(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 896 744 B1

(12) # EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
31.05.2000 Patentblatt 2000/22

(21) Anmeldenummer: **97922878.0**

(22) Anmeldetag: **26.04.1997**

(51) Int Cl.[7]: **H01P 7/10**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE97/00857

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 97/42679 (13.11.1997 Gazette 1997/49)

(54) **DUAL-MODE-MIKROWELLEN-BANDPASSFILTER AUS HOCHGÜTERESONATOREN**

DUAL MODE MICROWAVE BAND PASS FILTER MADE OF HIGH QUALITY RESONATORS

FILTRE A MICRO-ONDES A BANDE PASSANTE A DEUX MODES REALISE AU MOYEN DE RESONATEURS DE HAUTE QUALITE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT SE

(30) Priorität: **03.05.1996 DE 19617698**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.02.1999 Patentblatt 1999/07

(73) Patentinhaber: **FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH GMBH**
52425 Jülich (DE)

(72) Erfinder:
- **KLEIN, Norbert**
  D-41199 Mönchengladbach (DE)
- **SCHOLEN, Andreas**
  D-52146 Würselen (DE)

(74) Vertreter: **Möbus, Steffen**
Kayser & Möbus
Patentanwälte
Leienfelsstrasse 6
81243 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 387 705
EP-A- 0 496 512
EP-A- 0 656 670
DE-A- 3 706 965

- **N. IMAI ET AL.: "A DESIGN OF HIGH-Q DIELECTRIC RESONATORS FOR MIC APPLICATIONS" ELECTRONICS AND COMMUNICATIONS IN JAPAN., Bd. 67B, Nr. 12, Dezember 1984, NEW YORK US, Seiten 59-67, XP002040566**
- **TELLMANN N ET AL: "HIGH-Q LAALO3 DIELECTRIC RESONATOR SHIELDED BY YBCO-FILMS" IEEE TRANSACTIONS ON APPLIED SUPERCONDUCTIVITY, Bd. 4, Nr. 3, 1.September 1994, Seiten 143-148, XP000444735**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 0 896 744 B1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Dual-mode-Zweipolfilter, wie z. B. ein Bandpaßfilter für den Mikrowellenbereich, bestehend aus einem Resonator für zwei Dipolmoden, mit je einem Dielektrikum, das auf wenigstens einem Hochtemperatur-Supraleiter-Film angeordnet ist, mit einem Abschirmgehäuse, das über dem Hochtemperatur-Supraleiter-Film angeordnet ist und das Dielektrikum umschließt, und mit einer Kopplungseinrichtung zur Ankopplung der Dipolmoden und insbesondere zur Ankopplung von Mikrowellen an die elektromagnetischen Felder der verwendeten Dipolmoden. Sie betrifft ferner ein mehrpoliges Dual-mode-Filter.

[0002] Für die Satelliten-Kommunikationstechnik spielen Bandpaßfilter im Mikrowellenbereich (4-20GHz) eine wichtige Rolle bei der Vorselektierung einzelner Kommunikationskanäle. Üblicherweise werden dort analoge Multiplexer mit Filtern auf der Basis von Hohlraumresonatoren verwendet, bei denen die Gütefaktoren der Einzelresonatoren im Bereich von einigen 10^4 liegen. Die zumeist kreiszylindrischen Hohlraumresonatoren werden in den meisten Fällen in sog. "dual-modes" betrieben, d.h. orthogonalen Dipolmoden mit Vorzugsrichtung der elektromagnetischen Felder in der Kreisfläche. Dies führt dazu, daß mit einem Resonator zwei Pole eines Filters realisiert werden können, d.h. ein n-poliges Filter auf der Basis von "dual-mode" Resonatoren besteht aus n/2 Resonatoren.

[0003] Für die Satelliten-Kommunikationstechnik ist nun zum einen eine Miniaturisierung der Filter, zum anderen, vor allem für die Ausgangsmultiplexer, eine Verringerung der Einfügedämpfung von Bedeutung. Letzteres führt dazu, daß die Hochfrequenzleistung der Ausgangsstufen, die normalerweise von Röhrenverstärkern (travelling-wave tube amplifiers) erzeugt wird, verringert werden kann. Die Einfügedämpfung nimmt mit ansteigendem Gütefaktor der Einzelresonatoren ab.

[0004] Aus US-Patent 4,489,293 ist ein stark miniaturisierter "Dual-mode"-Filter auf der Basis von dielektrischen Resonatoren bekannt. Dabei wird die HE_{111}-Mode eines zylinderförmigen Dielektrikums verwendet, die in zwei orthogonalen Dipolmoden aufspaltet.

[0005] Eine weitere Miniaturisierung der in dem vorgenannten Stand der Technik beschriebenen Anordnung wird z. B. dadurch erreicht, daß der zylinderförmige dielektrische Resonator parallel zu seiner Grundfläche halbiert, und auf einem Film aus Hochtemperatur-Supraleitern aufgesetzt wird. Dadurch wird das Volumen des Resonators halbiert (image plane).

[0006] Der Nachteil dieser Anordnungen liegt darin, daß in der verwendeten HE_{111}-Mode die Verlustbeiträge des metallischen Abschirmgehäuses zu Gütefaktoren führen, die lediglich im Bereich von 10^4 liegen. Dies hat folgende Ursache:

[0007] Der unbelastete Gütefaktor Q_0 eines dielektrischen Resonators mit metallischer Abschirmung ist durch den Ausdruck

$$1/Q_0 = \tan\delta + \Sigma\, R_{s,i} / G_i \qquad (1)$$

gegeben. Dabei ist tanδ der Verlusttangens des Materials, aus dem der dielektrische Resonator besteht. Einige Dielektrika, wie Saphir , $LaAlO_3$ und Rutil, weisen unterhalb einer Temperatur von T=100K tanδ-Werte von einigen 10^{-6} oder sogar weniger auf, so daß prinzipiell mit gekühlten, dielektrischen Resonatoren Güten zwischen 10^5 und 10^6 möglich wären. Die Begrenzung erfolgt jedoch durch Verluste in den verschiedenen Teilen i der Wand des metallischen Abschirmgehäuses, die jeweils durch den Oberflächenwiderstand des Wandmaterials $R_{s,i}$ sowie durch einen Geometriefaktor G_i charakterisiert sind. Letzterer ergibt sich aus der Verteilung der elektromagnetischen Felder für die jeweilige Schwingungsmode des Resonators. Bei der im vorgenannten Stand der Technik verwendeten Schwingungsmode sind die Geometriefaktoren so niedrig, daß die Güten für ein normalleitendes Kupfergehäuse bei etwa 10^4 liegen. Die supraleitende "image plane" führte nicht zu höheren Güten, weil die Verluste in den verbleibenden normalleitenden Teilen der Wandung bzw. auch im Dielektrikum dominierten.

[0008] Aus WO 93/09575 sind kreiszylindrische dielektrische Resonatoren mit zwei Endplatten aus Hochtemperatur-Supraleiter Filmen bekannt. Mit diesen wurden Güten im Bereich von 10^6 demonstriert, da in der dort verwendeten TE_{011} -Schwingungsmode der Geometriefaktor für die normalleitende Mantelfläche des Zylinders genügend groß ist. Aufgrund der Rotationssymmetrie der Feldverteilung ist diese Mode jedoch keine Dipolmode, so daß hier kein "dual-mode" Betrieb möglich ist. Ein Filter nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 ist aus der Druckschrift EP-A2-0656670 bekannt. Die Aufgabe der Erfindung ist daher, ein Dual-mode-Filter zu schaffen, bei dem die Gütefaktoren für die Einzelresonatoren bei 10^5 bis 10^6 liegen.

[0009] Die Aufgabe wird für ein Zweipolfilter erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das Dielektrikum halbkugelförmig, ausgebildet ist. Die Realisierung von mehr als zweipoligen Filtern wird gemäß Anspruch 13 gelöst.

[0010] Durch die Formgebung des Dielektrikums gemäß Anspruch 1 weisen die gekrümmten Flächen des Abschirmgehäuses Geometriefaktoren auf, die groß genug sind, um mit einer oder zwei Hochtemperatur-Supraleiter-Filmen (HTS-Filmen) die in der Aufgabe geforderten Güten zu erzielen.

[0011] Die Unteransprüche 2-5 beinhalten vorteilhafte Merkmale zur Ankopplung an die elektromagnetischen Felder der Dipolmoden zum Abgleich der Resonanzfrequenz der Dipolmoden sowie der Einstellung der Kopplung zwichen den Dipolmoden.

[0012] Weitere Vorteile der vorliegenden Erfindung

sind in den Unteransprüchen 6-10 sowie 12 und 13 angeführt.

[0013] Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird im folgenden anhand der Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1a eine schematische Seitenansicht eines Dual-mode-Zweipolfilters gemäß vorliegender Erfindung;

Fig. 1b eine schematische Draufsicht des Dual-mode Zweipolfilters aus Fig. 1a;

Fig. 2 eine schematische Draufsicht eines Dualmode-Vierpolfilters gemäß vorliegender Erfindung;

Fig. 3a eine schematische Seitenansicht eines berechneten Beispiels einer Verteilung des elektrischen Feldes in einem Resonator gemäß vorliegender Erfindung;

Fig. 3b eine schematische Draufsicht des Beispiels aus Fig. 3a;

Fig. 4a eine schematische Seitenansicht eines berechneten Beispiels einer Verteilung des magnetischen Feldes in einem Resonator gemäß vorliegender Erfindung,

Fig. 4b eine schematische Draufsicht des Beispiels aus Fig. 4a.

[0014] In Fig 1a ist in einer Seitenansicht ein erfindungsgemäßes Dual-mode-Zweipolfilter 1 schematisch dargestellt. Ein als dielektrische Halbkugel ausgebildetes Dielektrikum 3 (z.B. aus $LaAlO_3$) ist auf einem Hochtemperatur-Supraleiter-Film 5 (im folgenden als HTS-Film bezeichnet) angeordnet. Die Erfindung ist nicht auf die Anordnung eines einzigen HTS-Filmes beschränkt, vielmehr kann in einer anderen Ausführungsform auch ein weiterer HTS-Film 5 als obere Endplatte eines zylinderförmigen Abschirmgehäuses 7 vorgesehen sein. Das metallische Abschirmgehäuse 7 kann rechteckig, zylinderförmig oder auch halbkugelförmig ausgebildet sein und besteht z. B. vorzugsweise aus einem gut leitenden Metall, wie z.B. Kupfer.

[0015] Die Ankopplung an die beiden Dipolmoden der "dual-mode" erfolgt durch eine Kopplungseinrichtung, deren Kopplungselemente 9 entweder lineare Koaxialantennen (Fig. 1a und 1b) zur Ankopplung an das elektrische-Feld oder Koaxialschleifen (nicht dargestellt) zur Ankopplung an das magnetische Feld sind. Die Kopplungselemente 9 sind durch Löcher 11 in den supraleitenden Filmen 5 hindurchgeführt.

[0016] Der für den Betrieb des Filters 1 notwendige Abgleich der Resonanzfrequenzen der Dipolmoden erfolgt über in Längsrichtung verstellbare dielektrische Stäbe 13, z.B. aus Saphir, die den Koppelungselementen 9 in einer Ebene gegenüberliegend angeordnet sind.

[0017] Die Einstellung der Kopplung zwischen den Dipolmoden erfolgt über einen weiteren verstellbaren dielektrischen Stab 15 (Fig. 1b), der vorzugsweise in einem Winkel von 45° in bezug auf die Orientierung der Dipolmoden angeordnet ist.

[0018] Fig.2 zeigt ein Vierpolfilter bestehend aus zwei "dual-mode"-Resonatoren 1, 1. Die Kopplung zwischen den beiden Resonatoren 1, 1 wird über den Abstand der beiden Halbkugeln definiert und kann gegebenenfalls durch einen weiteren verstellbaren dielektrischen Stab zwischen den Halbkugeln abgeglichen werden. Zur Realisierung von Filtern mit mehr als vier Polen können mehrere Halbkugeln in der in Fig.2 dargestellten Weise nebeneinander angeordnet sein. Dabei müssen die Halbkugeln nicht notwendigerweise in einer Reihe angeordnet sein.

[0019] Das metallische Abschirmgehäuse 7 sollte an allen Stellen mindestens einen dem Durchmesser der Halbkugel entsprechenden Abstand von der Halbkugeloberfläche aufweisen, damit die Verluste im Abschirmgehäuse nicht zu hoch werden.

[0020] Fig.3 und 4 zeigen die mit Hilfe eines Computercodes "MAFIA" [D. Schnitt an T. Weiland, IEEE Trans. Magn. 28, 1793 (1992)] berechnete Feldverteilung innerhalb der Kugel, aus der eindeutig der Dipolcharakter der Mode hervorgeht. Die Symmetrie der elektromagnetischen Felder entspricht der TE_{011} -Mode des oben zitierten, aus WO 93/09575 bekannten zylinderförmigen dielektrischen Resonators, die in einer dielektrischen Vollkugel 3-fach entartet ist, d.h. in drei orthogonalen Ausrichtungen existiert. In einer dielektrischen Halbkugel, die auf einer Metallplatte (z. B. HTS-Film) aufliegt, bleiben zwei der drei Moden erhalten. Das bedeutet, daß die Metallplatte eine "image plane" des Resonators beschreibt, die senkrecht zur Symmetrieachse zweier entarteter Moden liegt.

[0021] Wie im folgenden in einem Rechenbeispiel ausgeführt wird, ist der Verlustbeitrag der gekrümmten Fläche des metallischen Abschirmgehäuses sehr gering. Dies liegt daran, daß im Gegensatz zu der im Stand der Technik beschriebenen Anordnung hier die elektrischen Felder in der Halbkugel überwiegend parallel zur Kugeloberfläche verlaufen (Fig. 3a).

[0022] Bei dem in Fig. 3 und 4 gezeigten Rechenbeispiel beträgt der Halbkugeldurchmesser 9.6mm, die Dielektrizitätszahl des Halbkugelmaterials 23.4 ($LaAlO_3$). Duchmesser/Höhe des kreiszylindrischen Abschirmgehäuses betragen 26/14mm. Die Berechnung ergibt eine Resonanzfrequenz von 6.58GHz, die Mode ist die Fundamentalmode (niedrigste Resonanzfrequenz) des Resonators. Die berechneten Geometriefaktoren betragen 114 Ω für die untere Stirnfläche (supraleitender Film), 16300 Ω für die obere Stirnfläche und 10400 Ω für die Mantelfläche. Daraus ergibt sich gemäß Gleichung 1 bei einer Temperatur von 77K mit typischen R_s-Werten bei

der Resonanzfrequenz von etwa 0.01 Ω für Kupfer und etwa 0.0002 Ω für Hochtemperatur-Supraleiter Filme ein durch Wandverluste verursachter Gütefaktor von 300000 / 370000 für eine/zwei supraleitende Endplatten. Da der Verlustbeitrag von $LaAlO_3$ etwa genau so groß ist, ist mit einer Gesamtgüte von etwa 150000 zu rechnen.

Patentansprüche

1. Dual-mode-Zweipolfilter bestehend aus einem Resonator für zwei Dipolmoden, mit je einem Dielektrikum, das auf wenigstens einem Hochtemperatur-Supraleiter-Film angeordnet ist, mit einem Abschirmgehäuse, das über dem Hochtemperatur-Supraleiter-Film angeordnet ist und das Dielektrikum umschließt, und mit einer Kopplungseinrichtung zur Ankopplung der Dipolmoden,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Dielektrikum (3) halbkugelförmig ausgebildet ist.

2. Dual-mode-Zweipolfilter nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Kopplungseinrichtung zwei Kopplungselemente (9) aufweist, und daß in dem wenigstens einen Hochtemperatur-Supraleiter-Film (5) Löcher (11) zur Aufnahme jeweils eines Kopplungselementes (9) ausgebildet sind.

3. Dual-mode-Zweipolfilter nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß in dem weinigstens einen Hochtemperatur-Supraleiter-Film (5) oder im Abschirmgehäuse (7) dielektrische Stäbe (13, 15) zum Abgleich der Resonanzfrequenz der Dipolmoden angeordnet sind.

4. Dual-mode-Zweipolfilter nach Anspruch 3
dadurch gekennzeichnet,
daß die dielektrischen Stäbe (13, 15) den Kopplungselementen (9) in einer Ebene gegenüberliegen und längsverstellbar sind.

5. Dual-mode-Zweipolfilter nach einem der Ansprüche 1-4,
dadurch gekennzeichnet,
daß in dem wenigstens einen Hochtemperatur-Supraleiter-Film (5) oder im Abschirmgehäuse (7) ein dielektrischer Stab (15) zur Einstellung der Kopplung zwischen den Dipolmoden angeordnet ist.

6. Dual-mode-Zweipolfilter nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Dielektrikum (3) aus La AlO_3 ist.

7. Dual-mode-Zweipolfilter nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Abschirmgehäuse (7) aus einem gut leitenden Metall besteht.

8. Dual-mode-Zweipolfilter nach einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß die dielektrischen Stäbe (13, 15) aus Saphir sind.

9. Dual-mode-Zweipolfilter nach einem der Ansprüche 2-8,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Kopplungselemente (9) lineare Koaxialantennen sind.

10. Dual-mode-Zweipolfilter nach einem der Ansprüche 2-8,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Kopplungselemente (9) Koaxialschleifen sind.

11. Mehrpoliger Dual-mode-Filter
gekennzeichnet durch
wenigstens zwei Dual-mode-Zweipolfilter (1, 1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10.

12. Mehrpoliger Dual-mode-Filter nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet,
daß halbkugelförmigen Dielektrika (3) nebeneinander angeordnet sind.

13. Mehrpoliger Dual-mode-Filter nach Anspruch 11 oder 12,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Abstand der wenigstens zwei halbkugelförmigen Dielektrika (3) die Kopplung zwischen den beiden Resonatoren (1, 1) definiert.

Claims

1. A dual-mode two-pole filter consisting of a resonator for two dipole modes, each with one dielectric arranged on at least one high-temperature superconductor film, with a shielding enclosure that is arranged over the high-temperature superconductor film and envelops the dielectric, and with a coupling device to couple the dipole modes, characterized by the fact that the dielectric (3) is hemispherical.

2. A dual-mode two-pole filter according to claim 1, characterized by the fact that the coupling device exhibits two coupling elements (9), and that holes (11) are formed in the at least one high-temperature superconductor film (5) to accommodate one coupling element (9).

3. A dual-mode two-pole filter according to claim 1 or 2, characterized by the fact that dielectric rods (13, 15) are arranged in the at least one high-temperature superconductor film (5) or in the shielding enclosure (7) to offset the resonant frequency of the dipole modes.

4. A dual-mode two-pole filter according to claim 3, characterized by the fact that the dielectric rods (13, 15) lie opposite the coupling elements (9) in a plane and are longitudinally adjustable.

5. A dual-mode two-pole filter according to one of claims 1-4, characterized by the fact that a dielectric rod (15) is arranged in the at least one high-temperature superconductor film (5) or in the shielding enclosure (7) to set the coupling between the dipole modes.

6. A dual-mode two-pole filter according to one of the preceding claims, characterized by the fact that the dielectric (3) consists of La AlO_3.

7. A dual-mode two-pole filter according to one of the preceding claims, characterized by the fact that the shielding enclosure (7) consists of a readily conducting metal.

8. A dual-mode two-pole filter according to one of the preceding claims, characterized by the fact that the dielectric rods (13, 15) are made out of sapphire.

9. A dual-mode two-pole filter according to one of claims 2-8, characterized by the fact that the coupling elements (9) are linear coaxial antennas.

10. A dual-mode two-pole filter according to one of claims 2-8, characterized by the fact that the coupling elements (9) are coaxial loops.

11. A multi-pole dual-mode filter, characterized by at least two dual-mode two-pole filters (1, 1) according to one of claims 1 to 10.

12. A multi-pole dual-mode filter according to claim 11, characterized by the fact that hemispherical dielectrics (3) are arranged next to each other.

13. A multi-pole dual-mode filter according to claim 11 or 12, characterized by the fact that the distance between the at least two hemispherical dielectrics (3) defines the coupling between the two resonators (1, 1) .

Revendications

1. Filtre bipolaire à deux modes de fonctionnement comprenant un résonateur pour deux modes dipolaires avec, respectivement, un diélectrique disposé sur au moins un film supraconducteur haute température, avec un boîtier de protection qui est disposé au dessus du film supraconducteur haute température et entoure le diélectrique, et avec un dispositif d'accouplement pour le couplage des modes dipolaires, caractérisé en ce que le diélectrique (3) est de forme hémisphérique.

2. Filtre bipolaire à deux modes de fonctionnement selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif d'accouplement présente deux éléments de couplage (9) et en ce que dans le film supraconducteur haute température (5), au moins au nombre de un, on a ménagé des trous (11) destinés à recevoir chacun un élément de couplage (9) .

3. Filtre bipolaire à deux modes de fonctionnement selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que des bâtonnets diélectriques (13, 15) destinés à égaliser la fréquence de résonance des modes dipolaires sont agencés dans le film supraconducteur haute température (5), au moins au nombre de un, ou dans le boîtier de protection (7).

4. Filtre bipolaire à deux modes de fonctionnement selon la revendication 3, caractérisé en ce que les bâtonnets électriques (13, 15) font face aux éléments de couplage (9) dans un plan et peuvent être réglés en longueur.

5. Filtre bipolaire à deux modes de fonctionnement selon l'une des revendications 1 - 4, caractérisé en ce que dans le film supraconducteur haute température (5), au moins au nombre de un, ou dans le boîtier de protection (7), on a prévu un bâtonnet diélectrique (15) destiné à régler le couplage entre les modes dipolaires.

6. Filtre bipolaire à deux modes de fonctionnement selon l'une des revendications qui précèdent, caractérisé en ce que le diélectrique (3) est en La AlO_3.

7. Filtre bipolaire à deux modes de fonctionnement selon l'une des revendications qui précèdent, caractérisé en ce que le boîtier de protection (7) est fait dans un métal bon conducteur.

8. Filtre bipolaire selon l'une des revendications qui précèdent, caractérisé en ce que les bâtonnets diélectriques (13, 15) sont en saphir.

9. Filtre bipolaire selon l'une des revendications 2 - 8, caractérisé en ce que les éléments de couplage (9) sont des antennes coaxiales linéaires.

10. Filtre bipolaire selon l'une des revendications 2 - 8,

caractérisé en ce que les éléments de couplage (9) sont des boucles coaxiales.

11. Filtre multipolaire à deux modes de fonctionnement, caractérisé par au moins deux filtres bipolaires (1, 1) à deux modes de fonctionnement conformes à l'une des revendications 1 à 10.

12. Filtre multipolaire à deux modes de fonctionnement selon la revendication 11, caractérisé en ce que des diélectriques (3) hémisphériques sont disposés les uns à côté des autres.

13. Filtre multipolaire à deux modes de fonctionnement selon la revendication 11 ou 12, caractérisé en ce que l'écartement des diélectriques (3) hémisphériques, au moins deux, définit le couplage entre les deux résonateurs (1, 1).

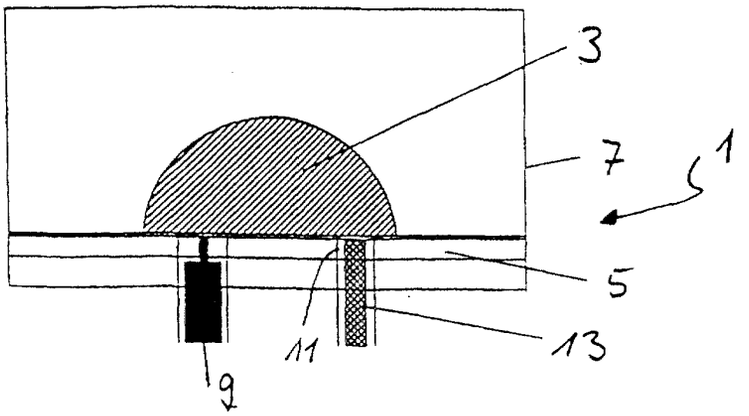


Fig. 1a

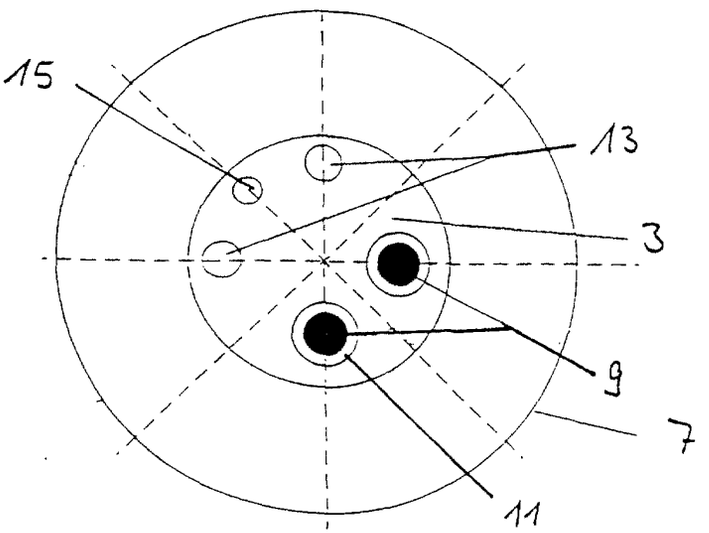


Fig. 1b

Fig. 2

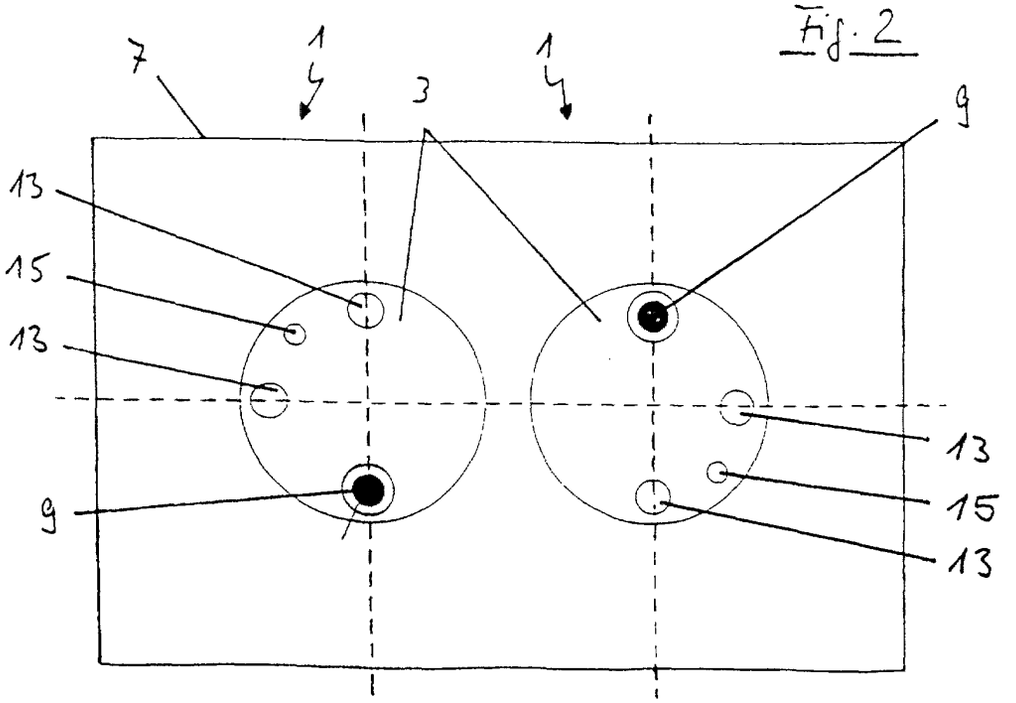


Fig. 3a

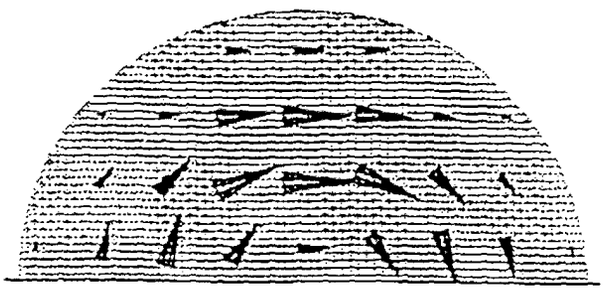


Fig. 3b

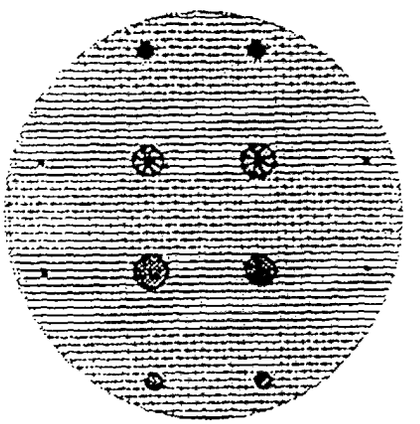


Fig. 4a

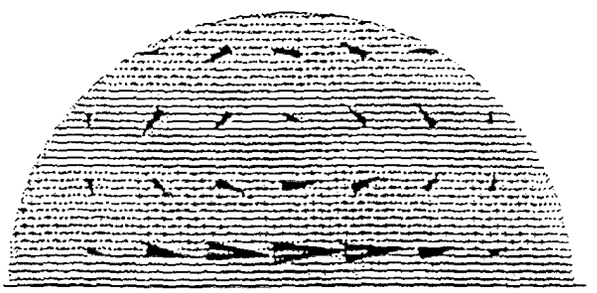


Fig. 4b

