



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 31 650 T2** 2005.12.01

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 931 555 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 31 650.5**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 203 728.5**

(96) Europäischer Anmeldetag: **21.03.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.07.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **17.11.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **01.12.2005**

(51) Int Cl.7: **A61M 5/142**

**F04B 43/08, A61M 5/168, G01L 9/00**

(30) Unionspriorität:

**9607471            10.04.1996        GB**

(73) Patentinhaber:

**Baxter International Inc., Deerfield, Ill., US**

(74) Vertreter:

**Meissner, Bolte & Partner GbR, 80538 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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

(72) Erfinder:

**Danby, Hal, Chilton Sudbury, Suffolk C010 0PZ,  
GB; Brundle, Alan, Halstead, Essex C09 2BL, GB;  
Harris, Mark, Royston, Hertfordshire SG8 7TG,  
GB; Lynn, Kenneth M., Spring Grove, Illinois  
60081, US; McGraghan, Thomas, Colchester,  
Essex C03 5FQ, GB; Monaghan, Martin, Evanston,  
Illinois 60602, US; Myren, Svante Eric, Crystal  
Lake, Illinois 60014, US; Plumb, Jon, Bocking  
Braintree, Essex CM7 5LF, GB; Stewart, Janice,  
Inverness, Illinois 60010, US**

(54) Bezeichnung: **Volumetrische Infusionspumpe**

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**

## GEBIET DER ERFINDUNG

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft volumetrische Infusionspumpen zur parenteralen Abgabe von Fluiden in einer medizinischen Umgebung.

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

**[0002]** Bekannte medizinische Infusionspumpen umfassen eine Vielzahl von Methoden, um Fluide in einen Patienten zu pumpen. Die häufigste dieser Methoden ist eine peristaltische Pumpe. Bei einer peristaltischen Pumpe dient eine Vielzahl von Betätigern oder Fingern dazu, ein Abgaberohr für parenterales Fluid in einer im wesentlichen linearen Progression zu massieren. Das bedeutendste Problem, das mit der peristaltischen Pumpentechnologie einhergeht, besteht darin, daß das Rohr immer wieder auf identische Weise verformt wird, so daß im Lauf der Zeit die elastischen Rückstelleigenschaften des Rohrs zerstört werden und das Rohr einen zusammengedrückten Aspekt beibehält. Diese Zerstörung der elastischen Rückstelleigenschaften des Rohrs resultiert darin, daß sich die volumetrische Abgabe der Pumpe im Lauf der Zeit deutlich verändert. Ein weiterer üblicher Pumpentyp, der bei der volumetrischen Abgabe medizinischer Fluide verwendet wird, ist allgemein als Kassettenpumpe bekannt. Kassettenpumpen zeigen zwar nicht die relativ rasche Verschlechterung des Leistungsvermögens wie eine peristaltische Pumpe, sie machen es jedoch notwendig, daß eine relativ aufwendige Pumpenkassette mit dem i. v.-Schlauch integriert ist. Dieser zusätzliche Aufwand der notwendigen Auswechslung einer Kassette gemeinsam mit einem i. v.-Set immer dann, wenn ein Bediener das an den Patienten abzugebende Medikament ändern will, erhöht die Kosten der Patientenversorgung erheblich. Da außerdem sowohl peristaltische Pumpen als auch Kassettenpumpen sowie andere derzeit auf dem Markt befindliche Infusionsvorrichtungen ein relativ umfangreiches Wissen über die spezielle Pumpvorrichtung erfordern, um sicherzustellen, daß das i. v.-Set richtig geladen ist, wurden medizinische Infusionspumpen im allgemeinen innerhalb des Aufgabenbereichs des Pflegepersonals oder des medizinischen Personals in einer Krankenhausumgebung verwendet.

**[0003]** Die Notwendigkeit, ein Set in eine i. v. Pumpe von Hand zu laden, ist auf dem Gebiet allgemein gegeben. Bei Verwendung eines Standard-i. v.-Sets tritt im allgemeinen nicht nur die oben erwähnte rasche Verschlechterung der Genauigkeit ein, sondern im allgemeinen ergeben sich große Schwierigkeiten beim richtigen Laden des Sets in die derzeit verfügbaren Pumpen. Die derzeitige Technologie des Ladens in bezug auf medizinische Infusionspumpen ist nur bis zu dem Zustand fortgeschritten, daß der i. v. Schlauch zwischen einer Pumpvorrichtung und einer Tür oder Abdeckung eingeschlossen wird und fortlaufend aufwendigere Sensoren und Warneinrichtungen hinzugefügt werden, um sicherzustellen, daß der Schlauch richtig in die Pumpe geladen ist. Und selbst dann treten noch regelmäßig Ladefehler auf, die große Anstrengungen seitens des Krankenhauspersonals erfordern, um sicherzustellen, daß kritische Fehler minimiert werden.

**[0004]** Der Stand der Technik in bezug auf Infusionspumpen umfaßt auch die Forderung, daß manuell sichergestellt wird, daß ein freier Durchflußzustand eines Medikaments nicht eintritt, wenn ein i. v. Set installiert oder von einer Pumpe abgenommen wird. Krankenhauspersonal arbeitet zwar sehr sorgfältig, um sicherzustellen, daß freie Durchflußzustände nicht auftreten, aber im Gesundheitsbereich arbeitende Personen benötigen ständig deutlich zusätzliche Vorsichtsmaßnahmen, die darauf gerichtet sind, einen freien Durchflußzustand zu verhindern.

**[0005]** Die US-PS 5 199 852 von Danby zeigt eine Pumpanordnung mit einer Preßeinrichtung zum Verformen eines Abschnitts eines nachgiebigen Schlauchs zuerst lokal in einer Richtung, um dessen Volumen zu verkleinern, und in einer anderen Richtung mit der Tendenz der Wiederherstellung des ursprünglichen Querschnitts, und mit Einlaß- und Auslaßventilen an beiden Seiten, die wirksam sind, indem sie den Schlauch blockieren. Die Steuerung der Ventile erfolgt durch eine Vielzahl von Motoren, die von einem Mikroprozessor gesteuert werden.

**[0006]** Die US-PS 5 151 092 von Danby et al. zeigt eine Pumpvorrichtung, die einen Schlauchabschnitt abwechselnd zusammendrückt und neu formt.

**[0007]** Die US-PS 5 055 001 von Natwick et al. zeigt eine Infusionspumpe mit federgesteuerten Ventilen, die ausgebildet sind, um sich bei einem speziellen vorbestimmten Druck zu öffnen.

**[0008]** Die US-PS 3 489 097 von Gemeinhardt zeigt eine flexible Schlauchpumpe, die ein einheitliches An-

schlußelement hat, das wirksam ist, um als Einlaß- und Auslaßventil zu dienen, und einen dazwischen angeordneten Pumpkörper hat, der von einem Exzenter angetrieben wird.

**[0009]** Die US-PS 2 922 379 von Schultz zeigt eine Mehrfachleitungspumpe, die eine Einlaßventileinrichtung und eine Auslaßventileinrichtung und einen dazwischen positionierten Pumpkörper hat, wobei sowohl die Einlaßventileinrichtung als auch die Auslaßventileinrichtung von einem einzigen Exzenter angetrieben werden.

**[0010]** Die US-PS 3 359 910 von Latham zeigt eine exzentergetriebene Pumpe mit Einlaß- und Auslaßventilen, die von einem einzigen Exzenter angetrieben werden, und mit einem Pumpkörper, der von einem gemeinsam mit dem einzigen Exzenter drehenden Exzenterelement angetrieben wird.

**[0011]** Die US-PS 4 239 464 von Hein zeigt eine Blutpumpe, die einen Einlaß- und einen Auslaßkolben, die als Ventile wirken, und einen dazwischen angeordneten Verdrängungskolben hat.

**[0012]** Die US-PS 5 364 242 von Olson beschreibt eine Medikamentenpumpe, die mindestens einen drehbaren Exzenter und einen hin- und herbewegbar angebrachten Exzenterfolger hat, der mit dem Exzenter in einem Rohr in Eingriff gelangt, das von dem Exzenterfolger während der Rotation des Exzenters zusammengedrückt wird. Die gezeigte Ausführungsform weist drei Exzenter auf.

**[0013]** Die US-PS 5 131 816 von Brown et al. zeigt eine Infusionspumpe, die eine Vielzahl von linearen peristaltischen Pumpen enthält und einen Lagecodierer aufweist, der an der Pumpenmotorwelle angebracht ist, um festzustellen, wenn die Welle die Stopplage in dem Pumpenzyklus erreicht hat.

**[0014]** Die US-PS 4 950 245 von Brown et al. zeigt eine Vielfachpumpe, die von einer programmierbaren Steuerung innerhalb der Pumpe individuell gesteuert wird.

**[0015]** Die US-PS 4 273 121 von Jassawalla zeigt ein medizinisches Infusionssystem mit einer Kassette und einer verformbaren Membran und Einlaß- und Auslaßfenstern, die verschließbar sind, um das in der Kassette enthaltene Fluid zu fördern.

**[0016]** Die US-PS 4 936 760 von Williams zeigt eine Infusionspumpe, die zur Verwendung eines speziellen Rohrs ausgebildet ist, wobei das Rohr diametral entgegengesetzte Griffe hat, die sich in Längsrichtung daran erstrecken, und wobei die Griffe so ausgebildet sind, daß sie von Pumpenbetätigern gegriffen werden, so daß das Rohr durch Ziehen oder Drücken an den Griffen querverformt wird.

**[0017]** Die US-PS 5 092 749 von Meijer zeigt eine Antriebseinrichtung zum Betätigen der Finger einer peristaltischen Pumpe, mit einem Verbindungsarm, der an einem Ende schwenkbar mit einem Antriebselement und am anderen Ende mit einem festgelegten Punkt an der Basis der Pumpe angebracht ist, und mit einem drehbaren Exzenterbetätiger, der an der Basis angebracht ist, um gegen den Arm gedrängt zu werden und das Antriebselement hin und her zu bewegen.

**[0018]** Die US-PS 4 850 817 von Nason et al. zeigt ein mechanisches Antriebssystem für ein Medikamentinfusionssystem, das eine Kassettenpumpe aufweist, wobei im Inneren der Kassette ein einzelner Exzenter die Einlaß- und Auslaßventile sowie den Pumpenmechanismus antreibt.

**[0019]** Die US-PS 5 252 044 von Raines zeigt eine Kassettenpumpe.

**[0020]** Die US-PS 3 606 596 von Edwards zeigt eine Medikamentenabgabepumpe.

**[0021]** Die US-PS 3 518 033 von Anderson zeigt ein extrakorporales Herz.

**[0022]** FR-A-2 475 645, DP-A-0 560 270 und EP-A-0 215 249 betreffen jeweils peristaltische Infusionspumpen vom Fingerpumpentyp, wobei eine Vielzahl von exzenterbetätigten Fingern verwendet wird, um ein Rohr zusammendrücken. Während der Drehbewegung der Exzenter werden die Finger veranlaßt, sich abwechselnd zu dem Rohr hin und davon weg zu bewegen, um zu bewirken, daß das Rohr zusammengedrückt und dann freigegeben wird.

#### ZUSAMMENFASSUNG UND ZIELE DER ERFINDUNG

**[0023]** Gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine Infusionspumpe nach Anspruch 1 bereitgestellt.

**[0024]** Bei einer Ausführungsform hat die Infusionspumpe einen Pumpenkörper, der aus einer v-förmigen Rille, die sich in Längsrichtung entlang einer Pumpenanordnung erstreckt, besteht und dem eine feststehende und eine bewegbare Backe zugeordnet sind, und eine Vielzahl von Ventilen, die an jedem Ende der v-förmigen Rille oder des Wechselements positioniert sind.

**[0025]** Im Gebrauch beginnt ein Betätiger wie etwa eine Pflegeperson oder ein Patient mit dem Infundieren eines Medikaments durch Einsetzen eines Rohrs bzw. Schlauchs eines Standard-i. v.-Sets in eine Rohrladeöffnung, die sich an der Vorderseite der Pumpe befindet. Außerdem setzt der Bediener gleichzeitig eine Gleitklemme, die dem Rohr zugeordnet ist, in eine entsprechende Gleitklemmenöffnung ein, die an der Aufstromseite, d. h. näher zu der Fluidquelle hin, der Rohrladeöffnung angeordnet ist. Der Bediener aktiviert dann eine Rohrladesequenz, wobei eine Serie von Mitnehmern und eine bewegbare obere Backe dazu dienen, das Rohr zu ergreifen und es in einen Rohrkanal zu ziehen, wobei ein Teil desselben aus der v-förmigen Rille und den Ventilen besteht. Mit fortschreitendem Ladezyklus schließen sich die Backen und Mitnehmer um das Rohr herum und legen das Rohr in dem Rohrkanal fest. Während sich die Ventile schließen, um das Rohr zu okkludieren, wird sequentiell die Gleitklemme in eine solche Position bewegt, daß die Gleitklemme das Rohr nicht länger okkludiert. Bei Empfang geeigneter Signale von einer zugeordneten Elektronik, welche die Pumpgeschwindigkeit, das zulässige Luftvolumen, Temperatur und Druck bestimmt, wird die Pumpe betätigt, wobei Fluid aus der Fluidquelle abgezogen und aus der Pumpe in einer konstanten und dosierten Menge abgegeben wird.

**[0026]** Wenn das Rohr falsch in den Rohrkanal oder die Rohrladeöffnung geladen ist, stellen geeignete Sensoren das Vorhandensein eines solchen Zustands fest und geben eine darauf gerichtete Warnung ab.

**[0027]** Am Ende des Infusionsvorgangs bewirkt die Betätigung durch einen Bediener das automatische Schließen der Gleitklemme und die Freigabe des Rohrs aus der Pumpe.

**[0028]** Bei einer Ausführungsform weist die Pumpe zahlreiche Sensoren auf, die wirksam sind, um Informationen in bezug auf den Zustand verschiedener mechanischer Untereinrichtungen in der Pumpe selbst zu liefern. Unter den Sensoren befinden sich Einrichtungen, die die Aufgabe haben, Information über die Lage des vorgenannten Wechselements oder der v-förmigen Rille, den Ventilbetrieb, die Gleitklemmenlage, die Detektion einer Fehlbeladung und den manuellen Betrieb der Rohrladeanordnung zu liefern.

**[0029]** Die Sensoren, die den Zustand des durch die Pumpe geleiteten Fluids betreffen, sind in bezug auf Präzision selber verbessert worden. Das wurde erreicht durch Entwickeln einer Methode, bei der zwischen dem Sensor und dem Rohr ein Kontakt hergestellt wird, so daß der Kontakt senkrecht zu dem Rohr erfolgt und das Rohr mit den verschiedenen Sensoren auf solche Weise in Kontakt gebracht wird, daß weder ein volumetrischer noch ein Spannungsgradient über das Rohr auftritt.

**[0030]** Es ist daher eine Hauptaufgabe der Erfindung, eine Infusionspumpe anzugeben, die imstande ist, ein exaktes Volumen eines Medikaments unter Verwendung eines Standard-Infusionssets abzugeben.

**[0031]** Es ist eine andere Aufgabe der Erfindung, eine Infusionspumpe anzugeben, der ein Pumpwechselement und Ventile zugeordnet sind, wobei das Pumpwechselement und die Ventile mechanisch synchronisiert sind.

**[0032]** Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, eine Infusionspumpe mit stark verbesserter Genauigkeit bereitzustellen, wobei die Abgabe aus dem Pumpelement über den Verlauf eines Pumpzyklus linearisiert wird.

**[0033]** Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, eine Vielzahl von Ventilen in einer Infusionspumpe derart vorzusehen, daß die Ventile ausgebildet sind, ein Infusionssetrohr zu okkludieren, während sie gleichzeitig eine Gestalt haben, die dazu bestimmt ist, die elastische Rückstellung des Rohrs zu fördern, wenn das Ventil davon entfernt wird.

**[0034]** Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung einer Infusionspumpe mit verbessertem Widerstand gegenüber Medikationsfehlern, indem eine automatisch belastete Gleitklemme vorgesehen ist, die dem Infusionsset zugeordnet ist.

**[0035]** Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, in der vorgenannten Infusionspumpe, die gegenüber Medikationsfehlern unempfindlicher ist, einen Gleitklemmensensor vorzusehen, der die Funktion hat zu erfassen, ob die genannte Gleitklemme geöffnet oder geschlossen ist.

- [0036] Eine zusätzliche Aufgabe der Erfindung ist das Vorsehen eines synchronisierten, automatischen Schließens der Gleitklemme zu allen Zeiten, zu denen ein freier Medikamentdurchfluß möglich ist.
- [0037] Es ist eine weitere Hauptaufgabe der Erfindung, eine Infusionspumpe bereitzustellen, die imstande ist, automatisch ein Standard-i. v.-Set darin zu laden.
- [0038] Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung einer Infusionspumpe, die imstande ist, ein falsch automatisch geladenes i. v.-Set zu erfassen, und ferner imstande ist, das Set von der Pumpe in einem Zustand zu trennen, der wirksam ist, um den freien Durchfluß eines Medikaments durch das Set zu verhindern.
- [0039] Eine andere Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung einer automatischen Rohrladeanordnung, die wirksam ist, um ein Standard-i. v.-Set automatisch in eine zugehörige Infusionspumpe zu laden und es automatisch aus dieser zu entfernen.
- [0040] Eine zusätzliche Aufgabe der Erfindung ist das Vorsehen einer Synchronisierung des Gleitklemmenzustands und des Ventilzustands, so daß dann, wenn eines der Ventile in einem geöffneten Zustand ist, das zweite der Ventile in einem geschlossenen Zustand ist, und dann, wenn beide Ventile in einem geöffneten Zustand sind, die Gleitklemme in einem geschlossenen Zustand ist.
- [0041] Eine zusätzliche Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung eines Teilzyklus des Pumpelements unmittelbar nach dem Rohrladezyklus, um dadurch sicherzustellen, daß das Rohr richtig in dem genannten Pumpelement sitzt.
- [0042] Eine andere Aufgabe der Erfindung ist das Vorsehen eines Exzenters, der dem Pumpelement zugeordnet ist, wobei der Exzenter wirksam ist, um die Ausgabe der Pumpe zu linearisieren.
- [0043] Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, die Veränderbarkeit der Pumpgeschwindigkeit über den Verlauf eines Pumpzyklus vorzusehen.
- [0044] Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist das Vorsehen einer weiteren Linearisierung der Pumpenausgabe durch Ändern der Geschwindigkeit des Pumpelements.
- [0045] Es ist eine zusätzliche Aufgabe der Erfindung, die Veränderbarkeit der Pumpenausgabe über den Verlauf einer Infusion durch Ändern der Geschwindigkeit des Pumpelements vorzusehen.
- [0046] Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist das Vorsehen einer hydrodynamischen Unterstützung bei der elastischen Rückstellung des Rohrs während des Füllabschnitts eines Pumpzyklus.
- [0047] Es ist eine andere Aufgabe der Erfindung, einen Pumpkörper vorsehen, der einen Aspekt hat, der dazu ausgebildet ist, mit anderen Pumpkörpern zu einer Vielkanalpumpe mit einer einzigen Steuereinheit zusammengebaut zu werden.
- [0048] Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, eine Rohrladeanordnung bereitzustellen, die Mitnehmer hat, die dazu ausgebildet sind, ein i. v.-Rohr innerhalb der Pumpe festzulegen und zu begrenzen.
- [0049] Es ist eine zusätzliche Aufgabe der Erfindung, ein Sensorgehäuse und eine Betätigungsanordnung anzugeben, die wirksam sind, um einen Sensor so in Kontakt mit einem Rohr anzuordnen, daß der volumetrische Gradient über das Rohr unter dem Sensor im wesentlichen null ist.
- [0050] Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, ein Sensorgehäuse und eine Betätigungsanordnung vorzusehen, die wirksam sind, um einen Sensor so mit einem Rohr in Kontakt zu plazieren, daß der Spannungsgradient des Rohrs unter dem Sensor im wesentlichen null ist.
- [0051] Es ist eine andere Aufgabe der Erfindung, einen einzigen Bezugskörper vorzusehen, der wirksam ist, um den relativen Ort der verschiedenen Elemente innerhalb der Pumpe festzulegen.
- [0052] Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, eine Vielzahl von Achsen vorzusehen, die dem einzigen Bezugskörper zugeordnet sind und damit zusammenwirken, um die relative Lage der verschiedenen Elemente der Pumpe festzulegen.

[0053] Es ist eine zusätzliche Aufgabe der Erfindung, eine kompakte Einrichtung zum Pumpen eines Medikaments bereitzustellen.

[0054] Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, eine Fluidabdichtungsbarriere vorzusehen, die wirksam ist, um das Eindringen von Fluid in verschiedene elektrische Komponenten der Pumpe zu verhindern.

[0055] Es ist eine andere Aufgabe der Erfindung, die Möglichkeit eines Falles mit einer Geometrie vorzusehen, die wirksam ist, um eine Orientierung des Rohrs nach unten in den außerhalb der Pumpe liegenden Bereichen zu erzwingen.

[0056] Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, manuelle Einrichtungen zum Aktivieren des automatischen Rohrlademerkmals vorzusehen.

[0057] Die genannten und weitere Ziele der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der detaillierten Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform sowie den beigefügten Ansprüchen und Zeichnungen.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0058] [Fig. 1](#) ist eine isometrische Ansicht der vollständigen Pumpenanordnung;

[0059] [Fig. 2](#) ist eine Explosionsansicht der Pumpen-Unteranordnung;

[0060] [Fig. 2A](#) ist eine Explosionsansicht der Motorbefestigungen und des Pumpenantriebsmotors;

[0061] [Fig. 3](#) ist eine isometrische Ansicht des Chassis oder Bezugskörpers mit den zugehörigen Bezugsachsen;

[0062] [Fig. 4](#) ist eine isometrische Ansicht des Schrittschaltrads und des zugehörigen Sensors;

[0063] [Fig. 5](#) ist eine Draufsicht auf den Pumpenantriebsexzenter;

[0064] [Fig. 6](#) ist eine isometrische Ansicht der Ventilexzenterstege an dem Hauptantriebsexzenter;

[0065] [Fig. 7](#) ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen der linearen Verlagerung des Wechselelements und der volumetrischen Verlagerung des Rohrs zeigt, wenn keine Linearisierung der Fluidausgabe vorliegt;

[0066] [Fig. 8](#) ist eine isometrische Ansicht der abstromseitigen Platte;

[0067] [Fig. 9](#) ist ein Diagramm, welches das verdrängte Volumen des Rohrs über dem Exzenterwinkel zeigt, wenn der Exzenter eine Linearisierungskorrektur der Pumpenverdrängung ergibt;

[0068] [Fig. 10](#) ist eine Querschnittsansicht im wesentlichen entlang der Linie A-A von [Fig. 1](#);

[0069] [Fig. 11](#) ist eine isometrische Ansicht der Rückseite der Wechselelementplatte und des Wechselelements;

[0070] [Fig. 12](#) ist eine Explosionsansicht des Codierers für den Pumpenmotor;

[0071] [Fig. 13](#) ist eine isometrische Ansicht der Ventilunteranordnung;

[0072] [Fig. 14](#) ist eine Explosionsansicht der in [Fig. 13](#) gezeigten Ventilunteranordnung;

[0073] [Fig. 15A](#) ist eine isometrische Ansicht im wesentlichen der Rückseite und der Seite von einem der Ventile;

[0074] [Fig. 15B](#) ist eine isometrische Ansicht, die im wesentlichen die Unterseite oder die dem Rohr zugewandte Seite von einem der Ventile zeigt;

[0075] [Fig. 16](#) ist eine Explosionsansicht der Rohrladerunteranordnung;

- [0076] [Fig. 17](#) ist eine isometrische Ansicht der aufstromseitigen Platte, wobei der Rohrvorhanden-Sensor in Kontakt mit einem Rohr gezeigt ist;
- [0077] [Fig. 18](#) ist eine Ansicht der zusammengebauten Rohrladerunteranordnung;
- [0078] [Fig. 18A](#) ist eine Draufsicht auf die abstromseitige Platte, wobei ein Mitnehmer in Eingriff mit einem Rohr zu sehen ist;
- [0079] [Fig. 18B](#) ist eine Draufsicht auf einen Rohrlademitnehmer;
- [0080] [Fig. 19](#) ist eine Explosionsansicht der Rohrladeexzenterwelle;
- [0081] [Fig. 19A](#) ist eine Ansicht der Rohrladeexzenterwelle und des Rohrlademotors in zusammengebautem Zustand;
- [0082] [Fig. 20](#) ist eine Explosionsansicht des Rohrlademotors und des Codierers;
- [0083] [Fig. 21](#) ist eine Draufsicht auf die Sensorgehäuse, wobei gestrichelte Ansichten der geöffneten und geschlossenen Positionen ebenfalls vorgesehen sind;
- [0084] [Fig. 22](#) ist eine Explosionsansicht der abstromseitigen Sensorgehäuse;
- [0085] [Fig. 23](#) ist eine Explosionsansicht des aufstromseitigen Drucksensorgehäuses;
- [0086] [Fig. 24](#) ist eine isometrische Ansicht des Luftdetektorgehäuses, wie es mit dem Drucksensorgehäuse verbunden ist;
- [0087] [Fig. 25](#) ist eine isometrische Ansicht der Gleitklemmenlader-Unteranordnung;
- [0088] [Fig. 26](#) ist eine Explosionsansicht der Gleitklemmenlader-Unteranordnung;
- [0089] [Fig. 27](#) ist eine isometrische Ansicht der Gleitklemme;
- [0090] [Fig. 28](#) ist eine isometrische Ansicht des Gleitklemmensensors und der zugehörigen aufstromseitigen Platte;
- [0091] [Fig. 29](#) ist eine isometrische Ansicht der abstromseitigen Platte und der darunter befindlichen Temperatursensoren als Explosionsansicht;
- [0092] [Fig. 30](#) ist eine isometrische Ansicht des Pumpengehäuses.

#### GENAUE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORM

[0093] Bei der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung besteht die Pumpenanordnung **10** aus einer Vielzahl von Unteranordnungen, wie [Fig. 1](#) zeigt, die gemeinsam mit der Pumpenunteranordnung **12** verschiedene zugehörige Funktionen ausführen.

#### DIE PUMPENUNTERANORDNUNG

[0094] Die in [Fig. 2](#) gezeigte Pumpenunteranordnung weist ein Gehäuse **14** auf, an dem verschiedene zugeordnete Elemente angebracht sind. Das Gehäuse oder Chassis **14** besteht bevorzugt aus einem Formkunststoff, wodurch der Zusammenbau und die Herstellung beschleunigt werden. Das Chassis **14** weist ferner eine Rückplatte **16** auf, die integral mit dem Chassis **14** geformt ist, wobei in der Rückplatte **16** eine Vielzahl von Öffnungen gebildet sind.

[0095] Eine Motorwellenöffnung **18** ist im wesentlichen zentral in der Rückplatte **16** angeordnet und hat die Funktion, den Durchtritt der Pumpenmotorwelle **20** durch sie zuzulassen. In der Rückplatte **16** sind ferner Pumpenmotoranbringlöcher **22** ausgebildet, die von der Pumpenmotorwellenöffnung **18** radial nach außen beabstandet sind. Diese Löcher dienen dazu, den Pumpenmotor **24** in Kombination mit dem Motorlagervorsprung exakt in bezug auf das Chassis **14** zu positionieren. Vor der Chassistrückplatte **16** befinden sich eine Vielzahl

von Anbringlaschen **26**, die den Zweck haben, das Chassis fest an einer abstromseitigen Platte **500**, die sich an der Abstromseite des Chassis **14** befindet, und der aufstromseitigen Platte anzubringen, die sich an der Aufstromseite des Chassis **14** befindet; dabei bezeichnet 'aufstromseitig' die Seite der Anordnung **10**, die sich näher an dem Fluideinlaß befindet, und 'abstromseitig' bezeichnet die Seite der Anordnung **10**, die sich näher an dem Fluidauslaß derselben befindet.

**[0096]** Wie die [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) zeigen, definiert das Chassis **14** ferner eine Vielzahl von Öffnungen, die sich im wesentlichen quer zu der Pumpenmotorachse **32** befinden, welche als koaxial mit der Pumpenmotorwelle **20** definiert ist.

**[0097]** Vor den Laschen **26** sind ein aufstromseitiger Fluidabsperrestreifen **27A** und ein abstromseitiger Fluidabsperrestreifen **27B** vorgesehen, die mit der Gleitklemmenbetätigerabstützung und der abstromseitigen Rückplatte **580** zusammenwirken, um eine Fluidabschirmung zwischen der Fluidquelle (i. v.-Rohr oder -Set) und der zugehörigen elektrischen Vorrichtung, die sich vor der kombinierten Fluidstoppanordnung befinden, die aus den drei vorgenannten Elementen besteht, zu bilden.

**[0098]** Diese Queröffnungen oder -löcher dienen dazu, den Zugang zu verschiedenen Mechanismen im Inneren des Chassis zu ermöglichen, die noch beschrieben werden, und bilden außerdem einen einzigen Bezugspunkt, um die relativen Positionen der verschiedenen Unteranordnungen festzulegen, die an den verschiedenen diesen Öffnungen zugeordneten Teilen angebracht sind. Diese Art der Herstellung ergibt eine präzise und robuste Möglichkeit der Herstellung der Pumpenanordnung **10** und gleichzeitig eine ökonomische Anordnung von Meßpunkten, die eingestellt werden müssen, um eine korrekte Funktion der Vorrichtung sicherzustellen. Diese Öffnungen sind sowohl an der aufstromseitigen Seitenwand **32** als auch der abstromseitigen Seitenwand **34** des Chassis **14** reproduziert.

**[0099]** Das erste solche Öffnungsset sind die Ventilschwenkachsenöffnungen **36**, **38**, die dazu dienen, die Ventilschwenkachse **410** relativ zu dem Chassis **14** zu positionieren.

**[0100]** Das zweite solche Öffnungsset stützt die Rohrladerexzenterwelle **510** ab und ist als Rohrladerexzenterwellenöffnungen **40**, **42** bezeichnet.

**[0101]** Das dritte solche Öffnungsset dient dazu, die Rohrladerzwischenwelle **512** abzustützen und relativ zu dem Chassis **14** zu positionieren, und ist als Rohrladerzwischenwellenöffnungen **44**, **48** bezeichnet.

**[0102]** Das vierte solche Öffnungsset dient dazu, den Zutritt der Pumpenventilexzenterbetätiger **422** zum Inneren des Chassis **14** zu ermöglichen, und ist als Ventilbetätigeröffnungen **46**, **50** bezeichnet.

**[0103]** Das Chassis definiert einen Hohlraum **52**, der zur Aufnahme der in [Fig. 2](#) gezeigten Pumpenantriebs-Unteranordnung dient.

**[0104]** Der Pumpenmotor **24** ist das hinterste Element dieser Unteranordnung. Dieser Motor ist bevorzugt ein drehzahl geregelter Gleichstrommotor mit einem internen Übersetzungsgetriebe **54**, das bei der bevorzugten Ausführungsform eine Übersetzung der Motordrehzahl ins Langsame von 64 : 1 ermöglicht.

**[0105]** Der Abtrieb des Pumpenmotorgetriebes **54** ist die Pumpenwelle **20**. Wie beschrieben, erstreckt sich die Pumpenwelle **20** axial durch die Pumpenwellenöffnung **18** in den Hohlraum **52**.

**[0106]** Innerhalb des Hohlraums **52** und in Umfangseingriff mit der Pumpenwelle **20** befindet sich eine Antriebshülse **56**. Die Antriebshülse **56** ist mit der Pumpenwelle **20** in weiterem mechanischem Eingriff über eine Kombination aus einer Vielzahl von Hülsenabflachungen **58**, die an der Welle **20** ausgebildet sind, so daß eine polygonale Oberfläche gebildet ist, die dazu dient, mit Gewindestiften **60** in Eingriff zu gelangen, die durch Gewindestiftlöcher **62** geschraubt sind, welche radial und quer zu der Wellenachse **32** durch die Antriebshülse **56** positioniert sind. Die Antriebshülse **56** weist ferner darin eine Antriebsbolzenöffnung **61** auf, die längsparallel und radial nach außen von der Pumpenwellenachse **32** verläuft und dazu dient, gemeinsam mit der Bewegung der Hülse **56** und der Motorwelle **20** einen Fixierbolzen **63** zu halten und zu treiben.

**[0107]** Über der Antriebshülse **56** und damit koaxial befindet sich das Pumpenindexrad **64**, wie [Fig. 4](#) zeigt.

**[0108]** Das Indexrad **64** hat gemeinsam mit zugeordneten Sensoren die Funktion, die Lage der Pumpenelemente zu bestimmen. In dem Indexrad sind ein erster radialer Schlitz **66** und ein zweiter radialer Schlitz **68**



definiert, die um die Peripherie des Indexrads **64** angebracht sind. Diese beiden Schlitze sind um  $180^\circ$  voneinander entfernt positioniert.

[0109] Das Indexrad **64** besteht aus einem Radscheibenbereich **70** und einem Nabenbereich **72**, wobei der Nabenbereich **72** sich radial innerhalb des Radscheibenbereichs **70** und im wesentlichen vor diesem befindet. Der Nabenbereich **72** des Indexrads **64** ist mit der Radscheibe **70** über eine Vielzahl von Stegen **74** verbunden, die von der Nabe **72** zu der Scheibe **70** verlaufen. Der Nabenbereich weist ferner einen zylindrischen, in Längsrichtung verlaufenden Bereich **76** und einen quer verlaufenden Ringbereich **80** auf, wobei sich der zylindrische Bereich **76** von der Scheibenplatte **70** nach vorn erstreckt und der ringförmige Bereich **80** sich von dem zylindrischen Bereich **76** radial einwärts zu der Motorwelle **20** erstreckt.

[0110] Der Ringbereich **80** definiert ferner eine Motorwellenöffnung **82**, die sich mit der Motorwelle **20** gleich erstreckt, und eine Fixierbolzenöffnung **84**, die außerhalb von der Motorwellenöffnung **82** und damit parallel positioniert ist. Die Motorwellenöffnung **82** erlaubt den Durchtritt der Motorwelle **20** durch das Indexrad **64**, während gleichzeitig die Fixierbolzenöffnung **84** ein gleichzeitiges Drehen der Motorwelle **20** und des Indexrads **64** erzwingt, wenn der Fixierbolzen **63** durch sie hindurch eingesetzt ist.

[0111] In dem Nabenbereich **72** sind zwei Zugangsöffnungen **86**, **88** definiert, die den Zugang zu den Hülsengewindestiften **60** gestatten. Diese Nabenzugangsöffnungen **86**, **88** sind von außerhalb des Chassis **14** über eine Stellschraubenzugangsöffnung **90** zugänglich.

[0112] Auf das Indexrad **64** aufgesetzt und vor dessen ringförmigem Bereich **80** ist der Pumpenantriebsexzenter **100** angeordnet, der in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) gezeigt ist. Der Pumpenexzenter **100** besteht aus einer Vorderseitenfläche **102** und einer Rückseitenfläche **104**.

[0113] Die Vorderseitenfläche **102** weist ferner einen äußeren Exzentersteg **106** und einen inneren Exzentersteg **108** auf. Der äußere und der innere Exzentersteg **106**, **108** sind zum Zusammenwirken so ausgebildet, daß eine positive Betätigung des Pumpenexzenterfolgers **110** ermöglicht wird. Form und Aspekt der beiden Stege **106**, **108** sind in bezug auf die Änderung des Abstands verschiedener Teile der Stege **106**, **108** von der Pumpenwellenachse **32** nichtlinear.

[0114] Die Umwandlung der Dreh- in eine Linearbewegung, die von dem Exzenter **100** realisiert wird, führt einen nichtlinearen Fehler (siehe [Fig. 7](#)) in die volumetrische Ausgabe der Pumpe in bezug auf die Zeit ein (gemessen in Wellencodiererzählwerten). Der Aspekt des inneren Stegs **108** und des äußeren Stegs **106** wirken zusammen, um eine Korrektur erster Ordnung dieses Fehlers zu erzielen und somit die Ausgabe von der Pumpe in bezug auf Volumen zu linearisieren. Das wird erreicht durch eine Änderung der Veränderung der radialen Verlagerung der Exzenterstege **106**, **108** in bezug auf die Motorwellenachse **32**, wie oben beschrieben, um dadurch die Auswirkungen des Winkelfehlers auf die Präzision der Pumpe zu minimieren.

[0115] Speziell führt der Exzenter in einer ersten Näherung eine umgekehrte Sinusfunktion aus, bestimmt durch den radialen Abstand der Stege **106**, **108** von der Wellenachse **32**.

[0116] Wie [Fig. 7](#) zeigt, ist die charakteristische volumetrische Ausgabe eines Rohrs zwischen zwei v-Rillen, die eine Relativbewegung ausführen, eine nichtlineare Funktion der Verlagerung der Rillen. Diese Konstruktion des Wechselelements **200** ist in der US-PS 5 150 019 von Danby et al., die der GB-PS 2 225 065 entspricht, angegeben.

[0117] Wie [Fig. 5](#) zeigt, ergibt die Änderung des Exzenterprofils, wie sie hier beschrieben wird, eine erheblich linearere Ausgabe durch Erhöhen der Wechselelementgeschwindigkeit in der Mitte des Hubs (zwischen  $30^\circ$  und  $60^\circ$  Exzenterwinkel) und Verringern der Geschwindigkeit des Wechselelements **200** am Beginn und am Ende des Hubs.

[0118] Wie [Fig. 9](#) zeigt, ergibt diese variable lineare Geschwindigkeit eine deutlich stärker linearisierte volumetrische Ausgabe, wobei die Ausgabe zwischen  $30^\circ$  und  $70^\circ$  Exzenterwinkel im wesentlichen linear ist. Die Änderung zwischen Aufwärts- und Abwärtshüben geht auf die Verwendung einfacher Radien innerhalb des Exzenters zurück.

[0119] [Fig. 5](#), welche die Exzenterstege **106**, **108** in Draufsicht zeigt, zeigt deutlich die verschiedenen Exzenterpositionen. Wie gezeigt, gibt es zwei primäre Pumpbereiche **110**, **112**, die der Abwärts- und Aufwärtsbewegung des Wechselelements **200** entsprechen. Ferner sind Stillstandsbereiche **114**, **116** zu sehen, die eine Be-

tätigung der Einlaß- und Auslaßventile zulassen, wie noch beschrieben wird.

**[0120]** Die weitere Linearisierung der Ausgabe wird elektronisch über eine lageempfindliche Geschwindigkeitssteuerung gesteuert, die noch beschrieben wird.

**[0121]** In **Fig. 6** ist die Rückseite **118** des Exzenters **100** gezeigt. Wie zu sehen ist, sind zwei konzentrische Ventilexzenterstege **120**, **122** vorgesehen. Bei dieser Ausführungsform treibt der innere Ventilexzentersteg **120** das aufstromseitige (Einlaß-)Ventil, und der äußere Ventilexzentersteg **122** treibt das abstromseitige (Auslaß-)Ventil. Wie zu sehen ist, werden das Einlaß- und das Auslaßventil zu keiner Zeit gleichzeitig betätigt, wodurch ein ungehinderter Durchflußzustand eines Medikaments positiv verhindert wird. Die Dauer und der Stillstand der Ventilexzenterstege **120**, **122** sind so ausgelegt, daß eine ordnungsgemäße Ventil synchronisierung erhalten wird, obwohl der innere Ventilexzentersteg **120** und der äußere Ventilexzentersteg **122** unter verschiedenen Radien liegen, gemessen von der Pumpenwellenachse **32**.

**[0122]** Die rückwärtige Nabe **118** des Antriebsexzenters **100** definiert ferner eine Exzenterfestlegung in der Öffnung **124**, die dazu dient, die relative Position des Antriebsexzenters **100** mit derjenigen der Antriebshülse **56** über den Fixierbolzen **63** und somit mit derjenigen der Motorwelle **20** zu verriegeln.

**[0123]** Die Motorwelle **20** ist mit einem Nasenlager **126** abgeschlossen, das sich unmittelbar vor dem Exzenter **100** befindet. Die Motorwelle **20** durchsetzt den Exzenter **100** durch die Exzentermotorwellenöffnung **127**, die in dem Exzenter **100** mittig definiert ist. Die Motorwellenöffnung **127** des Exzenters ist von dem vorderen Exzentering **128** umgeben, der als Festlegungseinstellung für das Floaten des Exzenters **100** entlang der Motorwelle **20** zwischen der Hülse **56** und dem Nasenlager **126** dient.

**[0124]** Bei der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist das Nasenlager **126** ein Rollenlager. Das Nasenlager **126** paßt in die Nasenlagerlaufläche **132** in der Rückseite der Wechselelementplatte **130**.

**[0125]** Die Wechselelementplatte **130** ist an der vorderen Chassisoberfläche **53** mit einer Vielzahl von Befestigungselementen befestigt, welche die Wechselelementplatte **130** mit der vorderen Chassisoberfläche **53** durch eine Vielzahl von Befestigungselementöffnungen **134**, die in der Wechselelementplatte **130** definiert sind, und eine zweite Vielzahl von Befestigungselementöffnungen **136**, die in der vorderen Oberfläche **53** des Chassis **14** ausgebildet sind, verbinden. Die relative Lage der Wechselelementplatte **130** in bezug auf das Chassis **14** ist durch Ausfluchtungsstifte **138** in der vorderen Chassisoberfläche **53** definiert, für die entsprechende Wechselelementplatte-Ausfluchtungsöffnungen **140** in der hinteren Oberfläche der Wechselelementplatte **130** definiert sind.

**[0126]** Die Wechselelementplatte **130** hat zusätzlich eine sie durchsetzende Durchgangsöffnung **142** für den Wechselelementantriebsexzenterfolger, wobei diese Durchgangsöffnung so ausgebildet ist, daß der das Wechselelement betätigende Exzenterfolger **144** Zugang zu dem Wechselelementantriebsexzenter **100** haben kann. In der vorderen Oberfläche der Wechselelementplatte **146** sind eine Mehrzahl von Kanälen **148** ausgebildet, in denen sich das Wechselelement **200** befindet. Diese Kanäle **148** der Wechselelementplatte sind reibungsarm bearbeitet, um eine ungehinderte Bewegung des Wechselelements **200** über sie zuzulassen. Die vordere Oberfläche **146** der Wechselelementplatte definiert außerdem Seitenschienen **150**, **152**, die dazu dienen, eine Verdrehbewegung des Wechselelements **200** zu begrenzen, während das Wechselelement **200** seine Bewegung ausführt.

**[0127]** Wie bereits erwähnt, erlaubt die Durchgangsöffnung **142** den Durchgang des Exzenterfolgers **144** durch sie hindurch. Der Exzenterfolger **144** ist ein ringförmiges Rollenlager von solchen Dimensionen, daß seine Bewegung zwischen den Pumpenantriebsexzenterstegen **106**, **108** zugelassen wird. Der Wechselelementantriebsexzenterfolger **144** läuft auf dem Wechselelementantriebsbolzen **154** ab, der sich in der Wechselelementantriebsbolzenausnehmung **156** befindet und mit der Vorderseite **201** des Wechselelements **200** bündig ist. Der Antriebsbolzen **154** weist ferner einen Kopf **158** auf, der dazu dient, Antriebskräfte gleichmäßig auf das Wechselelement **200** zu verteilen, und der außerdem eine adäquate Umfangsfläche bietet, um wirksam im Preßsitz mit dem Wechselelement **200** verbunden zu sein.

**[0128]** Der Schaftbereich **160** des Wechselelementantriebsbolzens **154** erstreckt sich durch das Wechselelement **200** über die darin ausgebildete Antriebsbolzenöffnung **202** und erstreckt sich hinreichend weit, um durch die Wechselelementplatte **130** zu gehen und mit dem Wechselelementantriebsexzenterfolger **144** in Eingriff zu gelangen.

[0129] Die Wechselelementplatte **130** vervollständigt den Bezugs- oder Überdeckungspunktsatz, der auf Meßstellen in der gesamten Pumpe **10** ausgehend von dem Chassis **14** und zugehörigen Komponenten basiert.

[0130] Die Wechsellattenseitenschienen **150, 152** haben vordere Oberflächen **162, 164**, auf denen sich eine Vielzahl von Bezugsflächen **168, 170** befinden. Diese Bezugsflächen **168, 170** haben die Funktion, die Entfernung von dem Wechselelement **200** zu der oberen Backe **220** der Pumpenanordnung zu fixieren. Experimente haben ergeben, daß diese Entfernung mit 0,2 mm aufrechterhalten werden muß. Diese Entfernung ist aufgrund der Pumpengeometrie kritisch, wobei, wie [Fig. 10](#) zeigt, die Anfangsverformung des Rohrschnitts, auf den die Pumpe einwirkt, von der seitlichen Entfernung zwischen dem bewegten Wechselementeinschnitt **204** und dem feststehenden oder nicht bewegten Einschnitt **206** abhängig ist, um eine Verformung des ursprünglich kreisförmigen Rohrquerschnitts zu einem gleichwinkligen quadrilateralen Querschnitt zu erhalten. Diese Anfangsverformung wirkt sich auf das Ausmaß des Schließens des Lumens **6** des Pumpenrohrs aus, während die Pumpe ihren Hub durchläuft; denn die Größe des Hubs ist durch das Heben der Antriebsexzenterstege **106, 108** festgelegt. Das Maß der Verformung des Pumpenrohrlumens legt die volumetrische Ausgabe der Pumpe pro Hub oder Zyklus derselben fest.

[0131] Der untere Bereich der Seitenschienen **150, 152** erstreckt sich seitlich über das Wechselelement **200** hinaus. Die vorderen Oberflächen der unteren Seitenerstreckung **172, 174** haben ein zweites Set von ihnen zugeordneten Bezugsflächen **176, 178**, die die Funktion haben, die Entfernung der unteren feststehenden Backe **222** von dem Wechselelement **200** festzulegen. Die Funktion dieser Bezugsflächen **176, 178** der unteren Backe gleicht der Funktion der beschriebenen oberen Bezugsflächen **168, 170**.

[0132] Das Wechselelement **200** weist ferner, wie [Fig. 11](#) zeigt, eine Rückseite **207** des Wechselements **200** auf. Die Rückseite **207** weist darin ausgebildet eine Vielzahl von Gleitschienen **206** auf. Die Gleitschienen **206** bewirken eine Minimierung der Reibung zwischen dem Wechselelement **200** und der Wechselelementplatte **130**. Die Gleitschienen **206** sind im wesentlichen in vollflächigem Eingriff mit den Kanälen **146A** der Wechselelementplatte **130** und ermöglichen die Fixierung von sowohl Längs- als auch Querspiel zwischen dem Wechselelement **200** und der Wechselelementplatte **130**.

[0133] Die vorderen Oberflächen **201** des Wechselements **200** definieren eine Pumpenrillenöffnung **204**. Diese Öffnung oder dieser Einschnitt **204** hat im wesentlichen v-Querschnitt und eine gerundete innere Ecke **211**, um eine Anpassung des Rohrs **65** und der Rillenöffnung **204** zu ermöglichen, wenn das Rohr **5** geladen ist.

[0134] Die hintere Oberfläche **207** des Wechselements **200** hat ferner eine Vielzahl von darin ausgebildeten Taschen **203**, die in einer im wesentlichen vertikalen Anordnung vorgesehen sind. Diese Taschen **203** sind dazu ausgebildet, eine Vielzahl von Magneten zu enthalten, die mit einem Magnetsensor **322** zusammenwirken, um die lineare Position des Wechselements **200** zu erfassen.

#### DER PUMPENUNTERANORDNUNG ZUGEORDNETE SENSOREN

[0135] Die beschriebene Pumpenunteranordnung hat eine Vielzahl von ihr zugeordneten Sensoren, welche die Funktion haben, Information in bezug auf Funktion und Ort der verschiedenen Pumpenelemente zu liefern.

[0136] Der hinterste der Sensoren ist der Antriebsmotorwellencodierer **300**. Dieser Sensor weist ein Codierfahnenrad **302** auf, das an der Ankerwelle **303** des Motors **24** angebracht ist. Das Pumpenmotorfahnenrad **302** hat bei der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zwölf Fahnen **304**, die sich von seinem Mittelpunkt **306** radial nach außen erstrecken.

[0137] Diese Fahnen **304** wirken mit zwei optischen Schaltern **308, 310** zusammen, um die Lage der Ankerwelle **303** des Pumpenantriebsmotors **24** festzulegen. Die Schalter **308, 310** bestehen ferner aus einer lichtemittierenden Diode und einer Fozelle, wie [Fig. 12](#) zeigt. Die Anordnung der optischen Schalter **308, 310** erlaubt es, daß ein erster Schalter **308** den Rand **311E** der Fahne **304** erfaßt und der zweite Schalter **310** die Mitte **311M** einer darauf folgenden Fahne **304** erfaßt. Diese Anordnung ermöglicht eine höhere Auflösung der Motorwellenposition und -richtung, die der Codierer **300** abliest.

[0138] Bei dieser derzeit bevorzugten Ausführungsform ist die Auflösung des Codierers **300** 1/3072 einer Umdrehung der Motorwelle **20**. Die Codiereranordnung **300** befindet sich in einer Pumpenmotorcodierertraghülse **312**, die im Gleitsitz über dem Motorgehäuse **24** sitzt und daran mittels einer Quetschklemme **313** befestigt ist.

[0139] Der Motorcodierer **300** erfaßt die Drehung der Ankerwelle **303** direkt. Da jedoch zwischen der Ankerwelle **303** und dem Wechselelement **200** weitere Einrichtungen angeordnet sind, sind weitere Sensoren notwendig.

[0140] In Vorwärtsrichtung entlang der Motorwellenachse **32** gelangt man zu dem Indexrad **64** zurück. Wie bereits beschrieben, hat das Indexrad **64** eine Vielzahl von in Umfangsrichtung sich gleich erstreckenden, radial angeordneten Schlitzen **66**, **68**. Dieser Sensor weist eine lichtemittierende Diode **315** und einen Lichtsensor oder Schalter **316** auf.

[0141] Der Indexradsensor **314** wirkt mit dem Indexrad **64** und den darin vorgesehenen Schlitzen **66**, **68** zusammen, um Lageinformation der Drehposition der Pumpenmotorwelle **20** zu liefern.

[0142] Im Gebrauch wirkt der Indexradsensor **314** mit dem Pumpencodierer **300** zusammen, um diese Lageinformation sowie Richtungsinformation der Motorwelle **20** zu liefern. Der Indexradsensor erfaßt den Zeitpunkt des Vorbeilaufs jedes der Schlitze **66**, **68** an dem Indexradschalter **314**. Die beiden Schlitze **66**, **68** haben unterschiedliche Breite, so daß sie Information darüber liefern, ob das Wechselelement **200** seinen Aufwärtshub oder seinen Abwärtshub beginnt, wobei eine erste Breite den Aufwärtshub bezeichnet und eine zweite Breite den Abwärtshub bezeichnet.

[0143] Dem Wechselelement **200** selber ist ein Sensor **320** für die lineare Grobposition zugeordnet. Dieser Sensor weist einen Linearpositions-Halleffekt-Sensor **322** und eine Vielzahl von Magneten **324**, **326** auf. Wechselelementpositionssensormagnete **324**, **326** präsentieren dem Hall-Schalter **322** des Wechselelements entgegengesetzte Pole, so daß ein Feldgradient erzeugt wird, der bewirkt, dass eine Anzeige der Linearposition des Wechselelements **200** geliefert wird.

[0144] Die Kombination aus dem Codierer **300** und den anderen vorgenannten zugeordneten Sensoren liefert Eingänge an eine Steuereinrichtung, die mehr als eine Pumpe betreiben kann, um die Geschwindigkeit des drehzahlgeregelten Motors **24** präzise zu steuern; dabei ist das Hauptmerkmal, das durch eine solche Drehzahlsteuerung erhalten wird, eine zeitweise Änderbarkeit des Ausgangs der Pumpe **10**. Zusätzlich erlaubt eine solche Geschwindigkeitssteuerung eine elektronisch gesteuerte Linearisierung des Pumpenausgangs pro Einzelhub sowie die Verbesserung der zeitlich integrierten Ausgabe der Pumpe **10**. Bei der bevorzugten Ausführungsform wird die Linearisierung der Ausgabe pro Hub in Kombination mit dem Antriebsexzenter **100** realisiert, wie beschrieben wurde. Die zeitlich integrierte Ausgabe der Pumpe wird dadurch präziser, daß die Pumpengeschwindigkeit an solchen Stellen deutlich erhöht wird, was eine Diskontinuität im Ausgabeprofil, gemessen in bezug auf die Zeit, ergibt, um so die Auswirkungen von solchen Diskontinuitäten in der Ausgabe zu minimieren.

[0145] Zur Erleichterung der Fertigung sind sowohl der Linearpositionssensor **320** des Wechselelements als auch der Indexradsensor **314** mit der zugehörigen Signalverarbeitungselektronik über einen gemeinsamen gedruckten Schaltungstreifen elektrisch verbunden, der als Pumpensensorschaltungstreifen bezeichnet wird.

## DIE VENTILUNTERANORDNUNG

[0146] Die [Fig. 13](#) und [Fig. 14](#) zeigen die Ventilunteranordnung, die von der zugehörigen Pumpenunteranordnung abgenommen ist. Die Ventilunteranordnung besteht aus einer Ventilschwenkachse **410**, die von dem Chassis **14** getragen wird, indem sie von diesem in Schwenkachsenöffnungen **36**, **38** abgestützt ist. Die Ventile **412**, **414** schwenken um diese Achse **410** und sind daran über Ventilschwenklager **416**, **418** abgestützt, die mit Spiel auf die Schwenkachse **410** aufgesetzt und in die Ventile **412**, **414** eingesetzt sind.

[0147] Die beiden Ventile **412**, **414** sind einzeln als das Aufstromventil **412** und das Abstromventil **414** bezeichnet. Das Aufstromventil **412** weist eine Schwenklageröffnung **420** auf, die dazu ausgebildet ist, das Aufstromventilschwenklager **416** drain aufzunehmen und dadurch um die Ventilschwenkachse **410** zu schwenken. Das Aufstromventil **412** weist ferner eine Aufstromventilachsenöffnung **422** auf, die axial parallel zu der Schwenkachse **410** positioniert und im wesentlichen vertikal davon verlagert ist. Die Aufstromventilachsenöffnung **422** ist so ausgebildet, daß sie darin die Aufstromventilachse **424** gleitend aufnimmt. Die Aufstromventilachse **424** erstreckt sich seitlich von dem Aufstromventil **412** und ist so angeordnet, daß sie über die Aufstromventilachsenöffnung **48** in das Chassis **14** eintritt. Die Aufstromventilbetätigerachse **424** ist im wesentlichen zylindrisch, und darin ist ein äußerer Exzenterlaufflächenausschnitt **426** vorgesehen. Der äußere Exzenterlaufflächenausschnitt **426** hat die Funktion, dem Aufstromventilbetätiger **424** zu erlauben, von der äußeren oder abstromseitigen Ventillauffläche **122**, die an dem Exzenter **100** definiert ist, freizukommen. Der Aufstromven-

tilbetätiger **424** endet in einer Exzenterfolgernase **428**, die dazu ausgebildet ist, den aufstromseitigen Ventilrollenexzenterfolger **430** abzustützen. Der aufstromseitige Exzenterfolger **430** ist bei der bevorzugten Ausführungsform ein Rollenlager, um einen Wälzkontakt zwischen dem Ventilexzentersteg **120** und dem Aufstromventilbetätiger **424** herzustellen.

[0148] Es wird erneut auf das Ventil **412** oder **414** Bezug genommen; das Ventil weist ferner, wie [Fig. 15B](#) zeigt, ein Ventilblatt **432** auf, das einen im wesentlichen v-Querschnitt hat, wobei die erste Seite des Ventilblatts **434** und die zweite Seite des Ventilblatts **436** einen Winkel von ungefähr  $90^\circ$  zwischen sich einschließen und außerdem einen gerundeten Scheitel **438** von 0,5 mm definieren. Die Kombination des eingeschlossenen Winkels und des gerundeten Scheitels **438** ergibt eine optimale Anordnung zwischen den einander widersprechenden Notwendigkeiten der Sicherstellung, daß das Rohr **5** während des entsprechenden Teils des Pumpenzyklus hermetisch dicht ist, und der gleichzeitigen Sicherstellung, daß sich das Rohr wieder in eine exakte Näherung seiner Ausgangsgestalt zurückformt, wenn das Ventilblatt **432** von dem Rohr **5** weggehoben wird.

[0149] Der gerundete Scheitel **438** des Ventilblatts **434** definiert eine Krümmung von 0,5 mm. Diese Krümmung in Kombination mit der Distanz von 0,7 mm zwischen dem Ventilblatt **434** und dem Ventilamboß **570**, die noch besprochen werden, führt zu einer Optimierung der beiden Notwendigkeiten, einerseits die hermetische Abdichtung sicherzustellen und gleichzeitig die elastische Rückstellung des Rohrs während des entsprechenden Teils des Pumpenzyklus zu erreichen.

[0150] Zusätzlich weist das Rohr **5** aufgrund seiner Verformung durch das Wechselelement **200** in Kombination mit den oberen und unteren Backen **220**, **222** ein Teilvakuum innerhalb desjenigen Bereichs des Rohrlumens **6** auf, der sich dem Wechselelement **200** benachbart befindet, und das Öffnen des Einlaßventils **412** mit der Positionierung des Wechselelements **200** stellt Bedingungen her, die günstig sind zur hydrodynamischen Unterstützung der elastischen Rückstellung des Rohrabschnitts unterhalb des Einlaßventils **412**.

[0151] Der Aufstromventilkörper **412** weist ferner eine Ventilhebenase **440** auf, die mit einem Ventilladeexzenter zusammenwirkt, um das Ventil während des Rohrladevorgangs zu heben. Der Ventilkörper **412** weist eine Ventildedersitznase **442** auf, die sich von dem distalen Ende **444** des Ventilblattarms **435** nach oben erstreckt. Die Ventildedersitznase **442** weist eine Ventildedersitzfestlegeöffnung **446** auf, die dazu dient, das distale Ende **448** des Ventildedersitzfestlegeelements **450** abzustützen. Das Ventildedersitzfestlegeelement **450** dient in Kombination mit der Ventildedersitznase **442** dazu, die Ventildeder **452** zwischen beiden vollständig festzulegen. Das Ventildedersitzfestlegeelement **450** weist eine im wesentlichen c-förmige Basis **454** auf die dazu dient, gleitend um die Rohrladerzwischenwelle **512** zu passen, wie noch beschrieben wird. Die Basis **454** des Ventildedersitzfestlegeelements ist so ausgebildet, daß sie eine Schwingbewegung des Festlegeelements **450** um die genannte Rohrladerzwischenwelle herum zuläßt, um die Bewegung des Ventils **412**, **414** aufzunehmen.

[0152] Das Abstromventil **414** befindet sich auf der Ventilschwenkachse **410** dem Wechselelement **200** benachbart. Das Abstromventil **414** ist im wesentlichen ein Spiegelbild des Aufstromventils **412** um eine Ebene, die zu der Schwenkachse **410** quer ist, und zeigt sämtliche zugehörigen Elemente des Aufstromventils **412** in umgekehrter Orientierung, wie [Fig. 14](#) zeigt. Der Abstromventilbetätigerarm **456** ist verkürzt, um den Abstromventilexzenterfolger **458** mit dem äußeren Ventilexzentersteg **122** auszufluchten.

[0153] Die Wirkung der beiden Ventile **412**, **414** ist derart, daß zu keinem Zeitpunkt während des Pumpenzyklus beide Ventile gleichzeitig geöffnet sind. Da ferner beide Ventile **412**, **414** und das Wechselelement **200** von einem einzigen Motor **24** und über einen einzigen Antriebsexzenterkörper **100** angetrieben werden, wird eine exakte Synchronisation der Ventile **412**, **414** und des Pumpenwechselelements **200** auf positive Weise mit vollkommen mechanischen Mitteln erreicht.

#### DER VENTILUNTERANORDNUNG ZUGEORDNETE SENSOREN

[0154] Jedem der Ventile **412**, **414** ist ein Ventilbewegungssensor **328**, **330** zugeordnet. Jeder dieser Ventilbewegungssensoren **328**, **330** wird von einem Magneten **332**, **334** betätigt, der in eine Ventilsensormagnetöffnung **332A**, **334A** in dem außenseitigen Ende **444** der Ventilblattnase **435** eingesetzt ist. Darunter liegt in dem zugehörigen Ventilamboß und außenseitig davon der Ventilbewegungssensor-Hallschalter **328**, **330**, der mit zugehöriger Software, die mit dem Ausgang der Ventilsensorschalter **328**, **330** zu dem Antriebsmotorcodierer **300** gekoppelt ist, dazu dient, die Pumpe **10** anzuhalten und einen Alarm zu aktivieren, wenn ein Ventil **412**, **414** nicht richtig funktioniert. Dies wird im wesentlichen erreicht durch Vergleich des erwarteten Ausgangs des jeweiligen Ventilsensors **328**, **330** mit dem von ihm erwarteten Signal an einer bestimmten Position des Motors **24** und des Antriebsexzenter.

[0155] Außerhalb jedes Ventils **412**, **414** und davon an der Ventilschwenkachse **410** durch Rohranwend-Armabstandshalter **460** getrennt befindet sich der Rohr-anwesend-Sensorarm **340**. Der aufstromseitige Rohr-anwesend-Sensor dient in Verbindung mit dem abstromseitigen Rohr-anwesend-Sensor dazu, die tatsächliche physische An- oder Abwesenheit des i. v. Rohrs in der Pumpe **10** zu bestimmen. Jeder von den Rohr-anwesend-Sensoren **332**, **334** weist einen ringförmigen Lager- oder Rohrsensordrehpunkt **336** auf, der die Ventilschwenkachse **410** umgibt und darauf läuft. Der Rohrsensorarmsteg **338** erstreckt sich von dem Rohrsensordrehpunkt **336** nach außen und dient zur Abstützung des Rohrerfassungsblatts **340**, das sich von dem Sensorarmsteg **338** nach vorn erstreckt, und der Rohrsensorfahne **342**, die sich von dem Sensorarmsteg **338** im wesentlichen nach rückwärts erstreckt. Das Sensorblatt **340** weist einen Abwärtsansatz auf, so daß nach dem Einbau die Spitze **344** des Sensorblatts auf dem entsprechenden Ventilanker liegt. Einführen eines Rohrs **5** zwischen Blattspitze **344** und Ventillamboß dient somit dazu, das Blatt **340** von dem Amboß **570** abzuheben und den Sensorarm zu veranlassen, um die Ventilschwenkachse **410** zu schwenken. Das dient dazu, die nach rückwärts verlaufende Ventilsensorfahne **342** zu senken und dadurch den als Rohr-anwesend-Sensor dienenden optischen Schalter **346** dadurch zu unterbrechen, daß sich die Fahne **342** in den Zwischenraum **348** des optischen Schalters **346** des Rohr-anwesend-Sensors bewegt und den über diesen verlaufenden Lichtstrahl unterbricht, wie [Fig. 17](#) zeigt. Eine Rückholfeder **350** spannt den Rohrsensorarm in eine Position vor, in der, wenn das Rohr **5** nicht anwesend ist, die Rohrsensorblattspitze **344** auf dem zugehörigen Ventillamboß aufliegt.

#### DIE ROHRLADERUNTERANORDNUNG

[0156] Wie die [Fig. 18](#) und [Fig. 19](#) zeigen, verwendet die Rohrladeunteranordnung zwei dem Chassis **14** zugeordnete Achsen. Diese beiden Achsen sind die Rohrladeexzenterachse **510** und die Rohrladezwischenachse **512**. Diese beiden Achsen **510**, **512** bilden in Verbindung mit der Ventilschwenkachse **410** die primären Bezugspunkte für die relativen Positionen der verschiedenen Anordnungen mit ihren zugehörigen Elementen in der gesamten Pumpe. Die Positionen dieser drei Achsen sind in [Fig. 3](#) gezeigt. Indem alle Punkte in der Pumpe auf diese Achsen und damit auf das Chassis **14** bezogen sind, kann die Pumpenkonstruktion indiziert werden, ohne daß eine Vielzahl von präzisionsbearbeiteten Teilen erforderlich ist, und gleichzeitig kann die erforderliche Genauigkeit der fertigen Anordnung aufrechterhalten werden.

[0157] Die Rohrladezwischenachse **512** bildet eine Achse, um die sämtliche Teile, die von der Exzenterachse **510** angetrieben werden, mit Ausnahme der Ventile und der Gleitklemme rotieren. In Aufstromrichtung entlang der Zwischenachse **512** sind die am weitesten außen befindlichen der ihr zugeordneten Elemente die abstromseitigen Rohrlademitnehmer **514**. Die abstromseitigen Rohrlademitnehmer bestehen jeweils aus einem ringförmigen Körper **516**, der so ausgebildet ist, daß er auf der Rohrladezwischenachse **512** sitzt und darauf durch den zugehörigen Spiralstift **518** gesichert ist, der sich durch den Mitnehmerring **516** und die Zwischenachse **512** und in den gegenüberliegenden Bereich des Rings erstreckt und dadurch den zugehörigen Mitnehmer **514** positiv an der Zwischenachse **512** befestigt. Ausgehend von dem Mitnehmerring bzw. der Mitnehmerhülse **516** erstreckt sich in Vorwärtsrichtung der Mitnehmerarm **518**. Der Mitnehmerarm hat einen im wesentlichen linearen Abschnitt **520** und einen Bogenabschnitt **522**, der sich von der Mitnehmerhülse **516** nach außen und unten erstreckt.

[0158] Die Gestalt des Bogenabschnitts **522** des Mitnehmers **514** ist derart, daß dann, wenn der Mitnehmer **514** vollständig abgesenkt ist, das Rohr **5** fest an die abstromseitige Platte **500** gedrückt wird, wodurch das Rohr **5** zwischen dem Mitnehmer **514** und der Platte **500** umschlossen ist.

[0159] Im einzelnen kreuzt die nach innen abgewinkelte Oberfläche **526** des Mitnehmerendes **524** das Rohr **5** unter einem Winkel von ungefähr  $45^\circ$  in bezug auf die Horizontale und ist somit wirksam, das Rohr **5** nach unten und innen an den Rohreinschnitt **501** in der abstromseitigen Platte **500** zu drängen.

[0160] Die Mitnehmerspitze **524** umschließt eine Vielzahl von Bereichen. Die Innenseite der Spitze bildet eine horizontale Rohreingriffsfläche **525**, eine abgewinkelte Rohreingriffsfläche **526**, eine vertikale Rohrfestlegefläche **528**, eine horizontale Rohrfehlloadungsaktivierungsfläche **530** und eine nach außen weisende Rohrzurückweisungsfläche **532** an ihrer Außenseite; und die vorgenannten Flächen befinden sich an der Peripherie der Mitnehmerspitze. Diese Flächen wirken mit der abstromseitigen Platte **500** zusammen.

[0161] Die von der Rohrlademitnehmerspitze **524** gebildete Konstruktion wiederholt sich an dem unteren Rand der oberen Pumpenbacke **220** und hat eine identische Funktion, wie noch beschrieben wird.

[0162] Wenn ein Bediener ein Rohr in die Pumpe **10** lädt und den Rohrladezyklus mittels eines entsprechen-

den Betätigers oder einer Steuertaste oder eines Steuerschalters auslöst, werden die Rohrlademitnehmerspitzen **524** über dem Rohrdurchgang **8** abgesenkt, was in Verbindung mit dem Absenken der oberen Backe **220** dazu dient, den Längsschlitz oder die Längsöffnung an der Außenseite des Rohrdurchgangs **8** vollständig zu verschließen. Sollte ein Rohr teilweise in die Pumpe **10** eingesetzt sein, jedoch vollständig außerhalb des Rohrdurchgangs **8** verbleiben, wird die Rohrzurückweisungsfläche **532** in Kombination mit Aufnahmeschlitzen **582**, die sich ebenfalls an der unteren Backe **222** befinden, wirksam, um das Rohr **5** aus der Pumpe zu entfernen. Für den Fall, daß ein Rohr **5** teilweise in den Rohrdurchgang und teilweise außerhalb desselben geladen ist, hat die Rohrfehladeaktivierungsfläche **530** die Funktion, das Rohr **5** zwischen der Fehlladeaktivierungsfläche **530** und dem zugehörigen Abschnitt entweder der abstromseitigen Platte **500**, der aufstromseitigen Platte **800** oder der unteren Backe **220** zusammenzudrücken und dadurch eine Fehlladedetektierung auszulösen, wie hier beschrieben wird. Eine weitere Möglichkeit, die bei der Konstruktion der Mitnehmerspitze **524** in Betracht gezogen wurde, ist, daß das Rohr **5** zwar in den Rohrdurchgang **8** eingesetzt ist, jedoch nicht vollständig in Kontakt mit den Rohranschlägen **576** gezogen worden ist. In diesem Fall hat die Rohrfestlegefläche **528** die Funktion, das Rohr **5** nach hinten und in Kontakt mit den Rohranschlägen **576** zu ziehen und dadurch das Rohr korrekt zu laden. Die Kombination der Rohrzurückweisungsfläche **532**, der Fehlladeaktivierungsfläche **530** und der Rohrfestlegefläche **528** ermöglicht eine deutliche Diskontinuität zwischen den verschiedenen Möglichkeiten von vorher erwähnten Ladeszenarios.

**[0163]** Die vertikale Rohrfestlegefläche **528** wirkt ferner mit der abgewinkelten Rohreingriffsfläche **526** und der horizontalen Rohreingriffsfläche **525** zusammen, um das Rohr **5** sicher in Anlage an den Rohranschlägen **576** zu halten und eine Verformung des Rohrs **5** durch Zusammenwirken der abgewinkelten Fläche **526**, der horizontalen Fläche **525** und dem Rohranschlag **576** zu ermöglichen, so daß das Rohr sicher in dem Rohrdurchgang **8** arretiert ist, wenn die Öffnung des Längsrohrdurchgangs geschlossen ist, und um einen im wesentlichen vollflächigen Eingriff des Rohrs **5** mit den zugehörigen Sensoren zu ermöglichen.

**[0164]** Die abstromseitige Platte **500** oder die entsprechende aufstromseitige Platte **800** sind bevorzugt aus einem Formkunststoff wie etwa glasfasergefülltem Polyphenylsulfid gebildet. Die abstromseitige Platte **500** hat eine Vielzahl von Funktionen.

**[0165]** Die Rohrladelagerschale **502** bildet einen Anbringbereich für den Rohrladerantsiebsstrang.

**[0166]** Getriebeseitenwände **503A** nehmen den Rohrladergetriebesatz **560** auf, der zwei Schrägstirnräder **562**, **564** in einer senkrechten Anordnung aufweist, so daß die Rotation von einem vorn und hinten angebrachten Rohrladermotor **550** auf die quer verlaufende Rohrladerexzenterachse **510** übertragen wird. Das Getriebegehäuse der abstromseitigen Platte **500** weist ferner eine Exzenterwellenbuchsenlauffläche **566** auf, die dazu dient, die abstromseitige Exzenterachsenbuchse **568** abzustützen, in der sich die Exzenterachse bewegt. Der Vorderabschnitt der abstromseitigen Platte **500** weist den abstromseitigen Ventilamboß **570** sowie die Temperatursensoröffnungen **572** und das untere Luftsensordwandlergehäuse **574** auf. Vor diesen Bereichen befindet sich eine Vielzahl von Rohranschlägen **576**, die die Funktion haben, das Rohr **5** rückwärts abzustützen, so daß eine kontrollierte Anpassung des Rohrs **5** erhalten wird, wenn es im geladenen Zustand ist.

**[0167]** Vor den Rohrabstützungen **576** sieht die abstromseitige Platte **500** ferner den Abstromsensor-schwenkschlitz **578** vor, der gemeinsam mit zugehörigen Vorrichtungen dazu dient, die abstromseitige Sensoranordnung richtig zu positionieren, wie noch beschrieben wird. Die hintere Sperrwand **580**, die mit dem Chassis **14** zusammenwirkt, dient als Fluidbarriere zwischen dem Rohr **5** und den elektrischen Komponenten hinter der hinteren Sperrwand **580**. Die hintere Sperrwand **580** ist an dem Chassis **14** mit Befestigungselementen angebracht und dient zusätzlich als Befestigungsstelle für den abstromseitigen Rohranwesend-Sensorschalter **346**.

**[0168]** Unter erneuter Bezugnahme auf den vorderen Rand der abstromseitigen Platte **500** erkennt man eine Vielzahl von Rohrladermitnehmereintrittsschlitzen **582**. Diese Mitnehmerschlitze **582** dienen in Kombination mit den Rohrladermitnehmern **514** und der abgeschrägten Vorderkante **584** der abstromseitigen Platte **500** dazu, das richtige Laden des Rohrs **5** in die Pumpe dadurch zu unterstützen, daß sie zulassen, daß die Mitnehmer **514** gehoben werden und das Rohr nach hinten gegen die Rohranschläge **576** schieben. Außerhalb des äußersten der Mitnehmereintrittsschlitze **582** dient ein Rohrfestlegeanschlag **584** dazu, das Rohr **5** in einer Position festzulegen, in der es von den Mitnehmern **514** während der anfänglichen Plazierung des Rohrs **5** in dem Rohrdurchgang **8** erfaßt wird, der von den gehobenen Mitnehmern **514** und der abstromseitigen Platte **500** gebildet ist, wenn sich die Rohrladeanordnung in einem Zustand befindet, der das Laden des Rohrs **5** zuläßt.

**[0169]** Wie vorstehend beschrieben wird, treibt der Rohrladermotor **550** über eine Vielzahl von Zahnrädern

die Rohrladerexzenterachse **510**. Der Rohrladermotor **550** ist ein Gleichstrommotor. Der Rohrladermotor **550** weist ferner ein Reduziergetriebe **534** auf, das wirksam ist, um ein ausreichendes Drehmoment zu liefern, um die Exzenterachse **510** gegen den Widerstand zu drehen, der darauf von den damit in Kontakt befindlichen Komponenten, die auf der Zwischenachse **512** angeordnet sind, aufgebracht wird.

[0170] Die Rohrladermotorwelle **536** verläuft von dem Rohrladermotor **550** vorwärts und durchsetzt die Rohrladermotorbefestigung **538** über eine darin gebildete zentrale Öffnung **540**.

[0171] Die Rohrladermotorwelle **536** hat eine darin gebildete Abflachung **542**, die dazu dient, einen Sitz für die Rohrladergetriebebestellschraube **544** zu bilden, die durch eine Stellschraubengewindeöffnung **546** in dem Rohrladergetriebe **562** eingesetzt ist und dadurch die Rotation des Rohrladerantriebsrads **562** auf diejenige der Rohrladermotorwelle **536** fixiert.

[0172] Das Rohrladerantriebsrad **536** ist ein Schrägstirnrad, dessen Verzahnung um seinen Außenumfang vorgesehen ist. Diese Verzahnung gelangt mit einer entsprechenden Verzahnung an der Stirnfläche des Rohrladerexzenterachsenrads **564** in Eingriff, was eine senkrechte Betätigung der quer angebrachten Exzenterachse **510** durch den längs angebrachten Rohrladermotor **550** zuläßt.

[0173] Das Rohrladerexzenterachsenrad **564** gelangt mittels eines gleitbaren Eingriffsbolzens **588** in lösba- ren Eingriff mit der Exzenterachse **510**.

[0174] Der Exzenterachsenkupplungsbolzen **588** wirkt mit einem Kupplungsschlitz **590** an der hinteren oder nach innen weisenden Endfläche des Exzenterachsenrads **564** zusammen. Der Kupplungsbolzen **588** ist quer zu der Exzenterachse **510** in einem Kupplungsbolzenlängsschlitz **592** angeordnet, der durch die Exzenterachse **510** hindurch gebildet ist. Ein Längsbetätigerbolzen **594**, der koaxial innerhalb der Exzenterachse **510** angeordnet und in Endkontakt mit dem Kupplungsbolzen **588** ist, dient dazu, den Kupplungsbolzen selektiv einzusetzen, und erlaubt das Herausziehen des Kupplungsbolzens **588** außer Eingriff mit dem Kupplungsschlitz **590** an dem Exzenterachsenzahnrad **564**. Eine Vorspannfeder **596** ist in der Exzenterachse **510** und dem Längsbetätigerbolzen **594** gegenüberliegend positioniert. Das äußerste Ende **598** des Betätigerbolzens **594** ist gerundet, um einen Gleitkontakt damit durch die zugehörige Komponente zuzulassen.

[0175] Ein Handrad **600** bildet ein Gehäuse für eine schwenkbare Kupplungsnase **602**, die an ihrer nach innen weisenden Oberfläche einen Kupplungsexzenter **604** aufweist, der in Gleiteingriff mit dem außenseitigen Ende **598** des Betätigerbolzens **594** ist. Die Kupplungsnase **602** befindet sich in dem Handrad **600** und ist daran über einen Kupplungsnasendrehbolzen **606** gelenkig angebracht. Im Gebrauch bewirkt die Betätigung der Kupplungsnase **602** durch Neigen derselben um den Kupplungsnasendrehbolzen **606**, daß der Kupplungsexzenter **604** auf das äußere Ende **598** des Betätigerbolzens **594** trifft und es eindrückt, so daß der Betätigerbolzen **594** gegen die Kupplungsvorspannfeder **596** einwärts bewegt wird und den Kupplungsbolzen **588** nach innen und außer Kontakt mit dem Kupplungsschlitz **590** in dem Exzenterachsenzahnrad **564** bewegt, so daß die Exzenterachse **510** manuell mittels des Handrads **600** frei gedreht werden kann, ohne daß das Exzenterachsenzahnrad **564** gedreht wird.

[0176] Die Exzenterachse **510** ist eine der drei primären Bezugsachsen, die in der Pumpe **10** vorhanden sind. Die Exzenterachse trägt zwei Verbundexzenter, die als Abstromexzenter **610** und Aufstromexzenter **620** bezeichnet werden.

[0177] Der Abstrom- und der Aufstromexzenter **610**, **620** weisen, ausgehend von dem Chassis nach außen, folgendes auf: einen Exzenterachsenanschlag **612**, **622**, einen Rohrladermitnehmerexzenter **614**, **624**, der selbst ein Verbundexzenter ist, und einen Ventilladeexzenter **618**, **628**.

[0178] Die Exzenterachsenanschlüge **612**, **622** wirken mit den Chassisdrehkörperanschlügen **28**, **30** zusammen, um einen positiven Stopp der Exzenterachsendrehung zu ermöglichen. Die zugehörige Elektronik erfaßt den Blockierzustand des Rohrladermotors **550** und unterbricht die Energiezufuhr zu diesem, wenn die Exzenterachsenanschlüge **612**, **622** mit den Chassisdrehkörperanschlügen **28**, **30** während eines anfänglichen Indexierzyklus der Rohrladeranordnung in Kontakt sind, und danach erfolgt von dem Rohrlader **550** in Kombination mit dem Rohrladercodierer **702**, **704**, **705** ein Rückwärtszählen von den Drehkörperanschlügen **28**, **30**, und unter Steuerung durch zugehörige Software wird die Energie zu dem Rohrladermotor **550** unterbrochen, bevor die Anschlüsse **612**, **622** mit den Chassisdrehkörperanschlügen **28**, **30** in Kontakt gelangen.

[0179] Von den Exzenterachsenanschlügen **612**, **622** weiter nach außen dienen die Rohrladermitnehmerex-



zenter **614, 624** zur Betätigung der Rohrladermitnehmer **514**.

[**0180**] Außerdem hat jeder von den Rohrladermitnehmerexzentern **614, 624** eine Arretierfläche **616, 626**, die dazu dient, einen zweiten, starr angebrachten Hebefolger zu aktivieren, der der Rohrladerzwischenachse **512** zugeordnet ist, um eine positive Fixierung der zugehörigen Elemente zu bewirken, wenn die Zwischenachse **512** das Ende ihrer Bewegung erreicht.

[**0181**] Von den Mitnehmerexzentern **614, 624** weiter nach außen befinden sich die Ventilladeexzenter **618, 628**. Diese Exzenter dienen dazu, die Ventile **412, 414** während des Ladevorgangs aus dem Rohrdurchgang **8** zu heben. Die Ventilladeexzenter föhren dieses Heben im Zusammenwirken mit den Ventilladenasen **440** durch, wie beschrieben wurde.

[**0182**] Ganz außen auf der Exzenterachse **510** liegen die Sensorarmexzenter **630, 632**. Der abstromseitige Sensorarmexzenter **630** weist eine einzige Fläche auf und hat die Funktion, den abstromseitigen Sensorarm zu heben oder zu senken.

[**0183**] Der aufstromseitige Sensorarmexzenter **632** ist jedoch ein Verbundexzenter, der eine Sensorarmbetätigungsfläche **634** und außerhalb davon positioniert und damit integral die Gleitklemmenladekurbel **650** hat.

[**0184**] Sämtliche der Exzenterachse **510** zugehörigen Exzenter sind daran mit Spiralstiften befestigt, die quer durch die Naben der verschiedenen Exzenter und durch die Exzenterachse **510** eingesetzt sind.

[**0185**] Die Rohrladerzwischenachse **512** trägt alle Ladeelemente, die dem Plazieren des Rohrs **5** in dem Rohrdurchgang **8** zugeordnet sind. Außerdem dient die Zwischenachse zur schwenkbaren Abstützung anderer Elemente, die mit anderen Raten als die Rohrladermitnehmer **514** angetrieben werden. Zuinnerst entlang der Zwischenachse **512**, wobei zuinnerst den näher am Chassis **14** befindlichen Bereich definiert, befinden sich die oberen Backenmitnehmer **652, 654**.

[**0186**] Die oberen Backenmitnehmer sind in eine Aufwärtsposition vorgespannt durch spiralförmige Vorspannfedern **656**, die um die Zwischenachse **512** gewickelt und mit einem Ende davon in die Torsionsfederanschläge **45** und **47**, die den Rohrladerzwischenachsenöffnungen **44, 46** zugeordnet sind, eingehakt sind. Das andere Ende der Vorspannfeder **656** ist in den jeweiligen oberen Backenträger **652, 654** eingehakt. Jeder der oberen Backenträger **652, 654** weist außerdem einen nach vorn sich erstreckenden Armbereich **658** auf, der ein nach unten weisendes Ende **660** hat. Der sich nach vorn erstreckende Armbereich **658** ist dazu ausgebildet, in Kombination mit der oberen Backenzugstange **662** die obere Pumpenbacke **220** abzustützen.

[**0187**] Die nach unten sich erstreckenden Enden **660** des oberen Backenträgers **652, 654** definieren ferner eine ausgeprägte Form der Rohrladesitze, wie bei der Beschreibung der Rohrladermitnehmer **514** erwähnt wurde.

[**0188**] Hinter dem nach vorn verlaufenden Armbereich **658** ist ein Federschlitze **664** in dem oberen Backenträger **652, 654** ausgebildet und hat die Funktion, die zugehörigen Torsionsfedern **656** darin festzulegen. In dem oberen Backenträger **652, 654** ist ferner ein gegabelter zentraler Bereich **667** ausgebildet, der dazu bestimmt ist, die Arretiernasen **668** des oberen Backenträgers in dem Zwischenraum des gegabelten zentralen Bereichs **667** des zugehörigen oberen Backenträgers **652, 654** festzuhalten.

[**0189**] Ausgehend von dem zentralen Bereich **667** erstreckt sich nach rückwärts ein Exzenterfolgerarm **670** des oberen Backenträgers, in dem eine obere Backenexzenterfolgeröffnung **672** gebildet ist, die dazu bestimmt ist, die oberen Backenträgerarmexzenterfolger **674** aufzunehmen. Die oberen Backenträgerexzenterfolger **674** sind in den oberen Backenträgerexzenterfolgeröffnungen **672** gleitend festgehalten und von der Vorspannfeder **675** gegen den Rohrladermitnehmerexzenter **614, 624** vorgespannt. Der Zweck dieser Ausbildung ist, daß dann, wenn ein Rohr **5** unterhalb der oberen Backe **220** oder der Mitnehmer **514** falsch geladen ist, ein der Position der oberen Backe **220** zugeordneter Sensor und in Kombination damit ein Rohrladercodierer **702, 704, 705**, der der Rohrladermotorankerwelle **701** zugeordnet ist, detektieren, daß die Bewegung der oberen Backe **220** und der Zwischenachse **514** aufgehört haben, während gleichzeitig der Rohrladermotor weiterdreht, da der Zwischenraum zwischen dem Exzenterfolgerarm **670** des oberen Backenträgers und dem radial sich erstreckenden Sitz **676** des oberen Backenexzenterfolgers **674** geschlossen ist. Eine elektronische Detektierschaltung zeichnet diese unterschiedliche Bewegung auf und veranlaßt den Rohrladermotor **550**, seine Drehbewegung umzukehren, so daß die obere Backe **220** und die Rohrladermitnehmer **514** geöffnet werden und dadurch das Rohr **5** ausgeworfen wird.

[0190] Um eine endgültige fixierte Überdeckung der oberen Backe **220** und der anderen von der Zwischenachse **514** angetriebenen Anordnungen sicherzustellen, läuft der Arretierbolzen **668** an den Arretierflächen **616**, **626** des Rohrladermitnehmerexzenters oder des Zwischenachsenantriebsexzenters **614**, **624** entlang und wird relativ zu dem oberen Backenträgerarm **652**, **654** mit Hilfe von Justierschrauben **680** einstellbar fixiert. Die oberen Backenträger werden an der Zwischenachse **512** mit Spiralstiften so festgelegt, daß sie eine gemeinsame Drehung damit aktivieren.

[0191] Wie [Fig. 16](#) zeigt, befinden sich ausgehend von den oberen Backenträgerarmen nach außen die Ventildfederhalteelemente **450**. Von den Ventildfederhalteelementen **450** weiter nach außen sind die innersten der Rohrladermitnehmer **514**, wie beschrieben, positioniert.

[0192] Um die Zwischenachse **512** schwenkbar und ihr zugeordnet sind die aufstrom- und abstromseitigen Sensorträgerarme **690**. Da es erforderlich ist, daß das Rohr **5** vollständig in den Rohrdurchgang **8** geladen ist, bevor die zugehörigen Sensoren angewandt werden, wird der Sensorträgerarm **690** von einem separaten Exzenter betätigt, der in bezug auf die Aktivität der restlichen an der Zwischenachse **512** angebrachten Komponenten verzögert ist. Jedem der Sensorträgerarme **690** ist ein nach unten verlaufender Sensorarmexzenterbolzen **692** zugeordnet, dem eine nach unten vorgespannte Feder **694** zugeordnet ist. An einem zentralen Bereich des Sensorträgerarms **690** und in im wesentlichen gegenüberliegendem Kontakt mit dem Sensorarmexzenterbolzen **630**, **632** ist die Sensorarmöffnungsfeder **696** befestigt, die bei der bevorzugten Ausführungsform eine Blattfeder ist. Diese Anordnung macht es möglich, daß sowohl das Öffnen als auch das Schließen der Sensoranordnung, die dem aufstromseitigen oder abstromseitigen Sensorträgerarm **690** zugeordnet ist, jeweils durch einen einzigen Exzenter erfolgen kann.

[0193] Wie [Fig. 16](#) zeigt, weist der Sensorarm **690** ferner ein vorderes zangenförmiges Ende **698** auf, das in Kombination mit einem quer eingeführten Sensorgriffbolzen **799** wirksam ist, um die zugehörige Sensorunteranordnung abzustützen.

#### DER ROHRLADERUNTERANORDNUNG ZUGEORDNETE SENSOREN

[0194] Wie bereits erwähnt, sind dem Sensorarm **690** der Rohrladerunteranordnung eine Vielzahl von Sensoren zugeordnet. Der am weitesten an der Abstromseite befindliche dieser Sensoren ist der Ultraschall-Luftdetektor oder Ultraschallwandler **728**, wie in [Fig. 22](#) gezeigt ist. Der Ultraschallwandler **728** wirkt mit einem zweiten Wandlerelement zusammen, das in der abstromseitigen Platte **500** positioniert ist, wie bereits beschrieben wurde. Der Ultraschallwandler **728** ist in einem insgesamt schwenkbaren Gehäuse **720** untergebracht. Dieses Sensorgehäuse **720** weist einen vertikal geteilten Gehäusekörper auf, der einen Wandlerhohlraum **724** aufweist. Das Gehäuse **720** weist ferner einen im wesentlichen horizontal und axial sich erstreckenden Aufhängeschlitz **722** auf, der selbst einen ovalen Verbindungsring **725** aufweist, der von einem im wesentlichen ovalen und in Längsrichtung verlaufenden Sensorarmbolzenhalter **723** gebildet ist. Der Aufhängeschlitz **722** dient dazu, den Sensorgriffbolzen **799** festzulegen, während der Sensoranordnung **720** gleichzeitig erlaubt wird, sich vorwärts und rückwärts relativ dazu zu bewegen. Die Sensoranordnung **720** wird ferner von dem vertikal angeordneten Sensorarmschwenkschlitz **578** in Kombination mit dem Sensorgehäusehebelbolzen **721** zurückgehalten, der in Hebelbolzenöffnungen **726** und **746** festgelegt ist, um eine vertikale Axialbewegung davon zuzulassen, so daß der Sensor **720** über das Oberende des Rohrs **5** rollen oder sich in Anlage daran neigen kann, wenn der Sensorarmexzenterbolzen **630** die im wesentlichen abwärts verlaufende Bewegung des vorderen zangenartigen Endes des Sensorarms **690** auslöst. Diese Fähigkeit zum Abrollen oder umgekehrt zum Ausführen einer Schaukelbewegung in bezug auf das Rohr **5** ermöglicht dem Sensorgehäuse **720**, mit dem Rohr **5** in einen im wesentlichen vertikalen Kompressionskontakt zu gelangen. Das erlaubt dem Rohr, über die Fläche des zugehörigen Sensors gleichermaßen gedehnt oder gereckt zu werden, wodurch entweder ein volumetrischer Gradient oder ein Spannungsgradient in dem Rohr **5** unter dem zugehörigen Sensor eliminiert wird, so daß die Ansprechgenauigkeit des Sensors, der mit dem Gehäuse **720** zusammenwirkt oder damit verbunden ist, verbessert wird. Im wesentlichen sämtliche Sensoren, die dem Sensorarm **690** zugeordnet sind oder davon aktiviert werden, führen die oben beschriebene Bewegung aus, um das oben beschriebene Resultat zu erzielen.

[0195] Der nächste Sensor, der ausgehend von dem Ultraschall-Luftdetektierwandler **720** innen angeordnet ist, ist der abstromseitige Drucksensor, der in dem Gehäuse **734** angeordnet ist.

[0196] Der Sensor selber weist eine dem Standard entsprechende Vollbrückenanordnung an einem Auslenkarm **740** auf. Der Auslenkarm **740** wird von einem Fühlerfuß **730** aktiviert, der eine im wesentlichen halbkugelige Spitze **738** aufweist. Die halbkugelige Spitze **738** ist von einem konischen Ansatz des Gehäuses **734**

umgeben. Die Auslenkbarkeit des Auslenkarms **740** wird von einem Sitzbolzen **742** und einem Versteifungselement **744** in Verbindung mit dem Sensorfußbefestigungselement **743** gesteuert. Die halbkugelige Fußspitze **738** muß in Kombination mit einer konischen Umfangumschließung derselben zur Erzielung einer maximalen Genauigkeit die Forderung erfüllen, daß die Kombination aus Fußspitze **738** und konischer Umschließung an dem Rohr **5** in einer im wesentlichen normalen Orientierung dazu positioniert wird, was durch die Verwendung einer zusammengesetzten Schwingeranordnung, wie bereits beschrieben, erreicht wird, die dem Wandlergehäuse **720** zugeordnet ist, was in [Fig. 21](#) zu sehen ist. Bei diesem Sensor, der an den Ultraschalldetektor **720** eng anschließt, wird die gemeinsame Schwingbewegung desselben durch den Hebelbolzen **721** und den ovalen Schwiigerschlitz **722** des Wandlergehäuses **720** erreicht.

**[0197]** Der entsprechende aufstromseitige Drucksensor, der in dem Gehäuse **750**, **760** angeordnet ist, sieht ein im wesentlichen gleichartiges Layout von mit der Ausnahme, daß die Schwingeranordnung mit den Gehäusenhälften **750**, **760** einheitlich ist und der zugeordnete Schwiigerschlitz als der aufstromseitige Schlitz **758** bezeichnet ist, der in dem aufstromseitigen Schwingergriff **756** gebildet ist, der ovale Einsätze **754** aufweist und ferner einen separaten Hebelbolzen **852** aufweist, der in einem zugehörigen vertikalen Schlitz **810** in der aufstromseitigen Platte **800** bewegbar ist. Der Rohrladeranordnung ist ferner der Rohrladermotorcodierer zugeordnet, wie bereits gesagt wurde. Der Codierer weist eine Codierfahnscheibe **702** auf, die bei der bevorzugten Ausführungsform eine Rohrladercodiererfahnscheibennabe **702A** und eine Vielzahl von Fahnen **702F** aufweist, und dahinter befindet sich die Rohrladercodiererstützhülse **703**, die dazu dient, die optischen Schalter **704**, **705** des Rohrladercodierers zu halten, und an dem Motor **550** über eine Quetschklemme **706** befestigt ist und außerdem die gedruckte Leiterplatte **707** mit den optischen Schaltern trägt.

**[0198]** Die abstromseitige Platte **500** dient außerdem zur Abstützung einer Vielzahl von Temperatursensoren, die aus Thermistoren **754T** und **755T** bestehen und mit der abstromseitigen Platte **500** mittels Dichtungen **760T** dicht verbunden sind und von unten durch die Thermistorhalterung **762T** abgestützt sind.

#### DIE GLEITKLEMMENLADERUNTERANORDNUNG

**[0199]** Die Gleitklemmenladerunteranordnung und ihre zugehörigen Sensoren sind allgemein der aufstromseitigen Platte **800** zugeordnet. Die aufstromseitige Platte **800** weist eine nach hinten weisende Fluidsperrwand **801** auf, die mit Befestigungselementen mit dem Chassis **14** verbunden ist. Die Fluidsperrwand **801** dient gemeinsam mit der Rückwand des Chassis und der Rückwand der abstromseitigen Platte **500** zur wirksamen Abdichtung der elektronischen Einheiten gegenüber dem Eindringen von Fluid. Als Spiegelbild der abstromseitigen Platte **500** weist die aufstromseitige Platte **800** daran ferner eine Rohrmitnahmeabschrägung **812** auf. Mit der im wesentlichen identischen Abschrägung an der dem Wechselement zugewandten Innenseite der abstromseitigen Platte **500** ist die aufstromseitige Rohrmitnahmeabschrägung **812** somit für die Vorwärtsverlagerung des Rohrs verantwortlich. Die nach vorne weisende Kante der aufstromseitigen Platte **800** definiert ferner eine Vielzahl von Rohrladermitnehmereintrittsschlitzen **803**, die funktionsmäßig identisch sind mit den Rohrladermitnehmereintrittsschlitzen **582**. Ferner ist in der aufstromseitigen Platte eine gleichartige, nach vorn weisende Abschrägung wie die Abschrägung **584** der abstromseitigen Platte gebildet.

**[0200]** An der aufstromseitigen Platte sind ferner der Aufstromventilamboß **805** und eine Vielzahl von Rohranschlügen **809** gleicher Funktion wie die Rohranschlüge **576** vorgesehen, welche der abstromseitigen Platte **500** zugeordnet sind. Die aufstromseitige Platte wird ferner von dem aufstromseitigen Ende der Ventilschwenkachse **410** abgestützt, die in dem Träger **807** angeordnet ist. Das am weitesten aufstromseitig befindliche Ende der aufstromseitigen Platte **800** weist ferner an seinem äußeren Außenrand einen aufstromseitigen Rohrfestlegevorsprung **842** auf, der mit dem entsprechenden abstromseitigen Rohrfestlegevorsprung **584** funktionell identisch ist und damit zusammenwirkt. An der Basis der aufstromseitigen Platte **800** ist ferner eine Gleitklemmenladerille **856** ausgebildet. Diese Rille dient in Kombination mit dem oberen Gleitklemmenkanal **824**, der in dem Gleitklemmenträger **814** vorhanden ist, zum Festlegen der Gleitklemme **895**, durch welche das Rohr **5** hindurchtritt. Außerdem sind in dem Gleitklemmenkanal **824** eine Vielzahl von Gleitklemmenpositionierstiften **824A**, **824B** vorgesehen, die in Kombination mit einer asymmetrischen Gleitklemme **895** eine bevorzugte Orientierung der Gleitklemme **895** ermöglichen und dadurch, daß sich die Gleitklemme **895** bereits an dem Rohr **5** befindet, eine bevorzugte Laderichtung des Rohrs **5** in die Pumpe **10** ermöglichen.

**[0201]** Die Gleitklemmenladeranordnung wird von der Exzenterachse **510** angetrieben und wird von der Gleitklemmenladekurbel **650** betätigt. In die Gleitklemmenladekurbel **650** ist ein Gleitklemmenladekurbelbolzen **804** eingesetzt, auf dem eine Gleitklemmenbetätigerhülse **802** gleitet. Die Rotation dieser Kurbel wird durch eine gemeinsame Bewegung der Gleitklemmenbetätigerhülse **802** und des Gleitklemmenläufers **815** mittels der Bewegung der Gleitklemmenbetätigerhülse **802** und der Gleitklemmenläuferhülse **813** in eine im wesent-

lichen lineare Bewegung umgewandelt. Der Gleitklemmenläufer **815** sorgt im Zusammenwirken mit dem Gleitklemmengreiferbolzen **826** für eine im wesentlichen vorwärts und rückwärts gerichtete Bewegung der Gleitklemmengreifer **820, 830**, die dazu dienen, die Gleitklemme **895** zu greifen und lösbar festzulegen. Die Gleitklemmengreifer **820, 830** sind in bezug aufeinander in einer im wesentlichen scherenartigen Anordnung und befinden sich in dem Gleitklemmengreifergehäuse **832**, das bewirkt, daß die Gleitklemmengreifer **820, 830** darin eine Vorwärts- und Rückwärtsbewegung ausführen. Die Rohrladermitnehmer dienen ferner dazu, die Gleitklemmenabschirmung **811** zu heben. Dadurch wird sichergestellt, daß die Gleitklemme **895** nicht ungewollt aus der Pumpe **10** entfernt wird, da die Position des Gleitklemmenläufers **815** dafür sorgt, daß die Abschirmung **811** zu diesem Zeitpunkt in einer abgesenkten Position ist, während die Pumpe **10** in Betrieb ist, wodurch ein Entfernen der Gleitklemme aus der Gleitklemmenrille **856** ausgeschlossen wird.

**[0202]** Wie bereits gesagt wurde, ist die Gleitklemme **895** dazu ausgebildet, von den Gleitklemmengreifern **820, 830** gegriffen zu werden. Das wird durch ein Zusammenwirken zwischen der Gleitklemme **895**, in die Vorsprünge oder greifbare Elemente eingepreßt sind, und den Gleitklemmenladergreiferspitzen **820, 822** erreicht, die im wesentlichen dornartig sind, um so eine Festlegung der Gleitklemme **895** sicherzustellen, wenn die Greifer in Eingriff sind.

**[0203]** Im Gebrauch funktioniert der Gleitklemmenlader gemeinsam mit der Rohrladeranordnung, um das korrekte Laden des Rohrs **5** und der zugehörigen Gleitklemme **895** sicherzustellen. Nachdem sich die Rohrladermitnehmer **514** um das Rohr **5** herum geschlossen haben, schließt sich die Gleitklemmenladeanordnung, und zwar speziell die Gleitklemmengreifer **820, 830**, auf der um das Rohr **5** herum und in der Gleitklemmenrille **856** anwesenden Gleitklemme. Während sich die Mitnehmer **514** schließen und die obere Backe **220** in ihre Betriebsposition gesenkt wird, und anschließend an die Absenkung der Ventile **412, 414** zum Verschließen des Rohrs **5** ziehen die Greifer **820, 830** die Gleitklemme **895** in die Gleitklemmenrille **856**, wodurch die Gleitklemme geöffnet wird, während sie an dem Rohr **5** vorbei gleitet, das von den aufstromseitigen Rohranschlägen **844** festgelegt ist.

**[0204]** Die Exzenteranordnung zwischen den Ventilladeexzenterlauflächen **120, 122** und den Rohrladerexzentern stellt sicher, daß die Gleitklemme durch eine Umkehrung der vorgenannten Bewegung der Gleitklemme **895** in bezug auf das Rohr **5** geschlossen wird, bevor sich das Rohr in einem Zustand befindet, der seine Entfernung aus dem Rohrdurchgang **8** erlaubt.

#### DEM GLEITKLEMMENLADER ZUGEORDNETE SENSOREN

**[0205]** Dem Gleitklemmenlader sind zwei primäre Sensoren zugeordnet. Der erste dieser Sensoren befindet sich in der aufstromseitigen Platte **800** um die Gleitklemmenrille **856** herum. Dieser Sensor wird als Gleitklemmenpositioniersensor bezeichnet. Der Gleitklemmenpositioniersensor befindet sich auf der Sensorbasis **880**. Ebenfalls auf der Sensorbasis **880** befinden sich zwei lichtemittierende Dioden **872** und **876**, die in einer Vorwärts-und-Rückwärts-Anordnung an einer ersten Seite der Gleitklemmenrille **856** positioniert sind. Diametral entgegengesetzt zu den lichtemittierenden Dioden **872, 876** über die Gleitklemmenrille **856** ist ein entsprechendes Paar von Fozellen **870, 874** angeordnet. Die Fozellen **870, 874** sind ebenfalls vorn und hinten angeordnet, um mit den Dioden **872, 876** ausgefluchtet zu sein. Die Dioden **872, 876** emittieren Licht in ein erstes oder sendendes Paar von Lichtleitern **864, 868**, die sich über der aufstromseitigen Platte **800** an einer Seite der Gleitklemmenrille **856** nach oben erstrecken. Die Lichtleiter **868, 864** enden in inneren Reflexionsflächen **863** von  $45^\circ$ , die die Funktion haben, das Ausgangslicht der Dioden **872, 876** in horizontale Strahlen quer zu der Gleitklemmenrille **856** auf einer Höhe zu beugen, die zum Kreuzen der Strahlen mit einer in der Rille **856** anwesenden Gleitklemme **895** geeignet ist. Ein entsprechender Satz von Empfangslichtleitern **860, 862** gegenüber den Sendelichtleitern **864, 868** hat die Funktion, den von den Dioden **872, 876** ausgesandten Lichtstrahl zu empfangen und ihn abwärts auf die empfangenden Fozellen **870, 874** zu übertragen, wodurch die Lichtquellen und die Sensoren in Lichtkommunikation gebracht werden. Die Empfangslichtleiter **860, 862** weisen ebenfalls innere Reflexionsflächen **863** unter  $45^\circ$  gegenüber denen der sendenden Lichtleiter **864, 868** auf.

**[0206]** Im Gebrauch dienen die Gleitklemmensensoren dazu, sowohl die Position als auch die Anwesenheit einer Gleitklemme **895** in der Gleitklemmenladerunteranordnung zu erkennen. Die beiden Sensorsätze, die der äußeren Fozelle **874** und der inneren Fozelle **870** entsprechen, wirken zusammen, um den Ort der Gleitklemme **895** innerhalb der Laderunteranordnung präzise anzuzeigen. Dabei bestimmen die beiden Sensoren **874** und **870** den Ort der Gleitklemme **895** nach Maßgabe der folgenden Wahrheitstabelle, in der 'hoch' einen über die Gleitklemmenrille **856** übertragenen Lichtstrahl bezeichnet und 'niedrig' einen Zustand bezeichnet, in dem kein Empfang eines bestimmten Strahls vorliegt.

	äußerer Strahl	innerer Strahl
keine Gleitklemme	hoch	hoch
Klemme anwesend und geöffnet	niedrig	niedrig
Klemme anwesend und geschlossen	hoch	niedrig
Klemme nicht völlig in Endstellung	niedrig	hoch

[0207] Wie aus dieser Tabelle hervorgeht, erlaubt die Dualität der Sensoranordnung nicht nur die Detektierung der An- oder Abwesenheit der Gleitklemme **895**, sondern auch die Detektierung ihrer Position innerhalb der Gleitklemmenrinne **856**, und somit wird auch, da sich das Rohr **5** in einer festgelegten Position innerhalb des Rohrdurchgangs **8** befindet, eine Bezeichnung des Zustands der Gleitklemme **895**, also geöffnet oder geschlossen, erhalten.

[0208] Der Gleitklemmenladerunteranordnung ist ferner ein Mikroschalter **882** in Kombination mit einem Betätiger **882A** zugeordnet, der von einem Kurbelstift **804** betätigt wird, wodurch eine Betätigung der Rohrladerexzenterachse **510** mittels des Handrads **600** detektierbar ist, und zugehörige Elektronik löst einen Alarm aus, wenn das Handrad **600** gedreht wird.

#### DAS PUMPENGEHÄUSE

[0209] Die letzte der hauptsächlichen Unteranordnungen, die der Pumpe **10** zugeordnet sind, ist das Pumpengehäuse **900**. In allgemeiner Hinsicht ist das Gehäuse **900** ebenso wie die Pumpenanordnung **10** so ausgebildet, daß es vertikal stapelbar ist, um bei einer alternativen Ausführungsform zu ermöglichen, daß eine Vielzahl von Pumpen **10** von einem einzigen zugehörigen Steuermodul angetrieben wird.

[0210] Das Pumpengehäuse **900** sieht einen Anbring- und Fixierungspunkt für den Motorbefestigungsbügel **955** vor, der die Funktion hat, den Pumpenmotor **24** und den Rohrladermotor **550** zu halten, die in elastischen Dichtungen **960**, **965** gelagert sind, denen Rotationshemmnasen **970**, **972** zugeordnet sind, die die Funktion haben, die beiden Motoren **24**, **550** sicher zu halten und eine Verdrehung derselben durch das Zusammenwirken der Nasen **970**, **972** und der entsprechenden Naseneingriffsnuten **972A**, **972B** zu unterdrücken.

[0211] Das Gehäuse **900** besteht ferner aus einem Rohrdurchgangszugangsschlitz **904**, der ein Aufstromende **902** und ein Abstromende **901** hat, wobei sowohl das Aufstromende **902** als auch das Abstromende **901** geometrisch so ausgebildet sind, daß sie Tropfschlaufen in dem Rohr **5** mittels einer nach unten abgewinkelten Orientierung von jedem der Zugangsschlitzenden **901**, **902** bilden. Diese geometrische Ausbildung der Rohrdurchgangsschlitzenden **901**, **902** hat die Funktion, eine Anpassung des Rohrs **5** sicherzustellen, die dem Zweck dient, den Eintritt von Fluid der Pumpe **10** aus Leckstellen zu verhindern, die Fluidabgabekomponenten außerhalb der Pumpe **10** zugeordnet sind. In dem Gehäuse **900** ist ferner eine Zugangsöffnung **906** gebildet, die dazu dient, darin ein Rohrladerexzenterachsenhandrad **600** aufzunehmen, um den Zugang dazu durch einen Bediener zu ermöglichen.

#### SCHLUSSFOLGERUNG

[0212] Die vorliegende Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung bezieht sich auf diese derzeit bevorzugte Ausführungsform und schränkt den Umfang der vorliegenden Erfindung in keiner Weise stärker als der Umfang der beigefügten Patentansprüche ein, und andere und äquivalente Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sollen in den beanspruchten Elementen der vorliegenden Erfindung ausdrücklich enthalten sein.

#### Patentansprüche

1. Infusionspumpe (**10**), die betätigbar ist, um Fluid durch ein Rohr (**5**) zu pumpen, und folgendes aufweist:

(i) ein bewegbares Wechselement (**200**), das eine Oberfläche (**201**) aufweist, die eine Pumpenrillenöffnung (**204**) aufweist, und (ii) eine Backe (**220, 222**), die im Gebrauch ein Rohr zwischen sich aufnehmen und zusammenwirken, um das Rohr zyklisch zu verformen und rückzuformen, um eine Fluidabgabe aus dem Rohr zu erzeugen, (iii) eine Wechselementplatte (**130**), die Kanäle (**148**) definiert, in denen sich das Wechselement befindet, und (iv) einen Wechselement-Betätigungsexzenter (**100**), der eine Oberfläche aufweist, die so ausgebildet ist, daß sie eine nichtlineare Abhängigkeit zwischen der Fluidabgabe und der zyklischen Verformung des Rohrs linearisiert.

2. Infusionspumpe nach Anspruch 1, wobei der Exzenter (**100**) einen ersten Exzentersteg (**106**) aufweist, der ein Profil hat, das dazu dient, die nichtlineare Abhängigkeit im wesentlichen zu linearisieren.

3. Infusionspumpe nach Anspruch 2, wobei die Einrichtung zum Linearisieren der nichtlinearen Abhängigkeit der Fluidabgabe ferner aufweist: einen Codierer (**300**), der betätigbar ist, um den Grad der Verformung zu bestimmen, und eine Geschwindigkeitssteuerung, die betätigbar ist, um die Rate der zyklischen Verformung zu ändern.

4. Infusionspumpe nach Anspruch 3, wobei der Codierer (**300**) und die Geschwindigkeitssteuerung zusammenwirken, um die Rate der zyklischen Verformung in Abhängigkeit von dem Grad der Verformung selektiv zu ändern.

5. Infusionspumpe nach Anspruch 4, wobei die Geschwindigkeitssteuerung und der Codierer (**300**) ferner mit dem Exzenterprofil (**106**) zusammenwirken, um die nichtlineare Abhängigkeit weiter zu linearisieren.

6. Infusionspumpe nach einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei der Exzenter ferner einen zweiten Exzentersteg (**108**) aufweist, die mit dem ersten Exzentersteg (**106**) zusammenwirkt, um die zyklische Verformung des Rohrs zu steuern.

7. Infusionspumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Wechselement (**200**) eine Aufstrom- und eine Abstromseite hat und die Pumpe ferner ein erstes Ventil (**412**), das der Aufstromseite des Wechselements zugeordnet ist, und ein zweites Ventil (**414**) aufweist, das der Abstromseite des Wechselements zugeordnet ist, wobei der Exzenter (**100**) eine erste Fläche (**102**) hat, die betätigbar ist, um das Wechselement zu betätigen, und eine zweite Fläche (**104**) hat, die betätigbar ist, um das erste und das zweite Ventil zu betätigen.

8. Infusionspumpe nach Anspruch 7, wobei das erste Ventil (**412**) und das zweite Ventil (**414**) einzeln von dem Exzenter (**100**) betätigt werden.

9. Infusionspumpe nach Anspruch 7 oder Anspruch 8, wobei sowohl das erste als auch das zweite Ventil (**412, 414**) eine offene Position, in der das Rohr (**5**) nicht okkludiert ist, und eine geschlossene Position haben, in der das Rohr okkludiert ist, wobei der Exzenter (**100**) betätigbar ist, um das erste und das zweite Ventil zu betätigen, so daß in Kombination das Rohr immer okkludiert ist, während das Fluid gepumpt wird.

10. Infusionspumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die eine feststehende Backe und eine bewegbare Backe aufweist, wobei das Wechselement (**200**) und die Backen (**220, 222**) gemeinsam einen Rohrdurchgang (**204**) definieren, und die Pumpe ferner einen Lagesensor (**320**) aufweist, der betätigbar ist, um die Verlagerung des bewegbaren Wechselements in bezug auf den Rohrdurchgang zu bestimmen, wobei der Lagesensor aufweist: einen ersten Magneten (**324**), der einen ersten Magnetpol hat, einen zweiten Magneten (**326**), der einen zweiten und gegenüberliegenden Magnetpol hat, und einen Halleffekt-Sensor (**322**), der zwischen dem ersten und dem zweiten Magneten angeordnet und festgelegt ist, um zuzulassen, daß sich der erste und der zweite Magnet in bezug darauf bewegen.

11. Infusionspumpe nach Anspruch 10, die ferner einen Taktgabecodierer zum Zusammenwirken mit dem Lagesensor (**320**) aufweist, um die Position des bewegbaren Wechselements in bezug auf den Rohrdurchgang zu bestimmen.

Es folgen 31 Blatt Zeichnungen

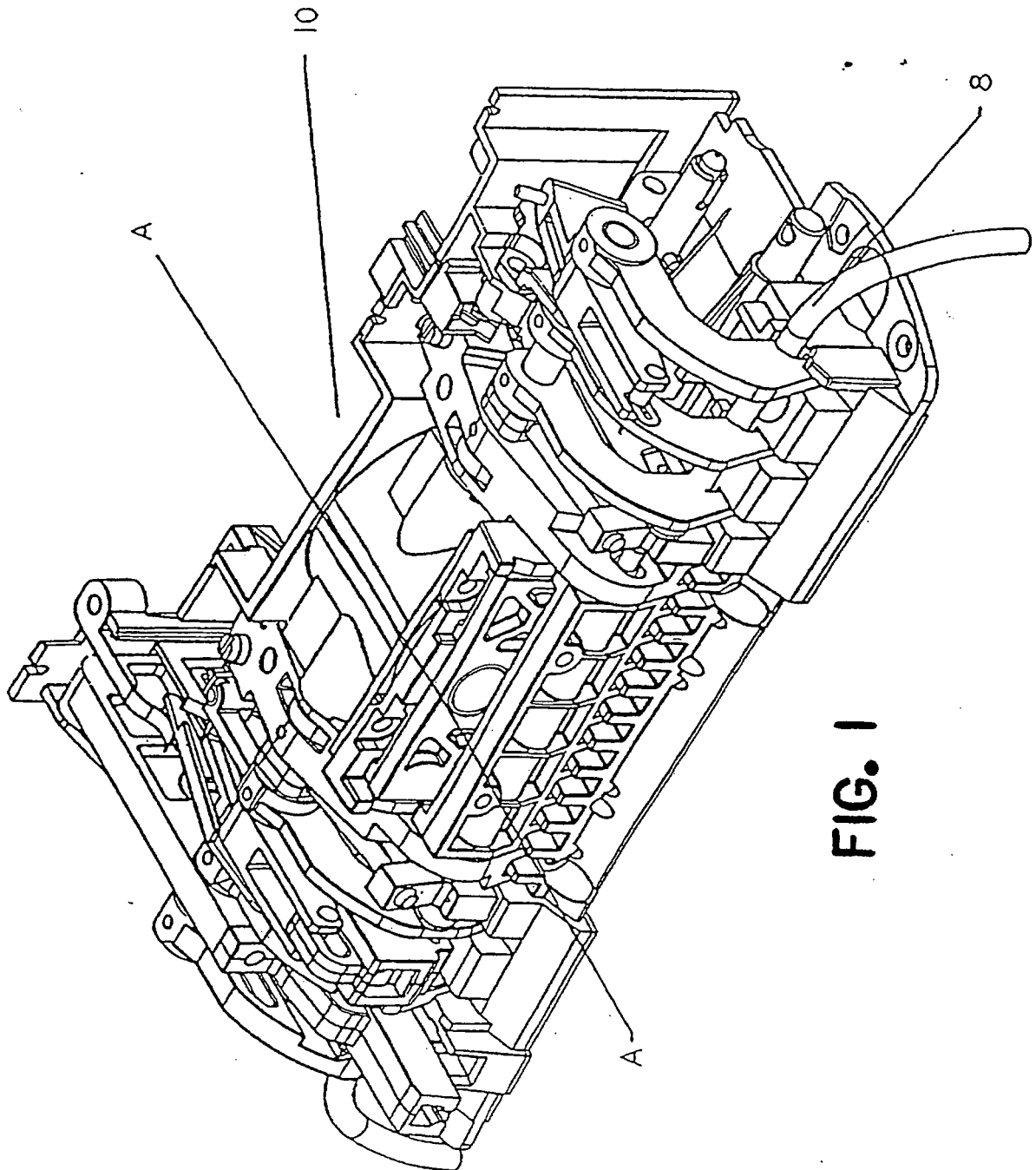


FIG. 1

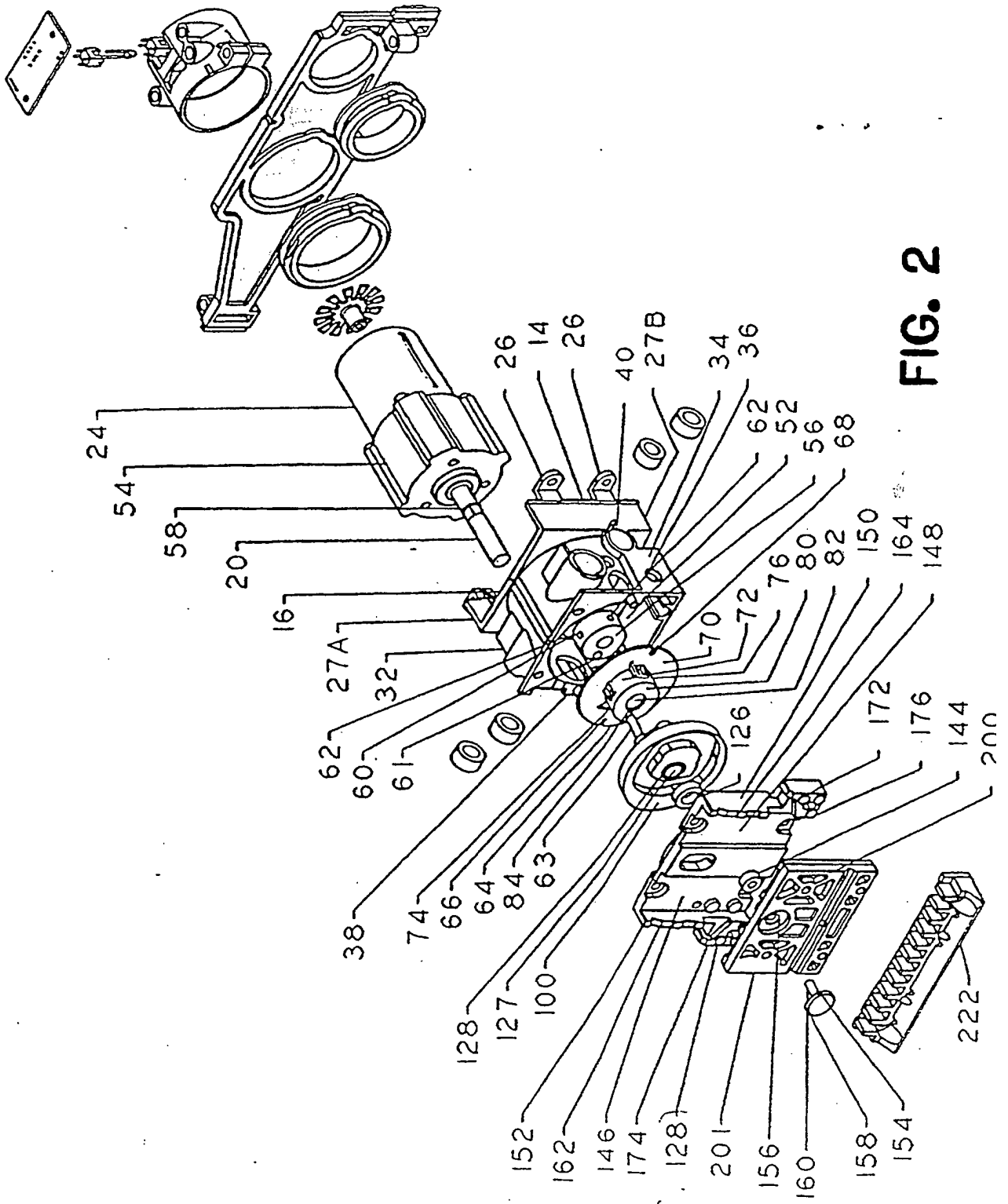


FIG. 2



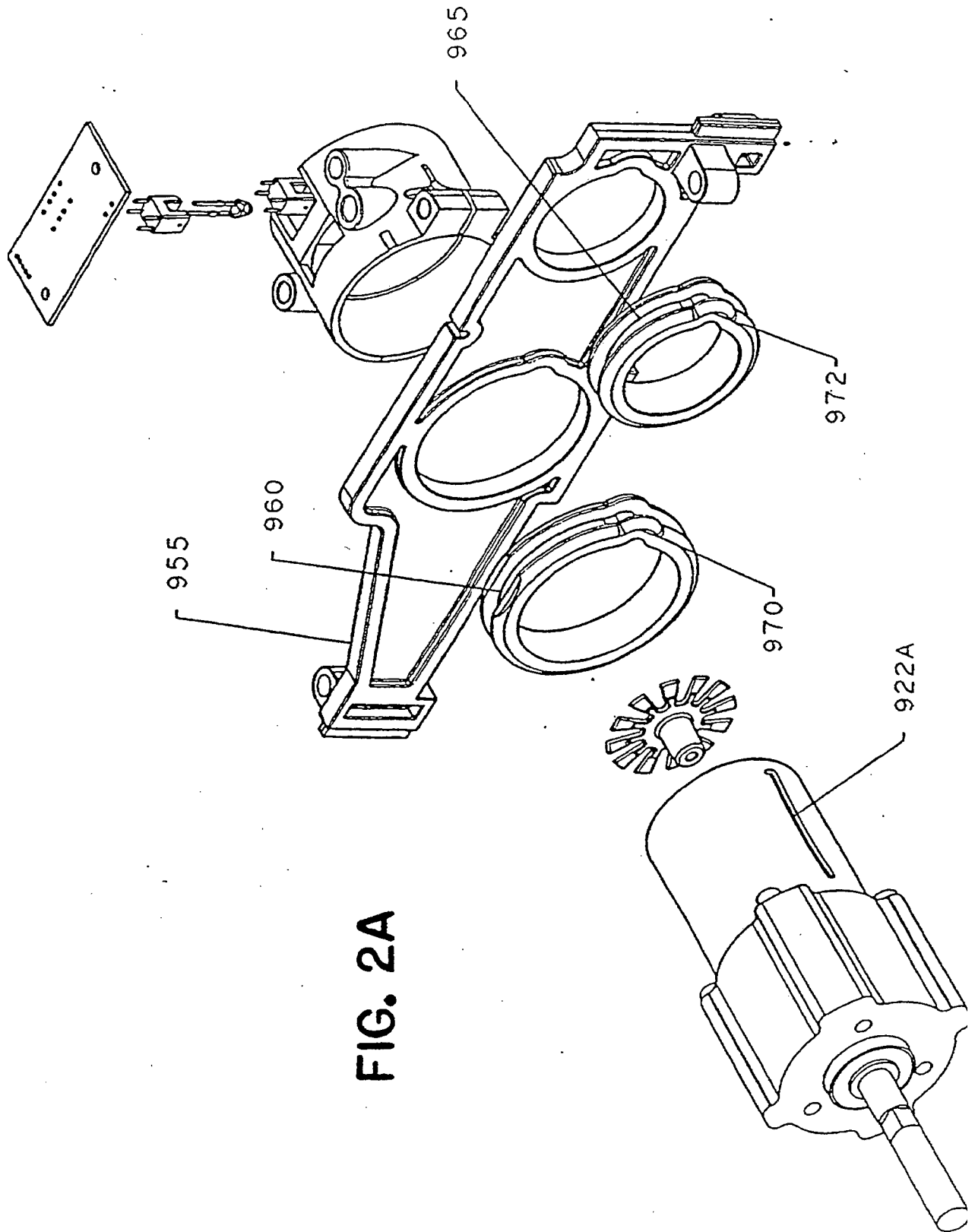
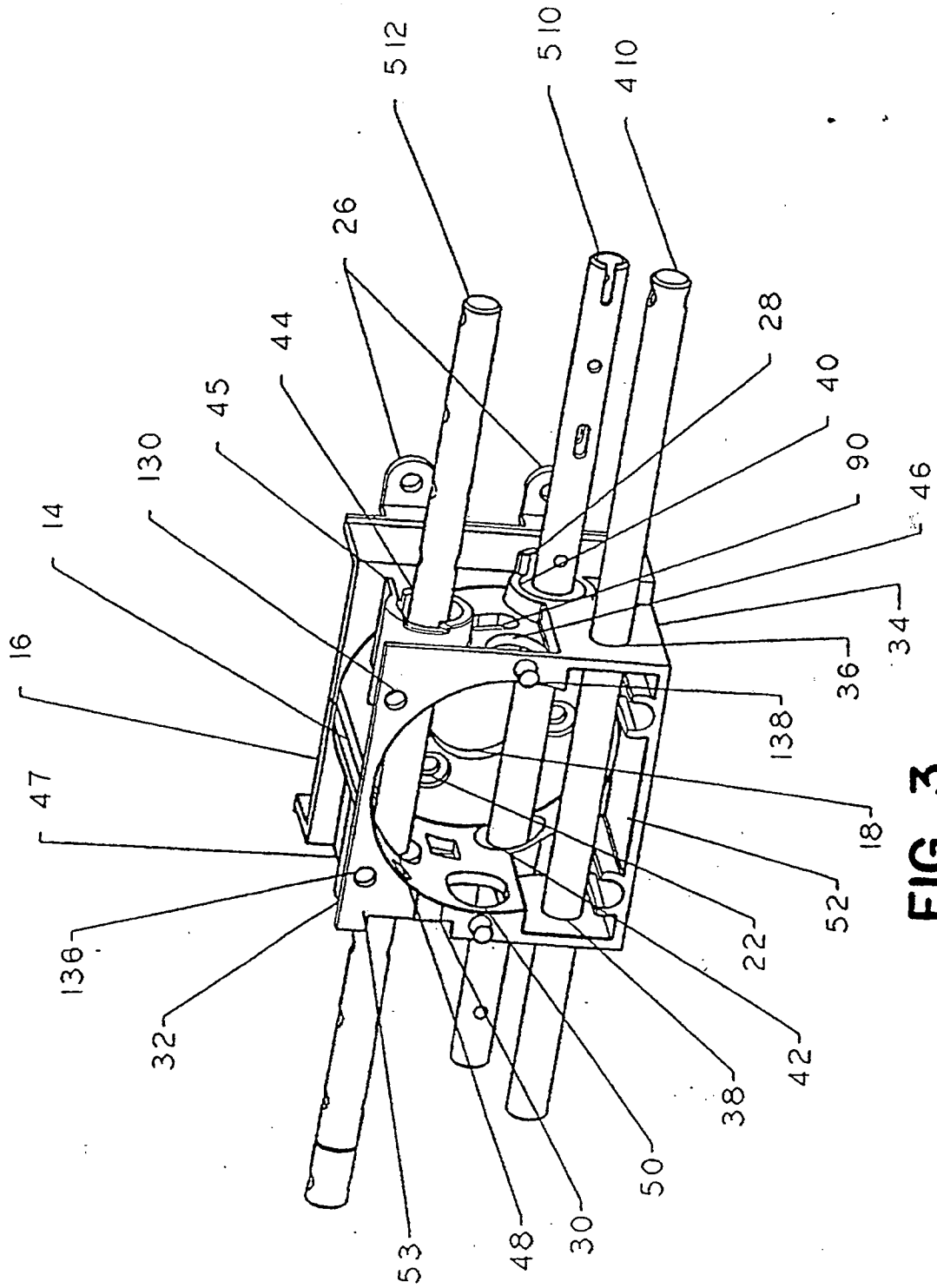


FIG. 2A



**FIG. 3**

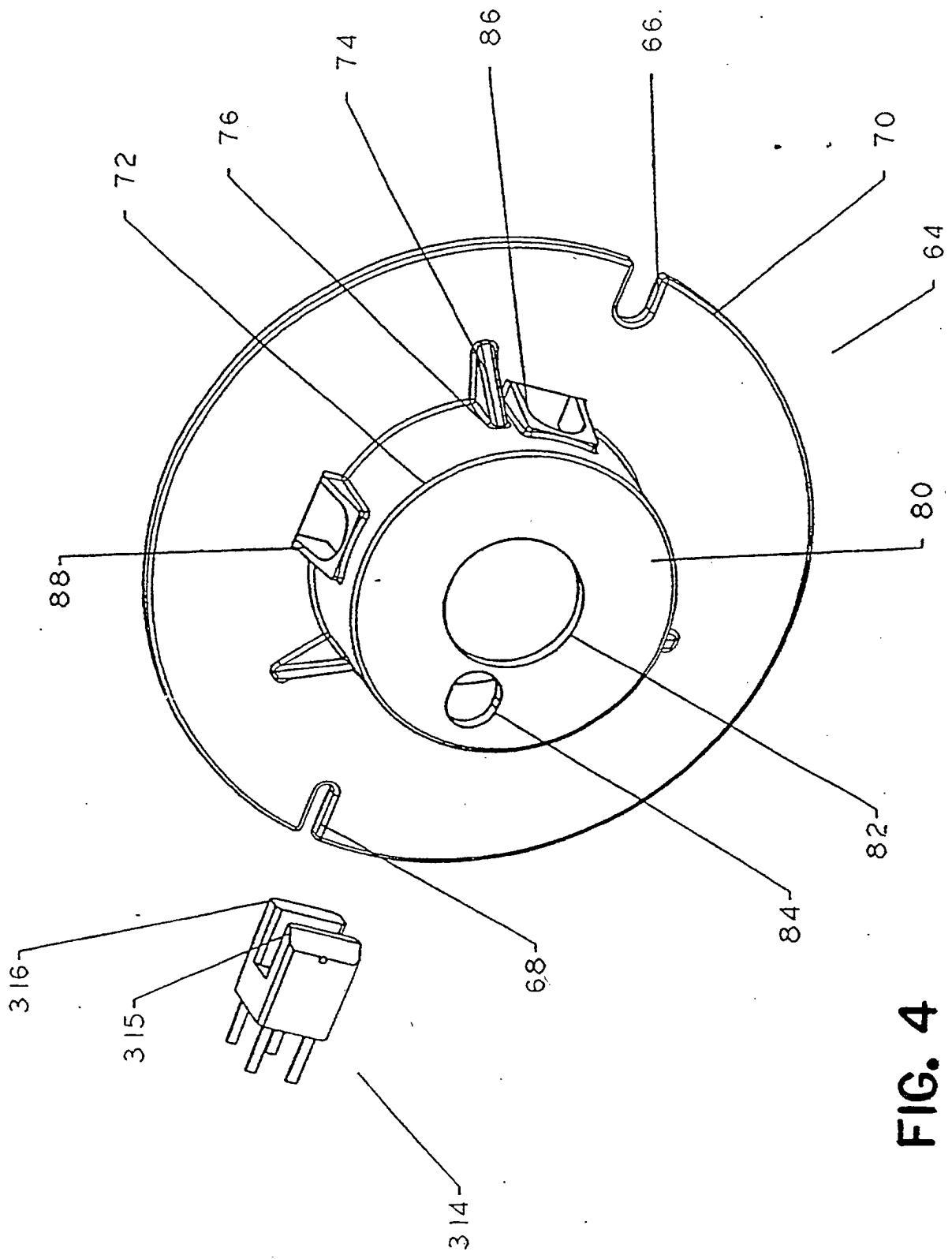
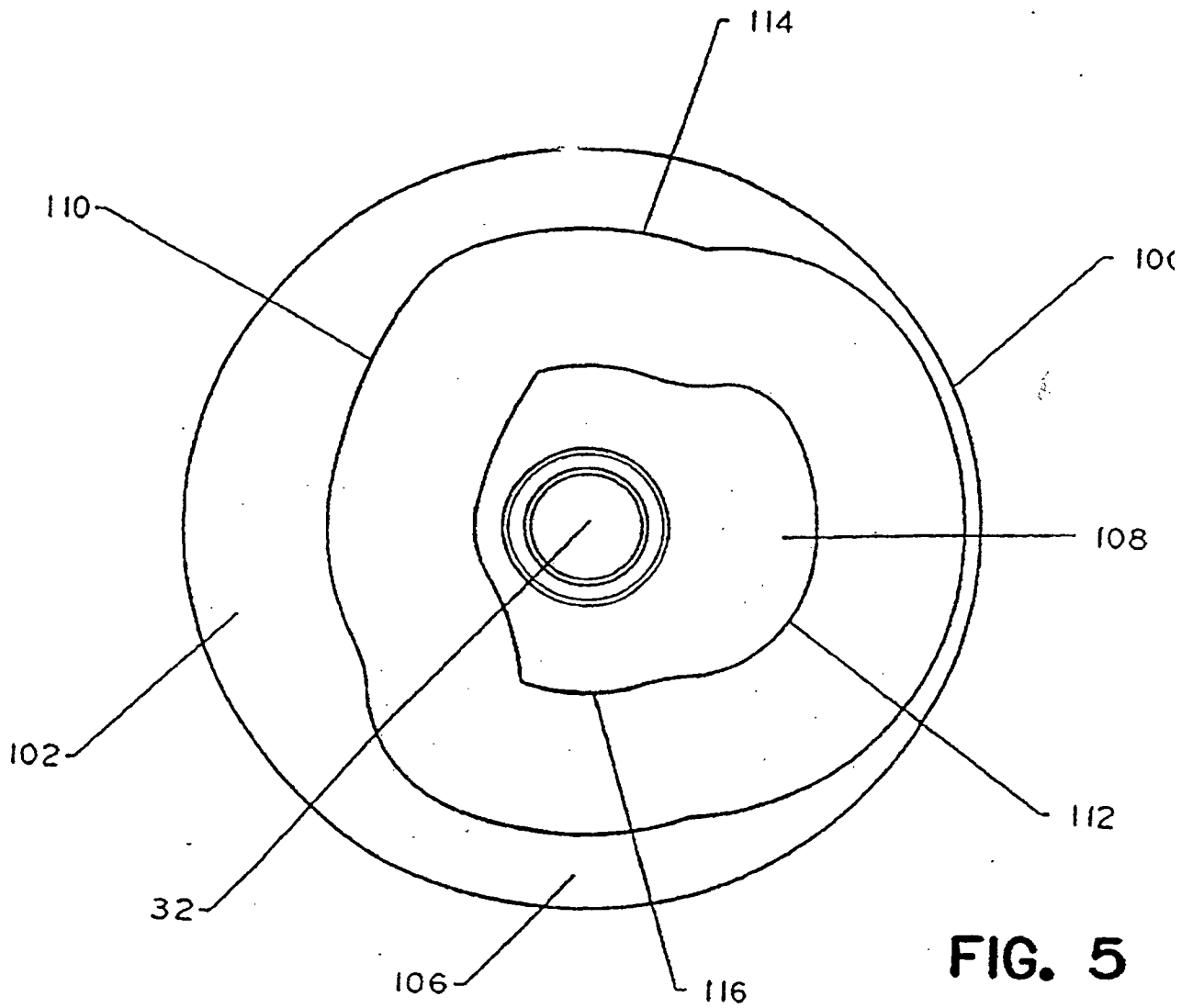
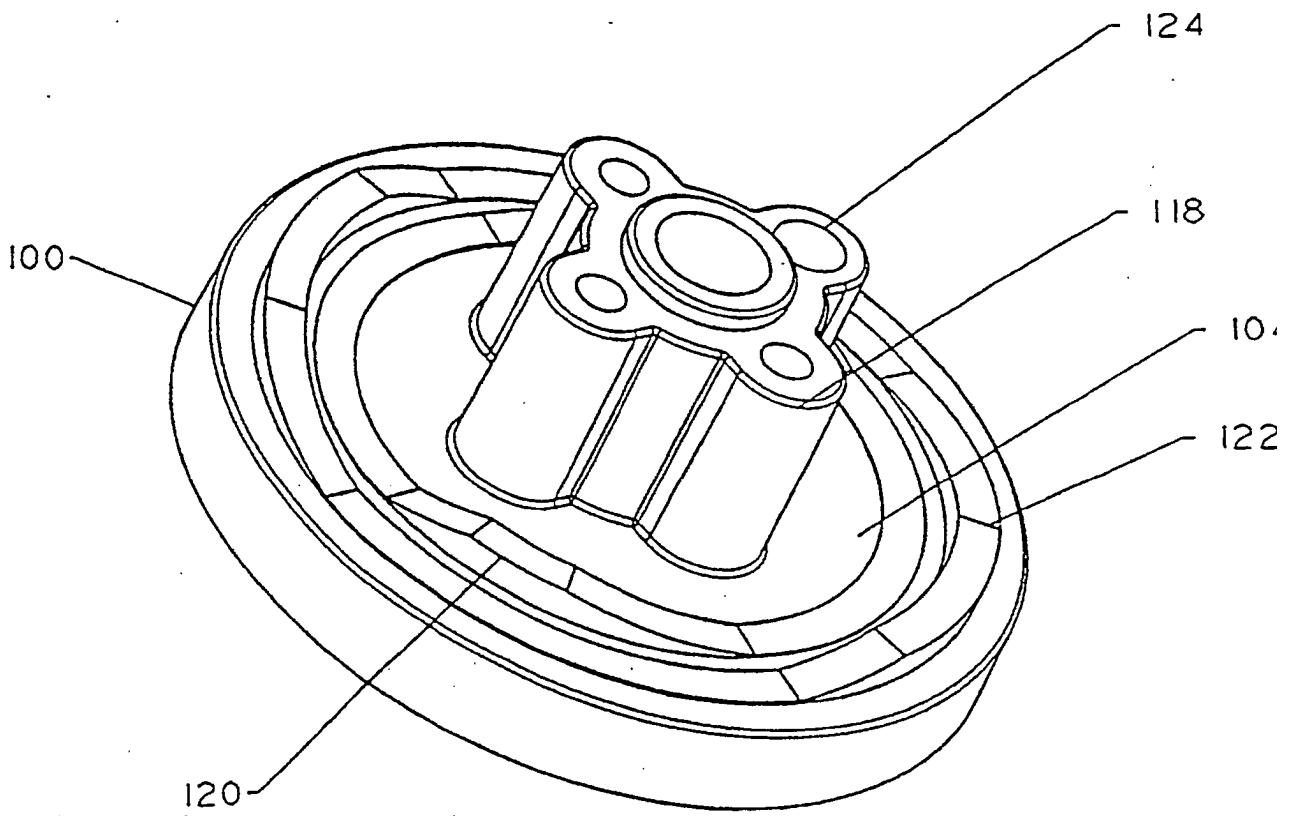


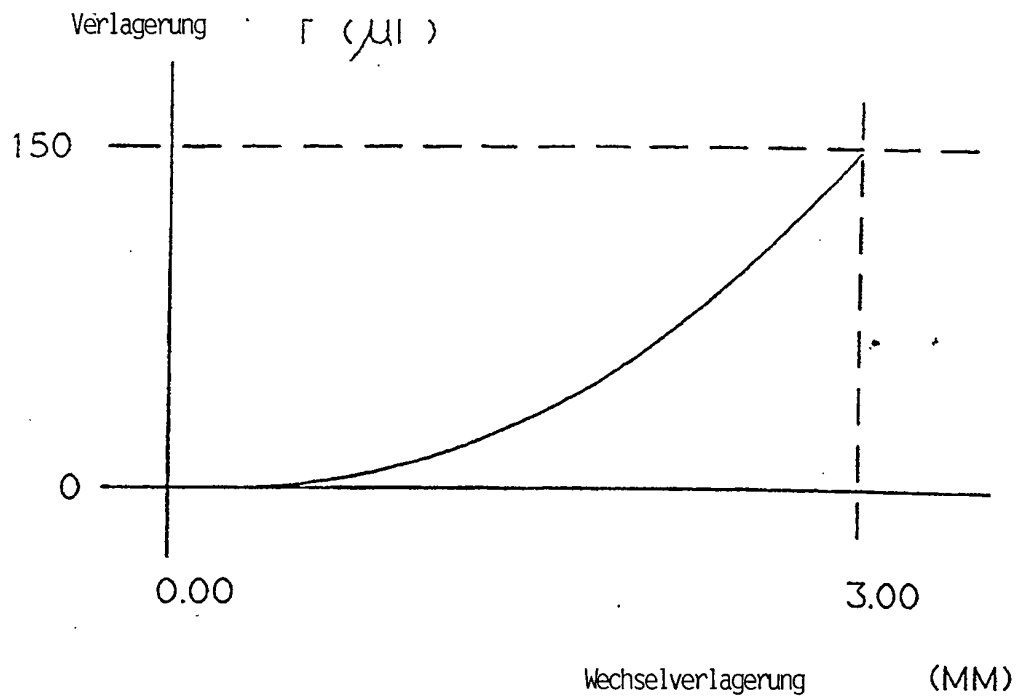
FIG. 4



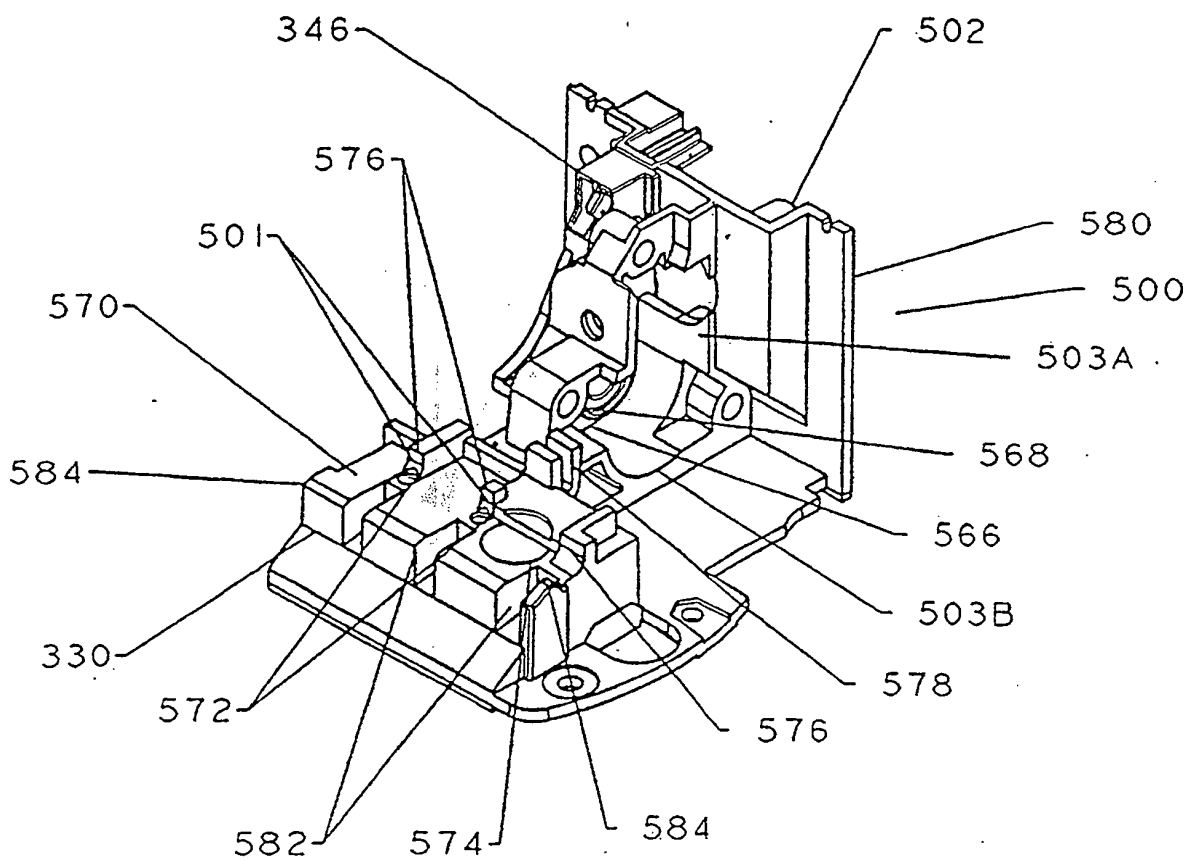
**FIG. 5**



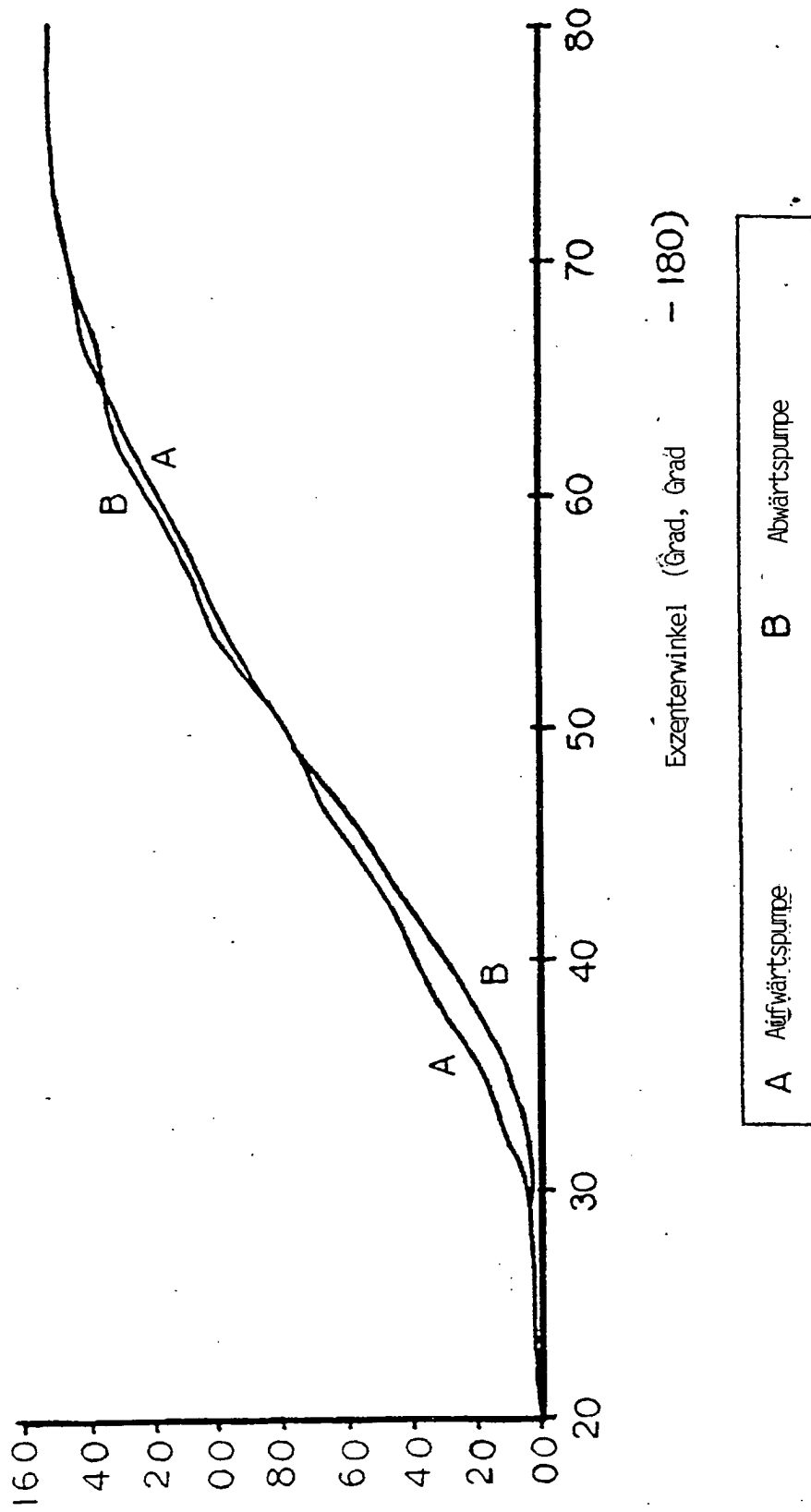
**FIG. 6**



**FIG. 7**

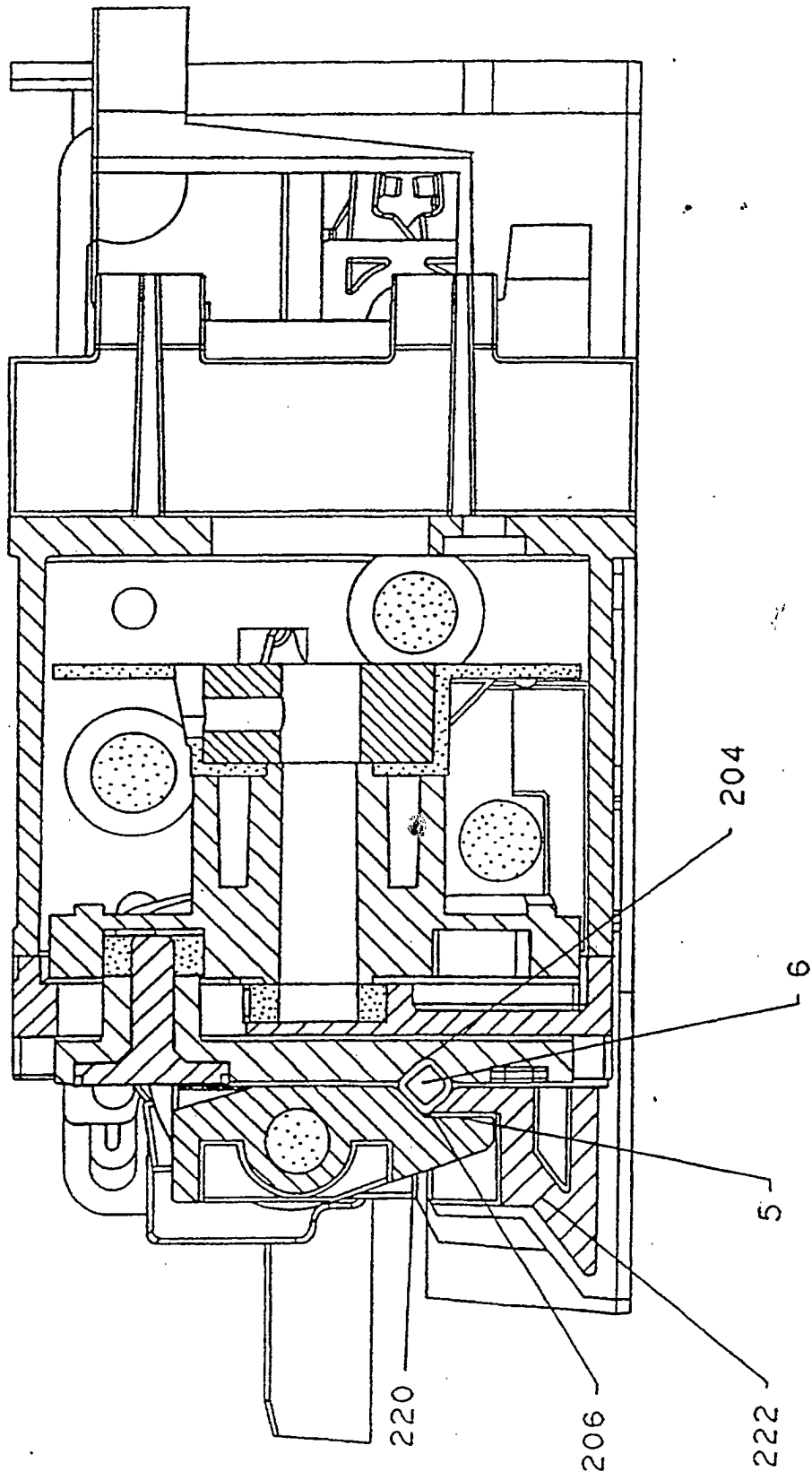


**FIG. 8**



**FIG. 9**

FIG. 10





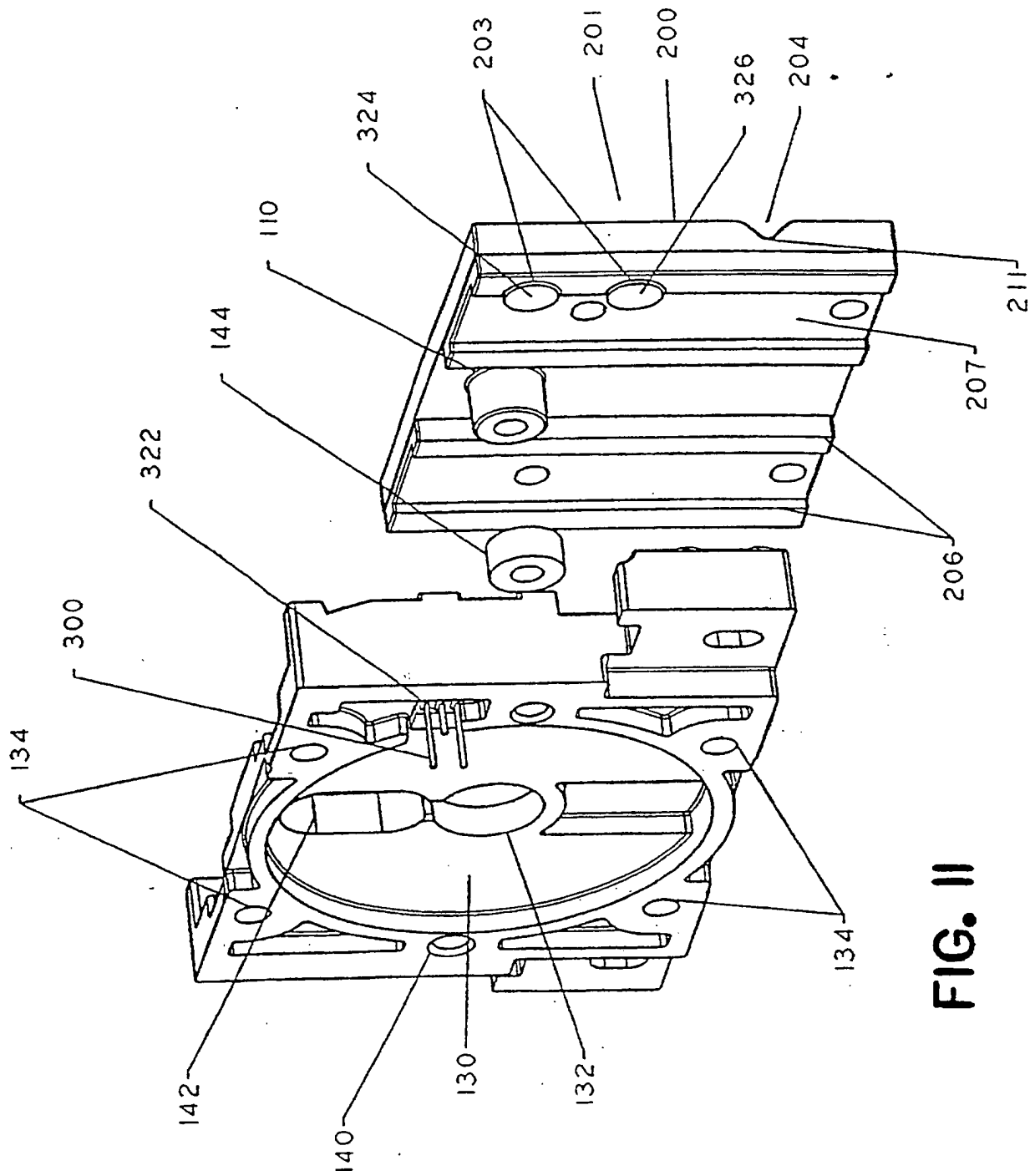


FIG. II

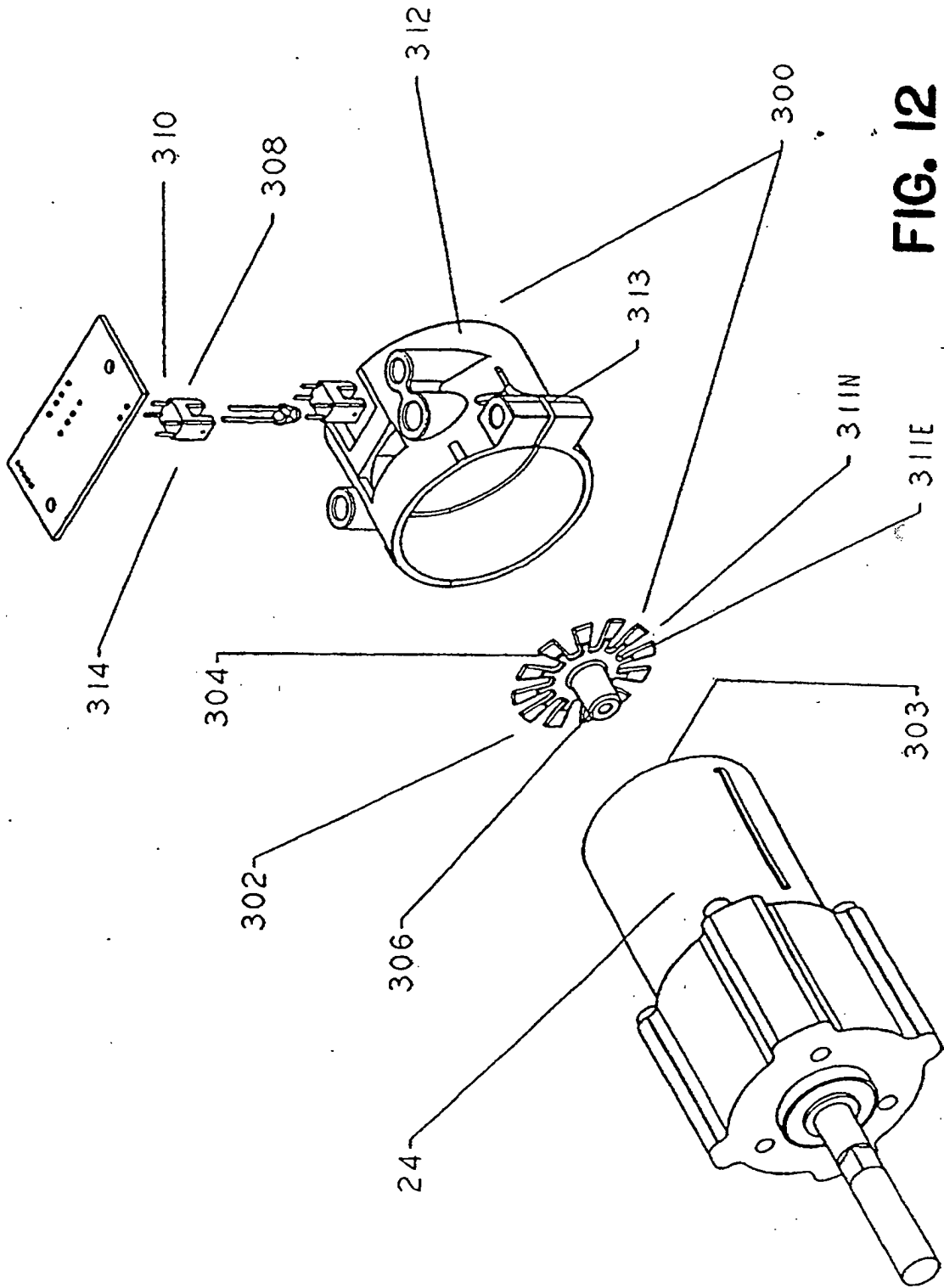
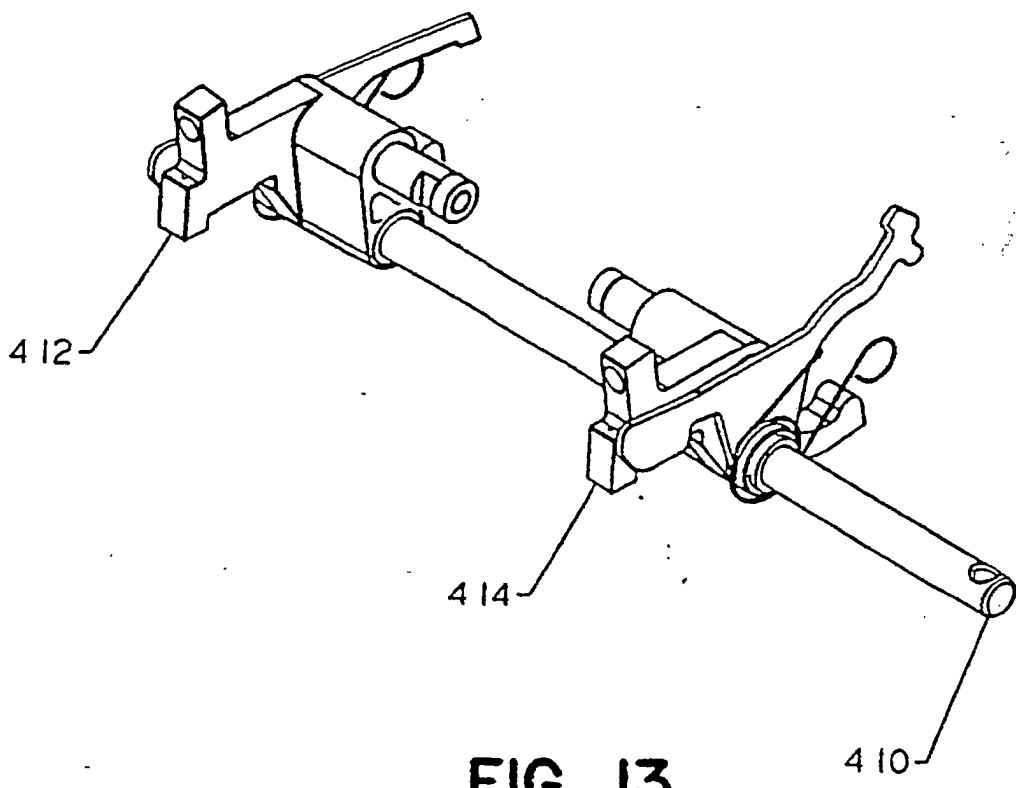


FIG. 12



**FIG. 13**

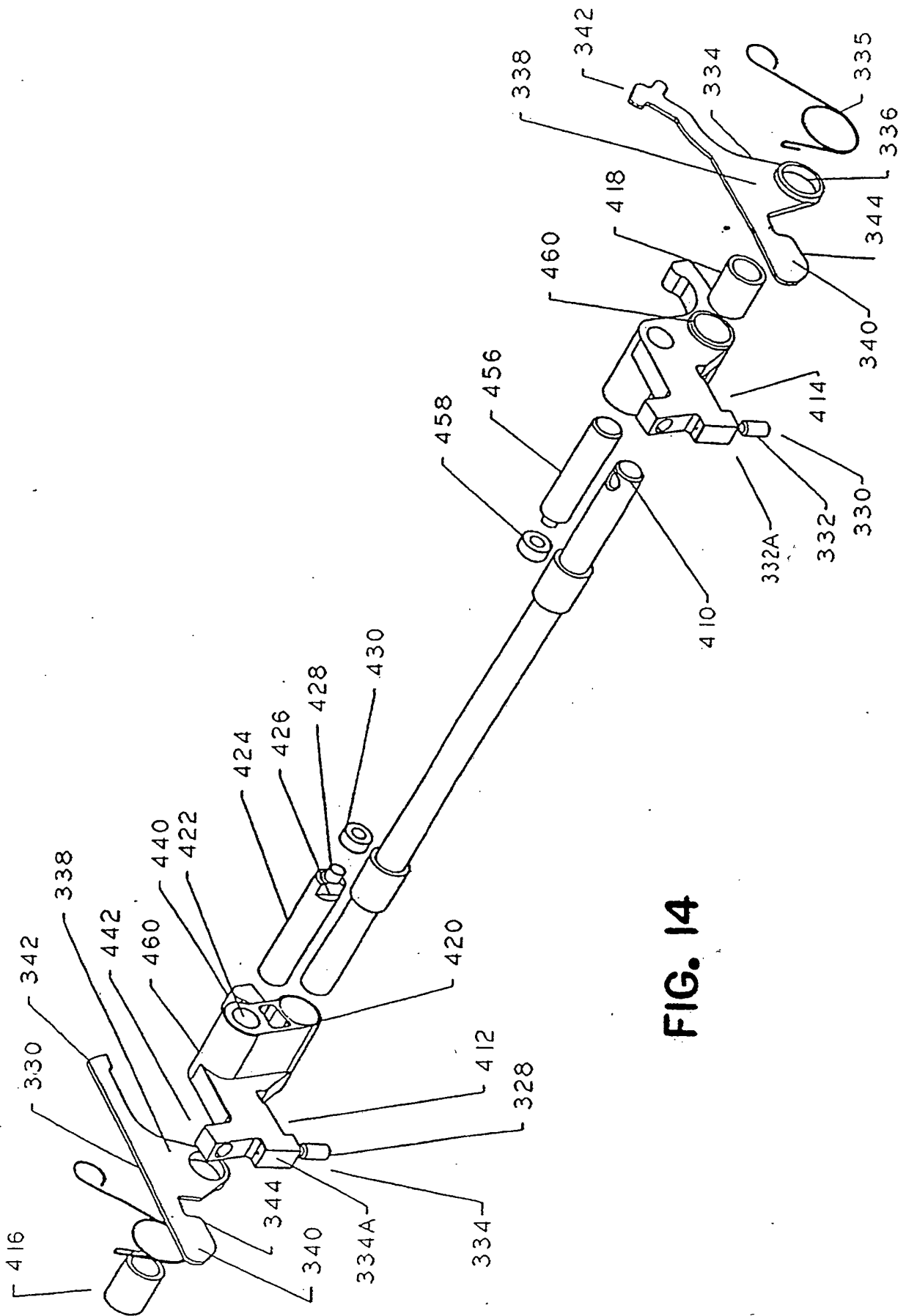
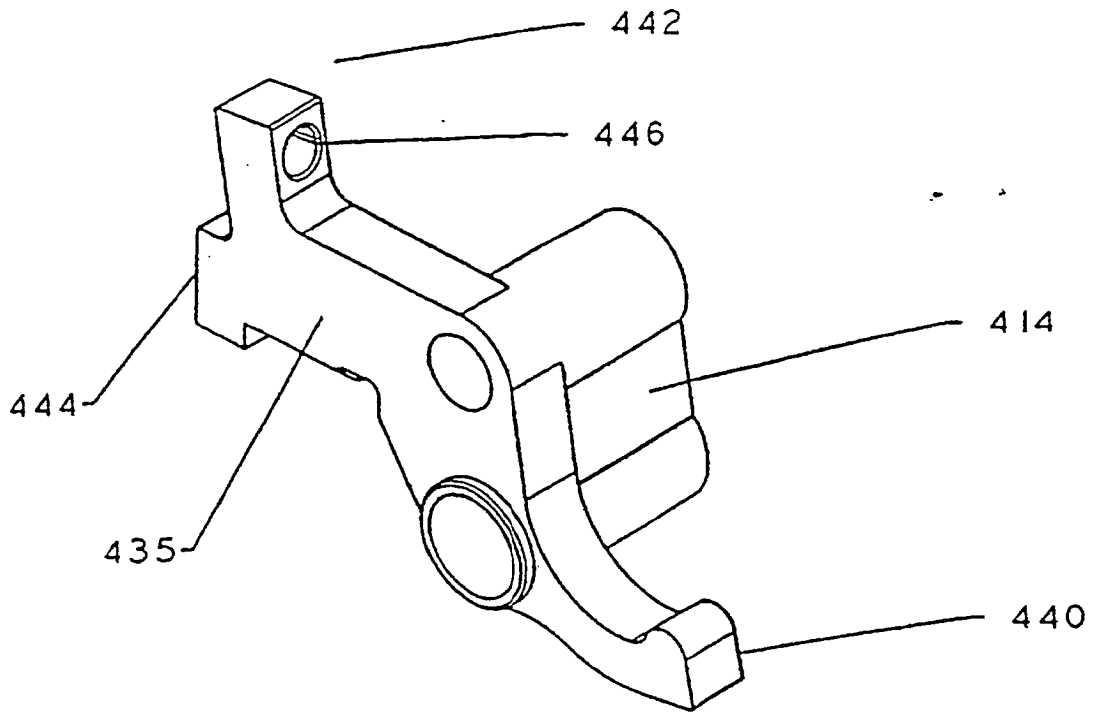
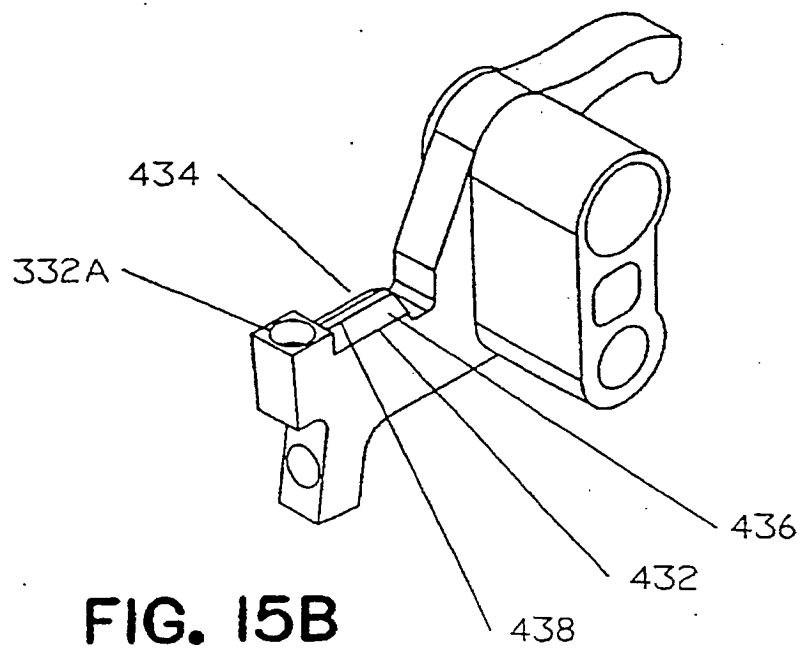


FIG. 14



**FIG. 15A**



**FIG. 15B**

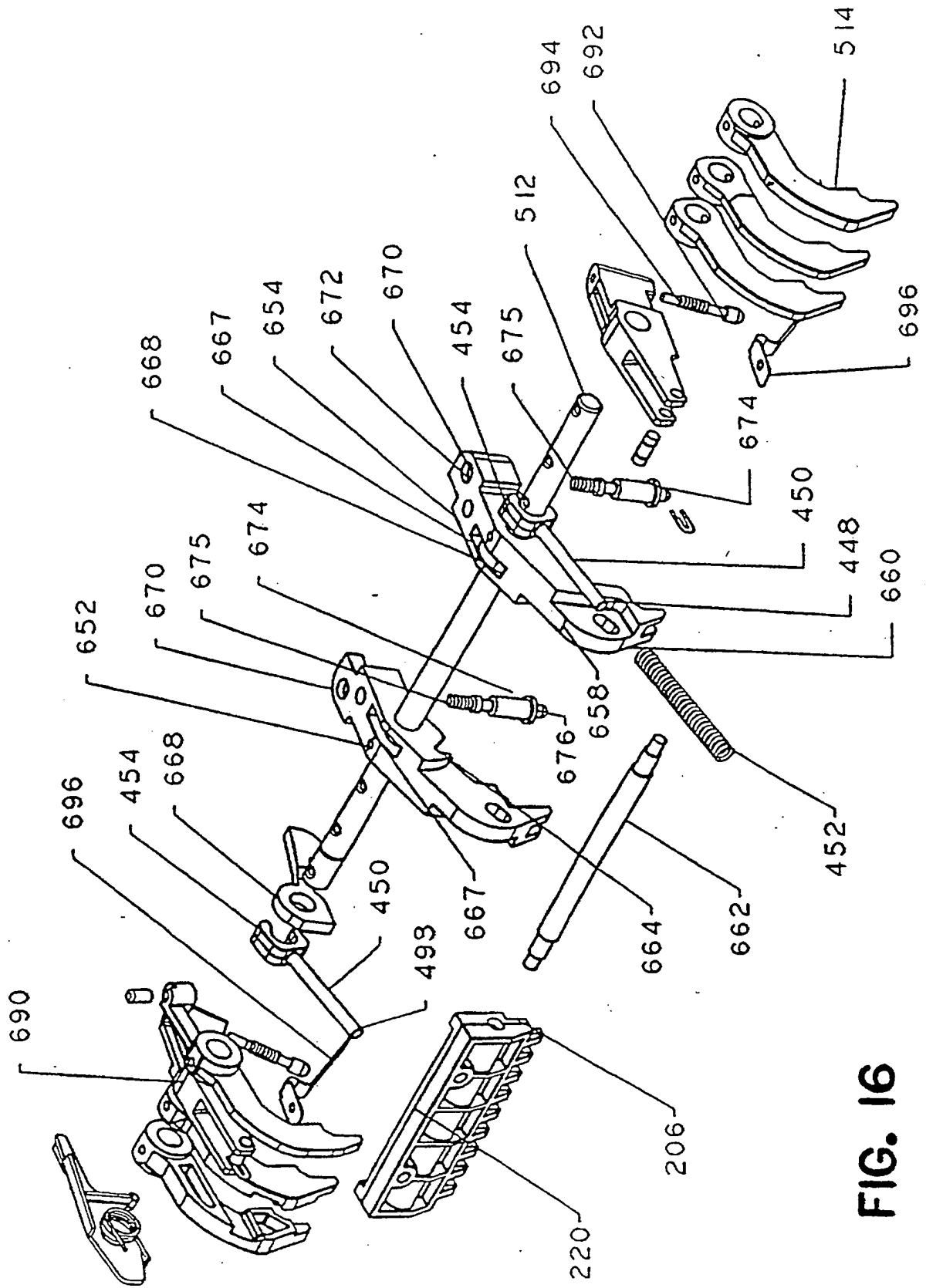
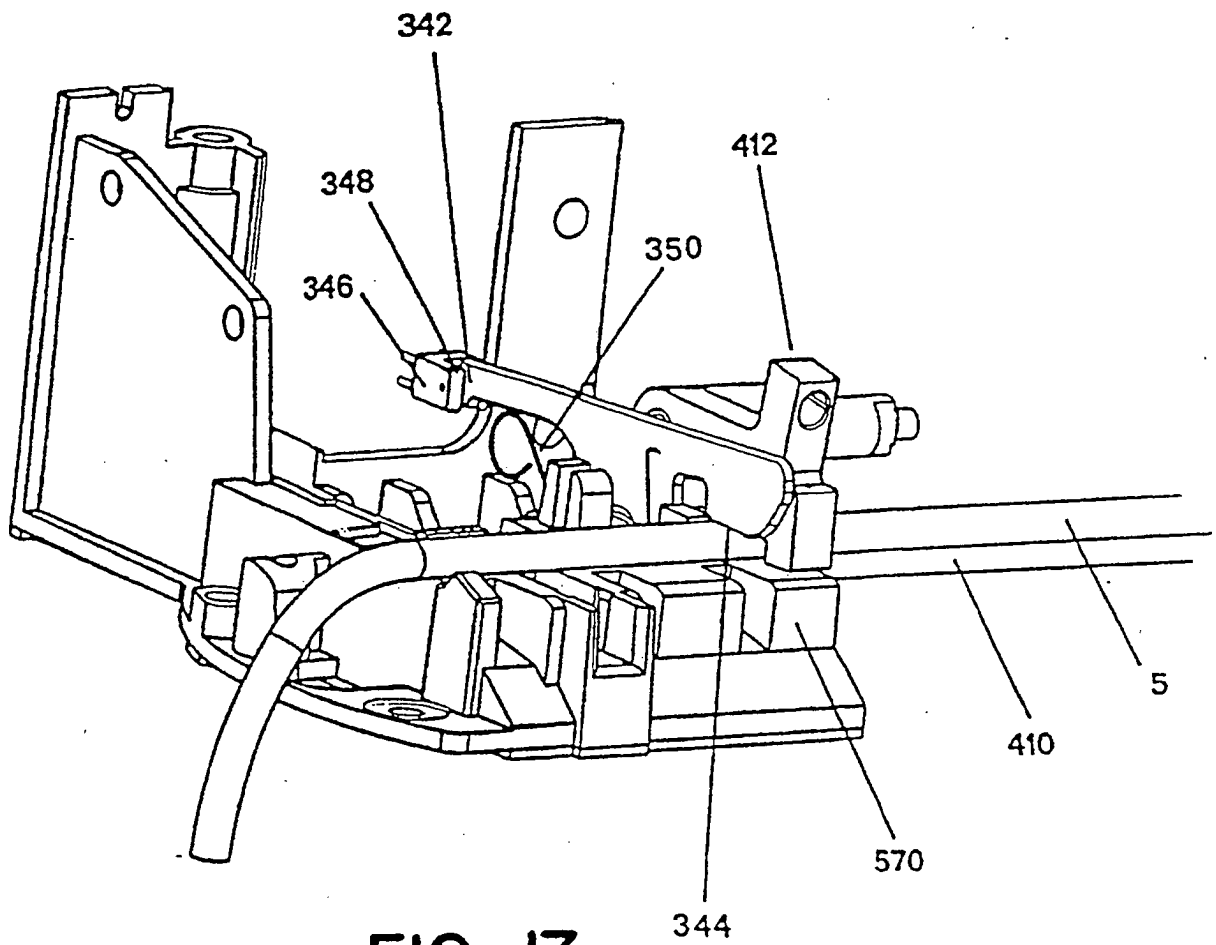


FIG. 16



**FIG. 17**

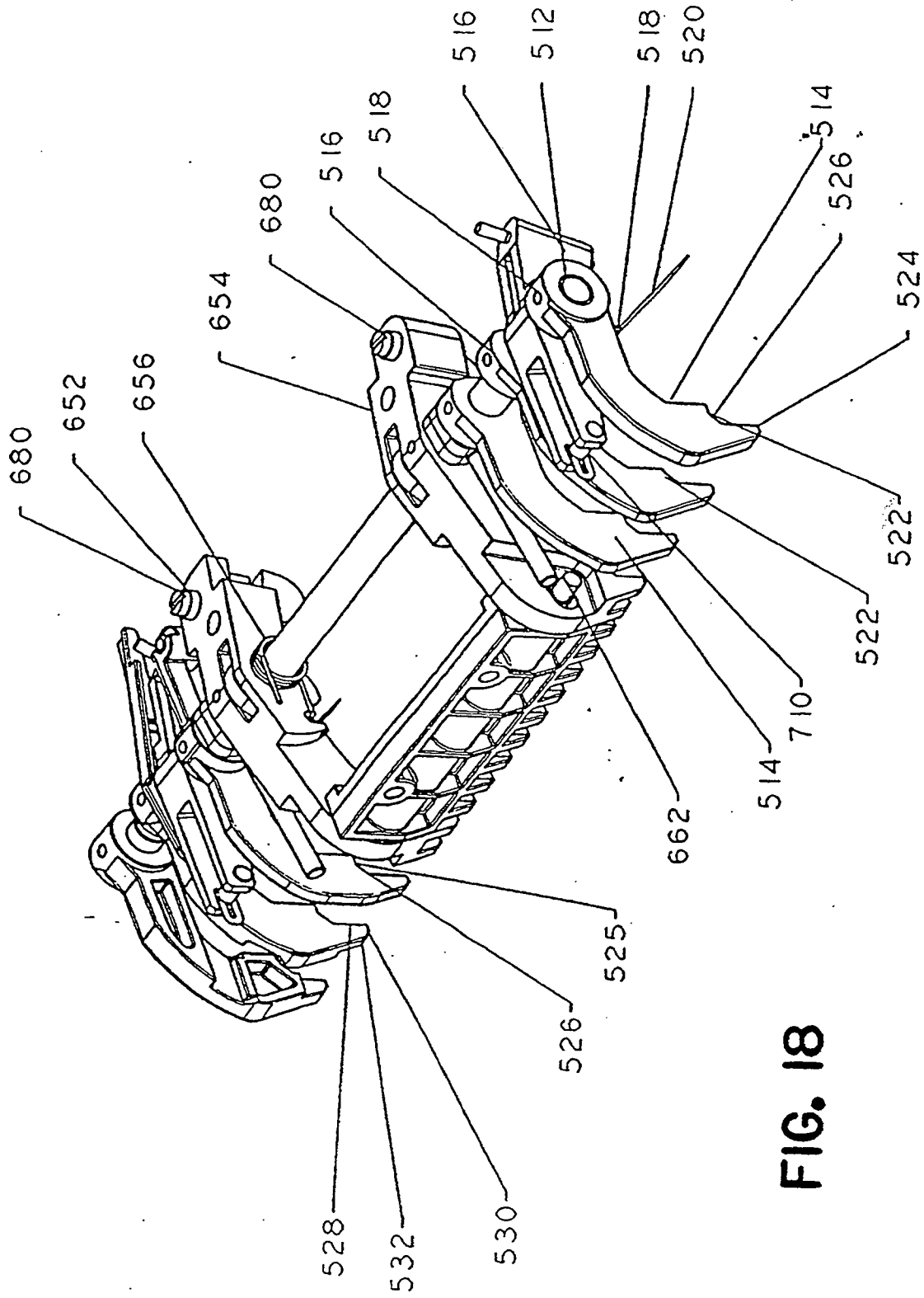
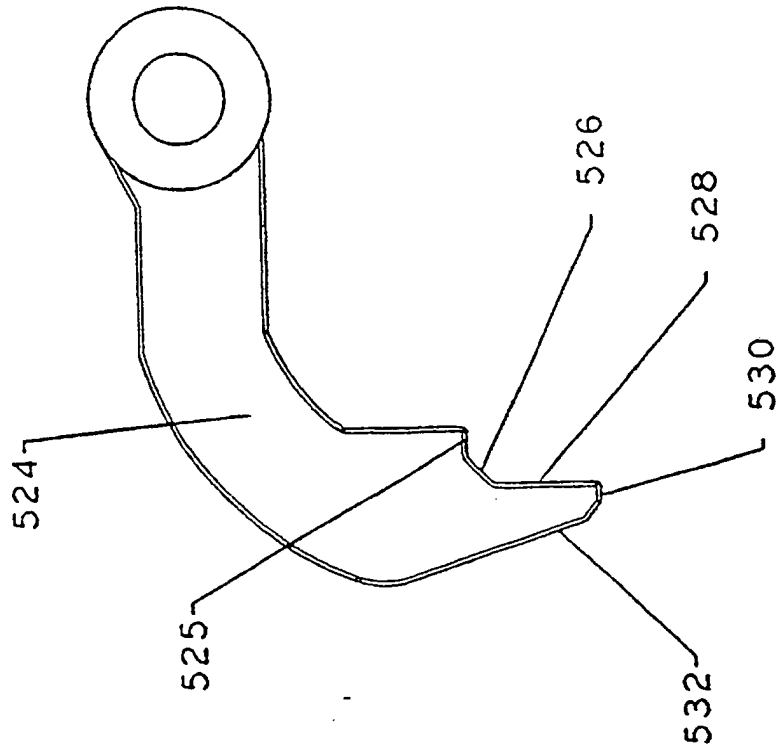
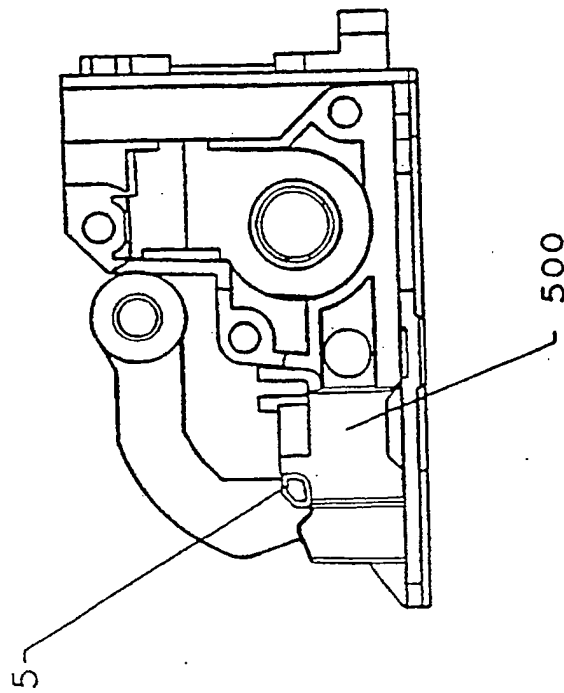


FIG. 18





**FIG. 18B**



**FIG. 18A**

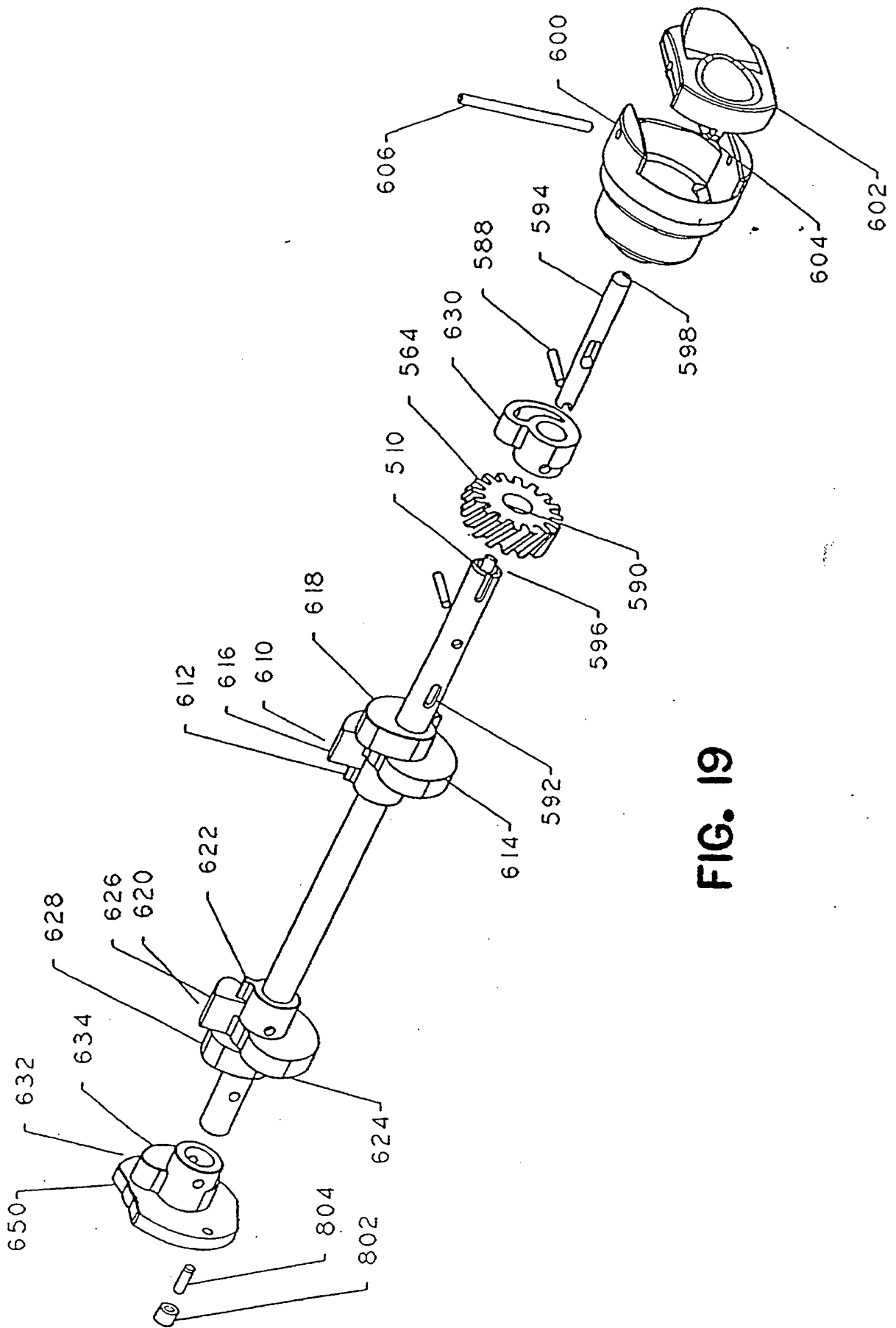
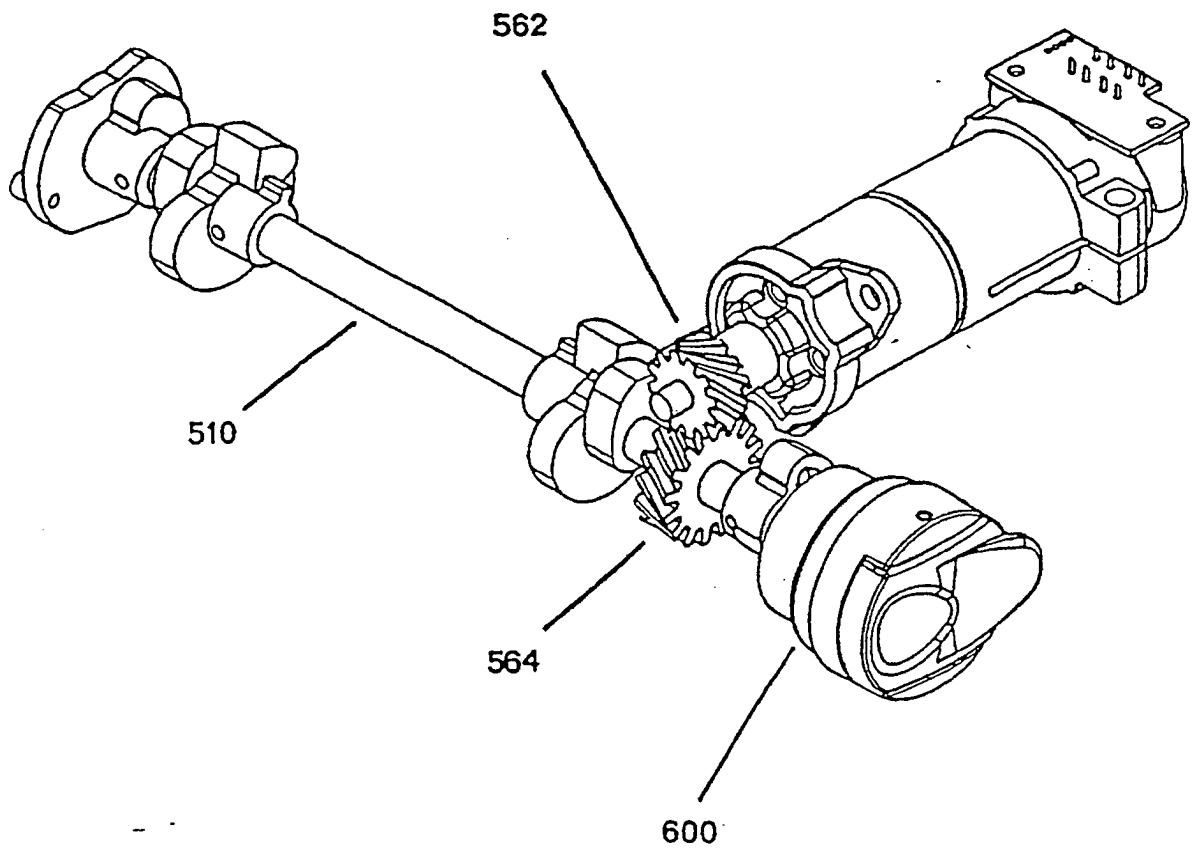


FIG. 19



**FIG. 19A**

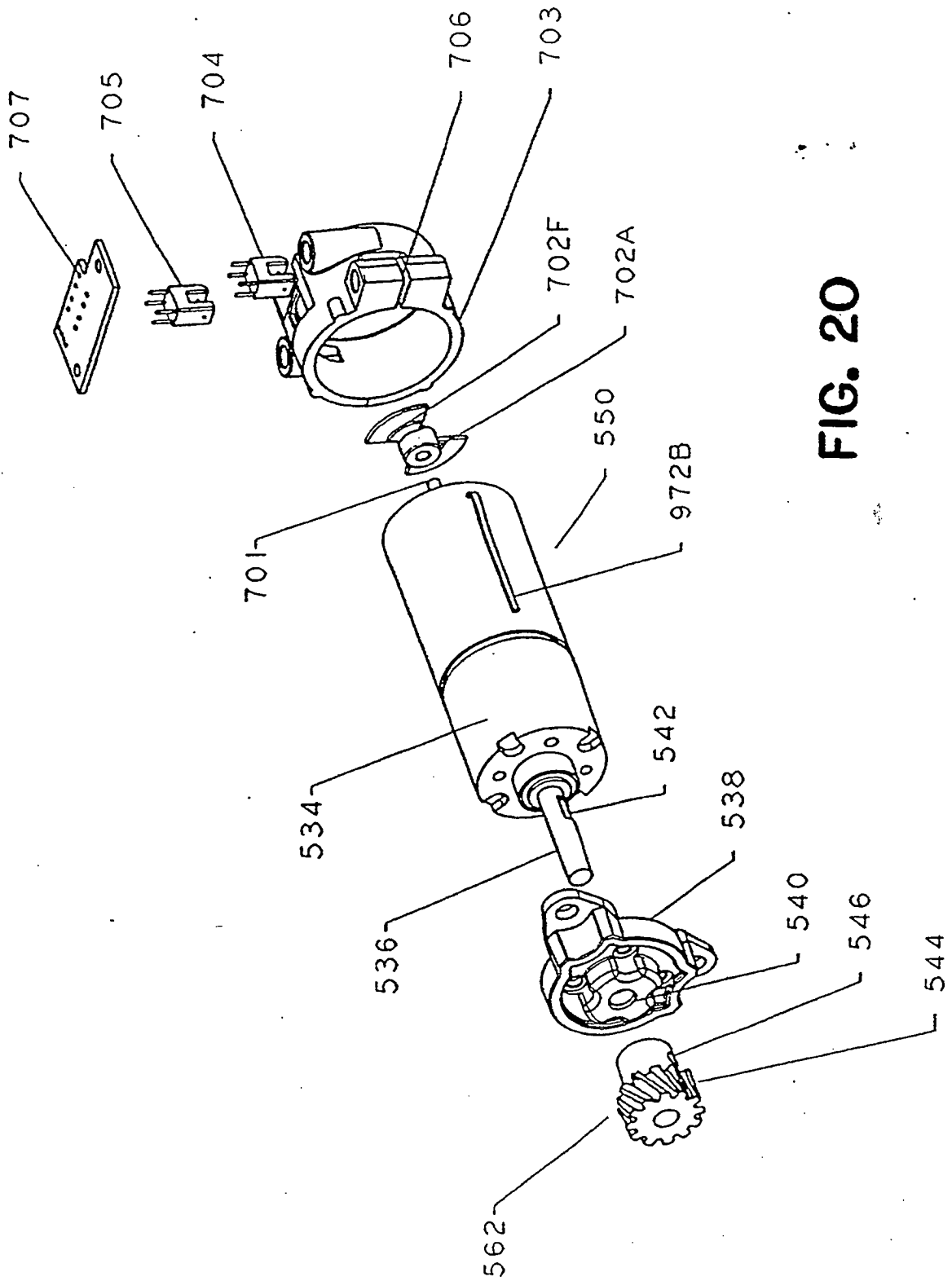


FIG. 20

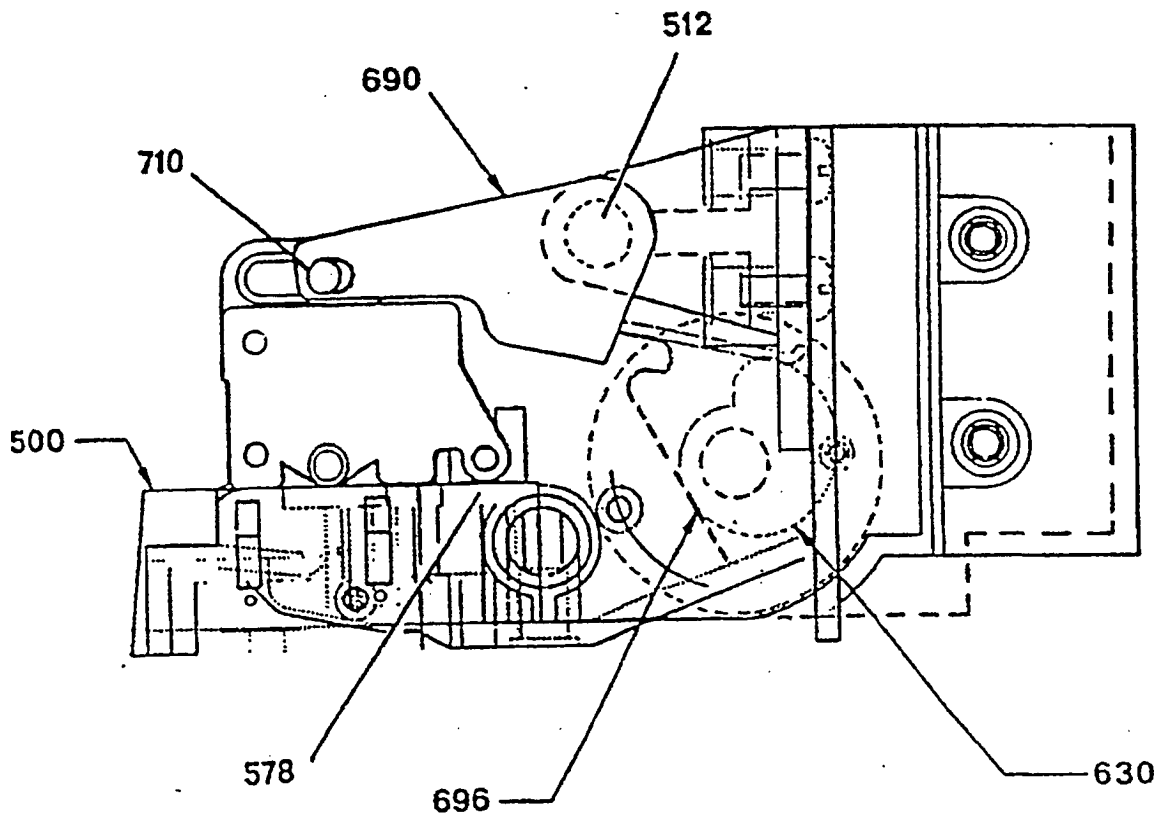


FIG. 21

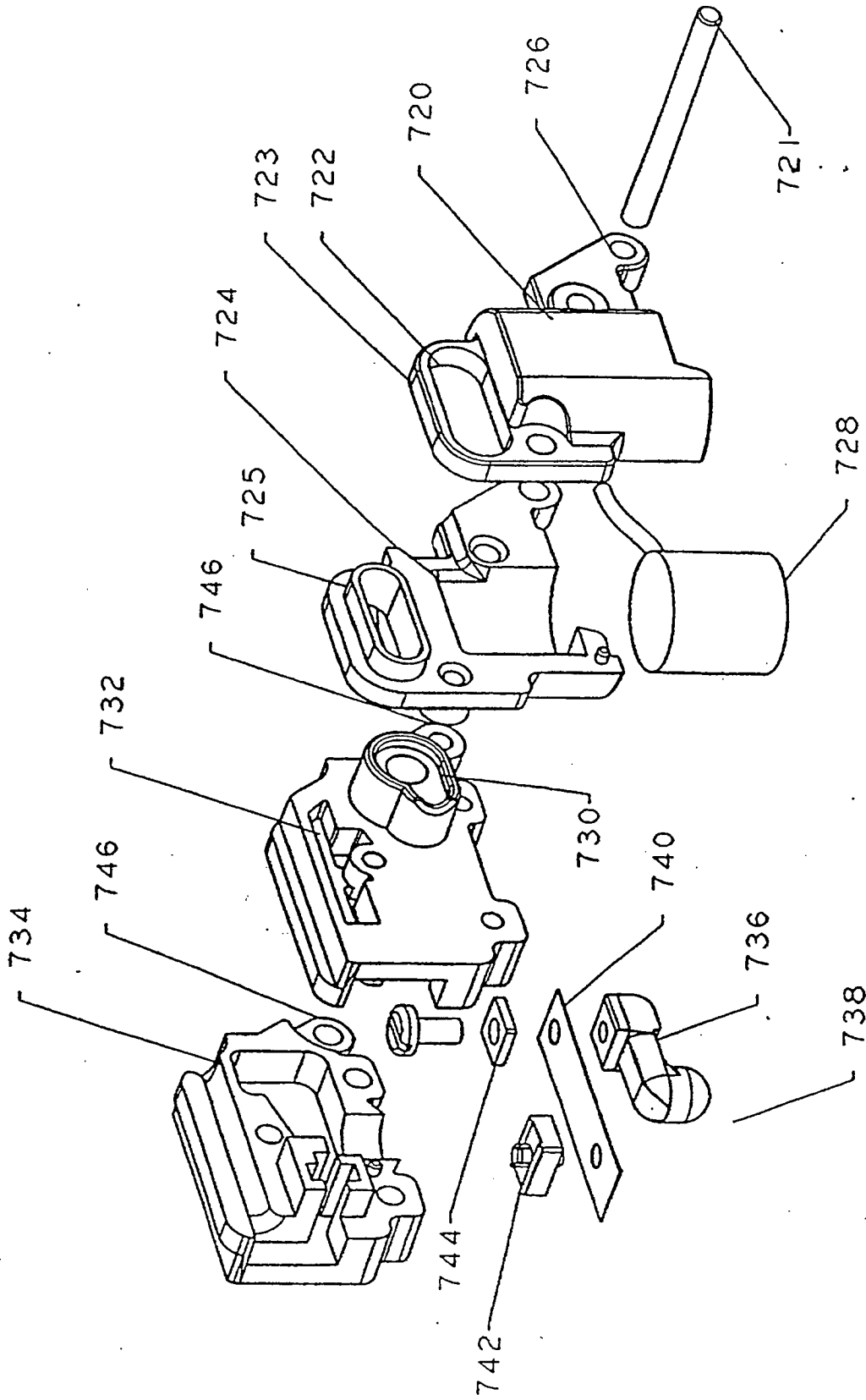


FIG. 22

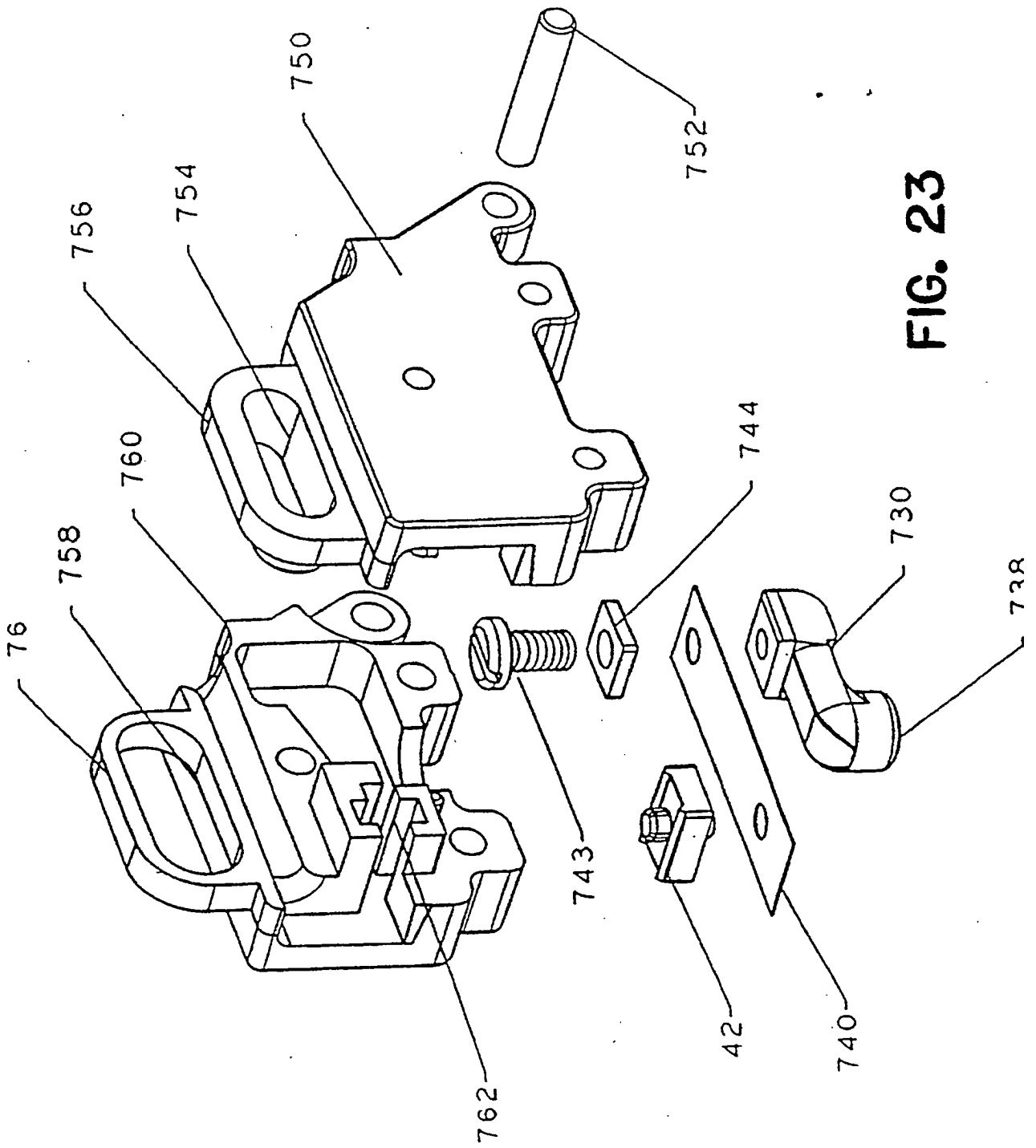
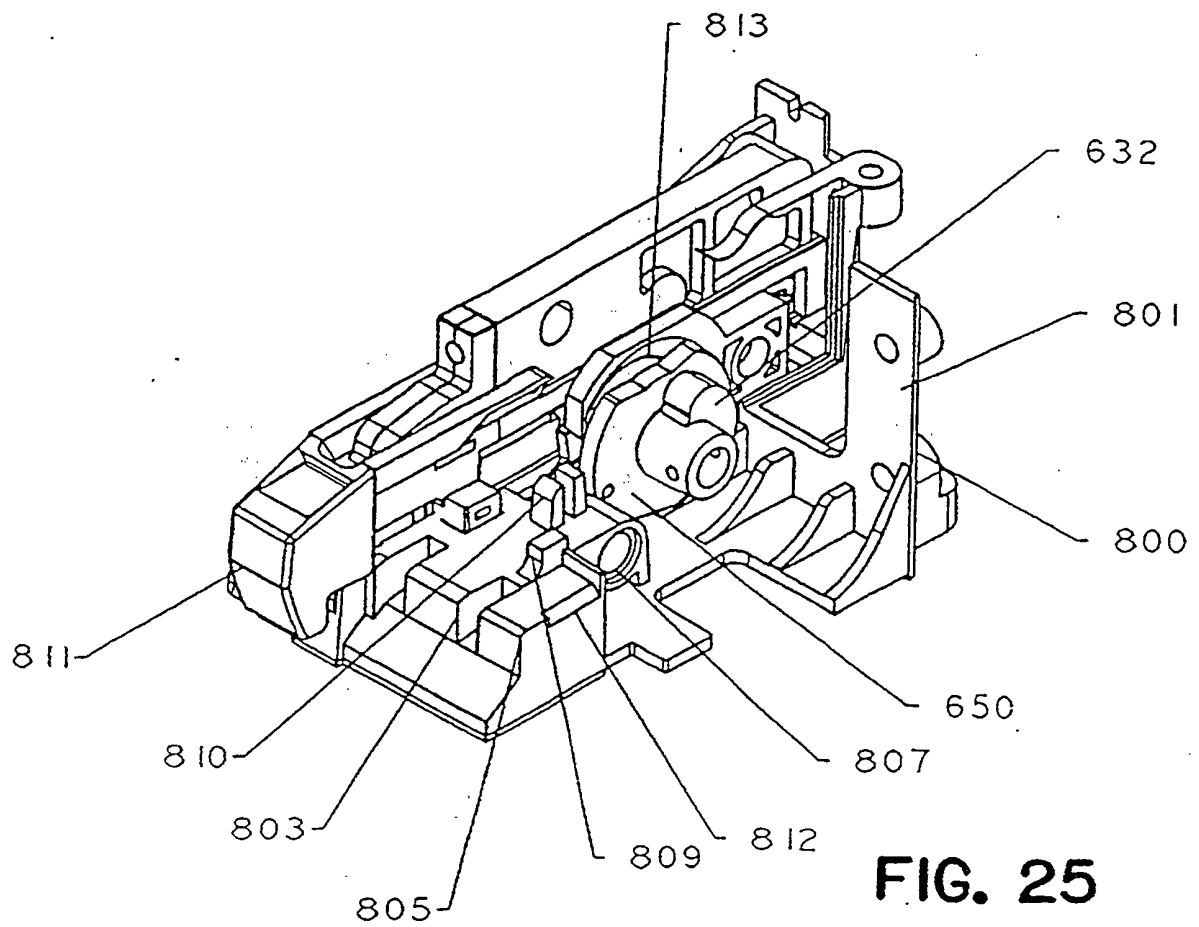
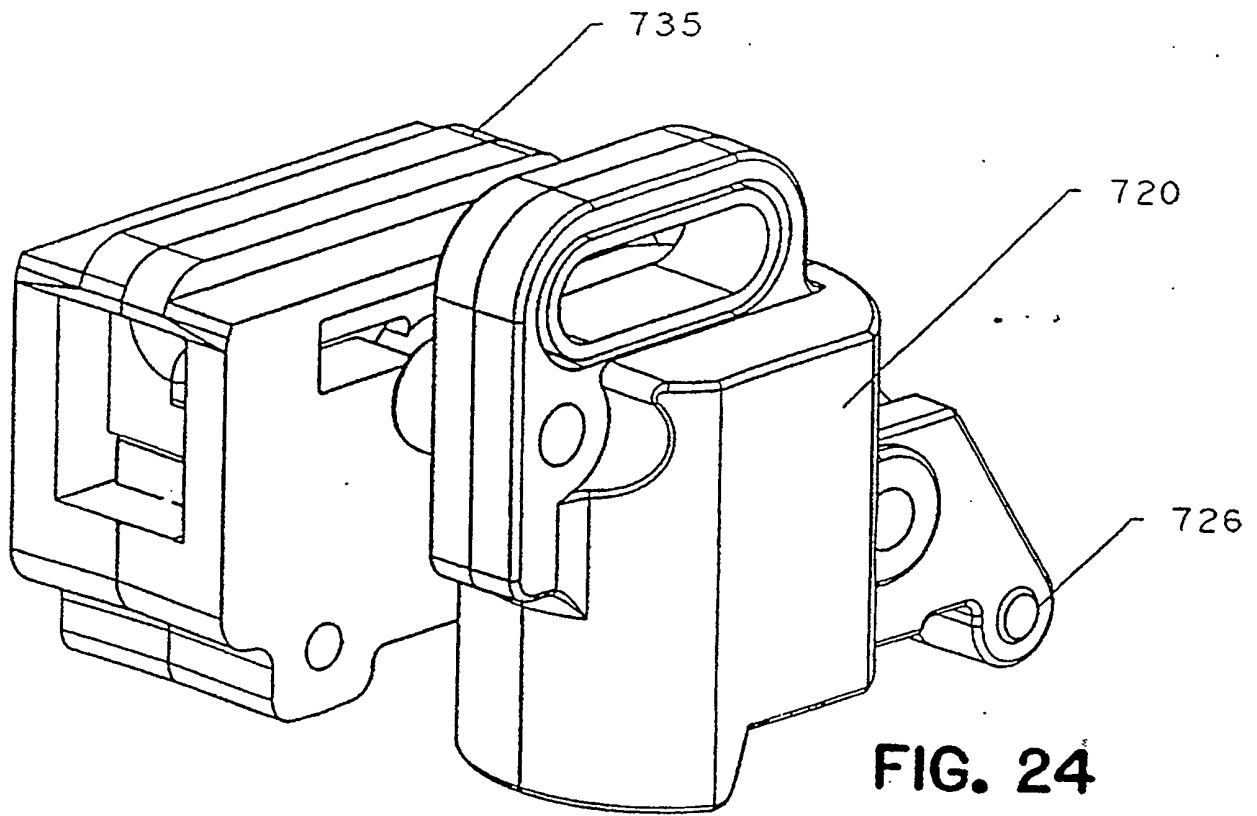


FIG. 23





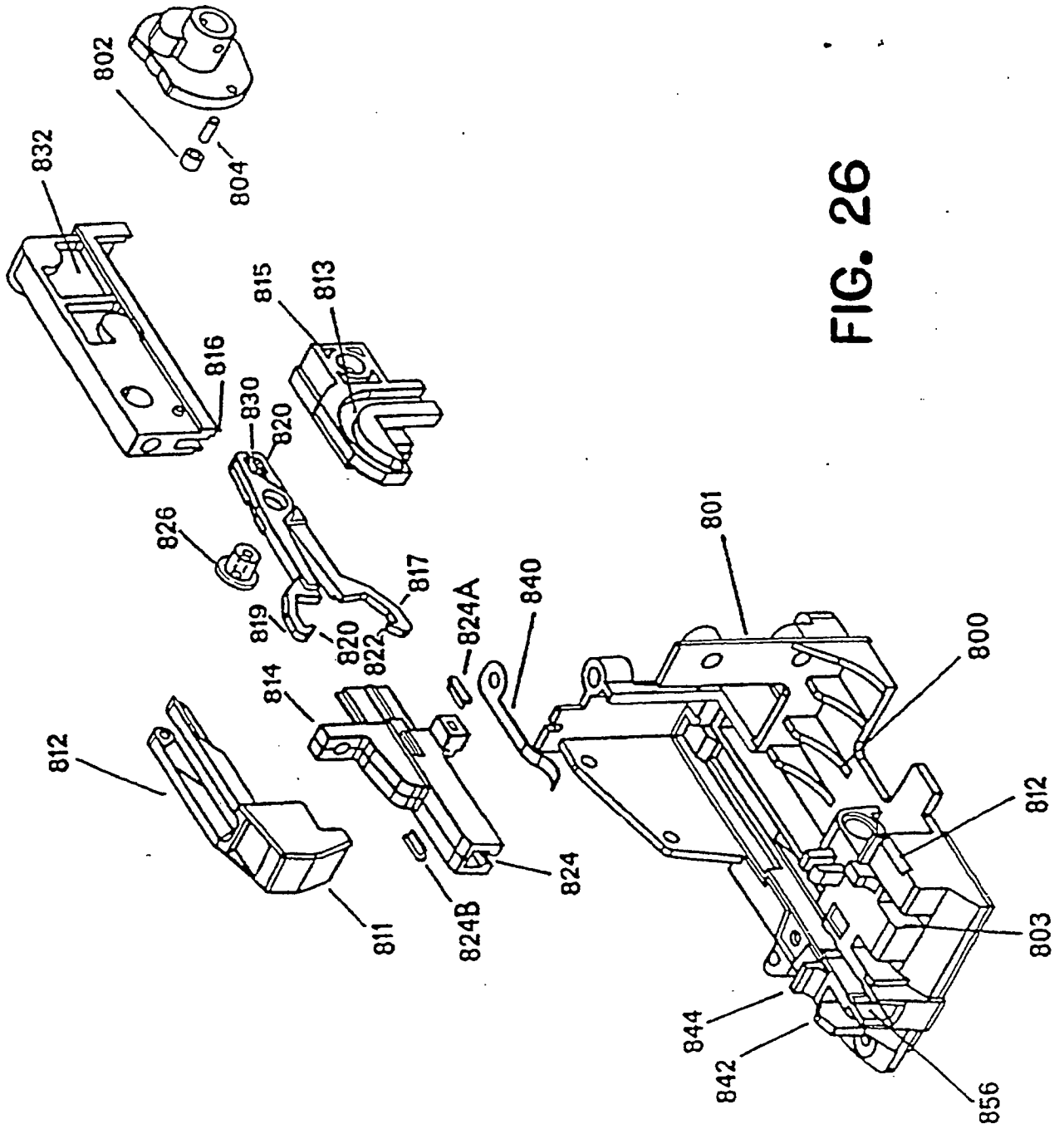
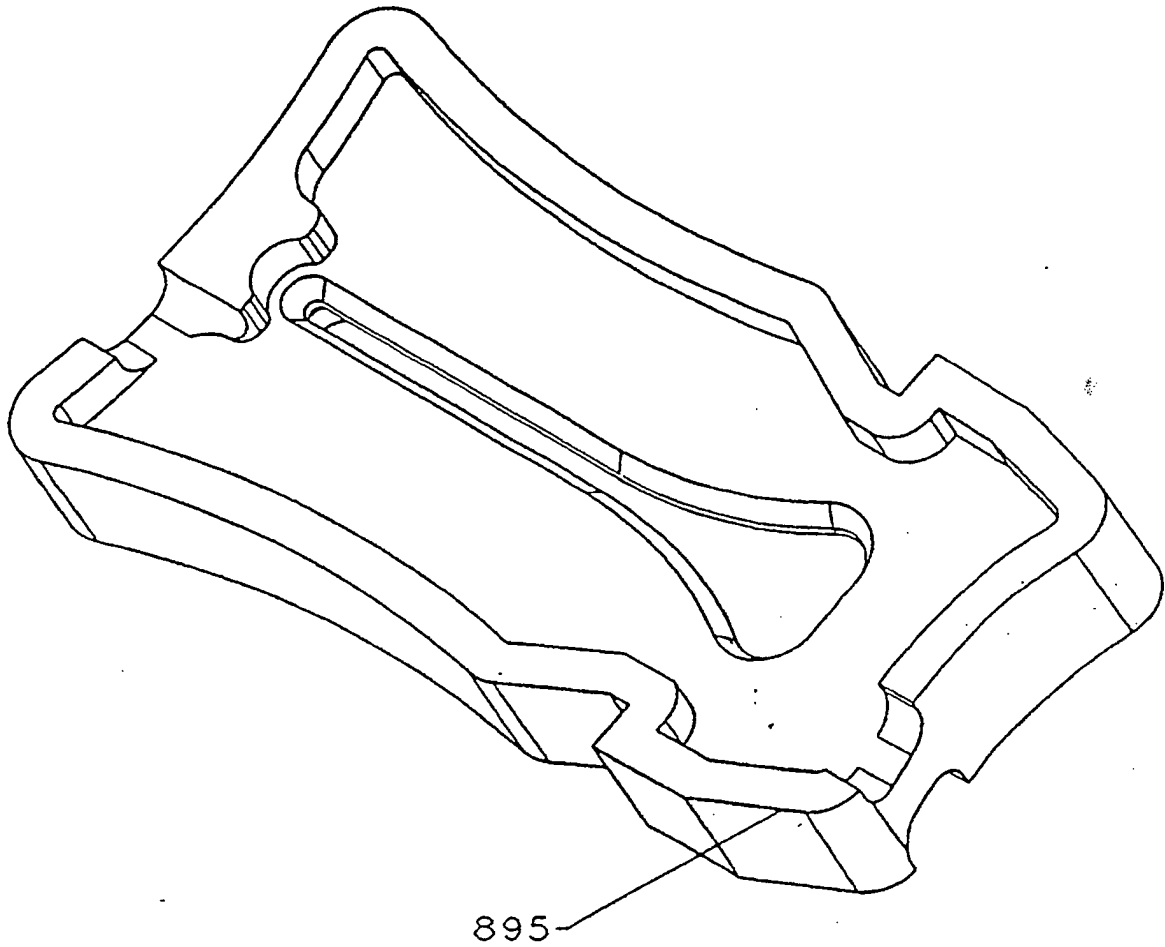
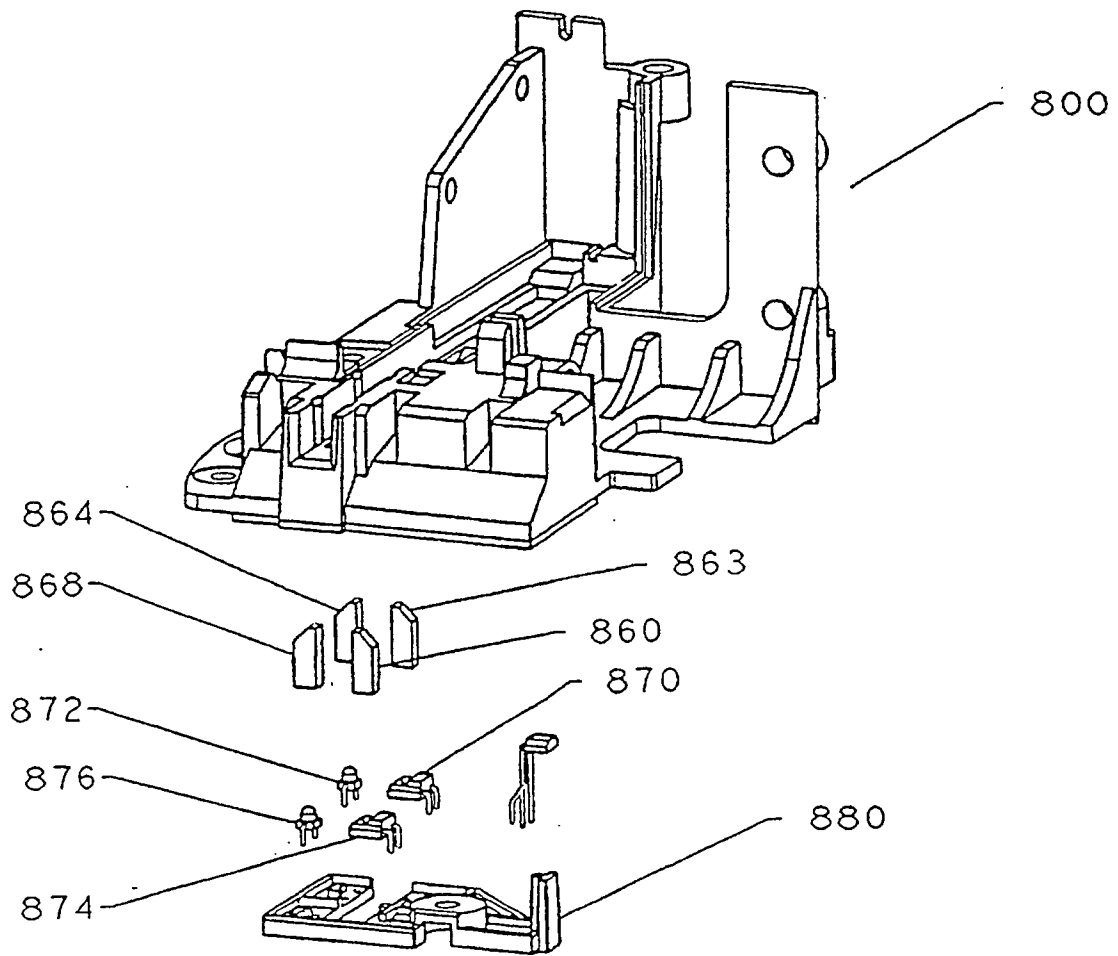


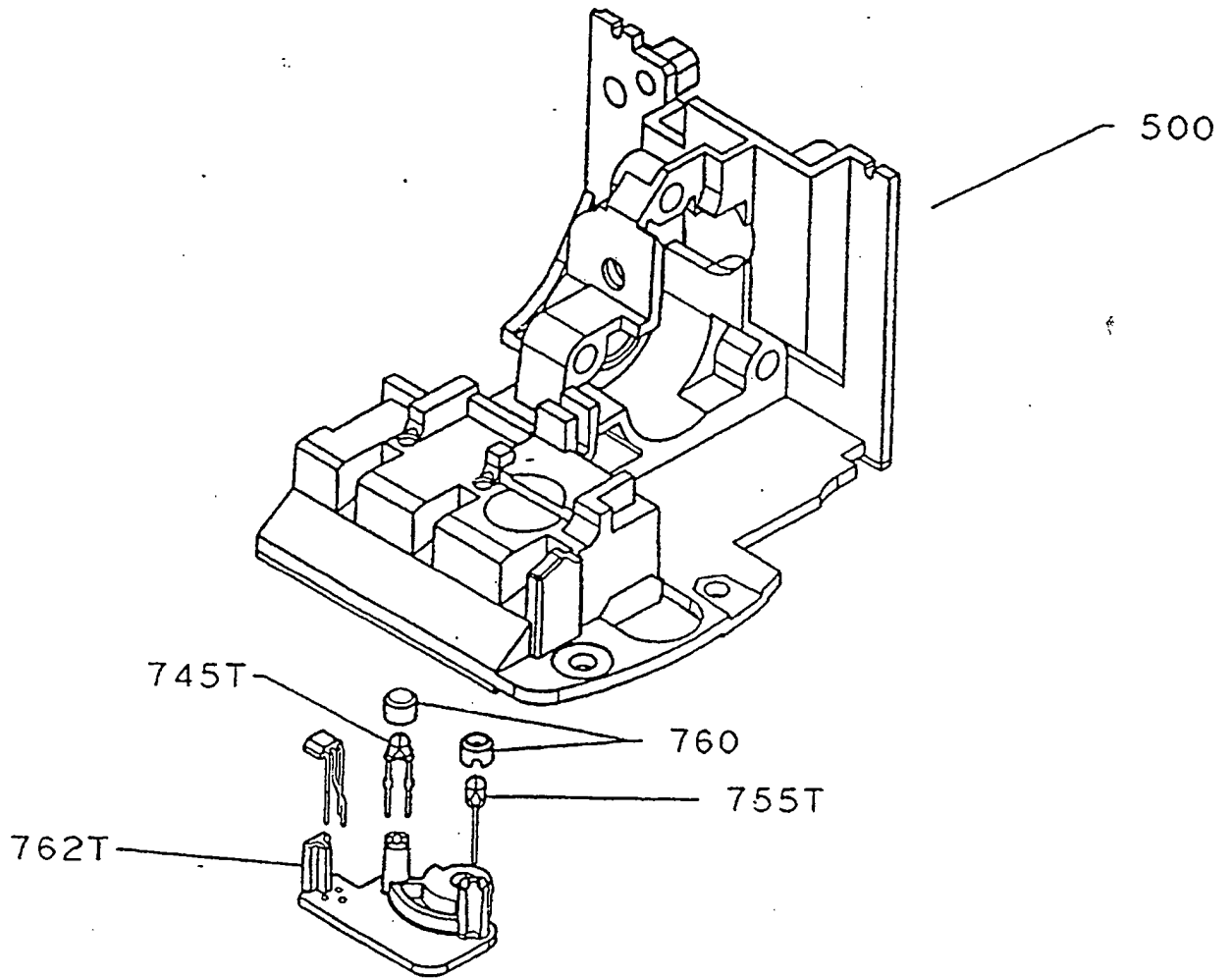
FIG. 26



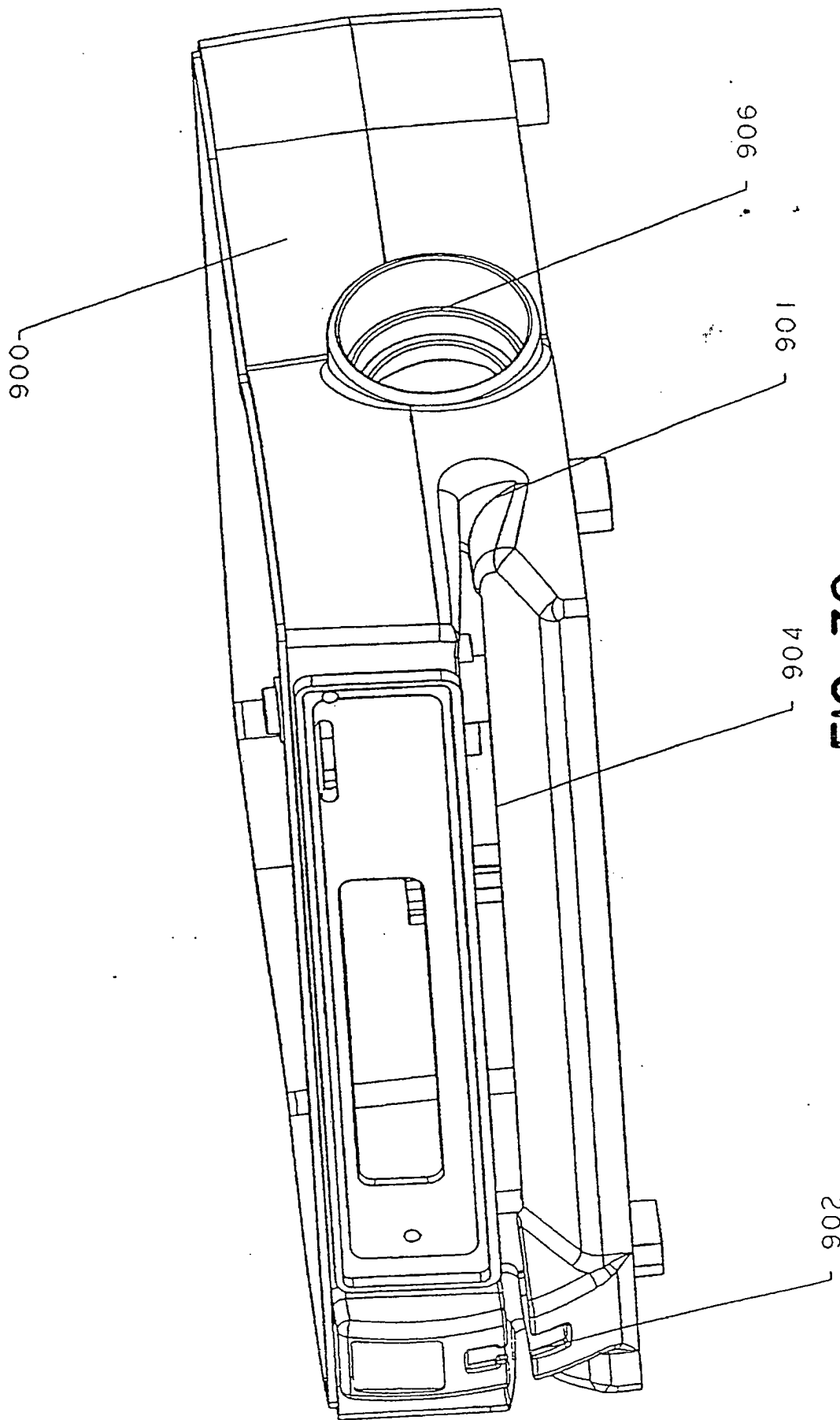
**FIG. 27**



**FIG. 28**



**FIG. 29**



**FIG. 30**