



⑫ **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

④⑤ Veröffentlichungstag der Patentschrift :  
**20.05.92 Patentblatt 92/21**

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup> : **F02M 69/04, F02M 45/10,  
F02M 51/08**

②① Anmeldenummer : **89117969.9**

②② Anmeldetag : **28.09.89**

⑤④ **Für Verbrennungskraftmaschine vorgesehene Kraftstoff-Einspritzdüse mit steuerbarer Charakteristik des Kraftstoffstrahls.**

③⑩ Priorität : **29.09.88 DE 3833093**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung :  
**04.04.90 Patentblatt 90/14**

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die  
Patenterteilung :  
**20.05.92 Patentblatt 92/21**

⑧④ Benannte Vertragsstaaten :  
**ES**

⑤⑥ Entgegenhaltungen :  
**EP-A- 0 036 617**  
**DE-A- 2 123 635**  
**US-A- 4 211 199**  
**PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 9, no.**  
**142 (M-388)(1865) 18 Juni 1985 & JP-A-60 22066**  
**(HITACHI KINZOKU K.K.) 04 Februar 1985**  
**PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 7, no.**  
**283 (M-263)(1428) 16 Dezember 1983, & JP-**  
**A-58 158366 (HITACHI SEISAKUSHO K.K.)**  
**20 September 1983**

⑦③ Patentinhaber : **SIEMENS**  
**AKTIENGESELLSCHAFT**  
**Wittelsbacherplatz 2**  
**W-8000 München 2 (DE)**

⑦② Erfinder : **Hohm, Dietmar, Dr.**  
**Sepp-Herberger-Strasse 21**  
**W-8056 Neufahrn (DE)**  
Erfinder : **Kleinschmidt, Peter, Dipl.-Phys.**  
**Klagenfurter-Strasse 12**  
**W-8000 München 80 (DE)**  
Erfinder : **Meixner, Hans, Dr.**  
**Max-Planck-Strasse 5**  
**W-8013 Haar (DE)**  
Erfinder : **Stein, Dieter, Dipl.-Phys.**  
**Albrecht-Dürer-Ring 74**  
**W-8150 Holzkirchen (DE)**

**EP 0 361 480 B1**

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).

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Kraftstoff-Einspritzdüse wie sie im Oberbegriff des Patentanspruches 1 angegeben ist.

5 Schon seit langem ist es zunächst für Dieselmotore und dann für Ottomotore bekannt, den für den Betrieb notwendigen Kraftstoff an einer jeweils vorgegebenen Stelle der Verbrennungskraftmaschine unter Druck einzuspritzen. Es kann dies Kraftstoffeinspritzung in einen Raum hinter dem Einlaßventil sein. Für Ottomotore ist auch Einspritzung auf das Einlaßventil oder in das Saugrohr vor dem Einlaßventil üblich.

10 Es gibt bestrebungen in der Richtung, eine Einspritzdüse so auszugestalten und zu betreiben, daß sie ein feineres Aerosol erzeugt, als dies mit einer Einspritzdüse ohnehin üblich und/ oder möglich ist. Bei solchen Einspritzdüsen ist, wie aus der EP-A-36 617 bekannt, zusätzlich Ultraschall-Vibration vorgesehen, wie dies für Ultraschall-Flüssigkeitszerstäuber schon seit langen bekannt war. Die anzuwendende Ultraschallfrequenz liegt für Flüssigkeitszerstäubung im bereich von notwendigerweise oberhalb 100 KHz. Die genaue Frequenz und die Ausgestaltung eines jeweils vorgesehenen ultraschallfrequent-schwingenden Teils der Düse sind voneinander abhängig. Die Einspritzdüse erzeugt dabei für sich genommen einen der konstruktiven Ausgestaltung entsprechend geformten Kraftstoffstrahl, dessen Flüssigkeitsbestandteile von dem ultraschallfrequent-schwingenden Teil der ganzen Düse dann zu einem strömenden Tröpfchennebel, bestehend aus feinen Aerosoltröpfchen, zerstäubt wird. Gleichartiges geht aus der JP-A-60 22 066 für den Fachmann hervor.

15 Die vorliegende Erfindung ist mit einer in eine andere Richtung gehenden Entwicklung befaßt, nämlich Maßnahmen zur geeigneten Wahl der Form des Kraftstoffstrahls zu treffen.

20 Alle bekannten Kraftstoffeinspritzdüsen haben eine durch ihre Konstruktion vorgegebene charakteristische Form des Kraftstoffstrahls. Die Form des Kraftstoffstrahls ist bekanntlich für die Luft-Kraftstoff-Gemischbildung wichtig, und zwar nicht nur im Hinblick auf minimalen spezifischen Kraftstoffverbrauch, sondern auch im Hinblick auf Umweltbelastung durch unerwünscht auftretende Abgasanteile, und wichtig für die Laufruhe des Motors. Zum Beispiel wird unterschieden zwischen von einer Kraftstoff-Einspritzdüse, die einen Fadenstrahl erzeugt und einer Düse, die einen Kegelstrahl liefert. Beide Strahlformen haben für sich charakteristisch im übrigen u.a. auch unterschiedliche Größenverteilungen der Tröpfchen des aus der Düse gespritzten Kraftstoffes.

30 Von Parametern einer jeweiligen Verbrennungskraftmaschine und deren Konstruktionsmerkmalen sowie dem jeweiligen Lastzustand abhängig sind jeweils verschiedene Strahlformen optimal.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, Maßnahmen anzugeben, mit denen außerdem auch für unterschiedliche Betriebszustände der Verbrennungskraftmaschine wenigstens weitgehend jeweils optimale Gemischbildung mit der ausgewählten Einspritzdüse zu erreichen ist.

35 Diese Aufgabe wird mit den Maßnahmen des Patentanspruches 1 gelöst und weitere Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Der vorliegenden Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, an einer bzw. für eine Kraftstoff-Einspritzdüse technische Mittel vorzusehen, mit denen im Betrieb die charakteristische Form des Kraftstoffstrahls dieser Düse elektrisch steuerbar verändert werden kann. Es wird erfindungsgemäß mit diesen Mitteln die Form des Strahls der Düse so gesteuert, daß verschiedene Öffnungswinkel des Einspritzstrahls, vom (schlanken) Fadenstrahl bis zu einem Kegelstrahl mit z.B. 70. Öffnungswinkel oder sogar noch größer erreichbar sind.

40 Mit einer erfindungsgemäßen Einspritzdüse läßt sich im Betrieb die Strahlform steuerbar verändern und optimal anpassen.

Außerdem wird dabei eine steuerbare Veränderung der Verteilung der Tröpfchengröße durchgeführt. Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf Niederdruck-Einspritzung mit etwa 1 bis 10 bar.

45 In der überwiegenden Anzahl der Fälle sind Kraftstoff-Einspritzdüsen gleichzeitig auch Einspritzventile. Der Ventiltrieb kann dabei auf der Wirkung des vom einzuspritzenden Kraftstoff ausgeübten Flüssigkeitsdruckes beruhen. Zunehmend werden aber Einspritzdüsen mit elektromechanischen Einrichtungen zum Öffnen und Schließen ihres Ventilateils versehen. Vorwiegend sind hierzu elektromagnetische Ausführungen vorgesehen worden. Es gibt bereits auch Kraftstoff-Einspritzdüsen mit Ventileinrichtung mit piezoelektrischem Antrieb.

50 Mit der vorliegenden Erfindung ist erreicht, unter Einhaltung von als besonders sinnvoll erkannten Randbedingungen eine Lösung zu haben, die es ermöglicht, solche variierten Strahlformen mit einer einzigen Einspritzdüse einstellen zu können, die den verschiedenartigen Betriebsbedingungen eines Verbrennungs-Kolbenmotors weitestgehend optimal angepaßt sind. Diese verschiedenen Betriebsbedingungen sind insbesondere zum einen die Kaltstart-Phase und andererseits der Dauerbetrieb des Motors mit stationär durchgewärmtem Motor. Es wäre denkbar, insbesondere für die beiden vorangehend genannten Betriebszustände zwei verschiedene Einspritzdüsen vorzusehen, die jede auf die ihr zugeordnete Betriebsphase optimiert sein könnte. Es soll aber nur eine Einspritzdüse vorgesehen sein. Bezüglich der Kaltstart-

Phase ist vor allem die Randbedingung zu erfüllen, daß der jeweils im Ansaugtakt des Motors eingespritzte Kraftstoff als kegelförmiger Strahl so stark zerstäubt in den Zylinder gelangt, daß auch tatsächlich die bestimmungsgemäße Kraftstoffvermischung mit Luft und damit Kraftstoffverbrennung erfolgt.

5 In der Dauerbetriebsphase, d.h. bei Betriebstemperatur aller Motorteile, ist insbesondere ein heißes Einlaßventil vorhanden, das sich hervorragend zur Kraftstoff-Feinverteilung bzw. -verdampfung eignet. Es ist auch dementsprechend durchaus üblich, den einzuspritzenden Kraftstoff mit einem weitgehend fadenförmigen oder nur gering aufgefächerten Einspritzstrahl auf den heißen Ventilteller zu richten und dort auftreffen zu lassen.

10 Im Zusammenhang mit der Erfindung ist festgestellt worden, daß es fallweise nicht unbedingt vorteilhaft ist, in der Dauerbetriebsphase eine schon direkt von der Einspritzdüse ausgehende größere insbesondere durch Ultraschall erzeugte Zerstäubung des einzuspritzenden Kraftstoffes vorzusehen. Es ist nämlich beobachtet worden, daß trotz hoher Betriebswärme des Motorblocks durchaus nachteilige Zustände bei schon von der Düse weg feinverteiltem bzw. zerstäubtem Kraftstoff auftreten. Zum einen können im doch nur begrenzt stark erwärmten Ansaugrohr noch Abscheidungen von Kraftstofftröpfchen erfolgen, die dann erst zeitverzögert zum falschen Zeitpunkt durch Wiederabdampfen in den Zylinder gelangen. Luftsäulenschwingungen im Ansaugrohr können ebenfalls zu Zuständen führen, daß schon vom Ort der Düse weg zerstäubter Kraftstoff nicht zum gewollten Zeitpunkt in den jeweiligen Zylinder gelangt. Damit sind in jedem Falle unerwünschte Verschiebungen hinsichtlich des Kraftstoff-Luft-Verhältnisses verbunden, das beabsichtigterweise möglichst genau zugemessenen sein soll.

20 Erfindungsgemäß ist die eine einzige Kraftstoff-Einspritzdüse pro Zylinder so ausgebildet, daß sie mehrere voneinander verschiedene, steuerbar wählbare Formen der "Strahlausbildung" bewirken kann. Aufgrund dieser Steuerbarkeit läßt sich mit einer erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzdüse, nämlich für den Dauerbetrieb, ein "Fadenstrahl" erzeugen, dessen Auftreffquerschnitt auf dem Ventil auf einen vorgebbaren Anteil der Ventilteller-Oberfläche begrenzt ist. Damit ist erreicht, daß der Kraftstoff möglichst "verlustlos" auf das Ventil und weiter sofort und ohne Umweg in den Zylinder gelangt. Das zugemessene optimale Kraftstoff-Luftverhältnis kann damit mit Sicherheit eingehalten werden. Aufgrund der Verdampfung des Kraftstoffs auf dem heißen Ventilteller ist sichergestellt, daß zur Verbrennung im Zylinder optimal fein verteiltes Kraftstoff-Luftgemisch zur Verfügung steht.

30 In der Kaltstartphase wird die erfindungsgemäße Einspritzdüse so gesteuert, daß eine gute Kraftstoff-Feinverteilung auftritt. Mit der erfindungsgemäßen Einspritzdüse wird für diese Betriebsphase des Motors ein Einspritz-"Strahl" erzeugt, der eine gewisse Aufspreizung nach Art eines Kegelstrahls besitzt. Ein solcher Kegelstrahl hat die Eigenschaft, daß, und zwar erst in einer gewissen Entfernung von seiner Düsenöffnung, die Flüssigkeit erst im Strahl zerfällt und daß erst dann, aber für den Verbrennungsvorgang genügend zeitig, ein wesentlicher Anteil der Einspritzmenge in feiner Tröpfchenverteilung vorliegt. Der voranstehend erwähnte dabei auftretende Abstand ist dabei wichtig, denn damit kann erreicht werden, daß erst dicht vor oder gar erst am Einlaßventil diese Kraftstoff-Feinverteilung im Kegelstrahl vorliegt und ein Ausfallen von Tröpfchen z.B. an der Wandung des Ansaugrohres (also im Bereich zwischen der Düsenöffnung und dem Einlaßventil) ausgeschlossen ist. Dieser Vorteil tritt besonders bei solchen bekannten Einspritzdüsen auf, die eine integrierte Ultraschall-Flüssigkeitszerstäubung haben. Es ist ja zu berücksichtigen, daß die Kraftstoffeinspritzdüse nicht beliebig nahe dem Einlaßventil angeordnet werden kann.

40 Mit der Erfindung ist, und zwar schon mit nur bescheiden höherem Aufwand, auch für die Kaltstartphase ein wesentlich vorteilhafteres Ergebnis zu erreichen als es eine an sich bekannte Kraftstoff-Einspritzdüse, die für Ultraschall-Kraftstoffzerstäubung ausgebildet ist, verspricht. Es ist nämlich festgestellt worden, daß bei intermittierender, zylinderselektiver Einspritzung für wirklich quantitative Kraftstoffzerstäubung durch Ultraschall auch derart hohe Ultraschallenergie erforderlich wäre, wie sie in der Praxis zumindest mit Rücksicht auf die konstruktive Größe einer Einspritzdüse überhaupt nicht bereitgestellt werden kann.

45 Eine erfindungsgemäße Einspritzdüse ist so ausgelegt, daß sie einen schnell ansprechenden und schnell arbeitenden Antrieb für das Öffnen und Schließen der Düsenöffnung besitzt. Es kann im Einzelfall von Vorteil sein, und zwar insbesondere für optimales Erfüllen der Bedingungen im Leerlaufbetrieb, wenn die erfindungsgemäße Einspritzdüse eine solche mit proportionalem Antrieb bzw. proportionaler Einstellbarkeit der Düsenöffnung ist. Damit lassen sich nämlich leicht solche Zwischenwerte des Öffnungsgrades der Einspritzdüse definiert einstellen, mit denen eine genaue Zumessung der gerade im Leerlaufbetrieb in Betracht kommenden sehr geringen Einspritzmengen pro Einspritzvorgang einhalten.

55 Im praktischen Einsatz liegt die Betriebs-Folgefrequenz, z.B. für einen Vier-Zylinder- bzw. Sechs-Zylinder-Motor und damit die Folgefrequenz für das Öffnen ( $t_1$ ) und Schließen ( $t_2$ ) des Ventilateils der Einspritzdüse bei etwa 5 Hz bis 50 Hz. Entsprechend steile Anstiegs- und Abfallflanken des Öffnens und Schließens einer erfindungsgemäßen Einspritzdüse liegen bei einer Frequenz von erheblich oberhalb 1 kHz (mit entsprechender Periodendauer T) als obere Grenze des Fourierspektrums des Impulses des Öffnens und Schließens.

Die Anforderungen an eine erfindungsgemäße Einspritzdüse seien anhand der nachfolgenden, beispiel-

haften Betriebswerte für einen Mittelklasse-Personenwagen angegeben:

Der Treibstoffdurchsatz bei Daueröffnung der Einspritzdüse (in der Ansaugphase) beträgt ca. 6 g/s pro Zylinder. Dies entspricht nahezu Voll-Lastbetrieb.

Der Leerlaufdurchsatz eines solchen Motors beträgt etwa 0,4 mg/s pro Zylinder. Ersichtlich ergibt sich daraus ein zu bewältigender Dynamikbereich von vier Größenordnungen.

Besondere Ausführungsformen einer erfindungsgemäßen Einspritzdüse sind dadurch gekennzeichnet, daß die an sich dem Öffnen und Schließen der (auch als Ventil ausgebildeten) Einspritzdüse dienende Ventilschneide und/oder der Öffnungsquerschnitt der Düse in Hubbewegungen zu versetzen sind. In Abhängigkeit von der elektrisch einstellbaren Hub-Periode kann der Strahlquerschnitt, d.h. die Strahlform z.B. vom Fadenstrahl bis zum Kegelstrahl mit verschiedenen Öffnungswinkeln variiert werden. Zur Verdeutlichung dient die beigefügte Figur 1, die ein Zeit/Anregungs- bzw. Öffnungsdiagramm einer erfindungsgemäßen Einspritzdüse zeigt. Die erfindungsgemäße Einspritzdüse ist aufgrund des oben erwähnten schnellen Ansprechens ihrer Teile, insbesondere bei proportionalem Antrieb, in der Lage mit ihren Hubbewegungen periodisch den mechanischen Bewegungen der elektrischen Anregung zu folgen. Die in der Figur 1 gezeigte Modulation bezieht sich auf eine Ausführungsform nach Figur 2 bzw. 3. Die Anregungsfrequenzen für diese Hubbewegung liegen optimal im Bereich von 5 KHz bis 20 KHz, also weit unterhalb von Ultraschall-Zerstäubungsfrequenzen. Diese Bemessung gilt sowohl für Einspritzdüsen bzw. -ventile in Niederdrucksystemen (ca. 3bar) als auch für solche mit üblichem Durchmesser (0,3 bis 1 mm) der Düse.

Figur 2 zeigt einen prinzipiellen Aufbau einer erfindungsgemäßen Einspritzdüse 10 mit überlagerter, rasch wechselnder Hubbewegung der Düsennadel.

Figur 3 zeigt eine entsprechende Ausführungsform mit Hubbewegung des (Ventil-)Sitzes der Einspritzdüse 20.

Die Figuren 4 und 5 zeigen in Seiten- und in Frontansicht eine Ausführungsform 40 mit einer Vorrichtung zum Modulieren der wirksamen Einspritzöffnung.

Figur 6 zeigt eine piezokeramische Antriebseinrichtung.

Figur 7 zeigt eine magnetostriktive Antriebseinrichtung und

Figur 8 eine elektrodynamische Antriebseinrichtung für eine erfindungsgemäße Einspritzdüse.

Figur 9 zeigt eine erfindungsgemäße Einspritzdüse in kompletter Ausführung.

In Figur 2 ist mit 11 die Düsennadel bezeichnet, die auch als Ventilschneide wirkt. Sie befindet sich in demjenigen Düsenteil 12, das als Düsenöffnung 13 die dargestellte Bohrung besitzt. Ist die Einspritzdüse geschlossen, so verschließt das vordere Ende der Düsennadel 11 die Düsenöffnung 13. Mit 14 ist auf die steuerbare Beweglichkeit der Düsennadel 11 hingewiesen. Im geöffneten Zustand der Einspritzdüse strömt mit 15 angedeuteter Kraftstoff entlang der Düsennadel 11 und innerhalb des Düsenteils 12 zur Düsenöffnung 13, um einen die dargestellte Charakteristik 15 aufweisenden Einspritzstrahl mit Kegelform zu bilden. Diese Strahlform 15 ergibt sich dadurch, daß der in Öffnungsposition befindlichen Düsennadel 11 die mit 14 angedeutete zusätzliche wechselnde Hubbewegung überlagert ist. Mit 16 ist auf die bereits oben angesprochene (hier sogar noch verkürzt dargestellte) Wegstrecke hingewiesen, innerhalb der, ausgehend von der Düsenöffnung 13, der ausgespritzte Kegelstrahl noch keine wesentliche Zerteilung in Tröpfchen aufweist. Dies zeigt im übrigen deutlich den Unterschied zu Ultraschall-Kraftstoffzerstäubung, bei der die Tröpfchen am schwingenden Teil entstehen und von diesem ausgehen.

Bezüglich der Figur 3 kann weitgehend auf zur Figur 2 beschriebene Einzelheiten verwiesen werden. Zur Figur 2 bereits beschriebene Bezugszeichen haben in Figur 3 gleiche oder wenigstens sinnmäßige Bedeutung. Für die Ausführungsform nach Figur 3 ist wechselnde Hubbewegung für das Düsenteil 12 mit der Düsenöffnung 13 vorgesehen. Für eine Ausführungsform nach Figur 3 ergibt sich eine Strahlform, die im wesentlichen derjenigen der Ausführungsform nach Figur 2 entspricht.

Die Figuren 4 und 5 zeigen eine im Bereich der Düsenöffnung 13 am Düsenteil 12 angebrachte Zusatzeinrichtung. Die Figur 5 zeigt eine zur Figur 4 gehörende stirnseitige Ansicht, d.h. eine Ansicht entgegen dem ausgespritzten Strahl. Diese zusätzliche Einrichtung 51 der eigentlichen Einspritzdüse der Figuren 4 und 5 bestehen aus z.B. vier stabförmigen Fortsetzungen 151, die jede für sich zu Hubbewegungen anzuregen sind. Diese Hubbewegungen sind mit den einzelnen Pfeilen 54 angedeutet. Diese Hubbewegungen 54 sind Biegebewegungen der Teile 151. Diese Teile 151 bilden Längsführungen für den aus der Düsenöffnung 13 austretenden Kraftstoffstrahl 45. Die zu dessen Strahlrichtung transversalen wechselnden Hubbewegungen 54 führen zur einer wie mit 55 dargestellten Strahlform.

Das Antriebselement 6 nach Figur 6 besteht aus einem Stapel piezoelektrisch anregbarer Scheiben 61. Diese Scheiben sind mit nicht dargestellten flächigen Elektroden versehen. Solche Stapel sind an sich prinzipiell bekannt und sie werden auch im vorliegenden Falle mit gesteuerter elektrischer Spannung gespeist. Insbesondere erfolgt Speisung mit Wechsellspannung, und zwar vorzugsweise mit einer solchen mit einer derartigen Frequenz, die zu Resonanzschwingungsbewegungen der Hubbewegung 114 des Stapels bzw. des

Antriebes 6 führt.

Die Figur 7 zeigt eine magnetostruktive Ausführungsform 7 eines Antriebes. Mit 71 ist ein zu Magnetostruktions-Bewegungen anregbarer Stab bezeichnet, der sich im Inneren einer Magnetfeldspule 72 befindet. Diese Magnetfeldspule 72 wird mit elektrischer Spannung gespeist, und zwar vorzugsweise wiederum mit einer Frequenz, die zu Resonanz mit einer Eigenschwingung des Stabes 71 führt, die zu entsprechend großer Hubamplitude der Hubbewegung 114 führt.

In Figur 8 ist ein Antrieb 8 mit Tauchspule 81 und Topfmagnet 82 dargestellt, wie er prinzipiell von Lautsprechern her bekannt ist. Eine solche Einrichtung führt bei entsprechender elektrischer Wechselanregung zu mechanischen Hubbewegungen 114. Es kann auch hier Resonanzanregung bewirkt werden.

Figur 9 zeigt ein Beispiel einer erfindungsgemäßen Einspritzdüse. Zu den vorangehend beschriebenen Figuren angegebene Einzelheiten haben in Figur 9 dieselbe Bedeutung.

Mit 91 ist ein Aktuator, beispielsweise ein Stapel aus piezoelektrischen Platten bestehend, bezeichnet. Durch Anlegen elektrischer Spannung zwischen den Anschlüssen 92 und 93 ändert dieser Aktuator seine Länge und treibt damit den Stößel 94 und die mit dem Stößel 94 verbundene Düsennadel 11 an. Der Aktuator 91 dient zum Öffnen und Schließen des Ventils durch Bewegung der Ventalnadel 11. Mit 95 ist die Zuflußöffnung der Einspritzdüse für den Kraftstoff bezeichnet.

Mit 96 ist zusammengenommen die Antriebseinrichtung für die erfindungsgemäß auszuführende Wechsel-Hubbewegung bezeichnet. Diese Antriebseinrichtung umfaßt bei diesem Beispiel mehrere Stapel 97 mit den elektrischen Anschlußleitungen 98 und 99. Zwischen die Anschlüsse 98 und 99 ist die Antriebs-Wechselspannung für diese Hubbewegung anzulegen. Bei (wechselnder) Längenänderung der Plattenstapel 97 infolge des piezoelektrischen Effekts ergibt sich entsprechende Längenänderung des Gehäuses 100 der Antriebseinrichtung 96. Da, wie aus der Figur ersichtlich, das äußere Gehäuse 12 der Einspritzdüse (abgedichtet) geteilt ist, führt dieses Düsenteil 12 durch das Arbeiten des Antriebs 96 die erfindungsgemäßen Wechsel-Hubbewegungen aus, und zwar gegenüber der bei diesem Beispiel in geöffnetem Zustand stillstehenden Düsennadel. Dies entspricht der schon oben im Zusammenhang mit der Figur 3 beschriebenen Ausführungsvariante der Erfindung.

## Patentansprüche

1. Kraftstoff-Einspritzdüse für Verbrennungskraftmaschinen, insbesondere zur Niederdruckeinspritzung, mit

- einer in einem Düsenteil (12) angeordneten Düsenbohrung (13),
- einer Düsennadel (11),

- einem Antrieb (91) mit elektrischer Eingangsgröße (92, 93), mittels dessen die Düsennadel (11) in eine Schließ-Stellung bewegbar ist, in der sie die Düsenbohrung (13) schließt, und in eine Offen-Stellung bewegbar ist, in der sie die Düsenbohrung (13) freigibt, und

- Mittel (96), mit denen wenigstens einem Teil (11, 12, 51) der Einspritzdüse, das sich im Bereich der Ausbildung (15, 25, 55) des Einspritzstrahls befindet, während der Offen-Stellung der Düsennadel (11) eine Wechsel-Hubbewegung vermittelbar ist, wobei diese Mittel (96) mit einer elektrischen Eingangsgröße anregbar und konstruktiv so ausgebildet sind, daß die Periodendauer (T) für die Wechsel der Hubbewegung mehrfach kleiner ist als die vorgegebene Mindestöffnungszeit ( $t_{\text{aus}} - t_{\text{ein}}$ ) der Einspritzdüse, **dadurch gekennzeichnet,**

- daß die Mittel (96) zur Anregung der Wechsel-Hubbewegung des mindestens einen Teils (11, 12, 55) der Einspritzdüse Hubbewegungen mit einer Periodendauer (T) vermitteln, die einer Anregungsfrequenz zwischen 5 KHz und 20 KHz entsprechen, und

- daß durch eine Steuerung der elektrischen Eingangsgröße der Mittel (96) für die Wechsel-Hubbewegung der Öffnungswinkel des Einspritzstrahls der Einspritzdüse veränderbar ist.

2. Einspritzdüse nach Anspruch 1,

**gekennzeichnet dadurch,**

daß zur Anregung der Wechsel-Hubbewegung (14, 24) Wechselspannung (U) zusätzlich zur anzulegenden elektrischen betätigungsspannung ( $U_{\text{ein/aus}}$ ) zum Öffnen der Düse anlegbar ist.

3. Einspritzdüse nach Anspruch 1 oder 2,

**gekennzeichnet dadurch,**

daß die Mittel zur Ausführung der Wechsel-Hubbewegung (114, 14, 24, 54) ein Resonanzsystem bilden.

4. Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

**gekennzeichnet dadurch,**

daß die Mittel zur Anregung der Wechsel-Hubbewegung (114, 14, 24, 54) derart ausgebildet sind, daß die

Düsennadel (11) diese Wechsel-Hubbewegungen (14, 24, 54, 114) ausführt. (Fig. 2)

5. Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

**gekennzeichnet dadurch,**

daß die Mittel zur Anregung der Wechsel-Hubbewegung (114, 14, 24, 54) derart ausgebildet sind, daß ein Anteil der Düsenbohrung (12, 13) diese Wechsel-Hubbewegung ausführt. (Fig. 3)

6. Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

**gekennzeichnet dadurch,**

daß longitudinale Wechsel-Hubbewegung (14, 24) vorgesehen ist.

7. Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

**gekennzeichnet dadurch,**

daß transversale Wechsel-Hubbewegung (54) vorgesehen ist.

8. Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

**gekennzeichnet dadurch,**

daß die Mittel zur Anregung der Wechsel-Hubbewegung eine piezoelektrische Anregungseinrichtung (6) umfassen.

9. Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

**gekennzeichnet dadurch,**

daß die Mittel zur Anregung der Wechsel-Hubbewegung eine elektrodynamische Einrichtung (8) mit homogenem Magnetfeld umfassen.

10. Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

**gekennzeichnet dadurch,**

daß diese Mittel zur Anregung der Wechsel-Hubbewegung magnetostriktive Einrichtung (7) umfassen.

11. Einspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

**gekennzeichnet dadurch,**

daß diese Mittel zur Anregung der Wechsel-Hubbewegung eine elektromagnetische Einrichtung (7, 8) umfassen.

## Claims

1. Fuel injection nozzle for combustion engines, preferably for low-pressure injectio, having

– a nozzle bore (13) arranged in a nozzle part (12),

– a nozzle needle (11),

– a drive (91) having an electrical input variable (92, 93) by means of which the nozzle needle (11) can be moved into a closing position, in which it closes the nozzle bore (13), and into an open position, in which it frees the nozzle bore (13), and

– means (96) by which, during the open position of the nozzle needle (11), an alternating stroke movement can be imparted to at least a part (11, 12, 51) of the injection nozzle which is situated in the region of the formation (15, 25, 55) of the injection jet, these means (96) being excitable by an electrical input variable and being designed structurally in such a way that the period (T) for the alternation of the stroke movement is many times smaller than the predetermined minimum opening time ( $t_{\text{off}} - t_{\text{on}}$ ) of the injection nozzle, characterised in that

– the means (96) for exciting the alternating stroke movement of the said part (11, 12, 51), of which there is at least one, of the injection nozzle impart stroke movements with a period (T) which corresponds to an excitation frequency of between 5 kHz and 20 kHz, and

– the opening angle of the injection jet of the injection nozzle can be altered by control of the electrical input variable of the means (96) for the alternating stroke movement.

2. Injection nozzle according to claim 1,

characterised in that,

to excite the alternating stroke movement (14, 24), alternating voltage (U) can be applied in addition to the electrical actuating voltage ( $U_{\text{on/off}}$ ) to be applied for opening the nozzle.

3. Injection nozzle according to Claim 1 or 2,

characterised in that

the means for executing the alternating stroke movement (114, 14, 24, 54) form a resonant system.

4. Injection nozzle according to any of Claims 1 to 3,

characterised in that

the means for exciting the alternating stroke movement (114, 14, 24, 54) are designed in such a way that the nozzle needle (11) executes these alternating stroke movements (14, 24, 54, 114). (Fig. 2)

5. Injection nozzle according to any of Claims 1 to 3, characterised in that the means for exciting the alternating stroke movement (114, 14, 24, 54) are designed in such a way that a portion of the nozzle bore (12, 13) executes this alternating stroke movement. (Fig. 3)

6. Injection nozzle according to any of Claims 1 to 5, characterised in that longitudinal alternating stroke movement (14, 24) is provided.

7. Injection nozzle according to any of Claims 1 to 5, characterised in that transverse alternating stroke movement (54) is provided.

8. Injection nozzle according to any of Claims 1 to 7, characterised in that the means for exciting the alternating stroke movement comprise a piezoelectric excitation device (6).

9. Injection nozzle according to any of Claims 1 to 7, characterised in that the means for exciting the alternating stroke movement comprise an electrodynamic device (8) with a homogeneous magnetic field.

10. Injection nozzle according to any of Claims 1 to 7, characterised in that these means for exciting the alternating stroke movement comprise a magnetostrictive device (7).

11. Injection nozzle according to any of Claims 1 to 7, characterised in that these means for exciting the alternating stroke movement comprise an electromagnetic device (7, 8).

## Revendications

1. Buse d'injection de carburant pour des moteurs à combustion interne, notamment pour l'injection à basse pression, comportant

- un perçage de buse (13) situé dans une partie (12) de la buse,
- un pointeau de buse (11),
- un dispositif d'entraînement (91), qui reçoit une grandeur d'entrée électrique (92,93) et à l'aide duquel le pointeau de buse (11) peut être amené dans une position de fermeture, dans laquelle il ferme le perçage (13) de la buse, et dans une position d'ouverture, dans laquelle il dégage le perçage (13) de la buse, et
- des moyens (96), à l'aide desquels un déplacement alternatif peut être imparti à au moins une partie (11,12,51) de la buse d'injection, qui est située dans la zone de la cavité (15,25,55) du jet d'injection, lorsque le pointeau (11) de la buse est dans la position d'ouverture, ces moyens (96) pouvant être activés par une grandeur d'entrée électrique et étant agencés du point de vue construction de manière que la durée (T) de la période pour l'inversion du déplacement est nettement inférieure à la durée d'ouverture minimale prédéterminée ( $t_{\text{arrêt}} - t_{\text{marche}}$ ) de la buse d'injection,
- que les moyens (96) permettant de déclencher le déplacement alternatif d'au moins une partie (11,12,55) de la buse d'injection transmettent des déplacements avec une période de durée (T), qui correspondent à une fréquence d'excitation comprise entre 5 kHz et 20 kHz, et
- que l'angle d'ouverture du jet d'injection de la buse d'injection peut être modifié au moyen d'une commande de la grandeur d'entrée électrique des moyens (96) pour le déplacement alternatif.

2. Buse d'injection suivant la revendication 1, caractérisée par le fait que pour le déclenchement du déplacement alternatif (14,24), une tension alternative (U) peut être appliquée en plus de la tension électrique d'actionnement ( $U_{\text{marche/arrêt}}$ ) devant être appliquée, pour l'ouverture de la buse.

3. Buse d'injection suivant la revendication 1 ou 2, caractérisée par le fait que les moyens servant à exécuter le déplacement alternatif (114,14,24,54) forment un système résonnant.

4. Buse d'injection suivant l'une des revendications 1 à 3, caractérisée par le fait que les moyens (114,24,54) servant à déclencher le déplacement alternatif sont conçus de manière que le pointeau (11) de la buse exécute ces déplacements alternatifs (14,24,54,114). (Figure 2).

5. Buse d'injection suivant l'une des revendications 1 à 3,

caractérisée par le fait  
que les moyens pour déclencher le déplacement alternatif (114,14,24,54) sont agencés de manière qu'une partie du perçage (12,13) de la buse exécute ce déplacement alternatif. (Figure 3).

5 6. Buse d'injection suivant l'une des revendications 1 à 5,  
caractérisée par le fait  
qu'il est prévu un déplacement alternatif longitudinal (14,24).

7. Buse d'injection suivant l'une des revendications 1 à 5,  
caractérisée par le fait  
qu'il est prévu un déplacement alternatif transversal (54).

10 8. Buse d'injection suivant l'une des revendications 1 à 7,  
caractérisée par le fait  
que les moyens servant à déclencher le déplacement alternatif comprennent un dispositif d'excitation piézoélectrique (6).

15 9. Buse d'injection suivant l'une des revendications 1 à 7,  
caractérisée par le fait  
que les moyens servant à déclencher le déplacement alternatif comprennent un dispositif électrodynamique (8) à un champ magnétique homogène.

10. Buse d'injection suivant l'une des revendications 1 à 7,  
caractérisée par le fait

20 que ces moyens servant à déclencher le déplacement alternatif comprennent un dispositif magnétostrictif (7).

11. Buse d'injection suivant l'une des revendications 1 à 7,  
caractérisée par le fait

que ces moyens servant à déclencher le déplacement alternatif comprennent un dispositif électromagnétique (7,8).

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

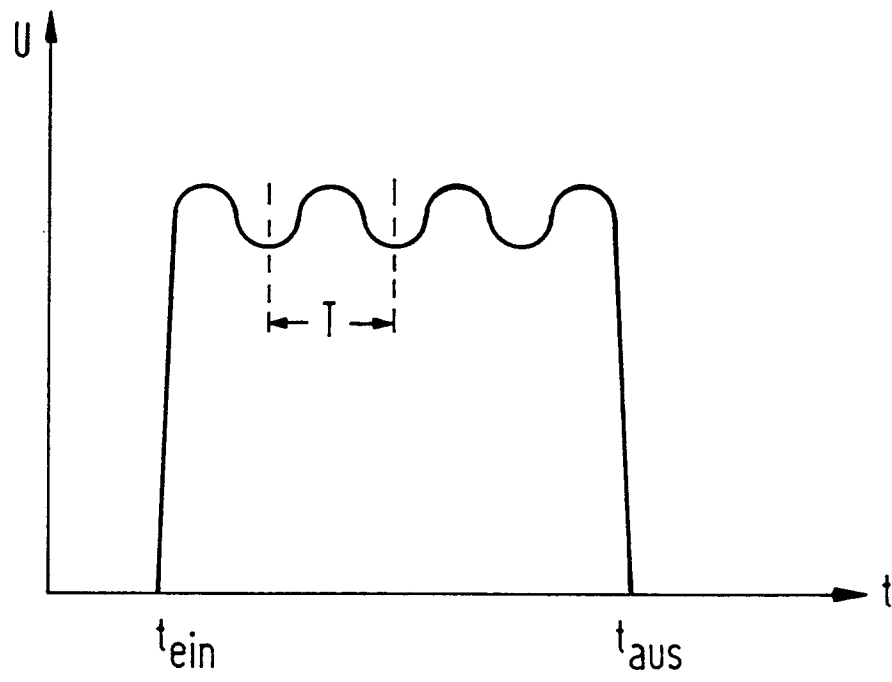


FIG 2

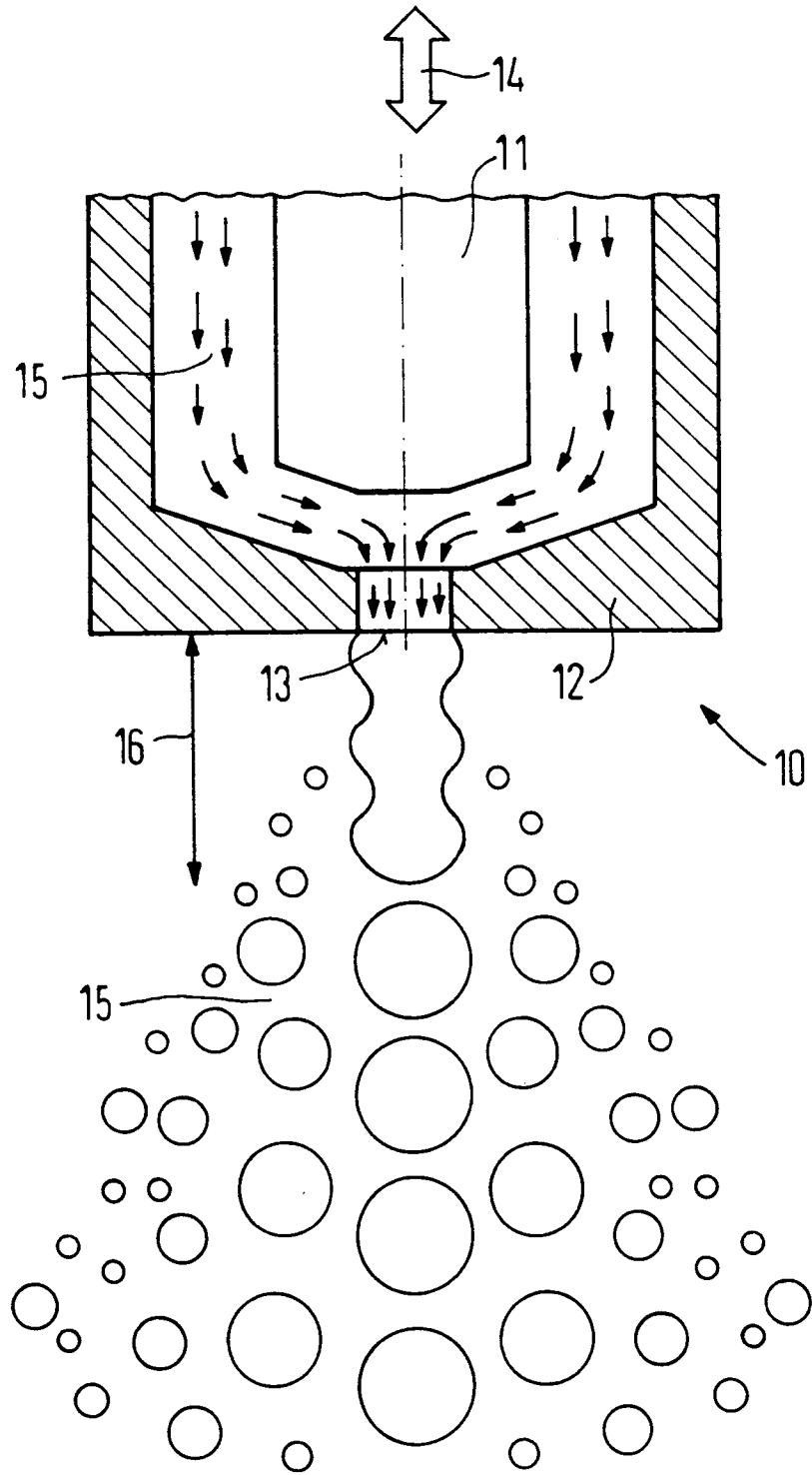


FIG 3

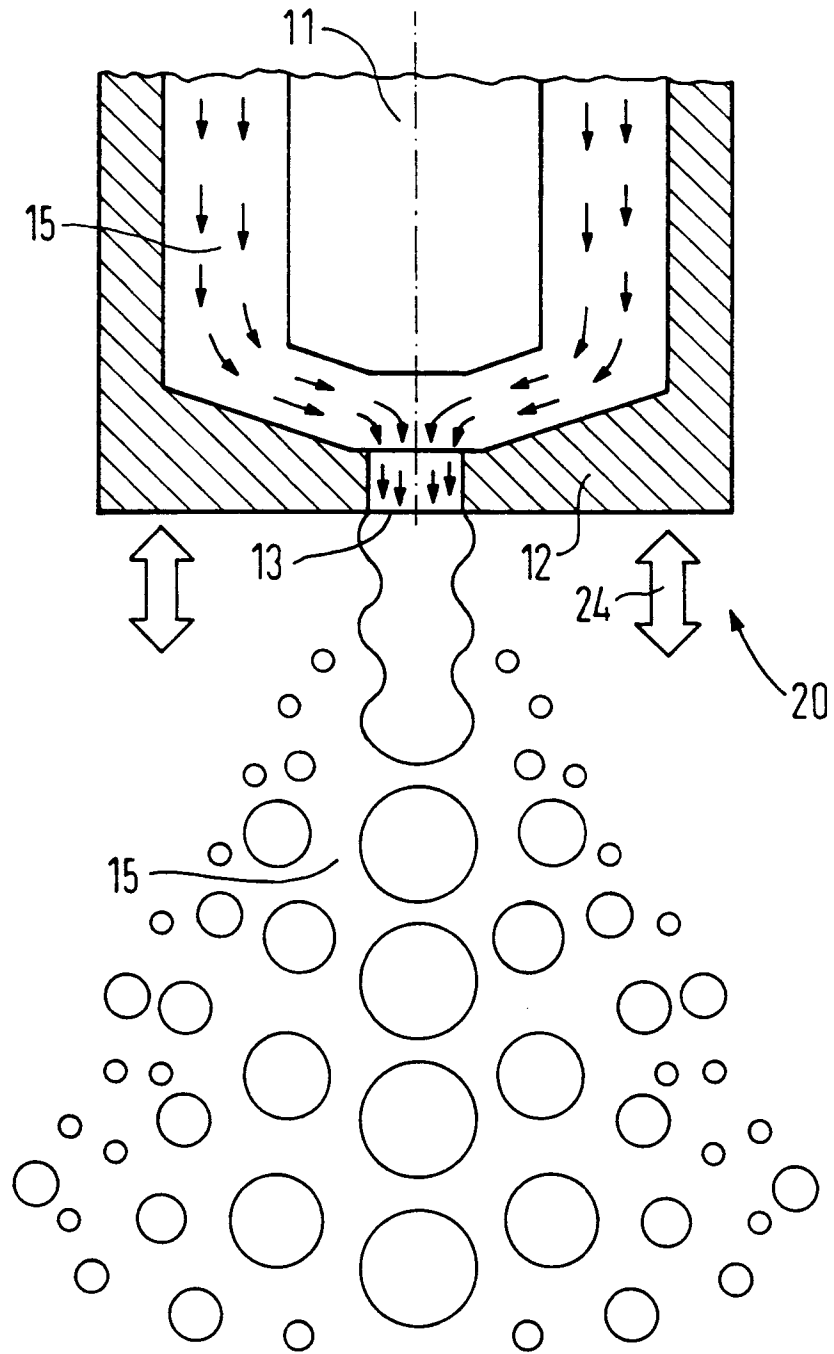


FIG 5

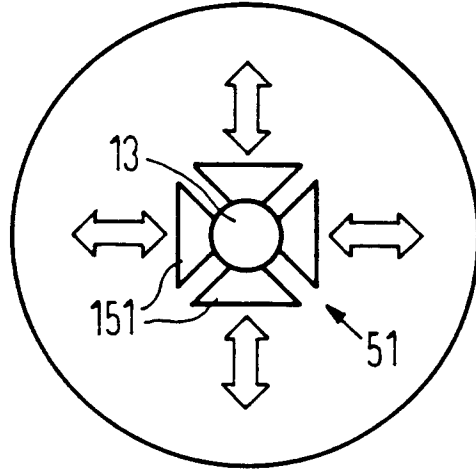


FIG 4

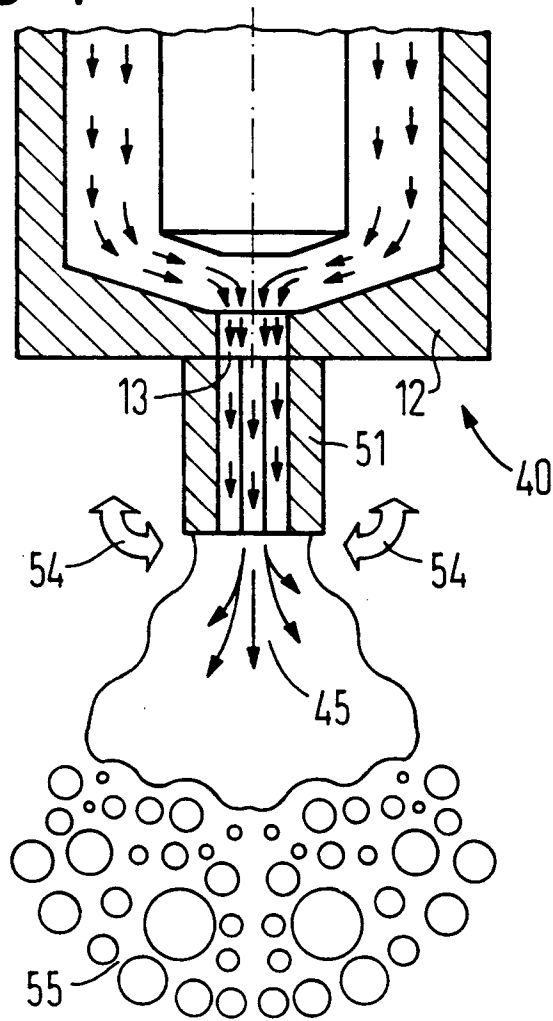


FIG 6

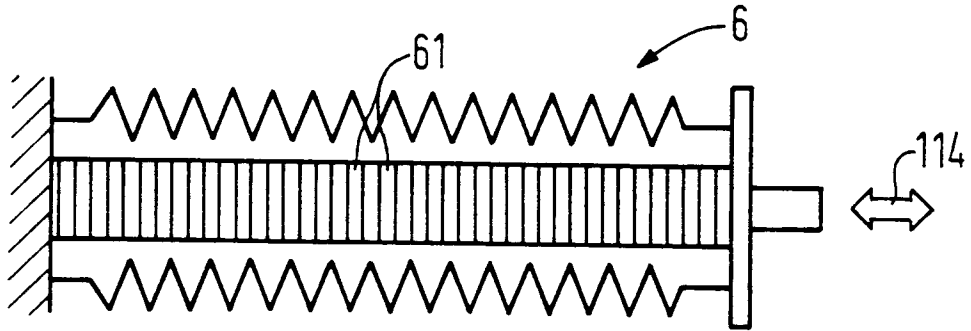


FIG 7

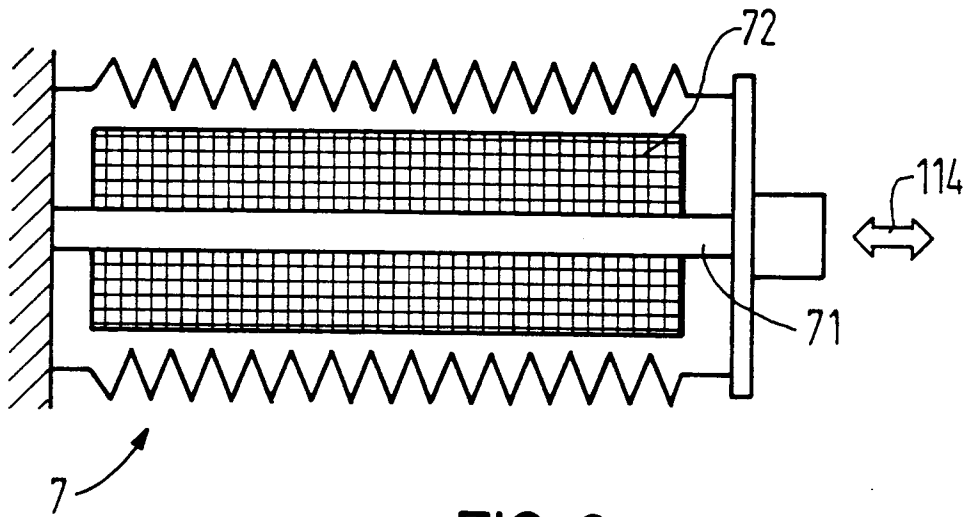


FIG 8

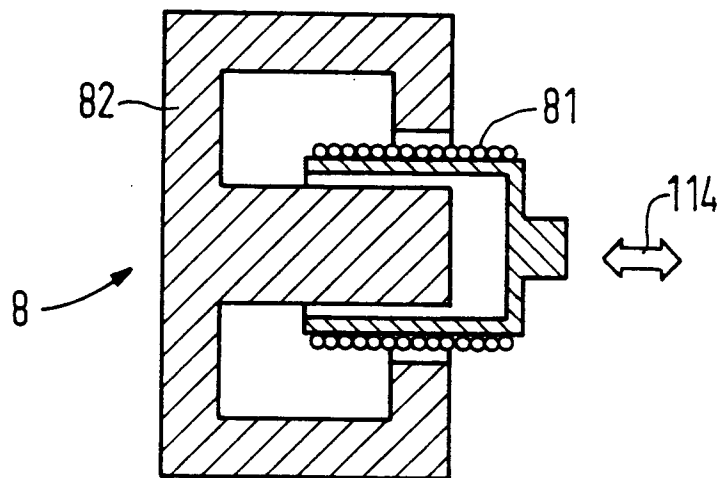


FIG 9

