



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 28 113 T2** 2005.11.03

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 892 459 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 28 113.6**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 660 065.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **26.06.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **20.01.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **15.12.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **03.11.2005**

(51) Int Cl.7: **H01Q 9/04**

H01Q 5/00, H01Q 1/24, H04B 1/40

(30) Unionspriorität:

972897 08.07.1997 FI

(73) Patentinhaber:

Nokia Corp., Espoo, FI

(74) Vertreter:

**TER MEER STEINMEISTER & Partner GbR
Patentanwälte, 81679 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IT, SE

(72) Erfinder:

Pankinaho, Ilkka, 21530 Paimio, FI

(54) Bezeichnung: **Doppelresonanzantennenstruktur für mehrere Frequenzbereiche**

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 vorliegende Erfindung bezieht sich auf kleine Antennensysteme, insbesondere ebene Antennenstrukturen, die in mehreren Frequenzbändern arbeiten.

[0002] Eine herkömmliche Mikrostrip-Antenne umfasst eine Masseebene und ein Strahlerelement, das von ihr durch eine dielektrische Schicht isoliert ist. Die Resonanzfrequenz der Mikrostrip-Antenne ist durch die Abmessungen des Strahlerelements und durch die Abstände zwischen dem Strahlerelement und der Masseebene bestimmt. Die Mikrostrip-Antennenstrukturen sind z. B. in den Büchern "Handbook of Microstrip Antennas", J. R. James und P. S. Hall (Hrsg.), Bd. 1, Peter Peregrinus Ltd., London 1989, und "Analysis, Design, and Measurement of Small and Low-Profile Antennas", K. Hirasawa und M. Haneishi, Atech House, Boston 1992, allgemein beschrieben.

[0003] Mikrostrip-Antennenstrukturen, in denen eine Seite des Strahlerelements zur Masseebene kurzgeschlossen ist, sind außerdem vorher bekannt gewesen. Bei einer derartigen Anordnung kann eine bestimmte Resonanzfrequenz mit erheblich kleineren physikalischen Abmessungen als denjenigen der oben beschriebenen einfachsten Mikrostrip-Antenne erreicht werden.

[0004] Ein Problem bei den ebenen Antennenstrukturen der bekannten Technologie ist, dass sie dick und schmalbandig sind. Die in den persönlichen Mobilstationen verwendeten Antennen müssen klein sein. Die Verdünnung der Mikrostrip-Antenne macht jedoch das benutzbare Frequenzband der Antenne schmaler. Viele Mobilkommunikationssysteme erfordern ein relativ breites Frequenzband, das DCS-1800-System benötigt z. B. etwa 10 % relatives Frequenzband in Bezug auf die Mittenfrequenz.

[0005] In einem GSM-System beträgt der Abstand zwischen den Sende- und Empfangsbändern 45 MHz; das Sendeband liegt bei 890 MHz-915 MHz und das Empfangsband liegt bei 935 MHz-960 MHz. Bei Einzelresonanzantennen muss das Frequenzband beträchtlich breit sein, d. h. im Fall des GSM wenigstens 890 MHz-960 MHz. Zurückzuführen auf die Fertigungstoleranzen und die Objekte in der Nähe der Antenne, z. B. die Hand des Benutzers, die die Resonanzfrequenz beeinflussen, muss die Bandbreite noch breiter als der Wert im erwähnten Idealfall sein.

[0006] Ein weiterer Zugang ist, eine Doppelresonanzantenne zu verwenden, deren erstes Frequenzband dem Sendeband entspricht, während das zweite Frequenzband dem Empfangsband entspricht. In diesem Fall müssen die Frequenzbänder der Anten-

ne nicht so breit wie diejenigen einer Antenne sein, die nur ein Frequenzband besitzt. Derartige Antennen mit zwei Resonanzbändern können z. B. aus zwei Wendelantennen, die auf verschiedene Frequenzen abgestimmt sind, oder aus einer Kombination einer Stabantenne und einer Wendel, in der der Stab und die Wendel auf verschiedene Frequenzbereiche abgestimmt sind, bestehen. Derartige Strukturen sind z. B. in der finnischen Patentanmeldung 952780 offenbart. Diese Arten der Wendelantennenstrukturen sind jedoch innerhalb eines Gehäuses einer Mobilstation schwierig zu verwirklichen. Außerdem arbeiten diese Lösungen nur auf zwei Frequenzbändern. Künftige vielseitige Mobilstationen, die in mehr als einem Mobilkommunikationssystem betreibbar sind, benötigen jedoch den Betrieb der Antennenstrukturen in mehr als zwei verschiedenen Frequenzbändern.

[0007] Eine Antenne mit umschaltbarer Resonanzfrequenz ist in EP 687 030 beschrieben. Die Antenneneinheit enthält einen Antennenkörper, der eine verteilte Induktivitätskomponente, eine die Impedanz einstellende Induktivitätskomponente und eine Kapazität, die zwischen derselben und dem Massepotential vorgesehen ist, aufweist. Ein Kondensator und eine Diode sind mit der Kapazität parallel und miteinander in Reihe geschaltet, sodass eine Spannung, um die Diode in einen EIN- oder AUS-Zustand zu bringen, an einem Knoten zwischen dem Kondensator und der Diode angelegt wird, wobei dadurch die Resonanzfrequenz der Antenneneinheit umgeschaltet wird, indem die EIN- und AUS-Zustände der Diode umgeschaltet werden.

[0008] In WO 9013152 ist eine Duplexantenne für tragbare Funk-Sender/Empfänger beschrieben. Dort enthält die Antenne ein Paar koplanarer strahlender Fleckelemente, die durch einen leitenden Stab über eine leitende Oberfläche erhöht sind. Die Oberfläche und der Stab definieren eine Referenz-Masseebene, die die Flecken inhärent isoliert. Die Flecken sind so geformt, dass sie in einem gewünschten Frequenzband ebenso als Bandpassfilter arbeiten. Einer der Flecken ist auf das Sendeband abgestimmt und dient als eine Sendestruktur, während der andere Fleck auf das Empfangsband abgestimmt ist und als eine Empfangsstruktur dient. Umschaltvorrichtungen, wie z. B. positiv-eigenleitende negative Dioden (PIN-Dioden) können längs des Raums zwischen den Flecken und der Masseebene angeordnet sein, um zu erlauben, dass jede Struktur abgestimmt wird. Es wird erwähnt, dass die Antenne infolge der inhärenten Trennung zwischen den Empfangs- und Sendeflecken effizient ist. Es ist außerdem beabsichtigt, die Vorfeld-Filterungsfunktionen zu erleichtern, die traditionell durch den Duplexer ausgeführt werden. Eine derartige Antenne kann vollständig in das Gehäuse eines Handtelephons eingeschlossen sein.

[0009] Ebene Antennenstrukturen mit zwei Frequenzbändern sind z. B. in der Patentanmeldung US-5 124 733 offenbart. Die Patentveröffentlichung offenbart eine Mikrostrip-Antennenstruktur, die eine Masseebene und außerdem ein aktives Strahlerelement und ein passives Element umfasst. Die Elemente sind ein Viertel einer Welle lang und über eine Seite zur Masseebene kurzgeschlossen. Die Resonanzfrequenzen der Elemente unterscheiden sich voneinander, wobei sie folglich zwei verschiedene Betriebsfrequenzbänder für die Antennenstruktur bilden. Ein Nachteil dieser Lösung ist die Dicke, die durch zwei überlagerte Antennenelemente verursacht wird. Gleichermaßen ermöglicht diese Lösung außerdem nur den Betrieb von zwei Frequenzbändern.

[0010] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Antennenanordnung zu schaffen, die in verschiedenen Frequenzbändern arbeitet. Außerdem ist es die Aufgabe der Erfindung, eine Antennenanordnung, die in eine Mobilstation integriert ist, so klein wie möglich zu schaffen. Ferner ist es die Aufgabe der Erfindung, eine Antennenanordnung für Mobilstationen zu schaffen, die verschiedene Frequenzbereiche und Telekommunikationssysteme verwenden.

[0011] Diese Aufgaben sind mittels der Antennenstruktur gelöst worden, die im Anspruch 1 definiert ist.

[0012] Die Aufgaben werden gelöst, indem eine ebene Antenne gebildet wird, deren strahlendes Antennenelement wenigstens zwei Lippen enthält, wobei folglich eine Antennenstruktur mit zwei verschiedenen Resonanzfrequenzen geschaffen wird. Das Antennenelement umfasst wenigstens zwei Verbindungspunkte, mit denen die Speiseleitung des Senders und die Speiseleitung des Empfängers verbunden sind. Die Resonanzfrequenzen der Antennenstruktur können durch getrennte Abstimmeelemente eingestellt werden, die optional mit den Verbindungspunkten oder den Speiseleitungen verbunden sein können.

[0013] Es ist für die Antennenstruktur der Erfindung charakteristisch, dass das ebene Antennenelement wenigstens zwei verschiedene Resonanzfrequenzen hat und dass das Antennenelement wenigstens zwei Verbindungspunkte zum Verbinden der Speiseleitungen der Antennenstruktur besitzt.

[0014] Die vorliegende Erfindung betrifft außerdem eine Mobilstation, die durch den kennzeichnenden Teil ihres unabhängigen Anspruchs gekennzeichnet ist.

[0015] Die Antennenstruktur der Erfindung enthält wenigstens zwei Lippen im strahlenden Antennenelement. Folglich besitzt die Antennenstruktur zwei Grundresonanzfrequenzen, die durch die Abmessun-

gen der Lippen des Antennenelements und durch die Spalten zwischen ihnen und durch andere Abmessungen der Antennenstruktur definiert sind. Das strahlende Antennenelement ist an wenigstens einem Punkt mit der Masseebene verbunden. Das strahlende Antennenelement enthält wenigstens zwei Verbindungspunkte, die zum Verbinden der Speiseleitungen des Senders und des Empfängers und zum Verbinden spezieller Abstimmeelemente verwendet werden. Die Resonanzfrequenzen der Antennenstruktur können eingestellt werden, indem die Abstimmeelemente mit den Verbindungspunkten und den Antennenspeiseleitungen verbunden werden, wobei auf diese Weise die Antennenstruktur in mehr als zwei Frequenzbändern betreibbar gemacht wird. Die Schalter können herkömmliche Halbleiterschalter, wie z. B. FET-Schalter oder PIN-Dioden, sein. Es können verschiedene optional anschließbare Abstimmeelement- oder Antennenspeiseleitungs-Anordnungen verwendet werden, um eine Antennenanordnung zu schaffen, die auf alle Empfangs- und Sendebänder mehrerer Frequenzbereiche und Telekommunikationssysteme abgestimmt werden kann.

[0016] Die vorliegende Erfindung wird als Nächstes ausführlicher unter Bezugnahme auf die gezeigten vorteilhaften Ausführungsformen und die beigefügte Zeichnung beschrieben, worin

[0017] [Fig. 1](#) ein Antennenelement einer Antennenstruktur gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung zeigt;

[0018] [Fig. 2](#) eine Antennenstruktur einer vorteilhaften Ausführungsform beschreibt;

[0019] [Fig. 3](#) eine Speiseanordnung gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung zeigt;

[0020] [Fig. 4](#) eine vorteilhafte Ausführungsform zeigt, die es möglich macht, dieselbe Vorrichtung in vier verschiedenen Frequenzbereichen betreibbar zu machen;

[0021] [Fig. 5](#) eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung zeigt, in der der Sender und der Empfänger der Vorrichtung mit demselben Verbindungspunkt der Antenne verbunden sind;

[0022] [Fig. 6](#) die Position einer Antennenstruktur der Erfindung innerhalb einer Mobilstation **210** veranschaulicht;

[0023] [Fig. 7](#) ein Antennenelement einer Antennenstruktur gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht;

[0024] [Fig. 8](#) die Anordnung des Antennenelements nach [Fig. 7](#) auf einer Leiterplatte veranschaulicht;

[0025] [Fig. 9](#) eine vorteilhafte Anordnung des Antennenelements nach [Fig. 7](#) in einer Mobilstation veranschaulicht;

[0026] [Fig. 10a](#) und [Fig. 10b](#) eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung veranschaulichen, die im Strahlerelement ein Loch aufweist;

[0027] [Fig. 11](#) eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung veranschaulicht, die im Strahlerelement eine Kerbe aufweist; und

[0028] [Fig. 12a](#), [Fig. 12b](#) und [Fig. 12c](#) eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung veranschaulichen, in der die Resonanzfrequenzen der Antennenstruktur weiter eingestellt werden, indem die Masseebene der Antennenstruktur geformt wird.

[0029] Für entsprechende Teile in den Figuren werden die gleichen Bezugszeichen und Kennzeichen verwendet.

[0030] In [Fig. 1](#) ist die Form eines Strahlerelements **100** einer Antenne gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung gezeigt. Das Element **100** umfasst eine kürzere Seite **101** und eine längere Seite **102** mit den Spalten **103**, **104** dazwischen. Das Element ist am Kurzschlusspunkt **130** mit der Masseebene kurzgeschlossen. Das Element enthält zwei Verbindungspunkte **110**, **120** für die Antennenspeisung und die Abstimmelemente.

[0031] Die Resonanzfrequenzen des Elements sind von der Wechselbeziehung der Abmessungen der Antennenelementhälften **101**, **102** abhängig. Die Abmessungen der Hälften der längeren Antenne definieren die tiefere Resonanzfrequenz, während die Abmessungen der Hälften der kürzeren Antenne die höhere Resonanzfrequenz definieren. Außerdem beeinflussen die Beziehungen zwischen den Breiten und Längen der Spalten **103**, **104** die Resonanzfrequenzen.

[0032] Das Anordnen des Speisepunkts macht es möglich, zu wählen, welche der Elementhälften eine stärkere Wirkung besitzt. Durch das Ausbilden von zwei verschiedenen Speisepunkten für das Antennenelement ist es möglich, zwei verschiedene Betriebsbänder für ein Antennenelement zu bilden. Die Wahl des Frequenzbandes, das zu verwenden ist, ermöglicht die Verwendung eines schmalen Frequenzbandes, irgendeines von einem Empfangs- oder einem Sendefrequenzband, wobei folglich die Antenne leichter herstellbar gemacht wird.

[0033] Der zu verwendende Speisepunkt kann z. B. durch einen Schalter in der Speiseleitung des Empfängers gewählt werden. Wenn der Sender mit der Antenne verbunden ist, ist der Empfänger durch den Schalter von der Antenne getrennt, wobei während

des Empfangs der Empfänger mit der Antenne verbunden ist. Der Schalter kann außerdem ein Wechselschalter sein, der verwendet wird, um entweder den Sender oder den Empfänger mit der Antenne zu verbinden.

[0034] Die Schalter können z. B. PIN-Dioden sein. Es können außerdem andere Halbleiterschalter, wie z. B. FET-Schalter, entsprechend der herkömmlichen Technologie als die Schalter verwendet werden. In einigen Anwendungen können außerdem herkömmliche mechanische Schalter verwendet werden.

[0035] Die Abmessungen des Antennenelements in [Fig. 1](#) können vorteilhaft z. B. etwa 28 _ 25 mm betragen, wodurch die Grundresonanzfrequenzen etwa mit den Frequenzbändern des GSM-Systems übereinstimmen.

[0036] [Fig. 2](#) zeigt eine durch das Antennenelement **100** nach [Fig. 1](#) gebildete Antennenstruktur. Die Antennenstruktur enthält ein Antennenelement **100**, eine Masseebene **140** und eine isolierende Zwischenschicht oder einen isolierenden Spalt **150**. Es ist möglich, die Bandbreite der Antennenstruktur, ihre Leistung und die zu erreichende minimale Größe durch die Wahl des Abstandes zwischen dem Antennenelement **100** und der Masseebene **140** und durch die Wahl eines geeigneten Isoliermaterials zu beeinflussen. Das Isoliermaterial kann Luft sein, falls das Antennenelement als eine selbsttragende Struktur verwirklicht ist. Andere mögliche Materialien sind z. B. verschiedene Kunststoffe und Keramikmaterialien, abhängig vom gewünschten Fertigungsverfahren und der Dielektrizitätskonstanten. Die isolierende Schicht **150** kann außerdem aus einer Kombination der obenerwähnten Materialien bestehen, wie z. B. verschiedene hohle Kunststoffstrukturen für die Verringerung des Gewichts und der Verluste.

[0037] Die Resonanzfrequenzen des Antennenelements in [Fig. 1](#) können ferner durch getrennte Abstimmelemente eingestellt werden. Das Abstimmelement kann ein kapazitives Element oder ein induktives Element oder eine Kombination aus diesen sein. Das Abstimmelement kann z. B. vom Verbindungspunkt **110**, **120** des Antennenelements **100** mit dem Massepotential verbunden sein, oder das Abstimmelement kann einen Teil der Speiseleitung bilden, die sich vom Sender oder Empfänger erstreckt. Es kann mehr als ein Abstimmelement geben, wobei es folglich möglich gemacht wird, das gewünschte Abstimmelement oder eine Kombination der Abstimmelemente durch spezielle Schalter umzuschalten. Diese Schalter können vorteilhaft herkömmliche Halbleiterschalter sein. Durch die Verwendung verschiedener Arten von Abstimmelementen kann bewirkt werden, dass die Antennenstruktur auf mehrere verschiedene Frequenzbänder abgestimmt wird.

[0038] Die Verwendung der Abstimmeelemente ist in [Fig. 3](#) veranschaulicht. Das Beispiel nach [Fig. 3](#) beschreibt eine Mobilstation, die in zwei Frequenzbereichen arbeitet, sodass die Frequenzbereiche jeder getrennte Sende- und Empfangs-Frequenzbänder besitzen. In dieser Art der Anwendung muss die Antenne in vier verschiedenen Resonanzbändern in Resonanz gelangen. In der Ausführungsform nach [Fig. 3](#) entsprechen die Grundresonanzfrequenzen eines zweiteiligen Antennenelements dem ersten Sendeband, wobei sich der Wechselschalter in der Position A befindet, während der Empfängerabschnitt RX1 des ersten Frequenzbandes nicht mit der Antenne verbunden ist. Während des Empfangs im ersten Frequenzband befindet sich der Wechselschalter S1 in der Position B, wobei der Empfängerabschnitt RX1 des ersten Frequenzbandes mit dem Empfänger-Speisepunkt der Antenne verbunden ist. Wenn im zweiten Sendeband gesendet wird, befindet sich der Wechselschalter S1 in der Position D, wobei der Empfänger-Speisepunkt der Antenne über den Kondensator C1 mit dem Massepotential verbunden ist. Folglich bildet der Kondensator C1 ein Abstimmeelement der oben beschriebenen Art, das eine Resonanzfrequenz der Antenne auf das zweite Sendeband abstimmt. Während des Empfangs im zweiten Frequenzband befindet sich der Wechselschalter S1 in der Position C, wobei der Empfängerabschnitt RX2 des zweiten Empfangsbandes über den Kondensator C2 mit dem Empfangs-Speisepunkt verbunden ist. Folglich bildet der Kondensator C2 ein zweites Abstimmeelement der oben beschriebenen Art, das eine zweite Resonanzfrequenz der Antenne auf das zweite Empfangsband abstimmt. In dieser Ausführungsform sind der Senderabschnitt TX1 des ersten Frequenzbereichs und der Senderabschnitt TX2 des zweiten Frequenzbereichs einteilig mit dem Sender-Speisepunkt des Antennenelements verbunden.

[0039] Durch das Hinzufügen verschiedener Anpassungselemente und Verbindungsalternativen ist es in einer in [Fig. 3](#) veranschaulichten Weise möglich, Antennensysteme zu verwirklichen, für die erreicht werden kann, dass sie in mehr als vier Frequenzbändern in Resonanz gelangen.

[0040] In Telekommunikationssystemen, in denen der Empfänger und der Sender nicht gleichzeitig arbeiten, ist vorteilhaft nur entweder die Speiseleitung des Senders oder die des Empfängers angeschlossen. Derartige Systeme sind z. B. GSM, DCS und PCN. In derartigen Telekommunikationssystemen, in denen sich der Empfänger und der Sender gleichzeitig in Betrieb befinden, müssen außerdem die Empfängerantenne und die Senderantenne gleichzeitig angeschlossen sein. Derartige Systeme enthalten u. a. das CDMA-System und analoge Systeme, z. B. AMPS, TACS und NMT.

[0041] Das Antennensystem der vorliegenden Erfin-

dung kann in allen diesen Telekommunikationssystemen verwendet werden. In [Fig. 4](#) ist ein Beispiel einer möglichen Antennenanordnung in einer Mobilstation gezeigt, die angepasst ist, um sowohl in AMPS-, GSM-900-, DCS-1800- als auch PCS-1900-Systemen zu arbeiten. In dieser Ausführungsform decken die Resonanzfrequenzen des (in [Fig. 4](#) nicht gezeigten) Antennenelements **100** die Sende- und Empfangsfrequenzen sowohl des AMPS- als auch des DCS-1800-Systems ab. Die Antenne kann außerdem durch die Abstimmeelemente C3, C4, C5 und C6 auf die Frequenzbänder des GSM-900-Systems und des PCS-1900-Systems abgestimmt werden. Die Abstimmung der Abstimmeelemente C3, C4, C5 und C6 hängt u. a. von der Länge der Übertragungsleitungen, die die Antenne versorgen, der Impedanz der Schalter und der Sender- und Empfängerfilter und der Abstimmung des Antennenelements ab.

[0042] In einem Zeitvielfach-Telekommunikationssystem kann der Schalter S4 während der Sendeperiode am vorteilhaftesten in eine nicht angeschlossene Position NC gesetzt sein, wobei der Sender durch den Schalter S3 mit der Antenne verbunden sein kann; während andererseits während der Empfangsperiode der Schalter S3 in eine nicht angeschlossene Position NC gesetzt sein kann, wobei der Empfänger durch den Schalter S4 mit der Antenne verbunden sein kann. In dieser Ausführungsform können die Schalter S3 und S4 folglich ohne Rücksicht aufeinander gesteuert werden.

[0043] Die Ausführungsform in [Fig. 4](#) ist nur ein Beispiel einer möglichen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Im Antennensystem der Erfindung können mehr oder weniger Frequenzbänder verwendet werden.

[0044] Die Ausführungsform in [Fig. 4](#) veranschaulicht hauptsächlich, dass die Schalter und Abstimmeelemente in allen Schaltungen verwendet werden können, die mit den verschiedenen Verbindungspunkten der Antenne verbunden sind. In dieser Ausführungsform gibt es zwei Verbindungspunkte, von denen der eine verwendet wird, um das Ausgangssignal des Senders zum Antennenelement zu speisen, während andere verwendet wird, um das Speisesignal des Empfängers mit dem Empfänger zu verbinden. Die Anzahl der Verbindungspunkte kann in verschiedenen Ausführungsformen von zwei verschieden sein, wobei sie außerdem in irgendeiner anderen Weise als der, die in [Fig. 4](#) gezeigt ist, angeschlossen sein können. Es kann z. B. mehr als ein Verbindungspunkt verwendet werden, um die Sendesignale von verschiedenen Frequenzbereichen einzuspeisen.

[0045] In der Antennenanordnung der Erfindung können der Sender und der Empfänger mit demselben Verbindungspunkt verbunden sein. Eine derartige Ausführungsform ist in [Fig. 5](#) dargestellt, die eine

beispielhafte Schalteranordnung einer vorteilhaften Ausführungsform für ein Antennensystem mit zwei Frequenzbereichen darstellt. In dieser Ausführungsform sind die Sender- und Empfängerschaltungen direkt mit dem Verbindungspunkt des Antennenelements verbunden, wobei die Abstimmeelemente und die Steuerschalter mit dem anderen Verbindungspunkt des Antennenelements verbunden sind. In dieser Ausführungsform entsprechen die Grundresonanzfrequenzen des Antennenelements den Sendefrequenzbändern der zwei Frequenzbereiche, so dass sich während der Sendung beide Schalter der Abstimmeelemente in der nicht verbundenen Position NC befinden. Beim Empfangen im ersten Empfangsfrequenzband verbindet der Schalter S6 das Abstimmeelement C7 mit dem zweiten Verbindungspunkt der Antenne, sodass die Resonanzfrequenz der Antenne zum Ort des ersten Empfangsfrequenzbandes verschoben ist. Beim Empfang im zweiten Empfangsfrequenzband ist das Abstimmeelement C7 durch den Schalter S5 mit dem zweiten Verbindungspunkt verbunden, sodass eine Resonanzfrequenz der Antenne zum Ort des zweiten Empfangsfrequenzbandes übergeht.

[0046] In der Ausführungsform nach [Fig. 5](#) werden beide Verbindungspunkte der Antenne verwendet, um die Antenne zu steuern, aber doch in unterschiedlichen Arten: der erste Verbindungspunkt wird verwendet, um die Antenne zu speisen, während der zweite für das Einstellen der Resonanzfrequenzen der Antennen verwendet wird.

[0047] Das Antennensystem der vorliegenden Erfindung, das für eine tragbare Mobilstation verwendet wird, macht es möglich, außerdem eine externe Antenne zu verwenden. Am vorteilhaftesten wird dies erreicht, indem Schalter zur Speiseleitung des Senders und zur Speiseleitung des Empfängers hinzugefügt werden, um eine externe Antenne mit dem Sender und dem Empfänger zu verbinden. Am vorteilhaftesten können die Schalter so angeordnet sein, dass die Abstimmeelemente der Antennenstruktur der Erfindung innerhalb der Mobilstation die Abstimmung der externen Antenne nicht beeinflussen. Die externe Antenne kann außerdem so angeschlossen sein, dass sie nur während der Sendeperiode verwendet wird; in diesem Fall ist der Senderabschnitt der Mobilstation mit der externen Antenne verbunden, während der Empfängerabschnitt der Mobilstation mit der internen Antennenstruktur der Mobilstation verbunden ist. Diese Lösung macht es möglich, bei der Sendung eine externe effiziente Antenne zu verwenden, die die Leistungsaufnahme der Mobilstation verringert und längere Ladeintervalle der Batterien der Mobilstation erlaubt.

[0048] Das Antennensystem der vorliegenden Erfindung ist für die Verwendung speziell in Mobilstationen mit mehreren Frequenzbereichen angepasst, ein

vorteilhaftes Beispiel dessen ist ein kombiniertes Doppelbetriebsart-Telephon, das in den 900-MHz-GSM- und 1800-MHz-DCS-Systemen betreibbar ist. Das Antennensystem der Erfindung ist außerdem für die Verwendung in anderen Arten der Kombinationen geeignet, z. B. im kombinierten Zellulernetz- und Satellitentelephon, das geplant wird.

[0049] Das Antennensystem der Erfindung ist speziell für das Ausführen von internen Mehrfrequenz-Antennensystemen für kleine Mobilstationen und andere kleine Vorrichtungen angepasst. Dies ist in [Fig. 6](#) veranschaulicht, die das Anordnen der Antennenstruktur **200** der vorliegenden Erfindung innerhalb der Mobilstation **210** darstellt.

[0050] Die Antennenstruktur der Erfindung kann außerdem für das Verwenden eines Frequenzbandes verwendet werden, das breiter als die Bandbreite eines bestimmten Resonanzbandes eines einzelnen integrierten Antennenelements ist. Die Resonanzfrequenz der Antennenstruktur der Erfindung kann so gebildet sein, dass sie mit kleinen Schritten durch Abstimmeelemente oder geeignet ausgewählte Verbindungspunkte verschoben werden kann, sodass durch das Verschieben eines schmalen Frequenzbandes, wie es notwendig ist, ein vorteilhafter Betrieb im Ganzen des breiteren Frequenzbandes erreicht wird. Diese Art der Ausführungsform ermöglicht die Verringerung der Abmessungen der Antennenstruktur auf Kosten der Bandbreite, sodass die Verschmälerung der Bandbreite durch das Verschieben des Betriebsbandes, wie es erforderlich ist, kompensiert werden kann. Eine derartige Ausführungsform erlaubt außerdem die Optimierung des Stehwellenverhältnisses, was außerdem in derartigen Fällen verwendet werden kann, in denen das Betriebsband der Antenne ausreichend ist, um den notwendigen Frequenzbereich abzudecken. Das Stehwellenverhältnis befindet sich typischerweise in der Mitte des Betriebsbandes der Antenne auf einem Optimum, wodurch die Antennenstruktur der Erfindung verwendet werden kann, um das Optimum des Stehwellenverhältnisses zu der zu diesem Zeitpunkt verwendeten Frequenz oder in die Nähe der zu diesem Zeitpunkt verwendeten Frequenz zu verschieben. Eine derartige Prozedur ist sowohl in den Sendee- als auch Empfangsbändern möglich. Das Verschieben des Betriebsbandes kann in dieser und in anderen in dieser Anmeldung dargestellten Ausführungsformen kontinuierlich durch einstellbare Abstimmeelemente, z. B. Kapazitätsdioden, ausgeführt werden.

[0051] In [Fig. 7](#) ist eine weitere vorteilhafte Struktur für das Antennenelement **100** gezeigt. Diese Struktur enthält zwei Lippen **101**, **102**, wie im Beispiel nach [Fig. 1](#), die durch zwei Schlitze **103**, **104** getrennt sind. In dieser Ausführungsform sind die Masseverbindung und die Verbindungspunkte als die Streifen **110'**, **120'**, **130'** verwirklicht. Eine derartige Struktur

ermöglicht die einfache Befestigung des Antennenelements an der Ausrüstung. Aus den Streifen **110'**, **120'**, **130'**, können vorteilhaft Federkontakte ausgebildet werden, indem sie z. B. an den Biegelinien A, B gebogen werden, sodass es möglich ist, die Antenne mit der Ausrüstung zu verbinden, indem die durch die Streifen gebildeten Federkontakte z. B. gegen die Kontaktflächen auf der Leiterplatte der Ausrüstung gedrückt werden. Im Antennenelement nach [Fig. 7](#) wirkt der Streifen **110'** als ein Speisestreifen, während von den anderen zwei Streifen **120'**, **130'** der eine als ein Masseanschluss-Streifen und der andere für das Anschließen der Abstimmeelemente verwendet werden kann.

[0052] [Fig. 8](#) veranschaulicht die Verbindung des Antennenelements nach [Fig. 7](#) mit der Leiterplatte **160** einer Mobilstation. Die Streifen **110'**, **120'**, **130'** des Antennenelements **100** sind zu den Kontaktflächen der Leiterplatte gebogen. In dieser Ausführungsform kann der Speisestreifen **110'** am vorteilhaftesten gegen die Kontaktfläche eines Antennenfilter-Bauelements gedrückt werden, sodass die direkteste mögliche Verbindung zwischen der Antenne und dem Filterbauelement erreicht wird. Folglich ist es möglich, die Bildung übermäßiger Verluste zu vermeiden, die auf die Streukapazität des Leiterplattenleiters zwischen dem Filterbauelement und der Kontaktfläche, die für die Speiseleitung der Antenne auf der Leiterplatte vorgesehen ist, zurückzuführen sind. In der Ausführungsform nach [Fig. 8](#) ist die Masseebene der Antennenstruktur auf der Oberfläche der (in der Figur nicht gezeigten) Leiterplatte **160** ausgebildet.

[0053] [Fig. 9](#) veranschaulicht die Befestigung des Antennenelements nach den [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) am Rahmen der Mobilstation. Die Antenne kann vorteilhaft am hinteren Abschnitt eines zweiteiligen Gehäuses einer Mobilstation angebracht sein, z. B. durch die am Gehäuse aus dem Gehäusematerial ausgebildeten Stifte **211**. Die (in [Fig. 7](#) nicht gezeigten) Befestigungsspalte können an entsprechenden Stellen des Antennenelements **100** vorgesehen sein; das Antennenelement wird am Gehäuse angebracht, sodass die Stifte **211** mit den Befestigungsspalten übereinstimmen. Die Befestigung kann weiter gesichert werden, indem die z. B. Stiftköpfe ein wenig geschmolzen werden, sodass die Stifte **211** genau mit der Form der Spalte des Antennenelements übereinstimmen. Eine derartige Antennenstruktur ist sehr einfach und wirtschaftlich herzustellen. [Fig. 9](#) veranschaulicht außerdem die vorteilhafte Befestigungsposition des Antennenelements **100**, mit der es möglich ist, die Richtwirkung der Antennenstruktur zu beeinflussen. In der in [Fig. 9](#) gezeigten Position liegt die Antenne in der Richtung des Oberteils der Mobilstation näher zur Masseebene und in der Richtung des Unterteils der Mobilstation weiter entfernt von der Masseebene. Dies lenkt das Maximum der Strah-

lungscharakteristik der Antenne in der typischen Verwendungsposition der Mobilstation zur horizontalen Ebene oder ein wenig nach oben und nicht unvorteilhaft zur Erde.

[0054] Die Breite der Resonanzbänder kann weiter verbreitert werden, indem die Antenne in einer solchen Weise konstruiert wird, dass die Teile des Strahlerelements, die von der Antennenspeisestelle am weitesten entfernt liegen, in den effektiv freien Raum oder wenigstens in eine Umgebung strahlen, die eine stärkere Ähnlichkeit zum freien Raum als die Umgebung um die Teile des Strahlerelements, die in der Nähe der Antennenspeisestelle liegen, aufweist.

[0055] Eine Antennenstruktur gemäß der Erfindung kann außerdem in den Abschnitten **101**, **102** des Strahlerelements ein oder mehrere Löcher aufweisen. Die Wirkung derartiger Löcher ist, die Breite der Resonanzbänder der Abschnitte zu verbreitern. Die Anpassung des Strahlerelements an die Speiseleitungen außerdem kann mit derartigen Löchern eingestellt werden. [Fig. 10a](#) und [Fig. 10b](#) veranschaulichen ein Beispiel einer derartigen Ausführungsform der Erfindung. [Fig. 10a](#) zeigt ein Strahlerelement **100** mit zwei Löchern **170**, eines in jedem Abschnitt **101**, **102** des Strahlerelements. Der durch die gestrichelte Linie **180** markierte Abschnitt des Strahlerelements **100** erstreckt sich seitlich außerhalb der Masseebene **140**, wie in [Fig. 10b](#) gezeigt ist, die in der Perspektive zeigt, wie das Strahlerelement und die Masseebene in dieser speziellen Ausführungsform relativ zueinander angeordnet sein können. Das Strahlerelement ist vorteilhaft über den Verbindungspunkt **130** mit der Masseebene, über den Verbindungspunkt **120** mit dem Sender und über den Verbindungspunkt **110** mit dem Empfänger verbunden.

[0056] [Fig. 11](#) zeigt eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung, die in jedem der Abschnitte **101**, **102** des Strahlerelements eine Kerbe **175** aufweist. Diese Konfiguration besitzt eine ähnliche Wirkung wie die Verwendung eines oder mehrerer Löcher **170**, nämlich die Verbreiterung der Resonanzbänder des Strahlerelements. Die Kerben können ebenso verwendet werden, um die Anpassung des Strahlerelements an die Speiseleitungen einzustellen. Die gestrichelte Linie **180** zeigt den Bereich des Strahlerelements, der außerhalb der (nicht gezeigten) Masseebene liegt. Das Strahlerelement ist vorteilhaft über den Masseanschluss-Streifen **130** mit der Masseebene, über den Streifen **120** mit dem Sender und über den Streifen **110** mit dem Empfänger verbunden.

[0057] [Fig. 12a](#) veranschaulicht eine derartige vorteilhafte Ausführungsform, in der die Resonanzfrequenzen der Antenne sowohl mit der Form des Strahlerelements **100** als auch mit der Form der Masseebene **140** eingestellt werden. [Fig. 12a](#) zeigt eine Ker-

be **141**, die in der Masseebene **140** ausgebildet ist. Die Kerbe besitzt die Wirkung, die Resonanzfrequenzen der Antennenstruktur zu verringern. Die Form der Kerbe beeinflusst die anderen elektrischen Eigenschaften der Antennenstruktur, wodurch die Formung der Kerbe verwendet werden kann, um die Antennenstruktur an die Speiseleitungen anzupassen. Eine geeignete Form der Kerbe kann z. B. durch Experimentieren herausgefunden werden. Die Resonanzfrequenzen der Antennenstruktur können verringert werden, indem die Größe der Kerbe **141** geändert wird. Die effektive Größe der Kerbe **141** kann sogar nach der Herstellung der Antennenstruktur geändert werden, z. B. in der in [Fig. 12b](#) gezeigten Weise, indem bestimmte Stellen an den Seiten der Kerbe mit einem Schaltelement **142** kurzgeschlossen werden. Es kann mehr als ein Schaltelement **142** verwendet werden, wodurch die Kurzschlussstelle geändert werden kann, indem das gewünschte Schaltelement geschlossen wird. Dies erlaubt die Steuerung der Resonanzfrequenzen der Antennenstruktur durch die Steuereinheit eines Mobilkommunikationsmittels. Die Größe der Kerbe **141** kann außerdem unter Verwendung der Kurzschlussstreifen **143** eingestellt werden, wie in [Fig. 12c](#) gezeigt ist. [Fig. 12c](#) veranschaulicht ein Beispiel der Formung und Anordnung der Kurzschlussstreifen, wobei in verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung die Streifen außerdem in anderen Arten geformt und angeordnet sein können. Die Streifen können die Kerbe **141** z. B. in einem schiefen Winkel kreuzen oder eine Zickzack- oder Netzform bilden. Gemäß der Ausführungsform nach [Fig. 12c](#) kann die Resonanzfrequenz der Antennenstruktur eingestellt werden, indem einer oder mehrere der Kurzschlussstreifen **143** durchgeschnitten werden. Falls die Kurzschlussstreifen **143** eine netzähnliche Konfiguration bilden, kann die Form der Kerbe **141** außerdem geändert werden, indem einer oder mehrere der Kurzschlussstreifen durchgeschnitten werden. Eine Ausführungsform entsprechend [Fig. 12c](#) erlaubt die Verwendung eines in einer einzelnen Baureihe hergestellten Masseebenen-Bauelements in verschiedenen Mobilkommunikationssystemen mit verschiedenen Betriebsfrequenzbändern, wodurch die Antennenstruktur auf das spezielle Betriebsfrequenzband abgestimmt werden kann, indem eine gewünschte Anzahl der Kurzschlussstreifen **143** durchgeschnitten wird. Die Erfindung ist nicht auf den Ort der Kerbe **141** eingeschränkt, der in den [Fig. 12a](#), [Fig. 12b](#) und [Fig. 12c](#) gezeigt ist. In verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung kann sich die Kerbe **141** an anderen Orten in der Masseebene befinden.

[0058] Die Grundresonanz-Frequenzbänder der Antennenstruktur gemäß der Erfindung können vorteilhaft so optimiert sein, sodass sie den Empfangs- und Sendefrequenzen eines gewünschten Telekommunikationsnetzes, z. B. den Empfangs- und Sendefrequenzbändern des GSM900-Systems, ent-

sprechen, wobei die vorausgehend beschriebenen Anpassungselemente verwendet werden, um diese zwei Resonanzbänder in die entsprechenden Bänder eines weiteren Telekommunikationsnetzes zu übertragen. Bei einer derartigen Struktur gibt es keine Notwendigkeit, verschiedene Anpassungselemente für den Empfang oder das Senden während der Kommunikation in einem Netz zu verbinden oder zu trennen. Eine derartige Struktur kann z. B. vorteilhaft auf das Antennensystem nach [Fig. 5](#) angewendet werden, das einen einzelnen Speisepunkt besitzt. Ein derartiges System besitzt einen weiteren Vorteil, ein derartiges System erlaubt nämlich die einfache Befestigung eines Verbinders für eine externe Antennenstruktur, weil der Sender und der Empfänger von einer einzelnen Speiseleitung gespeist werden, an der ein derartiger Verbinder direkt befestigt werden kann.

[0059] Der Abschnitt des Strahlerelements, der sich über die Masseebene erstreckt, kann vorteilhaft in einer derartigen Weise angeordnet sein, dass der mittlere Abstand zu den umgebenden Bauelementen innerhalb der Mobileinheit maximiert oder optimiert ist. Dies kann z. B. bewirkt werden, indem das Strahlerelement gebogen wird, um diesen Abschnitt soweit wie möglich von den in der Nähe liegenden Bauelementen wegzubringen.

[0060] Die in Bezug auf die [Fig. 10a](#), [Fig. 10b](#) und [Fig. 11](#) erörterten Antennenstrukturen besitzen als einen weiteren Vorteil ein im hohen Grade kreuzpolarisiertes Strahlungsfeld, das fast rundstrahlend ist. Der hohe Grad der Kreuzpolarisation verbessert die Verbindung zwischen der Mobileinheit und der Antenne der Basisstation, indem er die Wirkung der Lage der Mobileinheit verringert.

[0061] Oben sind Antennenstrukturen beschrieben worden, die außer der Masseebene ein vorteilhaftes zweiteiliges Strahlerelement enthalten. In der Antennenstruktur der Erfindung ist es möglich, außer dem Strahlerelement passive Elemente der bekannten Technologie zu verwenden.

[0062] Die Antennenstruktur der Erfindung besitzt außerdem niedrige Herstellungs- und Materialkosten. Es gibt keine Notwendigkeit, das Antennenelement mit einer Schutzschicht zu versehen, da die Antenne am vorteilhaftesten innerhalb des Gehäuses der Mobilstation angeordnet sein kann. Das Material des Antennenelements kann herkömmliches Blechmaterial oder eine andere ähnliche Metallplatte sein, die leicht zu pressen und in anderen Arten zu verarbeiten ist. Das Trägermaterial der Antenne kann aus einem Kunststoffmaterial bestehen, das typischerweise im Gehäuse der Mobilstation verwendet wird.

[0063] Die Masseebene **140** der Antennenstruktur kann in vielen verschiedenen Arten ausgebildet sein.

Eine vorteilhafte Art ist, den auf der Leiterplatte **160** der Mobilstation ausgebildeten elektrisch leitenden Bereich als die Masseebene zu verwenden. Ein HF-Schutz eines Bauelements der Mobilstation kann z. B. außerdem als Masseebene verwendet werden. Der HF-Schutz des Antennenfilters kann als ein Beispiel angegeben werden. Falls die Mobilstation irgendein anderes Metallbauelement enthält, z. B. ein Metallteil im Rahmen der Mobilstation, kann dieses außerdem als Masseebene verwendet werden.

[0064] Die Form des Elements in [Fig. 1](#) schränkt die verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung nicht ein, sondern es ist außerdem möglich, die Antennenstruktur der Erfindung mit Antennenelementen mit anderen Formen mit zwei Resonanzfrequenzen zu schaffen, wobei die Elemente wenigstens zwei Verbindungspunkte enthalten, die unsymmetrisch zum Antennenelement angeordnet sind. Außerdem können verschiedene Ausführungsformen Elemente enthalten, die in mehr als zwei Teile unterteilt sind, um mehr als zwei Grundresonanzfrequenzen bereitzustellen.

[0065] Die Antennenstruktur der Erfindung kann außerdem in mehreren anderen Funkanwendungen des Standes der Technik der bekannten Technologie verwendet werden, die eine kleine Antenne erfordert, z. B. in einer Basisstation eines Funk-Bürosystems. Eine dünne ebene Antenne kann z. B. im selben Gehäuse mit anderen Bauelementen der Basisstation installiert sein, sodass eine kleine Basisstation einfach am Ort der Verwendung installiert sein kann, z. B. an einer Wand des Büroflurs, ohne die Antenne separat installieren zu müssen.

[0066] Die Antennenstruktur der Erfindung ist kleiner als eine herkömmliche Streifenantenne des Standes der Technik des gleichen Frequenzbereichs. Die Struktur der Erfindung kann leicht verwendet werden, um eine Antenne mit zwei oder mehr Frequenzbereichen herzustellen.

[0067] Die Antennenanordnung mit mehreren Frequenzbereichen der Erfindung ist kleiner als die herkömmlichen Lösungen, da die Struktur der Erfindung keine Duplexer erfordert, die größer als herkömmliche Halbleiterschalter, z. B. FET-Schalter, sind. Außerdem verkompliziert der Betrieb in mehreren Frequenzbereichen die herkömmliche Duplexstruktur beträchtlich, wobei folglich die Dämpfung des Duplexers relativ groß gemacht wird. Wenn ein herkömmlicher FET-Schalter verwendet wird, beträgt die Dämpfung nur etwa 0,3 dB.

[0068] Die Antennenstruktur der Erfindung ist klein und einfach herzustellen. Infolge der Abstimmeelemente ist das Stehwellenverhältnis in allen Betriebsfrequenzbändern sehr gut.

Patentansprüche

1. Antennenstruktur, die ein ebenes Antennenelement (**100**) und eine Masseebene (**114**) umfasst, so dass das Antennenelement mit der Masseebene an wenigstens einer Stelle kurzgeschlossen ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Antennenelement wenigstens zwei verschiedene Resonanzfrequenzen hat und dass das Antennenelement wenigstens zwei Verbindungspunkte (**110**, **120**) zum Verbinden der Speiseleitungen der Antennenstruktur besitzt, wobei die Antennenstruktur für die Bildung verschiedener Resonanzfrequenzen Lippen (**101**, **102**) unterschiedlicher Länge mit Spalten (**103**, **104**) dazwischen aufweist.

2. Antennenstruktur nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie zusätzlich ein Abstimmeelement (C1, C2, C3, C4, C5, C6) zum Ändern einer Resonanzfrequenz der Antennenstruktur umfasst.

3. Antennenstruktur nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eines des wenigstens einen Abstimmeelements zwischen den Verbindungspunkt des Antennenelements und das Massepotential geschaltet ist.

4. Antennenstruktur nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eines des wenigstens einen Abstimmeelements einen Teil der Speiseleitung der Antenne bildet.

5. Antennenstruktur nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass sie zusätzlich wenigstens einen Schalter umfasst, um optional wenigstens eines des wenigstens einen Abstimmeelements mit der Antennenstruktur zu verbinden.

6. Antennenstruktur nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass sie zusätzlich wenigstens einen Schalter umfasst, um optional mehr als eine Sender-Speiseleitung mit einem Verbindungspunkt des Antennenelements zu verbinden.

7. Antennenstruktur nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass sie zusätzlich wenigstens einen Schalter umfasst, um optional mehr als eine Empfänger-Speiseleitung mit einem Verbindungspunkt der Antenne zu verbinden.

8. Mobilstation, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Antennenstruktur nach Anspruch 1 enthält.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

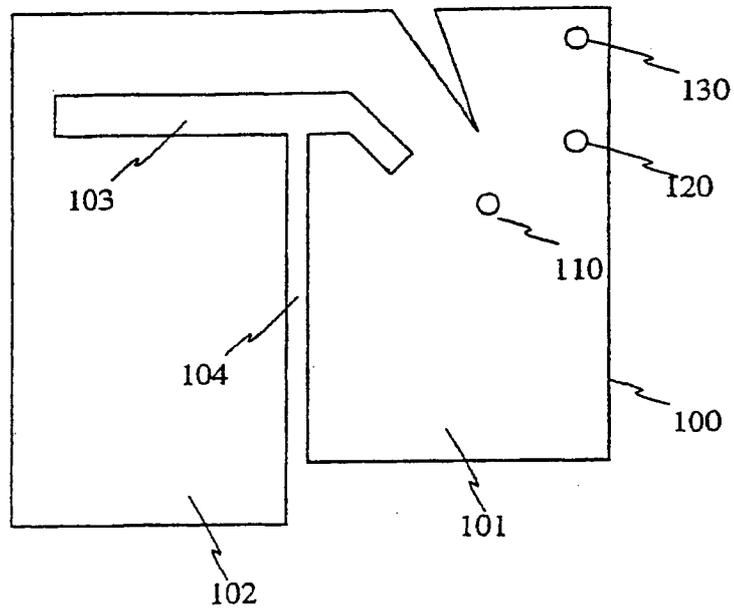


Fig. 1

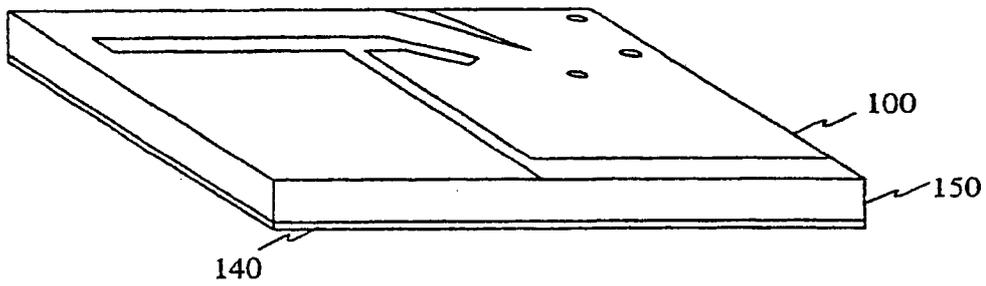


Fig. 2

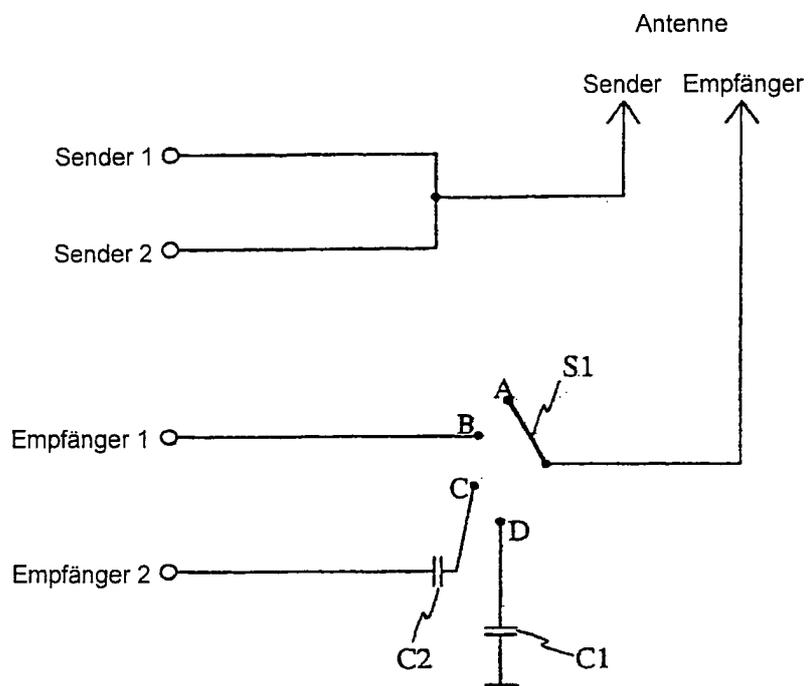


Fig. 3

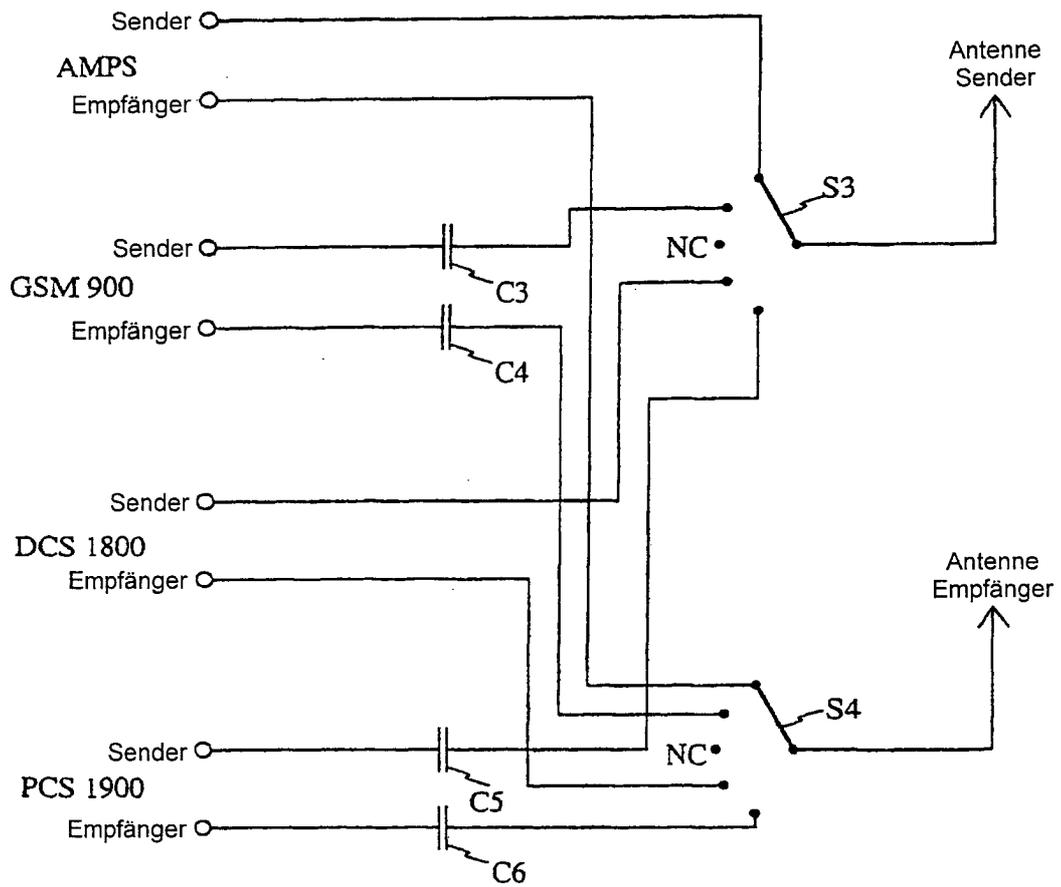


Fig. 4

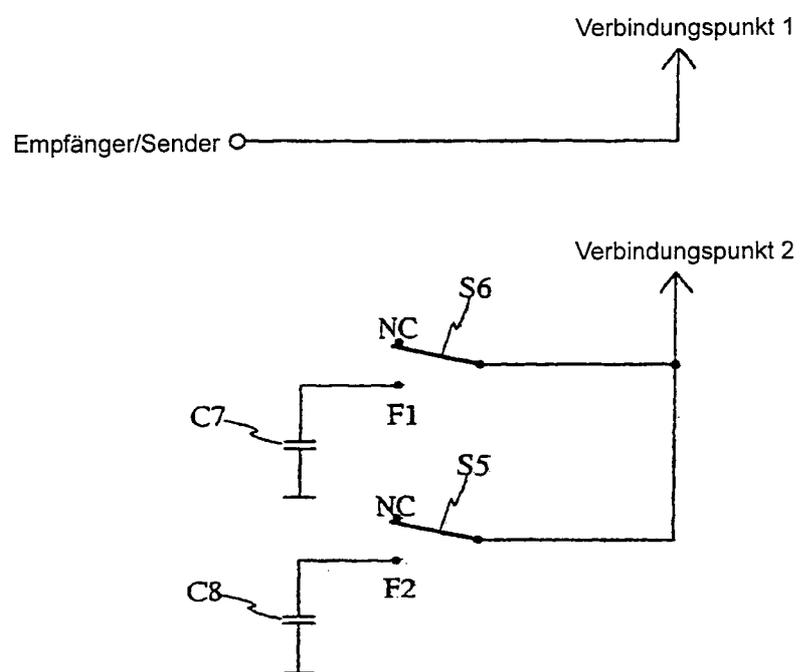


Fig. 5

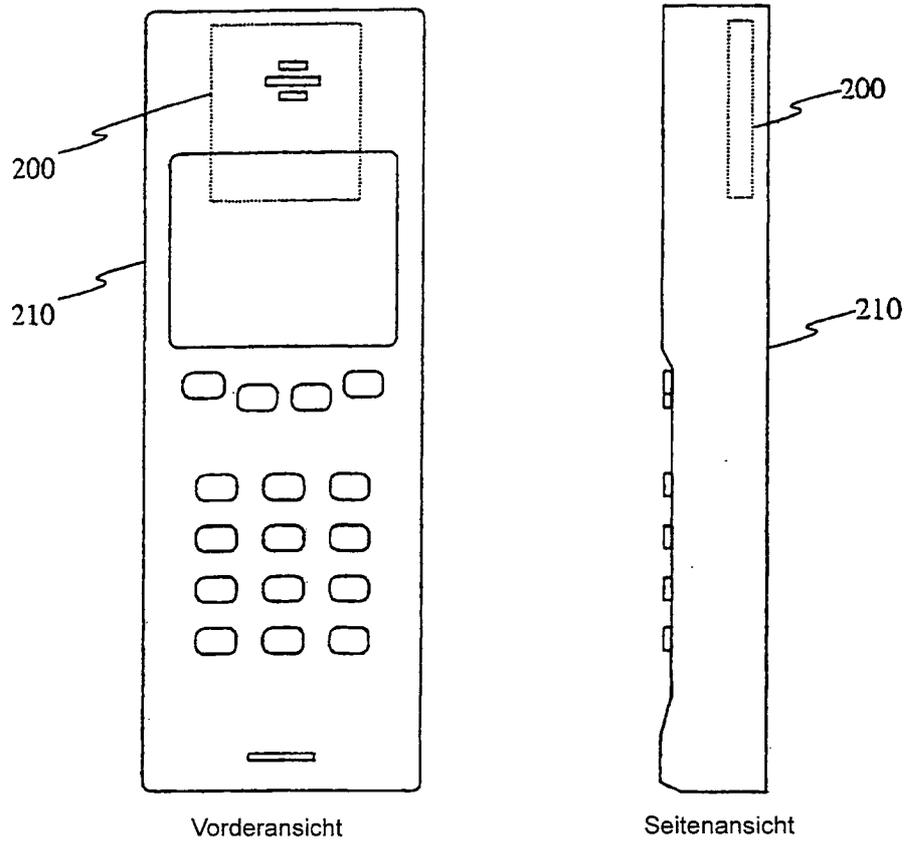


Fig. 6

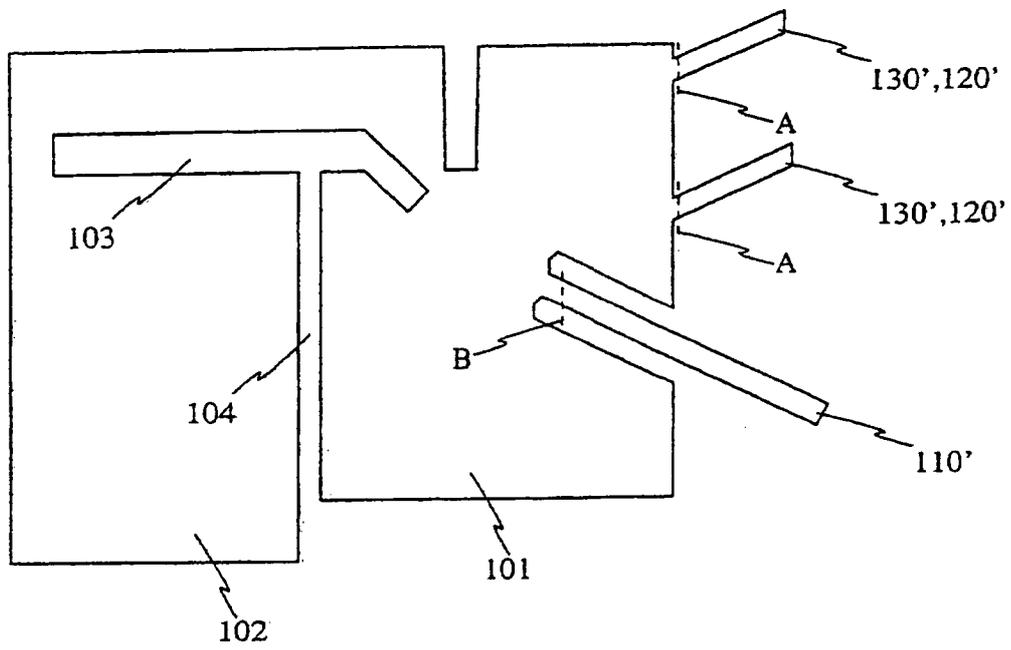


Fig. 7

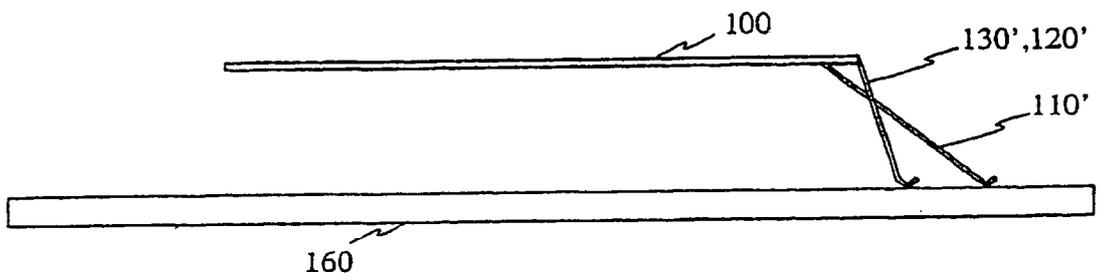


Fig. 8

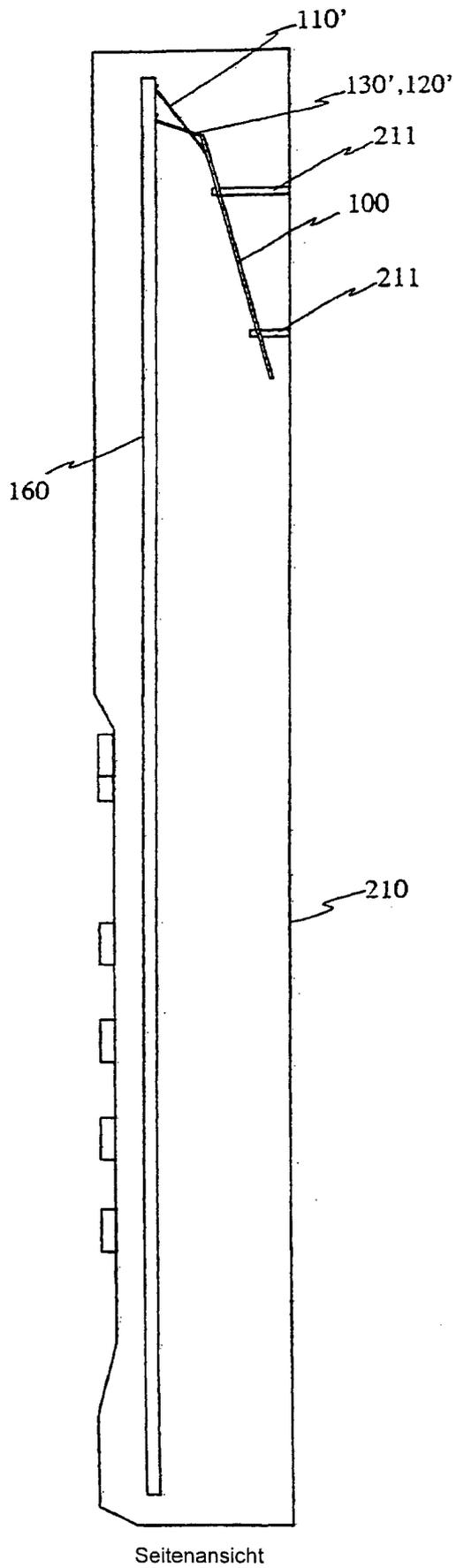


Fig. 9

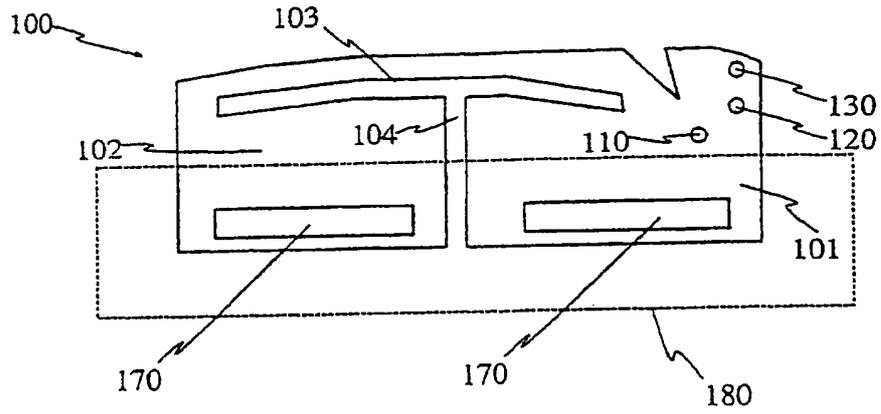


Fig. 10a

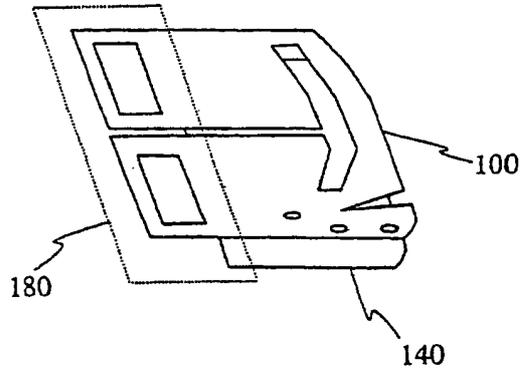


Fig. 10b

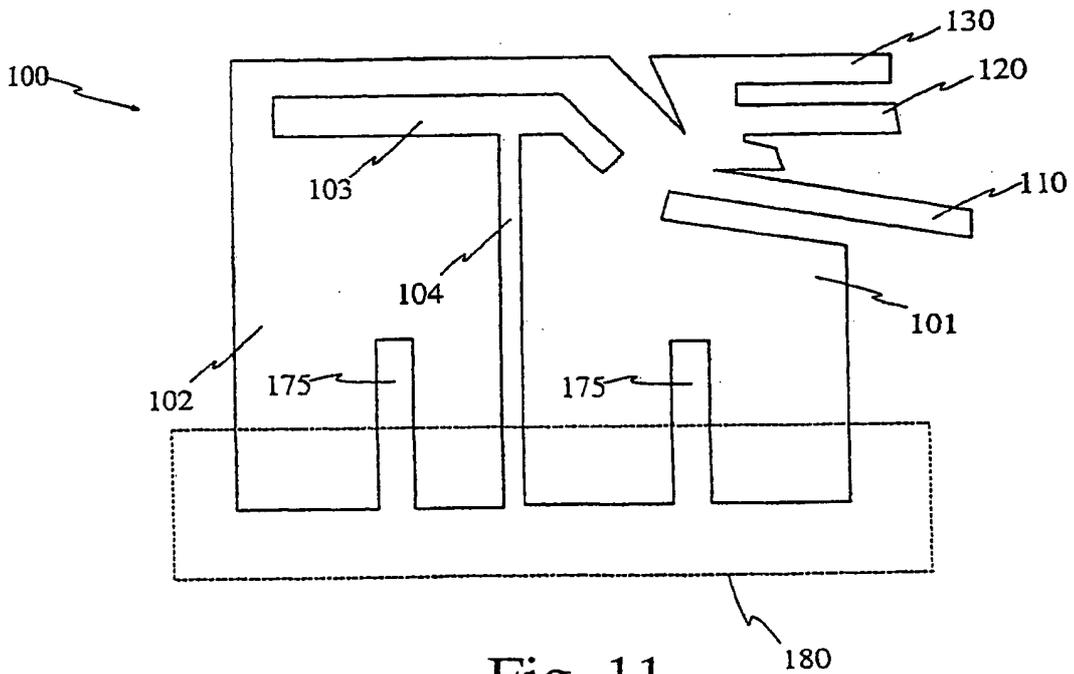


Fig. 11

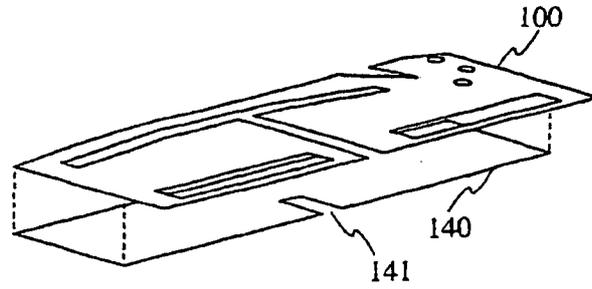


Fig. 12a

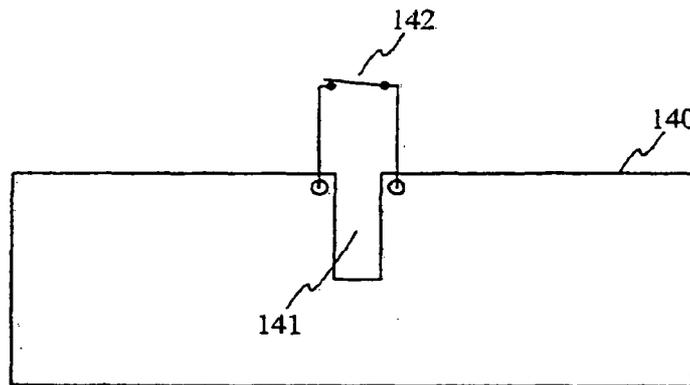


Fig. 12b

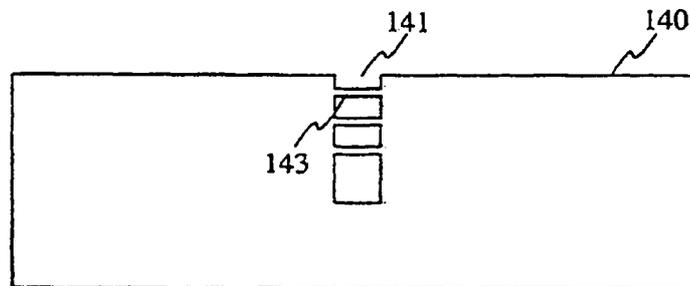


Fig. 12c