



(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2017 112 552.3

(51) Int Cl.: **H01Q 21/00 (2006.01)**

(22) Anmelddatag: 07.06.2017

H01Q 3/26 (2006.01)

(43) Offenlegungstag: 13.12.2018

H01Q 1/28 (2006.01)

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 30.01.2025

H01Q 13/02 (2006.01)
H01Q 1/52 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

Lisa Dräxlmaier GmbH, 84137 Vilshofen, DE

(72) Erfinder:

Mössinger, Alexander, Dr., 72070 Tübingen, DE

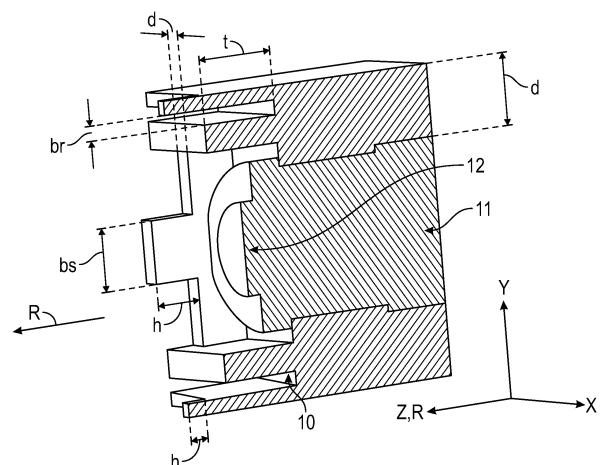
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2014 112 485	A1
DE	10 2014 112 487	A1
DE	10 2015 101 721	A1
US	2015 / 0 048 984	A1
US	2016 / 0 072 190	A1
US	6 034 647	A
WO	2014/ 005 699	A1

(54) Bezeichnung: **ANTENNE MIT MEHREREN EINZELSTRÄHLERN**

(57) Hauptanspruch: Antenne

- mit mehreren Einzelstrahlern (1), die in x- und y-Richtung ein Antennenfeld mit einer Apertur bilden,
- wobei die Einzelstrahler (1) jeweils durch eine Trennwand (2, 21, 22) voneinander getrennt sind, und
- zumindest ein Teil der Trennwände (2, 21, 22) eine aus der Apertur herausstehende Störstelle (3) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Einzelstrahler (1) offene Rundhohlleiter sind, sich die Trennwände (21) in x-Richtung von den Trennwänden (22) in y-Richtung bezüglich der Wandstärke (d) unterscheiden, und Einzelstrahler (1) in x-Richtung einen Abstand von kleiner λ aufweisen und Einzelstrahler (1) in y-Richtung eine Lamellenstruktur (4) in der Trennwand (22) aufweisen.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Antenne mit mehreren Einzelstrahlern. Solche Antennen werden beispielsweise für die aeronautische Satellitenkommunikation im Ku- und Ka-Band benötigt.

Stand der Technik

[0002] Der Bedarf an drahtlosen Breitbandkanälen zur Datenübertragung mit sehr hohen Datenraten, insbesondere im Bereich der aeronautischen, d.h. flugzeugbasierten, Satellitenkommunikation steigt ständig. Geeignete Antennen sollen dafür geringe Abmessungen und ein geringes Gewicht aufweisen und zudem extreme Anforderungen an die Sendecharakteristik erfüllen, da eine Störung benachbarter Satelliten zuverlässig ausgeschlossen werden muss. Geringe Abmessungen verringern die Nutzlast des Flugzeugs und damit auch die Betriebskosten. Die DE 10 2014 112 487 A1 zeigt eine beispielhafte Antenne als Gruppenstrahler mit identischen Hornstrahlern, die mit geringen Abmessungen auskommt und senkrecht zur Apertur der Antenne abstrahlt.

[0003] Eine Bewegung der Strahlungscharakteristik erfolgt beispielsweise durch ein Drehen und Verschwenken der Antenne, wie es beispielsweise in der DE 10 2015 101 721 A1 angegeben ist. Durch die Bewegung der Antenne ist jedoch ein gewisses Volumen unter einem auf dem Flugzeug montierten Radom vorzusehen, so dass aerodynamische Verluste bei einer Montage auf einem Flugzeug nicht vermeidbar sind.

[0004] Hornstrahler eignen sich als Einzelstrahler in Feldern und können zudem breitbandig ausgelegt werden. Hornstrahler werden im Sinne einer E-Feld Einkopplung mit einem kleinen Stift angeregt und weisen bezüglich der abstrahlenden Wellenfront leichte Verschiebungen der Abstrahlungscharakteristik vom Mittelpunkt des Hornstrahls auf.

[0005] Damit kommt es zu positiven Interferenz benachbarter Hornstrahler der Antenne und damit zur Abstrahlung von elektromagnetischer Leistung in unerwünschte Raumwinkelbereiche. Diese Verkopplungen erzeugen zudem Resonanzen, die im Bereich der jeweiligen Resonanzfrequenz folgende Probleme verursachen: die Eingangsanpassung der Hornstrahler, das Abstrahlverhalten (Richtdiagramm, Keule) der Hornstrahler und die Kreuzpolarisationsisolation des Hornstrahlers wird verschlechtert.

[0006] Die Leistungsfähigkeit der Antenne wird daher im Bereich der Resonanzfrequenzen dieser Interferenzen deutlich reduziert. Abstrahlungscha-

rakteristik, Eingangsanpassung und Resonanzfrequenzen hängen von der Geometrie des Hornstrahlers ab und können in der Standardgeometrie nur begrenzt unabhängig voneinander eingestellt werden.

[0007] Weiterhin ist es bekannt, die Abstrahlungscharakteristik der Antenne elektrisch zu verändern, in dem Phasenstellglieder benutzt werden, um eine Phasendifferenz zwischen benachbarten Einzelstrahlern einer Antenne einzustellen. Ein beispielhaftes Phasenstellglied ist aus DE 10 2016 112 583 A1 bekannt.

[0008] Die WO 2014/005 699 A1 offenbart ein Antennensystem mit mindestens zwei Modulen, die jeweils mindestens zwei Einzelstrahler umfassen, und Mikrostreifenleitungsnetzwerke zur Speisung der Einzelstrahler innerhalb eines Moduls und Hohlleiternetzwerke zur Speisung der Module. Die Verwendung von Mikrostreifenleitungen erzeugt zwar signifikant höhere dissipative Verluste als Hohlleiter, reduziert jedoch den Bauraum. Indem nur eine notwendige Anzahl von primären Hornstrahler in den Modulen zusammengefasst werden, können die dissipativen Verlusten ebenfalls begrenzt und die intermodularen Speisennetzwerke dann als verlustarmes Hohlleiter ausgeführt werden.

[0009] Gemäß der DE 10 2014 112 485 A1 wird eine Antenne mit mehreren, in einer Ebene angeordneten Hornstrahlern vorgeschlagen, wobei benachbarte Hornstrahler mittels eines Hornrands voneinander getrennt sind. Der Hornrand ragt zum mindesten abschnittsweise aus der Ebene der Hornstrahler hinaus, wodurch sich ein Strompfad zwischen Einkoppelpunkten benachbarter Hornstrahler verändert. Damit kann eine durch die Verkopplung der Einzelhornstrahler auftretende Resonanz zu Frequenzen außerhalb des Nutzfrequenzbandes der Antenne verschoben werden.

[0010] Des Weiteren offenbart die US 6 034 647 A eine Boxhorn-Antennengruppe mit einem Leistungssteiler und einer Vielzahl von Boxhorn-Untergruppen mit Boxhorn-Strahlern, die an einer strahlenden Oberfläche der Gruppe ausgebildet sind, wobei der Leistungssteiler eine Vorderseite, eine Rückseite und eine Vielzahl von T-Verzweigungen besitzt, die Energie zu der Vielzahl der Boxhorn-Strahler koppeln.

[0011] Die US 2015/0048984 A1 beschreibt eine Wellenleiter-Hornanordnung. Die Anordnung umfasst eine rechteckige Metallplatte, die so bearbeitet ist, dass sie einen Querschnitt aufweist, der aus einer Vielzahl von rechteckigen Löchern besteht, die in Längsrichtung der rechteckigen Metallplatte angeordnet sind, wobei der untere Teil jedes Lochs als rechteckiger Wellenleiter und der obere Teil jedes Lochs als Horn ausgebildet ist; und eine Nut, die sich

in der Richtung erstreckt, in der die Vielzahl von Löchern angeordnet ist, und eine vorgegebene Tiefe aufweist, die an zwei Seiten der Löcher auf der Oberseite der rechteckigen Metallplatte ausgebildet ist.

[0012] Die US 2016/0072190 A1 beschreibt ein abstrahlendes Element, das ein Antennenelement, eine abstrahlende Elementkante und eine Riffelung umfasst. Das Antennenelement kann eine Öffnung aufweisen, die sich in das Antennenelement erstreckt, und eine Öffnungsseite, die eine Öffnungsfläche des Antennenelements definiert. Die Kante des abstrahlenden Elements kann das Antennenelement auf der Öffnungsseite umgeben. Die Riffelung kann so konfiguriert sein, dass sie zumindest auf der Öffnungsseite das Antennenelement und die umgebende Kante des abstrahlenden Elements trennt. Die Kante des abstrahlenden Elements kann mit dem Antennenelement in einem Abstand größer als Null von der Öffnungsseite des Antennenelements.

Beschreibung der Erfindung

[0013] Eine Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Antenne unter Einsatz konstruktiv möglichst einfacher Mittel anzugeben, die bessere aerodynamische Eigenschaften hat.

[0014] Die Aufgabe wird durch den Gegenstand des unabhängigen Anspruchs gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung und den begleitenden Figuren angegeben.

[0015] Eine erfindungsgemäße Antenne weist mehrere Einzelstrahler auf, die in x- und y-Richtung ein Antennenfeld mit einer Apertur bilden und im Wesentlichen in z-Richtung elektromagnetische Strahlung abstrahlen. Die Einzelstrahler sind jeweils durch eine Trennwand voneinander getrennt. Zumindest ein Teil der Trennwände weist eine die ansonsten in z-Richtung ebene Apertur unterbrechende Störstelle auf. Die Störstelle kann die Form eines Pins oder eines rechteckigen Vorsprungs oder einer rechteckigen Senke haben.

[0016] Die Trennwände in x-Richtung, die die x-Richtung kreuzen (und damit in x-Richtung benachbarte Einzelstrahler trennen), unterscheiden sich jedoch von den Trennwänden in y-Richtung bezüglich der Wandstärke. Zudem weisen die Einzelstrahler in x-Richtung einen Abstand von kleiner λ auf. X-, y- und z-Richtung sind jeweils orthogonal zueinander ausgerichtet.

[0017] Durch die asymmetrische Wandstärke können die Einzelstrahler in x-Richtung näher aneinander platziert werden als in y-Richtung, so dass bei einem Einsatz von phasengesteuerten Einzelstrah-

lern in diese x-Richtung die Abstrahlungscharakteristik bewegt werden kann.

[0018] Ein maximaler Abstand zwischen zwei Einzelstrahlern sollte dabei d_{\max} betragen:

$$d_{\max} = \frac{\lambda}{1 + \sin \Theta_0}$$

λ : Wellenlänge der maximalen Betriebsfrequenz

$\Delta\Phi$: Phasendifferenz zum benachbarten Einzelstrahler

Θ_0 : Scan-Winkel (Auslenkung der Abstrahlungskeule)

[0019] Vorteilhaftweise ist zumindest ein Teil der Einzelstrahler nicht-quadratisch und derart ausgerichtet, dass in x-Richtung eine größere Anzahl von Einzelstrahlern angeordnet werden kann als in y-Richtung. D.h. obwohl der Einzelstrahler in x-Richtung schmäler ist als in y-Richtung, wird durch eine breitere Trennwand in y-Richtung sichergestellt, dass die Impedanz in x- und y-Richtung ähnlich ist. Dies wird wie später gezeigt wichtig, wenn unterschiedliche Polarisationen über die Antenne abgestrahlt werden sollen, für die sich die Impedanzen und damit die Anpassung an die Freiraumausbreitung nicht unterscheiden sollten.

[0020] Nach einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung der Antenne weist der Einzelstrahler in der die y-Richtung kreuzenden Trennwand eine Lamellenstruktur auf. Dadurch verteilt sich das Feld, das ansonsten durch die breitere Trennwand abgeschwächt und nicht über die gesamte Fläche verteilt wäre, besser über die gesamte Apertur und trägt zu einem hohen Antennengewinn (Gain) bei. Anders gesagt trägt die Lamellenstruktur zu einem gleichen Antennengewinn in x- und y-Richtung trotz ggf. einer geringeren Anzahl von Einzelstrahlern in y-Richtung bei, indem sie eine Oberflächenimpedanz bereitstellt, wodurch das elektromagnetische Feld auf der Oberfläche geführt werden kann und somit die abstrahlende Fläche vergrößert wird.

[0021] Vorteilhaftweise weist die Lamellenstruktur eine oder mehrere Rillen mit einer Tiefe von kleiner $\lambda/4$ und größer $\lambda/20$, bevorzugt kleiner $\lambda/8$ und größer $\lambda/12$, besonders bevorzugt von etwa $\lambda/10$, auf, wobei λ die Wellenlänge der elektromagnetischen Strahlung ist. Für die Dimensionierung der Antenne wird sich bei λ an der Mittenfrequenz des benutzten Frequenzbandes orientiert.

[0022] Zur Einstellung einer durch die Lamellenstruktur gebildeten Kapazität weist eine Rille der Lamellenstruktur eine Breite von weniger als der Hälfte und mehr als ein Viertel, bevorzugt von etwa einem Drittel der Tiefe der Rille auf.

[0023] Vorteilhafterweise stehen die Störstellen aus den jeweiligen Trennwänden heraus. Die Störstellen der Trennwände in x-Richtung benachbarter Einzelstrahler sind dabei breiter als die Störstellen der Trennwände in y-Richtung benachbarter Einzelstrahler. Es hat sich gezeigt, dass die Störstellen vorteilhafterweise mittig auf den Trennwänden angeordnet werden, dabei symmetrisch und periodisch über die Apertur anzuordnen sind. Beispielsweise enthalten nahezu alle Trennwände Störstellen, wodurch bei entsprechender Dimensionierung von Breite und Höhe der Störstellen Resonanzen im Abstrahlungsverhalten der Antenne derart verschoben werden, dass bei Abstrahlung in allen relevanten Abstrahlungswinkeln um die z-Richtung herum die sogenannte „scan blindness“ vermieden oder stark vermindert wird.

[0024] Die Eigenschaften der erfindungsgemäßen Antenne kommen dann besonders vorteilhaft zur Geltung, wenn zumindest ein Teil der Einzelstrahler des Antennenfelds phasengesteuert ist. Die Phasensteuerung erfolgt beispielsweise derart, dass die Antenne durch ein Speisenetzwerk mit einer Sende-/Empfangseinrichtung verbunden ist, wobei im Speisenetzwerk Phasenstellglieder angeordnet sind. Durch eine in x-Richtung gestauchte Anordnung der Einzelstrahler ist es von Vorteil, wenn eine Steuereinrichtung die Phasenstellglieder derart steuert, dass eine Ablenkung einer Strahlungscharakteristik der Antenne von der z-Richtung überwiegend in x-Richtung erfolgt. Das Phasenstellglied kann dabei im Speisenetzwerk nahe dem Einzelstrahler angeordnet sein, um einen kompakten Aufbau der Antenne zu ermöglichen.

[0025] Die Antenne kann besonders kompakt aufgebaut werden, wenn die Einzelstrahler als offene Hohlleiter ausgebildet sind. Anders als bei Hohlstrahlern haben die Einzelstrahler dann keine Trichterform, d.h. Abstrahlungsoffnung und Hohlleiterquerschnitt stimmen überein oder sind sehr ähnlich, wodurch der Einzelstrahler in z-Richtung durch Verzicht auf den Trichter gestaucht und kürzer ist.

[0026] Die Einzelstrahler sind offene Rundhohlleiter. Nutzt man für die Einzelstrahler offene Rundhohlleiter, die mit einem Speisenetzwerk aus Rundhohlleitern verbunden sein können, dann kann man rotationssymmetrische (und damit drehbare) und verlustarme Phasenstellglieder, wie beispielsweise in DE 10 2016 112 583 A1 beschrieben, verwenden.

[0027] Eine weitere vorteilhafte Kompaktierung der Antenne wird erreicht, wenn zumindest ein Teil der Einzelstrahler mit einem Dielektrikum gefüllt ist. Dieses hat vorteilhafterweise eine rotationssymmetrische Form und ist entlang einer Abstrahlungsachse des Einzelstrahlers angeordnet. Damit kann das Dielektrikum zusammen ggf. einstückig mit einem

Dielektrikum des Phasenstellgliedes ausgeformt werden und kann sich im Einzelstrahler bewegen. Eine Anpassung der Impedanz des Einzelstrahlers kann weiter verbessert werden, wenn das Dielektrikum in Richtung der Apertur einen Vorsprung aufweist. Diese Stufe im Dielektrikum, deren Durchmesser und Höhe eingestellt werden kann, verbessert die Impedanzanpassung.

[0028] Wird die Antenne mit einem Drehteller ausgeführt, auf dem das Antennenfeld flach angeordnet ist, dann können durch eine Drehung des Drehtellers und die Auslenkung der Antennencharakteristik in nur eine Richtung (x-Richtung) beliebige Abstrahlungskeulen erzielt werden, ohne dass die Antenne gekippt werden muss. Damit wird das benötigte Radom wesentlich kleiner. Ist die Auslenkung der Antennencharakteristik nicht bis zu 90° von der z-Richtung möglich, wird aber benötigt, so kann über ein leichtes Kippen der Antenne der fehlende Winkelbereich ausgeglichen werden. So wäre ein Kippen des Antennenfelds von nur 20° bei einer bis zu 70° mit Phasenschiebern auslenkbaren Abstrahlungscharakteristik ausreichend, um die gesamte Halbkugel auszuleuchten.

[0029] Die Einzelstrahler des Antennenfelds der Antenne können vorteilhafterweise derart durch ein Speisenetzwerk mit einer Sende-/Empfangseinrichtung verbunden werden, dass die Sende-/Empfangseinrichtung zwei Signale unterschiedlicher Polarisation in das Speisenetzwerk einspeist, die gut angepasst über die Antenne abstrahlbar bzw. empfangbar sind.

Kurze Figurenbeschreibung

[0030] Nachfolgend wird ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel der Erfindung unter Bezugnahme auf die begleitenden Figuren erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Ausschnitt einer Antenne mit mehreren Einzelstrahlern und einem Drehteller zur Rotation,

Fig. 2 einen Einzelstrahler in Draufsicht,

Fig. 3 einen Einzelstrahler in Schnittdarstellung, und

Fig. 4 einen Einzelstrahler mit dahinterliegendem Phasenstellglied und Speisenetzwerk.

[0031] Die Figuren sind lediglich schematische Darstellungen und dienen nur der Erläuterung der Erfindung. Gleiche oder gleichwirkende Elemente sind durchgängig mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0032] Eine Vielzahl von Einzelstrahlern 1, die in x- und y-Richtung benachbart zueinander in einem Antennenfeld angeordnet sind, bildet nach **Fig. 1**

zusammen mit einem Drehsteller 13, der nur schematisch dargestellt ist, eine Antenne. Der Drehsteller 13 kann rotieren und dabei das Antennenfeld auf beliebige Drehwinkel bewegen. Die Einzelstrahler 1 sind jeweils in x- und y-Richtung durch Trennwände 2 voneinander getrennt. Form und Breite der Trennwände 2 unterscheiden sich, wie später erläutert, in x- und y-Richtung.

[0033] Die Oberfläche der Antenne mit Ausrichtung in z-Richtung bildet eine Apertur der Antenne von der elektromagnetischen Strahlung in Abstrahlungsrichtung R, die in z-Richtung oder einer Ablenkung von der z-Richtung von bis zu 70°, abgestrahlt wird. Wie später erläutert ist eine Auslenkung der Abstrahlungscharakteristik, insbesondere einer Hauptkeule, geplant, so dass tatsächlich die Abstrahlungsrichtung R sich von der z-Richtung um einen Scan-Winkel unterscheiden kann.

[0034] Das Antennenfeld ist im Wesentlichen quadratisch, wobei in x-Richtung eine größere Anzahl von Einzelstrahlern 1 angeordnet ist als in y-Richtung. Dies ist dadurch ermöglicht, dass die Einzelstrahler 1 selbst nicht quadratisch sind, sondern in x-Richtung schmäler sind als in y-Richtung. Damit ist auch der Abstand zwischen den Einzelstrahlern 1 in x-Richtung geringer als in y-Richtung. In x-Richtung soll möglichst der Abstand d_{\max}

$$d_{\max} = \frac{\lambda}{1 + \sin\Theta_0}$$

nicht überschritten werden. Falls dieser Wert überschritten wird, entstehen im Richtdiagramm störende Nebenkeulen (grating-lobes). Je größer der gewünschte Schwenkbereich, desto kleiner muss der Abstand sein. In y-Richtung ist der Abstand der Einzelstrahler 1 größer als in x-Richtung, aber immer noch geringer als die Wellenlänge λ der maximal zu bedienenden Betriebsfrequenz.

[0035] Die Einzelstrahler 1 nach **Fig. 2** sind identisch aufgebaut, wobei die Trennwände 21 in x-Richtung schmäler sind als die Trennwände 22 in y-Richtung. Wie in **Fig. 3** noch einmal verdeutlicht, ist die Wandstärke d der Trennwand 21 in x-Richtung (die Trennwand 21 kreuzt die x-Richtung und steht senkrecht zu ihr) kleiner als die Wandstärke d der Trennwand 22 in y-Richtung. Die größere Wandstärke d in y-Richtung wird für eine Lamellenstruktur 4 in der Trennwand 22 genutzt. Die Lamellenstruktur 4 wird durch eine Rille 10 gebildet, die in die Trennwand 22 entgegen der z-Richtung hineinragt. Werden - wie aus **Fig. 1** ersichtlich - zwei Einzelstrahler 1 in y-Richtung aneinandergereiht, dann liegen zwei Rillen zwischen den Abstrahlungsöffnungen (Hohlräumen) der Einzelstrahler 1, für jeden Einzelstrahler 1 eine.

[0036] Auf jeder der vier Trennwände 21, 22 ist eine Störstelle 3 in Form eines Pins angeordnet. Der Pin ragt in z-Richtung aus den Trennwänden 21, 22 heraus und ist jeweils mittig angeordnet. Damit ergibt sich über das Antennenfeld in periodische und symmetrische Anordnung der Störstellen 3.

[0037] Inmitten der Trennwände 21, 22 entsteht ein Hohlraum, der von einem Dielektrikum 11, z.B. Teflon, mit einer Dielektrizitätskonstante $\epsilon > 1$ zumindest teilweise gefüllt ist. Dieses Dielektrikum 11 schließt in etwa mit der Apertur ab und füllt vorteilhafterweise den gesamten Hohlraum aus, so dass sich auch kein Schmutz im Betrieb der Antenne festsetzen kann. Die Trennwände 21, 22 und die übrige Struktur der Einzelstrahler 1 bestehen aus einem Metall oder sind metallbeschichtet.

[0038] Entsprechend **Fig. 3** ist eine Höhe h der Störstellen 3 auf den Trennwänden 21, 22 ähnlich, währenddessen sich die Breite bs der Störstellen 3 auf den Trennwänden 21, 22 in x- und y-Richtung unterscheidet. Die Höhe h beträgt dabei weniger als $\lambda/4$ und zumindest $\lambda/10$. Auf der Trennwand 22 in y-Richtung sind die Störstellen 3 auf der vom Einzelstrahlermittelpunkt äußeren Lamelle angeordnet. Somit ist für x- und y-Richtung jeweils nur eine Störstelle 3 zwischen zwei benachbarten Einzelstrahlern 1 vorgesehen, jeder Einzelstrahler 1 „teilt“ sich jeweils die Störstelle 3 mit den benachbarten Einzelstrahlern 1. Auf Störstellen 3 auf der Trennwand 22 in y-Richtung kann ggf. verzichtet werden.

[0039] Eine Breite br der Rille 10 beträgt etwa $\lambda/10$, eine Tiefe t der Rille 10 beträgt etwa ein Drittel der Breite br der Rille, also $\lambda/30$. Der Einzelstrahler 1 ist nicht als Hornstrahler mit einem Trichter, sondern als offenes Hohlleiterstück geformt, so dass sich der Hohlleiter nicht erweitert und über die Länge des Einzelstrahlers 1 einen ähnlichen Querschnitt aufweist. In z-Richtung ist auf dem Dielektrikum 11 ein Vorsprung 12 ausgeformt, der eine bestimmte Höhe und einen bestimmten Durchmesser ausweist, die sich entsprechend einer gewünschten optimalen Anpassung der Impedanz der Antenne an die Freiraumabstrahlung ergibt.

[0040] **Fig. 4** zeigt den Einzelstrahler 1 aus **Fig. 2** und 3 in einer Schnittdarstellung, bei der das offene Hohlleiterstück sich nahtlos in einem Speisennetzwerk 5, das wiederum einen Hohlleiter umfasst, fortsetzt. Beide zueinander fluchtende Hohlleiter sind Rundhohlleiter, so dass sich als zusätzliche Möglichkeit ergibt, dass ein Phasenstellglied 7 im Rundhohlleiter drehbar angebracht ist. Das Phasenstellglied 7 ist nahe dem Einzelstrahler 1 angeordnet und entsprechend den Vorgaben der DE 10 2016 112 583 A1 aufgebaut. Das Phasenstellglied 7 ist um eine Drehachse D drehbar angeordnet, also selbst auch rotationssymmetrisch aufgebaut.

[0041] Innerhalb des Speisenetzwerks 5 schließen sich an das Phasenstellglied 7 zwei Einkopplungen 9 an, die dazu dienen, für zwei getrennte zueinander orthogonale Polarisationen, beispielsweise eine horizontale Polarisation H und eine vertikale Polarisation V, getrennte Signale in den Hohlleiter einzuspeisen. Die Einkopplungen 9 sind vorzugsweise zueinander um 90° verdreht, also senkrecht zueinander im Hohlleiter angeordnet. Von den Einkopplungen 9 werden über Mikrostreifenleitungen und Hohlleiter die Signale beider Polarisationen V, H an eine Sende-/Empfangseinrichtung 6 im Empfangsfall weitergeleitet bzw. im Sendefall werden die Signale beider Polarisationen V, H von der Sende-/Empfangseinrichtung 6 über die Einkopplungen 9 in den Hohlleiter und den Einzelstrahler 1 abgegeben.

[0042] Da der Einzelstrahler 1 nach **Fig. 4** als einer von vielen Elementen des Antennenfelds - siehe **Fig. 1** - anzusehen ist, hat das Speisenetzwerk 5 auch die Funktion, die Signale von der Vielzahl von Einzelstrahlern aufzusummen und an die Sende-/Empfangseinrichtung 6 aufsummiert weiterzugeben.

[0043] Weiterhin weist die Antenne eine Steuereinrichtung 8 auf, die sowohl mit dem Phasenstellglied 7 als auch der Sende-/Empfangseinrichtung 6 verbunden ist. Damit ist es der Steuereinrichtung 8 möglich, durch Einstellung unterschiedlicher Phasenlagen der Signale auf den benachbarten Einzelstrahlern 1, hier die in x-Richtung benachbarten Einzelstrahler 1, die Abstrahlungscharakteristik in x-Richtung auszulenken.

[0044] Dazu ist die Phasendifferenz benachbarter Einzelstrahler $\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} d \sin \theta_0$.

[0045] Eine Auslenkung in y-Richtung ist nicht vorgesehen. Im Zusammenwirken mit einer Drehung der Antennenapertur auf dem Drehteller 13 (und ggf. einem leichten Kippen der Antennenapertur) kann damit die Abstrahlungscharakteristik auf beliebige Winkel ausgerichtet werden. Bei einer auf einem Flugzeug montierten Antenne ist damit eine extrem kompakte Bauform ermöglicht, die durch fehlende großvolumige Kippelemente flach ist und auf ein voluminöses Radom verzichten kann. Gleichzeitig wurden durch die Gestaltung der Störstellen und der Lamellenstruktur 4 störende Resonanzen in der Aperturfläche vermieden, so dass sich eine hohe Effizienz und damit ein maximaler Antennengewinn auch über große Schwenkbereiche der Abstrahlungscharakteristik ergeben.

[0046] Aufgrund des geringen Abstands zwischen den Einzelstrahlern 1 ist es schwierig, ein Speisenetzwerk 5 zu integrieren. Durch die größeren Abstände der Einzelstrahler 1 in y-Richtung und die

durch die Lamellenstruktur 4 großflächigen Abstrahlung und kurzen offen Hohlleiterstücke statt Hornstrahlern war es möglich, in einem kleinen Bauraum das Speisenetzwerk 5 zu integrieren und trotzdem den Antennengewinn hoch zu halten.

BEZUGSZEICHENLISTE

1	Einzelstrahler
2	Trennwand
3	Störstelle
4	Lamellenstruktur
5	Speisenetzwerk
6	Sende-/Empfangseinrichtung
7	Phasenstellglied
8	Steuereinrichtung
9	Einkopplung
10	Rille
11	Dielektrikum
12	Vorsprung im Dielektrikum
13	Drehteller
21, 22	Trennwände
R	Abstrahlungsrichtung
D	Drehachse
H, V	Polarisationsrichtungen
λ	Wellenlänge
bs	Breite der Störstelle
h	Höhe der Störstelle
t	Tiefe der Rille
br	Breite der Rille
d	Wandstärke der Trennwand

Patentansprüche

1. Antenne
 - mit mehreren Einzelstrahlern (1), die in x- und y-Richtung ein Antennenfeld mit einer Apertur bilden,
 - wobei die Einzelstrahler (1) jeweils durch eine Trennwand (2, 21, 22) voneinander getrennt sind, und
 - zumindest ein Teil der Trennwände (2, 21, 22) eine aus der Apertur herausstehende Störstelle (3) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einzelstrahler (1) offene Rundhohlleiter sind, sich die Trennwände (21) in x-Richtung von den Trennwänden (22) in y-Richtung bezüglich der Wandstärke (d) unterscheiden, und Einzelstrahler (1) in x-Richtung einen Abstand von kleiner λ aufweisen und Einzel-

strahler (1) in y-Richtung eine Lamellenstruktur (4) in der Trennwand (22) aufweisen.

2. Antenne nach Anspruch 1, bei der in x-Richtung eine größere Anzahl von Einzelstrahlern (1) angeordnet ist als in y-Richtung.

3. Antenne nach Anspruch 1, bei der die Lamellenstruktur (4) eine Rille (10) mit einer Tiefe (t) von kleiner $\lambda/4$ und größer $\lambda/20$, bevorzugt kleiner $\lambda/8$ und größer $\lambda/12$, besonders bevorzugt von etwa $\lambda/10$, aufweist.

4. Antenne nach einem der Ansprüche 1 oder 3, bei der die Lamellenstruktur (4) eine Rille (10) mit einer Breite (br) von kleiner $\lambda/10$ und größer $\lambda/50$, bevorzugt kleiner $\lambda/20$ und größer $\lambda/40$, besonders bevorzugt von etwa $\lambda/30$, aufweist.

5. Antenne nach einem der vorherigen Ansprüche, bei der die Störstellen (3) aus der jeweiligen Trennwand (2, 21, 22) herausstehen und Störstellen (3) der Trennwände (21) in x-Richtung benachbarter Einzelstrahler (1) breiter sind als Störstellen (3) der Trennwände (22) in y-Richtung benachbarter Einzelstrahler (1).

6. Antenne nach einem der vorherigen Ansprüche, bei der zumindest ein Teil der Einzelstrahler (1) des Antennenfelds phasengesteuert ist und die Antenne durch ein Speisenetzwerk (5) mit einer Sende-/Empfangseinrichtung (6) verbunden ist, wobei im Speisenetzwerk (5) Phasenstellglieder (7) angeordnet sind.

7. Antenne nach Anspruch 6, bei der eine Steuereinrichtung (8) die Phasenstellglieder (7) derart steuert, dass eine Ablenkung einer Strahlungscharakteristik überwiegend in x-Richtung erfolgt.

8. Antenne nach einem der Ansprüche 6 oder 7, bei der die Phasenstellglieder (7) im Speisenetzwerk (5) nahe den Einzelstrahlern (1) angeordnet sind.

9. Antenne nach Anspruch 1, bei der die offenen Rundhohlleiter mit einem Speisenetzwerk (5) aus Rundhohlleitern verbunden sind.

10. Antenne nach einem der vorherigen Ansprüche, bei der zumindest ein Teil der Einzelstrahler (1) mit einem Dielektrikum (11) gefüllt ist.

11. Antenne nach Anspruch 10, bei der das Dielektrikum (11) eine rotationssymmetrische Form aufweist und entlang einer Abstrahlungssachse (R) der Einzelstrahler (1) angeordnet ist.

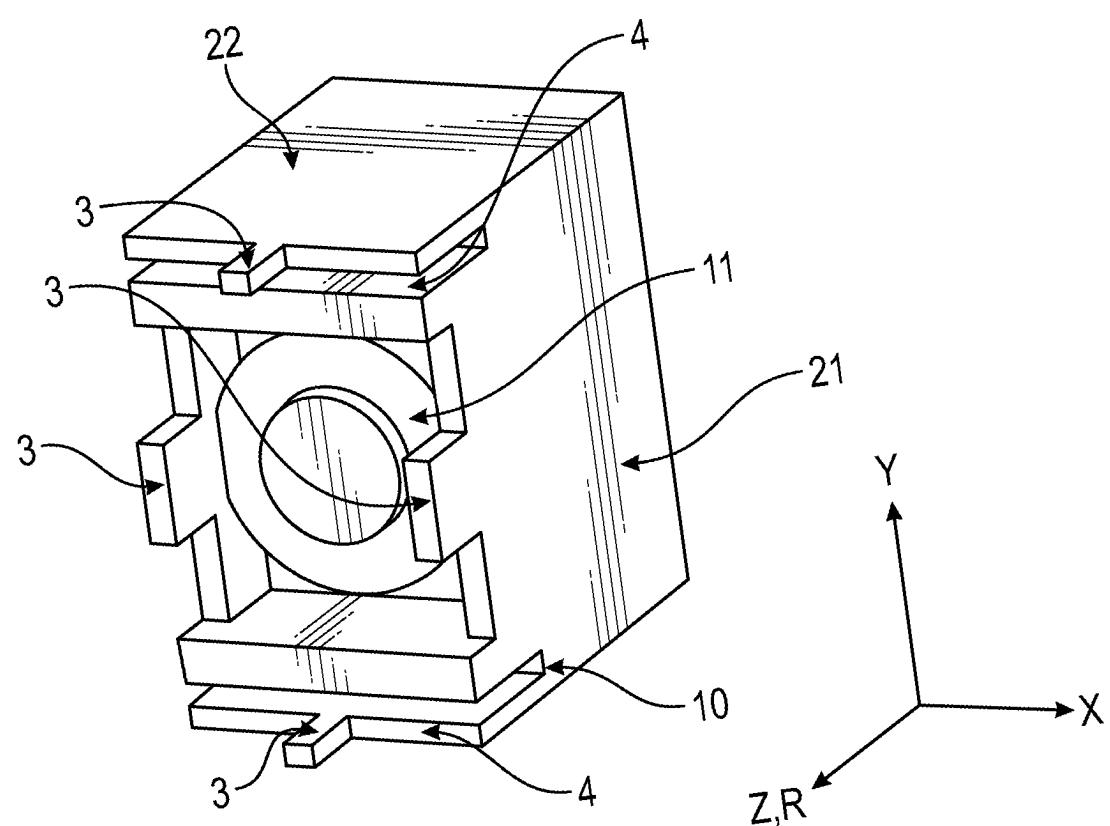
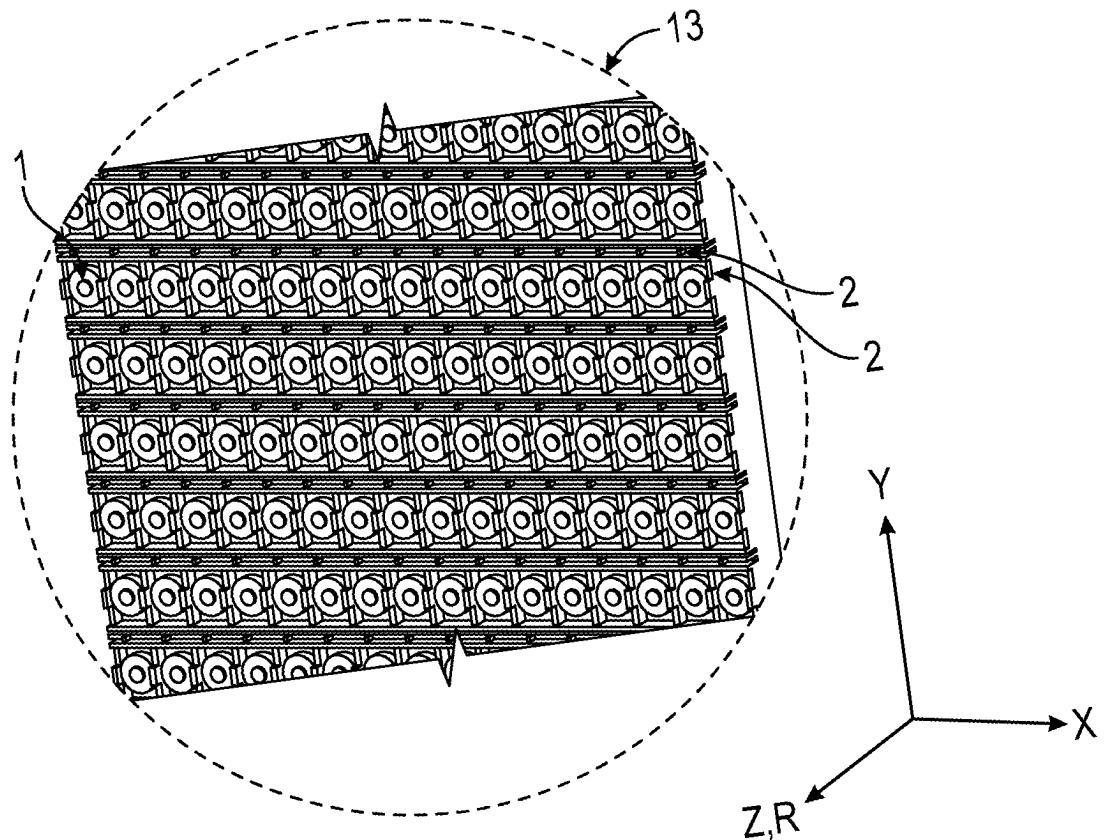
12. Antenne nach Anspruch 11, bei der das Dielektrikum (11) in Richtung der Apertur einen Vorsprung (12) aufweist.

13. Antenne nach einem der vorherigen Ansprüche, mit einem Drehteller (13), auf dem das Antennenfeld flach angeordnet ist.

14. Antenne nach einem der vorherigen Ansprüche, bei der zumindest die Einzelstrahler (1) des Antennenfelds durch ein Speisenetzwerk (5) mit einer Sende-/Empfangseinrichtung (6) verbunden sind, wobei die Sende-/Empfangseinrichtung (6) zwei Signale unterschiedlicher Polarisation (V, H) in das Speisenetzwerk (5) einspeist.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



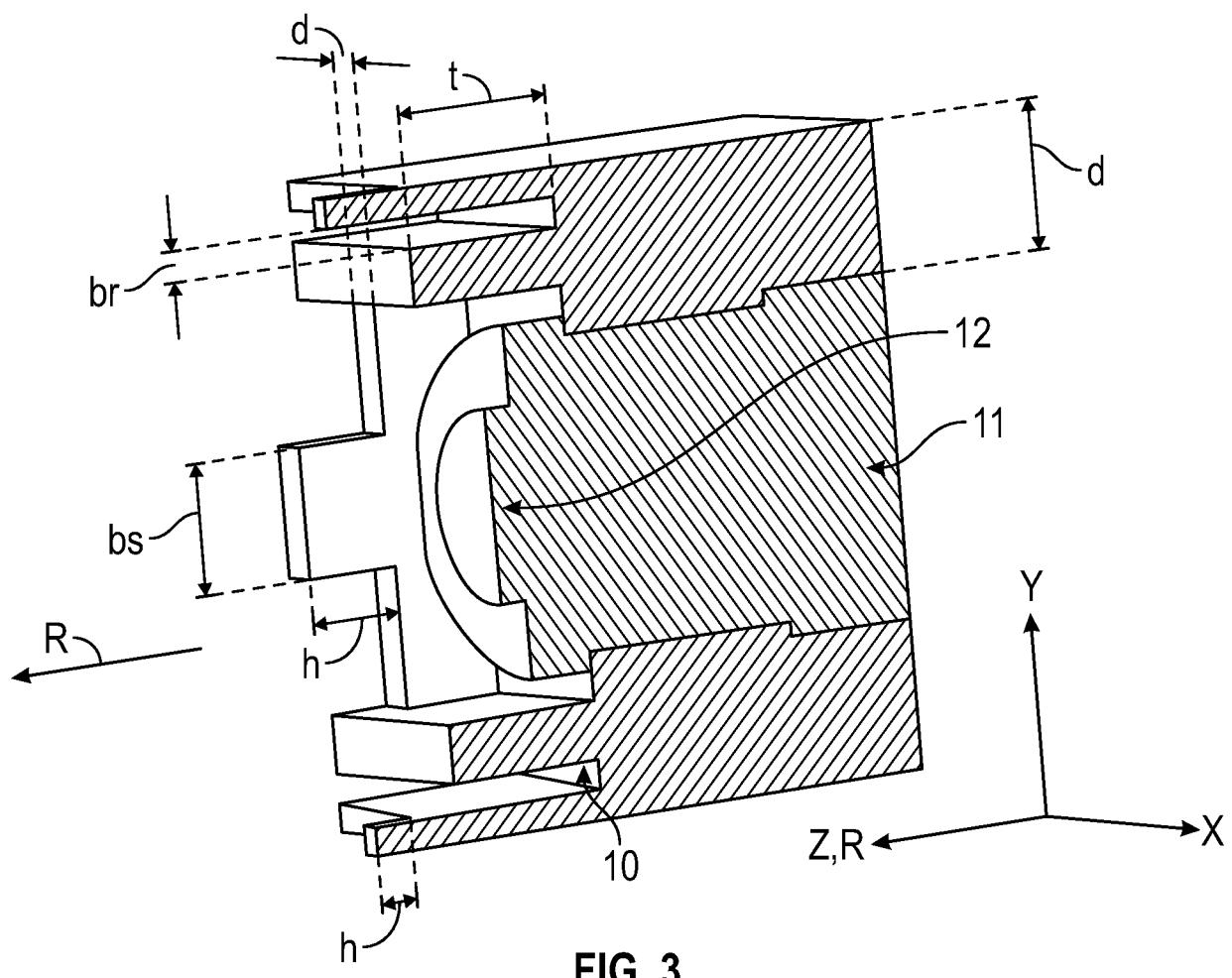


FIG. 3

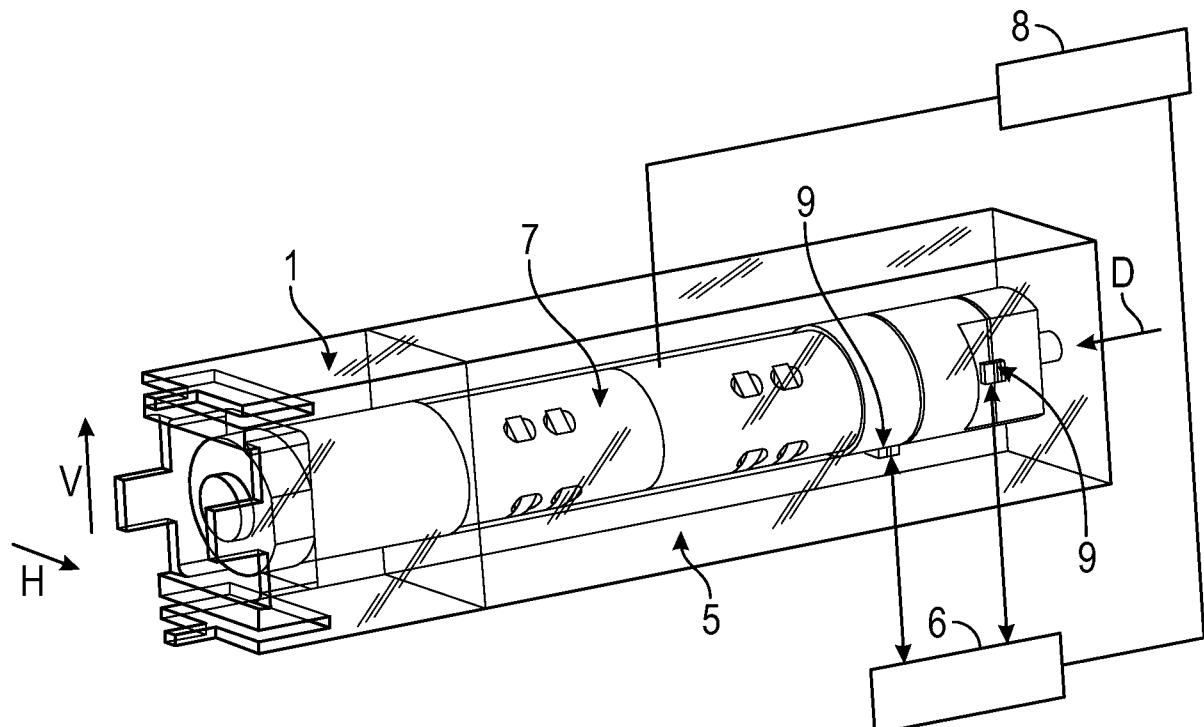


FIG. 4