

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf einen elektromagnetischen Aktuator zum Antreiben eines Ausgangsstifts desselben durch eine elektromagnetische Kraft.

[0002] Ein elektromagnetischer Aktuator ist in der Technik bekannt, wie er beispielsweise in der EP 1913605B1 offenbart ist, gemäß dessen eine bewegliche Einheit, die einen Permanentmagneten hat, durch eine elektromagnetische Kraft, die durch eine Spule erzeugt wird, bewegt wird, um einen Ausgangsstift anzutreiben. Bei dem elektromagnetischen Aktuator des Stands der Technik ist ein verengter Abschnitt (ein Abschnitt eines kleinen Durchmessers) an einer Außenperipherie des Ausgangsstiftes gebildet, und gerade Abschnitte (Abschnitte eines großen Durchmessers) auf beiden axialen Seiten des verengten Abschnittes des Ausgangsstiftes werden durch ein Führungsglied beweglich getragen, so dass der Ausgangsstift in einer axialen Richtung beweglich ist.

[0003] Bei dem vorhergehenden Stand der Technik verringert sich ein Viskositätswiderstand von Öl, das in einem radialen Zwischenraum zwischen dem Ausgangsstift und dem Führungsglied strömt, durch Vergrößern des radialen Zwischenraums mit dem verengten Abschnitt, der in dem Ausgangsstift gebildet ist. Ein Gleitwiderstand, der einem Widerstand entspricht, der erzeugt wird, wenn der Ausgangsstift hinsichtlich des Führungsglieds gleitet, wird dadurch verringert. Wenn der Ausgangsstift bewegt wird, wird eine Gleitoberfläche zwischen dem geraden Abschnitt (dem Abschnitt eines großen Durchmessers) und dem Führungsglied gebildet, wobei der radiale Zwischenraum zwischen denselben einen minimalen Wert in der Gleitoberfläche annimmt.

[0004] Gemäß der Struktur des vorhergehenden Stands der Technik kann ein Gebiet der Gleitoberfläche (in dem der radiale Zwischenraum minimal wird) größer werden, wenn der Ausgangsstift bewegt wird. Wenn das Gebiet der Gleitoberfläche größer wird, erhöht sich der Viskositätswiderstand des Öls, das in den radialen Zwischenraum zwischen dem Ausgangsstift und dem Führungsglied strömt. Als ein Resultat wird der Gleitwiderstand zwischen dem Ausgangsstift und dem Führungsglied größer, und ein Ansprechen eines Bewegens des Ausgangsstifts verringert sich.

[0005] Die vorliegende Offenbarung ist angesichts des vorhergehenden Problems gemacht. Eine Aufgabe der vorliegenden Offenbarung besteht darin, einen elektromagnetischen Aktuator zu schaffen, der ein Ansprechen einer Bewegung eines Ausgangsstifts verbessern kann.

[0006] Gemäß einer von Eigenschaften der vorliegenden Offenbarung ist ein elektromagnetischer Aktuator aus einem Ausgangsstift (**60, 160, 360, 821, 822, 811, 812**), einem Permanentmagneten (**40, 140, 841, 842**), einer Spule (**31, 131**), einem Joch (**35, 135**), einem Führungsglied (**70, 170, 270, 370, 470, 570, 670, 770**) und so weiter zusammengesetzt.

[0007] Der Ausgangsstift ist in dem Führungsglied beweglich vorgesehen, sodass derselbe in einer axialen Richtung von einem hinteren Ende (**61**) zu einem vorderen Ende (**64**) des Ausgangsstifts beweglich ist.

[0008] Der Permanentmagnet ist in einer Plattenform gebildet und in der axialen Richtung magnetisiert, sodass unterschiedliche magnetische Pole an axialen Endoberflächen erscheinen.

[0009] Die Spule erzeugt ein magnetisches Feld, dessen Richtung entgegengesetzt zu demselben des Permanentmagneten ist, wenn die Spule mit einer elektrischen Leistung versorgt wird. Eine Abstoßungskraft wird zwischen der Spule und dem Permanentmagneten erzeugt, sodass der Ausgangsstift bewegt wird.

[0010] Das Joch ist in einer zylindrischen Form gebildet und bringt den Permanentmagneten unter. Das Joch bildet eine magnetische Schaltung, in der ein magnetischer Fluss des Permanentmagneten durch das Joch geht.

[0011] Das Führungsglied hat einen zylindrischen Abschnitt (**73, 173, 273, 373, 473, 573, 673, 773**) und einen lagernden Abschnitt (**74, 75, 174, 175, 274, 275, 374, 375, 474, 475, 574, 575, 674**) zum beweglichen Tragen des Ausgangsstiftes auf eine solche Weise, dass der Ausgangsstift in der axialen Richtung bewegt wird.

[0012] Der zylindrische Abschnitt ist in einer zylindrischen Form gebildet.

[0013] Der lagernde Abschnitt springt von einer peripheren Innenoberfläche des zylindrischen Abschnitts in einer radial nach innen gehenden Richtung zum beweglichen Tragen des Ausgangsstifts vor.

[0014] Ein radial nach innen gehend vertiefter Abschnitt (**65, 165, 813**) ist an einer peripheren Außenoberfläche des Ausgangsstifts gebildet, sodass ein Abschnitt eines kleinen Durchmessers an dem radial nach innen gehenden vertieften Abschnitt zwischen geraden Abschnitten (Abschnitten eines großen Durchmessers) des Ausgangsstifts gebildet ist. Der lagernde Abschnitt des Führungsglieds ist mit dem geraden Abschnitt konstant in Berührung, wenn der Ausgangsstift bewegt wird. Als ein Resultat ist ein Gleitoberflächengebiet eines Gleitabschnitts zwi-

schen dem Ausgangsstift und dem lagernden Abschnitt konstant, selbst wenn der Ausgangsstift bewegt wird. Eine Bewegung des Ausgangsstifts erfährt daher durch Bewegen des Ausgangsstifts keinen ungünstigen Effekt. Da ein radialer Zwischenraum zwischen dem geraden Abschnitt des Ausgangsstifts und dem lagernden Abschnitt des Führungsglieds minimiert werden kann, ist es möglich, zu unterdrücken, dass sich ein Viskositätswiderstand von Öl, das in einen solch kleinen radialen Zwischenraum strömt, erhöht. Da dementsprechend der Viskositätswiderstand des Öls reduziert wird, und ein Gleitwiderstand zwischen dem Ausgangsstift und dem Führungsglied reduziert wird, wird ein Ansprechen einer Bewegung des Ausgangsstifts verbessert.

[0015] Die vorhergehenden und anderen Ziele, Eigenschaften und Vorteile der vorliegenden Offenbarung sind aus der folgenden detaillierten Beschreibung, die unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen vorgenommen wird, offensichtlicher. Es zeigen:

[0016] Fig. 1 eine schematische Ansicht, die eine ventilhaubanpassende Vorrichtung zeigt, auf die ein elektromagnetischer Aktuator der vorliegenden Offenbarung angewendet ist, wobei Fig. 1 einen Zustand zeigt, dass ein Einlassventil in einem Modus eines kleinen Hubs betrieben wird;

[0017] Fig. 2 eine schematische Ansicht, die die ventilhaubanpassende Vorrichtung in einem Zustand zeigt, dass der Modus eines kleinen Hubs zu einem Modus eines großen Hubs geändert wurde;

[0018] Fig. 3 eine schematische Querschnittsansicht des elektromagnetischen Aktuators gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Offenbarung in einem Zustand, dass der elektromagnetische Aktuator nicht mit einer elektrischen Leistung versorgt wird, das heißt in einem Zustand, dass ein Ausgangsstift in einer Rückwärtsrichtung bewegt wird;

[0019] Fig. 4 eine schematische Querschnittsansicht des elektromagnetischen Aktuators gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Offenbarung in einem Zustand, dass der elektromagnetische Aktuator mit der elektrischen Leistung versorgt wird, das heißt in einem Zustand, dass der Ausgangsstift in einer Vorwärtsrichtung bewegt wird;

[0020] Fig. 5 eine schematische vergrößerte Ansicht eines Abschnitts V, der in Fig. 3 angegeben ist;

[0021] Fig. 6 eine schematische vergrößerte Ansicht eines Abschnitts VI, der in Fig. 3 angegeben ist;

[0022] Fig. 7 eine schematische vergrößerte Ansicht eines Abschnitts VII, der in Fig. 6 angegeben ist;

[0023] Fig. 8 eine schematische vergrößerte Ansicht eines Abschnitts VIII, der in Fig. 4 angegeben ist;

[0024] Fig. 9 eine schematische Querschnittsansicht zum Erläutern eines Betriebs eines elektromagnetischen Aktuators, bei dem ein verengter Abschnitt (ein radial nach innen gehend vertiefter Abschnitt) nicht in dem Ausgangsstift gebildet ist;

[0025] Fig. 10 eine andere schematische Querschnittsansicht zum Erläutern des Betriebs eines elektromagnetischen Aktuators, bei dem der verengte Abschnitt (der radial nach innen gehende vertiefte Abschnitt) in dem Ausgangsstift gebildet ist;

[0026] Fig. 11 eine schematische Querschnittsansicht, die einen Ausgangsstift und ein Führungsglied eines elektromagnetischen Aktuators gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Offenbarung zeigt;

[0027] Fig. 12 eine schematische Querschnittsansicht, die einen elektromagnetischen Aktuator gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Offenbarung in einem Zustand zeigt, dass der elektromagnetische Aktuator nicht mit einer elektrischen Leistung versorgt wird;

[0028] Fig. 13 bis Fig. 22 schematische Querschnittsansichten, die jeweils einen elektromagnetischen Aktuator oder einen Ausgangsstift und ein Führungsglied gemäß jeweiligen Modifikationen der vorliegenden Offenbarung in einem Zustand zeigen, dass der elektromagnetische Aktuator nicht mit einer elektrischen Leistung versorgt wird; und

[0029] Fig. 23A und Fig. 23B schematische Querschnittsansichten, die jeweils einen elektromagnetischen Aktuator gemäß einem Vergleichsbeispiel zeigen, wobei Fig. 23A einen Zustand zeigt, dass der elektromagnetische Aktuator nicht mit einer elektrischen Leistung versorgt wird, während Fig. 23B einen Zustand zeigt, dass der elektromagnetische Aktuator mit einer elektrischen Leistung versorgt wird.

[0030] Ein elektromagnetischer Aktuator der vorliegenden Offenbarung ist im Folgenden mittels mehrerer Ausführungsbeispiele und/oder Modifikationen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen erläutert. Die gleichen Bezugszeichen sind den gleichen oder ähnlichen Teilen oder Abschnitten durch die mehreren Ausführungsbeispiele und/oder Modifikationen hindurch gegeben, um eine wiederholte Erläuterung zu eliminieren.

[0031] Der elektromagnetische Aktuator wird beispielsweise bei einer ventilhaubanpassenden Vorrichtung verwendet. Wie beispielsweise in der JP 2013-217265 offenbart ist, passt die ventilhaubanpassende Vorrichtung eine Hubmenge eines Einlass-

ventils und/oder eines Auslassventils einer Verbrennungsmaschine (im Folgenden der Maschine) durch ein Nockenglied an, das mit einem Gleitstück, das sich zusammen mit einer Nockenwelle dreht, eine Einheit bildend vorgesehen ist.

[0032] Die ventilhubanpassende Vorrichtung, auf die der elektromagnetische Aktuator **101** der vorliegenden Offenbarung angewendet ist, ist zuerst unter Bezugnahme auf **Fig. 1** und **Fig. 2** erläutert.

[0033] Wie in **Fig. 1** und **Fig. 2** gezeigt ist, ist die ventilhubanpassende Vorrichtung **50** aus einem Gleitstück **51**, einer Nockenwelle **94**, einer Einlassventilhubeinheit **52**, dem elektromagnetischen Aktuator **101** und so weiter zusammengesetzt.

[0034] Das Gleitstück **51** dreht sich zusammen mit der Nockenwelle **94**, einem Nocken **58** eines kleinen Hubs und einem Nocken **59** eines großen Hubs in einer Drehrichtung **55**.

[0035] Auf den Nocken **58** eines kleinen Hubs und den Nocken **59** eines großen Hubs wird gemeinsam als Nockenglied Bezug genommen. Das Gleitstück **51** ist an der Nockenwelle **94** auf eine solche Weise befestigt, dass dasselbe in einer axialen Richtung der Nockenwelle **94** beweglich ist. Eine spiralförmige Nut **511** ist an einer Außenperipherie des Gleitstücks **51** gebildet, sodass sich eine Nutposition auf der Außenperipherie des Gleitstücks **51** in der axialen Richtung (einer Richtung senkrecht zu einer Blattoberfläche der Zeichnung von **Fig. 1** oder **Fig. 2**) abhängig von einem Drehwinkel des Gleitstücks **51** allmählich ändert.

[0036] Der Nocken **58** eines kleinen Hubs und der Nocken **59** eines großen Hubs sind bei axial mittleren Positionen des Gleitstücks **51** benachbart zueinander vorgesehen. Sowohl der Nocken **58** eines kleinen Hubs als auch der Nocken **59** eines großen Hubs sind hinsichtlich eines Bezugskreises nach außen exzentrisch. Eine Exzentrizitätsmenge des Nockens **59** eines großen Hubs von dem Bezugskreis ist größer als dieselbe des Nockens **58** eines kleinen Hubs.

[0037] Die Einlassventilhubeinheit **52** hat ein Einlassventil **91**, das in einem Zylinderkopf **53** der Maschine beweglich untergebracht ist. Das Einlassventil **91** ist mit dem Nocken **58** eines kleinen Hubs oder dem Nocken **59** eines großen Hubs selektiv in Berührung.

[0038] Der elektromagnetische Aktuator **101** (im Folgenden der Aktuator **101**) ist mit dem Gleitstück **51** und der Nockenwelle **94** in Berührung. Ein Ausgangsstift **60** des Aktuators **101** befindet sich genauer bei einer Position direkt über der spiralförmigen Nut **511** und ist mit der spiralförmigen Nut **511** bei einer Posi-

tion abgewandt von der Einlassventilhubeinheit **52** in einer vertikalen Richtung im Eingriff.

[0039] Ein Betrieb der ventilhubanpassenden Vorrichtung **50** wird erläutert.

[0040] Die Einlassventilhubeinheit **52** wird durch ein Drehmoment des Nockens **58** eines kleinen Hubs oder des Nockens **59** eines großen Hubs nach unten gedrückt, welcher auch immer mit der Einlassventilhubeinheit **52** in Berührung ist. Gemäß dem Hinunterdrückbetrieb wird das Einlassventil **91**, das in dem Zylinderkopf **53** vorgesehen ist, mit einer kleinen Hubmenge L1 (**Fig. 1**) oder einer großen Hubmenge L2 (**Fig. 2**) geöffnet.

[0041] Der Ausgangsstift **60** des Aktuators **101** wird zu einem Zeitpunkt, der von einer Steuereinheit (nicht gezeigt) befohlen wird, in einer Vorwärtsrichtung bewegt. Der Ausgangsstift **60** befindet sich auf einer Seite der Nockenwelle **94**, sodass ein vorderes Ende **64** des Ausgangsstifts **60** in die spiralförmige Nut **511** eingeführt und mit derselben im Eingriff ist. Das Gleitstück **51** wird gemäß der Drehung des Gleitstücks **51** in der axialen Richtung der Nockenwelle **94** (der Richtung senkrecht zu der Blattoberfläche der Zeichnung) bewegt.

[0042] Wenn das Gleitstück **51** in der axialen Richtung der Nockenwelle **94** bewegt wird, ändert sich ein Berührungszustand der Einlassventilhubeinheit **52** mit dem Nockenglied (**58, 59**) von einer Berührung mit dem Nocken **58** eines kleinen Hubs zu einer Berührung mit dem Nocken **59** eines großen Hubs oder umgekehrt. Die Hubmenge L1 des Einlassventils **91** wird auf die Hubmenge L2 geändert, wenn sich der Berührungszustand von dem Nocken **58** eines kleinen Hubs zu dem Nocken **59** eines großen Hubs ändert.

[0043] Wenn das vordere Ende **64** des Ausgangsstifts **60** von der spiralförmigen Nut **511** getrennt wird, wird der Ausgangsstift **60** durch das Drehmoment der Nockenwelle **94** zurückgedrückt.

(Erstes Ausführungsbeispiel)

[0044] Eine Struktur des Aktuators **101** wird unter Bezugnahme auf **Fig. 3** bis **Fig. 10** erläutert.

[0045] Wie in **Fig. 3** und **Fig. 4** gezeigt ist, ist der Aktuator **101** aus einer feststehenden Einheit **13** und einer beweglichen Einheit **14** zusammengesetzt.

[0046] Die feststehende Einheit **13** ist an einem Maschinenkopf **90** fixiert und aus einer Spule **3**, einem Stator **32**, einem Joch **35** und einem Führungsglied **70** zusammengesetzt.

[0047] In der Spule **31** ist eine Wicklung auf eine Außenperipherie eines Spulenkörpers **30** gewickelt. Der Spulenkörper **30** ist aus einem Harz hergestellt und an den Stator **32** gepasst. Der Spulenkörper **30** isoliert die Wicklung der Spule **31** von dem Stator **32**.

[0048] Eine harzgeformte Einheit **16** ist an einer hinteren Seite des Spulenkörpers **30** der Spule **31**, das heißt auf einer Seite abgewandt von der beweglichen Einheit **14**, vorgesehen. Ein Verbinder **17** ist mit der harzgeformten Einheit **16** eine Einheit bildend gebildet.

[0049] Die Spule **31** erzeugt ein magnetisches Feld, wenn die Spule **31** über einen Anschluss **18** des Verbinders **17** mit einer elektrischen Leistung von einer äußeren elektrischen Leistungsquelle (nicht gezeigt) versorgt wird.

[0050] Der Stator **32** ist aus einem weichmagnetischen Material hergestellt und an einem hinteren Ende **61** des Ausgangsstifts **60**, das heißt auf einer hinteren Seite eines Permanentmagneten **40** (der im Folgenden erläutert ist), vorgesehen. Ein Hauptteil des Stators **32** befindet sich auf einer radialen Innenseite der Spule **31** und funktioniert als ein Spulenkern. Ein Flanschabschnitt **34** (ein dem Magneten gegenüberliegender Abschnitt **34**) ist an einem axialen Ende des Stators **32** gebildet, das eine vordere Seite des Stators **32** ist, die einer hinteren Platte **44** der beweglichen Einheit **14** gegenüberliegt.

[0051] Ein Außendurchmesser des dem Magneten gegenüberliegenden Abschnitts **34** ist relativ groß, und der dem Magneten gegenüberliegende Abschnitt **34** liegt der hinteren Platte **44** mit einem großen Oberflächengebiet in der axialen Richtung gegenüber.

[0052] Das Joch **35** ist aus einem weichmagnetischen Material hergestellt und in einer zylindrischen Form gebildet, die koaxial zu der Spule **31** und der beweglichen Einheit **14** ist. Das Joch **35** bringt die Spule **31**, den Stator **32** und die harzgeformte Einheit **16** unter. Wie in **Fig. 5** gezeigt ist, bildet das Joch **35** eine magnetische Schaltung, in der ein magnetischer Fluss durch den Stator **32** und eine vordere Platte **45** der beweglichen Einheit **14** geht, wenn ein Magnetismus bei einem solchen Abschnitt übertragen wird, bei dem das Joch **35** mit dem Stator **32** in Berührung ist oder nahe demselben ist.

[0053] Verschlussringe sind jeweils zwischen einer peripheren Außenoberfläche der harzgeformten Einheit **16** und einer peripheren Innenoberfläche des Jochs **35** in einer radialen Richtung des Aktuators **101** und zwischen einer peripheren Außenoberfläche des dem Magneten gegenüberliegenden Abschnitts **34** des Stators **32** und der peripheren Innenoberfläche des Jochs **35** in der radialen Richtung vorgese-

hen, um ein verschließendes Verhalten sicherzustellen.

[0054] Ein Flanschabschnitt **39** ist an einem offenen Ende des Jochs **35**, das in einer vorderen Seite des Jochs **35** näher zu dem Führungsglied **70** ist, gebildet, sodass der Flanschabschnitt **39** an dem Maschinenkopf **90** fixiert ist.

[0055] Das Führungsglied **70** hat einen Basisabschnitt **71** und einen zylindrischen Abschnitt **73** zum beweglichen Tragen des Ausgangsstifts **60** auf eine solche Art und Weise, dass der Ausgangsstift **60** in einer axialen Richtung des zylindrischen Abschnitts **73** beweglich ist.

[0056] Der Basisabschnitt **71** ist in ein Fixierungsloch **92** des Maschinenkopfs **90** eingeführt. Ein Verschlussring ist zwischen einer peripheren Außenoberfläche des Basisabschnitts **71** und einer peripheren Innenoberfläche des Fixierungslochs **92** vorgesehen, um das verschließende Verhalten dazwischen sicherzustellen.

[0057] Eine hintere Seitenoberfläche **72** des Basisabschnitts **71**, die auf einer hinteren Seite zu der Spule **31** ist, liegt einer vorderen Seitenoberfläche der vorderen Platte **45** axial gegenüber. Mehrere Durchgangslöcher **95**, die sich in der axialen Richtung erstrecken, sind in dem Basisabschnitt **71** gebildet, sodass Öl durch diese Durchgangslöcher **95**, die an einem peripheren Außenabschnitt des Basisabschnitts **71** angeordnet sind, strömt.

[0058] Das Öl in der Maschine strömt über die Durchgangslöcher **95** in ein Inneres des Aktuators **101** (und strömt aus demselben heraus) und nähert sich der beweglichen Einheit **14**. Das Öl in der Maschine strömt zusätzlich über einen radialen Zwischenraum zwischen dem Ausgangsstift **60** und dem Führungsglied **70** in das Innere des Aktuators **101** oder aus demselben, wenn der Ausgangsstift **60** in einer Vorwärtsrichtung und/oder in einer Rückwärtsrichtung bewegt wird.

[0059] Der zylindrische Abschnitt **73** ist in einer zylindrischen Form gebildet und erstreckt sich von dem Basisabschnitt **71** in der Vorwärtsrichtung nach außen, sodass eine vordere Seitenoberfläche **79** des zylindrischen Abschnitts **73** der Nockenwelle **94** in der axialen Richtung des Führungsglieds **70** gegenüberliegt. Ein Durchgangsloch ist in dem zylindrischen Abschnitt **73** entlang einer Mittelachse des zylindrischen Abschnitts **73** gebildet, sodass der Ausgangsstift **60** in dem Durchgangsloch des Führungsglieds **70** beweglich untergebracht ist und durch dasselbe getragen wird.

[0060] Die bewegliche Einheit **14** ist aus dem Permanentmagneten **40**, der hinteren Platte **44**, der vor-

deren Platte **45** und dem Ausgangsstift **60** zusammengesetzt. Die bewegliche Einheit **14** wird durch das Führungsglied **70** beweglich getragen, um in der axialen Richtung beweglich zu sein.

[0061] Der Permanentmagnet **40** ist in einer Scheibenplattenform in einer Ebene senkrecht zu der axialen Richtung des Ausgangsstifts **60** gebildet und in der axialen Richtung magnetisiert, sodass unterschiedliche magnetische Pole bei jeder von axialen Endoberflächen desselben erscheinen.

[0062] Wie in **Fig. 5** gezeigt ist, ist beispielsweise die axiale Endoberfläche des Permanentmagneten **40** auf einer hinteren Seite desselben, die der hinteren Platte **44** gegenüberliegt, als ein N-Pol magnetisiert, während die andere axiale Endoberfläche auf einer vorderen Seite desselben, die der vorderen Platte **45** gegenüberliegt, als ein S-Pol magnetisiert ist. Die Magnetisierungsrichtung kann umgekehrt sein.

[0063] Ein Ausgangsstifteinführungsloch **401** ist in dem Permanentmagneten **40** entlang einer Mittelachse „O“ desselben (**Fig. 5**) gebildet, sodass das hintere Ende **61** des Ausgangsstifts **60** durch das Ausgangsstifteinführungsloch **401** eingeführt ist.

[0064] Ein Neodym-Magnet wird beispielsweise als der Permanentmagnet **40** verwendet. Der Neodym-Magnet ist ein geformtes gesintertes Erzeugnis, das Neodym (Nd), Eisen (Fe) und Bor (B) als Hauptanteile aufweist. Der Neodym-Magnet ist ein gesintertes Erzeugnis, das aus Kristallkörnern zusammengesetzt ist. Der Neodym-Magnet entspricht einem brüchigen Material, da dasselbe ein kleines Gleiten des Kristalls hat.

[0065] Die hintere Platte **44** ist aus einem weichmagnetischen Material hergestellt und die vordere Seitenoberfläche derselben ist mit einer hinteren Seitenoberfläche des Permanentmagneten **40** verbunden.

[0066] Eine periphere Außenoberfläche der hinteren Platte **44** liegt der peripheren Innenoberfläche des Jochs **35** in der radialen Richtung gegenüber.

[0067] Ein Ausgangsstifteinführungsloch **441** ist ähnlicherweise in der hinteren Platte **44** gebildet, sodass das hintere Ende **61** des Ausgangsstifts **60** durch das Ausgangsstifteinführungsloch **441** eingeführt ist.

[0068] Die vordere Platte **45** ist aus einem weichmagnetischen Material hergestellt und die hintere Seitenoberfläche derselben ist mit einer vorderen Seitenoberfläche des Permanentmagneten **40** verbunden.

[0069] Eine periphere Außenoberfläche der vorderen Platte **45** liegt der peripheren Innenoberfläche des Jochs **35** in der radialen Richtung gegenüber.

[0070] Ein Ausgangsstifteinführungsloch **451** ist ähnlicherweise in der vorderen Platte **45** gebildet, sodass das hintere Ende **61** des Ausgangsstifts **60** durch das Ausgangsstifteinführungsloch **451** eingeführt ist.

[0071] Der Ausgangsstift **60** ist aus einem magnetischen Material hergestellt und in dem Führungsglied **70** beweglich untergebracht. Der Ausgangsstift **60** ist aus dem magnetischen Material, beispielsweise viel Kohlenstoff und Chrom enthaltendem Stahl, hergestellt. Eine höhere Festigkeit kann durch eine Wärmebehandlung erhalten werden. Der Ausgangsstift **60** kann aus einem nichtmagnetischen Material hergestellt sein, um einen magnetischen Kurzschluss zu verhindern.

[0072] Der Ausgangsstift **60** ist in der axialen Richtung von dem hinteren Ende **61** zu dem vorderen Ende **64** und umgekehrt beweglich.

[0073] Der Ausgangsstift **60** ist durch das Ausgangsstifteinführungsloch **441** der hinteren Platte **44** eingeführt, sodass eine hintere Seitenoberfläche **611** des hinteren Endes **61** zu dem Stator **32** nach außen freiliegt. Der Ausgangsstift **60** ist an der hinteren Platte **44** fixiert. Das hintere Ende **61** des Ausgangsstifts **60** ist durch jedes der Ausgangsstifteinführungslöcher **451**, **401** und **441** der vorderen Platte **45**, des Permanentmagneten **40** und der hinteren Platte **44** eingeführt. Das hintere Ende **61** des Ausgangsstifts **60** hat einen konstanten Außendurchmesser.

[0074] Das vordere Ende **64** des Ausgangsstifts **60** hat einen kleineren Außendurchmesser, sodass das vordere Ende **64** in die spiralförmige Nut **511** betrieblich eingeführt ist und mit derselben im Eingriff ist.

[0075] Ein Betrieb des Aktuators **101** wird erläutert.

[0076] Der Aktuator **101** ist an dem Fixierungsloch **92** des Maschinenkopfes **90** fixiert, und der Ausgangsstift **60** wirkt auf die Nockenwelle **94** der ventihubanpassenden Vorrichtung **50**. Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist auf eine Bewegung des Ausgangsstifts **60** in einer Richtung näher zu der Nockenwelle **94** als „sich in der Vorwärtsrichtung bewegend“ Bezug genommen, während auf die Bewegung des Ausgangsstifts **60** in einer entgegengesetzten Richtung weg von der Nockenwelle **94** als „sich in der Rückwärtsrichtung bewegend“ Bezug genommen ist.

[0077] Wie in **Fig. 4** gezeigt ist, wird die Nockenwelle **94** um die Drehachse „C“ derselben gedreht. Wenn der Ausgangsstift **60** einer Seite eines kurzen Radius

„Ra“ der Nockenwelle **94** gemäß der Drehung der Nockenwelle **94** gegenüberliegt, wird der Ausgangsstift **60** durch eine elektromagnetische Kraft, die durch die Spule **31** erzeugt wird, in der Vorwärtsrichtung bewegt. In dieser Situation wird das vordere Ende **64** des Ausgangsstifts **60** mit der spiralförmigen Nut **511** in Eingriff gebracht, und die ventilhubanpassende Vorrichtung passt die Hubmenge L1 oder L2 der Einlassventilhubeinheit **52** gemäß der Drehung des Gleitstücks **51** an.

[0078] Wie in **Fig. 3** gezeigt ist, wird der Ausgangsstift **60** durch das Drehmoment der Nockenwelle **94** in die Rückwärtsrichtung zurückgedrückt, wenn die Nockenwelle **94** von einer Position von **Fig. 4**, in der das vordere Ende **64** des Ausgangsstifts **60** mit der Nockenwelle **94** in Berührung ist, zu einer Position von **Fig. 3**, in der der Ausgangsstift **60** einer Seite eines langen Radius „Rb“ der Nockenwelle **94** gegenüberliegt, gedreht wird. Auf eine Position des Ausgangsstifts **60**, die um einen Rückziehxialhub „Lu“ von einer Rückwärtsgrenzposition getrennt ist, ist als eine zurückgezogene Position Bezug genommen. Bei der Rückwärtsbewegung des Ausgangsstifts **60** von der zurückgezogenen Position zu der Rückwärtsgrenzposition wird der Ausgangsstift **60** durch die magnetische Kraft des Permanentmagneten **40** des Aktuators **101** in der Rückwärtsrichtung bewegt.

[0079] Ein Betrieb der Spule **31** wird erläutert.

[0080] Die bewegliche Einheit **14** wird durch eine magnetisch anziehende Kraft des Permanentmagneten **40**, die zwischen der hinteren Platte **44** und dem dem Magneten gegenüberliegenden Abschnitt **34** des Stators **32** erzeugt wird, wenn die Spule **31** nicht mit einer elektrischen Leistung versorgt wird, bei der Rückwärtsgrenzposition gehalten. Die magnetisch anziehende Kraft ist so ausgelegt, um ausreichend groß zu sein, um die bewegliche Einheit **14** durch den Rückziehxialhub „Lu“ von der zurückgezogenen Position zu der Rückwärtsgrenzposition zu bewegen.

[0081] Wie durch gestrichelte Pfeile in **Fig. 5** angegeben ist, wird eine magnetische Schaltung ϕM erzeugt, wenn die bewegliche Einheit **14** durch die magnetisch anziehende Kraft des Permanentmagneten **40** bei der Rückwärtsgrenzposition derselben gehalten wird.

[0082] Bei der magnetischen Schaltung ϕM geht der magnetische Fluss durch den N-Pol des Permanentmagneten **40**, die hintere Platte **44**, den Stator **32**, das Joch **35**, die vordere Platte **45** und den S-Pol des Permanentmagneten **40**.

[0083] Wenn die Spule **31** mit der elektrischen Leistung versorgt wird, erzeugt die Spule **31** ein elektromagnetisches Feld, wobei eine Richtung eines ma-

gnetischen Flusses desselben derselben des magnetischen Felds, das durch den Permanentmagneten **40** erzeugt wird, entgegengesetzt ist. Das elektromagnetische Feld, das durch die Spule **31** erzeugt wird, hat beispielsweise an einer hinteren Seite des Stators **32** (einer Seite näher zu dem Verbinder **17**) einen S-Pol und an einer vorderen Seite des Stators **32** (das heißt, dem dem Magneten gegenüberliegenden Abschnitt **34**) einen N-Pol. Eine Wicklungsrichtung der Spule **31** oder eine Richtung einer Versorgung mit einem elektrischen Strom ist so ausgelegt, dass die Spule **31** das vorhergehende elektromagnetische Feld entgegengesetzt zu dem magnetischen Feld des Permanentmagneten **40** erzeugt.

[0084] Wenn das elektromagnetische Feld entgegengesetzt zu dem magnetischen Feld des Permanentmagneten **40** erzeugt wird, erscheint die gleiche magnetische Polarität bei sowohl der hinteren Platte **44** als auch dem dem Magneten gegenüberliegenden Abschnitt **34** des Stators **32**. Als ein Resultat wird zwischen der hinteren Platte **44** und dem dem Magneten gegenüberliegenden Abschnitt **34** des Stators **32** eine magnetische Abstoßungskraft erzeugt. Die bewegliche Einheit **14** wird durch die magnetische Abstoßungskraft in der Vorwärtsrichtung von der Rückwärtsgrenzposition bewegt.

[0085] Wie im Vorhergehenden erläutert ist, ist der elektromagnetische Aktuator in der Technik bekannt, wie er beispielsweise in der EP1913605B1 offenbart ist, wobei der verengte Abschnitt (der Abschnitt eines kleinen Durchmessers) an der Außenperipherie des Ausgangsstifts, der entlang des Führungsglieds beweglich ist, gebildet ist.

[0086] **Fig. 23A** zeigt einen elektromagnetischen Aktuator **900** als ein Vergleichsbeispiel, das zum Stand der Technik gehört. Eine Spule **901**, die in einem Spulenkörper **905** untergebracht ist, erzeugt eine elektromagnetische Kraft. Eine bewegliche Einheit **903**, die einen Permanentmagneten **902** hat, wird durch die elektromagnetische Kraft bewegt, sodass ein Ausgangsstift **914**, der mit einem Stator **906** betrieblich in Berührung ist, von dem Stator **906** getrennt wird. Ein verengter Abschnitt **907** ist in dem Ausgangsstift **904** auf eine solche Art und Weise gebildet, dass ein Außendurchmesser eines mittleren Teils des Ausgangsstifts **904** reduziert ist. Auf einen anderen verbleibenden Teil des Ausgangsstifts **904** als der verengte Abschnitt **907** ist als ein gerader Abschnitt **909** Bezug genommen, wobei ein Außendurchmesser desselben größer als derselbe des verengten Abschnitts **907** ist. Ein radialer Zwischenraum zwischen dem Ausgangsstift **904** und einem Ausgangsstiftführungsabschnitt **908**, der mit einem Joch eine Einheit bildend gebildet ist, wird bei dem verengten Abschnitt **907** größer.

[0087] Wie in **Fig. 23B** gezeigt ist, erhöht sich, wenn der Ausgangsstift **904** in der Vorwärtsrichtung bewegt wird, ein Gebiet einer Gleitoberfläche **910**, die zwischen dem geraden Abschnitt **909** und dem Ausgangsstifführungsabschnitt **908** gebildet ist. Wenn sich das Gebiet der Gleitoberfläche **910** erhöht, wird ein Gebiet eines kleinen radialen Zwischenraums zwischen dem geraden Abschnitt **909** und dem Ausgangsstifführungsabschnitt **908** entsprechend größer. In einer Strömung eines viskosen Fluids, wie zum Beispiel Öl, erhöht sich aufgrund des Poiseuille-Gesetzes ein Viskositätswiderstand (engl.: viscosity resistance) in einem Strömungskanal, der einen kleinen Raum (einen kleinen Zwischenraum) hat. Der Viskositätswiderstand des Öls, das in dem kleinen radialen Zwischenraum zwischen dem geraden Abschnitt **909** und dem Ausgangsstifführungsabschnitt **908** strömt, erhöht sich daher ohne weiteres, und dadurch erhöht sich ein Gleitwiderstand zwischen dem Ausgangsstift **904** und dem Ausgangsstifführungsabschnitt **908**. Ein Ansprechen des Ausgangsstifts **904** verringert sich dementsprechend.

[0088] Gemäß dem Aktuator **101** des vorliegenden Ausführungsbeispiels erfährt jedoch der Ausgangsstift **60** keinen ungünstigen Effekt, der durch die Bewegung des Ausgangsstifts **60** verursacht wird, und dadurch wird das Ansprechen des Ausgangsstifts **60** verbessert, wie es im Folgenden erläutert ist.

[0089] Wie in **Fig. 6** gezeigt ist, hat das Führungsglied **70** einen ersten lagernden Abschnitt **74** und einen zweiten lagernden Abschnitt **75** auf eine solche Art und Weise, dass ein radial nach außen gehend vertiefter Abschnitt **78** zwischen den ersten und den zweiten lagernden Abschnitten **74** und **75** gebildet ist. Der radial nach außen gehend vertiefte Abschnitt **78** ist in einer radial nach außen gehenden Richtung des Führungsglieds **70** vertieft.

[0090] Der erste lagernde Abschnitt **74** ist an einer peripheren Innenoberfläche des Führungsglieds **70** bei einer hinteren Seite desselben (einer Seite näher zu dem hinteren Ende **61** des Ausgangsstifts **60**) gebildet, während der zweite lagernde Abschnitt **75** an der peripheren Innenoberfläche des Führungsglieds **70** bei einer vorderen Seite desselben (einer Seite näher zu dem vorderen Ende **64** des Ausgangsstifts **60**) gebildet ist.

[0091] Jeder der ersten und zweiten lagernden Abschnitte **74** und **75** springt von der peripheren Innenoberfläche des zylindrischen Abschnitts **73** des Führungsglieds **70** in einer radial nach innen gehenden Richtung vor, um den Ausgangsstift **60** beweglich zu tragen.

[0092] Jeder der ersten und zweiten lagernden Abschnitte **74** und **75** ist mit dem zylindrischen Abschnitt **73** eine Einheit bildend gebildet.

[0093] Ein erster radialer Zwischenraum **76** ist zwischen dem ersten lagernden Abschnitt **74** und einem geraden Hinterseitenabschnitt **66** (einem Abschnitt **66** eines großen Durchmessers) des Ausgangsstifts **60** auf einer Seite zu dem hinteren Ende **61** gebildet, während ein zweiter radialer Zwischenraum **77** zwischen dem zweiten lagernden Abschnitt **75** und einem geraden Vorderseitenabschnitt **68** (einem Abschnitt **68** eines großen Durchmessers) des Ausgangsstifts **60** auf einer Seite zu dem vorderen Ende **64** gebildet ist.

[0094] Jeder der ersten und zweiten radialen Zwischenräume **76** und **77** entspricht einem Abschnitt, bei dem ein radialer Zwischenraum zwischen dem Ausgangsstift **60** und dem zylindrischen Abschnitt **73** des Führungsglieds **70** minimiert ist. In **Fig. 6** ist jeder der ersten und zweiten radialen Zwischenräume **76** und **77** für den Zweck eines Erläuterns derselben vergrößert.

[0095] Eine erste Oberfläche **741** eines axialen Endes, die an einer vorderen Seite des ersten lagernden Abschnitts **74** gebildet ist, ist mit einer konischen Oberfläche gebildet.

[0096] Die erste Oberfläche **741** eines axialen Endes ist hinsichtlich der Mittelachse des zylindrischen Abschnitts **73** in der Vorwärtsrichtung des Ausgangsstifts **60** geneigt. Die erste Oberfläche **741** eines axialen Endes ist mit anderen Worten in einer abgechrägten Form gebildet, sodass sich ein Innendurchmesser des zylindrischen Abschnitts **73** in der Vorwärtsrichtung erhöht. Die erste Oberflächen **741** eines axialen Endes sind hinsichtlich der Mittelachse des zylindrischen Abschnitts **73** in dem Querschnitt desselben zueinander symmetrisch.

[0097] Der erste lagernde Abschnitt **74** hat eine erste radial innere Ecke **742**, die sich bei einer Position der vorderen Seite des ersten lagernden Abschnitts **74** befindet.

[0098] Wie in **Fig. 7** gezeigt ist, ist die erste radial innere Ecke **742** mit einer gekrümmten Oberfläche gebildet.

[0099] Eine zweite Oberfläche **751** eines axialen Endes, die an einer hinteren Seite des zweiten lagernden Abschnitts **75** gebildet ist, ist ähnlicherweise mit einer konischen Oberfläche gebildet.

[0100] Die zweite Oberfläche **751** eines axialen Endes ist hinsichtlich der Mittelachse des zylindrischen Abschnitts **73** in der Vorwärtsrichtung des Ausgangsstifts **60** geneigt. Die zweite Oberfläche **751** eines axialen Endes ist mit anderen Worten in einer abgechrägten Form gebildet, sodass sich der Innendurchmesser des zylindrischen Abschnitts **73** in der Vorwärtsrichtung verringert. Die zweiten Oberflächen

751 eines axialen Endes sind ähnlicherweise hinsichtlich der Mittelachse des zylindrischen Abschnitts **73** in dem Querschnitt desselben zueinander symmetrisch.

[0101] Auf eine zu dem ersten lagernden Abschnitt **74** ähnliche Art und Weise hat der zweite lagernde Abschnitt **75** eine zweite radial innere Ecke **752**, die sich bei einer Position einer hinteren Seite des zweiten lagernden Abschnitts **75** befindet. Die zweite radial innere Ecke **752** ist mit einer gekrümmten Oberfläche gebildet.

[0102] Ein radial nach innen gehend vertiefter Abschnitt **65** ist in einem mittleren Abschnitt des Ausgangsstiftes **60** gebildet. Der vertiefte Abschnitt **65** ist durch Vertiefen eines Teils der peripheren Außenoberfläche des Ausgangsstifts **60** in der radial nach innen gehenden Richtung gebildet, sodass ein Außendurchmesser des radial nach innen gehend vertieften Abschnitts **65** kleiner als derselbe der geraden Abschnitte **66** und **68** ist. Auf den radial nach innen gehend vertieften Abschnitt **65** ist ferner als ein Abschnitt eines kleinen Durchmessers Bezug genommen.

[0103] Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist ein radial nach innen gehend vertiefter Abschnitt **65** gebildet. Mehrere radial nach innen gehend vertiefte Abschnitte können jedoch an der peripheren Außenoberfläche des Ausgangsstifts **60** gebildet sein.

[0104] Eine Hinterseitenoberfläche **651** eines axialen Endes ist in dem Ausgangsstift auf einer hinteren Seite des radial nach innen gehend vertieften Abschnitts **65** gebildet. Die Hinterseitenoberfläche **651** eines axialen Endes ist mit einer konischen Oberfläche gebildet, sodass die Hinterseitenoberfläche **651** eines axialen Endes hinsichtlich der Mittelachse des Ausgangsstifts **60** in der Vorwärtsrichtung des Ausgangsstifts **60** geneigt ist. Die Hinterseitenoberfläche **651** eines axialen Endes ist mit anderen Worten in einer abgeschrägten Form gebildet, sodass sich ein Außendurchmesser der Hinterseitenoberfläche **651** eines axialen Endes in der Vorwärtsrichtung verringert. Die Hinterseitenoberflächen **651** eines axialen Endes sind hinsichtlich der Mittelachse des Ausgangsstifts **60** in dem Querschnitt desselben zueinander symmetrisch.

[0105] Auf eine zu der Hinterseitenoberfläche **651** eines axialen Endes ähnliche Art und Weise ist eine Vorderseitenoberfläche **652** eines axialen Endes in dem Ausgangsstift **60** auf einer vorderen Seite des radial nach innen gehend vertieften Abschnitts **65** gebildet. Die Vorderseitenoberfläche **652** eines axialen Endes ist mit einer konischen Oberfläche gebildet, sodass die Vorderseitenoberfläche **652** eines axialen Endes hinsichtlich der Mittelachse des Ausgangs-

stifts **60** in der Vorwärtsrichtung des Ausgangsstifts **60** geneigt ist. Die Vorderseitenoberfläche **652** eines axialen Endes ist mit anderen Worten in einer abgeschrägten Form gebildet, sodass sich ein Außendurchmesser der Vorderseitenoberfläche **652** eines axialen Endes in der Vorwärtsrichtung erhöht. Die Vorderseitenoberflächen **652** eines axialen Endes sind ähnlicherweise hinsichtlich der Mittelachse des Ausgangsstifts **60** in dem Querschnitt desselben zueinander symmetrisch.

[0106] Eine radial äußere Hinterseitenecke **653** ist an der peripheren Außenoberfläche des Ausgangsstifts **60** zwischen dem geraden Hinterseitenabschnitt **66** des hinteren Endes **61** und der Hinterseitenoberfläche **651** eines axialen Endes gebildet. Auf eine ähnliche Art und Weise ist eine radial äußere Vorderseitenecke **654** an der peripheren Außenoberfläche des Ausgangsstifts **60** zwischen dem geraden Vorderseitenabschnitt **68** des vorderen Endes **64** und der Vorderseitenoberfläche **652** eines axialen Endes gebildet.

[0107] Auf eine zu den radial inneren Ecken **742** und **752** ähnliche Art und Weise ist jede der radial äußeren Hinterseiten- und Vorderseitenecken **653** und **654** mit einer gekrümmten Oberfläche gebildet.

[0108] Bei dem Ausgangsstift **60** und dem Führungsglied **70** ist ein dritter Zwischenraumabstand „G3“ so gestaltet, um um mehr als das Doppelte größer als ein erster Zwischenraumabstand „G1“ zu sein ($G3 > 2 \times G1$).

[0109] Der dritte Zwischenraumabstand „G3“ ist zusätzlich so gestaltet, um um mehr als das Doppelte größer als ein zweiter Zwischenraumabstand „G2“ zu sein ($G3 > 2 \times G2$).

[0110] Der erste Zwischenraumabstand „G1“ ist ein radialer Abstand zwischen dem ersten lagernden Abschnitt **74** und dem geraden Hinterseitenabschnitt **66** des Ausgangsstifts **60** auf der Seite des hinteren Endes **61**.

[0111] Der zweite Zwischenraumabstand „G2“ ist ein radialer Abstand zwischen dem zweiten lagernden Abschnitt **75** und dem geraden Vorderseitenabschnitt **68** des Ausgangsstifts **60** auf der Seite des vorderen Endes **64**.

[0112] Der dritte Zwischenraumabstand „G3“ ist ein radialer Abstand zwischen dem radial nach innen gehend vertieften Abschnitt **65** des Ausgangsstifts **60** und dem radial nach außen gehend vertieften Abschnitt **78** des Führungsglieds **70**.

[0113] In einem Anfangszustand des Ausgangsstifts, das heißt in einem Zustand, dass der Ausgangsstift **60** noch nicht in der Vorwärtsrichtung be-

wegt wurde, und sich der Ausgangsstift **60** bei der Rückwärtsgrenzposition befindet, befindet sich die erste radial innere Ecke **742** des ersten lagernden Abschnitts **74** bei einer solchen axialen Position, bei der die erste radial innere Ecke **742** der radial äußeren Hinterseitenecke **653** des Ausgangsstifts **60** in der radialen Richtung gegenüberliegt. In der vorliegenden Offenbarung umfasst die Ausdrucksweise „gegenüberliegend“ nicht nur einen Zustand, dass die erste radial innere Ecke **742** und die radial äußere Hinterseitenecke **653** einander in der radialen Richtung genau gegenüberliegen, sondern ferner einen Zustand, dass beide Ecken **742** und **653** einander in der radialen Richtung mit einem bestimmten Fehler innerhalb eines vernünftigen Fehlerbereichs gegenüberliegen.

[0114] Wie in **Fig. 8** gezeigt ist, befindet sich, wenn der Ausgangsstift **60** zu der Vorwärtsgrenzposition desselben bewegt wird, die erste radial innere Ecke **742** des ersten lagernden Abschnitts **74** relativ bei einer axialen Position, die von der radial äußeren Hinterseitenecke **653** in der axialen Richtung zu dem hinteren Ende **61** des Ausgangsstifts **60** axial weg ist.

[0115] Die erste radial innere Ecke **742** liegt mit anderen Worten der peripheren Außenoberfläche des geraden Abschnitts **66** des Ausgangsstifts **60** auf der Seite des hinteren Endes **61** gegenüber.

[0116] Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel liegen beide der ersten und zweiten lagernden Abschnitte **74** und **75** immer in der radialen Richtung nicht dem radial nach innen gehend vertieften Abschnitt **65** (dem Abschnitt eines kleinen Durchmessers) gegenüber, sondern dem geraden Hinterseiten- oder Vorderseitenabschnitt **66** oder **68** (dem Abschnitt eines großen Durchmessers).

(Vorteile)

(1) Das Führungsglied **70** hat den ersten lagernden Abschnitt **74** und den zweiten lagernden Abschnitt **75**, zwischen denen der radial nach außen gehend vertiefte Abschnitt **78** gebildet ist. Gemäß der vorhergehenden Struktur haben ein erster Gleitabschnitt **67a** zwischen dem Ausgangsstift **60** und dem ersten lagernden Abschnitt **74** sowie ein zweiter Gleitabschnitt **67b** zwischen dem Ausgangsstift **60** und dem zweiten lagernden Abschnitt **75** ein konstantes Gleitoberflächengebiet, selbst wenn der Ausgangsstift **60** in der axialen Richtung bewegt wird. Der Ausgangsstift **60** erfährt mit anderen Worten keinen Einfluss der Bewegung des Ausgangsstifts **60** im Zusammenhang mit einer Änderung des Gleitoberflächengebiets. Es ist dementsprechend möglich, das Gleit-

oberflächengebiet bei den ersten und zweiten lagernden Abschnitten **74** und **75** zu minimieren, ohne einen Einfluss der Bewegung des Ausgangsstifts **60** zu erfahren.

[0117] Da jeder der ersten und zweiten radialen Zwischenräume **76** und **77** kleiner gemacht werden kann, kann eine Erhöhung eines Viskositätswiderstands des Öls, das in die ersten und zweiten radialen Zwischenräume **76** und **77** strömt, unterdrückt werden. Der Gleitwiderstand zwischen dem Ausgangsstift **60** und dem Führungsglied **70** kann dementsprechend reduziert werden, um dadurch das Bewegungsansprechen des Ausgangsstifts **60** zu verbessern.

(2) Da der radial nach innen gehend vertiefte Abschnitt **65** an der peripheren Außenoberfläche des Ausgangsstifts **60** gebildet ist, kann ein Einsaugen des Öls unterdrückt werden, wenn der Ausgangsstift **60** bewegt wird. Der Viskositätswiderstand des Öls wird dadurch reduziert. Der Gleitwiderstand zwischen dem Ausgangsstift **60** und dem Führungsglied **70** kann dementsprechend weiter reduziert werden.

[0118] Wie in **Fig. 9** gezeigt ist, in der der radial nach innen gehend vertiefte Abschnitt **65** nicht in dem Ausgangsstift **60** gebildet ist, wird das Öl in einer Richtung entgegengesetzt zu der Bewegungsrichtung des Ausgangsstifts **60** gesaugt, wenn der Ausgangsstift **60** in der axialen Richtung bewegt wird. Der Gleitwiderstand wird durch das Einsaugen des Öls erhöht. In **Fig. 9** und **Fig. 10** ist ein Teil des strömenden Öls durch eine Punktschraffur angegeben.

[0119] Wie in **Fig. 10** gezeigt ist, in der der radial nach innen gehend vertiefte Abschnitt **65** an der peripheren Außenoberfläche des Ausgangsstifts **60** gebildet ist, kann das Öl ohne weiteres in der gleichen Richtung wie die Bewegungsrichtung des Ausgangsstifts **60** strömen. Als ein Resultat kann das Einsaugen des Öls verhindert werden. Der Viskositätswiderstand des Öls wird dadurch reduziert, um dadurch den Gleitwiderstand zwischen dem Ausgangsstift **60** und dem Führungsglied **70** zu reduzieren.

(3) Jede der ersten und zweiten Oberflächen **741** und **751** eines axialen Endes der ersten und zweiten lagernden Abschnitte **74** und **75** sowie jede der Hinterseiten- und Vorderseitenoberflächen **651** und **652** eines axialen Endes des Ausgangsstifts **60** ist mit der konischen Oberfläche gebildet. Jede der ersten und zweiten radial inneren Ecken **742** und **752** der ersten und zweiten lagernden Abschnitte **74** und **75** sowie jede der radial äußeren Hinterseiten- und Vorderseitenecken **653** und **654** ist zusätzlich mit der gekrümmten Oberfläche gebildet. Gemäß der vorhergehenden Struktur kann das Öl ruhig strömen, wenn der Aus-

gangsstift **60** in der axialen Richtung bewegt wird. Das Einsaugen des Öls kann unterdrückt werden, und dadurch kann die Erhöhung des Gleitwiderstands unterdrückt werden.

[0120] Wenn zusätzlich der Ausgangsstift **60** in der axialen Richtung bewegt wird, wird der Fluidruck des Öls in der radialen Richtung gänzlich an den Ausgangsstift **60** und das Führungsglied **70** angelegt. Als ein Resultat können der erste radiale Zwischenraumabstand „G1“ und/oder der zweite radiale Zwischenraumabstand „G2“ angeglichen werden. Es ist mit anderen Worten möglich, eine Situation zu vermeiden, dass der erste radiale Zwischenraumabstand „G1“ und/oder der zweite radiale Zwischenraumabstand „G2“ lokal kleiner wird. Es ist daher möglich, die Erhöhung des Viskositätswiderstands des Öls, das in den ersten und/oder den zweiten radialen Zwischenraum **76** und/oder **77** strömt, zu verhindern.

(4) Wenn der Ausgangsstift **60** in dem Anfangszustand desselben ist, stimmt die axiale Position der ersten radial inneren Ecke **742** des ersten lagernden Abschnitts **74** mit der axialen Position der radial äußeren Hinterseitenecke **653** des Ausgangsstifts **60** überein.

[0121] Ein axialer Abstand zwischen den radial äußeren Hinterseiten- und Vorderseitenecken **653** und **654** des Ausgangsstifts **60** ist zusätzlich gestaltet, um kleiner als ein axialer Abstand zwischen den ersten und zweiten radial inneren Ecken **742** und **752** des Führungsglieds **70** zu sein.

[0122] Das Gleitoberflächengebiet des ersten Gleitabschnitts **67a** zwischen dem Ausgangsstift **60** und dem ersten lagernden Abschnitt **74** sowie das Gleitoberflächengebiet des zweiten Gleitabschnitts **67b** zwischen dem Ausgangsstift **60** und dem zweiten lagernden Abschnitt **75** sind daher konstant, selbst wenn der Ausgangsstift **60** in der axialen Richtung bewegt wird.

(5) Wenn der Ausgangsstift **60** in der Vorwärtsrichtung bewegt wird, befindet sich die axiale Position der ersten radial inneren Ecke **742** des ersten lagernden Abschnitts **74** in einem axialen Bereich zwischen der radial äußeren Hinterseitenecke **653** des Ausgangsstifts **60** und dem hinteren Ende **61**.

[0123] Der erste lagernde Abschnitt **74** liegt mit anderen Worten in der radialen Richtung lediglich der peripheren Außenoberfläche des geraden Hinterseitenabschnitts **66** während der axialen Bewegung des Ausgangsstifts **60** gegenüber. Auf eine ähnliche Art und Weise liegt der zweite lagernde Abschnitt **75** in der radialen Richtung lediglich der peripheren Außenoberfläche des geraden Vorderseitenabschnitts **68** während der axialen Bewegung des Ausgangsstifts **60** gegenüber.

[0124] Das Gleitoberflächengebiet des ersten Gleitabschnitts **67a** zwischen dem Ausgangsstift **60** und dem ersten lagernden Abschnitt **74** sowie das Gleitoberflächengebiet des zweiten Gleitabschnitts **67b** zwischen dem Ausgangsstift **60** und dem zweiten lagernden Abschnitt **75** können daher auf dem kleinen Wert beibehalten werden.

(6) Da der Ausgangsstift **60** aus dem magnetischen Material hergestellt ist, kann eine mechanische Festigkeit des Ausgangsstifts **60** höher gemacht werden. Eine Schlagzähigkeit des Ausgangsstifts **60**, der mit dem Gleitstück **51** oder der Nockenwelle **94** betrieblich bzw. wirksam in Berührung gebracht wird, kann verbessert werden. Eine Verschleißbeständigkeit des Ausgangsstifts **60**, der aufgrund der wiederholten Berührung mit dem Gleitstück **51** oder der Nockenwelle **94** verschlissen wird, kann zusätzlich verbessert werden.

(Zweites Ausführungsbeispiel)

[0125] Ein elektromagnetischer Aktuator **102** eines zweiten Ausführungsbeispiels unterscheidet sich von dem Aktuator **101** des ersten Ausführungsbeispiels in einer Position des ersten lagernden Abschnitts und einer Position des radial nach innen gehend vertieften Abschnitts.

[0126] Wie in **Fig. 11** gezeigt ist, befindet sich die erste radial innere Ecke **742** des ersten lagernden Abschnitts **74** bei einer Position, die von der radial äußeren Hinterseitenecke **653** des Ausgangsstifts **60** in der Rückwärtsrichtung zu dem hinteren Ende **61** des Ausgangsstifts **60** axial getrennt ist, wenn der Ausgangsstift **60** in der Anfangsposition desselben ist. Die zu dem ersten Ausführungsbeispiel gleichen Vorteile können ebenfalls bei dem zweiten Ausführungsbeispiel erhalten werden.

(Drittes Ausführungsbeispiel)

[0127] Ein elektromagnetischer Aktuator **103** eines dritten Ausführungsbeispiels unterscheidet sich von dem Aktuator **101** des ersten Ausführungsbeispiels in einer Struktur der feststehenden Einheit und einer Struktur der beweglichen Einheit.

[0128] Wie in **Fig. 12** gezeigt ist, hat der Aktuator **103** des vorliegenden Ausführungsbeispiels die feststehende Einheit **113** und die bewegliche Einheit **114**.

[0129] Die bewegliche Einheit **114** hat einen Ausgangsstift **160** und einen Anker **180**.

[0130] Der Anker **180** ist aus einem magnetischen Material hergestellt und hat an einer vorderen Seite einen verbindenden Abschnitt **181** und an einer hinteren Seite einen Flanschabschnitt **182** (einen einem Magneten gegenüberliegenden Abschnitt **182**). Der

Anker **180** ist in der axialen Richtung zusammen mit dem Ausgangsstift **160** beweglich.

[0131] Ein Hauptteil des Ankers **180** befindet sich in einem Raum einer radialen Innenseite einer Spule **131**.

[0132] Der verbindende Abschnitt **181** hat ein verbindendes Loch **183**, das sich in der axialen Richtung erstreckt und ein Bodenende hat. Das hintere Ende **61** des Ausgangsstifts **160** ist in das verbindende Loch **183** eingeführt, sodass der Ausgangsstift **160** mit dem Anker **180** fest verbunden ist.

[0133] Der dem Magneten gegenüberliegende Abschnitt **182** ist an einem axialen Ende des Ankers **180** gebildet, das ein Hinterseitenende abgewandt von dem verbindenden Abschnitt **181** in der axialen Richtung ist. Ein Außendurchmesser des dem Magneten gegenüberliegenden Abschnitts **182** ist relativ groß und liegt einer vorderen Platte **145** der feststehenden Einheit **113** mit einem großen Oberflächengebiet gegenüber.

[0134] Eine Nut **184** ist in einer Hinterseitenoberfläche des dem Magneten gegenüberliegenden Abschnitts **182** gebildet.

[0135] Die Nut **184** ist in einer ringförmigen Form in einer Ebene senkrecht zu der axialen Richtung des Ausgangsstifts **160** gebildet. Die Nut **184** hat einen Querschnitt einer trapezoidförmigen Form in einer Ebene, die sich in der axialen Richtung erstreckt. Die Nut **184** kann in einer kreisförmigen Form oder einer polygonalen Form in der Ebene senkrecht zu der axialen Richtung gebildet sein. Die Form der Nut **184** ist nicht auf die vorhergehenden Formen begrenzt.

[0136] Ein gegenüberliegendes Oberflächengebiet zwischen der vorderen Platte **145** und dem dem Magneten gegenüberliegenden Abschnitt **182** des Ankers **180** ist aufgrund der Nut **184** kleiner gemacht. In einem Fall, dass Öl bei dem Aktuator **103** als Schmiermittel verwendet wird, kann, da eine Haftkraft durch das Öl zwischen der vorderen Platte **145** und dem Anker **180** reduziert werden kann, ein Beginn einer Bewegung des Ankers **180** ruhig vorgenommen werden.

[0137] Ein axiales Loch **185**, das sich in der axialen Richtung erstreckt, ist zusätzlich in dem Anker **180** gebildet. Ein Luftwiderstand kann durch das axiale Loch **185** reduziert werden, wenn der Anker **180** in der Vorwärtsrichtung oder in der Rückwärtsrichtung bewegt wird. Als ein Resultat kann der Anker **180** in der Vorwärts- oder der Rückwärtsrichtung ruhig bewegt werden.

[0138] Die feststehende Einheit **113** ist aus der Spule **131**, einem Joch **135**, einem Permanentmagne-

ten **140**, der vorderen Platte **145**, einer hinteren Platte **144**, einem Anschlagglied **146**, das als ein Fixierungsglied funktioniert, einer Vorderseitenendplatte **148** und so weiter zusammengesetzt.

[0139] Eine Wicklung ist auf eine Außenperipherie eines Spulenkörpers **130** der Spule **131** gewickelt. Die Spule **131** erzeugt ein elektromagnetisches Feld, wenn die Spule **131** von der äußeren Leistungsquelle (nicht gezeigt) mit einer elektrischen Leistung versorgt wird.

[0140] Der Spulenkörper **130**, in den der Anker **180** beweglich eingeführt ist, ist aus Harz zum Isolieren der Wicklung der Spule **131** von dem Anker **180** hergestellt.

[0141] Das Joch **135** ist aus einem magnetischen Material hergestellt und in einer zylindrischen Form gebildet, die koaxial zu der beweglichen Einheit **114** ist. Das Joch **135** bringt die bewegliche Einheit **114**, die Spule **131**, den Permanentmagneten **140**, die hintere Platte **144**, die vordere Platte **145**, das Anschlagglied **146** und die Vorderseitenendplatte **148** unter.

[0142] Ein Magnetismus wird zwischen dem Anker **180** und dem Joch **135** bei solchen Abschnitten übertragen, bei denen der Anker **180** und das Joch **135** miteinander in Berührung sind oder einander nahe sind. Das Joch **135** bildet eine magnetische Schaltung, in der der magnetische Fluss durch den Anker **180**, die hintere Platte **144** und die Vorderseitenendplatte **148** geht.

[0143] Das Joch **135** hat ein Führungsglied **170** und den Flansch **39**, die miteinander eine Einheit bildend gebildet sind.

[0144] Das Führungsglied **170** hat einen Basisabschnitt **171**, einen zylindrischen Abschnitt **173**, einen ersten lagernden Abschnitt **174** und einen zweiten lagernden Abschnitt **175**.

[0145] Ein radial nach außen gehend vertiefter Abschnitt **178** ist an einer peripheren Innenoberfläche des zylindrischen Abschnitts **173** zwischen den ersten und zweiten lagernden Abschnitten **174** und **175** gebildet.

[0146] Der Permanentmagnet **140** ist in der axialen Richtung auf eine solche Art und Weise magnetisiert, dass das axiale Ende des Permanentmagneten **140** auf einer Seite zu der vorderen Platte **145** als ein N-Pol magnetisiert ist, während das andere axiale Ende auf einer Seite zu der hinteren Platte **144** als ein S-Pol magnetisiert ist. Die Magnetisierung des Permanentmagneten **40** kann umgekehrt sein. Ein Anschlageinführungsloch **401** ist in dem Permanentmagneten **140** gebildet, sodass das Anschlagglied **146** durch das Anschlageinführungsloch **401** entlang der

Mittelachse des Permanentmagneten **140** eingeführt ist.

[0147] Die hintere Platte **144** ist aus einem magnetischen Material hergestellt und in einem Querschnitt derselben in der Ebene senkrecht zu der Mittelachse des Aktuators **103** in einer ringförmigen Form gebildet. Die hintere Platte **144** ist an einer hinteren Seitenoberfläche des Permanentmagneten **140**, das heißt an einer Seite abgewandt von der vorderen Platte **145**, fixiert.

[0148] Ein Anschlagieführungsloch **441** ist ähnlicherweise in der hinteren Platte **144** gebildet, sodass das Anschlagglied **146** durch das Anschlagieführungsloch **441** eingeführt ist.

[0149] Eine periphere Außenoberfläche der hinteren Platte **144** liegt in der radialen Richtung einer peripheren Innenoberfläche des Jochs **135** gegenüber, und beide Oberflächen sind miteinander in Berührung. Die hintere Platte **144** ist durch ein Presseinsatzstück oder Schweißen an dem Joch **135** fixiert.

[0150] Auf eine ähnliche Art und Weise ist die vordere Platte **145** aus einem magnetischen Material hergestellt und in dem Querschnitt derselben in einer Ebene senkrecht zu der Mittelachse des Aktuators **103** in einer ringförmigen Form gebildet. Die vordere Platte **145** ist an einer vorderen Seitenoberfläche des Permanentmagneten **140** fixiert.

[0151] Ein Anschlagieführungsloch **451** ist ähnlicherweise in der vorderen Platte **145** gebildet, sodass das Anschlagglied **146** durch das Anschlagieführungsloch **451** eingeführt ist.

[0152] Das Anschlagglied **146** ist aus einem nichtmagnetischen Material hergestellt und in einer Stangenform gebildet. Das Anschlagglied **146** ist jeweils durch das Anschlagieführungsloch **451** der vorderen Platte **145**, das Anschlagieführungsloch **401** des Permanentmagneten **140** und das Anschlagieführungsloch **441** der hinteren Platte **144** eingeführt. Das Anschlagglied **146** ist aus einem nichtmagnetischen Material, beispielsweise einem Metall aus einem rostfreien Austenit-Stahl, Harz, Gummi oder dergleichen, hergestellt.

[0153] Eine Vorderseitenoberfläche des Anschlagglieds **146** liegt der Hinterseitenoberfläche des dem Magneten gegenüberliegenden Abschnitts **182** des Ankers **180** gegenüber. Das Anschlagglied **146** ist in die vordere Platte **145** eingeführt, sodass die Vorderseitenoberfläche des Anschlagglieds **146** zu einem Äußeren freiliegt.

[0154] Das Anschlagglied **146** fixiert die vordere Platte **145**, den Permanentmagneten **140** und die hintere Platte **144** aneinander, sodass sowohl die vor-

dere Platte **145**, der Permanentmagnet **140** als auch die hintere Platte **144** hinsichtlich der beweglichen Einheit **114** stillstehen. Ein kleiner radialer Zwischenraum kann zwischen dem Anschlagglied **146** und dem Permanentmagneten **140** in der radialen Richtung gebildet sein, sodass der Permanentmagnet **140** nicht zerbrochen wird, wenn das Anschlagglied **146** durch das Anschlagieführungsloch **401** des Permanentmagneten **140** eingeführt wird.

[0155] Die Vorderseitenendplatte **148** ist aus einem magnetischen Material hergestellt und in einem Querschnitt derselben in der Ebene senkrecht zu der Mittelachse des Aktuators **103** in einer ringförmigen Form gebildet. Die Vorderseitenendplatte **148** hat ein Ankereinführungsloch **481**, durch das der Anker **180** beweglich eingeführt ist.

[0156] Die Vorderseitenendplatte **148** befindet sich an einem axialen Ende der Spule **131** auf einer Seite des verbindenden Abschnitts **181** des Ankers **180**, sodass die Vorderseitenendplatte **148** an einem axialen Ende des Spulenkörpers **130** auf der Seite des verbindenden Abschnitts **181** fixiert ist.

[0157] Eine periphere Außenoberfläche der Vorderseitenendplatte **148** liegt der peripheren Innenoberfläche des Jochs **135** auf einer Seite des Basisabschnitts **171** des Führungsglieds **170** gegenüber, und beide Oberflächen sind miteinander in Berührung. Die Vorderseitenendplatte **148** ist an das Joch **135** fest gepasst. Sowohl das Joch **135**, die vordere Platte **145**, die hintere Platte **144** als auch die Vorderseitenendplatte **148** sind aus dem magnetischen Material, beispielsweise viel Kohlenstoff und Chrom enthaltendem Stahl, hergestellt.

[0158] Bei dem Aktuator **103** des vorliegenden Ausführungsbeispiels, bei dem der Permanentmagnet **140** an dem feststehenden Abschnitt fixiert ist, und der Ausgangsstift **160** hinsichtlich des Permanentmagneten **140** beweglich ist, können die zu dem ersten Ausführungsbeispiel gleichen Vorteile erhalten werden.

(Modifikationen)

[0159] Das vorhergehende erste Ausführungsbeispiel kann beispielsweise auf die folgenden Arten und Weisen modifiziert sein.

(i) Wie in **Fig. 13** gezeigt ist, die einen modifizierten elektromagnetischen Aktuator **104** zeigt, ist lediglich ein lagernder Abschnitt (der erste lagernde Abschnitt **74**) in dem zylindrischen Abschnitt **73** des Führungsglieds **70** gebildet. Eine Zahl der lagernden Abschnitte kann alternativ größer als zwei sein. Die zu dem ersten Ausführungsbeispiel gleichen Vorteile können ungeachtet der Zahl der lagernden Abschnitte bei der Modifikation erhalten werden.

(ii) Wie in **Fig. 14** gezeigt ist, die relevante Abschnitte eines weiter modifizierten elektromagnetischen Aktuators **105** zeigt, wird eine erste Oberfläche **741a** eines axialen Endes bei einem ersten lagernden Abschnitt **274** eines Führungsglieds **270** an einer vorderen Seite desselben gebildet. Die erste Oberfläche **741a** eines axialen Endes ist durch eine solche umgekehrt abgeschrägte Oberfläche gebildet, dass sich ein Innendurchmesser der umgekehrt abgeschrägten Oberfläche in der Rückwärtsrichtung verringert. Die umgekehrt abgeschrägte Oberfläche ist hinsichtlich der Mittelachse eines zylindrischen Abschnitts **273** des Führungsglieds **270** symmetrisch geneigt.

(iii) Wie in **Fig. 15** gezeigt ist, die relevante Abschnitte eines weiter modifizierten elektromagnetischen Aktuators **106** zeigt, werden sowohl eine erste Oberfläche **741b** eines axialen Endes eines ersten lagernden Abschnitts **374** als auch eine zweite Oberfläche **751b** eines axialen Endes eines zweiten lagernden Abschnitts **375** durch eine flache Oberfläche gebildet, die sich in einer radialen Richtung eines Führungsglieds **370** erstreckt, das heißt, sich in einer Richtung senkrecht zu einer Mittelachse des Führungsglieds **370** erstreckt.

[0160] Jede von Hinterseiten- und Vorderseitenoberflächen **651b** und **652b** eines axialen Endes, die an beiden axialen Seiten eines radial nach innen gehend vertieften Abschnitts **365** eines Ausgangsstifts **360** gebildet sind, ist zusätzlich ebenfalls durch eine flache Oberfläche gebildet, die sich in einer radialen Richtung des Ausgangsstifts **360** erstreckt, das heißt, sich in einer Richtung senkrecht zu einer Mittelachse des Ausgangsstifts **360** erstreckt.

[0161] Bei der vorliegenden Offenbarung umfasst „senkrecht“ nicht nur „genau senkrecht“, sondern ferner „fast senkrecht“ mit einem bestimmten Fehlerbereich.

(iv) Wie in **Fig. 16** gezeigt ist, die einen weiter modifizierten elektromagnetischen Aktuator zeigt, sind zwei Aktuatoren **101** des ersten Ausführungsbeispiels miteinander eine Einheit bildend kombiniert. Jeder der Ausgangsstifte **60** hat eine Mittelachse „O1“ und „O2“.

[0162] Der Aktuator von **Fig. 16** kann auf eine solche Art und Weise weiter modifiziert sein, dass ein Vorwärtsendteil des Ausgangsstifts bei einer Position exzentrisch von der Mittelachse „O1“ oder „O2“ angeordnet ist. Bei einer solchen Modifikation ist der Ausgangsstift mit der spiralförmigen Nut, die in der Nockenwelle gebildet ist, nicht im Eingriff, der Vorwärtsendteil des Ausgangsstifts ist jedoch als ein getrennter Teil gebildet, der mit der spiralförmigen Nut der Nockenwelle im Eingriff ist.

(v) Wie in **Fig. 17** gezeigt ist, die einen weiter modifizierten elektromagnetischen Aktuator **107**, der zwei Aktuator-Einheiten hat, zeigt, hat der Aktuator **107** zwei bewegliche Einheiten **801** und **802** und zwei feststehende Einheiten. Jeder der Statoren **861** und **862** der feststehenden Einheiten ist in einer zylindrischen Form gebildet, und ein Mittelloch **871/872** ist in einer Mitte des Stators **861/862** gebildet.

[0163] Jeder von Ankerstiften **821** und **822** ist in einer axialen Richtung entlang einer peripheren Innenoberfläche des Mittel Lochs **871/872** des Stators **861/862** beweglich.

[0164] Bei jeder der Aktuator-Einheiten ist eine vordere Platte **831/832** mit dem Ankerstift **821/822** fest verbunden, und ein Antriebsstift **811/812** ist mit der vorderen Platte **831/832** verbunden, sodass der Ankerstift **821/822** und der Antriebsstift **811/812** in der axialen Richtung zusammen beweglich sind. Wenn der Ankerstift **821/822** und der Antriebsstift **811/812** in der Vorwärtsrichtung bewegt werden, wird der Antriebsstift **811/812** mit der spiralförmigen Nut **511** in Eingriff gebracht. Wenn der Ankerstift **821/822** und der Antriebsstift **811/812** in der Rückwärtsrichtung bewegt werden, wird der Antriebsstift **811/812** von der spiralförmigen Nut **511** getrennt.

[0165] Der Antriebsstift **811/812** kann mit einem Permanentmagneten **841/842** oder einer hinteren Platte **851/852**, die an dem Ankerstift **821/822** fixiert ist, verbunden sein. Der Antriebsstift **811/812** kann mit anderen Worten mit irgendeinem Teil der beweglichen Einheit **801/802** verbunden sein.

[0166] Auf den Ankerstift **821/822** und den Antriebsstift **811/812** ist gemeinsam als ein Ausgangsstift Bezug genommen.

[0167] Ein radial nach innen gehend vertiefter Abschnitt **813** ist an einer peripheren Außenoberfläche des Antriebsstifts **811/812** gebildet, der in einem Führungsglied **470** beweglich untergebracht ist. Ein erster lagernder Abschnitt **474** und ein zweiter lagernder Abschnitt **475** tragen den Antriebsstift **811/812** beweglich.

[0168] Die zu dem ersten Ausführungsbeispiel gleichen Vorteile können bei der vorliegenden Modifikation ebenfalls erhalten werden.

[0169] In **Fig. 17** ist eine Mittelachse des Ankerstifts **821/822** und eine Mittelachse des Antriebsstifts **811/812** jeweils durch „O1/O2“ und „P1/P2“ angegeben.

[0170] Bei der vorliegenden Modifikation ist es möglich, den Antriebsstift **811/812** (die Mittelachse „P1/P2“) an einer Position, die sich von derselben des Ankerstifts **821/822** (der Mittelachse „O1/O2“) unter-

scheidet, zu positionieren. Es ist mit anderen Worten möglich, einen Abstand zwischen den zwei Antriebsstiften **811** und **812** kleiner zu machen. Es ist nämlich möglich, den elektromagnetischen Aktuator **107**, der zwei Aktuator-Einheiten (zwei bewegliche Einheiten **801** und **802**) hat, hinsichtlich der Größe kleiner zu machen.

(vi) Wie in **Fig. 18** gezeigt ist, die einen weiter modifizierten elektromagnetischen Aktuator **108** zeigt, sind ein erster lagernder Abschnitt **574** und ein zweiter lagernder Abschnitt **575** als von einem zylindrischen Abschnitt **573** eines Führungsglieds **570** getrennte Teile gebildet.

[0171] Jeder der ersten und zweiten lagernden Abschnitte **574** und **575** ist in den zylindrischen Abschnitt **573** pressgepasst.

[0172] Wie in **Fig. 19** gezeigt ist, kann zusätzlich lediglich der erste lagernde Abschnitt **574** als ein von dem zylindrischen Abschnitt **573** getrennter Teil gebildet sein.

[0173] Wie in **Fig. 20** gezeigt ist, kann alternativ lediglich der zweite lagernde Abschnitt **575** als ein von dem zylindrischen Abschnitt **573** getrennter Teil gebildet sein.

(vii) Wie in **Fig. 21** gezeigt ist, die einen weiter modifizierten elektromagnetischen Aktuator **109** zeigt, können ein Basisabschnitt **671** und ein zylindrischer Abschnitt **673** eines Führungsglieds **670** als voneinander getrennte Teile gebildet sein.

(viii) Wie in **Fig. 22** gezeigt ist, die einen weiter modifizierten elektromagnetischen Aktuator **110** zeigt, kann ein Kommunikationsloch **80** in einem zylindrischen Abschnitt **773** eines Führungsglieds **770** gebildet sein, um ein Inneres und ein Äußeres des zylindrischen Abschnitts **773** miteinander zu verbinden. Das Öl kann ohne Weiteres über das Kommunikationsloch **80** in den zylindrischen Abschnitt **773** strömen oder aus demselben strömen.

[0174] Die vorliegende Offenbarung ist nicht auf die vorhergehenden Ausführungsbeispiele und/oder Modifikationen begrenzt, kann jedoch auf verschiedene Arten und Weisen weiter modifiziert sein, ohne von einem Geist der vorliegenden Offenbarung abzuweichen.

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

- EP 1913605 B1 [0002, 0085]
- JP 2013-217265 [0031]

Patentansprüche

1. Elektromagnetischer Aktuator (**101–110**) mit:
einer beweglichen Einheit (**14, 114**), die folgende Merkmale aufweist:

(i) einen Ausgangsstift (**60, 160, 360, 821, 822, 811, 812**), der in einer Vorwärtsrichtung von einem hinteren Ende (**61**) desselben zu einem vorderen Ende (**64**) desselben und in einer Rückwärtsrichtung von dem vorderen Ende (**64**) zu dem hinteren Ende (**61**) axial beweglich ist; und

(ii) einen Permanentmagneten (**40, 140, 841, 842**) einer flachen Plattenform, der in einer axialen Richtung der beweglichen Einheit (**14, 114**) magnetisiert ist, sodass unterschiedliche magnetische Pole bei jeder von axialen Seitenoberflächen des Permanentmagneten (**40, 140, 841, 842**) erscheinen; und einer stationären Einheit (**13, 113**), die die bewegliche Einheit (**14, 114**) beweglich unterbringt und folgende Merkmale aufweist:

(i) eine Spule (**31, 131**) zum Erzeugen eines elektromagnetischen Felds, das eine Feldrichtung hat, die entgegengesetzt zu derselben eines magnetischen Felds ist, das durch den Permanentmagneten (**40, 140, 841, 842**) erzeugt wird, wenn die Spule (**31, 131**) mit einer elektrischen Leistung versorgt wird, um dadurch eine Abstoßungskraft zwischen der Spule (**31, 131**) und dem Permanentmagneten (**40, 140, 841, 842**) zu erzeugen, um den Ausgangsstift (**60, 160, 360, 821, 822, 811, 812**) zu bewegen;

(ii) ein Joch (**35, 135**) einer zylindrischen Form zum beweglichen Unterbringen des Permanentmagneten (**40, 140, 841, 842**), wobei das Joch (**35, 135**) eine magnetische Schaltung bildet, in der ein magnetischer Fluss durch den Permanentmagneten (**40, 140, 841, 842**) geht; und

(iii) ein Führungsglied (**70, 170, 270, 370, 470, 570, 670, 770**) zum beweglichen Tragen des Ausgangsstifts (**60, 160, 360, 821, 822, 811, 812**), sodass der Ausgangsstift (**60, 160, 360, 821, 822, 811, 812**) in der axialen Richtung bewegt wird,

wobei das Führungsglied (**70, 170, 270, 370, 470, 570, 670, 770**) einen zylindrischen Abschnitt (**73, 173, 273, 373, 573, 673, 773**), der in einer zylindrischen Form gebildet ist, und einen lagernden Abschnitt (**74, 75, 174, 175, 274, 374, 375, 474, 475, 574, 575, 674**), der sich in einer radial nach innen gehenden Richtung von einer peripheren Innenoberfläche des zylindrischen Abschnitts (**73, 173, 273, 373, 573, 673, 773**) erstreckt, zum beweglichen Tragen des Ausgangsstifts (**60, 160, 360, 821, 822, 811, 812**) hat.

2. Elektromagnetischer Aktuator (**101–110**) nach Anspruch 1, bei dem

der lagernde Abschnitt einen ersten lagernden Abschnitt (**74, 174, 274, 374, 474, 574, 674**), der an einer hinteren Seite des zylindrischen Abschnitts (**73, 173, 273, 373, 573, 673, 773**) gebildet ist, und einen zweiten lagernden Abschnitt (**75, 175, 375, 475, 575**) hat, der an einer vorderen Seite des zylindrischen Ab-

schnitts (**73, 173, 273, 373, 573, 673, 773**) gebildet ist, und

ein radial nach außen gehend vertiefter Abschnitt (**78, 178**) an der peripheren Innenoberfläche des zylindrischen Abschnitts (**73, 173, 273, 373, 573, 673, 773**) zwischen den ersten und zweiten lagernden Abschnitten (**74, 75, 174, 175, 274, 374, 375, 474, 475, 574, 575, 674**) in der axialen Richtung gebildet ist, wobei der radial nach außen gehend vertiefte Abschnitt (**78, 178**) in einer radial nach außen gehenden Richtung des zylindrischen Abschnitts (**73, 173, 273, 373, 573, 673, 773**) vertieft ist.

3. Elektromagnetischer Aktuator (**101–110**) nach Anspruch 1 oder 2, bei dem eine erste Oberfläche (**741, 741a**) eines axialen Endes des ersten lagernden Abschnitts (**74, 174, 274, 374, 474, 574, 674**) hinsichtlich einer Mittelachse des zylindrischen Abschnitts (**73, 173, 273, 373, 573, 673, 773**) geneigt ist.

4. Elektromagnetischer Aktuator (**101–110**) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem eine erste radial innere Ecke (**742**) des ersten lagernden Abschnitts mit einer gekrümmten Oberfläche (**74, 174, 274, 374, 474, 574, 674**) gebildet ist.

5. Elektromagnetischer Aktuator (**101–110**) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem der Ausgangsstift (**60, 160, 360, 821, 822, 811, 812**) aus einem magnetischen Material hergestellt ist.

6. Elektromagnetischer Aktuator (**101–110**) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem ein Abschnitt (**65, 365, 813**) eines kleinen Durchmessers an einer peripheren Außenoberfläche des Ausgangsstifts (**60, 160, 360, 821, 822, 811, 812**) gebildet ist, wobei der Abschnitt (**65, 365, 813**) eines kleinen Durchmessers in einer radial nach innen gehenden Richtung des Ausgangsstifts (**60, 160, 360, 821, 822, 811, 812**) vertieft ist,

der Ausgangsstift (**60, 160, 360, 821, 822, 811, 812**) gerade Abschnitte (**66, 68**) auf beiden axialen Seiten des Abschnitts (**65, 365, 813**) eines kleinen Durchmessers, eine erste verbindende Oberfläche (**651, 651b**), die zwischen dem Abschnitt (**65, 365, 813**) eines kleinen Durchmessers und dem geraden Abschnitt (**66**) auf einer Seite des hinteren Endes des Ausgangsstifts (**60, 160, 360, 821, 822, 811, 812**) gebildet ist, und eine zweite verbindende Oberfläche (**652, 652b**), die zwischen dem Abschnitt (**65, 365, 813**) eines kleinen Durchmessers und dem geraden Abschnitt (**68**) auf einer Seite des vorderen Endes des Ausgangsstifts (**60, 160, 360, 821, 822, 811, 812**) gebildet ist, hat, und

ein Außendurchmesser des Abschnitts (**65, 365, 813**) eines kleinen Durchmessers kleiner als derselbe der geraden Abschnitte (**66, 68**) ist.

7. Elektromagnetischer Aktuator (**101–110**) nach Anspruch 6, bei dem

sich eine erste radial innere Ecke (742) des ersten lagernden Abschnitts (74, 174, 274, 374, 474, 574, 674) bei einer solchen ersten Position oder bei einer zweiten Position befindet, wenn der Ausgangsstift (60, 160, 360, 821, 822, 811, 812) in dem Anfangszustand desselben ist,

die erste Position einer axialen Position entspricht, bei der die erste radial innere Ecke (742) des ersten lagernden Abschnitts (74, 174, 274, 374, 474, 574, 674) einer radial äußeren Hinterseitenecke (653) des Ausgangsstifts (60, 160) in der radialen Richtung des Ausgangsstifts (60, 160, 360, 821, 822, 811, 812) gegenüberliegt,

die radial äußere Hinterseitenecke (653) des Ausgangsstifts (60, 160, 360, 821, 822, 811, 812) an einer Grenze zwischen der peripheren Außenoberfläche des geraden Abschnitts (66) des Ausgangsstifts (60, 160, 360, 821, 822, 811, 812) und der ersten verbindenden Oberfläche (651, 651b) gebildet ist, und die zweite Position einer axialen Position entspricht, bei der die erste radial innere Ecke (742) des ersten lagernden Abschnitts (74, 174, 274, 374, 474, 574, 674) der peripheren Außenoberfläche des geraden Abschnitts (66) des Ausgangsstifts (60, 160, 360, 821, 822, 811, 812) auf der Seite zu dem hinteren Ende gegenüberliegt.

8. Elektromagnetischer Aktuator (105, 106) nach Anspruch 6, bei dem

sich eine erste radial innere Ecke (742) des ersten lagernden Abschnitts (374) bei einer Position eines Hinterseitengebiets eines großen Durchmessers befindet, wenn der Ausgangsstift (60, 360) zu der Vorwärtsgrenzposition desselben bewegt ist,

die Position des Hinterseitengebiets eines großen Durchmessers einer axialen Position entspricht, bei der die erste radial innere Ecke (742) des ersten lagernden Abschnitts (274, 374) der peripheren Außenoberfläche des geraden Abschnitts (66) des Ausgangsstifts (60, 360) auf der Seite zu dem hinteren Ende gegenüberliegt.

9. Elektromagnetischer Aktuator (101–105, 107–110) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, bei dem die erste verbindende Oberfläche (651) hinsichtlich der Mittelachse des Ausgangsstifts (60, 160, 821, 822, 811, 812) auf eine solche Art und Weise geneigt ist, dass sich ein Außendurchmesser der ersten verbindenden Oberfläche (651) in der Vorwärtsrichtung verringert.

10. Elektromagnetischer Aktuator (101–110) nach einem der Ansprüche 6 bis 9, bei dem die radial äußere Hinterseitenecke (653) des Ausgangsstifts (60, 160, 360, 821, 822, 811, 812) mit einer gekrümmten Oberfläche gebildet ist.

11. Elektromagnetischer Aktuator (101–110) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem der Ausgangsstift (60, 160, 360, 821, 822, 811, 812) mit dem

Permanentmagneten (40, 140, 841, 842) verbunden ist, sodass der Ausgangsstift (60, 160, 360, 821, 822, 811, 812) zusammen mit dem Permanentmagneten (40, 140, 841, 842) in der axialen Richtung beweglich ist.

12. Elektromagnetischer Aktuator (103) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, mit ferner: einem Anker (180), der mit dem Ausgangsstift (160) verbunden ist, sodass der Anker (180) zusammen mit dem Ausgangsstift (160) in der axialen Richtung beweglich ist, wobei der Permanentmagnet (140) an einer feststehenden Position fixiert ist.

13. Elektromagnetischer Aktuator (103) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei dem bei dem Führungsglied (570) die lagernden Abschnitte (574, 575) als von dem zylindrischen Abschnitt (573) getrennte Teile gebildet sind.

Es folgen 23 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

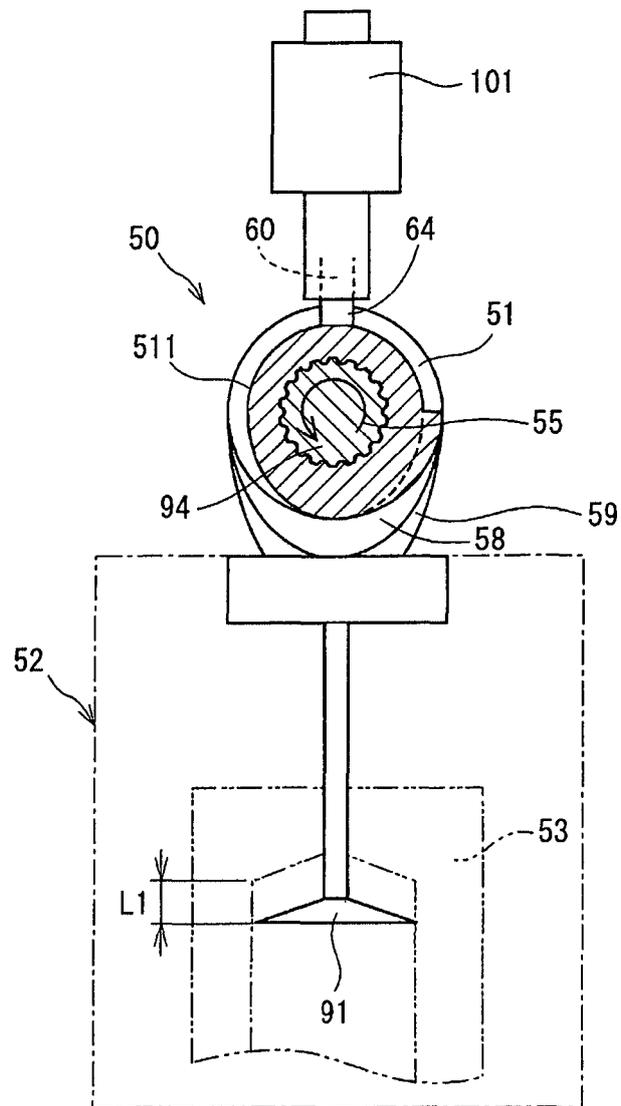


FIG. 2

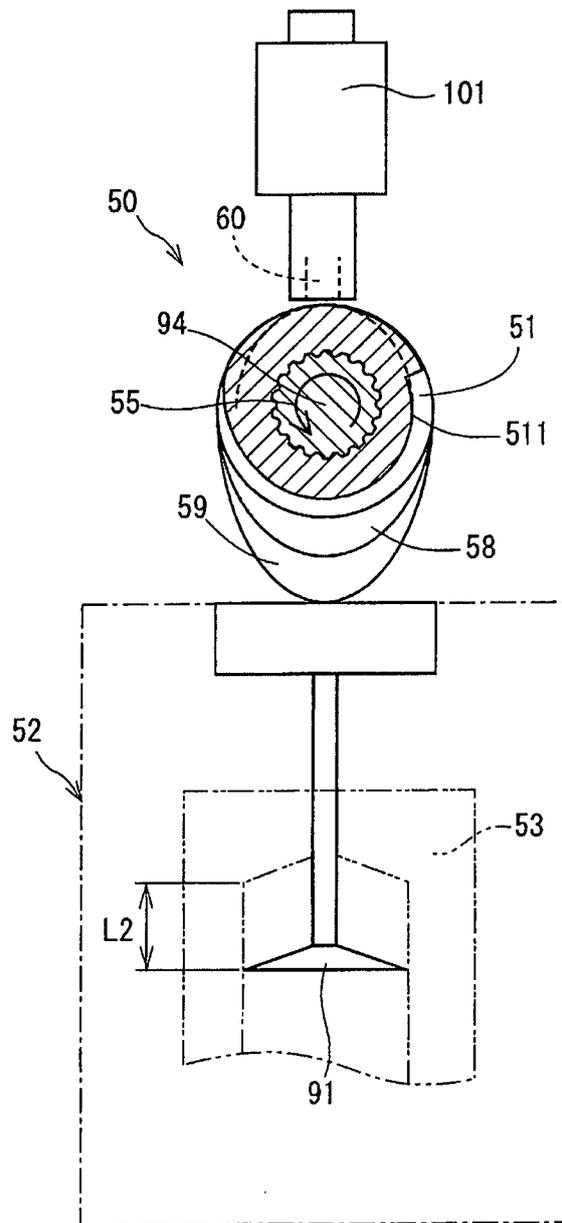


FIG. 3

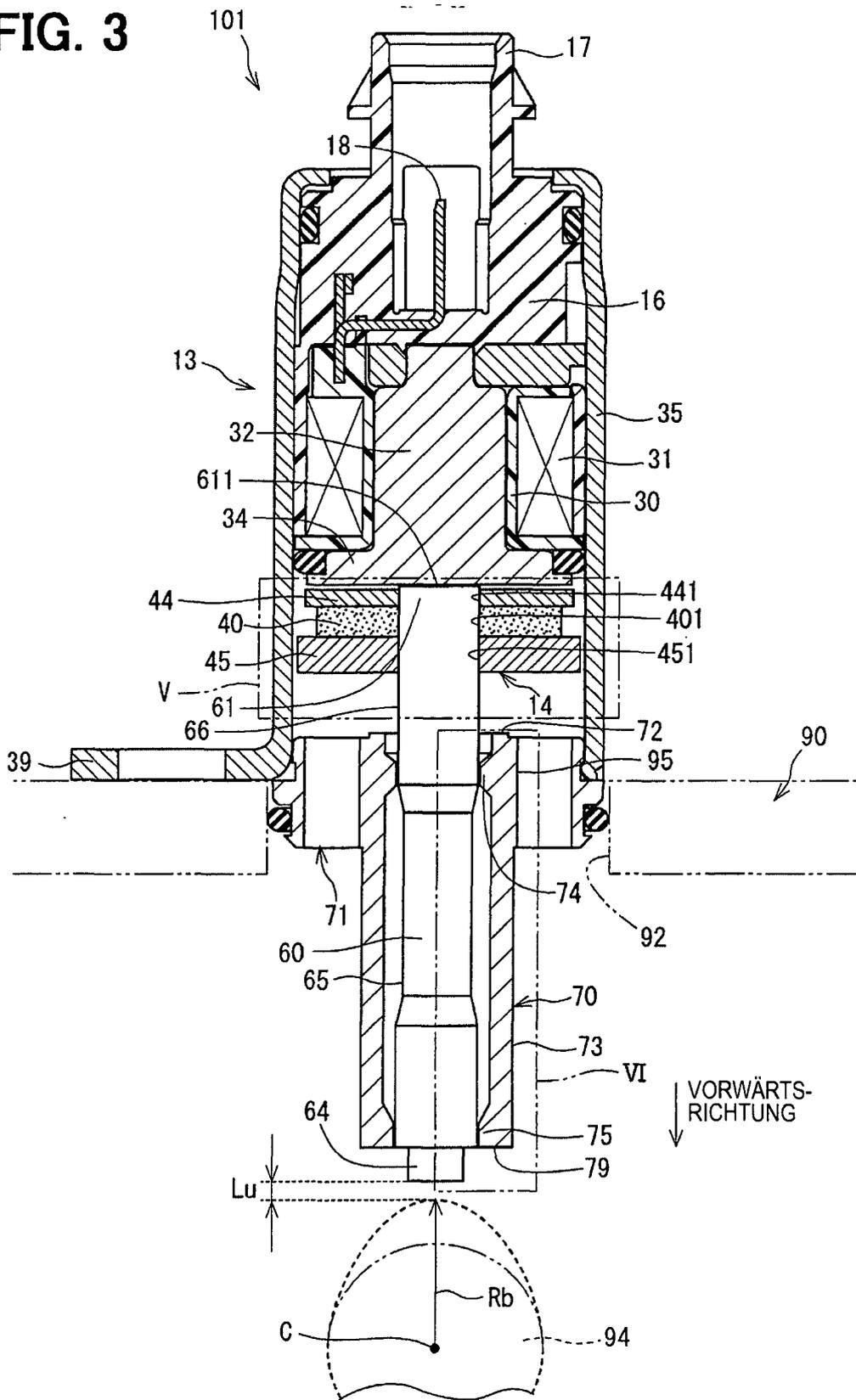


FIG. 4

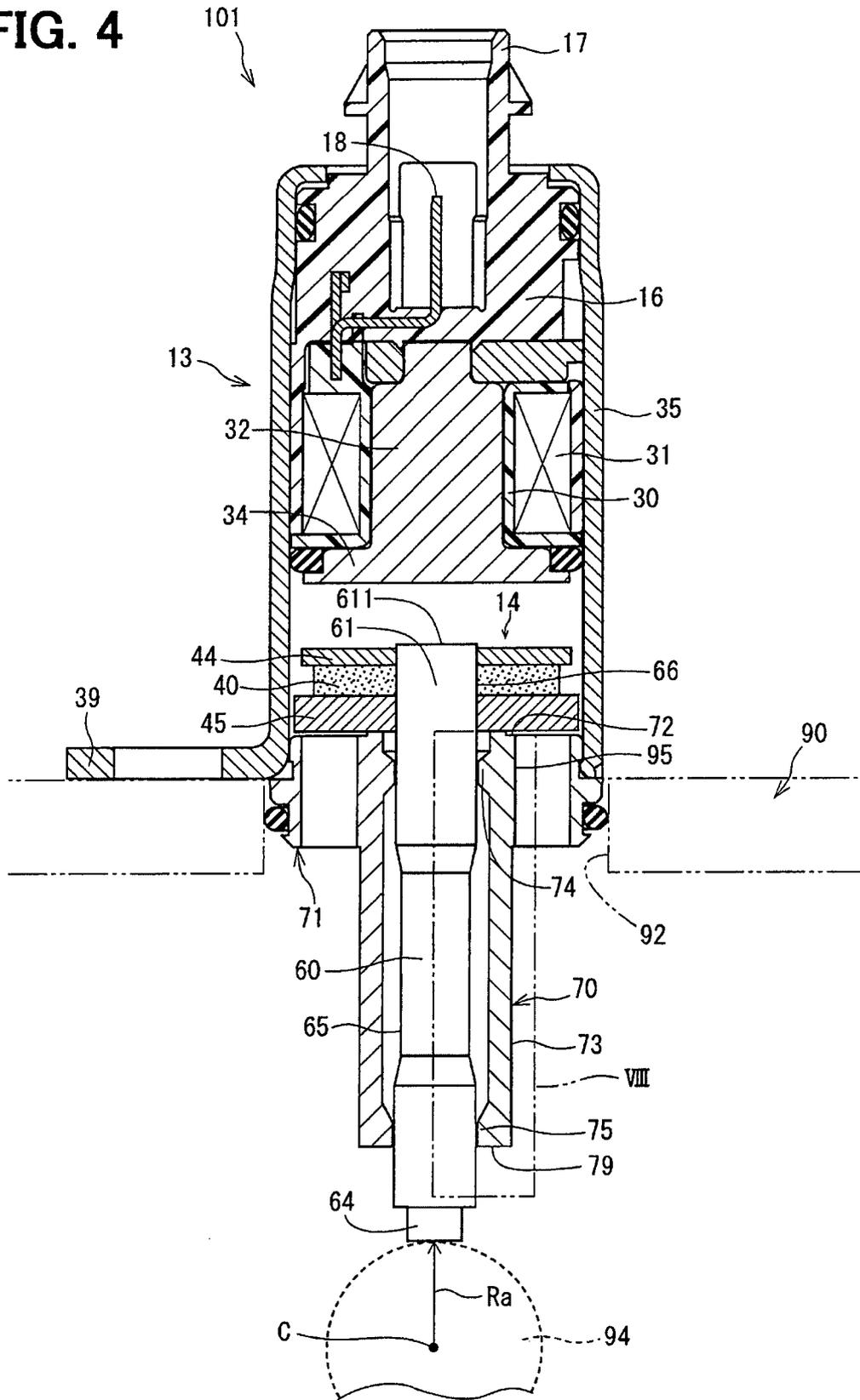


FIG. 6

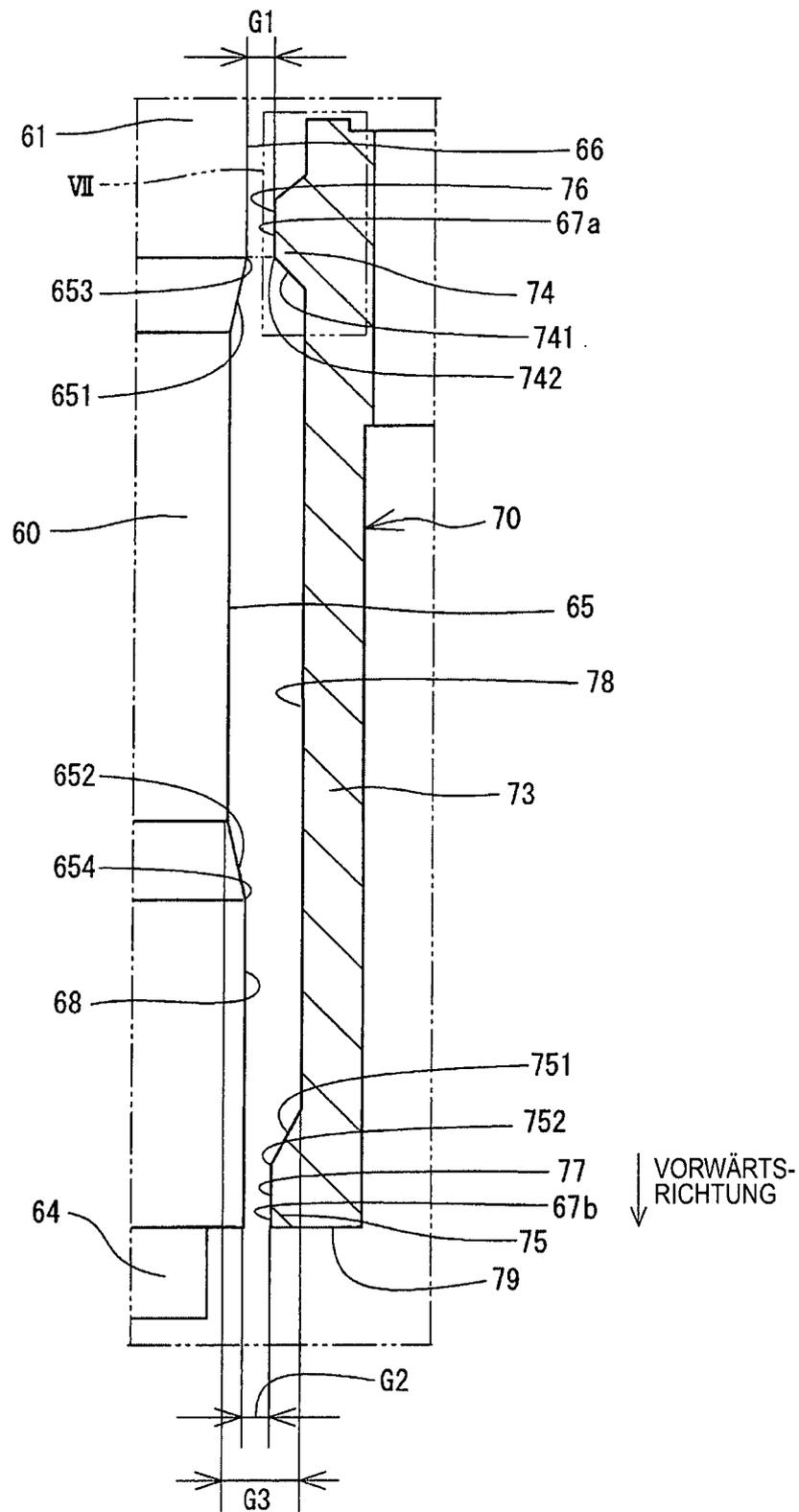


FIG. 7

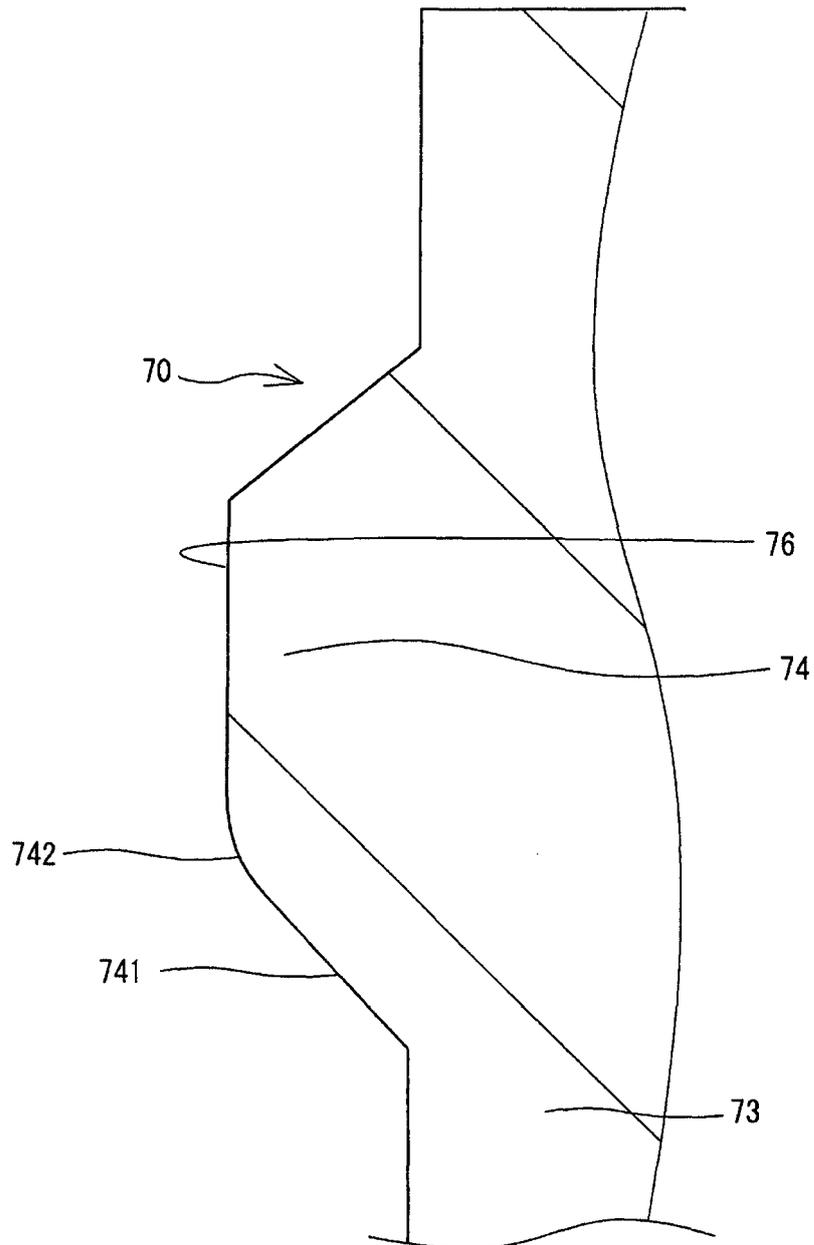


FIG. 8

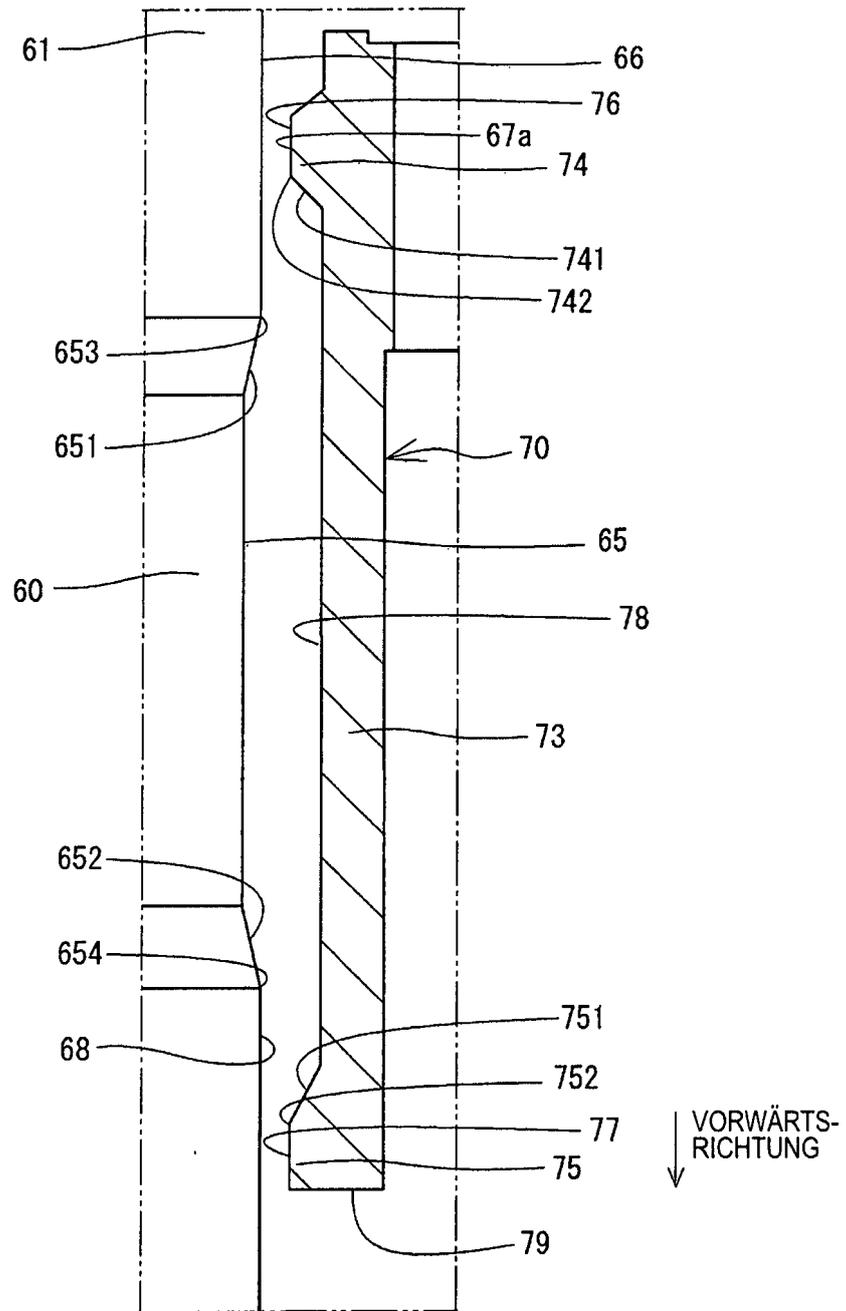


FIG. 9

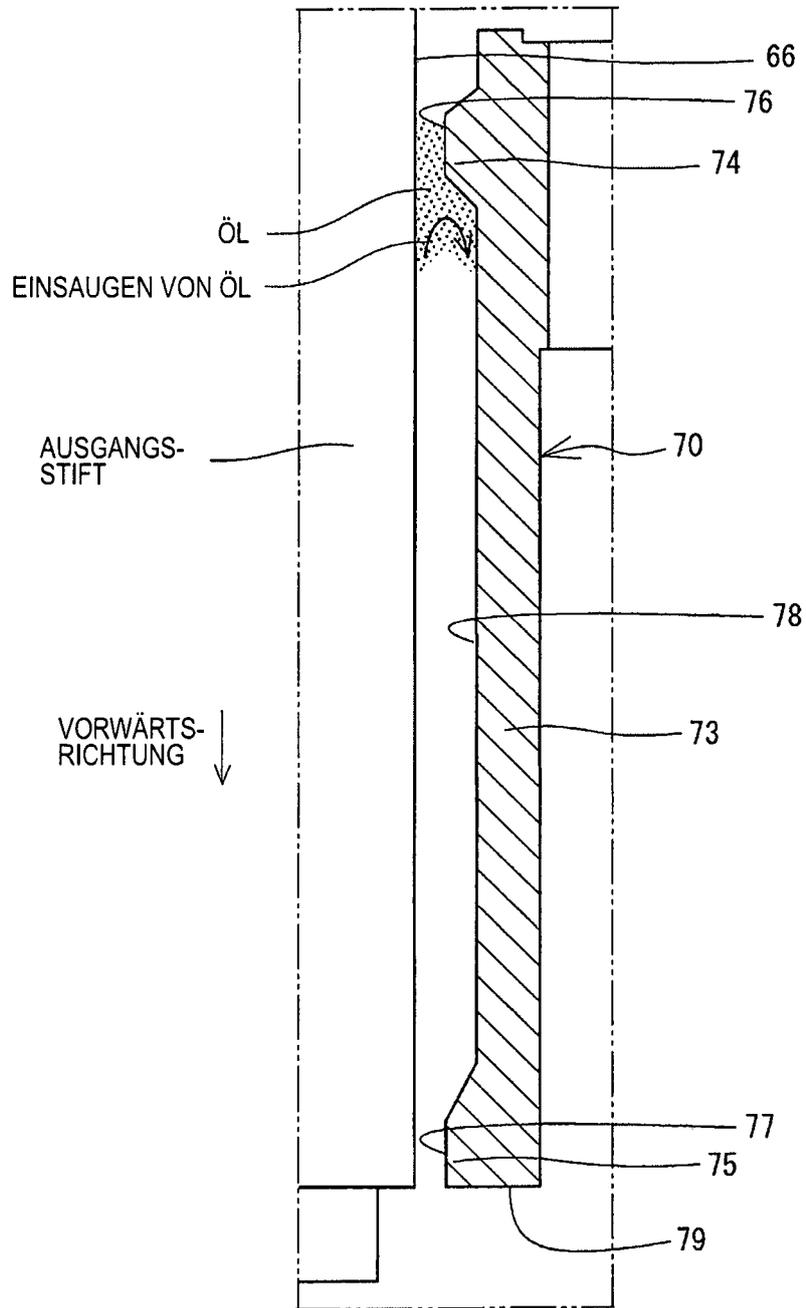


FIG. 10

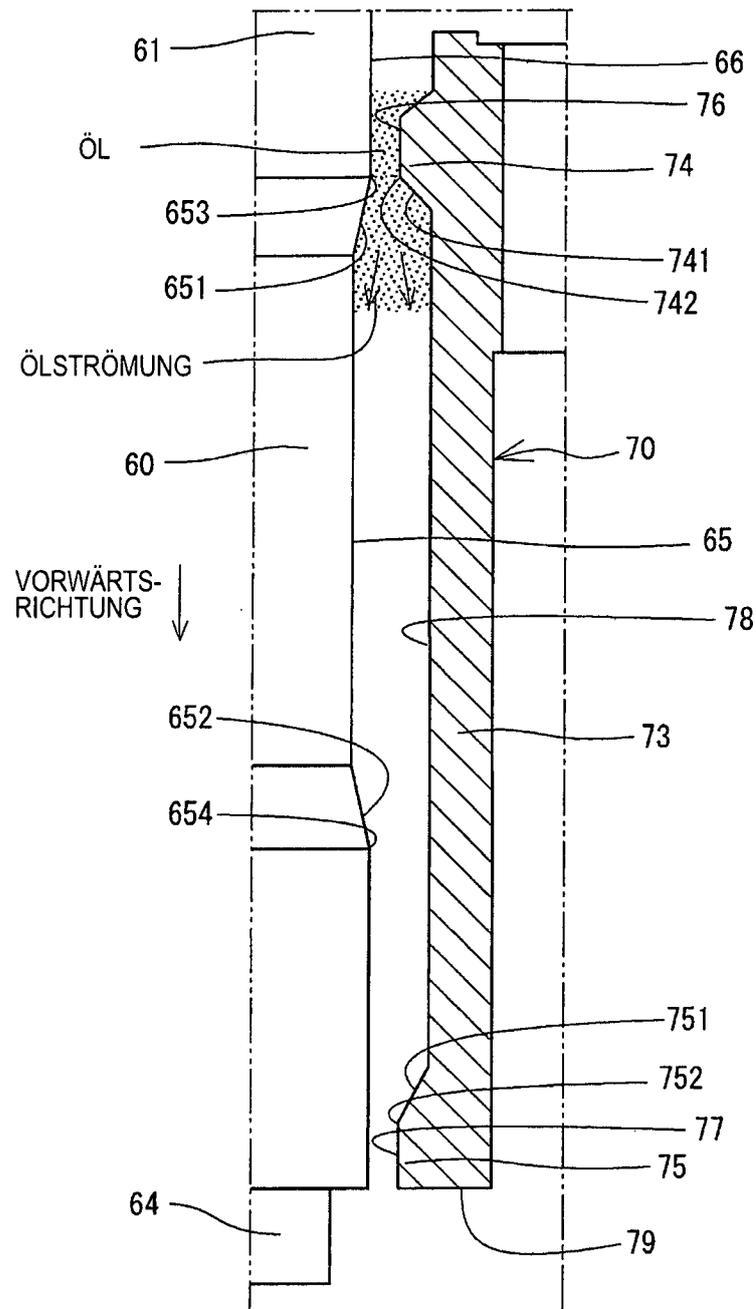


FIG. 11

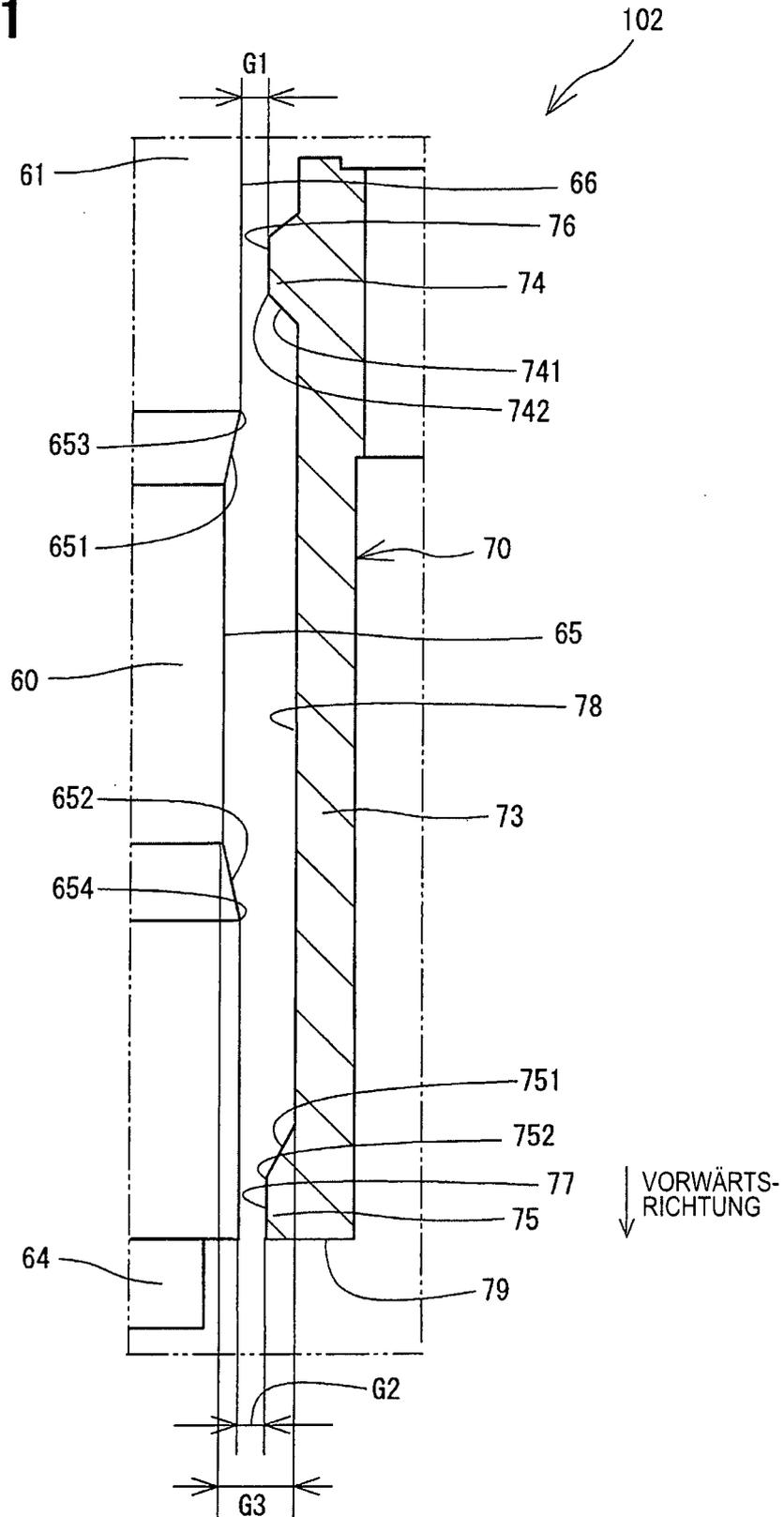


FIG. 12

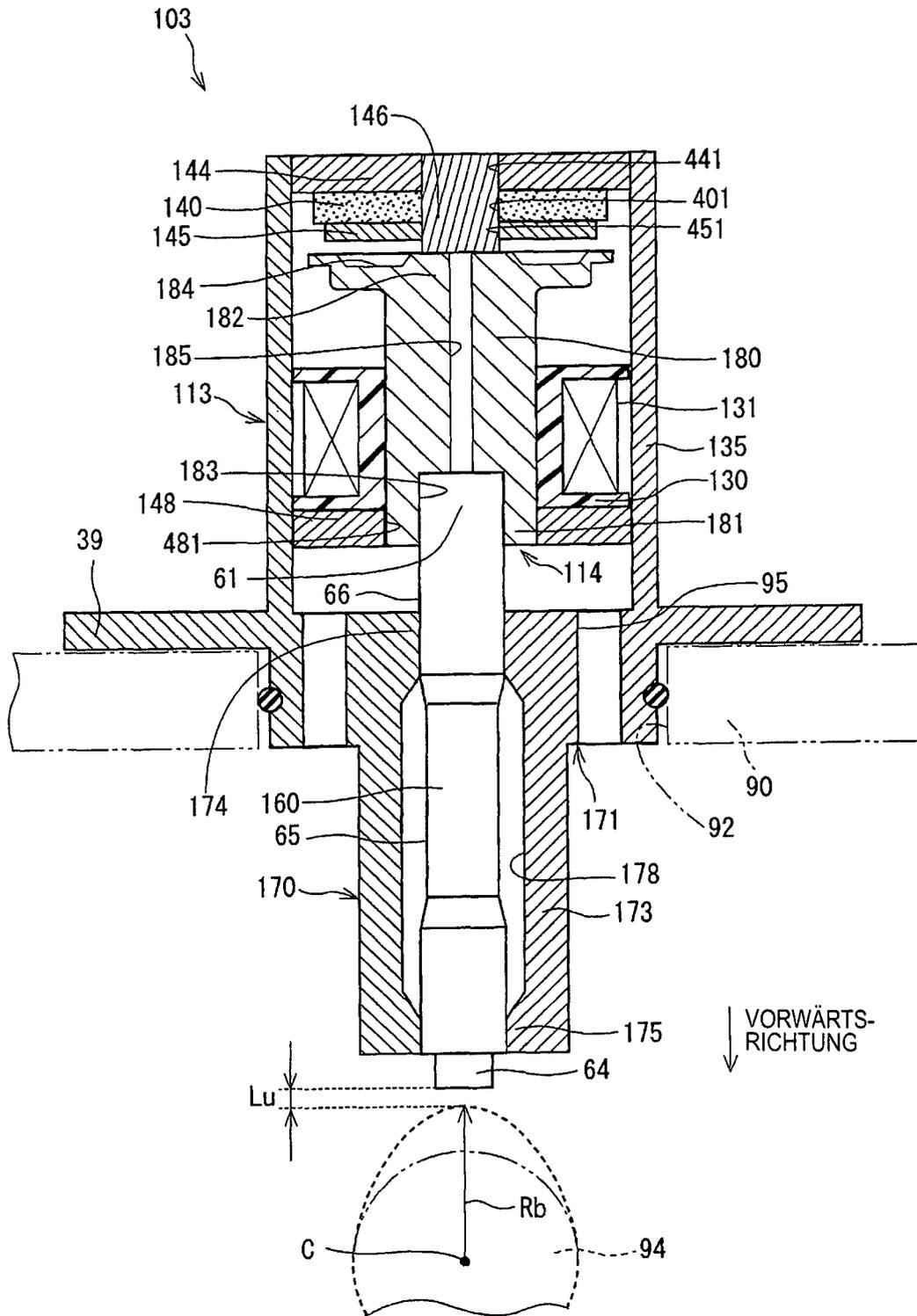


FIG. 13

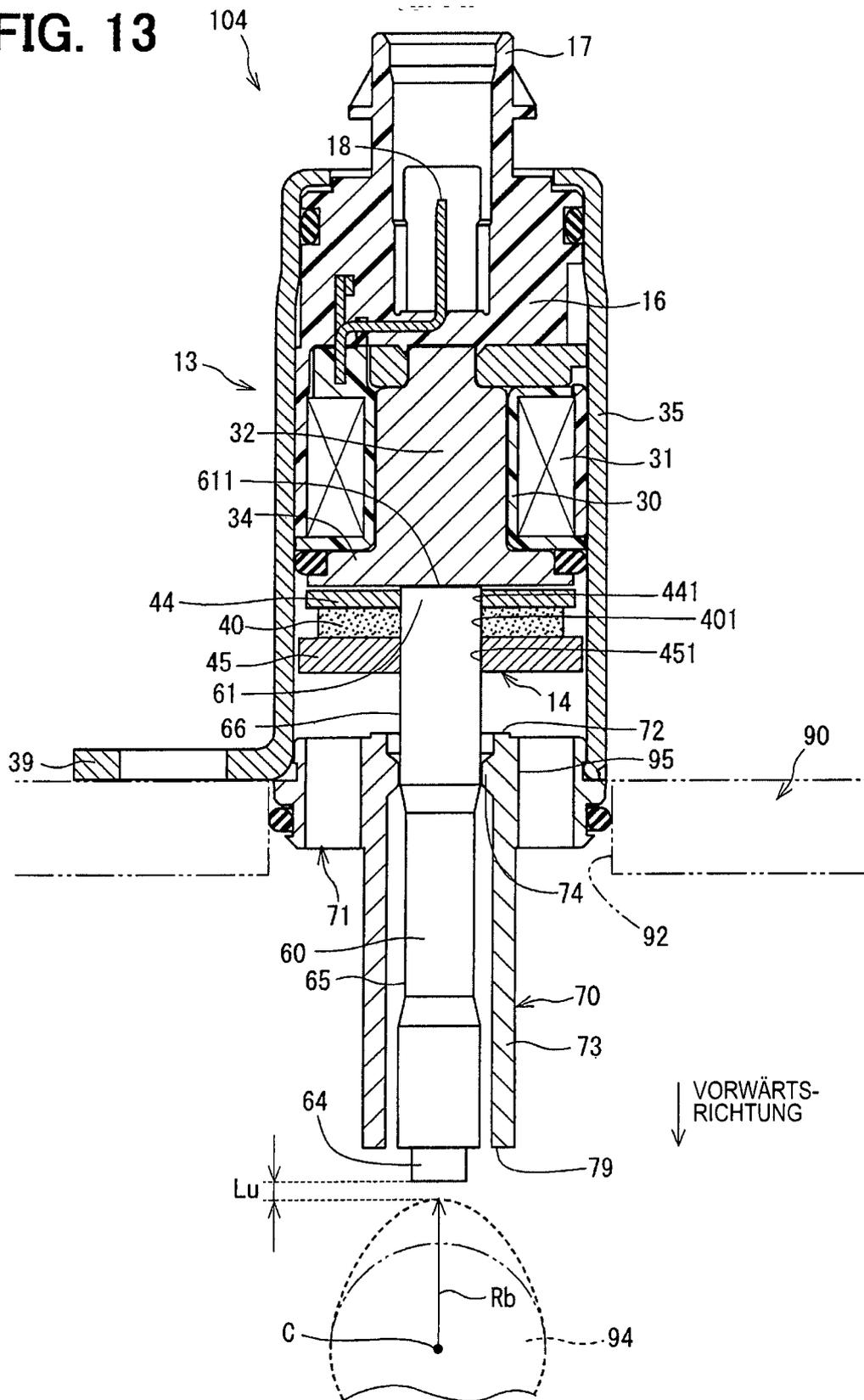


FIG. 14

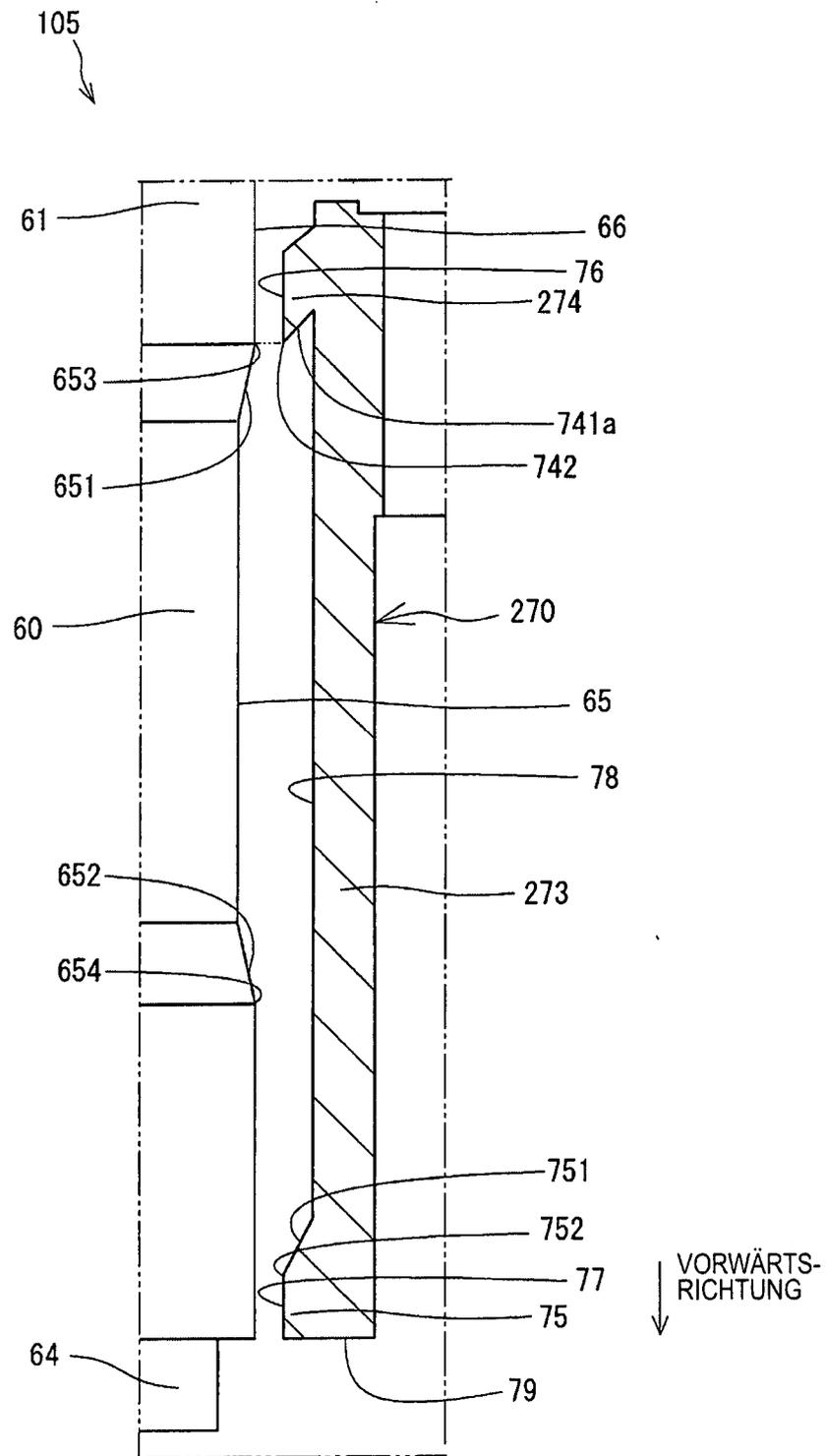


FIG. 15

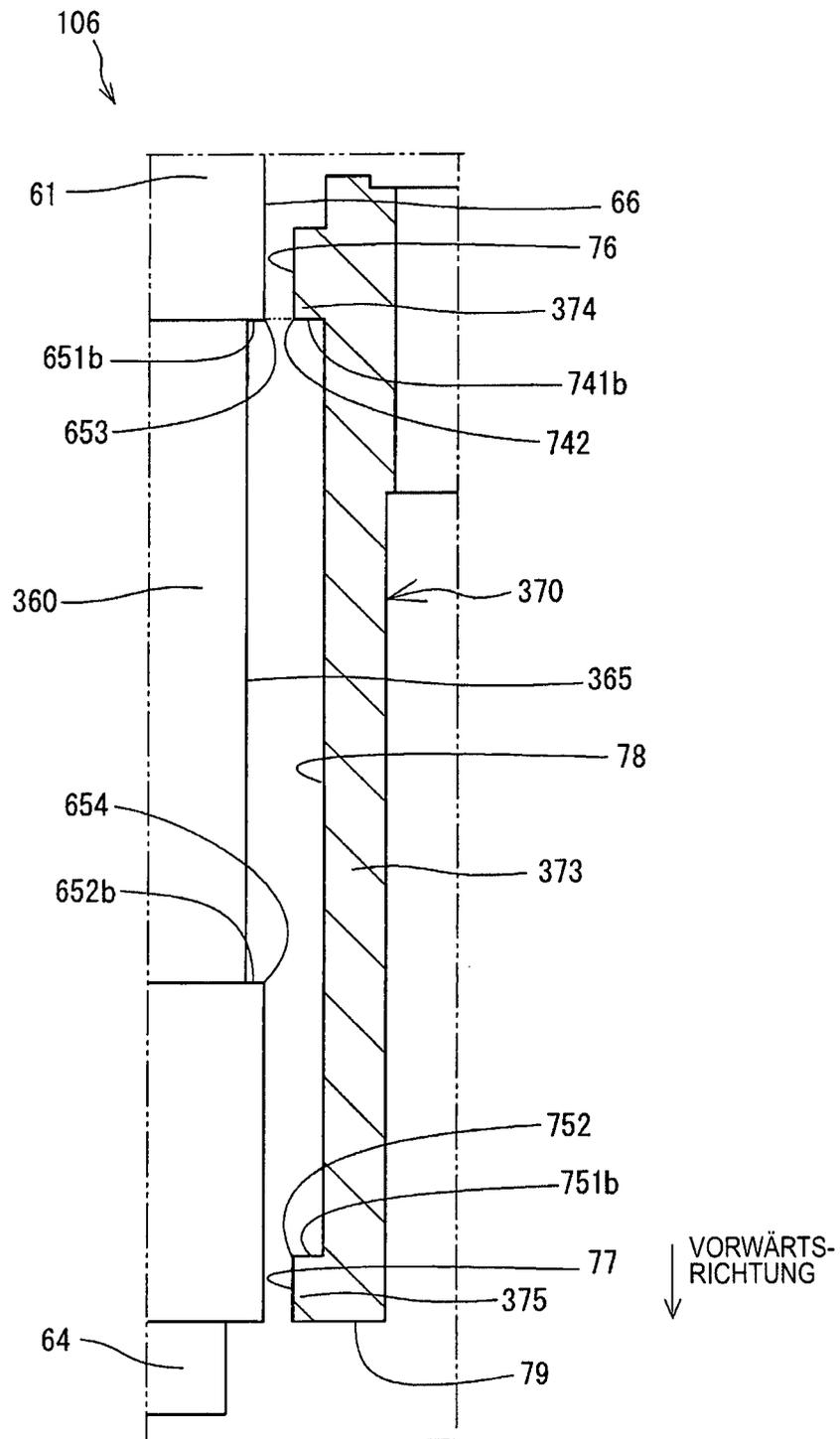


FIG. 17

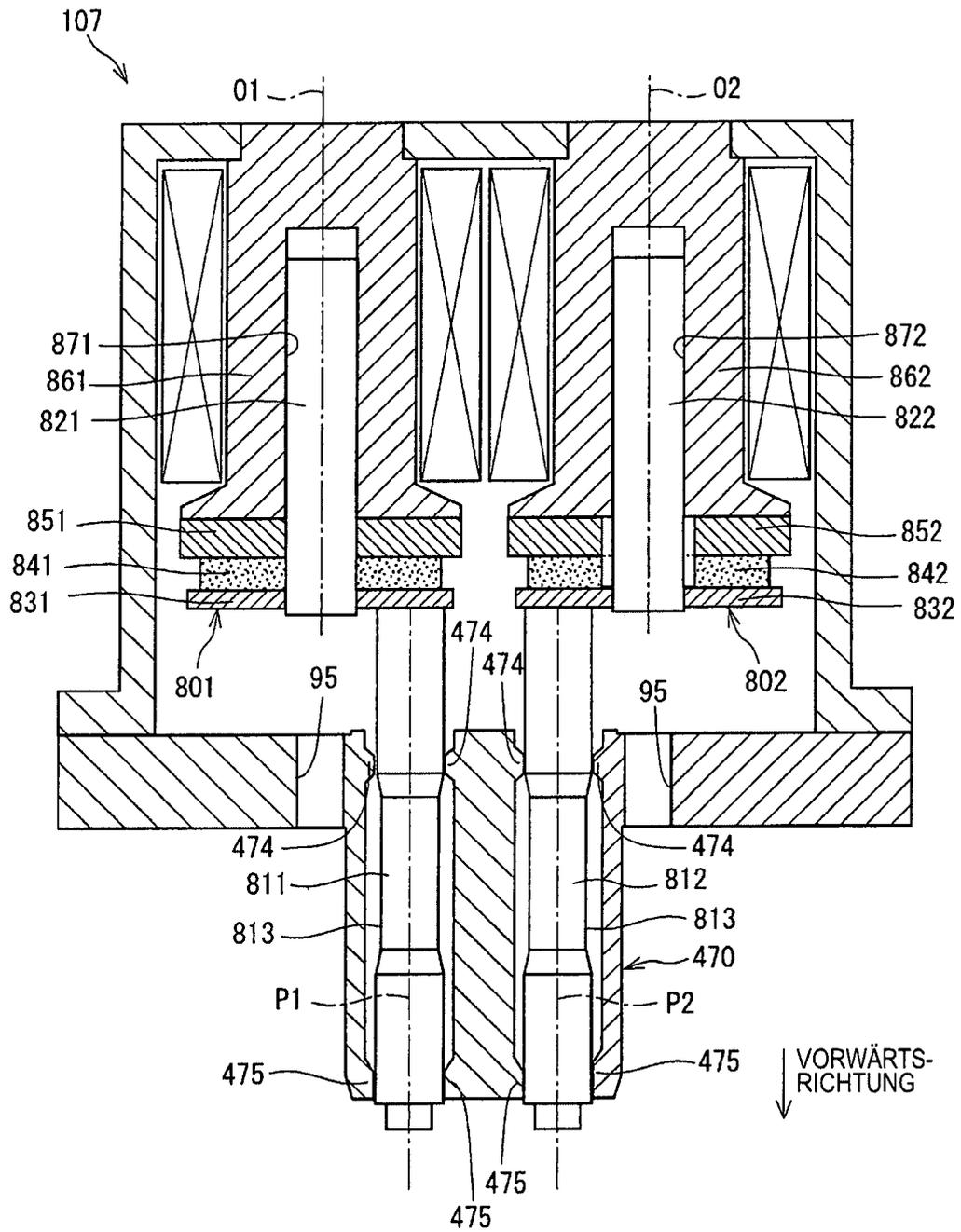


FIG. 19

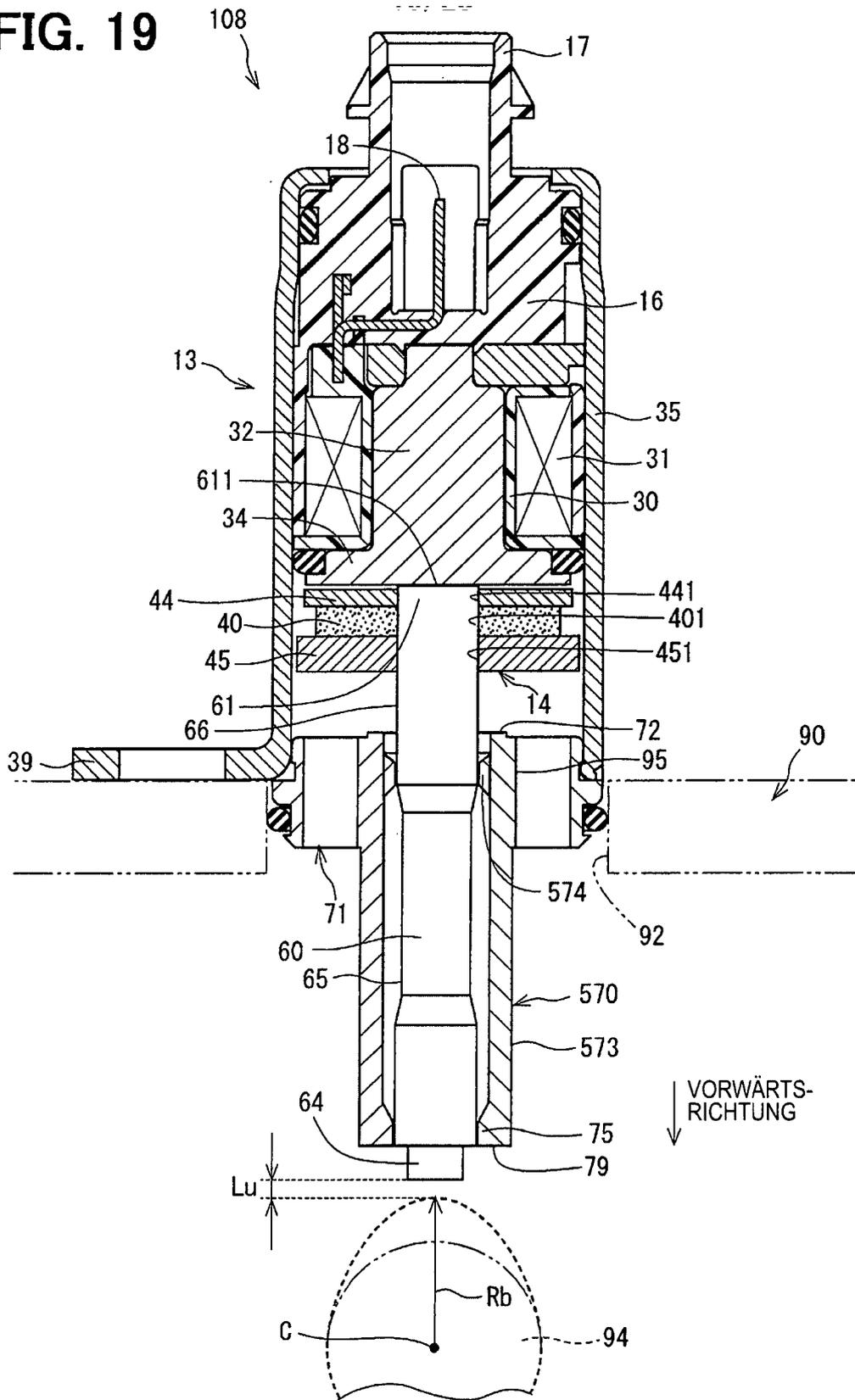


FIG. 20

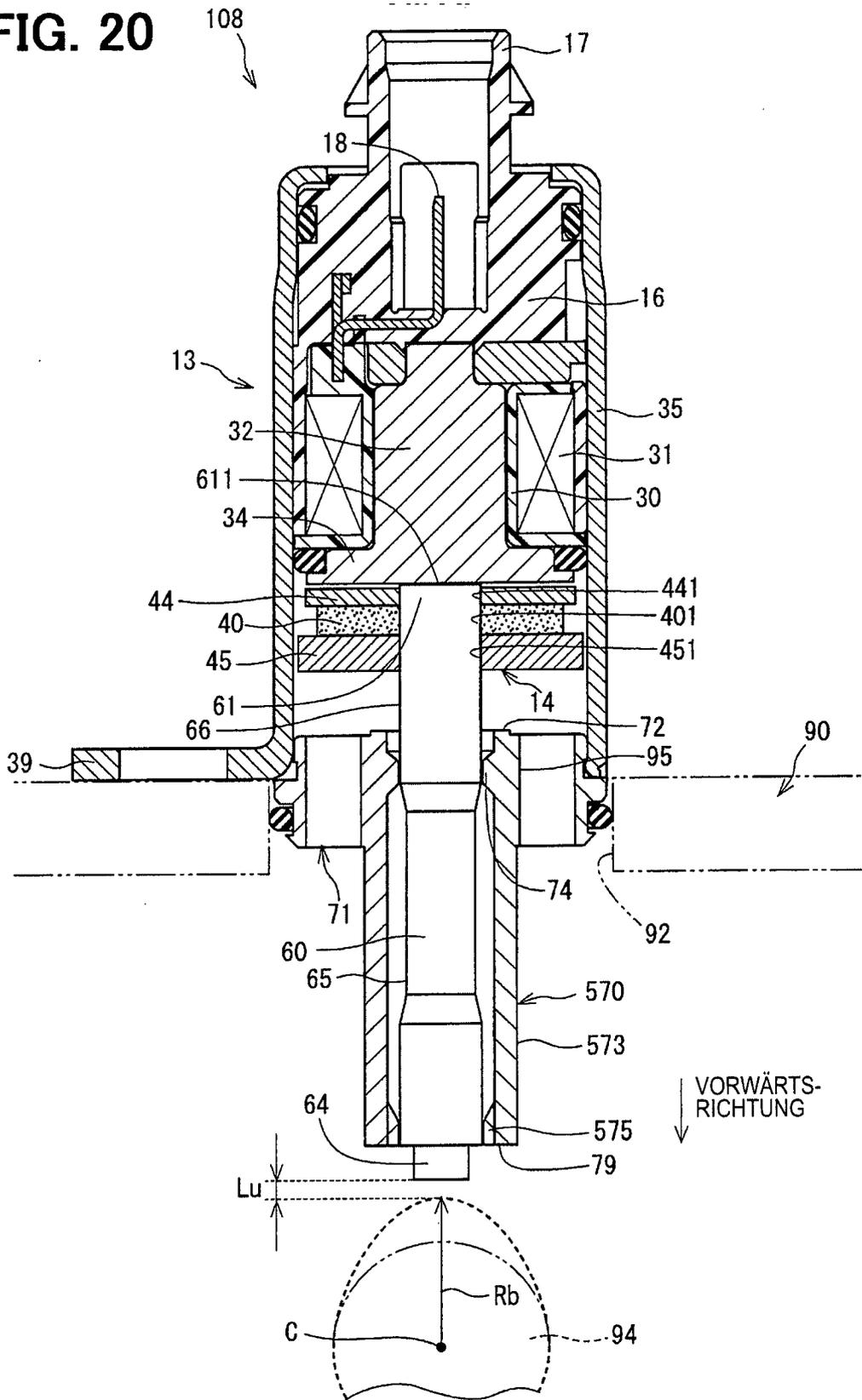


FIG. 21

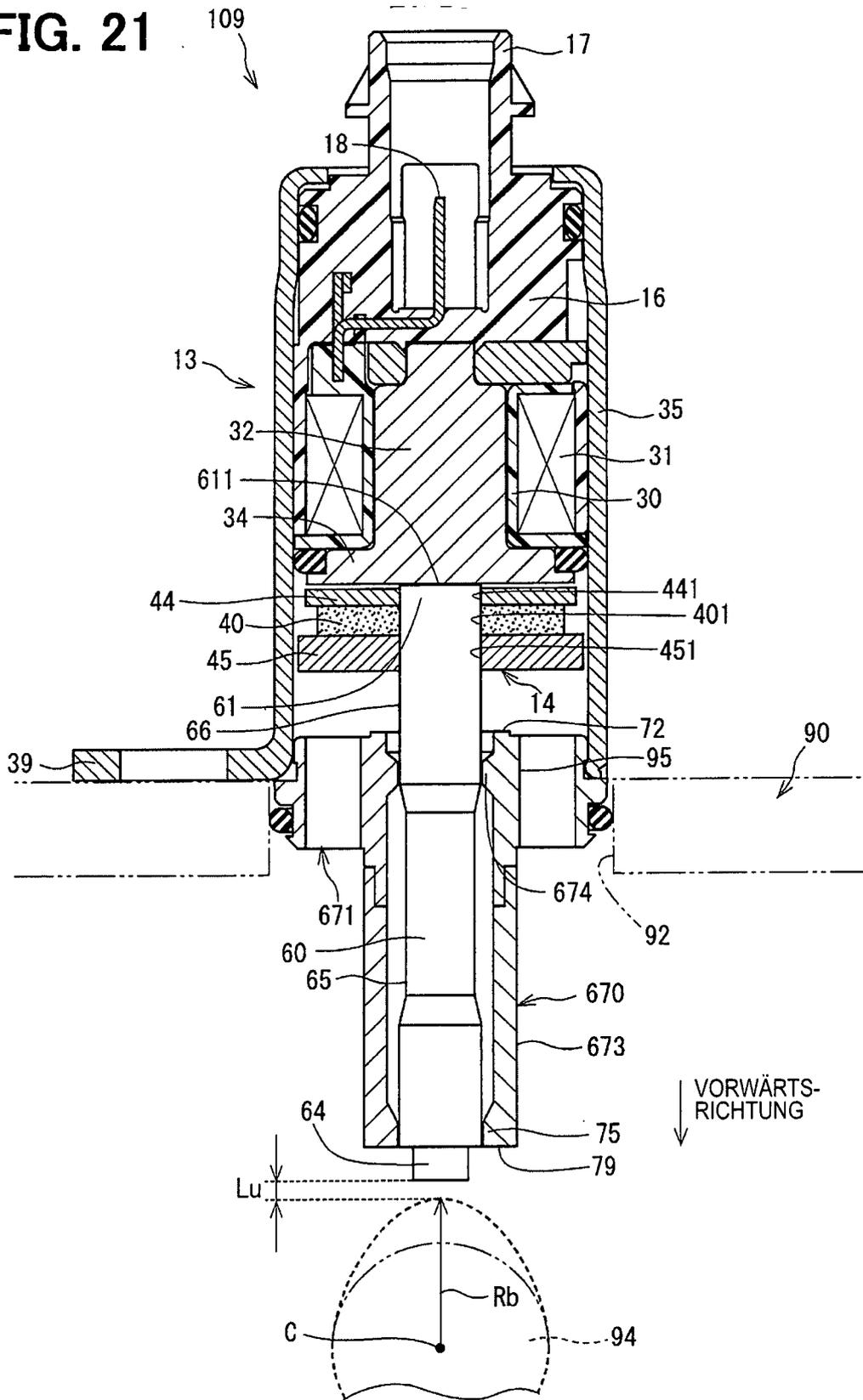


FIG. 22

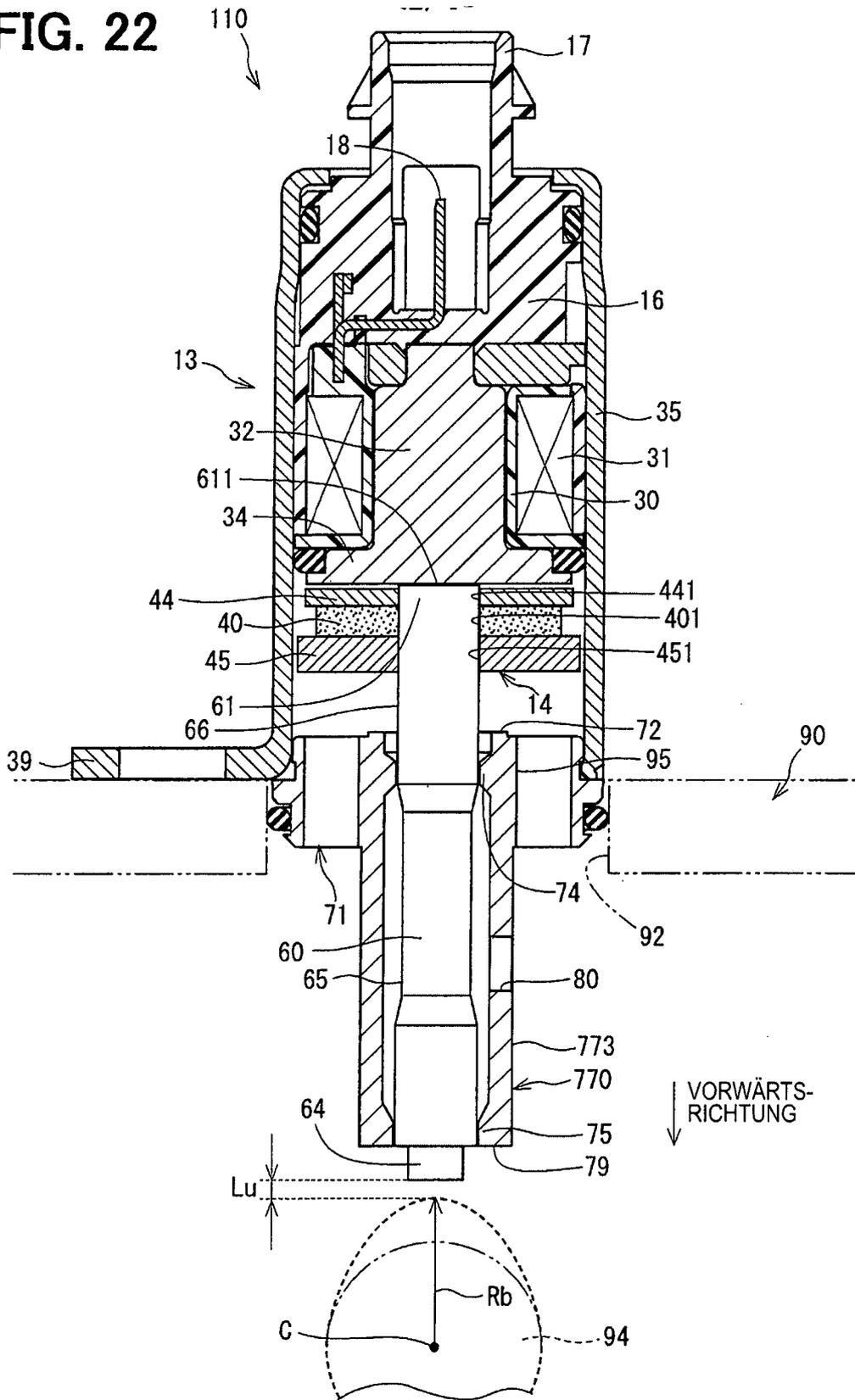


FIG. 23A

FIG. 23B

