

(19)



(11)

**EP 3 159 967 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**21.11.2018 Patentblatt 2018/47**

(51) Int Cl.:  
**H01Q 9/04 (2006.01) H01Q 5/357 (2015.01)**

(21) Anmeldenummer: **16194780.9**

(22) Anmeldetag: **20.10.2016**

(54) **MULTIBAND-GNSS ANTENNE**

MULTIBAND GNSS ANTENNA

ANTENNE MULTIBANDE GNSS

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

(30) Priorität: **20.10.2015 DE 102015220372**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**26.04.2017 Patentblatt 2017/17**

(73) Patentinhaber: **Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.**  
**51147 Köln (DE)**

(72) Erfinder: **Caizzone, Stefano**  
**82205 Gilching (DE)**

(74) Vertreter: **dompatent von Kreisler Selting Werner-Partnerschaft von Patent- und Rechtsanwälten mbB**  
**Deichmannhaus am Dom**  
**Bahnhofsvorplatz 1**  
**50667 Köln (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**US-A- 5 995 047**

- **KISHK A A ET AL: "BROADBAND STACKED DIELECTRIC RESONATOR ANTENNAS", ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, Bd. 25, Nr. 18, 31. August 1989 (1989-08-31), XP000071886, ISSN: 0013-5194**

- **ROCHA H H B ET AL: "Bandwidth enhancement of stacked dielectric resonator antennas excited by a coaxial probe: an experimental and numerical investigation", IET MICROWAVES ANTENNAS & PROPAGATION,, Bd. 2, Nr. 6, 8. September 2008 (2008-09-08), Seiten 580-587, XP006031677, ISSN: 1751-8733, DOI: 10.1049/IET-MAP:20070292**
- **YIJUN ZHOU ET AL: "Dual Band Proximity-Fed Stacked Patch Antenna for Tri-Band GPS Applications", IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, Bd. 55, Nr. 1, 1. Januar 2007 (2007-01-01) , Seiten 220-223, XP011154690, ISSN: 0018-926X, DOI: 10.1109/TAP.2006.888476**
- **DUSSEUX T ET AL: "S-BAND DIPLEXING RADIATING ELEMENT DESIGN", PROCEEDINGS OF THE ANTENNAS AND PROPAGATION SOCIETY ANNUAL MEETING. 1991. VENUE AND EXACT DATE NOT SHOWN; [PROCEEDINGS OF THE ANTENNAS AND PROPAGATION SOCIETY ANNUAL MEETING], NEW YORK, IEEE, US, Bd. 2, 8. Januar 1992 (1992-01-08), Seiten 731-734, XP000239763, ISBN: 978-0-7803-0144-3**
- **XIAO SHENG FANG ET AL: "Linear-/Circular-Polarization Designs of Dual-/Wide-Band Cylindrical Dielectric Resonator Antennas", IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, Bd. 60, Nr. 6, 1. Juni 2012 (2012-06-01), Seiten 2662-2671, XP011454927, ISSN: 0018-926X, DOI: 10.1109/TAP.2012.2194682**

**EP 3 159 967 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).

- **STEFANO CAIZZONE ET AL: "Miniaturized DRA array for GNSS applications", ANTENNAS AND PROPAGATION (EUCAP), 2015 9TH EUROPEAN CONFERENCE ON, 13. April 2015 (2015-04-13), Seite 1, XP055349454, Piscataway**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung eine Multiband-GNSS Antenne.

**[0002]** Bei Einsatz von GNSS Antennen beispielsweise in Kraftfahrzeugen oder Flugzeugen, wurden große Bemühungen unternommen, um die aus dem Stand der Technik bekannten Antennen kleiner zu gestalten. Dies ist insbesondere deswegen von Bedeutung, da GNSS Antennen häufig außerhalb eines Fahrzeugs oder zumindest an der Außenfläche eines Fahrzeugs oder eines Flugzeugs angebracht werden müssen. Um GNSS Antennen daher besser in Fahrzeuge, Flugzeuge etc. integrieren zu können, wird ständig versucht, diese Antennen kleiner zu gestalten.

**[0003]** Diese Bemühungen gehen in den meisten Fällen mit Verlusten in der Leistungsfähigkeit der Antennen einher (was den maximal erzielbaren Gain und die verfügbare Bandbreite angeht). Somit muss ein optimaler Kompromiss zwischen noch akzeptabler Leistungsfähigkeit und reduzierten Dimensionen einer Antenne gefunden werden.

**[0004]** Im Hinblick auf eine verringerte Störungsanfälligkeit ist es ferner von Nutzen, Multiband-GNSS Antennen zu verwenden, so dass so viele Signalbänder wie möglich abgedeckt werden können. Die Verwendung von Multiband-GNSS Antennen ist jedoch bei Antennen mit sehr geringen Ausmaßen nicht oder nur sehr schwer möglich.

**[0005]** Weiterhin ist es bekannt, Antennen-Arrays zu verwenden. Diese sind vorteilhaft, um Interferenzen zu unterdrücken, indem beispielsweise vom Satelliten stammende Signale maximiert und Störsignale aus anderen Richtungen minimiert werden.

**[0006]** Kommerziell verfügbare GNSS Antennen können mittlerweile Abmessungen von ca. 1 cm aufweisen und können beispielsweise in Mobiltelefonen verwendet werden. Allerdings wird hierfür eine starke Einschränkung der Leistungsfähigkeit in Kauf genommen: So liegt beispielsweise der erzielbare Gain weit unter 0 dBi. Weiterhin stehen nur einige MHz an Bandbreite (im L1/E1 Band) zur Verfügung. Weiterhin verhalten sich die Antennen hinsichtlich ihrer Polarisierung weitestgehend linear, während eine RHCP Polarisierung (Right Hand Circular Polarisation) wünschenswert wäre. Dies entspricht der Polarisierung der Satellitensignale. Derartige Antennen können somit nicht für eine präzise und störungsunfallige Navigation verwendet werden.

**[0007]** Sollen dagegen Multiband Antennen eingesetzt werden, die mehrere Frequenzbänder abdecken, zum Beispiel das L1/E1 Band als auch eines oder mehrere der E5/L2/E6 Bänder, so müssen größere Antennenelemente verwendet werden. Weiterhin müssen für die Anpassung an die unterschiedlichen Frequenzbänder spezielle Maßnahmen getroffen werden. Im Stand der Technik existieren entweder Antennen, die zwar multibandfähig sind, deren Bandbreite aber mit der Größe der Antenne abnimmt oder aber es sind Breitbandantennen bekannt, die das gesamte L Band und nicht lediglich die

Navigationssignalbänder abdecken. Letztere können allerdings nur sehr beschränkt miniaturisiert werden.

**[0008]** Bisherige aus dem Stand der Technik bekannte GNSS Antennen, die sowohl die oberen Bänder (L1/E1) als auch eins oder mehrere der unteren Bänder (E5/L2/E6) abdecken, weisen bisher Abmessungen von mindestens 3,5 cm x 3,5 cm auf.

**[0009]** Die Druckschrift KISHK A A et al.: "Broadband Stacked Dielectric Resonator Antennas", Electronics Letters, IEE Stevenage, GB, Bd. 25, Nr. 18, 31 (August 1989, XP000071886, ISSN: 0013-5194) beschreibt eine dielektrische Resonatorantenne, die für eine Vielzahl von Frequenzen geeignet ist und eine erste dielektrische Resonatorantenne und eine hierüber angeordnete zweite dielektrische Resonatorantenne mit einem geringeren Durchmesser aufweist.

**[0010]** Ähnliche Antennenelemente sind bekannt aus den folgenden Druckschriften:

ROCHA H H B et al.: "Bandwidth enhancement of stacked dielectric resonator antennas excited by a coaxial probe: an experimental and numerical investigation", IET Microwaves Antennas & Propagation, Bd. 2, Nr. 6 (8. September 2008, Seiten 580-587, XP006031677, ISSN: 1751-8733, DOI: 10.1049/IET-MAP: 20070292),

DUSSEUX T et al.: "S-Band Diplexing Radiating Element Design", Proceedings of the Antennas and Propagation Society Annual Meeting, 1991. Venue and Exact Date Not Shown; [Proceedings of the Antennas and Propagation Society Annual Meeting], New York, IEEE, US, Bd. 2 (8. Januar 1992, Seiten 731-734, XP000239763, ISBN: 978-0-7803-0144-3),

US 5 995 047 A (Freyssinier Philippe [FR] et al.) 30. November 1999.

**[0011]** Eine weitere Dualband-Patch-Antenne ist bekannt aus YIJUN ZHOU et al.: "Dual Band Proximity-Fed Stacked Patch Antenna for Tri-Band GPS Applications", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, IEEE Service Center, Piscataway, NJ, US, Bd. 55, Nr. 1 (1. Januar 2007, Seiten 220-223, XP011154690, ISSN: 0018-926X, DOI: 10.1109/TAP.2006.888476).

**[0012]** Weitere dielektrische Resonatorantennen für verschiedene Frequenzen sind bekannt aus:

XIAO Sheng Fang et al.: "Linear-/Circular-Polarization Designs of Dual-/Wide-Band Cylindrical Dielectric Resonator Antennas", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, IEEE Service Center, Piscataway, NJ, US, Bd. 60, Nr. 6 (1. Juni 2012, Seiten 2662-2671, XP011454927, ISSN: 0018-926X, DOI: 10.1109/TAP.2012.2194682),

Stefano Caizzone et al.: "Miniaturized DRA array for

GNSS applications", Antennas and Propagation (EUCAP), 2015 9th European Conference on (13. April 2015, Seite 1, XP055349454, Piscataway).

**[0013]** Aufgabe der Erfindung ist es, eine Multiband-GNSS Antenne mit reduzierten Abmessungen bereit zu stellen.

**[0014]** Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1.

**[0015]** Die erfindungsgemäße Multiband-GNSS Antenne umfasst eine elektrisch leitende Grundplatte sowie eine erste dielektrische Resonatorantenne, die auf der Grundplatte angeordnet ist. Soweit entspricht die erfindungsgemäße GNSS Antenne aus dem Stand der Technik bekannten dielektrischen Resonatorantennen.

**[0016]** Erfindungsgemäß ist auf der der Grundplatte abgewandten Seite unmittelbar über der ersten dielektrischen Resonatorantenne eine zweite dielektrische Resonatorantenne angeordnet. Unter unmittelbar wird verstanden, dass zwischen der ersten und der zweiten dielektrischen Resonatorantenne keine weiteren Komponenten angeordnet sind, so dass die erste dielektrische Resonatorantenne die zweite dielektrische Resonatorantenne berührt. Sind beispielsweise die erste und zweite dielektrische Resonatorantenne kreiszylinderförmig ausgebildet, so kann die untere Grundfläche der zweiten dielektrischen Resonatorantenne vollflächig an der oberen Grundfläche der ersten dielektrischen Resonatorantenne anliegen. Zwischen den beiden dielektrischen Resonatorantennen kann eine Klebeschicht angeordnet sein, um die beiden Antennen miteinander zu verbinden. Ferner kann die erste dielektrische Resonatorantenne mittels eines Klebers auf der Grundplatte fixiert sein. Erfindungsgemäß weisen die erste dielektrische Resonatorantenne und die zweite dielektrische Resonatorantenne unterschiedliche Durchmesser und damit unterschiedliche Resonanzfrequenzen auf.

**[0017]** Die erfindungsgemäße Multiband-GNSS Antenne kann entlang eines breiteren Frequenzbandes verwendet werden, obwohl sie kleinere Dimensionen aufweist. Beispielsweise kann bei der Wahl eines geeigneten Materials für die elektrischen Resonatorantennen sowohl im oberen als auch im unteren Navigationsband ein Gain von mehr als 0 dBi erreicht werden, während die Antennengröße 3,5 cm x 3,5 cm x 4 cm nicht überschreitet. Hierfür kann beispielsweise ein glaskeramisches Material verwendet werden, das eine dielektrische Konstante zwischen 30 und 35 aufweist. Die erfindungsgemäße Antenne kann somit besonders klein aufgebaut werden und dennoch eine gute Leistungsfähigkeit und Bandbreite in zwei oder mehr GNSS Bändern erzielen. Sie kann somit besonders vorteilhaft in mobilen Applikationen wie beispielsweise Autos, Flugzeuge, UAV's, Drohnen etc. eingesetzt werden.

**[0018]** Es ist bevorzugt, dass eine der elektrischen Resonatorantennen, insbesondere die erste dielektrische Resonatorantenne eine Resonanzfrequenz im Band zwischen 1164 bis 1214 MHz oder 1215 bis 1239,6 MHz

oder 1260 bis 1300 MHz aufweist, während die andere Antenne, insbesondere die zweite dielektrische Resonatorantenne eine Resonanzfrequenz im Band zwischen 1563 bis 1587 MHz aufweist.

**[0019]** Weiterhin ist es bevorzugt, dass die erste und zweite dielektrische Resonatorantenne ein keramisches oder glaskeramisches Material aufweisen.

**[0020]** Ferner ist es bevorzugt, dass jede dielektrische Resonatorantenne auf ihrer Oberseite, das heißt der der Grundplatte abgewandten Seite einen Metalldeckel aufweist, wobei der Metalldeckel der ersten dielektrischen Resonatorantenne als Grundplatte für die zweite dielektrische Resonatorantenne dient. Der Metalldeckel kann die jeweilige dielektrische Resonatorantenne vollständig oder nur teilweise abdecken. Weiterhin ist es möglich, dass die erste dielektrische Resonatorantenne einen Metalldeckel aufweist und die zweite nicht. Der Metalldeckel der ersten dielektrischen Resonatorantenne wird als Teil der ersten dielektrischen Resonatorantenne angesehen und ist erfindungsgemäß neben einer eventuellen Klebeschicht das einzige Element, das sich zwischen dem dielektrischen Material der ersten dielektrischen Resonatorantenne und dem dielektrischen Material der zweiten dielektrischen Resonatorantenne befindet.

**[0021]** Es ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass beide dielektrische Resonatorantennen mit zwei gemeinsamen Anschlussleitungen verbunden sind, über die die elektrischen Signale abgeführt werden, die von den Antennen empfangen werden.

**[0022]** Die zwei gemeinsamen Anschlussleitungen erstrecken sich von der Grundplatte entlang der Außenwand der ersten dielektrischen Resonatorantenne zur zweiten dielektrischen Resonatorantenne und vorzugsweise entlang zumindest einen Teils der Außenwand der zweiten dielektrischen Resonatorantenne. Es ist bevorzugt, dass die beiden Anschlussleitungen in einem rechten Winkel zur Grundplatte und bevorzugt anliegend an der Mantelfläche der ersten dielektrischen Resonatorantenne bzw. der ersten und zweiten dielektrischen Resonatorantenne verlaufen.

**[0023]** Weiterhin ist es bevorzugt, dass die beiden Anschlussleitungen in einem Winkel von 90° zueinander relativ zur Mittelachse der beiden dielektrischen Resonatorantennen angeordnet sind. Jede Anschlussleitung ist somit einem elektrischen Signal auf der x- und y-Achse zugeordnet, die relativ zueinander um 90° phasenversetzt sind. Somit kann eine RHCP-Polarisation der Antenne erreicht werden (Right Hand Circular Polarisation). Bevorzugt sind die Anschlussleitungen als Metallstreifen ausgebildet, die an der Mantelfläche des oder der beiden dielektrischen Resonatorantennen anliegen.

**[0024]** Es ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die beiden Anschlussleitungen eine frequenzabhängige Anpassvorrichtung aufweisen, durch die abhängig von der Frequenz des über die beiden Anschlussleitungen abgeführten Signals ein Anpassen der wirksamen Länge der Anschlussleitungen erfolgt. Somit kann die wirksame

Länge der beiden Anschlussleitungen für die erste dielektrische Resonatorantenne an die Resonanzfrequenz der ersten dielektrischen Resonatorantenne angepasst werden, während die wirksame Länge der Anschlussleitungen für die zweite dielektrische Resonatorantenne an die Resonanzfrequenz der zweiten dielektrischen Resonatorantenne angepasst wird. Dies ist von großer Wichtigkeit, da die Abmessungen und insbesondere die Länge der Anschlussleitung auf die Resonanzfrequenz einer Antenne angepasst werden müssen, so dass eine optimale Anpassung an das zu bedienende Frequenzband erreicht werden kann. Da die erfindungsgemäße GNSS Antenne multibandfähig, insbesondere dualbandfähig ist, ist es wichtig, eine Möglichkeit bereit zu stellen, die wirksame Länge der Anschlussleitungen, die mit den beiden dielektrischen Resonatorantennen in Kontakt sind, für jede Antenne separat zu bestimmen. Dies kann durch die erfindungsgemäße frequenzabhängige Längenanpassvorrichtung erfolgen, ohne dass es notwendig ist, für jede dielektrische Resonatorantenne zwei separate Anschlussleitungen vorzusehen.

**[0025]** Die Längenanpassvorrichtung kann beispielsweise ausgebildet sein zum Blockieren eines Signals mit der ersten dielektrischen Resonatorantenne zugeordneten Frequenz und zum Weiterleiten eines Signals mit der zweiten dielektrischen Resonatorantenne zugeordneten Frequenz. Beispielsweise kann die Längenanpassvorrichtung hierzu als Resonanzschaltung ausgebildet sein. Hierzu können elektrische Komponenten wie beispielsweise Kondensatoren, Widerstände etc. verwendet werden. Alternativ ist es möglich, die genannte Funktion durch einen besonderen geometrischen Aufbau der Anschlussleitungen zu erreichen, ohne dass hierfür explizit elektrische Komponenten, wie beispielsweise Widerstände, Kondensatoren etc., verwendet werden müssen. Derartige Vorrichtungen zum Blockieren bestimmter Frequenzen und Weiterleiten anderer Frequenzen sind aus dem Stand der Technik bekannt und werden üblicherweise als "RF Trap" bezeichnet.

**[0026]** Eine derartige Vorrichtung hat somit den Effekt, dass sie für die Frequenz der zweiten dielektrischen Resonatorantenne durchlässig ist, so dass die wirksame Länge der beiden Anschlussleitungen für die zweite dielektrische Resonatorantenne länger ist als die wirksame Länge der beiden Anschlussleitungen für die erste dielektrische Resonatorantenne, für deren Frequenz die Längenanpassvorrichtung nicht durchlässig ist.

**[0027]** Weiterhin ist es möglich, dass der Teil der Anschlussleitungen, der zweiten dielektrischen Resonatorantenne elektromagnetisch mit dem Teil der Anschlussleitungen der ersten dielektrischen Resonatorantenne gekoppelt ist. Anders ausgedrückt ist der Teil der Anschlussleitung der zweiten dielektrischen Resonatorantenne somit galvanisch vom Teil der Anschlussleitungen der ersten dielektrischen Resonatorantenne getrennt und nur für Signale einer bestimmten Frequenz oder eines bestimmten Frequenzbereichs durchlässig.

**[0028]** Ein ähnlicher Effekt kann erzielt werden durch

Verwendung eines Metamaterials für die Längenanpassvorrichtung. Für den gleichen Zweck kann ferner ein Splitringresonator (SRR) verwendet werden.

**[0029]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform erfolgt durch die Anschlussleitungen ausschließlich ein Versorgen der ersten dielektrischen Resonatorantenne, wobei der Metalldeckel, der als Grundplatte für die zweite dielektrische Resonatorantenne dient, als elektromagnetische Koppelvorrichtung zum Koppeln des durch die erste dielektrische Resonatorantenne erzeugten elektrischen Felds mit der zweiten dielektrischen Resonatorantenne ausgebildet ist. Zu diesem Zweck kann beispielsweise der genannte Metalldeckel Schlitze aufweisen, die in der Figurenbeschreibung näher dargestellt werden.

**[0030]** Es ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die erste und zweite dielektrische Resonatorantenne eine kreiszylindrische Form aufweisen und insbesondere konzentrisch zueinander angeordnet sind.

**[0031]** Die erfindungsgemäße Antenne kann als einzelne Antenne oder aber alternativ in einem Antennen-Array verwendet werden. Ein Antennen-Array kann sämtliche Merkmale der bisher beschriebenen Antennen aufweisen und kann dazu verwendet werden, von einem Satelliten stammende Signale zu verstärken und von Störquellen stammende Signale, die aus einer anderen Richtung kommen, abzuschwächen. Somit kann eine geringere Störanfälligkeit erreicht werden.

**[0032]** In einer bevorzugten Ausführungsform sind auf einer Grundplatte mehrere, insbesondere vier, erste dielektrische Resonatorantennen und mehrere, insbesondere vier, zweite dielektrische Resonatorantennen nebeneinander angeordnet. Hierbei kann die Grundplatte insbesondere kreisförmig ausgebildet sein und beispielsweise einen Durchmesser von weniger als 9 cm aufweisen. Bei der genannten Ausführungsform können auch mehr oder weniger als vier dielektrische Resonatorantennen auf einer einzigen Grundplatte angeordnet sein.

**[0033]** Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung anhand von Figuren erläutert.

**[0034]** Es zeigen:

Fig. 1a eine Schrägansicht einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung

Fig. 1b eine Draufsicht derselben Ausführungsform wie in Fig. 1a,

Fig. 2 eine Schrägansicht einer zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 3 eine Schrägansicht einer dritten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 4a eine Schrägansicht einer vierten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung

tung,

Fig. 4b eine Draufsicht derselben Ausführungsform wie in Fig. 4a.

**[0035]** Gemäß Fig. 1a ist die erfindungsgemäße Multiband-GNSS Antenne 10 auf einer Grundplatte 12 angeordnet. Sie weist eine erste dielektrische Resonatorantenne 14 sowie eine unmittelbar über dieser angeordnete zweite dielektrische Resonatorantenne 16 auf. Beide dielektrischen Resonatorantennen 14, 16 sind im Querschnitt kreiszylindrisch ausgebildet, wobei die zweite dielektrische Resonatorantenne 16 entlang ihrer unteren Grundfläche an der oberen Grundfläche der ersten dielektrischen Resonatorantenne 14 anliegt. Auf der oberen Seite jeder dielektrischen Resonatorantenne 14, 16, das heißt an der von der Grundplatte 12 abgewandten Seite, ist jeweils eine Metallplatte 18, 20 angeordnet. Die Metallplatte auf der ersten dielektrischen Resonatorantenne 14 kann in ihrem Durchmesser kleiner als der Durchmesser der zweiten dielektrischen Resonatorantenne 16 sein, so dass durch die Metallplatte die Anschlussleitungen 22, 23 nicht kurzgeschlossen werden. Hierdurch ist es möglich, eine weitere Verringerung der Abmessungen der erfindungsgemäßen Antenne 10 zu erreichen. Hierbei dient die Metallplatte 18 der ersten dielektrischen Resonatorantenne 14 als Grundplatte für die zweite dielektrische Resonatorantenne 16.

**[0036]** Entlang der Mantelfläche der ersten dielektrischen Resonatorantenne 14 verlaufen anliegend an dieser die beiden Anschlussleitungen 22, 23, durch die beide dielektrischen Resonatorantennen 14, 16 versorgt werden. Die Anschlussleitungen 22, 23 verlaufen somit in der dargestellten Ausführungsform in einem rechten Winkel zur Grundplatte 12 in axialer Richtung entlang der gesamten axialen Länge der Mantelfläche der ersten dielektrischen Resonatorantenne 14 und entlang eines Teils der axialen Länge der zweiten dielektrischen Resonatorantenne 16 anliegend an deren Mantelfläche. Der erste Teil der Anschlussleitung 22, 23, der an der ersten dielektrischen Resonatorantenne anliegt, ist als 22a bzw. 23a gekennzeichnet, während der zweite Teil, der an der zweiten dielektrischen Resonatorantenne 16 anliegt, als 22b bzw. 23b gekennzeichnet ist. Ein mittlerer Teil der Anschlussleitungen 22, 23, der zwischen deren ersten Teil 22a, 23a und deren zweiten Teil 22b, 23b angeordnet ist, verläuft nicht entlang der Mantelfläche der ersten dielektrischen Resonatorantenne 14, sondern entlang eines Teils der oberen Grundfläche der ersten dielektrischen Resonatorantenne 14 und zwar ausgehend von deren Umfang in radialer Richtung nach innen bis zum geringeren Umfang der zweiten dielektrischen Resonatorantenne 16.

**[0037]** Im Bereich des ersten Teils 22a, 23a der Anschlussleitungen 22, 23 ist an der Mantelfläche der ersten dielektrischen Resonatorantenne 14 eine erste und zweite Längenangepassvorrichtung 24, 26 angeordnet, durch die eine Anpassung der wirksamen Länge der An-

schlussleitungen 22, 23 erfolgt, die auf die erste dielektrische Resonatorantenne 14 wirkt. Die axiale Position, an der die Längenangepassvorrichtungen 24, 26 entlang der axialen Erstreckung der ersten dielektrischen Resonatorantenne 14 angeordnet sind, wird hierbei in Abhängigkeit von der Resonanzfrequenz der ersten dielektrischen Resonatorantenne 14 und damit in Abhängigkeit von deren Durchmesser gewählt.

**[0038]** In Fig. 1b ist eine Draufsicht auf dieselbe erste Ausführungsform wie in Fig. 1a dargestellt. Hier sind die obere Grundfläche der zweiten dielektrischen Resonatorantenne 16 sowie ein Teil der oberen Grundfläche der ersten dielektrischen Resonatorantenne 14 von oben sichtbar. Wie erkennbar ist, sind die beiden dielektrischen Resonatorantennen 14, 16 konzentrisch zueinander und insbesondere konzentrisch zur kreisförmigen Grundplatte 12 angeordnet. Die Grundplatte kann in alternativen Ausführungsformen auch andere geometrische Formen aufweisen.

**[0039]** Eine weitere alternative Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Multiband-GNSS Antenne ist in Fig. 2 dargestellt. Hierbei weist die untere Metallplatte 18, mit der die obere Grundfläche der ersten dielektrischen Resonatorantenne abgedeckt ist, ausgehend von ihrem Umfang in radialer Richtung zu ihrem Mittelpunkt hin vier Schlitze 28a bis 28d auf, durch die eine Kopplung der zweiten dielektrischen Resonatorantenne 16 an die erste dielektrische Resonatorantenne erfolgt, indem das elektrische Feld der ersten dielektrischen Resonatorantenne 14 mit der zweiten dielektrischen Resonatorantenne gekoppelt wird. An Stelle der vier Schlitze 28a - 28d können auch mehr oder weniger Schlitze vorgesehen sein. Entsprechend müssen die beiden Anschlussleitungen 22, 23 sich nicht in axialer Richtung bis zur zweiten dielektrischen Resonatorantenne erstrecken, sondern verlaufen nur bis zur ersten dielektrischen Resonatorantenne 14. Diese wird somit hauptsächlich durch die Anschlussleitungen 22, 23 versorgt, während die obere dielektrische Resonatorantenne 16 durch die beschriebene Kopplung angesteuert wird. Die weiteren Merkmale dieser Ausführungsform entsprechen dem bisher beschriebenen Merkmal der erfindungsgemäßen Antenne 10.

**[0040]** Eine dritte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Multiband-GNSS Antenne ist in Fig. 3 dargestellt. Im Unterschied zur Ausführungsform gemäß Figur 2 erstrecken sich hier die Anschlussleitungen 22a, 22b, 23a, 23b bis zur zweiten dielektrischen Resonatorantenne 16. Hierbei liegt der jeweils erste Teil 22a, 23a der Anschlussleitungen an der ersten Resonatorantenne 14 an, während der zweite Teil 22b, 23b an der zweiten Resonatorantenne 16 anliegt. Der erste Teil 22a, 23a weist als Längenangepassvorrichtung 24, 26 eine sogenannte RF-Trap auf. Diese kann nur von solchen Frequenzen passiert werden, die der zweiten dielektrischen Resonatorantenne 16 zugeordnet sind, während die Frequenzen der ersten dielektrischen Resonatorantenne 14 geblockt werden.

[0041] Eine alternative Ausführungsform einer erfindungsgemäßen GNSS Antenne 10 ist in den Fig. 4a und 4b dargestellt. Hier sind auf einer einzigen Grundplatte 12 vier Einzelantennen angeordnet, die jeweils ein erste dielektrische Resonatorantenne 14a bis 14d und eine zweite dielektrische Resonatorantenne 16a bis 16d. Jede dieser dielektrischen Resonatorantennen ist hierbei gemäß den bisher beschriebenen Merkmalen ausgebildet. Die vier Einzelantennen sind bevorzugt gleichmäßig auf der kreisförmigen Grundplatte 12 beispielsweise in Form eines Quadrats angeordnet. Hierdurch ist es möglich, die Grundplatte mit einem Durchmesser von weniger als 9 cm auszugestalten, so dass eine besonders kompakte Multiband-GNSS Antenne bereitgestellt werden kann. Die übrigen Merkmale dieser Ausführungsform entsprechen den bisher beschriebenen Merkmalen der erfindungsgemäßen Vorrichtung 10.

### Patentansprüche

1. Multiband-GNSS Antenne (10), mit einer elektrischen leitenden Grundplatte (12), einer ersten dielektrischen Resonatorantenne (14), die auf der Grundplatte (12) angeordnet ist, mit einer auf der der Grundplatte (12) abgewandten Seite unmittelbar über der ersten dielektrischen Resonatorantenne (14) angeordneten zweiten dielektrischen Resonatorantenne (16), wobei die erste dielektrische Resonatorantenne (14) und die zweite dielektrische Resonatorantenne (16) unterschiedliche Durchmesser und damit unterschiedliche Resonanzfrequenzen aufweisen, wobei beide dielektrische Resonatorantennen (14, 16) über zwei gemeinsame Anschlussleitungen (22, 23) versorgt werden, die sich von der Grundplatte (12) entlang der Außenwand der ersten dielektrischen Resonatorantenne (14) zur zweiten dielektrischen Resonatorantenne (16) erstrecken, wobei die beiden Anschlussleitungen (22, 23) frequenzabhängige Längenanpassvorrichtungen (24, 26) aufweisen, durch die abhängig von der Frequenz der über die beiden Anschlussleitungen (22, 23) abgeführten Signals ein Anpassen der wirksamen Länge der Anschlussleitungen (22, 23) erfolgt, so dass die wirksame Länge der beiden Anschlussleitungen (22, 23) für die erste dielektrische Resonatorantenne (14) an die Resonanzfrequenz der ersten dielektrischen Resonatorantenne (14) angepasst ist und die wirksame Länge der beiden Anschlussleitungen (22, 23) für die zweite dielektrische Resonatorantenne (16) an die Resonanzfrequenz der zweiten dielektrischen Resonatorantenne (16) angepasst ist, wobei die erste und zweite dielektrische Resonatorantenne (14, 16) eine kreiszylindrische Form aufweisen.
2. Multiband-GNSS Antenne (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine der dielektrischen Resonatorantennen, insbesondere die erste dielektrische Resonatorantenne (14), eine Resonanzfrequenz zwischen 1164 bis 1214 MHz oder 1215 bis 1239,6 MHz oder 1260 bis 1300 MHz aufweist und die andere dielektrische Resonatorantenne, insbesondere die zweite dielektrische Resonatorantenne (16), eine Resonanzfrequenz zwischen 1563 bis 1587 MHz aufweist.
3. Multiband-GNSS Antenne (10) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste und zweite dielektrische Resonatorantenne (14, 16) ein keramisches oder glaskeramisches Material aufweisen.
4. Multiband-GNSS Antenne (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede dielektrische Resonatorantenne (14, 16) auf ihrer Oberseite, das heißt der der Grundplatte (12) abgewandten Seite, einen Metalldeckel (18, 20) aufweist, wobei der Metalldeckel 18 der ersten dielektrischen Resonatorantenne (14) als Grundplatte für die zweite dielektrische Resonatorantenne (16) dient.
5. Multiband-GNSS Antenne (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die zwei gemeinsamen Anschlussleitungen (22, 23) entlang zumindest eines Teils der zweiten dielektrischen Resonatorantenne (16) erstrecken, wobei die beiden Anschlussleitungen (22, 23) insbesondere in einem Winkel von 90° relativ zur Mittelachse der beiden dielektrischen Resonatorantennen (14, 16) angeordnet sind.
6. Multiband-GNSS Antenne (10) nach Anspruch 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Längenanpassvorrichtung (24, 26) ausgebildet ist zum Blockieren des Signals der der ersten dielektrischen Resonatorantenne (14) zugeordneten Frequenz und zum Weiterleiten des Signals der der zweiten dielektrischen Resonatorantenne zugeordneten Frequenz, wobei die Längenanpassvorrichtung (24, 26) insbesondere als Resonanzschaltung ausgebildet ist.
7. Multiband-GNSS Antenne (10) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Teil (22b, 23b) der Anschlussleitungen (22, 23) der zweiten dielektrischen Resonatorantenne (16) elektromagnetisch mit dem Teil (22a, 23a) der Anschlussleitungen (22, 23) der ersten dielektrischen Resonatorantenne (14) gekoppelt ist.
8. Multiband-GNSS Antenne (10) nach Anspruch 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Längenanpassvorrichtungen (24, 26) ein Metamaterial

und/oder einen Split-Ring-Resonator (SRR) aufweist.

9. Multiband-GNSS Antenne (10) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch die Anschlussleitungen (22, 23) ausschließlich ein Versorgen der ersten dielektrischen Resonatorantenne (14) erfolgt, wobei der Metalldeckel (18), der als Grundplatte für die zweite dielektrische Resonatorantenne (16) dient, als Koppelvorrichtung zum Kopplern des durch die erste dielektrische Resonanzantenne (14) erzeugten elektrischen Feldes mit der zweiten dielektrischen Resonanzantenne dient.
10. Multiband-GNSS Antenne (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste und zweite dielektrische Resonatorantenne (14, 16) konzentrisch zueinander angeordnet sind.
11. Multiband-GNSS Antenne (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf einer Grundplatte (12) mehrere, insbesondere vier, erste dielektrische Resonatorantennen (14a bis 14d) und zweite dielektrische Resonanzantennen (16a bis 16d) nebeneinander angeordnet sind, die gemäß den Ansprüchen 1 bis 10 ausgebildet sind, wobei die Grundplatte (12) insbesondere kreisförmig ausgebildet ist und einen Durchmesser von weniger als 9 cm aufweist.
12. Multiband-GNSS Antenne (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Grundfläche der Antenne Abmessungen von weniger als 3,5 x 3,5 cm aufweist.

#### Claims

1. Multiband GNSS antenna (10), comprising an electrically conducting base plate (12), a first dielectric resonator antenna (14) arranged on the base plate (12), a second dielectric resonator antenna (16) arranged on the side facing away from the base plate (12) and immediately above the first dielectric resonator antenna (14), wherein the first dielectric resonator antenna (14) and the second dielectric resonator antenna (16) have different diameters and thus different resonance frequencies, wherein both dielectric resonator antennae (14,16) are powered by two common connecting lines (22,23) extending from the base plate (12) along the outer wall of the first dielectric resonator antenna (14) to the second dielectric resonator antenna (16), wherein the two connecting lines (22,23) comprise frequency-dependent length adapting devices (24,26) by which, in dependence on the frequency of the signal conducted by the two connecting lines (22,23), an adapting of the effective length of the connecting lines (22,23) is performed so that the effective length of the two connecting lines (22,23) for the first dielectric resonator antenna (14) is adapted to the resonance frequency of the first dielectric resonator antenna (14) and the effective length of the two connecting lines (22,23) for the second dielectric resonator antenna (16) is adapted to the resonance frequency of the second dielectric resonator antenna (16), wherein the first and the second dielectric resonator antenna (14,16) have a circular cylindrical shape.
2. Multiband GNSS antenna (10) according to claim 1, **characterized in that** one of the dielectric resonator antennae, particularly the first dielectric resonator antenna (14), has a resonance frequency between 1164 and 1214 MHz, or between 1215 and 1239,6 MHz, or between 1260 and 1300 MHz, and the other dielectric resonator antenna (16), particularly the second dielectric resonator antenna (16), has a resonance frequency between 1563 and 1587 MHz.
3. Multiband GNSS antenna (10) according to claim 1 or 2, **characterized in that** the first and the second dielectric resonator antenna (14,16) comprise a ceramic or glass-ceramic material.
4. Multiband GNSS antenna (10) according to any one of claims 1 to 3, **characterized in that** each dielectric resonator antenna (14,16) comprises, on its top side, i.e. on the side facing away from the base plate (12), a metal lid (18,20), wherein the metal lid (18) of the first dielectric resonator antenna (14) serves as a base plate for the second dielectric resonator antenna (16).
5. Multiband GNSS antenna (10) according to any one of claims 1 to 4, **characterized in that** the two common connecting lines (22,23) extend along at least a part of the second dielectric resonator antenna (16), wherein the two connecting lines (22,23) are arranged particularly at an angle of 90° relative to the central axis of the two dielectric resonator antennae (14,16).
6. Multiband GNSS antenna (10) according to any one of claims 1 to 5, **characterized in that** the length adapting device (24,26) is adapted to block the signal of the frequency assigned to the first dielectric resonator antenna (14) and for passing the signal of the frequency assigned to the second dielectric resonator antenna, wherein the length adapting device (24,26) is particularly designed as a resonance circuit.
7. Multiband GNSS antenna (10) according to claim 6,

**characterized in that** the part (22b,23b) of the connecting lines (22,23) of the second dielectric resonator antenna (16) is electromagnetically coupled to the part (22a, 23a) of the connecting lines (22,23) of the first dielectric resonator antenna (14).

8. Multiband GNSS antenna (10) according to any one of claims 1 to 5, **characterized in that** the length adapting device (24,26) comprises a metamaterial and/or a split ring resonator (SRR).
9. Multiband GNSS antenna (10) according to claim 4, **characterized in that**, by the connecting lines (22,23), exclusively the powering of the first dielectric resonator antenna (14) is performed, wherein the metal lid (18) serving as a base plate for the second dielectric resonator antenna (16) serves as a coupling device for coupling the electric field generated by the first dielectric resonator antenna (14) to the second dielectric resonator antenna.
10. Multiband GNSS antenna (10) according to any one of claims 1 to 9, **characterized in that** the first and the second dielectric resonator antenna (14, 16) are arranged concentrically to each other.
11. Multiband GNSS antenna (10) according to any one of claims 1 to 10, **characterized in that**, on a base plate (12), a plurality, particularly four, of first dielectric resonator antennae (14a to 14d) and second dielectric resonator antennae (16a to 16d) are arranged adjacent to each other, said antennae being designed according to claims 1 to 10, wherein the base plate (12) particularly is circular and has a diameter of less than 9 cm.
12. Multiband GNSS antenna (10) according to any one of claims 1 to 10, **characterized in that** the base plate of the antenna has dimensions of less than 3.5 x 3.5 cm.

## Revendications

1. Antenne multibande GNSS (10) dotée

d'un socle (12) électriquement conducteur, d'une première antenne diélectrique à résonateur (14), agencée sur le socle (12), dotée d'une deuxième antenne diélectrique à résonateur (16) agencée directement au-dessus de la première antenne diélectrique à résonateur (14) sur le côté détourné du socle (12), dans laquelle la première antenne diélectrique à résonateur (14) et la deuxième antenne diélectrique à résonateur (16) possèdent des diamètres différents et donc des fréquences de résonance différentes,

dans laquelle les deux antennes diélectriques à résonateur (14, 16) sont alimentées au moyen de deux câbles de raccordement communs (22, 23), lesquels s'étendent depuis le socle (12) jusqu'à la deuxième antenne diélectrique à résonateur (16) le long de la paroi extérieure de la première antenne diélectrique à résonateur (14),

dans laquelle les deux câbles de raccordement comportent des dispositifs d'ajustement de longueur (24, 26) en fonction de la fréquence, au moyen desquels une adaptation de la longueur efficace des câbles de raccordement (22, 23) se produit en fonction de la fréquence des signaux acheminés par les deux câbles de raccordement (22, 23), de sorte que la longueur efficace des deux câbles de raccordement (22, 23) pour la première antenne diélectrique à résonateur (14) est adaptée à la fréquence de résonance de la première antenne diélectrique à résonateur (14) et la longueur efficace des deux câbles de raccordement (22, 23) pour la deuxième antenne diélectrique à résonateur (16) est adaptée à la fréquence de résonance de la deuxième antenne diélectrique à résonateur (16),

dans laquelle la première et la deuxième antenne diélectrique à résonateur (14, 16) possèdent une forme cylindrique.

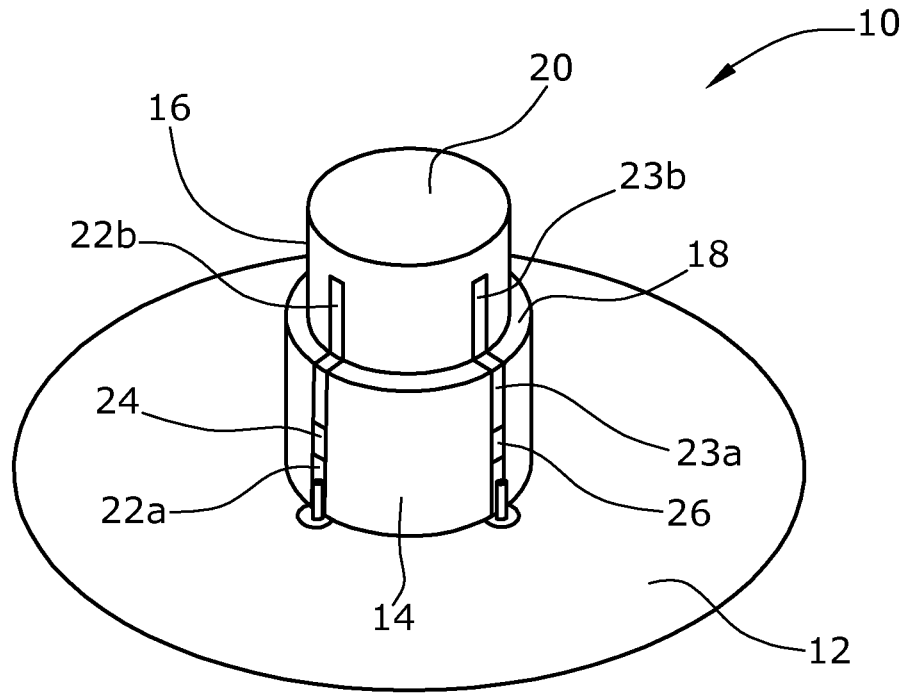
2. Antenne multibande GNSS (10) selon la revendication 1, **caractérisée en ce qu'**une des antennes diélectriques à résonateur, en particulier la première antenne diélectrique à résonateur (14) possède une fréquence de résonance comprise entre 1 164 et 1 214 MHz ou entre 1 215 et 1 239,6 MHz ou entre 1 260 et 1 300 MHz et l'autre antenne diélectrique à résonateur, en particulier la deuxième antenne diélectrique à résonateur (16), possède une fréquence de résonance comprise entre 1 563 et 1 587 MHz.
3. Antenne multibande GNSS (10) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** la première et la deuxième antenne diélectrique à résonateur (14, 16) comportent un matériau de céramique ou de céramique vitreuse.
4. Antenne multibande GNSS (10) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** chaque antenne diélectrique à résonateur (14, 16) comporte sur son côté supérieur, à savoir le côté détourné du socle (12), un capot métallique (18, 20), dans laquelle le capot métallique (18) de la première antenne diélectrique à résonateur (14) sert de socle à la deuxième antenne diélectrique à résonateur (16).
5. Antenne multibande GNSS (10) selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** les deux

câbles de raccordement communs (22, 23) s'étendent sur au moins une partie de la longueur de la deuxième antenne diélectrique à résonateur (16), dans laquelle les deux câbles de raccordement communs (22, 23) sont agencés en particulier selon un angle de 90° par rapport à l'axe médian des deux antennes diélectriques à résonateur (14, 16) .

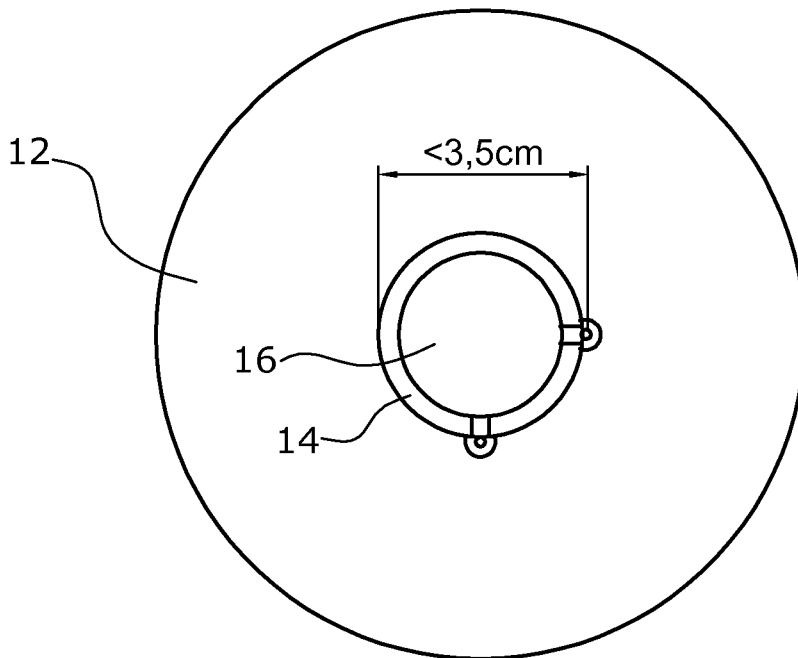
6. Antenne multibande GNSS (10) selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce que** le dispositif d'ajustement de longueur (24, 26) est conçu afin de bloquer le signal de la fréquence associée à la première antenne diélectrique à résonateur (14) et de transmettre le signal de la fréquence associée à la deuxième antenne diélectrique à résonateur, dans laquelle le dispositif d'ajustement de longueur (24, 26) est conçu en particulier comme circuit de résonance.
7. Antenne multibande GNSS (10) selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** la partie (22b, 23b) des câbles de raccordement (22, 23) de la deuxième antenne diélectrique à résonateur (16) est couplée électromagnétiquement à la partie (22a, 23a) des câbles de raccordement (22, 23) de la première antenne diélectrique à résonateur (14).
8. Antenne multibande GNSS (10) selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce que** le dispositif d'ajustement de longueur (24, 26) comprend un métamatériau et/ou un résonateur à manchon (SRR).
9. Antenne multibande GNSS (10) selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** seule une alimentation de la première antenne diélectrique à résonateur (14) se produit par le biais des câbles de raccordement (22, 23), dans laquelle le capot métallique (18) servant de socle à la deuxième antenne diélectrique à résonateur (16) sert de dispositif de couplage couplant le champ électrique généré par la première antenne diélectrique à résonateur (14) avec la deuxième antenne diélectrique à résonateur.
10. Antenne multibande GNSS (10) selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisée en ce que** la première et la deuxième antenne diélectrique à résonateur (14, 16) sont agencées de manière concentrique l'une par rapport à l'autre.
11. Antenne multibande GNSS (10) selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisée en ce que** plusieurs, en particulier quatre, premières antennes diélectriques à résonateur (14a à 14d) et deuxièmes antennes diélectriques à résonateur (16a à 16d) sont agencées l'une à côté de l'autre sur un socle (12), lesquelles sont conçues conformément aux revendications 1 à 10, dans laquelle le socle est en parti-

culier conçu de forme circulaire et possède un diamètre inférieur à 9 cm.

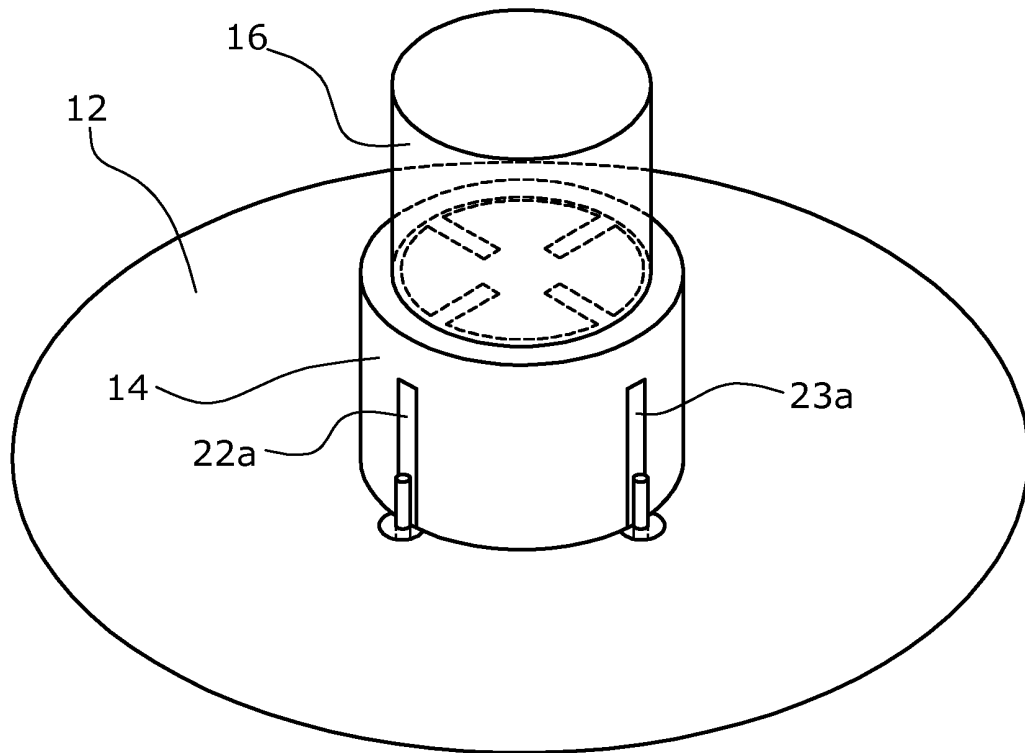
12. Antenne multibande GNSS (10) selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisée en ce que** la surface de base des antennes possède des dimensions inférieures à 3,5 x 3,5 cm.



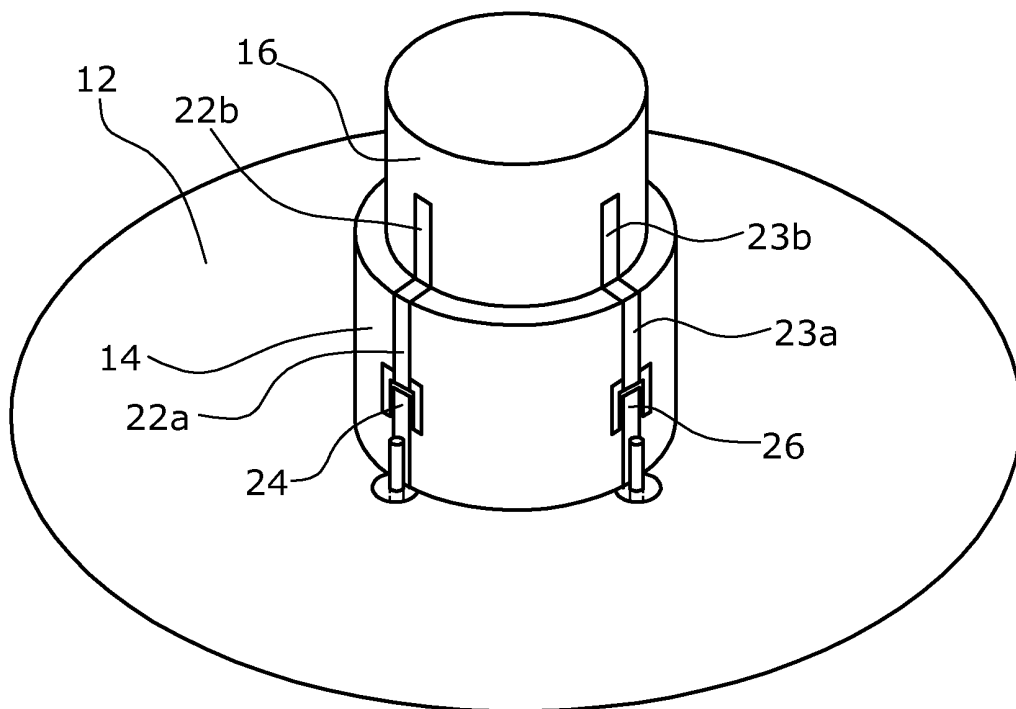
**Fig.1a**



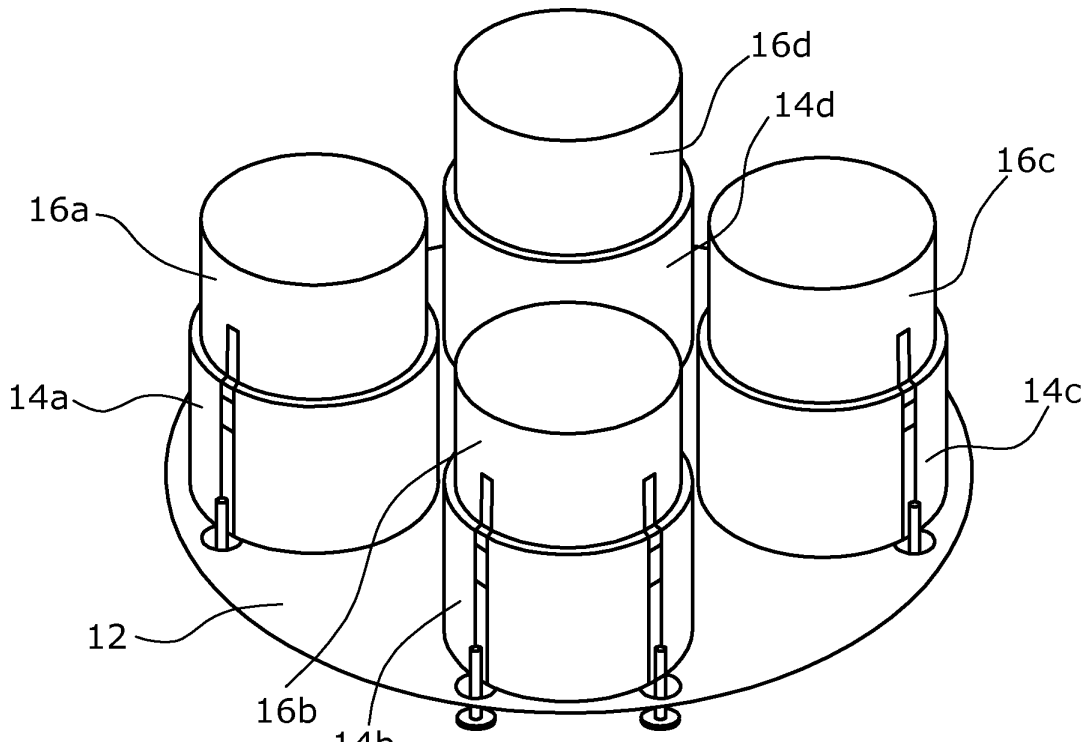
**Fig.1b**



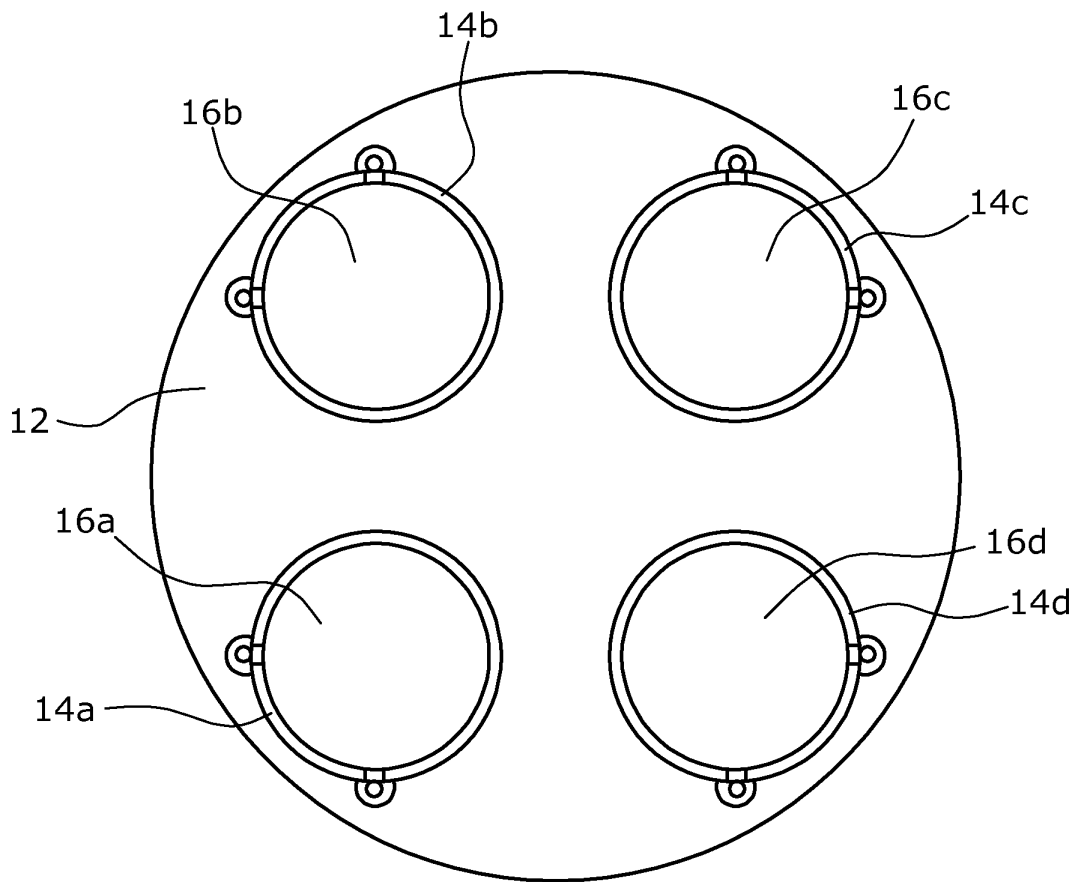
**Fig.2**



**Fig.3**



**Fig.4a**



**Fig.4b**

## 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 5995047 A, Freyssinier Philippe [0010]

### In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Broadband Stacked Dielectric Resonator Antennas. **KISHK A A et al.** Electronics Letters. IEE, August 1989, vol. 25, 31 [0009]
- **ROCHA H H B et al.** Bandwidth enhancement of stacked dielectric resonator antennas excited by a coaxial probe: an experimental and numerical investigation. *IET Microwaves Antennas & Propagation*, 08. September 2008, vol. 2 (6), ISSN 1751-8733, 580-587 [0010]
- **DUSSEUX T et al.** S-Band Diplexing Radiating Element Design. *Proceedings of the Antennas and Propagation Society Annual Meeting*, 1991 [0010]
- Proceedings of the Antennas and Propagation Society Annual Meeting. IEEE, 08. Januar 1992, vol. 2, 731-734 [0010]
- Dual Band Proximity-Fed Stacked Patch Antenna for Tri-Band GPS Applications. **YIJUN ZHOU et al.** IEE Transactions on Antennas and Propagation. IEEE Service Center, 01. Januar 2007, vol. 55, 220-223 [0011]
- Linear-/Circular-Polarization Designs of Dual-/Wide-Band Cylindrical Dielectric Resonator Antennas. **XIAO SHENG FANG et al.** IEEE Transactions on Antennas and Propagation. IEEE Service Center, 01. Juni 2012, vol. 60, 2662-2671 [0012]
- **STEFANO CAIZZONE et al.** Miniaturized DRA array for GNSS applications. *Antennas and Propagation (EUCAP), 2015 9th European Conference*, 13. April 2015, 1 [0012]