



(12)

Gebrauchsmusterschrift

(21) Aktenzeichen: **20 2010 003 614.3**

(22) Anmeldetag: **23.02.2010**

(47) Eintragungstag: **29.07.2010**

(43) Bekanntmachung im Patentblatt: **02.09.2010**

(51) Int Cl.⁸: **H01Q 13/02** (2006.01)

A61B 6/00 (2006.01)

H01Q 13/24 (2006.01)

G01R 33/28 (2006.01)

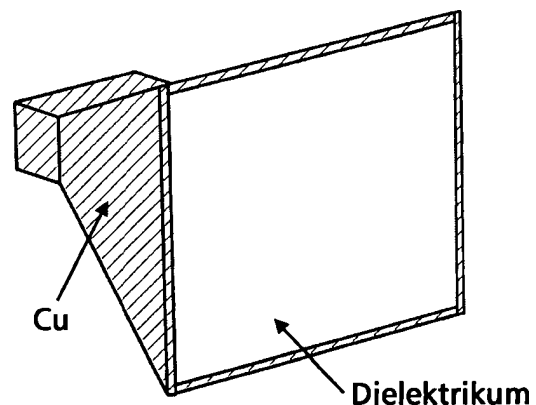
(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:

**Technische Universität Ilmenau, 98693 Ilmenau,
DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Hohlleiterhornantenne für elektromagnetische Hochfrequenz-Sensor- und Signalübertragungsanwendungen**

(57) Hauptanspruch: Hohlleiterhornantenne für elektromagnetische Hochfrequenz-Sensor- und Signalübertragungsanwendungen dadurch gekennzeichnet, dass bei beliebig geformten Antennenquerschnitt ihr Inneres vollständig mit einem festen, dielektrischen Material ausgefüllt ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Hohlleiterhornantennen für Hochfrequenz-Sensor- und Signalübertragungsanwendungen für medizinisch-diagnostische Anwendungen, wie z. B. ultrabreitband-basierter Bildgebung, deren Hauptmerkmal auf einer dielektrischen Anpassung zwischen Signalquelle und Zielgebiet (Patient) sowie auf einer möglichst starken Miniaturisierung durch dielektrische Skalierung der Wellenlänge liegt.

[0002] Im Bereich der Sensorik und der Informationsübertragung kommen zunehmend Breitband-Funktechniken zum Einsatz (Thiel F, Hoffmann W, Wojcik F, Hein M, Sachs J, Schwarz U, Helbig M, and Seifert F: „Evaluation of a combined magnetic resonance (MR)/ultra-wideband (UWB) radar“, WO 2007/140088, DE 10 2008 019 862.5, US 7 221 159 oder US 2003/0058502). Neben der hierzu passenden Elektronik spielen die zu verwendenden Antennen eine gleichsam wichtige Rolle. Hier müssen die Anforderungen nach Betriebsbandbreite, Dispersionsarmut, Richtcharakteristik und Bauform an die jeweiligen Erfordernisse angepasst werden. Die größten Restriktionen beim Antennendesign werden dabei folglich durch die Umgebungs- und Betriebsparameter bestimmt.

[0003] Bei der geplanten Anwendung im medizinisch-diagnostischen Bereich werden die Umgebungsbedingungen von anatomischen Merkmalen dominiert. Insbesondere für eine Brustkrebsdiagnostik mittels hochfrequenten elektromagnetischen Signalen spielen geometrische Aspekte eine wesentliche Rolle. Um ein angestrebtes Bildgebungsverfahren anwenden zu können ist es unumgänglich, durch eine Vielzahl von Sensorelementen eine synthetische Apertur aufzubauen. Um das interessierende Zielgebiet, etwa der menschlichen Brust, muss hierzu eine Vielzahl von miniaturisierten Sensorelementen positioniert werden.

[0004] Der triviale Ansatz, Mikrowellensignale mit kürzesten Wellenlängen zu verwenden scheitert an der naturgemäß hohen Ausbreitungsdämpfung im menschlichen Körper, womit Signalfrequenzen oberhalb von 10 GHz bei derartigen Anwendungen als technisch unbrauchbar anzusehen sind. Aus diesem Grund ist ein tragfähiger Kompromiss aus Eindringtiefe und Wellenlänge herzustellen. Die Herausforderung besteht darin, selbst bei relativ großen Wellenlängen von 30 cm (einer Frequenz von 1 GHz entsprechend) kleine, aber effiziente Antennen zu entwickeln. Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass elektrisch kleine Antennen mit einer Größe unterhalb einer fünftel Wellenlänge aufgrund ihrer geringen Strahlungseffizienzen den systembedingten Anforderungen nicht genügen.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, die Nachteile aus dem Stand der Technik zu überwinden und effiziente und elektrisch große, aber geometrisch miniaturisierte Antennenelemente für biomedizinische Anwendungen bereitzustellen.

[0006] Erfindungsgemäß gelingt die Lösung dieser Aufgabe mit den Merkmalen des ersten Schutzanspruchs. Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Hohlleiterhornantenne sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0007] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Zeichnungen definiert. Es zeigen:

[0008] [Fig. 1](#) – ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen dielektrisch skalierten Doppelsteg-Hornantenne mit einem elastischen, gelatinebasierten Füllmaterial

[0009] [Fig. 2](#) – ein Ausführungsbeispiel eines dielektrischen Grundkörpers in finaler Antennenform

[0010] [Fig. 3](#) – Funktionstüchtige erfindungsgemäße Hohlleiterhornantenne

[0011] Erfindungsgemäß wird auf das bekannte Verfahren der dielektrischen Skalierung zurückgegriffen, bei der durch den Einsatz von dielektrischen Materialien die geführte Wellenlänge und somit auch eine etwaige Antennengeometrie entsprechend der Wurzel der Dielektrizitätszahl reduziert werden kann. Dementsprechend werden die Hohlleiterhornantennen komplett mit einem Dielektrikum ausgefüllt.

[0012] Technisch bekannt sind derzeit Antennenanwendungen in Verbindung mit Dielektrika etwa aus „Dielectric Rod Antennas“ (Blech M, Leibfritz M, and Eibert T: „Ultra-Wideband Dielectric Rod Antenna with Biconical Dipole and Reflector“ (IEEE 2007), aus der US 5,550,553 und der EP 2105991-A4. Die Verwendung niederdielektrischer Materialien ($\epsilon' < 16$) bewirkt einen möglichst niedrigen Verlustwinkel $\tan(\delta)$. Dabei ist die Hauptmotivation in einer speziell gestalteten Abstrahlung in den Freiraum zu suchen. Vergleichbare Motivationen bestehen in Form von Linsenantennen, bei denen lediglich in der Aperturumgebung von ansonsten luftausgefüllten Hornantennen niederdielektrische Linsen eingebracht werden, um ähnlich zu optischen Linsen eine spezielle Strahlungscharakteristik zu erzielen. Bei diesen Anwendungen wird im Wesentlichen die Brechung der gewählten Linsen ausgenutzt. Eine Verkürzung der Wellenlänge zur Reduktion der geometrischen Antennengröße gehört in derartigen Fällen nicht zum primären Motivationsumfang. Typisch verwendete Materialien bei entsprechenden Anwendungen sind Teflon ($\epsilon' \approx 2,1$), Al_2O_3 ($\epsilon' \approx 9,4$), LTCC ($\epsilon' \approx 7,5$), FR4 ($\epsilon' \approx 4,1$) und andere Kunststoffe niedriger Permittivitäten ($\epsilon' < 10$). Für die vorliegende Aufgabenstellung

einer biomedizinischen Diagnostik ist das sich aus diesen Parametern ergebende Potential der Wellenlängenverkürzung deutlich zu niedrig. Zudem wird durch den Einsatz des Dielektrikums keine Verformung der Strahlungseigenschaften angestrebt. Physikalisch bedingt eignen sich dielektrisch skalierte Antennen nur dann für eine Abstrahlung in den freien Raum, wenn der dielektrische Kontrast zwischen Dielektrikum und Umgebung gering ist.

[0013] Mit der vorliegenden Erfindung wird hingegen eine Abstrahlung in ein ebenfalls dielektrisches Medium angestrebt. Der menschliche Körper weist durch seinen hohen Wassergehalt teils beträchtliche Permittivitäten auf ($\epsilon' = 20 - 65$). Durch diesen Umstand kann der Einsatz dielektrisch skalierten Antennen zusätzlich zur Größenreduktion gerechtfertigt werden.

[0014] Der Neuheitswert der vorliegenden Entwicklung besteht nun darin, neben niederdielektrischen Materialien ($\epsilon' < 16$) möglichst hochdielektrische ($\epsilon' \geq 16$) und teils bis dato in der Hochfrequenztechnik unübliche Materialien als Füllmedium für Hohlleiterhornantennen zu verwenden. Als Hohlleiterhornantenne wird hier und im Folgenden ein Antennentyp bezeichnet, welcher sich aus der Aufweitung des Querschnittes eines Hohlleiters in E-Ebene, H-Ebene oder einer Kombination aus beidem ergibt. Der Speisepunkt wird dabei typisch als Koaxial-zu-Hohlleiter Übergang ausgeführt.

[0015] Diesem Ansatz folgend wurden bisher Aceton ($\epsilon' \approx 21$), Öl-Gelatine-Kompositionen ($\epsilon' \approx 20 - 75$) und hochdielektrische Keramiken ($\epsilon' > 60$) erfolgreich in Verbindung mit entsprechend dielektrisch skalierten Hohlleiterhornantennen eingesetzt. Das Dielektrikum füllt bei diesen Anwendungen die Antenne vollständig aus und ersetzt die sonst gebräuchliche Luft, was in derartigen Realisierungen für die gewünschte Funktionsweise der Antenne essentiell wird. Die vollständige Ausfüllung der Antenne ist daher keinesfalls mit dem Einbringen einer Linse zu verwechseln. Eine strikte Abgrenzung zu dielektrischen Antennen, wie etwa aus EP 2105991-A4 bekannt, besteht darin, dass sämtliche originalen Konstruktionsdetails einer Hohlleiterhornantenne erhalten bleiben. Die einzige Ausnahme stellt die erfindungsgemäß vollständige Ausfüllung mit einem Dielektrikum dar.

[0016] Das Spektrum eigener technischer Realisierungen umfasste analog der aufgeführten Materialien Antennen auf Basis flüssiger, dauerelastischer und fester Füllstoffe. Insbesondere bei dem Einsatz flüssiger Materialien kann, je nach Anwendungsfall, eine Abdichtung erforderlich werden, wodurch dieser Ansatz aufgrund praktischer Erwägungen eine geringere Relevanz besitzt.

[0017] Physikalisch bedingt werden bei dem Ein-

satz dielektrischer Stoffe im Bereich geführter elektromagnetischer Wellen nicht nur die Ausbreitungsgeschwindigkeit und folglich die Wellenlänge, sondern auch die Feldwellenimpedanz mit $\sqrt{\epsilon'}$ skaliert. Dies hat zur Folge, dass bei einer dielektrisch skalierten Antenne die typischen Impedanzverhältnisse von 120π Ohm an der Apertur und die technisch meistgebräuchlichste Speiseimpedanz von 50 Ohm verändert werden. Gerade im Bereich der Speiseimpedanz ist man nicht in allen Fällen bereit, auf abweichende Werte angewiesen zu sein. Dann ist neben einer linearen geometrischen Skalierung auch eine Neuoptimierung der eigentlichen Antennengeometrie erforderlich, was zu abweichenden Funktionsparametern im Vergleich zum Original führen kann.

[0018] Schlussendlich haben die vorangehend aufgeführten Aspekte zwei erfindungsgemäße Antennenentwürfe hervor gebracht. In [Fig. 1](#) ist eine Doppelsteg-Hornantenne abgebildet, die für den Betrieb in Zusammenhang mit einer gelatinebasierten Füllsubstanz optimiert ist. Bei mit dem Original vergleichbaren Betriebsparametern, die dem gängigen Anforderungsprofil an Doppelsteg-Hornantennen entsprechen, konnte durch den Einsatz des Dielektrikums die Aperturfläche achtfach verringert werden.

[0019] Ein weiteres Ausführungsbeispiel ist in [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) vorgestellt. Basierend auf einem trocken-gepressten, anschließend gesinterten und bearbeiteten Keramikkörper in Hornantennenform wurde eine Doppelsteg-Hornantenne hergestellt, bei der eine nachträglich elektrochemisch aufgebraute Kupferschicht die elektrische Funktionalität gewährleistet. Die dargestellte Antenne ist dabei für eine Speiseimpedanz von 50 Ohm ausgelegt und verfügt durch den Einsatz einer Keramik mit $\epsilon' = 65$ über eine zwanzigfach verringerte Aperturfläche im Vergleich zu einem Original für den Betrieb mit beziehungsweise an Luft. Die in [Fig. 3](#) zu erkennende Verlängerung der Apertur ist technologisch bedingt und ist ebenso wie die willkürlich festgelegte Speiseimpedanz von 50 Ohm keine Voraussetzung für die Funktion des erfindungsgemäßen Antennenkonzeptes.

[0020] Abschließend wird angemerkt, dass bereits keramische Hörner bekannt sind (US 7,297,238 B2). Diese beziehen sich jedoch vollständig auf Ultraschallanwendungen, womit ein gänzlich anderer Wirkmechanismus adressiert wird. Ein Bezug zur Dielektrizitätszahl und insbesondere zu elektromagnetischen Wellen ist nicht vorhanden.

Bezugszeichenliste

ϵ' Realteil der komplexwertigen Permittivität bei der Nutzfrequenz

Al₂O₃ Aluminiumoxydkeramik
LTCC Low Temperature Cofired Ceramics
FR4 mit Epoxydharz getränkte Glasfasermatten
tan(δ) dielektrischer Verlustwinkel

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- WO 2007/140088 [0002]
- DE 102008019862 [0002]
- US 7221159 [0002]
- US 2003/0058502 [0002]
- US 5550553 [0012]
- EP 2105991 A4 [0012, 0015]
- US 7297238 B2 [0020]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Thiel F, Hoffmann W, Wojcik F, Hein M, Sachs J, Schwarz U, Helbig M, and Seifert F: „Evaluation of a combined magnetic resonance (MR)/ultra-wide-band (UWB) radar” [0002]
- Blech M, Leibfritz M, and Eibert T: „Ultra-Wide-band Dielectric Rod Antenna with Biconical Dipole and Reflector” [0012]

Schutzansprüche

1. Hohlleiterhornantenne für elektromagnetische Hochfrequenz-Sensor- und Signalübertragungsanwendungen **dadurch gekennzeichnet**, dass bei beliebig geformten Antennenquerschnitt ihr Inneres vollständig mit einem festen, dielektrischen Material ausgefüllt ist.

2. Hohlleiterhornantenne nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass das Material, mit dem der Antennenquerschnitt ausgefüllt ist, hochdielektrische Eigenschaften ($\epsilon' > 10$) aufweist.

3. Hohlleiterhornantenne nach einem der Ansprüche 1 oder 2 dadurch gekennzeichnet, dass das Material, mit dem der Antennenquerschnitt ausgefüllt ist, im Aperturbereich Einschlüsse niederdielektrischer Stoffe aufweist.

4. Hohlleiterhornantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 3 dadurch gekennzeichnet, dass das Material, mit dem der Antennenquerschnitt ausgefüllt ist, elastisch ist.

5. Hohlleiterhornantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 3 dadurch gekennzeichnet, dass das Material, mit dem der Antennenquerschnitt ausgefüllt ist, eine Keramik ist.

6. Hohlleiterhornantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 5 dadurch gekennzeichnet, dass das Material, mit dem der Antennenquerschnitt ausgefüllt ist, eine an die Oberfläche eines Messobjekts angepasste Abschlussfläche aufweist.

7. Hohlleiterhornantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 6 dadurch gekennzeichnet, dass die elektrisch leitenden Antennenkomponenten massiv und eigenständig existent aufgebaut sind und das dielektrische Material, mit dem der Antennenquerschnitt ausgefüllt ist, mechanisch tragen.

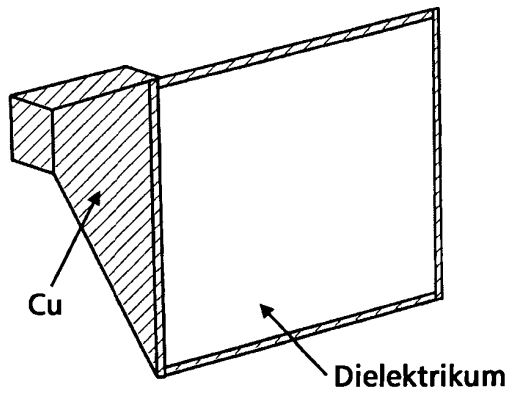
8. Hohlleiterhornantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 6 dadurch gekennzeichnet, dass die elektrisch leitenden Antennenkomponenten nicht eigenständig existent sind und lediglich durch das dielektrische Material, mit dem der Antennenquerschnitt ausgefüllt ist, getragen werden.

9. Hohlleiterhornantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 7 dadurch gekennzeichnet, dass die elektrisch leitenden Bereiche der Antennenseitenwände Aussparungen aufweisen.

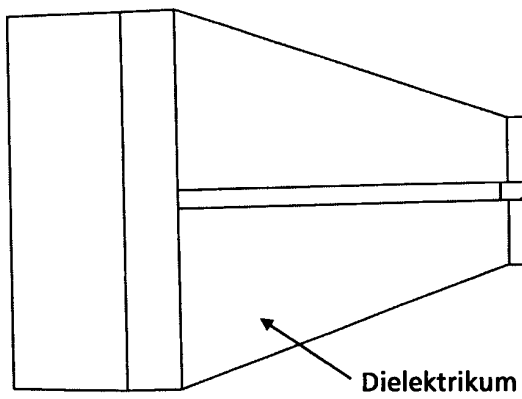
10. Hohlleiterhornantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 9 dadurch gekennzeichnet, dass sie als Doppelsteg-Hornantenne ausgeführt ist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

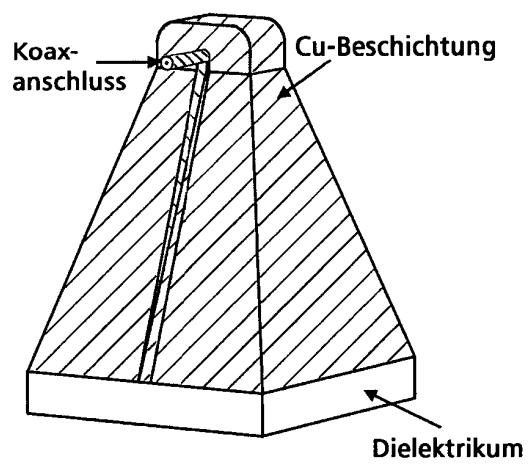
Anhängende Zeichnungen



Figur 1



Figur 2



Figur 3