



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 061 141 A1** 2008.06.26

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 061 141.1**

(22) Anmeldetag: **22.12.2006**

(43) Offenlegungstag: **26.06.2008**

(51) Int Cl.⁸: **H01P 1/205** (2006.01)

H01P 7/04 (2006.01)

H01P 1/202 (2006.01)

H01P 1/213 (2006.01)

(71) Anmelder:
Kathrein-Werke KG, 83022 Rosenheim, DE

(74) Vertreter:
Andrae Flach Haug, 83022 Rosenheim

(72) Erfinder:
Weitzenberger, Wilhelm, 84359 Simbach, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

US 53 89 903 A

US 42 16 448

WO 2004/1 00 305 A1

WO 02/0 54 527 A2

JP 09-1 99 906 A

**THOMAS, J.B.: Cross-Coupling in Coaxial Cavity
 Filters-A Tutorial Overview. In: IEEE Transac-
 tions on Microwave Theory and Techniques, Vol.
 MTT-51, No. 4, April 2003, Seiten 1368-1376;
 HUNTER, I.C.: Theory and Design of Microwave
 Filter. IEEE Electromagnetic Waves Series, No.
 48, 2001, Seiten 197-198, ISBN 0-85296-777-2;**

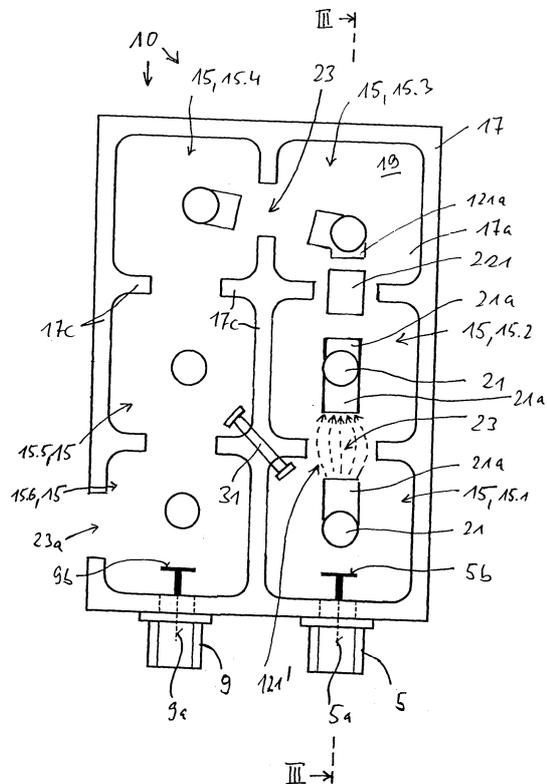
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Hochfrequenzfilter mit Sperrkreiskopplung**

(57) Zusammenfassung: Ein verbessertes Hochfrequenzfilter weist folgende Merkmale auf:

- Das Hochfrequenzfilter weist ein Übertragungsverhalten mit einer Koppelimpedanzresonanz mit zumindest einer Sperrstelle bei einer Frequenz (f_s) auf, wobei die Sperrstelle bei der Frequenz (f_s) durch Vorgabe und/oder Vorwahl einer definierten kapazitiven und induktiven Kopplung zwischen zwei auf einem Signalweg (10) unmittelbar aufeinander folgenden Koaxialresonatoren (15) einstellbar ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Hochfrequenzfilter mit Sperrkreiskopplung nach dem Oberbegriff des Anspruches 1.

[0002] Hochfrequenzfilter werden in einem weiten Bereich eingesetzt.

[0003] Beispielsweise in der digitalen Mobilfunktechnik wird die Kommunikation des Mobilteilnehmers mit der Basisstation über Sende-Empfangsantennen abgewickelt, die in der Basisstation vorgesehen sind. Dabei ist es wünschenswert, für die Sende- und Empfangssignale nur eine gemeinsame Antenne zu benutzen.

[0004] Sende- und Empfangssignale nutzen dabei unterschiedliche Frequenzbereiche. Die verwendete Antenne muss zum Senden und Empfangen in beiden Frequenzbereichen geeignet sein. Zur Trennung der Sende- und Empfangssignale ist eine geeignete Frequenz-Filterung erforderlich, die sicherstellt, dass einerseits die Sendesignale vom Sender nur zur Antenne (und nicht in Richtung des Empfängers) und andererseits die Empfangssignale von der Antenne nur zum Empfänger weitergeleitet werden.

[0005] Zu diesem Zweck kann ein Paar von Hochfrequenzfiltern eingesetzt werden, die beide ein bestimmtes, nämlich das jeweils erwünschte Frequenzband durchlassen (Bandpassfilter). Es kann aber auch ein Paar von Hochfrequenzfiltern verwendet werden, die ein bestimmtes, nämlich das jeweils unerwünschte Frequenzband sperren. Man spricht hier von Bandsperrenfiltern. Möglich ist ferner auch die Verwendung von einem Paar von Hochfrequenzfiltern, bestehend aus einem ersten Filter, das Frequenzen unterhalb einer zwischen dem Sende- und Empfangsband liegenden Frequenz durchlässt und die darüber liegenden Bereiche sperrt (Tiefpassfilter), und einem zweiten Filter, welches Frequenzen unterhalb dieser zwischen dem Sende- und Empfangsband liegenden Frequenz sperrt und die darüber liegenden Frequenzen durchlässt. Es handelt sich dabei dann um ein sogenanntes Hochpassfilter. Weitere Kombinationen aus den genannten Filtertypen können zur Anwendung kommen.

[0006] Die Sende-Empfangsbandaufspaltung innerhalb der Basisstation wird dabei in der Regel mit Duplexweichen durchgeführt, die die erwähnte Aufgabe haben, den Sende-Empfangspfad möglichst rückwirkungsfrei auf die gemeinsame Antenne zusammen zu schalten. Die Duplexweiche besteht dabei aus zwei zusammenschalteten Bandpässen, nämlich dem sogenannten Sendebandpass (TX-Bandpass) und dem Empfangsbandpass (RX-Bandpass), wobei separate Anschlüsse für den Empfangszweig, den Sendezweig und der gemeinsam zugeschalteten An-

tenne vorgesehen sind.

[0007] Die innerhalb der Duplexweiche verwendeten Bandpässe müssen also einerseits die zur Zusammenschaltung des Sende- und des Empfangsbandpasses (TX/RX) nötige Selektion (also die nötige Sperrdämpfung) aufweisen und sollen andererseits in ihrem jeweiligen Durchlassbereich die Nutzsingale möglichst wenig dämpfen.

[0008] Die in Duplexweichen verwendeten Bandpassstrukturen werden in den gängigen Mobilfunkfrequenzbereichen (z. B. GSM/UMTS) überwiegend aus Koaxialresonatoren aufgebaut.

[0009] Aufbau und Funktionsweise von Koaxialresonatoren sind aus dem Stand der Technik bekannt, beispielsweise "Ian Hunter: Theory and Design of Microwave Filters", IEE Electromagnetic Waves Series, No. 48, 1. Microwave filters, Seite 197.

[0010] In der Filtertheorie werden Bandpässe (sogenannte Cauerbandpässe) beschrieben, die im Sperrbereich Übertragungsnullstellen (sogenannte Sperrpole) aufweisen. Dieser Filtertyp wird in Verbindung mit Koaxialresonatoren sehr häufig durch sogenanntes Cross-Coupling (Überkopplung) realisiert. Hierbei werden nicht-benachbarte Resonatoren (d. h. also im Signalverlauf nicht unmittelbar aufeinander folgender Resonatoren) innerhalb einer Bandpassstruktur derart kapazitiv oder induktiv miteinander verkoppelt, dass sich bedingt durch Signalsplittung mit anschließender phasenverschobener Zusammenführung Amplitudenauslöschungen (Übertragungsnullstellen bzw. Sperrstellen) in der Übertragungscharakteristik ergeben. Eine derartige Cross-Coupling-Technik wird z. B. beschrieben in IEEE Transactions on microwave theory and techniques, Vol. 51, No. 4, April 2003 "Cross-Coupling in Coaxial Cavity Filters – A Tutorial Overview", J. Brian Thomas, Seiten 1368 bis 1376.

[0011] Das sogenannte Cross-Coupling hat aber den Nachteil, dass die notwendige Verkopplung Resonatoren benötigt, die nicht benachbart zueinander sind, also nicht aufeinander folgend angeordnet sind. Dadurch werden aber Filter-Topologien gefordert, die diese Verkopplung mechanisch erst möglich machen.

[0012] Aufgrund der begrenzten Anzahl der geeigneten Resonatoren-Paare für das Cross-Coupling kann von daher nur eine begrenzte Zahl von Sperrpolen erzeugt werden.

[0013] Ein gattungsbildendes Hochfrequenzfilter mit Sperrkreiskopplung insbesondere in Form einer Duplexweiche ist grundsätzlich aus der WO 2004/100305 A1 als bekannt zu entnehmen. Es handelt sich dabei um einen Hochfrequenzfilter mit meh-

renen Resonatoren, die zwischen drei Anschlüssen angeordnet sind, nämlich zwischen einem Anschluss für einen Sendezeit, einem Anschluss für den Empfangszeit und einem Anschluss für die gemeinsame Antenne.

[0014] Gemäß dem gattungsbildenden Stand der Technik ist zur Verbesserung einer derartigen Duplexweiche vorgesehen, dass sie zumindest ein stark miteinander verkoppeltes Resonatorpaar aufweist, wobei die stark miteinander verkoppelten Resonatoren im gekoppelten Zustand in zwei voneinander verschiedenen Koppelresonanzfrequenzen schwingen, die unterschiedlich sind zur Resonanzfrequenz, die die beiden stark verkoppelten Resonatoren für sich alleine betrachtet jeweils im Frequenzbereich zwischen Sende- und Empfangsband aufweisen bzw. auf die die Resonatoren abgestimmt sind.

[0015] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es ein verbessertes Hochfrequenzfilter zu schaffen, das eine verbesserte Durchlass- und/oder Sperrwirkung für vorgebbare Frequenzen oder Frequenzbereiche aufweist, wobei Einschränkungen bezüglich der Filter-Topologie möglichst nicht gegeben sein sollen.

[0016] Die Erfindung wird entsprechend den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0017] Erfindungsgemäß wird die Verbesserung gegenüber dem Stand der Technik dadurch erzielt, dass das Hochfrequenzfilter, das elektromagnetisch gekoppelte Koaxialresonatoren umfasst, bezüglich zumindest eines ausgewählten Koaxialresonatorpaares, dessen beide Koaxialresonatoren im Übertragungsweg unmittelbar benachbart zueinander liegen, eine speziell vorwähl- und/oder voreinstellbare Koppelimpedanz zugeordnet wird, die so dimensioniert ist, dass sich aufgrund der Kombination von kapazitiver und induktiver Kopplung eine Koppelimpedanzresonanz mit einer definierten Sperrfrequenz ergibt. Da diese Art der Verkopplung im Übertragungsverhalten des Hochfrequenzfilter eine Sperrstelle erzeugt, wird sie im Folgenden auch als Sperrkreisverkopplung bezeichnet.

[0018] Mit anderen Worten lässt sich also im Rahmen der Erfindung diese Sperrkreisverkopplung, also die Sperrfrequenz, so legen, dass sie zum einen außerhalb des Durchlassbereiches des HF-Filters, und zum anderen innerhalb des Sperrbereiches eines HF-Filters liegt.

[0019] Bevorzugt lässt sich die Sperrfrequenz vor allem durch Veränderung und/oder Einstellung und/oder Vorwahl von zwei die Sperrfrequenz im Wesentlichen beeinflussenden bzw. bestimmenden Größen vorgeben. Entscheidend ist dabei, dass neben

einer definierten induktiven Resonatorverkopplung eine definierte kapazitive Verkopplung erfolgt. Die definierte induktive Verkopplung kann dabei z. B. über den Abstand der zu verkopplenden Resonatoren eingestellt werden. Die geforderte kapazitive Verkopplung lässt sich demgegenüber z. B. durch eine längliche Erweiterung an der Oberseite der zu verkopplenden Resonatoren realisieren. Auch wenn die Veränderung jeder der beiden vorstehend genannten Größen einen gewissen Einfluss auch auf die jeweils andere Größe ausübt, so lässt sich doch durch Vorgabe der induktiven sowie der kapazitiven Verkopplung die gewünschte Verkopplung benachbarter Resonatoren so verändert einstellen, dass die gewünschte Dämpfung außerhalb des Durchlassbereiches eines HF-Filters und innerhalb eines Sperrbereiches eines HF-Filters liegt.

[0020] Im Rahmen der Erfindung lassen sich also somit folgende wesentliche Vorteile realisieren:

- Erstmals können nunmehr benachbarte Resonatoren so verkopplert werden, dass darüber Sperrstellen erzeugt werden. Dies bietet den wesentlichen Vorteil, dass bei der Realisierung von Hochfrequenzfiltern keine derartigen Einschränkungen bei der Konzeption von Filter-Topologien, also bezüglich der Anordnung der Koaxialresonatoren, vorliegen, wie beim Stand der Technik. Beim Stand der Technik bestand der gravierende Nachteil, dass beim sogenannten "Cross-Coupling" (also bei der Herstellung einer Überkopplung) die notwendige Verkopplung nicht zwischen benachbarten Resonatoren durchgeführt werden konnte. Dies erforderte dann ganz spezifische Filter-Topologien, um eine Verkopplung zwischen zwei nicht benachbarten Resonatoren zu ermöglichen.
- Da im Rahmen der Erfindung eine Verkopplung zweier benachbarter Resonatoren möglich ist, bietet dies grundsätzlich auch die Option, beliebige mehrere benachbarte Paare von Resonatoren miteinander zu verkopplern. Es können im Rahmen der Erfindung bei n-Resonatoren sogar n – 1 Sperrstellen erzeugt werden, also viel mehr als bei einem konventionellem Cross-Coupling.
- Im Rahmen der Erfindung kann zur entsprechenden Einstellung der kapazitiven Verkopplung der Abstand zwischen zwei Innenleitern dadurch verringert werden, dass diese mit radialen Verlängerungen an ihrer Oberseite versehen sind. Dies kann auch zu einer Verringerung der Gesamtbauhöhe des Filters genutzt werden.

[0021] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigen im Einzelnen:

[0022] **Fig. 1:** Den schematischen Aufbau eines Hochfrequenzfilter im Falle einer Duplexweiche in schematischer Grunddarstellung;

[0023] [Fig. 2](#): eine schematische Draufsicht auf einen Hochfrequenzfilter mit einem Signalweg;

[0024] [Fig. 3](#): eine schematische Axialschnittdarstellung längs der Linie III-III in [Fig. 2](#);

[0025] [Fig. 4](#): ein Ersatzschaltbild bezüglich des Ausführungsbeispiels nach [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#);

[0026] [Fig. 5](#): ein Diagramm zur Wiedergabe des Durchlass- und Dämpfungsverhaltens eines erfindungsgemäßen Bandpassfilters für eine Duplexweiche; und

[0027] [Fig. 6a](#) bis [Fig. 6f](#): verschiedene Darstellungen zu unterschiedlichen Einstellungen einer Koppelkapazität bzw. Koppelinduktivität.

[0028] In [Fig. 1](#) ist in schematischer Darstellung ein Hochfrequenzfilter in Form einer Duplexweiche **3** gezeigt, wobei das HF-Filter **1** drei Anschlüsse **5**, **7** und **9** umfasst, nämlich einen Anschluss TX, RX und einen Anschluss für den Antennenport AP, so dass Sendesignale über einen ersten Signalweg vom Sendeanschluss **5** kommend dem Antennenport AP (von dort der gemeinsamen Antenne) und umgekehrt die von der Antenne empfangenen Signale über den Antennenport AP (Anschluss **9**) dem Empfangsanschluss **7** zugeführt werden können.

[0029] Die Duplexweiche **3** umfasst dazu in den beiden Signalwegen ein entsprechendes Bandpassfilter **11** bzw. **13**, die die notwendige Selektion (also Sperrdämpfung) aufweisen, damit vom Sendeanschluss keine Signale in den Empfangszweig gelangen können. Andererseits sollen die Durchlassbereiche für die Nutzsignale möglichst wenig gedämpft sein.

[0030] In [Fig. 2](#) ist dazu beispielsweise in schematischer Draufsicht (unter Weglassung einer oberen Abdeckung) ein Hochfrequenzfilter **1** mit einem Signalweg **10** gezeigt, der beispielsweise von einem Anschluss **5** zu einem Anschluss **9**, also von einem Sendeanschluss zu einem Antennenportanschluss verläuft (also nur den einen Zweig einer Duplexweiche zeigt) und dabei sechs Koaxialresonatoren **15** umfasst.

[0031] Die Koaxialresonatoren **15** sind dabei in einem leitfähigen Gehäuse **17** mit mehreren Resonator-kammern **19** angeordnet, wo sich im gezeigten Ausführungsbeispiel mittig oder eher im mittleren Bereich senkrecht zum Gehäuseboden **17a** jeweils ein leitfähiger Innenleiter **21** erstreckt – wie es sich aus der Darstellung gemäß [Fig. 3](#) ergibt – der in einem geeigneten Abstand unterhalb eines auf das Gehäuse **17** aufsetzbaren elektrisch leitfähigen Gehäuse-deckels **17b** endet.

[0032] Jeder Koaxialresonator **15** weist somit eine

umlaufende Gehäusewand **17c** auf, wobei längs des Signalweges Koppelöffnungen **23**, sogenannte Blenden, in der betreffenden Gehäusewand **17c** vorgesehen sind, wodurch Fenster gebildet werden, durch die hindurch sich die elektromagnetischen Wellen ausbreiten können.

[0033] An den koaxialen Anschlüssen **5** und **9** sind in bekannter Weise Innenleiter **5a** bzw. **9a** vorgesehen, die in die zugeordneten Resonator-kammern **19** hinein ragen und beispielsweise in einem leitenden Flächenelemente **5b** bzw. **9b** enden, worüber mit dem zugeordneten Innenleiter in den betreffenden Koaxialresonatoren **15** durch die so gebildete Kapazität die Einkopplung des elektrischen Feldes beim Anschluss **5** und die entsprechende Auskopplung des elektrischen Feldes beim Anschluss **9** folgt (wobei beispielsweise umgekehrt das von der Antenne empfangene Signal über das leitende Flächenelemente **9b** in den zugeordneten Resonator auf dem zweiten Signalweg eingekoppelt wird, und über einen zweiten Signalweg zu einem in [Fig. 2](#) nicht näher gezeigten Anschluss **7** führt). Von daher ist in [Fig. 3](#) nur eine schematische Schnittdarstellung beispielsweise durch einen Abschnitt für den für den Sendezweig vorgesehenen Bandpassfilter **11** dargestellt, wobei über das in [Fig. 3](#) links liegende Blendentor **23a** sich der Signalweg für den zweiten in [Fig. 3](#) nicht gezeigten Empfangszweig der Duplexweiche anschließen könnte.

[0034] Bezüglich des erläuterten Signalweges vom Anschluss **5** zum Anschluss **9** sind auf diese Weise sechs Koaxialresonatoren **15.1** bis **15.6** miteinander verkoppelt.

[0035] Das entsprechende Ersatzschaltbild ist in [Fig. 4](#) wiedergegeben, und zwar mit dem Signalweg **10** vom Anschluss **5** zum Anschluss **9**, wobei die sechs Resonatoren **11** als Parallelschwingkreise **111** dargestellt sind, deren einer Ausgang auf Masse liegt und der gegenüber liegende Ausgang in der entsprechenden Reihenfolge an dem Signalweg **10** angeschlossen ist. Die Parallelschwingkreise **24** sind dabei in bekannter Weise durch einen Kondensator und eine Induktivität gekennzeichnet. Die Wegstrecken zwischen den Anschlusspunkten **25** der einzelnen Parallelschwingkreise **24** können ebenfalls durch Induktivitäten **27** beschrieben werden, soweit es sich um herkömmliche Kopplungen zwischen Koaxialresonatoren handelt, also nicht um die nachfolgend noch erläuterte erfindungsgemäße Verkopplung. Soweit eine erfindungsgemäße Verkopplung zum Tragen kommt, kann die Verbindung zwischen zwei miteinander erfindungsgemäß verkoppelten benachbarten Parallelschwingkreisen nicht durch eine induktive Kopplung, sondern durch eine Sperrkreis-kopplung in Form eines Parallelschwingkreises mit einer Kapazität und einer Induktivität beschrieben werden, wie dies in [Fig. 4](#) dargestellt ist. Zwischen dem ersten

und fünften Koaxialresonator **15.1** bzw. **15.4** ist wie im Stand der Technik eine kapazitive Cross-Coupling unter Verwendung eines Kondensators C zusätzlich realisiert (siehe [Fig. 2](#) und [Fig. 4](#)).

[0036] Gemäß diesem Ersatzschaltbild nach [Fig. 4](#) ist gezeigt, dass zwischen dem ersten und dem zweiten Koaxialresonator **15.1** und **15.2** sowie zwischen dem zweiten und dritten Koaxialresonator **15.2** und **15.3** sowie dem dritten und vierten Koaxialresonatoren **15.3** und **15.4** eine erfindungsgemäße Verkopplung realisiert ist. Daneben ist in dem gezeigten Ausführungsbeispiel auch eine nach dem Stand der Technik herkömmliche Verkopplung (Cross-Coupling) zwischen dem ersten und dem fünften Koaxialresonatoren **15.1** und **15.5** gezeigt, worauf nachfolgend ebenfalls eingegangen wird.

[0037] Aus der Seitendarstellung gemäß [Fig. 3](#) ist zu ersehen, dass zur Verkopplung der unmittelbar benachbarten, d. h. im Signallauf unmittelbar aufeinander folgenden Resonatoren **15.1** und **15.2** die zugehörigen Innenleiter in ihrer Verbindungsrichtung liegend jeweils mit aufeinander zu weisenden, radial vorstehenden Innenleiterabschnitten **21a** versehen sind. Dadurch wird der lichte Abstand **121** zwischen den beiden Innenleitern **21** so eingestellt, dass sich hierüber eine gewünschte kapazitive Kopplung ergibt.

[0038] Diese kapazitive Kopplung ist beispielsweise zwischen Innenleiterabschnitten **21a** an den beiden Innenleitern **21** der beiden ersten Koaxialresonatoren **15.1** und **15.2** in [Fig. 3](#) dargestellt, und zwar durch entsprechend eingezeichnete E-Feld-Vektoren **121** ([Fig. 2](#)).

[0039] Darüber hinaus ist in [Fig. 3](#) auch für die beiden ersten Resonatoren **15.1** und **15.2** eine induktive Verkopplung durch eine H-Feld-Linie **121'** dargestellt. Durch Vorgabe des Abstandes **221** zwischen den beiden Innenleitern **21** (ohne Berücksichtigung der erwähnten radial vorstehenden Innenleiterabschnitte **21a**) wird letztlich die induktive Verkopplung **221'** entsprechend vorgewählt und/oder eingestellt.

[0040] Die induktive Verkopplung kann aber durch andere alternative oder ergänzende, also zusätzliche Maßnahmen unterschiedlich voreingestellt oder vorgewählt werden. Ganz allgemein wird angemerkt, dass die für die Einstellung der Sperrkreisverkopplung notwendigen Koppelkapazitäten und Koppelinduktivitäten durch bekannte Koppelstellvarianten eingestellt werden können. So können beispielsweise die Koppelblenden (also die Durchtrittsöffnungen zwischen zwei benachbarter Koaxialresonatoren in der Höhe und/oder Breite unterschiedlich eingestellt werden, wodurch sich der Grad der Kopplung ändert). Ebenso können Koppelstifte zwischen den Resonatoren vorgesehen sein, Koppelschleifen oder Koppel-

stegen. Die Koppelstegen würden beispielsweise in einer Teilhöhe zwischen zwei Innenleitern verlaufen, also sich ebenfalls parallel zu den Innenleitern erstrecken (bevorzugt senkrecht zur Bodenwandung) und dabei mit dem Boden der Koppelresonatoren elektrisch verbunden sein. Die Koppelschleifen können in Art eines umgekehrten U-Bügels zwischen zwei Innenleitern am Boden elektrisch und mechanisch verbunden sein. Möglich ist auch, dass eine Koppelschleife in Vertikalausrichtung (also in einer Vertikalenebene liegend) oder in einer dazu leicht geneigten Ebene über eine vertikale Drehachse gegenüber dem Boden positioniert ist und dabei in Umfangsrichtung verdreht werden kann. Je größer die von den Magnetflächen durchsetzte Fläche ist, um so größer ist die Koppelwirkung. Die erwähnten Effekte können auch in Kombination oder Teile davon in Kombination verwendet werden, um die gewünschten Koppelstellmöglichkeiten entsprechend zu realisieren und umzusetzen.

[0041] Die vorstehend erwähnten Einstellmöglichkeiten sind beispielsweise anhand von [Fig. 6a](#) unter Verwendung von elektrisch leitfähigen Koppelstiften **301** wiedergegeben, wobei ein beispielsweise im oberen Deckel **17b** **301** die Veränderung zur Veränderung der Koppelkapazität zwischen zwei Innenleitern **21** in unterschiedlicher Höhenlage, also unterschiedlich weit in das Innere zwischen zwei Resonatoren eingedreht werden kann, wobei in [Fig. 6a](#) auch ein im Boden **17a** eingedrehter oder dort positionierter elektrisch leitfähiger Koppelstift **302** angeordnet ist, dessen Höhe und Durchmesser zur Veränderung der Koppelinduktivität beiträgt. Anhand von [Fig. 6b](#) ist in Draufsicht dargestellt, dass längs der Verbindungslinie zweier benachbarter Innenleiter **21** ein sich vom Boden erhebender, Steg vorgesehen ist, der sich dort gegenüber der Höhe der Innenleiter in einer Teilhöhe erstreckt. Es handelt sich dabei um einen sogenannten Koppelsteg **307**. Dieser Koppelsteg **307** ist dabei mit dem Boden **17a** des Gehäuses **17** des HF-Filters elektrisch verbunden.

[0042] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel gemäß [Fig. 6c](#) in Draufsicht und gemäß [Fig. 6d](#) im vertikalen Schnitt ist gezeigt, dass beispielsweise eine erste Fensteröffnung **303** (Koppelblende) zwischen dem Koaxialresonator **15.1** und **15.2** deutlich verringert ist und demgegenüber eine weitere Koppelblende **303** zwischen dem Resonator **15.2** und **15.3** deutlich vergrößert ist, so dass die Koppelblende auf jeden Fall eine größere Breite parallel zur Boden- oder Deckelfläche aufweist.

[0043] In dem Ausführungsbeispiel gemäß [Fig. 6e](#) ist eine Koppelschleife **305** zur Veränderung der Koppelinduktivität gezeigt, die nach Art eines umgekehrten "U" im Boden positioniert ist. Alternativ ist anhand von [Fig. 6f](#) die Verwendung einer Koppelschleife gezeigt, die um ihre Vertikalachse **305'** verdreht werden

kann, so dass sich die Magnetfeldstärke, die die Schleife durchsetzt, verändert, wodurch die Koppelinduktivität verändert und unterschiedlich eingestellt werden kann.

[0044] Ganz allgemein wird angemerkt, dass die verschiedensten Möglichkeiten zur Erzeugung einer gewünschten kapazitiven, wie aber auch einer gewünschten induktiven Kopplung beliebig kombiniert werden können, eher sogar alle vorstehend genannten Varianten kumulativ angewendet werden können. Einschränkungen bestehen insoweit nicht.

[0045] Durch die abweichende Gestaltung der Koaxialresonatoren **15** mit der erläuterten abweichenden Resonatorform kann die gewünschte Sperrstelle mit einer definierten Sperrfrequenz außerhalb des Durchlassbereiches eines HF-Filters erzeugt werden. Entscheidend ist dabei, dass neben der erwähnten definierten induktiven Resonatorkopplung eine definierte kapazitive Kopplung vorliegt. Die erwähnte induktive Kopplung kann dabei wie erwähnt durch den Abstand **221** der zu verknüpfenden Resonatoren (Position des Innenleiters **21** des betreffenden Resonators) eingestellt werden, wohingegen die kapazitive Kopplung über den lichten Abstand **121** zwischen zwei benachbarten Innenleitern **21** zweier benachbarter Resonatoren eingestellt wird, deren Größe durch den lichten Abstand der erwähnten länglichen (radial vorstehenden) Innenleitererweiterungen **21** vorgebar ist.

[0046] Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist neben der Verkopplung zwischen dem ersten und zweiten Koaxialresonator **15.1** und **15.2** in der Folge eine weitere unmittelbar anschließende Verkopplung zwischen dem zweiten und dritten Koaxialresonator **15.2** und **15.3** realisiert.

[0047] In Abweichung zum ersten Innenleiter **21** des ersten Koaxialresonators **15.1**, der in Querschnittsdarstellung nach Art eines umgekehrten L gebildet ist, ist nunmehr der zweite Innenleiter des zweiten Koaxialresonators **15.2** nach Art eines T gebildet, nämlich mit einer weiteren, in der Regel parallel zum Boden und damit quer oder radial zum Innenleiter vorstehenden, gegenüberliegenden Innenleitererweiterung **21a**. Auch der dritte damit zu verknüpfende Innenleiter **21** des dritten Koaxialresonators **15.3** könnte ebenfalls mit einer entsprechenden Innenleitererweiterung **21a** versehen sein, wobei der Abstand zwischen diesen beiden benachbarten Innenleitererweiterungen **21a** sehr viel größer ist, als der Abstand zwischen dem ersten und zweiten Koaxialresonator. In dem Beispiel der Verkopplung des zweiten und dritten Koaxialresonators ist dazu ferner ein zusätzliches Überbrückungsglied **221'** vorgesehen, welches isoliert gegenüber dem Gehäuse gehalten und positioniert ist. Dadurch ergeben sich zwei Abstandsspalten **121a** und **121b**, in welchen die elektri-

schen Feldvektoren sich über Luft ausbreiten. Der Summen-Abstand gebildet aus den beiden Einzelabständen **121a** und **121b** ergibt jene Größe, die für die Vorgabe der gewünschten definierten Kapazitätenkopplung entscheidend ist.

[0048] Schließlich ist aus der Draufsicht gemäß [Fig. 2](#) auch zu ersehen, dass nunmehr durch die weitere Verkopplung zwischen dem dritten und vierten Koaxialresonator **15.3** und **15.4** der zugehörige Innenleiter **21** nicht zwei um 180° gegenüberliegende Innenleitererweiterungen (wie der zweite Innenleiter **21** des zweiten Koaxialresonators **15.2**), sondern zwei Innenleitererweiterungen **21a** aufweist, die in einem 90° Winkel zueinander angeordnet sind, nämlich entsprechend des um 90° abgewinkelten Signalweges der elektromagnetischen Wellen. Dass die beiden Innenleiter **21** bezüglich des zweiten und dritten Resonators **15.2** und **15.3** dichter positioniert sind, ergibt sich aus der Darstellung gemäß [Fig. 2](#) in Draufsicht.

[0049] Stellt der erläuterte Signalweg beispielsweise den einen Signalweg einer Duplexweiche dar, so kann dadurch ein Bandpassfilter realisiert werden, wie es in [Fig. 4](#) wiedergegeben ist, und zwar mit einer oder mehreren Sperrfrequenzen f_s , also einem oder mehreren sogenannten Sperrpolen. Diese Übertragungscharakteristik zeigt, dass entsprechend der Anzahl der im Rahmen der Erfindung verknüpfeten Koaxialresonatoren die mehreren Sperrpole (Sperrfrequenzen) so erzeugbar sind, dass diese Sperrfrequenzen beispielsweise in dem Durchlassbereich (Frequenzbereich) eines benachbarten, also versetzt liegenden, Bandpassfilters liegen.

[0050] Im gezeigten Ausführungsbeispiel kann an jeder weiteren beliebigen Stelle, also beispielsweise auch zwischen dem vierten und fünften und/oder dem fünften und sechsten Koaxialresonator ebenfalls noch eine weitere erfindungsgemäße Verkopplung realisiert sein. Allgemein lassen sich bei n-Koaxialresonatoren also fünf, nämlich $n - 1$ Koppelimpedanzen so dimensionieren, dass sich aufgrund der Kommunikation von kapazitiver und induktiver Kopplung eine Koppelimpedanzresonanz mit jeweils definierter Frequenz f_s ergibt, also durch die Art der Verkopplung im Übertragungsverhalten des Hochfrequenzfilters eine Sperrstelle bei der zumindest einen oder der mehreren versetzt zueinander liegenden Frequenzen f_{s1} , f_{s2} , f_{s3} usw. bis f_{sn} , ergibt, die als Sperrkreiskopplung bezeichnet werden kann.

[0051] Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist zusätzlich auch eine herkömmliche Verkopplung realisiert, die auch weiterhin bei dem erfindungsgemäßen HF-Filter zusätzlich vorgesehen sein kann. Diese herkömmliche Verkopplung (Cross-Coupling) ist auch in dem Ersatzschaltbild gemäß [Fig. 4](#) eingezeichnet, nämlich dort über die Verbindungsstrecke

131 mit dem dort vorgesehenen Kondensator C.

[0052] Dazu ist beispielsweise in [Fig. 2](#) ein Verkopplungsglied **31** gezeigt, welches zwischen dem ersten und fünften Koaxialresonator wirkt und üblicherweise durch ein elektrisch leitfähiges, in den jeweiligen Hohlraum des zugehörigen Resonators hineinragendes, in Seitenansicht "knochenförmig" gestaltetes Koppellement gebildet ist, welches in der Regel durch seinen vergrößerten gegenüber liegenden Abschluss mit dem zugeordneten Innenleiter in dem betreffenden Koaxialresonator eine kapazitive Verkopplung erzeugt. Dies ist ebenfalls in dem Ersatzschaltbild eingezeichnet, nämlich durch den kapazitiven Verkopplungsweg **131**.

[0053] Demgegenüber ist im Rahmen der Erfindung eine Sperrkreisverkopplung **35** mit einer parallel geschalteten Induktivität und einer Kapazität realisiert, wie dies in dem Ersatzschaltbild gemäß [Fig. 4](#) ebenfalls gezeigt ist.

[0054] Abschließend wird noch auf [Fig. 5](#) Bezug genommen, in der ein Diagramm über das Bandpassverhalten eines Bandpassfilters **11** für einen Sendezweig und für einen Bandpassfilter **13** für einen Empfangszweig (in strichlierten Linien) wiedergegeben ist. Daraus sind die mehreren Sperrpole f_{RS} , f_{TS} zu ersehen, in Abhängigkeit der Anzahl der verwendeten Sperrkreisverkopplungen. In [Fig. 5](#) ist dabei auf der X-Achse die zunehmende Frequenz F und auf der Y-Achse die Dämpfung D wiedergegeben.

[0055] Für den einen Bandpassfilter ist zudem gezeigt, wie die Dämpfung verlaufen würde, wenn nicht die erfindungsgemäße Kopplung realisiert werden würde (strichpunktierte Kurve).

[0056] Bei dem erfindungsgemäßen Bandpassfilter kann der zumindest eine oder die mehreren Sperrpole so gelegt werden, dass sie beispielsweise in einem zu dem Durchlassbereich des betreffenden Bandpasses versetzt liegenden Frequenzbereich eines benachbarten Bandpasses liegen. Auf jeden Fall können noch ausreichende erfindungsgemäße Vorteile dann realisiert werden, wenn der eine oder die mehreren Sperrpole ganz oder teilweise zumindest so angeordnet sind, dass sie außerhalb des eigentlichen Durchlassbereiches des Bandpassfilters in einem Frequenzbereich liegen, der von der Mittenfrequenz des betreffenden Bandpassfilters weniger als $\pm 50\%$, insbesondere weniger als $\pm 40\%$, $\pm 30\%$, $\pm 20\%$ und insbesondere weniger als $\pm 10\%$ entfernt ist.

[0057] Im Falle zweier versetzt zueinander liegender Bandpassdurchlassfrequenzbereiche, wie sie im häufigsten Fall im Rahmen einer Duplexweiche eingesetzt werden, können die erfindungsgemäßen Vorteile auch dann immer noch in ausreichendem Maße realisiert werden, wenn zumindest einer oder mehre-

re der Sperrpole (Sperrstellen) von einem betreffenden Bandpassfilter aus betrachtet durch entsprechende Wahl geeigneter Kopplungskapazitäten und Kopplungsinduktivitäten so gelegt wird bzw. werden, dass dieser zumindest eine Sperrpol in einem Frequenzbereich erzeugt wird, der nicht weiter als das fünffache des Duplexabstandes (also des Frequenzmittenabstandes zweier benachbarter Bandpässe) von der Mittenfrequenz des betreffenden Bandpasses entfernt liegt. Bevorzugt sollen also die Sperrpole von einem Bandpassfilter aus betrachtet außerhalb des Durchlassbereiches des Bandpassfilters so angeordnet sein, dass die Sperrpole nicht weiter als das fünffache, insbesondere nicht weiter als das vierfache, dreifache, zweifache oder das einfache des Duplexabstandes (also des Mittenfrequenzabstandes zweier benachbarter Bandpässe) zu liegen kommen.

[0058] Unabhängig davon können natürlich einzelne oder mehrere der Sperrpole auch in einem Frequenzbereich des benachbarten Bandpasses positioniert werden.

[0059] Abschließend wird angemerkt, dass bei entsprechender Wahl der induktiven bzw. der kapazitiven Kopplung festgelegt werden kann, ob der jeweilige Sperrpol unterhalb eines Bandpassfilters oder oberhalb eines Bandpassfilters (also mit zum Bandpassfilter niedrigerer Frequenz oder höherer Frequenz) ausgebildet wird. Dies wird dadurch erreicht, dass die Koppelkapazität und die Koppelinduktivität der Sperrkreisverkopplung so gewählt werden, dass die resultierende Resonanzfrequenz je nach Bedarf entweder unterhalb oder oberhalb des Bandpassdurchlassbereiches liegt.

Patentansprüche

1. Hochfrequenzfilter, insbesondere für eine Duplexweiche mit mehreren elektromagnetisch gekoppelten Koaxialresonatoren (**15**), **dadurch gekennzeichnet**, dass das Hochfrequenzfilter ein Übertragungsverhalten mit einer Koppelimpedanzresonanz mit zumindest einer Sperrstelle bei einer Frequenz (f_s) aufweist, wobei die Sperrstelle bei der Frequenz (f_s) durch Vorgabe und/oder Vorwahl einer definierten kapazitiven und induktiven Kopplung zwischen zwei auf einem Signalweg (**10**) unmittelbar aufeinander folgenden Koaxialresonatoren (**15**) einstellbar ist.

2. Hochfrequenzfilter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Koppelkapazität und die zumindest eine Koppelinduktivität so gewählt sind, dass die zumindest eine Sperrstelle bei einer Frequenz (f_s) liegt, die von der Mittenfrequenz des Bandpassfilters nicht weiter als $\pm 50\%$, insbesondere nicht weiter als $\pm 40\%$, $\pm 30\%$, $\pm 20\%$ und insbesondere nicht weiter als $\pm 10\%$ von der Frequenz des Bandpassfilters entfernt liegt.

3. Hochfrequenzfilter nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass n-Koaxialresonatoren (15) auf einem Signalweg (10) miteinander verkopelt sind, wobei mehr als eine und weniger als $n - 1$ Sperrkreiskopplungen vorgesehen sind.

4. Hochfrequenzfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Hochfrequenzfilter (1) zumindest zwei Bandpassfilter umfasst, wobei das pro Bandpassfilter zumindest eine Paar von im Signalweg unmittelbar aufeinander folgenden, benachbarten Koaxialresonatoren (15) eine Sperrkreiskopplung mit einer Frequenz (f_s) derart aufweist, dass die Sperrstelle außerhalb des Durchlassbereiches des betreffenden Bandpassfilters liegt, wobei bevorzugt zumindest eine Sperrstelle in dem Durchlassbereich des jeweils anderen Bandpassfilters liegt.

5. Hochfrequenzfilter nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest beiden Bandpassfilter Teil einer Duplexweiche (3) sind.

6. Hochfrequenzfilter nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Sperrstelle oder vorzugsweise die mehreren Sperrstellen von der Mittenfrequenz eines Bandpassfilters aus betrachtet nicht weiter als das fünffache des Duplexabstandes, d. h. der Mittenfrequenzabstand der beiden Bandpassfilter einer Duplexweiche entfernt sind, vorzugsweise weniger als das vierfache, dreifache, zweifache oder insbesondere das einfache des Duplexabstandes entfernt liegt bzw. liegen.

7. Hochfrequenzfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere auf einem Signalweg (10) unmittelbar aufeinander folgende Koaxialresonator-Paare unter Erzeugung mehrerer definierter Sperrkreiskopplungen mit definierten Frequenzen (f_{s1} , f_{s2} , f_{s3}, \dots) vorgesehen sind, wobei die Sperrfrequenzen zumindest teilweise unterschiedlich oder zumindest teilweise gleich sind.

8. Hochfrequenzfilter nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die kapazitive und die induktive Kopplung so vorgebar sind, dass die zumindest eine Frequenz (f_s) der zugehörigen Sperrkreiskopplung eine niedrigere Frequenz oder eine höhere Frequenz als das Bandpassfilter aufweist.

9. Hochfrequenzfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Grad der kapazitiven Verkopplung zwischen zwei benachbarten Innenleitern (21) zweier benachbarter Koaxialresonatoren (15) durch radial in Richtung des jeweils gekoppelten benachbarten Innenleiters (21) mit radial vorstehender Innenleitererweiterung (21a) und damit durch entsprechende Vorgabe des lichten Abstandes (121; 121a, 121b) zwischen zwei entsprechenden Innenleitern (21) bzw. zugehörigen Innenlei-

tererweiterungen (21a) vorgebar ist.

10. Hochfrequenzfilter nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenleitererweiterung (21a) quer und vorzugsweise senkrecht zur Axialerstreckung eines zugehörigen Innenleiters (21) im oberen Endbereich des Innenleiters (21) gebildet ist.

11. Hochfrequenzfilter nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Innenleiter (21) mit einer entsprechenden Innenleitererweiterung (21a) nach Art eines umgekehrten L-gebildet ist.

12. Hochfrequenzfilter nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein Innenleiter (21) mit einem in der Signalstrecke (10) vorausgehenden und nachfolgenden Koaxialresonator (15) unter Erzeugung zweier Sperrkreiskopplungen verkopelt ist, wozu der zugehörige Innenleiter (21) sowohl in Richtung des vorausgehenden als auch des nachfolgenden verkopelten Koaxialresonators (15) mit einer Innenleitererweiterung (21a) versehen ist.

13. Hochfrequenzfilter nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Innenleiter (21) mit der zugehörigen Innenleitererweiterung (21a) T-förmig gebildet ist.

14. Hochfrequenzfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen zwei Innenleitern (21), vorzugsweise in deren oberen freien Endbereich, ein die freie Wegstrecke zwischen den beiden Innenleitern (21) verkürzendes, elektrisch leitfähiges Brückenglied (221') vorgesehen ist, welches im Abstand zu den jeweiligen Innenleitern (21) bzw. den dort ausgebildeten Innenleitererweiterungen (21a) angeordnet ist, wodurch ein vorgebarer Summen-Abstand, bestehend aus den beiden lichten Abständen (121a, 121b) zwischen dem Brückenglied (221') und den angrenzenden Innenleitern (21) oder der zugehörigen Innenleitererweiterungen (21a), vorgebar ist, wodurch die kapazitive Kopplung einstellbar ist.

15. Hochfrequenzfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass von der gegenüberliegenden Gehäusesseite (Deckel 17b) des Gehäuses (17) des Koaxialresonators (15) ein Koppelstift (301) zwischen zwei benachbarten Koaxialresonatoren (15) in den Resonatorinnenraum zur veränderten Einstellung der Koppelkapazität ragt.

16. Hochfrequenzfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die induktive Kopplung zwischen zwei benachbarten Koaxialresonatoren (15) durch Vorgabe des Abstandes (221) zwischen der Position der Innenleiter (21) und/oder dem sich vom Gehäuseboden oder der Gehäuseabdeckung (17a, 17b) quer erstreckenden Innenleiter (21) vorge- und/oder veränderbar ist.

17. Hochfrequenzfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die induktive Kopplung zwischen zwei benachbarten Koaxialresonatoren (15) durch eine unterschiedliche Größe eines Koppelfensters (303) oder einer Koppelblende (303) zwischen zwei benachbarten Koaxialresonatoren vorgeb- und/oder veränderbar ist.

18. Hochfrequenzfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die induktive Kopplung zwischen zwei benachbarten Koaxialresonatoren (15) durch Koppelstifte (302) vorgeb- und/oder veränderbar ist, die an der gleichen Seite des Gehäuses (17) wie die Innenleiter (21) am Gehäuse (17; 17a) positioniert sind.

19. Hochfrequenzfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die induktive Kopplung zwischen zwei benachbarten Koaxialresonatoren (15) durch einen Koppelsteg (307) vorgeb- und/oder veränderbar ist, der sich zwischen zwei Innenleitern (21) in einer Teilhöhe gegenüber der Innenleiter erstreckt und bevorzugt auf der gleichen Gehäusewandung (Gehäuseboden 17a) positioniert ist, auf der die Innenleiter (21) elektrisch und mechanisch angebunden und gehalten sind.

20. Hochfrequenzfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die induktive Kopplung zwischen zwei benachbarten Koaxialresonatoren (15) durch zumindest eine Koppelschleife (305) vorgeb- und/oder veränderbar ist, die zwischen zwei Innenleitern (21) zweier benachbarter Koaxialresonatoren (15) angeordnet ist, wobei die Koppelschleife (305) zur Veränderung der Koppelinduktivität verbiegbar und/oder verdrehbar ist.

21. Hochfrequenzfilter nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass das Hochfrequenzfilter neben einer oder mehrerer Sperrkreis Kopplungen eine oder mehrere kapazitive Überkopplungen (Cross-Coupling) aufweist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

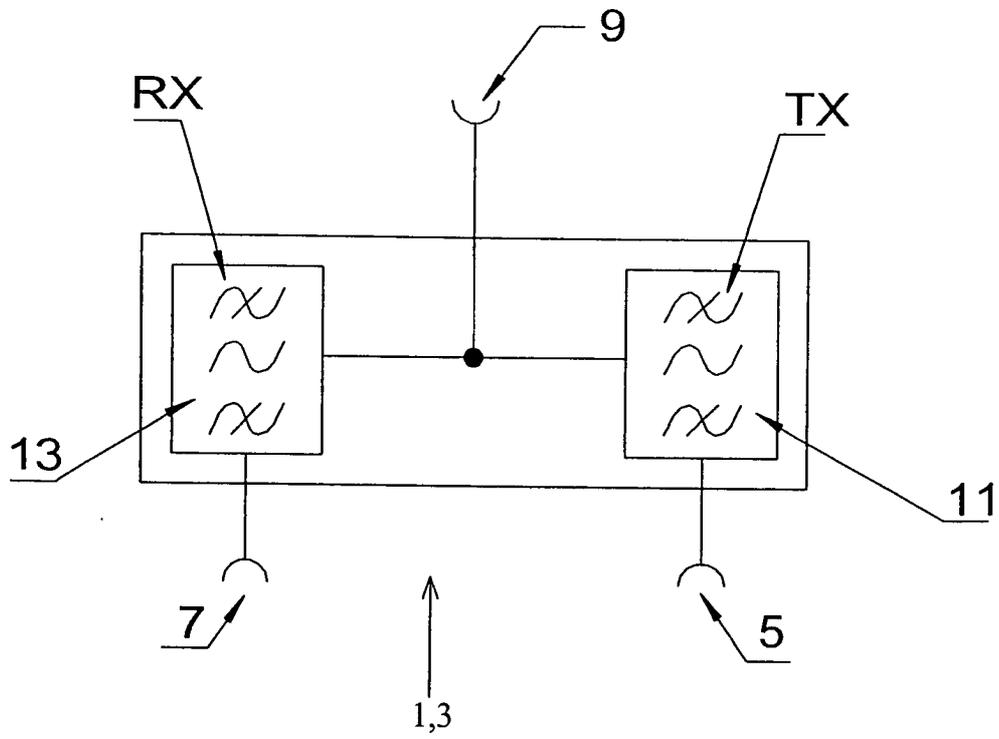


Fig.1

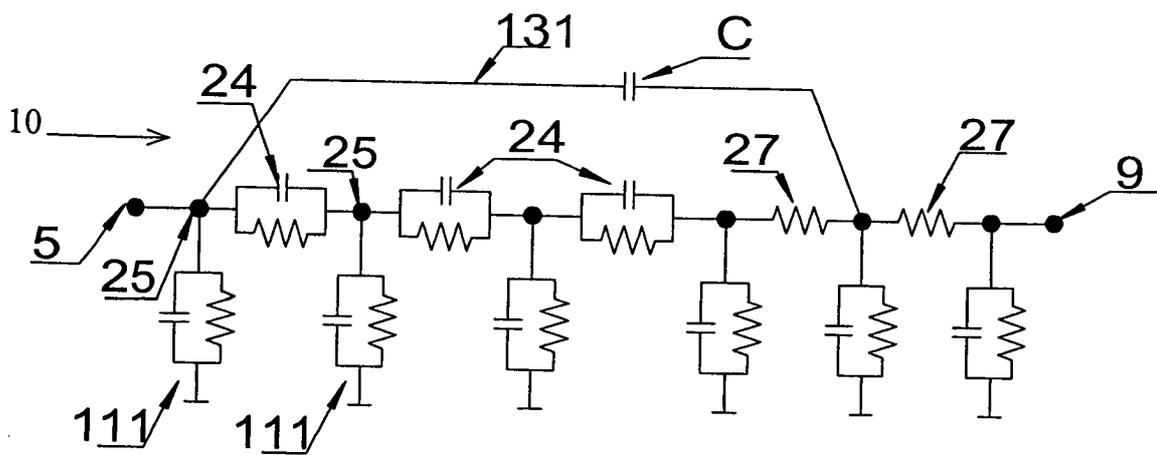


Fig.4

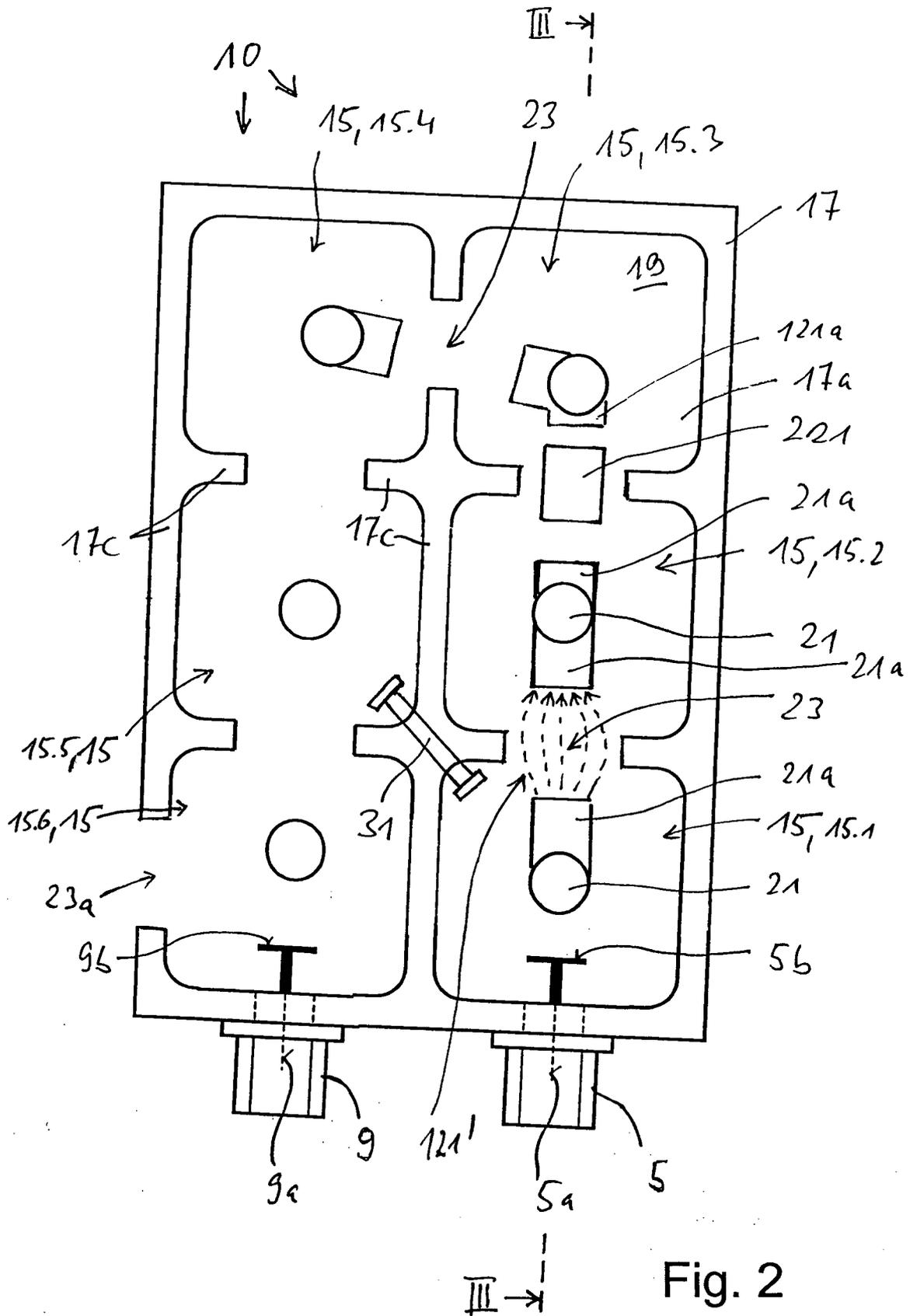


Fig. 2

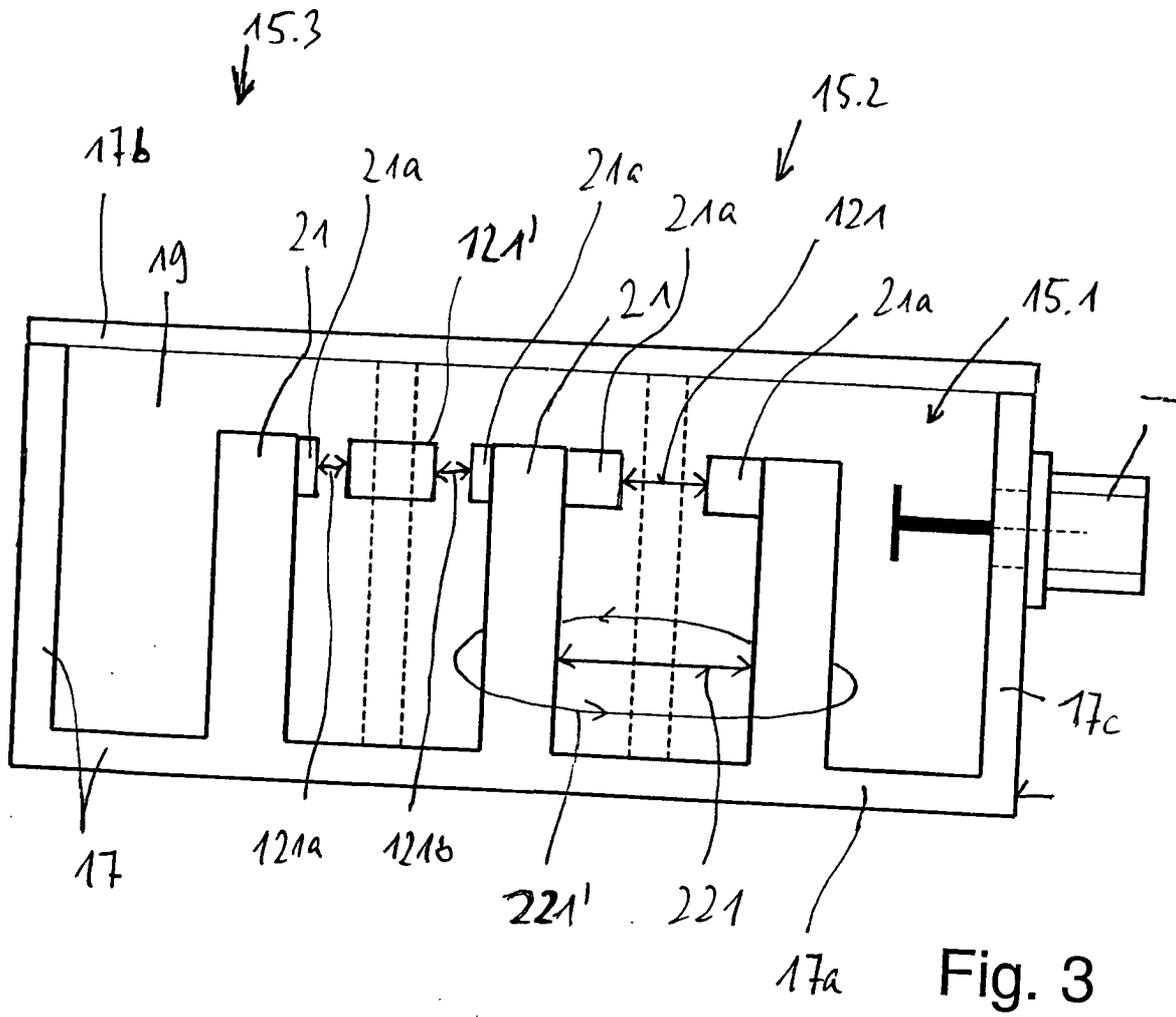


Fig. 3

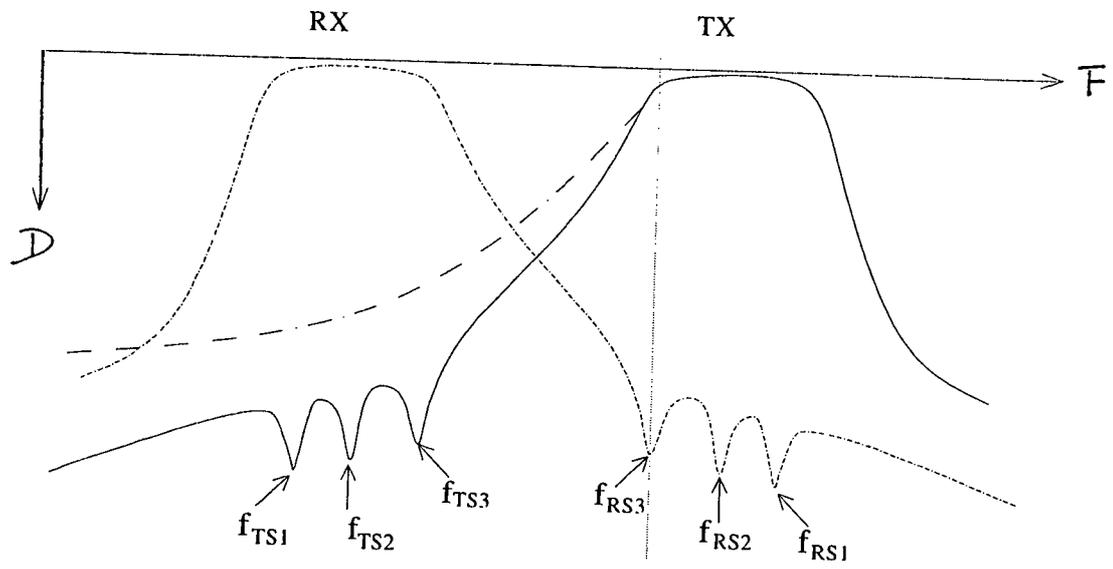


Fig.5

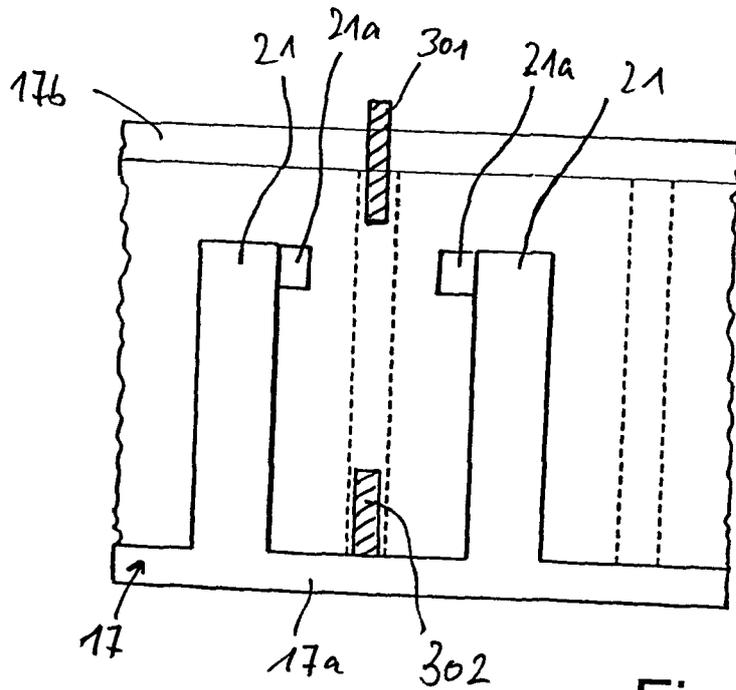


Fig. 6a

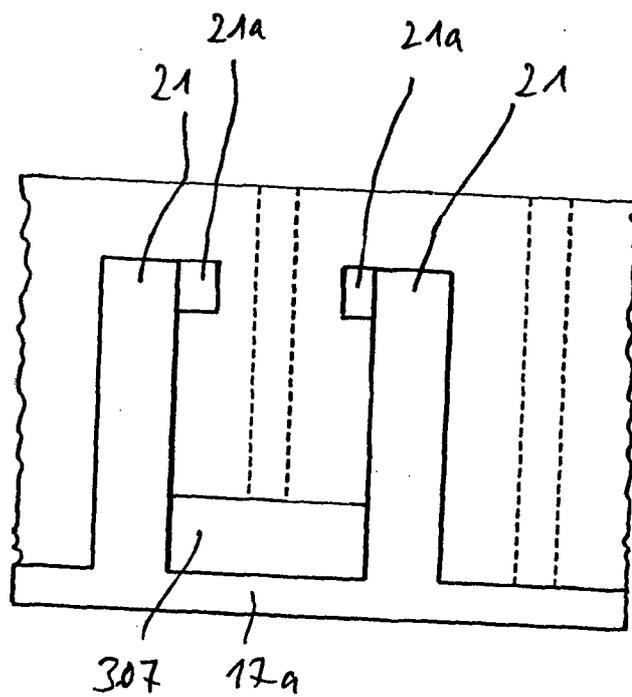
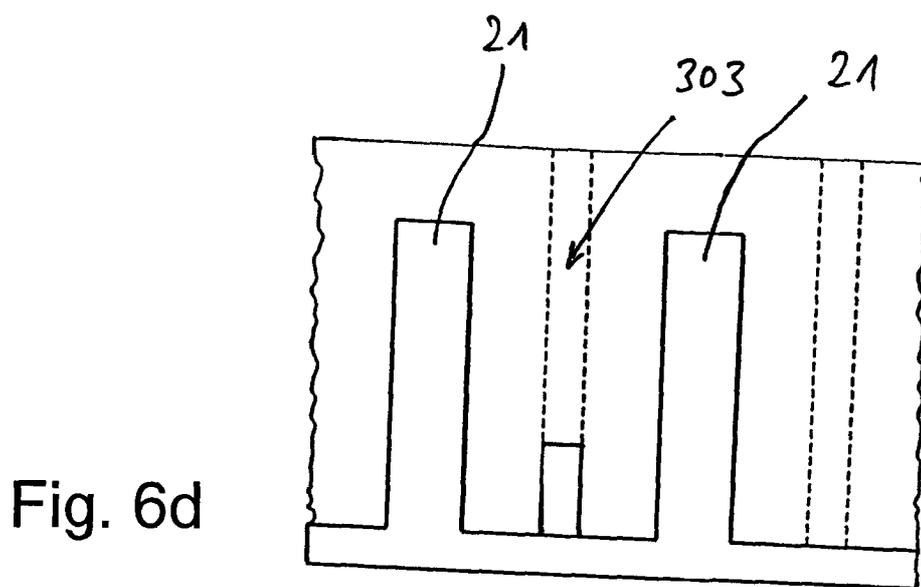
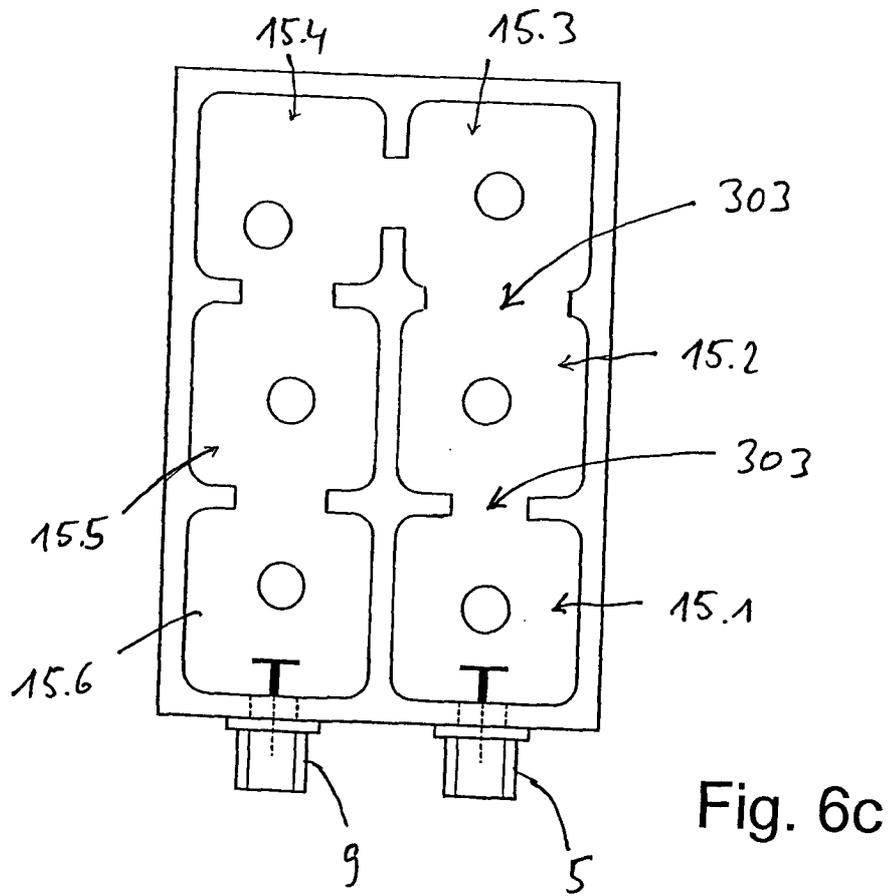


Fig. 6b



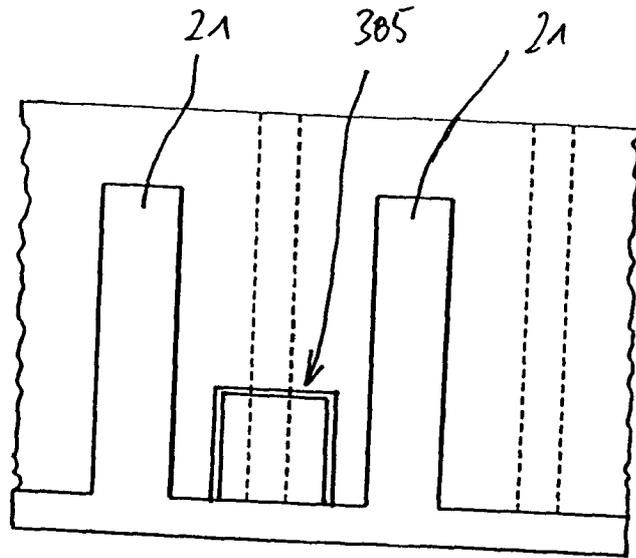


Fig. 6e

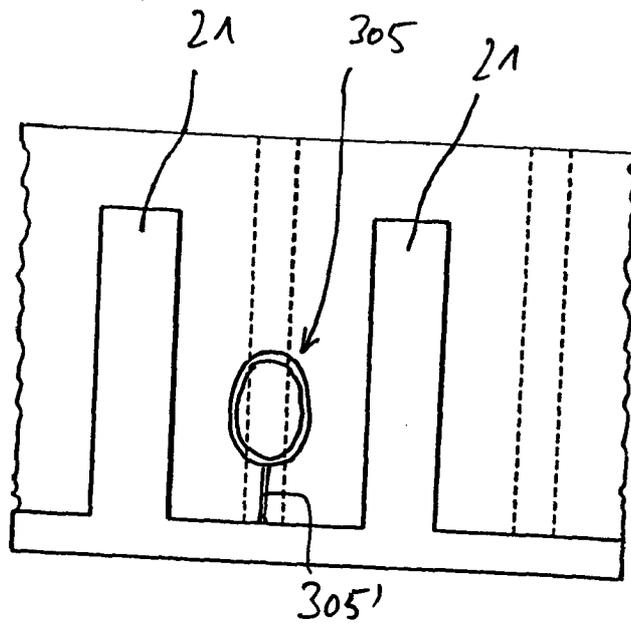


Fig. 6f