

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 0 965 152 B1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**04.09.2002 Patentblatt 2002/36**

(21) Anmeldenummer: **98912379.9**

(22) Anmeldetag: **24.02.1998**

(51) Int Cl.7: **H01Q 9/04**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP98/01040**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 98/038694 (03.09.1998 Gazette 1998/35)**

### (54) RESONANZANTENNE

RESONANT ANTENNA

ANTENNE ACCORDEE

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC**

**NL PT SE**

Benannte Erstreckungsstaaten:

**LT LV MK RO SI**

(30) Priorität: **25.02.1997 DE 19707535**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**22.12.1999 Patentblatt 1999/51**

(73) Patentinhaber: **PATES TECHNOLOGY  
PANTENTVERWERTUNGSGESELLSCHAFT  
FÜR SATELLITEN- UND MODERNE  
INFORMATIONSTECHNOLOGIEN MBH  
23556 Lübeck (DE)**

(72) Erfinder: **ROTHE, Lutz  
D-06132 Halle (DE)**

(74) Vertreter: **Lenzing, Andreas, Dr.  
Lenzing Gerber  
Patentanwälte  
Münsterstrasse 248  
40470 Düsseldorf (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**US-A- 5 075 691** **US-A- 5 663 639**  
**US-A- 5 666 091**

EP 0 965 152 B1

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).

**Beschreibung**

[0001] Die Erfindung betrifft eine Antenne zum Empfang und Senden von elektromagnetischen Mikrowellen der Wellenlängen  $\lambda$ , bestehend aus einer Substratschicht aus niederdielektrischem Material, welche auf einer Seite eine leitfähige Masseebene hat und deren gegenüberliegende Seite leitfähig in Form von Mikrostreifenleitungen strukturiert ist.

[0002] Der Anwendungsbereich der Erfindung erstreckt sich vordergründig auf den Sektor der Mobilfunk- und Handheld-Technik innerhalb der Spektralbereiche zwischen 890 MHz und 960 MHz oder 1710 MHz und 1890 MHz, indem die erfindungsgemäße Komponente in die entsprechenden Endgeräte- und Handheld-Technik integriert wird.

[0003] Bekannte Antennenlösungen für den Bereich der Mobilfunkanwendungen beruhen auf Linearantennenkonzeptionen in Form von Monopolanordnungen in verkürzter oder unverkürzter Ausführung. Diese Linearantennen sind sowohl als extern montierbare Bordantennen als auch als unmittelbar mit dem Endgerät gekoppelte Komponenten bekannt, sowie mit unterschiedlichem Richtfaktor und Wirkungsgrad behaftet, wobei diese Komponenten in der Azimutalebene ausschließlich rundstraniert sind. Bekannte Flachantennenlösungen beruhen auf flächenhaft angeordneten, dipolähnlichen Konfigurationen, deren Richtdiagramm unregelmäßig und in Verbindung mit dem jeweiligen Antennenträger bzw. Antennenkörper die Merkmale einer signifikanten Strahlungsfelddeformation aufweisen. Die auf den Anwendungsbereich bezogenen Strahlungseigenschaften sind denen der klassischen Linearantennen deutlich unterlegen. Gleichfalls sind gezielte Ausblendungseigenschaften des Strahlungsdiagramms nicht nachweisbar. Weiterhin sind keine Lösungen bekannt, deren elektromagnetische bzw. Strahlungseigenschaften auf der Basis unsymmetrischer und offener Wellenleitertechnik, insbesondere der Mikrostreifentechnik, unter Verwendung von Folienleitern oder folienähnlichen Leitflächen erzielt werden.

[0004] Die in der Patentschrift DE 41 13 277 dargestellte und azimutal rundstrahlende Antennenkonfiguration geht ausschließlich von einer Folie als mechanischen Strukturträger aus, wobei die benannte Antennenkomponente mit einer außerhalb des Endgerätcontainments angeordneten Kopfkapazität behaftet ist. In gleicher Weise geht die in der Patentschrift DE 41 21 333 dargestellte und azimutal rundstrahlende Antennenkonfiguration von einer elektrisch nicht leitenden Folie als mechanischem Strukturträger aus, wobei die Hauptstrahlungsrichtung bezüglich der Elevationswerte eine Neigung von ca. (Minus) -30° (Winkelgrad), das heißt, einen negativen Elevationswinkel aufweist.

[0005] Nachteilig bei den bekannten Antennenkonfigurationen ist somit, daß sie entweder in azimutaler Ebene ausschließlich rundstrahlend sind oder lediglich innerhalb des negativen Elevationswinkelbereiches strahlen.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine systemintegrierbare Antennenkomponente mit möglichst kleiner flächenhafter Ausdehnung mit möglichst einseitiger azimutaler Richtwirkung, das heißt der bevorzugten Ausleuchtung einer Raumhemisphäre sowie einer begrenzten Winkelversetzung der elevationsbezogenen Richtwirkung innerhalb des positiven Elevationswinkelbereiches bereitzustellen.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Kennzeichnenden Teils des Anspruchs 1 sowie der auf den Anspruch 1 rückbezogenen Unteransprüche gelöst.

[0008] Bei der erfindungsgemäßen Antenne, welche auch als Folienstrahler bezeichnet werden kann, handelt es sich um einen modifizierten  $\lambda/4$ -Strahler, der auf seiner einen Seite gegen Masse kurzgeschlossen ist. Um eine möglichst kompakte Bauform zu erhalten, wird der längliche Leiterabschnitt, welcher als Resonator diene, kürzer als  $\lambda_e/4$  ausgeführt. Dadurch wird der Resonator jedoch induktiv und die Schwingungsbedingung wird nicht eingehalten. Damit die Resonanzbedingung des Strahlerelements erfüllt wird, wird an dem zur kurzgeschlossenen Seite gegenüberliegenden Ende des Resonators eine Endkapazität erzeugt. Diese Endkapazität wird durch mindestens einen zusätzlichen weiteren Leiterabschnitt erzeugt, der mit seinem einen Ende an dem zur kurzgeschlossenen Seite gegenüberliegenden Ende des Resonators anschließt und dessen anderes Ende einen Leerlauf bildet. Die Länge der zusätzlichen weiteren Leiterabschnitte bestimmen die Schwingungsbedingung und somit die resultierende Resonanzfrequenz der gesamten Struktur. Hierbei sind zur Realisierung einer definierten Endkapazität für die Einhaltung der Schwingungsbedingung verschiedene Ausführungsformen der Leiterabschnitte am Ende des Resonators denkbar. Die Endkapazität kann durch eine oder mehrere Leitungen entsprechender Länge, die nicht unbedingt parallel zueinander oder zum Resonator verlaufen müssen, realisiert werden. Alle Leitungen können ebenfalls in beliebiger gekrümmter Form und nicht nur in gerader Form ausgeführt werden.

[0009] Durch die Abdeckung der Antenne bzw. des Folienstrahlers durch eine zusätzliche dielektrische Schicht, die in den Designprozeß mit berücksichtigt wird, kann eine weitgehende Unempfindlichkeit gegenüber anderen sich in der Nähe des Strahlers befindlichen Dielektrika erreicht werden. Dies ist wichtig, damit durch den Einbau des Folienstrahlers in Funkgeräte (dielektrische Beeinflussung) sowie durch die Beeinflussung, die sich durch das Halten des Funkgeräts in der Hand ergibt, die Funktionsweise erhalten bleibt und der Strahler nicht verstimmt wird.

[0010] Da bei dieser Art von Strahlern eine Seite kurzgeschlossen ist, existiert nur ein abstrahlendes oder empfangendes Ende. Dies führt zu einer Unsymmetrie der Richtcharakteristik in der Schwingungsebene des elektrischen Feldvektors (E-Ebene) und somit zu einem Winkelversatz der Hauptstrahlungsrichtung in dieser Ebene um ca. 30° in Blickrichtung kurzgeschlossene Strahlerseite - strahlendes Ende.

[0011] Die elektrischen Eigenschaften dieser Antenne, wie z.B. Güte, Impedanzbandbreite, Wirkungsgrad und Ge-

winn hängen von der Größe der erreichten mechanischen Verkürzung (Verkleinerung), der Breite des Resonators, dem Abstand zwischen dem Resonator und den Endkapazitätsleiterabschnitten, der effektiven Permittivitätskonstante, der Substratdicke bzw. des dielektrischen Verlustwinkels ab.

**[0012]** Mittels der vorgestellten Erfindung ist es möglich, auf relativ kleinem Raum zwei oder mehrere Antennen für unterschiedliche Wellenlängen unterzubringen. Ein wesentliches Merkmal der Erfindung ist es, daß die in Mikrostreifentechnik realisierten Resonatoren zum Empfang der Mikrowellen kürzer als  $\lambda_e/4$  realisiert sind, wodurch sich eine besonders kompakte und kleine Bauweise erzielen läßt. Dadurch, daß die Resonatorlänge kürzer als  $\lambda_e/4$  gewählt wird, ist, wie bereits erläutert, die Schwingungsbedingung nicht mehr erfüllt. Die erforderlichen Endkapazitäten werden durch weitere Leitungsabschnitte realisiert. Eine Vergrößerung der Frequenzbandbreite kann durch zusätzliche Strahlelemente durch elektromagnetische Verkopplung erreicht werden. Dies geschieht durch weitere zusätzliche Mikrostreifentechniken, die in bestimmten Abständen zu dem Resonator und seinen Endkapazitäten angeordnet werden. Es ist möglich, mit zwei oder mehreren Resonatoren auf einem Substrat mehrere Wellenbereiche zu empfangen, wobei die Resonatoren ineinander räumlich verschachtelt angeordnet werden können und auf die geforderten Frequenzbänder abgestimmt sind. Die einzelnen Antennen müssen nicht in einer Ebene, sondern können auch in Schichten übereinander angeordnet sein. Dabei ist es auch möglich, daß pro Schicht mehrere Antennenanordnungen vorgesehen sind, so daß mehr als zwei verschiedene Frequenzbänder bedient werden können. Hierdurch ist es möglich, daß ein Mobilfunktelefon mit verschiedenen Mobilfunknetzen kommunizieren kann.

**[0013]** Nachfolgend werden einige Ausführungsformen der Erfindung anhand von Zeichnungen näher erläutert.

**[0014]** Es zeigen:

Figur 1: Erfindungsgemäß Antenne mit einem mit der Massebene verbundenen Resonator und zwei die Endkapazitäten darstellenden beidseitig an den Resonator angrenzenden Leiterabschnitten;

Figur 2: Querschnittsdarstellung der Antenne gem. Figur 1;

Figur 3: Antenne gem. Figur 1 mit nur einem die Endkapazität bildenden Leiterabschnitt;

Figur 4: Antenne gem. Figur 1, bei der die Leiterabschnitte auf einer Seite des Resonators angeordnet sind;

Figur 5 und 6: Antenne mit 4 bzw. 3 die Endkapazitäten bildenden Leiterabschnitten;

Figur 7: Antenne, deren Endkapazitätsleiterabschnitte nicht gerade, sondern rechteckförmig gestaltet sind;

Figur 8 bis 10: Erfindungsgemäß Antenne gemäß Figur 2, bei der mehrere ineinander verschachtelt angeordnete Resonatoren zur Vergrößerung der Frequenzbandbreite vorgesehen sind;

Figur 11: Zwei erfindungsgemäß ineinander verschachtelte Antennen, für den Empfang von zwei Frequenzbändern;

Figur 12: Zwei auf einem Substrat angeordnete erfindungsgemäß Antennen zum Empfang von zwei Frequenzbändern mit jeweils zusätzlicher Verkopplung zur Vergrößerung der jeweiligen Frequenzbandbreite;

Figur 13: Draufsicht auf eine Schicht-Antenne zum Empfang von zwei Frequenzbändern;

Figur 14: Querschnittsdarstellung einer Antenne gem. Figur 13.

**[0015]** Die Figur 1 zeigt eine erfindungsgemäß Antenne mit einem folienhaften niederdielektrischen Träger 10, welcher einseitig mit einer leitfähigen Struktur S, bestehend aus parallel zueinander und geradlinig verlaufenden Leiterabschnitten 2, 3 und 4 unterschiedlicher Länge beschichtet ist, wobei der Leiterabschnitt 3 leitfähig und einseitig mit einer Massefläche 8 in Verbindung ist, welche wiederum, wie in Figur 2 dargestellt ist, über eine leitfähige Beschichtung der Querschnittsfläche des Trägersubstrats 10 mit der Massebene 1 in Verbindung ist. Anstatt der leitfähigen Beschichtung 12 kann in einem nicht dargestellten Ausführungsbeispiel die Massefläche 8 mittels eines oder mehrerer Kontaktstifte, welche die dielektrische Substratschicht 10 durchgreifen, mit der Massebene 1 in Verbindung sein. Die in Figur 2 gezeigte leitfähige Beschichtung der Querschnittsfläche des Trägersubstrats 10 muß nicht über die gesamte Breite der Antenne verlaufen, sondern es kann eine partielle Beschichtung der Folienquerschnittsfläche vorgenommen werden. Die Leiterabschnitte 2, 3 und 4 sind jeweils durch einen Spalt 5,6 definierter Spaltbreite von einander getrennt angeordnet, wobei die Leiterabschnitte 2, 3 und 4 jeweils durch einen in Querrichtung verlaufenden

streifenförmigen Leiterabschnitt 7 definierter Abschnittslänge und -breite leitfähig miteinander verbunden sind, wobei der in Querrichtung verlaufende Leiterabschnitt an dem der Massekontaktierung 8 gegenüberliegenden Leiterabschnittsende der Antenne angeordnet ist. Der Leiterabschnitt 3, der an einem Leiterabschnittsende mit der Massefläche 8 verbunden und am gegenüberliegenden Leiterabschnittsende mit dem quer verlaufenden streifenförmigen Leiterabschnitt 7 verbunden ist, wird am Ort 9 mit einem Signalwellenleiter gekoppelt, indem der Innenleiter 13 eines koaxialen Wellenleiters durch eine Blende 15, die in der rückwärtigen Masseebene 1 angeordnet ist, zehtrisch geführt und mit dem Leiterabschnitt 3 am Ort 9 auf der Längssymmetrielinie des Leiterabschnitts gekoppelt wird, und der Außenleiter des koaxialen Wellenleiters mit der rückwärtigen Masseebene 1 leitfähig an der Blendenberandung 15 verbunden ist.

**[0016]** Die Schwingungsbedingung der offenen und unsymmetrischen Wellenleiterstruktur in Form der Mikrostreifenfentechnik wird über die geometrische Länge und Breite der Leiterabschnitte 2, 3 und 4 festgelegt. Die Eingangsimpedanz der Mikrostreifenanordnung wird über den Ort der Einkopplung 9 entlang der Symmetrielinie des Leiterabschnitts 3 bestimmt, der wiederum von der resultierenden Länge der Leiterabschnitte 2 und 4 abhängt, wobei die Signalein- bzw. -auskopplung am Ort 9 über eine kreisförmige koaxiale Blende oder eine schlitz- bzw. rechteckförmige Blende erfolgt.

**[0017]** Die Verstimmung des Strahlers infolge dielektrischer Umgebungseinflüsse wird über die Länge der Leiterabschnitte 2 und/oder 4 kompensiert, wobei der Verstimmungsgrad des

**[0018]** Strahlers infolge dielektrischer Umgebungseinflüsse durch die Auflage einer dielektrischen Schicht 11 definierter Dielektrizitätszahl sowie definierter Geometrie zusätzlich beeinflußt bzw. minimiert wird.

**[0019]** Die dielektrische Trägerschicht 10 ist insbesondere eine Polystyrolfolie der Schichtdicke von 1 mm, welche einseitig und ganzflächig mit einer Kupfer- oder Aluminiumfolie der Schichtdicke zwischen 0,01 mm und 0,5 mm versehen ist, die die Masseebene bildet. Gemäß der Figur 2 wird der selbige Polystyrolträger mit einer folienartigen und aus kupfer oder Aluminium bestehenden Struktur S der Schichtdicke zwischen 0,01 mm und 0,5 mm, bestehend aus den parallel zueinander verlaufenden und jeweils durch einen Längsspalt getrennten, geradlinig verlaufenden Leiterabschnitten 2, 3, 4 versehen. Die dielektrische Schicht 11 hat ebenfalls eine Schichtdicke von ca. 1 mm.

**[0020]** In einer besonderen Ausführungsform hat die Antenne eine Länge  $L_A$  von 119 mm und eine Breite  $B_A$  von 40 mm. Die Länge  $L_8$  der Massefläche 8 beträgt 20 mm. Der Abstand  $L_5$  von der Massefläche 8 zum Speisepunkt der Antenne 9 beträgt ebenfalls 20 mm. Der Durchmesser der Blende 15 beträgt 4,1 mm. Die Länge der die Endkapazität bildenden Leiterabschnitte  $K_1$  und  $K_2$  bemessen sich mit 82,6 mm und 56,7 mm. Die Länge  $L_A$  des den Resonator bildenden Leiterabschnitts 3 bzw. R beträgt 85,7 mm. Die Breite des Leiterabschnitts 2 beträgt 11,5 mm, und die Breite des Leiterabschnitts 4 beträgt 9,5 mm. Die Breite des Resonatorleiterabschnitts beträgt 12 mm.

**[0021]** Die Figur 3 zeigt einen erfindungsgemäßen Strahler, bei dem lediglich ein parallel zum Resonatorleiterabschnitt 3 bzw. R angeordneter Leiterabschnitt K die Endkapazität bildet.

**[0022]** Die Figur 4 zeigt einen erfindungsgemäßen Strahler, bei dem die Sndkapazität durch zwei parallel angeordnete Leiterabschnitte  $K_1$  und  $K_2$  gebildet wird, welche auf einer Seite des Resonatorleiterabschnitts R angeordnet sind. Ebenso ist wie in Figur 5 und 6 dargestellt eine Antenne konfigurierbar, bei der die resultierende Endkapazität durch drei oder vier Leiterabschnitte  $K_1$  bis  $K_4$  realisiert ist.

**[0023]** Die Figur 7 zeigt eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Antenne, bei der die die Endkapazität bildenden Leiterabschnitte 16 und 17 nicht geradlinig sind, sondern einen rechteckigen Verlauf haben.

**[0024]** Die Figuren 8 bis 10 zeigen Antennen, bei denen die Frequenzbandbreite der Antenne durch elektromagnetische Verkopplung mit zusätzlichen Leiterelementen, welche auf dem gleichen dielektrischen Trägersubstrat angeordnet sind, eingestellt bzw. vergrößert wird. Die Antenne gemäß Figur 8 entspricht in ihrem Grundaufbau der Antenne gemäß Figur 3, wobei zusätzlich ein U-förmiger Leiterabschnitt 19, 20, 21 mit seinem einen Schenkel 21 in den Spalt zwischen dem Resonatorleiterabschnitt 3 und dem die Endkapazität bildenden Leiterabschnitt 2 greift. Der andere Schenkel 19 ist mit einer zusätzlichen Massefläche 18 in Verbindung, welche ihrerseits entsprechend der Massefläche 9 mit der Masseebene i in Verbindung ist. Die Figur 9 entspricht in ihrem Grundaufbau der Figur 1, wobei nunmehr zwei zusätzliche U-förmige Leiterabschnitte 23 bis 28 vorgesehen sind, welche jeweils mit ihrem einen Schenkel 27, 28 in die durch die Leiterabschnitte 2, R, 4 gebildeten Spalte eingreifen.

**[0025]** Die Figuren 9 und 10 zeigen weitere mögliche Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Antenne, wobei die Anordnung der zusätzlichen, die Verkopplung zur Vergrößerung der Frequenzbandbreiten beeinflussenden Leiterabschnitte 30 bis 38 prinzipiell beliebig ist. Es ist auch vorstellbar, daß die Leiterabschnitte spiralförmig ineinandergreifen, so daß auf relativ geringem Raum eine lange parallele Führung von Leiterabschnitten erzeugt wird.

**[0026]** Die Figuren 11 bis 14 zeigen Antennen, bei denen zwei Antennensignale ein- bzw. auskoppelbar sind, wodurch zwei Frequenzbänder gleichzeitig mittels nur einer Folienantenne empfangbar bzw. bedienbar sind. Durch die unterschiedliche Gestaltung der Resonatorleiterabschnitte  $R_a$  und  $R_b$  werden die Resonanzbedingungen in Verbindung mit den Leiterabschnitten 41a,b und 42a,b sowie den Orten 43a, 43b der Auskopplung der elektromagnetischen Wellen bestimmt. Durch die Ineinanderverschachtelung der beiden Strahleranordnungen können diese auf engstem Raum angeordnet werden.

**[0027]** Die Figur 12 zeigt eine weitere Ausführungsform einer Antenne mit zwei Anschlüssen 51a, 51b für dielektri-

sche Wellenleiter, wobei lediglich die in Figur 8 dargestellte Strahleranordnung in jeweils unterschiedlicher Dimensionierung nebeneinander auf einem Substraträger angeordnet sind.

[0028] Die Figuren 13 und 14 zeigen eine Mehrschichtantenne, bei der die erfindungsgemäßen Antennen übereinander in mehreren schichten sandwichartig angeordnet sind, wobei jeweils eine Antenne den Schwingungsbedingungen für die Frequenzen eines bestimmten Mobilfunknetzes entspricht. Durch die unterschiedlichen Resonanzfrequenzen behindern sich die übereinander angeordneten Strahlunstrukturen nur unwesentlich. Gegenüber der Anordnung gemäß der Figur 2 wird bei dem Übereinanderschichten der Strahlerstrukturen weniger Raum benötigt, wodurch die Antenne gemäß der Figur 13 kompakter und somit das sie umschließende Gehäuse eines Mobilfunktelefons relativ klein gestaltet sein kann.

[0029] Die Figur 14 zeigt die Antenne gemäß der Figur 13 im Querschnitt. Die leitfähige Beschichtung 12a,b der Querschnittsfläche der Trägersubstrate 10a und 10b ist mit den strukturierten Schichten  $S_A$  und  $S_B$  leitend in Verbindung. Eine derartige leitfähige Querschnittsbeschichtung ist je nach Ausführung der Antenne auch an der gegenüberliegenden Seite vorsehbar.

[0030] Es versteht sich von selbst, daß je nach gewünschter Resonanzfrequenz, Verkopplung und Verstimmung die jeweiligen Geometrien der einzelnen Leiterabschnitte entsprechend gewählt werden müssen, wobei zur Erzielung vorgegebener Frequenzwerte die Geometrien der Leiterstrukturen teilweise empirisch ermittelt werden müssen.

#### Bezugszeichenliste:

[0031]

1	Masseebene
2, 2 <sub>a/b</sub> , 4, 4 <sub>a/b</sub> , 6 <sub>a/b</sub> , K, K <sub>i</sub>	Leiterabschnitt als Endkapazität
3,R,R <sub>i</sub>	Resonatorleiterabschnitt
5,6	Abstandsspalte zwischen den Endkapazitätsleiterabschnitten und den Resonatorleiterabschnitten
7,7 <sub>a/b</sub> , 41 <sub>a/b</sub> ,45 <sub>a/b</sub>	Resonatorleiterabschnitt mit Endkapazitätsleiterabschnitten verbindender querverlaufender Leiterabschnitt
8	Massefläche; mit der Masseebene 1 in Verbindung
9	Speisepunkt der Antenne
10	Dielektrische Trägerschicht;
11	Dielektrische Schicht
12	Leitfähige Beschichtung der Querschnittsfläche des Trägersubstrats
13,13a,13b	Innenleiter eines koaxialen Wellenleiters
14,14a,14b	Lötstelle
15,15a,15b	Blende
16,17	Leiterabschnitt als Endkapazität in eckiger Wellenform
18,22,29,40b,47	zusätzliche Massefläche; mit der Masseebene 1 in Verbindung
19-21;23-28; 30-35;31',33' 35', 48a/b-50a/b	Zusätzlicher im wesentlichen U-förmiger Leiterabschnitt
36,37,38,36' 37', 38',40b	Leiterabschnitt zur Einstellung der Verstimmung der Antenne

B <sub>A</sub>	Breite der Antenne
L <sub>8</sub>	Länge der Massefläche 8
5 L <sub>A</sub>	Länge der Antenne
L <sub>B</sub>	Abstand des Einkopplungspunktes von der Massefläche 8
10 L <sub>R</sub>	Länge des Resonatorleiterabschnitts
L <sub>Ki</sub>	Länge der Endkapazitätsleiterabschnitte
15 L <sub>Sp</sub> , L <sub>Sp1</sub>	Breite der Abstandsspalte
S, S <sub>a</sub> , S <sub>b</sub>	Leitfähige in Mikrostreifenleitungen strukturierte Schicht

### Patentansprüche

- 20 1. Antenne zum Empfang und Senden von elektromagnetischen Mikrowellen der Wellenlängen  $\lambda$ , bestehend aus einer Substratschicht (10) aus niederdielektrischem Material, welche auf einer Seite eine leitfähige Masseebene (1) hat und deren gegenüberliegende Seite leitfähig in Form von Mikrostreifenleitungen strukturiert ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** die leitfähige Struktur (S) einen länglichen Leiterabschnitt (3, 3a, 3b, R, R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>) als Resonator hat, dessen Länge (L<sub>R</sub>) kürzer als  $\lambda_e/4$  ist, und der mit seinem einem Ende mit der Masseebene (8, 1) leitfähig in Verbindung ist, und dessen anderes Ende mit mindestens einem weiteren Leiterabschnitt (2, 2a, 2b, 4, 42a, 42b, 46a, 46b, K) leitfähig in Verbindung ist, der als Endkapazität zur Einstellung der Resonanzbedingung dient, wobei der Resonatorleiterabschnitt (3, 3a, 3b, R, R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>) mit einem Innenleiter eines koaxialen Wellenleiters und der Außenleiter des koaxialen Wellenleiters mit der Masseebene (1) in Verbindung ist.
- 30 2. Antenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der mindestens eine weitere Leiterabschnitt (2, 2a, 2b, 4, 42a, 42b, 46a, 46b, K) ebenfalls als Mikrostreifenleitung ausgebildet ist und parallel zum Resonatorleiterabschnitt (3, 3a, 3b, R, R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>) angeordnet ist.
- 35 3. Antenne nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Resonatorleiterabschnitt (3, 3a, 3b, R, R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>) mit dem weiteren Leiterabschnitt (2, 2a, 2b, 4, 42a, 42b, 46a, 46b, K) derart leitfähig in Verbindung ist, daß die beiden Leiterabschnitte (2, 2a, 2b, 4, 42a, 42b, 46a, 46b, K; 3, 3a, 3b, R, R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>) zusammen mit dem sie verbindenden Verbindungsleiterabschnitt (7, 41a, 41b, 45a, 45b, 49a, 49b) ein U mit gleich- oder unterschiedlich langen Schenkeln bilden.
- 40 4. Antenne nach einem der Ansprüche 1 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** mindestens zwei weitere Leiterabschnitte (2, 2a, 2b, 4, 42a, 42b, 46a, 46b, K), welche insbesondere parallel zu dem Resonatorleiterabschnitt (3, 3a, 3b, R, R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>) angeordnet sind, mit jeweils ihrem einen Ende über einen quer zur Längssymmetrielinie des Resonatorleiterabschnitts (3, 3a, 3b, R, R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>) angeordneten Verbindungsleiter (7, 41a, 41b, 45a, 45b, 49a, 49b) mit dem einen Ende des Resonatorleiterabschnitts (3, 3a, 3b, R, R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>) in Verbindung sind, wobei die weiteren Leiterabschnitte (2, 2a, 2b, 4, 42a, 42b, 46a, 46b, K) entweder auf einer Seite oder auf beiden Seiten des Resonatorleiterabschnitts (3, 3a, 3b, R, R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>) verteilt angeordnet sind, wobei insbesondere die Länge (L<sub>K</sub>) der weiteren Leiterabschnitte (2, 2a, 2b, 4, 42a, 42b, 46a, 46b, K) unterschiedlich ist.
- 50 5. Antenne nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das eine Ende des Resonatorleiterabschnitts (3, 3a, 3b, R, R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>) über mindestens einen durch die Substratschicht (10, 10a, 10b) greifenden Verbindungsstift mit der Masseebene (1) in Verbindung ist.
6. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** das eine Ende des Resonatorleiterabschnitts (3, 3a, 3b, R, R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>) über eine leitfähige Beschichtung (12, 12<sub>ab</sub>) der Querschnittsfläche der Substratschicht (10, 10a, 10b) in Verbindung ist.
- 55 7. Antenne nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der mindestens eine weitere Leiterabschnitt (2, 2a, 2b, 4, 42a, 42b, 46a, 46b, K) gerade, abgewinkelt, gebogen, wellenförmig, zickzack- oder

rechteckförmig ausgebildet ist.

8. Antenne nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** zum Einstellen der Resonatorbedingung mindestens ein zusätzlicher im wesentlichen U-förmiger Leiterabschnitt (19, 20, 21; 23-28; 30-35; 31', 33', 35'; 48a/b-50a/b) auf der Substratschicht (10) angeordnet ist, wobei ein Schenkel (21, 27, 28, 34, 35, 35', 50a, 50b) dieses U-förmigen zusätzlichen Leiterabschnitts in die durch den Resonatorabschnitt (3, 3a, 3b, R, R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>) und weiteren Leiterabschnitt (2, 2a, 2b, 4, 42a, 42b, 46a, 46b, K) gebildete Öffnung greift und das Ende des anderen Schenkels (19, 23, 24, 30, 31, 48a, 48b) des zusätzlichen Leiterabschnitts mit der Masseebene (1, 18, 22, 29, 47, 47') in Verbindung ist.
- 10 9. Antenne nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** der zusätzliche U-förmige Leiterabschnitt (R<sub>b</sub>, 41b, 42b) ebenfalls eine Antenne zum Senden und Empfangen von elektromagnetischen Wellen ist, wobei aus dem mit der Masseebene (1, 40b) in Verbindung befindlichen Leiterabschnitt (R<sub>b</sub>) die Wellen aus- bzw. eingekoppelt werden, derart, daß die ineinander greifenden Strukturen der Antennen durch die gegenseitige elektromagnetische Verkopplung die Resonanzbedingungen und/oder Verstimmung der Einzelresonatoren beeinflussen und eine größere Frequenzbandbreite erzielbar ist.
- 15 10. Antenne nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** mehrere Antennen zum Senden und/oder Empfangen von unterschiedlichen Wellenlängen auf der Substratschicht (10, 10a, 10b) nebeneinander angeordnet sind, die jeweils mit einem koaxialen Wellenleiter gekoppelt sind.
- 20 11. Antenne nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** mehrere Antennen jeweils getrennt durch mindestens eine Substratschicht (10a) übereinander angeordnet sind.
- 25 12. Antenne nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Innenleiter (13, 13a, 13b) des koaxialen Wellenleiters durch eine Blende (15, 15a, 15b) in der Masseebene (1) und eine Aussparung in der Schicht (10, 10a, 10b) geführt und mit dem Resonatorleiterabschnitt (3, 3a, 3b, R, R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>) in Verbindung ist, wobei sich die Eingangsimpedanz der Antenne über den Ort (9) der Einkopplung entlang der Längssymmetrielinie des Resonatorleiterabschnitts (3, 3a, 3b, R, R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>) bestimmt.
- 30 13. Antenne nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Blende (15, 15a, 15b) kreis, schlitz- bzw. rechteckförmig ist.
- 35 14. Antenne nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Verstimmung der Antenne infolge dielektrischer Umgebungseinflüsse über die Länge der weiteren Leiterabschnitte (19, 20, 21; 23-28; 30-35; 31', 33', 35'; 48a/b-50a/b) und/oder durch die zusätzlich auf dem Substrat angeordneten Antennen kompensiert wird.
- 40 15. Antenne nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Verstimmungsgrad der Antenne infolge dielektrischer Umgebungseinflüsse durch die Auflage einer dielektrischen Schicht (11) definierter Dielektrizitätszahl sowie definierter Geometrie insbesondere Dicke, beeinflußt bzw. minimiert wird.

### Claims

- 45 1. An antenna for receiving and transmitting of electromagnetic microwaves of wavelength  $\lambda$ , consisting of a substrate layer (10) made of low-dielectric material, which on one side is provided with a conductive ground plane (1) and whose opposite side is conductive and structured in the form of micro-strip circuits, **and characterized by the fact that** the conductive structure (S) has a longitudinal conductor section (3, 3a, 3b, R, Ra, Rb) as resonator, whose length ( $L_R$ ) is shorter than  $\lambda_g/4$ , and which is conductively connected with the ground plane (8, 1) at its end, and whose other end is conductively connected with at least one other conductor section (2, 2a, 2b, 4, 42a, 42b, 46a, 46b, K), which serves as end capacitance for the purpose of adjusting the resonance condition, whereby the resonator conductor section (3, 3a, 3b, R, Ra, Rb) is in connection with an internal conductor of a coaxial wave guide and the external conductor of the coaxial wave guide is in connection with the ground plane (1).
- 50 2. An antenna as described in Claim 1 and **characterized by the fact that** the at least one additional conductor section (2, 2a, 2b, 4, 42a, 42b, 46a, 46b, K) likewise is constructed as a micro-strip circuit and arranged parallel to the resonator conductor section (3, 3a, 3b, R, Ra, Rb).

3. An antenna as described in the foregoing Claim 1 or Claim 2 and **characterized by the fact that** the resonator conductor section (3, 3a, 3b, R, Ra, Rb) is conductively connected with the additional conductor section (2, 2a, 2b, 4, 42a, 42b, 46a, 46b, K) in such manner that the two conductor sections section (2, 2a, 2b, 4, 42a, 42b, 46a, 46b, K; 3, 3a, 3b, R, Ra, Rb) together with the connection conductor section (17, 41a, 45a, 45b, 49a, 49b) connected to them form a U with arms of equal or different lengths.
4. An antenna as described in Claim 1 or Claim 3 and **characterized by the fact that** at least two additional conductor sections (2, 2a, 2b, 4, 42a, 42b, 46a, 46b, K), which are particularly arranged parallel to the resonator conductor section (3, 3a, 3b, R, Ra, Rb), each connected by its one end with the end of the resonator conductor section (3, 3a, 3b, R, Ra, Rb) via a connection circuit (7, 41a, 41b, 45a, 45b, 49a, 49b) running transversely to the longitudinal line of symmetry of the resonator conductor section (3, 3a, 3b, R, Ra, Rb), whereby the other conductor sections (2, 2a, 2b, 4, 42a, 42b, 46a, 46b, K) are distributed either on one side or on both sides, whereby particularly the length ( $L_k$ ) of the other conductor section (2, 2a, 2b, 4, 42a, 42b, 46a, 46b, K) is different.
5. An antenna as described in one of the foregoing Claims and **characterized by the fact that** the one end of the resonator conductor section (3, 3a, 3b, R, Ra, Rb) is connected to the ground plane (1) by at least one terminal pin passing through the substrate layer (10, 10a, 10b).
10. An antenna as described in the foregoing Claims 1 to 4 and **characterized by the fact that** the one end of the resonator conductor section (3, 3a, 3b, R, Ra, Rb) is connected via a conductive coating (12, 12ab) to the [or: of] the transverse surface of the substrate layer (10, 10a, 10b).
15. An antenna as described in one of the foregoing Claims and **characterized by the fact that** at least one additional conductor section (2, 2a, 2b, 4, 42a, 42b, 46a, 46b, K) is formed as straight linear, angular, bent/curved, wavelike, zigzag, or right-angular.
20. An antenna as described in one of the foregoing Claims and **characterized by the fact that** that for the purpose of adjustment of the resonator condition, at least one additional, essentially U-shaped conductor section (19, 20, 21; 23-28; 30-35; 31', 33', 35'; 48a/b-50a/b) is arranged on the substrate layer (10), whereby one arm (21, 27, 28, 34, 35, 35', 50a, 50b) of said U-shaped additional conductor section impinges into the opening formed by the resonator section (3, 3a, 3b, R, Ra, Rb) and the additional conductor section (2, 2a, 2b, 4, 42a, 42b, 46a, 46b, K) and the end of the other arm (19, 23, 24, 30, 31, 48a, 48b) of the additional conductor section is connected to the ground plane (1, 18, 22, 29, 47, 47').
25. An antenna as described in Claim 8 and **characterized by the fact that** the additional U-shaped conductor section (Rb, 41b, 42b) is likewise an antenna for transmitting and receiving electromagnetic waves, whereby the waves are coupled in or coupled out from the conductor section (Rb) connected to the ground plane (1, 40b) in such a way that the interleaving structures of the antennas affect the resonance conditions and/or [de]tuning of the individual resonators by reciprocal electromagnetic coupling and an expanded frequency range is achieved.
30. An antenna as described in one of the foregoing Claims and **characterized by the fact that** several antennas for transmitting and/or receiving different wavelengths are arranged on the substrate layer 10, 10a, 10b) alongside each other and which are each coupled with a coaxial wave guide.
35. An antenna as described in one of the foregoing Claims and **characterized by the fact that** several antennas each separated by at least one substrate layer (10a) are arranged on top of one another.
40. An antenna as described in one of the foregoing Claims and **characterized by the fact that** that the internal conductor (13, 13a, 13b) of the coaxial wave guide is lead through an aperture (15, 15a, 15b) in the ground plane (1) and a recess in the layer (10, 10a, 10b) and connected to the resonator conductor section (3, 3a, 3b, R, Ra, Rb), whereby the input impedance of the antenna is determined over the point (9) of the in-coupling along the longitudinal line of symmetry of the resonator conductor section (3, 3a, 3b, R, Ra, Rb).
45. An antenna as described in the foregoing Claim 12 and **characterized by the fact that** the aperture (15, 15a, 15b) is circular, slit-like, or rectangular.
50. An antenna as described in one of the foregoing Claims and **characterized by the fact that** the [de]tuning of the antenna as a result of dielectric environmental factors is compensated over the length of the additional conductor

sections (19, 20, 21; 23-28; 30-35; 31', 33', 35'; 48a/b-50a/b) and/or by the antennas arranged additionally on the substrate.

- 5 15. An antenna as described in one of the foregoing Claims and **characterized by the fact that** that the degree of [de]tuning of the antenna as a consequence of dielectric environmental factors is affected or minimized by the application of a dielectric layer (11) of a defined dielectric number and of a defined geometry, in particular thickness.

## Revendications

- 10 1. Système pour la réception et l'émission de micro-ondes électromagnétiques ayant des longueurs d'onde  $\lambda$ , constitué par une couche de substrat (10) formé d'un matériau faiblement diélectrique, dont une face possède un plan de masse conducteur (1) tandis que sa face opposée est structurée de manière à être conductrice sous la forme de lignes en forme de micro-bandes, **caractérisé en ce que** la structure conductrice (S) possède une partie de conducteur allongée (3a, 3b, R, R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>), dont la longueur (L<sub>R</sub>) est inférieure à  $\lambda_g/4$  et qui est reliée de façon conductrice par l'une de ses extrémités, au plan de masse (8, 1) et dont l'autre extrémité est reliée de façon conductrice à au moins une autre partie de conducteur (2, 2a, 2b, 4, 42a, 42b, 46a, 46b, K), qui est utilisée en tant que capacité d'extrémité pour le réglage de la condition de résonance, la partie de conducteur formant résonateur (3a, 3b, R, R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>) étant reliée à un conducteur intérieur d'un guide d'ondes coaxial et le conducteur extérieur du guide d'ondes coaxial étant relié au plan de masse (1).
- 15 2. Antenne selon la revendication 1, **caractérisée en ce qu'**au moins une autre partie de conducteur (2a, 2b, 4, 42a, 42b, 46a, 46b, K) est également agencée sous la forme d'une ligne à micro-bande et est montée en parallèle avec la partie de conducteur formant résonateur (3, 3a, 3b, R, R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>).
- 20 3. Antenne selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** la partie de conducteur formant résonateur (3a, 3b, R, R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>) est reliée de façon conductrice à l'autre partie de conducteur (2, 2a, 2b, 4, 42a, 42b, 46a, 46b, K) de telle sorte que les deux parties de conducteur (2, 2a, 2b, 4, 42a, 42b, 46a, 46b, K; 3, 3a, 3b, R, R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>) forment conjointement avec la partie de conducteur de liaison (7, 41a, 41b, 45a, 45b, 49a, 49b) qui les relie, un U possédant des branches de même longueur ou ayant des longueurs différentes.
- 25 4. Antenne selon la revendication 1, 2 ou 3, **caractérisée en ce qu'**au moins deux parties de conducteurs (2, 2a, 2b, 4, 42a, 42b, 46a, 46b, K), qui sont disposées en parallèle avec la partie de conducteur formant résonateur (3, 3a, 3b, R, R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>) sont reliées respectivement par une de leurs extrémités, par l'intermédiaire d'un conducteur de liaison (7, 41a, 41b, 45a, 45b, 49a, 49b), disposé transversalement par rapport à la ligne de symétrie longitudinale de la partie de conducteur formant résonateur (3, 3a, 3b, R, R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>), à une extrémité de la partie de conducteur formant résonateur (3, 3a, 3b, R, R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>), les autres parties de conducteur (2, 2a, 2b, 4, 42a, 42b, 46a, 46b, K) étant disposées en étant réparties soit sur un côté, soit sur les deux côtés de la partie de conducteur formant résonateur (3, 3a, 3b, R, R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>), auquel cas notamment la longueur (L<sub>K</sub>) des autres parties de conducteurs (2, 2a, 2b, 4, 42a, 42b, 46a, 46b, K) est différente.
- 30 5. Antenne selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'**une extrémité de la partie de conducteur formant résonateur (3, 3a, 3b, R, R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>) est reliée au plan de masse (1) par l'intermédiaire d'au moins une broche de liaison qui traverse la couche de substrat (10, 10a, 10b).,
- 35 6. Antenne selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce qu'**une extrémité de la partie de conducteur formant résonateur (3, 3a, 3b, R, R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>) est reliée par l'intermédiaire d'une couche conductrice (12, 12a, 12b) à la surface en coupe transversale de la couche de substrat (10, 10a, 10b).
- 40 7. Antenne selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la au moins une autre partie de conducteur (2, 2a, 2b, 4, 42a, 42b, 46a, 46b, K) est réalisée avec une forme rectiligne, anguleuse, coudée, ondulée, en zig-zag ou rectangulaire.
- 45 8. Antenne selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** pour le réglage de la condition de résonateur, au moins une partie de conducteur supplémentaire essentiellement en forme de U (19, 20, 21; 23-28; 30-35; 31', 33', 35'; 48a/b-50a/b) est disposée sur la couche de substrat (10), une branche (21, 27, 28, 34, 35, 35', 50a, 50b) de cette partie de conducteur supplémentaire en forme de U s'engageant dans l'ouverture formée par la partie formant résonateur (3, 3a, 3b, R, R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>) et d'autres parties de conducteur (2, 2a, 2b, 4, 42a, 42b, 46a,

46b, K) et que l'extrémité de l'autre branche (19, 23, 27, 30, 31, 48a, 48b) de la partie supplémentaire de conducteur est reliée au plan de masse (1, 18, 22, 29, 47, 47').

- 5        9. Antenne selon la revendication 8, **caractérisée en ce que** la partie de conducteur supplémentaire en forme de U (R<sub>b</sub>, 41b, 42b) est également une antenne pour l'émission et la réception d'ondes électromagnétiques, les ondes étant découpées de la partie de conducteur (R<sub>b</sub>) qui est reliée au plan de masse (1, 40b) ou étant injectées dans cette partie de conducteur de telle sorte que les structures imbriquées des antennes influent, au moyen du couplage électromagnétique réciproque, sur les conditions de résonance et/ou sur le désaccord des résonateurs individuels et qu'une largeur plus importante de la bande de fréquences peut être obtenue.
- 10      10. Antenne selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** plusieurs antennes pour l'émission et/ou la réception de longueurs d'onde différentes sont disposées côte-à-côte sur la couche de substrat (10, 10a, 10b), qui sont couplées respectivement à un guide d'ondes coaxial.
- 15      11. Antenne selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** plusieurs antennes sont disposées d'une manière superposée en étant respectivement séparées par au moins une couche de substrat (10a).
- 20      12. Antenne selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le conducteur intérieur (13, 13a, 13b) du guide d'ondes axial est guidé à travers un diaphragme (15, 15a, 15b) dans le plan de masse (1) et par un évidemment dans la couche (10, 10a, 10b) et est relié à la partie de conducteur formant résonateur (3, 3a, 3b, R, R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>), l'impédance d'entrée de l'antenne étant déterminée en fonction du lieu (9) de l'injection le long de la ligne de symétrie longitudinale de la partie de conducteur formant résonateur (3, 3a, 3b, R, R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>).
- 25      13. Antenne selon la revendication 12, **caractérisée en ce que** le diaphragme (15, 15a, 15b) possède une forme circulaire, une forme de fente ou une forme rectangulaire.
- 30      14. Antenne selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le désaccord de l'antenne due à des influences diélectriques de l'environnement est compensé, par l'intermédiaire de la longueur des autres parties de conducteur (19, 20, 21; 23-28; 30-35; 31', 33', 35'; 48a/b-50a/b) et/ou par les antennes disposées en supplément sur le substrat.
- 35      15. Antenne selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le degré de désaccord de l'antenne dû à des influences diélectriques de l'environnement est influencé ou réduit par l'application d'une couche diélectrique (11) ayant une constante diélectrique définie ainsi qu'une géométrie définie, et notamment une épaisseur définie.

40

45

50

55

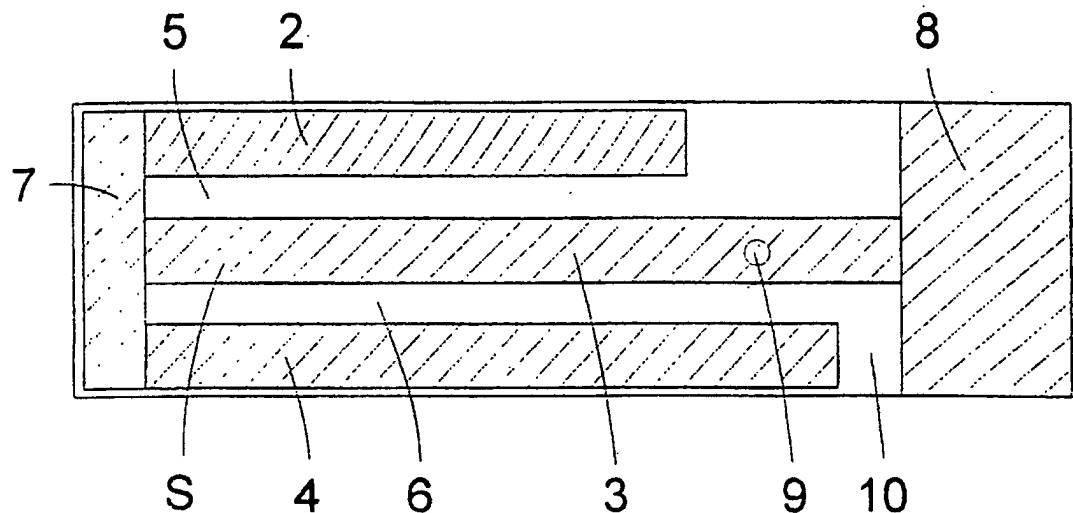


Fig.1

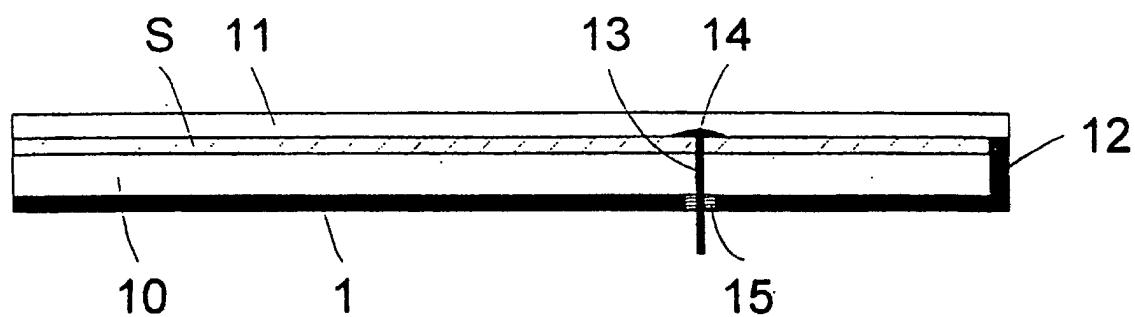


Fig.2

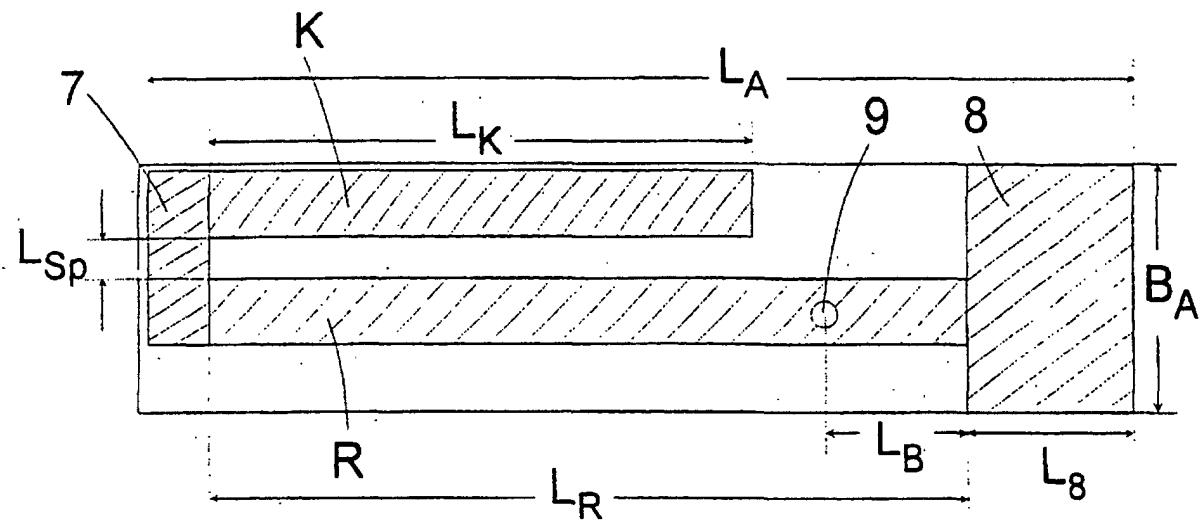


Fig.3

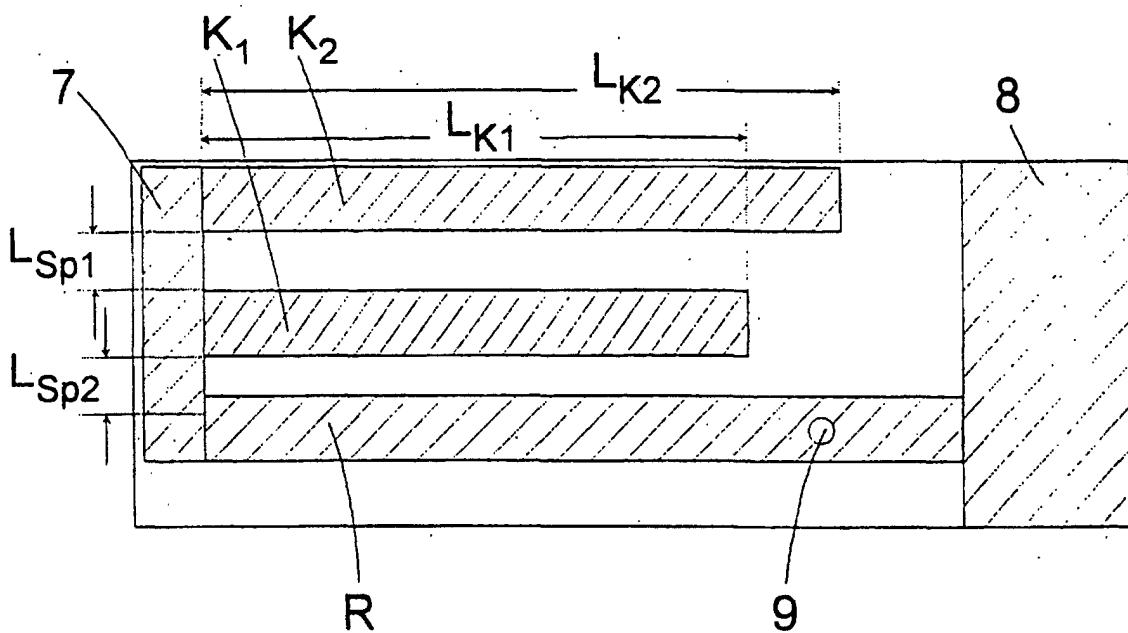


Fig.4

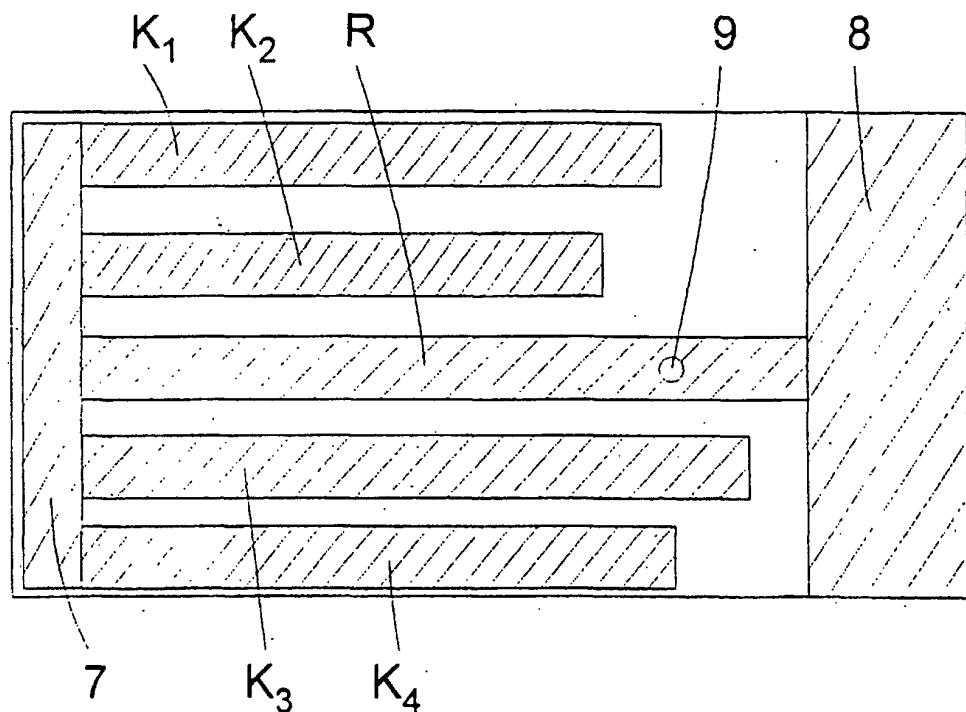


Fig.5

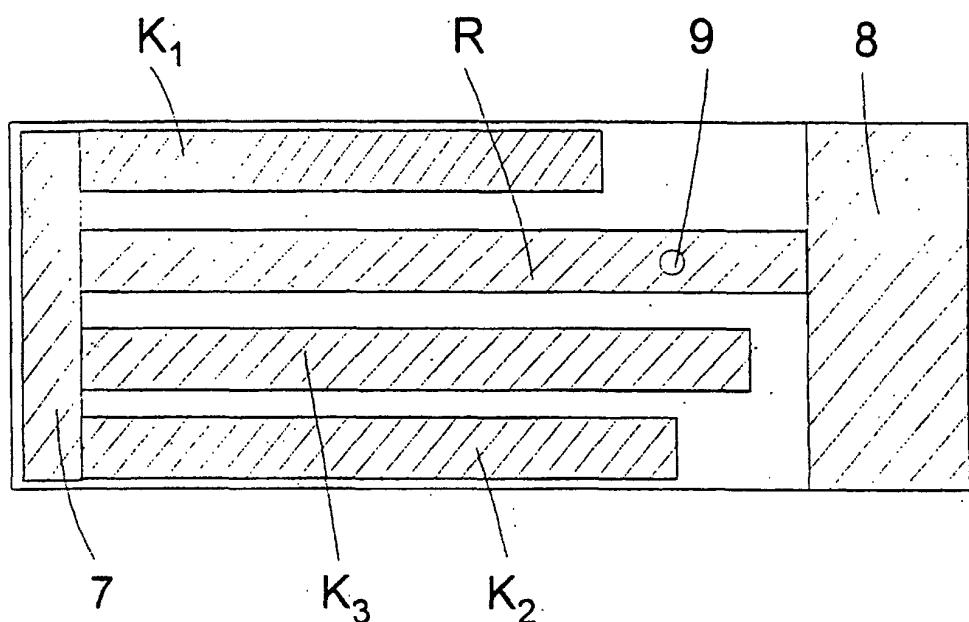


Fig.6

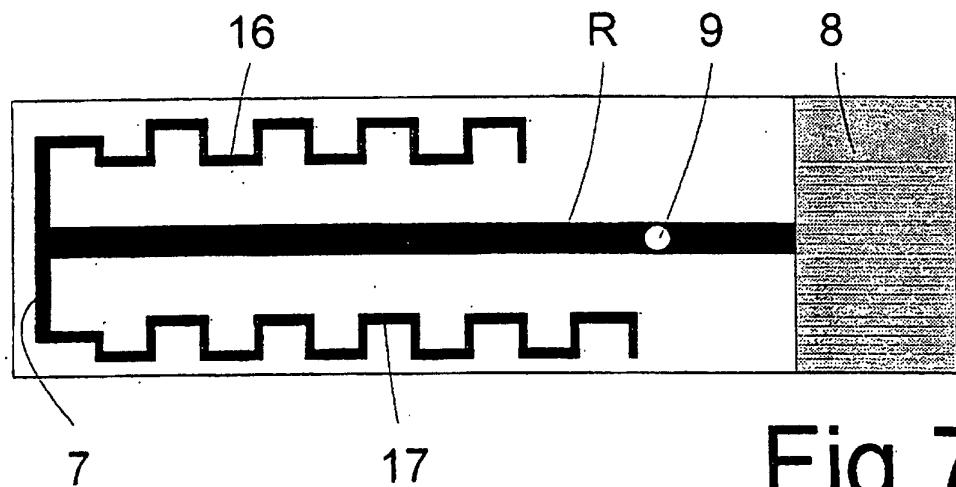


Fig.7

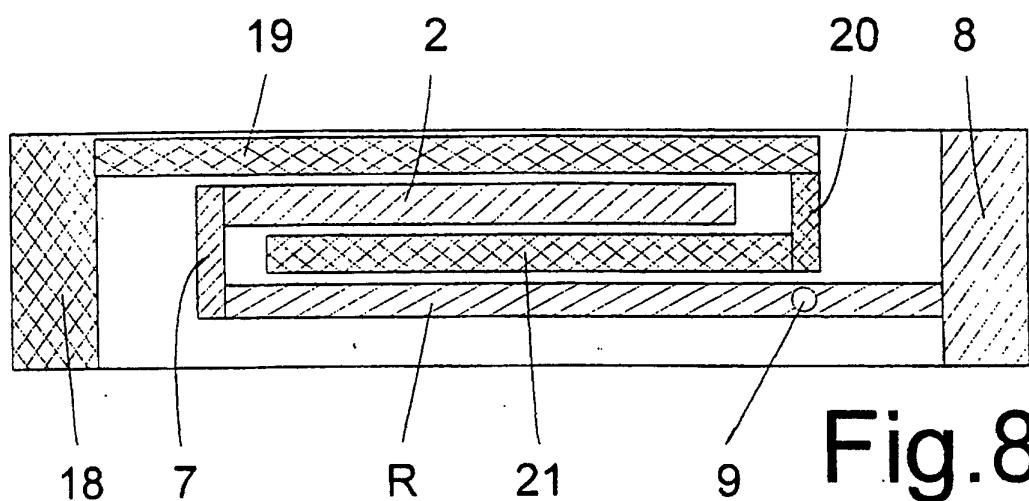


Fig.8

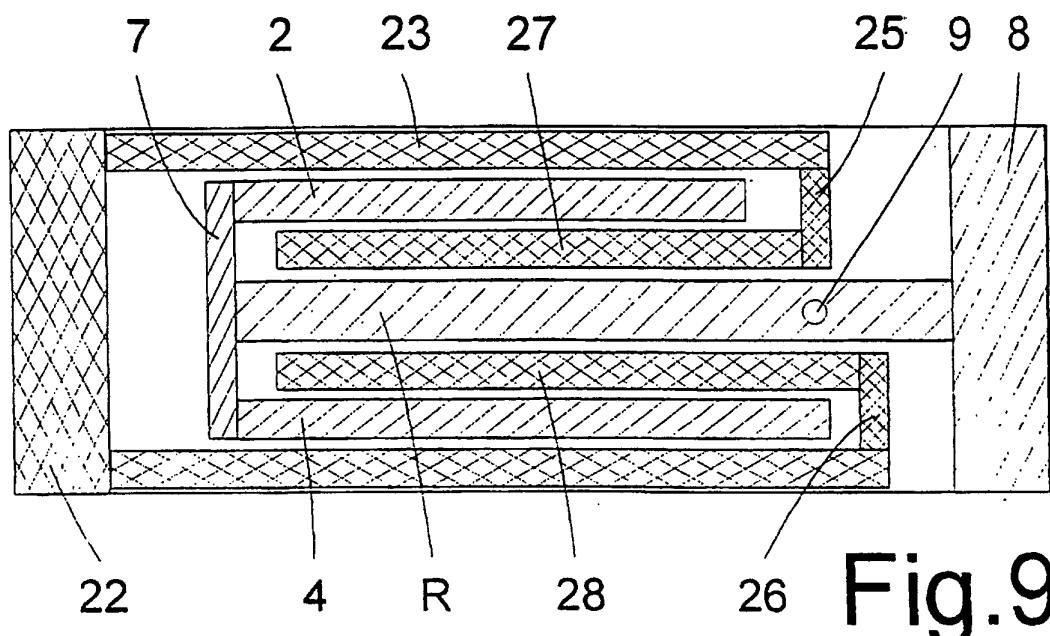


Fig.9

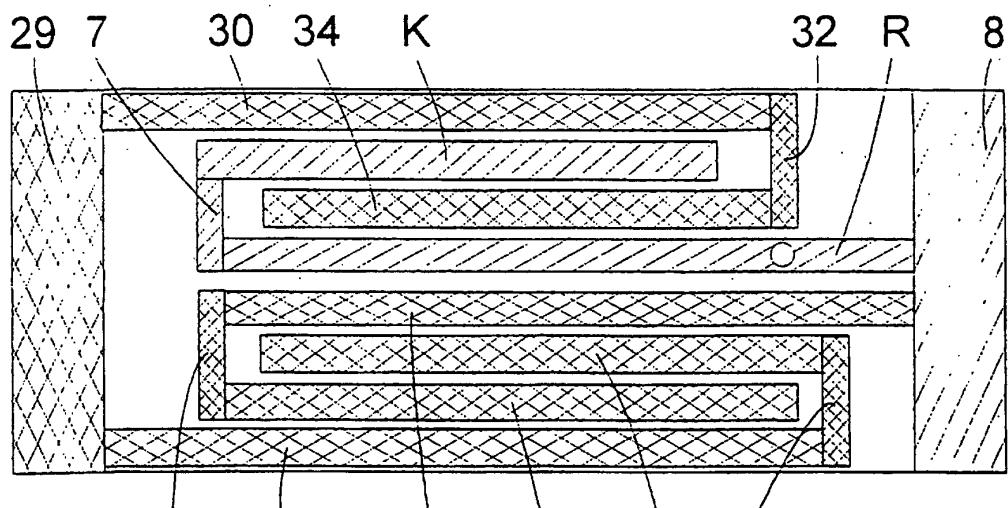


Fig.9

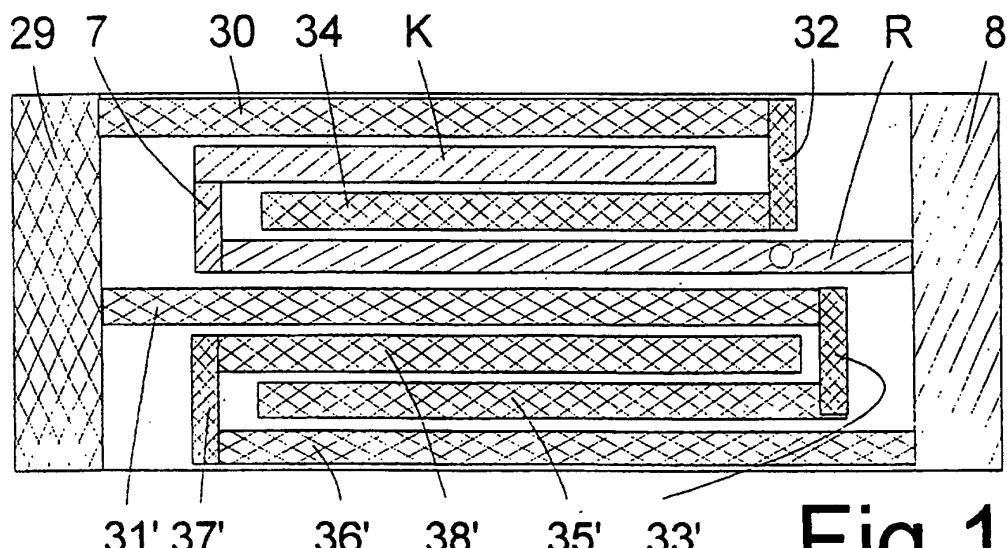


Fig.10

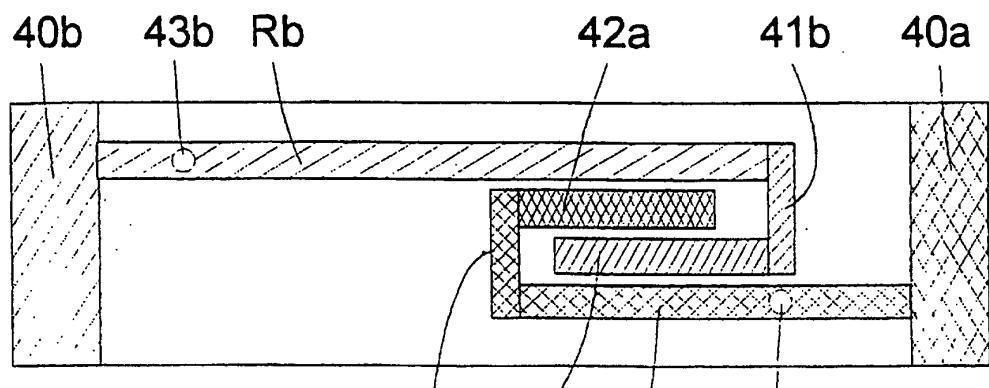


Fig.11

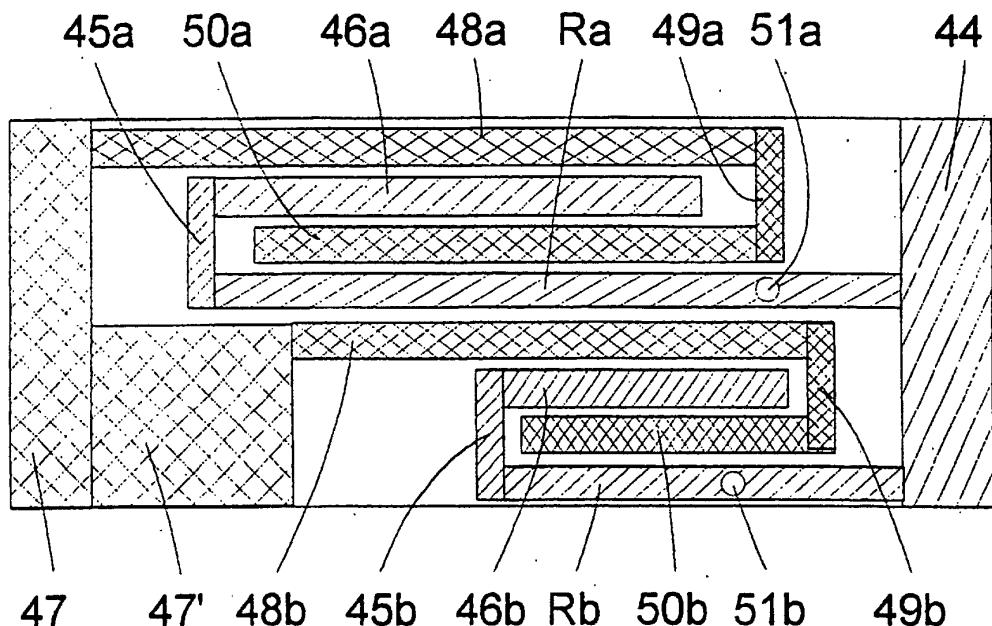


Fig.12

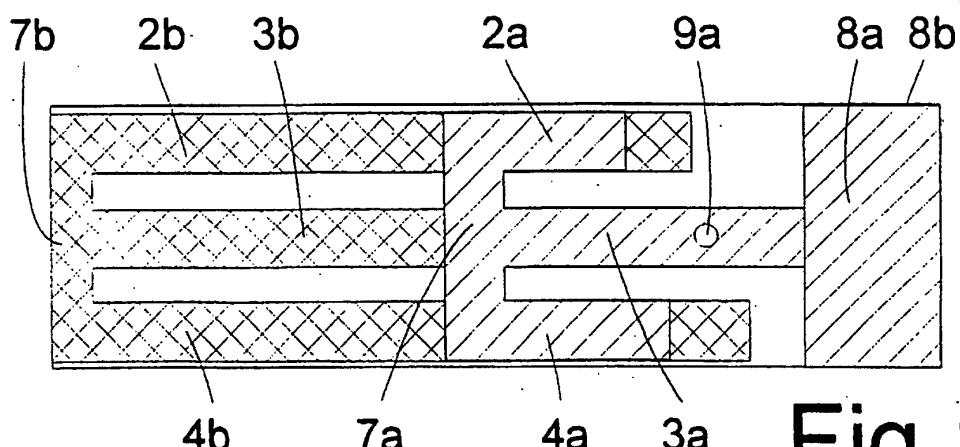


Fig.13

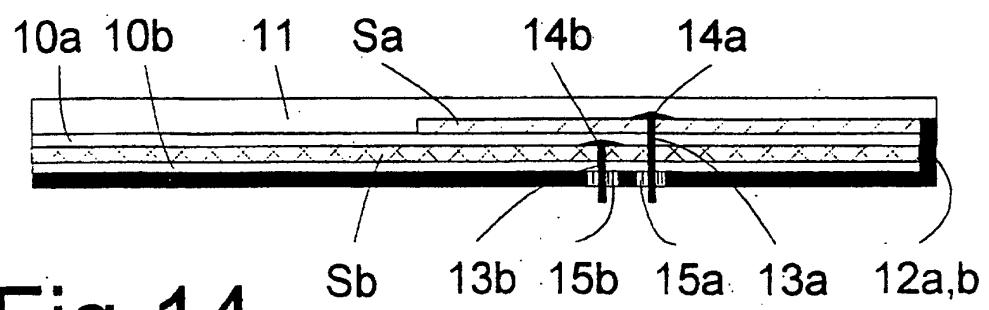


Fig.14