



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 299 25 006 U1** 2008.05.08

(12)

## Gebrauchsmusterschrift

(21) Aktenzeichen: **299 25 006.7**

(22) Anmeldetag: **20.09.1999**

(67) aus Patentanmeldung: **EP 05 00 0379.7**

(47) Eintragungstag: **03.04.2008**

(43) Bekanntmachung im Patentblatt: **08.05.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H01Q 1/36** (2006.01)

(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:

**Fractus, S.A., Barcelona, ES**

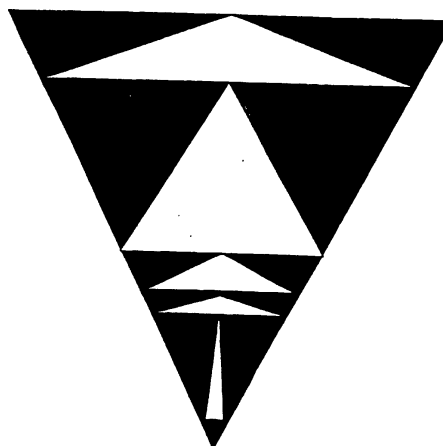
(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:

**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &  
Schwanhäusser, 80538 München**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Mehrebenenantenne**

(57) Hauptanspruch: Mehrebenen-Antenne dadurch gekennzeichnet, dass sie wenigstens eine Mehrebenen-Struktur beinhaltet, welche eine Gruppe von vieleckigen oder vielflächigen Elementen des selben Typs (gleiche Anzahl von Seiten oder Flächen), jedoch nicht notwendigerweise von der selben Größe, ist, wobei die Mehrebenen-Struktur und die Vielecke oder Vielflächner, die sie bilden, eine unterschiedliche Geometrie haben, wobei die Vielecke oder die Vielflächner jeweils miteinander elektromagnetisch gekoppelt sind, sodass der Bereich des Kontakts zwischen Elementen nicht einen größeren Teil des Umfangs oder der Fläche bei wenigstens einer Mehrzahl der Vielecken oder der Vielflächner erfasst, sodass der Bereich des Kontakts zwischen Elementen weniger als 50% des Umfangs oder der Fläche bei wenigstens 75% der Vielecke oder Vielflächner ist, sodass hiermit ermöglicht wird, in der Mehrebenen-Struktur die Mehrzahl der Vielecke oder Vielflächner, die sie bildet, geometrisch zu unterscheiden.



**Beschreibung****GEGENSTAND DER ERFINDUNG**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft Antennen, die von Sätzen von ähnlichen geometrischen Elementen (Vielecke, Vielflächner) gebildet werden, die so elektromagnetisch gekoppelt und gruppiert sind, dass in der Antennenstruktur jedes der Grundelemente, die sie bilden, unterschieden werden kann.

**[0002]** Im Besonderen betrifft sie eine spezifische geometrische Konstruktion der genannten Antennen, die zwei Hauptvorteile bietet: die Antenne kann gleichzeitig in mehreren Frequenzen arbeiten und/oder ihre Größe kann beträchtlich verringert werden.

**[0003]** Der Anwendungsumfang der vorliegenden Erfindung liegt hauptsächlich im Bereich der Telekommunikation und im Besonderen im Bereich des Funkwesens.

**HINTERGRUND UND ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG**

**[0004]** Antennen wurden erstmals gegen Ende des letzten Jahrhunderts entwickelt, als James C. Maxwell 1864 die grundlegenden Gesetze des Elektromagnetismus postulierte. Heinrich Hertz kann die Erfindung der ersten Antenne im Jahr 1886 zugeschrieben werden, mit der die Übertragung von elektromagnetischen Wellen in Luft demonstriert wurde. Mitte der vierziger Jahre wurden die fundamentalen Beschränkungen von Antennen bezüglich der Verringerung ihrer Größe relativ zur Wellenlänge aufgezeigt und Anfang der sechziger Jahre erschienen die ersten frequenzunabhängigen Antennen. Zu der Zeit wurden Wendeln, Spiralen, logarithmisch periodische Gruppierungen, Kegel und ausschließlich von Winkeln definierte Strukturen für den Bau von Breitbandantennen vorgeschlagen.

**[0005]** 1995 wurden die Antennen des fraktalen oder multifraktalen Typs vorgestellt (Patent Nr. 9501019), die auf Grund ihrer Geometrie ein Mehrfrequenzverhalten und in gewissen Fällen eine kleine Größe aufwiesen. Später wurden Antennen mit mehreren Dreiecken (Patent Nr. 9800954) eingeführt, die gleichzeitig in den Frequenzbändern GSM 900 und GSM 1800 arbeiteten.

**[0006]** Die in dem vorliegenden Patent beschriebenen Antennen, haben ihren Ursprung bei den Antennen des fraktalen und Mehrecksstyps, lösen jedoch mehrere Probleme praktischer Art, die das Verhalten der genannten Antennen begrenzen und ihre Anwendbarkeit in realen Umgebungen verringern.

**[0007]** Von einem wissenschaftlichen Standpunkt

betrachtet, sind streng fraktale Antennen nicht möglich, da fraktale Objekte eine mathematische Abstraktion sind, die eine unendliche Anzahl von Elementen haben. Man kann Antennen mit einer auf den genannten fraktalen Objekten basierenden Form erzeugen, in die eine endliche Zahl von Iterationen eingearbeitet ist. Die Leistung derartiger Antennen ist auf die spezifische Geometrie jeder einzelnen begrenzt. Beispielsweise steht die Position der Bänder und ihre relative Beabstandung mit fraktaler Geometrie in Beziehung und es ist nicht immer möglich, machbar oder rentabel, die Antenne unter Beibehaltung ihres fraktalen Erscheinungsbildes zu konstruieren und gleichzeitig die Bänder am richtigen Bereich des radioelektrischen Spektrums zu platzieren. Zunächst einmal impliziert die Trunkation ein klares Beispiel für die Begrenzungen, die durch die Verwendung einer echten Antenne des fraktalen Typs herbeigeführt werden, die das theoretische Verhalten einer idealen fraktalen Antenne zu approximieren versucht. Der genannte Effekt unterbricht das Verhalten der idealen fraktalen Struktur in dem unteren Band, wobei er es aus seiner theoretischen Position relativ zu den anderen Bändern versetzt und, kurz gesagt, eine zu große Größe für die Antenne benötigt, was praktische Anwendungen behindert.

**[0008]** Zusätzlich zu derartigen praktischen Problemen ist es auch nicht immer möglich, die fraktale Struktur zu ändern, sodass sie den Strahlungsdiagramm-Impedanzpegel aufweist, der sich für die Anforderungen jeder Anwendung eignet. Aus diesen Gründen ist es oftmals notwendig, die fraktale Geometrie zu verlassen und von anderen Geometrietypen Gebrauch zu machen, die eine größere Flexibilität bezüglich der Position von Frequenzbändern der Antenne, Anpassungsniveaus und Impedanzen, Polarisations- und Strahlungsdiagrammen bieten.

**[0009]** Strukturen mit mehreren Dreiecken (Patent Nr. 9800954) waren ein Beispiel für nichtfraktale Strukturen mit einer Geometrie, die so gestaltet war, dass die Antennen in GSM- und DCS-Mobiltelefonie-Basisstationen verwendet werden konnten. Die in dem genannten Patent beschriebenen Antennen bestanden aus drei nur an ihren Scheitelpunkten miteinander verbundenen Dreiecken mit einer Größe, die zur Verwendung in den Bändern 890 MHz–960 MHz und 1710 MHz–1880 MHz geeignet war. Dies war eine spezifische Lösung für eine spezifische Umgebung, die nicht die für den Umgang mit anderen Antennenkonstruktionen für andere Umgebungen erforderliche Flexibilität und Vielseitigkeit bot.

**[0010]** Mehrebenenantennen lösen die Betriebsbeschränkungen von fraktalen oder Mehrecksantennen. Ihre Geometrie ist viel flexibler, reichhaltiger und vielseitiger, sie ermöglicht den Betrieb der Antenne von zwei bis vielen weiteren Bändern und bietet zudem eine größere Vielseitigkeit bezüglich Dia-

grammen, Bandpositionen und Impedanzpegeln, um nur einige Beispiele zu nennen. Mehrebenenantennen sind zwar nicht fraktal, sind aber dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Anzahl von Elementen umfassen, die in der Gesamtstruktur unterschieden werden können. Genau deshalb, weil sie deutlich mehrere Detailebenen (die der Gesamtstruktur und die der einzelnen Elemente, aus denen sie zusammengesetzt ist) zeigen, bieten die Antennen ein Mehrbandverhalten und/oder eine kleine Größe. Ihr Name hat seinen Ursprung ebenfalls in der genannten Eigenschaft.

**[0011]** Die vorliegende Erfindung besteht aus einer Antenne, deren Strahlungselement durch seine geometrische Form gekennzeichnet ist, die im Grunde mehrere Vielecke oder Vielflächner des gleichen Typs umfasst. Das heißt, sie umfasst z.B. Dreiecke, Quadrate, Fünfecke, Sechsecke oder sogar Kreise und Ellipsen als ein begrenzender Fall eines Vielecks mit einer großen Seitenzahl, sowie Vierflächner, Sechsfächner, Prismen, Zwölfflächner usw., die elektrisch (entweder durch wenigstens einen Kontaktpunkt oder durch einen kleinen Abstand, der eine kapazitive Kopplung bewirkt) miteinander gekoppelt sind und in Strukturen einer höheren Ebene gruppiert sind, sodass im Körper der Antenne die vieleckigen oder vielflächigen Elemente, die er umfasst, erkannt werden können. Die auf diese Weise erzeugten Strukturen können wiederum ähnlich wie die Grundelemente in Strukturen höherer Ordnung gruppiert werden und so weiter, bis so viele Ebenen erreicht werden, wie der Antennenkonstrukteur wünscht.

**[0012]** Ihre Bezeichnung als Mehrebenenantenne beruht genau auf der Tatsache, dass im Körper der Antenne wenigstens zwei Detailebenen erkannt werden können: die der Gesamtstruktur und die der Mehrheit der Elemente (Vielecke oder Vielflächner), aus denen sie sich zusammensetzt. Dies wird dadurch erreicht, dass sichergestellt wird, dass der Kontakt- oder Schnittbereich (falls er besteht) zwischen der Mehrzahl der die Antenne bildenden Elemente nur ein Bruchteil des Umfangs oder der umgebenden Fläche der genannten Vielecke oder Vielflächner ist.

**[0013]** Eine besondere Eigenschaft der Mehrebenenantennen ist, dass ihr radioelektrisches Verhalten in mehreren Frequenzbändern ähnlich sein kann. Antenneneingangsparameter (Impedanz und Strahlungsdiagramm) bleiben für mehrere Frequenzbänder ähnlich (d.h. die Antenne hat das gleiche Anpassungsniveau oder das gleiche Stehwellenverhältnis in jedem verschiedenen Band) und die Antenne weist oft fast identische Strahlungsdiagramme bei verschiedenen Frequenzen auf. Das beruht genau auf der Struktur mit mehreren Ebenen der Antenne, d.h. auf der Tatsache, dass es möglich bleibt, in der Antenne die Mehrzahl der Grundelemente (Vielecke

oder Vielflächner des gleichen Typs), die sie bilden, zu erkennen. Die Zahl der Frequenzbänder ist proportional zu der Zahl der Skalen oder Größen der vieleckigen Elemente oder ähnlicher Gruppen, in die sie, in der Geometrie des Hauptstrahlungselements enthalten, gruppiert sind.

**[0014]** Zusätzlich zu ihrem Mehrbandverhalten haben Antennen mit einer Struktur mit mehreren Ebenen im Vergleich zu anderen Antennen mit einer einfacheren Struktur (wie z.B. die aus einem einzelnen Vieleck oder Vielflächner bestehenden) üblicherweise eine kleinere Größe als gewöhnlich. Grund dafür ist, dass der vom elektrischen Strom an der Struktur mit mehreren Ebenen verfolgte Weg infolge der leeren Zwischenräume zwischen den verschiedenen Vieleck- oder Vielflächnerelementen länger und gewundener ist als in einer einfachen Geometrie. Die genannten leeren Zwischenräume machen einen bestimmten Weg für den Strom (der die genannten Zwischenräume umgehen muss) zwingend, der eine größere Entfernung zurücklegt und daher mit einer geringeren Frequenz schwingt. Außerdem vereinfacht ihre kantenreiche und diskontinuitätsreiche Struktur den Strahlungsprozess, wobei der Strahlungswiderstand der Antenne relativ erhöht und der Gütefaktor Q relativ verringert wird, d.h. ihre Bandbreite vergrößert wird.

**[0015]** Die charakteristischen Haupteigenschaften von Mehrebenenantennen sind also:

- Eine Geometrie mit mehreren Ebenen, umfassend Vielecke oder Vielflächner der gleichen Klasse, die zum Bilden einer größeren Struktur elektromagnetisch gekoppelt und gruppiert sind. In der Geometrie mit mehreren Ebenen sind die meisten dieser Elemente deutlich sichtbar, da ihr Kontakt-, Schnitt- oder Verbindungsbereich (falls diese bestehen) mit anderen Elementen immer kleiner als 50% ihres Umfangs ist.
- Das radioelektrische Verhalten infolge der Geometrie: Mehrebenenantennen können ein Mehrbandverhalten (für mehrere Frequenzbänder identisch oder ähnlich) aufweisen und/oder bei einer verringerten Frequenz arbeiten, was eine Verringerung ihrer Größe erlaubt.

**[0016]** In der Fachliteratur kann man bereits Beschreibungen bestimmter Antennenkonstruktionen finden, die das Abdecken einiger Bänder erlauben. In diesen Konstruktionen wird das Mehrbandverhalten aber durch Gruppieren mehrerer Einzelbandantennen oder durch Einarbeiten von reaktiven Elementen in die Antennen (konzentrierten Elementen wie Induktivitäten oder Kondensatoren oder ihre integrierten Versionen wie Stifte oder Aussparungen) erreicht, die das Erscheinen von neuen Resonanzfrequenzen erzwingen. Das Verhalten von Mehrebenenantennen stützt sich dagegen auf ihre besondere Geometrie, was dem Antennenkonstrukteur eine grö-

ßere Flexibilität bezüglich der Bandzahl (proportional zu der Zahl von Detailebenen), der Position, der relativen Beabstandung und Breite bietet, und bieten dadurch bessere und mehr verschiedene Eigenschaften für das Endprodukt.

**[0017]** Eine Struktur mit mehreren Ebenen kann in jeder bekannten Antennenkonfiguration verwendet werden. Als ein nichtbegrenzendes Beispiel können die Folgenden genannt werden: Dipole, Monopole, Patch- oder Mikrostreifenantennen, Koplanarantennen, Reflektorantennen, Wendelantennen oder sogar Antennen-Arrays. Herstellungstechniken sind ebenfalls nicht charakteristisch für Mehrebenenantennen, da für jede Struktur oder Anwendung die am besten geeignete Technik verwendet werden kann. Zum Beispiel: Drucken mit Photolithographie auf dielektrischem Substrat (Leiterplattenverfahren); Aufprägen auf Metallplatte, Abstoßung auf Dielektrikum usw.

**[0018]** Die Publikation WO 97/06578 offenbart eine fraktale Antenne, die nichts mit einer Mehrebenenantenne zu tun hat, weil beide Geometrien im Grunde verschieden sind.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0019]** Weitere Eigenschaften und Vorteile der Erfindung werden angesichts der folgenden ausführlichen Beschreibung einer nur zu Veranschaulichungszwecken vorgesehenen und auf keinen Fall als eine Definition der Begrenzungen der Erfindung zu verstehenden bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ersichtlich, die mit Bezug auf die Begleitzeichnungen erfolgt.

**[0020]** [Fig. 1](#) zeigt ein spezifisches Beispiel eines Elements mit mehreren Ebenen, das nur dreieckige Vielecke umfasst.

**[0021]** [Fig. 2](#) zeigt Beispiele für Baugruppen von Mehrebenenantennen in mehreren Konfigurationen: Monopol ([2.1](#)), Dipol ([2.2](#)), Patch- ([2.3](#)), koplanare Antennen ([2.4](#)), Horn ([2.5-2.6](#)) und Array ([2.7](#)).

**[0022]** [Fig. 3](#) zeigt Beispiele für Strukturen mit mehreren Ebenen, die auf Dreiecken basieren.

**[0023]** [Fig. 4](#) zeigt Beispiele für Strukturen mit mehreren Ebenen, die auf Parallelepiped basieren.

**[0024]** [Fig. 5](#) zeigt Beispiele für Strukturen mit mehreren Ebenen, die auf Fünfecken basieren.

**[0025]** [Fig. 6](#) zeigt Strukturen mit mehreren Ebenen, die auf Sechsecken basieren.

**[0026]** [Fig. 7](#) zeigt Strukturen mit mehreren Ebenen, die auf Vielflächnern basieren.

**[0027]** [Fig. 8](#) zeigt ein Beispiel für eine spezifische Betriebsart für eine Mehrebenenantenne in einer Patch-Konfiguration für Basisstationen der GSM-(900 MHz) und DOS-(1800 MHz) Mobiltelefonie.

**[0028]** [Fig. 9](#) zeigt Eingangsparameter (Reflexionsdämpfung bei 50 Ohm) für die in der vorhergehenden Figur beschriebene Mehrebenenantenne.

**[0029]** [Fig. 10](#) zeigt Strahlungsdiagramme für die Mehrebenenantenne von [Fig. 8](#): horizontale und vertikale Ebenen.

**[0030]** [Fig. 11](#) zeigt ein Beispiel für eine spezifische Betriebsart für eine Mehrebenenantenne in einer Monopolkonstruktion für Funkkommunikationssysteme in Innenraumbereichen oder in Lokalnetswerkumgebungen mit Funkzugang.

**[0031]** [Fig. 12](#) zeigt Eingangsparameter (Reflexionsdämpfung bei 50 Ohm) für die Mehrebenenantenne der vorhergehenden Figur.

**[0032]** [Fig. 13](#) zeigt Strahlungsdiagramme für die Mehrebenenantenne von [Fig. 11](#).

#### BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSGESTALTUNG DER ERFINDUNG

**[0033]** In der folgenden ausführlichen Beschreibung einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird auf die Figuren der Zeichnungen permanenter Bezug genommen, in denen sich gleiche Nummern auf identische oder ähnliche Teile beziehen.

**[0034]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Antenne, die wenigstens ein Konstruktionselement in Form einer Struktur mit mehreren Ebenen hat. Eine Struktur mit mehreren Ebenen ist dadurch gekennzeichnet, dass sie durch Zusammenfassen mehrerer Vielecke oder Vielflächner desselben Typs gebildet wird (zum Beispiel Dreiecke, Parallelepiped, Fünfecke, Sechsecke usw., sogar Kreise oder Ellipsen als spezielle begrenzende Fälle eines Vielecks mit einer großen Anzahl von Seiten, sowie Vielflächner, Sechsfächner, Prismen, Zwölffächner usw., die entweder durch Nähe oder durch direkten Kontakt zwischen Elementen elektromagnetisch miteinander gekoppelt sind). Eine Struktur oder Figur mit mehreren Ebenen unterscheidet sich von einer anderen konventionellen Figur genau durch die Verbindung (falls sie existiert) zwischen ihren Bauelementen (dem Vieleck oder Vielflächner). In einer Struktur mit mehreren Ebenen sind bei wenigstens 75% ihrer Bauelemente mehr als 50% ihres Umfangs (für Vielecke) nicht in Kontakt mit einem der anderen Elemente der Struktur. In einer Struktur mit mehreren Ebenen ist es somit leicht, die meisten ihrer Grundbauelemente geometrisch zu identifizieren und einzeln zu unterscheiden.

den, wobei sie wenigstens zwei Detailebenen aufweist: die der Gesamtstruktur und die der Vieleck- oder Vielflächnerelemente, die sie bilden. Sie verdankt ihren Namen genau dieser Eigenschaft und der Tatsache, dass das Vieleck oder der Vielflächner in einer großen Größenvielfalt eingeschlossen werden kann. Außerdem können mehrere Strukturen mit mehreren Ebenen elektromagnetisch miteinander gruppiert und gekoppelt sein, um Strukturen höherer Ebene(n) zu bilden. In einer Struktur mit mehreren Ebenen sind alle Bauelemente Vielecke mit der gleichen Zahl von Seiten oder Vielflächner mit der gleichen Zahl von Flächen. Diese Eigenschaft wird selbstverständlich unterbrochen, wenn mehrere verschiedenartige Strukturen mit mehreren Ebenen gruppiert und elektromagnetisch gekoppelt werden, um Meta-Strukturen einer höheren Ebene zu bilden.

**[0035]** Auf diese Weise werden in den [Fig. 1](#) bis [Fig. 7](#) einige spezifische Beispiele für Strukturen mit mehreren Ebenen gezeigt.

**[0036]** [Fig. 1](#) zeigt ein Mehrebenenelement, das ausschließlich aus Dreiecken verschiedener Größen und Formen besteht. Es ist zu beachten, dass in diesem besonderen Fall jedes einzelne der Elemente (Dreiecke, schwarz) unterschieden werden kann, da die Dreiecke nur in einem kleinen Bereich ihres Umfangs überlappen, in diesem Fall an ihren Scheitelpunkten.

**[0037]** [Fig. 2](#) zeigt Beispiele von Anordnungen von Mehrebenenantennen in verschiedenen Konfigurationen: Monopol ([2.1](#)), Dipol ([2.2](#)), Patch- ([2.3](#)), Koplanarantenne ([2.4](#)), Trichter in einer Seitenansicht ([2.5](#)) und Vorderansicht ([2.6](#)) und Array ([2.7](#)). Hierbei ist zu beachten, dass die Mehrebenenantenne sich ungeachtet ihrer Konfiguration in der Geometrie ihres charakteristischen Strahlungselements von anderen Antennen unterscheidet.

**[0038]** [Fig. 3](#) zeigt weitere Beispiele von Strukturen mit mehreren Ebenen ([3.1–3.15](#)) mit einem dreieckigen Ursprung, die alle aus Dreiecken zusammengesetzt sind. Hier ist zu beachten, dass der Fall ([3.14](#)) eine Weiterentwicklung des Falls ([3.13](#)) ist; trotz des Kontakts zwischen den vier Dreiecken sind bei 75% der Elemente (drei Dreiecken, außer dem mittleren) mehr als 50% des Umfangs frei.

**[0039]** [Fig. 4](#) beschreibt Strukturen mit mehreren Ebenen ([4.1–4.14](#)), die von Parallelepipeden (Quadraten, Rechtecken, Rhomben ...) gebildet werden. Es ist zu beachten, dass die Bauelemente immer einzeln erkennbar sind (zumindest sind es die meisten von ihnen). Im speziellen Fall ([4.12](#)), haben die Elemente 100% des Umfangs frei, ohne dass es irgendeine physische Verbindung dazwischen gibt (die Kopplung wird erreicht durch Nähe aufgrund der gegenseitigen Kapazität zwischen Elementen).

**[0040]** [Fig. 5](#), [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) zeigen nichtbegrenzende Beispiele für andere Strukturen mit mehreren Ebenen, die auf Fünfecken, Sechsecken bzw. Vieleck basieren.

**[0041]** Es ist zu bemerken, dass der Unterschied zwischen Mehrebenenantennen und anderen vorhandenen Antennen in der besonderen Geometrie liegt, nicht in ihrer Konfiguration als Antenne oder in den für ihren Bau verwendeten Materialien. Die Struktur mit mehreren Ebenen kann daher mit jeder beliebigen bekannten Antennenkonfiguration verwendet werden, wie zum Beispiel und nicht begrenzend: Dipole, Monopole, Patch- oder Mikrostreifenantennen, Koplanarantennen, Reflektorantennen, Wendelantennen oder sogar in Arrays. Im Allgemeinen bildet die Struktur mit mehreren Ebenen Teil der Strahlungselementcharakteristik der genannten Konfigurationen, wie den Arm, die Masseebene oder beide in einem Monopol, einen Arm oder beide in einem Dipol, den Patch oder das gedruckte Element in einer Mikrostreifen-, Patch- oder Koplanarantenne; den Reflektor für eine Reflektorantenne oder den konischen Abschnitt oder sogar Antennenwände in einer Antenne des Horntyps. Es ist sogar möglich, eine Antennenkonfiguration des Spiraltyps zu verwenden, bei der die Geometrie der Schleife oder Schleifen der Außenumfang einer Struktur mit mehreren Ebenen ist. Insgesamt liegt der Unterschied zwischen einer Mehrebenenantenne und einer konventionellen Antenne in der Geometrie des Strahlungselements oder eines seiner Bauteile und nicht in seiner spezifischen Konfiguration.

**[0042]** Was die Konstruktionsmaterialien und -technologie betrifft, ist die Ausführung von Mehrebenenantennen nicht auf eine besondere von diesen begrenzt und eine beliebige der derzeitigen oder künftigen Methoden kann angewendet werden, die für die jeweilige Anwendung am besten geeignet gehalten wird, da sich die Essenz der Erfindung in der bei der Struktur mit mehreren Ebenen verwendeten Geometrie und nicht in der spezifischen Konfiguration findet. Die Struktur mit mehreren Ebenen kann beispielsweise aus Folien, Teilen aus leitendem oder supraleitendem Material, durch Drucken in dielektrischen Substraten (starr oder flexibel) mit einer Metallisierung wie bei Leiterplatten, durch schuppenförmige Verbände von mehreren dielektrischen Materialien, die die Struktur mit mehreren Ebenen bilden, usw. gebildet werden, immer abhängig von den spezifischen Anforderungen jedes Falles und jeder Anwendung. Wenn die Struktur mit mehreren Ebenen gebildet worden ist, hängt die Ausführung der Antenne von der gewählten Konfiguration (Monopol, Dipol, Patch, Horn, Reflektor...) ab. Für Monopol-, Spiral-, Dipol- und Patch-Antennen wird die mehrfach ähnliche Struktur auf einem Metallträger ausgeführt (ein einfaches Verfahren, das das Anwenden eines Photolithographieverfahrens auf eine unvorbereitete dielektrische Plat-

te einer gedruckten Schaltung beinhaltet) und die Struktur wird auf einem standardmäßigen Mikrowellenverbinder montiert, der für die Monopol- oder Patch-Fälle wiederum mit einer Masseebene (meist eine Metallplatte oder ein Metallgehäuse) verbunden wird, wie für jede beliebige konventionelle Antenne. Für den Dipol-Fall bilden zwei identische Strukturen mit mehreren Ebenen die zwei Arme der Antenne; in einer Öffnungsantenne kann die Mehrebenenengeometrie Teil der Metallwand eines Horns oder ihres Querschnitts sein und schließlich kann für einen Reflektor das mehrfach ähnliche Element oder ein Satz dieser den Reflektor bilden oder bedecken.

**[0043]** Die relevantesten Eigenschaften der Mehrebenenantenne beruhen hauptsächlich auf ihrer Geometrie und sind wie folgt: die Möglichkeit des ähnlichen gleichzeitigen Betriebs in mehreren Frequenzbändern (ähnliche Impedanz und Strahlungsdiagramme) und die Möglichkeit einer Verkleinerung ihrer Größe im Vergleich mit anderen konventionellen Antennen ausschließlich auf der Basis eines einzelnen Vielecks oder Vielflächners. Derartige Eigenschaften sind im Bereich der Kommunikationssysteme besonders relevant. Der gleichzeitige Betrieb in mehreren Frequenzbändern lässt zu, dass eine einzelne Mehrebenenantenne mehrere Kommunikationssysteme integriert, anstatt dass jedem System oder Dienst je eine Antenne zugeteilt wird, wie es konventionell üblich ist. Die Größenverringerung ist besonders nützlich, wenn die Antenne auf Grund ihres visuellen Eindrucks in der Stadt- oder ländlichen Landschaft oder ihrer unästhetischen oder nicht aerodynamischen Wirkung, wenn sie in ein Fahrzeug oder ein tragbares Telekommunikationsgerät eingebaut ist, verdeckt werden muss.

**[0044]** Ein Beispiel für die Vorteile, die sich aus der Verwendung einer Mehrbandantenne in einer realen Umgebung ergeben, ist die weiter unten beschriebene Mehrebenenantenne AM1, die für GSM- und DCS-Umgebungen verwendet wird. Diese Antennen sind dafür ausgelegt, radioelektrische Spezifikationen in beiden Mobilfunktelefonsystemen zu erfüllen. Durch die Verwendung einer einzelnen GSM- oder DCS-Mehrebenenantenne für beide Bänder (900 MHz und 1800 MHz) können Mobilfunktelefoniebetreiber Kosten und die Auswirkungen ihrer Stationsnetzwerke auf die Umwelt reduzieren, während die Zahl der von dem Netz unterstützten Benutzer (Kunden) vergrößert wird.

**[0045]** Besonders relevant wird das Unterscheiden von Mehrebenenantennen von Fraktalantennen. Letzere basieren auf Fraktalgeometrie, die auf abstrakten mathematischen Konzepten basiert, die sich schwer in die Praxis umsetzen lassen. Spezialisierte wissenschaftliche Fachliteratur definiert gewöhnlich diejenigen geometrischen Objekte mit einer nicht-ganzzahligen Hausdorff-Dimension als fraktal. Das

bedeutet, dass fraktale Objekte nur als eine Abstraktion oder ein Konzept existieren, dass aber die genannten Geometrien (streng genommen) undenkbar für ein konkretes Objekt oder eine konkrete Zeichnung sind, obwohl es wahr ist, dass auf dieser Geometrie basierende Antennen entwickelt und in der wissenschaftlichen Literatur weitgehend beschrieben werden, obwohl ihre Geometrie wissenschaftlich nicht streng fraktal ist. Obwohl einige dieser Antennen ein Mehrbandverhalten (ihre Impedanz und ihr Strahlungsdiagramm bleiben praktisch für mehrere Frequenzbänder konstant) vorsehen, bieten sie an sich nicht das gesamte Verhalten, das von einer Antenne hinsichtlich der Anwendbarkeit in einer praktischen Umgebung erfordert wird. So hat Sierpinskis Antenne zum Beispiel ein Mehrbandverhalten mit  $N$  Bändern, die mit einem Faktor von 2 beabstandet sind, und obwohl man bei dieser Beabstandung ihre Verwendung für Kommunikationsnetzwerke GSM 900 MHz und GSM 1800 MHz (oder DOS) für möglich halten könnte, verhindert ihr ungeeignetes Strahlungsdiagramm und ihre ungeeignete Größe für diese Frequenzen eine praktische Verwendung in einer realen Umgebung. Kurz gesagt, um eine Antenne zu erhalten, die nicht nur ein Mehrbandverhalten zur Verfügung stellt, sondern auch alle Spezifikationen erfüllt, die für jede spezifische Anwendung verlangt werden, ist es fast immer notwendig, die fraktale Geometrie aufzugeben und zum Beispiel von Antennen mit Mehrebenenengeometrie Gebrauch zu machen. Beispielsweise sind keine der in den [Fig. 1](#), [Fig. 3](#), [Fig. 4](#), [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) beschriebenen Strukturen fraktal. Ihre Hausdorff-Dimension ist gleich 2 für alle, was die gleiche wie ihre topologische Dimension ist. Desgleichen ist keine der Strukturen mit mehreren Ebenen von [Fig. 7](#) fraktal, deren Hausdorff-Dimension gleich 3 ist, wie ihre topologische Dimension.

**[0046]** Jedenfalls dürfen Strukturen mit mehreren Ebenen nicht mit Antennen-Arrays verwechselt werden. Es ist zwar wahr, dass ein Array aus Sätzen identischer Antennen gebildet wird, aber die Elemente in diesen sind elektromagnetisch entkoppelt, was genau das Gegenteil dessen ist, was in Mehrebenenantennen beabsichtigt wird. In einem Array wird jedes Element unabhängig mit Energie versorgt, sei es durch spezifische Signalsender oder – empfänger für jedes Element oder durch ein Signalverteilungsnetz, während die Struktur in einer Mehrebenenantenne in einigen ihrer Elemente erregt wird und die restlichen elektromagnetisch oder durch direkten Kontakt (in einer Region, die 50% des Umfangs oder der Fläche von benachbarten Elementen nicht übersteigt) gekoppelt sind. In einem Array sucht man eine Vergrößerung der Richtwirkung einer einzelnen Antenne oder das Bilden eines Diagramms für eine spezifische Anwendung; bei einer Mehrebenenantenne besteht die Aufgabe darin, ein Mehrbandverhalten oder eine geringere Größe der Antenne zu erhalten, was eine von Arrays völlig verschiedene Anwendung imp-



liziert.

**[0047]** Unten werden nur zu Veranschaulichungszwecken zwei nicht begrenzende Beispiele für Betriebsarten für Mehrebenenantennen (AM1 und AM2) für spezifische Umgebungen und Anwendungen beschrieben.

#### MODUS AM1

**[0048]** Dieses Modell besteht aus einer in [Fig. 8](#) gezeigten Mehrebenenantenne des Patch-Typs, die gleichzeitig in den Bändern GSM 900 (890 MHz–960 MHz) und GSM 1800 (1710 MHz–1880 MHz) arbeitet und ein Sektorstrahlungsdiagramm in einer horizontalen Ebene ergibt. Die Antenne ist hauptsächlich zur Verwendung in Basisstationen von GSM 900 und GSM 1800 Mobiltelefonie vorgesehen (aber nicht darauf begrenzt).

**[0049]** Die Struktur mit mehreren Ebenen (**8.10**) oder der Antennen-Patch besteht aus einer gedruckten Kupferfolie auf einer standardmäßigen Glasfaser-Leiterplatte. Die Mehrebenengeometrie besteht aus fünf Dreiecken (**8.1–8.5**), die an ihren Scheitelpunkten miteinander verbunden sind, wie in [Fig. 8](#) gezeigt wird, mit einem Außenumfang, der als gleichseitiges Dreieck mit einer Höhe von 13,9 cm (**8.6**) gestaltet ist. Das untere Dreieck hat eine Höhe (**8.7**) von 8,2 cm und bildet zusammen mit den zwei benachbarten Dreiecken eine Struktur mit einem dreieckigen Umfang mit einer Höhe von 10,7 cm (**8.8**).

**[0050]** Der Mehrebenen-Patch (**8.10**) ist parallel zu einer Erdungsebene (**8.9**) aus rechteckigem Aluminium von 22 × 18,5 cm montiert. Der Abstand zwischen dem Patch und der Erdungsebene, der von einem Paar dielektrischer Abstandshalter aufrecht erhalten wird, die als Träger (**8.12**) wirken, beträgt 3,3 cm.

**[0051]** Die Verbindung mit der Antenne findet an zwei Punkten der Struktur mit mehreren Ebenen statt, je einem für jedes Betriebsband (GSM 900 und GSM 1800). Die Erregung wird durch einen zu der Massenebene und der Struktur mit mehreren Ebenen lotrechten vertikalen Metallstift erzielt, der mit einer Metallfolie kapazitiv abgeschlossen ist, die elektrisch durch Nähe (kapazitive Wirkung) mit dem Patch gekoppelt ist. Dies ist ein Standardsystem bei Antennen mit Patch-Konfiguration, wobei die Aufgabe darin besteht, die induktive Wirkung des Stifts durch die kapazitive Wirkung seines Abschlusses zu kompensieren.

**[0052]** Am unteren Ende des Erregungsstifts befindet sich die Verbindung mit der Schaltung, die die Elemente und den Zugangsport zu der Antenne oder dem Verbinder (**8.13**) miteinander verbindet. Die genannte Verbindungsschaltung kann mit Mikrostreifen-, Koaxial- oder Streifenleitungstechnologie, um nur einige Beispiele zu nennen, gebildet werden und

weist konventionelle Anpassungsnetzwerke auf, die die am unteren Ende des Stifts gemessene Impedanz auf 50 Ohm umwandeln (mit einer für diese Anwendung gewöhnlichen typischen Toleranz im Stehwellenverhältnis (SWR) von unter 1,5), die an dem Eingangs-/Ausgangs-Antennenverbinder erforderlich sind. Der genannte Verbinder ist allgemein vom Typ N oder SMA für Mikrozellen-Basisstationsanwendungen.

**[0053]** Zusätzlich zu dem Anpassen der Impedanz und dem Bereitstellen einer Verbindung mit dem Strahlungselement kann das Verbindungsnetz (**8.11**) einen Diplexer beinhalten, sodass die Antenne in einer Konfiguration mit zwei Verbindern (einem für jedes Band) oder einem einzelnen Verbinder für beide Bänder präsentiert werden kann.

**[0054]** Für eine Doppelverbinderkonfiguration zum Erhöhen der Isolierung zwischen den GSM 900- und GSM 1800-(DCS)Anschlüssen kann das untere Ende des DCS-Band-Erregungsstifts mit einer parallelen Stichleitung (Stub) mit einer elektrischen Länge gleich der Hälfte einer Wellenlänge in der zentralen DCS-Wellenlänge verbunden werden und in einer offenen Schaltung enden. Desgleichen kann das untere Ende des GSM 900-Leiters mit einer parallelen Stichleitung verbunden werden, die in einer offenen Schaltung mit einer elektrischen Länge endet, die etwas größer als ein Viertel der Wellenlänge an der zentralen Wellenlänge des GSM-Bands ist. Die genannte Stichleitung führt in dem unteren Ende des Verbinders eine Kapazität ein, die geregelt werden kann, um die induktive Restwirkung des Stiftes zu kompensieren. Darüber hinaus weist die genannte Stichleitung eine sehr niedrige Impedanz in dem DOS-Band auf, die zu der Isolierung zwischen Verbindern in dem genannten Band beiträgt.

**[0055]** In den [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) wird das typische radioelektrische Verhalten für diese spezifische Ausgestaltung einer Zweifach-Mehrebenenantenne gezeigt.

**[0056]** [Fig. 9](#) zeigt eine Reflexionsdämpfung ( $L_r$ ) in GSM (**9.1**) und DOS (**9.2**), die im typischen Fall unter -14 dB liegt (was einem Stehwellenverhältnis (SWR) von <1,5 entspricht), sodass die Antenne in beiden Betriebsbändern (890 MHz–960 MHz und 1710 MHz–1880 MHz) gut angepasst ist.

**[0057]** Strahlungsdiagramme in der vertikalen (**10.1** und **10.3**) und der horizontalen Ebene (**10.2** und **10.4**) für beide Bänder werden in [Fig. 10](#) gezeigt. Es ist deutlich zu sehen, dass beide Antennen mit einer Hauptkeule in der zu der Antenne lotrechten Richtung (**10.1** und **10.3**) strahlen und dass in der horizontalen Ebene (**10.2** und **10.4**) beide Diagramme sektoriell mit einer typischen Keulenbreite bei 3 dB von 65° sind. Die typische Richtwirkung ( $d$ ) in beiden Bändern

ist  $d > 7$  dB.

## Modus AM2

**[0058]** Dieses Modell besteht aus einer in [Fig. 11](#) gezeigten Mehrebenenantenne in einer Monopol-Konfiguration für Funkkommunikationssysteme für den Innenraumeinsatz oder in Umgebungen mit lokalem Zugang über Funk.

**[0059]** Die Antenne arbeitet auf ähnliche Weise gleichzeitig für die Bänder 1880 MHz–1930 MHz und 3400 MHz–3600 MHz, wie z.B. in Anlagen mit dem System DECT. Die Struktur mit mehreren Ebenen wird von drei oder fünf Dreiecken (siehe [Fig. 11](#) und [Fig. 3.6](#)) gebildet, zu denen eine induktive Schleife ([11.1](#)) hinzugefügt werden kann. Die Antenne weist ein (omnidirektionales) Rundum-Strahlungsdiagramm in der horizontalen Ebene auf und ist hauptsächlich für die Montage am Dach oder Fußboden vorgesehen (aber nicht darauf begrenzt).

**[0060]** Die Struktur mit mehreren Ebenen ist auf ein dielektrisches Rogers RO4003-Substrat ([11.2](#)) mit einer Breite von 5,5 cm, einer Höhe von 4,9 cm und einer Dicke von 0,8 mm gedruckt und hat eine Dielektrizitätskonstante gleich 3,38. Das Mehrebenenelement besteht aus drei Dreiecken ([11.3–11.5](#)), die an ihren Scheitelpunkten miteinander verbunden sind; das untere Dreieck ([11.3](#)) hat eine Höhe von 1,82 cm, während die Struktur mit mehreren Ebenen eine Gesamthöhe von 2,72 cm hat. Um die Gesamtgröße der Antenne zu verringern, wird zu dem Mehrebenenelement eine induktive Schleife ([11.1](#)) an ihrem oberen Ende mit einer in dieser spezifischen Anwendung trapezförmigen Gestalt hinzugefügt, sodass die Gesamtgröße des Strahlungselements 4,5 cm beträgt.

**[0061]** Die Struktur mit mehreren Ebenen ist lotrecht auf einer metallischen (wie z.B. Aluminium) Erdungsebene ([11.6](#)) mit einer quadratischen oder kreisförmigen Gestalt mit einer Seitenlänge bzw. einem Durchmesser von 18 cm montiert. Die untere Spitze des Elements ist auf der Mitte der Massenebene platziert und bildet den Erregungspunkt für die Antenne. An diesem Punkt befindet sich die Verbindung mit dem Verbindungsnetzwerk, das das Strahlungselement mit dem Eingangs-/Ausgangsverbinder verbindet. Das genannte Verbindungsnetzwerk kann als Mikrostreifen-, Streifenleitungs- oder Koaxialtechnologie, um nur einige Beispiele zu nennen, ausgeführt sein. In diesem spezifischen Beispiel wurde die Mikrostreifenkonfiguration benutzt. Zusätzlich zu der Verbindung zwischen dem Strahlungselement und dem Verbinder kann das Netzwerk auch als Impedanztransformator verwendet werden, der die Impedanz am Scheitelpunkt des Mehrebenenelements auf die 50 Ohm ( $L_r < -14$  dB,  $SWR < 1,5$ ) anpasst, die an dem Eingangs-/Ausgangsverbinder erforderlich sind.

**[0062]** Die [Fig. 12](#) und [Fig. 13](#) fassen das radioelektrische Verhalten von Antennen in dem niedrigeren (1900) und dem höheren Band (3500) zusammen.

**[0063]** [Fig. 12](#) zeigt das Stehwellenverhältnis (SWR) für beide Bänder: [Fig. 12.1](#) für das Band zwischen 1880 und 1930 MHz und [Fig. 12.2](#) für das Band zwischen 3400 und 3600 MHz. Diese zeigen, dass die Antenne gut angepasst ist, da die Reflexionsdämpfungen unter 14 dB liegen, d.h.,  $SWR < 1,5$  für das gesamte Band von Interesse.

**[0064]** [Fig. 13](#) zeigt typische Strahlungsdiagramme. Die Diagramme ([13.1](#)), ([13.2](#)) und ([13.3](#)) bei 1905 MHz wurden in der vertikalen Ebene, der horizontalen Ebene bzw. der Antennenebene gemessen und die Diagramme ([13.4](#)), ([13.5](#)) und ([13.6](#)) bei 3500 MHz wurden in der vertikalen Ebene, der horizontalen Ebene bzw. der Antennenebene gemessen.

**[0065]** Man kann ein omnidirektionales Verhalten in der horizontalen Ebene und ein typisches bilobuläres Diagramm in der vertikalen Ebene beobachten, wobei die typische Antennendirektivität in dem 1900-Band über 4 dBi und in dem 3500-Band über 6 dBi beträgt.

**[0066]** Bei dem Antennenverhalten ist zu bemerken, dass das Verhalten für beide Bänder (sowohl SWR als auch im Diagramm) ziemlich ähnlich ist, was sie zu einer Mehrbandantenne macht.

**[0067]** Die Antennen AM1 und AM2 sind im typischen Fall mit einem dielektrischen Radom überzogen, das für elektromagnetische Strahlen praktisch transparent ist und zum Schutz des Strahlungselements und des Verbindungsnetzwerks vor externen Angriffen sowie zum Erhalten eines angenehmen äußeren Erscheinungsbildes vorgesehen ist.

**[0068]** Es wird nicht für notwendig gehalten, diese Beschreibung auszudehnen, da davon ausgegangen wird, dass eine Fachperson in der Lage wäre, ihren Umfang und die sich daraus ergebenden Vorteile zu verstehen und sie auch zu reproduzieren.

**[0069]** Da die obige Beschreibung sich jedoch nur auf eine bevorzugte Ausführungsform bezieht, sollte verständlich sein, dass innerhalb der Essenz verschiedene Variationen von Details, die auch geschützt sind, der Größe und/oder den Materialien, die zur Herstellung des Ganzen oder von irgendwelchen seiner Teile verwendet werden eingeführt werden können.

## Schutzansprüche

1. Mehrebenen-Antenne **dadurch gekennzeichnet**, dass sie wenigstens eine Mehrebenen-Struktur



beinhaltet, welche eine Gruppe von vieleckigen oder vielflächigen Elementen des selben Typs (gleiche Anzahl von Seiten oder Flächen), jedoch nicht notwendigerweise von der selben Größe, ist, wobei die Mehrebenen-Struktur und die Vielecke oder Vielflächner, die sie bilden, eine unterschiedliche Geometrie haben, wobei die Vielecke oder die Vielflächner jeweils miteinander elektromagnetisch gekoppelt sind, sodass der Bereich des Kontakts zwischen Elementen nicht einen größeren Teil des Umfangs oder der Fläche bei wenigstens einer Mehrzahl der Vielecken oder der Vielflächner erfasst, sodass der Bereich des Kontakts zwischen Elementen weniger als 50% des Umfangs oder der Fläche bei wenigstens 75% der Vielecke oder Vielflächner ist, sodass hiermit ermöglicht wird, in der Mehrebenen-Struktur die Mehrzahl der Vielecke oder Vielflächner, die sie bildet, geometrisch zu unterscheiden.

2. Mehrebenen-Antenne wie beansprucht in Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrebenen-Struktur ausschließlich durch Dreiecke gebildet ist.

3. Mehrebenen-Antenne wie beansprucht in Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrebenen-Struktur ausschließlich durch Vielecke eines einzelnen Typs gebildet ist, wie etwa unter anderem vierseitige Vielecke, Fünfecke, Sechsecke, Siebenecke, Achtecke, Zehnecke, Zwölfecke, Kreise oder Ellipsen.

4. Mehrebenen-Antenne wie beansprucht in Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrebenen-Struktur ausschließlich durch Vielflächner, Zylinder oder Kegel gebildet ist.

5. Mehrebenen-Antenne wie beansprucht in vorangehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, dass das die Mehrebenen-Struktur senkrecht zu einer Massenebene in einer Monopolkonfiguration angebracht ist.

6. Mehrebenen-Antennen wie beansprucht in Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrebenen-Struktur parallel zu der Massenebene in einer Patch oder Mikrostreifen-Antennen-Konfiguration angebracht ist.

7. Mehrebenen-Antenne wie beansprucht in Ansprüchen 5 und 6, dadurch gekennzeichnet, dass bei Antennen mit einer Patch-Konfiguration, das Mehrebenen-Element eines ist von den Strahlungselementen einer planaren Mikrostreifen- oder Patch-Struktur mit parasitären Patchen auf mehreren Ebenen.

8. Mehrebenen-Antenne wie beansprucht in Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrebenen-Struktur bildet: beide Arme einer Dipolkonfigurationsantenne, Teil der Antenne in einer ko-

planaren Konfiguration, wenigstens eine der Seiten in einem pyramidenförmigen Horn.

9. Mehrebenen-Antenne wie beansprucht in Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrebenen-Struktur oder der Umfang der Mehrebenen-Struktur den Querschnitt einer konischen oder pyramidenförmigen Horntyp-Antenne bildet.

10. Mehrebenen-Antenne wie beansprucht in Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Umfang der Mehrebenen-Struktur die Gestalt wenigstens einer Schleife in einer Spiraltyp-Antenne bestimmt.

11. Mehrebenen-Antenne wie beansprucht in Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass sie Teil eines Arrays von Antennen sein kann.

12. Mehrebenen-Antenne wie beansprucht in Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrebenen-Struktur aus einem leitenden, supraleitenden oder dielektrischen Material oder einer Kombination daraus aufgebaut ist.

13. Mehrebenen-Antenne wie beansprucht in Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrebenen-Struktur der Geometrie von Räumen in einer metallischen, supraleitenden oder einer der dielektrischen Struktur entspricht.

14. Mehrebenen-Antenne wie beansprucht in Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Antenne ein Mehrbandverhalten hat, das heißt, das Impedanz-Niveau und Abstrahlungsdiagramm in mehreren Frequenzbändern ähnlich sind, so dass die Antenne im Grunde die gleichen radioelektrischen Betriebseigenschaften und Funktionalität in diesen Bändern beibehält.

15. Mehrebenen-Antenne wie beansprucht in Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Antenne eine kleine Größe hat im Vergleich zu einer kreisförmigen, quadratischen oder dreieckigen Antenne, deren Umfang um die Mehrebenen-Struktur umschrieben werden kann, die bei der gleichen Frequenz arbeitet (gleiche Resonanzfrequenz).

16. Mehrebenen-Antenne wie beansprucht in Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Mehrbandverhalten es erlaubt, bei mehreren Frequenzen gleichzeitig zu arbeiten und dabei von mehreren Kommunikationsdiensten oder -systemen gemeinsam genutzt wird.

17. Mehrebenen-Antenne wie beansprucht in Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass sie für Basisstationen von Mobiltelefonie verwendet wird, in Kommunikationsendgeräten (Sender oder Empfänger), in Fahrzeugen, Kommunikationssatelliten oder

Radarsystemen.

18. Mehrebenen-Antenne wie beansprucht in Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrebenen-Struktur in den Fällen, in den sie ineffizient abstrahlt als Mehrband oder Miniatur-Resonator verwendet werden kann.

19. Mehrebenen-Antenne wie beansprucht in Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Antenne zusätzlich zu dem Mehrebenenelement eine Verbindungsschaltung beinhaltet, welche die Mehrebenen-Struktur zu dem Eingangs/Ausgangsverbinder verbindet und welche verwendet werden kann, Anpassungsnetzwerke für Impedanzen, Filter oder Diplexer zu beinhalten.

20. Mehrebenen-Antenne wie beansprucht in Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrebenen-Struktur mit kapazitiven oder induktiven Elementen belastet wird, um ihre Größe, die Resonanzfrequenz, Abstrahlungsdiagramme oder die Impedanz zu ändern.

21. Mehrebenen-Antenne wie beansprucht in Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Mehrebenen-Strukturen desselben Typs (gleiches charakteristisches Vieleck oder Vielflächer, gleiche Anzahl, Anordnung und Kopplung zwischen Elementen), die als Strukturen einer ersten Ebene bezeichnet werden, in Strukturen höherer Ordnung gruppiert werden können, in einer Weise ähnlich zu der, wie die vieleckigen oder vielflächigen Elemente, die die Mehrebenen-Struktur der ersten Ebene bilden.

22. Eine Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur beinhaltet, wobei die Mehrebenen-Struktur eine Gruppe von vieleckigen oder vielflächigen Elementen umfasst, die die selbe Anzahl von Seiten oder Flächen haben, wobei nicht alle vieleckigen oder vielflächigen Elemente dieselbe Größe haben, wobei jedes der Elemente elektromagnetisch zu wenigstens einem anderen der Elemente gekoppelt ist, entweder direkt durch wenigstens einen Kontaktpunkt oder durch einen kleinen Abstand, die die Kopplung bewirkt, wobei für wenigstens 75% der vieleckigen oder vielflächigen Elemente der Bereich oder die Fläche des Kontakts zwischen den vieleckigen oder vielflächigen Elementen weniger als 50% des Umfangs oder der Fläche der Elemente ist, wodurch es ermöglicht wird, in der Mehrebenen-Struktur die Mehrzahl der vieleckigen oder vielflächigen Elemente, die sie bildet geometrisch zu unterscheiden, und wobei Leerräume zwischen den vieleckigen oder vielflächigen Elementen gebildet werden.

23. Eine Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur beinhaltet, gemäß irgendeinem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

dass die Mehrebenen-Struktur Diskontinuitäten bildet.

24. Eine Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur beinhaltet nach irgendeinem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Polygone sich an ihren Scheitelpunkten überlappen.

25. Eine Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur beinhaltet, nach irgendeinem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Geometrie der Mehrebenen-Struktur nicht fraktal ist.

26. Tragbare Kommunikationsvorrichtung, in die eine Antenne nach irgendeinem der vorangehenden Ansprüche integriert ist.

27. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, wobei die Mehrebenen-Struktur eine Gruppe vieleckiger oder vielflächiger Elemente mit der gleichen Anzahl von Seiten oder Flächen umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass nicht alle der vieleckigen oder vielflächigen Elemente die gleiche Größe haben, wobei jedes der Elemente entweder direkt durch wenigstens einen Kontaktpunkt oder durch einen kleinen Abstand, der Kopplung bewirkt, elektromagnetisch mit wenigstens einem anderen der Elemente gekoppelt ist und für wenigstens 75% der vieleckigen oder vielflächigen Elemente der Bereich oder die Fläche des Kontaktes zwischen den vieleckigen oder vielflächigen Elementen weniger als 50% des Umfangs oder der Fläche der Elemente beträgt, so dass in der Mehrebenen-Struktur die Mehrzahl der vieleckigen bzw. vielflächigen Elemente, die sie bilden, geometrisch unterschieden werden kann.

28. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Antenne eine Mehrbandantenne ist.

29. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur mit mehreren Ebenen enthält, nach Anspruch 26 oder 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrebenen-Struktur vieleckige oder vielflächige Elemente wenigstens zweier verschiedener Typen von Formen umfasst.

30. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass nicht alle Kontaktbereiche oder -flächen zwischen vieleckigen bzw. vielflächigen Elementen die gleiche Größe haben.

31. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass die

Mehrebenen-Struktur wenigstens vier vieleckige oder vielflächige Elemente umfasst.

32. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Mehrebenen-Struktur ausschließlich durch Dreiecke gebildet ist.

33. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrebenen-Struktur ausschließlich durch Vielecke eines einzelnen Typs gebildet ist, die aus der Gruppe ausgewählt werden, die besteht aus: vierseitigen Vielecken, Fünfecken, Sechsecken, Siebenecken, Achtecken, Zehnecken, Zwölfecken.

34. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrebenen-Struktur ausschließlich durch Kreise oder Ellipsen gebildet ist.

35. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Mehrebenen-Struktur ausschließlich durch Vielflächner gebildet ist.

36. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Mehrebenen-Struktur ausschließlich durch Zylinder oder Kegel gebildet ist.

37. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrebenen-Struktur in einer Monopol-Konfiguration angebracht ist.

38. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, dass der Monopol im wesentlichen senkrecht zu einer Massefläche angebracht ist.

39. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrebenen-Struktur im wesentlichen parallel zu der Erdungsfläche in einer Patch-Antennenkonfiguration angebracht ist.

40. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 35 oder 36, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrebenen-Struktur in einem der Strahlungselemente einer planaren Mikrostreifen- oder Patch-Struktur mit wenigstens einem parasitären

Element enthalten ist.

41. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 34 dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrebenen-Struktur in wenigstens einem Arm einer Dipolkonfigurations-Antenne enthalten ist.

42. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 33 dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrebenen-Struktur einen Teil der Antenne in einer im wesentlichen koplanaren Konfiguration mit einer Massefläche bildet.

43. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrebenen-Struktur wenigstens eine der Flächen in einem Pyramidenhorn bildet.

44. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 34 dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrebenen-Struktur oder ihr Umfang den Querschnitt einer Trichter- oder Pyramidenhorn-Antenne bildet.

45. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass der Umfang der Mehrebenen-Struktur die Form wenigstens einer Schleife in einer Spiralantenne bestimmt.

46. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 34 dadurch gekennzeichnet, dass sie Teil eines Arrays von Antennen ist.

47. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrebenen-Struktur aus einem leitenden, supraleitenden oder dielektrischen Material oder einer Kombination daraus aufgebaut ist.

48. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 34 dadurch gekennzeichnet, dass die Antenne eine geringere Größe hat, als eine kreisförmige, viereckige oder dreieckige Antenne, deren Umfang um die Mehrebenen-Struktur umschrieben werden kann und die bei der gleichen Resonanzfrequenz arbeitet.

49. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 34 dadurch gekennzeichnet, dass es ihr das Mehrbandverhalten erlaubt, gleichzeitig bei mehreren Frequenzen zu arbeiten, und so von mehreren

Kommunikationsdiensten oder -systemen gemeinsam genutzt zu werden.

50. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass sie in Mobiltelefonie-Basisstationen, in Kommunikations-Endgeräten, wie beispielsweise Sendern oder Empfängern, in Fahrzeugen, Kommunikationssatelliten oder in Radarsystemen eingesetzt wird.

51. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass sie als ein Mehrband- oder Miniatur-Resonator verwendet wird, wenn sie uneffizient strahlt.

52. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Verbindungsschaltung enthält, die die Mehrebenen-Struktur mit dem Eingangs-/Ausgangs-Verbinder verbindet, und die dazu dient, Anpassungsnetzwerke für Impedanzen, Filter oder Diplexer zu integrieren.

53. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrebenen-Struktur mit kapazitiven oder induktiven Elementen belastet ist, um wenigstens eines der folgenden Merkmale zu ändern: Größe, Resonanzfrequenz, Strahlungscharakteristik oder Impedanz.

54. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass sie mehrere Mehrebenen-Strukturen des gleichen Typs umfasst, d.h. mit dem gleichen charakteristischen Vieleck oder Vielflächner, der gleichen Anzahl, Anordnung und Kopplung zwischen Elementen, die als Mehrebenen-Strukturen der ersten Ebene bezeichnet werden und in Strukturen höherer Ordnung auf ähnliche Weise wie die vieleckigen oder vielflächigen Elemente gruppiert sind, die die Mehrebenen-Struktur der ersten Ebene bilden.

55. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrebenen-Struktur fünf Dreiecke umfasst, die an ihren Scheitelpunkten verbunden sind, und einen Außenumfang bildet, der wie ein Dreieck geformt ist.

56. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrebenen-Struktur fünf Dreiecke, die an ihren Scheitelpunkten verbunden sind, sowie eine trapezförmige induktive Schleife umfasst, die an ihrem oberen Ende verbunden ist.

57. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass die Mehrebenen-Struktur aus einer gedruckten Kupferfolie auf einer Glasfaser-Leiterplatte besteht.

58. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 57, dadurch gekennzeichnet, dass die Antenne wenigstens sowohl im GSM- als auch im DOS-Band arbeitet.

59. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 58, dadurch gekennzeichnet, dass die Antenne in mehreren Frequenzbändern arbeitet, wobei wenigstens eines der Frequenzbänder in dem Frequenzbereich 890-960MHz – 1710-1880 MHz arbeitet.

60. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 59, dadurch gekennzeichnet, dass die Antenne in mehreren Frequenzbändern arbeitet, wobei wenigstens eines der Frequenzbänder in dem Frequenzbereich 1880-1930 MHz – 3400-3600 MHz arbeitet.

61. Antenne, die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur enthält, nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 60, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl von Arbeitsbändern proportional zur Anzahl von Ebenen der Mehrebenen-Struktur ist.

62. Tragbare Kommunikationsvorrichtung, in die eine Antenne nach irgendeinem der Ansprüche 27 bis 61 integriert ist.

63. Tragbare Kommunikationsvorrichtung, die eine Mehrbandantenne beinhaltet, welche umfasst:

- ein leitfähiges Strahlungselement, welches wenigstens eine Mehrebenen-Struktur beinhaltet,
- die wenigstens eine Mehrebenen-Struktur umfasst eine Mehrzahl von elektromagnetisch gekoppelten geometrischen Elementen, die vier Seiten oder Flächen haben,
- und wobei die geometrische Form der Mehrebenen-Struktur in eine Mehrzahl von visuell identifizierbaren geometrischen Elementen mit vier Seiten oder Flächen zerlegt werden kann, wobei hierbei nicht alle geometrischen Elemente dieselbe Größe oder Form haben.

64. Tragbares Kommunikationsgerät nach Anspruch 63, wobei die meisten der geometrischen Elemente sich schneiden oder in einer solchen Weise miteinander in einem Bereich des Kontakts ihres Umfangs verbunden sind, dass die meisten der geometrischen Elemente geometrisch identifizierbar sind.

65. Tragbares Kommunikationsgerät nach Anspruch 63 oder 64, wobei jedes der Elemente elektromagnetisch mit wenigstens einem anderen der Elemente gekoppelt ist, entweder direkt durch wenigstens einen Kontaktpunkt oder durch einen kleinen Abstand, der eine Kopplung bewirkt

66. Tragbares Kommunikationsgerät nach irgendeinem der Ansprüche 63 bis 65, wobei nicht alle geometrischen Elemente dieselbe Größe haben.

67. Tragbares Kommunikationsgerät nach irgendeinem der Ansprüche 63 bis 66, wobei nicht alle geometrischen Elemente dieselbe Form haben.

68. Tragbares Telekommunikationsgerät nach irgendeinem der Ansprüche 63 bis 67, wobei die Form des Umfangs der gesamten Mehrebenen-Struktur sich von der Form des Umfangs der geometrischen Elemente, die Teil der Mehrebenen-Struktur bilden, unterscheidet.

69. Tragbares Kommunikationsgerät nach irgendeinem der Ansprüche 63 bis 68, wobei die Anzahl der Frequenzbänder der Mehrbandantenne proportional zu der Anzahl der Skalenebenen oder der Größen der geometrischen Elemente ist, in die sie gruppiert sind und in der Geometrie des Hauptstrahlungselements enthalten sind.

70. Tragbares Kommunikationsgerät nach irgendeinem der Ansprüche 63 bis 69, wobei die Antenne eine Mehrzahl von Skalenebenen oder Gruppen von geometrischen Elementen umfasst, wobei jede hiervon mit einem Resonanzfrequenzband der Antenne verknüpft ist, wobei eine Gruppe von Elementen einer niedrigeren Skalenebene in einer Gruppe von Elementen einer höheren Skalenebene beinhaltet ist.

71. Tragbares Kommunikationsgerät nach irgendeinem der Ansprüche 63 bis 70, wobei einige benachbarte geometrische Elemente in dem Bereich überlappen, in dem die Umfänge der Elemente miteinander verbunden sind.

72. Tragbares Kommunikationsgerät nach Anspruch 71, wobei sich die geometrischen Elemente an ihren Scheitelpunkten überlappen.

73. Tragbares Kommunikationsgerät nach irgendeinem der Ansprüche 63 bis 72, wobei die geometrischen Elemente Leerräume in der Mehrebenen-Struktur definieren.

74. Tragbares Kommunikationsgerät nach irgendeinem der Ansprüche 63 bis 73, wobei die geometrischen Elemente einen Umfang aufweisen, der durch im wesentlichen gerade Segmente definiert wird.

75. Tragbares Kommunikationsgerät nach irgendeinem der Ansprüche 63 bis 73, wobei der Umfang der geometrischen Elemente definiert wird, durch eine gekrümmte Linie oder eine gekrümmte Oberfläche.

76. Tragbares Kommunikationsgerät nach irgendeinem der Ansprüche 63 bis 73, wobei der Umfang der geometrischen Elemente gerade und gekrümmte Segmente umfasst.

77. Tragbares Kommunikationsgerät nach irgendeinem der Ansprüche 63 bis 76, wobei die meisten der geometrischen Elemente durch ihren freien Umfang visuell identifizierbar sind.

78. Tragbares Kommunikationsgerät nach irgendeinem der Ansprüche 63 bis 77, wobei die geometrischen Elemente identifizierbar sind durch Ausdehnung des bloßliegenden Umfang in den Bereich des Kontakts oder Überlapps.

79. Tragbares Kommunikationsgerät, nach irgendeinem der Ansprüche 63 bis 78, wobei die Antenne klein ist im Vergleich zur einer umschreibenden kreisförmigen, quadratischen oder dreieckigen Antenne, die mit der selben Frequenz arbeitet.

80. Tragbares Kommunikationsgerät nach irgendeinem der Ansprüche 63 bis 79, wobei die elektrische Verbindung zu der Mehrebenen-Struktur an wenigstens zwei Punkten der Mehrebenen-Struktur gemacht wird.

81. Tragbares Kommunikationsgerät nach irgendeinem der Ansprüche 63 bis 80, wobei der Bereich des Kontakts zwischen geometrischen Elementen nicht einen größeren Teil des Umfangs oder des Bereichs bei wenigstens der Mehrzahl der geometrischen Elemente erfasst, so dass der Bereich des Kontakts zwischen Elementen weniger als 50% von dem Umfang oder des Bereichs bei wenigstens 75% der geometrischen Elemente ist.

82. Tragbares Kommunikationsgerät nach irgendeinem der Ansprüche 63 bis 81, wobei die Mehrebenen-Struktur Ränder und Diskontinuitäten definiert, welche den Abstrahlungsprozess unterstützten und daher die Bandbreite der Antenne vergrößern.

83. Tragbares Kommunikationsgerät nach irgendeinem der Ansprüche 63 bis 82, wobei die Mehrebenen-Struktur aufgebaut ist aus einem leitenden, supraleitenden oder dielektrischen Material oder einer Kombination davon.

84. Tragbares Kommunikationsgerät nach Anspruch 83, wobei die Mehrebenen-Struktur aus einer Metallplatte gefertigt ist.



85. Tragbares Kommunikationsgerät nach irgendeinem der Ansprüche 63 bis 84, wobei die Antennenkonfiguration ein Dipol ist.

86. Tragbares Kommunikationsgerät nach irgendeinem der Ansprüche 63 bis 84, wobei die Antennenkonfiguration ein Monopolist.

87. Tragbares Kommunikationsgerät nach irgendeinem der Ansprüche 63 bis 84, wobei die Antennenkonfiguration eine Patch- oder Mikrostreifenantenne ist.

88. Tragbares Kommunikationsgerät nach irgendeinem der Ansprüche 63 bis 84, wobei die Antennenkonfiguration eine koplanare Antenne ist.

89. Tragbares Kommunikationsgerät nach irgendeinem der Ansprüche 63 bis 88, wobei die Antennenkonfiguration eine Reflektorantenne ist.

90. Tragbares Kommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 63 bis 84, wobei die Antennenkonfiguration eine Aperturantenne ist.

91. Tragbares Kommunikationsgerät nach einem der Ansprüche 63 bis 84, wobei die Antennenkonfiguration ein Array ist.

92. Tragbares Kommunikationsgerät nach irgendeinem der Ansprüche 63 bis 91, wobei die Mehrebenen-Struktur mit kapazitiven oder induktiven Elementen belastet ist, um wenigstens einen der folgenden Parameter zu ändern: Größe, Resonanzfrequenz, Abstrahlungsdiagramme und Impedanz.

93. Tragbares Kommunikationsgerät nach irgendeinem der Ansprüche 63 bis 92 umfassend mehrere verschiedene Mehrebenen-Strukturen, die elektromagnetisch gekoppelt sind, um Metastrukturen einer höheren Ebene zu bilden.

94. Tragbares Kommunikationsgerät nach irgendeinem der Ansprüche 63 bis 93, wobei die Antenne konfiguriert ist, simultan in wenigstens zwei Frequenzbändern zu arbeiten.

95. Tragbares Kommunikationsgerät nach Anspruch 94, wobei die Impedanz und das Abstrahlungsmuster in mehreren Frequenzbändern ähnlich ist, sodass die Antenne ihre Funktionalität in den Bändern beibehält.

96. Tragbares Kommunikationsgerät nach Anspruch 94, wobei die Antenne ausgebildet ist, oberhalb von 1880 MHz in wenigstens einem Band zu arbeiten.

97. Tragbares Kommunikationsgerät nach Anspruch 94, wobei die Antenne ausgebildet ist, in we-

nigstens einem Band zwischen 800 und 3600 MHz zu arbeiten.

98. Tragbares Kommunikationsgerät nach Anspruch 94, wobei die Antenne ausgebildet ist, wenigstens bei GSM zu arbeiten.

99. Tragbares Kommunikationsgerät nach Anspruch 94, wobei die Antenne ausgebildet ist, wenigstens bei GSM und wenigstens bei einem Band oberhalb von 1900 MHz zu arbeiten.

100. Tragbares Kommunikationsgerät nach Anspruch 94, wobei die Antenne eine Patch-Antenne ist, die fähig ist wenigstens bei GSM 900 und GSM 1800 zu arbeiten.

101. Tragbares Kommunikationsgerät nach irgendeinem der Ansprüche 63 bis 100, wobei es ein Mobiltelefon ist.

102. Tragbares Kommunikationsgerät nach Anspruch 101, wobei die Antenne innerhalb des Mobiltelefons verborgen ist.

Es folgen 13 Blatt Zeichnungen

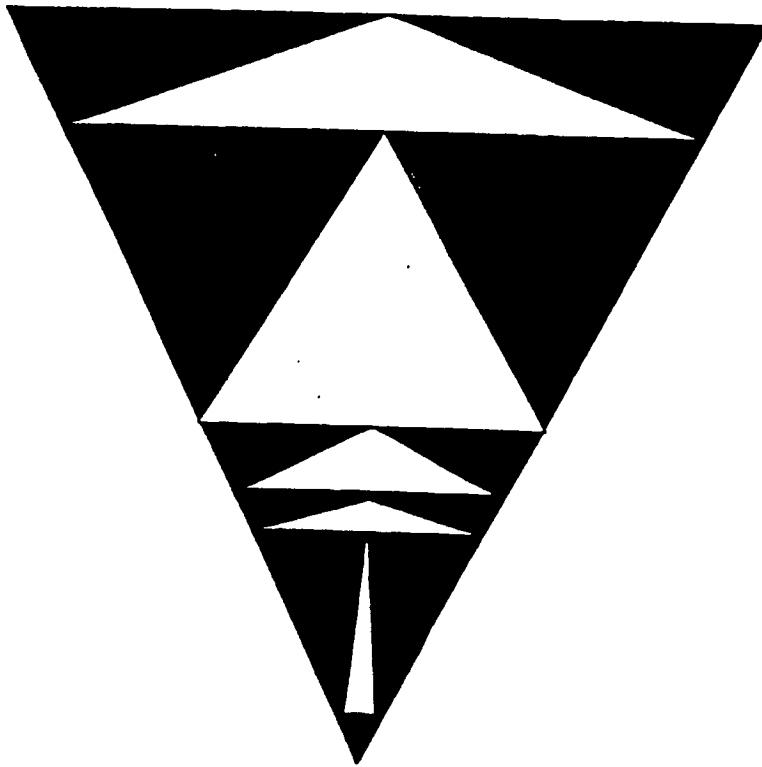
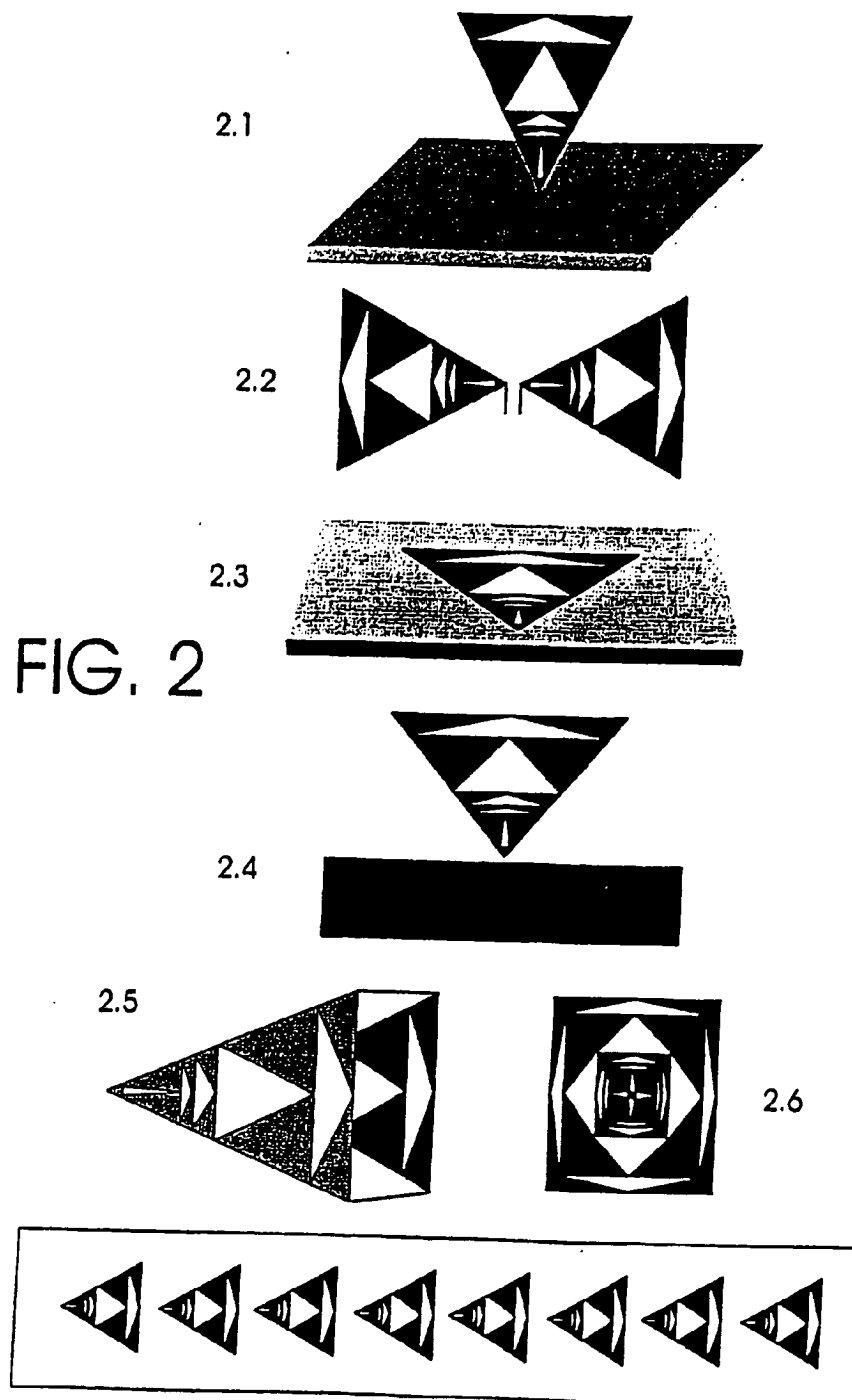


FIG. 1



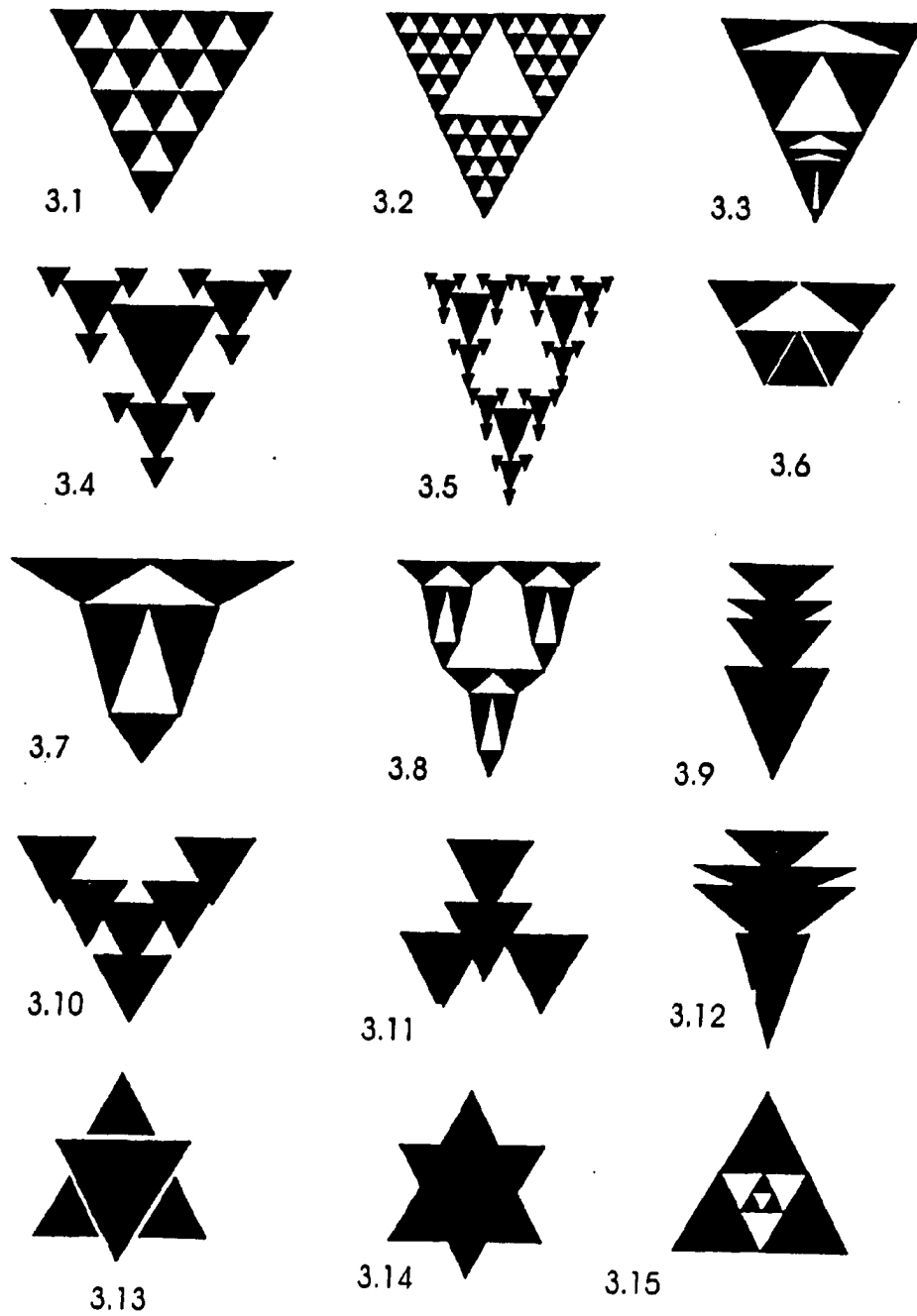


FIG. 3

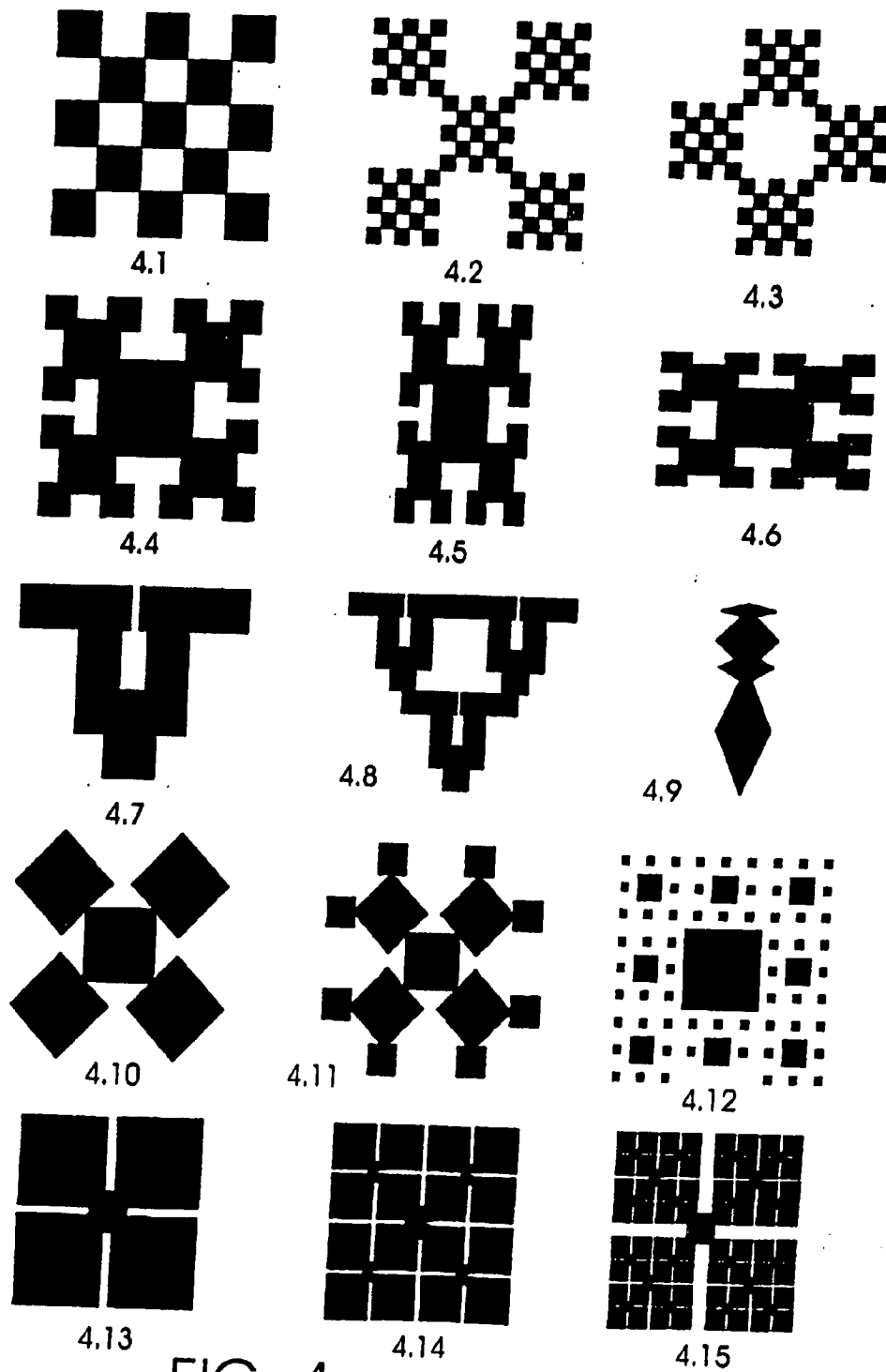


FIG. 4



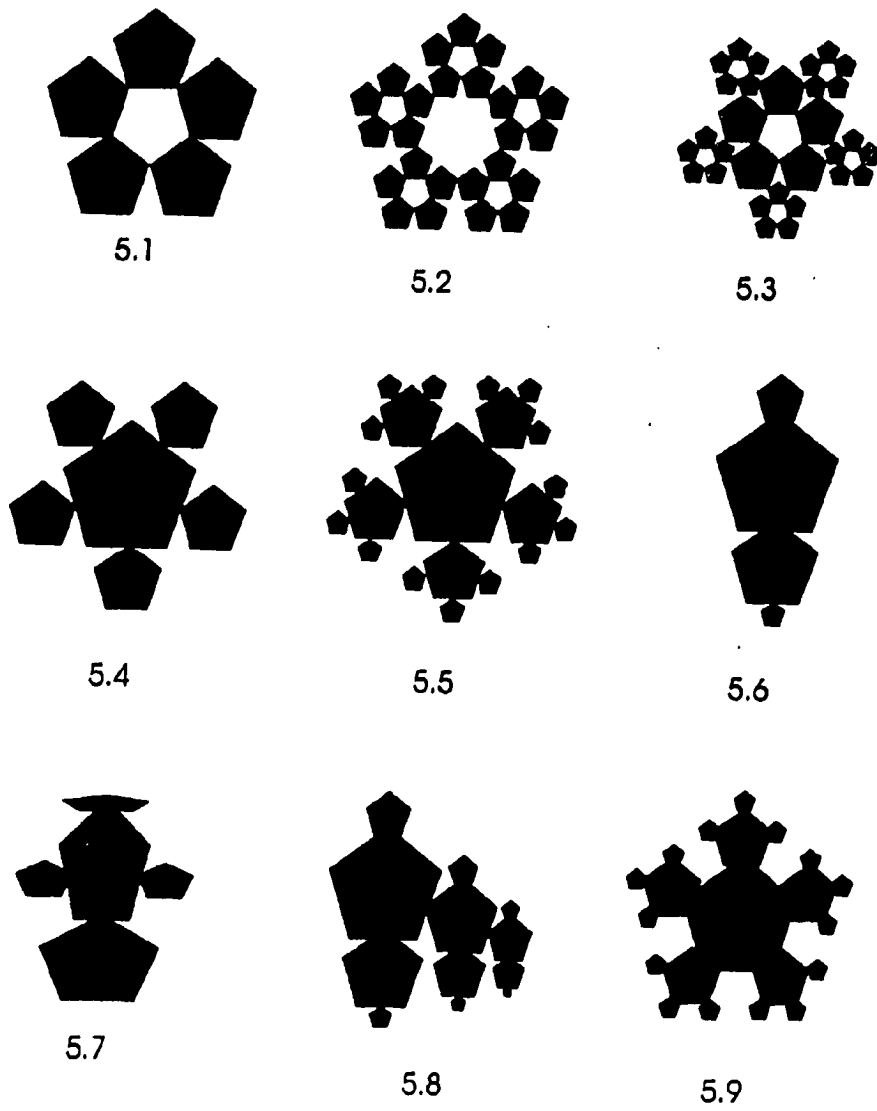
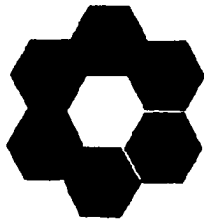
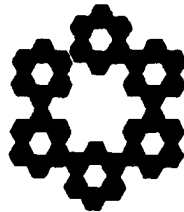


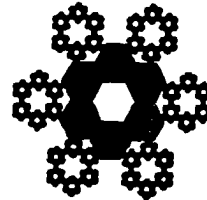
FIG. 5



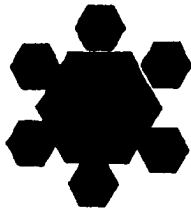
6.1



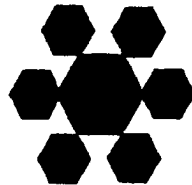
6.2



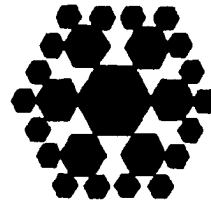
6.3



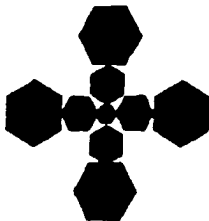
6.4



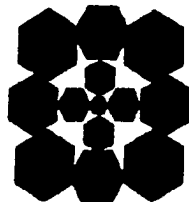
6.5



6.6



6.7

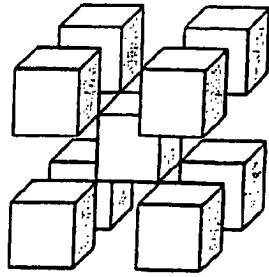


6.8

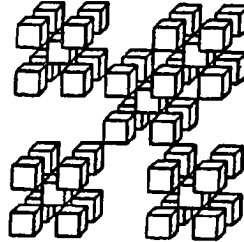


6.9

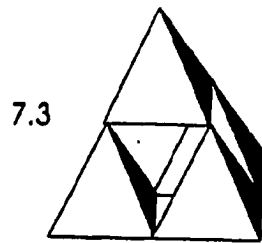
FIG. 6



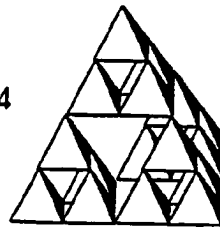
7.1



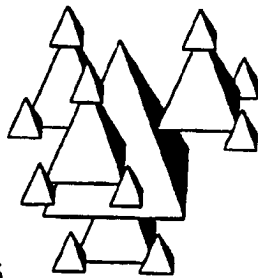
7.2



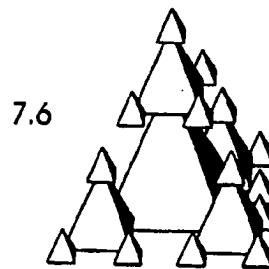
7.3



7.4



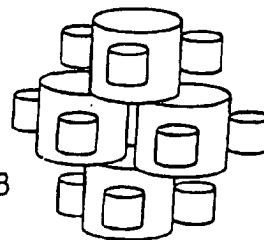
7.5



7.6



7.7



7.8

FIG. 7

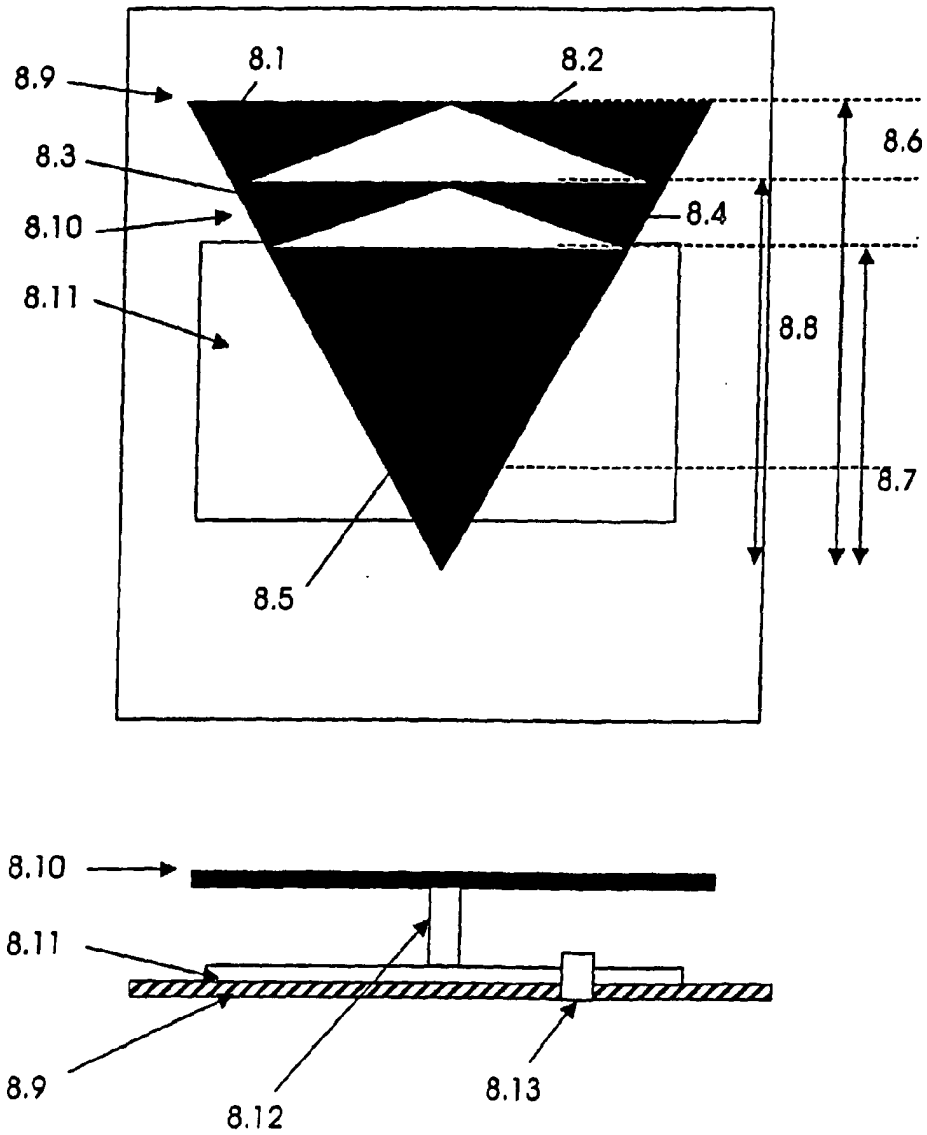


FIG. 8

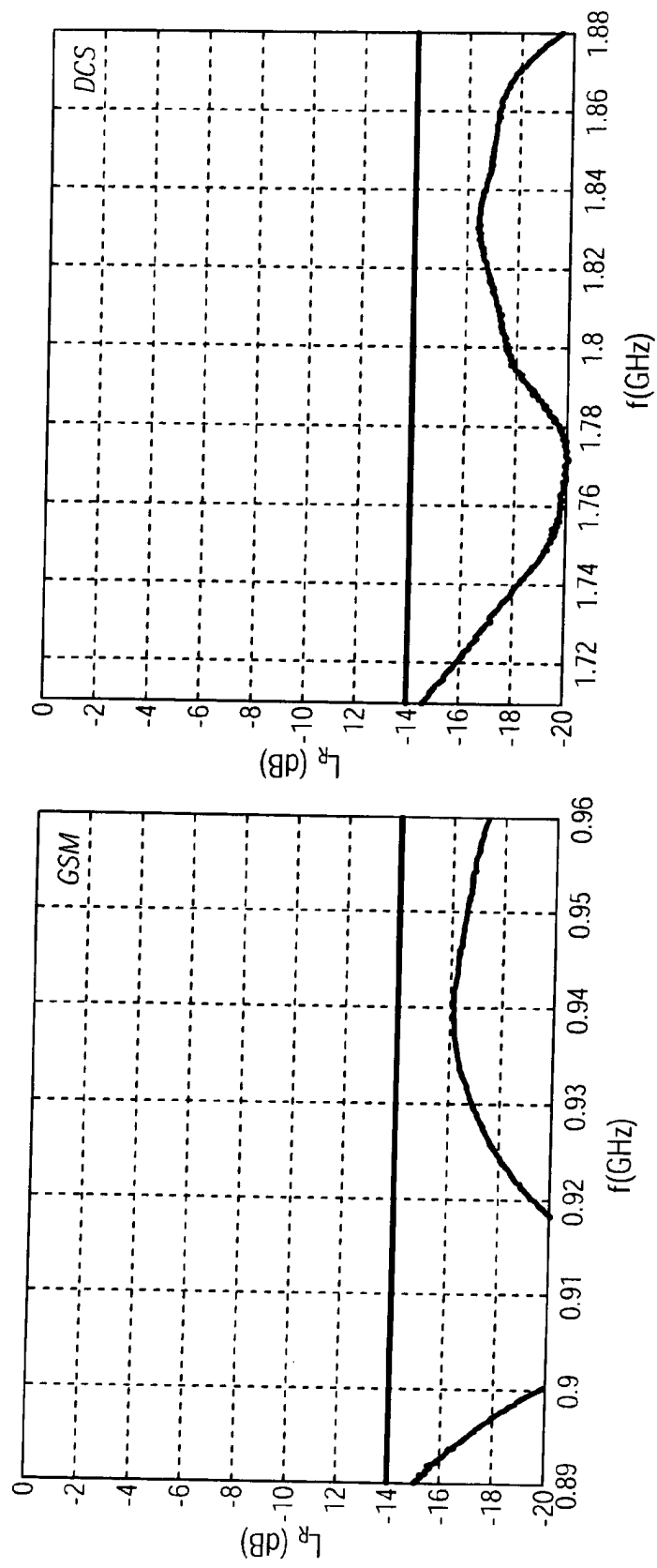


FIG. 9



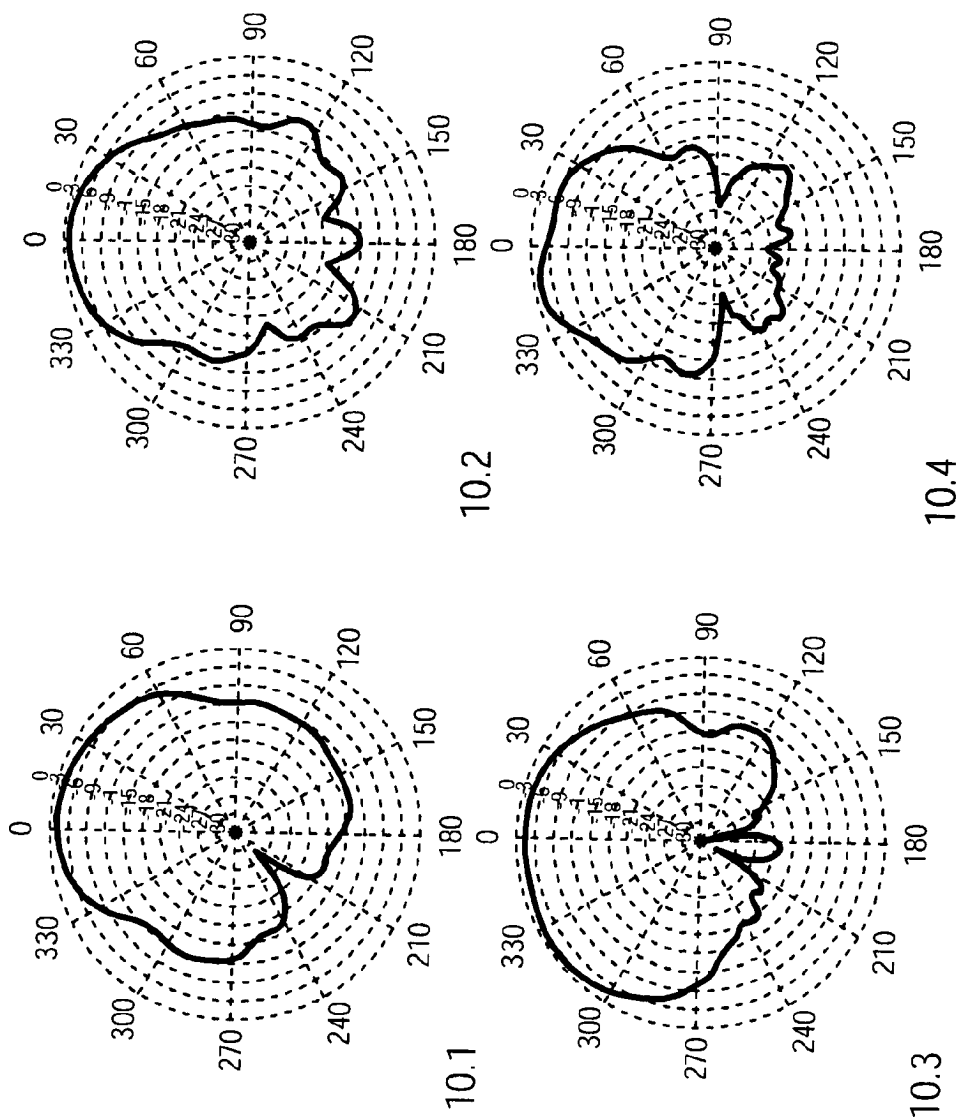


FIG. 10

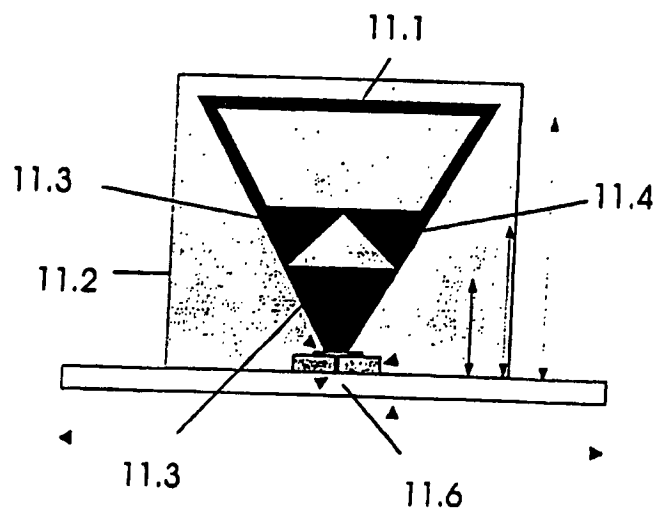


FIG. 11

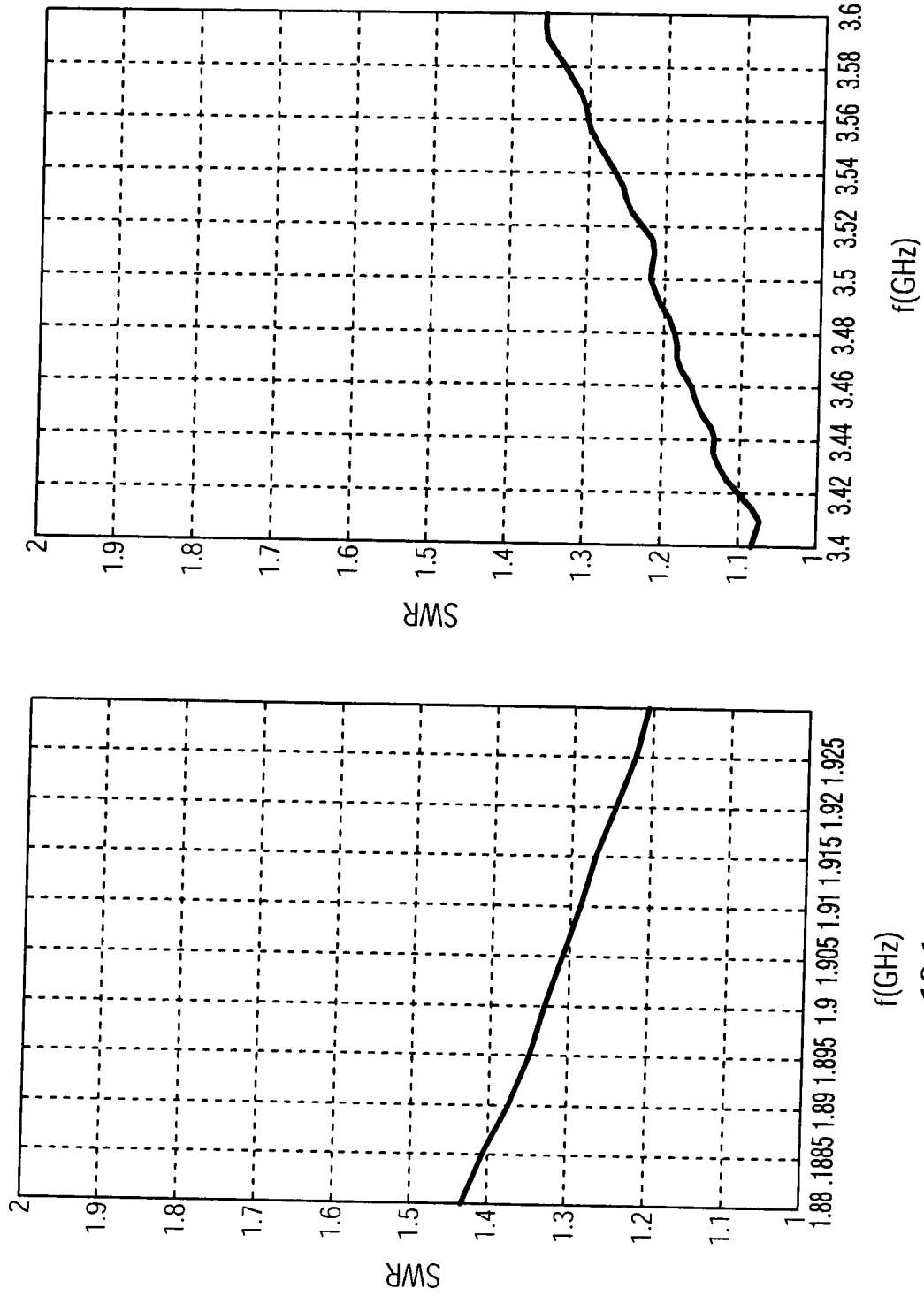
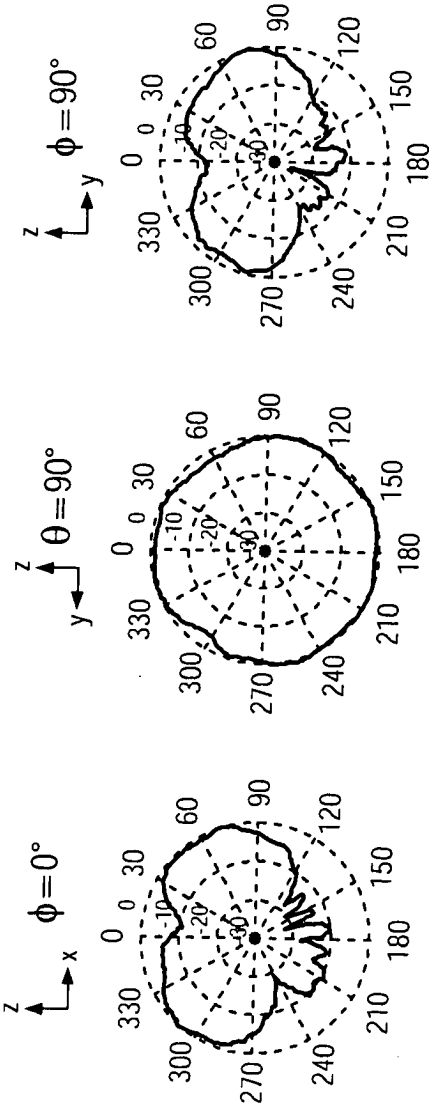


FIG. 12

$f=1905\text{ MHz}$

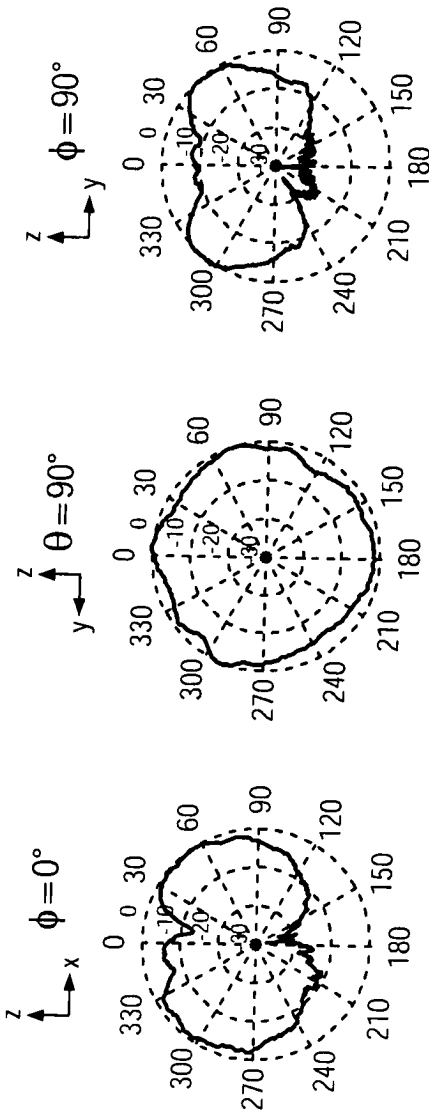


13.1

13.2

13.3

$f=3500\text{ MHz}$



13.4

13.5

13.6

FIG. 13