



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 08 454 T2** 2005.06.30

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 186 773 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 08 454.3**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 121 254.5**

(96) Europäischer Anmeldetag: **05.09.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **13.03.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **19.01.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **30.06.2005**

(51) Int Cl.7: **F02M 47/02**

F02M 45/12, F02M 59/46

(30) Unionspriorität:

2000275012 06.09.2000 JP

(73) Patentinhaber:

Toyota Jidosha K.K., Toyota, Aichi, JP

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, ES, FR, GB, IT, SE

(72) Erfinder:

**Watanabe, Yoshimasa, Toyota-shi, Aichi-ken
471-8571, JP; Omae, Kazuhiro, Toyota-shi,
Aichi-ken 471-8571, JP**

(54) Bezeichnung: **Brennstoffeinspritzventil**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

1. Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung und auch auf ein Verfahren zum Einspritzen von Kraftstoff.

2. Beschreibung des zugehörigen Stands der Technik

[0002] Die ungeprüfte japanische Patentveröffentlichung Nr. 8-334 072 offenbart eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung mit einem Gehäuse mit einer Düse, einer Nadel, die beweglich in einer in dem Gehäuse ausgebildeten Nadelunterbringungskammer untergebracht ist, und einem Steuerventil zum Steuern eines Versatzes bzw. einer Verschiebung der Nadel. Bei dieser Kraftstoffeinspritzeinrichtung wird das Steuerventil durch den Druck versetzt, der auf die Kraftstoffeinspritzeinrichtung aufgebracht wird, und wird auf eine Null-Versatz-Position versetzt, wenn der Kraftstoffdruck niedrig ist, auf eine gänzlich versetzte Position versetzt, wenn der Kraftstoffdruck hoch ist, und auf eine Zwischenposition zwischen der Null-Versatz-Position und der gänzlich versetzten Position versetzt, wenn der Kraftstoffdruck in der Mitte ist.

[0003] Die Nadel kann gänzlich versetzt werden, wenn das Steuerventil auf die Null-Versatz-Position oder auf die gänzlich versetzte Position versetzt wird, und kann teilweise versetzt werden, wenn das Steuerventil auf die Zwischenposition versetzt wird.

[0004] Jedoch muss während des Versetzens des Steuerventils von der Null-Versatz-Position zu der gänzlich versetzten Position das Steuerventil die Zwischenposition passieren, bei der der Versatz der Nadel begrenzt ist. Dies kann ein schnelles Versetzen der Nadel zum gänzlichen Öffnen der Düse verhindern.

[0005] Die Druckschrift WO 99 15 779 A offenbart ein Einspritzventil. Zum Steuern einer Nadel werden zwei Bohrungen, die mit einer Niederdruckflüssigkeitsquelle verbunden sind, und eine Bohrung, die mit einer Hochdruckflüssigkeitsquelle verbunden ist, verwendet.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0006] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung und ein Verfahren zum Einspritzen von Kraftstoff zu schaffen, um ein schnelles Versetzen der Nadel zu ermöglichen.

[0007] Die vorstehend dargelegte Aufgabe ist im

Hinblick auf die Kraftstoffeinspritzeinrichtung durch die Merkmale von Anspruch 1 und im Hinblick auf das Verfahren durch die Merkmale von Anspruch 8 gelöst. Weitere Entwicklungen sind Gegenstand der weiteren Ansprüche.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0008] [Fig. 1](#) zeigt eine Gesamtansicht einer Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0009] [Fig. 2](#) zeigt eine vergrößerte Ansicht von einem Teil A in [Fig. 1](#).

[0010] [Fig. 3](#) zeigt eine ausschnittartige vergrößerte Ansicht der Kraftstoffeinspritzeinrichtung.

[0011] [Fig. 4](#) zeigt eine vergrößerte Ansicht in ähnlicher Weise wie bei [Fig. 2](#) zur Erläuterung eines Vorgangs bei einer Kraftstoffeinspritzeinrichtung, die in [Fig. 1](#) gezeigt ist.

[0012] [Fig. 5](#) zeigt eine vergrößerte Ansicht in ähnlicher Weise wie bei [Fig. 2](#) zur Erläuterung eines Vorgangs bei einer Kraftstoffeinspritzeinrichtung, die in [Fig. 1](#) gezeigt ist.

[0013] Die [Fig. 6](#) bis [Fig. 11](#) zeigen verschiedene Ausführungsbeispiele der Kraftstoffeinspritzung.

[0014] [Fig. 12](#) zeigt eine vergrößerte Ansicht in ähnlicher Weise wie bei [Fig. 2](#), wobei ein anderes Ausführungsbeispiel gemäß der vorliegenden Erfindung dargestellt ist.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0015] Unter Bezugnahme auf die [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) hat eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung **1** ein Gehäuse **2** und eine Nadel **3**. Das Gehäuse **2** hat einen Düsenhalter **2a** mit einem Paar an Düsen **4**, einem Gehäusekörper **2b**, einem Betätigungsgliedgehäuse **2c** und Elementen **2d**, **2e**, **2f**, **2g** und **2h**, die eine Kammer definieren. Die Nadel **3** hat einen Nadelkörper **3a** und eine Vielzahl an Kolbenelementen **3b** und ist in einer Nadelunterbringungskammer **5**, die in dem Gehäuse **2** ausgebildet ist, beweglich entlang ihrer Längsachsen untergebracht. Die Nadel **3** wird versetzt, um die Düsen **4** zu öffnen und zu schließen.

[0016] Eine Kraftstofflieferung **6** ist in dem Gehäuse **2** von einem Kraftstoffeinlass **7**, der in dem Gehäuse **2** ausgebildet ist, zu den Düsen **4** ausgebildet. Der Kraftstoffeinlass **7** ist mit einer Hochdruckkraftstoffquelle, wie beispielsweise eine (nicht gezeigte) Common Rail mit einem konstanten Kraftstoffdruck verbunden.

[0017] Eine Drucksteuerkammer **8** ist zwischen dem oberen Ende der Nadel **3** und einer Innenwand der Nadelunterbringungskammer **5** definiert. In der Drucksteuerkammer **8** ist ein Versatzsteuerkolben **9** axial und beweglich untergebracht, um die Drucksteuerkammer **8** in eine erste und eine zweite Drucksteuerkammer **8a** und **8b** zu teilen. Die erste Drucksteuerkammer **8a** ist zwischen dem Bodenende des Versatzsteuerkolbens **9** und dem oberen Ende der Nadel **3** definiert und die zweite Drucksteuerkammer **8b** ist zwischen dem oberen Ende des Versatzsteuerkolbens **9** und der Innenwand der Nadelunterbringungskammer **5** definiert.

[0018] Der Versatzsteuerkolben **9** hat einen ringartigen Absatz **9a**, der eine nach unten gerichtete Verschiebung oder einen nach unten gerichteten Versatz des Kolbens **9** zusammen mit einem ringartigen Absatz **5a** begrenzt, der an der Nadelunterbringungskammer **5** ausgebildet ist. Es ist hierbei zu beachten, dass eine nach oben gerichtete Verschiebung oder ein nach oben gerichteter Versatz des Kolbens **9** durch einen Kontakt zwischen dem oberen Ende des Kolbens **9** und der oberen Endwand der Nadelunterbringungskammer **5** begrenzt ist.

[0019] Eine Ventilkammer **10** ist außerdem in dem Gehäuse **2** ausgebildet, wobei sie mit der Drucksteuerkammer **8** über eine Abgabelung verbunden ist. Genauer gesagt ist die Ventilkammer **10** mit der ersten Drucksteuerkammer **8a** über eine erste Abgabelung **11a** verbunden, und sie ist mit der zweiten Drucksteuerkammer **8b** über eine zweite Abgabelung **11b** verbunden.

[0020] Wie dies vorstehend beschrieben ist, sind die Drucksteuerkammern **8a** und **8b** und die Ventilkammer **10** mit Kraftstoff gefüllt.

[0021] Entlastungsleitungen **12**, die in dem Gehäuse **2** ausgebildet sind, erstrecken sich von der Ventilkammer **10** zu einem Kraftstoffauslass **13**, der in dem Gehäuse **2** ausgebildet ist. Der Kraftstoffauslass **13** kann mit einem (nicht gezeigten) Kraftstofftank verbunden sein.

[0022] Ein Drucksteuerventil **14** ist in der Ventilkammer **10** entlang ihrer Längsachse beweglich untergebracht. Das Drucksteuerventil **14** hat ein kugelförmiges Element **14a** und ein stangenförmiges Element **14b**, die miteinander einstückig sind.

[0023] Das Drucksteuerventil **14** wird durch ein Betätigungsglied **15** einer piezoelektronischen Art angetrieben, das in dem Gehäuse **2** untergebracht ist. Das Betätigungsglied **15** steuert einen axialen Versatz des Drucksteuerventils **14** über eine Steuerung eines Kraftstoffdrucks in einer mit Kraftstoff gefüllten Kammer **16** zwischen dem Betätigungsglied **15** und dem Drucksteuerventil **14**. Genauer gesagt nimmt, wenn

das Betätigungsglied sich entlang seiner Längsachse ausdehnt, ein Kraftstoffdruck in der Kammer **16** zu, und somit wird das Drucksteuerventil **14** nach unten versetzt. Wenn das Betätigungsglied entlang seiner Längsachse schrumpft, fällt der Druck in der Kammer **16** ab, und somit wird das Drucksteuerventil **14** nach oben versetzt.

[0024] Die Kraftstofflieferung **6** hat eine Kraftstoffsammelkammer **17**, die darin ausgebildet ist, in der eine Druckaufnahme fläche **13c**, die an der Nadel ausgebildet ist, angeordnet ist. Demgemäß wird die Nadel **3** durch den Kraftstoffdruck in der Kraftstoffsammelkammer **17** in eine Richtung gedrängt, in der die Nadel **3** die Düsen **4** öffnet. Die Nadel **3** wird außerdem durch eine Druckfeder **18**, die zwischen der Nadel **3** und der Innenwand der Nadelunterbringungskammer **5** angeordnet ist, in eine Richtung gedrängt, in der die Nadel **3** die Düsen **4** schließt.

[0025] Eine Kraftstoffhochdruckleitung **16** zweigt von der Kraftstofflieferung **6** ab und ist mit der ersten und der zweiten Drucksteuerkammer **8a** und **8b** über eine erste und eine zweite Einströmleitung **20a** bzw. **20b** verbunden. Der Kraftstoffhochdruckkanal oder die Kraftstoffhochdruckleitung **19** ist außerdem mit der Ventilkammer **10** über eine dritte Einströmleitung **20c** verbunden.

[0026] Es ist hierbei zu beachten, dass bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel die erste und die zweite Abgabelung **11a** und **11b** und die erste, die zweite und die dritte Einströmleitung **20a**, **20b**, **20c** in ihnen ausgebildete Drosseleinrichtungen haben.

[0027] Der Strömungswiderstand des zweiten Einströmkanals bzw. der zweiten Einströmleitung **20b** ist kleiner als derjenige des ersten Einströmkanals **20a** eingestellt und der Strömungswiderstand des zweiten Abgabekanals **11b** ist größer als derjenige des ersten Abgabekanals **11a** eingestellt. Des Weiteren wird ein hydroerosives Schleifen lediglich in einer Richtung von der Ventilkammer **10** zu der Drucksteuerkammer **8b** so angewendet, dass ein Abgabekoeffizient der zweiten Abgabelung **11b** in einer Richtung von der zweiten Druckkammer **8b** zu der Ventilkammer **10** kleiner als in einer Richtung von der Ventilkammer **10** zu der Drucksteuerkammer **8b** eingestellt ist. Daher wird der Druck in der zweiten Drucksteuerkammer **8b** mit Leichtigkeit erhöht, aber es ist schwierig, ihn in Bezug auf den Druck in der ersten Drucksteuerkammer **8a** zu verringern.

[0028] [Fig. 2](#) zeigt den Fall, bei dem das Drucksteuerventil **14** in der Null-Versatz-Position ist. Bei dieser Position verhindert das Drucksteuerventil **14** eine Verbindung zwischen der Ventilkammer **10** und den Entlastungskanälen **12**, und die Ventilkammer **10** ist mit der Kraftstoffhochdruckleitung **19** verbunden. In diesem Zustand strömt in der Kraftstoffhochdrucklei-

tung **19** befindlicher Kraftstoff in die erste Drucksteuerkammer **8a** über einen ersten Einströmkanal **20a** und über den dritten Einströmkanal **20c**, die Ventilkammer **10** und den ersten Abgabekanal **11a**. Außerdem strömt Kraftstoff in die zweite Drucksteuerkammer **8b** über den zweiten Einströmkanal **20b** und über den dritten Einströmkanal **20c**, das Ventilelement **10** und den zweiten Abgabekanal **11b**.

[0029] Dadurch wird der Kraftstoffdruck in der zweiten Drucksteuerkammer **8b** erhöht, und der Versatzsteuerkolben **9** wird bei der untersten Position gehalten, bei der sein Absatz **9a** mit dem Absatz **5a** der Nadelunterbringungskammer **5** in Kontakt steht. Außerdem wird dadurch der Kraftstoffdruck in der ersten Drucksteuereinrichtung **8a** erhöht. Daher überschreitet eine nach unten gerichtete Kraft, die an der Nadel **3** zum Zwecke des Schließens der Düse **4** einwirkt, die durch den Kraftstoffdruck in den Drucksteuerkammern **8a** und **8b** und die Vorspannkraft der Feder **18** vorgesehen wird, eine nach oben gerichtete Kraft, die an der Nadel zum Zwecke des Öffnens der Düse **4** einwirkt, die durch den Kraftstoffdruck in der Kraftstoffsammelkammer **17** vorgesehen wird. Demgemäß schließt die Nadel **3** die Düsen **4**.

[0030] Es ist hierbei zu beachten, dass sich in diesem Zustand die Oberseite der Nadel **3** und der Boden des Versatzsteuerkolbens **9** voneinander um einen Abstand D1 beabstandet sind und die Oberseite des Kolbens **9** und die Oberseite der Innenwand der Nadelunterbringungskammer **5** voneinander um einen Abstand D2 beabstandet sind, wie dies in [Fig. 3](#) gezeigt ist.

[0031] [Fig. 4](#) zeigt den Fall, bei dem das Drucksteuerventil **14** bei einer Zwischenposition ist oder um einen geringfügigen Versatz SD von der Null-Versatz-Position versetzt ist. Bei dieser Position verbindet das Drucksteuerventil **14** teilweise die Ventilkammer **10** mit den Entlastungskanälen **12**, und es verbindet die Ventilkammer mit dem Kraftstoffhochdruckkanal **19**. In diesem Zustand strömt Kraftstoff in die erste Drucksteuerkammer **8a** über den ersten Einströmkanal **20a**. Jedoch strömt in der ersten Drucksteuerkammer **8a** befindliche Kraftstoff aus diesem heraus über den ersten Abgabekanal **11a** und die Ventilkammer **10** zu den Entlastungskanälen **12**. Daher fällt der Druck in der ersten Drucksteuerkammer **8a** ab. Also überschreitet die an der Nadel **3** einwirkende nach oben gerichtete Kraft die nach unten gerichtete Kraft, die an der Nadel **3** einwirkt, und somit wird die Nadel **3** nach oben versetzt.

[0032] Andererseits strömt zu diesem Zeitpunkt Kraftstoff in die zweite Drucksteuerkammer **8b** über den zweiten Einströmkanal **20b** und den zweiten Abgabekanal **11b**. Es ist hierbei zu beachten, dass bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel die Größen der Öffnung, die zwischen der Ventilkammer **10** und

den Entlastungskanälen **12** ausgebildet sind, und die Strömungswiderstände der Kanäle **11a**, **11b**, **20a** und **20b** so eingestellt sind, dass der Kraftstoff von der Ventilkammer **10** zu der zweiten Drucksteuerkammer **8b** selbst dann strömt, wenn die Ventilkammer **10** mit den Entlastungskanälen **12** verbunden ist. Somit wird der Druck in der zweiten Drucksteuerkammer **8b** hoch gehalten, und somit wird der Versatzsteuerkolben **9** an der untersten Position gehalten.

[0033] Der nach oben gerichtete Versatz der Nadel **3** ist durch eine Anlage der Nadel **3** an den Versatzsteuerkolben **9** begrenzt, wie dies in [Fig. 5](#) gezeigt ist. In dieser Weise wird die Nadel **3** um den Versatz D1 versetzt oder öffnet teilweise die Düsen **4** um den geringen Versatz des Drucksteuerventils **14**.

[0034] [Fig. 5](#) zeigt den Fall, bei dem das Drucksteuerventil **14** bei einer gänzlich versetzten Position ist oder um einen vollen Versatz FD von der Null-Versatz-Position versetzt worden ist. Bei dieser Position verbindet das Drucksteuerventil **14** die Ventilkammer **10** mit den Entlastungskanälen **12** und verhindert eine Verbindung zwischen der Ventilkammer **10** und dem Kraftstoffhochdruckkanal **19**. In diesem Zustand wird der Druck in der ersten Drucksteuerkammer **8a** niedrig gehalten, da in der ersten Drucksteuerkammer **8a** befindlicher Kraftstoff aus dieser heraus über den ersten Abgabekanal **11a** und die Ventilkammer **10** zu den Entlastungskanälen **12** strömt.

[0035] Zu diesem Zeitpunkt strömt außerdem in der zweiten Drucksteuerkammer **8b** befindlicher Kraftstoff aus dieser heraus über den zweiten Abgabekanal **11b** und die Ventilkammer **10** zu den Entlastungskanälen **12**. Daher fällt der Kraftstoffdruck in der zweiten Drucksteuerkammer **8b** ebenfalls ab.

[0036] Als ein Ergebnis wird der Versatzsteuerkolben **9** nach oben versetzt, bis er mit der Innenwand der Nadelunterbringungskammer **5** in Kontakt gelangt, und er wird in seiner obersten Position gehalten. Die Nadel **3** wird außerdem nach oben versetzt, bis sie mit dem Versatzsteuerkolben **9** in Kontakt gelangt. Daher wird die Nadel durch den Versatz D2 aus dem in [Fig. 4](#) gezeigten Zustand versetzt oder öffnet gänzlich die Düsen **4** durch den vollen Versatz des Drucksteuerventils **14**.

[0037] Die [Fig. 6–Fig. 11](#) zeigen verschiedene Ausführungsbeispiele des Einspritzens von Kraftstoff.

[0038] Bei dem in [Fig. 6](#) gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Versatz VD des Drucksteuerventils **14** dem geringfügigen Versatz SD gleich gestaltet und wird vorübergehend bei diesem gehalten, und wird dann gleich dem vollen Versatz FD gestaltet und vorübergehend bei diesem gehalten. Dann kehrt der Ventilversatz VD zu Null zurück.

[0039] Als ein Ergebnis wird der Nadelversatz ND zunächst dem Versatz D1 gleichgestaltet und vorübergehend bei diesem gehalten und somit wird ein Einspritzen von Kraftstoff mit einer Kraftstoffeinspritzrate FIR, die eine niedrige Rate RL ist, ausgeführt. Der Nadelversatz ND wird dann auf D1 + D2 erhöht, und somit wird das Einspritzen von Kraftstoff mit der Kraftstoffeinspritzrate FIR, die eine hohe Rate RH ist, ausgeführt.

[0040] Wenn das Einspritzen von Kraftstoff mit der hohen Einspritzrate RH gestartet wird, kann die Menge an NO_x, die erzeugt wird, zunehmen und ein Verbrennungsgeräusch kann zunehmen. Die in [Fig. 6](#) gezeigte Kraftstoffeinspritzung wird mit der niedrigen Einspritzrate RL gestartet, und daher werden eine Erzeugung von NO_x und das Verbrennungsgeräusch unterdrückt.

[0041] Bei dem in [Fig. 7](#) gezeigten Ausführungsbeispiel wird der Ventilversatz VD fortlaufend von der Null-Versatz-Position zu der gänzlich versetzten Position erhöht und wird bei dem vollen Versatz FD eine voreingestellte Zeitspanne lang gehalten. Dann kehrt der Ventilversatz VD zu Null zurück.

[0042] Eine Versatzrate des Drucksteuerventils 14 ist so eingestellt, dass der Nadelversatz ND zunächst gleich dem Versatz D1 gestaltet wird und vorübergehend bei diesem gehalten wird und dann der Nadelversatz ND auf D1 + D2 erhöht wird, wie dies bei dem in [Fig. 6](#) gezeigten Ausführungsbeispiel der Fall ist.

[0043] Als ein Ergebnis wird zunächst ein Einspritzen von Kraftstoff mit einer Kraftstoffeinspritzrate FIR, die die niedrige Rate RL ist, ausgeführt, und dann wird ein Einspritzen von Kraftstoff mit der Kraftstoffeinspritzrate FIR, die eine hohe Rate RH ist, ausgeführt.

[0044] Wie dies vorstehend beschrieben ist, wird der Druck in der zweiten Drucksteuerkammer 8b mit Leichtigkeit erhöht, aber es ist schwierig, ihn in Bezug auf den Druck in der ersten Drucksteuerkammer 8a zu verringern. Selbst wenn daher der Ventilversatz VD geringer als der geringfügige Versatz SD ist, beginnt die Nadel 3 mit einem Versatz in der nach oben weisenden Richtung, wenn die nach oben weisende Kraft, die auf die Nadel 3 einwirkt, die nach unten weisende Kraft überschreitet, die auf die Nadel 3 einwirkt. Des Weiteren wird selbst dann, wenn der Ventilversatz VD größer als der geringfügige Versatz SD ist, der Nadelversatz ND bei dem Versatz D1 gehalten, so lange der Versatzsteuerkolben 9 bei seiner untersten Position gehalten wird. Dies bedeutet, dass keine genaue Steuerung der Versatzes von dem Drucksteuerventil 14 erforderlich ist, um die Nadel 3 um den Versatz D1 zu versetzen.

[0045] Des Weiteren unterstützt der Umstand, dass

der Druck in der zweiten Drucksteuerkammer 8b mit Leichtigkeit erhöht wird, aber es schwierig ist, ihn zu verringern, ein schnelles Versetzen der Nadel 3 zum Zwecke des Schließens der Düse 4.

[0046] [Fig. 8](#) zeigt ein Einspritzen von Kraftstoff in einer niedrigen Rate, bei dem der Versatz VD des Drucksteuerventils 14 gleich dem geringfügigen Versatz SD gestaltet ist und vorübergehend bei diesem gehalten wird und dann zu Null zurückkehrt. Als ein Ergebnis wird der Nadelversatz ND gleich dem Versatz D1 gestaltet und vorübergehend bei diesem gehalten, und die Kraftstoffeinspritzung mit der niedrigen Rate RL wird ausgeführt. Das Einspritzen mit der niedrigen Rate schafft einen Kraftstoffstrahl, der eine geringe Durchdringungskraft hat.

[0047] Wie dies in [Fig. 9](#) gezeigt ist, kann der Ventilversatz VD vorübergehend bei einem Versatz gehalten werden, der größer als der geringfügige Versatz SD ist, und dann kann er vorübergehend bei dem geringfügigen Versatz SD gehalten werden, wenn das Einspritzen des Kraftstoffs in niedriger Rate ausgeführt werden soll. Dadurch wird ein schnelles Versetzen der Nadel 3 zum Zwecke des Öffnens der Düsen 4 unterstützt.

[0048] [Fig. 10](#) zeigt ein Einspritzen von Kraftstoff in einer hohen Rate, bei dem der Versatz VD des Drucksteuerventils 14 gleich dem vollen Versatz FD gestaltet wird und vorübergehend bei diesem gehalten wird und dann zu Null zurückkehrt. Als ein Ergebnis ist der Nadelversatz ND gleich dem Versatz D1 + D2 gestaltet und wird vorübergehend bei diesem gehalten, und das Einspritzen von Kraftstoff mit der hohen Rate RH wird ausgeführt. Das Einspritzen schafft einen Kraftstoffstrahl mit einer hohen Durchdringungskraft.

[0049] [Fig. 11](#) zeigt ein Ausführungsbeispiel von Kraftstoffeinspritzungen, die bei einem Verbrennungszyklus eines Verbrennungsmotors ausgeführt werden, wobei eine Hauptkraftstoffeinspritzung und eine zusätzliche Kraftstoffeinspritzung umfasst sind, die zusätzlich zu der Hauptkraftstoffeinspritzung ausgeführt wird. Die Hauptkraftstoffeinspritzung M in der Form einer Einspritzung mit einer hohen Rate kann um den oberen Totpunkt des Einlasshubs beziehungsweise Einlasstaktes des Verbrennungsmotors ausgeführt werden.

[0050] Vor der Hauptkraftstoffeinspritzung M werden zwei zusätzliche Einspritzungen ausgeführt. Genauer gesagt wird eine erste zusätzliche Einspritzung A1 in der Form einer Einspritzung mit einer niedrigen Rate bei dem Einlasshub ausgeführt und eine zweite zusätzliche Einspritzung A2 in der Form einer Einspritzung mit einer hohen Rate wird dann am Ende des Kompressionshubes ausgeführt.

[0051] Die erste zusätzliche Einspritzung A1 in der Form der Einspritzung mit niedriger Rate dient dem Ausbilden eines Luft-Kraftstoff-Gemischs, das über die Verbrennungskammer verteilt wird, während ein Anhaften des zusätzlichen Kraftstoffs an der Zylinderwand verhindert wird. Die zweite zusätzliche Einspritzung A2 in der Form einer Einspritzung mit einer hohen Rate dient dem Positionieren des zusätzlichen Kraftstoffes in der Nähe des Kraftstoffes, der durch die Hauptkraftstoffeinspritzung M eingespritzt wird, um dadurch eine Erzeugung von Rauch zu unterdrücken.

[0052] Nach der Hauptkraftstoffeinspritzung M werden zwei zusätzliche Einspritzungen ausgeführt. Genauer gesagt wird eine dritte zusätzliche Einspritzung A3 in der Form einer Einspritzung mit hoher Rate bei der Oberseite des Antriebshubs ausgeführt, und eine vierte zusätzliche Einspritzung A4 in der Form einer Einspritzung mit geringer Rate wird dann bei dem Antriebshub oder Auslasshub ausgeführt.

[0053] Die dritte zusätzliche Einspritzung A3 in der Form der Einspritzung mit hoher Rate dient dazu, das Mischen eines Luft-Kraftstoff-Gemischs in der Verbrennungskammer zu verbessern. Die vierte zusätzliche Einspritzung A4 in der Form einer Einspritzung mit niedriger Rate dient dazu, ein Reduktionsmittel zu einem Katalysator, der in dem Abgaskanal zum Verringern von NO_x vorgesehen ist, zuzuführen, während ein Anhaften von zusätzlichem Kraftstoff an der Zylinderwand verhindert wird.

[0054] Es ist hierbei zu beachten, dass bei der zweiten und bei der dritten zusätzlichen Einspritzung A2 bzw. A3, wie dies in [Fig. 11](#) gezeigt ist, das Drucksteuerventil **14** bei der gänzlich versetzten Position eine sehr kurze Zeitspanne lang gehalten wird. Daher erreicht der Nadelversatz ND nicht $D1 + D2$, und die Kraftstoffeinspritzrate erreicht nicht die hohe Rate RH.

[0055] [Fig. 12](#) zeigt ein anderes Ausführungsbeispiel des Einspritzens von Kraftstoff, bei dem der erste Einströmkanal **20a** weggelassen ist. In diesem Fall strömt der Kraftstoff in die erste Drucksteuerkammer **8a** über den ersten Abgabekanal **11a**.

[0056] Bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen nimmt der Nadelversatz dann zu, wenn der Ventilversatz zunimmt. Anders ausgedrückt wird, wenn das Drucksteuerventil **14** von der Null-Versatz-Position zu der gänzlich versetzten Position versetzt wird, verhindert, dass die Düse zunächst zu ihrer gänzlich versetzten Position und dann zu ihrer Zwischenposition versetzt wird. Daher wird ein schnelles Versetzen der Nadel **3** sichergestellt.

[0057] Des weiteren ist es bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen zum Steuern ei-

nes Versatzes der Nadel **3** oder einer Kraftstoffeinspritzrate lediglich erforderlich, die Drücke in der ersten und zweiten Drucksteuerkammer **8a** und **8b** zu steuern, und es ist nicht erforderlich, die Nadel **3** direkt anzutreiben oder den Druck zu steuern, der zu der Kraftstoffeinspritzeinrichtung **1** zugeführt wird. Außerdem ist das Betätigungsglied **15** mit dem Drucksteuerventil **14** über die mit Kraftstoff gefüllte Kammer verbunden, und daher ist keine genaue Steuerung eines Versatzes des Betätigungsgliedes **15** erforderlich. Selbst wenn sich das Betätigungsglied in unerwünschter Weise gemäß seiner Temperatur ausdehnt oder schrumpft, wird eine unerwünschte Änderung der Drücke in der ersten und zweiten Drucksteuerkammer **8a** und **8b** verhindert.

[0058] Des weiteren wird bei den vorstehend dargelegten Ausführungsbeispielen der Kraftstoff zu der Kraftstoffeinspritzeinrichtung **1** bei einem konstanten Kraftstoffdruck zugeführt. Wenn jedoch eine Kraftstoffpumpe, die den Kraftstoff zu der Kraftstoffeinspritzeinrichtung **1** zuführt, von einer durch einen Verbrennungsmotor angetriebenen Art ist, kann der Druck des zu der Kraftstoffeinspritzeinrichtung **1** gelieferten Kraftstoffes sich gemäß dem Verbrennungsmotorbetriebszustand ändern. Wenn in diesem Fall der Kraftstoffdruck hoch wird, wird die Menge an tatsächlich eingespritztem Kraftstoff groß, und wenn der Kraftstoffdruck niedrig wird, wird die Menge des tatsächlich eingespritzten Kraftstoffes gering.

[0059] Um dies zu vermeiden, kann die Einspritzung mit niedriger Rate dann ausgeführt werden, wenn der Kraftstoffdruck höher als ein oberer Grenzwert ist, und die Einspritzung mit der hohen Rate wird dann ausgeführt, wenn der Kraftstoffdruck niedriger als ein unterer Grenzwert ist. Dadurch wird ein Übermaß oder ein Mangel an Kraftstoff, der zu dem Verbrennungsmotor zugeführt wird, vermieden. Des weiteren ist es, wenn der Kraftstoffdruck hoch ist, nicht erforderlich, einen Teil des Kraftstoffes in der Kraftstoffeinspritzeinrichtung **1** von dieser abzugeben, um die Menge des tatsächlich eingespritzten Kraftstoffes zu verringern.

[0060] Um zu beurteilen, ob der Kraftstoffdruck höher als der obere Grenzwert ist oder ob er niedriger als der untere Grenzwert ist, kann ein Drucksensor in der Common-Rail vorgesehen sein. Alternativ kann dies auf der Grundlage des Verbrennungsmotorbetriebszustandes beurteilt werden. Genauer gesagt wird der Kraftstoffdruck während einer schnellen Verzögerung unmittelbar nach einem Schwerlastbetrieb des Verbrennungsmotors hoch.

[0061] Bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen schließt die Nadel **3** die Düsen **4**, wenn das Drucksteuerventil **14** bei der Null-Versatz-Position ist, öffnet sie teilweise die Düsen **4**, wenn das Ventil **14** in der Zwischenposition ist, und

öffnet sie gänzlich die Düsen **4**, wenn das Ventil **4** in der völlig versetzten Position ist. Alternativ schließt die Nadel **3** die Düsen **4**, wenn das Ventil **14** in der gänzlich versetzten Position ist, öffnet sie teilweise die Düsen **4**, wenn das Ventil **14** bei der Zwischenposition ist, und öffnet sie gänzlich die Düsen **4**, wenn das Ventil **14** in der Null-Versatz-Position ist.

[0062] Des weiteren haben die vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele den Versatzsteuerkolben **9**, der in der Drucksteuerkammer **8** angeordnet ist. Alternativ kann der Kolben **9** weggelassen werden, um eine einzelne Drucksteuerkammer, eine einzelne Einströmleitung oder ein einzelner Einströmkanal und eine einzelne Abgabelung oder einen einzelnen Abgabekanal vorzusehen.

[0063] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist es möglich, eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung vorzusehen, die dazu in der Lage ist, schnell die Nadel zu versetzen.

[0064] Eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung hat ein Gehäuse mit einer Düse, einer Nadel, die beweglich in einer in dem Gehäuse ausgebildeten Nadelunterbringungskammer zum Zwecke des Öffnens oder Schließens der Düse untergebracht ist, eine Drucksteuerkammer, die zwischen der Nadel und einer Innenwand der Nadelunterbringungskammer definiert ist und mit Kraftstoff gefüllt ist, wobei ein Versetzen der Nadel von dem Kraftstoffdruck in der Drucksteuerkammer abhängig ist, ein Drucksteuerventil, das beweglich in dem Gehäuse vorgesehen ist, um den Kraftstoffdruck in der Drucksteuerkammer zu steuern, und ein Betätigungsglied für ein Steuern eines Versatzes des Drucksteuerventils. Die Nadel wird zu einer Position versetzt, bei der sie die Düse schließt, wenn das Drucksteuerventil zu der Null-Versatz-Position versetzt ist, sie wird einer Position versetzt, bei der sie teilweise die Düse öffnet, wenn das Drucksteuerventil zu einer Zwischenposition versetzt ist, und sie wird zu einer Position versetzt, bei der sie gänzlich die Düse öffnet, wenn das Drucksteuerventil zu einer gänzlich versetzten Position versetzt ist.

Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzeinrichtung (**1**) mit:
 einem Gehäuse (**2**) mit einer Düse (**4**);
 einer Nadel (**3**), die beweglich in einer in dem Gehäuse (**2**) ausgebildeten Nadelunterbringungskammer (**5**) zum Zwecke des Öffnens oder Schließens der Düse (**4**) untergebracht ist;
 einer Drucksteuerkammer (**8**), die zwischen der Nadel (**3**) und einer Innenwand der Nadelunterbringungskammer (**5**) definiert ist und mit Kraftstoff gefüllt ist, wobei ein Versetzen der Nadel (**3**) von dem Kraftstoffdruck in der Drucksteuerkammer (**8**) abhängig ist;
 einem Drucksteuerventil (**14**), das beweglich in dem

Gehäuse (**2**) vorgesehen ist, um den Kraftstoffdruck in der Drucksteuerkammer (**8**) zu steuern; und einem Betätigungsglied (**15**) für ein Steuern eines Versatzes des Drucksteuerventils (**14**);
 wobei die Nadel (**3**) durch ein erstes Versetzen versetzt wird, wenn das Drucksteuerventil (**14**) zu der Null-Versatz-Position versetzt wird,
 wobei die Nadel (**3**) durch ein zweites Versetzen versetzt wird, wenn das Drucksteuerventil (**14**) zu der gänzlich versetzten Position versetzt ist,
 wobei die Nadel (**3**) durch ein drittes Versetzen versetzt wird, wenn das Drucksteuerventil (**14**) zu einer Zwischenposition zwischen der Null-Versatz-Position und der gänzlich versetzten Position versetzt ist, und wobei das dritte Versetzen zwischen dem ersten Versetzen und dem zweiten Versetzen liegt,
 wobei die Nadel (**3**) die Düse (**4**) dann schließt, wenn sie durch das erste Versetzen versetzt ist, wobei die Nadel (**3**) teilweise die Düse (**4**) dann öffnet, wenn sie durch das dritte Versetzen versetzt ist, und wobei die Nadel (**3**) gänzlich die Düse (**4**) dann öffnet, wenn sie durch das zweite Versetzen versetzt ist,
 wobei ein Versatzsteuerkolben (**9**) beweglich in der Drucksteuerkammer (**8**) untergebracht ist, wobei der Versatzsteuerkolben (**9**) die Drucksteuerkammer (**8**) in eine erste und in eine zweite Drucksteuerkammer (**8a**, **8b**) teilt, wobei die erste Drucksteuerkammer (**8a**) zwischen dem Versatzsteuerkolben (**9**) und der Nadel (**3**) definiert ist und wobei die zweite Drucksteuerkammer (**8b**) zwischen dem Versatzsteuerkolben (**9**) und der Innenwand der Nadelunterbringungskammer (**5**) definiert ist, wobei eine Ventilkammer (**10**), die mit Kraftstoff gefüllt ist, in dem Gehäuse (**2**) ausgebildet ist, um in ihr das Drucksteuerventil (**14**) unterzubringen, wobei eine Kraftstoffhochdruckquelle mit der zweiten Drucksteuerkammer (**8b**) und der Ventilkammer (**10**) über einen zweiten bzw. einen dritten Einströmkanal (**20b**, **20c**) jeweils verbunden ist, und wobei die erste und die zweite Drucksteuerkammer (**8a**, **8b**) mit der Ventilkammer (**10**) über einen ersten bzw. einen zweiten Abgabekanal (**20a**, **20b**) jeweils verbunden sind, und wobei das Drucksteuerventil (**14**) eine Verbindung zwischen der Ventilkammer (**10**) und einem Entlastungskanal (**12**) und eine Verbindung (**19**) zwischen der Ventilkammer (**10**) und der Kraftstoffhochdruckquelle steuert.

2. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Anspruch 1, wobei das Drucksteuerventil (**14**) eine Verbindung zwischen der Ventilkammer (**10**) und dem Entlastungskanal (**12**) verhindert und die Ventilkammer (**10**) mit der Kraftstoffhochdruckquelle verbindet, wenn es zu der Null-Versatz-Position versetzt ist, wobei das Drucksteuerventil (**14**) teilweise die Ventilkammer (**10**) mit dem Entlastungskanal (**12**) verbindet und die Ventilkammer (**10**) mit der Kraftstoffhochdruckquelle verbindet, wenn es zu der Zwischenposition versetzt ist, und wobei das Drucksteuerventil (**14**) die Ventilkammer (**10**) mit dem Entlastungskanal (**12**) verbindet und eine Verbindung zwischen der Ventilkammer

(10) und der Kraftstoffhochdruckquelle verhindert, wenn es zu der gänzlich versetzten Position versetzt ist.

3. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die erste Drucksteuerkammer (8a) mit der Kraftstoffhochdruckquelle über einen ersten Einströmkanal (20a) verbunden ist.

4. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Anspruch 3, wobei der Strömungswiderstand des zweiten Einströmkanals (20a) geringer als jener des ersten Einströmkanals (20a) eingestellt ist.

5. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Anspruch 1, wobei der Strömungswiderstand des zweiten Abgabekanals (11b) größer als derjenige des ersten Abgabekanals (11a) eingestellt ist.

6. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Anspruch 1, wobei ein Abgabekoeffizient des zweiten Abgabekanals (11b) in einer Richtung von der zweiten Drucksteuerkammer (8b) zu der Ventilkammer (10) geringer als jener in einer Richtung von der Ventilkammer (10) zu der zweiten Druckstrahlkammer (8b) eingestellt ist.

7. Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die Kraftstoffhochdruckquelle einen Kraftstofflieferkanal (6) aufweist, der sich von dem Gehäuse (2) zu der Düse (4) erstreckt.

8. Verfahren zum Einspritzen von Kraftstoff mit einer Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß einem der Ansprüche 1–7, wobei das Drucksteuerventil (14) zu der Zwischenposition versetzt wird und vorübergehend bei dieser gehalten wird, so dass die Nadel (3) vorübergehend teilweise die Düse (4) öffnet, und dann zu der gänzlich versetzten Position versetzt wird, so dass die Nadel (2) die Düse (4) gänzlich öffnet, und dann zu der Null-Versatz-Position zurückkehrt, so dass die Nadel (3) die Düse (4) schließt.

9. Verfahren zum Einspritzen von Kraftstoff mit einer Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß einem der Ansprüche 1–7, wobei das Drucksteuerventil (14) von der Null-Versatz-Position zu der gänzlich versetzten Position fortlaufend versetzt wird, wobei eine Versatzrate des Drucksteuerventils (14) so eingestellt ist, dass die Nadel (3) vorübergehend die Düse (4) teilweise öffnet und dann die Düse (4) gänzlich öffnet.

10. Verfahren zum Einspritzen von Kraftstoff mit einer Kraftstoffeinspritzeinrichtung gemäß einem der Ansprüche 1–7, wobei die Kraftstoffeinspritzeinrichtung wahlweise entweder eine Kraftstoffeinspritzung mit geringer Rate, bei der das Drucksteuerventil (14) zu der Zwischenposition versetzt wird und dann zu der Null-Versatz-Position zurückkehrt, oder eine

Kraftstoffeinspritzeinrichtung mit einer hohen Rate, bei der das Drucksteuerventil (14) zu der gänzlich versetzten Position versetzt wird und dann zu der Null-Versatz-Position zurückkehrt, ausführt.

11. Verfahren gemäß Anspruch 10, wobei vor einem Hauptkraftstoffeinspritzen die Kraftstoffeinspritzeinrichtung zusätzlich die Kraftstoffeinspritzung mit einer geringen Rate und wiederum die Kraftstoffeinspritzeinrichtung mit einer hohen Rate ausführt.

12. Verfahren gemäß Anspruch 10, wobei nach einem Hauptkraftstoffeinspritzen die Kraftstoffeinspritzeinrichtung (1) zusätzlich die Kraftstoffeinspritzung mit der hohen Rate und wiederum die Kraftstoffeinspritzung mit der niedrigen Rate ausführt.

13. Verfahren gemäß Anspruch 10, wobei wenn die Kraftstoffeinspritzeinrichtung (1) die Kraftstoffeinspritzung mit der niedrigen Rate ausführen soll, das Drucksteuerventil (14) vorübergehend um einen Versatz versetzt wird, der größer als ein Versatz ist, der für die Zwischenposition erforderlich ist.

14. Verfahren gemäß Anspruch 10, wobei wenn der Druck des Kraftstoffes, der zu der Kraftstoffeinspritzeinrichtung (1) geliefert wird, höher als ein oberer Grenzwert ist, die Kraftstoffeinspritzeinrichtung (1) die Kraftstoffeinspritzung mit der niedrigen Rate ausführt.

15. Verfahren gemäß Anspruch 10, wobei wenn der Druck des Kraftstoffes, der zu der Kraftstoffeinspritzeinrichtung (1) geliefert wird, niedriger als ein unterer Grenzwert ist, die Kraftstoffeinspritzeinrichtung (1) die Kraftstoffeinspritzung mit der hohen Rate ausführt.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

Fig.1

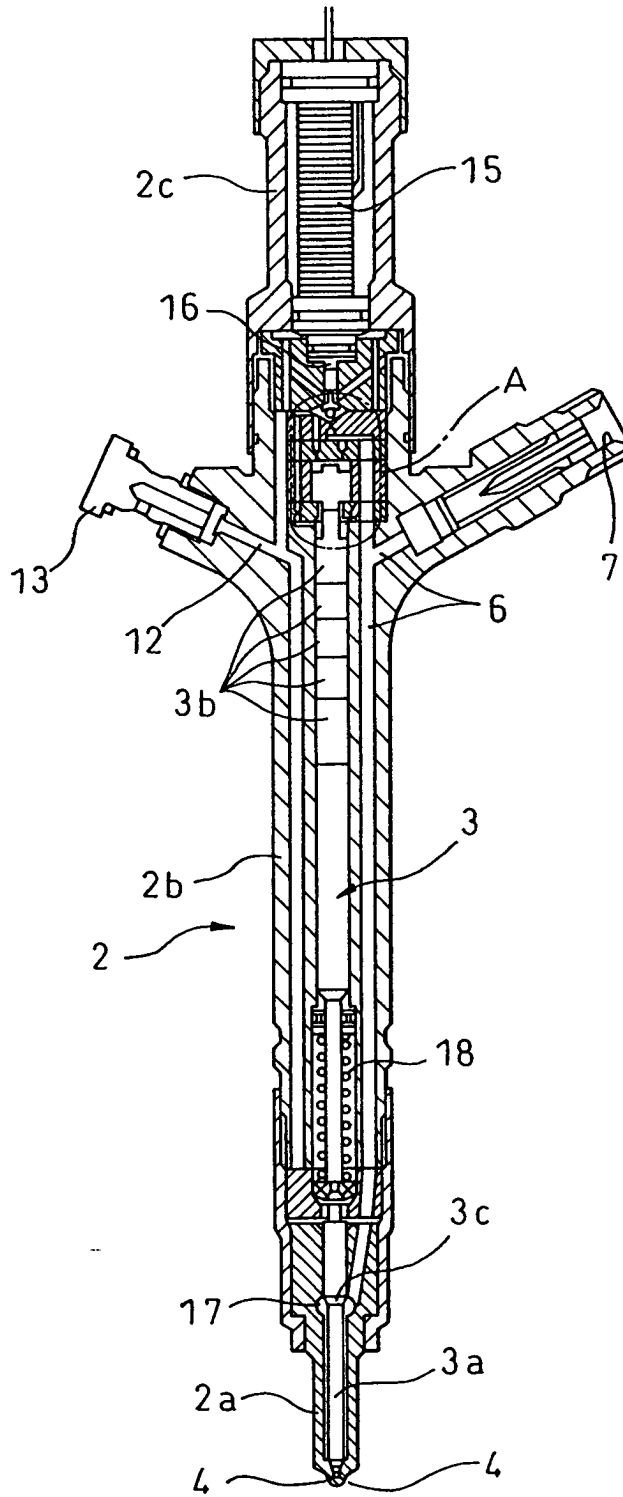


Fig. 2

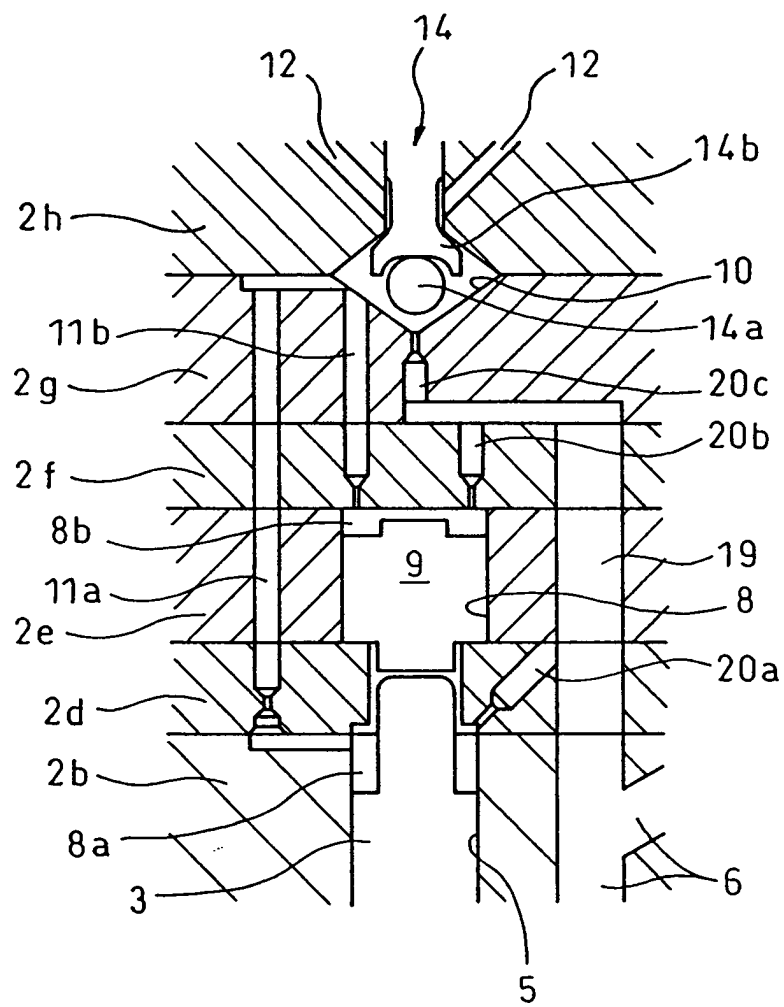


Fig. 3

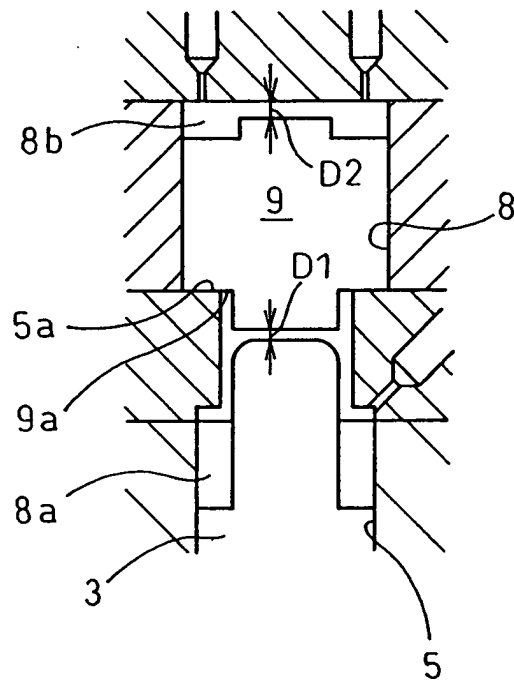


Fig.4

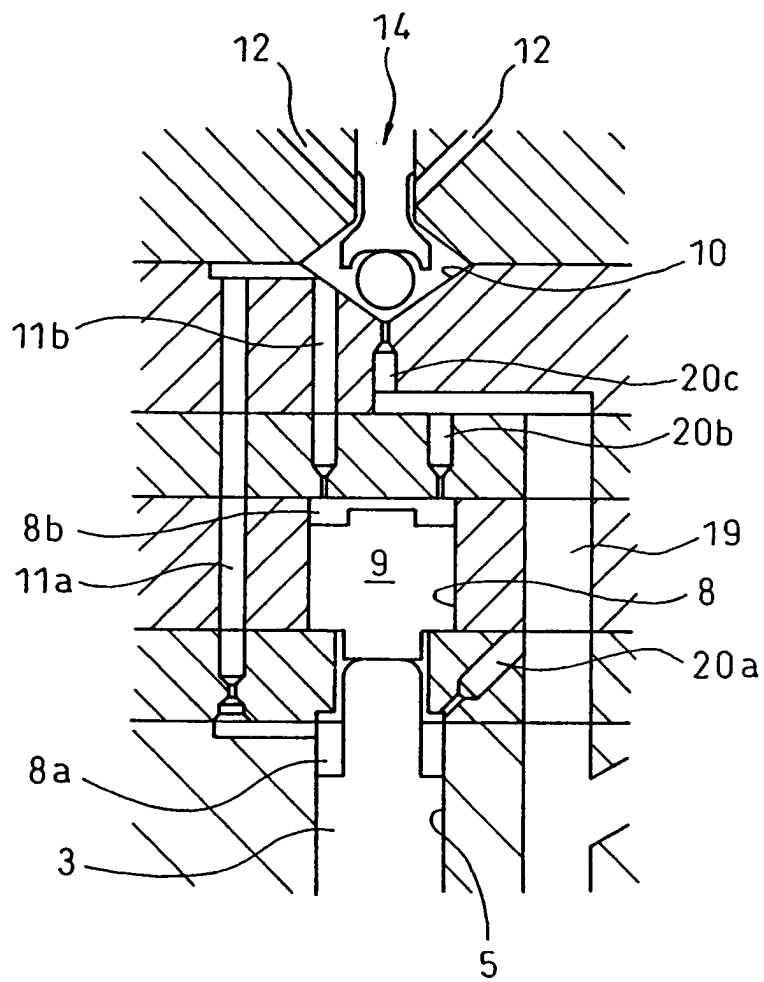


Fig.6

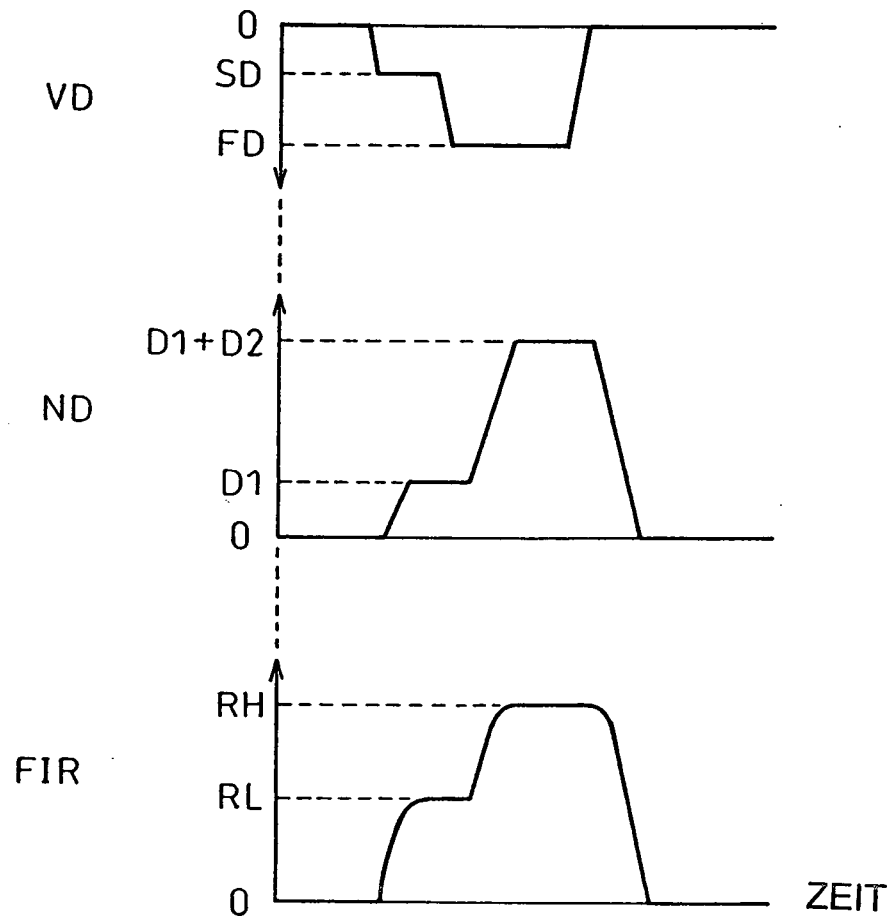


Fig.7

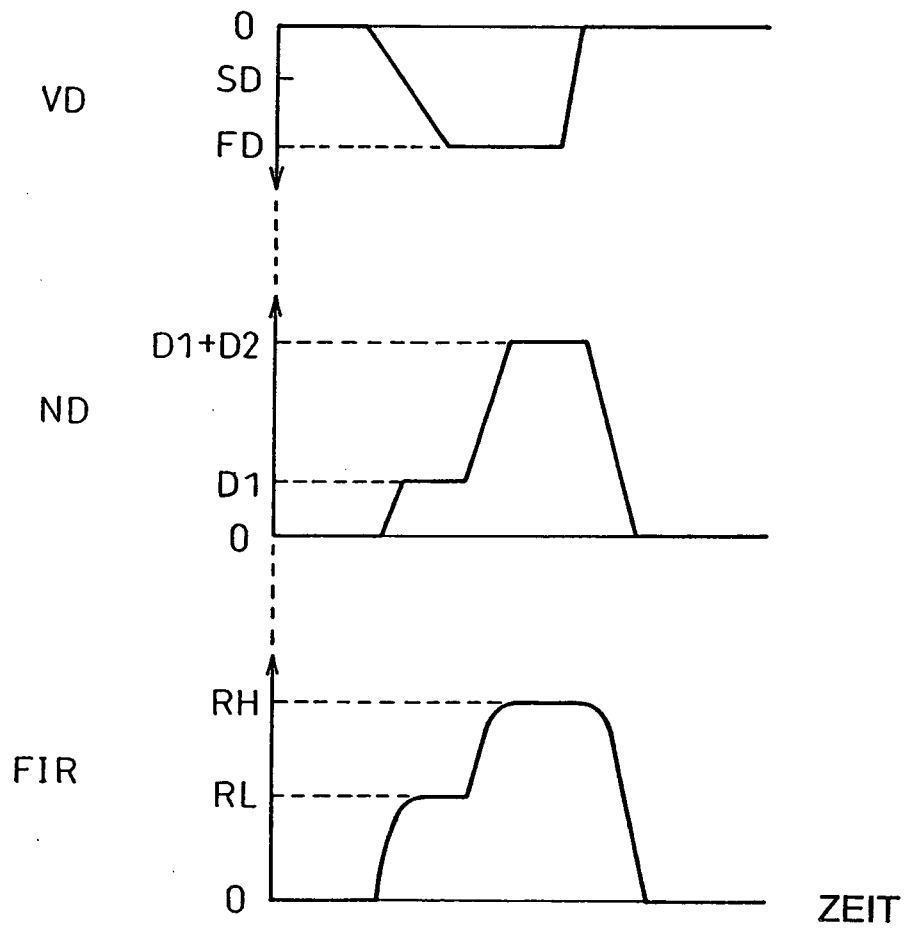


Fig. 8

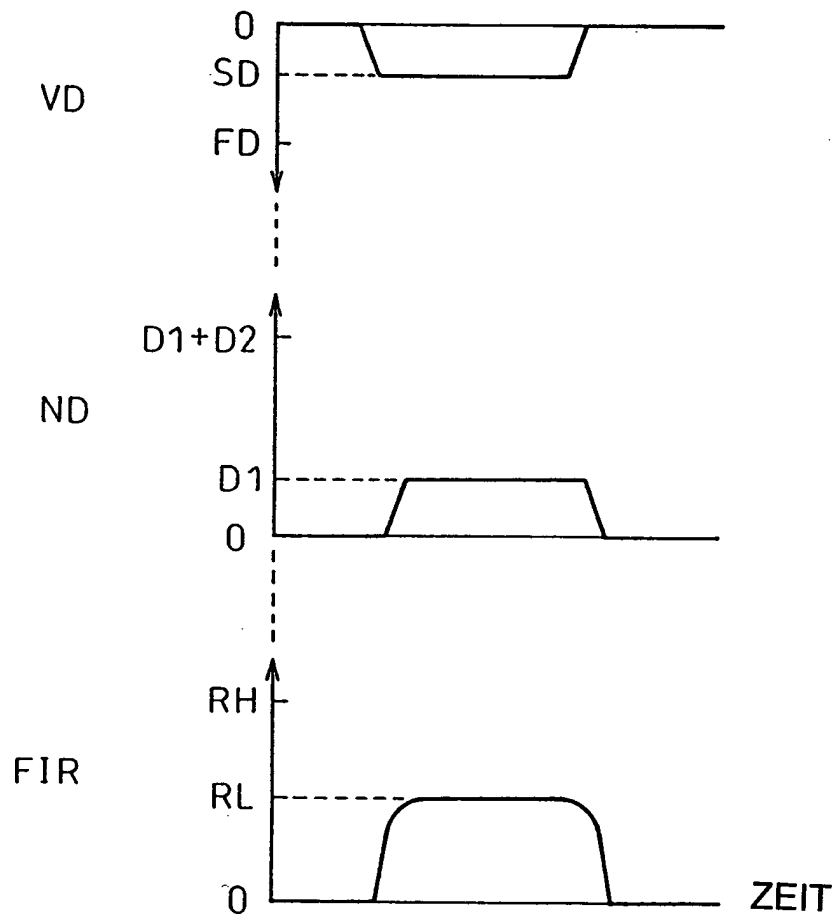


Fig.9

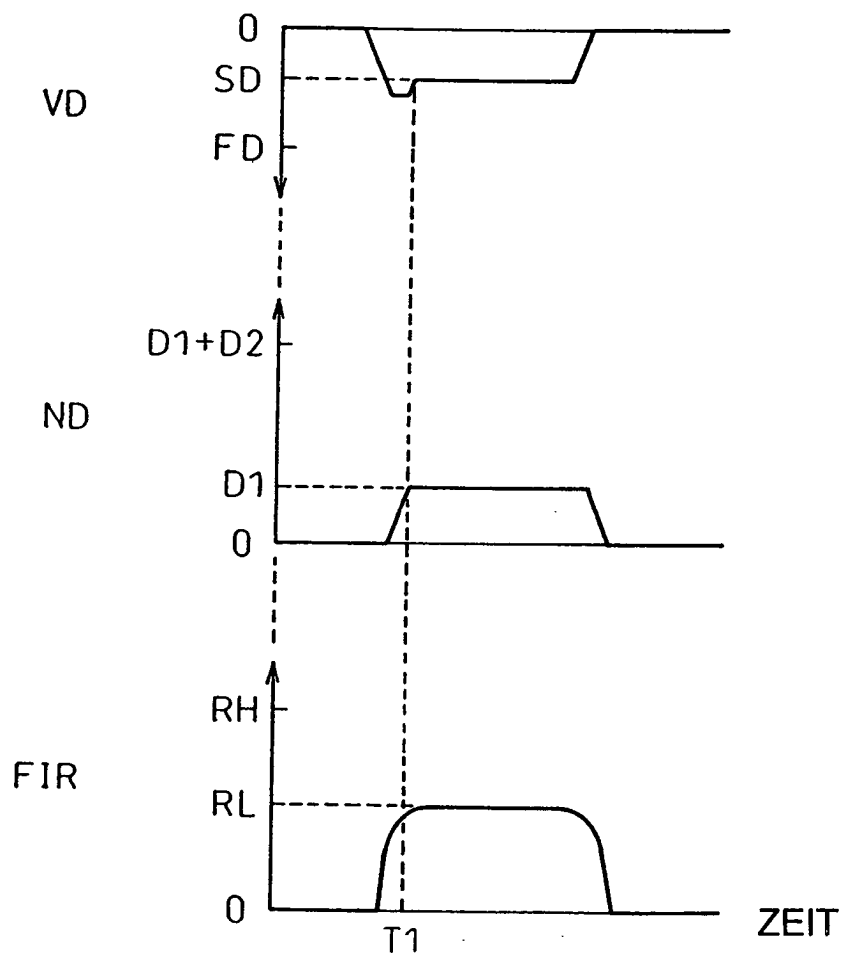


Fig.10

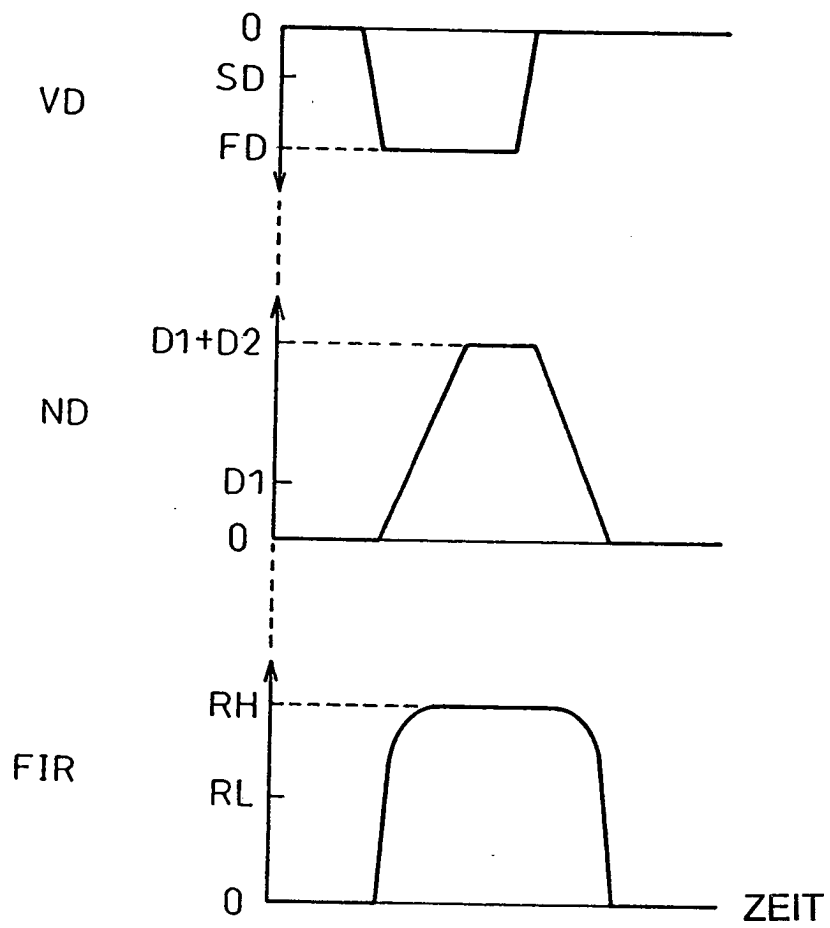


Fig.11

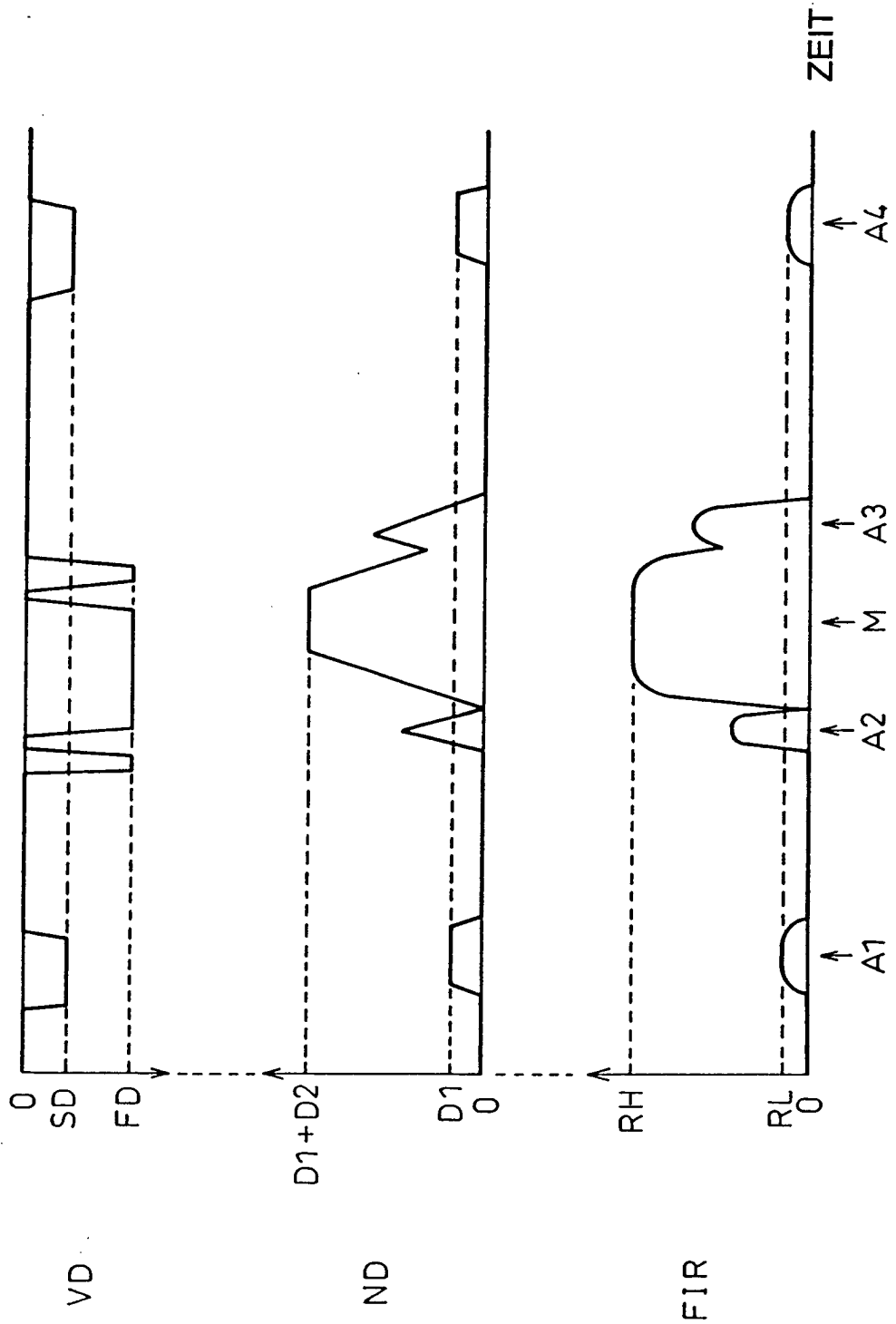


Fig.12

