

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro

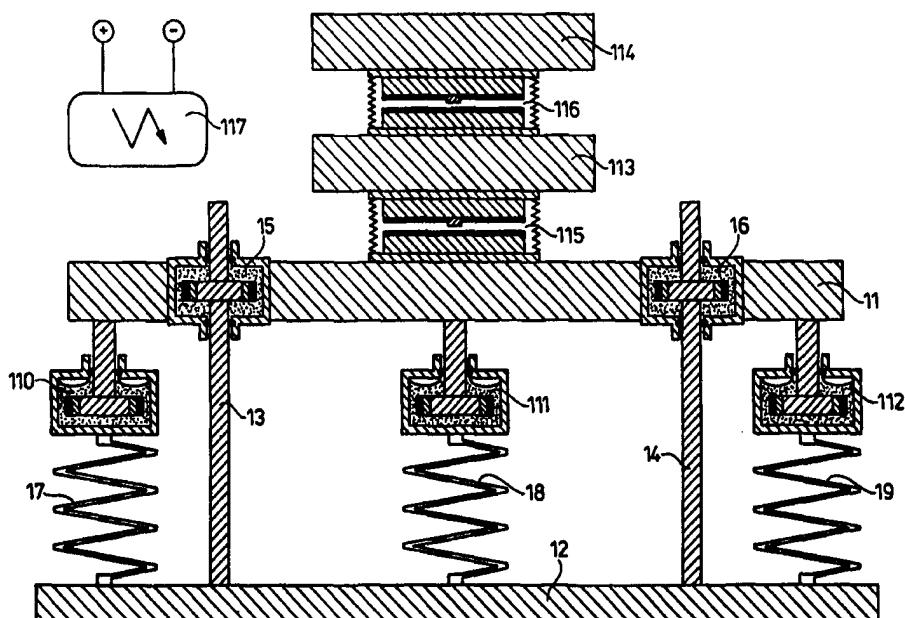


INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>F16F 15/023, 9/53</b>	A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 98/49460</b>  (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 5. November 1998 (05.11.98)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP98/02206		(81) Bestimmungsstaaten: JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
(22) Internationales Anmeldedatum: 15. April 1998 (15.04.98)		
(30) Prioritätsdaten: 197 17 692.5 26. April 1997 (26.04.97) DE		Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): BAYER AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; D-51368 Leverkusen (DE). CARL SCHENCK AG [DE/DE]; Landwehrstrasse 55, D-64293 Darmstadt (DE).		
(72) Erfinder; und		
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): POHL, Andreas [DE/DE]; Ringstrasse 69, D-64823 Groß-Umstadt (DE). ROSEN-FELDT, Horst [DE/DE]; Blumenstrasse 35, D-64846 Groß-Zimmern (DE). WENDT, Eckhardt [DE/DE]; Walter-Flex-Strasse 13, D-51373 Leverkusen (DE). BÜSING, Klaus [DE/DE]; Humboldtstrasse 24, D-50676 Köln (DE).		
(74) Gemeinsamer Vertreter: BAYER AKTIENGESELLSCHAFT; D-51368 Leverkusen (DE).		

(54) Title: SPRING/MASS VIBRATORY FORCE COUPLER

(54) Bezeichnung: FEDER-MASSEN-SCHWINGKRAFTKOPPLER



(57) Abstract

The invention relates to an electrically variable spring/mass vibrating force coupler with variable damping, electrically adjustable spring characteristic curves and electrically adjustable, variable natural frequencies using electro-rheological or magneto-rheological fluids in its coupling elements to couple masses and springs.

**(57) Zusammenfassung**

Die Erfindung betrifft einen elektrisch variablen Feder-Massen-Schwingkraftkoppler mit variabler Dämpfung, elektrisch einstellbaren Federkennlinien und elektrisch einstellbaren variablen Eigenfrequenzen unter Nutzung elektrorheologischer oder magnetorheologischer Flüssigkeiten in seinen Kopplungselementen für die Ankopplung von Massen und Federn.

**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		

### Feder-Massen-Schwingkraftkoppler

Die Erfindung betrifft einen elektrisch variierbaren Feder-Massen-Schwingkraftkoppler mit variabler Dämpfung, elektrisch einstellbaren Federkennlinien und elektrisch einstellbaren variablen Eigenfrequenzen unter Nutzung elektrorheologischer oder magnetorheologischer Flüssigkeiten (im folgenden kurz ERF bzw. MRF genannt) in seinen Kopplungselementen für die Ankopplung von Massen oder Federn. Der Feder-Massen-Schwingkraftkoppler ermöglicht die elektrische Einstellung von Schwingkräften und insbesondere die Veränderung des Eigenschwingverhaltens unterschiedlicher Maschinen und Vorrichtungen wie beispielsweise Auswuchtmassen, Prüfmaschinen, Getriebe, Motoren und Lagerungen unterschiedlicher Art in Abhängigkeit eines elektrischen und/oder magnetischen Steuersignals.

Dämpfer auf der Basis von ERF bzw. MRF sind bekannt. Die Ankopplung von Massen an schwingende Systeme mittels eines festen Federgliedes und eines Dämpfungsgliedes, das über eine elektrorheologische Flüssigkeit gesteuert werden kann, ist grundsätzlich bekannt.

Der Aufsatz "Einsatzpotential von elektrorheologischen Flüssigkeiten" von H. Janocha und D. J. Jendritza aus Konstruktion 46 (1994) Seite 111-115, beschreibt die Masseankopplung über ein Feder/Dämpfersystem, bei dem die Federsteifigkeit konstant gehalten wird und die Dämpfung über eine elektrorheologische Flüssigkeit variiert werden kann. Es wird dort weiter beschrieben, über ein Feder-/Dämpferelement eine Hilfsmasse zur Tilgung von Schwingungen an eine Hauptmasse anzukoppeln. Die Ankopplung erfolgt ebenfalls über eine Kombination aus einer Feder mit fester Federsteifigkeit und einem ERF-Dämpferglied, über das die Dämpfung variiert werden kann. Mit Hilfe dieser Anordnung lässt sich die Amplitude einer mechanischen Schwingung im Resonanzfall dämpfen. Ein wichtiger Nachteil an dieser Anordnung ist jedoch, daß die Dämpfung nur bei einer bestimmten Festfrequenz wirkt. Eine Variation der Resonanzfrequenz ist mit Hilfe dieser Anordnung nicht möglich.

5 Es ist weiterhin bekannt, Federelemente unterschiedlicher Art über konventionelle Ventile an schwingende Systeme zur Dämpfung bzw. Federung anzukoppeln. Als Beispiel hierzu sei die im Automobilbau entwickelte sogenannte "Hydroaktive Federung" angeführt, die zur Dämpfung der Schwingungen eines Kraftfahrzeugfahrwerks spezielle Gasdruckfedern einsetzt, welche über geeignete Ventile den Radaufhängungen des Fahrwerks zugeschaltet werden können.

10 Um einen guten Fahrkomfort zu gewährleisten, ist eine Federung mit hoher Flexibilität und geringer Dämpfung gewünscht. Für eine gute Straßenlage und ein hohes Maß an Fahrsicherheit ist dagegen eine steife Federung mit einer gleichzeitig hohen Dämpfung gefordert. Das hydroaktive Federungssystem ermöglicht durch Öffnen und Schließen eines Elektromagnetventils den fest installierten Gasdruckfedern jeder Radaufhängung eine weitere Gasdruckfeder hinzuzuschalten, wodurch sich zwei Zustände, nämlich

15

- a) eine hohe Federflexibilität bei geringer Dämpfung sowie
- b) eine geringe Federflexibilität bei hoher Dämpfung einstellen lassen.

20

Ein Nachteil der hydroaktiven Federung ist, daß das Federungssystem nur zwischen den genannten beiden Zuständen variierbar ist. Eine kontinuierliche Verstellung der Dämpfung oder eine kontinuierliche Verstellung der Federsteifigkeit ist bei diesem Federsystem nicht erreichbar.

25

Die Möglichkeit, elektrorheologische Flüssigkeiten zur kontinuierlichen Dämpfungsänderung der Automobilstoßdämpfer einzusetzen, ist in der SAE-Veröffentlichung 950 586 vom 27. 2. 1995 beschrieben. In dem dort beschriebenen Dämpfer drückt der Kolben des Dämpfers eine elektrorheologische Flüssigkeit durch einen Elektrodenspalt. Durch den Einfluß eines elektrischen Hochspannungsfeldes, hervorgerufen durch den Kondensator im Elektrodenspalt, läßt sich die Dämpfung des Stoßdämpfers kontinuierlich verändern. Gewöhnlich werden konventionelle Stoßdämpfer auf Basis viskoser Öle mit einer Spiralfeder kombiniert, so daß sich bei

30

Anwendung des genannten elektrorheologischen Dämpfers auf einer klassischen Federdämpferkombination lediglich die Dämpfung, nicht aber die Federsteifigkeit grundsätzlich variieren lässt.

5 Die Anwendungsmöglichkeit von elektrorheologischen Flüssigkeiten zum Einsatz in hydraulischen Systemen ist grundsätzlich bekannt. So werden elektrorheologische Flüssigkeiten z.B. in Stoßdämpfern (siehe z.B. US 32 07 269) oder Motorlagern mit hydraulischer Dämpfung (Siehe z.B. EP 137 112 A1) vorgeschlagen.

10 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Feder-Massen-Schwingkraftkoppler zu entwickeln, der eine variable Dämpfung von mechanischen Schwingungen von an den Feder-Massen-Schwingkraftkoppler angekoppelten schwingenden Vorrichtungen ermöglicht, gleichzeitig eine kontinuierliche Veränderung der Federsteifigkeit zuläßt und gegebenenfalls eine Ankopplung weiterer Massen an das schwingende System zuläßt zur Änderung der mechanischen Eigenschwingungsfrequenz und ihrer Amplituden.

15

Gegenstand der Erfindung, durch die diese Aufgabe gelöst wird, ist ein Feder-Massen-Schwingkraftkoppler mit variabler Dämpfung zur Ankopplung von Massen an eine Bezugsmasse, bestehend wenigstens aus einer schwingenden Masse, im folgenden kurz als Schwingmasse bezeichnet, einem Dämpfer, zwei Federn zur Verbindung von Schwingmasse und Bezugsmasse, von denen mindestens eine Feder wahlweise zuschaltbar gestaltet ist, gegebenenfalls einer weiteren Hilfsmasse, die über ein gegebenenfalls zuschaltbares Feder-/Dämpferelement mit der Masse verbunden ist, wobei die Zuschaltung der Feder oder gegebenenfalls der Hilfsmasse über Kopp lungselemente auf Basis einer elektrorheologischen oder magnetorheologischen Flüssigkeit erfolgt.

20

25

30

Bevorzugt können weitere Massen über weitere schaltbare Feder-/Dämpferelemente zugeschaltet werden, wodurch z.B. eine Tilgung mechanischer Schwingungen möglich wird.

Es ist weiterhin möglich, weitere Feder-/Dämpferkopplungselemente zwischen die schwingende Masse und die Bezugsmasse zu schalten, die die Federsteifigkeit der Federverbindung zwischen Masse und Bezugsmasse verändern. Die Feder-/Dämpferkopplungselemente sind insbesondere als Kombination aus bekannten Federelementen wie Torsions-, Spiral-, Biege- oder Längsfedern oder auch Gasdruckfedern in Kombination mit auf elektrorheologischen Flüssigkeiten bzw. magnetorheologischen Flüssigkeiten basierenden Dämpfern ausgeführt. Ein Beispiel für einen auf elektrorheologischen Flüssigkeiten basierenden Dämpfer findet sich in der Patentschrift US 32 07 269.

10

Die Kopplungselemente sind im einfachsten Falle auf elektrorheologische Flüssigkeiten bzw. magnetorheologischen Flüssigkeiten basierenden Dämpfer, in denen über eine hinreichend hohe einstellbare Fließgrenze der ERF (bzw. MRF) eine starke Verbindung zwischen schwingenden Massen herzustellen ist. Unterhalb der maximalen Fließgrenze der ERF (bzw. MRF) weist der ERF- bzw. MRF-Dämpfer eine kontinuierliche Verstellbarkeit der Dämpfung auf.

15

Die auf elektrorheologischen Flüssigkeiten basierenden Kopplungselemente werden über elektrische Spannungen angesteuert, durch die die in den Kopplungselementen enthaltenen Kondensatoren elektrische Felder zur Steuerung der rheologischen Größe Fließgrenze und Modul der elektrorheologischen Flüssigkeiten aufbauen.

20

Unter elektrorheologischen Flüssigkeiten werden Dispersionen fein verteilter elektrisch polarisierbarer Teilchen in hydrophoben, elektrisch hoch isolierenden Ölen (allgemein Suspension elektrisch polarisierbarer nicht leitender Teilchen) verstanden, die unter Einfluß eines elektrischen Feldes mit hinreichend starker elektrischer Feldstärke schnell und reversibel ihre Fließgrenze bzw. ihren Schub- oder Schermodul unter Umständen über mehrere Größenordnungen ändern. Die ERF wechselt dabei gegebenenfalls vom dünnflüssigen über den plastischen bis nahezu zum festen Aggregatzustand.

25

30

Beispiele für geeignete elektrorheologische Flüssigkeiten sind in den Offenlegungsschriften DE 35 17 281 A1, DE 35 36 934 A1, DE 39 41 232 A1, DE 40 26 881 A1, DE 41 31 142 A1 und DE 41 19 670 A1 genannt.

5 Zur Anregung der elektrorheologischen Flüssigkeiten dienen sowohl elektrische Gleich- als auch Wechselspannungsfelder. Die hierbei erforderliche elektrische Leistung ist vergleichsweise gering.

10 Zur Steuerung des Fließverhaltens der elektrorheologischen Flüssigkeit in den Kopp-  
lungselementen kann ein Sensor benutzt werden, wie er z.B. in der Deutschen Offen-  
legungsschrift DE 36 09 861 A1 beschrieben ist.

15 Der erfindungsgemäße Feder-Massen-Schwingkraftkoppler kann zur Modifikation mechanischer Eigenschwingungen in Maschinen aller Art eingesetzt werden. Beispi-  
haft genannt seien hier Auswuchtmassen, Werkzeugmaschinen, Unwuchterreger, Prüfmaschinen, Resonanzprüfmaschinen, Wechselbiegemaschinen, Siebförderer, Exzenterpressen, Kurbelgetriebe, Schwing- und Resonanzantriebe und Schwinggetriebe, Motoren und Lagerungen aller Art. Durch die erfindungsgemäße Feder-  
und/oder Massenkopplung ist es möglich, Motorschwingungen von Fahrzeugen und  
20 andere mechanische Schwingungen zu kompensieren.

25 Das grundsätzlich bekannte hydroaktive Federungssystem ist unter Verwendung des erfindungsgemäßen Konzepts des Feder-Massen-Schwingkraftkopplers wie folgt vari-  
ierbar: Die Hydraulikflüssigkeit des im Prinzip bekannten Federungssystems wird durch eine elektrorheologische Flüssigkeit ersetzt. Die Strömungskanäle der Haupt-  
dämpfer des Federungssystems werden um elektrorheologische Ventile (Elektro-  
denspalte) ergänzt. Eine zusätzliche zuschaltbare weitere Gasdruckfeder wird anstelle  
über konventionelle Dämpfer und Magnetventile mit Hilfe von steuerbaren elektro-  
rheologischen Ventilen an die Fahrwerksgasdruckfedern angekoppelt. Diese bevor-  
30 zugte Ausführung der Erfahrung weist eine vielfältig steuerbare Dämpfung bzw.  
Federsteifigkeit auf, die sich je nach Fahrsituation bzw. Fahrbahn-Zustand in weiten  
Bereichen einstellen lässt. Da elektrorheologische Flüssigkeiten in einem Zeitraum von

typischerweise weniger als 5 Millisekunden auf Änderungen des elektrischen Feldes reagieren können, ist es möglich, über geeignete Sensoren und Steuerelektronik die gewünschte Veränderung der Dämpfer-Federcharakteristik mit hoher Geschwindigkeit zu realisieren. Der in einem elektrorheologischen Ventil fließende Strom ist von der Durchflußgeschwindigkeit der ERF abhängig. Es ist daher möglich, diesen Effekt entsprechend der Patentschrift EP 238 942 direkt als Sensor für die Kontrolle und Steuerung des Dämpfungssystems einzusetzen.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der Figuren beispielhaft näher erläutert. In den Figuren zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Feder-Massen-Schwingkraftkopplers im Querschnitt.

Fig. 2 ein ERF-Koppel- bzw. Dämpferelement 15 aus Fig. 1 im vergrößerten Querschnitt.

Fig. 3 ein ERF-Koppelement 110 aus Fig. 1 im vergrößerten Querschnitt.

Fig. 4 ein Feder-Dämpfer-Koppelement 115 auf Basis einer ERF aus Fig. 1 in vergrößerter Darstellung.

Fig. 5 ein MRF-Koppelement 112 zur Ankopplung der Feder 19 in Fig. 1 dargestellt im vergrößerten Querschnitt.

Fig. 6 eine Ausführungsform des Feder-Massen-Schwingkraftkopplers mit Torsionsfedern als Federelemente im Querschnitt.

Fig. 7 den vereinfachten Querschnitt durch ein ERF-Koppelement 67 nach Fig. 6 zur Ankopplung einer Masse an eine Torsionsfeder 64.

Fig. 8 den Einsatz eines erfindungsgemäßen Feder-Massen-Schwingkraftkopplerelements in einer "hydroaktiven Federung".

5 Fig. 9 den vergrößerten schematischen Querschnitt durch eine Gasfederkugel 81 mit  
ERF-Dämpferelement aus Fig. 8.

**Beispiele****Beispiel 1**

5 In dem schematischen Schnitt der Fig. 1 ist die Erfindung beispielhaft dargestellt. Die Bezugsmasse 12 ist über 3 zuschaltbare Feder-Dämpferelemente 17, 110, 18, 111 und 19, 112 mit der Schwingmasse 11 verbunden. Die Feder-Dämpferelemente 17, 110, 18, 111 bzw. 19, 112 sind Kombinationen aus konventionellen Spiralfedern 17, 18, 19 mit Dämpfern 110 oder 111 auf Basis von elektrorheologischen Flüssigkeiten oder einem Dämpfer auf Basis einer magnetorheologischen Flüssigkeit 112. Die Schwingmasse 11 ist mindestens noch über eine fest verbundene nicht gezeichnete Feder mit der Bezugsmasse 12 verbunden. Die Schwingmasse 11 wird zusätzlich über Führungsstangen 13, 14 mit Koppelementen 15, 16 geführt.

10

15 Eine Tilgermasse 113 wird über ein ERF-Feder-Dämpfer-Koppelement 115 zur Tilgung bestimmter mechanischer Schwingungen an die Schwingmasse angekoppelt. Mit Hilfe einer Hilfsmasse 114, die über ein weiteres Feder-Dämpfer-Koppelement mit der Tilgermasse verbunden ist, kann die Resonanzfrequenz der Schwingung der Tilgermasse 112 verschoben werden.

20

Fig. 2 zeigt ein Detail des Aufbaus der ERF-Koppel- bzw. der Dämpferelemente 15 oder 16 an den Führungsstangen 13 oder 14. Die Kolbenstangen 22, 22' sind mit dem Kolbenkörper 23 verbunden, der im Gehäuse 21 des Koppelementes 15 oder 16 bewegt werden kann. Das Gehäuse 21 ist mit einer ERF 211 gefüllt und über Gleitringdichtungen 28, 28' und Führungsbuchsen 27, 27' und den Kolbenstangen 22, 22' abgedichtet. Durch den Schaft der oberen Kolbenstange 22 ist eine elektrische Zuleitung 29 für die Hochspannung aus der externen Spannungsversorgung 117 geführt, die durch den Isolator 24 bis zur Elektrodenfläche 25 geführt ist.

25

30 Durch Anlegung einer Spannung zwischen Gehäuse 21 und Elektrode 25 erhöht sich die Fließgrenze der ERF 211 im Ringspalt 26. Es ist möglich durch eine hinreichend hohe Spannung die ERF 211 so anzusteuern, daß eine starke Verbindung zwischen

dem Gehäuse 21 und dem Kolbenkörper 23 erreicht wird. Dadurch wird es möglich, die Schwingmasse 11 fest an die Bezugsmasse 12 anzukoppeln.

Den Aufbau der ERF-Koppelemente 110 oder 111 gibt Fig. 3 wieder. Das Gehäuse

5 31 ist mit einer Öse 313 zur Befestigung der Federn 17 oder 18 verbunden und umschließt die ERF 311 sowie den in die ERF 311 eintauchenden Kolben 33. Der Kolben 33 ist mit der Kolbenstange 32 verbunden, die an der Schwingmasse 11 befestigt ist. Die Kolbenstange 32 wird über eine Dichtung 38 und eine Führungsbuchse 37 beweglich in das Gehäuse 31 durchgeführt. Der Kolben 33 wird über eine 10 elektrisch isolierende Führung 312, 312' geführt, die durchbrochen ist um ein Strömen der ERF durch den Ringspalt 36 zu ermöglichen. Durch den Schaft der Kolbenstange 32 ist die elektrische Hochspannungszuleitung weiter durch eine Isolatorschicht 34 bis zur Elektrodenfläche 35 geführt. Ein Ausgleichsvolumen 314 im oberen Teil des Gehäuses 31 ist durch eine elastische Membran 315 von der ERF 311 15 abgetrennt und sorgt für einen Ausgleich des Volumens der Kolbenstange 32, das zusätzlich in das Gehäusevolumen 31 eintaucht. Mit dem Anlegen einer elektrischen Spannung an die Elektrode 35 gegenüber dem Gehäuse 31 wird die Fließfähigkeit der ERF 311 im Elektrodenspalt 36 eingeschränkt und eine gedämpfte bzw. feste Ankoppelung der Federn 17 oder 18 an die Schwingmasse 11 ermöglicht.

20

### Beispiel 2

Eine Variante des Feder-Massen-Schwingkraftkopplers wie in Beispiel 1 dargestellt arbeitet mit einem Koppelement auf Basis einer magnetorheologischen Flüssigkeit (MRFC) zur Ankopplung von Federn bzw. Massen.

25

In Fig. 5 ist ein Detail eines MRF Koppelements 112 gezeigt, das in seiner Funktion grundsätzlich vergleichbar ist mit dem oben beschriebenen ERF-Koppelement 110. Das Gehäuse 51 enthält die MRF 511, ein Ausgleichsvolumen 514 hinter einer 30 Membran 515 sowie einen Kolben 53, der über die Kolbenstange 52 mit der Schwingmasse 11 verbunden ist. Der Kolben 53 wird über eine Ringdichtung 512 geführt und ist im Gehäuse 51 beweglich gestaltet. Fig. 5 zeigt ein Kupplungsglied auf Basis einer

magnetorheologischen Flüssigkeit. Das Gehäuse 51 enthält eine magnetorheologische Flüssigkeit und einen Kolben 53 mit einem Elektromagneten 54 mit elektrischen Zuleitungen 510 und 59, die über die Kolbenstange 52 zugeführt werden. Der Kolben trennt zwei Räume 511 und 516, die die magnetorheologische Flüssigkeit enthalten.

5 Der Kolben ist durch einen Ringspalt 56 durchbrochen, über den ein Flüssigkeitsaustausch zwischen den Räumen 516 und 511 ermöglicht wird. Außerhalb des magnetischen Isolators 55 wird bei Einschalten des Elektromagneten in dem Ringspalt 56 ein magnetisches Feld erzeugt, dessen Feldlinien senkrecht zur Oberfläche des Ringspaltes stehen. Der Kolben 53 ist gegenüber dem Gehäuse 51 mit einer Führungs-

10 dichtung 512 versehen, die den Durchtritt der magnetorheologischen Flüssigkeit zwischen Gehäusewand 51 und Kolben 53 bei der Bewegung des Kolben 53 verhindert. Die Kolbenstange 251 ist über eine Durchführung 57 mit einer Ringdichtung 58 in das Gehäuse durchgeführt. Zusätzlich sind Ausgleichsvolumina 514 vorgesehen die über eine Membran 515 von der magnetorheologischen Flüssigkeit abgetrennt sind.

15 Das Ausgleichsvolumen 514 dient zum Ausgleich der Volumenzunahme durch die einfahrende Kolbenstange 52. Gleichzeitig wird durch das Ausgleichsvolumen 514 wie auch entsprechend durch das Volumen 314 in Fig. 3 eine Kavitation in den Räumen der magnetorheologischen Flüssigkeit verhindert. Mit steigender Magnetfeldstärke im Ringspalt 56 steigt die Dämpfung des MRF-Dämpfungsgliedes. Wird die 20 maximale Fließgrenze der MRF erreicht, wird eine starre Ankopplung der mit der Stange 52 bzw. dem Gehäuse 51 über ein Befestigungsmittel 513 verbundenen Massen ermöglicht.

### Beispiel 3

25 In diesem Beispiel ist der in Beispiel 1 dargestellte Feder-Massen-Schwingkraftkoppler um die Ankopplung einer Tilgermasse 113 sowie gegebenenfalls einer Hilfsmasse 114 ergänzt, wie in Fig. 1 schematisch wiedergegeben ist.

30 Fig. 4 gibt das ERF-Koppelement 115 (bzw. 116) zur Ankopplung der Tilgermasse 113 oder der Hilfsmasse 114 und die Schwingmasse 11 in vergrößerter Schnittdarstellung wieder. Die Endplatten 41, 41' sind mit einem Federbalg 42 verbunden.

Die ERF 411 wird seitlich begrenzt durch eine Membran 43 und zwischen zwei Kondensatorplatten 45, 45' eingeschlossen, die über Isolatoren 45, 45' elektrisch isoliert und durch Stromzuleitungen 49, 410 mit einer externen variablen Spannungsquelle 117 verbunden sind. Ein isolierender Abstandshalter 47 verhindert beim Anlegen einer Spannung einen Kurzschluß zwischen den Platten 44 und 44'. Mit dem Anlegen einer Spannung kann die ERF 411 zwischen den Platten 44 und 44' im Falle einer Schwingungsankopplung der Massen 113 oder 114 im Quetschmodus angesteuert werden. Es ist möglich mit einer Wechselspannung eine mechanische Schwingung der Masse 113 zu erzeugen, die z.B. in gegenläufiger Phase zu einer Schwingung der Schwingmasse 11 schwingt. Dadurch wird die Tilgung mechanischer Schwingungen möglich. Das Kopplungselement 116 kann dazu verwendet werden die Hilfsmasse 114 an die Tilgmasse 113 anzukoppln um damit die Frequenz der Schwingungstilgung durch die Tilgmasse 113 zu beeinflussen. Die Membran 43 ist vorzugsweise so gewählt, daß ihre Steifigkeit nur vernachlässigbar zur Federsteifigkeit der Feder Beiträgt.

#### Beispiel 4

Die Fig. 6 und 7 geben eine Variante des erfindungsgemäßen Feder-Massen-Schwingkraftkopplers zur Ankopplung von Drehmomenten wieder. Die Schwingmasse 62 wird darin über zwei Torsionsfedern 63 bzw. 64 mittels der elektrorheologischen Flüssigkeiten 65 bzw. 66 in den Koppelementen 67 bzw. 68 an die Bezugsmasse 61 angekoppelt. Fig. 7 gibt den Aufbau der Koppelemente 67, 68 wieder. Durch den Schaft 73 wird eine elektrische Leitung 710 vom Schleifkontakt 79 zu der runden Elektrodenplatte 75 geführt, die elektrisch isoliert (durch den Isolator 74) in Gehäuse 71, 72 von der ERF 76 umgeben ist. Der Schaft ist in Buchsen 77, 78 drehbar gelagert, die den Innenraum mit der ERF 76 abdichten. Der Schaft ist wie in Fig. 6 zu sehen im Falle des Kopplers 67 mit der Schwingmasse 62 verbunden. Im Falle des Kopplers 68 ist der Schaft Teil der Torsionsfeder 63 und an seinem oberen Ende mit der Gehäusewand 71 des Koppelementes 67 fest verbunden. Die Fließgrenze der elektrorheologischen Flüssigkeit 65 bzw. 66 wird über die Spannung an den Elektroden 75 bzw. 711 sowie dem Gehäuse der Koppelemente 67 bzw. 68 als

5 Gegenpol der Elektroden 75, 711 gesteuert. Legt man beispielsweise zwischen der Elektrode 75 und dem Gehäuse 71, 72 eine Spannung an, so wird die elektrorheologische Flüssigkeit 65 zwischen Gehäuse 71, 72 und Elektrode 75 hochviskos und die Schwingmasse 62 über die damit verbundenen Elektrode 75 an die Feder 63 angekoppelt. Ebenso kann durch Anlegen einer geeigneten Spannung zwischen Elektrode 711 und dem Gehäuse 68 die dazwischenliegende elektrorheologische Flüssigkeit 66 hochviskos werden und die Feder 64 an die Feder 63 ankoppeln. Die Schwingmasse 62 ist dann über beide Federn 64 und 63 schwingend mit der Bezugsmasse 61 verbunden. Die elektrorheologischen Flüssigkeiten 65, 66 dienen 10 dabei als Koppelmedium.

### Beispiel 5

15 Fig. 8 verdeutlicht die Anwendung des Feder-Massen-Schwingkraftkopplers gemäß der Erfindung anhand eines modifizierten hydroaktiven Federsystems für Kraftfahrzeuge. Mechanische Schwingungen und Stöße, die durch Unebenheiten der Fahrbahn auf die Räder des Fahrwerks übertragen werden, werden über die Radaufhängung des Fahrwerks (nicht gezeichnet) und die damit verbundenen Kolbenstangen 85 bzw. 85' auf die Kolben 84 bzw. 84' übertragen. Die Kolben 84, 20 84' sind mit Gleitdichtungen 97 versehen und drücken eine als Hydrauliköl benutzte elektrorheologische Flüssigkeit 83, 83' durch ERF-Ventile 86, 86' in das Volumen der Gasdruckfedern 81, 81' in der ein Gasdruckraum 92 von der Hydraulikflüssigkeit 94 durch Membranen 93 getrennt ist (siehe Fig. 9). Die Elektrodenspalte 911 befindet sich zwischen der Kondensatorplatte 99 und dem Gehäuse 910 der Ventile 86 und 86'. 25 Auf die eine elektrische Spannung zur Steuerung der Viskosität der ERF gegeben werden kann. Ein Isolator 912 vermeidet elektrische Durchschläge zur Gehäusewand. Eine zusätzliche Gasdruckfeder 82 kann über weitere elektrorheologische Ventile 87 bzw. 87' und entsprechende Zuleitungen 98 mit der Hydraulikseite der Kolben 84 bzw. 84' verbunden sein. Ein Sensor 810, der Unebenheiten der Fahrbahn erfassen 30 kann, wird benutzt, um die Spannung an den Kondensatorplatten der Dämpfer 86, 86' bzw. 87 und 87' zu beeinflussen. Die Steuerspannung des Sensors kann ebenfalls benutzt werden, um die zusätzliche Gasfeder 82 wahlweise zu- oder abzuschalten.

An das hydraulische System kann eine zusätzliche Flüssigkeitsversorgungseinheit (nicht gezeichnet) mit Pumpe zur Niveauregulierung des Flüssigkeitsdrucks im Hydrauliksystem angeschlossen sein.

5

Im Falle der Verwendung einer magnetorheologischen Flüssigkeit als Hydraulikflüssigkeit im Feder-Massen-Schwingkraftkoppler sind bei dem System gemäß Fig. 8 die elektrorheologischen Ventile 86, 86' bzw. 87 und 87' durch MRF-Ventile ersetzt, wie in Fig. 5 gezeigt.

**Patentansprüche**

1. Feder-Massen-Schwingkraftkoppler mit variabler Dämpfung zur Ankopplung von Massen an eine Bezugsmasse (12), bestehend wenigstens aus einer Schwingmasse (11), einem Dämpfer (111), zwei Federn (17, 18), zur Verbindung von Schwingmasse (11) und Bezugsmasse (12), von denen mindestens eine Feder (18) wahlweise zuschaltbar gestaltet ist, wobei die Zuschaltung der Feder (18) über ein Kopplungselement (111) auf Basis einer elektrorheologischen oder magnetorheologischen Flüssigkeit erfolgt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß diese zusätzlich wenigstens eine Tilgermasse (113) aufweist, die über ein gegebenenfalls zuschaltbares Feder-Dämpferelement (115) mit der Masse (11) verbunden ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zuschaltung über ein Kopplungselement auf Basis einer elektrorheologischen oder magnetorheologischen Flüssigkeit erfolgt.
4. Vorrichtung nach den Ansprüchen 2 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß sie wenigstens eine weitere Hilfsmasse (114) aufweist, die über ein weiteres gegebenenfalls zuschaltbares Feder-Dämpferelement (116) mit der Tilgermasse (113) verbunden ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Feder-Dämpfer-Kopplungselemente eine Kombination aus Torsions-, Spiral- oder Gasdruckfedern mit auf elektrorheologischen Flüssigkeiten bzw. magnetorheologischen Flüssigkeiten basierenden Dämpfern sind.
6. Vorrichtungen nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Federelemente Gasdruckfedern (81, 81', 82) sind.

7. Hydraulisches Federungssystem auf Basis von zwei oder mehreren Gasdruckfedern (81, 81', 82), dadurch gekennzeichnet, daß eine Gasdruckfeder (81) ein ERF- oder MRF-Dämpferelement (86) aufweist und über mindestens ein weiteres Dämpfer- bzw. Koppelement (87) auf Basis von ERF oder MRF mit einer weiteren Gasdruckfeder (82) verbunden ist.
8. Verwendung der Vorrichtungen gemäß den Ansprüchen 1 bis 6 zur Modifikation mechanischer Eigenschwingungen in Maschinen, Fahrzeug-Fahrwerken oder Motoren insbesondere Auswuchtmassen, Werkzeugmaschinen, Unwichterregern, Prüfmaschinen, Resonanzprüfmaschinen, Wechselbiegemaschinen, Siebförderer, Exenterpressen, Kurbelgetriebe, Schwing- und Resonanzantrieben, Schwinggetrieben, Verbrennungselektrontomotoren oder Motorlagerungen.

- 1 / 9 -

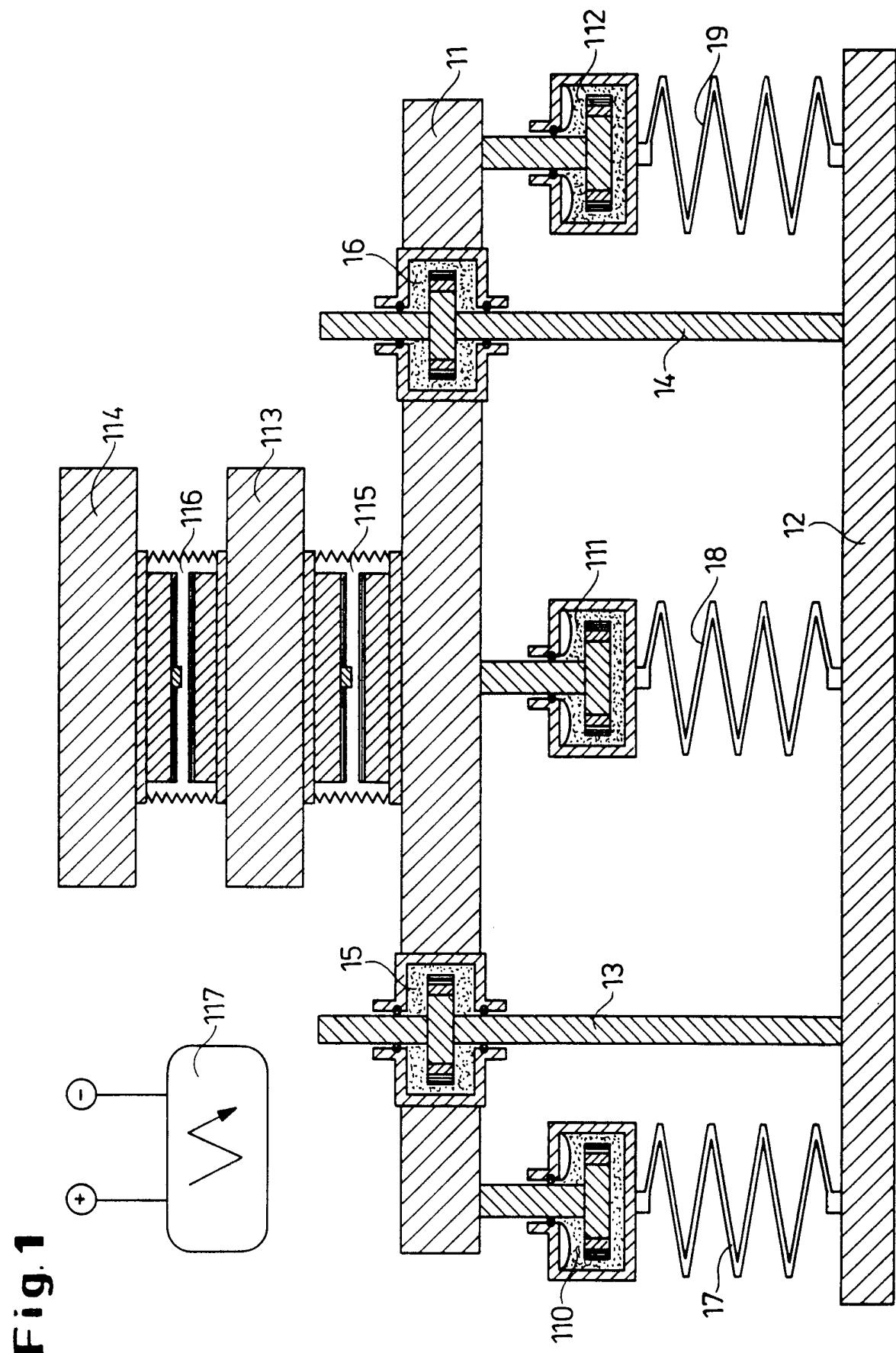
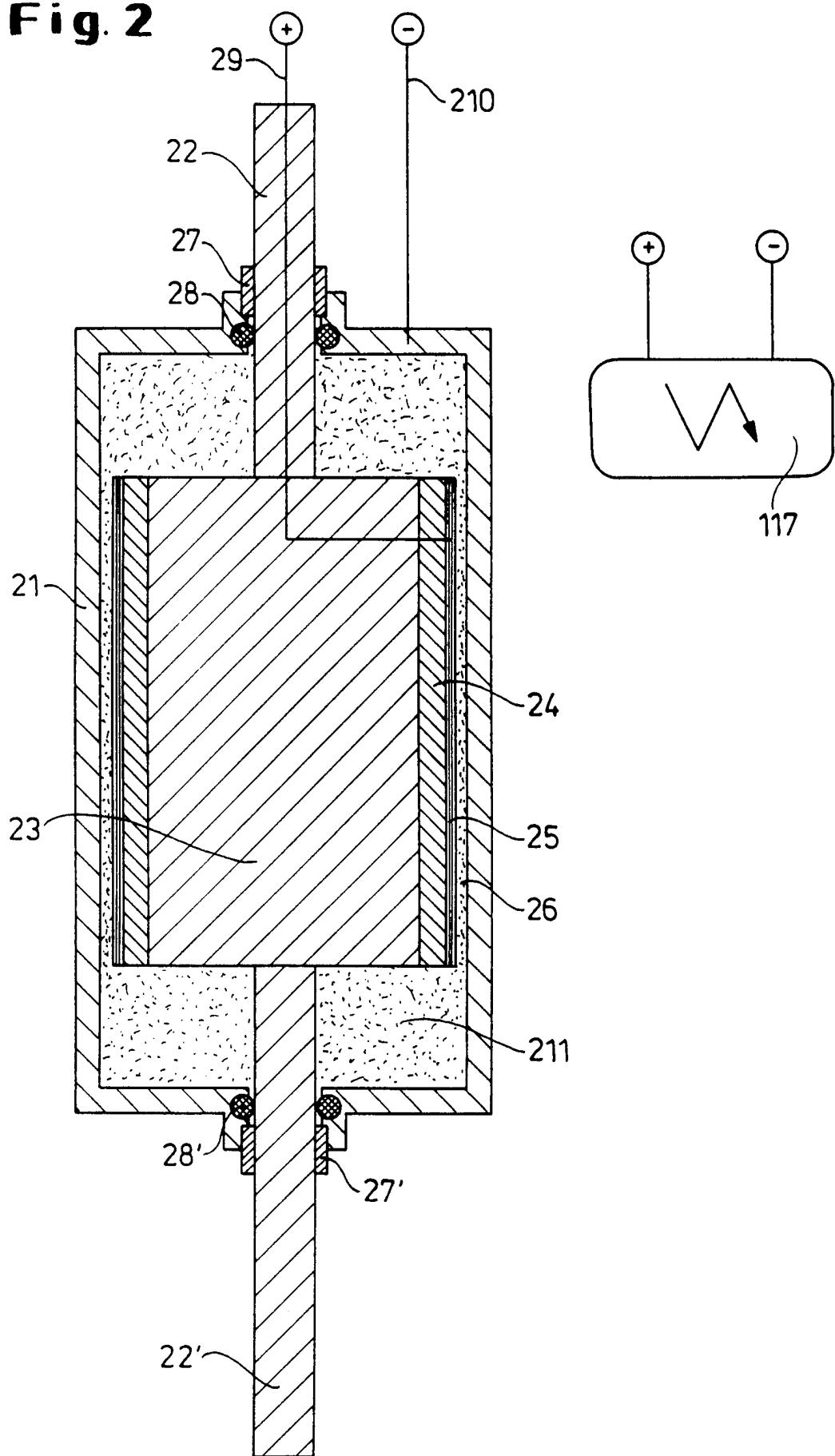
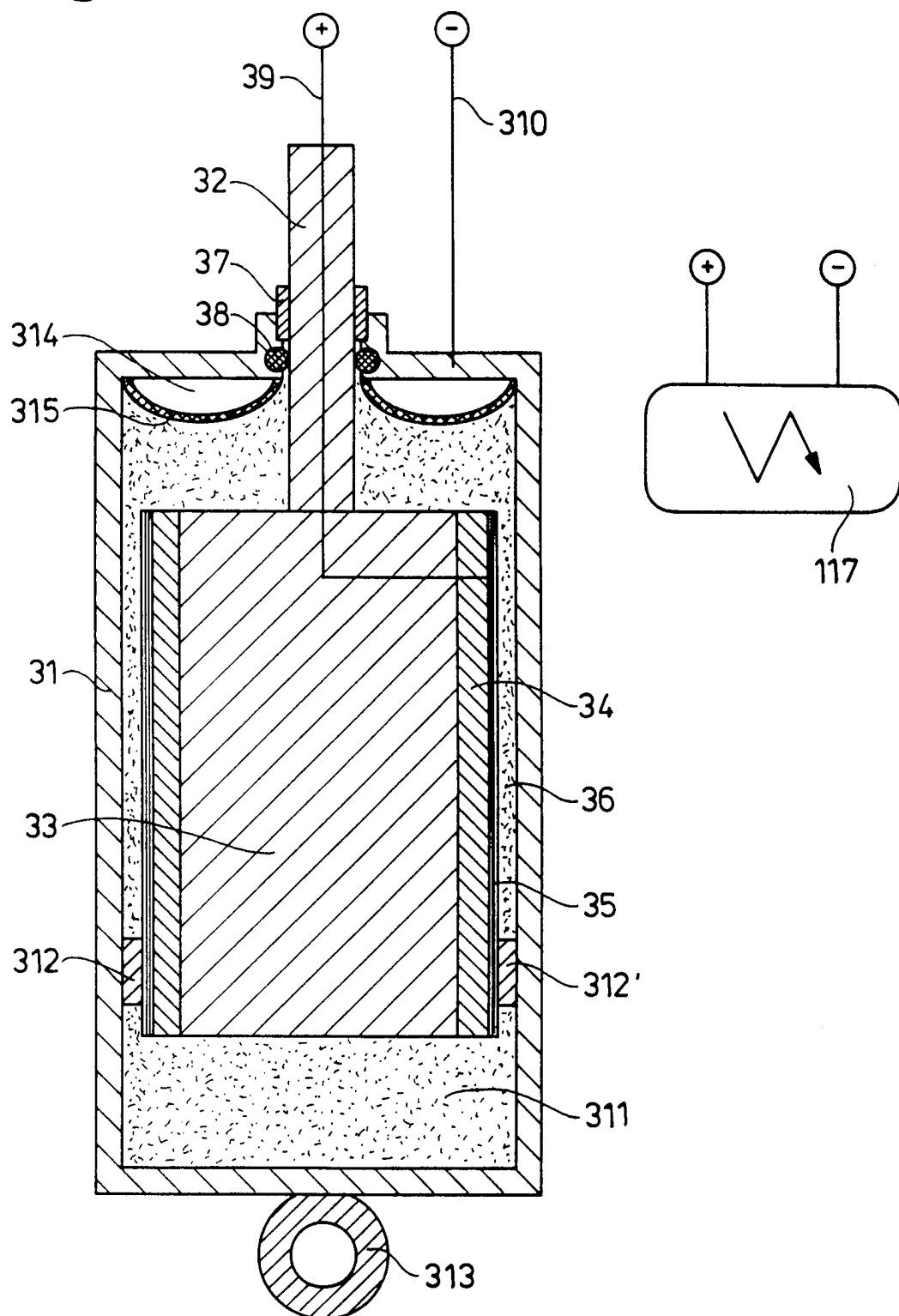


Fig. 1

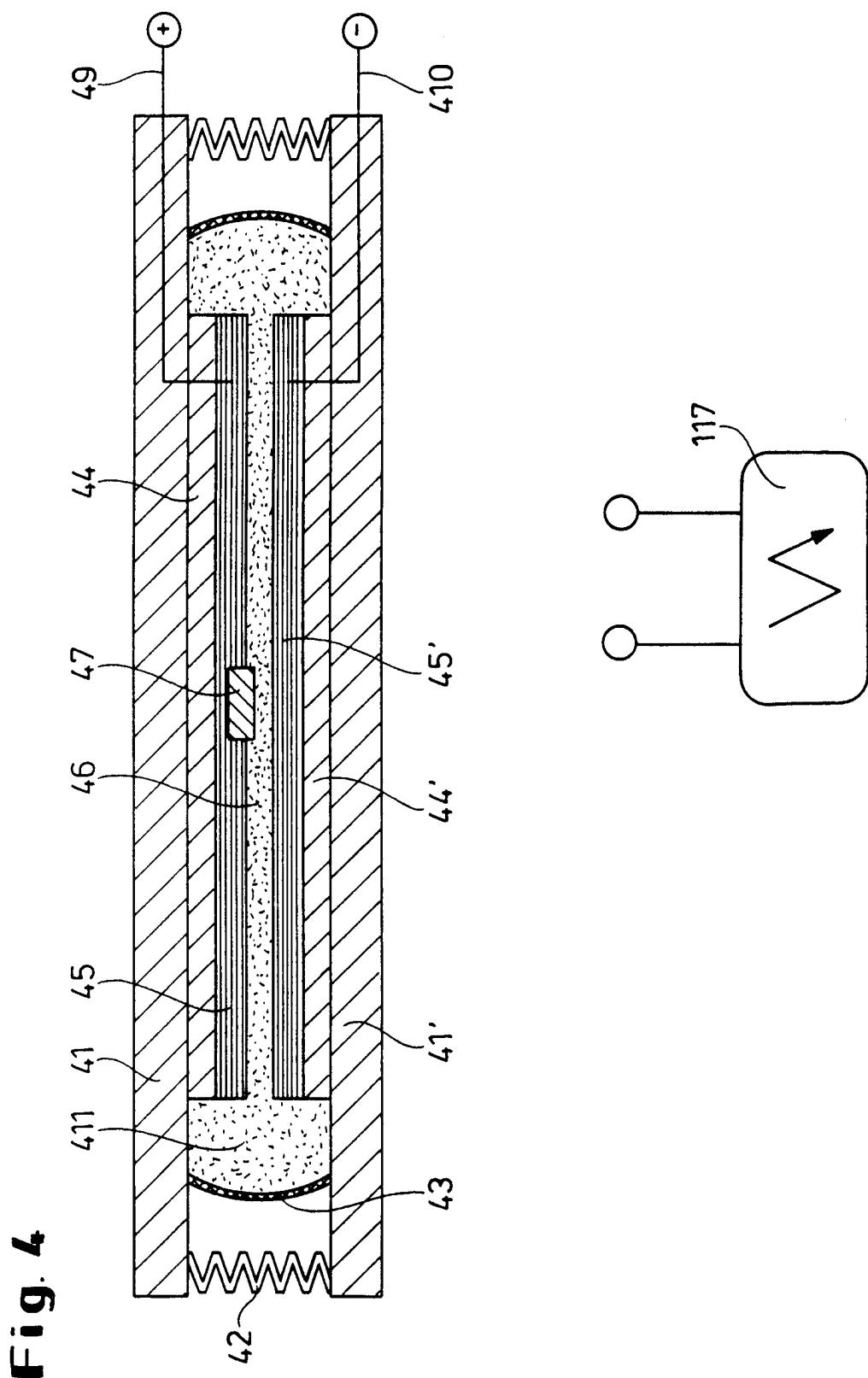
- 2 / 9 -

**Fig. 2**

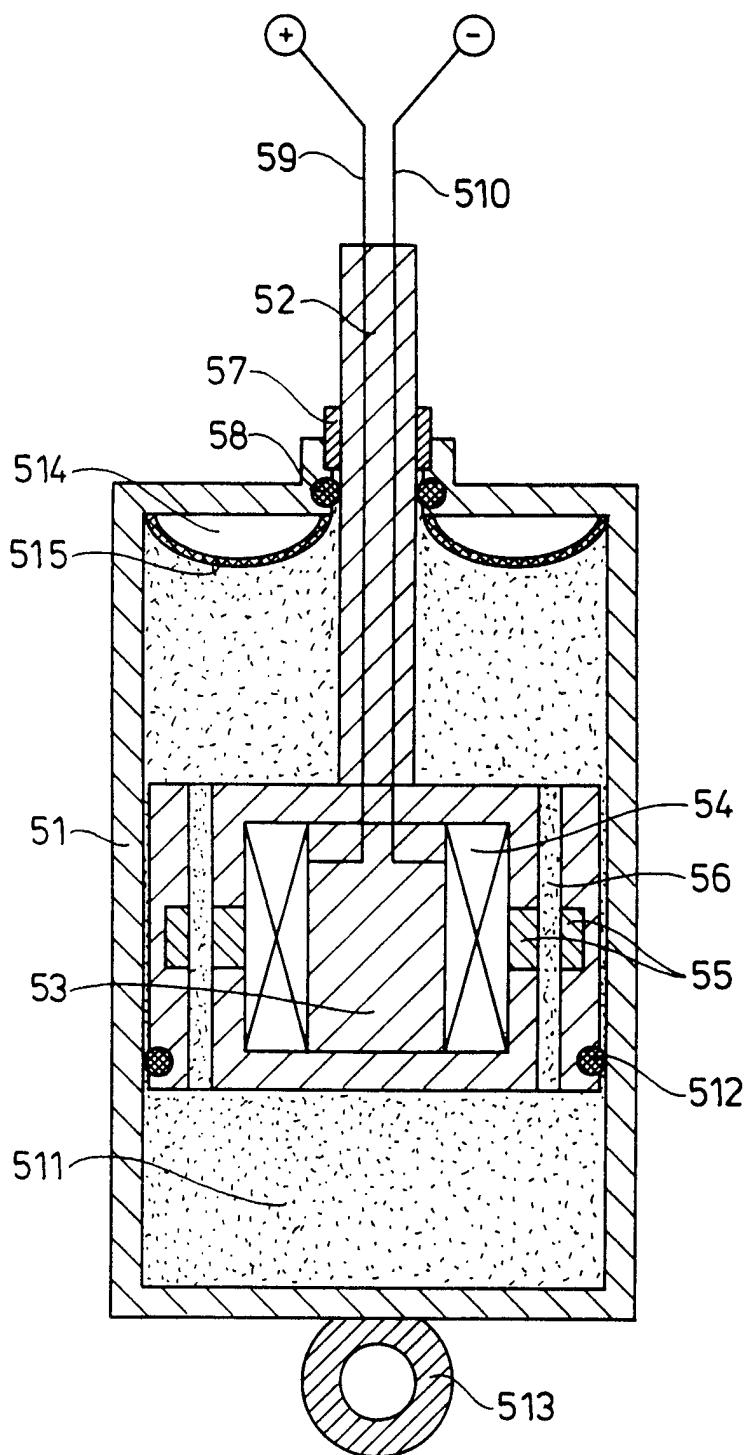
- 3 / 9 -

**Fig. 3**

- 4 / 9 -



- 5 / 9 -

**Fig. 5**

- 6 / 9 -

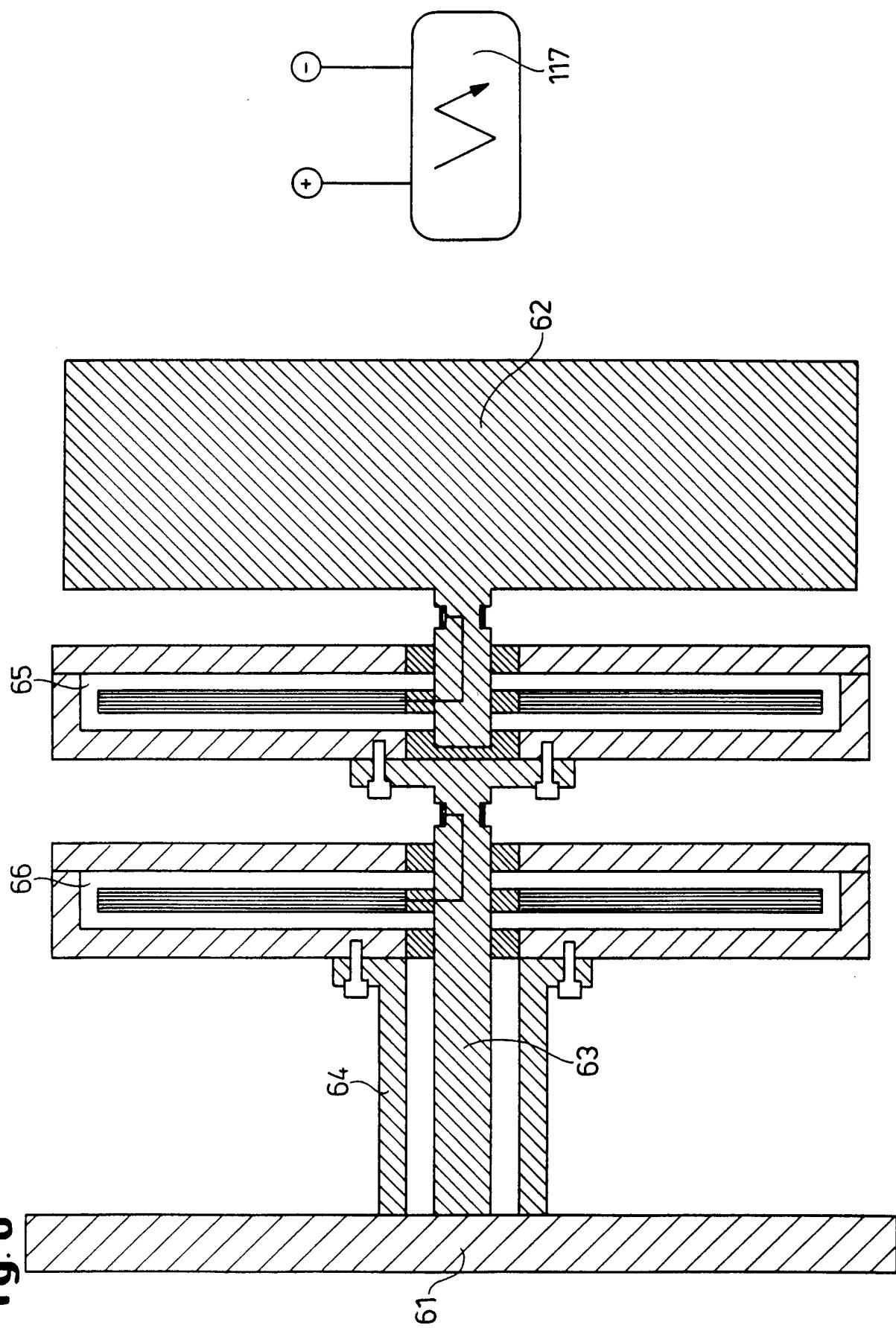
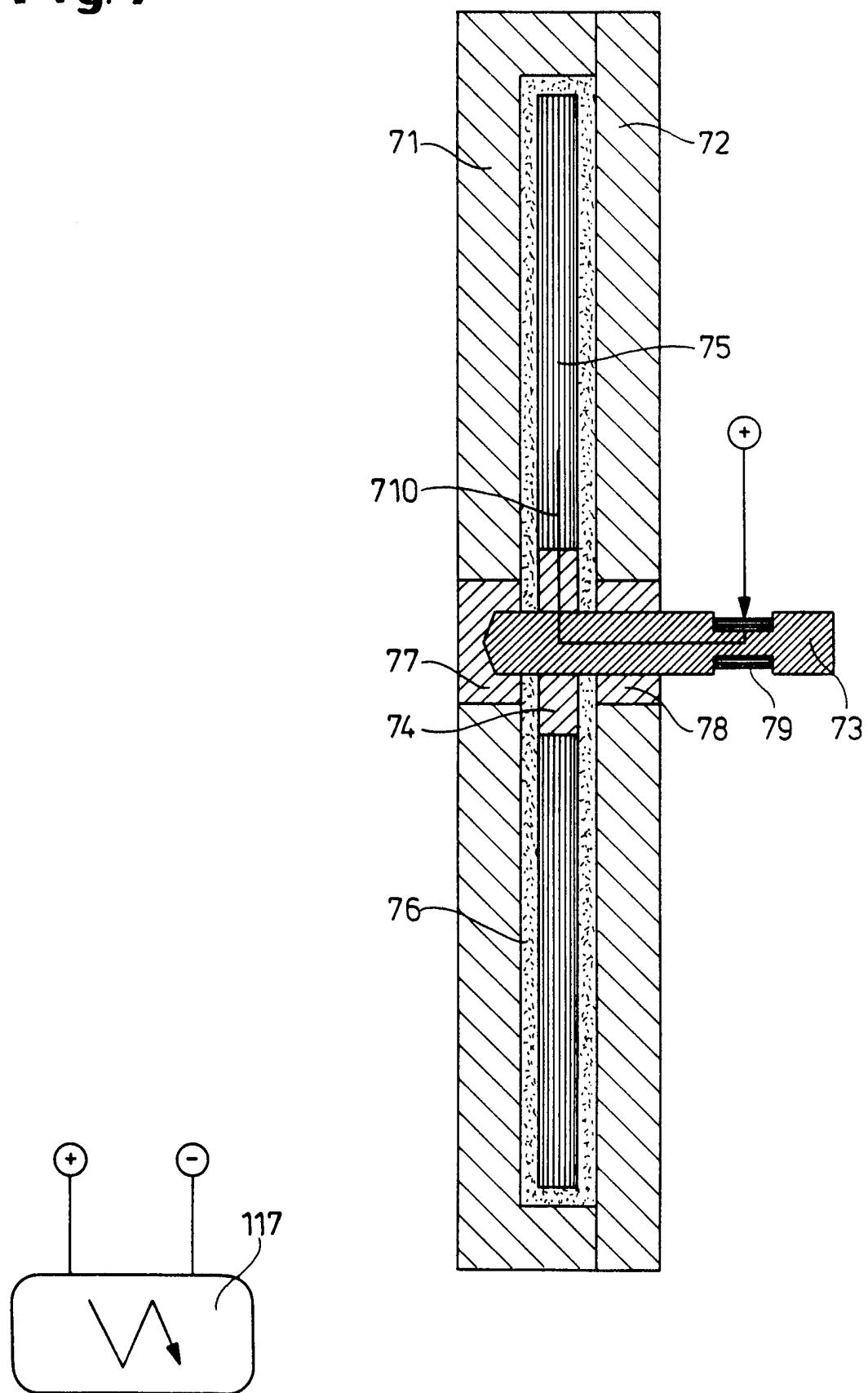


Fig. 6

- 7 / 9 -

**Fig. 7**

- 8 / 9 -

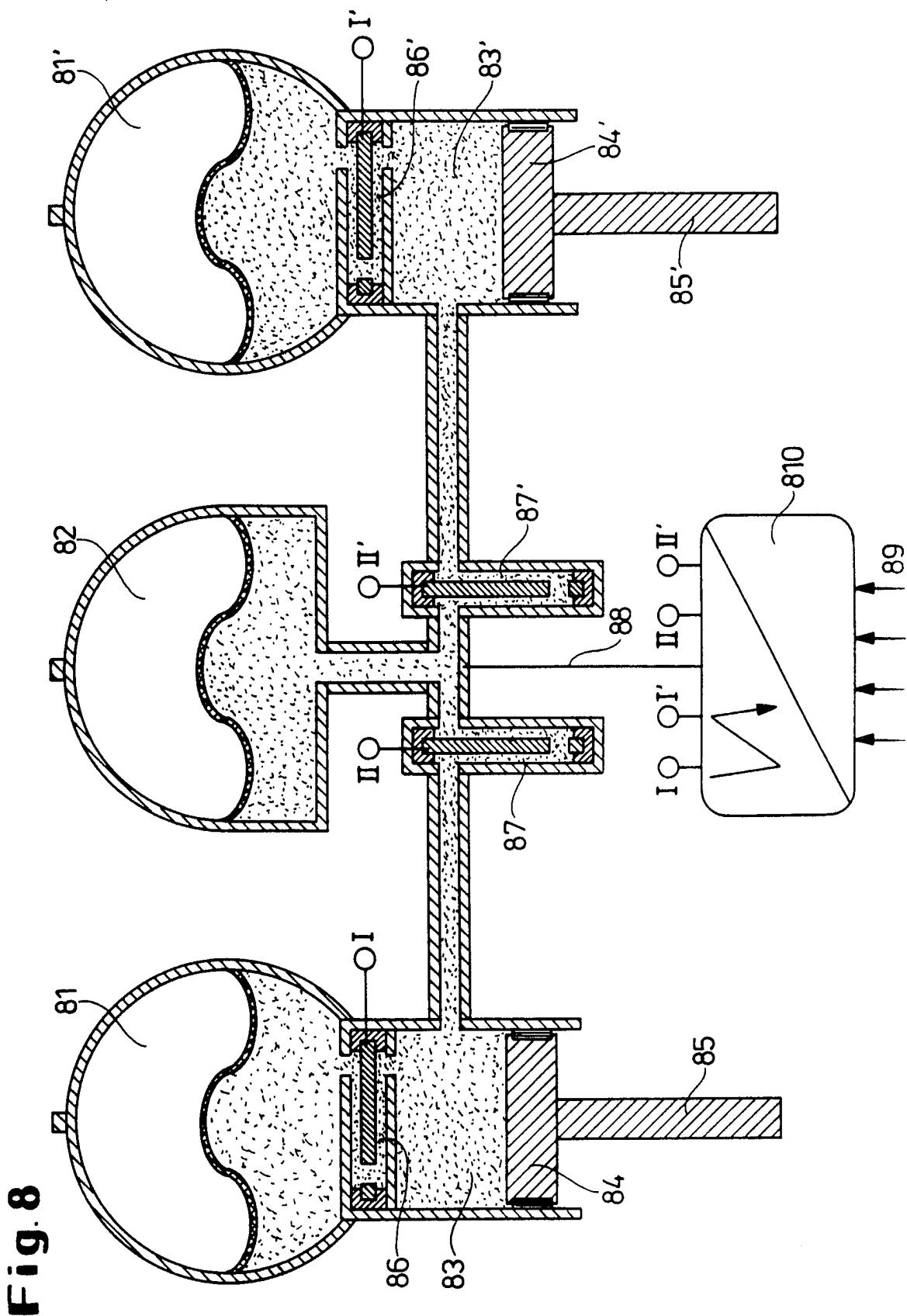


Fig. 8

- 919 -

**Fig. 9**