

(19)



(11)

EP 2 991 159 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
02.03.2016 Patentblatt 2016/09

(51) Int Cl.:
H01P 5/107^(2006.01) H01P 5/19^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15169109.4**

(22) Anmeldetag: **26.05.2015**

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

(71) Anmelder: **Lisa Dräxlmaier GmbH
84137 Vilsbiburg (DE)**

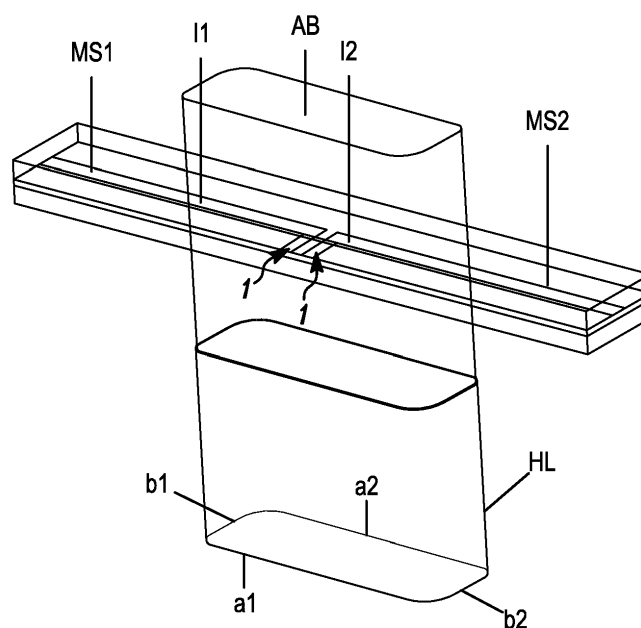
(72) Erfinder: **Merk, Thomas
70188 Stuttgart (DE)**

(30) Priorität: **29.08.2014 DE 102014112467**

(54) SPEISENETZWERK FÜR ANTENNENSYSTEME

(57) Das erfindungsgemäße Speisernetzwerk enthält einen Hohlleiter mit Breitseiten und Schmalseiten, sowie zwei Mikrostreifenleiter, die je eine Leiterschleife enthalten. Die Leiterschleifen ragen jeweils aus einer der Schmalseiten in den Hohlleiter hinein und sind mit einer Breitseite des Hohlleiters elektrisch verbunden. An den Schmalseiten weist der Hohlleiter kleine Öffnungen auf, durch die die Mikrostreifenleiter geführt werden ohne selbst elektrisch mit dem Hohlleiter in Kontakt zu stehen.

Damit ergibt sich die Möglichkeit einer induktiven H-Feld Einkopplung, die eine geringe Empfindlichkeit gegenüber toleranzbedingten mechanischen Verschiebungen von Mikrostreifenleiter gegenüber dem Hohlleiter hat. Durch die Benutzung von zwei Leiterschleifen kann man bei identischen elektrischen Verlusten gleichzeitig für zwei Signalfade auskoppeln und damit die Anzahl von Leistungsteilern im Hohlleiter bis auf die Hälfte verringern.

**FIG. 1****EP 2 991 159 A1**

BeschreibungTECHNISCHES GEBIET

5 **[0001]** Die Erfindung betrifft Speisenetzwerk mit Hohlleiter und zwei Mikrostreifenleitern für Antennensysteme, insbesondere für die bidirektionale, im Ka-, Ku- oder X-Band betriebene Satellitenkommunikation für mobile und aeronautische Anwendungen.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

10 **[0002]** Um Flugzeuge zur Übertragung von Multimediadaten an ein Satellitennetz anzuschließen, bedarf es drahtloser Breitbandkanäle zur Datenübertragung mit sehr hohen Datenraten. Dazu müssen auf den Flugzeugen Antennen installiert sein, die geringe Abmessungen haben, um unter einem Radom installiert zu werden und trotzdem für eine gerichtete drahtlose Datenkommunikation mit dem Satelliten (z.B. im Ku-, Ka- oder X-Band) extreme Anforderungen an die Sendecharakteristik zu erfüllen, da eine Störungen benachbarter Satelliten zuverlässig ausgeschlossen werden muss.

15 **[0003]** Die Antenne ist unterhalb des Radoms weiterhin beweglich, um die Ausrichtung auf den Satelliten bei Bewegung des Flugzeugs nachzuführen. Dazu muss die Antenne kompakt gebaut sein, um unter dem Radom beweglich zu bleiben.

[0004] Die regulatorischen Anforderungen an den Sendebetrieb ergeben sich aus internationalen Normen. Alle diese regulatorischen Vorschriften sollen sicherstellen, dass im gerichteten Sendebetrieb einer mobilen Satellitenantenne keine Störung benachbarter Satelliten auftreten kann.

20 **[0005]** Lösungen für kompakte Antennen für die Anwendungen zeigen beispielsweise die WO2014005693 und WO2014005699. Diese Antennen bestehen aus Antennenfeldern, welche aus Einzelstrahlern aufgebaut sind und über geeignete Speisenetzwerke verfügen. Sie können in beliebigen Geometrien und beliebigem Längen zu Seitenverhältnis ausgeführt werden, ohne dass die Antenneneffizienz darunter leidet. Insbesondere können Antennenfelder mit geringer Bauhöhe realisiert werden.

25 **[0006]** Sind die Hornstrahler in den Antennenfeldern dicht gepackt, dann besteht ein weiteres Problem darin, dass im zur Verfügung stehenden Bauraum hinter dem Hornstrahlerfeld effiziente Speisenetzwerke untergebracht werden müssen. Bei der WO2014005699 wird gezeigt, dass Speisenetzwerke durch eine Kombination aus Hohlleitern und Mikrostreifenleitungen dargestellt werden können, wobei jedoch die Anzahl der benötigten Leistungsteiler hoch ist. Leistungsteiler im Hohlleiterbereich des Speisenetzwerkes benötigen Bauraum, der nur begrenzt zur Verfügung steht.

30 **[0007]** Die in WO2014005699 gezeigten Speisenetzwerke ermöglichen, im Sendefall ein Summensignal amplituden- und phasenrichtig auf die einzelnen Strahler zu verteilen bzw. umgekehrt im Empfangsfall die Signale der Einzelstrahler korrekt zu einem Summensignal zu addieren. Das Speisenetzwerk besteht aus Mikrostreifenleiter, welche die ersten Einzelstrahlergruppen (z.B. NxN oder NxM Elemente) zusammenfassen, sowie einem Hohlleiternetzwerk, um wiederum mehrere N*N- oder N*M-Gruppen zusammenzufassen.

35 **[0008]** Mikrostreifenleiter haben den Vorteil eines geringen Platzbedarfs und ermöglichen somit eine hohe Integrationsdichte. Der Nachteil besteht in höheren elektrischen Verlusten gegenüber Hohlleitern, welche jedoch ein deutlich größeres Volumen gegenüber Mikrostreifenleitern benötigen.

40 **[0009]** Um Gewicht und Rotationsvolumen einer Antenne bei gegebener Aperturfläche möglichst gering zu halten, wird nach Wegen gesucht, die Anzahl der Hohlleiterstrecken bzw. das Gesamtvolumen der Hohlleiter zu minimieren ohne Abstriche bei der elektrische Leistungsfähigkeit hinnehmen zu müssen.

BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

45 **[0010]** Es ist eine Aufgabe der Erfindung ein Speisenetzwerk mit einer Kopplung zwischen Hohlleiter und Mikrostreifenleitung anzugeben, das eine hohe Flexibilität der Leistungskopplung und geringe Bauhöhe ermöglicht.

[0011] Die Aufgabe wird durch ein Speisenetzwerk mit den Merkmalen von Anspruch 1 und einer Antenne mit den Merkmalen von Anspruch 23 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den weiteren Patentansprüchen aufgeführt.

50 **[0012]** Dazu enthält das Speisenetzwerk einen Hohlleiter mit Breitseiten und Schmalseiten, sowie zwei Mikrostreifenleiter, die je eine Leiterschleife enthalten. Die Leiterschleifen ragen jeweils aus einer der Schmalseiten in den Hohlleiter hinein und sind mit einer Breitseite des Hohlleiters elektrisch verbunden, d.h. sind mit dem Hohlleiter an der Breitseite kurzgeschlossen. An der Schmalseite weist der Hohlleiter eine kleine Öffnung auf, durch die der Mikrostreifenleiter geführt wird ohne selbst elektrisch mit dem Hohlleiter in Kontakt zu stehen.

55 **[0013]** Damit ergibt sich die Möglichkeit einer induktiven H-Feld Einkopplung, die eine geringe Empfindlichkeit gegenüber toleranzbedingten mechanischen Verschiebungen von Mikrostreifenleiter gegenüber dem Hohlleiter hat, die sich von den sonst üblichen kapazitiven E-Feld Einkopplungen unterscheidet. Durch die Benutzung von zwei Leiterschleifen kann man bei identischen elektrischen Verlusten gleichzeitig für zwei Signalfade auskoppeln und damit die Anzahl von

Leistungsteilern im Hohlleiter bis zur Hälfte verringern. Die Anzahl von Einkoppelstellen von Streifenleitung auf Hohlleiter kann mit der Erfindung minimiert werden. Somit verringert sich wiederum die Baugröße des Speisernetzwerkes. Diese Vereinfachung eines durch die Hohlleiter gebildeten Hohlleiter-Speisernetzwerk trägt somit stark zur Reduzierung von Gewicht und Volumen einer Antenne bei, in der das erfindungsgemäße Speisernetzwerk eingesetzt wird.

[0014] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ragen die Leiterschleifen aus sich gegenüberliegenden Schmalseiten in den Hohlleiter hinein. Damit können die Mikrostreifenleiter im Sinne eigener Speisernetzwerke und mit verlustarmen kurzen Wegen eine große Zahl von Antennenelemente ggf. über weitere Mikrostreifenleistungsteiler verbinden.

[0015] Durch die H-Feld Kopplung von Hohlleiter und zwei Mikrostreifenleitern entsteht vorteilhafterweise ein Leistungsteiler, der über den Hohlleiter einlaufenden Signale. So erhält man eine Art "hybriden" Leistungsteiler, welcher das Signal aus einem Hohlleiter-Tor auf 2 Mikrostreifenleiter-Tore verteilt.

[0016] Nach einer weiteren vorteilhaften Ausprägung der Erfindung weisen die Leiterschleifen eine gleiche Länge innerhalb des Hohlleiters auf. Damit haben die Signale auf beiden Mikrostreifenleitungen die gleiche Phasenlage und bei der Ansteuerung folgender Antennenelemente ist kein weiterer Phasenausgleich erforderlich.

[0017] Es ist weiterhin vorteilhaft die Leiterschleifen so anzuordnen, dass sie mittig aus den Schmalseiten in den Hohlleiter hineinragen. Damit kann ein Maximum an Leistung in die Mikrostreifenleiter eingekoppelt und die Anpassung am Übergang optimiert werden. Die Anordnung der Mikrostreifenleiter im Hohlleiter erfolgt vorteilhafterweise etwa $\lambda/4$ von einem Ende des kurzgeschlossenen Hohlleiters entfernt.

[0018] Zur Ausprägung asymmetrischer Leistungsteiler ist es vorteilhaft, dass die elektrischen Verbindungen der beiden Leiterschleifen mit der Breitseite des Hohlleiters von einem Mittelpunkt der Breitseite unterschiedlich beabstandet sind. Damit entstehen für beide Leiterschleifen unterschiedlich große durchflutete Schleifenflächen. Das Verhältnis der dadurch eingestellten durch das Magnetfeld durchfluteten Flächen beider Leiterschleifen bestimmt dabei das Teilverhältnis der Leistung. Breitbandig sind damit Teilverhältnisse von 50 : 50 bis 80 : 20 einstellbar, wodurch gewünschte Aperturbelegungen der Antenne einfach umsetzbar sind.

[0019] Weiterhin kann einer der Mikrostreifenleiter des Speisernetzwerks einen Phasenausgleichsbogen aufweisen, der die Länge dieses Mikrostreifenleiters an die Länge des anderen Mikrostreifenleiters anpasst und damit trotz Asymmetrie in der Leiterschleifenform eine gleiche Mikrostreifenleiterlänge und damit gleich Phasenlage der Signale beider Mikrostreifenleiter herbeiführt. Dies ist insbesondere dann von Vorteil, wenn der Phasenausgleichsbogen dem Mikrostreifenleiter zugeordnet wird, der in einem größeren Abstand zum Mittelpunkt der Breitseite mit dem Hohlleiter elektrisch verbunden ist als der andere Mikrostreifenleiter.

[0020] Erfolgt die elektrische Verbindung der Mikrostreifenleitungen an unterschiedlichen Breitseiten des Hohlleiters, dann wird ohne weitere Aufwendungen eine 180° Phasenverschiebung zwischen den Signalen beider Leiterschleifen eingestellt. Dies kann benutzt werden zur Kompensation von geometrisch gespiegelten Antennenelementen oder zum Ausgleich möglicher Phasenverschiebungen von nachfolgenden Hohlleiternetzwerken.

[0021] Zur Impedanzanpassung der Mikrostreifenleiter zum Hohlleiter sind die Leiterschleifen vorteilhafterweise nicht gerade geformt, sondern enthalten Breitensprünge und Versatzstücke. Durch Festlegen der Position und Größe von Breitensprüngen und Versatzstücken werden für den gewünschten Frequenzbereich die Reflexionen verringert.

[0022] Vorteilhafterweise werden im Speisernetzwerk für die Mikrostreifenleiter Suspended Strip Line (SSL) verwendet, um die Verluste gering zu halten. Die Mikrostreifenleiter bestehen aus einer Platine mit einem Dielektrikum, die eine Dicke aufweist von 0,1 bis 1 mm, bevorzugt 0,127 mm, und einem auf der Platine angeordneten Kupferband mit einer Dicke von 15 bis 50 μm , bevorzugt 17,5 μm . Die Breite des Kupferbandes ist dabei 0,2 bis 3 mm, bevorzugt 0,5 mm.

[0023] Der Hohlleiter bzw. das Hohlleiter-Netzwerk wird nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung zumindest abschnittsweise als Steghohlleiter ausgeführt. Der Steghohlleiter ermöglicht einen breitbandigeren Frequenzbereich als ein "normaler" Rechteckhohlleiter, besonders interessant für das Ka-Band. Weiterhin ermöglicht ein Steghohlleiter kompaktere Bauformen (Reduzierung der Breitseite) gegenüber einem "normalen" Rechteckhohlleiter bei gleicher Cutoff-Frequenz (interessant auch bei niedrigeren Frequenzen (X-Band und Ku-Band), bei denen die Hohlleiterdimensionen ansonsten größer wären).

[0024] Die elektrische Verbindung der Leiterschleifen mit der Breitseite des Hohlleiters erfolgt nach vorteilhaften Ausgestaltungen der Erfindung galvanisch - direkte Verbindung einer Leiterbahn der Mikrostreifenleitung und des Hohlleiterrands oder kapazitiv. Bei einer kapazitiven Verbindung enthält der Hohlleiter eine Öffnung, in die eine Platine mit den Leiterschleifen eingeschoben ist. Zur Ausbildung einer Kapazität sind die Leiterbahnen beider Seiten der Platine mittels Vias miteinander verbunden und vom Hohlleiter durch eine Isolierung getrennt. Die Dicke der Isolation und die Fläche der Leiterbahnen, die vom Hohlleiter isoliert sind, bestimmen dabei die Kapazität.

[0025] Für sehr kompakte Ausführung beträgt ein Abstand eines Endes des Hohlleiters zur Mikrostreifenleiter vorteilhafterweise nur $\lambda/8$ bis $\lambda/12$, also deutlich weniger als $\lambda/4$, für die ein Maximum der Feldstärke existieren würde. Es hat sich gezeigt, dass bei vertretbaren Verlusten die Baugröße des Speisernetzwerkes damit noch einmal reduziert werden kann.

[0026] Der Hohlleiter des Speisernetzwerks kann Restriktionen enthalten, wodurch ein Steghohlleiter gebildet wird.

Vorteilhafterweise berührt die elektrische Verbindung der Leiterschleifen mit der Breitseite des Hohlleiters keine Restriktion, sondern erfolgt in einem geradlinigen Abschnitt.

[0027] Eine weitere Ausprägung des Speisenetzwerks sieht eine asymmetrische Leistungsteilung vor, die dadurch erreicht wird, dass die Leiterschleifen eine unterschiedliche Fläche einrahmen. Für eine Impedanzanpassung ist vorteilhafterweise die Leiterschleife mit der größeren Leistungsauskopplung die Breite der Mikrostreifenleitung größer als bei der Leiterschleife mit der geringeren Leistungsauskopplung.

[0028] Erfindungsgemäß ergibt sich die Möglichkeit, das Speisenetzwerk im Rahmen einer Antenne umzusetzen, wobei die Antenne mehrere Hornstrahlern als Antennenelementen umfasst, die über Mikrostreifenleiter mit einem Hohlleiter, der Breitseiten und Schmalseiten aufweist, verbunden sind. Die Mikrostreifenleiter bestehen aus je einer Leiterschleife, die aus einer der Schmalseiten in den Hohlleiter hineinragt und mit einer Breitseite des Hohlleiters elektrisch verbunden ist. Hornstrahler sind sehr effiziente Einzelstrahler, die in Antennenfelder angeordnet werden. Zudem können Hornstrahler breitbandig ausgelegt werden.

[0029] Damit eignet sich die Antenne für einen bidirektionalen Betrieb in der fahrzeugbasierte Satellitenkommunikation in einem Frequenzband von 7,25-8,4 GHz (X-Band), 12-18 GHz (Ku-Band) und 27-40 GHz (Ka-Band).

[0030] Darüber hinaus sind weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung aus der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen ersichtlich. Die dort beschriebenen Merkmale können alleinstehend oder in Kombination mit einem oder mehreren der oben erwähnten Merkmale umgesetzt werden, insofern sich die Merkmale nicht widersprechen. Die folgende Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen erfolgt dabei unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0031]

- Figur 1 zeigt in 3D-Darstellung einen Hohlleiter mit zwei einkoppelnden Mikrostreifenleitern.
- Figur 2 zeigt den Hohlleiter aus Figur 1 mit Feldlinien eines H-Feldes.
- Figur 3 zeigt den Querschnitt eines Hohlleiters mit zwei symmetrischen, gleichphasigen Mikrostreifenleitern.
- Figur 4 zeigt den Querschnitt eines Hohlleiters mit zwei symmetrischen, gegenphasigen Mikrostreifenleitern.
- Figur 5 zeigt den Querschnitt eines Hohlleiters mit zwei asymmetrischen, gleichphasigen Mikrostreifenleitern.
- Figur 6 zeigt einen Querschnitt eines Steghohlleiters.
- Figur 7 zeigt eine Antenne mit mehreren Hornstrahlern und einem Speisenetzwerk.
- Figuren 8 bis 13 zeigen Speisenetzwerke mit unterschiedlichen Teilverhältnissen und die Verwendung von Steghohlleitern und kapazitiven Kurzschlüssen.

AUSFÜHRUNGSBEISPIEL

[0032] Figur 1 zeigt einen Hohlleiter HL, der luftgefüllt ist und die Maße 16 x 6 mm für das Ku-Band oder 7 x 2,5 mm für das Ka-Band aufweist. An der in Figur 1 dargestellten oberen Seite des Hohlleiters HL ist dieser abgeschlossen. Der Abschluss am Ende AB des Hohlleiters HL ist dabei etwa $\lambda/4$ von einer Einkopplung zweier Mikrostreifenleiter MS1, MS2 entfernt. Die Mikrostreifenleiter MS1, MS2 ragen dabei von einer Schmalseite b1, b2 in den Hohlleiter HL hinein. Die Mikrostreifenleiter MS1, MS2 bestehen aus einer Suspended Strip Line (SSL), die aus einer Platine besteht, auf der ein Kupferband, eine Kupferschicht, aufgebracht ist. Die Platine selbst besteht aus einem Dielektrikum mit einer Dicke von 0,1 bis 1 mm, bevorzugt 0,127 mm. Das darauf befindliche Kupferband hat eine Breite von 0,2 bis 3 mm, bevorzugt 0,5 mm, und eine Dicke von 15 bis 50 μm , bevorzugt 17,5 μm . Damit die Mikrostreifenleiter MS1, MS2 in den Hohlleiter HL hineinragen können, weisen die Schmalseiten b1, b2 in Höhe der Einkopplung einen schmalen Schlitz auf, der an die Form des Mikrostreifenleiters MS1 und MS2 angepasst ist. Der SSL ist von Metall umgeben, somit gibt es keine Leistungsverluste durch Abstrahlung aus der Struktur heraus und durch die Durchführung an den Schlitzten. Durch entsprechende Dimensionierung des Schlitzes bleibt auch die Störwirkung auf das Feld des Hohlleiters HL vernachlässigbar.

[0033] Auf einer Breitseite a1 des Hohlleiters HL sind beide Mikrostreifenleiter MS1, MS2 elektrisch mit dem Hohlleiter

HL verbunden. Diese Verbindung stellt jeweils einen Kurzschluss 1 des jeweiligen Mikrostreifenleiters MS1, MS2 mit dem Hohlleiter HL dar. Damit bildet sich auf beiden Seiten des Hohlleiters HL durch die jeweiligen Mikrostreifenleiter MS1, MS2 eine Leiterschleife 11, 12 heraus, um die sich ein H-Feld formt.

[0034] Die induktive H-Feld-Einkopplung ist in Figur 2 noch einmal dargestellt. Auf einer Schnittebene durch die Einkopplung erkennt man an den Stellen nahe der Kurzschlüsse 1 wie sich das H-Feld als TE-Mode aus dem Hohlleiter HL in die beiden Mikrostreifenleitungen MS1, MS2 als TEM-Mode einkoppelt.

[0035] Dieses Prinzip der doppelten H-Feld-Einkopplung durch zwei Mikrostreifenleiter MS1, MS2 führt zur Leistungsteilung vom Hohlleiter HL zu den Mikrostreifenleitern MS1, MS2. Im Gegensatz zu bekannten Einkopplungen und Auskopplungen findet hier bereits im Übergang von Hohlleiter zu Mikrostreifenleiter eine Leistungsteilung statt. Dies verringert den Bedarf an weiteren Leistungsteilern, die typischerweise im Hohlleiter-Speisenetzwerk angeordnet wären.

[0036] Das erfindungsgemäße Speisenetzwerk, bestehend aus den zwei Mikrostreifenleitern MS1, MS2 und dem Hohlleiter HL, wird nun anhand der Figuren 3 bis 5 weiter erläutert.

[0037] In Figur 3 ist gezeigt, dass die Leiterschleifen 11, 12 innerhalb des Hohlleiters HL zwei gleich große Schleifen bilden, die sich von den Schmalseiten b1 bzw. b2 zur Breitseite a1 erstrecken. Diese gleich großen Flächen der Leiterschleifen 11, 12 bedeuten eine symmetrische Leistungsteilung. Die Leiterschleifen 11, 12 beinhalten ferner Versatzstücke und Breiten sprünge, die der Anpassung des Mikrostreifenleiters MS1 bzw. MS2 an die Bedingungen des Hohlleiters HL begünstigen. Dabei ist ein Leiterschleifenstück, das jeweils an die Breitseite a1 anschließt, am schmalsten und ein Leiterschleifenstück, das den Übergang zum Mikrostreifenleiter MS1 bzw. MS2 außerhalb des Hohlleiters HL darstellt, am breitesten. Größe und Position der Breiten sprünge bzw. Versatzstücke werden entsprechend für das gewünschte Frequenzband optimiert.

[0038] Die Mikrostreifenleiter MS1, MS2 setzen sich nach dem Schlitz in der Schmalseite b1, b2 des Hohlleiters HL fort und bilden Mikrostreifenleiternetzwerke, mit denen, wie später gezeigt, Antennenelemente versorgt werden.

[0039] Figur 4 zeigt im Vergleich zu Figur 3 eine Variante, bei der eine Phasenverschiebung der Signale zwischen den Mikrostreifenleitern MS1, MS2 dadurch bewirkt wird, dass die elektrische Verbindung der Leiterschleifen 11, 12 auf sich gegenüberliegenden Breitseiten a1 bzw. a2 des Hohlleiters HL erfolgt. Die Positionierung der Leiterschleifen 11 und 12 ist hier wiederum symmetrisch, jedoch bezüglich Ober- und Unterseite des Hohlleiters HL spiegelbildlich. Dies bedeutet, dass wiederum eine symmetrische Leistungsleitung erreicht wird, jedoch die Signale auf dem einen Mikrostreifenleiter MS1 bezüglich des anderen Mikrostreifenleiters MS2 um 180° phasenverschoben sind.

[0040] Beim Speisenetzwerk nach Figur 5 ist eine Mitte M der Breitseiten des Hohlleiters eingezeichnet. Somit ist leichter zu erkennen, dass in Figur 5 ein asymmetrischer Leistungsteiler verwirklicht ist. Die Leiterschleife 11 auf der linken Seite des Hohlleiters hat dabei eine größere durchflutete Fläche als die Leiterschleife 12 auf der rechten Seite. Damit wird mehr Energie bei der einen Leiterschleife 11 ausgekoppelt als bei der anderen Leiterschleife 12. Die Längen der Leiterschleifen 11 und 12 innerhalb des Hohlleiters unterscheiden sich damit. Für einen Phasenausgleich enthält der Mikrostreifenleiter MS2 mit der geringeren Leistungsauskopplung einen zusätzlichen Phasenbogen P, der einen Längenausgleich des Mikrostreifenleiters MS2 und einen Angleich an die Länge des anderen Mikrostreifenleiters MS1 mit sich bringt.

[0041] Durch die Asymmetrien des Leistungsteilers, siehe Figur 4, können Teilverhältnisse von 50:50 bis zu 80:20 eingestellt werden. Dies erlaubt mannigfaltige Aperturbelegungen für die durch das Speisenetzwerk angesteuerte Antenne. Durch eine eingestellte Phasenverschiebung zwischen beiden Mikrostreifenleitern MS1, MS2, siehe Figur 4, können geometrisch gespiegelte Antennenelemente oder mögliche Phasenverschiebungen von nachfolgenden Hohlleiternetzwerken kompensiert werden.

[0042] In Figur 6 ist eine alternative Hohlleiterform, zum ansonsten rechteckigen Hohlleiter HL wie in Figur 1, gezeigt. Der Hohlleiter HL ist als Steghohlleiter mit jeweils einer Restriktion RI mittig in den Breitseiten a1, a2 versehen. Dadurch wird der Hohlleiter HL breitbandiger.

[0043] Weiterhin weist der Steghohlleiter HL einen Breitenabsatz SP, in denen sich die Dimensionen der Schmalseiten b1, b2 und Breitseiten a1, a2 sprungartig ändern, sowie eine Länge der Restriktion RI verändert wird. Dies wird benutzt, um die Reflexionen zu minimieren.

[0044] Diese Modifikationen der Hohlleitergeometrie werden entsprechend Figur 6 beim Übergang auf die Mikrostreifenleiter MS1, MS2 benutzt und wirken sich auf den Hohlleiterraum nahe der Kurzschlüsse 1 von Leiterschleifen 11, 12 der Mikrostreifenleiter MS1, MS2 mit dem Hohlleiter HL aus. Es ist jedoch alternativ oder zusätzlich möglich, diese Hohlleitergeometrie auch in einem Hohlleiter-Netzwerk an anderen Abschnitten des Speisenetzwerkes zu verwenden.

[0045] Das erfindungsgemäße Speisenetzwerk wird insbesondere in Antennen mit mehreren Hornstrahlern als Antennenelemente eingesetzt. Figur 7 zeigt dazu eine Antenne mit 16 Antennenelementen, wobei ein Speisenetzwerk allein 8 Antennenelemente A1 bis A8 zu speisen vermag. Ein Hohlleiter HL ist dazu zentral innerhalb von acht Antennenelementen A1 bis A8 angeordnet und an beiden Schmalseiten werden die Signale in zwei Mikrostreifenleiter MS1 bzw. MS2 ausgekoppelt. Diese Mikrostreifenleiter MS1, MS2 bilden wiederum Mikrostreifenleiternetzwerke, die jeweils 4 Antennenelemente A1 bis A4 bzw. A5 bis A8 mit dem Hohlleiter HL verbinden. Der Hohlleiter HL wiederum bildet den Abschluss eines Hohlleiternetzwerkes. Hierbei ist nur ein Hohlleiterleistungsteiler dargestellt. Das Hohlleiternetzwerk

ist seinerseits mit einer Sende- und Empfangseinrichtung Tx/Rx verbunden, die entsprechende Signale von der Antenne empfängt bzw. an die Antenne sendet.

[0046] Das hier dargestellte Speisenetzwerk ermöglicht die Speisung einer großen Anzahl von Antennenelementen mit einem Minimum an Leistungsteilern im Hohlleiternetzwerk. Damit sind leichte kompakte Antennen darstellbar, wie sie in der flugzeugbasierten Satellitenkommunikation im X-, Ku- oder Ka-Band benötigt werden.

[0047] Anhand der Figuren 8 bis 13 werden alternative Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Speisenetzwerke gezeigt, die bis auf die Ausführungsform nach Figur 13 Steighohlleiter mit Restriktionen RI umfassen.

[0048] Figur 8 zeigt dabei einen symmetrischen Leistungsteiler (Leistungsauskopplung 50% / 50%), bei dem die elektrische Verbindung der Leiterschleifen 11, 12 knapp rechts und links der Restriktion RI des Hohlleiters HL erfolgt. Beide Leiterschleifen 11, 12 umrahmen die gleiche Fläche und haben gleiche Breiten der Leiterbahnen.

[0049] Das Speisenetzwerk nach Figur 9 ist besonders für schmale Frequenzbänder, beispielsweise im X-Band, geeignet. Ein Abstand AB1 eines Endes des Hohlleiters HL zum Mikrostreifenleiter beträgt nur etwa $\lambda/10$, also deutlich weniger als $\lambda/4$ oder die Hälfte der Länge A1 der Breitseite a1. Damit wird die Baugröße des Speisenetzwerkes noch einmal reduziert.

[0050] Figuren 10 und 11 zeigen asymmetrische Teiler mit einem Teilverhältnis von 66,7%/33,3% bzw. 57%/43%, die dadurch eingestellt werden, dass die linke Leiterschleife 11 eine größere Fläche umschließt als die rechte Leiterschleife 12. Auch bei diesen Speisenetzwerken erfolgt die galvanische elektrische Verbindung zwischen Leiterschleife 11, 12 und Hohlleiter HL ohne dass die Restriktion RI berührt wird in einem geradlinigen Bereich des Hohlleiters HL. In Figur 9 ist dies verdeutlicht. Die Restriktion RI setzt vom Hohlleiterende AB aus gesehen erst kurz nach der Mikrostreifenleiter MS2 ein. Wie aus Figur 10 ersichtlich, ist die Breite D der linken Leiterschleife 11 mit der größeren Leistungsauskopplung größer als die Breite der rechten Leiterschleife 12. Damit ist die linke Leiterschleife 11 niederimpedanter als die rechte Leiterschleife 12 und gut angepasst.

[0051] Neben der für die Leistungsteilung einzustellenden Fläche - im Wesentlichen bestimmt durch die Länge der ersten Leitungs-Sektion vom Kurzschluss A und die Länge der zweiten Leitungs-Sektion in Richtung der schmalen Hohlleiter-Seite B, die die jeweilige Leitungsschleife 11, 12 einrahmt, sind für eine reflexionsarme Anpassung der Mikrostreifenleiter MS1, MS2 nach Figur 12 auch die übrigen Dimensionen C, D, E der Leiterschleifen 11, 12 zu beachten. Die Breite der ersten Leitungs-Sektion C, die Breite der zweiten Leitungs-Sektion D werden entsprechend der für eine reflexionsarme Anpassung notwendige Impedanz der Leiterschleife ausgewählt. Die Leiterschleife mit der größeren Leistungsauskopplung hat nach den Bezeichnungen in Figur 12 eine größere Breite C, D der Mikrostreifenleitung als die andere Leiterschleife mit der geringeren Leistungsauskopplung - siehe Figur 10.

[0052] Neben der bisher gezeigten galvanischen Verbindung von Leiterschleife 11, 12 mit dem Hohlleiter HL ist auch eine kapazitive Verbindung möglich. Bei einer kapazitiven Verbindung nach Figur 13 enthält der Hohlleiter HL eine Öffnung, in die eine Platine PL mit die Leiterschleifen bildenden Leiterbahnen L auf der Oberfläche eingeschoben ist. Zur Ausbildung einer Kapazität sind die Leiterbahnen L beider Seiten der Platine PL mittels Vias V miteinander verbunden. Im eingeschobenen Zustand sind Hohlleiter HL und Leiterbahnen L durch eine Isolierung I getrennt. Die Isolierung I wird durch eine elektrisch isolierende Beschichtung z.B. Lötstoplack gebildet. Die Leiterbahnen L sind aus Kupfer, der Hohlleiter HL ist aus Aluminium aufgebaut.

Bezugszeichenliste

40	Hohlleiter	HL
	Breitseite	a1, a2
	Schmalseite	b1, b2
	Mikrostreifenleiter	MS1, MS2
45	Leiterschleife	11, 12
	Mittelpunkt der Breitseite	M
	Phasenausgleichsbogen	P
	Antennenelemente	A1 .. A8
	Ende des Hohlleiters	AB
50	Sende- und Empfangseinrichtungen	Tx/Rx
	Kurzschluß	1
	Restriktion	RI
	Breitenabsatz	SP
55	Länge der ersten Leitungs-Sektion vom Kurzschluss	A
	Länge der zweiten Leitungs-Sektion in Richtung der schmalen Hohlleiter-Seite	B
	Breite der ersten Leitungs-Sektion	C
	Breite der zweiten Leitungs-Sektion	D

(fortgesetzt)

	Abstand zwischen den beiden Leiterschleifen	E
	Länge Breitseite	A1
5	Abstand Ende des Hohlleiters zu Mikrostreifenleiter	AB1
	Via	V
	Leiterbahn	L
	Isolierung	I
10	Platine	PL

Patentansprüche

- 15 1. Speisenetzwerk für Antennensysteme mit einem Hohlleiter (HL), der Breitseiten (a1, a2) und Schmalseiten (b1, b2) aufweist,
zwei Mikrostreifenleitern (MS1, MS2), bestehend aus je einer Leiterschleife (11, 12), die aus einer der Schmalseiten (b1, b2) in den Hohlleiter (HL) hineinragt und mit einer Breitseite (a1, a2) des Hohlleiters (HL) elektrisch verbunden ist.
- 20 2. Speisenetzwerk nach Anspruch 1, bei dem die Leiterschleifen (11, 12) aus sich gegenüberliegenden Schmalseiten (b1, b2) in den Hohlleiter (HL) hineinragen.
3. Speisenetzwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem eine Kopplung von Hohlleiter (HL) und Mikrostreifenleitern (MS1, MS2) als Leistungsteiler der über den Hohlleiter (HL) einlaufenden Signale dient.
- 25 4. Speisenetzwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Leiterschleifen (11, 12) eine gleiche Länge innerhalb des Hohlleiters (HL) aufweisen.
5. Speisenetzwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Leiterschleifen (11, 12) mittig aus den Schmalseiten (b1, b2) in den Hohlleiter (HL) hineinragen.
- 30 6. Speisenetzwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die elektrischen Verbindungen der beiden Leiterschleifen (11, 12) mit der Breitseite (a1, a2) des Hohlleiters (HL) von einem Mittelpunkt (M) der Breitseite (a1, a2) unterschiedlich beabstandet sind.
- 35 7. Speisenetzwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem zumindest ein Mikrostreifenleiter (MS2) einen Phasenausgleichsbogen (P) aufweist, der die Länge dieses Mikrostreifenleiters (MS2) an die Länge des anderen Mikrostreifenleiters (MS1) anpasst.
- 40 8. Speisenetzwerk nach dem vorherigen Anspruch, bei dem der Mikrostreifenleiter (MS2) mit Phasenausgleichsbogen (P) in einem größeren Abstand zum Mittelpunkt der Breitseite (a1, a2) mit dem Hohlleiter (HL) elektrisch verbunden ist als der andere Mikrostreifenleiter (MS1).
9. Speisenetzwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die elektrische Verbindung der Leiterschleifen (11, 12) an unterschiedlichen Breitseiten (a1, a2) des Hohlleiters (HL) erfolgt.
- 45 10. Speisenetzwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Leiterschleifen (11, 12) nicht ausschließlich gerade geformt, sondern Breitensprünge und Versatzstücke enthalten.
- 50 11. Speisenetzwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Mikrostreifenleiter (MS1, MS2) als SSL (suspended strip line) ausgeprägt sind.
- 55 12. Speisenetzwerk nach dem vorherigen Anspruch, bei dem die Mikrostreifenleiter (MS1, MS2) eine Platine aus einem Dielektrikum mit einer Dicke von 0,1 bis 1 mm, bevorzugt 0,127 mm, und einem auf der Platine angeordneten Kupferband mit einer Dicke von 15 bis 50 μm , bevorzugt 17,5 μm , und einer Breite von 0,2 bis 3 mm, bevorzugt 0,5 mm, umfasst.
13. Speisenetzwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Mikrostreifenleiter (MS1, MS2) den Hohlleiter

(HL) mit mehreren Antennenelementen (A1 .. A8) verbinden, wobei die Antennenelemente A1 .. A8) Hornstrahler sind und die Mikrostreifenleiter (MS1, MS2) etwa $\lambda/4$ von einem Ende (AB) des Hohlleiters (HL) angeordnet sind.

- 5 14. Speisenetzwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem der Hohlleiter (HL) Teil eines Hohlleiterspeisenetzwerkes ist, das mit Sende- und Empfangseinrichtungen (Tx/Rx) verbunden ist.
15. Speisenetzwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem der Hohlleiter (HL) zumindest abschnittsweise als Steghohlleiter ausgeführt ist.
- 10 16. Speisenetzwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die elektrische Verbindung der Leiterschleifen (11, 12) mit der Breitseite (a1, a2) des Hohlleiters (HL) galvanisch oder kapazitiv erfolgt.
- 15 17. Speisenetzwerk nach Anspruch 16, bei dem für eine kapazitive Verbindung der Hohlleiter (HL) eine Öffnung enthält, in die eine Platine (PL) mit den Leiterschleifen (11, 12) eingeschoben ist, wobei die Leiterschleifen (11, 12) bildende Leiterbahnen (L) auf beiden Seiten der Platine (P) mittels Vias (V) miteinander verbunden und vom Hohlleiter (HL) durch eine Isolierung (I) getrennt sind.
- 20 18. Speisenetzwerk nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei dem ein Abstand (AB1) eines Endes (AB) des Hohlleiters (HL) zur Mikrostreifenleiter (MS1, MS2) $\lambda/8$ bis $\lambda/12$ beträgt.
- 25 19. Speisenetzwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die elektrische Verbindung der Leiterschleifen (11, 12) mit der Breitseite (a1, a2) des Hohlleiters (HL) an einem geradlinigen Abschnitt des Hohlleiters (HL) erfolgt und keine Restriktion (RI) berührt.
- 30 20. Speisenetzwerk nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Leiterschleifen (11, 12) eine unterschiedliche Fläche einrahmen und einen asymmetrischen Leistungsteiler einstellen.
- 35 21. Speisenetzwerk nach Anspruch 20, bei dem die Leiterschleife (11) mit der größeren Leistungsauskopplung die Breite (D) der Mikrostreifenleitung (MS1) größer als bei der anderen Leiterschleife (12) ist.
- 40 22. Antenne mit mehreren Hornstrahlern als Antennenelementen (A1 .. A8), die über Mikrostreifenleiter (MS1, MS2) mit einem Hohlleiter (HL), der Breitseiten (a1, a2) und Schmalseiten (b1, b2) aufweist, verbunden sind, die Mikrostreifenleiter (MS1, MS2), bestehend aus je einer Leiterschleife (11, 12), die aus einer der Schmalseiten (b1, b2) in den Hohlleiter (HL) hineinragt und mit einer Breitseite (a1, a2) des Hohlleiters (HL) elektrisch verbunden ist.
- 45 23. Antenne nach dem vorherigen Anspruch, die bidirektional für fahrzeugsbasierte Satellitenkommunikation in einem X-, Ka- oder Ku-Frequenzband betrieben wird.

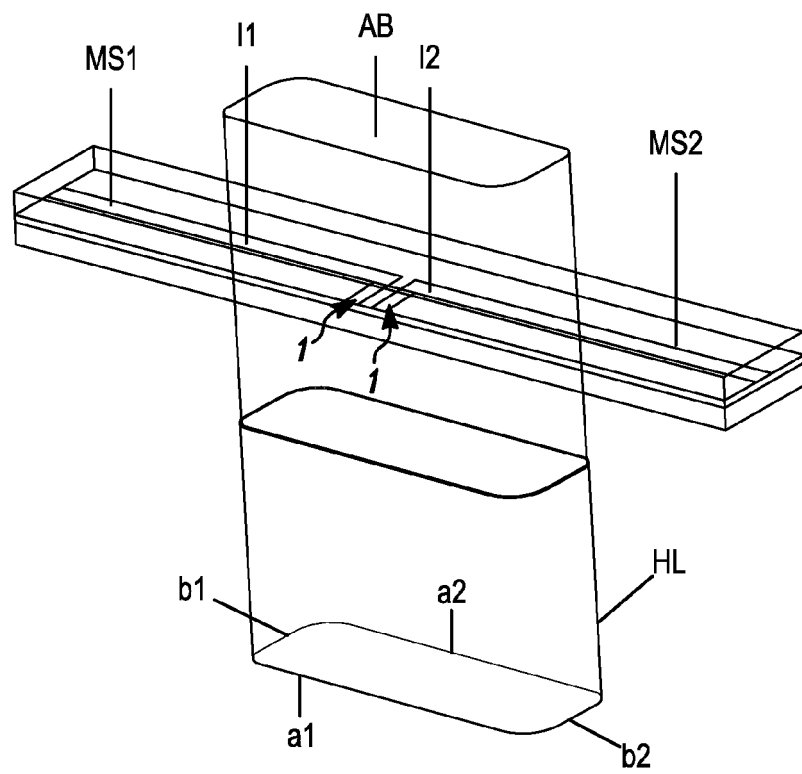


FIG. 1

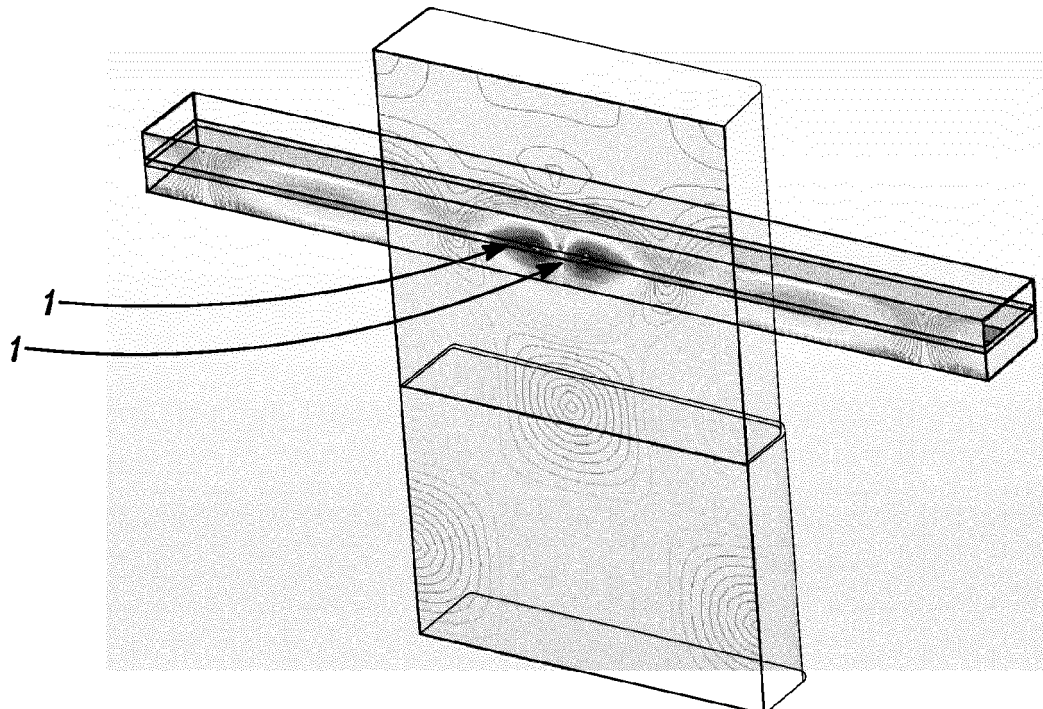


FIG. 2

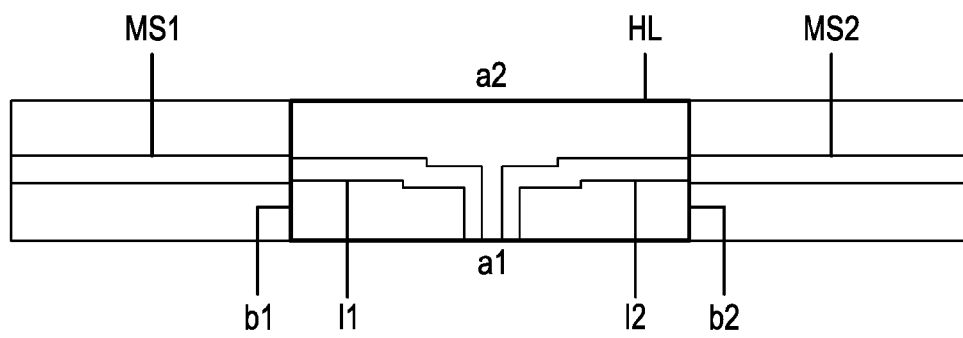


FIG. 3

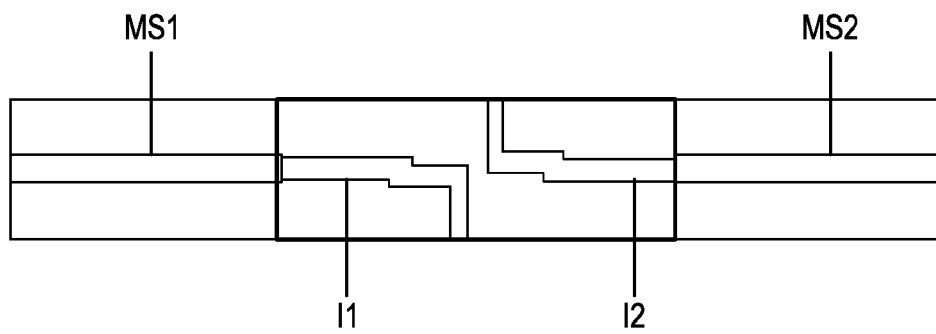


FIG. 4

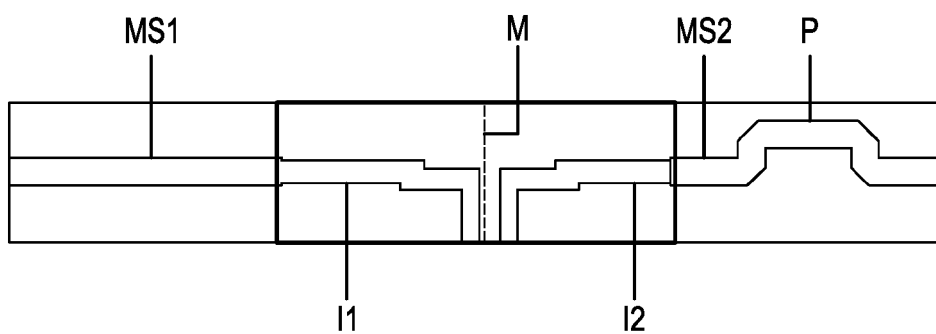


FIG. 5

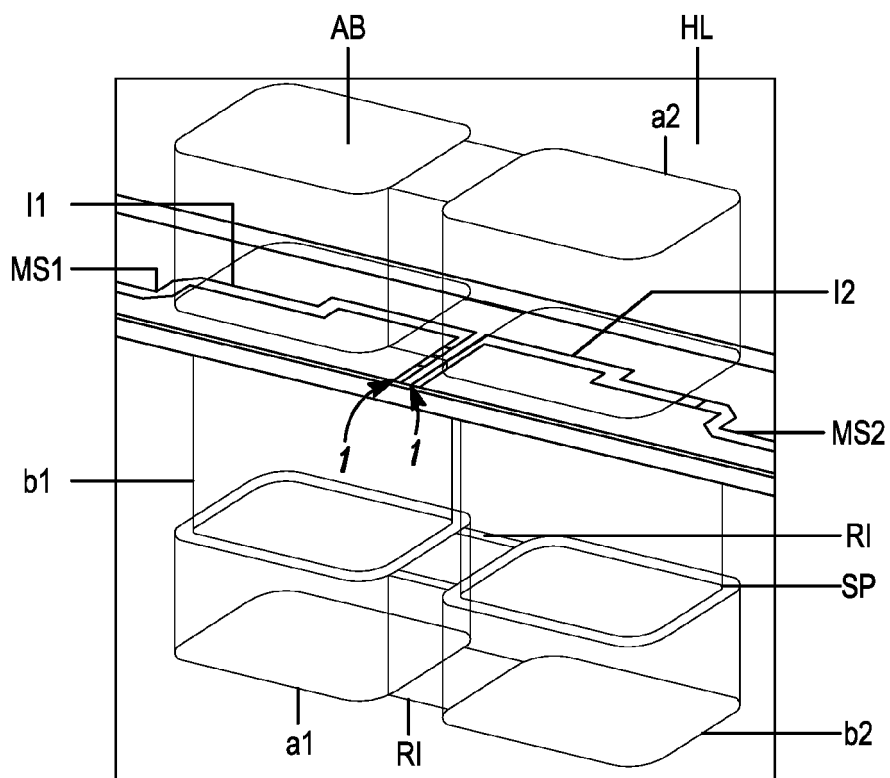


FIG. 6

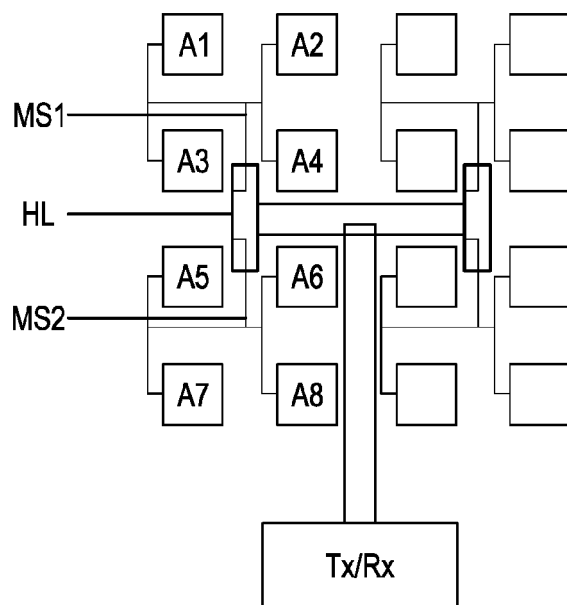


FIG. 7

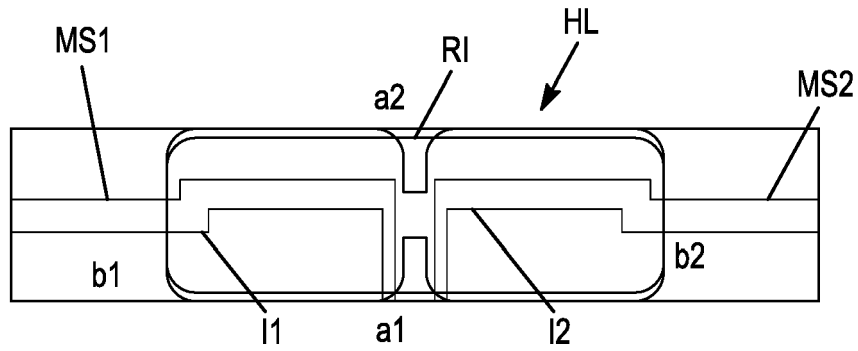


FIG. 8

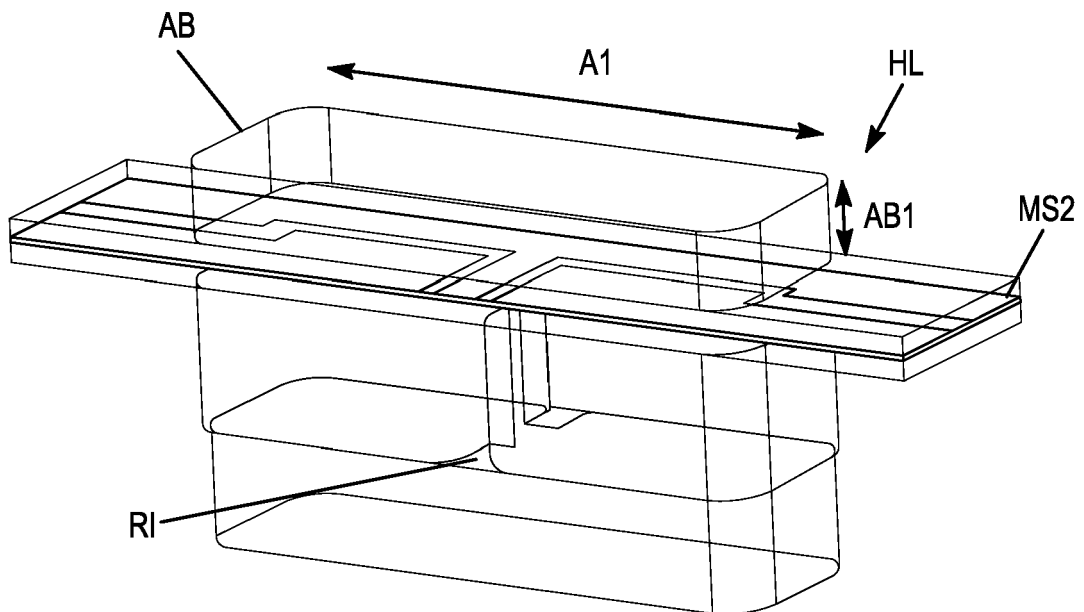


FIG. 9

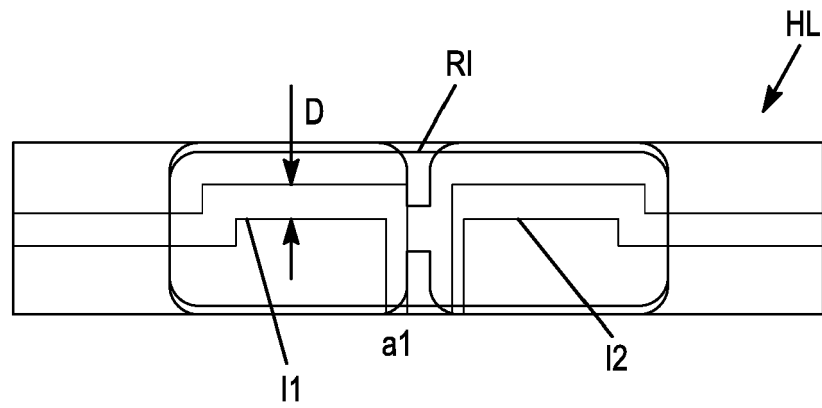


FIG. 10

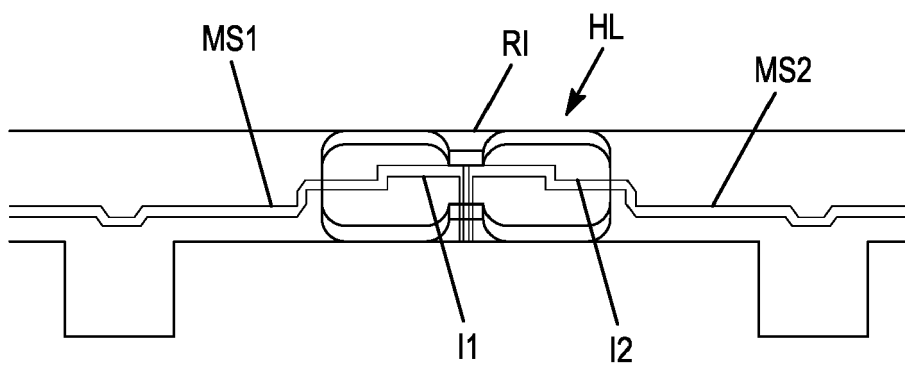


FIG. 11

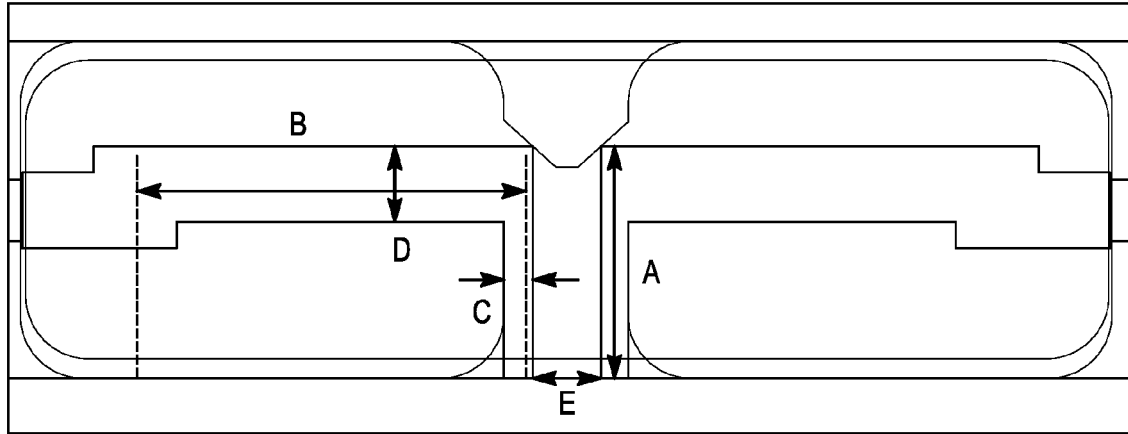


FIG. 12

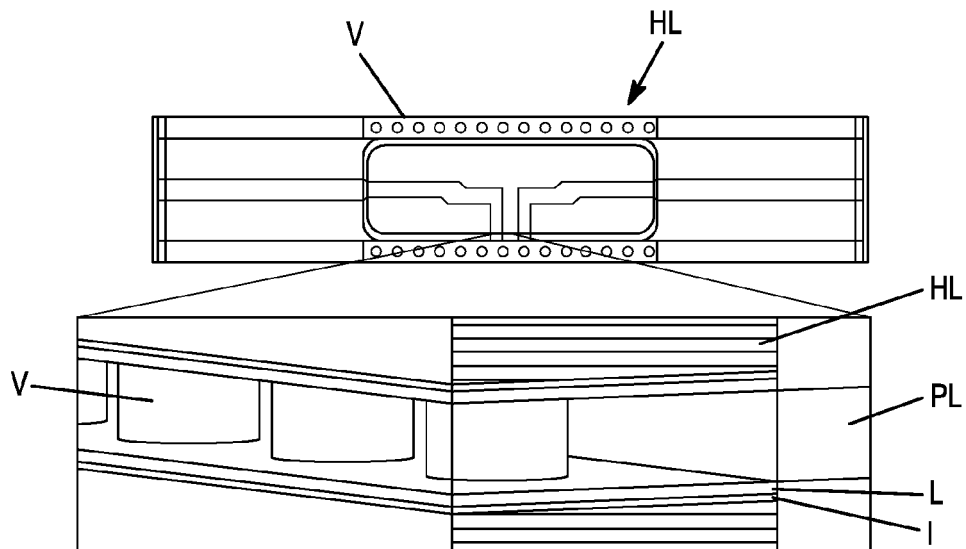


FIG. 13



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 15 16 9109

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	JP 2010 028345 A (NIPPON PILLAR PACKING) 4. Februar 2010 (2010-02-04)	1-4,7, 10-16, 18,19, 22,23	INV. H01P5/107 H01P5/19
A	* Absätze [0002], [0024] - Absatz [0034]; Abbildungen 1-4,9,10 * * Absatz [0044] - Absatz [0046] *	5,6,8,9, 17,20,21	
Y	BUOLI C ET AL: "Microstrip to Waveguide 3dB Power Splitter/Combiner on FR4 PCB up to 50 GHz", 2005 EUROPEAN MICROWAVE CONFERENCE CNIT LA DEFENSE, PARIS, FRANCE OCT. 4-6, 2005, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, Bd. 1, 4. Oktober 2005 (2005-10-04), Seiten 45-48, XP010903310, DOI: 10.1109/EUMC.2005.1608789 ISBN: 978-2-9600551-2-2	1-5,7, 12-16, 18,19, 22,23	
A	* Secions I,II,IV; Abbildungen 1,2,6 *	6,8-11, 17,20,21	
Y	US 3 286 202 A (DAVEAU BERNARD J) 15. November 1966 (1966-11-15)	1-6,9, 12-14, 16,19, 20,22,23	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) H01P H01Q
A	* Spalte 1, Zeile 61 - Spalte 2, Zeile 59; Abbildungen 1,2,7 * * Spalte 3, Zeile 69 - Spalte 4, Zeile 1 *	7,10,11, 15,17, 18,21	
----- -/--			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 11. Januar 2016	Prüfer Sípal, Vít
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 15 16 9109

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	VASSILEV V ET AL: "A NEW 3-DB POWER DIVIDER FOR MILLIMETER-WAVELENGTHS", IEEE MICROWAVE AND WIRELESS COMPONENTS LETTERS, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US, Bd. 11, Nr. 1, 1. Januar 2001 (2001-01-01), Seiten 30-32, XP001017680, ISSN: 1531-1309, DOI: 10.1109/7260.905959	1-5, 11-14, 16,19, 22,23	
A	* Section II.; Abbildung 1 *	6-10,15, 17,18, 20,21	
Y	US 6 201 453 B1 (CHAN STEVEN S [US] ET AL) 13. März 2001 (2001-03-13)	1-7,9, 11-16, 18-20, 22,23	
A	* Spalte 1, Zeile 15 - Zeile 48; Abbildungen 3-5 * * Spalte 2, Zeile 24 - Zeile 35 * * Spalte 3, Zeile 1 - Zeile 56 * -----	8,10,17, 21	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 11. Januar 2016	Prüfer Sípal, Vít
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 15 16 9109

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

11-01-2016

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	JP 2010028345 A	04-02-2010	JP 4712841 B2 JP 2010028345 A	29-06-2011 04-02-2010
15	US 3286202 A	15-11-1966	BE 654682 A DE 1288658 B FR 1380714 A GB 1072990 A NL 6412398 A NO 117869 B SE 307169 B US 3286202 A	15-02-1965 06-02-1969 04-12-1964 21-06-1967 26-04-1965 06-10-1969 23-12-1968 15-11-1966
20	US 6201453 B1	13-03-2001	KEINE	
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2014005693 A [0005]
- WO 2014005699 A [0005] [0006] [0007]