

(19)



(11)

**EP 2 135 324 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**12.03.2014 Patentblatt 2014/11**

(51) Int Cl.:  
**H01Q 9/04 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **08707217.9**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2008/000504**

(22) Anmeldetag: **23.01.2008**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2008/092592 (07.08.2008 Gazette 2008/32)**

(54) **ANTENNENVORRICHTUNG ZUM SENDEN UND EMPFANGEN VON ELEKTROMAGNETISCHEN SIGNALEN**

ANTENNA APPARATUS FOR TRANSMITTING AND RECEIVING ELECTROMAGNETIC SIGNALS  
 DISPOSITIF D'ANTENNE POUR ÉMETTRE ET RECEVOIR DES SIGNAUX ÉLECTROMAGNÉTIQUES

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR**

(72) Erfinder:  
 • **POPUGAEV, Alexander**  
**91052 Erlangen (DE)**  
 • **WANSCH, Rainer**  
**91083 Baiersdorf-Hagenau (DE)**

(30) Priorität: **30.01.2007 DE 102007004612**

(74) Vertreter: **Stöckeler, Ferdinand et al**  
**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler**  
**Patentanwälte**  
**Postfach 246**  
**82043 Pullach bei München (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**23.12.2009 Patentblatt 2009/52**

(73) Patentinhaber: **Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.**  
**80686 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 1 113 523 EP-A- 1 536 511**  
**WO-A-03/028156 US-A1- 2002 158 798**  
**US-A1- 2004 257 292 US-A1- 2007 146 206**

**EP 2 135 324 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 vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Antennenvorrichtung zum Senden und Empfangen von elektromagnetischen Signalen, wie sie beispielsweise bei Navigationssystemen, insbesondere bei Satellitennavigationssystemen wie GPS, GLONASS und Galileo, eingesetzt werden.

**[0002]** Die Verbreitung von Navigationssystemen hat über die letzten Jahre erheblich zugenommen. Derzeit werden satellitengestützte Navigationssysteme sehr intensiv genutzt und haben bereits den privaten Konsummarkt erschlossen. Beispielsweise das amerikanische Satellitensystem GPS (GPS = Global Positioning System) oder auch das russische GLONASS (GLONASS = GLobales Navigations-Satelliten-System), was gleichbedeutend mit dem international verwendeten Überbegriff GNSS (GNSS = Global Navigation Satellite System) ist, sind bereits weltweit im Einsatz. Auch das europäische System Galileo wird im Laufe der nächsten Jahre zum Einsatz kommen. Es wird erwartet, dass das Galileo-System in vier bis fünf Jahren voll nutzbar sein wird.

**[0003]** Die Satellitennavigationssysteme nutzen vorwiegend einen Frequenzbereich, der zwischen 1 und 2 GHz liegt. Die Fig. 9 zeigt den derzeit verwendeten Frequenzplan des sogenannten Lower-L-Bandes, des Upper-L-Bandes und des C-Bandes. Dabei sind die verwendeten Frequenzbereiche über einer Frequenzachse aufgetragen, die in Einheiten von MHz angegeben ist. Im oberen Teil der Fig. 9 ist das Lower-L-Band dargestellt, in dem Frequenzen allen drei Navigationssystemen zugeordnet sind. Die einzelnen Frequenzbänder werden dabei zur Verwirklichung von offenen Diensten (OS = Open Services), sowie Notfallapplikationen (SOL = Safety Of Live), kommerziellen Diensten (CS = Commercial Service) und öffentlichen Diensten (PRS = Public Regulated Service) verwendet. Ferner werden den einzelnen Bändern Kennungen zugeordnet, wie beispielsweise in dem Bereich von 1.164 MHz bis 1.188 MHz, der dem GPS-System unter der Kennung L5, sowie dem Galileo-System mit der Kennung E5A zugeordnet ist. Die Fig. 9 zeigt ferner im unteren linken Bereich das Upper-L-Band, das ebenfalls für Navigationssysteme verwendet wird und ähnlich wie das Lower-L-Band unterteilt ist. Die Fig. 9 zeigt im unteren Bereich auf der rechten Seite das C-Band, welches in der Aufwärtsstrecke des Galileo-Systems verwendet wird und das in einem Frequenzbereich um 5GHz liegt. Dieser Frequenzbereich wird verwendet, um Informationen von einer Bodenstation an einen Satelliten zu senden.

**[0004]** Um nun in diesen Frequenzbereichen eine Kommunikation aufzubauen, ist es notwendig, Antennen zu verwenden, die eine entsprechend genaue Ortung der Satelliten, und damit des Empfängers zulassen. Für Präzisionsanwendungen, die beispielsweise Genauigkeitsansprüche von weniger als fünf Metern haben, wird versucht Antennen zu entwickeln, die möglichst in allen drei Frequenzbändern betrieben werden können. Diese An-

tennen werden zur Zeit z.B. vom russischen Unternehmen Javad, [www.javad.com](http://www.javad.com), und von nordamerikanischen Unternehmen, [www.ovatel.com](http://www.ovatel.com) und [www.sanav.com](http://www.sanav.com), angeboten.

**[0005]** Zumeist sind Antennen in einbandigen Versionen, z. B. GPS-L1, oder in zweibandigen Variationen, z. B. GPS-L1+L2, verfügbar. Die derzeitigen Systeme weisen dabei den Nachteil auf, dass sie sehr kostenintensiv sind. Beispielsweise sind mehrbandige Systeme erst ab einem Preisniveau oberhalb von 1.000Euro erhältlich. Diese Systeme verwenden zumeist planare Strukturen auf sehr teuren Keramiksubstraten, die maßgeblich zu den hohen Kosten beitragen.

**[0006]** Aus dem Stand der Technik sind ferner günstigere Antennen bekannt, die jedoch hinsichtlich ihrer Genauigkeit erhebliche Nachteile aufweisen. Günstigere Antennensysteme weisen beispielsweise insbesondere hinsichtlich ihres Phasenzentrums und ihrer Bandbreite erhebliche Einbußen auf. So sind z. B. Schwankungen des Phasenzentrums über dem Einfallswinkel erheblich, beispielsweise umfassen diese mehrere Zentimeter, und erweisen sich damit weit größer als die angestrebte Genauigkeit erlaubt. Ein weiteres Problem manifestiert sich in der kompakten Bauweise solcher Systeme, die deren Bandbreite nachteilig beeinflusst und diese deutlich reduziert. Solche Systeme sind deshalb zumeist einbandig und bieten so lediglich die Möglichkeit des Empfangs eines Frequenzbereiches, beispielsweise wird lediglich der Empfang von GPS-Signalen gewährleistet.

**[0007]** Es ist deswegen die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Antennenvorrichtung zu schaffen, die breitbandig ist, über den Frequenzbereich einen stabilen Antennengewinn aufweist und effizient und kostengünstig herstellbar ist.

Stand der Technik

**[0008]** Zur Steuerung der Keulenbreite im Azimut unter Nutzung parasitärer Elemente offenbart die US 2004/0257292 A1 eine Antennenvorrichtung zum Senden und Empfangen von elektromagnetischen Signalen in einer Anordnung aus einem Strahler und mehreren parasitären Elementen auf einer Massefläche, wobei die parasitären Elemente konzentrisch um den Strahler herum angeordnet sind. Die parasitären Elemente werden über ein Steuernetzwerk je nach gewünschter Strahlformung im Azimut mit der Massefläche elektrisch gekoppelt, bzw. von der Massefläche entkoppelt. Dadurch lassen sich verschiedene Antennencharakteristika, bzw. verschiedene Strahlen, in der Ebene der Massefläche ausprägen.

**[0009]** Zur Erhöhung der Keulenbreite in der Elevation ist aus der US 2004/0201524 A1 eine Antennenanordnung bekannt, bei der eine Patch-Antenne auf einem dielektrischen Substrat gebildet ist. In dem dielektrischen Substrat sind die Patch-Antenne umgebend Durchkontaktierungen vorgesehen, wodurch sich eine Erhöhung der Keulenbreite in Elevationsrichtung ergibt. Die gezeig-

te Ausprägung der Patch-Antenne ist allerdings schmalbandig.

**[0010]** Eine Antennenvorrichtung, bei der unter einem Strahler angeordnete Kondensatorelektrodenabschnitte durch aus seiner Masseebene herausgebogene Elemente gebildet sind, ist in der EP 1536511 A1 beschrieben.

**[0011]** Die US 5 200 756 A offenbart eine dreidimensionale Mikrostreifen-Patch-Antenne, die eine Basis, ein auf der Basis angeordnetes dielektrisches Substrat mit einer polyedrischen Konfiguration und ein auf dem Substrat gebildetes Antennenelement aufweist. Das Antennenelement besteht aus einer leitfähigen Schicht, deren Ecken nach unten gebogen sind und das in den Ecken der Oberfläche gespeist wird.

**[0012]** Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Antennenvorrichtung gemäß Anspruch 1 und ein Herstellungsverfahren gemäß Anspruch 21.

**[0013]** Die Aufgabe wird gelöst durch eine Antennenvorrichtung zum Senden und Empfangen von elektromagnetischen Signalen, die eine Massefläche und einen Strahler umfasst, der in einem Strahlerabstand über der Massefläche angeordnet ist. Die Antennenvorrichtung weist ferner eine Mehrzahl von parasitären Elementen auf, die auf der Massefläche radialsymmetrisch um den Strahler herum angeordnet sind, wobei die parasitären Elemente elektrisch mit der Massefläche verbunden sind.

**[0014]** Die Aufgabe wird ferner gelöst durch ein Herstellungsverfahren zum Herstellen einer Antennenvorrichtung zum Senden und Empfangen von elektromagnetischen Signalen, mit einem Schritt des Anordnens eines Strahlers in einem Strahlerabstand über einer Massefläche und einem Schritt des Anordnens einer Mehrzahl von parasitären Elementen radialsymmetrisch um den Strahler herum auf der Massefläche.

**[0015]** Der Kerngedanke der vorliegenden Erfindung besteht darin, die Abstrahlcharakteristik einer Antenne durch diese umgebende parasitäre metallische Elemente zu beeinflussen. Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung basierend deswegen auf der Erkenntnis, dass die Abstrahlcharakteristik, es wird in diesem Zusammenhang auch von Keulenbreite gesprochen, von Antennen durch parasitäre metallische Elemente angepasst werden kann. Dabei werden die parasitären Elemente um einen Strahler herum auf einer Massefläche angeordnet, wodurch die Abstrahlcharakteristik unter anderem so beeinflusst wird, dass im Frequenzbereich der Navigationssysteme eine größere Keulenbreite der Abstrahlcharakteristik bei gleichem Antennengewinn erzielt werden kann. Dieser Vorteil wird durch die beschriebene geometrische Anordnung einer Massefläche, eines Strahlers und von parasitären Elementen erzielt, so dass diese Antennensysteme sehr kostengünstig realisiert werden können, worin ein weiterer großer Vorteil von Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung besteht.

**[0016]** Das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren

ermöglicht den Aufbau von Antennenvorrichtungen, die breitbandige zirkularpolarisierte Antennen realisieren mit einem stabilen Phasenzentrum, einem fast konstanten Antennengewinn in beispielsweise dem Frequenzbereich der Navigationssysteme und einer großen Keulenbreite auch bei höheren Frequenzen. Vorteilhaft bei diesen Systemen ist ihr geringes Gewicht und die preisgünstige Herstellung. Dieser Vorteil ergibt sich, da auf eine Nutzung von gestapelten Mikrostreifenleitungsstrahlern auf sehr teuren, brüchigen und schweren Keramiksubstraten, verzichtet werden kann.

**[0017]** Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1a ein Ausführungsbeispiel einer Antennenvorrichtung in der Seitenansicht;
- Fig. 1b ein Ausführungsbeispiel einer Antennenvorrichtung in der Draufsicht;
- Fig. 2a ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Antennenvorrichtung;
- Fig. 2b ein alternatives Ausführungsbeispiel einer Antennenvorrichtung;
- Fig. 3a ein beispielhaftes Anpass- oder Speisetzwerk in einem Ausführungsbeispiel einer Antennenvorrichtung;
- Fig. 3b eine idealisierte Streumatrix eines Anpass/Speisetzwerkes eines Ausführungsbeispiels einer Antennenvorrichtung;
- Fig. 4 ein Ausführungsbeispiel eines Anpass- oder Speisetzwerkes eines Ausführungsbeispiels einer Antennenvorrichtung;
- Fig. 5a eine Tabelle verschiedener Vergleichswerte zwischen einem Ausführungsbeispiel und konventionellen Systemen;
- Fig. 5b ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Antennenvorrichtung;
- Fig. 5c ein Smith-Diagramm, das den Verlauf des Reflexionskoeffizienten eines Ausführungsbeispiels einer Antennenvorrichtung verdeutlicht;
- Fig. 6a bis 6e Richtdiagramme von Ausführungsbeispielen von Antennenvorrichtungen;

- Fig. 7 ein Ausführungsbeispiel einer Massefläche;
- Fig. 8 ein Ausführungsbeispiel eines Strahlers; und
- Fig. 9 einen Frequenzplan aus dem Stand der Technik.

**[0018]** Bevor im Folgenden Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert werden, wird darauf hingewiesen, dass gleiche Elemente in den Figuren mit den gleichen oder ähnlichen Bezugszeichen versehen sind und dass eine wiederholte Beschreibung dieser Elemente weggelassen wird.

**[0019]** In der Fig. 1a ist eine Antennenvorrichtung 100 zum Senden und Empfangen von elektromagnetischen Signalen dargestellt. Die Antennenvorrichtung 100 umfasst eine Massefläche 110 und einen Strahler 120, der in einem Strahlerabstand 150 über der Massefläche 110 angeordnet ist. Die Antennenvorrichtung 100 umfasst ferner eine Mehrzahl von parasitären Elementen 130, die auf der Massefläche 110 radialsymmetrisch um den Strahler 120 herum angeordnet sind, wobei die parasitären Elemente 130 elektrisch mit der Massefläche 110 verbunden sind. Die Fig. 1a zeigt dabei die Seitenansicht einer Antennenvorrichtung 100.

**[0020]** Die Fig. 1b zeigt die Antennenvorrichtung 100 in der Draufsicht. Die Antennenvorrichtung 100 umfasst die Massefläche 110 und den Strahler 120, der in einem Strahlerabstand 150 über der Massefläche 110 angeordnet ist. Die Fig. 1b zeigt ebenfalls die Mehrzahl von parasitären Elementen 130, die auf der Massefläche 110 radialsymmetrisch um dem Strahler 120 herum angeordnet sind, wobei die parasitären Elemente 130 elektrisch mit der Massefläche 110 verbunden sind.

**[0021]** In einem Ausführungsbeispiel weist die Massefläche 110 einen Flächeninhalt auf, der das Quadrat einer Wellenlänge der elektromagnetischen Signale unterschreitet. Der Strahler 120 kann einen Strahlerabstand 150 aufweisen, der eine Wellenlänge der elektromagnetischen Signale unterschreitet. Ferner können in Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung zwei parasitäre Elemente 130 der Mehrzahl von parasitären Elementen 130 untereinander einen Elementabstand 140 von weniger als einer Wellenlänge der elektromagnetischen Signale aufweisen, in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist der Elementabstand 140 weniger als ein Viertel der Wellenlänge der elektromagnetischen Signale.

**[0022]** Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beziehen sich bevorzugt auf Antennenvorrichtungen die in einem Wellenlängenbereich von 0,15-0,3m liegen, und somit für einen Frequenzbereich zwischen 1GHz und 2GHz ausgelegt sind. Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung sind jedoch nicht auf diesen Frequenzbereich beschränkt, denn prinzipiell lassen sich die elektromagnetischen Felder und damit die Antennen-

charakteristika beliebiger Antennen durch parasitäre Elemente erfindungsgemäß beeinflussen.

**[0023]** Lediglich vorzugsweise kommen Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung in dem GPS-, dem Galileo- oder dem GLONASS-System zum Einsatz, und sind deshalb in Ausführungsbeispielen entsprechend ausgelegt.

**[0024]** In Ausführungsbeispielen von Antennenvorrichtungen 100 kann die Massefläche 110 aus metallischem Material gefertigt sein und eine kreisförmige, ovale, quadratische oder auch rechteckige Form aufweisen. Der Strahler 120 kann seinerseits in Ausführungsbeispielen kreisförmig, oval, quadratisch oder auch rechteckig ausgebildet sein. Ferner kann der Strahler 120 durch einen Mikrostreifenleitungsstrahler realisiert sein. In Ausführungsbeispielen weist der Strahler 120 eine durch die Massefläche 110 hindurchgeführte Kontaktierung auf.

**[0025]** Ausführungsbeispiele können verschiedenartige parasitäre Elemente 130 aufweisen. Beispielsweise sind stabförmige, kubische oder kreisausschnittförmige Elemente denkbar. In einem Ausführungsbeispiel könnten beispielsweise parasitäre Elemente 130 als aus der Massefläche 110 teilweise herausgearbeitete Elemente ausgebildet sein. Dabei ist es beispielsweise denkbar, dass mit einem Laser entsprechende Konturen aus der Massefläche 110 herausgelöst oder herausgearbeitet werden. Die parasitären Elemente 130 sind somit zunächst Bestandteil der Massefläche 110. Nachdem die Konturen aus der Massefläche 110 herausgearbeitet wurden, können die parasitären Elemente 130 aus der Massefläche 110 herausgebogen bzw. aufgerichtet werden. In Ausführungsbeispielen kann die Antennenvorrichtung 100 mehr als vier parasitäre Elemente 130 aufweisen. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel umfasst die Antennenvorrichtung 100 sechs bis zwölf, vorzugsweise acht oder mehr parasitäre Elemente 130.

**[0026]** Bei einem Ausführungsbeispiel umfasst die Antenne ferner folgende Eigenschaften:

- Frequenzbereich: 1,16-1,3GHz und 1,56-1,61GHz
- Polarisation: zirkular, RHCP (RHCP =Right Handed Circular Polarsation)
- Antennengewinn größer 3dBic
- präzise definiertes und stabiles Phasenzentrum
- 10dB-Keulenbreite größer 150°
- VRV > 10dB (VRV = Vor-/Rück-Verhältnis)
- kostengünstige Realisierung

**[0027]** Im Folgenden werden Simulationsergebnisse vorgestellt, die mit den obigen Eigenschaften bzw. Einstellungen erzielt wurden. Bei der Simulation wurde vor allem darauf geachtet, dass über den gesamten Frequenzbereich eine 10dB-Keulenbreite von mindestens 150° gewährleistet ist.

**[0028]** An dieser Stelle sei angemerkt, dass eine andere mögliche Maßnahme zur Vergrößerung der Keulenbreite die Verwendung eines elektrisch kleinen Strah-

lers wäre, der allerdings den Nachteil aufweist, dass der Antennengewinn im tieferen Frequenzband sehr stark abnimmt, wenn die gewünschte Keulenbreite erreicht wird.

**[0029]** Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird durch Einbringen der parasitären metallischen Elemente 130 eine Vergrößerung der Keulenbreite bei höheren Frequenzen neben einer Erhöhung des Antennengewinns bei tieferen Frequenzen erreicht.

**[0030]** Die Fig. 2a zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Antennenvorrichtung 100, mit einer Massefläche 110 und einem Strahler 120. Die Fig. 2a zeigt ferner die parasitären Elemente 130, die auf der Massefläche 110 radialsymmetrisch um den Strahler 120 herum angeordnet sind und mit der Massefläche 110 elektrisch verbunden sind. Die parasitären Elemente 130 sind in diesem Ausführungsbeispiel als Parallelogramme oder Laschen realisiert. In einem Ausführungsbeispiel beträgt der Elementabstand 140 zwischen zwei parasitären Elementen 130 weniger als eine Wellenlänge der elektromagnetischen Signale, in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel beträgt der Elementabstand 140 weniger als ein Viertel dieser Wellenlänge. Ferner kann der Strahlerabstand 150 in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel weniger als eine Wellenlänge der elektromagnetischen Signale betragen. Die Fig. 2a zeigt dabei eine Realisierung der parasitären Elemente 130 als metallische Rippen.

**[0031]** Die Fig. 2b zeigt ein alternatives Ausführungsbeispiel einer Antennenvorrichtung 100 bei der die parasitären Elemente 130 als metallische Stäbe realisiert sind. Gemäß obiger Beschreibung könnten in einem bevorzugten alternativen Ausführungsbeispiel der Elementabstand 140 weniger als ein Viertel der Wellenlänge der elektromagnetischen Signale und der Strahlerabstand 150 weniger als eine Wellenlänge der elektromagnetischen Signale betragen.

**[0032]** Simulationsergebnisse einer Parameterstudie werden im Folgenden zusammengefasst.

1.

- Strahler 40x40x20mm (Breite x Länge x Höhe) ohne parasitäre Elemente
- VSWR (VSWR = Voltage Standing Wave Ratio) 1,8:1
- Antennengewinn bei 1,16GHz = 1dBic
- 10dB-Keulenbreite bei 1,61GHz = 150°

2.

- Strahler 50x50x30mm ohne parasitäre Elemente
- VSWR 1,8:1
- Antennengewinn bei 1,16GHz = 4dBic
- 10dB-Keulenbreite bei 1,61GHz = 130°

3.

- Strahler 50x50x30mm mit parasitären Elementen
- VSWR 1,5:1
- Antennengewinn bei 1,16GHz = 4dBic
- 10dB-Keulenbreite bei 1,61GHz = 150°

**[0033]** In einem Ausführungsbeispiel wird eine erfindungsgemäße Antennenvorrichtung 100 ferner zur Erzeugung einer zirkularen Polarisation verwendet. Für die Erzeugung der zirkularen Polarisation wird der Strahler 120 in vier Punkten von einem Anpass- oder Speisennetzwerk, welches sich in einem Ausführungsbeispiel auf der Unterseite der Leiterplatte bzw. Massefläche 110 befindet, angeregt. Die Fig. 3a zeigt ein Ausführungsbeispiel eines solchen Anpass- bzw. Speisennetzwerkes 300. Das Anpass-/Speisennetzwerk 300 weist fünf Speisepunkte 301 bis 305 auf. Ein zu sendendes Signal wird dabei im Punkt 301 eingespeist, durch einen Phasenschieber entsprechend manipuliert, und an den Flanken eines Strahlers 120, die mit den Speisepunkten 302 bis 305 verbunden sind, eingespeist. Ein zu empfangendes Signal kann in analoger Weise am Speisepunkt 301 abgegriffen werden.

**[0034]** Das Anpass-/Speisennetzwerk 300 umfasst in diesem Ausführungsbeispiel ferner einen Phasenschieber und vier Anpassnetzwerke 320. Der Phasenschieber ist in diesem Ausführungsbeispiel durch einen Rat-Race-Teiler 312 und zwei Wilkinson-Teiler 314 und 316 realisiert. Der Phasenschieber, der sich aus dem Rat-Race-Teiler 312 und den beiden Wilkinson-Teilern 314 und 316 zusammensetzt, sorgt für eine entsprechende Phasenverschiebung zur Ansteuerung des Strahlers 120, um eine zirkulare Polarisation zu erreichen. Der Rat-Race-Teiler 312 ist in diesem Ausführungsbeispiel oval ausgeprägt, in anderen Ausführungsbeispielen kann er, so wie üblicherweise realisiert, kreisförmig vorzufinden sein. Die Anpassnetzwerke 320 dienen dazu, in diesem Ausführungsbeispiel die Impedanz der Antenne anzupassen.

**[0035]** Das Speisennetzwerk 300 der Fig. 3a realisiert eine Streumatrix S des Ausführungsbeispiels, die in der Fig. 3b abgebildet ist. Die Matrix weist gemäß der fünf Speisepunkte 301 bis 305 des Anpass-/Speisennetzwerkes 300 eine 5x5-Dimension auf. Die zirkulare Polarisierungseigenschaft des Speisennetzwerkes 300 manifestiert sich in der Streumatrix S in den jeweils um 90° verschobenen Streufaktoren zwischen den Speisepunkten 301 - 305.

**[0036]** Zur Anpassung der Impedanz der Antennenvorrichtung 100 werden in dem Speisennetzwerk 300 vier identische Anpassnetzwerke 320 gemäß diesem Ausführungsbeispiel verwendet. Die Fig. 4 zeigt noch einmal das Speisennetzwerk 300 mit den vier Anpassnetzwerken 320. Jedes der vier Anpassnetzwerke 320 weist in diesem Ausführungsbeispiel einen Nicht-Viertel-Wellen-Transformator 322 auf, sowie zwei leer laufende Stichleitungen 324 und 326. Die Antennenvorrichtung 100 und der Strahler 120 lassen sich somit breitbandig anpassen,

ohne kurzgeschlossene Stichleitungen zu verwenden, was in Kombination mit einem Transformator ein anderes Verfahren der breitbandigen Anpassung wäre. Mit der Wahl der Strahlerabmessungen, d. h. seiner Breite und seinem Strahlerabstand 150, kann die Lage der Impedanzkurve in einem Smith-Diagramm beeinflusst werden. In einem Ausführungsbeispiel kann die Impedanzkurve so weit optimiert werden, dass alle Admittanzwerte in einer Umgebung eines Kreises des Leitwertes  $G = 1$  verlaufen. In diesem Ausführungsbeispiel besteht dann die Möglichkeit, durch die richtige Wahl der Parameter der zwei parallel geschlossenen leer laufenden Stichleitungen 324 und 326, sowie durch richtige Wahl des Transformators 322, die Admittanzwerte zum Zentrum des Smith-Diagramms zu bewegen und eine optimale Anpassung zu erreichen.

**[0037]** Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung können somit an der gegenüberliegenden Seite der Massefläche 110 ein Anpass- oder Speisetzwerk 300 aufweisen. Das Anpass-/Speisetzwerk 300 kann ferner über einen Rat-Race-Teiler 312 oder einen Wilkinson-Teiler 314;316 verfügen. In einem weiteren Ausführungsbeispiel kann das Anpass-/Speisetzwerk 300 ferner eine Stichleitung 326, einen Transformator 322 oder eine Transformationsleitung 322 aufweisen. Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung können demnach auch zum Senden oder Empfangen zirkular polarisierter Signale ausgebildet sein.

**[0038]** Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung bieten beispielsweise den Vorteil, dass sie über ein stabiles Phasenzentrum verfügen. Ferner verfügen sie über eine größere Bandbreite und eine größere Keulenbreite als herkömmliche Systeme. Sie zeichnen sich ferner durch ihre geringe Masse und ihre geringen Produktionskosten aus, wodurch sie vorteilhaft als GNSS-Antennen einsetzbar sind. Die Fig. 5a zeigt eine Tabelle, die einen Vergleich verschiedener Parameter unterschiedlicher Antennensysteme darstellt. Die Parameter eines Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung sind in der letzten Zeile dargestellt, und werden mit drei herkömmlichen Systemen der Firma Javad, Novatel und SanJose-Naviagtion verglichen. Aus der Tabelle in der Fig. 5a geht hervor, dass das Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung in diesem Vergleich über die größte 10dB-Keulenbreite verfügt, die geringste Masse aufweist, den ganzen Frequenzbereich der Navigationssysteme abdeckt und am preisgünstigsten herzustellen ist.

**[0039]** Die Fig. 5b zeigt eine aufgebaute GNSS-Antenne gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung für einen Frequenzbereich von 1,16-1,61GHz. Die Abbildung 5b zeigt eine Massefläche 110, einen Strahler 120 und parasitäre Elemente 130.

**[0040]** Die Fig. 5c zeigt ein Smith-Diagramm, das den vermessenen Verlauf des Reflexionskoeffizienten  $S_{11}$  der GNSS-Antenne aus der Fig. 5b dargestellt. In dem dargestellten Verlauf sind vier Punkte Mkr1-4 bei den Frequenzen 1,16, 1,30, 1,56 und 1,61GHz markiert, so-

wie in der Legende die zugehörigen Impedanzen aufgeführt. Es ist aus dem Verlauf deutlich zu erkennen, dass die Antenne derart anpassbar ist, dass alle Admittanzwerte in einer Umgebung des Kreises des Leitwertes  $G=1$  verlaufen.

**[0041]** Die Fig. 6a-d sowie die Tabelle der Fig. 6e führen die vermessenen Strahlungsdiagramme der Antenne aus der Fig. 5b auf. Die Anpassung der Antenne im oberen Frequenzbereich kann in Ausführungsbeispielen noch weiter optimiert werden. Die Fig. 6a zeigt ein horizontales Antennendiagramm, wobei der äußere Verlauf 600 einer rechtshändigen zirkularen Polarisation entspricht, der innere Verlauf 610 entspricht einer linkshändigen zirkularen Polarisation. Die Fig. 6a zeigt den Verlauf bei einem vertikalen Winkels von  $0^\circ$ , d. h. in die direkte horizontale Richtung orthogonal zur Massefläche 110 der Antennenvorrichtung 100, bei einer Frequenz von 1,16GHz. Es ist deutlich zu erkennen, dass die 10dB-Keulenbreite deutlich größer als  $150^\circ$  ist. Die Fig. 6b zeigt für die gleiche Frequenz ein nahezu vertikales Antennendiagramm für einen Winkel von  $70^\circ$  um die direkte horizontale Richtung. Der in Fig. 6b dargestellte Verlauf wurde für rechtshändige zirkulare Polarisation ermittelt und zeigt deutlich, dass der Antennengewinn eine gute Einheitlichkeit in alle Richtungen aufweist.

**[0042]** Die Fig. 6c zeigt zwei Diagramme, ein Diagramm 620 für rechtshändige zirkulare Polarisation und ein Diagramm 630 für linkshändige zirkulare Polarisation. Beide Diagramme wurden bei einer Frequenz von 1,61GHz aufgenommen und in direkter horizontaler Richtung erfasst. Es ist zu erkennen, dass die 10dB-Keulenbreite größer als  $150^\circ$  ist. Die Fig. 6d zeigt wiederum ein nahezu vertikales Antennendiagramm für einen Winkel von  $70^\circ$  aus der horizontalen Richtung, bei einer Frequenz von 1,61 GHz. Der Verlauf der Fig. 6d wurde für eine rechtshändige zirkulare Polarisation ermittelt und zeigt ebenfalls eine gute Einheitlichkeit des Antennengewinns über alle Einfallsrichtungen.

Die in der Fig. 6e dargestellte Tabelle, umfasst die bei den verschiedenen Frequenzen ermittelten maximalen Antennengewinne und 10dB-Keulenbreiten zusammen. Auch hier ist zu sehen, dass mit Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung eine Steigerung der 10dB-Keulenbreite über einen breiten Frequenzbereich erzielbar ist.

**[0043]** Gemäß dem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren, ist es in Ausführungsbeispielen möglich, eine Antennenvorrichtung derart herzustellen, dass die parasitären Elemente 130 aus einer Massefläche 110 zunächst teilweise herausgelöst werden. Die Fig. 7 zeigt schematisch ein Ausführungsbeispiel eines solchen Verfahrensschrittes. Die kreisförmige Massefläche 110 wird zunächst beispielsweise mit einem Laser oder einer Säge derart bearbeitet, dass die Konturen der parasitären Elemente 130 herausgelöst werden. Anschließend erfolgt ein Schritt des Aufbiegens der parasitären Elemente, so dass eine Struktur gemäß der in der Fig. 5b dargestellten Antennenvorrichtung erreicht wird.

**[0044]** Ferner kann das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren zur Herstellung eines Strahlers 120 einen Schritt des Biegens eines Strahlers 120 aus einer quadratischen Form umfassen. Die Fig. 8 zeigt einen solchen Strahler 120 der zunächst in einer quadratischen oder planquadratischen Form vorliegt. Die Ecken werden nun derart gebogen bzw. angepasst, dass das innere Quadrat entsteht. Die Fig. 5b zeigt ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Antennenvorrichtung, die eine Massefläche 110 und parasitäre Elemente 130 gemäß der Fig. 7 und einen Strahler 120 gemäß der Fig. 8 umfasst. Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung bieten den Vorteil, dass bei Antennenvorrichtungen im Frequenzbereich von Navigationssystemen eine größere Keulenbreite der Abstrahlcharakteristik bei gleichem Antennengewinn erzielt werden kann. Dieser Vorteil wird durch geometrische Anordnung einer Massefläche, eines Strahlers und von parasitären Elementen erzielt, so dass diese Antennensysteme sehr kostengünstig realisiert werden können, worin ein weiterer großer Vorteil von Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung besteht.

**[0045]** In Ausführungsbeispielen der Antennenvorrichtung 100 kann die Massefläche 110 metallisches Material aufweisen. Die Massefläche 110 kann kreisförmig, oval, quadratisch oder rechteckig ausgebildet sein. Der Strahler 120 kann kreisförmig, oval, quadratisch oder rechteckig ausgebildet sein. Der Strahler 120 kann ferner als ein Mikrostreifenleitungsstrahler ausgebildet sein und/oder eine durch die Massefläche 110 hindurch geführte Kontaktierung aufweisen. In Ausführungsbeispielen kann ein parasitäres Element 130 stabförmig, kubisch oder kreisausschnittförmig ausgebildet sein. Ein parasitäres Element 130 kann als ein aus der Massefläche 110 teilweise herausgearbeitetes Element ausgebildet sein.

**[0046]** In Ausführungsbeispielen der Antennenvorrichtung 100 kann das Anpass- oder Speisetzwerk 300 auf der dem Strahler 120 gegenüberliegenden Seite der Massefläche 110 angeordnet sein. Das Anpass- oder Speisetzwerk 300 kann einen Rat-Race-Teiler 312 oder einen Wilkinson-Teiler 314; 316 aufweisen. Das Anpass- oder Speisetzwerk 300 kann ferner eine Stichleitung 326, einen Transformator 322 oder eine Transformatorleitung 322 aufweisen.

**[0047]** In Ausführungsbeispielen der Antennenvorrichtung 100 kann diese zum Senden und Empfangen zirkularpolarisierter Signale ausgebildet sein.

#### Patentansprüche

1. Antennenvorrichtung (100) zum Senden und Empfangen von elektromagnetischen Signalen mit folgenden Merkmalen:

einer Massefläche (110);  
einem Strahler (120), der in einem Abstand (150) über der Massefläche (110) angeordnet

ist; und

einer Mehrzahl von parasitären Elementen (130), die auf der Massefläche (110) radialsymmetrisch um den Strahler (120) herum angeordnet sind, wobei die parasitären Elemente (130) elektrisch mit der Massefläche (110) verbunden sind,

**dadurch gekennzeichnet, dass** die Höhe der parasitären Elemente (130) über der Massefläche (110) dem Abstand (150) entspricht, wobei der Strahler durch Biegen der Ecken einer planquadratischen Form gebildet ist und sich an den umgebogenen Ecken abstützt.

2. Antennenvorrichtung (100) gemäß Anspruch 1, bei der eine Wellenlänge der elektromagnetischen Signale zwischen 0,15m und 0,3m liegt.

3. Antennenvorrichtung (100) gemäß Anspruch 2, bei der die Massefläche (110) einen Flächeninhalt aufweist, der das Quadrat einer Wellenlänge der elektromagnetischen Signale unterschreitet und bei der der Abstand (150) eine Wellenlänge der elektromagnetischen Signale unterschreitet.

4. Antennenvorrichtung (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der zwei parasitäre Elemente (130) der Mehrzahl von parasitären Elementen (130) untereinander einen Elementabstand (140) von weniger als einer Wellenlänge der elektromagnetischen Signale oder weniger als einem Viertel der Wellenlänge der elektromagnetischen Signale aufweisen.

5. Antennenvorrichtung (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der die elektromagnetischen Signale gemäß dem GPS-, dem Galileo- oder dem GLONASS-System ausgebildet sind.

6. Antennenvorrichtung (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, bei der ein parasitäres Element (130) aus der Massefläche (110) teilweise herausgelöst und aufgerichtet wurde.

7. Antennenvorrichtung (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, die mehr als vier oder mehr als sieben parasitäre Elemente (130) aufweist.

8. Antennenvorrichtung (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, die ferner ein Anpass- oder Speisetzwerk (300) aufweist.

9. Herstellungsverfahren zum Herstellen einer Antennenvorrichtung (100) zum Senden und Empfangen von elektromagnetischen Signalen, mit folgenden Schritten:

Anordnen eines Strahlers (120) in einem Ab-

stand (150) über einer Massefläche (110); und Anordnen einer Mehrzahl von parasitären Elementen (130) radialsymmetrisch um den Strahler (120) herum auf der Massefläche (110), wobei die parasitären Elemente (130) elektrisch mit der Massefläche (110) verbunden sind, wobei die Höhe der parasitären Elemente (130) über der Massefläche (110) dem Abstand (150) entspricht, wobei der Schritt des Anordnens des Strahlers (120) einen Unterschritt des Biegens der Ecken einer planquadratischen Form umfasst.

10. Herstellungsverfahren gemäß Anspruch 9, bei dem der Schritt des Anordnens der parasitären Elemente (130) einen Unterschritt des teilweisen Herauslösens von parasitären Elementen (130) aus der Massefläche (110) umfasst.
11. Herstellungsverfahren gemäß Anspruch 10, bei dem der Unterschritt des teilweisen Herauslösens ferner einen Unterschritt des Aufbiegens oder Aufrichtens der parasitären Elemente (130) umfasst.

#### Claims

1. An antenna device (100) for transmitting and receiving electromagnetic signals, comprising:
- a ground plane (110);
  - a radiator (120) arranged at a distance (150) above the ground plane (110); and
  - a plurality of parasitic elements (130) arranged, on the ground plane (110), around the radiator (120) in a radially symmetric manner, the parasitic elements (130) being electrically connected to the ground plane (110),
- characterized in that** the height of the parasitic elements (130) above the ground plane (110) corresponds to the distance (150), wherein the radiator is formed by bending the corners of a grid-square shape and is supported on the bent corners.
2. The antenna device (100) as claimed in claim 1, wherein a wavelength of the electromagnetic signals ranges from 0.15 m to 0.3 m.
3. The antenna device (100) as claimed in claim 2, wherein the ground plane (110) comprises a surface area which falls below the square of a wavelength of the electromagnetic signals, and wherein the distance (150) falls below a wavelength of the electromagnetic signals.
4. The antenna device (100) as claimed in any of claims 1 to 3, wherein two parasitic elements (130) of the

plurality of parasitic elements (130) comprise an element distance (140) among each other of less than a wavelength of the electromagnetic signals or less than a quarter of the wavelength of the electromagnetic signals.

5. The antenna device (100) as claimed in any of claims 1 to 4, wherein the electromagnetic signals are configured in accordance with the GPS, the Galileo or the GLONASS system.
6. The antenna device (100) as claimed in any of claims 1 to 5, wherein a parasitic element (130) was partly released from the ground plane (110) and was erected.
7. The antenna device (100) as claimed in any of claims 1 to 6, comprising more than four or more than seven parasitic elements (130).
8. The antenna device (100) as claimed in any of claims 1 to 7, further comprising a matching or feed network (300).
9. A production method of producing an antenna device (100) for transmitting and receiving electromagnetic signals, comprising:
- arranging a radiator (120) at a distance (150) above a ground plane (110); and
  - arranging a plurality of parasitic elements (130), on the ground plane (110), around the radiator (120) in a radially symmetric manner, the parasitic elements (130) being electrically connected to the ground plane (110),
- wherein the height of the parasitic elements (130) above the ground plane (110) corresponds to the distance (150), wherein the step of arranging the radiator (120) comprises a sub-step of bending the corners of a grid-square shape.
10. The production method as claimed in claim 9, wherein the step of arranging the parasitic elements (130) comprises a sub-step of partly releasing parasitic elements (130) from the ground plane (110).
11. The production method as claimed in claim 10, wherein the sub-step of partly releasing further comprises a sub-step of bending up or erecting the parasitic elements (130).

#### Revendications

1. Dispositif d'antenne (100) pour émettre et recevoir des signaux électromagnétiques, aux caractéristiques suivantes:

- un plan de masse (110);  
 un moyen de rayonnement (120) qui est disposé à une distance (150) au-dessus du plan de masse (110); et  
 une pluralité d'éléments parasites (130) disposés sur le plan de masse (110) de manière symétrique radialement autour du moyen de rayonnement (120), les éléments parasites (130) étant reliés électriquement au plan de masse (110),  
**caractérisé par le fait que** la hauteur des éléments parasites (130) au-dessus du plan de masse (110) correspond à la distance (150), dans lequel le moyen de rayonnement est formé par pliage des coins en forme de carré et s'appuie sur les coins repliés.
2. Dispositif d'antenne (100) selon la revendication 1, dans lequel une longueur d'onde des signaux électromagnétiques se situe entre 0,15 m et 0,3 m.
3. Dispositif d'antenne (100) selon la revendication 2, dans lequel le plan de masse (110) présente un contenu de plan qui est inférieur au carré d'une longueur d'onde des signaux électromagnétiques et dans lequel la distance (150) est inférieure à la longueur d'onde des signaux électromagnétiques.
4. Dispositif d'antenne (100) selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel deux éléments parasites (130) parmi la pluralité d'éléments parasites (130) présentent entre eux une distance d'élément (140) de moins d'une longueur d'onde des signaux électromagnétiques ou de moins d'un quart de la longueur d'onde des signaux électromagnétiques.
5. Dispositif d'antenne (100) selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel les signaux électromagnétiques sont réalisés selon le système GPS, le système Galilée ou le système GLONASS.
6. Dispositif d'antenne (100) selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel un élément parasite (130) a été sorti partiellement du plan de masse (110) et redressé.
7. Dispositif d'antenne (100) selon l'une des revendications 1 à 6, présentant plus de quatre ou plus de sept éléments parasites (130).
8. Dispositif d'antenne (100) selon l'une des revendications 1 à 7, présentant par ailleurs un réseau d'adaptation ou d'alimentation (300).
9. Procédé de fabrication pour fabriquer un dispositif d'antenne (100) pour émettre et recevoir des signaux électromagnétiques, aux étapes suivantes consistant à:
- disposer un moyen de rayonnement (120) à une distance (150) au-dessus d'un plan de masse (110); et  
 disposer une pluralité d'éléments parasites (130) sur le plan de masse (110) de manière symétrique radialement autour du moyen de rayonnement (120), les éléments parasites (130) étant reliés électriquement au plan de masse (110),  
 dans lequel la hauteur des éléments parasites (130) au-dessus du plan de masse (110) correspond à la distance (150),  
 dans lequel l'étape consistant à disposer le moyen de rayonnement (120) comprend une sous-étape consistant à plier les coins de forme carrée.
10. Procédé de production selon la revendication 9, dans lequel l'étape consistant à disposer les éléments parasites (130) comprend une sous-étape consistant à sortir partiellement des éléments parasites (130) du plan de masse (110).
11. Procédé de production selon la revendication 10, dans lequel la sous-étape consistant à sortir partiellement comprend par ailleurs une sous-étape consistant à replier ou redresser les éléments parasites (130).

FIG 1a

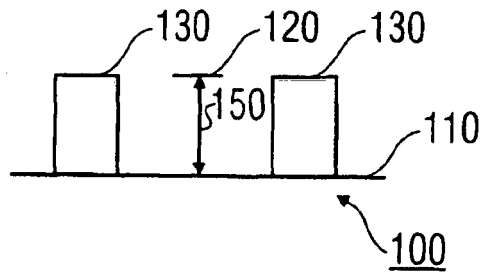


FIG 1b

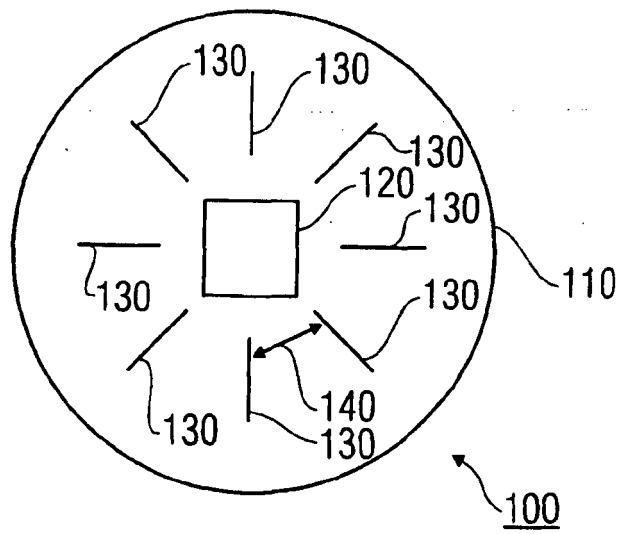


FIG 2a

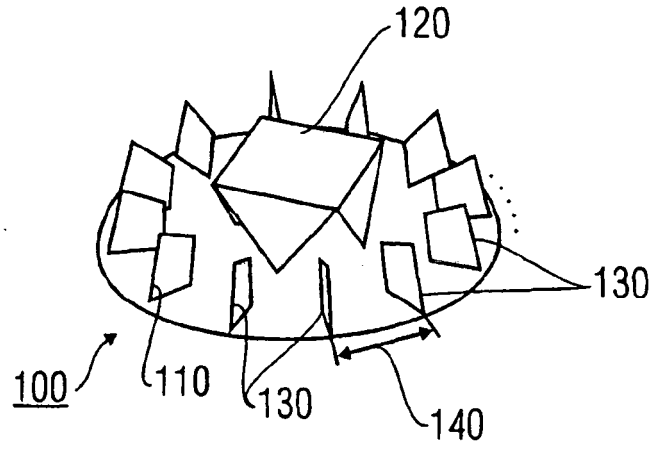


FIG 2b

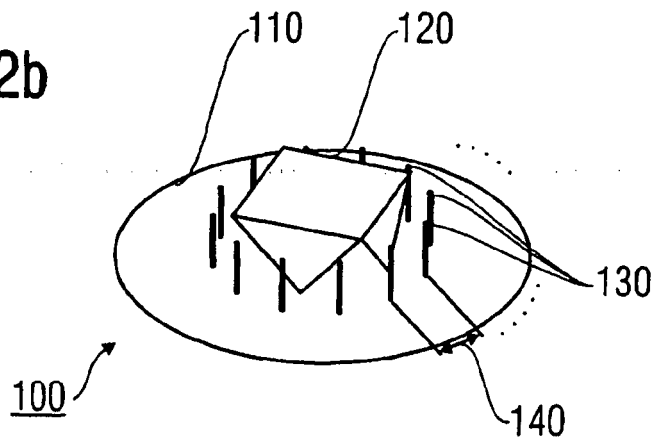


FIG 3a

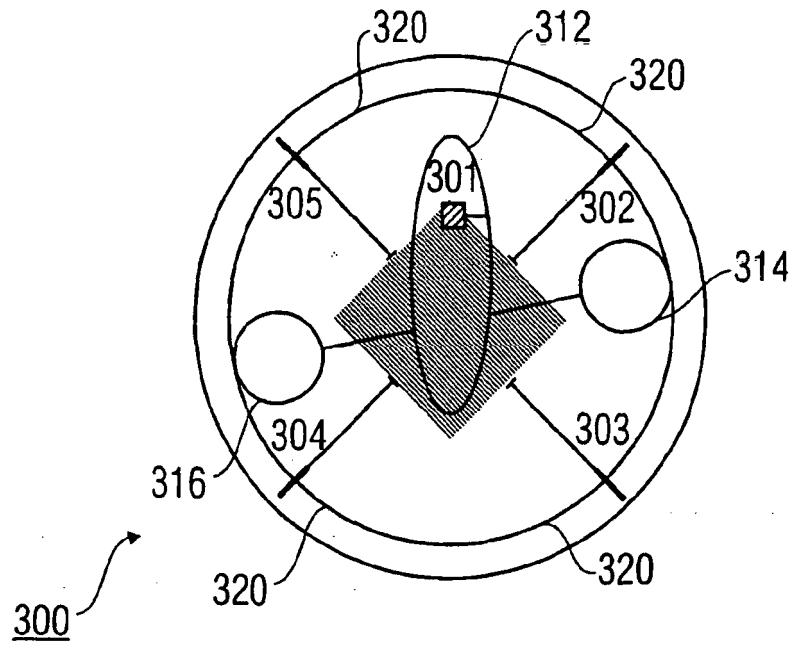


FIG 3b

$$[S] = \frac{e^{-i\varphi_0}}{2} \begin{bmatrix} 0 & 1 & -j & -1 & j \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -j & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

FIG 4

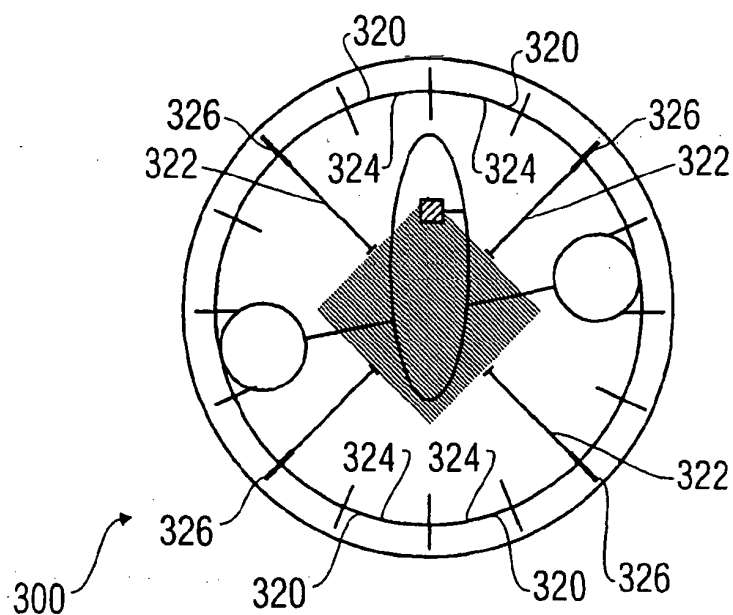


FIG 5a

Antenne (Hersteller)	Frequenz- band, GHz	10 dB - Keulen- breite, °	Masse, g	Abmessungen, mm	Preis, EUR
MarAnt+ (JAVAD)	1,55-1,61 1,21-1,27	>140	492	142x142x53	ab 2230
GPS-532 (NovAtel)	1,56-1,59 1,21-1,24	>135	198	119x76x19	943
(SAN JOSE NAVIGATION)	1,56-1,59 1,21-1,24	-	140	90x90x17	-
GNSS-Antenne (IIS-FhG)	1,16-1,61	>150	107 ohne Geh.	> 150x050x31	<500

FIG 5b

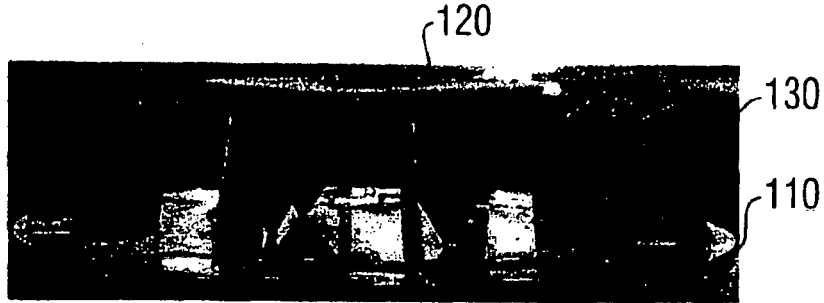


FIG 5c

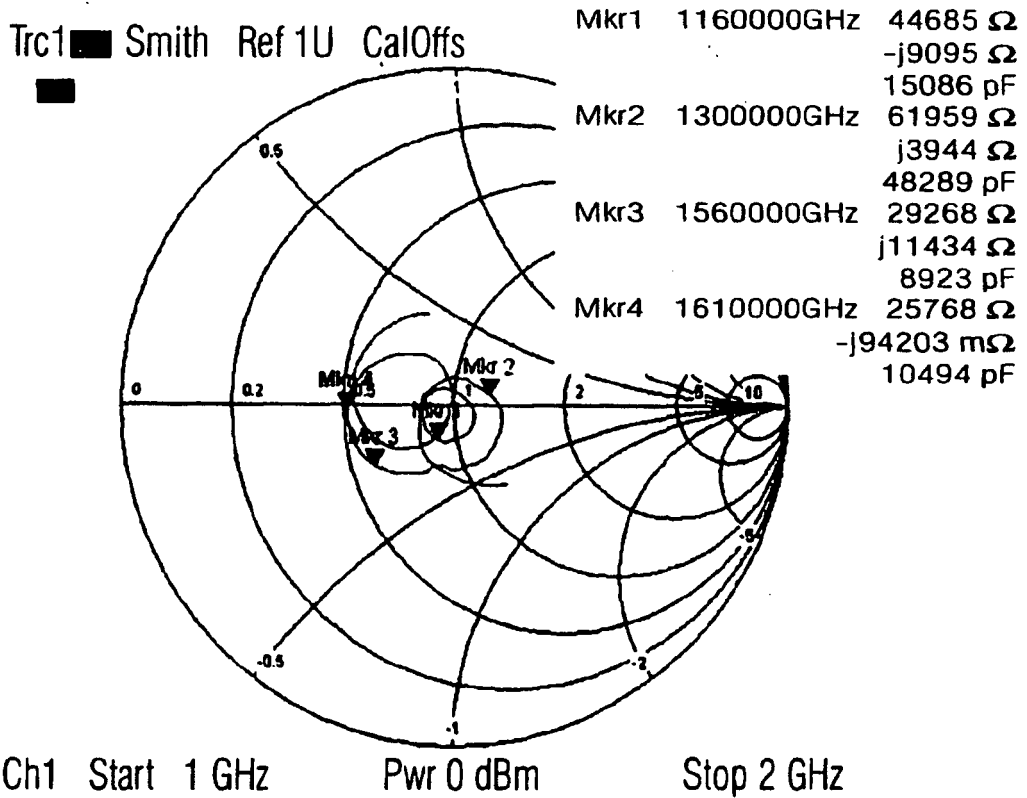


FIG 6a

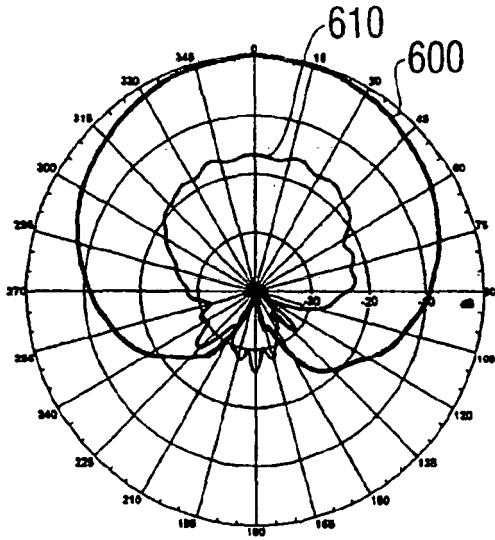


FIG 6b

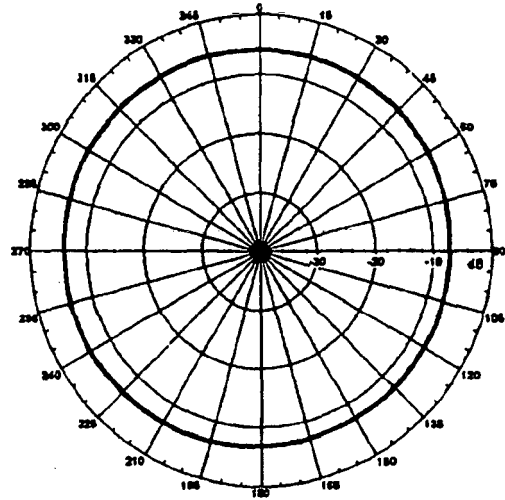


FIG 6c

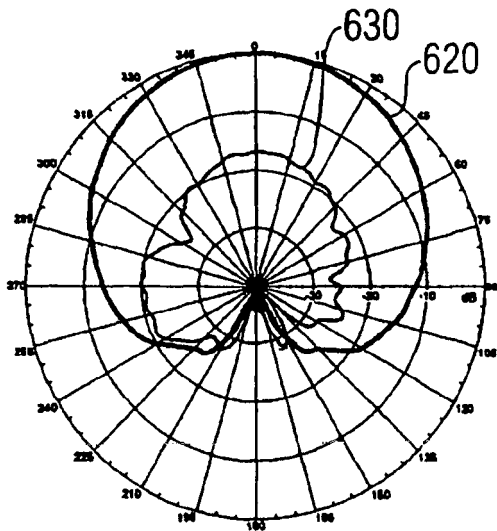


FIG 6d

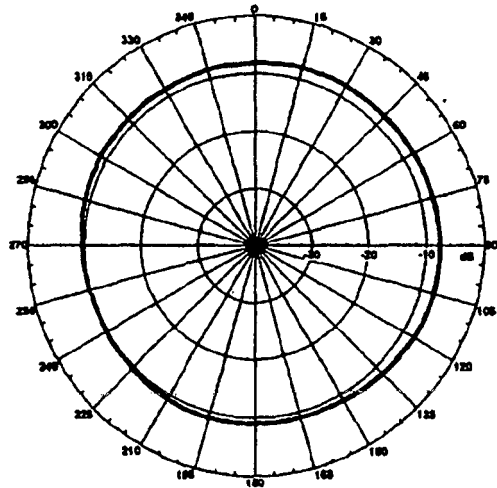


FIG 6e

Frequenz, GHz	Gain, dBic	10dB - Keulenbreite, °
1,16	4,25	178
1,23	3,52	183
1,30	3,55	177
1,56	3,63	161
1,59	3,67	154
1,61	3,16	154

FIG 7

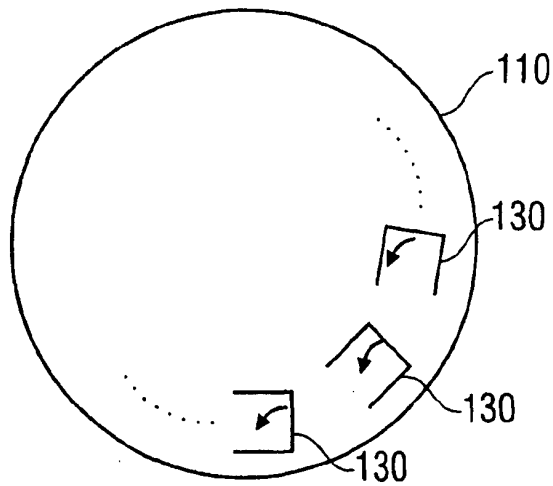
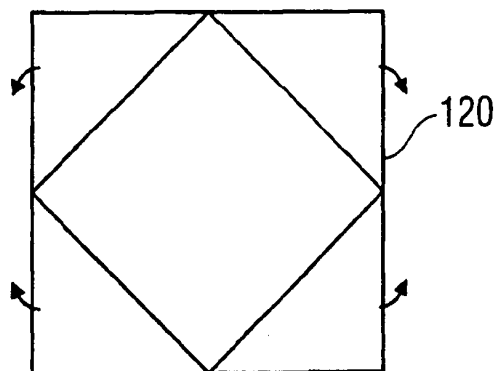


FIG 8





**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**

- US 20040257292 A1 [0008]
- US 20040201524 A1 [0009]
- EP 1536511 A1 [0010]
- US 5200756 A [0011]