

(19)



(11)

EP 2 381 531 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
26.10.2011 Patentblatt 2011/43

(21) Anmeldenummer: **11161985.4**

(22) Anmeldetag: **12.04.2011**

(51) Int Cl.:
H01Q 3/36 (2006.01) **H01Q 13/08** (2006.01)
H01Q 21/00 (2006.01) **H01Q 21/06** (2006.01)
H01Q 21/24 (2006.01) **H01P 3/02** (2006.01)

(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

(30) Priorität: **14.04.2010 DE 102010014916**

(71) Anmelder: **Aeromaritime Systembau GmbH**
85375 Neufahrn (DE)

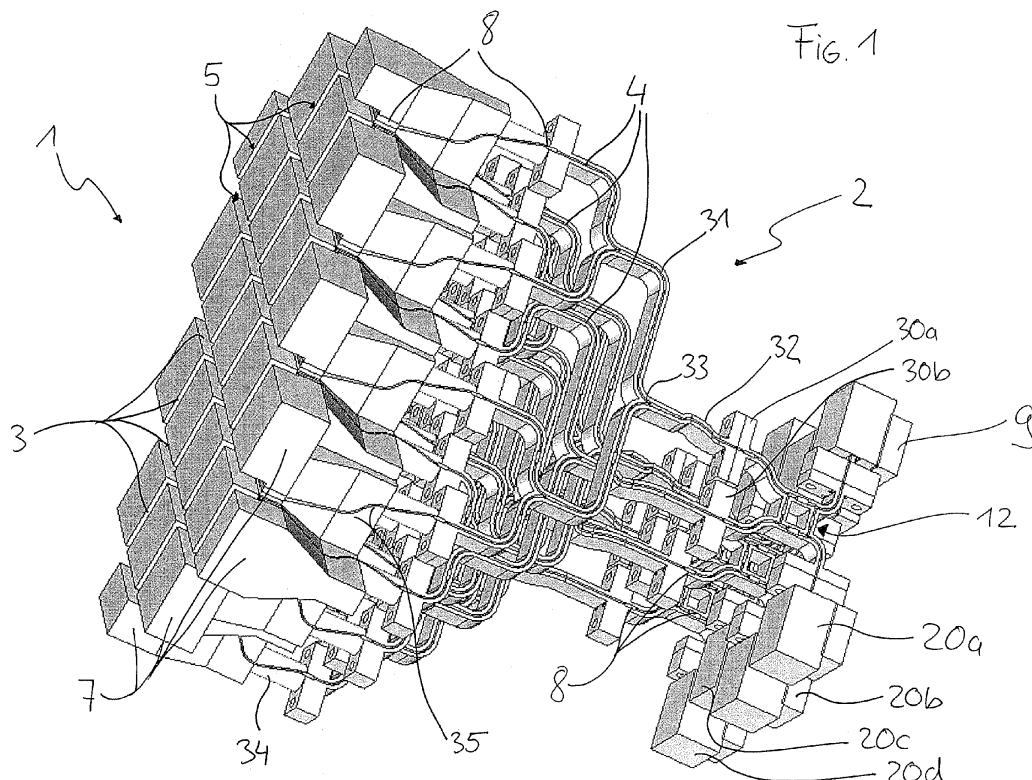
(72) Erfinder:
• **Strauß, Dr., Georg**
81243 München (DE)
• **Breitsameter, Klaus**
85241 Herbertshausen (DE)

(74) Vertreter: **Alber, Norbert**
Hansmann & Vogeser
Patent- und Rechtsanwälte
Albert-Roßhaupter-Straße 65
81369 München (DE)

(54) **Phasengesteuerte Gruppenantenne**

(57) Die Erfindung betrifft eine Gruppenantenne (1) mit wenigstens zwei Einzelstrahlerelementen (3). Erfindungsgemäß werden die Einzelstrahlerelemente durch leer laufende Bandleitungen (4), Parallelplattenleitungen, gebildet, die durch ein spezielles Speisernetzwerk (2) gespeist werden, das ebenfalls in Bandleitungstechnik aufgebaut ist. Vorzugsweise erfolgt eine Ansteuerung

der Gruppenantenne über kohärente Gruppen (10a-d) aus in Reihen angeordneten Einzelstrahlerelementen. Hierbei können die abstrahlenden offenen Enden (5) von jeweils zwei der in einer Reihe angeordneten benachbarten Einzelstrahlerelemente zueinander senkrecht stehen, um bei entsprechender Speisung ein zirkulares Antennenelement (11) zu bilden.



EP 2 381 531 A1

Beschreibung

I. Anwendungsgebiet

- 5 **[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Gruppenantenne, insbesondere eine phasengesteuerte, elektrisch schwenkbare Gruppenantenne.

II. Technischer Hintergrund

- 10 **[0002]** Für den Austausch von Information durch elektromagnetische Signale im freien Raum sind Antennen mit großem Antennengewinn und gleichzeitig kleinem Eigenrauschen insbesondere dann von großer Bedeutung, falls die zu empfangenen Signale schwach sind bzw. der Abstand zwischen Sender und Empfänger wie z.B. bei der Kommunikation unter Beteiligung von Satelliten groß ist.
- 15 **[0003]** Sind Sender oder Empfänger mobil, das heißt es kann sich sowohl die Position als auch die Orientierung des Senders oder Empfängers verändern, muss die Hauptstrahlrichtung der Antenne so eingestellt werden können, dass diese in Richtung des Empfängers oder Senders zeigt. Dies erfordert folglich die Möglichkeit, die Antenne um mindestens zwei Achsen verschwenken zu können. Dies kann entweder durch eine mechanische Ausrichtung der Antenne oder durch eine grundsätzliche Änderung der Strahlcharakteristik der Antenne erzielt werden.
- 20 **[0004]** In diesem Zusammenhang existieren im Stand der Technik verschiedene SatCom Anlagen für mobile Plattformen, bei denen eine parabolische Hochgewinnantenne oder eine Hornantenne mechanisch um zwei Achsen geschwenkt wird (siehe z.B. Zaghoul, A.I., Gupta, R.K.; Kohls, E.C.; Sun, L.Q.; Allnutt, R.M.; Low cost flat antennas for commercial and military SATCOM terminals, Military Communications Conference, 2001. MILCOM 2001. Communications for Network-Centric Operations: Creating the Information Force. IEEE Volume 2, 28-31 Oct. 2001 Page(s):795 - 799 vol.2)
- 25 **[0005]** Sowohl der Antennengewinn als auch die Strahlungseffizienz parabolischer Reflektorantennen sind typischerweise außerordentlich hoch. Bedingt durch die große Richtwirkung ist die Keulenbreite klein, die Antenne muss deswegen typischerweise auf 1° genau sowohl in azimuthaler Richtung als auch in Richtung der Elevation Richtung positioniert werden. Bewegt sich die Plattform, muss eine exakte Ausrichtung der Antenne schnell erfolgen, damit eine ausreichende Datenrate garantiert werden kann. Dies erfordert einen sehr hohen mechanischen und regelungstechnischen Aufwand.
- 30 **[0006]** Neben mechanisch auszurichtenden Antennen sind aus dem Stand der Technik weiterhin unterschiedlicher Ansätze bekannt, Gruppenantennen, die folglich aus mehreren diskreten und im wesentlichen regelmäßig angeordneten Strahlern bestehen, elektronisch zu schwenken (siehe z.B. Parker, D.; Zimmermann, D.C.: Phased arrays - part 1: theory and architectures, Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on Volume 50, Issue 3 March 2002 Page(s): 678 - 687 oder Mailloux, R. J., Phased Array Antenna Handbook, Artech House; Auflage: 2nd (April 2005)).
- 35 **[0007]** Derartige Gruppenantennen werden üblicherweise sowohl in planarer Schaltungstechnik als auch in Hohlleiter-ertechnik aufgebaut (siehe z.B. Volakis, J. L. Antenne Engineering Handbook, Mac Graw Hill, 4th (2007) oder Cicolani, M.; Farina, A.; Giaccari, E.; Madia, F.; Ronconi, R.; Sabatini, S.; Some phased array systems and technologies in AMS, Phased Array Systems and Technology, 2003. IEEE International Symposium on 14-17 Oct. 2003 Page(s):23 - 30).
- 40 **[0008]** Insbesondere erfordern planare Konzepte einen verhältnismäßig geringen technologischen Aufwand und haben sich daher in vielen Anwendungsbereichen durchgesetzt. Nachteile sind allerdings eine verhältnismäßig geringe Strahlungseffizienz von typischerweise maximal 60 %. Handelt es sich bei den einzelnen Strahlerkonzepten um so genannte Patch-Antennen, ist deren Einsetzbarkeit auf eine geringe Bandbreite von typischerweise 10% begrenzt. Ein zusätzlicher Nachteil ist der relativ kleine elektrische Schwenkwinkel von maximal $\pm 30^\circ$. Grund hierfür ist die verhältnismäßig starke Abweichung der Strahlcharakteristik einer einzelnen Patch-Antenne von einem isotropen (Kugel-)Strahler.
- 45 **[0009]** Ein anderer Zugang besteht in der Verwendung von Vivaldi-Antennen als Einzelstrahler (siehe z.B. Holter, H.; Chio, T.; Schaubert, D.: Experimental Results of 144-Element Dual-Polarized Endfire Tapered-Slot Phased Arrays, IEEE Transact. On Antennas and Propag., vol. 48, NO. 11, November 2000). Auch hier ist jedoch die Strahlungseffizienz typischerweise auf maximal 60 % beschränkt.
- 50 **[0010]** Soll ein entsprechendes Antennensystem weiterhin gleichzeitig zum Empfangen und Senden genutzt werden (sog. vollständiger Duplexbetrieb, engl. full duplex operation), so ist eine extrem hohe Trennschärfe zur Unterscheidung der gesendeten und empfangenen Signale zwingend notwendig, da die Leistung des empfangenen Signals ca. um einen Faktor von 10^{15} kleiner ist, als die des gesendeten Signals. Zur Trennung der Signale können vorzugsweise Filter eingesetzt werden, die Sende- und Empfangssignal voneinander isolieren und die Signalqualität möglichst wenig beeinträchtigen. Jedoch bereitet bei den vorstehend genannten Ansätzen der Verwendung planarer Strahler oder Vivaldi-Antennen die Integration hochgütiger Filter wie z. B. Hohlleiterfilter große Schwierigkeiten.
- 55 **[0011]** Ein alternatives Konzept zur Konstruktion phasengesteuerter Gruppenantennen beruht auf der Verwendung von Hornantennen (offene bzw. leerlaufende Hohlleiter) als Einzelstrahler. Solche Gruppen eignen sich im Wesentlichen

ideal für die Integration hochgütiger Hohlleiterfilter zum Ermöglichen eines vollständigen Duplexbetriebs. Allerdings darf der Abstand zwischen den einzelnen Strahlerelementen bei gegebenem maximalem Schwenkwinkel einen bestimmten Maximalwert nicht überschreiten, um unerwünschte zusätzliche Beugungsmaxima (engl.: Grating Lobes) zu unterdrücken, während gleichzeitig ein einzelnes Antennenelement größer als $\lambda_{\text{low}} / 2$ sein muss, damit ausbreitungsfähige elektromagnetische Wellen geführt werden können. Daher ist es nicht möglich, aus Hornantennen eine Antennengruppe zusammenzusetzen, die eine Verwendung in dem geforderten großen Schwenkwinkelbereich ermöglichen würde.

[0012] Zusammengefasst zeigen herkömmliche elektronisch schwenkbare Gruppenantennen entweder eine ausreichend gute Strahlungseffizienz und Richtwirkung nur in einem kleinen Schwenkwinkelbereich von typischerweise $\pm 10^\circ$ oder eine erhebliche Verringerung der Richtwirkung bei größerem Schwenkwinkel (ca. Halbierung der Richtwirkung bei einem Schwenkwinkel von $\pm 45^\circ$) bei gleichzeitig wesentlich ungünstigerer Strahlungseffizienz von lediglich 60 %. Auch ist ein vollständiger Duplexbetrieb aufgrund der notwendigen Signaltrennung ohne zusätzliche unerwünschte Verluste kaum möglich.

[0013] Somit können die aus dem Stand der Technik bekannten Systeme nicht gleichzeitig die hohen Anforderungen an den Schwenkwinkel, die Verluste, die einsetzbare (Frequenz) Bandbreite erfüllen und hierbei Full-Duplex-Funktionalität sowie die Verarbeitung links- und rechtszirkular polarisierte Signale bei akzeptabler Kreuzpolarisationsentkopplung zu bieten.

III. Darstellung der Erfindung

a) Technische Aufgabe

[0014] Es ist daher die Aufgabe gemäß der Erfindung, ein full-duplex-fähiges Antennensystem zu schaffen, das die vorstehend genannten Unzulänglichkeiten der aus dem Stand der Technik bekannten Lösungen beseitigt.

b) Lösung der Aufgabe

[0015] Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale der Ansprüche 1 und 2 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0016] Auch wenn im Folgenden im Wesentlichen über die Verwendung des erfindungsgemäßen Antennensystems zum Senden gesprochen wird bzw. spezielle Sendeeigenschaften der erfindungsgemäßen Antenne erwähnt werden, ist offensichtlich, dass die erfindungsgemäße Antenne zum Empfang entsprechend geeignet ist und entsprechende Empfangseigenschaften hat, da die verwendeten Strukturen reziproke elektromagnetische Eigenschaften aufweisen.

[0017] Erfindungsgemäß wird demzufolge eine Gruppenantenne vorgeschlagen, die zumindest zwei Einzelstrahlerelemente umfasst, die jeweils von einer leer laufenden Bandleitung (Parallelplattenleitungen) gebildet werden.

[0018] Die Verwendung leer laufender Bandleitungen als Einzelstrahlerelemente ermöglicht eine reflexionsarme Speisung über eine große Bandbreite, da die Einzelstrahlerelemente nicht in Resonanz betrieben werden, wie es z. B. bei Patchantennen der Fall ist. Auch sind die Verluste der Einzelstrahlerelemente sehr klein. Weiterhin können die Abstände zwischen den Einzelstrahlerelementen kleiner als die halbe Freiraumwellenlänge gewählt werden, wodurch sich sehr große Schwenkwinkel erzielen lassen, ohne dass infolge der Gruppenanordnung zusätzliche Beugungsmaxima s. o. (Keulen) entstehen (grating lobes). Dies ist z. B. bei einer Gruppenantenne, bei der als Einzelstrahlerelemente Hornantennen bzw. leer laufende Hohlleiterantennen verwendet werden, nicht möglich. Auch können die Einzelstrahlerelemente in Form von leer laufenden Bandleitungen derart gestaltet werden, dass sie eine große 3dB Keulenbreite (sog. half power beam width) aufweisen, wodurch der Antennengewinn nahezu unabhängig vom Schwenkwinkel wird. Schließlich weisen erfindungsgemäß verwendete Einzelstrahlerelemente in Form von leer laufenden Bandleitungen eine verhältnismäßig geringe elektromagnetische Verkopplung auf.

[0019] Da weiterhin Verlust- und Reflexionsarme Wellenleitungsübergänge von einer Parallelplattenleitung auf einen Rechteckhohlleiter, Steghohlleiter oder eine Koaxialleitung möglich sind, können viele bekannte Möglichkeiten der Einspeisung von planaren Wellenleitungstypen wie Koplanarleitung, Mikrostreifenleitung o.ä. genutzt werden.

[0020] Zur Realisierung der erfindungsgemäßen Bandleitungen können vorzugsweise zwei alternative Bandleitungsstrukturen zum Einsatz kommen. Vorzugsweise wird in der erfindungsgemäßen Gruppenantenne die rein transversale elektromagnetischen Wellentyps TE₀₀ (rein transversal-elektromagnetischer Wellentyp) angeregt und genutzt, wobei die Bandleitungen in Ausbreitungsrichtung der Welle im Wesentlichen translationsinvariant sein sollten.

[0021] In der ersten Variante können die Bandleitungen aus zwei im Wesentlichen parallel zueinander und beabstandet voneinander angeordneten Bändern aus einem Isolatormaterial bestehen, deren gegenüberliegende Innenflächen mit einem Material mit einer hohen elektrischen Leitfähigkeit beschichtet sind, wobei zwischen den Bändern ein Zwischenisolatormaterial angeordnet ist. Bei dieser Bandleitungsstruktur sollte das Zwischenisolatormaterial einen möglichst kleinen dielektrischen Verlustwinkel und eine homogene und isotrope elektrische Permittivität aufweisen. Beispiel für als Zwischenisolatormaterial verwendbare Materialien sind Luft oder Rohacell.

[0022] Das Isolatormaterial der Bänder sollte möglichst gute isolierende Eigenschaften besitzen, wobei z.B. Kunststoffe allgemein oder Kunststoffschäume wie PVC, Polystyrol oder ähnliches eingesetzt werden können.

[0023] Das Material, mit dem die gegenüberliegenden Innenflächen der Bänder beschichtet wird, sollte eine möglichst große elektrische Leitfähigkeit bei möglichst kleiner Oberflächenrauheit besitzen. Hierbei kann es sich beispielsweise um eine metallische Beschichtung aus Silber, Kupfer, Aluminium oder ähnliches handeln.

[0024] Die Stärke der Beschichtung ist vorzugsweise mindestens gleich der Skin-Eindringtiefe der niedersten auftretenden Frequenz.

[0025] Beispielsweise kann hier auch eine Beschichtung in Form eines selbstklebenden Metallbands gewählt werden, das auf die gegenüberliegenden Innenseiten der Bänder aufgebracht wird.

[0026] Eine Alternative zu der vorstehend beschriebenen Struktur der Bandleitung bildet eine Struktur aus zwei parallel im Wesentlichen parallel zueinander und beabstandet voneinander angeordneten Bändern aus einem Material mit hohen elektrischen Leitfähigkeit, zwischen denen wiederum ein Zwischenisolatormaterial angeordnet ist.

[0027] Auch bei dieser Struktur kommt als Zwischenisolatormaterial bevorzugt ein Material mit möglichst kleinem dielektrischen Verlustwinkel sowie homogener und isotroper elektrischer Permittivität zum Einsatz, wie z.B. Luft oder Rohacell. Als Material der Bänder bieten sich erneut Metalle wie Kupfer, Aluminium, Messing o. ä. an, wobei die beiden Bänder nicht zwangsweise aus dem selben Material bestehen müssen.

[0028] In beiden Alternativen können zwischen den Bändern abschnittsweise weitere isolierende Elemente aus einem isolierenden Abstandshaltermaterial angeordnet sein, um den gewünschten Abstand zwischen den einzelnen leitenden Strukturen zu erzielen. Vorzugsweise weist das verwendete Abstandshaltermaterial geeignete elektrische Eigenschaften (kleiner elektrischer Verlustwinkel) und mechanische Eigenschaften (kleiner Längenausdehnungskoeffizient, hoher E-Modul) auf. Ein Beispiel eines Abstandshaltermaterials bildet Polystyrol.

[0029] Weiterhin ist festzuhalten, dass der Begriff "Band" im Zusammenhang mit einer Bandleitung im Sinne der vorliegenden Erfindung breit auszulegen ist. Während man im üblichen Sprachgebrauch unter einem Band vermutlich ein Objekt versteht, dessen Breite und insbesondere Länge deutlich größer sind, als seine Dicke, können beispielsweise die in der vorliegenden Erfindung verwendeten Bandleitungen zumindest abschnittsweise auch durch voneinander beabstandete massive Quader gebildet werden, deren Abmessung senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Welle, d.h. deren "Dicke" im Wesentlichen der Breite entspricht.

[0030] Auch können "Bänder" gleichzeitig Bestandteil zweier oder mehrerer Bandleitungen sein. So können z.B. die vier Seitenflächen eines Quaders als Bandabschnitte von vier verschiedenen Bandleitungen verwendet werden, sofern gegenüber jeder dieser Flächen beabstandet ein weiteres "Band" angeordnet ist.

[0031] Grundsätzlich ist folglich unter einer Bandleitung im weitesten Sinne eine Struktur aus zwei im Wesentlichen ebenen, parallel zueinander angeordneten und voneinander beabstandeten leitfähigen Flächen (Bänder) zu verstehen, zwischen denen sich elektromagnetische Wellen in einer bevorzugten Ausbreitungsrichtung ausbreiten können.

[0032] Um Reflexionen der sich zwischen den Bändern ausbreitenden Wellen an dem Abstandshaltermaterial zu vermeiden, bieten sich verschiedene Verfahren zur Anpassung des Wellenwiderstands, beispielsweise durch Variation geometrischer Abmessungen der beteiligten Materialien an, die dem Fachmann hinlänglich bekannt sind, so dass auf eine detaillierte Beschreibung hier verzichtet wird.

[0033] Sowohl die Strahlcharakteristik als auch der Eingangsreflexionsfaktor einer leer laufenden Bandleitung wird grundsätzlich durch die Geometrie der Bandleitung, d.h. Abstand der Bänder, Breite der Bänder sowie Dicke der Bänder bestimmt.

[0034] Soll der erreichbare Schwenkwinkel der Antennengruppe möglichst groß sein, ist eine möglichst richtungsunabhängige Richtwirkung eines Einzelstrahlerelements (mit anderen Worten: eine möglichst isotrope Strahlcharakteristik) günstig.

[0035] Grundsätzlich hat es sich bezüglich der Abmessungen der erfindungsgemäß verwendeten Bandleitung als vorteilhaft erwiesen, im Querschnitt gesehen das Verhältnis des Abstands der beiden Bänder zur Breite der Bänder als kleiner als 0,2 insbesondere kleiner als 0,1 zu wählen.

[0036] Um Reflexionen von EM-Wellen zwischen dem freilaufenden Ende der erfindungsgemäß verwendeten Bandleitungen und dem freien Raum bzw. um Reflexionen zwischen Bandleitungen unterschiedlicher Querschnittsgeometrie bzw. Wellenwiderständen zu minimieren, können beispielsweise folgende Anpassstrukturen verwendet werden:

1. Kaskade von Bandleitungen bestimmter Längen, die unterschiedliche Abstände der Bänder aufweisen,
2. Kaskade von Bandleitungen bestimmter Längen, die unterschiedliche Breiten der Bänder aufweisen,
3. Kaskade von Bandleitungen bestimmter Längen, die sowohl unterschiedliche Abstände der Bänder, als auch unterschiedliche Breiten der Bänder,
4. Bandleitung bestimmter Länge, bei der der Abstand der Bänder und / oder die Breite der Bänder in der Ausbreitungsrichtung der Wellen gesehen beliebig variiert werden.

[0037] Es hat sich bei sämtlichen vorstehend genannten Anpassungen zur Vermeidung von Reflexionen

- der sich zwischen den Bändern ausbreitenden EM-Wellen an dem Abstandshaltermaterial,
- von EM-Wellen zwischen dem freilaufenden Ende der Bandleitungen und dem freien Raum oder
- von EM-Wellen zwischen Bandleitungen unterschiedlicher Querschnittsgeometrie bzw. Wellenwiderständen

5 als vorteilhaft herausgestellt, die Anpassung im Wesentlichen durch eine ins System eingebrachte Störung in der E-Ebene, d.h. durch eine Variation des Abstands der Bänder, zu bewirken.

[0038] Um eine geeignete Abstrahlcharakteristik der Gruppenantenne zu erzielen, liegen die leer laufenden, abstrahlenden Enden der Einzelstrahlerelemente vorzugsweise in einer gemeinsamen Abstrahlebene.

10 **[0039]** Für das Senden bzw. Empfangen von zirkular polarisierten EM-Wellen werden vorteilhafterweise zwei leer laufende Bandleitungen derart angeordnet, dass ihre leer laufenden abstrahlenden Enden in einer gemeinsamen Abstrahlebene senkrecht zueinander stehen. Die Speisung eines derartigen zirkularen Antennenelements erfolgt hierbei derart, dass bei einer bestimmten Frequenz die Phasen der in den jeweiligen Bandleitungen geführten Wellen um $+90^\circ$ oder -90° differieren, die jeweiligen Amplituden jedoch gleich sind.

15 **[0040]** Vorzugsweise weisen die zu einem zirkularen Antennenelement zusammengefassten Bandleitungen identische geometrische Abmessungen auf. Vorteilhafterweise schließen die leer laufenden Enden der zu einem zirkularen Antennenelement zusammengefassten Bandleitungen in der gemeinsamen Abstrahlebene unmittelbar aneinander an, wobei sich durchdringenden Volumina vereinigt werden, d.h. die Seitenfläche eines Bandes der einen Bandleitung bildet einen Teil der Innenfläche eines Bandes der anderen Bandleitung.

20 **[0041]** Grundsätzlich können sowohl die erfindungsgemäßen Einzelstrahlerelemente, d.h. einzelne offen laufende Bandleitungen, als auch aus zwei offen laufenden Bandleitungen bestehende, zuvor beschriebene zirkulare Antennenelemente in beliebiger Anzahl, Orientierung und Orten positioniert werden, um eine Gruppenantenne zu bilden.

[0042] Wie bereits erwähnt, sind die Einzelstrahlerelemente vorzugsweise derart angeordnet, dass die leer laufenden Enden in einer gemeinsamen Abstrahlebene liegen.

25 **[0043]** Die Richtwirkung der Antennengruppe ist umso größer, je größer die Fläche ist, die von den Antennenelementen belegt wird. Durch geeignete Ansteuerung der einzelnen Antennenelemente kann die Antennencharakteristik derart geändert werden, dass die Hauptstrahlrichtung der Antenne sich ändert. Als Elevationswinkel der Antenne wird hierbei der Winkel bezeichnet, der von der Hauptstrahlrichtung und der Ausbreitungsrichtung der Welle in der Bandleitung (besser und der Normalen der abstrahlenden Fläche) in den leer laufenden Bandleitungen eingeschlossen wird.

30 **[0044]** Hierbei können erfindungsgemäße Einzelstrahlerelemente innerhalb der Anordnung der Gruppenantenne zu so genannten kohärenten Gruppen zusammengefasst werden. Eine kohärente Gruppe zeichnet sich dadurch aus, dass bei einer bestimmten Frequenz sowohl die Phasendifferenzen, als auch die Amplitudendifferenzen aller Einzelstrahlerelemente konstant und vorgegeben sind.

35 **[0045]** Vorteilhaft ist es in diesem Fall, die Einzelstrahlerelemente einer kohärenten Gruppe über ein Speisernetzwerk miteinander zu verknüpfen. Möchte man beispielsweise N Einzelstrahler mit einem Speisernetzwerk speisen, so besteht das Speisernetzwerk aus N+1 Toren, wobei über das N+1 Tor eine elektromagnetische Welle eingespeist wird und auf die N Tore verteilt wird. Das Tor N+1 wird Speisetor genannt. Die Speisernetzwerke weisen vorzugsweise Gruppenlaufzeiten zwischen den einzelnen Toren auf, die nahezu unabhängig von der Frequenz sind. Dies kann beispielsweise durch ein Speisernetzwerk erreicht werden, in dem rein transversale Wellentypen geführt werden, was erfindungsgemäß durch den Einsatz eines Speisernetzwerks in Bandleitungstechnik erfolgt.

40 **[0046]** Hat eine Gruppenantenne M kohärente Gruppen, kann die Hauptstrahlrichtung durch geeignete Anregung elektromagnetischer Wellen der Frequenz f in den M Speisatoren geändert werden, wobei die Amplituden und die Phasen der anregenden Wellen entsprechend verändert werden.

45 **[0047]** Vorteilhafterweise wird in der erfindungsgemäßen Gruppenantenne eine kohärente Gruppe durch eine Reihe nebeneinander angeordneter Einzelstrahlerelemente gebildet. Verschiedene kohärente Gruppen, jeweils bestehend aus in einer Reihe angeordneten Einzelstrahlerelementen werden dann zueinander parallel angeordnet, so dass sich beispielsweise in der gemeinsamen Abstrahlebene eine regelmäßige Anordnung der leer laufenden Enden der Einzelstrahlerelemente ergibt.

50 **[0048]** Die Verwendung kohärenter Gruppen in Form von in Reihen angeordneten Einzelstrahlerelementen ermöglicht eine Änderung der Hauptstrahlrichtung lediglich in der zu den die kohärenten Gruppen bildenden Reihen und auf der Abstrahlebene senkrecht stehenden Ebene.

55 **[0049]** Um eine Änderung der Hauptstrahlrichtung in sämtlichen zur Abstrahlebene senkrecht stehenden Ebenen zu ermöglichen, wäre es denkbar, die einzelnen Einzelstrahlerelemente nicht in kohärenten Gruppen zusammenzufassen, sondern jedes Einzelstrahlerelement bei einer vorgegebenen Frequenz mit einer bestimmten Phasen- und Amplitudenlage zu speisen, und die Phasen- und Amplitudenlage aller die Gruppenantenne bildenden Einzelstrahlerelemente entsprechend der gewünschten Hauptstrahlrichtung anzusteuern.

[0050] Soll die erfindungsgemäße Gruppenantenne zum Senden und Empfangen linear polarisierter Wellen verwendet werden, so können die leer laufenden Enden der Bandleitungen derart auf ein regelmäßiges, beispielsweise orthogonales Gitter verteilt werden, dass die jeweiligen Mittelpunkte der Abstrahlflächen der Bandleitungen mit den Gitterpunkten

zusammenfallen, wobei die Bänder sowie die Ausbreitungsrichtungen der Wellen in den Bandleitungen im Wesentlichen parallel zueinander angeordnet sind und die E-Feldvektoren gleich orientiert sind.

[0051] Vorzugsweise werden in diesem Fall Einzelstrahlerelemente einer Zeile bzw. einer Spalte des Gitters zu einer kohärenten Gruppe zusammengefasst.

[0052] Die vorstehend beschriebene Anordnung hat jedoch den Nachteil, dass die Polarität der abgestrahlten oder empfangenen elektromagnetischen Wellen eine objektfixe Ausrichtung hat bzw. linear ist. Dies führt insbesondere dann zu unerwünschten Verlusten, falls die Sendeantenne und die Empfangsantenne unterschiedliche Polaritäten bzw. Ausrichtung der Polaritäten aufweisen.

[0053] Aus diesem Grund kann die Anordnung erweitert werden, indem man zusätzliche Einzelstrahlerelemente in dem Gitter positioniert. Die Mittelpunkte der Abstrahlflächen der zusätzlichen leer laufenden Bandleitungen liegen hierbei jeweils zentriert zwischen den Gitterpunkten, wobei die Bänder der zusätzlichen Bandleitungen zu den Bändern der an den Gitterpunkten angeordneten Bandleitungen senkrecht stehen und die Ausbreitungsrichtungen der Wellen in den zusätzlichen Bandleitungen im Wesentlichen parallel zueinander und zu den Ausbreitungsrichtungen der Wellen in den an den Gitterpunkten angeordneten Bandleitungen sind.

[0054] Die E-Feldvektoren in den zusätzlichen Bandleitungen stehen orthogonal zu denen in den an den bereits in den Gitterpunkten angeordneten Bandleitungen.

[0055] Sich bei dieser Anordnung an den Übergängen zwischen den einzelnen Bandleitungen durchdringenden Volumen werden vereinigt. Es hat sich hierbei als vorteilhaft erwiesen, die Geometrie aller Einzelstrahlerelemente gleich zu wählen.

[0056] Auch in diesem Fall können wieder kohärenten Antennengruppen gebildet werden, die sich dann jeweils aus den in einer Reihe oder Spalte des Gitters angeordneten Einzelstrahlerelementen zusammensetzen, wobei die zwischen den Gitterpunkten angeordneten Einzelstrahlerelemente dann einer der benachbarten Reihen / Spalten zugeordnet sind.

[0057] Auf diese Weise kann eine doppelt linear polarisierte erfindungsgemäße Gruppenantenne realisiert werden.

[0058] Wie weiter oben bereits erläutert, eignen sich zwei leer laufende Bandleitungen, die derart angeordnet sind, dass ihre leer laufenden abstrahlenden Enden in der gemeinsamen Abstrahlebene senkrecht zueinander stehen, bei geeigneter Verarbeitung der Signale dazu, zirkulare elektromagnetische Wellen zu senden und empfangen, wobei die Speisung eines derartigen zirkularen Antennenelements dann derart erfolgt, dass bei einer bestimmten Frequenz die Phasen der in den jeweiligen Bandleitungen geführten Wellen um $+90^\circ$ oder -90° differieren, die jeweiligen Amplituden jedoch gleich sind.

[0059] Folglich kann die zuvor im Zusammenhang mit einer doppelt linear polarisierten erfindungsgemäßen Gruppenantenne beschriebene Anordnung von Einzelstrahlerelementen auch zum Aufbau und Betrieb einer doppelt zirkular polarisierten Gruppenantenne verwendet werden.

[0060] Um kohärente Antennengruppen zu bilden, die sowohl LHC und RHC polarisierte elektromagnetische Wellen senden bzw. empfangen können sollen, hat sich auch eine andere Gruppierung als vorteilhaft erwiesen.

[0061] Im Gegensatz zum Fall einer linear polarisierten Gruppenantenne werden nicht die in einer Reihe oder Spalte des Gitters angeordneten Einzelstrahlerelemente gruppiert. Vielmehr erfolgt die Gruppierung entlang der Diagonalen durch das Gitter, so dass die leer laufenden, abstrahlenden Enden der in der Gruppe zusammengefassten benachbarten Einzelstrahlerelemente alternierend senkrecht zueinander und in einem Winkel von 45° bezüglich des Gitters angeordnet sind.

[0062] In andern Worten sind die zu einer kohärenten Gruppe zusammengefassten Einzelstrahler entlang einer Reihe angeordnet, wobei die leer laufenden, abstrahlenden Enden der in der Reihe benachbarten Einzelstrahlerelemente alternierend senkrecht zueinander und in einem Winkel von 45° bezüglich der Verlaufsrichtung der Reihe angeordnet sind.

[0063] Die einzelnen kohärenten Gruppen sind dann wieder parallel zueinander angeordnet, d.h. entlang der Diagonalen durch das Gitter.

[0064] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform sind die zu benachbarten kohärenten Gruppen zusammengefassten Einzelstrahlerelemente, also entlang zweier benachbarter Diagonalen durch das Gitter angeordnete Einzelstrahlerelemente hinsichtlich der Mittellinie zwischen den entsprechenden Diagonalen durch das Gitter axialsymmetrisch ausgebildet. Auf diese Weise lässt sich eine sehr kompakte Antennenstruktur erzielen. Um eine aufgrund der Symmetrie zwischen Einzelstrahlerelementen benachbarter kohärenter Gruppen auftretende Auslöschung des Signals zu vermeiden, werden benachbarte kohärente Gruppen mit einem jeweiligen Phasenversatz von 180° zueinander gespeist.

[0065] Alternativ können zu benachbarten kohärenten Gruppen zusammengefasste Einzelstrahlerelemente, also entlang zweier benachbarter Diagonalen durch das Gitter angeordnete Einzelstrahlerelemente bezüglich des Gitters translationssymmetrisch ausgebildet sein, d.h. man erhält korrespondierende Einzelstrahlerelemente benachbarter kohärenter Gruppen durch eine Translation um eine Reihe oder Spalte des Gitters. In diesem Fall ist es nicht notwendig, benachbarte kohärente Gruppen mit einem Phasenversatz zueinander zu speisen. Allerdings ist die zu erzielende Antennenstruktur nicht so kompakt.

[0066] In beiden vorstehend beschriebenen Fällen erfolgt bei geeigneter Anregung der Speisetore der entsprechenden

Speisenetzwerke eine Strahlschwenkung in der Ebene, die von dem E-Feld-Vektor und der Diagonalen des Gitters aufgespannt ist. Hierzu werden benachbarte kohärente Gruppen mit einem die Verschwenkung des Strahls bedingenden definierten Phasenversatz $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$ gespeist. Im Fall der besonders kompakten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Antennensystems erfolgt dieser definierte Phasenversatz $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$ zusätzlich zu dem systembedingten jeweiligen Phasenversatz von 180° zwischen benachbarten kohärenten Gruppen.

[0067] Hinsichtlich der geometrischen Eigenschaften des zur Anordnung der Einzelstrahlerelemente benutzten Gitters sind keine Einschränkungen gemacht. Vorteilhafterweise wird das Gitter jedoch durch aufeinander senkrecht stehenden Vektoren gleichem Betrags gebildet.

[0068] Um die Verwendung von leer laufenden Bandleitungen als Einzelstrahlerelemente einer Gruppenantenne möglichst effektiv Nutzen zu können, wird erfindungsgemäß weiterhin vorgeschlagen, auch das Speisenetzwerk zumindest abschnittsweise, insbesondere in dem den Einzelstrahlerelementen unmittelbar vorgeschalteten Abschnitt in Bandleitungstechnik auszuführen.

[0069] Hierbei können als Struktur der im Speisenetzwerk verwendeten Bandleitungen ohne weiteres die oben im Zusammenhang mit den leer laufenden Bandleitungen der Einzelstrahlerelemente beschriebenen Strukturen verwenden.

[0070] Die zum Betrieb der Gruppenantenne in einem Speisenetzwerk aus Bandleitungen für die Bereitstellung und Anpassung notwendigen Elemente können wie folgt realisiert werden, wobei die beispielsweise aus der Hohlleitertechnik bekannten Grundprinzipien sich ohne weiteres auch auf das erfindungsgemäße Speisenetzwerk in Bandleitungstechnik übertragen lassen.

[0071] Insbesondere lassen sich in der Bandleitungstechnik Strukturen herstellen, mit denen es möglich ist, die Orientierung des in der Bandleitung geführten elektromagnetischen Feldes normal zur Ausbreitungsrichtung zu drehen. Hierzu wird im Wesentlichen die Bandleitung um ihre Längsachse um den entsprechenden Winkel vorzugsweise gleichmäßig verdreht (diese Struktur wird im folg. auch Twist genannt). Dies lässt sich beispielsweise herstellen, indem ein Metallzylinder entlang seiner Längsachse durchgeschnitten wird, wobei der Zylinder beim Ausführen des Schnittes um seine Längsachse rotiert.

c) Ausführungsbeispiele

[0072] Eine erfindungsgemäße Ausführungsform einer Gruppenantenne mit einem Speisenetzwerks in Bandleitungstechnik ist im Folgenden anhand der Figuren beispielhaft näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1: eine perspektivische Ansicht einer erfindungsgemäßen Gruppenantenne mit Speisenetzwerk;

Fig. 2: eine Seitenansicht der in Fig. 1 gezeigten Gruppenantenne mit Speisenetzwerk;

Fig. 3: eine Aufsicht auf die Abstrahlebene der in Fig. 1 gezeigten Gruppenantenne entgegen der Abstrahlrichtung gesehen;

Fig. 4: einen Schnitt durch die in Fig. 2 gezeigte Gruppenantenne in der mit A bezeichneten Ebene;

Fig. 5: einen Schnitt durch die in Fig. 2 gezeigte Gruppenantenne in der mit B bezeichneten Ebene;

Fig. 6: einen Schnitt durch die in Fig. 2 gezeigte Gruppenantenne in der mit C bezeichneten Ebene;

Fig. 7: einen Schnitt durch die in Fig. 2 gezeigte Gruppenantenne in der mit D bezeichneten Ebene;

Fig. 8: eine perspektivische Ansicht eines Unternetzwerks zur Speisung einer kohärenten Gruppen an Einzelstrahlerelementen der in Fig. 1 gezeigte Gruppenantenne und

Fig. 9: eine Aufsicht auf die Abstrahlebene einer alternativen Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Gruppenantenne.

[0073] Bezugnehmend auf Figur 1 ist dort eine erfindungsgemäße Gruppenantenne 1 mit einem entsprechenden, in Bandleitungstechnik ausgeführten Speisenetzwerk 2 dargestellt, wobei die Gruppenantenne 1 zum Empfang und Senden von zirkular polarisierten Signalen ausgelegt ist.

[0074] In dem dargestellten Beispiel umfasst die Antenne 1 insgesamt 32 Einzelstrahlerelemente 3 in Form von jeweils leer laufenden Bandleitungen 4, deren offene, abstrahlende Enden 5 in einer gemeinsamen Abstrahlebene 6 angeordnet sind.

[0075] Die Einzelstrahlerelemente 3 sind zu vier kohärenten Antennengruppen 10a, 10b, 10c, 10d gruppiert. Jede der kohärenten Antennengruppen 10a, 10b, 10c und 10d umfasst acht Einzelstrahlerelemente 3, die in der gemeinsamen Abstrahlebene 6 jeweils in einer Reihe angeordnet sind, wobei die leer laufenden, abstrahlenden Enden 5 der in der Reihe benachbarten Einzelstrahlerelemente 6 alternierend senkrecht zueinander stehen und bezüglich der Verlaufsrichtung R der Reihe einen Winkel α von 45° bilden.

[0076] In jeder kohärenten Antennengruppe 10a, 10b, 10c und 10d sind jeweils beginnend am Anfang der Reihe zwei benachbarte Einzelstrahlerelemente 3 zu einem zirkularen Antennenelement 11 zusammengefasst, d.h. die Speisung der benachbarten Einzelstrahlerelemente durch das Speisernetzwerk 2 erfolgt derart, dass bei einer bestimmten Frequenz die Phasen der in den jeweiligen Bandleitungen 4 geführten Wellen um $+90^\circ$ oder -90° differieren, die jeweiligen Amplituden jedoch gleich sind. Jede der kohärenten Gruppen 10a, 10b, 10c, 10d umfasst folglich vier zirkuläre Antennenelemente 11.

[0077] Eine detaillierte Darstellung der kohärenten Gruppen 10a, 10b, 10c und 10d sowie der zirkulären Antennenelemente 11 ist in Figur 3 gegeben, wobei aus Gründen der Klarheit nur Beispielfaust einzelne zirkuläre Antennenelemente 11 mit einem Bezugszeichen versehen wurde.

[0078] Wie insbesondere aus Figur 3 ersichtlich wird, sind bei der dargestellten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Gruppenantenne die Einzelstrahlerelemente der benachbarten kohärenten Gruppen 10a, 10b bzw. 10b, 10c und 10c, 10d jeweils axialsymmetrisch zur Mittellinie zwischen den Verlaufsrichtungen der Gruppen 10a, 10b, 10c und 10d ausgebildet, so dass eine besonders kompakte Anordnung der Einzelstrahlerelemente in der Gruppenantenne erzielt werden kann. Die Speisung der kohärenten Gruppen 10a, 10b, 10c und 10d erfolgt hierbei mit einem Phasenversatz von jeweils 180° , d.h. die Phasenlage der Gruppen zueinander ist beispielsweise wie folgt:

Kohärente Gruppe	Phase der jeweiligen zirkulären Antennenelemente 11 (jeweils in Verlaufsrichtung R gesehen)
10a	$90^\circ/0^\circ$
10b	$0^\circ+180^\circ = 180^\circ / 90^\circ+180^\circ = 270^\circ$
10c	$90^\circ+180^\circ+180^\circ = 90^\circ / 0^\circ+180^\circ+180^\circ = 0^\circ$
10d	$0^\circ+180^\circ+180^\circ+180^\circ = 180^\circ / 90^\circ+180^\circ+180^\circ+180^\circ = 270^\circ$

[0079] Zur Strahlschwenkung werden die kohärenten Gruppen 10a, 10b, 10c, 10d weiterhin mit einem zusätzlichen Phasenversatz $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ gespeist, so dass in diesem Fall die Phasenlage der Gruppen zueinander sich ergibt zu:

Kohärente Gruppe	Phase der jeweiligen zirkulären Antennenelemente 11 (jeweils in Verlaufsrichtung R gesehen)
10a	$90^\circ/0^\circ$
10b	$180^\circ+\alpha_1/270^\circ+\alpha_1$
10c	$90^\circ+\alpha_2 / 0^\circ+\alpha_2$
10d	$180^\circ+\alpha_3 / 270^\circ+\alpha_3$

[0080] Hierbei kann auch gelten, dass $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$, wobei dies jedoch nicht zwangsweise der Fall sein muss.

[0081] Wie aus den Figuren 1 bis 4 ersichtlich ist, werden die erfindungsgemäßen Einzelstrahlerelemente 3 in der gemeinsamen Abstrahlebene 6 durch spaltartige Zwischenräume zwischen Metallblöcken 7 gebildet. Ein Metallblock 7 bildet folglich je nach seiner Lage innerhalb der Antennengruppe mit seinen Seitenflächen Bänder von bis zu vier verschiedenen Bandleitungen 4.

[0082] Zwischen den Metallblöcken 7 sind von der Abstrahlebene 6 beabstandet Abstandshalter 8 aus einem Isolatormaterial angeordnet, um die mechanische Stabilität der Gruppenantenne 1 sowie die Abstände zwischen den Blöcken 7, also den Abstand zwischen den Bändern der jeweiligen Bandleitung 4, zu gewährleisten. Ansonsten befindet sich als Zwischenisolatormaterial zwischen den Bändern der Bandleitungen 4 Luft.

[0083] Im dargestellten Beispiel sind die "Bänder" der Bandleitungen 4 aus massivem Metall, hier Messing, gebildet. Jedoch können die Bandstrukturen der Bandleitungen 4 zumindest des Speisernetzwerks 2 auch hergestellt werden, indem Kunststoffbänder auf den gegenüberliegenden Innenseiten mit einer Kupferfolie überzogen oder metallisiert werden.

[0084] Die zu einer kohärenten Gruppe 10a, 10b, 10c, 10d gehörenden Einzelstrahlerelemente 3 werden durch das

Speisenetzwerk 2 gespeist. Das Netzwerk 2 umfasst hierzu vier Unternetzwerke 20a, 20b, 20c, 20d, die in Bandleitungstechnik ausgeführt werden und jeweils über eine entsprechende Schnittstelle 9 als Speisetor mit einer üblichen Speiseelektronik (nicht dargestellt) verbunden sind. Hierbei wird bei der Speisung berücksichtigt, dass benachbarte kohärente Gruppen mit einem Phasenversatz von jeweils 180° gespeist werden müssen.

[0085] Da jedes Unternetzwerk 20a, 20b, 20c, 20d jeweils zirkulare Antennenelemente 11 speist, deren Einzelstrahlerelemente 3 mit 90° Phasenversatz zueinander gespeist werden, weist jedes Unternetzwerk 20a, 20b, 20c, 20d zwei Teilnetzwerke 30a, 30b auf, deren Phase durch dem Fachmann bekannte Mittel, z. B. mit symmetrischen Richtkopplern, zueinander um 90° versetzt ist. Die über die jeweiligen Schnittstellen 9 in die Unternetzwerke 20a, 20b, 20c, 20d eingeleiteten Signale werden hierbei über einen symmetrischen Richtkoppler 12 auf die beiden Teilnetzwerke 30a, 30b aufgeteilt.

[0086] In Figur 8 ist beispielhaft ein Abschnitt eines Teilnetzwerks 30a dargestellt, mit dem vier Einzelstrahlerelemente 3 der kohärenten Gruppe 10a gespeist werden.

[0087] Auch hier sind zwischen den Bändern der Bandleitungen 4 des Teilnetzwerks 30a Abstandshalter 8 aus einem Isolatormaterial angeordnet. Weiterhin sind in der Figur 8 mehrere in Bandleitungstechnik ausgeführte Abwinklungen in der E-Ebene 31, eine Abwinklung in der H-Ebene 32 sowie Verzweigungen in der E-Ebene 33 dargestellt.

[0088] Wie in Figur 1 zu erkennen ist, werden die durch das Teilnetzwerk 30a aufgespalteten, in den einzelnen Bandleitungen 4 des Teilnetzwerks 30a geführten Wellen vor Erreichen der Abstrahlebene 6 durch weitere Elemente beeinflusst. So wird in den als Twist bezeichneten Elementen 34 die Orientierung des E-Feld-Vektors senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Welle verdreht und die Welle daraufhin erneut durch zwei Abwinklungen in der E-Ebene 35 geführt.

[0089] In einer unmittelbar unter den Metallblöcken 6 angeordneten Schicht 9 der Gruppenantenne 1 werden zur Anpassung des Wellenwiderstands sowohl die Breite der Bandleitungen 4, als auch der Abstand zwischen den "Bändern" linear in der Ausbreitungsrichtung der Welle vergrößert.

[0090] Die Änderung der Orientierung und Position der einzelnen Bandleitungen 4 durch die verschiedenen Elemente ist aus einem Vergleich der Figuren 4 - 7 ersichtlich.

[0091] So zeigt ein Vergleich der Figuren 4 und 5, wie die Breite B der Bandleitungen 4 sowie der Abstand D zwischen den "Bändern" der Bandleitungen 4 in Richtung der Abstrahlebene 6 zunimmt.

[0092] Ein Vergleich der Figuren 5 und 6 zeigt hingegen, wie die Position der Bandleitungen 4 durch zwei aufeinander folgende, entgegengesetzte Abwinklungen in der E-Ebene 35 senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Welle versetzt wird.

[0093] Ein Vergleich der Figuren 6 und 7 verdeutlicht die Funktion des Twists 34, mit dem die Bandleitung 4 und somit die Orientierung des E-Feld-Vektors senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Welle verdreht wird.

[0094] Zur besseren Übersicht sind in den Figuren 3 bis 7 die zur kohärenten Gruppe 10a gehörenden Einzelstrahlerelemente 3 bzw. Bandleitungen 4 mit dem entsprechenden Bezugszeichen 10a versehen. Die jeweils zu den weiteren kohärenten Gruppen 10b, 10c und 10d gehörenden Einzelstrahlerelemente 3 bzw. Bandleitungen 4 sind in entsprechenden parallelen Reihen angeordnet.

[0095] Figur 9 zeigt eine schematische Aufsicht auf die Abstrahlebene einer alternativen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Gruppenantenne 1, in der zu benachbarten kohärenten Gruppen 10a, 10b bzw. 10b, 10c und 10c, 10d zusammengefasste Einzelstrahlerelemente 3, also jeweils entlang der Verlaufsrichtung R angeordnete Einzelstrahlerelemente 3 bezüglich des Gitters translationssymmetrisch ausgebildet sind. Auch hier sind innerhalb der Gruppen jeweils benachbarte Einzelstrahlerelemente 3 zu zirkularen Antennenelementen 11 zusammengefasst. In diesem Fall ist es nicht notwendig, benachbarte kohärente Gruppen mit einem Phasenversatz von 180° zueinander zu speisen, d.h. die Phasenlage der Gruppen zueinander ist beispielsweise wie folgt:

Kohärente Gruppe	Phase der jeweiligen zirkularen Antennenelemente 11 (jeweils in Verlaufsrichtung R gesehen)
10a	$90^\circ/0^\circ$
10b	$90^\circ/0^\circ$
10c	$90^\circ/0^\circ$
10d	$90^\circ/0^\circ$

[0096] Auch hier gilt wieder, dass die kohärenten Gruppen 10a, 10b, 10c, 10d zur Strahlschwenkung mit einem zusätzlichen Phasenversatz $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ gespeist werden, so dass in diesem Fall die Phasenlage der Gruppen zueinander sich ergibt zu:

5

Kohärente Gruppe	Phase der jeweiligen zirkularen Antennenelemente 11 (jeweils in Verlaufsrichtung R gesehen)
10a	$90^\circ/0^\circ$
10b	$90^\circ+\alpha_1 / 0^\circ+\alpha_1$
10c	$90^\circ+\alpha_2 / 0^\circ+\alpha_2$
10d	$90^\circ+\alpha_3 / 0^\circ+\alpha_3$

10

[0097] Erneut kann gelten, dass $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$, wobei dies jedoch nicht zwangsweise der Fall sein muss.

BEZUGSZEICHENLISTE

15

[0098]

- 1 Gruppenantenne
- 20 2 Speisenetzwerk
- 3 Einzelstrahlerelement
- 4 Bandleitung
- 25 5 offenes Ende von 4
- 6 Abstrahlebene
- 30 7 Metallblock
- 8 Abstandshalter
- 9 Schnittstelle zur Speiseelektronik
- 35 10a,b,c,d kohärente Gruppen
- 11 zirkulares Antennenelement
- 40 12 Richtkoppler
- 20a,b,c,d Unternetzwerke
- 30a,b Teilnetzwerke
- 45 31 Abwinklung E-Ebene
- 32 Abwinklung H-Ebene
- 50 33 Verzweigung E-Ebene
- 34 Twist
- 35 Abwinklungen in der E-Ebene
- 55 R Verlaufsrichtung Reihe
- α Winkel zwischen 5 und R

Patentansprüche

1. Gruppenantenne (1) umfassend wenigstens zwei Einzelstrahlerelemente (3), wobei es sich bei den wenigstens zwei Einzelstrahlerelementen (3) um leer laufende Bandleitungen (4) handelt und wobei die leer laufenden, abstrahlenden Enden (5) der Einzelstrahlerelemente (3) in einer gemeinsamen Abstrahlebene (6) liegen,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Einzelstrahlerelemente (3) in der gemeinsamen Abstrahlebene (6) in wenigstens einer Reihe angeordnet sind, wobei die leer laufenden, abstrahlenden Enden (5) der in der Reihe benachbarten Einzelstrahlerelemente (3) alternierend senkrecht zueinander und in einem Winkel (α) von im Wesentlichen 45 ° bezüglich der Verlaufsrichtung (R) der Reihe angeordnet sind.
2. Gruppenantenne (1) umfassend wenigstens zwei Einzelstrahlerelemente (3), wobei es sich bei den wenigstens zwei Einzelstrahlerelementen (3) um leer laufende Bandleitungen (4) handelt und wobei die leer laufenden, abstrahlenden Enden (5) der Einzelstrahlerelemente (3) in einer gemeinsamen Abstrahlebene (6) liegen,
dadurch gekennzeichnet, dass
die leer laufenden, abstrahlenden Enden (5) der als Einzelstrahlerelemente (3) wirkenden Bandleitungen (4) in der gemeinsamen Abstrahlebene (6) durch spaltartige Zwischenräume zwischen Metallblöcken (7) gebildet werden.
3. Gruppenantenne (1) nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
ein Metallblock (7) je nach seiner Lage in der gemeinsamen Abstrahlebene (6) mit seinen Seitenflächen Bänder von bis zu vier verschiedenen, als Einzelstrahlerelemente (3) wirkenden Bandleitungen (4) bildet.
4. Gruppenantenne (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Bandleitungen (4) aus zwei im Wesentlichen parallel zueinander und beabstandet voneinander angeordneten Bändern aus einem Isolatormaterial bestehen, deren gegenüberliegende Innenflächen mit einem Material mit einer hohen elektrischen Leitfähigkeit beschichtet sind, wobei zwischen den Bändern ein Zwischenisolatormaterial angeordnet ist.
5. Gruppenantenne (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Bandleitungen (4) aus zwei im Wesentlichen parallel zueinander und beabstandet voneinander angeordneten Bändern aus einem Material mit hoher elektrischer Leitfähigkeit bestehen, zwischen denen ein Zwischenisolatormaterial angeordnet ist.
6. Gruppenantenne (1) nach Anspruch 4 oder Anspruch 5 ,
dadurch gekennzeichnet, dass
im Querschnitt gesehen das Verhältnis des Abstands der beiden Bänder zur Breite der Bänder kleiner als 0,2, insbesondere kleiner als 0,1 ist.
7. Gruppenantenne (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Gruppenantenne (1) mehrere parallel zueinander verlaufende Reihen an Einzelstrahlerelementen (3) aufweist.
8. Gruppenantenne (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Gruppenantenne (1) ein Speisernetzwerk (2) umfasst, das den Einzelstrahlerelementen (3) zugeordnete Bandleitungen (4) aufweist.
9. Gruppenantenne (1) nach Anspruch 7 in Verbindung mit Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Speisernetzwerk (2) so ausgestaltet ist, dass in einer Reihe angeordnete Einzelstrahlerelemente (3) eine kohärente Gruppe (10a,b,c,d) bilden, bei der die Phasendifferenzen und Amplitudendifferenzen der der kohärenten Gruppe (10a,b,c,d) zugehörigen Einzelstrahlerelemente (3) konstant und vorgegeben sind.
10. Gruppenantenne (1) nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet, dass

das Speisenetzwerk so ausgestaltet ist, dass innerhalb einer kohärenten Gruppe (10a,b,c,d) jeweils zwei benachbarte Einzelstrahlerelemente (3) zur Ausbildung eines zirkularen Antennenelements (11) mit einem definierten Phasenversatz gespeist werden können.

- 5 11. Speisenetzwerk (2) für eine Gruppenantenne (1),
 dadurch gekennzeichnet, dass
 das Speisenetzwerk (2) zumindest abschnittsweise von Bandleitungen (4) gebildet wird.
- 10 12. Speisenetzwerk (2) nach Anspruch 11,
 dadurch gekennzeichnet, dass
 das Speisenetzwerk (2) in Unternetzwerke (20a,b,c,d) unterteilt ist, die jeweils eine kohärente Gruppe (10a,b,c,d) aus Einzelstrahlerelementen (3) der Gruppenantenne (1) speisen.
- 15 13. Speisenetzwerk (2) nach Anspruch 12,
 dadurch gekennzeichnet, dass
 die Unternetzwerke (20a,b,c,d) derart ausgebildet sind, dass die Gruppenlaufzeiten zwischen dem Speisetor (9) und den Einzelstrahlerelementen (3) des jeweiligen Unternetzwerks (20a,b,c,d) im Wesentlichen identisch sind.
- 20 14. Speisenetzwerk (2) nach Anspruch 12 oder 13,
 dadurch gekennzeichnet, dass
 die Unternetzwerke (20a,b,c,d) jeweils zwei Teilnetzwerke (30a,b) aufweisen, wobei die in den beiden Teilnetzwerken (30a,b) geführten Wellen einen definierten Phasenversatz zueinander aufweisen.
- 25 15. Speisenetzwerk (2) nach einem der Ansprüche 11 bis 14,
 dadurch gekennzeichnet, dass
 das Speisenetzwerk (2) wenigstens eine Bandleitung (4) aufweist, die in einem Abschnitt (34) um einen vorbestimmten Winkel um ihre Längsachse verdreht ist, um die Orientierung des in der Bandleitung (4) geführten elektromagnetischen Feldes normal zur Ausbreitungsrichtung der Welle in der Bandleitung (4) zu drehen.

30

35

40

45

50

55

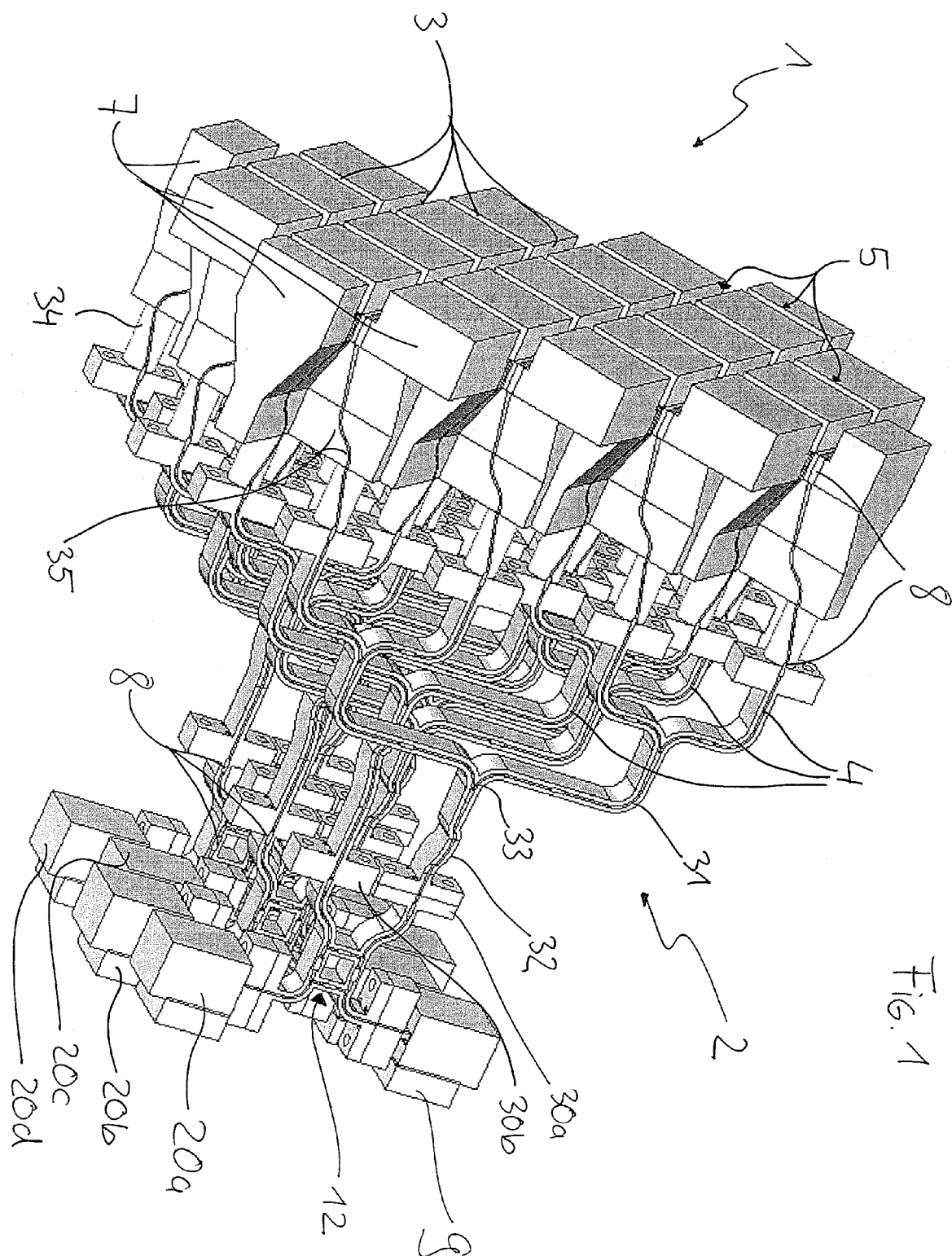


Fig. 1

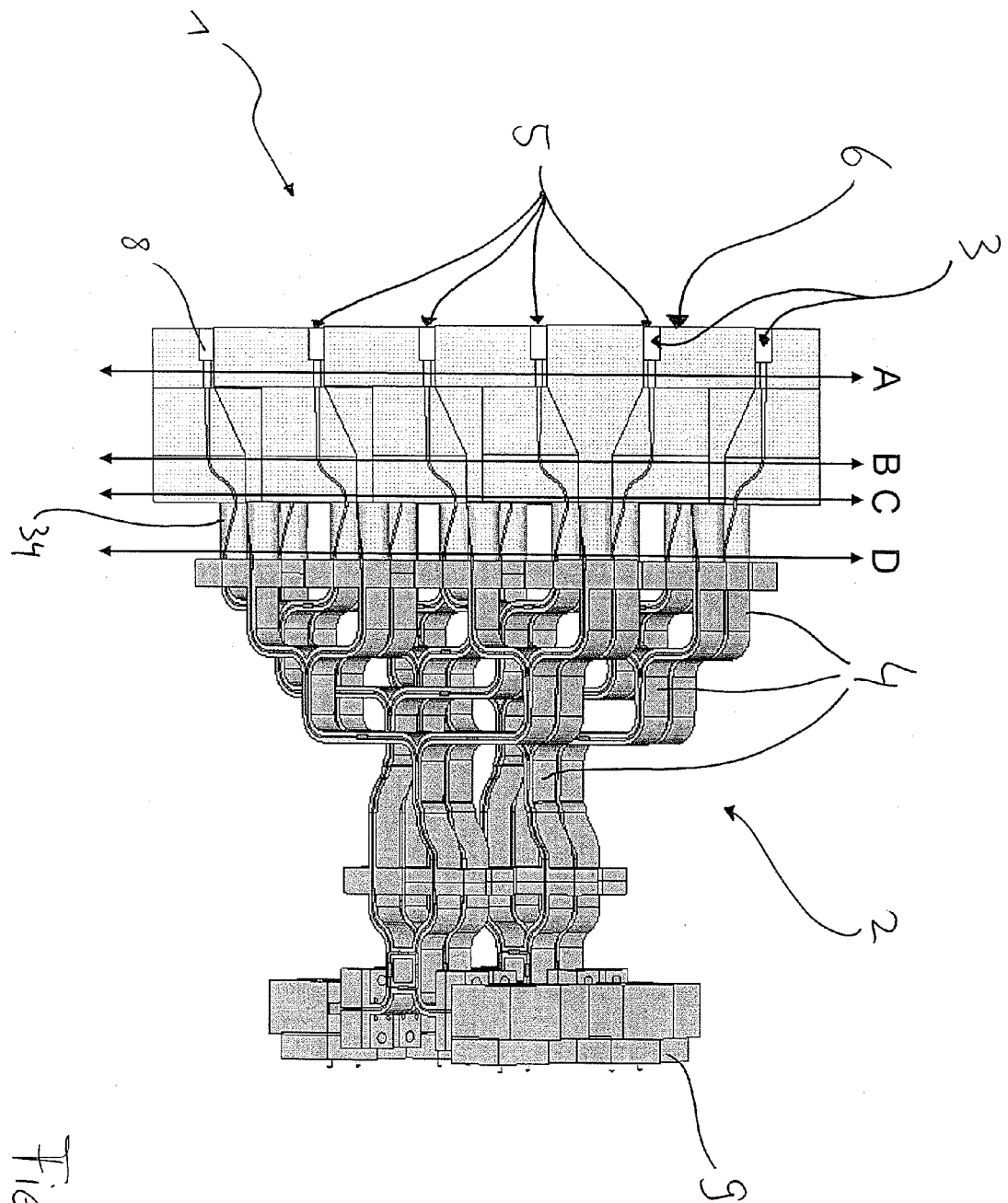
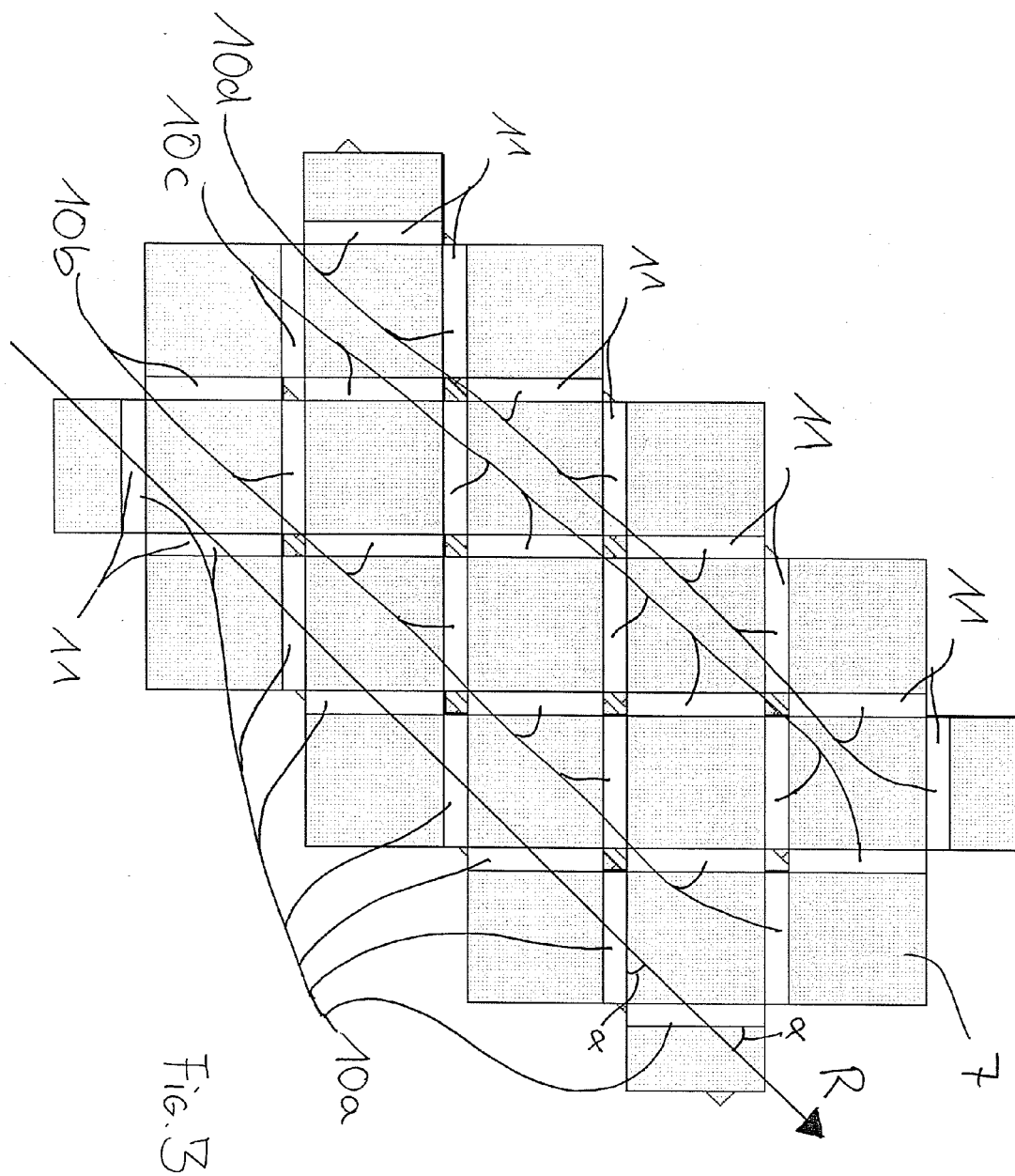


Fig. 2



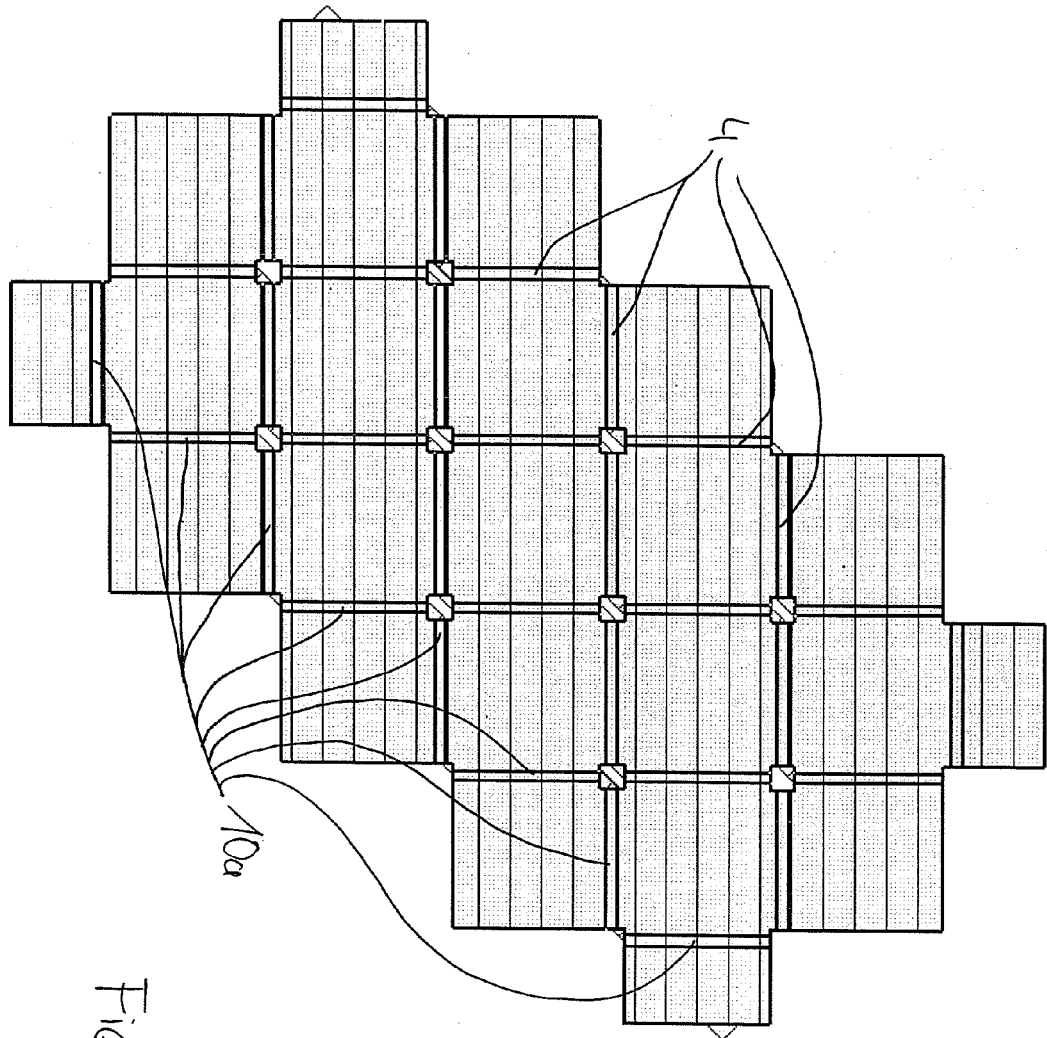
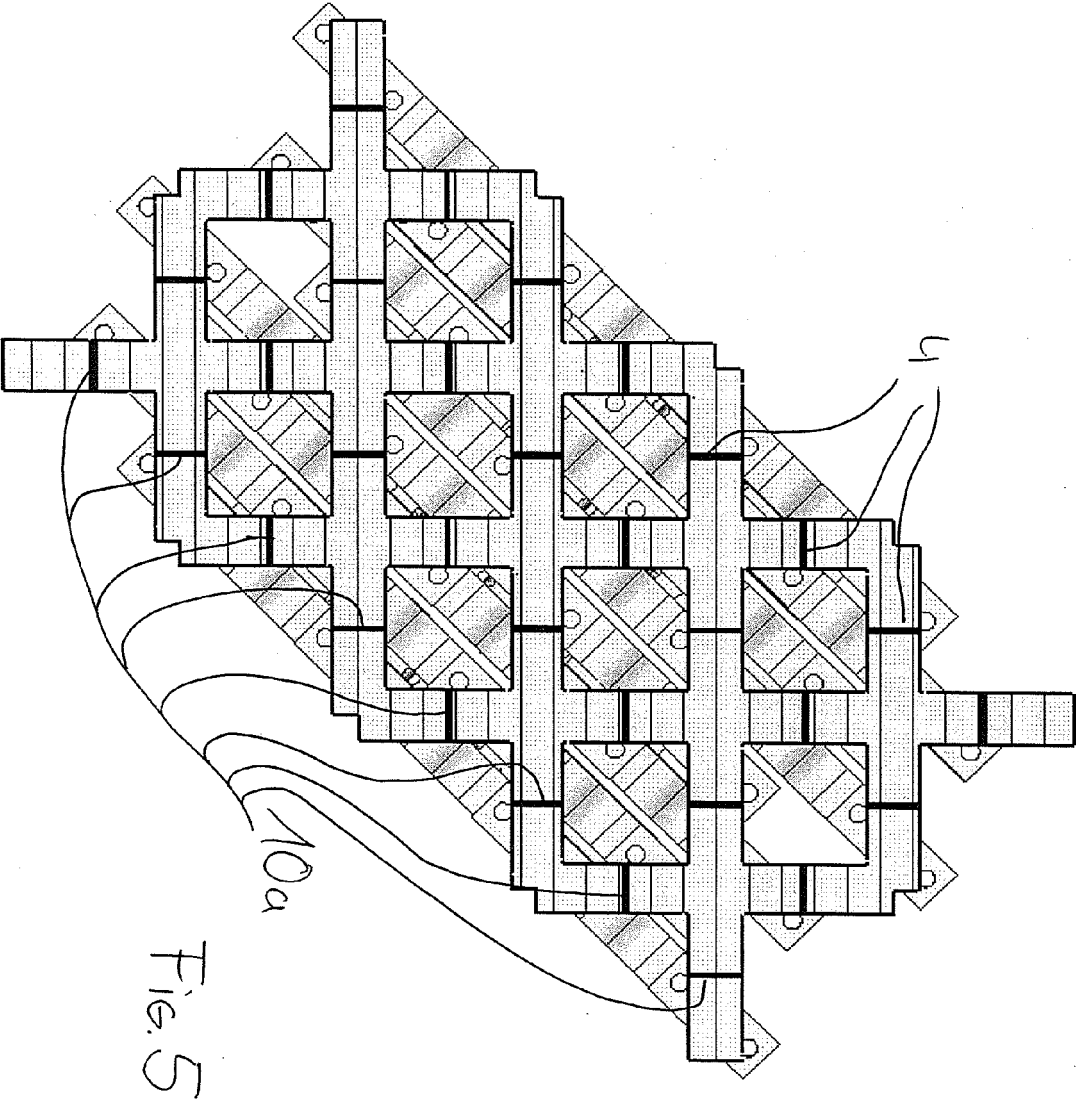


Fig. 4



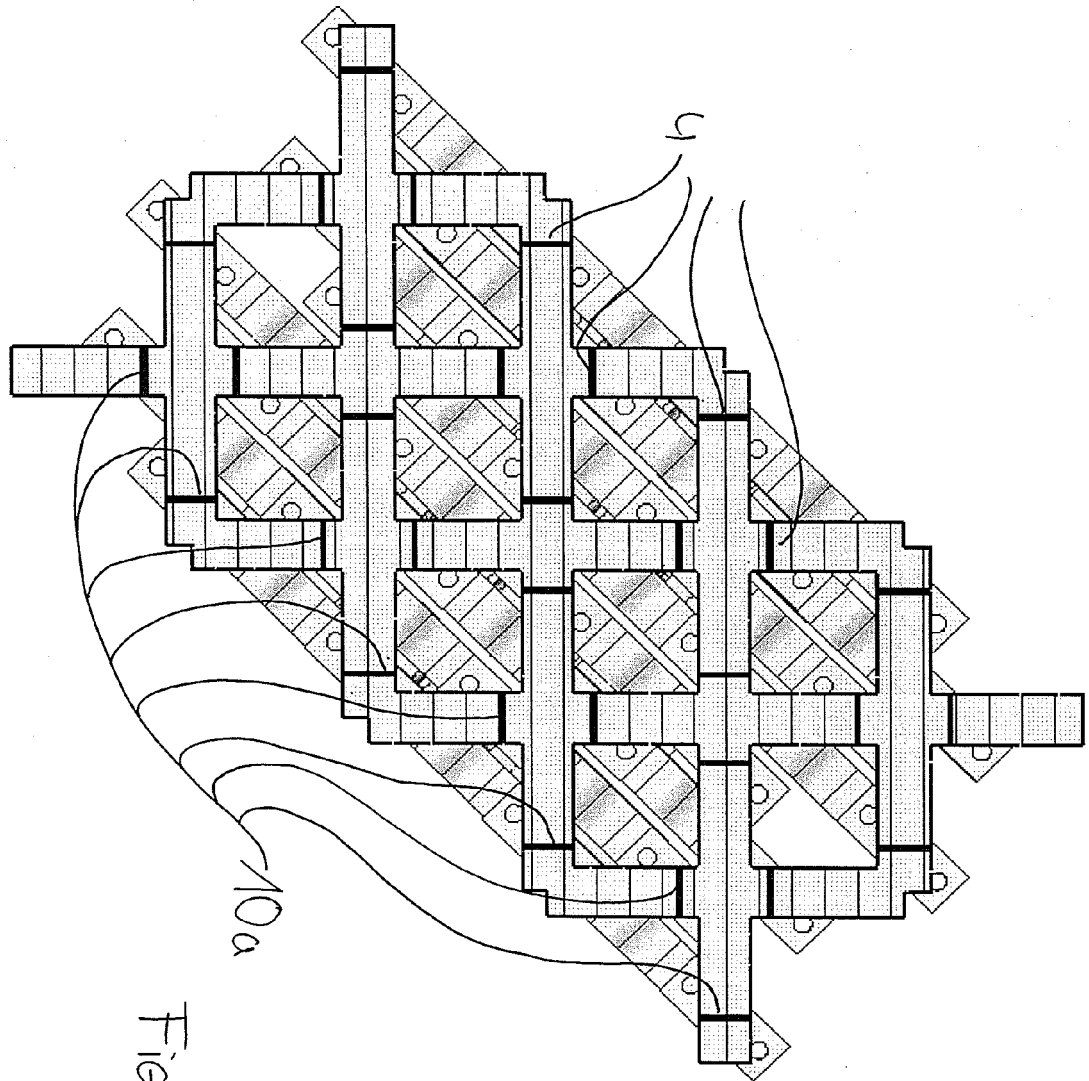
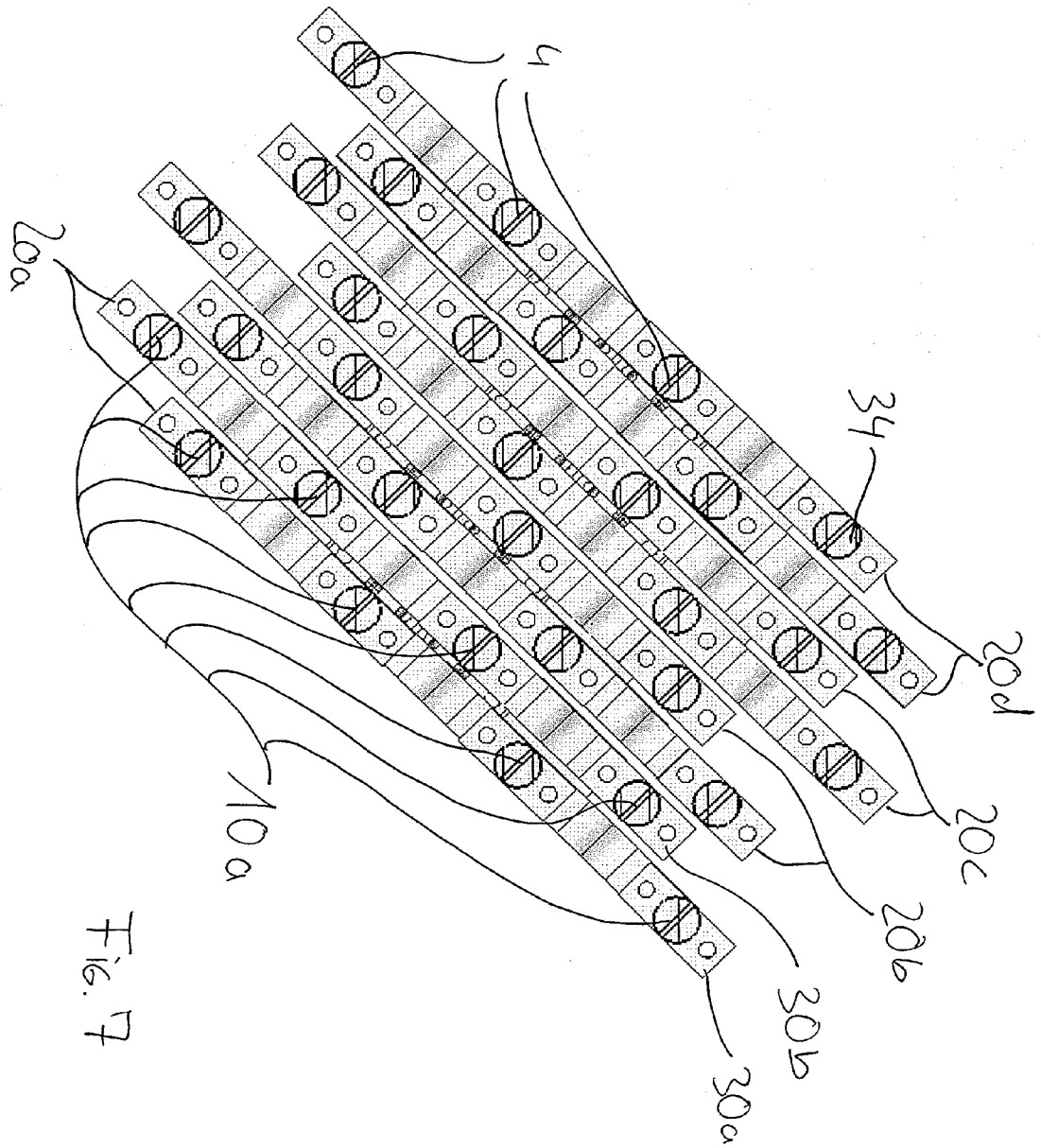


Fig. 6



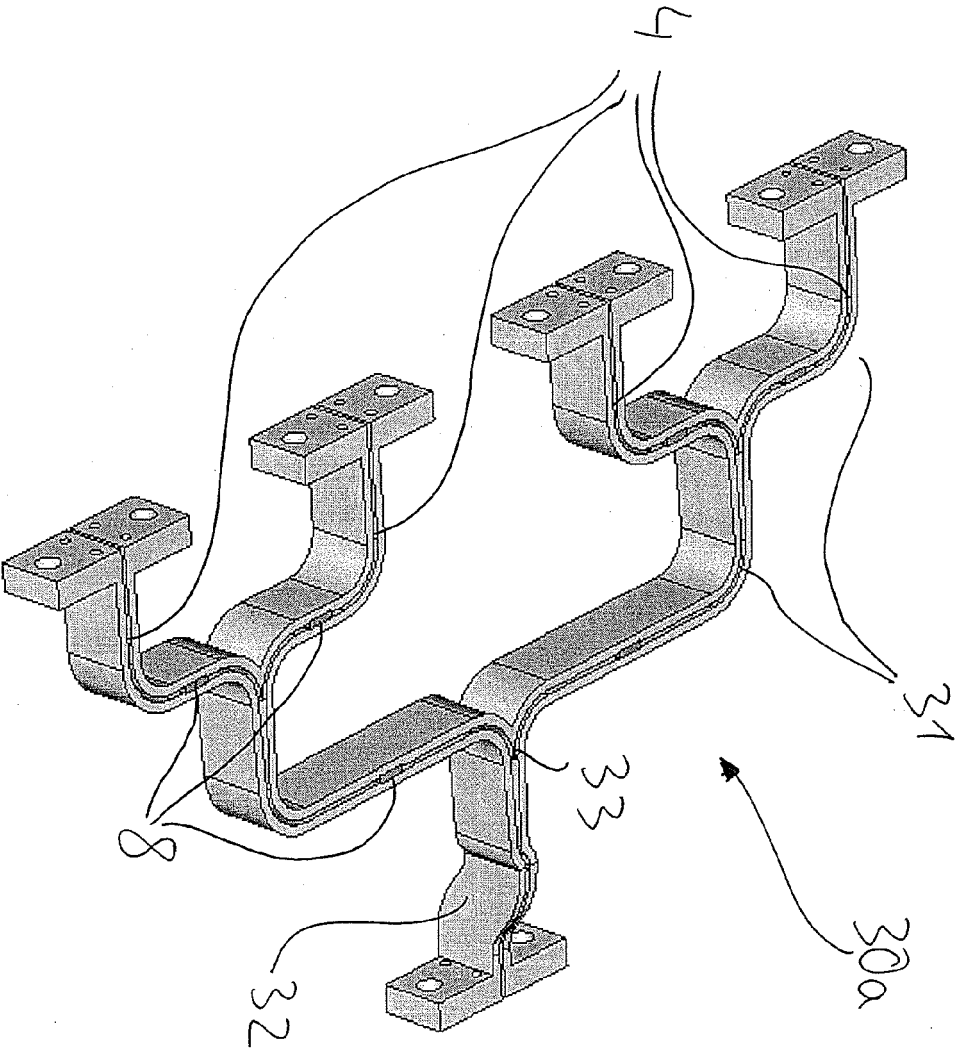


Fig. 8

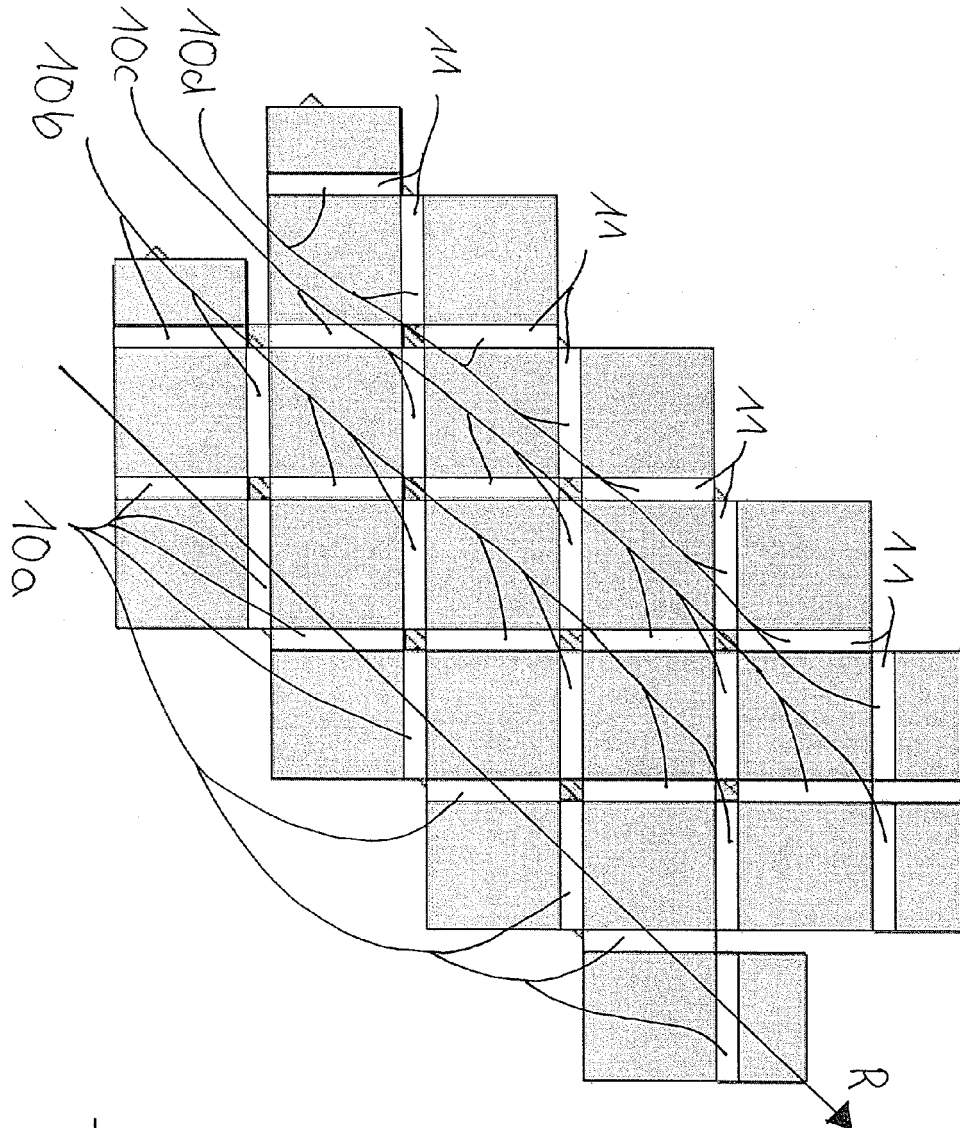


Fig. 9



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 11 16 1985

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	HOLZMAN E L: "A wide band TEM horn array radiator with a novel microstrip feed", PHASED ARRAY SYSTEMS AND TECHNOLOGY, 2000. PROCEEDINGS. 2000 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON DANA POINT, CA, USA 21-25 MAY 2000, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, US, 21. Mai 2000 (2000-05-21), Seiten 441-444, XP010504627, DOI: DOI:10.1109/PAST.2000.858992 ISBN: 978-0-7803-6345-8	1-7,10	INV. H01Q3/36 H01Q13/08 H01Q21/00 H01Q21/06 H01Q21/24 H01P3/02
Y	* das ganze Dokument *	8,9	
X	WO 00/35044 A1 (RAYTHEON CO [US]) 15. Juni 2000 (2000-06-15)	11-15	
Y	* Seite 2, Zeile 35 - Seite 3, Zeile 36 *	8,9	
A	HERD J S ET AL: "Broadband TEM horn array for FOPEN radar", IEEE ANTENNAS AND PROPAGATION SOCIETY INTERNATIONAL SYMPOSIUM. 2001 DIGEST. APS. BOSTON, MA, JULY 8 - 13, 2001; [IEEE ANTENNAS AND PROPAGATION SOCIETY INTERNATIONAL SYMPOSIUM], NEW YORK, NY : IEEE, US, Bd. 2, 8. Juli 2001 (2001-07-08), Seiten 452-455, XP010564124, DOI: DOI:10.1109/APS.2001.959759 ISBN: 978-0-7803-7070-8 * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H01Q H01P
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 22. Juni 2011	Prüfer van Norel, Jan
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 : nichtschriftliche 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	

2
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 11 16 1985

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	YONG CAI ET AL: "Finite-Element Time-Domain Modelling of Broadside Radiation from a 2D Parallel-Plate Waveguide Antenna Array", MICROWAVE CONFERENCE, 2006. 36TH EUROPEAN, IEEE, PI, 1. September 2006 (2006-09-01), Seiten 5-8, XP031005483, ISBN: 978-2-9600551-6-0 * Zusammenfassung; Abbildung 1 *	1-15	
X,P	GEORG STRAUSS ET AL: "A circular polarized tem horn antenna array with large scanning angle", 2011 IEEE RADIO AND WIRELESS SYMPOSIUM, 16. Januar 2011 (2011-01-16), Seiten 98-101, XP55000801, DOI: 10.1109/RWS.2011.5725477 ISBN: 978-1-42-447687-9 * das ganze Dokument *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 22. Juni 2011	Prüfer van Norel, Jan
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 : nichtschriftliche 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	

 2
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 11 16 1985

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente 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.

22-06-2011

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 0035044	A1	15-06-2000	DE	69934968 T2	22-11-2007
			DK	1055264 T3	30-04-2007
			EP	1055264 A1	29-11-2000
			JP	2002532928 T	02-10-2002

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 Nicht-Patentliteratur

- **ZAGHLOUL, A.I. ; GUPTA, R.K. ; KOHLS, E.C. ; SUN, L.Q. ; ALLNUTT, R.M.** Low cost flat antennas for commercial and military SATCOM terminals, Military Communications Conference. *MILCOM 2001. Communications for Network-Centric Operations: Creating the Information Force. IEEE Volume 2*, 28. Oktober 2001, vol. 2, 795-799 [0004]
- **PARKER, D. ; ZIMMERMANN, D.C.** Phased arrays - part 1: theory and architectures. *Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions*, März 2002, vol. 50 (3), 678-687 [0006]
- **MAILLOUX, R. J.** Phased Array Antenna Handbook. Artech House, April 2005 [0006]
- **VOLAKIS, J. L.** Antenne Engineering Handbook. Mac Graw Hill, 2007 [0007]
- **CICOLANI, M. ; FARINA, A. ; GIACCARI, E. ; MARDIA, F. ; RONCONI, R. ; SABATINI, S.** Some phased array systems and technologies. *AMS, Phased Array Systems and Technology*, 14. Oktober 2003, 23-30 [0007]
- **HOLTER, H ; CHIO, T. ; SCHAUBERT, D.** Experimental Results of 144-Element Dual-Polarized End-fire Tapered-Slot Phased Arrays. *IEEE Transact. On Antennas and Propag.*, November 2000, vol. 48 (11 [0009]