

(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
26. April 2018 (26.04.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/072998 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02M 57/00 (2006.01) F02M 61/18 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/075115

(22) Internationales Anmeldedatum:
04. Oktober 2017 (04.10.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 220 461.0
19. Oktober 2016 (19.10.2016) DE

(71) Anmelder: ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: MAY, Ulrich; Bahnhofstr. 15, 71277 Rutesheim (DE). WAGNER, Samuel; Silcherstr. 11, 70839 Gerlingen (DE).

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

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

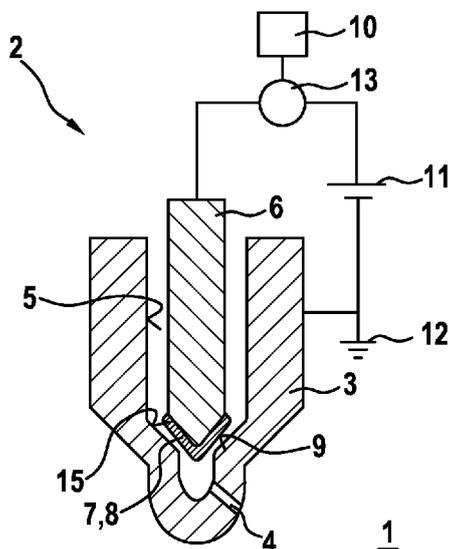
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING THE PRESSURE IN A COMBUSTION CHAMBER OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE, FUEL INJECTOR

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR ERMITTLUNG DES DRUCKS IN EINEM BRENNRAUM EINER BRENNKRAFTMASCHINE, KRAFTSTOFFINJEKTOR

Fig. 1



(57) Abstract: The invention relates to a method for determining the pressure in a combustion chamber (1) of an internal combustion engine using a fuel injector (2), which fuel injector comprises a nozzle body (3) with at least one spray hole (4) and comprises a nozzle needle (6) which is accommodated, such that it can perform stroke movements, in a high-pressure bore (5) of the nozzle body (3) and which serves for opening up and closing off the at least one spray hole (4). According to the invention, the pressure in the combustion chamber (1) is determined by means of a piezoresistive pressure sensor (7), which is integrated into the fuel injector (2) and by means of which the stroke movement of the nozzle needle (6) is switched. The invention also relates to a fuel injector (2) for carrying out the method according to the invention.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung des Drucks in einem Brennraum (1) einer Brennkraftmaschine unter Verwendung eines Kraftstoffinjektors (2), der einen Düsenkörper (3) mit mindestens einem Spritzloch (4) und eine in einer Hochdruckbohrung (5) des Düsenkörpers (3) hubbeweglich aufgenommene Düsennadel (6) zum Freigeben und Verschließen des mindestens einen Spritzlochs (4) umfasst. Erfindungsgemäß wird der Druck im Brennraum (1) über einen piezoresistiven Drucksensor (7) ermittelt, der in den Kraftstoffinjektor (2) integriert ist und über die Hubbewegung der Düsennadel (6) geschaltet wird. Ferner betrifft die Erfindung einen Kraftstoffinjektor (2) zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

WO 2018/072998 A1

5 Beschreibung

Titel:

Verfahren zur Ermittlung des Drucks in einem Brennraum einer Brennkraftmaschine, Kraftstoffinjektor

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung des Drucks in einem Brennraum einer Brennkraftmaschine mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1. Bei dem Verfahren findet ein Kraftstoffinjektor Verwendung. Die Erfindung betrifft daher ferner einen Kraftstoffinjektor zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine, der zugleich zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist.

15

Stand der Technik

20

Der Druck im Brennraum einer Brennkraftmaschine vor, während und nach einer Einspritzung stellt eine wichtige Einstellgröße für die Einspritzung dar. Ist ferner das Brennraumvolumen als weitere wichtige Einstellgröße bekannt, kann die Einspritzung und damit die Verbrennung von Kraftstoff im Brennraum dahingehend optimiert werden, dass der Wirkungsgrad steigt und schädliche Emissionen reduziert werden. Durch eine kontinuierliche Überwachung und Analyse des Brennraumdrucks über die Lebenszeit können zudem Alterungseffekte, wie beispielsweise eine Verkokung der Düsen-spritzlöcher, und/oder veränderte Einspritzmengen detektiert werden, so dass eine Korrektur möglich ist.

25

30

Der Brennraumdruck kann unter Zuhilfenahme von Sensoren ermittelt werden, die jedoch bei Anordnung im Brennraum der Brennkraftmaschine hohen Temperaturen und hohen Drücken ausgesetzt sind. Die Lebensdauer derartiger Sensoren ist somit in der Regel beschränkt. Daher wurde im Stand der Technik bereits vorgeschlagen, den Sensor in einen Kraftstoffinjektor zu integrieren.

Aus der Offenlegungsschrift DE 10 2013 016 703 A1 geht beispielsweise ein Kraftstoffinjektor mit einem optischen Drucksensor zur Ermittlung des Drucks im Brennraum hervor, der in einer konischen Sitzbohrung im Düsenkörper aufgenommen und mittels Keilstücken fixiert ist. Der Sensorkopf des Drucksensors ist dem Brennraum zugewandt und demzufolge mit Brennraumdruck beaufschlagbar.

Aus der Offenlegungsschrift DE 10 2005 036 826 A1 ist ferner ein Kraftstoffinjektor zum Einspritzen von Kraftstoff in den Brennraum einer Brennkraftmaschine bekannt, der auch zur Messung des Brennraumdrucks einsetzbar ist, so dass ein separater Drucksensor entbehrlich ist. Der Kraftstoffinjektor ist hierzu als Direktschalter mit einer piezoelektrischen Aktoreinheit ausgeführt. Wird der Kraftstoffinjektor mit Brennraumdruck beaufschlagt, erfährt er eine Stauchung, die als Verkürzung auf die piezoelektrisch Aktoreinheit übertragen wird. Die Verkürzung der piezoelektrischen Aktoreinheit erzeugt dabei ein Spannungssignal, das proportional zum vorherrschenden Brennraumdruck ist. Zur Auswertung des Spannungssignals wird vorzugsweise eine Auswertvorrichtung verwendet, mit der das ermittelte Drucksignal von dem Ansteuersignal separiert und herausgefiltert werden kann. Um auf ein aufwändiges Herausfiltern zu verzichten, kann der Brennraumdruck auch in einer Phase des Verbrennungszyklus gemessen werden, in der die piezoelektrische Aktoreinheit nicht angesteuert wird. Das Drucksignal kann in diesem Fall unabhängig von der Steuerspannung der Aktoreinheit ermittelt werden.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Ermittlung des Drucks im Brennraum einer Brennkraftmaschine anzugeben, das einfach und sicher ausführbar ist. Bei dem Verfahren soll ein Kraftstoffinjektor verwendet werden, der beliebig ansteuerbar ist.

Zur Lösung der Aufgabe werden das Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie der Kraftstoffinjektor mit den Merkmalen des Anspruchs 6 vorgeschlagen. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den jeweiligen Unteransprüchen zu entnehmen.

Offenbarung der Erfindung

5 Bei dem Verfahren zur Ermittlung des Drucks in einem Brennraum einer Brennkraftmaschine wird ein Kraftstoffinjektor verwendet, der einen Düsenkörper mit mindestens einem Spritzloch und eine in einer Hochdruckbohrung des Düsenkörpers hubbeweglich aufgenommene Düsennadel zum Freigeben und Verschließen des mindestens einen Spritzlochs umfasst. Erfindungsgemäß wird der Druck im Brennraum über einen piezo-
10 resistiven Drucksensor ermittelt, der in den Kraftstoffinjektor integriert ist und über die Hubbewegung der Düsennadel geschaltet wird.

Durch Integration des piezoresistiven Drucksensors in den Kraftstoffinjektor kann der Kraftstoffinjektor selbst als Drucksensor verwendet werden. Ein separater Brennraum-
15 drucksensor ist somit entbehrlich. Ferner kann der Drucksensor in der Weise in den Kraftstoffinjektor integriert werden, dass er dem Brennraum entzogen ist und demzufolge einer geringeren Belastung ausgesetzt ist. In der Folge steigt die Robustheit des Drucksensors.

Die Ermittlung des Brennraumdrucks mittels eines piezoresistiven Drucksensors beruht
20 auf dem piezoresistiven Effekt, der die Veränderung des elektrischen Widerstands eines Materials unter Druckeinwirkung beschreibt. Das heißt, dass bei dem erfindungsgemäßen Verfahren der Druck anhand eines sich verändernden elektrischen Widerstands ermittelt wird. Im Unterschied zu einem Drucksensor, der - analog dem ein-
25 gangs genannten Stand der Technik - auf dem piezoelektrischen Effekt beruht, wird dabei keine elektrische Spannung erzeugt. Die Ermittlung des Brennraumdrucks kann somit unabhängig vom Betrieb einer piezoelektrischen Aktoreinheit erfolgen, sofern eine solche überhaupt vorgesehen ist. Denn ein zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeigneter Kraftstoffinjektor kann eine beliebige Aktorik zur Steuerung der Hubbewegung der Düsennadel aufweisen. Beispielsweise kann anstelle einer pie-
30 zoelektrischen Aktoreinheit eine elektromagnetische Aktoreinheit vorgesehen sein. Darüber hinaus kann die Düsennadel des Kraftstoffinjektors direkt oder indirekt über ein Servoventil ansteuerbar sein. Hieraus ergeben sich größere Freiheiten in der Auslegung des Kraftstoffinjektors.

Da der piezoresistive Drucksensor selbst keine elektrische Spannung erzeugt, ist eine Anbindung an eine externe Spannungsquelle vorzusehen. Denn der zur Ermittlung des Brennraumdrucks erforderliche elektrische Widerstand ist nur messbar, wenn Strom fließt.

5

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird an die Düsennadel eine elektrische Spannung angelegt und zum Schalten des piezoresistiven Drucksensors ein elektrischer Kontakt der Düsennadel mit dem Düsenkörper hergestellt. Das heißt, dass über den elektrischen Kontakt der Düsennadel mit dem Düsenkörper ein Stromkreis geschlossen wird, der das Messen des elektrischen Widerstands ermöglicht. Die Düsennadel und der Düsenkörper wirken demnach als elektrischer Schalter zusammen.

10

Der elektrische Kontakt der Düsennadel mit dem Düsenkörper kann über ein beliebiges Material hergestellt werden, sofern es elektrisch leitend ist und unter Druckeinwirkung seinen elektrischen Widerstand ändert, d. h. piezoresistive Eigenschaften im Sinne der vorliegenden Anmeldung aufweist. Die Änderung des elektrischen Widerstands kann dabei auch auf eine elastische Verformung mindestens eines Kontaktpartners (makroskopische Verformung) und/oder auf eine elastische Verformung von Rauigkeitsspitzen (mikroskopische Verformung) unter Druckeinwirkung beruhen. Der elektrische Kontakt ist somit auch über zwei metallische Kontaktpartner herstellbar. Entscheidend ist lediglich, dass der elektrische Widerstand im Kontaktbereich eine eindeutige Abhängigkeit zur Druckkraft besitzt.

15

20

25

30

Vorzugsweise wird der elektrische Kontakt der Düsennadel mit dem Düsenkörper über ein Material mit piezoresistiven Eigenschaften hergestellt, mit dem die Düsennadel im Bereich einer mit einem Ventilsitz zusammenwirkenden Dichtfläche und/oder der Ventilsitz beschichtet ist. Für die Beschichtung kann dann ein piezoresistives Material gewählt werden, das eine deutliche Änderung seines elektrischen Widerstands unter Druckeinwirkung erfährt, so dass man ein starkes Messsignal erhält. Fährt die Düsennadel beim Schließen in den Ventilsitz, wird nicht nur der zum Messen des elektrischen Widerstands erforderliche elektrische Kontakt zwischen der Düsennadel und dem Düsenkörper hergestellt, sondern ferner die Dichtfläche der Düsennadel bzw. der Ventilsitz einer erhöhten Druckbelastung ausgesetzt. Aufgrund der Beschichtung der Dicht-

fläche bzw. des Ventilsitzes mit einem piezoresistiven Material ändert sich der elektrische Widerstand, so dass über die Analyse des elektrischen Widerstands auf die anliegenden Kräfte geschlossen werden kann.

5 In Schließstellung der Düsennadel wirken einerseits hydraulische Kräfte, die mit dem bekannten Druck im Kraftstoffinjektor korrelieren, sowie die Federkraft einer Feder, welche die Düsennadel in Richtung des Ventilsitzes beaufschlagt. Andererseits wirkt ausschließlich der Brennraumdruck, der als Messgröße bestimmt werden soll. Auf die Dichtfläche wirkt somit eine Druckkraft, die der Differenz aus hydrostatischer Kraft und
10 Federkraft sowie der Druckkraft aus dem Brennraum entspricht, die diesen Kräften entgegenwirkt. Demzufolge kann aus dem gemessenen elektrischen Widerstand und den bekannten Kräften der Brennraumdruck errechnet werden.

Mit Ausnahme für die Dauer einer Einspritzung, wenn die Düsennadel geöffnet ist,
15 kann mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens während des gesamten Zyklus eines Zylinderkolbens der Druck im Brennraum der Brennkraftmaschine ermittelt werden. Lediglich bei geöffneter Düsennadel, wenn kein elektrischer Kontakt gegeben ist, kann das Verfahren nicht ausgeführt werden. Ein über den Drucksensor empfangenes Signal kann somit auch als Indiz für eine geschlossene Düsennadel angesehen werden,
20 so dass der piezoresistive Drucksensor zugleich als Nadelschließererkennungssensor einsetzbar ist.

In Weiterbildung der Erfindung wird vorgeschlagen, dass ein diamantähnlicher Kohlenstoff (DLC) als piezoresistives Material verwendet wird, mit dem die Dichtfläche der
25 Düsennadel und/oder der Ventilsitz beschichtet ist. Da eine Beschichtung aus einem diamantähnlichen Kohlenstoff eine hohe Verschleißfestigkeit aufweist, kann auf diese Weise die Robustheit des Kraftstoffinjektors und damit auch die Robustheit des Drucksensors weiter erhöht werden. Ferner kann über eine DLC-Beschichtung ein starkes Messsignal erzeugt werden.

30 Die Messwerte des piezoresistiven Drucksensors werden vorzugsweise in einem Steuergerät ausgewertet. Hierbei kann es sich insbesondere um das Steuergerät handeln, das der Ansteuerung des Kraftstoffinjektors dient. Die Messwerte können somit unmit-

telbar als Eingangsgrößen bei der Ansteuerung des Kraftstoffinjektors eingesetzt werden, um die Einspritzung zu optimieren.

5 Darüber hinaus wird ein Kraftstoffinjektor zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine vorgeschlagen, der zugleich zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist. Der Kraftstoffinjektor umfasst einen Düsenkörper mit mindestens einem Spritzloch und eine in einer Hochdruckbohrung des Düsenkörpers hubbeweglich aufgenommene Düsennadel zum Freigeben und Verschließen des mindestens einen Spritzlochs. Erfindungsgemäß ist in den Kraftstoffinjektor ein piezoresistiver Drucksensor zur Ermittlung des Drucks im Brennraum der Brennkraftmaschine integriert, der über die Hubbewegung der Düsennadel schaltbar ist.

10 Durch die Integration des Drucksensors in den Kraftstoffinjektor ist ein separater Brennraumdrucksensor entbehrlich. Auf diese Weise kann Bauraum eingespart werden. Ferner können die Kosten gesenkt werden. Dies gilt im Besonderen, da die Integration eines piezoresistiven Drucksensors leicht umsetzbar ist.

15 Ein piezoresistiver Drucksensor umfasst ein Material, das unter Druckeinwirkung seinen elektrischen Widerstand ändert. Über den elektrischen Widerstand kann dann auf den anliegenden Druck geschlossen werden. Voraussetzung ist, dass der Drucksensor in einen Stromkreis eingebunden ist, da er selbst keine elektrische Spannung unter Druckeinwirkung erzeugt.

20 Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Düsennadel mit einer Spannungsquelle verbunden und zum Schalten des piezoresistiven Drucksensors ist ein elektrischer Kontakt der Düsennadel mit dem Düsenkörper herstellbar. Mit Herstellung des elektrischen Kontakts wird zugleich ein Stromkreis geschlossen, der die Messung des elektrischen Widerstands möglich macht.

25 30 Vorzugsweise ist die Düsennadel im Bereich einer mit einem Ventilsitz zusammenwirkenden Dichtfläche und/oder der Ventilsitz mit einem Material beschichtet, das piezoresistive Eigenschaften besitzt. In Schließstellung der Düsennadel ist dann nicht nur ein elektrischer Kontakt der Düsennadel mit dem Düsenkörper über die Dichtfläche

bzw. die piezoresistive Beschichtung der Dichtfläche hergestellt, sondern ferner die piezoresistive Beschichtung der Dichtfläche von einer Druckkraft beaufschlagt, die zu einem veränderten elektrischen Widerstand führt. Über die Analyse des elektrischen Widerstands kann auf die anliegenden Kräfte geschlossen werden bzw. hieraus der Brenraumdruck errechnet werden.

Bei dem piezoresistiven Material handelt es sich vorzugsweise um einen diamantähnlichen Kohlenstoff (DLC). Mittels einer hieraus gebildeten Beschichtung kann zugleich die Verschleißfestigkeit der Dichtfläche erhöht werden, so dass die Robustheit des Kraftstoffinjektors und damit des Drucksensors weiter steigt.

Ferner bevorzugt ist der piezoresistive Drucksensor mit einem Steuergerät zur Auswertung der Messwerte des Drucksensors und/oder zur Ansteuerung des Kraftstoffinjektors verbunden. Dient das Steuergerät sowohl der Auswertung als auch der Ansteuerung können die Messwerte bzw. kann der aus den Messwerten ermittelte Brenraumdruck als Eingangsgröße bei der Ansteuerung des Kraftstoffinjektors eingesetzt werden.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung wird nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Diese zeigen:

Fig. 1 einen schematischen Längsschnitt durch einen erfindungsgemäßen Kraftstoffinjektor in Schließstellung und

Fig. 2 einen schematischen Längsschnitt durch den Kraftstoffinjektor der Fig. 1 mit Darstellung der auf die Düsennadel wirkenden Kräfte.

Ausführliche Beschreibung der Zeichnungen

Der in der Fig. 1 lediglich schematisch dargestellte Kraftstoffinjektor 2 weist einen Düsenkörper 3 mit einer Hochdruckbohrung 5 auf, von der mindestens ein Spritzloch 4 abgeht. Über das Spritzloch 4 ist die Hochdruckbohrung 5 mit einem Brenraum 1 verbunden, welcher der Verbrennung von Kraftstoff dient, der zuvor mittels des Kraftstoffinjektors 2 in den Brenraum 1 eingespritzt wurde.

Zum Freigeben und Verschließen des mindestens einen Spritzlochs 4 ist in der Hochdruckbohrung 5 eine hubbewegliche Düsennadel 6 aufgenommen. Über die Hubbewegung der Düsennadel 6 ist eine Dichtfläche 9 der Düsennadel 6 in dichtendem Kontakt mit einem Ventilsitz 15 bringbar, der innerhalb der Hochdruckbohrung 5 ausgebildet ist. Im Bereich der Dichtfläche 9 weist die Düsennadel 6 eine Beschichtung mit einem Material 8 auf, das piezoresistive Eigenschaften besitzt. Das heißt, dass das Material 8 unter Druckeinwirkung seinen elektrischen Widerstand ändert, vorausgesetzt, dass zwischen der Düsennadel 6 und dem Düsenkörper 3 ein elektrischer Strom fließt.

Die Düsennadel 6 ist hierzu an eine Spannungsquelle 11 angeschlossen, während der Düsenkörper 3 einen Anschluss an eine Masse 12 besitzt. Über eine in den Stromkreis ferner eingebundene Messeinrichtung 13 kann der elektrische Widerstand des piezoresistiven Materials 8 gemessen werden, mit dem die Dichtfläche 9 der Düsennadel 6 beschichtet ist. Vorausgesetzt, dass der Stromkreis geschlossen ist. Dies ist in Schließstellung der Düsennadel 6 der Fall.

Der über die Messeinrichtung 13 erfasste elektrische Widerstand wird in einem Steuergerät 10 ausgewertet. Da die Widerstandsänderung druckabhängig ist, kann über den gemessenen elektrischen Widerstand auf den Brennraumdruck geschlossen werden. Zugleich kann zur Optimierung der Einspritzung die Ansteuerung der Düsennadel 6 an den jeweiligen Brennraumdruck angepasst werden.

Der Kraftstoffinjektor 2 ist somit zugleich als Drucksensor 7 einsetzbar, der einen separaten Brennraumdrucksensor entbehrlich macht. Durch die Funktionsintegration kann Bauraum eingespart werden. In der Ausbildung als piezoresistiver Drucksensor 7, der über die Hubbewegung der Düsennadel 6 schaltbar ist, kann der Drucksensor 7 zudem zur Erkennung des Nadelschließzeitpunkts eingesetzt werden.

In der Fig. 2 sind die auf die Düsennadel 6 wirkenden Kräfte dargestellt. Einerseits, und zwar brennraumseitig, ist die Düsennadel 6 von der Druckkraft F_B beaufschlagt, die das Produkt aus Brennraumdruck p und der mit Brennraumdruck p beaufschlagten Fläche A ist. Andererseits wirken auf die Düsennadel 6 die hydraulische Druckkraft F_H so-

wie die Federkraft F_F einer Feder 14, welche die Düsennadel 6 in Richtung des Ventilsitzes 15 vorspannt.

5 Während eines Einspritzvorgangs kann kein Brennraumdruck ermittelt werden, da zwischen der Düsennadel 6 und dem Düsenkörper 3 kein elektrischer Kontakt über das piezoresistive Material 8 besteht.

5 Ansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung des Drucks in einem Brennraum (1) einer Brennkraftmaschine unter Verwendung eines Kraftstoffinjektors (2), der einen Düsenkörper (3) mit mindestens einem Spritzloch (4) und eine in einer Hochdruckbohrung (5) des Düsenkörpers (3) hubbeweglich aufgenommene Düsennadel (6) zum Freigeben und Verschließen des mindestens einen Spritzlochs (4) umfasst,
10 **dadurch gekennzeichnet**, dass der Druck im Brennraum (1) über einen piezoresistiven Drucksensor (7) ermittelt wird, der in den Kraftstoffinjektor (2) integriert ist und über die Hubbewegung der Düsennadel (6) geschaltet wird.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass an die Düsennadel (6) eine elektrische Spannung angelegt wird und zum Schalten des piezoresistiven Drucksensors (7) ein elektrischer Kontakt der Düsennadel (6) mit dem Düsenkörper (3) hergestellt wird.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass der elektrische Kontakt über ein Material (8) mit piezoresistiven Eigenschaften hergestellt wird, mit dem die Düsennadel (6) im Bereich einer mit einem Ventilsitz (15) zusammenwirkenden Dichtfläche (9) und/oder der Ventilsitz (15) beschichtet ist.
- 25 4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet, dass ein diamantähnlicher Kohlenstoff als Material (8) verwendet wird.
- 30 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Messwerte des piezoresistiven Drucksensors (7) in einem Steuergerät (10) ausgewertet und/oder als Eingangsgrößen bei der Ansteuerung des Kraftstoffinjektors (2) eingesetzt werden.

6. Kraftstoffinjektor (2) zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Brennraum (1) einer Brennkraftmaschine und zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5, umfassend einen Düsenkörper (3) mit mindestens einem Spritzloch (4) und eine in einer Hochdruckbohrung (5) des Düsenkörpers (3) hubbeweglich aufgenommene Düsennadel (6) zum Freigeben und Verschließen des mindestens einen Spritzlochs (4),

dadurch gekennzeichnet, dass in den Kraftstoffinjektor (2) ein piezoresistiver Drucksensor (7) zur Ermittlung des Drucks im Brennraum (1) der Brennkraftmaschine integriert ist, der über die Hubbewegung der Düsennadel (6) schaltbar ist.

7. Kraftstoffinjektor (2) nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet, dass die Düsennadel (6) mit einer Spannungsquelle (11) verbunden ist und zum Schalten des piezoresistiven Drucksensors (7) ein elektrischer Kontakt der Düsennadel (6) mit dem Düsenkörper (3) herstellbar ist.

8. Kraftstoffinjektor (2) nach Anspruch 6 oder 7,

dadurch gekennzeichnet, dass die Düsennadel (6) im Bereich einer mit einem Ventilsitz (15) zusammenwirkenden Dichtfläche (9) und/oder der Ventilsitz (15) mit einem Material (8) beschichtet ist, das piezoresistive Eigenschaften besitzt, wobei vorzugsweise das Material (8) ein diamantähnlicher Kohlenstoff ist.

9. Kraftstoffinjektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass der piezoresistive Drucksensor (7) mit einem Steuergerät (10) zur Auswertung der Messwerte des Drucksensors (7) und/oder zur Ansteuerung des Kraftstoffinjektors (2) verbunden ist.

1 / 1

Fig. 1

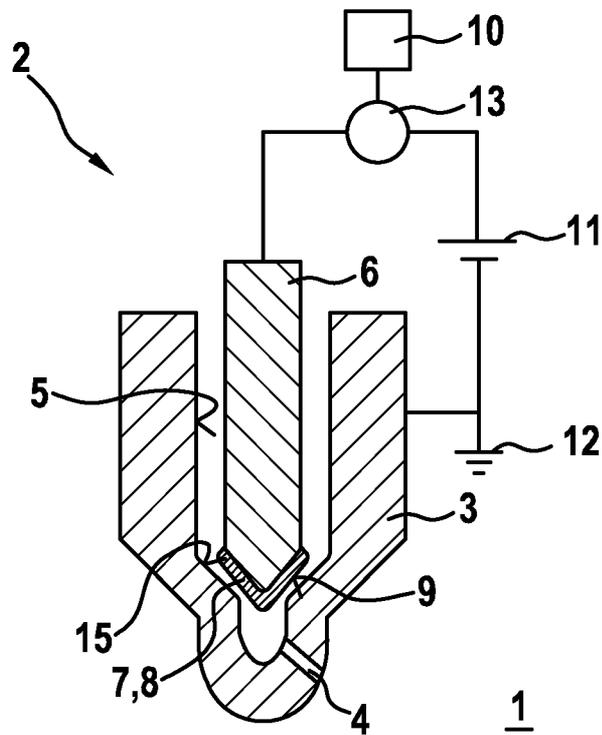
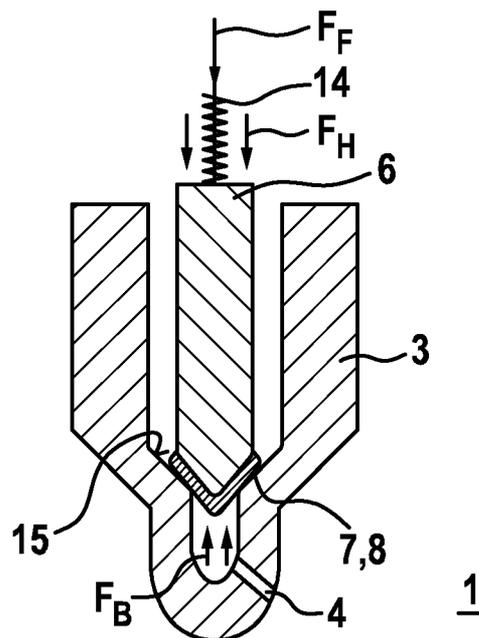


Fig. 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/075115

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02M57/00 F02M61/18
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2011 016168 A1 (ORANGE GMBH [DE]) 11 October 2012 (2012-10-11) paragraphs [0042] - [0044]; figures 1,1a -----	1-9
X	DE 10 2011 007393 B3 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 13 September 2012 (2012-09-13) paragraphs [0039] - [0041] -----	1,5,6,9
X,P	WO 2016/206982 A1 (DELPHI INT OPERATIONS LUXEMBOURG S À R L [LU]) 29 December 2016 (2016-12-29) page 9, line 13 - page 12, line 26; figures 1-3 -----	1-9
A	WO 2015/071132 A1 (DELPHI INT OPERATIONS LUX SRL [LU]) 21 May 2015 (2015-05-21) the whole document -----	1-9
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 4 December 2017	Date of mailing of the international search report 11/12/2017
--	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Nobre Correia, S
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/075115

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2009/302136 A1 (SONG JIN OH [KR]) 10 December 2009 (2009-12-10) the whole document -----	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2017/075115

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102011016168 A1	11-10-2012	NONE	
DE 102011007393 B3	13-09-2012	CN 103459827 A	18-12-2013
		DE 102011007393 B3	13-09-2012
		US 2014034747 A1	06-02-2014
		WO 2012139854 A1	18-10-2012
WO 2016206982 A1	29-12-2016	NONE	
WO 2015071132 A1	21-05-2015	CN 105705769 A	22-06-2016
		EP 3069005 A1	21-09-2016
		FR 3013080 A1	15-05-2015
		JP 2017501326 A	12-01-2017
		KR 20160083875 A	12-07-2016
		US 2016281665 A1	29-09-2016
		WO 2015071132 A1	21-05-2015
US 2009302136 A1	10-12-2009	CN 101598097 A	09-12-2009
		IT 1392670 B1	16-03-2012
		JP 5295736 B2	18-09-2013
		JP 2009293612 A	17-12-2009
		KR 20090126966 A	09-12-2009
		US 2009302136 A1	10-12-2009

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. F02M57/00 F02M61/18 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F02M		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2011 016168 A1 (ORANGE GMBH [DE]) 11. Oktober 2012 (2012-10-11) Absätze [0042] - [0044]; Abbildungen 1,1a -----	1-9
X	DE 10 2011 007393 B3 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 13. September 2012 (2012-09-13) Absätze [0039] - [0041] -----	1,5,6,9
X,P	WO 2016/206982 A1 (DELPHI INT OPERATIONS LUXEMBOURG S À R L [LU]) 29. Dezember 2016 (2016-12-29) Seite 9, Zeile 13 - Seite 12, Zeile 26; Abbildungen 1-3 -----	1-9
A	WO 2015/071132 A1 (DELPHI INT OPERATIONS LUX SRL [LU]) 21. Mai 2015 (2015-05-21) das ganze Dokument -----	1-9
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
4. Dezember 2017		11/12/2017
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Nobre Correia, S

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2009/302136 A1 (SONG JIN OH [KR]) 10. Dezember 2009 (2009-12-10) das ganze Dokument -----	1-9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/075115

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102011016168 A1	11-10-2012	KEINE	
DE 102011007393 B3	13-09-2012	CN 103459827 A	18-12-2013
		DE 102011007393 B3	13-09-2012
		US 2014034747 A1	06-02-2014
		WO 2012139854 A1	18-10-2012
WO 2016206982 A1	29-12-2016	KEINE	
WO 2015071132 A1	21-05-2015	CN 105705769 A	22-06-2016
		EP 3069005 A1	21-09-2016
		FR 3013080 A1	15-05-2015
		JP 2017501326 A	12-01-2017
		KR 20160083875 A	12-07-2016
		US 2016281665 A1	29-09-2016
		WO 2015071132 A1	21-05-2015
US 2009302136 A1	10-12-2009	CN 101598097 A	09-12-2009
		IT 1392670 B1	16-03-2012
		JP 5295736 B2	18-09-2013
		JP 2009293612 A	17-12-2009
		KR 20090126966 A	09-12-2009
		US 2009302136 A1	10-12-2009