



(11) **EP 1 732 165 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
17.11.2010 Patentblatt 2010/46

(51) Int Cl.:
H01Q 9/04 ^(2006.01) **H01Q 1/24** ^(2006.01)
H01Q 5/00 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05011708.4**

(22) Anmeldetag: **31.05.2005**

(54) **Antennenstruktur für mobile Kommunikationsendgeräte**

Antenna structure for mobile communication terminals

Structure d'antenne pour terminaux de communication mobiles

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

(74) Vertreter: **Samson & Partner**
Widenmayerstrasse 5
80538 München (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.12.2006 Patentblatt 2006/50

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 851 533 EP-A- 1 079 463
EP-A- 1 494 315 WO-A-2004/109850
US-A1- 2002 068 603 US-B1- 6 225 952

(73) Patentinhaber: **Palm, Inc.**
Sunnyvale, CA 94085-2801 (US)

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 2000, Nr.**
09, 13. Oktober 2000 (2000-10-13) -& JP 2000
156607 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD),
6. Juni 2000 (2000-06-06)

(72) Erfinder:
• **Schmitz, Paul**
47546 Kalkar (DE)
• **Schroeder, Werner, Dr.**
46399 Bocholt (DE)

EP 1 732 165 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Antennenstruktur für mobile Kommunikationsendgeräte mit einer aktiven Masseebene zur Erzeugung einer für eine Abstrahlung der elektromagnetischen Wellen maßgeblichen Stromdichteverteilung und einem Anregerelement, das kapazitiv an die Masseebene gekoppelt ist, wobei die Masseebene im Wesentlichen rechtwinklig mit zwei kurzen und zwei langen Seiten ausgebildet ist.

[0002] Eine solche Antennenstruktur, bei der das Abstrahlungs-/Empfangselement, anders als beispielsweise bei den bekannten PIFA-Antennen, von der Masseebene gebildet wird, ist beispielsweise aus dem Fachartikel "Compact Antenna Structures for Mobile Handsets", von Juha Villanen et al., veröffentlicht anlässlich des "3rd COST 284 Management Committee Meeting Workshop", Budapest, Oktober 2003, bekannt. Theoretische Hintergründe für eine solche Antennenstruktur finden sich außerdem in dem Fachartikel "Resonator-Based Analysis of the Combination of Mobile Handset Antenna and Chassis", von B. Vainikainen et al., erschienen in IEEE Trans. Antennas Propagation, Vol. 50, Nr. 10, Seiten 1433 - 1444, Oktober 2002.

[0003] Dieser Antennenstruktur ist es eigentümlich, dass eine für die Abstrahlung maßgebliche Stromdichteverteilung auf einer gedruckten Schaltkreisplatine eines Mobiltelefons bzw. auf einem Chassis des Mobiltelefons selbst angeregt wird. Anstelle einer "Antenne" im herkömmlichen Sinne wird zum Erzeugen der gewünschten Stromdichteverteilung ein kapazitiv an die gedruckte Schaltkreisplatine gekoppeltes Anregerelement verwendet. Beispielsweise in dem oben erstgenannten Fachartikel wird vorgeschlagen, für die beiden Mobilfunk-Standardfrequenzbereiche GSM900 und GSM1800 jeweils eine gesonderte Antennenstruktur vorzusehen. Dort ist das kapazitiv angekoppelte Anregerelement an einer kurzen Seite der gedruckten Schaltkreisplatine angeordnet und liegt im Wesentlichen innerhalb einer von der gedruckten Schaltkreisplatine aufgespannten Ebene. In dem GSM900 Frequenzband wurde für eine Reflexionsdämpfung von 10 dB für das GSM900-Frequenzband eine Bandbreite von 50 MHz und im GSM1800-Frequenzband eine Bandbreite von 95 MHz erreicht. Es handelte sich dabei jeweils um separate Strukturen. Eine Lösung, das genannte Prinzip der kapazitiven Anregung in einer gemeinsamen Struktur für zwei weit auseinanderliegende Frequenzbänder zu realisieren, ist bisher nicht bekannt.

[0004] Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, die eingangs genannte Antennenstruktur derart zu verbessern, dass eine effektivere Anregung der Stromdichteverteilung der Masseebene erzielt wird.

[0005] EP 1 079 463 A2 offenbart eine Antennenstruktur mit zwei Anregerelementen, die in einer Ebene neben einander liegend angeordnet sind.

[0006] EP 1 494 315 A1 offenbart eine Antennenstruktur mit zwei Anregerelementen, die in zwei parallelen

Ebenen angeordnet sind.

[0007] JP 2000 156607 offenbart ein Antennensystem mit einem inneren Empfangselement und einem äußeren Sendeelement, die einer gemeinsamen Ebene angeordnet sind.

[0008] WO 2004/109850 A1 offenbart eine frequenzvariable Antenne mit variabler Reaktanz.

[0009] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Antennenstruktur mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

[0010] Danach ist vorgesehen eine Antennenstruktur für mobile Kommunikationsendgeräte mit einer aktiven Masseebene zur Ausbildung einer für eine Abstrahlung elektromagnetischer Wellen maßgeblichen Stromdichteverteilung und einem Anregerelement, das kapazitiv an die Masseebene gekoppelt ist, wobei die Masseebene im Wesentlichen rechtwinklig mit zwei kurzen und zwei langen Seiten ausgebildet ist, wobei das Anregerelement flach ausgebildet ist, senkrecht zu der Masseebene und einer kurzen Seite der Masseebene benachbart angeordnet ist und über eine Speiseleitung mit der Masseebene verbunden ist.

[0011] Eine solche Anordnung des Anregerelementes hat die Folge, dass es damit in den Bereich lokaler maximaler elektrischer Feldstärke einer Chassis-Ausbreitungsmode gelangt und bei gegebener Masseebene vom größtmöglichen elektrischen Fluss der zugehörigen Feldverteilung durchsetzt werden kann. Auf diese Weise wird eine besonders starke Kopplung an die Masseebene, die von einer Masse-Schicht einer gedruckten Schaltkreisplatine gebildet werden kann, erreicht. Dies wiederum bedeutet, eine besonders geringe Strahlungsgüte und damit eine besonders hohe Bandbreite für das Resonanzverhalten der Masseebene.

[0012] Erfindungsgemäß ist ein kapazitives Belastungselement etwa in der Mitte der kurzen Seite der Masseebene, welche der kurzen Seite mit benachbartem Anregerelement gegenüberliegt, mit der Masseebene elektrisch leitend verbunden ist.

[0013] Wenn beispielsweise die Abmessungen einer Schaltkreisplatine als Masseebene durch andere Randbedingungen vorgegeben sind, ist dies von Vorteil, nämlich wenn auf derjenigen kurzen Seite der Masseebene, welche der kurzen Seite mit benachbartem Anregerelement gegenüberliegt, ein kapazitives Belastungselement vorgesehen ist, das zur Anpassung einer Stromdichteverteilung der Masseebene an eine gewünschte Resonanzfrequenzband angepasst ist. Auf diese Weise kann insbesondere ein Vergrößern einer elektrischen Länge im Hinblick auf die Mobilfunk-Frequenzbänder GSM850 und GSM900 mit Hilfe kapazitiver Endbelastung durch das Belastungselement herbeigeführt werden. Im Hinblick auf die hochfrequenten Frequenzbänder für DCS und PCS kann dabei durch die erfindungsgemäße Gestaltung des Belastungselementes gleichzeitig eine Verringerung der wirksamen elektrischen Länge erzielt werden. Dazu ist das Belastungselement derart ausgebildet und angeordnet, dass sich für die Masseebene in deren Längsrichtung von dem Anregerelement aus ei-

ne elektrische Länge, entsprechend einer halben gewünschten Resonanzwellenlänge, einstellt, an deren Ende mittels des Belastungselementes eine Knotenlinie der Stromdichteverteilung erzwungen wird und ferner erreicht wird dass die parallel zur Längsachse der Masseebene orientierte Stromdichte auf Masseebene und Belastungselement jenseits der Knotenlinie insgesamt im Mittel sehr klein wird.

[0014] Ferner ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass zwischen dem Belastungselement und der Masseebene geschlossene Schlitze jeweils mit einer Länge ausgebildet sind, die einem Viertel einer Wellenlänge einer Zielfrequenz entspricht.

[0015] Bevorzugt sind die Ecken der kurzen Seite der Masseebene, die dem Anregerelement benachbart ist, abgeschrägt. Ein solches "Anspitzen" der Massefläche bewirkt eine Konzentration einer Verteilung elektrischer Ladung im mittleren Bereich dieser kurzen Seite der Masseebene. Wenn das Anregerelement ebenfalls etwa in der Mitte der kurzen Seite angeordnet ist, durchsetzt ein wesentlich größerer Teil des von dieser Ladung ausgehenden elektrischen Flusses das Anregerelement, was wiederum eine stärkere Kopplung zwischen Anregerelement und Masseebene, eine geringere Strahlungsgüte und eine dadurch größere Bandbreite zur Folge hat. Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform sieht alternativ oder zusätzlich im mittleren Bereich der kurzen Seite der Masseebene, welche dem Anregerelement zugewandt ist eine senkrecht dazu angebrachte Fläche vor, die ebenfalls die Konzentration der Ladung im mittleren Bereich unterstützt.

[0016] Zur Unterstützung zweier verschiedener Mobilfunk-Frequenzbereiche, beispielsweise der Bereich für GSM850 und GSM900 einerseits und DCS und PCS andererseits ist es von Vorteil, wenn das Anregerelement in einen inneren Anregerelementabschnitt für ein höherfrequentes Spektralband und einen äußeren Anregerelementabschnitt für ein niedrigerfrequentes Spektralband aufgeteilt ist. Dabei sind dann die beiden Anregerelementabschnitte elektrisch durch einen umlaufenden Spalt voneinander getrennt, wobei an einer Stelle ein Steg zur mechanischen Halterung des äußeren Anregerelementabschnitts verbleiben kann.

[0017] In dieser Weise kann der äußere Anregerelementabschnitt zur Unterstützung der Mobilfunkfrequenzbänder GSM850 und GSM900 dienen, während der innere Anregerelementabschnitt den höherfrequenten Frequenzbändern für DCS und PCS zugeordnet ist, die ihre Mittenfrequenzen bei 1800 bzw. 1900 MHz haben.

[0018] Für jeden der Anregerelementabschnitte kann eine gesonderte, zu der Masseebene führende Speiseleitung mit jeweils separaten Speisepunkten vorgesehen sein. Dies ermöglicht eine getrennte Zuleitung für das niedrigerfrequente und das höherfrequente Spektralband, wobei eine Kopplung insbesondere von dem inneren Anregerelementabschnitt zu dem äußeren stattfinden kann.

[0019] Bevorzugt weist die Speiseleitung eine einge-

fügte Impedanz auf, deren Wert umschaltbar oder kontinuierlich einstellbar ist, z.B. eine Induktivität, die umschaltbar ist. Für dieses Ausführungsbeispiel kann die Speiseleitung in Streifenleitungstechnik ausgeführt sein und ein Teilstück der Speiseleitung kann eine umschaltbare Speiseleitungsbreite aufweisen. Eine solche umschaltbare Speiseleitungsbreite kann dadurch realisiert sein, dass in dem Teilstück die Speiseleitung mittig geschlitzt und eine der Speiseleitungshälften mit einem Schalter versehen ist. Durch Schließen des Schalters kann die Induktivität gegenüber einem vorhergehenden nicht zugeschalteten Zustands verändert werden. Dies geschieht bevorzugt derart, dass beispielsweise durch Verringerung der Induktivität von dem GSM850-Band auf das GSM900-Band angepasst wird. Die Anpassung hat Auswirkungen für die Resonanzfrequenzen der Einheit aus Speiseleitung und Anregungselement. Selbstverständlich können bei aufgeteiltem Anregerelement beide vorgesehenen Speiseleitungen mit derart variabler Serienimpedanz versehen sein, so dass sowohl innerhalb des niedrigerfrequenten als auch innerhalb des höherfrequenten Spektralbandes unabhängig umgeschaltet werden kann. Die Anregerstruktur für das höherfrequente Band kann dabei beispielsweise zwischen den Einstellungen DCS- und PCS-Band einerseits und PCS-Band und UMTS-Band andererseits umgeschaltet werden.

[0020] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen noch näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 eine perspektivische Ansicht einer Antennenstruktur mit zwei Anregerelementabschnitten, einer Masseebene und einem Belastungselement,
- Figur 2 eine Draufsicht der Antennenstruktur von Figur 1,
- Figur 3 eine Seitenansicht der Antennenstruktur von Figur 1,
- Figur 4 eine weitere perspektivische Ansicht der Antennenstruktur von Fig. 1,
- Figur 5 eine Ansicht eines Teilstücks einer Speiseleitung der Antennenstruktur nach Figur 1,
- Figur 6 eine Aufsicht auf eine Metallisierungsstruktur im Bereich der Anregerelementabschnitte für die Antennenstruktur von Figur 1,
- Figur 7 eine Draufsicht der Antennenstruktur von Figur 1 mit Darstellung einer elektrischen Stromdichteverteilung bei Anregung im höherfrequenten Band,
- Figur 8 eine graphische Darstellung einer Abhängig-

keit zweier Eingangsreflexionsfaktoren an zwei Speisepunkten der Antennenstruktur von Figur 1 als Funktion der Frequenz,

Figur 9 eine Draufsicht auf ein alternatives Anregerelement, welches zusätzlich einen Diversity-Betrieb ermöglicht, und

Figur 10 eine Seitenansicht des Anregerelementes von Figur 9.

[0021] Die in den Figuren 1 bis 4 vollständig dargestellte Antennenstruktur weist eine Masseebene 1 auf, bei der es sich beispielsweise um eine Masse-Schicht einer bei Mobiltelefonen typischer Weise eingesetzten elektrischen Schaltkreisplatine handeln kann, die Träger der erforderlichen elektrischen Baugruppen zur Unterstützung der Funktionalitäten des Mobiltelefons ist. Die Masseebene 1 ist kapazitiv mit einem Anregerelement A1 gekoppelt, welches in einen äußeren Anregerelementabschnitt 2 und einen inneren Anregerelementabschnitt 3 aufgeteilt ist. Das Anregerelement A1 ist im Wesentlichen senkrecht zu einer Ebene angeordnet, welche von der Masseebene 1 aufgespannt wird. Dabei ist der innere Anregerelementabschnitt 3 lang gestreckt ausgebildet und wird von dem äußeren Anregerelementabschnitt 2 unter Freilassung eines Spaltes umschlossen. Der äußere Anregerelementabschnitt 2 dient zur Unterstützung von niedrigerfrequenten Mobilfunk-Frequenzbändern, beispielsweise GSM850 und GSM900, während der innere Anregerelementabschnitt 3 für die bei 1800 bzw. 1900 MHz liegenden Frequenzbänder für DCS und PCS ausgelegt ist. Insofern können die beiden Anregerelementabschnitte 2, 3 als im Wesentlichen unabhängig voneinander betreibbare Anregerelemente aufgefasst werden.

[0022] Bei einem vereinfachten Ausführungsbeispiel der Antennenstruktur könnte auch auf die Teilung des Anregerelementes A1 in die Anregerelementabschnitte 2 und 3 verzichtet werden und ein gemeinsamer Anreger für alle Bänder verwendet werden. Vorteilhaft ist die Teilung zum einen in Hinblick auf die Entkopplung der Speisepunkte für das niederfrequente und das höherfrequente Spektralband, zum anderen in Hinblick auf die Möglichkeit, die durch die Anregerelemente zusammen mit ihren Speiseleitungen gebildeten Resonatoren weitgehendst unbeeinflusst voneinander durch elektrische Schaltelemente abstimmen zu können. Von grundsätzlicher Bedeutung ist jedoch die im Wesentlichen senkrechte Anordnung der Anregerelementabschnitte 2, 3, welche zur Folge hat, dass sie in den Bereich einer lokal maximalen elektrischen Feldstärke einer abstrahlenden Stromdichteverteilung auf der Masseebene 1 gelangen und damit vom größtmöglichen elektrischen Fluss der zugehörigen Feldstärkeverteilungen durchgesetzt werden. Ergebnis ist, dass eine besonders starke Kopplung zwischen den Anregerelementabschnitten 2, 3 und den gewünschten Stromdichteverteilungen auf der Masseebe-

ne 1 herbeigeführt wird, was eine erwünschte, geringe Strahlungsgüte mit hoher Bandbreite nach sich zieht.

[0023] Die Masseebene 1 weist an derjenigen kurzen Seite, die dem Anregerelement A1 zugeordnet ist, abgeschrägte Ecken 1a auf, die bewirken, dass die in dem angrenzenden Bereich der Massefläche 1 befindliche Ladung einen elektrischen Fluss erzeugt, der das Anregerelement A effizient durchsetzt.

[0024] Wie insbesondere aus Figur 1 deutlich hervorgeht, ist der innere Anregerelementabschnitt 3 über eine Speiseleitung 5 mit der Masseebene 1 verbunden, was im Einzelnen heißt, dass die Speiseleitung 5 auf Seiten der elektrischen Schaltkreisplatine an einem Endpunkt mit deren Masseschicht verbunden ist. In dem durch die angestrebte Eingangsimpedanz definierten Abstand von diesem Endpunkt befindet sich ein unsymmetrischer Speisepunkt 5a. Während die Speiseleitung 5 über der Masseebene 1 verläuft, gilt dies in dem dargestellten Ausführungsbeispiel nur teilweise für die Speiseleitung 4 für den äußeren Anregerelementabschnitt 2, denn sie ist an einer Stelle senkrecht zu der Masseebene 1 heraufgeführt und dann parallel zu der Masseebene 1 an den äußeren Anregerelementabschnitt 2 angeschlossen. Diese spezielle Leitungsführung ist für eine Funktion der Antennenstruktur nicht von hoher Bedeutung. Die Speiseleitung 4 könnte ebenso auf dem Dielektrikum (der Masseebene 1) angeordnet sein. Der ebenfalls unsymmetrische Speisepunkt 4a befindet sich wiederum in dem durch die angestrebte Eingangsimpedanz definierten Abstand von dem mit der Masseebene 1 verbundenen Endpunkt der Leitung 4.

[0025] Aus der Figur 7 geht zudem die Ausbildung einer einem elektrischen Dipol entsprechenden resonanten Stromdichteverteilung von der Knotenlinie L bis zu der dem Anregerelement A1 zugewandten kurzen Seite der Massefläche 1 hervor, wenn die Anregung im höherfrequenten Spektralband erfolgt, wobei diese Stromdichteverteilung für die Strahlungscharakteristik der Antennenstruktur maßgeblich ist.

[0026] Es ist darauf hinzuweisen, dass durch die Teilung des Anregungselementes A1 in die Anregerelementabschnitte 2, 3 in der gewählten Anordnung eine Anregung sowohl im hochfrequenten als auch im niederfrequenten Bereich ermöglicht wird, weitestgehend ohne gegenseitige Beeinflussung. Dabei wird eine kapazitive Kopplung zwischen dem inneren Anregerelementabschnitt 3 und dem äußeren Anregerelementabschnitt 2 gezielt ausgenutzt, um eine größere effektive Fläche für die hochfrequenten Frequenzbänder wie DCS und PCS bereitzustellen. Dabei koppelt der innere Anregerelementabschnitt 3, der für die hochfrequenten Bänder wirksam ist, teilweise direkt auf die Masseebene 1 und teilweise indirekt, unter Zwischenschaltung des äußeren Anregerelementabschnitts 2 mit der Masseebene 1. Ein wesentlicher Vorteil dieser Lösung gegenüber einer multiresonanten Antennenstruktur besteht darin, dass aufgrund der elektrischen Abstimbarkeit in beiden Bändern, d. h. dem niederfrequenten Spektralband und dem

hochfrequenten Spektralband, jeweils höhere Nutzbandbreiten erreichbar sind, als es sonst möglich wäre.

[0027] Während die Anregerelementabschnitte 2, 3 einer ersten kurzen Seite der Massefläche 1 benachbart angeordnet sind, ist ausgehend von der anderen kurzen Seite der Massefläche 1 ein Belastungselement 6 vorgesehen, das etwa in der Mitte dieser kurzen Seite elektrisch leitend mit der Massefläche 1 verbunden ist.

[0028] Das Belastungselement 6 dient im vorliegenden Ausführungsbeispiel zur Verkürzung der wirksamen elektrischen Länge der Masseebene 1 im Hinblick auf die DCS- und PCS-Bänder, während gleichzeitig eine Vergrößerung der elektrischen Länge für GSM850 und GSM900 mittels kapazitiver Endbelastung erreicht werden soll. Die Verringerung der elektrischen Länge für das DCS- und das PCS-Band wird dadurch erreicht, dass eine Knotenlinie L für die Stromdichteverteilung der Masseebene 1 in einem Abstand einer effektiven Halbwellenlänge von der kurzen Seite der Masseebene 1, der die Anregerelementabschnitte 2, 3 benachbart sind, erzeugt wird. (vgl. Figur 7). Zu diesem Zweck bewirkt das Belastungselement 6 durch Ausbildung eines Spaltes 7 zu beiden Seiten der Massefläche 1 eine resonante Abschirmung, wobei der Schlitz 7 einer Viertelwellenlänge entspricht und aus diesem Grunde im dargestellten Ausführungsbeispiel jeweils um eine Ecke der Masseebene 1 herum verläuft. Die derart realisierten parasitären Viertelwellenresonatoren sind im Wesentlichen nicht strahlend aufgrund der entgegengesetzten Richtungen der Stromdichtevektoren auf dem abschirmend wirkenden Belastungselement 6 und der Masseebene 1. Für die parasitären Viertelwellenresonatoren kann erwartet werden, dass sie nur geringe dissipative Verluste mit sich bringen.

[0029] Die effektive elektrische Länge für die Benutzung der Massefläche 1 als Abstrahlungsfläche für die hochfrequenten Bänder PCS und DCS wird daher von einem Anteil der Massefläche 1 gebildet, der zwischen den Anregerelementabschnitten 2, 3 und den nahen Enden der Schlitz 7 liegt.

[0030] Im Hinblick auf die niedrigfrequenten Spektralbänder für die Mobilfunk-Standards GSM850 und GSM900 wirkt das Belastungselement 6 als kapazitive Endbelastung zur Vergrößerung der elektrischen Länge. Hier bildet sich die in Figur 7 dargestellte Knotenlinie nicht aus.

[0031] Das Belastungselement 6 gewährt den Vorteil, dass sowohl in den niederfrequenten als auch in den hochfrequenten Spektralbändern eine dipolähnliche Rundstrahl-Charakteristik erzielt werden kann, was in letzterem Falle auf die resonante Abschirmung durch das Belastungselement 6 zurückzuführen ist.

[0032] Nachfolgend wird erläutert, wie mit Hilfe von Modifikationen beispielsweise an der Speiseleitung 4 im Bereich zwischen dem Speisepunkt 4a und dem Anregerelementabschnitt 2, erreicht werden kann, dass sich der äußere Anregerelementabschnitt 2 abstimmen lässt. In der Figur 5 ist ein Teilstück T1 aus dem genannten

Bereich der Speiseleitung 4 teilweise schematisch dargestellt. In diesem Teilstück T1 ist die Speiseleitung 4 über eine Strecke mittig geschlitzt, so dass die Speiseleitung 4 in zwei Hälften aufgeteilt wird. Die eine Hälfte H1 ist durchgehend, während die andere Hälfte H2 mit Hilfe eines Schalters S zuschaltbar ist. Auf diese Weise kann eine effektive Leiterbreite in dem Teilstück T durch Betätigung des Schalters S abgestimmt werden. Durch Schließen oder Öffnen des Schalters wird die effektive Leiterbreite und damit die Induktivität des Teilstücks T1 verändert, wobei die Induktivität und die Leiterbreite in erster Näherung im umgekehrt proportionalen Verhältnis zueinander stehen. Demgegenüber bleibt eine Kapazität des Teilstücks T1 im Wesentlichen unverändert. Durch Betätigen des Schalters S kann die Resonanzfrequenz der Kombination aus Speiseleitung 4 und Anregerelementabschnitt 2 verändert werden, insbesondere eine Anpassung an das GSM850 oder das GSM900 Band herbeigeführt werden. Der Schalter S kann alternativ auch als Varaktor ausgeführt sein wobei in Verallgemeinerung des eben beschriebenen Vorgehens die Serienimpedanz des Teilstücks T1 verändert wird. Das Einbringen des Schalters bzw. Varaktors in die Speiseleitung bietet den Vorteil, dass über dem Schaltelement nur eine relativ geringe HF-Spannung abfällt. Da auch nur etwa die Hälfte des Stroms durch den Schalter S fließt, verringert sich eine Verlustleistung im Schaltelement um beispielsweise 6 dB im Vergleich zu dem Fall dass der Gesamtstrom geschaltet würde. Obwohl in den Figuren nicht gezeigt, kann ein ebensolches Teilstück auch in der Speiseleitung 5 für die hochfrequenten Bänder DCS und PCS vorgesehen sein.

[0033] Es ist hervorzuheben, dass es durch die Ausbildung des in Figur 5 dargestellten Teilstücks T1 der Speiseleitung 4 ermöglicht wird, trotz einer Nicht-Linearität der als Schaltelemente zur Verfügung stehenden Bauelemente einschlägige Spezifikationen der zu unterstützenden Mobilfunkstandards hinsichtlich Emissionsmaske und Abstrahlung von Harmonischen einzuhalten.

[0034] Aus der Figur 6 geht die Ausbildung der Speiseleitungen 4, 5 zu den Anregerelementabschnitten 2, 3 im Vergleich zur Figur 1 mehr im Detail hervor. Auch dort ist ein Teilstück T2 der Speiseleitung 4 zwischen dem Speisepunkt 4a und dem Anregerelement 2 mittig geschlitzt. Eine zuschaltbare Hälfte dieses Teilstücks T2 der Speiseleitung 4 ist dort beispielsweise mit zwei Leiterbahnunterbrechungen 4b zur Aufnahme zweier in Serie geschalteter Schaltelemente ausgeführt, wobei es sich um Halbleiterschalter, z.B. Feldeffekttransistoren oder Halbleitervaraktoren oder Mikroelektromechanische Schalter (MEMS Schalter) handeln kann.

[0035] In der Figur 8 sind nunmehr jeweils eine Abhängigkeit zwischen einem Eingangsreflexionsfaktor am Speisepunkt 4a der Leitung 4 bzw. 5a der Leitung 5 und der Frequenz graphisch dargestellt. Die durchgezogenen Linien sind jeweils der Abstimmungspunkt für GSM850 und die gestrichelten Linien der Abstimmungspunkt für GSM900 zugeordnet. Bezüglich des Speisepunktes 4a

finden sich ohne weiteres, in Abhängigkeit von der Abstimmung, Reflexionsminima bei 850 MHz bzw. 900 MHz. Bezüglich des Speisepunktes 5a findet sich, unabhängig von der Abstimmung, ein weiterer Bereich geringen Eingangsreflexionsfaktors von 1700 MHz bis 2000 MHz, der im wesentlichen auf die Halbwellenresonanz auf der Masseebene 1 im Bereich zwischen der anregerseitigen kurzen Seite der Masseebene und der Knotenlinie L zurückzuführen ist und der durch Kopplung mit der Resonanz des durch die Speiseleitung 5 und das Anregerelement 3 gebildeten Resonators zusätzlich verbreitert wird.

[0036] In den Figuren 9, 10 ist eine alternative Ausführungsform der Antennenstruktur gezeigt, wobei ein alternatives Anregerelement A2 zusammen mit einem benachbarten Teil der Masseebene 1 dargestellt ist. Das Anregerelement A2 entspricht im Wesentlichen dem Anregerelementabschnitt 2 für die Mobilfunkstandards GSM850 und GSM900, ist jedoch entlang einer Ebene, die senkrecht zur Masseebene 1 verläuft und eine Längsachse der Masseebene 1 enthält, geteilt. Auch ist eine Speiseleitung 8, die im Wesentlichen wie die Speiseleitung 4 verläuft, über einen Abschnitt von dem Anregerelement A2 aus, der hinsichtlich seiner Länge etwa einem Viertel einer Wellenlänge einer Zielfrequenz entspricht, geteilt. Auf diese Weise entsteht ein Dipol, der unabhängig von weiteren Mobilfunkbändern angeregt werden kann. Dabei erfolgt die Anregung des Dipols symmetrisch an einem Speisepunkt 8a der symmetrisch geschlitzten Zuleitung in einem höherfrequenten Band während die Anregung für GSM850 und GSM900 wie zuvor beschrieben weiterhin unsymmetrisch an einem dem Speisepunkt 4a entsprechenden Speisepunkt 8b der Speiseleitung 8 erfolgt. Die kurze Seite der Masseebene 1, die dem Anregerelement A2 zugewandt ist, weist Schlitz 10 auf, die beispielsweise etwa von der Mitte der kurzen Seite der Masseebene 1 aus in Richtung auf die jeweiligen langen Seiten und ein Stück entlang der jeweiligen langen Seiten verlaufen, so dass eine Schlitzlänge erreicht wird, welche etwa einer Viertelwellenresonanz bei der höherfrequenten Anregungsfrequenz des Dipols entspricht. Aufgabe dieser resonanten Schlitz 10 ist es, das mit Hilfe der geteilten Ausbildung der Speiseleitung 8 und des Anregerelementes A2 ermöglichte elektrische Dipolfeld nicht durch die Masseebene 1 kurz-zuschließen.

[0037] Die zur Realisierung einer Viertelwellenleitung mit hoher Impedanz am offenen Ende symmetrische Teilung des Anregerelementabschnittes 2 und seiner Speiseleitung 4 sowie die symmetrische Schlitzung der Masseebene 1, welche zu der Anordnung nach Fig. 9 führt, kann nun dahingehend erweitert werden, dass auch der Anregerelementabschnitt 3 wieder eingeführt und zusammen mit seiner Speiseleitung 5 ebenfalls symmetrisch so geteilt wird, dass ein Kurzschluss des Dipolfeldes des Dipols, welcher gemeinsam mit dem Anregerelementabschnitt 2 realisiert wurde, vermieden wird. Es stehen dann in einem höherfrequenten Spektralbereich

zwei unabhängige Strahler zur Verfügung, von denen einer durch Anregung des Chassis mittels Anregerelementabschnitt 3 und einer als Dipol realisiert ist. Aufgrund einer Orthogonalität der Feldverteilungen des Dipolfeldes und der Chassis-Ausbreitungsmoden kann eine ausgezeichnete Entkopplung erwartet werden. Durch die Maßnahmen wird eine zusätzliche resonante Antenne mit unterschiedlicher Polarisierung und Richtcharakteristik und separatem Speisepunkt erreicht, die für eine Empfangs-Vielfalt beispielsweise im UMTS-Band oder alternativ im PCS-Band einsetzbar ist. Die Funktion der ursprünglich ungeteilten Anregerelementabschnitte 2, 3 bleibt dabei auch in der geteilten Realisierung zur Anregung des Chassis in einem niedrigeren Frequenzband und in einem höheren Frequenzband erhalten.

[0038] Die oben erläuterten Antennenstrukturen gemäß den Figuren 1 bis 4 zeichnen sich insbesondere durch eine erhebliche Reduzierung der Strahlungsgüte gegenüber konventionellen Lösungen aus, deren unmittelbare Folge eine erhebliche Erhöhung einer Bandbreite ist.

[0039] Erste Messungen haben gezeigt, dass die Anregerelementabschnitte 2,3 bezüglich einer Verstimmung der Antennenstruktur beispielsweise durch den Kopf oder eine Hand eines Benutzers sehr unempfindlich sind, was für einen praktischen Einsatz der Antennenstruktur von hervorgehobener Bedeutung ist. Für die beiden hochfrequenten Mobilfunkbänder DCS und PCS ergibt sich eine verbesserte Richtcharakteristik die zu einer Erhöhung der sog. "Near Horizon Partial Radiated Power" führt. Auch für die unteren Mobilfunkbänder, wie GSM850 und GSM900, ergibt sich eine verbesserte Antenneneffizienz.

[0040] Die genannten Vorteile werden erreicht, obwohl zugleich ein Volumen der Antennenstruktur im Vergleich zu beispielsweise den heute häufig verwendeten PIFA-Antennen erheblich verkleinert werden kann. Realisiert wurde bereits ein Quadband-Prototyp mit weniger als drei cm³ Antennenvolumen (Anregerelementvolumen) auf einer elektrischen Schaltkreisplatte mit einer Gesamtfläche von 100 mm x 40 mm, und zwar bei einer Gesamtdicke des Aufbaus der Antennenstruktur von lediglich 10 mm. Der Quadband-Prototyp zeigte in den vier Mobilfunk-Frequenzbändern bei 850, 900, 1800 und 1900 MHz eine Reflexionsdämpfung von wenigstens 10 dB.

[0041] Die Anordnung der Anregerelementabschnitte 2,3 bzw. der erweiterten, alternativen Ausführungsform des Anregerelements A2 in der beschriebenen senkrechten Art zur Masseebene 1 hat außerdem den Vorteil, dass die gesamte elektrische Schaltkreisplatte auf beiden Seiten frei zur Platzierung von weiteren elektronischen Komponenten bleibt.

Patentansprüche

1. Antennenstruktur für mobile Kommunikationsend-

geräte mit einer aktiven Masseebene (1) zur Ausbildung einer für eine Abstrahlung elektromagnetischer Wellen maßgeblichen Stromdichteverteilung, und einem Anregerelement (A1, A2), das kapazitiv an die Masseebene (1) gekoppelt ist, wobei die Masseebene (1) im Wesentlichen rechtwinklig mit zwei kurzen und zwei langen Seiten ausgebildet ist, wobei das Anregerelement (A1, A2) flach ausgebildet ist, senkrecht zu der Masseebene (1) und einer kurzen Seite der Masseebene (1) benachbart angeordnet ist und über eine Speiseleitung (4, 5, 8), welche einen Speisepunkt (4a, 5a, 8a, 8b) enthält, mit der Masseebene (1) verbunden ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

etwa in der Mitte der kurzen Seite der Masseebene (1), welche der kurzen Seite mit benachbartem Anregerelement (A1, A2) gegenüberliegt, ein kapazitives Belastungselement (6) mit der Masseebene (1) elektrisch leitend verbunden ist, und zwischen dem Belastungselement (6) und der Masseebene (1) geschlossene Schlitze (7) jeweils mit einer Länge ausgebildet sind, die einem Viertel einer Wellenlänge einer Zielfrequenz entspricht.

2. Antennenstruktur nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die geschlossenen Schlitze (7) jeweils ausgehend von der kurzen Seite der Masseebene (1), die den kurzen Seiten mit benachbartem Anregerelement (A1, A2) gegenüberliegt, um eine entsprechende Ecke der Masseebene herum verlaufen.
3. Antennenstruktur nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ecken (1a) der kurzen Seite der Masseebene (1), die dem Anregerelement (A1, A2) benachbart ist, abgeschrägt sind.
4. Antennenstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Anregerelement (A1, A2) in einen inneren Anregerelementabschnitt (2) für ein höherfrequentes Spektralband und einen äußeren Anregerelementabschnitt (3) für ein niedrigerfrequentes Spektralband aufgeteilt ist.
5. Antennenstruktur nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** für jeden der Anregerelementabschnitte (2, 3) eine gesonderte, zu der Masseebene (1) führende Speiseleitung (4, 5, 8) vorgesehen ist.
6. Antennenstruktur nach einem der Ansprüche 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der innere und der äußere Anregerelementabschnitt (2, 3) an einer Stelle in Radialrichtung des Anregerelementes (A1, A2) mechanisch miteinander verbunden sind.
7. Antennenstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis

6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Speiseleitung (4, 5, 8) eine eingefügte, schaltbare oder veränderliche Impedanz aufweist.

8. Antennenstruktur nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Speiseleitung (4, 5, 8) in Streifenleitungstechnik ausgeführt ist und ein Teilstück der Speiseleitung (4, 5, 8) eine umschaltbare Speiseleitungsbreite aufweist.
9. Antennenstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Teilstück (T1, T2) die Speiseleitung (4, 5, 8) mittig geschlitzt und eine der Speiseleitungshälften (H1) mit einem Schalter (S) oder einem Varaktor versehen ist.
10. Antennenstruktur nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Anregerelement (A2) entlang einer Ebene, die senkrecht zur Masseebene (1) verläuft und eine Längsachse der Masseebene (1) enthält, geteilt ist und die Speiseleitung (8) über einen Abschnitt von dem Anregerelement (A2) aus, der hinsichtlich seiner Länge etwa einem Viertel einer Wellenlänge der Zielfrequenz entspricht, geteilt ist, und die dem Anregerelement (A2) zugewandte kurze Seite der Masseebene (1) resonante Schlitze (10) aufweist, deren Länge etwa einer Viertelwellenlängenresonanz bei einer Anregung des Anregerelementes (A2) mit der Zielfrequenz entspricht.
11. Antennenstruktur nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der geteilte Abschnitt der Speiseleitung (8) einer vom Anregerelement (A2) aus gesehen leerlaufenden und am anderen Ende kurzgeschlossenen symmetrischen Viertelwellenleitung bei einer Zielfrequenz entspricht und mit einem symmetrischen Speisepunkt (8a) versehen ist.
12. Antennenstruktur nach einem der Ansprüche 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Anregerelement (A2) mit einem symmetrischen Speisepunkt (8a) und einem unsymmetrischen Speisepunkt (8b) ausgestattet ist.
13. Antennenanordnung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die resonanten Schlitze (10) etwa von der Mitte der kurzen Seite der Masseebene (1) aus in Richtung auf die jeweiligen langen Seiten verlaufen.

Claims

1. An antenna structure for mobile communication terminal devices comprising an active ground plane (1) for formation of a current density distribution decisive for a radiation of elec-

tromagnetic waves, and

an exciter element (A1, A2) capacitively coupled to the ground plane (1), wherein the ground plane (1) is substantially orthogonally formed with two short and two long sides, wherein the exciter element (A1, A2) is formed flat, perpendicular to the ground plane (1) and adjacent to a short side of the ground plane (1) and is connected via a feed line (4, 5, 8) containing a feed point (4a, 5a, 8a, 8b) with the ground plane (1), **characterised in that**

a capacitive load element (6) is electrically conductively connected with the ground plane (1) approximately in the middle of the short side of the ground plane (1) facing the short side with the adjacent exciter element (A1, A2), and closed slots (7) each having one length are formed between the load element (6) and the ground plane (1) corresponding to a quarter of a wavelength of a target frequency.

2. The antenna structure according to claim 1, **characterised in that** the closed slots (7), each departing from the short side of the ground plane (1) opposing the short sides with adjacent exciter element (A1, A2), extend around a corresponding corner of the ground plane.
3. The antenna structure according to claim 1 or 2, **characterised in that** the corners (1 a) of the short side of the ground plane (1) adjacent to the exciter element (A1, A2) are chamfered.
4. The antenna structure according to claim 1 or 2, **characterised in that** the exciter element (A1, A2) is divided into an inner exciter element portion (2) for a spectral band of a higher frequency and an outer exciter element portion (3) for a spectral band of a lower frequency.
5. The antenna structure according to claim 4, **characterised in that** a separate feed line (4, 5, 8) leading to the ground plane (1) is provided for each of the exciter element portions (2, 3).
6. The antenna structure according to one of claims 4 or 5, **characterised in that** the inner and the outer exciter element portions (2, 3) are mechanically connected at one position in radial direction of the exciter element (A1, A2).
7. The antenna structure according to one of claims 1 to 6, **characterised in that** the feed line (4, 5, 8) has an inserted, switchable or variable impedance.
8. The antenna structure according to claim 7, **characterised in that** the feed line (4, 5, 8) is carried out in strip line technology and a part of the feed line (4, 5, 8) has a switchable feed line breadth.

9. The antenna structure according to one of claims 1 to 8, **characterised in that** the feed line (4, 5, 8) is slotted in the middle in the part (T1, T2) and one of the feed line halves (H1) is provided with a switch (S) or a varactor diode.

10. The antenna structure according to one of claims 1 to 9, **characterised in that** the exciter element (A2) is divided along a plane extending perpendicularly to the ground plane (1) and containing a longitudinal axis of the ground plane (1), and the feed line (8) is divided by means of a portion from the exciter element (A2), which corresponds concerning its length approximately to one quarter of a wavelength of the target frequency and the short side facing the exciter element (A2) has resonant slots (10), the length of which corresponds approximately to a quarter wavelength resonance at an excitation of the exciter element (A2) with the target frequency.

11. The antenna structure according to claim 10, **characterised in that** the divided portion of the feed line (8) corresponds to an idling symmetrical quarter wave line seen from the exciter element (A2) and short-circuited at the other end at a target frequency and is provided with a symmetrical feed point (8a).

12. The antenna structure according to one of claims 10 or 11, **characterised in that** the exciter element (A2) is provided with a symmetrical feed point (8a) and an asymmetrical feed point (8b).

13. An antenna arrangement according to one of claims 10 to 12, **characterised in that** the resonant slots (10) extend approximately from the middle of the short side of the ground plane (1) towards the respective long sides.

Revendications

1. Structure d'antenne pour dispositifs terminaux de communication mobile comportant une plaine de masse active (1) pour la formation d'une distribution de courant décisive pour une radiation de vagues électromagnétiques, et un élément d'excitation (A1, A2) couplé capacitivement à la plaine de masse (1), la plaine de masse (1) étant de forme essentiellement orthogonale avec deux côtés courts et deux côtés longs, l'élément d'excitation (A1, A2) étant de forme plate, perpendiculaire à la plaine de masse (1) et voisin à un côté court de la plaine de masse (1) et étant connectée via une ligne d'alimentation (4, 5, 8) contenant un point d'alimentation (4a, 5a, 8a, 8b) avec la plaine de masse (1), **caractérisée en ce qu'** un élément de charge capacitif (6) est connecté élec-

- triquement d'une manière conductrice à la plaine de masse (1) approximativement au milieu du côté court de la plaine de masse (1) opposée au côté court avec l'élément d'excitation voisin (A1, A2), et des fentes fermées (7), chacune avec une longueur, sont formées entre l'élément de charge (6) et la plaine de masse (1) correspondant à un quart d'une longueur d'onde d'une fréquence de cible.
2. Structure d'antenne selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** les fentes fermées (7), chacun partant du côté court de la plaine de masse (1) opposée aux côtés courts avec un élément d'excitation voisin (A1, A2), s'étendent autour d'un coin correspondant de la plaine de masse.
 3. Structure d'antenne selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** les coins (1a) du côté court de la plaine de masse (1) voisin à l'élément d'excitation (A1, A2) sont biaisés.
 4. Structure d'antenne selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisée en ce que** l'élément d'excitation (A1, A2) est divisé dans une section d'élément d'excitation intérieure (2) pour une bande spectrale de fréquence plus haute et une section d'élément d'excitation extérieure (3) pour une bande spectrale d'une fréquence plus basse.
 5. Structure d'antenne selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** une ligne d'alimentation séparée (4, 5, 8) menant à la plaine de masse (1) est prévue pour chacune des sections d'éléments d'excitation (2, 3).
 6. Structure d'antenne selon l'une des revendications 4 ou 5, **caractérisée en ce que** les sections d'élément d'excitation intérieure et extérieure (2, 3) sont mécaniquement connectées l'une à l'autre par une position dans une direction radiale de l'élément d'excitation (A1, A2).
 7. Structure d'antenne selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisée en ce que** la ligne d'alimentation (4, 5, 8) comporte une impédance intercalée, réglable ou variable.
 8. Structure d'antenne selon la revendication 7, **caractérisée en ce que** la ligne d'alimentation (4, 5, 8) est effectuée dans une technologie de ligne de rayure et un tronçon de la ligne d'alimentation (4, 5, 8) comporte une largeur de ligne d'alimentation réglable.
 9. Structure d'antenne selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisée en ce que** la ligne d'alimentation (4, 5, 8) comporte des fentes au milieu dans le tronçon (T1, T2) et une des moitiés de la ligne d'alimen-
- tation (H1) est dotée d'un commutateur (S) ou d'un diode varicap.
10. Structure d'antenne selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisée en ce que** l'élément d'excitation (A2) est divisé selon une plaine s'étendant perpendiculairement à la plaine de masse (1) et contenant un axe longitudinal de la plaine de masse (1), et la ligne d'alimentation (8) est divisée via une section de l'élément d'excitation (A2) qui correspond en ce qui concerne son longueur approximativement à un quart d'une longueur d'onde de la fréquence de cible et le côté court de la plaine de masse orienté vers l'élément d'excitation (A2) comporte des fentes résonantes (10) dont la longueur correspond approximativement à une résonance d'un quart d'une longueur d'onde lors d'une excitation de l'élément (A2) avec la fréquence de cible.
 11. Structure d'antenne selon la revendication 10, **caractérisée en ce que** la section divisée de la ligne d'alimentation (8) correspond à une ligne d'onde de quart symétrique vue de l'élément d'excitation (A2) et court-circuitée à l'autre bout lors d'une fréquence et est dotée d'un point d'alimentation symétrique.
 12. Structure d'antenne selon l'une des revendications 10 ou 11, **caractérisée en ce que** l'élément d'excitation (A2) est équipé d'un point d'alimentation symétrique (8a) et un point d'alimentation asymétrique (8b).
 13. Arrangement d'antenne selon l'une des revendications 10 à 12, **caractérisé en ce que** les fentes résonantes (10) s'étendent approximativement du milieu du côté court de la plaine de masse (1) vers les côtés longs respectifs.

FIG 1

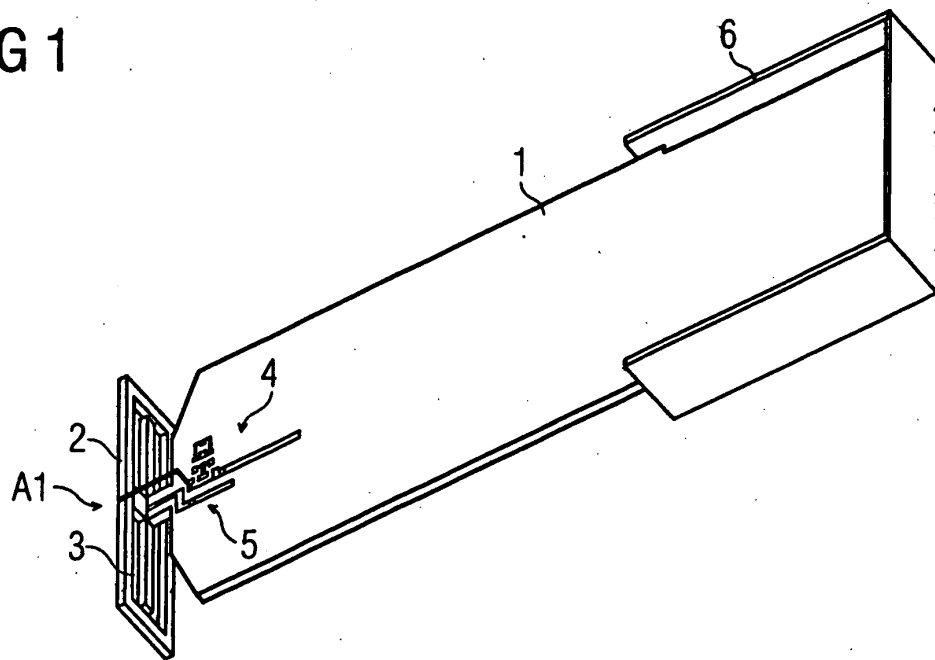


FIG 2

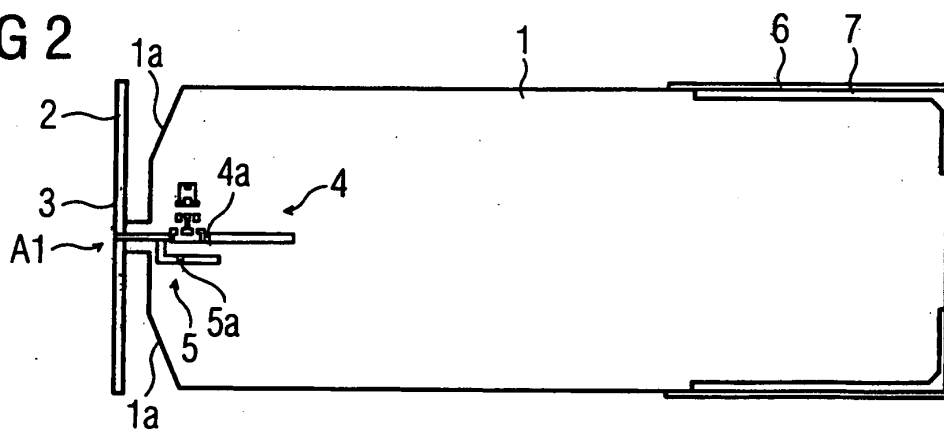


FIG 3

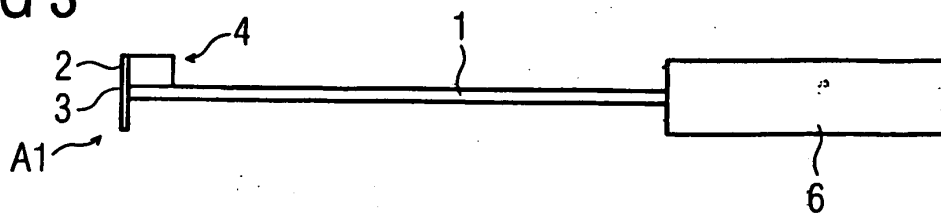


FIG 4

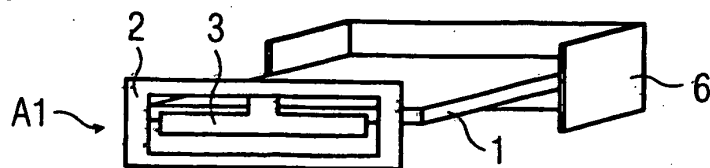


FIG 5

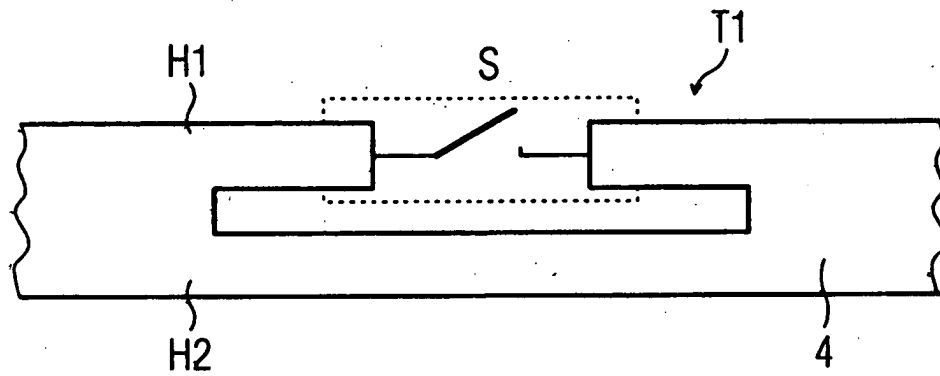


FIG 6

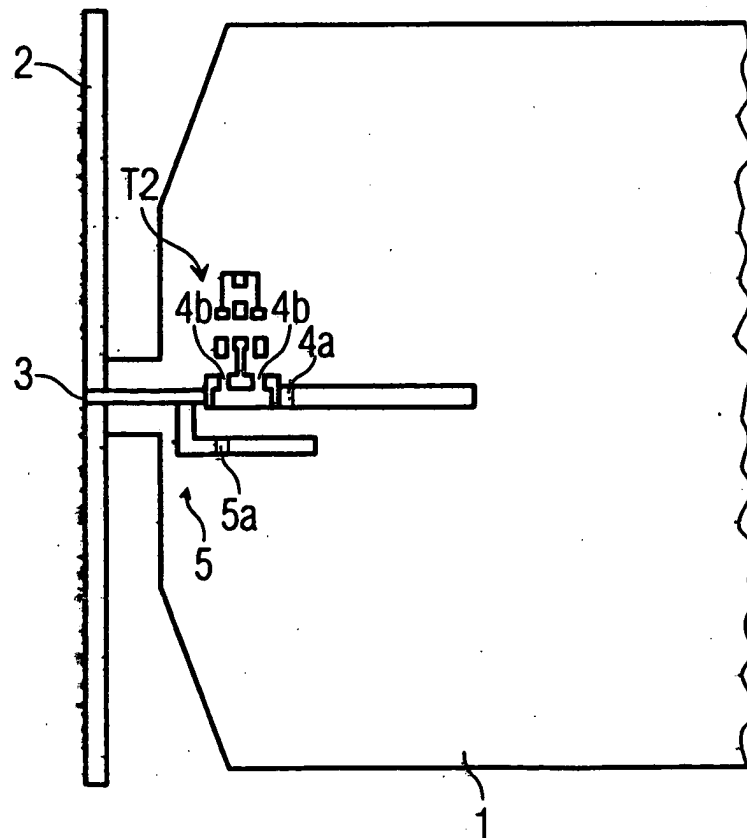


FIG 7

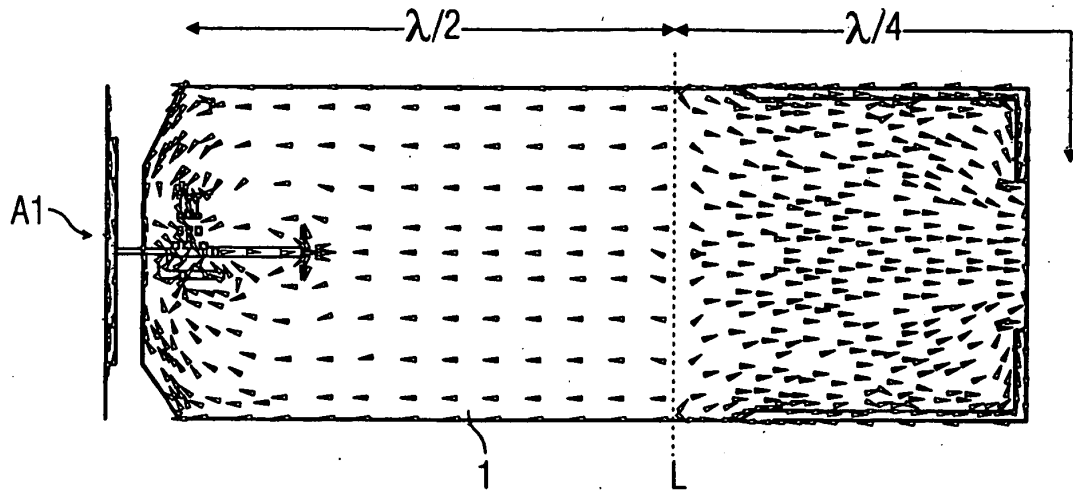


FIG 8

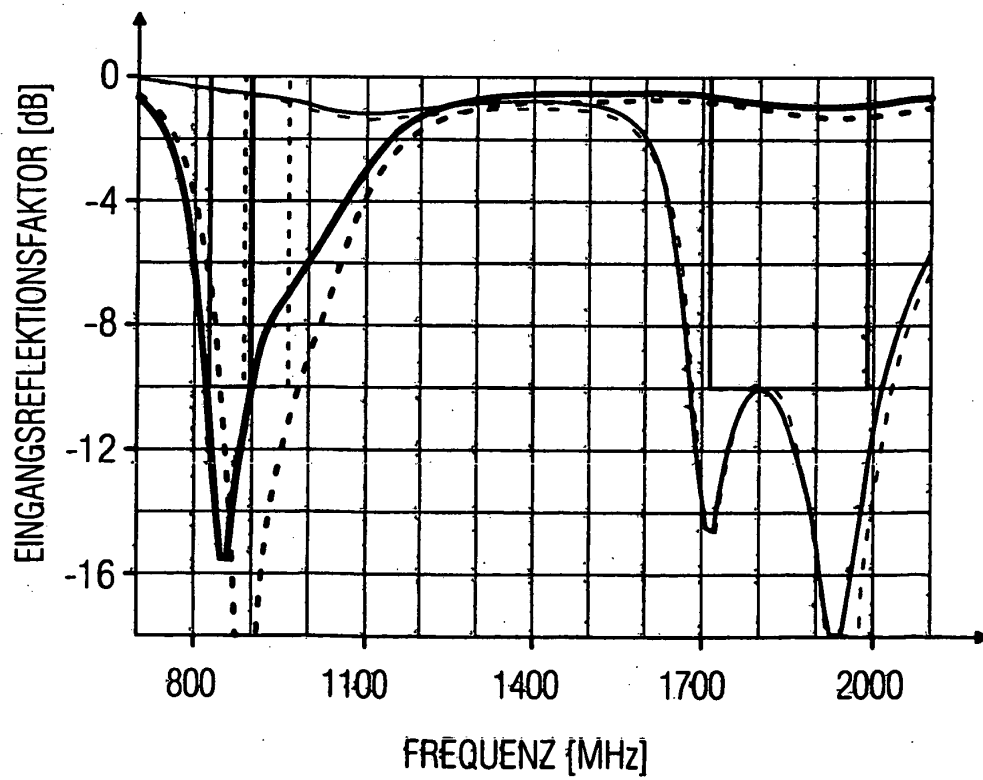


FIG 9

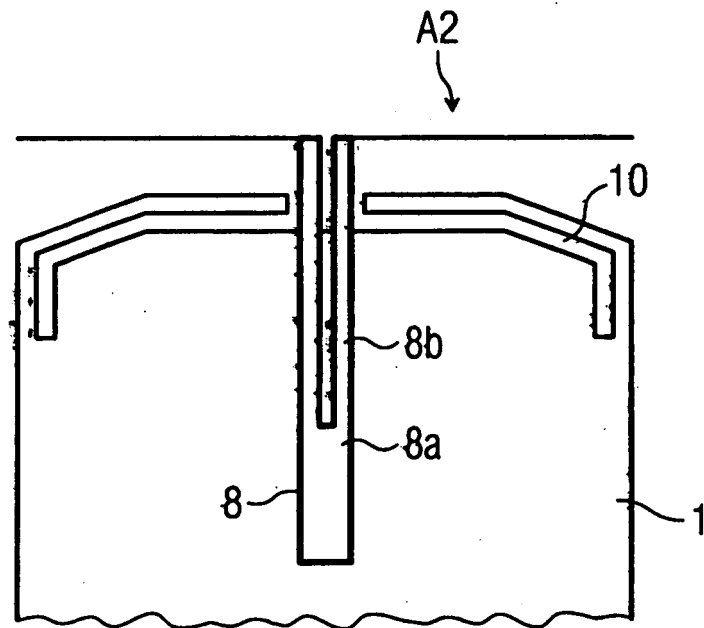
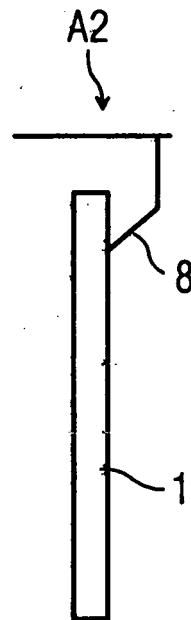


FIG 10



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1079463 A2 [0005]
- EP 1494315 A1 [0006]
- JP 2000156607 A [0007]
- WO 2004109850 A1 [0008]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **VON JUHA VILLANEN et al.** Compact Antenna Structures for Mobile Handsets. *3rd COST 284 Management Committee Meeting Workshop*, Oktober 2003 [0002]
- **VON B. VAINIKAINEN et al.** Resonator-Based Analysis of the Combination of Mobile Handset Antenna and Chassis. *IEEE Trans. Antennas Propagation*, Oktober 2002, vol. 50 (10), 1433-1444 [0002]