



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 23 558 T2 2006.03.30**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 088 367 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 23 558.8**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/GB99/01869**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 939 797.9**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 99/066591**

(86) PCT-Anmeldetag: **14.06.1999**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **23.12.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **04.04.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **02.02.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **30.03.2006**

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

H01Q 1/36 (2006.01)

H01Q 1/38 (2006.01)

H01Q 1/24 (2006.01)

H01Q 5/00 (2006.01)

H04B 1/38 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

9813002 16.06.1998 GB

(73) Patentinhaber:

Sarantel Ltd., Leeds, GB

(74) Vertreter:

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

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, DK, ES, FI, FR, IE, IT, SE

(72) Erfinder:

**LEISTEN, Oliver Paul, Northampton NN2 8PT, GB;
AGBORAW, Ebinotambong, Northampton NN2
8DG, GB; NICOLAIDIS, George, Sandhurst GU47
0ZB, GB**

(54) Bezeichnung: **WENDELANTENNE**

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 Antenne zum Betrieb bei über 200 MHz und eine Funkkommunikationseinheit, welche die Antenne umfasst.

[0002] Die primären Anforderungen an ein Mobilfunktelefon oder einen kabellosen Handapparat sind die, dass diese kompakt und rundstrahlend sein sollten. Bei einem Handapparat, welcher innerhalb des Frequenzbereichs zwischen 800 MHz und 2 GHz arbeitet, ist die Antenne typischerweise ein ausdehnbarer Stab mit einer Länge ungefähr gleich einer viertel Wellenlänge, wenn ausgedehnt, oder ein schraubenförmiger Draht mit mehreren Windungen. Die Antenne ist üblicherweise teilweise innerhalb der Handapparateinheit befestigt und erstreckt sich teilweise benachbart von dem Ohrhörer der Einheit. Ein Nachteil der kleinen Antennen wie die für die Verwendung mit einem Telefon gestalteten ist die, dass diese allgemein eine schlechte Verstärkung über das Frequenzband besitzen, in welchem sie betrieben werden. Es ist auch bekannt, dass kleine Resonanzantennen eine schmalere normierte Bandbreite aufweisen, als deren größere Gegenstücke, welche zum Betrieb bei niedrigen Frequenzen gestaltet sind. Ein weiterer Nachteil ist der, dass je schmaler sie sind, desto größer ihre Tendenz starke nahfeldelektromagnetische Strahlung zu erzeugen, d.h. Strahlung, welche als Gesundheitsrisiko angesehen ist, wenn eine solche Antenne nahe zum Kopf für das Senden der Signale verwendet wird. Die Messung dieser Wirkung wird durch die Erzeugung eines im allgemeinen als spezifische Absorptionsrate (SAR) bezeichneten Parameters ausgeführt.

[0003] Auf diesen letzten Nachteil wurde im gewissen Umfang die parallele britische Patentanmeldung GB 2309592 gerichtet, welche eine gedrillte Schleifenantenne offenbart, die ein Strahlungsmuster aufweist mit einem Azimuth von Null, wenn die Antenne mit der Achse der strahlenden Schrauben aufrecht orientiert ist. Bei geeigneter Befestigung der Antenne an dem Gehäuse eines tragbaren Telefons kann diese Null auf den Kopf des Benutzers gerichtet werden um die Strahlung in diese Richtung zu vermindern.

[0004] Die WO 97/37401 offenbart eine mit einem Dielektrikum belastete quadrifilare Antenne, welche Resonanzmoden unterschiedlicher Typen besitzt um einen Zweimodembetrieb zu erlauben mit einer GPS-Empfängereinheit und einer mobilen Telefon-einheit, welche in entsprechenden Frequenzbändern arbeiten. Ein Diplexer wird verwendet um die Antenne an die beiden Einheiten zu koppeln.

[0005] Die Aufgabe der Erfindung besteht in der Bereitstellung einer kleinen Antenne, welche eine verbesserte Bandbreite mit guter SAR-Leistung verbindet.

[0006] Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung umfasst eine Antenne zum Betrieb bei Frequenzen über 200 MHz einen isolierenden Kern aus einem festen Material mit einer Dielektrizitätszahl größer als 5, wobei die äußere Oberfläche des Kerns ein Volumen festlegt, dessen Hauptteil durch das feste Material eingenommen ist; eine Speisestruktur umfassend ein Stück einer Antennenspeiseleitung in Form einer Übertragungsleitung; eine elektrisch leitfähige Struktur umfassend eine Mehrzahl von Antennenelementen, die an einer ersten Position mit der Antennenspeiseleitung verbunden sind, und ein Verbindungselement, das separat die Antennenelemente an einer zweiten Position mit der Antennenspeiseleitung verbindet, die längs der Speisestruktur von der ersten Position beabstandet ist, wobei die elektrisch leitfähige Struktur an oder benachbart zu der äußeren Oberfläche des Kerns angeordnet ist, wobei der Kern und die leitfähige Struktur so gestaltet sind, dass die Antenne wenigstens zwei unterschiedliche Resonanzmoden besitzt, welche dadurch gekoppelt sind um zusammen ein Betriebsfrequenzband zur Signalspeisung in die oder zum Signalempfang von der Antennenspeiseleitung festzulegen, wobei den unterschiedlichen Resonanzmoden jeweils unterschiedliche Hochfrequenzstrommuster in der leitfähigen Struktur zugeordnet sind und jedes Muster die Antennenelemente einschließt.

[0007] Die Antenne kann so gestaltet sein, dass a) ein erster Resonanzmode bei einer ersten Frequenz innerhalb des Bandes auftritt und der einer die Antennenelemente einschließenden Hochfrequenzstromschleife zugeordnet ist mit einem Anfang und einem Ende an einem Ort, an welchem die Antennenelemente an einer ersten Position mit der Antennenspeiseleitung verbunden sind, wobei das Verbindungselement bei der ersten Frequenz als ein hochohmiges Sperrelement wirkt, und dass b) ein zweiter Resonanzmode bei einer zweiten Frequenz innerhalb des Bandes auftritt, welcher einer Hochfrequenzstromschleife zugeordnet ist, die von dem Verbindungsort der Antennenelemente an die Antennenspeiseleitung an der ersten Position durch die Antennenelemente und das Verbindungselement in Reihe verläuft zu der Verbindung mit der Speisestruktur an der zweiten Position.

[0008] Die Antenne kann ferner so ausgebildet sein, dass die Eingangsreaktanzkomponente der durch die Antenne dargestellten Last innerhalb des Betriebsfrequenzbandes nur dann im wesentlichen Null beträgt, wenn die entsprechende Eingangswiderstandskomponente endlich und im wesentlichen von Null verschieden ist.

[0009] In der entsprechenden Smith-Diagramm-Darstellung der durch die Antenne dargestellte Lastimpedanz innerhalb des Betriebsbandes weist typischerweise die Form einer Ortskurvenschleife mit

Selbstkreuzung auf.

[0010] In der bevorzugten Ausführungsform liegen innerhalb eines einzelnen Betriebsbandes der Antenne zwei Resonanzmoden, wobei die erste Resonanzmode ein symmetrischer Mode und der zweite Resonanzmode ein einseitig unsymmetrischer Mode ist. Die Antennenelemente, das Verbindungselement in der Form einer Balunfalle und die Antennenspeiseleitung wirken alle als stromtragende Elemente in beiden Resonanzmoden. In dieser bevorzugten Ausführungsform ist der Kern zylindrisch mit einer zentralen Symmetrieachse, wobei die Antennenelemente eine Mehrzahl von sich axial gleich erstreckende Leiter umfassen, welche sich zwischen dem Ende der Antennenspeiseleitung und der Falle erstrecken. Diese Antennenelemente sind die alleinigen abstrahlenden Elemente und die Antenne weist keine anderen Elemente auf, welche als bedeutende strahlende Elemente in irgendeinem der beiden Moden wirken. Tatsächlich weist die Antenne eine unitäre Struktur mit einem unitären Satz von leitfähigen Elementen auf, welche zusammen in beiden Moden wirken um zwei strukturenterschiedliche Resonanzmoden zu ermöglichen.

[0011] Es ist zu erkennen, dass eine solche Antenne ein verbessertes Betriebsband bereitstellt, ohne dass eine große Antennenstruktur oder eine Mehrzahl von getrennten Antennenspeisestrukturen verwendet werden muss. Die den jeweiligen Moden zugeordneten Frequenzansprechverhalten sind im Frequenzbereich miteinander gekoppelt um die Betriebsbandbreite festzulegen.

[0012] Durch die Dimensionierung der Elemente, sodass die zwei Moden innerhalb eines erforderlichen Bandes auftreten, dass z.B. das 1.710 MHz bis 1.880 MHz DCS-1.800-Band für Mobiltelefone oder das europäische 890 MHz bis 965 MHz GSM-Band für Mobiltelefone kann das Ganze irgendeiner dieser Bänder innerhalb der Bandbreite der Antenne aufgenommen werden, wobei die zwei Resonanzmoden so gekoppelt sind, dass die mit einem der Resonanzmoden verbundene Energiespeicherung mit der Energiespeicherung des anderen Resonanzmode geteilt ist, wodurch ein Frequenzansprechverhalten gebildet ist, das einen flachen Scheitel oder einen Sattel ungleich Null zwischen den zwei Resonanzspitzen aufweist. Typischerweise koppeln die Resonanzmoden um eine kombinierte Verstärkungskennlinie für die Antenne zu erzeugen, welche ein Ansprechen innerhalb der 3 dB-Grenzen über eine normierte Bandbreite von wenigstens 3% der Mittenfrequenz des Betriebsbandes beibehält.

[0013] Bei der bevorzugten Antenne gemäß der Erfindung umfassen die Abstrahlelemente ein einzelnes Paar von langgestreckten Antennenelementen, die an jeweiligen Enden durch das Verbindungsele-

ment verbunden sind um einen Pfad von leitfähigem Material um den Kern zu bilden, wobei die anderen Enden der Antennenelemente an einem distalen Ende der Antennenspeiseleitung eine Speiseverbindung bilden. Die Antennenelemente sind gleich erstreckend, wobei sich jedes Element zwischen axial beabstandeten Positionen an der äußeren Zylinderoberfläche des Kerns erstreckt. Die Elemente können auf den Kern abgeschiedene oder gebundene metallisierte Bahnen sein und sind so angeordnet, dass an jeder der beabstandeten Positionen sich die jeweiligen beabstandeten Positionen der Elemente im wesentlichen diametral gegenüberliegen. Die beabstandeten Positionen liegen im wesentlichen alle in einer einzelnen Ebene, welche die zentrale Achse des Kerns einschließt und die Abschnitte an einer der beabstandeten Positionen miteinander durch das Verbindungselement verbunden sind um eine Schleife zu bilden, wobei die Abschnitte an der anderen der beabstandeten Positionen mit Speiseverbindungen der Schleife gekoppelt sind durch Kreuzungselemente, die sich im allgemeinen radial an einer Endfläche des Kerns erstrecken. Die Antennenelemente sind vorzugsweise gleich lang und schraubenförmig, wobei jede zwischen den beabstandeten Abschnitten eine halbe Umdrehung um den Kern ausführt. Die Speiseverbindungen können mit einer koaxialen Einspeisung verbunden sein, welche die Antennenspeiseleitung bildet, die sich auf der Achse durch den Kern erstreckt. Die andere Endfläche des Kerns ist metallisiert, wobei die sich ergebende leitfähige Schicht Teil des Verbindungselementes bildet.

[0014] Dort, wo die Antennenspeiseleitung an dieser anderen Endfläche des Kerns auftaucht, ist der koaxiale Außenleiter (der Schirm) elektrisch mit der leitfähigen Schicht verbunden, und die Leitung bildet einen Abschluss für die Antenne. An diesem Abschluss können die Einfügungsdämpfung und die Reflexionsfaktoren gemessen werden um die Bandbreite und die Lastparameter zu bestimmen, auf die oben Bezug genommen wurden.

[0015] Die Antenne ist auch extrem kompakt, beispielsweise besitzt eine Antenne zum Betrieb in dem DCS-1.800-Band vom 1.710 MHz bis 1.880 MHz typischerweise einen zylindrischen Kern mit einer axialen Länge von 12,1 mm und einen Durchmesser von 10 mm, wobei das verwendete Kernmaterial eine Dielektrizitätszahl von etwa 36,5 oder größer besitzt.

[0016] Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird eine Handfunkkommunikationseinheit mit einem Funktransceiver bereitgestellt, einem integralen Kopfhörer zum Richten von Schallenergie von einer inneren Fläche der Einheit, welche bei der Benutzung an dem Ohr des Benutzers angeordnet ist, und einer wie oben beschriebenen Antenne, welche mit dem Transceiver gekoppelt ist, wobei die Antenne eine Mittenachse besitzt und die erste und zweite Position

an der Antennenspeiseleitung entlang der Achse voneinander beabstandet sind und wobei die Antenne über wenigstens einen Teil des Betriebsfrequenzbandes ein Strahlungsmuster aufweist, das in einer durch den Kern normal zu der Achse verlaufenden Ebene im wesentlichen allseitig gerichtet ist mit Ausnahme einer Nullstelle, wobei die Antenne so befestigt ist, dass die Achse der Antenne im wesentlichen parallel zu der inneren Fläche der Einheit liegt und die Nullstelle im wesentlichen senkrecht zu der inneren Fläche der Einheit und bei der Verwendung der Einheit in Richtung zum Kopf des Benutzers gerichtet ist.

[0017] Im Bezug auf die Orientierung liegt im Falle, dass der Antennenkern die Form eines Zylinders aufweist (der trommel- oder stabförmig sein kann) mit einem Paar von sich gleich erstreckenden Antennenelementen, deren Enden in einer Ebene liegen, welche die Mittenachse des Kerns einschließt, vorzugsweise parallel zu der inneren Fläche der Einheit. Das Versehen der Antenne mit einem Tragelement oder einem Balun in der Form einer metallisierten Hülle erlaubt nicht nur, dass die Antennenschleife in einer im wesentlichen symmetrischen Art gespeist werden kann, sondern vermindert auch die Wirkung der durch die Kommunikationseinheit dargestellten verhältnismäßig kleinen Masse. Zusätzlich stellt es einen nützlichen Oberflächenbereich zum sicheren Befestigen der Antenne bereit, z.B. durch Lötens oder Klemmen.

[0018] Aus Gründen der physikalischen oder elektrischen Stabilität ist das Kernmaterial vorteilhafterweise keramisch, z.B. ein Höchstfrequenzkeramikmaterial wie ein auf Zirkonium-Titan-basiertes Material, Magnesium-Kalzium-Titan, Barium-Zirkonium-Tantalat, Barium-Neodymium-Titanat, oder eine Kombination von diesen. Die bevorzugte Dielektrizitätszahl (ϵ_r) beträgt über 10, oder tatsächlich über 20, 36, wobei eine Zahl von 80 bei der Verwendung eines Barium-Titanat-Materials erreichbar ist. Solche Materialien weisen in dem Umfang eine vernachlässigbare dielektrische Dämpfung auf, dass der Gütefaktor mehr durch den elektrischen Widerstand der Antennenelemente als durch die Kerndämpfung bestimmt wird.

[0019] Bei der bevorzugten Antenne werden die Antennenelemente von einem distalen Ende aus gespeist, wobei der Kern einen zentralen Durchgang besitzt, welcher die koaxiale Speisestruktur aufnimmt, die sich von einem proximalen oder Befestigungs-Ende des Kerns bzw. einer Öffnung an dem distalen Ende, wo radiale Elemente an die Antennenelemente an der zylindrischen äußeren Oberfläche des Kerns gekoppelt sind bis zu dem inneren und dem äußeren Leiter der Speisestruktur erstreckt. Der Verbindungsleiter kann dann kreisförmig sein und ist vorteilhaft durch eine zylindrische Hülse an der äußeren Oberfläche des proximalen Teils des Kerns gebil-

det.

[0020] Gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung wird eine Handfunkkommunikationseinheit mit einem Funktransceiver und einer wie oben stehend beschriebenen Antenne bereitgestellt, wobei die Antenne mit dem Transceiver gekoppelt ist und wobei der Transceiver einen Sendebandabschnitt und einen Empfangsbandabschnitt besitzt, welche unterschiedlich sind, aber zueinander benachbart innerhalb des Betriebsfrequenzbandes der Antenne liegen.

[0021] Die Erfindung wird nun durch das Beschreiben eines Beispiels mit Bezugnahme auf die Zeichnungen erläutert, wobei

[0022] [Fig. 1](#) eine perspektivische Ansicht einer Antenne gemäß der Erfindung,

[0023] [Fig. 2](#) ein äquivalentes Prinzipschaltbild, welches die Antenne in einem symmetrischen Resonanzmode darstellt,

[0024] [Fig. 3](#) ein äquivalentes Prinzipschaltbild, welches die Antenne in einem einseitig unsymmetrischen Resonanzmode darstellt,

[0025] [Fig. 4A](#) eine Grafik, welche die Variation der Antennenverstärkung mit der Frequenz aufgrund der getrennten Resonanzmoden zeigt,

[0026] [Fig. 4B](#) eine Grafik, welche die Variation der Antennenverstärkung mit der Frequenz der Antenne von [Fig. 1](#) bei gekoppelten Resonanzmoden zeigt,

[0027] [Fig. 5B](#) eine Smith-Diagrammdarstellung der Antenne,

[0028] [Fig. 6A](#) und [Fig. 6B](#) Grafen, welchen den Betrag bzw. die Phase der Hochfrequenzströme in den abstrahlenden Elementen der Antenne im Bezug auf die Frequenz zeigt,

[0029] [Fig. 7](#) eine perspektivische Ansicht eines Telefonhandteils, umfassend eine Antenne gemäß der Erfindung ist.

[0030] Bezugnehmend auf [Fig. 1](#) weist eine Antenne **10** gemäß der Erfindung eine Antennenelementstruktur mit zwei sich längs erstreckenden abstrahlenden Antennenelementen **10A**, **10B** auf, die als metallische Leiterbahnen an der äußeren Zylinderoberfläche eines keramischen Kerns **12** gebildet sind. In diesem Kontext bezeichnet „abstrahlendes Element“ ein Element, welches Energie in den Raum abstrahlt, wenn die Antenne zum Senden verwendet wird. Ein solches Element empfängt Energie aus dem Raum in umgekehrter Art, wenn die Antenne zum Empfangen von Signalen verwendet wird. Der Kern **12** weist einen axialen Durchgang **14** mit einer inne-

ren metallischen Auskleidung **16** auf, wobei der Durchgang einen axialen inneren Speiseleiter **18** aufnimmt. Der innere Leiter **18** und die Auskleidung bilden in diesem Fall eine Speiseleitung-Einspeisestruktur zum Koppeln einer Speiseleitung an die Antennenelemente **10a**, **10b** an einer Einspeiseposition an der distalen Endfläche **12D** des Kerns. Die Antennenelementstruktur umfasst auch korrespondierende radiale Antennenelemente **10AR**, **10BR**, die als metallische Bahnen an der distalen Endfläche **12D** gebildet sind, welche diametral gegenüberliegende Enden **10AE**, **10BE** der sich jeweils längs erstreckenden Elemente **10A**, **10B** mit der Speisestruktur verbinden. Die anderen Enden der Antennenelemente sind auch diametral gegenüberliegend angeordnet und werden durch einen ringförmigen gemeinsamen virtuellen Masseleiter **20** in der Form einer plattierten Hülse verbunden, welche einen proximalen Endabschnitt des Kerns **12** umgibt. Diese Hülse **20** wiederum ist mit der Auskleidung **16** des axialen Durchgangs **14** verbunden durch das Plattieren der proximalen Endfläche **12D** des Kerns **12**.

[0031] In dieser bevorzugten Ausführungsform deckt die leitfähige Hülse **20** einen proximalen Abschnitt des Antennenkerns **12** ab, und umgibt dadurch die Speisestruktur **16**, **18**, und das Material des Kerns **12**, das den gesamten Raum zwischen der Hülse **12** und der metallischen Auskleidung **16** des axialen Durchgangs **14** füllt. An jedem vorgegebenen transversalen Querschnitt durch die Antenne sind die Antennenelemente **10A**, **10B** im wesentlichen diametral gegenüberliegend, und die proximalen Enden **10AF**, **10BF** der Antennenelementzweige sind auch im wesentlichen diametral gegenüberliegend, wo diese den Rand der Hülse treffen. Die sich längs erstreckenden Elemente sind von gleicher Länge und jeweils in der Art einer einfachen Schraube, welche eine halbe Umdrehung um die Achse des Kerns **12** ausführt.

[0032] Die metallische Hülse **20** bildet einen Zylinder, der durch die Plattierung **22** der proximalen Endfläche **12P** des Kerns **12** mit der Auskleidung **16** verbunden ist, wobei die Zusammensetzung der Hülse **20** und der Plattierung **22** einen Balun bildet, sodass an oder nah einer ersten vorbestimmten Frequenz Signale in der durch die Speisestruktur **16**, **18** gebildeten Übertragungsleitung zwischen einem unsymmetrischen Zustand an dem proximalen Ende der Antenne und einem symmetrischen Zustand an einer axialen Position ungefähr in der Ebene der oberen Kante **20U** der Hülse **20** umgewandelt werden. Um diese Wirkung zu erreichen, ist die axiale Länge der Hülse **20** so, dass in der Gegenwart eines darunter liegenden Kernmaterials mit relativ hoher Dielektrizitätszahl der Balun eine elektrische Länge von ungefähr $\lambda/4$ bei der vorbestimmten Frequenz besitzt. Da das Kernmaterial der Antenne eine verkürzende Wirkung besitzt, ist der den inneren Leiter **18** umgebende ring-

förmige Raum mit einem isolierenden elektrischen Material **17** umgeben, dass eine vergleichsweise geringe Dielektrizitätszahl besitzt, wobei die Speisestruktur distal zur Hülse **20** eine kurze elektrische Länge besitzt. Als Ergebnis sind Signale an dem distalen Ende der Speisestruktur **16**, **18** zumindest ungefähr symmetrisch und die Antenne ist gedacht zum Betreiben in einem sogenannten symmetrischen Resonanzmode bei der vorbestimmten Frequenz.

[0033] Eine weitere Wirkung der Hülse **20** ist die, dass für Signale im Bereich der ersten vorbestimmten Frequenz der Rand **20U** der Hülse **20** wirksam von der durch den äußeren Leiter der Speisestruktur gebildeten Masse isoliert ist. Dies bedeutet, dass Ströme, welche zwischen den Antennenelementen **10A**, **10B** kreisen, auf den Rand **20U** beschränkt sind und die durch die Antennenelemente gebildete Schleife isoliert ist. Die Hülse wirkt somit als eine isolierende Falle.

[0034] Die Antennenelemente **10A**, **10B** sind an den inneren Leiter **18** bzw. die äußere Auskleidung **16** der Speisestruktur durch ihre jeweiligen radialen Elemente angeschlossen. Es wird gezeigt, dass dann die schraubenförmigen Elemente, die radialen Elemente und die Hülse **20** zusammen eine leitfähige Schleife an der äußeren Oberfläche des Kerns **12** bilden, wobei die Schleife an dem distalen Ende des Kerns durch eine Speisestruktur gespeist wird, welche sich von dem proximalen Ende durch den Kern erstreckt und zwischen den Antennenelementen **10A**, **10B** liegt. Die Antenne besitzt somit eine endgepeiste bifilare schraubenförmige Struktur.

[0035] Es ist erkennbar, dass die vier Enden der Antennenelemente **10AE**, **10AF**, **10BE**, **10BF** alle in einer gemeinsamen Ebene liegen, welche die Achse **12A** des Kerns **12** enthält. Die gemeinsame Ebene ist durch die verketteten Linien in [Fig. 1](#) angezeigt. Die Speiseverbindung an die Antennenelementstruktur liegt auch in der gemeinsamen Ebene **24**. Die Antennenelementstruktur ist so konfiguriert, dass in einem symmetrischen Resonanzmode die Summe der in den elementaren Segmenten dieser Struktur induzierte Ströme durch eine auf die Antenne aus einer Richtung **28** normal zu der Ebene **24** auftreffende Welle mit einer planaren Wellenfront an der Speiseposition, d.h. wo die Speisestruktur **16**, **18** an die Antennenelementstruktur angeschlossen ist, Null ergibt. In der Praxis sind die beiden Elemente **10A**, **10B** gleich angeordnet und auf jeder Seite der Ebene belastet, was eine vektorielle Symmetrie um die Ebene ergibt. Es kann angenommen werden, dass jedes Element **10A**, **10B** aus einer Mehrzahl von Inkrementen hergestellt ist, wobei jedes diametral gegenüberliegend zu einem entsprechenden komplementären Inkrement des anderen der Elemente **10A**, **10B** mit gleichem Abstand von der zentralen Achse **12A** angeordnet ist.

[0036] Es ist zur Kenntnis zu nehmen, dass eine oben stehend beschriebene Antenne sowohl einen symmetrischen Resonanzmode als auch allgemein einen einseitig asymmetrischen Resonanzmode bei einer unterschiedlichen Frequenz zeigt. Durch nahes Anordnen der jeweiligen Frequenzen der beiden Moden können die Moden koppeln, wodurch sich eine Antenne ergibt, welche eine breitere Bandbreite abstrahlt als die Bandbreite entsprechend einer der Einzelresonanzen.

[0037] Äquivalente Prinzipschaltbilder, welche die Antennenelementstruktur und die charakteristische Funktion bei dem symmetrischen Resonanzmode und dem einseitig unsymmetrischen Resonanzmode darstellt, sind in den [Fig. 2](#) bzw. [Fig. 3](#) gezeigt.

[0038] Wie [Fig. 2](#) zeigt, können die beiden Antennenelemente **10A**, **10B** unter der Annahme des Betriebs der Antenne in dem symmetrischen Resonanzmode durch einen Übertragungsleitungsabschnitt mit einer elektrischen Länge dargestellt werden, die wenigstens ungefähr $\lambda/2$ (oder $(2n + 1)\lambda/2$) beträgt, wobei λ die Mittenwellenlänge des Antennenbetriebs in den symmetrischen Mode ist und $n = 0, 1, 2, 3 \dots$. Die Hülse **20** und die plattierte Endfläche **22** des Kerns können durch einen ähnlichen Übertragungsleitungsabschnitt aufgrund der Gegenwart des Kernmaterials mit einer vergleichsweise hohen Dielektrizitätskonstante innerhalb der Hülse **20** dargestellt werden mit einer vorbestimmten axialen Länge. Diese weist eine elektrische Länge zwischen den Elementen **10A**, **10B** und der Speisestruktur von $\lambda/4$ auf. Die innere metallische Auskleidung **16** des axialen Durchgangs und die innere Speisestruktur sind gleichfalls durch Antennenspeiseleitungsabschnitte mit einer elektrischen Länge von $\lambda/4$ als Ergebnis der verkürzenden Wirkung des elektrischen Materials **17** der Einspeisung dargestellt.

[0039] Wenn bei den, dem einseitig unsymmetrischen Resonanzmode zugeordneten Frequenzen betrieben, können die Hülse **20** und die plattierte Endfläche **22**, die Antennenelemente **10A**, **10B** und die Speisestruktur **16**, **18** durch ihre entsprechenden elektrischen Längen l_1 , l_2 und l_3 dargestellt werden, wie in [Fig. 3](#) gezeigt. Wenn in dem einseitig unsymmetrischen Mode betrieben, ist die kombinierte elektrische Pfadlänge $(l_3 + l_2 + l_3)$, d.h. die elektrische Länge des leitfähigen Pfades umfassend die innere metallische Auskleidung **16** des axialen Durchgangs, das Antennenelement **10B**, und die Kombination der Hülse **20** und der plattierten Endfläche des Kerns **22** ungefähr gleich λ (oder $n\lambda$, wobei $n = 1, 2, 3 \dots$), während die elektrische Länge l_1 der Kombination der Hülse **20** und der plattierten Endfläche **22** des Kerns ungefähr $\lambda/4$ (oder $n\lambda/4$, wobei $n = 1, 2, 3 \dots$) ist. Hierbei ist λ die mit dem einseitig unsymmetrischen Resonanzmode verbundene Mittenwellenlänge.

[0040] Bezugnehmend auf [Fig. 2](#) beschränkt die isolierende Wirkung der Hülse **20** Ströme hauptsächlich auf den Rand **20U** der Hülse, wenn die Antenne bei Frequenzen betrieben wird, welche dem symmetrischen Betriebsmode zugeordnet sind. Dieser Punkt stellt einen Ort eines Strommaximas dar. Durch die Einrichtung der Balunlänge von dem Rand **20U** der Hülse zu der Speisestruktur an der proximalen Endfläche **22** auf 90° , arbeitet der Balun als ein Strom-zu-Spannungswandler, sodass die Impedanz Z_L in Richtung auf die Hülse nach unendlich strebt, wie die Impedanz an dem distalen Ende der Speisestruktur in [Fig. 2](#) zeigt. Folglich fließt Strom von dem inneren Leiter **18** durch das erste Element **10A** und um den Rand **20U** zu dem zweiten Element **10B**, durch das zweite Element **10B** zu dem äußeren Leiter **16** der Speisestruktur, wobei die gesamte Pfadlänge dieser Schleife 360° beträgt. Somit ist zu jedem Zeitpunkt die Amplitude der Ströme I_1 , I_2 in diametral gegenüberliegenden Abschnitten der Antennenelementen **10A**, **10B** gleich und entgegengesetzt, sodass diese sich an dem distalen Ende der Speisestruktur, d.h. wo die Speisestruktur mit der Antennenelementstruktur verbunden ist, zu Null summieren. Unter der Annahme einer Isolation erzeugt der symmetrische Resonanzmode (d.h. wenn er nicht mit anderen Moden gekoppelt ist) ein elektrisches Feld in der Form eines Dipols, welches transversal zu der zentralen Symmetrieachse **12A** des Kerns **12** orientiert ist.

[0041] Das Vorliegen von unterschiedlichen Strommustern in der leitfähigen Struktur aufgrund der unterschiedlichen Resonanzmoden und insbesondere das Vorliegen von unterschiedlichen Strompfaden in den abstrahlenden Elementen kann in der Praxis durch das Anlegen von Paaren von Hochfrequenzprüfsonden an die abstrahlenden Elemente an beabstandeten Positionen an den strahlenden Elementen beobachtet werden, vorzugsweise an benachbarten Strommaxima, wie eine kurze Distanz über dem Rand **20U** an den abstrahlenden Elementen **10A** und **10B**. Um z.B. den Hochfrequenzstrom in **10A** zu messen, können Prüfspitzen an die Verbindung **10AF** des Elements **10A** mit dem Rand **20U** und in einem kurzen Abstand entlang des Elementes **10A** von diesem Punkt angelegt werden. Die zwischen den Prüfpunkten abfallende Spannung zeigt den Strom an.

[0042] Eine Veranschaulichung der Absolutwerte und relativen Phasen der Ströme der Elemente **10A** und **10B** ist in [Fig. 6A](#) bzw. [Fig. 6B](#) gezeigt. [Fig. 6A](#) zeigt zwei Netzwerkanalysatorkurven, eine für den Spannungsanfall am Element **10A** und eine für den Spannungsanfall an Element **10B** über einen Bereich von Frequenzen. Zwei Spitzenwerte sind in jeder Kurve zu sehen. Diese Kurven entsprechen den Resonanzfrequenzen f_1 und f_2 , welche mit dem symmetrischen bzw. dem einseitig unsymmetrischen Mode

korrespondieren.

[0043] Bezugnehmend auf [Fig. 6B](#) ist zu sehen, dass bei der Frequenz f_1 die beiden Kurven eine Phasendifferenz von 180° zwischen den beiden Strömen anzeigen, während bei f_2 die Ströme in Phase sind, wie aus der Polarität der Ströme I_1 und I_2 in den beiden Moden zu erwarten war, wie oben stehend mit Bezug auf die [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) beschrieben wurde.

[0044] Bezugnehmend auf [Fig. 3](#) besitzt die Hülse **20** bei der dem einseitig unsymmetrischen Resonanzmode zugeordneten Frequenz nicht mehr eine signifikant isolierende Wirkung und die Impedanz Z_L in die Hülse strebt gegen Null. Deshalb addieren sich die Ströme I_1 , I_2 durch die Elemente **10A**, **10B** an dem Rand **20U** der Hülse **20** um einen zusammengesetzten Strom I_3 durch die Hülse zu dem äußeren Leiter der Speisestruktur zu bilden. Die Hülse **20** kann mit einer Masse Ebene, beispielsweise mit einer mobilen Kommunikationseinheit verbunden sein und so fließen die zusammengefassten Ströme durch die Hülse **20** nach Masse.

[0045] Wenn der einseitig unsymmetrische Resonanzmode isoliert betrachtet wird, erzeugt dieser ein elektrisches Feld in der Form eines Dipols, welches im allgemeinen parallel zu der Mittensymmetrieachse des Kerns orientiert ist.

[0046] Im allgemeinen Fall ist der einseitig unsymmetrische Mode unterschiedlichen Frequenzen im Vergleich zu dem symmetrischen Mode zugeordnet und erzeugt seinen eigenen Resonanzspitzenwert der Gewinn- oder Verstärkungskennlinie. Die einzelnen Resonanzspitzenwerte für diesen allgemeinen Fall sind in [Fig. 4A](#) gezeigt. Der Resonanzspitzenwert **40** zeigt ein Frequenzansprechverhalten der Antenne an, das mit dem einseitig unsymmetrischen Resonanzmode assoziiert ist und der Resonanzspitzenwert **42** zeigt ein Frequenzansprechverhalten an, das mit dem symmetrischen Resonanzmode assoziiert ist.

[0047] Wenn nun die Abmessungen der Antenne **10** so eingerichtet sind, dass sich die einzelnen, dem symmetrischen und dem einseitig unsymmetrischen Betriebsmode zugeordneten Frequenzen aufeinander zu bewegen und im Frequenzbereich koppeln, sodass die Energie zwischen diesen aufgeteilt ist, besitzt die Antenne eine bedeutend breitere Gesamtbetriebsbandbreite. Es ist zur Kenntnis zu nehmen, dass die Betriebsbandbreite der Antenne **10** nicht dadurch festgelegt ist, dass die Antenne einfach eine Mehrzahl von getrennten, nah beieinander liegenden resonante Frequenzabhängigkeiten zeigt. Die zwei resonanten Moden koppeln um eine Reflexionsdämpfungscharakteristik zu erzeugen, deren Einhüllende einen gekoppelten Übergangsbereich umfasst, der einem bestimmten Antennengewinn zugeordnet

ist, wobei der Gewinn die Energiespeicherung in der Antenne aufgrund der Betriebes beider Moden anzeigt. Dieses Koppeln der beiden betriebenen Moden im Frequenzbereich wird deutlich in [Fig. 4B](#) gezeigt. Ein flacher „Sattel“-Bereich **44** besteht zwischen den beiden Resonanzspitzenwerten, welche den jeweiligen Moden entsprechen.

[0048] Es ist zur Kenntnis zu nehmen, dass die Resonanzmoden der Antenne von unterschiedlicher Art sind. Mit anderen Worten, die Betriebsbandbreite wird nicht durch das einfache Anordnen einer Mehrzahl von resonanten Moden des gleichen Typs (z.B. einer Mehrzahl von symmetrischen Resonanzmoden) festgelegt, die bei benachbarten Frequenzen angeordnet sind, sodass diese koppeln. Hier sind die unterschiedlichen Moden, in diesem bevorzugten Fall der symmetrische und der einseitig unsymmetrische Resonanzmode, durch unterschiedliche Gesamtleitungspfade gekennzeichnet, durch welche der Hochfrequenzstrom nur über einen Teil der Antennenleiterstruktur fließt. Jedes entsprechende Strommuster nutzt jedoch die gemeinsamen abstrahlenden Elemente, hier beide der schraubenförmigen Elemente **10A**, **10B**.

[0049] Vorzugsweise sind die Antennenabmessungen derart eingerichtet, dass die Antenne eine nutzbare normierte Bandbreite von wenigstens 0,03 (3%) zeigt, wobei die normierte Bandbreite definiert ist als das Verhältnis der Breite des Betriebsbandes B zu der Mittenfrequenz f_c des Bandes und wobei die Reflexionsdämpfung der Antenne innerhalb des Bandes wenigstens um 3 dB geringer ist als die mittlere Reflexionsdämpfung außerhalb des Bandes. Die Reflexionsdämpfung ist definiert als $20\log_{10}(V_r/V_i)$ wobei V_r und V_i die Absolutwerte der reflektierten und einfallenden Hochfrequenzspannung an einem Speiseanschluss der Speisestruktur sind.

[0050] Es ist verständlich, dass im Bezug auf den Gewinn eine Antenne eine zugeordnete Veränderung der Reflexionsdämpfung bezüglich der Energie auftritt, welche an dem Antennenabschluss oder am Einzellport reflektiert wird. So wie die Reflexionsdämpfung sich mit der Frequenz ändert, besteht eine zugeordnete Änderung der Reaktanz und des Widerstandes der Last, welche durch die Antenne dargestellt ist und somit in der Möglichkeit, eine Impedanzanpassung bereitzustellen. Die Antenne **10** ist über eine Bandbreite anpassbar, wie offensichtlich wird, wenn die komplexe Lastimpedanz in einem normalisierten Reflexionsfaktordiagramm (häufig als Smith-Diagramm bezeichnet) dargestellt wird. Das Smith-Diagramm stellt eine grafische Darstellung des Bereichs der Impedanz bereit, über den die Antenne angepasst werden kann, wie durch eine polare Impedanzortskurve dargestellt ist. Die Smith-Diagramm-Darstellung der bevorzugten Antenne zeigt [Fig. 5](#), wobei die widerstandsbehafte Komponente am rechten

Ende des Diagramms nach unendlich strebt.

[0051] Die Ortskurve **50** für die vorliegende Antenne mit gekoppelten Resonanzmoden über ein vorbestimmtes Betriebsband weist eine innere Schleife **50a** auf, welche die Mitte des Diagramms (entsprechend einer Impedanzquelle von 50 Ohm) umschlingt, wobei die Ortskurve sich entlang ihres Pfades einmal selbst kreuzt, wie durch den Ortskurvenabschnitt **50a** in [Fig. 5](#) angezeigt ist. Dieser Schnittbereich und die innere Schleife entsprechen der Reflexionsdämpfung, welche durch den flachen „Sattel“-Bereich **44** der [Fig. 4B](#) angezeigt wird, der innerhalb der Betriebsbandbreite der Antenne auftritt. Somit nähert sich die Eingangsreaktanzenkomponente (X) der Last, welche durch die Antenne dargestellt wird, (die Linien **48** sind Kreise konstanter Reaktanz) innerhalb des Betriebsfrequenzbandes nur dem Wert Null, wenn der entsprechende Eingangswiderstand (durch die Kreise **46** gezeigt) weder Null noch unendlich ist.

[0052] Bei Berücksichtigung eines Abstrahlmusters der Antenne allein für den symmetrischen Resonanzmode, arbeitet die Antennenelementstruktur mit schraubenförmigen Elementen **10A**, **10B** mit halber Umdrehung in einer Art ähnlich einer einfachen ebenen Schleife mit Nullen in ihrem Abstrahlmuster in einer Richtung quer zu der Achse **12A** und senkrecht zu der Ebene **24**. Da das Betriebsband der Antenne durch eine Mehrzahl von gekoppelten Resonanzen bestimmt ist, erzeugen das obige Abstrahlmuster und das dem einseitig unsymmetrischen Mode zugeordnete, im allgemeinen ringförmige Abstrahlmuster (mit Nullen in einer Richtung parallel zu der Achse **12A**) ein Gesamtabstrahlmuster, welches ein Hybrid dieser beiden Muster ist. Somit hängt das Hybridmuster von den Abmessungen und physikalischen Kenngrößen der Materialien ab, welche die Antennenstruktur bilden.

[0053] Die Reaktanzfelder im Nahfeldbereich der Antenne, welche den Hybrid-Abstrahlmuster zugeordnet sind, erreichen eine gute SAR-Kennzahl.

[0054] Die Antenne besitzt insbesondere Anwendungen bei Frequenzen über 200 MHz. Das Abstrahlmuster ist derartig, dass die Antenne sich insbesondere zur Verwendung in einer Handkommunikationseinheit wie einem Mobiltelefon oder einem schnurloses Telefonhandteil eignet, wie in [Fig. 7](#) gezeigt. In Bezug auf die Orientierung der Antenne ist diese derartig befestigt, dass deren zentrale Achse **12A** (siehe [Fig. 7](#)) und die Ebene **24** (siehe [Fig. 1](#)) parallel zu der inneren Fläche **30I** des Handteils liegen, (insbesondere zu der inneren Fläche **30I** im Bereich des Kopfhörers **32**) und dass das mit dem inneren Speiseleiter **18** verbundene radiale Element **10AR** zu der Kante **34** des Handteils gerichtet ist, d.h. mit dem an den inneren Speiseleiter **18** angeschlossenen schrauben-

förmigen Element **10A**, das an einem Abschnitt der Kernoberfläche angeordnet ist, welches in die gleiche Richtung gerichtet ist wie die innere Fläche **30I** des Handteils. Die Achse **12A** verläuft auch längs im Handteil **30**, wie in [Fig. 6](#) gezeigt. Wiederum wird die relative Orientierung der Antenne und des Handteils **30** durch Vergleichen des in [Fig. 1](#) gezeigten Achsensystems X, Y, Z mit der Darstellung des Achsensystems von [Fig. 7](#) deutlich.

[0055] Das bevorzugte Material für den Kern **12** der Antenne ist ein Zirkonium-Titan-basiertes Material. Dieses Material weist eine Dielektrizitätszahl von etwa 36 auf und ist auch für seine elektrische Stabilität und Längenstabilität bei Variation der Temperatur erwähnenswert. Die dielektrische Dämpfung ist vernachlässigbar. Der Kern kann durch Extrusion, Pressen oder Gießen hergestellt werden.

[0056] Die Antennenelemente **10A**, **10B**, **10AR**, **10BR** sind metallische Leiterbahnen, welche an die äußere zylindrische und die distale Endoberfläche des Kerns gebondet sind, wobei jede Bahn eine Breite von wenigstens viermal seiner Dicke über ihre Betriebslänge aufweist. In dieser Ausführungsform weisen die Antennenelementbahnen eine Dicke von ungefähr 30.000stel Inch auf und der Schleifenwiderstand der Antenne umfassend die Kombination sowohl der Abstrahldämpfung und der Dissipationsdämpfung beträgt ungefähr 3,2 Ohm. Die Bahnen können durch anfängliches Plattieren der Oberfläche des Kerns **12** mit einer metallischen Schicht gebildet werden und dann durch selektives Wegätzen der Schicht um den Kern entsprechend eines Musters freizulegen, das in einer fotoempfindlichen Schicht aufgebracht ist, ähnlich der für das Ätzen von gedruckten Schaltungen verwendete. Alternativ kann metallisches Material durch selektives Abscheiden oder durch Drucktechniken aufgebracht werden. In allen Fällen führt das Bilden der Bahnen als integrale Schicht an der Außenseite eines in seinen Abmessungen stabilen Kerns zu einer Antenne, welche in ihren Abmessungen stabile Antennenelemente besitzt.

[0057] Bei einem Kernmaterial mit einer im wesentlichen höheren Dielektrizitätszahl als der von Luft, d.h. $\epsilon_r = 36$ besitzt eine wie oben stehend beschriebene Antenne für das DCS-1.800-Band im Bereich von 1.710 MHz bis 1.880 MHz typischerweise einen Kerndurchmesser von etwa 10 mm und eine Kernlänge in der axialen Richtung (d.h. parallel zu der zentralen Achse **12A**) von ungefähr 12,1 mm. Das Verhältnis der axialen Länge zu dem Durchmesser des Kerns liegt vorzugsweise innerhalb des Bereichs 1:1 bis 2:1. Für das DCS-1.800-Band ist die Länge der Balunhülse typischerweise in dem Bereich 4,2 mm, wobei das Verhältnis der axialen Erstreckung der Hülse zu der zusammengesetzten axialen Erstreckung der Hülse und der Antennenelemente in dem

Bereich von 0,25:1 bis 0,5:1 liegt. In dem Fall, dass die Antennenelemente und die Hülse zusammen die gesamte Länge des Kerns zwischen dessen zwei Endflächen aufspannen, beträgt die axiale Länge der Hülse dann typischerweise zwischen 0,25L und 0,5L, wobei L die axiale Länge des Kerns angibt. Die Breite der Leiterbahnen liegt in dem Bereich von 0,75 bis 1,25 mm, wobei 0,9 mm ein typischer Wert ist.

[0058] Der „Sattel“-Bereich **44** der Betriebsbandbreite der vorliegenden Ausführungsform stellt einen leicht verminderten Gewinn über einen Teil der Bandbreite dar. Somit kann dieser Bereich günstig so angeordnet werden, dass dieser mit dem Schutzband zwischen dem Sendekanal und dem Empfängerkanal übereinstimmt, z.B. bei den Mobiltelefonbändern.

[0059] Geringe Größe der Antenne **10** erweist sich insbesondere geeignet für Handvorrichtungen wie ein Mobiltelefonhandteil oder andere Personalkommunikationseinrichtungen. Die plattierte Balunhülse **20** und/oder die plattierte Schicht **22** an der proximalen Endfläche **12P** des Kerns **12** erlauben es, die Antenne direkt auf einer gedruckten Schaltungsplatte oder einer anderen Massestruktur in einer bestimmten sicheren Art zu befestigen. Typischerweise kann die proximale Endfläche **12P** an eine Masse-Ebene oder -fläche an der oberen Seite einer gedruckten Schaltungsplatte gelötet werden, wenn die Antenne am Ende befestigt werden soll, wobei der innere Speiseleiter **18** direkt durch ein plattiertes Loch in der Platte zum Anlöten an einer Leiterbahn der unteren Oberfläche verläuft. Alternativ kann die Hülse **20** an eine Masse-Fläche der gedruckten Leiterplatte geklemmt oder gelötet sein, welche sich parallel zu der Achse **12A** erstreckt, wobei sich das distale Teil der Antenne, welches die Antennenelemente **10A**, **10B** trägt, über die Kante der Masse-Fläche erstreckt. Es ist möglich, die Antenne **10** entweder vollständig innerhalb der Handteileinheit zu befestigen oder teilweise aus dieser herausragend, wie in [Fig. 7](#) gezeigt. Die Antenne der vorliegenden Ausführungsform kann mit einem angepassten Kabel mit einem Wellenwiderstand von 15 Ohm verbunden werden.

Patentansprüche

1. Antenne zum Betrieb bei Frequenzen über 200 MHz, umfassend:
 einen isolierenden Kern (**12**) aus einem festen Material mit einer Dielektrizitätszahl größer als 5, wobei die äußere Oberfläche des Kerns ein Volumen festlegt, dessen Hauptteil durch das feste Material eingenommen ist;
 eine Speisestruktur (**16**, **18**), umfassend ein Stück einer Antennenspeiseleitung;
 eine elektrisch leitfähige Struktur, umfassend eine Mehrzahl von Antennenelementen, die an einer ersten Position mit der Antennenspeiseleitung verbunden sind, und ein Verbindungselement (**20**), das ge-

trennt die Antennenelemente an einer zweiten Position mit der Antennenspeiseleitung verbindet, das längs der Speisestruktur beabstandet von der ersten Position ist, wobei die elektrisch leitfähige Struktur an oder benachbart zur äußeren Oberfläche des Kerns angeordnet ist; **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kern und die leitfähige Struktur so gestaltet sind, dass die Antenne wenigstens zwei Resonanzmoden unterschiedlichen Typs besitzt, welche dadurch gekoppelt sind um zusammen ein Betriebsfrequenzband zur Signalspeisung in die oder zum Signalempfang von der Antennenspeiseleitung festzulegen, wobei den unterschiedlichen Resonanzmoden jeweils unterschiedliche Hochfrequenzstrommuster der leitfähigen Struktur zugeordnet sind und jedes Muster die Antennenelemente einschließt.

2. Antenne nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

(a) ein erster Resonanzmode bei einer ersten Frequenz innerhalb des Bandes auftritt und der einer die Antennenelemente einschließenden Hochfrequenzstromschleife zugeordnet ist mit einem Anfang und einem Ende an einem Ort, an welchem die Antennenelemente an einer ersten Position mit der Antennenspeiseleitung verbunden sind, wobei das Verbindungselement bei der ersten Frequenz als ein hochohmiges Sperrelement wirkt, und

(b) ein zweiter Resonanzmode bei einer zweiten Frequenz innerhalb des Bandes auftritt, welcher einer Hochfrequenzstromschleife zugeordnet ist, die von dem Verbindungsort der Antennenelemente an die Antennenspeiseleitung an der ersten Position, durch die Antennenelemente und das Verbindungselement in Reihe zu der Verbindung mit der Speisestruktur an der zweiten Position verläuft.

3. Antenne nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Eingangsreaktanzkomponente der durch die Antenne dargestellten Last innerhalb des Betriebsfrequenzbandes nur dann im wesentlichen Null beträgt, wenn die entsprechende Eingangswiderstandskomponente endlich und wesentlich von Null verschieden ist.

4. Antenne nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Resonanzmoden einen symmetrischen und einen einseitig unsymmetrischen endigen Mode umfassen.

5. Antenne nach Anspruch 4, wobei der erste Resonanzmode der symmetrische Mode ist und der zweite Resonanzmode der einseitig unsymmetrische Mode.

6. Antenne nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Kern eine zentrale Achse besitzt und eine distale und eine proximale Endoberfläche, und die Antennenelemente eine Mehrzahl von sich axial gleich erstreckende Leiter umfassen, welche im

Bereich einer Endfläche des Kerns mit der Antennenspeiseleitung verbunden sind und die sich zu den Verbindungen mit dem Verbindungselement erstrecken, wobei das Verbindungselement im Bereich der anderen Endoberfläche des Kerns direkt oder indirekt mit der Antennenspeiseleitung verbunden ist.

7. Antenne nach Anspruch 6, wobei sich die Antennenspeiseleitung von einer Endoberfläche zu der anderen durch den Kern erstreckt.

8. Antenne nach Anspruch 7, wobei der Kern zylinderförmig ist und das Verbindungselement eine leitfähige Hülse umfasst, welche sich über die zylinderförmige äußere Oberfläche des Kerns von einer Endoberfläche zu einer Position zwischen den Kernoberflächen erstreckt, wo diese einen ringförmigen Hülsetrand bildet und wobei die Antennenelemente ein einzelnes Paar sich diametral gegenüberliegenden Elemente umfasst und sich jedes von einer Verbindung mit der Antennenspeiseleitung an der anderen Oberfläche des Kerns zu dem Rand der Hülse erstreckt, wobei das Verhältnis der Länge des Kerns zu seinem Durchmesser im Bereich von 1:1 bis 2:1 liegt.

9. Antenne nach Anspruch 8, wobei die axiale Erstreckung der Hülse im Bereich von $0,25L$ bis $0,5L$ liegt, wobei L die axiale Länge des Kerns ist.

10. Antenne nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das durch die gekoppelten Resonanzmoden erzeugte Betriebsfrequenzband eine 3 dB Bandbreite von wenigstens $0,03 f_c$ besitzt, wobei f_c die Mittenfrequenz des Bandes ist und die 3 dB Bandbreite den Frequenzbereich angibt, über welchem die vorstehend festgelegte Dämpfung der Antenne sich um wenigstens 3 dB unterscheidet im Vergleich zu der mittleren Außerband-Dämpfung.

11. Antenne nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die dem ersten Resonanzmode zugeordnete Feldkomponente ein transversal zur Mittenachse des Kerns orientierter Spannungsdipol ist und dass die dem zweiten Resonanzmode zugeordnete elektrische Feldkomponente ein im allgemeinen parallel zu der Mittenachse orientierter Spannungsdipol ist.

12. Antenne nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Verbindungselement eine Balunfalle ist, welche im wesentlichen zum Fördern von symmetrischen Strömen an der Verbindung zwischen der Antennenspeiseleitung und den Antennenelementen an der ersten Position bei einer der Moden eingerichtet ist.

13. Antenne nach Anspruch 1, wobei der Kern eine zentrale Achse besitzt und die Antennenelemente ein einzelnes Paar von axial sich gleich erstre-

ckenden schraubenförmigen Leitern umfassen, welche um die Achse zentriert sind und zueinander um die Achse gegenüberliegend angeordnet sind, und wobei das Verbindungselement sich um den Kern und um die Achse erstreckt um die Antennenelemente an deren Enden gegenüberliegend zu ihrer Verbindung mit der Antennenspeiseleitung zu verbinden, und wobei die elektrischen Längen der Antennenelemente und des durch das Verbindungselement gebildeten Leiterpfades zwischen den Antennenelementen und der zweiten Position an der Antennenspeiseleitung derartig ausgebildet sind, dass innerhalb des Betriebsbandes die Antenne einen ersten Resonanzmode zeigt, bei welchem das Verbindungselement eine $\lambda/4$ -Falle und das Paar von schraubenförmigen Leitern eine Resonanzschleife bildet mit Strömen von im wesentlichen entgegengesetzten Phasen, die in die Leiter benachbart zu deren Verbindungen mit dem Verbindungselement fließen, und einen zweiten Resonanzmode, bei welchem das Paar von schraubenförmigen Leitern und das Verbindungselement eine resonante Schaltung bilden mit Strömen, welche im wesentlichen gleichphasig in die Leiter benachbart zu deren Verbindungen mit dem Verbindungselement fließen und wobei die Ströme durch das Verbindungselement zu der Antennenspeiseleitung an der zweiten Position fließen, und die zwei Resonanzmoden so gekoppelt sind, dass zwischen den jeweiligen zugeordneten Resonanzfrequenzen die an einem Anschluss der Antennenspeiseleitung gemessene Dämpfung der Antenne innerhalb des Betriebsfrequenzbandes sich um wenigstens 3 dB von der mittleren Außerband-Dämpfung unterscheidet.

14. Antenne nach Anspruch 13, wobei das Smith-Diagramm der durch die Antenne innerhalb des Betriebsbandes dargestellten Lastimpedanz eine selbstkreuzende Ortskurvenschleife besitzt.

15. Antenne nach Anspruch 13 oder 14, wobei der Kern zylinderförmig ist und die schraubenförmigen Leiter von gleicher Länge sind und wobei jeder zwischen den axial voneinander beabstandeten Positionen um den Kern eine halbe Umdrehung ausführt, und wobei das Verbindungselement eine Kombination einer leitfähigen Hülse an der zylinderförmigen äußeren Oberfläche des Kerns und einer plattierten Endoberfläche des Kerns umfasst, und wobei das Verhältnis der Länge des Kerns zu seinem Durchmesser im Bereich von 1:1 bis 2:1 liegt.

16. Antenne nach Anspruch 15, wobei die Antennenspeiseleitung axial durch den Kern zwischen der ersten und der zweiten Position verläuft.

17. Antenne nach einem der Ansprüche 13 bis 16, wobei die Antennenelemente an der ersten Position durch radiale, auf einem einzelnen Durchmesser liegende Abschnitte mit der Antennenspeiseleitung verbunden sind.

18. Antenne nach Anspruch 17, wobei die Antennenspeiseleitung eine koaxiale Gestaltung aufweist und das Verbindungselement mit dessen Abschirmleiter an der zweiten Position verbunden ist.

19. Antenne nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Antennenelemente und das Verbindungselement eine Schleife mit einem Paar von Seitenabschnitten bilden, und Kreuzabschnitte, welche zwischen jedem der Seitenabschnitte verlaufen, wobei die Enden der Seitenabschnitte die Ecken eines fiktiven Rechteckes festlegen, bei welchem einer der Kreuzabschnitte eine Speiseverbindung zwischen den Antennenelementen und der Antennenspeiseleitung einschließt.

20. Antenne nach Anspruch 19, wobei sich die Seitenabschnitte zwischen deren Enden an gegenüberliegenden Seiten der Ebene des Rechteckes erstrecken.

21. Antenne nach Anspruch 1, wobei die Antennenelemente und das Verbindungselement bei einem der Resonanzmoden zusammen eine Schleife mit einer elektrischen Länge von 360° bilden.

22. Antenne nach Anspruch 21, wobei die Schleife verdreht ist.

23. Handfunkkommunikationseinheit mit einem Funktransceiver, einem integralen Kopfhörer zum Richten von Schallenergie von einer inneren Fläche der Einheit, welche bei der Benutzung an dem Ohr des Benutzers angeordnet ist, und einer Antenne gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, die mit dem Transceiver gekoppelt ist, wobei die Antenne eine Mittensymmetrieachse besitzt und die erste und zweite Position an der Antennenspeiseleitung entlang der Achse voneinander beabstandet sind, und wobei die Antenne über wenigstens einen Teil des Betriebsfrequenzbandes ein Strahlungsmuster aufweist, das in einer durch den Kern normal zu der Achse verlaufenden Ebene im wesentlichen allseitig gerichtet ist mit Ausnahme einer Nullstelle, wobei die Antenne so befestigt ist, dass die Achse der Antenne im wesentlichen parallel zu der inneren Fläche der Einheit liegt und die Nullstelle im wesentlichen senkrecht zu der inneren Fläche der Einheit und bei der Verwendung der Einheit in Richtung zum Kopf des Benutzers gerichtet ist.

24. Handfunkkommunikationseinheit nach Anspruch 23, wobei der Antennenkern die Form eines Zylinders aufweist, dessen Mittenachse im wesentlichen parallel zu der inneren Fläche in dem Bereich des Kopfhörers liegt und wobei die Antennenelemente sich zwischen einem Paar von axial beabstandeten Positionen an dem Kern erstrecken, wobei die Enden der Antennenelemente sich bei jeder dieser Position im wesentlichen gegenüberliegen und in ei-

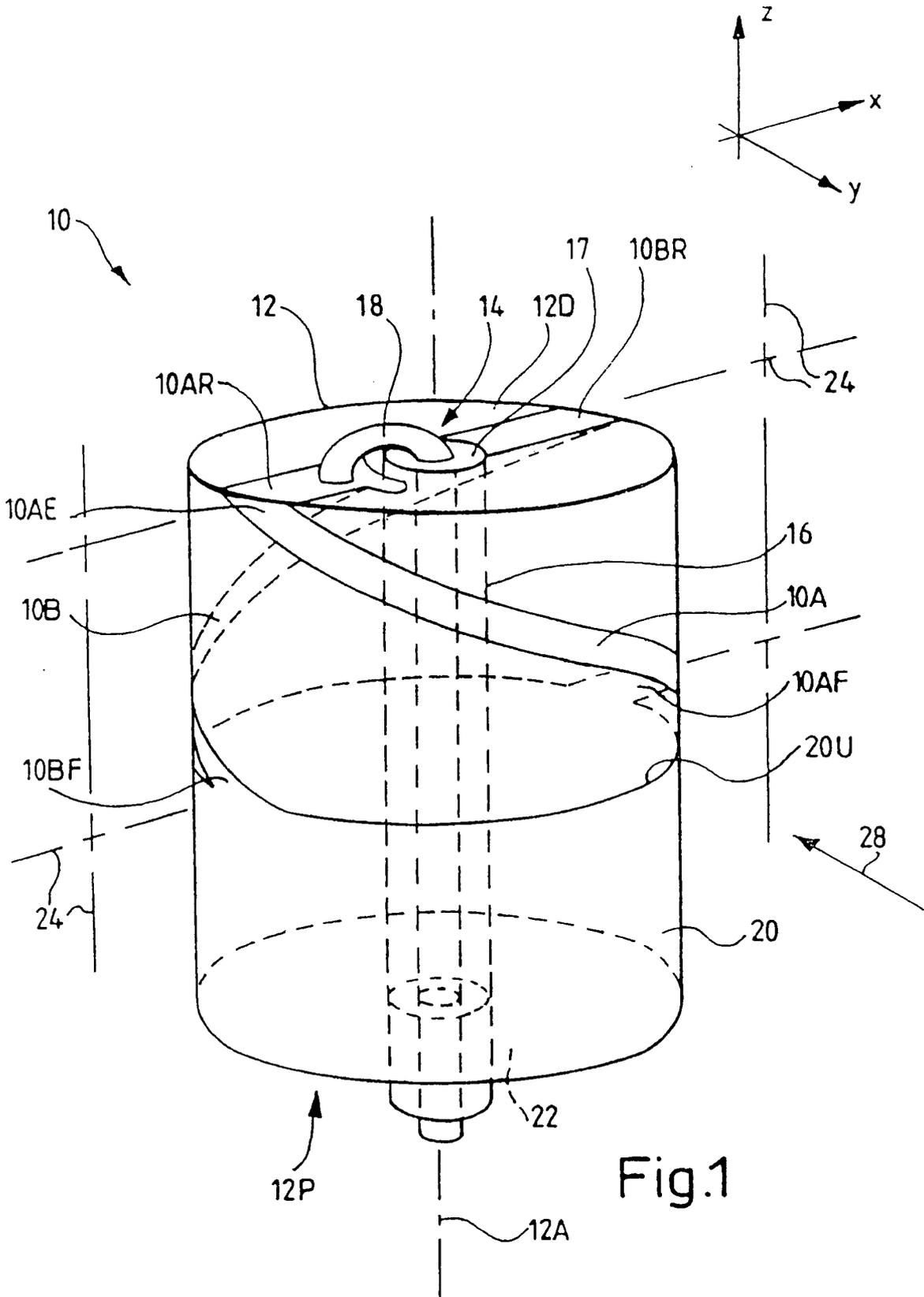
ner Ebene liegen, welche die Mittenachse einschließt und im wesentlichen parallel zu der inneren Fläche der Einheit ist.

25. Handfunkkommunikationseinheit nach Anspruch 24, wobei die Antennenelemente schraubenförmig sind, und jedes um die Mittenachse eine halbe Umdrehung ausführt und das Verbindungselement eine leitfähige Hülse umfasst, welcher den Zylinder umgibt um eine isolierende Falle bei einem der Resonanzmoden in dem Betriebsfrequenzband der Antenne zu bilden.

26. Handfunkkommunikationseinheit mit einem Funktransceiver und einer Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 22, wobei die Antenne an den Transceiver gekoppelt ist und der Transceiver einen Sendebandabschnitt und einen Empfangsbandabschnitt besitzt, welche unterschiedlich aber zueinander benachbart innerhalb des Betriebsfrequenzbandes der Antenne sind.

27. Handfunkkommunikationseinheit nach Anspruch 26, wobei der Sendebandabschnitt und der Empfangsbandabschnitt durch ein Schutzband getrennt sind und die Mittenfrequenz des Betriebsfrequenzbandes der Antenne im wesentlichen mit dem Schutzband zusammenfällt.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen



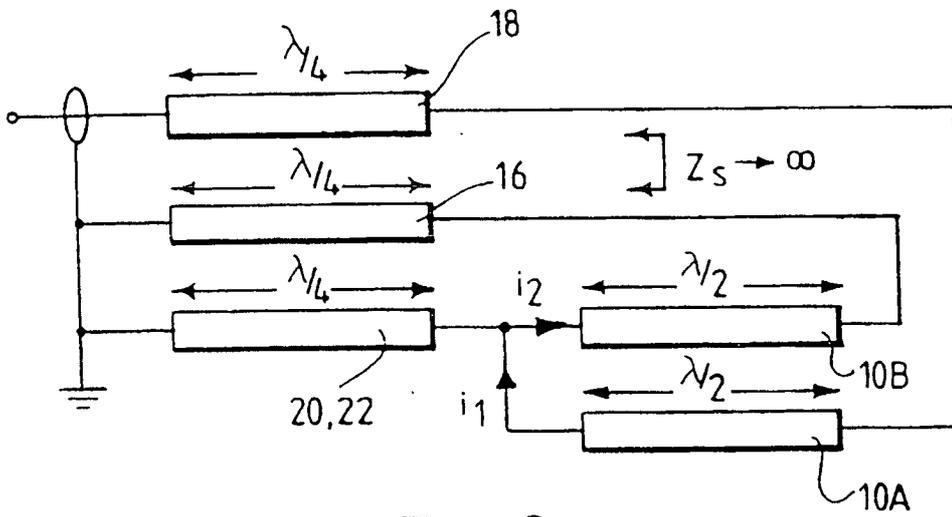


Fig.2

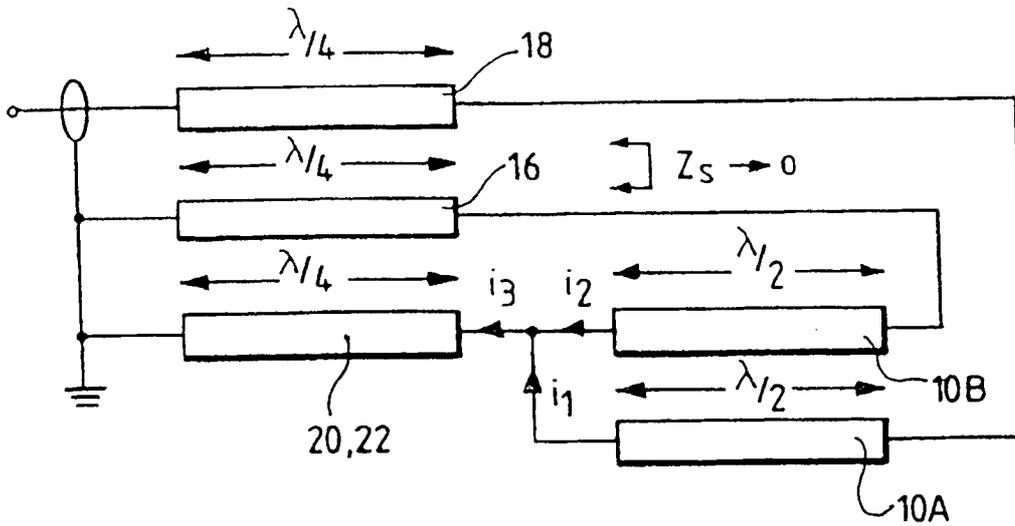


Fig.3

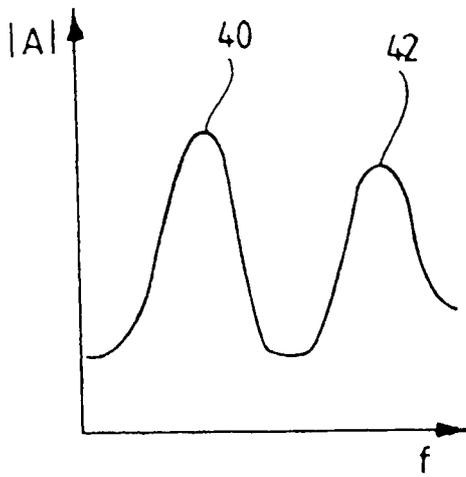


Fig.4A

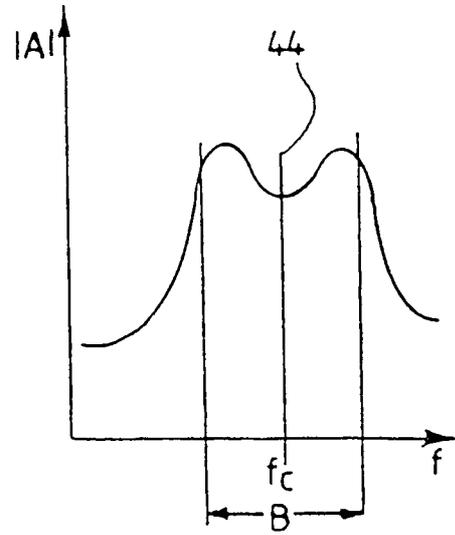


Fig.4B

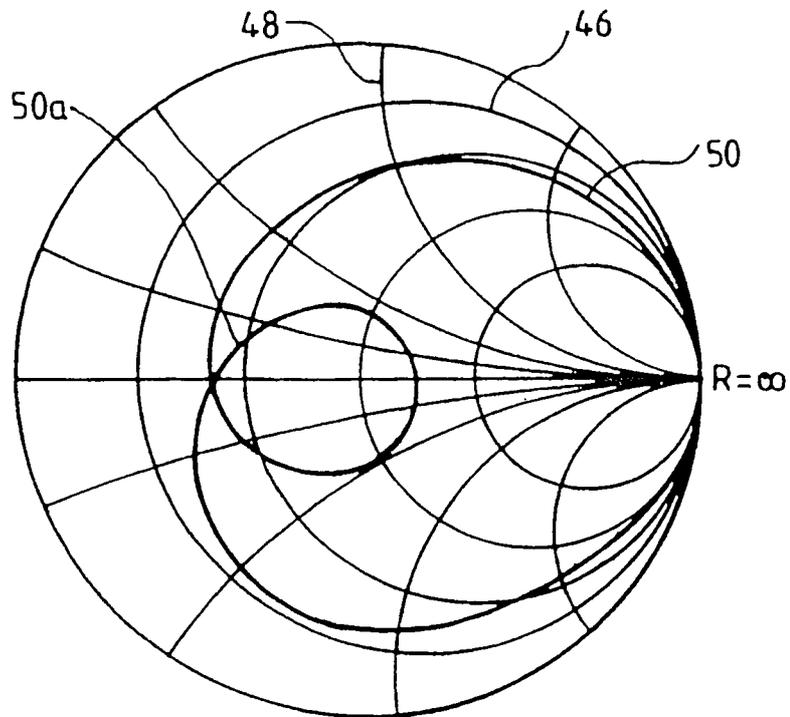


Fig.5

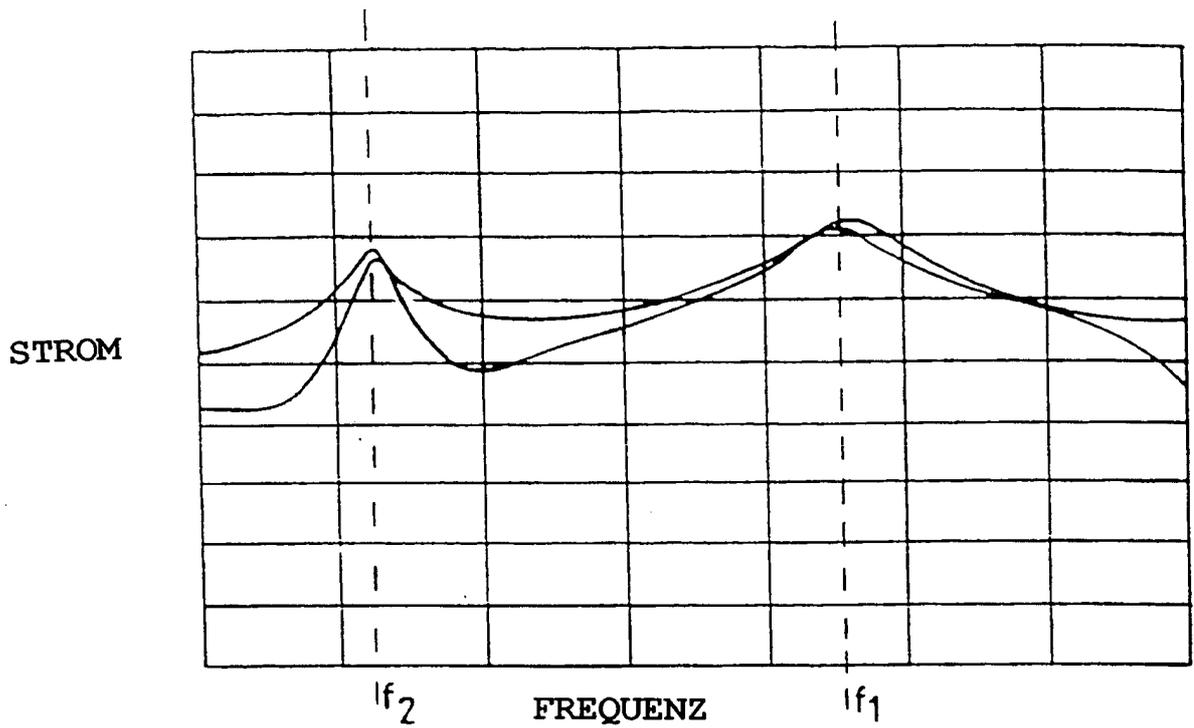


Fig.6A

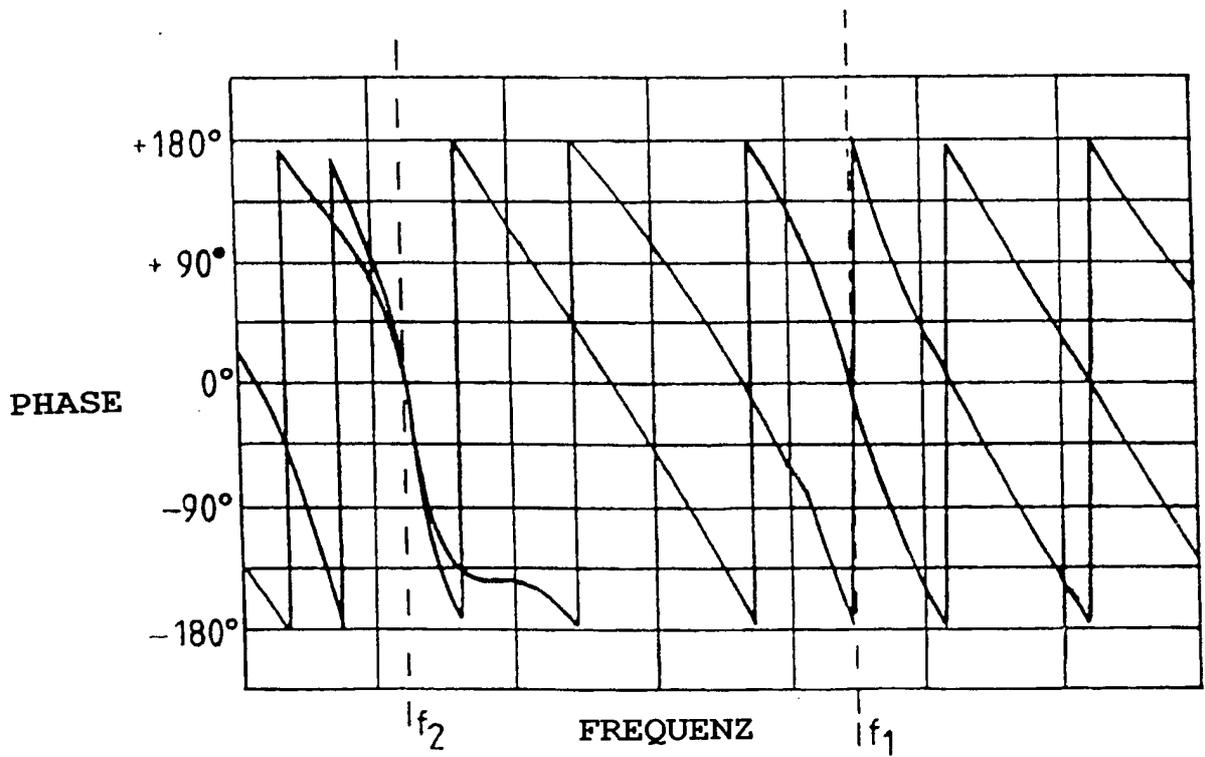


Fig.6B

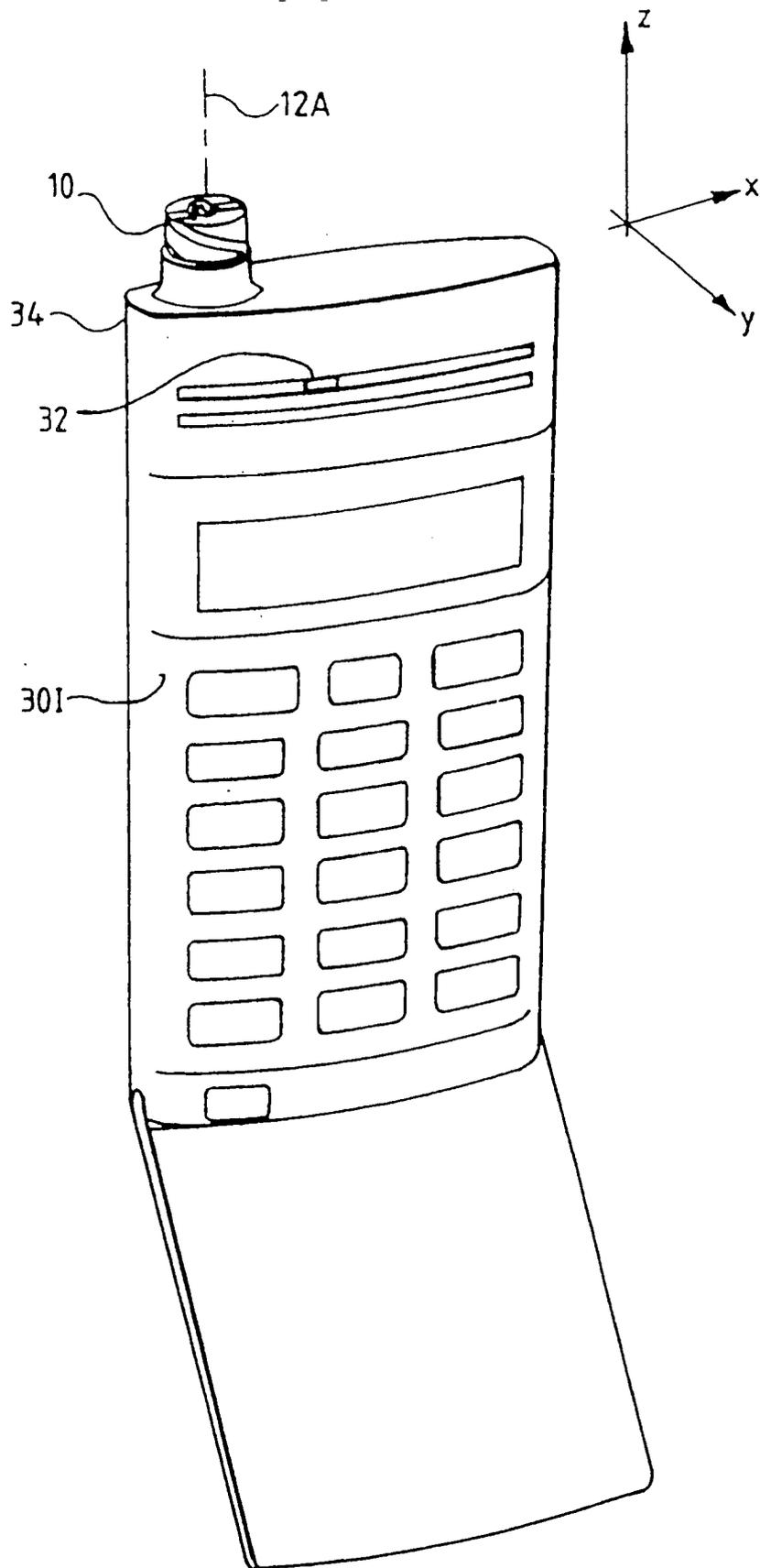


Fig.7