



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 50 838 B4** 2006.11.23

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 50 838.0**
(22) Anmeldetag: **31.10.2002**
(43) Offenlegungstag: **12.06.2003**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **23.11.2006**

(51) Int Cl.⁸: **F02B 41/10** (2006.01)
F01N 1/00 (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. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
P 2001/337349 02.11.2001 JP

(73) Patentinhaber:
Toyota Jidosha K.K., Toyota, Aichi, JP

(74) Vertreter:
TBK-Patent, 80336 München

(72) Erfinder:
Ogawa, Masahiro, Toyota, Aichi, JP; Shimokawa, Ukio, Toyota, Aichi, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 38 31 687 A1
DE 38 13 735 A1
JP 03-0 54 313 A

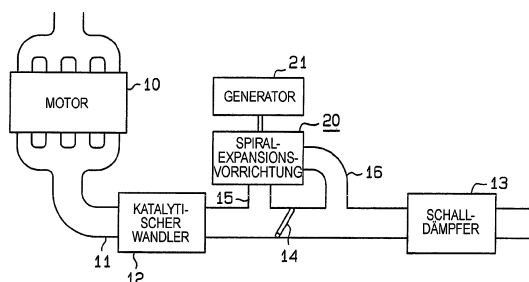
(54) Bezeichnung: **Abgasenergierückgewinnungssystem für eine Brennkraftmaschine**

(57) Hauptanspruch: Abgasenergierückgewinnungssystem für eine Brennkraftmaschine (10) mit einem Abgaskanal (11, 11a, 11b, 62a, 62b), wobei das Abgasenergierückgewinnungssystem folgendes aufweist:

eine Verdrängungsexpansionsvorrichtung (20, 20a, 20b, 90, 120, 200), die in dem Abgaskanal (11, 11a, 11b, 62a, 62b) angeordnet ist, wobei das Abgas in die Expansionsvorrichtung (20, 20a, 20b, 90, 120, 200) eingeleitet wird, und

einen Generator (21, 64) zum Erzeugen von Elektrizität gemäß der durch die Expansionsvorrichtung (20, 20a, 20b, 90, 120, 200) erzeugten Energie,

dadurch gekennzeichnet, dass die Expansionsvorrichtung (20, 20a, 20b, 90, 120, 200) eine Expansionskammer (P) hat, deren Volumen sich gemäß dem Druck des Abgases verändert, und Energie gemäß der Volumenveränderung der Expansionskammer (P) erzeugt.



Beschreibung**Aufgabenstellung****HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

[0001] Die Erfindung bezieht sich gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 auf ein Abgasenergierückgewinnungssystem für eine Brennkraftmaschine, das die Energie von Abgas (Abgasenergie) zurückgewinnt und zurückführt.

Stand der Technik

[0002] JP-3-54313 A offenbart ein derartiges Abgasenergierückgewinnungssystem für eine Brennkraftmaschine. Das Rückgewinnungssystem umfasst eine Verdrängungsexpansionsvorrichtung in Schaufelbauweise in einem Abgaskanal der Brennkraftmaschine. Die Abtriebswelle der Expansionsvorrichtung ist mechanisch mit einer Kurbelwelle der Brennkraftmaschine gekoppelt und durch sie antreibbar. Die Abtriebswelle der Expansionsvorrichtung wird durch die Abgasenergie gedreht und die Rotation der Abtriebswelle wird auf die Kurbelwelle übertragen. Somit wird die Abgasenergie zurückgewonnen, um den Motorantrieb zu unterstützen.

[0003] Bei dem vorgenannten Abgasenergierückgewinnungssystem sind jedoch die Abtriebswelle der Verdrängungsexpansionsvorrichtung und die Kurbelwelle miteinander mechanisch gekoppelt. Daher bestimmt sich die Drehgeschwindigkeit der Verdrängungsexpansionsvorrichtung in Übereinstimmung mit der Drehgeschwindigkeit des Motors, ohne dass die in die Verdrängungsexpansionsvorrichtung eingeleitete Strömungsrate des Abgases berücksichtigt wird. In Abhängigkeit vom Antriebszustand des Motors wird daher die Abgasenergie nicht ausreichend zurückgewonnen. Außerdem kann das System ein Ansteigen der Last des Motors oder eines Rückstaudrucks hervorrufen.

[0004] Da die Abgasenergie durch mechanische Mittel zurückgewonnen wird, wird die zurückgewonnene Abgasenergie weiterhin nur zur Unterstützung des Motorantriebs verwendet. Das beschränkt erheblich die Flexibilität der Rückführung der zurückgewonnenen Abgasenergie.

[0005] DE 38 13 735 A1 offenbart ein bekanntes gattungsgemäßes Abgasenergierückgewinnungssystem für eine Brennkraftmaschine. Dieses Abgasenergierückgewinnungssystem mit einem Abgaskanal hat eine Verdrängungsexpansionsvorrichtung in Gestalt einer Turbine, die in dem Abgaskanal angeordnet ist, wobei das Abgas in die Turbine eingeleitet wird, und einen Generator zum Erzeugen von Elektrizität gemäß der durch die Turbine erzeugten Energie.

[0006] DE 38 31 687 A1 offenbart eine Radialturbine mit einer Turbinenkammer, deren Volumen durch eine Betätigungseinrichtung geändert wird.

[0007] Entsprechend ist es die Aufgabe der Erfindung, ein Abgasenergierückgewinnungssystem für eine Brennkraftmaschine zu schaffen, das Abgas wirkungsvoll zurückgewinnt und das zurückgewonnene Abgas wirkungsvoll nutzt.

[0008] Diese Aufgabe wird durch das Abgasenergierückgewinnungssystem mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen definiert.

[0009] Zur Lösung dieser Aufgabe schafft die Erfindung ein Abgasenergierückgewinnungssystem für eine Brennkraftmaschine mit einem Abgaskanal. Das Abgasenergierückgewinnungssystem umfasst eine Verdrängungsexpansionsvorrichtung und einen Generator. Die Verdrängungsexpansionsvorrichtung liegt in dem Abgaskanal. Abgas wird in die Expansionsvorrichtung eingeleitet. Die Expansionsvorrichtung hat eine Expansionskammer, deren Volumen sich in Übereinstimmung mit dem Druck des Abgases verändert und Energie in Übereinstimmung mit der Volumenveränderung der Expansionskammer erzeugt. Der Generator erzeugt Elektrizität in Übereinstimmung mit der durch die Expansionsvorrichtung erzeugten Energie.

[0010] Andere Gesichtspunkte und Vorteile der Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung offensichtlich, wenn sie in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen gelesen wird, welche beispielhaft die Prinzipien der Erfindung zeigen.

Ausführungsbeispiel

[0011] Die Erfindung zusammen mit ihren Aufgaben und Vorteilen kann am besten unter Bezugnahme auf die folgende Beschreibung der zur Zeit bevorzugten Ausführungsbeispiele zusammen mit den beigefügten Zeichnungen verstanden werden, in denen:

[0012] [Fig. 1](#) eine schematische Ansicht ist, die den Gesamtaufbau eines ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung darstellt;

[0013] [Fig. 2](#) eine Querschnittseitenansicht ist, die eine Spiralexpansionsvorrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel darstellt;

[0014] [Fig. 3](#) eine Querschnittansicht ist, die einen Spiralabschnitt der Spiralexpansionsvorrichtung darstellt;

[0015] [Fig. 4](#) eine schematische Ansicht ist, die den

Gesamtaufbaus eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung darstellt;

[0016] [Fig. 5](#) eine Querschnittansicht einer Spiralexpansionsvorrichtung und ihrer Nachbarschaft gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel ist;

[0017] [Fig. 6](#) eine schematische Ansicht ist, die den Gesamtaufbau eines modifizierten Ausführungsbeispiels des dritten Ausführungsbeispiels darstellt;

[0018] [Fig. 7](#) eine schematische Ansicht ist, die den Gesamtaufbau eines weiteren modifizierten Ausführungsbeispiels des dritten Ausführungsbeispiels darstellt;

[0019] [Fig. 8](#) eine vergrößerte Teilansicht im Schnitt ist, die eine Spiralexpansionsvorrichtung gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel darstellt;

[0020] [Fig. 9\(a\)](#) eine Draufsicht ist, die eine Dichtung der Spiralexpansionsvorrichtung gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel darstellt;

[0021] [Fig. 9\(b\)](#) eine Querschnittansicht ist, die die Dichtung darstellt;

[0022] [Fig. 10](#) eine Draufsicht ist, die die Rückseite einer bewegbaren Spirale gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel darstellt;

[0023] [Fig. 11](#) eine vergrößerte Teilansicht im Schnitt ist, die das freie Ende eines Schneckenabschnittes mit einer Labyrinthnut darstellt;

[0024] [Fig. 12](#) eine perspektivische Teilansicht eines Teils eines Schneckenabschnittes ist, an dem ein Dichtungsaufbau gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel vorgesehen ist; Die [Fig. 13\(a\)](#), [Fig. 13\(b\)](#) und [Fig. 13\(c\)](#) perspektivische Teilansichten von Unterteilungselementen sind, die an dem Schneckenabschnitt angeordnet sind;

[0025] [Fig. 14](#) eine Teilschnittansicht ist, die ein freies Ende des Schneckenabschnittes darstellt;

[0026] [Fig. 15](#) eine vergrößerte Teilansicht im Schnitt ist, die eine Spiralexpansionsvorrichtung gemäß einem siebten Ausführungsbeispiel darstellt;

[0027] [Fig. 16](#) eine Querschnittansicht ist, die eine Spiralexpansionsvorrichtung und ihre Nachbarschaft gemäß einem neunten Ausführungsbeispiel darstellt; und

[0028] [Fig. 17](#) eine Draufsicht ist, die die Spiralexpansionsvorrichtung gemäß dem neunten Ausführungsbeispiel darstellt.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0029] Ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) beschrieben.

[0030] [Fig. 1](#) zeigt ein Abgasenergierückgewinnungssystem gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0031] Wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, hat eine in einem Fahrzeug montierte Brennkraftmaschine **10** einen Abgaskanal **11**. Ein katalytischer Wandler **12** und ein Schalldämpfer **13** sind in dem Abgaskanal **11** angeordnet. Das Abgasenergierückgewinnungssystem gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel umfasst eine Verdrängungsexpansionsvorrichtung in Spiralbauweise (nachfolgend einfach als Spiralexpansionsvorrichtung bezeichnet) **20** und einen Generator **21**. Die Spiralexpansionsvorrichtung **20** erzeugt unter Verwendung des durch den Abgaskanal **11** strömenden Abgases einen Abtrieb. Der Generator **21** erzeugt aus dem Abtrieb der Spiralexpansionsvorrichtung **20** Energie.

[0032] Ein Überdruckventil **14** liegt stromabwärts des katalytischen Wandlers **12** in dem Abgaskanal **11**. Eine Saugöffnung **15** ist mit dem Abgaskanal **11** stromaufwärts des Überdruckventils **14** verbunden. Die Saugöffnung **15** leitet Gas in die Spiralexpansionsvorrichtung **20** ein. Eine Abgasöffnung **16** ist mit dem Abgaskanal **11** stromabwärts des Überdruckventils **14** verbunden. Die Abgasöffnung **16** lässt Gas aus der Spiralexpansionsvorrichtung **20** aus.

[0033] Das Überdruckventil **14** ist ein normalerweise geschlossenes Druckregulierventil. Wenn das Überdruckventil **14** geschlossen ist, wird das Abgas daran gehindert, zwischen der Saugöffnung **15** und der Abgasöffnung **16** zu strömen. Zu dieser Zeit wird das durch den katalytischen Wandler **12** strömende Abgas durch die Saugöffnung **15** zu der Spiralexpansionsvorrichtung **20** geschickt. Nach dem Durchströmen der Spiralexpansionsvorrichtung **20** wird das Abgas in den Abgaskanal **11** durch die Abgasöffnung **16** zurückgeführt. Das Abgas wird dann an die Umgebungsluft durch den Schalldämpfer **13** ausgelassen.

[0034] Wenn der Druck des stromaufwärts des Überdruckventils **14** liegenden Abgases auf einen Wert ansteigt, der größer als oder gleich einem vorbestimmten Wert ist, öffnet sich das Überdruckventil **14**, um eine Strömung des Abgases zwischen der Saugöffnung **15** und der Abgasöffnung **16** in dem Abgaskanal **11** zuzulassen. Dadurch kann Abgas ohne Durchtritt durch die Spiralexpansionsvorrichtung **20** strömen. Folglich ist das Abgas daran gehindert, in übermäßiger Weise zu der Spiralexpansionsvorrichtung **20** zu strömen.

[0035] Der Aufbau der Spiralexpansionsvorrichtung **20** wird nun unter Bezugnahme auf die [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) beschrieben.

[0036] Wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, umfasst die Spiralexpansionsvorrichtung **20** eine feststehende Spirale **22** und eine bewegliche Spirale **23**.

[0037] Die feststehende Spirale **22** ist an einem Gehäuse **24** der Spiralexpansionsvorrichtung **20** angebracht. Eine Saugöffnung **15** ist in der Nähe der Mitte der feststehenden Spirale **22** ausgebildet. Eine Abgasöffnung **16** ist radial außerhalb der Saugöffnung **15** ausgebildet.

[0038] Die bewegliche Spirale **23** ist an einer im Wesentlichen scheibenförmigen Grundplatte **23a** angebracht und so angeordnet, dass sie der feststehenden Spirale **22** gegenüber liegt.

[0039] Eine Abtriebswelle **25** ist drehbar durch das Gehäuse **24** mit einem Radiallager **34** gelagert. Die Abtriebswelle **25** ist mit der Grundplatte **23a** der beweglichen Spirale **23** durch einen Kurbelmechanismus **26** gekoppelt. Der Kurbelmechanismus **26** umfasst eine exzentrische Welle **26a** und ein Nadellager **26b**. Die exzentrische Welle **26a** liegt an einer Position, die gegenüber der Mitte der Abtriebswelle **25** versetzt ist. Das Nadellager **26b** koppelt die exzentrische Welle **26a** mit der beweglichen Spirale **23** derart, dass die exzentrische Welle **26a** sich relativ zu der beweglichen Spirale **23** dreht. Die bewegliche Spirale **23** und die Grundplatte **23a** laufen um die Achse der Abtriebswelle **25**. Ein Umläufer der beweglichen Spirale **23** und der Grundplatte **23a** wird in eine Drehung der Abtriebswelle **25** durch den Kurbelmechanismus **26** umgewandelt.

[0040] Weiterhin ist ein Drehverhinderungsmechanismus **27** zwischen der Grundplatte **23a** der beweglichen Spirale **23** und dem Gehäuse **24** angeordnet. Der Drehverhinderungsmechanismus **27** verhindert eine Drehung der beweglichen Spirale **23** und der Grundplatte **23a**.

[0041] Die Abtriebswelle **25** ist mit einer ersten Riemenscheibe **28** verbunden, wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist. Die erste Riemenscheibe **28** ist mit einer zweiten Riemenscheibe **30** des Generators **21** durch einen Riemen **29** wirkverbunden.

[0042] Wie in [Fig. 3](#) gezeigt ist, sind Expansionskammern P zwischen den Schraubenabschnitten der feststehenden Spirale **22** und der beweglichen Spirale **23** definiert. Wenn die bewegliche Spirale **23** in einer vorbestimmten Richtung (in der Richtung im Gegenuhrzeigersinn in [Fig. 3](#)) umläuft, laufen die Expansionskammern P um und bewegen sich in Radialrichtung auswärts der Spiralen **23**, **22**. Entsprechend vergrößert sich das Volumen jeder Expansionskam-

mer P.

[0043] Wenn Abgas in die Spiralexpansionsvorrichtung **20** von der Saugöffnung **15** eingeleitet wird, bewegt sich das Abgasdrehend zwischen den Spiralen **22**, **23** und bewegt sich radial nach außen von der Mitte der Spiralen **22**, **23**. Das an dem Umfangsabschnitt der Spiralen **22**, **23** angekommene Abgas wird aus der Abgasöffnung **16** ausgelassen. Die Bewegung des Abgases in der Expansionsvorrichtung **20** ruft eine Umlaufbewegung der beweglichen Spirale **23** hervor, die die Abtriebswelle **25** dreht. Die Drehung der Abtriebswelle **25** wird auf den Generator **21** durch die erste und zweite Riemenscheibe **28**, **30** und durch den Riemen **29** übertragen. Damit wird der Generator **21** aktiviert und erzeugt Energie.

[0044] Die Energie wird in einer nicht gezeigten Batterie gespeichert oder der Elektroausrüstung des Fahrzeugs zugeführt.

[0045] Wenn die Spiralexpansionsvorrichtung **20** arbeitet, erhitzen sich die Komponenten durch das Abgas. Wenn sich das Radiallager **34** oder das Nadellager **26** erhitzen, kann sich die Schmierung verschlechtern. Auch die Spulen des Generators **21** können sich erhitzen. Das erste Ausführungsbeispiel setzt den folgenden Kühlaufbau ein.

[0046] Wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, ist ein Wärmerohr **31** in der Abtriebswelle **25** und der exzentrischen Welle **26a** angeordnet. Die Wärme der Lager **34**, **26b** wird in Richtung zur ersten Riemenscheibe **28** übertragen. Das Wärmerohr **31** liegt vorzugsweise nahe an der Achse der Abtriebswelle **25**, um einen Anstieg der Zentrifugalkraft der Abtriebswelle **25** zu verhindern.

[0047] Weiterhin sind Rippen **32**, **33** jeweils an der ersten und zweiten Riemenscheibe **28**, **30** angeordnet. Die Rippe **32** erzeugt bei Drehung der ersten Riemenscheibe **28** Kühlluft in der Nachbarschaft der ersten Riemenscheibe **28**. Die Rippe **33** schickt bei Drehung der zweiten Riemenscheibe **30** Kühlluft in den Generator **21**.

[0048] Die feststehende Spirale **22** und die bewegliche Spirale **23** der Spiralexpansionsvorrichtung **20** haben Schneckenabschnitte. Dadurch wird der Herstellprozess kompliziert. Daher können die Schneckenabschnitte und die Grundplatten getrennt voneinander ausgebildet werden und nachträglich zusammengesetzt werden. Dies vereinfacht den Herstellprozess. Beispielsweise ist auf jeder Grundplatte entsprechend einem Abschnitt, der mit dem zugehörigen Schneckenabschnitt zu verbinden ist, eine Nut ausgebildet.

[0049] Jeder Schneckenabschnitt, der getrennt hergestellt wird, wird dann an der entsprechenden Nut

angebracht und durch Unterdrucklöten oder dergleichen befestigt. Eine Endbearbeitung wie beispielsweise Schleifen wird nach Bedarf ausgeführt.

[0050] Das erste Ausführungsbeispiel schafft die folgenden Vorteile.

(1) Beim ersten Ausführungsbeispiel liegt die Spiralexpansionsvorrichtung **20** im Abgaskanal **11**, um Energie in Übereinstimmung mit der Veränderung des Volumens der Expansionskammern P durch den Druck des Abgases zu erzeugen. Weiterhin ist der Generator **21** vorgesehen, um durch die von der Spiralexpansionsvorrichtung **20** ausgeübten Energie Elektrizität zu erzeugen. Daher wird die Abgasenergie wirkungsvoll zurückgewonnen und genutzt.

(2) Beim ersten Ausführungsbeispiel liegt die Spiralexpansionsvorrichtung **20** stromabwärts des katalytischen Konverters **12** in dem Abgaskanal **11**. Obwohl die Temperatur des Abgases bei der Expansion in der Spiralexpansionsvorrichtung **20** abnimmt, wird daher die Temperatur des durch den katalytischen Konverter **12** strömenden Abgases hochgehalten. Dies erhält in einfacher Weise die Aktivierungstemperatur des Katalysators.

(3) Wenn die Abgastemperatur abnormal hoch ist, ermöglicht das Überdruckventil **14** eine Strömung des Abgases ohne Durchtritt durch die Spiralexpansionsvorrichtung **20**. Daher ist die Spiralexpansionsvorrichtung **20** geschützt, wenn der Abgasdruck beispielsweise wegen Fehlzündungen abnormal ansteigt.

(4) Die in der Spiralexpansionsvorrichtung **20** definierten Expansionskammern P erzeugen eine durch das Abgas weitergeleitete Schallwelle. Daher verringert die Spiralexpansionsvorrichtung **20** den Abgasschall. Die Verwendung der Spiralexpansionsvorrichtung **20** als Geräuscheliminator verringert die Last auf dem Schalldämpfer **13**. Daher kann der Aufbau des Schalldämpfers **13** vereinfacht werden oder der Schalldämpfer **13** kann weggelassen werden. Folglich verringert sich der Druckverlust im Abgassystem.

(5) Das Wärmerohr **31** liegt in der Abtriebswelle **25** und der exzentrischen Welle **26a** der Spiralexpansionsvorrichtung **20**, um die Hitze der Lager **34**, **26b** in Richtung zur ersten Riemenscheibe **28** zu bewegen. Dies erhöht die Kühlleistung in der Spiralexpansionsvorrichtung **20**, in die Abgas mit hoher Temperatur eingeleitet wird.

(6) Die Rippe **32** liegt auf der ersten Riemenscheibe **28** der Abtriebswelle **25**. Die Rippe **32** erzeugt Kühlluft in Übereinstimmung mit der Drehung der ersten Riemenscheibe **28**. Dies verbessert die Kühlleistung in der Spiralexpansionsvorrichtung **20** weiter.

(7) Die Rippe **33** liegt auf der zweiten Riemenscheibe **30** des Generators **21**. Die Rippe **33** schickt Kühlluft in Übereinstimmung mit der Drehung der zweiten Riemenscheibe **30** in den Gene-

rator **21**. Dies kühlt wirkungsvoll die Spulen in dem Generator **21**.

[0051] Es sollte für den Fachmann offensichtlich sein, dass die Erfindung in vielen anderen speziellen Formen ausgeführt werden kann, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen. Insbesondere sollte verstanden werden, dass die Erfindung in den folgenden Formen ausgeführt werden kann.

[0052] Der Kühlaufbau muss nicht vorgesehen werden, der das Wärmerohr **31** und die Rippen **32**, **33** umfasst. Es kann entweder ein Teil des Kühlaufbaus angewendet werden oder es kann der gesamte Kühlaufbau weggelassen werden.

[0053] Beim ersten Ausführungsbeispiel ermöglicht das Überdruckventil **14** eine Strömung des Abgases ohne Durchtritt durch die Spiralexpansionsvorrichtung **20**, wenn der Abgasdruck abnormal hoch ist. Es kann jedoch das Überdruckventil auch weggelassen werden oder es können andere Komponenten mit einer zu dem Überdruckventil **14** ähnlichen Funktion eingesetzt werden.

[0054] Beim ersten Ausführungsbeispiel schließt das Überdruckventil **14** den Abgaskanal **11**. Die Saugöffnung **15** ist stromaufwärts des Überdruckventils **14** angeschlossen und die Abgasöffnung **16** ist stromabwärts des Überdruckventils **14** angeschlossen, so dass Abgas in die Spiralexpansionsvorrichtung **20** eingeleitet wird. Die Ansaug- und Abgasöffnungen **15**, **16** können jedoch beispielsweise auch weggelassen werden und die Spiralexpansionsvorrichtung **20** kann in dem Abgaskanal **11** liegen.

[0055] Die Energieübertragung zwischen der Spiralexpansionsvorrichtung **20** und dem Generator **21** kann durch andere Energieübertragungsmechanismen als dem Riemen und der Riemenscheiben ausgeführt werden. Beispielsweise kann der Generator direkt an die Abtriebswelle **25** angeschlossen sein, oder Zahnräder können verwendet werden.

[0056] Die Spiralexpansionsvorrichtung **20** muss nicht stromabwärts von dem katalytischen Wandler **12** angeordnet sein, sondern sie kann in jeder Position im Abgaskanal **11** angeordnet sein.

[0057] Eine Verdrängungsexpansionsvorrichtung in Schaufelbauweise oder in Bauweise mit hin- und hergehenden Kolben kann an Stelle der Verdrängungsexpansionsvorrichtung in Spiralbauweise eingesetzt werden.

[0058] Ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nun beschrieben. Die Unterschiede gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel werden hauptsächlich nachfolgend diskutiert und ähnliche Elemente sind mit gleichen Bezugszeichen versehen und de-

ren detaillierte Erläuterung ist weggelassen.

[0059] Wie in [Fig. 4](#) gezeigt ist, verzweigt sich der Abgaskanal **11** in einen ersten Zweig **11a** und einen zweiten Zweig **11b** an einem Abschnitt, der stromabwärts von dem katalytischen Wandler **12** ist. Die Spiralexpansionsvorrichtung **20** liegt in dem ersten Zweig **11a** und der Schalldämpfer **13** liegt in dem zweiten Zweig **11b**.

[0060] Ein Strömungssteuerventil **50** oder ein Druckreguliertventil liegt an dem Verzweigungsabschnitt des Abgaskanals **11**. Das Strömungssteuerventil **50** wird durch eine Steuerschaltung **51** gesteuert, um die Strömungsrate des Abgases zum ersten und zweiten Zweig **11a**, **11b** einzustellen. Die Steuerschaltung **51** empfängt den Antriebszustand des Motors, wie beispielsweise den Drosselöffnungsgrad und die Motordrehzahl und Informationen wie beispielsweise die Batterieladung. Die Steuerschaltung **51** steuert das Strömungssteuerventil **50** in Übereinstimmung mit der empfangenen Information. Dieser Aufbau erlaubt eine Steuerung der Strömungsrate des in die Spiralexpansionsvorrichtung **20** eingeleiteten Abgases.

[0061] Das Strömungssteuerventil **50** steuert die Strömungsrate wie folgt.

[0062] Wenn die Strömungsrate des Abgases zur Spiralexpansionsvorrichtung **20** ansteigt, steigt die Drehzahl der Expansionsvorrichtung **20**. Dadurch steigt auch der Druckverlust in der Expansionsvorrichtung **20**, wodurch ein Anstieg des Rückstaudrucks hervorgerufen wird. Daher wird das Strömungssteuerventil **50** so gesteuert, dass die Strömungsrate des in die Spiralexpansionsvorrichtung **20** eingeleiteten Abgases eingestellt wird, indem es ermöglicht wird, dass das Abgas durch den zweiten Zweig **11b** strömt, in dem der Schalldämpfer **13** liegt, wenn die Strömungsrate des Abgases von dem Motor **10** groß ist. Dies unterdrückt den Anstieg des Rückstaudrucks, der durch den Druckverlust in der Spiralexpansionsvorrichtung **20** hervorgerufen wird. Das verhindert auch, dass sich die Spiralexpansionsvorrichtung **20** übermäßig dreht.

[0063] Wenn die Strömungsrate des Abgases von dem Motor **10** ausreichend ist, kann das Strömungssteuerventil **15** so gesteuert werden, dass das Abgas der Expansionsvorrichtung **20** zugeführt wird, so dass der Antriebswirkungsgrad der Spiralexpansionsvorrichtung **20** optimiert ist.

[0064] Wenn gestützt auf Informationen, wie beispielsweise der Batterieladung oder der elektrischen Lasts des Fahrzeugs, bestimmt wird, dass keine Elektrizität erzeugt werden muss, wird weiterhin das Strömungssteuerventil **50** so gesteuert, dass die Strömungsrate des in die Spiralexpansionsvorrich-

ung **20** eingeleiteten Abgases reduziert oder gestoppt wird. In diesem Fall wird die durch den Generator **21** erzeugte Elektrizitätsmenge in Übereinstimmung mit dem Bedarf an Elektrizität des Fahrzeugs eingestellt.

[0065] Das zweite Ausführungsbeispiel schafft die folgenden Vorteile zusätzlich zu den Vorteilen (1) bis (7).

(8) Das zweite Ausführungsbeispiel umfasst ferner das Strömungssteuerventil **50** zum Einstellen der Strömungsrate des in die Spiralexpansionsvorrichtung **20** eingeleiteten Abgases. Daher wird die Spiralexpansionsvorrichtung **20** in Übereinstimmung mit der Strömungsrate des Abgases von dem Motor und dem Erfordernis zum Erzeugen von Elektrizität angetrieben. Dadurch wird die Abgasenergie noch wirkungsvoller zurückgewonnen.

[0066] Das zweite Ausführungsbeispiel kann in derselben Weise oder in Übereinstimmung mit der Abwandlung des ersten Ausführungsbeispiels modifiziert werden.

[0067] Ein drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nun beschrieben. Die Unterschiede zum ersten Ausführungsbeispiel werden hauptsächlich nachfolgend diskutiert.

[0068] Wie in [Fig. 5](#) gezeigt ist, liegt eine Rohrverzweigung **61** am Auslass eines katalytischen Wandlers, der in [Fig. 5](#) nicht gezeigt ist.

[0069] Die Rohrverzweigung **61** umfasst Kanäle **62a**, **62b**. Ein Strömungssteuerventil **63** oder ein Druckreguliertventil liegt an dem Verzweigungsabschnitt der Rohrverzweigung **61** zum Einstellen der Strömungsrate des Abgases zu den Kanälen **62a**, **62b**. Expansionsvorrichtungen **20a**, **20b** sind jeweils für die Kanäle **62a**, **62b** vorgesehen. Die Spiralexpansionsvorrichtungen **20a**, **20b** haben im Wesentlichen denselben Aufbau wie die Spiralexpansionsvorrichtung **20**, die in [Fig. 2](#) gezeigt ist.

[0070] Schalldämpfer können weiter stromabwärts von den Kanälen **62a**, **62b** vorgesehen sein (was nicht gezeigt ist). Wenn die Spiralexpansionsvorrichtungen **20a**, **20b** den Abgasschall ausreichend beseitigen, können die Schalldämpfer weggelassen werden, und die Kanäle **62a**, **62b** können zur Luft offen sein. Die Zweigkanäle **62a**, **62b** können auch an einem Abschnitt stromabwärts der Spiralexpansionsvorrichtungen **20a**, **20b** zusammengeführt sein.

[0071] Bei dem zweiten Ausführungsbeispiel sind die Spiralexpansionsvorrichtungen **20a**, **20b** einstückig mit einem dazwischenliegenden Generator **64** zusammengebaut. Der Generator **64** umfasst einen Rotor **66** und eine Drehwelle **67**. Die Spiralexpansi-

onsvorrichtungen **20a**, **20b** haben jeweils Abtriebswellen **25a**, **25b**. Die Abtriebswellen **25a**, **25b** sind mit den Enden der Drehwelle **67** des Rotors **66** durch Freilaufkupplungen **65a**, **65b** gekoppelt. Der Rotor **66** des Generator **64** ist durch die Spiralexpansionsvorrichtungen **20a**, **20b** gelagert.

[0072] Die Freilaufkupplungen **65a**, **65b** ermöglichen es, dass der Rotor **66** des Generators **64** sich schneller als die Abtriebswellen **25a**, **25b** der Spiralexpansionsvorrichtungen **20a**, **20b** dreht. Der Rotor **66** absorbiert den Unterschied der Drehgeschwindigkeit der Spiralexpansionsvorrichtungen **20a**, **20b**.

[0073] Wenn die Strömungsrate des Abgases von dem Motor **10** klein ist, steuert das Strömungssteuerventil **63** das Abgas so, dass es nur durch einen der Kanäle **62a**, **62b** strömt. Dies stellt einen Antrieb von zumindest einem der Spiralexpansionsvorrichtungen **20a**, **20b** sicher, selbst wenn die Strömungsrate des Abgases klein ist.

[0074] Das dritte Ausführungsbeispiel schafft die folgenden Vorteile zusätzlich zu den Vorteilen (1) bis (4).

(9) Die Abtriebswellen **25a**, **25b** der Spiralexpansionsvorrichtungen **20a**, **20b** sind mit den Enden der Drehwelle **67** des Rotors **66** derart gekoppelt, dass der Rotor **66** zwischen den Spiralexpansionsvorrichtungen **20a**, **20b** liegt. Daher ist der Rotor **66** durch die Spiralexpansionsvorrichtungen **20a**, **20b** an beiden Enden gelagert. Dieser Aufbau ermöglicht, dass sich die auf die Drehwelle **67** des Rotors in der Axialrichtung aufgebrachten Kräfte gegenseitig aufheben, so dass sich die Last auf die Spiralexpansionsvorrichtungen **20a**, **20b** und den Generator **24** verringert. Der Rotor **66** ist ferner in einer stabilen Weise gelagert.

(10) Die Spiralexpansionsvorrichtungen **20a**, **20b** und der Generator **64** sind einstückig zusammengebaut. Somit hat das gesamte Rückgewinnungssystem eine hohe Festigkeit.

(11) Die Abtriebswellen **25a**, **25b** der Spiralexpansionsvorrichtungen **20a**, **20b** sind mit der Drehwelle **67** des Rotors **66** über Freilaufkupplungen **65a**, **65b** gekoppelt. Daher wird ein Unterschied in der Drehgeschwindigkeit der Spiralexpansionsvorrichtungen **20a**, **20b** absorbiert. Selbst wenn der Antrieb von einer der Spiralexpansionsvorrichtungen **20a**, **20b** geringer als der der anderen wird, dreht die Spiralexpansionsvorrichtung **20a** oder **20b** mit dem größeren Antrieb den Generator **64**, ohne dass die andere Spiralexpansionsvorrichtung **20a** oder **20b** gedreht wird, die den geringeren Antrieb hat. Daher wird die Elektrizität wirkungsvoller erzeugt.

(12) Wenn die Strömungsrate des Abgases von dem Motor **10** gering ist, ermöglicht das Strömungssteuerungsventil **63**, dass das Abgas nur durch einen der Kanäle **62a**, **62b** tritt. Daher wird

der Antrieb von einer der Spiralexpansionsvorrichtungen **20a**, **20b** aufrecht erhalten, selbst wenn die Strömungsrate des Abgases gering ist.

[0075] Das dritte Ausführungsbeispiel kann wie folgt abgewandelt werden.

[0076] Die Freilaufkupplung **65a**, **65b** kann weggelassen werden und die Abtriebswellen **25a**, **25b** der Spiralexpansionsvorrichtungen **20a**, **20b** und die Drehwelle **67** des Generators **64** können aneinander gekoppelt werden, so dass sie sich einstückig drehen.

[0077] Wenn die Abtriebswellen **25a**, **25b** und die Drehwelle **67** so aneinander gekoppelt sind, dass sie sich einstückig drehen, kann der Abgasschall von den Spiralexpansionsvorrichtungen **20a**, **20b** weiter verringert werden, indem der folgende Aufbau angewendet wird. Eine bewegliche Spirale von jeder Spiralexpansionsvorrichtung **20a**, **20b** ist mit unterschiedlicher Phase bezüglich der Drehwelle montiert und eine Auslassöffnung von jeder Spiralexpansionsvorrichtung **20a**, **20b** ist auch mit unterschiedlicher Phase angeordnet. Daher wird das Abgas von den Spiralexpansionsvorrichtungen **20a**, **20b** zu unterschiedlichen Zeitpunkten ausgelassen. Wenn beispielsweise die Montagephase der beweglichen Spiralen und die Phase der Auslassöffnungen um 180° versetzt ist, wird das Abgas wechselweise von den Spiralexpansionsvorrichtungen **20a**, **20b** ausgelassen. Ein Verändern der Zeitpunkte des Auslasses der Spiralexpansionsvorrichtungen **20a**, **20b** verbessert die Leistung bei der Schallbeseitigung.

[0078] Das dritte Ausführungsbeispiel kann weiter wie folgt abgewandelt werden.

[0079] Bei dem dritten Ausführungsbeispiel verzweigt sich der Abgaskanal in die Kanäle **62a**, **62b** an einem zum katalytischen Wandler stromabwärts gelegenen Abschnitt. Der Abgasdurchlass kann jedoch an jeder Position verzweigt sein. Der Abgaswirkungsgrad der Verbrennungskraftmaschine kann in Abhängigkeit von der Position des Verzweigungsabschnittes weiter verbessert werden.

[0080] In einem in [Fig. 6](#) gezeigten Ausführungsbeispiel sind Abgasauslässe **71a**, **71b** an dem katalytischen Wandler **70** ausgebildet. Die Spiralexpansionsvorrichtungen **20a**, **20b** sind jeweils in den Kanälen **72a**, **72b** angeordnet. Die Kanäle **72a**, **72b** sind jeweils mit den Abgasauslässen **71a**, **71b** verbunden. In diesem Fall vergrößert sich die Querschnittsfläche des Abgasauslasses des katalytischen Wandlers **70**, wodurch die Strömung von Abgas an dem katalytischen Wandler **70** verbessert ist.

[0081] Bei einem Motor mit mehreren Zylindern kann sich der Abgaswirkungsgrad der Brennkraftma-

schine aufgrund einer Abgasinterferenz mit anderen Zylindern verschlechtern. Bei Anordnung des Abgasenergieerückgewinnungssystems mit zwei Spiralexpansionsvorrichtungen wie beim dritten Ausführungsbeispiel in einem derartigen Motor, wobei sich der Abgaskanal verzweigt, sind die Abgaskanäle der Zylinder, die sich stark untereinander durch Abgasinterferenz beeinflussen, vorzugsweise von Anfang an getrennt.

[0082] **Fig. 7** zeigt ein Abgasenergieerückgewinnungssystem, das bei einem Motor **80** mit vier Zylindern angewendet ist. Der Motor **80** hat erste bis vierte Zylinder Nr. 1, Nr. 2, Nr. 3 und Nr. 4. Ein Abgas vom ersten und vierten Zylinder Nr. 1, Nr. 4 wird zu der Spiralexpansionsvorrichtung **20a** durch einen Abgaskrümmter **81a** und einen katalytischen Wandler **82a** geschickt. Ein Abgas vom zweiten und dritten Zylinder Nr. 2, Nr. 3 wird zu der Spiralexpansionsvorrichtung **20b** durch einen Abgaskrümmter **81b** und einen katalytischen Wandler **82b** geschickt.

[0083] Wie zuvor beschrieben ist, wird ein Abgas von jedem Paar der Zylinder, die untereinander eine geringe Abgasinterferenz haben, zu einer der Spiralexpansionsvorrichtungen **20a**, **20b** geschickt. Dies verbessert den Abgaswirkungsgrad von jedem Zylinder Nr. 1, Nr. 2, Nr. 3 und Nr. 4, wobei eine Abgasinterferenz verhindert wird.

[0084] Bei dem Abgasenergieerückgewinnungssystem mit der zuvor beschriebenen Spiralexpansionsvorrichtung kann die Spiralexpansionsvorrichtung ein Problem, wie beispielsweise eine Leckage von Abgas oder Verstopfen durch Ruß im Abgas, hervorrufen.

[0085] Das vierte bis achte Ausführungsbeispiel beschreibt einen zusätzlichen Aufbau der Spiralexpansionsvorrichtung zum Lösen derartiger Probleme. Der zusätzliche Aufbau der Spiralexpansionsvorrichtung gemäß dem vierten bis achten Ausführungsbeispiel kann bei jeder der Spiralexpansionsvorrichtungen des Abgasrückgewinnungssystems gemäß dem ersten bis dritten Ausführungsbeispiel angewendet werden. Der zusätzliche Aufbau des vierten bis achten Ausführungsbeispiels kann auch zur Anwendung kombiniert werden.

[0086] Bei den zuvor genannten Ausführungsbeispielen sind die Expansionskammern und die Kurbelkammern durch die bewegliche Spirale in der Spiralexpansionsvorrichtung definiert. Die Expansionskammern sind zwischen der beweglichen Spirale und der feststehenden Spirale definiert. Die Kurbelkammer bringt den Kurbelmechanismus, die Abtriebswelle und dergleichen unter. Das Abgas kann jedoch in die Kurbelkammer auch aus den Expansionskammern durch einen Spalt an dem Gleitabschnitt zwischen der beweglichen Spirale und dem Gehäuse le-

cken. Der folgende Aufbau kann zu der Spiralexpansionsvorrichtung gemäß den zuvor genannten Ausführungsbeispielen hinzugeführt werden, um eine Leckage von Abgas zu verringern.

[0087] **Fig. 8** zeigt eine geschnittene Teilansicht einer Spiralexpansionsvorrichtung **90** mit einem abgewandelten Dichtaufbau. Der Aufbau der Spiralexpansionsvorrichtung **90** ist darin mit den zuvor genannten Ausführungsbeispielen gleich, dass die Spiralexpansionsvorrichtung **90** eine feststehende Spirale **90** und eine bewegliche Spirale **92** umfasst, und dass das in die Spiralexpansionsvorrichtung **90** eingeleitete Abgas eine Umlaufbewegung der beweglichen Spirale **92** hervorruft.

[0088] Bei der Spiralexpansionsvorrichtung **90** liegt eine Lamelle **96** zwischen dem Außenumfang einer Grundplatte **92a** der beweglichen Spirale **92** und dem Innenumfang eines Gehäuses **90a**, wie in **Fig. 8** gezeigt ist. Die Lamelle **96** verhindert, dass Abgas in eine Kurbelkammer **93** aus der Expansionskammer **P** leckt.

[0089] Wie in den **Fig. 9(a)** und **Fig. 9(b)** gezeigt ist, ist die Lamelle **96** an einer Innenhülse **94** befestigt, die auf den Außenumfang der Grundplatte **92a** der beweglichen Spirale **92** aufgepasst ist. Sie ist ferner an einer Außenhülse **95** befestigt, die in den Innenumfang des Gehäuses **90a** eingepasst ist. Die Lamelle **96** ist flexibel und erlaubt einen Versatz der Innenhülse **94** bezüglich der Außenhülse **95** in Umfangsrichtung.

[0090] Die Lamelle **96** ist aus ringförmigen Metallstücken mit gekrümmten Querschnitt gebildet, wie in **Fig. 9(b)** gezeigt ist. Während sich die Lamelle **96** in der Umfangsrichtung bezüglich der Umlaufachse der beweglichen Spirale **92** flexibel verformt, ist die Festigkeit in der axialen Richtung relativ hoch. Dies hält die Festigkeit der Lamelle **96** gegen die in Übereinstimmung mit dem Druckunterschied zwischen der Expansionskammer **P** und der Kurbelkammer **93** aufgebrauchten Kraft aufrecht.

[0091] Weiterhin hat die Spiralexpansionsvorrichtung **90** einen Druckausgleichmechanismus zum Verringern des Druckunterschieds zwischen der Expansionskammer **P** und der Kurbelkammer **93**. Der Mechanismus umfasst einen freien Kolben **98** (bewegliches Element), der in einem Zylinder **97** liegt.

[0092] Der Zylinder **97** steht mit der Expansionskammer **P** und mit einem Raum **S** in Verbindung, der durch das Gehäuse **90a**, die Lamelle **96** und dergleichen umgeben ist. Der freie Kolben **98** liegt in dem Zylinder **97** und gleitet gegenüber dem Zylinder **97**. Der freie Kolben **98** teilt das Innere des Zylinders **97** in einen mit der Expansionskammer **P** in Verbindung stehenden Raum und einen mit dem Raum **S** in Ver-

bindung stehenden Raum. Der freie Kolben **98** ist durch eine Feder **99** in einer Richtung vorgespannt, so dass der mit der Expansionskammer P in Verbindung stehende Raum verkleinert ist.

[0093] Wenn der Druck in der Expansionskammer P ansteigt, bewegt sich der freie Kolben **98** in einer Richtung, so dass der mit dem Raum S in Verbindung stehende Raum in dem Zylinder **97** verkleinert wird. Somit wird Luft in den Raum S aus dem Zylinder **97** geschickt. Wenn der Druck in der Expansionskammer P kleiner wird, bewegt sich der freie Kolben **98** in einer Richtung, so dass der mit dem Raum S in Verbindung stehende Raum zunimmt. Somit kehrt Luft aus dem Raum S in den Zylinder **97** zurück. Entsprechend verringert und erhöht sich der Druck in dem Raum S selektiv in Übereinstimmung mit einem Anstieg oder Abfall des Drucks in der Expansionskammer P. Dies verringert den Druckunterschied zwischen der Expansionskammer P und dem Raum S, wodurch eine Leckage von Abgas aus der Expansionskammer P in die Kurbelkammer **93** verringert wird. Wenn der Druckunterschied verringert ist, verringert sich auch die auf die Lamelle in Übereinstimmung mit dem Druckunterschied wirkende Kraft ebenfalls. Dies schützt die Lamelle vor schnellen Druckschwankungen in der Expansionskammer P.

[0094] Jeder Dichtaufbau, der die Lamelle **96** oder den den freien Kolben **98** verwendenden Ausgleichmechanismus verwendet, kann bei der Spiralexpansionsvorrichtung **90** angewendet werden. Auch in diesem Fall wird das Abgas daran gehindert, aus der Expansionskammer P in die Kurbelkammer **93** einzutreten.

[0095] Eine Leckage von Abgas in die Kurbelkammer **93** aus der Expansionskammer P kann durch Hinzufügen des folgenden Aufbaus verringert werden.

[0096] Bei dem fünften Ausführungsbeispiel sind Nuten **101** auf der Rückseite der Grundplatte **100** der beweglichen Spirale oder an der zu der Seite entgegengesetzten Seite ausgeformt, an der der Schneckenabschnitt befestigt ist, wie in [Fig. 10](#) gezeigt ist. Die Nuten **101** dienen als Zentrifugalgebläse, um Luft zum Außenumfang der beweglichen Spirale zu schicken, wenn die bewegliche Spirale umläuft. Die durch das Zentrifugalgebläse geschickte Luft erhöht den kurbelkammerseitigen Druck an einem Abschnitt zwischen dem Außenumfang der Grundplatte **100** und dem Gehäuse. Dies verringert eine Leckage von Abgas aus den Expansionskammern in die Kurbelkammer.

[0097] Anstelle der Nuten **101** können auch Schaufeln an der Rückseite der Grundplatte **100** der beweglichen Spirale angebracht sein. Auch in diesem Fall wirkt die bewegliche Spirale als ein Zentrifugal-

gebläse.

[0098] Wie zuvor beschrieben ist, erzeugt die Spiralexpansionsvorrichtung Energie, indem die bewegliche Spirale durch das in die Expansionskammern eingeleitete Gas umläuft, die zwischen den Schneckenabschnitten der feststehenden Spirale und der beweglichen Spirale und der Grundplatte definiert sind. Das Abgas kann jedoch in andere Expansionskammern durch einen Spalt zwischen der Gleitfläche des freien Endes jedes Schneckenabschnitts und der entsprechenden Grundplatte lecken.

[0099] Daher ist die Spiralexpansionsvorrichtung gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel mit dem folgenden Aufbau zusätzlich zu den zuvor genannten Ausführungsbeispielen versehen, um eine Leckage von Abgas zwischen den Expansionskammern zu verringern.

[0100] Wenn eine Labyrinthnut **111** an dem freien Ende des Schneckenabschnitts **110** ausgebildet ist, die sich in der Umfangsrichtung erstreckt, wie in [Fig. 11](#) gezeigt ist, tritt das in dem Spalt an dem freien Ende des Schneckenabschnitts **110** eingetretene Abgas in die Labyrinthnut **111** ein. Wenn das Abgas in die Labyrinthnut **111** eintritt, verringert sich der Druck des Abgases. Dies verhindert, dass das Abgas zwischen den Expansionskammern P1, P2 strömt. In diesem Fall strömt jedoch das in die Labyrinthnut **111** eingetretene Abgas entlang dem Schneckenabschnitt nach dem Durchtreten durch die Labyrinthnut **111** aus. Daher ist eine Leckage von Abgas zwischen den Expansionskammern nicht ausreichend verringert.

[0101] Beim sechsten Ausführungsbeispiel ist eine Nut **113** am freien Ende des Schneckenabschnitts **112** ausgebildet, die sich in der Umfangsrichtung erstreckt, wie in [Fig. 12](#) gezeigt ist. Ein Unterteilungselement **114**, das in [Fig. 13\(a\)](#) gezeigt ist, ist in die Nut **113** eingepasst. Der Querschnitt des Unterteilungselements **114** ist im Wesentlichen gleich wie die Nut **113** und es sind Vertiefungen **115** in vorbestimmten Abständen in der Umfangsrichtung ausgebildet. Durch Einpassen des Unterteilungselements **114** ist die Labyrinthnut an dem freien Ende des Schneckenabschnitts **110** in vorbestimmten Abständen in der Umfangsrichtung unterteilt. Dies unterdrückt eine Leckage von Abgas durch die Labyrinthnut und die Dichtung der Expansionskammern der Spiralexpansionsvorrichtung ist ausreichend aufrecht erhalten.

[0102] Die Vertiefungen der Unterteilungselemente **114** können in die in [Fig. 13\(b\)](#) gezeigte Form abgewandelt werden, um die Strömung des Abgases in der Umfangsrichtung durch die Labyrinthnut weiter zu verringern.

[0103] Ein Unterteilungselement **116**, das in

Fig. 13(b) gezeigt ist, umfasst Vertiefungen **117**, die in vorbestimmten Abständen in der Umfangsrichtung ausgebildet sind. Der Querschnitt der Vertiefungen **117** in der Umfangsrichtung ist dreieckförmig, wie in **Fig. 14** gezeigt ist. Der Druck des in die Vertiefungen **117** eingetretenen Abgases steigt an, wenn das Abgas in der durch einen Pfeil in **Fig. 14** gezeigten Richtung strömt. Somit ist eine Leckage von Abgas durch die Labyrinthnut in der durch den Pfeil gezeigten Richtung wirkungsvoll verringert. Ein Unterteilungselement **118** mit Nuten **119**, das in **Fig. 13(c)** gezeigt ist, sieht denselben Vorteil wie das in der **Fig. 13(b)** gezeigte Unterteilungselement **116** vor.

[0104] Die Labyrinthnut, die in der Umfangsrichtung wie zuvor beschrieben unterteilt ist, kann direkt am freien Ende des Schneckenabschnitts ausgebildet sein. Die Labyrinthnut kann an dem freien Ende des Schneckenabschnitts relativ leicht ausgebildet werden, wenn der Schneckenabschnitt und die Grundplatte getrennt voneinander ausgebildet sind.

[0105] Weiterhin kann eine Leckage von Abgas aus den Expansionskammern durch den folgenden Aufbau verringert werden.

[0106] Während des Betriebs der Spiralexpansionsvorrichtung verändert sich die Höhe der Schneckenabschnitte der beweglichen Spirale und der feststehenden Spirale aufgrund von thermischer Expansion, die durch die Wärme des Abgases hervorgerufen wird. Die bewegliche Spirale kann nur schwer von außen abgekühlt werden und neigt dazu, heißer als die feststehende Spirale zu werden. Wenn die bewegliche Spirale und die feststehende Spirale aus demselben Material gebildet sind, ruft daher der Unterschied des Ausmaßes der thermischen Expansion aufgrund des Temperaturunterschiedes einen Höhenunterschied der Schneckenabschnitte der Spiralen hervor. Entsprechend steigt der Spalt zwischen dem freien Ende jedes Schneckenabschnitts und der entsprechenden Grundplatte an, wodurch eine Leckage von Abgas aus der Expansionskammer ansteigt.

[0107] Der Anstieg des Spalts wird in geeigneter Weise verringert, indem die bewegliche Spirale aus einem Material mit einem kleineren thermischen Expansionskoeffizienten hergestellt wird, als die feststehende Spirale. Wenn beispielsweise die bewegliche Spirale aus Gusseisen oder rostfreiem Stahl hergestellt ist, wird die feststehende Spirale aus einer Aluminiumlegierung hergestellt.

[0108] Bei der in dem Abgasenergieerückgewinnungssystem eingesetzten Spiralexpansionsvorrichtung haftet Ruß des Abgases an Teilen (wie beispielsweise an dem freien Ende der Schneckenabschnitte) und kann den Betrieb der Spiralexpansionsvorrichtung behindern. Bei dem achten Ausführungsbeispiel wird Außenluft in die Expansionsvorrichtung

eingeleitet, so dass die Luftströmung den anhaftenden Ruß entfernt.

[0109] **Fig. 15** zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Spiralexpansionsvorrichtung **120**, die ein Einleiten von Außenluft ermöglicht. Die Spiralexpansionsvorrichtung **120** hat darin denselben Aufbau wie die zuvor genannten Ausführungsbeispiele, dass die Spiralexpansionsvorrichtung **120** eine feststehende Spirale **120** und eine bewegliche Spirale **122** hat, und dass die bewegliche Spirale durch die Strömung des in die Spiralexpansionsvorrichtung **120** durch eine Saugöffnung **123** eingeleiteten und von einer Abgasöffnung **124** ausgelassenen Abgases umläuft.

[0110] Die Spiralexpansionsvorrichtung **120** gemäß dem achten Ausführungsbeispiel umfasst weiterhin einen Einleitungskanal **126**. Der Einleitungskanal **126** ist mit einem Gehäuse **120a** verbunden und ist zur Außenluft über ein Rückschlagventil **127** offen. Der Einleitungsdurchlass **126** steht mit der äußersten Expansionskammer in Verbindung, die durch die feststehende Spirale **121** und die bewegliche Spirale **122** definiert ist. Das Rückschlagventil **127** ist ein normalerweise geschlossenes Druckregulierungsventil, das sich öffnet, wenn der Druck in der Expansionskammer kleiner als der Umgebungsdruck ist, um die Außenluft in die Expansionskammer zu ziehen.

[0111] Der Druck in dem Abgaskanal (Abgasdruck) wird aufgrund eines Pulsierens zeitweise niedriger als der der Außenluft. Wenn der Abgasdruck geringer als der Umgebungsdruck ist, öffnet sich das Rückschlagventil **127** und lässt Außenluft in die Expansionskammer ein. Die eingeleitete Luft entfernt Ruß, der an der Spiralexpansionsvorrichtung **120** haftet.

[0112] Ein Einleiten der Außenluft in die Spiralexpansionsvorrichtung **120** ermöglicht das Entfernen von Ruß, der innerhalb der Spiralexpansionsvorrichtung **120** haftet. Die Außenluft kann in die Spiralexpansionsvorrichtung **120** durch ein Gebläse oder dergleichen gezwungen werden.

[0113] Weiterhin erlauben die folgenden Abwandlungen ein Entfernen von Ruß, der innerhalb der Spiralexpansionsvorrichtung haftet.

[0114] Der an die Spiralexpansionsvorrichtung gekoppelte Generator kann zeitweise als ein elektrischer Motor verwendet werden, um die Spiralexpansionsvorrichtung zum Drehen zu zwingen, wodurch der anhaftende Ruß entfernt wird. Beispielsweise kann die Spiralexpansionsvorrichtung in der Gegenrichtung gedreht werden, um eine Strömung von Abgas in der Gegenrichtung zu erzeugen. Dies entfernt den anhaftenden Ruß in einer geeigneten Weise.

[0115] Ebenso kann ein die Verbrennung von Ruß fördernder Katalysator am freien Ende der Schne-

ckenabschnitte angeordnet sein, an dem leicht Ruß anhaftet. Der Katalysator verbrennt den haftenden Ruß unter Verwendung von Überschusssauerstoff im Abgas.

[0116] Die zuvor erwähnten zusätzlichen Aufbauvarianten lösen Probleme wie beispielsweise eine Leckage von Abgas oder ein Verstopfen durch Ruß aus dem Abgas.

[0117] Ein neuntes Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die [Fig. 16](#) und [Fig. 17](#) beschrieben. Es werden hauptsächlich Unterschiede gegenüber den zuvor genannten Ausführungsbeispielen beschrieben. Beim neunten Ausführungsbeispiel sind der Lageraufbau der beweglichen Spirale und der Kopplungsaufbau der beweglichen Spirale mit dem Generator abgewandelt.

[0118] [Fig. 16](#) zeigt eine Querschnittseitenansicht einer Spiralexpansionsvorrichtung **200** und [Fig. 17](#) zeigt eine Draufsicht auf die Spiralexpansionsvorrichtung **200** aus der durch den Pfeil S in [Fig. 16](#) angedeuteten Richtung.

[0119] Eine bewegliche Spirale **201** der Spiralexpansionsvorrichtung **200** ist durch ein Gehäuse **203** mit einem Kurbelmechanismus **202** (zwei bei diesem Ausführungsbeispiel) gelagert. Jeder Kurbelmechanismus **202** umfasst eine Stützwelle **205** oder **205a** und eine exzentrische Welle **207**. Jede Stützwelle **205** oder **205a** ist drehbar durch ein Gehäuse **203** mit einem Lager **204** gelagert. Jede exzentrische Welle **207** ist mit der entsprechenden Stützwelle **205** oder **205a** versetzt zur entsprechenden Achse gekoppelt und drehbar am äußeren Umfangsabschnitt der beweglichen Spirale mit einem Lager **206** gelagert. Der Kurbelmechanismus **202** verhindert eine Drehung der beweglichen Spirale **201**, während eine Umlaufbewegung der beweglichen Spirale **201** ermöglicht ist.

[0120] Jede Stützwelle **205**, **205a** hat ein Ausgleichsgewicht **208**, so dass verhindert ist, dass sich der Schwerpunkt in Übereinstimmung mit einer Umlaufbewegung der beweglichen Spirale bewegt.

[0121] Bei der Spiralexpansionsvorrichtung **200** ist die Stützwelle **205a** eine Abtriebswelle und ist mit der Antriebswelle des Generators wirkverbunden.

[0122] Bei der Spiralexpansionsvorrichtung **200** ist die bewegliche Spirale **201** durch den Kurbelmechanismus **202** gelagert. Daher ist die Last auf jeden Kurbelmechanismus **202** gering. Somit sind die Abmessungen der Stützwellen **205**, **205a** der exzentrischen Welle **207** und der Lager **204**, **206** minimiert. Folglich sind die Abmessung und die Dicke der gesamten Spiralexpansionsvorrichtung **200** minimiert. Die Verringerung der Abmessung verringert die ther-

mische Kapazität, wodurch ein Kühlen der Lager **204**, **206** vereinfacht wird. Außerdem ist das Gewicht der drehenden Teile verringert und die Spiralexpansionsvorrichtung **200** dreht sich schneller.

[0123] Die Spiralexpansionsvorrichtung **200** kann bei der Spiralexpansionsvorrichtung des Abgasenergieerückgewinnungssystems gemäß dem ersten bis dritten Ausführungsbeispiel angewendet werden. Auch der Aufbau gemäß dem vierten bis achten Ausführungsbeispiel kann bei der Spiralexpansionsvorrichtung **200** hinzugefügt werden.

[0124] Die gegenwärtigen Ausführungsbeispiele sind als darstellend und nicht beschränkend anzusehen und die Erfindung ist nicht auf die hier angegebenen Details beschränkt, sondern kann innerhalb des Schutzbereichs der beigefügten Patentansprüche abgewandelt werden.

[0125] Ein Abgasenergieerückgewinnungssystem für eine Brennkraftmaschine (**10**) mit einem Abgaskanal (**11**) hat eine Verdrängungsexpansionsvorrichtung (**22**) und einen Generator (**21**). Die Expansionsvorrichtung (**20**) liegt in dem Abgaskanal (**11**). Ein Abgas wird in die Expansionsvorrichtung (**20**) eingeleitet. Die Expansionsvorrichtung (**20**) hat eine Expansionskammer (P), deren Volumen sich in Übereinstimmung mit dem Druck des Abgases verändert und erzeugt eine Energie in Übereinstimmung mit der Volumenveränderung der Expansionskammer (P). Der Generator (**21**) erzeugt eine Elektrizität in Übereinstimmung mit der durch die Expansionsvorrichtung (**20**) erzeugten Energie. Dadurch wird Abgas wirkungsvoll zurückgewonnen und das zurückgewonnene Abgas wird wirkungsvoll genutzt.

Patentansprüche

1. Abgasenergieerückgewinnungssystem für eine Brennkraftmaschine (**10**) mit einem Abgaskanal (**11**, **11a**, **11b**, **62a**, **62b**), wobei das Abgasenergieerückgewinnungssystem folgendes aufweist:
eine Verdrängungsexpansionsvorrichtung (**20**, **20a**, **20b**, **90**, **120**, **200**), die in dem Abgaskanal (**11**, **11a**, **11b**, **62a**, **62b**) angeordnet ist, wobei das Abgas in die Expansionsvorrichtung (**20**, **20a**, **20b**, **90**, **120**, **200**) eingeleitet wird, und
einen Generator (**21**, **64**) zum Erzeugen von Elektrizität gemäß der durch die Expansionsvorrichtung (**20**, **20a**, **20b**, **90**, **120**, **200**) erzeugten Energie,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Expansionsvorrichtung (**20**, **20a**, **20b**, **90**, **120**, **200**) eine Expansionskammer (P) hat, deren Volumen sich gemäß dem Druck des Abgases verändert, und Energie gemäß der Volumenveränderung der Expansionskammer (P) erzeugt.

2. Abgasenergieerückgewinnungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ex-

pansionsvorrichtung (**20, 20a, 20b, 90, 120, 200**) eine Spiralbauart ist.

3. Abgasenergieerückgewinnungssystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein katalytischer Wandler in dem Abgaskanal (**11, 11a, 11b, 62a, 62b**) angeordnet ist und die Expansionsvorrichtung (**20, 20a, 20b, 90, 120, 200**) stromabwärts von dem katalytischen Wandler in dem Abgaskanal (**11, 11a, 11b, 62a, 62b**) angeordnet ist.

4. Abgasenergieerückgewinnungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Expansionsvorrichtung (**20, 20a, 20b, 90, 120, 200**) als ein Schalldämpfer (**13**) zum Reduzieren von Abgasschall dient.

5. Abgasenergieerückgewinnungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch ein Überdruckventil (**14**), wobei das Überdruckventil eine Strömung des Abgases ohne Durchtreten durch die Expansionsvorrichtung (**20, 20a, 20b, 90, 120, 200**) ermöglicht, wenn der Druck in dem Abgaskanal (**11, 11a, 11b, 62a, 62b**) größer als oder gleich einem vorbestimmten Wert ist.

6. Abgasenergieerückgewinnungssystem nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein Druckregulierventil (**50, 63**) zum Regulieren der Strömungsrate des in die Expansionsvorrichtung (**20, 20a, 20b, 90, 120, 200**) eingeleiteten Abgases.

7. Abgasenergieerückgewinnungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Abgaskanal (**11, 11a, 11b, 62a, 62b**) einen ersten Zweig (**11a**) und einen zweiten Zweig (**11b**) umfasst, wobei der erste Zweig (**11a**) ein Strömen des Abgases über die Expansionsvorrichtung (**20a, 20b**) ermöglicht, und der zweite Zweig (**11b**) ein Strömen des Abgases ohne Durchtritt durch die Expansionsvorrichtung (**20a, 20b**) ermöglicht, und wobei ein Schalldämpfer (**13**) zum Verringern des Abgasschalls nur in dem zweiten Zweig (**11b**) angeordnet ist.

8. Abgasenergieerückgewinnungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Expansionsvorrichtung (**20a, 20b**) eine von zwei Expansionsvorrichtungen (**20a, 20b**) ist, und wobei ein Rotor des Generators (**21, 64**) und die Expansionsvorrichtungen (**20a, 20b**) seriell gekoppelt sind, so dass der Rotor zwischen den Expansionsvorrichtungen (**20a, 20b**) angeordnet ist.

9. Abgasenergieerückgewinnungssystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Zeitpunkte der Abgasabgabe von jeder Expansionsvorrichtung (**20a, 20b**) voneinander unterscheiden.

10. Abgasenergieerückgewinnungssystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die

Brennkraftmaschine (**10**) ein Motor (**10**) mit mehreren Zylindern (Nr. 1 – Nr. 4) ist und das Abgas von Zylindern, die miteinander eine geringe Abgasinterferenz haben, zu jeder Expansionsvorrichtung (**20, 20a, 20b, 90, 120, 200**) geschickt wird.

11. Abgasenergieerückgewinnungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Generator (**21, 64**) als ein elektrischer Motor betrieben wird, um die Expansionsvorrichtung (**20, 20a, 20b, 90, 120, 200**) während einer vorbestimmten Zeitspanne zwangsweise anzutreiben.

12. Abgasenergieerückgewinnungssystem nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Einleitungskanal (**126**) zum Einleiten von Außenluft in die Expansionsvorrichtung (**20, 20a, 20b, 90, 120, 200**).

13. Abgasenergieerückgewinnungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Expansionsvorrichtung (**20, 20a, 20b, 90, 120, 200**) einen Raum (S) umfasst, der mit der Expansionskammer (P) und einem beweglichen Element (**98**) in Verbindung steht, das sich in Übereinstimmung mit dem Druck in der Expansionskammer (P) bewegt, wobei sich das bewegliche Element (**98**) in einer Richtung zur Verringerung des Raums (S) bewegt, wenn der Druck in der Expansionskammer (P) größer als oder gleich einem vorbestimmten Wert ist.

14. Abgasenergieerückgewinnungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Expansionsvorrichtung (**20, 20a, 20b, 90, 120, 200**) eine bewegliche Spirale mit einer Grundplatte (**100**) umfasst, wobei eine Nut (**101**) auf der Grundplatte (**100**) um die Achse der Grundplatte (**100**) radial ausgebildet ist.

15. Abgasenergieerückgewinnungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Expansionsvorrichtung (**20, 20a, 20b, 90, 120, 200**) eine bewegliche Spirale umfasst, wobei die bewegliche Spirale eine Grundplatte (**100**) und einen Schneckenabschnitt (**110**) umfasst, der auf der Grundplatte (**100**) ausgebildet ist, wobei der Schneckenabschnitt (**110**) einen körpernahen Endabschnitt und einen entfernten Endabschnitt bezüglich der Grundplatte (**100**) hat, und wobei eine Nut (**111, 113, 115, 117, 119**) an dem entfernten Ende ausgebildet ist.

16. Abgasenergieerückgewinnungssystem nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Nut (**115, 117, 119**) eine aus einer Vielzahl von Nuten (**115, 117, 119**) ist.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Fig.1

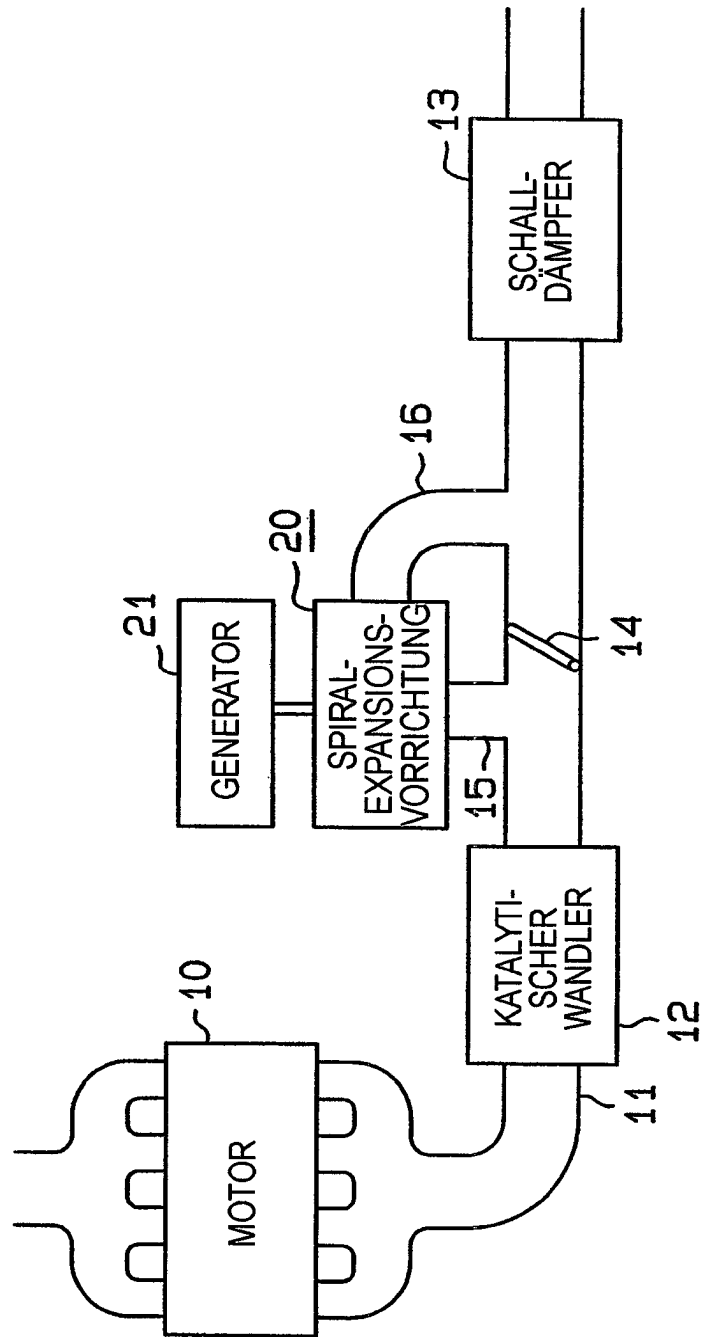


Fig. 2

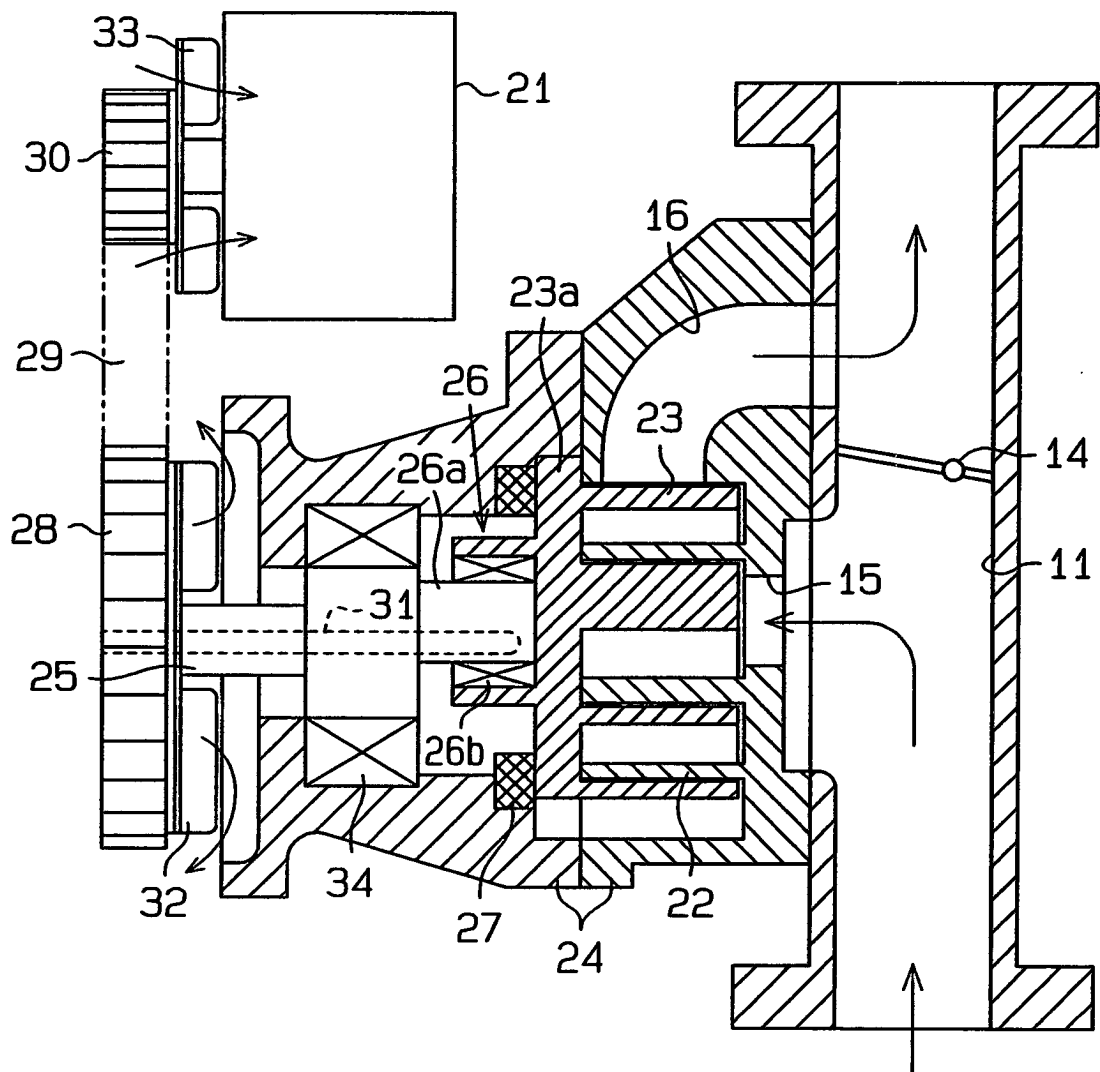


Fig.3

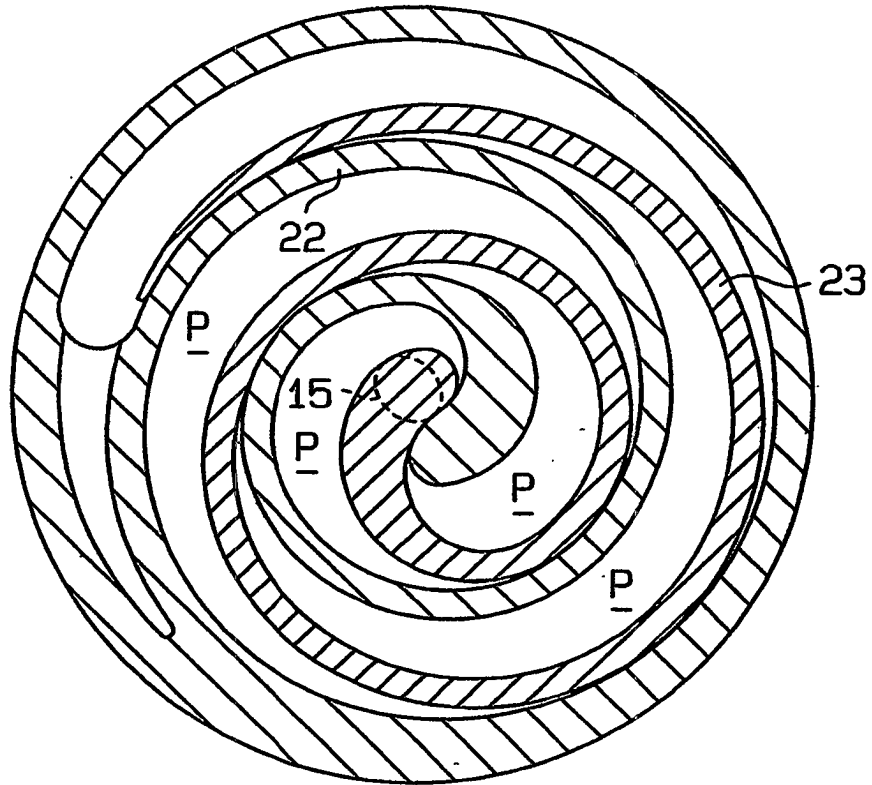


Fig.4

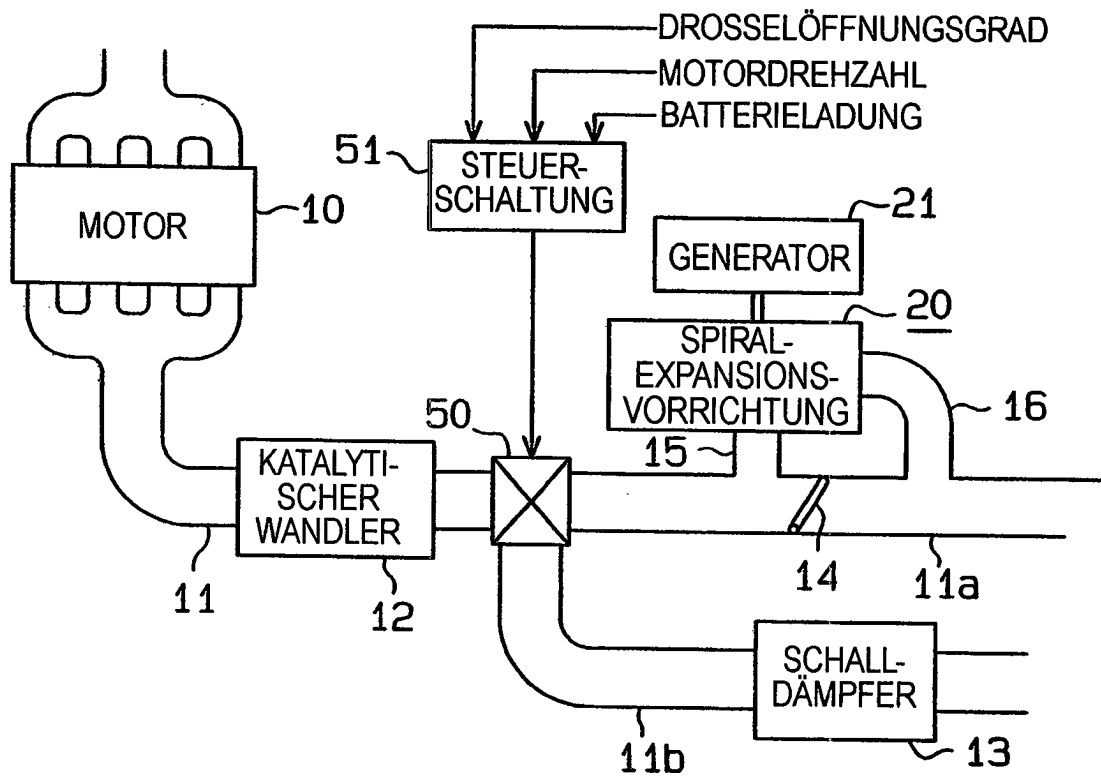


Fig.5

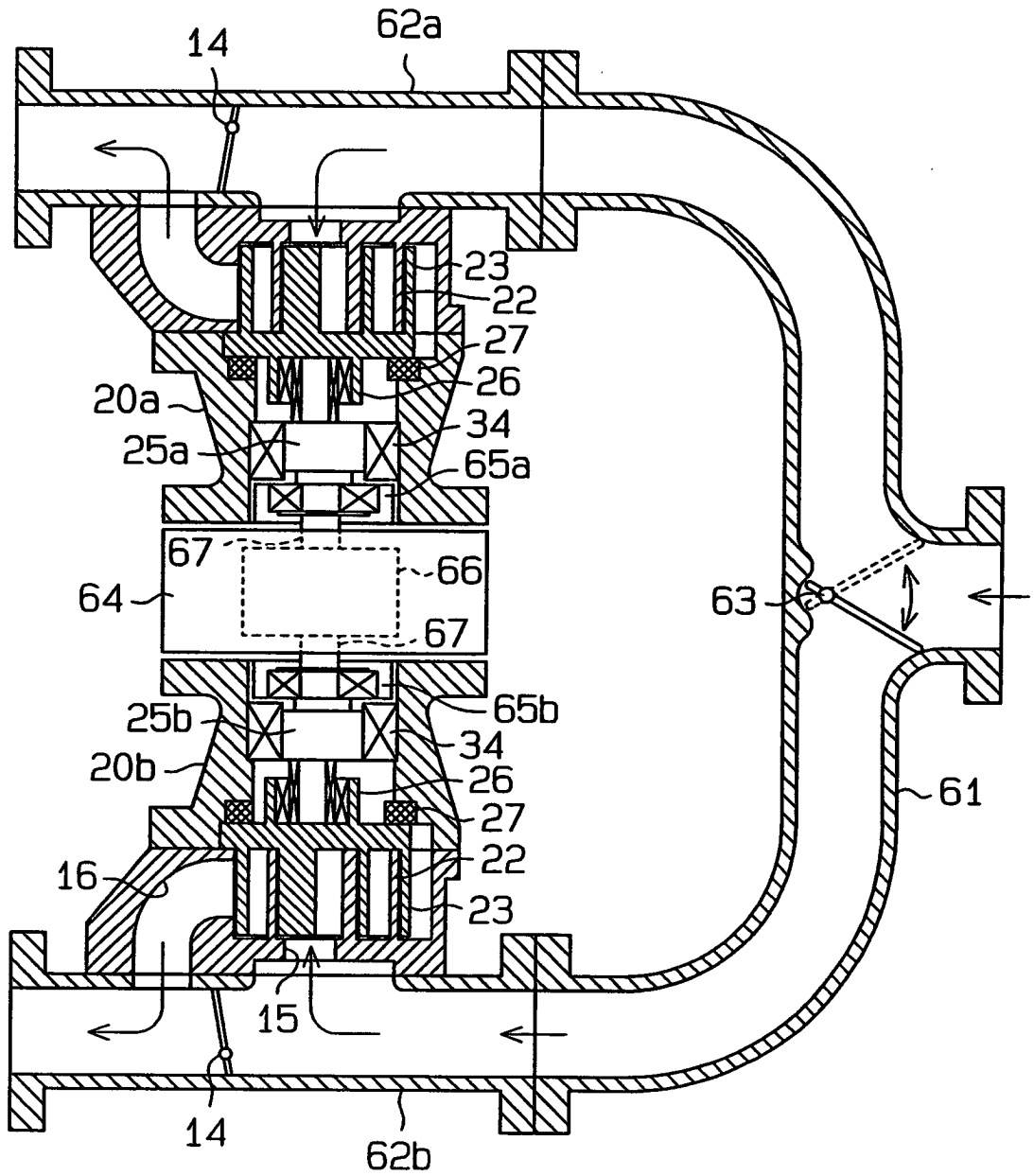


Fig. 6

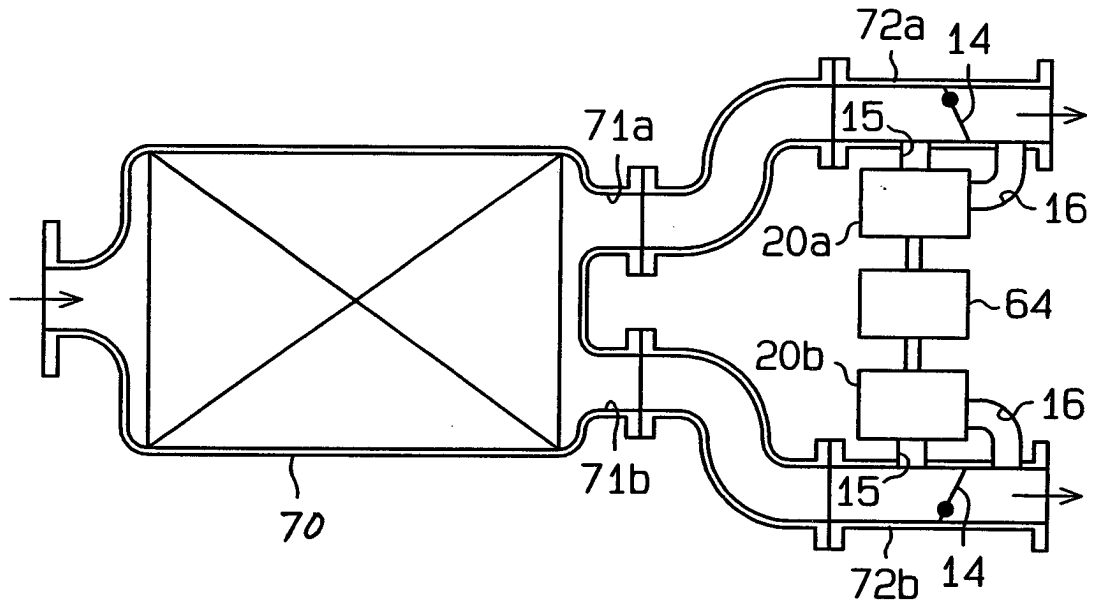


Fig. 7

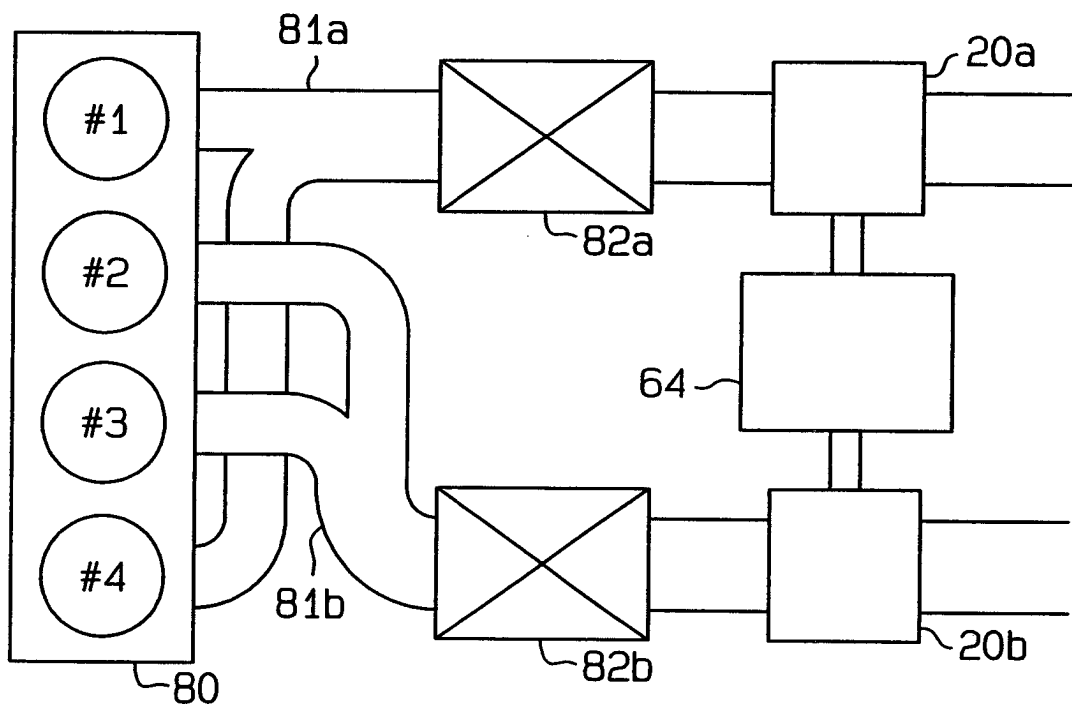


Fig. 8

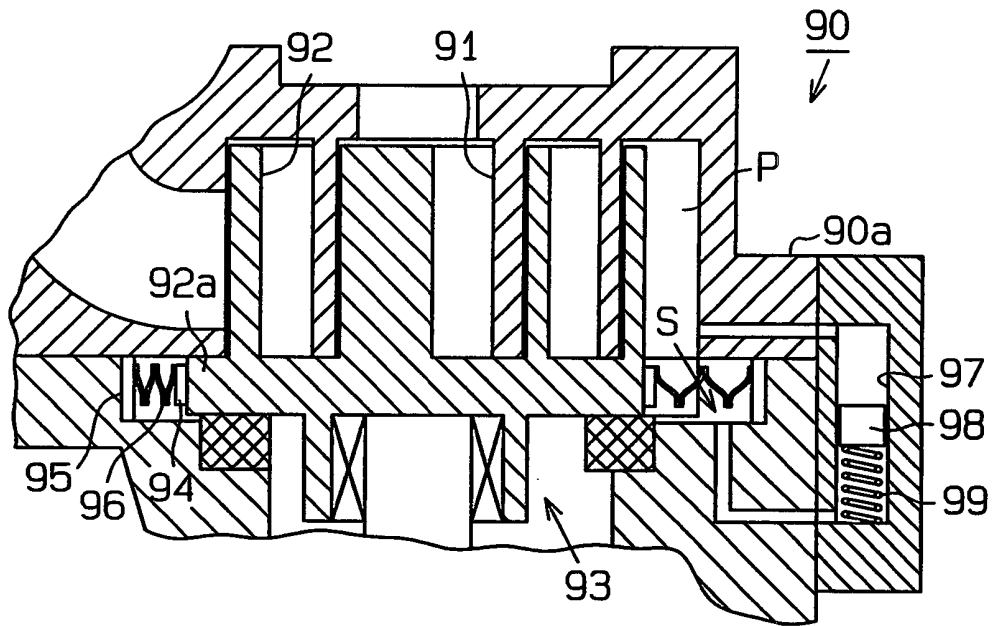


Fig. 9 (a)

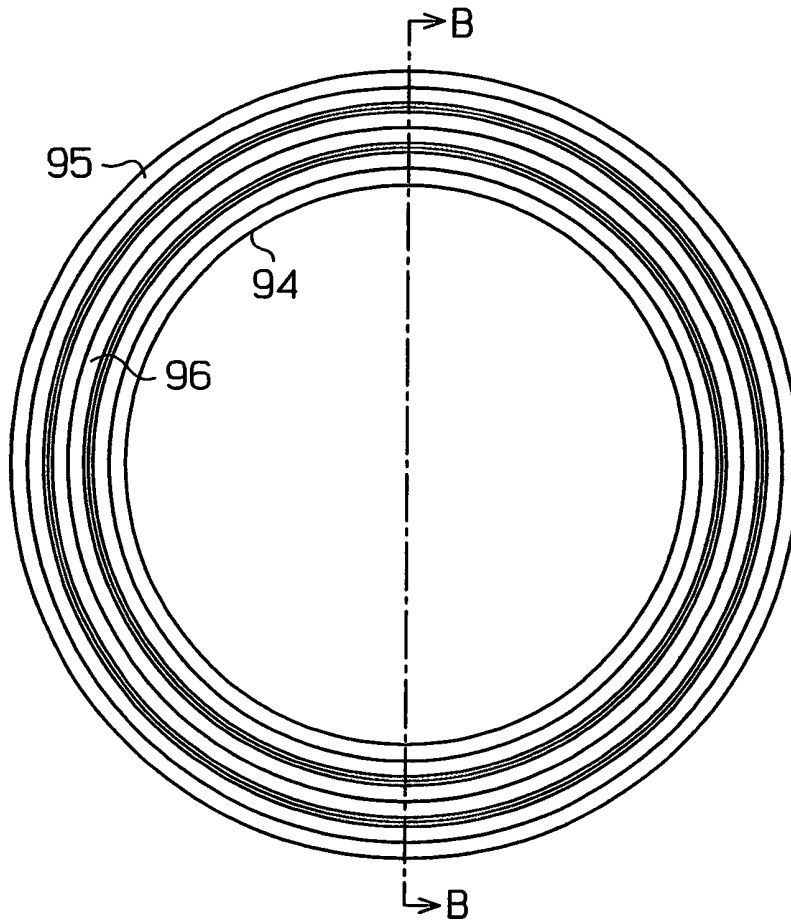


Fig. 9 (b)

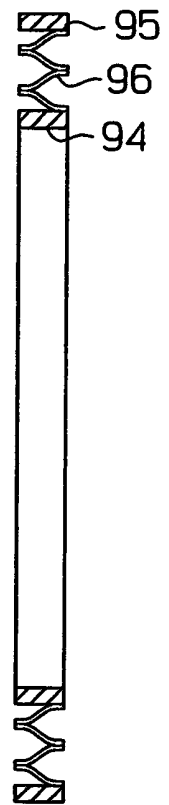


Fig.10

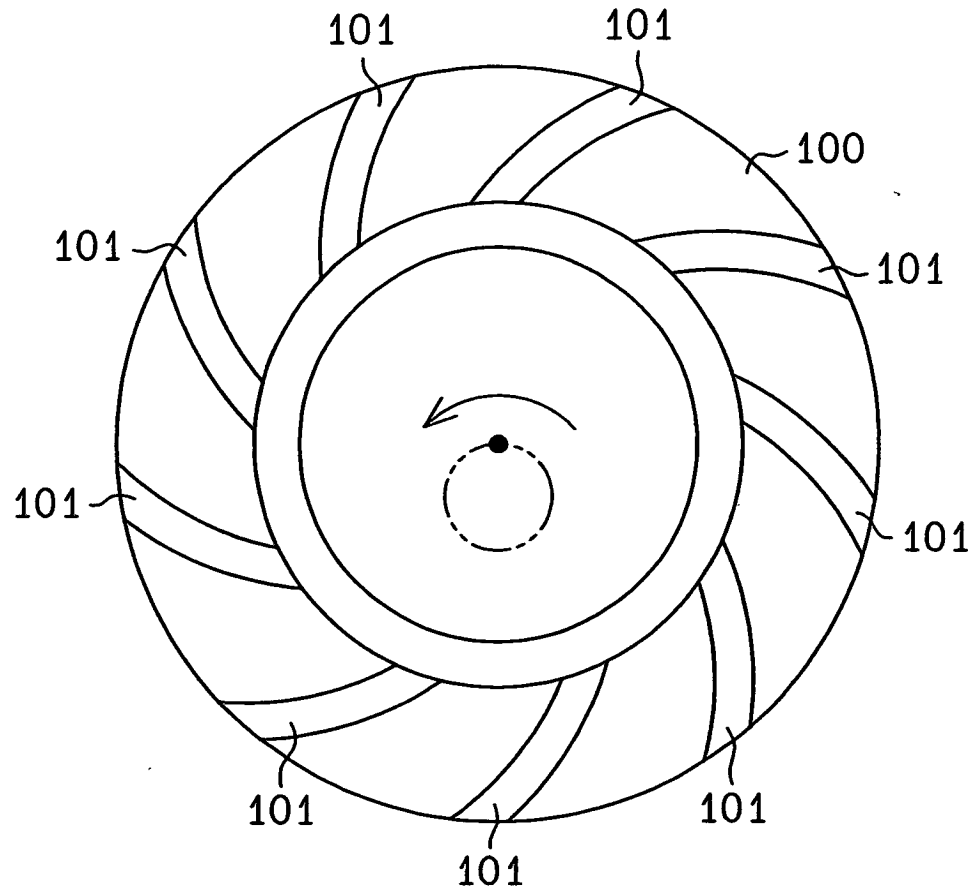


Fig.11

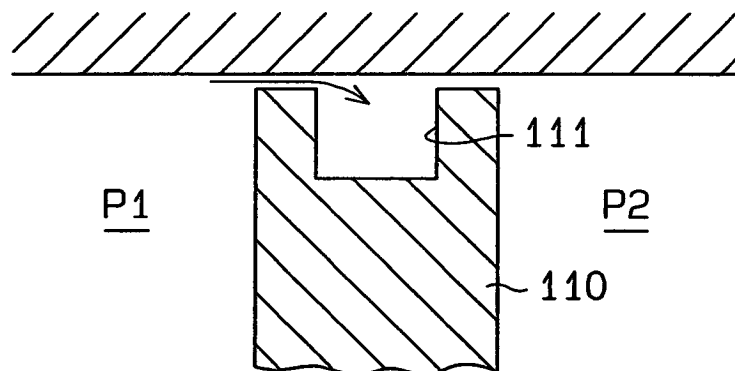


Fig.12

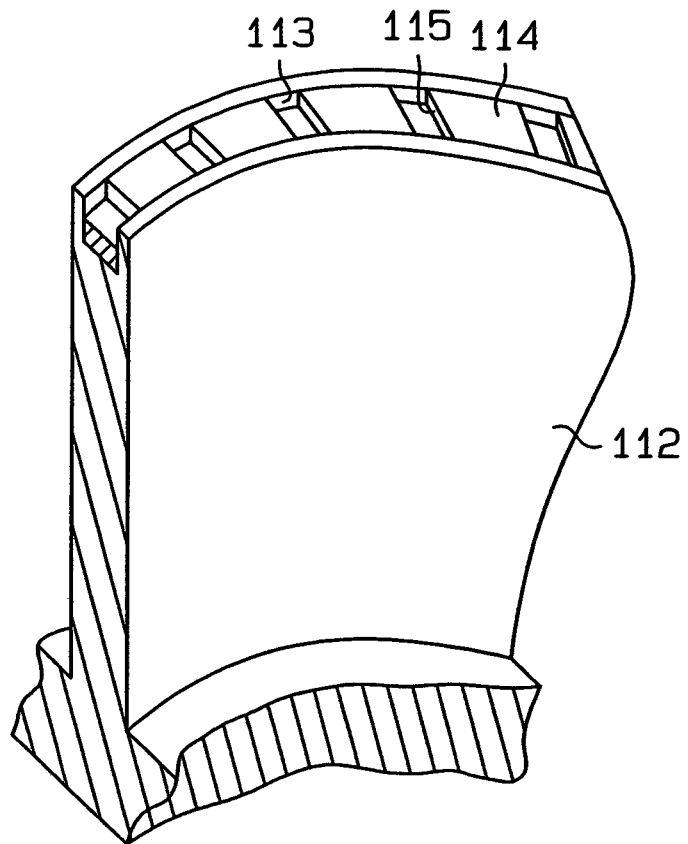


Fig.13(a)

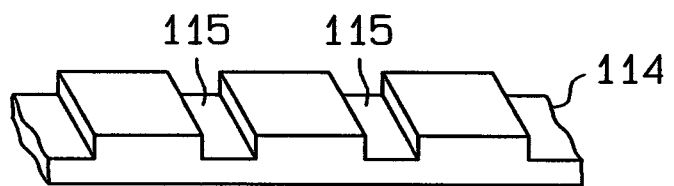


Fig.13(b)

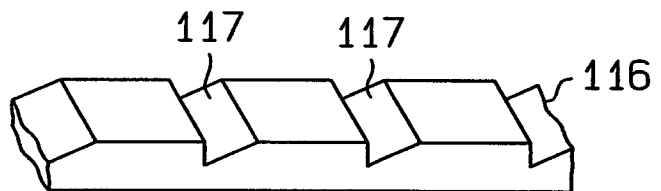


Fig.13(c)

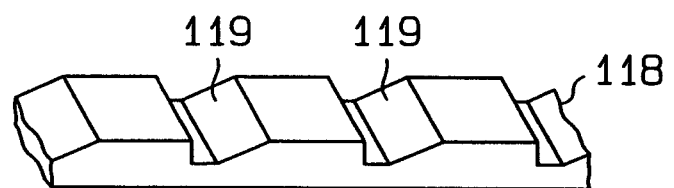


Fig.14

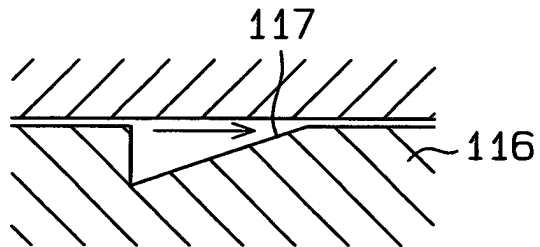


Fig.15

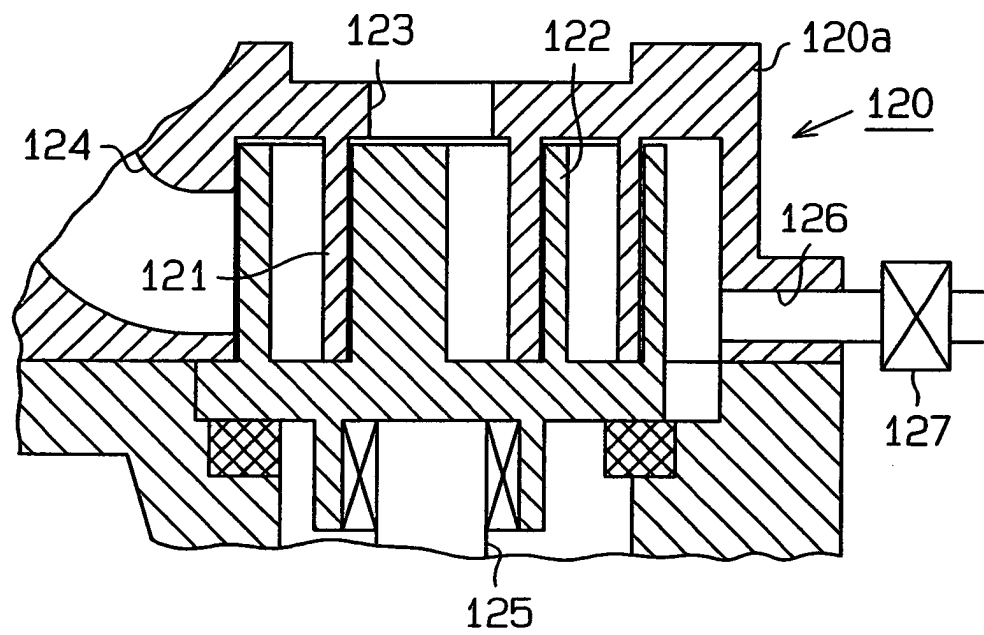


Fig.16

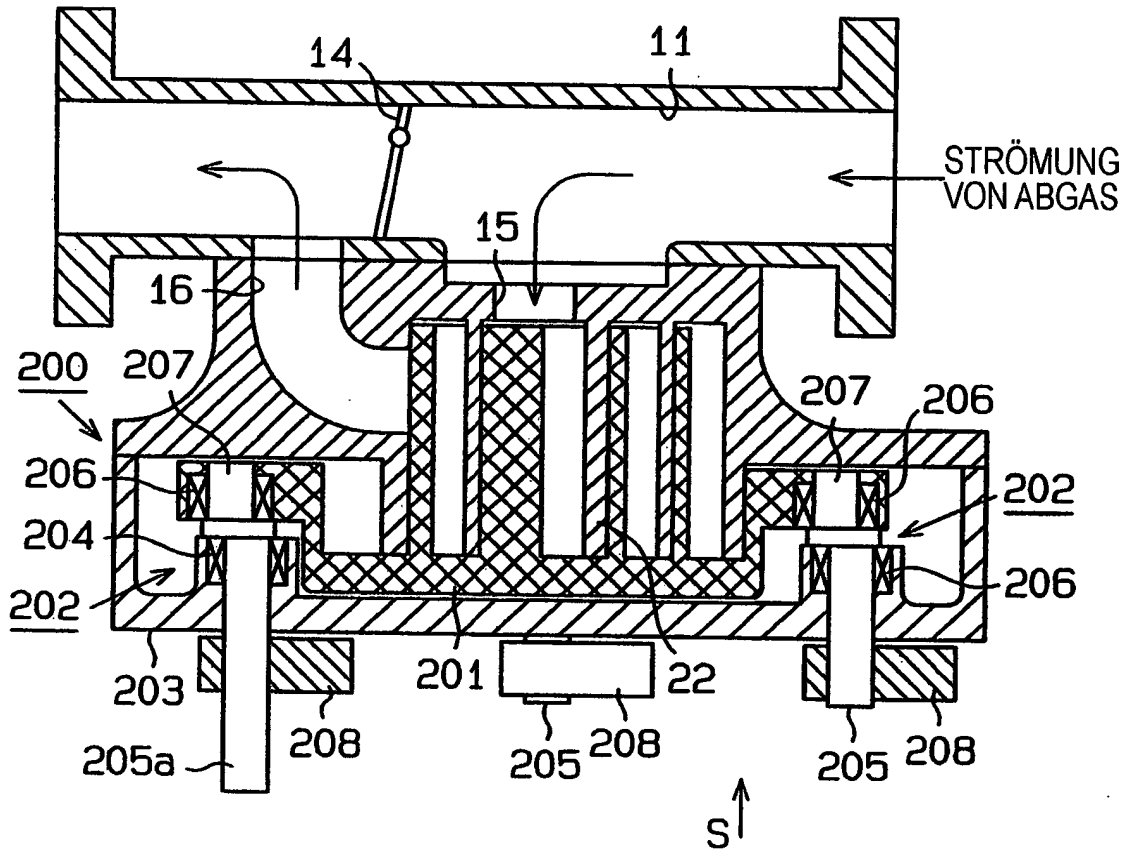


Fig.17

