



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
07.09.2005 Patentblatt 2005/36

(51) Int Cl.7: **G10K 11/178, G10K 15/04**

(21) Anmeldenummer: **04090083.9**

(22) Anmeldetag: **03.03.2004**

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

- **Holste, Fredi Dr.**
12247 Berlin (DE)
- **Arnold, Frank Dr.**
12435 Berlin (DE)
- **Moore, Alastair David**
Oakwood, Derby DE21 2JJ (GB)

(71) Anmelder:
• **Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG**
15827 Dahlewitz (DE)
• **ROLLS-ROYCE PLC**
London, SW1E 6AT (GB)

(74) Vertreter: **Wablat, Wolfgang**
Patentanwalt,
Potsdamer Chaussee 48
14129 Berlin (DE)

(72) Erfinder:
• **Rose, Marco Dr.**
09599 Freiberg (DE)

(54) **Anordnung zur Erzeugung von Schallfeldern mit bestimmter modaler Zusammensetzung**

(57) Eine Anordnung zur Simulation des von bestimmten Vorrichtungen, zum Beispiel einer Rotor-Stator-Anordnung einer Turbomaschine, erzeugten Schalls oder auch zur Erzeugung von Gegenschallfeldern für die aktive Schallminderung umfasst in einem von einem fließfähigen Medium durchströmten Strömungskanal (1) ausgebildete Strömungshindernisse (2), von denen in Abhängigkeit von ihrer Form und Größe und der Strömungsgeschwindigkeit in einer bestimmten Frequenz Wirbel (5, 6) abgelöst werden. Die Anzahl und räumliche

Anordnung der Strömungshindernisse ist so gewählt, dass ein durch die Gesamtheit der abgelösten Wirbel bedingtes, sich periodisch räumlich und zeitlich änderndes Druckfeld zur Anregung eines Schallfeldes (8) bestimmten modalen Inhalts erzeugt wird. Dieses Schallfeld wirkt synchronisierend auf die Wirbelbildung zurück. Der so gebildete Resonanzkreis, dessen Wirbelablösefrequenz im Bereich der Resonanzfrequenz des anzuregenden Schallfeldes liegt, stellt die Schallquelle dar.

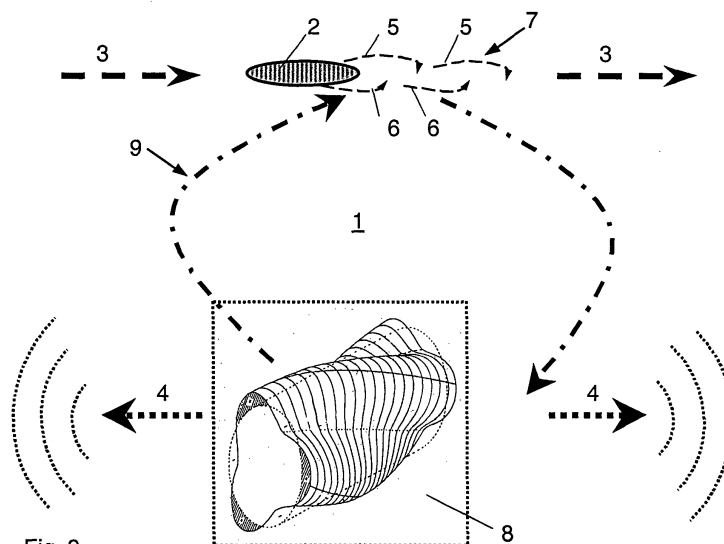


Fig. 9

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Erzeugung von Schallfeldern bestimmter modaler Zusammensetzung als simulierte Schallquelle für akustische Untersuchungen, insbesondere zur Simulation des von Rotor-Stator-Anordnungen von Turbomaschinen erzeugten Schalls oder als Gegenschallfeld zur aktiven Schallminderung.

[0002] In vielen technischen Bereichen ist die Anwendung und der Betrieb bestimmter Vorrichtungen, wie beispielsweise Flugzeugantriebe, Fahrzeugantriebe, Verdichter, Gasturbinen, Lüftungsanlagen, Ventilatoren und dgl., mit einem unerwünschten, aero-akustisch bedingten Geräuschpegel verbunden. In solchen Anlagen, beispielsweise bei den Rotor-Stator-Systemen von Verdichtern und Gasturbinen, ist die Untersuchung der Ursachen für die Entstehung und Ausbreitung des Luftschalls oder von zur Geräuschdämpfung getroffenen Maßnahmen mit einer realitätsnahen Versuchsanlage mit einem erheblichen technischen Aufwand verbunden. Bei Turbomaschinen sind derartige Untersuchungen mit Rotor-Stator-Anordnungen möglich, die wegen der erforderlichen Antriebseinheiten, der beweglichen Teile, des hohen Gewichts und der notwendigen Steuermechanismen aufwendig und teuer sind. Außerdem ist auch die Erzeugung eines simulierten Schallfeldes zu Testzwecken oder als Gegenschallfeld zur aktiven Schallminderung, wie beispielsweise in der US 5 702 230 oder der US 5 590 849 beschrieben, mit einem beträchtlichen apparativen, steuerungstechnischen und energetischen Aufwand für die Anordnung und den Betrieb von aktiven Elementen, wie beispielsweise Lautsprecher oder piezo-elektrische Geräuschquellen, verbunden. Zusätzliche Schwierigkeiten bereiten insbesondere die Bereitstellung leistungsfähiger Aktuatoren, deren hohes Gewicht, deren Energiebedarf und deren Betrieb bei hohen Temperaturen, Drücken und Strömungsgeschwindigkeiten.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung zur Erzeugung von Schallfeldern bestimmten modalen Inhalts, im folgenden auch als Modengenerator bezeichnet, zur Anwendung als simulierte Schallquelle für wissenschaftlich-technische Untersuchungen oder als Gegenschallfeld zur aktiven Schallminderung anzugeben, die einfach ausgebildet ist und mit geringem Kostenaufwand hergestellt und betrieben werden kann.

[0004] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einer gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1 ausgebildeten Vorrichtung gelöst. Weitere Merkmale und vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0005] Der Grundgedanke der Erfindung besteht mit anderen Worten in der Bereitstellung eines Modengenerators, der einen von einem fließfähigen Medium, insbesondere einem Gas, durchströmten Strömungskanal mit in diesem ausgebildeten Strömungshindernissen

umfasst. Die Strömungshindernisse sind so geformt, dass von diesen Wirbel aus dem strömenden Medium abgelöst werden. Die Form und Größe der Strömungshindernisse und die Strömungsgeschwindigkeit in dem Strömungskanal sind so gewählt, dass eine bestimmte Ablösefrequenz der Wirbel nicht unterschritten wird. Die Anzahl und räumliche Anordnung der Strömungshindernisse ist so eingestellt, dass ein durch die Gesamtheit der abgelösten Wirbel bedingtes, sich periodisch zeitlich und räumlich veränderndes Druckfeld erzeugt wird. Dieses Druckfeld regt ein Schallfeld von bestimmter modaler Zusammensetzung an, das auf die Wirbelablösung synchronisierend zurückwirkt. Der so durch Rückkopplung gebildete Resonanzkreis, bei dem die Wirbelablösefrequenz im Bereich der Resonanzfrequenz des anzuregenden Schallfeldes ist, stellt eine Schallwelle dar. Mit einfachsten Mitteln kann damit eine Schallquelle für bestimmte akustische Untersuchungen, zum Beispiel unter Fortfall der Stator-Rotor-Anordnung bei Triebwerksuntersuchungen, simuliert werden. Gleichmaßen können mit einer derart einfachen und kostengünstigen Anordnung Gegenschallfelder zur aktiven Schallminderung erzeugt werden. Der Apparate-, Gewichts- und Kostenaufwand kann erheblich reduziert werden.

[0006] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Erzeugung modaler Schallfelder (aero-akustischer Modengenerator);

Fig. 2 die Vorrichtung nach Fig. 1 in einem Längsschnitt;

Fig. 3 eine perspektivische Darstellung der Vorrichtung nach Fig. 1;

Fig. 4 eine Seitenansicht einer anderen Ausführungsform einer Vorrichtung zur Erzeugung modaler Schallfelder;

Fig. 5 die Vorrichtung nach Fig. 4 in einem Längsschnitt;

Fig. 6 eine perspektivische Darstellung eines Strömungshindernisses gemäß der Ausführungsform nach Fig. 4;

Fig. 7 eine Schnittansicht der Stützstange des Strömungshindernisses nach Fig. 6;

Fig. 8 eine Schnittansicht des eine Wirbelablösung bewirkenden Strömungshindernisses nach Fig. 6; und

Fig. 9 eine Darstellung des Wirkprinzips der Vorrichtung zur Erzeugung modaler Schallfelder.

[0007] Gemäß der Zeichnung sind in einem Strömungskanal 1 an dessen Innenumfang in regelmäßigem Abstand verteilt angeordnete Strömungshindernisse, gemäß den Figuren 1 bis 3 in Form von nur in einer Querschnittsebene angeordneten, senkrecht von der Kanalinnenwand abstrebenden, durchgehend rechteckigen Stegen 10 von gleicher Länge mit abgerundeten Kanten, vorgesehen. Das heißt, die Strömungshindernisse 2 können zur Erzeugung unterschiedlicher modaler Schallfelder auch andere Querschnittsformen aufweisen, weiter in den Kanalinnenraum hineinreichen oder näher an der Kanalwand liegen oder, wie in den Figuren 4 bis 8 dargestellt, auf Stützen im Kanal angeordnet sein oder auch als in die Kanalwand eingeformte Vertiefungen (nicht dargestellt) ausgebildet sein. Insbesondere ist die Querschnittsform der Strömungshindernisse 2 für die Ausbildung des Schallfeldes in dem Strömungskanal 1 von Bedeutung. Des Weiteren können die Strömungshindernisse 2 in ein und demselben Strömungskanal 1 auch unterschiedlich ausgebildet sein. Schließlich ist die Anordnung und Anzahl der Strömungshindernisse 2 variabel. Das heißt, die Strömungshindernisse können einzeln oder in einer größeren Anzahl auch in zwei oder mehreren Querschnittsebenen des Strömungskanals 1, und zwar auch versetzt zueinander angeordnet sein (jeweils nicht dargestellt). Der Strömungskanal 1 wird in Richtung des Pfeils 3 von einem fließfähigen Medium, hier einem Gas, durchströmt. In dem vorliegenden Fall der Simulation des Schallfeldes einer Rotor-Stator-Anordnung für eine Gasturbine, Verdichter oder dgl. handelt es sich um ein Heißgas oder ein Kaltgas. Die Ausbreitung des Schalls erfolgt gemäß dem Pfeil 4 in Strömungsrichtung 3 und entgegen der Strömungsrichtung 3. Bei der in den Figuren 4 bis 8 gezeigten Ausführungsvariante sind zur Ausbildung der Strömungshindernisse 2 Stege 11 vorgesehen, bei denen auf einer Stützstange 11a im Abstand von der Kanalinnenwand jeweils zwei Wirbelablöseabschnitte 11b im Abstand voneinander angeformt sind. Das Profil der Stützstange 11a ist, wie Fig. 7 zeigt, so geformt, das von diesem im Wesentlichen keine Wirbel abgelöst werden können.

[0008] Der Wirkungsmechanismus des oben beschriebenen Schallfeldgenerators (aero-akustischer Modengenerator) zur Umwandlung der Strömungsenergie des Mediums in akustische Energie eines sich in Strömungsrichtung und entgegen der Strömungsrichtung fortpflanzenden Schallfeldes wird anhand der Fig. 9 wie folgt beschrieben: Aufgrund der Strömung lösen sich am Strömungshindernis 2 periodisch Wirbel 5 und 6 ab, die in Strömungsrichtung hinter dem Strömungshindernis 2 eine Wirbelstraße 7 bilden. Die Ablösefrequenz der Wirbel 5, 6 hängt von der Strömungsgeschwindigkeit und der Form und Größe des jeweiligen Strömungshindernisses 2 ab. Infolge der durch die periodische Wirbelablösung erzeugten Wechseldrucke entstehen Töne, die sich bei und oberhalb einer bestimmten Frequenz (cut-on-Frequenz, Resonanzfre-

quenz) im Strömungskanal 1 ausbreiten können. Diese Frequenz hängt von der Kanalgeometrie (Querschnittsform, Abmessungen), von der Strömungsgeschwindigkeit und der Gastemperatur ab. Die durch die periodische Wirbelablösung erzeugten Töne bilden in dem Strömungskanal 1 ein akustisches Druckfeld 8, das heißt, ein modales Schallfeld oder mindestens eine akustische Mode mit in Umfangsrichtung und/oder radialer Richtung, variabler Amplitude, die synchron auf das Strömungshindernis 2 und die von diesem ausgehende periodische Ablösung der Wirbel zurückwirkt (feedback loop gemäß Pfeil 9). Es entsteht ein geschlossener Resonanzkreis zwischen der Wirbelablösung und der akustischen Mode 8 sowie der akustischen Mode 8 und der Wirbelablösung, das heißt, die akustische Mode prägt der Wirbelablösung ihre Frequenz und Phase auf und durch die synchrone Rückkopplung der Moden auf die Wirbelbildung bildet sich ein hoher Schalldruckpegel aus, der in der Lage ist, bestimmte Lärmverhältnisse in technischen Anlagen, zum Beispiel in einer Rotor-Stator-Anordnung, zu simulieren oder auch - phasenverschoben - zur aktiven Schallminderung eines vorhandenen Schalldruckpegels benutzt werden kann. Die für die Schallerzeugung erforderliche Energie wird der Energie des strömenden Mediums entzogen, jedoch ist der Energieentzug vernachlässigbar klein und ohne Einfluss auf die Wirkung der zu untersuchenden technischen Vorrichtung, z.B. einer Rotor-Stator-Anordnung einer Turbomaschine.

Bezugszeichenliste

[0009]

- | | |
|-----|--|
| 1 | Strömungskanal |
| 2 | Strömungshindernis |
| 3 | Strömungsrichtung, Strömungsenergiefluss |
| 4 | Schallausbreitungsrichtung, akustischer Energiefluss |
| 5 | abgelöste Wirbel |
| 6 | abgelöste Wirbel |
| 7 | Wirbelstraße, aerodynamische Schallquelle |
| 8 | Akust. Mode, modales Schallfeld, Druckfeld |
| 9 | Feedback Loop, Rückkopplung zw. 8 und 2 |
| 10 | Stege mit gleichbleibendem Profil |
| 11 | Stege mit mehreren Ablöseabschnitten |
| 11a | Stützstange |
| 11b | Wirbelablöseabschnitt |

Patentansprüche

1. Anordnung zur Erzeugung von Schallfeldern bestimmter modaler Zusammensetzung als simulierte Schallquelle für akustische Untersuchungen, insbesondere zur Simulation des von Rotor-Stator-Anordnungen von Turbomaschinen erzeugten Schalls, oder als Gegenschallfeld zur aktiven

Schallminderung, **gekennzeichnet durch** einen von einem fließfähigen Medium durchströmten Strömungskanal (1) mit mindestens einem in diesem vorgesehenen Strömungshindernis (2) zur periodischen Ablösung von Wirbeln (5, 6) mit einer bestimmten Ablösefrequenz in Abhängigkeit von der Form und Größe der Strömungshindernisse (2) und von der Strömungsgeschwindigkeit, wobei die Anzahl und räumliche Anordnung der Strömungshindernisse (2) so gewählt ist, dass ein **durch** die Gesamtheit der abgelösten Wirbel bedingtes sich periodisch räumlich und zeitlich veränderndes Druckfeld zur Anregung eines Schallfeldes (8) bestimmten modalen Inhalts erzeugt wird, das auf die Wirbelablösung synchronisierend zurückwirkt, und ein so gebildeter Resonanzkreis, bei dem die Wirbelablösefrequenz im Bereich der Resonanzfrequenz des anzuregenden Schallfeldes ist, die Schallquelle darstellt.

2. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Strömungshindernisse (2) in einer oder mehreren Querschnittsebene(n) des Strömungskanals (1) sowohl in Umfangsrichtung als auch in Strömungsrichtung in regelmäßigem oder unregelmäßigem Abstand angeordnet sind.
3. Anordnung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strömungshindernisse (2) von der Innenwand des Strömungskanals abstrebende Stege (10, 11) mit einer Profilierung sind, die eine periodische Ablösung von Wirbeln (5 und 6) zur Ausbildung einer Wirbelstraße (7) und von Tönen sowie der entsprechenden akustischen Moden (8) gewährleistet.
4. Anordnung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stege (11) aus einer Stützstange (11a) mit einem oder mehreren Wirbelablöseabschnitt(en) (11b), die im Abstand von der Innenwand des Strömungskanals (1) und/oder im Abstand voneinander angeordnet sind, bestehen, wobei die Stützstange so profiliert ist, dass an dieser keine oder eine vernachlässigbare Wirbelablösung erfolgt.
5. Anordnung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strömungshindernisse (2) in die Innenwand des Strömungskanals (1) eingeformte Kavitäten sind.
6. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Strömungsmedium ein kaltes oder ein heißes Gas ist.
7. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Steuerung der Phasenlage der Wirbelablösung an den Strömungshindernissen

Mittel zur Schwingungsanregung vorgesehen sind.

8. Anwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 4 und 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strömungshindernisse (2) in mehreren Achsen verstellbar ausgebildet sind.

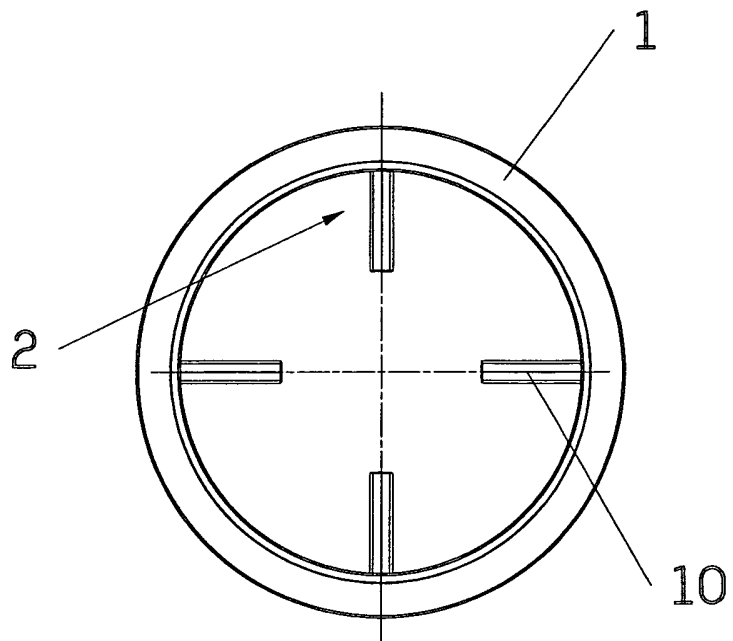


FIG. 1

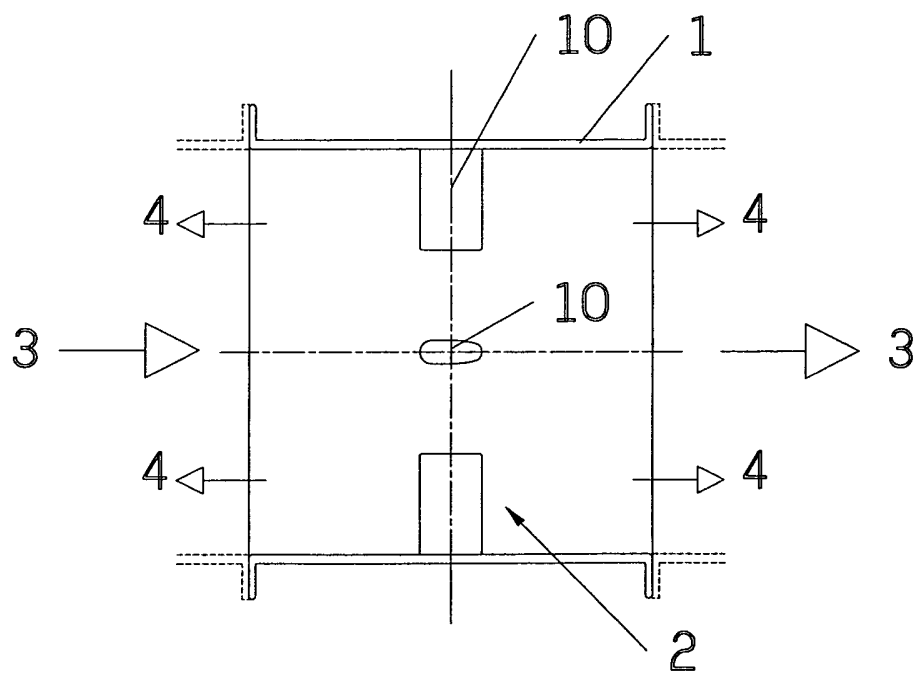


FIG. 2

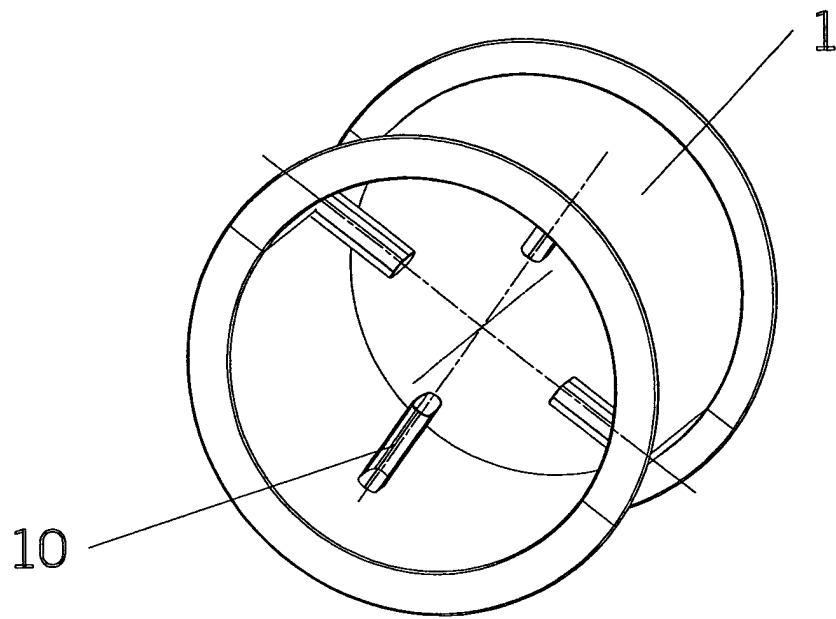


FIG. 3

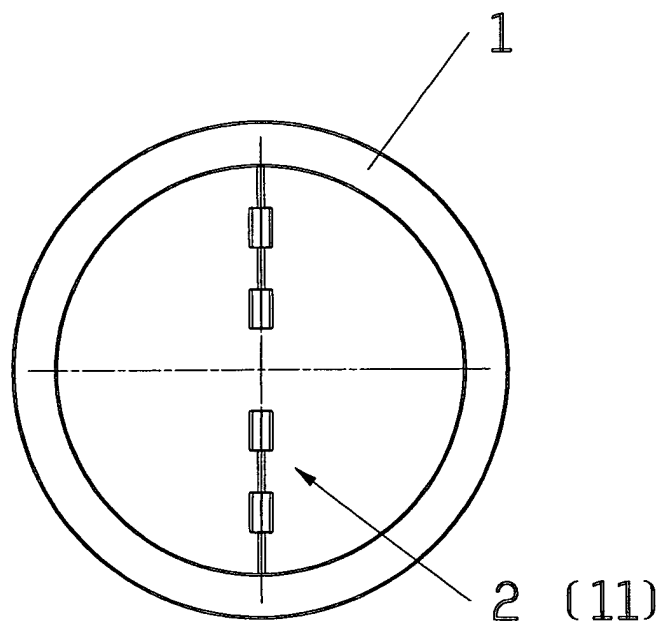


FIG. 4

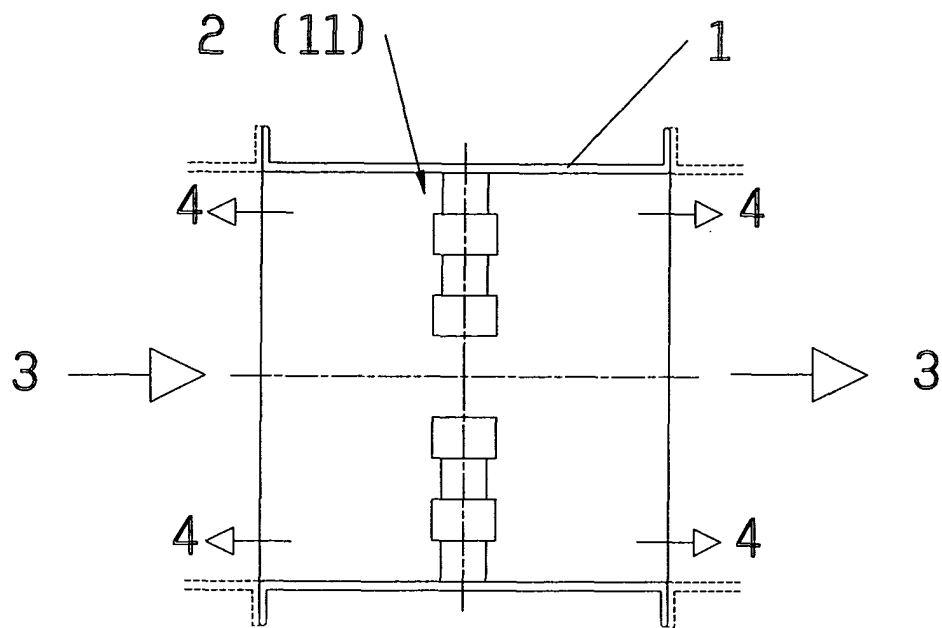


FIG. 5

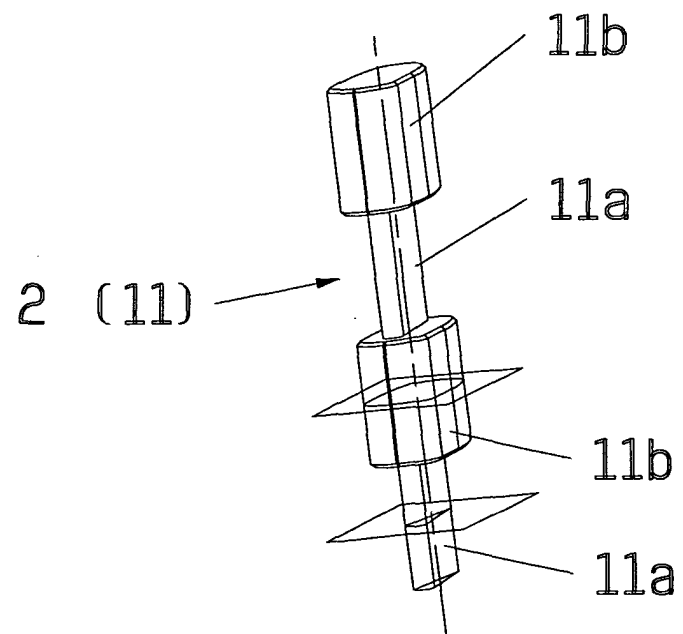


FIG. 6

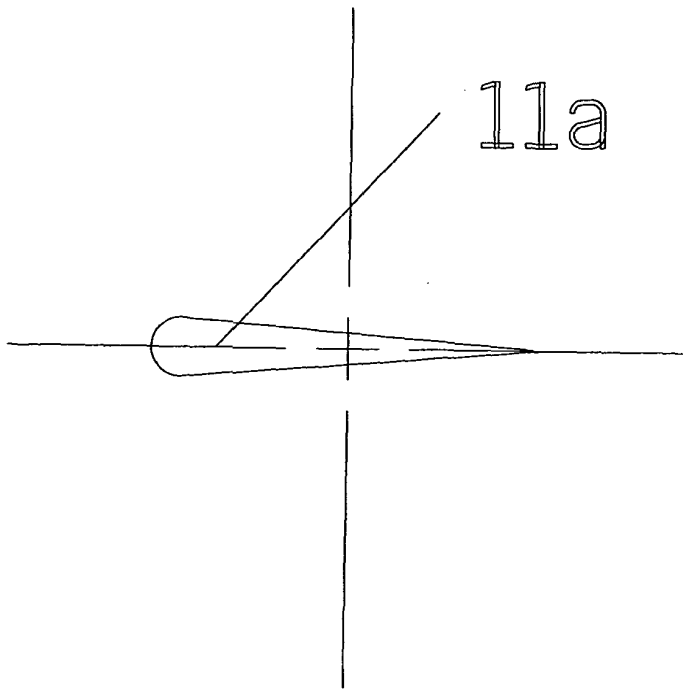


FIG. 7

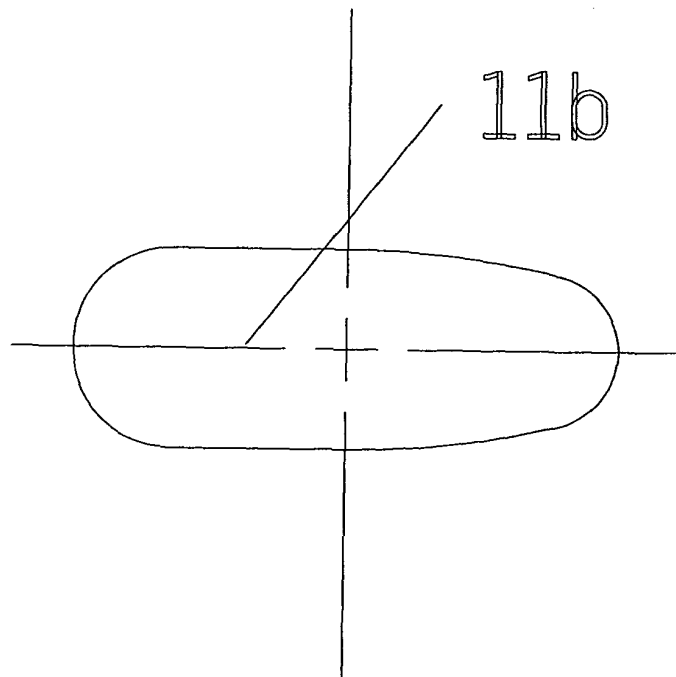


FIG. 8

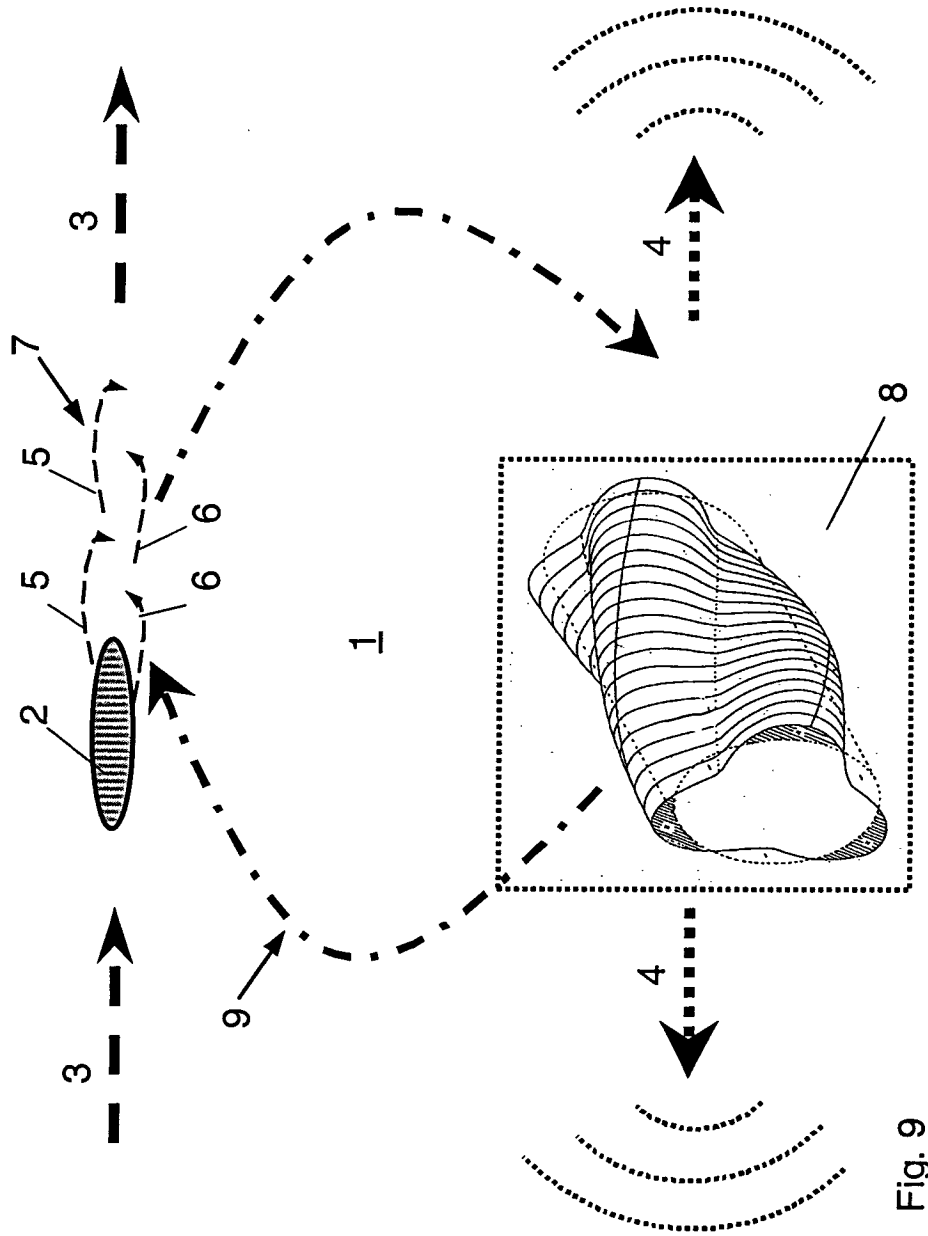


Fig. 9



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 04 09 0083

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	US 2 987 033 A (DOMENICO COCEANO) 6. Juni 1961 (1961-06-06) * das ganze Dokument *	1	G10K11/178 G10K15/04
A	US 2 514 129 A (SEAVEY GORDON C ET AL) 4. Juli 1950 (1950-07-04) * Ansprüche 1,2 *	1	
A	US 3 292 727 A (OSKAR BSCHORR) 20. Dezember 1966 (1966-12-20) * Anspruch 1 *	1	
A	DE 101 03 942 C (BSCHORR OSKAR) 23. Mai 2002 (2002-05-23) * Anspruch 1 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			G10K
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 31. August 2004	Prüfer Lorne, B
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

2
EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 04 09 0083

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

31-08-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2987033	A	06-06-1961	KEINE		
US 2514129	A	04-07-1950	KEINE		
US 3292727	A	20-12-1966	GB	1031404 A	02-06-1966
DE 10103942	C	23-05-2002	DE	10103942 C1	23-05-2002

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82