



(10) **DE 11 2012 005 003 T5** 2014.08.14

(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2013/080521**
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2012 005 003.7**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2012/007606**
(86) PCT-Anmeldetag: **27.11.2012**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **06.06.2013**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **14.08.2014**

(51) Int Cl.: **F02D 13/02** (2006.01)
F01N 5/00 (2006.01)
F01N 13/02 (2010.01)
F01N 13/10 (2010.01)
F02B 27/04 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2011-260600 **29.11.2011** **JP**

(71) Anmelder:
Mazda Motor Corp., Hiroshima, JP

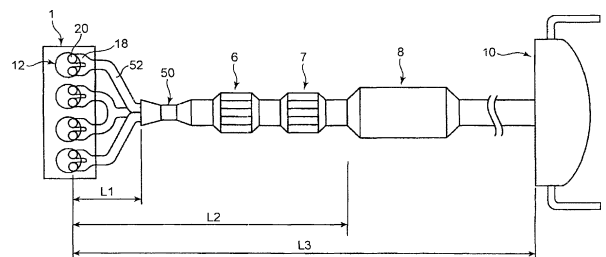
(74) Vertreter:
**Lorenz Seidler Gossel Rechtsanwälte
Patentanwälte Partnerschaft mbB, 80538,
München, DE**

(72) Erfinder:
**Matsumoto, Takamasa, c/o Mazda Motor
Corp., Hiroshima, JP; Nakamura, Mitsuo, c/o
Mazda Motor Corp., Hiroshima, JP; Soumiyou,
Nobuhiro, c/o Mazda Motor Corp., Hiroshima,
JP; Fujii, Mikihiro, c/o Mazda Motor Corporation,
Hiroshima, JP; Okazaki, Shunki, c/o Mazda
Motor Corporation, Hiroshima, JP; Wakabayashi,
Yoshito c/o Mazda Motor Corp., Hiroshima, JP**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Abgasvorrichtung für Mehrzylindermotor**

(57) Zusammenfassung: Eine Abgasvorrichtung umfasst eine Vielzahl von unabhängigen Abgaskanälen (52), die mit einer Abgasöffnung (18) von einem Zylinder (12) oder einer Vielzahl von Zylindern (12), die in der Abgasreihenfolge nicht sequentiell sind, verbunden ist, und ein Mischrohr (50), in welches Abgas, das die jeweiligen unabhängigen Abgaskanäle (52) passiert hat, einströmt. Die stromabwärtigen Enden der jeweiligen unabhängigen Abgaskanäle (52) sind in einer gebündelten Form mit dem stromaufwärtigen Ende des Mischrohrs (50) verbunden. Eine Hohlraumexpansionskammer (8) ist in einem Abgaskanal stromabwärts von Mischrohr (50) angeordnet. Die Hohlraumexpansionskammer (8) ist in einer Position (in einem Abstand L2) angeordnet, derart, dass in dem Zwischengeschwindigkeitsbereich, eine negative Druckwelle, die auf Grund einer Abgasdruckwelle erzeugt wird, die durch Öffnen eines Abgasventils (20) erzeugt wird, und die von der Hohlraumexpansionskammer (8) reflektiert wird, die Abgasöffnung (18) während eines Überlappzeitraums des Abgasventils (20) und eines Ansaugventils des Zylinders (12) erreicht.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Abgasvorrichtung für einen Mehrzylindermotor, der in einem Kraftfahrzeug oder dergleichen montiert ist.

Hintergrundtechnik

[0002] Gemeinhin wird die Entwicklung einer Abgasvorrichtung mit dem Ziel durchgeführt, das Drehmoment für Mehrzylindermotoren, die in ein Kraftfahrzeug oder dergleichen montiert sind, zu verbessern.

[0003] Beispielsweise offenbart Patentdokument 1 eine Technik, wobei Abgaskanäle von Zylindern, die in der Abgasreihenfolge nicht sequentiell sind, gebündelt und als ein spitz zulaufendes Abgasrohr zusammengeführt werden, und ein Ausstoßeffect in diesem verengten Teil bereitgestellt wird, um Abgaswechselwirkung zwischen den Zylindern zu verhindern.

Patentdokument 1: Japanische offengelegte Patentanmeldung Nr. H04-036023 (Seite 4, Seite 5, und Fig. 3)

Zusammenfassung der Erfindung

[0004] In einem Mehrzylindermotor ist das Verhindern eines Abfalls im volumetrischen Wirkungsgrad (η_V) in einem Zwischendrehzahlbereich (Zwischengeschwindigkeitsbereich) von beispielsweise 3000 bis 3500 U/min ein wichtiger Faktor bei der Verbesserung des Drehmoments über einen breiten Drehzahlbereich und beim Realisieren einer Ausweitung des Drehmomentbereichs.

[0005] Somit ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine die Abgasvorrichtung für einen Mehrzylindermotor bereitzustellen, der in der Lage ist, einen Abfall im volumetrischen Wirkungsgrad in einem Zwischengeschwindigkeitsbereich zu verhindern.

[0006] Als eine Lösung einer vorstehend beschriebenen Aufgabe ist die vorliegende Erfindung eine Abgasvorrichtung für einen Mehrzylindermotor, einschließlich einer Vielzahl von Zylindern, jeweils einschließlich einer Ansaugöffnung, einer Abgasöffnung, einem Ansaugventil, das in der Lage ist, die Ansaugöffnung zu öffnen und zu schließen, und einem Abgasventil, das in der Lage ist, die Abgasöffnung zu öffnen und zu schließen, wobei die Abgasvorrichtung eine Vielzahl von unabhängigen Abgaskanälen mit jeweils einem stromaufwärtigen Ende umfasst, das mit einer Abgasöffnung von einem Zylinder oder einer Vielzahl von Zylindern verbunden ist, die in der Abgasreihenfolge nicht sequentiell sind, und ein Mischrohr mit stromabwärtigen Enden der jeweiligen unabhängigen Abgaskanäle verbunden ist, und in die

Abgas, das die jeweiligen unabhängigen Abgaskanäle passiert hat, einströmt, die stromabwärtigen Enden der jeweiligen unabhängigen Abgaskanäle in einer gebündelten Form mit dem Mischrohr verbunden sind, eine Hohlraumexpansionskammer einschließlich eines Raumabschnitts, in dem ein Strömungspfad-Abschnittsbereich ausgeweitet ist, in einem Abgaskanal stromabwärts von dem Mischrohr angeordnet ist, ein Abstand von einer Sitzposition des Abgasventils in der Abgasöffnung von jedem Zylinder bis zu einem stromaufwärtigen Ende der Hohlraumexpansionskammer auf einen Abstand eingestellt ist, derart, dass in einem ersten Arbeitsbereich, einschließlich mindestens eines Zwischengeschwindigkeitsbereichs, in dem eine Motordrehzahl größer oder gleich ist wie eine erste im Voraus eingestellte Referenzdrehzahl und kleiner oder gleich einer zweiten Referenzdrehzahl ist, die höher ist als die erste Referenzdrehzahl, eine negative Druckwelle, die auf Grund einer Abgasdruckwelle erzeugt wird, die durch Öffnen des Abgasventils erzeugt wird, die Hohlraumexpansionskammer erreicht und von ihr reflektiert wird, und die negative Druckwelle die Abgasöffnung des Zylinders während eines Überlappzeitraums erreicht, in dem ein Öffnungszeitraum des Abgasventils und ein Öffnungszeitraum des Ansaugventils des Zylinder, dessen Abgasventil geöffnet wurde, sich für einen vorbestimmten Zeitraum überlappen, und eine Ventiltriebsvorrichtung zum Antreiben des Ansaugventils und des Abgasventils von jedem Zylinder bereitgestellt sind, so dass sich ein Öffnungszeitraum des Abgasventils und ein Öffnungszeitraum des Ansaugventils von jedem Zylinder für einen vorbestimmten Zeitraum überlappen und, für Zylinder, die in der Abgasreihenfolge sequentiell sind, sich das Abgasventil eines anschließenden Zylinders während des Überlappzeitraums eines vorherigen Zylinders in einem vorbestimmten Arbeitsbereich einschließlich mindestens des Nieder- und Zwischengeschwindigkeitsbereichs, in dem die Motordrehzahl kleiner oder gleich der zweiten Referenzdrehzahl ist, öffnet.

[0007] Die obigen und andere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung gehen aus der ausführlichen Bestreibung nachstehend und den Begleitzeichnungen hervor.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0008] Fig. 1 ist ein schematisches Konfigurationsdiagramm einer Abgasvorrichtung für einen Mehrzylindermotor nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0009] Fig. 2 ist eine vergrößerte Ansicht eines Hauptteils in Fig. 1.

[0010] Fig. 3 ist eine Seitenansicht eines Hauptteils in Fig. 2.

[0011] Fig. 4 ist eine Schnittansicht entlang der Linie IV-IV in Fig. 2.

[0012] Fig. 5 ist eine Schnittansicht entlang der Linie V-V in Fig. 2.

[0013] Fig. 6 ist ein erläuterndes Diagramm, in dem sich der Öffnungszeitraum eines Abgasventils und der Öffnungszeitraum eines Ansaugventils von jedem Zylinder des Motors für einen vorbestimmten Zeitraum überlappen.

[0014] Fig. 7 ist ein erläuterndes Diagramm des Öffnungszeitraums des Ansaug- und Abgasventils.

[0015] Fig. 8 ist ein Konfigurationsgesamt-diagramm eines Abgassystems des Motors.

[0016] Fig. 9 ist ein erläuterndes Diagramm eines Arbeitsbereichs des Motors.

[0017] Fig. 10 ist ein erläuterndes Diagramm einer Wirkung (Beziehung zwischen Motordrehzahl und Verbesserung im volumetrischen Wirkungsgrad) in der Ausführungsform.

[0018] Fig. 11 ist ein erläuterndes Diagramm und zeigt einen Zustand, wobei sich eine Druckwelle zwischen einem Zylinder und einem Vorschalldämpfer oder einem Hauptschalldämpfer umkehrt.

[0019] Fig. 12 ist ein Taktungsdiagramm und zeigt eine Änderung im Druck, der an einer Abgasöffnung des Zylinders erzeugt wird.

[0020] Fig. 13 ist ein erläuterndes Diagramm einer Wirkung (Einfluss einer reflektierten Welle aus dem Vorschalldämpfer oder Hauptschalldämpfer) in der Ausführungsform.

[0021] Fig. 14 ist ein erläuterndes Diagramm einer Wirkung (Verbesserung im volumetrischen Wirkungsgrad) in der Ausführungsform.

Art und Weise zur Durchführung der Erfindung

(1) Gesamtkonfiguration

[0022] Fig. 1 ist ein schematisches Konfigurationsdiagramm einer Abgasvorrichtung 100 für einen Mehrzylindermotor nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Fig. 2 ist eine vergrößerte Ansicht eines Hauptteils in Fig. 1. Fig. 3 ist eine Seitenansicht eines Hauptteils in Fig. 2 (wobei in der Zeichnung ein unabhängiger Abgaskanal 52b weggelassen wurde). Die Vorrichtung 100 umfasst einem Motorkörper 1 einschließlich eines Zylinderkopfs 9 und eines Zylinderblocks (nicht gezeigt), einer ECU 2 zur Motorsteuerung, eines Abgaskrümmers 5, der mit dem Motorkörper 1 verbunden ist, und einer kata-

lytischen Vorrichtung 6, die mit dem Abgaskrümmers 5 verbunden ist.

[0023] Inneren des Zylinderkopfs 9 und Zylinderblocks ist eine Vielzahl (vier in einem Beispiel der Zeichnung) von Zylindern 12 ausgebildet, die jeweils in einen Kolben eingepasst und eingeführt sind. In dieser Ausführungsform ist der Motorkörper 1 ein Vierzylindermotor. Im Inneren des Zylinderkopfs 9 und des Zylinderblocks sind vier Zylinder 12 in einem in Serie ausgerichteten Zustand gezeigt. Speziell sind ein erster Zylinder 12a, ein zweiter Zylinder 12b, ein dritter Zylinder 12c, und ein vierter Zylinder 12d in der Reihenfolge von rechts in Fig. 1 und Fig. 2 ausgebildet. In dem Zylinderkopf 9 ist jeweils eine Zündkerze 15 montiert, um zur Innenseite einer Segment-Verbrennungskammer über dem Kolben zu zeigen.

[0024] Der Motorkörper 1 ist ein Viertaktmotor. In den jeweiligen Zylindern 12a bis 12d, wie in Fig. 6 gezeigt, wird die Zündung durch die Zündkerzen 15 zu Zeitpunkten mit 1800 Intervallen in CA durchgeführt, und die jeweiligen Takte eines Ansaugtakts, Kompressionstakts, Expansionstakts und Abgastakts werden zu Zeitpunkten mit 180°-Intervallen in CA durchgeführt. In dieser Ausführungsform wird die Zündung in der Reihenfolge des ersten Zylinders 12a, des dritten Zylinders 12c, des vierten Zylinders 12d, und des zweiten Zylinders 12b durchgeführt, und die jeweiligen Takte werden in dieser Reihenfolge durchgeführt.

[0025] Der Zylinderkopf 9 ist mit zwei Ansaugöffnungen 17 und zwei Abgasöffnungen 18, die sich jeweils zur Verbrennungskammer hin öffnen, bereitgestellt. Die Ansaugöffnung 17 ist zum Einleiten von Ansaugluft in jeden Zylinder 12 gedacht. Die Abgasöffnung 18 ist zum Ableiten von Abgas aus dem Inneren von jedem Zylinder 12 gedacht. Die jeweiligen Ansaugöffnungen 17 sind mit einem Ansaugventil 19 zum Bewirken der Kommunikation oder Nichtkommunikation zwischen der Ansaugöffnung 17 und dem Inneren des Zylinders 12 durch Öffnen oder Schließen der Ansaugöffnungen 17 bereitgestellt. Die jeweiligen Abgasöffnungen 18 sind mit einem Abgasventil 20 zum Bewirken der Kommunikation oder Nichtkommunikation zwischen der Abgasöffnung 18 und dem Inneren des Zylinders 12 durch Öffnen oder Schließen der Abgasöffnungen 18 bereitgestellt. Das Ansaugventil 19 öffnet oder schließt die Ansaugöffnung 17 zu einem vorbestimmten Zeitpunkt dadurch, dass sie durch einen Ansaugventil-Antriebsmechanismus (eine Ventil-Antriebsvorrichtung) 30 angetrieben wird. Das Abgasventil 20 öffnet oder schließt die Abgasöffnung 18 zu einem vorbestimmten Zeitpunkt dadurch, dass sie durch einen Abgasventil-Antriebsmechanismus (eine Ventil-Antriebsvorrichtung) 40 angetrieben wird.

[0026] Der Ansaugventil-Antriebsmechanismus **30** umfasst eine mit dem Ansaugventil **19** und einer Ansaug-VVT (Nockenwellenverstellung) **32** gekoppelte Ansaugwelle **31**. Die Ansaugwelle **31** ist an eine Kurbelwelle mit einem Energieübertragungsmechanismus dazwischen, wie ein bekannter Ketten- oder Ritzelmechanismus, zur Drehung zusammen mit der Drehung der Kurbelwelle und zum Antrieb des Ansaugventils **19** zum Öffnen oder Schließen gekoppelt. Die Ansaug-VVT **32** ist zur Änderung einer Ventiltaktung des Ansaugventils **19**.

[0027] Die Ansaug-VVT **32** ändert eine Phasendifferenz zwischen der Ansaugwelle **31** und einer vorbestimmten angetriebenen Welle, die coaxial mit der Ansaugwelle **31** angeordnet ist und direkt von der Kurbelwelle angetrieben wird. Demnach wird durch Ändern einer Phasendifferenz zwischen der Kurbelwelle und der Ansaugwelle **31** die Ventiltaktung des Ansaugventils **19** geändert. Beispiele der speziellen Konfiguration der Ansaug-VVT **32** umfassen einen Flüssigkeitsdruckmechanismus, der eine Vielzahl von Flüssigkeitskammern umfasst, die in Umfangsrichtung zwischen der angetriebenen Welle und der Ansaugwelle **31** ausgerichtet sind und die Phasendifferenz durch Bereitstellen einer Druckdifferenz zwischen den Flüssigkeitskammern ändert, oder einen elektromagnetischen Mechanismus, wobei ein Elektromagnet zwischen der angetriebenen Welle und der Ansaugwelle **31** angeordnet ist, um die Phasendifferenz durch Bereitstellen von elektrischer Energie für den Elektromagneten zu ändern. Die Ansaug-VVT **32** ändert die Phasendifferenz, die auf einer mit der ECU **2** berechneten Ziel-Ventiltaktung des Ansaugventils **19** beruht.

[0028] Die Ansaugöffnungen **17** der jeweiligen Zylinder **12** sind mit jeweils einem Ansaugkanal **3** verbunden. Die stromaufwärtigen Enden der jeweiligen Ansaugkanäle **3** sind mit jeweils einem Ausgleichstank **3a** verbunden.

[0029] Der Abgasventil-Antriebsmechanismus **40** hat eine Konfiguration entsprechend dem Ansaugventil-Antriebsmechanismus **30**. D. h. der Abgasventil-Antriebsmechanismus **40** umfasst eine Abgas-Nockenwelle **41**, die mit dem Abgasventil **20** und der Kurbelwelle gekoppelt ist, und eine Abgas-VVT **42**, die die Ventiltaktung des Abgasventils **20** durch Ändern einer Phasendifferenz der Abgas-Nockenwelle **41** und der Kurbelwelle ändert. Die Abgas-VVT **42** ändert die Phasendifferenz, die auf einer mit der ECU **2** berechneten Ziel-Ventiltaktung des Abgasventils **20** beruht. In Übereinstimmung mit der Phasendifferenz dreht sich die Abgas-Nockenwelle **41** zusammen mit der Drehung der Kurbelwelle, um das Abgasventil **20** zum Öffnen und Schließen bei der Ziel-Ventiltaktung anzutreiben.

[0030] In dieser Ausführungsform ändert die Ansaug-VVT **32** bzw. Abgas-VVT **42** die Öffnungszeit (Öffnungsstartzeit gezeigt in **Fig. 7**) und die Schließzeit des Ansaugventils **19** und des Abgasventils **20**, während jeweils der Öffnungszeitraum und der Anhebebetrag, d. h. das Ventilprofil, von Ansaugventil **19** und Abgasventil **20** soll konstant gehalten werden.

[0031] In dieser Ausführungsform bezieht sich die Öffnungszeit (Öffnungsstartzeit) bzw. die Schließzeit des Ansaugventils **19** bzw. des Abgasventils **20** auf die Öffnungsstartzeit und die Schließvorgang-Beendigungszeit in dem Fall, wobei ein Intervall, ausschließlich eines Abschnitts (Anstiegsabschnitt) mit einer schwachen Steigung der Ventilanhebung in der Nähe des Öffnens und des Schließens des Ventils, als Öffnungszeitraum angenommen wird, wie in **Fig. 7** gezeigt. Beispielsweise ist in dem Fall, wobei die Höhe des Anstiegsabschnitts 0,4 mm beträgt, die Zeit, bei der eine Zunahme bzw. die Zeit, bei der eine Abnahme der Ventilanhebung auf 0,4 mm erfolgt, die Öffnungszeit bzw. die Schließzeit.

(2) Konfiguration des Abgassystems

[0032] Der Abgaskrümmter **5** umfasst in der Reihenfolge von der stromaufwärtigen Seite drei unabhängige Abgaskanäle **52** und ein Mischrohr **50**, das mit dem stromabwärtigen Ende von jedem unabhängigen Abgaskanal **52** verbunden ist und in das Abgas, das jeden unabhängigen Abgaskanal **52** passiert hat, einströmt. Das Mischrohr **50** umfasst, auf der Achse davon und in der Reihenfolge von der stromaufwärtigen Seite aus, einen konvergierenden Abschnitt **56**, in dem der Strömungspfad-Abschnittsbereich zur stromabwärtigen Seite hin abnimmt, einen geraden Abschnitt **57**, der sich zur stromabwärtigen Seite hin erstreckt, wobei der Strömungspfad-Abschnittsbereich am stromabwärtigen Ende des konvergierenden Abschnitts **56** (Strömungspfad-Minimalabschnittsbereich des Mischrohrs **50**) beibehalten wird, und einen Diffusorabschnitt **58**, in dem der Strömungspfad-Abschnittsbereich zur stromabwärtigen Seite hin zunimmt.

[0033] Die jeweiligen unabhängigen Abgaskanäle **52** sind am stromaufwärtigen Ende mit der Abgasöffnung **18** der jeweiligen Zylinder **12** verbunden. Speziell sind in den Zylindern **12** die Abgasöffnung **18** des ersten Zylinders **12a** und die Abgasöffnung **18** des vierten Zylinders **12d** getrennt mit den stromaufwärtigen Enden der jeweils entsprechenden unabhängigen Abgaskanäle **52a** und **52d** verbunden. Die Abgasöffnung **18** des zweiten Zylinders **12b** und die Abgasöffnung **18** des dritten Zylinders **12c**, deren Abgastakte nicht nebeneinander liegen und deren Abgasreihenfolge nicht sequentiell ist, sind mit dem stromaufwärtigen Ende des einen gemeinsamen unabhängigen Abgaskanals **52b** zur Vereinfachung der Struktur verbunden. Im Einzelnen ist der unabhän-

gige Abgaskanal **52b** mit der Abgasöffnung **18** des zweiten Zylinders **12b** verbunden, und die Abgasöffnung **18** des dritten Zylinders **12c** teilt sich auf der stromaufwärtigen Seite davon in zwei Kanäle, die Abgasöffnung **18** des zweiten Zylinders **12b** ist mit dem stromaufwärtigen Ende des einen verbunden, und die Abgasöffnung **18** des dritten Zylinders **12c** ist mit dem stromaufwärtigen Ende des anderen verbunden.

[0034] In dieser Ausführungsform erstreckt sich der unabhängige Abgaskanal **52b** entsprechend dem zweiten Zylinder **12b** und dem dritten Zylinder **12c** zwischen den Zylindern **12b** und **12c**, d. h. in einer Position, die ungefähr zum Mittelteil des Motorkörpers **1** in Richtung des konvergierenden Abschnitts **56** des Mischrohrs **50** weist. Die unabhängigen Abgaskanäle **52a** bzw. **52d** entsprechend dem ersten Zylinder **12a** und dem vierten Zylinder **12d** erstrecken sich, während sie von einer Position aus gekrümmt sind, die zu den jeweiligen Zylindern **12a** und **12d** weist, in Richtung des konvergierenden Abschnitts **56** des Mischrohrs **50**.

[0035] Die unabhängigen Abgaskanäle **52a**, **52b**, und **52d** sind unabhängig voneinander. Abgas, das aus dem ersten Zylinder **12a** abgegeben wird, Abgas, das aus dem zweiten Zylinder **12b** oder dem dritten Zylinder **12c** abgegeben wird, und Abgas, das aus dem vierten Zylinder **12d** abgegeben wird, passiert die jeweiligen unabhängigen Abgaskanäle **52a**, **52b**, und **52d** unabhängig voneinander und wird zur stromabwärtigen Seite hin abgegeben. Abgas, das die jeweiligen unabhängigen Abgaskanäle **52a**, **52b**, und **52d** passiert hat, strömt in den konvergierenden Abschnitt **56** des Mischrohrs **50**.

[0036] Der konvergierende Abschnitt **56** und die jeweiligen unabhängigen Abgaskanäle **52** haben eine Form, derart, dass zusammen mit dem Abgas, das mit hoher Geschwindigkeit aus jedem unabhängigen Abgaskanal **52** hineingeblasen wird, und dem Abgas, das in den konvergierenden Abschnitt **56** mit hoher Geschwindigkeit einströmt, negativer Druck in einem anderen angrenzenden unabhängigen Abgaskanal **52** und der Abgasöffnung **18**, die mit diesem unabhängigen Abgaskanal **52** auf Grund einer negativen Druckwirkung kommuniziert, d. h. eine Ausstoßwirkung in dem Mischrohr **50**, erzeugt wird, die um das Abgas mit hoher Geschwindigkeit herum auftritt, und das Abgas in der Abgasöffnung **18** zur stromabwärtigen Seite hin abgesaugt wird.

[0037] Speziell hat der konvergierende Abschnitt **56** eine Form, wobei der Strömungspfad-Abschnittsbereich in Richtung der stromabwärtigen Seite abnimmt, so dass Abgas, das aus den jeweiligen unabhängigen Abgaskanälen **52** abgegeben wird, zur stromabwärtigen Seite strömt, während eine hohe Geschwindigkeit beibehalten wird. In dieser Ausführungsform ist der Strömungspfad-Abschnittsbereich

auf der stromabwärtigen Seite des konvergierenden Abschnitts **56** so eingestellt, dass er kleiner ist als die Gesamtheit des Strömungspfad-Abschnittsbereichs am stromabwärtigen Enden der jeweiligen unabhängigen Abgaskanäle **52**, um die Abgasgeschwindigkeit weiter zu erhöhen. In dieser Ausführungsform hat der konvergierende Abschnitt **56** eine Form eines umgekehrten runden Kegelstumpfes (Trichterform), bei der der Durchmesser in Richtung der stromabwärtigen Seite abnimmt.

[0038] Dadurch ist der Strömungspfad-Abschnittsbereich auf der stromabwärtigen Seite kleiner als der Strömungspfad-Abschnittsbereich auf der stromaufwärtigen Seite in dem konvergierenden Abschnitt **56** und dem geraden Abschnitt **57**. Daher durchströmt das Abgas den konvergierenden Abschnitt **56** und den geraden Abschnitt **57** mit hoher Geschwindigkeit. Beim Hindurchströmen nimmt das Abgas in Druck und Temperatur ab. Daher ist die Wärmeableitung nach außen des Abgases in dem konvergierenden Abschnitt **56** und dem geraden Abschnitt **57** reduziert. Abgas, das den geraden Abschnitt **57** durchströmt hat, strömt in den Diffusorabschnitt **58** ein, in dem der Strömungspfad-Abschnittsbereich in stromabwärtiger Richtung zunimmt. Demnach werden in dem Abgas Druck und Temperatur wieder hergestellt, und es wird mit der katalytischen Vorrichtung **6** auf der stromabwärtigen Seite abgegeben, während eine hohe Temperatur beibehalten wird.

[0039] Die katalytische Vorrichtung **6** ist eine Vorrichtung zum Reinigen von aus dem Motorkörper **1** abgegebenem Abgas. Die katalytische Vorrichtung **6** umfasst einen Katalysatorkörper (Katalysatorträger) **64** und ein Katalysatorgehäuse **62**, das den Katalysatorkörper **64** beherbergt. Das Katalysatorgehäuse **62** hat eine in etwa zylindrische Form, die sich parallel zur Verteilungsrichtung des Abgases erstreckt. Der Katalysatorkörper **64** dient der Reinigung gefährlicher Substanzen im Abgas und hat eine Dreizegkatalysator-Funktion unter dem Einfluss des theoretischen Kraftstoffverhältnisses. Der Katalysatorkörper **64** enthält beispielsweise einen Dreizeg-Katalysator.

[0040] Der Katalysatorkörper **64** ist in einem Teil mit erhöhtem Durchmesser in der Mitte des Katalysatorgehäuses **62** in Abgasverteilungsrichtung beherbergt. Am stromaufwärtigen Ende des Katalysatorgehäuses **62** ist ein vorbestimmter Raum ausgebildet. Das stromabwärtige Ende des Diffusorabschnitts **58** des Mischrohrs **50** ist mit dem stromaufwärtigen Ende des Katalysatorgehäuses **62** verbunden. Abgas, das von dem Diffusorabschnitt **58** abgegeben wird, strömt in das stromaufwärtige Ende des Katalysatorgehäuses **62** ein und fließt dann weiter zur Katalysatorkörper **64**-Seite.

[0041] Wie vorstehend beschrieben, wird Abgas bei hoher Temperatur aus dem Diffusorabschnitt **58** des Mischrohrs **50** zur stromabwärtigen Seite abgegeben. Dadurch dass die katalytische Vorrichtung **6** direkt mit dem mit dem Mischrohr **50** verbunden ist, strömt daher Abgas bei relativ hoher Temperatur in die katalytische Vorrichtung **6** ein. Demnach wird der Katalysatorkörper **64** zu einem frühen Zeitpunkt aktiviert, und der aktive Zustand des Katalysatorkörpers **64** wird zuverlässig beibehalten. Die katalytische Vorrichtung **6** wird als „direkter Katalysator“ bezeichnet.

[0042] Ein stromabwärtiger Abschnitt der jeweiligen unabhängigen Abgaskanäle **52** hat eine Form, in der der Strömungspfad-Abschnittsbereich davon in stromabwärtiger Richtung abnimmt, so dass Abgas mit hoher Geschwindigkeit aus jedem unabhängigen Abgaskanal **52** in den konvergierenden Abschnitt **56** hineingeblasen wird. In dieser Ausführungsform, wie in **Fig. 4** gezeigt, nimmt jeder unabhängige Abgaskanal **52** in einem Bereichsabschnitt davon in stromabwärtiger Richtung eines Stromaufwärtsseitenabschnitts (virtuelle Linie) mit einem in etwa ellip-tisch geformten Flächenabschnitt ab. Das stromabwärtige Ende davon hat eine Propellerform, in der der Flächenabschnitt (Strömungspfad-Abschnittsbereich) etwa ein Drittel der Fläche des elliptisch geformten Oberflächenabschnitts im Stromaufwärtsseitenabschnitt beträgt. Wie in **Fig. 5** gezeigt, konvergieren die jeweiligen propellerförmigen stromabwärtigen Enden der unabhängigen Abgaskanäle **52** und sind mit dem stromaufwärtigen Ende des konvergierenden Abschnitts **56** verbunden, so dass sie nebeneinanderliegen und einen in etwa runden Flächenabschnitt als ein Ganzes bilden (siehe **Fig. 1** und **Fig. 2**).

[0043] D. h. die Abschnittsformen an den stromabwärtigen Enden der jeweiligen unabhängigen Abgaskanäle **52** in einer Richtung senkrecht zur Achse des Mischrohrs **50** sind in etwa in Propellerform ausgebildet, die zueinander identisch sind (siehe **Fig. 4** und **Fig. 5**), die stromabwärtigen Enden der jeweiligen unabhängigen Abgaskanäle **52** sind mit dem stromaufwärtigen Ende des konvergierenden Abschnitts **56** des Mischrohrs **50** in einem Zustand verbunden, wobei die stromabwärtigen Enden der jeweiligen unabhängigen Abgaskanäle **52** so gebündelt sind, dass die Propellerformen unter Bildung eines ungefähren Kreises konvergieren.

[0044] Wie in **Fig. 8** gezeigt, ist eine zweite katalytische Vorrichtung **7** stromabwärts von dem direkten Katalysator **6** angeordnet. Auf ähnliche Weise wie bei dem direkten Katalysator **6** ist die zweite katalytische Vorrichtung **7** eine Vorrichtung zur Reinigung von Abgas, das aus dem Motorkörper **1** abgegeben wird. Obwohl im Einzelnen nicht gezeigt, umfasst die katalytische Vorrichtung **7** auch einen Katalysatorkörper (Katalysatorträger), der einen Dreiwege-Katalysator enthält, und ein Katalysatorgehäuse, das den Kataly-

satorkörper beherbergt. Das Katalysatorgehäuse hat eine in etwa zylindrische Form, die sich parallel zur Verteilungsrichtung des Abgases erstreckt. Die katalytische Vorrichtung **7** wird als „Bodenkatalysator“ bezeichnet.

(3) Merkmal dieser Ausführungsform

[0045] Wie in **Fig. 8** gezeigt, ist ein Vorschalldämpfer **8** stromabwärts vom Bodenkatalysator **7** angeordnet. Der Vorschalldämpfer **8** weist eine Struktur mit einem Raumabschnitt darin auf, in dem der Strömungspfad-Abschnittsbereich erweitert (d. h. eine Hohlraumexpansionskammer) ist. In dieser Ausführungsform ist das Volumen eines Innenraumabschnitts des Vorschalldämpfers **8** so eingestellt, dass es ein Volumen ist, das größer ist als das Volumen eines Innenraumabschnitts eines mittleren Durchmesser-vergrößerten Teils des Katalysatorgehäuses **62** des direkten Katalysators **6** oder das Volumen eines Innenraumabschnitts in einem mittleren Durchmesser-vergrößerten Teil des Katalysatorgehäuses des Bodenkatalysators **7**.

[0046] Wie in **Fig. 8** gezeigt, ist ein Hauptschalldämpfer **10** stromabwärts von dem Vorschalldämpfer **8** angeordnet. Der Hauptschalldämpfer **10** ist in einem Abgassystem in einem letzten Abschnitt angeordnet. Der Hauptschalldämpfer **10** weist eine Struktur mit einem Raumabschnitt darin auf, in dem der Strömungspfad-Abschnittsbereich vergrößert ist. In dieser Ausführungsform ist das Volumen eines Innenraumabschnitts des Hauptschalldämpfers **10** so eingestellt, dass es ein Volumen ist, das größer ist als das Volumen des Innenraumabschnitts des Vorschalldämpfers **8**, das Volumen des Innenraumabschnitts des mittleren Durchmesser-vergrößerten Teils im Katalysatorgehäuse **62** des direkten Katalysators **6** oder das Volumen des Innenraumabschnitts im mittleren Durchmesser-vergrößerten Teil des Katalysatorgehäuses des Bodenkatalysators **7**.

[0047] D. h. das Katalysatorgehäuse der katalytischen Vorrichtungen **6** und **7** ist in einem Abgaskanal stromabwärts von dem Mischrohr **50** angeordnet, der Vorschalldämpfer **8** ist in einem Abgaskanal stromabwärts von dem Katalysatorgehäuse angeordnet, und der Hauptschalldämpfer **10** ist in einem Abgaskanal stromabwärts von Vorschalldämpfer **8** angeordnet.

[0048] In dieser Ausführungsform ist, wie es aus **Fig. 8** hervorgeht, das Katalysatorgehäuse der katalytischen Vorrichtungen **6** und **7**, die den Katalysatorträger beherbergen, in dem Abgaskanal stromabwärts von Mischrohr **50** angeordnet, der Vorschalldämpfer **8** ist in einem Abgaskanal stromabwärts von dem Katalysatorgehäuse angeordnet, und eine Zunahmerate A des Strömungspfad-Abschnittsbereichs des Vorschalldämpfers **8** bezüglich des Strömungspfad-Abschnittsbereichs eines Abgaskanals,

der mit der stromaufwärtigen Seite des Vorschalldämpfers **8** verbunden ist, und eine Zunahmerate B des Strömungspfad-Abschnittsbereichs des Katalysatorgehäuses bezüglich des Strömungspfad-Abschnittsbereichs des Abgaskanals, der mit der stromaufwärtigen Seite des Katalysatorgehäuses verbunden ist, sind so eingestellt, dass $A > B$.

[0049] Die Zunahmerate A ist als der Strömungspfad-Abschnittsbereich des Vorschalldämpfers **8** über den Strömungspfad-Abschnittsbereich des Abgaskanals ausgedrückt, der mit der stromaufwärtigen Seite des Vorschalldämpfers **8** verbunden ist, und die Zunahmerate B ist als der Strömungspfad-Abschnittsbereich des Katalysatorgehäuses über den Strömungspfad-Abschnittsbereich des Abgaskanals ausgedrückt, der mit der stromaufwärtigen Seite des Katalysatorgehäuses verbunden ist.

[0050] In dieser Ausführungsform ist ein Abstand L1 von der Sitzposition (Öffnung, wobei die Abgasöffnung **18** zum Zylinder **12** weist) des Abgasventils **20** in der Abgasöffnung **18** eines jedem Zylinders **12** mit dem stromabwärtigen Ende von jedem unabhängigen Abgaskanal **12** (stromaufwärtiges Ende des konvergierenden Abschnitts **56** des Mischrohrs **50**) so eingestellt, dass er kleiner oder gleich 500 mm, vorzugsweise kleiner oder gleich 400 mm, und stärker bevorzugt kleiner oder gleich 300 mm ist.

[0051] In dieser Ausführungsform ist ein Abstand L2 von der Sitzposition des Abgasventils **20** in der Abgasöffnung **18** von jedem Zylinder **12** zum stromaufwärtigen Ende des Vorschalldämpfers **8** so eingestellt, dass er 1600 mm bis 2000 mm, vorzugsweise etwa 1800 mm beträgt.

[0052] In dieser Ausführungsform ist ein Abstand L3 von der Sitzposition des Abgasventils **20** in der Abgasöffnung **18** von jedem Zylinder **12** zum stromaufwärtigen Ende des Hauptschalldämpfers **10** so eingestellt, dass er 3800 mm bis 4200 mm, vorzugsweise etwa 4000 mm beträgt.

[0053] In dieser Ausführungsform ist der Vorschalldämpfer **8** mit dem Raumabschnitt, in dem der Strömungspfad-Abschnittsbereich vergrößert ist, in dem Abgaskanal stromabwärts von Mischrohr **50** angeordnet, und der Hauptschalldämpfer **10** mit dem Raumabschnitt, in dem der Strömungspfad-Abschnittsbereich vergrößert ist, ist etwa aus folgendem Grund in dem Abgaskanal stromabwärts von Vorschalldämpfer **8** angeordnet.

[0054] Als erstes ist in dieser Ausführungsform, wie in **Fig. 9** gezeigt, die Einstellung so, dass ein Bereich, in dem die Motordrehzahl größer oder gleich einer im Voraus eingestellten ersten Referenzdrehzahl Ne1 und kleiner oder gleich einer im Voraus eingestellten zweiten Referenzdrehzahl Ne2 ist, um grö-

ßer als die erste Referenzdrehzahl Ne1 zu sein, ein erster Arbeitsbereich (i) ist, ein Bereich, in dem die Motordrehzahl kleiner ist als die erste Referenzdrehzahl Ne1 ein zweiter Arbeitsbereich (ii) ist, und ein Bereich, in dem die Motordrehzahl die zweite Referenzdrehzahl Ne2 übersteigt, ein dritter Arbeitsbereich (iii) ist.

[0055] Die erste Referenzdrehzahl Ne1 beträgt beispielsweise 2500 U/min bis 3000 U/min, und die zweite Referenzdrehzahl Ne2 beträgt beispielsweise 3500 U/min bis 4000 U/min. Der erste Arbeitsbereich (i) ist ein Zwischengeschwindigkeitsbereich, der zweite Arbeitsbereich (ii) ist ein Niedriggeschwindigkeitsbereich, und der dritte Arbeitsbereich (iii) ist ein Hochgeschwindigkeitsbereich. Weiterhin ist ein vierter Arbeitsbereich (iv), in dem die Motordrehzahl beispielsweise geringer ist als 1200 U/min, ein extrem niedriger Geschwindigkeitsbereich.

[0056] In dem Niedriggeschwindigkeitsbereich (ii) und dem Zwischengeschwindigkeitsbereich (i), wie in **Fig. 6** gezeigt, ist die Einstellung so, dass der Öffnungszeitraum des Abgasventils **20** und der Öffnungszeitraum des Ansaugventils **19** der jeweiligen Zylinder **12** mit einem oberen Totpunkt (TDC) dazwischen überlappen, und während eines Überlappzeitraums T_O/L von einem Zylinder (vorheriger Zylinder) **12** der Zylinder **12**, die in der Abgasreihenfolge sequentiell sind, sich das Abgasventil **20** des anderen Zylinders (nachfolgender Zylinder) **12** zu öffnen beginnt. Speziell, wie in **Fig. 6** gezeigt, ist die Einstellung so, dass sich das Abgasventil **20** des dritten Zylinders **12** während eines Zeitraums des Überlappens des Abgasventils **20** und des Ansaugventils **19** des ersten Zylinders **12a** öffnet, sich das Abgasventil **20** des vierten Zylinders **12d** während eines Zeitraums des Überlappens des Abgasventils **20** öffnet und das Ansaugventil **19** des dritten Zylinders **12c**, das Abgasventil **20** des zweiten Zylinders **12b** sich während eines Zeitraums des Überlappens des Abgasventils **20** öffnet und das Ansaugventil **19** des vierten Zylinders **12d**, und das Abgasventil **20** des ersten Zylinders **12a** sich während eines Zeitraums des Überlappens des Abgasventils **20** und des Ansaugventils **19** des zweiten Zylinders **12b** öffnet.

[0057] D. h. in dem Nieder- und Zwischengeschwindigkeitsbereich (ii) und (i) steuert die ECU **2** den Ansaugventil-Antriebsmechanismus **30** und den Abgasventil-Antriebsmechanismus **40** derart, dass sich der Öffnungszeitraum des Abgasventils **20** und der Öffnungszeitraum des Ansaugventils **19** von jedem Zylinder **12** für einen vorbestimmten Zeitraum überlappen und für die Zylinder **12**, die in der Abgasreihenfolge sequentiell sind, sich das Abgasventil **20** des anschließenden Zylinders **12** während des Überlappzeitraums T_O/L des vorherigen Zylinders **12** öffnet.

[0058] Demnach wird, zusammen mit dem Abgasventil **20** des Zylinders **12** in dem Abgastakt, der geöffnet wird, und Einblasgas, das den unabhängigen Abgaskanal **52** aus dem Zylinder **12** in dem Abgastakt passiert, um mit hoher Geschwindigkeit zum konvergierenden Abschnitt **56** geblasen zu werden, negativer Druck durch die Ausstoßwirkung innerhalb der Abgasöffnung **18** des Zylinders **12** in dem Ansaugtakt während des Überlappzeitraums $T_{O/L}$ erzeugt. Daher erstreckt sich die Ausstoßwirkung nicht nur auf die Abgasöffnung **18** des Zylinders **12** in dem Ansaugtakt in dem überlappenden Zeitraum $T_{O/L}$, sondern auch auf die Ansaugöffnung **17** des Zylinders **12** in dem Ansaugtakt aus Zylinder **12** in dem Ansaugtakt, und das Spülen wird in Zylinder **12** im Ansaugtakt im überlappenden Zeitraum $T_{O/L}$ weiter unterstützt.

[0059] Als ein Ergebnis wird, wie durch eine durchgezogene Linie in **Fig. 10** gezeigt, der volumetrische Wirkungsgrad (η_V) durch die Ausstoßwirkung in dem Mehrzylindermotor gemäß dieser Ausführungsform mindestens im Niedriggeschwindigkeitsbereich (ii), in dem die Motordrehzahl relativ niedrig ist (z. B. größer oder gleich 1200 U/min und kleiner als 2500 U/min bis 3000 U/min) und im Zwischengeschwindigkeitsbereich (i), in dem die Motordrehzahl beispielsweise größer oder gleich 2500 U/min bis 3000 U/min und kleiner oder gleich 3500 U/min bis 4000 U/min ist, verbessert.

[0060] Damit die Ausstoßwirkung ausreichend und vorteilhaft in solchen Nieder- und Zwischengeschwindigkeitsbereichen (ii) und (i) ausgeübt wird, wird der Abstand L_1 , der in der vorstehend beschriebenen **Fig. 8** gezeigt ist, so eingestellt, dass er kleiner oder gleich 500 mm, vorzugsweise kleiner oder gleich 400 mm, und stärker bevorzugt kleiner oder gleich 300 mm ist.

[0061] In dieser Ausführungsform, wie vorstehend beschrieben (siehe **Fig. 1**), ist ein Ansaugsystem so, dass der Ansaugkanal **3** mit der Ansaugöffnung **17** von jedem Zylinder **12** verbunden ist und der Ausgleichstank **3a** mit dem stromaufwärtigen Ende von jedem Ansaugkanal **3** verbunden ist. Im Hochgeschwindigkeitsbereich (iii) ist das Ansaugsystem so eingestellt, dass eine positive Druckwelle durch Reflexion einer negativen Druckwelle erzeugt wird, wenn durch Öffnen des Ansaugventils **19** erzeugte Ansaugluft die Ansaugöffnung **17** sofort erreicht, bevor sich das Ansaugventils **19** schließt. Beispielsweise sind die Länge des Ansaugkanals **3**, der Durchmesser des Ansaugkanals **3**, das Volumen des Ausgleichstanks **3a**, und dergleichen so eingestellt, dass eine negative Druckwelle von Ansaugluft, die durch Öffnen des Ansaugventils **19** erzeugt wird, den Ausgleichstank **3a** durch den Ansaugkanal **3** aus der Ansaugöffnung **17** erreicht, ein Teil der ankommenden negativen Druckwelle den Ausgleichstank **3a** passiert

und teilweise zu einer positiven Druckwelle am Ausgleichstank **3** umgekehrt wird, und die umgekehrte positive Druckwelle reflektiert wird, um die Ansaugöffnung **17** sofort zu erreichen, bevor sich das Ansaugventil **19** des Zylinders **12** schließt.

[0062] Als ein Ergebnis wird in dem Hochgeschwindigkeitsbereich (iii), in dem die Motordrehzahl relativ hoch (z. B. über 3500 U/min bis 4000 U/min) ist, der volumetrische Wirkungsgrad (η_V) durch eine Trägheitsladewirkung von Ansaugluft in dem Mehrzylindermotor gemäß dieser Ausführungsform verbessert, wie durch eine Punkt-Strich-Linie in **Fig. 10** gezeigt.

[0063] In jedem Zylinder **12** wird eine hohe Druckwelle (positive Druckwelle) auf Grund von Abblasen unmittelbar nach dem Öffnen des Abgasventils **20** erzeugt, wodurch ein Abgasimpuls in Abgaskrümmern **5** und in einem Abgaskanal stromabwärts von Abgaskrümmern **5** erzeugt wird. Wie in **Fig. 11** gezeigt, ist der Abgasimpuls ein Phänomen, in dem ein Teil einer Druckwelle zwischen dem Zylinder **12** und dem Vorschalldämpfer **8**, welcher die Hohlraumexpansionsskammer ist, oder dem Hauptschalldämpfer **10** zur Umkehr wiederholt reflektiert wird. Wenn die Druckwelle durch den Vorschalldämpfer **8** oder den Hauptschalldämpfer **10** reflektiert wird, erfolgt eine Umkehr von positivem Druck und negativem Druck, und eine negative Druckwelle und eine positive Druckwelle erreichen abwechselnd die Abgasöffnung **18**. Speziell sind eine erste reflektierte Welle im ersten Rundgang, eine dritte reflektierte Welle im dritten Rundgang, eine fünfte reflektierte Welle im fünften Rundgang, usw. negative Druckwellen, und eine zweite reflektierte Welle im zweiten Rundgang, eine vierte reflektierte Welle im vierten Rundgang, eine sechste reflektierte Welle im sechsten Rundgang, usw. positive Druckwellen. Daher klingt, wie in **Fig. 12** gezeigt, der Druck ab, der auf die Abgasöffnung **18** wirkt, zusammen mit der Wiederholung des Rundgangs der Druckwelle während des abwechselnden Änderns zwischen negativem Druck und positivem Druck. Wenn eine negative Druckwelle in einem solchen Abgasimpuls die Abgasöffnung **18** während des Überlappzeitraums $T_{O/L}$ erreicht, wie in **Fig. 6**, vorstehend beschrieben, gezeigt, kann eine Wirkung des Absaugens von Abgas aus dem Zylinder **12** zur Erhöhung der Spüleigenschaften erhalten werden.

[0064] **Fig. 13** ist ein erläuterndes Diagramm (in dem die Abszisse ein Kurbelwinkel CA ist), das die Taktungen zeigt, bei denen die Abgasöffnung **18** des Zylinders **12** von einer ersten negativen Druckwelle (a), die durch Reflexion am Vorschalldämpfer **8** einer positiven Druckwelle (c) erzeugt wird, die durch Abblasen auf Grund des Öffnens des Abgasventils **20** erzeugt wird, einer zweiten positiven Druckwelle (b), die durch Reflexion am Vorschalldämpfer **8** erzeugt wird, einer ersten negativen Druckwelle (d), die durch Reflexion am Hauptschalldämpfer **10** erzeugt wird, und

einer zweiten positiven Druckwelle (e), die durch Reflexion am Hauptschalldämpfer **10** erzeugt wird, erreicht wird, wobei eine Motordrehzahl von 1100 U/min unter den extrem niedrigen Geschwindigkeitsbereich (iv) fällt, eine Motordrehzahl von 2200 U/min unter den Niedriggeschwindigkeitsbereich (ii) fällt, und eine Motordrehzahl von 3300 U/min unter den Zwischengeschwindigkeitsbereich (i) fällt. Für die erste negative Druckwelle (d) und die zweite positive Druckwelle (e) aus dem Hauptschalldämpfer **10** ist ein Fall durch eine durchgezogene Linie gezeigt, wobei der Vorschalldämpfer **8** zwischen dem Zylinder **12** und dem Hauptschalldämpfer **10** fehlt, und ein Fall, wobei der Vorschalldämpfer **8** vorhanden ist, ist durch eine gestrichelte Linie gezeigt. Wie in der Zeichnung gezeigt, ist die Amplitude der reflektierten Wellen (d) und (e) von dem Hauptschalldämpfer **10** in dem Fall kleiner, wobei der Vorschalldämpfer **8** vorhanden ist (gestrichelte Linie), im Vergleich zum fehlenden Fall (durchgezogene Linie). Der Grund wird später beschrieben.

[0065] Im Niedriggeschwindigkeitsbereich (ii) erreicht die erste negative Druckwelle (d) auf Grund der Reflexion am Hauptschalldämpfer **10** die Abgasöffnung **18** während des Überlappzeitraums $T_{O/L}$ des Zylinders **12**, aber die zweite positive Druckwelle (b) erreicht auf Grund der Reflexion am Vorschalldämpfer **8** ebenfalls die Abgasöffnung **18** während des Überlappzeitraums $T_{O/L}$ des Zylinders **12**. Daher ist die erhaltene Wirkung des Absaugens von Abgas aus dem Zylinder **12** zur Erhöhung der Spüleigenschaften nicht groß.

[0066] Als ein Ergebnis, wie durch eine gepunktete Linie X in **Fig. 10** gezeigt, ist die Verbesserung im volumetrischen Wirkungsgrad (η_V) des Mehrzylindermotors gemäß dieser Ausführungsform auf Grund des Einflusses einer vom Hauptschalldämpfer **10** reflektierten Welle im Niedriggeschwindigkeitsbereich (ii) nicht groß, in dem die Motordrehzahl relativ niedrig (z. B., größer oder gleich 1200 U/min und kleiner als 2500 U/min bis 3000 U/min) ist. In **Fig. 10** zeigt eine gebrochene Linie den Einfluss einer von Hauptschalldämpfer **10** reflektierten Welle in dem Fall, wobei der Vorschalldämpfer **8** fehlt, und die gepunktete Linie X zeigt den Einfluss einer von Hauptschalldämpfer **10** reflektierten Welle in dem Fall, wobei der Vorschalldämpfer **8** vorhanden ist.

[0067] In dem Zwischengeschwindigkeitsbereich (i) erreicht nur die erste negative Druckwelle (a) auf Grund von Reflexion am Vorschalldämpfer **8** die Abgasöffnung **18** während des Überlappzeitraums $T_{O/L}$ des Zylinders **12**. Daher ist die erhaltene Wirkung des Absaugens von Abgas aus dem Zylinder **12** zur Erhöhung der Spüleigenschaften groß.

[0068] Als ein Ergebnis wird, wie durch eine gestrichelte doppelt gepunktete Linie in **Fig. 10** gezeigt, der volumetrische Wirkungsgrad (η_V) in dem Mehr-

zylindermotor gemäß dieser Ausführungsform durch die erste negative Druckwelle (reflektierte Welle) aus dem Vorschalldämpfer **8** im Zwischengeschwindigkeitsbereich (i), in dem sich die Motordrehzahl auf einem relativ intermediären Niveau (z. B. größer oder gleich 2500 U/min bis 3000 U/min und kleiner oder gleich 3500 U/min bis 4000 U/min) befindet, verbessert.

[0069] In dem extremen Niedriggeschwindigkeitsbereich (iv) erreicht nur die zweite positive Druckwelle (e) auf Grund von Reflexion am Hauptschalldämpfer **10** die Abgasöffnung **18** während des Überlappzeitraums $T_{O/L}$ des Zylinders **12**. Allerdings ist, wie später beschrieben, die Amplitude der zweiten positiven Druckwelle (e) durch Vorsehen des Vorschalldämpfers **8** im Vergleich zu einem Fall, wobei nur der Hauptschalldämpfer **10** angeordnet ist, reduziert. Als ein Ergebnis erhöht sich die Wirkung des Absaugens von Abgas aus dem Zylinder **12** zur Erhöhung der Spüleigenschaften.

[0070] Als ein Ergebnis wird, wie durch die gepunktete Linie X in **Fig. 10** gezeigt, der volumetrische Wirkungsgrad (η_V) in dem Mehrzylindermotor gemäß dieser Ausführungsform im Vergleich mit dem Fall, wobei nur der Hauptschalldämpfer **10** angeordnet ist, durch die Druckwelle aus dem Hauptschalldämpfer **10** verbessert, die durch Vorsehen des Vorschalldämpfers **8** in dem extremen Niedriggeschwindigkeitsbereich (iv), in dem die Motordrehzahl relativ äußerst niedrig (z. B. kleiner als 1200 U/min) ist, reduziert wird. Der Grund wird später beschrieben.

[0071] Damit eine solche Wirkung der negativen Druckwelle (reflektierte Welle) aus dem Vorschalldämpfer **8** oder Hauptschalldämpfer **10** in dem extremen Niedriggeschwindigkeitsbereich (iv), dem Niedriggeschwindigkeitsbereich (ii), und dem Zwischengeschwindigkeitsbereich (i) in ausreichend günstiger Weise ausgeübt wird, ist der Abstand L2, der in der vorstehend beschriebenen **Fig. 8** gezeigt ist, so eingestellt, dass er 1600 mm bis 2000 mm, vorzugsweise etwa 1800 mm beträgt, und der Abstand L3, der in der vorstehend beschriebenen **Fig. 8** gezeigt ist, ist so eingestellt, dass er 3800 mm bis 4200 mm, vorzugsweise etwa 4000 mm beträgt.

[0072] Als ein Prototypentest wurde mit dem in **Fig. 8** gezeigten Abgassystem untersucht, wie sich der volumetrische Wirkungsgrad (η_V) in einem Bereich von 1000 U/min bis 6000 U/min zwischen einem Fall (die weißen rechteckigen Markierungen in **Fig. 14**), wobei nur der Hauptschalldämpfer **10** mit Abstand L3 bei 4000 mm angeordnet ist, und einem Fall (die schwarzen Rauten-Markierungen in **Fig. 14**), wobei auch der Vorschalldämpfer **8**, zusätzlich zu dem Hauptschalldämpfer **10**, mit dem Abstand L2 bei 1800 mm angeordnet ist, ändert. Das Ergebnis ist in **Fig. 14** gezeigt. Die in **Fig. 14** gezeigten volumetrischen Wirkungs-

grade (η_V) sind alle Werte, die die Ausstoßwirkung und die Trägheitsladewirkung von Ansaugluft wiedergeben.

[0073] Wie es aus **Fig. 14** hervorgeht, war der volumetrische Wirkungsgrad (η_V) in dem Zwischengeschwindigkeitsbereich von 3000 U/min bis 4000 U/min verbessert, und der volumetrische Wirkungsgrad (η_V) war in dem extremen Niedriggeschwindigkeitsbereich von 1000 U/min in dem Fall verbessert, wobei auch der Vorschalldämpfer **8** angeordnet ist, im Vergleich zu dem Fall nur mit dem Hauptschalldämpfer **10**. Dies beruht vermutlich darauf, dass eine Reflexionswirkung der ersten negativen Druckwelle (a) aus dem Vorschalldämpfer **8** im Zwischengeschwindigkeitsbereich ausgeübt wurde, und darauf, dass die Druckwelle aus dem Hauptschalldämpfer **10** durch Vorsehen des Vorschalldämpfers **8** in dem extremen Niedriggeschwindigkeitsbereich reduziert war.

[0074] D. h., wie durch das Bezugszeichen X in **Fig. 10** gezeigt, der Einfluss einer vom Hauptschalldämpfer **10** reflektierten Welle ist in dem Fall flacher (gepunktete Linie), wobei der Vorschalldämpfer **8** vorgesehen ist, im Vergleich zu dem Fall (durchbrochenen Linie), wobei der Vorschalldämpfer **8** nicht vorgesehen ist. Als ein Ergebnis verbessert sich der Einfluss einer vom Hauptschalldämpfer **10** reflektierten Welle um etwa 1000 U/min und nimmt um etwa 2000 U/min ab (um etwa 3000 U/min ist die Änderung nicht so groß). Der Grund dafür, warum sich der Einfluss einer vom Hauptschalldämpfer **10** reflektierten Welle um etwa 1000 U/min verbessert, wird in etwa wie folgt angenommen. Wenn der Vorschalldämpfer **8** zwischen dem Zylinder **12** und dem Hauptschalldämpfer **10** fehlt, wird eine durch Ausblasen erzeugte positive Druckwelle durch den Hauptschalldämpfer **10** vollständig reflektiert. Wenn allerdings der Vorschalldämpfer **8** zwischen dem Zylinder **12** und dem Hauptschalldämpfer **10** vorhanden ist, wird ein Teil der durch Ausblasen erzeugten positiven Druckwelle durch den Vorschalldämpfer **8** reflektiert, und der Rest pflanzt sich durch den Vorschalldämpfer **8** fort, um durch den Hauptschalldämpfer **10** reflektiert zu werden. Die Druckwelle (Fortpflanzungswelle), die sich durch den Vorschalldämpfer **8** fortpflanzt, nimmt in der Amplitude ab. Daher nimmt die Amplitude der Druckwelle (Fortpflanzungswelle), die den Hauptschalldämpfer **10** erreicht hat, ab, und die Amplitude einer vom Hauptschalldämpfer **10** reflektierten Welle nimmt ab. Als ein Ergebnis ist, wenn der Vorschalldämpfer **8** vorhanden ist, der Einfluss der vom Hauptschalldämpfer **10** reflektierten Welle im Vergleich dazu, wenn er fehlt, kleiner. Als ein Ergebnis ist, wie in dem extremen Niedriggeschwindigkeitsbereich (iv) in **Fig. 13** gezeigt, die Amplitude der zweiten positiven Druckwelle (e) aus dem Hauptschalldämpfer **10** kleiner, wenn der Vorschalldämpfer **8** vorhanden ist, im Vergleich dazu, wenn er fehlt. Als ein Ergebnis verbessert sich der Einfluss einer vom

Hauptschalldämpfer **10** reflektierten Welle in dem extremen Niedriggeschwindigkeitsbereich (iv) um etwa 1000 U/min.

[0075] In dem Niedriggeschwindigkeitsbereich von 1500 U/min bis 2000 U/min war eine Abnahme im volumetrischen Wirkungsgrad (η_V) in dem Fall zu verzeichnen, wobei auch der Vorschalldämpfer **8** angeordnet ist, im Vergleich zu dem Fall nur mit dem Hauptschalldämpfer **10**. Dies beruht vermutlich darauf, dass die zweite positive Druckwelle (b) aus dem Vorschalldämpfer **8** die Abgasöffnung **18** während des Überlappzeitraums des Zylinders **12** erreicht hat. Da allerdings dieser Bereich ein exzessiver Spülzustand ist, wobei neue Luft, die aus dem Ansaugventil **19** eingeströmt ist, aus dem Abgasventil **20** austritt, wird vermutet, dass eine Abnahme in der Menge an neuer Luft, die tatsächlich in dem Zylinder verbleibt (Abnahme im Drehmoment), klein ist, auch wenn der volumetrische Wirkungsgrad (η_V) abnimmt.

(4) Auswirkung dieser Ausführungsform

[0076] Diese Ausführungsform stellt die Abgasvorrichtung **100** für einen Mehrzylindermotor, einschließlich der Vielzahl von Zylindern **12**, die jeweils die Ansaugöffnung **17**, die Abgasöffnung **18**, das Ansaugventil **19**, das in der Lage ist, die Ansaugöffnung **17** zu öffnen und zu schließen, und das Abgasventil **20**, das in der Lage ist, die Abgasöffnung **18** zu öffnen und zu schließen, einschließt, bereit. Die Abgasvorrichtung **100** umfasst die Vielzahl von unabhängigen Abgaskanälen, deren stromaufwärtiges Ende mit der Abgasöffnung **18** von einem Zylinder **12** oder einer Vielzahl von Zylindern **12**, die in der Abgasreihenfolge nicht sequentiell sind, verbunden ist, und das Mischrohr **50**, das mit den stromabwärtigen Enden der jeweiligen unabhängigen Abgaskanäle **52** verbunden ist und in das Abgas, das die jeweiligen unabhängigen Abgaskanäle **52** passiert hat, einströmt. Die stromabwärtigen Enden der jeweiligen unabhängigen Abgaskanäle **52** sind in einer gebündelten Form mit dem Mischrohr **50** verbunden. Die Ventiltriebsvorrichtungen **30** und **40** zum Antreiben des Ansaugventils **19** und des Abgasventils **20** von jedem Zylinder **12** sind so vorgesehen, dass sich der Öffnungszeitraum des Abgasventils **20** und der Öffnungszeitraum des Ansaugventils **19** der jeweiligen Zylinder **12** für einen vorbestimmten Zeitraum überlappen und, für die Zylinder **12**, die in der Abgasreihenfolge sequentiell sind, sich das Abgasventil **20** des anschließenden Zylinders **12** während des Überlappzeitraums $T_{O/L}$ des vorherigen Zylinders **12** in vorbestimmten Arbeitsbereichen (Niedriggeschwindigkeitsbereich (ii) und Zwischengeschwindigkeitsbereich (i)) öffnet. Im Abgaskanal stromabwärts von Mischrohr **50** ist der Vorschalldämpfer **8** einschließlich des Raumabschnitts, in dem der Strömungspfad-Abschnittsbereich vergrößert ist, angeordnet. Der Abstand L_2 von der Sitzposition des

Abgasventils **20** bis zum stromaufwärtigen Ende des Vorschalldämpfer **8** in der Abgasöffnung **18** von jedem Zylinder **12** wird so auf den Abstand L2 eingestellt, dass im Zwischengeschwindigkeitsbereich (i), in dem die Motordrehzahl größer oder gleich der im Voraus eingestellten ersten Referenzdrehzahl Ne1 und kleiner oder gleich der im Voraus eingestellten zweiten Referenzdrehzahl Ne2 ist, so dass sie über der ersten Referenzdrehzahl Ne1 liegt, die negative Druckwelle (a) auf Grund der Abgasdruckwelle (c) erzeugt wird, die durch Öffnen des Abgasventils **20** erzeugt wird, und die den Vorschalldämpfer **8** erreicht und von ihm reflektiert wird, und die negative Druckwelle (a) die Abgasöffnung **18** des Zylinders **12** während des Überlappzeitraums T_{O/L} erreicht, in dem sich der Öffnungszeitraum des Abgasventils **20** und der Öffnungszeitraum des Ansaugventils **19** des Zylinders **12**, dessen Abgasventil **20** geöffnet wurde, für ein vorbestimmten Zeitraum überlappen.

[0077] Mit dieser Ausführungsform wird negativer Druck in Mischrohr **50** durch Abgas erzeugt, das jeweils die unabhängigen Abgaskanäle **52** passiert hat und das in das Mischrohr **50** einströmt, und die Ausstoßwirkung, wobei Abgas in einem anderen unabhängigen Abgaskanal **52** oder der Abgasöffnung **18** eines anderen damit kommunizierenden Zylinders **12** zur stromabwärtigen Seite hin abgesaugt wird, wird auf Grund des negativen Drucks erhalten. In vorbestimmten Arbeitsbereichen (Niedriggeschwindigkeitsbereich (ii) und Zwischengeschwindigkeitsbereich (i)), in denen die Motordrehzahl kleiner oder gleich der zweiten Referenzdrehzahl Ne2 ist, ist dann der Überlappzeitraum vorgesehen, in dem das Abgasventil **20** und das Ansaugventil **19** von jedem Zylinder **12** beide in einem geöffneten Zustand sind, und, für die Zylinder **12**, die in der Abgasreihenfolge sequentiell sind, öffnet sich das Abgasventil **20** des anschließenden Zylinders **12** während des Überlappzeitraums T_{O/L} des vorherigen Zylinders **12**. Daher erstreckt sich die Ausstoßwirkung auf die Ansaugöffnung **19** des vorherigen Zylinders **12** in dem Überlappzeitraums T_{O/L}. Demnach wird das Spülen in dem vorherigen Zylinder **12** weiter beschleunigt, und der volumetrische Wirkungsgrad (η_V) und somit das Drehmoment werden weiter verbessert.

[0078] Auf dieser Grundlage wird mit dieser Ausführungsform der volumetrische Wirkungsgrad (η_V) im Zwischengeschwindigkeitsbereich (i) durch eine Absaugwirkung auf Grund der negativen Druckwelle (a) verbessert, und es ist möglich, einen Abfall im volumetrischen Wirkungsgrad (η_V) im Zwischengeschwindigkeitsbereich (i) zu verhindern, da der Vorschalldämpfer **8** in dem Abgaskanal stromabwärts von Mischrohr **50** angeordnet ist, die negative Druckwelle (a) auf Grund der Abgasdruckwelle (c) erzeugt wird, die durch Öffnen des Abgasventils **20** erzeugt wird, und die den Vorschalldämpfer **8** mindestens im ersten Arbeitsbereich (Zwischengeschwindigkeitsbe-

reich (i)), in dem die Motordrehzahl zwischen der ersten Referenzdrehzahl Ne1 und der zweiten Referenzdrehzahl Ne2 liegt, erreicht und davon reflektiert wird, und die negative Druckwelle (a) die Abgasöffnung **18** des Zylinders **12** während des Überlappzeitraums T_{O/L} des Zylinders **12** erreicht, dessen Abgasventil **20** geöffnet wurde.

[0079] In dieser Ausführungsform ist der Vorschalldämpfer **8** relativ auf der stromaufwärtigen Seite angeordnet, und der Hauptschalldämpfer **10** ist relativ auf der stromabwärtigen Seite des Abgaskanal stromabwärts von Mischrohr **50** angeordnet. Der Abstand L3 von der Sitzposition des Abgasventils **20** in der Abgasöffnung **18** von jedem Zylinder **12** bis zum stromaufwärtigen Ende des Hauptschalldämpfer **10** wird so auf den Abstand L3 eingestellt, dass im zweiten Arbeitsbereich (Niedriggeschwindigkeitsbereich (ii)), in dem die Motordrehzahl geringer ist als die erste Referenzdrehzahl Ne1, die negative Druckwelle (d) auf Grund der Abgasdruckwelle (c) erzeugt wird, die durch Öffnen des Abgasventils **20** erzeugt wird und die den Hauptschalldämpfer **10** erreicht und davon reflektiert wird, und die negative Druckwelle (d) die Abgasöffnung **18** des Zylinders **12** während des Überlappzeitraums T_{O/L} des Zylinders **12** erreicht, dessen Abgasventil **20** geöffnet wurde.

[0080] Demnach wird ein Abfall im volumetrischen Wirkungsgrad (η_V) im Zwischengeschwindigkeitsbereich (i) durch die Vorschalldämpfer **8** verhindert, und ein Abfall im volumetrischen Wirkungsgrad (η_V) in mindestens dem Niedriggeschwindigkeitsbereich (ii), in dem die Motordrehzahl geringer ist als die erste Referenzdrehzahl Ne1 wird durch den Hauptschalldämpfer **10** verhindert. Daher wird eine Zunahme im Drehmomentbereich erreicht, und ein Drehmoment zum bequemen Fahren ist über einen breiten Drehzahlbereich sichergestellt.

[0081] In dieser Ausführungsform ist das Ansaugsystem so eingestellt, dass eine positive Druckwelle, die durch Reflexion einer negativen Druckwelle von Ansaugluft erzeugt wird, die durch Öffnen des Ansaugventils **19** erzeugt wird, die Ansaugöffnung **17** unmittelbar vor dem Schließen des Ansaugventils **19** im dritten Arbeitsbereich (Hochgeschwindigkeitsbereich (iii)), in dem die Motordrehzahl die zweite Referenzdrehzahl Ne2 übersteigt, erreicht.

[0082] Demnach wird durch die Trägheitsladewirkung der Ansaugluft ein Abfall im volumetrischen Wirkungsgrad (η_V) in mindestens dem Hochgeschwindigkeitsbereich (iii), in dem die Motordrehzahl die zweite Referenzdrehzahl Ne2 übersteigt, verhindert. Daher wird eine weitere Zunahme im Drehmomentbereich erreicht, und ein Drehmoment zum bequemen Fahren ist über einen breiten Drehzahlbereich sichergestellt.

[0083] In dieser Ausführungsform ist der Abstand L1 von der Sitzposition des Abgasventils **20** in der Abgasöffnung **18** von jedem Zylinder **12** mit dem stromabwärtigen Ende von jedem unabhängigen Abgaskanal **52** so eingestellt, dass er kleiner oder gleich 500 mm ist.

[0084] Demnach wird im Niedriggeschwindigkeitsbereich (ii) und im Zwischengeschwindigkeitsbereich (i) genügend negativer Druck in Mischrohr **50** durch Abgas erzeugt, das aus jedem Zylinder **12** abgegeben wurde und das jeden unabhängigen Abgaskanal **52** passiert hat und in das Mischrohr **50** einströmt, und die Ausstoßwirkung wird ausreichend und vorteilhaft ausgeübt.

[0085] In dieser Ausführungsform ist der Abstand L2 von der Sitzposition des Abgasventils **20** in der Abgasöffnung **18** von jedem Zylinder **12** bis zum Vorschalldämpfer **8** so eingestellt, dass er 1600 mm bis 2000 mm beträgt.

[0086] Demnach wird im extremen Niedriggeschwindigkeitsbereich (iv) und im Zwischengeschwindigkeitsbereich (i) die Wirkung einer negativen Druckwelle (reflektierte Welle) aus dem Vorschalldämpfer **8** ausreichend und vorteilhaft ausgeübt.

[0087] In dieser Ausführungsform ist der Abstand L3 von der Sitzposition des Abgasventils **20** in der Abgasöffnung **18** von jedem Zylinder **12** mit dem Hauptschalldämpfer **10** so eingestellt, dass er 3800 mm bis 4200 mm beträgt.

[0088] Demnach wird im Niedriggeschwindigkeitsbereich (ii) die Wirkung einer negativen Druckwelle (reflektierte Welle) aus dem Hauptschalldämpfer **10** ausreichend und vorteilhaft ausgeübt.

[0089] In dieser Ausführungsform sind die Katalysatorgehäuse der katalytischen Vorrichtungen **6** und **7**, die den Katalysatorträger beherbergen, im Abgaskanal stromabwärts von dem Mischrohr **50** angeordnet, der Vorschalldämpfer **8** ist im Abgaskanal stromabwärts von den Katalysatorgehäusen angeordnet, und die Zunahmerate A des Strömungspfad-Abschnittsbereichs des Vorschalldämpfers **8** bezüglich des Strömungspfad-Abschnittsbereichs des Abgaskanal, der mit der stromaufwärtigen Seite des Vorschalldämpfers **8** verbunden ist, und die Zunahmerate B des Strömungspfad-Abschnittsbereichs des Katalysatorgehäuses bezüglich des Strömungspfad-Abschnittsbereichs des Abgaskanal, der mit der stromaufwärtigen Seite des Katalysatorgehäuses verbunden ist, sind so eingestellt, dass $A > B$.

[0090] Demnach ist in dem Vorschalldämpfer **8** und den Katalysatorgehäusen der stromaufwärts davon angeordneten katalytischen Vorrichtungen **6** und **7** die Zunahmerate A des Strömungspfad-Abschnitts-

bereichs auf der Vorschalldämpfer 8-Seite größer als die Zunahmerate B des Strömungspfad-Abschnittsbereichs auf der Katalysatorgehäuse-Seite. Daher existieren weniger von dem Katalysatorgehäuse reflektierte Wellen und mehr von dem Vorschalldämpfer **8** reflektierte Wellen. Daher ist, auch wenn das Katalysatorgehäuse stromaufwärts von dem Vorschalldämpfer **8** angeordnet ist, der Einfluss einer von dem Vorschalldämpfer **8** reflektierten Welle sichergestellt.

[0091] Das technische Merkmal dieser Ausführungsform wird wie folgt zusammengefasst.

[0092] Diese Ausführungsform offenbart die Abgasvorrichtung **100** für einen Mehrzylindermotor, einschließlich einer Vielzahl von Zylindern **12**, jeweils einschließlich der Ansaugöffnung **17**, der Abgasöffnung **18**, des Ansaugventils **19**, das in der Lage ist, die Ansaugöffnung **17** zu öffnen und zu schließen, und des Abgasventils **20**, das in der Lage ist, die Abgasöffnung **18** zu öffnen und zu schließen, wobei die Abgasvorrichtung eine Vielzahl von unabhängigen Abgaskanälen **52** umfasst, wobei jeweils ein stromaufwärtiges Ende mit der Abgasöffnung **18** von einem Zylinder **12** oder einer Vielzahl von Zylindern **12**, die in der Abgasreihenfolge nicht sequentiell sind, verbunden ist, und das Mischrohr **50** mit den stromabwärtigen Enden der jeweiligen unabhängigen Abgaskanäle **52** verbunden ist und in welches Abgas, das die jeweiligen unabhängigen Abgaskanäle **52** passiert hat, einströmt, die stromabwärtigen Enden der jeweiligen unabhängigen Abgaskanäle **52** in einer gebündelten Form mit dem Mischrohr **50** verbunden sind, die Hohlraumexpansionskammer **8** einschließlich eines Raumabschnitts, in dem ein Strömungspfad-Abschnittsbereich vergrößert ist, in einem Abgaskanal stromabwärts von dem Mischrohr **50** angeordnet ist, der Abstand L2 von einer Sitzposition des Abgasventils **20** in der Abgasöffnung **18** von jedem Zylinder **12** bis zu einem stromaufwärtigen Ende der Hohlraumexpansionskammer **8** so auf den Abstand L2 eingestellt ist, dass, in dem ersten Arbeitsbereich (i), einschließlich mindestens des Zwischengeschwindigkeitsbereichs (i), in dem eine Motordrehzahl größer oder gleich der im Voraus eingestellten ersten Referenzdrehzahl Ne1 und kleiner oder gleich der zweiten Referenzdrehzahl Ne2 ist, die höher ist als die erste Referenzdrehzahl Ne1, die negative Druckwelle (a) auf Grund der Abgasdruckwelle (c) erzeugt wird, die durch Öffnen des Abgasventils **20** erzeugt wird, und die die Hohlraumexpansionskammer **8** erreicht und durch sie reflektiert wird, und die negative Druckwelle (a) die Abgasöffnung **18** des Zylinders **12** während des Überlappzeitraums T_O/L erreicht, in dem ein Öffnungszeitraum des Abgasventils **20** und ein Öffnungszeitraum des Ansaugventils **19** des Zylinders **12**, dessen Abgasventil **20** geöffnet wurde, sich für ein vorbestimmten Zeitraum überlappen, und die Ventilantriebsvorrichtungen **30** und **40** zum Antreiben des Ansaugventils **19** und des Ab-

gasventils **20** von jedem Zylinder **12** so vorgesehen sind, dass sich ein Öffnungszeitraum des Abgasventils **20** und ein Öffnungszeitraum des Ansaugventils **19** der jeweiligen Zylinder **12** für einen vorbestimmten Zeitraum überlappen, und, für Zylinder **12**, die in der Abgasreihenfolge sequentiell sind, sich das Abgasventil **20** des anschließenden Zylinders **12** während des Überlappzeitraums T_O/L des vorherigen Zylinders **12** in den vorbestimmten Arbeitsbereichen (ii) und (i) einschließlich mindestens des Niedrig- und Zwischengeschwindigkeitsbereichs (ii) und (i), in dem eine Motordrehzahl kleiner oder gleich der zweiten Referenzdrehzahl Ne2 ist, öffnet.

[0093] Mit dieser Ausführungsform wird negativer Druck in dem Mischrohr **50** durch Abgas erzeugt, das jeden unabhängigen Abgaskanal **52** passiert hat und das in das Mischrohr **50** einströmt, und die Ausstoßwirkung, wobei Abgas in einem anderen unabhängigen Abgaskanal **52** oder der Abgasöffnung **18** eines anderen Zylinders **12**, der damit kommuniziert, zur stromabwärtigen Seite hin abgesaugt wird, auf Grund des negativen Drucks erhalten. In den vorbestimmten Arbeitsbereichen (ii) und (i), einschließlich mindestens des Nieder- und Zwischengeschwindigkeitsbereichs (ii) und (i), in dem die Motorgeschwindigkeit kleiner oder gleich der zweiten Referenzdrehzahl Ne2 ist, ist dann der Überlappzeitraum, in dem das Abgasventil **20** und das Ansaugventil **19** von jedem Zylinder **12** sich beide in einem geöffneten Zustand befinden, vorgesehen, und, für die Zylinder **12**, die in der Abgasreihenfolgesequentiell sind, öffnet sich das Abgasventil **20** des anschließenden Zylinders **12** während des Überlappzeitraums T_O/L des vorherigen Zylinders **12**. Daher erstreckt sich die Ausstoßwirkung auf die Ansaugöffnung **19** des vorherigen Zylinders **12** in dem Überlappzeitraums T_O/L. Demnach wird das Spülen in dem vorherigen Zylinder **12** weiter beschleunigt und der volumetrische Wirkungsgrad (η_V) weiter verbessert, um somit das Drehmoment weiter zu verbessern.

[0094] Auf dieser Grundlage, mit dieser Ausführungsform, wird der volumetrische Wirkungsgrad (η_V) in dem Zwischengeschwindigkeitsbereich (i) durch eine Absaugwirkung auf Grund der negativen Druckwelle (a) verbessert, und es ist möglich, einen Abfall im volumetrischen Wirkungsgrad (η_V) im Zwischengeschwindigkeitsbereich (i) zu verhindern, da die Hohlraumexpansionskammer **8** in dem Abgaskanal stromabwärts von Mischrohr **50** angeordnet ist, wird die negative Druckwelle (a) auf Grund der Abgasdruckwelle (c) erzeugt, die durch Öffnen des Abgasventils **20** erzeugt wird und die den Vorschalldämpfer **8** mindestens in dem Zwischengeschwindigkeitsbereich (i) erreicht und von ihm reflektiert wird, in dem die Motordrehzahl zwischen der ersten Referenzdrehzahl Ne1 und der zweiten Referenzdrehzahl Ne2 liegt, und die negative Druckwelle (a) erreicht die Abgasöffnung **18** des Zylinders **12** während des

Überlappzeitraums T_O/L des Zylinders **12**, dessen Abgasventil **20** geöffnet wurde.

[0095] Diese Ausführungsform zeigt, dass der Vorschalldämpfer **8** relativ auf einer stromaufwärtigen Seite angeordnet ist und der Hauptschalldämpfer **10** relativ auf einer stromabwärtigen Seite eines Abgaskanal stromabwärts von dem Mischrohr **50** angeordnet ist, dass die Hohlraumexpansionskammer **8** der Vorschalldämpfer **8** ist, und der Abstand L3 von einer Sitzposition des Abgasventils **20** in der Abgasöffnung **18** von jedem Zylinder **12** bis zu einem stromaufwärtigen Ende des Hauptschalldämpfers **10** auf den Abstand L3 so eingestellt ist, dass in dem zweiten Arbeitsbereich (ii), einschließlich mindestens des Niedriggeschwindigkeitsbereich (ii), in dem eine Motordrehzahl geringer ist als die erste Referenzdrehzahl Ne1, die negative Druckwelle (d) auf Grund der Abgasdruckwelle (c) erzeugt wird, die durch Öffnen des Abgasventils **20** erzeugt wird, und die den Hauptschalldämpfer **10** erreicht und von ihm reflektiert wird, und die negative Druckwelle (d) die Abgasöffnung **18** des Zylinders **12** während des Überlappzeitraums T_O/L erreicht, in dem sich ein Öffnungszeitraum des Abgasventils **20** und ein Öffnungszeitraum des Ansaugventils **19** des Zylinders **12**, dessen Abgasventil **20** geöffnet wurde, für einen vorbestimmten Zeitraum überlappen.

[0096] Mit dieser Ausführungsform wird ein Abfall im volumetrischen Wirkungsgrad (η_V) durch den Vorschalldämpfer **8** in dem Zwischengeschwindigkeitsbereich (i) verhindert, in dem die Trägheitsladewirkung der Ansaugluft minus ist (d. h. eine negative Druckwelle hat eine Wirkung auf Grund einer Druckwelle, die die Ansaugöffnung **17** unmittelbar vor dem Schließen des Ansaugventils **19** erreicht, was außerhalb des Takts ist), und ein Abfall im volumetrischen Wirkungsgrad (η_V) wird durch den Hauptschalldämpfer **10** mindestens in dem Niedriggeschwindigkeitsbereich (ii) verhindert, in dem die Motordrehzahl geringer ist als die erste Referenzdrehzahl Ne1. Daher wird eine Zunahme im Drehmomentbereich erreicht, und ein Drehmoment zum bequemen Fahren ist über einen breiten Drehzahlbereich sichergestellt.

[0097] Diese Ausführungsform zeigt, dass ein Ansaugsystem so eingestellt ist, dass eine positive Druckwelle, die durch Reflexion einer negativen Druckwelle von Ansaugluft erzeugt wird, die durch Öffnen des Ansaugventils **19** erzeugt wird, die Ansaugöffnung **17** unmittelbar vor dem Schließen des Ansaugventils **19** in dem dritten Arbeitsbereich (iii), einschließlich mindestens des Hochgeschwindigkeitsbereichs (iii), in dem eine Motordrehzahl die zweite Referenzdrehzahl Ne2 übersteigt, erreicht.

[0098] Mit dieser Ausführungsform wird ein Abfall im volumetrischen Wirkungsgrad (η_V) durch die Trägheitsladewirkung von Ansaugluft mindestens im

Hochgeschwindigkeitsbereich (iii), in dem die Motordrehzahl die zweite Referenzdrehzahl Ne_2 übersteigt, verhindert. Daher wird eine weitere Zunahme in Drehmomentbereich erreicht, und ein Drehmoment zum bequemen Fahren ist über einen breiten Bereich sichergestellt.

[0099] Diese Ausführungsform zeigt, dass der Abstand L1 von einer Sitzposition des Abgasventils **20** in der Abgasöffnung **18** von jedem Zylinder **12** bis zu einem stromabwärtigen Ende von jedem unabhängigen Abgaskanal **52** so eingestellt ist, dass er kleiner oder gleich 500 mm ist.

[0100] Mit dieser Ausführungsform wird genügend negativer Druck in dem Mischrohr **50** durch Abgas erzeugt, das aus jedem Zylinder **12** abgegeben und durch jeden unabhängigen Abgaskanal **52** geschickt wurde, und das in das Mischrohr **50** einströmt, und die Ausstoßwirkung wird ausreichend und vorteilhaft ausgeübt.

[0101] Diese Ausführungsform zeigt, dass ein Katalysatorgehäuse, das einen Katalysatorträger beherbergt, der in einem Abgaskanal stromabwärts von dem Mischrohr **50** angeordnet ist, die Hohlraumexpansionskammer **8** in einem Abgaskanal stromabwärts von dem Katalysatorgehäuse angeordnet ist, und die Zunahmerate A eines Strömungspfad-Abschnittsbereichs des Hohlraumexpansionskammer **8** bezüglich eines Strömungspfad-Abschnittsbereichs eines Abgaskanals mit einer stromaufwärtigen Seite des Hohlraumexpansionskammer **8** verbunden ist, und die Zunahmerate B eines Strömungspfad-Abschnittsbereichs des Katalysatorgehäuses bezüglich eines Strömungspfad-Abschnittsbereichs eines Abgaskanals, der mit einer stromaufwärtigen Seite des Katalysatorgehäuses verbunden ist, so eingestellt ist, dass $A > B$.

[0102] Mit dieser Ausführungsform ist in der Hohlraumexpansionskammer **8** und in dem stromaufwärts davon angeordneten Katalysatorgehäuse die Zunahmerate A des Strömungspfad-Abschnittsbereichs auf der Hohlraumexpansionskammer **8**-Seite größer als die Zunahmerate B des Strömungspfad-Abschnittsbereichs auf der Katalysatorgehäuse-Seite. Daher existieren weniger von dem Katalysatorgehäuse reflektierte Wellen und mehr von dem Vorschalldämpfer **8** reflektierte Wellen. Daher ist, auch wenn das Katalysatorgehäuse stromaufwärts von der Hohlraumexpansionskammer **8** angeordnet ist, der Einfluss einer von der Hohlraumexpansionskammer **8** reflektierten Welle sichergestellt.

[0103] Mit dieser Ausführungsform ist es möglich, einen Abfall im volumetrischen Wirkungsgrad (η_V) im Zwischengeschwindigkeitsbereich (i) in einem Mehrzylindermotor zu verhindern. Als ein Ergebnis ist das Drehmoment über einen breiten Drehzahlbe-

reich verbessert, es werden flache Drehmomenteigenschaften erhalten, und ein Mehrzylindermotor, in dem der Drehmomentbereich vergrößert wurde, wird erhalten.

(5) Modifiziertes Beispiel dieser Ausführungsform

[0104] Je nach Situation kann der direkte Katalysator **6**, der Bodenkatalysator **7**, oder dergleichen als die Hohlraumexpansionskammer statt des Vorschalldämpfers **8** oder zusammen mit dem Vorschalldämpfer **8** verwendet werden.

[0105] Das Mischrohr **50** (ohne den geraden Abschnitt **57** und den Diffusorabschnitt **58**) kann nur den konvergierenden Abschnitt **56**, in dem der Strömungspfad-Abschnittsbereich reduziert ist, umfassen, oder kann (ohne den geraden Abschnitt **57**) nur den konvergierenden Abschnitt **56** und den Diffusorabschnitt **58**, in dem der Strömungspfad-Abschnittsbereich vergrößert ist, umfassen. Die Ausstoßwirkung wird auch durch die Verwendung eines Mischrohrs mit einer solchen Konfiguration erhalten. Beispielsweise ist ein Mischrohr einschließlich nur des konvergierenden Abschnitts **56** in dem Fall, wobei das Mischrohr **50** auf Grund von Einschränkung oder dergleichen in der Anordnung während der Massenproduktion verkürzt ist, oder ein Mischrohr mit einer Form, wobei der gerade Abschnitt wegelassen ist, so dass der konvergierende Abschnitt **56** und der Diffusorabschnitt **58** direkt und glatt entlang einer gekrümmten Fläche verbunden sind, ebenfalls akzeptabel.

[0106] So kann es sein, dass der Überlappzeitraum $T_{O/L}$ des Ansaugventils **19** und des Abgasventils **20** nur in einem Hochlastbereich des Niedrig- und Zwischengeschwindigkeitsbereichs (ii) und (i) vorgesehen ist.

[0107] Diese Anmeldung beruht auf der japanischen Patentanmeldung Nr. 2011-260600, eingereicht am 29. November 2011, und deren Inhalt in dieser Anmeldung mitumfasst ist.

[0108] Zur Erläuterung der vorliegenden Erfindung wurde die vorliegende Erfindung vorstehend durch die Ausführungsform mit Bezug auf die Zeichnungen entsprechend und ausreichend beschrieben. Allerdings sollte erkannt werden, dass Änderungen und/oder Verbesserung der vorstehend beschriebenen Ausführungsform für die Fachwelt unschwer möglich sind. Somit ist es beabsichtigt, so lange eine modifizierte Ausführungsform oder verbesserte Ausführungsform, die von der Fachwelt ausgeführt wird, nicht von einem Ausmaß ist, das von Umfang der Ansprüche abweicht, eine solche modifizierte Ausführungsform oder verbesserte Ausführungsform in den Umfang der Ansprüche fällt.

Industrielle Anwendungsmöglichkeit

[0109] Die vorliegende Erfindung ist auf dem Fachgebiet einer Abgasvorrichtung für einen in ein Kraftfahrzeug oder dergleichen montierten Mehrzylindermotor in einem breiten Bereich industriell anwendbar.

Patentansprüche

1. Abgasvorrichtung für einen Mehrzylindermotor, umfassend eine Vielzahl von Zylindern, jeweils einschließlich einer Ansaugöffnung, einer Abgasöffnung, eines Ansaugventils, das in der Lage ist, die Ansaugöffnung zu öffnen und zu schließen, und eines Abgasventils, das in der Lage ist, die Abgasöffnung zu öffnen und zu schließen, wobei die Abgasvorrichtung eine Vielzahl von unabhängigen Abgaskanälen mit jeweils einem stromaufwärtigen Ende, das mit einer Abgasöffnung eines Zylinders oder einer Vielzahl von Zylindern, die in der Abgasreihenfolge nicht sequentiell sind, verbunden ist, und ein Mischrohr, das mit stromabwärtigen Enden der jeweiligen unabhängigen Abgaskanäle verbunden ist und in das Abgas, das die jeweiligen unabhängigen Abgaskanäle passiert hat, einströmt, umfasst, die stromabwärtigen Enden der jeweiligen unabhängigen Abgaskanäle in einer gebündelten Form mit dem Mischrohr verbunden sind, eine Hohlraumexpansionskammer, einschließlich eines Raumabschnitts, in dem ein Strömungspfad-Abschnittsbereich vergrößert ist, in einem Abgaskanal stromabwärts von dem Mischrohr angeordnet ist, ein Abstand von einer Sitzposition des Abgasventils in der Abgasöffnung eines jeden Zylinders bis zu einem stromaufwärtigen Ende der Hohlraumexpansionskammer auf einen Abstand eingestellt ist, derart, dass, in einem ersten Arbeitsbereich einschließlich mindestens eines Zwischengeschwindigkeitsbereichs, in dem eine Motordrehzahl größer oder gleich einer im Voraus eingestellten ersten Referenzdrehzahl und kleiner oder gleich einer zweiten Referenzdrehzahl, die höher ist als die erste Referenzdrehzahl, ist, eine negative Druckwelle auf Grund einer Abgasdruckwelle erzeugt wird, die durch Öffnen des Abgasventil erzeugt wird und die die Hohlraumexpansionskammer erreicht und von ihr reflektiert wird, und die negative Druckwelle die Abgasöffnung des Zylinders während eines Überlappzeitraums erreicht, in dem sich ein Öffnungszeitraum des Abgasventils und ein Öffnungszeitraum des Ansaugventils des Zylinders, dessen Abgasventil geöffnet wurde, für einen vorbestimmten Zeitraum überlappen, und eine Ventilantriebsvorrichtung zum Antreiben des Ansaugventils und des Abgasventils von jedem Zylinder vorgesehen ist, so dass sich ein Öffnungszeitraum des Abgasventils und ein Öffnungszeitraum des Ansaugventils von jedem Zylinder für einen vorbestimmten Zeitraum überlappen und, für Zylindern, die in

der Abgasreihenfolge sequentiell sind, sich das Abgasventil eines anschließenden Zylinders während des Überlappzeitraums eines vorherigen Zylinders, in einem vorbestimmten Arbeitsbereich, einschließlich mindestens Niedrig- und Zwischengeschwindigkeitsbereiche, wobei die Motordrehzahl kleiner oder gleich der zweiten Referenzdrehzahl ist, öffnet.

2. Abgasvorrichtung für einen Mehrzylindermotor nach Anspruch 1, wobei ein Vorschalldämpfer relativ auf einer stromaufwärtigen Seite angeordnet ist und ein Hauptschalldämpfer relativ auf einer stromabwärtigen Seite des Abgaskanals stromabwärts von dem Mischrohr angeordnet ist, die Hohlraumexpansionskammer den Vorschalldämpfer darstellt, und ein Abstand von der Sitzposition des Abgasventils in der Abgasöffnung von jedem Zylinder bis zu einem stromaufwärtigen Ende des Hauptschalldämpfers auf einen Abstand eingestellt ist, derart, dass ein Abstand, in einem zweiten Arbeitsbereich einschließlich mindestens eines Niedriggeschwindigkeitsbereichs, in dem die Motordrehzahl geringer ist als die erste Referenzdrehzahl, eine negative Druckwelle auf Grund einer Abgasdruckwelle erzeugt wird, die durch Öffnen des Abgasventil erzeugt wird, und die den Hauptschalldämpfer erreicht und von ihm reflektiert wird, und die negative Druckwelle die Abgasöffnung des Zylinders während eines Überlappzeitraums erreicht, in dem sich ein Öffnungszeitraum des Abgasventils und ein Öffnungszeitraum des Ansaugventils des Zylinders, dessen Abgasventil geöffnet wurde, für einen vorbestimmten Zeitraum überlappen.

3. Abgasvorrichtung für einen Mehrzylindermotor nach Anspruch 1 oder 2, wobei ein Ansaugsystem so eingestellt ist, dass eine positive Druckwelle, die durch Reflexion einer negativen Druckwelle von Ansaugluft erzeugt wird, die durch Öffnen des Ansaugventils erzeugt wird, die Ansaugöffnung unmittelbar vor dem Schließen des Ansaugventils in einem dritten Arbeitsbereich, einschließlich mindestens eines Hochgeschwindigkeitsbereichs, in dem die Motordrehzahl die zweite Referenzdrehzahl übersteigt, erreicht.

4. Abgasvorrichtung für einen Mehrzylindermotor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei ein Abstand von der Sitzposition des Abgasventils in der Abgasöffnung von jedem Zylinder bis zu einem stromabwärtigen Ende von jedem unabhängigen Abgaskanal so eingestellt ist, dass er kleiner oder gleich 500 mm ist.

5. Abgasvorrichtung für einen Mehrzylindermotor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei ein Katalysatorgehäuse, das einen Katalysatorträger beherbergt, in dem Abgaskanal stromabwärts von dem Mischrohr angeordnet ist,

die Hohlraumexpansionsskammer in dem Abgaskanal stromabwärts von dem Katalysatorgehäuse angeordnet ist, und eine Zunahmerate A eines Strömungspfad-Abschnittsbereichs der Hohlraumexpansionsskammer bezüglich eines Strömungspfad-Abschnittsbereichs des Abgaskanal mit einer stromaufwärtigen Seite der Hohlraumexpansionsskammer verbunden ist, und eine Zunahmerate B eines Strömungspfad-Abschnittsbereichs des Katalysatorgehäuses bezüglich eines Strömungspfad-Abschnittsbereichs des Abgaskanal, der mit einer stromaufwärtigen Seite des Katalysatorgehäuses verbunden ist, so eingestellt sind, dass $A > B$.

Es folgen 11 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

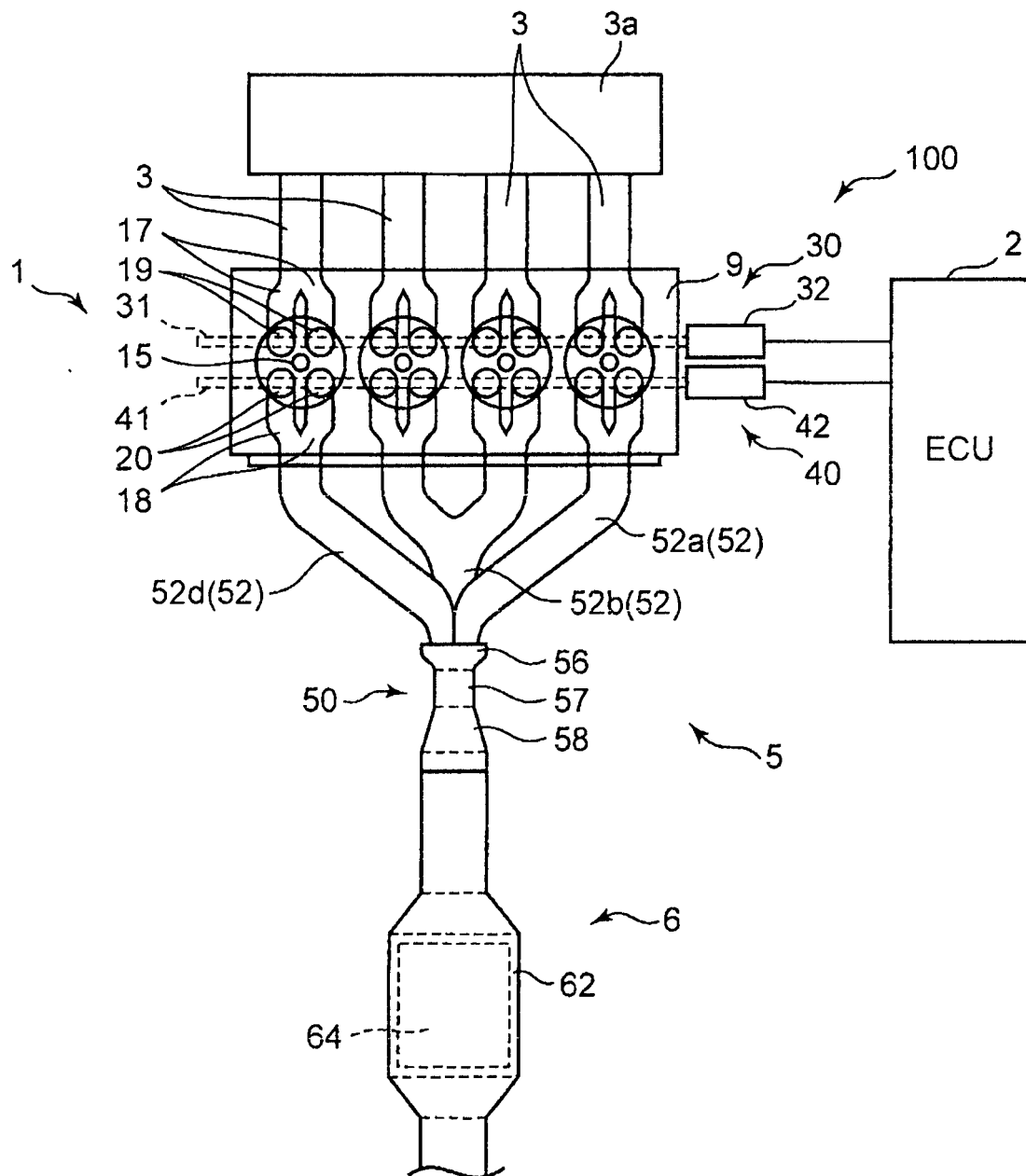


FIG. 2

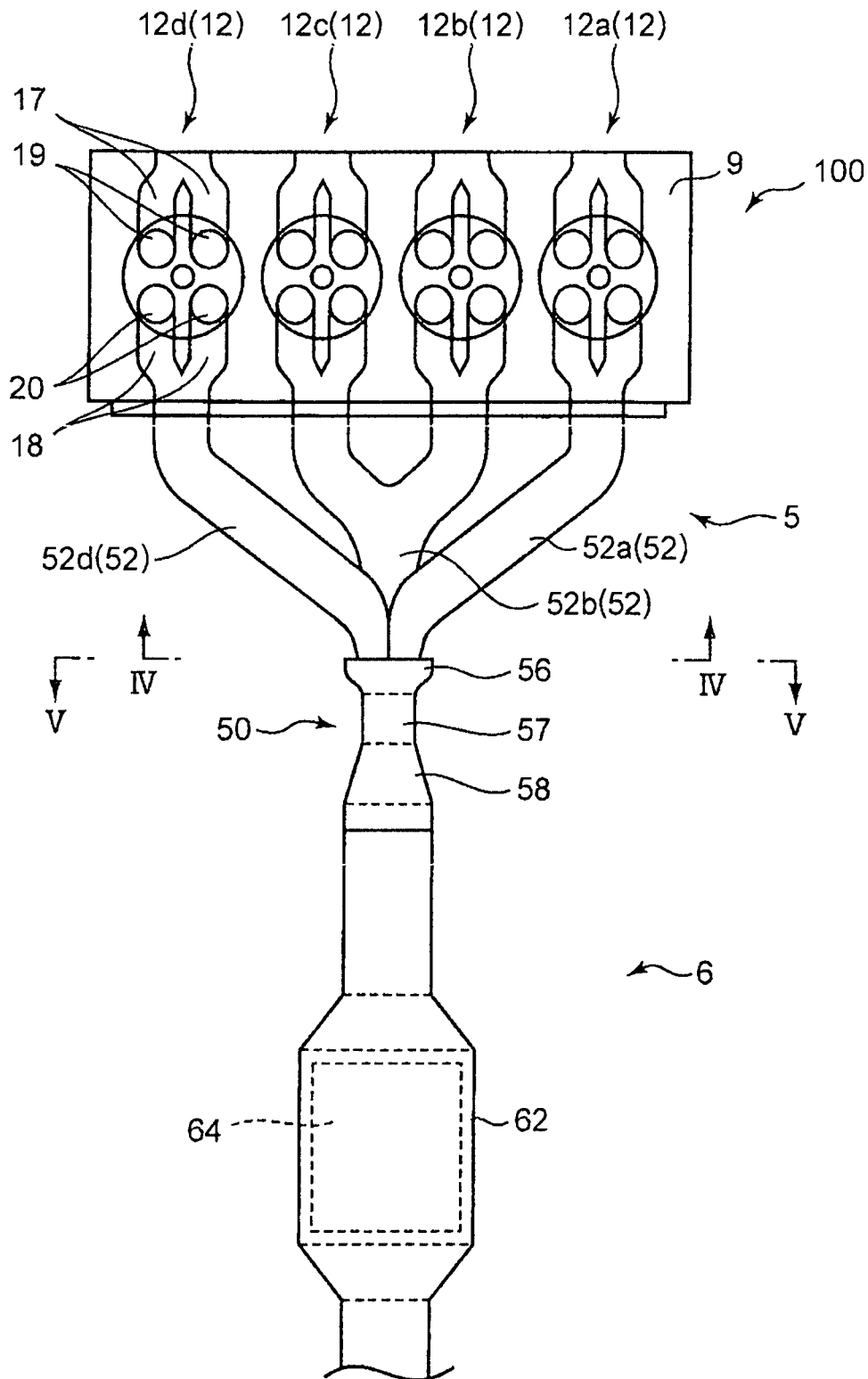


FIG. 3

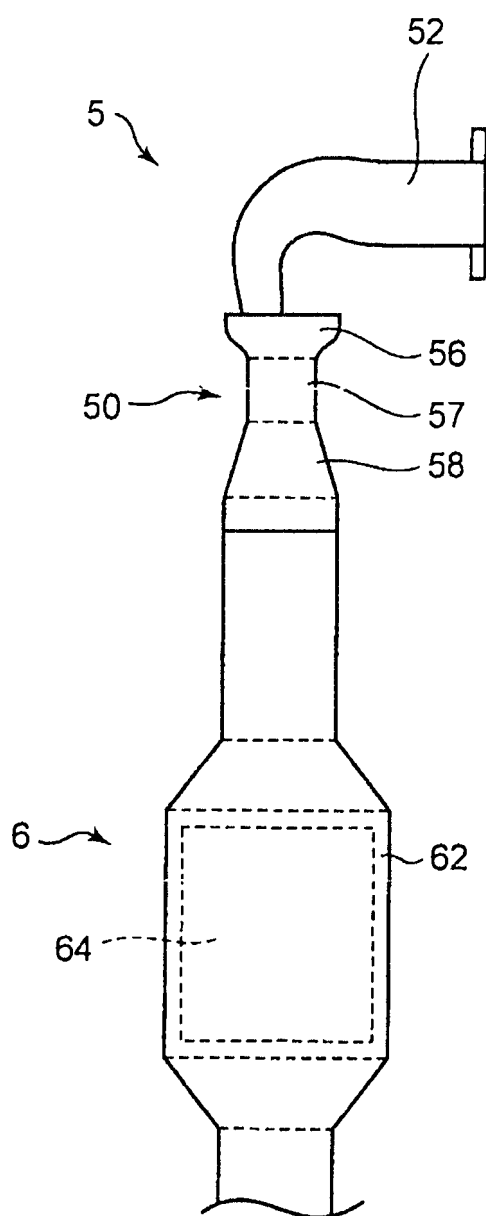


FIG. 4

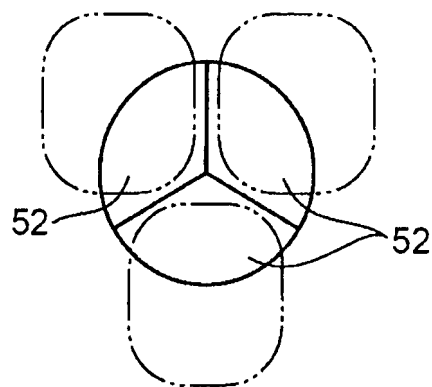


FIG. 5

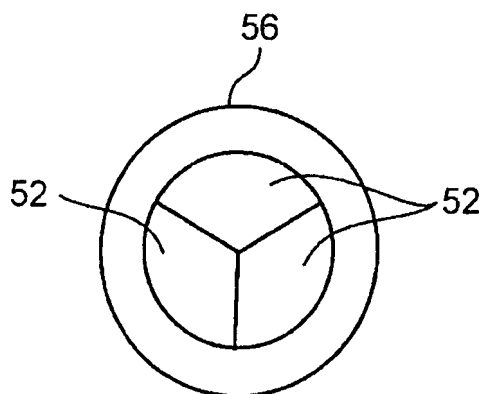


FIG. 6

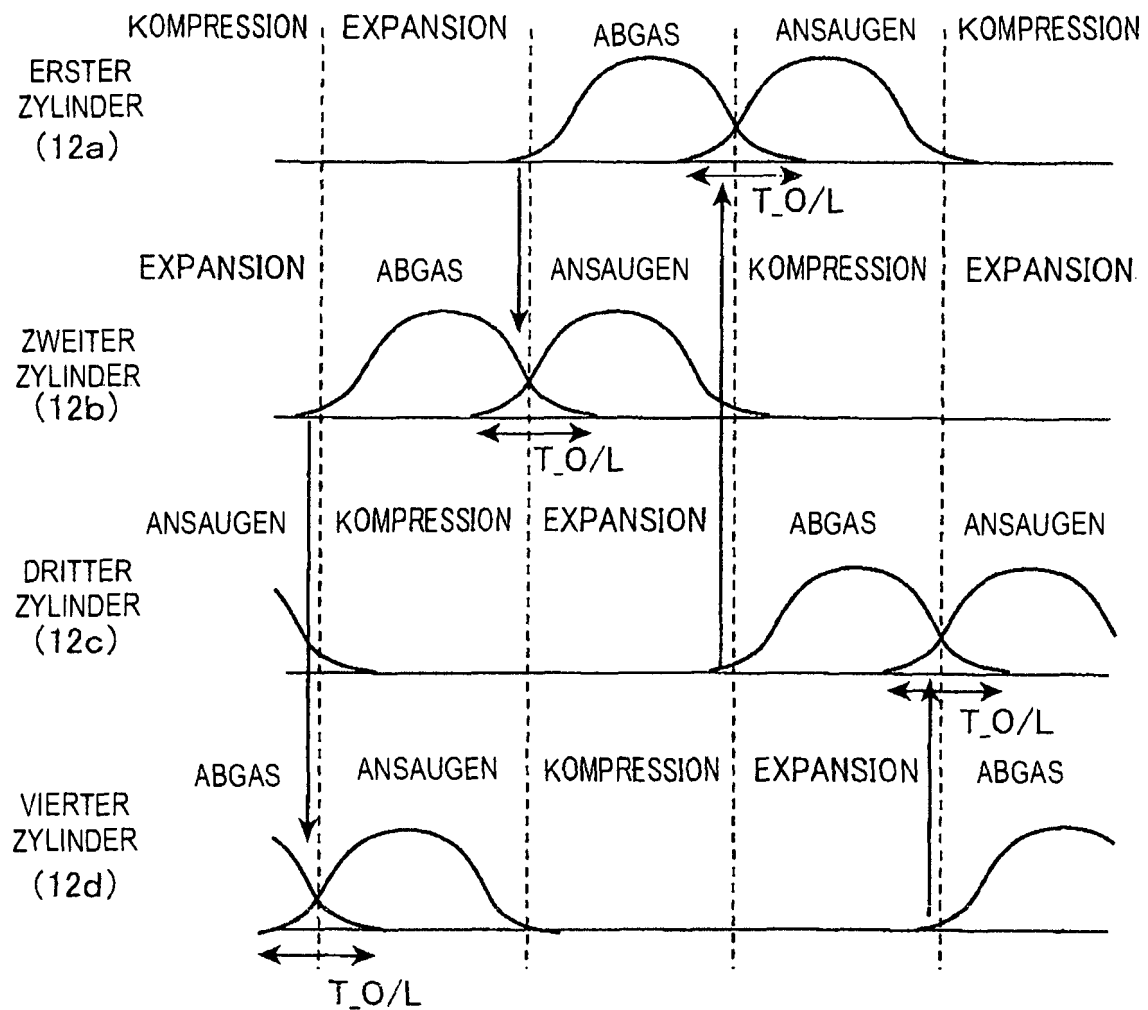


FIG. 7

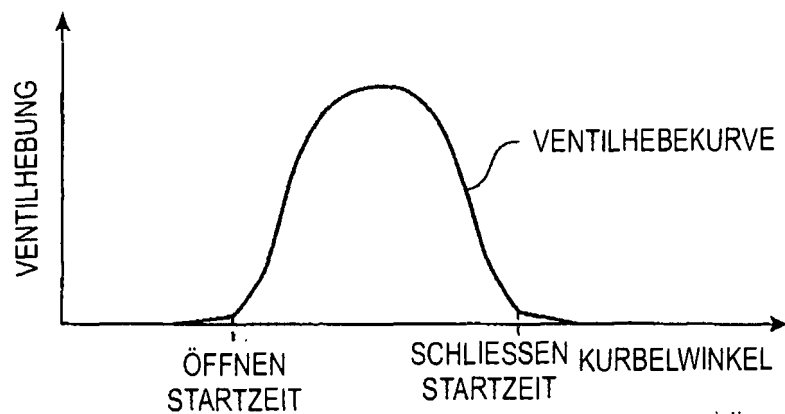


FIG. 8

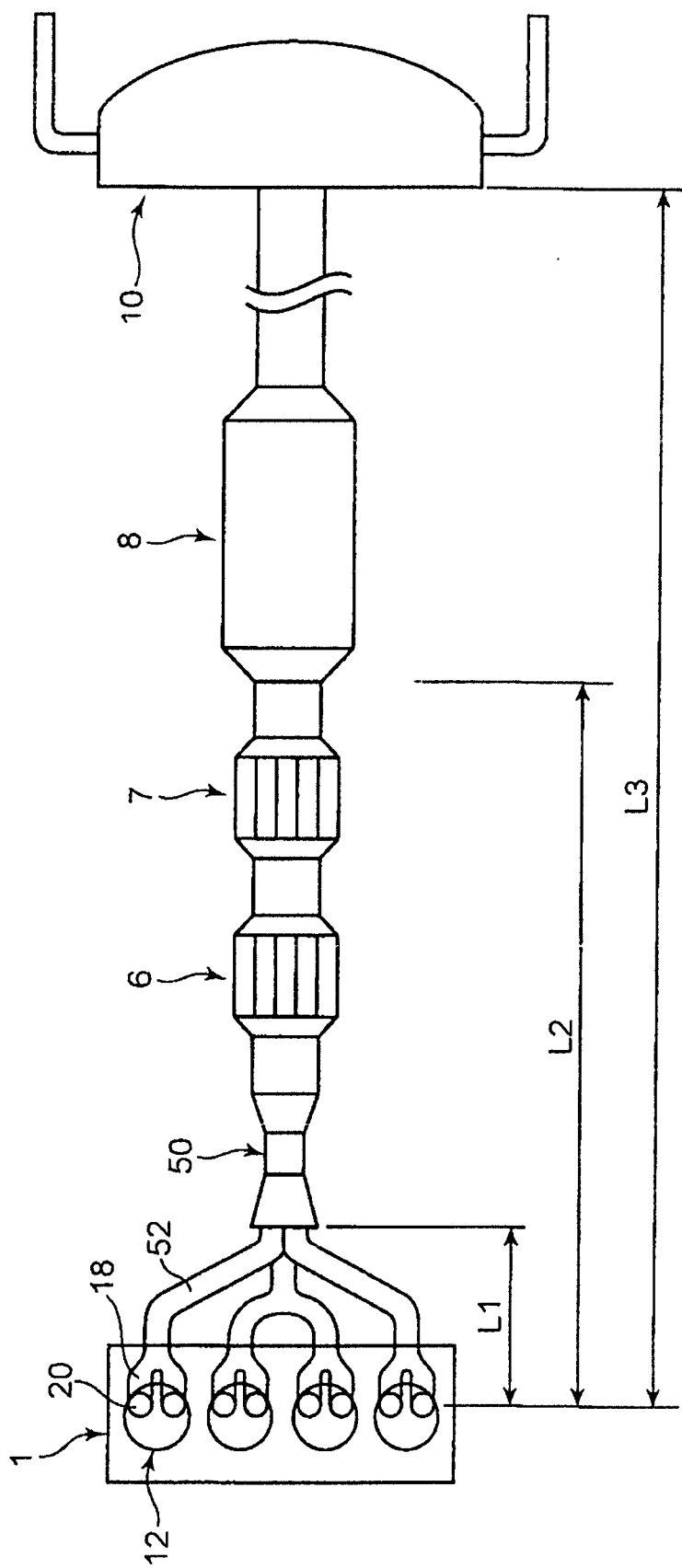


FIG. 9

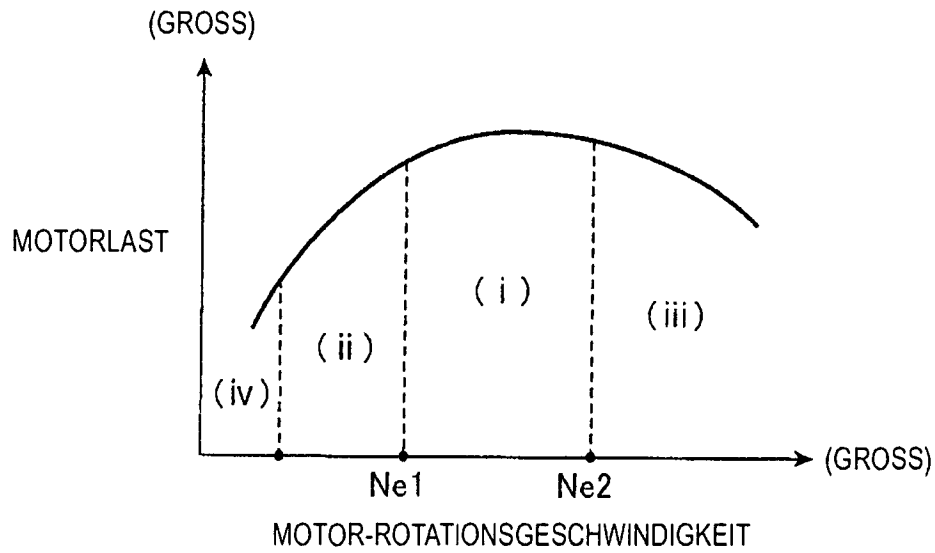


FIG. 10

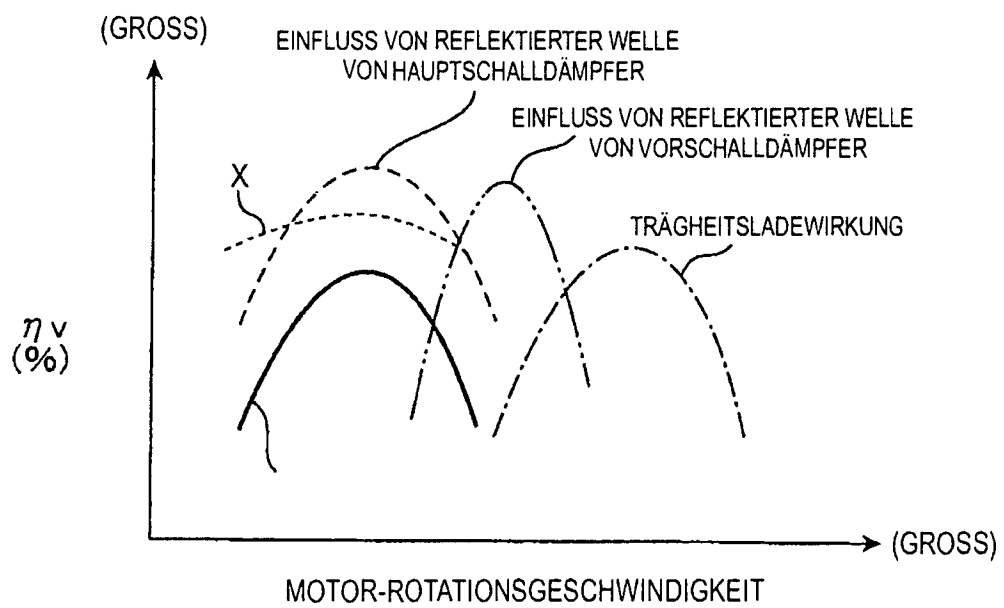


FIG. 11

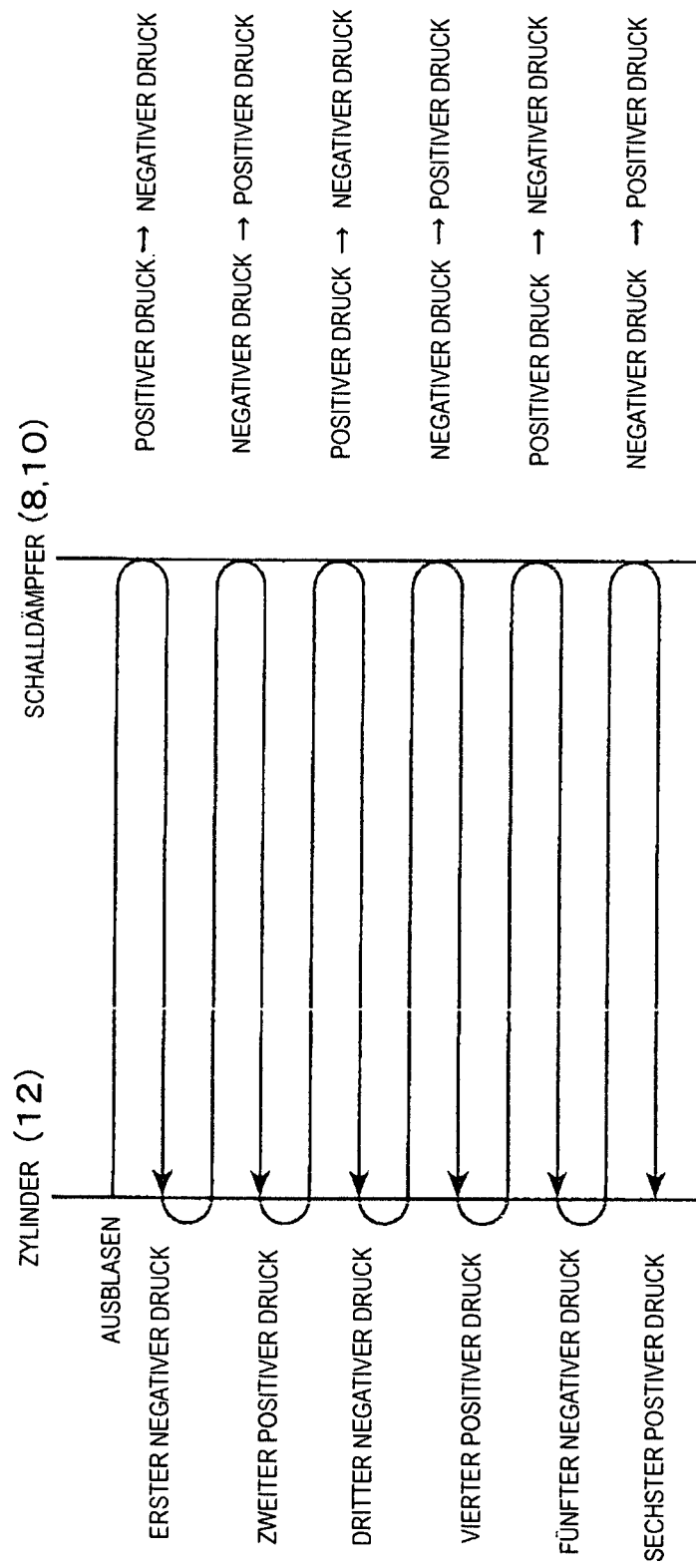


FIG. 12

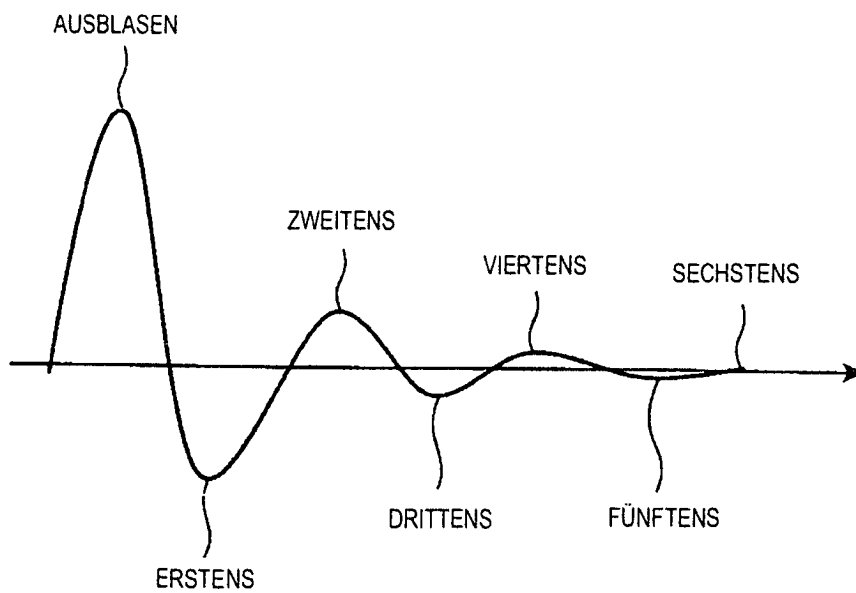


FIG. 13

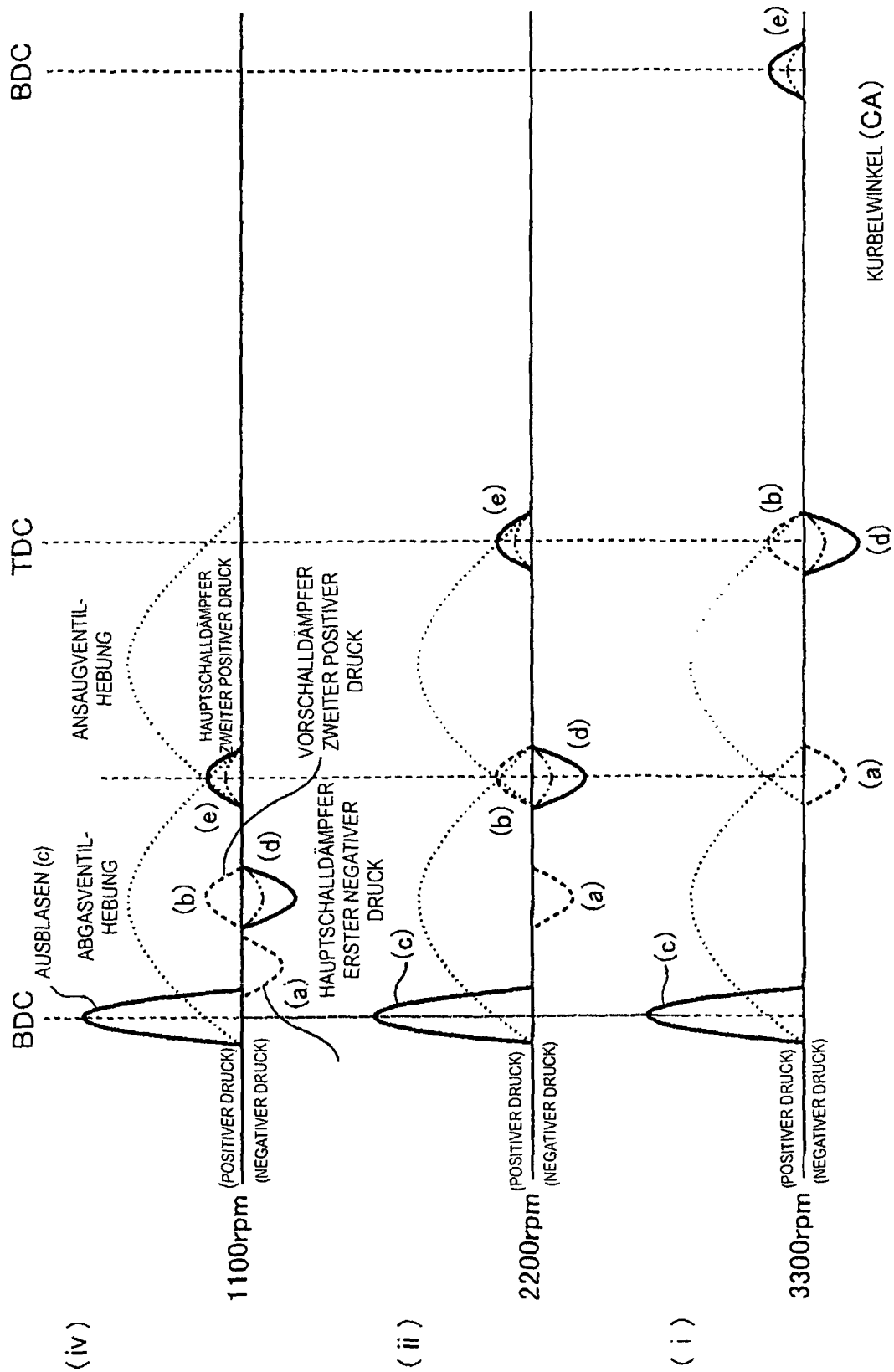


FIG. 14

