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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
22. November 2007 (22.11.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/131857 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 41/053 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/053748

(22) Internationales Anmeldedatum:
18. April 2007 (18.04.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2006 021 945.7 11. Mai 2006 (11.05.2006) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **SEBASTIAN, Thomas** [DE/DE]; Auf der Lache 48, 71729 Erdmannhausen (DE). **SASSEN, Klaus** [DE/DE]; Steigaeckerstr. 30, 71672 Marbach/N. (DE). **BOECKING, Friedrich** [DE/DE]; Kahlhieb 34, 70499 Stuttgart (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **ROBERT BOSCH GMBH**; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

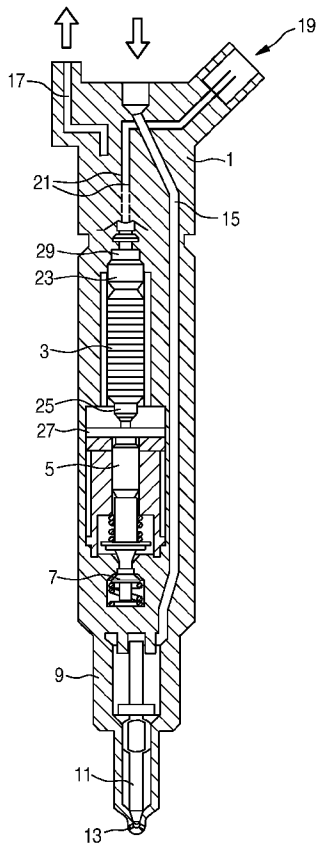
(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2007/131857 A2

(54) Title: PIEZOELECTRIC ACTUATOR AND INJECTOR COMRISING A PIEZOELECTRIC ACTUATOR FOR AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung: PIEZOELEKTRISCHER AKTOR UND INJEKTOR MIT EINEM PIEZOELEKTRISCHEN AKTOR FÜR EINE BRENNKRAFTMASCHINE



(57) Abstract: A piezoelectric actuator (3) and an injector for an internal combustion engine are proposed, the electromagnetic compatibility of which is significantly improved in comparison with conventional injectors.

(57) Zusammenfassung: Es werden ein piezoelektrischer Aktor (3) und ein Injektor für eine Brennkraftmaschine vorgeschlagen, deren elektromagnetische Verträglichkeit gegenüber herkömmlichen Injektoren deutlich verbessert ist.

RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Beschreibung

Titel

Piezoelektrischer Aktor und Injektor mit einem piezoelektrischen Aktor für eine Brennkraftmaschine

Die Erfindung geht aus von einem piezoelektrischen Aktor nach der Gattung des Hauptanspruchs.

Es sind beispielsweise aus der DE 198 38 862 A1 schon Piezoaktoren, bekannt mit piezoelektrischen Keramikschichten, die übereinander zu einem Multilayerstapel geschichtet angeordnet sind, wobei zwischen den piezoelektrischen Keramikschichten jeweils eine Elektrodenschicht vorgesehen ist. Die Elektrodenschichten sind über eine erste Außenelektrode und eine zweite Außenelektrode mit einer Stromversorgung verbunden.

Piezoaktoren werden von einem Steuergerät mit hoher Frequenz vorteilhafterweise getaktet angesteuert. Durch die schnellen Schaltvorgänge entstehen erhebliche elektromagnetische Störungen, die durch aufwendige Maßnahmen am Steuergerät oder den elektrischen Zuleitungen der Piezoaktoren verringert werden müssen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen piezoelektrischen Aktor und einen Injektor mit einem piezoelektrischen Aktor mit verbesserter elektromagnetischer Verträglichkeit (EMV) bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einem piezoelektrischen Aktor, umfassend einen Stapel aus mehreren piezoelektrischen Keramikschichten, wobei zwischen den Keramikschichten jeweils eine Elektrodenschicht vorgesehen ist, mit einem Fußteil und mit einem Kopfteil, dadurch gelöst, dass der Fußteil und/oder der Kopfteil aus einem keramischen Material besteht.

Vorteile der Erfindung

Die Erfindung bekämpft die von dem Piezoaktor ausgehenden Störsignale an deren Entstehungsort. Dadurch, dass der Aktorkopf und/oder der Aktorfuß aus einem keramischen Material hergestellt werden, verringert sich die Kapazität des zwischen der elektrischen Masse und dem Piezoaktor gebildeten elektrischen Kondensators. Dadurch wird die Intensität der beim Schalten des Piezoaktors entstehenden Störsignale stark reduziert und somit die elektromagnetische Verträglichkeit des erfindungsgemäßen piezoelektrischen Aktors verbessert.

Bevorzugt werden der Aktorkopf und der Aktorfuß aus einem keramischen Material mit möglichst geringer Dielektrizitätskonstante gewählt. Als besonders vorteilhafter Werkstoff hat sich beispielsweise Aluminiumoxid erwiesen. Ein weiterer wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen piezoelektrischen Aktors besteht darin, dass keine zusätzlichen Bauteile erforderlich werden, so dass die Zahl der Bauteile nicht zunimmt. Durch den Wechsel von metallischen Werkstoffen zu keramischen Werkstoffen wird außerdem die Steifigkeit des piezoelektrischen Aktors erhöht, da keramische Werkstoffe einen wesentlich größeren Elastizitätsmodul als Metalle haben.

Da auch der piezoelektrische Aktor selbst aus einem keramischen Werkstoff besteht, ist es fertigungstechnisch relativ einfach möglich, die Herstellung der von Aktorkopf und Aktorfuß in den Herstellungsprozess des piezoelektrischen Aktors zu integrieren. Somit wird die Herstellung des erfindungsgemäßen Aktors vereinfacht und es entstehen in der Gesamtherstellungskette keine zusätzlichen Montageschritte.

Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Piezoelektrodenschichten des piezoelektrischen Aktors durch zwei Außenelektroden kontaktiert sind, und dass die Außenelektroden zwischen eine Stirnseite des Aktors und das Fußteil geführt sind. Dadurch ist es auf einfache Weise möglich, insbesondere die Enden der Außenelektroden vor mechanischen Beschädigungen zu schützen.

Eine besonders vorteilhafte Weiterbildung dieser Ausführungsform sieht vor, dass in dem Fußteil mindestens eine Kabelführung vorgesehen ist, und dass die elektrischen Leitungen in der oder den Kabelführungen verlaufen. Dadurch ist es möglich, den piezoelektrischen Aktor auf einfache Weise an die Stromversorgung anzuschließen. Diese Art der Stromversorgung bzw. der Kontaktierung der Außenelektroden ist extrem robust und somit auch sehr zuverlässig.

Der erfindungsgemäße piezoelektrische Aktor kann bezüglich seiner elektromagnetischen Verträglichkeit weiter verbessert werden, wenn der Aktor von einem elastischen und flüssigkeitsdichten Mantel umgeben ist, wobei dieser Mantel dichtend mit dem Kopfteil und mit dem Fußteil verbunden ist. Dadurch kann ein geschlossenes Metallgehäuse entfallen und die von dem piezoelektrischen Aktor ausgehenden Störsignale werden weiter reduziert. Gleichzeitig wird der Bauaufwand für die Abdichtung des piezoelektrischen Aktors gegen Kraftstoff vereinfacht.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sehen vor, dass das Kopfteil und/oder das Fußteil eine oder mehrere Umfangsnuten aufweisen, und dass der Mantel formschlüssig mit der oder den Umfangsnuten verbunden ist. Dadurch ergibt sich eine sehr belastbare und auch dauerfeste flüssigkeitsdichte Verbindung des Mantels mit dem Aktorkopf und dem Aktorfuß.

Der Mantel kann durch Umspritzen des Aktors, des Kopfteils und des Fußteils mit Gummi oder Kunststoff hergestellt werden.

Alternativ ist es auch möglich, dass der Mantel aus einem Schrumpfschlauch hergestellt wird. Dazu wird einen Schrumpfschlauch über Aktorfuß, piezoelektrischen Aktor und Aktorkopf gezogen und anschließend erwärmt. Durch das Erwärmen zieht sich der Schrumpfschlauch zusammen und bildet einen flüssigkeitsdichten Mantel.

Die eingangs genannte Aufgabe wird bei einem Injektor für ein Kraftstoffeinspritzsystem einer Brennkraftmaschine, mit einem Gehäuse, wobei in dem Gehäuse ein piezoelektrischer Aktor, ein hydraulisches Steuerventil und ein Düsenmodul mit einer Düsennadel angeordnet sind, wobei sich der piezoelektrische Aktor einenends mindestens mittelbar gegen das Gehäuse abstützt, wobei sich der piezoelektrische Aktor anderenends mindestens mittelbar gegen das Steuerventil abstützt und wobei zwischen piezoelektrischem Aktor und Steuerventil eine Einstellplatte vorgesehen ist, dadurch gelöst, dass die Einstellplatte aus einem keramischen Material besteht.

Die Einstellplatte dient dazu, Längentoleranzen in dem Injektor auszugleichen und den Hub des piezoelektrischen Aktors einzustellen. Auch hier kann durch den Wechsel des Werkstoffs von einem metallischen Werkstoff zu einem keramischen Werkstoff die elektromagnetische Verträglichkeit des Injektors erhöht werden, ohne dass die Zahl der Bauteile ansteigt. Gleichzeitig wird wegen der höheren Steifigkeit der keramischen Einstellplatte die Übertragung des Hubs des Piezoaktors auf das Steuerventil verbessert. Dadurch verbessert sich auch das Betriebsverhalten des erfindungsgemäßen Injektors.

Weil keramische Werkstoffe in der Regel auch ein geringeres spezifisches Gewicht als Metall, insbesondere Stahl, haben, wird durch den Wechsel des Werkstoffs auch die Massenträgheit der bewegten Teile des Injektors reduziert, was sich vorteilhaft auf die Dynamik des Injektors auswirkt.

Die elektromagnetische Verträglichkeit des erfindungsgemäßen Injektors wird weiter verbessert, wenn zwischen dem piezoelektrischen Aktor und dem Gehäuse ein Distanzstück aus einem keramischen Material vorgesehen wird.

Auch dadurch wird die Steifigkeit innerhalb des erfindungsgemäßen Injektors erhöht und gleichzeitig die elektromagnetische Verträglichkeit verbessert.

Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Injektors sieht vor, dass der piezoelektrische Aktor ein Aktor nach einem der Ansprüche 1 bis 8 ist. Dadurch lassen sich die erfindungsgemäßen Maßnahmen kombinieren und deren Wirkung zumindest teilweise addieren. Im Ergebnis entsteht dadurch ein Injektor mit einer sehr guten elektromagnetischen Verträglichkeit. Dadurch können aufwendige Maßnahmen zur Unterdrückung der Störsignale des vom piezoelektrischen Aktor ausgehenden Störsignals entfallen oder zumindest durch sehr viel einfachere und kostengünstigere Alternativmaßnahmen ersetzt werden.

Allen erfindungsgemäß vorgeschlagenen Maßnahmen ist gemeinsam, dass die Zahl der Bauteile nicht erhöht wird und infolge dessen kein zusätzlicher Herstellungs- und Montageaufwand entsteht.

Des Weiteren benötigen die erfindungsgemäßen Maßnahmen keinen zusätzlichen Bauraum, was einen weiteren sehr wichtigen Vorteil darstellt. Infolgedessen ist es auch häufig möglich, bereits in Serie gefertigte Injektoren ohne größere konstruktive Änderungen ganz oder teilweise umzurüsten. Beispielsweise können die Einstellplatten ohne konstruktive Änderungen durch keramische Einstellplatten ersetzt werden. Gleiches gilt für die Distanzstücke zwischen dem Aktor und dem Gehäuse. Selbstverständlich ist es auch möglich, in herkömmliche Piezoinjektoren den erfindungsgemäßen piezoelektrischen Aktor nach einem der Ansprüche 1 bis 8 einzubauen. Auch hier sind keine konstruktiven Änderungen am Gehäuse des Injektors sowie am Steuerventil oder am Düsenmodul erforderlich.

Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind der nachfolgenden Zeichnung, deren Beschreibung und den Patentansprüchen entnehmbar. Alle in der Zeichnung, deren

Beschreibung in den Patentansprüchen offenbarten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination miteinander erfindungswesentlich sein.

Zeichnungen

Es zeigen:

Figur 1 einen Längsschnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Injektors und

Figur 2 einen Längsschnitt durch ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen piezoelektrischen Aktors im Teillängsschnitt.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Figur 1 ist ein erfindungsgemäßer Piezoaktor im Längsschnitt stark vereinfacht dargestellt. Der erfindungsgemäße Piezoaktor weist ein Gehäuse 1 auf. In dem Gehäuse 1 sind ein piezoelektrischer Aktor 3, ein hydraulischer Koppler 5, ein Steuerventil 7 sowie ein Düsenmodul 9 mit einer Düsennadel 11 mit mehreren Spritzlöchern 13 aufgenommen. In dem Gehäuse 1 des Injektors sind weiter ein Hochdruckanschluss 15, eine Leckageabfuhr 17 und eine Stromversorgung 19 vorhanden.

Über die Stromversorgung 19 ist der Injektor mit einem nicht dargestellten Steuergerät verbunden. Wenn der piezoelektrische Aktor 3 angesteuert werden soll, wird an die Stromversorgung 19 von einem Motorsteuergerät (nicht dargestellt) eine elektrische Spannung angelegt. Die Stromversorgung 19 ist über elektrische Leitungen 21 mit dem piezoelektrischen Aktor 3 verbunden. Dadurch ist es möglich, durch Ansteuern der Stromversorgung 19 den piezoelektrischen Aktor 3 zu aktivieren. Die Details der elektrischen Kontaktierung des piezoelektrischen Aktors sind in Figur 1 nicht dargestellt.

Der Piezoaktor 3 stützt sich mit seinem in Figur 1 oberen Ende über ein Fußteil 23 gegen das Gehäuse 1 des Piezoaktors ab. Erfindungsgemäß wird dieses Fußteil 23 aus einem keramischen Werkstoff mit möglichst Dielektrizitätskonstante hergestellt. Ein geeigneter keramischer Werkstoff ist beispielsweise Aluminiumoxid.

Unterhalb des piezoelektrischen Aktors 3 ist ein Kopfteil 25 angeordnet, welches den Aktorhub über eine Einstellplatte 27 auf den hydraulischen Koppler 5 überträgt. Erfindungsgemäß werden auch das

Kopfteil und/oder die Einstellplatte 25 aus einem keramischen Werkstoff mit niedriger Dielektrizitätskonstante hergestellt. Das Ersetzen des Fußteils 23, des Kopfteils 25 und der Einstellplatte 27, die üblicherweise aus Stahl hergestellt werden, durch Werkstücke aus einem keramischen Material mit niedriger Dielektrizitätskonstante führt dazu, dass der durch den piezoelektrischen Aktor 3 und die elektrische Masse des Fahrzeugs, in der der erfindungsgemäße Injektor eingebaut wird, gebildete Kondensator in seiner Kapazität drastisch verringert wird. Dadurch werden auch die Störsignale, die durch das hochfrequente Ansteuern des piezoelektrischen Aktors 3 über die elektrische Masse in das Fahrzeug eingebracht werden, drastisch reduziert. Infolgedessen verbessert sich die elektromagnetische Verträglichkeit des erfindungsgemäßen piezoelektrischen Aktors. Besonders vorteilhaft an dieser Lösung ist, dass die Ursache der Störsignale wirksam bekämpft wird und infolgedessen auf aufwendige Maßnahmen, sei es im Kabelbaum oder im Steuergerät der Brennkraftmaschine, ganz oder teilweise verzichtet werden kann.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, dass die erfindungsgemäßen Maßnahmen keinen zusätzlichen Bauraum erfordern und auch die Zahl der Bauteile nicht erhöht wird. Schließlich ist noch darauf hinzuweisen, dass die keramischen Werkstoffe einen sehr viel höheren Elastizitätsmodul als Stahl oder andere metallische Werkstoffe haben, so dass die Steifigkeit der erfindungsgemäßen Anordnung, bestehend aus Fußteil 23, Kopfteil 25, piezoelektrischem Aktor 3 und Einstellplatte 27 erhöht wird. Dadurch verbessert sich die Dynamik des erfindungsgemäßen piezoelektrischen Aktors bzw. des mit diesem Aktor ausgerüsteten Injektors und der wirksame Hub des piezoelektrischen Aktors bzw. des Stellglieds (ohne Bezugszeichen) in dem Steuerventil 7 vergrößert sich.

Als zusätzliche Maßnahme kann weiter vorgesehen werden, dass oberhalb des Kopfteils 25 ein Distanzstück 29 vorgesehen ist. Das Distanzstück 29 ist zwischen dem Gehäuse 1 des Injektors und dem Fußteil 23 des Injektors angeordnet und besteht ebenfalls aus einem keramischen Material mit geringer Dielektrizitätskonstante.

In Figur 2 ist eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen piezoelektrischen Aktors 3 teilweise geschnitten dargestellt.

In dieser stark vergrößerten Darstellung des piezoelektrischen Aktors 3 wird deutlich, dass der eigentliche piezoelektrische Aktor aus mehreren Keramikschichten 31 aufgebaut ist, die aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht alle mit Bezugszeichen versehen wurden. Zwischen den

Keramikschichten 31 sind Elektrodenschichten 33 und 35 angeordnet. Auch hier sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht alle Elektrodenschichten 33 und 35 mit Bezugszeichen versehen worden.

Die Elektrodenschichten 33 bilden eine erste Gruppe von Elektrodenschichten und sind mit einer ersten Außenelektrode 37 elektrisch leitend verbunden.

Die Elektrodenschichten 35 bilden eine zweite Gruppe von Elektrodenschichten und sind mit einer zweiten Außenelektrode 39 elektrisch leitend verbunden.

Oberhalb der in Figur 2 am weitesten oben angeordneten Elektrodenschicht 35 ist eine Deckschicht 41 geschnitten dargestellt. Diese erste Deckschicht 41 ist ebenso wie die unterhalb der untersten Elektrodenschicht 33 angeordnete zweite Deckschicht 43 dicker als die Keramikschichten 31. Sie bestehen ebenfalls aus einem keramischen Material. Üblicherweise bestehen sie aus dem gleichen keramischen Material wie die Keramikschichten 31. Die Deckschichten 41 und 43 leisten jedoch keinen Beitrag zum Hub des piezoelektrischen Aktors 3, da in ihnen kein elektrisches Feld zwischen einer Elektrodenschicht 33 und einer Elektrodenschicht 35 entsteht, wenn der piezoelektrische Aktor 3 bestromt wird.

In der Deckschicht 41 sind Vertiefungen 45 ausgespart, in denen die erste Außenelektrode 37 und die zweite Außenelektrode 39 geführt werden. Dies bedeutet, dass die Außenelektroden 37 und 39 an einer Stirnfläche des piezoelektrischen Aktors 3 enden.

In dem Fußteil 23 des piezoelektrischen Aktors 3 sind zwei Kabelführungen 47 vorgesehen. In den Kabelführungen 21 verlaufen die elektrischen Leitungen 21. Die elektrischen Leitungen 21 sind mit den Außenelektroden 37 und 39 im Bereich der Stirnfläche des piezoelektrischen Aktors 3 elektrisch leitend miteinander verbunden. Diese Art der Kontaktierung ist extrem belastbar, da die Kontaktstelle allseitig eingeschlossen ist; sei es durch die Deckschicht 41 des piezoelektrischen Aktors 3 oder durch das Fußteil 23 des piezoelektrischen Aktors 3.

Des Weiteren ist es, weil das Kopfteil 23 auch aus keramischem Material besteht, möglich, die elektrische Verbindung zwischen den elektrischen Leitungen 21 und den Außenelektroden 37 und 39 in dem gleichen Herstellungsprozess herzustellen, in dem auch die elektrische Verbindung zwischen den Elektrodenschichten 33 und 35 und den Außenelektroden 37 und 39 hergestellt wird. Dadurch ergibt sich eine Vereinfachung des Herstellungsprozesses und ein erhöhter Durchsatz.

In Figur 2 ist ein weiteres wesentliches Merkmal des erfindungsgemäßen piezoelektrischen Aktors 3 gut zu erkennen. Üblicherweise müssen die piezoelektrischen Aktoren flüssigkeitsdicht gegen die Umgebung abgedichtet werden. Dies erfolgt bei herkömmlichen Piezoaktoren dadurch, dass ein Metallgehäuse um den piezoelektrischen Aktor 3, das Kopfteil 23 und das Fußteil 25 herum angeordnet wird. Dieses Metallgehäuse muss selbstverständlich so elastisch sein, dass es den Hub des piezoelektrischen Aktors 3 übertragen kann, ohne zu brechen. Dieses Metallgehäuse ist sehr kostenintensiv und verschlechtert die elektromagnetische Verträglichkeit.

Bei dem erfindungsgemäßen Piezoaktor 3 sind der piezoelektrische Aktor 3, das Kopfteil 25 und das Fußteil 23 von einem Mantel 49 umgeben. Dieser Mantel 49 umschließt den piezoelektrischen Aktor 3 vollständig und das Fußteil 23 sowie das Kopfteil 25 teilweise. Der Mantel 49 kann beispielsweise durch Umspritzen von Fußteil 23, Kopfteil 25 und piezoelektrischem Aktor 3 mit Gummi oder einem elastischen Kunststoff erfolgen. Alternativ ist es auch möglich, dass der Mantel 49 durch einen Schrumpfschlauch gebildet wird, der in gestrecktem Zustand über das Fußteil 23, den piezoelektrischen Aktor 3 und das Kopfteil 25 geschoben wird. Anschließend wird der Schrumpfschlauch erhitzt und zuieht sich infolgedessen zusammen. Dadurch entsteht eine Abdichtung des piezoelektrischen Aktors 3, die flüssigkeitsdicht und ausreichend elastisch ist.

Um die Verbindung zwischen dem Mantel 49 einerseits und dem Fußteil 23 sowie dem Kopfteil 25 andererseits noch belastbarer zu gestalten, sind sowohl im Fußteil 23 als auch im Kopfteil 25 mehrere Umfangsnuten 51 vorgesehen. Diese Umfangsnuten 51 ermöglichen eine formschlüssige Verbindung zwischen dem Mantel 49 und dem Fußteil 23 sowie dem Kopfteil 25.

Ansprüche

1. Piezoelektrischer Aktor, umfassend einen Stapel aus mehreren piezoelektrischen Keramikschichten (31), wobei zwischen den Keramikschichten (31) jeweils eine Elektrodenschicht (33, 35) vorgesehen ist, mit einem Fußteil (23) und mit einem Kopfteil (25), dadurch gekennzeichnet, dass das Fußteil (23) und/oder das Kopfteil (25) aus einem keramischen Material besteht.

2. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Kopfteil (23) und/oder das Fußteil (25) aus Aluminiumoxid besteht.

3. Piezoelektrischer Aktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrodenschichten (33, 35) des piezoelektrischen Aktors (3) durch zwei Außenelektroden (37, 39) kontaktiert sind, und dass die Außenelektroden (37, 39) zwischen eine Stirnseite des Aktors (3) und das Fußteil (23) geführt sind.

4. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Fußteil (23) mindestens eine Kabelführung (47) vorgesehen ist, dass in der oder den Kabelführungen () dass elektrische Leitungen (21) verlaufen, und dass die elektrischen Leitungen (21) mit den Außenelektroden (37, 39) elektrisch leitend verbunden sind.

5. Piezoelektrischer Aktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Aktor () von einem elastischen und flüssigkeitsdichten Mantel (49) umgeben ist, und dass der Mantel (49) dichtend mit dem Kopfteil (23) und dem Fußteil (25) verbunden ist.

6. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Kopfteil (23) und/oder das Fußteil (25) eine oder mehrere Umfangsnuten (51) aufweist, und dass der Mantel (49) formschlüssig mit der oder den Umfangsnuten (51) verbunden ist.

7. Piezoelektrischer Aktor nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Mantel (49) durch Umspritzen des Aktors (3), des Kopfteils (23) und des Fußteils (25) mit Gummi oder Kunststoff hergestellt wird.

8. Piezoelektrischer Aktor nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der

Mantel (49) aus einem Schrumpfschlauch hergestellt wird.

9. Injektor für ein Kraftstoffeinspritzsystem einer Brennkraftmaschine, mit einem Gehäuse (1), wobei in dem Gehäuse (1) ein piezoelektrischer Aktor (3),ein hydraulisches Steuerventil (7) und ein Düsenmodul (9) mit einer Düsennadel (11) angeordnet sind, wobei sich der piezoelektrische Aktor (3) einenends mindestens mittelbar gegen das Gehäuse (1) abstützt, wobei sich der piezoelektrische Aktor (3) anderenends mindestens mittelbar gegen das Steuerventil (7) abstützt, und wobei zwischen piezoelektrischem Aktor (3) und Steuerventil (7) eine Einstellplatte (27) vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Einstellplatte (27) aus einem keramischen Material besteht.

10. Injektor nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem piezoelektrischen Aktor (3) und dem Gehäuse (1) ein Distanzstück (29) aus einem keramischen Material vorgesehen ist.

11. Injektor nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass der piezoelektrische Aktor (3) ein Aktor nach einem der Ansprüche 1 bis 8 ist.

12. Injektor nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Einstellplatte (27) und/oder das Distanzstück (29) aus Aluminiumoxid besteht.

Fig. 1

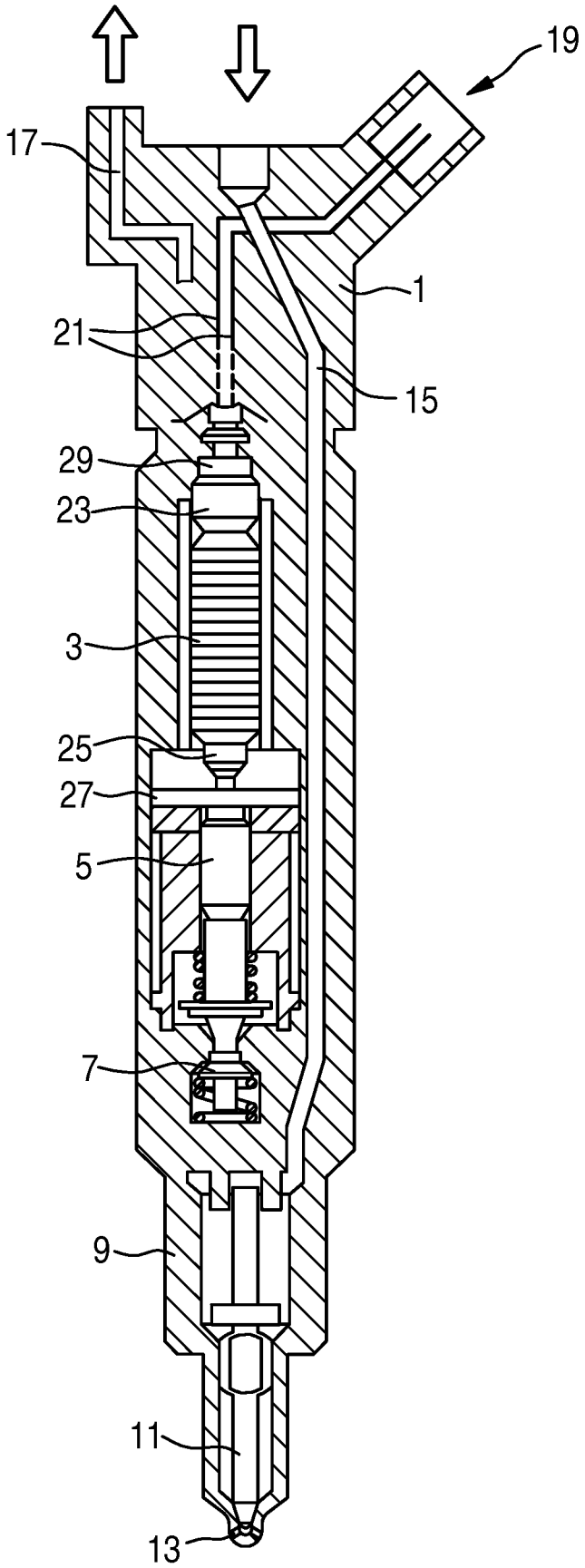


Fig. 2

