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

(11) EP 1 263 086 B1

(12) # EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
28.12.2005 Patentblatt 2005/52

(51) Int Cl.[7]: **H01Q 21/00**, H01Q 13/22, H01Q 13/10

(21) Anmeldenummer: **02007598.2**

(22) Anmeldetag: **04.04.2002**

(54) **Schlitzstrahlerelement**

Slot antenna

Antenne à fente

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

(30) Priorität: **31.05.2001 DE 10126469**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
04.12.2002 Patentblatt 2002/49

(73) Patentinhaber: **EADS Deutschland GmbH**
81663 München (DE)

(72) Erfinder: **Solbach, Klaus, Dr.**
45473 Mühlheim/Ruhr (DE)

(74) Vertreter: **Meel, Thomas**
Patentassessor,
c/o Dornier GmbH
L H G
88039 Friedrichshafen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 3 310 531
US-A- 2 818 565
US-A- 3 015 100

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 1 263 086 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Schlitzstrahlerelement nach dem Anspruch 1.

[0002] Schlitzstrahlerelemente, wie sie in der Hochfrequenztechnik als Antenne häufig verwendet werden, umfassen einen sich in einer Längsrichtung erstreckenden Hohlleiter mit mindestens einem Schlitz zur Abstrahlung eines Teils einer in dem Hohlleiter geführten elektromagnetischen Welle. Im Bereich des Schlitzes ist oft ein aus einem leitfähigen Material bestehender Stift als Mittel zur Anregung der Abstrahlung der Hohlleiterwelle aus dem Schlitz vorgesehen. Ein solcher Schlitzstrahler ist z.B. aus DE 1 959 159 U bekannt. Im Ersatzschaltbild repräsentiert dieser eine erste quergeschaltete Kapazität C1 am Hohlleiter.

[0003] Aus DE 33 10 531 A1, US 2,818,565 und US 3,015,100 sind aber auch Schlitzstrahlerelemente bekannt, bei denen der Hohlleiter mit einem sich innen an der dem Schlitz gegenüberliegenden Wand in Längsrichtung des Hohlleiters erstreckenden Steg versehen ist.

[0004] Im besonderen Fall eines symmetrisch aufgebauten Rechteck- Steghohlleiters, bei dem sowohl ein sich in Längsrichtung des Hohlleiters erstreckender Schlitz als auch der Steg bezüglich der Querausdehnung des Hohlleiters mittig angeordnet sind, ist der besagte aus einem leitfähigen Material bestehende Stift ein notwendiges Mittel zur Anregung der Abstrahlung der Hohlleiterwelle aus dem Schlitz. Das Wirkungsprinzip besteht in einer unsymmetrischen Verzerrung der Feldverteilung in dem Hohlleiter unter dem Schlitz. Die Schlitz-Stift-Kombination wirkt im Ersatzschaltbild wie ein quergeschalteter Kondensator parallel zu einem Serienresonanzkreis. Zur Kompensation kann in der Hohlleitertechnik eine induktive Blende eingesetzt werden. Deren Realisierung ist jedoch in der Praxis schwierig und sie bewirkt darüber hinaus selbst eine auf die Anregung der Abstrahlung rückwirkende Feldverzerrung.

[0005] Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein verbessertes Schlitzstrahlerelement zu schaffen.

[0006] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Schlitzstrahlerelement gemäß den Merkmalen des Anspruches 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Schlitzstrahlerelements sind Gegenstand von Unteransprüchen.

[0007] Durch die Erfindung wird ein Schlitzstrahlerelement in Form eines rechteckigen Steg-Hohlleiters, umfassend

- mindestens einen in der Mitte der einen Breitseite befindlichen Schlitz,
- einen in der Mitte der Innenoberfläche der anderen Breitseite angeordneten rechteckigen Steg, wobei der Schlitz und der Steg sich jeweils entlang der Längsrichtung des Hohlleiters erstrecken,
- innerhalb des Steg-Hohlleiters angeordnete Kopplungsmittel welche den Schlitz zur Abstrahlung elektromagnetischer Energie anregen,
- auf der dem Schlitz zugewandten Oberfläche des Stegs ausgeführten Kompensationsmittel, welche die durch die Kopplungsmittel verursachte Fehlanpassung des Hohlleiters an den, den Hohlleiter mit elektromagnetischer Energie speisenden Generator kompensieren, wobei die Kompensationsmittel derart ausgeführt sind, dass der Steg im Bereich des Schlitzes eine stufenförmige Vertiefung aufweist.

[0008] Erfindungsgemäß sind die Kopplungsmittel durch einen an der mit dem Schlitz ausgeführten einen Breitseite seitlich neben dem Schlitz angeordneten Stift gebildet und mit ihrer Mitte über der seitlichen Begrenzung des Steges angeordnet.

[0009] Vorzugsweise stellt in einem Leitungsersatzschaltbild, in dem der Schlitz des Hohlleiters als Serienresonanzkreis dargestellt ist, die stufenförmige Vertiefung eine zu dem Serienresonanzkreis parallel geschaltete negative Kapazität dar.

[0010] Negative und positive Kapazität lassen sich mit Hilfe der Feldtheorie erklären. So stellt das Kopplungsmittel im Bereich des Schlitzes eine positive Kapazität dar. Feldtheoretisch läßt sich die Wirkung der Kopplungsmittel als Feldverzerrung, vorwiegend des elektrischen Feldes der Leitung erklären. Dabei kommt es zu einer Erhöhung der Feldenergie um das Kopplungsmittel, z.B. ein Stift herum. In einem Leitungsschaltbild kann diese Wirkung als Kapazität dargestellt werden. Da die Konzentration des elektrischen Feldes vergrößert wird, ist die Kapazität positiv.

[0011] Der Steg auf der dem Schlitz gegenüberliegenden Breitseite des Hohlleiters ist in einem Ersatzschaltbild ebenfalls als Kapazität darstellbar. Durch die erfindungsgemäße stufenförmige Vertiefung des Steges wird der Steg verkleinert, was eine Erniedrigung der Feldenergie bewirkt. Die Kapazität besitzt somit einen negativen Wert.

[0012] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Mittel zur Anregung der Abstrahlung der Hohlleiterwelle durch einen seitlich neben dem Schlitz angeordneten Stift aus einem leitfähigen Material gebildet.

[0013] Vorzugsweise ist der Stift bezüglich der Längsrichtung des Hohlleiters in Höhe der Mitte des Schlitzes angeordnet.

[0014] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die stufenförmige Vertiefung einen rechteckigen Querschnitt mit einer Länge D und einer Höhe H parallel und/oder senkrecht zur Längsrichtung des Steges auf. Die Länge D und die Länge H der stufenförmigen Vertiefung sind vorteilhaft derart gewählt, dass $C_1 + C_2 = 0$ gilt, wobei C_1 die in einem Leitungsersatzschaltbild als Kapazität C_1 darzustellenden Kopplungsmittel und C_2 die in einem Leitungsersatzschaltbild als negative Kapazität C_2 darzustellenden stufenförmigen Vertiefung in dem Steg ist.

[0015] Die stufenförmige Vertiefung und der Schlitz sind vorteilhaft bezüglich der Längsrichtung des Hohlleiters mittig zueinander angeordnet.

[0016] Die Breite B des Steges ist vorteilhaft größer als die Breite b des Schlitzes.

[0017] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1a in perspektivischer Seitenansicht einen Ausschnitt eines Schlitzstrahlerelements gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 1b eine Draufsicht des in Fig. 1a gezeigten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Schlitzstrahlerelements; und

Fig. 2 ein Ersatzschaltbild des erfindungsgemäßen Schlitzstrahlerelements nach den Fig. 1a und 1b.

[0018] Fig. 1a und 1b zeigen ausschnittsweise Schlitzstrahlelement in Form eines Rechteck-Steghohlleiters mit zwei Breitseiten 4, 9 sowie zwei Schmalseiten 7, 8. An seiner einen (ersten) Breitseite 4 ist der Hohlleiter 1 mit einem Schlitz 2 versehen, der sich in Längsrichtung des Hohlleiters 1 erstreckt. Der Schlitz 2 dient zur Abstrahlung eines Teils einer in dem Hohlleiter geführten elektromagnetischen Welle. Die Länge des Schlitzes 2 beträgt bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel die halbe Wellenlänge $\lambda/2$ der Arbeitsfrequenz, d.h. der Resonanzfrequenz des Schlitzstrahlerelements. Der ersten Breitseite 4 des Rechteckhohlleiters gegenüberliegend befindet sich eine andere (zweite) Breitseite 9, an deren Innenseite dem Schlitz 2 gegenüberliegend ein sich ebenfalls in Längsrichtung des Hohlleiters 1 erstreckender Steg 3 vorgesehen ist. Im Bereich des Schlitzes 2, nämlich in Längsrichtung des Hohlleiters 1 betrachtet in dessen Mitte, ist ein Stift 5 aus einem elektrisch leitfähigen Material angeordnet, durch welchen Mittel zur Anregung der Abstrahlung der Hohlleiterwelle aus dem Schlitz 2 gebildet sind. Der Stift 5 bewirkt eine unsymmetrische Verzerrung der Feldverteilung in dem Hohlleiter im Bereich des Schlitzes, wodurch es der Hohlleiterwelle gestattet wird, aus dem Schlitz 2 zur Abstrahlung auszutreten. Ohne solche Mittel zur Anregung der Abstrahlung würde ein Rechteck-Steghohlleiter der dargestellten Art, bei dem sowohl der Schlitz 2 als auch der Steg 3 in der Hohlleiter-Mitte verlaufen, nicht abstrahlen.

[0019] Bezugnehmend auf Fig. 2, bildet der Stift 5, bzw. allgemein gesprochen, die Mittel zur Anregung der Abstrahlung der Hohlleiterwelle aus dem Schlitz 2, eine Kapazität C_1, welche einem den Schlitz 2 repräsentierenden Serienresonanzkreis LCR parallel geschaltet ist. Die Kapazität C_1 bedeutet eine Belastung dieses Serienresonanzkreises LCR mit einem kapazitiven Blindwiderstand.

[0020] Wiederum zurückkehrend zu Fig. 1a und 1b ist an dem Steg 3 im Bereich des Schlitzes 2 eine stufenförmige Vertiefung 6 ausgebildet. Diese stufenförmige Vertiefung 6 repräsentiert für die sich in dem Hohlleiter 1 ausbreitende Welle eine zweite quergeschaltete Kapazität C_2, welche die durch den Stift 5 repräsentierte erste quergeschaltete Kapazität C_1 zumindest teilweise kompensiert. Die stufenförmige Vertiefung 6 hat von der Seite gesehen eine rechteckige Form mit einer Länge D und einer Höhe H. Quer zur Längsrichtung des Hohlleiters 1 gesehen hat die stufenförmige Vertiefung 6, deren Breite der des Steges 3 entspricht, einen ebenfalls rechteckigen Querschnitt. Die Länge D und die Höhe H der stufenförmigen Vertiefung 6 sind so gewählt, daß sich die Kapazität C_1 der Mittel zur Anregung zur Abstrahlung aus dem Schlitz 2, also des leitenden Stiftes 5, und die Kapazität C_2 der stufenförmigen Vertiefung 6 gerade aufheben, also gilt $C_1 + C_2 = 0$. Die stufenförmige Vertiefung 6 hat somit eine resultierende negative Kapazität, welche der (positiven) Kapazität der Mittel, d. h. des Stiftes 5, zur Anregung der Abstrahlung aus dem Schlitz 2 gerade entgegengerichtet ist.

[0021] Der die Mittel zur Abstrahlung aus dem Schlitz 2 bildende Stift 5 ist bezüglich der Längsrichtung des Hohlleiters 1 mittig an dem Schlitz 2 angeordnet. Der Steg 3 hat quer zur Längsrichtung des Hohlleiters 1 gesehen einen rechteckigen Querschnitt, wobei die Breite B des Steges 3, und damit auch die der stufenförmigen Vertiefung 6, größer als die Breite b des Schlitzes 2 ist. Der seitlich neben dem Schlitz 2 angeordnete Stift 5 befindet sich mit seiner Mitte ungefähr über der seitlichen Begrenzung des Steges 3. Die stufenförmige Vertiefung 6 ist bezüglich der Längsrichtung des Hohlleiters 1 mittig an dem Schlitz 2 angeordnet.

[0022] Die resultierende Wirkung der kombinierten Anordnung des die Mittel zur Abstrahlung der Hohlleiterwelle bildenden Stiftes 5 und der durch die Vertiefung 6 gebildeten Stufenform besteht in einer Anregung der Abstrahlung der Hohlleiterwelle aus dem Schlitz 2 ohne eine Belastung der Schaltung mit einem kapazitiven Blindwiderstand.

Patentansprüche

1. Schlitzstrahlerelement in Form eines rechteckigen Steg-Hohlleiters (1) umfassend

   - mindestens einen in der Mitte der einen Breitseite (4) des rechleckigen Steg-Hohlleiters (1) befindlichen Schlitz (2),
   - einen in der Mitte der Innenoberfläche der anderen Breitseite (9) des rechleckigen Steg-Hohlleiters (1) angeordneten rechteckigen Steg (3), wobei der Schlitz (2) und der Steg (3) sich jeweils entlang der Längsrichtung des Steg-Hohlleiters (1) erstrecken,
   - innerhalb des Steg-Hohlleiters (1) angeordnete Kopplungsmittel.(5) welche den Schlitz (2) zur

Abstrahlung elektromagnetischer Energie anregen,

- auf der dem Schlitz (2) zugewandten Oberfläche des Stegs (3) ausgeführte Kompensationsmittel (6), welche die durch die Kopplungsmittel (5) verursachte Fehlanpassung des Steg-Hohlleiters (1) an den, den Steg-Hohlleiter

  (1) mit elektromagnetischer Energie speisenden Generator kompensieren, wobei die Kompensationsmittel (6) derart ausgeführt sind, dass der Steg (3) im Bereich des Schlitzes (2) eine stufenförmige Vertiefung aufweist.

dadurch gekennzeichnet, dass
die Kopplungsmittel (5) durch einen an der mit dem Schlitz (2) ausgeführten einen Breitseite (4) seitlich neben dem Schlitz angeordneten Stift gebildet und mit ihrer Mitte über der seitlichen Begrenzung des Steges (3) angeordnet sind.

2. Schlitzstrahlerelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem Leitungsersatzschaltbild, in dem der Schlitz (2) des Steg-Hohlleiters (1) als Serienresonanzkreis (LCR) dargestellt ist, die stufenförmige Vertiefung (6) eine zu dem Serienresonanzkreis (LCR) parallel geschaltete negative Kapazität (C_2) ist.

3. Schlitzstrahlerelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kopplungsmittel (5) durch einen seitlich neben dem Schlitz (2) angeordneten Stift aus einem leitfähigen Material gebildet sind

4. Schlitzstrahlerelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stift in Höhe der Mitte des Schlitzes (2) angeordnet ist.

5. Schlitzstrahlerelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die stufenförmige Vertiefung (6) einen rechteckigen Querschnitt parallel und/oder senkrecht zur Längsrichtung des Steges (3) aufweist und eine Länge D und eine Höhe H hat.

6. Schlitzstrahlerelement nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** bezüglich der Längsrichtung des Steg-Hohlleiters (1) die stufenförmige Vertiefung und der Schlitz (2) mittig zueinander angeordnet sind.

7. Schlitzstrahlerelement nach einem der Ansprüche 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Länge D und die Länge H der stufenförmigen Vertiefung (6) derart gewählt sind, dass gilt $C_1 + C_2 = 0$, wobei C_1 die in einem Leitungsersatzschaltbild als Kapazität C_1 darzustellenden Kopplungsmittel (5) und C_2 die in einem Leitungsersatzschaltbild als negative Kapazität C_2 darzustellenden stufenförmigen Vertiefung in dem Steg (3) ist.

8. Schlitzstrahlerelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Breite B des Steges (3) größer als die Breite b des Schlitzes (2) ist.

Claims

1. Slotted antenna element in the form of a rectangular waveguide stub (1) having

- at least one slot (2) which is located in the centre of one broad face (4) of the rectangular waveguide stub (1),
- rectangular waveguide stub (3) which is arranged in the centre of the inner surface of the other broad face (9) of the rectangular waveguide stub (1), with the slot (2) and the stub (3) each extending along the longitudinal direction of the waveguide stub (1),
- coupling means (5), which are arranged within the waveguide stub (1) and excite the slot (2) to emit electromagnetic energy,
- compensation means (6) which are formed on the surface of the stub (3) facing the slot (2) and compensate for the mismatch, that is caused by the coupling means (5) between the waveguide stub (1) and the generator which feeds electromagnetic energy to the waveguide stub (1), with the compensation means (6) being designed such that the stub (3) has a depression in the form of a step in the area of the slot (2),

characterized in that
the coupling means (5) are formed by means of a pin, which is arranged at the side alongside the slot on the broad face (4) which is formed with the slot (2), and are arranged with their centre above the side boundary of the stub (3).

2. Slotted antenna element according to Claim 1, **characterized in that** the depression (6) which is in the form of a step is a negative capacitance (C_2), which is connected in parallel with the series resonant circuit (LCR), in a line equivalent circuit in which the slot (2) in the waveguide stub (1) is represented as the series resonance circuit (LCR).

3. Slotted antenna element according to one of the preceding claims, **characterized in that** the coupling means (5) are formed by a pin which is ar-

ranged at the side alongside the slot (2) and is composed of a conductive material.

4. Slotted antenna element according to one of the preceding claims, **characterized in that** the pin is arranged at the same height as the centre of the slot (2).

5. Slotted antenna element according to one of the preceding claims, **characterized in that** the depression (6) which is in the form of a step has a rectangular cross section parallel to and/or at right angles to the longitudinal direction of the stub (3), and has a length (D) and a height (H).

6. Slotted antenna element according to Claim 6, **characterized in that** the depression which is in the form of a step and the slot (2) are arranged centrally with respect to one another with reference to the longitudinal direction of the waveguide stub (1).

7. Slotted antenna element according to one of Claims 5 or 6, **characterized in that** the length D and the length H of the depression (6) which is in the form of a step are chosen such that $C_1 + C_2 = 0$ where C_1 is the coupling means (5), which can be represented as the capacitance C_1 in a line equivalent circuit and C_2 is the depression in the stub (3) which is in the form of a step and can be represented as a negative capacitance C_2 in a line equivalent circuit.

8. Slotted antenna element according to one of the preceding claims, **characterized in that** the width B of the stub (3) is greater than the width b of the slot (2).

Revendications

1. Fente rayonnante sous la forme d'un guide d'onde rectangulaire à moulure (1) comprenant

   - au moins une fente (2) qui se trouve au centre de l'un des côtés larges (4) du guide d'onde rectangulaire à moulure (1),
   - une moulure rectangulaire (3) disposée au centre de la surface intérieure de l'autre côté large (9) du guide d'onde rectangulaire à moulure (1), la fente (2) et la moulure (3) s'étendant à chaque fois le long de la direction longitudinale du guide d'onde à moulure (1),
   - des moyens de couplage (5) disposés à l'intérieur du guide d'onde à moulure (1), lesquels excitent la fente (2) pour rayonner de l'énergie électromagnétique,
   - des moyens de compensation (6) réalisés sur la surface de la moulure (3) faisant face à la fente (2), lesquels compensent la désadaptation du guide d'onde à moulure (1) provoquée par les moyens de couplage (5) au générateur qui alimente le guide d'onde à moulure (1) en énergie électromagnétique, les moyens de compensation (6) étant réalisés de telle sorte que la moulure (3) présente un enfoncement étagé dans la zone de la fente (2),

   caractérisée en ce que les moyens de couplage (5) sont formés par une broche disposée sur l'un des côtés larges (4) réalisé avec la fente (2) et latéralement à côté de la fente et sont disposés avec leur centre sur la délimitation latérale de la moulure (3).

2. Fente rayonnante selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** dans un schéma équivalent de la ligne dans laquelle la fente (2) du guide d'onde à moulure (1) est représentée sous la forme d'un circuit résonant série (LCR), l'enfoncement étagé (6) est un condensateur négatif (C_2) branché en parallèle avec le circuit résonant série (LCR).

3. Fente rayonnante selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les moyens de couplage (5) sont formés par une broche en matériau conducteur disposée latéralement à côté de la fente (2).

4. Fente rayonnante selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la broche est disposée à hauteur du centre de la fente (2).

5. Fente rayonnante selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** l'enfoncement étagé (6) présente une section transversale rectangulaire parallèle et/ou perpendiculaire au sens longitudinal de la moulure (3) et possède une longueur D et une hauteur H.

6. Fente rayonnante selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** concernant le sens longitudinal du guide d'onde à moulure (1), l'enfoncement étagé et la fente (2) sont disposés au centre l'un par rapport à l'autre.

7. Fente rayonnante selon l'une des revendications 5 ou 6, **caractérisée en ce que** la longueur D et la hauteur H de l'enfoncement étagé (6) sont choisies de telle sorte que $C_1 + C_2 = 0$, C_1 étant le moyen de couplage (5) à représenter sous la forme d'un condensateur C_1 dans un schéma équivalent de la ligne et C_2 étant l'enfoncement étagé dans la moulure (3) à représenter sous la forme d'un condensateur négatif C_2 dans un schéma équivalent de la ligne.

8. Fente rayonnante selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la largeur B de la moulure (3) est supérieure à la largeur b de la fente (2).

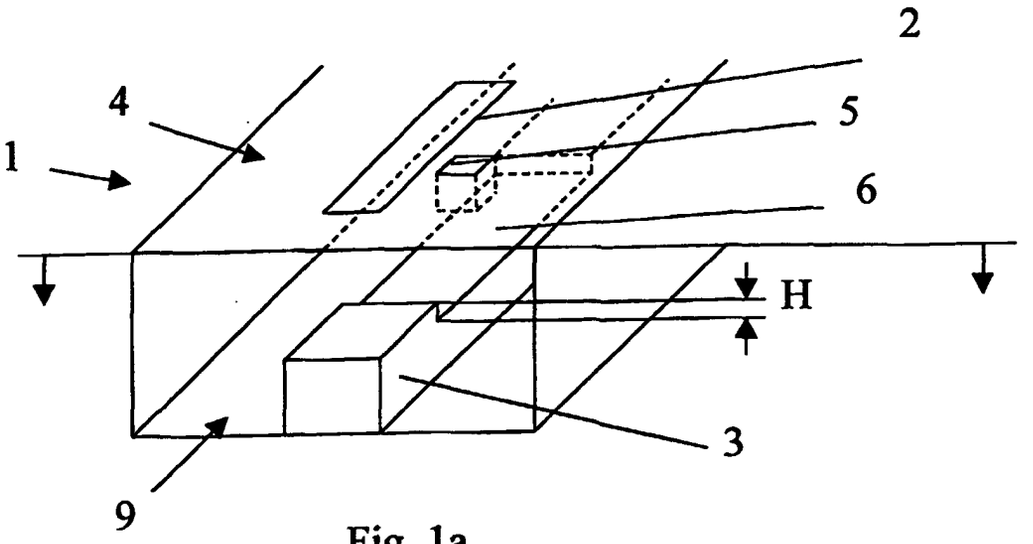


Fig. 1a

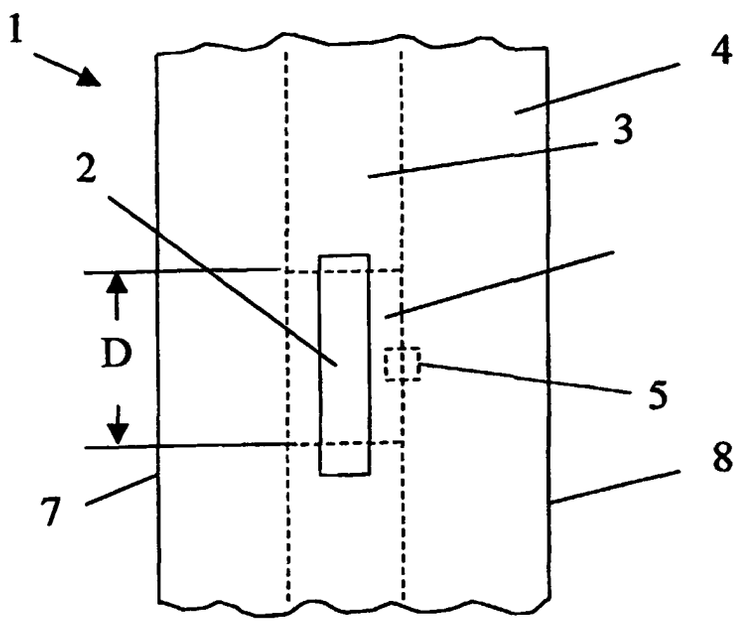


Fig. 1b

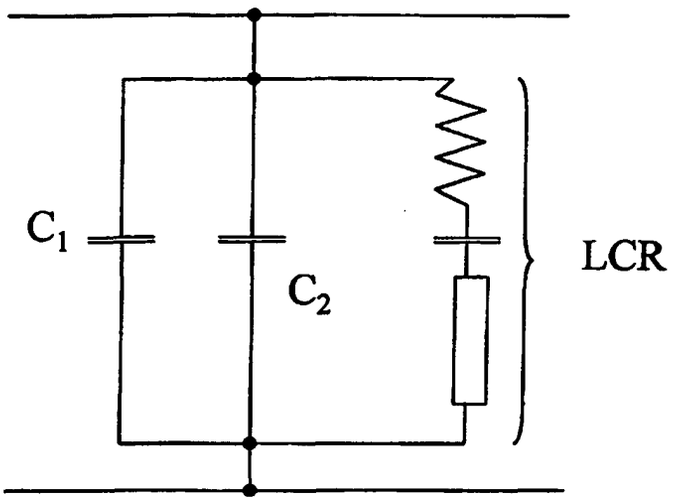


Fig. 2