **16** befindet, beschrieben werden soll.

**[0082]** Die Patrone **44** enthält ein Paar von Lagern **50, 52**, die durch eine innere Hülse **54** und eine äußere Hülse **56** getrennt sind. Es ist wichtig, dass die Lager **50, 52** vorgespannt sind. Bei dieser Ausführungsform wird eine solche Vorspannung durch die Hülsen **54, 56** hervorgerufen, die unterschiedliche Längen aufweisen (die innere Hülse **54** ist um annähernd 12,7 µm (0,0005 Zoll) kürzer), so dass auf die Lager **50, 52** nach dem Festziehen eine vorgewählte Vorspannung ausgeübt wird. Die Lager **50, 52** sind unter Verwendung von Dichtungen **58** abgedichtet, wobei diese Anordnung drehbar auf die Welle **60** montiert ist. An ihrer oberen Fläche endet die Welle **60** an einem oberen Gehäuse **62** der Welle. Ein Ringspalt **63** ist zwischen Welle **60** und oberem Wellengehäuse **62** festgelegt. Diese ganze Anordnung ist im Innern des Patronenaußengehäuses **64** positioniert, wobei die Welle und ihre Lageranordnung am Gehäuse **64** unter Verwendung einer Kombination

aus innerer Mutter **66** und äußerer Mutter **68** fest angebracht sind. Dabei ist zu beachten, dass nach dem Zusammenbau der obere Bereich **65** des Außengehäuses **64** im Ringspalt **63** Aufnahme findet. Es ist zu erkennen, dass die vorerwähnte Vorspannung auf die Lager **50, 52** ausgeübt wird, nachdem die innere und die äußere Mutter **66** bzw. **68** festgezogen worden sind, welche die Druckkräfte auf die Lager ausüben, und infolge des Längenunterschieds zwischen dem inneren und äußeren Abstandsstücks **54** bzw. **56** wird die Vorspannung aufgebracht.

**[0083]** Vorzugsweise handelt es sich bei den Lagern **50, 52** um Duplex-Kugellager. Damit die richtige Vorspannung erhalten wird, ist es wichtig, dass die Lager so parallel wie möglich zueinander ausgerichtet sind. Die Parallelität beeinflusst die Gleichförmigkeit der Vorspannung über den Umfang des Lagers. Ungleichmäßige Belastung bewirkt, dass das Lager das Gefühl eines rauen unebenen Laufdrehmoments gibt, und führt zu einem unvorhersagbaren radialen Auslaufen und zu einer verminderten Leistungsfähigkeit des Codierers. Ein radiales Auslaufen der auf modulare Weise montierten Codierscheibe (die weiter unten noch diskutiert wird) führt zu einer unerwünschten Verschiebung des Interferenzmusters unterhalb des Lesekopfes. Dies führt zu signifikanten Fehlern in der Winkelmessung des Codierers. Darüber hinaus steht die Steifigkeit der vorzugsweise duplexen Lagerstruktur im direkten Zusammenhang mit der Trennung der Lager. Je weiter die Lager auseinander sind, umso steifer ist die Anordnung. Die Abstandsstücke **54, 56** werden benutzt, um die Trennung der Lager zu verstärken. Da das Patronengehäuse **64** vorzugsweise aus Aluminium ist, sollten die Abstandsstücke **54, 56** auch vorzugsweise aus Aluminium gefertigt sein und hinsichtlich Länge und Parallelität einer Präzisionsbearbeitung unterzogen werden. Im Ergebnis werden Temperaturänderungen nicht zu unterschiedlicher Ausdehnung führen, was sonst die Vorspannung beeinträchtigen würde. Wie bereits erwähnt worden ist, wird die Vorspannung durch Auslegung mit einem bekannten Längenunterschied der Abstandsstücke **54, 56** festgelegt. Sobald die Muttern **66, 68** fest angezogen sind, wird dieser Längenunterschied zu einer Lagervorspannung führen. Die Verwendung von Dichtungen **58** führt zu abgedichteten Lagern, da jegliche Verunreinigung die gesamte Drehbewegung und die Genauigkeit des Codierers nachteilig beeinflussen würde sowie das Lagergefühl.

**[0084]** Während die Patrone **44** vorzugsweise ein Paar von auf Abstand befindlichen Lagern enthält, könnte die Patrone **44** auf alternative Weise ein einzelnes Lager oder drei oder mehr Lager aufweisen. Daher benötigt jede Patrone ein Lager als Mindestanzahl.

**[0085]** Die Gelenkpatronen der vorliegenden Erfin-

ung können entweder eine unbegrenzte Drehung oder als Alternative eine begrenzte Drehung aufweisen. Für eine begrenzte Drehung liefert eine Nut **70** auf einem Flansch **72** auf der Außenfläche des Gehäuses **64** eine zylinderförmige Spur, welche ein Gleitstück **74** aufnimmt. Das Gleitstück **74** läuft in der Spur **70**, bis es gegen einen entfernbaren Gleitstück-Anschlag wie beispielsweise die Anschlagstellschrauben **76** zur Beendigung der Drehung stößt, woraufhin die Drehung aufhört. Der Betrag der Drehbewegung kann veränderlich sein je nachdem, was gewünscht wird. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Drehung des Gleitstücks auf weniger als 720° begrenzt. Die Anschläge des sich drehenden Gleitstücks von dem hier beschriebenen Typ sind ausführlicher in dem erteilten US-Patent 5.611.147 beschrieben.

**[0086]** Wie bereits erwähnt worden ist, kann in einer alternativen Ausführungsform die in der vorliegenden Erfindung benutzte Gelenkverbindung eine unbegrenzte Drehung aufweisen. In diesem letzteren Fall wird eine bekannte Gleitringanordnung benutzt. Die Welle **60** hat durch sie hindurch vorzugsweise eine Aushöhlung oder axiale Öffnung **78**, welche an einem ihrer Enden einen größeren Durchmesserquerschnitt **80** aufweist. An die Schulter, welche an der Schnittstelle zwischen den axialen Öffnungen **78** und **80** festgelegt ist, stößt eine zylinderförmige Gleitringanordnung **82**. Die Gleitringanordnung **82** ist hinsichtlich der vorgespannten Lageranordnung in der modularen Gelenkpatrone nicht struktureller Art (d. h. sie übt keine mechanische Funktion aus, sondern eine elektrische und/oder Signalübertragungsfunktion). Während die Gleitringanordnung **82** aus einem beliebigen handelsüblichen Gleitring bestehen kann, umfasst in einer bevorzugten Ausführungsform die Gleitringanordnung **82** einen Gleitring der H-Serie von IDM-Electronics Ltd, Reading, Berkshire, UK: Derartige Gleitringe sind hinsichtlich ihrer Größe kompakt und sind mit ihrer zylinderförmigen Ausführung ideal geeignet für den Einsatz in der Öffnung **80** innerhalb der Welle **60**. Die axiale Öffnung **80** durch die Welle **60** endet an einer Öffnung **84**, welche mit einem Kanal **86** in Verbindung steht und dergestalt konfiguriert ist, dass sie die Verdrahtung von der Gleitringanordnung **82** aufnimmt. Diese Verdrahtung wird durch eine Drahtummantelung **88** an Ort und Stelle befestigt und geschützt, welche in den Kanal **86** und die Öffnung **84** einschnappt und dort Aufnahme findet. Eine solche Verdrahtung ist schematisch unter **90** in [Fig. 10](#) dargestellt.

**[0087]** Wie bereits erwähnt worden ist, enthält die modulare Patrone **44** sowohl eine vorgespannte Lagerstruktur, die bereits weiter oben beschrieben worden ist, als auch eine modulare Codiererstruktur, die nun beschrieben werden soll. Weiterhin mit Bezug auf die [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) umfasst der bevorzugte Aufnehmer, der in der vorliegenden Erfindung be-

nutzt wird, einen modularen optischen Codierer, welcher zwei Hauptkomponenten aufweist, nämlich einen Lesekopf **92** und eine Gegengitterscheibe **94**. Bei dieser Ausführungsform ist ein Paar von Leseköpfen **92** auf einer Lesekopf-Anschlusskarte **96** positioniert. Die Anschlusskarte **96** ist (über Befestigungsmittel **98**) an einer Montageplatte **100** angebracht. Die Scheibe **94** ist vorzugsweise an der unteren Lagerfläche **102** der Welle **60** (vorzugsweise unter Benutzung eines geeigneten Klebers) angebracht und befindet sich in einem gewissen Abstand von und in Ausrichtung mit den Leseköpfen **92** (getragen und gehalten von der Karte **100**). Ein Leitungskanal **104** und eine Abdichtkappe **106** bilden die abschließende äußere Abdeckung für das untere Ende des Gehäuses **64**. Der Leitungskanal **104** nimmt die Verdrahtung **90** auf, wie das am besten in [Fig. 10](#) dargestellt ist. Es ist zu erkennen, dass infolge der Anwendung von Kleber an **102** die Codierscheibe **94** von der Welle **90** festgehalten wird und sich mit dieser dreht. Die [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) zeigen einen doppelten Lesekopf **92**; es ist jedoch erkennbar, dass mehr als zwei Leseköpfe benutzt werden können oder als Alternative auch nur ein einzelner Lesekopf benutzt werden kann, wie das in [Fig. 9a](#) gezeigt ist. Die [Fig. 9B-E](#) zeigen Beispiele von modularen Patronen **44** mit mehr als zwei Leseköpfen. Die [Fig. 9B-C](#) zeigen vier Leseköpfe **92**, die in einer Karte **100** Aufnahme finden und die sich in Winkelabständen von 90 Grad befinden (auch wenn andere relative Abstände durchaus geeignet sein können). Die [Fig. 9D-E](#) zeigen drei Leseköpfe **92**, die in einer Karte **100** Aufnahme finden und die sich in Winkelabständen von 120 Grad befinden (auch wenn andere relative Abstände durchaus geeignet sein können).

**[0088]** Um die Scheibe **94** richtig auszurichten, befindet sich ein (nicht dargestelltes) Loch durch das Gehäuse an einer Stelle in unmittelbarer Nähe der Scheibe **94**. Ein (nicht dargestelltes) Werkzeug wird dann benutzt, um die Scheibe **94** in die richtige Ausrichtung zu schieben, worauf der Kleber zwischen der Scheibe **94** und der Welle **66** zum Aushärten gebracht wird, um die Scheibe **94** an Ort und Stelle zu arretieren. Ein Stöpsel **73** wird dann durch das in dem Gehäuse **64** befindliche Loch gesteckt.

**[0089]** Es ist wichtig anzumerken, dass die Anbringungsstellen von Scheibe **94** und Lesekopf **92** umgekehrt werden können, wobei Scheibe **94** am Gehäuse **56** angebracht wird und der Lesekopf **92** sich mit der Welle **60** dreht. Eine derartige Ausführungsform ist in [Fig. 12A](#) dargestellt, wo die Karte **96'** (mittels Kleber) an der Welle **60'** angebracht ist, um sich mit dieser zu drehen. Ein Paar von Leseköpfen **92'** ist an der Karte **96'** angebracht und dreht sich daher mit der Welle **60'**. Die Scheibe **94'** ist auf einem Träger **100'** positioniert, der am Gehäuse **64'** angebracht ist. Auf jeden Fall wird erkannt, dass entweder die Scheibe **94** oder der Lesekopf **92** so montiert sein können,

dass sie sich mit der Welle drehen. In jedem Fall ist es wichtig, dass die Scheibe **94** und der Lesekopf **92** in einer Patrone (oder Gelenkverbindung) positioniert sind, so dass sie in Bezug zueinander drehbar sind, während die optische Kommunikation aufrecht erhalten bleibt.

**[0090]** Vorzugsweise ist der Dreh-Codierer, der in der vorliegenden Erfindung benutzt wird, ähnlich demjenigen, der in den US-Patenten 5.486.923 und 5.559.600 offenbart ist. Derartige modulare Codierer sind von MicroE Systems unter dem Handelsnamen Pure Precision Optics kommerziell verfügbar. Diese Codierer beruhen auf der physikalischen Optik, welche die Interferenz zwischen Beugungsordnungen feststellt, um nahezu vollständige sinusförmige Signale von einer Fotodetektoranordnung (z. B. Lesekopf/Leseköpfe), die in dem Interferenzmuster enthalten sind, zu erzeugen. Die sinusförmigen Signale werden elektronisch interpoliert, um die Erfassung der Verschiebung zu ermöglichen, die nur ein Bruchteil der optischen Interferenz ist.

**[0091]** Bei Verwendung einer Laserlichtquelle wird der Laserstrahl zunächst durch eine Linse kollimiert und dann durch eine Apertur dimensioniert. Der kollimierte dimensionierte Strahl tritt durch ein Gegengitter, welches das Licht in diskrete Ordnungen beugt, wobei die nullte Ordnung und alle geradzahliges Ordnungen durch den Rasteraufbau des Gitters unterdrückt werden. Mit unterdrückter nullter Ordnung existiert ein Bereich jenseits der divergierenden 3. Ordnung, wo sich nur die Ordnungen  $\pm 1$  überlappen, um eine nahezu reine sinusförmige Interferenz zu erzeugen. Ein oder mehrere Fotodetektoranordnungen (Leseköpfe) sind in diesem Bereich untergebracht und erzeugen vier Kanäle mit nahezu reinem sinusförmigem Ausgang, wenn eine Relativbewegung zwischen dem Gegengitter und dem Detektor vorliegt. Die Elektronik verstärkt, normiert und interpoliert den Ausgang je nach dem gewünschten Auflösungsgrad.

**[0092]** Die Einfachheit dieser Codiererkonstruktion bringt mehrere Vorteile gegenüber den Codierern des Standes der Technik. Messungen können mit nur einer Laserquelle und ihrer Kollimationsoptik, einem beugenden Gegengitter und einer Detektoranordnung ausgeführt werden. Dies führt zu einem äußerst kompakten Codierersystem gegenüber den doch sperrigeren konventionellen Codierern des Standes der Technik. Zusätzlich macht eine direkte Beziehung zwischen dem Gegengitter und der Bewegung des Interferenzstreifens den Codierer unempfindlich gegenüber Fehlern, die durch die Umgebung induziert werden und denen gegenüber die Geräte des Standes der Technik empfindlich sind. Da der Bereich der Interferenz groß ist und eine nahezu sinusförmige Interferenz überall innerhalb dieses Bereiches erhalten wird, sind darüber hinaus die Ausrichtungstoleranzen weitaus lockerer, als dies bei den Codierern des

Standes der Technik der Fall ist.

**[0093]** Ein signifikanter Vorteil des vorerwähnten optischen Codierers liegt darin, dass die Genauigkeit der Standoff-Orientierung und der Abstand oder der Abstand und die Orientierung des Lesekopfes in Bezug auf die Codierscheibe weit weniger zwingend sind. Dies ermöglicht eine Drehmessung hoher Genauigkeit und eine leicht zu montierende Baugruppe. Der Einsatz dieser „geometrietoleranten“ Codierertechnologie führt zu einer KVM **10**, die sich durch signifikante Kosteneinsparungen und eine leicht zu realisierende Fertigung auszeichnet.

**[0094]** Es ist zu erkennen, dass, während die oben beschriebene bevorzugte Ausführungsform eine optische Scheibe **94** enthält, die bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung auch irgend ein optisches Interferenzmuster umfasst, welches ermöglicht, dass der Lesekopf die Relativbewegung misst. Wie dies hier gebraucht wird, bedeuten derartige Interferenzmuster irgendeine periodische Anordnung von optischen Elementen, welche die Messung der Bewegung ermöglichen. Derartige optische Elemente oder Interferenzmuster könnten auf eine sich drehende oder stationäre Scheibe aufgebracht sein, wie das weiter oben beschrieben ist, oder sie könnten alternativ darauf abgeschieden, befestigt oder sonst wie positioniert sein oder sich auf irgend einer der sich relativ bewegenden Komponenten (wie beispielsweise der Welle, den Lagern oder dem Gehäuse) der Patrone befinden.

**[0095]** In der Tat brauchen der Lesekopf und die zugehörige periodische Anordnung oder Muster überhaupt nicht unbedingt auf der Optik (wie weiter oben beschrieben) zu beruhen. Vielmehr könnte im weiteren Sinne der Lesekopf irgend ein anderes periodisches Muster lesen (oder aufnehmen), welches von einer anderen messbaren Größe oder kennzeichnenden Eigenschaft stammt, welche zur Messung der Bewegung, im Allgemeinen der Drehbewegung, benutzt werden kann. Zu solchen anderen messbaren kennzeichnenden Größen können beispielsweise das Reflexionsvermögen, die Opazität, das magnetische Feld, die elektrische Kapazität, die elektrische Induktivität oder die Oberflächenrauigkeit gehören. (Man beachte, dass ein Muster der Oberflächenrauigkeit unter Verwendung eines Lesekopfes oder Sensors in der Form einer Kamera wie beispielsweise einer CCD-Kamera gelesen werden könnte). In derartigen Fällen würde der Messkopf beispielsweise die periodischen Änderungen des Magnetfeldes, des Reflexionsvermögens, der Kapazität, der Induktivität, der Oberflächenrauigkeit und der dergl. messen. Der Ausdruck „Lesekopf“ im Sinne dieses Dokuments bezeichnet jeglichen Sensor oder Wandler und die zugehörige Elektronik zur Analyse dieser messbaren Größen oder kennzeichnenden Eigenschaften mit einem optischen Lesekopf, welcher gerade ein bevor-

zugtes Beispiel ist. Natürlich kann sich das optische Muster, das vom Lesekopf gelesen wird, auf irgendeiner Fläche befinden, solange es eine Relativbewegung (im Allgemeinen eine Drehbewegung) zwischen dem Lesekopf und dem periodischen Muster gibt. Zu Beispielen des periodischen Musters gehören magnetische, induktive oder kapazitive Medien, welche auf einer sich drehenden oder einer stationären Komponente in einem Muster abgelagert sind. Falls die Oberflächenrauigkeit das zu abzutastende periodische Muster ist, besteht zusätzlich kein Bedarf, ein getrenntes periodisches Medium abzuscheiden oder anderweitig aufzubringen, da die Oberflächenrauigkeit irgend einer Komponente in Verbindung mit dem zugehörigen Lesekopf (vermutlich eine Kamera wie beispielsweise eine CDC-Kamera) benutzt werden kann.

**[0096]** Wie bereits erwähnt worden ist, zeigen die [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) die Elemente des modularen Lagers und der Codiererpatrone für die in axialer Richtung lange Gelenkverbindung [16](#). Die [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) zeigen das Lager und die Codiererpatrone für die axialen langen Gelenkverbindungen [30](#) und [34](#). Diese Patronenanordnungen sind dem Wesen nach ähnlich denen, die in den [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) dargestellt sind, und werden daher mit [44'](#) bezeichnet. Was die Patrone [44](#) betrifft, so sind aus den Abbildungen kleinere Unterschiede in Bezug auf beispielsweise eine anders konfigurierte Drahtkappe/Abdeckung [88'](#), geringfügig abweichende Leitungskanäle/Abdeckungen [104'](#), [106'](#) und die Positionierung von Flansch [72'](#) am oberen Ende des Gehäuses [64'](#) offensichtlich. Auch sind die Flansche zwischen dem Gehäuse [64'](#) und dem oberen Gehäuse [62](#) der Welle nach außen abgehend. Natürlich können die relativen Längen der verschiedenen Komponenten, die in den [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) dargestellt sind, geringfügig von denen in den [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) abweichen. Da all diese Komponenten im Wesentlichen ähnlich sind, wurde diesen Komponenten dieselbe Kennzeichnungszahl mit Zufügung eines Striches gegeben. [Fig. 11A](#) ist ähnlich der [Fig. 11](#), zeigt aber eine Ausführungsform mit einem einzelnen Lesekopf.

**[0097]** Wenden wir uns nun den [Fig. 13](#) und [Fig. 14](#) zu. Hier sind ähnliche Explosiv- und Schnittdarstellungen für die Lager- und Codiererpatronen in den kurzen Kippgelenkverbindungen [32](#) und [36](#) dargestellt. Wie bei den langen axialen Gelenkverbindungen [44'](#) der [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) sind die Patronen für die kurzen Gelenkverbindungen [32](#) und [36](#) dem Wesen nach ähnlich der weiter oben ausführlich diskutierten Patrone [44](#), und daher sind die Bauteile dieser Patronen mit [44''](#) gekennzeichnet, wobei ähnliche Bauteile auch unter Verwendung eines Doppelstrichs gekennzeichnet sind. Dabei muss hervorgehoben werden, dass keine Gleitringanordnung erforderlich ist, da die Patronen [44''](#) für den Einsatz in kurzen Gelenkverbindungen [32](#), [36](#) vorgesehen sind und die

Verdrahtung wegen der Kippbewegung dieser Gelenkverbindungen einfach durch die axialen Öffnungen [78''](#), [80''](#) führt. [Fig. 13A](#) ist der [Fig. 13](#) ähnlich, zeigt aber eine Ausführungsform mit einem einzelnen Lesekopf.

**[0098]** Schließlich zeigen die [Fig. 15](#) und [Fig. 16](#) unter der Bezugszahl [108](#) die modulare Lager-/Codierer-Patrone für die kurze Kippgelenkverbindung [18](#). Es ist zu erkennen, dass im Wesentlichen alle Teile der Patrone [108](#) ähnliche Bauteile oder gar die gleichen Bauteile sind wie diejenigen in den Patronen [44](#), [44'](#) und [44''](#) mit der wesentlichen Ausnahme, dass eine Anordnung für den Gewichtsausgleich einbezogen ist. Diese Gewichtsausgleichanordnung enthält eine Gewichtsausgleichfeder [110](#), welche über dem Gehäuse [64''](#) Aufnahme findet und für die KMV [10](#) eine wichtige Gewichtsausgleichsfunktion in einer Weise erfüllt, wie sie nachfolgend unter Bezugnahme auf die [Fig. 26](#) bis [Fig. 28](#) noch beschrieben wird. [Fig. 15A](#) ähnelt der [Fig. 15](#), zeigt aber eine Ausführungsform mit einem einzelnen Lesekopf.

**[0099]** Wie bereits erwähnt worden ist, können in einer bevorzugten Ausführungsform in dem Codierer mehr als ein Lesekopf Verwendung finden. Es ist zu erkennen, dass die Winkelmessung durch einen Codierer durch Auslaufen der Scheibe oder Radialbewegung infolge angreifender Lasten bewirkt werden kann. Es ist festgestellt worden, dass zwei Leseköpfe, die unter einem Winkel von 180° zueinander angeordnet sind, zu einem Auslaufen führen, wodurch in jedem Lesekopf Auslöschefekte verursacht werden. Diese Auslöschefekte werden zwecks einer endgültigen „immunen“ Winkelmessung ausgemittelt. Daher führen die Verwendung von zwei Leseköpfen und die sich ergebende Fehlerunterdrückung zu einer Codiermessung, die gegenüber Fehlern weniger anfällig ist und zudem genauer ist. Die [Fig. 17–Fig. 19](#) zeigen von einer Ausführungsform für einen dualen Lesekopf die Ansicht von unten, den Schnitt und die Ansicht von oben. Eine derartige Ausführung ist beispielsweise bei einer Patrone größeren Durchmessers von Nutzen, wie sie in den Gelenkverbindungen [16](#) und [18](#) vorgefunden wird (d. h. jenen Gelenkverbindungen, die dem Fuß am nächsten sind). Daher ist eine Patronenendkappe [100](#) auf einem Paar von Leiterkarten [96](#) montiert, wobei jede Leiterkarte [96](#) einen mechanisch daran befestigten Lesekopf [92](#) aufweist. Die Leseköpfe [92](#) sind vorzugsweise um 180° zueinander positioniert, um die Unterdrückung der Fehler zu bewirken, die sich aus dem Auslaufen oder der radialen Bewegung der Scheibe ergeben. Jede Karte [96](#) enthält zusätzlich ein Anschlussstück [93](#) zum Anbringen der Leiterkarte [96](#) am internen Bus und/oder an anderer Verdrahtung, wie das weiter unten noch diskutiert wird. Die [Fig. 20–Fig. 22](#) zeigen im Wesentlichen dieselben Bauteile wie die [Fig. 17–Fig. 19](#) mit dem hauptsächlichsten Unterschied, dass es sich um eine Endkappe

**100** für eine Patrone mit kleinerem Durchmesser handelt. Diese Ausführungsform mit dualem Lesekopf kleineren Durchmessers gehört gewöhnlich zu den Patronen kleineren Durchmessers wie beispielsweise denen der Gelenkverbindungen **30**, **32**, **34** und **36**.

**[0100]** Die Verwendung von mindestens zwei Leseköpfen (oder mehr als zwei wie beispielsweise von drei Leseköpfen, wie das in [Fig. 9D](#)–E gezeigt ist, und vier Leseköpfen, wie das in [Fig. 9B](#)–C gezeigt ist) findet auch vorteilhaft Anwendung in den mehr konventionellen KMV, um die Kosten und die Kompliziertheit von deren Fertigung auf signifikante Weise zu senken. Beispielsweise eine im US-Patent 5.794.356 (nachfolgend mit „Raab '356" bezeichnet) beschriebene KMV enthält einen relativ einfachen Aufbau für jede Gelenkverbindung, die ein erstes Gehäuse enthält, welches mit einer Gelenkhälfte stationär bleibt, und ein zweites Gehäuse, welches mit der zweiten Gelenkhälfte stationär bleibt, wobei das erste und das zweite Gehäuse vorgespannte Lager aufweisen, welche ermöglichen, dass sie gegeneinander rotieren. Das erste Gehäuse enthält einen gepackten Codierer, und das zweite Gehäuse enthält eine axial angeordnete innere Welle, welche sich in das erste Gehäuse hinein erstreckt und auf die Welle des Codierers trifft, die aus dem gepackten Codierer herausführt. Um die hochgenaue Drehmessung aufrecht zu erhalten, setzt der gepackte Codierer des Standes der Technik voraus, dass auf ihn keine Lasten ausgeübt werden und dass die Bewegung des zweiten Gehäuses genau auf den Codierer übertragen wird trotz geringer Fehlausrichtungen der Achse der inneren Welle und der Achse des gepackten Codierers. Um die Fertigungstoleranzen in der axialen Fehlausrichtung aufzunehmen, ist eine spezielle Koppelvorrichtung zwischen die Codiererwelle und die innere Welle geschaltet. Ein derartiger Aufbau ist aus [Fig. 7](#) in Raab '356 ersichtlich.

**[0101]** Dagegen zeigt [Fig. 35](#) einen modifizierten Aufbau, bei welchem die Koppelvorrichtung und der gepackte Codierer der KVM nach Raab '356 entfernt und durch eine Codierscheibe **96** und eine Endkappe **100** ersetzt worden sind. Hier sind zwei Gelenkverbindungen zueinander um 90° angeordnet, wobei jede Gelenkverbindung ein erstes Gehäuse **420** und ein zweites Gehäuse **410** aufweist. Die innere Welle **412** erstreckt sich vom zweiten Gehäuse **420** in das erste Gehäuse **410**. Wie ersichtlich ist, ist die Codierscheibe **94** beispielsweise unter Verwendung eines Klebers am Ende der inneren Welle **412** angebracht, während die Endkappe **100** innerhalb des ersten Gehäuses **420** befestigt ist. Es ist jedoch einzusehen, dass die Codierscheibe **96** innerhalb des ersten Gehäuses **420** und die Endkappe **100** an der inneren Welle **412** befestigt sein können, ohne dass die Funktion der Gelenkverbindung beeinträchtigt wird.

**[0102]** Wie weiter vorn beschrieben worden ist, führen die Verwendung von zwei (oder mehr als zwei) Leseköpfen und die sich daraus ergebende Fehlerunterdrückung zu einer weniger fehleranfälligen und zu einer genaueren Codiermessung trotz geringer axialer Ausrichtungsfehler. Zusätzlich macht eine direkte Beziehung zwischen dem Gegengitter und der Bewegung des Interferenzstreifens den Codierer weniger anfällig gegenüber aus der Umgebung induzierten Fehlern, für welche die Geräte des Standes der Technik anfällig sind. Da der Bereich der Interferenz groß ist und eine nahezu sinusförmige Interferenz überall in diesem Bereich erhalten wird, sind außerdem Ausrichtungstoleranzen etwas weniger streng zu nehmen, als dies bei den Codierern des Standes der Technik der Fall ist, die weiter vorn beschrieben worden sind.

**[0103]** In einem weiteren Beispiel, dem US-Patent 5.829.148, erteilt an Eaton (nachfolgend mit „Eaton '148" bezeichnet), wird eine KMV des Standes der Technik beschrieben, in welcher ein gepackter Codierer einen festen Bestandteil einer jeden Gelenkverbindung in der Weise bildet, dass primäre Rotationslager vorhanden sind, wodurch jegliche Notwendigkeit entfällt, axiale Fehlausrichtungen zu kompensieren, wie das bei der weiter oben diskutierten Vorrichtung Raab '356 der Fall ist. Weil dieser Codierer primäre Rotationslager aufweist, zeichnet er sich dadurch aus, dass er baulich stabil ist und imstande ist, verschiedenartigen Belastungen ausgesetzt zu werden, ohne dass dadurch seine Leistungsfähigkeit beeinträchtigt wird. Dies kommt zu den Kosten und der Sperrigkeit des Codierers hinzu. Ein derartiger Aufbau ist aus [Fig. 4](#) in Eaton '148 ersichtlich.

**[0104]** Dagegen zeigt [Fig. 36](#) einen modifizierten Aufbau, bei welchem der gepackte Codierer und die verbindende Welle von einer Gelenkverbindung der KMV Eaton '148 entfernt und durch die Endkappe **100** und die Codierscheibe **96** ersetzt sind. Hier hält ein erstes Gehäuse **470** die Endkappe **100** und die innere Welle **462** des zweiten Gehäuses **460** durch die Lager **472**. Die innere Welle **462** ist verlängert, um nahe an der Endkappe **100** zu enden, und die Kopierscheibe **96** ist beispielsweise unter Benutzung eines Klebers am Ende der inneren Welle **462** angebracht. Wie auch bei der in [Fig. 35](#) dargestellten Ausführungsform vermindert der Einsatz von zwei (oder mehr als zwei) Leseköpfen die Kosten und die Kompliziertheit der Gelenkverbindung beträchtlich, ohne Genauigkeit zu opfern.

**[0105]** Wir wollen uns nun der [Fig. 23A](#) zuwenden. Sie zeigt ein Blockdiagramm der Elektronik für die Ausführungsform der [Fig. 9A](#), [Fig. 11A](#), [Fig. 13A](#) und [Fig. 15A](#) mit einem einzelnen Lesekopf. Es ist zu erkennen, dass die KMV **10** vorzugsweise einen äußeren Bus (vorzugsweise einen USB-Bus) **260** und einen inneren Bus (vorzugsweise RS-485) **261** auf-

weist, die so ausgelegt sind, dass sie für mehrere Codierer sowie für entweder eine außen montierte Schiene oder zusätzliche Drehachsen wie beispielsweise eine siebente Achse erweiterungsfähig sind. Dieser innere Bus ist vorzugsweise im Einklang mit RS-485 und vorzugsweise so konfiguriert, dass er als seriell Netzwerk in einer Weise benutzt wird, die im Einklang mit dem seriellen Netzwerk zum Datenaustausch von Aufnehmern in einer tragbaren KVM steht, wie sie im erteilten US-Patent 6.219.928 offenbart ist.

**[0106]** Unter Bezugnahme auf [Fig. 23A](#) ist zu erkennen, dass jeder Codierer in jeder Patrone mit einer Codiererkarte verknüpft ist. Die Codiererkarte für die Patrone in der Gelenkverbindung **16** ist innerhalb des Fußes **12** positioniert und ist in [Fig. 25](#) mit **112** bezeichnet. Die Codierer für die Gelenkverbindungen **18** und **30** befinden sich auf einer dualen Codiererkarte, die sich in der zweiten langen Gelenkverbindung **30** befindet und in [Fig. 26](#) mit **114** bezeichnet ist. [Fig. 26](#) zeigt auch eine ähnliche duale Codiererkarte **116** für die in den Gelenkverbindungen **32** und **34** benutzten Codierer, wobei die Karte **116** in der dritten langen Gelenkverbindung **34** positioniert ist, wie das in [Fig. 26](#) dargestellt ist. Schließlich ist das Endcodiererkarte **118** innerhalb des Handgriffs der Messsonde **28** positioniert, wie das in [Fig. 24](#) dargestellt ist, und wird benutzt, um die Codierer in der kurzen Gelenkverbindung **36** zu steuern. Jede der Karten **114**, **116** und **118** ist mit einem thermoelektrischen Wandler verbunden, um für Temperaturkompensation infolge von Temperaturschwankungen zu sorgen. Jede Karte **112**, **114**, **116** und **118** enthält eingebaute Analog-Digital-Wandlung, Codierzählung und Vorrichtungen für den Datenaustausch über serielle Ports. Jede Karte weist auch lesbare und programmierbare Blitz-Speicher auf, um die lokale Speicherung von Betriebsdaten zu ermöglichen. Die Hauptprozessorkarte **112** ist über den externen USB-Bus **260** auch feldprogrammierbar. Wie bereits erwähnt, ist der interne Bus (RS-485) **261** so ausgelegt, dass er für mehrere Codierer erweiterbar ist, was auch entweder eine außen montierte Schiene und/oder eine siebente Drehachse einschließt. Ein Achs-Port ist vorhanden, um eine Diagnose des Internbusses durchführen zu können. Mehrfach-KVM des unter **10** in diesen Abbildungen gezeigten KVM-Typs können dank der Fähigkeiten des Kommunikationsprotokolls des externen USB an einer einzelnen Anwendung angebracht werden. Darüber hinaus können Mehrfachanwendungen aus genau denselben Gründen an einer einzelnen KVM **10** angebracht sein.

**[0107]** Vorzugsweise enthält jede Karte **112**, **114**, **116** und **118** einen 16-Bit-Digitalsignalprozessor wie beispielsweise den Prozessor, der von Motorola unter der Bezeichnung DSP56F807 erhältlich ist. Dieses einzelne Prozessor-Bauteil kombiniert viele Pro-

zessormerkmale, darunter den seriellen Datenaustausch, die Quadratur-Dekodierung, A/D-Wandler und kartenintegrierte Speicher, so dass dadurch die Reduzierung der Gesamtzahl der für jede Karte erforderlichen Chips ermöglicht wird.

**[0108]** Gemäß einem weiteren wichtigen Merkmal der vorliegenden Erfindung ist jeder der Codierer mit einem individualisierten Kennzeichnungs-Chip **120** (ID-Chip) verbunden. Dieser Chip kennzeichnet jeden individuellen Codierer und identifiziert daher jede individuelle modulare Lager-/Codierer-Patrone, um die Qualitätskontrolle, das Prüfen und die Reparatur zu erleichtern und zu beschleunigen.

**[0109]** [Fig. 23B](#) ist ein Blockdiagramm der Elektronik, welches dem der [Fig. 23A](#) ähnlich ist, aber die Ausführungsform der [Fig. 10](#), [Fig. 12](#), [Fig. 14](#) und [Fig. 16–Fig. 22](#) mit dualem Lesekopf abbildet.

**[0110]** Mit Bezug auf die [Fig. 24–Fig. 26](#) soll nun die Anordnung einer jeden Patrone im Gelenkarm beschrieben werden (dabei ist zu beachten, dass [Fig. 24](#) einen Arm **10** ohne den Fuß **12** zeigt. Auch ist zu beachten, dass die [Fig. 24–Fig. 26](#) die Ausführungsformen mit einzelner Lesekopf der [Fig. 9A](#), [Fig. 11A](#), [Fig. 13A](#) und [Fig. 15A](#) benutzen). Wie in [Fig. 25](#) dargestellt ist, enthält die erste lange Gelenkverbindung **16** eine relativ kurze Patrone **44**, deren oberes Ende in eine zylinderförmige Hülse **120** der dualen Muffenverbindung **46** eingesteckt ist. Die Patrone **44** wird in der Muffe **120** unter Verwendung eines geeigneten Klebers festgehalten. Das gegenüberliegende untere Ende der Patrone **44** ist in ein Verlängerungsrohr eingesteckt, welches in dieser Ausführungsform eine Aluminiumhülse **122** sein kann (die Hülse **122** kann aber auch aus einer starren Legierung oder einem Verbundmaterial bestehen). Die Patrone **44** ist in der Hülse **122** abermals unter Verwendung eines geeigneten Klebers befestigt. Das untere Ende der Hülse **122** enthält einen Bereich **124** mit einem größeren Außendurchmesser, der ein Innengewinde **126** aufweist. Ein solches Gewinde ist nach außen verjüngt und so konfiguriert, dass es zu dem sich nach innen verjüngenden Gewinde **128** auf dem magnetischen Montagegehäuse **130** passt, wie das in [Fig. 4](#) deutlich gezeigt ist. Wie bereits besprochen worden ist, sind sämtliche der mehreren Gelenkverbindungen der KVM **10** untereinander durch solches Kegelfgewinde verbunden. Vorzugsweise ist das Kegelfgewinde vom Typ des amerikanischen kegelförmigen Rohrgewindes NPT, welches selbstspannend ist, so dass keine Kontermuttern oder anderen Befestigungsvorrichtungen erforderlich sind. Dieses Gewinde bietet die Gewindeblockierung und sollte ein Verriegelungsmittel für Gewinde enthalten.

**[0111]** Wenden wir uns nun der [Fig. 26](#) zu. Wie bei der ersten langen Gelenkverbindung **16** ist die lange Patrone **44'** durch Einkleben in die zylinderförmige

Öffnung **120'** der dualen Muffenverbindung **46'** befestigt. Das Außengehäuse **64'** der Patrone **44'** weist eine Schulter **132** auf, die durch die untere Fläche des Flansches **72'** festgelegt ist. Diese Schulter **132** trägt das zylinderförmige Verlängerungsrohr **134**, welches sich über der Außenfläche des Gehäuses **64'** befindet und diese umgibt. Bei den Gelenkverbindungen finden Verlängerungsrohre Verwendung, damit ein Rohr mit veränderlicher Länge für die Anbringung an einem mit Gewinde versehenen Bauteil geschaffen wird. Dieses Verlängerungsrohr **134** erstreckt sich somit von der Unterseite der Patrone **64'** nach außen und enthält eine eingesteckte und mit Gewinde versehene Hülse **136**. Ein geeigneter Kleber wird benutzt, um das Gehäuse **44'** mit dem Verlängerungsrohr **134** zu verbinden sowie die Hülse **136** und das Rohr **134** miteinander zu verbinden. Die Hülse endet in einem sich verjüngenden Abschnitt, auf welchem sich das Außengewinde **138** befindet. Dieses Außengewinde passt zum Innengewinde **140** auf dem Verbindungsstück **142**, welches durch Kleben in der Öffnung **144** der dualen Muffenverbindung **48** befestigt worden ist. Vorzugsweise besteht das Verlängerungsrohr **134** aus einem Verbundwerkstoff wie beispielsweise einem geeigneten Kohlefaser-Verbundwerkstoff, während die schraubbare Hülse **136** aus Aluminium besteht, so dass sie bezüglich der thermischen Eigenschaften zur dualen Muffenverbindung **48** passt. Es ist zu erkennen, dass die PC-Karte **114** an einer Halterung **146** befestigt ist, die ihrerseits an der Halterung **142** der dualen Muffenverbindung befestigt ist.

**[0112]** Zusätzlich zu den vorerwähnten Gewindeverbindungen kann bzw. können eine, einige oder sämtliche der Gelenkverbindungen unter Verwendung von mit Gewinde versehenen Befestigungsvorrichtungen, wie in den [Fig. 25A–B](#) dargestellt, untereinander verbunden werden. Anstatt der mit Gewinde versehenen Hülse **136** von [Fig. 26](#) hat die Hülse **136'** von [Fig. 25B](#) vorzugsweise ein glattes und sich verjüngendes Ende **137**, welches von einer komplementären kegelförmigen Muffenhalterung **142'** aufgenommen wird. Ein Flansch **136** erstreckt sich von der Hülse **136'** umfänglich nach außen mit einer Anordnung von durchgehenden Schraublöchern (in diesem Fall **6**) zur Aufnahme von Gewindebolzen **141**. Diese Bolzen **141** werden über Gewinde in den entsprechenden Löchern längs der oberen Fläche der Muffenhalterung **142'** aufgenommen. Über der Hülse **136'** findet ein Verlängerungsrohr **134'** Aufnahme wie bei der Ausführungsform der [Fig. 26](#). Die zueinander komplementären Außen- und Innengewinde für die Gelenkverbindungen liefern Verbindungstrennflächen, die gegenüber dem Stand der Technik verbessert sind.

**[0113]** Weiter mit Bezug auf [Fig. 26](#) ist die lange Patrone **44''** der dritten langen Gelenkverbindung **34** am Arm **14** in einer Weise befestigt, die derjenigen von

Patrone **44'** der langen Gelenkverbindung **30** ähnlich ist. Das bedeutet, der obere Bereich der Patrone **44''** ist durch Kleben in der Öffnung **120''** der dualen Muffenverbindung **46''** befestigt. Ein Verlängerungsrohr **148** (welches vorzugsweise aus einem Verbundwerkstoff besteht, wie das in Bezug auf das Rohr **134** beschrieben ist) ist über dem äußeren Gehäuse **64''** positioniert und erstreckt sich von dort nach außen, so dass es eine Passhülse **150** aufnimmt, welche durch Kleben am Innendurchmesser des Verlängerungsrohres **148** befestigt ist. Diese Passhülse **150** endet an einem sich verjüngenden Abschnitt, welcher ein Außengewinde **152** aufweist, das zum komplementären Innengewinde **153** in der Halterung **154** der dualen Muffenverbindung passt, welche durch Kleben an der zylinderförmigen Muffe **156** in der dualen Muffenverbindung **148'** befestigt ist. Die gedruckte Leiterkarte **116** ist auf ähnliche Weise mit der dualen Muffenverbindung unter Verwendung der Halterung **146'** für die gedruckte Leiterkarte befestigt, welche an der Halterung **154** der dualen Muffenverbindung befestigt ist.

**[0114]** Wie in Bezug auf die [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) diskutiert worden ist, sind die kurzen Patronen **44'** in den [Fig. 13](#) und [Fig. 14](#) und **108** von [Fig. 15](#) einfach zwischen zwei dualen Muffenverbindungen **46**, **48** positioniert und in den dualen Muffenverbindungen unter Verwendung eines geeigneten Klebers befestigt. Im Ergebnis werden die lange und die kurze Patrone leicht aneinander unter rechten Winkeln befestigt (oder, falls dies gewünscht wird, unter anderen Winkeln als den rechten Winkeln).

**[0115]** Die weiter oben beschriebenen modularen Lager-/Aufnehmer-Patronen bilden einen bedeutenden technologischen Fortschritt bei tragbaren KMV, wie das beispielsweise in den vorerwähnten Patenten Raab '356 und Eaton '148 dargestellt ist. Das liegt daran, dass die Patrone (oder das Gehäuse der Patrone) tatsächlich ein strukturelles Bauteil einer jeden Gelenkverbindung festlegt, welches zum Gelenkarm gehört. Der Ausdruck „strukturelles Bauteil“, wie er hier gebraucht wird, bedeutet, dass die Oberfläche der Patrone (d. h. das Gehäuse der Patrone) starr an anderen strukturellen Bauteilen des Gelenkarms angebracht ist, um die Rotation ohne Verformung des Arms (oder höchstens der minimalsten Verformung) zu übertragen. Dies steht im Gegensatz zu den herkömmlichen tragbaren KMV (wie beispielsweise denen, die in Raab '356 und Eaton '148 offenbart werden), bei welchen getrennte und verschiedene Verbindungselemente und Übertragungselemente erforderlich sind, wobei die Rotationskodierer Teil der Verbindungselemente (nicht jedoch der Übertragungselemente) sind. Im Wesentlichen hat die vorliegende Erfindung die Notwendigkeit von getrennten Übertragungselementen (z. B. Übertragungsteilen) dadurch vermieden, dass die Funktionalität der Verbindungs- und Übertragungselemente zu einem einzigen modu-

laren Bauteil (d. h. Patrone) kombiniert wird. Daher benutzt die vorliegende Erfindung an Stelle eines Gelenkarms, der aus getrennten und unterschiedlichen Verbindungs- und Übertragungselementen besteht, einen Gelenkarm, der aus einer Kombination von längeren und kürzeren Verbindungselementen (d. h. Patronen) besteht, die alle strukturelle Elemente des Arms bilden. Dies führt zu höheren Werten für die Effizienz in Bezug auf den Stand der Technik. Beispielsweise beträgt die Anzahl der Lager, die bei einer Kombination aus Verbindungs- und Übertragungselement in den Patenten '148 und '582 benutzt werden, vier (zwei Lager in dem Verbindungselement und zwei Lager in dem Übertragungselement), während die modulare Lager-/Wandler-Patrone der vorliegenden Erfindung ein Minimum von einem Lager (auch wenn zwei Lager bevorzugt werden) nutzen kann und dennoch dieselbe Funktionalität erfüllt (wenn auch auf eine andere und verbesserte Weise).

**[0116]** Die [Fig. 24A](#) und [Fig. 26A–B](#) sind Schnittdarstellungen ähnlich denen der [Fig. 24–Fig. 26](#), zeigen aber die Ausführungsformen der [Fig. 10](#), [Fig. 12](#), [Fig. 14](#) und [Fig. 16–Fig. 22](#) mit dualem Lesekopf und sind außerdem Schnittdarstellungen der in [Fig. 3A](#) dargestellten KMV'.

**[0117]** Die Gesamtlänge des Gelenkarms **14** und/oder der verschiedenartigen Armsegmente kann je nach der beabsichtigten Anwendung variieren. In einer Ausführungsform kann der Gelenkarm eine Gesamtlänge von ungefähr 609,6 mm (24 Zoll) haben und Messungen in der Größenordnung von ungefähr 0,00508 bis ungefähr 0,0127 mm (0,0002 Zoll bis 0,0005 Zoll) liefern. Diese Armabmessung und Messgenauigkeit liefert eine tragbare KMV, welche für Messungen, die derzeit unter Verwendung von typischen Handmesszeugen wie Mikrometerschrauben, Höhenlehren, Tastlehren u. dergl. ausgeführt werden, gut geeignet sind. Natürlich kann der Gelenkarm **14** kleinere oder größere Abmessungen und Genauigkeitswerte aufweisen. Beispielsweise können größere Arme eine Gesamtlänge von 2,44 m oder 3,66 m (8 Fuß oder 12 Fuß) haben und Messgenauigkeiten von 25 µm (0,001 Zoll) aufweisen, wodurch ihr Einsatz für die meisten Anwendungen bei Echtzeit-Inspektionen oder beim Reverse-Engineering ermöglicht wird.

**[0118]** Die KMV **10** kann auch mit einer Steuervorrichtung benutzt werden, die daran angebaut ist und dazu benutzt wird, ein relativ vereinfachtes ausführbares Programm laufen zu lassen, wie das in den vorerwähnten Patenten 5.978.748 und 6.612.044 offenbart wird, oder kann mit mehreren komplexen Programmen auf dem Hauptrechner **172** benutzt werden.

**[0119]** Mit Bezug auf die [Fig. 1–Fig. 6](#) und [Fig. 24–Fig. 26](#) sind jede der langen und kurzen Ge-

lenkverbindungen durch einen Dämpfer oder Deckel aus einem Elastomer geschützt, der in der Weise wirkt, dass er starke Aufprallstöße begrenzt und ergonomisch angenehme Griffstellen liefert (sowie ein ästhetisch angenehmes Äußeres). Die langen Gelenkverbindungen **16**, **30** und **34** sind alle durch einen auswechselbaren Deckel aus starrem Kunststoff (z. B. ABS) geschützt, der als Schutz vor Anstoßen und Abrieb dient. Bei der ersten langen Gelenkverbindung **16** hat dieser ersetzbare Deckel aus starrem Kunststoff die Form des zweiteiligen Fußgehäuses **26A** und **26B**, wie das in [Fig. 4](#) dargestellt ist. Die langen Gelenkverbindungen **30** und **34** sind jeweils durch ein Paar von Deckelteilen **40** und **41** geschützt, die, wie das in [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) dargestellt ist, miteinander in der Art eines Zweischalengreifkorbs unter Verwendung geeigneter Schrauben verbunden werden können, damit sie eine Schutzhülse bilden. Es ist erkennbar, dass in einer bevorzugten Ausführungsform dieser ersetzbare Deckel aus starrem Kunststoff bei jeder langen Gelenkverbindung **30** und **34** das vorzugsweise aus einem Verbundwerkstoff (Kohlefaser) bestehende Verlängerungsrohr **134** bzw. **148** umgibt.

**[0120]** Vorzugsweise enthält einer der Deckel, in diesem Fall der Deckelabschnitt **41**, einen abgechrägten und fest angegossenen Anschlagbolzen **166**, der die Drehung des Ellenbogens des Armes dergestalt einschränkt, dass die Sonde **28** daran gehindert wird, in Ruhestellung mit dem Fuß **12** zusammen zu stoßen. Dies wird am besten in [Fig. 3](#), [Fig. 24](#) und [Fig. 26](#) dargestellt. Es ist ersichtlich, dass der Bolzen **166** folglich unnötiges Anstoßen und Abrieb einschränkt.

**[0121]** Wie das in Bezug auf die [Fig. 29](#) und [Fig. 31](#) noch besprochen wird, kann die Sonde **28** auch einen auswechselbaren Schutzdeckel aus Kunststoff enthalten, der aus einem starren Kunststoffmaterial gefertigt ist.

**[0122]** Die [Fig. 3A](#), [Fig. 24A](#) und [Fig. 26A–B](#) zeigen alternative Schutzhülsen **40'**, **41'**, die auch die Konstruktion des Zweischalengreifkorbs aufweisen, die aber eher unter Verwendung von Spannbändern oder Federklammern **167** an Ort und Stelle gehalten werden als durch mit Gewinde versehene Befestigungsvorrichtungen.

**[0123]** Jede der kurzen Gelenkverbindungen **18**, **32** und **36** enthält ein Paar von elastomeren Dämpfern **38** (z. B. thermoplastischer Gummi wie Santoprene®), wie das bereits weiter vorn erwähnt worden ist und deutlich in den [Fig. 1–Fig. 3](#) und [Fig. 5–Fig. 6](#) dargestellt ist. Die Dämpfer **38** sind entweder unter Verwendung von mit Gewinde versehenen Befestigungsvorrichtungen, einem geeigneten Kleber oder in irgendeiner anderen geeigneten Art und Weise angebracht. Dämpfer **38** aus Elastomer oder Gummi

begrenzen die starken Stöße und bieten ein ästhetisches Aussehen sowie eine ergonomisch angenehme Griffstelle.

[0124] Die vorherigen Deckel **40**, **41**, **40'**, **41'** und die Dämpfer **38** sind alle leicht ersetzbar (wie das auch auf das Gehäuse des Fußes **26A**, **26B** zutrifft) und ermöglichen, dass der Arm **14** schnell und ohne hohen Aufwand neu ausgestattet wird, ohne dass die mechanische Leistungsfähigkeit der KVM **10** beeinträchtigt wird.

[0125] Weiter mit Bezug auf [Fig. 1–Fig. 3](#) enthält das Fußgehäuse **26A**, **B** mindestens zwei zylinderförmige Ansätze zur Montage einer Kugel, wie das mit **168** in [Fig. 3](#) dargestellt ist. Diese Kugel kann benutzt werden zum Montieren einer Klammer vom Typ der Computerhalterung **170**, die ihrerseits einen tragbaren oder sonstigen Rechner **172** (z. B. den „Hauptrechner“) trägt. Vorzugsweise befindet sich ein zylinderförmiger Ansatz auf jeder Seite des Fußgehäuses **26A**, **B**, so dass die Kugel und die Rechnerklemmvorrichtung auf jeder Seite der KVM **10** angebaut werden können.

[0126] Wenden wir uns nun den [Fig. 15](#), [Fig. 16](#), [Fig. 27A](#), **B** und [Fig. 28](#) zu, um den bevorzugten Gewichtsausgleich für den Einsatz mit der KVM **10** zu beschreiben. In der herkömmlichen Weise werden bei KVM des hier beschriebenen Typs eine außen montierte Schraubenfeder benutzt, die in der Art des Abstützträgers an der Außenseite des Gelenkarms für den Einsatz als Gewichtsausgleich getrennt montiert worden ist. Dagegen wird bei der vorliegenden Erfindung ein völlig integrierter innerer Gewichtsausgleich benutzt, welcher zu einem kleineren Gesamtprofil für den Gelenkarm führt.

[0127] Typischerweise werden beim Gewichtsausgleich nach dem Stand der Technik gewundene Schraubenfedern im Mechanismus des Gewichtsausgleichs benutzt. Jedoch wird gemäß einem bedeutenden Merkmal der vorliegenden Erfindung bei dem Gewichtsausgleich eine maschinengearbeitete Schraubenfeder (im Gegensatz zu einer gewundenen Schraubenfeder) benutzt. Diese maschinengearbeitete Schraubenfeder **110** ist in [Fig. 16](#) und [Fig. 27A–B](#) dargestellt und aus einem vollen Metallzylinder (Stahlzylinder) geformt, der maschinell so bearbeitet wird, dass ein Paar von relativ breiten Ringen **174**, **176** an gegenüberliegenden Enden der Feder und relativ engere Ringe **178** entstehen, welche die zwischen den Endwindungen **174**, **176** liegenden Windungen bilden. Es ist zu erkennen, dass die breiteren endständigen Ringe **174**, **176** mit den jeweiligen Seitenflächen **180** der Welle **62'** und **182** des Gehäuses **64''** in Kontakt kommen, wodurch die seitliche Bewegung der Feder **110** verhindert wird. Die breiteren und festen endständigen Ringe **174**, **176** wirken als Torsions-Hemmvorrichtung und bieten

eine bessere Funktion im Vergleich zu den gewundenen Federn des Standes der Technik. Der Endring **174** enthält vorzugsweise ein Paar von Sperrstiften **184**, **186** (auch wenn nur ein Sperrstift benutzt werden muss), während der Endring **176** einen Sperrstift **188** enthält.

[0128] Mit Bezug auf [Fig. 27B](#) enthält jede duale Muffenverbindung **46**, **48** Kanäle, wie sie beispielsweise unter **190** und **191** in der dualen Muffenverbindung **46** dargestellt sind, um einen jeweiligen Stift **184**, **186** oder **188** aufzunehmen. Es soll nun Bezug auf [Fig. 28](#) genommen werden. Während die Stifte **184**, **186** in einer festen Stellung innerhalb des jeweiligen Kanals oder Rille der dualen MV **48** verbleiben, kann die Stelle des Stifts **188** verändert werden, so dass die gesamte Aufwärtsbewegung auf der Feder **110** optimiert werden kann und die wirksamste Gewichtsausgleichskraft geliefert wird. Dies wird erreicht durch Verwendung eines mit Gewinde versehenen Loches **192**, welches die Gewindeschraube **194** aufnimmt. Wie das in [Fig. 28](#) dargestellt ist, kann die Schraube **194** bis zum Kontaktstift **188** eingedreht werden und den Stift **188** umfänglich in Uhrzeigerichtung längs des in [Fig. 27B](#) dargestellten inneren Kanals **196** bewegen, als verlaufe er rechtwinklig zur Stiftzugangsritze **190**. Die Schraube **194** ist vorzugsweise so positioniert, dass die Feder **110** bereits im Werk optimiert wird.

[0129] Es ist zu erkennen, dass während des Einsatzes des Gelenkarms **14** die Codierer/Lager-Patrone **108** als Kippgelenk wirkt und, sobald sie eingesteckt und durch Kleben in den Muffen der dualen MV **46**, **48** befestigt ist, die Stifte **184**, **186** und **188** in ihren jeweiligen Rillen arretiert werden. Wenn die Muffenverbindung **48** sich relativ zur Muffenverbindung **46** dreht (über das Kippgelenk der Patrone **108**), dann bewegt sich die Feder **110** nach oben. Wenn gewünscht wird, dass die Muffenverbindung **48** sich zurück in ihre ursprüngliche Position dreht, dann werden die Aufwickelkräfte von Feder **110** abwickeln, wodurch die gewünschte Gewichtsausgleichskraft bereitgestellt wird.

[0130] Sofern es gewünscht wird, dass der Gelenkarm **14** kopfüber montiert wird wie beispielsweise über einer Schleifvorrichtung, an einem Träger oder unter einer Decke, dann kann die Orientierung der Feder **110** auf ähnliche Weise umgekehrt (oder gewendet) werden, so dass die richtige Orientierung für den erforderlichen Gewichtsausgleich erreicht werden kann.

[0131] Wenden wir uns nun den [Fig. 29](#) und [Fig. 30A–C](#) zu, wo eine bevorzugte Ausführungsform der Messsonde **28** beschrieben werden soll. Die Sonde **28** enthält ein Gehäuse **196**, welches einen Innenraum **198** aufweist zur Unterbringung einer gedruckten Leiterkarte **118**. Es ist zu erkennen, dass das Ge-

häuse **196** eine duale Muffenverbindung des weiter oben beschriebenen Typs bildet und eine Muffe **197** enthält, in welcher ein Stützelement **199** zum Tragen der Leiterkarte **118** gebondet ist. Vorzugsweise enthält der Handgriff **28** zwei Schalter, nämlich einen Schalter **200** für Aufnahme und einen Schalter **202** für Bestätigung. Diese Schalter werden von der Bedienperson benutzt, um eine Messung vorzunehmen (Schalter Aufnahme **200**) und die Messung während des Betriebs zu bestätigen (Schalter **202** für Bestätigung). Gemäß einem bedeutenden Merkmal dieser Erfindung unterscheiden sich diese Schalter voneinander, so dass eine Verwechslung während des Gebrauchs auf ein Minimum reduziert wird. Diese Unterscheidung kann in der einen oder anderen Form vorgenommen werden. Dazu gehören beispielsweise, dass die Schalter **200**, **202** von unterschiedlicher Höhe und/oder unterschiedlicher Struktur sind (man beachte, dass der Schalter **202** eine Einkerbung aufweist im Gegensatz zur glatten Oberseite von Schalter **200**) und/oder unterschiedliche Farben haben (beispielsweise kann der Schalter **200** grün und der Schalter **202** rot sein). Auch gemäß einem bedeutenden Merkmal dieser Erfindung kann eine Anzeigeleuchte **204** mit den Schaltern **200**, **202** verbunden sein, um die richtige Verwendung anzuzeigen. Vorzugsweise ist die Anzeigelampe **204** zweifarbig, so dass beispielsweise die Lampe **204** grün leuchtet bei Vornahme einer Messung (und Drücken des grünen Knopfes **200** für Aufnahme) und rot leuchtet bei Bestätigung einer Messung (und Drücken des roten Knopfes). Die Verwendung von mehrfarbigem Licht erfolgt bequem durch den Einsatz der bekannten LEDs als Lichtquelle für die Leuchte **204**. Um das Greifen zu unterstützen, das Aussehen zu verbessern und die Stoßfestigkeit zu erhöhen, befindet sich eine Schutzabdeckung vom bereits beschriebenen Typ über einem Teil der Sonde **28** und ist mit **206** bezeichnet. Eine Schalterkarte **208** ist für die Montage der Schalttaster **200**, **202** und die Leuchte **204** vorhanden und wird vom Halterungselement **199** getragen. Die Schalterkarte **208** ist mit der Leiterkarte **118**, welche die Bauteile für die Betätigung der Schalter und die Leuchtanzeige sowie für das Betreiben des kurzen Kippgelenks **36** beherbergt, elektrisch verbunden.

[0132] Gemäß einem weiteren wichtigen Merkmal der vorliegenden Erfindung und mit Bezug sowohl auf [Fig. 29](#) als auch auf [Fig. 30A–C](#) enthält die Sonde **28** eine ständig installierte berührungsempfindliche Triggersonde sowie eine entfernbare Kappe zur Anpassung an eine feste Sonde, während die berührungsempfindliche Triggersonde geschützt wird. Der Berührungssondenmechanismus ist unter **210** in [Fig. 29](#) dargestellt und beruht auf einem vereinfachten Drei-Punkt-Kinematiksit. Die herkömmliche Konstruktion umfasst eine Nase **212**, welche mit einer Kugel **214** in Kontakt kommt, die durch eine Kontaktfeder **216** vorgespannt ist. Drei Kontaktstifte (von

denen einer unter **218** gezeigt ist) befinden sich mit der darunter befindlichen elektrischen Schaltung in Kontakt. Das Aufbringen von Kräften gegen die Sondennase **212** führt dazu, dass irgendeiner der drei Kontaktstifte **218** angehoben wird, was zum Öffnen der darunter befindlichen Schaltung und folglich zur Aktivierung eines Schalters führt. Vorzugsweise arbeitet die Berührungstriggersonde **210** in Verbindung mit dem vorderen „Aufnahme“-Schalter **200**.

[0133] Wie in [Fig. 30B](#) dargestellt, ist beim Gebrauch der Berührungstriggersonde ein mit Gewinde versehener Deckel **220** durch Gewinde auf dem Gewinde **222**, das die Triggersonde **210** umgibt, befestigt. Wenn jedoch gewünscht wird, eine Festsonde an Stelle der Berührungstriggersonde zu verwenden, dann wird die abnehmbare Kappe **220** entfernt und die gewünschte Festsonde wird so auf dem Gewinde **222** durch Verschrauben angebracht, wie das an **224** in [Fig. 29](#) und [Fig. 30A–C](#) dargestellt ist. Es ist zu erkennen, dass, auch wenn die Festsonde **224** eine daran angebrachte runde Kugel **226** aufweist, jede abweichende und gewünschte Festsondenkonfiguration bequem durch Schrauben an der Sonde **28** über das Gewinde **222** angebracht werden kann. Die Berührungstriggersondenordnung **210** ist in ein Gehäuse **228** eingebaut, welches mit Gewinde in das mit Gewinde versehene Verbindungsteil **230** eingeschraubt wird, das einen Teil des Sondengehäuses **196** bildet. Diese schraubbare Zwischenverbindung sorgt für die völlige Integration der Berührungstriggersonde **210** in die Sonde **28**. Das Vorhandensein einer völlig integrierten Berührungssonde stellt ein bedeutendes Merkmal der vorliegenden Erfindung dar und unterscheidet sich von den lösbaren Berührungssonden des Standes der Technik, welche mit den KVM des Standes der Technik verbunden werden. Zusätzlich kann die auf Dauer installierte Berührungstriggersonde leicht in eine harte Sonde umgewandelt werden, wie dies weiter oben beschrieben worden ist.

[0134] [Fig. 29A–C](#) zeigen noch eine weitere bevorzugte Ausführungsform einer Messsonde gemäß der vorliegenden Erfindung. In den [Fig. 29A–C](#) ist mit **28'** eine Messsonde dargestellt, die dem Wesen nach der Messsonde **28** in [Fig. 29](#) ähnlich ist, wobei der hauptsächlichliche Unterschied in der Konfiguration der Schalter „Aufnahme“ und „Bestätigung“ liegt. An Stelle der in [Fig. 29](#) dargestellten diskreten Schalter vom Knopftyp werden bei der Messsonde **28'** zwei Paare von bogenförmigen Rechteckschaltern **200a–b** und **202a–b** verwendet. Jedes Paar der Rechteckschalter **202a–b** und **200a–b** entspricht jeweils dem Aufnahme-Schalter und Bestätigung-Schalter, wie sie in Bezug auf [Fig. 29](#) weiter oben beschrieben sind. Ein Vorteil der Ausführungsform mit Messsonde **28'** gegenüber der Ausführungsform mit Messsonde **28** besteht darin, dass jedes Paar von Rechteckschaltern **202** und **200** tatsächlich den ganzen Umfang (oder

wenigstens den größten Teil des Umfangs) der Messsonde umgibt und daher leichter von der Bedienperson der tragbaren KMV betätigt werden kann. Wie in der Ausführungsform der [Fig. 29](#) ist mit jedem Schalter eine Anzeigeleuchte **204** verbunden, wobei die Leuchte **204** und die Schalter **200**, **202** auf zugehörige Schaltertafeln **208'** montiert sind. Auch können genau wie bei der Ausführungsform der [Fig. 29](#) die Schalter **200**, **202** sich dadurch unterscheiden, dass beispielsweise unterschiedliche Höhen, unterschiedliche Strukturen und/oder unterschiedliche Farben Anwendung finden. Vorzugsweise haben die Schalter **200**, **202** eine gewisse Nachgiebigkeit dergestalt, dass sich der Knopf beim Niederdrücken in jeder Richtung bewegen kann. Wie bei der Ausführungsform der [Fig. 29](#) wird an **206** eine äußere Schutzabdeckung von dem weiter oben beschriebenen Typ benutzt und befindet sich über einem Teil der Sonde **28'**.

**[0135]** Es soll nun Bezug auf [Fig. 31](#) genommen werden. Eine alternative Messsonde für den Einsatz mit der KMV **10** ist allgemein mit **232** bezeichnet. Diese Messsonde **232** ist der Messsonde **28** von [Fig. 29](#) ähnlich mit dem wesentlichen Unterschied, dass die Sonde **232** eine drehbare Griffabdeckung **234** aufweist. Diese sich drehende Abdeckung **234** ist auf ein Paar von auf Abstand befindlichen Lagern **236**, **238** montiert, die ihrerseits auf einem inneren Kern oder Stütze **240** dergestalt montiert sind, dass die Abdeckung **234** (über die Lager **236**, **238**) um den inneren Kern **240** frei drehbar ist. Die Lager **236**, **238** sind vorzugsweise Radiallager und minimieren die parasitären Drehmomente auf den Arm infolge der Handhabung der Sonde. Es ist dabei kennzeichnend, dass die Schalterplatte **208'** und die entsprechenden Schalter **200'**, **202'** und die LED **204'** alle auf die sich drehende Handgriffabdeckung **234** montiert sind, so dass sie sich mit dieser drehen. Während der Drehung wird die elektrische Verbindung zur Karte **118'** mit der Prozessorschaltung unter Verwendung eines herkömmlichen Gleitringmechanismus **242** gewährleistet, welcher mehrere der bekannten, auf Abstand befindlichen gefederten Finger **242** aufweist, welche den Kontakt zu den stationären kreisförmigen Kanälen **244** herstellen. Ihrerseits sind diese Kontaktkanäle **244** mit der Leiterkarte **118'** elektrisch verbunden. Die sich drehende Handgriffabdeckung **234** und die Schalteranordnung sind daher mit dem inneren Kern oder der Sondenwelle **240** und der Elektronikarte **118'** unter Verwendung des Gleitringleiters **242** elektrisch verbunden. Die Drehung des Sondenhandgriffs **234** ermöglicht, dass die Schalter **200'**, **202'** in einer für den Benutzer günstigen Position ausgerichtet werden können. Dies ermöglicht, dass der Gelenkarm **14'** genaue Messungen während der Handhabung ausführt, da die nicht dokumentierten Kräfte minimiert sind. Die Abdeckung **234** besteht vorzugsweise aus einem starren Polymer und ist mit geeigneten Vertiefungen **246** und **248** versehen, um ein beque-

mes und leichtes Greifen und Manipulieren durch den Sondenbediener zu ermöglichen.

**[0136]** Es ist zu erkennen, dass der Rest der Sonde **232** der Sonde **28** ganz ähnlich ist, wozu auch das Vorhandensein einer ständig sowie fest eingebauten Berührungssonde **210** im Deckel **220** gehört. Es ist zu beachten, dass die Schalter **200'**, **202'** unterschiedliche Höhen und Oberflächenstrukturen haben, so dass sie leicht identifiziert werden können.

**[0137]** Der Drehdeckel **234** ist ein signifikanter Vorteil auf dem Gebiet der KMV dahingehend, dass er die Notwendigkeit für eine siebente Drehachse an der Sonde, wie das in dem weiter vorn erwähnten US-Patent 5.611.145 offenbart wird, mindert. Es ist zu erkennen, dass das Zufügen einer siebenten Achse zu komplexeren und kostenaufwendigeren KMV führt sowie dazu, dass mögliche Fehler in das System eingebracht werden. Der Einsatz der drehbaren Sonde **232** setzt die Notwendigkeit einer „echten“ siebenten Achse herab, da ermöglicht wird, dass die Sonde die Drehung bietet, die für die Handgriffposition am Sondenende erforderlich ist, und zwar ohne die Kompliziertheit eines siebenten Aufnehmers mit den dazugehörigen Lagern, dem Codierer und der Elektronik.

**[0138]** Falls die Verwendung einer Messsonde gewünscht wird, welche eine „echte“ siebente Achse aufweist, d. h. eine Messsonde mit einem siebenten drehbaren Codierer zur Messung der drehenden Rotationsbewegung, ist eine derartige Messsonde in [Fig. 37–Fig. 40](#) dargestellt. Mit Bezug auf derartige Abbildungen ist eine Messsonde **500** dargestellt, wobei eine derartige Messsonde dem Wesen nach der Messsonde in [Fig. 29](#) ähnlich ist, der wesentliche Unterschied aber besteht darin, dass eine modulare Lager-/Wandler-Patrone **502** von dem weiter oben beschriebenen Typ eingesetzt ist, dass die Schalter für Aufnahme und Bestätigung **504** bzw. **506** an den Seiten der Messsonde vorhanden sind und dass ein abnehmbarer Handgriff **508** einbezogen ist.

**[0139]** Es ist zu erkennen, dass die modulare Lager-/Aufnehmer-Patrone **502** im Wesentlichen den Patronen ähnlich ist, die weiter oben ausführlich beschrieben worden sind und Folgendes aufweisen: eine drehbare Welle, ein Paar von Lagern auf der Welle, eine optische Codierscheibe, mindestens einen und vorzugsweise zwei optische Leseköpfe, die sich in einem gewissen Abstand voneinander befinden und mit der Codierscheibe in optischer Kommunikation stehen, sowie ein Gehäuse, welches die Lager die optische Codierscheibe, den Lesekopf oder die Leseköpfe und mindestens einen Abschnitt der Welle umgibt, so dass die diskrete modulare Lager-/Wandler-Patrone festgelegt wird. Eine Leiterkarte **503** für die Codiererelektronik befindet sich in einer Öffnung **504** an der Sonde **500**. Paare von Bedien-

knöpfen **504** und **506** für Aufnahme und Bestätigung befinden sich auf jeder Seite eines nach unten abstehenden Gehäusebereichs **510** der Sonde **500**, wobei die Bedientaste an eine geeignete PC-Karte **512** genau wie bei der Messsonde der Ausführungsform der [Fig. 29](#) angeschlossen sind. Auf ähnliche Weise ist eine Leuchtanzeige **513** zwischen den Bedientasten **504**, **506** wie bei den weiter vorn diskutierten Ausführungsformen angeordnet. Ein Paar von Gewindelöchern **514** im Gehäuse **510** nimmt die Befestigungsvorrichtungen für die abnehmbare Anbringvorrichtung des Handgriffs **508** auf, welche für die Bequemlichkeit der umlaufenden Handhabung während der Benutzung der Messsonde **500** sorgt.

**[0140]** In jeder anderen wesentlichen Hinsicht ist die Messsonde **500** ähnlich der Messsonde **28** von [Fig. 29](#) einschließlich des bevorzugten Einsatzes der ständig installierten Berührungstriggersonde unter **516** sowie der abnehmbaren Kappe für die Anpassung einer Festsonde **518**, während die Berührungstriggersonde geschützt wird. Es ist zu erkennen, dass der Codierer **502** der siebenten Drehachse, der in der Messsonde **500** enthalten ist, den Einsatz der KVM **10** in Verbindung mit den bekannten Laser-Scannern und anderen peripheren Geräten erleichtert.

**[0141]** Wenden wir uns nun den [Fig. 2–Fig. 4](#), **23** und [Fig. 25](#) zu. Gemäß einem bedeutenden Merkmal der vorliegenden Erfindung ist die KVM **10** mit einem tragbaren Stromversorgungsgerät ausgestattet, wodurch diese KVM zu einer echten tragbaren KVM wird. Dies steht im Gegensatz zu den KVM des Standes der Technik, wo die Stromzuführung lediglich auf einer Wechselspannungszuleitung beruht. Darüber hinaus kann die KVM **10** auch über eine Wechselspannungszuleitung über einen Adapter von Wechselspannung auf Gleichspannung mit herkömmlicher Steckverbindung direkt mit Strom versorgt werden. Wie in [Fig. 2](#), [Fig. 3](#) und [Fig. 25](#) dargestellt ist, kann ein herkömmlicher wiederaufladbarer Akkumulator (z. B. ein Lithium-Ionen-Akkumulator), der mit **22** bezeichnet ist, verwendet werden. Dieser Akkumulator **22** ist mechanisch und elektrisch in eine herkömmliche Akku-Halterung **252** eingebunden, die ihrerseits elektrisch an eine herkömmliche Baugruppe **254** zur Stromversorgung und zum Nachladen des Akkumulators angeschlossen ist, die sich auf der Leiterkarte **20** befindet. An diese Leiterkarte **20** sind auch ein Ein/Aus-Schalter **258** (siehe [Fig. 3](#)) und ein Port zur schnellen Datenübertragung **260** (vorzugsweise ein USB-Port) angeschlossen. Die Gelenkelektronik von Arm **14** ist unter Verwendung eines RS-485-Bus an die Leiterkarte **20** angeschlossen. Der Akkumulator **22** kann an einem separaten Ladegerät aufgeladen werden oder an Ort und Stelle in einer Gabel **252**, wie man das bei herkömmlichen Videokameras üblicherweise vorfindet. Es ist zu erkennen, dass der tragbare Rechner **172** (siehe [Fig. 2](#)) einige Stunden lang mit den eingebauten Akkumulatoren betrieben wer-

den kann und/oder als Alternative an die Stromversorgungseinheit **254** der KVM **10** elektrisch angeschlossen werden kann.

**[0142]** Die Onboard-Stromversorgungs/Ladeeinheit gemäß der vorliegenden Erfindung ist vorzugsweise als integraler Bestandteil der KVM **10** untergebracht, indem dieses Bauteil als fester Bestandteil des Fußes **12** und insbesondere als Bestandteil des aus Kunststoff bestehenden Fußgehäuses **26A**, **B** untergebracht wird. Es ist noch zu bemerken, dass vorzugsweise das Fußgehäuse **26A**, **B** einen kleinen Aufbewahrungsraum **259** umfasst, der einen klappbaren Deckel **262** aufweist, um darin Ersatz-Akkus, Sonden u. dergl. aufzubewahren.

**[0143]** Wenden wir uns nun den [Fig. 4](#), [Fig. 25](#) und [Fig. 32–Fig. 34](#) zu. Die neuartige magnetische Montagevorrichtung für den Einsatz mit der KVM **10** soll nun beschrieben werden. Diese magnetische Montagevorrichtung ist in den [Fig. 4](#), [Fig. 25](#), [Fig. 32](#) und [Fig. 33](#) ganz allgemein mit **24** bezeichnet. Diese Magnetunterlage **24** enthält ein zylinderförmiges nichtmagnetisches Gehäuse **266**, welches an seinem oberen Ende in einem mit Gewinde versehenen Abschnitt **268** endet. Wie bei all den bevorzugten Gewindearten, die in der KVM **10** Verwendung finden, ist das Gewinde **268** ein Kegengewinde, welches dafür vorgesehen ist, an das Gewinde **126** der ersten langen Gelenkverbindung **16** geschraubt zu werden, wie das am besten in [Fig. 25](#) dargestellt ist. Das nichtmagnetische Gehäuse **266** hat eine im Wesentlichen zylinderförmige Konfiguration mit Ausnahme von zwei sich in Längsrichtung erstreckenden Verlängerungen **270**, **272**, die einander um 180° gegenüber liegen und sich vom Gehäuse **266** nach außen und nach unten erstrecken. Auf jeder Seite der sich in Längsrichtung erstreckenden Verlängerungen **270**, **272** ist ein Paar von halbzylinderförmigen Gehäusen **274**, **276** angebracht, von denen jedes aus einem „magnetischen“ Material gebildet ist, d. h. einem Material, welches magnetisch gemacht werden kann wie beispielsweise Eisen oder magnetischer Edelstahl. Zusammen bilden die „magnetischen“ Gehäusehälften **274**, **276** und die longitudinalen Verlängerungen **270**, **272** eine zylinderförmige Umschließung mit offenem Ende für die Aufnahme und die Unterbringung eines magnetischen Kerns **278**. Dieser magnetische Kern **278** hat eine rechteckige Gestalt mit einer nichtmagnetischen Mitte **280**, welche in Form eines Sandwich zwischen ein Paar von Seltene-Erden-Magneten (z. B. Neodym-Eisen-Bor) **282**, **284** gelagert ist. Eine axiale Öffnung **286** führt durch die nichtmagnetische Mitte **280**. Eine kreisförmige Abdeckplatte **288** befindet sich unterhalb des magnetischen Kerns **278** und innerhalb des unteren Gehäuses, das aus den Bauteilen **274**, **276** und den longitudinalen Verlängerungen **270**, **272** gebildet wird. Eine Welle **290** führt durch eine kreisförmige Öffnung **292** im Gehäuse **266** und erstreckt sich nach unten durch die axiale

Öffnung **286** des magnetischen Kerns **278**. Die Welle **290** wird zum Zweck der Rotation von einem oberen Lager **292** und einem unteren Lager **294** gehalten. Das obere Lager **292** findet Aufnahme durch eine innere zylinderförmige Vertiefung im Gehäuse **266**, und das untere Lager **294** findet Aufnahme durch eine ähnliche zylinderförmige Vertiefung in der Abdeckplatte **288**. Ein Hebel **296** erstreckt sich von der Welle **290** rechtwinklig nach außen, und, wie das noch beschrieben wird, liefert einen Ein/Aus-Mechanismus für die Magnetunterlage **264**. Der Hebel **296** erstreckt sich vom Gehäuse **266** nach außen durch eine Rille **297** durch das Gehäuse **266** (siehe [Fig. 25](#)).

[0144] Diese gesamte Anordnung aus Hebel **296**, Welle **290** und Lagern **292**, **294** ist unter Verwendung einer oberen, mit Gewinde versehenen Befestigungsvorrichtung **298** und eines unteren Halteringes **300** gemeinsam befestigt. Es ist zu erkennen, dass die verschiedenen Komponenten der Magnetunterlage **264** ferner durch beispielsweise Befestigungsvorrichtungen **302** mit Gewinde befestigt sind, welche das Gehäuse **266** mit den Gehäuseteilen **274**, **276** aus dem „magnetischen“ Material verbinden, und Befestigungsvorrichtungen **304** mit Gewinde, welche die Gehäuseteile **274**, **276** mit der Abdeckung **288** verbinden. Ferner stellen mit Gewinde versehene Befestigungsvorrichtungen **306** an den longitudinalen Verlängerungen **270**, **272** des Gehäuses **266** die Verbindung zu der Abdeckung **288** her. Ein Stift **308** wird von einer seitlichen Öffnung im Kern **278** und einer seitlichen Öffnung in der Welle **290** aufgenommen, so dass die Welle **290** mit dem Kern **278** verriegelt ist. Auf diese Welle wird, wenn der Hebel **296** in Drehung versetzt wird, die Welle den Kern **278** über die Wellenverbindung **208** in Drehung versetzen.

[0145] Wie in den [Fig. 1](#), [Fig. 3](#) und [Fig. 25](#) dargestellt ist, ist der Hebel **296** mit einem Handgriff **310** verbunden, der auf der Außenseite des Fußes **12** leicht zugänglich ist und dazu benutzt wird, die Magnetunterlage **264** zu betätigen. Um eine solche Betätigung vorzunehmen, wird der Handgriff **296** einfach bewegt (in [Fig. 1](#) von rechts nach links). Die Bewegung des Handgriffs **310** versetzt ihrerseits den Hebel **296** in Drehung. Dieser versetzt seinerseits die Welle **290** in Bewegung, welche dann die aus Seltenen Erden bestehenden Magnete **282**, **284** in Drehung versetzt, und zwar aus ihrer Ruhestellung (in welcher die Magnete **282**, **284** zu den nichtmagnetischen Verlängerungen **270**, **272** ausgerichtet sind) in eine Arbeitsstellung, wo die Magnete **282**, **284** zum magnetischen Material **274**, **276** ausgerichtet sind. Wenn die Magnete zum magnetischen Material ausgerichtet sind, wie das beschrieben ist, dann bildet sich ein Magnetfeld (Magnetfluss). Auf ähnliche Weise wird der Flussweg unterbrochen, wenn die Magnete **282**, **284** nicht mehr zum magnetischen Material **274**, **276** ausgerichtet sind. In diesem Zustand kann

der magnetische Fuß von dem Tisch, auf dem er lagert, abgenommen werden. Es ist jedoch zu beachten, dass selbst in der nicht ausgerichteten Position noch ein gewisser restlicher Magnetfluss vorhanden ist. Dieser geringe magnetische Restfluss in der „Aus“-Stellung ist ein positives Merkmal dieser Erfindung, da ein geringer Betrag an magnetischem Fluss dergestalt wirkt, dass er mit dem Magnet seine Magnetwirkung ausübt und automatisch den Hebel **296** zurück in die „Ein“-Stellung dreht, wenn er wieder auf den Tisch gebracht wird. Es ist zu erkennen, dass, wenn die Magnete sich in Ausrichtung zum magnetischen Material befinden, ein starkes Magnetfeld erzeugt wird und die halbkreisförmigen Elemente **274**, **276** magnetisch an die ringförmige Fläche gezogen werden, die sich an ihrer Unterseite bildet, wie das bei **312** in [Fig. 25](#) und [Fig. 33](#) dargestellt ist.

[0146] Die Magnetunterlage **264** der vorliegenden Erfindung liefert eine völlig integrierte und doch abnehmbare Befestigungsvorrichtung, da sie (über Gewinde **268**) abnehmbar montiert ist und durch andere Befestigungen, wie beispielsweise Montagevorrichtungen mit Schrauben oder Unterdruck, ersetzt werden kann. Natürlich muss die Magnetunterlage **264**, wenn sie einwandfrei eingesetzt werden soll, auf eine magnetisierbare Fläche gesetzt und (über Hebel **296**) aktiviert werden, damit sie funktioniert. Für den Fall, dass die Montage auf einer nichtmagnetischen Fläche (z. B. Granit) erfolgen muss, dann sind Zwischenplatten oder andere geeignete Mechanismen zwischen dem magnetischen Fuß und der nichtmagnetischen Fläche zu verwenden.

[0147] Während bevorzugte Ausführungsformen dargestellt und beschrieben worden sind, können verschiedenartige Abänderungen und Ersetzungen daran vorgenommen werden, ohne dass vom Schutzzumfang der Erfindung abgewichen wird. Diesbezüglich ist das so zu verstehen, dass die vorliegende Erfindung lediglich für die Belange der Veranschaulichung beschrieben worden ist, was keinerlei Einschränkung bedeutet.

## Patentansprüche

1. Tragbare Koordinatenmessvorrichtung KMV (**10**) zur Messung der Position eines Gegenstandes in einem ausgewählten Volumen, welche umfasst:

- einen manuell positionierbaren Gelenkarm (**14**) mit einander gegenüber liegendem ersten und zweiten Ende, wobei der genannte Arm (**14**) eine gewisse Anzahl von Gelenkverbindungen aufweist,
- eine Messsonde (**28**), welche am ersten Ende des genannten Gelenkarms (**14**) angebracht ist,
- eine elektronische Schaltung (**172**), welche die Lage signale von Aufnehmern in dem genannten Arm (**14**) aufnimmt und einen digitalen Koordinatenwert, welcher der Lage der Sonde (**28**) in dem ausgewählten Volumen entspricht, liefert,

wobei mindestens eine der genannten Gelenkverbindungen umfasst:

- eine drehbare Welle (60),
- mindestens ein Lager (50, 52) auf der genannten Welle (60),
- ein periodisches Muster (94) einer messbaren Kenngröße,
- mindestens einen Lesekopf (92), der sich in einem gewissen Abstand von dem genannten periodischen Muster (94) und mit diesem in Kommunikation befindet, wobei das genannte periodische Muster (94) und der genannte Lesekopf (92) in Bezug zueinander drehbar sind,

**dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Gelenkverbindung eine Patrone (44, 44', 44'') umfasst, welche die genannte drehbare Welle (60), das genannte mindestens eine Lager (50, 52), das genannte periodische Muster (94) und den genannten mindestens einen Lesekopf (92) umfasst, und die Patrone (44, 44', 44'') ferner ein Gehäuse (64) umfasst, welches das genannte mindestens eine Lager (50, 52), das genannte periodische Muster (94), den genannten mindestens einen Lesekopf (92) und mindestens ein Teilstück der genannten Welle (60) umgibt, so dass ein diskretes Bauteil festgelegt wird, wobei das genannte Gehäuse (64) ein Paar von Enden aufweist mit einer zwischen ihnen liegenden Außenfläche, wobei die genannte Außenfläche ein strukturelles Element der genannten mindestens einen Gelenkverbindung festlegt, und die Patrone (44, 44', 44'') in eine erste bzw. eine zweite Muffe (51, 120) einer ersten bzw. einer zweiten Muffenverbindung (46, 48) eingesteckt und an diesen Muffenverbindungen (46, 48) fest angebracht ist, so dass ein Kippgelenk oder ein Drehgelenk festgelegt wird, wobei die Welle (60) der Patrone (44, 44', 44'') an der ersten Muffenverbindung (46) fest angebracht ist und das Gehäuse (64) der Patrone (44, 44', 44'') an der zweiten Muffenverbindung (48) fest angebracht ist.

2. KMV nach Anspruch 1, bei welcher das genannte Gehäuse (64) ein zylinderförmiges Gehäuse ist.

3. KMV nach Anspruch 1, bei welcher das genannte mindestens eine Lager (50, 52) mindestens ein vorgespanntes Lager umfasst.

4. KMV nach Anspruch 3, bei welchem das genannte mindestens eine vorgespannte Lager umfasst:

- ein erstes Lager (50),
  - ein zweites Lager (52),
  - eine innere Abstandshülse (54) zwischen dem genannten ersten und zweiten Lager (50, 52),
  - eine äußere Abstandshülse (56) zwischen dem genannten ersten und zweiten Lager (50, 52),
- wobei die genannte innere und äußere Abstandshülse (54, 56) unterschiedliche vorbestimmte Längen aufweisen und die genannte innere und äußere Ab-

standshülse (54, 56) gegen das genannte erste und zweite Lager (50, 52) gedrückt werden, um eine vorbestimmte Vorspannung festzulegen.

5. KMV nach Anspruch 1, bei welcher das genannte mindestens eine Lager (50, 52) abgedichtet ist.

6. KMV nach Anspruch 1, welche mindestens zwei Leseköpfe (92) enthält.

7. KMV nach Anspruch 6, bei welcher sich die genannten zwei Leseköpfe (92) unter einem Winkelabstand von 180 Grad befinden.

8. KMV nach Anspruch 1, welche mindestens drei Leseköpfe (92) aufweist.

9. KMV nach Anspruch 8, bei welcher sich die genannten drei Leseköpfe (92) unter einem Winkelabstand von 120 Grad befinden.

10. KMV nach Anspruch 1, welche mindestens vier Leseköpfe (92) aufweist.

11. KMV nach Anspruch 10, bei welcher sich die genannten vier Leseköpfe (92) unter einem Winkelabstand von 90 Grad befinden.

12. KMV nach Anspruch 1, bei welcher das genannte periodische Muster (94) ein optisches Interferenzmuster umfasst und der genannte mindestens eine Lesekopf (92) einen optischen Lesekopf umfasst.

13. KMV nach Anspruch 12, bei welcher das optische Interferenzmuster auf einer optischen Codierscheibe (94) angeordnet ist.

14. KMV nach Anspruch 12, bei welcher der genannte Lesekopf (92) die Interferenz zwischen Beugungsgitterordnungen feststellt, um sinusförmige Signale vom genannten Interferenzmuster (94) zu erzeugen, wobei die genannten sinusförmigen Signale elektronisch interpoliert werden, um die Ortsveränderung festzustellen.

15. KMV nach Anspruch 14, bei welcher jeder genannte mindestens eine Lesekopf (92) einen Laser, einen Kollimator und eine Apertur umfasst, wobei der genannte Laser einen Lichtstrahl aussendet, welcher durch den genannten Kollimator parallel gerichtet wird und danach durch die Apertur dimensioniert wird, wobei das genannte Interferenzmuster ein Gengitter aufweist, welches Licht in diskrete Ordnungen beugt.

16. KMV nach Anspruch 15, bei welcher jeder genannte mindestens eine Lesekopf (92) ferner eine Fotoempfängeranordnung umfasst, wobei die ge-

nannte Fotoempfängeranordnung vier Kanäle mit nahezu reinem sinusförmigem Ausgang erzeugt, wenn eine Relativbewegung zwischen dem genannten Interferenzmuster (94) und dem genannten Lesekopf (92) erfolgt.

17. KMV nach Anspruch 1, welche eine gewisse Anzahl von Leseköpfen (92) aufweist, wobei die genannten Leseköpfe (92) Auslöseeffekte hervorrufen, welche gemittelt werden können.

18. KMV nach Anspruch 1, bei welcher das genannte periodische Muster (94) einer messbaren Kenngröße mindestens ein solches Muster von denjenigen Kenngrößen ist, die aus der Gruppe ausgewählt wird, zu welcher das Reflexionsvermögen, die Opazität, das Magnetfeld, die elektrische Kapazität, die elektrische Induktivität und die Oberflächenrauigkeit gehören.

19. KMV nach Anspruch 1, welche in der genannten Patrone (44, 44', 44'') eine Gleitringanordnung (82) enthält.

20. KMV nach Anspruch 19, bei welcher die genannte Welle (60) eine durchführende axiale Öffnung (80) aufweist und bei welcher die genannte Gleitringanordnung (82) in der genannten axialen Öffnung (80) positioniert ist.

21. KMV nach Anspruch 1, bei welcher die genannte Welle (60) einen Flansch (62) aufweist, der sich von einem ihrer Enden nach außen erstreckt, wobei der genannte Flansch (62) einen Ringspalt (63) festlegt und wobei eines der genannten Enden des genannten Gehäuses (64) in dem genannten Ringspalt (63) aufgenommen wird.

22. KMV nach Anspruch 21, bei welcher das andere der genannten Enden des genannten Gehäuses (64) ein offenes Ende aufweist und mindestens eine Kappe (106) aufweist, welche das genannte offene Ende abdeckt.

23. KMV nach Anspruch 1, bei welcher die genannte mindestens eine der genannten Gelenkverbindungen eine unbegrenzte Drehbewegung aufweist.

24. KMV nach Anspruch 1, bei welcher jede der mindestens zwei der genannten Gelenkverbindungen jeweils mindestens eine Patrone (44, 44', 44'') aufweist, wobei die genannten Patronen aneinander unter vorbestimmten Winkeln zueinander befestigt sind.

25. KMV nach Anspruch 24, bei welcher die genannten Patronen (44, 44', 44'') unter Verwendung der Muffenverbindungen (46, 48) aneinander befestigt sind, wobei die genannten Muffenverbindungen

aufweisen:

ein erstes Verlängerungsstück (47), an welchem eine Muffe (51, 120) vorgesehen ist, mindestens ein zweites Verlängerungsstück (49), an welchem eine Muffe (51, 120) vorgesehen ist, wobei das genannte erste und zweite Verlängerungsstück (47, 49) unter einem gewissen Winkel aneinander befestigt sind und die genannten Muffen (51, 120) jeweils dergestalt bemessen und konfiguriert sind, dass jede davon eine Patrone (44, 44', 44'') aufnimmt.

26. KMV nach Anspruch 25, bei welcher mindestens eine der genannten Patronen (44, 44', 44'') zwischen einem Paar von Muffen (51, 120) eines Paares von auf Abstand befindlichen Muffenverbindungen (46, 48) festgehalten wird.

27. KMV nach Anspruch 26, bei welcher die festgehaltene Patrone (44, 44', 44'') an jeder Muffe des genannten Paares von Muffen (46, 48) klebend befestigt ist.

28. KMV nach Anspruch 25, welche in mindestens einer der genannten Muffen (46, 48) Gewinde aufweist.

29. KMV nach Anspruch 28, welche ein mit Gewinde versehenes Bauteil (136) aufweist, welches sich von mindestens einer der genannten Patronen (44') aus nach außen erstreckt, wobei das genannte, mit Gewinde versehene Bauteil (136) hinsichtlich des Gewindes zum Gewinde (140) in der genannten Muffe (120) passt.

30. KMV nach Anspruch 25, bei welcher die genannten Patronen (44, 44', 44'') an den genannten Muffenverbindungen (120) klebend angebracht sind.

31. KMV nach Anspruch 1, welche über dem genannten Gehäuse ein Verlängerungsrohr (134, 148) aufweist.

32. KMV nach Anspruch 30, bei welcher das genannte Verlängerungsrohr (134, 148) ein faserverstärktes Verbundmaterial umfasst.

33. KMV nach Anspruch 1, bei welcher mindestens zwei der genannten Gelenkverbindungen untereinander durch Gewinde befestigt sind.

34. KMV nach Anspruch 1, bei welcher mindestens zwei der genannten Gelenkverbindungen untereinander unter Verwendung von schraubbaren Befestigungsvorrichtungen verbunden sind.

35. KMV nach Anspruch 34, bei welcher mindestens zwei der genannten Gelenkverbindungen zueinander passende, sich verjüngende Bereiche aufweisen, welche mit den genannten Befestigungsvorrich-

tungen aneinander befestigt sind.

36. KMV nach Anspruch 1, bei welcher die genannten Gelenkverbindungen Langgelenke für die Drehbewegung und Kurzgelenke für die Kippbewegung umfassen.

37. KMV nach Anspruch 31, welche drei Gelenkpaare enthält, wobei jedes Gelenkpaar ein Langgelenk und ein Kurzgelenk umfasst.

38. KMV nach Anspruch 37, bei welcher das genannte Langgelenk um ungefähr 90 Grad zum genannten Kurzgelenk in jedem Gelenkpaar gedreht ist.

39. KMV nach Anspruch 38, welche eine siebente Gelenkverbindung in der genannten Messsonde (**28**) enthält.

40. KMV nach Anspruch 1, bei welcher die genannten Gelenkverbindungen in den Gelenkkonfigurationen angeordnet sind, die aus der Gruppe ausgewählt sind, zu denen die Konfigurationen 2-2-2, 2-1-2, 2-2-3 und 2-1-3 gehören.

41. KMV nach Anspruch 1, welche einen elektronischen Identifikations-Chip enthält, der mit der genannten Patrone verbunden ist, um die genannte Patrone eindeutig zu identifizieren.

42. KMV nach Anspruch 1, bei welcher das genannte periodische Muster (**64**) mit der genannten Welle (**60**) drehbar ist und der genannte Lesekopf (**92**) in Bezug zur genannten Welle (**60**) stationär ist.

43. KMV nach Anspruch 42, bei welcher das genannte Muster (**94**) direkt an der genannten Welle (**60**) angebracht ist.

44. KMV nach Anspruch 1, bei welcher der genannte Lesekopf (**92**) mit der genannten Welle (**60**) drehbar ist und das genannte Muster (**94**) in Bezug zur genannten Welle (**60**) stationär ist.

Es folgen 47 Blatt Zeichnungen

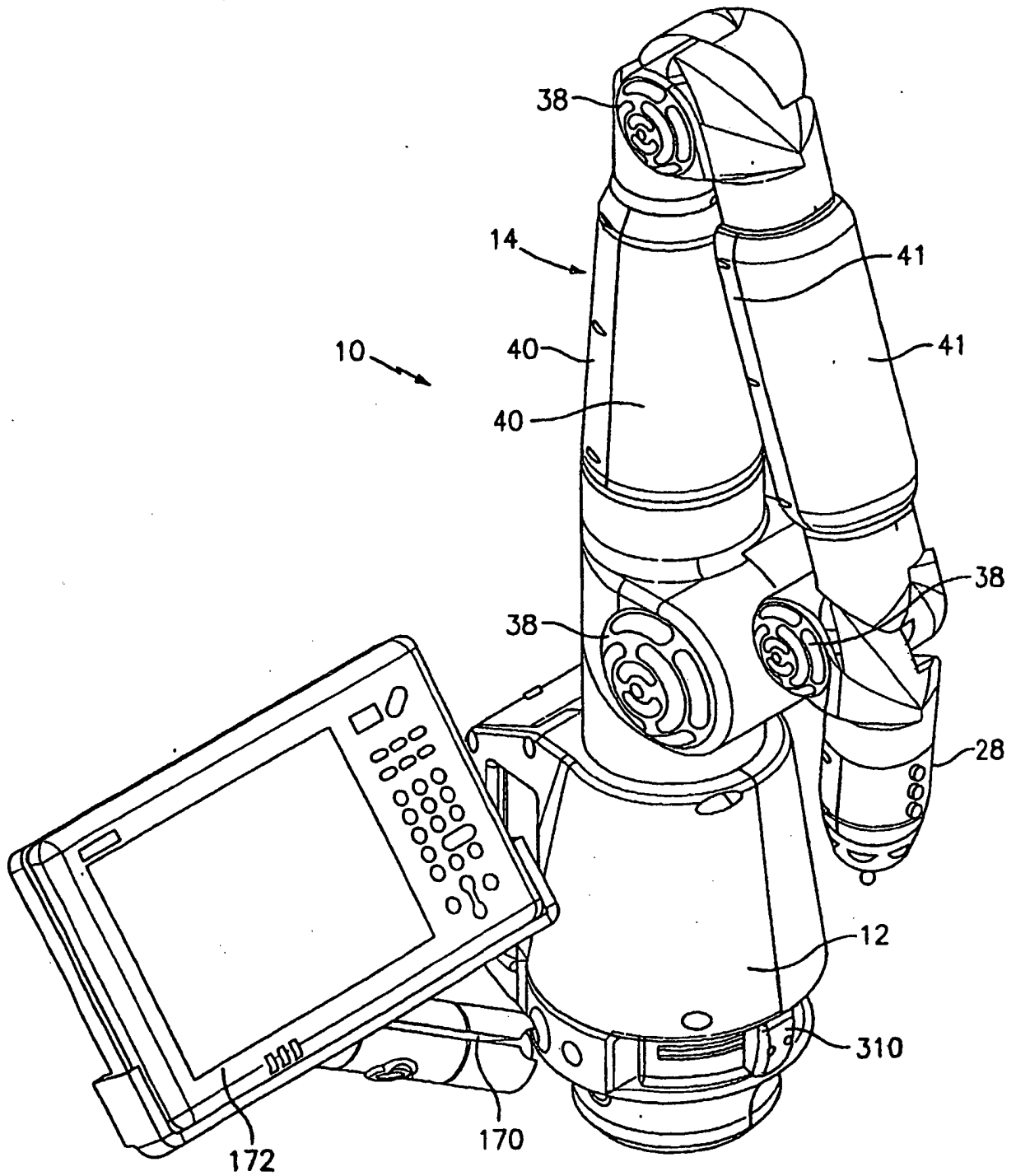


FIG. 1

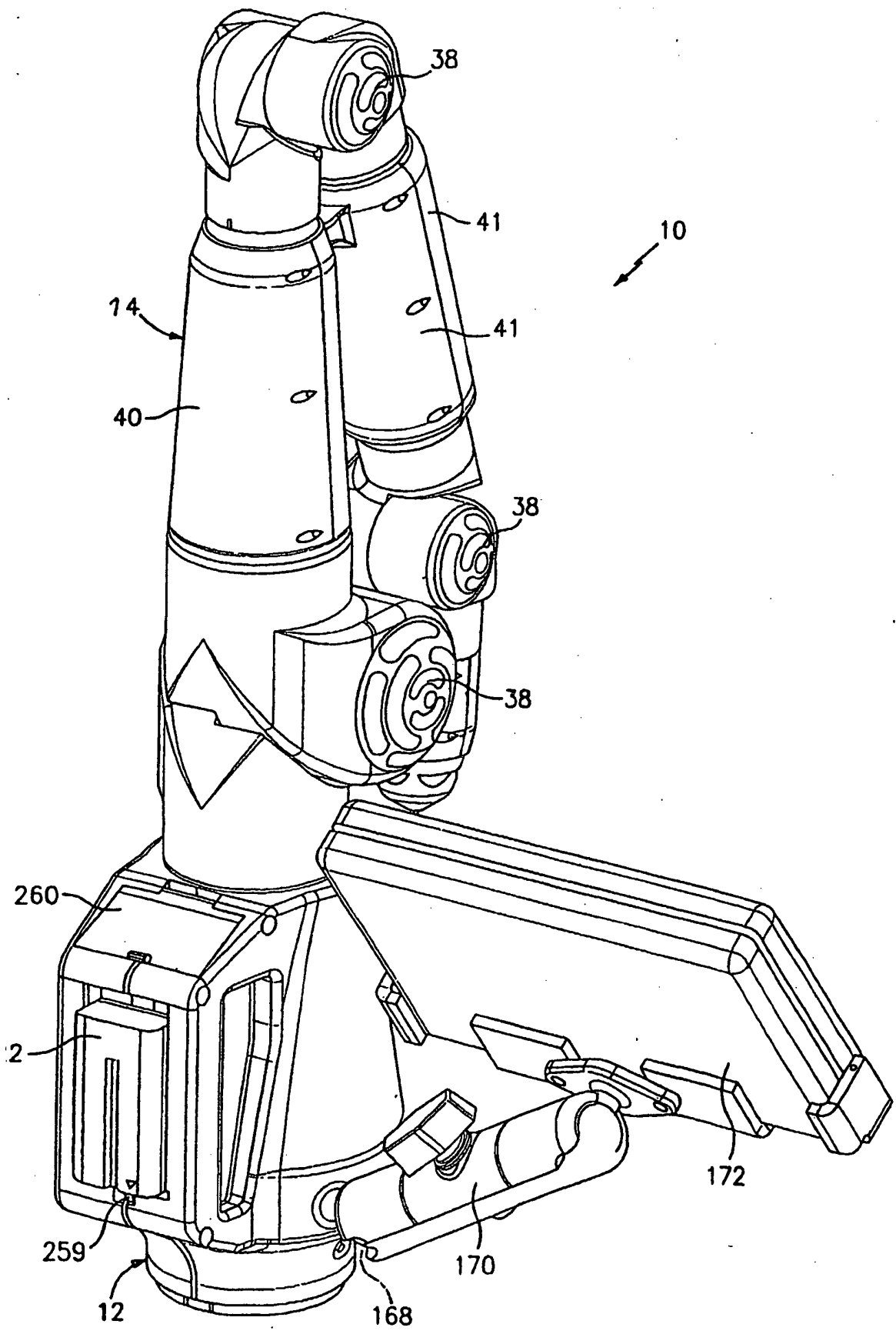


FIG 2

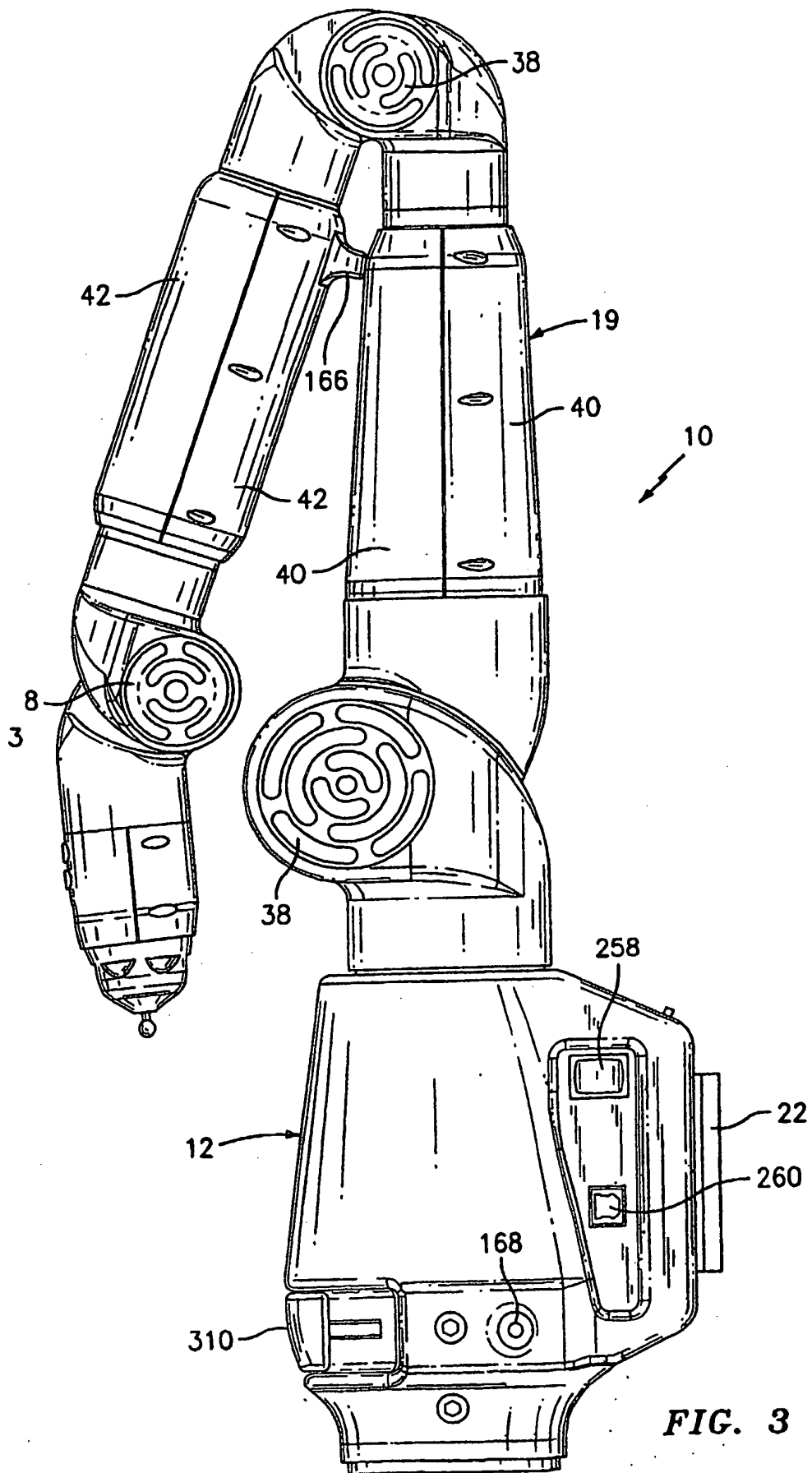
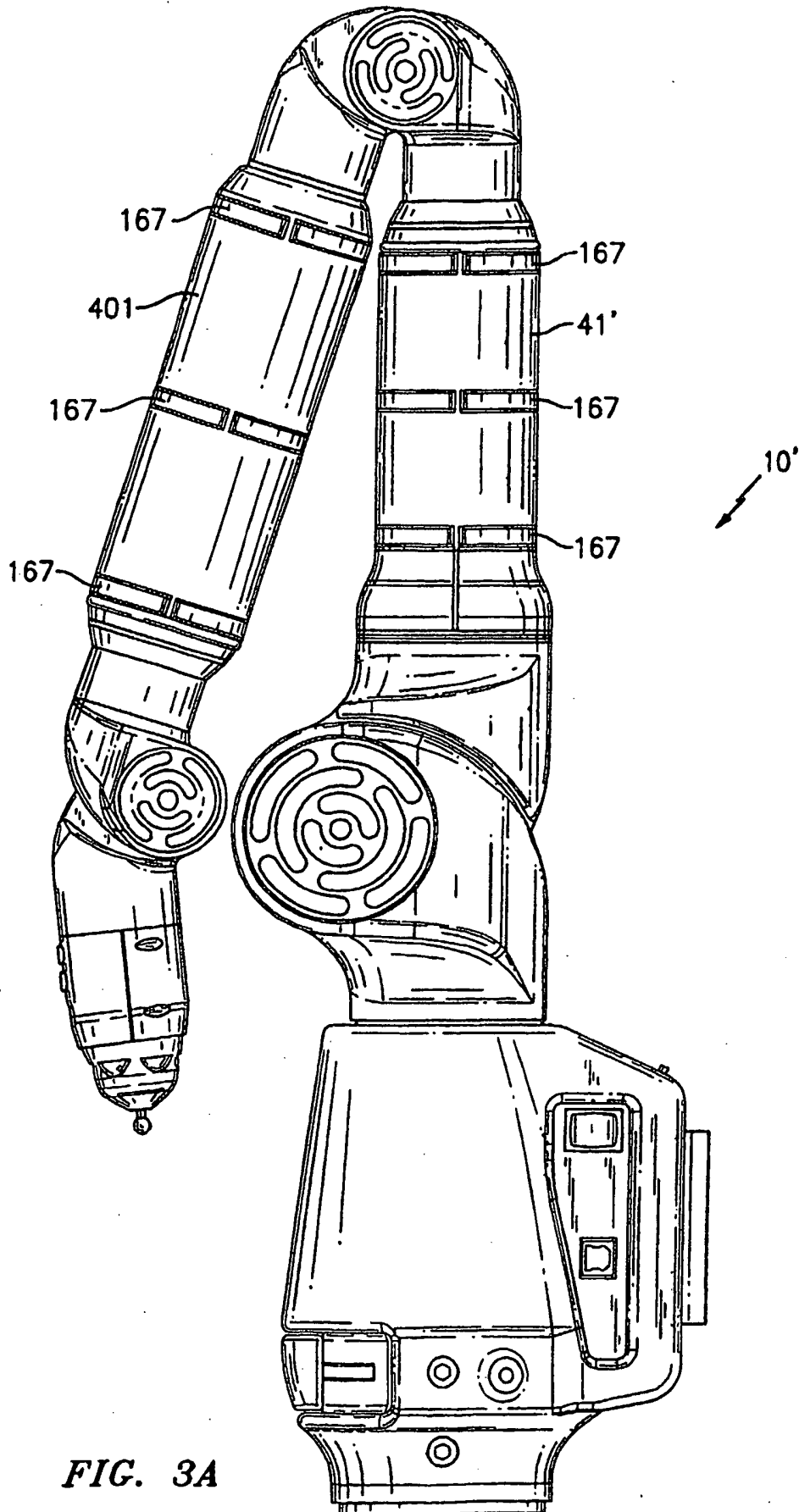


FIG. 3



**FIG. 3A**

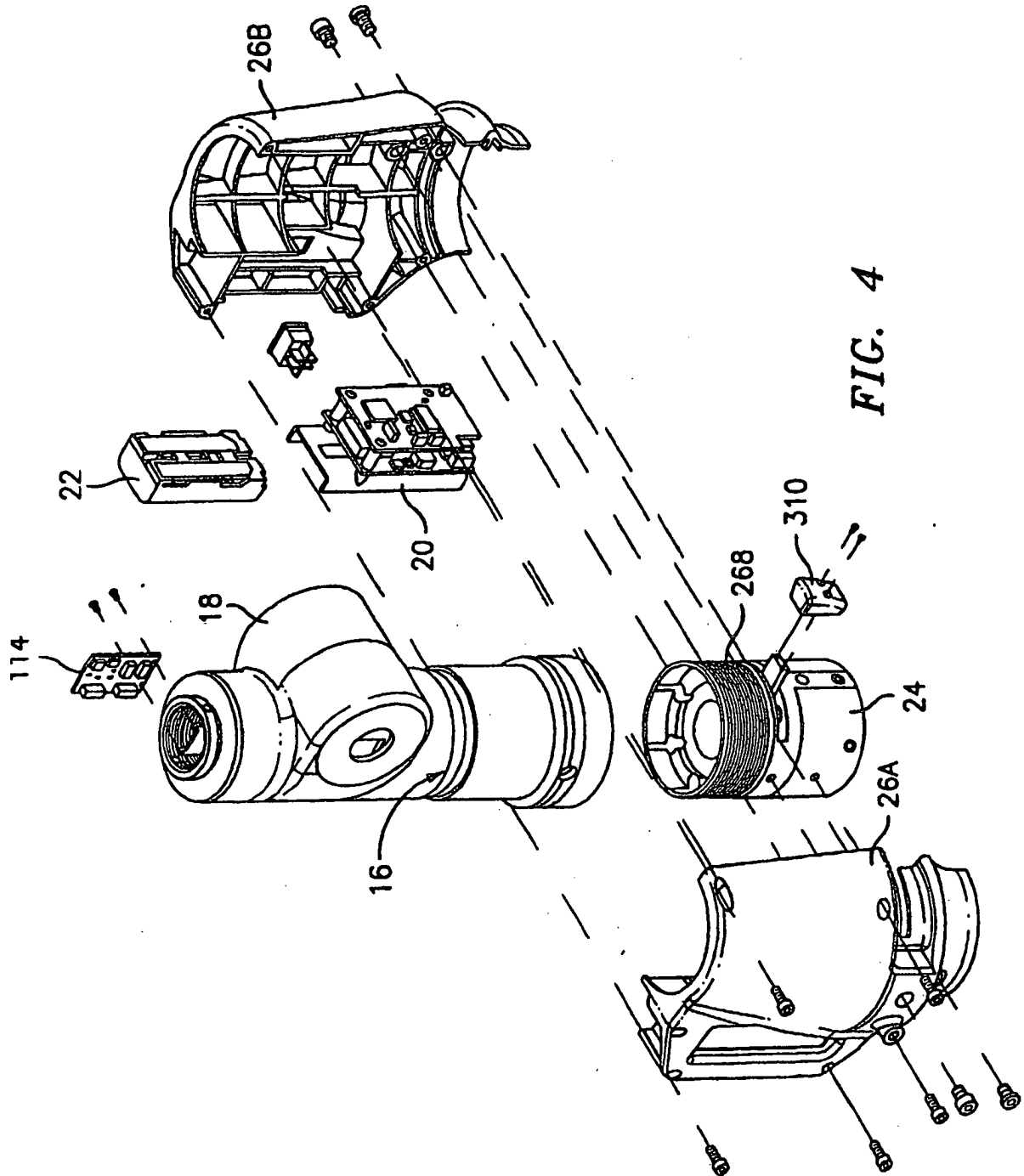


FIG. 4

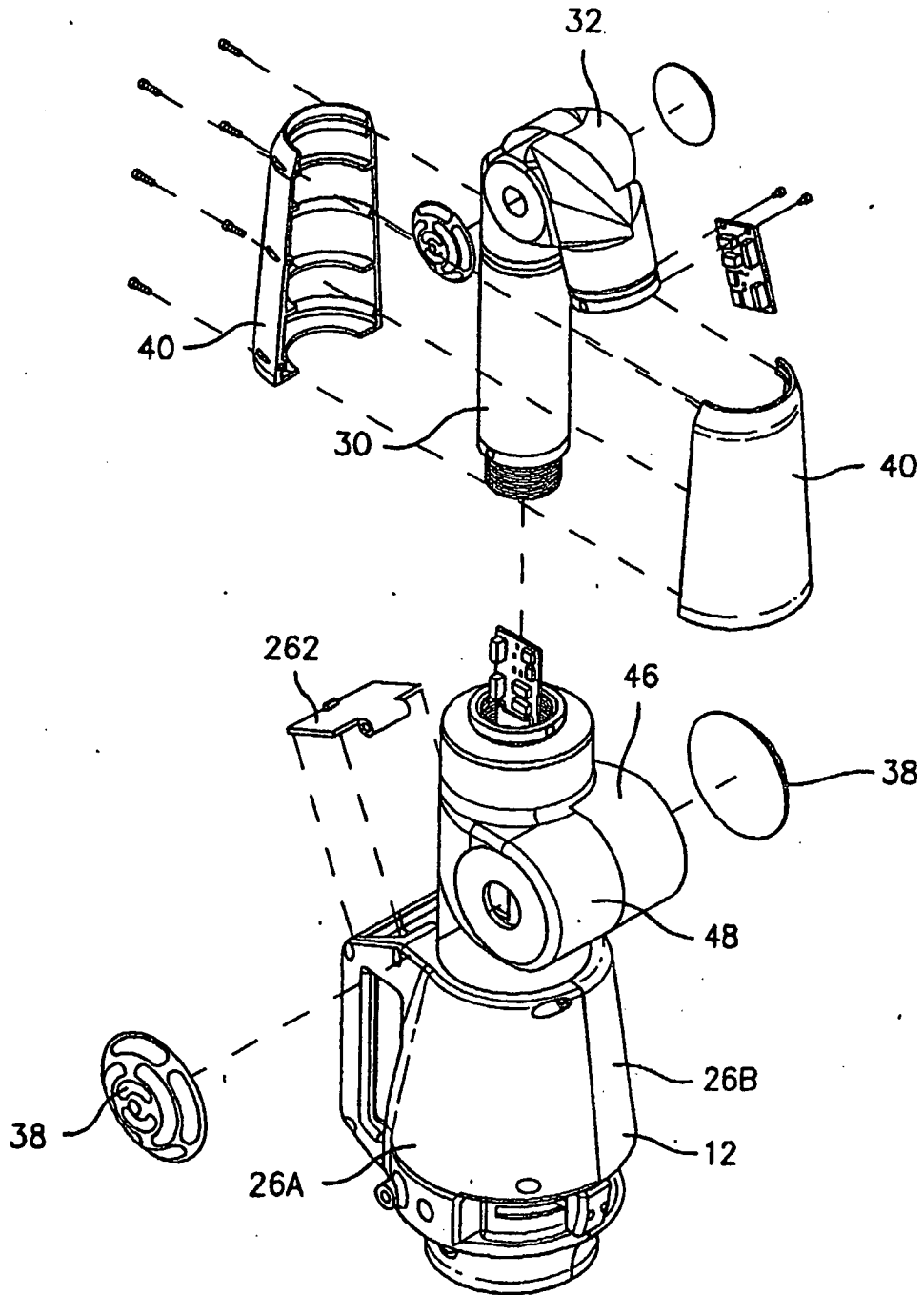
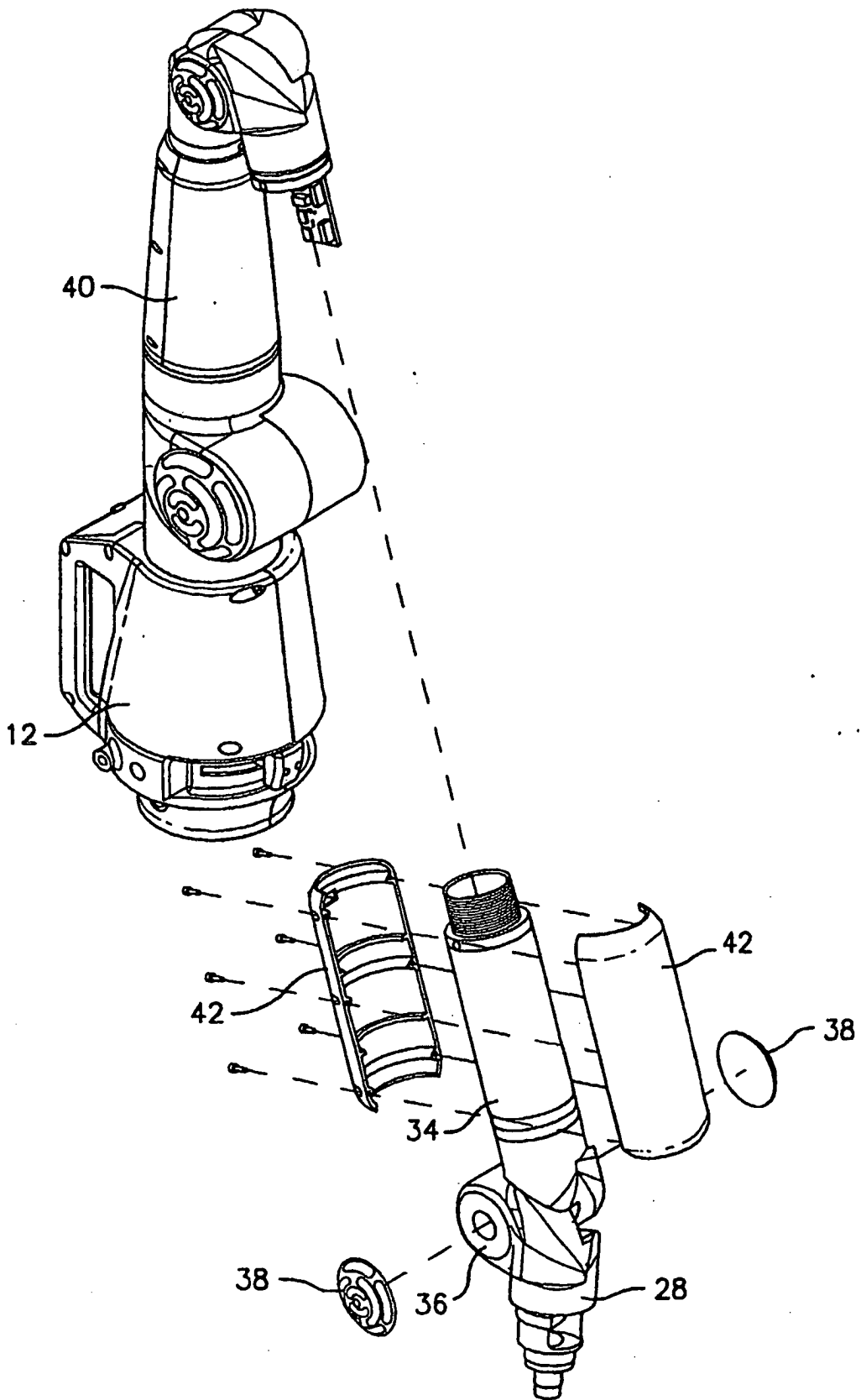


FIG. 5



**FIG. 6**

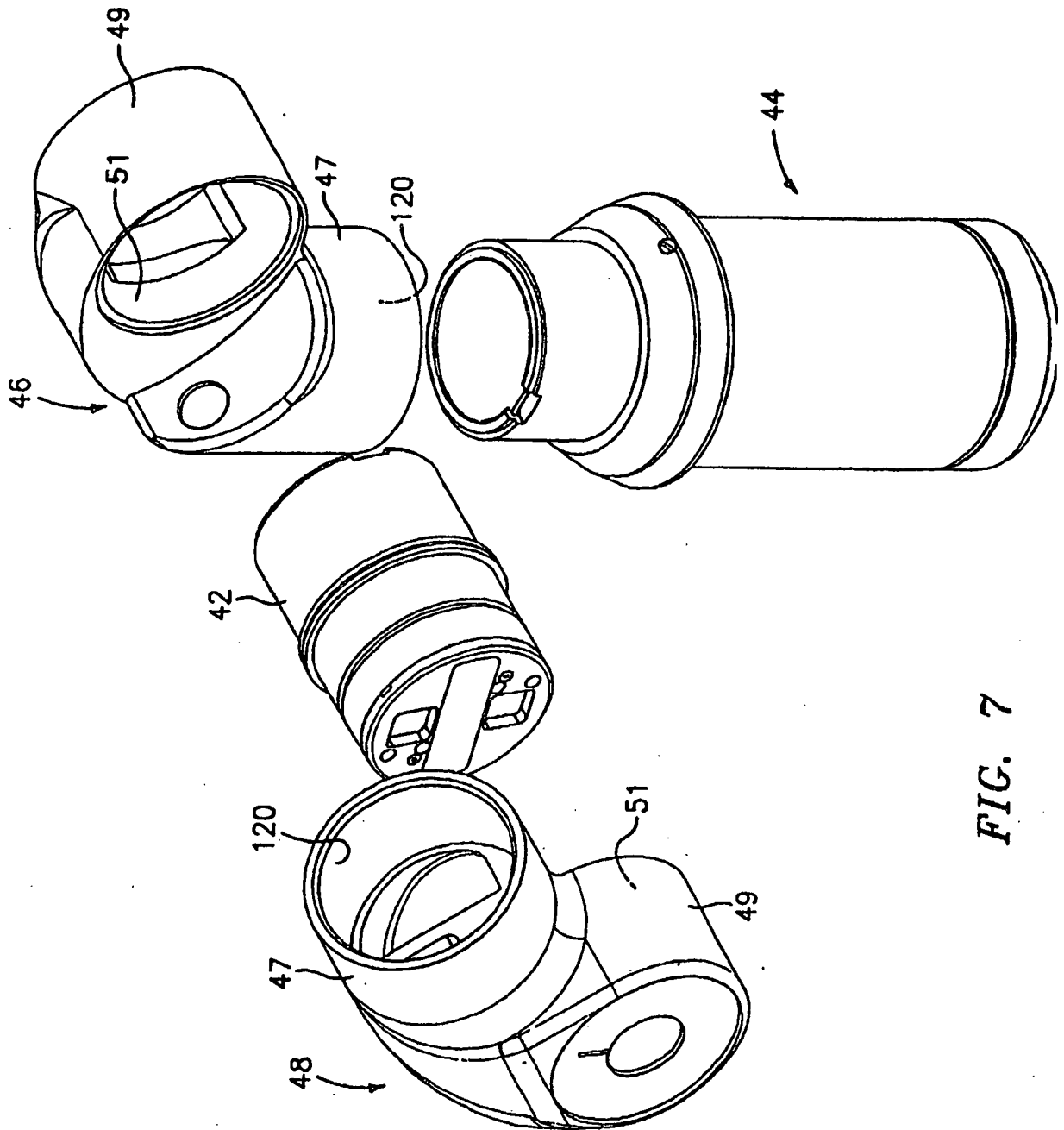


FIG. 7

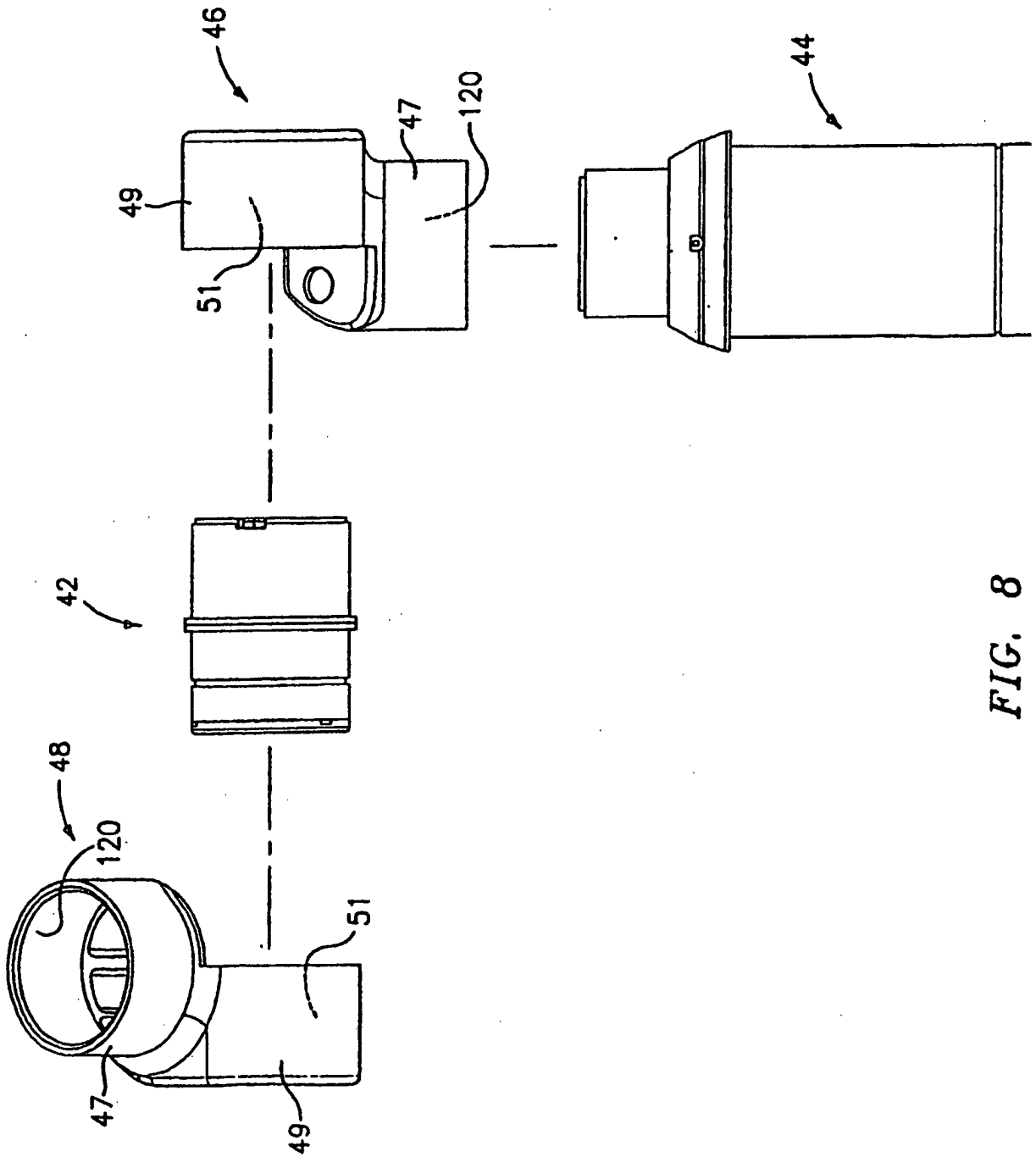


FIG. 8

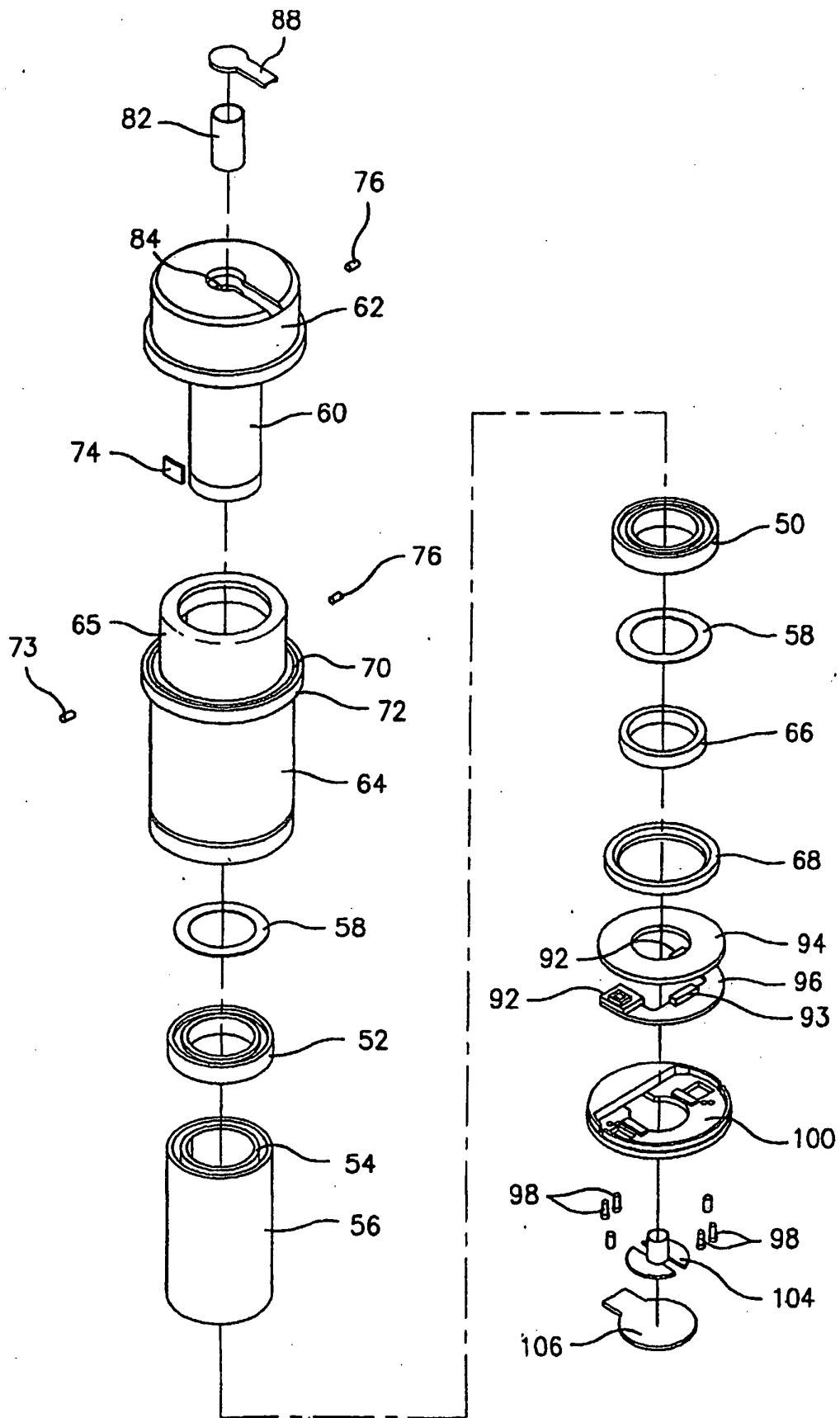


FIG. 9

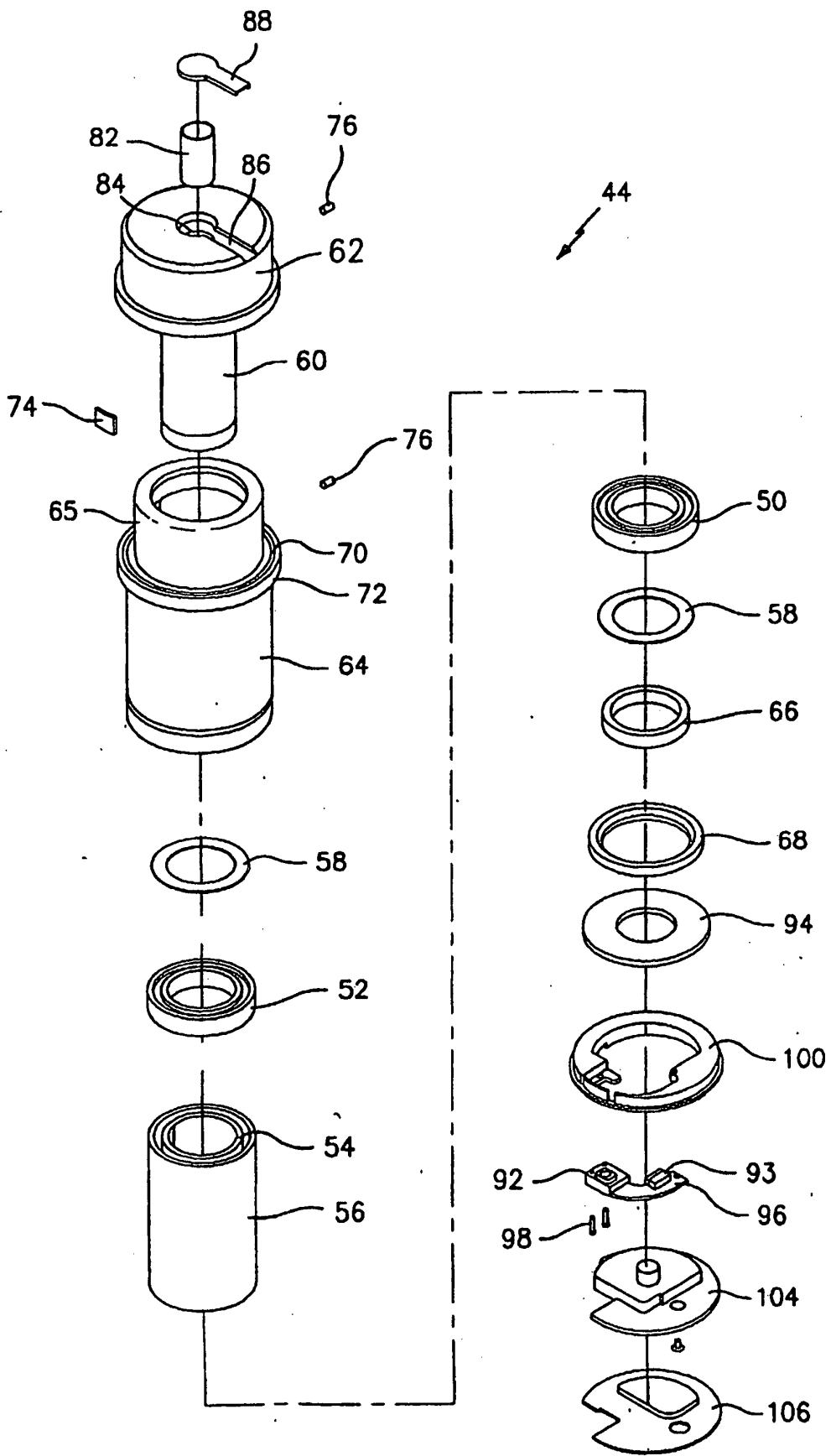


FIG. 9A

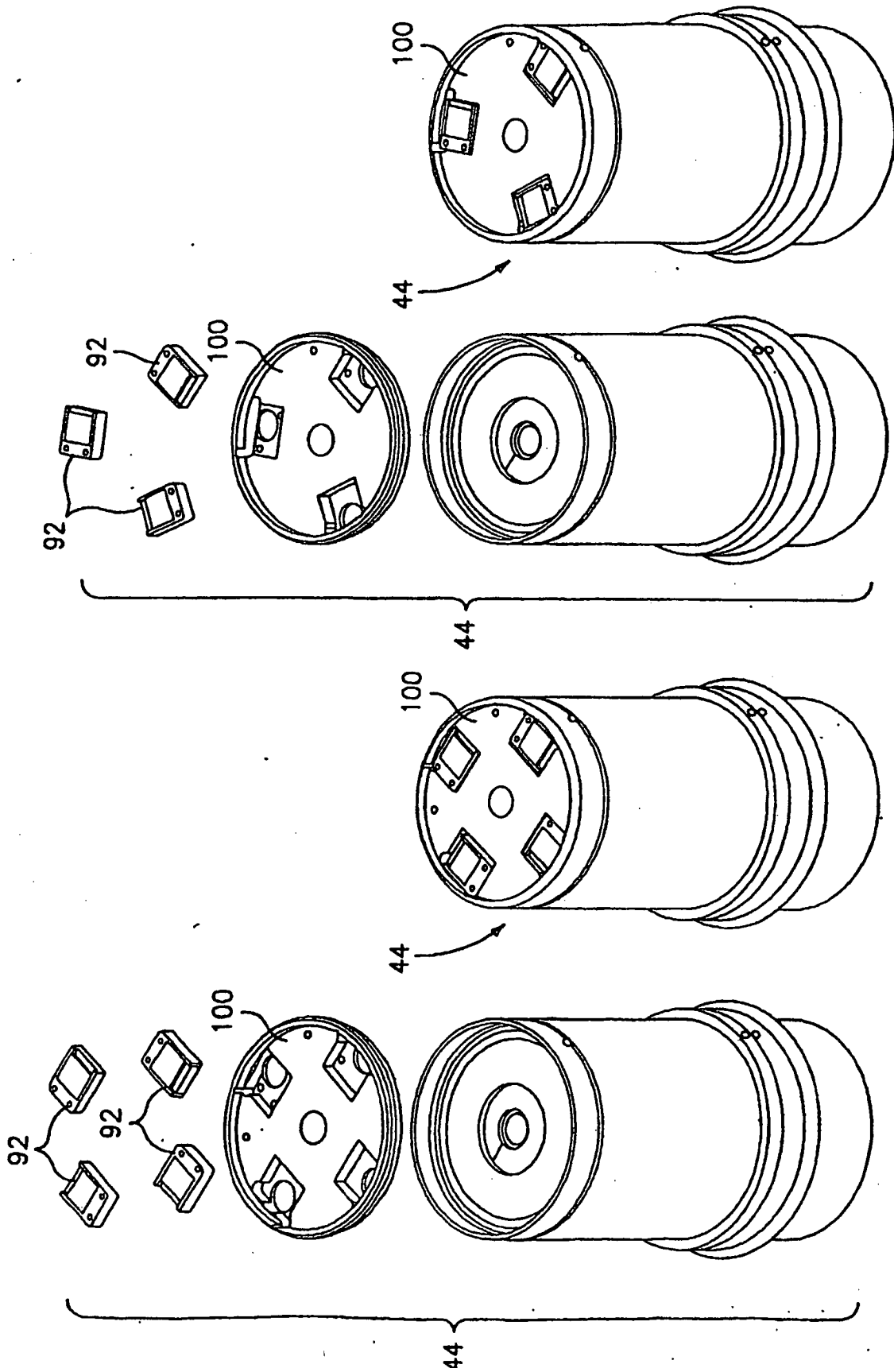


FIG. 9E

FIG. 9D

FIG. 9C

FIG. 9B

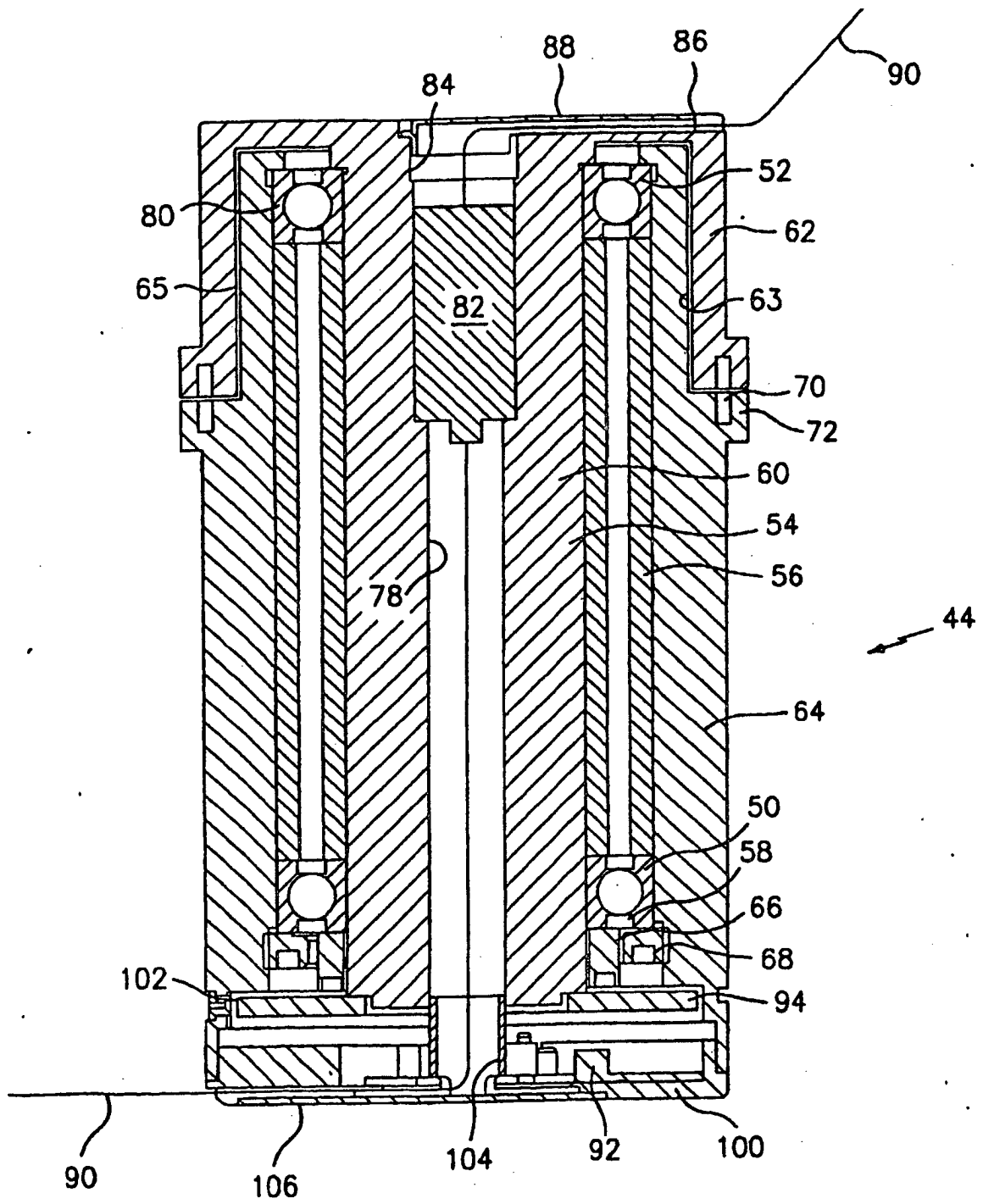


FIG. 10

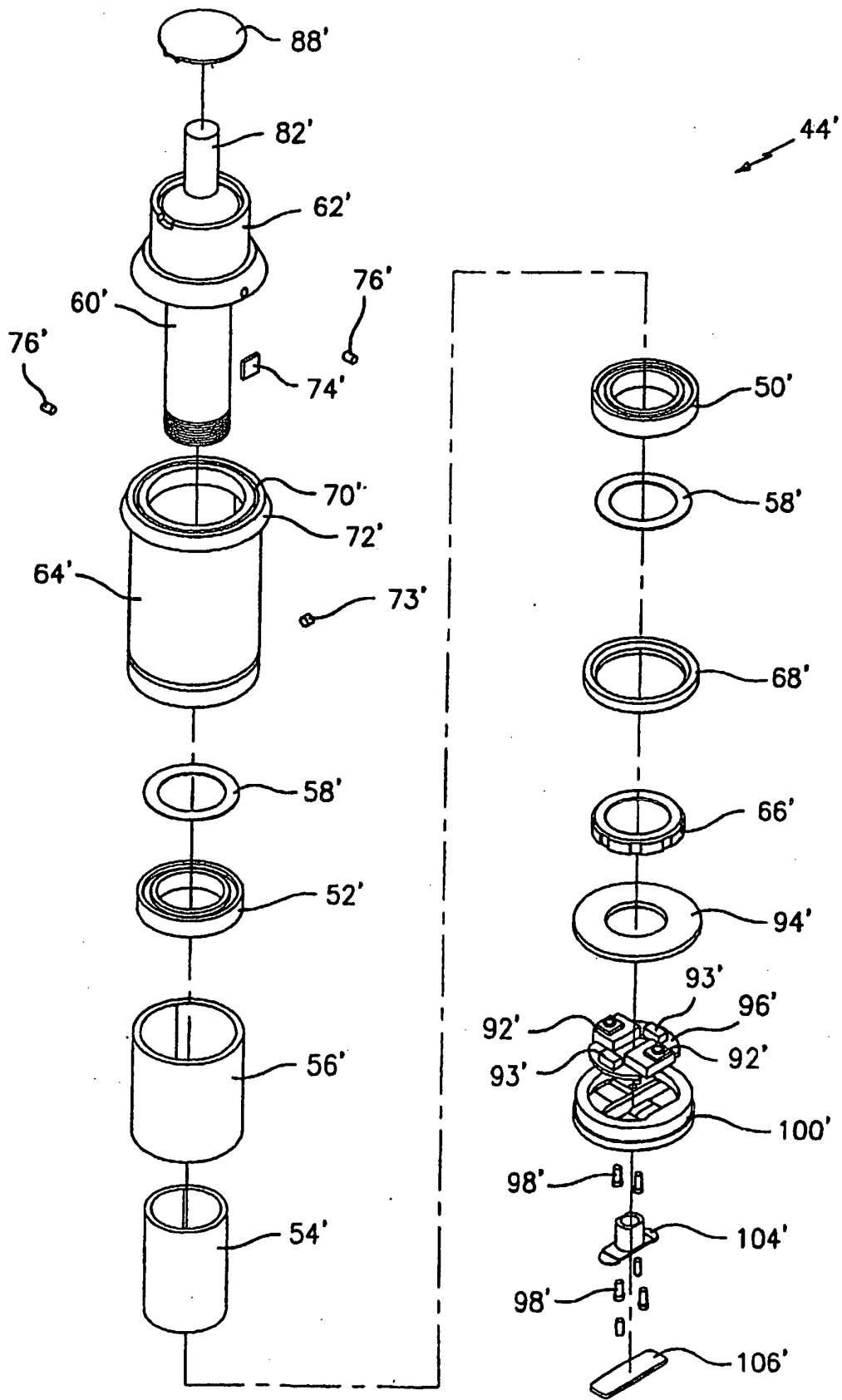


FIG. 11

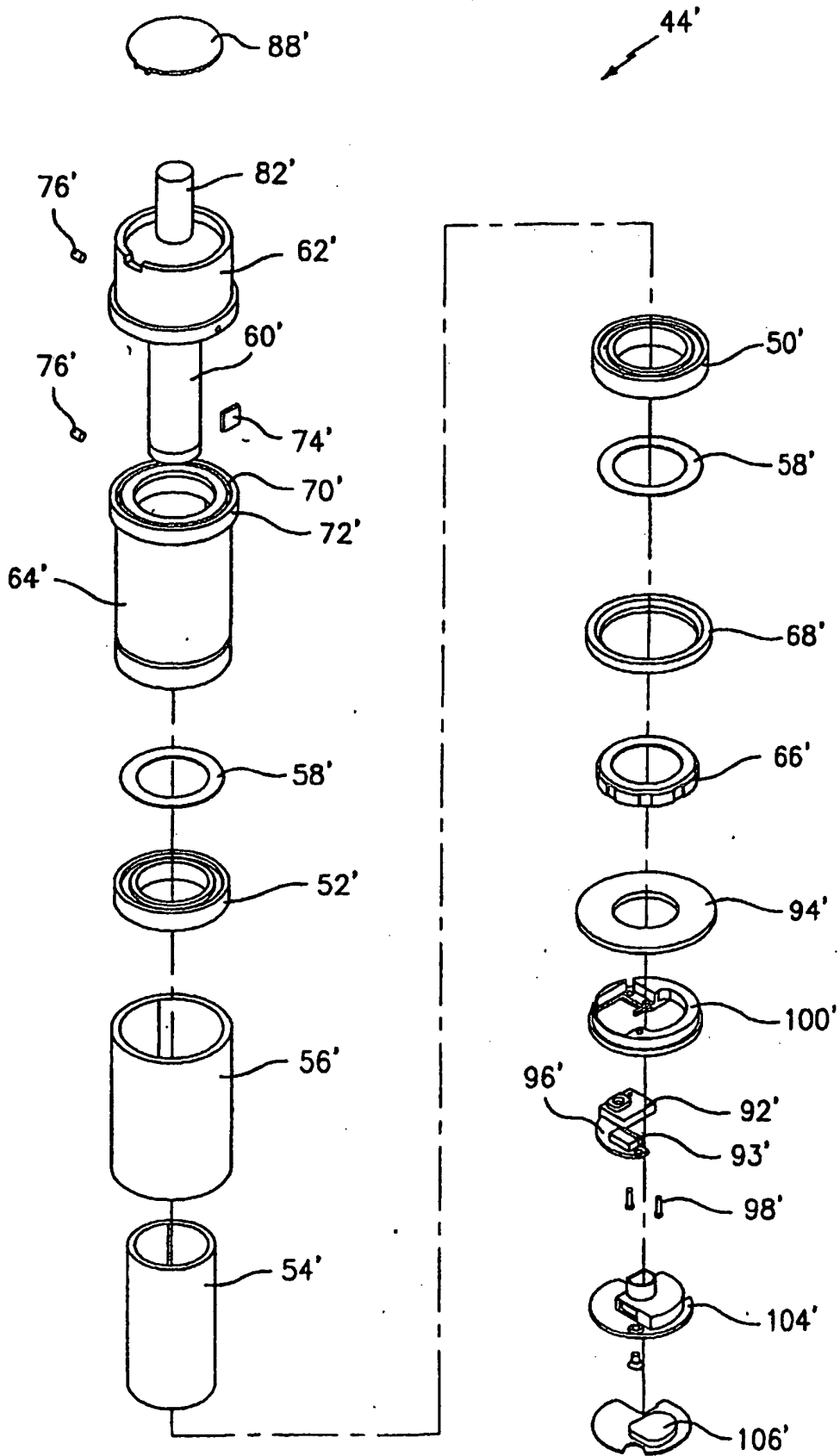


FIG. 11A

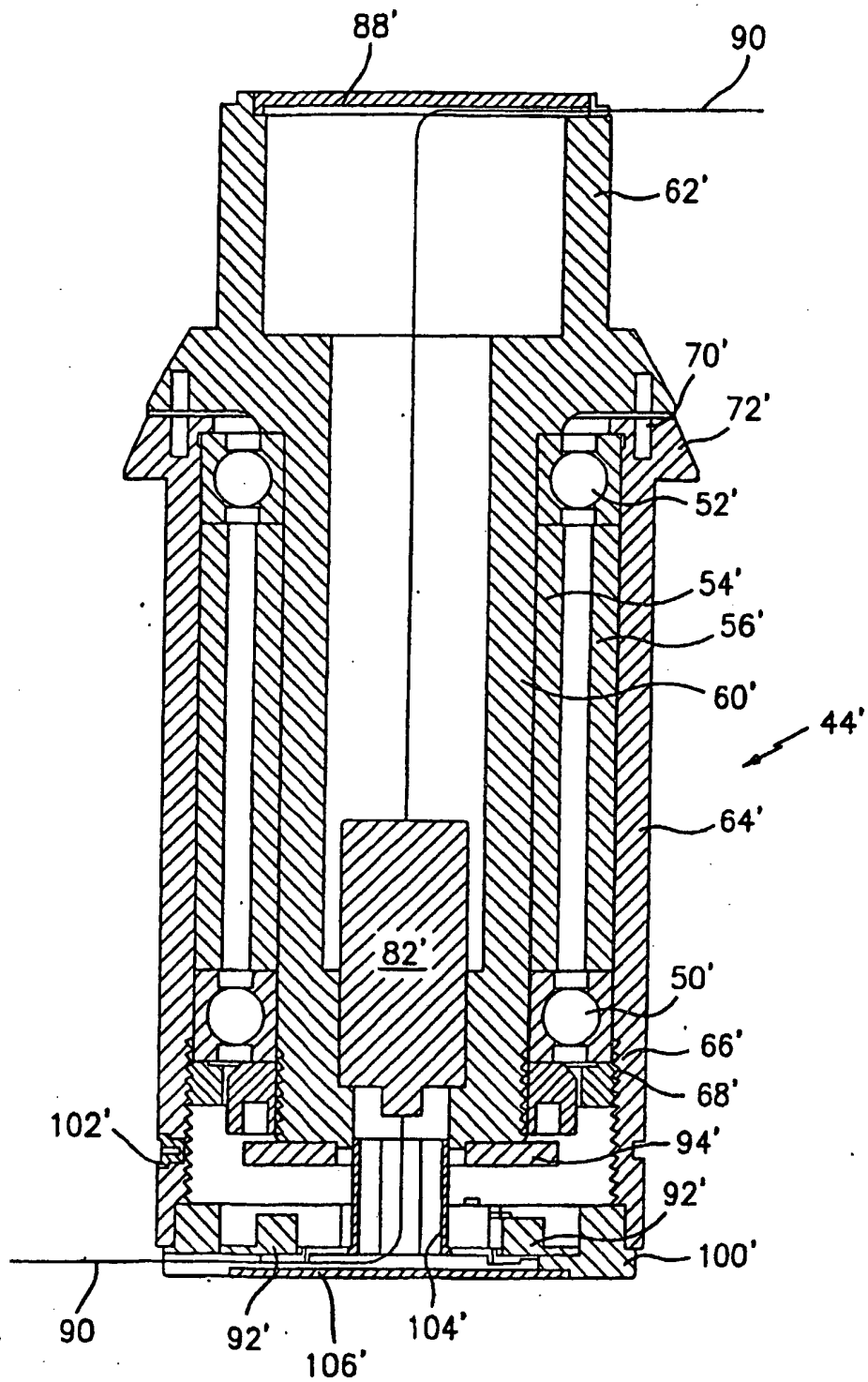
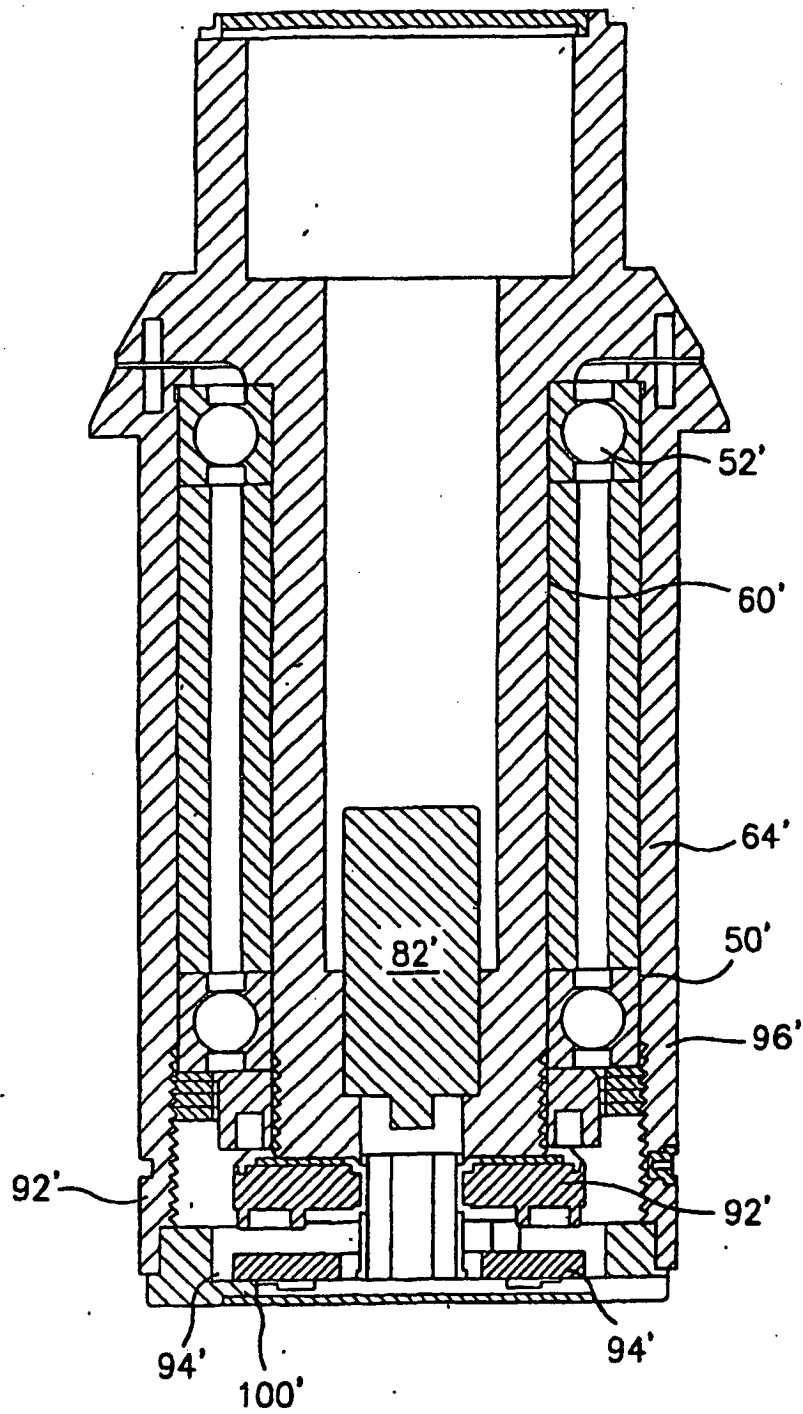


FIG. 12



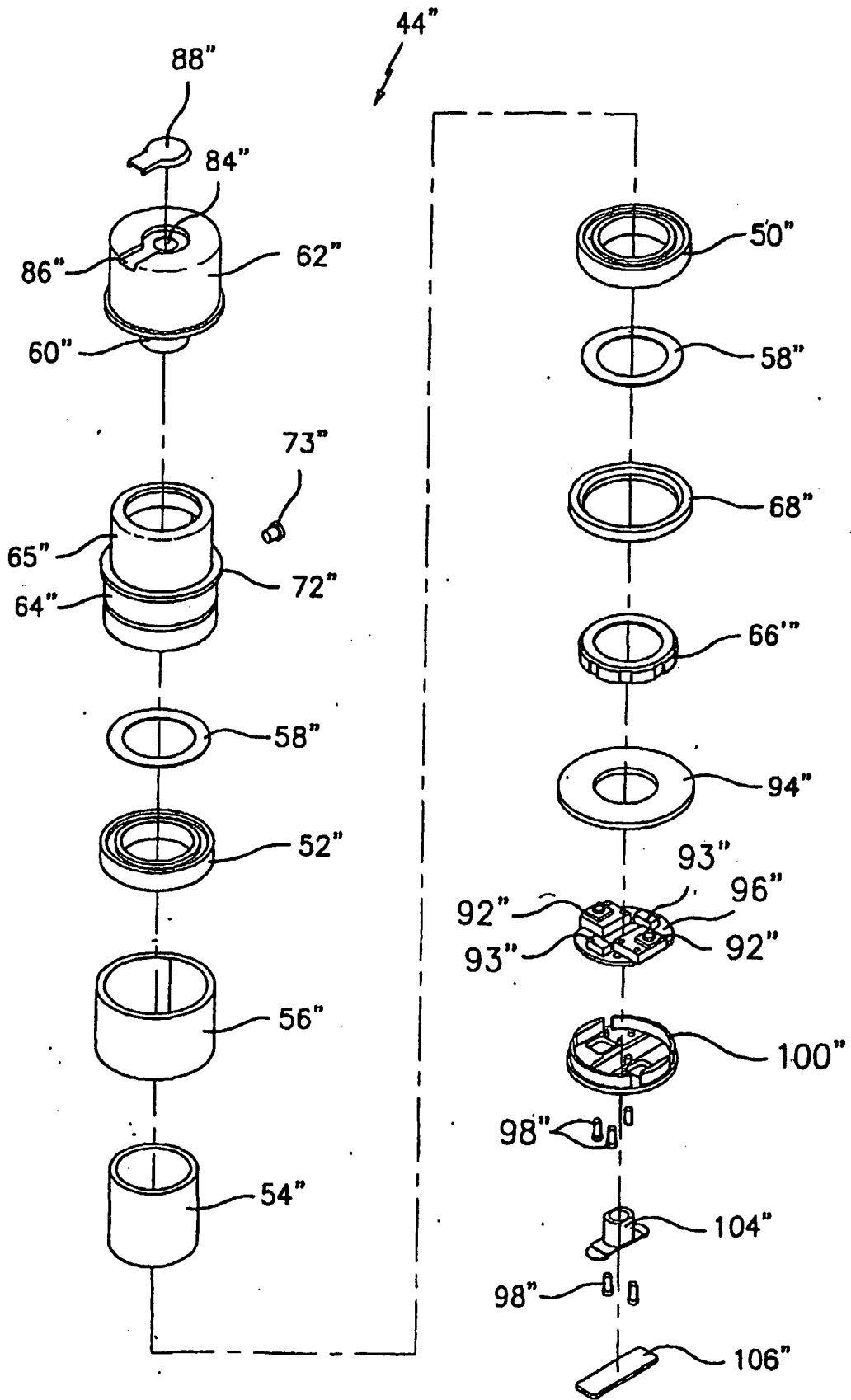


FIG. 13

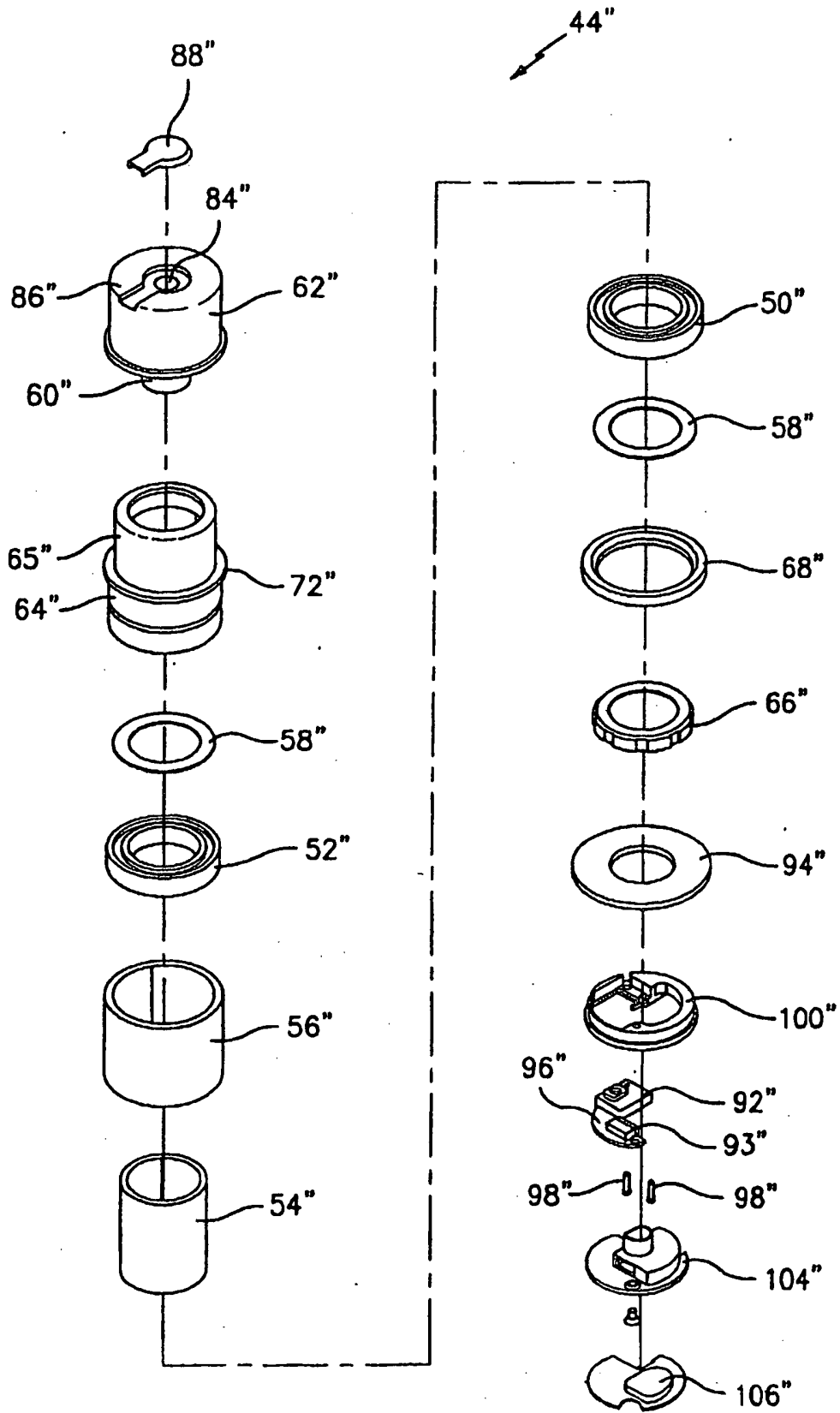


FIG. 13A

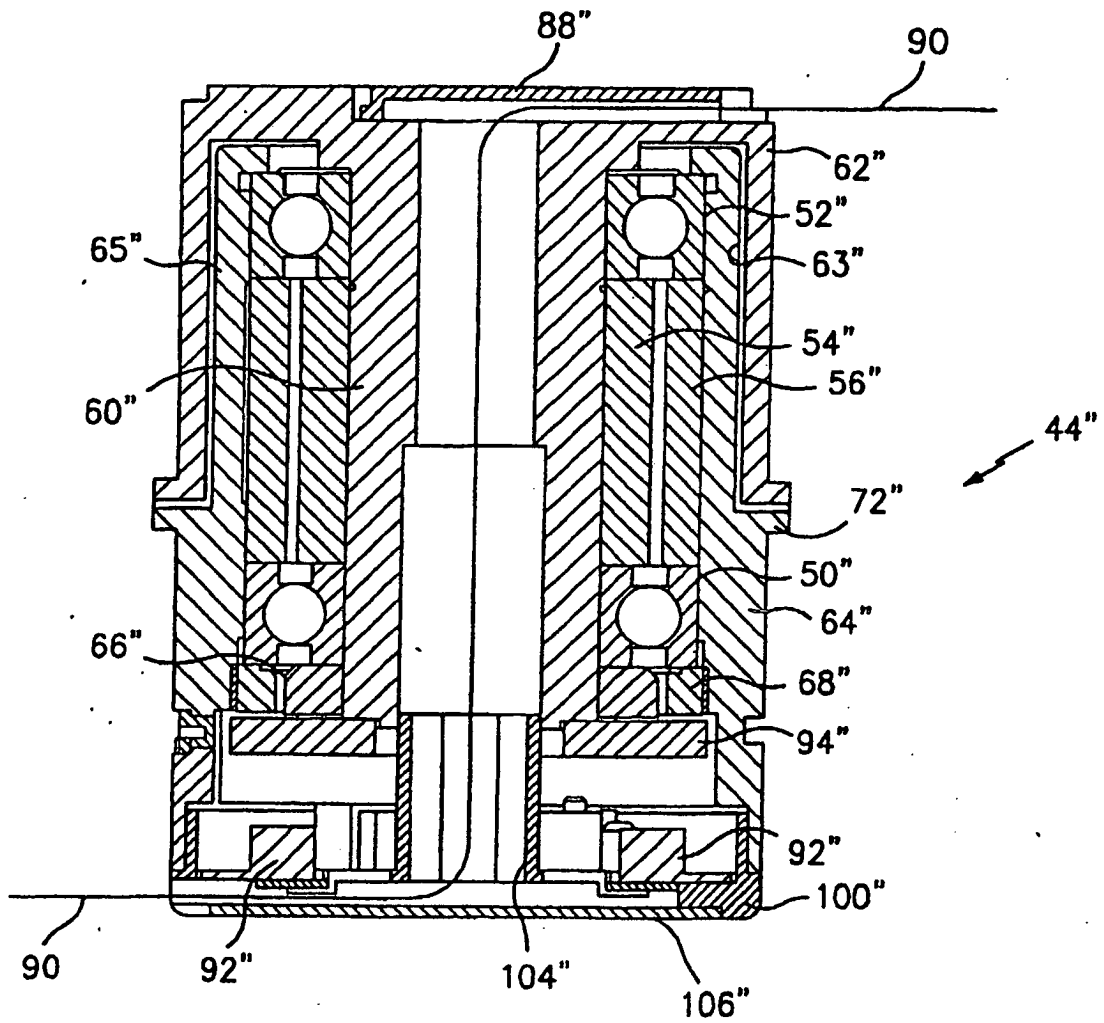


FIG 14

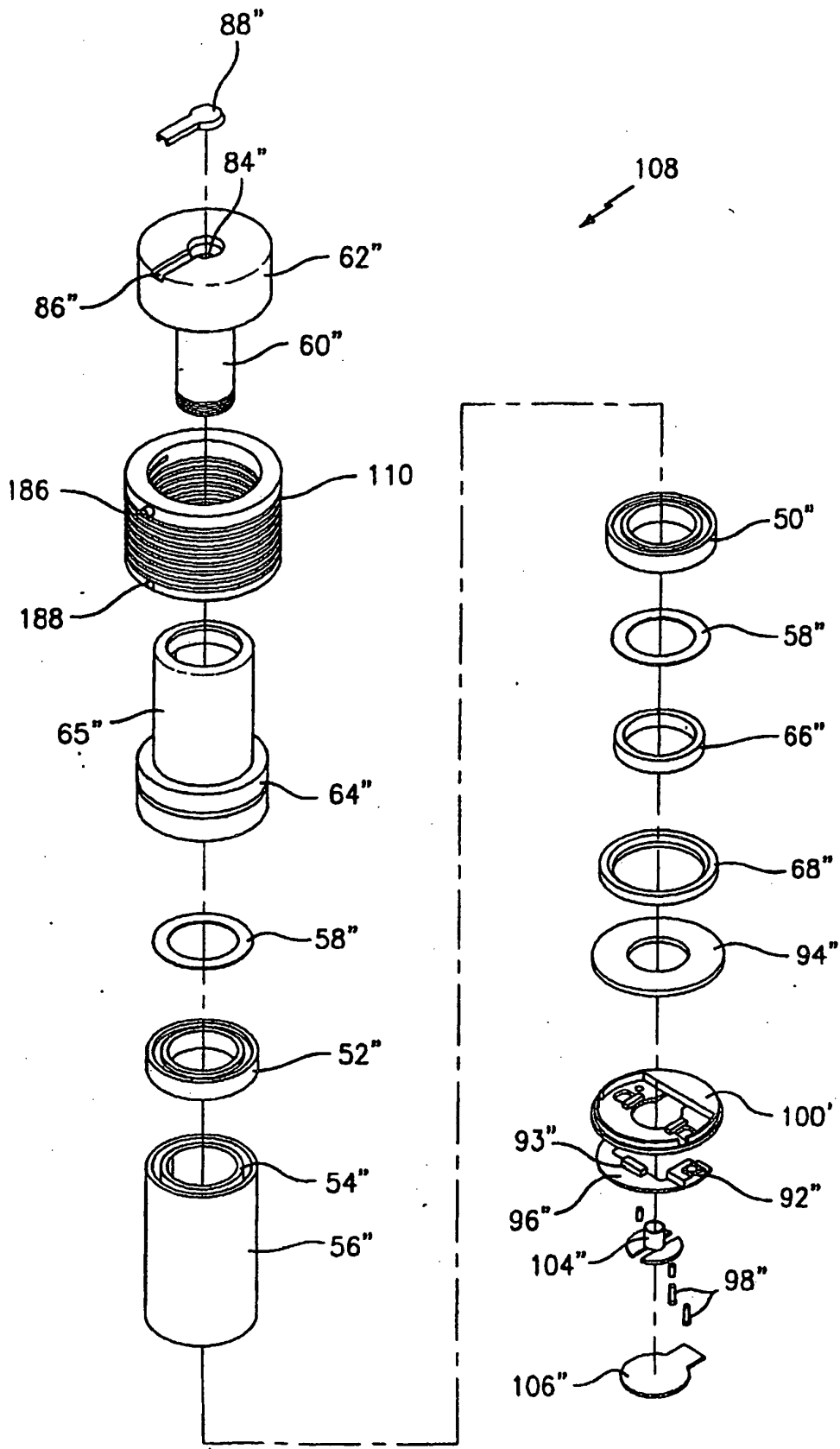


FIG. 15

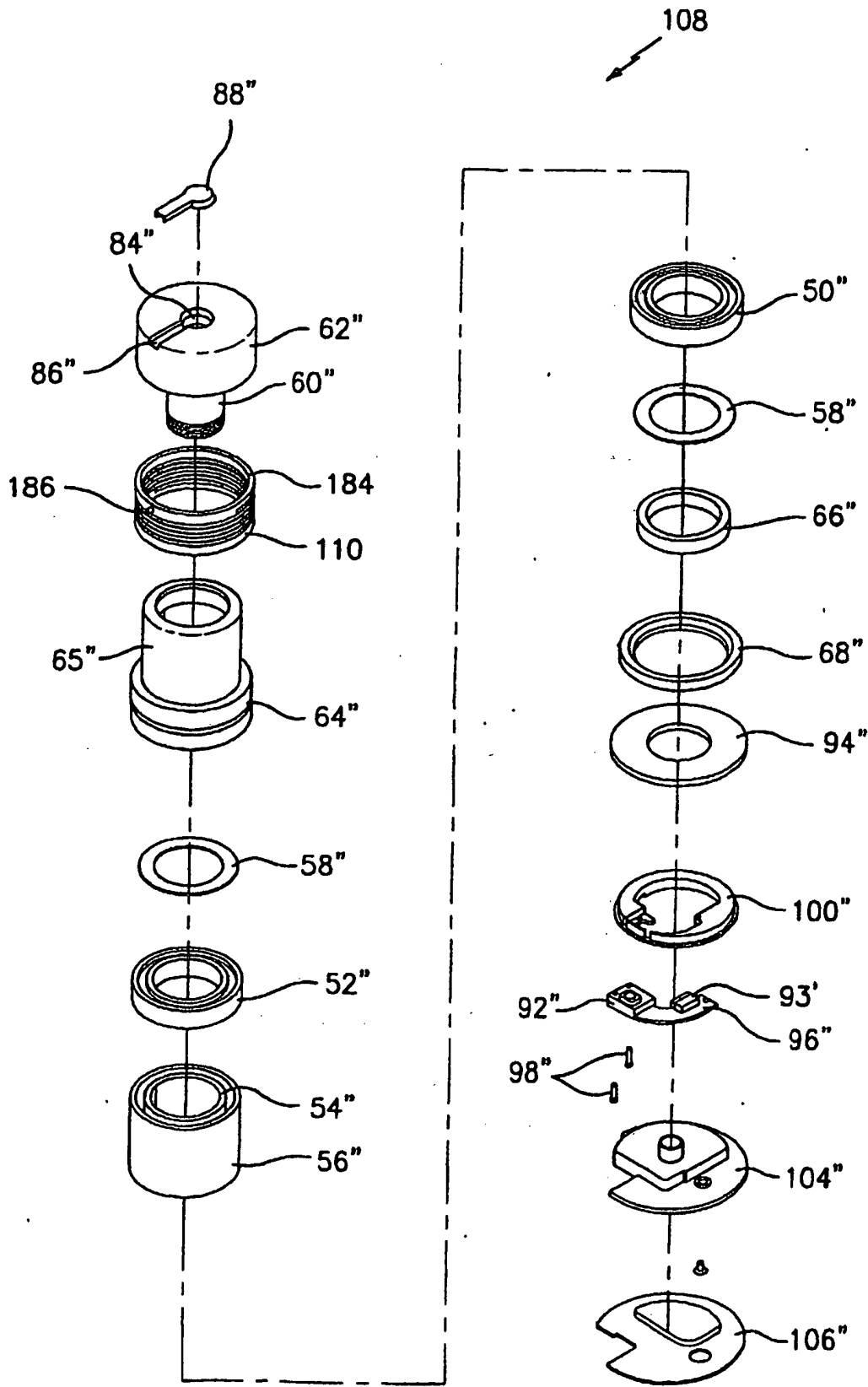


FIG. 15A

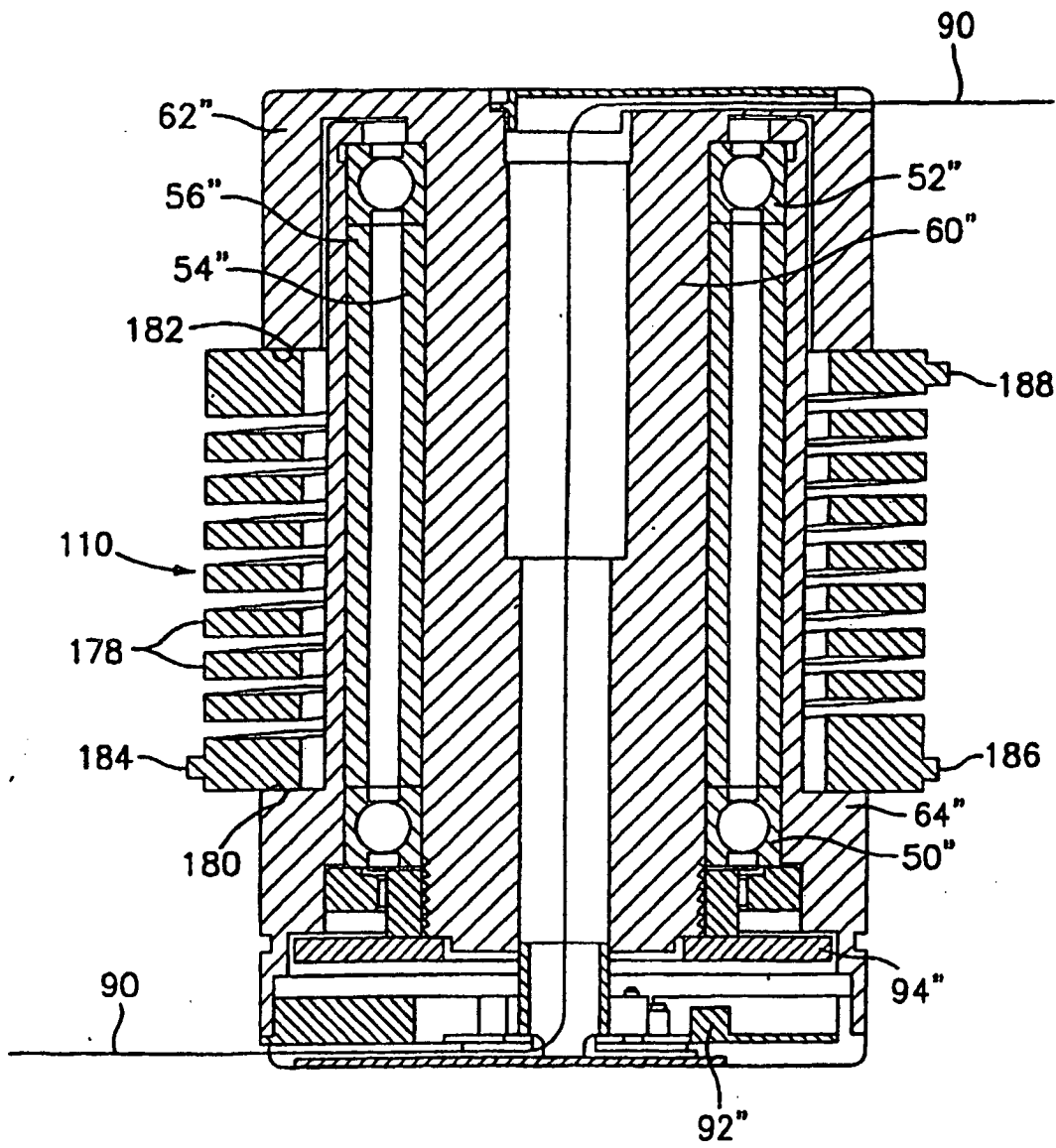


FIG. 16

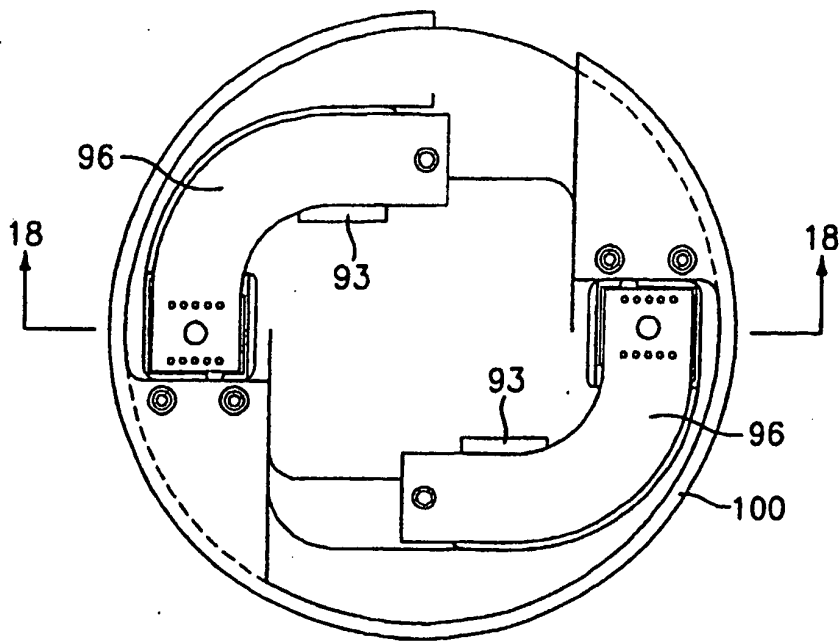


FIG. 17

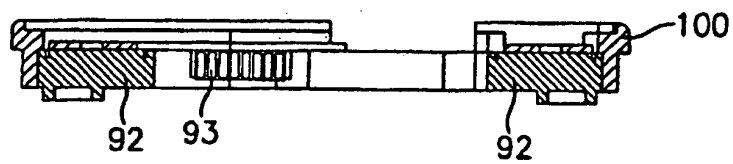


FIG. 18

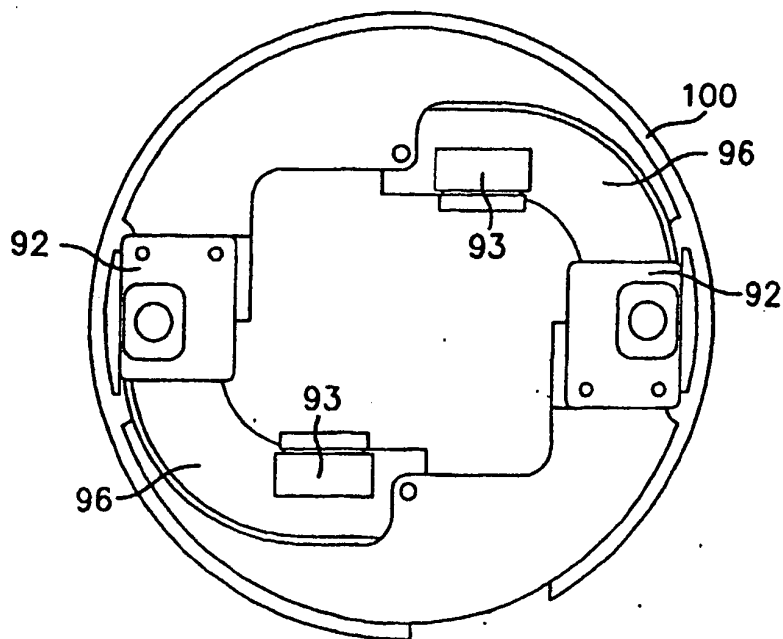
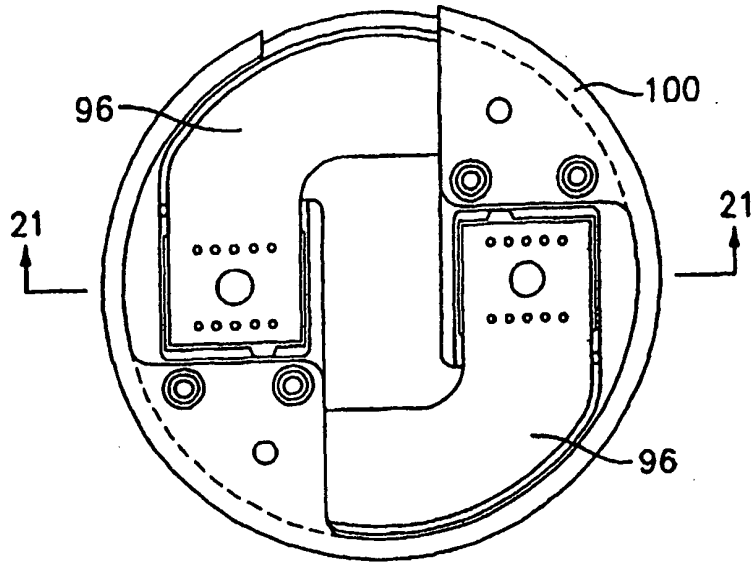
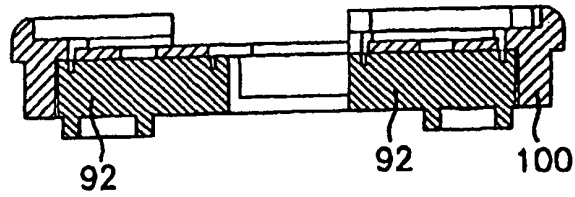


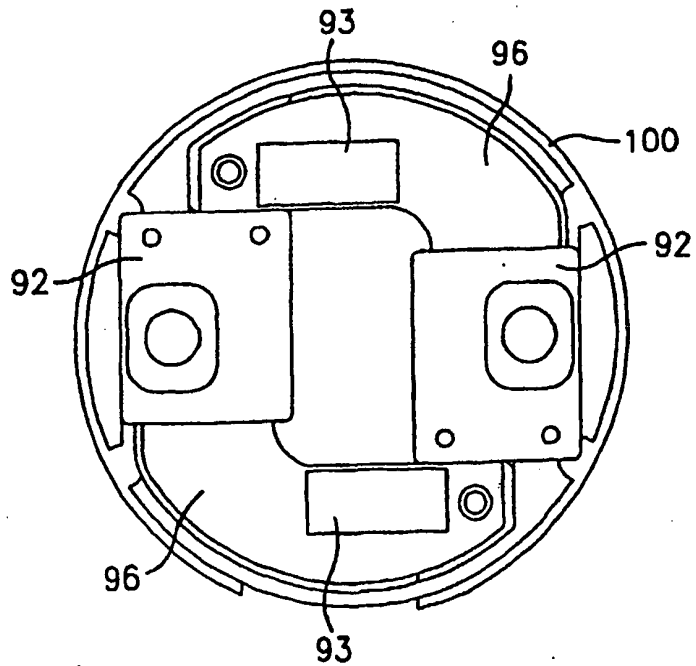
FIG. 19



**FIG. 20**



**FIG. 21**



**FIG. 22**

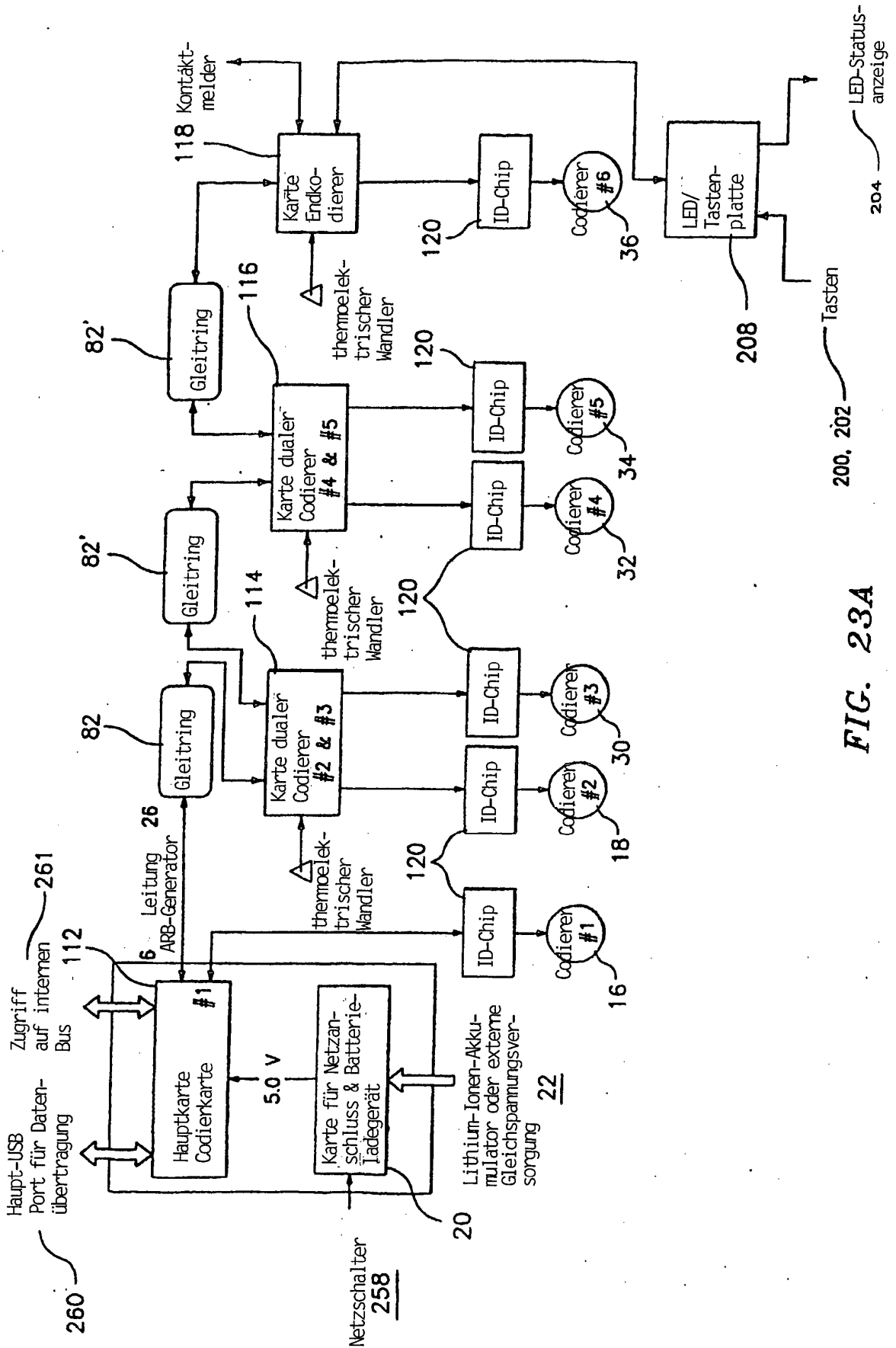


FIG. 23A

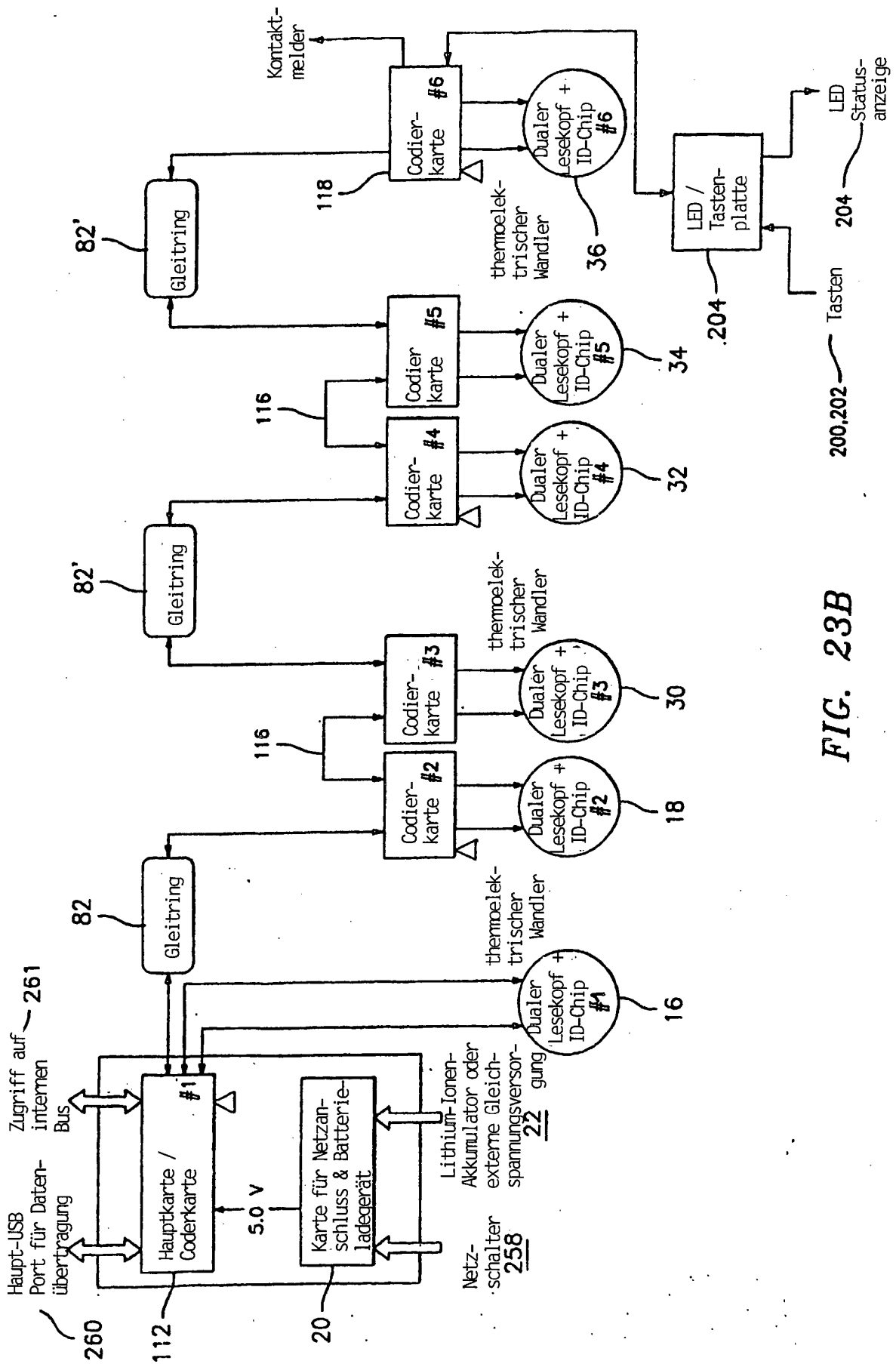


FIG. 23B

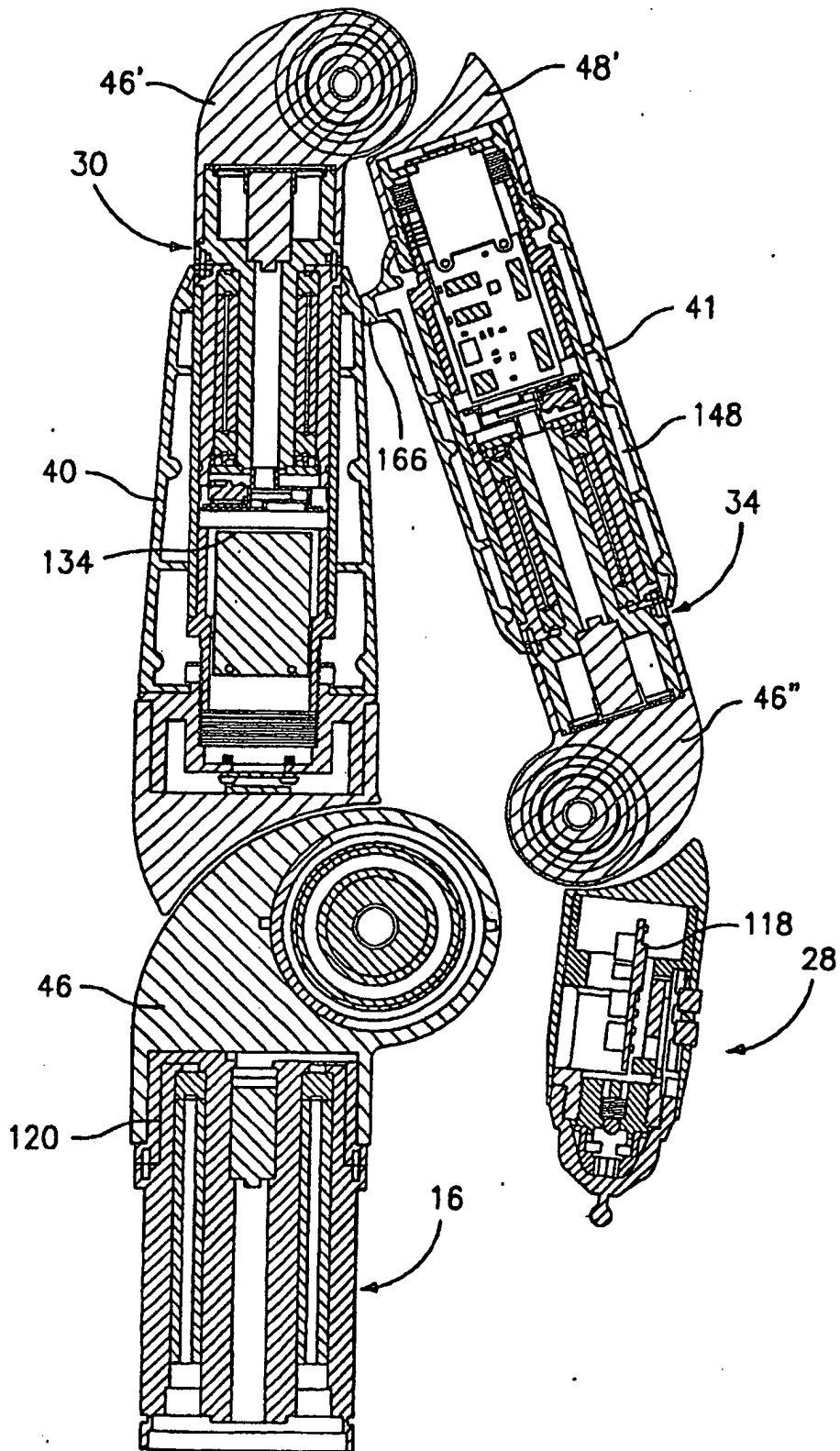


FIG. 24

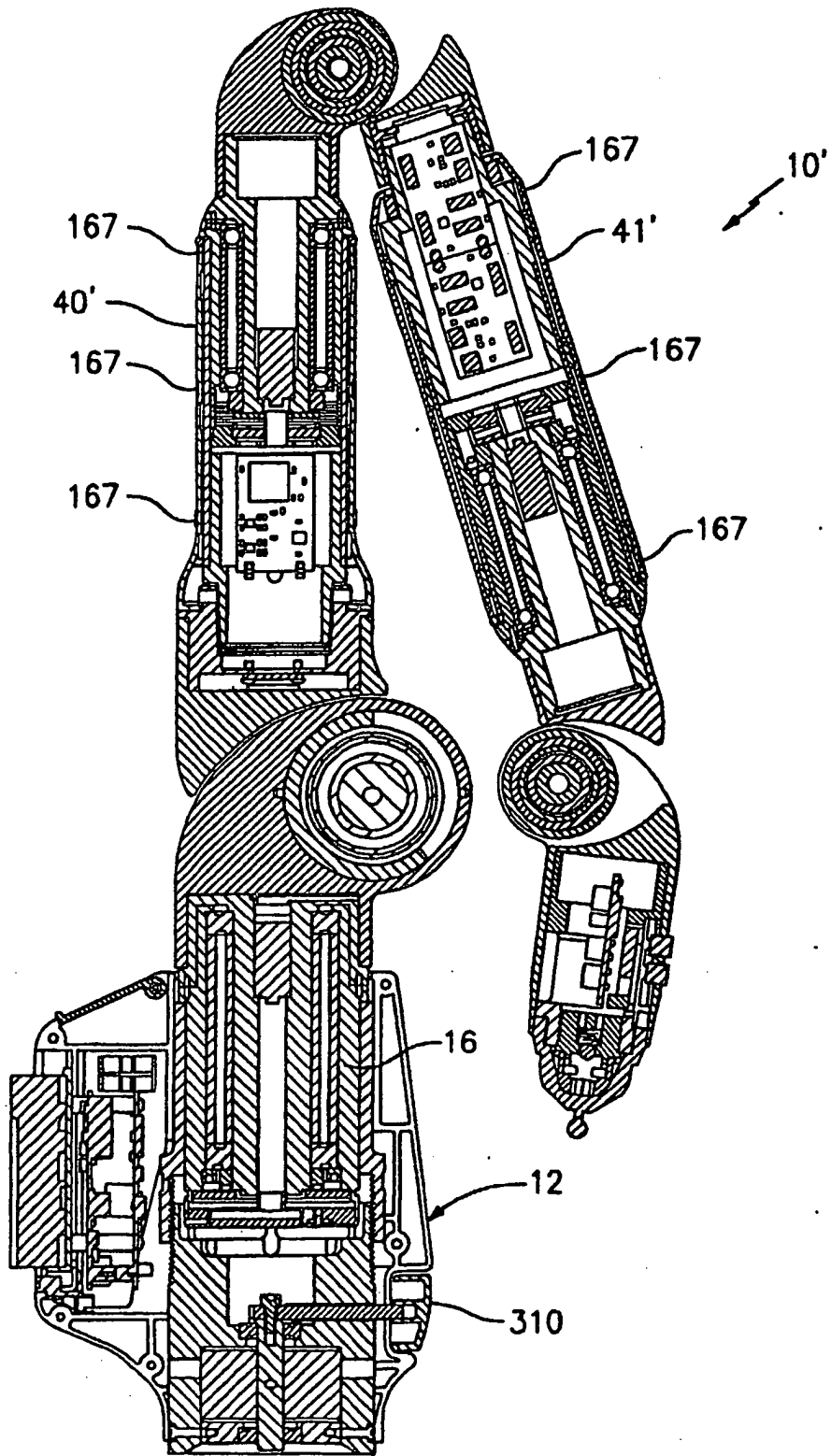


FIG. 24A

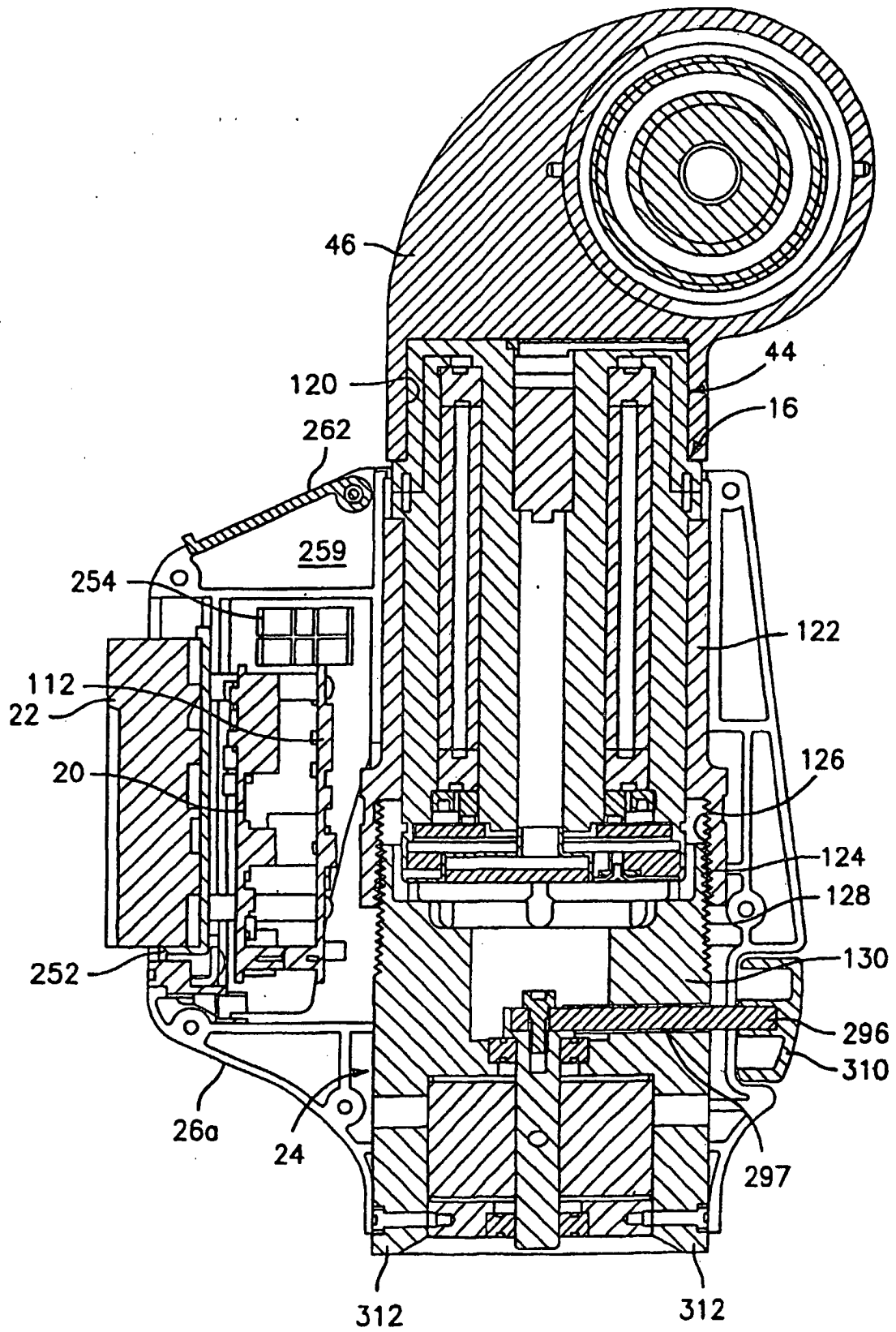


FIG. 25

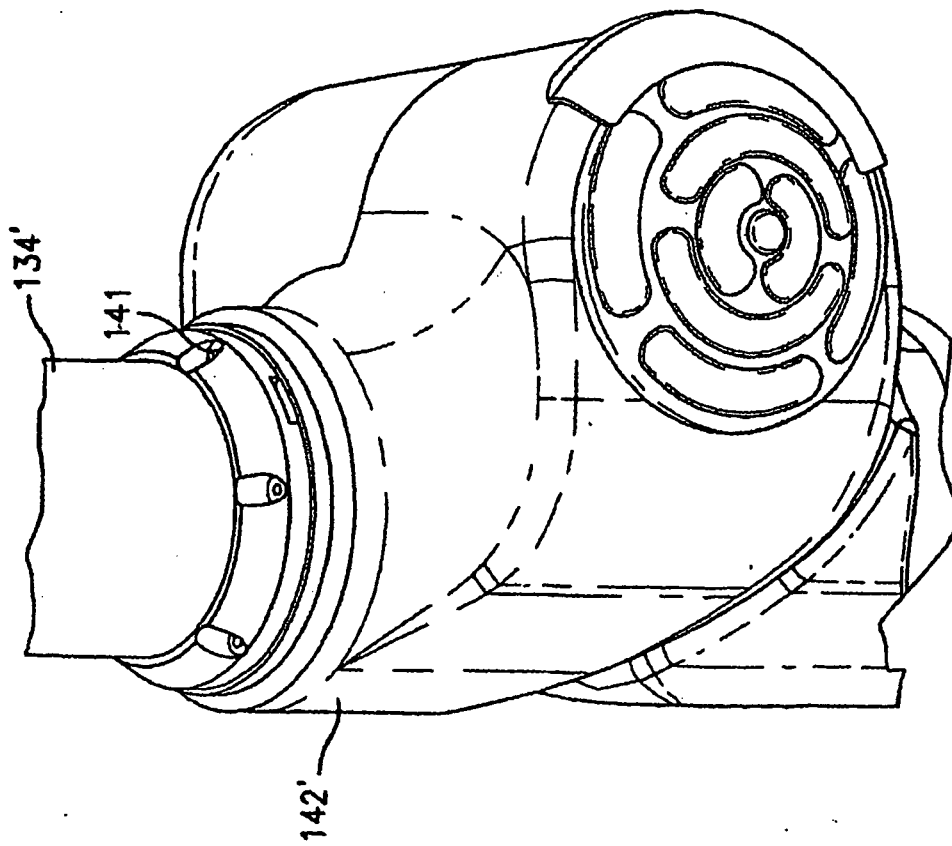


FIG. 25A

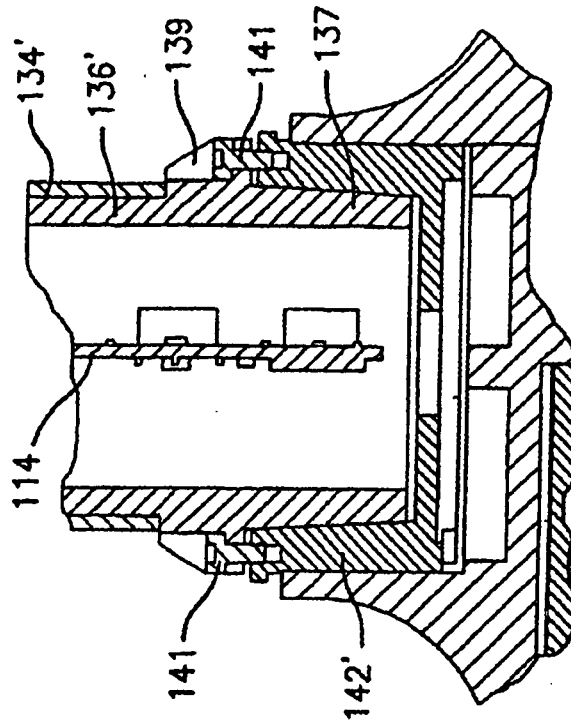


FIG. 25B

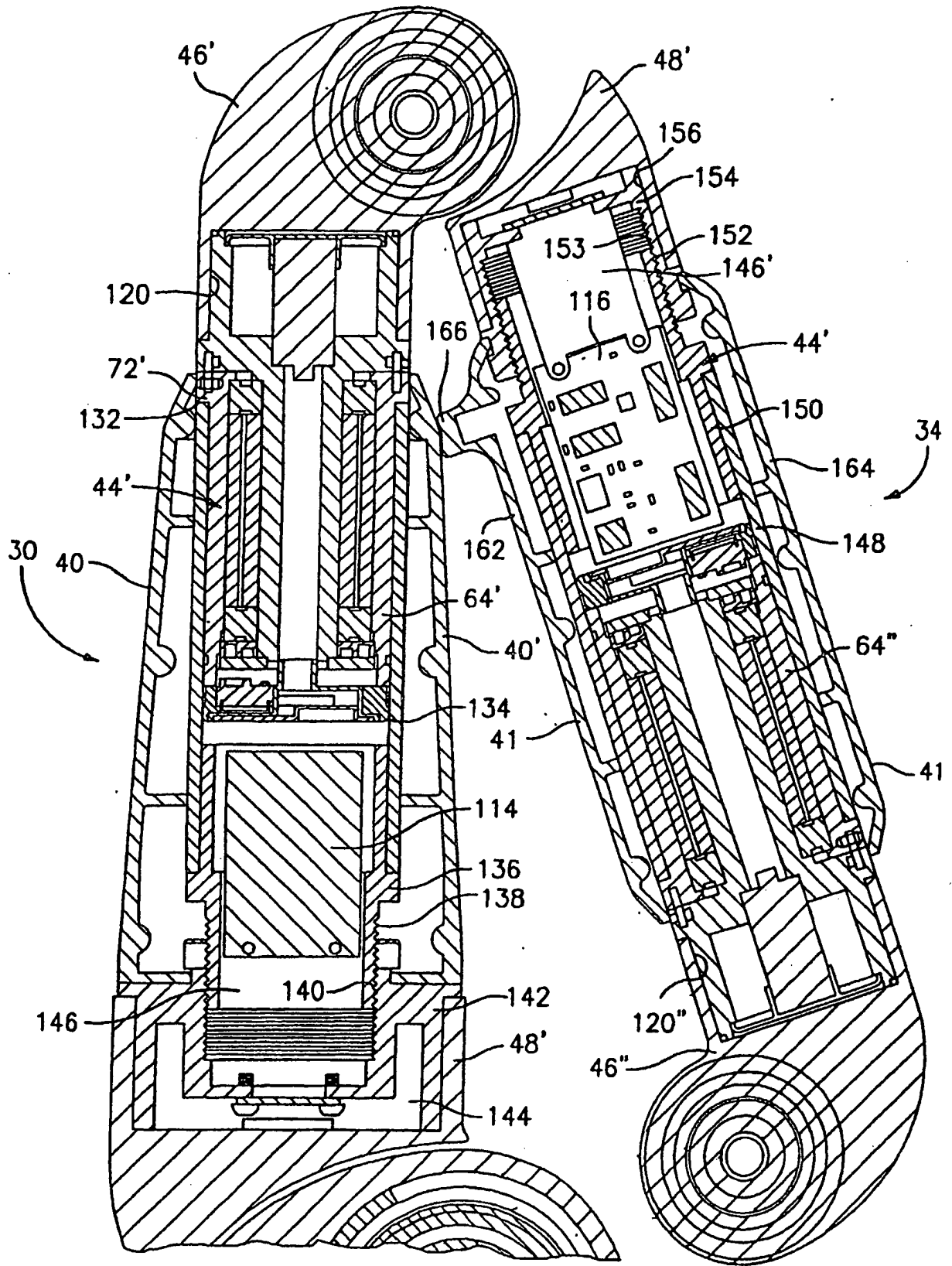
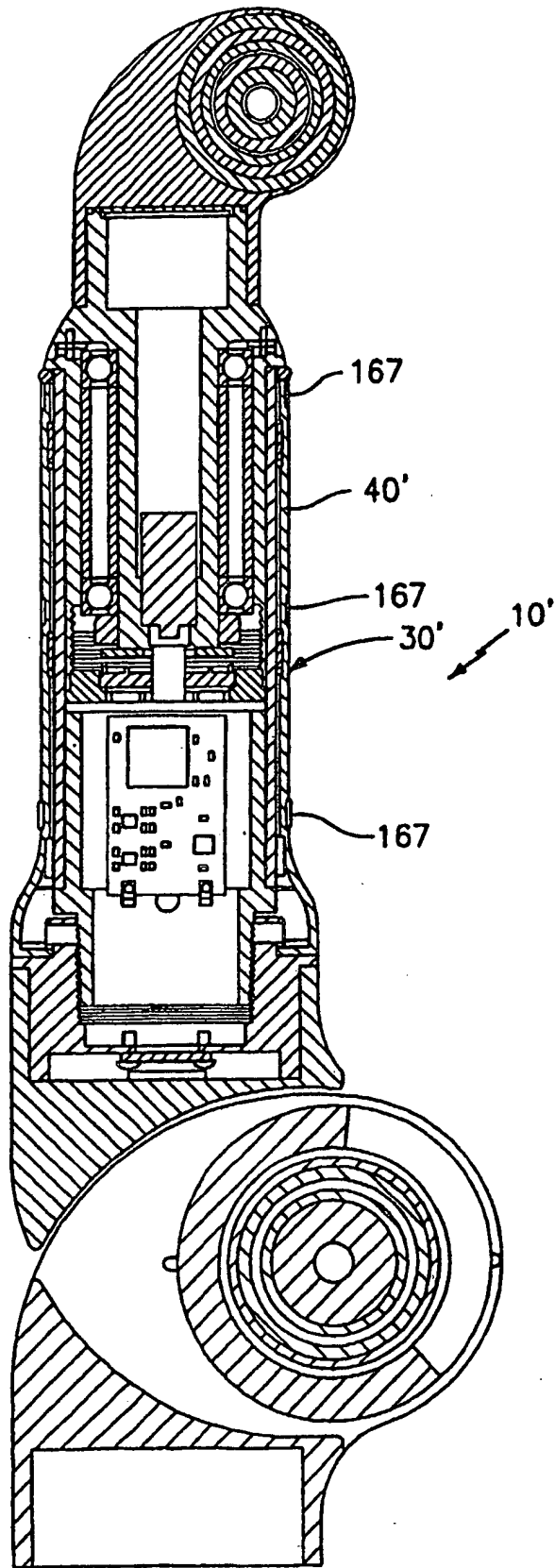
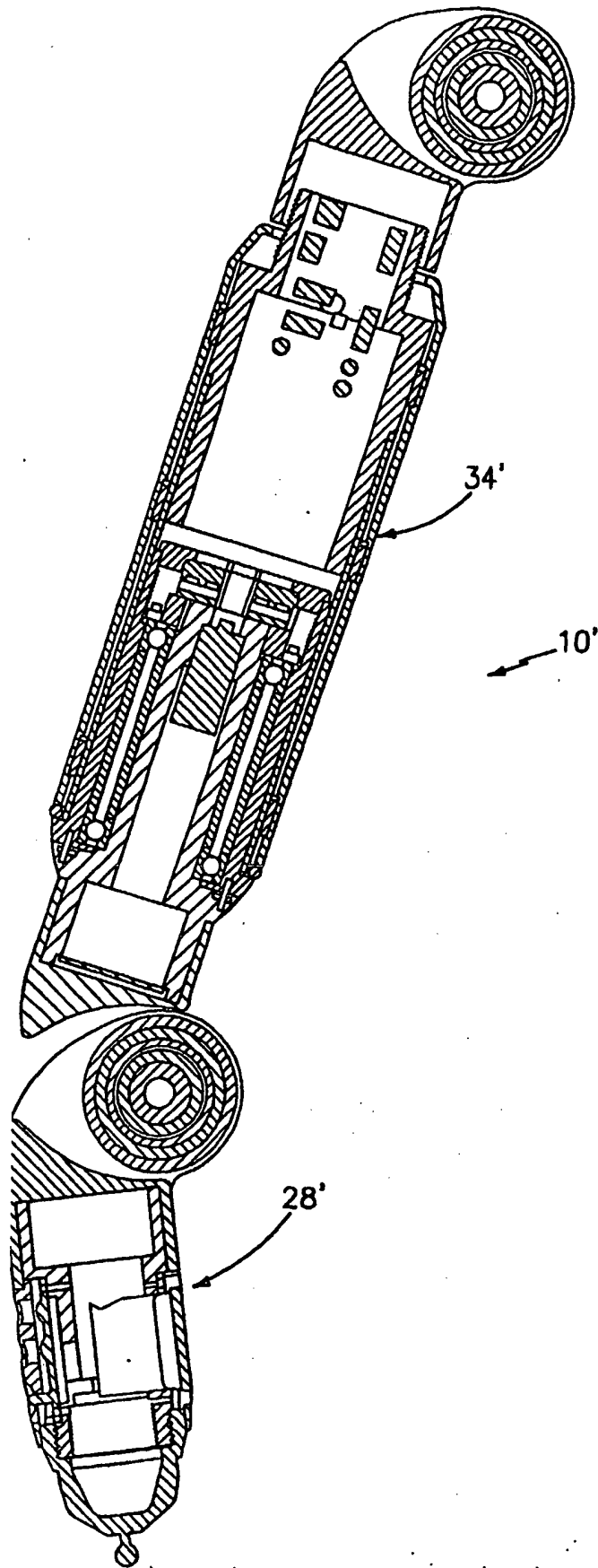


FIG. 26



**FIG. 26A**



**FIG. 26B**

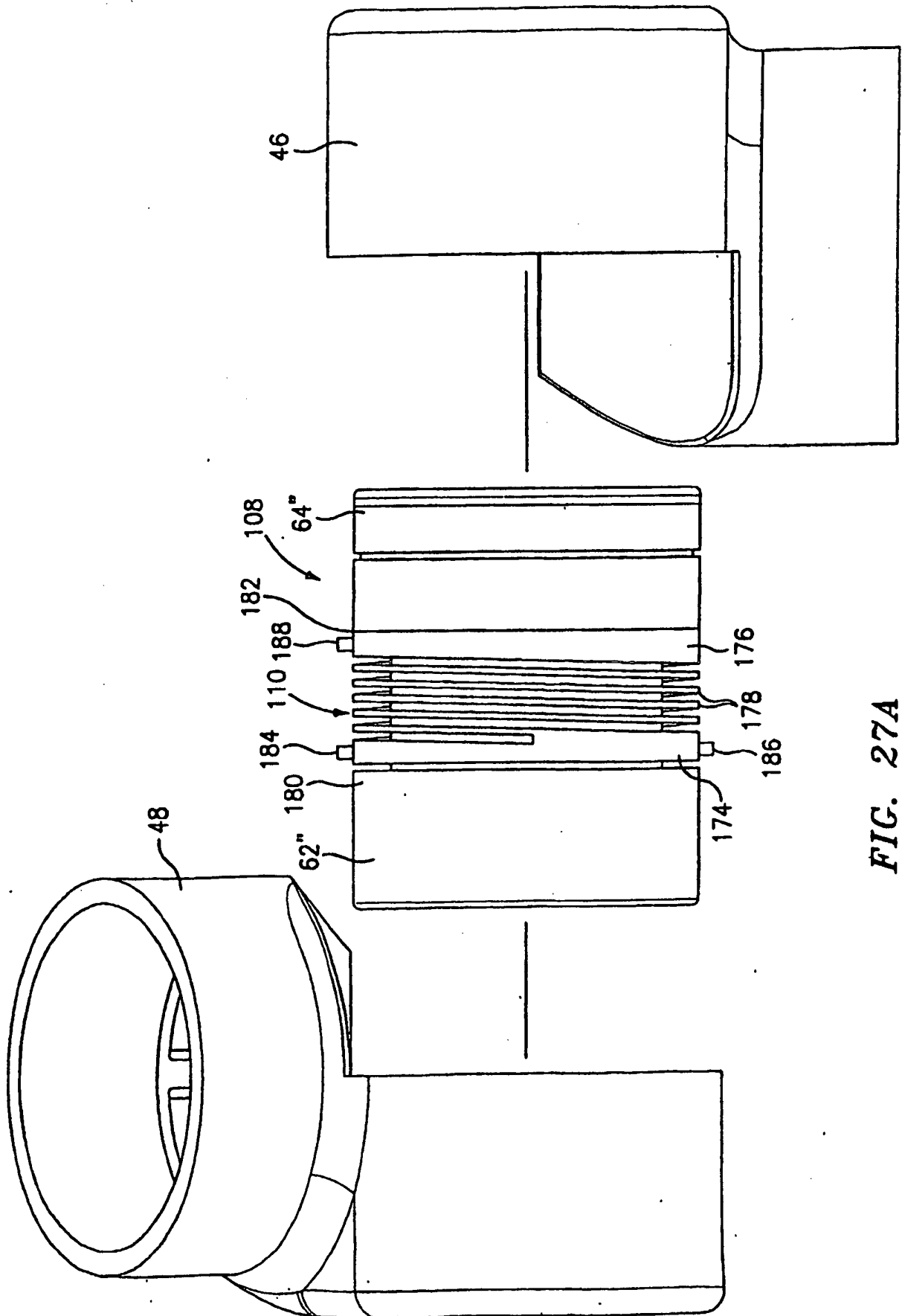


FIG. 27A

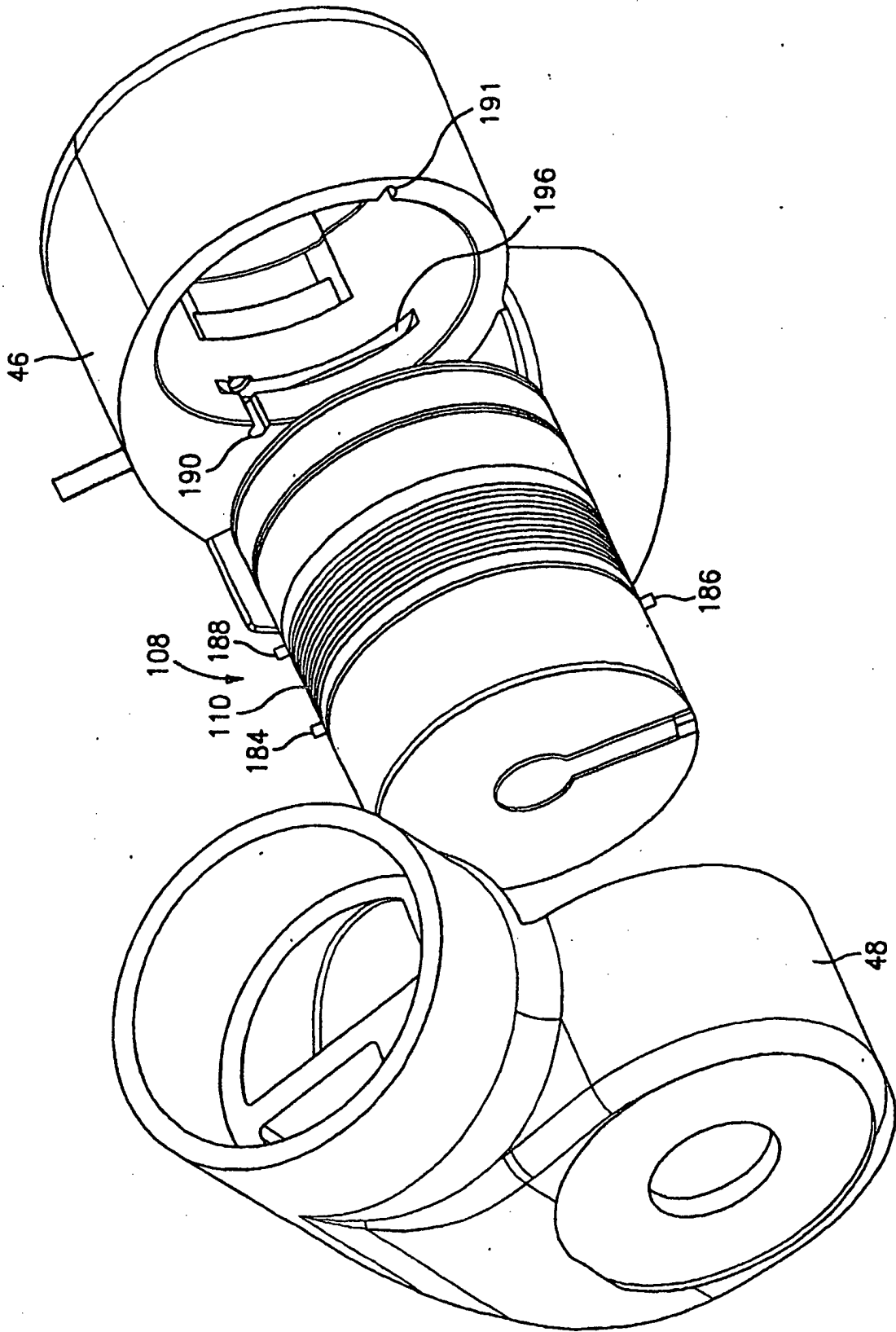
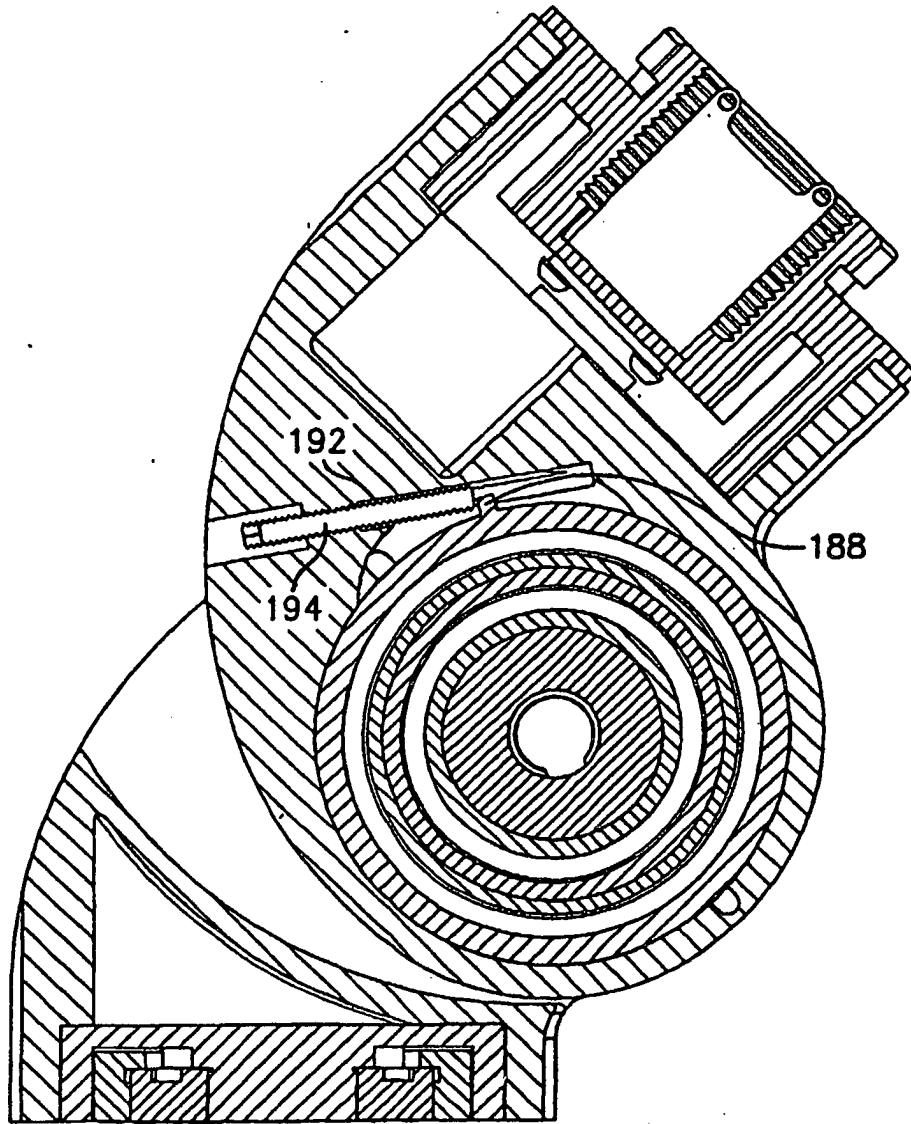


FIG. 27B



**FIG. 28**

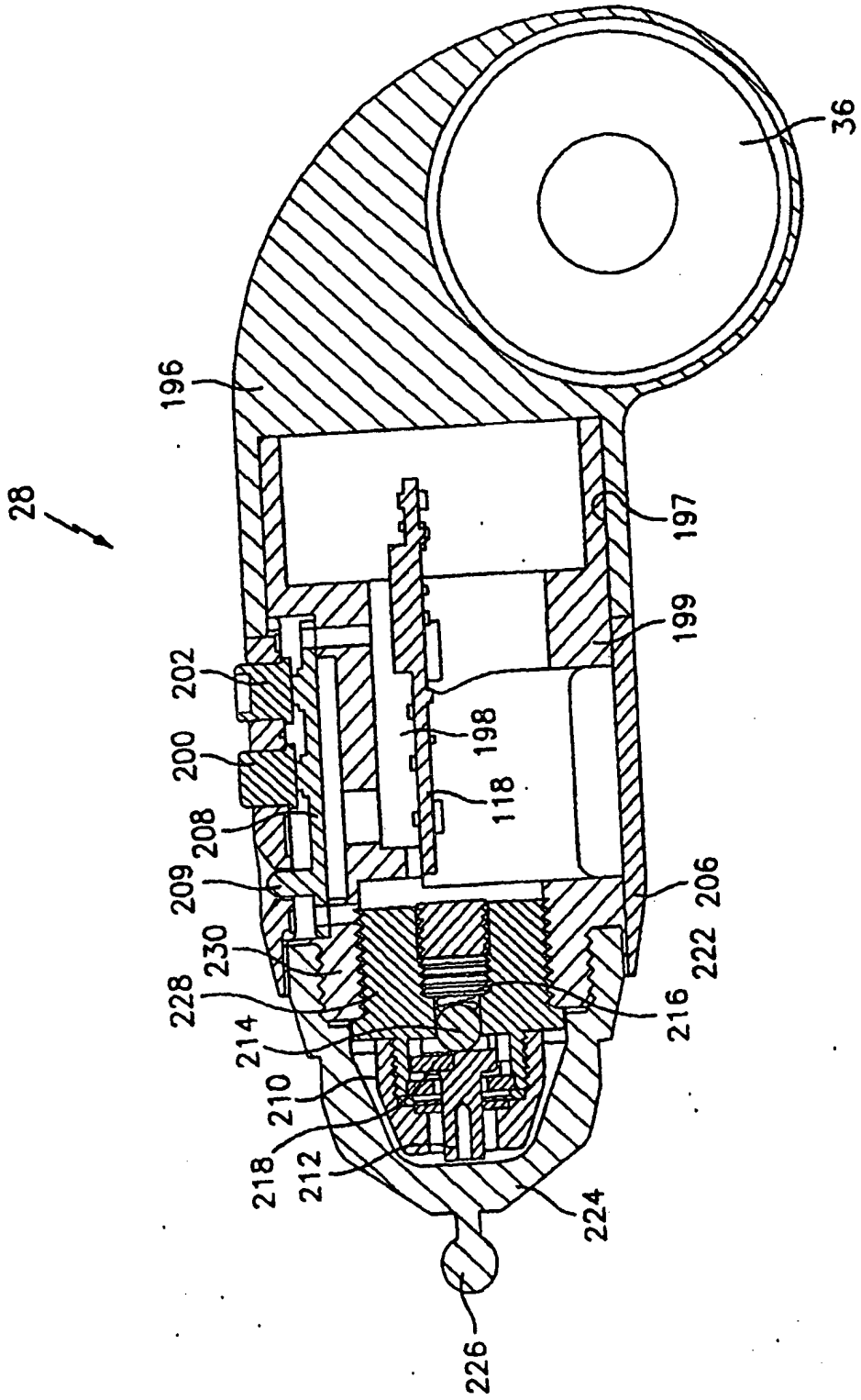


FIG. 29

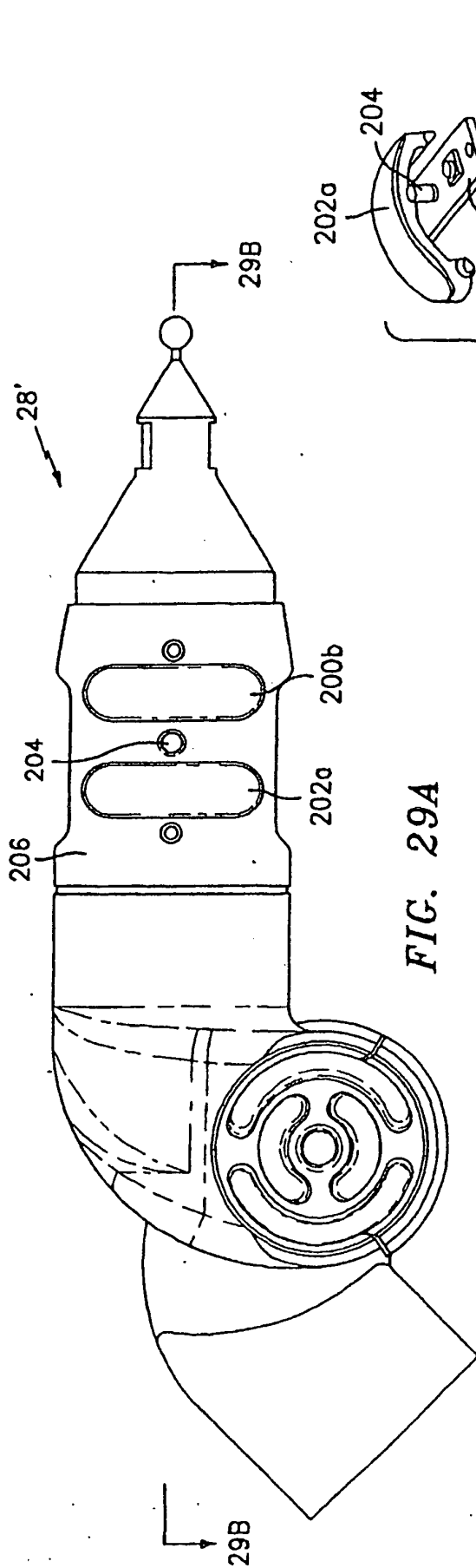


FIG. 29A

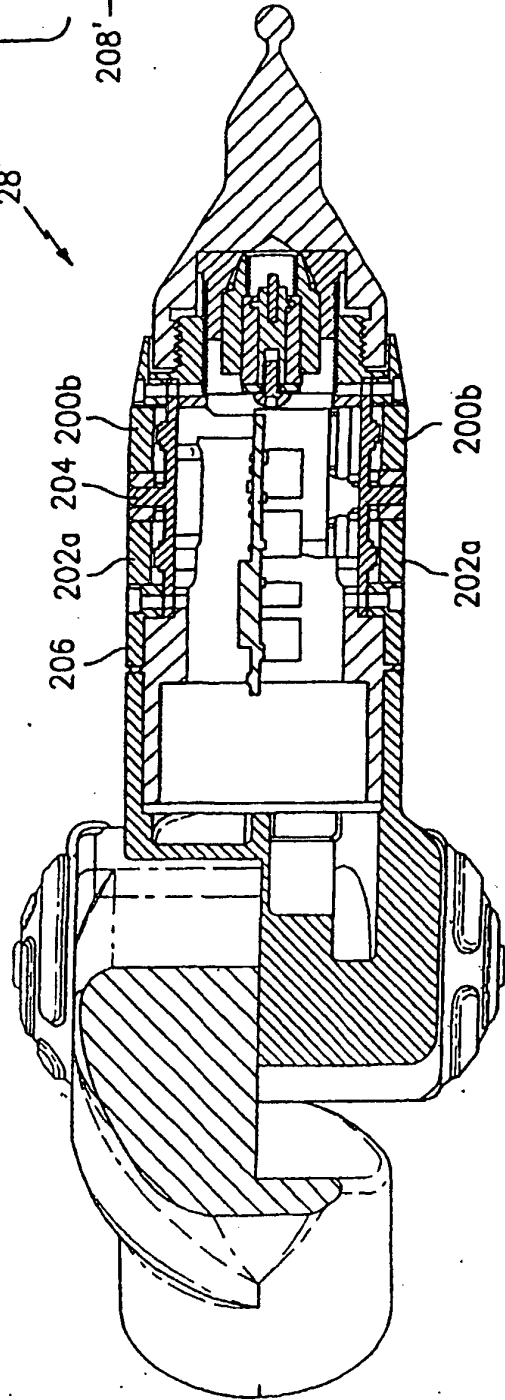


FIG. 29B

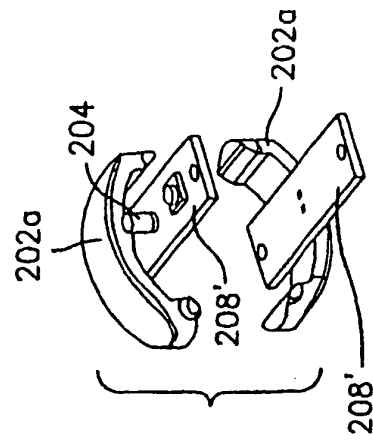
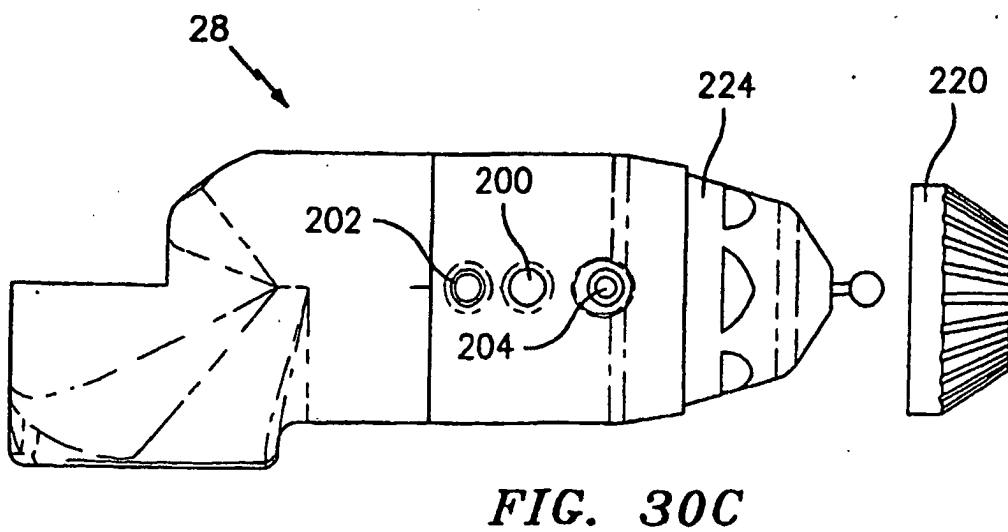
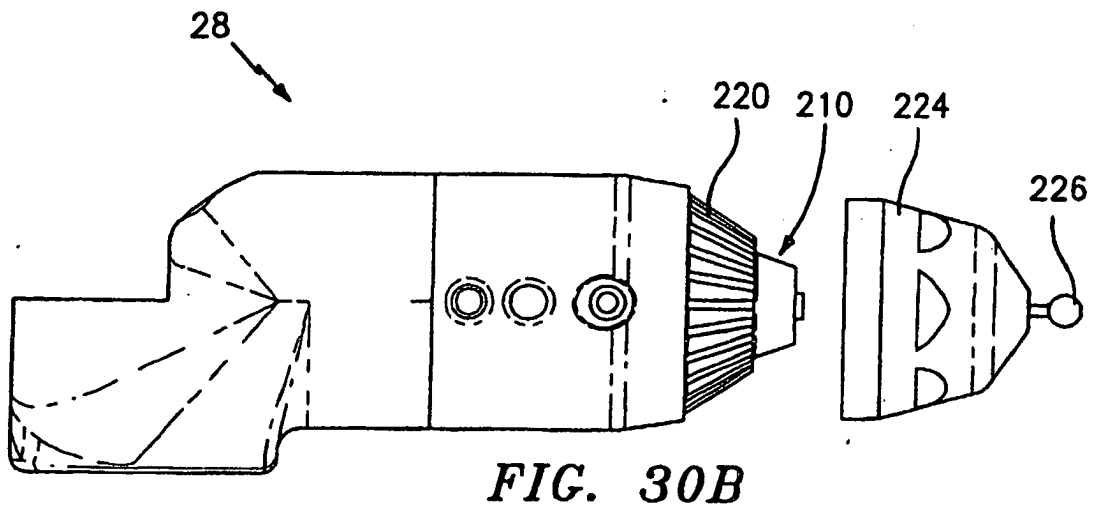
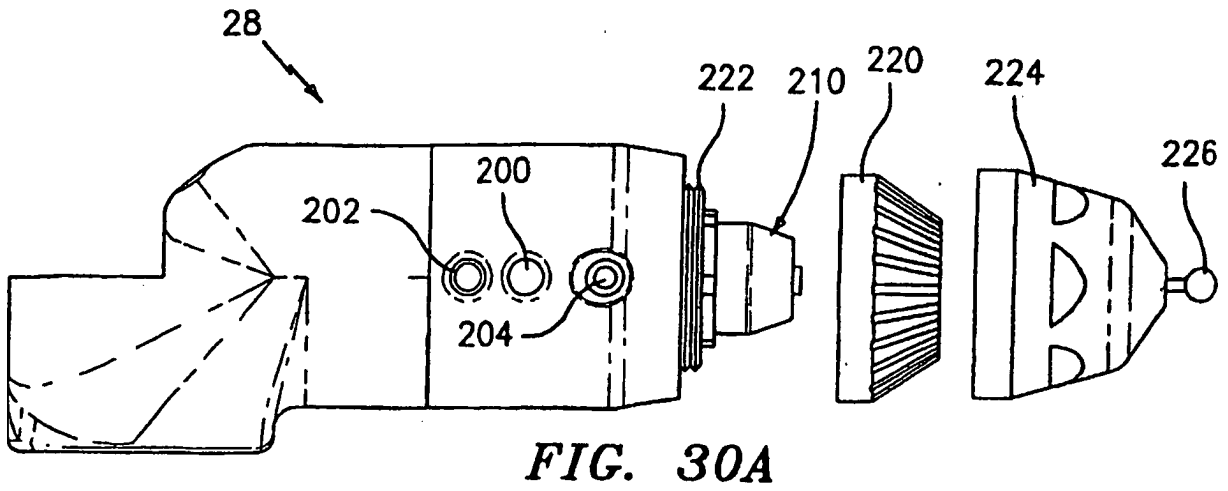


FIG. 29C



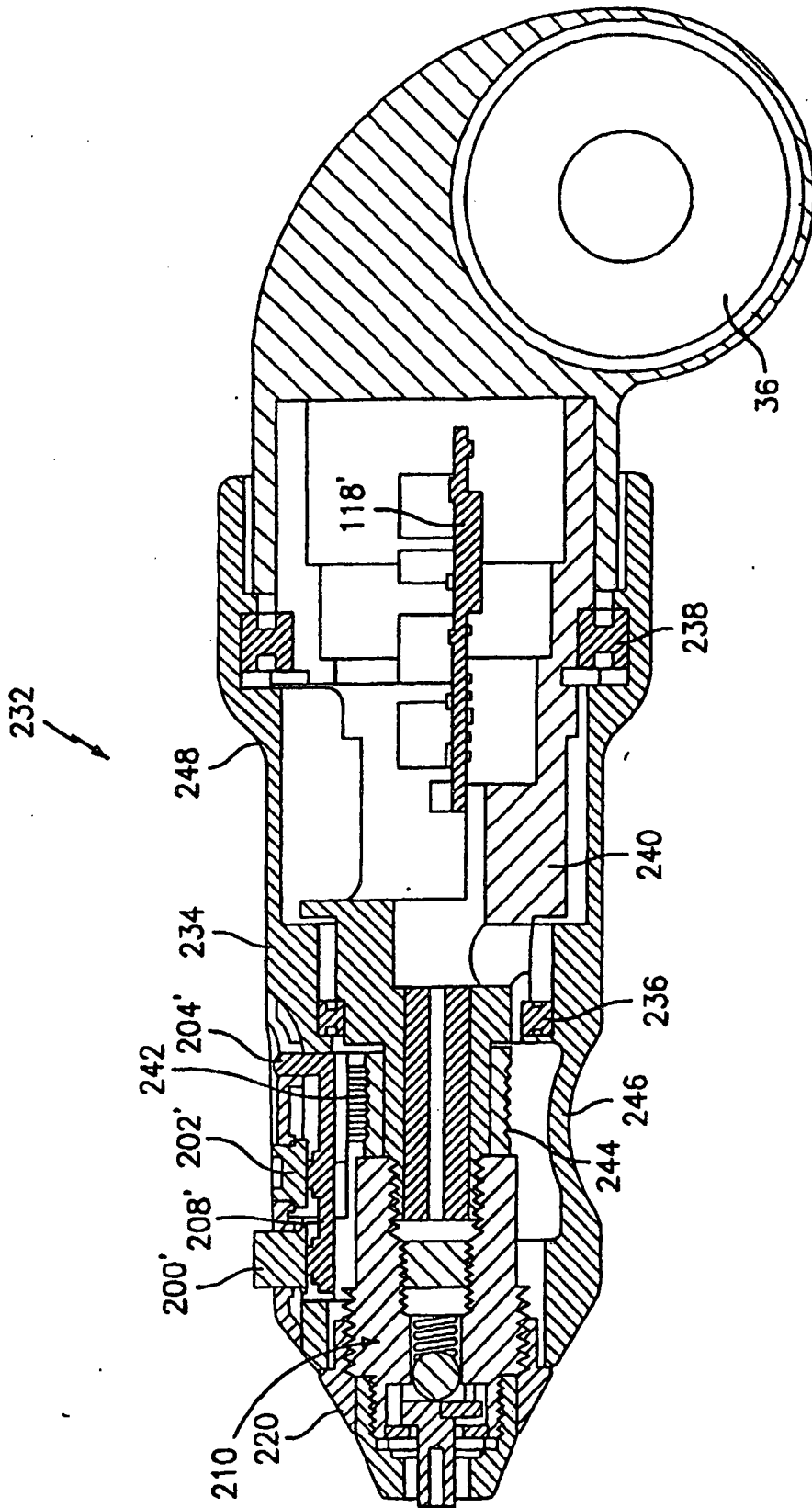


FIG. 31

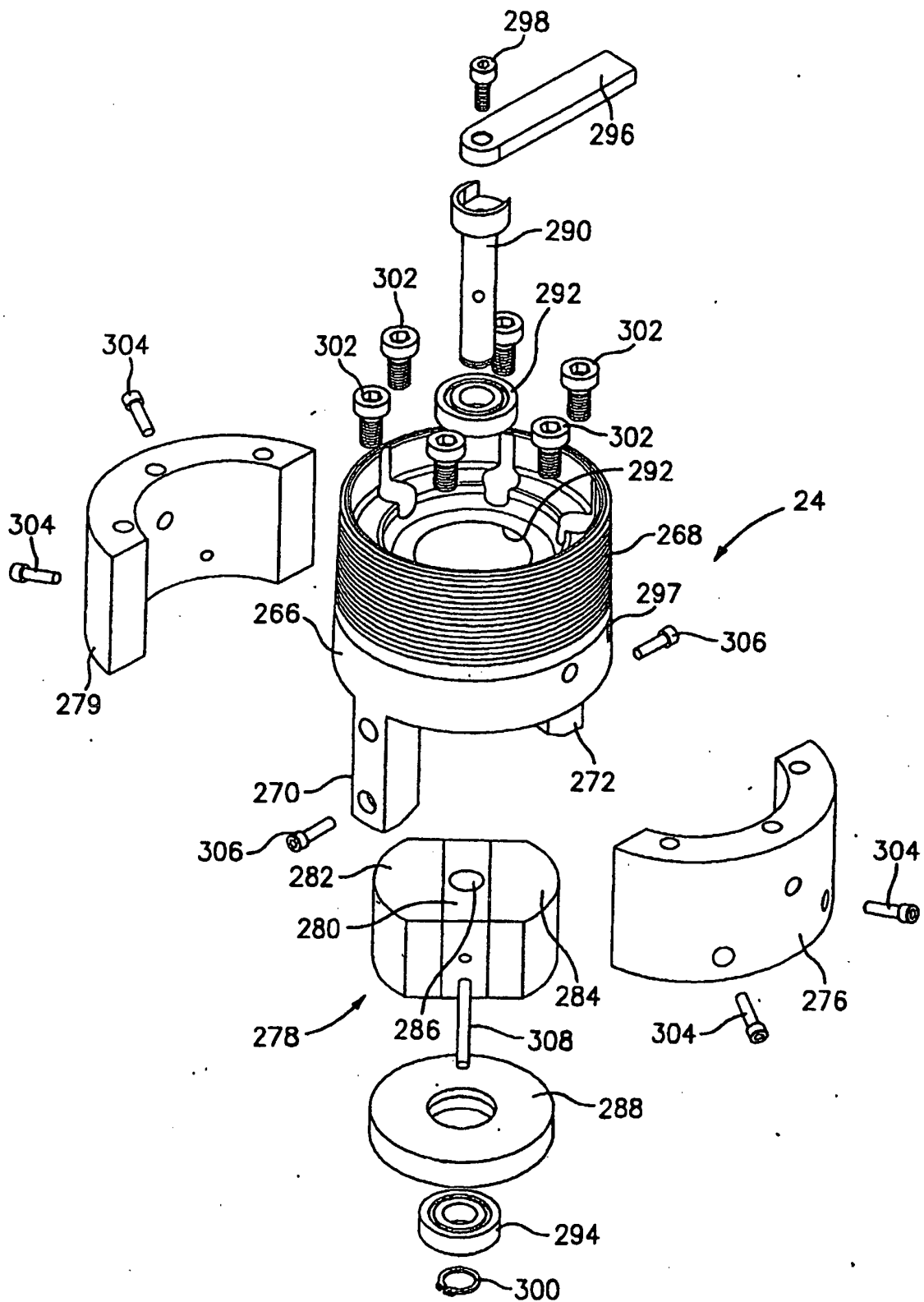


FIG. 32

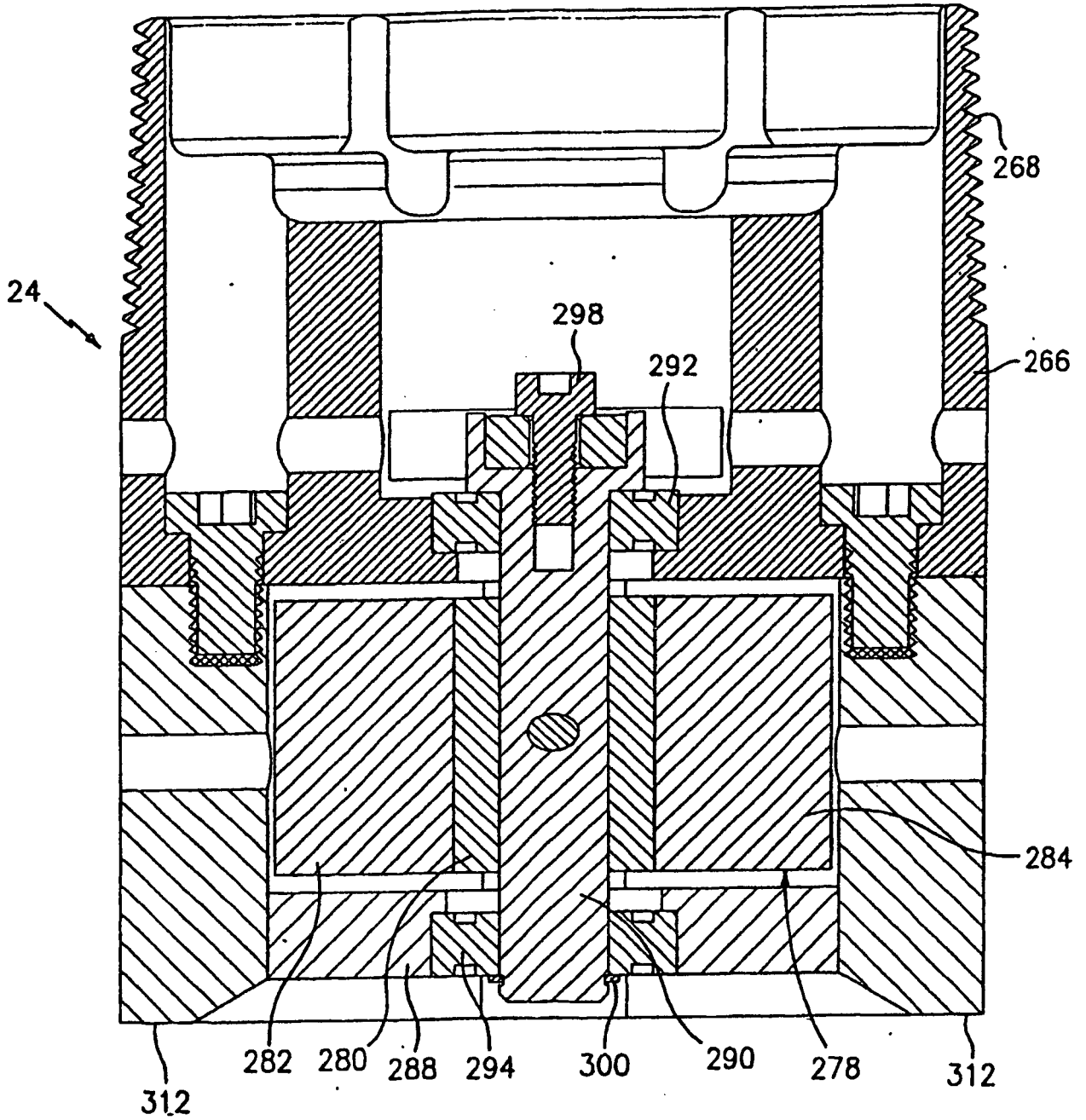
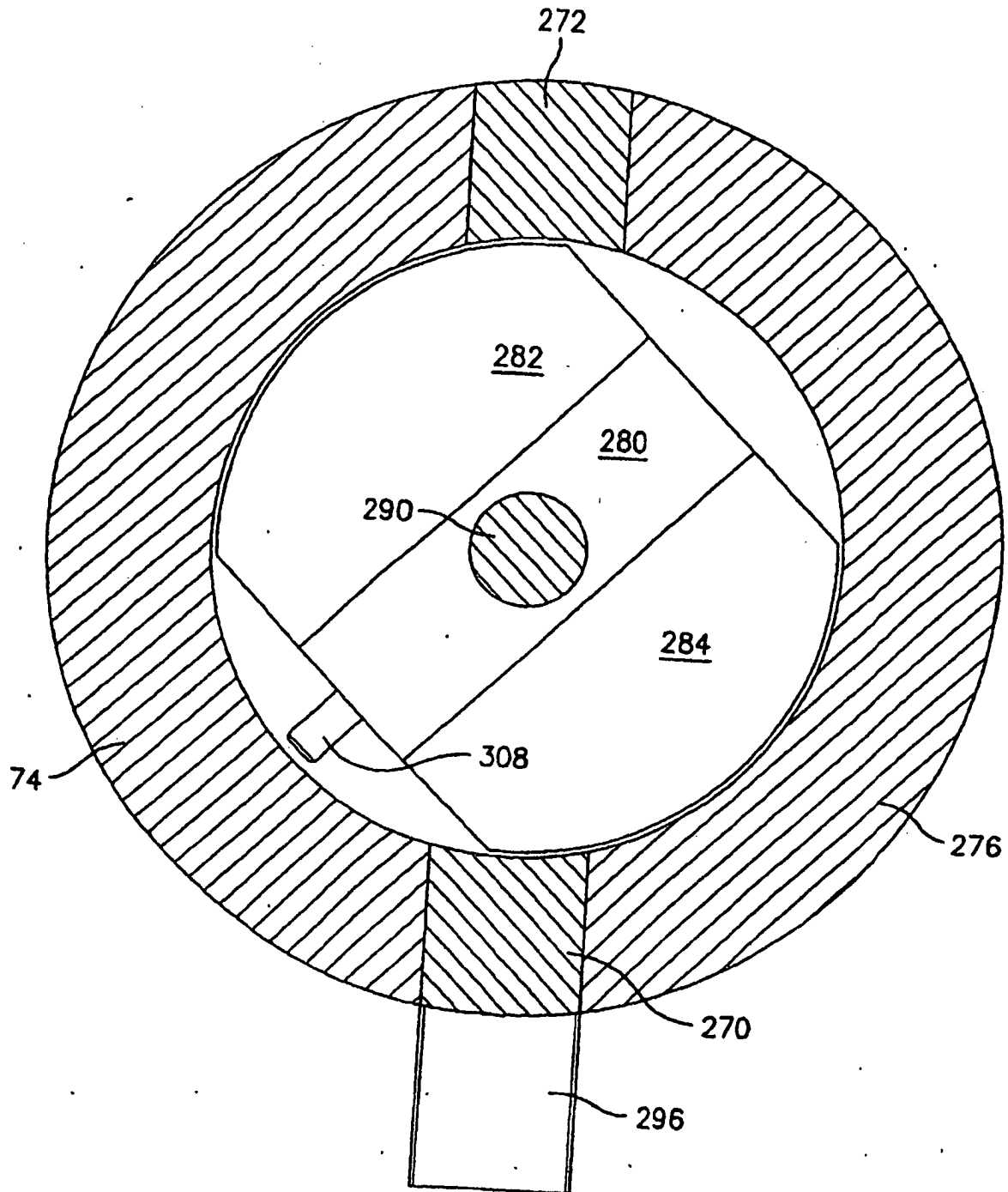


FIG. 33



**FIG. 34**

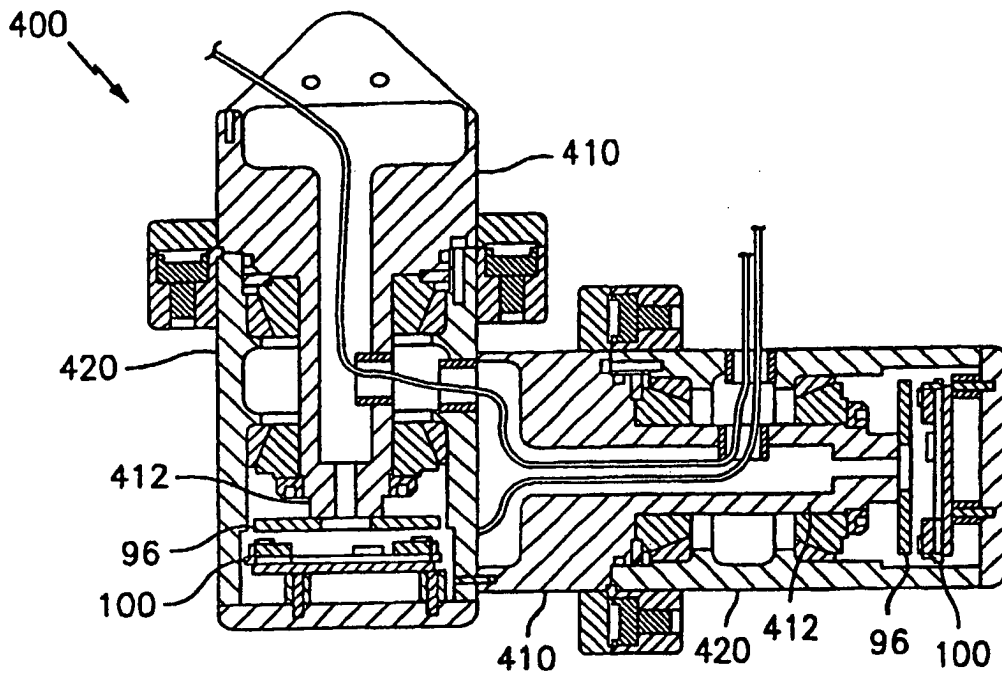


FIG. 35

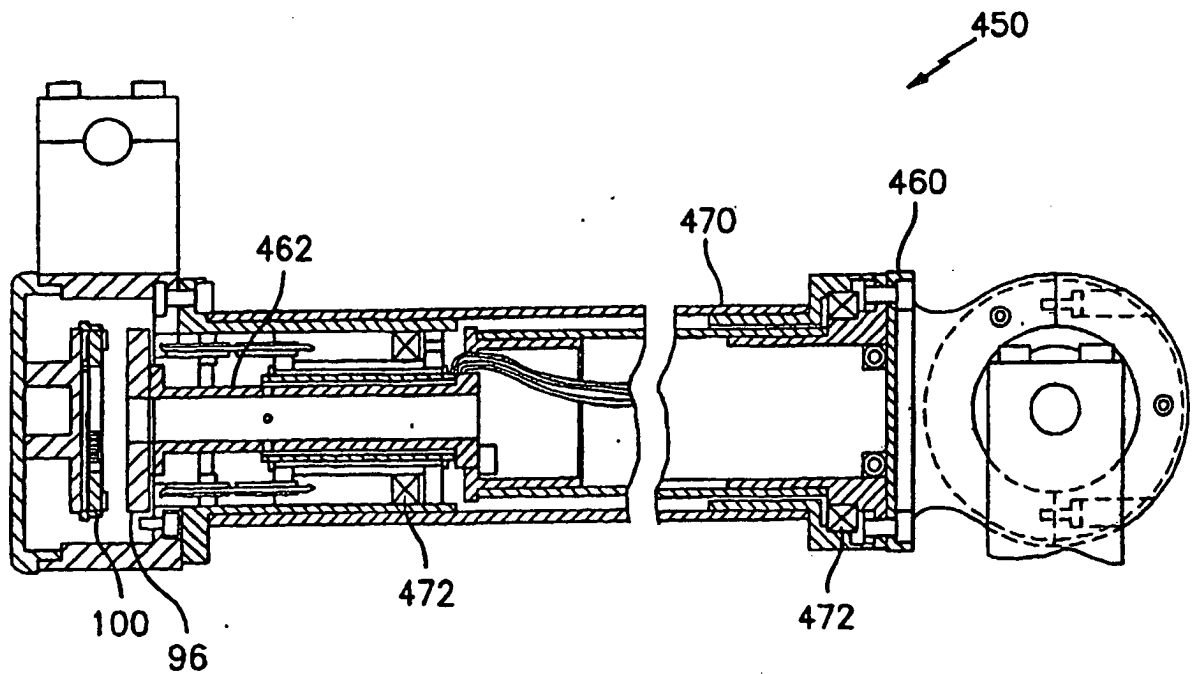
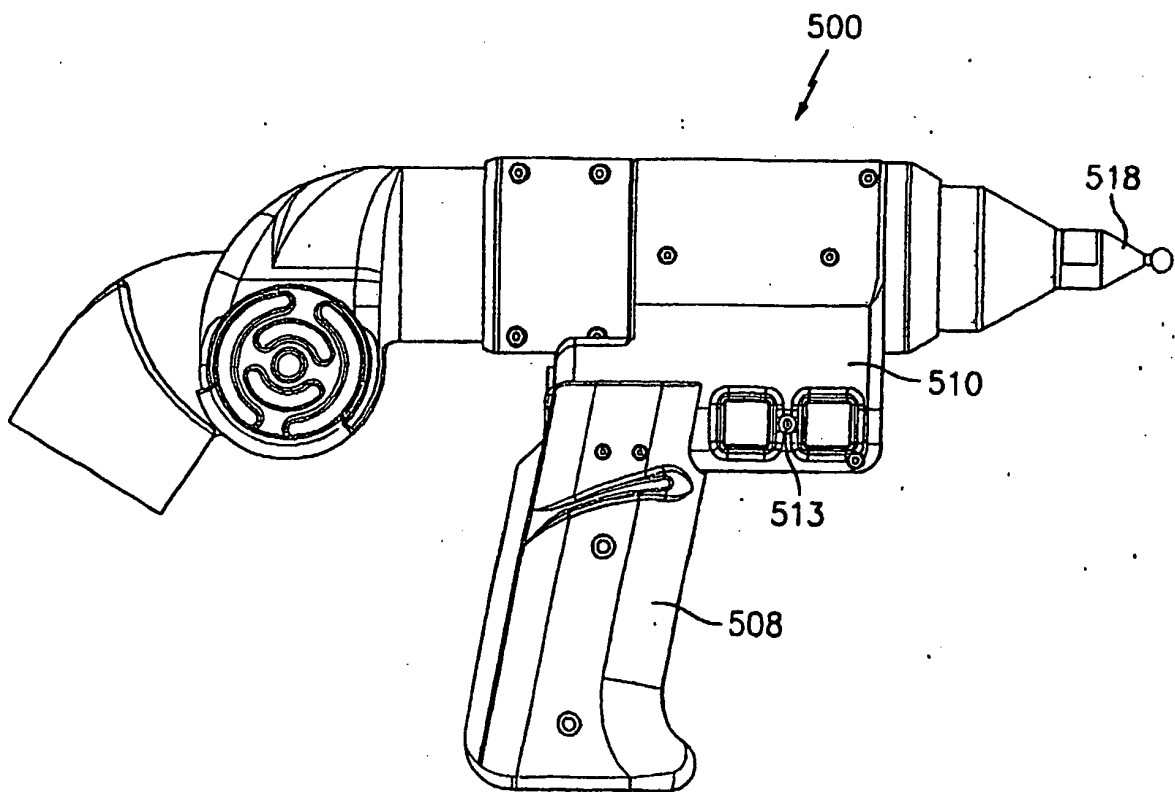
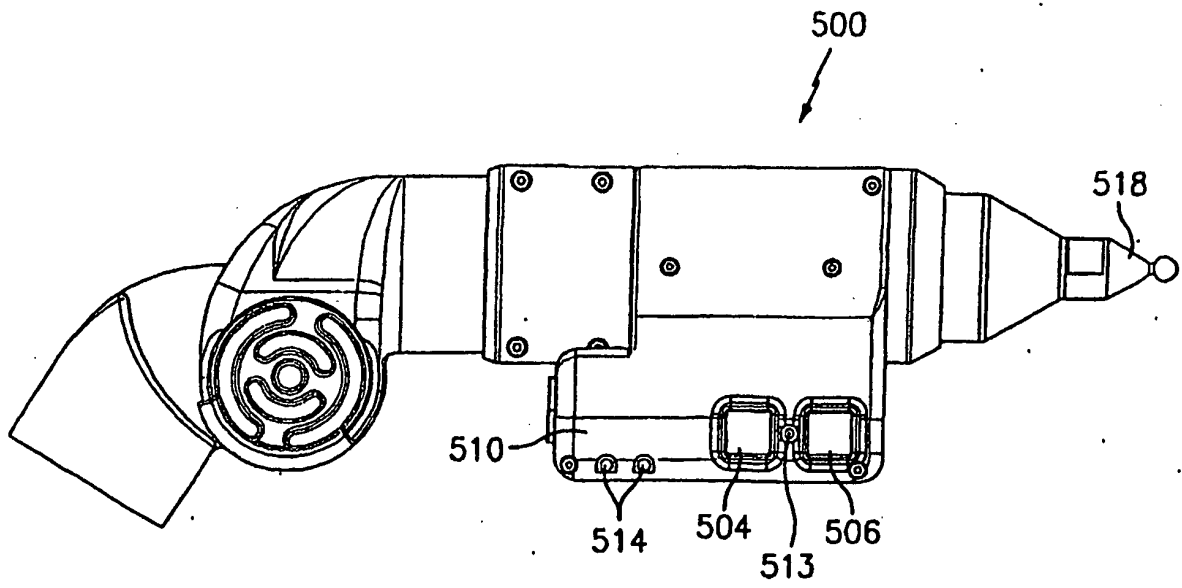


FIG. 36



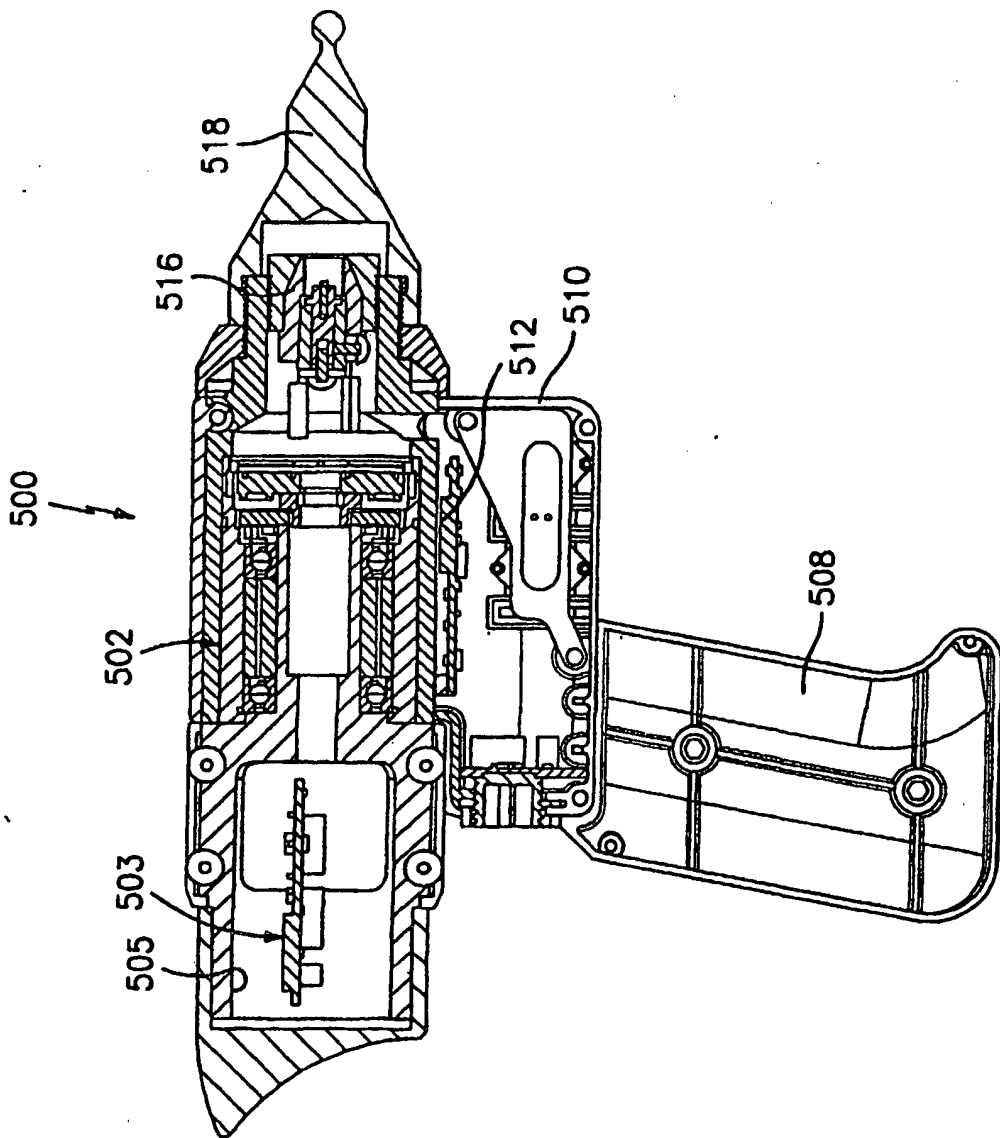


FIG. 39

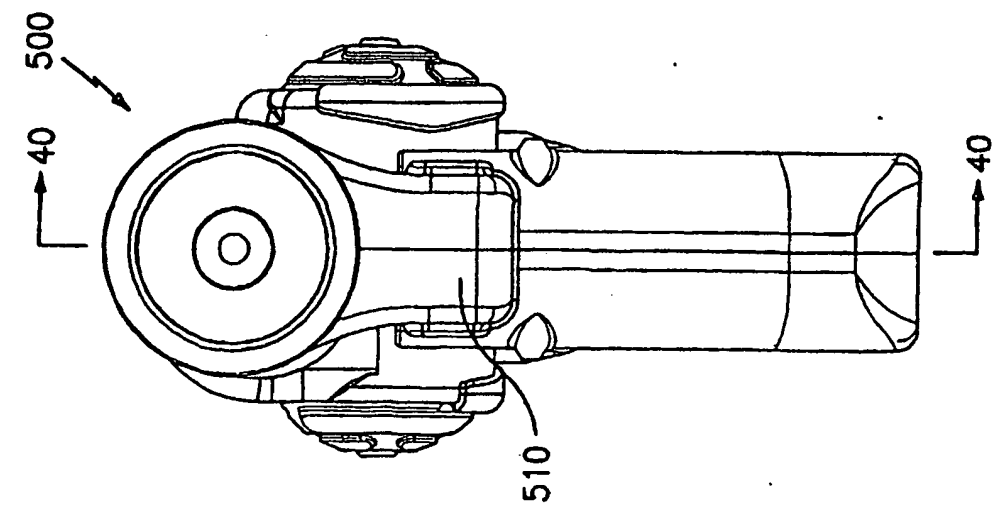


FIG. 40