



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 329 876 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
23.07.2003 Patentblatt 2003/30

(51) Int Cl.7: **G10K 11/178**

(21) Anmeldenummer: **02027899.0**

(22) Anmeldetag: **13.12.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
IE IT LI LU MC NL PT SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO

(71) Anmelder: **FILTERWERK MANN + HUMMEL
GMBH**
71638 Ludwigsburg (DE)

(72) Erfinder: **Graefenstein, Andreas**
76131 Karlsruhe (DE)

(30) Priorität: **17.01.2002 DE 10201494**

(74) Vertreter: **Voth, Gerhard, Dipl.-Ing.**
Hindenburgstrasse 45
71638 Ludwigsburg (DE)

(54) **Resonator zur Schalldämpfung in einem schallführenden Rohrkanal**

(57) Ein Resonator zur Schalldämpfung in einem schallführenden Rohrkanal (2) ist mit einem aktiv steuerbaren Schallgeber (4) versehen, der zur Erzeugung von Störschall (16) zur Überlagerung des Rohrkanalschalls in einem Resonatorraum (12) angeordnet ist. Der Resonatorraum (12) ist durch eine schalldurchlässige Öffnung in einer Rohrwandung (3) des Rohrkanals (2) mit dessen Inneren verbunden. Ein Meß-Signal eines im Rohrkanal (2) angeordneten Schallsensors (8)

mit Aussage über das Schall Spektrum im Rohrkanal (2) wird mit gleicher Frequenz und mit inverser Phasenlage verstärkt auf den Schallgeber (4) geschaltet.

Um bei möglichst geringer Baugröße des Resonators eine Verstärkung der aktiven Unterdrückung des Schallpegels durch den Resonator zu erreichen, ist die schalldurchlässige Öffnung (7) in der Rohrwandung (3) als umlaufender Ringspalt (7) in der Rohrwandung (3) ausgebildet.

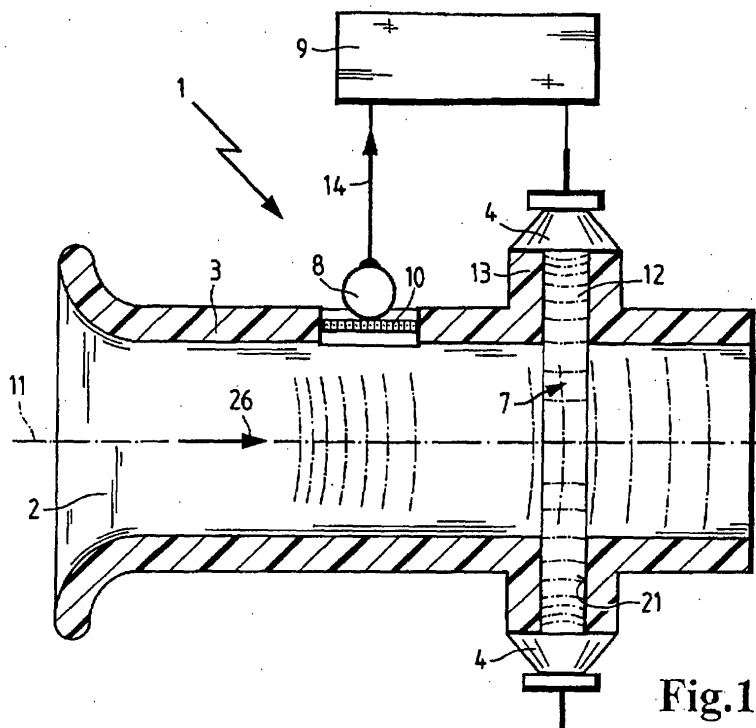


Fig.1

EP 1 329 876 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Resonator zur Schalldämpfung in einem schallführenden Rohrkanal der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Gattung.

[0002] Zur Senkung der Schallemission von luftführenden Rohrkanälen, beispielsweise bei Kraftfahrzeugen, sind aktive und passive Maßnahmen bekannt. Zur passiven Schallpegeldämpfung kommen Absorptionsdämpfer wie Dämm-Materialien und dgl. oder Resonanzdämpfer zur Anwendung. Als passive Bauteile, die dem zu dämpfenden, schallführenden Rohrkanal zugeordnet werden, sind des weiteren der sogenannte Nebenschluß- bzw. Reihenschlußresonator und das $\lambda/4$ -Rohr bekannt, die durch geeignete geometrische Auslegung auf den zu dämpfenden Frequenzbereich ausgelegt werden. Jedoch ist hierzu ein enormer Bauraum erforderlich, der insbesondere bei der Konstruktion von Motoren für Kraftfahrzeuge nicht zur Verfügung steht. Des weiteren führen Änderungen der bauräumlichen Gegebenheiten zum Einbau herkömmlicher passiver Resonatoren in der Regel zu kostenintensiven Konstruktionsänderungen.

[0003] Aus der WO 93/25999 ist ein aktiver Resonator zur Dämpfung der Schallentwicklung in einer Abgasleitung einer Brennkraftmaschine bekannt. Der bekannte Resonator weist einen Lautsprecher als aktivsteuerbaren Schallgeber auf, der zur Erzeugung von einem gegenphasigen Störschall zur Überlagerung des Rohrkanalschalls in einem Resonatorraum angeordnet ist, der innerhalb eines Resonanzkörpers ausgebildet ist. In der Rohrwandung des schallführenden Rohrkanals ist ein Stutzen ausgebildet, an den der dosenförmige Resonanzkörper angeschlossen ist und welcher eine schalldurchlässige Öffnung zwischen dem Resonatorraum und dem Rohrkanal bildet. Der Lautsprecher wird von einer Steuereinheit angesteuert zur Erzeugung eines Schallsignals, welches sich durch Modifikation im Resonatorraum als Störschall mit dem zu dämpfenden Schall im Rohrkanal gegenphasig überlagert und dadurch eine Schalldämpfung bewirkt. Die Steuereinheit zieht dabei ein Meß-Signal eines Schallsensors in dem Rohrkanal heran, wobei zur Regelung des Störschalls ein Feedback-Signal mit Aussage über den verbleibenden Schallpegel nach der Dämpfung herangezogen wird.

[0004] Aus der DE 198 61 018 C2 ist ein gesteuerter akustischer Wellenleiter zur Schalldämpfung bekannt, bei dem eine langgestreckte Hohlkammer als Resonatorraum über eine schallübertragende Öffnung mit dem schallführenden Rohrkanal verbunden ist. Die Längsresonanzen des Resonatorraums sind aktiv mittels eines Schallgebers beeinflussbar, der an der der Öffnung zum schallführenden Rohrkanal gegenüberliegenden Stirnseite des Resonatorraumes angeordnet ist. Zur Bestimmung des Störsignals des Schallgebers ist im Rohrkanal ein Sensor zur Erfassung des Schallspektrums im

Rohrkanal angeordnet sowie ein Mikrofon unmittelbar vor der Membran des Schallgebers vorgesehen, der die Membranschwingungen des Schallgebers erfaßt. Das Mikrofonsignal soll mit einem Verstärker invertiert und in Abhängigkeit des Schallsignals des Sensors im Rohrkanal verstärkt an den Lautsprecher rückgekoppelt werden.

[0005] Die bekannten aktiven Resonanzresonatoren erfordern ein großes Bauraumvolumen, das nicht überall zur Verfügung steht, zum Beispiel in der Kraftfahrzeugtechnik. Insbesondere zur Dämpfung niedriger Frequenzen unterhalb 100 Hz benötigt man oft bei den bekannten Einrichtungen größere Volumina der Resonanzkörper und große geometrische Abmessungen abhängig von der zu erzielenden Dämpfung. Sofern nur ein geringer Bauraum für Einrichtungen zur Schallpegeldämpfung zur Verfügung steht, ist die Verwendung bekannter Resonatoren mit großen Abmessungen oft ausgeschlossen oder ihr Einsatz nur bedingt möglich.

[0006] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Resonator der gattungsgemäßen Art zu schaffen, mit dem bei geringem Bauraum des Resonators eine starke aktive Unterdrückung des Schallpegels möglich ist.

[0007] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0008] Erfindungsgemäß ist der Querschnitt der schalldurchlässigen Öffnung in der Rohrwandung in einer im wesentlichen senkrecht zu einer Längsachse des Rohrkanals liegenden Ringform vorgesehen, wobei die vom Schallgeber aktiv im Resonatorraum erregten akustischen Wellen des Störschalls über den gesamten Umfang des Rohrkanals eindringen und so bei kompakter Bauweise des Resonators effizient die eindimensionale Schallwellenausbreitung im Rohrkanal dämpfen können. Dabei kann der Resonanzraum durch mehrere Rohranschlüsse oder ringförmig angeordnete Bohrungen mit dem Rohrkanal verbunden sein. Besonders vorteilhaft ist die schalldurchlässige Öffnung als umlaufender Ringspalt in der Rohrwandung ausgebildet, welche direkt auf die Schallmoden im Rohrkanal wirkt und eine geringe Impedanz aufweisen. Dabei können insbesondere auch tieffrequente Moden gedämpft werden. Der Ringspalt erlaubt eine symmetrische Einwirkung des Störschalls, wobei die akustische Welle im Rohrkanal effizienter beeinflusst bzw. ausgelöscht werden kann. Die Dimensionierung der Breite des Ringspalt in der Rohrwandung und der Ringspaltfläche hängt vom jeweiligen Einsatz des erfindungsgemäßen Resonators ab, nämlich von dem zu dämpfenden Schallspektrum. So ist etwa beim Einsatz in der Ansaugleitung einer Brennkraftmaschine die Schallentwicklung und damit die Dimensionierung der Spaltbreite und der Ringspaltfläche (Volumenhub) insbesondere auch von dem Zylinderhub der Brennkraftmaschine vorgegeben.

[0009] Nachdem mit einem Sensor im Rohrkanal die Schallfrequenz detektiert und das Meß-Signal des Sensors von einer Steuereinheit unter gegenphasiger Ver-

stärkung an den Schallgeber weitergegeben wird, gelangen die im Resonatorraum erzeugten Störschallwellen durch den Ringspalt in einer akustisch besonders wirksamen Weise zur Erzeugung von Interferenzeffekten in den Rohrkanal.

[0010] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind nachstehend anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt eines schallführenden Rohrkanals mit einem erfindungsgemäßen Resonator,

Fig. 2 ein Schaltungsschema der Steuerelektronik des Resonators gemäß Fig. 1,

Fig. 3 eine alternative Gestaltung des erfindungsgemäßen Resonators mit einer elektrischen Ringspule als Schallgeber,

Fig. 4 eine Ausführungsvariante zu Fig. 3 mit zwei Ringspulen,

Fig. 5 eine alternative Gestaltung des erfindungsgemäßen Resonators mit einem Piezo-Element als Schallgeber.

[0011] Fig. 1 zeigt einen Resonator 1, dessen Rohrwandung 3 im wesentlichen symmetrisch zu einer Längsachse 11 ausgebildet ist. Der Rohrkanal ist an ein gasführendes Rohrleitungssystem wie etwa einem Ansaugkanal einer Brennkraftmaschine angeschlossen oder er kann auch Teil der Ansaugleitung sein. Der Rohrkanal 2 führt daher Schall, welcher von der Brennkraftmaschine erzeugt wird und sich in dem Rohrkanal 2 in Pfeilrichtung 26 ausbreitet. Der Resonator 1 zur Dämpfung des Schalls im Rohrkanal 2 weist aktiv von einer Steuereinheit 9 steuerbare akustische Schallgeber 4 auf, die einen Störschall zur Überlagerung des Rohrkanalschalls erzeugen. Dabei wird das Meß-Signal 14 eines Mikrofons 8 im Rohrkanal 2 der Steuereinheit 9 eingegeben und mit gleicher Frequenz und inverser Phasenlage verstärkt von den Schallgebern 4 in Störschall umgesetzt. Das Mikrophon 8 ist in der Rohrwandung 3 gehalten und kann durch einen schalldurchlässigen Verschuß 10 von dem gasführenden Innenraum des Rohrkanals 2 getrennt liegen.

[0012] Die optimale Messposition des Mikrofons wäre jedoch gegeben, wenn dieses mittig auf der Längsachse 11 des Rohrkanals 2 liegen würde. In diesem Fall könnte das Mikrophon ein in der Rohrwandung gehaltenes, in das Zentrum des Rohrkanals eingeführtes Röhrchen sein, dessen Öffnung zur Messung des statischen Schalldruckes im strömungsmechanischen Totbereich des Mikrophonkörpers jenseits der Strömungsrichtung 26 liegt.

[0013] Der akustische Schallgeber 4 ist in einem Resonatorraum 12 angeordnet, der das vom Schallgeber

4 abgestrahlte Störschallsignal gleicher Frequenz und inverser Phasenlage zum Schall im Rohrkanal 2 durch eine Öffnung 7 in den Rohrkanal 2 weitergibt. Die Öffnung 7 ist erfindungsgemäß als Ringspalt 7 ausgebildet, der mindestens annähernd senkrecht zu der Längsachse 11 in der Rohrwandung 3 ausgebildet und von mindestens einer ebenfalls senkrecht zur Längsachse der Rohrwandung verlaufenden Wand 21 begrenzt ist. Der Ringspalt 7 kann Teil des Resonatorraums 12 sein, wobei der akustische Schallgeber 4 senkrecht zur Längsachse 11 des Rohrkanals 2 angeordnet ist und so den Störschall direkt durch den Resonatorraum 12 und den Ringspalt 7 zur dämpfenden Einwirkung auf die sich eindimensional im Rohrkanal 2 ausbreitenden Schallwellen abstrahlt.

[0014] Fig. 2 zeigt in schematischer Darstellung die Elektronik der Steuereinheit 9. Das Meß-Signal 14 des Mikrofons 8 im Rohrkanal 2 (Fig. 1) wird auf eine invertiert arbeitende Endstufe 15 geschaltet und treibt so mit einem verstärkten Signal 14' mit gleicher Frequenz wie das Meß-Signal 14 des Mikrofons 8, jedoch entgegengesetzter Phasenlänge den akustischen Schallgeber 4 direkt an. Für eine effiziente Dämpfung kann es zweckmäßig sein, geeignete Bandfilter bzw. Verzögerungsstufen in den Verstärker 15 zu integrieren.

[0015] Fig. 3 zeigt einen Resonator 1, bei dem der Resonatorraum 12 ringförmig in einem den Rohrkanal 2 umgreifenden Resonatorgehäuse 13 ausgebildet ist. Das Resonatorgehäuse 13 ist dabei durch sich überdeckende Wandabschnitte 22a und 22b gebildet, die jeweils die Endabschnitte zweier Abschnittsbaueteile 3a, 3b der Rohrwandung des Rohrkanals 2 sind. Der Resonatorraum 12 wird dabei in axialer Richtung des Rohrkanals 2 durch radiale Wandteile der jeweiligen Abschnittsbaueteile 3a, 3b begrenzt. Durch die Teilung des Resonatorgehäuses 13 entsprechend den zusammengeführten Abschnittsbaueteilen 3a, 3b wird eine sehr kompakte Bauweise des Resonators 1 erzielt, wobei der außenliegende Wandabschnitt der beiden sich überdeckenden Wandabschnitte 22a, 22b länger ausgebildet ist als der innenliegende Wandabschnitt 22a, so daß ein Ringspalt 7 über den gesamten Umfang der Rohrwandung des Rohrkanals 2 verbleibt.

[0016] Der im Resonatorraum 12 angeordnete Schallgeber ist im Ausführungsbeispiel der Fig. 3 eine elektrisch betriebene Ringspule 5, an die das von der in Fig. 2 gezeigten Steuereinheit 9 erzeugte invertierte Frequenzsignal 14' zur Erzeugung des Störschalls 16 geschaltet wird. Zur Umsetzung des Steuersignals 14' in Störwellen 16 zur Überlagerung mit dem Kanalschall im Rohrkanal 2 ist ein magnetisiertes Ferritrohr 17 vorgesehen, welches in axialer Richtung bezüglich der Längsachse 11 des Rohrkanals 2 in das Magnetfeld der Ringspule 5 eintaucht. Das Ferritrohr 17 trägt eine Ringscheibe 18 oder Membran, welche den die Spule 5 aufnehmenden Teil des Resonatorraums 12 im wesentlichen luftdicht begrenzt. Die Ringscheibe 18 folgt dem Ferritrohr 17 im Magnetfeld der Spule 5, wobei das Ma-

gnettfeld von dem Steuersignal 14' bestimmt wird. Auf diese Weise wird im Resonatorraum 12 Schalldruck, der durch den Ringspalt 7 in der Rohrwandung in Störschall umgesetzt wird, erzeugt. Das Ferritrohr ist im wesentlichen reibungsfrei an der äußeren Mantelfläche des Abschnittsbau- 5 teils 3a des Rohrkanals 2 gelagert, beispielsweise wie in der gezeigten Ausführung mittels Kugellager 23.

[0017] Die Fig. 4 zeigt eine Variante des Resonators 1, der ähnlich wie derjenige gemäß Fig. 3 aufgebaut ist. Hierbei ist ein spiegelsymmetrisch angeordneter zweiter Aktuator in Form einer weiteren Spule 5' vorgesehen, der bei gleicher Magnetfeldrichtung gegenphasig oder bei entgegengesetztem Magnetfeld mitphasig betrieben wird. Durch eine solche Anordnung werden die je nach Schwingungsmasse des Ferritrohres 17 und der Membran bzw. Ringscheibe 18 entwickelten Geräusche unterbunden, da ein Massenausgleich bewirkt wird. Die übrigen Bezugszeichen in Fig. 4 stimmen für gleiche Teile mit denjenigen der Fig. 3 überein.

[0018] Fig. 5 zeigt eine weitere Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Resonators, bei der das Steuersignal 14' mit Aussage über Frequenz und Phasenlage des zu erzeugenden Störschalls 16 durch ein piezoelektrisches Schwingungselement 6 im Resonatorraum 12 in Störschall 16 umgesetzt wird. Der Resonatorraum 12 ist als Ringzylinder konzentrisch zur Längsachse 11 des Rohrkanals 2 ausgebildet. Dabei begrenzen im Hinblick auf eine kompakte Bauweise des Resonators 1 zwei benachbarte Abschnittsbau- 30 teile 3a, 3b der Rohrwandung des Rohrkanals 2 die innenliegende Seite des Resonatorgehäuses 13, während die radial außenliegende Seite des Resonatorgehäuses 13 von einem die Rohrwandungsteile 3a, 3b axial zusammenhaltenden Gehäuse- 35 teil gebildet ist. Der Ringspalt 7 wird in diesem Ausführungsbeispiel auf der dem Schwingungselement 6 benachbarten Seite von einem abgerundeten Ende des Rohrabschnitts 3a und auf der gegenüberliegenden Seite von einer radialen Wand 21 begrenzt. In der gezeigten Ausbildung des Schallgebers als Piezoschwin- 40 ger 6 kann zwar ein höherer Schaltungsaufwand zur Erzeugung des Störschalls 16 mit der Frequenz des Schalls im Rohrkanal 2 erforderlich sein und eine erhöhte Speisespannung gegenüber den Ausführungen mit akustischen Schallgebern oder einer Ringspule gemäß Fig. 3, jedoch kann aufgrund der hohen Resonanzfre- 45 quenzen von Piezoschwingern ein besonders gutes Dämpfungsresultat bei hohen Frequenzen ab ca. 4 KHz erreicht werden.

Patentansprüche

1. Resonator zur Schalldämpfung in einem schallführenden Rohrkanal (2) mit einem aktiv steuerbaren Schallgeber (4, 5, 6), der zur Erzeugung von Störschall (16) zur Überlagerung des Rohrkanalschalls in einem Resonatorraum (12) angeordnet ist, wel-

cher durch eine schalldurchlässige Öffnung in einer Rohrwandung (3) des Rohrkanals (2) mit dessen Inneren verbunden ist, und mit einer Steuereinheit (9), deren Eingangsseite mit einem im Rohrkanal (2) angeordneten Schallsensor (8) verbunden ist und welche in Abhängigkeit eines Meß-Signals (14) des Sensors (8) mit Aussage über das Schallspektrum im Rohrkanal (2) mit gleicher Frequenz und mit inverser Phasenlage verstärkt auf den Schallgeber (4) geschaltet ist,

dadurch gekennzeichnet, daß die schalldurchlässige Öffnung (7) in der Rohrwandung (3) als umlaufender Ringspalt (7) in der Rohrwandung (3) ausgebildet ist.

2. Resonator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die ringförmige Öffnung (7) von mindestens einer im wesentlichen senkrecht zu einer Längsachse (11) des Rohrkanals (2) verlaufenden Wand (21) begrenzt ist.

3. Resonator nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Sensor (8) im wesentlichen mittig im Rohrkanal (2) angeordnet ist.

4. Resonator nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Sensor ein akustisches Mikrofon (8) ist, welches in Richtung (26) des Schalls im Rohrkanal (2) vor dem Ringspalt (7) angeordnet ist.

5. Resonator nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Sensor (8) in der Rohrwandung (3) gehalten ist.

6. Resonator nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Resonatorraum (12) ringförmig um den Rohrkanal (2) ausgebildet ist.

7. Resonator nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Schallgeber (4) senkrecht zur Längsachse (11) des Rohrkanals (2) in dem Resonatorraum (12) angeordnet ist.

8. Resonator nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Resonatorraum (12) von einem ringförmig den Rohrkanal (2) umgreifenden Resonatorgehäuse (13) begrenzt ist.

9. Resonator nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Resonatorgehäuse (13) durch sich überdeckende Wandabschnitte (22a, 22b) zweier Abschnittsbau- 55 teile (3a, 3b) des Rohrkanals (2) radial begrenzt ist.

10. Resonator nach einem der Ansprüche 1 bis 9,

dadurch gekennzeichnet, daß ein elektroakustischer Schallgeber (4) vorgesehen ist.

11. Resonator nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, daß der Schallgeber 5
ein piezoelektrisches Schwingungselement (6) als
steuerbares Schallwandlerelement umfaßt.
12. Resonator nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, daß der Schallgeber 10
mindestens eine elektrische Ringspule (5) als akti-
ves Schallwandlerelement umfaßt.
13. Resonator nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, daß der Schallgeber 15
zwei Ringspulen (5) umfaßt, die spiegelsymme-
trisch zu dem Ringspalt (7) angeordnet sind.

20

25

30

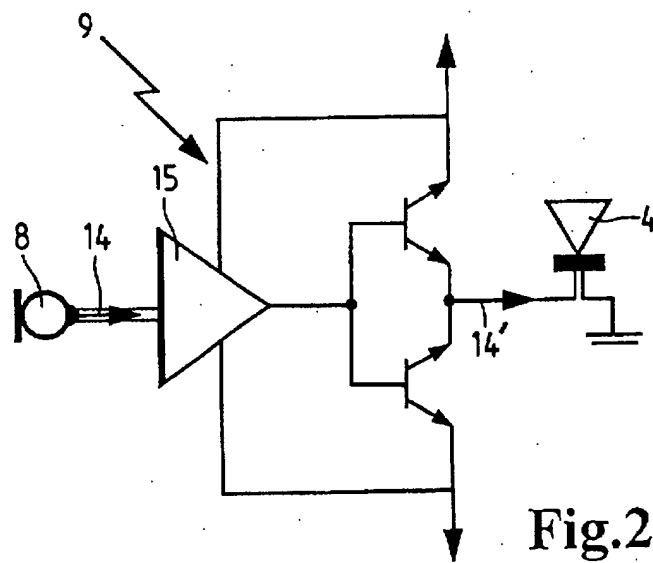
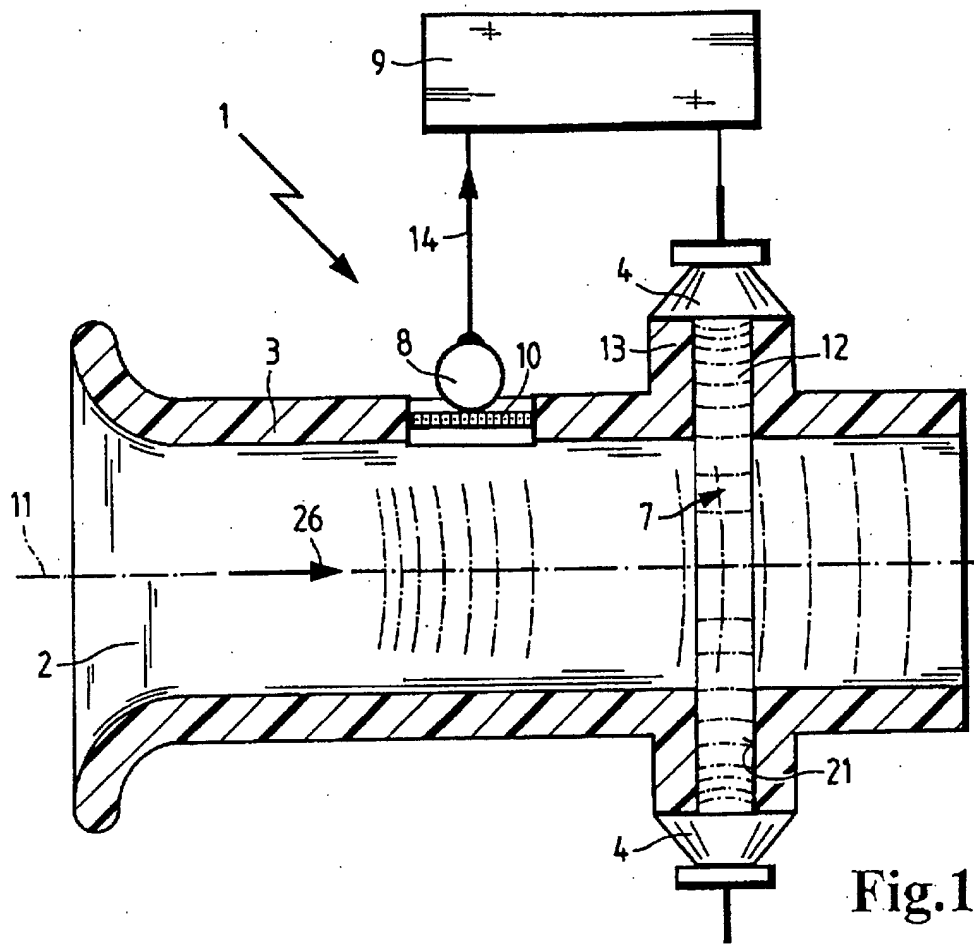
35

40

45

50

55



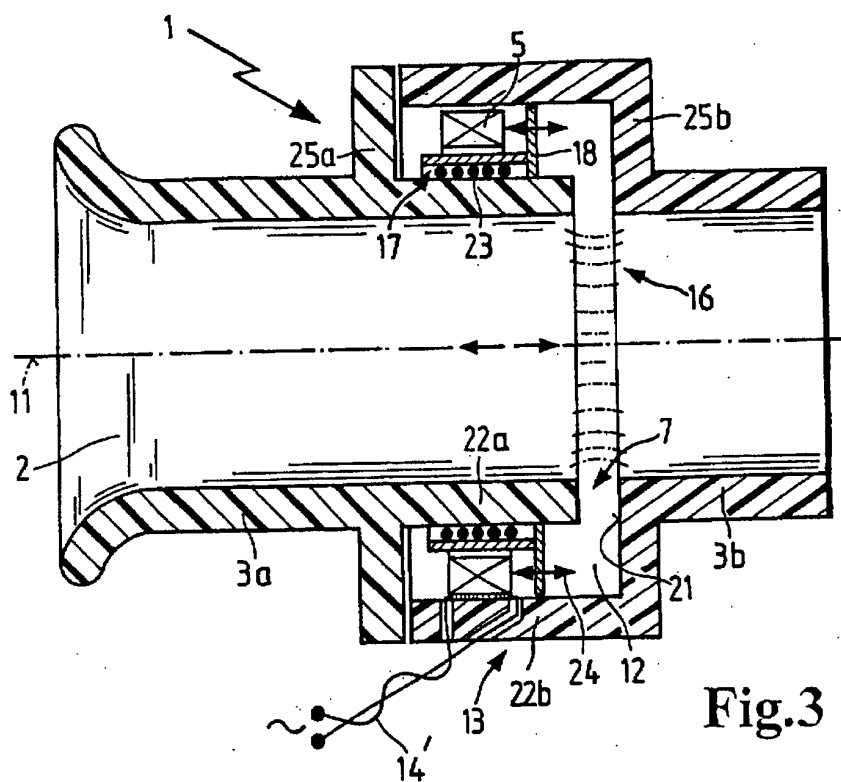


Fig.3

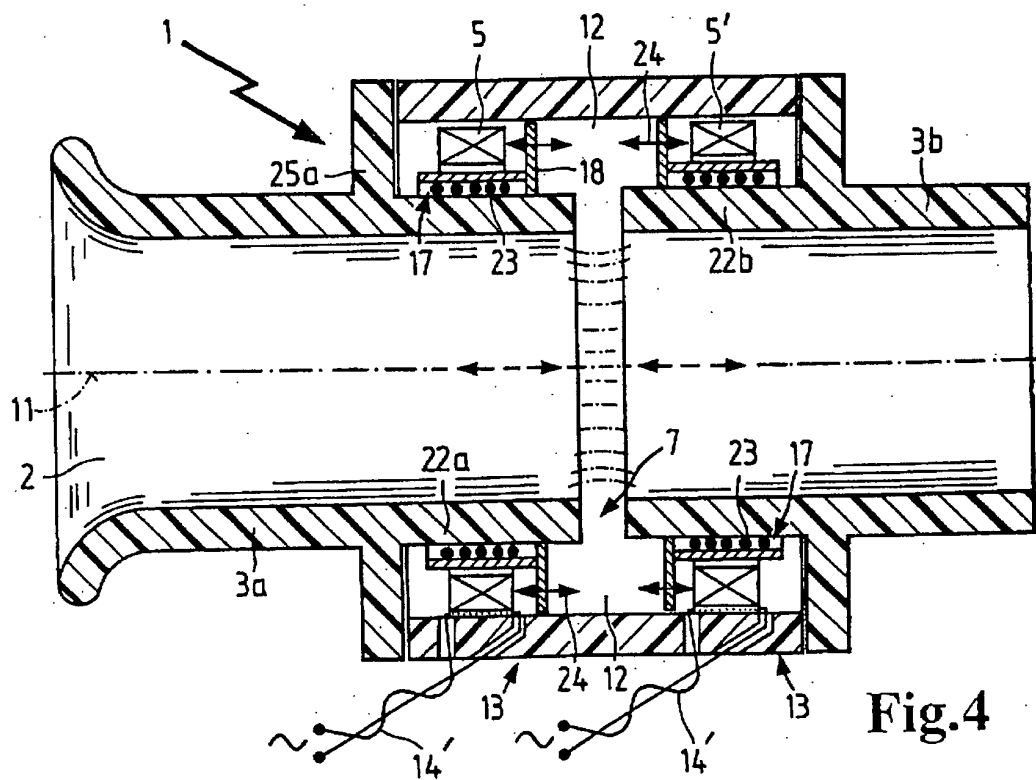


Fig.4

