



(12) **Gebrauchsmusterschrift**

(21) Aktenzeichen: **20 2017 007 459.1**
(22) Anmeldetag: **02.08.2017**
(67) aus Patentanmeldung: **EP 17 84 9251.8**
(47) Eintragungstag: **07.09.2021**
(45) Bekanntmachungstag im Patentblatt: **14.10.2021**

(51) Int Cl.: **H01Q 21/06 (2006.01)**
H01Q 5/30 (2015.01)
H01Q 15/14 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
62/384,280 **07.09.2016** **US**

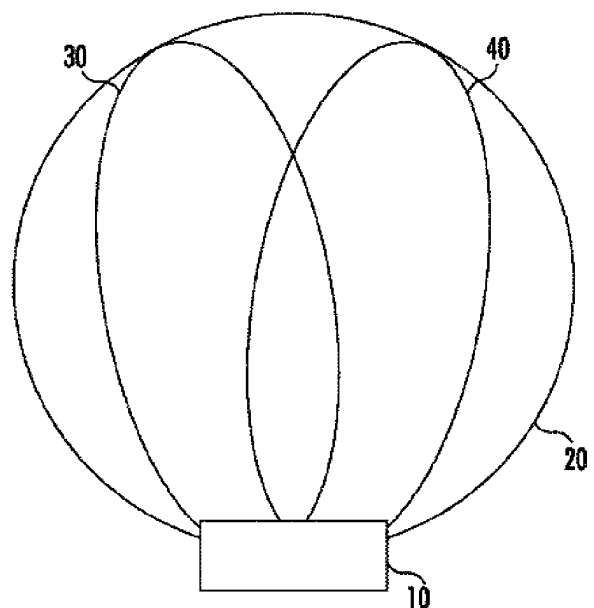
(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:
**Meissner Bolte Patentanwälte Rechtsanwälte
Partnerschaft mbB, 80538 München, DE**

(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:
CommScope Technologies LLC, Hickory, N.C., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Mehrband-Mehrstrahl-Linsenantenne geeignet zur Verwendung in Mobilfunk- und anderen Kommunikationssystemen**

(57) Hauptanspruch: Basisstationsantenne (100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800), umfassend:
einen Reflektor (210, 634, 734);
eine erste sich vertikal erstreckende Spalte von Niedrigbandstrahlerelementen (122, 222, 522, 622, 722, 822), die vor dem Reflektor angebracht und konfiguriert sind, einen ersten Antennenstrahl zu bilden; und
eine zweite sich vertikal erstreckende Spalte von Hochbandstrahlerelementen (132, 232, 532, 632, 732), die vor dem Reflektor angebracht und konfiguriert sind, einen zweiten Antennenstrahl zu bilden;
wobei ein entsprechender künstlicher magnetischer Leiter (150, 250) hinter einem Strahler von mindestens einem der Niedrigbandstrahlerelemente angeordnet ist.



Beschreibung

QUERVERWEIS AUF VERWANDTE ANMELDUNG

[0001] Die vorliegende Anmeldung beansprucht die Priorität unter 35 U.S.C. § 119 der vorläufigen US-Patentanmeldung mit der Serien-Nr. 62/384,280, eingereicht am 7. September 2016, deren gesamter Inhalt hierin durch Bezugnahme als in ihrer Gesamtheit beschrieben aufgenommen wird.

TECHNISCHES GEBIET

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein Funkkommunikationen und insbesondere Linsenantennen, die zur Verwendung in Mobilfunk- und verschiedenen anderen Arten von Kommunikationssystemen geeignet sind.

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

[0003] Mobilfunkkommunikationssysteme sind im Stand der Technik wohlbekannt. Bei einem typischen Mobilfunksystem wird ein geographisches Gebiet in eine Reihe von Regionen unterteilt, die als „Zellen“ bezeichnet werden, und jede Zelle wird von einer Basisstation bedient. Die Basisstation kann Basisbandausrüstung, Funkvorrichtungen und Antennen umfassen, die konfiguriert sind, bidirektionale Funkfrequenz- (RF) - Kommunikation mit mobilen Teilnehmern bereitzustellen, die sich geographisch innerhalb der Zelle befinden. In vielen Fällen kann die Zelle in mehrere „Sektoren“ unterteilt werden, und es sind separate Antennen für jeden der Sektoren vorgesehen. Diese Antennen sind häufig auf einem Turm oder einer anderen erhöhten Struktur angebracht, wobei das von jeder Antenne erzeugte Strahlungsbündel („Antennenstrahl“) nach außen gerichtet ist, um den entsprechenden Sektor zu bedienen. Typischerweise ist eine Basisstationsantenne als phasengesteuerte Gruppe (engl. „phase-controlled array“) von Strahlerelementen realisiert, wobei die Strahlerelemente in einer oder mehreren vertikalen Spalten angeordnet sind. Hierin bezeichnet „vertikal“ eine Richtung, die senkrecht zu der durch den Horizont definierten Ebene ist.

[0004] Ein üblicher Mobilfunkkommunikationssystem-Netzwerkplan bezieht eine Basisstation ein, die eine Zelle unter Verwendung von drei Basisstationsantennen bedient. Dies wird häufig als Dreisektorkonfiguration bezeichnet. Bei einer Dreisektorkonfiguration bedient jede Basisstationsantenne einen 120-Grad-Sektor der Zelle. Typischerweise stellt eine 65-Grad-Azimuth-Halbwertsbreiten- (HPBW) -Antenne eine Abdeckung für einen 120-Grad-Sektor bereit. Drei dieser Antennen stellen eine 360-Grad-Abdeckung bereit. Es können auch andere Sektorisierungsschemata verwendet werden. Es werden beispielsweise auch Sechs-, Neun- und Zwölf-Sek-

tor-Konfigurationen verwendet. Sechs-Sektor-Standorte können sechs Basisstationsantennen mit jeweils einer 33-Grad-Azimuth-HPBW-Antenne verwenden, die einen 60-Grad-Sektor bedient. Bei anderen vorgeschlagenen Lösungen kann eine Mehrspalten-Phased-Array-Antenne (d. h., eine Antenne mit mehreren Spalten von Strahlerelementen) durch ein Einspeisenetzwerk angesteuert werden, um zwei oder mehr Antennenstrahlen von einer einzelnen Phased-Array-Antenne zu erzeugen. Jeder Strahl kann eine Abdeckung für einen Sektor bereitstellen. Wenn Mehrspalten-Phased-Array-Antennen verwendet werden, die jeweils zwei 33-Grad-Azimuth-HPBW-Strahlen erzeugen, dann sind für eine Sechs-Sektor-Konfiguration beispielsweise nur drei Antennen erforderlich. Antennen, die mehrere Strahlen erzeugen, sind beispielsweise in US-Patentveröffentlichung Nr. 2011/0205119 und US-Patentveröffentlichung Nr. 2015/0091767 offenbart, deren gesamter Inhalt hierin durch Bezugnahme aufgenommen wird.

[0005] Das Erhöhen der Anzahl an Sektoren erhöht die Systemkapazität, da jede Antenne einen kleineren Bereich bedienen kann und daher eine höhere Antennenverstärkung über den gesamten Sektor hinweg bereitstellen und/oder eine Frequenzwiederverwendung ermöglichen kann. Das Unterteilen einer Zelle in kleinere Sektoren hat jedoch Nachteile, da Antennen, die schmale Sektoren abdecken, typischerweise mehr Strahlerelemente aufweisen, die einen größeren Abstand voneinander aufweisen als die Strahlerelemente von Antennen, die breitere Sektoren abdecken. Eine typische 33 Grad Azimuth-HPBW-Antenne ist beispielsweise im Allgemeinen doppelt so breit wie eine typische 65 Grad Azimuth-HPBW-Antenne. Daher können Kosten-, Raum- und Turmbeladungsanforderungen zunehmen, während eine Zelle in eine größere Anzahl an Sektoren aufgeteilt wird.

[0006] Eine weitere Komplikation besteht daraus, dass mit zunehmender Nachfrage nach Mobilfunkssystemen, die eine erhöhte Kapazität unterstützen und erweiterte Fähigkeiten bereitstellen, eine Vielzahl neuer Mobilfunkdienste eingeführt wurden. Die neuen Dienste, die hinzugefügt werden, arbeiten typischerweise in unterschiedlichen Frequenzbändern als existierende Dienste, um Störungen zu vermeiden. Wenn diese neuen Dienste eingeführt werden, müssen die existierenden „Legacy“-Dienste üblicherweise für Jahre oder sogar Jahrzehnte aufrechterhalten werden, um alte Mobilvorrichtungen zu unterstützen. Daher müssen bei der Einführung neuer Dienste entweder neue Mobilfunkbasisstationen eingesetzt werden oder bestehende Mobilfunkbasisstationen aktualisiert werden, um die neuen Dienste zu unterstützen. Um die Kosten zu reduzieren, sind jetzt Basisstationsantennen verfügbar, die mindestens zwei unterschiedliche Gruppen von Strahlerelementen umfassen, wobei jede Gruppe von Strahlerelementen einen unterschiedlichen Typ von Mo-

bilfunkdienst unterstützt. Die Unterstützung mehrerer Mobilfunkdienste kann jedoch die Komplexität einer typischen Mobilfunkbasisstationsantenne weiter erhöhen.

KURZDARSTELLUNG

[0007] Gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden Mehrband-Phased-Array-Antennen bereitgestellt, die eine Rückwandplatine und erste, zweite und dritte Gruppen von entsprechenden ersten, zweiten und dritten Strahlerelementen umfassen, die vor einer Vorderfläche der Rückwandplatine angebracht sind. Die ersten Strahlerelemente sind in einer ersten vertikal angeordneten Spalte angeordnet und konfiguriert, einen ersten Antennenstrahl zu bilden, der in eine erste Richtung zeigt, die zweiten Strahlerelemente sind in einer zweiten vertikal angeordneten Spalte angeordnet und konfiguriert, dass sie einen zweiten Antennenstrahl bilden, der in eine zweite Richtung zeigt, die sich von der ersten Richtung unterscheidet, und die dritten Strahlerelemente sind in einer dritten vertikal angeordneten Spalte angeordnet und konfiguriert, einen dritten Antennenstrahl zu bilden, der in eine dritte Richtung zeigt, die sich von der ersten Richtung und der zweiten Richtung unterscheidet. Die Antenne umfasst ferner mehrere Funkfrequenz- („RF“) -Linsen, die sich in einer vertikal angeordneten Spalte vor der Vorderfläche der Rückwandplatine befinden. Ein entsprechendes der zweiten Strahlerelemente und ein entsprechendes der dritten Strahlerelemente sind zwischen der Rückwandplatine und jeder RF-Linse positioniert. Mindestens einige der ersten Strahlerelemente sind zwischen den RF-Linsen angeordnet.

[0008] Bei einigen Ausführungsformen können die ersten Strahlerelemente Niedrigbandstrahlerelemente sein, die konfiguriert sind, in einem ersten Frequenzband zu arbeiten, und die zweiten und dritten Strahlerelemente können Hochbandstrahlerelemente sein, die konfiguriert sind, in einem zweiten Frequenzband zu arbeiten, das sich in höheren Frequenzen als das erste Frequenzband befindet.

[0009] Bei einigen Ausführungsformen kann jedes erste Strahlerelement ein Paar von Dreipolstrahlern umfassen.

[0010] Bei einigen Ausführungsformen kann jedes erste Strahlerelement drei Dreipolstrahler umfassen, die in einem Dreieck angeordnet sind. Bei solchen Ausführungsformen kann eine erste der RF-Linsen innerhalb des Dreiecks angeordnet sein, das durch die drei Dreipolstrahler von einem der ersten Strahlerelemente definiert wird.

[0011] Bei einigen Ausführungsformen kann jedes erste Strahlerelement ein Kreuzdipolstrahlerelement umfassen.

[0012] Bei einigen Ausführungsformen kann sich die erste vertikal angeordnete Spalte zwischen der zweiten und der dritten vertikal angeordneten Spalte befinden.

[0013] Bei einigen Ausführungsformen kann die Phased-Array-Antenne ferner eine vierte Gruppe von vierten Strahlerelementen umfassen, die vor der Vorderfläche der Rückwandplatine angebracht sind, wobei die vierten Strahlerelemente in einer vierten vertikal angeordneten Spalte angeordnet und konfiguriert sind, einen vierten Antennenstrahl zu bilden, der in eine vierte Richtung zeigt. Die vierte Richtung kann bei einigen Ausführungsformen im Wesentlichen die gleiche wie die erste Richtung sein.

[0014] Bei einigen Ausführungsformen kann eine Azimuthalbwertsbreite der ersten Gruppe von ersten Strahlerelementen im Wesentlichen die gleiche sein wie die Azimuthalbwertsbreite der Kombination der zweiten Gruppe von zweiten Strahlerelementen, der dritten Gruppe von dritten Strahlerelementen und der vierten Gruppe von vierten Strahlerelementen.

[0015] Bei einigen Ausführungsformen kann jede RF-Linse eine sphärische RF-Linse sein.

[0016] Bei einigen Ausführungsformen kann jede RF-Linse eine elliptische RF-Linse sein.

[0017] Bei einigen Ausführungsformen können mindestens einige der RF-Linsen eine frequenzselektive Struktur umfassen, die konfiguriert ist, RF-Energie in dem ersten Frequenzband im Wesentlichen zu reflektieren und RF-Energie in dem zweiten Frequenzband im Wesentlichen durchzulassen.

[0018] Bei einigen Ausführungsformen kann eine Azimuthalbwertsbreite der ersten Gruppe von ersten Strahlerelementen im Wesentlichen die gleiche sein wie die Azimuthalbwertsbreite der Kombination der zweiten Gruppe von zweiten Strahlerelementen und der dritten Gruppe von dritten Strahlerelementen.

[0019] Bei einigen Ausführungsformen können die RF-Linsen jeweils ein Dielektrikum umfassen, das expandierbare Mikrokügelchen umfasst, die mit Stücken aus leitfähigem Folienmaterial gemischt sind, die auf jeder Hauptfläche ein Isoliermaterial aufweisen.

[0020] Bei einigen Ausführungsformen können die RF-Linsen jeweils ein Dielektrikum umfassen, das kleine Stücke eines geschäumten Dielektrikums umfasst, in das mindestens eine Folie aus leitfähigem Material eingebettet ist.

[0021] Gemäß weiteren Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden Mehrband-Phased-Array-Antennen bereitgestellt, die eine Rückwandplati-

ne, eine erste vertikal angeordnete Spalte von Niedrigbandstrahlerelementen, die vor der Rückwandplatine angebracht und konfiguriert sind, einen ersten Antennenstrahl bilden, der in eine erste Richtung zeigt, eine zweite vertikal angeordnete Spalte von Hochbandstrahlerelementen, die vor der Rückwandplatine angebracht und konfiguriert sind, einen zweiten Antennenstrahl zu bilden, der in eine zweite Richtung zeigt, die sich von der ersten Richtung unterscheidet, eine dritte vertikal angeordnete Spalte von Hochbandstrahlerelementen, die vor der Rückwandplatine angebracht und konfiguriert sind, einen dritten Antennenstrahl zu bilden, der in eine dritte Richtung zeigt, die sich von der ersten Richtung und der zweiten Richtung unterscheidet, und mindestens eine Funkfrequenz- (RF) -Linse umfassen, die vor der ersten vertikal angeordneten Spalte von Niedrigbandstrahlerelementen, der zweiten vertikal angeordneten Spalte von Hochbandstrahlerelementen und der dritten vertikal angeordneten Spalte von Hochbandstrahlerelementen angeordnet ist. Zwischen einem Strahler von jedem der Niedrigbandstrahlerelemente und der Rückwandplatine ist ein entsprechender künstlicher magnetischer Leiter angeordnet.

[0022] Bei einigen Ausführungsformen kann die Phased-Array-Antenne ferner eine erste sekundäre RF-Linse umfassen, die sich zwischen mindestens einem der Hochbandstrahlerelemente in der zweiten vertikal angeordneten Spalte und der mindestens einen RF-Linse befinden kann, und eine zweite sekundäre RF-Linse, die sich zwischen mindestens einem der Hochbandstrahlerelemente in der dritten vertikal angeordneten Spalte und der mindestens einen RF-Linse befinden kann.

[0023] Bei einigen Ausführungsformen kann die mindestens eine RF-Linse eine zylindrische RF-Linse sein.

[0024] Bei einigen Ausführungsformen kann die mindestens eine RF-Linse eine sphärische RF-Linsen-Spalte sein.

[0025] Bei einigen Ausführungsformen kann die mindestens eine RF-Linse eine elliptische RF-Linsen-Spalte sein.

[0026] Bei einigen Ausführungsformen kann die mindestens eine RF-Linse ein Paar von zylindrischen RF-Linsen sein.

[0027] Bei einigen Ausführungsformen kann eine Azimuthalbwertsbreite des ersten Antennenstrahls im Wesentlichen die gleiche sein wie die Azimuthalbwertsbreite der Kombination des zweiten und dritten Antennenstrahls.

[0028] Bei einigen Ausführungsformen kann die Phased-Array-Antenne ferner eine vierte vertikal an-

geordnete Spalte von Hochbandstrahlerelementen umfassen, die vor der Rückwandplatine angebracht und konfiguriert sind, einen vierten Antennenstrahl zu bilden. Der vierte Antennenstrahl kann im Wesentlichen in die gleiche Richtung wie die erste Richtung weisen.

[0029] Bei einigen Ausführungsformen kann eine Azimuthalbwertsbreite des ersten Antennenstrahls im Wesentlichen die gleiche sein wie die Azimuthalbwertsbreite der Kombination des zweiten, dritten und vierten Antennenstrahls.

[0030] Bei einigen Ausführungsformen kann die mindestens eine RF-Linse ein Dielektrikum umfassen, das expandierbare Mikrokügelchen umfasst, die mit Stücken aus leitfähigem Folienmaterial gemischt sind, die auf jeder Hauptfläche ein Isoliermaterial aufweisen.

[0031] Bei einigen Ausführungsformen kann die mindestens eine RF-Linse ein Dielektrikum umfassen, das kleine Stücke eines geschäumten Dielektrikums umfasst, in die mindestens eine Folie aus leitfähigem Material eingebettet ist.

Figurenliste

Fig. 1 ist eine schematische Draufsicht der Antennendiagramme, die von Basisstationsantennen gemäß bestimmten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung erzeugt werden.

Fig. 2 ist eine schematische Draufsicht einer Basisstationsantenne gemäß bestimmten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung.

Fig. 3A ist eine perspektivische Ansicht einer Mehrstrahlantenne gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, die eine zylindrische Linse umfasst.

Fig. 3B ist eine Querschnittsansicht der Mehrstrahlantenne von **Fig. 3A**.

Fig. 3C ist eine schematische perspektivische Ansicht einer linearen Hochbandgruppe, das in der Mehrstrahlantenne von **Fig. 3A** umfasst ist.

Fig. 3D ist eine Draufsicht von einem der dual-polarisierten Hochbandstrahlerelemente, die in der linearen Gruppe von **Fig. 3C** umfasst sind.

Fig. 3E ist eine Seitenansicht des dual-polarisierten Hochbandstrahlerelements von **Fig. 3D**.

Fig. 3F ist eine perspektivische Ansicht von einem der in der Mehrstrahlantenne von **Fig. 3A** umfassten Niedrigbandstrahlerelementen.

Fig. 4 ist eine schematische Draufsicht einer Basisstationsantenne gemäß weiteren Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, die Sekundärlinsen umfasst.

Fig. 5 ist eine schematische Draufsicht einer Basisstationsantenne gemäß noch weiteren Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, die ein Paar zylindrischer RF-Linsen umfasst.

Fig. 6A und **Fig. 6B** sind eine schematische Vorderansicht und Seitenansicht einer Basisstationsantenne gemäß noch einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 7A ist eine Vorderansicht einer Mehrstrahl-linsenantenne gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung.

Fig. 7B ist eine perspektivische Ansicht von einer der sphärischen RF-Linsen, die in der Mehrstrahl-linsenantenne von **Fig. 7A** umfasst sind.

Fig. 7C ist eine Seitenansicht von einer der sphärischen RF-Linsen, die in der Mehrstrahl-linsenantenne von **Fig. 7A** umfasst sind, die veranschaulicht, wie die Linse vor den Strahlerelementen festgehalten wird.

Fig. 7D ist eine perspektivische Ansicht eines Niedrigbandstrahlerelements, das in der Mehrstrahl-linsenantenne von **Fig. 7A** umfasst ist.

Fig. 7E ist eine vergrößerte perspektivische Ansicht eines gekrümmten Reflektors der Mehrstrahl-linsenantenne von **Fig. 7A**, die drei daran angebrachte Hochbandstrahlerelemente umfasst.

Fig. 8A ist eine perspektivische Teilansicht einer Mehrstrahl-linsenantenne gemäß noch weiteren Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung.

Fig. 8B ist eine vergrößerte perspektivische Ansicht eines Teils der Mehrstrahl-linsenantenne von **Fig. 8A**, die zwei der Hochbandstrahlerelemente davon veranschaulicht.

Fig. 9 ist eine perspektivische Teilansicht der Mehrstrahl-linsenantenne gemäß noch weiteren Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, die Kreuzdipolniedrigbandstrahlerelemente umfasst.

Fig. 10A ist eine grafische Darstellung, welche die Niedrigbandstrahlungsdiagramme für die Antennen der **Fig. 7A** bis **Fig. 7E**, **Fig. 8A** bis **Fig. 8B** und **Fig. 9** veranschaulicht.

Fig. 10B ist eine grafische Darstellung, welche die Hochbandstrahlungsdiagramme für die Antennen der **Fig. 7A** bis **Fig. 7E**, **Fig. 8A** bis **Fig. 8B** und **Fig. 9** veranschaulicht, wenn die Antennen zwei Hochbandgruppen aufweisen.

Fig. 10C ist eine grafische Darstellung, welche die Hochbandstrahlungsdiagramme für die Antennen der **Fig. 7A** bis **Fig. 7E**, **Fig. 8A** bis **Fig. 8B** und **Fig. 9** veranschaulicht, wenn die Antennen drei Hochbandgruppen aufweisen.

Fig. 11 ist eine schematische perspektivische Ansicht eines Verbunddielektrikums, das verwendet werden kann, um die RF-Linsen zu bilden, die in den Antennen gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung umfasst sind.

Fig. 12A ist eine Querschnittsansicht eines Blocks aus einem anderen Verbunddielektrikum, das verwendet werden kann, um die RF-Linsen zu bilden, die in den Antennen gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung umfasst sind.

Fig. 12B ist eine schematische perspektivische Ansicht von mehreren der Blöcke aus Verbunddielektrikum von **Fig. 12A**, die in einen Behälter gefüllt sind, um eine RF-Linse zu bilden.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

[0032] Viele Basisstationsantennen nach dem Stand der Technik umfassen mittlerweile mehrere vertikale Spalten von Strahlerelementen, um mehrere verschiedene Arten von Mobilfunkdiensten zu unterstützen. Eine sehr übliche Basisstationsantennenkonfiguration umfasst eine erste lineare Gruppe von Strahlerelementen, die Signale in einem ersten Frequenzband (dem „Niedrigband“) sendet und empfängt, und eine oder mehrere lineare Gruppen von Strahlerelementen, die Signale in einem zweiten Frequenzband (dem „Hochband“) senden und empfangen, das sich in höheren Frequenzen als das erste Frequenzband befindet. Eine solche Antenne wird als „Zweiband“-Antenne bezeichnet, da sie den Betrieb in zwei verschiedenen Frequenzbändern unter Verwendung von zwei verschiedenen Sätzen von Strahlerelementen unterstützt. Typischerweise umfasst das Niedrigband ein oder mehrere spezifische Frequenzbänder, die unter ungefähr 1 GHz liegen, und das Hochband umfasst ein oder mehrere spezifische Frequenzbänder, die über 1 GHz (und typischerweise über 1,6 GHz) liegen, obwohl andere Definitionen des Niedrigbandes und des Hochbandes verwendet werden können. Die spezifischen Frequenzbänder können bestimmten Arten von Mobilfunkdiensten entsprechen, wie beispielsweise der Dienst Global System for Mobile Communications (GSM), Universal Mobile Telecommunications System (UTMS), Long Term Evolution (LTE), CDMA usw.

[0033] Es versteht sich, dass die Niedrigbandstrahlerelemente „Breitband“-Strahlerelemente sein können, die mehrere verschiedene Arten von Mobilfunkdiensten unterstützen, die innerhalb des Niedrigbandfrequenzbereichs liegen. Ebenso können die Hochbandstrahlerelemente „Breitband“-Strahlerelemente sein, die mehrere verschiedene Arten von Mobilfunkdiensten unterstützen, die im Hochbandfrequenzbereich liegen. Daher kann eine Zweibandantenne mehr als zwei verschiedene Arten von Mobilfunkdiensten unterstützen, indem sie solche

Breitbandstrahler-elemente und Diplexer verwendet, um die Signale in den zwei verschiedenen Mobilfunkdiensten, die von den Breitbandstrahler-elementen empfangen werden, aufzuteilen und die Signale in den zwei verschiedenen Mobilfunkdiensten, die den Breitbandstrahler-elementen eingespeist werden, zu kombinieren. Es versteht sich ebenfalls, dass, während sich die vorliegende Offenbarung hauptsächlich auf Zweibandantennen konzentriert, die den Dienst in zwei verschiedenen Frequenzbändern unter Verwendung von zwei verschiedenen Sätzen von Strahler-elementen unterstützen, die hierin offenbarten Techniken auf eine beliebige Mehrbandantenne einschließlich beispielsweise Dreibandantennen angewandt werden können.

[0034] Um die Kommunikationskapazität zu erhöhen, verwenden die Betreiber häufig eine Split-Sektor-Technik, indem sie Mehrstrahlantennen einsetzen, die mehr als einen Antennenstrahl innerhalb eines gegebenen Frequenzbandes erzeugen. Es sind beispielsweise Mehrband-Mehrstrahl-Basisstationsantennen bekannt, die eine erste lineare Gruppe von Niedrigbandstrahler-elementen und zweite und dritte lineare Gruppen von Hochbandstrahler-elementen umfassen. Bei diesen Antennen können die Strahler-elemente in der Niedrigbandgruppe mit einer HPBW-Strahlbreite in der Azimutrichtung von ungefähr 65 Grad ausgelegt sein, sodass eine Basisstation mit drei dieser Antennen eine volle 360-Grad-Abdeckung für das Niedrigband bereitstellen kann. Die zweite und dritte lineare Gruppe von Hochbandstrahler-elementen kann durch ein Einspeisenetzwerk eingespeist werden, das eine Butler-Matrix umfasst, um ein Paar von benachbarten Antennenstrahlen im Hochband zu erzeugen, die eine HPBW-Strahlbreite in der Azimutrichtung von ungefähr 33 Grad aufweisen. Daher kann eine Basisstation mit drei solchen Antennen auch eine volle 360-Grad-Abdeckung für das Hochband unter Verwendung von sechs Hochbandantennenstrahlen bereitstellen, die jeweils eine HPBW-Strahlbreite in der Azimutrichtung von ungefähr 33 Grad aufweisen.

[0035] In aller Regel erfordern Mobilnetzbetreiber mehr Hochbandantennenstrahlen als Niedrigbandantennenstrahlen. Da dieser Fall am häufigsten ist, weisen die hierin beschriebenen Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung mehr Hochbandgruppen als Niedrigbandgruppen auf. Bei Mehrband-Mehrstrahl-Basisstationsantennenanwendungen ist gegenwärtig eine einzige Niedrigbandgruppe, die mit zwei oder mehr Hochbandgruppen gekoppelt ist, das am häufigsten verwendete Antennendesign, obwohl andere Designs verwendet werden. Bei Spezialanwendungen, wie beispielsweise Antennen für große Örtlichkeiten, kann eine größere Anzahl an Niedrigband- und Hochbandantennenstrahlen vorgesehen werden.

[0036] Es werden gegenwärtig unterschiedliche Verfahren verwendet, um zu Zwecken der Sektoraufteilung mehrere Strahlen innerhalb des gleichen Bandes zu erzeugen. Wie vorstehend erwähnt, wird bei einer Herangehensweise eine Butler-Matrix verwendet, um mehrere Antennenstrahlen zu erzeugen. Unglücklicherweise weist die Butler-Matrix-Herangehensweise mehrere potenzielle Nachteile einschließlich einer relativ geringen Bandbreite, weniger symmetrischer Antennenstrahlen, einer verschlechterten Nebenkeulenunterdrückung, hoher Kosten und dergleichen auf. Eine weitere mögliche Methode der Sektoraufteilung besteht darin, eine RF-Linse in eine Basisstationsantenne aufzunehmen, die mehrere lineare Gruppen umfasst. Eine Basisstationsantenne kann beispielsweise mehrere lineare Hochbandgruppen aufweisen, die in verschiedene Richtungen zeigen, um mehrere benachbarte Hochbandantennenstrahlen bereitzustellen, und die RF-Linse kann verwendet werden, um jeden dieser Hochbandantennenstrahlen auf beispielsweise eine geeignete Azimutstrahlbreite zu verengen.

[0037] Als Beispiel wurden zylindrische RF-Linsen mit vertikalen linearen Gruppen in Basisstationsantennenanwendungen kombiniert. Eine solche Antenne ist in US-Patentveröffentlichung Nr. 2015/0070230 offenbart, deren gesamter Inhalt hierin durch Bezugnahme aufgenommen wird. Bei Basisstationsantennen, die eine zylindrische RF-Linse umfassen, ist die Längsachse der Linse ungefähr parallel zu den Längsachsen der linearen Gruppen ausgerichtet (d. h., sowohl die Linse als auch die linearen Gruppen verlaufen senkrecht zu der durch den Horizont definierten Ebene). Die Eigenschaften der linearen Gruppen definieren die Elevationsstrahlbreite der resultierenden Strahlmuster (d. h., die zylindrische Linse verändert die Elevationsstrahlbreite nicht generell). Daher können die Anzahl der Strahler-elemente in jeder linearen Gruppe und der Abstand zwischen diesen Strahler-elementen zusammen mit dem Design der Strahler-elemente und der Betriebsfrequenz primäre Faktoren sein, die sich auf die Elevationsstrahlbreite der linearen Gruppe auswirken. Die zylindrische RF-Linse bewirkt jedoch eine Verengung der Strahlbreite des Azimutdiagramms von jeder linearen Gruppe. Bei einem Beispiel, das in der vorstehend genannten US-Patentveröffentlichung Nr. 2015/0070230 bereitgestellt wird, wird eine zylindrische RF-Linse verwendet, um das Azimut-HPBW einer vertikalen linearen Gruppe von ungefähr 65 Grad auf ungefähr 33 Grad zu verengen. Ein Vorteil einer linearen Gruppe mit einer zylindrischen Linse besteht daher daraus, dass sie die Leistung (im Sinne einer Antennenstrahlverengung in der Azimutebene) einer Mehrspalten-Phased-Array-Antenne mit nur einer einzigen Spalte von Strahler-elementen erreichen kann. In der vorstehend genannten US-Patentschrift 2015/0070230 sind zwei lineare Gruppen, die in verschiedene Richtungen zeigen, hinter der zylindrischen RF-Linse angeordnet, um die Strahlbreite des Azimutdiagramms von jeder linearen Gruppe zu verengen.

drischen RF-Linse positioniert, um ein Paar benachbarter Antennenstrahlen zu bilden, die jeweils eine Azimut-HPBW von ungefähr 33 Grad aufweisen.

[0038] Während sie im Allgemeinen vorteilhaft sind, können zylindrische RF-Linsen bestimmte Nachteile aufweisen. In einigen Fällen können zylindrische RF-Linsen beispielsweise eine Kreuzpolarisationsverzerrung erzeugen. Einem Fachmann ist bekannt, dass sich die Kreuzpolarisationsverzerrung auf die Energiemenge bezieht, die von einer kreuzpolarisierten Antenne mit Elementen emittiert wird, die ausgelegt sind, Energie bei einer ersten Polarisation (z. B. einer horizontalen Polarisation) zu emittieren, die bei einer orthogonalen Polarisation (z. B. einer vertikalen Polarisation) emittiert wird. Zylindrische RF-Linsen weisen zudem ein relativ hohes Volumen auf, das die Größe, das Gewicht der Antenne und deren Kosten erhöhen kann, insbesondere, da die zur Bildung der Linse verwendeten Materialien teuer sein können. Wie vorstehend beschrieben, verengen zylindrische Linsen außerdem die Elevationsstrahlbreite nicht und daher kann die Länge der linearen Gruppe der primäre Faktor sein, der verwendet wird, um die Elevationsstrahlbreite zu reduzieren. Da die Strahlerelemente in einer linearen Gruppe oft nicht um mehr als ungefähr 0,6 bis 0,9 Wellenlängen der durch sie hindurch gesendeten und empfangenen RF-Signale beabstandet werden können, ohne signifikante Gitterkeulen zu erzeugen, resultiert die erhöhte Längenanforderung zum Reduzieren der Elevationsstrahlbreite in einer entsprechenden Erhöhung der Anzahl an in der linearen Gruppe umfassten Strahlerelemente. Die Verwendung einer zylindrischen RF-Linse adressiert dieses Problem nicht.

[0039] Typischerweise werden Corporate-Einspeisenetzwerke (engl. „corporate feed networks“) mit den vorstehend beschriebenen Phased-Array-Basisstationsantennen verwendet. Um die Kosten zu reduzieren, weisen diese Corporate-Einspeisenetzwerke häufig eine 1:4- oder 1:5-Geometrie auf (d. h., das Einspeisenetzwerk besitzt einen einzigen Eingang und 4 oder 5 Ausgänge für sich in Senderichtung ausbreitende RF-Signale). Da die linearen Gruppen typischerweise 8 bis 15 Strahlerelemente aufweisen, werden die Strahlerelemente zu Untergruppen von Strahlerelementen gruppiert, wobei jede Untergruppe von einem einzigen Ausgang des Corporate-Einspeisenetzwerks eingespeist wird (und daher empfängt jedes Strahlerelement, das in einer bestimmten Untergruppe enthalten ist, das gleiche Signal mit einer gleichen Phase und Amplitude). Ein 1:5-Corporate-Einspeisenetzwerk kann beispielsweise mit fünf Untergruppen gekoppelt sein, wobei jede Untergruppe ein bis drei Strahlerelemente umfasst. Das Erhöhen der Anzahl an Strahlerelementen und/oder Untergruppenbaugruppen erhöht die Kosten und Komplexität der Antenne. Dazu kommt, dass wenn der Elementabstand auf annähernd eine Wel-

lenlänge vergrößert wird, um die Öffnung zu verbreitern und die Elevationsstrahlbreite zu verkleinern, während eine geringere Anzahl an Strahlerelementen verwendet wird, Gitterkeulen aufzutreten beginnen, da das Strahlenbündel aus der mechanischen Mittelachse elektronisch herausgelenkt wird, wie es der Fall wäre, wenn eine elektronische Fernneigung verwendet wird, um das Elevationsdiagramm der Antenne elektronisch nach unten zu neigen. Daher kann es schwierig sein, beim Verwenden einer zylindrischen RF-Linse eine Hochleistungsbasisstationsantenne bei gleichzeitiger Reduzierung der Antennengröße und -kosten zu erreichen.

[0040] Gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden kompakte Basisstationsantennen bereitgestellt, die sowohl einen Niedrigband- als auch einen Hochbanddienst unterstützen können, wobei die Antenne einen Antennenstrahl bildet, der den Niedrigbanddienst unterstützt, und zwei oder mehr Antennenstrahlen, die den Hochbanddienst unterstützen. Diese Antennen können ungefähr die gleiche Azimutstrahlbreite für den Niedrigband- und Hochbanddienst aufweisen, wobei die Azimutstrahlbreite für den Hochbanddienst die Azimutstrahlbreite der Kombination der zwei oder mehr Hochbandantennenstrahlen ist. Die Niedrigband- und Hochbandantennenstrahlen können die gleichen oder unterschiedliche Elevationsstrahlbreiten aufweisen. Sowohl das Niedrigband als auch das Hochband kann Ultrabreitbandleistung aufweisen und daher kann die Basisstationsantenne zur Unterstützung von mehreren verschiedenen Arten von Niedrigbanddiensten und mehreren verschiedenen Arten von Hochbanddiensten verwendet werden.

[0041] Die Basisstation und andere Antennen gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung können unter Verwendung einer oder mehrerer RF-Linsen gebildet werden, die verwendet werden, um die Strahlbreiten der Gruppen von Hochbandstrahlerelementen zu verengen. Bei einigen Ausführungsformen kann eine einzelne zylindrische RF-Linse vorgesehen sein, die in Verbindung mit zwei oder mehr vertikalen Gruppen von Hochbandstrahlerelementen und einem oder mehreren vertikalen Gruppen von Niedrigbandstrahlerelementen arbeitet. Bei anderen Ausführungsformen können mehrere zylindrische RF-Linsen verwendet werden. Bei noch weiteren Ausführungsformen können lineare Gruppen von sphärischen oder elliptischen RF-Linsen verwendet werden.

[0042] Die Antennen können bei einigen Ausführungsformen derart ausgelegt sein, dass die RF-Linsen wenig Einfluss auf die Niedrigbandsignale haben. Bei einigen Ausführungsformen können die Niedrigbandstrahlerelemente beispielsweise zwischen den RF-Linsen und einer Rückwandplatine der Antenne positioniert sein, und die RF-Linsen können derart

ausgelegt sein, dass sie für die Niedrigbandstrahlerelemente im Wesentlichen transparent sind. Bei anderen Ausführungsformen können die Niedrigbandstrahlerelemente zwischen und nicht hinter den RF-Linsen positioniert sein, um den Einfluss der RF-Linsen auf die Niedrigbandsignale zu reduzieren. Bei einigen Ausführungsformen können künstliche magnetische Leiter- (engl. artificial magnetic conductor, „AMC“) -Materialien verwendet werden, um zu ermöglichen, dass die Niedrigbandstrahlerelemente näher an der Rückwandplatine platziert werden können, um die Kompaktheit der Antenne zu erhöhen. Die Niedrigband- und Hochbandstrahlerelemente können bei einigen Ausführungsformen Ultrabreitbandstrahlerelemente umfassen.

[0043] Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden jetzt unter Bezugnahme auf die Figuren, in denen beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung gezeigt sind, ausführlicher beschrieben.

[0044] Fig. 1 ist eine schematische Draufsicht, welche die Antennenstrahlen veranschaulicht, die durch eine Zweibandbasisstationsantenne 10 gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung gebildet werden. Wie in Fig. 1 gezeigt, erzeugt die Basisstationsantenne 10 einen Niedrigbandantennenstrahl 20 und zwei Hochbandantennenstrahlen 30, 40. Bei einigen Ausführungsformen kann der Niedrigbandantennenstrahl 20 eine Azimuthalbwertsbreite von ungefähr 65 Grad aufweisen und die Kombination der zwei Hochbandantennenstrahlen 30, 40 kann zusammen eine Azimuthalbwertsbreite von ungefähr 65 Grad aufweisen. Daher können drei Basisstationsantennen 10 sowohl für das Niedrigband als auch das Hochband eine volle 360-Grad-Abdeckung bereitstellen.

[0045] Fig. 2 ist eine schematische Draufsicht einer Basisstationsantenne 100, die verwendet werden kann, um die Antennenstrahlen 20, 30, 40 zu erzeugen, die in Fig. 1 veranschaulicht sind. Wie in Fig. 2 gezeigt, umfasst die Basisstationsantenne 100 drei vertikal ausgerichtete lineare Gruppen von Strahlerelementen, und zwar eine Niedrigbandgruppe 120, die mehrere Niedrigbandstrahlerelemente 122 umfasst, und eine erste und zweite Hochbandgruppe 130-1, 130-2, die jeweils mehrere Hochbandstrahlerelemente 132 umfassen. Wenn mehrere gleichartige Elemente vorhanden sind, können sie hierin mit einem zweiteiligen Bezugszeichen nummeriert sein und können einzeln mit dem vollständigen Bezugszeichen (z. B. die Hochbandgruppe 130-2) und gemeinsam mit dem ersten Teil des Bezugszeichens (z. B. die Hochbandgruppen 130) bezeichnet sein. Da Fig. 2 eine schematische Draufsicht ist, ist in Fig. 2 nur das oberste Strahlerelement 122, 132 in jeder linearen Gruppe 120, 130 sichtbar, es versteht sich jedoch, dass mehrere Strahlerelemente 122, 132 in den entsprechenden linearen Gruppen 120, 130

vorgesehen sind, wobei häufig zwischen ungefähr 8 und 15 Strahlerelemente 122, 132 pro lineare Gruppe 120, 130 vorgesehen sind. Eine zylindrische RF-Linse 140 ist vor den Strahlerelementen 122, 132 angebracht. Eine Längsachse der zylindrischen Linse 140 kann sich in der vertikalen Richtung erstrecken. Die Strahlerelemente 122, 132 sind auf einer Rückwandplatine 110 angebracht. Die Rückwandplatine 110 kann eine einheitliche Struktur oder mehrere Strukturen umfassen, die aneinander befestigt sind. Die Rückwandplatine 110 kann beispielsweise einen Reflektor umfassen, der als Masseebene für die Strahlerelemente 122, 132 dient. Die Rückwandplatine 110 kann wie gezeigt nicht planar sein.

[0046] Jedes Niedrigbandstrahlerelement 122 kann einen Schaft 124 und einen Strahler 126 umfassen. Der Strahler 126 kann beispielsweise einen Dipol- oder Patchstrahler umfassen. Wenn die Basisstationsantenne 100 eine dual-polarisierte Antenne ist, kann jeder Strahler 126 beispielsweise eine Kreuzdipolstruktur umfassen. Jeder Strahler 126 kann in einer Ebene angeordnet sein, die im Wesentlichen senkrecht zu einer Längsachse des entsprechenden Schafts 124 des Strahlerelements 122 ist. Die Längsachse jedes Schafts 124 kann zur Längsachse der zylindrischen Linse 140 gerichtet sein.

[0047] Ähnlich kann jedes Hochbandstrahlerelement 132 einen Schaft 134 und einen Strahler 136 umfassen. Der Strahler 136 kann beispielsweise einen Dipol- oder Patchstrahler umfassen. Wenn die Basisstationsantenne 100 eine dual-polarisierte Antenne ist, kann jeder Strahler 136 beispielsweise eine Kreuzdipolstruktur umfassen. Jeder Strahler 136 kann in einer Ebene angeordnet sein, die im Wesentlichen senkrecht zu einer Längsachse des entsprechenden Schafts 134 des Strahlerelements 132 ist. Die Längsachse jedes Schafts 134 kann zur Längsachse der zylindrischen Linse 140 gerichtet sein.

[0048] Typischerweise sind die Strahlerelemente einer Basisstationsantenne ungefähr eine Viertelwellenlänge über einem darunterliegenden Reflektor beabstandet, wobei die Wellenlänge die Wellenlänge ist, die der Mittenfrequenz der RF-Signale entspricht, die über das Strahlerelement gesendet/empfangen werden. Für die Niedrigbandsignale, die typischerweise im Bereich von 690 bis 960 MHz liegen, ist eine Viertelwellenlänge ein relativ großer Abstand, sodass es schwierig sein kann, eine kompakte Basisstationsantenne bereitzustellen. Beispielsweise ist unter Bezugnahme auf Fig. 2 ersichtlich, dass die zylindrische Linse 140 vor der Niedrigbandgruppe 120 positioniert ist. Da die Mittenfrequenz des Hochbandes typischerweise zwei- oder sogar dreimal größer ist als die Mittenfrequenz des Niedrigbandes, würden sich bei Verwendung konventioneller Niedrigbandstrahlerelemente (in Fig. 2 nicht gezeigt) diese herkömmlichen Niedrigbandstrahlerelemente 2- bis 3-

mal weiter vor der Rückwandplatine **110** erstrecken als die Hochbandstrahlerelemente **132**. Da die RF-Linse **140** auch relativ groß sein kann, ist die Tiefe der Basisstationsantenne **100** recht groß, wenn konventionelle Niedrigbandstrahlerelemente verwendet werden. Zusätzlich sollten die Hochbandstrahlerelemente **132** typischerweise in unmittelbarer Nähe der zylindrischen RF-Linse **140** angeordnet sein. Um dies zu erreichen, müssten die Hochbandstrahlerelemente **132** weiter vorne angeordnet sein, als in **Fig. 2** gezeigt. Werden jedoch die Hochbandstrahlerelemente auf diese Weise bewegt, können die Hochbandstrahlerelemente **132** die Niedrigbandstrahlerelemente **122** mindestens teilweise blockieren, was sowohl im Niedrigband als auch im Hochband die Leistung verschlechtern kann.

[0049] Um dieses Problem abzuschwächen, kann die Basisstationsantenne **100** wie in **Fig. 2** gezeigt ferner ein Material **150** umfassen, das einen künstlichen magnetischen Leiter (engl. artificial magnetic conductor) oder eine „AMC“-Fläche aufweist. AMC-Materialflächen werden auch als Meta-Flächen, reaktive Impedanz-Flächen und Meta-Materialflächen bezeichnet. Die Verwendung eines AMC-Materials **150** kann ermöglichen, dass die Niedrigbandstrahlerelemente **122** viel näher an der darunterliegenden Rückwandplatine **110** positioniert werden. Dadurch kann die Antenne **100** kompakter gemacht werden und das Problem, dass die Hochbandstrahlerelemente **132** die Niedrigbandstrahlerelemente **122** blockieren und/oder stören, kann reduziert werden.

[0050] Bei einigen Ausführungsformen kann das AMC-Material eine metallische Masseschicht, ein gerdetes dielektrisches Substrat auf der metallischen Masseschicht und periodische Patches auf dem gerdeten dielektrischen Substrat umfassen, wobei die Periodizität der Patches viel kleiner ist als die Wellenlänge. Das Einbeziehen des AMC-Materials **150** kann es ermöglichen, dass die Niedrigbandstrahlerelemente **122** wesentlich kürzere Schäfte **124** aufweisen, und daher können die Strahler **126** der Niedrigbandstrahlerelemente **122** viel näher an der Rückwandplatine **110** der Antenne **100** positioniert sein.

[0051] Während die RF-Linse **140** als eine zylindrische RF-Linse **140** beschrieben wird, die sich beispielsweise über die Länge der Niedrigbandgruppe **120** und/oder der Hochbandgruppe **130-1**, **130-2** erstreckt, versteht es sich, dass bei anderen Ausführungsformen die RF-Linse **140** mehrere sphärische RF-Linsen **140** umfassen kann, die in einer vertikalen Spalte angeordnet sind. Bei solchen Ausführungsformen können ein Niedrigbandstrahlerelement **122** und zwei Hochbandstrahlerelemente **132** zwischen jeder solchen sphärischen RF-Linse **140** und der Rückwandplatine **110** positioniert sein. Bei anderen Ausführungsformen könnten elliptische RF-Linsen verwendet werden.

[0052] Die **Fig. 3A** bis **Fig. 3E** veranschaulichen ein Beispiel einer Zweiband-Mehrstrahl-Basisstationslinsenantenne **200**, welche die allgemeine Struktur der Basisstationsantenne **100** von **Fig. 2** aufweist. Insbesondere ist **Fig. 3A** eine perspektivische Ansicht der Zweiband-Mehrstrahl-Basisstationslinsenantenne **200** und **Fig. 3B** ist eine Querschnittsansicht der Antenne **200** entlang der Linie 3B-3B von **Fig. 3A**. **Fig. 3C** ist eine perspektivische Ansicht einer linearen Gruppe, die in der Antenne **200** umfasst ist, und die **Fig. 3D** und **Fig. 3E** sind entsprechend eine Draufsicht und eine Seitenansicht von einem der dual-polarisierten Hochbandstrahlerelemente, die in der linearen Gruppe von **Fig. 3C** umfasst sind. **Fig. 3F** ist eine perspektivische Ansicht von einem der dual-polarisierten Niedrigbandstrahlerelemente. Die dual-polarisierte Mehrstrahlbasisstationslinsenantenne **200** erzeugt einen Niedrigbandantennenstrahl und zwei Hochbandantennenstrahlen. Bei zur Verwendung angebrachter Antenne **200** ist die Azimutebene senkrecht zur Längsachse der Antenne **200** und die Elevationsebene parallel zur Längsachse der Antenne **200**.

[0053] Unter Bezugnahme auf die **Fig. 3A** und **Fig. 3B** umfasst die Basisstationsantenne **200** eine lineare Gruppe **220** von Niedrigbandstrahlerelementen **222** und erste und zweite lineare Gruppen **230-1**, **230-2** von Hochbandstrahlerelementen **232**. Die Strahlerelemente **222**, **232** sind auf einer Rückwandplatine **210** angebracht. Die Rückwandplatine **210** kann beispielsweise eine oder mehrere Metallfolien umfassen, die sowohl als Reflektor für die Antenne als auch als Masseebene für die Strahlerelemente **222**, **232** dienen. Die Antenne **200** umfasst ferner eine zylindrische RF-Linse **240**. Bei einigen Ausführungsformen kann jede lineare Hochbandgruppe **230** ungefähr die gleiche Länge wie die zylindrische RF-Linse **240** aufweisen. Die Mehrstrahlbasisstationsantenne **200** kann auch eines oder mehrere von einem Radom **260**, Endkappen **270**, einer Wanne **280** und Eingangs-/Ausgangsanschlüssen **290** umfassen.

[0054] Die zylindrische RF-Linse **240** wird verwendet, um die Strahlungsabdeckungsmuster oder „Antennenstrahlen“ der entsprechenden linearen Hochbandgruppen **230** in der Azimutrichtung zu fokussieren. Die zylindrische RF-Linse **240** kann beispielsweise die 3-dB-Strahlbreiten der entsprechenden Antennenstrahlen, die von den linearen Hochbandgruppen **230** ausgegeben werden, von ungefähr 65 Grad auf ungefähr 33 Grad in der Azimutebene schrumpfen lassen. Während die Antenne **200** zwei lineare Hochbandgruppen **230** umfasst, versteht es sich, dass bei anderen Ausführungsformen unterschiedliche Anzahlen an linearen Hochbandgruppen **230** verwendet werden können.

[0055] Die Antenne **200** kann derart ausgelegt sein, dass die zylindrische RF-Linse **240** die Strahlbreite

der linearen Niedrigbandgruppe **220** nicht signifikant verengt. Eine Möglichkeit, dies zu erreichen, besteht darin, einen Durchmesser für die zylindrische RF-Linse **240** zu wählen, der ausreichend ist, um die notwendige Verengung der Azimutstrahlbreite der linearen Hochbandgruppen **230** bereitzustellen, aber klein genug ist, dass die zylindrische RF-Linse **240** die Azimutstrahlbreite der linearen Niedrigbandgruppe **220** nicht wesentlich verengt. Die Azimutstrahlbreite der einzelnen Strahlerelemente **222** in der linearen Niedrigbandgruppe **220** kann beispielsweise derart gewählt werden, dass die Niedrigbandgruppe **220** bei einigen Ausführungsformen eine Halbleistungsstrahlbreite von ungefähr 65 Grad aufweist. Bei anderen Ausführungsformen erbringt die zylindrische RF-Linse **240** mindestens eine gewisse Verengung der Azimutstrahlbreite der linearen Niedrigbandgruppe **220**. Bei solchen Ausführungsformen kann die Niedrigbandgruppe **220** derart ausgelegt sein, dass sie eine Azimuthalbweertsbreite von beispielsweise ungefähr 90 Grad aufweist, welche die zylindrische RF-Linse **240** auf ungefähr 65 Grad verengt.

[0056] Die Niedrigbandstrahlerelemente **222**, welche die lineare Niedrigbandgruppe **220** bilden, können beispielsweise Dipol-, Patch- oder andere geeignete Strahlerelemente umfassen. Bei einigen Ausführungsformen können die Niedrigbandstrahlerelemente **222** Patchstrahlerelemente umfassen, da diese ein relativ niedriges Profil aufweisen können. Wie am besten in **Fig. 3F** gezeigt, ist in der dargestellten Ausführungsform jedes Niedrigbandstrahlerelement **222** als ein kreuzpolarisiertes Strahlerelement **222** implementiert, das ein Paar Schäfte **224** und ein Paar Strahler **226** umfasst. Bei der dargestellten Ausführungsform strahlt ein Strahler **226** des Paares RF-Energie mit einer Polarisierung von +45 Grad und der andere Strahler **226** des Paares RF-Energie mit einer Polarisierung von -45 Grad ab.

[0057] Die Hochbandstrahlerelemente **232**, welche die linearen Hochbandgruppen **230-1**, **230-2** bilden, können beispielsweise auch Dipol-, Patch- oder andere geeignete Hochbandstrahlerelemente umfassen. Wie in den **Fig. 3D** bis **Fig. 3E** gezeigt, kann jedes Hochbandstrahlerelement **232** als ein kreuzpolarisiertes Strahlerelement implementiert sein, das ein Paar Schäfte **234** und ein Paar Strahler **236** umfasst.

[0058] Die zylindrische RF-Linse **240** verengt die Halbwertsbreite der Antennenstrahlen, die von jeder der linearen Hochbandgruppen **230** gebildet werden, während sie die Verstärkung der Hochbandantennenstrahlen um beispielsweise ungefähr 2 bis 2,5 dB erhöht. Beide linearen Hochbandgruppen **230** teilen sich die gleiche zylindrische RF-Linse **240**, sodass jede lineare Hochbandgruppe **230** seine HPBW in gleicher Weise verändert bekommt.

[0059] Die Hochbandstrahlerelemente **232** können in unmittelbarer Nähe der zylindrischen RF-Linse **240** angebracht sein. Wie jedoch vorstehend unter Bezugnahme auf **Fig. 2** beschrieben, sind die Niedrigbandstrahlerelemente **222** typischerweise größer als die Hochbandstrahlerelemente **232**, da die Niedrigbandstrahlerelemente **222** zum Senden und Empfangen bei niedrigeren Frequenzen ausgelegt sind. Als Folge davon kann es möglicherweise nicht ausreichend Raum geben, um die Niedrigbandstrahlerelemente **222** zwischen der Rückwandplatine **210** und der zylindrischen RF-Linse **240** anzubringen. Um den zur Verfügung stehenden Raum zu vergrößern, kann ein AMC-Material **250** zwischen den Strahlern **226** der Niedrigbandstrahlerelemente **222** und dem Reflektor **210** angebracht sein.

[0060] Wie vorstehend erwähnt, ist ein Strahlerelement für eine Basisstationsantenne typischerweise bei ungefähr einer Viertelwellenlänge von einer darunterliegenden Rückwandplatine/einem Reflektor angebracht, sodass die Strahlung, die von dem Strahlerelement nach hinten emittiert wird, nach vorne reflektiert wird und sich zu der von dem Strahlerelement in der Vorwärtsrichtung emittierten Strahlung addiert. Durch Anbringen der Niedrigbandstrahlerelemente **222** auf einem AMC-Material **250** kann es möglich sein, die Niedrigbandstrahlerelemente **222** viel näher an der Rückwandplatine **210** anzubringen, wie es vorstehend beschrieben wurde. Dies kann die Größe der Antenne **200** erheblich reduzieren und dabei unterstützen, sicherzustellen, dass die Niedrigband- und Hochbandstrahlerelemente **222**, **232** durch die zylindrische RF-Linse **240** in die richtige Richtung zeigen, ohne einander zu überlappen.

[0061] Die Zweiband-Mehrstrahl-Basisstationslinsenantenne **200** kann zum Vergrößern einer Systemkapazität verwendet werden. Beispielsweise könnte eine herkömmliche Zweiband-65-Grad-Azimut-HPBW-Antenne durch die Mehrstrahlbasisstationslinsenantenne **200** ersetzt werden, wie es vorstehend beschrieben wird. Dies würde die Verkehrskapazität für das Hochband vergrößern, da jeder Hochbandantennenstrahl eine um 2 bis 2,5 dB höhere Verstärkung aufweisen würde und daher höhere Datenraten bei der gleichen Dienstqualität unterstützen könnte. Die Azimutwinkel für die zwei Antennenstrahlen, die von den linearen Hochbandgruppen **230** erzeugt werden, können annähernd senkrecht zu den entsprechenden Abschnitten der Rückwandplatine sein, auf denen jede lineare Hochbandgruppe **230** angebracht ist. Die Hochbandantennenstrahlen können nebeneinander positioniert und jeweils derart ausgelegt sein, dass sie eine Azimuthalbweertsbreite von ungefähr 33 Grad aufweisen, sodass die Antenne **200** eine Abdeckung für einen 120-Grad-Sektor bereitstellen kann.

[0062] Bei einigen Ausführungsformen kann die zylindrische RF-Linse **240** aus einem Verbunddielektrikum **242** gebildet sein, das über die gesamte Linsestruktur eine im Allgemeinen homogene Dielektrizitätskonstante aufweist. Die zylindrische RF-Linse **240** kann bei einigen Ausführungsformen auch eine Hülle wie eine hohle leichte Struktur umfassen, die das Dielektrikum **242** hält. Dies steht im Gegensatz zu einer herkömmlichen Luneburg-Linse, die aus mehreren Schichten von Dielektrika mit unterschiedlichen Dielektrizitätskonstanten gebildet ist. Die zylindrische RF-Linse **240** kann im Vergleich zu einer Luneburg-Linse einfacher, kostengünstiger hergestellt und auch kompakter sein. Bei einer Ausführungsform kann die zylindrische RF-Linse **240** aus einem Verbunddielektrikum mit einer im Allgemeinen einheitlichen Dielektrizitätskonstante von ungefähr 1,5 bis 3,0 und einem Durchmesser von ungefähr 2 Wellenlängen (λ) der Mittenfrequenz der Signale, die durch die Hochbandstrahlerelemente **232** übertragen werden sollen, gebildet sein.

[0063] Die Antenne **200** der **Fig. 3A** bis **Fig. 3B** weist eine zylindrische RF-Linse **240** auf, die eine flache Oberseite und eine flache Unterseite aufweist, was für die Herstellung und/oder den Zusammenbau günstig sein kann. Es versteht sich jedoch, dass bei anderen Ausführungsformen auch eine RF-Linse verwendet werden kann, die abgerundete (halbkugelförmige) Enden aufweist. Die halbkugelförmigen Endabschnitte können eine zusätzliche Fokussierung in der Elevationsebene für die Strahlerelemente **232** an den entsprechenden Enden der linearen Hochbandgruppen **230** und/oder eine Reduzierung der Nebenkeulen des Zentralstrahls bereitstellen. Dies kann die Gesamtverstärkung der linearen Hochbandgruppen **230** verbessern. Es können auch andere Formen verwendet werden.

[0064] Die zylindrische RF-Linse **240** kann unter Verwendung von einem beliebigen von einer Vielzahl von Verbunddielektrika gebildet werden. Beispielhafte Verbunddielektrika, die zum Bilden der RF-Linse geeignet sind, die in Basisstationsantennen gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verwendet wird, werden im Folgenden ausführlicher beschrieben. Jedes der nachstehend beschriebenen Verbunddielektrika kann verwendet werden, um die zylindrische RF-Linse **240** zu bilden, wie auch jedes andere geeignete Dielektrikum.

[0065] **Fig. 3C** ist eine schematische perspektivische Ansicht von einer der linearen Hochbandgruppen **230**, die in der Zweiband-Mehrstrahl-Basisstationslinsenantenne **200** der **Fig. 3A** bis **Fig. 3B** umfasst ist. Die lineare Gruppe **230** umfasst mehrere Strahlerelemente **232**, einen Reflektor **210-1** und zwei Eingangsanschlüsse **290**. Die lineare Gruppe **230** kann auch Phasenschieber (nicht gezeigt) um-

fassen, die zur Strahlabtastung (Strahlneigung) in der Elevationsebene verwendet werden.

[0066] Die **Fig. 3D** bis **Fig. 3E** veranschaulichen eines der Hochbandstrahlerelemente **232** ausführlicher. Insbesondere ist **Fig. 3D** eine Draufsicht von einem der dual-polarisierten Strahlerelemente **232** und **Fig. 3E** eine Seitenansicht des dual-polarisierten Strahlerelements **232**. Wie in **Fig. 3D** gezeigt, umfasst jedes Strahlerelement **232** vier Dipolsegmente, die in einer quadratischen oder „Kasten“-Anordnung angeordnet sind, um ein Paar von Strahlern **236** zu bilden. Die vier Dipolsegmente werden von den Einspeiseschäften **234** getragen, wie es in **Fig. 3E** veranschaulicht ist. Jedes Strahlerelement **232** kann zwei lineare Kreuzpolarisationen (Neigung $+45^\circ/-45^\circ$ Grad) umfassen. Es versteht sich, dass alle geeigneten Strahlerelemente **232** verwendet werden können.

[0067] Die Verwendung einer zylindrischen RF-Linse wie der Linse **240** kann Gitterkeulen (und andere ferne Nebenkeulen) in der Elevationsebene reduzieren. Die Reduzierung der Gitterkeulen erfolgt dadurch, dass die zylindrische RF-Linse **240** nur den Hauptstrahl fokussiert und die ferneren Nebenkeulen defokussiert. Dies ermöglicht eine Vergrößerung des Abstands zwischen den Antennenelementen **232** in den linearen Hochbandgruppen **230** und daher kann im Vergleich zu einer Nicht-Linsenantenne eine gewünschte Elevationsstrahlbreite mit weniger Strahlerelementen **232** pro linearer Hochbandgruppe **230** erreicht werden. Bei Nicht-Linsenantennen kann der Abstand zwischen Strahlerelementen in der Gruppe derart ausgewählt werden, dass Gitterkeulen gesteuert werden, indem das Kriterium $d_{\max}/\lambda < 1/(\sin\theta_0 + 1)$ verwendet wird, wobei d_{\max} der maximal zulässige Abstand ist, λ die Wellenlänge ist und θ_0 der Abtastwinkel ist. In der Linsenantenne **200** kann der Abstand d_{\max} vergrößert werden: $d_{\max}/\lambda = 1,2 \sim 1,3 [1/(\sin\theta_0 + 1)]$. Die zylindrische RF-Linse **240** ermöglicht es also, den Abstand zwischen den Hochbandstrahlerelementen **232** für die Mehrstrahlbasisstationsantenne **200** zu vergrößern, während die Anzahl der Strahlerelemente um 20 bis 30 % reduziert wird. Dies resultiert in zusätzlichen Kostenvorteilen für die Mehrstrahlbasisstationslinsenantenne **200**.

[0068] Unter erneuter Bezugnahme auf die **Fig. 3A** und **Fig. 3B**, schützen das Radom **260**, die Endkappen **270** und die Wanne **280** die Antenne **200**. Das Radom **260** und die Wanne **280** können beispielsweise aus extrudiertem Kunststoff gebildet und mehrteilig sein oder als monolithische Struktur implementiert sein. Bei anderen Ausführungsformen kann die Wanne **280** aus Metall hergestellt sein und als zusätzlicher Reflektor agieren, um die Rückdämpfung für die Antenne **200** zu verbessern. Bei einigen Ausführungsformen kann zugunsten einer zusätzlichen Rückkeulenleistungsverbesserung ein RF-Absorber (nicht gezeigt) zwischen der Wanne **280** und den li-

nearen Gruppen **220**, **230** platziert werden. Die zylindrische RF-Linse **240** ist derart beabstandet, dass die Öffnungen der linearen Hochbandgruppen **230** auf eine zentrale Achse (Längsachse) der zylindrischen RF-Linse **240** zeigen.

[0069] Daher ist die Mehrstrahlantenne **200** eine Zweibandantenne, die Zwillingsantennenstrahlen im Hochband und einen einzelnen Antennenstrahl im Niederband bereitstellt. Die Antenne **200** kann sehr kompakt sein, da der Durchmesser der zylindrischen RF-Linse **240** auf der Frequenz der linearen Hochbandgruppen **230** basiert und daher eine kleinere zylindrische RF-Linse **240** verwendet werden kann. Bei Ausführungsbeispielen kann der Durchmesser D der zylindrischen RF-Linse ungefähr $D = 1,5 - 6 \lambda$ betragen (wobei λ die Wellenlänge im freien Raum der Mittenfrequenz des gesendeten Signals ist). Da das AMC-Material **250** ermöglicht, dass die Niederbandstrahlerelemente **222** sehr nahe an der Rückwandplatte **210** positioniert werden können, können die Niederbandstrahlerelemente **222** zudem zwischen der zylindrischen RF-Linse **240** und der Rückwandplatte **210** positioniert werden und daher wenig oder keinen zusätzlichen Raum beanspruchen. Das AMC-Material **250** ermöglicht es auch, dass die Niederbandstrahlerelemente **222** von den Hochbandstrahlerelementen **232** weiter beabstandet sind, was den Betrag reduzieren kann, den die Niederbandstrahlerelemente **222** die gesendete oder empfangene Hochband-RF-Energie streuen.

[0070] Fig. 4 ist eine schematische Draufsicht einer Basisstationsantenne **300** gemäß weiteren Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. Wie in Fig. 4 gezeigt, kann die Basisstationsantenne **300** den Basisstationsantennen **100**, **200**, die vorstehend beschrieben wurden, sehr ähnlich sein. Dementsprechend wurden in Fig. 4 gleiche Elemente wie bei der Basisstationsantenne **100** mit gleichen Bezugszeichen versehen und eine weitere Beschreibung dieser Elemente wird ausgelassen.

[0071] Wie in Fig. 4 gezeigt, unterscheidet sich die Zweiband-Mehrstrahl-Basisstationsantenne **300** von der Basisstationsantenne **100** dadurch, dass sie ferner ein Paar Sekundärlinsen **338** umfasst. Eine Sekundärlinse **338** kann zwischen jeder linearen Hochbandgruppe **130-1**, **130-2** und der RF-Linse **140** angeordnet sein. Die Sekundärlinsen **338** können die Hochband-RF-Energie weiter fokussieren. Die Sekundärlinsen **338** können auch dabei unterstützen, die Strahlbreite des Hochbandantennendiagramms in der Azimutebene zu stabilisieren. Die Sekundärlinsen **338** können auch die Wirkung der Haupt-RF-Linse **140** auf das Diagramm der linearen Niederbandgruppe **120** kompensieren. Die Sekundärlinsen **338** können aus Dielektrika gebildet und beispielsweise als Stäbe, Zylinder oder Würfel geformt sein. Es können auch andere Formen verwendet werden.

Die Querschnittsbreite oder der Querschnittsdurchmesser von jeder Sekundärlinse **338** kann wesentlich kleiner sein als der Durchmesser der Haupt-RF-Linse **140**.

[0072] Wenn die Sekundärlinsen **338** in der Antenne enthalten sind, kann die zylindrische Haupt-RF-Linse **140** in einem größeren Abstand von der Rückwandplatte **110** positioniert sein. Als Resultat kann mehr Platz für die Niederbandstrahlerelemente **122** vorgesehen werden. In einigen Fällen kann daher das AMC-Material **150** ausgelassen werden.

[0073] Der Betrag der von den Sekundärlinsen **338** ausgeführten Fokussierung kann stark von der Frequenz der RF-Signale abhängig sein. Bei einer Ausführungsform kann der von jeder Sekundärlinse **338** ausgegebene Antennenstrahl beispielsweise eine Halbwertsbreite von beispielsweise 60 Grad bei 1,7 GHz und eine Halbwertsbreite von 40 Grad bei 2,7 GHz aufweisen. Insbesondere kann die zylindrische Haupt-RF-Linse **140** ausgelegt sein, in umgekehrter Weise zu arbeiten. Insbesondere können der Durchmesser, die Dielektrizitätskonstante und andere Parameter der zylindrischen Haupt-RF-Linse **140** derart gewählt werden, dass ein Signal von 1,7 GHz durch den größten Teil oder die gesamte zylindrische RF-Hauptlinse **140** hindurchgeht, während ein RF-Signal von 2,7 GHz nur durch einen zentralen Teil der zylindrischen RF-Hauptlinse **140** hindurchgeht. Als Resultat wird die zylindrische Haupt-RF-Linse **140** das 1,7-GHz-RF-Signal stärker fokussieren als das 2,7-GHz-RF-Signal. Daher kann die Kombination aus der zylindrischen Haupt-RF-Linse **140** und der sekundären RF-Linsen **338** verwendet werden, um Hochband-Antennenstrahlen mit einer Strahlbreite von beispielsweise 33 Grad über den gesamten 1-GHz-Frequenzbereich des Hochbandes hinweg (d. h., von 1,7 GHz bis 2,7 GHz) zu bilden.

[0074] Fig. 5 ist eine schematische Draufsicht einer Basisstationsantenne **400** gemäß noch weiteren Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. Wie in Fig. 5 gezeigt, ist die Basisstationsantenne **400** den Basisstationsantennen **100**, **200**, die vorstehend beschrieben wurden, ähnlich. Dementsprechend wurden in Fig. 5 gleiche Elemente wie bei der Basisstationsantenne **100** mit gleichen Bezugszeichen versehen und eine weitere Beschreibung dieser Elemente wird ausgelassen.

[0075] Wie in Fig. 5 gezeigt, unterscheidet sich die Zweiband-Mehrstrahl-Basisstationsantenne **400** von der Basisstationsantenne **100** dadurch, dass die Basisstationsantenne **400** ein Paar zylindrische Haupt-RF-Linsen **140-1**, **140-2** umfasst im Gegensatz zu der einzelnen zylindrischen RF-Linse **140**, die in der Basisstationsantenne **100** umfasst ist. Ein möglicher Vorteil dieser Anordnung besteht darin, dass es möglich ist, jede zylindrische

Linse **140-1**, **140-2** näher an den Strahlerelementen **132** der entsprechenden linearen Hochbandgruppen **130-1**, **130-2** anzuordnen. Die Basisstationsantenne **400** kann auch mehr Platz für die Niedrigbandstrahlerelemente **122** aufweisen, was die Verwendung eines breiteren Bereichs von Niedrigbandstrahlerelementen **122** ermöglichen kann und/oder das Maß an Wechselwirkung zwischen den Niedrigband- und Hochbandsignalen reduzieren kann. Die Basisstationsantenne **400** kann aufgrund des Vorsehens der zweiten zylindrischen RF-Linse **140** teurer sein als die vorstehend beschriebenen Basisstationsantennen **100**, **200**, **300** und muss vielleicht auch breiter und möglicherweise tiefer sein, was im Allgemeinen unerwünscht ist. Es versteht sich, dass bei weiteren Ausführungsformen die Sekundärlinsen **338** der Basisstationsantenne **300** zu der Basisstationsantenne **400** hinzugefügt werden könnten.

[0076] Die **Fig. 6A** und **Fig. 6B** sind eine schematische Vorderansicht und Seitenansicht einer Basisstationsantenne **500** gemäß noch einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Wie in den **Fig. 6A** bis **Fig. 6B** gezeigt, umfasst die Basisstationsantenne **500** eine Rückwandplatine **510**, eine lineare Niedrigbandgruppe **520**, die mehrere Niedrigbandstrahlerelemente **522** umfasst, eine erste und eine zweite lineare Hochbandgruppe **530-1**, **530-2**, die jeweils mehrere Hochbandstrahlerelemente **532** und mehrere sphärische RF-Linsen **540** umfassen, die in einer vertikalen Spalte vor der Rückwandplatine **510** angebracht sind. Die Rückwandplatine **510** kann in einer vertikalen Ausrichtung angebracht sein. Die Rückwandplatine **510** kann als Reflektor für die Niedrigbandstrahlerelemente **522** agieren. Separate Reflektoren (nicht gezeigt) können bei einigen Ausführungsformen für die Hochbandstrahlerelemente **532** vorgesehen sein.

[0077] Wie in den **Fig. 6A** bis **Fig. 6B** gezeigt, umfasst die Zweiband-MehrstrahlAntenne **500** zwei Hochbandstrahlerelemente **532** für jede sphärische RF-Linse **540**. Die sphärischen RF-Linsen **540** sind vor und in der Mitte zwischen den zwei Spalten der Hochbandstrahlerelemente **532** positioniert. In der in den **Fig. 6A** bis **Fig. 6B** dargestellten beispielhaften Ausführungsform sind insgesamt acht Hochbandstrahlerelemente **532** (vier pro Spalte) und insgesamt vier sphärische RF-Linsen **540** vorgesehen. Jede lineare Hochbandgruppe **530** kann seine eigene Quelle (eine Funkvorrichtung) umfassen. Die erste lineare Hochbandgruppe **530-1** kann beispielsweise von einem entsprechenden ersten und zweiten Corporate-Einspeisenetzwerk (nicht gezeigt) eingespeist werden, die mit einem entsprechenden ersten und zweiten Anschluss einer ersten Funkvorrichtung verbunden sind, die RF-Signale bei jeder der zwei orthogonalen Polarisierungen an die Strahlerelemente **532** in der ersten linearen Hochbandgruppe **530-1** liefern, und die zweite lineare Hochbandgruppe **530-2**

kann von einem dritten und vierten Corporate-Einspeisenetzwerk (nicht gezeigt) eingespeist werden, die mit einem dritten und vierten Anschluss einer zweiten Funkvorrichtung verbunden sind, die RF-Signale bei jeder der zwei orthogonalen Polarisierungen an die Strahlerelemente **532** in der zweiten linearen Hochbandgruppe **530-2** liefern. Es können zusätzliche Funkvorrichtungen vorgesehen werden, wenn die Hochbandstrahlerelemente **532** Breitbandstrahlerelemente sind, die mehrere Mobilfunkdienste innerhalb des Hochbandes unterstützen. Wenn solche zusätzlichen Funkvorrichtungen vorgesehen sind, können auch Diplexer vorgesehen sein, um mehrere Funkvorrichtungen mit jedem Strahlerelement **532** zu verbinden.

[0078] Die Antenne **500** kann zwei unabhängige Hochbandantennenstrahlen erzeugen (wobei jeder Strahl zwei Polarisierungen unterstützt), die auf unterschiedliche Azimutwinkel ausgerichtet sind. Als Resultat kann die Antenne **500** verwendet werden, um eine Mobilfunkbasisstation weiter zu sektorieren. Die Antenne **500** kann beispielsweise derart ausgelegt sein, dass sie zwei nebeneinanderliegende Strahlen in der Azimutebene erzeugt, die jeweils eine Azimuthalbweertsbreite von ungefähr 33 Grad aufweisen. Es könnten drei solcher Antennen **500** verwendet werden, um eine Sechs-Sektor-Zelle zu bilden.

[0079] Die lineare Niedrigbandgruppe **520** umfasst vier Niedrigbandstrahlerelemente **522**. Jedes Niedrigbandstrahlerelement **522** ist als ein Paar von „Dreipol“-Elementen **524** implementiert, die beispielsweise verwendet werden, um einen Niedrigbandantennenstrahl mit einer Azimuthalbweertsbreite von 40 bis 50 Grad zu erzeugen. Die Dreipolelemente **524** sind in vertikalen Spalten entlang jeder Seite der Rückwandplatine **510** angeordnet. Jedes Paar von Dreipolelementen **524** ist zwischen benachbarten der sphärischen RF-Linsen **540** angeordnet. Die Dreipolelemente **524** können in einem relativ großen Abstand von der Rückwandplatine **510** angebracht sein, so dass die Strahler der Dreipolelemente **524** in Höhen ähnlich den Höhen der sphärischen RF-Linsen **540** über der Rückwandplatine **510** angeordnet sind. Als Resultat der Höhe und Anordnung der Dreipolelemente **524** wird wenig oder keine der nach vom gerichteten RF-Energie, die von den Niedrigbandstrahlerelementen **522** emittiert wird, durch die sphärischen RF-Linsen **540** hindurchgehen, obwohl ein Teil der nach hinten emittierten Niedrigband-RF-Signale durch die sphärischen RF-Linsen **540** hindurchgehen kann. Als Resultat werden die sphärischen RF-Linsen **540** nur einen relativ geringen Einfluss auf das Niedrigbandantennendiagramm haben, während die sphärischen RF-Linsen **540** verwendet werden können, um die Hochbandantennendiagramme signifikant zu verengen.

[0080] Die erste und die zweite lineare Hochbandgruppe **530-1**, **530-2** können sich in einer entsprechenden ersten und zweiten vertikalen Spalte erstrecken, die im Allgemeinen senkrecht zu der horizontalen Ebene sein können, die durch den Horizont definiert ist, wenn die Basisstationsantenne **500** zur Verwendung angebracht ist. Die sphärischen RF-Linsen **540** können ebenfalls in einer vertikalen Spalte angebracht sein. Die Hochbandstrahlerelemente **532** können zwischen der Rückwandplatine **510** und der Spalte von sphärischen RF-Linsen **540** angebracht sein. Wie am besten in **Fig. 6A** gezeigt, kann ein Hochbandstrahlerelement **532** von jeder linearen Hochbandgruppe **530** hinter jeder sphärischen RF-Linse **540** positioniert sein, sodass insgesamt zwei Hochbandstrahlerelemente **532** hinter jeder sphärischen RF-Linse **540** positioniert sind. Jedes Strahlerelement **532** kann in dem gleichen Abstand von seiner zugehörigen sphärischen RF-Linse **540** positioniert sein, wie es die anderen Strahlerelemente **532** in Bezug auf ihre zugehörigen sphärischen RF-Linsen **540** sind. Jedes Strahlerelement **532** kann entlang des „Äquators“ seiner zugehörigen sphärischen RF-Linse **540** angeordnet sein (d. h., die Linse **540**, hinter der das Strahlerelement **532** positioniert ist), wobei sich der „Äquator“ auf den horizontalen Querschnitt der sphärischen RF-Linse **540** bezieht, der den größten Durchmesser aufweist.

[0081] Die Hochbandstrahlerelemente **532** sind schematisch in den **Fig. 6A** bis **Fig. 6B** veranschaulicht. Jedes Hochbandstrahlerelement **532** kann beispielsweise ein Dipol-, ein Patch- oder ein anderes geeignetes Strahlerelement umfassen. Bei einer beispielhaften Ausführungsform können die Strahlerelemente **532** als die Strahlerelemente **232** implementiert sein, die in den **Fig. 3D** bis **Fig. 3E** dargestellt sind.

[0082] Jede sphärische RF-Linse **540** wird verwendet, um den Antennenstrahl, der durch seine zugehörigen Hochbandstrahlerelemente **532** gebildet wird, sowohl in der Azimutals auch der Elevationsebene zu fokussieren (zu verengen). Die sphärische RF-Linse **540** kann bei einigen Ausführungsformen ein Dielektrikum mit einer Dielektrizitätskonstante von ungefähr 1 bis ungefähr 3 umfassen (z. B. damit gefüllt sein oder daraus bestehen). Das Dielektrikum der sphärischen RF-Linse **540** fokussiert die RF-Energie, die von den zugehörigen Hochbandstrahlerelementen **532** abgestrahlt und davon empfangen wird. Eine Vielzahl geeigneter Verbunddielektrika, die zum Bilden der sphärischen RF-Linsen **540** verwendet werden können, werden nachstehend beschrieben.

[0083] Die Verwendung der sphärischen RF-Linsen **540**, die in der Antenne **500** umfasst sind, kann im Vergleich zu den zylindrischen RF-Linsen, die in den vorstehend beschriebenen Antennen **100**, **200**, **300**, **400** verwendet werden, mehrere Vorteile bereitstellen.

Erstens kann eine Gruppe von sphärischen RF-Linsen **540** deutlich kleiner als eine äquivalente zylindrische RF-Linse sein. Dementsprechend kann die Verwendung der sphärischen RF-Linsen **540** die Größe, die Kosten und das Gewicht der Antenne **500** reduzieren. Zweitens können die sphärischen RF-Linsen **540** verwendet werden, um den Strahl sowohl in der Azimut- als auch der Elevationsrichtung zu verengen, was bei vielen Anwendungen wünschenswert sein kann. Drittens können die sphärischen RF-Linsen **540** die Strahlmusterform beibehalten, wenn sie zum Zweck des Änderns des Abdeckungsbereichs der Antenne **500** elektronisch geneigt werden. Viertens können die sphärischen RF-Linsen **540** eine geringere Wirkung auf die Niedrigbandstrahlerelemente **522** aufweisen als eine zylindrische RF-Linse, da jede sphärische RF-Linse **540** in Bezug auf ein einzelnes Niedrigbandstrahlerelement **522** abgestimmt sein kann (unter der Annahme, dass es eine Niedrigbandgruppe **520** gibt).

[0084] Die **Fig. 7A** bis **Fig. 7E** veranschaulichen eine Zweiband-Mehrstrahl-Linsenantenne **600** gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. Insbesondere ist **Fig. 7A** eine Vorderansicht der Antenne **600**, **Fig. 7B** ist eine perspektivische Ansicht von einer der in der Antenne **600** umfassten sphärischen RF-Linsen und **Fig. 7C** ist eine perspektivische Ansicht von einer der sphärischen RF-Linsen, die veranschaulicht, wie die sphärische RF-Linse in ihrer Position gehalten wird. **Fig. 7D** ist eine perspektivische Ansicht eines in der Antenne **600** umfassten Niedrigbandstrahlerelements und **Fig. 7E** ist eine vergrößerte perspektivische Ansicht eines gekrümmten Reflektors der Antenne **600**, der drei daran angebrachte Hochbandstrahlerelemente umfasst.

[0085] Wie in den **Fig. 7A** bis **Fig. 7E** gezeigt, umfasst die Antenne **600** eine Rückwandplatine **610**, eine Niedrigbandgruppe **620** von Niedrigbandstrahlerelementen **622**, erste bis dritte Hochbandgruppen **630-1**, **630-2**, **630-3** von Hochbandstrahlerelementen (Gruppe **630-2** ist in den Zeichnungen nicht sichtbar, obwohl ein Strahlerelement **632** davon in **Fig. 7E** sichtbar ist) und fünf sphärische RF-Linsen **640**. Die Niedrigbandstrahlerelemente **622** umfassen Paare von sogenannten „Dreipol“-Strahlern **624**. Wie am besten aus **Fig. 7A** ersichtlich, ist jedes der Niedrigbandstrahlerelemente **622** zwischen zwei benachbarten sphärischen RF-Linsen **640** positioniert. Die Positionierung der Niedrigbandstrahlerelemente **622** zwischen den sphärischen RF-Linsen **640** kann den Einfluss reduzieren, den die sphärischen RF-Linsen **640** auf den Niedrigbandantennenstrahl haben können. Wie in **Fig. 7B** gezeigt, können bei einigen Ausführungsformen die sphärischen RF-Linsen **640** zusätzlich ein Drahtnetz oder eine andere frequenzselektive Struktur **642** umfassen. Die frequenzselektive Struktur **642** kann derart ausgelegt sein, dass sie im Allgemeinen für RF-Energie im Niedrigband reflektiert.

rend und im Allgemeinen für RF-Energie im Hochband transparent ist. Die Positionierung der Niedrigbandstrahlerelemente **622** in Bezug auf die sphärischen RF-Linsen **640** und/oder die Einbeziehung der frequenzselektiven Strukturen **642** in oder an den sphärischen RF-Linsen **640** kann die sphärischen RF-Linsen **640** reduzieren oder eliminieren, was die Strahlbreite der Niedrigband-RF-Signale signifikant verengt. Bei einigen Ausführungsformen können die Niedrigbandstrahlerelemente **622** daher eine Azimuthalbweertsbreite von beispielsweise ungefähr 40 bis 50 Grad, aufweisen. Die Anzahl der in der Niedrigbandgruppe **620** umfassten Niedrigbandstrahlerelemente **622** kann derart ausgewählt werden, dass eine gewünschte Elevationshalbweertsbreite erhalten wird. Es versteht sich jedoch, dass bei anderen Ausführungsformen die Antenne **600** derart ausgelegt sein kann, dass sie eine andere Azimuthalbweertsbreite aufweist.

[0086] Fig. 7D veranschaulicht eines der Niedrigbandstrahlerelemente **622** ausführlicher. Wie in Fig. 7D gezeigt, umfasst jedes Niedrigbandstrahlerelement **622** ein Paar von sogenannten „Dreipol“-Strahlern **624**. Die Niedrigbandstrahlerelemente **622**, die unter Verwendung von Dreipolstrahlern, wie beispielsweise den Strahlern **624**, gebildet sind, sind beispielsweise in US-Patent Nr. 9,077,070, vom 7. Juli 2015, beschrieben, dessen gesamter Inhalt hierin durch Bezugnahme aufgenommen wird. Dementsprechend wird die Struktur und der Betrieb der Dreipolstrahler **624** hierin nicht im Detail beschrieben. Das Paar von Dreipolstrahlern **624** kann auf einer gemeinsamen reflektierenden Masseebene **626** angebracht sein. Wie in Fig. 7A gezeigt, kann die gemeinsame reflektierende Masseebene **626** zwischen zwei der sphärischen RF-Linsen **640** positioniert sein. Die gemeinsame reflektierende Masseebene **626** kann die Höhe der Niedrigbandstrahlerelemente **622** relativ zu den sphärischen RF-Linsen **640** erhöhen, um den Einfluss, den die sphärischen RF-Linsen **640** auf die Niedrigband-RF-Signale haben können, weiter zu reduzieren. Bei einigen Ausführungsformen kann die gemeinsame reflektierende Masseebene **626** mit den frequenzselektiven Strukturen **642** in den benachbarten sphärischen RF-Linsen **640** kapazitiv gekoppelt sein.

[0087] Wie am besten in den Fig. 7C und Fig. 7E gezeigt, können die Hochbandstrahlerelemente **632** bei einigen Ausführungsformen als Kreuzdipolstrahlerelemente implementiert sein. Da die Antenne **600** drei Hochbandgruppen **630** umfasst, können insgesamt drei Kreuzdipolhochbandstrahlerelemente **632** für jede sphärische RF-Linse **640** vorgesehen sein. Die drei Kreuzdipolhochbandstrahlerelemente **632**, die jeder sphärischen RF-Linse **640** zugeordnet sind, können auf einem gemeinsamen Reflektor **634** angebracht sein. Der gemeinsame Reflektor **634** kann eine gekrümmte Struktur sein, sodass die von je-

dem Hochbandstrahlerelement **632** emittierte Strahlung, die in einer Richtung senkrecht zu der durch die Kreuzdipole definierten Ebene emittiert wird, in die Mitte der sphärischen RF-Linse **640**, die jedem Hochbandstrahlerelement **632** zugeordnet ist, gerichtet ist. Während dies in den Fig. 7C und Fig. 7E nicht gezeigt ist, umfasst jedes Hochbandstrahlerelement **632** ein Paar von Einspeiseschäften, welche die orthogonal polarisierten Signale in die entsprechenden Dipolstrahlerelemente einspeisen, die in jedem Hochbandstrahlerelement **632** umfasst sind.

[0088] Wie in Fig. 7C gezeigt, können die sphärischen RF-Linsen **640** vor den Hochbandstrahlerelementen **632** durch eine Stützstruktur **644** an Ort und Stelle gehalten werden. Die Stützstruktur **644** kann an der Rückwandplatine **610** angebracht sein. Jedes Hochbandstrahlerelement **632** kann im gleichen Abstand von seiner zugehörigen sphärischen RF-Linse **640** angeordnet sein. Wie in Fig. 7C gezeigt, kann der Abstand zwischen den Hochbandstrahlerelementen **632** und ihren zugehörigen sphärischen RF-Linsen **640** bei einigen Ausführungsformen sehr klein sein.

[0089] Während die Ausführungsform der Fig. 7A bis Fig. 7E drei lineare Hochbandgruppen **630** umfasst, die drei unabhängige Antennenstrahlen bilden, versteht es sich, dass bei anderen Ausführungsformen mehr oder weniger Hochbandgruppen **630** vorgesehen werden können. In einigen Fällen können beispielsweise nur zwei Hochbandgruppen **630** vorgesehen sein, wobei in diesem Fall jeder Reflektor **634** nur zwei Hochbandstrahlerelemente **632** umfassen würde, die in den Räumen angeordnet wären, die sich zwischen dem in Fig. 7E gezeigten Hochbandstrahlerelement **632** befinden. Bei anderen Ausführungsformen kann eine größere Anzahl an Hochbandgruppen **630** (z. B. vier) in der Antenne **600** umfasst sein.

[0090] Die Fig. 8A bis Fig. 8B veranschaulichen eine Zweiband-Mehrstrahl-Linsenantenne **700** gemäß noch weiteren Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. Insbesondere ist Fig. 8A eine teilweise perspektivische Ansicht der Antenne **700** und Fig. 8B ist eine vergrößerte perspektivische Ansicht eines Teils der Antenne **700**, die zwei der Hochbandstrahlerelemente davon veranschaulicht.

[0091] Wie aus den Fig. 8A bis Fig. 8B ersichtlich, ist die Antenne **700** der vorstehenden Antenne **600** ähnlich. Insbesondere umfasst die Antenne **700** eine Rückwandplatine **710**, eine Niedrigbandgruppe **720** von Niedrigbandstrahlerelementen **722**, drei Hochbandgruppen **730** von Hochbandstrahlerelementen **732** (die Hochbandstrahlerelemente **732** von nur zwei der Hochbandgruppen **730** sind in Fig. 8B ersichtlich) und mehrere sphärische RF-Linsen **740**. Jedes Niedrigbandstrahlerelement **722** umfasst ein Paar von Dreipolstrahlern **724**, die entlang der Außenkanten

der Rückwandplatine **710** zusammen mit einem dritten Dreipolstrahler **726**, der auf der gegenüberliegenden Seite von einer der sphärischen RF-Linsen **740** angeordnet und entlang der Längsachse der Rückwandplatine **710** positioniert ist, einander gegenüberliegend angebracht sind. Bei einigen Ausführungsformen kann der Mittelarm des dritten Dreipolstrahlers **726** die sphärische RF-Linse **740** berühren oder sogar durchdringen, um die Größe der Antenne **700** zu reduzieren. Die drei Dreipolstrahler **724**, **726**, die jedes Niedrigbandstrahlerelement **722** bilden, können ein Dreieck **728** bilden, wobei eine der sphärischen RF-Linsen **740** in der Mitte des Dreiecks positioniert ist.

[0092] Während dies in den Figuren nicht gezeigt ist, können die sphärischen RF-Linsen **740** eine frequenzselektive Struktur, wie beispielsweise die frequenzselektive Struktur **642**, die vorstehend unter Bezugnahme auf **Fig. 7B** beschrieben ist, umfassen. Das Hinzufügen des dritten Dreipolstrahlers **726** kann die Azimuthalbwertsbreite der Niedrigbandgruppe **720** auf beispielsweise ungefähr 50 bis 60 Grad erhöhen.

[0093] Wie in **Fig. 8B** gezeigt, können die Hochbandstrahlerelemente **732** bei einigen Ausführungsformen als Kreuzdipolstrahlerelemente implementiert sein. Da die Antenne **700** drei Hochbandgruppen **730** umfasst, können insgesamt drei Kreuzdipolhochbandstrahlerelemente **732** für jede sphärische RF-Linse **740** vorgesehen sein (nur zwei sind in **Fig. 8B** ersichtlich). Die drei Kreuzdipolhochbandstrahlerelemente **732**, die jeder sphärischen RF-Linse **740** zugeordnet sind, können auf einem gemeinsamen Reflektor **734** angebracht sein, der dem vorstehend beschriebenen Reflektor **634** ähnlich ist.

[0094] **Fig. 9** ist eine perspektivische Teilansicht einer Zweiband-Mehrstrahl-Linsenantenne **800** gemäß weiteren Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung. Die Antenne **800** kann den vorstehend beschriebenen Antennen **600** und **700** ähnlich sein, mit der Ausnahme, dass (1) die Niedrigbandgruppe **820**, die in der Antenne **800** umfasst ist, eine Spalte von Kreuzdipolniedrigbandstrahlerelementen **822** im Gegensatz zu den dreipolbasierten Strahlerelementen **622**, **722** umfasst, die in den Antennen **600**, **700** umfasst sind, und (2) die Niedrigbandgruppe sich entlang einer zentralen Längsachse der Antenne **800** erstreckt. Es ist zu beachten, dass **Fig. 9** nur eine Teilansicht der Antenne **800** ist, die eines der Niedrigbandkreuzdipolstrahlerelemente **822** und zwei der sphärischen RF-Linsen **840** zeigt. Es versteht sich, dass zusätzliche Niedrigbandstrahlerelemente **822** und sphärische RF-Linsen **840** umfasst wären, um die in **Fig. 9** gezeigte Struktur entlang der vertikalen Richtung mehrfach zu wiederholen. Bei einigen Ausführungsformen können die Niedrigbandkreuzdipolstrahlerelemente **822** das in der US-Patentverfö-

fentlichung Nr. 2015/0214617 offenbarte Design aufweisen, bei dem die Dipole als eine Reihe von Dipolsegmenten und RF-Drosseln gebildet sind. Die RF-Drosseln können induzierte Ströme von den Hochbandsignalen in den Niedrigbandstrahlerelementen **822** reduzieren. Die Kreuzdipolstrahlerelemente **822** können eine Azimuthalbwertsbreite von beispielsweise ungefähr 60 bis 65 Grad aufweisen. Daher können drei Basisstationsantennen **800** eine vollständige 360-Grad-Abdeckung für das Niedrigband bereitstellen. Abgesehen von der Verwendung eines Niedrigbandkreuzdipolstrahlerelements **822** kann die Antenne **800** mit der vorstehend beschriebenen Antenne **700** identisch sein und daher wird eine weitere Beschreibung der Antenne **800** ausgelassen.

[0095] **Fig. 10A** ist eine grafische Darstellung, welche die Niedrigbandstrahlungsdiagramme für die Antennen **600**, **700**, **800** der **Fig. 7A** bis **Fig. 7E**, **Fig. 8A** bis **Fig. 8B** und **Fig. 9** veranschaulicht. Wie in **Fig. 10A** gezeigt, kann jede der Antennen **600**, **700**, **800** derart ausgelegt sein, dass sie im Wesentlichen das gleiche Elevationsmuster **930** aufweist. Das Elevationsmuster **930** weist eine größere Unterdrückung für die oberen Nebenkeulen im Vergleich zu den unteren Nebenkeulen auf, wie es für Basisstationsantennen typisch ist. Die Kurven **900**, **910** und **920** veranschaulichen die Azimutstrahlendiagramme für die entsprechenden Antennen **600**, **700**, **800**. Wie aus **Fig. 10A** ersichtlich, sind die Azimutdiagramme mit Ausnahme der Strahlbreite ähnlich, wobei die Antenne **600** die kleinste Azimutstrahlbreite und die Antenne **800** die größte Azimutstrahlbreite aufweist.

[0096] Die **Fig. 10B** und **Fig. 10C** sind Diagramme, welche die Hochbandstrahlungsdiagramme für die Antennen **600**, **700**, **800** der **Fig. 7A** bis **Fig. 7E**, **Fig. 8A** bis **Fig. 8B** und **Fig. 9** veranschaulichen, wenn die Antennen zwei Hochbandgruppen aufweisen (**Fig. 10B**) gegenüber drei Hochbandgruppen (**Fig. 10C**). Wie in diesen Figuren dargestellt, kann die Kombination der zwei oder drei Hochbandantennenstrahlen jeweils eine Azimuth-Halbwertsbreite von ungefähr 50 bis 60 Grad aufweisen.

[0097] Es versteht sich, dass zahlreiche Modifikationen an den hierin offenbarten Zweiband-Mehrstrahl-Antennen vorgenommen werden können, ohne vom Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Obwohl verschiedene der hierin offenbarten Antennen beispielsweise sphärische RF-Linsen verwenden, versteht es sich, dass bei anderen Ausführungsformen auch elliptische oder andere RF-Linsen verwendet werden könnten. Ebenso versteht es sich, dass die Anzahl der Strahlerelemente gegenüber dem gezeigten verändert kann wie auch die Anzahl an Niedrigband- und/oder Hochbandstrahlerelementen pro RF-Linse.

[0098] Obwohl jede der vorstehend beschriebenen beispielhaften Ausführungsformen eine einzelne Niedrigbandgruppe umfasst, versteht es sich, dass bei anderen Ausführungsformen zwei oder mehr Niedrigbandgruppen umfasst sein können. Die Anzahl der Hochbandgruppen kann ebenfalls variiert werden.

[0099] Als weiteres Beispiel können die Niedrigbandstrahlerelemente in den vorstehend beschriebenen Antennen derart ausgelegt sein, dass die RF-Linsen höchstens eine begrenzte Wirkung auf die Niedrigbandsignale aufweisen. Bei anderen Ausführungsformen können Niedrigbandstrahlerelemente mit weiter Strahlbreite wie Patchstrahlerelemente oder dielektrisch belastete Patchstrahlerelemente verwendet werden und die RF-Linse kann verwendet werden, um die Strahlbreiten der Niedrigband- und Hochbandstrahlerelemente zu verengen. Die Niedrigbandstrahlerelemente können beispielsweise mit einer Azimutstrahlbreite von ungefähr 90 Grad ausgelegt sein und die RF-Linse kann verwendet werden, um die Strahlbreite auf ungefähr 65 Grad schrumpfen zu lassen.

[0100] Obwohl bei einigen Ausführungsformen AMC-Materialien verwendet werden können, um die Niedrigbandstrahlerelemente näher an einer darunterliegenden Masseebene/einem Reflektor zu positionieren, versteht es sich, dass bei anderen Ausführungsformen ein Dielektrikum anstelle des AMC-Materials verwendet werden kann. Die Wellenlänge der RF-Energie ändert sich im Dielektrikum (effektiv kleiner werdend), wodurch die Niedrigbandstrahlerelemente näher an dem Reflektor/der Masseebene positioniert werden können.

[0101] Die Basisstationsantennen gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, die vorstehend beschrieben wurden, verwenden RF-Linsen, um die RF-Energie zu fokussieren, die von mindestens einigen der linearen Gruppen abgestrahlt und davon empfangen wird, um die Strahlbreite der Antennenstrahlen, die durch diese linearen Gruppen gebildet werden, zu reduzieren. Diese RF-Linse kann bei einigen Ausführungsformen unter Verwendung von Verbunddielektrika gebildet werden.

[0102] Bei einigen Ausführungsformen kann das in den hierin offenbarten RF-Linsen enthaltene Verbunddielektrikum ein dielektrisches Verbundmaterial **1000** sein, das unter Verwendung von expandierbaren dielektrischen Mikrokügelchen **1010** (oder anderen geformten expandierbaren Materialien) gebildet ist, die mit leitfähigen Materialien **1020** (z. B. leitfähiges Folienmaterial) gemischt sind, die auf jeder Hauptfläche ein Isoliermaterial aufweisen. Dieses Verbunddielektrikum **1000** kann ferner ein Bindemittel wie beispielsweise ein inertes Öl enthalten. Die kleinen Stücke aus leitfähigem Folienmaterial **1020**,

die auf jeder Hauptfläche ein Isoliermaterial aufweisen, können beispielsweise Flitter oder Glitzermaterial umfassen. Flitter kann zum Beispiel eine dünne Metallfolie (z. B. 6 bis 50 Mikrometer dick) umfassen, die eine dünne isolierende Beschichtung (z. B. 0,5 bis 15 Mikrometer) auf einer oder beiden Seiten davon aufweist, die in kleine Stücke geschnitten ist (z. B. kleine Quadrate von 200 bis 800 Mikrometer oder andere Formen mit einem ähnlichen Hauptflächenbereich). Glitzermaterial kann ähnlich wie Flitter sein, aber jedes Glitzermaterialstück kann auf einer Seite des Metallblechs eine dickere Isolierschicht und auf der anderen Seite eine dünnere Isolierschicht aufweisen.

[0103] Fig. 11 ist eine schematische perspektivische Ansicht einer Ausführungsform des vorstehend beschriebenen Verbunddielektrikums **1000**, das expandierbare Mikrokügelchen **1010** und Flitterflocken **1020** umfasst, die mit einem Bindemittel (nicht gezeigt) gemischt sind. Die expandierbaren Mikrokügelchen **1010** können sehr kleine (z. B. 1 bis 10 Mikrometer im Durchmesser) Kugeln umfassen, die sich als Reaktion auf einen Katalysator (z. B. Wärme) zu größeren luftgefüllten Kugeln (z. B. 12 bis 100 Mikrometer im Durchmesser) ausdehnen. Diese expandierten Mikrokügelchen **1010** können eine sehr geringe Wandstärke aufweisen und daher sehr leicht sein. Die Flitterflocken **1020** können beispielsweise gebildet werden, indem jede Seite einer dünnen (z. B. 18 Mikrometer) Aluminium- oder Kupferfolie mit einer sehr dünnen isolierenden Beschichtung (z. B. 2 Mikrometer dick) beschichtet wird und dann die Verbundfolie zum Beispiel in Flocken von 375 x 375 Mikrometer geschnitten wird. Es können auch andere Flitterflocken **1020** verwendet werden (es können z. B. Seiten der Flocken im Bereich von 100 Mikrometer bis 1000 Mikrometer liegen und die Flitterflocken **1020** müssen nicht quadratisch sein). Es können auch Flitterflocken **1020** verwendet werden, die aus dünneren Metallfolien gebildet sind und/oder dickere Isolierschichten aufweisen. Bei einer anderen Ausführungsform können die Flitterflocken **1020** beispielsweise aus einer Basismaterialfolie geschnitten werden, die eine 6 Mikrometer dicke Folie aus Aluminiumfolie mit 6 Mikrometer dicken Polyethylenfolien, die an jeder Seite davon haften, aufweist.

[0104] Die Mischung aus den Mikrokügelchen **1010**, den Flitterflocken **1020** und dem Bindemittel kann nach dem Erhitzen beispielsweise ein leichtes, halbfestes, halbflüssiges Material in Form einer fließfähigen Paste umfassen, die eine Konsistenz von ähnlich beispielsweise warmer Butter aufweisen kann. Das Material kann in eine Hülle gepumpt werden, um eine RF-Linse für eine Basisstationsantenne zu bilden. Das Verbunddielektrikum **1000** fokussiert die RF-Energie, die von den linearen Gruppen abgestrahlt und davon empfangen wird.

[0105] Wie in **Fig. 11** gezeigt, können die expandierten Mikrokügelchen **1010** zusammen mit dem Bindemittel eine Matrix bilden, welche die Flitterflocken **1020** an Ort und Stelle hält, um das Verbunddielektrikum zu bilden. Die expandierten Mikrokügelchen **1010** können dazu neigen, benachbarte Flitterflocken **1020** zu trennen, sodass Seiten der Flitterflocken **1020**, die freigelegtes Metall aufweisen können, weniger wahrscheinlich die Seiten anderer Flitterflocken **1020** berühren, da solche Metall-Metall-Kontakte eine Quelle für passive Intermodulations- („PIM“) -Verzerrung sein können. Wenn Kupfer verwendet wird, um die Flitterflocken **1020** zu bilden, können die Flitterflocken **1020** erhitzt werden, sodass die freiliegenden Kanten des Kupfers zu einem nicht-leitfähigen Material oxidieren, das reduzieren oder verhindern kann, dass irgendwelche Flitterflocken **1020**, die miteinander in Kontakt kommen, elektrisch miteinander verbunden werden, was die PIM-Verzerrungsleistung weiter verbessern kann.

[0106] Obwohl in **Fig. 11** nicht dargestellt, können der Mischung auch andere Dielektrika wie geschäumte Polystyrolmikrokügelchen oder andere geformte geschäumte Partikel hinzugefügt werden. Diese zusätzlichen Dielektrika können bei einigen Ausführungsformen größer sein als die expandierten Mikrokügelchen **1010** (sie können z. B. Durchmesser zwischen 0,5 und 3 mm aufweisen). Bei einigen Ausführungsformen können die expandierten Mikrokügelchen **1010** signifikant kleiner sein als die Flitterflocken **1020** (oder andere leitfähige Materialien). Ein mittlerer Flächenbereich der Flitterflocken **1020** kann beispielsweise einen mittleren Flächenbereich der expandierbaren Mikrokügelchen **1010** nach der Expansion übersteigen.

[0107] Bei anderen Ausführungsformen kann das Verbunddielektrikum von der Art sein, die in US-Patent Nr. 8,518,537 (das „537 Patent“) beschrieben ist, dessen gesamter Inhalt hierin durch Bezugnahme aufgenommen wird. Bei einer beispielhaften Ausführungsform sind kleine Blöcke des Verbunddielektrikums vorgesehen, die jeweils mindestens eine darin eingebettete nadelartige leitfähige Faser umfassen. Die kleinen Blöcke können unter Verwendung eines Klebstoffs, der die Blöcke miteinander verklebt, zu einer viel größeren Struktur ausgebildet werden. Die Blöcke können eine beliebige Ausrichtung innerhalb der größeren Struktur aufweisen. Das zum Bilden der Blöcke verwendete Verbunddielektrikum kann ein leichtes Material mit einer Dichte im Bereich von beispielsweise 0,005 bis 0,1 g/cm³ sein. Durch Variieren der Anzahl und/oder der Ausrichtung der leitfähigen Faser(n), die innerhalb der kleinen Blöcke enthalten sind, kann die Dielektrizitätskonstante des Materials von 1 bis 3 variiert werden.

[0108] Bei noch weiteren Ausführungsformen können die hierin offenbarten RF-Linsen unter Verwen-

dung von einem beliebigen der Dielektrika gebildet werden, die in der vorläufigen US-Patentanmeldung mit der-Seriennummer 62/313,406 (die „'406-Anmeldung“), eingereicht am 25. März 2016, offenbart sind, deren gesamter Inhalt hierin durch Bezugnahme aufgenommen wird. Eines der Verbunddielektrika der '406-Anmeldung ist in den **Fig. 12A** und **Fig. 12B** der vorliegenden Anmeldung dargestellt. **Fig. 12A** ist eine Querschnittsansicht eines Blocks **1080** eines Verbunddielektrikums **1050**, während **Fig. 12B** eine schematische perspektivische Ansicht von mehreren der Blöcke **1080** des Verbunddielektrikums **1050** ist, das in einen Behälter (nicht gezeigt) gefüllt ist, um eine RF-Linse zu bilden.

[0109] Wie in den **Fig. 12A** bis **Fig. 12B** gezeigt, kann das Verbunddielektrikum **1050** gebildet werden, indem eine dünne Folie aus leitfähigem Material **1060** (z. B. 5 bis 40 Mikrometer dick) zwischen zwei dickere Folien **1070** aus geschäumtem Material (z. B. 500 bis 1500 Mikrometer dicke Folien aus geschäumtem Material) geklebt wird. In dem in **Fig. 12A** gezeigten Beispiel ist die leitfähige Folie **1060** eine 18 Mikrometer dicke Aluminiumfolie und die Schaumstofffolien **1070** können Polyethylen-Dielektrikum-Schaumstofffolien **1070** sein, die jeweils ungefähr 1000 Mikrometer dick sind. Auf jede Fläche der Metallfolie **1060** wird eine dünne Klebstoffschicht aufgesprüht oder auf andere Weise aufgebracht, um die drei Schichten zu einer Verbundfolie aus künstlichem Dielektrikum zusammenzukleben. Dieses Verbund-Schaumstoff/Folien-Folienmaterial wird in kleine Blöcke **1080** geschnitten, die beispielsweise zwischen 1 bis 4 mm pro Seite betragen und zum Füllen einer Hülle verwendet werden, um eine RF-Linse für eine Antenne zu bilden. Die Schaumstofffolien **1070** können ein stark geschäumtes, leichtes Material mit niedriger Dielektrizitätskonstante umfassen. Die auf diese Weise gebildeten Blöcke **1080** aus Material können unter Verwendung eines Bindemittels oder Klebstoffs mit niedrigem dielektrischem Verlust zusammengehalten oder einfach in einen Behälter gefüllt werden, um die Linse zu bilden. Die Blöcke **1080** können vor dem Bilden der Linse erhitzt werden, um jegliches freiliegendes Metall zu oxidieren.

[0110] Wie auch in der '406-Anwendung offenbart, kann die RF-Linse bei anderen Ausführungsformen eine Hülle sein, die mit einem Verbunddielektrikum gefüllt ist, das eine Mischung aus einem Material mit hoher Dielektrizitätskonstante und einem Dielektrikum mit geringer Dielektrizitätskonstante umfasst. Das Verbunddielektrikum kann zum Beispiel einen großen Block aus geschäumtem Basismaterial umfassen, der Partikel (z. B. ein Pulver) aus einem darin eingebetteten Material mit hoher Dielektrizitätskonstante umfasst. Das leichte Basisdielektrikum mit niedriger Dielektrizitätskonstante kann beispielsweise ein geschäumtes Kunststoffmaterial, wie beispielsweise Polyethylen, Polystyrol, Polytetrafluor-

ethylen (PTFE), Polypropylen, Polyurethansilizium oder dergleichen, umfassen, in das mehrere Partikel eines Materials mit hoher Dielektrizitätskonstante eingebettet ist. Bei einigen Ausführungsformen kann das geschäumte leichte Basisdielektrikum mit niedriger Dielektrizitätskonstante einen Schaumstoffanteil von mindestens 50 % aufweisen. Das Material mit hoher Dielektrizitätskonstante kann beispielsweise kleine Partikel aus einem nicht-leitfähigen Material, wie beispielsweise eine Keramik (z. B. Mg_2TiO_4 , $MgTiO_3$, $CaTiO_3$, $BaTi_4O_9$, Bornitrid oder dergleichen) oder ein nicht-leitfähiges (oder niedrigleitfähiges) Metalloxid (z. B. Titanoxid, Aluminiumoxid oder dergleichen) umfassen. Bei einigen Ausführungsformen kann das Material mit hoher Dielektrizitätskonstante eine Dielektrizitätskonstante von mindestens 10 aufweisen. Die Partikel aus einem Material mit hoher Dielektrizitätskonstante können im Allgemeinen gleichmäßig über das Basisdielektrikum verteilt sein und innerhalb des Basisdielektrikums zufällig ausgerichtet sein. Bei einigen Ausführungsformen kann das Verbunddielektrikum mehrere kleine Blöcke eines Basisdielektrikums umfassen, wobei jeder Block Partikel eines Dielektrikums mit hoher Dielektrizitätskonstante darin und/oder darauf eingebettet aufweist.

[0111] Bei anderen Ausführungsformen können die RF-Linsen aus einem netzartigen geschäumten Material gebildet sein, das leitfähige Partikel und/oder Partikel eines Materials mit hoher Dielektrizitätskonstante aufweist, die durchgehend im Inneren des geschäumten Materials eingebettet sind. Bei solchen Ausführungsformen können mehrere kleine Blöcke aus diesem Material gebildet werden oder die Linse kann einen einzelnen Block aus diesem Material umfassen, der in die gewünschte Form für die Linse (z. B. eine sphärische Form, eine zylindrische Form usw.) geformt sein kann. Das geschäumte Material kann eine sehr offene Zellstruktur aufweisen, um sein Gewicht zu reduzieren, und die leitfähigen Partikel und/oder Partikel mit hoher Dielektrizitätskonstante können innerhalb der durch den Schaumstoff gebildeten Matrix unter Verwendung eines Bindemittels gebunden sein. Geeignete Partikel mit hoher Dielektrizitätskonstante umfassen Partikel aus leichten Leitern, Keramikmaterialien, leitfähigen Oxiden und/oder Ruß. Bei Ausführungsformen, bei denen kleine Blöcke aus diesem Material verwendet werden, können die Blöcke mit einem Bindemittel mit niedrigem Dielektrikumverlust oder einem Kleber zusammengehalten werden oder einfach in einen Behälter gefüllt werden, um die Linse zu bilden.

[0112] Bei noch weiteren Ausführungsformen können die RF-Linsen unter Verwendung eines oder mehrerer dünner Drähte gebildet werden, die mit einem isolierenden Material beschichtet und lose in eine blockartige Form zusammengedrückt sind. Da die Drähte starr sind, können sie zum Bilden eines Dielektrikums verwendet werden, ohne dass ein se-

parates Material wie ein Schaumstoff erforderlich ist. Bei einigen Ausführungsformen können der bzw. die zusammengedrückten Drähte in Form einer Linse gestaltet sein. Bei anderen Ausführungsformen können mehrere Blöcke aus zerkleinertem Draht bzw. zerkleinerten Drähten kombiniert werden, um die Linse zu bilden. Bei noch weiteren Ausführungsformen können die RF-Linsen unter Verwendung von dünnen Folien aus einem Dielektrikum gebildet werden, die entweder zerdrückt oder zerkleinert und in einen Behälter mit der gewünschten Form für die Linse eingebracht werden. Wie bei der vorstehend beschriebenen Isolierdrahtausführungsform können die zerdrückten/zerkleinerten Folien aus einem Dielektrikum eine Steifigkeit aufweisen und daher ohne zusätzliches Matrixmaterial an Ort und Stelle gehalten werden.

[0113] Bei einigen Ausführungsformen kann die Dielektrizitätskonstante des Linsenmaterials über die gesamte RF-Linse relativ konstant bleiben. Bei anderen Ausführungsformen kann die Dielektrizitätskonstante variieren. Die RF-Linsen können bei einigen Ausführungsformen, bei denen die Dielektrizitätskonstante variiert, beispielsweise Luneburg-Linsen umfassen, die Mehrschichtlinsen sind, die typischerweise eine sphärische Form aufweisen, die Dielektrika mit unterschiedlichen Dielektrizitätskonstanten in jeder Schicht aufweisen.

[0114] Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wurden vorstehend unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben, in denen Ausführungsformen der Erfindung gezeigt sind. Diese Erfindung kann jedoch in vielen verschiedenen Formen verkörpert werden und sollten nicht als auf die hier beschriebenen Ausführungsformen beschränkt ausgelegt werden. Stattdessen werden diese Ausführungsformen bereitgestellt, sodass diese Offenbarung gründlich und vollständig ist und den Umfang an den Fachmann vollständig übermittelt. Gleiche Nummern verweisen überall auf gleiche Elemente.

[0115] Es versteht sich, dass, obwohl die Begriffe erste, zweite usw. hierin verwendet sein können, um verschiedene Elemente zu beschreiben, die verschiedenen Elemente nicht durch diese Begriffe eingeschränkt werden sollten. Diese Begriffe werden nur dazu verwendet, ein Element vom anderen zu unterscheiden. Es könnte beispielsweise ein erstes Element ein zweites Element genannt werden und ähnlich könnte ein zweites Element ein erstes Element genannt werden, ohne vom Umfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Wie hierin verwendet, umfasst der Ausdruck „und/oder“ sämtliche Kombinationen von einem oder mehreren der zugehörigen angegebenen Dinge.

[0116] Es versteht sich, dass, wenn ein Element als „an“ einem anderen Element bezeichnet wird, es sich direkt an dem anderen Element befinden kann oder auch dazwischenliegende Elemente vorhanden sein können. Wenn dagegen ein Element als „direkt an“ einem anderen Element bezeichnet wird, sind keine dazwischenliegenden Elemente vorhanden. Es versteht sich auch, dass wenn ein Element als mit einem anderen Element „verbunden“ oder „gekoppelt“ bezeichnet wird, es mit dem anderen Element direkt verbunden oder gekoppelt sein kann, oder dazwischenliegende Elemente vorhanden sein können. Im Gegensatz dazu sind keine dazwischenliegende Elemente vorhanden, wenn auf ein Element als „direkt verbunden“ mit oder „direkt gekoppelt“ mit einem anderen Element verwiesen wird. Andere Worte, die verwendet werden, um die Beziehung zwischen Elementen zu beschreiben, sollten in gleicher Weise interpretiert werden (d. h. „zwischen“ gegenüber „direkt zwischen“, „angrenzend“ gegenüber „direkt angrenzend“ usw.).

[0117] Relative Begriffe wie „darunter“ oder „darüber“ oder „obere“ oder „untere“ oder „horizontal“ oder „vertikal“ können hierin verwendet werden, um eine Beziehung eines Elements, einer Schicht oder Region zu einem anderen Element, einer anderen Schicht oder Region zu beschreiben, wie es in den Figuren veranschaulicht ist. Es versteht sich, dass diese Begriffe neben der in den Figuren dargestellten Ausrichtung unterschiedliche Ausrichtungen der Vorrichtung umfassen sollen.

[0118] Die hierin verwendete Terminologie dient nur dem Zweck, bestimmte Ausführungsformen zu beschreiben, und soll die vorliegende Erfindung nicht einschränken. Wie hierin verwendet sind die Singularformen „ein“ und „der/die/das“ dazu beabsichtigt, die Mehrzahlformen ebenfalls einzuschließen, sofern aus dem Kontext nicht eindeutig das Gegenteil hervorgeht. Es sei weiter klargestellt, dass die Begriffe „umfasst“, „umfassend“, „enthält“ und/oder „enthaltend“, sofern hierin verwendet, das Vorhandensein von angeführten Funktionen, ganzen Zahlen, Schritten, Operationen, Elementen und/oder Komponenten angeben, aber nicht das Vorhandensein oder das Hinzufügen von ein oder mehreren anderen Funktionen, ganzen Zahlen, Schritten, Operationen, Elementen und/oder Gruppen davon ausschließen.

[0119] Aspekte und Elemente von allen der vorstehend offenbarten Ausführungsformen können in beliebiger Weise und/oder Kombination mit Aspekten oder Elementen anderer Ausführungsformen kombiniert werden, um eine Vielzahl von zusätzlichen Ausführungsformen bereitzustellen.

[0120] Einige wichtige Merkmale der Erfindung sind durch folgende Aspekte beschrieben:

Aspekt 1. Mehrband-Phased-Array-Antenne, umfassend:

eine Rückwandplatine;

eine erste Gruppe von ersten Strahlerelementen, die vor einer Vorderfläche der Rückwandplatine angebracht sind, wobei die ersten Strahlerelemente in einer ersten vertikal angeordneten Spalte angeordnet und konfiguriert sind, einen ersten Antennenstrahl zu bilden, der in eine erste Richtung zeigt,

eine zweite Gruppe von zweiten Strahlerelementen, die vor der Vorderfläche der Rückwandplatine angebracht sind, wobei die zweiten Strahlerelemente in einer zweiten vertikal angeordneten Spalte angeordnet und konfiguriert sind, einen zweiten Antennenstrahl zu bilden, der in eine zweite Richtung zeigt, die sich von der ersten Richtung unterscheidet;

eine dritte Gruppe von dritten Strahlerelementen, die vor der Vorderfläche der Rückwandplatine angebracht sind, wobei die dritten Strahlerelemente in einer dritten vertikal angeordneten Spalte angeordnet und konfiguriert sind, einen dritten Antennenstrahl zu bilden, der in eine dritte Richtung zeigt, die sich von der ersten Richtung und der zweiten Richtung unterscheidet; und

mehrere Funkfrequenz(„RF“)-Linsen, die sich in einer vertikal angeordneten Spalte vor der Vorderfläche der Rückwandplatine befinden, und

wobei ein entsprechendes der zweiten Strahlerelemente und ein entsprechendes der dritten Strahlerelemente zwischen der Rückwandplatine und jeder RF-Linse angeordnet sind, und wobei mindestens einige der ersten Strahlerelemente zwischen den RF-Linsen positioniert sind.

Aspekt 2. Mehrband-Phased-Array-Antenne nach Aspekt 1, wobei die ersten Strahlerelemente Niedrigbandstrahlerelemente sind, die konfiguriert sind, in einem ersten Frequenzband zu arbeiten, und die zweiten und dritten Strahlerelemente Hochbandstrahlerelemente sind, die konfiguriert sind, in einem zweiten Frequenzband zu arbeiten, das höhere Frequenzen als das erste Frequenzband umfasst.

Aspekt 3. Mehrband-Phased-Array-Antenne nach Aspekt 1 oder Aspekt 2, wobei jedes erste Strahlerelement ein Paar von Dreipolstrahlern umfasst.

Aspekt 4. Mehrband-Phased-Array-Antenne nach Aspekt 1 oder Aspekt 2, wobei jedes erste Strahlerelement drei Dreipolstrahler umfasst, die in einem Dreieck angeordnet sind.

Aspekt 5. Mehrband-Phased-Array-Antenne nach Aspekt 4, wobei eine erste der RF-Lin-

sen innerhalb des Dreiecks angeordnet ist, das durch die drei Dreipolstrahler von einem der ersten Strahlerelemente definiert ist.

Aspekt 6. Mehrband-Phased-Array-Antenne nach Aspekt 1 oder Aspekt 2, wobei jedes erste Strahlerelement ein Kreuzdipolstrahlerelement umfasst.

Aspekt 7. Mehrband-Phased-Array-Antenne nach einem der vorstehenden Aspekte, wobei sich die erste vertikal angeordnete Spalte zwischen der zweiten und der dritten vertikal angeordneten Spalte befindet.

Aspekt 8. Mehrband-Phased-Array-Antenne nach einem der vorstehenden Aspekte, ferner umfassend eine vierte Gruppe von vierten Strahlerelementen, die vor der Vorderfläche der Rückwandplatine angebracht sind, wobei die vierten Strahlerelemente in einer vierten vertikal angeordneten Spalte angeordnet und konfiguriert sind, einen vierten Antennenstrahl zu bilden, der in eine vierte Richtung zeigt.

Aspekt 9. Mehrband-Phased-Array-Antenne nach Aspekt 8, wobei die vierte Richtung im Wesentlichen die gleiche wie die erste Richtung ist.

Aspekt 10. Mehrband-Phased-Array-Antenne nach einem der vorstehenden Aspekte, wobei eine Azimuthalbwertsbreite der ersten Gruppe von ersten Strahlerelementen im Wesentlichen die gleiche ist wie die Azimuthalbwertsbreite der Kombination aus der zweiten Gruppe von zweiten Strahlerelementen, der dritten Gruppe von dritten Strahlerelementen und der vierten Gruppe von vierten Strahlerelementen.

Aspekt 11. Mehrband-Phased-Array-Antenne nach einem der vorstehenden Aspekte, wobei jede RF-Linse eine sphärische RF-Linse umfasst.

Aspekt 12. Mehrband-Phased-Array-Antenne nach einem der vorstehenden Aspekte, wobei jede RF-Linse eine elliptische RF-Linse umfasst.

Aspekt 13. Mehrband-Phased-Array-Antenne nach einem der vorstehenden Aspekte, wobei mindestens einige der RF-Linsen eine frequenzselektive Struktur umfassen, die konfiguriert ist, RF-Energie in dem ersten Frequenzband im Wesentlichen zu reflektieren und RF-Energie in dem zweiten Frequenzband im Wesentlichen durchzulassen.

Aspekt 14. Mehrband-Phased-Array-Antenne nach einem der vorstehenden Aspekte, wobei eine Azimuthalbwertsbreite der ersten Gruppe von ersten Strahlerelementen im Wesentlichen die gleiche ist wie die Azimuthalbwertsbreite der Kombination aus der zweiten Gruppe von zweiten Strahlerelementen und der dritten Gruppe von dritten Strahlerelementen.

Aspekt 15. Mehrband-Phased-Array-Antenne nach einem der vorstehenden Aspekte, wobei die RF-Linsen jeweils ein Dielektrikum umfassen, das expandierbare Mikrokügelchen aufweist, die mit Stücken leitfähigen Folienmaterials gemischt sind, die auf jeder Hauptfläche ein Isoliermaterial aufweisen.

Aspekt 16. Mehrband-Phased-Array-Antenne nach einem der vorstehenden Aspekte, wobei die RF-Linsen jeweils ein Dielektrikum umfassen, das kleine Stücke aus einem geschäumten Dielektrikum umfasst, die mindestens eine darin eingebettete Folie aus leitfähigem Material aufweisen.

Aspekt 17. Mehrband-Phased-Array-Antenne, umfassend:

eine Rückwandplatine;

eine erste vertikal angeordnete Spalte von Niedrigbandstrahlerelementen, die vor der Rückwandplatine angebracht und konfiguriert sind, einen ersten Antennenstrahl zu bilden, der in eine erste Richtung zeigt,

eine zweite vertikal angeordnete Spalte von Hochbandstrahlerelementen, die vor der Rückwandplatine angebracht und konfiguriert sind, einen zweiten Antennenstrahl zu bilden, der in eine zweite Richtung zeigt, die sich von der ersten Richtung unterscheidet;

eine dritte vertikal angeordnete Spalte von Hochbandstrahlerelementen, die vor der Rückwandplatine angebracht und konfiguriert sind, einen dritten Antennenstrahl zu bilden, der in eine dritte Richtung zeigt, die sich von der ersten Richtung und der zweiten Richtung unterscheidet; und

mindestens eine Funkfrequenz- („RF“)-Linse, die vor der ersten vertikal angeordneten Spalte von Niedrigbandstrahlerelementen, der zweiten vertikal angeordneten Spalte von Hochbandstrahlerelementen und der dritten vertikal angeordneten Spalte von Hochbandstrahlerelementen angeordnet ist,

wobei ein entsprechender künstlicher magnetischer Leiter zwischen einem Strahler von jedem der Niedrigbandstrahlerelemente und der Rückwandplatine angeordnet ist.

Aspekt 18. Mehrband-Phased-Array-Antenne nach Aspekt 17, ferner umfassend eine erste sekundäre RF-Linse, die sich zwischen mindestens einem der Hochbandstrahlerelemente in der zweiten vertikal angeordneten Spalte und der mindestens einen RF-Linse befindet, und eine zweite sekundäre RF-Linse, die sich zwischen mindestens einem der Hochbandstrahlerelemente in der dritten vertikal angeordneten

Spalte und der mindestens einen RF-Linse befindet.

Aspekt 19. Mehrband-Phased-Array-Antenne nach Aspekt 17 oder Aspekt 18, wobei die mindestens eine RF-Linse eine zylindrische RF-Linse umfasst.

Aspekt 20. Mehrband-Phased-Array-Antenne nach Aspekt 17 oder Aspekt 18, wobei die mindestens eine RF-Linse eine Spalte von sphärischen RF-Linsen umfasst.

Aspekt 21. Mehrband-Phased-Array-Antenne nach Aspekt 17 oder Aspekt 18, wobei die mindestens eine RF-Linse eine Spalte von elliptischen RF-Linsen umfasst.

Aspekt 22. Mehrband-Phased-Array-Antenne nach Aspekt 17 oder Aspekt 18, wobei die mindestens eine RF-Linse ein Paar von zylindrischen RF-Linsen umfasst.

Aspekt 23. Mehrband-Phased-Array-Antenne nach einem der Aspekte 17 bis 22, wobei eine Azimuthalbwertsbreite des ersten Antennenstrahls im Wesentlichen die gleiche ist wie die Azimuthalbwertsbreite der Kombination aus dem zweiten und dritten Antennenstrahl.

Aspekt 24. Mehrband-Phased-Array-Antenne nach einem der Aspekte 17 bis 23, ferner umfassend eine vierte vertikal angeordnete Spalte von Hochbandstrahlerelementen, die vor der Rückwandplatine angebracht und konfiguriert sind, einen vierten Antennenstrahl zu bilden.

Aspekt 25. Mehrband-Phased-Array-Antenne nach Aspekt 24, wobei der vierte Antennenstrahl im Wesentlichen in die gleiche Richtung wie die erste Richtung zeigt.

Aspekt 26. Mehrband-Phased-Array-Antenne nach Aspekt 24, wobei eine Azimuthalbwertsbreite des ersten Antennenstrahls im Wesentlichen die gleiche ist wie die Azimuthalbwertsbreite der Kombination aus dem zweiten, dritten und vierten Antennenstrahl.

Aspekt 27. Mehrband-Phased-Array-Antenne nach einem der Aspekte 17 bis 26, wobei die mindestens eine RF-Linse ein Dielektrikum umfasst, das expandierbare Mikrokügelchen aufweist, die mit Stücken leitfähigen Folienmaterials gemischt sind, die auf jeder Hauptfläche ein Isoliermaterial aufweisen.

Aspekt 28. Mehrband-Phased-Array-Antenne nach einem der Aspekte 17 bis 26, wobei die mindestens eine RF-Linse ein Dielektrikum umfasst, das kleine Stücke aus einem geschäumten Dielektrikum umfasst, die mindestens eine darin eingebettete Folie aus leitfähigem Material aufweisen.

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

- US 62/384280 [0001]
- US 2011/0205119 [0004]
- US 2015/0091767 [0004]
- US 2015/0070230 [0037]
- US 9077070 [0086]
- US 2015/0214617 [0094]
- US 8518537 [0107]

Schutzansprüche

1. Basisstationsantenne (100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800), umfassend:
einen Reflektor (210, 634, 734);
eine erste sich vertikal erstreckende Spalte von Niederbandstrahlerelementen (122, 222, 522, 622, 722, 822), die vor dem Reflektor angebracht und konfiguriert sind, einen ersten Antennenstrahl zu bilden; und
eine zweite sich vertikal erstreckende Spalte von Hochbandstrahlerelementen (132, 232, 532, 632, 732), die vor dem Reflektor angebracht und konfiguriert sind, einen zweiten Antennenstrahl zu bilden;
wobei ein entsprechender künstlicher magnetischer Leiter (150, 250) hinter einem Strahler von mindestens einem der Niederbandstrahlerelemente angeordnet ist.

2. Basisstationsantenne nach Anspruch 1, wobei der entsprechende künstliche magnetische Leiter (150, 250) zwischen dem Strahler von jedem der Niederbandstrahlerelemente und dem Reflektor angeordnet ist.

3. Basisstationsantenne nach Anspruch 1, wobei der Strahler des mindestens einen Niederbandstrahlerelements weniger als ein Viertel einer Wellenlänge von dem Reflektor entfernt angebracht ist, wobei die Wellenlänge die Wellenlänge ist, die einer Mittenfrequenz eines Betriebsfrequenzbandes der Niederbandstrahlerelemente entspricht.

4. Basisstationsantenne nach Anspruch 1, wobei der künstliche magnetische Leiter (150, 250) ein dielektrisches Substrat und periodische Patches auf dem dielektrischen Substrat umfasst.

5. Basisstationsantenne nach Anspruch 1, wobei der künstliche magnetische Leiter (150, 250) eine metallische Masseschicht, ein geerdetes dielektrisches Substrat auf der metallischen Masseschicht und periodische Patches auf dem geerdeten dielektrischen Substrat umfasst, wobei die Periodizität der Patches viel kleiner ist als die Wellenlänge.

6. Basisstationsantenne nach Anspruch 4, wobei eine Periodizität der Patches kleiner ist als eine Wellenlänge, die einer Mittenfrequenz eines Betriebsfrequenzbandes der Niederbandstrahlerelemente entspricht.

7. Basisstationsantenne (100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800), umfassend:
einen Reflektor (210, 634, 734);
eine erste sich vertikal erstreckende Spalte von Niederbandstrahlerelementen (122, 222, 522, 622, 722, 822), die vor dem Reflektor angebracht und konfiguriert sind, einen ersten Antennenstrahl zu bilden; und
eine zweite sich vertikal erstreckende Spalte von Hochbandstrahlerelementen (132, 232, 532, 632,

732), die vor dem Reflektor angebracht und konfiguriert sind, einen zweiten Antennenstrahl zu bilden;
wobei ein dielektrisches Substrat, das mehrere Patches darauf umfasst, hinter einem Strahler von mindestens einem der Niederbandstrahlerelemente angeordnet ist.

8. Basisstationsantenne nach Anspruch 7, wobei die mehreren Patches periodische Patches umfassen.

9. Basisstationsantenne nach Anspruch 8, wobei eine Periodizität der Patches kleiner ist als eine Wellenlänge, die einer Mittenfrequenz eines Betriebsfrequenzbandes der Niederbandstrahlerelemente entspricht.

10. Basisstationsantenne nach Anspruch 7, wobei ein künstlicher magnetischer Leiter (150, 250) eine metallische Masseschicht, das dielektrische Substrat auf der metallischen Masseschicht und die mehreren Patches auf dem geerdeten dielektrischen Substrat umfasst, wobei die Periodizität der Patches viel kleiner ist als die Wellenlänge.

Es folgen 12 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

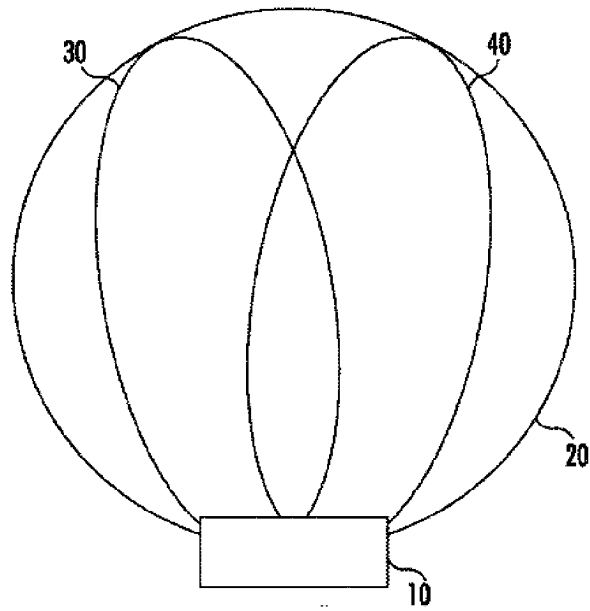


Fig. 1

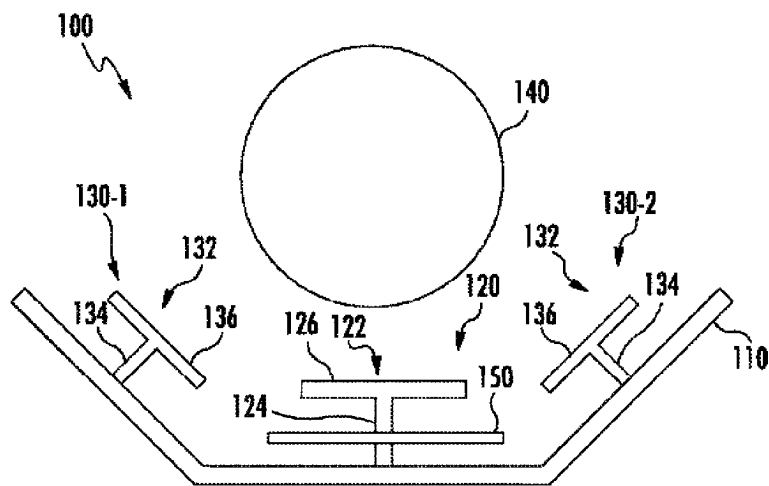


Fig. 2

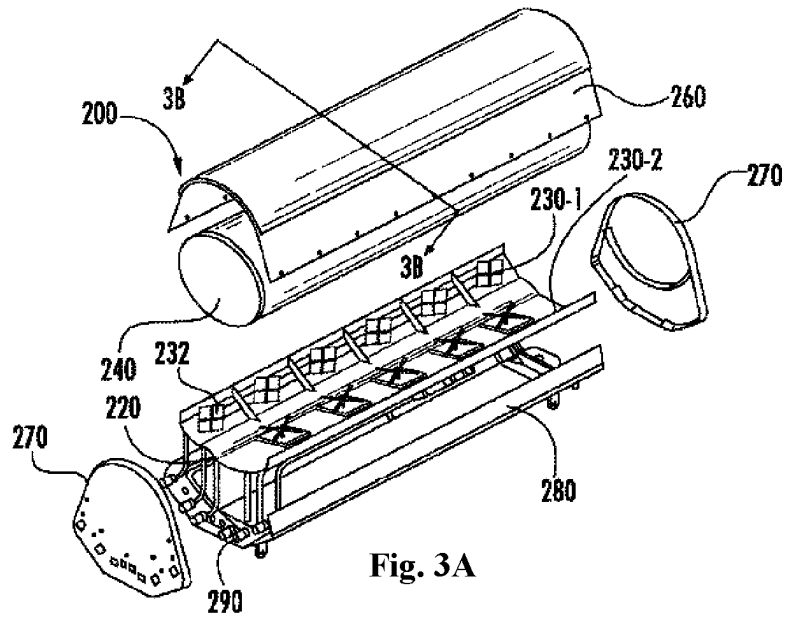


Fig. 3A

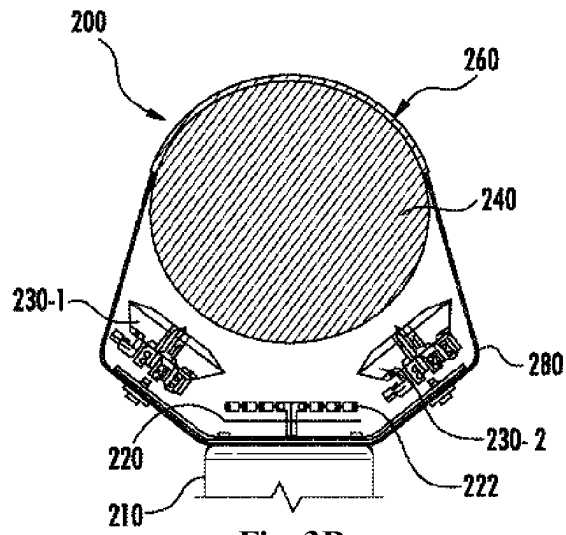


Fig. 3B

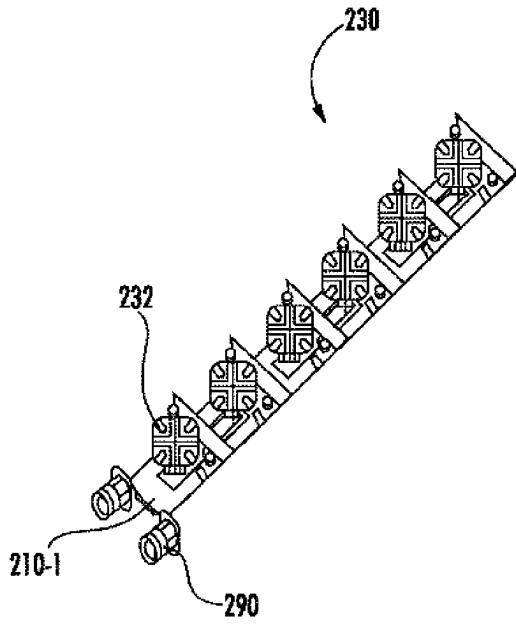


Fig. 3C

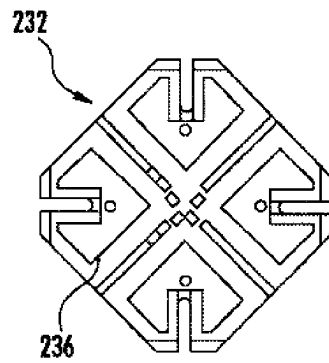


Fig. 3D

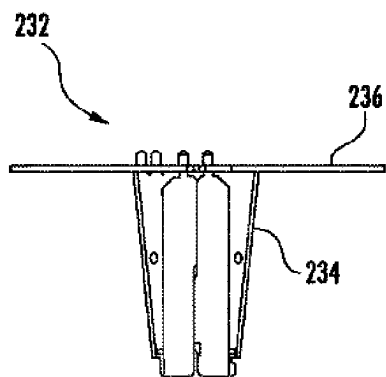


Fig. 3E

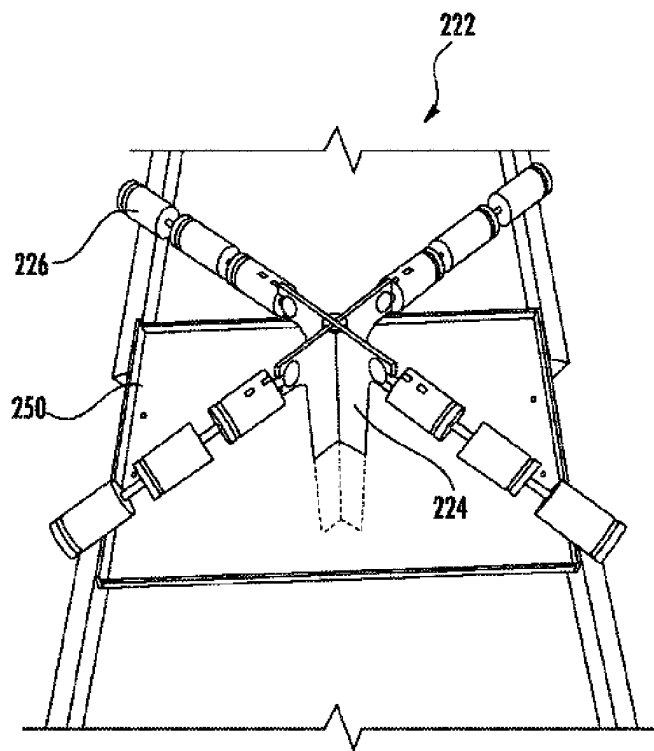


Fig. 3F

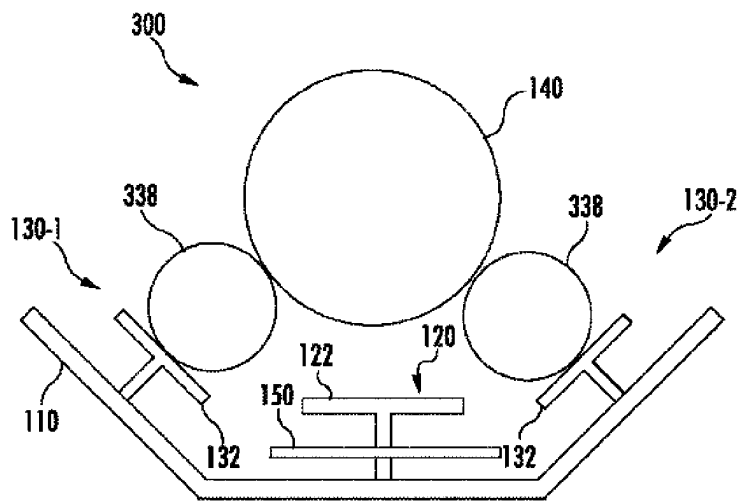


Fig. 4

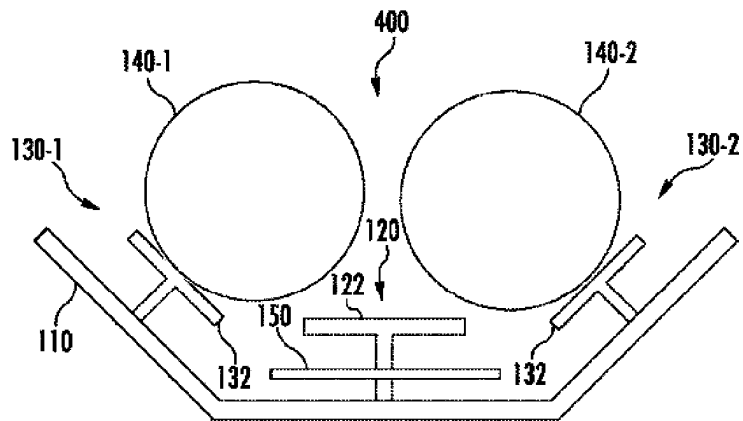


Fig. 5

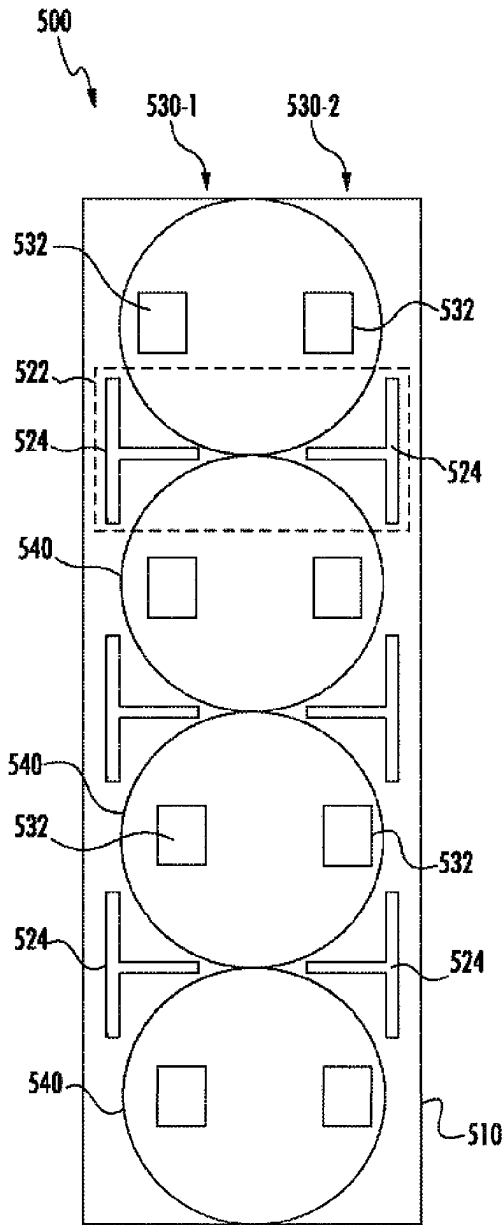


Fig. 6A

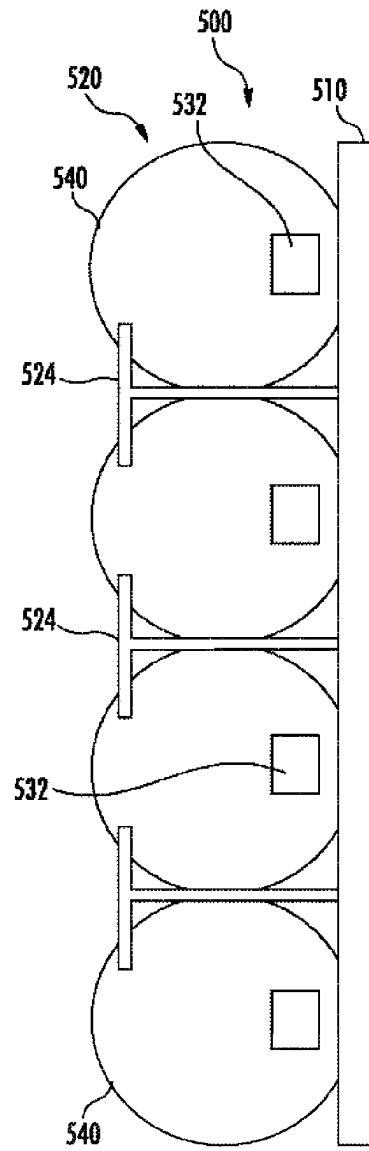
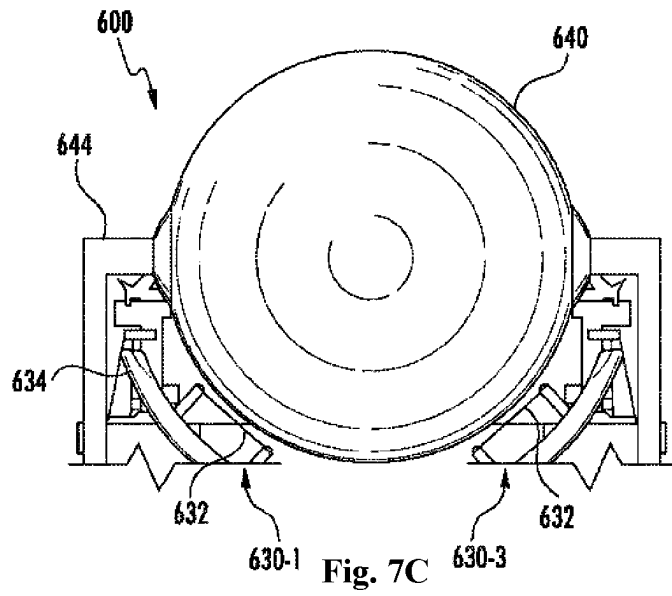
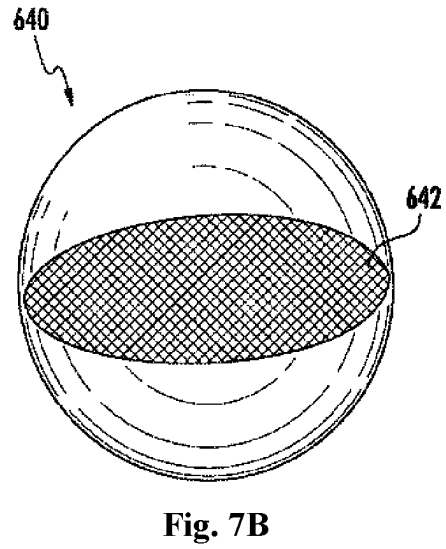
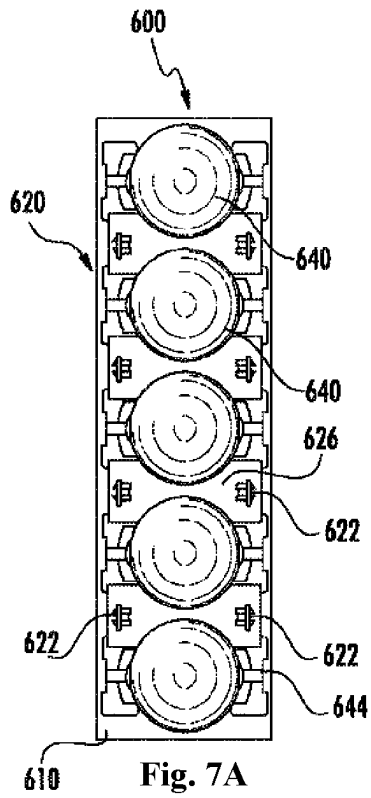


Fig. 6B



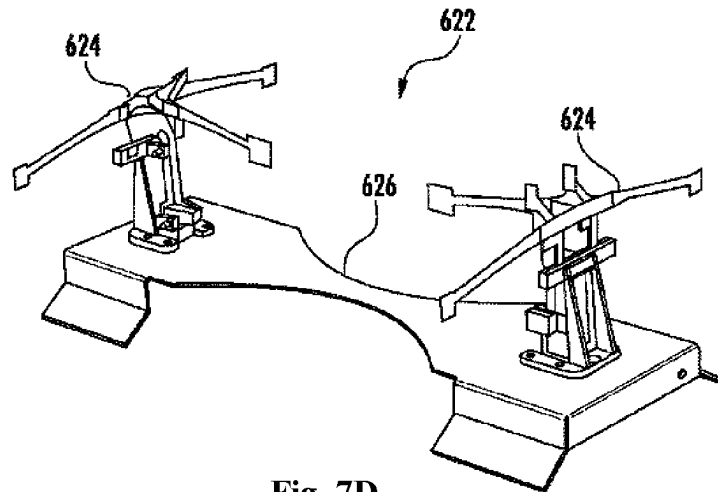


Fig. 7D

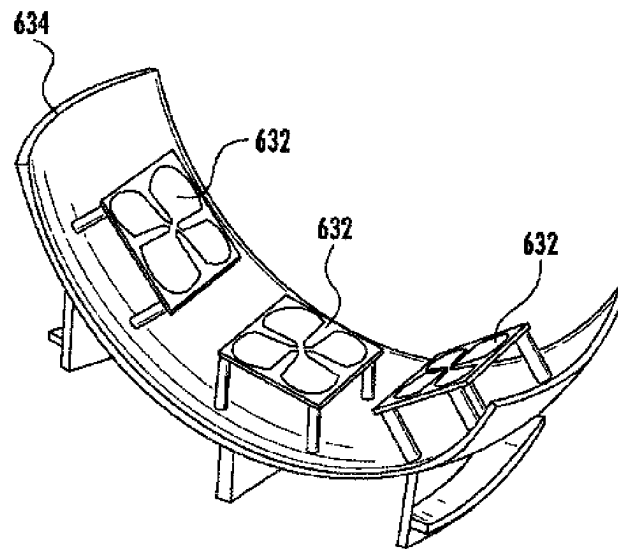
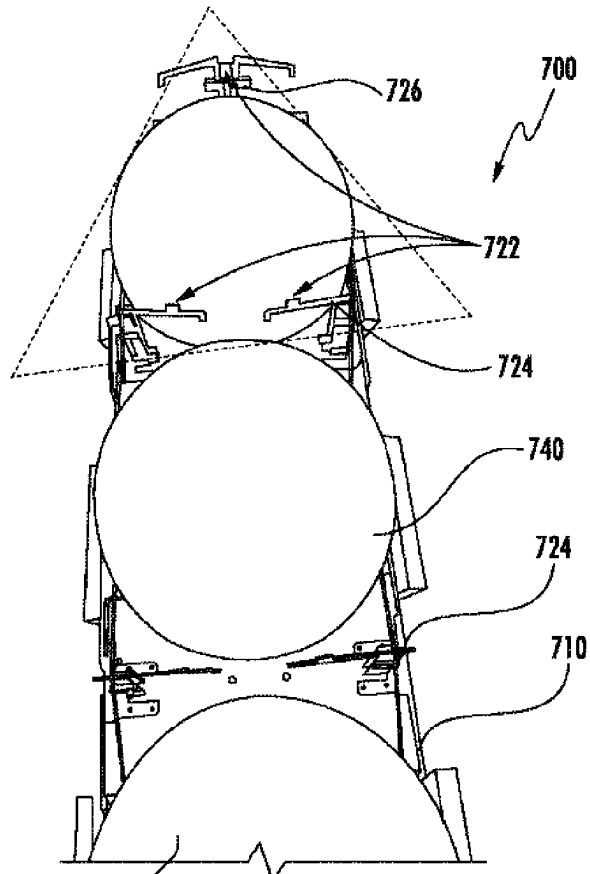


Fig. 7E



740 Fig. 8A

720

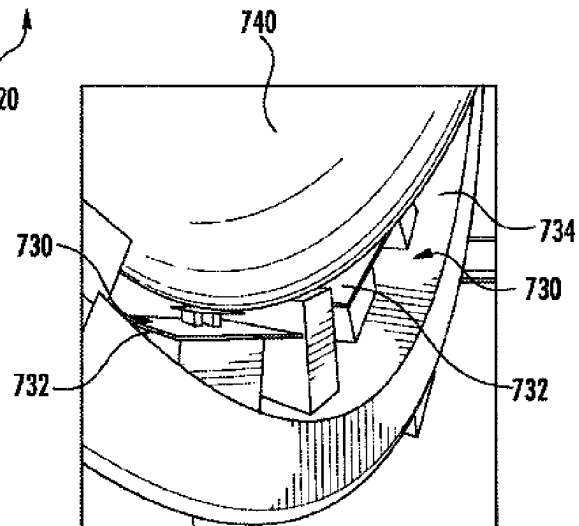


Fig. 8B

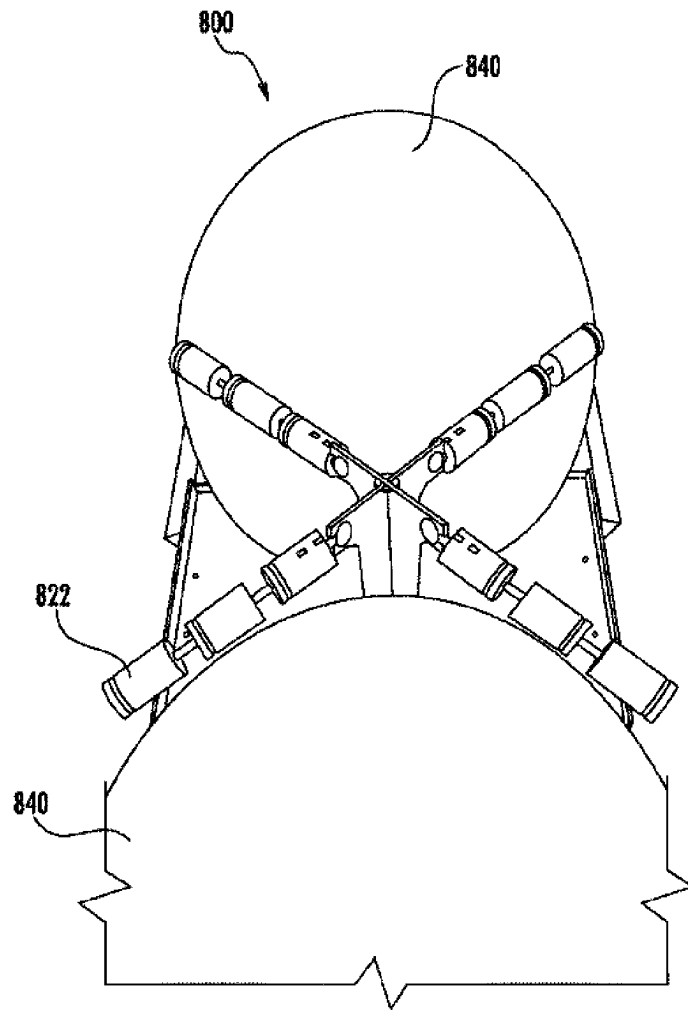


Fig. 9

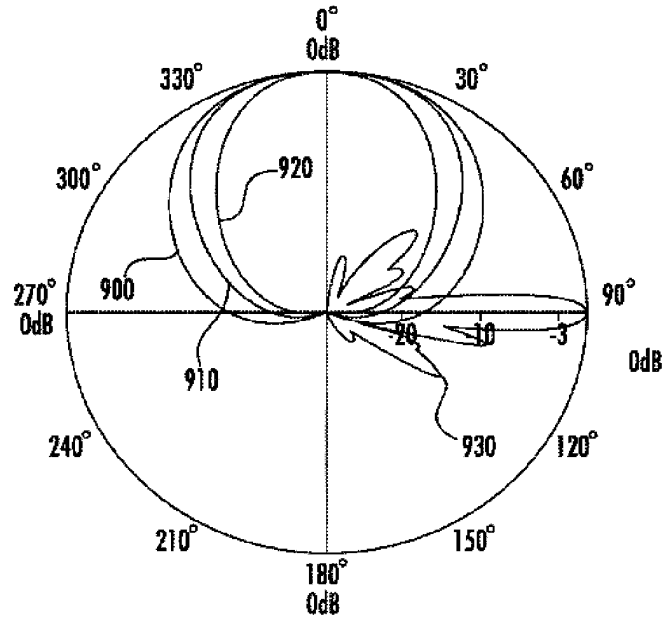


Fig. 10A

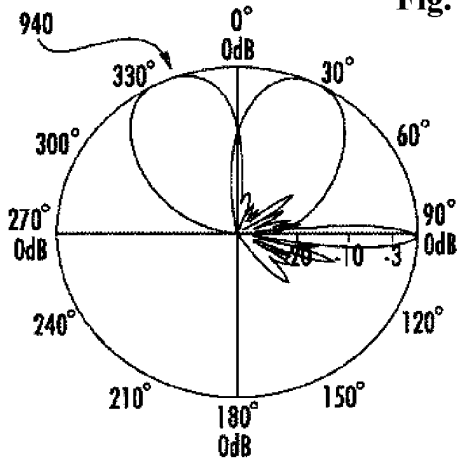


Fig. 10B

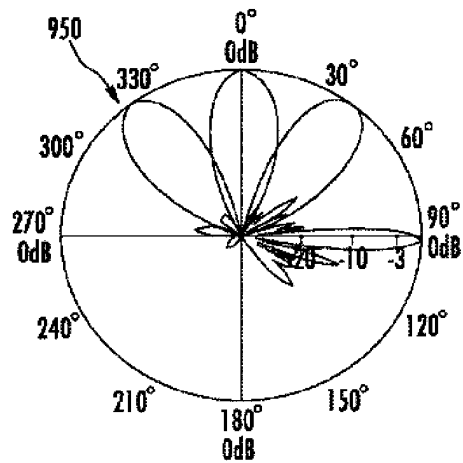


Fig. 10C

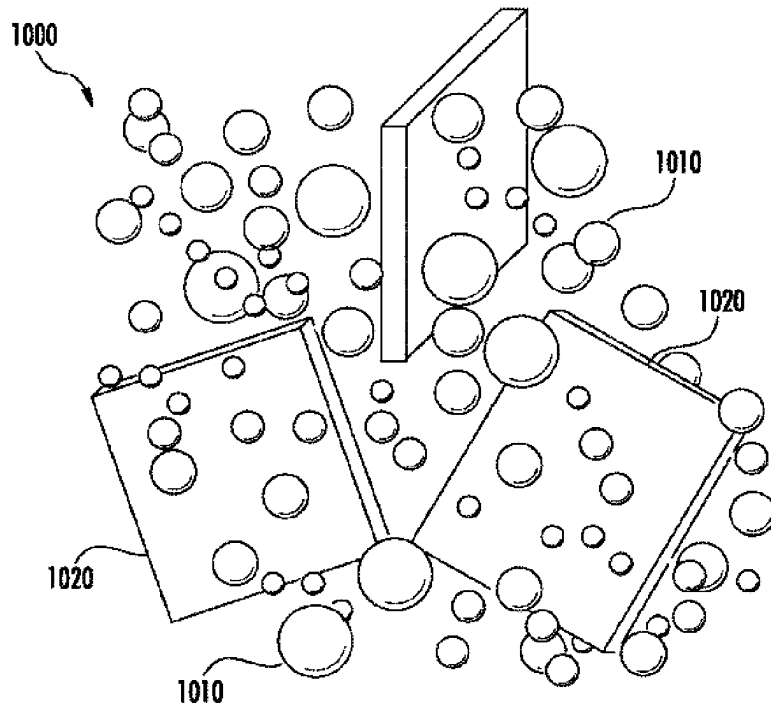


Fig. 11

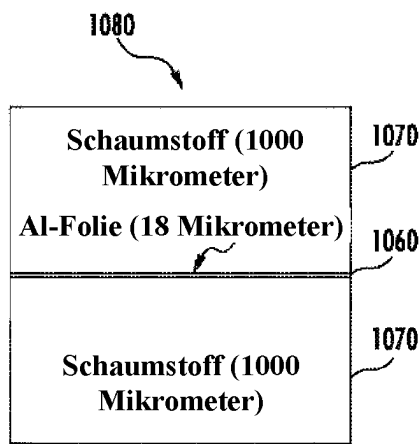


Fig. 12A

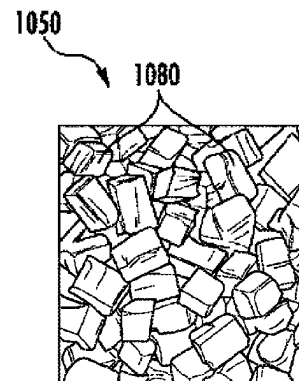


Fig. 12B