



(12) **Patentschrift**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2018 006 083.7**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2018/043091**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2019/107257**
(86) PCT-Anmeldetag: **22.11.2018**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **06.06.2019**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **03.09.2020**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **27.06.2024**

(51) Int Cl.: **G01N 15/06** (2024.01)
G01N 1/00 (2006.01)
G01N 1/02 (2006.01)
G01N 1/22 (2006.01)
G01N 27/04 (2006.01)

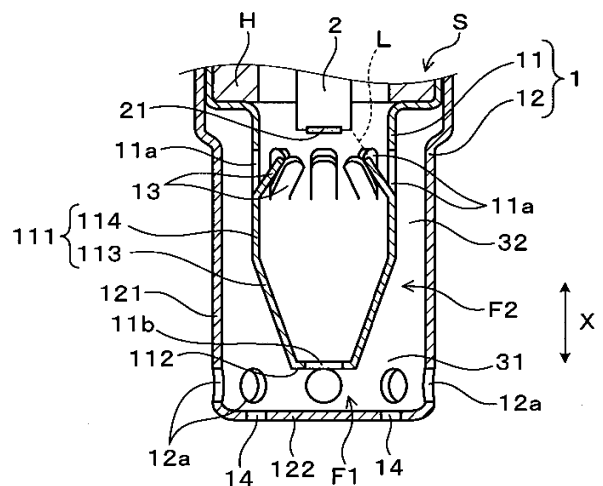
Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz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

(30) Unionspriorität: 2017-229646 29.11.2017 JP 2018-180508 26.09.2018 JP			(72) Erfinder: Tamei, Yuto, Kariya-city, Aichi-pref., JP; Araki, Takashi, Kariya-city, Aichi-pref., JP; Noda, Hirofumi, Kariya-City, Aichi-pref., JP; Kimata, Takehito, Kariya-city, Aichi-pref., JP; Yoshida, Koichi, Kariya-city, Aichi-pref., JP		
(73) Patentinhaber: DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref., JP			(56) Ermittelter Stand der Technik:		
(74) Vertreter: KUHNEN & WACKER Patent- und Rechtsanwaltsbüro PartG mbB, 85354 Freising, DE			DE	10 2010 038 778	A1
			US	2004 / 0 144 645	A1
			US	2017 / 0 131 185	A1

(54) Bezeichnung: **Sensorvorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Sensorvorrichtung (S), aufweisend ein Sensorelement (2), welches einen Erfassungsabschnitt (21) zum Erfassen einer spezifischen Komponente in einem zu messenden Gas umfasst, ein Gehäuse (H), in dessen Inneres das Sensorelement eingesetzt und so gehalten ist, dass der Erfassungsabschnitt an dem Spitzenende des Sensorelements mit Bezug auf eine Axialrichtung (X) positioniert ist, und eine Elementabdeckung (1), welche an dem Spitzenende des Gehäuses angeordnet ist; wobei die Elementabdeckung eine innere Abdeckung (11), die so angeordnet ist, dass diese das Spitzenende des Sensorelements bedeckt, und eine äußere Abdeckung (12) mit einem Raum zwischen der äußeren Abdeckung und dem Äußeren der inneren Abdeckung besitzt; wobei: die innere Abdeckung ein inneres Seitenloch (11a) und ein inneres Spitzenflächenloch (11b) aufweist, durch die das zu messende Gas strömt und welche entsprechend in einer Seite (111) davon und in einer Spitzenfläche (112) davon vorgesehen sind; eine Mehrzahl von äußeren Seitenlöchern (12a), durch die ein zu messendes Gas strömt, in einer Seite (121) der äußeren Abdeckung vorgesehen sind und in der Seite der äußeren Abdeckung als eine Mehrzahl von Reihen mit Bezug auf die Axialrichtung angeordnet sind, wobei die

zu der ersten Reihe aus den Reihen vom Spitzende aus gehörenden äußeren Seitenlöcher näher am Spitzende liegen als das innere Spitzenflächenloch, und wobei ein erster Strömungsdurchlass (F1) mit einer Gasströmungsrichtung rechtwinklig zur Axialrichtung an der Innenseite ...



Beschreibung

Querverweis auf verwandte Anmeldungen

[0001] Diese Anmeldung basiert auf der japanischen Patentanmeldung mit der Nr. 2017-229646, die am 29. November 2017 eingereicht wurde, und der japanischen Patentanmeldung mit der Nr. 2018-180508, die am 26. September 2018 eingereicht wurde, und nimmt diese hierin durch Inbezugnahme mit auf.

Technisches Gebiet

[0002] Die vorliegende Offenbarung betrifft eine Sensorvorrichtung zum Erfassen spezifischer Komponenten in einem Gas, das gemessen wird.

Allgemeiner Stand der Technik

[0003] Ein Abgasreinigungssystem, welches eine Sensorvorrichtung zum Erfassen einer spezifischen Komponente in einem Abgas und eine Reinigungsvorrichtung, wie eine Filtervorrichtung oder eine Katalysatorvorrichtung, umfasst, ist in dem Abgasdurchlass einer Verbrennungskraftmaschine vorgesehen. Die Sensorvorrichtung entspricht beispielsweise einem Partikelsensor, der Partikel (im Folgenden gegebenenfalls als „PM“ bezeichnet) erfasst und an einer Position stromabwärts von einer Filtervorrichtung, die zum Sammeln von PM dient, angeordnet ist, um zu beurteilen, ob eine Filterfehlfunktion vorliegt. Darüber hinaus ist ein Abgasensor, wie beispielsweise ein Sauerstoffsensor, stromaufwärts oder stromabwärts von der Katalysatorvorrichtung angeordnet.

[0004] Eine solche Sensorvorrichtung umfasst im Allgemeinen ein Sensorelement, das in einem Gehäuse sitzt und aus diesem herausragt, und eine Elementabdeckung, welche die äußere Peripherie des Sensorelements umgibt. Das Sensorelement umfasst eine Erfassungseinheit an der Spitze (dem vorstehenden Ende) davon, die durch die Elementabdeckung geschützt ist, und erfasst eine spezifische Komponente, die in einem Abgas enthalten ist, das in die Elementabdeckung eingeführt wird. Die Elementabdeckung ist im Allgemeinen als ein Einzel- oder Doppelbehälter konfiguriert.

[0005] Beispielsweise ist im Stand der Technik ein PM-Sensor bekannt, welcher eine Konfiguration aufweist, bei der eine Erfassungseinheit des Sensorelements gegenüber von Gasströmungslöchern angeordnet ist, die in der Seite einer Elementabdeckung vorgesehen sind, wobei die Elementabdeckung eine Einzelstruktur aufweist. Darüber hinaus besitzt die Elementabdeckung bei einem in der JP 2016 - 003 927 A beschriebenen PM-Sensor eine Doppelstruktur, bestehend aus einer inneren

Abdeckung und einer äußeren Abdeckung, und Gasströmungslöcher, die in der Seite der inneren Abdeckung ausgebildet sind, sind weiter in Richtung des Spitzenendes der inneren Abdeckung positioniert als das Sensorelement, bei dem die Erfassungseinheit an der Spitzenendfläche angeordnet ist, so dass die Montagerichtung nicht beschränkt ist. Gasströmungslöcher, die in der Seite der äußeren Abdeckung vorgesehen sind, sind der Seite der inneren Abdeckung zugewandt positioniert, und das Abgas wird bei dem Sensorelement von den Gasströmungslöchern in der Seite der inneren Abdeckung über einen Raum zwischen den beiden Abdeckungen zugeführt. Abgas, das mit dem Sensorelement in Kontakt gekommen ist, strömt durch Gasströmungslöcher aus, die koaxial zum Sensorelement in den Spitzenenden der inneren Abdeckung und der äußeren Abdeckung angeordnet sind.

[0006] Ferner offenbart die US 2004 / 0 144 645 A1 eine Schutzabdeckungsbaugruppe mit einem doppelwandigen Aufbau, der aus einer inneren und einer äußeren zylindrischen Abdeckung mit Gaslöchern besteht. Ein Sensorelement ist innerhalb der inneren Abdeckung angeordnet. Zumindest eines der Gaslöcher der äußeren Abdeckung weist teilweise zu einer Seitenwand der inneren Abdeckung. Eine obere Endfläche der inneren Abdeckung liegt innerhalb eines Bereichs, der zwischen entgegengesetzten Abschnitten eines Durchmessers von dem zumindest einen der Gaslöcher der äußeren Abdeckung definiert ist, das am nächsten zu einem oberen Ende bzw. einem Basisende der Abdeckung liegt.

[0007] Zudem offenbart die DE 10 2010 038 778 A1 einen Gassensor zur Bestimmung einer physikalischen Eigenschaft eines Messgases, insbesondere der Konzentration mindestens einer Gaskomponente im Abgas von Brennkraftmaschinen, der ein in einem Sensorgehäuse aufgenommenes Sensorelement und mehrere elektrische Anschlusskabel für das Sensorelement aufweist, die jeweils aus einem von einem Isoliermantel umschlossenen Leiter bestehen. Zwecks Reduzierung der Gefahr von Kabelbrüchen am Kabelausgang des Sensorgehäuses sind die mehreren Anschlusskabel zu einem am Umfang isolierten Kabelstrang gebündelt und im Kabelstrang untereinander fixiert.

Kurzfassung der Erfindung

[0008] Gemäß einer Konfiguration einer herkömmlichen Elementabdeckung bei der in der JP 2016 - 003 927 A beschriebenen Sensorvorrichtung wurde festgestellt, dass die Montage der Sensorvorrichtung erleichtert ist, die Erfassungsempfindlichkeit und die Ausgabeansprache bzw. das Ausgangsverhalten des Sensorelements jedoch unzureichend sind. Insbesondere ist eine Verbesserung in der Erfassungsempfindlichkeit des PM-Sen-

sors unter den Betriebsbedingungen einer Verbrennungskraftmaschine erforderlich, wenn das Abgas eine niedrige Strömungsgeschwindigkeit besitzt, beispielsweise beim Starten der Verbrennungskraftmaschine, da zu dieser Zeit leicht Partikel ausgestoßen werden, und da die Gasströmungsgeschwindigkeit innerhalb der Elementabdeckung verringert wird, kommt es zu einer Abnahme der Strömungsrate, mit der partikelhaltiges Abgas dem Sensorelement zugeführt wird. Die JP 2016 - 003 927 A beschreibt außerdem ein Beispiel für Richtelemente, die in den Gasströmungslöchern vorgesehen sind, was jedoch nicht unbedingt einen ausreichenden Effekt besitzt. Außerdem führt auch in diesem Fall bei Anwendung auf einen Abgassensor eine Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit des Abgases zu einer Verschlechterung des Ausgangsverhaltens.

[0009] Darüber hinaus bildet sich beim Starten einer Maschine im Abgasdurchlass leicht Wasserkondensat. Bei einer herkömmlichen Elementabdeckungskonfiguration sind Gasströmungslöcher coaxial zu dem Gassensorelement in den Spitzenenden der inneren Abdeckung und der äußeren Abdeckung angeordnet, so dass Wasserkondensat vom Spitzenende her in die innere Abdeckung eindringen und am Sensorelement anhaften kann, wodurch die Gefahr besteht, dass durch das anhaftende Wasser eine Rissbildung des Elements (im Folgenden als Wasserriss bezeichnet) verursacht wird.

[0010] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Offenbarung, für eine Konfiguration, bei welcher ein Sensorelement innerhalb einer Elementabdeckung mit einer Doppelkonfiguration aufgenommen ist, die Geschwindigkeit zu erhöhen, mit der ein zu messendes Gas hin zu einem Erfassungsabschnitt des Sensorelements strömt, um dadurch die Leistung des Erfassungsabschnitts beim Erfassen einer spezifischen Komponente zu verbessern, während außerdem ermöglicht wird, Wasserrisse zu verhindern und so eine Sensorvorrichtung mit ausgezeichneter Zuverlässigkeit bereitzustellen.

[0011] Die vorstehende Aufgabe wird durch den Gegenstand von Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der sich daran anschließenden abhängigen Ansprüche.

[0012] Gemäß einem erläuternden Aspekt stellt die vorliegende Offenbarung eine Sensorvorrichtung bereit, welche aufweist:

ein Sensorelement mit einem Erfassungsabschnitt zum Erfassen einer spezifischen Komponente in einem Messgas,

ein Gehäuse, in dessen Inneres das Sensorelement eingesetzt und so gehalten ist, dass der Erfassungsabschnitt an dem Spitzenende des

Sensorelements mit Bezug auf die Axialrichtung positioniert ist, und

eine Elementabdeckung, welche an dem Spitzenende des Gehäuses angeordnet ist,

wobei die Elementabdeckung eine innere Abdeckung, die so angeordnet ist, dass diese das Spitzenende des Sensorelements bedeckt, und eine äußere Abdeckung, die mit einem Raum zwischen der äußeren Abdeckung und der äußeren Peripherie der inneren Abdeckung angeordnet ist, aufweist; wobei

die innere Abdeckung eine Seite mit einem darin vorgesehenen inneren Seitenloch und eine Spitzenfläche mit einem darin vorgesehenen inneren Spitzenflächenloch besitzt, durch die das Messgas strömt,

die äußere Abdeckung eine Seite mit einer Mehrzahl von darin vorgesehenen äußeren Seitenlöchern, durch die das Messgas strömt, besitzt, wobei die Spitzenposition der äußeren Seitenlöcher weiter in Richtung des Spitzenendes angeordnet ist als das Spitzenende der inneren Abdeckung, während außerdem ein erster Strömungsdurchlass an der Innenseite des Spitzenendes der äußeren Abdeckung ausgebildet ist, durch den das Messgas in einer Richtung in rechten Winkeln bzw. rechtwinklig zur Axialrichtung strömt, und

das innere Seitenloch zu einem zweiten Strömungsdurchlass offen ist, der zwischen der Außenfläche der inneren Abdeckung und der Innenfläche der äußeren Abdeckung vorgesehen ist, ein Führungselement vorgesehen ist, welches sich von der Spitzenkante des inneren Seitenlochs in Richtung hin zu dem Inneren der inneren Abdeckung nach innen neigt, und eine Erfassungsfläche, auf welcher der Erfassungsabschnitt angeordnet ist, auf einer Erstreckungslinie der Erstreckungsrichtung des Führungselements angeordnet ist.

[0013] Bei einer Sensorvorrichtung mit der vorstehenden Konfiguration strömt das zu messende Gas von einem äußeren Seitenloch der äußeren Abdeckung in das Innere der Elementabdeckung, läuft über den ersten Strömungsdurchlass, der zwischen der äußeren Abdeckung und dem Spitzenende der inneren Abdeckung angeordnet ist, hin zu einem äußeren Seitenloch, welches so positioniert ist, dass dieses der Strömungsrichtung zugewandt ist, wobei jedoch ein Teil dieser Gasströmung in den zweiten Strömungsdurchlass gelangt, der zwischen den Seiten der äußeren Abdeckung und der inneren Abdeckung angeordnet ist. Die Gasströmung, welche das innere Seitenloch erreicht hat, das zum zweiten Strömungsdurchlass hin offen ist, wird zu einer Strahlströmung entlang des Führungselements und läuft hin zu einer Erfassungsfläche, die sich auf

der Erstreckungslinie des Führungselements befindet, wodurch eine Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit verhindert wird. Da das innere Seitenloch zum zweiten Strömungsdurchlass hin offen ist, wird ein Gasaustausch wirkungsvoll durchgeführt.

[0014] Das zu messende Gas kann dadurch mit einer erhöhten Strömungsgeschwindigkeit von dem inneren Seitenloch hin zu dem Erfassungsabschnitt eingeleitet werden, so dass die Zuführströmungsrate zu dem Erfassungsabschnitt erhöht und die Erfassungsempfindlichkeit und das Ausgangsverhalten verbessert werden können. Da kein Gasströmungsloch in der Spitzenfläche der äußeren Abdeckung erforderlich ist, wird das zu messende Gas darüber hinaus daran gehindert, direkt durch ein inneres Spitzenflächenloch der inneren Abdeckung zu strömen, wodurch Wasserrisse des Sensorelements unterdrückt werden können.

[0015] Wie vorstehend beschrieben ist, wird gemäß dem vorstehenden Aspekt bei einer Konfiguration, bei welcher ein Sensorelement in einer Elementabdeckung mit einer Doppelkonfiguration aufgenommen ist, die Strömungsgeschwindigkeit, mit der das zu messende Gas hin zu dem Erfassungsabschnitt des Sensorelements läuft, erhöht, wodurch eine verbesserte Leistung des Erfassungsabschnitts bei der Erfassung einer spezifischen Komponente ermöglicht wird, während außerdem Wasserrisse verhindert werden können, so dass eine Sensorvorrichtung mit verbesserter Leistung und auch ausgezeichneter Zuverlässigkeit bereitgestellt werden kann.

Kurze Beschreibung der Abbildungen

[0016] Die vorstehenden Aufgaben und weitere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Offenbarung werden durch die folgende detaillierte Beschreibung unter Bezugnahme auf die beigegeführten Abbildungen ersichtlicher. In den Abbildungen ist/sind:

Fig. 1 eine vergrößerte Querschnittsansicht in einer Axialrichtung eines Hauptteils eines PM-Sensors gemäß einer ersten Ausführungsform.

Fig. 2 eine schematische Abbildung, welche eine Positionsbeziehung zwischen einem Führungselement, das auf einer inneren Abdeckung eines Partikelerfassungssensors vorgesehen ist, und einer Erfassungsfläche eines Sensorelements der ersten Ausführungsform zeigt.

Fig. 3 eine Querschnittsansicht in einer Axialrichtung, welche die Konfiguration eines PM-Sensors gemäß der ersten Ausführungsform schematisch darstellt.

Fig. 4 eine Abbildung, welche die schematische Konfiguration eines Beispiels eines Abgasreini-

gungssystems mit einem PM-Sensor gemäß der ersten Ausführungsform zeigt.

Fig. 5 eine perspektivische Gesamtansicht, welche ein Beispiel eines Sensorelements des PM-Sensors gemäß der ersten Ausführungsform zeigt.

Fig. 6 eine perspektivische Gesamtansicht, welche ein weiteres Beispiel des Sensorelements des PM-Sensors gemäß der ersten Ausführungsform zeigt.

Fig. 7 eine vergrößerte Querschnittsansicht in einer radialen Richtung eines Hauptteils des PM-Sensors gemäß der ersten Ausführungsform, einschließlich eines Beispiels des Sensorelements des PM-Sensors.

Fig. 8 eine vergrößerte Querschnittsansicht in einer radialen Richtung eines Hauptteils des PM-Sensors gemäß der ersten Ausführungsform, einschließlich eines weiteren Beispiels des Sensorelements des PM-Sensors.

Fig. 9 eine vergrößerte Querschnittsansicht eines Hauptteils des PM-Sensors gemäß der ersten Ausführungsform zur Beschreibung einer Gasströmung in einer Elementabdeckung.

Fig. 10 zeigt vergrößerte Querschnittsansichten eines Hauptteils der Elementabdeckung gemäß der ersten Ausführungsform zum Vergleich des Effekts der Gasströmung, die durch die Anordnung (a) der äußeren Seitenlöcher der Elementabdeckung in der ersten Ausführungsform erzeugt wird, mit der Gasströmung, die erzeugt wird, wenn die Anordnung der äußeren Seitenlöcher zu dieser in Abbildung (b) geändert wird.

Fig. 11 zeigt vergrößerte Querschnittsansichten, welche einen Hauptteil des Partikelerfassungssensors gemäß der ersten Ausführungsform zum Vergleich der Gasströmung innerhalb einer Elementabdeckung mit Führungselementen und der Gasströmung innerhalb einer herkömmlichen Elementabdeckung ohne Führungselemente auf der Grundlage des Ergebnisses einer CAE-Analyse schematisch darstellen.

Fig. 12 ein Diagramm basierend auf Richtwirkungs-Evaluationstests, welches einen Vergleich der Beziehungen zwischen einer Leitungsströmungsgeschwindigkeit und Richtwirkung (EN: directivity) für die Fälle des Vorhandenseins und Nicht-Vorhandenseins von Führungselementen entsprechend zeigt.

Fig. 13 ein Diagramm basierend auf Richtwirkungs-Evaluationstests, welches Beziehungen zwischen einer Ausgangsanstiegszeit und einem Erfassungsstrom zeigt.

Fig. 14 eine schematische Abbildung einer Evaluationsvorrichtung zur Erläuterung eines Prüfverfahrens, das bei Feuchtigkeitsevaluationstests verwendet wird.

Fig. 15 eine vergrößerte Querschnittsansicht eines Hauptteils eines PM-Sensors mit einer herkömmlichen Elementabdeckung, der bei einem Feuchtigkeitsevaluationstest verwendet wird.

Fig. 16 ein Diagramm, welches einen Vergleich zwischen der maximalen Feuchtigkeit des PM-Sensors der ersten Ausführung und dieser eines PM-Sensors mit einer herkömmlichen Elementabdeckung auf der Grundlage des Feuchtigkeitsevaluationstests zeigt.

Fig. 17 eine Abbildung, welche Positionsbeziehungen zwischen der Erstreckungsrichtung eines Führungselements und einem Sensorelement zeigt, um erste und zweite Vergleichsbeispiele bei Evaluationstests von Führungselementen zu vergleichen.

Fig. 18 eine Querschnittsansicht, welche die allgemeine Konfiguration einer Evaluationsvorrichtung schematisch darstellt, die zum Messen einer Strömungsrate bei Evaluationstests von Führungselementen verwendet wird.

Fig. 19 ein Diagramm, welches einen Vergleich zwischen der Strömungsrate eines ersten Versuchsbeispiels und den Strömungsraten der ersten und zweiten Vergleichsbeispiele aus Führungselement-Evaluationstests zeigt.

Fig. 20 zeigt vergrößerte Querschnittsansichten von PM-Sensoren, in denen das Verhältnis der Länge der Erstreckungsrichtungslinie eines Führungselements zum Abstand der Erfassungsfläche 0,05 bzw. 0,4 beträgt, aus Führungselement-Evaluationstests.

Fig. 21 ein Diagramm, welches die Beziehung zwischen der Richtwirkung und dem Verhältnis der Länge der Erstreckungsrichtungslinie eines Führungselements zum Abstand der Erfassungsfläche aus Führungselement-Evaluationstests zeigt.

Fig. 22 eine vergrößerte Querschnittsansicht eines Hauptteils eines PM-Sensors gemäß der ersten Ausführungsform zur Beschreibung eines Freiraumverhältnisses $d1/d2$ einer Elementabdeckung aus Führungselement-Evaluationstests.

Fig. 23 ein Diagramm, welches die Beziehung zwischen dem Freiraumverhältnis $d1/d2$ und der Ausgangsanstiegszeit aus Führungselement-Evaluationstests zeigt.

Fig. 24 zeigt vergrößerte Querschnittsansichten eines Hauptteils eines PM-Sensors gemäß der

ersten Ausführungsform und eines herkömmlichen PM-Sensors in der Axialrichtung und in der radialen Richtung, wobei die Ergebnisse der CAE-Analyse der Gasströmung innerhalb der Elementabdeckung der ersten Ausführungsform und innerhalb dieser des herkömmlichen PM-Sensors schematisch gezeigt sind.

Fig. 25 eine vergrößerte Querschnittsansicht in der Axialrichtung eines Hauptteils eines PM-Sensors gemäß einer zweiten Ausführungsform.

Fig. 26 eine perspektivische Gesamtansicht eines Sensorelements eines PM-Sensors gemäß der zweiten Ausführungsform.

Fig. 27 eine vergrößerte Querschnittsansicht in der Axialrichtung eines Hauptteils eines PM-Sensors gemäß einer dritten Ausführungsform.

Fig. 28 zeigt vergrößerte Querschnittsansichten in der radialen Richtung des Hauptteils des PM-Sensors gemäß der dritten Ausführungsform.

Fig. 29 eine vergrößerte Querschnittsansicht in der Axialrichtung eines Hauptteils eines PM-Sensors gemäß der vierten Ausführungsform.

Fig. 30 zeigt vergrößerte Querschnittsansichten in der radialen Richtung des Hauptteils des PM-Sensors gemäß der vierten Ausführungsform.

Fig. 31 zeigt vergrößerte Querschnittsansichten eines Hauptteils eines PM-Sensors gemäß der vierten Ausführungsform, welche die Ergebnisse einer CAE-Analyse einer Gasströmung innerhalb der Elementabdeckung gemäß der vierten Ausführungsform und innerhalb dieser eines modifizierten Beispiels der vierten Ausführungsform zum Vergleich schematisch zeigen.

Fig. 32 zeigt vergrößerte Querschnittsansichten in der Axialrichtung und in der radialen Richtung eines Hauptteils eines PM-Sensors gemäß einer fünften Ausführungsform.

Fig. 33 zeigt vergrößerte Querschnittsansichten des Hauptteils eines PM-Sensors, welche den Montagewinkel (Montagerichtung: 0°) des PM-Sensors und die Gasströmung durch die Elementabdeckung zeigen, zum Vergleich des PM-Sensors der fünften Ausführungsform mit der Konfiguration der vierten Ausführungsform.

Fig. 34 zeigt vergrößerte Querschnittsansichten des Hauptteils eines PM-Sensors, welche den Montagewinkel (Montagerichtung: 0°) des PM-Sensors und die Druckverteilung innerhalb der Elementabdeckung zeigen, um den PM-Sensor der fünften Ausführungsform mit der Konfiguration der vierten Ausführungsform zu vergleichen.

Fig. 35 zeigt vergrößerte Querschnittsansichten des Hauptteils eines PM-Sensors, welche den Montagewinkel (Montagerichtung: $22,5^\circ$) des PM-Sensors und die Gasströmung durch die Elementabdeckung zeigen, um den PM-Sensor der fünften Ausführungsform mit der Konfiguration der vierten Ausführungsform zu vergleichen.

Fig. 36 zeigt vergrößerte Querschnittsansichten des Hauptteils eines PM-Sensors, welche den Montagewinkel (Montagerichtung: $22,5^\circ$) des PM-Sensors und die Druckverteilung innerhalb der Elementabdeckung zeigen, um den PM-Sensor der fünften Ausführungsform mit der Konfiguration der vierten Ausführungsform zu vergleichen.

Fig. 37 zeigt Diagramme, welche den Montagewinkel eines PM-Sensors und den Effekt der Verbesserung der Erfassungsempfindlichkeit (Bereich mit sehr niedriger Strömungsgeschwindigkeit) zeigen, um den PM-Sensor der fünften Ausführungsform mit der Konfiguration der vierten Ausführungsform zu vergleichen.

Fig. 38 zeigt Diagramme zum Vergleichen des Montagewinkels eines PM-Sensors und des Effekts der Verbesserung der Erfassungsempfindlichkeit (Bereich mit niedriger Strömungsgeschwindigkeit ~ Bereich mit hoher Strömungsgeschwindigkeit), zum Vergleich des PM-Sensors der fünften Ausführungsform mit der Konfiguration der vierten Ausführungsform.

Fig. 39 zeigt vergrößerte Querschnittsansichten des Hauptteils eines PM-Sensors, welche Montagewinkel (Montagerichtungen: 0° , $22,5^\circ$) des PM-Sensors und eine Gasströmung innerhalb der Elementabdeckung zeigen, um den PM-Sensor der fünften Ausführungsform mit der Konfiguration der vierten Ausführungsform zu vergleichen.

Fig. 40 zeigt vergrößerte Querschnittsansichten des Hauptteils eines PM-Sensors, welche eine Gasströmung (Bereich hoher Strömungsgeschwindigkeit) innerhalb der Elementabdeckung zeigen, um den PM-Sensor der fünften Ausführungsform mit der Konfiguration der vierten Ausführungsform zu vergleichen.

Ausführungsformen

(Erste Ausführungsform)

[0017] Ausführungsformen einer Sensorvorrichtung werden im Folgenden unter Bezugnahme auf die Abbildungen beschrieben. Wie in den **Fig. 1** bis **3** gezeigt ist, handelt es sich bei einer Sensorvorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform um einen PM-Sensor S zum Erfassen von Partikeln, und diese wird beispielsweise in einer in **Fig. 4**

gezeigten Abgasreinigungsvorrichtung einer Verbrennungskraftmaschine E eingesetzt. In **Fig. 1** umfasst der PM-Sensor S ein Sensorelement 2 mit einer Erfassungseinheit 21, ein Gehäuse H, in welches das Sensorelement 2 eingesetzt und darin gehalten ist, wobei die Erfassungseinheit 21 an dem Spitzenende des Sensorelements 2 mit Bezug auf eine Axialrichtung X positioniert ist, und eine am Spitzenende des Gehäuses H angeordnete Elementabdeckung 1.

[0018] Die Verbrennungskraftmaschine E ist beispielsweise ein PKW-Dieselmotor oder ein Ottomotor, und die Erfassungseinheit 21 des Sensorelements 2 erfasst Partikel, die einer spezifischen Komponente entsprechen, die im Abgas enthalten ist, das dem zu messenden Gas entspricht. Die Axialrichtung X des PM-Sensors S ist in den **Fig. 1** und **3** als die vertikale Richtung mit dem Spitzenende als das untere Ende und dem Basisende als das obere Ende gezeigt. Darüber hinaus entspricht hinsichtlich der in **Fig. 3** gezeigten Strömungsrichtungen des Abgases G die linke Seite in der Abbildung der Stromaufwärtsseite und die rechte Seite entspricht der Stromabwärtsseite.

[0019] In **Fig. 1** besitzt die Elementabdeckung 1 eine innere Abdeckung 11, die coaxial zum PM-Sensor S angeordnet ist, so dass diese das Spitzenende des Sensorelements 2 mit Bezug auf die Axialrichtung X bedeckt, und eine äußere Abdeckung 12, welche außerhalb der inneren Abdeckung 11 angeordnet ist, mit einem Raum zwischen der inneren Abdeckung 11 und der äußeren Abdeckung 12. Innere Seitenlöcher 11a und ein inneres Spitzenflächenloch 11b, durch die das zu messende Gas strömt, sind in der Seite 111 bzw. in der Spitzenfläche 112 der inneren Abdeckung 11 vorgesehen. Darüber hinaus ist die äußere Abdeckung 12 mit einer Mehrzahl von äußeren Seitenlöchern 12a in der Seite 121 versehen, durch die das zu messende Gas strömt, wobei die Spitzenposition der äußeren Seitenlöcher 12a näher am Spitzenende liegt als die Spitzenposition der inneren Abdeckung 11, und ein erster Strömungsdurchlass F1 an der Innenseite der Spitzenfläche 122 der äußeren Abdeckung 12 ausgebildet ist, wobei die Richtung der Gasströmung durch den ersten Strömungsdurchlass F1 in rechten Winkeln zur Axialrichtung X steht.

[0020] Das innere Seitenloch 11a ist zu einem zweiten Strömungsdurchlass F2 hin offen, der zwischen der Außenseite der inneren Abdeckung 11 und der Innenseite der äußeren Abdeckung 12 vorgesehen ist. Zusätzlich sind Führungselemente 13 vorgesehen, die sich von der Spitzenkante jedes inneren Seitenlochs 11a mit einer solchen Neigung in Richtung hin zu dem Inneren der inneren Abdeckung 11 erstrecken, dass, wie in **Fig. 2** gezeigt ist, eine Erfassungsfläche 20, auf welcher die Erfassungseinheit 21

angeordnet ist, auf einer Erstreckungslinie L positioniert ist, die entlang der Erstreckungsrichtung des Führungselements 13 liegt. Die Konfiguration der Elementabdeckung 1 wird im Folgenden ausführlich beschrieben.

[0021] Wie in **Fig. 3** gezeigt ist, nimmt der PM-Sensor S das Sensorelement 2 koaxial in einem zylindrischen Gehäuse H auf, und die Erfassungseinheit 21 des Sensorelements 2, das von der Spitzenendöffnung H1 des Gehäuses H vorsteht, ist durch die Elementabdeckung 1 geschützt, die so angebracht ist, dass diese die Spitzenendöffnung H1 bedeckt. Der PM-Sensor S wird beispielsweise durch ein am Außenumfang des Gehäuses H vorgesehenes Schraubelement H2 an der in **Fig. 4** gezeigten Abgasrohrwand der Verbrennungskraftmaschine E angeschraubt, wobei das Spitzenende des PM-Sensors S in den Abgasdurchlass EX vorstehend positioniert ist.

[0022] In **Fig. 4** ist in der Mitte des Abgasdurchlasses EX ein Dieselpartikelfilter (im Folgenden als DPF bezeichnet) 10 installiert, wobei der PM-Sensor S auf einer Stromabwärtsseite des DPF 10 angeordnet ist und die im Abgas G enthaltenen Partikel (das heißt, die in der Figur gezeigten PM) erfasst. Die Partikel, die den DPF 10 durchlaufen, können dadurch erfasst werden, und dadurch kann beispielsweise ein Teil eines Anomaliediagnosesystems für den DPF 10 konfiguriert werden. An Positionen stromabwärts des DPF 10 ist die Strömungsrichtung des Abgases G rechtwinklig zur Axialrichtung X des PM-Sensors S.

[0023] Wie in **Fig. 5** gezeigt ist, entspricht das Sensorelement 2 einem laminierten Element mit einer laminierten Struktur und besitzt eine Erfassungsfläche 20 als die Spitzenfläche eines isolierenden Substrats 22, das die Gestalt eines rechteckigen Parallelepiped aufweist. Eine Erfassungseinheit 21, auf welcher Elektroden 23 und 24 freiliegen, ist auf der Erfassungsfläche 20 angeordnet.

[0024] Das isolierende Substrat 22 wird beispielsweise durch Brennen eines Laminats gebildet, in dem Elektrodenfilme bzw. -schichten, welche die Elektroden 23 und 24 bilden sollen, abwechselnd zwischen einer Mehrzahl von isolierenden Platten, welche das isolierende Substrat 22 bilden werden, angeordnet sind. Zu dieser Zeit sind die Ränder der Elektroden 23 und 24 zumindest teilweise in dem isolierenden Substrat 22 vergraben und liegen linear auf der Spitzenfläche des isolierenden Substrats 22 frei und bilden eine Mehrzahl von Elektrodenpaaren, die aus linearen Elektroden mit abwechselnd unterschiedlichen Polaritäten aufgebaut sind.

[0025] Die linearen Elektroden, welche die Mehrzahl von Elektrodenpaaren bilden, sind parallel in Abstän-

den auf der rechtwinklig gestalteten Spitzenfläche des isolierenden Substrats 22 angeordnet, mit Ausnahme des äußeren Umfangsrandes, um die Erfassungseinheit 21 zu bilden. Die Erfassungseinheit 21 entspricht beispielsweise dem Bereich, der in der Abbildung von einer gepunkteten Linie umgeben ist, und umfasst eine Mehrzahl von Elektrodenpaaren, die einander über eine dazwischenliegende isolierende Schicht gegenüberliegen bzw. zugewandt sind, und einen Teil der isolierenden Schicht, die am äußeren Umfang der Mehrzahl von Elektrodenpaaren positioniert ist. Leitungsabschnitte 23a und 24a, die mit den Elektroden 23 und 24 verbunden sind, die zu den Elektroden 23 und 24 werden, sind innerhalb des isolierenden Substrats 22 angeordnet, wobei die Leitungsabschnitte 23a und 24a mit Anschlusselektroden 25 und 26 verbunden sind, die auf der Oberfläche am Basisende des isolierenden Substrats 22 ausgebildet sind. Wenn eine vorbestimmte Erfassungsspannung an die Elektroden 23 und 24 angelegt wird, sammelt die Erfassungseinheit 21 elektrostatisch Partikel im Abgas G, das die Oberfläche der Erfassungseinheit 21 erreicht.

[0026] Die Erfassungsfläche 20 entspricht einem Bereich, der etwas größer ist als die Erfassungseinheit 21, wobei die gesamte Spitzenfläche des isolierenden Substrats 22 einschließlich des Außenumfangsrandes der Erfassungseinheit 21 die Erfassungsfläche 20 bildet. Dies liegt daran, dass, falls das Abgas G den Außenumfangsrand der Erfassungsfläche 20 erreicht, das Abgas G leicht die Vorderseite der Erfassungseinheit 21 erreichen kann, indem dieses entlang der Oberfläche der Erfassungseinheit 21 passiert, und somit kann der Bereich, der die Erfassungsfläche 20 bilden soll, geeignet bestimmt werden.

[0027] Wie in **Fig. 6** für ein weiteres Beispiel gezeigt ist, kann das Sensorelement 2 eine rechtwinklige Parallelepiped-Gestalt aufweisen, bei welcher die Spitzenfläche des isolierenden Substrats 22 im Wesentlichen quadratisch ist. Auch in diesem Fall wird die gesamte Frontfläche der quadratischen Spitzenfläche zur Erfassungsfläche 20, wobei die Erfassungseinheit 21 in einem Bereich angeordnet ist, der den äußeren Umfangsrand ausnimmt. Auf der Oberfläche der quadratischen Erfassungseinheit 21 sind eine größere Anzahl von linearen Elektroden als für das in **Fig. 5** gezeigte Sensorelement 2 parallel mit Zwischenräumen angeordnet, um eine vorbestimmte Anzahl von Elektrodenpaaren zu bilden.

[0028] Das isolierende Substrat 22 kann beispielsweise unter Verwendung eines isolierenden Keramikmaterials, wie Aluminiumoxid, ausgebildet sein. Darüber hinaus können die Elektroden 23 und 24, die Leitungsabschnitte 23a und 24a sowie die Anschlusselektroden 25 und 26 unter Verwendung

eines leitfähigen Materials, wie beispielsweise ein Edelmetall, konfiguriert sein.

[0029] In den Fig. 1 und 3 besitzt die Elementabdeckung 1 eine doppelwandige Behältergestalt, wobei die Seite bei dem Gehäuse H offen ist, und umfasst eine innere Abdeckung 11 und eine äußere Abdeckung 12, die koaxial angeordnet sind. Die äußere Abdeckung 12 besitzt eine Seite 121, die aus einem zylindrischen Körper mit einem im Wesentlichen konstanten Durchmesser ausgebildet ist, und eine Spitzenfläche 122, welche den zylindrischen Körper verschließt, während die innere Abdeckung 11 mit einem Raum zwischen selbiger und der äußeren Abdeckung 12 angeordnet ist und eine Seite 111, die aus einem zylindrischen Körper ausgebildet ist, und eine Spitzenfläche 112, welche den zylindrischen Körper verschließt, besitzt. Das Basisende der inneren Abdeckung 11 entspricht einem Abschnitt mit vergrößertem Durchmesser, der in engem Kontakt mit dem Basisende der äußeren Abdeckung 12 steht, und ist integral an dem Spitzenende des Gehäuses H angebracht.

[0030] Die äußere Abdeckung 12 ist mit einer Mehrzahl von äußeren Seitenlöchern 12a in der Seite 121 nahe der Spitzenfläche 122 versehen. In der vorliegenden Ausführungsform befinden sich die äußeren Seitenlöcher 12a mit Bezug auf die Axialrichtung X an Positionen, welche das innere Spitzenflächenloch 11b nicht überlappen. So befinden sich beispielsweise die Spitzenendposition des inneren Spitzenflächenlochs 11b und die Basisendposition der äußeren Seitenlöcher 12a an derselben Position. Ein erster Strömungsdurchlass F1 ist innerhalb der Spitzenfläche 122 der äußeren Abdeckung 12 zwischen der Spitzenfläche 112 der inneren Abdeckung 11 und der Spitzenfläche 122 ausgebildet, durch den das Abgas G in einer Richtung in rechten Winkeln bzw. rechtwinklig zur Axialrichtung X strömt. Der Strömungsdurchlass F1, durch den das Abgas G strömen kann, kann so ausgebildet sein, dass die äußeren Seitenlöcher 12a weiter in Richtung hin zu dem Spitzenende angeordnet sind als das innere Spitzenflächenloch 11b, das sich an der Spitze der inneren Abdeckung 11 befindet. Vorzugsweise sind die Mitten der äußeren Seitenlöcher 12a so angeordnet, dass diese weiter in Richtung des Spitzenendes liegen als das innere Spitzenflächenloch 11b, wobei in diesem Fall die Strömungsrate des Abgases G, das durch den ersten Strömungsdurchlass F1 strömt, erhöht wird und ein Gasstrom bzw. eine Gasströmung in den zweiten Strömungsdurchlass F2 auf einfache Art und Weise gebildet werden kann.

[0031] Die äußeren Seitenlöcher 12a sind beispielsweise kreisförmige Durchgangslöcher, die sich zum ersten Strömungsdurchlass F1 hin öffnen. Obwohl die Anzahl und Anordnung der äußeren Seitenlöcher 12a nicht notwendigerweise beschränkt ist, ist es

vorzuziehen, dass die äußeren Seitenlöcher 12a gleichmäßig um die gesamte Peripherie bzw. den gesamten Umfang der Seite 121 angeordnet sind, beispielsweise an acht Positionen in gleichen Abständen in einer Umfangsrichtung angeordnet sind. Dadurch besitzt die Konfiguration keine Richtwirkung mit Bezug auf die Gasströmung, und es wird nicht nur die Montage erleichtert, sondern auch die Strömungsrate des im zweiten Strömungsdurchlass F2 gebildeten Gasstroms wird stabilisiert und die Erfassungsgenauigkeit wird verbessert.

[0032] Bei der Spitzenendfläche 112 der äußeren Abdeckung 12 sind eine Mehrzahl von Ablauflöchern 14 in einem Außenumfangsteil vorgesehen, welcher dem inneren Spitzenflächenloch 11b nicht zugewandt ist. Die Ablauflöcher 14 entsprechen kleinen Löchern zum Ableiten von Wasser nach außen, das innerhalb der Elementabdeckung 1 kondensiert ist, und diese sind mit Bezug auf die äußeren Seitenlöcher 12a, durch die das Abgas hauptsächlich strömt, ausreichend klein gemacht.

[0033] Der zweite Strömungsdurchlass F2 ist zwischen der Außenfläche der inneren Abdeckung 11 und der Innenfläche der äußeren Abdeckung 12 vorgesehen. Der zweite Strömungsdurchlass F2 besitzt einen großen Freiraumabschnitt 31 auf der Außenumfangsseite des Spitzenendes 112 der inneren Abdeckung 11 als den maximalen Freiraumbetrag. Ein kleiner Freiraumabschnitt 32, der den minimalen Freiraumbetrag aufweist, ist am Basisende des großen Freiraumabschnitts 31 vorgesehen, und der große Freiraumabschnitt 31 und der kleine Freiraumabschnitt 32 weisen Strömungsdurchlassgestaltungen auf, die ohne eine Stufe zwischen diesen verbunden sind.

[0034] Der zylindrische Körper, der die Seite 111 der inneren Abdeckung 11 bildet, besitzt einen kegelförmigen ersten zylindrischen Abschnitt 113, der sich vom Spitzenende 112 aus kontinuierlich erstreckt und dessen Durchmesser zum Basisende hin zunimmt, und einen zweiten zylindrischen Abschnitt 114 mit einem im Wesentlichen konstanten Durchmesser, der sich vom ersten zylindrischen Abschnitt 113 zum Basisende hin kontinuierlich erstreckt. Der erste zylindrische Abschnitt 113 entspricht einer kegelförmigen Oberfläche mit einem festgelegten Kegelwinkel, und der große Freiraumabschnitt 31 ist zwischen dem ersten zylindrischen Abschnitt 113 und der äußeren Abdeckung 12 am Spitzenende ausgebildet. Der kleine Freiraumabschnitt 32 ist zwischen dem zweiten zylindrischen Abschnitt 114 und der äußeren Abdeckung 12 ausgebildet.

[0035] Der große Freiraumabschnitt 31 entspricht einem Abschnitt, bei dem der Freiraumbetrag in einer Richtung orthogonal zur Axialrichtung X, das heißt, der Abstand zwischen der Außenfläche der

inneren Abdeckung 11 und der Innenfläche der äußeren Abdeckung 12, dem Maximum entspricht. Im zweiten Strömungsdurchlass F2, der dem ersten zylindrischen Abschnitt 113 zugewandt ist, nimmt der Freiraumbetrag vom großen Freiraumabschnitt 31 am Spitzenende zum Basisende hin ab.

[0036] Der kleine Freiraumabschnitt 32 entspricht einem Abschnitt, bei dem der Freiraumbetrag in einer Richtung orthogonal zur Axialrichtung X, das heißt, der Abstand zwischen der Außenfläche der inneren Abdeckung 11 und der Innenfläche der äußeren Abdeckung 12, dem Minimum entspricht. Im zweiten Strömungsdurchlass F2, der dem zweiten zylindrischen Abschnitt 114 zugewandt ist, gibt es einen konstanten Freiraum vom Spitzenende zum Basisende, welcher dem minimalen Freiraum entspricht, der durch den kleinen Freiraumabschnitt 32 gebildet ist.

[0037] Eine Mehrzahl von inneren Seitenlöchern 11a sind in der inneren Abdeckung 11 an einem Zwischenteil des zweiten zylindrischen Abschnitts 114 mit Bezug auf die Axialrichtung X, welcher die Basisseite 111 bildet, vorgesehen. Die inneren Seitenlöcher 11a können beispielsweise lange Durchgangslöcher sein, die in der Axialrichtung X langgestreckt sind und zum zweiten Strömungsdurchlass F2 hin offen sind. Jedes der mehreren inneren Seitenlöcher 11a ist mit einem länglichen, plattenförmigen Führungselement 13 versehen, welches integral mit der Spitzenkante dieses inneren Seitenlochs ausgebildet ist. Sowohl die Basiskante eines inneren Seitenlochs 11a als auch das erstreckte Ende eines Führungselements 13 weisen abgerundete Gestaltungen mit abgeschrägten Ecken an beiden Enden mit Bezug auf die Breiten- bzw. Querrichtung auf. In der Mitte der Spitzenfläche 112 ist ein einzelnes inneres Spitzenflächenloch 11b vorgesehen. Das innere Spitzenflächenloch 11b entspricht beispielsweise einem kreisförmigen Durchgangsloch und ist zum ersten Strömungsdurchlass F1 hin offen.

[0038] Die Anzahl und Anordnung der inneren Seitenlöcher 11a ist nicht notwendigerweise beschränkt, es ist jedoch vorzuziehen, dass die inneren Seitenlöcher 11a gleichmäßig über den gesamten Umfang der Seite 111 angeordnet sind. Die inneren Seitenlöcher 11a können beispielsweise, wie in **Fig. 7** gezeigt, an acht Positionen in einer Umfangsrichtung der Seite 111 in gleichen Abständen angeordnet sein. Die bei den inneren Seitenlöchern 11a vorgesehenen Führungselemente 13 sind radial so angeordnet, dass diese die Erfassungsfläche 20 des Sensorelements 2 umgeben. Dies verhindert, dass die Konfiguration eine Richtwirkung mit Bezug auf die Gasströmung besitzt, und erleichtert nicht nur die Montage, sondern ermöglicht auch, dass das Abgas G, welches aus dem zweiten Strömungsdurchlass F2 durch die Führungselemente 13 strömt, ohne Verrin-

gerung der Strömungsgeschwindigkeit zur Erfassungsfläche 20 geführt wird, wodurch die Erfassungsgenauigkeit erhöht wird.

[0039] Zu beachten ist, dass, wie in **Fig. 7** gezeigt ist, falls eine solche Anordnung vorliegt, dass das innere Seitenloch 11a, durch welches das Abgas G einströmt, mit Bezug auf eine rechteckige Erfassungsfläche 20 in der Richtung einer länglichen Seite angeordnet ist, dieses innere Seitenloch 11a nahe an die Spitze des Führungselements 13 gelangt, wodurch die Strömungsrate des Abgases G zur Erfassungsfläche 20 erhöht wird. Darüber hinaus besteht, wie in **Fig. 8** gezeigt ist, bei Verwendung eines Sensorelements 2 mit einer quadratischen Erfassungsfläche 20 (siehe beispielsweise **Fig. 6**) unabhängig vom Montagewinkel ein im Wesentlichen konstanter Abstand zwischen der Erfassungsfläche 20 und dem inneren Seitenloch 11a, durch welches das Abgas G mit einer hohen Rate strömt, so dass ein Effekt einer verbesserten Richtwirkung erhalten wird.

[0040] Wie in **Fig. 2** gezeigt ist, sind die Führungselemente 13 integral mit den Vorderkanten der inneren Seitenlöcher 11a vorgesehen. Beispielsweise kann jedes Führungselement 13 als ein Ausschnittabschnitt ausgebildet sein, der erhalten wird, indem ein Teil des zweiten zylindrischen Abschnitts 114 so ausgeschnitten wird, dass der Ausschnittabschnitt mit der Spitzenkante eines inneren Seitenlochs 11a integriert ist, und der Ausschnittteil zum Inneren der inneren Abdeckung 11 hin so gebogen wird, dass eine geneigte Oberfläche 131 gebildet wird, die sich zum Sensorelement 2 hin erstreckt. Die Erfassungsfläche 20 des Sensorelements 2 ist mit Bezug auf die Axialrichtung X näher am Basisende positioniert als die inneren Seitenlöcher 11a, und jedes Führungselement 13 ist derart konfiguriert, dass die Erstreckungslinie L der geneigten Oberfläche 131 so positioniert ist, dass diese die Erfassungsfläche 20 schneidet. Es reicht aus, dass die Erstreckungslinie L einer Linie entspricht, die sich von der Spitze der geneigten Oberfläche 131 in einer Richtung erstreckt, um irgendeine Position auf der Erfassungsfläche 20 zu schneiden.

[0041] Vorzugsweise sollte die Erfassungseinheit 21 jedoch, wie in den Abbildungen gezeigt, auf der Erstreckungslinie L positioniert sein. Da das Abgas G direkt in Richtung hin zu der Erfassungseinheit 21 eingeleitet wird, die sich innerhalb des Außenumfangsrandes der Erfassungsfläche 20 befindet, kann der Führungseffekt auf diese Art und Weise verstärkt und die Erfassungsempfindlichkeit verbessert werden. Die Position, an der die Erstreckungslinie L die Erfassungsfläche 20 schneidet, variiert in Abhängigkeit von der Größe der Erfassungsfläche 20, der Länge und Position jedes Führungselements 13, dem Neigungswinkel usw., und die Position kann

durch geeignete Anpassung dieser Faktoren beliebig bestimmt werden.

[0042] Da der Führungseffekt gering ist, wenn das Führungselement 13 kurz ist, ist es wünschenswert, dass das Führungselement 13 eine ausreichende Länge hat, um den Führungseffekt zu erhalten. Bezeichnet man insbesondere die Länge vom Basisende der inneren Seitenlöcher 11a, das heißt, vom Basisende einer geneigten Oberfläche 131, hin zur Erstreckungsspitze der geneigten Oberfläche 131 als L1 und die Länge bis zur Erfassungsfläche 20 als L2, so sollten diese Längen insbesondere ein Verhältnis $L1/L2$ aufweisen, das größer als 0,25 ist (das heißt, $L1/L2 > 0,25$). Details dieser Beziehung werden nachfolgend beschrieben.

[0043] Der Effekt der Elementabdeckung 1 auf die Erfassungsgenauigkeit des Sensorelements 2 und die Verbesserung der Wasserbeständigkeit eines PM-Sensors S, welcher die Elementabdeckung 1 mit der vorstehenden Konfiguration enthält, werden im Folgenden beschrieben. Wie in **Fig. 9** gezeigt ist, strömt das Abgas G von einer Seite des PM-Sensors S hin zu der Elementabdeckung 1 und wird in ein äußeres Seitenloch 12a eingeführt, das sich in der Seite 121 der äußeren Abdeckung 12 öffnet. Da die äußeren Seitenlöcher 12a näher am Spitzenende positioniert sind als die Spitzenposition der inneren Abdeckung 11, strömt das Abgas G innerhalb der Elementabdeckung 1 mit einer ausreichend hohen Strömungsrate entlang des ersten Strömungsdurchlasses F1 zwischen der Spitzenfläche 112 der inneren Abdeckung 11 und der Spitzenfläche 122 der äußeren Abdeckung 12 in Richtung hin zu einem äußeren Seitenloch 12a, das der Strömungsrichtung zugewandt angeordnet ist (siehe beispielsweise den gestrichelten Pfeil in **Fig. 9**).

[0044] Darüber hinaus ändert ein Teil des Abgases G in dem großen Freiraumabschnitt 31 auf der Stromabwärtsseite mit Bezug auf die Strömungsrichtung seine Richtung und bewegt sich in Richtung hin zu dem Basisende, um in einen zweiten Strömungsdurchlass F2 zwischen der Seite 111 der inneren Abdeckung 11 und der Seite 121 der äußeren Abdeckung 12 zu strömen (siehe beispielsweise den dicken Pfeil in **Fig. 9**).

[0045] Da der Strömungsbereich bzw. die Strömungsfläche des zweiten Strömungsdurchlasses F2 im kleinen Freiraumabschnitt 32 auf der Stromabwärtsseite kleiner ist als diese des großen Freiraumabschnitts 31, wird die Strömungsgeschwindigkeit des Abgases G durch den Venturi-Effekt erhöht, wenn dieses hin zu den inneren Seitenlöchern 11a gelangt, die sich zum kleinen Freiraumabschnitt 32 hin öffnen. Da außerdem der erste zylindrische Abschnitt 113 der inneren Abdeckung 11 weiter in Richtung des Spitzenendes liegt als der zweite

zylindrische Abschnitt 114, der den kleinen Freiraumabschnitt 32 bildet, und der erste zylindrische Abschnitt 113 mit einer kegelförmigen Gestalt ausgebildet ist, die im Durchmesser zum Spitzenende hin kleiner wird, so dass der Strömungsdurchlassbereich vom großen Freiraumabschnitt 31 hin zum kleinen Freiraumabschnitt 32 allmählich kleiner wird, werden Wirbelströmungen nicht ohne Weiteres erzeugt, wenn das Abgas G an der Seite 111 der inneren Abdeckung 11 entlangströmt.

[0046] Somit wird die Strömungsgeschwindigkeit des Abgases G durch den Effekt der Unterdrückung von Wirbelströmungen weiter erhöht, und das Gas erreicht die inneren Seitenlöcher 11a mit einer ausreichend hohen Strömungsgeschwindigkeit. Darüber hinaus strömt das Gas in das Innere der inneren Abdeckung 11 entlang der geneigten Oberfläche 131 eines Führungselements 13, das integral mit einem inneren Seitenloch 11a angeordnet ist. Das Führungselement 13 ist so angeordnet, dass die Erfassungsfläche 20 des Sensorelements 2 in der Erstreckungsrichtung der geneigten Oberfläche 131 liegt, und aufgrund des Führungseffekts davon erreicht das Abgas G die Erfassungseinheit 21 an der Spitzenfläche des Sensorelements 2 unter Aufrechterhaltung einer ausreichend hohen Strömungsgeschwindigkeit. Eine solche Strömung des Abgases G erhöht die Zuführströmungsrate pro Zeiteinheit zur Erfassungseinheit 21, so dass die für die Erfassung von Partikeln PM bei Ausfall des DPF 10 usw. erforderliche Zeit verkürzt und die Erfassungsempfindlichkeit des Sensorelements 2 erhöht werden kann.

[0047] Das Abgas G läuft dann in Richtung hin zu dem inneren Spitzenflächenloch 11b, das sich in der Spitzenfläche 112 der inneren Abdeckung 11 öffnet (siehe beispielsweise den dicken Pfeil in **Fig. 3**). Zu dieser Zeit hat, wie vorstehend beschrieben, das Abgas G, welches im ersten Strömungsdurchlass F1 zwischen der Spitzenfläche 112 der inneren Abdeckung 11 und der Spitzenfläche 122 der äußeren Abdeckung 12 strömt, eine ausreichend hohe Strömungsgeschwindigkeit, um einen Unterdruck in der Umgebung des inneren Spitzenflächenlochs 11b zu erzeugen.

[0048] Das heißt, bei der Konfiguration der vorliegenden Ausführungsform, wie in der linken Abbildung (a) von **Fig. 10** gezeigt, wird eine Strömung erzeugt, die aufgrund der Sogwirkung des Unterdrucks von dem inneren Spitzenflächenloch 11b in das Innere der äußeren Abdeckung 12 strömt. Als Referenz ist in der rechten Abbildung (b) von **Fig. 10** eine Konfiguration gezeigt, bei welcher die äußeren Seitenlöcher 12a näher am Basisende liegen als die Spitzenfläche 112 der inneren Abdeckung 11, und bei welcher das Abgas G um den Umfang der inneren Oberfläche 111 herum läuft und nicht unter-

halb des inneren Spitzenflächenlochs 11b strömt, und kein Unterdruck erzeugt wird.

[0049] Löcher, welche als Gasströmungslöcher dienen, sind jedoch nicht an Positionen ausgebildet, die der Spitzenfläche 122 der äußeren Abdeckung 12 zugewandt sind, insbesondere dem inneren Spitzenflächenloch 11b zugewandt sind, so dass die Strömungsrichtung des Abgases G rechtwinklig zur Axialrichtung X verläuft. Das innere Spitzenflächenloch 11b öffnet sich nicht zur Strömungsrichtung des Abgases G, und darüber hinaus wird aufgrund der oben beschriebenen Sogwirkung eine Strömung erzeugt, die aus dem inneren Spitzenflächenloch 11b in einer Richtung zum Zusammenströmen mit dem Abgas G austritt, so dass das in die äußere Abdeckung 12 eingeströmte Abgas G daran gehindert wird, durch das innere Spitzenflächenloch 11b direkt in das Innere der inneren Abdeckung 11 zu strömen.

[0050] Selbst wenn Wasserkondensat im Abgas G enthalten ist oder Wasserkondensat am Inneren der äußeren Abdeckung 12 anhaftet, besteht somit eine geringe Wahrscheinlichkeit, dass das Wasserkondensat zusammen mit dem Abgas G in die innere Abdeckung 11 eindringen wird und das Sensorelement 2 erreicht. Somit wird es möglich, das Problem einer Rissbildung zu verhindern, das durch das Feuchtwerden des Sensorelements 2 hervorgerufen wird.

[0051] Fig. 11 zeigt schematische Abbildungen zum Vergleichen von Gasströmungen bei einer niedrigen Strömungsgeschwindigkeit (beispielsweise 10 m/s) innerhalb der Elementabdeckung 1, entsprechend mit und ohne das Führungselement 13, basierend auf CAE (das heißt, rechnergestützte Entwicklung)-Analyseergebnissen. Im Falle der Konfiguration der vorliegenden Ausführungsform, wie in der linken Abbildung von Fig. 11 gezeigt, können zusätzlich zur Unterdrückung der Erzeugung von Wirbelströmungen im zweiten Strömungsdurchlass F2 die Effekte von Wirbelströmungen innerhalb der inneren Abdeckung 11 unterdrückt werden. Das heißt, dass ein Teil des in die äußere Abdeckung 12 geströmten Abgases G bei einer Strömung in der Vorwärtsrichtung gleichmäßig in den großen Freiraumabschnitt 31 strömt, kurz bevor dieses aus dem äußeren Seitenloch 12a ausströmt. Wenn dieser Strom entlang des zweiten Strömungsdurchlasses F2 läuft, erhöht sich die Strömungsgeschwindigkeit im kleinen Freiraumabschnitt 32 am Basisende, und das Gas strömt dann in ein inneres Seitenloch 11a. Das Gas strömt dann entlang der geneigten Oberfläche 131 eines Führungselements 13 und wird zu einem Strahlstrom, der auf das Sensorelement 2 zu strömt.

[0052] Andererseits treten im Inneren der inneren Abdeckung 11 auch andere Gasströmungen entlang

der Führungselemente 13 auf, die auf das Sensorelement 2 gerichtet sind. Das heißt, durch die Teilung der Strömung durch die Führungselemente 13 werden auf beiden Seiten Strömungen erzeugt, die in der gleichen Richtung laufen. Somit erreichen die Strahlströme, die an den geneigten Oberflächen 131 entlanglaufen, störungsfrei die Erfassungsfläche 20. Darüber hinaus wird eine Strömung des Abgases G gebildet, die auf das innere Spitzenflächenloch 11b gerichtet ist und mit dem Abgas G zusammenläuft, das entlang des ersten Strömungsdurchlasses F1 zwischen den beiden Spitzenflächen 112 und 122 strömt.

[0053] Andererseits wird, wie zum Vergleich in der rechten Abbildung von Fig. 11 gezeigt ist, bei einer Konfiguration, bei welcher die Führungselemente 13 nicht vorgesehen sind, innerhalb des inneren Raums der inneren Abdeckung 11 eine Wirbelströmung gebildet, und dadurch kommt es zu einem großen Geschwindigkeitsverlust, wenn das Gas zu den inneren Seitenlöchern 11a strömt. Falls die Strömungsgeschwindigkeit nicht durch die Erzeugung eines Strahlstroms ausreichend erhöht wird, ist es für einen Gasstrom daher schwierig, die Erfassungsfläche 20 zu erreichen, und daher wird die Erfassungsempfindlichkeit der Erfassungseinheit 21 weniger wirksam erhöht. Darüber hinaus kann es in Abhängigkeit vom Montagewinkel (der Montagerichtwirkung) zu der Zeit der Montage des Sensorelements zu einer Verminderung der Erfassungsempfindlichkeit kommen, und die Erfassungsgenauigkeit kann ebenfalls reduziert werden.

(Evaluation der Montagerichtwirkung)

[0054] Die Reduktion der Erfassungsempfindlichkeit aufgrund des Montagewinkels zu der Zeit der Montage wurde für einen PM-Sensor S mit einer gemäß der vorliegenden Ausführungsform konfigurierten Elementabdeckung 1 evaluiert bzw. ausgewertet. Bei dem Evaluationstest wurde der in Fig. 4 gezeigte PM-Modellgasprüfstand verwendet, der eine Abgasreinigungsvorrichtung simuliert, wobei ein PM-Sensor S in einem Rohr installiert war, durch das ein partikelhaltiges Modellgas strömte, und die Variation der Erfassungsempfindlichkeit mit Bezug auf Änderungen des Montagewinkels, die durch Drehen des Sensors um seine Mittelachse erfolgten, wurde untersucht. Zum Vergleich wurde eine Konfiguration, bei welcher die Führungselemente 13 bei der Elementabdeckung 1 nicht vorgesehen waren, gleichermaßen evaluiert, und die Vergleichsergebnisse sind in Fig. 12 gezeigt.

[0055] Vor dem Evaluationstest wurde die Erfassungseinheit 21 des Sensorelements 2 durch Erwärmen regeneriert, um PM auf der Oberfläche zu entfernen, und dann wurde eine vorbestimmte Spannung für eine elektrostatische Sammlung zwi-

schen den Elektroden 23 und 24 angelegt und die Ausgangsanstiegszeit (das heißt, die Erfassungsempfindlichkeit) wurde gemessen. Wie in **Fig. 13** gezeigt ist, entspricht die Anstiegszeit des Ausgangs der Zeit, die erforderlich ist, damit der Erfassungsstrom der Erfassungseinheit 21 einen voreingestellten Schwellenwert überschreitet, wenn Partikel elektrostatisch gesammelt bzw. aufgefangen werden und zwischen den Elektroden 23 und 24 eine elektrische Leitung auftritt. Je geringer das Ausmaß der Variation der Anstiegszeit bei einer Änderung des Montagewinkels des PM-Sensors S durch Ändern der Montagerichtung der Elementabdeckung 1 ist (das heißt, je geringer die Richtwirkung ist), desto besser ist die Erfassungsgenauigkeit.

[0056] In **Fig. 13** wird die Richtwirkung als ein Variationsbetrag (Einheiten: $\pm$ %) der Anstiegszeit mit Bezug auf einen Median der gemessenen Anstiegszeitwerte ausgedrückt. Wenn die Führungselemente 13 bei der Elementabdeckung 1 nicht vorgesehen sind, ist die Richtwirkung hoch und übersteigt $\pm$ 25%, wenn die Strömungsgeschwindigkeit des in die Elementabdeckung 1 eingeleiteten Abgases G (das heißt, die Leitungsströmungsgeschwindigkeit) 10 m/s beträgt. Wenn die Leitungsströmungsgeschwindigkeit auf 5 m/s reduziert wird, wird die Richtwirkung weiter erhöht und übersteigt $\pm$ 40%. Wenn andererseits eine Elementabdeckung 1 mit den Führungselementen 13 verwendet wird, wird die Richtwirkung kleiner und liegt in der Größenordnung von $\pm$ 15%, wenn die Leitungsströmungsgeschwindigkeit 10 m/s beträgt, und beträgt etwa $\pm$ 25%, selbst wenn die Leitungsströmungsgeschwindigkeit 5 m/s beträgt, so dass die Richtwirkung erheblich reduziert wird. Es wird vermutet, dass dies auf den Effekt der Strahlströme entlang der vorstehend beschriebenen Führungselemente 13 zurückzuführen ist, welcher die Strömungsgeschwindigkeit, mit welcher das Gas die Erfassungsfläche 20 erreicht, erhöht und den Effekt der Montagerichtung der Elementabdeckung 1 reduziert, wodurch eine Verbesserung der Erfassungsgenauigkeit erreicht werden kann.

(Evaluation der Feuchtigkeit)

[0057] Die Wasserbeständigkeit eines PM-Sensors S mit einer gemäß der vorliegenden Ausführungsform konfigurierten Elementabdeckung 1 wurde unter Verwendung der in **Fig. 14** gezeigten Evaluationsvorrichtung 200 evaluiert. Die Evaluationsvorrichtung 200 besitzt einen luftdurchströmten Strömungsdurchlass 201, eine Flüssigkeitszufuhrpumpe 202 für eine Wassereinspritzung, die an einer Leitungswand angeordnet ist, die den Strömungsdurchlass 201 bildet, und einen PM-Sensor S, der stromabwärts der Flüssigkeitszufuhrpumpe 202 angeordnet ist. Der PM-Sensor S ist schräg montiert, so dass das Spitzenende zur Stromaufwärtsseite gerichtet ist, und die maximale Wassermenge, wel-

che die Erfassungseinheit 21 des Sensorelements erreicht, wurde unter der Bedingung gemessen, dass von der Flüssigkeitszufuhrpumpe 202 zugeführte Wassertröpfchen W in das Innere der Elementabdeckung 1 eingespritzt wurden. Die Feuchtigkeit eines PM-Sensors S1 mit einer Elementabdeckung 100 mit der in **Fig. 15** gezeigten herkömmlichen Konfiguration wurde gleichermaßen evaluiert, und die Vergleichsergebnisse sind in **Fig. 12** gezeigt.

Luftströmungsgeschwindigkeit: 12 m/s

Lufttemperatur: $280 \pm 20^\circ\text{C}$

Temperatur der Elementabdeckung: 250°C

[0058] Wie in **Fig. 15** gezeigt ist, besitzt die Elementabdeckung 100 mit der herkömmlichen Konfiguration den ersten Strömungsdurchlass F1 nicht, und das Spitzenflächenloch 101 der inneren Abdeckung 11 und das Spitzenflächenloch 102 der äußeren Abdeckung 12 sind coaxial nahe beieinander angeordnet. Die Konfiguration ist derart, dass das Abgas G von den Gasströmungslöchern 103 in der Seite 121 der äußeren Abdeckung 12 zu den Gasströmungslöchern 104 in der Seite 111 der inneren Abdeckung 11 läuft, die sich näher am Basisende befinden als die Gasströmungslöcher 103. Ein kleines Richtelement 105, das sich nach innen neigt, ist bei jedem Gasströmungsloch 104 so vorgesehen, dass dieses der Seite des Sensorelements 2 zugewandt ist.

[0059] Wie in **Fig. 16** gezeigt ist, lag der maximale Feuchtigkeitsbetrag bei Verwendung der Elementabdeckung 100 mit der herkömmlichen Konfiguration über $1,7 \mu\text{L}$, während bei Verwendung der Elementabdeckung 100 der vorliegenden Ausführungsform der maximale Feuchtigkeitsbetrag etwa $0,2 \mu\text{L}$ betrug, so dass ein signifikanter Reduktionseffekt von etwa 88 % beobachtet wurde. Da auf diese Art und Weise bei der vorliegenden Ausführungsform die äußere Abdeckung 12 lediglich die Ablauflöcher 14 in dem Außenumfangsteil der Spitzenfläche 122 aufweist und keines dieser Löcher dem inneren Spitzenflächenloch 11b in der inneren Abdeckung 11 zugewandt ist, strömt keine Luft direkt vom Spitzenende ein. Mit einer solchen Konfiguration ist es möglich, zu verhindern, dass das Sensorelement 2 nass wird, und Wasserrisse zu verhindern.

(Evaluation der Erstreckungsrichtung der Führungselemente 13)

[0060] Wie in **Fig. 17** gezeigt ist, wurde die Strömungsrate des zu der Erfassungsfläche 20 eingeführten Abgases G evaluiert, wenn die Position des Sensorelements 2 eines PM-Sensors S unter Verwendung der Elementabdeckung 1 der vorliegenden Ausführungsform in der axialen Richtung variiert wurde, um die Position des Sensorelements 2 relativ zu den geneigten Oberflächen 131 der Führungselemente 13 zu verändern. Die Abbildung auf der rech-

ten Seite in **Fig. 17** zeigt ein Versuchsbeispiel 1 mit der Konfiguration der vorliegenden Ausführungsform, wodurch sich die Erstreckungslinie L der geneigten Oberfläche 131 und die Erfassungsfläche 20 des Sensorelements 2 schneiden. Im Gegensatz dazu wird, wie in der Abbildung auf der linken Seite von **Fig. 17** gezeigt, eine Konfiguration, bei welcher die Erstreckungslinie L einer geneigten Oberfläche 131 etwas weiter zum Basisende hin positioniert ist als die Spitzenfläche des Sensorelements 2, als Vergleichsbeispiel 1 bezeichnet, während eine Konfiguration, bei welcher die Seite des Spitzenteils des Sensorelements 2 auf der Erstreckungslinie L der geneigten Oberfläche 131 positioniert ist, wie in der mittleren Abbildung von **Fig. 17** gezeigt, als Vergleichsbeispiel 2 bezeichnet wird.

[0061] Wie in **Fig. 18** gezeigt ist, wurde eine Evaluationsvorrichtung vorbereitet, bei der ein Anemometer 4 anstelle des Sensorelements 2 an der Position der Erfassungsfläche 20 innerhalb der Elementabdeckung 1 angeordnet wurde, und die für die Fälle der PM-Sensoren S von Versuchsbeispiel 1, Vergleichsbeispiel 1 und Vergleichsbeispiel 2 erhaltenen Strömungsraten wurden bei einer konstanten Leitungsströmungsgeschwindigkeit (beispielsweise 10 m/s) gemessen. Wie in **Fig. 19** gezeigt ist, nimmt die vom Anemometer 4 gemessene Strömungsgeschwindigkeit gemäß einer zunehmenden Nähe zum Anemometer 4 in der Reihenfolge Vergleichsbeispiel 1, Vergleichsbeispiel 2 mit Geschwindigkeiten von etwa 0,2 m/s bzw. etwa 0,7 m/s, die jeweils deutlich unter 1 m/s liegen, zu. Im Falle des Versuchsbeispiels 1, bei dem sich die geneigte Oberfläche 131 in Richtung hin zu der Position der Erfassungsfläche 20 erstreckt, ist die Strömungsgeschwindigkeit dagegen stark erhöht, und zwar auf etwa 8,2 m/s.

[0062] Auf diese Art und Weise wurde bestätigt, dass durch Verwendung einer Konfiguration, so dass die Erfassungsfläche 20 des Sensorelements 2 auf der Erstreckungslinie L einer geneigten Oberfläche 131 positioniert ist, das Abgas G mit einer ausreichenden Strömungsrate zu der Erfassungsfläche 20 eingeleitet werden kann.

(Evaluation einer Länge L1 des Führungselements 13)

[0063] Wie in **Fig. 20** gezeigt ist, wurde bei einem PM-Sensor S, welcher eine Elementabdeckung 1 mit der Konfiguration der vorliegenden Ausführungsform einsetzt, die Länge L1 vom Basisende hin zum Erstreckungsende der geneigten Oberfläche 131 eines Führungselements 13 variiert und der Effekt einer Änderung des Verhältnisses L1/L2 von L1 zum Abstand L2 zur Erfassungsfläche 20 auf die vorstehend beschriebene Richtwirkung wurde evaluiert. **Fig. 21** zeigt die Ergebnisse der Untersuchung des

Verhältnisses zwischen L1/L2 im Bereich von etwa 0,05 bis 0,4 und der vorstehend beschriebenen Richtwirkung (Einheiten: $\pm$ %).

[0064] Die Abbildung auf der linken Seite von **Fig. 20** zeigt den Fall, in dem ein Führungselement 13 mit einem Längenverhältnis L1/L2 von 0,05 vorgesehen war, wodurch eine Gaseinströmung zur Erfassungsfläche 20 des Sensorelements 2 erkannt wurde, die Richtwirkung jedoch $\pm$ 32 % betrug, was ziemlich groß ist. Wie in der Abbildung auf der rechten Seite von **Fig. 20** gezeigt ist, nahm beim Bereitstellen eines Führungselements 13 mit L1/L2 von 0,4 die Gasströmung in die Erfassungsfläche 20 zu und die Richtwirkung verringerte sich auf etwa $\pm$ 25 %. Wenn L1/L2 im Bereich von 0,05 bis 0,25 liegt, gibt es insbesondere fast keine Änderung der Richtwirkung, wie in **Fig. 21** gezeigt ist, während die Richtwirkung rasch abnimmt, wenn L1/L2 über 0,25 zunimmt. Falls die Länge L1 der geneigten Oberfläche 131 des Führungselements 13 so eingestellt ist, dass L1/L2 in einem Bereich über 0,25 liegt, kann die Richtwirkung daher verringert werden.

(Evaluation des Freiraumverhältnisses d1/d2)

[0065] Wie in **Fig. 22** gezeigt ist, wurden Elementabdeckungen 1 mit Werten des Freiraumverhältnisses d1/d2, die in dem Bereich von 1,5 bis 20 variierten, vorbereitet, wobei der Freiraumbetrag in dem großen Freiraumabschnitt 31 (das heißt, der maximale Freiraumbetrag) als d1 bezeichnet wurde und der Freiraumbetrag in dem kleinen Freiraumabschnitt 32 (das heißt, der minimale Freiraumbetrag) als d2 bezeichnet wurde. Die PM-Sensoren S, die mit diesen Elementabdeckungen 1 versehen waren, wurden entsprechend an einem PM-Modellgasprüfstand angebracht, ein Modellgas mit einer vorbestimmten PM-Konzentration wurde eingeführt und die Anstiegszeit des Ausgangs von der Erfassungseinheit 21 des Sensorelements 2 wurde evaluiert. Die Testbedingungen waren wie folgt, und die Evaluationsergebnisse sind in **Fig. 23** gezeigt.

Evaluationsprüfstand: PM-Modellgasprüfstand

Gasgeschwindigkeit: 10 m/s

PM-Konzentration: 6 mg/m³

[0066] Wie in **Fig. 23** gezeigt ist, nimmt die Anstiegszeit des Ausgangs bei einer Variation von d1/d2 im Bereich von 1,5 bis 20 stark ab, wenn d1/d2 zunimmt, und konvergiert für Werte von d1/d2 = 2,45 oder mehr zu einem im Wesentlichen konstanten Wert (das heißt, dem im Diagramm als „Sättigung“ gezeigten Bereich). Insbesondere bei einer Konfiguration, bei welcher d1/d2 = 1,7 ist, ist die Anstiegszeit auf etwa 450 Sekunden reduziert. Darüber hinaus beträgt die Anstiegszeit bei einer Konfiguration, bei welcher d1/d2 = 2,45 beträgt, weniger als 400 Sekunden, was einer Reduktion von etwa 100

Sekunden im Vergleich zu einer Konfiguration entspricht, bei welcher $d1/d2 = 1,5$ ist. Bei $d1/d2 = 8$ ist die Anstiegszeit auf etwa 350 Sekunden reduziert und wird nahezu konstant.

[0067] Falls also eine Elementabdeckung 1 mit einem Freiraumverhältnis $d1/d2$ von 2,45 oder mehr verwendet wird, kann die Erfassungsempfindlichkeit stark verbessert werden.

[0068] Wie in dem oberen Teil von **Fig. 24** schematisch gezeigt ist, wird, da bei der Konfiguration der vorliegenden Ausführungsform der Strömungsdurchlass F2 so gestaltet ist, dass der Strömungsdurchlassbereich allmählich kleiner wird, die Erzeugung von Wirbelströmungen bei geringer Strömungsgeschwindigkeit des Gasstroms (beispielsweise 10 m/s) unterdrückt. Das heißt, wie in der Abbildung oben links gezeigt ist, strömt, wenn das in die äußere Abdeckung 12 eingeströmte Abgas G in der entgegengesetzten Richtung läuft, ein Teil des Gases gleichmäßig in den großen Freiraumabschnitt 31, kurz bevor dieses aus den äußeren Seitenlöchern 12a ausströmt. Dieser Strom läuft entlang des zweiten Strömungsdurchlasses F2, wobei die Strömungsgeschwindigkeit in der Nähe des kleinen Freiraumabschnitts 32 am Basisende zunimmt, und läuft dann von einem inneren Seitenloch 11a hin zum Sensorelement 2.

[0069] Daraus ergibt sich, dass selbst bei einer Änderung der Drehposition der inneren Abdeckung 11 (das heißt, auf einen Montagewinkel von 0° oder $22,5^\circ$), wie in den Querschnitten durch die Linie A-A gezeigt, die in der oberen mittleren Abbildung und in der Abbildung oben rechts erscheinen, nur eine geringe Abnahme der Gasströmungsgeschwindigkeit auftritt und auch die Turbulenzkomponente aufgrund von Wirbelströmungen gering ist. Daher wird in beiden Fällen eine Gasströmung erzeugt, die in Richtung hin zu der Erfassungsfläche 20 des Sensorelements 2 läuft, und die Richtwirkung mit Bezug auf den Montagewinkel ist klein. Es ist zu beachten, dass bei einem Montagewinkel von 0° ein inneres Seitenloch 11a vorhanden ist, das sich auf der Stromabwärtsseite auf der Achse des Gasstroms befindet, während bei einem Montagewinkel von $22,5^\circ$ kein inneres Seitenloch 11a auf dieser Achse liegt.

[0070] Andererseits wird, wie zum Vergleich in dem unteren Teil von **Fig. 24** gezeigt ist, bei einer Konfiguration, bei der eine Stufenfläche 117 mit einer kegelförmigen Gestalt zwischen der Spitzenendhälfte der inneren Abdeckung 11, die als ein Abschnitt 115 mit kleinem Durchmesser und einem festgelegten Durchmesser ausgebildet ist, und der Basisendhälfte der inneren Abdeckung 11, die als ein Abschnitt 116 mit großem Durchmesser und einem festgelegten Durchmesser ausgebildet ist, auf einfache Art und Weise eine

große Wirbelströmung gebildet. Das heißt, wie in der Abbildung unten links gezeigt ist, läuft das Abgas G, das in die äußere Abdeckung 12 geströmt ist, kurz vor dem Ausströmen aus den äußeren Seitenlöchern 12a in den Außenumfangsraum 5 an dem spitzenendhäftigen Abschnitt 116, wird jedoch durch die Stufenfläche 117 behindert, und dadurch wird eine Wirbelströmung gebildet, so dass die Strömungsgeschwindigkeit nicht ohne Weiteres ansteigen kann.

[0071] Infolgedessen variiert die Gasströmung gemäß der Drehposition der inneren Abdeckung 11 stark, wie in den durch B-B geführten Querschnitten gezeigt ist, die in der unteren mittleren Abbildung und der Abbildung unten rechts erscheinen. Das heißt, bei einem Montagewinkel von 0° ist die Gasströmung relativ günstig, bei einem Montagewinkel von $22,5^\circ$ wird jedoch nicht nur die Gasströmungsgeschwindigkeit reduziert, sondern das Gas strömt aufgrund von Turbulenzeffekten auch in Richtungen weg von der Erfassungsfläche 20 des Sensorelements 2. Außerdem kommt es zu einer gewissen Gasleckage durch die inneren Seitenlöcher 11a zur Seite der äußeren Abdeckung 12. Aus diesem Grund ist im Falle der Konfiguration mit der Stufenfläche 117 die Gaszuführrate bei einem Montagewinkel von $22,5^\circ$ ungefähr das 0,5-fache der Gaszuführrate bei einem Montagewinkel von 0° , was einer erheblichen Reduktion entspricht, während bei der Konfiguration der vorliegenden Ausführungsform die Gaszuführrate bei einem Montagewinkel von $22,5^\circ$ ungefähr das 0,8-fache der Gaszuführrate bei einem Montagewinkel von 0° beträgt.

(Zweite Ausführungsform)

[0072] Eine zweite Ausführungsform des PM-Sensors S als eine Sensorvorrichtung wird unter Bezugnahme auf die **Fig. 25** und **26** beschrieben. In der ersten Ausführungsform ist die Erfassungseinheit 21 auf der Spitzenfläche des Sensorelements 2 vorgesehen. Wie in **Fig. 25** gezeigt ist, kann die Erfassungseinheit 21 jedoch auf einer Seite des Sensorelements 2 vorgesehen sein. Die Konfiguration des PM-Sensors S mit Ausnahme des Sensorelements 2 ist die gleiche wie bei der ersten Ausführungsform, so dass auf eine Beschreibung davon verzichtet wird, wobei sich die folgende Beschreibung auf die unterschiedlichen Punkte konzentriert. Es ist zu beachten, dass diejenigen der in der zweiten und den folgenden Ausführungsformen verwendeten Bezugszeichen, die mit den in der vorstehenden Ausführungsform verwendeten Bezugszeichen identisch sind, die gleichen Komponenten usw. wie in der vorstehenden Ausführungsform darstellen, sofern nicht anders angegeben.

[0073] In **Fig. 26** entspricht das Sensorelement 2 einem laminierten Element mit einer Mehrschicht-

struktur, und dieses besitzt eine Erfassungseinheit 21 auf einer Seitenfläche eines isolierenden Substrats 22 mit einer rechtwinkligen Parallelepiped-Gestalt, auf welcher Elektroden 23 und 24 freiliegen. Die Erfassungsfläche 20 wird durch eine Seitenfläche gebildet, die etwas größer ist als der äußere Umfang der Erfassungseinheit 21, und umgibt den äußeren Umfang davon. Die Konfiguration, wodurch die Elektroden 23 und 24 über die Leitungsabschnitte 23a und 24a mit den Anschlusselektroden 25 und 26 verbunden sind, ist die gleiche wie in der vorstehenden Ausführungsform.

[0074] Wie in **Fig. 25** gezeigt ist, ist das Sensorelement 2 derart angeordnet, dass die Seitenfläche mit der Erfassungsfläche 20, die mit der Erfassungseinheit 21 versehen ist, einem inneren Seitenloch 11a zugewandt ist, durch welches das Abgas G in die innere Abdeckung 11 strömt.

[0075] Ein Führungselement 13 ist so angeordnet, dass die Erstreckungslinie L der geneigten Oberfläche 131 davon die Erfassungsfläche 20 schneidet.

[0076] Dadurch wird eine Strömung des Abgases G in die innere Abdeckung 11 von dem inneren Seitenloch 11a gefördert, welche ohne Diffusion der Strömung direkt die Erfassungseinheit 21 erreicht, die sich auf der gegenüberliegenden Erfassungsfläche 20 befindet. Somit kann auch bei niedriger Strömungsgeschwindigkeit eine günstige Erfassungsleistung beibehalten werden, ohne dass die Erfassungsempfindlichkeit des PM-Sensors S verringert wird.

(Ausführungsform 3)

[0077] Eine dritte Ausführungsform des PM-Sensors S als eine Sensorvorrichtung wird unter Bezugnahme auf **Fig. 27** beschrieben. Es ist nicht notwendig, dass der erste zylindrische Abschnitt 113 der inneren Abdeckung 11 in seiner Gesamtheit kegelförmig bzw. verjüngt ist, und dieser kann eine Gestalt aufweisen, bei welcher der Durchmesser von diesem des großen Freiraumabschnitts 31 am Spitzenende zu diesem des kleinen Freiraumabschnitts 32 am Basisende allmählich abnimmt. Bei der vorliegenden Ausführungsform ist beispielsweise ein zylindrischer Abschnitt 113a mit einem im Wesentlichen konstanten Durchmesser als der Spitzenendabschnitt der inneren Abdeckung 11 vorgesehen, um den großen Freiraumabschnitt 31 zu bilden. Anders als beim zylindrischen Abschnitt 113a ist der erste zylindrische Abschnitt 113 in einer kegelförmigen Gestalt mit einem konstanten Kegelwinkel ausgebildet. In anderer Hinsicht ist die Grundkonfiguration dieser Ausführungsform die gleiche wie diese der ersten Ausführungsform, so dass auf eine weitere Beschreibung verzichtet wird.

[0078] Auch bei einer solchen Konfiguration wird die Strömungsgeschwindigkeit des Abgases G, das in den zweiten Strömungsdurchlass F2 strömt und hin zu dem kleinen Freiraumabschnitt 32 läuft, verbessert und Wirbelströmungen werden unterdrückt. Da es einfach ist, den Freiraumbetrag d1 des großen Freiraumabschnitts 31, der dem maximalen Freiraum entspricht, einzustellen, kann der zweite Strömungsdurchlass F2 darüber hinaus auf einfache Art und Weise mit einem vorgeschriebenen Freiraumverhältnis d1/d2 ausgebildet werden, so dass die gewünschten Effekte erzielt werden können.

[0079] Wie durch die Gasströmungen in **Fig. 28**, die auf den Ergebnissen der CAE-Analyse basieren, schematisch gezeigt ist, variiert die Strömungsrate des Abgases G innerhalb der äußeren Abdeckung 12 in Abhängigkeit des Montagewinkels der Elementabdeckung 1. Die Abbildung auf der linken Seite in **Fig. 28** zeigt den Fall, in dem der Montagewinkel 0° beträgt und es äußere Seitenlöcher 12a gibt, die auf einer Linie (das heißt, der durch eine gestrichelte Linie in der Abbildung angegebenen Achse) liegen, die parallel zur Strömungsrichtung des Abgases G ist und durch die Mitte des Sensorelements 2 verläuft. Die mittlere Abbildung und die Abbildung auf der rechten Seite in **Fig. 28** zeigen die Fälle, in denen der Montagewinkel 11,25° bzw. 22,5° beträgt, so dass die äußeren Seitenlöcher 12a leicht achsenversetzt angeordnet sind. Auch in diesen Fällen strömt das Abgas G von äußeren Seitenlöchern 12a, die nahe an der Achse liegen, in das Innere, innerhalb der äußeren Abdeckung 12 gibt es jedoch einen Bereich, in dem die Strömungsgeschwindigkeit im Vergleich zu dem Fall, in dem der Montagewinkel 0° beträgt, verringert ist. Dadurch wird die Gasströmung im ersten Strömungsdurchlass F1 gestört, wodurch die Strömung in Abhängigkeit des Montagewinkels variiert. Somit ist es wünschenswert, die äußeren Seitenlöcher 12a so anzuordnen, dass der Gasstrom im ersten Strömungsdurchlass F1 unabhängig vom Montagewinkel gleichmäßig ist. Ein Beispiel für eine solche Anordnung wird im Folgenden beschrieben.

(Ausführungsform 4)

[0080] Eine vierte Ausführungsform des PM-Sensors S als eine Sensorvorrichtung wird unter Bezugnahme auf die **Fig. 29 bis 31** beschrieben. Wie in **Fig. 29** gezeigt ist, besitzt bei dieser Ausführungsform die äußere Abdeckung 12 in der Seite 121 nahe der Spitzenfläche 122 äußere Seitenlöcher 12, die in zwei Reihen mit Bezug auf die Axialrichtung X angeordnet sind. In jeder Reihe sind die äußeren Seitenlöcher 12a an acht in Umfangsrichtung gleich beabstandeten Stellen angeordnet, wobei die zur ersten Reihe gehörenden äußeren Seitenlöcher 12a auf der Spitzenseite ausgebildet sind und die zur zweiten Reihe gehörenden äußeren Seitenlöcher 12a auf der Basisseite ausgebildet sind, und wobei

die Mitten der Löcher der ersten Reihe und der zweiten Reihe abwechselnd so positioniert sind, dass sich diese mit Bezug auf die Axialrichtung X nicht überlappen. Alle äußeren Seitenlöcher 12a in der ersten Reihe befinden sich zwischen dem inneren Spitzenflächenloch 11b und der Spitzenfläche 122 der äußeren Abdeckung 12, und die Basisendposition der äußeren Seitenlöcher 12a in der ersten Reihe ist nahe an und im Wesentlichen koinzident zu der Spitzenposition des inneren Spitzenflächenlochs 11b gestaltet. Die äußeren Seitenlöcher 12a in der zweiten Reihe sind so angeordnet, dass diese den Spitzenendabschnitt der inneren Abdeckung 11 umgeben, und derart, dass die Spitzenposition dieser äußeren Seitenlöcher 12a im Wesentlichen mit der Spitzenposition des inneren Spitzenflächenlochs 11b zusammenfällt.

[0081] Durch diese gestaffelte bzw. versetzte Anordnung der 16 äußeren Seitenlöcher 12a in zwei oder mehr Reihen sind die äußeren Seitenlöcher 12a derart konfiguriert, dass sich diese gleichmäßig über den gesamten Umfang öffnen, wodurch der Effekt des Montagewinkels verringert wird. Obwohl bei dieser Ausführungsform die äußeren Seitenlöcher 12a in der ersten Reihe und der zweiten Reihe vom Spitzenende aus kreisförmige Löcher sind, die jeweils den gleichen Durchmesser aufweisen, ist zu beachten, dass es nicht unerlässlich ist, dass diese Löcher die gleiche Gestalt aufweisen, und außerdem ist es nicht notwendig, dass die Löcher gleichmäßig verteilt sind. Das heißt, bei den äußeren Seitenlöchern 12a der äußeren Abdeckung 12 müssen die Lochmitten der äußeren Seitenlöcher 12a, die entsprechend zu zwei benachbarten Reihen gehören, nicht auf der gleichen Linie liegen, sondern können mit Bezug auf die Axialrichtung gegeneinander verschoben sein.

[0082] Ferner können die Anzahl der Reihen der äußeren Seitenlöcher 12a, die Anzahl der äußeren Seitenlöcher 12a in jeder Reihe und die Positionsbeziehungen mit Bezug auf das innere Spitzenflächenloch 11b usw. geeignet geändert werden. Beispielsweise kann die Spitzenposition der äußeren Seitenlöcher 12a in der zweiten Reihe näher am Spitzenende positioniert sein als das innere Spitzenflächenloch 11b, und die Basisposition der äußeren Seitenlöcher 12a in der ersten Reihe kann näher am Basisende positioniert sein als das innere Spitzenflächenloch 11b.

[0083] Wie in **Fig. 30** basierend auf Ergebnissen der CAE-Analyse schematisch gezeigt ist, wird unabhängig vom Montagewinkel der Elementabdeckung 1 ein zufriedenstellender Gasstrom gebildet. **Fig. 30** zeigt Querschnitte (durch CC), die bei der Position der äußeren Seitenlöcher 12a in der zweiten Reihe in **Fig. 29** aufgenommen sind. Die Abbildung auf der linken Seite in **Fig. 30** zeigt den Fall, in dem der Mon-

tagewinkel 0° beträgt und in dem äußere Seitenlöcher 12a vorhanden sind, die auf der Achse positioniert sind. Die mittlere Abbildung und die rechte Abbildung in **Fig. 30** zeigen Fälle, in denen der Montagewinkel $11,25^\circ$ bzw. $22,5^\circ$ beträgt, wobei die äußeren Seitenlöcher 12a etwas achsenversetzt angeordnet sind, und wobei Abgas G auch von den äußeren Seitenlöchern 12a der ersten Reihe, die in den Abbildungen nicht angegeben sind, ohne wesentliche Verringerung der Gasströmungsrate eingeleitet werden kann.

[0084] Da durch irgendeines der äußeren Seitenlöcher 12a, die sich mit Bezug auf die Strömungsrichtung des Abgases G auf der Stromaufwärtsseite befinden, ein ausreichender Gasstrom gebildet wird, kann somit ein stabiler Venturi-Effekt erzielt werden. Darüber hinaus wird ein stabiler Unterdruck in der Nähe des inneren Endflächenlochs 11b erhalten. Dadurch wird ein Gasstrom mit einer gewünschten Strömungsgeschwindigkeit gebildet, die Erfassungsempfindlichkeit wird erhöht und die Montagerichtwirkung wird weiter reduziert.

[0085] Wie vorstehend beschrieben ist, kann die innere Abdeckung 11 irgendeine Gestalt aufweisen, solange der Freiraumbetrag des zweiten Strömungsdurchlasses F2 allmählich reduziert wird und keine Stufenfläche 117 ausgebildet ist. Darüber hinaus muss bei der inneren Abdeckung 11 die kegelförmige Oberfläche, welche den ersten zylindrischen Abschnitt 113 bildet, keinen konstanten Kegelwinkel aufweisen und kann beispielsweise eine Gestalt aufweisen, bei welcher eine Mehrzahl von kegelförmigen Oberflächen mit unterschiedlichen Kegelwinkeln entlang der Axialrichtung X verbunden sind. Auch in diesem Fall können die gleichen Effekte erhalten werden, indem der gesamte erste zylindrische Abschnitt 113 mit im Wesentlichen kegelförmigen Formen ausgebildet wird, die gleichmäßig verbunden sind und deren Durchmesser vom Basisende zum Spitzenende hin abnimmt.

[0086] Auf diese Art und Weise kann die Gestalt der inneren Abdeckung 11 oder der äußeren Abdeckung 12, die den zweiten Strömungsdurchlass F2 bildet, innerhalb eines Bereichs, in dem die Verbesserung der Strömungsgeschwindigkeit des Abgases G erhalten wird und der Gasstrom nicht wesentlich beeinflusst wird, geeignet verändert werden.

[0087] Wie in **Fig. 31** gezeigt, ist bei zweireihiger Anordnung der äußeren Seitenlöcher 12a in der Seite 121 der äußeren Abdeckung 12 mit Bezug auf die Axialrichtung X die innere Abdeckung 11 vorzugsweise derart konfiguriert, dass diese eine kegelförmige bzw. verjüngte Oberfläche aufweist, während auch die äußeren Seitenlöcher 12a in der zweiten Reihe auf der Basisendseite vorzugsweise an Positionen ausgebildet sind, die der kegelförmigen

gen Oberfläche zugewandt sind (siehe die linke Abbildung in **Fig. 31**). Der Mechanismus des Betriebseffekts dieser Konfiguration wird im Folgenden beschrieben, wobei der Fall, in dem die äußeren Seitenlöcher 12a nicht der kegelförmigen Oberfläche zugewandt sind (siehe die mittlere Abbildung in **Fig. 31**), mit dem Fall verglichen wird, in dem es keine kegelförmige Oberfläche gibt (siehe die rechte Abbildung in **Fig. 31**).

[0088] Bei der in der linken Abbildung von **Fig. 31** dargestellten äußeren Abdeckung 12 ist das innere Spitzenflächenloch 11b der inneren Abdeckung 11 zwischen der ersten Reihe und der zweiten Reihe der äußeren Seitenlöcher 12a eingeschlossen, wobei die Löcher der jeweiligen Reihen in der axialen Richtung dicht beieinander liegen und hinsichtlich der Position mit Bezug auf eine Umfangsrichtung versetzt sind. Da in diesem Fall die äußeren Seitenlöcher 12a in der zweiten Reihe dem ersten zylindrischen Abschnitt 113 am Spitzenende der inneren Abdeckung 11 zugewandt sind, passiert das Abgas G, welches von den äußeren Seitenlöchern 12a einströmt, entlang der kegelförmigen Oberfläche, die durch den ersten zylindrischen Abschnitt 113 gebildet ist, und wird zum Spitzenende hin ausgerichtet. Infolge dieser Strömung, welche in den ersten Strömungsdurchlass F1 passiert, wird die Gasströmungsgeschwindigkeit im ersten Strömungsdurchlass F1 erhöht, wodurch ein Unterdruck in der Nähe des inneren Spitzenflächenlochs 11b erzeugt wird, und da die Strömungsgeschwindigkeit durch die Sogwirkung des Unterdrucks erhöht wird, kann eine zufriedenstellende Gasströmung in Richtung hin zu dem zweiten Strömungsdurchlass F2 erhalten werden.

[0089] Andererseits zeigt die mittlere Abbildung von **Fig. 31** einen Fall, in dem die äußeren Seitenlöcher 12a der zweiten Reihe in der äußeren Abdeckung 12 dem zweiten zylindrischen Abschnitt 114 zugewandt sind, der näher am Basisende liegt als der erste zylindrische Abschnitt 113. Da in diesem Fall ein Teil des von den äußeren Seitenlöchern 12a einströmenden Abgases G zu einer Strömung wird, die außerhalb des zweiten zylindrischen Abschnitts 114 läuft, wird eine Strömung, die entlang der kegelförmigen Oberfläche läuft und hin zu dem ersten Strömungsdurchlass F1 gerichtet ist, nicht ausreichend gefördert. In einem solchen Fall ist es nicht möglich, einen ausreichenden Effekt zur Erhöhung der Gasströmungsrates in der Nähe des inneren Spitzenflächenlochs 11b zu erhalten, indem die zweite Reihe der äußeren Seitenlöcher 12a gebildet wird. Bei der in der rechten Abbildung von **Fig. 31** gezeigten äußeren Abdeckung 12 besitzt die innere Abdeckung 11 einen konstanten Durchmesser, und die beiden Reihen der äußeren Seitenlöcher 12a liegen nahe beieinander, wobei das innere Spitzenflächenloch 11b zwischen diesen eingefügt ist. Auch in diesem Fall

wird zusammen mit einer Gasströmung von den äußeren Seitenlöchern 12a, die in den ersten Strömungsdurchlass F1 übergeht, eine Strömung gebildet, die außerhalb der inneren Abdeckung 11 verläuft, und somit gibt es eine Verringerung im Effekt zum Erhöhen der Gasströmungsrates in der Nähe des inneren Spitzenflächenlochs 11b.

[0090] Um mit den mehreren Reihen von äußeren Seitenlöchern 12a wirkungsvoll einen Gasstrom zu bilden, sollte daher die Spitzenposition von zumindest der zweiten Reihe der äußeren Seitenlöcher 12a näher am Spitzenende liegen als die Verbindung zwischen dem ersten zylindrischen Abschnitt 113 und dem zweiten zylindrischen Abschnitt 114. Vorzugsweise sollte die Lochmittelposition der äußeren Seitenlöcher 12a näher am Spitzenende liegen als der Verbindungsabschnitt zwischen dem ersten zylindrischen Abschnitt 113 und dem zweiten zylindrischen Abschnitt 114, um die Gasströmung entlang der kegelförmigen Oberfläche des ersten zylindrischen Abschnitts 113 weiter zu verbessern.

(Fünfte Ausführungsform)

[0091] Eine fünfte Ausführungsform des PM-Sensors S als eine Sensorvorrichtung wird unter Bezugnahme auf die **Fig. 32** bis 40 beschrieben. Wie in **Fig. 32** gezeigt ist, weist auch bei dieser Ausführungsform die äußere Abdeckung 12 eine Mehrzahl von äußeren Seitenlöchern 12a in der Seite 121 nahe der Spitzenfläche 122 auf, die in zwei Reihen mit Bezug auf die Axialrichtung X angeordnet sind, wobei die Löcher in jeder Reihe an acht Stellen angeordnet sind, die in einer Umfangsrichtung gleich beabstandet sind. Es ist zu beachten, dass es nicht notwendig ist, dass die äußeren Seitenlöcher 12a der ersten Reihe (siehe die mittlere Abbildung in **Fig. 32**) und die äußeren Seitenlöcher 12a der zweiten Reihe (siehe die rechte Abbildung in **Fig. 32**) die gleiche Gestalt aufweisen, und dass die Erfassungsempfindlichkeit und die Montagerichtwirkung durch Ändern der Durchdringungsrichtungen der Durchgangslöcher, welche die äußeren Seitenlöcher 12a bilden, weiter verbessert werden können.

[0092] In dieser Hinsicht sind, wie in der mittleren Abbildung in **Fig. 32** gezeigt, die äußeren Seitenlöcher 12a in der ersten Reihe als Durchgangslöcher ausgebildet, welche die Seite 121 der äußeren Abdeckung 12 in Richtungen durchdringen, die zur Mittelachse hin ausgerichtet sind. Das heißt, die acht äußeren Seitenlöcher 12a sind gleichmäßig angeordnet, wobei die Durchdringungsrichtungen acht Richtungen entsprechen, die sich von der Mittelachse radial erstrecken. Zu beachten ist, dass bei den vorstehend beschriebenen ersten bis vierten Ausführungsformen die inneren Seitenlöcher 11a in der inneren Abdeckung 11 und die äußeren Seitenlöcher 12a in der äußeren Abdeckung 12 solche

radial ausgebildete Durchgangslöcher (im Folgenden gegebenenfalls als Radiallöcher bezeichnet) sind.

[0093] Andererseits sind im Falle der rechten Abbildung von **Fig. 32** die äußeren Seitenlöcher 12a in der zweiten Reihe als Durchgangslöcher ausgebildet, welche die Seite 121 der äußeren Abdeckung 12 in Richtungen außerhalb der Mittelachse durchdringen. Insbesondere ist jedes der äußeren Seitenlöcher 12a der zweiten Reihe mit einem entsprechenden der äußeren Seitenlöcher 12a der ersten Reihe, das im Umfang benachbart dazu liegt, gepaart, wobei dieses äußere Seitenloch 12a der zweiten Reihe einem Loch entspricht (im Folgenden der Einfachheit halber als Parallelloch bezeichnet), das mit einer Durchdringungsrichtung ausgebildet ist, welche mit Bezug auf eine zur Mittelachse hin ausgerichtete Richtung geneigt ist, so dass die Durchdringungsrichtung dieses Lochs parallel zur Durchdringungsrichtung dessen gepaarten äußeren Seitenlochs 12a in der ersten Reihe gemacht wird. Ein Beispiel hierfür ist in der Abbildung gezeigt, welche die Positionsbeziehung zwischen der Durchdringungsrichtung (T1) eines äußeren Seitenlochs 12a, das sich in der ersten Reihe befindet, und der Durchdringungsrichtung (T2) von dessen gepaarten äußeren Seitenloch 12a der zweiten Reihe darstellt.

[0094] Wie in der linken Abbildung von **Fig. 32** gezeigt ist, vereinigt sich in diesem Fall das Abgas G (im Folgenden als Hauptstrom G1 bezeichnet), das von den äußeren Seitenlöchern 12a in der ersten Reihe einströmt und in Richtung hin zu dem ersten Strömungsdurchlass F1 läuft, mit einem Gasstrom (im Folgenden als der Nebenstrom G2 bezeichnet), der von den äußeren Seitenlöchern 12a in der zweiten Reihe einläuft und zum ersten Strömungsdurchlass F1 strömt, so dass, wie vorstehend beschrieben, Variationen der Gasströmungsrate gemäß dem Montagewinkel zum Zeitpunkt der Montage unterdrückt werden können. Es wurde jedoch festgestellt, dass Wirbelströmungen, die aufgrund der Gasströmungsgeschwindigkeit und des Montagewinkels erzeugt wurden, die Erfassungsempfindlichkeit stark beeinflussen und Unterschiede im Effekt zum Verbessern der Montagerichtwirkung erzeugen. Die diesbezüglichen Effekte der Gestalt der äußeren Seitenlöcher 12a in der zweiten Reihe werden im Folgenden beschrieben.

[0095] Bei den vorstehenden Ausführungsformen wurden die Effekte bzw. Einflüsse der Anordnung des Führungselements 13 in der Elementabdeckung 1 und der Gestalt des zweiten Strömungsdurchlasses F2 usw. auf die Gasströmung hauptsächlich für das Beispiel eines Bereichs mit niedriger Strömungsgeschwindigkeit von etwa 5 m/s oder 10 m/s evaluiert, wenn jedoch die Gasströmungsgeschwindigkeit in einem niedrigeren Bereich mit sehr niedriger

Geschwindigkeit liegt (beispielsweise 3 m/s oder weniger), hat die Richtung der äußeren Seitenlöcher 12a (im Folgenden der Einfachheit halber als die Montagerichtung bezeichnet), die dem Montagewinkel zum Zeitpunkt der Montage entspricht, einen größeren Einfluss auf die Gasströmung im ersten Strömungsdurchlass F1.

[0096] Wie in den **Fig. 33** und **34** schematisch gezeigt, ist beispielsweise, wenn der Montagewinkel zum Zeitpunkt der Montage 0° beträgt (das heißt, die Montagerichtung gleich 0° ist), eines aus der ersten Reihe von äußeren Seitenlöchern 12a vom Spitzende aus in der Strömungsrichtung des Hauptstroms G1 des Abgases G angeordnet, und Abgas G, welches Nebenströme G2 bildet, strömt ebenfalls auf beiden Seiten von äußeren Seitenlöchern 12a der zweiten Reihe ein. In diesem Fall kollidieren, wie in der linken Abbildung von **Fig. 33** gezeigt, bei einer Konfiguration, bei der sowohl die erste Reihe als auch die zweite Reihe der äußeren Seitenlöcher 12a Radiallöcher sind (beispielsweise konfiguriert wie bei der vierten Ausführungsform), die beiden Nebenströme G2, die von Löchern in der zweiten Reihe der äußeren Seitenlöcher 12a eintreten, und der Hauptstrom G1, der von der ersten Reihe der äußeren Seitenlöcher 12a eintritt, wenn diese am ersten zylindrischen Abschnitt 113 entlanglaufen. Die Strömungsgeschwindigkeit des Hauptstroms G1 wird dadurch verringert, und auf der Stromaufwärtsseite der inneren Abdeckung 11 kann auf einfache Art und Weise eine Wirbelströmung erzeugt werden. Wie in der oberen Abbildung auf der linken Seite von **Fig. 34** gezeigt ist, wird ein Druckabfall aufgrund eines Wirbelströmungsverlusts in der Nähe der beiden äußeren Seitenlöcher 12a, von denen die beiden Nebenströme gebildet werden, beobachtet, und wie in der unteren Abbildung auf der linken Seite von **Fig. 34** gezeigt ist, tritt ein Druckabfall aufgrund eines Wirbelströmungsverlusts auch in der Nähe der ersten Reihe der äußeren Seitenlöcher 12a auf der Stromaufwärtsseite des inneren Spitzenflächenlochs 11b auf. Infolgedessen kann in der Nähe des inneren Spitzenflächenlochs 11b nicht ohne weiteres ein Unterdruck erzeugt werden, wodurch die Erfassungsempfindlichkeit reduziert wird.

[0097] Andererseits wird, wie in den rechten Abbildungen von **Fig. 33** gezeigt, bei einer Konfiguration, bei welcher die äußeren Seitenlöcher 12a in der zweiten Reihe Parallellöcher sind, einer der beiden Nebenströme G2, die von äußeren Seitenlöchern 12a in der zweiten Reihe eintreten, parallel zum Hauptstrom G1, der von einem äußeren Seitenloch 12a in der ersten Reihe eintritt. Da dieser Nebenstrom G2 stromabwärts der inneren Abdeckung 11 läuft, ohne mit dem Hauptstrom G1 zu kollidieren, wird eine Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit des Hauptstroms G1 unterdrückt und die Erzeugung

einer Wirbelströmung auf der Stromaufwärtsseite der inneren Abdeckung 11 wird verhindert. Wie in der oberen Abbildung auf der rechten Seite von **Fig. 34** gezeigt, kommt es daher zu einer Verringerung des Druckabfalls in der Nähe des äußeren Seitenlochs 12a, bei welchem der Nebenstrom G2 gebildet wird, der parallel zum Hauptstrom G1 ist, und entsprechend wird der Effekt des Druckabfalls auf den Hauptstrom G1 reduziert, wie in der unteren Abbildung auf der rechten Seite von **Fig. 34** gezeigt ist. Infolgedessen wird die Erzeugung eines Unterdrucks in der Nähe des inneren Spitzenflächenlochs 11b gefördert und die Erfassungsempfindlichkeit wird verbessert.

[0098] Andererseits ist, wie in den **Fig. 35** und **36** schematisch gezeigt, wenn der Montagewinkel zum Zeitpunkt der Montage $22,5^\circ$ beträgt (das heißt, die Montagerichtung $22,5^\circ$ beträgt), eines der äußeren Seitenlöcher 12a in der zweiten Reihe in der Strömungsrichtung des Abgases G, das den Hauptstrom G1 bildet, angeordnet, und das Abgas G, das den Hauptstrom G1 bildet, strömt von den äußeren Seitenlöchern 12a in der ersten Reihe an zwei Stellen ein, die auf jeder Seite des vorgenannten einen der äußeren Seitenlöcher 12a in der zweiten Reihe angeordnet sind. Wie in der linken Abbildung von **Fig. 35** gezeigt, kommt es auch in diesem Fall bei einer Konfiguration, bei welcher die äußeren Seitenlöcher 12a sowohl der ersten Reihe als auch der zweiten Reihe Radiallöcher sind (beispielsweise die Konfiguration der vierten Ausführungsform), zu einer Kollision zwischen einem Nebenstrom G2, der von einem äußeren Seitenloch 12a in der zweiten Reihe einströmt, und dem Hauptstrom G1, der von äußeren Seitenlöchern 12a in der ersten Reihe einströmt, wenn ein Zusammenströmen auftritt. Da zu dieser Zeit ein einzelner Nebenstrom G2 zwischen zwei Hauptströmen G1 zusammenläuft, wird die Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit aufgrund der Kollision gemildert, es ist jedoch wahrscheinlich, dass eine Wirbelströmung erzeugt wird. Aus diesem Grund wird, wie in der oberen und mittleren linken Abbildung von **Fig. 36** gezeigt, ein Druckabfall aufgrund eines Wirbelströmungsverlusts in der Nähe der äußeren Seitenlöcher 12a beobachtet. Wie in der oberen und den unteren linken Abbildungen von **Fig. 36** gezeigt, wird ein Druckabfall aufgrund eines Wirbelströmungsverlusts in der Nähe der äußeren Seitenlöcher 12a auf der Stromaufwärtsseite beobachtet.

[0099] Andererseits wird, wie in der rechten Abbildung von **Fig. 35** gezeigt, bei der Konfiguration, bei welcher die äußeren Seitenlöcher 12a der zweiten Reihe Parallellöcher sind, ein Nebenstrom G2, der von einem äußeren Seitenloch 12a der zweiten Reihe einströmt, parallel zu einem der beiden Hauptströme G1, die von äußeren Seitenlöchern 12a der ersten Reihe einströmen. Dadurch wird eine

Abnahme der Strömungsgeschwindigkeit durch Kollision mit den Hauptströmen G1 verhindert und die Erzeugung einer Wirbelströmung wird unterdrückt. Wie in den Abbildungen oben und unten rechts von **Fig. 36** gezeigt ist, wird daher der Druckabfall aufgrund eines Wirbelströmungsverlusts reduziert, oder es wird kein Druckabfall in der Nähe der äußeren Seitenlöcher 12a beobachtet, bei welchen der Nebenstrom G2 gebildet wird, der parallel zu einem Hauptstrom G1 ist. Infolgedessen wird in der Nähe des inneren Spitzenflächenlochs 11b stabil ein Unterdruck erzeugt und die Erfassungsempfindlichkeit wird verbessert.

[0100] Es ist anzumerken, dass auf der Grundlage einer CAE-Analyse bestätigt wurde, dass die Gasströmungsgeschwindigkeit auf der Stromaufwärtsseite der Erfassungseinheit 21 des Sensorelements 2 zunimmt, wie durch die gestrichelte Umrisslinie in der mittleren rechten Abbildung von **Fig. 36** angegeben ist, und es wird angenommen, dass die Zunahme der Gasströmungsgeschwindigkeit innerhalb der inneren Abdeckung 11 auf eine Zunahme im Unterdruck zurückzuführen ist.

[0101] Wie durch die Beziehung zwischen der Strömungsrate, welche die Erfassungseinheit 21 erreicht (das heißt, der Ankunftsströmungsrate), und dem Montagewinkel in dem Bereich mit sehr niedriger Strömungsgeschwindigkeit von 3 m/s oder weniger gezeigt ist, die in den linken Abbildungen von **Fig. 37** dargestellt ist, gibt es eine relative Zunahme der Ankunftsströmungsrate, wenn die Strömungsgeschwindigkeit zunimmt und der Montagewinkel 0° beträgt. Es wird vermutet, dass dies darauf zurückzuführen ist, dass die Erzeugung eines Unterdrucks hauptsächlich zur Erfassungsempfindlichkeit in dem Bereich mit sehr niedriger Strömungsgeschwindigkeit von 3 m/s oder weniger beiträgt, und es wird beobachtet, dass sich die Erfassungsempfindlichkeit umso leichter verschlechtert, je niedriger die Strömungsgeschwindigkeit in dem Bereich mit sehr niedriger Strömungsgeschwindigkeit ist, in dem der Effekt von Wirbelströmungen, die durch Kollisionen verursacht werden, groß wird. Daher ist bei Strömungsgeschwindigkeiten von 1 m/s oder 2 m/s die Ankunftsströmungsrate bei dem Montagewinkel von $22,5^\circ$ höher als bei dem Montagewinkel von 0° .

[0102] Auch in diesem Fall können Kollisionen verhindert und die Erfassungsempfindlichkeit verbessert werden, indem die äußeren Seitenlöcher 12a in der zweiten Reihe wie bei der vorliegenden Ausführungsform als Parallellöcher konfiguriert werden. Dieser Effekt der Verbesserung der Erfassungsempfindlichkeit wird bei beiden Montagewinkeln von 0° und $22,5^\circ$ beobachtet, so dass bei einem Montagewinkel von 0° der Verbesserungseffekt umso größer ist, je niedriger die Strömungsgeschwindigkeit ist, während bei einem Montagewinkel von $22,5^\circ$ der

Verbesserungseffekt umso größer wird, je höher die Strömungsgeschwindigkeit ist. Folglich wird, wie in der rechten Abbildung von **Fig. 37** gezeigt ist, die Differenz zwischen den Erfassungsempfindlichkeiten bei den Montagewinkeln 0° und $22,5^\circ$ reduziert, und damit verbessert sich auch die Montagerichtwirkung.

[0103] Darüber hinaus wird, wie in der linken Abbildung von **Fig. 38** gezeigt ist, in einem Strömungsgeschwindigkeitsbereich, in dem die Gasströmungsgeschwindigkeit höher ist (beispielsweise in einem Niedrigströmungsgeschwindigkeitsbereich von mehr als 3 m/s und weniger als 10 m/s), ein ausreichender Unterdruck erzeugt, und daher wird die Ankunftsströmungsrate bei einem Montagewinkel von 0° relativ erhöht, während die Ankunftsströmungsrate bei einem Montagewinkel von $22,5^\circ$ relativ verringert wird. Beispielsweise wird aus CAE-Analyseergebnissen, die für den Bereich mit hoher Strömungsgeschwindigkeit von 50 m/s erhalten werden, wie in den linken Abbildungen von **Fig. 39** schematisch gezeigt, mit einer Konfiguration, bei welcher die äußeren Seitenlöcher 12a sowohl der ersten als auch der zweiten Reihe Radiallöcher sind, festgestellt, dass selbst bei einem Montagewinkel von 0° (das heißt, einer Montagerichtung von 0°) der Hauptstrom G1 von der ersten Reihe von äußeren Seitenlöchern 12a eine ausreichende Strömungsrate aufweist, und wenn dieser Hauptstrom mit den beiden Nebenströmen G2 von der zweiten Reihe von äußeren Seitenlöchern 12a zusammenläuft, ist der Kollisionseffekt gering. Aus diesem Grund wird in der Nähe des inneren Spitzenflächenlochs 11b ein ausreichender Unterdruck erzeugt, und die Trägheitskraft der Gasströmung vom ersten Strömungsdurchlass F1 hin zum zweiten Strömungsdurchlass F2 ermöglicht es beispielsweise, dass die Gasströmung von den drei inneren Seitenlöchern 11a auf der Stromabwärtsseite den inneren Raum der Abdeckung 11 mit einer ausreichenden Ankunftsströmungsrate erreicht.

[0104] Wenn andererseits der Montagewinkel $22,5^\circ$ beträgt (das heißt, die Montagerichtung $22,5^\circ$ beträgt), sind die Strömungsrichtungen der beiden Hauptströme G1 von den äußeren Seitenlöchern 12a in der ersten Reihe unterschiedlich zueinander, und da diese mit dem Nebenstrom G2 von einem äußeren Seitenloch 12a in der zweiten Reihe kollidieren, wird wahrscheinlich eine Wirbelströmung erzeugt. Aus diesem Grund kann davon ausgegangen werden, dass die Erfassungsempfindlichkeit schlechter ist als in dem Fall einer Montagerichtung von 0° .

[0105] Auch in diesem Fall können, wie in den rechten Abbildungen von **Fig. 39** gezeigt, die Auswirkungen der Kollision mit dem Nebenstrom G2 reduziert werden, indem die äußeren Seitenlöcher 12a in der

zweiten Reihe wie in der vorliegenden Ausführungsform als Parallellöcher konfiguriert werden. Insbesondere wenn die Montagerichtung $22,5^\circ$ beträgt, wird die Wirbelströmung, die durch die Kollision mit dem Nebenstrom G2 hervorgerufen wird, unterdrückt, und die beiden parallelen Ströme vereinigen sich in der Nähe des inneren Spitzenflächenlochs 11b, wodurch die Gasströmungsgeschwindigkeit in der Nähe des inneren Spitzenflächenlochs 11b erhöht wird und die Ankunftsströmungsrate erhöht werden kann.

[0106] Wenn die Montagerichtung 0° beträgt, läuft der Nebenstrom G2, der parallel zu einem Hauptstrom G1 strömt, stromabwärts der inneren Abdeckung 11, ohne verzögert zu werden, und kann so leicht mit einem Teil des Gasstroms kollidieren, der vom ersten Strömungsdurchlass F1 zum zweiten Strömungsdurchlass F2 läuft, obwohl die Kollision des Nebenstroms G2 mit den Hauptströmen G1 unterdrückt wird. Dies schwächt beispielsweise die Trägheitskraft des Gasstroms ab, der von einem der inneren Seitenlöcher 11a auf der Stromabwärtsseite in das Innere der inneren Abdeckung 11 läuft, und somit wird die Ankunftsströmungsrate reduziert. Dies ist auch in den CAE-Analyseergebnissen von **Fig. 40** gezeigt, aus denen hervorgeht, dass bei der in der rechten Abbildung von **Fig. 40** gezeigten Konfiguration der vorliegenden Ausführungsform, bei welcher die äußeren Seitenlöcher 12a der zweiten Reihe Parallellöcher sind, die Wirbelströmung, die im Gasstrom vom ersten Strömungsdurchlass F1 zum zweiten Strömungsdurchlass F2 erzeugt wird, tendenziell größer ist als bei der in der linken Abbildung von **Fig. 40** gezeigten Konfiguration, bei welcher die äußeren Seitenlöcher 12a der ersten Reihe und der zweiten Reihe Radiallöcher sind.

[0107] Infolgedessen wird, wie in der rechten Abbildung von **Fig. 39** gezeigt ist, die Ankunftsströmungsrate bei einem Montagewinkel von 0° verringert, bei einem Montagewinkel von $22,5^\circ$ jedoch erhöht. Das heißt, die Montagerichtwirkung wird aufgrund einer Reduktion der Differenz der Erfassungsempfindlichkeit verbessert. Auf diese Art und Weise kann durch Anwenden der Konfiguration der vorliegenden Ausführungsform von einem Bereich mit sehr niedriger Strömungsgeschwindigkeit bis zu einem Bereich mit niedriger Strömungsgeschwindigkeit und auch in einem Bereich mit hoher Strömungsgeschwindigkeit eine gute Montagerichtwirkung unabhängig von der Strömungsgeschwindigkeit des Abgases G erhalten werden.

[0108] Bei den vorstehenden Ausführungsformen wurde als ein Beispiel ein PM-Sensor S mit einem Mehrschichttyp des Sensorelements 2 beschrieben. Es wäre jedoch ebenso möglich, dass das Sensorelement 2 ein gedruckter Elementtyp ist, bei dem die Elektroden 23 und 24 durch Druck auf einer Ober-

fläche gebildet werden, welche die Erfassungseinheit 21 bildet. In diesem Fall würden die Elektroden 23 und 24 durch Drucken einer Kammform auf der Oberfläche eines isolierenden Substrats 22 gebildet, das in Form einer flachen Platte ausgebildet ist, und gleichermaßen wären die Elektroden 23 und 24 mit den Anschlusselektroden 25 und 26 über Leitungsabschnitte 23a und 24a verbunden, die durch Drucken auf der Oberfläche des isolierenden Substrats 22 gebildet würden.

[0109] Bei den vorstehenden Ausführungsformen wurde hauptsächlich eine Sensorvorrichtung beschrieben, die aus einem PM-Sensor S aufgebaut ist, die Sensorvorrichtung ist jedoch nicht darauf beschränkt, ein PM-Sensor S zu sein, und es wäre ebenso möglich, dass die Sensorvorrichtung ein Gassensor ist, der eine spezifische, im Abgas G enthaltene gasförmige Komponente erfasst. Spezifische Beispiele sind ein Abgassensor, wie ein Sauerstoffsensor, der Sauerstoff im Abgas G erfasst, ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor, der ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis erfasst, und ein NOx-Sensor, der NOx erfasst. Das in diesen Gassensoren verwendete Sensorelement 2 kann eine bekannte Konfiguration aufweisen, beispielsweise eine Konfiguration, bei welcher eine Erfassungseinheit 21 mit einer Erfassungselektrode am Spitzenende eines becherartigen oder laminierten Elements vorgesehen ist.

[0110] Auch in diesem Fall könnte, ähnlich wie bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen, das Sensorelement 2 so in ein Gehäuse H eingesetzt und darin gehalten werden, dass sich die Erfassungseinheit 21, bezogen auf die Axialrichtung X, am Spitzenende befindet und das Äußere der Erfassungseinheit 21 durch die Elementabdeckung 1 geschützt ist. Das in das Innere der Elementabdeckung 1 eingeleitete Abgas G würde dann vom zweiten Strömungsdurchlass F 1 zum zweiten Strömungsdurchlass F2 und dann über das Führungselement 13 zur Erfassungsfläche 20 geleitet, wodurch das Ausgabeansprechverhalten der Erfassungseinheit 21 des Sensorelements 2 verbessert würde.

[0111] Damit wäre es möglich, einen Gassensor bereitzustellen, der auch unter Betriebsbedingungen, bei denen das Abgas G eine geringe Strömungsrate aufweist, eine zufriedenstellende Erfassungsleistung aufweist. Die Abgasreinigungsleistung könnte dann verbessert werden, indem der Zustand der Verbrennungskraftmaschine auf der Grundlage des Erfassungsergebnisses des Gassensors ermittelt und das Abgasreinigungssystem entsprechend gesteuert wird.

[0112] Die vorliegende Offenbarung ist nicht auf die vorstehenden Ausführungsformen beschränkt und kann auf verschiedene Ausführungsformen ange-

wandt werden, ohne vom Wesen der vorliegenden Offenbarung abzuweichen. Zum Beispiel wurde in jeder der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen der Fall beschrieben, in dem die Sensorvorrichtung auf ein Abgasreinigungssystem für einen Kraftfahrzeugmotor angewendet wird, jedoch ist das zu messende Gas nicht darauf beschränkt, dem Abgas von einer Verbrennungskraftmaschine zu entsprechen, und kann dem Abgas verschiedener Arten von Vorrichtungen entsprechen. Darüber hinaus ist das zu messende Gas nicht darauf beschränkt, ein Abgas einer Verbrennungskraftmaschine zu sein, und die vorliegende Offenbarung kann auf eine Sensorvorrichtung zum Erfassen einer spezifischen Komponente, die in verschiedenen Gasen enthalten ist, angewandt werden.

Patentansprüche

1. Sensorvorrichtung (S), aufweisend ein Sensorelement (2), welches einen Erfassungsabschnitt (21) zum Erfassen einer spezifischen Komponente in einem zu messenden Gas umfasst, ein Gehäuse (H), in dessen Inneres das Sensorelement eingesetzt und so gehalten ist, dass der Erfassungsabschnitt an dem Spitzenende des Sensorelements mit Bezug auf eine Axialrichtung (X) positioniert ist, und eine Elementabdeckung (1), welche an dem Spitzenende des Gehäuses angeordnet ist; wobei die Elementabdeckung eine innere Abdeckung (11), die so angeordnet ist, dass diese das Spitzenende des Sensorelements bedeckt, und eine äußere Abdeckung (12) mit einem Raum zwischen der äußeren Abdeckung und dem Äußeren der inneren Abdeckung besitzt; wobei die innere Abdeckung ein inneres Seitenloch (11a) und ein inneres Spitzenflächenloch (11b) aufweist, durch die das zu messende Gas strömt und welche entsprechend in einer Seite (111) davon und in einer Spitzenfläche (112) davon vorgesehen sind; eine Mehrzahl von äußeren Seitenlöchern (12a), durch die ein zu messendes Gas strömt, in einer Seite (121) der äußeren Abdeckung vorgesehen sind und in der Seite der äußeren Abdeckung als eine Mehrzahl von Reihen mit Bezug auf die Axialrichtung angeordnet sind, wobei die zu der ersten Reihe aus den Reihen vom Spitzende aus gehörenden äußeren Seitenlöcher näher am Spitzende liegen als das innere Spitzenflächenloch, und wobei ein erster Strömungsdurchlass (F1) mit einer Gasströmungsrichtung rechtwinklig zur Axialrichtung an der Innenseite der Spitzenfläche der äußeren Abdeckung ausgebildet ist; die äußeren Seitenlöcher (12a) mit Bezug auf die Axialrichtung an Positionen angeordnet sind, welche das innere Spitzenflächenloch (11b) nicht überlappen; das innere Seitenloch zu einem zweiten Strömungsdurchlass (F2) offen ist, der zwischen der Außenflä-

che der inneren Abdeckung und der Innenfläche der äußeren Abdeckung vorgesehen ist, während außerdem ein Führungselement (13) vorgesehen ist, welches sich von einer Kante des inneren Seitenlochs an einer Spitzenposition schräg in Richtung hin zu dem Inneren der inneren Abdeckung erstreckt, und eine Erfassungsfläche (20), auf welcher der Erfassungsabschnitt angeordnet ist, auf einer Erstreckungslinie (L) angeordnet ist, die in der Erstreckungsrichtung des Führungselements liegt.

2. Sensorvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Strömungsdurchlass einen großen Freiraumabschnitt (31) mit einem maximalen Freiraumbetrag am Außenumfang der Spitzenfläche der inneren Abdeckung, und einen kleinen Freiraumabschnitt (32), der einen minimalen Freiraumbetrag aufweist und näher am Basisende liegt als der große Freiraumabschnitt, besitzt, wobei der große Freiraumabschnitt und der kleine Freiraumabschnitt Strömungsdurchlässe aufweisen, die so gestaltet sind, dass diese ohne eine Stufe verbunden sind.

3. Sensorvorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass, wenn der Freiraumbetrag des großen Freiraumabschnitts, gemessen in einer Richtung rechtwinklig zur Axialrichtung, als d1 bezeichnet wird und der Freiraumbetrag des kleinen Freiraumabschnitts, gemessen in einer Richtung rechtwinklig zur Axialrichtung, als d2 bezeichnet wird, das Freiraumverhältnis $d1/d2$ gleich 2,45 oder größer ist.

4. Sensorvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass, wenn die Länge der geneigten Oberfläche (131) des Führungselements mit Bezug auf die Erstreckungsrichtung davon als L1 bezeichnet wird und die Länge von der Basisendposition der geneigten Oberfläche hin zu der Erfassungsfläche als L2 bezeichnet wird, das Längenverhältnis $L1/L2$ größer als 0,25 ist.

5. Sensorvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die äußere Abdeckung an einer Position, die dem inneren Spitzenflächenloch mit Bezug auf die Axialrichtung zugewandt ist, kein Loch aufweist und die Mehrzahl von äußeren Seitenlöchern in der Seite der äußeren Abdeckung in Umfangsrichtung in äquidistanten Intervallen angeordnet sind.

6. Sensorvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Mehrzahl von äußeren Seitenlöchern so angeordnet sind, dass die Lochmitten der äußeren Seitenlöcher, die zu zwei benachbarten Reihen aus der Mehrzahl von Reihen gehören, mit Bezug auf die Axialrichtung nicht auf derselben Linie liegen.

7. Sensorvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Mehrzahl von äußeren Seitenlöchern, die zu der ersten Reihe vom Spitzenende aus gehören, Durchgangslöcher sind, welche die Seite in Richtungen, die zur Mittelachse der Seite hin ausgerichtet sind, entsprechend durchdringen, und die Mehrzahl von äußeren Seitenlöchern, die zu der zweiten Reihe vom Spitzenende aus gehören, Durchgangslöcher sind, welche die Seite in Richtungen, die jeweils parallel zu der Richtung sind, in der eines der äußeren Seitenlöcher, die zu der ersten Reihe gehören, die Seite durchdringt, entsprechend durchdringen.

8. Sensorvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Seite der inneren Abdeckung einen ersten zylindrischen Abschnitt (113), der eine kegelförmige Gestalt aufweist und sich im Durchmesser vom Spitzenende hin zum Basisende davon ausdehnt, und einen zweiten zylindrischen Abschnitt (114), der einen konstanten Durchmesser aufweist und sich vom Basisende des ersten zylindrischen Abschnitts aus kontinuierlich erstreckt, besitzt, und dass die Spitzenendposition der äußeren Seitenlöcher, die zu der zweiten Reihe von dem Spitzenende aus gehören, mit Bezug auf die Axialrichtung weiter in Richtung des Spitzenendes liegt als die Verbindungsposition zwischen dem ersten zylindrischen Abschnitt und dem zweiten zylindrischen Abschnitt.

9. Sensorvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Seite der inneren Abdeckung einen ersten zylindrischen Abschnitt (113), der eine kegelförmige Gestalt aufweist und sich im Durchmesser vom Spitzenende hin zum Basisende davon ausdehnt, und einen zweiten zylindrischen Abschnitt (114), der einen konstanten Durchmesser aufweist und sich vom Basisende des ersten zylindrischen Abschnitts aus kontinuierlich erstreckt, besitzt.

10. Sensorvorrichtung nach Anspruch 8 oder Anspruch 9, wobei eine Mehrzahl der inneren Seitenlöcher vorgesehen sind, die bei dem zweiten zylindrischen Abschnitt entlang einer Umfangsrichtung angeordnet sind.

11. Sensorvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Erfassungseinheit auf einer Spitzenfläche des Sensorelements oder auf einer Seitenfläche am Spitzenende des Sensorelements vorgesehen ist.

12. Sensorvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei das zu messende Gas ein Abgas von einer Verbrennungskraftmaschine ist und die spezifische Komponente Partikel oder

einer spezifischen gasförmigen Komponente entspricht.

Es folgen 28 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

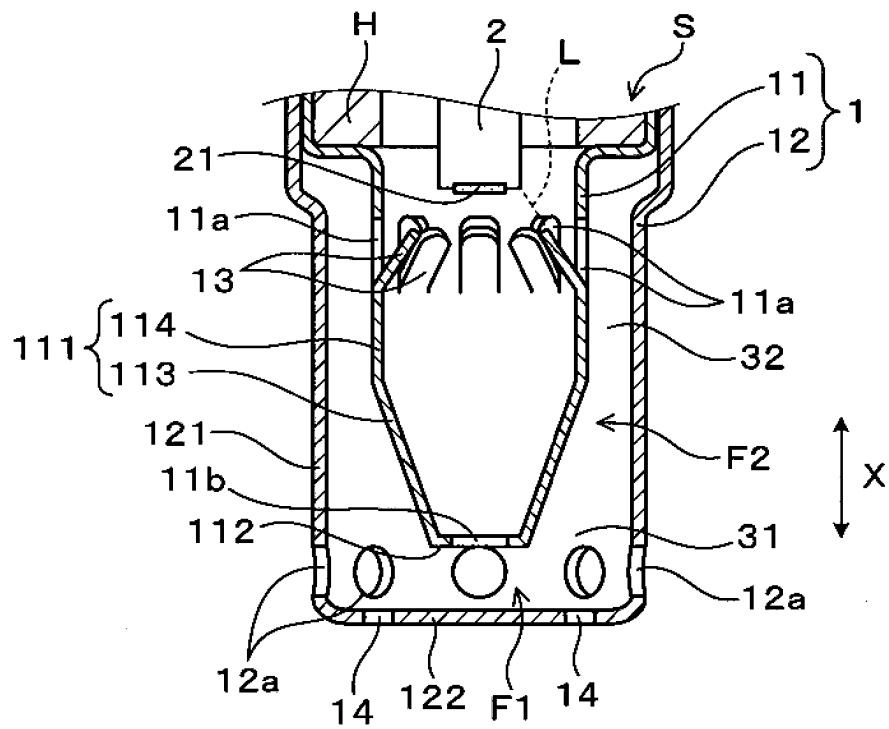


FIG.2

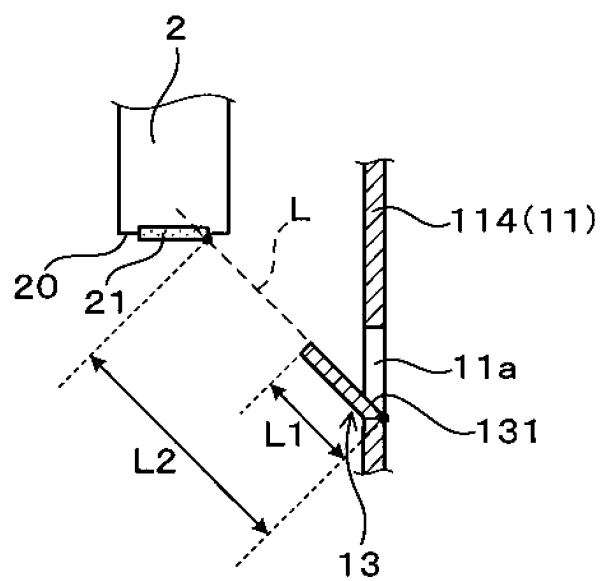


FIG.3

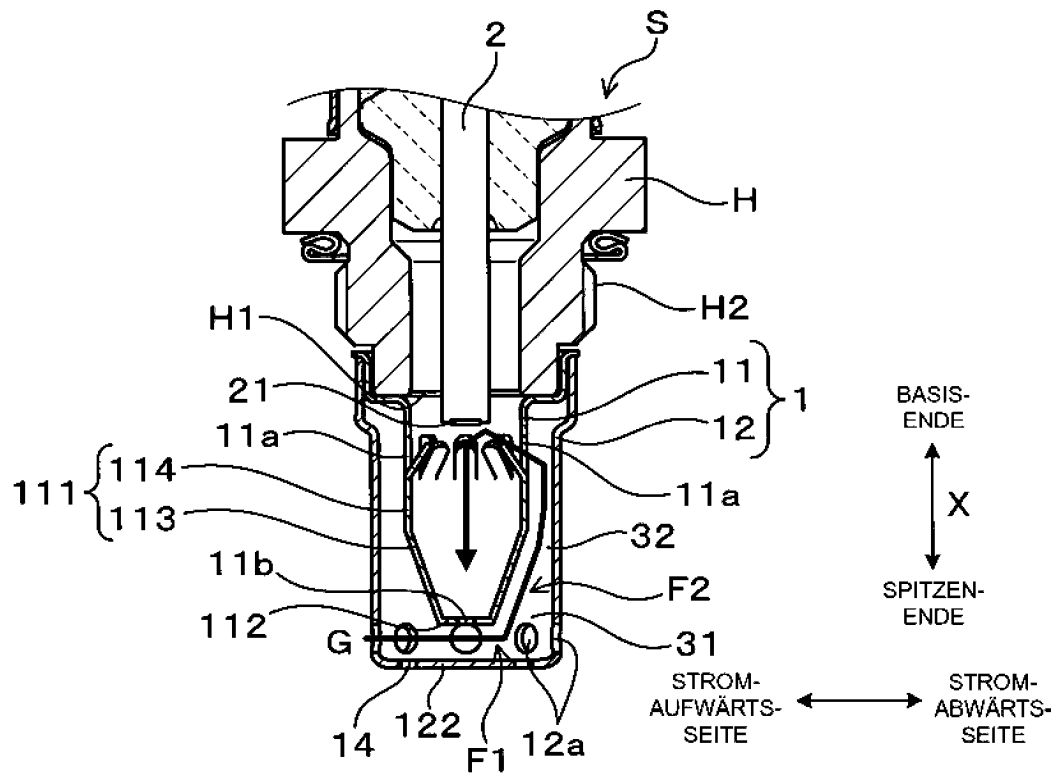


FIG.4

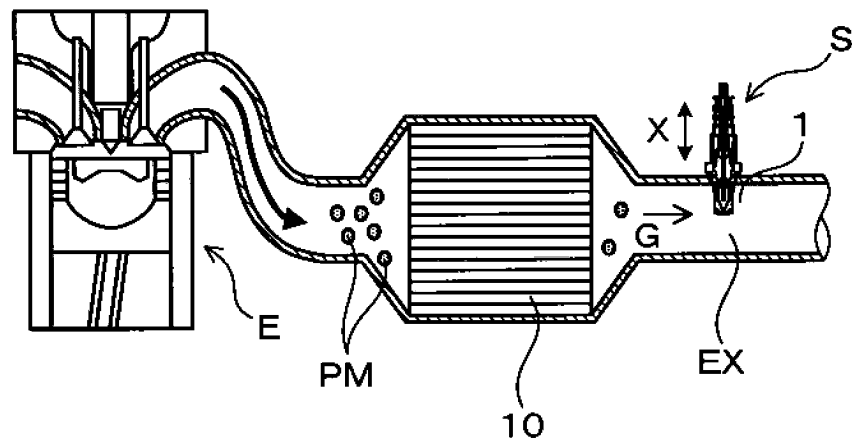


FIG.5

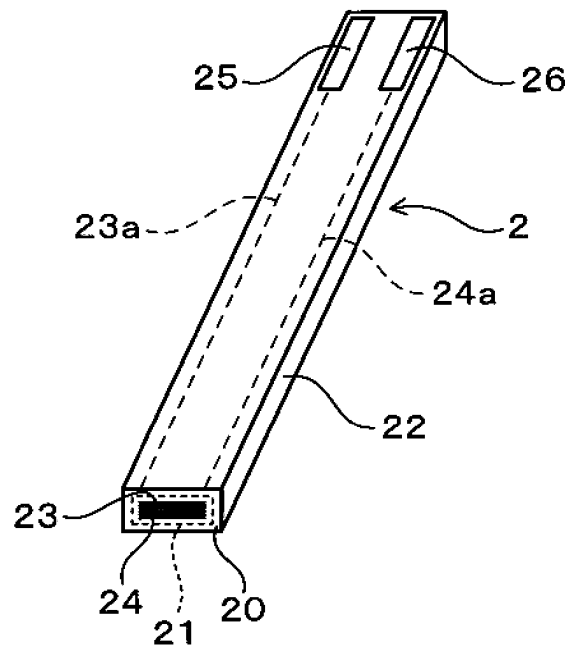


FIG.6

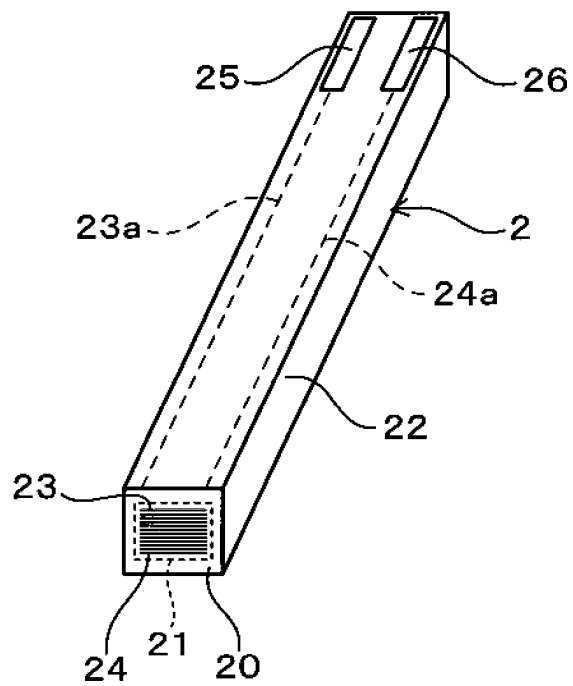


FIG.7

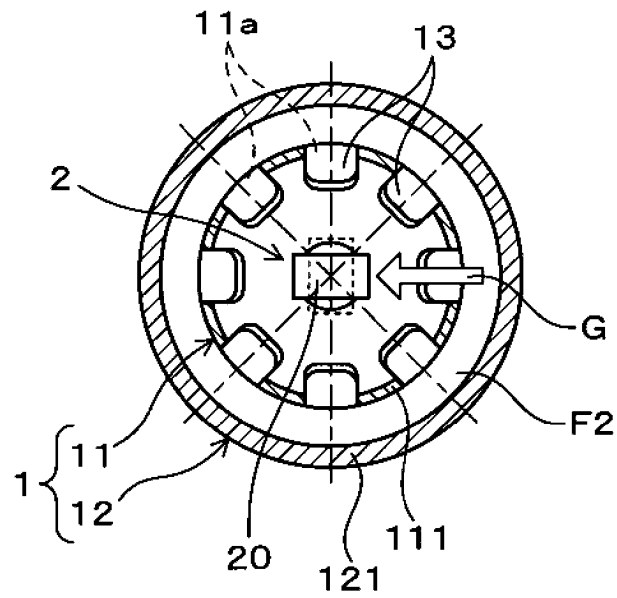


FIG.8

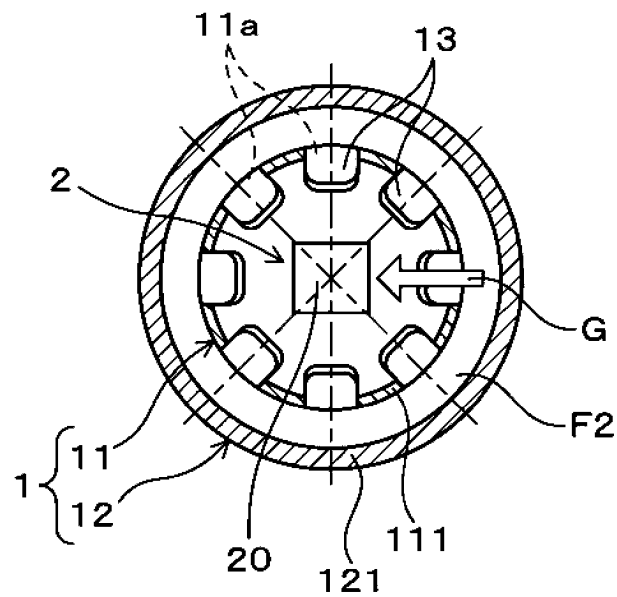


FIG.9

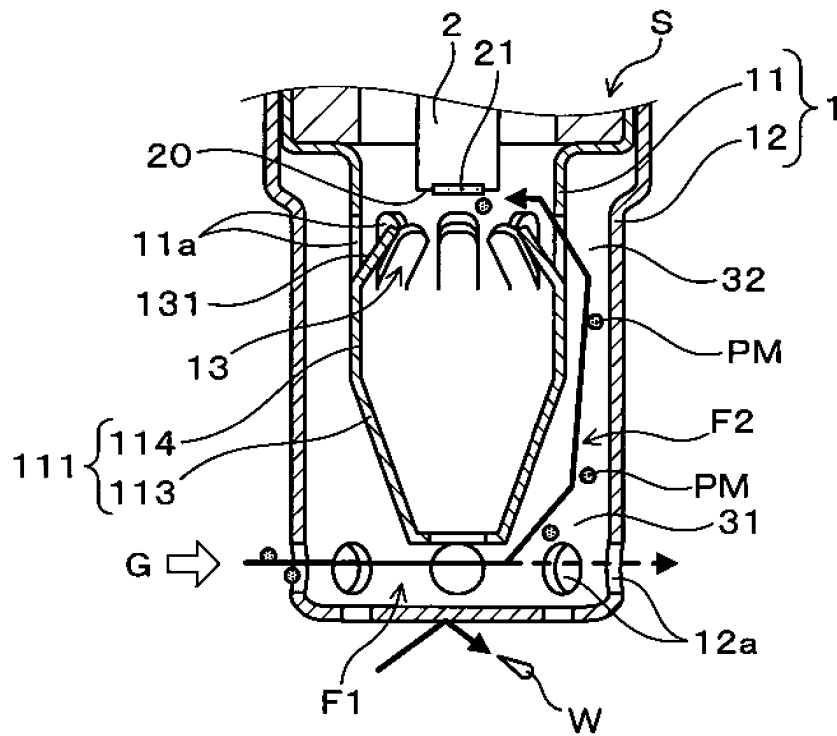


FIG.10

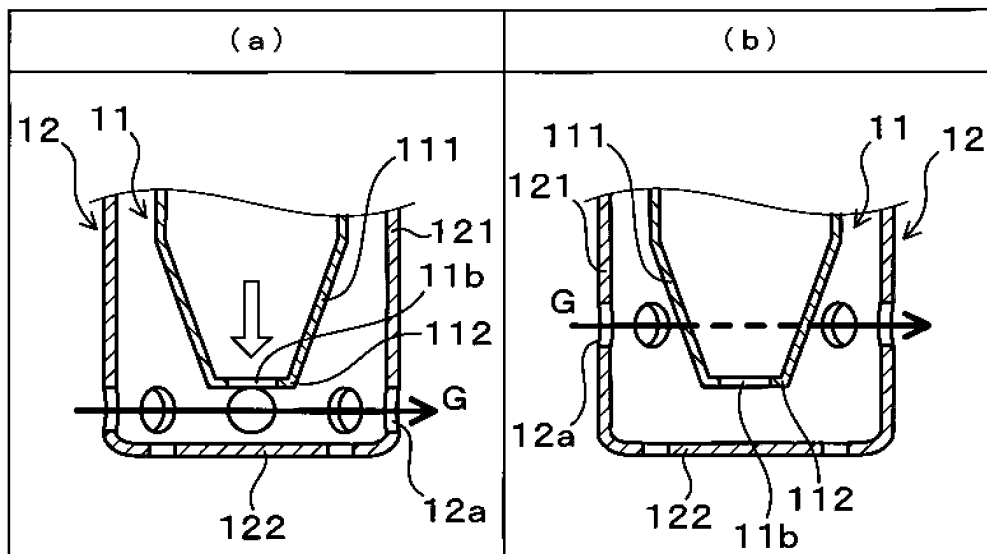


FIG.11

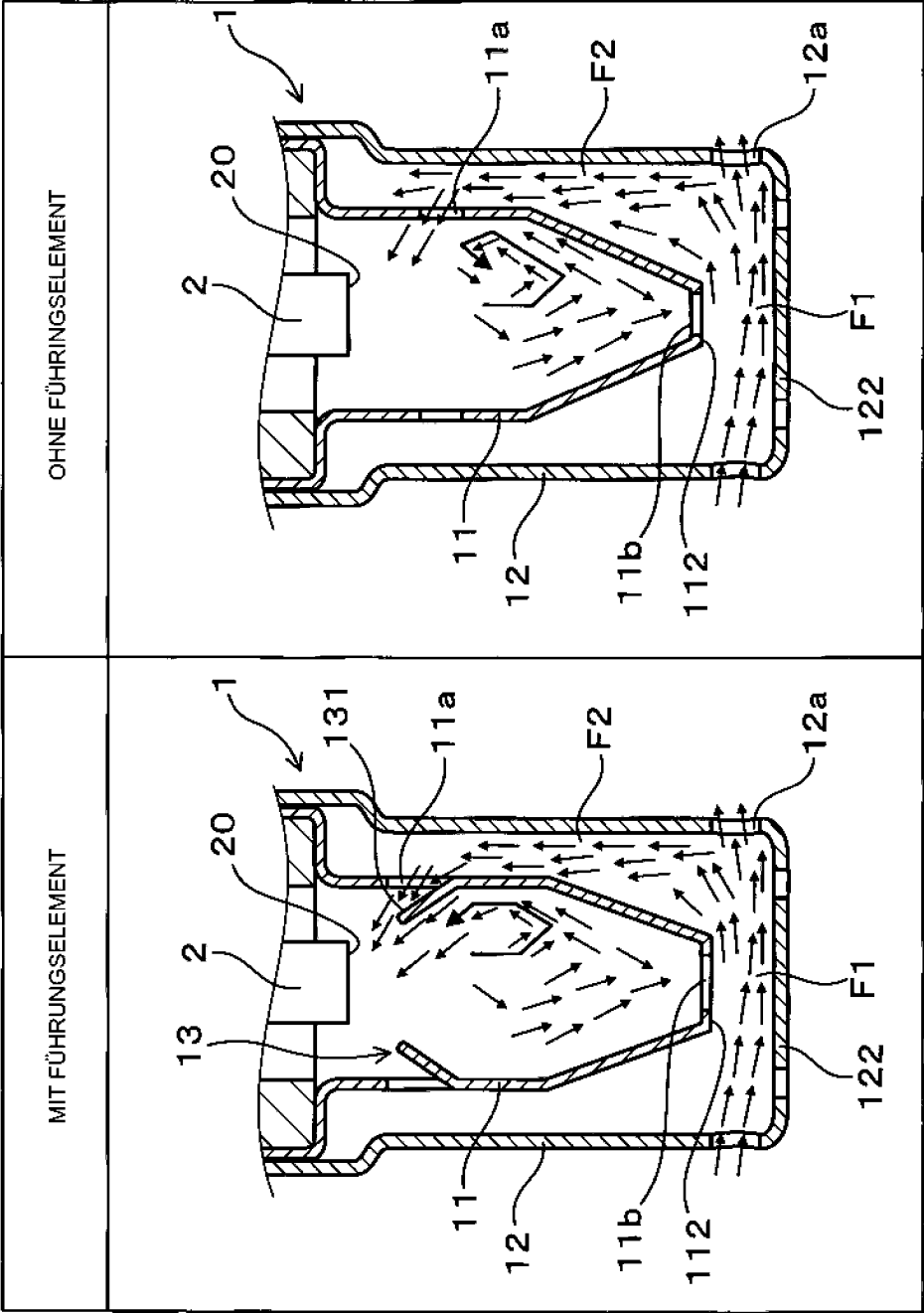


FIG.12

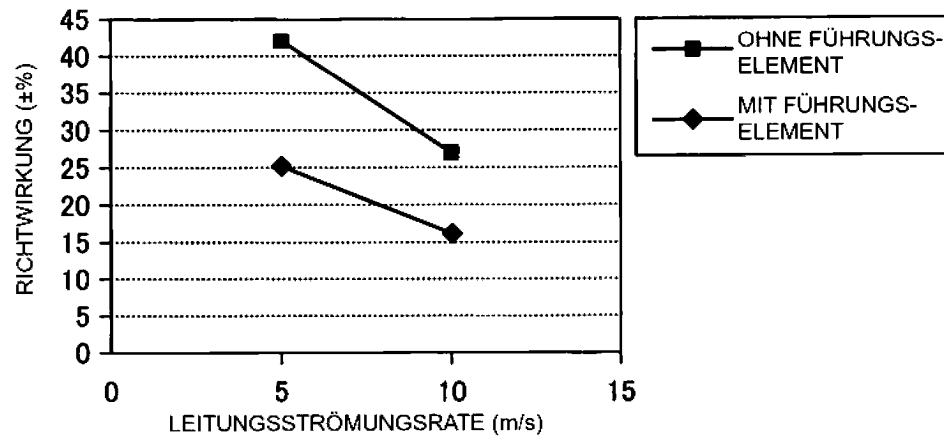


FIG.13

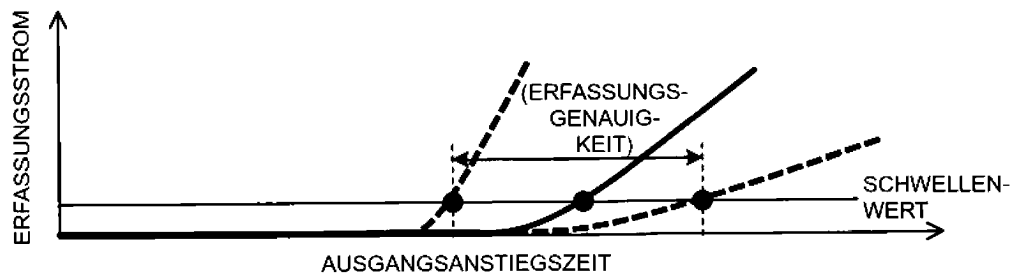


FIG.14

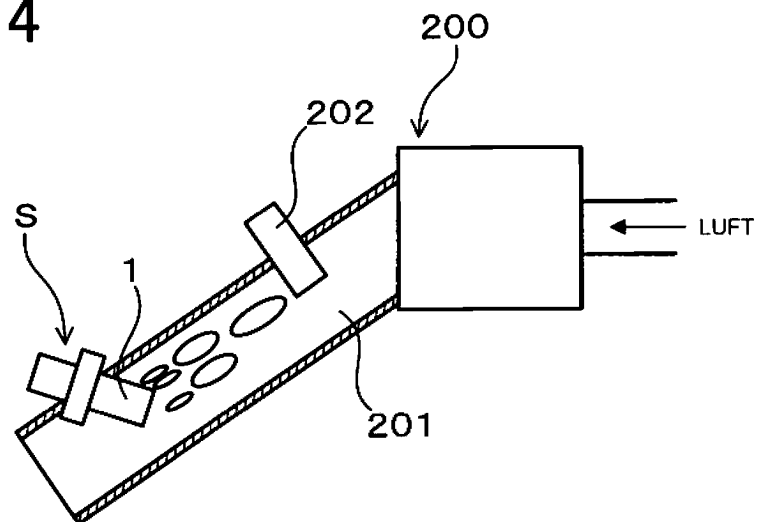


FIG.15

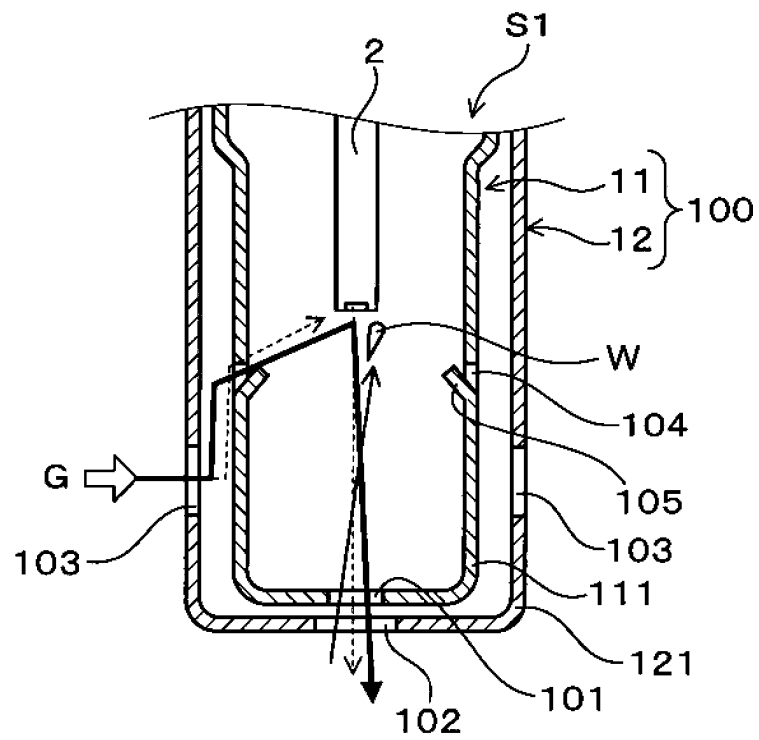


FIG.16

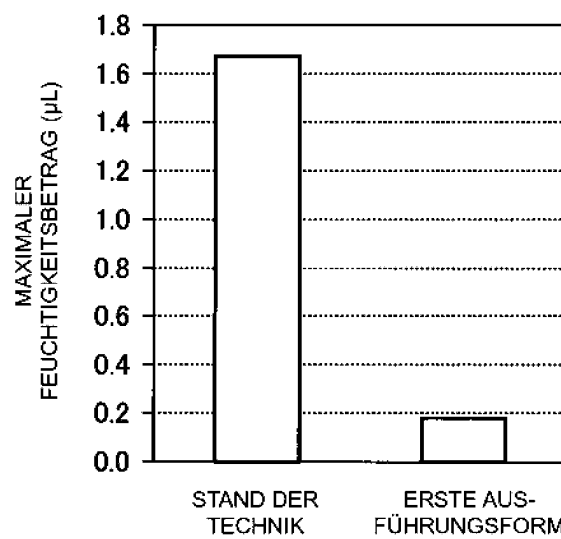


FIG.17

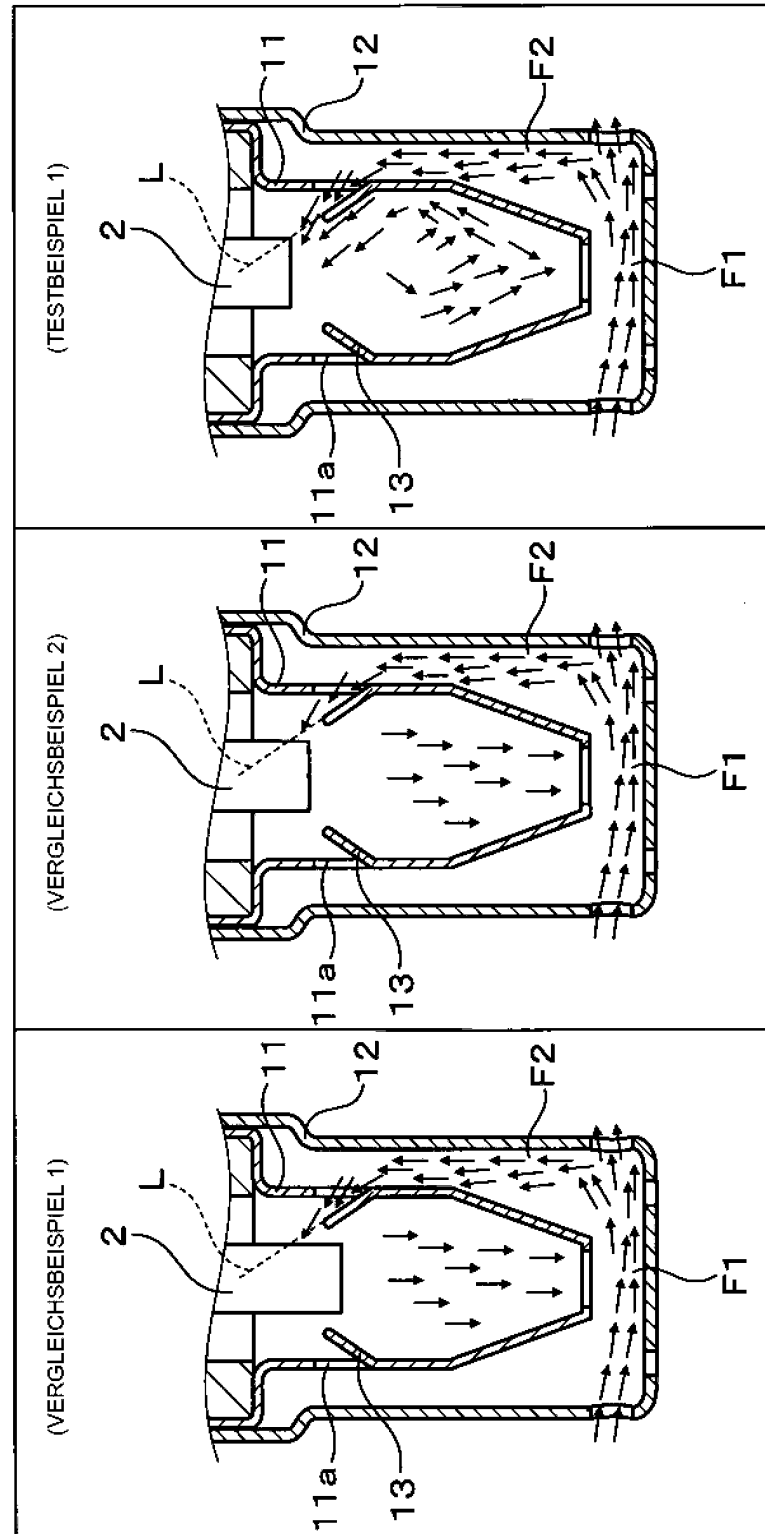


FIG.18

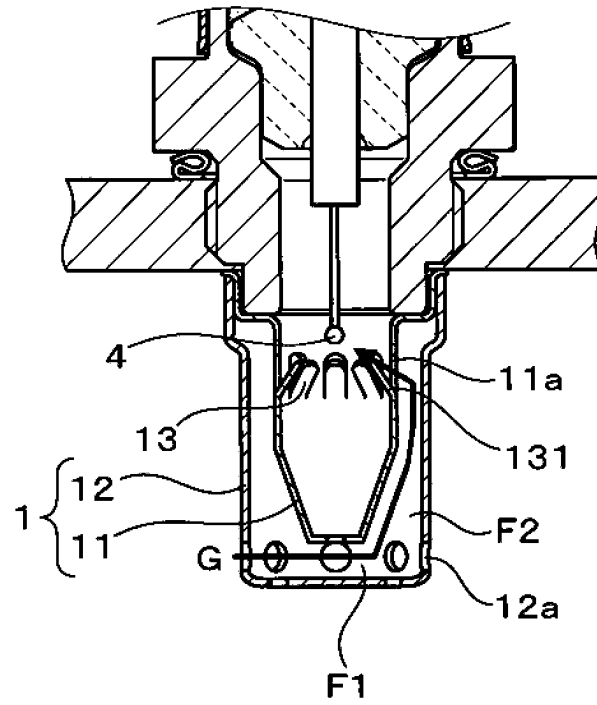


FIG.19

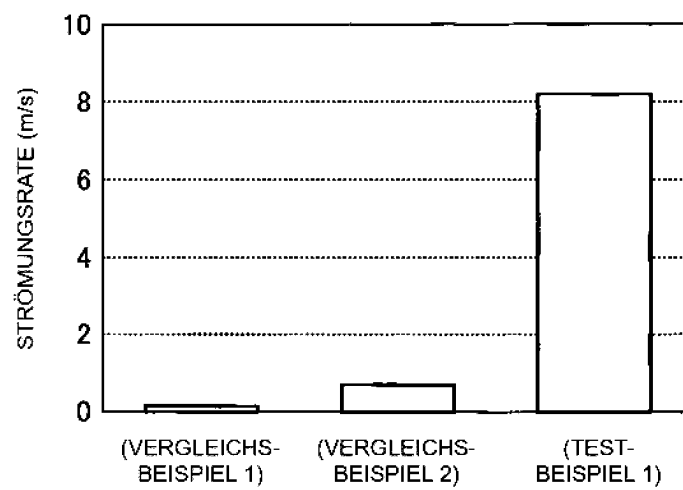


FIG.20

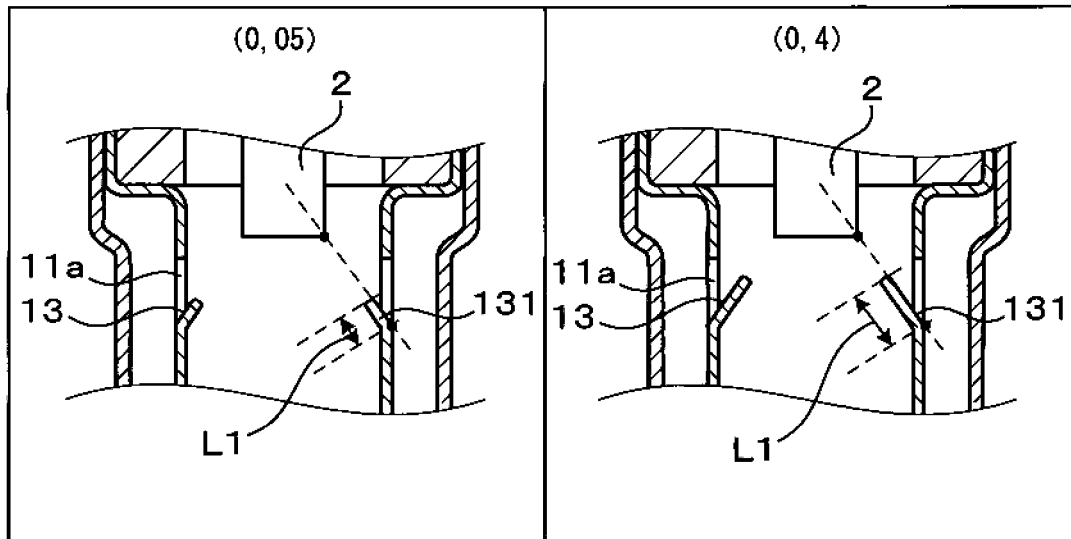


FIG.21

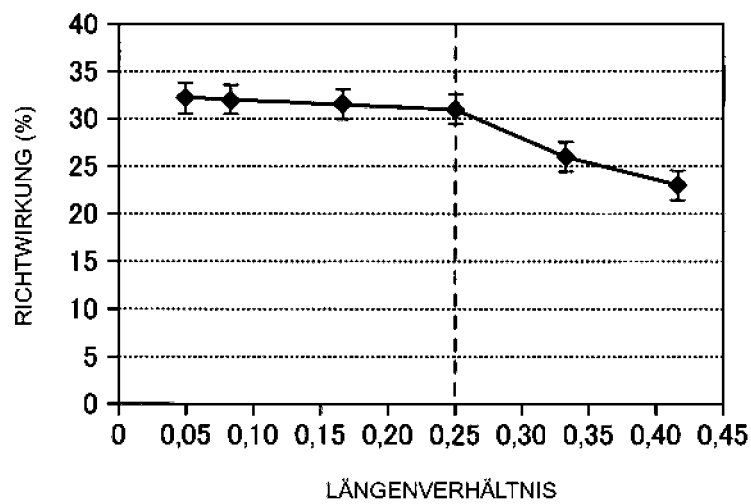


FIG.22

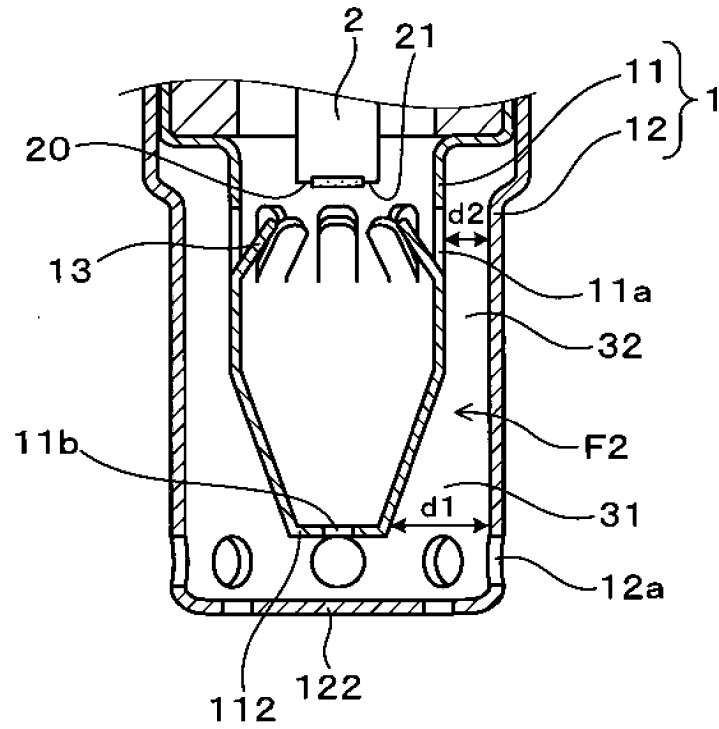


FIG.23

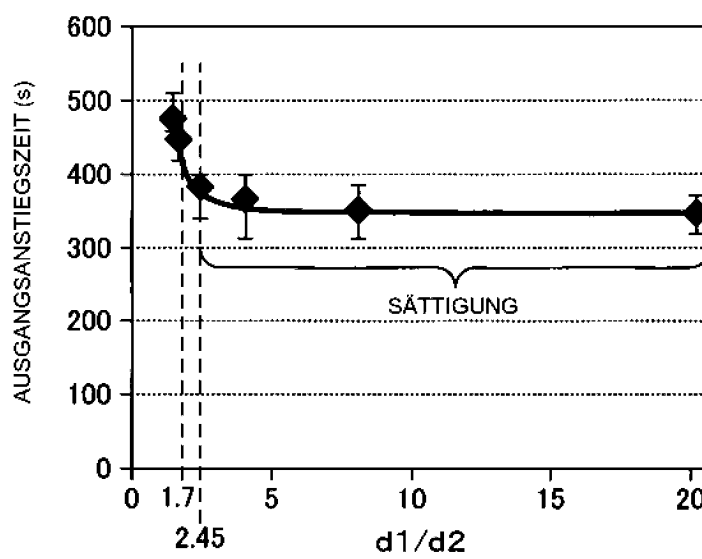


FIG.24

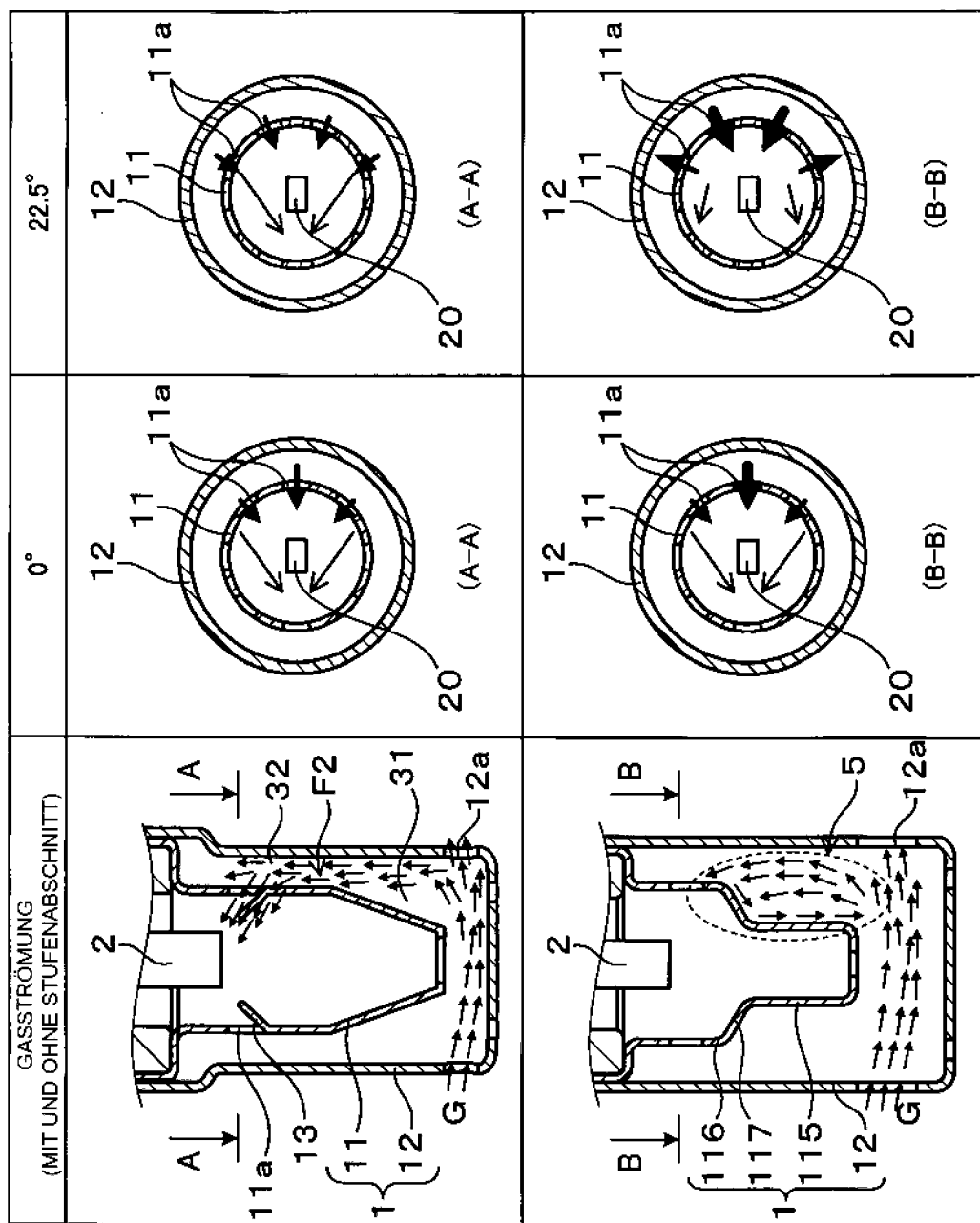


FIG. 25

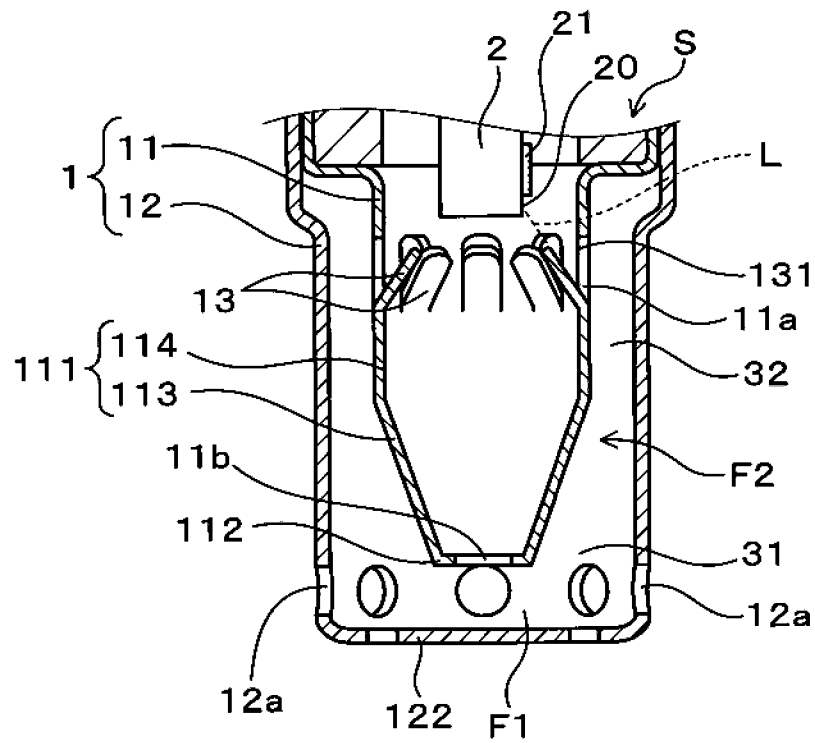


FIG. 26

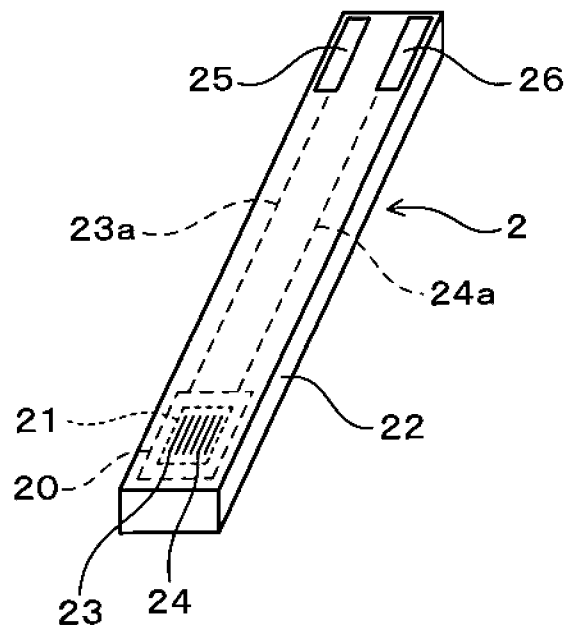


FIG.27

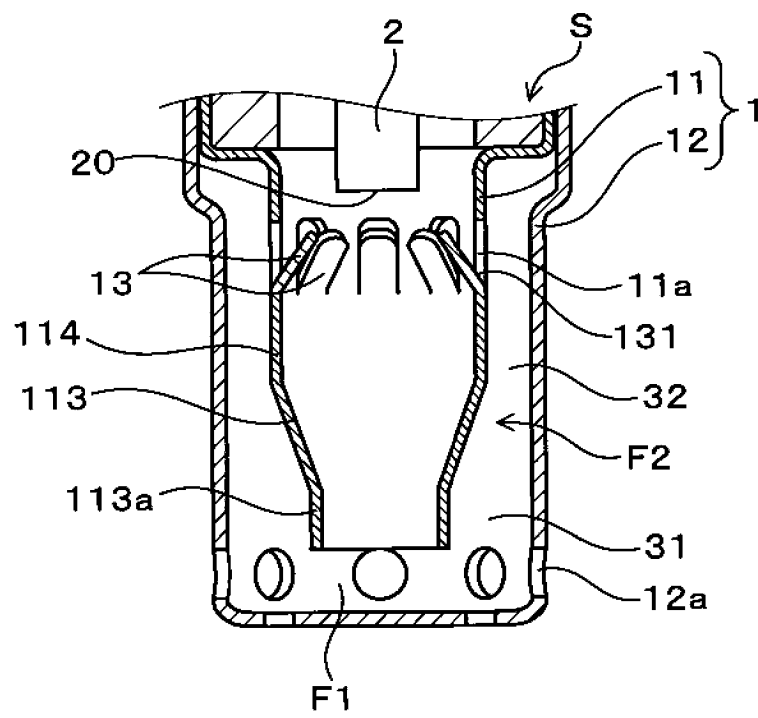


FIG.28

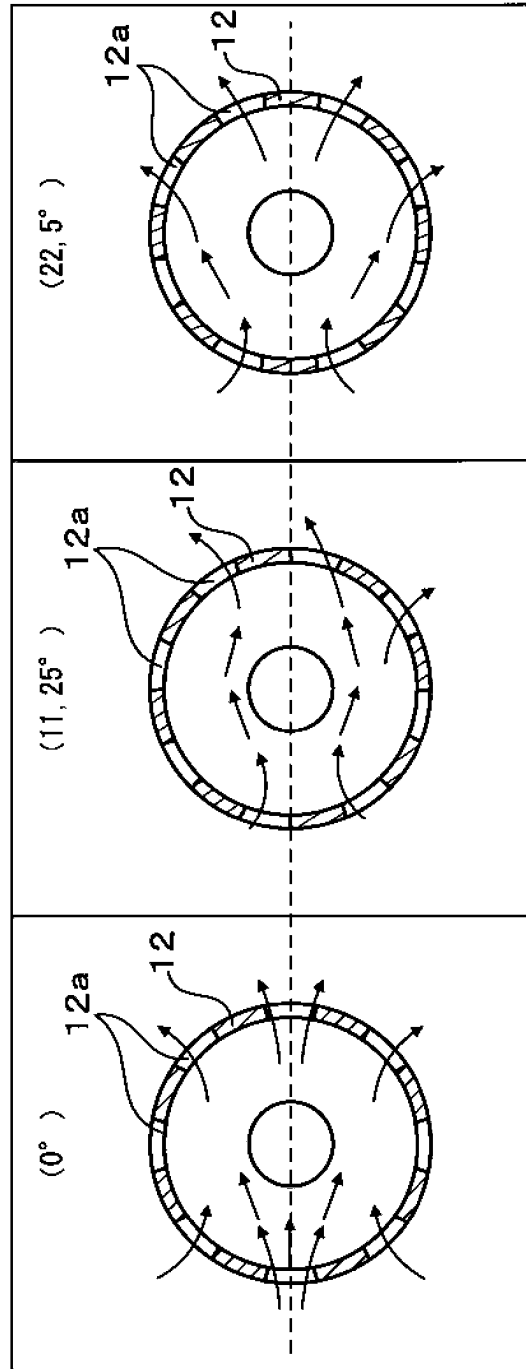


FIG. 29

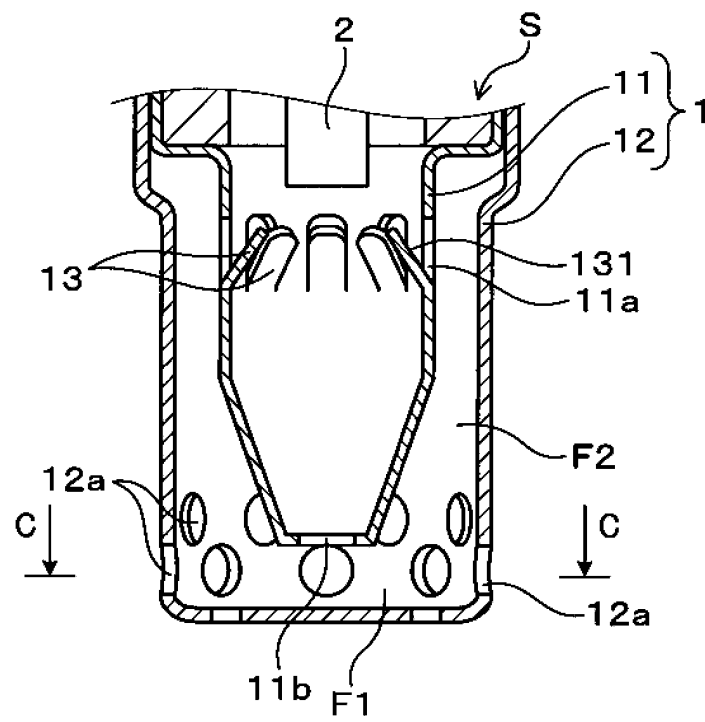


FIG.30

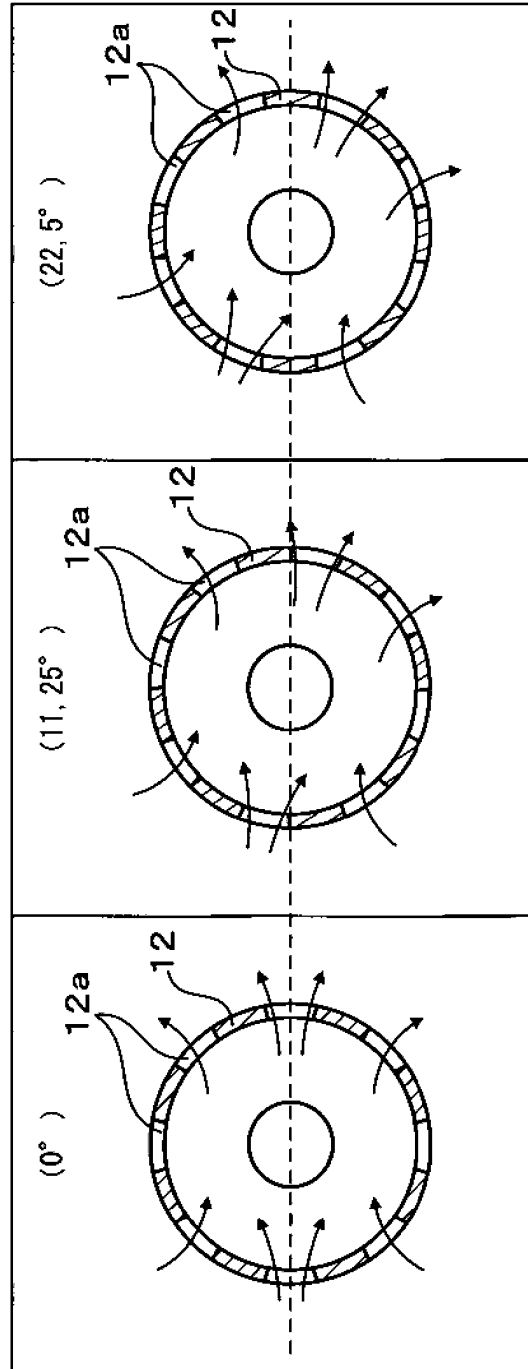
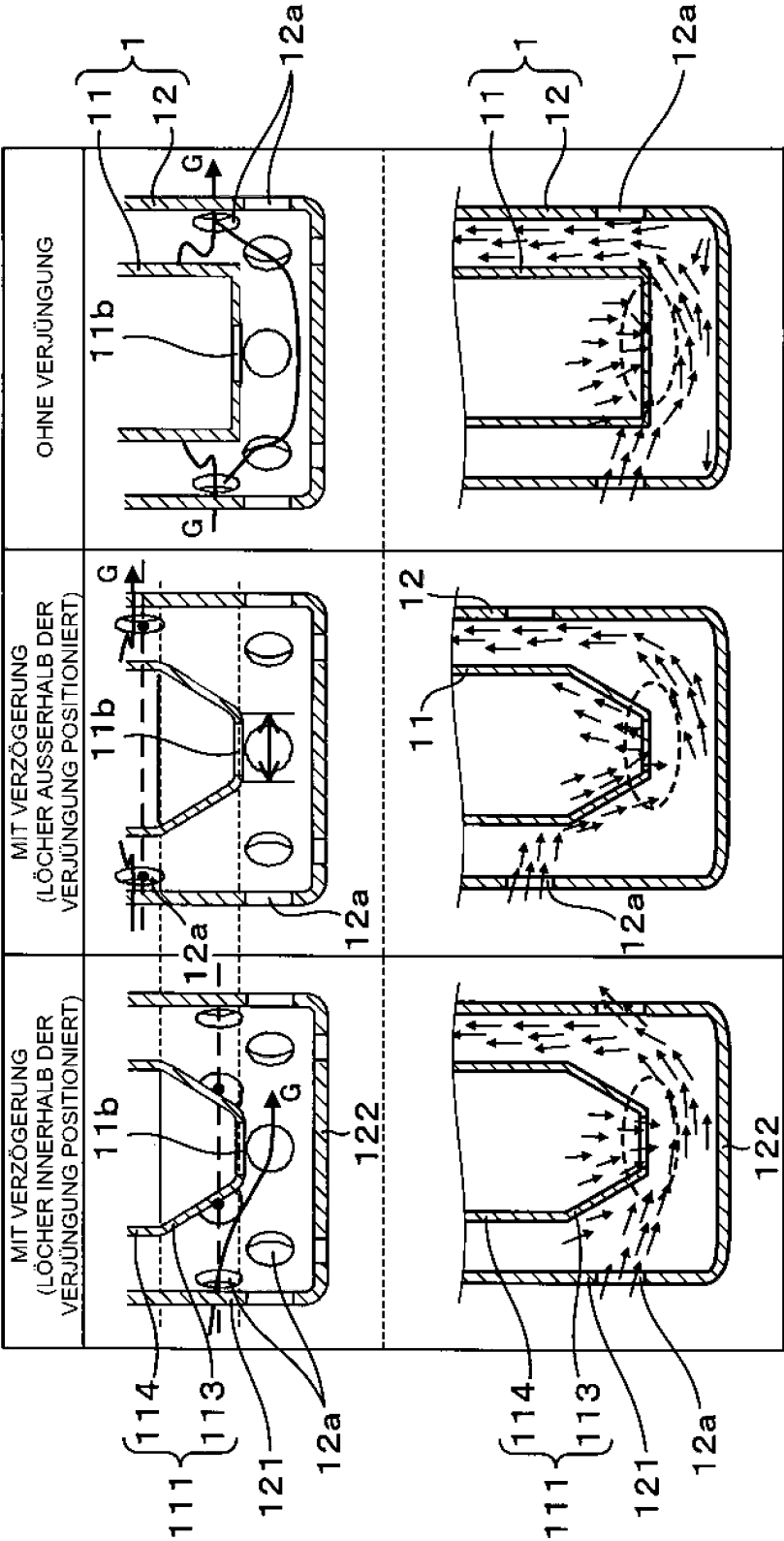


FIG.31



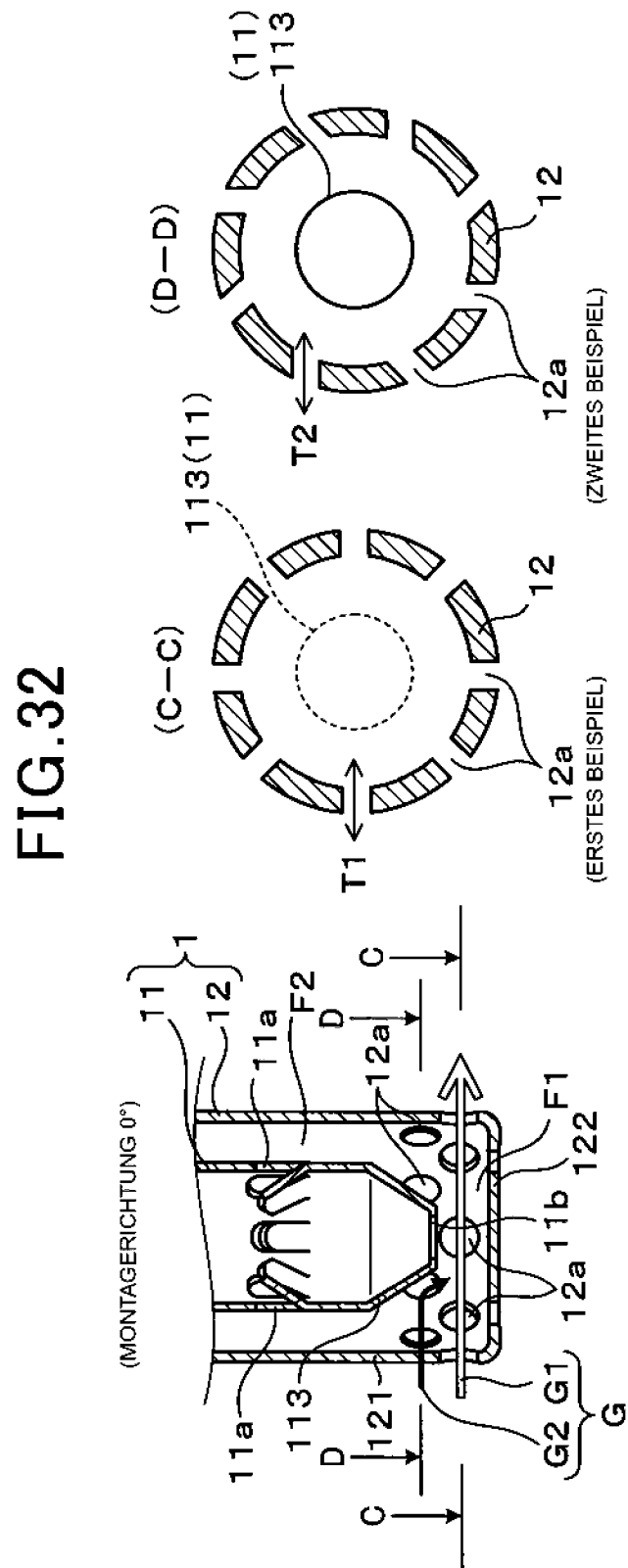


FIG.33

BEREICH MIT SEHR NIEDRIGER GESCHWINDIGKEIT $\leq 3\text{m/s}$ (MONTAGERICHTUNG 0°)

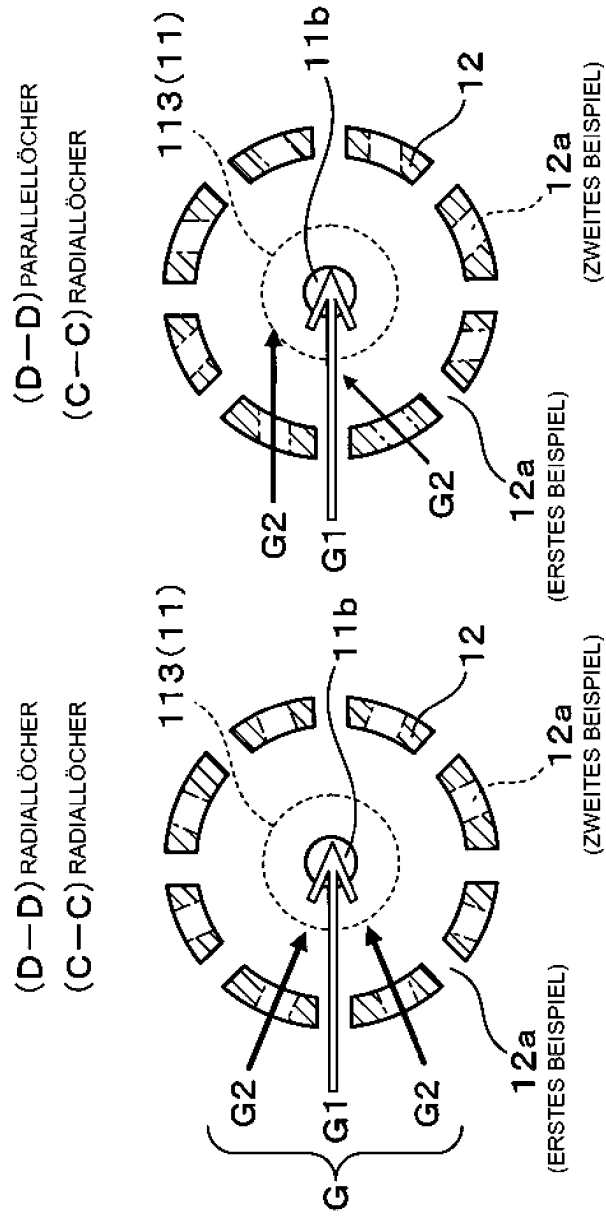


FIG.34

BEREICH MIT SEHR NIEDRIGER GESCHWINDIGKEIT ≤ 3 m/s (MONTAGERICHTUNG 0°)

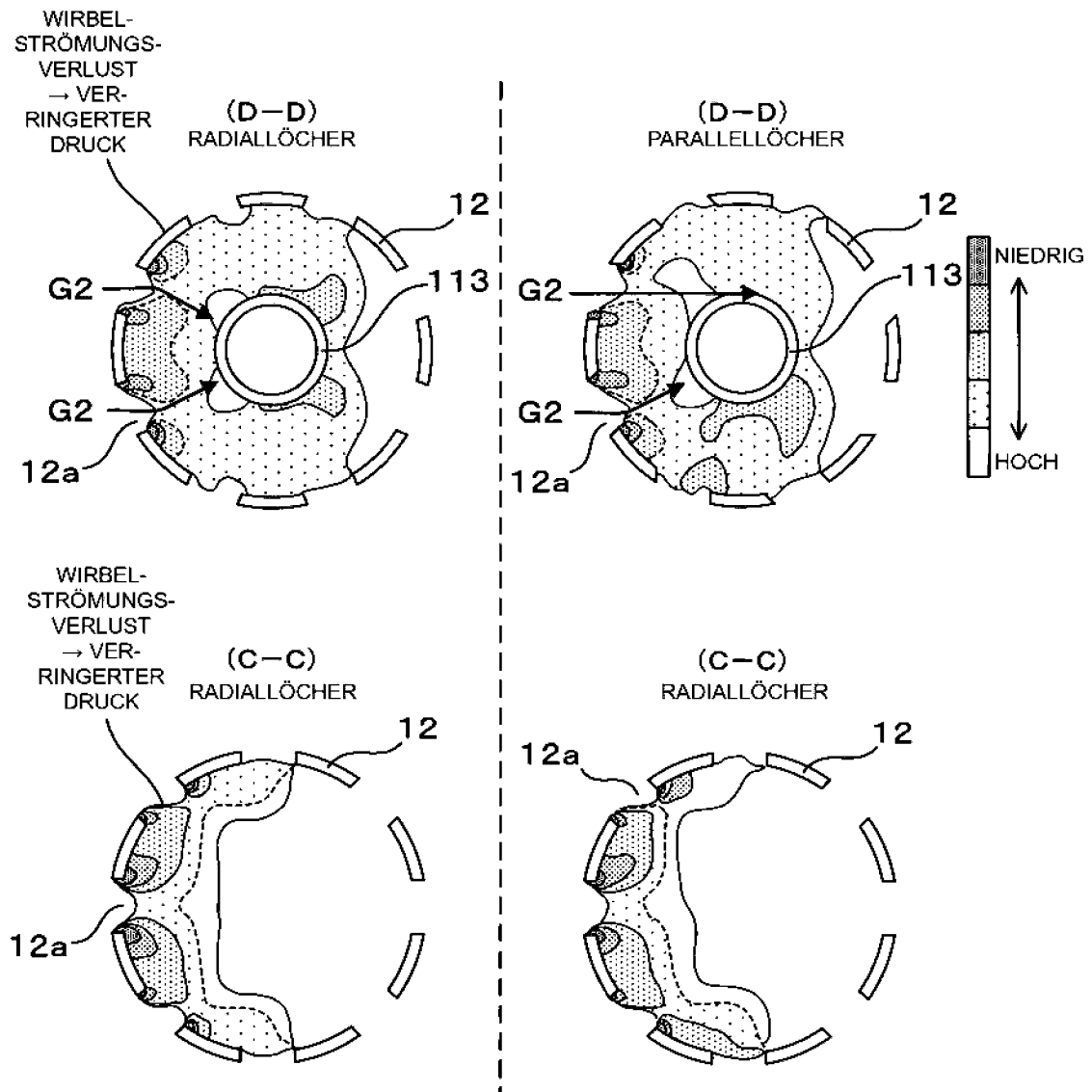


FIG.35

BEREICH MIT SEHR NIEDRIGER GESCHWINDIGKEIT ≤ 3 m/s (MONTAGERICHTUNG 22,5°)

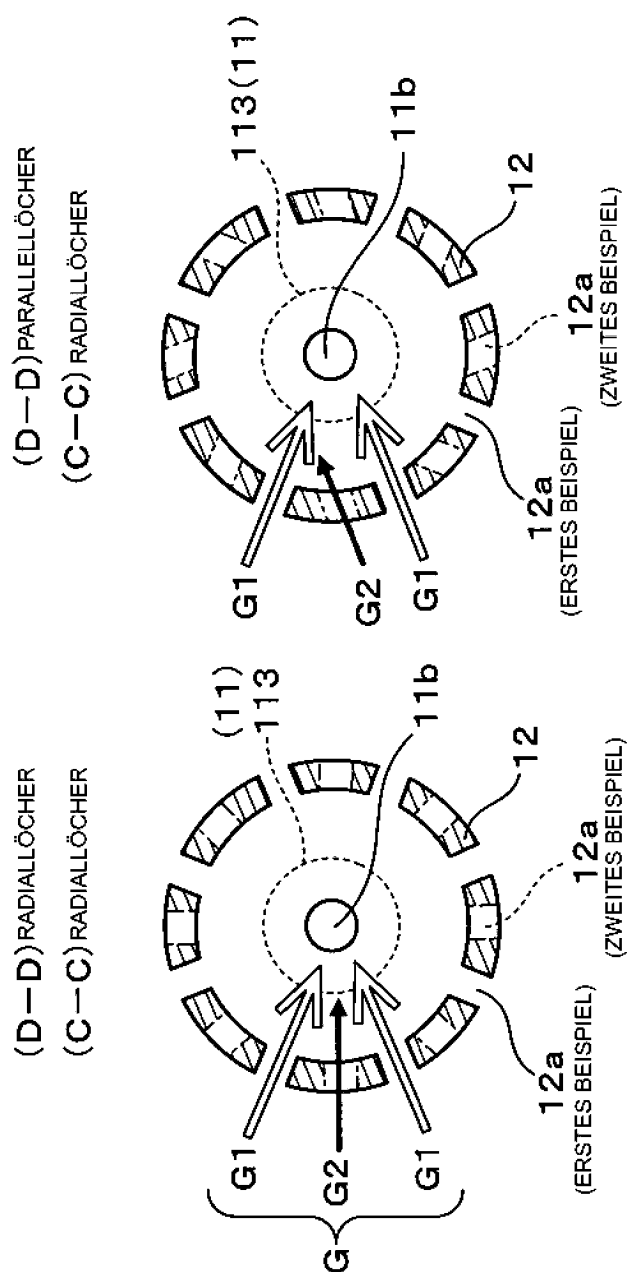


FIG.36

BEREICH MIT SEHR NIEDRIGER GESCHWINDIGKEIT ≤ 3 m/s (MONTAGERICHTUNG 22,5° DRUCKVERTEILUNG)

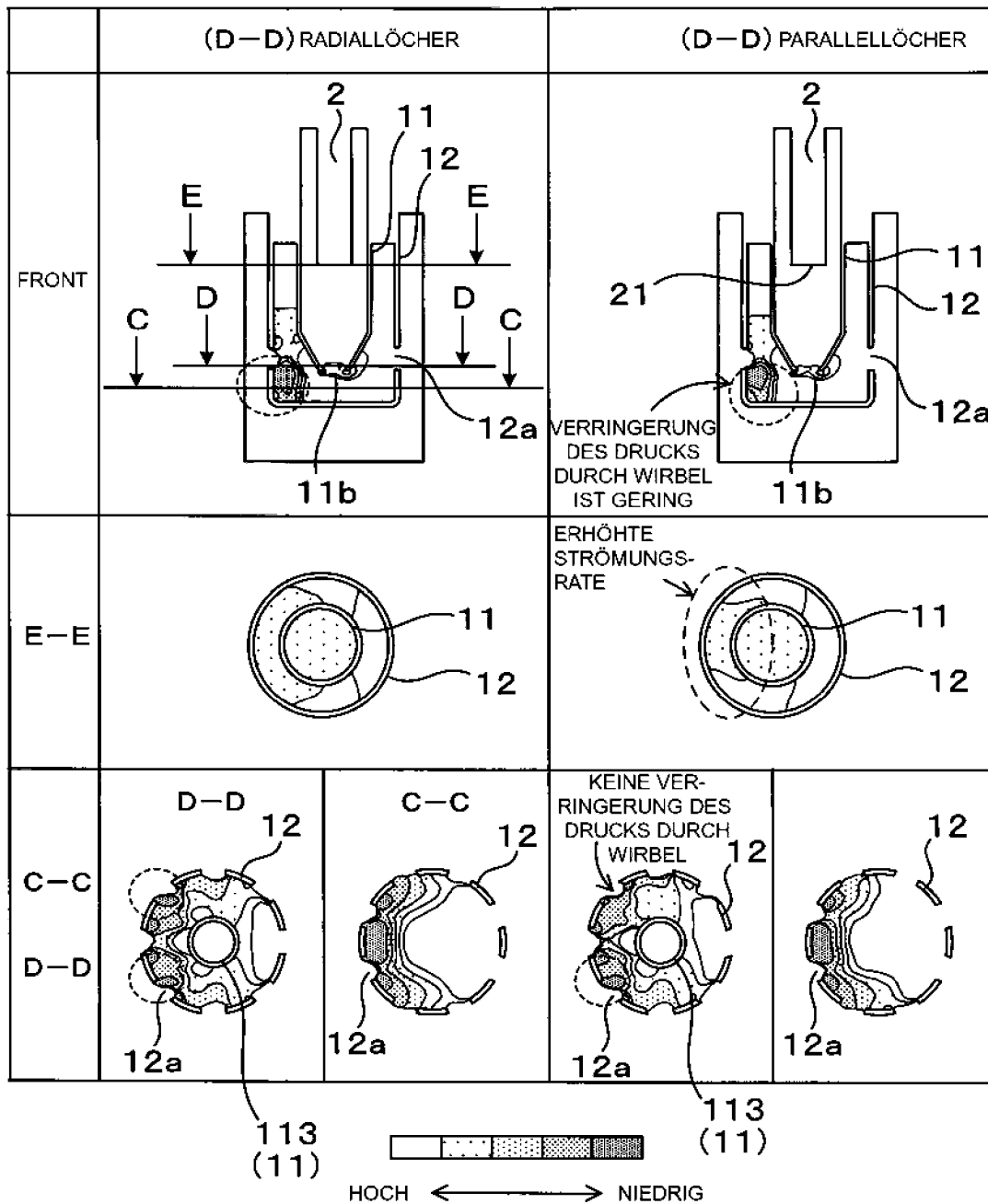


FIG.37

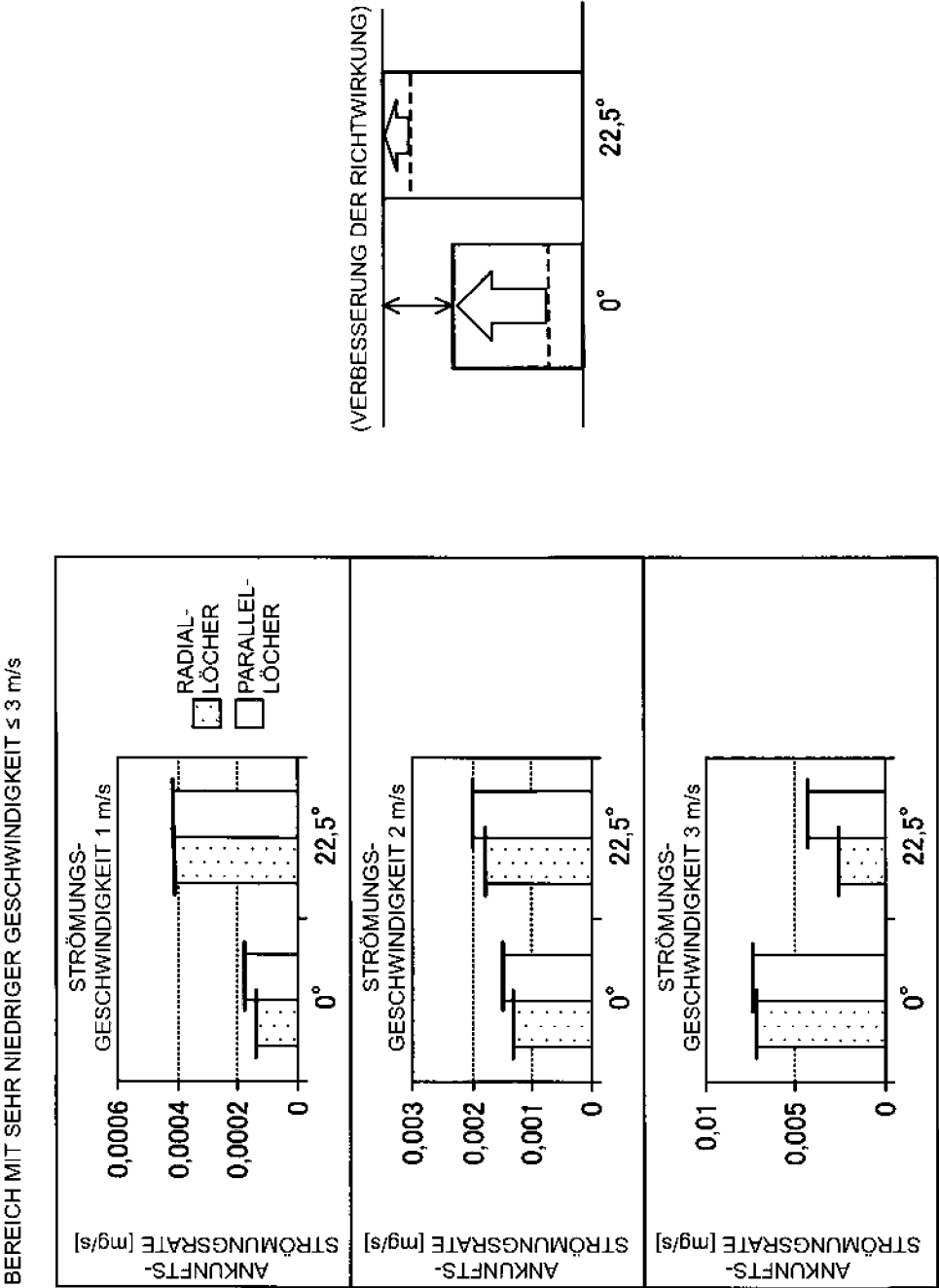


FIG.38

BEREICH MIT NIEDRIGER GESCHWINDIGKEIT (> 3 m/s, ≤ 10 m/s)
~ BEREICH HOHER STRÖMUNGSGESCHWINDIGKEIT

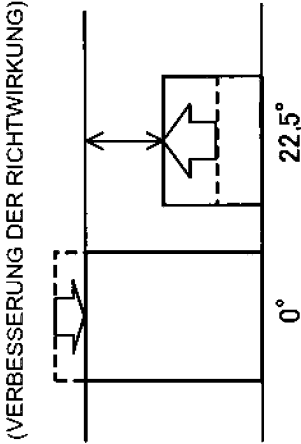
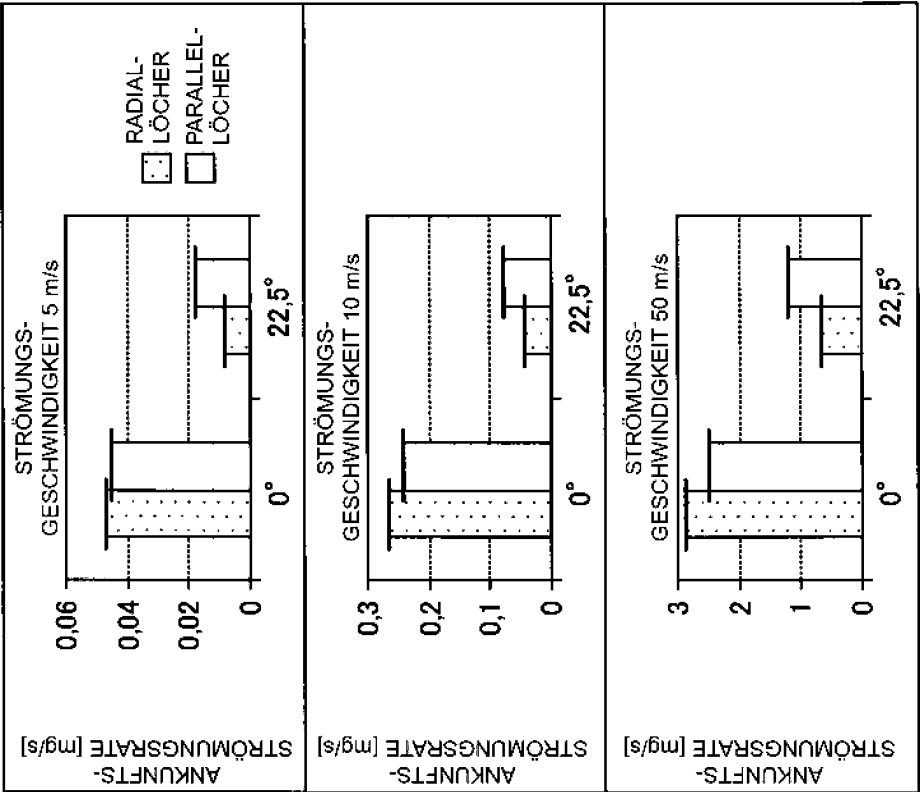


FIG.39

BEREICH MIT HOHER STRÖMUNGSGESCHWINDIGKEIT (50 m/s)

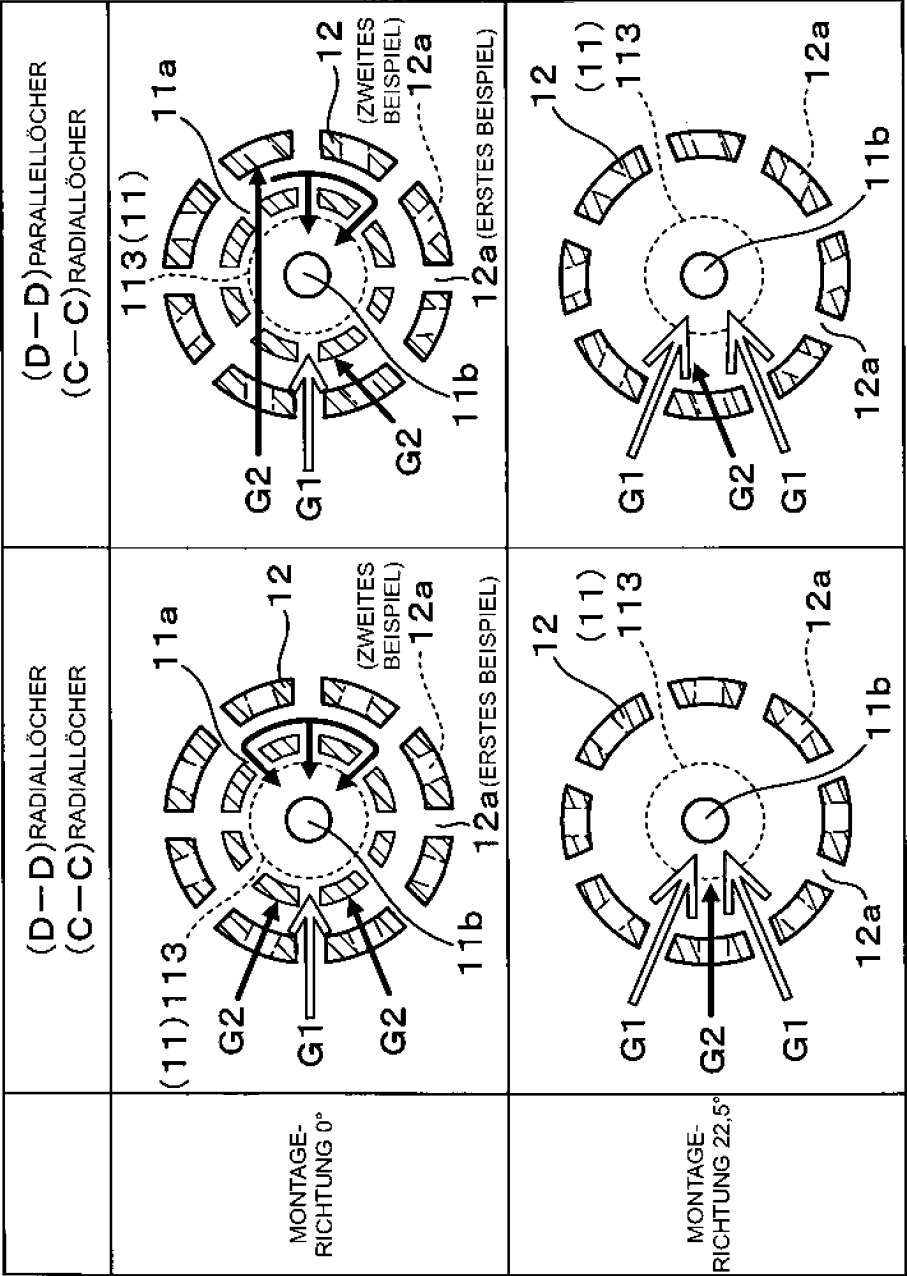


FIG.40

BEREICH MIT HOHER STRÖMUNGSGESCHWINDIGKEIT (50 m/s)

(D—D) RADIALLÖCHER

(C—C) RADIALLÖCHER

(D—D) PARALLELLÖCHER

(C—C) RADIALLÖCHER

