



(10) **DE 11 2018 002 252 T5** 2020.01.16

(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2018/198592**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜG)

(51) Int Cl.: **F02M 51/06** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2018 002 252.8**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2018/010587**

(86) PCT-Anmeldetag: **16.03.2018**

(87) PCT-Veröffentlichungstag: **01.11.2018**

(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **16.01.2020**

(30) Unionspriorität:
2017-090295 **28.04.2017** **JP**

(72) Erfinder:
**Takaki, Niro, Nishio, Aichi, JP; Arikawa, Fumiaki,
Nishio, Aichi, JP; Fujino, Tomoki, Kariya, Aichi,
JP**

(71) Anmelder:
DENSO CORPORATION, Kariya-shi, Aichi-ken, JP

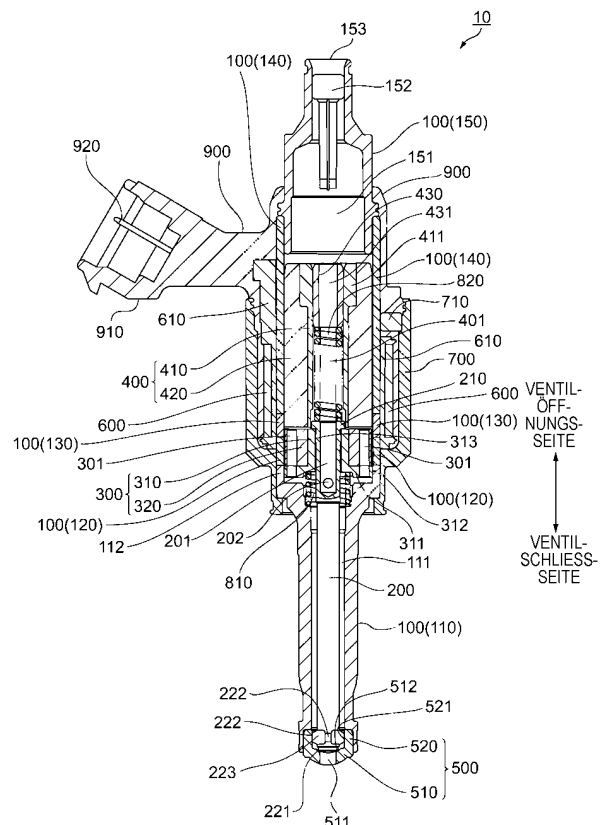
(74) Vertreter:
TBK, 80336 München, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Kraftstoffeinspritzventil**

(57) Zusammenfassung: Ein Kraftstoffeinspritzventil (10) hat einen festen Kern (400) und einen beweglichen Kern (300). Der feste Kern hat einen festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitt (410), der eine hohe Steifigkeit hat, und einen festseitigen Niedersteifigkeitsabschnitt (420), der eine Steifigkeit hat, die niedriger ist als die des festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts. Der bewegliche Kern hat einen beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitt (310), der eine hohe Steifigkeit hat, und einen beweglichseitigen Niedersteifigkeitsabschnitt (320), der eine Steifigkeit hat, die niedriger ist als die des beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts. Ein Strom, der zu einer Spule (600) zugeführt wird, erzeugt eine magnetische Anziehungskraft, um eine Bewegung des beweglichen Kerns zu dem festen Kern zusammen mit einer Nadel (200) zu bewirken und um ein in Anlage kommen des beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts an dem festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitt zu bewirken.



Beschreibung

[Querbezug zu verwandter Anmeldung]

[0001] Die vorliegende Anmeldung basiert auf und beansprucht den Nutzen der Priorität von der früheren japanischen Patentanmeldung Nr. 2017-090295, die am 28. April 2017 eingereicht wurde und deren gesamte Beschreibung hierin durch Bezugnahme aufgenommen ist.

[Technisches Gebiet]

[0002] Die vorliegende Offenbarung betrifft ein Kraftstoffeinspritzventil.

[Technischer Hintergrund]

[0003] Als ein Kraftstoffeinspritzventil, das in einer Brennkraftmaschine installiert ist, ist ein Kraftstoffeinspritzventil bekannt, das gestaltet ist, um einen beweglichen Kern im Inneren des Ventils zusammen mit einer Nadel durch eine magnetische Anziehungskraft zu betätigen, um einen Einspritzanschluss zu öffnen oder zu schließen, der ein Kraftstoffausgang ist.

[0004] Beispielsweise hat das Kraftstoffeinspritzventil, das in der folgenden PTL 1 beschrieben ist, einen festen Kern, der in dem Inneren eines Gehäuses fixiert ist, einen beweglichen Kern, der in einem beweglichen Zustand in dem Inneren des Gehäuses angeordnet ist, und eine Spule, die eine magnetische Anziehungskraft zwischen dem festen Kern und dem beweglichen Kern erzeugt. Zu der Zeit des Einspritzens von Kraftstoff von dem Kraftstoffeinspritzventil wird ein Strom zu der Spule zugeführt. Die magnetische Anziehungskraft, die erzeugt wird, bewirkt dann eine Bewegung des beweglichen Kerns in Richtung zu dem festen Kern zusammen mit der Nadel, um den Einspritzanschluss zu öffnen.

[0005] In einem Kraftstoffeinspritzventil kann eine Verformung der Komponenten, wie eines festen Kerns, aufgrund einer Abnutzung oder einer Beschädigung Charakteristiken wie eine Kraftstoffeinspritzmenge ändern. Deshalb ist es in einem Kraftstoffeinspritzventil notwendig, dass eine Abnutzung oder eine Beschädigung der Komponenten soweit wie möglich minimiert wird.

[0006] Der feste Kern des Kraftstoffeinspritzventils, das vorstehend genannt ist, ist mit einer Buchse versehen, die aus einem Material gemacht ist, das eine relativ hohe Steifigkeit hat. Die Nadel ist mit dem festen Kern nicht in direktem Kontakt, sondern bewegt sich in einem Zustand, in dem sie mit der Buchse in Kontakt ist. Somit wird verhindert, dass der feste Kern, der aus einem magnetischen Material gemacht ist, das eine relativ niedrige Steifigkeit hat, aufgrund des Gleitkontakts mit der Nadel verschleißt.

[0007] Wie vorstehend beschrieben ist, wenn Kraftstoff von dem Kraftstoffeinspritzventil eingespritzt wird, bewegt sich der bewegliche Kern in Richtung zu dem festen Kern. In diesem Fall wird die Bewegung des beweglichen Kerns schließlich gestoppt, indem er mit der Buchse in Kontakt gebracht wird, die an dem festen Kern vorgesehen ist, anstatt mit dem festen Kern in Kontakt gebracht zu werden. In dem vorstehend genannten Kraftstoffeinspritzventil, da der bewegliche Kern nicht direkt gegen den festen Kern stößt, wird eine Abnutzung oder eine Beschädigung des festen Kerns noch mehr minimiert.

[Zitierungsliste]

[Patentliteratur]

[0008] [PTL 1] JP 2013-100756 A

[Zusammenfassung der Erfindung]

[0009] In dem Kraftstoffeinspritzventil, das in PTL 1 beschrieben ist, stößt der bewegliche Kern, der aus einem Material gemacht ist, das eine relativ niedrige Steifigkeit hat, gegen die Buchse, die aus einem Material gemacht ist, das eine relativ hohe Steifigkeit hat. Deshalb gibt es Bedenken, dass der bewegliche Kern durch die Kollision beschädigt werden kann. Insbesondere falls ein Gaskraftstoff als ein einzuspritzender Kraftstoff verwendet wird, wird die Bewegungsgeschwindigkeit des beweglichen Kerns aufgrund der niedrigen Viskosität des Kraftstoffs höher. Deshalb gibt es eine höhere Wahrscheinlichkeit, dass der bewegliche Kern aufgrund der Kollision beschädigt wird. Um die Leistungscharakteristiken eines Kraftstoffeinspritzventils über eine lange Zeitspanne aufrecht zu erhalten, ist es wünschenswert, eine Beschädigung von nicht nur dem festen Kern, sondern auch dem beweglichen Kern zu verhindern.

[0010] Die vorliegende Offenbarung zielt darauf ab, ein Kraftstoffeinspritzventil vorzusehen, das in der Lage ist, eine Beschädigung eines festen Kerns und eines beweglichen Kerns zu verhindern.

[Lösung des Problems]

[0011] Ein Kraftstoffeinspritzventil gemäß der vorliegenden Offenbarung hat ein Gehäuse, das ein Ende in einer Längsrichtung hat, an dem ein Einspritzanschluss zum Einspritzen von Kraftstoff ausgebildet ist; eine Nadel, die den Einspritzanschluss durch Bewegen im Inneren des Gehäuses in der Längsrichtung öffnet oder schließt; einen festen Kern, der ein Bauteil, das wenigstens einen Teil hat, der aus einem magnetischen Material gemacht ist, ist und der an dem Inneren des Gehäuses fixiert ist; einen beweglichen Kern, der ein Bauteil, das wenigstens einen Teil hat, der aus einem magnetischen Material gemacht ist, ist und der in einem Zustand ange-

ordnet ist, in dem er zusammen mit der Nadel in der Längsrichtung im Inneren des Gehäuses beweglich ist; und eine Spule, die eine magnetische Anziehungskraft zwischen dem festen Kern und dem beweglichen Kern erzeugt. Der feste Kern hat einen festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitt, der eine hohe Steifigkeit hat, und einen festseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitt, der eine Steifigkeit hat, die niedriger als die des festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts ist. Der bewegliche Kern hat einen beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitt, der eine hohe Steifigkeit hat, und einen beweglichseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitt, der eine Steifigkeit hat, die niedriger ist als die des beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts. Das Kraftstoffeinspritzventil ist derart gestaltet, dass ein Strom, der zu der Spule zugeführt wird, eine magnetische Anziehungskraft erzeugt, um eine Bewegung des beweglichen Kerns in Richtung zu dem festen Kern zusammen mit der Nadel zu bewirken und um ein in Anlage kommen des beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts an dem festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitt zu bewirken.

[0012] In dem Kraftstoffeinspritzventil, das solch eine Gestaltung hat, hat der feste Kern einen Teil, der ein festseitiger Hochsteifigkeitsabschnitt ist, der eine hohe Steifigkeit hat, anstatt dass er gänzlich unter Verwendung eines magnetischen Materials, das eine niedrige Steifigkeit hat, ausgebildet ist. In gleicher Weise hat der bewegliche Kern einen Teil, der ein beweglichseitiger Hochsteifigkeitsabschnitt, der eine hohe Steifigkeit hat, ist, anstatt dass er gänzlich unter Verwendung eines magnetischen Materials, das eine niedrige Steifigkeit hat, ausgebildet ist.

[0013] Wenn Strom zu der Spule zugeführt wird und sich der bewegliche Kern in Richtung zu dem festen Kern zusammen mit der Nadel bewegt, um einen Kraftstoff einzuspritzen, kommt der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt in Anlage an den festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitt. Somit, da Abschnitte, die eine relativ hohe Steifigkeit haben, aneinander anstoßen, wird eine Beschädigung aufgrund einer Kollision bei sowohl dem festen Kern als auch dem beweglichen Kern minimiert.

[0014] Falls beispielsweise der festseitige Niedrigsteifigkeitsabschnitt des festen Kerns aus einem magnetischen Material gemacht ist, muss der festseitige Hochsteifigkeitsabschnitt nicht zum Erzeugen einer magnetischen Anziehungskraft beitragen. Deshalb kann der festseitige Hochsteifigkeitsabschnitt aus einem nichtmagnetischen Material gemacht sein, das eine relativ hohe Steifigkeit hat. In gleicher Weise, falls der beweglichseitige Niedrigsteifigkeitsabschnitt des beweglichen Kerns aus einem magnetischen Material gemacht ist, muss der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt nicht zum Erzeugen einer magnetischen Anziehungskraft beitragen. Daher kann der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt

aus einem nichtmagnetischen Material gemacht sein, das eine relativ hohe Steifigkeit hat.

[0015] Gemäß der vorliegenden Offenbarung kann ein Kraftstoffeinspritzventil vorgesehen werden, das eine Beschädigung eines festen Kerns und eines beweglichen Kerns verhindern kann.

Figurenliste

Fig. 1 ist eine Querschnittsansicht, die einen Innenaufbau eines Kraftstoffeinspritzventils gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel darstellt.

Fig. 2 ist eine Querschnittsansicht, die einen Innenaufbau eines Kraftstoffeinspritzventils gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel darstellt.

Fig. 3 ist eine Querschnittsansicht, die einen Innenaufbau eines Kraftstoffeinspritzventils gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel darstellt.

Fig. 4 ist eine Querschnittsansicht, die einen Innenaufbau eines Kraftstoffeinspritzventils gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel darstellt.

Fig. 5 ist eine Querschnittsansicht, die einen Innenaufbau eines Kraftstoffeinspritzventils gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel darstellt.

Fig. 6 ist eine vergrößerte Ansicht, die die Gestaltung eines beweglichen Kerns und der Umgebung von diesem, die in **Fig. 5** dargestellt sind, darstellt.

Fig. 7 ist eine Querschnittsansicht, die einen Innenaufbau eines Kraftstoffeinspritzventils gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel darstellt.

[Beschreibung der Ausführungsbeispiele]

[0016] Mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen werden Ausführungsbeispiele beschrieben. Der Klarheit halber sind den Komponenten, die identisch oder ähnlich miteinander sind, in den Zeichnungen soweit wie möglich die gleichen Bezugszeichen gegeben, um eine doppelte Beschreibung wegzulassen.

[0017] Mit Bezug auf **Fig. 1** wird eine Gestaltung eines Kraftstoffeinspritzventils **10** gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel beschrieben. Das Kraftstoffeinspritzventil **10** ist eine Vorrichtung, die in einer Brennkraftmaschine, die nicht gezeigt ist, installiert ist, um Kraftstoff zu der Brennkraftmaschine zuzuführen. Das Kraftstoffeinspritzventil **10** hat ein Gehäuse **100**, eine Nadel **200**, einen beweglichen Kern **300**, einen festen Kern **400** und eine Spule **600**.

[0018] Das Gehäuse **100** ist ein Bauteil, dessen Gesamtheit als ein im Wesentlichen zylindrischer Behälter ausgebildet ist. In **Fig. 1** ist das Gehäuse **100** so dargestellt, dass seine Längsrichtung mit der Vertikalrichtung übereinstimmt. Es sei angemerkt, dass ein Ausdruck „obere Seite“ oder dergleichen einfach verwendet werden kann, um einen oberen Teil von **Fig. 1** zu kennzeichnen. Des Weiteren kann ein Ausdruck „untere Seite“ oder dergleichen einfach verwendet werden, um einen unteren Teil von **Fig. 1** zu kennzeichnen. Das Gleiche gilt für **Fig. 2** bis **Fig. 7**.

[0019] Wie später beschrieben wird, strömt in dem Gehäuse **100** der Kraftstoff, der von dem Kraftstoffeinspritzventil **10** eingespritzt wird, von der oberen Seite in Richtung zu der unteren Seite. Die Nadel **200**, der bewegliche Kern **300** und der feste Kern **400**, die später beschrieben werden, sind alle im Inneren des Gehäuses **100** gehalten.

[0020] Das Gehäuse **100** hat ein erstes zylindrisches Bauteil **110**, ein zweites zylindrisches Bauteil **120**, ein drittes zylindrisches Bauteil **130**, ein viertes zylindrisches Bauteil **140** und ein fünftes zylindrisches Bauteil **150**. Diese Bauteile sind alle als im Wesentlichen zylindrische Bauteile ausgebildet, wobei deren Achsen miteinander ausgerichtet sind.

[0021] Das erste zylindrische Bauteil **110** ist von dem Gehäuse **100** am stromabwärtigsten entlang der Kraftstoffströmungsrichtung angeordnet. Das erste zylindrische Bauteil **110** ist aus einem martensitischen Edelstahl gemacht und einer Abschreckbehandlung unterzogen, um eine Steifigkeit zu erhöhen. Das erste zylindrische Bauteil **110** definiert einen Raum **111** an der Innenseite von sich zum Halten der Nadel **200**, die später beschrieben wird.

[0022] Das erste zylindrische Bauteil **110** hat einen unteren Endabschnitt, in den eine Einspritzdüse **500** pressgepasst und geschweißt ist. Die Einspritzdüse **500** bildet einen Teil des Gehäuses **100** aus und hat einen zylindrischen Abschnitt **520** und einen Drosselabschnitt **510**. Der zylindrische Abschnitt **520** ist in einer zylindrischen Form ausgebildet. Der zylindrische Abschnitt **520** ist in das erste zylindrische Bauteil **110** in einem Zustand gepasst, in dem die Mittelachse des Ersteren mit der des Letzteren ausgerichtet ist. Der zylindrische Abschnitt **520** hat eine Innenumfangsfläche **521**, über die Gleitkontaktabschnitte **222** (die später beschrieben werden) der Nadel **200** in einem Zustand gleiten, in dem sie mit dieser in Kontakt sind.

[0023] Der Drosselabschnitt **510** ist ausgebildet, um den unterseitigen Endabschnitt des zylindrischen Abschnitts **520** zu schließen. Der Drosselabschnitt **510** ist mit einem Einspritzanschluss **511** versehen. Der Einspritzanschluss **511** ist ein Durchgangsloch, das ausgebildet ist, um durch die Mitte des Drosselabschnitts **510** in der Vertikalrichtung von **Fig. 1** hin-

durchzugehen. Der Einspritzanschluss **511** gestattet eine Verbindung zwischen dem Innenraum **111** des ersten zylindrischen Bauteils **110** und dem Außenraum. Der Einspritzanschluss **511** ist ausgebildet, um als ein Ausgang von Kraftstoff zu dienen, der von dem Kraftstoffeinspritzventil **10** einzuspritzen ist. Somit ist in dem Kraftstoffeinspritzventil **10** der Einspritzanschluss **511** zum Einspritzen von Kraftstoff an einem Längsende des Gehäuses **100** ausgebildet.

[0024] Der Drosselabschnitt **510** hat eine Innenfläche, an der ein Ventilsitz **512** so ausgebildet ist, um den Einspritzanschluss **511** zu umgeben. Der Ventilsitz **512** dient als ein Teil, an dem ein Dichtungsabschnitt **221** (der später beschrieben wird) der Nadel **200** anliegt, um den Einspritzanschluss **511** zu schließen.

[0025] Die Einspritzdüse **500** ist aus einem martensitischen Edelstahl gemacht und einer Abschreckbehandlung unterzogen, um eine Steifigkeit zu erhöhen. Bei der Einspritzdüse **500** sind der Teil, an dem die Nadel **200** anliegt, das heißt der Ventilsitz **512**, und die Innenumfangsfläche **521** einer Nitrierbehandlung unterzogen. Die Innenumfangsfläche **521** ist des Weiteren mit einer DLC-Beschichtung versehen, um eine Reibungskraft zu verringern.

[0026] Bei dem ersten zylindrischen Bauteil **110** hat ein Abschnitt entgegengesetzt zu der Einspritzdüse **500** (das heißt der oberen Seite) einen größeren Durchmesser. Dieser Abschnitt erstreckt sich weiter in Richtung zu der oberen Seite, während er einen zylindrischen Abschnitt **112** mit großem Durchmesser ausbildet. Der zylindrische Abschnitt **112** mit großem Durchmesser hat eine Innenfläche, über die ein Teil des beweglichen Kerns **300** in einem Zustand gleitet, in dem er mit dieser in Kontakt ist, wie später beschrieben wird. Deshalb ist der zylindrische Abschnitt **112** mit großem Durchmesser einer Nitrierbehandlung unterzogen. Das obere Ende des zylindrischen Abschnitts **112** mit großem Durchmesser (das heißt das obere Ende des ersten zylindrischen Bauteils **110**) ist mit dem unteren Ende des zweiten zylindrischen Bauteils **120** verbunden.

[0027] Das zweite zylindrische Bauteil **120** des Gehäuses **100** ist stromaufwärts des ersten zylindrischen Bauteils **110** entlang der Kraftstoffströmungsrichtung angeordnet. Das zweite zylindrische Bauteil **120** hat einen Innen- und Außendurchmesser, die jeweils gleich zu denjenigen des zylindrischen Abschnitts **112** mit großem Durchmesser sind. Das zweite zylindrische Bauteil **120** ist aus Ferritedelstahl gemacht, was ein magnetisches Material ist. Das obere Ende des zweiten zylindrischen Bauteils **120** ist mit dem unteren Ende des dritten zylindrischen Bauteils **130** verbunden.

[0028] Das dritte zylindrische Bauteil **130** des Gehäuses **100** ist stromaufwärts des zweiten zylindrischen Bauteils **120** entlang der Kraftstoffströmungsrichtung angeordnet. Das dritte zylindrische Bauteil **130** hat einen Innen- und Außendurchmesser, die jeweils gleich zu denjenigen des zweiten zylindrischen Bauteils **120** sind. Das dritte zylindrische Bauteil **130** ist aus einem austenitischen Edelstahl gemacht, was ein nichtmagnetisches Material ist. Das obere Ende des dritten zylindrischen Bauteils **130** ist mit dem unteren Ende des vierten zylindrischen Bauteils **140** verbunden.

[0029] Das vierte zylindrische Bauteil **140** des Gehäuses **100** ist stromaufwärts des dritten zylindrischen Bauteils **130** entlang der Kraftstoffströmungsrichtung angeordnet. Das vierte zylindrische Bauteil **140** hat einen Innen- und Außendurchmesser, die jeweils gleich zu denjenigen des dritten zylindrischen Bauteils **130** sind. Das vierte zylindrische Bauteil **140** ist aus einem Ferritedelstahl gemacht, was ein magnetisches Material ist. Das vierte zylindrische Bauteil **140** hat einen oberseitigen Abschnitt, in den ein unterer Endabschnitt des fünften zylindrischen Bauteils **150** pressgepasst und geschweißt ist.

[0030] Das fünfte zylindrische Bauteil **150** ist von dem Gehäuse **100** am stromaufwärtigsten entlang der Kraftstoffströmungsrichtung angeordnet. Das fünfte zylindrische Bauteil **150** ist aus austenitischem Edelstahl gemacht. Das fünfte zylindrische Bauteil **150** hat einen oberen Endabschnitt, an dem ein Einlassanschluss **153** ausgebildet ist. Der Einlassanschluss **153** ist eine Öffnung, die als ein Eingang des Kraftstoffs dient, der von außen eingeleitet wird.

[0031] Das fünfte zylindrische Bauteil **150** definiert einen Raum **151** an der Innenseite von sich. Der Raum **151** ist mit einem Filter **152** an einer Position nahe des Einlassanschlusses **153** versehen. Der Filter **152** fängt Fremdteilchen, die in dem Kraftstoff enthalten sind, der von dem Einlassanschluss **153** eingeleitet wird.

[0032] Die Nadel **200** ist ein stabartiges Bauteil, das im Inneren des Gehäuses **100** angeordnet ist. Die Nadel **200** ist angeordnet, um in der Längsrichtung des Gehäuses **100** (Vertikalrichtung von **Fig. 1**) beweglich zu sein, wobei die Mittelachse der Nadel **200** mit der des Gehäuses **100** ausgerichtet ist. Die Nadel **200** ist aus einem martensitischen Edelstahl gemacht und ist einer Abschreckbehandlung unterzogen, um eine Steifigkeit zu erhöhen. Die Nadel **200** hat einen einspritzdüsenseitigen Endabschnitt, an dem ein Dichtungsabschnitt **221** ausgebildet ist.

[0033] Wenn sich die Nadel **200** zu der untersten Seite in dem Bewegungsbereich bewegt, kommt der Dichtungsabschnitt **221** an dem Ventilsitz **512** in Anlage, wie in **Fig. 1** gezeigt ist, um den Einspritzan-

schluss **511** zu schließen. Somit ist die Kraftstoffeinspritzung von dem Einspritzanschluss **511** gestoppt. Wenn sich die Nadel **200** zu der oberen Seite bewegt und sich der Dichtungsabschnitt **221** von dem Ventilsitz **512** trennt, öffnet sich der Einspritzanschluss **511**. Somit wird Kraftstoff von dem Einspritzanschluss **511** eingespritzt. In dieser Weise ist die Nadel **200** als ein Bauteil zum Öffnen oder Schließen des Einspritzanschlusses **511** mit der Längsbewegung an der Innenseite des Gehäuses **100** vorgesehen.

[0034] In der folgenden Beschreibung kann ein Ausdruck „Ventilöffnungsseite“ zum Kennzeichnen einer Seite verwendet werden, zu der sich die Nadel **200** hinbewegt, das heißt der oberen Seite von **Fig. 1**, um den Einspritzanschluss **511** zu öffnen. Des Weiteren kann ein Ausdruck „Ventilschließseite“ verwendet werden, um eine Seite zu kennzeichnen, zu der sich die Nadel **200** hinbewegt, das heißt die untere Seite von **Fig. 1**, um den Einspritzanschluss **511** zu schließen.

[0035] Die Nadel **200** hat eine Seitenfläche, an der eine Vielzahl von Gleitkontaktabschnitten **222** ausgebildet sind, die nach außen vorstehen, bei einem Niveau, das geringfügig an der Ventilöffnungsseite relativ zu dem Dichtungsabschnitt **221** ist. Die Gleitkontaktabschnitte **222** gleiten über die Innenumfangsfläche **521** des zylindrischen Abschnitts **520**, wobei die äußersten Enden von diesen mit der Innenumfangsfläche **521** in Kontakt sind. Die Vielzahl von Gleitkontaktabschnitten **222** sind ausgebildet, um in der Umfangsrichtung der Nadel **200** benachbart zu sein. Zwischen benachbarten Gleitkontaktabschnitten **222** ist eine Aussparung **223** als ein Kraftstoffdurchgang vorgesehen. Bei der Nadel **200** sind der Dichtungsabschnitt **221** und die Gleitkontaktabschnitte **222** einer Nitrierbehandlung unterzogen. Die Gleitkontaktabschnitte **222** sind jeweils des Weiteren mit einer DLC-Beschichtung versehen. Somit ist ein Reibungswiderstand zwischen jedem Gleitkontaktabschnitt **222** und der Innenumfangsfläche **521** verringert.

[0036] Die Nadel **200** ist in einem Zustand angeordnet, in dem sie vertikal durch den beweglichen Kern **300** hindurchgeht, der später beschrieben wird. Die Nadel **200** hat einen oberen Endabschnitt, der an einer weiter oberen Seite als das obere Ende des beweglichen Kerns **300** gelegen ist. Der obere Endabschnitt der Nadel **200** hat eine Seitenfläche, an der ein Abschnitt **210** mit großem Durchmesser ausgebildet ist, der nach außen vorsteht. Der Abschnitt **210** mit großem Durchmesser hat eine sich an der Seite des beweglichen Kerns **300** befindliche (ventilschließseitige) Fläche, die an einer Endfläche des beweglichen Kerns **300** anliegt.

[0037] Die Nadel **200** definiert einen Raum **201** an der Innenseite von sich. Der Raum **201** ist ausgebildet, um sich von einem ventilöffnungsseitigen End-

abschnitt des Abschnitts **210** mit großem Durchmesser der Nadel **200** zu einer Position zu erstrecken, die weiter an einer Ventilschließseite als der bewegliche Kern **300** ist. An dem ventilöffnungsseitigen Endabschnitt der Nadel **200** ist eine Verbindung des Raums **201** mit der Außenseite gestattet. An einer Position des Raums **201**, die weiter an einer Ventilschließseite als der bewegliche Kern **300** ist, ist die Nadel **200** mit einem Durchgangsloch **202** versehen. Das Durchgangsloch **202** stellt eine Verbindung zwischen dem Raum **201** und dem Raum **111** her.

[0038] Der bewegliche Kern **300** ist ein Bauteil, dessen Gesamtheit in einer im Wesentlichen Säulenform ausgebildet ist. Der bewegliche Kern **300** ist angeordnet, um in der Längsrichtung des Gehäuses **100** (Vertikalrichtung in **Fig. 1**) zusammen mit der Nadel **200** beweglich zu sein, wobei die Mittelachse des beweglichen Kerns **300** mit der des Gehäuses **100** ausgerichtet ist. Der bewegliche Kern **300** hat einen beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitt **310** und einen beweglichseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitt **320**.

[0039] Der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **310** ist in einer im Wesentlichen zylindrischen Form und ein Teil von diesem (ein Teil mit Ausnahme eines Abschnitts **311** mit großem Durchmesser, der später beschrieben wird) ist im Inneren des beweglichseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitts **320** angeordnet. Der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **310** ist aus einem nichtmagnetischen Material gemacht, das ein martensitischer Edelstahl ist, der eine relativ hohe Steifigkeit hat. Der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **310** ist einer Abschreckbehandlung unterzogen, um eine Steifigkeit zu erhöhen. Der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **310** hat einen Mittelabschnitt, durch den hindurch ein beweglichseitiges Durchgangsloch **313** in der Vertikalrichtung (das heißt der Längsrichtung des Gehäuses **100**) ausgebildet ist. Die Nadel **200**, die vorstehend beschrieben ist, ist in das beweglichseitige Durchgangsloch **313** eingesetzt. Die Außenfläche der Nadel **200** kann über die Innenfläche des beweglichseitigen Durchgangslochs **313** in einem Zustand gleiten, in dem sie mit dieser in Kontakt ist. Die Innenfläche des beweglichseitigen Durchgangslochs **313** ist einer Nitrierbehandlung unterzogen. Die Außenfläche der Nadel **200** ist auch einer Nitrierbehandlung unterzogen und ist des Weiteren mit einer DLC-Beschichtung versehen.

[0040] Der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **310** hat eine ventilöffnungsseitige Endfläche, an der der Abschnitt **210** mit großem Durchmesser der Nadel **200** von der oberen Seite anliegt. Wie später beschrieben wird, liegt ein Teil der ventilöffnungsseitigen Endfläche des beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts **310** an dem festen Kern **400** an, wenn das Ventil geöffnet ist. Die ventilöffnungsseitige Endfläche des beweglichseitigen Hochsteifigkeits-

abschnitts **310** ist einer Nitrierbehandlung an jeweiligen Teilen unterzogen, an denen der Abschnitt **210** mit großem Durchmesser der Nadel **200** und der feste Kern **400** anliegen. Der Abschnitt **210** mit großem Durchmesser hat eine ventilschließseitige Endfläche, die auch einer Nitrierbehandlung unterzogen ist.

[0041] Der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **310** hat einen ventilschließseitigen Abschnitt, dessen Durchmesser erhöht ist, um einen Abschnitt **311** mit großem Durchmesser auszubilden, der nach außen vorsteht. Der Abschnitt **311** mit großem Durchmesser hat eine äußerste Fläche **312**, die die Innenfläche des zylindrischen Abschnitts **112** mit großem Durchmesser des ersten zylindrischen Bauteils **110** berührt. Wenn sich der bewegliche Kern **300** bewegt, gleitet die äußerste Fläche **312** des Abschnitts **311** mit großem Durchmesser über die Innenfläche des zylindrischen Abschnitts **112** mit großem Durchmesser in einem Zustand, in dem sie mit dieser in Kontakt ist. Die äußerste Fläche **312** ist einer Nitrierbehandlung unterzogen und ist des Weiteren mit einer DLC-Beschichtung versehen.

[0042] Der beweglichseitige Niedrigsteifigkeitsabschnitt **320** ist in einer im Wesentlichen zylindrischen Form und ist an der Außenseite des beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts **310** angeordnet. Der beweglichseitige Niedrigsteifigkeitsabschnitt **320** ist an dem beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitt **310** durch ein sogenanntes „Hämmern“ in einem Zustand fixiert, in dem die Innenfläche des Ersteren mit der Außenfläche des Letzteren in Kontakt ist. Der beweglichseitige Niedrigsteifigkeitsabschnitt **320** hat eine ventilschließseitige Endfläche, die an dem Abschnitt **311** mit großem Durchmesser des beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts **310** anliegt.

[0043] Der beweglichseitige Niedrigsteifigkeitsabschnitt **320** ist aus einem Ferritedelstahl gemacht, was ein magnetisches Material ist. Somit hat der beweglichseitige Niedrigsteifigkeitsabschnitt **320** eine niedrigere Steifigkeit als der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **310**. In dem Gehäuse **100** ist der beweglichseitige Niedrigsteifigkeitsabschnitt **320** angeordnet, um größtenteils dem zweiten zylindrischen Bauteil **120** zugewandt zu sein.

[0044] Der beweglichseitige Niedrigsteifigkeitsabschnitt **320** hat eine ventilöffnungsseitige Endfläche, die bei einem Niveau ist, das geringfügig näher zu der Ventilschließseite ist als die ventilöffnungsseitige Endfläche des beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts **310**. Mit anderen Worten gesagt, steht die obere Endfläche des beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts **310** geringfügig zu der oberen Seite (Seite des festen Kerns **400**) vor im Vergleich zu der oberen Endfläche des beweglichseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitts **320**.

[0045] Somit ist der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **310** ausgebildet, um sich von einem Ende (das heißt dem oberen Endabschnitt) des beweglichen Kerns **300** zu dem anderen Ende (das heißt dem unteren Endabschnitt) von diesem in der Längsrichtung des Gehäuses **100** zu erstrecken.

[0046] Nahe dem Außenumfang des beweglichen Kerns **300** sind eine Vielzahl von Durchgangslöchern **301** ausgebildet, die durch den beweglichen Kern **300** in der Vertikalrichtung hindurchgehen. Jedes Durchgangsloch **301** ist ausgebildet, um durch sowohl den Abschnitt **311** mit großem Durchmesser des beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts **310** als auch den beweglichseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitt **320** hindurchzugehen. Funktionen der Durchgangslöcher **301** werden später beschrieben.

[0047] Wie vorstehend beschrieben ist, ist in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel der beweglichseitige Niedrigsteifigkeitsabschnitt **320**, der ein Teil des beweglichen Kerns **300** ist, aus einem magnetischen Material gemacht, während der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **310**, der der andere Teil ist, aus einem nichtmagnetischen Material gemacht ist. Alternativ zu solch einer Form kann der bewegliche Kern **300** gänzlich aus einem magnetischen Material gemacht sein. Auch in dieser alternativen Form ist der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **310** aus einem Material gemacht, dessen Steifigkeit höher ist als die des Materials, das für den beweglichseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitt **320** verwendet wird.

[0048] Der feste Kern **400** ist ein Bauteil, dessen Gesamtheit im Wesentlichen in einer Säulenform ausgebildet ist, wie bei dem beweglichen Kern **300**. Der feste Kern **400** ist in dem Inneren des Gehäuses **100** fixiert, wobei die Mittelachse des Ersteren mit der des Letzteren ausgerichtet ist. Der feste Kern **400** ist angeordnet, um, an der Ventilöffnungsseite, zu dem beweglichen Kern **300** benachbart zu sein. Wie in **Fig. 1** gezeigt ist, gibt es in einem Zustand, in dem der Dichtungsabschnitt **221** der Nadel **200** an dem Ventilsitz **512** anliegt, einen Spalt, der zwischen dem festen Kern **400** und dem beweglichen Kern **300** ausgebildet ist. Der feste Kern **400** hat einen festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitt **410** und einen festseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitt **420**.

[0049] Der festseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **410** ist in einer im Wesentlichen zylindrischen Form und ist im Inneren des festseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitts **420** angeordnet. Der festseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **410** ist aus einem martensitischen Edelstahl gemacht, das ein nichtmagnetisches Material ist, und hat eine relativ hohe Steifigkeit. Der festseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **410** ist einer Abschreckbehandlung unterzogen, um eine Steifigkeit zu erhöhen. Der festseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **410** hat eine sich an der Seite des beweglichen Kerns

300 befindliche Endfläche, an der der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **310** des beweglichen Kerns **300** in Anlage kommt. Deshalb ist diese Endfläche einer Nitrierbehandlung unterzogen.

[0050] Der festseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **410** hat einen Mittelabschnitt, durch den hindurch ein festseitiges Durchgangsloch **401** in der Vertikalrichtung (das heißt der Längsrichtung des Gehäuses **100**) ausgebildet ist. Eine Verbindung des Raums **201** der Nadel **200**, der vorstehend beschrieben ist, ist mit dem Raum **151** des fünften zylindrischen Bauteils **150** über das festseitige Durchgangsloch **401** gestattet. Der obere Endabschnitt des festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts **410** hat eine Seitenfläche, an der ein Abschnitt **411** mit großem Durchmesser ausgebildet ist, um nach außen vorzustehen.

[0051] Das festseitige Durchgangsloch **401** hat einen sich an der Seite des beweglichen Kerns **300** befindlichen Abschnitt, durch den hindurch der Abschnitt **210** mit großem Durchmesser der Nadel **200** von der unteren Seite eingesetzt ist. Wie in **Fig. 1** gezeigt ist, ist in diesem Abschnitt des festseitigen Durchgangslochs **401** der Innendurchmesser größer gemacht als der des verbleibenden Abschnitts des festseitigen Durchgangslochs **401**. Deshalb gibt es einen Spalt, der zwischen dem Abschnitt **210** mit großem Durchmesser der Nadel **200** und der Innenfläche des festseitigen Durchgangslochs **401** ausgebildet ist.

[0052] Der festseitige Niedrigsteifigkeitsabschnitt **420** hat im Wesentlichen eine zylindrische Form und die Gesamtheit von diesem ist an der Außenseite des festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts **410** angeordnet. Der festseitige Niedrigsteifigkeitsabschnitt **420** ist an dem festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitt **410** durch Schweißen in einem Zustand fixiert, in dem die Innenfläche des Ersteren mit der Außenfläche des Letzteren in Kontakt ist. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel sind der festseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **410** und der festseitige Niedrigsteifigkeitsabschnitt **420** bei dem Niveau des ventilöffnungsseitigen Endabschnitts des festen Kerns **400** aneinandergeschweißt.

[0053] Der festseitige Niedrigsteifigkeitsabschnitt **420** ist aus einem Ferritdestahl gemacht, was ein magnetisches Material ist. Somit hat der festseitige Niedrigsteifigkeitsabschnitt **420** eine geringere Steifigkeit als der festseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **410**. In dem Gehäuse **100** ist der festseitige Niedrigsteifigkeitsabschnitt **420** angeordnet, um größtenteils dem vierten zylindrischen Bauteil **140** zugewandt zu sein. Der festseitige Niedrigsteifigkeitsabschnitt **420** hat eine Außenfläche, die an die Innenfläche des vierten zylindrischen Bauteils **140** geschweißt und an dieser fixiert ist.

[0054] Der festseitige Niedrigsteifigkeitsabschnitt **420** hat eine ventilöffnungsseitige Endfläche, die mit der ventilöffnungsseitigen Endfläche des festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts **410** bündig ist. Der festseitige Niedrigsteifigkeitsabschnitt **420** hat eine ventilschließseitige Endfläche, die bei einem Niveau festgelegt ist, das geringfügig näher zu der Ventilöffnungsseite ist als die ventilschließseitige Endfläche des festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts **410**. Mit anderen Worten gesagt, steht die untere Endfläche des festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts **410** geringfügig zu der unteren Seite (Seite des beweglichen Kerns **300**) vor im Vergleich zu der unteren Endfläche des festseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitts **420**.

[0055] Somit ist der festseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **410** ausgebildet, um sich von einem Ende (dem oberen Endabschnitt) des festen Kerns **400** zu dem anderen Ende (das heißt dem unteren Endabschnitt) von diesem in der Längsrichtung des Gehäuses **100** zu erstrecken. Die untere Endfläche des festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts **410** ist gänzlich der oberen Endfläche des beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts **310** zugewandt.

[0056] Wie vorstehend beschrieben ist, ist in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel der festseitige Niedrigsteifigkeitsabschnitt **420**, der ein Teil des festen Kerns **400** ist, aus einem magnetischen Material gemacht, während der festseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **410**, der der andere Teil ist, aus einem nichtmagnetischen Material gemacht ist. Alternativ zu solch einer Form kann der feste Kern **400** gänzlich aus einem magnetischen Material gemacht sein. Auch in dieser alternativen Form ist der festseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **410** aus einem Material gemacht, dessen Steifigkeit höher ist als die des Materials, das für den festseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitt **420** verwendet wird.

[0057] Die Spule **600** erzeugt mit einem Strom, der zugeführt wird, eine magnetische Kraft. Die Spule **600** ist um einen Spulenkörper **610** herumgewickelt und in diesem Zustand angeordnet, um das gesamte dritte zylindrische Bauteil **130** und einen Teil des vierten zylindrischen Bauteils **140** des Gehäuses **100** von der Außenseite zu bedecken. Wenn Strom zu der Spule **600** zugeführt wird, wird ein magnetischer Kreis derart ausgebildet, dass ein magnetischer Fluss durch den festseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitt **420**, den beweglichseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitt **320**, das zweite zylindrische Bauteil **120**, das vierte zylindrische Bauteil **140** und dergleichen hindurchgeht. Als eine Folge davon wird eine magnetische Anziehungskraft zwischen dem festen Kern **400** und dem beweglichen Kern **300** erzeugt. Die magnetische Anziehungskraft bewirkt eine Bewegung des beweglichen Kerns **300** in Richtung zu der Ventilöffnungsseite zusammen mit der Nadel **200**. Wenn das Stromzuführen zu der Spule **600** gestoppt

wird, wird die magnetische Anziehungskraft Null. In diesem Fall bewegt sich der bewegliche Kern **300** zu der Ventilschließseite zusammen mit der Nadel **200**, wobei er durch eine Feder **820** gedrängt wird, die später beschrieben wird.

[0058] Die restliche Gestaltung des Kraftstoffeinspritzventils **10** wird beschrieben. Das festseitige Durchgangsloch **401**, das in dem festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitt **410** ausgebildet ist, hat einen oberseitigen Abschnitt, in den ein Einstellungsrohr **430** pressgepasst ist. Das Einstellungsrohr **430** ist ein zylindrisches Bauteil und hat ein Durchgangsloch **431**, das durch dieses hindurch in der Vertikalrichtung ausgebildet ist.

[0059] Das festseitige Durchgangsloch **401** ist mit einer Feder **820** versehen, die an einer unteren Seite des Einstellungsrohrs **430** gelegen ist. Die Feder **820** ist ein elastisches Bauteil, das sich in der Vertikalrichtung ausdehnt und zusammenzieht. Ein Ende der Feder **820** liegt an dem ventilschließseitigen Endabschnitt des Einstellungsrohrs **430** an. Das andere Ende der Feder **820** liegt an dem Ventilöffnungsendabschnitt des Abschnitts **210** mit großem Durchmesser der Nadel **200** an. Die Feder **820** ist einem Zustand vorgesehen, in dem die Länge kleiner gemacht ist als die freie Länge. Deshalb wird der Abschnitt **210** mit großem Durchmesser der Nadel **200** gegen den beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitt **310** durch die Kraft der Feder **820** gedrückt. Demzufolge drängt die Feder **820** sowohl die Nadel **200** als auch den beweglichen Kern **300** zu der Ventilschließseite.

[0060] An der unteren Seite des beweglichen Kerns **300** ist eine Feder **810** vorgesehen. Die Feder **810** ist ein elastisches Bauteil, das sich in der Vertikalrichtung ausdehnt und zusammenzieht. Ein Ende der Feder **810** liegt an einem Stufenabschnitt an, der in einer ventilschließseitigen Endfläche des beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts **310** ausgebildet ist. Das andere Ende der Feder **810** liegt an einem Stufenabschnitt an, der nahe des ventilöffnungsseitigen Endabschnitts des ersten zylindrischen Bauteils **110** ausgebildet ist.

[0061] Die Feder **810** ist in einem Zustand vorgesehen, in dem die Länge kleiner gemacht ist als die freie Länge. Deshalb wird der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **310** des beweglichen Kerns **300** gegen den Abschnitt **210** mit großem Durchmesser der Nadel **200** durch die Kraft der Feder **810** gedrückt. Demzufolge drängt die Feder **810** sowohl die Nadel **200** als auch den beweglichen Kern **300** zu der Ventilöffnungsseite. Ein Vorsehen der Federn **810** und **820** hält den Zustand des Abschnitts **210** mit großem Durchmesser und des beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts **310**, bei dem sie aneinander anliegen, aufrecht.

[0062] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist gewährleistet, dass die Drängkraft der Feder **820** größer ist als die der Feder **810**. Demzufolge ist, wenn das Stromzuführen zu der Spule **600** gestoppt ist und keine magnetische Anziehungskraft zwischen dem festen Kern **400** und dem beweglichen Kern **300** erzeugt ist, der Dichtungsabschnitt **221** der Nadel **200** in einen Zustand des Anliegens an dem Ventilsitz **512**, das heißt einen Zustand des Schließens des Einspritzanschlusses **511**, gebracht.

[0063] Die Spule **600**, das vierte zylindrische Bauteil **140** und ein Teil des fünften zylindrischen Bauteils **150** sind mit einem Harz **900** von der Außenseite gegossen. Ein Teil des Harzes **900** steht nach außen vor und dieser vorstehende Abschnitt ist in einen Verbinder **910** ausgebildet. Der Verbinder **910** dient als ein Abschnitt, der mit einer Leitung zum Zuführen eines Stroms zu der Spule **600** zu verbinden ist. Der Verbinder **910** hat ein Inneres, wo ein Zuführanschluss **920** angeordnet ist. Der Zuführanschluss **920** ist an einem Ende der Zuführleitung vorgesehen, die mit der Spule **600** verbunden ist. Ein Strom wird zu der Spule **600** von dem Zuführanschluss **920** zugeführt.

[0064] Bei dem Harz **900** ist ein Abschnitt, der das vierte zylindrische Bauteil **140** formt, mit einem Halter **700** versehen, um diesen Abschnitt von der Außenseite zu bedecken. Der Halter **700** ist ein zylindrisches Bauteil, das aus einem magnetischen Material gemacht ist, das sich von der Außenseite des zylindrischen Abschnitts **112** mit großem Durchmesser zu einem sich weiter an der Ventilöffnungsseite befindlichen Niveau erstreckt als ein ventilöffnungsseitiger Endabschnitt der Spule **600**. An der Innenseite des Halters **700** ist eine Abdeckung **710** bei einem sich weiter an der Ventilöffnungsseite befindlichen Niveau als die Spule **600** vorgesehen. Die Abdeckung **710** ist ein im Wesentlichen kreisförmiges Rohrbauteil, das aus einem magnetischen Material gemacht ist und angeordnet ist, um das vierte zylindrische Bauteil **140** zu umgeben. Bei der Abdeckung **710** ist ein Abschnitt nahe des Verbinders **910** gekerbt, um ein Eingreifen mit dem Verbinder **910** zu vermeiden. Demzufolge erscheint in **Fig. 1** ein Querschnitt der Abdeckung **710** nur an einer rechtsseitigen Position des vierten zylindrischen Bauteils **140**. Der Halter **700** und die Abdeckung **710** bilden einen Teil des magnetischen Kreises, durch den ein magnetischer Fluss läuft, der durch die Spule **600** erzeugt wird.

[0065] Ein Betrieb des Kraftstoffeinspritzventils **10** wird beschrieben. Kraftstoff wird zu dem fünften zylindrischen Bauteil **150** von dem Einlassanschluss **153** zugeführt. Wenn ein Strom nicht zu der Spule **600** zugeführt wird, ist der Einspritzanschluss **511** geschlossen, wie vorstehend beschrieben ist. Deshalb wird das Innere des Krafteinspritzventils **10** durch den Kraftstoff mit Druck beaufschlagt.

[0066] Wenn ein Zuführen eines Stroms zu der Spule **600** begonnen wird, bewirkt die magnetische Anziehungskraft, die zwischen dem festen Kern **400** und dem beweglichen Kern **300** erzeugt wird, eine Bewegung des beweglichen Kerns **300** zu der Ventilöffnungsseite. In diesem Fall bewegt sich die Nadel **200** auch zu der Ventilöffnungsseite zusammen mit dem beweglichen Kern **300**, weil der Abschnitt **210** mit großem Durchmesser der Nadel **200** mit dem beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitt **310** des beweglichen Kerns **300** in Kontakt ist. Mit der Trennung des Dichtungsabschnitts **221** der Nadel **200** von dem Ventilsitz **512**, um den Einspritzanschluss **511** zu öffnen, wird ein Kraftstoffeinspritzen von dem Einspritzanschluss **511** begonnen.

[0067] Kraftstoff strömt in den Raum **151** von dem Einlassanschluss **153** und strömt dann sequentiell durch das Durchgangsloch **431**, das festseitige Durchgangsloch **401**, den Raum **201**, das Durchgangsloch **202** und den Raum **111**, für eine Einspritzung von dem Einspritzanschluss **511**.

[0068] Die Region, die den beweglichen Kern **300** umgibt, ist mit dem Kraftstoff gefüllt, der von dem Durchgangsloch **202** abgegeben wird. Wenn sich der bewegliche Kern **300** zu der Ventilöffnungsseite bewegt, strömt der Kraftstoff, der in einem Raum mehr bei einer Ventilöffnungsseite als der bewegliche Kern gewesen ist, durch das Durchgangsloch **301** des beweglichen Kerns **300** in einem Raum mehr an einer Ventilschließseite als der bewegliche Kern **300**. Da sich der Kraftstoff sanft durch das Durchgangsloch **301** bewegt, wird eine Bewegung des beweglichen Kerns **300** durch den Kraftstoff nicht verhindert. Das Gleiche gilt für den Fall, in dem sich der bewegliche Kern **300** anschließend zu der Ventilschließseite bewegt.

[0069] Der bewegliche Kern **300**, der sich zu der Ventilöffnungsseite zu bewegen begonnen hat, kommt dann an dem festen Kern **400** in Anlage und stoppt. Wie vorstehend beschrieben ist, steht in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel die obere Endfläche des beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts **310** zu dem festen Kern **400** vor und die untere Endfläche des festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts **410** steht zu dem beweglichen Kern **300** vor. Deshalb liegt der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **310** des beweglichen Kerns **300** an dem festen Kern **400** an, aber der beweglichseitige Niedrigsteifigkeitsabschnitt **320** von diesem liegt nicht an dem festen Kern **400** an. Des Weiteren liegt der bewegliche Kern **300** an dem festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitt **410** des festen Kerns **400** an, aber der bewegliche Kern **300** liegt nicht an dem festseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitt **420** an.

[0070] Somit ist das Kraftstoffeinspritzventil **10** des vorliegenden Ausführungsbeispiels derart gestaltet,

dass ein Strom, der zu der Spule **600** zugeführt wird, eine magnetische Anziehungskraft erzeugt, um eine Bewegung des beweglichen Kerns **300** zu dem festen Kern (zu der Ventilöffnungsseite) zusammen mit der Nadel **200** zu bewirken und um ein Anliegen des beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts **310** an dem festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitt **410** zu bewirken.

[0071] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel kollidiert ein Abschnitt des beweglichen Kerns **300** (beweglichseitiger Hochsteifigkeitsabschnitt **310**), der eine relativ hohe Steifigkeit hat, mit einem Abschnitt des festen Kerns **400** (festseitiger Hochsteifigkeitsabschnitt **410**), der eine relativ hohe Steifigkeit hat. Deshalb wird eine Beschädigung aufgrund der Kollision bei sowohl dem festen Kern als auch dem beweglichen Kern verringert oder verhindert.

[0072] Der beweglichseitige Niedrigsteifigkeitsabschnitt **320** und der festseitige Niedrigsteifigkeitsabschnitt **420**, die die Abschnitte sind, die zu einem Erzeugen einer magnetischen Anziehungskraft beitragen und die jeweils aus einem magnetischen Material gemacht sind, das eine relativ niedrige Steifigkeit hat, sind als Bauteile gestaltet, die nicht miteinander kollidieren. Das Kraftstoffeinspritzventil **10** ist gestaltet, um eine magnetische Anziehungskraft unter Verwendung von magnetischen Materialien effizient zu erzeugen, während es gestaltet ist, um eine Beschädigung aufgrund einer Kollision zwischen den magnetischen Materialien zu verringern oder zu verhindern.

[0073] Der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **310** ist ausgebildet, um sich von einem Ende (das heißt dem oberen Endabschnitt) des beweglichen Kerns **300** zu dem anderen Ende (das heißt dem unteren Endabschnitt) von diesem in der Längsrichtung des Gehäuses **100** zu erstrecken. Deshalb wird, wenn der bewegliche Kern **300** an dem festen Kern **400** in Anlage kommt, der Stoß, der auf den beweglichseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitt **320** aufgebracht wird, im Vergleich zu beispielsweise der Gestaltung verringert, in der der ventilschließseitige Endabschnitt des beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts **310** durch den beweglichseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitt **320** gestützt ist. Demzufolge wird eine Beschädigung des beweglichseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitts **320**, der eine niedrige Steifigkeit hat, weiter verhindert.

[0074] In gleicher Weise ist der festseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **410** ausgebildet, um sich von einem Ende (das heißt dem oberen Endabschnitt) des festen Kerns **400** zu dem anderen Ende (das heißt dem unteren Endabschnitt) von diesem in der Längsrichtung des Gehäuses **100** zu erstrecken. Deshalb wird, wenn der bewegliche Kern **300** an dem festen Kern **400** in Anlage kommt, der Stoß, der auf den festseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitt **420** auf-

gebracht wird, im Vergleich zu beispielsweise der Gestaltung verringert, in der der ventilöffnungsseitige Endabschnitt des festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts **410** durch den festseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitt **420** gestützt ist. Demzufolge wird eine Beschädigung des festseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitts **420**, der eine niedrige Steifigkeit hat, weiter verhindert.

[0075] Wenn das Stromzuführen zu der Spule **600** in einem Zustand gestoppt wird, in dem der Einspritzanschluss **511** offen ist, arbeitet die magnetische Anziehungskraft nicht länger zwischen dem festen Kern **400** und dem beweglichen Kern **300**. Der bewegliche Kern **300** und die Nadel **200** werden durch die Feder **820** gedrängt und bewegen sich zu der Ventilschließseite und erzeugen schließlich einen Zustand, in dem der Dichtungsabschnitt **211** mit dem Ventilsitz **512** in Kontakt ist, das heißt einen Zustand, in dem der Einspritzanschluss **151** geschlossen ist. Somit stoppt eine Kraftstoffeinspritzung von dem Einspritzanschluss **511**.

[0076] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der festseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **410** im Inneren des festseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitts **420** angeordnet, und der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **310** ist im Inneren des beweglichseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitts **320** angeordnet. In solch einer Gestaltung ist der bewegliche Kern **300** mit dem beweglichseitigen Durchgangsloch **313** versehen, das durch den Mittelabschnitt des beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts **310** in der Längsrichtung hindurchgeht, wobei die Nadel **200** in das beweglichseitige Durchgangsloch **313** eingesetzt ist. Demzufolge, da die Nadel **200** mit nur einem Hochsteifigkeitsabschnitt des beweglichen Kerns **300** in Kontakt ist und darüber gleitet, ist eine Abnutzung des beweglichen Kerns **300** minimiert. Demzufolge wird eine Änderung der Leistungscharakteristiken des Kraftstoffeinspritzventils **10** in einer kurzen Zeitspanne aufgrund einer Verformung des beweglichen Kerns **300** weiter verhindert.

[0077] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der Abschnitt **311** mit großem Durchmesser des beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts **310** gestaltet, um über die Innenfläche des Gehäuses **100** (im Speziellen die Innenfläche des zylindrischen Abschnitts **112** mit großem Durchmesser) in einem Zustand zu gleiten, in dem er mit dieser in Kontakt ist. Demzufolge ist eine Abnutzung des beweglichen Kerns **300** im Vergleich zu der Gestaltung minimiert, in der der beweglichseitige Niedrigsteifigkeitsabschnitt **320**, der eine niedrige Steifigkeit hat, gestaltet ist, um mit der Innenfläche des Gehäuses **100** in Kontakt zu sein und darüber zu gleiten. Demzufolge ist eine Änderung der Leistungscharakteristiken des Kraftstoffeinspritzventils **10** in einer kurzen Zeit-

spanne aufgrund einer Verformung des beweglichen Kerns **300** weiter verhindert.

[0078] Das vorliegende Ausführungsbeispiel hat ein Paar von Bauteilen (nachstehend wird eines ein erstes Bauteil genannt und das andere wird ein zweites Bauteil genannt), die über einander in einem Zustand gleiten, in dem sie miteinander in Kontakt sind, mit der Bewegung des beweglichen Kerns **300** und der Nadel **200**. Von diesen Bauteilen ist wenigstens eines einer Behandlung des Verleihs einer hohen Steifigkeit (im Speziellen einem Abschrecken oder einer Nitrierbehandlung) und einer Oberflächenbehandlung des Verringerns einer Reibungskraft (im Speziellen einer DLC-Beschichtung) unterzogen. Somit ist eine Beschädigung oder eine Verformung des beweglichen Kerns **300** oder des festen Kerns **400** aufgrund der Gleitbewegung weiter minimiert.

[0079] Solch ein Paar aus dem ersten und dem zweiten Bauteil kann die Nadel **200** und die Einspritzdüse **500**, die Nadel **200** und der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **310** oder das erste zylindrische Bauteil **110** und der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **310** sein. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist, für alle die gepaarten Abschnitte, die über einander in einem Zustand gleiten, in dem sie miteinander in Kontakt sind, wenigstens einer von jeweiligen gepaarten Abschnitten der Hochsteifigkeitsverleihungsbehandlung oder der Oberflächenbehandlung, die vorstehend genannt sind, unterzogen.

[0080] Die Hochsteifigkeitsverleihungsbehandlung kann auf eines von dem ersten und dem zweiten Bauteil aufgebracht sein oder kann auf beide von diesen aufgebracht sein. In einer Form können ein erstes und ein zweites Bauteil, die der Hochsteifigkeitsverleihungsbehandlung nicht unterzogen sind, an einem Teil des Kraftstoffeinspritzventils **10** vorgesehen sein.

[0081] In gleicher Weise kann die Oberflächenbehandlung zum Verringern einer Reibungskraft auf eines von dem ersten und dem zweiten Bauteil aufgebracht sein oder kann auf beide von diesen aufgebracht sein. In einer Form können das erste und zweite Bauteil, die der Oberflächenbehandlung zum Verringern einer Reibungskraft nicht unterzogen sind, an einem Teil des Kraftstoffeinspritzventils **10** vorgesehen sein.

[0082] Die Behandlung zum Verleihen einer hohen Steifigkeit kann ein Abschrecken oder eine Nitrierbehandlung sein, wie in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel, aber eine Behandlung, die anders ist als ein Abschrecken oder eine Nitrierbehandlung, kann verwendet werden. Die Oberflächenbehandlung zum Verringern einer Reibungskraft kann ein DLC-Beschichten sein, wie in dem vorliegenden Aus-

führungsbeispiel, aber sie kann eine Behandlung sein, die anders ist als ein DLC-Beschichten.

[0083] Mit Bezug auf **Fig. 2** wird ein zweites Ausführungsbeispiel beschrieben. Die folgende Beschreibung beschreibt hauptsächlich Unterschiede gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel. Eine Beschreibung von Dingen, die gemeinsam mit dem ersten Ausführungsbeispiel sind, wird weggelassen, wenn es geeignet ist.

[0084] In einem Kraftstoffeinspritzventil **10** des vorliegenden Ausführungsbeispiels ist der ventilöffnungsseitige Abschnitt des festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts **410** mit einem Abschnitt **411** mit großem Durchmesser versehen, dessen äußerste Fläche mit der Innenfläche des vierten zylindrischen Bauteils in Kontakt ist und an diesem durch Schweißen fixiert ist. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die äußere Seitenfläche des festseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitts **420** geringfügig von der Innenfläche des vierten zylindrischen Bauteils **140** entfernt und sie sind nicht aneinandergeschweißt.

[0085] Somit ist in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel der Abschnitt **411** mit großem Durchmesser des festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts **410** mit der Innenfläche des Gehäuses gefügt. In solch einer Gestaltung wird der Stoß, der verursacht wird, wenn der bewegliche Kern **300** zu der Zeit des Ventilöffnens an dem festen Kern **400** in Anlage gekommen ist, nur auf den festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitt **410** direkt aufgebracht und wird nicht auf den festseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitt **420** aufgebracht. Demzufolge wird eine Beschädigung des festseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitts **420**, der eine niedrige Steifigkeit hat, weiter verhindert.

[0086] Mit Bezug auf **Fig. 3** wird ein drittes Ausführungsbeispiel beschrieben. Die folgende Beschreibung beschreibt hauptsächlich Unterschiede gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel. Eine Erklärung von Dingen, die gemeinsam zu dem ersten Ausführungsbeispiel sind, wird weggelassen, wenn es geeignet ist.

[0087] In einem Kraftstoffeinspritzventil **10** des vorliegenden Ausführungsbeispiels ist der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **310** nicht mit dem Abschnitt **311** mit großem Durchmesser versehen. Der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **310** ist in seiner Gesamtheit in einer zylindrischen Form ausgebildet, wobei sich sein ventilschließseitiger Endabschnitt weiter zu der Ventilschließseite erstreckt als der ventilschließseitige Endabschnitt des beweglichseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitts **320**. Bei dem beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitt **310** kann der Abschnitt, der sich weiter zu der Ventilschließseite erstreckt als der ventilschließseitige Endabschnitt des beweglichseitigen Niedrigstei-

figkeitsabschnitts **320**, nachstehend auch Erstreckungsabschnitt **315** genannt werden. Der Erstreckungsabschnitt **315** erstreckt sich in den Raum **111** des ersten zylindrischen Bauteils **110**. Der Erstreckungsabschnitt **315** hat einen ventilschließseitigen Endabschnitt, der geringfügig zu der Ventilöffnungsseite im Vergleich zu dem Durchgangsloch **202** gelegen ist. Der ventilschließseitige Endabschnitt des Erstreckungsabschnitts **315** liegt an einem Endabschnitt der Feder **810** an.

[0088] Der Erstreckungsabschnitt **315** hat eine äußere Seitenfläche **316**, deren Gleiten über die Innenfläche des ersten zylindrischen Bauteils **110**, das den Raum **111** definiert, in einem Zustand gewährleistet, in dem sie mit der Innenfläche in Kontakt ist. In gleicher Weise wie bei der äußersten Fläche **312** des ersten Ausführungsbeispiels ist die äußere Seitenfläche **316** einer Nitrierbehandlung unterzogen und ist mit einer DLC-Beschichtung versehen. Die Innenfläche des ersten zylindrischen Bauteils **110**, die der äußeren Seitenfläche **316** zugewandt ist, ist einer Nitrierbehandlung unterzogen.

[0089] In solch einer Form hat der Abschnitt des beweglichen Kerns **300**, dessen Gleiten geführt ist, das heißt der Erstreckungsabschnitt **315**, eine vertikale Länge, die größer ist als die der äußersten Fläche **312** (erstes Ausführungsbeispiel). Deshalb kann die Bewegung des beweglichen Kerns **300** zu der Zeit des Ventilöffnens oder Ventilschließens stabiler gemacht werden.

[0090] Das erste zylindrische Bauteil **110** des vorliegenden Ausführungsbeispiels ist nicht mit dem zylindrischen Abschnitt **112** mit großem Durchmesser versehen, der den beweglichen Kern **300** umfänglich einschließt. Stattdessen erstreckt sich das zweite zylindrische Bauteil **120** zu der unteren Seite. Dies liegt daran, weil in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel der Abschnitt, den der vergrößerte Abschnitt **311** des beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts **310** berührt und über den dieser gleitet (das heißt der zylindrische Abschnitt **112** mit großem Durchmesser), nicht nahe des zweiten zylindrischen Bauteils **120** vorgesehen sein muss. In solch einer Gestaltung kann das sich erstreckende zweite zylindrische Bauteil **120** einen magnetischen Widerstand in diesem Abschnitt verringern. Demzufolge ist die magnetische Anziehungskraft, die zwischen dem festen Kern **400** und dem beweglichen Kern **300** erzeugt wird, erhöht, sodass ein Ventilöffnungsbetrieb des Kraftstoffeinspritzventils wirksam durchgeführt werden kann.

[0091] Mit Bezug auf **Fig. 4** wird ein viertes Ausführungsbeispiel beschrieben. Die folgende Beschreibung beschreibt hauptsächlich Unterschiede gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel. Eine Beschreibung von Dingen, die gemeinsam mit dem ersten

Ausführungsbeispiel sind, wird weggelassen, wenn es geeignet ist.

[0092] Ein Kraftstoffeinspritzventil **10** des vorliegenden Ausführungsbeispiels hat eine Gestaltung, in der ein beweglichseitiger Hochsteifigkeitsabschnitt **310**, der ähnlich zu dem des ersten Ausführungsbeispiels ist, mit einem Erstreckungsabschnitt **315** versehen ist, der ähnlich zu dem des dritten Ausführungsbeispiels ist (**Fig. 3**). Im Speziellen ist der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **310** des vorliegenden Ausführungsbeispiels mit dem ersten zylindrischen Bauteil **110** an zwei Flächen, das heißt der äußersten Fläche **312** des Abschnitts **311** mit großem Durchmesser und der äußeren Seitenfläche **316** des Erstreckungsabschnitts **315**, in Kontakt für eine Gleitbewegung.

[0093] Weiter bei einer Ventilschließseite als der Abschnitt **311** mit großem Durchmesser ist eine Dämpferkammer **303** vorgesehen, die ein Raum ist, der sandwichartig zwischen dem Abschnitt **311** mit großem Durchmesser und dem ersten zylindrischen Bauteil **110** angeordnet ist. Des Weiteren ist ein Raum **304** zwischen dem beweglichen Kern **300** und dem festen Kern **400** vorgesehen. Die Dämpferkammer **303** und der Raum **304** sind beide mit Kraftstoff gefüllt. Die Dämpferkammer **303** und der Raum **304** sind über ein Durchgangsloch miteinander in Verbindung, das durch den beweglichen Kern **300** hindurchgeht. Das Durchgangsloch **301** des vorliegenden Ausführungsbeispiels ist mit einer Drossel **302** versehen, die das Durchgangsloch **301** drosselt, um den Querschnitt des Kraftstoffdurchgangs zu verringern.

[0094] Der festseitige Niedrigsteifigkeitsabschnitt **420** hat eine Außenumfangsfläche, in der ein Verbindungspfad **421**, der eine sich vertikal erstreckende schlitzenartige Nut ist, ausgebildet ist. Der Verbindungspfad **421** gestattet eine Verbindung zwischen dem ventilschließseitigen Raum **304** und dem ventilöffnungsseitigen Raum **151**. Somit ist, ungeachtet des Betriebszustands oder der Position des beweglichen Kerns **300**, ein Kraftstoffdruck in dem Raum **304** größtenteils konstant.

[0095] Wenn ein Zuführen eines Stroms zu der Spule **600** begonnen wird und sich der bewegliche Kern **300** zu der Ventilöffnungsseite bewegt, strömt der Kraftstoff, der in dem Raum **304** gewesen ist, in die Dämpferkammer **303** über das Durchgangsloch **301** und die Drossel **302**. Falls die Bewegungsgeschwindigkeit des beweglichen Kerns **300** höher wird, wird die vorstehend beschriebene Kraftstoffströmung durch die Drossel **302** unterdrückt. Dies minimiert die Energie einer Kollision zwischen dem beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitt **310** und dem festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitt **410**, wenn der be-

wegliche Kern **300** den ventilöffnungsseitigen Endabschnitt erreicht hat.

[0096] Wenn das Stromzuführen zu der Spule **600** gestoppt wird und sich der bewegliche Kern **300** zu der Ventilschließseite bewegt, strömt der Kraftstoff, der in der Dämpferkammer **303** gewesen ist, in den Raum **304** über das Durchgangsloch **301** und die Drossel **302**. Falls die Bewegungsgeschwindigkeit des beweglichen Kerns **300** höher wird, wird die vorstehend genannte Kraftstoffströmung durch die Drossel **302** unterdrückt. Dies minimiert die Energie einer Kollision zwischen dem Dichtungsabschnitt **221** und dem Ventilsitz **512**, wenn der bewegliche Kern **300** den ventilschließseitigen Endabschnitt erreicht hat.

[0097] Mit Bezug auf **Fig. 5** und **Fig. 6** wird ein fünftes Ausführungsbeispiel beschrieben. Die folgende Beschreibung beschreibt hauptsächlich Unterschiede gegenüber dem vierten Ausführungsbeispiel (**Fig. 4**). Eine Beschreibung von Dingen, die dem vierten Ausführungsbeispiel gemeinsam sind, wird weggelassen, wie es geeignet ist.

[0098] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist ein Durchgangsloch **301** mit einer Drossel **302** des vierten Ausführungsbeispiels versehen und ein weiteres Durchgangsloch **301** ist mit einem Ventil **306** versehen. Das Durchgangsloch **301**, das mit der Drossel **302** versehen ist, kann nachstehend auch als Durchgangsloch **301A** bezeichnet werden. Das Durchgangsloch **301**, das mit dem Ventil **306** versehen ist, kann nachstehend auch als Durchgangsloch **301B** bezeichnet werden.

[0099] Das Ventil **306** ist gemäß der Strömung oder dem Druck des Kraftstoffs in dem Durchgangsloch **301B** beweglich in der Vertikalrichtung gemacht. Das Ventil **306** unterbindet eine Kraftstoffströmung in dem Durchgangsloch **301B** in der Ventilöffnungsrichtung, während es eine Kraftstoffströmung in diesem in der Ventilschließrichtung gestattet. Mit anderen Worten gesagt, dient das Ventil **306** als ein sogenanntes Rückschlagventil.

[0100] Wenn ein Zuführen eines Stroms zu der Spule **600** begonnen wird und sich der bewegliche Kern **300** zu der Ventilöffnungsseite bewegt, strömt ein Teil des Kraftstoffs, der in dem Raum **304** gewesen ist, in die Dämpferkammer **303** über das Durchgangsloch **301A** und die Drossel **302**. Der Rest des Kraftstoffs (eigentlich das meiste des Kraftstoffs), der in dem Raum **304** gewesen ist, strömt in die Dämpferkammer **303** über das Durchgangsloch **301B**. Demzufolge ist es zu der Zeit des Ventilöffnens unwahrscheinlich, dass das Vorsehen der Drossel **302** zu einem Verzögern des beweglichen Kerns **300** beiträgt.

[0101] Wenn das Stromzuführen zu der Spule **600** gestoppt wird und sich der bewegliche Kern **300**

zu der Ventilschließseite bewegt, strömt der Kraftstoff, der in der Dämpferkammer **303** gewesen ist, in den Raum **304** über das Durchgangsloch **301A** und die Drossel **302**. Die Kraftstoffströmung zu dem Raum **304** über das Durchgangsloch **301B** wird durch das Ventil **306** unterbunden. Demzufolge wird, wie in dem vierten Ausführungsbeispiel, die Bewegungsgeschwindigkeit des beweglichen Kerns **300** zu der Zeit des Ventilschließens durch die Drossel **302** verringert.

[0102] Somit bewegen sich in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel der bewegliche Kern **300** und die Nadel **200** umgehend in der Ventilöffnungsrichtung zu der Zeit des Ventilöffnens, und die Bewegungsgeschwindigkeit der beiden wird durch die Drossel **302** zu der Zeit des Ventilschließens verringert. Solch eine Gestaltung ist bevorzugt, selbst falls mehr Wichtigkeit auf ein Minimieren der Energie einer Kollision zwischen dem Dichtungsabschnitt **221** und dem Ventilsitz **512** gelegt wird statt auf ein Minimieren der Energie einer Kollision zwischen dem beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitt **310** und dem festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitt **410**.

[0103] Wie in der vergrößerten Ansicht von **Fig. 6** gezeigt ist, steht an der ventilöffnungsseitigen Endfläche des beweglichseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitts **320** der Abschnitt um die Durchgangslöcher **301A** und **301B** herum mehr zu der Ventilöffnungsseite vor als andere Abschnitte. Dieser vorstehende Abschnitt kann nachstehend auch als Bankabschnitt **325** bezeichnet werden. In einem Zustand, in dem der bewegliche Kern **300** und die Nadel **200** bei dem ventilöffnungsseitigen Endabschnitt positioniert sind, das heißt in einem Zustand, in dem sie vollständig angehoben sind, ist der Spalt zwischen dem beweglichen Kern **300** und dem festen Kern **400** gestaltet, um ungefähr 10 µm bei dem Bankabschnitt **325** und ungefähr 50 µm um diesen Abschnitt herum zu sein.

[0104] Wenn ein Zuführen eines Stroms zu der Spule **600** begonnen wird und sich der bewegliche Kern **300** zu der Ventilöffnungsseite bewegt, wird der Abstand zwischen dem Bankabschnitt **325** und dem festen Kern **400** allmählich kleiner. Wenn dieser Abstand kleiner wird als 50 µm, erhöht sich ein Durchgangswiderstand, der auf den Kraftstoff wirkt, der zwischen den beiden strömt, in schneller Weise und verhindert das Kraftstoffströmen in die Durchgangslöcher **301A** und **301B** von dem Raum **304**. Demzufolge wird die Bewegungsgeschwindigkeit des beweglichen Kerns **300** unmittelbar vor Abschließen eines Ventilöffnens verringert. Demzufolge wird die Energie einer Kollision zwischen dem beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitt **310** und dem festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitt **410** minimiert.

[0105] Wie in der vergrößerten Ansicht von **Fig. 6** gezeigt ist, ist an der ventilschließseitigen Endflä-

che des Abschnitts **311** mit großem Durchmesser ein ringförmiger Abschnitt, der die Durchgangslöcher **301A** und **301B** von außen gänzlich umgibt, ausgebildet, um zu der Ventilschließseite vorzustehen. Dieser vorstehende Abschnitt kann nachstehend auch als Bankabschnitt **318** bezeichnet werden. Bei der Dämpferkammer **303** kann der Raum an der Außenseite des Bankabschnitts **318** nachstehend auch als äußere Dämpferkammer **303A** bezeichnet werden. Der Raum an der Innenseite des Bankabschnitts **318** kann nachstehend auch als innere Dämpferkammer **303B** bezeichnet werden.

[0106] Wenn das Stromzuführen zu der Spule **600** gestoppt wird und sich der bewegliche Kern **300** und die Nadel **200** zu der Ventilschließseite bewegen, wird der Abstand zwischen dem Bankabschnitt **325** und dem ersten zylindrischen Bauteil **110** allmählich kleiner. Wenn dieser Abstand kleiner wird als 50 µm, erhöht sich ein Durchgangswiderstand, der auf den Kraftstoff wirkt, der zwischen den beiden strömt, in schneller Weise und verhindert das Kraftstoffströmen in die innere Dämpferkammer **303B** von der äußeren Dämpferkammer **303A**. Demzufolge ist, nachdem die Nadel **200** ein Ventilschließen abgeschlossen hat, wenn der bewegliche Kern **300** sich weiter zu der unteren Seite bewegt und gegen das erste zylindrische Bauteil **110** stößt, die Bewegungsgeschwindigkeit des beweglichen Kerns **300** verringert. Demzufolge ist die Energie einer Kollision zwischen dem beweglichen Kern **300** und dem ersten zylindrischen Bauteil **110** minimiert.

[0107] Mit Bezug auf **Fig. 7** wird ein sechstes Ausführungsbeispiel beschrieben. Die folgende Beschreibung erklärt hauptsächlich Unterschiede gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel. Eine Erklärung von Dingen, die mit dem ersten Ausführungsbeispiel gemeinsam sind, wird weggelassen, wenn es geeignet ist.

[0108] In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt **310** des beweglichen Kerns **300** mit einem oberseitigen Abschnitt der Nadel **200** integriert. Bei der Nadel **200** ist der Abschnitt, der an dem festseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitt **420** in Anlage kommt, auch in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel einer Nitrierbehandlung unterzogen. Bei der Nadel **200** ist der Abschnitt, der den Abschnitt **112** mit großem Durchmesser des ersten zylindrischen Bauteils **110** berührt und über diesen gleitet (das heißt die äußerste Fläche **312** des Abschnitts **311** mit großem Durchmesser), auch in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel einer Nitrierbehandlung unterzogen und mit einer DLC-Beschichtung versehen. Auch in solch einer Gestaltung können vorteilhafte Effekte erreicht werden, die ähnlich zu denjenigen sind, die in dem ersten Ausführungsbeispiel beschrieben sind.

[0109] Einige Ausführungsbeispiele, die soweit beschrieben worden sind, beziehen sich auf spezifische Beispiele. Jedoch sollte die vorliegende Offenbarung nicht so interpretiert werden, dass sie auf diese bestimmten Beispiele beschränkt ist. Der Fachmann kann diese spezifischen Beispiele hinsichtlich einer Gestaltung modifizieren, und diese modifizierten Beispiele sind in dem Bereich der vorliegenden Offenbarung umfasst, solange sie Charakteristiken der vorliegenden Offenbarung haben. Die Komponenten, die Anordnung von diesen, Bedingungen, Formen oder dergleichen sind nicht auf diejenigen beschränkt, die vorstehend beispielhaft dargestellt worden sind, sondern können modifiziert werden, wie es geeignet ist. Kombinationen der Komponenten der spezifischen Beispiele, die vorstehend beschrieben sind, können in geeigneter Weise geändert werden, solange von der Änderung kein Widerspruch auftritt.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2017090295 [0001]
- JP 2013100756 A [0008]

Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzventil mit:
 einem Gehäuse (100), das ein Ende in einer Längsrichtung hat, an dem ein Einspritzanschluss (511) zum Einspritzen von Kraftstoff ausgebildet ist;
 einer Nadel (200), die den Einspritzanschluss durch Bewegen im Inneren des Gehäuses in der Längsrichtung öffnet oder schließt;
 einem festen Kern (400), der ein Bauteil, das wenigstens einen Teil hat, der aus einem magnetischen Material gemacht ist, ist und der im Inneren des Gehäuses fixiert ist;
 einem beweglichen Kern (300), der ein Bauteil, das wenigstens einen Teil hat, der aus einem magnetischen Material gemacht ist, ist und der in einem Zustand angeordnet ist, in dem es zusammen mit der Nadel in der Längsrichtung im Inneren des Gehäuses beweglich ist; und
 einer Spule (600), die eine magnetische Anziehungskraft zwischen dem festen Kern und dem beweglichen Kern erzeugt, wobei
 der feste Kern einen festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitt (410), der eine hohe Steifigkeit hat, und einen festseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitt (420) hat, der eine Steifigkeit hat, die niedriger ist als die des festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts;
 der bewegliche Kern einen beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitt (310), der eine hohe Steifigkeit hat, und einen beweglichseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitt (320) hat, der eine Steifigkeit hat, die niedriger ist als die des beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitts; und
 wenn ein Strom zu der Spule zugeführt wird, der bewegliche Kern sich zu dem festen Kern zusammen mit der Nadel durch die erzeugte magnetische Anziehungskraft bewegt und der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt an dem festseitigen Hochsteifigkeitsabschnitt in Anlage kommt.

2. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, wobei der festseitige Hochsteifigkeitsabschnitt ausgebildet ist, um sich von einem Endabschnitt zu dem anderen Endabschnitt des festen Kerns in der Längsrichtung zu erstrecken, und
 der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt ausgebildet ist, um sich von einem Endabschnitt zu dem anderen Endabschnitt des beweglichen Kerns in der Längsrichtung zu bewegen.

3. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 2, wobei der festseitige Hochsteifigkeitsabschnitt an eine Innenfläche des Gehäuses gefügt ist.

4. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 2, wobei der festseitige Hochsteifigkeitsabschnitt wenigstens einen Teil hat, der im Inneren des festseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitts angeordnet ist, und
 der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt wenigstens einen Teil hat, der im Inneren des beweg-

lichseitigen Niedrigsteifigkeitsabschnitts angeordnet ist.

5. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 4, wobei der bewegliche Kern ein beweglichseitiges Durchgangsloch (313) hat, das durch den beweglichseitigen Hochsteifigkeitsabschnitt in der Längsrichtung hindurchgeht; und
 die Nadel in das beweglichseitige Durchgangsloch eingesetzt ist.

6. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, wobei der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt gestaltet ist, um über die Innenfläche des Gehäuses in einem Zustand zu gleiten, in dem er in Kontakt mit dieser ist.

7. Kraftstoffeinspritzventil nach Anspruch 1, wobei der beweglichseitige Hochsteifigkeitsabschnitt mit der Nadel integriert ist.

8. Kraftstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei wenigstens einer von einem ersten Abschnitt und einem zweiten Abschnitt einer Hochsteifigkeitsverleihungsbehandlung unterzogen ist, um eine Steifigkeit zu erhöhen, wobei der erste Abschnitt und der zweite Abschnitt Abschnitte sind, die in einem Zustand, in dem sie in Kontakt miteinander sind, mit der Bewegung des beweglichen Kerns und der Nadel über einander gleiten.

9. Kraftstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei wenigstens einer von einem ersten Abschnitt und einem zweiten Abschnitt einer Oberflächenbehandlung des Verringerns einer Reibungskraft unterzogen ist, wobei der erste Abschnitt und der zweite Abschnitt Abschnitte sind, die in einem Zustand, in dem sie in Kontakt miteinander sind, mit der Bewegung des beweglichen Kerns und der Nadel über einander gleiten.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

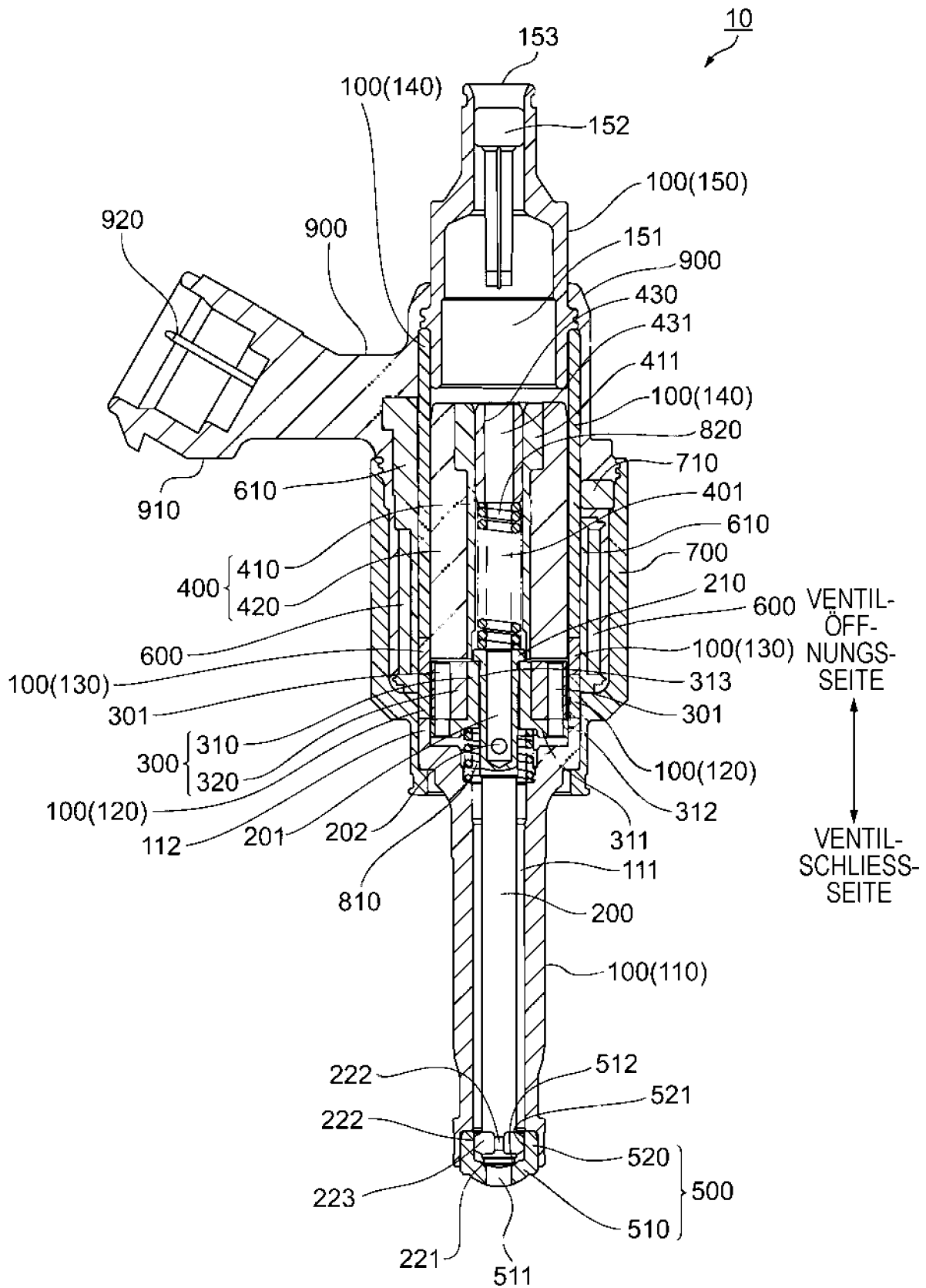


FIG.2

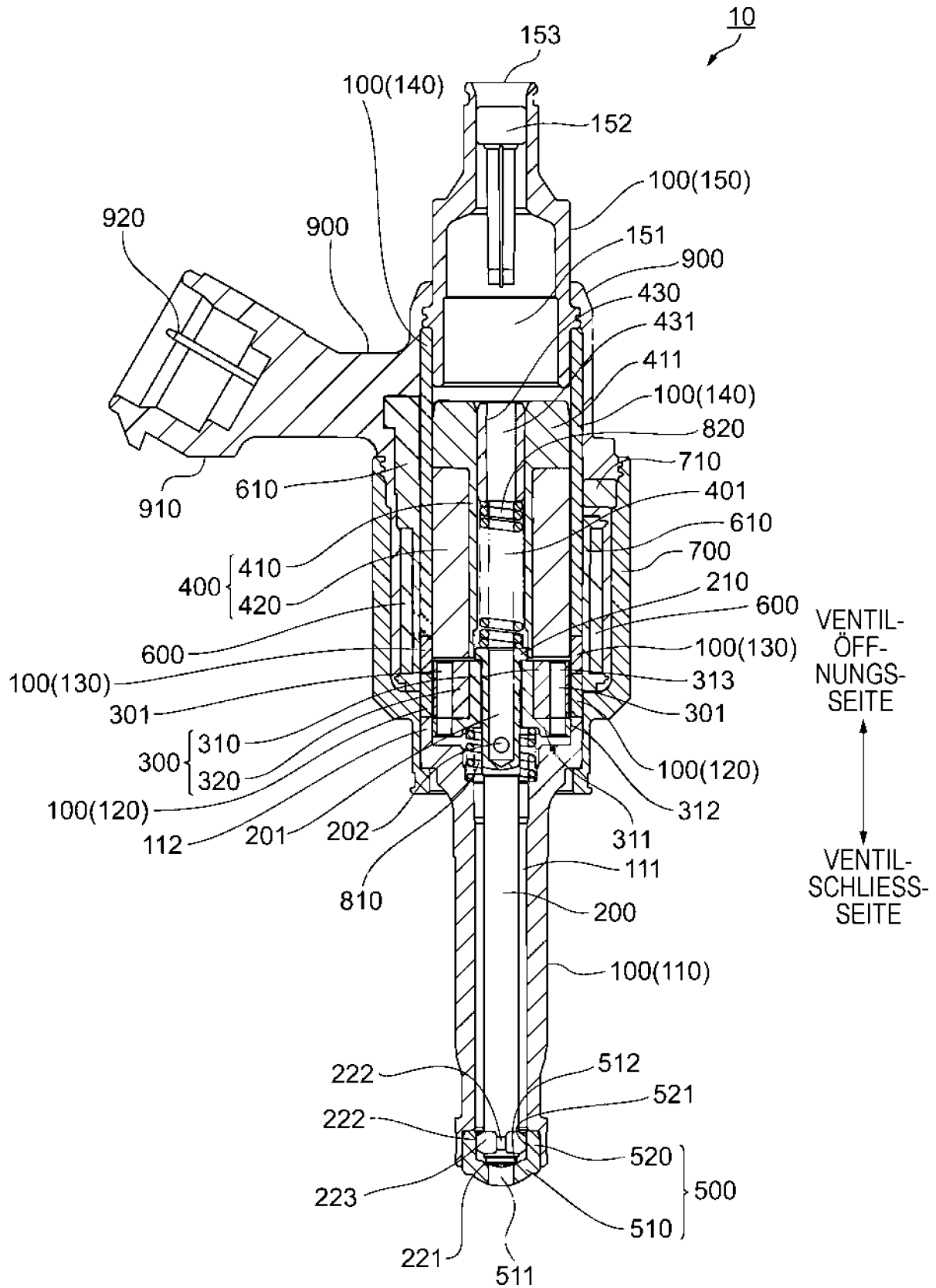


FIG.3

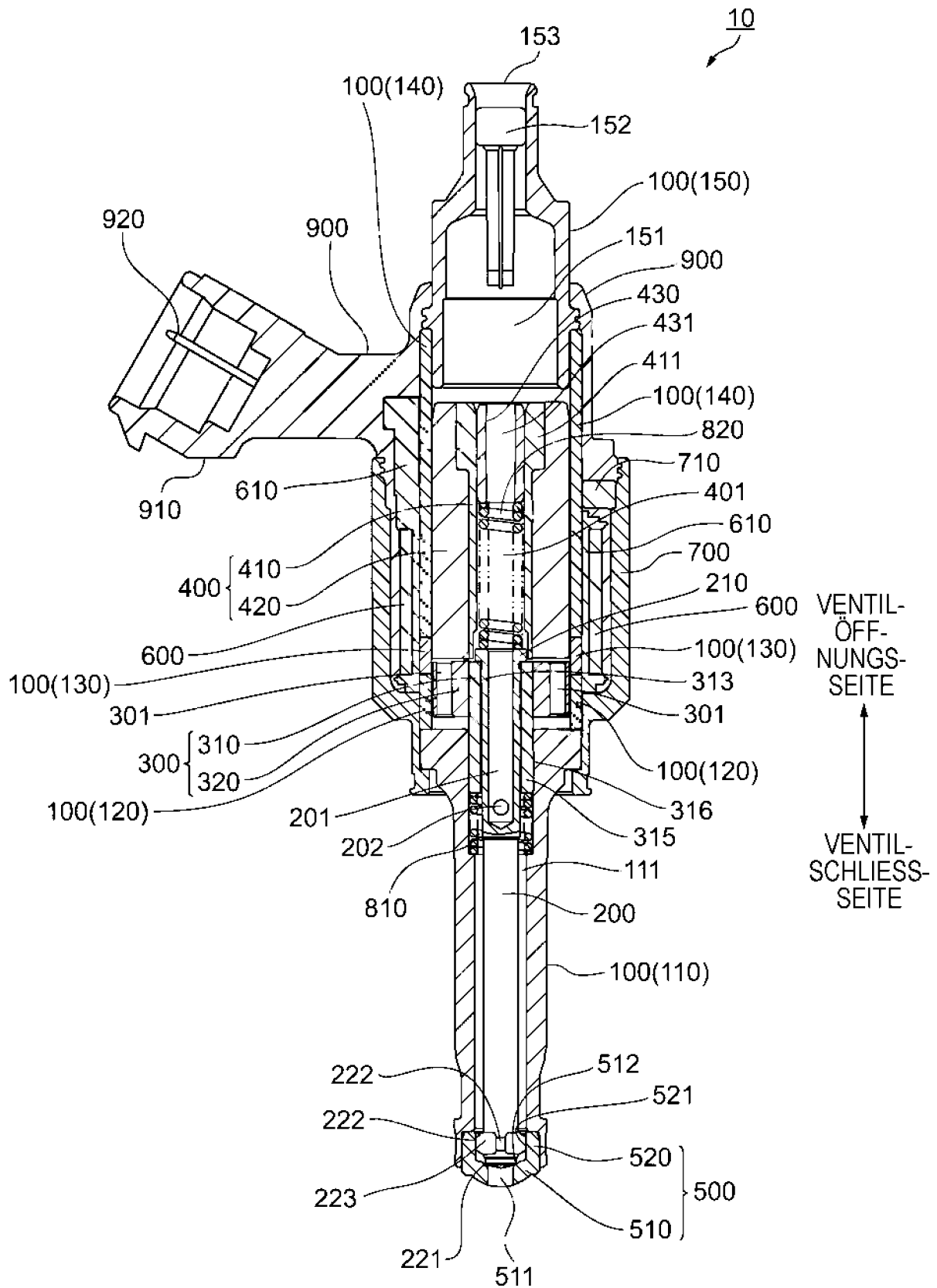


FIG.4

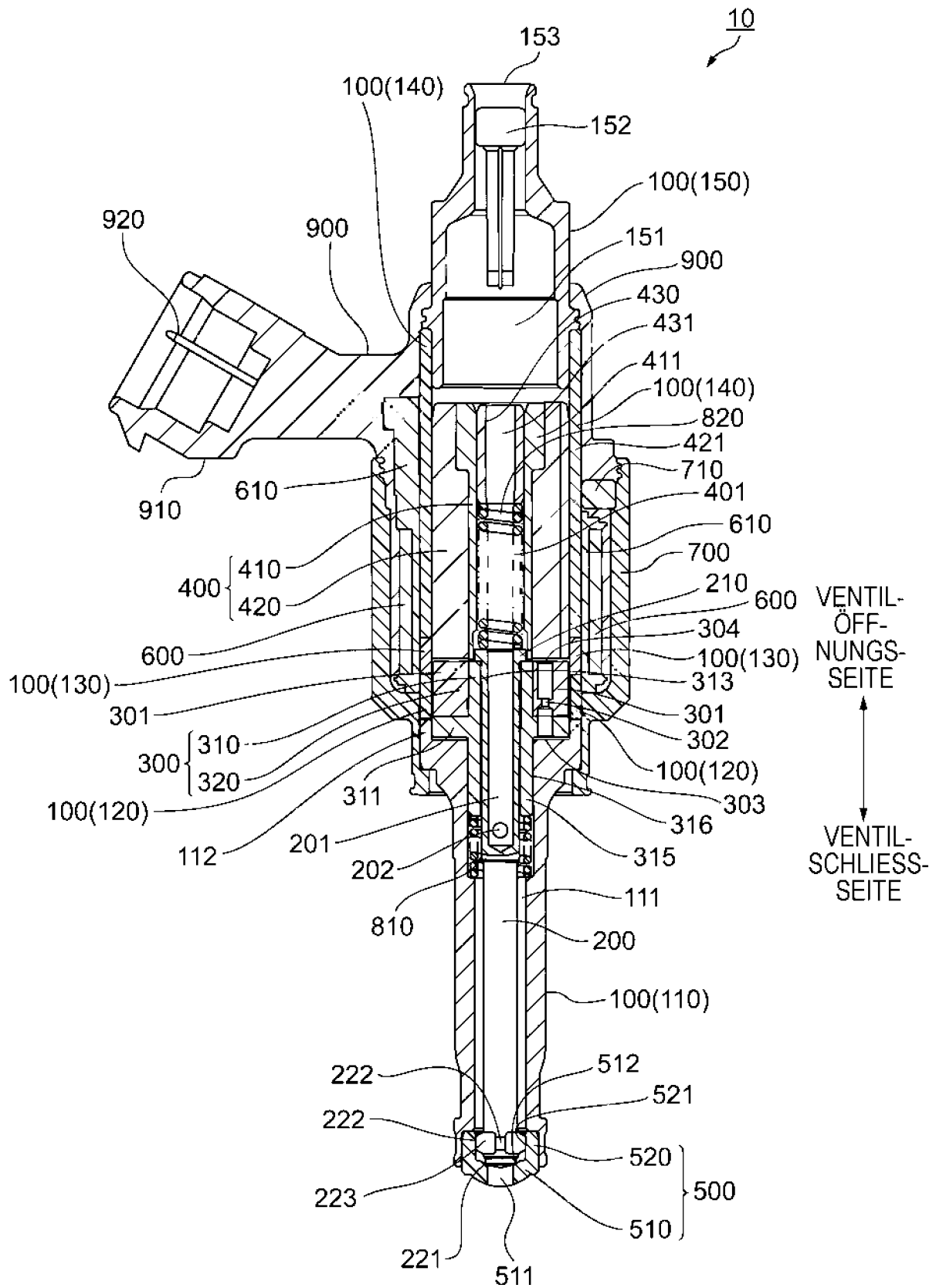


FIG.5

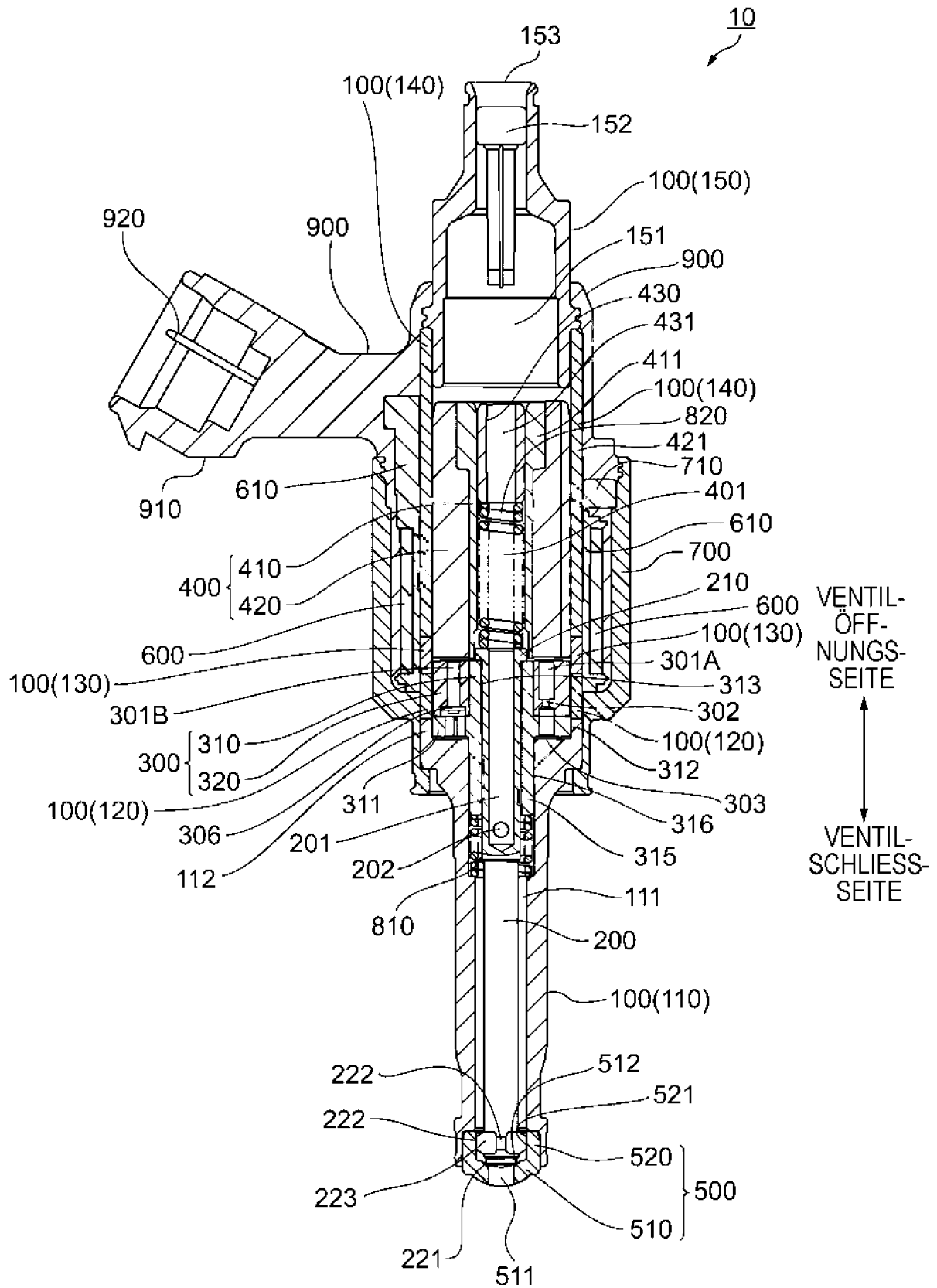


FIG.6

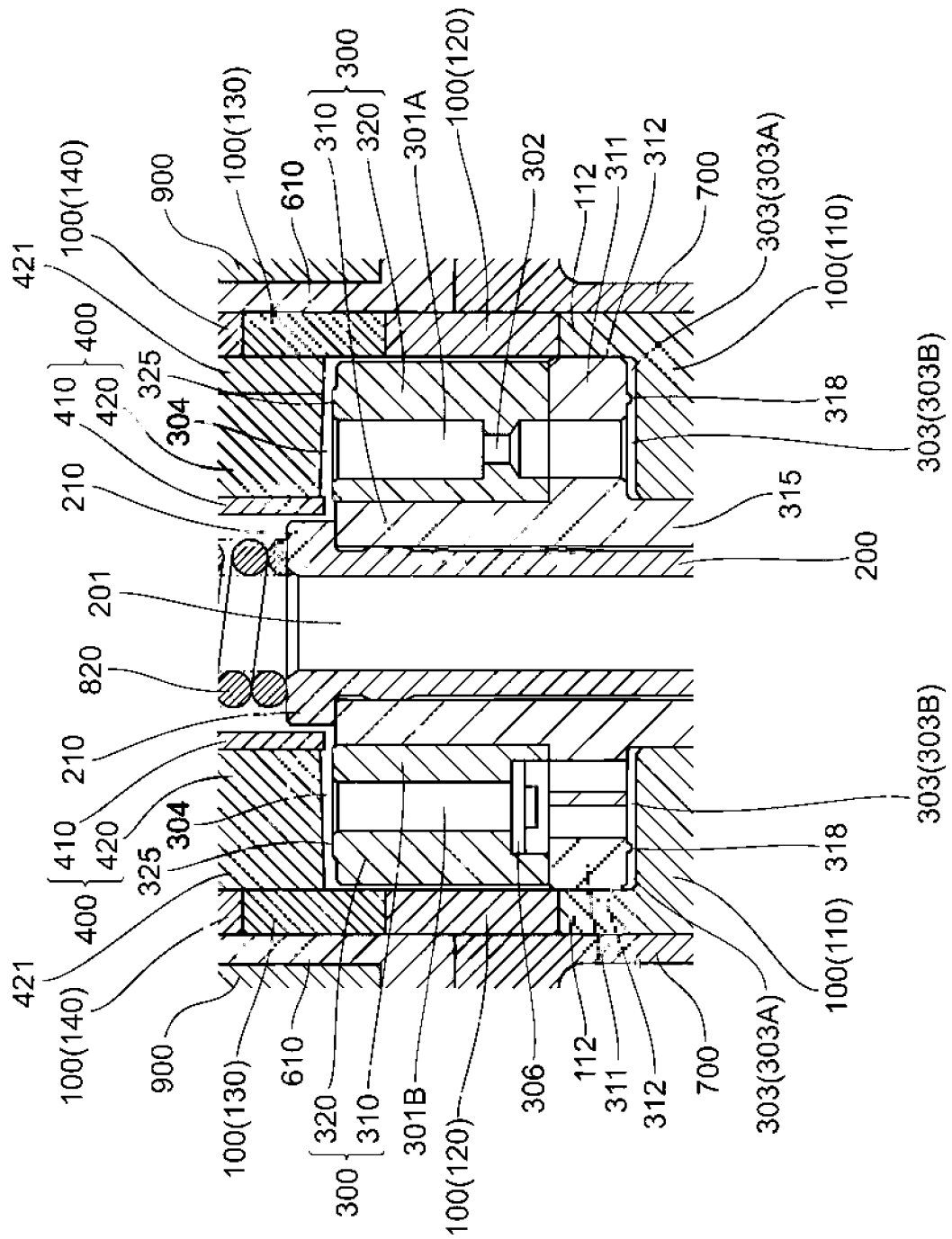


FIG. 7

