



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 1 349 232 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**01.10.2003 Patentblatt 2003/40**

(51) Int Cl.7: **H01P 7/06**

(21) Anmeldenummer: **03006616.1**

(22) Anmeldetag: **25.03.2003**

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

(72) Erfinder:  
• **Crelpke Rolf**  
**73655 Plüderhausen (DE)**  
• **Schieber Klaus**  
**71549 Spilgelberg -Nassach (DE)**

(30) Priorität: **27.03.2002 DE 10213766**

(74) Vertreter: **Schuster, Gregor, Dipl.-Ing.**  
**Patentanwälte**  
**Schuster & Partner**  
**Wiederholdstrasse 10**  
**70174 Stuttgart (DE)**

(71) Anmelder: **Tesat Spacecom GmbH & Co. KG**  
**71501 Backnang (DE)**

(54) **Mikrowellenresonator**

(57) Es wird ein Mikrowellenresonator vorgeschlagen, der an seinem Rand Bohrungen (2) zur Durchkontaktierung der leitenden Ober- und Unterseite des Re-

sonators aufweist, und bei dem eine als Signaleingang (13) dienende Öffnung (6) sehr viel geringere Abmessungen aufweist, als der mit den Bohrungen (2) versehene Rand.

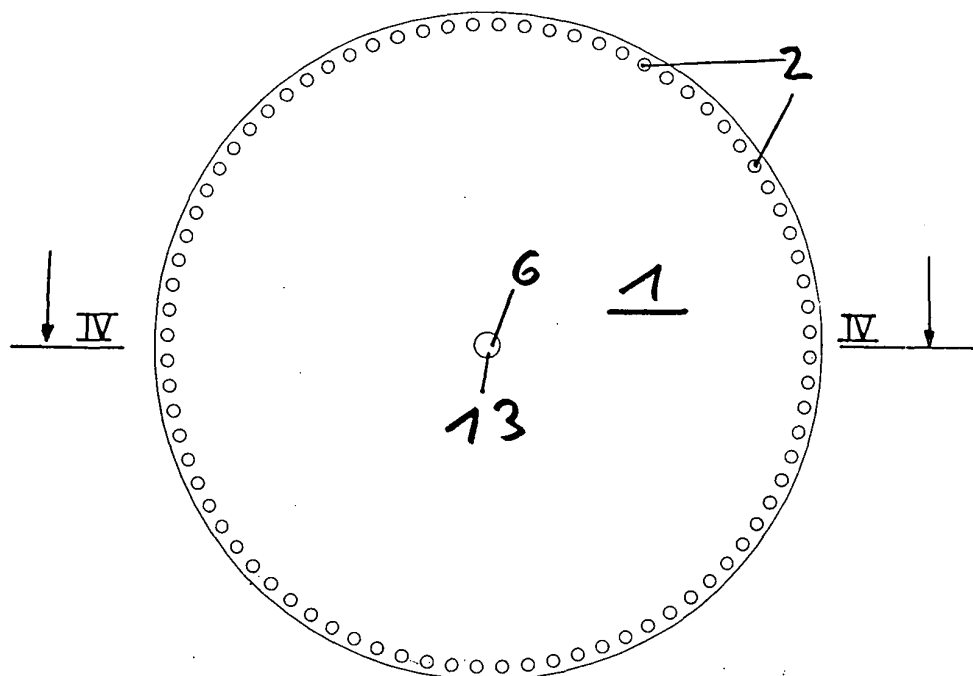


Fig. 3

## Beschreibung

### Stand der Technik:

**[0001]** Die Erfindung geht aus von einem Mikrowellenresonator nach der Gattung des Hauptanspruches.

**[0002]** Bei der Herstellung von HF-Oszillatoren hoher Güte, d.h., mit geringem Phasenrauschen, sind Resonatoren erforderlich, die ebenfalls eine hohe Güte aufweisen. Derartige Resonatoren müssen durch niedrige ohmsche Leitungsverluste, durch geringe dielektrische Verluste und durch niedrige Abstrahlverluste gekennzeichnet sein.

**[0003]** Aus dem Stand der Technik sind vielfache Versuche bekannt, diese Bedingungen zu erfüllen. So wird in der Literaturquelle, D. K. Paul und P. Gardner, "Microwave Oscillator and Filters based on Microstrip Ring Resonator", IEEE MTT-S 1995, ein Ringresonator hoher Güte beschrieben, der jedoch die Nachteile aufweist, dass die Ankopplung problematisch ist, und dass Störmoden auftreten, die unterdrückt werden müssen, wenn ein größerer Abstimmbereich benötigt wird. Durch derartige Maßnahmen nimmt die Güte des Resonators wieder ab.

**[0004]** Bekannt ist auch ein aus einem Keramiksubstrat bestehender planarer Resonator, das beidseitig metallisiert ist und in beiden Metallisierungsflächen kreisrunde Aussparungen aufweist. Dieser Resonator weist eine hohe Güte auf, hat aber den Nachteil, dass für dessen Montage beidseitig des Substrates ein größeres Luftvolumen vorliegen muss. Dies erfordert größere Kammern für den Resonator, was sich dann als nachteilig erweist, wenn der Resonator in "MIC"-Technik realisiert werden soll.

**[0005]** Aus der Literaturquelle, Elektronik Industrie 4-1190: Dr. Gundolf Kuchler: Koaxiale Keramikresonatoren für 400 MHz bis 4,5 GHz, und aus der Quelle, UKW-Bericht 2/1989: Dr. J. Jirmann: Koaxiale Keramikresonatoren, interessante Bauelemente für den Frequenzbereich zwischen 1 und 2,4 GHz, sind koaxiale Keramikresonatoren bekannt, die je nach Frequenzbereich und Keramikmaterial eine Güte zwischen  $Q=400$  bis  $Q=800$  aufweisen. Deren Nachteile bestehen darin, dass hierbei extra Bauelemente erforderlich sind, und dass der Übergang zwischen IC und Resonator kritisch ist.

**[0006]** Bekannt sind zudem aus der Literaturquelle, Artech House: Kajfez/Guillon: Dielectric Resonators, dielektrische Resonatoren, die je nach Frequenzbereich und Resonatormaterial bei Raumtemperatur und im Grundmode  $TE_{01\delta}$  eine Güte zwischen  $Q=1000$  und  $Q=10000$  aufweisen. Nachteilig ist, dass diese Resonatoren relativ groß sind, und dass hierbei eine Resonator-kammer erforderlich ist, in der sich das elektrische Feld ausbreitet. Zudem stellt der Resonator ein zusätzliches Bauteil dar. Und im Rahmen der Verwendung dieses Resonators ist eventuell eine Nachbearbeitung (Abschleifen) erforderlich. Als weitere Nachteile weist er ei-

ne überdurchschnittliche Gehäuse- und Deckelempfindlichkeit (Mikrophonie) auf, ist die elektrische Abstimmbandbreite aufgrund der hohen Güte sehr gering, d.h., nur ca. 10 MHz, und ist die Montage und der Abgleich eines mit diesem Resonator aufgestatteten Oszillators sehr kompliziert.

**[0007]** Letztlich sind aus den Literaturquellen E. Belohoubek, E. Denlinger, "Loss Considerations for Microstrip Resonators", IEEE MTT, Juni 1975, und A. Gopinath, "Maximum Q-Factor of Microstrip Resonators", IEEE MTT Feb. 1981, MIC-Streifenleitungs-Resonatoren bekannt, bei denen für jede Frequenz und für jedes Substratmaterial eine optimale Konfiguration, d. h., Leiterbreite und Substratdicke, realisierbar ist. Der Nachteil dieser bekannten Resonatoren besteht in der relativ niedrigen Güte von nur  $Q=50$  bis  $Q=200$ .

**[0008]** Ein Beispiel eines solchen Resonators ist in den Figuren 1 und 2 dargestellt. Er besteht aus einem streifenförmigen Substrat 12, das beidseitig mit einer leitfähigen Schicht 3 belegt ist, und das nahe der rechten Stirnseite Bohrungen 2 aufweist. Die Innenflächen der Bohrungen 2 sind ebenfalls mit der Schicht 3 belegt, sodass die Schicht 3 der Oberseite 4 und die Schicht 3 der Unterseite 5 elektrisch miteinander verbunden sind. Hierbei bestimmen der ohmsche Widerstand der Schicht 3 am über die Bohrungen 2 kurzgeschlossenen, relativ schmalen Ende die großen ohmschen Leitungsverluste und die ziemlich großen geometrischen Abmessungen des als Signaleingang 13 dienenden linken offenen Endes die großen Abstrahlverluste des bekannten Streifenleitungs-Resonators. Da die Güte des Resonators abhängig ist von der Größe der Leitungsverluste und der Abstrahlverluste, ergibt sich hieraus die relativ niedrige Güte des bekannten Resonators.

### Die Erfindung und ihre Vorteile:

**[0009]** Der erfindungsgemäße Mikrowellenresonator mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruches hat demgegenüber den Vorteil verringerter ohmscher Leitungsverluste und verringerter Abstrahlverluste, sodass er eine sehr hohe Güte aufweist und gut dazu geeignet ist, in HF-Oszillatoren mit hoher Güte eingebaut zu werden.

**[0010]** Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die leitfähige Schicht, bzw. die Anordnung der Löcher, die Form einer Kreisscheibe auf, deren Oberseite und deren Unterseite mit der Schicht belegt sind, sind die Bohrungen am Rand der Kreisscheibe angeordnet, und ist in der Mitte der auf der Oberseite angebrachten Schicht eine Öffnung als Signaleingang angeordnet. Die hierdurch minimierten Abmessungen des offenen Endes reduzieren die Abstrahlverluste des Mikrowellenresonators, und dessen sehr weit aufgespreiztes kurzgeschlossenes Ende verringern dessen ohmsche Leitungsverluste erheblich, sodass hierdurch die Güte des erfindungsgemäßen Resonators sehr erhöht wird.

**[0011]** Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die Kreisscheibe als Signaleingang eine von ihrem zentralen Bereich radial nach außen gerichtete Ankopplungszunge mit der Länge L auf, die seitlich über einen Spalt mit der Breite S von der Kreisscheibe beabstandet ist. Hierdurch ergibt sich die Möglichkeit, über die Spaltbreite S die Abstimmbandbreite und über die Länge L die Kopplung des Mikrowellenresonators einzustellen.

**[0012]** Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist der Spalt zwischen Ankopplungszunge und Kreisscheibe kreissegmentförmig ausgebildet. Durch diese weitgehende Vergrößerung der Spaltbreite ergibt sich eine besonders breitbandige Version des Mikrowellenresonators gemäß der Erfindung.

**[0013]** Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist der Mikrowellenresonator mehr als eine Ankopplungszunge auf. Dies ermöglicht die Ankopplung einer der Anzahl der Ankopplungen entsprechender Anzahl von Leitungen und Bauelementen.

**[0014]** Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung besteht das Substrat aus verlustarmen dielektrischen Material, welches Material in Keramikform hervorragende Isolationseigenschaften aufweist.

**[0015]** Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung besteht das Substrat aus Aluminiumoxid, Saphir, Quarzglas, Teflon oder dergleichen. Dieses Material weist eine hohe elektrische Leitfähigkeit auf und ist sehr korrosionsbeständig, sodass es sich für den vorliegenden Zweck besonders gut eignet.

**[0016]** Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung besteht die Schicht aus hochleitfähigem Metall, sodass es sich für den vorliegenden Zweck besonders gut eignet.

**[0017]** Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung besteht die Schicht aus Gold, Silber, Kupfer, Aluminium, Supraleiter oder dergleichen. Dieses Material weist eine hohe elektrische Leitfähigkeit auf und ist sehr korrosionsbeständig, sodass es sich für den vorliegenden Zweck besonders gut eignet.

**[0018]** Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind der nachfolgenden Beschreibung, den Zeichnungen und den Ansprüchen entnehmbar.

#### Zeichnungen:

**[0019]** Einige Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Figuren 3 bis 6 dargestellt und werden im Folgenden näher beschrieben. Es zeigen

- Fig. 3 einen Kreisresonator in Draufsicht,
- Fig. 4 den Kreisresonator gemäß Fig. 3 im Schnitt entlang der Linie IV-IV,
- Fig. 5 einen Kreisresonator in Draufsicht mit einer separaten Ankopplungszunge und
- Fig. 6 einen Kreisresonator in Draufsicht mit einer

separaten Ankopplungszunge und einem Spalt zwischen Ankopplungszunge und Kreisresonator in Form eines Kreissegmentes.

#### 5 Beschreibung der Ausführungsbeispiele:

**[0020]** Figur 3 zeigt einen als Kreisresonator 1 ausgebildeten Mikrowellenresonator, der in Draufsicht die Form einer Kreisscheibe aufweist. Der Radius der Kreisscheibe beträgt  $\frac{1}{4}$  der Länge der im Kreisresonator 1 in Resonanz befindlichen elektromagnetischen Welle. Figur 4 stellt einen nicht maßstabsgerechten Schnitt durch den Kreisresonator 1 entlang der Linie IV-IV in Figur 3 dar.

15 **[0021]** Der Kreisresonator 1 besteht aus einer Scheibe aus Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), d.h., aus einem elektrisch gut isolierenden Substrat 12, welche Scheibe an ihrem Rand durchgehende Bohrungen 2 aufweist und, wie insb. Figur 4 zeigt, beidseitig mit einer Schicht 3 beleggt ist, die aus einem hochleitfähigen und nicht korrodierenden Material besteht, wozu sich besonders gut Gold eignet. Auch die Innenflächen der Bohrungen 2 sind mit der leitfähigen Schicht 3 belegt, sodass hierdurch die auf der Oberseite 4 und der Unterseite 5 sich befindlichen Schichten 3 kurzgeschlossen werden. In der Mitte weist die Schicht 3 der Oberseite 4 eine runde Öffnung 6 auf, die als Signaleingang 13 verwendet wird.

20 **[0022]** Der in den Figuren 3 und 4 dargestellte Kreisresonator 1 kann bis zu einer Frequenz von 20 GHz betrieben werden. Die erfindungsgemäße Form des Kreisresonator 1 bewirkt, dass dessen ohmsche Leitungsverluste und dessen Abstrahlverluste sehr gering sind, sodass er eine Güte von  $Q=700$  aufweist. Dies hat insbesondere den Vorteil, dass auch ein mit dem Kreisresonator 1 gemäß der Erfindung ausgestatteter Oszillator eine hohe Güte, d.h., ein geringes Phasenrauschen aufweist. Hierbei erfolgt die Ankopplung der elektrischen Oszillatorbauelemente über den Signaleingang 13 da-  
35 durch, dass diese in der Mitte der Oberseite 4 durch die Öffnung 6 und durch das Aluminiumoxid-Substrat durchkontaktiert werden.

40 **[0023]** In Figur 5 ist eine Ausgestaltung eines Kreisresonators 7 dargestellt, die anstelle einer zentralen Öffnung 6 auf einer Seite eine Ankopplungszunge 8 als Signaleingang 13 mit der Länge L aufweist. Deren Zweck besteht darin, Oszillatorbauelemente mit dem Kreisresonator 7 elektrisch zu verbinden. Der Kreisresonator 7 besteht ebenfalls aus einer Aluminiumoxidscheibe, die beidseitig mit Gold beschichtet ist. Beide Seiten der Goldschicht weisen die in Figur 5 dargestellt Form auf. Auch diese Ausgestaltung eines Kreisresonators hat eine Güte von  $Q=700$ . Hierbei besteht nun die Möglichkeit, die Kopplung des Resonators 7 durch eine Variation der Länge L der Ankopplungszunge einzustellen. Wird beidseitig der Ankopplungszunge 8 zwischen dieser und dem Kreisresonator 7 ein Spalt 9 von der Breite S gelassen, besteht die Möglichkeit, die Abstimmbandbreite des Kreisresonators 7 über die Spaltbreite S ein-  
45

zustellen.

**[0024]** Hieraus folgt eine weitere in Figur 6 dargestellt Ausgestaltung eines Kreisresonators 10, dessen Aufbau bis auf den kreissegmentförmigen Spalt 11 identisch ist mit demjenigen des Kreisresonators 7 gemäß Figur 5. Hierbei schließen die Seiten des Spaltes 11 einen Winkel von einer derartigen Größe ein, dass der Kreisresonator 10 eine Abstimmbandbreite von bis zu 15% aufweist.

**[0025]** Bei jeder der erfindungsgemäßen Ausgestaltungen eines Kreisresonators 1, 7, 10 besteht nun die Möglichkeit, Oszillatorbauelemente kapazitiv, d.h., über einen Kondensator oder über eine durch einen Koppelschlitz getrennte Leitung auf der Oberseite oder der Unterseite des Aluminiumoxid-Substrates anzukoppeln.

**[0026]** Zur Abstimmung kann eine Varaktordiode mittels einer weiteren Leitung angekoppelt werden. Diese Diode kann sowohl außerhalb als auch innerhalb der Struktur des Kreisresonators angeordnet sein.

**[0027]** Hierbei hat die vorliegende Erfindung insb. Den Vorteil, in "MIC"-Technik realisierbar zu sein, wobei die Breite S des Spaltes 9 bzw. der Öffnungswinkel des kreissegmentförmigen Spaltes 11 beliebig variiert werden können. Der Kreisresonator 7 bzw. 10 kann zur Ankopplung mehrerer Leitungen auch mit mehr als einer Ankopplungszunge 8 versehen sein, wobei dann die Breite S des Spaltes 9 bzw. die Größe des Öffnungswinkels des kreissegmentförmigen Spaltes 11 von der Anzahl der Ankopplungszungen 8 und von der gewünschten Abstimmbandbreite des erfindungsgemäßen Kreisresonators 7 bzw. 10 abhängt.

**[0028]** Als weiterer Vorteil ist zu nennen, dass der erfindungsgemäße Kreisresonator sehr unempfindlich ist gegenüber solchen Einflüssen der Umgebung, die den Effekt der Mikrophonie auslösen. Dies wird dadurch bewirkt, dass die elektromagnetischen Felder fast vollständig zwischen der Oberseite 4 und der Unterseite 5 der hochleitfähigen Schicht 3 einschließbar sind, und dass die auf der Oberseite 4 und auf der Unterseite 5 befindlichen Schichten 3 über die Bohrungen 2 elektrisch miteinander verbunden sind.

**[0029]** Alle in der Beschreibung, in den nachfolgenden Ansprüchen und in den Zeichnungen dargestellten Merkmale sind sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination miteinander erfindungswesentlich.

#### Bezugszahlenliste

#### [0030]

- |   |                    |
|---|--------------------|
| 1 | Kreisresonator     |
| 2 | Bohrung            |
| 3 | leitfähige Schicht |
| 4 | Oberseite          |
| 5 | Unterseite         |
| 6 | Öffnung            |
| 7 | Kreisresonator     |
| 8 | Ankopplungszunge   |

- |      |                |
|------|----------------|
| 9    | Spalt          |
| 10   | Kreisresonator |
| 11   | Spalt          |
| 12   | Substrat       |
| 5 13 | Signaleingang  |

#### Patentansprüche

10 1. Mikrowellenresonator, bestehend aus einem plattenförmig ausgebildeten und elektrisch isolierenden Substrat (12),

- dass nahe einer Stirnseite der leitfähigen Schicht (3), Bohrungen (2) aufweist,
- dass beidseitig mit einer elektrisch leitfähigen Schicht (3) belegt ist,
- wobei die Schicht (3) die Innenflächen der Bohrungen (2) bedeckt und damit die auf den beiden Seiten des Substrates (12) aufgetragenen Schichten (3) elektrisch miteinander verbindet, und
- wobei derjenige Bereich des Substrates (12) als Signaleingang (13) verwendbar ist, an dem der Randbereiche eines Teiles der Schicht (3) vom Substrat (12) isoliert einem anderen Teil der Schicht (3) gegenüberliegt,

#### dadurch gekennzeichnet,

**dass** der als Signaleingang (13) dienende Bereich des Substrates (12) geringere Abmessungen aufweist, als die mit den Bohrungen (2) versehene Stirnseite des Substrates (12).

35 2. Mikrowellenresonator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die leitfähige Schicht (3), bzw. die Anordnung der Bohrungen (2) die Form einer Kreisscheibe aufweist und das Substrat (12) auf der Oberseite (4) und der Unterseite (5) mit der Schicht (3) belegt sind,

- dass die Bohrungen (2) am Rand der Kreisscheibe angeordnet sind, und
- dass in der Mitte der auf der Oberseite (4) angebrachten Schicht (3) eine Öffnung (6) als Signaleingang (13) angeordnet ist.

50 3. Mikrowellenresonator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die leitfähige Schicht (3), bzw. die Anordnung der Bohrungen (2) die Form einer Kreisscheibe aufweist und das Substrat (12) auf der Oberseite (4) und der Unterseite (5) mit der Schicht (3) belegt sind,

- dass die Bohrungen (2) am Rand der Kreisscheibe angeordnet sind, und
- dass die Kreisscheibe als Signaleingang (13) eine von deren zentralen Bereich radial nach

außen gerichtete Ankopplungszunge (8) mit der Länge L aufweist, die seitlich über einen Spalt (9) mit der Breite S von der Kreisscheibe beabstandet ist.

5

4. Mikrowellenresonator nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Spalt (11) zwischen Ankoppelzunge (8) und Kreisscheibe kreissegmentförmig ausgebildet ist.

10

5. Mikrowellenresonator nach Anspruch 3 oder 4, **gekennzeichnet durch** mehr als eine Ankoppelzunge (8).

6. Mikrowellenresonator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Substrat (12) aus verlustarmen dielektrischen Material besteht.

15

7. Mikrowellenresonator nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Substrat (12) aus Aluminiumoxid, Saphir, Quarzglas, Teflon oder dergleichen besteht.

20

8. Mikrowellenresonator nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schicht (3) aus leitfähigen Material besteht.

25

9. Mikrowellenresonator nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schicht (3) aus Gold, Silber, Kupfer, Aluminium, Supraleiter oder dergleichen besteht.

30

35

40

45

50

55

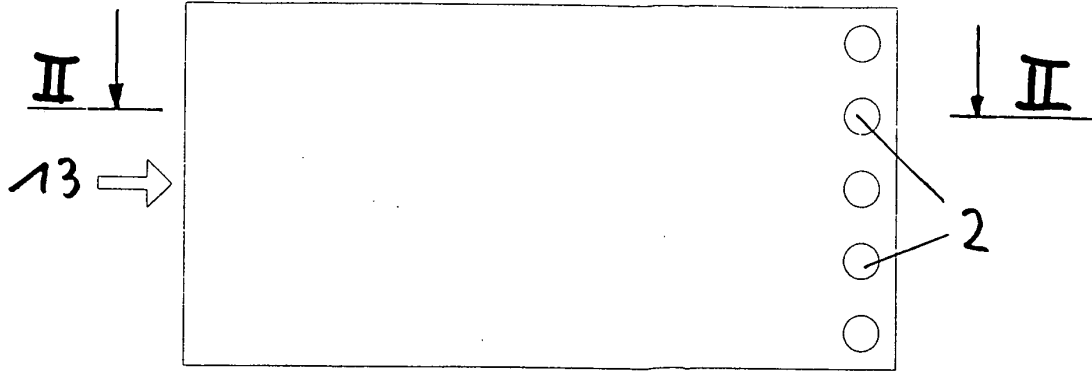


Fig. 1  
(Stand der Technik)

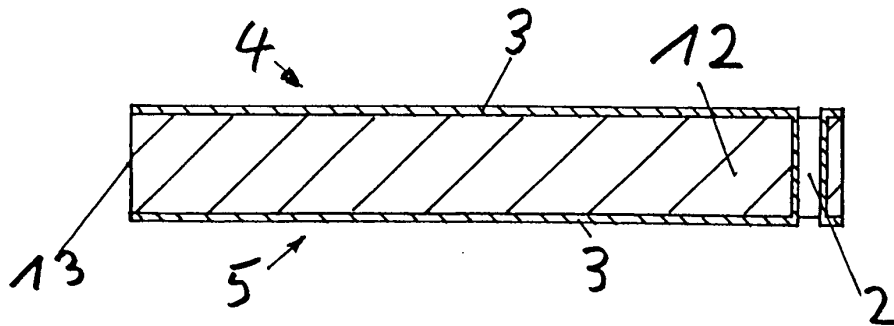


Fig. 2  
(Stand der Technik)

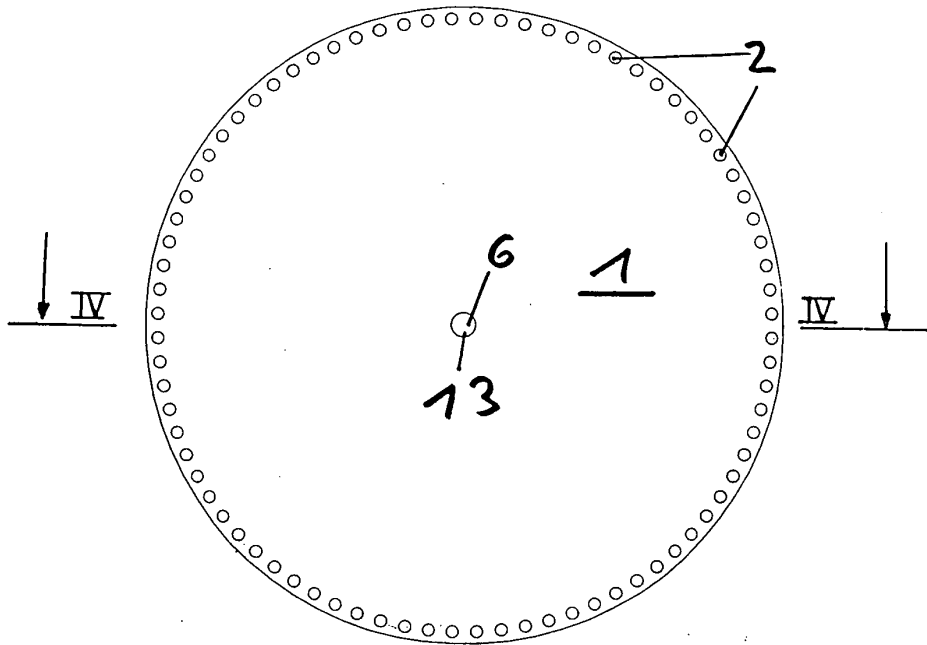


Fig. 3

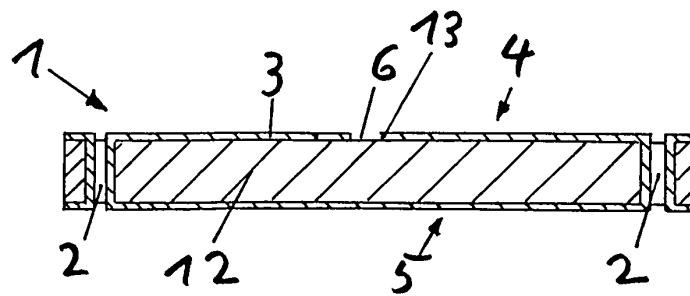


Fig. 4

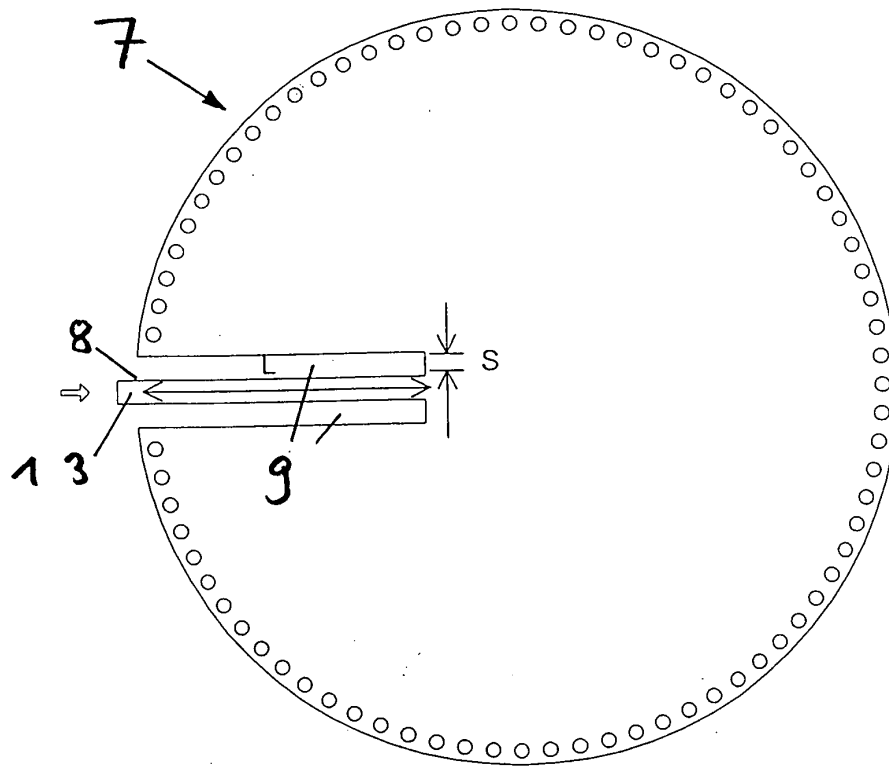


Fig. 5

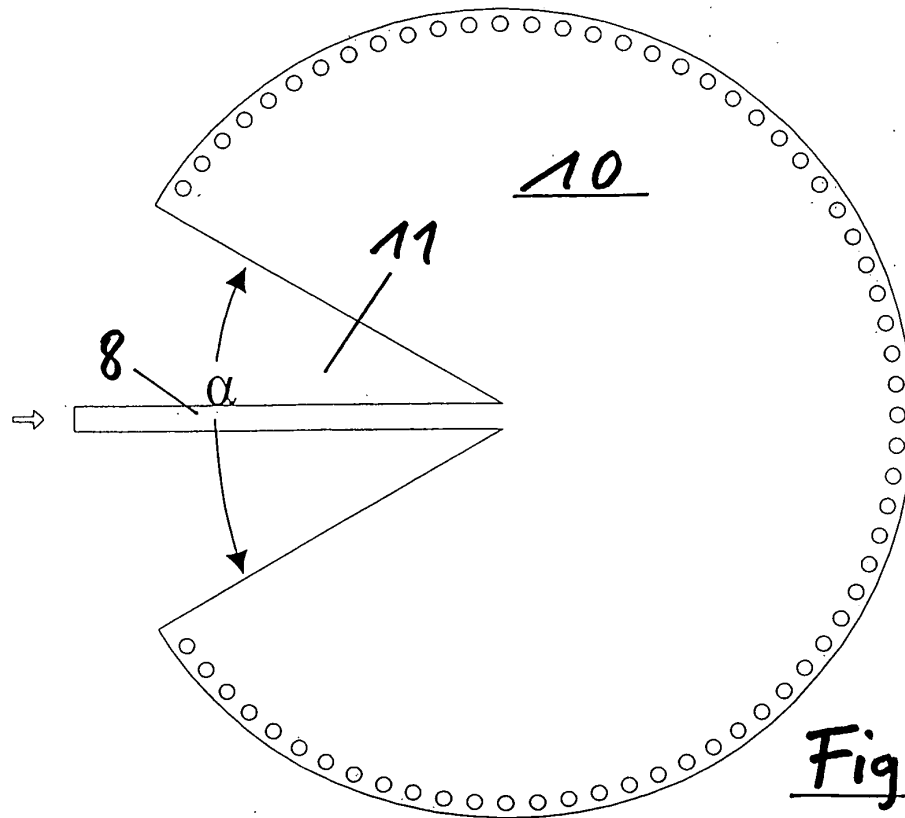


Fig. 6