



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 60 2004 010 085 T2 2008.10.30**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 609 213 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **60 2004 010 085.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/GB2004/001109**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **04 720 919.2**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2004/086561**

(86) PCT-Anmeldetag: **16.03.2004**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **07.10.2004**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.12.2005**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **14.11.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **30.10.2008**

(51) Int Cl.⁸: **H01Q 11/08 (2006.01)**

H01Q 7/00 (2006.01)

H01Q 5/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

0307251 28.03.2003 GB

(73) Patentinhaber:

Sarantel Ltd., Leeds, GB

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Lippert, Stachow & Partner, 51427
Bergisch Gladbach**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GR,
HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR**

(72) Erfinder:

LEISTEN, Oliver Paul, Northampton NN2 8PT, GB

(54) Bezeichnung: **DIELEKTRISCH BELASTETE ANTENNE**

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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine dielektrisch belastete Antenne zum Betrieb bei Frequenzen oberhalb von 200 MHz, und insbesondere auf eine Rahmenantenne mit einer Mehrzahl von Resonanzfrequenzen innerhalb eines Betriebsbandes.

[0002] Eine dielektrisch belastete Rahmenantenne ist in der britischen Patentanmeldung 2.309.592A offenbart. Während diese Antenne vorteilhafte Eigenschaften hinsichtlich der Isolierung von der Struktur, auf der sie befestigt ist, aufweist, leidet ihre Strahlungscharakteristik und ihr spezifisches Absorptionsverhältnis (SAR), wenn sie beispielsweise auf einem Mobiltelefon nahe beim Kopf des Benutzers verwendet wird, an dem generischen Problem kleiner Antennen, dass sie für viele Anwendungen eine unzureichende Bandbreite hat. Eine verbesserte Bandbreite kann man erreichen, indem man die Antennenelemente in Abschnitte mit unterschiedlicher elektrischer Länge aufteilt. Wie beispielsweise in der britischen Patentanmeldung 2.321.785A offenbart, können die einzelnen schraubenförmigen Antennenelemente jeweils durch ein Paar einander benachbarter im wesentlichen paralleler Antennenelemente ersetzt werden, die an verschiedenen Stellen an einen Verbindungsleiter angeschlossen sind, der die sich gegenüberliegenden Antennenelemente miteinander verbindet. In einer anderen Abwandlung, offenbart in der britischen Patentanmeldung 2.351.850A, werden die einzelnen schraubenförmige Elemente durch sich seitlich gegenüberliegende Gruppen von Elementen ersetzt, wobei jede Gruppe zwei koextensive zueinander benachbarte Antennenelemente in Form von parallelen Bahnen mit unterschiedlicher Breite aufweist, wodurch sich unterschiedliche elektrische Längen ergeben. Diese Abwandlungen des Themas dielektrisch belasteter verdrillter Rahmenantennen erreichen Vorteile hinsichtlich der Bandbreite durch ihre unterschiedlichen gekoppelten Resonanzformen, welche bei unterschiedlichen Frequenzen innerhalb des geforderten Betriebsbandes auftreten.

[0003] Aufgabe der Erfindung ist es, eine weitere Verbesserung der Bandbreite bereitzustellen.

[0004] Erfindungsgemäß wird eine dielektrisch belastete Antenne zum Betrieb bei Frequenzen oberhalb von 200 MHz mit einem elektrisch isolierenden Kern aus kompaktem Material mit einer Dielektrizitätszahl größer als 5, einem Speiseanschluss und einer Antennenelementstruktur, die an oder benachbart zu der Außenfläche des Kerns angeordnet ist, bereitgestellt, wobei das Material des Kerns den Hauptteil des durch die Außenfläche des Kerns begrenzten Volumens einnimmt, wobei die Antennenelementstruktur zwei sich seitlich gegenüberliegende Gruppen aus langgestreckten leitenden Elementen umfasst, jede Gruppe erste und zweite im wesentli-

chen koextensive langgestreckte Elemente umfasst, die bei einer Frequenz innerhalb des Betriebsfrequenzbands der Antenne verschiedene elektrische Längen haben und an entsprechenden ersten Enden an einer Stelle im Bereich des Speiseanschlusses und an entsprechenden zweiten Enden an einer vom Speiseanschluss beabstandeten Stelle miteinander gekoppelt sind, wobei die Antennenelementstruktur ferner einen Verbindungsleiter umfasst, welcher die zweiten Enden des ersten und des zweiten länglichen Elements einer Gruppe mit den zweiten Enden des ersten und zweiten Elements der anderen Gruppe verbindet, wobei die ersten Elemente der beiden Gruppen einen Teil eines ersten Schleifenleitwegs bilden und die zweiten Elemente der beiden Gruppen einen Teil eines zweiten Schleifenleitwegs bilden, so dass diese Wege verschiedene Resonanzfrequenzen innerhalb des Bandes haben und sich jeweils vom Speiseanschluss zum Verbindungsleiter und dann zurück zum Speiseanschluss erstrecken, wobei zumindest eines der langgestreckten Antennenelemente einen leitfähigen Streifen auf der Außenfläche des Kerns umfasst, der sich gegenüberliegende Ränder unterschiedlicher Länge hat. Die Längendifferenz kann dadurch bewirkt werden, dass der Streifen nicht-parallel sich gegenüberliegende Ränder hat.

[0005] Bevorzugt ist derjenige Rand des Streifens, der am weitesten vom andern langgestreckten Element oder von den anderen langgestreckten Elementen seiner Gruppe entfernt ist, länger als der Rand, welcher dem oder den langgestreckten Element(en) seiner Gruppe näher ist. Tatsächlich kann sowohl das erste als auch das zweite langgestreckte Element einer jeden Gruppe Ränder unterschiedlicher Länge haben, zum Beispiel dadurch, dass jedes Element, das einen Rand hat, das den außen liegenden Rand der Gruppe bildet, so ausgestaltet ist, dass der außen liegende Rand länger als der innere Rand des Elementes ist.

[0006] Solche Unterschiede in der Länge des Randes kann man erhalten, wenn jedes betroffene Element so ausgebildet ist, dass einer seiner Ränder im Wesentlichen über die ganze strahlende Länge einem wellenförmigen oder mäanderförmigen Weg folgt. So hat im Fall einer verdrillten Rahmenantenne, wobei jede Gruppe von Elementen eine halbe Wendung um die Mittenachse des zylindrischen dielektrischen Kerns ausführt, der Schraubenabschnitt jedes Elements einen Rand, der einer genauen Schraubenlinie folgt, während der andere Rand einer Linie folgt, die von der genauen Schraubenlinie beispielsweise in einem sinusförmigen, rechteckförmigen oder geglätteten Muster abweicht.

[0007] Wenn beide äußeren Ränder einer jeden Gruppe von Elementen einer Linie folgen, die von der genauen Schraubenlinie abweicht, sind die Abweichungen für beide Ränder bei jeder Position entlang

der Länge der Gruppe von Elementen gleich, so dass die gesamte Breite der Gruppe an jeder beliebigen Stelle im wesentlichen dieselbe ist. Die außen liegenden Ränder können nämlich so ausgebildet werden, dass sie zumindest entlang dem größten Teil der Länge der Gruppe von Elementen parallel sind.

[0008] Solche Strukturen nutzen die Entdeckung der Erfinder, dass in Gruppen angeordnete und im wesentlichen koextensive Antennenelemente unterschiedlicher elektrischer Länge Grundresonanzformen haben, die nicht nur den einzelnen nahe beieinander liegenden Elementen entsprechen, sondern auch den Elementen als Kombination. Wenn jede Gruppe von Elementen zwei im wesentlichen koextensive zueinander benachbarte langgestreckte Antennenelemente hat, gibt es demgemäß eine Grundresonanzform, die zu einer der Leiterbahnen gehört, eine andere Grundresonanz, die zu der andern Leiterbahnen gehört, und eine dritte Grundresonanz, die zu dem durch beide Leiterbahnen zusammen dargestellten zusammengesetzten Element gehört. Die Frequenz der dritten Resonanz kann beeinflusst werden, indem die Länge der Ränder der Elemente asymmetrisch verändert wird. Insbesondere kann durch Verlängerung der äußeren Ränder der beiden Elemente einer jeden Gruppe die Frequenz der dritten Resonanz anders und umfassender verändert werden, als die zu den einzelnen Leiterbahnen gehörenden Frequenzen. Man erkennt daher, dass die dritte Resonanzfrequenz nahe an die anderen Resonanzfrequenzen herangebracht werden kann, so dass sich alle drei überlagern und ein breiteres Band mit verminderter Rückflussdämpfung bilden als man mit der oben beschriebenen Antenne nach dem Stand der Technik zumindest bei einem vorgegebenen Resonanztyp (das heißt in diesem Fall, die symmetrischen Resonanzformen der bevorzugten Antenne) erzielen kann

[0009] Eine Antenne wie die oben beschriebene mit Gruppen sich seitlich gegenüberliegender langgestreckter Antennenelemente, wobei jede Gruppe zwei zueinander benachbarte Elemente aufweist, ist eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung. In diesem Fall haben die langgestreckten Elemente eines jeden Paares unterschiedliche elektrische Längen und begrenzen zwischen sich einen Kanal mit parallelen Seiten, wobei jedes Element einen mäanderförmigen äußeren Rand hat.

[0010] In einer alternativen Ausführungsform hat jede Gruppe von langgestreckten Antennenelementen drei langgestreckte Elemente, die nebeneinander angeordnet sind. In diesem Falle umfasst jede Gruppe ein inneres Element und zwei äußere Elemente. Bevorzugt sind die nach außen weisenden Ränder der beiden äußeren Elemente einer jeden Gruppe mäanderförmig oder weichen in anderer Weise von einer Linie parallel zu den entsprechenden inneren

Rändern ab, und das innere Element hat parallele Ränder. Weiter bevorzugt hat zumindest eines der äußeren Elemente einer jeden Gruppe einen abweichenden äußeren Rand und einen abweichenden inneren Rand, wobei die Amplitude der Abweichung des äußeren Randes größer als die Amplitude der Abweichung des inneren Randes ist.

[0011] Unter Verwendung von Gruppen zweier Elemente mit nicht parallelen Rändern ist es möglich, einer relativen Bandbreite von mehr als 3% bei einer Rückflussdämpfung von minus 6 dB zu erreichen. Ausführungsformen mit drei oder mehreren Elementen pro Gruppe ermöglichen weitere Bandbreitengewinne im Hinblick auf die relative Bandbreite und/oder die Rückflussdämpfung.

[0012] Die oben beschriebenen Antennen finden insbesondere Anwendung im Frequenzduplexabschnitt des Empfangs- und Sendebands (2110 bis 2170 MHz und 1920 bis 1980 MHz). Sie können auch bei anderen Mobilfunkbändern, wie das GSM-1800-Band (1850 bis 1990 MHz) und das Bluetooth LAN-Band (2401 bis 2480 MHz) angewendet werden.

[0013] Die Erfindung wird nun mit Bezug auf die Zeichnungen beschrieben, in denen

[0014] [Fig. 1](#) eine perspektivische Einsicht einer dielektrisch belasteten Antenne mit zwei sich seitlich gegenüberliegenden Gruppen schraubenförmiger langgestreckter Antennenelemente ist;

[0015] [Fig. 2](#) ein Diagramm ist, welches die drei Grundresonanzen zeigt, die man mit der Antenne der [Fig. 1](#) erhält, und deren Ableitung anzeigt;

[0016] [Fig. 3A](#), [Fig. 3B](#) und [Fig. 3C](#) ein Grundriss einer erfindungsgemäßen Antenne, eine Seitenansicht einer solchen Antenne beziehungsweise eine "maskierte" Ansicht der in eine Ebene abgewickelten zylindrischen Oberfläche der Antenne ist;

[0017] [Fig. 4](#) ein der [Fig. 2](#) entsprechendes Diagramm ist, welches die mit der Antenne der [Fig. 3A](#) bis [Fig. 3C](#) erhaltenen Resonanzen mit einem Hinweis auf deren Ableitung zeigt;

[0018] [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5C](#) Grundriss, Seitenansicht beziehungsweise "maskierte" Ansicht einer zweiten erfindungsgemäßen Antenne sind;

[0019] [Fig. 6](#) ein anderes der [Fig. 2](#) entsprechendes Diagramm ist, welches die Ableitung der Resonanzen der Antenne der [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5C](#) zeigt;

[0020] [Fig. 7](#) ein Graph ist, der die Resonanzen zeigt, die man mit einer Antenne der in den [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5C](#) gezeigten Art erhalten kann.

[0021] Mit Bezug auf [Fig. 1](#) hat eine Antenne mit einem Aufbau ähnlich dem in der britischen Patentanmeldung 2.351.850A gezeigten einen Antennenelementenaufbau mit zwei sich seitlich gegenüberliegenden Gruppen **10AB**, **10CD** langgestreckter strahlender Antennenelemente **10A**, **10B**; **10C**, **10D**. Der Begriff "strahlend" wird in dieser Beschreibung benutzt, um Antennenelemente zu beschreiben, die, wenn die Antenne mit einer Quelle von HF-Energie verbunden ist, Energie in den Raum um die Antenne abstrahlen. Es versteht sich, dass im Zusammenhang mit einer Empfangsantenne für HF-Signale der Begriff "strahlende Elemente" sich auf Elemente bezieht, welche Energie aus dem die Antenne umgebenden Raum in die Leiter der Antenne einkoppeln, um sie an einen Empfänger weiterzuleiten.

[0022] Jede Gruppe von Elementen umfasst bei dieser Ausführungsform zwei koextensive zueinander benachbarte und allgemein parallele langgestreckte Antennenelemente **10A**, **10B**, **10C**, **10D**, die auf der äußeren Zylinderfläche des Antennenkerns **12** aus keramischem dielektrischem Material mit einer Dielektrizitätszahl größer als 5, typischerweise 36 oder mehr, angebracht sind. Der Kern **12** hat einen axialen Durchlass **14** mit einer inneren metallischen Auskleidung, wobei der Durchlass **14** einen axialen inneren Speiseleiter **16** beherbergt, der von einer dielektrischen isolierenden Hülse **17** umgeben ist. Der innere Leiter **16** und die Auskleidung bilden zusammen eine koaxiale Speisestruktur, welche den Kern **12** von der distalen Stirnfläche **12D** des Kerns aus durchsetzt und als koaxiale Übertragungsleitung **18** aus der proximalen Stirnfläche **12D** des Kerns **12** austritt. Die Antennenelementstruktur umfasst entsprechende radiale Elemente **10AR**, **10BR**, **10CR**, **10DR**, die als Leiterbahnen auf der distalen Stirnfläche **12D** ausgebildet sind und die distalen Enden der Elemente **10A** bis **10D** mit der Speisestruktur verbinden. Die langgestreckten Antennenelemente **10A** bis **10D** einschließlich ihrer entsprechenden radialen Abschnitte sind von näherungsweise gleicher physikalischer Länge, und jedes umfasst eine schraubenförmige Leiterbahn, die eine halbe Windung um die Achse des Kerns **12** ausführt. Jede Gruppe von Elementen umfasst ein erstes Element **10A**, **10C** mit einer bestimmten Breite und ein zweites Element **10B**, **10D** mit einer anderen Breite. Diese Unterschiede in der Breite verursachen wegen der Unterschiede der Wellengeschwindigkeit längs der Elemente Unterschiede in der elektrischen Länge.

[0023] Um vollständige Leiterschleifen zu bilden, ist jedes Antennenelement **10A** bis **10D** mit dem Rand **20U** eines gemeinsamen virtuellen Erdleiters als Verbindungsleiter für die Elemente **10A** bis **10D** in Form einer den proximalen Endabschnitt des Kerns **12** umgebenden leitfähigen Hülse **20** verbunden. Die Hülse **20** ist ihrerseits mit der Auskleidung des axialen Durchlasses **14** mittels einer leitfähigen Beschich-

tung auf der proximalen Stirnfläche **122** des Kerns **12** verbunden. So wird eine erste 360° Leiterschleife durch die Elemente **10AR**, **10A**, den Rand **20U** und die Elemente **10C** und **10CR** und eine zweite 360°-Leiterschleife durch die Elemente **10BR**, **10B**, den Rand **20U**, und die Elemente **10D** und **10DR** gebildet. Jede Schleife erstreckt sich von einem Leiter der Speisestruktur um den Kern zum anderen Leiter der Speisestruktur. Die Resonanzfrequenz einer Schleife ist etwas von der der anderen verschieden.

[0024] An jedem beliebigen Querschnitt durch die Antenne sind das erste und zweite Antennenelement der ersten Gruppe **10AB** im Wesentlichen diametral gegenüber dem entsprechenden ersten bzw. zweiten Element der zweiten Gruppe **10CD**. Man bemerke, dass die ersten Enden der schraubenförmige Abschnitte einer jeden Leiterschleife ungefähr in der gleichen Ebene wie ihre zweiten Enden liegen, wobei die Ebene die Achse des Kerns **12** enthält, weil jeder schraubenförmige Abschnitt eine halbe Windung um die Achse des Kerns **12** darstellt. Außerdem sei bemerkt, dass der Umfangsabstand, das heißt der Abstand um den Kern herum, zwischen benachbarten Elementen jeder Gruppe kleiner ist als jener zwischen den Gruppen. Daher liegen die Elemente **10A** und **10B** näher beieinander als zu den Elementen **10C** und **10D**.

[0025] Die leitfähige Hülse **20** bedeckt den proximalen Abschnitt des Antennenkerns **12** und umgibt die Speisestruktur **18**, wobei das Kernmaterial im Wesentlichen den ganzen Raum zwischen der Hülse **20** und der metallischen Auskleidung des axialen Durchlasses **14** ausfüllt. Die Kombination der Hülse **20** mit der Beschichtung bildet einen Balun, so dass die Signale in der durch die Speisestruktur **18** gebildeten Übertragungslinie von einem unsymmetrischen Zustand am proximalen Ende der Antenne in einen symmetrischen Zustand an einer axialen Position über der Ebene des oberen Randes **20U** der Hülse **20** umgewandelt werden. Um diese Wirkung zu erreichen, ist die axiale Länge der Hülse so bemessen, dass in Gegenwart eines Kernmaterials mit relativ hoher Dielektrizitätszahl der Balun eine elektrische Länge von etwa $\lambda/4$ oder 90° im Betriebsfrequenzband der Antenne hat. Weil das Kernmaterial der Antenne eine verkürzende Wirkung hat und der ringförmige Zwischenraum um den Innenleiter mit einem isolierenden dielektrischen Material gefüllt ist, das eine relativ kleine Dielektrizitätskonstante hat, besitzt die Speisestruktur **18** distal von der Hülse eine kurze elektrische Länge. Infolgedessen sind die Signale am distalen Ende der Speisestruktur **18** zumindest annähernd symmetrisch. Eine weitere Wirkung der Hülse **20** ist es, dass bei Frequenzen im Bereich der Betriebsfrequenz der Antenne der Rand **20U** der Hülse **20** wirksam von der durch den Außenleiter der Speisestruktur dargestellten Erde isoliert ist. Das bedeutet, dass die zwischen den Antennenelementen **10A**

bis **10D** umlaufenden Ströme im Wesentlichen auf den Randabschnitt beschränkt sind. Die Hülse wirkt daher als isolierende Wellenfalle, wenn die Antenne in einer symmetrischen Form in Resonanz ist.

[0026] Weil die ersten und zweiten Antennenelemente in jeder Gruppe **10AB** und **10CD** mit unterschiedlicher elektrischer Länge bei einer gegebenen Frequenz ausgebildet sind, haben auch die von den Elementen gebildeten Leiterschleifen unterschiedliche elektrische Längen. Infolgedessen resonieren die Antennen bei zwei unterschiedlichen Resonanzfrequenzen, wobei die tatsächlichen Frequenzen in diesem Fall von den Breiten der Elemente abhängen. Wie [Fig. 1](#) zeigt, erstrecken sich die allgemein parallelen Elemente einer jeden Gruppe vom Bereich des Speiseanschlusses an der distalen Stirnfläche des Kerns zum Rand **20U** der Balunhülse **20** und begrenzen so einen Kanal oder Schlitz **11AB**, **11CD** zwischen den Elementen einer jeden Gruppe.

[0027] Die Längen der Kanäle sind so eingerichtet, dass man im Wesentlichen eine Isolierung der Leiterbahnen voneinander bei den entsprechenden Resonanzfrequenzen erzielt. Dies wird erreicht, indem man die Kanäle mit einer elektrischen Länge von $\lambda/2$ oder $n\lambda/2$ ausbildet, wobei n eine ungerade ganze Zahl ist. Daher sind die elektrischen Längen eines jeden Randes der die Kanäle **11AB**, **11CD** begrenzenden Leiter **10A** bis **10D** ebenfalls $\lambda/2$ oder $n\lambda/2$. Bei der Resonanzfrequenz einer der Leiterschleifen bildet sich eine stehende Welle über die gesamte Länge der Resonanzschleife, wobei an Stellen in Nachbarschaft zu den Enden eines jeden $\lambda/2$ -Kanals, das heißt im Bereich der Enden der Antennenelemente, gleiche Spannungswerte vorhanden sind. Wenn eine der Schleifen in Resonanz ist, sind die Antennenelemente, welche zur nicht resonierenden Schleife gehören, von den benachbarten resonierenden Elementen isoliert, weil gleiche Spannungen an beiden Enden der nicht resonierenden Elemente zu einem Nullstrom führen. Wenn die andere Leiterbahn in Resonanz ist, ist die andere Schleife gleichermaßen von der resonierenden Schleife isoliert. Zusammengefasst tritt bei der Resonanzfrequenz einer der Leiterbahnen Anregung gleichzeitig mit Isolation von der anderen Leiterbahn auf. Daraus folgt, dass zumindest zwei gegeneinander abgegrenzte Resonanzen bei verschiedenen Frequenzen erreicht werden, weil jeder Zweig die Leiterbahnen des anderen nur minimal belastet, wenn der andere in Resonanz ist. Dadurch werden um den Kern herum zwei oder mehr gegeneinander isolierte Bahnen niedriger Impedanz gebildet.

[0028] Die Kanäle **11AB**, **11CD** befinden sich hauptsächlich zwischen den einzelnen Elementen **10A**, **10B**, **10C** bzw. **10D**. und über einen relativ kleinen Abstand in der Hülse **20**. Typischerweise ist für jeden Kanal die Länge des sich zwischen den Elementen

befindenden Teils nicht weniger als $0,7L$, wobei L die gesamte physikalische Länge des Kanals ist.

[0029] Andere Merkmale der Antenne der [Fig. 1](#) sind in den oben erwähnten britischen Patentanmeldungen 2.351.850A und 2.309.592A beschrieben.

[0030] Die Erfinder haben entdeckt, dass die Antenne der [Fig. 1](#) symmetrische Grundresonanzformen zeigt. Es wird auf [Fig. 2](#) Bezug genommen, die einen Graphen der Rückflussdämpfung (S_{11}) über der Frequenz umfasst und auch einen Abschnitt einer der Gruppen von Antennenelementen **10A**, **10B** zeigt, wo diese an den Rand **20U** die Hülse **20** anschließen (siehe [Fig. 1](#)). Jedes einzelne Element **10A**, **10B** ruft eine entsprechende Resonanz **30A**, **30B** hervor. Die elektrischen Längen der Elemente sind so, dass diese Resonanzen nahe beieinander liegen und gekoppelt sind. Jede dieser Resonanzen hat einen zugehörigen Strom im entsprechenden Antennenelement **10A**, **10B**, der seinerseits ein entsprechendes Magnetfeld **32A**, **32B** um das Element **10A**, **10B** induziert und durch den Schlitz **11AB** hindurchtritt, wie in [Fig. 2](#) gezeigt. Die Anmelder haben entdeckt, dass es eine dritte Resonanzform gibt, die auch eine symmetrische Resonanzformen ist, mit einem zugehörigen Strom, der beiden Elementen **10A**, **10B** gemeinsam ist und der ein zugehöriges induziertes Magnetfeld **32C** hat, welches die Gruppe **10AB** der Element der **10A**, **10B** umgibt, ohne durch den Kanal oder Schlitz **11AB** zwischen den beiden Elementen **10A**, **10B** hindurchzutreten.

[0031] Die Kopplung zwischen den Resonanzen **30A**, **30B** aufgrund der einzelnen Bahnen kann durch Einstellung der Längen des Kanals **11AB**, der die beiden Bahnen voneinander isoliert, eingestellt werden. Dies erfordert im allgemeinen eine solche Ausbildung des Kanals, dass er ein kurzes Stück in die Hülse **20** eintritt. Dies ergibt einen Zustand, in dem jedes schraubenförmige Element **10A**, **10B** sich wie eine Halbwellen-Resonanzleitung verhalten kann, die an der distalen Stirnfläche des Kerns **12** ([Fig. 1](#)) stromgespeist und am anderen Ende, das heißt, das Ende, wo sie auf den Rand **20U** die Hülse **20** trifft, kurzgeschlossen ist, so dass entweder (a) auf jedem Element Resonanzströme vorhanden sein können oder (b) wegen fehlender Eingangssignale kein Strom vorhanden ist.

[0032] Wie oben erläutert, werden die den einzelnen Elementen **10A** und **10B** zugeordneten Resonanzfrequenzen durch die entsprechenden Breiten der Bahnen bestimmt, die wiederum die Wellengeschwindigkeit der Signale festlegen, die sie transportieren.

[0033] Die Anmelder haben gefunden, dass man die Frequenz der dritten Resonanz **30C** unterschiedlich von den Frequenzen der Resonanzen **30A**, **30B** der

einzelnen Elemente verändern kann.

[0034] In der bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsform erfolgt dies durch Ausbildung der schraubenförmigen Elemente **10A**, **103**, **100** und **10D** derart, dass ihre äußeren Ränder mit Bezug auf ihre entsprechenden Schraubenlinien mäandrierend sind, wie in den [Fig. 3A](#) bis [Fig. 3C](#) gezeigt. Wie in [Fig. 3C](#) zu sehen, weicht der nach außen gerichtete Rand **10AO**, **10BO**, **10CO** und **10DO** eines jeden schraubenförmigen Elementes **10A** bis **10D** von der Schraubenlinie über deren ganzer Länge in einer sinusförmigen Art ab. Die inneren Ränder des Elements der **10A** bis **10D** sind bei dieser Ausführungsform genau schraubenförmig und auf den gegenüberliegenden Seiten der entsprechenden Kanäle **11AB**, **11CD** miteinander parallel. Die sinusförmigen Linien der äußeren Ränder der Elemente einer jeden Gruppe sind ebenfalls parallel. Das liegt daran, dass an jedem beliebigen Punkt auf den Elementen **10A**, **10B** oder **10C**, **10D** einer Gruppe die Abweichungen der betreffenden äußeren Ränder in die gleiche Richtung gehen. Die Abweichungen haben auch gleiche Abstände und Amplituden.

[0035] Die Wirkung des Mäandrierens der äußeren Ränder der Elemente **10A**, **10B**, **10C** und **10D** besteht darin, die natürliche Frequenz der Resonanzform mit gemeinsamem Strom (common-current mode) zu einer Frequenz zu verschieben, welche von der Amplitude der Mäandrierung abhängt. Die Resonanzform mit gemeinsamem Strom, welche die Resonanz **30C** hervorruft ([Fig. 2](#)), hat nämlich ihre größte Stromdichte an den äußeren Rändern **10AO** bis **10DO**, und eine Veränderung der Amplitude der Mäandrierung verstimmt die Frequenzen der Resonanz **30C** mit einer höheren Rate als die Frequenzen der einzelnen Elemente (das heißt die Resonanzen **30A**, **30B** in [Fig. 2](#)). Wie man an [Fig. 2](#) im Vergleich zu [Fig. 3C](#) sieht, liegt das daran, dass die zur Resonanzform gemeinsamen Stroms, welche die Resonanz **30C** erzeugt, gehörenden Ströme an zwei mäandrierenden Rändern **10AO**, **10BO**, **10CO**, **10DO** und nicht an einem mäandrierenden und einem geraden Rand wie bei den einzelnen Elementen **10A** bis **10D**, geführt werden.

[0036] Diese Variation der Länge der äußeren Ränder der Elemente **10A** bis **10D** kann genutzt werden, um die dritte Resonanz **30C** näher an die Resonanzen **30A** und **30B** heran zu verschieben, wie in [Fig. 4](#) gezeigt, um eine vorteilhafte Rückflussdämpfungskurve zu erzeugen, die ein Frequenzband abdeckt. In dem speziellen in [Fig. 6](#) gezeigten Beispiel hat die Antenne einen Betriebsbands, das mit dem IMT-2000 3-G-Band von 2110 bis 2170 MHz zusammenfällt und es wurde ein Bandbreitenanteil von an die 3% bei -9 dB erreicht.

[0037] In alternativen erfindungsgemäßen Ausführungs-

formen kann jede Gruppe von Antennenelementen drei langgestreckte Elemente **10E**, **10F**, **10G**, **10H**, **10I** und **10J** umfassen, wie in den [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5C](#) gezeigt, welche Ansichten sind, die den Ansichten der [Fig. 3A](#) bis [Fig. 3C](#) für die erste Ausführungsform entsprechen.

[0038] Wie zuvor hat jedes Element einen entsprechenden an die Speisestruktur anschließenden radialen Abschnitt **10ER** bis **10JR** und jedes Element wird am Rand **20U** der Hülse **20** terminiert. Die Elemente in jeder Gruppe **10E**, **10F**, **10G**; **10H**, **10I**, **10J** sind voneinander durch Halbwellenkanäle **11EF**, **11FG**; **11HI**, **11IJ** getrennt, die sich, wie in der ersten Ausführungsform von der distalen Stirnfläche **12D** des Kerns in die Hülse **20** erstrecken, wie gezeigt.

[0039] Außerdem haben sie bei der Ausführungsform der [Fig. 3A](#) bis [Fig. 3C](#) die Elemente in jeder Gruppe unterschiedliche mittlere Breiten, wobei jedes Element in jeder Gruppe ein Element entsprechender Breite in der anderen Gruppe hat, und Elemente mit gleicher mittlerer Breite sich auf entgegengesetzten Seiten der Kernachse über den Kern diametral gegenüberliegen. In diesem Fall sind die schmalsten Elemente die Elemente **10ER** und **10HR**. Die nächst breiteren Elemente sind die mit **10GR** und **10JR** bezeichneten und die breitesten Elemente sind die Elemente in der Mitte ihrer jeweiligen Gruppe, die Elemente **10FR** und **10HR**.

[0040] Mit Bezug auf das Diagramm der [Fig. 6](#) sieht man, dass außer den Strömen in den einzelnen Elementen einer jeden Gruppe, welche entsprechende induzierte Magnetfelder **30D**, **30E** und **30F** hervorgerufen, die Dreielementstruktur gemeinsame Stromresonanzformen bieten, die mit Strömen verbunden sind, die den entsprechenden Elementpaaren (welche die Magnetfelder **30G** und **30H** erzeugen) gemeinsamen sind und allen drei Elementen gemeinsame Ströme (welche ein Magnetfeld erzeugen, das in [Fig. 6](#) als Feld **30I** erscheint). Daraus folgt, dass diese Antenne sechs symmetrische Grundresonanzformen darbietet, welche bei angemessener Einstellung der Breiten der Elemente **10E** bis **10J** und Mäandrierung der Elementränder als eine Sammlung gekoppelter Resonanzen zusammengebracht werden können, wie in [Fig. 7](#) gezeigt. In diesem Fall ist die Antenne für die Erzeugung von Resonanzen konfiguriert, die ein Betriebsband entsprechend dem GSM-Band 1800 bilden, das sich von 1710 bis 1880 MHz erstreckt.

[0041] Wieder zurück zu [Fig. 5C](#) sieht man, dass bei dieser Ausführungsform die äußeren Ränder der äußeren Elemente einer jeden Gruppe mäandrierend sind. In der Praxis können die inneren Ränder der äußeren Elemente **10E**, **10G**, **10H**, **10J** ebenfalls mäandrierend sein, aber mit einer geringeren Amplitude als die Mäandrierung der äußeren Ränder. In diesem Fall sind die Ränder der inneren Elemente **10F**, **10I**

schraubenförmig.

[0042] Obwohl die Bandbreite einer Antenne bei Anwendung der oben beschriebenen Technik vergrößert werden kann, können einige Anwendungen noch größere Bandbreite erfordern. Beispielsweise sind das 3-G-Empfangs- und Sendeband nach der Festlegung durch die Frequenzzuweisung IMT-2000 benachbarte Bänder, die je nach der geforderten Leistung gegebenenfalls nicht mit einer einzelnen Antenne abgedeckt werden können. Weil die oben beschriebenen dielektrisch belasteten Antennen bei den Frequenzen der 3G-Bänder sehr klein sind, kann man mehrere solcher Antennen in ein einzelnes Mobiltelefon-Handgerät einbauen. Die oben beschriebenen Antennen sind Antennen mit symmetrischer Resonanzform, die im Gebrauch von der Erde des Handgeräts isoliert sind. Es ist möglich, eine erste Antenne, welche das Sendeband abdeckt, und eine zweite Antenne, die das Empfangsband abdeckt, einzusetzen, wobei jede ein Siebverhalten hat welches das andere Band abweist (wie in den in den Zeichnungen der vorliegenden Anmeldung enthaltenen Graphen gezeigt). Dies ermöglicht es, in dieser Situation die teure Trennweiche (diplexer) der herkömmlichen Lösung (das heißt Breitbandantenne und Trennweiche) wegzulassen.

Patentansprüche

1. Dielektrisch belastete Antenne zum Betrieb bei Frequenzen oberhalb von 200 MHz mit einem elektrisch isolierenden Kern (**12**) aus kompaktem Material mit einer Dielektrizitätszahl größer als 5, einem Speiseanschluss und einer Antennenelementstruktur, die an oder benachbart zu der Außenfläche des Kerns angeordnet ist, wobei das Material des Kerns den Hauptteil des durch die Außenfläche des Kerns begrenzten Volumens einnimmt, wobei die Antennenelementstruktur zwei sich seitlich gegenüberliegende Gruppen (**10A, 10B–10C, 10D; 10E, 10F, 10G–10H, 10I, 10J**) aus langgestreckten leitenden Elementen umfasst, jede Gruppe erste und zweite im Wesentlichen koextensive langgestreckte Elemente umfasst, die bei einer Frequenz innerhalb des Betriebsfrequenzbands der Antenne verschiedene elektrische Längen haben und an entsprechenden ersten Enden an einer Stelle im Bereich des Speiseanschlusses und an entsprechenden zweiten Enden an einer vom Speiseanschluss beabstandeten Stelle miteinander gekoppelt sind, wobei die Antennenelementstruktur ferner einen Verbindungsleiter (**20**) umfasst, welcher die zweiten Enden des ersten und des zweiten länglichen Elements einer Gruppe mit den zweiten Enden des ersten und zweiten Elements der anderen Gruppe verbindet, wobei die ersten Elemente (**10A, 10C; 10E, 10H**) der beiden Gruppen einen Teil eines ersten Schleifenleitwegs bilden und die zweiten Elemente (**10B, 10D; 10F, 10G, 10I, 10J**) der beiden Gruppen einen Teil eines zweiten Schleifen-

leitwegs bilden, so dass diese Wege verschiedene Resonanzfrequenzen innerhalb des Bandes haben und sich jeweils vom Speiseanschluss zum Verbindungsleiter und dann zurück zum Speiseanschluss erstrecken, wobei zumindest eines der langgestreckten Antennenelemente einen leitfähigen Streifen auf der Außenfläche des Kerns umfasst, der sich gegenüberliegende Ränder unterschiedlicher Länge hat.

2. Antenne nach Anspruch 1, wobei der oder jeder leitfähige Streifen dadurch sich gegenüberliegende Ränder unterschiedlicher Länge hat, dass die sich gegenüberliegenden Ränder nicht parallel sind.

3. Antenne nach Anspruch 1 oder 2, wobei derjenige Rand des Streifens, der am weitesten vom anderen langgestreckten Element oder von den anderen langgestreckten Elementen seiner Gruppe entfernt ist, länger als der Rand ist, welcher dem oder den langgestreckten Element(en) seiner Gruppe näher ist.

4. Antenne nach Anspruch 1 oder 2, wobei mindestens einer der Ränder des oder jedes leitfähigen Streifens mäanderförmig ist.

5. Antenne nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das erste und das zweite langgestreckte Element einer jeden Gruppe einen Rand hat, der der äußerste Rand der Gruppe ist und wobei beide äußersten Ränder länger als die innen liegenden Ränder dieser Elemente der Gruppe ist.

6. Antenne nach Anspruch 5, wobei die äußersten Ränder einer jeden Gruppe im Wesentlichen zueinander parallel sind.

7. Antenne nach einem der Ansprüche 3 bis 6, wobei jeder der längeren Ränder über den größten Teil seiner Länge mäanderförmig ist.

8. Antenne nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei jede Gruppe langgestreckter Antennenelemente zwei zueinander benachbarte Elemente aufweist.

9. Antenne nach Anspruch 8, wobei die langgestreckten Elemente eines jeden Paares unterschiedliche elektrische Längen haben und zwischen sich einen Kanal mit parallelen Rändern begrenzen, wobei jedes Element einen mäanderförmigen Außenrand hat.

10. Antenne nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei jede Gruppe langgestreckter Antennenelemente drei nebeneinander angeordnete langgestreckte Elemente aufweist.

11. Antenne nach Anspruch 10, wobei die nach außen weisenden Ränder der äußeren Elemente ei-

ner jeden Gruppe mäanderförmig sind und das innere Element parallele Ränder hat.

12. Antenne nach Anspruch 10, wobei zumindest eines der äußeren Elemente einer jeden Gruppe einen mäanderförmigen Außenrand und einen mäanderförmigen Innenrand hat, wobei die Amplitude im Mäander des Außenrandes größer als in dem des Innenrandes ist.

13. Antenne nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei jedes der langgestreckten Antennenelemente sich vom Speiseanschluss zum Verbindungsleiter erstreckt und jedes eine elektrische Länge im Bereich einer halben Wellenlänge bei einer Frequenz im Betriebsfrequenzband der Antenne hat.

14. Antenne nach Anspruch 13, wobei der Kern (12) zylindrisch ist und der Speiseanschluss mindestens einen Speiseleitungsabschluss an einer Stirnfläche (12D) des Kerns umfasst, und wobei der Hauptteil jedes langgestreckten Antennenelements (10A–10J) einen schraubenförmigen Leiter umfasst, der eine auf die Kernachse zentrierte halbe Windung um den Kern ausführt, und wobei der Verbindungsleiter einen auf die Kernachse zentrierten Ringleiter (20) umfasst.

15. Antenne nach Anspruch 14, umfassend eine axiale Speisestruktur (16, 17, 18), die sich durch den Kern (12) vom Speiseanschluss auf einer ersten Stirnfläche (12D) des Kerns zu einer zweiten Stirnfläche (12P) des Kerns erstreckt, und wobei der Verbindungsleiter eine leitfähigen Hülse (20) umfasst, welche die zweiten Enden der langgestreckten Elemente an einer vom Speiseanschluss beabstandeten Stelle mit der Speisestruktur verbindet.

16. Antenne nach einem der vorangehenden Ansprüche mit einer Teilbandbreite von mindestens 3 bei einer Einfügungsdämpfung von –6 dB.

17. Antenne nach Anspruch 1, wobei der Kern (12) Stirnflächen und Seitenflächen und eine durch die Stirnflächen verlaufende Symmetrieachse hat, wobei das erste und das zweite langgestreckte Element einer jeden Gruppe (10A, 10B–10C, 10D; 10E, 10F, 10G–10H, 10I, 10J) neben oder benachbart zu den Seitenflächen des Kerns verläuft, und wobei zumindest eins der langgestreckten Antennenelemente auf oder benachbart zu den Seitenflächen einen leitfähigen Streifen umfasst, der einander gegenüberliegende und nicht zueinander parallele Ränder aufweist, so dass die sich gegenüberliegenden Ränder des Streifens unterschiedliche Länge haben.

18. Antenne nach Anspruch 17, wobei der Speiseanschluss auf einer der Stirnflächen (12D) des Kerns angebracht ist und die langgestreckten Elemente dieser Gruppe durch mehrere Verbindungse-

lemente (10AR–10DR; 10ER, 10JR) auf oder benachbart zu dieser Stirnfläche mit dem Speiseanschluss verbunden sind.

19. Antenne nach Anspruch 17 oder 18, wobei der Streifen über zumindest den Hauptteil seiner Länge auf der oder den entsprechenden Seitenfläche(n) des Kerns (12) nicht parallele Ränder hat.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

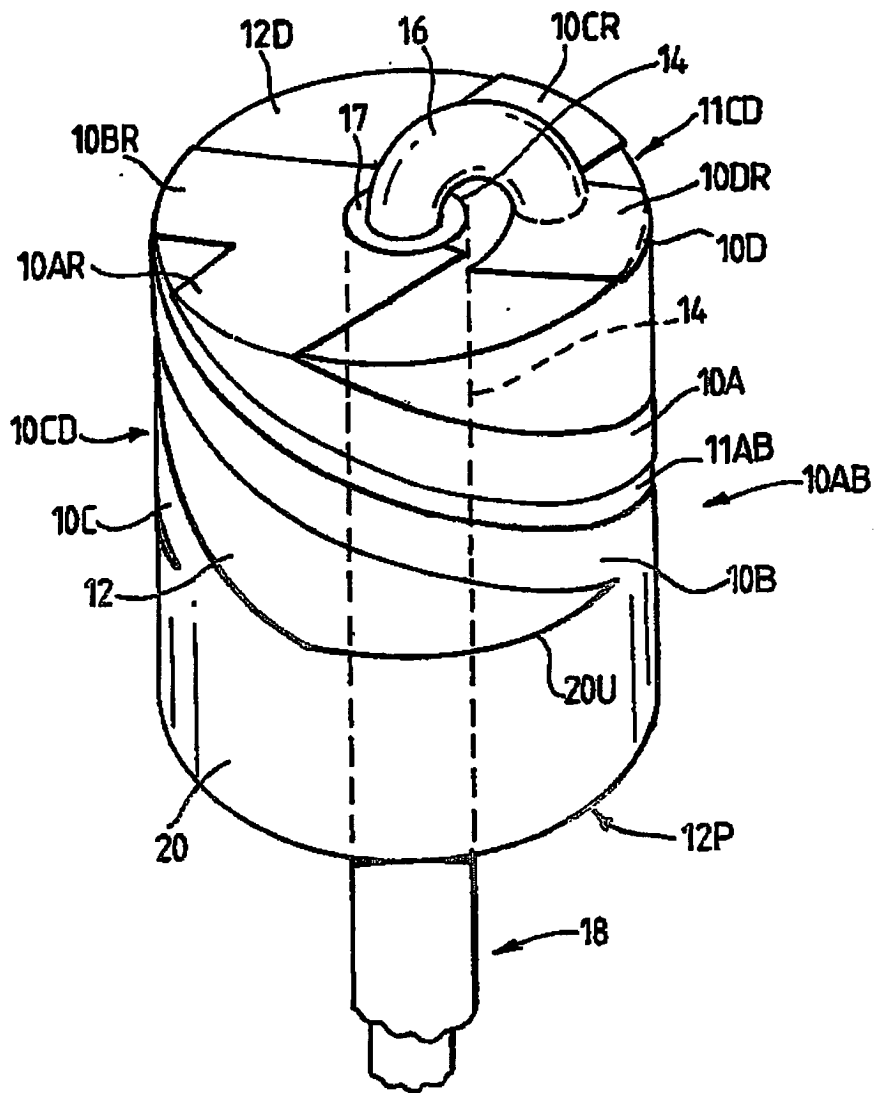


Fig.1

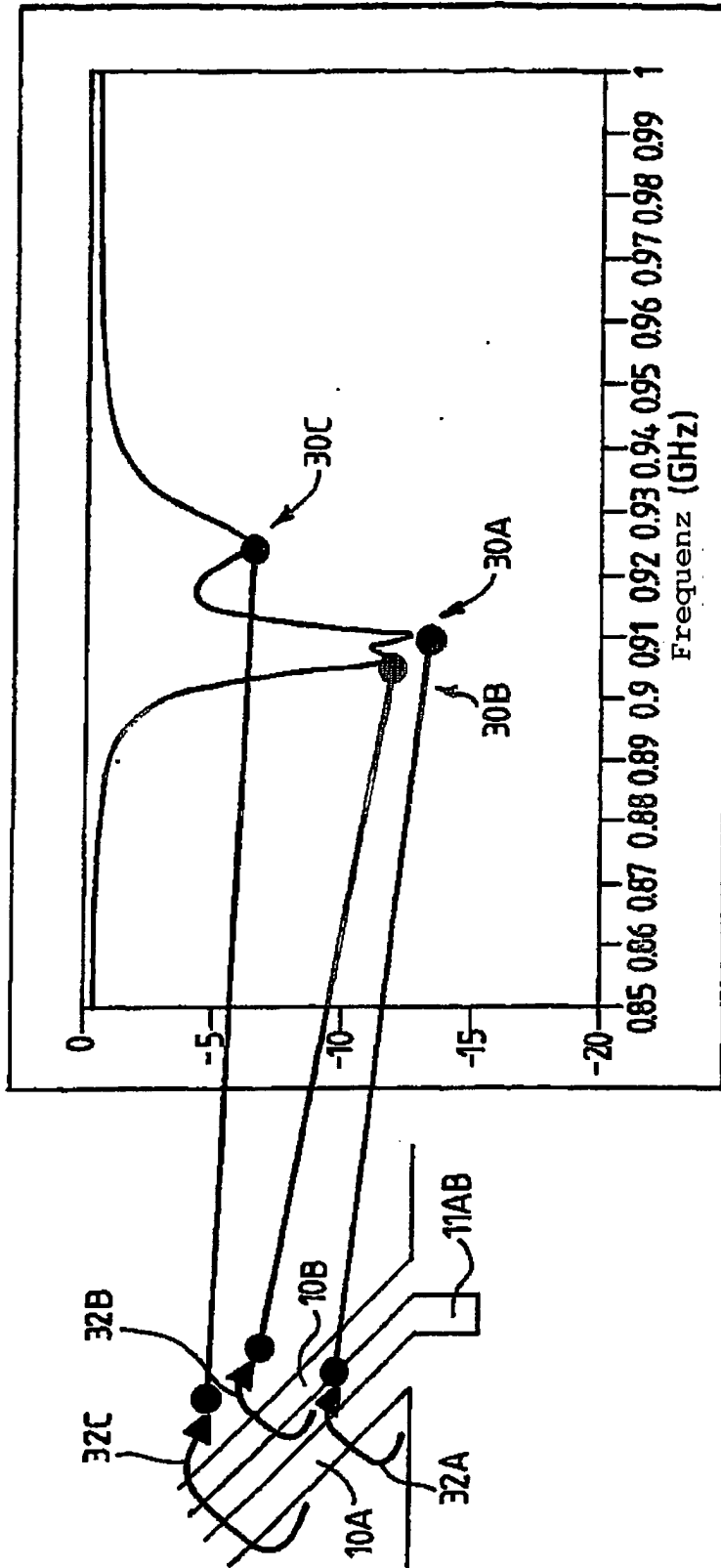


Fig.2

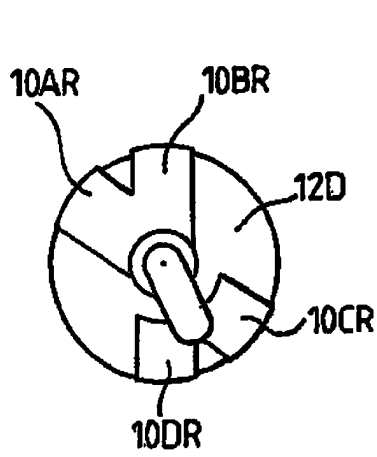


Fig.3A

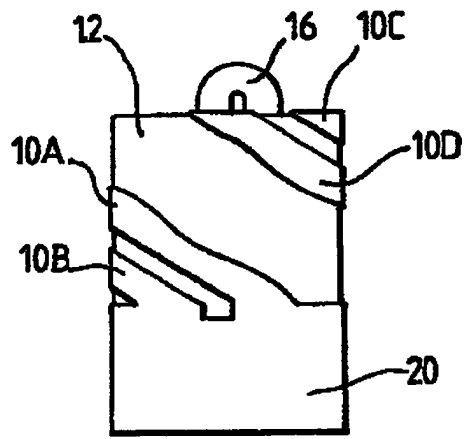


Fig.3B

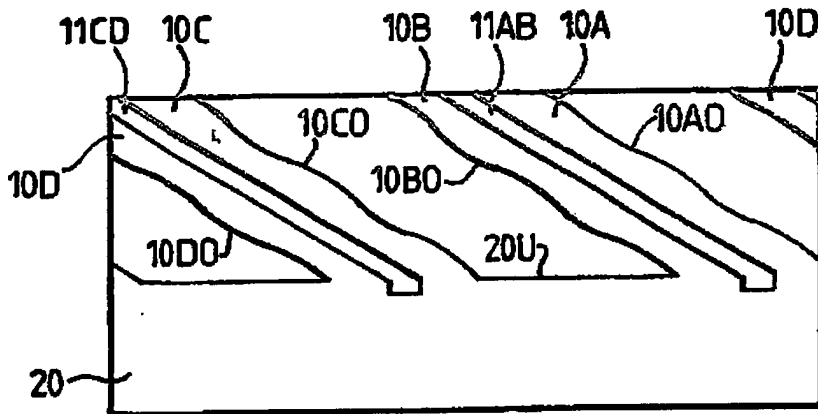


Fig.3C

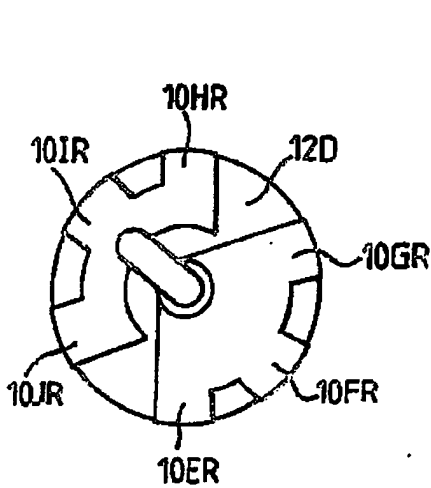
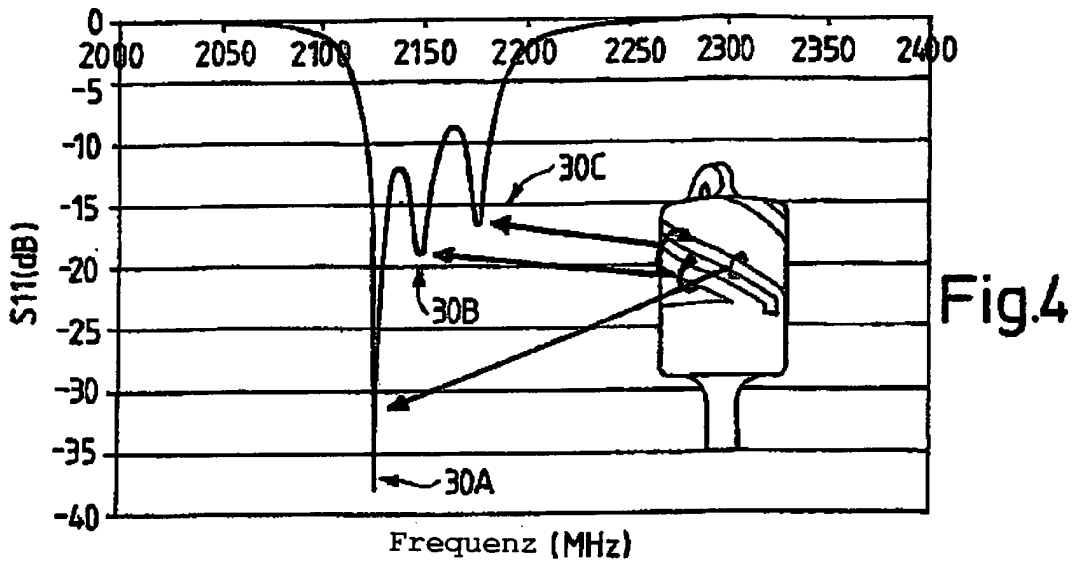


Fig.5A

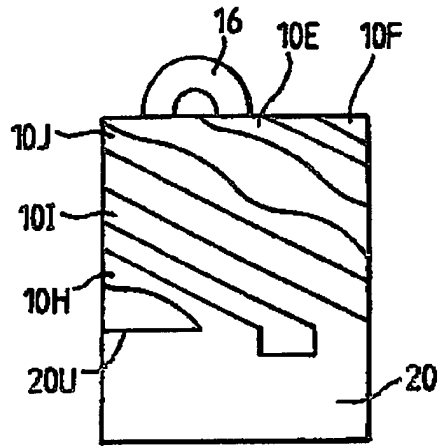


Fig.5B

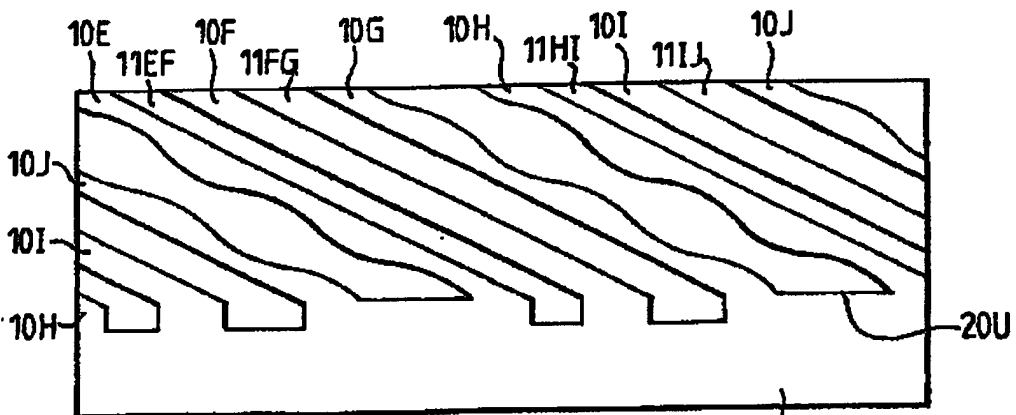


Fig.5C

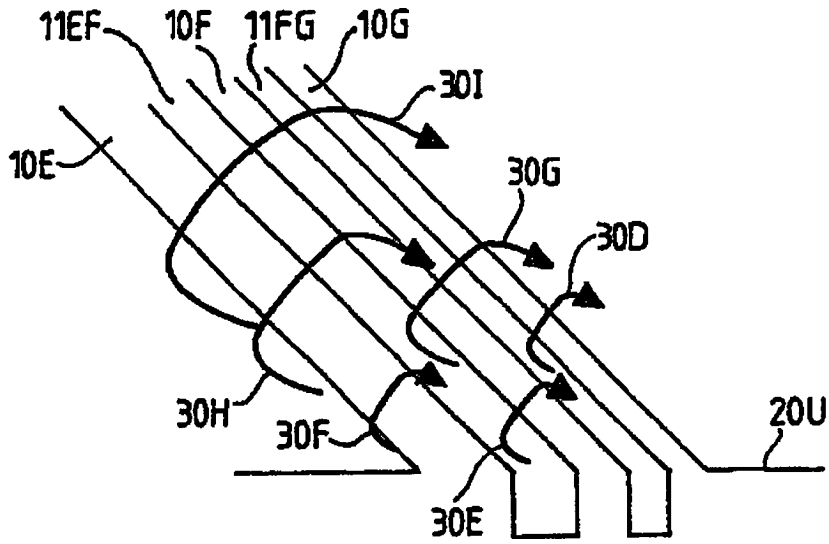


Fig.6

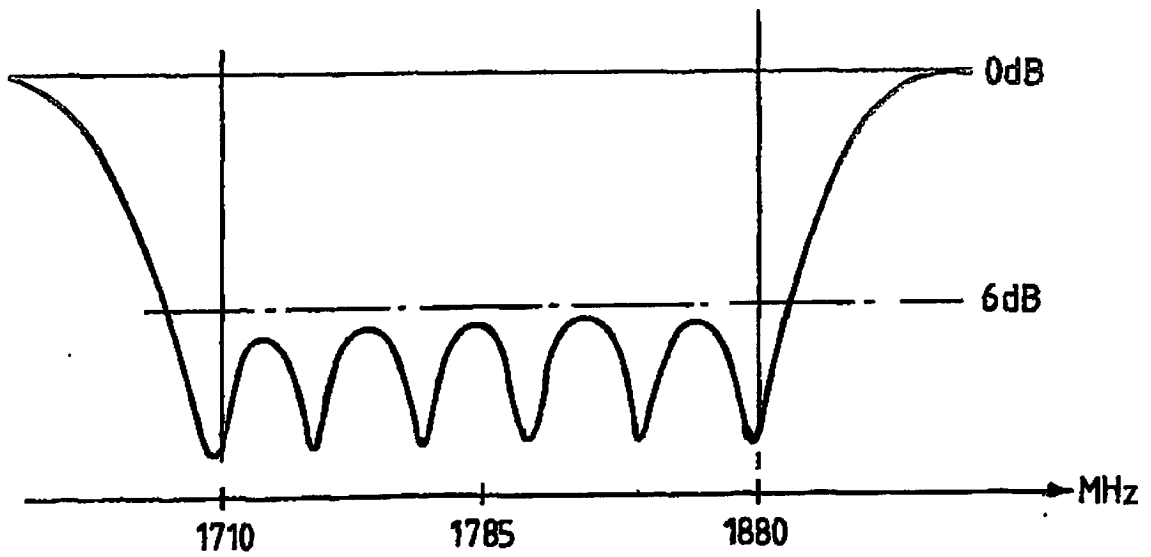


Fig.7