



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 29 234 T2** 2007.05.31

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 224 919 B1**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **A61B 19/00** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 29 234.7**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 075 952.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **09.05.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **24.07.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **05.07.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **31.05.2007**

(30) Unionspriorität:

**133407 P      10.05.1999      US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(73) Patentinhaber:

**Hansen Medical, Inc., Mountain View, Calif., US**

(72) Erfinder:

**Brock, David L., Natick, MA 01760, US; Lee,  
Woojin, Cambridge, MA 02141, US**

(74) Vertreter:

**Blumbach Zinngrebe, 65187 Wiesbaden**

(54) Bezeichnung: **Chirurgisches Instrument**

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

### Hintergrund der Erfindung

**[0001]** Die Erfindung betrifft allgemein chirurgische Instrumente und bezieht sich spezieller auf rechnergesteuerte oder -unterstützte chirurgische Instrumente. Ein rechnergesteuertes oder -unterstütztes chirurgisches Instrumentarium beinhaltet typischerweise die manuelle Manipulation von solchen Instrumenten wie Skalpellen, Scheren oder Kathetern während chirurgischer Eingriffe mit Hilfe eines Rechners. Der Rechner kann die Bewegung des Instruments führen, kann einen Chirurgen bei der Bewegung des Instruments unterstützen oder kann einfach die Bewegung des Instruments überwachen. Die vorliegende Erfindung ist insbesondere nützlich bei Systemen, bei welchen die Bewegung der Hand eines Chirurgen genutzt wird, um die Bewegung des Instruments indirekt über mechanische Kupplungen und Getriebe zu steuern. Mit zunehmender Weiterentwicklung chirurgischer Instrumente werden viele dieser Vorrichtungen überwacht und möglicherweise weitergehend durch Rechner gesteuert werden.

**[0002]** Computergesteuertes chirurgisches Instrumentarium hat viele Vorteile gegenüber herkömmlichen Geräten. Beispielsweise können computerunterstützte Systeme viele komplexe Bewegungen koordinieren – und zwar besser, als es für eine nicht unterstützte Person möglich ist. Diese Systeme können eine Bewegung frei skalieren, können Zittern entfernen, sichere Bereiche bieten und Kräfte begrenzen. Rechnersysteme können Bewegungs-"Makros" oder eine stereotype Bewegung ausführen, zum Beispiel Vernähen oder Knoten setzen. Selbst Rückkopplungsprozesse wie etwa das Aufrechterhalten eines konstanten Griffs oder Sondierungen im Hinblick auf Verschlüsse können mit weiterentwickelten rechnergesteuerten chirurgischen Instrumenten möglich sein.

**[0003]** Rechnergesteuertes Instrumentarium ist insbesondere effektiv für minimal-invasive chirurgische Eingriffe, weil dabei der Zugriff und die Sicht stark begrenzt sind. Minimal-invasive Verfahren beinhalten das Operieren durch kleine Schnitte – von typischerweise 5 mm bis 10 mm Durchmesser – hindurch, durch welche Instrumente eingesetzt werden. Es kann auch eine Videokamera in den Patienten eingesetzt werden, um die Operationsstelle zu sichten. Minimal-invasive Chirurgie ist typischerweise weniger traumatisch als konventionelle Chirurgie, und zwar teilweise aufgrund der beträchtlichen Reduzierung der Schnittgröße. Ferner reduziert sich der Krankenhausaufenthalt und die Genesungszeitspannen verkürzen sich im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren.

**[0004]** Obgleich der Chirurg eine visuelle Rück-

kopplung von der Operationsstelle hat, entweder von einer Kamera, durch radiologische Bildgebung oder Sonographie, bleibt die Fähigkeit, die relativ einfachen laparoskopischen Instrumente zu steuern, schwierig. Selbst bei guter visueller Rückkopplung ist die taktile und positionsmäßige Sinnempfindung des Chirurgen praktisch von der Operationsstelle abgekoppelt und gestaltet endoskopische Prozeduren langsam und unbeholfen.

**[0005]** Das derzeitige Instrumentarium mit Zangen, Scheren usw., das in den Körper am Ende von langen, schmalen Schubstäben eingesetzt wird, ist nicht vollständig zufrieden stellend. Die Nutzung solchen herkömmlichen Instrumentariums erhöht die Operationszeit und vergrößert möglicherweise das Risiko. Beispielsweise kann Gewebe verletzt werden, wenn sich das laparoskopische Werkzeug aus dem Sichtfeld heraus bewegt. Darüber hinaus gibt es Einschränkungen hinsichtlich der Art und der Komplexität von Einriffen, die laparoskopisch ausgeführt werden können, und zwar teilweise aufgrund der Beschränkungen der Instrumente, die genutzt werden.

**[0006]** Es wurde Entwicklungsarbeit geleistet, um den Einsatz von Robotern in der Chirurgie zu untersuchen. Typischerweise nutzen diese Robotersysteme Arme, die über den Operationstisch reichen und chirurgische Instrumente in ähnlicher Weise wie der menschliche Bediener manipulieren. Das Vorhandensein eines solchen Roboters am Operationsstandort kann jedoch problematisch sein, wenn der Roboter zu groß ist oder anderweitig den Zugriff auf den Patienten während der Operation behindert.

**[0007]** Es besteht daher ein Bedarf an einem chirurgischen Instrument, welches Rechnerunterstützung bietet, jedoch nicht den Zugriff auf den Patienten während der Operation behindert.

**[0008]** Weiterhin besteht ein Bedarf an einem solchen Instrument, das für minimal-invasive Chirurgie genutzt werden kann.

**[0009]** Die EP-A-0776738 offenbart ein endoskopisches chirurgisches Instrument, bei welchem Manipulatoren, die an einer Arbeitsstelle positioniert sind, durch handbetätigte Mittel an einer entfernt gelegenen Steuerstation für den Operierenden gesteuert werden.

**[0010]** Die US-A-5,876,325 offenbart ein ferngesteuertes chirurgisches Manipulatorsystem.

### Zusammenfassung der Erfindung

**[0011]** Erfindungsgemäß wird ein steuerbares chirurgisches Instrumentensystem zur Verfügung gestellt, welches umfasst: eine Chirurgenschnittstelle, an welcher ein Chirurg Manipulationen zur Steuerung

eines chirurgischen Instruments ausführen kann, wobei das chirurgische Instrument zur Ausführung eines medizinischen Verfahrens an einer Operationsstelle an einem Patienten ausgebildet ist, ein Rechnersystem, das elektrisch mit der Chirurgenschnittstelle kommuniziert, einen Aktuator, der elektrisch mit dem Rechnersystem kommuniziert und zur Steuerung der Bewegung des chirurgischen Instruments entsprechend den Manipulationen des Chirurgen mechanisch mit der Schnittstelle verbunden ist, wobei das chirurgische Instrument einen Instrumenteneinsatz umfasst, der einen End-Effektor aufweist, welcher an einem entfernten Ende des Instrumenteneinsatzes zur Ausführung des medizinischen Verfahrens befestigt ist, sowie einen Adapter zum Verbinden mit dem Instrumenteneinsatz, wobei der Adapter ein benachbartes Ende und ein entferntes Ende aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass das benachbarte Ende des Adapters derart befestigt ist, dass dieser in nur einer einzigen Drehbewegung drehbar ist.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0012]** Die folgende Beschreibung kann eingehender verstanden werden unter Bezugnahme auf die beigelegten Zeichnungen, in welchen:

**[0013]** [Fig. 1](#) eine perspektivische Ansicht eines minimal-invasiven chirurgischen Instrumentensystems zeigt, das ein chirurgisches Instrument gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst;

**[0014]** [Fig. 2](#) ein Funktionsschema der chirurgischen Adapterkomponente des Systems aus [Fig. 1](#) zeigt;

**[0015]** [Fig. 3](#) ein Funktionsschema der Instrumenteneinsatzkomponente des Systems aus [Fig. 1](#) zeigt;

**[0016]** [Fig. 4](#) eine perspektivische Ansicht der chirurgischen Instrumenteneinsatzkomponente des Systems aus [Fig. 1](#) zeigt;

**[0017]** [Fig. 5](#) eine perspektivische Ansicht der Kopplerkomponente des Systems aus [Fig. 1](#) zeigt; die

**[0018]** [Fig. 6A–Fig. 6B](#) perspektivische Ansichten der End-Effektor-Komponente des Systems aus [Fig. 1](#) zeigen; die

**[0019]** [Fig. 7A–Fig. 7C](#) auseinandergezogene perspektivische Ansichten der chirurgischen Instrumentenadapterkomponente des Systems aus [Fig. 1](#) zeigen; und

**[0020]** [Fig. 8](#) eine perspektivische Ansicht der modularen Antriebseinheit zeigt, die in dem System aus [Fig. 1](#) genutzt wird; sowie

**[0021]** [Fig. 9](#) Detailzeichnungen der Verbinderkomponenten des in dem System aus [Fig. 1](#) genutzten chirurgischen Adapters zeigt.

**[0022]** Die Zeichnungen dienen lediglich der Veranschaulichung und sind nicht maßstabsgerecht.

#### Detaillierte Beschreibung der dargestellten Ausführungsformen

**[0023]** Die vorliegende Erfindung stellt ein Instrumentensystem zur Verfügung, das zum Ausführen von minimal-invasiven Operationen genutzt werden kann. Ein beispielhaftes erfindungsgemäßes System wird mit Hilfe einer flexiblen Kabelanordnung betätigt, wie sie in den [Fig. 1–Fig. 9](#) gezeigt ist. Generell ist die Kabelanordnung in Form einer Matrix vorgesehen und wird entfernt an einer Bedienantriebseinheit angebracht. Die Bedienantriebseinheit befindet sich entfernt von der Operationsstelle und ist vorzugsweise ein Stück entfernt von dem sterilen Bereich angeordnet. Die Antriebseinheit wird elektrisch durch ein Rechnersystem gesteuert, das mit einer Nutzerschnittstelle verbunden ist. Befehle, die an der Nutzerschnittstelle ausgegeben werden, werden durch den Rechner in der Antriebseinheit in eine elektronisch angesteuerte Bewegung übersetzt. Das chirurgische Instrument, welches über seine Kabelverbindung an die Antriebseinheit angeschlossen ist, erzeugt die gewünschte Bewegung.

**[0024]** Das chirurgische Instrument besteht im Allgemeinen aus zwei Bestandteilen – einem chirurgischen Adapter und einem Instrumenteneinsatz. Der chirurgische Adapter stellt eine passive mechanische Vorrichtung dar, die durch die angebrachte Kabelmatrix angesteuert wird. Da der chirurgische Adapter abnehmbar ist und relativ einfach ist, kann er für spezielle chirurgische Anwendungen, beispielsweise abdominale, Cardiac-, spinale, arthroskopische, Sinus-, neurale Anwendungen usw. ausgelegt werden. Der chirurgische Einsatz wird mit dem Adapter gekoppelt und stellt grundsätzlich ein Mittel zum Austauschen der End-Effektoren des Instruments bereit. Diese Einsätze können Zangen, Scheren, Nadelantriebe, Elektrokauterisationsvorrichtungen usw. sein.

**[0025]** Nehmen wir speziell auf [Fig. 1](#) Bezug, so kann ein chirurgisches Instrumentensystem **10** vorzugsweise genutzt werden, um minimal-invasive Eingriffe auszuführen, obgleich verstanden werden sollte, dass das System auch genutzt werden kann, um andere Eingriffe auszuführen, beispielsweise offene oder endoskopische chirurgische Eingriffe. Das System **10** umfasst eine Chirurgenschnittstelle **11**, ein Rechnersystem **12**, eine Antriebseinheit **13** und ein chirurgisches Instrument **14**. Das chirurgische Instrument **14** besteht aus einem chirurgischen Adapter **15** und einem Instrumenteneinsatz **16**. Das System kann genutzt werden, indem der End-Effektor **18** des

Instrumenteneinsatzes **16** positioniert wird, welcher durch den chirurgischen Adapter **15** hindurch eingesetzt wird. Während des Einsatzes bedient der Chirurg den Handgriff **30** der Chirurgenchnittstelle **11**, um die gewünschte Bewegung des End-Effektors **18** in dem Patienten auszuführen. Die Bewegung des Handgriffs **30** kann von dem Rechnersystem **12** interpretiert werden, um die Bewegung des End-Effektors zu verbessern.

**[0026]** Das System kann auch ein Endoskop mit einer Kamera umfassen, um die Operationsstelle aus der Entfernung zu sichten. Die Kamera kann an dem entfernten Ende des Instrumenteneinsatzes montiert werden oder kann entfernt von der Stelle angeordnet werden, um eine zusätzliche Perspektive für den chirurgischen Eingriff zu bieten. In bestimmten Situationen kann es wünschenswert sein, das Endoskop durch eine andere Öffnung hindurch bereitzustellen als derjenigen, die für den chirurgischen Adapter **15** genutzt wird.

**[0027]** Das chirurgische Instrument **14** ist vorzugsweise an einer starren Strebe **19** montiert, die bewegbar an dem Operationstisch **20** angebracht ist. Dieses bevorzugte Montageschema macht es möglich, dass das Instrument in Bezug auf den Patienten fixiert bleibt, wenn der Tisch umpositioniert wird. Obgleich [Fig. 1](#) ein einzelnes chirurgisches Instrument darstellt, sollte verstanden werden, dass das System eine beliebige Anzahl von Instrumenten aufweisen kann.

**[0028]** Der chirurgische Adapter **15** für das chirurgische Instrument **14** umfasst zwei Kabeleinführungsbündel **21** und **22**. Diese Kabelbündel **21** und **22** enden an zwei Verbindungsmodulen **23** und **24**, welche abnehmbar an der Antriebseinheit **13** angebracht sind. Obgleich hier zwei Kabelbündel beschrieben sind, sollte verstanden werden, dass mehr oder weniger Kabelbündel genutzt werden können. Die Antriebseinheit **13** ist vorzugsweise außerhalb des sterilen Bereichs angeordnet, obgleich sie mit einer sterilen Barriere verhüllt werden kann, sodass sie innerhalb des sterilen Bereichs betrieben werden kann.

**[0029]** Bei dem bevorzugten Verfahren zum Aufbau des Systems wird das chirurgische Instrument **14** durch einen Schnitt oder eine Öffnung in den Patienten eingefügt. Das Instrument **14** wird dann mit Hilfe eines Montageträgers **25** an der starren Strebe **19** befestigt. Die Kabelbündel **21** und **22** werden dann von dem Operationsbereich zu der Antriebseinheit **13** weg geführt. Die Verbindungsmodule **23** und **24** der Kabelbündel **21** und **22** werden danach an der Betätigungseinheit **13** in Eingriff gebracht. Danach können die Instrumenteneinsätze **16** durch den chirurgischen Adapter **15** durchgeführt werden. Die chirurgischen Einsätze **16** werden über die Adapterkupplung **24** seitlich mit dem chirurgischen Adapter **15** gekoppelt.

pelt.

**[0030]** Das Instrument **14** wird mittels des Schnittstellenhandgriffs **30** gesteuert, welcher von dem Chirurgen bedient werden kann. Die Bewegung des Handgriffs kann über den Koordinationsvorgang des Rechnersystems **12** eine proportionale Bewegung des Instruments **14** erzeugen. Im typischen Fall steuert die Bewegung einer einzigen Hand die Bewegung eines einzelnen Instruments. [Fig. 1](#) zeigt einen zweiten Handgriff, der verwendet werden kann, um ein weiteres Instrument zu steuern.

**[0031]** Die Schnittstelle **11** für den Chirurgen steht elektrisch in Verbindung mit dem Rechnersystem **12**, und das Rechnersystem **12** steht elektrisch in Verbindung mit der Betätigungseinheit **13**. Die Betätigungseinheit **13** steht jedoch in mechanischer Verbindung mit dem Instrument **14**. Die mechanische Verbindung mit dem Instrument gestattet, die elektromechanischen Komponenten aus dem Operationsbereich und vorzugsweise aus dem sterilen Bereich zu entfernen. Das chirurgische Instrument **14** ermöglicht eine Reihe unabhängiger Bewegungen oder Freiheitsgrade für den End-Effektor **18**. Diese Freiheitsgrade werden sowohl durch den chirurgischen Adapter **15** als auch den Instrumenteneinsatz **16** bereitgestellt.

**[0032]** Der chirurgische Adapter **15**, der schematisch in [Fig. 2](#) gezeigt ist, bietet drei Freiheitsgrade, die unter Verwendung eines Schwenkgelenks J1, eines linearen Gelenks J2 sowie eines Drehgelenks J3 erzielt werden. Von dem Montageträger **23** aus, der schematisch in [Fig. 2](#) gezeigt ist, schwenkt ein Schwenkgelenk J1 die chirurgische Adapteranordnung um eine feste Achse **204**. Ein erstes Lineargelenk J2 bewegt das Führungsrohr **200** entlang einer Achse **201**, die durch das Rohr definiert ist. Ein Drehgelenk J3 dreht das Führungsrohr **200** um seine Längsachse **201**. Das Führungsrohr **200** weist eine Biegung **202** auf, welche bewirkt, dass das entfernte Ende des Rohrs die Achse **201** umläuft, wenn das Führungsrohr um seine Achse gedreht wird.

**[0033]** Durch eine Kombination von Bewegungen an den Gelenken J1–J3, kann der chirurgische Adapter **15** sein entferntes Ende **203** an jeder gewünschten Position im dreidimensionalen Raum positionieren. Unter Nutzung nur einer einzigen Schwenkbewegung wird die externe Bewegung des chirurgischen Adapters **15** minimiert. Ferner schneiden sich die Schwenkachse **204** und die Längsachse **201** an einem fixen Punkt **205**. An diesem fixen Punkt **205** ist die seitliche Bewegung des Führungsrohrs **200** im Wesentlichen null.

**[0034]** [Fig. 3](#) zeigt eine schematische Darstellung der Kinematik des Instrumenteneinsatzes **16**. Der Instrumenteneinsatz **16** wird durch den chirurgischen

Adapter **15** hindurch derart angeordnet, dass die Bewegungen des Einsatzes sich zu denen des Adapters addieren. Der Instrumenteneinsatz **16** weist zwei Greifer **304** und **305** auf, die durch zwei Drehgelenke J6 und J7 drehbar mit einem Handgelenkglied **303** gekoppelt sind. Die Achsen der Gelenke J6 und J7 sind im Wesentlichen kollinear. Das Handgelenkglied **303** ist über ein Drehgelenk J5, dessen Achse im Wesentlichen senkrecht zu den Achsen der Gelenke J6 und J7 liegt, mit einem flexiblen Schaft **302** gekoppelt. Der flexible Schaft **302** ist an einem starren Schaft **301** angebracht. Der starre Schaft **301** ist durch ein Gelenk J4 drehbar mit der Basis **300** des Instrumenteneinsatzes gekoppelt. Die Achse des Gelenks J4 liegt im Wesentlichen koaxial zu dem starren Schaft **301**.

[0035] Die Kombination der Gelenke J4–J7 ermöglicht es, den Instrumenteneinsatz **16** mit vier Freiheitsgraden zu betätigen. Wenn er mit dem chirurgischen Adapter **15** gekoppelt ist, stellen der Einsatz und der Adapter für das chirurgische Instrument **14** sieben Freiheitsgrade zur Verfügung. Obgleich hier für den Einsatz **16** vier Freiheitsgrade beschrieben sind, sollte verstanden werden, dass bei anderen Instrumenteneinsätzen eine größere oder geringere Anzahl von Freiheitsgraden möglich ist. Beispielsweise kann ein stromversorgter Einsatz mit nur einem Greifer für elektrochirurgische Anwendungen sinnvoll sein, während ein Einsatz mit einer zusätzlichen linearen Bewegung eine Stabilisierungsmöglichkeit bieten kann.

[0036] Der in [Fig. 4](#) gezeigte Instrumenteneinsatz **16** umfasst einen Koppler **401**, einen starren Schaft **402**, einen flexiblen Abschnitt **403** und einen End-Effektor **404**. Der Koppler **401** weist ein oder mehrere Räder **405** auf, die seitlich an Rädern **462** des Kopplungsabschnitts **700** an dem chirurgischen Adapter **15** anliegen. Der Koppler **401** weist außerdem ein axiales Rad **406** auf, welches ebenfalls an einem Rad an dem Adapter anliegt. Das axiale Eingriffsrads **406** ist an dem starren Schaft **402** befestigt und wird genutzt, um den End-Effektor an dem fernen Ende des flexiblen Abschnitts axial zu drehen.

[0037] Ein Detail der Kopplungsanordnung **401** ist in [Fig. 5](#) gezeigt. Jedes Rad **405** des Kopplers weist zwei Kabel **500** und **501** auf, die an dem Rad befestigt sind und die an dessen Basis um entgegengesetzte Seiten herum geschlungen sind. Das untere Kabel **500** läuft außerdem über eine freilaufende Riemenscheibe **502**, welche das Kabel zur Mitte des Instrumentenschafts **402** hin führt. Es ist wünschenswert, die Kabel in der Nähe der Mitte des Instrumentenschafts zu halten, da die Kabel entsprechend der Drehung des Schafts folgen werden. Je näher sich die Kabel an der Mittelachse des Schafts befinden, desto weniger störende Bewegung wird auf die Kabel ausgeübt. Die Kabel werden dann durch Kunststoff-

röhren **503** hindurch geführt, die am nahen Ende des starren Schafts **402** und am fernen Ende des flexiblen Abschnitts **403** befestigt sind. Die Röhren behalten Strecken mit konstanter Länge für die Kabel bei, wenn sich diese in dem Instrumentenschaft bewegen.

[0038] Der in den [Fig. 6A](#) und [Fig. 6B](#) gezeigte End-Effektor besteht aus vier Elementen, einer Basis **600**, einem Gelenk **601**, einem oberen Greifer **602** und einem unteren Greifer **603**. Die Basis **600** ist an dem flexiblen Abschnitt des Einsatzschafts **403** befestigt. Das Gelenk **601** ist um eine Achse **604** herum drehbar mit der Basis **600** verbunden. Der obere und der untere Greifer **602** und **603** sind um eine Achse **605** herum drehbar mit dem Gelenk verbunden, wobei die Achse **605** im Wesentlichen senkrecht zu der Achse **604** liegt.

[0039] Sechs Kabel **606–611**, die in [Fig. 6A](#) schematisch gezeigt sind, betätigen die vier Elemente **600–603** des End-Effektors. Das Kabel **606** läuft durch den Einsatzschaft und durch ein Loch in der Basis **600**, ist um eine abgerundete Fläche an dem Gelenk **601** geschlungen und dann an dem Gelenk **601** angebracht. Durch Zug an dem Kabel **606** wird das Gelenk **601** sowie der gekoppelte obere und untere Greifer **602** und **603** um die Achse **604** gedreht. Das Kabel **607** ermöglicht die zu dem Kabel **606** entgegengesetzte Wirkung und läuft über den gleichen Weg, aber auf der entgegengesetzten Seite des Einsatzes.

[0040] Die Kabel **608** und **610** laufen ebenfalls durch den Schaft **403** und durch Löcher in der Basis **600**. Die Kabel **608** und **610** laufen dann zwischen zwei fixierten Zapfen **612** durch. Diese Zapfen beschränken die Kabel derart, dass diese im Wesentlichen durch die Achse **604** verlaufen, welche die Drehung des Gelenks **601** definiert. Dieser Aufbau gestattet grundsätzlich eine freie Drehung des Gelenks **601** mit minimalen Längenänderungen bei den Kabeln **608–611**. Anders ausgedrückt sind die Kabel **608–611**, welche die Greifer **602** und **603** betätigen, im Wesentlichen von der Bewegung des Gelenks **601** entkoppelt. Die Kabel **608** und **610** laufen über abgerundete Abschnitte und enden an den Greifern **602** bzw. **603**. Durch Zug an den Kabeln **608** und **610** werden die Greifer **602** und **603** entgegen dem Uhrzeigersinn um die Achse **605** gedreht. Schließlich, wie in [Fig. 6B](#) gezeigt ist, laufen die Kabel **609** und **611** über den gleichen Weg wie die Kabel **608** und **610**, aber auf der entgegengesetzten Seite des Instruments. Diese Kabel **609** und **611** ermöglichen die Bewegung der Greifer **206** bzw. **603** im Uhrzeigersinn.

[0041] Das Instrument **16** gleitet durch das Führungsrohr **17** des Adapters **15** und greift seitlich in die Adapterkopplung **24** ein, wie in den [Fig. 7A](#) bis



**Fig. 7C** gezeigt ist. Die Adapterkopplung **24** ist schwenkbar an dem Führungsrohrgehäuse **701** montiert (**700**). Das Führungsrohrgehäuse **701** lagert drehbar das Führungsrohr **17**. Das Führungsrohrgehäuse **701** ist an dem geradlinigen Schieber **703** befestigt, welcher entlang der linearen Strecke **704** läuft. Die geradlinige Strecke **704** ist schwenkbar an der Basis **706** montiert (**705**).

**[0042]** Kabel, die über Rohre in die Struktur eintreten, betätigen den Adapter **15**. Das Schwenkgelenk **705** der Basis wird durch zwei Kabel **708** und **709** gesteuert, welche über eine freilaufende Riemenscheibe **711** und entlang entgegengesetzter Richtungen auf der Antriebsrolle **710** der Basis laufen. Die Führungsrohr-Antriebsrolle **712** ist auf dem Führungsrohr **17** befestigt und wird durch Kabel **715** und **717** betätigt, die das Führungsrohr differentiell drehen. Die axiale Antriebsrolle **713** ist drehbar mit dem Führungsrohr gekoppelt und wird durch Kabel **716** und **718** betätigt. Die axiale Antriebsrolle **713** greift an dem axialen Eingriffsrad **406** an dem Instrument ein.

**[0043]** Die Kabel **718** und **719**, die in **Fig. 7C** gezeigt sind, betätigen den linearen Schieber **703**. Die Kabel treten in die Basis **706** durch Rohre ein und laufen um freilaufende Riemenscheiben **720** und **721** herum. Das Kabel **718** läuft frei durch den linearen Schieber **703** hindurch und um die ferne freilaufende Riemenscheibe **722** herum und zurück zu dem linearen Schieber **703**, an welchem es endet. Das Kabel **719** endet direkt an dem linearen Schieber. Die in der Adapterkopplung **24** angeordneten Eingriffsräder **726** werden von Kabeln betätigt, welche geführt von freilaufenden Riemenscheiben **725** in den schwenkbaren Adapterkoppler **700** eintreten.

**[0044]** Sämtliche Kabel in ihren einzelnen Führungen werden zu zwei Bündeln **21** zusammengefasst, die aus dem Adapter austreten. Diese Kabelbündel enden an Verbindungsmodulen **23**, **24**, die in **Fig. 8** gezeigt sind und abnehmbar an der Motorantriebseinheit angebracht sind. Das Verbindungsmodul **24** enthält eine Reihe drehbarer Räder **900**, welche passende Räder **800** in Eingriff nehmen, die an der Motorantriebseinheit angeordnet sind. Wie in **Fig. 9** gezeigt ist, betätigt jedes Rad **900** zwei Kabel **901** und **902**, die in entgegengesetzten Richtungen um den Umfang herum geführt sind. Eine freilaufende Riemenscheibe **903** richtet eines der Kabel **902** so aus, dass beide Kabel **901** und **902** parallel und eng aneinander kommen, sodass sie in einfacher Weise in das Kabelbündel **21** eingepasst werden können.

**[0045]** Die Verbindungsmodule **23**, **24** sind entfernbar an der Motorantriebseinheit **13** befestigt. Jedes Rad des Verbindungsmoduls ist einzeln an das entsprechende Motorantriebsrad **800** angepasst und wird einzeln durch dieses betätigt. Man beachte, dass der Vierkant **801** an dem Motorantriebsrad in

die Aussparung in dem Rad des Verbindungsmoduls passt. Jedes Motorantriebsrad ist auf die Achse eines elektrischen Motors **802** aufgesetzt.

**[0046]** Indem der Instrumenteneinsatz mit dem chirurgischen Adapter und mit dem Verbindungsmodul gekoppelt ist, das an die Antriebseinheit angepasst ist, ermöglicht das Getriebe, dass jeder Motor **802** einen einzelnen Freiheitsgrad bei entweder dem Adapter oder dem Einsatz bedient. Die mechanische Anordnung ermöglicht somit eine entkoppelte Bewegung für jeden Freiheitsgrad. Das komplette System bietet eine Bewegung für das chirurgische Instrument im Körper mit vollen sieben Freiheitsgraden. Diese Freiheitsgrade umfassen drei geradlinige Bewegungen im dreidimensionalen Raum, drei Drehbewegungen, welche eine freie Ausrichtung ermöglichen, sowie einen einzigen Greiffreiheitsgrad.

**[0047]** Es ist in Erwägung zu ziehen, dass verschiedene Änderungen und Modifikationen an der Antriebseinheit, der Kabelanordnung, dem chirurgischen Adapter oder dem Instrumenteneinsatz vorgenommen werden können, ohne dass vom Schutzzumfang der Erfindung, wie er in den folgenden Ansprüchen definiert ist, abgewichen wird.

### Patentansprüche

1. Steuerbares chirurgisches Instrumentensystem (**10**), umfassend:  
eine Chirurgnschnittstelle (**11**), an welcher ein Chirurg Bedienungen zur Steuerung eines chirurgischen Instruments (**14**) ausführen kann,  
wobei das chirurgische Instrument (**14**) zur Ausführung eines medizinischen Verfahrens an einer Operationsstelle an einem Patienten ausgebildet ist,  
ein Rechnersystem (**12**), das elektrisch mit der Chirurgnschnittstelle (**11**) kommuniziert,  
einen Aktuator (**13**), der elektrisch mit dem Rechnersystem (**12**) kommuniziert und zur Steuerung der Bewegung des chirurgischen Instruments (**14**) entsprechend den Bedienungen des Chirurgen mechanisch mit der Schnittstelle verbunden ist,  
wobei das chirurgische Instrument (**14**) einen Instrumenteneinsatz (**16**) umfasst, der einen End-Effektor (**18**) aufweist, welcher an einem entfernten Ende des Instrumenteneinsatzes (**16**) zur Ausführung des medizinischen Verfahrens befestigt ist, sowie  
einen Adapter (**15**) zum Verbinden mit dem Instrumenteneinsatz (**16**),  
wobei der Adapter (**15**) ein benachbartes Ende und ein entferntes Ende aufweist,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
das benachbarte Ende des Adapters (**15**) derart befestigt ist, dass dieser nur in einer einzigen Drehbewegung drehbar ist.

2. Steuerbares chirurgisches Instrumentensystem (**10**) nach Anspruch 1, wobei der Adapter (**15**) in

einer einzigen Drehbewegung entlang einer fixierten Achse drehbar ist.

3. Steuerbares chirurgisches Instrumentensystem (10) nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Adapter (15) ein Führungsrohr (200) umfasst, das am entfernten Ende (203) eine Biegung (202) aufweist, wobei das Führungsrohr (200) eine Längsachse (201) aufweist und um diese Längsachse (201) herum steuerbar rotierbar ist, derart, dass das entfernte Ende (203) des Führungsrohrs (200) die Längsachse (201) des Führungsrohrs (200) umläuft.

4. Steuerbares chirurgisches Instrumentensystem (10) nach Anspruch 3, wobei der Instrumenteneinsatz (16) einen Schaftabschnitt (302) umfasst, der flexibel ist, so dass er innerhalb der Biegung (202) des Führungsrohrs (200) aufgenommen wird.

5. Steuerbares chirurgisches Instrumentensystem (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das entfernte Ende des chirurgischen Instruments (14) anfänglich manuell leicht durch einen Patienteneinschnitt zur Anordnung an einer Operationsstelle einsetzbar ist.

6. Steuerbares chirurgisches Instrumentensystem (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, das einen Träger (25) umfasst, der den Adapter (15) in einer fixierten Position relativ zu dem Patienten hält.

7. Steuerbares chirurgisches Instrumentensystem (10) nach Anspruch 6, wobei der Träger (25) eine Strebe (19) umfasst, die an einem Operationstisch befestigt ist.

8. Steuerbares chirurgisches Instrumentensystem (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Aktuator (13) eine Mehrzahl von Motoren umfasst, die mechanisch mit dem chirurgischen Instrument (14) von einem Ort aus, der von der Operationsstelle entfernt ist, kommunizieren.

9. Steuerbares chirurgisches Instrumentensystem (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Aktuator (13) mechanisch mit dem chirurgischen Instrument (14) durch Kabel (21, 22) verbunden ist, die entfernbar mit dem Aktuator (13) verknüpfbar sind.

10. Steuerbares chirurgisches Instrumentensystem (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Chirurgenschnittstelle (11) einen Handgriff (30) umfasst, durch den der Chirurg Bedienungen ausführt.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

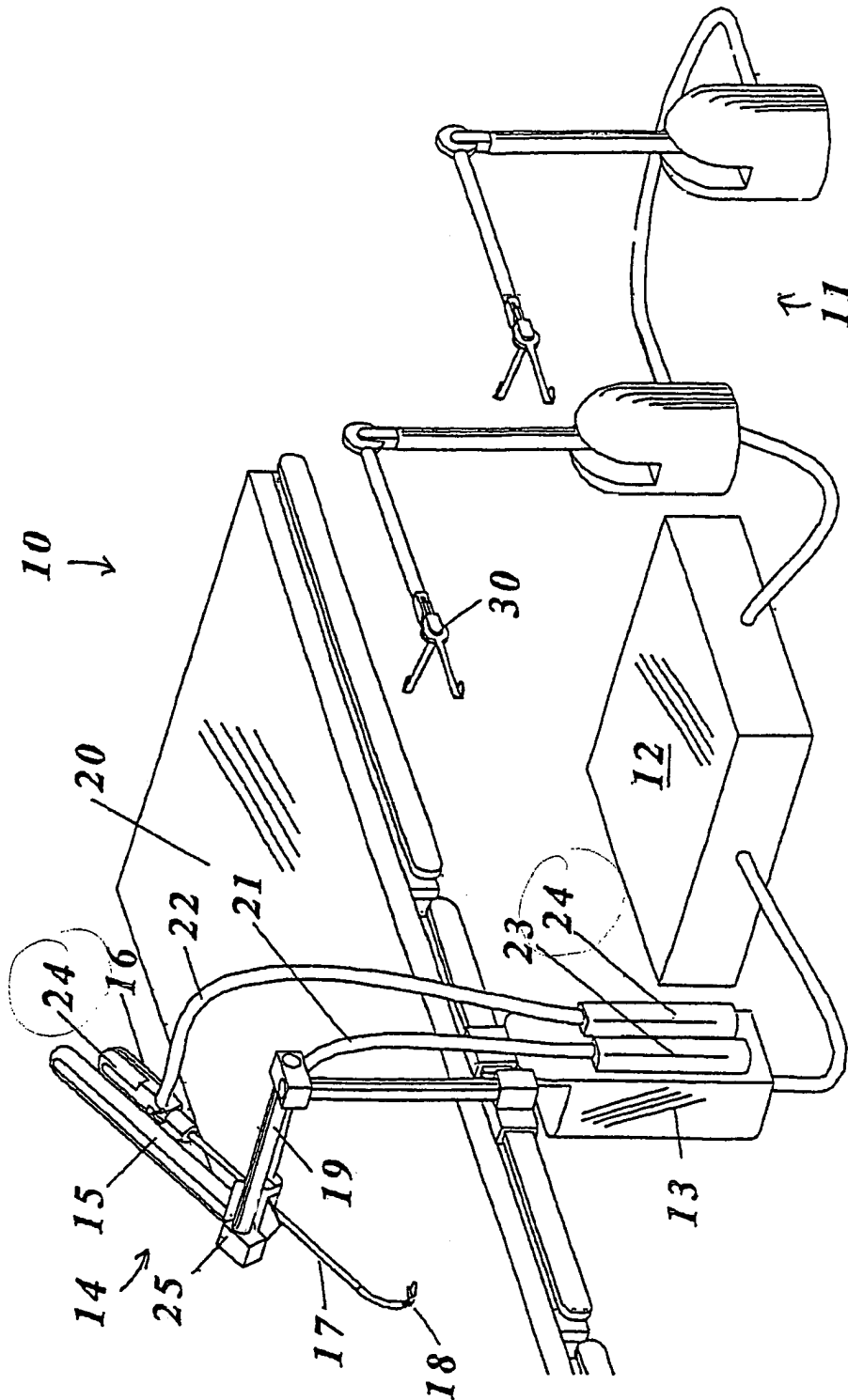
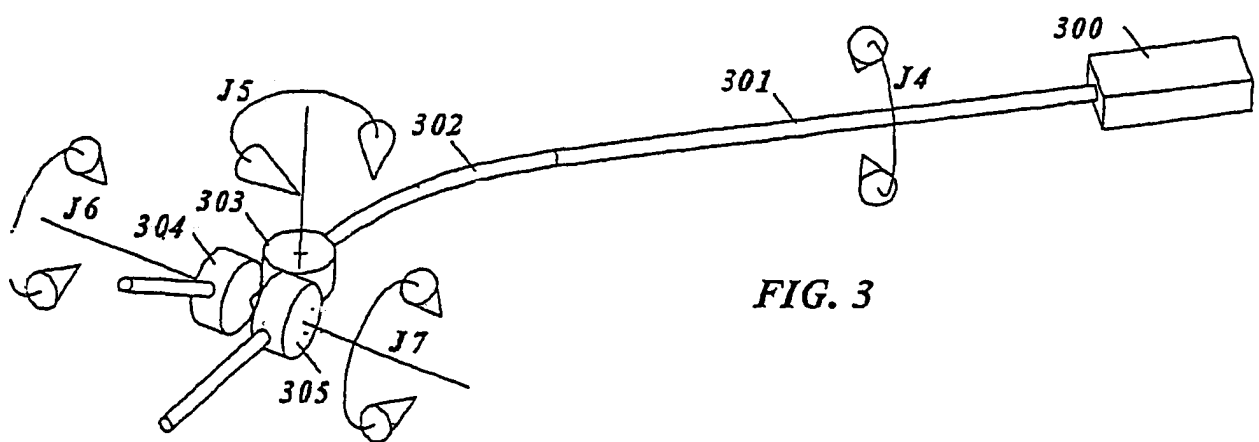
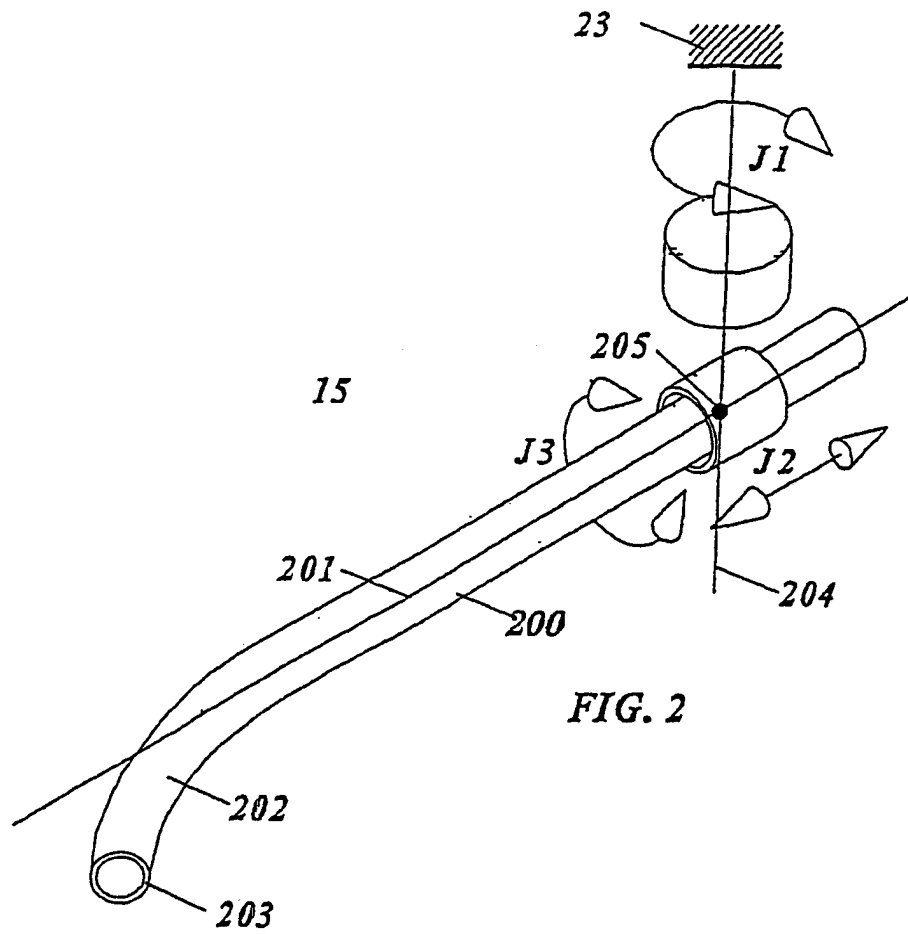
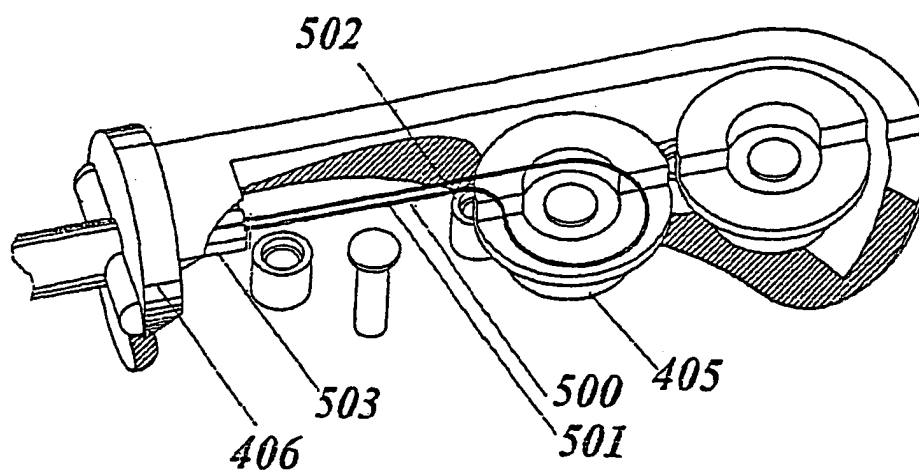
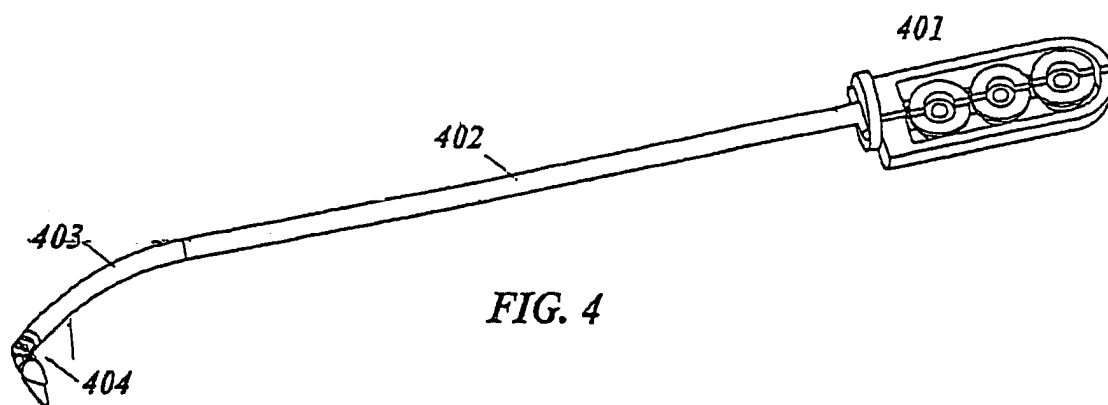
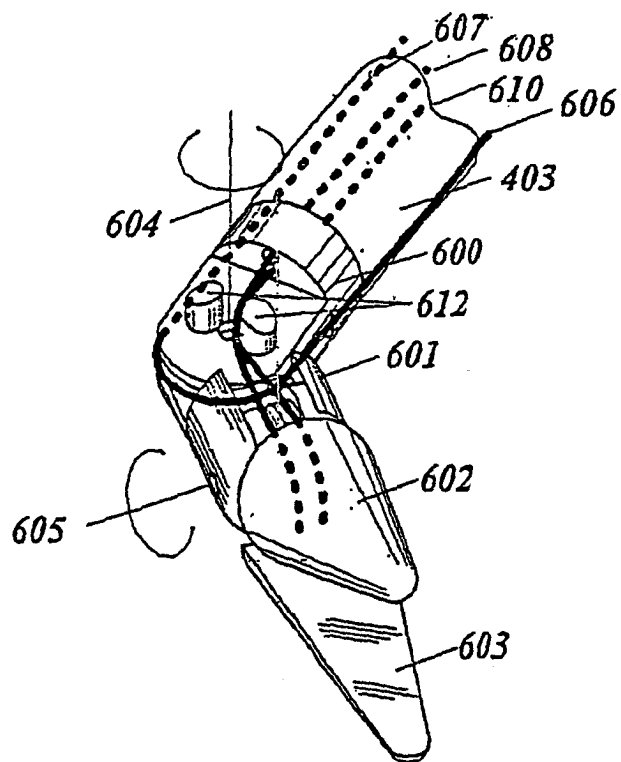


FIG. 1

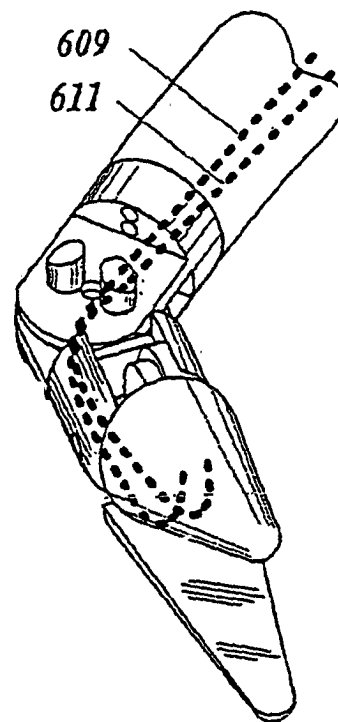




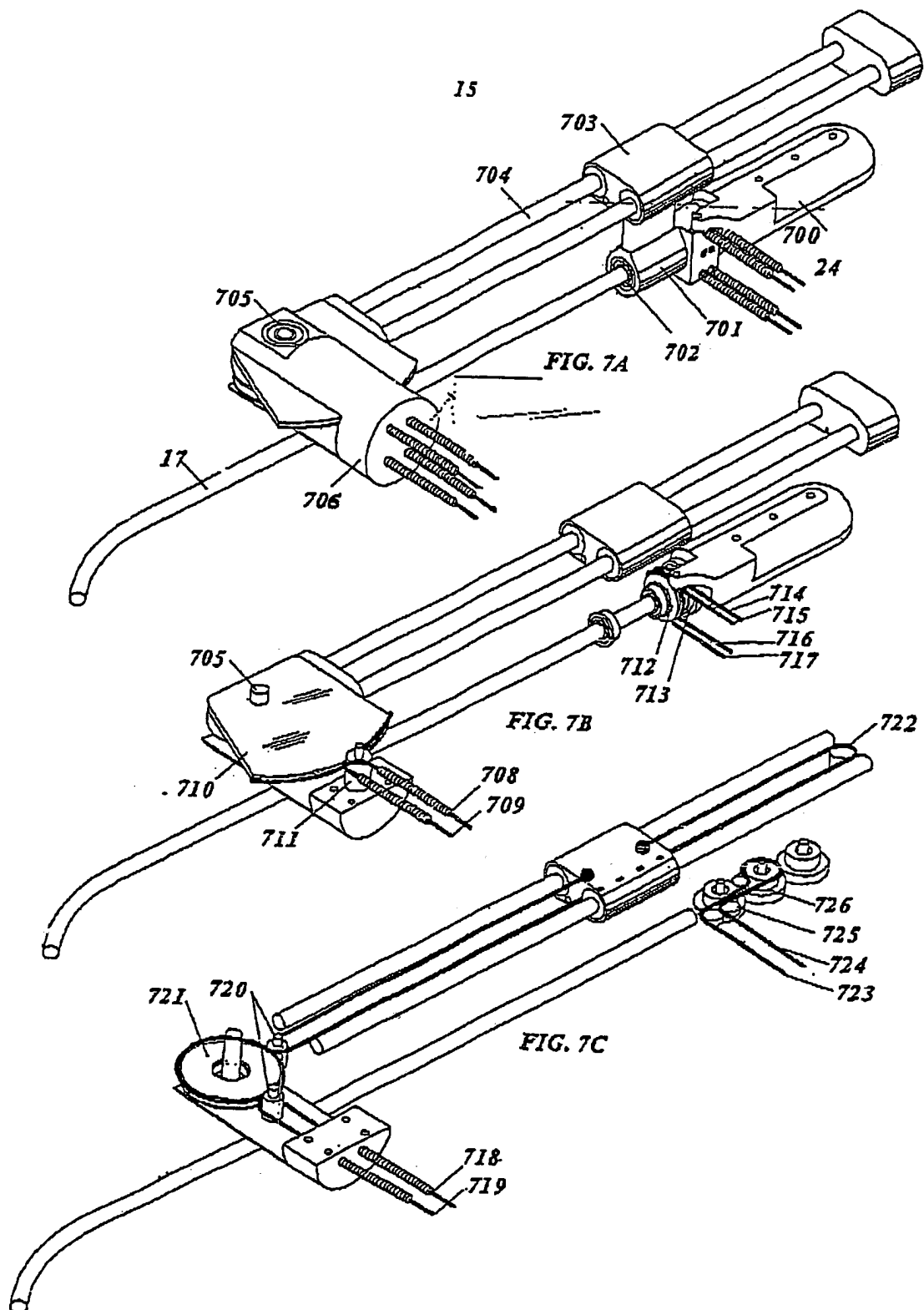


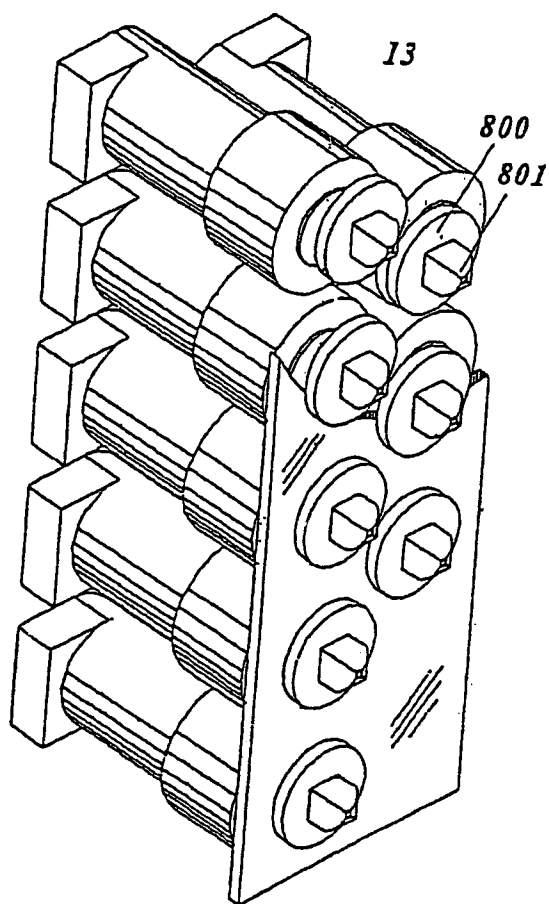


**FIG. 6A**

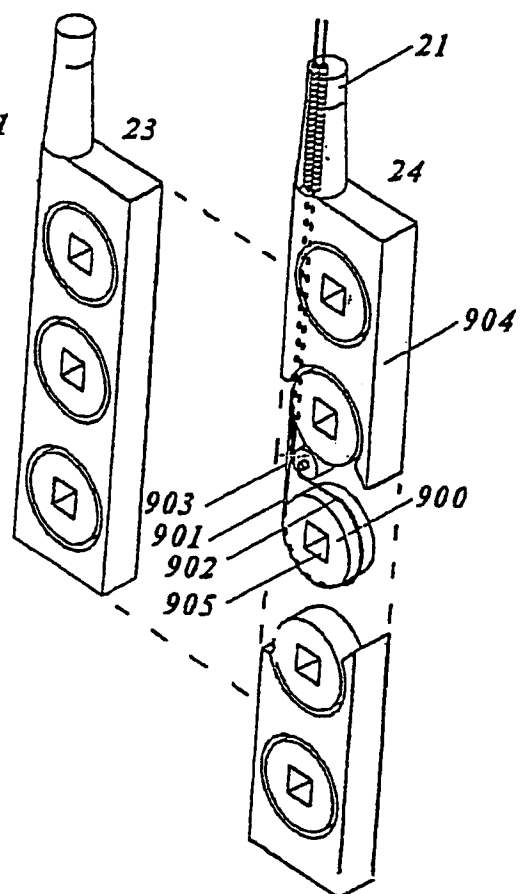


**FIG. 6 B**





**FIG. 8**



**FIG. 9**