



(11) **EP 1 815 554 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
27.10.2010 Patentblatt 2010/43

(51) Int Cl.:
H01P 1/218 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05813554.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2005/011885

(22) Anmeldetag: **07.11.2005**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2006/056314 (01.06.2006 Gazette 2006/22)

(54) **KOPPLUNGSLEITUNGEN FÜR EINEN YIG-FILTER ODER YIG-OSZILLATOR UND VERFAHREN
ZUR HERSTELLUNG DER KOPPLUNGSLEITUNGEN**

COUPLING CONDUCTORS FOR A YIG FILTER OR YIG OSCILLATOR AND METHOD FOR
PRODUCING SAID CONDUCTORS

LIGNES DE COUPLAGE POUR UN FILTRE YIG OU UN OSCILLATEUR YIG ET PROCÉDÉ POUR
PRODUIRE CES LIGNES DE COUPLAGE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(56) Entgegenhaltungen:
FR-A1- 2 616 972 US-A- 3 821 668
US-A- 4 633 205 US-A- 4 857 871
US-A- 5 959 513 US-A1- 2002 002 770

(30) Priorität: **22.11.2004 DE 102004056259**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
08.08.2007 Patentblatt 2007/32

(73) Patentinhaber: **Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG**
81671 München (DE)

(72) Erfinder:
• **HOHENESTER, Wilhelm**
81543 München (DE)
• **TREMME, Claus**
85540 Haar (DE)

(74) Vertreter: **Körfer, Thomas**
Mitscherlich & Partner
Patent- und Rechtsanwälte
Postfach 33 06 09
80066 München (DE)

- **J.C. HOOVER ET AL.: "RECENT ADVANCES IN MICROWAVE INTEGRATED CIRCUITS COMBINING SEMICONDUCTOR AND FERRIMAGNETIC ELEMENTS" IEEE INTERNATIONAL CONVENTION RECORD, Bd. 6, 20. März 1976 (1976-03-20), Seiten 39-40, XP002367334**
- **J. HELSZAJN: "YIG RESONATORS AND SYSTEMS" ELECTRONIC ENGINEERING, Bd. 55, Nr. 684, Dezember 1983 (1983-12), Seiten 47-56, XP002367335**
- **R.W. DEGRASSE: "LOW-LOSS GYROMAGNETIC COUPLING THROUGH SINGLE CRYSTAL GARNETS" JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, Bd. 30, Nr. 4, April 1959 (1959-04), Seiten 155S-156S, XP002367336**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 815 554 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein YIG-Filter oder ein YIG-Oszillator.

[0002] YIG-Bandpaßfilter oder YIG-Oszillatoren verfügen über zumindest einen Resonator, welcher vorzugsweise kugelförmig ausgebildet und aus einem Yttrium-Eisen-Granat (Yttrium-Iron-Garnet YIG) hergestellt ist. Die Resonatorwirkung wird mittels Kopplungsleitungen vermittelt, die so ausgebildet und angeordnet sein müssen, daß der Mittelpunkt des Resonators und der Mittelpunkt des Biegeradius einer Kopplungsleitung genau übereinstimmen.

[0003] Ein YIG-Bandpaßfilter mit entsprechend ausgebildeten Kopplungsleitungen ist beispielsweise aus der Druckschrift US 4,480,238 bekannt. Der durchstimmbare YIG-Bandpaßfilter weist dabei einen Grundkörper auf, welcher Schlitze zur Aufnahme von isolierten Plättchen, die an einer Kante eine leitfähige Beschichtung aufweisen, die als Kopplungsleitungen dient, umfaßt. Weiterhin sind Filterkammern zur Aufnahme der YIG-Elemente vorgesehen. Die Plättchen werden so über die YIG-Elemente in die Schlitze eingelegt, daß die YIG-Elemente in Einbuchtungen in den mit der leitfähigen Beschichtung versehenen Kanten angeordnet sind. Die YIG-Elemente und die Plättchen werden in festen Positionen fixiert.

[0004] Nachteilig an dem aus der oben genannten Druckschrift bekannten YIG-Bandpaßfilter ist insbesondere die aufwendige Herstellung der die Kopplungsleitungen bildenden Plättchen. Der als Träger dienende Isolator muß zunächst entsprechend geformt und dann mit der leitfähigen Beschichtung versehen werden. Dies ist aufwendig und ausschlußgefährdet, da die Beschichtung durch die geringe Schichtdicke empfindlich gegen Beschädigungen ist.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein YIG-Filter oder YIG-Oszillator zu schaffen, mit Kopplungsleitungen die einfach herstellbar, unempfindlich gegen Beschädigungen und leicht einbaubar sind.

[0006] Die Aufgabe wird bezüglich der Kopplungsleitungen durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

[0007] Vorteilhafte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Anordnungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0008] FR 2 616 972, Abbildung 2, offenbart eine YIG-Anordnung gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0009] Im Folgenden werden anhand der Zeichnung bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung beispielhaft dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1A eine schematische, perspektivische Darstellung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels eines Grundkörpers eines YIG-Bandpaßfilters mit Resonatoren und Kopplungsleitungen,

Fig. 1B eine schematische, perspektivische Darstellung der Resonatoren und Kopplungsleitungen ohne Grundkörper,

5 Fig. 2A eine schematische Darstellung einer beispielhaften Kopplungsleitung für zwei Resonatoren gemäß dem Stand der Technik,

Fig. 2B eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäß ausgestalteten Kopplungsleitung für zwei Resonatoren, und

10 Fig. 3A-C schematische Darstellungen von erfindungsgemäß ausgestalteten Kopplungsleitungen während des Herstellungsprozesses vor dem Vereinzeln.

[0010] Fig. 1A zeigt in einer schematischen, perspektivischen Ansicht ein Ausführungsbeispiel eines YIG-Bandpaßfilters 2, der einen Grundkörper 3 und im Ausführungsbeispiel vier in dem Grundkörper 3 ausgebildete Filterkammern 4 mit ebenso vielen YIG-Elementen 6 aufweist.

[0011] Die YIG-Elemente 6 sind dabei kugelförmig aus einem Yttrium-Eisen-Granat ausgebildet, auf Haltern 10 beispielsweise durch Kleben mit Epoxdharz montiert und durch Kopplungsleitungen 1 elektromagnetisch gekoppelt.

[0012] Die Filterkammern 4 sind durch Schlitze 5 miteinander verbunden, in welche die Kopplungsleitungen 1 eingelegt sind. Dabei sind im Ausführungsbeispiel jeweils zwei der Filterkammern 4 gleich ausgebildet. In die mit 4a bezeichneten Filterkammern 4 münden Koaxialkabel 11 ein, über die der Signalein- bzw. -auslauf erfolgt. Die mit 4b bezeichneten Filterkammern 4 weisen dagegen nur die YIG-Elemente 6 auf. Die Anzahl der Filterkammern 4b ist dabei nicht auf zwei beschränkt, sondern kann auch eins oder mehr betragen so daß die Gesamtzahl der Filterkammern 4 drei oder mehr betragen kann.

[0013] Fig. 1B zeigt zur besseren Verständlichkeit die Anordnung der Kopplungsleitungen 1 sowie der auf ihren Haltern 10 montierten YIG-Elemente 6 ohne den umgebenden Grundkörper 3.

[0014] Die Kopplungsleitungen 1 sind im Ausführungsbeispiel in zwei verschiedenen Formen ausgeführt. Die die Filterkammern 4b untereinander verbindende Kopplungsleitung 1 ist als Ein- bzw. Ausgangsleitung 1a ausgeführt, während die im Ausführungsbeispiel drei weiteren Kopplungsleitungen 1 als Verbindungsleitungen 1b ausgeführt sind.

[0015] Wie aus Fig. 1B hervorgeht, weisen die Kopplungsleitungen 1 Kontaktfahnen 8 auf, welche einerseits der Masseverbindung der Kopplungsleitungen 1 im Grundkörper 3 und andererseits der Fixierung der Kopplungsleitungen 1 in den Schlitzen 5 dienen. Die Kontaktfahnen 8 sind dabei rechteckig geformt, wobei eine Kantenlänge der Kontaktfahnen 8 ungefähr der axialen Dicke

des Grundkörpers 2 entspricht.

[0016] Betrachtet man die Fig. 2A und 2B, ist erkennbar, wodurch sich die Kopplungsleitungen 1 gemäß Fig. 2B von herkömmlichen Kopplungsleitungen 1 gemäß Fig. 2A unterscheiden.

[0017] Den beiden Ausführungsformen ist gemeinsam, daß jeweils zumindest ein gekrümmter Abschnitt 17 vorgesehen ist, der jeweils ein YIG-Element 6 so zumindest teilweise umgreift, daß ein Mittelpunkt des YIG-Elements 6 mit einem Mittelpunkt des gekrümmten Abschnitts 17 zusammenfällt. Weiterhin ist zumindest ein Leitungsabschnitt 18 vorgesehen.

[0018] Die in Fig. 2A dargestellte Kopplungsleitung 1 gemäß dem Stand der Technik ist aus einem Draht gebogen. Hierbei werden zunächst die YIG-Elemente 6 in den in Fig. 2A und 2B nicht näher dargestellten Grundkörper 3 eingebracht und dann der nur grob vorgebogene Draht in die Schlitze 5 eingelegt. Eine Messung des Kopplungsgrades ergibt dann, wo die Kopplungsleitung 1 noch nachgebogen werden muß. Dies erfolgt händisch mittels eines geeigneten Werkzeugs. Danach muß erneut kontrolliert und u.U. wieder nachjustiert werden. Zu diesem Zweck muß jedes Mal der YIG-Filter 2 oder YIG-Oszillator geöffnet und anschließend zum Vornehmen der Messung wieder zusammengebaut werden. Das Verfahren ist somit äußerst aufwendig und führt oftmals sogar dazu, daß das Werkstück nach mehreren Iterationen vollkommen verworfen werden muß, weil keine befriedigende Kopplung erreicht wird.

[0019] Demgegenüber werden die erfindungsgemäß ausgestalteten Kopplungsleitungen 1 gemäß Fig. 2B aus einer metallischen Folie durch geeignete Verfahren wie Ätzen, Erodieren, Schneiden, insbesondere Laserschneiden oder Wasserstrahlschneiden und/oder Stanzen hergestellt und montiert. Danach erfolgt die korrekte Positionierung der YIG-Elemente 6 relativ zu den Kopplungsleitungen 1.

[0020] Die Folie besteht aus einer Kupfer-Beryllium-Legierung, um sowohl den Anforderungen an die Elastizität als auch an die Festigkeit zu genügen. Die Dicke der Folie beträgt dabei vorzugsweise ca. 50 µm.

[0021] Die Herstellung der Kopplungsleitungen 1 aus der Folie erfolgt in mehreren Bearbeitungsschritten. Zunächst wird die Folie gereinigt und auf beiden Seiten mit einem Positivlack bei einer Justiergenauigkeit von ca. 5 µm in einer Schichtdicke von ca. 5 µm aufgetragen, um eine Maske zu erstellen. Danach erfolgt die Herstellung der Kopplungsleitungen 1 beispielsweise durch Sprühätzen mit Eisenchlorid. (FeCl₃) Anschließend werden die in Form eines Trägers 9 mit einer vorher festgelegten Anzahl von Kopplungsleitungen 1 von Lackresten befreit und galvanisch mit einer Goldbeschichtung von ca. 5 µm versehen. Danach folgt ein Härtungsvorgang für beispielsweise eine Stunde bei 325°C. Dann können die Kopplungsleitungen aus dem Folien-Träger 9 gelöst und verbaut werden.

[0022] Die Kopplungsleitungen 1 weisen durch das beschriebene Herstellungsverfahren eine feste Form mit

einem genau definierten Krümmungsradius in den gekrümmten Abschnitten 17 bei einer gleichmäßigen Krümmung auf. Die YIG-Elemente 6 werden dann relativ zu den Kopplungsleitungen 1 ausgerichtet. Dies ist gegenüber dem Stand der Technik einfacher und mit erheblich geringerem Aufwand verbunden, weil die Herstellungsgenauigkeit bei den erfindungsgemäß ausgestalteten Kopplungsleitungen 1 erheblich größer ist als bei händisch gebogenen Kopplungsleitungen 1.

[0023] Fig. 3A zeigt in einer schematischen Darstellung einen Träger 9, welcher die für einen YIG-Bandpaßfilter 2 mit vier YIG-Elementen 6 benötigten Kopplungsleitungen 1 enthält.

[0024] Wie bereits weiter oben erwähnt, sind die Kopplungsleitungen 1 im Ausführungsbeispiel in Form einer Ein- bzw. Ausgangsleitung 1a sowie dreier Verbindungsleitungen 1b ausgebildet. Die erstere ist in Fig. 3A ganz unten in dem Folien-Träger 9 angeordnet, die letzteren darüber.

[0025] Die Fig. 3B und 3C zeigen die in Fig. 3A mit IIIB und IIIC bezeichneten Ausschnitte aus dem Träger 9. In Fig. 3B ist eine der drei Verbindungsleitungen 1b dargestellt, während Fig. 3C die Ein- bzw. Ausgangsleitung 1a zeigt.

[0026] Aus den Fig. 3B und 3C ist erkennbar, daß die Kopplungsleitungen 1 nach dem Vorgang des Ätzens, Schneidens, Stanzens oder Erodierens aus der Folie vor dem Vereinzeln in dem Träger 9 durch Stege 12 gehalten werden, die an den Kontaktfahnen 8 ausgebildet sind. Beim Vereinzeln der Kopplungsleitungen 1 werden die Kopplungsleitungen 1 aus dem Träger 9 durch Brechen der Stege 12 separiert. Nach dem Vereinzeln werden die Kopplungsleitungen 1 entsprechend ihrer Form in dem Grundkörper 3 montiert und durch Lötens, Schweißen oder ein anderes, die elektrische Leitfähigkeit erhaltendes Verbindungsverfahren in dem Grundkörper 3 fixiert.

Patentansprüche

1. YIG-Filter (2) oder YIG-Oszillator, umfassend einen Grundkörper (3) in dem Filterkammern (4) ausgebildet sind, wobei jede Filterkammer (4) ein YIG-Element (6) aufweist und die Filterkammern (4) durch Schlitze (5) im Grundkörper (3) die über die Filterkammern hinausreichen, miteinander verbunden sind, wobei eine Kopplungsleitung (1), zur elektromagnetischen Kopplung der YIG-Elemente (6), zumindest einen gekrümmten Abschnitt (17), der ein YIG-Element (6) zumindest teilweise umgreift, und zumindest einen, in einem Schlitz (5) eingelegten Leitungsabschnitt (18) aufweist, wobei die Kopplungsleitung (1) mit dem Leitungsabschnitt (18) elektrisch leitfähig in den Schlitzen (5) fixiert ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Leitungsabschnitt (18) der Kopplungsleitung (1) zumindest eine einstückig mit ihr ausgebildete Kontaktfahne (8) aufweist, wobei eine Kantenlänge der Kontaktfahne

(8) ungefähr der axialen Dicke des Grundkörpers (3) entspricht, und die Fixierung der Kopplungsleitung (1) mittels der Kontaktfahnen (8) realisiert ist.

2. YIG-Filter (2) oder YIG-Oszillator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zumindest eine Kontaktfahne (8) rechteckig geformt ist.
3. YIG-Filter (2) oder YIG-Oszillator nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kopplungsleitung (1) als Ein- bzw. Ausgangsleitung (1a) oder als Verbindungsleitung (1b) ausgebildet ist.
4. YIG-Filter (2) oder YIG-Oszillator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kopplungsleitung (1) eine metallische Folie aus einer Legierung aus Kupfer und Beryllium ist.
5. YIG-Filter (2) oder YIG-Oszillator nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dicke der Folie 10 bis 100 μm , besonders bevorzugt 25 bis 75 μm , besonders bevorzugt etwa 50 μm beträgt.
6. YIG-Filter (2) oder YIG-Oszillator nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zumindest eine gekrümmte Abschnitt (17) der Kopplungsleitung (1) einen Krümmungsradius aufweist.

Claims

1. YIG filter (2) or YIG oscillator comprising a basic body (3) in which filter chambers (4) are constructed; wherein each filter chamber (4) has a YIG element (6) and the filter chambers (4) are connected to one another by slits (5) in the basic body (3) which extend beyond the filter chambers; wherein a coupling line (1) has, for the electromagnetic coupling of the YIG elements (6), at least one curved section (17) which at least partially encompasses a YIG element (6), and at least one line section (18) which is laid in a slit (5); wherein the coupling line (1) with the line section (18) is fixed in an electrically conductive manner in the slits (5); **characterised in that** the line section (18) of the coupling line (1) has at least one contact lug (8) which is constructed in one piece with it, an edge length of the contact lug (8) corresponding approximately to the axial thickness of the basic body (3) and the fixing of the coupling line (1) being carried out by means of the contact lugs (8).

2. YIG filter (2) or YIG oscillator according to claim 1, **characterised in that** the at least one contact lug (8) is rectangular in shape.

3. YIG filter (2) or YIG oscillator according to either of claims 1 or 2, **characterised in that** the coupling line (1) is constructed as an input and output line (1a) or as a connecting line (1b).

4. YIG filter (2) or YIG oscillator according to claim 1, **characterised in that** the coupling line (1) is a metal foil consisting of an alloy of copper and beryllium.

5. YIG filter (2) or YIG oscillator according to claim 4, **characterised in that** the thickness of the foil amounts to 10 to 100 μm , in a particularly preferred manner, 25 to 75 μm , and, in a particularly preferred manner, about 50 μm .

6. YIG filter (2) or YIG oscillator according to one of claims 1 to 5, **characterised in that** the at least one curved section (17) of the coupling line (1) has a radius of curvature.

Revendications

1. Filtre YIG (2) ou oscillateur YIG, comportant une embase (3) dans lequel des chambres de filtre (4) sont réalisées, dans lequel chaque chambre de filtre (4) présente un élément YIG (6) et les chambres de filtre (4) sont reliées les unes aux autres par des rainures (5) dans l'embase (3), qui font saillie au-dessus des chambres de filtre, dans lequel une ligne de couplage (1) présente, en vue du couplage électromagnétique des éléments YIG (6), au moins un tronçon incurvé (17), qui comporte au moins partiellement un élément YIG (6), et au moins un tronçon de ligne (18) situé dans une rainure (5), dans lequel la ligne de couplage (1) est fixée au tronçon de ligne (18) de façon électriquement conductrice dans les rainures (5), **caractérisé en ce que** le tronçon de ligne (18) présente au moins une lamelle de contact (8) réalisé intégralement avec la ligne de couplage (1), au moins une longueur de bord de la lamelle de contact (8) correspond environ à l'épaisseur axiale de l'embase (3) et la fixation de la ligne de couplage (1) est réalisée grâce à des lamelles de contact (8).
2. Filtre YIG (2) ou oscillateur YIG selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le au moins une lamelle de contact (8) est de forme rectangulaire.
3. Filtre YIG (2) ou oscillateur YIG selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la ligne de couplage (1) est réalisée sous la forme d'une ligne

d'entrée ou de sortie (1a) ou sous la forme d'une ligne de liaison (1b).

4. Filtre YIG (2) ou oscillateur YIG selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la ligne de couplage (1) est une feuille métallique réalisée en un alliage de cuivre et de béryllium. 5
5. Filtre YIG (2) ou oscillateur YIG selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** l'épaisseur de la feuille est 10 à 100 μm , en particulier de préférence 25 à 75 μm , de préférence en particulier environ 50 μm . 10
6. Filtre YIG (2) ou oscillateur YIG selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le au moins un tronçon incurvé (17) de la ligne de couplage (1) présente un rayon de courbure. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

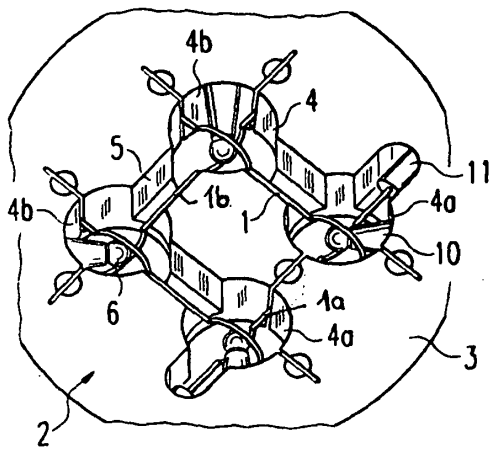


Fig. 1A

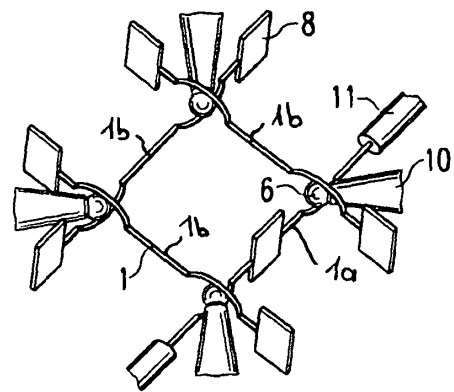


Fig. 1B

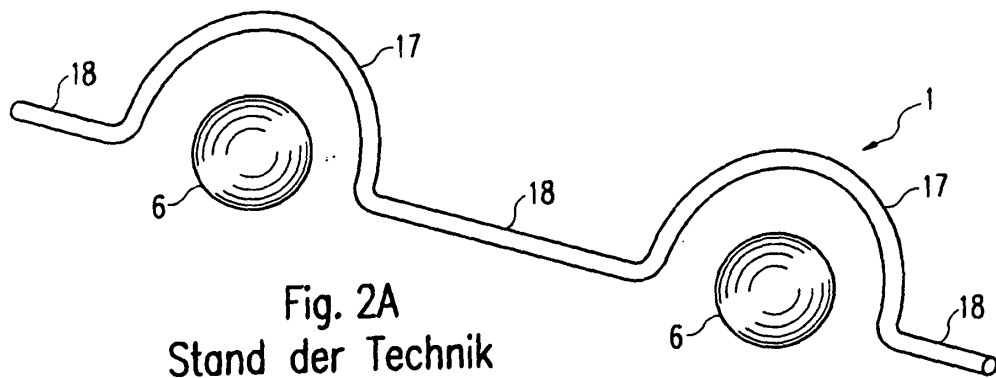


Fig. 2A
Stand der Technik

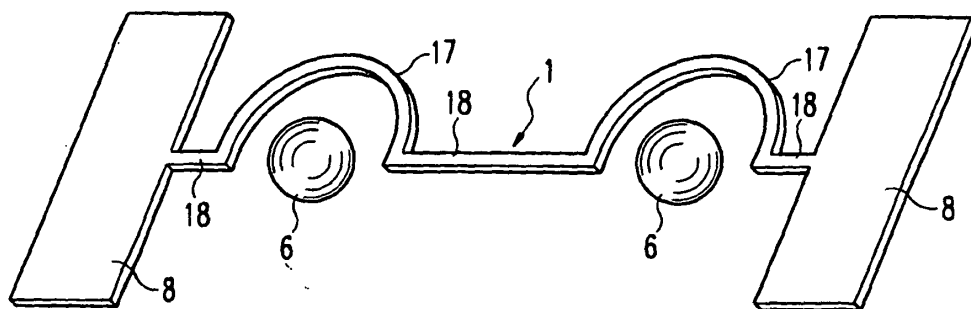


Fig. 2B

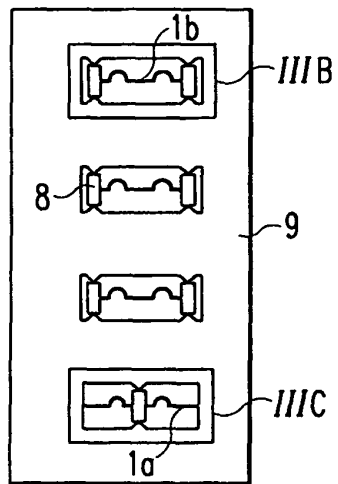


Fig. 3A

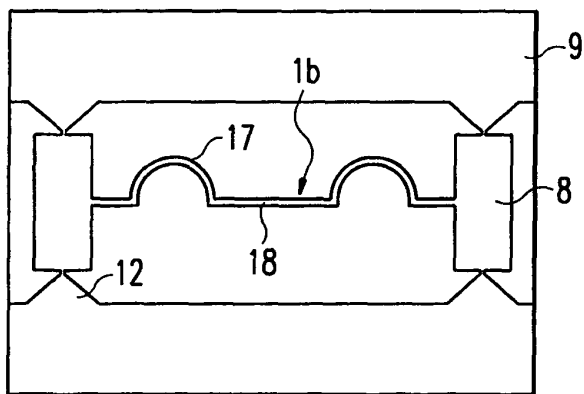


Fig. 3B

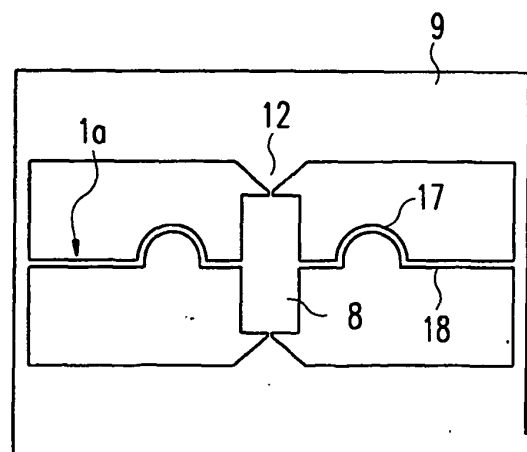


Fig. 3C

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 4480238 A [0003]
- FR 2616972 [0008]