



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
26.10.2011 Patentblatt 2011/43

(51) Int Cl.:
H01Q 21/24 (2006.01) H01Q 13/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10401056.6**

(22) Anmeldetag: **15.04.2010**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
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 SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA ME RS

- **Mugler, Albrecht**
09337 Hohenstein-Ernstthal (DE)
- **Müller, Michael**
09123 Chemnitz (DE)

(71) Anmelder: **Mugler AG**
09353 Oberlungwitz (DE)

(74) Vertreter: **Steiniger, Carmen**
Kanzlei Dr. Steiniger
Ricarda-Huch-Straße 4
09116 Chemnitz (DE)

(72) Erfinder:
• **Hahnel, Ronny**
01257 Dresden (DE)
• **Plettemeier, Dirk**
01187 Dresden (DE)

Bemerkungen:
Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

(54) **Phasen-Array-Antennensystem**

(57) Die Erfindung betrifft ein Phasen-Array-Antennensystem, das wenigstens ein breitbandiges Antennensegment aufweist, wobei das Antennensegment mehrere geschlitzte Antennenelemente aufweist, die linear polarisierte Wellen abstrahlen, und wobei wenigstens zwei Antennenelemente rechtwinklig zueinander ausgerichtet sind und das Antennensegment somit zur Abstrahlung von Wellen zweier, rechtwinklig zueinander stehender Polarisationsrichtungen ausgebildet ist. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Erzeugen eines elektrischen Feldes mit zeitlich variierender Polarisation. Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein breitbandiges Antennensystem aufzuzeigen, das zirkular polarisierte Wellen abstrahlen kann und welches technologisch einfach und mit kompakten Abmessungen herstellbar ist. Zudem soll ein geeignetes Verfahren der oben genannten Gattung basierend auf einem solchen Antennensystem zur Verfügung gestellt werden. Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die Antennenelemente aus Metallblech ausgebildet sind. Schließlich wird die Aufgabe auch mit einem Verfahren der oben genannten Gattung gelöst, bei welchen ein erfindungsgemäßes Phasen-Array-Antennensystem als Rundfunkantennensystem verwendet wird.

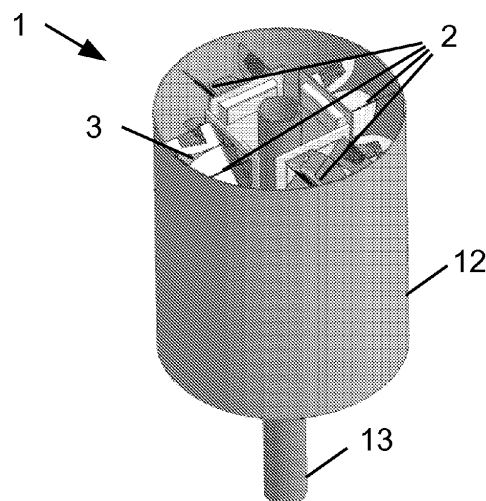


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Phasen-Array-Antennensystem, das wenigstens ein breitbandiges Antennensegment aufweist, wobei das Antennensegment mehrere geschlitzte Antennenelemente aufweist, die linear polarisierte Wellen abstrahlen, und wobei wenigstens zwei Antennenelemente rechtwinklig zueinander ausgerichtet sind und das Antennensegment somit zur Abstrahlung von Wellen zweier, rechtwinklig zueinander stehender Polarisationsrichtungen ausgebildet ist. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Erzeugen elektromagnetischer Wellen mit zeitlich und räumlich variierender Polarisation.

[0002] Derzeit befindet sich die terrestrische Rundfunk- und Fernsehversorgung in einer Umbruchphase, in welcher die überlebte Analogtechnik durch moderne Digitaltechnik ersetzt wird. Bei dieser Umstellung wird in der Regel zunächst die vom Analogfunk vorhandene Sendeantennentechnik für den Digitalfunk übernommen. Bei der Umstellung auf Digitalfunk werden die Frequenzbereiche vom Analogfunk im Wesentlichen übernommen, daher können auch die Sendeantennen zunächst weiter verwendet werden. Das Konzept des Digitalfunks weist aber einige prinzipielle Unterschiede zum Analogfunk auf.

[0003] Im analogen Funk werden zur effektiven Ausnutzung der knappen Rundfunksendefrequenzen an möglichst wenigen Standorten möglichst hohe Antennen und möglichst große Leistungen verwendet, um mit einer Antenne große Gebiete zu versorgen. Die Sender strahlen die elektromagnetischen Wellen mit fester Polarisation ab, die entweder horizontal oder vertikal gerichtet ist. Für den stationären Empfang dieser Signale werden Empfangsantennen mit großem Gewinn ausgerichtet auf den Senderstandort und in der gleichen Polarisationsrichtung wie der Sender angewendet. Benachbarte Sendeantennen müssen mit anderen Frequenzen arbeiten, da es bei der Analogtechnik in einem Überschneidungsbereich zwischen zwei mit gleicher Frequenz betriebenen Antennen zu Interferenzen und damit zu lokalen Empfangslücken und Störungen des Empfangs kommen würde. In digitalen Rundfunkversorgungssystemen wird durch die digitale Signalverarbeitung ermöglicht, dass mehrere Sender auf der gleichen Frequenz senden können. Alle Signale dieser Sender werden am Empfänger ausgewertet und verbessern dadurch wesentlich die Empfangsbedingungen. Voraussetzung ist die zeitsynchrone Abstrahlung mit gleichen Inhalten. Damit ist es möglich, den Digitalfunk als sogenanntes Gleichwellenfunknetz auszubilden.

[0004] Durch die Installation von Gleichfunknetzen ist es nicht mehr nötig, mit leistungsstarken Sendern große Gebiete abzudecken. Stattdessen ist eine kleinzellige Versorgung durch mehrere Sendeantennen möglich. Das Ziel der Antennenentwicklung für solche kleinzelligen digitalen Rundfunknetze ist eine lückenlose Versorgung aller Gebiete und ein überall guter Empfang auch

mit mobilen Geräten.

[0005] Für mobile Geräte, deren Empfangsort variabel ist und sich zeitlich ändert, wenn der Empfänger in Bewegung ist, ist eine gute Funkversorgung eine besonders anspruchsvolle Aufgabe. Mobile Geräte verwenden nur kleine Antennen, und die kleinen Antennen können zudem nicht optimal auf eine horizontale oder eine vertikale Polarisation von im Analogfunk verwendeten Sendeantennen ausgerichtet werden. Derzeit werden große Feldstärken verwendet, um einen ausreichenden Signal-Rausch-Abstand für mobile Empfangsgeräte zu erreichen. Zur Vermeidung von Elektromog und Energieverschwendung sind jedoch möglichst kleine Sendeleistungen wünschenswert; kleinzellige Versorgungsstrukturen können mit einer reduzierten Gesamtsendeleistung betrieben werden. Zudem weisen kleinzellige Versorgungsstrukturen eine für einen störungsfreien Empfang günstige Signalpegelgleichmäßigkeit, also eine geringe Pegeldynamik auf.

[0006] Der Aufbau von kleinzelligen Gleichwellenfunknetzen ist vor allem für urbane Gebiete attraktiv. Zur Erreichung einer optimalen Flächenabdeckung in einem Gleichwellenfunknetz ist die Möglichkeit einer geeigneten Diagrammformung der Sendeantennen wünschenswert. In einem Gleichwellenfunknetz kann nicht nur die Leistung reduziert werden, durch gezielt eingesetzten Mehrwegeempfang kann auch das Gesamtempfangssignal und die Empfangsqualität um ein Vielfaches verbessert werden. Für den Aufbau eines Gleichwellenfunknetzes ist es günstig, Sendeantennen mit einem hohen Gewinn und einer großen Bandbreite einzusetzen. Durch den hohen Gewinn wird die Sendeleistung auf den zu versorgenden Bereich konzentriert, und durch die Breitbandigkeit wird das Abstrahlen verschiedener Frequenzen möglich. Zudem soll im Hinblick auf eine gute Empfangsqualität in mobilen Empfängern mit zufälliger Orientierung der Empfangsantenne am Empfangsort eine Versorgung mit Wellen jeder transversalen Polarisationsrichtung erfolgen, was durch zirkuläre Polarisation erreicht werden kann.

[0007] Aus dem Stand der Technik ist bekannt, dass ein hoher Gewinn von Antennen beispielsweise durch die Kombination mehrerer Antennen zu einem Antennenarray erreicht werden kann. Bekannte Lösungen zur Realisierung breitbandiger Antennen sind beispielsweise Vivaldi-Antennen-Strukturen. Vivaldi-Antennen sind zweidimensionale Strukturen, die beispielsweise aus zweiseitigem Leiterplattenmaterial hergestellt sind, wobei eine auf eine dielektrische Unterlage aufgebrachte dünne Metallschicht oder ein entsprechender, auf dielektrischem Material aufgebrachter Microstrip einen Schlitz in Senderichtung aufweist und wobei der Schlitz zum Abstrahlende der Metallschicht hin exponentiell verbreitert ist. Eine solche Antenne strahlt linear polarisierte Wellen ab, wobei die Polarisationsrichtung der elektrischen Feldstärke der erzeugten Radiowelle in der Leiterplattenebene und senkrecht zur Abstrahlrichtung liegt. Zur Speisung der bekannten Vivaldi-Antennen wird eine

zweite Leiterplattenebene benötigt, in welcher eine Schlitzleitung ausgebildet ist.

[0008] Vivaldi-Antennen können kostengünstig mittels bekannter Leiterplattentechnik hergestellt werden. Es sind auch Arrays von orthogonal gekreuzten Vivaldi-Antennenstrukturen bekannt, die Antennenstrukturen für zwei Polarisationsrichtungen aufweisen. Ein Antennenarray aus gekreuzten Vivaldi-Strukturen ist beispielsweise in der Druckschrift EP 0 349 069 A1 beschrieben. Eine solche Antenne ist aus preiswerten Elementen zusammengesetzt. Die Montage und der Anschluss einer solchen Antenne ist aber aufwändig, sodass hohe Gesamtkosten für eine solche Antenne entstehen.

[0009] Bei einer Ansteuerung einer solchen Antenne mit einem phasenverschobenen Signal für die gekreuzten Antennenstrukturen können auch zirkular polarisierte Wellen ausgestrahlt bzw. empfangen werden. Ein Antennenarray zur Abstrahlung zirkular polarisierter Wellen ist beispielsweise aus der Druckschrift WO 89/08933 bekannt.

[0010] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein breitbandiges Antennensystem aufzuzeigen, das zirkular polarisierte Wellen abstrahlen kann und welches technologisch einfach und mit kompakten Abmessungen herstellbar ist. Zudem soll ein geeignetes Verfahren zum Erzeugen eines elektrischen Feldes mit zeitlich variierender Polarisation basierend auf einem solchen Antennensystem zur Verfügung gestellt werden.

[0011] Die Aufgabe wird durch ein Antennensystem der oben genannten Gattung gelöst, wobei die Antennenelemente aus Metallblech ausgebildet sind. Durch die Ausbildung der Antennenelemente, die als Einzelantennen in einem Antennenarray verstanden werden können, aus Metallblech wird eine deutliche Vereinfachung der Herstellungstechnologie im Vergleich zu der im Stand der Technik bekannten Leiterplattentechnologie erreicht. Das Metallblech besteht im einfachsten Fall nur aus einer Metalllage, die besonders einfach zugeschnitten und bearbeitet, beispielsweise gebogen, werden kann. Aus der guten Bearbeitbarkeit von Metallblechen im Vergleich zu doppelseitigem Leiterplattenmaterial ergibt sich einerseits ein einfaches Herstellungsverfahren, andererseits stehen für das Design des Antennensystems auch andere technische Möglichkeiten als beim Einsatz von Leiterplattenmaterialien offen. Zudem kann das Metallblech derart umgeformt werden, dass das Antennensystem mit sehr guter Strahlcharakteristik und dennoch kompakt zur Verfügung gestellt werden kann. Somit eignet sich das erfindungsgemäße Antennensystem insbesondere zum Aufbau von kleinzelligen Gleichwellenfunknetzen.

[0012] In einer günstigen Ausbildung des erfindungsgemäßen Antennensystems sind jeweils wenigstens zwei Antennenelemente gemeinsam unter Ausbildung wenigstens einer Antennenelementreihe in einem Metallblechstreifen ausgebildet; und wenigstens zwei Antennenelementreihen sind wenigstens einmal zueinan-

der gekreuzt unter Ausbildung eines Antennenelementarrays angeordnet, indem jeweils zwischen den Antennenelementen ausgebildete Montageschlitzte ineinander geführt sind. Die Ausbildung mehrerer Antennenelemente in einem Metallblechstreifen ist eine besonders einfache und kostengünstige Methode zur Herstellung von Antennenelementen. Das Vorsehen von Montageschlitzten in den Metallblechstreifen und das Ineinanderrühren der Montageschlitzte zur Ausbildung von Antennenelementarrays sind besonders einfache Herstellungsmethoden zur Herstellung eines Antennenarrays. Durch das Kreuzen der Metallblechstreifen wird eine orthogonale Anordnung von Antennenelementen erreicht, die zur Erzeugung beliebiger transversaler Polarisationsrichtungen, wie z.B. zirkular polarisierter Wellen, erforderlich ist.

[0013] In einer vorteilhaften Ausbildung des erfindungsgemäßen Antennensystems ist der Metallblechstreifen unter Ausbildung wenigstens zweier Antennenelementreihen abgewinkelt. Metallblechstreifen können auch mehrfach gebogen oder beispielsweise in Zickzackform abgewinkelt werden, wodurch aus zwei Metallblechstreifen einfach und kostengünstig eine stabile Arraystruktur hergestellt werden kann.

[0014] In einer bevorzugten Ausbildung des erfindungsgemäßen Antennensystems weisen die Antennenelemente die Struktur einer Vivaldi-Antenne auf, welche einen kreisförmigen Freiraum in einer Metallfläche und einen von dem Freiraum ausgehenden Schlitz aufweist, dessen Breite in Abstrahlrichtung zunimmt; wobei Flächenbereiche der Antennenelemente, die sich gegenüber den geschlitzten Seiten der Antennenelemente befinden, quer zur Abstrahlrichtung abgekantet sind. Vorzugsweise erfolgt diese Abkantung so, dass die abgekanteten Flächenbereiche aneinander angrenzender Vivaldi-Antennen einander nicht überlappen. Die erfindungsgemäßen breitbandigen Antennenelemente sind während der Herstellung zunächst flächige Strukturen, die in einer Ebene realisiert sind. In der konkreten Ausbildung werden als Antennenelemente sogenannte Vivaldi-Strukturen verwendet. Solche Antennenelemente können zur Beschreibung in einen äußeren Flächenbereich und einen inneren Flächenbereich unterteilt werden, wobei der äußere Flächenbereich der ist, von welchem ein Antennensignal ausgestrahlt oder empfangen wird und der innere Flächenbereich der gegenüber liegende Teil der Antennenstruktur ist. Bei der Vivaldi-Struktur ist der äußere Flächenbereich durch den sich verbreiternden Schlitz gekennzeichnet und der innere Flächenbereich durch den Abschluss des Schlitzes in dem kreisförmigen Freiraum innerhalb der Metallfläche. An den inneren Flächenbereich der Antennenelemente wird die Signaleinspeisung angeschlossen. In einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der innere Flächenbereich der Antennenstruktur in einem Winkel, beispielsweise um etwa 90°, zur Abstrahlrichtung abgewinkelt. Bei dem Abwinkeln ist zu beachten, dass die Knickstelle nicht scharfkantig sein darf. Dadurch wird bei gleichen HF-technischen Parametern der

Antennenelemente eine Reduzierung der Bauhöhe um ein Drittel erreicht. Durch die reduzierte Länge der Antennenelemente wird letztendlich eine größere Kompaktheit des gesamten Antennensystems erreicht.

[0015] In einer besonders günstigen Weiterbildung des erfindungsgemäßen Antennensystems umfasst der abgekantete Flächenbereich der Antennenelemente auch den kreisförmigen Freiraum, und der Schlitz der Antennenelemente erstreckt sich von dem nicht abgekanteten Flächenbereich in den abgekanteten Flächenbereich. Durch die Abkantung der inneren Flächenbereiche der Antennenelemente werden die Speisepunkte der Antennenelemente auf eine Ebene gebogen, deren Flächennormale in Abstrahlrichtung der Antennenelemente orientiert ist. Die inneren Flächenbereiche der Antennenelemente bilden mit anderen Worten teilweise eine Rückenfläche für das Antennenelementarray. Auf dieser Rückenfläche sind die Speisepunkte der Antennenelemente besonders einfach kontaktierbar, und das Array kann besonders einfach auf eine Rückwand montiert werden.

[0016] In einer vorteilhaften Ausbildung des Antennensystems ist das Antennensegment auf einer dielektrischen Rückwand montiert. Die dielektrische Rückwand wird als mechanischer Träger des Antennensegments bzw. als mechanischer Träger für das Antennenelementarray verwendet. Durch die dielektrischen Eigenschaften der Rückwand wird die Antennencharakteristik zunächst nicht beeinflusst.

[0017] In einer optionalen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Antennensystems weist die dielektrische Rückwand Zuführungs- und Betriebselemente des Antennensystems auf. Jedem Antennensegment in dem erfindungsgemäßen Antennensystem müssen Signale zugeführt werden. Die Signalführungen können besonders einfach und kostengünstig durch Strukturierungen von metallischen Schichten auf dielektrischen Platten in der sogenannten Leiterplattentechnik oder koaxial hergestellt werden. Als bevorzugtes Material für die dielektrische Rückwand kann beispielsweise ein faserverstärkter Kunststoff, wie Tecryl, verwendet werden. Es können aber auch andere geeignete Materialien eingesetzt werden. Des Weiteren müssen die Signale verstärkt werden, und für jedes Antennenelement muss eine gewünschte Phasenverschiebung realisiert werden. Diese Aufgaben werden von den Betriebselementen des Antennensystems realisiert. Die Betriebselemente, also die Signalverstärker und die Phasen-Schieber, werden möglichst nahe an den Antennenelementen, also auf der dielektrischen Rückwand oder direkt auf dem Antennenelement, realisiert.

[0018] In einer weiteren günstigen Variante des erfindungsgemäßen Antennensystems können auf der dielektrischen Rückwand auch Reflektoren vorgesehen sein. Reflektoren können in Richtung der dielektrischen Rückwand von den Antennenelementen ausgehende elektromagnetische Strahlung in die gewünschte Abstrahlrichtung reflektieren und so zur Optimierung der

Abstrahlcharakteristik eingesetzt werden.

[0019] Es ist besonders von Vorteil, wenn das Antennensystem ein aus einem dielektrischen Material bestehendes Radom aufweist. Da die Antennen für den Außeneinsatz vorgesehen sind und bei ihrem Einsatz Witterungseinflüssen ausgesetzt sind, ist es günstig, für das Antennensystem eine Verkleidung, ein sogenanntes Radom, vorzusehen, die einen Einfluss der Witterung auf die Eigenschaften des Antennensystems verhindern kann. Durch das Radom werden beispielsweise Regen- und Schneeablagerungen auf den Antennenelementen verhindert, welche die Eigenschaften der Antennencharakteristik beeinflussen würden. Als Material für die Herstellung des Radoms hat sich der faserverstärkte Kunststoff Tecryl bewährt. Es können jedoch auch andere geeignete Materialien verwendet werden.

[0020] Entsprechend einer günstigen Weiterbildung der Erfindung sind in oder auf dem Radom Direktoren vorgesehen. Direktoren sind Strukturelemente, die das Antennendiagramm der Antenne beeinflussen. In der Regel sind die Direktoren metallische Strukturen. Es kann jedoch auch die Form und die Materialzusammensetzung des Radoms zur Optimierung der Abstrahlcharakteristik der Antenne eingesetzt werden.

[0021] In einem weiteren möglichen Ausführungsbeispiel sind die Antennenelemente des erfindungsgemäßen Antennensystems dem für sie vorgesehenen Wellenlängenbereich entsprechend skaliert. Eine Skalierung der geometrischen Struktur der Antennenelemente ermöglicht die Anwendung der Erfindung über einen großen Frequenzbereich hinweg.

[0022] In einer besonders hoch entwickelten Ausbildung des erfindungsgemäßen Antennensystems ist die Phase und/oder die Leistung für jedes Antennenelement separat einstellbar und/oder veränderbar. Für jedes Antennenelement ist also beispielsweise ein eigener HF-Verstärker oder ein eigener HF-Verstärkerkanal und/oder eine eigene Phasenregelung vorgesehen. Dadurch kann das Antennensegment mit den einzelnen Antennenelementen besonders flexibel betrieben werden, und es bestehen maximale Einflussmöglichkeiten auf das Antennendiagramm, mit Abstrahlrichtung und Abstrahlcharakteristik, sowie auf die Polarisation.

[0023] Gemäß einer besonders geeigneten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Antennensystems ist für jedes Antennenelement ein HF-Ansteuerschaltkreis mit einem Leistungsverstärker und einer Phasensteuerung vorgesehen, wobei die Position des HF-Ansteuerschaltkreises an dem Ansteuerpunkt des Antennenelementes vorgesehen ist und wobei das Antennenelement als Kühlkörper für den HF-Ansteuerschaltkreis vorgesehen ist. Durch das Vorsehen eines Leistungsverstärkers für jedes Antennenelement wird die HF-Leistung direkt an dem Ort erzeugt, wo sie benötigt wird und wo sie abgestrahlt werden soll. Dadurch werden Verluste auf langen Übertragungswegen ausgeschlossen. Durch die Realisierung der Phasensteuerung direkt in dem HF-Ansteuerschaltkreis an dem Antennenelement kann

die Phase für das Antennenelement exakt eingestellt werden. Durch die räumliche Nähe von Antennenelement und HF-Ansteuerschaltkreis ist es zudem möglich, das Antennenelement zusätzlich zu seiner Funktion der Radiowellenabstrahlung auch als Kühlkörper für den HF-Ansteuerschaltkreis zu verwenden. Auf diese Weise können Kosten für separate Kühlkörper eingespart werden, und das Antennensystem kann besonders kompakt realisiert werden.

[0024] In einer optionalen Erweiterung des erfindungsgemäßen Antennensystems sind die Antennenelemente wenigstens teilweise mit einem dielektrischen Material beschichtet. Durch die Beschichtung mit dielektrischen Materialien kann eine Optimierung der gewünschten Antennencharakteristik erreicht werden.

[0025] In einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Antennensystems ist das Antennensystem aus wenigstens zwei Antennensegmenten ausgebildet, die derart angeordnet und angesteuert sind, dass ein vorgegebener Raumwinkelbereich versorgt wird. Die beschriebenen Antennensegmente zeichnen sich durch eine Richtwirkung aus. Mitunter kann mit einem Antennensegment bereits eine Bestrahlungsaufgabe erfüllt werden, beispielsweise wenn ein langgestrecktes Dorf von der Abstrahlcharakteristik eines Antennensegmentes beleuchtet wird. In anderen Fällen ist aber eine größere Abdeckung, beispielsweise eine 360°-Abdeckung, um den Antennenstandort gefordert. In diesen Fällen werden mehrere Antennensegmente so kombiniert und eingerichtet, dass sie den in der Aufgabe definierten Versorgungsbereich optimal bedienen.

[0026] Die Aufgabe wird ferner durch ein Verfahren zum Erzeugen eines elektrischen Feldes mit zeitlich variierender Polarisation gelöst, bei welchem ein Phasen-Array-Antennensystem nach einem der Ansprüche 1 bis 14 als Rundfunkantennensystem verwendet wird. Da, wie oben beschrieben, das erfindungsgemäße Phasen-Array-Antennensystem mit unterschiedlichen Polarisationsrichtungen emittiert, können hierdurch Signale erzeugt werden, welche am Empfangsort praktisch alle Polarisationsrichtungen einnehmen. Da zudem durch das erfindungsgemäße Phasen-Array-Antennensystem ein hoher Gewinn und eine große Bandbreite erzielbar ist, kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Hochfrequenzleistung mittels des hohen Gewinns auf den zu versorgenden Bereich konzentriert werden und eine Abstrahlung mehrerer Signale auf verschiedenen Frequenzen mit ein und demselben Antennensystem realisiert werden. Im Ergebnis kann eine verbesserte Funkversorgung, insbesondere für mobile Empfangsgeräte in kleinzelligen digitalen Rundfunknetzen, zur Verfügung gestellt werden.

[0027] Bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, deren Aufbau, Funktion und Vorteile werden im Folgenden anhand von Figuren näher erläutert, wobei

Figur 1 eine schematische Ansicht eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Phasen-Array-Antennensystems zeigt;

Figur 2 schematisch ein Beispiel für ein Antennensegment des erfindungsgemäßen Phasen-Array-Antennensystems zeigt;

Figur 3 schematisch eine Vivaldi-Struktur als Beispiel für ein Antennenelement des erfindungsgemäßen Phasen-Array-Antennensystems zeigt;

Figur 4 schematisch eine Antennenelementreihe einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Phasen-Array-Antennensystems zeigt;

Figur 5 schematisch abgewinkelte Metallblechstreifen mit Antennenelementreihen gemäß Fig. 4 zeigt;

Figur 6 schematisch Beispiele für Antennendiagramme von Antennensegmenten einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Phasen-Array-Antennensystems zeigt;

Figur 7 schematisch einen HF-Ansteuerschaltkreis für ein Antennensegment eines erfindungsgemäßen Phasen-Array-Antennensystems zeigt;

Figur 8 schematisch zwei unterschiedlich skalierte Antennensegmente für unterschiedliche erfindungsgemäße Phasen-Array-Antennensysteme mit unterschiedlichen Frequenzbereichen zeigt; und

Figur 9 schematisch ein Radom für ein Antennensegment eines erfindungsgemäßen Phasen-Array-Antennensystems zeigt.

[0028] Fig. 1 ist eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Phasen-Array-Antennensystems 1 in einer perspektivischen Ansicht. Das dargestellte Antennensystem 1 weist vier Antennensegmente 2 auf, welche wiederum jeweils mehrere aus Metallblech ausgebildete Antennenelemente 3 aufweisen. Die Antennensegmente 2 sind durch ein Radom 12 verkleidet und in dem gezeigten Beispiel an einem Mast 13 befestigt. Das dargestellte Ausführungsbeispiel für ein erfindungsgemäßes Antennensystem 1 ist für die Radioversorgung eines Versorgungsgebietes vorgesehen, welches sich im Umkreis um den Antennenmast 13 befindet. Jedes Antennensegment 2 ist dabei für die Beleuchtung eines Teiles des Versorgungsgebietes, konkret eines Kreissektors mit einem Mittelpunktwinkel von etwa 90°, vorgesehen. Die Abstrahlrichtung der Antennensegmente 2 ist vom Antennenmast 13 radial nach außen gerichtet.

[0029] In anderen, nicht dargestellten erfindungsge-

mäßigen Antennensystemen kann auch eine andere Anzahl von Antennensegmenten 2 eingesetzt werden. Beispielsweise kann nur ein Antennensegment 2 zur Radioversorgung eines einseitigen Versorgungsgebietes oder es können beispielsweise acht Antennensegmente 2 zur Rundumversorgung verwendet werden.

[0030] Fig. 2 zeigt schematisch ein einzelnes Antennensegment 2, das aus einem Antennenelementarray von zwei mal sechs Antennenelementen 3 ausgebildet ist. In dem Antennenelementarray sind die Antennenelemente 3 in zwei orthogonalen Orientierungen angeordnet. Eine dielektrische Rückwand 4 bildet die mechanische Grundlage des Antennensegments 2. Jedes Antennensegment 2 weist neben den Antennenelementen 3 auch eine Signalführung 20, ein Vernetzungselement 21 und Speiseleitungen 22 auf, wobei in der Darstellung von Fig. 2 nur zwei der hier verwendeten zwölf Speiseleitungen 22 skizziert sind. Das Vernetzungselement 21 kann jedes Antennenelement 3 des Antennensegments 2 mit einer einstellbaren Amplitude und Phasenlage speisen. Antennenelemente 3 mit einer ersten Orientierung werden vorzugsweise mit einer Phasenlage gespeist, und Antennenelemente 3 mit einer anderen Orientierung werden vorzugsweise mit einer um etwa 90° verschobenen Phasenlage gespeist, sodass das Antennensegment 2 zirkular polarisierte Wellen abstrahlt. Die Phasenlage jedes einzelnen Antennenelementes 3 wird dabei zur Optimierung der Abstrahlcharakteristik feineingestellt. Neben einer symmetrischen Speisung mit gleicher Leistung für Antennenelemente 3 beider Orientierungen kann auch eine unsymmetrische Speisung erfolgen, wobei dann in der abgestrahlten Welle die Polarisation der mit höherer Leistung gespeisten Antennenelementorientierung überwiegt. Eine differenzierte Leistungsansteuerung einzelner Antennenelemente 3 kann zur Optimierung der Abstrahlrichtung des Antennensegments 2 eingesetzt werden.

[0031] Die Speiseleitungen 22 sind in den dargestellten Beispielen als separate Leitungen ausgeführt. In anderen, nicht dargestellten Varianten der Erfindung können sie auch in Schichten auf der dielektrischen Rückwand 4 oder zwischen Lagen der dielektrischen Rückwand 4 ausgebildet sein. Die dielektrische Rückwand 4 ist vorzugsweise aus dem dielektrischen Material Tecryl gefertigt. Die Rückwand 4 kann aber auch aus anderen dielektrischen Materialien oder aus Metall bestehen.

[0032] Fig. 3 zeigt eine Vivaldi-Struktur als Beispiel für ein Antennenelement 3. Die Vivaldi-Struktur ist in einer Metallfläche eines Metallbleches ausgebildet. Sie ist durch einen Schlitz 6, durch einen kreisförmigen Freiraum 8 und eine Verbreiterung des Schlitzes 7 in Abstrahlrichtung gekennzeichnet. Diese Verbreiterung ist zwar in dem gezeigten Ausführungsbeispiel exponentiell, kann jedoch in anderen Ausführungsformen der Erfindung auch anders geometrisch gestaltet sein, wie es im Stand in der Technik bekannt ist. Die Abstrahlrichtung der Vivaldi-Struktur ist vom kreisförmigen Freiraum 8 zur Verbreiterung hin gerichtet. Die von einem Vivaldi-Ele-

ment abgestrahlte Welle ist linear polarisiert, wobei der elektrische Feldvektor in der Ebene der Vivaldi-Struktur und orthogonal zur Abstrahlrichtung liegt. Eine Vivaldi-Struktur ist durch die Verbreiterung des Schlitzes 7 und durch den kreisförmigen Freiraum 8 für das Aussenden oder Empfangen eines breiten Frequenzbereiches geeignet. Sie ist daher ein breitbandiges und universelles Antennenelement 3. Je nach zu erfüllender Aufgabe für das erfindungsgemäße Antennensystem 1 können jedoch auch andere Antennenelementstrukturen verwendet werden, die beispielsweise schmalbandige Antennenelemente 3 sind, die für eine konkrete Frequenz optimiert sind. Für die weitere Beschreibung ist es günstig, die Vivaldi-Struktur in einen äußeren Flächenbereich 31, der auf der abstrahlenden Seite des Vivaldi-Elements liegt, und in einen inneren Flächenbereich 30, in dem der kreisförmige Freiraum 8 des Vivaldi-Elements liegt, zu unterteilen.

[0033] Fig. 4 zeigt schematisch eine aus einem Metallblech ausgebildete Antennenelementreihe 5, die in dem dargestellten Beispiel aus zwei Vivaldi-Strukturen besteht. In anderen, nicht dargestellten Ausbildungen kann die Antennenelementreihe 5, wie in Fig. 5 gezeigt, deutlich mehr als zwei Antennenelemente 3 aufweisen.

[0034] Fig. 5 zeigt schematisch Metallblechstreifen, die zur Ausbildung von Antennensegmenten 2 zur Verwendung in einem erfindungsgemäßen Phasen-Array-Antennensystem 1 vorgesehen sind. In den Metallblechstreifen sind durch zickzackförmiges Knicken der Metallblechstreifen Antennenelementreihen 5 mit jeweils zwei Antennenelementen 3 ausgebildet. Das heißt, in dem hier gezeigten Beispiel sind die Metallblechstreifen nach jedem zweiten Antennenelement 3 unter Ausbildung von Antennenelementreihen 5 mit jeweils zwei Vivaldi-Strukturen abgekantet. In den Antennenelementreihen 5 an der Grenze zwischen zwei Antennenelementen 3 sind Montageschlitze 10, 11 derart ausgebildet, dass die Montageschlitze 11 in die Montageschlitze 10 des anderen Metallblechstreifens unter Ausbildung eines Gitterrotes geführt werden können.

[0035] Die inneren Flächenbereiche 30 der Antennenelemente 3 sind aus der Ebene der Antennenelemente 3 heraus abwechselnd in die eine und die andere Richtung jeweils um 90° abgekantet. Die Abkantung erfolgt nicht scharfkantig. Vorzugsweise erfolgt die Abkantung so, dass sich die abgekanteten Flächenbereiche 30 aneinander angrenzender Antennenelemente 3 nicht überlappen. Durch die Abkantung kann die Höhe der Metallblechstreifen in Abstrahlrichtung um etwa ein Drittel reduziert werden. Die HF-technischen Parameter der Antennenelemente 3 werden durch dieses Abkanten nicht verändert. Randbereiche der inneren Flächenbereiche 30 von Antennenelementen 3 sind in dem dargestellten Ausführungsbeispiel zur Reduzierung der Außenabmessungen des Antennenelementarrays an einer Kante 16 abgeschnitten. Durch das Beschneiden des inneren Flächenbereiches 30 der Antennenelemente 3 kann auch Einfluss auf die Abstrahlcharakteristik des Antennenseg-

menten 2 genommen werden.

[0036] Erfindungsgemäß werden zur Ausbildung der Antennensegmente 2 vorzugsweise Metallbleche verwendet, da diese besonders einfach und kostengünstig bearbeitbar sind. Unter einem Metallblech wird erfindungsgemäß in erster Linie eine flächige, beispielsweise durch Biegen umformbare Lage aus einem metallischen Material verstanden. Dabei kann die Lage auch aus mehreren, nebeneinander oder übereinander vorgesehenen metallischen Materialien ausgebildet sein. Grundsätzlich ist es auch möglich, als Metallblech gemäß der vorliegenden Erfindung eine Kombination aus metallischen und nichtmetallischen Materialien vorzusehen, insofern diese Kombination ähnlich wie ein einfaches Metallblech umformbar ist bzw. wenn die Umformung dieses Materials nur mit geringfügig erhöhtem Aufwand im Vergleich zum Umformen von einfachen Metallblechen möglich ist.

[0037] Die Metallflächen im äußeren Bereich der Antennenelemente 3, die nicht an Montageschlitze 10, 11 grenzen, sind in dem gezeigten Ausführungsbeispiel mit Einkerbungen 9 versehen, welche zur Optimierung des Frequenzverhaltens der Antennenelemente 3 dienen.

[0038] Fig. 6 zeigt schematisch zwei übereinander aufgetragene Antennendiagramme 32, 33 von Antennensegmenten 2, wie sie in Fig. 2 dargestellt sind. Die dargestellten Antennendiagramme sind horizontale Polarkoordinatendiagramme, welche die abgestrahlte Leistungsdichte in Abhängigkeit vom Abstrahlwinkel darstellen. Der Winkel bezeichnet die Abstrahlrichtung und der Radius die logarithmisch aufgetragene Leistungsdichte. Das Antennendiagramm 32 zeigt die Abstrahlcharakteristik eines nicht optimierten Antennensegments 2, dessen höchste Leistungsdichte bei 90° liegt, was gut an der Orientierung der sogenannten Hauptkeule erkennbar ist. Neben der Hauptkeule weist das Antennendiagramm 32 des nicht optimierten Antennensegments 2 auch unerwünschte Nebenkeulen bei 40° und 140° auf. Das in Fig. 2 dargestellte Antennensegment 2 weist bei einer optimierten Ansteuerung der Antennenelemente 3 das in Fig. 6 dargestellte Antennendiagramm 33 auf, bei dem die Nebenkeulen bei 40° und 140° vollständig eliminiert sind und bei dem die Breite der Hauptkeule von 60° auf nahezu 90° erhöht ist.

[0039] Fig. 7 zeigt schematisch eine günstige Ausbildung des erfindungsgemäßen Antennensystems 1, bei welcher direkt an dem Antennenelement 3 ein HF-Ansteuerschaltkreis 24 vorgesehen ist. Durch die direkte Positionierung des HF-Ansteuerschaltkreises 24 am Ansteuerpunkt 25 entfällt die aufwendige Dimensionierung von Speiseleitungen. Da der HF-Ansteuerschaltkreis 24 die Leistungsverstärkung für das HF-Signal übernimmt, müssen über die Signal- und Informationsleitung 23 nur ein HF-Signal geringer Leistung und unproblematische Versorgungs- und Informationsströme zugeführt werden. Mit einer solchen Ausbildung des erfindungsgemäßen Antennensystems 1 können die Antennenelemente 3 optimal individuell angesteuert werden, und das Antennensystem 1 kann hocheffektiv und energieeffizient

realisiert werden. Zudem kann durch die Verlustleistung des HF-Ansteuerschaltkreises 24 entstehende Wärme direkt über die Metallflächen der Antennenelemente 3 abgeführt werden. Über die Signal- und Informationsleitung 23 ist eine einfache Abänderung von Einstellungen oder auch eine adaptive Regelung des Antennensystems 1 möglich.

[0040] Fig. 8 zeigt schematisch zwei unterschiedlich geometrisch skalierte Antennensegmente 2, 2', welche in Anpassung an den jeweiligen Frequenzbereich unterschiedlich große Strukturabmessungen aufweisen. Das Antennensegment 2 ist in dem dargestellten Beispiel für einen 8 Kanäle mit je 8 MHz Breite umfassenden UHF-Frequenzbereich von 474 MHz bis 538 MHz vorgesehen. Das Antennensegment 2' ist hingegen für einen Bereich höherer Frequenzen von 656 MHz bis 720 MHz ausgelegt. Um die erfindungsgemäßen Antennensysteme 1 möglichst kostengünstig ausbilden zu können, können für die Antennensegmente 2 und 2' Rückwände 4 gleicher Größe verwendet werden. Dadurch können weitere Elemente der Antennensysteme 1, wie beispielsweise Radome 12, 14 oder Befestigungselemente universell verwendet werden. Außer den dargestellten Antennensegmenten 2, 2' können auch andere Antennensegmente 2 für andere Frequenzbereiche oder mit anderer Arraygröße für andere Abstrahlcharakteristiken realisiert werden.

[0041] Fig. 9 zeigt ein Radom 14 für ein einzelnes Antennensegment 2. Das Radom 14 besteht vorzugsweise aus einem faserverstärkten Kunststoff, wie Tecryl, in den metallische Komponenten 15 integriert sind. Das Radom 14 ist zur abgedichteten Befestigung eines oben beschriebenen Antennensegmentes 2 vorgesehen. Das Radom 14 schützt das Antennensegment 2 mechanisch und gegen Umwelteinflüsse. Die Form und die Materialzusammensetzung des Radoms 14 kann zur Optimierung der Abstrahlcharakteristik eingesetzt werden. Es können daher auch andere Radomformen und Materialien als hier dargestellt eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Phasen-Array-Antennensystem (1), das wenigstens ein breitbandiges Antennensegment (2) aufweist, wobei das Antennensegment (2) mehrere geschlitzte Antennenelemente (3) aufweist, die linear polarisierte Wellen abstrahlen, und wobei wenigstens zwei Antennenelemente (3) rechtwinklig zueinander ausgerichtet sind und das Antennensegment (2) somit zur Abstrahlung von Wellen zweier, rechtwinklig zueinander stehender Polarisationsrichtungen ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antennenelemente (3) aus Metallblech ausgebildet sind.
2. Phasen-Array-Antennensystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeweils wenig-

stens zwei Antennenelemente (3) gemeinsam unter Ausbildung wenigstens einer Antennenelementreihe (5) in einem Metallblechstreifen ausgebildet sind; und wenigstens zwei Antennenelementreihen (5) wenigstens einmal zueinander gekreuzt unter Ausbildung eines Antennenelementarrays angeordnet sind, indem jeweils zwischen den Antennenelementen (3) ausgebildete Montageschlitz (10, 11) ineinander geführt sind.

3. Phasen-Array-Antennensystem nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Metallblechstreifen unter Ausbildung wenigstens zweier Antennenelementreihen (5) abgewinkelt ist.

4. Phasen-Array-Antennensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antennenelemente (3) die Struktur einer Vivaldi-Antenne aufweisen, welche einen kreisförmigen Freiraum (8) in einer Metallfläche und einen aus dem Freiraum ausgehenden Schlitz (7) aufweist, dessen Breite in Abstrahlrichtung zunimmt; wobei innere Flächenbereiche (30) der Antennenelemente (3), die sich gegenüber den geschlitzten Seiten der Antennenelemente (3) befinden, quer zur Abstrahlrichtung abgekantet sind.

5. Phasen-Array-Antennensystem nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der abgekantete Flächenbereich der Antennenelemente (3) auch den kreisförmigen Freiraum umfasst und dass sich der Schlitz der Antennenelemente (3) von dem nicht abgekanteten Flächenbereich in den abgekanteten Flächenbereich erstreckt.

6. Phasen-Array-Antennensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Antennensegment (2) auf einer dielektrischen Rückwand (4) montiert ist.

7. Phasen-Array-Antennensystem nach Ansprüchen 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die dielektrische Rückwand (4) Zuführungs- und Betriebselemente (20, 21, 22) des Phasen-Array-Antennensystems (1) aufweist.

8. Phasen-Array-Antennensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Phasen-Array-Antennensystem (1) ein aus einem dielektrischen Material bestehendes Radom (12) aufweist.

9. Phasen-Array-Antennensystem nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** in oder auf dem Radom (12, 14) Direktoren vorgesehen sind.

10. Phasen-Array-Antennensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**

net, dass die Antennenelemente des Phasen-Array-Antennensystems (1) dem für sie vorgesehenen Wellenlängenbereich entsprechend skaliert sind.

11. Phasen-Array-Antennensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Phase und/oder die Leistung für jedes Antennenelement (3) separat einstellbar und/oder veränderbar ist.

12. Phasen-Array-Antennensystem nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** für jedes Antennenelement (3) ein HF-Ansteuerschaltkreis (24) mit einem Leistungsverstärker und einer Phasensteuerung vorgesehen ist, wobei die Position des HF-Ansteuerschaltkreises (24) an einem Ansteuerpunkt (25) des Antennenelementes (3) vorgesehen ist und wobei das Antennenelement (3) als Kühlkörper für den HF-Ansteuerschaltkreis vorgesehen ist.

13. Phasen-Array-Antennensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antennenelemente (3) wenigstens teilweise mit einem dielektrischen Material beschichtet sind.

14. Phasen-Array-Antennensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Phasen-Array-Antennensystem (1) aus wenigstens zwei Antennensegmenten (2) ausgebildet ist, die derart angeordnet und angesteuert sind, dass ein vorgegebener Raumwinkelbereich versorgt wird.

15. Verfahren zum Erzeugen eines elektrischen Feldes mit zeitlich variierender Polarisation, bei welchem ein Phasen-Array-Antennensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 14 als Rundfunkantennensystem verwendet wird.

Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

1. Phasen-Array-Antennensystem (1), das wenigstens ein breitbandiges Antennensegment (2) aufweist, wobei das Antennensegment (2) mehrere geschlitzte Antennenelemente (3) aufweist, die linear polarisierte Wellen abstrahlen, wobei wenigstens zwei Antennenelemente (3) rechtwinklig zueinander ausgerichtet sind und das Antennensegment (2) somit zur Abstrahlung von Wellen zweier, rechtwinklig zueinander stehender Polarisationsrichtungen ausgebildet ist, und wobei die Antennenelemente (3) aus Metallblech ausgebildet sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antennenelemente (3) die Struktur einer Vivaldi-Antenne aufweisen, welche einen kreisförmigen Freiraum (8) in einer Metallfläche und

einen aus dem Freiraum ausgehenden Schlitz (7) aufweist, dessen Breite in Abstrahlrichtung zunimmt; wobei innere Flächenbereiche (30) der Antennenelemente (3), die sich gegenüber den geschlitzten Seiten der Antennenelemente (3) befinden, quer zur Abstrahlrichtung abgekantet sind. 5

2. Phasen-Array-Antennensystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeweils wenigstens zwei Antennenelemente (3) gemeinsam unter Ausbildung wenigstens einer Antennenelementreihe (5) in einem Metallblechstreifen ausgebildet sind; und wenigstens zwei Antennenelementreihen (5) wenigstens einmal zueinander gekreuzt unter Ausbildung eines Antennenelementarrays angeordnet sind, indem jeweils zwischen den Antennenelementen (3) ausgebildete Montageschlitz (10, 11) ineinander geführt sind. 10 15

3. Phasen-Array-Antennensystem nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Metallblechstreifen unter Ausbildung wenigstens zweier Antennenelementreihen (5) abgewinkelt ist. 20

4. Phasen-Array-Antennensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der abgekantete Flächenbereich der Antennenelemente (3) auch den kreisförmigen Freiraum umfasst und dass sich der Schlitz der Antennenelemente (3) von dem nicht abgekanteten Flächenbereich in den abgekanteten Flächenbereich erstreckt. 25 30

5. Phasen-Array-Antennensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Antennensegment (2) auf einer dielektrischen Rückwand (4) montiert ist. 35

6. Phasen-Array-Antennensystem nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die dielektrische Rückwand (4) Zuführungs- und Betriebselemente (20, 21, 22) des Phasen-Array-Antennensystems (1) aufweist. 40

7. Phasen-Array-Antennensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Phasen-Array-Antennensystem (1) ein aus einem dielektrischen Material bestehendes Radom (12) aufweist. 45 50

8. Phasen-Array-Antennensystem nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** in oder auf dem Radom (12, 14) Direktoren vorgesehen sind.

9. Phasen-Array-Antennensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antennenelemente des Phasen-Array-Antennensystems (1) dem für sie vorgesehe-

nen Wellenlängenbereich entsprechend skaliert sind.

10. Phasen-Array-Antennensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Phase und/oder die Leistung für jedes Antennenelement (3) separat einstellbar und/oder veränderbar ist.

11. Phasen-Array-Antennensystem nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** für jedes Antennenelement (3) ein HF-Ansteuerschaltkreis (24) mit einem Leistungsverstärker und einer Phasensteuerung vorgesehen ist, wobei die Position des HF-Ansteuerschaltkreises (24) an einem Ansteuerpunkt (25) des Antennenelementes (3) vorgesehen ist und wobei das Antennenelement (3) als Kühlkörper für den HF-Ansteuerschaltkreis vorgesehen ist.

12. Phasen-Array-Antennensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antennenelemente (3) wenigstens teilweise mit einem dielektrischen Material beschichtet sind.

13. Phasen-Array-Antennensystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Phasen-Array-Antennensystem (1) aus wenigstens zwei Antennensegmenten (2) ausgebildet ist, die derart angeordnet und angesteuert sind, dass ein vorgegebener Raumwinkelbereich versorgt wird.

14. Verfahren zum Erzeugen eines elektrischen Feldes mit zeitlich variierender Polarisierung, bei welchem ein Phasen-Array-Antennensystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13 als Rundfunkantennensystem verwendet wird.

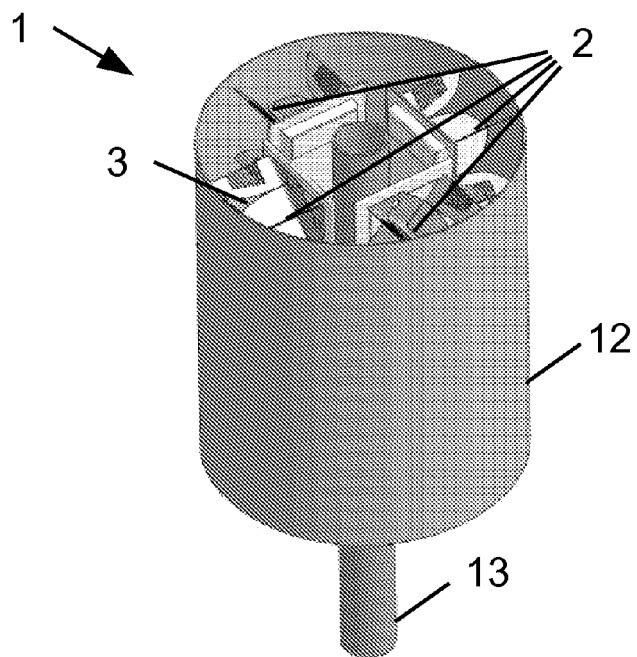


Fig. 1

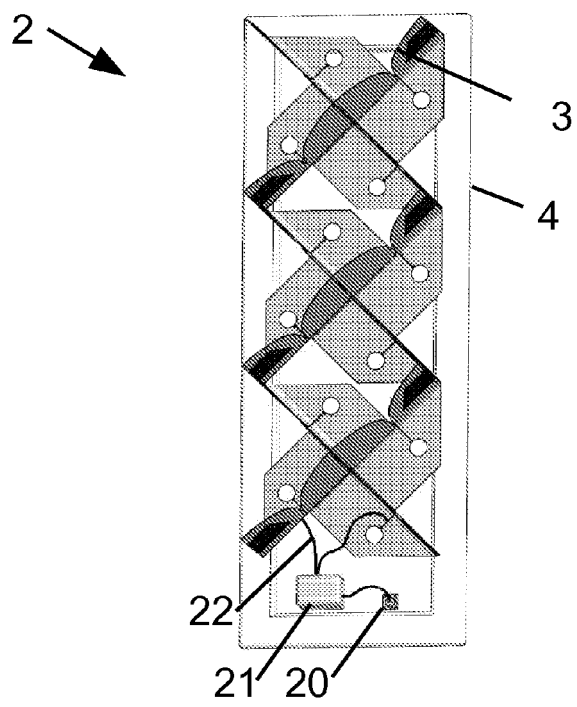


Fig. 2

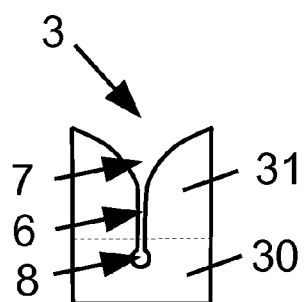


Fig. 3

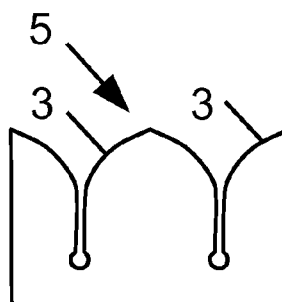


Fig. 4

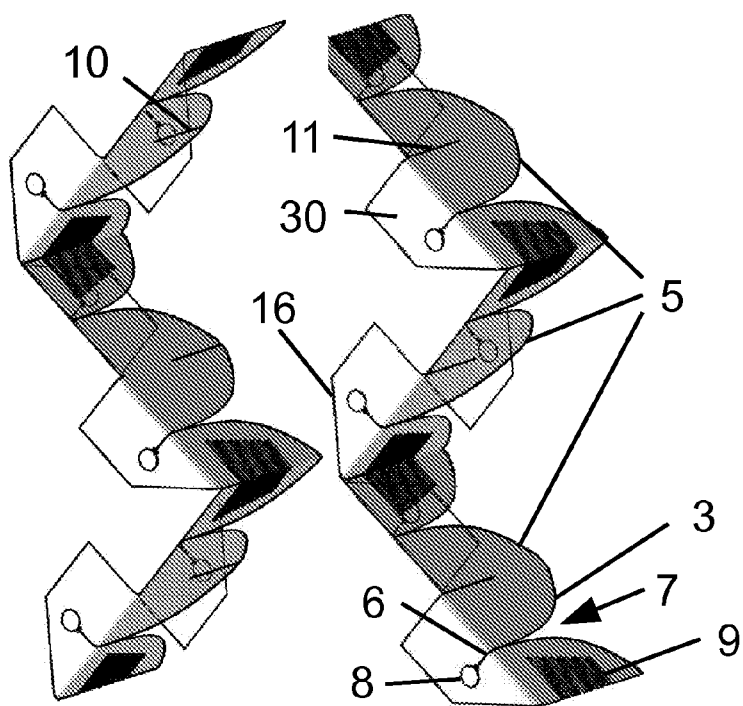


Fig. 5

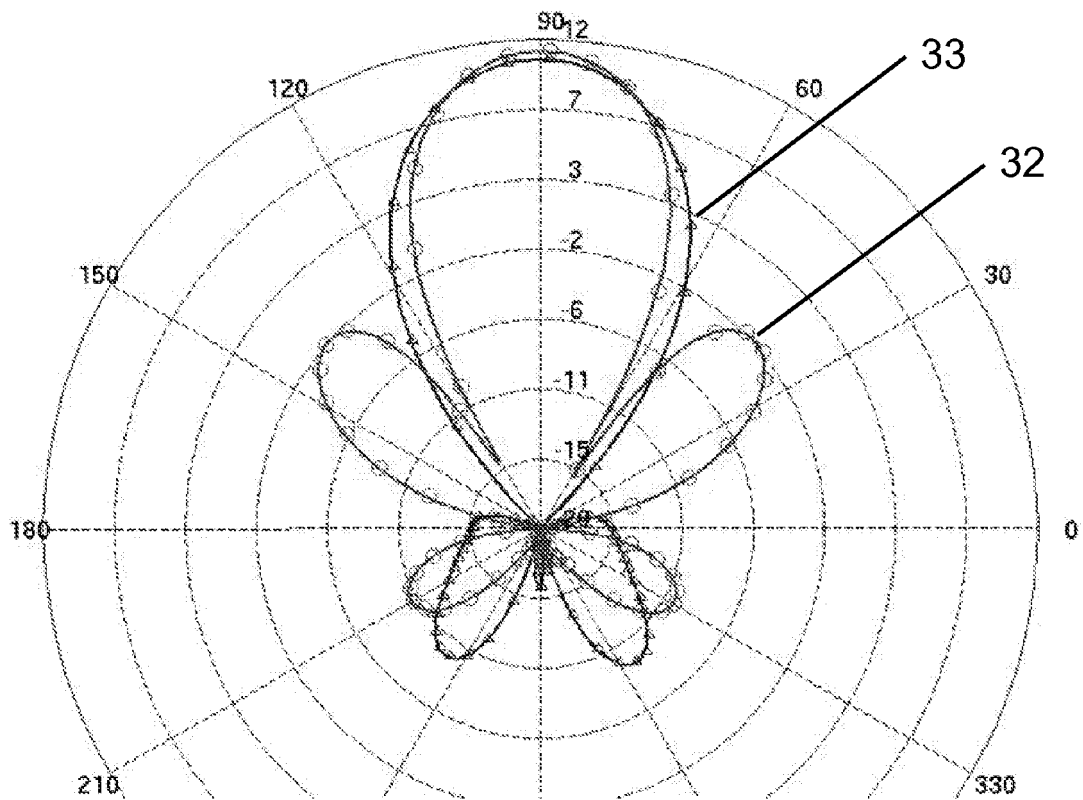


Fig. 6

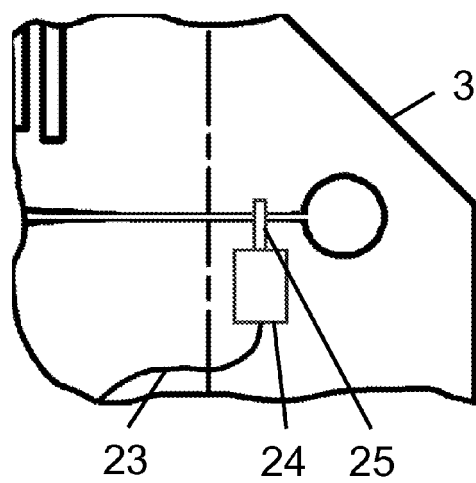


Fig. 7

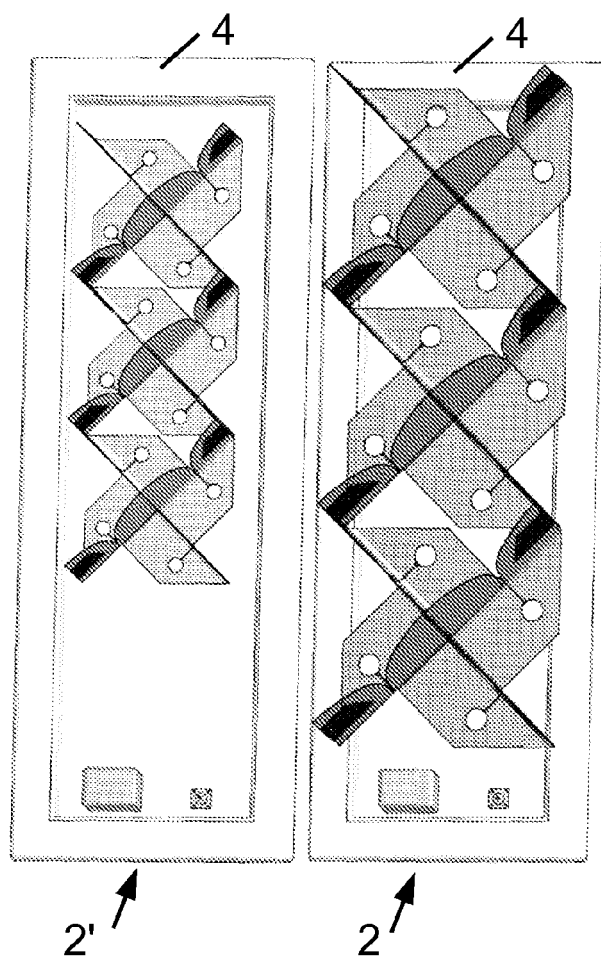


Fig. 8

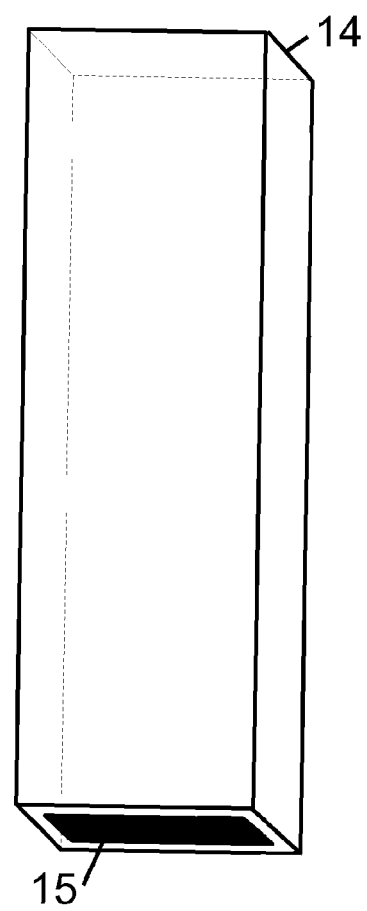


Fig. 9



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 10 40 1056

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 6 839 036 B1 (APOSTOLOS JOHN T [US] ET AL) 4. Januar 2005 (2005-01-04) * Spalte 10, Zeile 42 - Spalte 12, Zeile 49 * * Abbildungen 3-8 *	1,8-12, 15	INV. H01Q21/24 H01Q13/08
X	EP 0 349 069 A1 (PHILIPS ELECTRONIC ASSOCIATED [GB]; PHILIPS NV [NL]) 3. Januar 1990 (1990-01-03) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-4 * * Spalte 4, Zeile 23 - Spalte 6, Zeile 42 *	1-3,6-15	
A	WO 2005/011057 A1 (STICHTING ASTRON [NL]; BIJ DE VAATE JAN GERALT [NL]; KANT DION [NL]; K) 3. Februar 2005 (2005-02-03) * Abbildungen 1-8 * * Seite 3, Zeile 21 - Seite 9, Zeile 10 *	1-15	
A	US 7 064 722 B1 (NEEL MICHAEL M [US]) 20. Juni 2006 (2006-06-20) * Abbildungen 6-10 * * Spalte 4, Zeile 29 - Spalte 5, Zeile 44 *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H01Q
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 15. September 2010	Prüfer Unterberger, Michael
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	

 3
EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

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

EP 10 40 1056

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.

15-09-2010

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6839036	B1	04-01-2005	KEINE
EP 0349069	A1	03-01-1990	GB 2220303 A 04-01-1990 JP 2052508 A 22-02-1990
WO 2005011057	A1	03-02-2005	AT 396516 T 15-06-2008 EP 1671398 A1 21-06-2006 US 2006273974 A1 07-12-2006
US 7064722	B1	20-06-2006	KEINE

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

- EP 0349069 A1 [0008]
- WO 8908933 A [0009]