



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 29 241 T2** 2006.09.07

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 135 832 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 29 241.7**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US99/28127**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 965 921.2**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2000/033419**

(86) PCT-Anmeldetag: **30.11.1999**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **08.06.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **26.09.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **28.12.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **07.09.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H01Q 21/20** (2006.01)

H01Q 11/10 (2006.01)

H01Q 13/08 (2006.01)

H01Q 3/40 (2006.01)

G01S 3/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

110472 P 30.11.1998 US

(73) Patentinhaber:

Raytheon Co., Lexington, Mass., US

(74) Vertreter:

Uexküll & Stolberg, 22607 Hamburg

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

HOLZHEIMER, R., Timothy, Rockwall, US

(54) Bezeichnung: **KREISFÖRMIGE PEILANTENNE**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Technisches Fachgebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf Antennen und insbesondere auf eine kreisförmige Funkpeilantenne.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Ein generisches Funkpeilsystem besteht aus vier Hauptkomponenten: aus dem Antennensystem, dem Empfänger, einem Prozessor oder aus mehreren Prozessoren und dem Steuer-/Ausgangssystem. Das Antennensystem muss den widersprüchlichen Anforderungen sowohl eines Rundstrahlmusters, das den Empfang über das breiteste mögliche Gesichtsfeld gestattet, und eines „Bleistiftstrahls“, entsprechen, der eine große Genauigkeit beim Bestimmen des Einfallswinkels eines abgehörten Signals erlaubt. Diesen widersprüchlichen Anforderungen kann nicht mit einer statischen Einzelantenne entsprochen werden. Der Ausweg dafür besteht oft in der Verwendung einer Antennengruppe, einer sich drehenden Antenne mit Schmalbandmuster oder einer phasengesteuerten Gruppenantenne (einer Antenne, die in der Lage ist, mittels elektronischer Mittel ihr Strahlungsmuster schnell zu verändern). Ein Hauptproblem des sich drehenden Typs der Funkpeilantenne ist, dass, nachdem sie sich fest auf ein Ziel eingepegelt hat, sie für den Rest des Gesichtsfelds blind ist. Phasengesteuerte Gruppenantennen haben den Nachteil, dass sie ein Sortiment von teurer Elektronik erfordern, um die elektronische Strahlabtastung durchzuführen.

[0003] Der grundlegende Kompromiss zwischen dem momentanen Gesichtsfeld und der für eine Beobachtung zur Verfügung stehenden Zeit ist eine Entwurfsbetrachtung für jedes Funkpeilsystem. Auch das Gesichtsfeld der und die für die Beobachtung zur Verfügung stehende Zeit muss beim Entwurf jedes Funkpeilsystems berücksichtigt werden. Selbst eine Antenne mit einem kleinen Gesichtsfeld kann verwendet werden, um durch Drehen der Antenne 360 Grad Überdeckung in einem Funkpeiler zur Verfügung zu stellen. Das Drehen der Antenne wirft jedoch Probleme auf, wenn es um die frequenzbewegliche Abstrahlung von Signalen mit kurzer Dauer geht. Die mittlere Zeit, die erforderlich ist, um ein Signal abzuheören und die Dauer des Signals, das abgetastet wird, hängt von der Koinzidenz des Sendeantennenmusters, das sich ebenfalls wandeln kann, und der sich drehenden Funkpeilantenne ab. Es sind diese Kompromisse, die den Entwurf eines effektiven Funkpeilsystems zur einer Herausforderung werden lassen.

[0004] Frühere Versuche des Entwurfs einer solchen Antenne ergaben alle verschiedene Probleme, beispielsweise eine geringe Verstärkung, begrenzte

Betriebsbandbreite, übermäßige Größe und übermäßiges Gewicht, geringe Genauigkeit des Einfallswinkels und begrenztes Azimutgesichtsfeld nachdem ein Ziel erfasst ist. Ein Beispiel einer dem Stand der Technik entsprechenden Ausgestaltung ist in dem US-Patent Nr. 4,594,595 angeführt, das eine relativ flache, kreisförmige Anordnung mit verschiedenen Hohlraumtiefen für die Strahlungsempfindlichkeit zeigt. Einige frühere Antennenausgestaltungen haben einen Dipol mit geringer Verstärkung oder spiralförmige Antennenelemente verwendet. Diese Ausgestaltungen ermöglichen eine gleichzeitige Gesichtsfeldüberdeckung, leiden jedoch unter einer begrenzten Bandbreite und unter einer geringen Genauigkeit des Einfallswinkels. Andere Antennenausgestaltungen weisen größere Bandbreiten auf, ermöglichen jedoch keine gleichzeitige Überdeckung des gesamten Gesichtsfelds.

Zusammenfassung der Erfindung

[0005] Es besteht daher ein Bedarf für kreisförmige Funkpeilantennen mit hoher Genauigkeit, hoher Verstärkung und gleichzeitiges Verfolgen und Abtasten. Die vorliegende Erfindung stellt eine kreisförmige Funkpeilantenne zur Verfügung, welche auf die Mängel der früheren Systeme zielt.

[0006] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Antennensystem zur Verfügung gestellt mit einer Anzahl von Halteplatten, die in einer im Allgemeinen kreisförmigen Anordnung angeordnet sind. Jede Halteplatte hat eine Innenfläche und eine Außenfläche. Die Innenflächen der Halteplatten sind einem Zentrum von im Allgemeinen kreisförmiger Gestaltung zugewandt. Jedes Antennenelement hat ein hochfrequentes Ende und ein niederfrequentes Ende. Das niederfrequente Ende jedes Antennenelements ist an der Innenseite von einer der Halteplatten angebracht, so dass die hochfrequenten Enden von einander gegenüberliegenden Antennenelementen einander zugewandt sind. Die hochfrequenten Enden von einander gegenüberliegenden Antennenelementen sind durch eine Wellenlänge der Signalfrequenz getrennt, die an dem hochfrequenten Ende empfangen wird. Das Antennensystem kann weiterhin ein strahlformendes Netzwerk mit einer Anzahl von Eingangsports aufweisen, die gleich der Anzahl der Antennenelemente ist. Jedes Antennenelement ist dann über einen jeweiligen Eingangsport an das strahlformende Netzwerk angeschlossen.

[0007] In einer Ausführung der vorliegenden Erfindung ist die Anzahl der Antennenelemente in eine Anzahl von Gruppen unterteilt. Das Antennensystem kann weiterhin eine Anzahl von strahlformenden Netzwerken aufweisen, wobei jedes strahlformende Netzwerk so an eine Antennenelementgruppe angeschlossen ist, dass die Anzahl von Antennenelementen miteinander verschachtelt ist.

[0008] Die Antennen gemäß der vorliegenden Erfindung bieten zahlreiche technische Vorteile. So hat zum Beispiel eine Ausführung der Erfindung eine Genauigkeit des Einfallswinkels von 0,5 Grad über einen Frequenzbereich von 0,5 bis 18 GHz und ein Gesichtsfeld von vollständigen 360 Grad. Diese Ausführung weist doppelt polarisierte Elemente, eine hohe Verstärkung und ein im Vergleich zu spiralförmigen oder Dipol-Antennenelementen geringes Gewicht auf. Weiterhin kann die Verwendung von bestimmten Antennenelementen mit koaxialem Hohlraum den Frequenzbereich auf 0,5 bis 40 GHz erweitern.

[0009] Ein anderer technischer Vorteil der vorliegenden Erfindung ist die Fähigkeit des Funkpeilers zum kontinuierlichen Verfolgen und Abtasten über ein Gesichtsfeld von 360 Grad im Azimut und über mindestens $\pm 40^\circ$ in der Deviation.

[0010] Die vorliegende Erfindung minimiert das Problem der Blindheit nach dem Lokalisieren eines Ziels. Weiterhin weist eine Antenne gemäß der vorliegenden Erfindung wenige Bauteile auf und ist einfach zusammenzusetzen und anzuwenden. Die Fähigkeiten einer Antenne gemäß der vorliegenden Erfindung werden bei geringen Abmessungen, d.h. bei geringem Gewicht und bei geringen Kosten, erhalten. Ein noch anderer technischer Vorteil der vorliegenden Erfindung ist der, dass die Antenne in Doppelanwendung als ein Polarimeter in der gleichen Apertur, die für Funkpeilfähigkeiten verwendet wird, verwendet werden kann.

[0011] Andere technische Vorteile sind von Fachleuten aus den nachfolgenden Figuren, Beschreibungen und Ansprüchen leicht zu erkennen.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0012] Zum vollständigeren Verständnis der vorliegenden Erfindung und ihrer Vorteile wird nun Bezug auf die nachfolgenden Beschreibungen in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen genommen, die zeigen in

[0013] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung einer isometrischen Ansicht einer Antennenanordnung, die eine Ausführung der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0014] [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung einer isometrischen Ansicht der in [Fig. 1](#) dargestellten Antennenanordnung, wobei die Antennenelemente entfernt sind;

[0015] [Fig. 3A](#) eine schematische Darstellung einer isometrischen Ansicht von zwei einander gegenüberliegenden Antennenelementen der Antennenanordnung von [Fig. 1](#);

[0016] [Fig. 3B](#) eine schematische Darstellung einer isometrischen Ansicht der Antennenstruktur des in [Fig. 3A](#) dargestellten Antennenelements;

[0017] [Fig. 4](#) eine schematische Darstellung einer isometrischen Ansicht einer Antennenanordnung, die eine andere Ausführung der vorliegenden Erfindung darstellt;

[0018] [Fig. 5A](#) eine schematische Darstellung einer isometrischen Ansicht eines der Antennenelemente der Antennenanordnung von [Fig. 4](#);

[0019] [Fig. 5B](#) eine schematische Darstellung einer isometrischen Ansicht der Antennenstruktur des in [Fig. 5A](#) dargestellten Antennenelements;

[0020] [Fig. 6](#) ein Diagramm eines Butler-Matrix-Strahlformers, der in verschiedenen Anwendungen der vorliegenden Erfindung verwendet wird;

[0021] [Fig. 7](#) ein Diagramm einer anderen Gestaltung von Butler-Matrix-Strahlformern, die in verschiedenen Anwendungen der vorliegenden Erfindung verwendet werden;

[0022] [Fig. 8](#) eine schematische Darstellung, die eine isometrische Ansicht einer Antennenanordnung zeigt, die nicht hierin beansprucht ist und die koaxiale Antennenelemente aufweist;

[0023] [Fig. 9](#) eine schematische Darstellung eines koaxialen Antennenelements der in [Fig. 8](#) dargestellten Antennenanordnung;

[0024] [Fig. 10](#) eine schematische Darstellung, die eine isometrische Ansicht einer noch anderen Variation der vorliegenden Erfindung zeigt, die eine Anzahl von kreisförmigen Antennenanordnungen einschließt;

[0025] [Fig. 11](#) eine schematische Darstellung eines Satzes von „n“, kreisförmigen Antennenanordnungen;

[0026] [Fig. 12](#) ein Diagramm einer anderen Gestaltung von Butler-Matrix-Strahlformern, die in verschiedenen Anwendungen der vorliegenden Erfindung verwendet werden;

[0027] [Fig. 13](#) eine schematische Darstellung einer kreisförmigen Antennenanordnung, wobei die Antennenelemente von [Fig. 1](#) in einem Winkel zu der Längsachse der Anordnung positioniert sind; und

[0028] [Fig. 14](#) eine schematische Darstellung einer kreisförmigen Antennenanordnung, wobei die Antennenelemente der Figuren in einem Winkel zu der Längsachse der Anordnung positioniert sind.

Ausführliche Beschreibung der Erfindung

[0029] Die vorliegende Erfindung und ihre Vorteile werden am besten unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#) bis [Fig. 7](#) der Zeichnungen verstanden, wobei gleiche Bezugszahlen für gleiche und entsprechende Teil der verschiedenen Zeichnungsfiguren verwendet werden.

[0030] [Fig. 1](#) ist eine Darstellung einer Antennenanordnung **10**, die eine Ausführung der vorliegenden Erfindung darstellt. Die Antennenanordnung **10**, weist acht identische Antennenelemente **12** auf, die senkrecht zu der Längsachse **15** angeordnet sind. Jedes Antennenelement **12** ist in dieser speziellen Ausführung der vorliegenden Erfindung eine doppelt polarisierte, logarithmisch periodische Antenne mit hoher Verstärkung. Es ist so zu verstehen, dass auch andere Typen von Antennenelementen verwendet werden können. Die Ausgestaltung der Antennenelemente **12** wird ausführlicher in Verbindung mit [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) erläutert.

[0031] Es wird nun Bezug auf [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) genommen. [Fig. 3A](#) ist eine Darstellung von zwei einander gegenüberliegenden Antennenelementen **12**, wie sie in der Antennenanordnung **10** gestaltet sind. [Fig. 3B](#) stellt eine Antennenstruktur **12** dar, die durch eine in [Fig. 3A](#) dargestellte Antennenverkleidung **20** eingeschlossen ist. Bezug auf [Fig. 3A](#) nehmend, weist jedes Antennenelement **12** zwei dreieckig geformte Elemente **14** auf. Die dreieckig geformten Elemente **14** sind senkrecht zueinander angeordnet und auf einer kreisförmigen Basis **16** angebracht.

[0032] Wie aus [Fig. 3B](#) ersichtlich ist, setzt sich jedes dreieckig geformte Element **14** aus einer Anzahl von Strahlern **24** zum Empfangen und Senden von elektromagnetischen Signalen zusammen. Die Länge der Strahler **24** ist an der kreisförmigen Basis **16** des Antennenelements **12** am größten und sie nimmt für die Radiatoren mit Annäherung an eine Spitze **18** ab. Die Strahler an der kreisförmigen Basis **16** strahlen die niedrigste Frequenz in einer ausgewählten Bandbreite aus und empfangen die niedrigste Frequenz in einer ausgewählten Bandbreite, während die Strahler an der Spitze **18** die höchste Frequenz in dieser Bandbreite ausstrahlen und empfangen. Wie aus [Fig. 3B](#) ersichtlich ist, sind die dreieckig geformten Elemente **14** in eine Antennenverkleidung **20** eingeschlossen, um das Antennenelement **12** zu komplettieren.

[0033] Nun auf [Fig. 2](#) Bezug nehmend, ist dort die Struktur der Antennenanordnung **10** ohne die Antennenelemente **12** dargestellt, damit die Gestaltung der Halteplatten **30** klarer erkennbar ist. Acht Halteplatten **30** sind in einer im Allgemeinen kreisförmigen Anordnung auf einem Tragrahmen **40** angebracht. Jede Halteplatte **30** ist strukturell mit dem Tragrahmen **40**

verbunden, um so ein Montageelement für die Antennenelemente **12** zur Verfügung zu stellen.

[0034] Wieder auf [Fig. 1](#) Bezug nehmend, ist die kreisförmige Basis **16** jedes Antennenelements **12** so an einer Halteplatte **30** angebracht, dass die Spitze **18** jedes Antennenelements **12** allgemein in Richtung auf das Zentrum des im Allgemeinen kreisförmigen Bereichs zeigt, der durch die Halteplatten **30** gebildet wird. Bei einer solchen Anbringung der Antennenelemente **12** schneidet die Längsachse **13** (siehe [Fig. 3A](#)) im Allgemeinen das Zentrum des kreisförmigen Bereichs. Weiterhin ist die Längsachse **13** jedes aufeinanderfolgenden Antennenelements **12** in der Azimutebene der Antennenanordnung **10** um fünf- und vierzig Grad versetzt.

[0035] Obwohl die Antennenanordnung **10** so dargestellt ist, dass sie unter Verwendung von Halteplatten **30** und eines Rahmens **40** aufgebaut ist, können Veränderungen dieser Teile vorgenommen werden, um die Antennenelemente **12** in der dargestellten Anordnung zu abstützen. Weiterhin kann die Antennenanordnung auf dem Erdboden, in der Luft, mobil und auf Meeresplattformen verwendet werden, um nur einige Möglichkeiten zu nennen.

[0036] Wegen der dichten Nähe der Antennenelemente **12** kann die Antennenanordnung **10** als eine Interferenzmesseinrichtung mit Überabtastung beschrieben werden. Interferenzmesseinrichtungen basieren auf einem Abstand der Antennenelemente von $n\lambda/2$ (worin n eine ganze Zahl und λ die Wellenlänge der Frequenz ist, die empfangen werden soll). Der Winkelabstand zwischen den Antennenelementen **12** in der Azimutebene der Antennenanordnung **10** ist an jedem Punkt entlang dem Antennenelement **12** kleiner als $\lambda/2$. Dieser dichte Abstand beeinflusst nicht die Genauigkeit des Einfallswinkels der Antennenanordnung **10**.

[0037] Erneut auf [Fig. 3A](#) Bezug nehmend, ist der Abstand zwischen den Spitzen zweier einander gegenüberliegender Antennenelemente der Antennenanordnung entlang der Achse **13** gleich λ_H , wobei λ_H die höchste Frequenz ist, die durch die Antennenelemente **12** erfasst werden soll. Gleichermäßen ist der Abstand zwischen der kreisförmigen Basis **16** der einander gegenüberliegenden Antennenelemente λ_L , wobei λ_L die niedrigste Frequenz ist, die durch die Antennenelemente **12** erfasst werden soll. Dieser dichte Abstand der Antennenelemente **12** ermöglicht eine kleine, jedoch noch effektive, Funkpeilantenne.

[0038] In der in [Fig. 1](#) dargestellten Ausführung ist jedes Antennenelement **12** so an seiner jeweiligen Halteplatte **30** befestigt, dass beide dreieckförmigen Elemente **14** aus der vertikalen und der horizontalen Ebene um fünf- und vierzig Grad versetzt sind. Das wird als „Schräg 45°-Anordnung bezeichnet. Wenn

Antennenelemente **12** in der „Schräg 45“-Anordnung ausgerichtet sind, sind die in der kreisförmigen Antennenanordnung direkt gegenüberliegenden Antennenelemente kreuzpolarisiert. Daher wird die Blockierung im Gesichtsfeld jedes der Antennenelemente in der Antennenanordnung minimiert. Es ist jedoch zu bemerken, dass die Antennenelemente **12** auch so ausgerichtet sein können, dass die dreieckförmigen Elemente **14** mit der vertikalen und der horizontalen Ebene übereinstimmen. In dieser Ausrichtung ist eine geringe Blockade im Gesichtsfeld vorhanden.

[0039] Weiterhin können, obwohl in [Fig. 1](#) acht Antennenelemente **12** dargestellt sind, Variationen der vorliegenden Erfindung mehr oder weniger Antennenelemente verwenden. Die einzige Forderung ist, dass die Anzahl der Antennenelemente gleich einer Potenz von zwei ist (d.h. **22**, **23** usw.). Es sind jedoch mindestens acht Antennenelemente erforderlich, um eine hohe Genauigkeit des Einfallswinkels zu erreichen, wogegen mindestens vier Elemente erforderlich sind, um in der gleichen Apertur eine Polarimetrie-Fähigkeit zu erhalten.

[0040] In einer Variation, die nicht Bestandteil der vorliegenden Erfindung ist, sind die Antennenelemente so angebracht, dass sie in eine Richtung auswärts vom Zentrum der kreisförmigen Anordnung zeigen. Das Zeigen der Elemente nach innen bietet jedoch einige Vorteile. Ein Vorteil, dass die Elemente nach innen zeigen, ist der, dass eine solche Anordnung das Blockieren zwischen Antennenelementen minimiert, die in der kreisförmigen Anordnung direkt gegenüberliegend angeordnet sind. Daher sind die einander gegenüberliegenden Antennenelemente im Allgemeinen RF (Hochfrequenz)-durchlässig zueinander. Weiterhin können einander gegenüberliegende Antennenelemente auch kreuzpolarisiert sein.

[0041] Zusammenfassend kann die vorliegende Erfindung Modifikationen der folgenden zwei Faktoren einschließen: Anzahl der Antennenelemente und Ausrichtung der Antennenelemente (Schräg 45, usw.).

[0042] Anders als phasengesteuerte Gruppenantennen erfordert die vorliegende Erfindung keine elektronische Strahlabtastung über ein Überdeckungs-Gesichtsfeld von 360°. Im Wesentlichen wird das gesamte Gesichtsfeld unter Verwendung eines passiven strahlformenden Netzwerks überdeckt. Ein normales strahlformendes Netzwerk weist aktive Verstärker und Begrenzer auf, um die empfangenen Signale zur Identifizierung zu verstärken und um die Systemempfindlichkeit und die Systemreichweite einzustellen. Jedes der acht Antennenelemente **12** der Antennenanordnung **10** ist mit einem passiven strahlformenden Netzwerk (nicht ausdrücklich dargestellt) verbunden. Beispiele von strahlformenden Netzwerken, die für die Verwendung mit der Antenne

der vorliegenden Erfindung verfügbar sind, weisen eine Butler-Matrix oder einen Rotmann-Linsen-Strahlformer auf.

[0043] Nun auf [Fig. 6](#) Bezug nehmend, ist dort die Konfiguration einer Butler-Matrix dargestellt, die mit den Antennenelementen in einigen Versionen der vorliegenden Erfindung verbunden ist. [Fig. 6](#) stellt eine Butler-Matrix mit acht Elementen unter Verwendung einer Reihe von 180°-Verzweigungen und von 90°-Verzweigungen dar, um die von den Antennenelementen empfangenen Signale zu verarbeiten. Die Verwendung einer Butler-Matrix ist im Antennenfachgebiet gut dokumentiert und ihre Wirkungsweise wird hierin nicht ausführlich beschrieben.

[0044] Es wird nun Bezug auf [Fig. 7](#) genommen. Obwohl Butler-Matrizen gut bekannt sind, bietet eine außergewöhnliche Verbindung von Butler-Matrizen mit der Antennenanordnung der vorliegenden Erfindung mehrere Vorteile. Anstatt eine Matrix mit acht Elementen zu verwenden, wie sie in [Fig. 6](#) dargestellt ist, ist es auch möglich, zwei Butler-Matrizen mit je vier Elementen zu verwenden. Die vier Antennenelemente eines Vier-Element-Systems, das vier Antennenelemente und eine Butler-Matrix mit vier Elementen aufweist, sind mit den Antennenelementen eines anderen Vier-Element-Systems „verschachtelt“. [Fig. 7](#) zeigt die mit der Butler-Matrix „A“, verbundenen und mit den Antennenelementen B1, B2, B3 und B4 verschachtelten Antennenelemente A1, A2, A3 und A4, wobei die Antennenelemente B1, B2, B3 und B4 mit der Butler-Matrix „B“, verbunden sind. Die Ausgestaltung der beiden Vier-Element-Butler-Matrizen ist nicht detailliert dargestellt. Der Aufbau solcher Matrizen ist Fachleuten gut bekannt.

[0045] Die verschachtelte Anordnung ermöglicht eine Verringerung der Kosten der Antennenanordnung, wobei noch die hohe Genauigkeit des Einfallswinkels, die mit der Version der Butler-Matrix mit acht Elementen erreicht wird, beibehalten wird. Die Kosten werden verringert, weil die vorliegende Variation einen weniger simultanen Empfangskanal verwendet und die Verwendung einer Butler-Matrix, die nur 90 Grad-Verzweigungen aufweist, ermöglicht. Ein derartiges Verschachteln der Antennenelemente ist nicht nur mit der Version der vorliegenden Erfindung, die vier Antennenelemente aufweist, möglich, sondern mit jeder Antenne gemäß der vorliegenden Erfindung, die eine Anzahl von Antennenelementen gleich einem Vielfachen von vier aufweist.

[0046] Durch die Verwendung einer Butler-Matrix oder mehrerer Butler-Matrizen weist die in [Fig. 1](#) dargestellte Antennenanordnung **10** eine Allpolarisations-Funkpeilfähigkeit auf. Die Antennenanordnung **10** ermöglicht eine Doppelpolarisation mit doppelter „Schräg 45“-Polarisation und eine Doppelzirkularpolarisation mit geringfügig verringerter Fähigkeit zur

Doppellinearpolarisation. Durch ein solches Verändern der Ausrichtung der Antennenelemente **12**, dass die dreieckförmigen Elemente **14** mit der horizontalen und der vertikalen Ebene ausgerichtet sind, stellt die Antenne der vorliegenden Erfindung eine Doppellinearpolarisation und eine Doppelzirkularpolarisation mit geringfügig verringerter Fähigkeit zur doppelten „Schräg **45**“ Polarisation auf. Eine solche Antenne weist eine potentielle Genauigkeit des Einfallswinkels von 0,5 Grad auf, und mit zusätzlicher Verarbeitung der Amplitudeninformation erhöht sich die Genauigkeit des Einfallswinkels auf 0,25 Grad.

[0047] Die vorher beschriebene Antenne weist doppelt polarisierte logarithmisch periodische Elemente auf, jedoch sind singular polarisierte Elemente, beispielsweise vertikal, horizontal, schräg +45, schräg -45, rechtszirkular und linkszirkular polarisierte Elemente mögliche Alternativen.

[0048] [Fig. 4](#) ist eine Darstellung einer Antennenanordnung **110**, die eine Antenne der vorliegenden Erfindung mit logarithmisch periodischen Antennenelementen **12** darstellt, die in einer „Schräg +45“-Gestaltung ausgerichtet sind. Die Gestaltung der Antennenanordnung **110** ist der in [Fig. 1](#) dargestellten Antennenanordnung ähnlich. Der hauptsächlichste Unterschied zwischen der Antennenanordnung von [Fig. 1](#) und der Antennenanordnung von [Fig. 4](#) ist der Typ der verwendeten Antennenelemente. Die Antennenanordnung **110** verwendet flache, ebene Antennenelemente **112** anstelle der Kreuzebenen-Antennenelemente **12** in der Antennenanordnung **10**. Die Antennenelemente **112** werden ausführlich in Verbindung mit den [Fig. 5A](#) und [Fig. 5B](#) erläutert.

[0049] [Fig. 5A](#) ist eine Darstellung eines flachen, ebenen Antennenelements **112**. [Fig. 5B](#) zeigt die Ausstrahlungs- und Empfangselemente der Antenne umschlossen von einer Antennenverkleidung **120**, wie sie in [Fig. 5B](#) dargestellt ist. Das Antennenelement **112** weist ein an einer rechteckigen Basis **116** angebrachtes dreieckförmiges Element **114** und eine Anzahl von Strahlern **124** zum Empfangen und Senden elektromagnetischer Signale auf. Die Strahler **124** sind größer als die rechteckige Basis **116** und ihre Größe nimmt bei Annäherung an eine Spitze **118** ab. Die Strahler an der rechteckigen Basis **116** strahlen die niedrigste Frequenz in einer ausgewählten Bandbreite aus und empfangen die niedrigste Frequenz in einer ausgewählten Bandbreite, während die Strahler an der Spitze **118** die höchste Frequenz in dieser Bandbreite ausstrahlen und empfangen. Wie am besten aus [Fig. 5B](#) zu erkennen ist, ist das dreieckförmige Element **114** in die Antennenverkleidung **120** eingeschlossen.

[0050] Erneut auf [Fig. 4](#) Bezug nehmend, ist die rechtwinklige Basis **116** jedes Antennenelements **112** derart an einer Halteplatte **30** befestigt, dass eine

Spitze **118** jedes Antennenelements **112** in Richtung auf das Zentrum des im Allgemeinen kreisförmigen Bereichs zeigt, der durch die Halteplatten **30** gebildet wird. Bei einer solchen Anordnung der Antennenelemente **112** schneidet die Längsachse **113** jedes Antennenelements das Zentrum dieses im Allgemeinen kreisförmigen Bereichs. Weiterhin sind die Längsachsen **113** jedes aufeinanderfolgenden Antennenelements **112** um fünfundvierzig Grad in der Azimutebene versetzt.

[0051] Jedes Antennenelement **112** ist derart an einer jeweiligen Halteplatte **30** befestigt, dass das dreieckförmige Element **114** um fünfundvierzig Grad aus der vertikalen und horizontalen Ebene versetzt ist (eine Schräg +45-Anordnung). Es ist zu bemerken, dass durch vertikales oder horizontales Ausrichten des dreieckförmigen Elements **114**, vertikale oder horizontale Polarisationen möglich sind. Eine „Schräg -45“-Polarisation ist durch Ausrichten des dreieckförmigen Elements **114**, versetzt um fünfundvierzig Grad aus der vertikalen und horizontalen Ebene in eine Richtung, die der in [Fig. 4](#) dargestellten Richtung entgegengesetzt ist, erreichbar. Andere Polarisationsausrichtungen, welche die Antenne der vorliegenden Antenne verwenden, sind durch Verändern der Ausrichtung der in [Fig. 1](#) und [Fig. 4](#) dargestellten Antennenelemente, wie sie vorher beschrieben ist, möglich.

[0052] Noch andere Antennenausgestaltungen können unter Verwendung anderer Typen von Antennenelementen aufgebaut werden. So zeigt zum Beispiel [Fig. 8](#) eine Darstellung einer hierin nicht beanspruchten Antenne **200**, die Koaxialhohlraumantennen verwendet, in denen die Antennenelemente in einem Kreis angeordnet sind. In dieser Ausgestaltung weisen die Antennenelemente nach außen und nicht nach innen, d.h. die die Frequenz empfangenden Endflächen weisen vom Zentrum weg. [Fig. 9](#) stellt ein Beispiel eines Typs eines koaxialen Antennenelements **210** dar, das in Verbindung mit der Antennenanordnung von [Fig. 8](#) verwendet werden kann. Weiterhin kann auch ein strahlformendes Netzwerk, wie es vorher in Bezug auf [Fig. 6](#) oder [Fig. 7](#) beschrieben wurde, in Verbindung mit der in [Fig. 8](#) dargestellten Antennenanordnung verwendet werden.

[0053] Nun auf [Fig. 9](#) Bezug nehmend, ist dort eine Koaxialhohlraumantenne **210** dargestellt. Die Koaxialhohlraumantenne **210** weist einen hohlen, zylindrischen Innenleiter **212** und einen zylindrischen Außenleiter **214** mit gegenüberliegenden Enden **216** und **218** auf. In der dargestellten Ausführung ist der Innenleiter **212** an einem Ende **216** geschlossen. Der Innenleiter **212** kann jedoch an dem Ende **216** auch offen sein und dieser offene Raum könnte als eine kreisförmige Hohlleiterantenne dienen. Weiterhin könnte, obwohl die dargestellte Ausführung einen hohlen Innenleiter **212** aufweist, um das Gewicht der

Koaxialhohlraumantenne **210** zu verringern, der Innenleiter **212** auch massiv ausgeführt sein. Der Außenleiter **214** ist außerhalb und im Allgemeinen konzentrisch um die Achse **250** mit dem Innenleiter **212** angeordnet. Der Kreistringspalt zwischen dem Innenleiter **212** und dem Innendurchmesser des Außenleiters **214** bildet den Hohlraum **220**.

[0054] Der Innenleiter **212**, der Außenleiter **214** und der Hohlraum **220** sind für das effektive Ausbreiten elektromagnetischer Wellen in der Größenordnung der Frequenzen dimensioniert. In [Fig. 9](#) erstreckt sich der Innenleiter **212** entlang der Achse **250** weiter nach außen als der Außenleiter **214**. Der Innenleiter **212** und der Außenleiter **214** können die gleiche Höhe aufweisen. Alle in [Fig. 9](#) dargestellten Elemente können entweder größer oder kleiner gestaltet werden, damit sich die elektromagnetischen Wellen niedriger bzw. höherer Frequenzen effektiv ausbreiten.

[0055] Der Außenleiter **214** weist einen Aperturring **222** und eine Basis **215** auf. Der Aperturring **222** kann einstückig mit der Basis **215** gebildet oder er kann von der Basis **215** abnehmbar sein. Der Aperturring **222** weist einen Außendurchmesser auf, der dem Außendurchmesser der Basis **215** gleicht. Weiterhin sind, wenn der Aperturring **222** abnehmbar ist, Aperturring **222** und Basis **215** so ausgebildet, dass der Aperturring **222** sicher mit der Basis **215** gekoppelt werden kann. Der Aperturring **222** weist eine Anzahl von Aperturzähnen **224** auf, die um den Innendurchmesser des Aperturrings **222** angeordnet sind. In [Fig. 9](#) sind die Aperturzähne **224** in der Form dreieckig und sie sind so um den Innendurchmesser des Aperturrings **222** angeordnet, dass jeder Aperturzahn **224** allgemein in Richtung auf die Achse **250** der Koaxialhohlraumantenne **210** zeigt. Ein Zweck des Aperturrings **224** ist die Mustersteuerung. Genauer gesagt, geben die Aperturzähne **224** Unterstützung bei der Herstellung einer E-Ebenen- und H-Ebenen-Leistungssymmetrie über sehr große Winkel, beispielsweise über ± 60 Grad.

[0056] Die Koaxialhohlraumantenne **210** weist ferner einen Blendenring **226** auf. Der Blendenring **226** ist so ausgebildet, dass er einen Innendurchmesser aufweist, der annähernd dem Außendurchmesser des Innenleiters **212** gleicht. Der Außendurchmesser des Blendenrings **226** ist jedoch kleiner als der Innendurchmesser des Außenleiters **214**. Der Blendenring **226** ist somit innerhalb des Hohlraums **220** um den Innenleiter **212** angeordnet und mit diesem gekoppelt, wobei jedoch der Blendenring **226** keine Innenwand **228** des Außenleiters **214** berührt.

[0057] Weiterhin weist die Koaxialhohlraumantenne **210** einen Satz von vier Aperturböcken oder Septums **230** auf. In [Fig. 9](#) gleichen die Septums **230** einem Paar von Stufen. Die Septums **230** sind mit dem

Blendenring **226** und mit dem Innenleiter **212** gekoppelt. Die Septums **230** sind um den Innenleiter **212** in Intervallen von neunzig Grad angeordnet und derart mit dem Innenleiter **212** gekoppelt, dass die Ebene jedes Septums **230** die Achse **250** einschließt. Ein Zweck des Septums **230** ist die Steuerung des Musters, wie es vorher im Zusammenhang mit den Aperturzähnen erwähnt ist. Eine andere Funktion des Septums **230** ist die Impedanzanpassung.

[0058] Alle vorher beschriebenen Elemente sind vorzugsweise aus einem leitenden Material hergestellt. Aluminium bietet eine ziemlich leichte und billige Option. Für gewichtsempfindlichere Anwendungen können jedoch leitende Verbundmaterialien verwendet werden.

[0059] Eine Anzahl von Kabelhaltern **232** ist mit der Innenwand **228** des Außenleiters **214** gekoppelt. Die Anzahl der Kabelhalter **232** gleicht der Anzahl der Koaxialkabel (nicht ausdrücklich dargestellt). In [Fig. 9](#) sind vier Kabelhalter **232** und vier Koaxialkabel (nicht ausdrücklich dargestellt) vorhanden. Die Koaxialkabel werden von dem Ende **218** der Koaxialhohlraumantenne **210** durch die Kabelhalter **232** zugeführt. Der Außenleiter des Koaxialkabels endet an dem Kabelhalter **232** und der Mittelleiter ragt über die Verbindung hinaus und in den Blendenring **226**, der, wie vorher beschrieben, mit dem Innenleiter **212** verbunden ist. Der Blendenring **226** und die Kabelhalter **232** sind nicht in Kontakt miteinander, obwohl sie dicht beieinanderliegend dargestellt sind.

[0060] Nun auf [Fig. 10](#) Bezug nehmend, sind in einer noch anderen Ausführung einer Antenne gemäß der vorliegenden Erfindung Mehrfachantennenanordnungen, wie sie in den [Fig. 1](#), [Fig. 4](#) oder [Fig. 8](#) dargestellt sind, „gestapelt“, um ein Antennensystem zu erzeugen. [Fig. 10](#) stellt ein gestapeltes Antennensystem dar, das eine Anzahl von Antennenanordnungen **300** und **302** aufweist, wie sie unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#) beschrieben sind. Die Antennenanordnungen sind koaxial zueinander um eine Achse **304** angeordnet, die im Allgemeinen durch den Mittelpunkt jeder kreisförmigen Anordnung verläuft. Die Antennenelemente sind entlang der Achse **304** in Z-Richtung unter Verwendung eines strahlformenden Netzwerks summiert. Eine solche Anordnung bewirkt ein Komprimieren der Elevationsstrahlbreite. Durch das „Stapeln“, der Anordnungen in dieser Weise weist das Antennensystem eine größere Verstärkung als die in den [Fig. 1](#) und [Fig. 4](#) dargestellten Einfachstapelanordnungen **10** und **110** auf. Dieser Kompromiss in einem Elevationsgesichtsfeld zum Erzielen einer größeren Verstärkung ist vorteilhaft, wenn die Antennenanordnung in einem gewissen Abstand von Potentialsignalemittlern angeordnet ist („Beabstandungs“-Distanz).

[0061] Bezug auf [Fig. 11](#) nehmend, ist dort eine er-

weiterte, gestapelte Antennenanordnung **306** mit einer Anzahl von Antennenanordnungen **308-1** bis **308-n** dargestellt. Die Antennenanordnungen sind koaxial zueinander um eine Achse **310** angeordnet, die im Allgemeinen durch den Mittelpunkt jeder kreisförmigen Anordnung verläuft. Für jede Dopplung des Antennenbereichs für den Stapel **306** ist eine Erhöhung der Gesamtantennenverstärkung von 3 dB und eine Verringerung der Strahlbreite gemäß der Theorie der phasengesteuerten Gruppenantennen zu verzeichnen. Diese Verringerung der Strahlbreite ist schematisch in [Fig. 11](#) mit dem Strahlungsmuster **312** für eine Einzelantennenanordnung dargestellt. Das Antennenmuster **314** ergibt sich bei Verwendung eines Stapels von vier Antennenanordnungen und es stellt die Verringerung der Strahlbreite dar.

[0062] Bezug auf [Fig. 12](#) nehmend, ist dort ein Diagramm einer anderen Ausgestaltung von Butler-Matrix-Strahlformern mit verschiedenen Anwendungen von Antennenanordnungen der vorliegenden Erfindung dargestellt. Die Antennenelemente **401** bis **408** sind Bestandteil einer Antennenanordnung **410**. Die Antennenelemente **403**, **405** und **407** sind mit einer Butler-Matrix **412** mit vier Eingängen in herkömmlicher Gestaltung verbunden. Die Antennenelemente **403** und **405** sind mit einem Eingang der Butler-Matrix **412** am Niederfrequenzende des Elements verbunden. Die Antennenelemente **401** und **407** sind am Hochfrequenzende des Elements mit der Butler-Matrix **412** verbunden.

[0063] Gleichermaßen sind die Antennenelemente **402**, **404**, **406** und **408** mit einer Butler-Matrix **414** mit vier Eingängen verbunden. Alle mit der Butler-Matrix **414** verbundenen Antennenelemente sind mit dem Hochfrequenzende des Elements verbunden. Ein Zwei-Kanal-Empfänger **416** mit den Kanalausgängen **1** und **2** ist mit der Butler-Matrix **412** verbunden und ein Zwei-Kanal-Empfänger **418** mit den Ausgängen **3** und **4** ist mit der Butler-Matrix **414** verbunden.

[0064] Der Butler-Matrix-Strahlformer, wie er in [Fig. 12](#) dargestellt ist, liefert verschiedene Phasenbetriebsweisen oder Phasenfortschritte an jedem seiner Ausgänge, wobei die Antennenelemente mit den Eingängen so verbunden sind, wie es in [Fig. 12](#) dargestellt ist. Diese Phasenfortschritte erfolgen in N-Zyklen des Phasenwinkels in Grad, wobei N gleich der Anzahl der Antennenelemente in der Anordnung ist. Jede Betriebsweise ist einem entsprechenden Ausgang der Butler-Matrix zugeordnet. Mindestens ein Zwei-Kanal-Empfänger **416** oder **418** ist erforderlich, um zum Beispiel zwei Betriebsweisen zu messen. Wenn ein interessierendes Signal an der Antennenanordnung **410** empfangen wird, bewegt sich die elektrische Nullphase (null Grad) entlang dem Azimutwinkel des Gesichtsfelds der Antenne. Wenn eine Messung der Null-Betriebsweise und eine Messung der Betriebsweise Null plus Eins durchgeführt wird und

diese beiden Betriebsweisen subtrahiert werden, ist das Ergebnis der Azimutwinkel oder die horizontale Position eines Emitters in einem Gesichtsfeld von 360°. Das ist eine rudimentäre Bestimmung des Einfallswinkels unter Verwendung von lediglich der Phaseninformation. Eine Amplitudeninformation ist nicht erforderlich, um den niedrigsten Einfallswinkel zu bestimmen. Die Amplitudeninformation kann jedoch verwendet werden, um die Genauigkeit des Einfallswinkels gegenüber der Genauigkeit zu erhöhen, die erreicht wird, wenn nur die Phaseninformation verwendet wird.

[0065] Wie in [Fig. 1](#), [Fig. 4](#) und [Fig. 10](#) dargestellt ist, verläuft die Längsachse der Antennenelemente senkrecht zu der Längsachse der kreisförmigen Anordnung. Bezug auf [Fig. 13](#) nehmend, sind die Antennenelemente **510** unter einem Winkel zu der Längsachse **512** angeordnet.

[0066] Die Gesamtlängsachse der Antennenelemente **510** (es sind lediglich zwei dargestellt) kann unter einem Neigungswinkel θ zu der Achse **514** verlaufen. Die Neigung der Antennenelemente **510** optimiert die Signalverstärkung und den Erfassungsbereich in Abhängigkeit von der Montagestruktur für die Antenne. Bei einer Anwendung in der Luft, in der die Elemente im Azimut ein volles 360°-Muster aufweisen, sind die Antennenelemente zum Beispiel so nach oben geneigt, wie es in [Fig. 13](#) dargestellt ist. Ein Blickwinkel von etwa 3° bis 4° optimiert die Leistungsfähigkeit der Funkpeilung. Es sollte jedoch betont werden, dass, obwohl [Fig. 13](#) die Antennenelemente **510** nach oben zur Achse **514** angewinkelt zeigt, sie auch unter einem Winkel von der Ebene der Achse **514** nach unten geneigt angebracht werden können.

[0067] Nun auf [Fig. 14](#) Bezug nehmend, ist dort schematisch eine Antennenanordnung, gesehen in der Ebene der horizontalen Achse **514**, dargestellt. Die Antennenelemente **516** sind in Richtung nach unten von der Achse **514** unter einem Winkel θ geneigt. [Fig. 14](#) zeigt die Antennenelemente **516** von der Achse **514** nach unten geneigt. Das ist eine Variation zu der in [Fig. 13](#) dargestellten Winkelneigung nach oben. Die Antennenelemente von [Fig. 14](#) sind Elemente von Koaxialantennen, wie sie in Bezug auf [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) dargestellt und beschrieben worden sind.

[0068] Erneut auf [Fig. 11](#) Bezug nehmend, können die Antennenelemente jeder der Anordnungen **308-1** bis **308-n** unter einem Winkel in Bezug auf die Ebene der horizontalen Achse angebracht werden, wenn alle Elemente in gleicher Richtung in Bezug auf die Achse **310** angewinkelt sind.

[0069] Obwohl die vorliegende Erfindung und ihre Vorteile ausführlich beschrieben wurden, sollte es so

verstanden werden, dass verschiedene Änderungen, Substitutionen und Abwandlungen darin durchgeführt werden können, ohne von der vorliegenden Erfindung, wie sie in den beigefügten Ansprüchen definiert ist, abzuweichen.

Patentansprüche

1. Antennensystem mit:

einer Anzahl von Halteplatten (30), die in einer im allgemeinen kreisförmigen Anordnung angeordnet sind, wobei jede Halteplatte eine Innenfläche und eine Außenfläche hat, wobei die Innenflächen der Halteplatten (30) einem Zentrum von im allgemeinen kreisförmiger Gestaltung zugewandt sind; und einer Anzahl von Antennenelementen (12), von denen jedes Antennenelement ein hochfrequentes Ende (18) und ein niederfrequentes Ende (16) aufweist, wobei das niederfrequente Ende (16) jedes Antennenelements an der Innenseite von einer aus der Anzahl der Halteplatten (30) angebracht ist, während die hochfrequenten Enden (18) von einander gegenüberliegenden Antennenelementen (12) einander zugewandt und durch eine Wellenlänge der Signalfrequenz getrennt sind, die an dem hochfrequenten Ende empfangen wird.

2. Antenne nach Anspruch 1, wobei der Winkelabstand zwischen jedem Antennenelement (12) in der Azimutebene kleiner als λ ist, wobei λ die Wellenlänge eines Signals in einer ausgewählten Bandbreite ist.

3. Antennensystem nach Anspruch 1, wobei die Anzahl der Antennenelemente (12) gleich 2^N ist, worin N eine positive ganze Zahl ist.

4. Antennensystem nach Anspruch 1, mit einer geraden Anzahl von Antennenelementen (12), wobei die Antennenelemente mit gleichem Abstand um eine Azimutebene der im allgemeinen kreisförmigen Anordnung derart angeordnet sind, daß jedes Antennenelement (12) direkt einem anderen Antennenelement gegenüberliegt.

5. Antennensystem nach Anspruch 4, wobei jedes Paar gegenüberliegender Antennenelemente (12) Kreuzpolarisation haben.

6. Antennensystem nach Anspruch 4, wobei jedes Paar gegenüberliegender Antennenelemente (12) in Bezug aufeinander HF durchlässig sind.

7. Antennensystem nach Anspruch 1, wobei die Anzahl der Antennenelemente (12) log-periodische Elemente aufweist.

8. Antennensystem nach Anspruch 7, wobei die log-periodischen Elemente (12) eine Verstärkung von mehr als 5 Dezibel linear isotropisch haben.

9. Antennensystem nach Anspruch 7, wobei die log-periodischen Elemente (12) eine Bandbreite von mehr als vier Oktaven haben.

10. Antennensystem nach Anspruch 7, wobei jedes log-periodische Element (12) eine duale Polarisation entlang der Vertikal- und Horizontalebene aufweist.

11. Antennensystem nach Anspruch 7, wobei jedes log-periodische Element (12) eine duale Polarisation entlang von Ebenen hat, die 45° gegenüber den Horizontal- und Vertikalebene versetzt sind.

12. Antennensystem nach Anspruch 7, wobei jedes log-periodische Element (12) eine einzige Polarisation aufweist, wobei die einzige Polarisation aus der folgenden Gruppe ausgewählt ist: Vertikale Polarisation, horizontale Polarisation, geneigte $+45^\circ$ Polarisation, geneigte -45° Polarisation, linkshändige kreisförmige Polarisation, und rechtshändige kreisförmige Polarisation.

13. Antennensystem nach Anspruch 1, wobei jedes der Anzahl von Antennenelementen (12) eine Anzahl von Strahlern (24) aufweist, die elektromagnetische Signale empfangen und senden, wobei die Länge jedes Strahlers vom niederfrequenten Ende (16) zum hochfrequenten Ende (18) hin abnimmt.

14. Antennensystem nach Anspruch 13, wobei jedes Antennenelement (12) eine Längsachse hat und die winkelmäßige Beabstandung zwischen der Längsachse und jedem Antennenelement in der Azimutebene kleiner als λ ist, wobei λ die Wellenlänge eines Signals in einer ausgewählten Bandbreite ist.

15. Antennensystem nach Anspruch 13, wobei jedes Paar von gegenüberliegenden Antennenelementen (12) eine Kreuzpolarisation aufweist.

16. Antennensystem nach Anspruch 13, wobei gegenüberliegenden Antennenelemente (12) in Bezug auf einander HF-durchlässig sind.

17. Antennensystem nach Anspruch 13, wobei die Anzahl der Antennenelemente (12) log-periodische Elemente aufweist.

18. Antennensystem nach Anspruch 17, wobei die log-periodischen Elemente (12) eine Bandbreite von mehr als vier Oktaven haben.

19. Antennensystem nach Anspruch 1, ferner mit:

einem strahlformenden Netzwerk, das eine Anzahl von Eingangsports aufweist, die gleich wie die Anzahl der Antennenelemente (12) ist, wobei jedes Antennenelement an das strahlformende Netzwerk über einen jeweiligen Eingangsport angeschlossen ist.

20. Antennensystem nach Anspruch 19, wobei das strahlformende Netzwerk eine Butler-Matrix aufweist.

21. Antennensystem nach Anspruch 19, wobei die Anzahl der Antennenelemente (12) einem Vielfachen von 4 entspricht; und wobei das strahlformende Netzwerk eine Butler-Matrix für jede Gruppe von vier Antennenelementen aufweist, wobei jede Butler-Matrix an ausgewählte vier Antennenelemente derart angeschlossen ist, daß die Antennenelemente verschachtelt sind.

22. Antennensystem nach Anspruch 19, wobei das strahlformende Netzwerk einen Rotman-Linsen Strahlformer aufweist.

23. Antennensystem nach Anspruch 1, ferner mit: einer ersten, im allgemeinen kreisförmigen Antennenanordnung (300), die eine Anzahl von Antennenelementen (12) aufweist, die um eine Mittelachse (304) angeordnet sind, wobei jedes Antennenelement (12) ein HF-Empfangsende besitzt, das in Richtung der Mitte der im allgemeinen kreisförmigen Anordnung gerichtet ist; und mit mindestens einer zusätzlichen, im allgemeinen kreisförmigen Antennenanordnung (302), die eine Anzahl von Antennenelementen (12) aufweist, von denen mindestens eine zusätzliche kreisförmige Antennenanordnung coaxial zu der Achse (304) der ersten kreisförmigen Antennenanordnung ist und die diesbezüglich so positioniert ist, daß jede der mindestens einen zusätzlichen Antennenanordnungen (302) eine Achse aufweist, die coaxial zu der ersten kreisförmigen Antennenanordnung um eine Achse ist, die allgemein durch einen Mittelpunkt jeder kreisförmigen Antennenanordnung verläuft.

24. Antennensystem nach Anspruch 23, ferner mit einem strahlformenden Netzwerk, das eine Anzahl von Eingangsports aufweist, die gleich wie die Anzahl der Antennenelemente (12) ist, wobei jedes Antennenelement (210) an das strahlformende Netzwerk über einen jeweiligen Eingangsport angeschlossen ist.

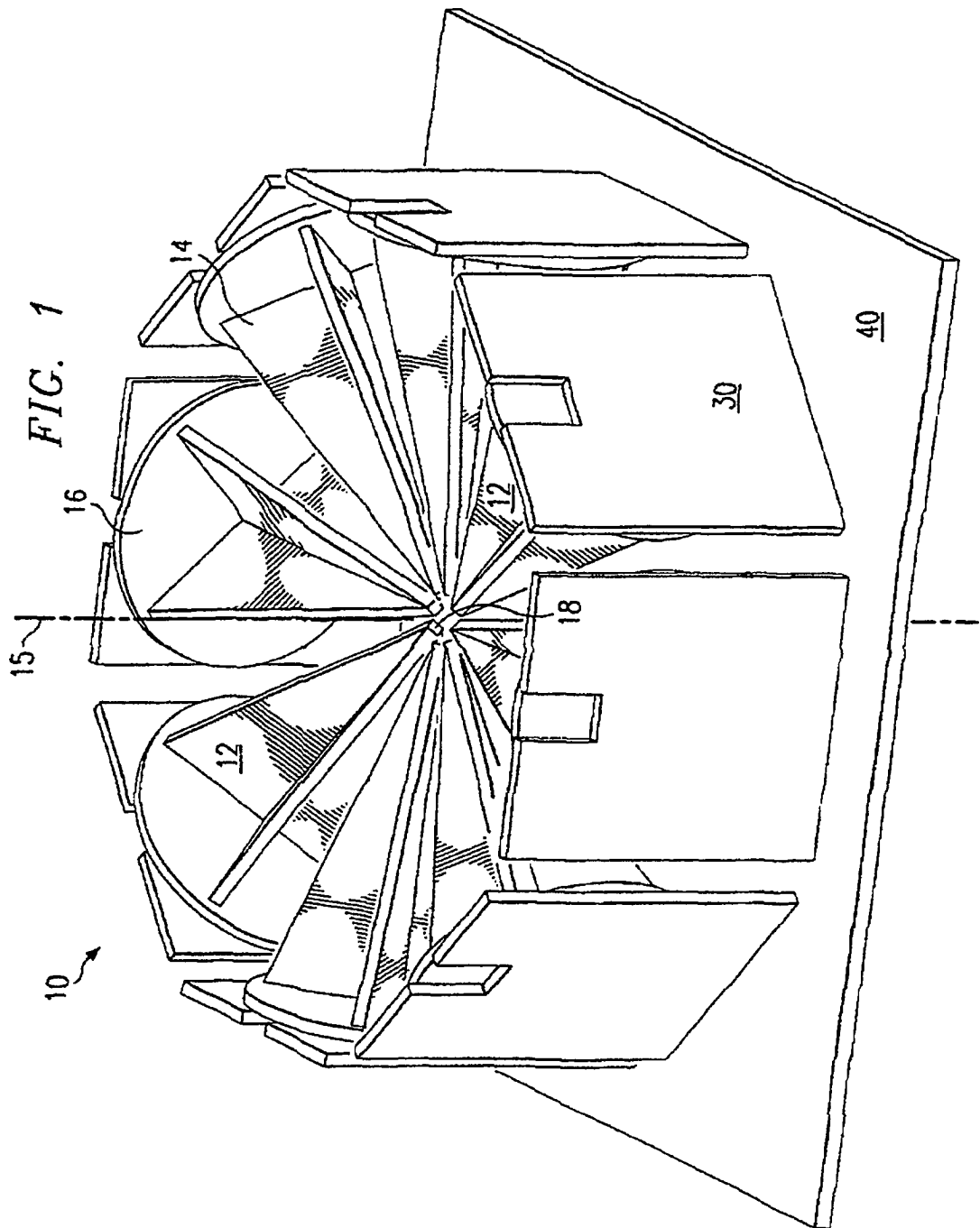
25. Antennensystem nach Anspruch 19, wobei: die Anzahl der Antennenelemente (210) einem Vielfachen von vier entspricht; und wobei das strahlformende Netzwerk eine Butler-Matrix für jede Gruppe von vier Antennenelementen aufweist, wobei jede Butler-Matrix an ausgewählte vier Antennenelemente derart angeschlossen ist, daß die Antennenelemente verschachtelt sind.

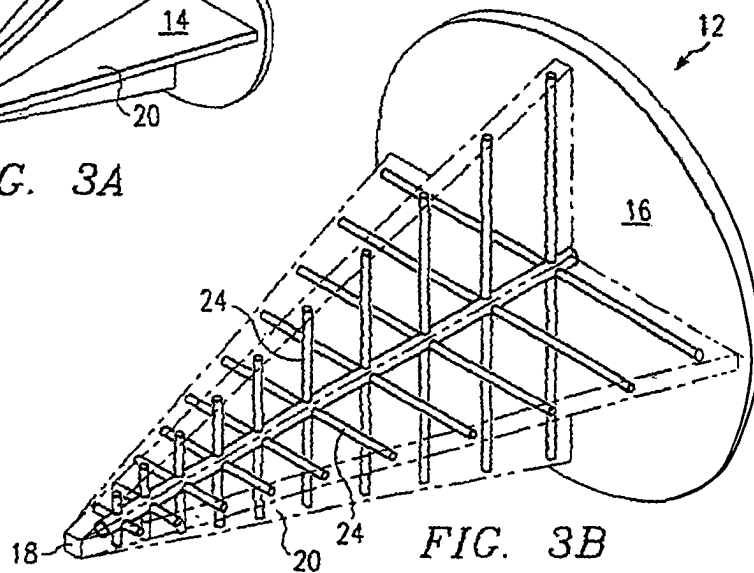
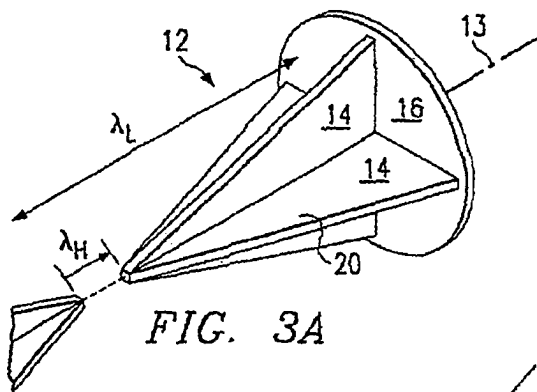
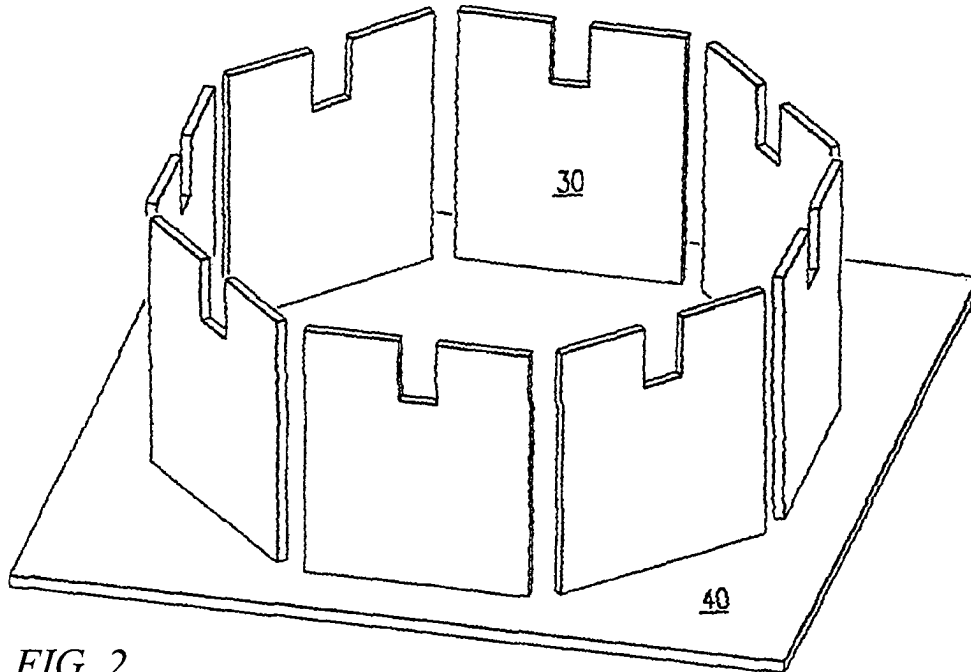
26. Antennensystem nach Anspruch 13, wobei die allgemein kreisförmige Anordnung eine Längsachse (15) hat und wobei jedes der Antennenelemente (12) eine Längsachse (13) hat, die im wesentlichen senkrecht zur Längsachse der kreisförmigen

Anordnung ist.

27. Antennensystem nach Anspruch 13, wobei die allgemein kreisförmige Anordnung eine Längsachse (15) hat und wobei jedes Antennenelement (12) eine Längsachse (13) unter einem Winkel Θ in Bezug auf die Längsachse der kreisförmigen Anordnung hat.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen





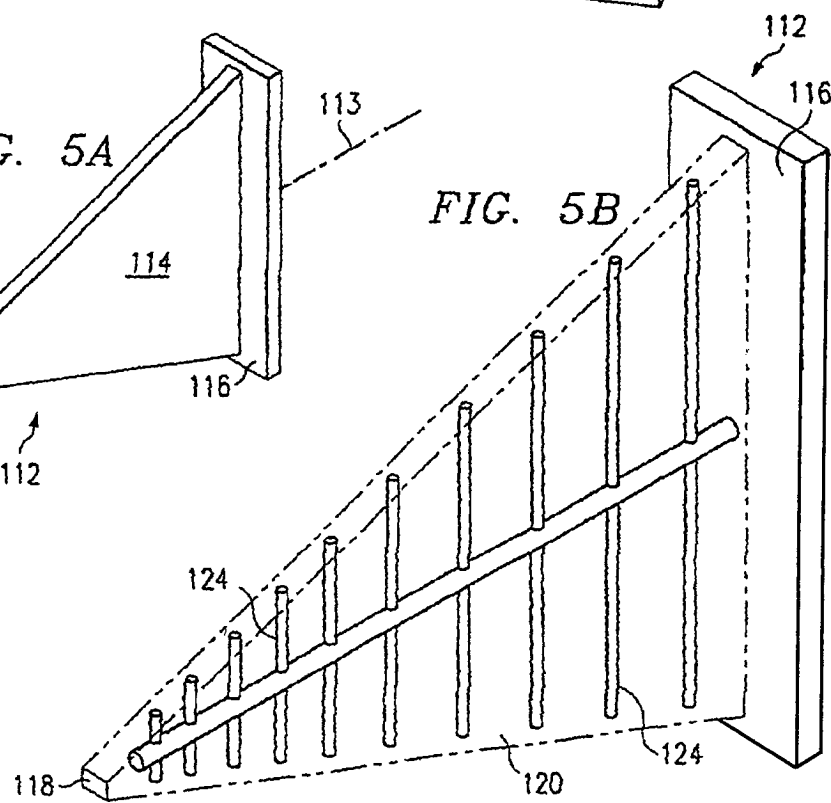
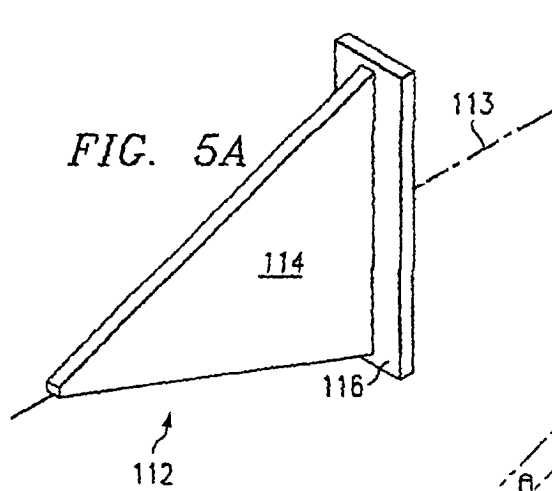
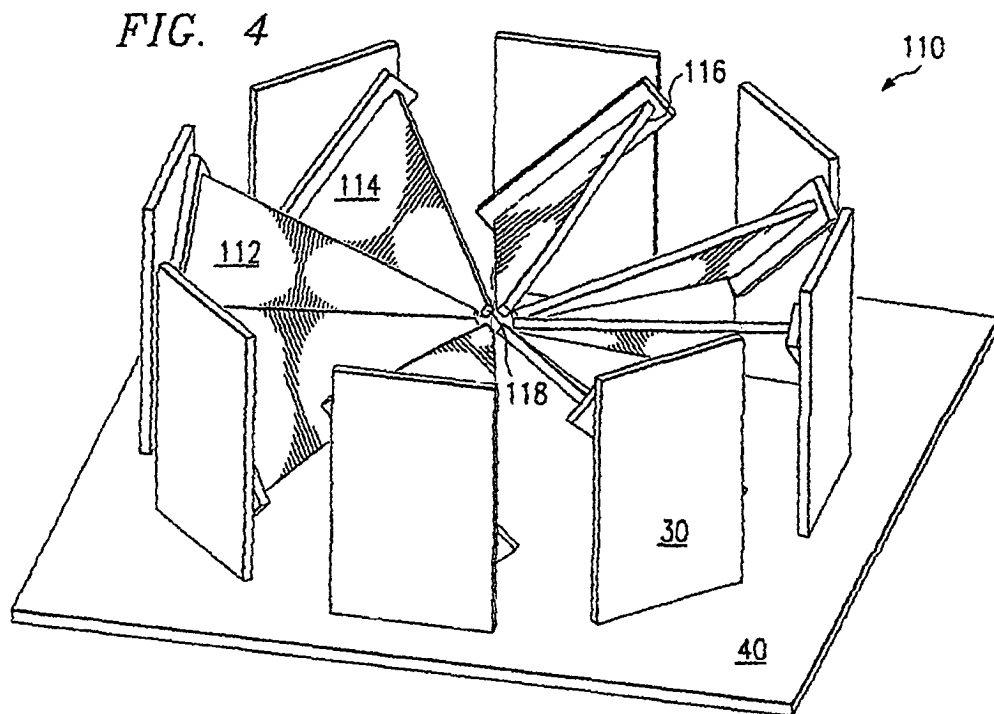


FIG. 6

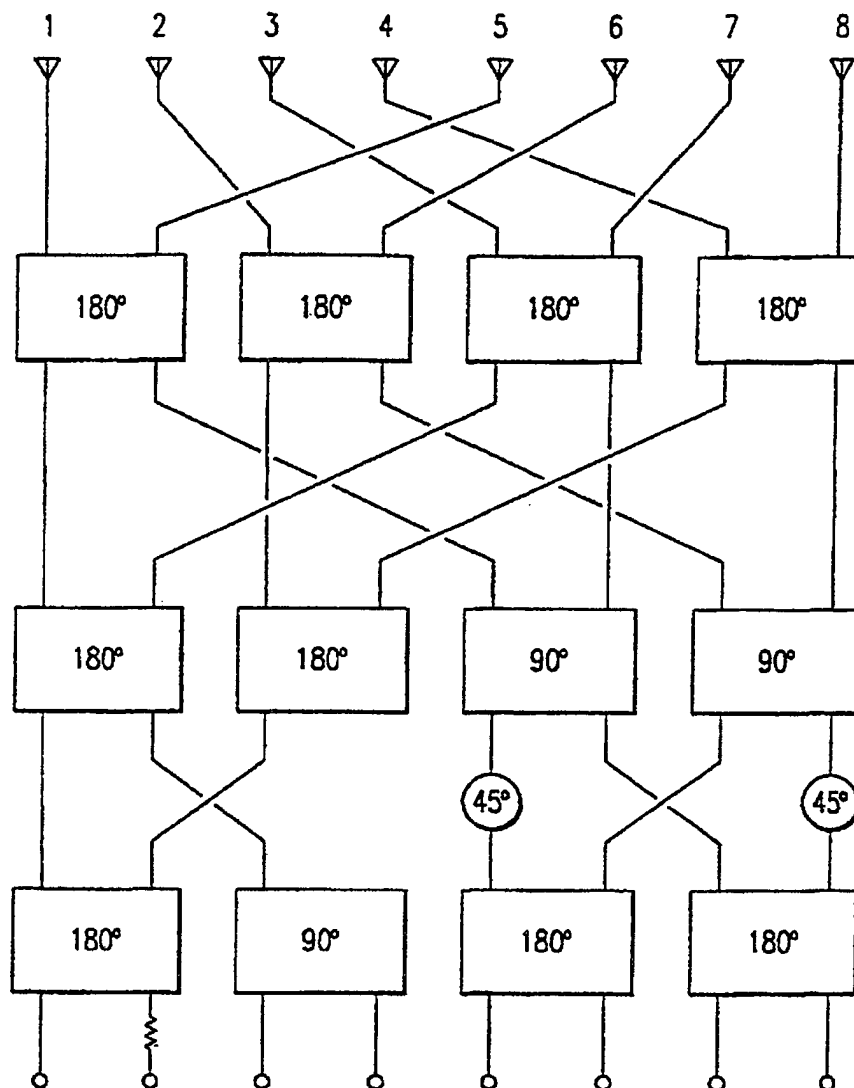
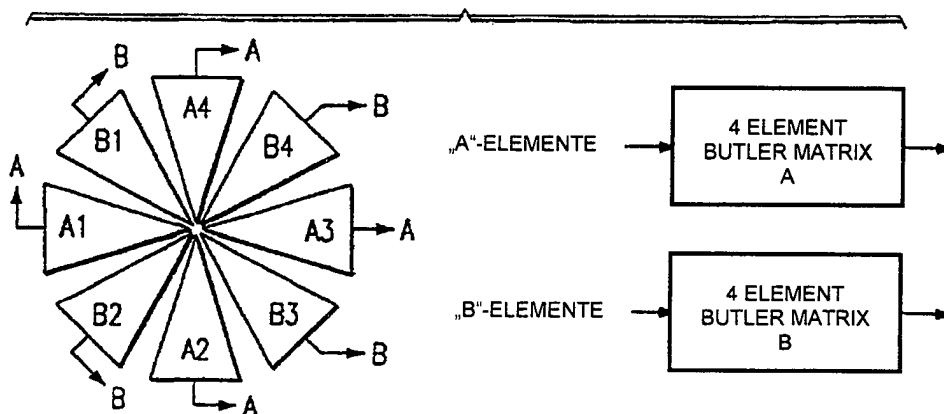


FIG. 7



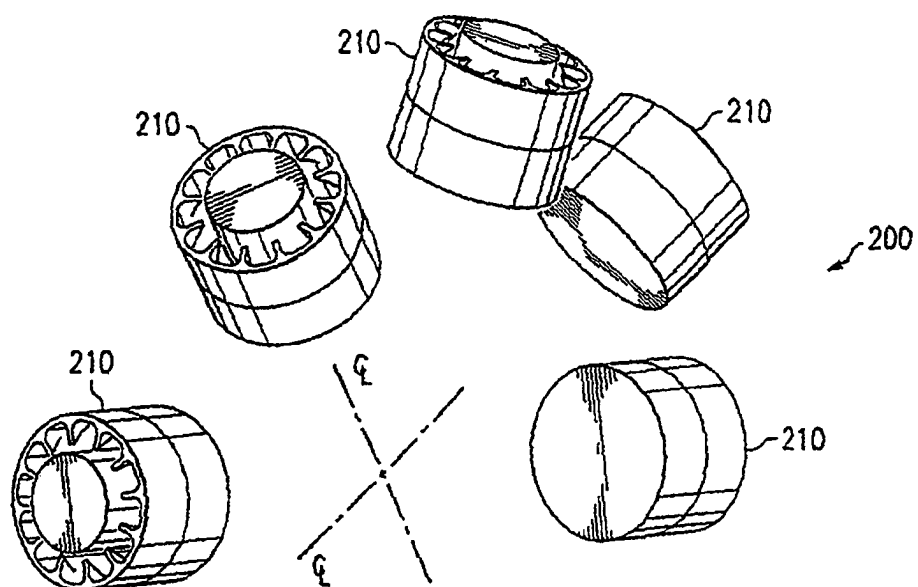


FIG. 8

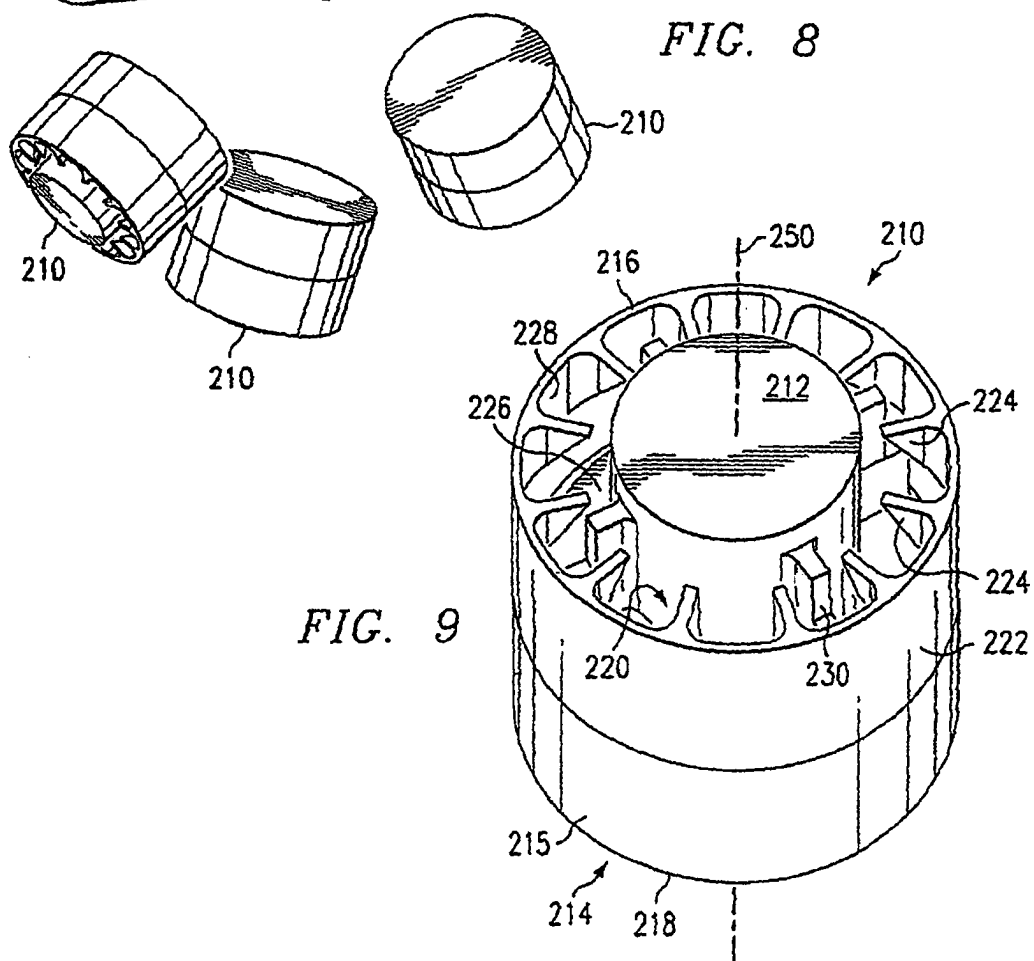


FIG. 9

FIG. 10

