



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 101 15 735 B4** 2008.09.25

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **101 15 735.5**  
(22) Anmeldetag: **30.03.2001**  
(43) Offenlegungstag: **18.10.2001**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **25.09.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F02D 9/04** (2006.01)  
**F02D 9/16** (2006.01)  
**F02B 27/06** (2006.01)  
**F16K 1/22** (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**2000-101331 31.03.2000 JP**  
**2000-282550 18.09.2000 JP**

(73) Patentinhaber:  
**Honda Giken Kogyo K.K., Tokyo, JP**

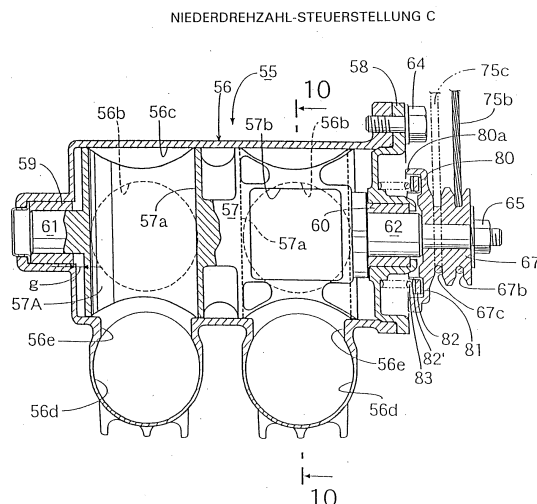
(74) Vertreter:  
**Weickmann & Weickmann, 81679 München**

(72) Erfinder:  
**Nakayasu, Tetsuya, Wako, Saitama, JP; Sagara, Mikio, Wako, Saitama, JP; Takahashi, Kyo, Wako, Saitama, JP; Iwase, Noritoshi, Wako, Saitama, JP; Yamada, Hajime, Wako, Saitama, JP; Murakami, Atsushi, Wako, Saitama, JP**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
**DE 44 39 705 A1**  
**DE 11 10 947 A**  
**US 47 95 420 A**  
**US 43 63 309 A**  
**JP 63-2 12 728 AA**

(54) Bezeichnung: **Auspuffsteuerventil**

(57) Hauptanspruch: Auspuffsteuerventil mit einem Ventilgehäuse (56) und einem Ventilkörper (57), der drehbar in einer Ventilkammer (56c) des Ventilgehäuses (56) aufgenommen ist, um zum Steuern des Abgasstroms mit dem Ventilgehäuse (56) zusammenzuwirken, wobei ein Getriebeelement (67) zum drehenden Antrieb einer Ventilwelle (62) des Ventilkörpers (57) an einem zur Außenseite des Ventilgehäuses (56) vorstehenden Außenende der Ventilwelle (62) sitzt, wobei eine Lagerbüchse (60) zum drehbaren Lagern einer Außenumfangsfläche der Ventilwelle (62) durch ihre Innenumfangsfläche und zum drehbaren Lagern einer Endfläche des Ventilkörpers (57) durch ihre Endfläche in dem Ventilgehäuse (56) angebracht ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Ventilkörper (57) durch eine die Ventilwelle (62) umgebende Feder (83) vorgespannt ist, um einen Druckkontakt-Dichtzustand zwischen den gegenüberliegenden Endflächen der Lagerbüchse (60) und des Ventilkörpers (57) herzustellen; und dass die Feder (83) am Getriebeelement (67) über zwei Druckscheiben (82, 82') drehbar abgestützt ist.



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Auspuffsteuerventil mit einem Ventilgehäuse und einem Ventilkörper, der drehbar in einer Ventilkammer des Ventilgehäuses aufgenommen ist, um zum Steuern des Abgasstroms mit dem Ventilgehäuse zusammenzuwirken, wobei ein Getriebeelement zum drehenden Antrieb einer Ventilwelle des Ventilkörpers an einem zur Außenseite des Ventilkörpers vorstehenden Außenende der Ventilwelle sitzt.

**[0002]** Herkömmlich ist in einem Auspuffsteuerventil der oben erwähnten Art ein System bekannt, in dem eine Lagerbüchse zum drehbaren Lagern einer Ventilwelle sowie ein Dichtungselement, das der Lagerbüchse benachbart ist und in engem Kontakt mit einer Außenumfangsfläche der Ventilwelle steht, in einem Ventilgehäuse angebracht sind (siehe beispielsweise JP-63-212728 A).

**[0003]** Das herkömmliche Auspuffsteuerventil hat die Nachteile, dass, weil eine Lagerbüchse und ein Dichtungselement, die jeweils ausschließlich die oben erwähnten Funktionen haben, angebracht sind, die Anzahl der Bauteile groß ist und, insbesondere das Dichtungselement teuer ist, was eine Kostenminderung erschwert.

**[0004]** Aus der US 4 795 420 A ist ein Auspuffsteuerventil nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 bekannt, welches aber keine Feder aufweist.

**[0005]** Aus der US 4 363 309 A ist ein Auspuffsteuerventil bekannt, wo eine den Ventilkörper gegen eine Dichtung vorspannende Feder zwischen einem die Ventilwelle drehend antreibenden Getriebeelement und einer Lagerbüchse jeweils direkt abgestützt ist.

**[0006]** Aus der DE 44 39 705 A1 ist ein Auspuffsteuerventil bekannt, dessen Ventilkörper aus Titan hergestellt ist.

**[0007]** Aus der DE 11 10 947 A ist eine Auspuffklappe bekannt, deren Lagerbüchse aus Kohlenstoffmaterial hergestellt ist.

**[0008]** Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Auspuffsteuerventil anzugeben, das bei niedrigen Kosten mit einer geringen Anzahl an Bauteilen auskommt, indem eine Lagerbüchse mit einer Dichtungsfunktion bereitgestellt wird.

**[0009]** Zur Lösung der Aufgabe wird nach einem ersten Aspekt ein Auspuffsteuerventil gemäß Anspruch 1 vorgeschlagen.

**[0010]** Das Auspuffsteuerventil enthält ein Ventilgehäuse und einen Ventilkörper, der drehbar in einer

Ventilkammer des Ventilgehäuses aufgenommen ist, um mit dem Ventilgehäuse zum Steuern des Abgasstroms zusammenzuwirken, wobei ein Getriebeelement zum drehenden Antrieb einer Ventilwelle des Ventilkörpers an einem zur Außenseite des Ventilkörpers vorstehenden Außenende der Ventilwelle sitzt, wobei eine Lagerbüchse zum drehbaren Lagern einer Außenumfangsfläche der Ventilwelle durch ihre Innenumfangsfläche und zum drehbaren Lagern einer Endfläche des Ventilkörpers durch ihre Endfläche in dem Ventilgehäuse angebracht ist, und wobei der Ventilkörper durch eine Feder vorgespannt ist, um einen Druckkontakt-Dichtzustand zwischen den gegenüberliegenden Endflächen der Lagerbüchse und des Ventilkörpers herzustellen.

**[0011]** In der später beschriebenen Ausführung entspricht das oben erwähnte Getriebeelement einer Abtriebsrolle.

**[0012]** Nach dem ersten Aspekt kann eine Lagerbüchse nicht nur die Lagerfunktion übernehmen, sondern auch eine Dichtfunktion. Daher kann ein Abgasaustritt aus der Umgebung der Ventilwelle verhindert werden, ohne dass ein gesondertes Dichtungselement vorgesehen wird, und dies kann zur Kostenminderung beitragen, weil keine teuren Dichtungselemente erforderlich sind und die Anzahl der Bauteile reduziert ist.

**[0013]** Da ferner keine Dichtungselemente verwendet werden, lässt sich eine in ihrer axialen Richtung lang ausgeführte Lagerbüchse verwenden, und die Lagerwelle kann mit einer großen Fläche gelagert werden, was eine große Lagertragfähigkeit gewährleistet. Daher kann die Lagerbüchse sehr haltbar sein, obwohl sie eine Last direkt von einer auf die Ventilwelle aufgesetzten Abtriebsrolle aufnimmt.

**[0014]** Bevorzugt ist nach einem zweiten Aspekt die oben erwähnte Lagerbüchse aus einem nicht metallischen Material gebildet.

**[0015]** Nach diesem zweiten Aspekt kann die Lagerbüchse eine gute Dichtfunktion ausüben und kann Schwingungen in axialer Richtung des Ventilkörpers absorbieren, die durch Abgaspulsieren entstehen, um hierdurch das Entstehen eines abnormalen Geräusches zu unterdrücken.

**[0016]** Gemäß Anspruch 3 ist der Ventilkörper zusammen mit seinen Ventilwellen aus Titanmaterial gebildet, was zu einer Gewichtsreduzierung des Ventilkörpers und somit des Auspuffsteuerventils beitragen kann. Obwohl das den gesamten Ventilkörper bildende Titanmaterial ein aktives Material ist und eine starke Verschleißtendenz hat, gestattet die Verwendung der aus Kunststoffmaterial gebildeten Lagerbüchsen gute Drehgleiteigenschaften zwischen den Ventilwellen und den Lagerbüchsen auch bei hohen

Temperaturen. Zusammen mit der Gewichtsminde-  
rung des Ventilkörpers ermöglicht dies eine wir-  
kungsvolle Verbesserung der Ansprech-eigenschaf-  
ten des Ventilkörpers auf das Antriebsdrehmoment.

[0017] Nachfolgend wird die Erfindung in Ausführ-  
ungsbeispielen anhand der beigefügten Zeichnun-  
gen erläutert. Es zeigen:

[0018] **Fig. 1** eine Seitenansicht eines Kraftrads,  
deren Motor ein Einlasssteuerventil und ein Auspuff-  
steuerventil aufweist;

[0019] **Fig. 2** eine vertikal geschnittene Seitenan-  
sicht eines Hauptteils der Einlasssteuervorrichtung;

[0020] **Fig. 3** eine Darstellung des Betriebs gemäß  
**Fig. 2**;

[0021] **Fig. 4** eine Schnittansicht entlang Linie 4-4  
von **Fig. 2**;

[0022] **Fig. 5** eine Schnittansicht entlang Linie 5-5  
von **Fig. 4**;

[0023] **Fig. 6** eine Schnittansicht entlang Linie 6-6  
von **Fig. 4**;

[0024] **Fig. 7** eine Perspektivansicht eines Auspuff-  
systems;

[0025] **Fig. 8** eine Seitenansicht der Auspuffsteuer-  
vorrichtung;

[0026] **Fig. 9** eine Schnittansicht entlang Linie 9-9  
von **Fig. 8**, die ein Auspuffsteuerventil in dessen Nie-  
derdrehzahl-Steuerstellung zeigt,

[0027] **Fig. 10** eine Schnittansicht entlang Linie  
10-10 von **Fig. 9**;

[0028] **Fig. 11** eine Schnittansicht entsprechend  
**Fig. 9**, die das Auspuffsteuerventil in dessen Mittel-  
drehzahl-Steuerstellung zeigt;

[0029] **Fig. 12** eine Schnittansicht entsprechend  
**Fig. 9**, die das Auspuffsteuerventil in dessen Hoch-  
drehzahl-Steuerstellung zeigt;

[0030] **Fig. 13** eine vergrößerte Draufsicht eines  
Hauptteils des Auspuffsystems;

[0031] **Fig. 14** eine Schnittansicht entlang Linie  
14-14 von **Fig. 13**;

[0032] **Fig. 15** eine Schnittansicht entlang Linie  
15-15 von **Fig. 14**;

[0033] **Fig. 16** eine Schnittansicht entlang Linie  
16-16 von **Fig. 13**;

[0034] **Fig. 17** eine Schnittansicht entlang Linie  
17-17 von **Fig. 16**;

[0035] **Fig. 18** eine Draufsicht einer Antriebsvorrich-  
tung für ein Einlasssteuerventil und das Auspuffsteu-  
erventil;

[0036] **Fig. 19** eine Schnittansicht entlang Linie  
19-19 von **Fig. 18**; und

[0037] **Fig. 20** eine Schnittansicht entlang Linie  
20-20 von **Fig. 18**.

[0038] In **Fig. 1** umfasst ein Fahrzeuggrundrahmen  
**2** eines Kraftrads **1** ein linkes/rechtes Paar von  
Hauptrahmen **4, 4**, die an ihren Vorderenden ein Kop-  
pfrohr **3** aufweisen, die nach unten hin geneigt sind  
und deren Hinterenden miteinander verbunden sind,  
sowie eine Sitzschiene **5**, die mit den Hinterenden  
der Hauptrahmen **4, 4** verbunden ist und nach hinten  
oben ansteigt. Ein Vierzylinder-Reihenmotor **En** ist  
an dem Hauptrahmenpaar **4, 4** angebracht. Der Mo-  
tor **En** ist so angebracht, dass sein Zylinderblock **8**  
und sein Zylinderkopf **9** ein wenig nach vorne geneigt  
sind und der Zylinderkopf **9** zwischen den Hauptra-  
men **4, 4** sitzt.

[0039] Eine Frontgabel **6f** zum Lagern eines Vorder-  
rads **9f** über eine Welle ist lenkbar mit dem Kopfrohr  
**3** verbunden. Eine ein Hinterrad **7r** tragende hintere  
Gabel **6r** ist vertikal schwenkbar mit einem hinteren  
Teil eines Kurbelgehäuses **10** des Motors **En** durch  
eine Schwenkwelle **11** verbunden. Eine hintere  
Dämpfereinheit **12** ist zwischen die hintere Gabel **6r**  
und die Hauptrahmen **4, 4** eingesetzt. Eine Aus-  
gangswelle **13** des Motors **En**, die an der Vorderseite  
der Schwenkwelle **11** angebracht ist, treibt das Hin-  
terrada **7r** durch eine Kettengeriebevorrichtung **14** an.

[0040] Ein Kraftstofftank **15** ist an dem Hauptra-  
men **4, 4** angebracht. Ein Tandemhauptsitz **16** ist auf  
die Sitzschiene **5** aufgesetzt.

[0041] Ein Einlasssystem **In** des Motors **En**, das ei-  
nen Luftfilter **17** und einen Drosselkörper **18** aufweist,  
ist an der Oberseite des Zylinderkopfs **9** derart ange-  
ordnet, dass es mit dem Kraftstofftank **15** abgedeckt  
wird. Ein Auspuffsystem **Ex** des Motors **En**, das Aus-  
puffrohre **51a** bis **51d** sowie einen Auspufftopf **54** um-  
fasst, ist so angeordnet, dass es von der Vorderseite  
des Zylinderkopfs **3** und des Zylinderblocks **8** durch  
die Unterseite des Kurbelgehäuses **10** und schräg  
nach oben verläuft.

[0042] Zunächst wird das Einlasssystem **In** des Mo-  
tors **En** anhand der **Fig. 1-Fig. 6** beschrieben.

[0043] Wie in den **Fig. 1-Fig. 4** gezeigt, sind vier  
Drosselkörper **18, 18** ... entsprechend den vier Zylin-  
dern des Motors mit dem Zylinderkopf **9** des Motors

En verbunden. Lufttrichter **21, 21** ... sind mit einem Einlass eines Einlasswegs **18a** der Drosselkörper **18, 18** ... verbunden. Ein Filtergehäuse **22** des Luftfilters **11** zur Aufnahme aller Lufttrichter **21, 21** ... ist an die vier Drosselkörper **18, 18** ... angesetzt. Das Filtergehäuse **22** umfasst eine untere Gehäusehälfte **22b**, die an den Drosselkörpern **18, 18** ... angebracht ist, sowie eine obere Gehäusehälfte **22a**, die durch kleine Schrauben **27** mit der unteren Gehäusehälfte **22b** trennbar verbunden ist. Eine Filterelement-Halteplatte **25** zum Unterteilen des Innenraums des Filtergehäuses **22** in eine untere nicht saubere Kammer **23** und eine obere saubere Kammer **24** ist zwischen den Gehäusehälften **22a** und **22b** aufgenommen. Ein Filterelement **26** ist in ein Aufnahmeloch **25a** in der Filterelement-Halteplatte **25** eingesetzt.

[0044] Eine Lufteinlassöffnung **28** zum Öffnen der nicht sauberen Kammer **23** zur Atmosphäre ist an einer Seite der unteren Gehäusehälfte **22b** vorgesehen. Die Lufttrichter **21, 21** ... sind so angeordnet, dass sie eine Bodenwand der unteren Gehäusehälfte **22b** durchdringen, und ihre Einlässe öffnen sich in die saubere Kammer **24**. Daher wird, bei Betrieb des Motors En, Luft, die durch die Lufteinlassöffnung **28** in die nicht saubere Kammer **23** strömt, durch das Filterelement **26** gefiltert, wird in die saubere Kammer **24** hineingelassen, strömt in die Lufttrichter **21** und die Drosselkörper **18** und wird in den Motor En mit einer Strömungsrate gesaugt, die durch die Drosselventile **29** in Drosselkörpern **18** gesteuert ist. Bei diesem Vorgang wird Kraftstoff zu einer Einlassöffnung des Motors En aus einem Kraftstoffeinspritzventil **32** eingespritzt, das an einer Seitenwand jedes der Drosselkörper **18** sitzt.

[0045] Die Drosselventile **29** aller Drosselkörper **18** besitzen Ventilwellen **29a**, die zum gemeinsamen Betrieb miteinander verbunden sind, und sie werden von einem Drosselgriff, der an einem Lenkergriff des Kraftrad **1** sitzt, durch eine Rolle **30**, die an der Außenseite der Ventilwelle **29a** angebracht ist, und einem mit der Rolle **30** verbundenen Betätigungskabel **31** geöffnet und geschlossen.

[0046] Die untere Gehäusehälfte **22b** ist integral mit einer Trennwand **34** versehen, um einen Zwischenabschnitt der nicht sauberen Kammer **23** in eine untere querschnittskleine Passage **33a** und eine obere querschnittsgroße Passage **33b** zu trennen. Ein Einlasssteuerventil **35** zum Öffnen und Schließen der querschnittsgroßen Passage **33b** ist durch eine Welle an der Trennwand **34** gelagert.

[0047] Das Einlasssteuerventil **35** umfasst eine Ventilplatte **36** und eine Ventilwelle **37**, die integral mit einem Seitenende der Ventilplatte **36** ausgebildet ist. Die Trennwand **34** ist mit einem Lager **38** versehen, um einen Endabschnitt der Ventilwelle **37** drehbar zu lagern, sowie einem linken/rechten Paar von

Lagern **39, 39** um den anderen Endabschnitt der Ventilwelle **37** drehbar zu lagern.

[0048] Wie in [Fig. 3](#) gezeigt, wird das Einlasssteuerventil **35** zwischen einer ersten Einlasssteuerstellung A (siehe [Fig. 2](#)), in der die Endspitze der Ventilplatte **36** in Kontakt mit einer Deckfläche der querschnittsgroßen Passage **33b** ist, um die querschnittsgroße Passage **33b** vollständig zu schließen, und einer zweiten Einlasssteuerstellung B, in der die Ventilplatte **36** parallel zur Trennwand **34** angeordnet ist, um die Passage **33b** vollständig zu öffnen, gedreht. Im dargestellten Fall beträgt der Drehwinkel etwa 45°. In der zweiten Einlasssteuerstellung B des Einlasssteuerventils **35** ist die Ventilplatte **36** schräg angeordnet, wobei ihre Endspitze zur stromaufwärtigen Seite der querschnittsgroßen Passage **33b** ausgerichtet ist, und die Ventilplatte **36** durch den Einlassunterdruck des Motors En zur Schließrichtung vorgespannt wird.

[0049] Eine Rückstellfeder **41** zum Vorspannen der Ventilplatte **36** in Schließrichtung, nämlich zur ersten Einlasssteuerstellung A hin, durch einen Hebel **40**, ist mit dem Hebel **40** verbunden, der integral mit einem Endabschnitt der Ventilwelle **37** ausgebildet ist. Eine Abtriebsrolle **46**, die durch ein erstes Übertragungskabel **75a** mit einer Antriebsrolle **73** eines Aktuators **71** (später beschrieben) zwischen dem Lagerpaar **39, 39** verbunden ist, ist auf den anderen Endabschnitt der Ventilwelle **37** aufgesetzt. Ein Leerwegmechanismus **42** zum Kuppeln der Abtriebsrolle **46** mit der Ventilwelle **37** ist zwischen der Abtriebsrolle **46** und der Ventilwelle **37** vorgesehen. Der Leerwegmechanismus **42** umfasst einen Übertragungsstift **43**, der an einer Seitenfläche der Ventilwelle **37** vorsteht, eine bogenförmige Nut **44**, die in einer Innenumfangsfläche der Abtriebsrolle **46** ausgebildet ist und sich in der Umfangsrichtung zum Eingriff des Übertragungsstifts **43** erstreckt, sowie eine Leerwegfeder **45**, die die Abtriebsrolle **46** zur ersten Einlasssteuerstellung A des Einlasssteuerventils **35** hin vorspannt. Der Mittelwinkel der Bogennut **44** ist größer festgelegt als ein Öffnungs- und Schließwinkel des Einlasssteuerventils **35**, so dass, wenn die Abtriebsrolle **46** von einer eingefahrenen Stellung in die Öffnungsrichtung des Einlasssteuerventils **35** gedreht wird, nämlich zur zweiten Einlasssteuerstellung B hin, eine Endfläche der Bogennut **44** im Kontakt mit dem Übertragungsstift **43** kommt, um eine Bewegung des Einlasssteuerventils **35** zur zweiten Einlasssteuerstellung B hin einzuleiten, nachdem ein vorbestimmter Spielwinkel  $\alpha$  durchlaufen ist.

[0050] Nachfolgend wird das Auspuffsystem Ex des Motors En im Detail anhand der [Fig. 1](#) und [Fig. 7-Fig. 17](#) beschrieben.

[0051] Zuerst werden, in [Fig. 1](#) und [Fig. 7](#), vier parallele Zylinder des Motors En von der linken Seite des Fahrzeugs ausgehend als erste bis vierte Zylinder

**50a** bis **50d** bezeichnet. Die Zündfolge der Zylinder ist erster Zylinder **50a**, zweiter Zylinder **50b**, vierter Zylinder **50d** und dritter Zylinder **50c**. Erste bis vierte Auspuffrohre **51a** bis **51d**, die den jeweiligen ersten bis vierten Zylindern **50a** bis **50d** entsprechen, sind mit einer Vorderseite des Zylinderkopfs **3** verbunden. Abgasrohre **51a** bis **51d** erstrecken sich von einer Vorderseite des Motors **En** nach unten und sind an einer tieferliegenden Stelle nach hinten gebogen. Unter dem Motor **En** sind das erste und das vierte Abgasrohr **51a** und **51d** an der linken und rechten Seite nebeneinander angeordnet, und das zweite und das dritte Abgasrohr **51b** und **51c** sind unter dem ersten und vierten Abgasrohr nebeneinander angeordnet. Eine Auspuffsteuervorrichtung **55** ist an einem Zwischenabschnitt der Auspuffrohre **51a** bis **51d** vorgesehen.

[0052] Wie in [Fig. 8-Fig. 12](#) gezeigt, umfasst das Auspuffsteuerventil **55** ein gemeinsames Ventilgehäuse **56**, das in dem Zwischenabschnitt der ersten bis vierten Auspuffrohre **51a** bis **51d** angeordnet ist, sowie einen Ventilkörper **57**, der in dem Ventilgehäuse **56** angebracht ist. Die stromaufwärtige Seite und die stromabwärtige Seite der ersten bis vierten Abgasrohre **51a** bis **51d** sind jeweils mit vorderen und hinteren Flanschen **56A**, **56B** verbunden, die an Vorder- und Hinterenden des Ventilgehäuses **56** vorgesehen sind. Das Ventilgehäuse **56** ist mit Paaren von Einlassöffnungen **56a**, **56a** und Auslassöffnungen **56b**, **56b** versehen, die sich zu jeder Endseite der vorderen und hinteren Flansche **56A**, **56B** öffnen und mit stromaufwärtigen und stromabwärtigen Rohren des ersten und des vierten Abgasrohrs **51d**, **51d** übereinstimmen. Ein zylindrisches Ventilelement **56c** ist zwischen den Einlassöffnungen **56a**, **56a** und den Auslassöffnungen **56b**, **56b** vorgesehen und erstreckt sich in Richtung orthogonal zur Achslinie jeder Öffnung. Ein Paar von Verbindungsöffnungen **56d**, **56d** ist zwischen dem vorderen und hinteren Flansch **56A**, **56B** ausgebildet und stimmt mit den stromaufwärtigen und stromabwärtigen Rohren des zweiten und dritten Abgasrohrs **51b**, **51c** überein. Ein Paar von Verbindungsöffnungen **56e**, **56e** zur Verbindung der Verbindungsöffnungen **56d**, **56d** mit der Ventilkammer **56c** ist an der Oberseite der Verbindungsöffnungen **56d**, **56d** vorgesehen.

[0053] Ein Ende der Ventilkammer **56c** ist mit einer Endwand verschlossen, die mit dem Ventilgehäuse **56** integral ist, und eine Lagerbüchse **59** ist an der Endwand angebracht. Das andere Ende der Ventilkammer **56c** ist offen, und ein Lagerträger **58** zum Verschließen des anderen Endes ist durch Bolzen **64** mit dem Ventilgehäuse **56** verbunden. Der Lagerträger **58** besitzt eine zur Lagerbüchse **59** koaxiale Lagerbüchse **60**.

[0054] Andererseits ist der Ventilkörper **57** drehbar in der Ventilkammer **56c** angebracht und ist grundlegend

zylinderförmig. Ventilwellen **61**, **62**, die integral mit axial ausgerichteten Enden des Ventilkörpers **57** ausgebildet sind, sind an den Lagerbüchsen **59**, **60** drehbar gelagert, so dass sie zwischen einer Niederdrehzahl-Steuerstellung **C**, einer Mitteldrehzahl-Steuerstellung **D** und einer Hochdrehzahl-Steuerstellung **E** gedreht werden können.

[0055] Insbesondere steht in diesem Fall die Lagerbüchse **60** in dem Lagerträger **58** ein wenig von einer Innenendfläche des Lagerträgers **58** vor, um auch eine Endfläche des Ventilkörpers **57** zu lagern. Die Lagerbüchse **60** ist aus einem nicht metallischen Material ausgebildet, das sowohl ausgezeichnete Lagereigenschaften als auch ausgezeichnete Dichteigenschaften besitzt, beispielsweise Kohlenstoff-Graphit.

[0056] Das Ventilgehäuse **56** ist aus Titanmaterial gebildet, und auch der Ventilkörper **57** ist, zusammen mit den Ventilwellen **61**, **62**, aus Titanmaterial gebildet. Andererseits sind die Lagerbüchsen **59**, **60** zum Lagern der Ventilwellen **61**, **62** aus nicht metallischem Material gebildet, das sowohl ausgezeichnete Lagereigenschaften als auch ausgezeichnete Dichteigenschaften aufweist, genauer gesagt einem Kohlenstoffmaterial, beispielsweise Kohlenstoff-Graphit.

[0057] Eine Abtriebsrolle **67** ist durch eine Mutter **67** an einem Endabschnitt der Ventilwelle **62** angebracht, der zur Außenseite des Lagerträgers **58** vorsteht. Die Abtriebsrolle **67** wird von einer Antriebsrolle **73** des Aktuators **71** (später beschrieben) durch zweite und dritte Übertragungskabel **75c** angetrieben.

[0058] Die Abtriebsrolle **67** ist integral mit einem Flanschabschnitt **80** versehen, der einen ringförmigen Halte-Vertiefungsabschnitt **80a** aufweist, der sich zur Seite des Lagerträgers **58** öffnet. Ein ringförmiger Halter **81** und zwei Druckscheiben **82**, **82'**, die drehbar relativ zu dem Halter **81** gehalten sind, sind in dem Haltevertiefungsabschnitt **80a** aufgenommen. Zwischen den Druckscheiben **82**, **82'** und dem Lagerträger **58** ist eine Axialdruckfeder **83** mit einer bestimmten Last komprimiert angeordnet, und die Last stellt sicher, dass eine Endfläche des Ventilkörpers **57** und eine Endfläche der Lagerbüchse **60** in einem Druckkontakt-Dichtzustand gehalten werden. Hierbei entsteht ein Spalt **g** zwischen gegenüberliegenden Endflächen einer Endwand des Ventilgehäuses **56** an der gegenüberliegenden Seite des Lagerträgers **58** und dem Ventilkörper **57**, wobei eine thermische Ausdehnung des Ventilkörpers **57** in der axialen Richtung durch den Spalt **g** aufgenommen wird.

[0059] Der Ventilkörper **57** ist mit einem Paar von Durchgangsöffnungen **57a** versehen, die mit der Einlassöffnung **56a** und der Auslassöffnung **56b**, die die Achslinie des Ventilkörpers **57** kreuzen, sowie mit Verbindungsöffnungen **57b**, die sich zu einer Seitenflä-

che der Durchgangslöcher **57a** in radialer Richtung des Ventilkörpers **57** öffnen, in Übereinstimmung gebracht werden können.

[0060] In der Niederdrehzahl-Steuerstellung C des Ventilkörpers **57** (siehe [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#)) überlappt das Verbindungsloch **57b** mit der Einlassöffnung **56a** des Ventilgehäuses, während eine Endseite des Durchgangslochs **57a** mit dem Verbindungsloch **56e** des Ventilgehäuses **56** überlappt. Eine Ventilwand **57A** des Ventilkörpers **57**, die dem Verbindungsloch **57b** gegenübersteht, verschließt die Auslassöffnung **56b**. In der Mitteldrehzahl-Steuerstellung D (siehe [Fig. 11](#)) stimmen die Durchgangslöcher **57a** mit den Einlass- und Auslassöffnungen **56a**, **56b** überein, und die Ventilwand **57A** verschließt das Verbindungsloch **56e**. Eine Außenfläche der Ventilwand **57A** ist mit einem bogenförmigen Vertiefungsabschnitt **57c** versehen, der in der Mitteldrehzahl-Steuerstellung D mit einer Innenumfangsfläche der Verbindungsöffnung **56d** verbunden ist (siehe [Fig. 12](#)). In der Hochdrehzahl-Steuerstellung E stimmen die Durchgangslöcher **57a** mit den Einlass- und Auslassöffnungen **56a**, **56b** überein, und das Verbindungsloch **57b** stimmt mit dem Verbindungsloch **56e** überein. Daher hat die Mitteldrehzahl-Steuerstellung D von der Hochdrehzahl-Steuerstellung E des Ventilkörpers **57** einen Abstand von etwa 180°, und die Niederdrehzahl-Steuerstellung C befindet sich an einem Mittelpunkt zwischen den Steuerstellungen D und E.

[0061] In den [Fig. 1](#), [Fig. 7](#) und [Fig. 13](#) sind, wo die ersten bis vierten Auspuffrohre **51a** bis **51d** durch das Auspuffsteuerventil **55** hindurchgetreten sind, das erste und das vierte Abgasrohr **51a** und **51d** mit einem oberen ersten Abgassammelrohr **52a** verbunden, um diese zu sammeln, während das zweite und das dritte Abgasrohr **51b**, **51c** mit einem unteren ersten Abgassammelrohr **52b** verbunden sind, um diese zu sammeln. Danach sind die Abgassammelrohre **52a**, **52b** mit einem zweiten Abgassammelrohr **53** verbunden, um diese zu sammeln, und ein Auspufftopf **54** ist mit dem Hinterende des zweiten Abgassammelrohrs **53** verbunden. In diesem Fall der oberen und unteren ersten Abgassammelrohre **52a**, **52b** ist nur das untere erste Abgassammelrohr **52b**, das mit der Verbindungsöffnung **56d** des Auspuffsteuerventils **55** verbunden ist, darin mit einem primären Abgasreiniger **84** versehen, und das zweite Abgassammelrohr **53** ist mit einem sekundären Abgasreiniger **85** versehen.

[0062] Wie in den [Fig. 14](#) und [Fig. 15](#) gezeigt, ist der primäre Abgasreiniger **84** nicht auf diesen Typ beschränkt. Im dargestellten Fall ist der Reiniger **84** aus einem dreifachen katalytischen Wandler zusammengesetzt, der hauptsächlich aus einem zylindrischen Katalysatorträger **87** besteht, der in seiner Umfangswand zahlreiche Durchgangsporen **88** aufweist.

Ein Endabschnitt des Katalysatorträgers **87** ist durch Schweißung an der Innenwand des unteren ersten Abgassammelrohrs **52b** befestigt, während der andere Endabschnitt an der Innenwand durch ein Wärmeisolierelement **89** verschiebbar gehalten ist, das aus Glaswolle, Stahlwolle oder dergleichen besteht. Ein zylindrischer adiabatischer Raum **90** ist zwischen dem restlichen Mittelabschnitt des Katalysatorträgers **87** und dem unteren ersten Abgassammelrohr **52b** ausgebildet. Dies ermöglicht eine thermische Ausdehnung des primären Abgasreinigers **84** durch Schlupf zwischen dem primären Abgasreiniger **84** und dem Wärmeisolierelement **89**. Dies kann ferner die Entstehung thermischer Spannung in dem primären Abgasreiniger **84** und dem unteren ersten Abgassammelrohr **52b** unterdrücken. Durch das Wärmeisolierelement **89** und den adiabatischen Raum **90** ist es möglich, die Temperatur des primären Abgasreinigers **84** zu halten und eine Überhitzung des unteren ersten Abgassammelrohrs **52b** zu verhindern.

[0063] Wie in den [Fig. 16](#) und [Fig. 17](#) gezeigt, umfasst das zweite Abgassammelrohr **53** ein Außenrohr **92**, das mit der stromaufwärtigen Seite verbunden ist, sowie ein Innenrohr **93**, das mit der stromabwärtigen Seite verbunden ist, wobei das Innenrohr **93** innerhalb des Außenrohrs **92** mit einem zylindrischen adiabatischen Raum **94** dazwischen angeordnet ist. Das stromabwärtige Ende des Außenrohrs **92** ist an den Außenumfang des Innenrohrs **93** geschweißt, und das stromaufwärtige Ende des Innenrohrs **93** ist an dem Außenrohr **92** über ein Wärmeisolierelement **95**, das aus Glaswolle, Stahlwolle oder dergleichen gebildet ist, relativ verschiebbar gehalten. Das zweite Abgassammelrohr **53** ist an seinem Mittelabschnitt ein wenig gebogen, und ein Führungsring **96**, der das Innenrohr **93** umgibt, ist an dem gebogenen Abschnitt auf die Innenumfangsfläche des Außenrohrs **92** geschweißt.

[0064] Der sekundäre Abgasreiniger **85** ist ebenfalls nicht auf diesen Typ beschränkt. Im dargestellten Fall ist er aus einem dreifachen katalytischen Wandler gebildet, der hauptsächlich aus einem zylindrischen Katalysatorträger **98** gebildet ist, der an seiner Umfangswand eine Vielzahl von Durchgangsporen **99** aufweist. Der Katalysatorträger **98** ist an einem Mittelabschnitt in axialer Richtung auf das Innenrohr **93** durch ein Wärmeisolierelement **100** und einen Haltering **101** aufgesetzt. Das Wärmeisolierelement **100** ist aus Glaswolle, Stahlwolle oder dergleichen gebildet. Der Haltering **101** ist durch Überlappungsschweißung gegenüberliegender Endabschnitte eines Paares von Halbringen **101a**, **101b** gebildet. In diesem Fall wird eine Kompressionskraft auf das Wärmeisolierelement **100** ausgeübt, wodurch eine Reibkraft zum gleitenden Halten des Katalysatorträgers **98** zwischen dem Wärmeisolierelement **100** und dem Katalysatorträger **98** erzeugt wird. Das Innenrohr **93** ist mit einem Paar von Vorsprüngen **93a** ver-

sehen, die radial einwärts und in diametraler Richtung einander gegenüberliegend vorstehen. Die Außenumfangsfläche des Halterings **101** ist an die Vorsprünge **93a** geschweißt. Und an dem restlichen Abschnitt, außer den geschweißten Abschnitten, ist ein adiabatischer Raum **102** zwischen dem Haltering **101** und dem Innenrohr **93** gebildet. Andere Abschnitte des Katalysatorträgers **98** als der durch den Haltering **101** gehaltene Mittelabschnitt sind von der Innenumfangsfläche des Innenrohrs **93** ausreichend entfernt, so dass das Abgas innerhalb und außerhalb des Katalysatorträgers **98** durch die Vielzahl von Durchgangsporen **99** frei zirkulieren kann.

**[0065]** Somit ist ein Mittelabschnitt des sekundären Abgasreinigers **85** an dem Innenrohr **93** durch das Wärmeisolierelement **100** und den Haltering **101** verschiebbar gehalten. Dies ermöglicht eine thermische Ausdehnung des sekundären Abgasreinigers **85** durch Schlupf zwischen dem sekundären Abgasreiniger **85** und dem Haltering **100**, und hierdurch kann die Entstehung thermischer Spannung in dem sekundären Abgasreiniger **85** und dem Innenrohr **93** unterdrückt werden. Durch die Anordnung des Wärmeisolierelements **100**, des adiabatischen Raums **102**, des Innenrohrs **93** und des äußeren adiabatischen Raums **94** ist es möglich, die Temperatur des sekundären Abgasreinigers **85** effektiv zu halten und eine Überhitzung des Außenrohrs **92** zu verhindern. Zusätzlich wird der sekundäre Abgasreiniger **85** in einer Stellung stabil gehalten; in anderen Stellungen als dem Halteabschnitt kann das Abgas innerhalb und außerhalb des Katalysatorträgers **98** durch die Durchgangsporen **98** hindurch zirkulieren, so dass die Abgasreinigung effektiv erfolgen kann. Die Differenz zwischen thermischen Ausdehnungen des Außenrohrs **92** und des Innenrohrs **93**, welches das zweite Abgassammelrohr **53** bildet, ist durch Schlupf zwischen dem Innenrohr **93**, dem Wärmeisolierelement **85** und dem Außenrohr **92** möglich. Darüber hinaus verhindern die adiabatischen Räume **94**, **102**, die sich doppelt zwischen dem sekundären Abgasreiniger **85** und dem Außenrohr **92** befinden, effektiv eine thermische Beschädigung in Bezug auf den sekundären Abgasreiniger **85**.

**[0066]** Nachfolgend wird eine Antriebsvorrichtung des Einlasssteuerventils **35** und des Auspuffsteuerventils **55** in Bezug auf [Fig. 1](#) und die [Fig. 18](#) bis [Fig. 20](#) beschrieben.

**[0067]** Wie in den [Fig. 1](#) und [Fig. 18](#) gezeigt, ist an der Oberseite des Kurbelgehäuses **10** des Motors **En** der Aktuator **71**, gemeinsam an einem an den Innenflächen des Hauptrahmens **4** befestigten Trägerpaar **70**, **70**, über ein Elastikelement **77** mit einem Bolzen **78** angebracht. Der Aktuator **71** ist so angeordnet, dass der Abstand von dem Aktuator **71** zu dem Einlasssteuerventil **35** im Wesentlichen gleich dem Abstand von dem Aktuator **71** zu dem Auspuffsteuer-

ventil **55** ist. Im dargestellten Fall besteht der Aktuator **71** aus einem vorwärts und rückwärts drehbaren Elektromotor. Die an der Ausgangswelle **72** des Elektromotors angebrachte Antriebsrolle **73** ist mit einer ersten Kabelnut **73a** versehen, die einen kleinen Durchmesser aufweist, und zweiten und dritten Übertragungskabelnuten **73b**, **73c** mit großem Durchmesser. Ein erstes Übertragungskabel **75a** steht mit der ersten Kabelnut **54a** und einer Kabelnut **46a** der Abtriebsrolle **46** (siehe [Fig. 6](#)) an der Seite des Einlasssteuerventils **35** in Eingriff. Enden des ersten Übertragungskabels **75a** sind mit der Antriebs- und Abtriebsrolle **73**, **46** verbunden. Zweite und dritte Übertragungskabel **75b**, **75c** stehen mit den zweiten und dritten Kabelnuten **73b**, **73c** und einem Paar von Kabelnuten **67b**, **67c** der Abtriebsrolle **67** (siehe [Fig. 9](#)) an der Seite des Auspuffsteuerventils **55** in entgegengesetzte Umwicklungsrichtungen in Eingriff. Enden der zweiten und dritten Übertragungskabel **75b**, **75c** sind mit der Antriebsrolle **73** und der Abtriebsrolle **67** verbunden.

**[0068]** Eine mit dem Aktuator **71** verbundene elektronische Steuereinheit **76** unterscheidet einen Niederdrehzahlbereich, einen Mitteldrehzahlbereich und einen Hochdrehzahlbereich des Motors **En** auf der Basis der Drehzahl des Motors **En**, eines Verstärker-Unterdrucks oder dergleichen, die von Sensoren (nicht gezeigt) eingegeben werden, und steuert den Aktuator **71** auf der Basis der Unterscheidungsergebnisse. In dem Mitteldrehzahlbereich des Motors **En** hält der Aktuator **71** die Antriebsrolle **73** in einer Anfangsstellung a. Im Niederdrehzahlbereich dreht der Aktuator **71** die Abtriebsrolle **73** in eine erste Antriebsstellung b, die einen Abstand von der Anfangsstellung a hat, um einen vorbestimmten Winkel entlang einer Rückwärtsdrehrichtung **R**. In dem Hochdrehzahlbereich dreht der Aktuator **71** die Abtriebsrolle **73** in eine zweite Antriebsstellung c, die einen Abstand von der ersten Antriebsstellung b hat, um einen vorbestimmten Winkel in Vorwärtsrichtung **F** durch die Anfangsstellung a hindurch.

**[0069]** Nachfolgend wird der Betrieb dieser Ausführung beschrieben.

**[0070]** Wenn im Niederdrehzahlbereich des Motors **En** die Abtriebsrolle **73** durch den Aktuator **71** in die erste Antriebsstellung b angetrieben wird, zieht die Antriebsrolle **73** an den ersten und zweiten Übertragungskabeln **75a**, **75b**, wodurch die Abtriebsrolle **46** an der Seite des Einlasssteuerventils **35** um einen vorbestimmten Winkel in Ventilöffnungsrichtung gedreht wird (in [Fig. 6](#) im Gegenuhrzeigersinn), und die Abtriebsrolle **67** an der Seite des Auspuffsteuerventils **55** um einen vorbestimmten Winkel im Gegenuhrzeigersinn in [Fig. 8](#) gedreht wird, mit der Folge, dass der Ventilkörper **57** des Auspuffventils **35** in die Niederdrehzahl-Steuerstellung **C** der [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) gebracht wird.

[0071] Jedoch erfolgt die Drehung um den vorbestimmten Winkel der Abtriebsrolle **46** in dem Leerwegmechanismus **42** im Bereich des Spielwinkels  $\alpha$  zwischen der Abtriebsrolle **73** und dem Einlasssteuerventil **35**, und daher wird die Ventilplatte **36** des Einlasssteuerventils **35** durch die Spannkraft der Rückstellfeder **41** in dem in der ersten Einlasssteuerstellung A gehalten.

[0072] In diesem Zustand des Einlasssteuerventils **35**, wie in [Fig. 2](#) gezeigt, ist die querschnittsgroße Passage **33b** durch die Ventilplatte **36** vollständig geschlossen, so dass in den Motor En angesaugte Luft durch die querschnittskleine Passage **33a** fließen muss, wenn sie durch den Luftfilter **17** hindurchströmt. Daher wird auch während Beschleunigungsbetrieb in diesem Niederdrehzahlbereich (wenn das Drosselventil **29** abrupt geöffnet wird) eine Verdünnung des Gasgemisches vermieden, und dem Motor En kann ein geeignet fettes Gasgemisch zugeführt werden, wodurch man günstige Beschleunigungseigenschaften erhält.

[0073] Wenn andererseits der Ventilkörper **57** des Auspuffsteuerventils **55** in die Niederdrehzahl-Steuerstellung C der [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) kommt, wie oben beschrieben, überlappt das Verbindungsloch **57b** des Ventilkörpers mit der Einlassöffnung **56a** des Ventilgehäuses **56**, während eine Endseite des Durchgangslochs **57a** des Ventilkörpers mit dem Verbindungsloch **56e** des Ventilgehäuses **56** überlappt und die Ventilwand **57A** des Ventilkörpers **57** die Auslassöffnung **56b** verschließt. Daher wird Abgas, das von der stromaufwärtigen Seite durch die Einlassöffnung **56a** des Ventilgehäuses **56** in die Ventilkammer **56c** die ersten bis vierten Abgasrohre **51a** bis **51d** strömt, durch die Ventilwand **57A** des Ventilkörpers **57** blockiert, so dass es zur Seite der Verbindungsöffnung **56d** abgelenkt wird und sich mit dem Abgas vermischt, da von der stromaufwärtigen Seite der zweiten und dritten Auspuffrohre **51b**, **51c** und durch die Verbindungsöffnung **56d** strömt. Wegen des hierdurch vergrößerten Abgaswiderstands wird von den Auspuffrohren **51a** bis **51d** auf den Motor En ein Abgasdruck ausgeübt, der für den Niederdrehzahlbereich geeignet ist. Daher wird, während der Ventilüberlappungsperiode, ein Abblasen von Frischgas von den Zylindern **50a** bis **50d** zum Auspuffsystem unterbunden, was zu einer Verbesserung der Niederdrehzahl-Ausgangsleistung beitragen kann.

[0074] Das durch die Verbindungsöffnung **56d** des Ventilgehäuses **56** strömende Abgas fließt durch die stromabwärtige Seite der zweiten und dritten Abgasrohre **51b**, **51c** in das untere erste Abgassammelrohr **52b**, wo es sich mit einem anderen Teil des Abgases vermischt und durch den primären Abgasreiniger **84** gereinigt wird. Daher fließt die gesamte Abgasmenge von dem Motor En durch den primären Abgasreiniger **84**. Ferner kann der primäre Abgasreiniger **84** durch

Abgaswärme und Reaktionswärme auch unmittelbar nach dem Start des Motors En schnell aktiviert werden. Das Abgas, das durch das untere erste Abgassammelrohr **52b** hindurchgetreten ist, strömt in das zweite Abgassammelrohr **53**, wo es durch den sekundären Abgasreiniger **85** weiter gereinigt wird. Da der sekundäre Abgasreiniger **85a** ebenfalls warm gehalten wird, kann dessen Aktivierung beschleunigt werden.

[0075] Somit wird im Niederdrehzahlbereich des Motors En die gesamte Abgasmenge durch den primären und den sekundären Abgasreiniger **84**, **85** gereinigt, so dass die Reinigungswirkung auch dann verbessert werden kann, wenn die Abgastemperatur vergleichsweise niedrig ist.

[0076] Mittlerweile wird die stromabwärtige Seite des ersten und des vierten Auspuffrohrs **51a**, **51d** durch die Ventilwand **57A** des Ventilkörpers **57** verschlossen, und das Abgas wird daran gehindert, in das obere erste Abgassammelrohr **52a** zu fließen, so dass es nicht erforderlich ist, im oberen ersten Abgassammelrohr **52a** einen gesonderten Abgasreiniger vorzusehen.

[0077] Wenn der Motor En in den Mitteldrehzahlbereich kommt und die Antriebsrolle **73** durch den Aktuator **71** in die Anfangsstellung [a](#) zurückgedreht wird, lässt die Antriebsrolle **73** das erste Übertragungskabel **75a** los und zieht an dem dritten Übertragungskabel **75c**. Durch das Loslassen des ersten Übertragungskabels **75a** wird die Abtriebsrolle **46** an der Seite des Einlasssteuerventils **35** nur in die Anfangsstellung von [Fig. 6](#) zurückgedreht, und zwar unter der Spannkraft der Leerwegfeder **45** im Bereich des Spielwinkels  $\alpha$ , so dass in der ersten Einlasssteuerstellung A des Einlasssteuerventils **35** keine Änderung stattfindet.

[0078] Andererseits wird, durch die Drehung der Abtriebsrolle **67** an der Seite des Auspuffsteuerventils **35** durch den Zug an dem dritten Übertragungskabel **75c**, der Ventilkörper **57** in die Mitteldrehzahl-Steuerstellung D von [Fig. 9](#) gebracht. Im Ergebnis stimmen, wie oben beschrieben, die Durchgangslöcher **57a** des Ventilkörpers **57** mit den Einlass- und Auslassöffnungen **56a**, **56b** überein, und die Ventilwand **57A** verschließt das Verbindungsloch **56e**, so dass die ersten bis vierten Abgasrohre **51a** bis **51d** in einem einzeln durchleitenden Zustand sind. Insbesondere stimmen die Durchgangslöcher **57a** des Ventilkörpers **57** mit dem ersten und dem vierten Abgasrohr **51a**, **51d** über die Einlassöffnung **56a** und die Auslassöffnung **56b** überein, so dass die Leitungen des ersten und des vierten Abgasrohrs **51a**, **51d** über ihre Gesamtlänge mit einem gleichmäßigen Querschnitt versehen werden können. Die bogenförmigen Vertiefungsabschnitte **57c** der Außenfläche der Ventilwand **57A** des Ventilkörpers **57**, die den Verbindungslö-

chern **56e** des Ventilgehäuses **56** gegenüberstehen, schließen sich an die Innenumfangsfläche der Verbindungsöffnung **56d** an, die ursprünglich mit den Leitungen des zweiten und dritten Auspuffrohrs **51b**, **51c** in Übereinstimmung waren. Daher können die Leitungen des zweiten und dritten Auspuffrohrs **51b**, **51c** über ihre Gesamtlänge mit einem gleichmäßigen Querschnitt versehen werden. Entsprechend ist es in den ersten bis vierten Auspuffrohren **51a** bis **51d** möglich, durch Nutzung der Gesamtlängen der Auspuffrohre einen wirkungsvollen Abgasträgheitseffekt und/oder einen Abgaspulsierereffekt zu erhalten. Die effektive Rohrlänge jedes der Auspuffrohre **51a** bis **51d** ist nämlich von dem Motor **En** zu den oberen und unteren ersten Abgassammelrohren **52a**, **52b** maximal, und die maximalen Rohrlängen sind so festgelegt, dass der Abgasträgheitseffekt und/oder der Abgaspulsationseffekt die Volumeneffizienz des Motors **En** in den mittleren Drehzahlbereich verbessert. Daher ist es möglich, die Mitteldrehzahl-Ausgangsleistung des Motors **En** zu verbessern.

**[0079]** Wenn ferner der Motor **En** in den Hochdrehzahlbereich kommt und die Antriebsrolle **73** durch den Aktuator **71** zur zweiten Antriebsstellung **c** angetrieben wird, zieht die Antriebsrolle **73** starr an den ersten und zweiten Übertragungskabeln **75a**, **75b**. Durch das weite Ziehen an dem ersten Übertragungskabel **75a** wird die Abtriebsrolle **76** an der Seite des Einlasssteuerventils **35** weit über den Spielwinkel  $\alpha$  hinaus in eine Ventilöffnungsrichtung gedreht, wobei eine Endwand der Bogennut **44** in Kontakt mit dem Übertragungsstift **43** des Einlasssteuerventils **35** gebracht wird und die Ventilplatte **36** des Einlasssteuerventils **35** in die zweite Einlasssteuerstellung **B** von [Fig. 3](#) gebracht wird.

**[0080]** Durch das weite Ziehen an dem zweiten Übertragungskabel **75b** wird die Abtriebsrolle **67** an der Seite des Auspuffsteuerventils **35** von der Mitteldrehzahl-Steuerstellung **D** über die Niederdrehzahl-Steuerstellung **C** um etwa  $180^\circ$  gedreht, wobei der Ventilkörper **57** in die Hochdrehzahlstellung **E** von [Fig. 12](#) gebracht wird.

**[0081]** Wenn die Ventilplatte **36** des Einlasssteuerventils **35** die zweite Einlasssteuerstellung **B** erreicht, wie in [Fig. 3](#) gezeigt, öffnet die Ventilplatte **36** die querschnittsgröÙe Passage **33b** vollständig, so dass in den Motor **En** gesaugte Luft durch sowohl die querschnittsgröÙe Passage **33b** als auch die querschnittskleine Passage **33a** strömen kann, wenn sie durch die Luftfilter **17** fließt. Daher wird der Ansaugwiderstand reduziert und wird die Volumeneffizienz des Motors **En** verbessert, was zu einer Verbesserung der Hochdrehzahl-Ausgangsleistung beiträgt.

**[0082]** Wenn andererseits der Ventilkörper **57** des Auspuffsteuerventils **35** die Hochdrehzahl-Steuerstellung **E** von [Fig. 12](#) erreicht, stimmen die Durch-

gangslöcher **57a** des Ventilkörpers **57** mit den Einlass- und Auslassöffnungen **56a**, **56b** des Ventilgehäuses **56** überein, und die Verbindungslöcher **57b** des Ventilkörpers **57** stimmen mit den Verbindungslöchern **56e** des Ventilgehäuses **56** überein, wie oben beschrieben. Obwohl die Verbindungszustände der ersten bis vierten Auspuffrohre **51a** bis **51d** nicht verändert sind, werden die Mittelabschnitte des ersten und des vierten Auspuffrohrs **51a**, **51d** und des zweiten und dritten Auspuffrohrs **51b**, **51c** jeweils über die Durchgangslöcher **56e**, **56e** und **57b**, **57b** verbunden. Im Ergebnis ist die effektive Rohrlänge jedes der Auspuffrohre **51a**, **51d** von dem Motor **En** zu dem Auspuffsteuerventil **35** minimal. Die minimalen effektiven Rohrlängen sind so festgelegt, dass der Abgasträgheitseffekt und/oder der Abgaspulsationseffekt die Volumeneffizienz des Motors **En** im Hochdrehzahlbereich verbessert, wodurch es möglich wird, die Hochdrehzahl-Ausgangsleistung des Motors **En** zu verbessern.

**[0083]** In den Mitteldrehzahl- bis Hochdrehzahl-Betriebsbereichen des Motors **En** vereinigen sich die Abgase, die durch das erste und das vierte Abgasrohr **51a**, **51d** hindurchgetreten sind, miteinander in dem oberen ersten Abgassammelrohr **52a** und strömen zu dem zweiten Abgassammelrohr **53**, während die Abgase, die durch das zweite und das dritte Abgasrohr **51b**, **51c** hindurchgetreten sind, sich in dem unteren ersten Abgassammelrohr **52b** vereinigen und durch den primären Abgasreiniger **84** gereinigt werden, bevor sie zu dem zweiten Abgassammelrohr **53** fließen. Alle Abgase vereinigen sich miteinander in dem zweiten Abgassammelrohr **53**, bevor sie durch den zweiten Abgasreiniger **85** gereinigt werden. Daher werden die Abgase, die durch das erste und das vierte Abgasrohr **51a**, **51d** hindurchgetreten sind, nur von dem sekundären Abgasreiniger **85** gereinigt. Jedoch verursacht dies keine Schwierigkeiten, weil die Strömungsrate des Abgases in den Mittel- bis Hochdrehzahl-Betriebsbereich vergleichsweise hoch ist und die Reinigungsfunktion des sekundären Abgasreinigers **85** durch die großen Mengen an Abgaswärme und Reaktionswärme ausreichend verbessert wird, was eine effektive Reinigung des gesamten Abgases verspricht.

**[0084]** Auf diese Weise erhalten sowohl das Einlasssystem **In** als auch das Auspuffsystem **Ex** Funktionen entsprechend dem Betriebszustand des Motors **En**, so dass die Ausgangsleistung des Motors **En** über sämtliche Niederdrehzahl- bis Hochdrehzahlbereiche des Motors **En** effektiv verbessert werden kann.

**[0085]** Wenn der Aktuator **71** die Antriebsrolle **73** von der zweiten Antriebsstellung **c** zu der ersten Antriebsstellung **b** wieder zurückdreht, werden die Abtriebsrolle **46** und die Ventilplatte **36** des Einlasssteuerventils **35** wieder zu der ersten Einlasssteuerstellung

lung A von [Fig. 2](#) zurückgedreht, und zwar durch die Spannkraft der Leerwegfeder **45** und der Rückstellfeder **41** etwa zu der Zeit, zu der das Auspuffsteuerventil **35** von der Hochdrehzahl-Steuerstellung E zu der Niederdrehzahl-Steuerstellung, die sich in der Zwischenstellung befindet, gebracht wird. Danach kann sich auch die Abtriebsrolle **46** in dem Bereich des Spielwinkels  $\alpha$  des Leerwegmechanismus **42** weiter zurückdrehen, und daher kann sich das Auspuffsteuerventil **35** an der Niederdrehzahl-Steuerstellung vorbei zur Mitteldrehzahl-Steuerstellung D drehen.

**[0086]** Auch wenn daher eine große Differenz zwischen dem Drehwinkel des Einlasssteuerventils **35** und dem des Auspuffsteuerventils **55** vorhanden ist, wird die Differenz durch den Leerwegmechanismus **42** aufgenommen, und daher können beide Steuerventile **35**, **55** durch den gemeinsamen Aktuator **71** geeignet betätigt werden. Insbesondere wird die Drehung der Antriebsrolle **73**, die das Auspuffsteuerventil **35** zwischen der Niederdrehzahl-Steuerstellung und der Mitteldrehzahl-Steuerstellung D betätigt, durch den Leerwegmechanismus **42** aufgenommen werden, um hierdurch Effekte auf das Einlasssteuerventil **35** zu beseitigen, das sich in der ersten Einlasssteuerstellung A befindet. Daher kann der Ventilkörper **57** des Auspuffsteuerventils **35** zwischen der Niederdrehzahl-Steuerstellung C, der Mitteldrehzahl-Steuerstellung D und der Hochdrehzahl-Steuerstellung E frei betätigt werden. Somit wird, durch das gemeinsame Vorsehen des Aktuators **71** für beide Steuerventile **35**, **55**, die Struktur des Antriebssystems für die Steuerventile **35** und **55** vereinfacht, wodurch sich sowohl eine Verbesserung der Motorleistung als auch eine Kostenminderung erhalten lassen, und ferner eine Gewichtsminderung erzielt wird.

**[0087]** In dem Auspuffsteuerventil **55** trägt die Lagerbüchse **16** an der Seite der Abtriebsrolle **67** des Ventilgehäuses **56**, wie oben beschrieben, nicht nur die Ventilwelle **62** an einer Seite des Ventilkörpers **57**, sondern nimmt auch eine Stirnfläche des Ventilkörpers **57** auf, die durch die Last der Druckfeder **83** zur Seite der Lagerbüchse **60** hin gespannt wird, so dass die Lagerbüchse **60** und der Ventilkörper **57** in einem sicheren Druckkontakt-Dichtzustand gehalten werden. Daher kann der Abschnitt zwischen dem Ventilkörper **57** und der Lagerbüchse **60** abgedichtet werden, ohne dass ein spezielles Dichtelement erforderlich wäre, und es kann ein Leckstrom von Abgas aus der Nachbarschaft der Ventilwelle **62** verhindert werden. Da zusätzlich keine teuren Dichtungselemente erforderlich sind, wird die Anzahl der Bauteile reduziert, was zu einer Kostenminderung beiträgt. Das Fehlen der Dichtungselemente ermöglicht ferner, dass die in dem Lagerträger **58** anzubringende Lagerbüchse **60** in der axialen Richtung länger ist, wodurch eine hohe Lagertragfähigkeit zum Lagern der Ventilwelle **62** auf einer breiten Fläche sichergestellt

werden kann. Daher kann die Lagerbüchse **60** die Ventilwelle **62** stabil halten und zeigt eine ausgezeichnete Haltbarkeit, obwohl sie direkt eine Last von der Abtriebsrolle **67** aufnimmt, die auf der Ventilwelle **62** sitzt.

**[0088]** Wenn die Lagerbüchse **60**, insbesondere an der Seite für den Druckkontakt mit der einen Endfläche des Ventilkörpers **57**, aus einem nicht metallischen Material gebildet ist, wie etwa Kohlenstoffgraphit, lassen sich gute Dichteigenschaften erreichen, und gleichzeitig können Schwingungen in der Axialrichtung des Ventilkörpers **57** durch Abgaspulsieren absorbiert werden, wodurch das Entstehen eines abnormalen Geräusches unterdrückt werden kann.

**[0089]** Ferner sind das Ventilgehäuse **56** und der mit den Ventilwellen **61**, **62** integrale Ventilkörper **57** aus Titanmaterial gefertigt, was stark zu einer Gewichtsminderung des Auspuffsteuerventils **55** beiträgt. Obwohl ferner das Titanmaterial, das den gesamten Ventilkörper **57** bildet, ein aktives Metall ist und eine hohe Verschleißneigung hat, ermöglicht die Verwendung der aus Kunststoffmaterial hergestellten Lagerbüchsen **59**, **60** gute Dreh-Gleiteigenschaften zwischen den Ventilwellen **61**, **62** und den Lagerbüchsen **59**, **60** auch bei hohen Temperaturen. Dies ermöglicht, zusammen mit der Gewichtsminderung des Ventilkörpers **57**, eine effektive Verbesserung der Ansprecheigenschaften auf ein Antriebsdrehmoment.

**[0090]** Als Variante kann zum Beispiel das Einlasssteuerventil **35** so aufgebaut sein, dass die effektive Rohrlänge des Einlasssystems  $L_n$  entsprechend dem Betriebszustand des Motors  $E_n$  geändert wird. Die Erfindung ist auch bei einem Zweizylindermotor anwendbar, bei dem zwei Auspuffrohre von der Auspuffsteuervorrichtung **55** genauso gesteuert werden wie das erste und vierte Auspuffrohr **51a**, **51d** und das zweite und dritte Auspuffrohr **51b**, **51c** der obigen Ausführung. Selbstverständlich ist die Erfindung auch bei anderen Mehrzylindermotoren anwendbar.

**[0091]** In einem Auspuffsteuerventil übernimmt eine Lagerbüchse auch eine Dichtfunktion, um hierdurch ohne teures Dichtungselement auszukommen, und die Kosten zu senken. Das erfindungsgemäße Auspuffsteuerventil umfasst ein Ventilgehäuse **56** und einen Ventilkörper **57**, der in dem Ventilgehäuse **56** drehbar aufgenommen ist. Ein Getriebeelement **67** ist auf ein Außenende der Ventilwelle **62** aufgesetzt, das zur Außenseite des Ventilgehäuses **56** vorsteht. Eine Lagerbüchse **60** zum drehbaren Lagern einer Außenumfangsfläche der Ventilwelle **62** durch ihre Innenumfangsfläche und zum drehbaren Lagern einer Stirnfläche des Ventilkörpers **57** durch ihre Stirnfläche ist in dem Ventilgehäuse **56** angebracht. Der Ventilkörper **57** wird von der Last einer Druckfeder **83** vorgespannt, um eine Druckkontakt-Abdichtung zwi-

schen den gegenüberliegenden Stirnflächen der Lagerbüchse **60** und des Ventilkörpers **57** herzustellen.

### Patentansprüche

1. Auspuffsteuerventil mit einem Ventilgehäuse (**56**) und einem Ventilkörper (**57**), der drehbar in einer Ventilkammer (**56c**) des Ventilgehäuses (**56**) aufgenommen ist, um zum Steuern des Abgasstroms mit dem Ventilgehäuse (**56**) zusammenzuwirken, wobei ein Getriebeelement (**67**) zum drehenden Antrieb einer Ventilwelle (**62**) des Ventilkörpers (**57**) an einem zur Außenseite des Ventilgehäuses (**56**) vorstehenden Außenende der Ventilwelle (**62**) sitzt, wobei eine Lagerbüchse (**60**) zum drehbaren Lagern einer Außenumfangsfläche der Ventilwelle (**62**) durch ihre Innenumfangsfläche und zum drehbaren Lagern einer Endfläche des Ventilkörpers (**57**) durch ihre Endfläche in dem Ventilgehäuse (**56**) angebracht ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ventilkörper (**57**) durch eine die Ventilwelle (**62**) umgebende Feder (**83**) vorgespannt ist, um einen Druckkontakt-Dichtzustand zwischen den gegenüberliegenden Endflächen der Lagerbüchse (**60**) und des Ventilkörpers (**57**) herzustellen; und dass die Feder (**83**) am Getriebeelement (**67**) über zwei Druckscheiben (**82, 82'**) drehbar abgestützt ist.

2. Auspuffsteuerventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Lagerbüchse (**60**) aus einem nicht metallischen Material gebildet ist.

3. Auspuffsteuerventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Ventilkörper (**57**) zusammen mit seinen Ventilwellen (**61, 62**) aus Titanmaterial gebildet ist, während die Lagerbüchsen (**59, 60**), an denen der Ventilkörper (**57**) in dem Ventilgehäuse (**56**) gelagert ist, aus Kohlenstoffmaterial gebildet sind.

4. Auspuffsteuerventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass an der von der Lagerbüchse (**60**) abgelegenen Seite des Ventilkörpers (**57**) zwischen gegenüberliegenden Endflächen einer Endwand des Ventilgehäuses (**56**) und dem Ventilkörper (**57**) ein axialer Spalt (g) zur Aufnahme einer thermischen Ausdehnung des Ventilkörpers (**57**) vorgesehen ist, wobei der Ventilkörper (**57**) ein von einer Ventilwand (**57A**) begrenztes Abgasdurchgangsloch (**57a**) aufweist und der Spalt (g) durch die Ventilwand (**57A**) vom Abgasdurchgangsloch (**57a**) getrennt ist.

Es folgen 20 Blatt Zeichnungen

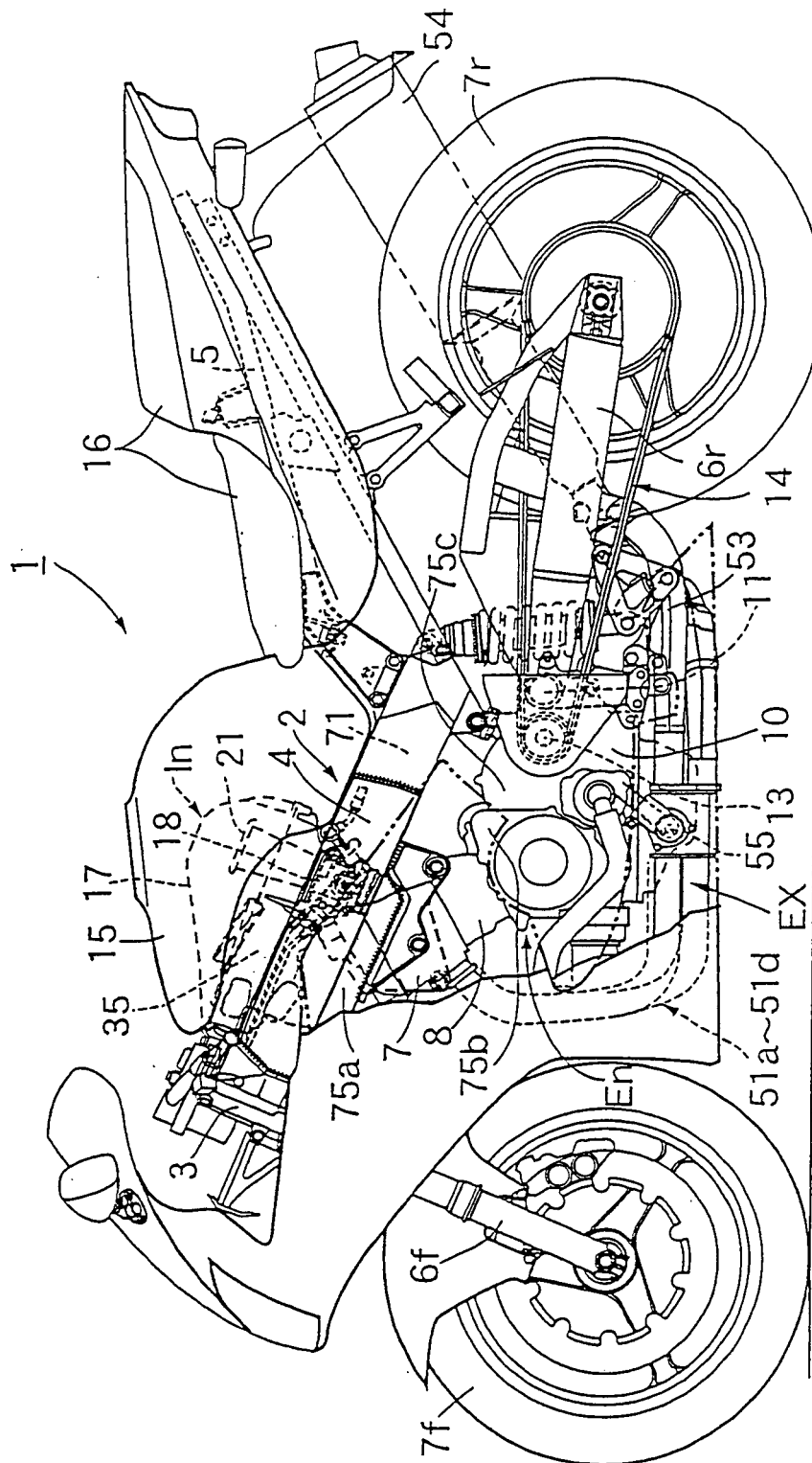


FIG. 1

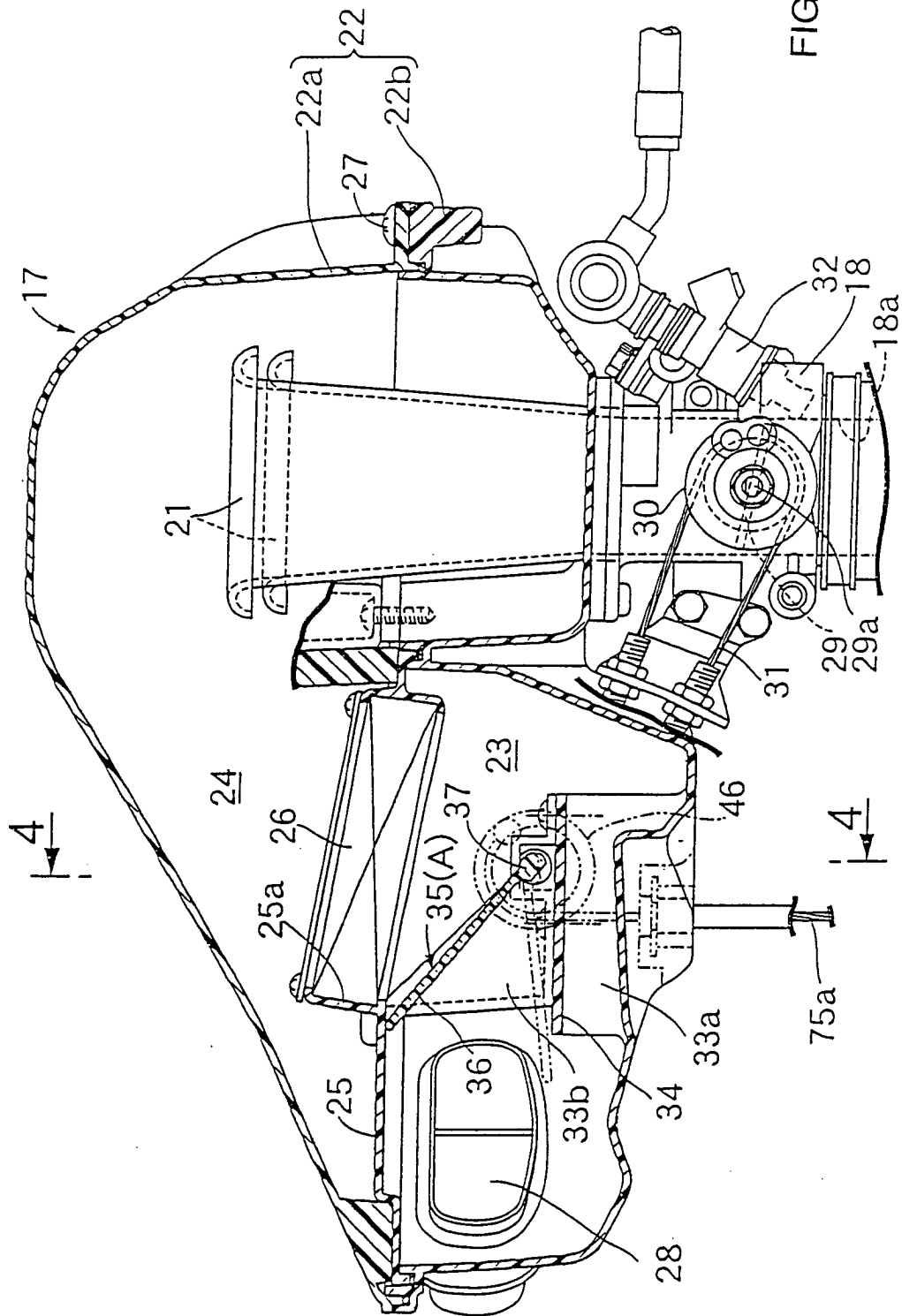
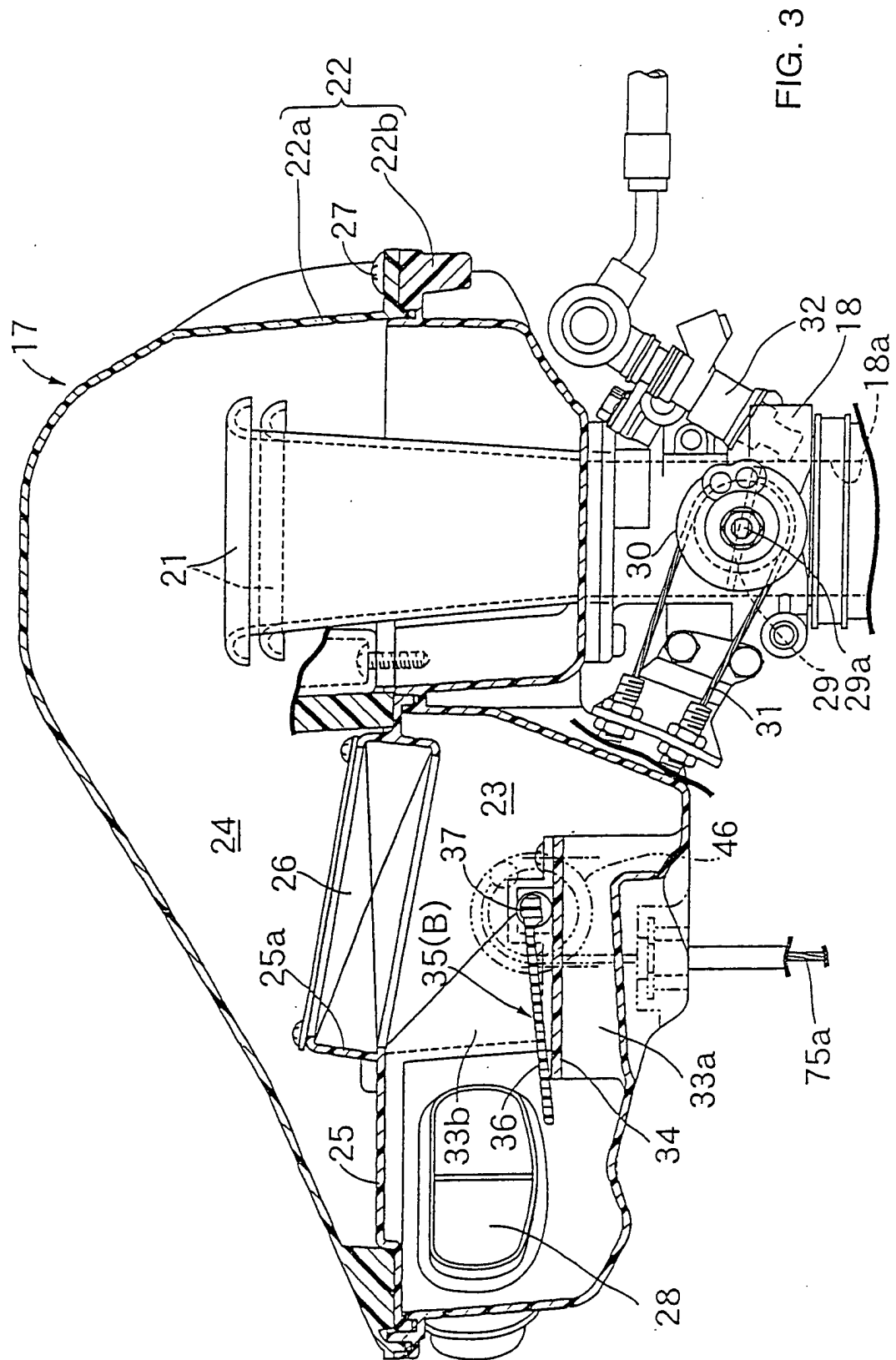


FIG. 2



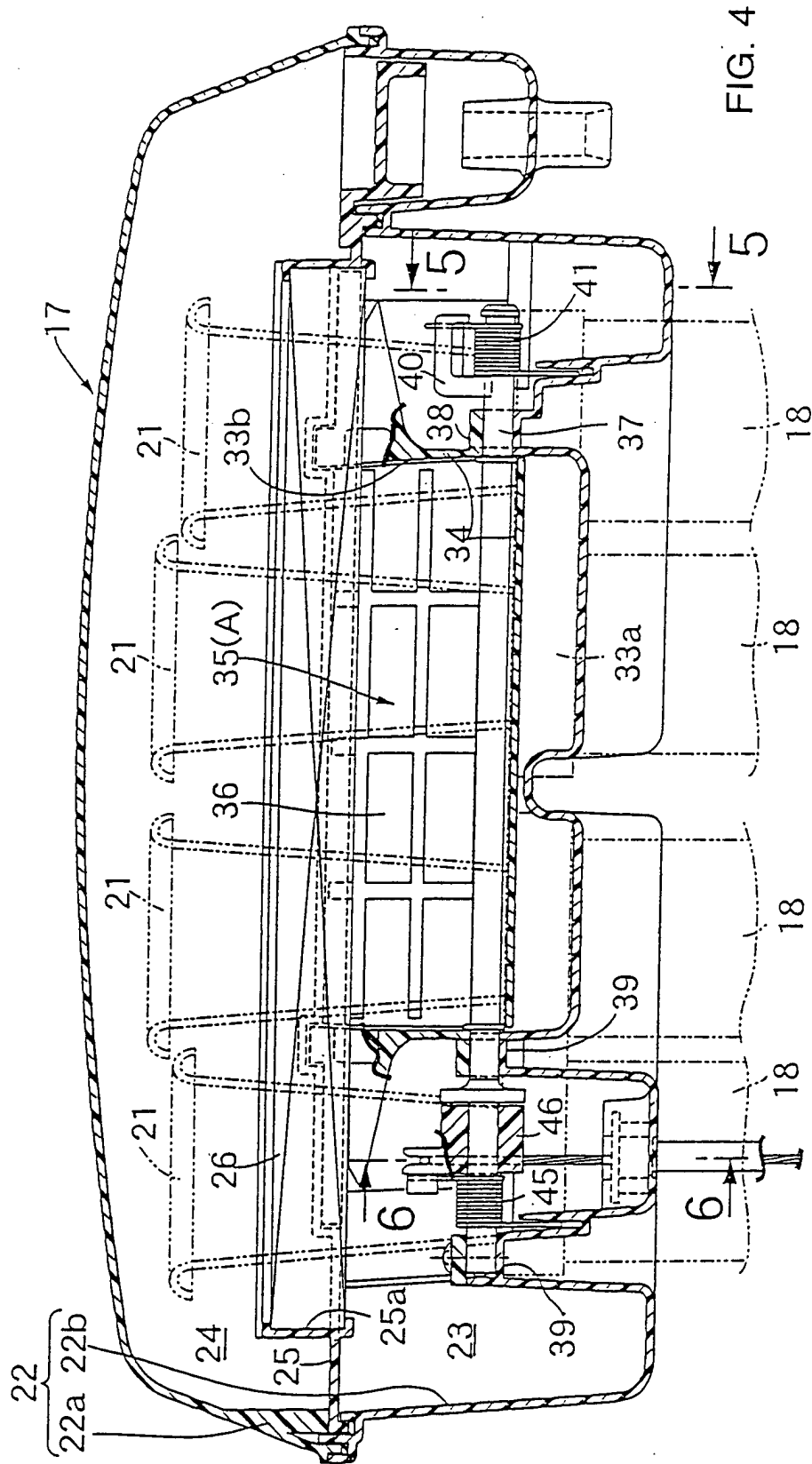
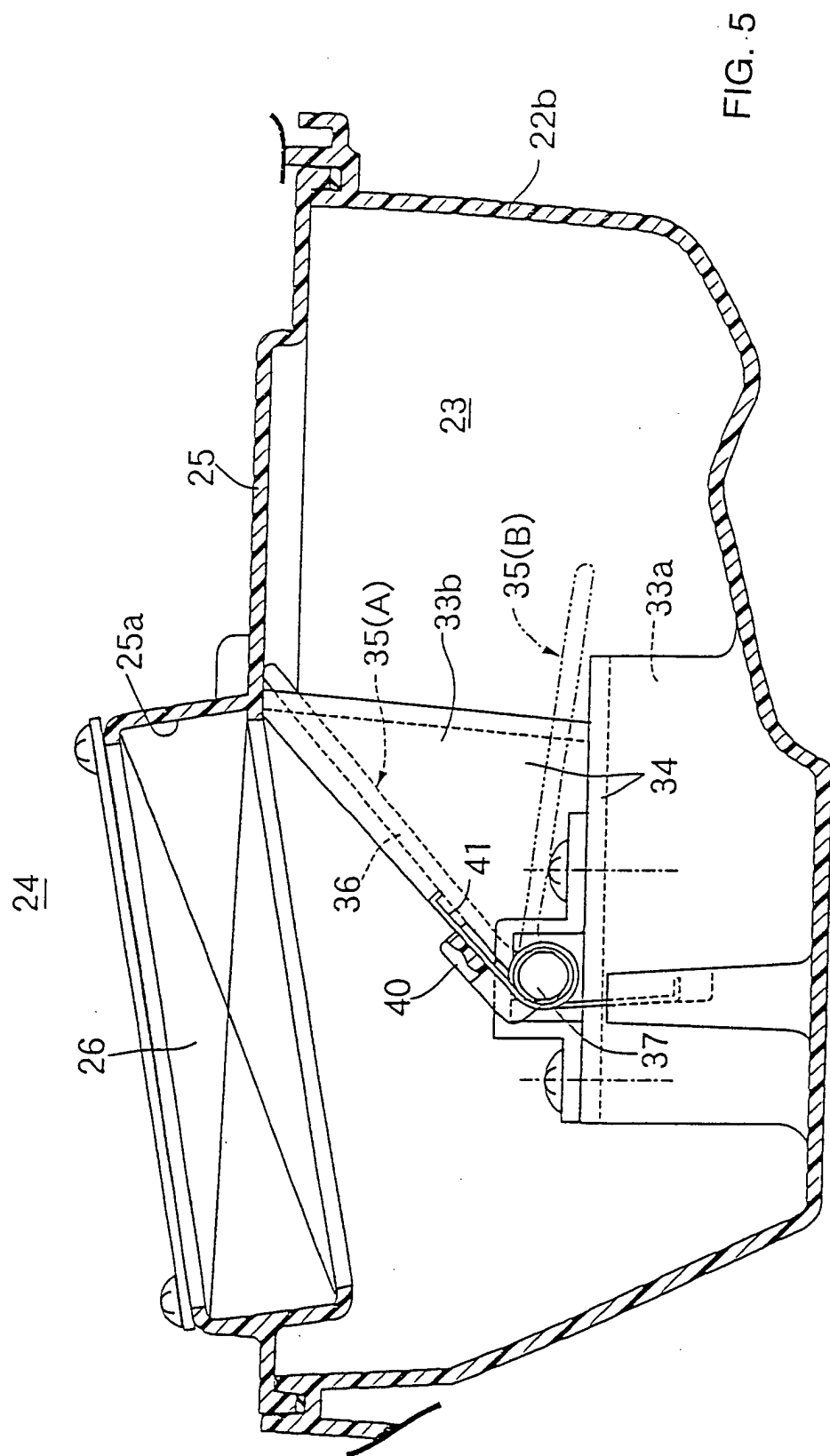


FIG. 4



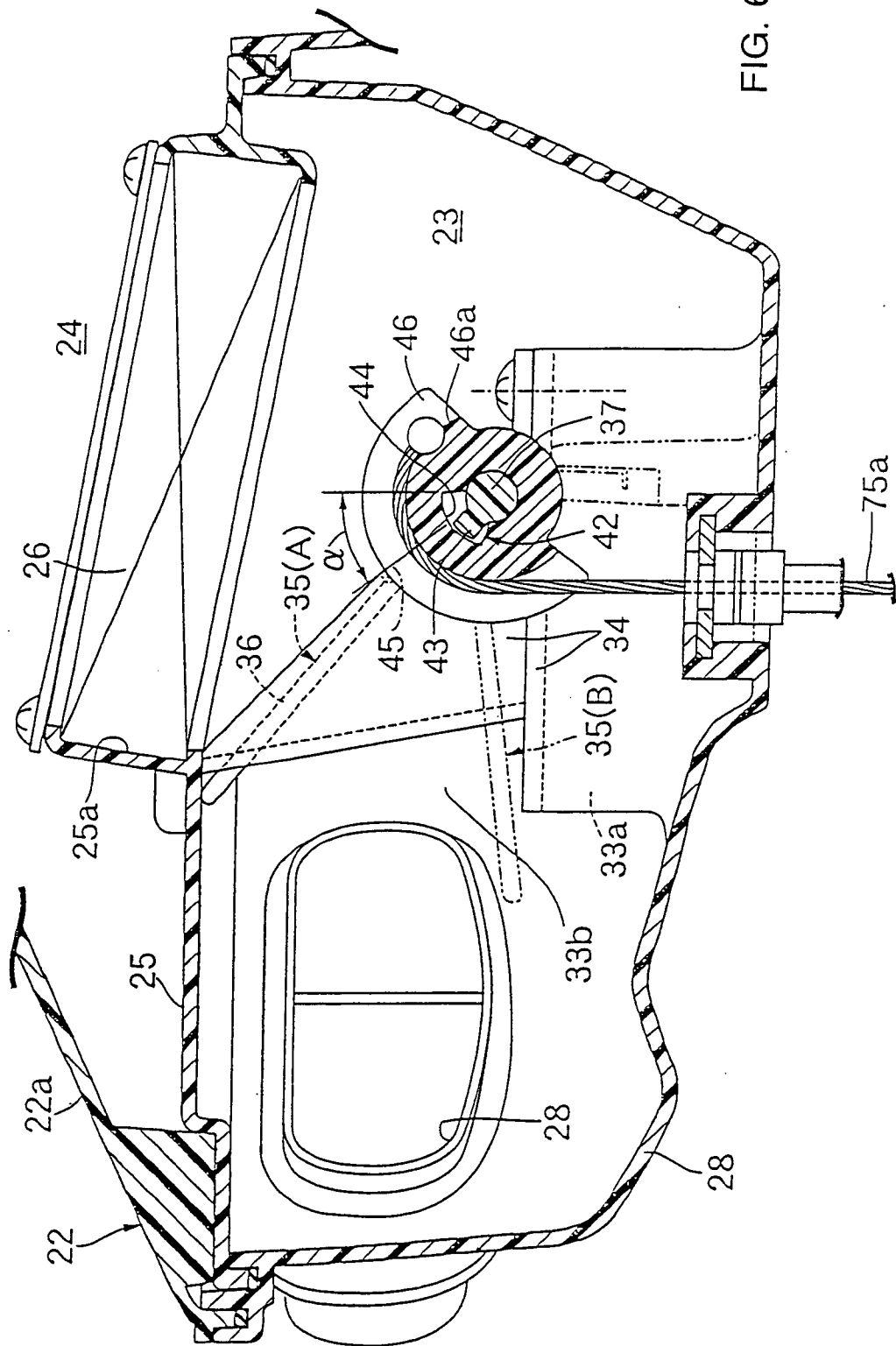
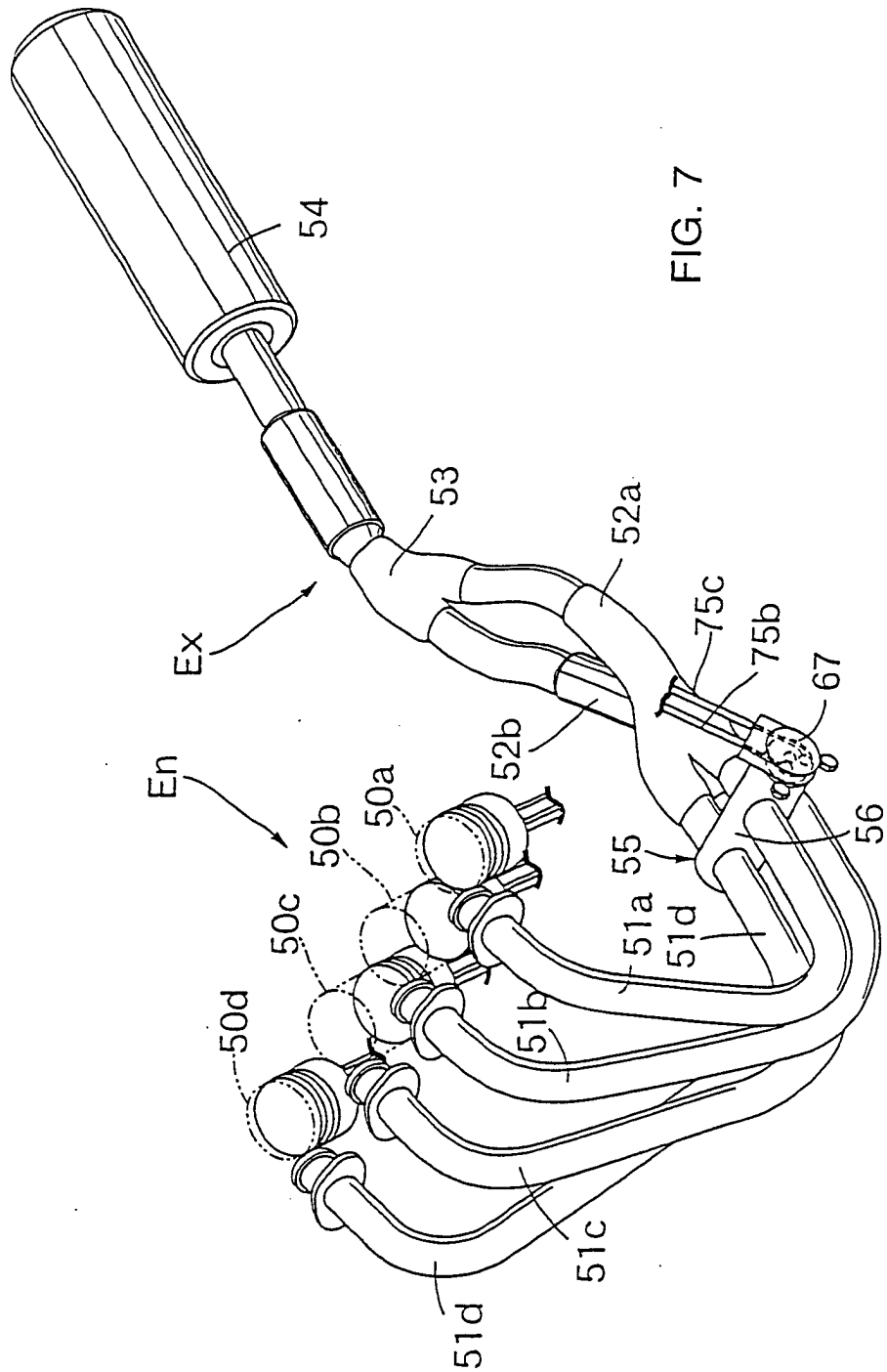


FIG. 6



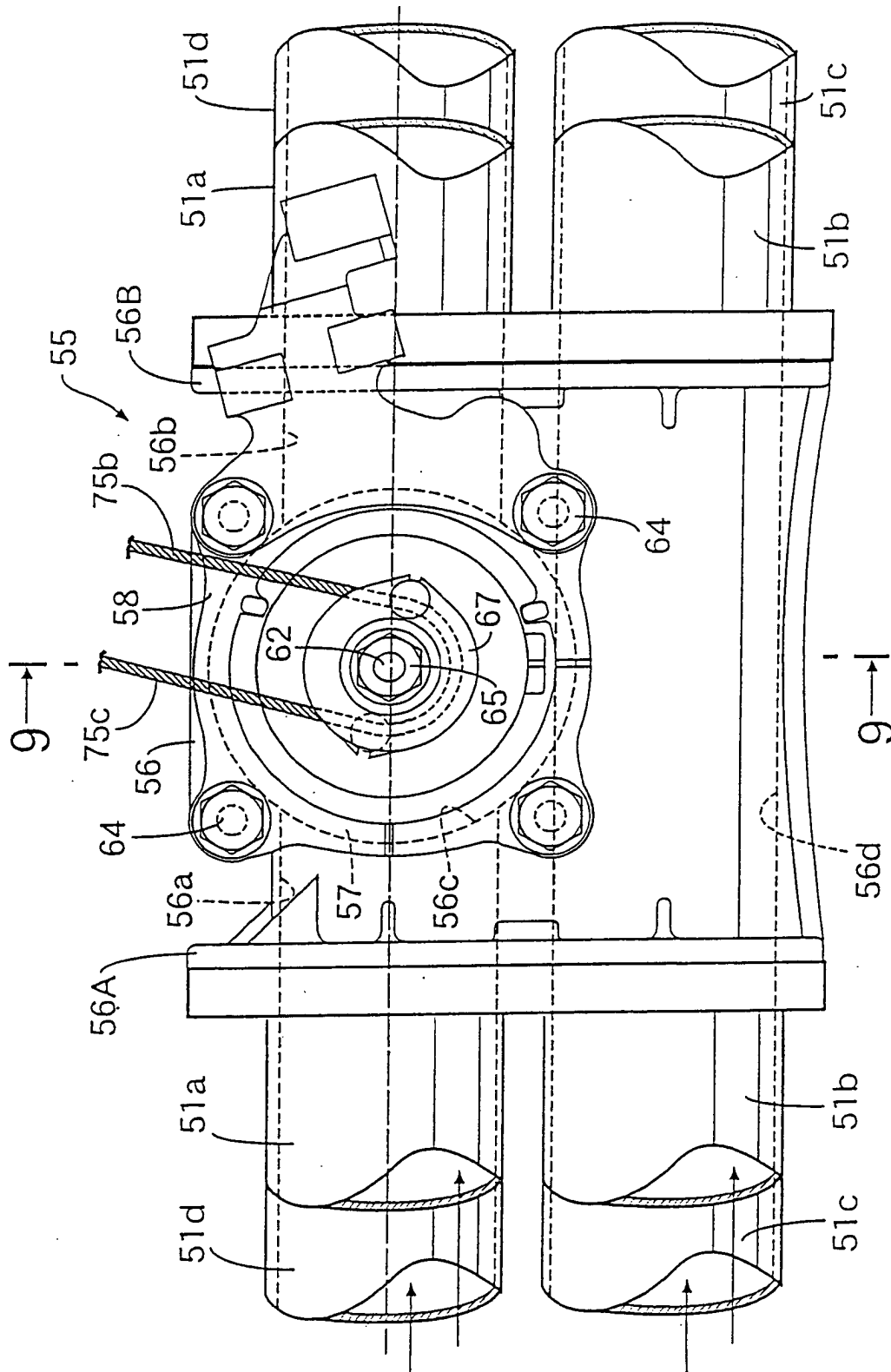


FIG. 8

NIEDERDREHZAHL-STEUERSTELLUNG C

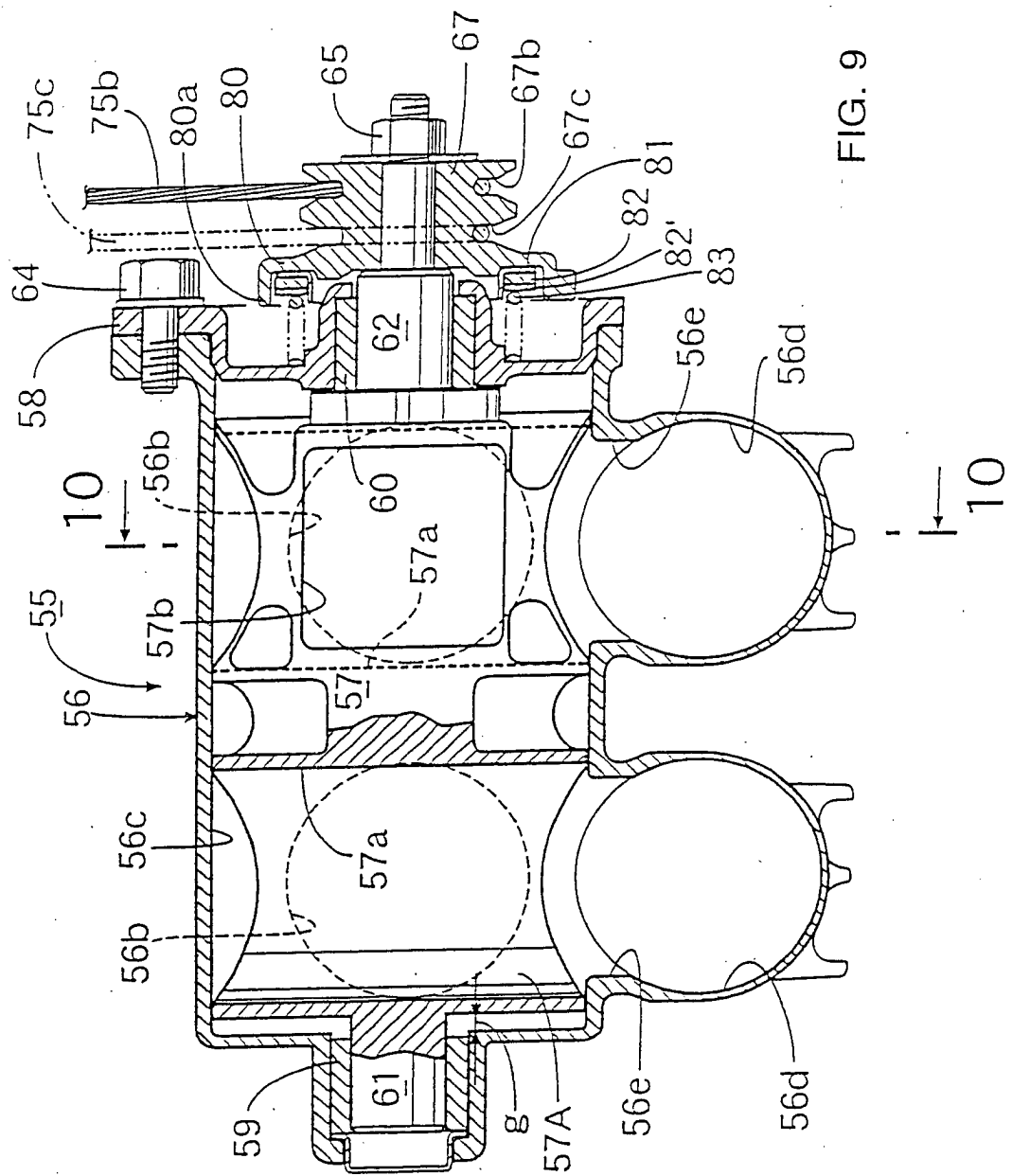


FIG. 9

NIEDERDREHZAHL-STEUERSTELLUNG C

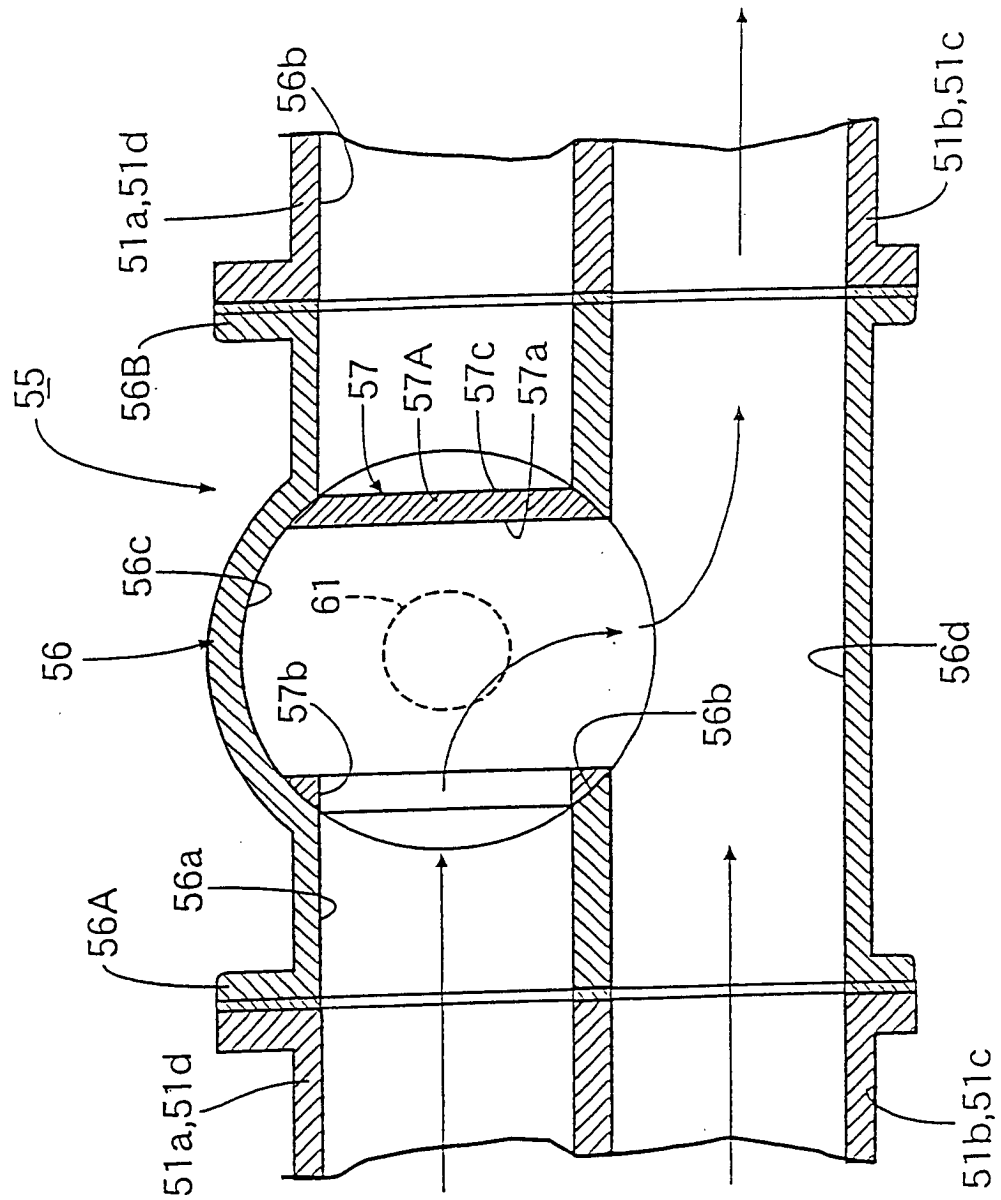


FIG. 10

MITTELDREHZAHL-STEUERSTELLUNG D

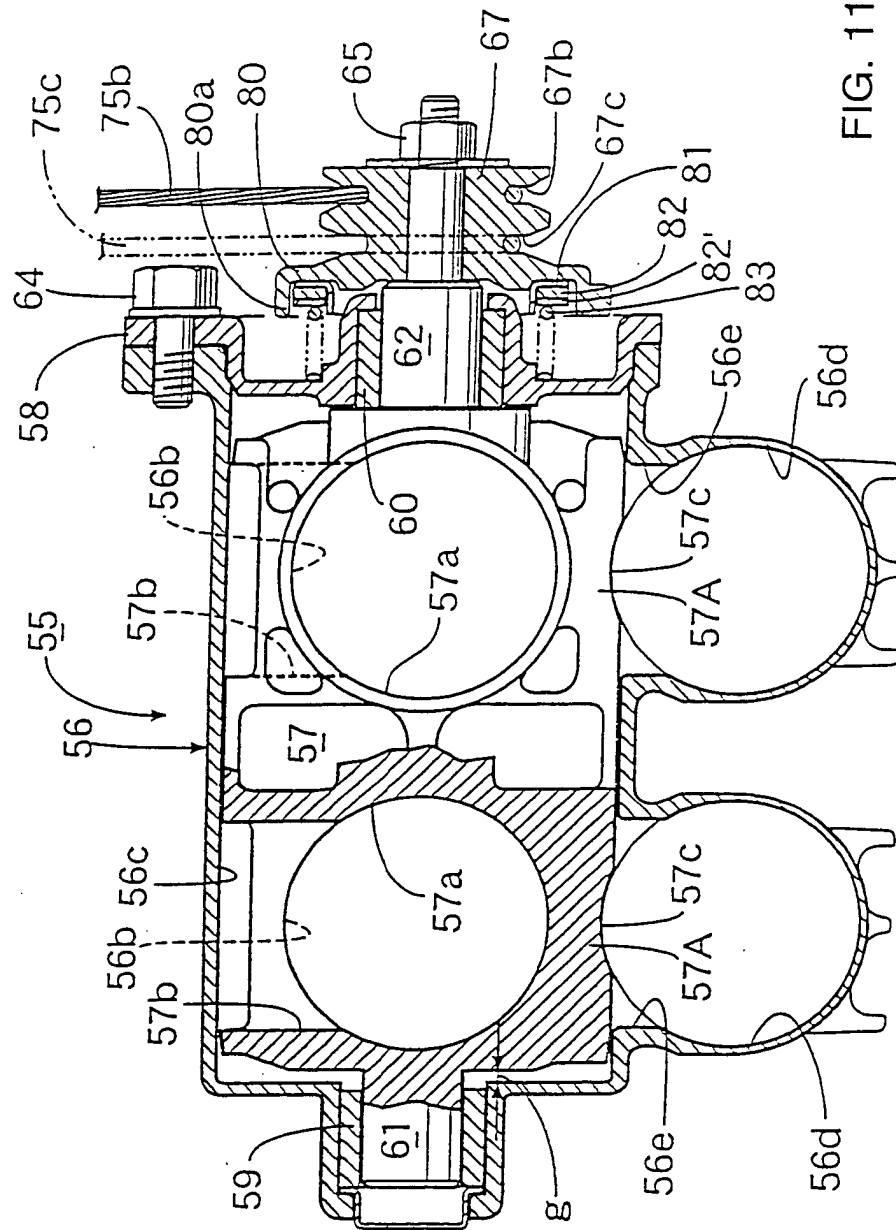


FIG. 11

# HOCHDREHZAHL-STEUERSTELLUNG E

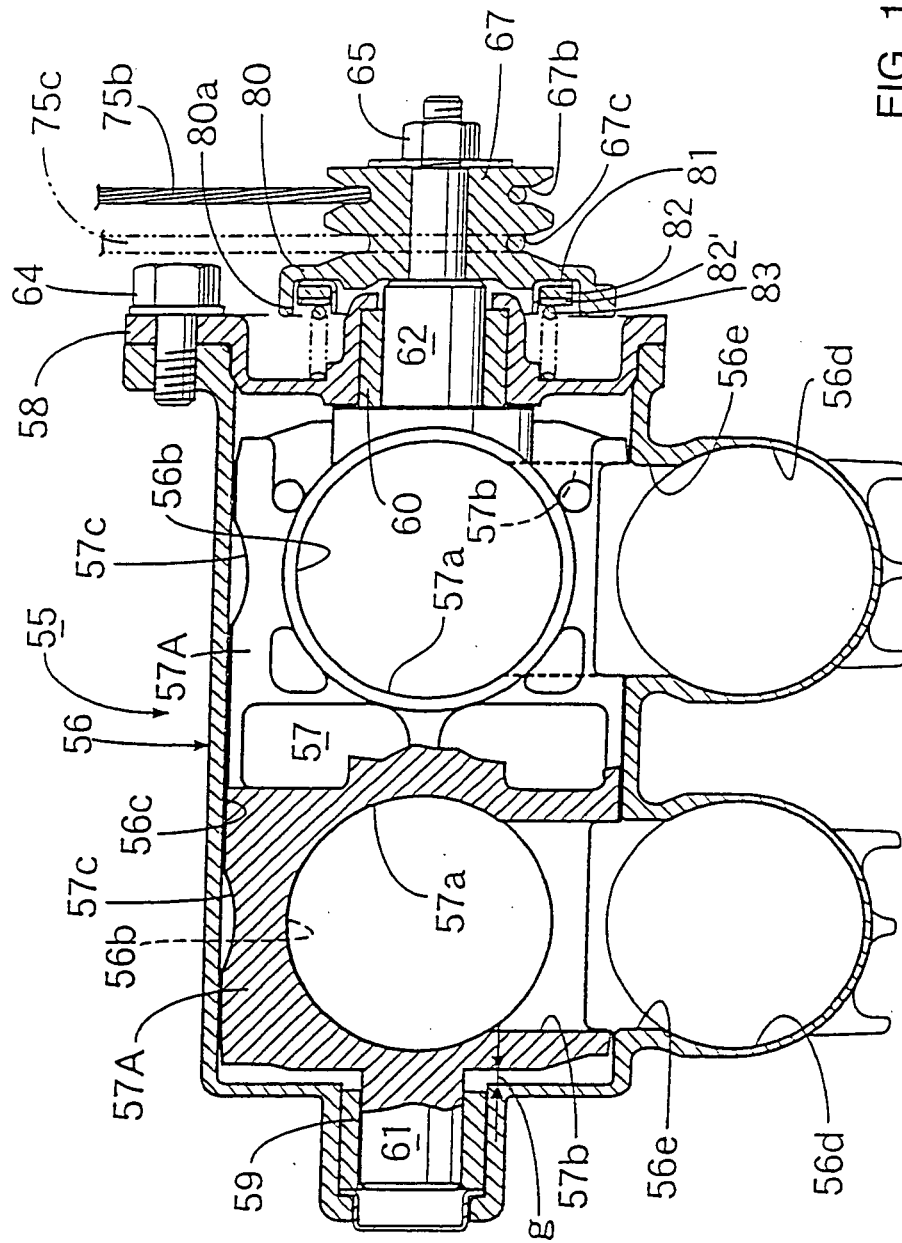


FIG. 12

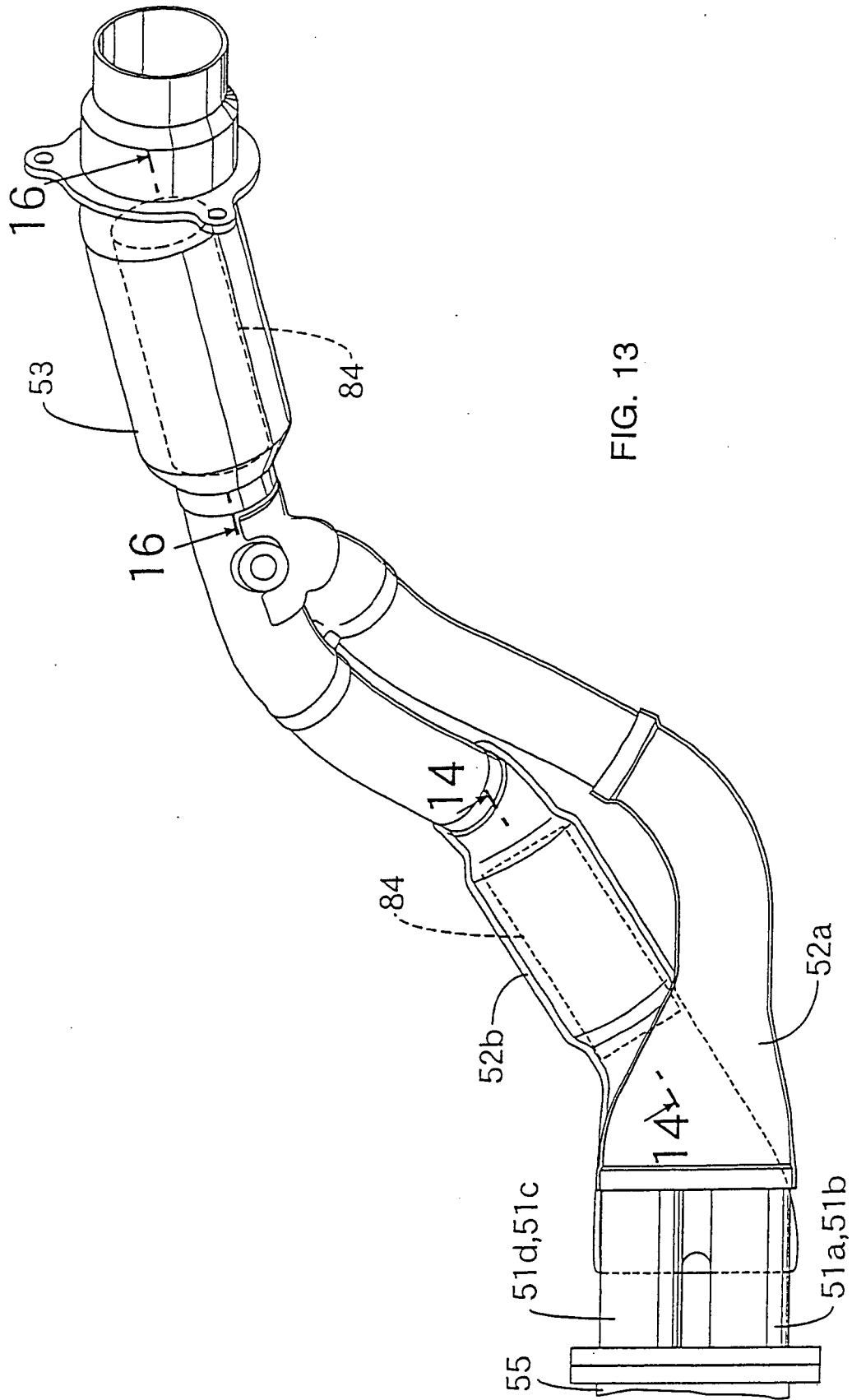


FIG. 13

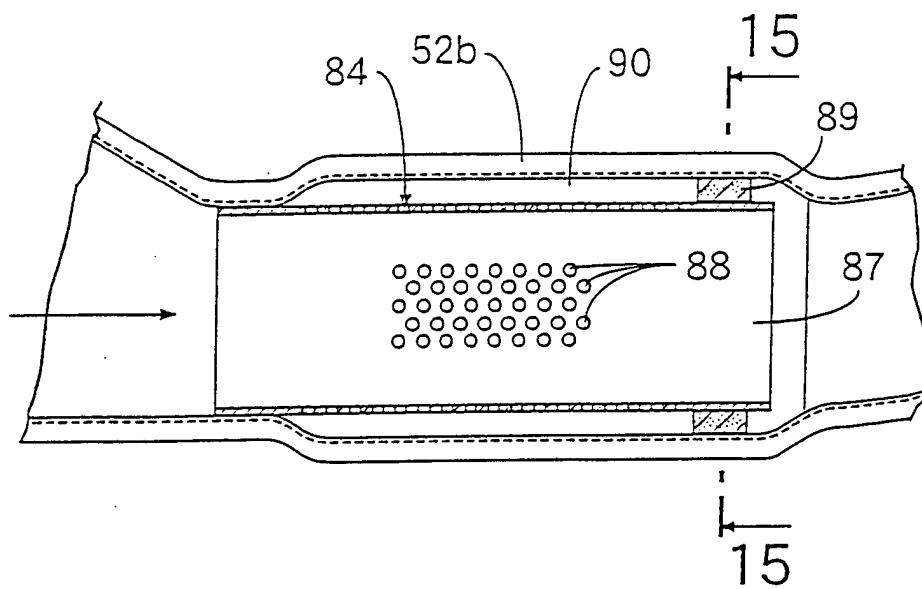


FIG. 14

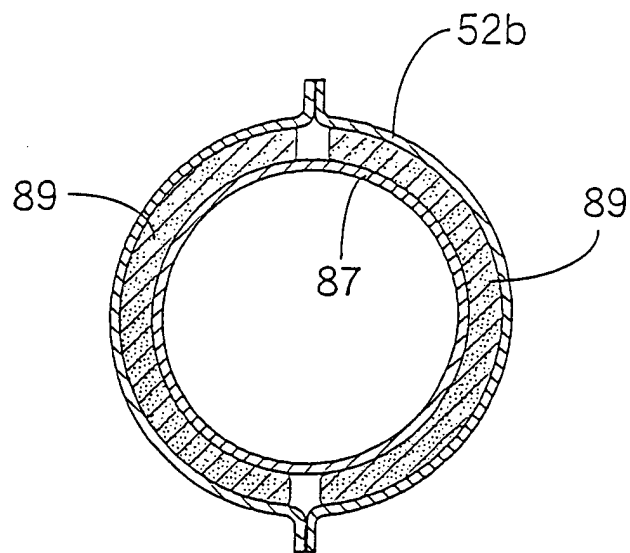


FIG. 15

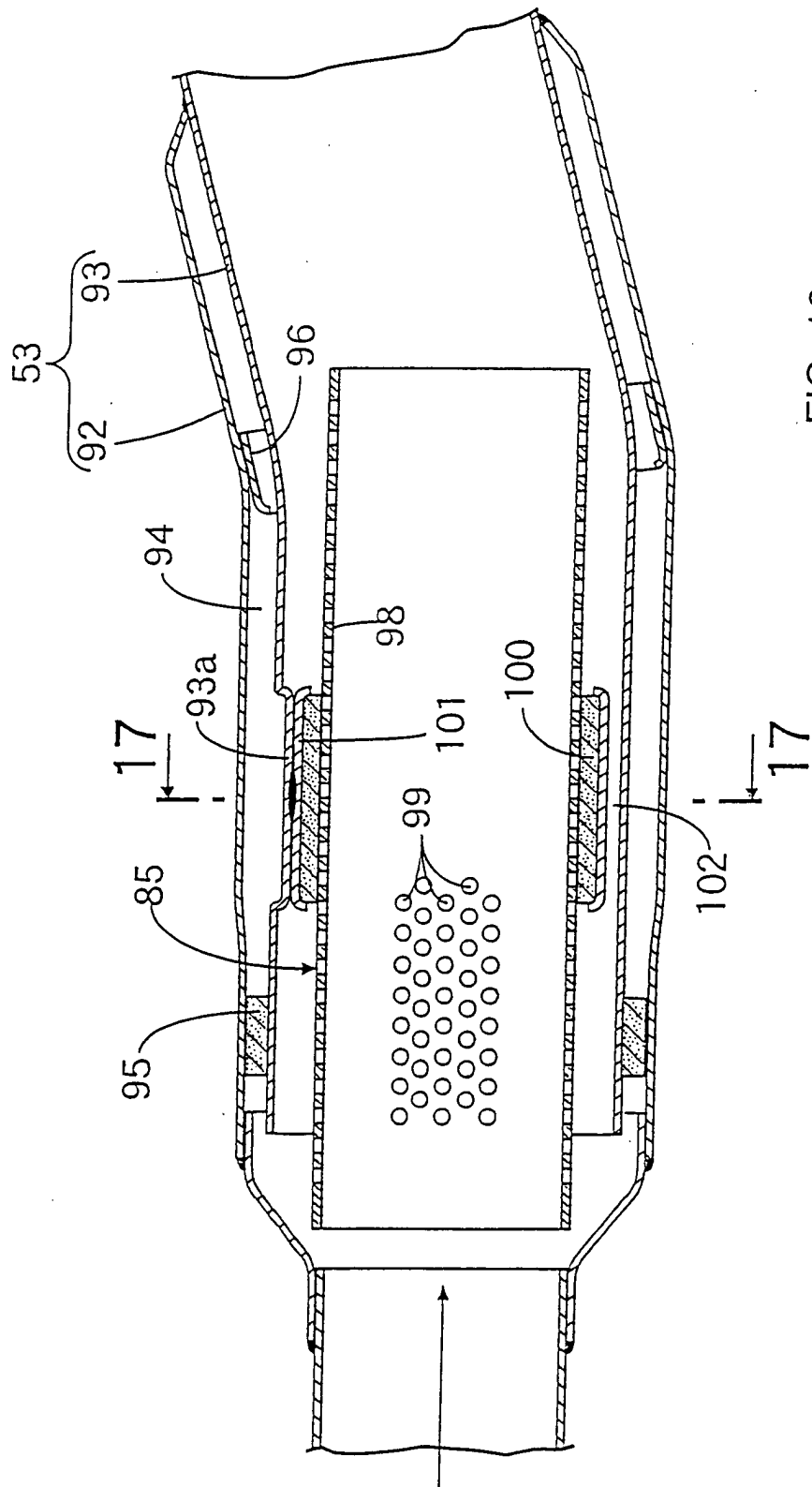


FIG. 16

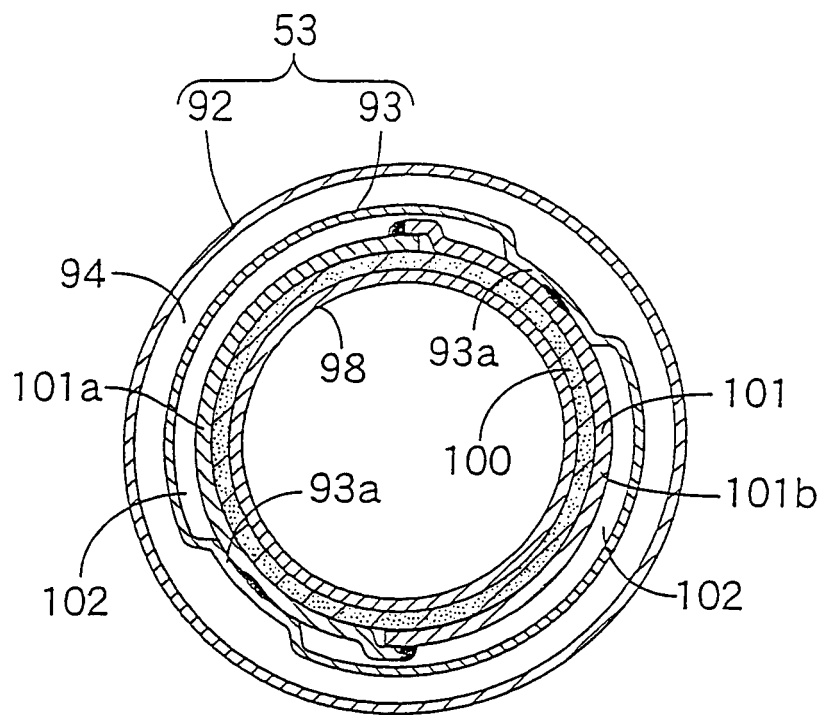


FIG. 17

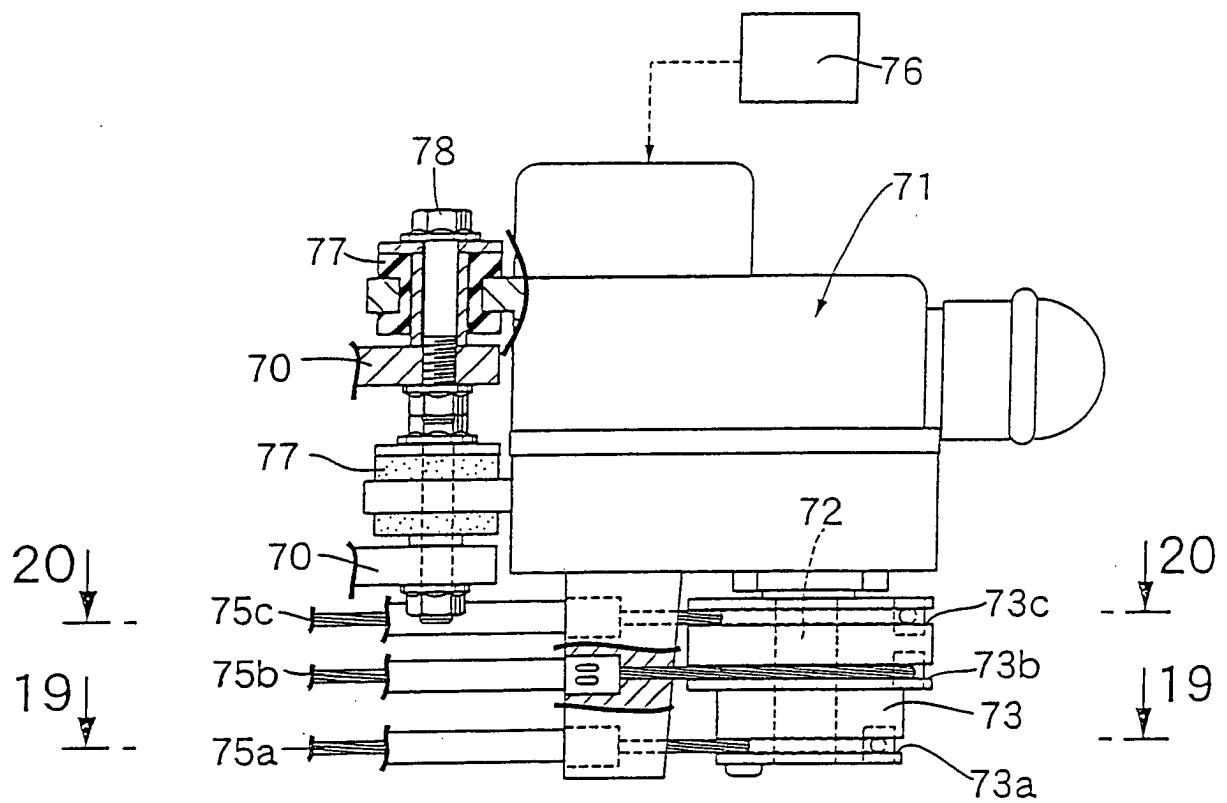


FIG. 18

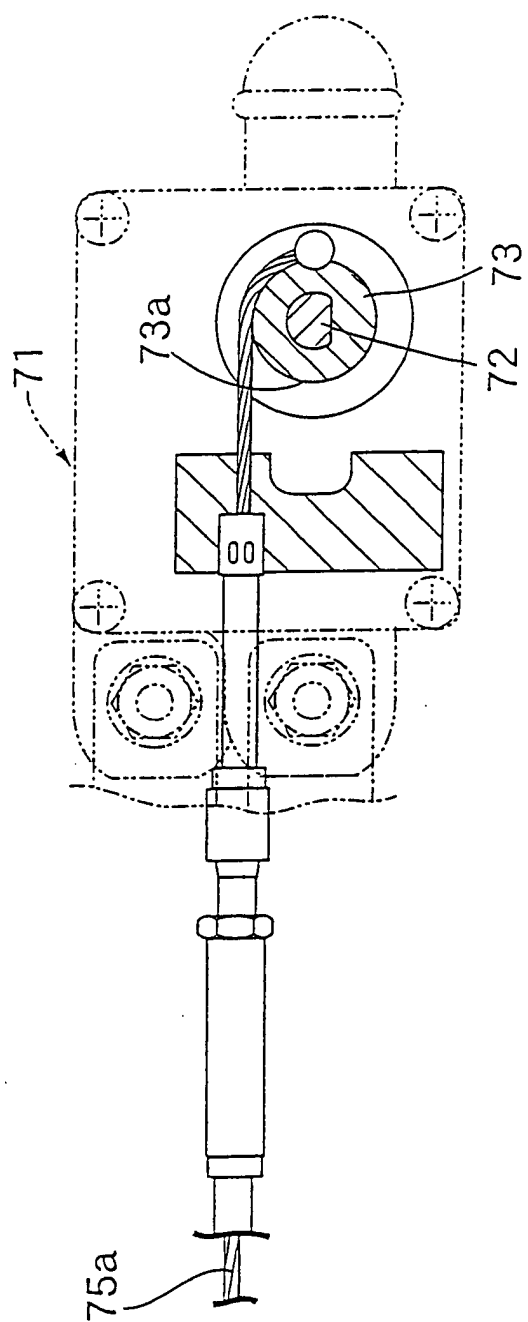


FIG. 19

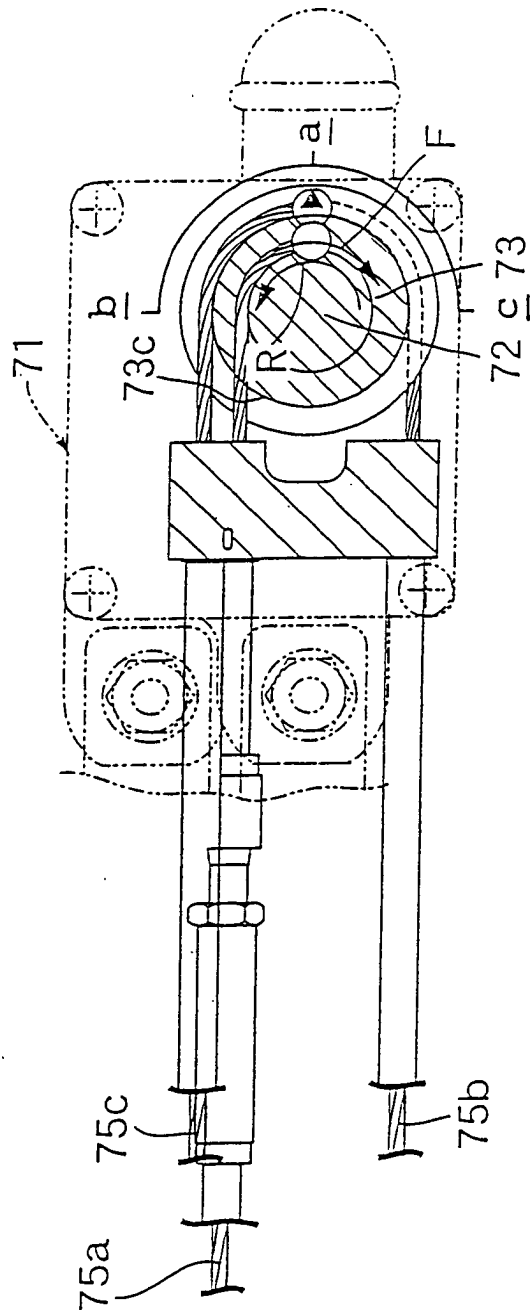


FIG. 20