

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
11. Juni 2015 (11.06.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/082330 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02C 7/045 (2006.01) *G10K 11/178* (2006.01)
F02K 1/82 (2006.01) *H04R 19/01* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/075907

(22) Internationales Anmeldedatum:
28. November 2014 (28.11.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 225 046.0
5. Dezember 2013 (05.12.2013) DE

(71) Anmelder: LUFTHANSA TECHNIK AG [DE/DE]; Weg
beim Jäger 193, 22335 Hamburg (DE).

(72) Erfinder: JABS, Leo; Im Biengarten 12, 63456 Hanau
(DE).

(74) Anwalt: MÜLLER VERWEYEN PATENTANWÄLTE;
Friedensallee 290, 22763 Hamburg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: AIRCRAFT ENGINE, PASSENGER AIRCRAFT, METHOD FOR ACTIVE NOISE REDUCTION, AND METHOD
FOR RETROFITTING AN AIRCRAFT GAS TURBINE ENGINE

(54) Bezeichnung : FLUGZEUGTRIEBWERK, PASSAGIERFLUGZEUG, VERFAHREN ZUR AKTIVEN
GERÄUSCHMINDERUNG UND VERFAHREN ZUM NACHRÜSTEN EINES GASTURBINEN-FLUGZEUGTRIEBWERKS

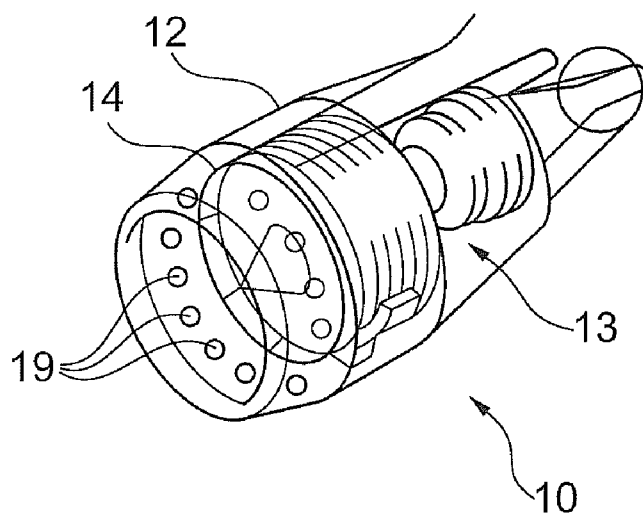


Fig. 1

(57) Abstract: An aircraft engine (10) comprising a gas
turbine (13) and a sound generation device (14) for actively
reducing the operating noise generated by the gas turbine
(13) is characterized in that the sound generation device (14)
comprises at least one electrostatic flat loudspeaker (15).

(57) Zusammenfassung: Ein Flugzeugtriebwerk (10) mit
einer Gasturbine (13) und einer
Schallerzeugungsvorrichtung (14) zur aktiven
Geräuschminderung der von der Gasturbine (13) erzeugten
Betriebsgeräusche zeichnet sich dadurch aus, dass die
Schallerzeugungsvorrichtung (14) mindestens einen
elektrostatischen Flachlautsprecher (15) umfasst.

Flugzeugtriebwerk, Passagierflugzeug, Verfahren zur aktiven
5 Geräuschminderung und Verfahren zum Nachrüsten eines
 Gasturbinen-Flugzeugtriebwerks

Die Erfindung betrifft ein Flugzeugtriebwerk mit einer Gastur-
bine und einer Schallerzeugungsvorrichtung zur aktiven Ge-
10 räuschminderung der von der Gasturbine erzeugten Betriebsge-
 räusche. Die Erfindung betrifft des Weiteren ein Passagier-
flugzeug, ein Verfahren zur aktiven Geräuschminderung der von
der Gasturbine erzeugten Betriebsgeräusche und ein Verfahren
zum Nachrüsten eines Gasturbinen-Flugzeugtriebwerks.

15 Zur Geräuschreduzierung von Betriebsgeräuschen einer Gasturbi-
ne in einem Flugzeugtriebwerk ist die Verwendung von passiven
Dämmplatten bzw. Akustikpaneelen (acoustic panels) bekannt.
Diese sind für die Geräuschreduzierung bei hochfrequentem Lärm
20 insbesondere oberhalb von 1 kHz geeignet. Eine effiziente Min-
derung des niederfrequenten Schalls insbesondere unterhalb von
500 Hz ist jedoch aufgrund der benötigten Menge an schalldäm-
mendem Material nicht wirtschaftlich möglich.

25 Aus der Druckschrift L. Enghardt, et al., „Active Noise Con-
trol in Aero-Engines“, Proceedings of the 9th DLR-ONERA Aeros-
pace Symposium ODAS, 22.-24.10.2008, Châtillon, Frankreich,
ist die Anordnung von vier axial beabstandeten Ringen von je-
weils acht elektrodynamischen Lautsprechern an der Gehäusein-
30 nenwand eines Kompressor-Teststands bekannt, die auf der
Grundlage der Signale von 32 Mikrofonen schallmindernd ge-
steuert werden. Diese Schallerzeugungsvorrichtung verursacht
ein erhebliches zusätzliches Gewicht und benötigt einen erheb-

lichen Einbauraum, was eine wirtschaftliche Umsetzung in einem Flugzeugtriebwerk in Frage stellt.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Flugzeugtriebwerk mit einer wirtschaftlichen und effektiven Geräuschminderung in einem großen Frequenzbereich bereitzustellen.

Die Erfindung löst diese Aufgabe mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche. Elektrostatische Flachlautsprecher sind im Vergleich zu elektrodynamischen Lautsprechern sehr leicht, was im Flugzeugbau von entscheidendem Vorteil ist. Zudem sind elektrostatische Flachlautsprecher in nahezu jeder Flächengröße herstellbar. Des Weiteren sind Flachlautsprecher biegsam, so dass sie vorteilhaft an die häufig gebogenen Einbausituationen eines Flugzeugtriebwerks anpassbar sind, und benötigen aufgrund ihrer Flachheit nur wenig Einbauraum. Mit Flachlautsprechern kann eine effektive Geräuschminderung über einen vergleichsweise großen Frequenzbereich und insbesondere auch im niederfrequenten Bereich unterhalb von 1 kHz bzw. unterhalb von 500 Hz erreicht werden. Überraschenderweise hat sich herausgestellt, dass die für eine effektive Geräuschminderung in einem Flugzeugtriebwerk erforderlichen Schalldruckpegel in einem großen Frequenzbereich erzielbar sind.

Vorzugsweise ist der Flachlautsprecher in einem Aufnahme- bzw. Einbauraum für einen passiven Geräuschabsorber angeordnet. Wenn in einem Flugzeugtriebwerk ein Aufnahme- bzw. Einbauraum für Dämmplatten (Skin Fillets) bzw. Akustikpaneele (acoustic panels) vorgesehen ist, ist die Erfindung besonders einfach realisierbar, wenn dieser Aufnahme- bzw. Einbauraum für die erfindungsgemäßen Flachlautsprecher genutzt wird. Auch eine Nachrüstung der erfindungsgemäßen Flachlautsprecher in vorhandene Triebwerke ist dann besonders einfach möglich. Erfindungsgemäß ist daher

ein Verfahren zum Nachrüsten eines Gasturbinen-Flugzeugtriebwerks mit einer Schallerzeugungsvorrichtung zur aktiven Geräuschminderung von Betriebsgeräuschen der Gasturbine vorgesehen, umfassend die Schritte Ausbauen eines passiven Geräuschabsorbers, Einbauen eines Flachlautsprechers anstelle des passiven Geräuschabsorbers, und Verbinden des Flachlautsprechers mit einer Steuerungsvorrichtung. In einer bevorzugten Ausführungsform kann der Flachlautsprecher in einem Rahmen eines passiven Akustikpaneels angeordnet sein, der herkömmlich für die Aufnahme eines Skin Fillets vorgesehen ist, wodurch ein aktives Akustikpaneel gebildet wird. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform können die Flachlautsprecher auch zusätzlich zu den Skin Fillets an bzw. in Akustikpaneelen angeordnet sein, was aufgrund ihrer Flachheit möglich ist.

Besonders vorteilhaft ist eine elektronische Steuerungsvorrichtung zur Steuerung bzw. Regelung der Flachlautsprecher im Rumpf bzw. in der Kabine des Passagierflugzeugs angeordnet. Dies hat gegenüber einer Anordnung in dem Triebwerk erhebliche Vorteile. Im Rumpf bzw. in der Kabine ist die Steuerungsvorrichtung keinen extremen äußeren Einflüssen, insbesondere durch Druck und hohe Temperaturen, ausgesetzt. Zudem ist die Zugänglichkeit zu der Steuerungsvorrichtung für Service, Wartung und Fehlerbehebung im Flugzeugrumpf wesentlich einfacher und während des Fluges überhaupt nur bei Anordnung in der Kabine gegeben.

Die elektronische Steuerungsvorrichtung umfasst vorteilhaft einen digitalen Signalprozessor zur Berechnung von Steuersignalen für die Flachlautsprecher insbesondere auf der Grundlage von Mikrofonsignalen, Einrichtungen zur Geräusch- bzw. Tonerzeugung und/oder einen Verstärker, insbesondere einen Mehrkanalverstärker.

Eine besonders wirkungsvolle Geräuschminderung ist erzielbar, wenn die Schallerzeugungsvorrichtung an der Innenseite einer Gondel (Nacelle) des Flugzeugtriebwerks insbesondere in deren Einlaufbereich angeordnet ist. Der Geometrie eines Flugzeugtriebwerks angepasst umfasst die Schallerzeugungsvorrichtung vorteilhaft eine ringförmige Anordnung einer Mehrzahl von elektrostatischen Flachlautsprechern.

Vorzugsweise sind in dem Flugzeugtriebwerk Mikrofone zur Erfassung der von der Gasturbine erzeugten Betriebsgeräusche vorgesehen, die eine aktive Steuerung und/oder Regelung der Schallerzeugungsvorrichtung zur Kompensation der von den Mikrofonen erfassten Geräusche ermöglichen. In einer besonders vorteilhaften Variante der Erfindung können die in dem Flugzeugtriebwerk eingebauten Mikrofone auch zur Schadensdiagnostik im Triebwerk, insbesondere im Rahmen der Frühindikation, verwendet werden.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand bevorzugter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine schematische, perspektivische Ansicht eines Flugzeugtriebwerks;

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht einer Schallerzeugungsvorrichtung;

Fig. 3 eine perspektivische Ansicht eines zwei Flachlautsprecher umfassenden Teils der Schallerzeugungsvorrichtung aus Figur 2;

Fig. 4 eine schematische, perspektivische Ansicht eines Passagierflugzeugs; und

Fig. 5-7 schematische Ansichten analog den Figuren 1 bis 3 für eine weitere Ausführungsform der Erfindung.

Figur 1 zeigt ein Mantelstrom- oder Turbofan-Triebwerk 10 für ein Passagierflugzeug 11 (siehe Figur 4), das in an sich bekannter Weise ein Gehäuse, das als Nacelle oder Gondel 12 bezeichnet wird, und eine in der Gondel 12 über nicht gezeigte Streben aufgehängte Gasturbine 13, die ein nicht gezeigtes Schaufelblattrad (Fan) antreibt, umfasst. Der innere Luftstrom für die Verbrennung fließt durch die Gasturbine 13. Der von dem Schaufelblattrad erzeugte äußere Nebenluftstrom oder Mantelstrom, der einen Großteil der Schubkraft liefert, fließt durch den zwischen der Gondel 12 und der Gasturbine 13 gebildeten Raum.

In die Innenwand der Gondel 12 ist mindestens eine Schallerzeugungs Vorrichtung 14 zur Minderung der Betriebsgeräusche der Gasturbine 13 im Betrieb, einschließlich aber nicht beschränkt auf den Flug, eingebaut. Die Schallerzeugungs Vorrichtung 14, die in den Figuren 2 und 6 genauer gezeigt ist, ist vorteilhaft ringförmig um die zentrale Achse des Triebwerks 10 angeordnet. Die Schallerzeugungs Vorrichtung 14 kann vorteilhaft flächenbündig bzw. innenwandbündig mit der Innenwand der Gondel 12 angeordnet sein.

Die Schallerzeugungs Vorrichtung 14 umfasst vorteilhaft eine Mehrzahl, hier beispielsweise zwölf, von zweckmäßigerweise identischen Flachlautsprechern 15, die vorteilhaft auf entsprechenden Tragrahmen 16 gehalten sind. Jeder Flachlautsprecher 15 erstreckt sich beispielsweise über die axiale Breite

der Schallerzeugungsvorrichtung 14 und überdeckt einen definierten Winkelbereich von $360^\circ/n$, wobei n eine ganze Zahl ist, hier beispielsweise $n=12$.

5 Die axiale Position der Schallerzeugungsvorrichtung 14 liegt im Ausführungsbeispiel der Figuren 1 bis 3 beispielsweise etwa im Bereich des Schaufelblattrads und im Ausführungsbeispiel der Figuren 5 bis 7 axial stromabwärts davon, beispielsweise etwa im Bereich des Lufteinlasses der Gasturbine 13. Bevorzugt
10 ist eine Kombination der Ausführungsformen gemäß Figuren 1 bis 3 und 5 bis 7 mit einer Mehrzahl von beispielsweise zwei axial beabstandeten ringförmigen Schallerzeugungsvorrichtungen 14. Es können vorteilhaft auch mehr als zwei axial beabstandete ringförmige Schallerzeugungsvorrichtungen 14 vorgesehen sein.
15 Grundsätzlich ist die angestrebte Geräuschminderung umso wirksamer, je mehr Schallerzeugungsvorrichtungen 14 bzw. Flachlautsprecher 15 vorgesehen sind.

Die in den Figuren 2 und 6 schraffiert dargestellten Flach-
20 lautsprecher 15 sind in den Figuren 3 bzw. 7 genauer gezeigt. Jeder Flachlautsprecher 15 ist ein elektrostatischer Lautsprecher, der wie an sich bekannt eine zwischen zwei flächigen Statoren oder Gitterelektroden angeordnete flächige, bewegliche elektroakustische Membran aufweist, die in der Regel von
25 einer metallisch beschichteten, dünnen Kunststofffolie gebildet wird. Durch Anlegen geeigneter Steuerspannungen an die Membran und die Statoren wird in dem Flachlautsprecher 15 Schall erzeugt, der durch eine Öffnung im Gehäuse 17 nach außen abgegeben wird. Die Gehäuseöffnungen sind im vorliegenden
30 Fall auf der Innenseite der Flachlautsprecher 15 vorgesehen, so dass der erzeugte Schall in das Innere des Triebwerks 10 gerichtet ist.

Die Flachlautsprecher 15 sind vorteilhaft auf Tragrahmen 16 gehalten. Falls wie in den Figuren die Lautsprecher 15 auf der Außenseite eines Tragrahmens 16 angeordnet sind, weist der Tragrahmen 16 zweckmäßigerweise eine oder mehrere entsprechende Schalldurchtrittsöffnungen 18 auf, siehe Figuren 3 und 7. Die Flachlautsprecher 15 sind vorteilhaft in einem in dem Tragrahmen 16 gebildeten Aufnahme­raum 23 angeordnet, der hier herkömmlich für Skin Fillets vorgesehen ist. Alternativ kann ein Flachlautsprecher 15 auch anstelle eines passiven Akustikpaneels (Tragrahmen 16 mit Skin Fillet), d.h. in einem herkömmlich für ein passives Akustikpaneel vorgesehenen Bauraum, angeordnet sein. Die Einheit aus Tragrahmen 16 und Flachlautsprecher 15 kann als aktives Akustikpaneel 24 bezeichnet werden.

Im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 3 trägt ein Tragrahmen 16 zwei Flachlautsprecher 15, im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 7 ist pro Flachlautsprecher 15 ein separater Tragrahmen 16 vorgesehen. Ein Tragrahmen 16 kann auch mehr als zwei Flachlautsprecher 15 tragen. Anstelle eines Sechstelkreises wie in Figur 3 kann ein Tragrahmen 16 beispielsweise auch einen Viertelkreis, einen Drittelkreis oder einen Halbkreis bilden. Die Flachlautsprecher 15 können mittels Clipsverbindung, Schraubverbindung oder auf andere geeignete Weise mit den Tragrahmen 16 verbunden sein. Die Tragrahmen 16 können mittels Clipsverbindung, Schraubverbindung oder auf andere geeignete Weise an dem Triebwerk 10, insbesondere der Gondel 12, befestigt sein.

In das Triebwerk 10 ist mindestens ein, vorzugsweise eine Mehrzahl von Mikrofonen 19 eingebaut, siehe Figuren 1 und 5. Die Mikrofone 19 sind vorzugsweise ebenfalls ringförmig um eine zentrale Achse des Triebwerks 10 angeordnet. Die Anzahl der Mikrofone 19 kann vorteilhaft der Anzahl der Lautsprecher 15

in einer ringförmigen Schallerzeugungseinrichtung 14 entsprechen. Die Mikrofone 19 können axial beabstandet von der oder den Schallerzeugungsvorrichtungen 14 angeordnet sein. In den Ausführungsbeispielen gemäß den Figuren 1, 4 und 5 sind die Mikrofone 19 vorteilhaft in Strömungsrichtung vor der Schallerzeugungseinrichtung 14 angeordnet. Die Mikrofone 19 können alternativ in Strömungsrichtung nach einer ringförmigen Schallerzeugungseinrichtung 14 angeordnet sein. Im Falle von mehreren ringförmigen Schallerzeugungseinrichtungen 14 können die Mikrofone 19 vorteilhaft zwischen zwei ringförmigen Schallerzeugungseinrichtungen 14 angeordnet sein.

Sowohl die Flachlautsprecher 15 als auch die Mikrofone 19 sind über entsprechende Signalleitungen bzw. -kabel 20 mit einer zentralen Steuerungsvorrichtung 22 verbunden, die besonders vorteilhaft im Rumpf 21, insbesondere in der Kabine des Flugzeugs 11 angeordnet ist, weil sie dort im Gegensatz zu einer Anordnung in einem Triebwerk 10 keinen extremen äußeren Einflüssen, insbesondere durch Druck und hohe Temperaturen, ausgesetzt ist. Zudem ist die Zugänglichkeit zu der Steuerungsvorrichtung 22 für Service, Wartung und Fehlerbehebung im Flugzeugrumpf 21 wesentlich einfacher und während des Fluges überhaupt nur bei Anordnung in der Kabine gegeben.

Die Steuerungsvorrichtung 22 verwendet die von den Mikrofonen übermittelten Eingangssignale, um daraus geeignete Steuersignale für die Flachlautsprecher 15 als Ausgangssignale zu berechnen. Zu diesem Zweck umfasst die Steuerungsvorrichtung 22 zweckmäßigerweise einen Mikroprozessor oder Mikrocontroller. Die Steuerungsvorrichtung 22 umfasst vorteilhaft eine Tonerzeugungseinrichtung zur Erzeugung entsprechender elektrischer Tonsignale. Die Steuerungsvorrichtung 22 umfasst vorzugsweise einen Verstärker, insbesondere einen Mehrkanalverstärker, zur

Verstärkung der auf der Grundlage der Mikrofonssignale erzeugten Tonsignale. Die Steuersignale für die Flachlautsprecher 15 werden so berechnet, dass die Intensität der Schallwellen in dem Triebwerk 10 durch destruktive Interferenz zwischen den Betriebsgeräuschen und dem von den Flachlautsprechern 15 erzeugten Schall gemindert wird.

Ansprüche:

1. Flugzeugtriebwerk (10) mit einer Gasturbine (13) und einer Schallerzeugungsvorrichtung (14) zur aktiven Geräuschminde-
5 rung der von der Gasturbine (13) erzeugten Betriebsgeräusche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schallerzeugungsvorrichtung (14) mindestens einen elektrostatischen Flachlautsprecher (15) umfasst.
- 10 2. Flugzeugtriebwerk nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Flachlautsprecher (15) in einem für einen passiven Geräuschabsorber vorgesehenen Aufnahme-
raum (23) angeordnet ist.
- 15 3. Flugzeugtriebwerk nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Flachlautsprecher (15) in einem Rahmen (16) eines passiven Akustikpaneels angeordnet ist.
- 20 4. Flugzeugtriebwerk nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schallerzeugungsvorrichtung (14) an der Innenseite einer Gondel (12) des Flugzeug-
triebwerks (10) angeordnet ist.
- 25 5. Flugzeugtriebwerk nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schallerzeugungsvorrichtung (14) eine ringförmige Anordnung von elektrostatischen
Flachlautsprechern (15) umfasst.
- 30 6. Flugzeugtriebwerk nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Mikrofone (19) zur Erfassung der von der Gasturbine (13) erzeugten Betriebsgeräusche in

dem Flugzeugtriebwerk (10) eingebaut sind.

7. Passagierflugzeug (11) mit einem Flugzeugtriebwerk (10) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine elektronische Steuerungsvorrichtung (22) zur Steuerung und/oder Regelung der Flachlautsprecher (15) in einer Kabine (21) des Passagierflugzeugs (11) angeordnet ist.
8. Verfahren zur aktiven Geräuschminderung von Betriebsgeräuschen einer Gasturbine (13) in einem Flugzeugtriebwerk (10), dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein in dem Flugzeugtriebwerk (10) eingebauter elektrostatischer Flachlautsprecher (15) verwendet wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass in das Flugzeugtriebwerk (10) eingebaute Mikrofone (19) zur Schadensdiagnostik verwendet werden.
10. Verfahren zum Nachrüsten eines Gasturbinen-Flugzeugtriebwerks (10) mit einer Schallerzeugungsvorrichtung (14) zur aktiven Geräuschminderung von Betriebsgeräuschen der Gasturbine (13), gekennzeichnet durch die Schritte Ausbauen eines passiven Geräuschabsorbers, Einbauen eines Flachlautsprechers (15) anstelle des passiven Geräuschabsorbers, und Verbinden des Flachlautsprechers (15) mit einer Steuerungsvorrichtung (22).

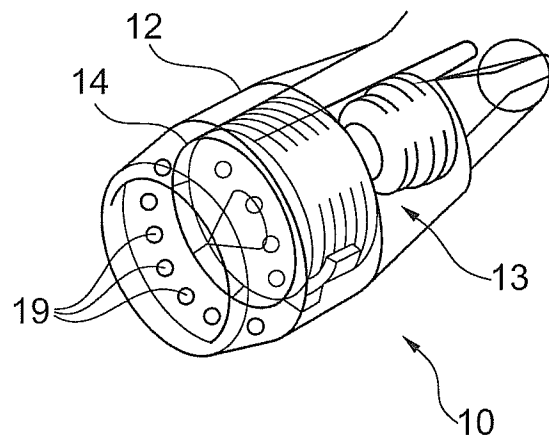


Fig. 1

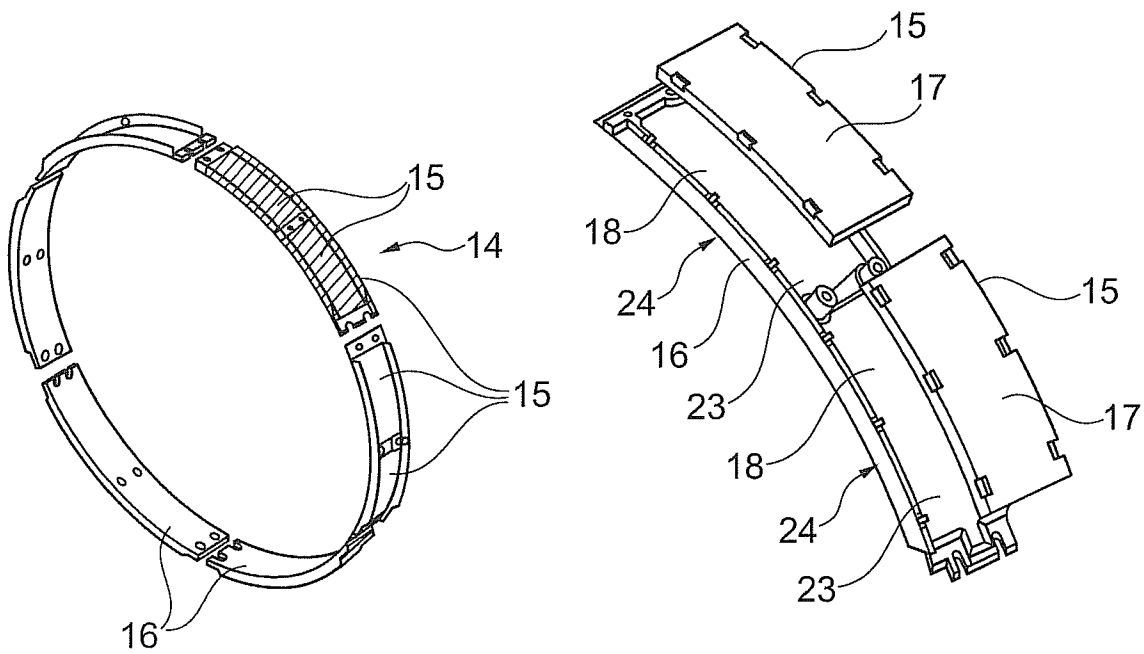


Fig. 2

Fig. 3

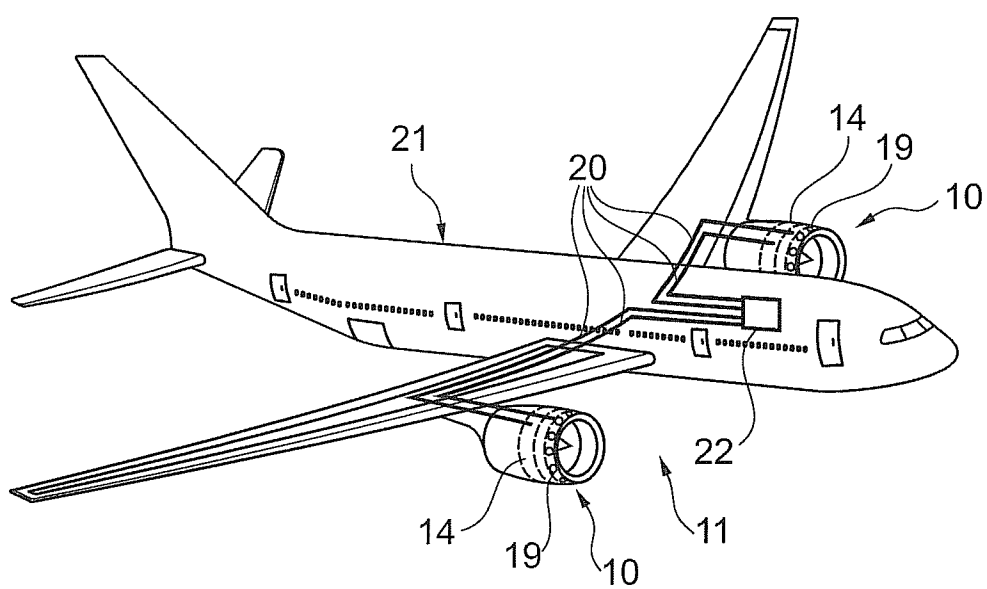


Fig. 4

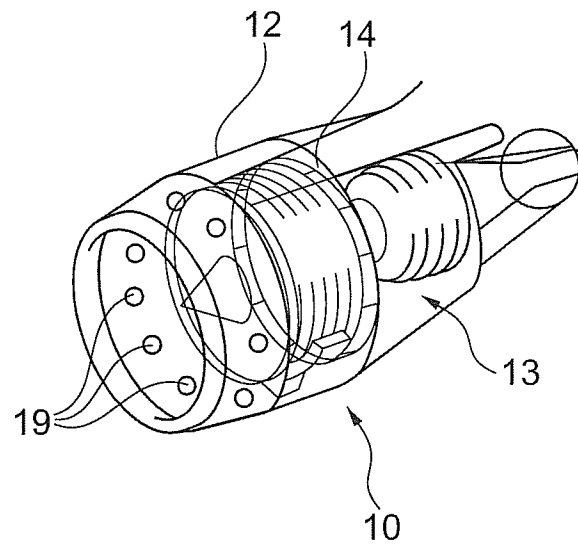


Fig. 5

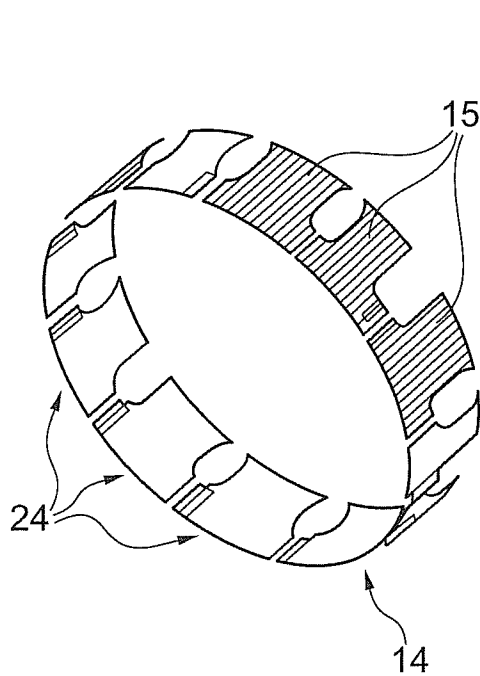


Fig. 6

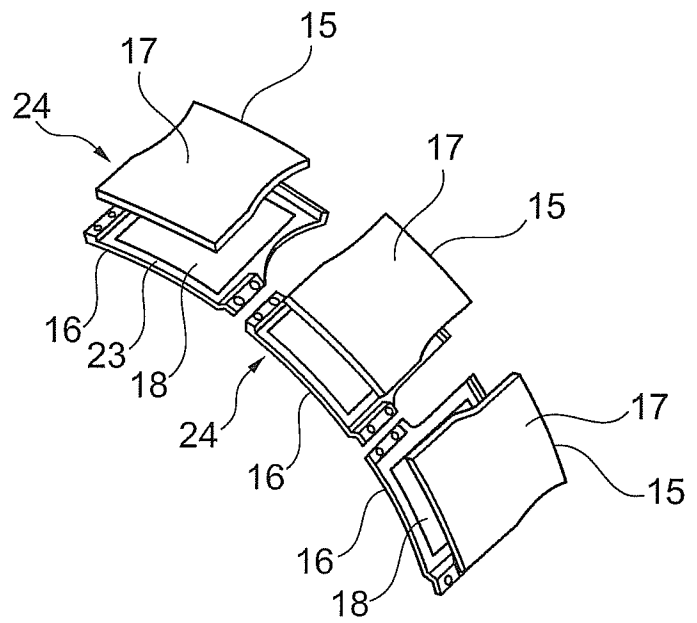


Fig. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/075907

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. F02C7/045 F02K1/82 G10K11/178 H04R19/01 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F02C F02K G10K H04R		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 979 593 A (RICE EDWARD J [US] ET AL) 9 November 1999 (1999-11-09)	1-6,8,9
A	figures 1,2 column 4, line 20 - line 34 column 5, line 7 - line 18 -----	10
Y	WO 2007/077438 A1 (WARWICK AUDIO TECHNOLOGIES LTD [GB]; MEDLEY ANDREW PETER [GB]; BILLSON) 12 July 2007 (2007-07-12) page 7, line 26 - page 8, line 2 -----	1-9
X	DE 10 2009 005163 A1 (EADS DEUTSCHLAND GMBH [DE]) 29 July 2010 (2010-07-29)	10
Y	paragraph [0004] - paragraph [0009]; figure 1 -----	1-5,7,8
A	WO 00/05494 A1 (NAGEL FRIEDMUND [DE]) 3 February 2000 (2000-02-03) page 9, line 9 - line 21 -----	9
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
5 March 2015	12/03/2015	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Mihé, Julian	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/075907

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5979593	A	09-11-1999	EP 1085196 A1 21-03-2001 US 5979593 A 09-11-1999
WO 2007077438	A1	12-07-2007	CN 101395957 A 25-03-2009 EP 1972178 A1 24-09-2008 JP 5075836 B2 21-11-2012 JP 2009522899 A 11-06-2009 US 2009016552 A1 15-01-2009 WO 2007077438 A1 12-07-2007
DE 102009005163	A1	29-07-2010	NONE
WO 0005494	A1	03-02-2000	AT 226689 T 15-11-2002 AU 751226 B2 08-08-2002 CA 2338232 A1 03-02-2000 CN 1310785 A 29-08-2001 DE 59903184 D1 28-11-2002 EP 1099050 A1 16-05-2001 US 2001023582 A1 27-09-2001 WO 0005494 A1 03-02-2000

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F02C7/045 F02K1/82 G10K11/178 H04R19/01
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 F02C F02K G10K H04R

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 5 979 593 A (RICE EDWARD J [US] ET AL) 9. November 1999 (1999-11-09)	1-6,8,9
A	Abbildungen 1,2 Spalte 4, Zeile 20 - Zeile 34 Spalte 5, Zeile 7 - Zeile 18 -----	10
Y	WO 2007/077438 A1 (WARWICK AUDIO TECHNOLOGIES LTD [GB]; MEDLEY ANDREW PETER [GB]; BILLSON) 12. Juli 2007 (2007-07-12) Seite 7, Zeile 26 - Seite 8, Zeile 2 -----	1-9
X	DE 10 2009 005163 A1 (EADS DEUTSCHLAND GMBH [DE]) 29. Juli 2010 (2010-07-29)	10
Y	Absatz [0004] - Absatz [0009]; Abbildung 1 -----	1-5,7,8
A	WO 00/05494 A1 (NAGEL FRIEDMUND [DE]) 3. Februar 2000 (2000-02-03) Seite 9, Zeile 9 - Zeile 21 -----	9



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

5. März 2015

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

12/03/2015

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Mihé, Julian

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/075907

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5979593 A	09-11-1999	EP 1085196 A1	21-03-2001
		US 5979593 A	09-11-1999

WO 2007077438 A1	12-07-2007	CN 101395957 A	25-03-2009
		EP 1972178 A1	24-09-2008
		JP 5075836 B2	21-11-2012
		JP 2009522899 A	11-06-2009
		US 2009016552 A1	15-01-2009
		WO 2007077438 A1	12-07-2007

DE 102009005163 A1	29-07-2010	KEINE	

WO 0005494 A1	03-02-2000	AT 226689 T	15-11-2002
		AU 751226 B2	08-08-2002
		CA 2338232 A1	03-02-2000
		CN 1310785 A	29-08-2001
		DE 59903184 D1	28-11-2002
		EP 1099050 A1	16-05-2001
		US 2001023582 A1	27-09-2001
		WO 0005494 A1	03-02-2000
