



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
29.02.2012 Patentblatt 2012/09

(51) Int Cl.:
H01Q 1/32 (2006.01) H01Q 21/24 (2006.01)
H01Q 21/29 (2006.01) H01Q 7/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11157768.0**

(22) Anmeldetag: **10.03.2011**

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

- **Lindenmeier, Heinz**
82152, Planegg (DE)
- **Hopf, Jochen**
85540, Haar (DE)
- **Reiter, Leopold**
82205, Gilching (DE)

(30) Priorität: **31.08.2010 DE 102010035934**

(71) Anmelder: **Delphi Delco Electronics Europe GmbH**
42119 Wuppertal (DE)

(72) Erfinder:
• **Lindenmeier, Stefan**
82131, Gauting-Buchendorf (DE)

(74) Vertreter: **Denton, Michael John et al**
Delphi France SAS
Legal Staff
64, avenue de la Plaine de France
BP 65059 Tremblay en France
95972 Roissy CDG Cedex (FR)

(54) **Empfangsantenne für Zirkular Polarisierte Satellitenfunksignale**

(57) Antenne (1) für den Empfang zirkular polarisierter Satellitenfunksignale umfassend wenigstens eine im Wesentlichen horizontal orientierte über einer leitenden Grundfläche (6) angeordneten Leiterschleife, mit einer mit einem Antennenanschluss (5) verbundenen Anordnung zur elektromagnetischen Erregung (3) der Leiterschleife. Die Leiterschleife ist als Ringleitungsstrahler (2) durch eine polygonale oder kreisförmige geschlossene Ringleitung in einer im Wesentlichen horizontalen Ebene mit der Höhe h über der leitenden Grundfläche (6) verlaufend gestaltet. Der Ringleitungsstrahler (2) bildet eine Resonanzstruktur und ist durch die elektromagnetische

Erregung (3) in der Weise elektrisch erregt, dass sich auf der Ringleitung die Stromverteilung einer laufenden Leitungswelle in einer einzigen Umlaufrichtung einstellt, deren Phasenunterschied über einen Umlauf gerade $M \cdot 2\pi$ beträgt, wobei M eine ganze Zahl ist und mindestens den Wert $M = 2$ besitzt. Zur Unterstützung der vertikal orientierten Anteile des elektromagnetischen Feldes ist mindestens ein am Umfang des Ringleitungsstrahlers (2) vertikaler und zur leitenden Grundfläche hin verlaufender Strahler (4) vorhanden, welcher sowohl mit dem Ringleitungsstrahler (2) als auch der elektrisch leitenden Grundfläche (6) elektromagnetisch verkoppelt ist. Die Höhe h ist kleiner als $1/5$ der Freiraum-Wellenlänge λ .

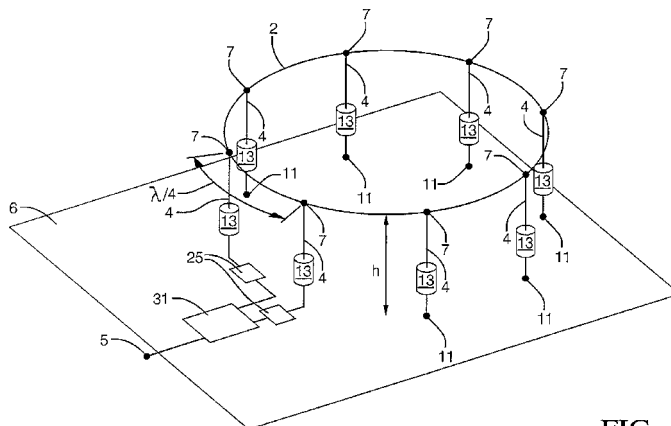


FIG. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Antenne für den Empfang zirkular polarisierter Satellitenfunksignale.

[0002] Insbesondere bei Satelliten-Rundfunksystemen kommt es besonders auf die Wirtschaftlichkeit sowohl bezüglich der vom Satelliten abgestrahlten Sendeleistung als auch auf die Effizienz der Empfangsantenne an. Satellitenfunksignale werden aufgrund von Polarisationsdrehungen auf dem Übertragungsweg in der Regel mit zirkular polarisierten elektromagnetischen Wellen übertragen. Vielfach werden Programminhalte zum Beispiel in frequenzmäßig dicht nebeneinander liegenden getrennten Frequenzbändern übertragen. Dies geschieht im Beispiel des SDARS-Satellitenrundfunks bei einer Frequenz von circa 2,33 GHz in zwei benachbarten Frequenzbändern jeweils mit einer Bandbreite von 4 MHz mit einem Abstand der Mittenfrequenzen von 8 MHz. Die Signale werden von unterschiedlichen Satelliten mit einer in einer Richtung zirkular polarisierten elektromagnetischen Welle abgestrahlt. Demzufolge werden zum Empfang in der entsprechenden Drehrichtung zirkular polarisierte Antennen verwendet. Solche Antennen sind zum Beispiel aus DE-A-4008505 und DE-A-10163793 bekannt. Dieses Satelliten-Rundfunksystem wird zusätzlich durch die bereichsweise Ausstrahlung terrestrischer Signale in einem weiteren, zwischen den beiden Satellitensignalen angeordneten Frequenzband gleicher Bandbreite unterstützt. Ähnliche Satelliten-Rundfunksysteme befinden sich zur Zeit in der Planung. Die Satelliten des Global Positioning System (GPS) strahlen bei der Frequenz von etwa 1575 MHz ebenfalls in einer Richtung zirkular polarisierte Wellen aus, so dass die genannten Antennenformen grundsätzlich für diesen Dienst gestaltet werden können.

[0003] Die aus der DE-A-4008505 bekannte Antenne ist auf einer im Wesentlichen horizontal orientierten leitenden Grundfläche aufgebaut und besteht aus gekreuzten Horizontaldipolen mit V-förmig nach unten geneigten, aus linearen Leiterteilen bestehenden Dipolhälften, die unter einem azimuthalen Winkel von 90 Grad zueinander mechanisch fixiert sind und am oberen Ende eines auf der leitenden Grundfläche befestigten linearen vertikalen Leiters angebracht sind. Die aus der DE-A-10163793 bekannte Antenne ist ebenfalls über einer in der Regel horizontal orientierten leitenden Grundfläche aufgebaut und besteht aus gekreuzten azimuthal unter 90° zueinander montierten Rahmenstrukturen. Bei beiden Antennen werden zur Erzeugung der zirkularen Polarisation die jeweils zueinander räumlich um 90° versetzten Antennenteile in der elektrischen Phase um 90° zueinander verschoben zusammengeschaltet. Auf ähnliche Weise wirken Patchantennen. Alle genannten Antennen nach dem Stand der Technik sind bezüglich des Empfangs unter niedrigem Elevationswinkel weniger leistungsfähig.

[0004] Diese genannten Antennenformen sind zwar für den Empfang von Satellitensignalen geeignet, welche von hoch fliegenden Satelliten - so genannten HEOS - abgestrahlt werden. Insbesondere für unter niedrigem Elevationswinkelbereich einfallende Satelliten-Funksignale, die von geostationären Satelliten - so genannten GEOS ausgestrahlt werden, sind jedoch eine Verbesserung der Empfangsleistung, der Kreuzpolarisationsunterdrückung und es ist die Verbesserung des Empfangs vertikal polarisierter, von terrestrischen Sendern ausgestrahlten Signalen wünschenswert.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, eine Antenne anzugeben, welche je nach ihrer Auslegung sowohl für einen besonders leistungsstarken Empfang von unter niedrigen Elevationswinkeln einfallenden zirkular polarisierten Satellitensignalen als auch für den leistungsstarken Empfang von unter höheren Elevationswinkeln in einfallenden Satellitensignalen mit ausreichendem Gewinn und mit hoher Kreuzpolarisationsunterdrückung über einen großen Elevationswinkelbereich gestaltet werden kann und wobei insbesondere auch die Möglichkeit zu einer wirtschaftlichen Herstellung gegeben sein soll.

[0006] Diese Aufgabe wird bei einer Antenne nach dem Oberbegriff des Hauptanspruchs durch die kennzeichnenden Merkmale des Hauptanspruchs und die in den weiteren Ansprüchen vorgeschlagenen Maßnahmen gelöst.

[0007] Mit einer Antenne nach der Erfindung ist der erfindungsgemäße Vorteil verbunden, auch den Empfang linear vertikal polarisierter und unter niedriger Elevation empfangener Wellen mit azimuthal nahezu homogenem Richtdiagramm mit besonders hohem Gewinn zu ermöglichen. Weiterhin kann die Antenne in vorteilhafter Weise in Kombination mit den oben geschilderten und aus der DE-A-4008505 und der DE-A-10163793 bekannten Antennen sowie mit Patch-Antennen nach dem Stand der Technik zu einer Richtantenne mit einstellbarer beziehungsweise dynamisch nachführbarer azimuthaler Hauptrichtung im Strahlungsdiagramm gestaltet werden. Dieser Vorteil wird weiter unten näher begründet. Ein weiterer Vorteil einer Antenne nach der Erfindung ist ihre besonders einfache Herstellbarkeit, welche die Realisierung auch durch einfache gebogene Blechstrukturen ermöglicht.

[0008] Gemäß der Erfindung umfasst die Antenne für den Empfang zirkular polarisierter Satellitenfunksignale wenigstens eine im Wesentlichen horizontal orientierte über einer leitenden Grundfläche 6 angeordnete Leiterschleife, mit einer mit einem Antennenanschluss 5 verbundenen Anordnung zur elektromagnetischen Erregung 3 der Leiterschleife. Die Leiterschleife ist als Ringleitungsstrahler 2 durch eine polygonale oder kreisförmige geschlossene Ringleitung in einer horizontalen Ebene mit der Höhe h über der leitenden Grundfläche 6 verlaufend gestaltet. Der Ringleitungsstrahler 2 bildet eine Resonanzstruktur und ist durch die elektromagnetische Erregung 3 in der Weise elektrisch erregt, dass sich auf der Ringleitung die Stromverteilung einer laufenden Leitungswelle in einer Umlaufrichtung einstellt, deren Phasenunterschied über die gestreckte Länge der Ringleitungsstruktur gerade $M \cdot 2\pi$ beträgt. Hierbei beträgt M mindestens zwei und ist eine ganze Zahl. Für den technisch besonders interessanten Wert $M = 2$ ergibt sich dabei der besonders

hohe Strahlungsgewinn für zirkulare Polarisation für niedrige Elevationswinkel im Vergleich mit genannten Antennen nach dem Stande der Technik. Zur Unterstützung der vertikal orientierten Anteile des elektromagnetischen Feldes ist mindestens ein am Ringleitungsstrahler 2 vertikaler und zur leitenden Grundfläche hin verlaufender Strahler 4 vorhanden, welcher/welche sowohl mit dem Ringleitungsstrahler 2 als auch der elektrisch leitenden Grundfläche 6 elektromagnetisch verkoppelt ist/sind. Zur Erzeugung einer reinen Leitungswelle ist die Höhe h vorzugsweise kleiner als $1/5$ der Freiraum-Wellenlänge λ zu wählen.

[0009] Die bei Antennen nach der vorliegenden Erfindung geforderten Fertigungstoleranzen können in vorteilhafter Weise wesentlich leichter eingehalten werden. Ein weiterer sehr wesentlicher Vorteil der vorliegenden Erfindung ergibt sich aus der Eigenschaft, dass neben dem horizontal polarisierten Ringleitungsstrahler 2 mindestens an einem Ringleitungs-koppelpunkt 7 ein weiterer Strahler 4 vorhanden ist, welcher eine senkrecht zur Polarisation der Ringleitungsstrahler 2 orientierte Polarisation aufweist. Dieser Strahler kann bei Vorhandensein terrestrisch vertikal polarisiert ausgestrahlter Signale vorteilhaft auch zum Empfang dieser Signale eingesetzt werden.

[0010] Die Erfindung wird im Folgenden an Hand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Die zugehörigen Figuren zeigen im Einzelnen:

Fig. 1: Antenne nach der Erfindung mit einem als Resonanzstruktur gestalteten kreisförmigen Ringleitungsstrahler 2 zur Erzeugung eines zirkular polarisierten Feldes mit azimuthal abhängiger Phase mit einer elektromagnetischen Erregung 3, welche durch Einspeisung an $\lambda/4$ voneinander entfernten Ringleitungs-koppelpunkten 7 von um 90° in der Phase unterschiedlichen Signalen zur Erzeugung einer umlaufenden Welle von einer Wellenlänge über den Umfang der Leitung gegeben ist. Die Unterstützung vertikaler Komponenten des elektrischen Strahlungsfeldes erfolgt durch die vertikalen Strahler 4, welche jeweils an einer Unterbrechungsstelle 23 mit einer verlustarmen Blindwiderstandsschaltung 13 der Reaktanz X beschaltet sind

Fig. 2: Ringleitungsstrahler 2 am Beispiel für $M = 2$ jedoch mit einer elektromagnetischen Erregung 3 an 8 jeweils um $\lambda/4$ längs der Ringleitung versetzten Ringleitungs-Koppelpunkten 7 durch in der Phase jeweils um 90° versetzten Signalen der Speisequellen. Die Speisequellen der Erregung 3 können auf an sich bekannte Weise durch Leistungsteilung und 90° -Hybridkoppler beziehungsweise durch ein Verteilnetzwerk aus Mikrostreifenleitung gewonnen werden.

Fig. 3: Antenne nach der Erfindung mit einem als geschlossenen quadratischen Leitungsring für $M = 2$ mit der Kantenlänge von $2 \cdot \lambda/4$ gestalteten Ringleitungsstrahler 2. Die Erregung 3 ist als berührungslose Ankopplung an den Ringleitungsstrahler 2 über die rampenförmige $\lambda/4$ -richtwirkende Koppelstruktur 18 mit dem Antennenanschluss 5 gestaltet. Die Koppelstruktur 18 beinhaltet den vertikalen Strahler 4

Fig. 4: Antenne nach der Erfindung, beispielhaft mit kreisförmigem Ringleitungsstrahler 2 mit allgemein angedeuteter Erregung 3 und mit am Umfang äquidistant angeordneten Ringleitungs-Koppelpunkten 7 mit daran angekoppelten vertikalen Strahlern 4, in welche an Unterbrechungsstellen verlustarme Blindwiderstandsschaltungen 13 mit den für die Erzeugung einer umlaufenden Stromwelle auf dem Ringleitungsstrahler 2 notwendigen unterschiedlichen Reaktanzen X eingeschaltet sind. Durch Gestaltung der Reaktanzen X ist es möglich, die Teilabschnitte L/N um den Verkürzungsfaktor $k < 1$ kürzer zu gestalten als es dem Wert $L/N = M \cdot \lambda/N$ entspräche, so dass vielmehr gilt: $L/N = k \cdot M \cdot \lambda/N$.

Fig. 5: Antenne nach der Erfindung wie in Figur 4, jedoch mit horizontalen Zusatzelementen zur weiteren Formung des Richtdiagramms

Fig. 6: Antenne nach der Erfindung für $M = 2$ mit einer besonders vorteilhaften kreisförmigen Ausführungsform des Ringleitungsstrahlers 2 mit im Wesentlichen äquidistant auf dem Umfang verteilt befindlichen vertikalen Strahlern 4. Die auf unterschiedliche Weise gestaltbare Erregung 3 ist nicht gezeichnet.

Fig. 7: Antenne nach der Erfindung mit einem rechteckförmig gestalteten Strahler wie in Figur 3 jedoch mit elektromagnetischer Erregung 3 durch Einspeisung am unteren Ende an einem der vertikalen Strahler 4 über das Anpassnetzwerk 25 und über die als Kapazität 15 gestaltete Blindwiderstandsschaltung 13. Die Unterstützung der Unidirektionalität der Wellenausbreitung auf dem Ringleitungsstrahler 2 ist durch abwechselnd unterschiedliche Gestaltung der Wellenwiderstände der im Umlaufsinn aufeinander folgenden Teilstücke zwischen zwei benachbarten Ringleitungs-Koppelpunkt 7a - 7b beziehungsweise 7b - 7c etc. erreicht. Die Feinabstimmung der Unidirektionalität der Wellenausbreitung erfolgt durch geringfügig unterschiedliche Längen der Teilstücke.

Fig. 8: Antenne nach der Erfindung wie in Figur 7, wobei das Anpassnetzwerk 25 in Form einer parallel zur elektrisch

leitenden Grundfläche 6 gelegten hochohmigen Übertragungsleitung über etwa $\frac{1}{4}$ der Wellenlänge ausgeführt ist.

Fig. 9: Grundsätzliche konstruktive Ausführungen eines Ringleitungsstrahlers 2 mit vertikalen Strahlern und Kapazitäten 15 nach der Erfindung wie in Figuren 3 bis 8. Die Kapazitäten 15 sind in der Weise gebildet, dass die vertikalen Strahler 4 an ihrem unteren Ende zu individuell gestalteten flächigen Kapazitätselektroden 32a, 32b, 32c, 32d ausgeformt sind. Durch Zwischenlage zwischen diesen und der als elektrisch beschichteten Leiterplatte 35 ausgeführten elektrisch leitenden Grundfläche 6 befindlichen dielektrischen Platte 33 sind die Kapazitäten 15 zur Ankopplung von drei vertikalen Strahlern 4a, 4b, 4c an die elektrisch leitende Grundfläche 6 gestaltet. Zur kapazitiven Ankopplung des vierten vertikalen Strahlers 4d, an den Antennenanschluss 5 ist dieser als eine von der leitenden Schicht isolierte, flächige Gegenelektrode 34 gestaltet.

Fig. 10: Antenne nach der Erfindung wie in Figuren 9. Zwischen den unteren Enden der vertikalen Strahler 4a, 4b, 4c, 4d und die als leitend beschichtete Leiterplatte ausgeführte elektrisch leitende Grundfläche 6 ist eine weitere leitend beschichtete dielektrische Leiterplatte eingefügt. Die unteren Enden der vertikalen Strahler 4a, 4b, 4c, 4d sind galvanisch mit auf der Oberseite der dielektrischen Leiterplatte gedruckten flächigen Kapazitätselektroden 32a, 32b, 32c, 32d zur Bildung der Kapazitäten 15 für die kapazitive Ankopplung von drei der vertikalen Strahler 4 an die elektrisch leitende Grundfläche 6 verbunden. Für die kapazitive Ankopplung des vierten vertikalen Strahlers 4d an den Antennenanschluss 5 ist dieser als eine von der leitenden Schicht isolierte, flächige Gegenelektrode 34 gestaltet.

Fig. 11: Antenne nach der Erfindung wie in Figuren 11 und 12 für $M = 2$, wobei die leitende Struktur, bestehend aus dem achteckig geformten Ringleiter 2 und den damit verbundenen vertikalen Strahlern 4 durch eine dielektrische Stützstruktur 36 in der Weise fixiert ist, dass an Stelle der dielektrischen Platte 33 ein Luftspalt zur Bildung des Dielektrikums realisiert ist.

Fig. 12: Profilansicht eines Ringleitungsstrahlers 2 in einer sich nach oben öffnenden Kavität 38, welche z. B. zum Zwecke der Integration in eine Fahrzeugkarosserie durch Ausformung der leitenden Grundebeine 6 gestaltet ist. Die Höhe h_1 bezeichnet die Tiefe der Kavität und die Höhe h den Abstand des Ringleitungsstrahlers 2 über der Kavitäts-Basisfläche 39. Ein zu geringer Abstand 41 zwischen dem Ringleitungsstrahler 2 und den Kavitäts-Seitenflächen 40 hat eine die Frequenzbandbreite der Antenne 1 einengende Wirkung.

- a) $h > h_1$: teilweise Integration
- b) $h = h_1$: vollständige Integration

Fig. 13: Ringleitungsstrahler 2 nach der Erfindung kombiniert mit einem gekreuzten Strahler 24 mit gleichem Zentrum Z nach dem Stand der Technik mit zirkularer Polarisierung bei höheren Elevationswinkeln, wobei sich die Phase dessen zirkularer Polarisierung mit dem azimutalen Winkel des Ausbreitungsvektors in einfacher Abhängigkeit dreht. Durch Überlagerung der Empfangssignale des gekreuzten Strahlers 24 mit den Empfangssignalen des Ringleitungsstrahlers 2, dessen Phase der zirkularen Polarisierung mit dem azimutalen Winkel des Ausbreitungsvektors in M -facher Abhängigkeit gedreht ist, ist eine Richtantenne mit einem Richtdiagramm mit azimutaler Hauptrichtung am Richtantennen-Anschluss 43 gebildet.

Fig. 14: Richtantenne wie in Figur 13 mit kreisförmigem Ringleitungsstrahler 2 mit $N = 8$ vertikalen Strahlern 4 und $M = 2$ vollen Umläufen der Leitungswelle kombiniert mit einem gekreuzten Strahler 24 mit gleichem Zentrum Z nach dem Stand der Technik. Die vertikalen Strahler 4 sind auf dem Ringleitungsstrahler 2 im Wesentlichen äquidistant verteilt und entsprechend einer Phasen-Differenz der laufenden Welle von jeweils $\pi/2$ angeordnet. Die Empfangssignale an der Strahler-Anschlussstelle 46 des Ringleitungsstrahlers 2 und der Anschlussstelle des gekreuzten Strahlers 28 werden über ein steuerbares Phasendrehglied 42 im Summations- Netzwerk 44 zur Bildung des Richtdiagramms mit steuerbarer azimutaler Hauptrichtung überlagert.

Fig. 15: Richtantenne wie in Figur 14 jedoch mit achteckig geformtem Ringleitungsstrahler 2 (Phasendifferenz der laufenden Welle von 4π verteilt über dem Umfang).

Fig. 16: Räumliches Richtdiagramm der Richtantenne in Figur 15 mit ausgeprägter azimutaler Hauptrichtung (Pfeil) und Nullstelle.

[0011] Der Ringleitungsstrahler 2 der Erfindung ist als eine passive Resonanzstruktur für eine Sende- oder Empfangsantenne gestaltet, welche die Abstrahlung bzw. den Empfang von im Wesentlichen zirkular polarisierten Wellen in einem

Elevationswinkelbereich zwischen $\theta=20^\circ$ (vertikal) und $\theta=70^\circ$ und im Wesentlichen vertikal polarisierter Wellen in einem Elevationswinkelbereich zwischen $\theta = 90^\circ$ und $\theta = 85^\circ$ ermöglicht, wobei θ den Winkel der einfallenden Welle gegenüber der Vertikalen beschreibt. Azimutal wird dabei im allgemeinen Rundstrahlung angestrebt.

[0012] Die Verteilung der Ströme auf einer Antenne im Empfangsbetrieb ist vom Abschlusswiderstand an der Antennenanschlusssstelle abhängig. Im Gegensatz hierzu ist im Sendebetrieb die auf den Speisestrom an der Antennenanschlusssstelle bezogene Verteilung der Ströme auf den Antennenleitern vom Quellwiderstand der speisenden Signalquelle unabhängig und ist somit eindeutig mit dem Richtdiagramm und der Polarisation der Antenne verknüpft. Aufgrund dieser Eindeutigkeit in Verbindung mit dem Gesetz der Reziprozität, nach welchem die Strahlungseigenschaften - wie Richtdiagramm und Polarisation - im Sendebetrieb wie im Empfangsbetrieb identisch sind, wird die erfindungsgemäße Aufgabe bezüglich Polarisation und Strahlungsdiagramme an Hand der Gestaltung der Antennenstruktur zur Erzeugung entsprechender Ströme im Sendebetrieb der Antenne gelöst. Damit ist auch die erfindungsgemäße Aufgabe für den Empfangsbetrieb gelöst. Alle im Folgenden durchgeführten Betrachtungen über Ströme auf der Antennenstruktur und deren Phasen beziehungsweise deren Phasenbezugspunkt beziehen sich somit auf den reziproken Betrieb der Empfangsantenne als Sendeantenne, wenn nicht ausdrücklich der Empfangsbetrieb angesprochen ist.

[0013] **Figur 1** zeigt die Grundform einer Antenne nach der Erfindung mit einem als Resonanzstruktur gestalteten kreisförmigen Ringleitungsstrahler 2 zur Erzeugung eines zirkular polarisierten Feldes. Zur Erzeugung der Resonanz ist die gestreckte Länge der Ringleitung in einer Grundform des Ringleitungsstrahlers 2 derart gewählt, dass sie im Wesentlichen einem ganzzahligen Vielfachen der vollen Leitungswellenlänge, also $M \cdot \lambda$ entspricht, wobei M eine ganze Zahl darstellt und M mindestens den Wert 2 annimmt. Eine Antenne dieser Art besitzt den besonderen Vorzug, dass zum Beispiel für den Wert $M = 2$ für niedrige Elevationswinkel ein vergleichsweise besonders hoher Gewinn beim Empfang zirkular polarisierter Wellen erzielbar ist. Diese Eigenschaft ist besonders für den Empfang von geostationären Satellitensignalen von Bedeutung.

[0014] Ein weiterer Vorteil einer Antenne dieser Art besteht darin, dass die Phase der zirkularen Polarisation mit dem azimutalen Winkel des Ausbreitungsvektors in M-facher und somit in mindestens 2-facher Abhängigkeit gedreht ist. Somit kann eine Antenne dieser Art mit einem gekreuzten Strahler 24 mit gleichem Zentrum Z nach dem Stand der Technik zu einer Richtantenne mit azimutaler Hauptrichtung kombiniert werden. Die Richtwirkung mit azimutaler Hauptrichtung ergibt sich dabei aus der Kombination des Strahlungs-Diagramms des gekreuzten Strahlers 24 mit einfacher Abhängigkeit der Phase vom azimutalen und des Strahlungs-Diagramms des Ringleitungsstrahlers. Durch Überlagerung der Empfangssignale des gekreuzten Strahlers 24 mit den Empfangssignalen des Ringleitungsstrahlers 2, dessen Phase der zirkularen Polarisation mit dem azimutalen Winkel des Ausbreitungsvektors in M-facher Abhängigkeit gedreht ist, kann auf einfache Weise die Richtantenne mit einem Richtdiagramm mit azimutaler Hauptrichtung gebildet werden. Solche gekreuzten Strahler 24 sind, wie eingangs bereits ausgeführt, zum Beispiel aus DE-A-4008505 und DE-A-10163793 bekannt. Die aus der DE-A-4008505 bekannte Antenne ist auf einer im Wesentlichen horizontal orientierten leitenden Grundfläche aufgebaut und besteht aus gekreuzten Horizontaldipolen, die unter einem azimutalen Winkel von 90 Grad zueinander mechanisch fixiert sind und am oberen Ende eines auf der leitenden Grundfläche befestigten linearen vertikalen Leiters angebracht sind. Die aus der DE-A-10163793 bekannte Antenne ist ebenfalls über einer in der Regel horizontal orientierten leitenden Grundfläche aufgebaut und besteht aus gekreuzten azimutal unter 90° zueinander montierten Rahmenstrukturen. Bei beiden Antennen werden zur Erzeugung der zirkularen Polarisation die jeweils zueinander räumlich um 90° versetzten Antennenteile in der elektrischen Phase um 90° zueinander verschoben zusammengeschaltet. Die Wirkungsweise all dieser gekreuzten Strahler beruht im Wesentlichen darauf, dass die einzelnen Antennenteile auf unter einem rechten Winkel "gekreuzten" und auf der Grundebene senkrecht stehenden Ebenen platziert sind und die Antennenteile der unterschiedlichen Ebenen zur Erzeugung der zirkularen Polarisation um 90° in der Phase versetzt zusammengeschaltet sind. Auch die Wirkung von Patchantennen lässt sich auf ähnliche Weise darstellen. All diese hier genannten aus zwei gekreuzten Strahlern gebildeten Antennen mit azimutalem Runddiagramm, deren Polarisation zirkular ist, haben die Eigenschaft, dass sich deren Phase der zirkularen Polarisation mit dem azimutalen Winkel des Ausbreitungsvektors in ein-facher Abhängigkeit dreht. Sie werden deshalb hier zur einfachen Unterscheidung als "gekreuzte Strahler" bezeichnet. Insbesondere für die Verwendung auf Fahrzeugen ist die Kompatibilität eines Antennensystems von besonderer Bedeutung. Antennensysteme werden häufig optional als Einzelantennensystem und als Antennen-Diversity-Systeme gestaltet. Ein Ringleitungsstrahler 2 nach der Erfindung besitzt dabei den besonderen Vorteil, dass er als Grundform für ein Einzelantennen-System vorgesehen werden kann, welches durch Zusatz-Bestückung mit einem gekreuzten Strahler - wie zum Beispiel aus der DE-A-10163793, der DE-A-4008505 oder als leicht verfügbare Patchantenne - zu einer in der Hauptrichtung der Strahlung nachführbaren Richtantenne oder zu einem Antennen-Diversity-System ergänzt werden kann.

[0015] Der Ringleitungsstrahler 2 ist in einer horizontalen Ebene mit der Höhe h über der leitenden Grundfläche 6 verlaufend gestaltet, so dass er in Bezug auf die leitende Grundfläche 6 eine elektrische Leitung bildet mit einem Wellenwiderstand, der sich aus der Höhe h und dem wirksamen Durchmesser des im Wesentlichen drahtförmigen Ringleitungs-Leiters ergibt. Zur Erzeugung der gewünschten zirkularen Polarisation mit azimutal abhängiger Phase einer Drehrichtung der Strahlung im Fernfeld ist es notwendig, auf dem Ringleitungsstrahler 2 eine ausschließlich in

einer Richtung sich ausbreitenden Leitungswelle zu erregen. Dies wird erfindungsgemäß durch eine elektromagnetische Erregung 3 bewirkt, welche die umlaufende Welle von einer Wellenlänge über den Umfang der Leitung in ausschließlich einer Drehrichtung bewirkt. Hierfür erfolgt die Einspeisung in Figur 1 an $\lambda/4$ voneinander entfernten Ringleitungs-Koppelpunkten 7 von um 90° in der Phase unterschiedlichen Signalen. Eine Unterstützung vertikaler Komponenten des elektrischen Strahlungsfeldes erfolgt erfindungsgemäß durch vertikale Strahler 4, welche die Abstrahlung vertikaler elektrischer Feldanteile ermöglichen, und über die im gezeigten Beispiel die Erregung 3 des Ringleitungsstrahlers 2 erfolgt. Die Erzeugung der um 90° in der Phase unterschiedlichen Signale zur Einspeisung an den Fußpunkten der vertikalen Strahler 4 kann beispielhaft durch ein Leistungsteiler- und Phasenschiebernetzwerk 31 und jeweils über ein entsprechendes Anpassnetzwerk 25 erfolgen.

[0016] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind in **Figur 2** zur Erzeugung einer fortlaufenden Leitungswelle mit $M = 2$ Wellenlängen λ auf dem Ringleitungsstrahler 2 $N = 8$ um jeweils $\lambda/4$ längs der geschlossenen Ringleitungsstruktur voneinander entfernte Ringleitungs-Koppelpunkte 7 gebildet, an welche vertikale Strahler 4 - im Beispiel galvanisch - angekoppelt sind. Die elektromagnetische Erregung 3 erfolgt dabei in der Weise, dass zwischen den unteren Enden der vertikalen Strahler 4 und der elektrisch leitenden Grundfläche gleich große Signale eingespeist sind, welche jeweils um $360^\circ/4$ zueinander in der Phase verschoben sind.

[0017] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist der Ringleitungsstrahler 2 in **Figur 3** für $M = 2$ als geschlossener quadratischer Leitungsring mit der Kantenlänge von im Wesentlichen $2 \cdot \lambda/4$ über der leitenden Grundfläche 6 im Abstand h über der leitenden Grundfläche 6 ausgebildet. Zur Erzeugung einer fortlaufenden Leitungswelle auf dem Ringleitungsstrahler 2 und zur Ankopplung an den Ringleitungsstrahler 2 ist die elektromagnetische Erregung 3 als ein rampenförmiger Richtkoppelleiter 12 mit vorteilhafter horizontaler Ausdehnung von im Wesentlichen $\lambda/4$ gestaltet. Dieser ist im Wesentlichen als linearer Leiter gestaltet, welcher vorteilhaft in einer Ebene verläuft, welche eine Seite des Ringleitungsstrahlers 2 beinhaltet und welche senkrecht zur elektrisch leitenden Grundfläche 6 orientiert ist. Hierbei ist der lineare Leiter, ausgehend von dem auf der leitenden Grundfläche 6 befindlichen Antennenanschluss 5, über eine vertikale Zuleitung 4 bis auf einen Koppelendabstand 16 an eine der Ecken des Ringleitungsstrahlers 2 heranführt und ist von dort im Wesentlichen gemäß einer Rampenfunktion etwa unterhalb einer benachbarten Ecke zur Grundfläche 6 geführt und mit dieser über den Massenanschluss 11 leitend verbunden. Über die Einstellung des Koppelendabstands 16 kann die Anpassung am Antennenanschluss 5 auf einfache Weise hergestellt werden. Der besondere Vorteil dieser Anordnung besteht in der berührungslosen Ankopplung der Erregung 3 an den quadratisch geformten Ringleitungsstrahler 2, welche erfindungsgemäß eine besonders einfache Herstellung der Antenne ermöglicht.

[0018] Besonders vorteilhafte Ausführungsformen von Antennen nach der Erfindung sind solche Anordnungen, bei denen an den Ringleitungsstrahler 2 der gestreckten Länge L in im Wesentlichen ähnlichen Abständen L/N zueinander Ringleitungs-Koppelpunkte 7 gestaltet sind und an diese jeweils ein vertikaler Strahler 4 angekoppelt ist, welche andererseits über Masse-Anschlusspunkte 11 an die elektrisch leitende Grundfläche 6 angekoppelt sind. Zur Erzeugung einer sich ausschließlich in einer Richtung ausbreitenden Leitungswelle auf dem Ringleitungsstrahler 2 ist es erfindungsgemäß besonders vorteilhaft, in den vertikalen Strahlern 4 an Unterbrechungsstellen Blindwiderstandsschaltungen 13 einzuschalten, um durch die Gestaltung von deren Reaktanz X die Ausbreitungsrichtung dieser Welle festzulegen und die Ausbreitung einer Welle in der hierzu entgegen gesetzten Richtung zu unterbinden.

[0019] **Figur 4** zeigt eine Anordnung dieser Art, wobei die vielseitig gestaltbare Erregung 3 in allgemeiner Form angedeutet ist. Durch elektromagnetische Kopplung, das heißt vorzugsweise galvanische oder auch kapazitive Kopplung der Antennenteile, bestehend aus dem Ringleitungsstruktur 2 und der Kreisgruppe der vertikalen Strahler 4 an den Ringleitungs-Koppelpunkten 7, werden die Antennenteile in der Weise miteinander verkoppelt, dass die Antennenteile konstruktiv zu einem zirkular polarisierten Feld beitragen. Der Ringleitungsstrahler 2 wirkt dabei als strahlendes Element, welches ein zirkular polarisiertes Feld mit einer Hauptstrahlrichtung bei mittleren Elevationswinkeln erzeugt. Diesem Feld überlagert sich das von den vertikalen Strahlern 4 erzeugte elektromagnetische Feld. Dabei ist das von der Kreisgruppe der vertikalen Strahler 4 erzeugte elektromagnetische Feld bei diagonalen Elevation ebenfalls zirkular polarisiert mit vom Azimut im Wesentlichen unabhängiger Hauptstrahlrichtung. Bei sehr niedrigerer Elevation ist dieses Feld vertikal polarisiert und im Wesentlichen ebenfalls azimutal unabhängig.

[0020] Im Folgenden wird die Wirkungsweise der erfindungsgemäßen Resonanzstruktur an Hand von **Figur 4** näher erläutert. Wie bereits oben beschrieben, wird die Resonanzstruktur über eine Erregung 3 in der Weise mit dem Antennenanschluss 5 verbunden, dass die Leitungswelle auf dem Ringleitungsstrahler 2 sich im Wesentlichen nur in einer Drehrichtung ausbreitet, so dass im Umlaufsinn der Ringstruktur eine Periode der Leitungswelle enthalten ist.

[0021] Die Ringstruktur mit N vertikalen Strahlern kann in N Segmente aufgeteilt werden. Als Bedingung für eine kontinuierliche Welle mit einer Periode im Umlaufsinn gilt für die Ströme I_2 und I_1 zueinander benachbarter Segmente:

$$\underline{I_2} = \underline{I_1} \cdot \exp(jM2\pi / N) \quad (1)$$

[0022] Es gilt weiterhin für den Strom am Ringleitungs-Koppelpunkt 7, welcher in den vertikalen Strahler 4 einfließt:

$$\underline{IS} = \underline{I1} \bullet \exp(j\Phi) - \underline{I2} \quad (2)$$

und
wobei

$$\Phi = 2\pi L / (N\lambda) \quad (3)$$

die Phasendrehung über den Wellenleiter der Länge L/N für ein Segment bildet.
Damit muss der Strom IS über die Impedanz des vertikalen Strahlers 4 zusammen mit der Reaktanz X im Fuß-Anschluss-
punkt des vertikalen Strahlers 4 so eingestellt werden, dass gilt:

$$\underline{IS} = \underline{I1} \bullet [\exp(j2\pi L / (N\lambda)) - \exp(jM2\pi / N)] \quad (4)$$

Die vertikalen Strahler 4 zusammen mit den Reaktanzen X bilden in ihrem Ersatzschaltbild ein Filter, bestehend aus
einer Serieninduktivität, einer Parallelkapazität und einer weiteren Serieninduktivität. Die Parallelkapazität wird über
Einstellung der Reaktanzen X so gewählt, dass das Filter beidseitig an die Leiterimpedanz der ringförmigen Leitung
angepasst ist. Die Resonanzstruktur besteht somit aus N Leitersegmenten der Länge L/N und jeweils einem daran
angeschlossenen Filter. Jedes Filter bewirkt eine Phasendrehung $\Delta\Phi$. Die Länge L/N der Leitersegmente wird dann so
eingestellt, dass sich über diesem Leitersegment eine Phasendrehung von

$$\Phi = 2\pi L / (N\lambda) \quad (5)$$

gemäß Gleichung (3) einstellt, welche zusammen mit der Phasendrehung $\Delta\Phi$ des entsprechenden Filters eine resultie-
rende Phasendrehung über einem Segment von

$$\Delta\Phi + \Phi = M2\pi / N \quad (6)$$

ergibt. Die elektromagnetische Welle, welche sich im Umlaufsinn entlang der Ringstruktur ausbreitet, erfährt somit bei
einem Umlauf die Phasendrehung von $M*2\pi$. Mit dieser besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung besteht
somit die Möglichkeit, die gestreckte Länge L der Schleifenantenne 2 um den Verkürzungsfaktor $k < 1$ kürzer als die M-
fache Wellenlänge λ zu gestalten, sodass $L = k*M*\lambda$ gilt.

[0023] Durch Einhaltung der in Gleichung 4 angegebenen Bedingung für den Strom in den vertikalen Strahlern 4 ergibt
sich erfindungsgemäß deren konstruktiver Beitrag zur zirkularen Polarisierung in diagonalen und noch niedrigeren Elevation
mit azimuthaler Rundcharakteristik. Hierdurch ergibt sich der besondere Vorteil der Hauptstrahlung mit zirkularer Polari-
sation in niedrigeren Elevation mit der vorliegenden Erfindung. Somit ist die Antenne auch insbesondere für den Empfang
von Signalen niedrig fliegender Satelliten besonders geeignet. Zudem kann die Antenne vorteilhaft auch für solche
Satelliten-Rundfunksysteme eingesetzt werden, bei welchen zur Unterstützung des Empfangs zusätzlich terrestrisch,
vertikal polarisierte Signale ausgestrahlt werden.

[0024] In einer weiteren und vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden die vertikalen Strahler 4 wie in **Figur**
5 über horizontale Strahlerelemente 14 an die Ringleitungs-Koppelpunkte 7 angekoppelt. Die horizontalen Strahlerele-
mente 14 können flexibel zur weiteren Formung des vertikalen Strahlungsdiagramms der Antenne herangezogen werden.
Die oben beschriebene Forderung nach der Wahl der in die vertikalen Strahler 4 einzubringenden Reaktanzen X zur
Erfüllung der obigen Gleichungen bleibt dabei unberührt.

[0025] Insbesondere für die Perfektionierung der Rundstrahlung eines Ringleitungsstrahlers 2 eignet sich die in **Figur 6** dargestellte kreisförmige Struktur mit äquidistant über den Umfang des Ringleitungsstrahlers 2 ausgebildeten Ringleitungs-Koppelpunkten 7 und mit dort galvanisch angeschlossenen vertikalen Strahlern 4, mit jeweils einer am Fußpunkt zum Masse-Anschlusspunkt 11 hin eingebrachten Kapazität 15 als Blindwiderstandsschaltung 13. Die Erregung 3 dieser

Resonanzstruktur kann auf verschiedenartige Weise gestaltet werden und ist deshalb in **Figur 6** nicht dargestellt.

[0026] In **Figur 7** ist einer der vertikalen Strahler 4 eines rechteckförmig gestalteten Ringleitungsstrahlers 2 mit der als Kapazität 15 realisierten Blindwiderstandsschaltung 13 nicht an den Masse-Anschlusspunkt 11 auf der elektrisch leitenden Grundfläche 6 sondern an den auf der Ebene der leitenden Grundfläche 6 ausgebildeten Anschluss an das Anpassnetzwerk 25 und somit an den Antennenanschluss 5 angekoppelt. Zur Bewirkung der Unidirektionalität der Wellenausbreitung auf dem Ringleitungsstrahler 2 ist in dieser vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung der auf die leitende Grundfläche 6 bezogene Wellenwiderstand des Teilstücks des Ringleitungsstrahlers 2 zum benachbarten Ringleitungs-Koppelpunkt 7b in Abweichung von dem Wellenwiderstand der übrigen Teilstücke des Ringleitungsstrahlers 2 gestaltet. Bei geeigneter Wahl dieses Wellenwiderstands ist die Ausbreitung einer Leitungswelle im entgegen gesetzten Umlaufsinn unterdrückt. Die Gestaltung des Wellenwiderstands kann auf bekannte Weise zum Beispiel durch Wahl des effektiven Durchmessers des im Wesentlichen linearen Ringleitungsstrahlers 2, oder wie beispielhaft dargestellt, durch einen den Wellenwiderstand verringenden Zusatzleiter 19 erfolgen. Die Unterstützung der Unidirektionalität der Wellenausbreitung auf dem Ringleitungsstrahler 2 ist durch abwechselnd unterschiedliche Gestaltung der Wellenwiderstände der im Umlaufsinn aufeinander folgenden Teilstücke zwischen zwei benachbarten Ringleitungs-Koppelpunkt 7a - 7b beziehungsweise 7b - 7c etc. erreicht. Die Feinabstimmung der Unidirektionalität der Wellenausbreitung erfolgt ebenso durch geringfügig unterschiedliche Wahl der Längen der Teilstücke mit Längenunterschieden zwischen 5 und 10%.

[0027] Bei der in **Figur 8** dargestellten vorteilhaften Ausführungsform einer Antenne nach der Erfindung mit $M = 2$ ist die elektromagnetische Erregung 3 durch Teilankopplung 20 an einen der vertikalen Strahler 4 an einem der Ringleitungs-Koppelpunkte 7 gestaltet. Die bezüglich der Wellenausbreitung unidirektionale Wirkung der elektromagnetischen Erregung 3 ist durch Teilankopplung an einen vertikalen Strahler 4 über einen, zu einem Teil des Ringleitungsstrahlers 2 parallel geführten Koppelleiter 23 gegeben und das andere Ende des Koppelleiters 23 ist an einen vertikalen und zur leitenden Grundfläche 6 verlaufenden Strahler 4e angeschlossen, wobei Letzterer über ein Anpassnetzwerk 25 an den Antennenanschluss 5 angeschlossen ist. Das Anpassnetzwerk 25 ist in Form einer parallel zur elektrisch leitenden Grundfläche 6 gelegten hochohmigen Übertragungsleitung über etwa $\frac{1}{4}$ der Wellenlänge vorteilhaft ausgeführt.

[0028] Eine wesentliche Eigenschaft einer Antenne nach der vorliegenden Erfindung ist die Möglichkeit zur besonders aufwandsarmen Herstellung. Eine diesbezüglich herausragend vorteilhafte Form der Antenne mit quadratischem Ringleitungsstrahler 2 ist ihrem Wesen nach ähnlich wie in **Figur 7** gestaltet und in **Figur 9** aus Gründen der Übersicht mit nur vier vertikalen Strahlern 4a - 4d dargestellt. Der Ringleitungsstrahler 2 mit den vertikalen Strahlern 4a, 4b, 4c, 4d kann zusammen mit den an ihrem unteren Ende individuell ausgeformten, flächigen Kapazitätselektroden 32a, 32b, 32c, 32d zum Beispiel aus einem zusammenhängenden, gestanzten und geformten Blechteil hergestellt werden. Auch die Wellenwiderstände der Teilstücke des Ringleitungsstrahlers 2 können durch Wahl der Breite der Verbindungsstücke individuell gestaltet werden. Die elektrisch leitende Grundfläche 6 ist vorzugsweise als leitend beschichtete Leiterplatte ausgeführt. Die als Kapazitäten 15 realisierten Blindwiderstandsschaltungen 13 sind in der Weise gebildet, dass die Kapazitätselektroden 32a, 32b, 32c, 32d durch Zwischenlage einer zwischen diesen und der elektrisch leitenden Grundfläche 6 befindlichen dielektrischen Platte 33 zur Ankopplung von drei vertikalen Strahlern 4a, 4b, 4c an die elektrisch leitende Grundfläche 6 gestaltet sind. Zur Gestaltung und zur kapazitiven Ankopplung des vierten vertikalen Strahlers 4d an den Antennenanschluss 5 ist dieser als eine von der leitenden Schicht der Leiterplatte isolierte, flächige Gegenelektrode 34 gestaltet. In besonders aufwandsarmer Weise besteht somit die Möglichkeit, die wesentlichen für die Funktion der Antenne notwendigen Abmessungen über ein gestanztes und geformtes Blechteil mit den Vorzügen der hohen Reproduzierbarkeit herzustellen. Das Blechteil, die dielektrische Platte 33 und die als Leiterplatte ausgeführte elektrisch leitende Grundfläche 6 können beispielhaft durch eine aufwandsarme Verklebung und somit ohne aufwändiges Löten miteinander verbunden werden. Die Verbindung zu einem Empfänger kann auf bekannte Weise zum Beispiel durch Anschluss einer Mikrostreifenleitung oder einer Koaxialleitung, ausgehend vom Antennenanschluss 5, realisiert werden.

[0029] In einer weiteren Variante der Konstruktion einer derartigen Antenne wird in **Figur 10** an Stelle einer dielektrischen Platte 33 zwischen den unteren Enden der vertikalen Strahler 4a, 4b, 4c, 4d und der als leitend beschichtete Leiterplatte ausgeführte elektrisch leitende Grundfläche 6 eine weitere leitend beschichtete, dielektrische Leiterplatte eingefügt. Auf der Oberseite der dielektrischen Leiterplatte sind gedruckte flächige Kapazitätselektroden 32a, 32b, 32c, 32d zur Bildung der Kapazitäten 15 vorhanden, welche mit den vertikalen Strahlern 4a, 4b, 4c, 4d galvanisch, gegebenenfalls durch Löten, verbunden sind. Die kapazitive Ankopplung von drei der vertikalen Strahler 4a, 4b, 4c an die elektrisch leitende Grundfläche 6 erfolgt über die Kapazitätselektroden 32a, 32b, 32c. Die kapazitive Ankopplung des vierten vertikalen Strahlers 4d an den als eine von der leitenden Schicht isolierte, flächige Gegenelektrode 34 gestalteten Antennenanschluss 5 ist über die Kapazitätselektrode 32d gegeben.

[0030] In **Figur 11** ist eine Antenne nach dem in **Figur 10** dargestellten Konstruktionsprinzip für $M = 2$ in einer weiteren

vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung derart gestaltet, dass die leitende Struktur, bestehend aus dem als Achteck ausgeführten Ringleiter 2 und den damit verbundenen vertikalen Strahlern 4, durch eine dielektrische Stützstruktur 36 in der Weise fixiert ist, dass die dielektrische Platte 33 in Form eines Luftspaltes realisiert ist.

[0031] Insbesondere im Fahrzeugbau besteht häufig das Interesse, die sichtbare Bauhöhe einer auf der Fahrzeughaut angebrachten Antenne möglichst niedrig zu gestalten. Dieser Wunsch geht hin bis zur Gestaltung einer vollkommen unsichtbaren Antenne, wobei diese vollständig in die Fahrzeughaut integriert ist. In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird deshalb, wie in den Figuren 12a und 12b beispielhaft im Querschnitt mit schrägen Kavitäts-Seitenflächen 40 dargestellt, die im Wesentlichen in einer Grundflächen-Ebene E1 verlaufende leitende Grundfläche 6 am Ort des Ringleitungsstrahlers 2 als eine sich nach oben geöffnete leitende Kavität 38 ausgeformt. Diese Kavität 38 ist somit wirksamer Teil der leitenden Grundfläche 6 und besteht aus einer Kavitäts-Basisfläche 39 in einer im Abstand h_1 parallel zur und unterhalb der Grundflächen-Ebene E1 gelegenen Basisflächen-Ebene E2. Die Kavitäts-Basisfläche 39 ist über die Kavitäts-Seitenflächen 40 mit dem ebenen Teil der leitenden Grundfläche 6 verbunden. Der Ringleitungsstrahler 2 ist in einer weiteren horizontalen Ringleitungs-Ebene E in der Höhe h verlaufend über der Kavitäts-Basisfläche 39 in die Kavität 38 eingebracht.

[0032] Die Umgebung des Ringleitungsstrahlers 2 mit der Kavität hat grundsätzlich eine die Frequenzbandbreite der Antenne 1 einengende Wirkung, welche im Wesentlichen vom Kavitäts-Abstand 41 zwischen dem Ringleitungsstrahler 2 und der Kavität 38 bestimmt wird. Deshalb sollte die leitende Kavitäts-Basisfläche 39 mindestens so groß sein, dass sie die vertikale Projektionsfläche des Ringleitungsstrahlers 2 auf die unterhalb der leitenden Grundfläche gelegenen Basisflächen-Ebene E2 mindestens überdeckt. In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist jedoch die Kavitäts-Basisfläche 39 größer und in der Weise gewählt, dass die Kavitäts-Seitenflächen 40 als vertikale Flächen gestaltet werden können und dabei ein hinreichender Kavitäts-Abstand 41 zwischen dem Ringleitungsstrahler 2 und der Kavität 38 gegeben ist.

[0033] Für den Fall, dass für die Ausbildung der Kavität mit vertikalen Kavitäts-Seitenflächen 40 nicht genügend Raum zur Verfügung steht, ist es vorteilhaft, die Basisflächen-Ebene E2 etwa so groß zu wählen wie die vertikale Projektionsfläche des Ringleitungsstrahlers 2 auf die Basisflächen-Ebene E2 und die Kavitäts-Seitenflächen 40 längs einer gegenüber einer vertikalen Linie geneigten Kontur zu gestalten. Hierbei ist die Neigung dieser Kontur in der Weise zu wählen, dass bei geforderter Frequenzbandbreite der Antenne 1 ein hinreichend großer Kavitäts-Abstand 41 zwischen dem Ringleitungsstrahler 2 und der Kavität 38 an jeder Stelle gegeben ist. Für den in Figur 12b dargestellten, besonders interessanten Fall einer vollständig mit der Fahrzeugkarosserie integrierten Antenne 1, bei der die Ringleitungs-Ebene E in etwa gleicher Höhe wie die Grundflächen-Ebene E1 verläuft, ergibt sich für das o.g. Beispiel des SDARS-Satellitenrundfunks bei einer Frequenz von circa 2,33 GHz in zwei benachbarten Frequenzbändern jeweils mit einer Bandbreite von 4 MHz etwa folgende vorteilhafte Dimensionierung für die Einhaltung des notwendigen Kavitäts-Abstand 41 zwischen dem Ringleitungsstrahler 2 und der Kavität 38. Hierfür wird die Neigung der Kavitäts-Seitenflächen 40 jeweils in der Weise gewählt, dass in einem vertikalen Abstand z über der Kavitäts-Basisfläche 39 der horizontale Abstand d zwischen der vertikalen Verbindungslinie zwischen Ringleitungsstrahler 2 und Kavitäts-Basisfläche 39 und der nächstgelegenen Kavitäts-Seitenfläche 40 mindestens den halben vertikalen Abstand z annimmt. Naturgemäß vergrößert sich die Frequenzbandbreite der Antenne 1 je weiter die Kavität 38 nach oben geöffnet ist. Werden bei Einhaltung des letztgenannten notwendigen Kavitäts-Abstand 41 zwischen dem Ringleitungsstrahler 2 und der Kavität 38 die Kavitäts-Seitenflächen 40 senkrecht gestaltet, so ist die notwendige Frequenzbandbreite ebenso sichergestellt. Das gleiche trifft auch zu, wenn die Höhe h der Ringleitungs-Ebene E größer ist als die Tiefe der Kavitäts-Basisfläche 39, wie es in Figur 12a dargestellt ist. Das heißt, dass h größer ist als h_1 und die Antenne 1 nicht vollkommen mit der Fahrzeugkarosserie integriert ist.

[0034] Für die vorteilhafte Gestaltung einer Multibandantenne nach der Erfindung ist die Blindwiderstandsschaltung 13 in der Weise mehrfrequent gestaltet, dass sowohl die Resonanz des Ringleitungsstrahlers 2 als auch die geforderte Laufrichtung der Leitungswelle auf dem Ringleitungsstrahler 2 in voneinander getrennten Frequenzbändern gegeben ist. Insbesondere für die Bildung von Kombinations-Antennen für mehrere Funkdienste bieten Ringleitungsstrahler 2 nach der vorliegenden Erfindung den Vorteil einer besonders raumsparenden Gestaltbarkeit. Zu diesem Zweck können zum Beispiel mehrere Ringleitungsstrahler für die unterschiedlichen Frequenzen mehrerer Funkdienste um ein gemeinsames Zentrum Z gestaltet werden. Aufgrund ihrer unterschiedlichen Resonanzfrequenzen beeinflussen sich die unterschiedlichen Ringleitungsstrahler nur wenig, so dass geringe Abstände zwischen den Ringleitungen der Ringsstrahler 2 gestaltet werden können.

[0035] Wie weiter oben bereits ausgeführt, dreht sich bei einem Ringleitungsstrahler 2 mit zirkularer Polarisierung und azimuthalem Runddiagramm nach der Erfindung die Phase des ausgestrahlten elektromagnetischen Fernfeldes M-fach mit dem azimuthalen Winkel des Ausbreitungsvektors aufgrund der sich in einer Laufrichtung ausbreitenden M Stromwellenzüge auf der Ringleitung. Aufgrund der entsprechenden Länge der Ringleitungsstruktur bilden sich z. B. bei $M = 2$ zwei vollständige Wellenzüge einer laufenden Welle aus. In Figur 13 ist in das Zentrum Z eines Ringleitungsstrahlers 2, welcher beispielhaft über zwei $\lambda/4$ -beabstandete Koppelpunkte 7, ähnlich wie in Fig. 2, elektrisch erregt ist, ein gekreuzter Strahler 24 mit deckungsgleichem Zentrum Z eingebracht, welcher an seiner Strahler-Anschlussstelle 26 definitionsgemäß ebenso ein azimuthales Runddiagramm bei zirkularer Polarisierung besitzt. Wie ebenfalls bereits weiter

oben erläutert, erfüllen die aus der DE-A-4008505, der DE-A-10163793, bzw. der EP 1 239 543 B1 und als Patchantennen bekannten gekreuzten Strahler 24 aus dem Stande der Technik sowie andere bekannte ähnliche Antennenformen nach dem Prinzip der gekreuzten Strahler 24 die Bedingung, dass sich die Phase der zirkularen Polarisation ein-fach mit dem azimutalen Winkel des Ausbreitungsvektors dreht - also bei einem kompletten azimutalen Umlauf um den Winkel 2π .

In dieser besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung werden der Ringleitungsstrahler 2 und der gekreuzte Strahler mit gleichem Zentrum Z kombiniert, damit sich die Phasenbezugspunkte der beiden Strahler deckungsgleich im gemeinsamen Zentrum Z befinden. Bei Überlagerung der Empfangssignale unter geeigneter Gewichtung und Phasenbeziehung des Ringleitungsstrahlers 2 und des gekreuzten Strahlers 24 lässt sich erfindungsgemäß eine Richtantenne mit einer vorgegebenen azimutalen Hauptrichtung und Elevation gestalten. Dies geschieht durch die unterschiedliche azimutale Abhängigkeit der Phasen der zirkular polarisierten Wellen der beiden Strahler vom azimutalen Winkel des Ausbreitungsvektors, wobei sich, abhängig von der Phasenlage der M Stromwellen auf dem Ringleitungsstrahler 2, die Strahlung abhängig vom Azimutwinkel des Ausbreitungsvektors bereichsweise unterstützend bzw. abschwächend überlagert. Durch amplitudengerechte Zusammenfassung der Signale des Ringleitungsstrahler 2 mit dem gekreuzten Strahler über ein steuerbares Phasendrehglied 42 und ein Summations-Netzwerk 44, bildet sich somit in vorteilhafter Weise im azimutalen Richtdiagramm der kombinierten Antennenanordnung am Richtantennen-Anschluss 43 eine Hauptrichtung der Strahlung aus, welche von der Einstellung des Phasendrehglieds 39 abhängig ist. Diese Eigenschaft erlaubt z. B. die vorteilhafte Nachführung der Hauptstrahlrichtung beim mobilen Satellitenempfang.

[0036] In einer vorteilhaften Ausführungsformen der Erfindung nach Figur 13 ist der Ringleitungsstrahler 2 als ein rotationssymmetrisch um das Zentrum Z angeordneter polygonaler oder kreisförmig geschlossener Ringleitungsstrahler 2 für $M = 2$ in einer horizontalen Ebene mit der Höhe h über der leitenden Grundfläche 6 verlaufend, gestaltet. In **Figur 14** ist der Ringleitungsstrahler 2 mit seinen vertikalen Strahlern 4 einer derartigen Richtantenne kreisförmig für $M = 2$ dargestellt. Die Blindwiderstandsschaltungen 45a - 45h sind in der Weise gestaltet, dass sich bei Einspeisung an der Strahler-Anschlussstelle 46 die Stromverteilung einer laufenden Leitungswelle einstellt, deren Phasenunterschied über einen Umlauf gerade $2 \cdot 2\pi$ beträgt. Durch Wirkung der an die Ringleitungs-Koppelpunkte 7 angekoppelten vertikalen Strahler 4 mit den Blindwiderstandsschaltungen 45a - 45h lässt sich auch hier die gestreckte Länge des Ringleitungsstrahlers 2a um einen Verkürzungsfaktor $k < 1$ kürzer gestalten als die entsprechende zweifache Wellenlänge 2λ . Zur Reduzierung des Durchmessers D des Ringleitungsstrahlers 2 kann der Phasenunterschied von $2 \cdot 2\pi$ auf der Ringleitung durch Erhöhung der Leitungsinduktivität oder/und der Leitungskapazität zur leitenden Grundfläche 6 erfolgen. Abhängig vom oben erläuterten Verkürzungsfaktor $k < 1$ können die Ringleitungsabschnitte des Ringleitungsstrahlers 2 wesentlich kürzer als eine Viertelwellenlänge bis zu $\lambda/8$ gewählt werden. In aufeinander folgenden Ringleitungsabschnitten wechseln demnach große und kleine Induktivitätswerte und kleine und große Kapazitätswerte der Ringleitungsabschnitte einander ab. Die Empfangssignale an der Strahler-Anschlussstelle 46 des Ringleitungsstrahlers 2 und der Anschlussstelle des gekreuzten Strahlers 28 werden über das steuerbare Phasendrehglied 42 im Summations- und Auswahl-Netzwerk 44 zur Bildung des Richtdiagramms mit steuerbarer azimutaler Hauptrichtung überlagert.

[0037] Bei Überlagerung der Empfangssignale unter geeigneter Gewichtung und Phasenbeziehung des Ringleitungsstrahlers und des gekreuzten Strahlers 24 lässt sich erfindungsgemäß eine Richtantenne mit einer vorgegebenen azimutalen Hauptrichtung und Elevation gestalten. Dies geschieht durch die unterschiedliche azimutale Abhängigkeit der Stromphasen auf den beiden Strahlern 2, 24, wobei sich abhängig von der Phasenlage der Stromwelle auf dem Ringleitungsstrahlern 2 in Bezug auf die Phase des gekreuzten Strahlers 24, die Strahlung abhängig vom Azimutwinkel des Ausbreitungsvektors bereichsweise unterstützend bzw. abschwächend überlagert. Durch amplitudengerechte Zusammenfassung der Signale der beiden Strahler 2, 24 über das steuerbare Phasendrehglied 42 und ein Summations-Netzwerk 44, bildet sich somit in vorteilhafter Weise im azimutalen Richtdiagramm der kombinierten Antennenanordnung am Richtantennen-Anschluss 43 eine Hauptrichtung der Strahlung aus, welche von der Einstellung des Phasendrehglieds 39 abhängig ist. Diese Eigenschaft erlaubt z. B. die vorteilhafte Nachführung der Hauptstrahlrichtung beim mobilen Satellitenempfang. Die Richtwirkung der Überlagerung der Empfangssignale geht aus dem in Figur 16 dargestellten Richtdiagramm für ein LHCP-polarisiertes Satellitensignal bei einer Einstellung des Phasendrehglieds 42 hervor. Die Hauptrichtung im Azimut mit der geringen Elevation ist durch Pfeil gekennzeichnet.

[0038] **Figur 15** zeigt eine Draufsicht der Richtantenne in Figur 14, wobei der Ringleitungsstrahler 2 als ein im Wesentlichen regelmäßiges Achteck geformt ist und der gekreuzte Strahler 24 sich zentral im Inneren des Ringleitungsstrahlers 2 befindet. Die Ringleitungs-Koppelpunkte 7 sind jeweils an den Ecken des achteckigen Ringleitungsstrahlers 2 ausgebildet. Daran sind jeweils die vertikalen Strahler 4 angeschlossen. Insbesondere beim mobilen Satellitenempfang mit nur eingeschränkter oder teilweise abgeschatteter direkter Sicht zum Satelliten ist es aufgrund von plötzlich auftretendem Signalschwund häufig vorteilhaft, die Vielfalt der zur Auswahl stehenden Empfangssignale zum Beispiel im Sinne eines Schaltdiversity-Verfahrens zu erhöhen. Durch Ausgestaltung des Summations-Netzwerks 44 als Summations- und Auswahl-Netzwerk 44a kann dort sowohl zwischen den Empfangssignalen der beiden Strahler 2, 24 und der gewichteten Überlagerung - gegebenenfalls mit unterschiedlichen Gewichtungen - getrennt ausgewählt werden.

Patentansprüche

1. Antenne (1) für den Empfang zirkular polarisierter Satellitenfunksignale umfassend wenigstens eine im Wesentlichen horizontal orientierte über einer leitenden Grundfläche (6) angeordneten Leiterschleife, mit einer mit einem Antennenanschluss (5) verbundenen Anordnung zur elektromagnetischen Erregung (3) der Leiterschleife, **gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:**

- die Leiterschleife ist als Ringleitungsstrahler (2) **durch** eine polygonale oder kreisförmige geschlossene Ringleitung in einer im Wesentlichen horizontalen Ebene mit der Höhe h über der leitenden Grundfläche (6) verlaufend gestaltet
- der Ringleitungsstrahler (2) bildet eine Resonanzstruktur und ist **durch** die elektromagnetische Erregung (3) in der Weise elektrisch erregt, dass sich auf der Ringleitung die Stromverteilung einer laufenden Leitungswelle in einer einzigen Umlaufrichtung einstellt, deren Phasenunterschied über einen Umlauf gerade $M \cdot 2\pi$ beträgt, wobei M eine ganze Zahl ist und mindestens den Wert $M = 2$ besitzt.
- zur Unterstützung der vertikal orientierten Anteile des elektromagnetischen Feldes ist mindestens ein am Umfang des Ringleitungsstrahlers (2) vertikaler und zur leitenden Grundfläche hin verlaufender Strahler (4) vorhanden, welcher sowohl mit dem Ringleitungsstrahler (2) als auch der elektrisch leitenden Grundfläche (6) elektromagnetisch verkoppelt ist
- die Höhe h ist kleiner als $1/5$ der Freiraum-Wellenlänge λ .

2. Antenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gestreckte Länge L der Ringleitung des in Resonanz befindlichen Ringleitungsstrahlers (2) durch die Wirkung der vertikalen Strahler (4), ausgehend von etwa der M -fachen Leitungswellenlänge bis auf etwa die Hälfte dieser Länge verkürzt ist.

3. Antenne nach Anspruch 1 bis 2 **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ringleitungsstrahler (2) kreisförmig mit seinem Mittelpunkt im Zentrum Z ausgebildet ist und die elektromagnetische Erregung (3) zur Erzeugung einer fortlaufenden Leitungswelle auf dem Ringleitungsstrahler (2) durch zwei um im Wesentlichen $1/(4 \cdot M)$ der gestreckten Leitungslänge L voneinander längs der Ringleitungsstruktur entfernte Ringleitungs-Koppelpunkte (7) gegeben ist, an welchen über an die geschlossene Ringleitung angeschlossene vertikale und zur leitenden Grundfläche (6) hin verlaufende Strahler (4) gleich große Signale eingespeist sind, welche um 90° zueinander in der Phase verschoben sind. (Fig. 1)

4. Antenne nach Anspruch 1 bis 3 **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Erzeugung einer fortlaufenden Leitungswelle auf dem Ringleitungsstrahler (2) N um jeweils im Wesentlichen L/N voneinander längs der Ringleitungsstruktur entfernte Ringleitungs-Koppelpunkte (7) gebildet sind und die elektromagnetische Erregung (3) dadurch gebildet ist, dass durch Anschluss vertikaler und zur leitenden Grundfläche hin verlaufender Strahler (4) an den Ringleitungs-Koppelpunkten (7) der geschlossenen Ringleitung gleich große Signale eingespeist sind, welche jeweils um $M \cdot 360^\circ / N$ zueinander in der Phase verschoben sind. (Fig. 2)

5. Antenne nach einem der Ansprüche 1, 2 und 4 **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ringleitungsstrahler (2) für $M = 2$ als geschlossener Leitungsring mit geradlinigen Teilabschnitten der Kantenlänge von im Wesentlichen $L/8$ über der leitenden Grundfläche (6) im Abstand h über der leitenden Grundfläche (6) ausgebildet ist und zur Erzeugung einer fortlaufenden Leitungswelle auf dem Ringleitungsstrahler (2) und zur berührungslosen Ankopplung an den Ringleitungsstrahler (2) die elektromagnetische Erregung (3) durch einen rampenförmigen Richtkoppelleiter (12) mit vorteilhafter horizontaler Ausdehnung von im Wesentlichen $L/8$ gestaltet ist, welcher ausgehend von dem auf der leitenden Grundfläche (6) befindlichen Antennenanschluss (5) über eine vertikale Zuleitung (4) bis auf einen Koppelabstand (10) an eines der Enden eines Teilabschnitts des Ringleitungsstrahlers (2) heranführt, von dort im Wesentlichen gemäß einer Rampenfunktion etwa unterhalb des Endes einer benachbarten Teilstrecke mit der Grundfläche (6) zusammentrifft und mit dieser über den Masse-Anschlusspunkt (11) leitend verbunden ist. (Figur 3)

6. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 5 **dadurch gekennzeichnet, dass** über den Umfang der Länge (L) des Ringleitungsstrahlers (2) mehrere (N) vertikale Strahler (4) in etwa gleich langen gestreckten Längenabständen (L/N) als Teilstücke der Struktur voneinander entfernt über Ringleitungs-Koppelpunkte (7) an den Ringleitungsstrahlers (2) einerseits und andererseits über Masse-Anschlusspunkte (11) angekoppelt sind und durch Gestaltung der vertikalen Strahler (4) sowohl die Resonanz des als Resonanzstruktur gestalteten Ringleitungsstrahlers (2) als auch die durch die elektromagnetische Erregung (3) bewirkte Laufrichtung der Leitungswelle auf dem Ringleitungsstrahler

(2) unterstützt ist.
(Figur 4)

- 5 7. Antenne nach Anspruch 6 **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Herstellung der Resonanz des Ringleitungsstrahlers (2) mindestens einer der vertikalen Strahler (4) an einer Unterbrechungsstelle mit einer verlustarmen Blindwiderstandsschaltung (13) der hierfür notwendigen Reaktanz X beschaltet ist.
(Figur 4)
- 10 8. Antenne nach Anspruch 7 **dadurch gekennzeichnet, dass** jedoch die Ankopplung des vertikalen Strahlers (4) an den Masse-Anschlusspunkt (11) kapazitiv gestaltet ist und die notwendige Reaktanz X der verlustarmen Blindwiderstandsschaltung (13) durch Gestaltung dieser kapazitiven Ankopplung gegeben ist. (Figuren 5 bis 11)
- 15 9. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 8 **dadurch gekennzeichnet, dass** jedoch zur Unterstützung der horizontal polarisierten Anteile des Strahlungsfeldes an den Ringleitungs-Koppelpunkten (7) horizontale Strahlerelemente (14) angekoppelt sind, welche an ihren anderen Enden in die vertikalen Strahler (4) übergehen. (Figur 5)
- 20 10. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 4 und 6 bis 9 **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ringleitungsstrahler (2) für $M = 2$ im Wesentlichen kreisrund gestaltet ist und mindestens 8 äquidistant am Umfang verteilt jeweils ein Ringleitungs-Koppelpunkt (7) mit einem dort galvanisch angeschlossenen vertikalen Strahler (4) ausgebildet ist und vertikale Strahler (4) mit jeweils einer als Kapazität (15) realisierten Blindwiderstandsschaltung (13) zur Ankopplung an den Masse-Anschlusspunkt (11) auf der elektrisch leitenden Grundfläche (6) vorhanden sind.
(Figur 6)
- 25 11. Antenne nach einem der Ansprüche 5 und 8 bis 11 **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ringleitungsstrahler (2) für $M = 2$ im Wesentlichen als Quadrat gestaltet ist, an dessen Ecken und mittig zwischen benachbarten Ecken jeweils ein Ringleitungs-Koppelpunkt (7) mit einem dort galvanisch angeschlossenen vertikalen Strahler (4) ausgebildet ist und vertikale Strahler (4) mit jeweils einer als Kapazität (15) realisierten Blindwiderstandsschaltung (13) zur Ankopplung an den Masse-Anschlusspunkt (11) auf der elektrisch leitenden Grundfläche (6) vorhanden sind.
(Figur 8)
- 30 12. Antenne nach Anspruch 1 bis 11 **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektromagnetische Erregung (3) durch Teilankopplung an einen der vertikalen Strahler (4) an einem der Ringleitungs-Koppelpunkte (7a) gegeben ist und in Verbindung hiermit die Unidirektionalität der Wellenausbreitung auf dem Ringleitungsstrahler (2) durch den für die Auslöschung der Wellen im entgegen gesetzten Umlaufsinn notwendigen und auf die leitende Grundfläche (6) bezogenen Wellenwiderstand des Teilstücks des Ringleitungsstrahlers (2) zum benachbarten Ringleitungs-Koppelpunkt (7b) in Abweichung von dem Wellenwiderstand des jeweils benachbarten Teilstücks (7b-7c, 7a-7h) des Ringleitungsstrahlers (2) bewirkt ist.
(Fig. 7, 8)
- 35 13. Antenne nach Anspruch 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektromagnetische Erregung 3 über den Anschluss an einen der vertikalen Strahler (4) mit der als Kapazität (15) realisierten Blindwiderstandsschaltung (13) in der Weise gegeben ist, dass der vertikale Strahler (4) nicht an den Masse-Anschlusspunkt (11) an die elektrisch leitenden Grundfläche (6) sondern an den auf der Ebene der leitenden Grundfläche (6) ausgebildeten Antennenanschluss (5) angekoppelt ist.
(Figur 7, 9, 10, 11, 14)
- 40 14. Antenne nach einem der Ansprüche 6 bis 13 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Unterstützung der Unidirektionalität der Wellenausbreitung auf dem Ringleitungsstrahler 2 durch abwechselnd unterschiedliche Gestaltung der Wellenwiderstände der im Umlaufsinn aufeinander folgenden Teilstücke zwischen benachbarten Ringleitungs-Koppelpunkt in Verbindung mit der Feinabstimmung der Unidirektionalität der Wellenausbreitung durch geringfügig unterschiedliche Längen der Teilstücke gegeben ist.
(Figur 7)
- 45 15. Antenne nach Anspruch 8 bis 14 **dadurch gekennzeichnet, dass** die als Kapazitäten (15) realisierten Blindwiderstandsschaltungen (13) in der Weise gebildet sind, dass die vertikalen Strahler (4) an ihrem unteren Ende zu individuell gestalteten flächigen Kapazitätselektroden (32a, 32b, 32c, 32d) ausgeformt sind, und durch Zwischenlage zwischen diesen und der als elektrisch leitend beschichtete Leiterplatte ausgeführten elektrisch leitenden Grundfläche (6) befindlichen dielektrische Platte (33), die Kapazitäten (15) zur Ankopplung von drei vertikalen Strahlern
- 50
- 55

(4a,4b,4c) an die elektrisch leitende Grundfläche (6) gestaltet sind und zur kapazitiven Ankopplung des vierten vertikalen Strahler (4d) an den Antennenanschluss (5) dieser als eine von der leitenden Schicht isolierte, flächige Gegenelektrode (34) gestaltet ist.
(Figur 9)

16. Antenne nach Anspruch 15 **dadurch gekennzeichnet, dass** die leitende Struktur, bestehend aus dem Ringleiter (2) und den damit verbundenen vertikalen Strahlern (4) durch eine dielektrische Stützstruktur (36) so fixiert ist, dass die dielektrische Platte (33) in Form eines Luftspaltes realisiert ist.
(Figur 11)

17. Antenne nach einem der Ansprüche 7 bis 16 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Blindwiderstandsschaltung (13) in der Weise mehrfrequent gestaltet ist, dass sowohl die Resonanz des Ringleitungsstrahlers (2) als auch die geforderte Laufrichtung der Leitungswelle auf dem Ringleitungsstrahler (2) in voneinander getrennten Frequenzbändern gegeben ist.

18. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 17 **dadurch gekennzeichnet, dass** die im Wesentlichen in einer Grundflächen-Ebene E1 verlaufende leitende Grundfläche (6) am Ort des Ringleitungsstrahlers (2) als eine sich nach oben geöffnete leitende Kavität (38) ausgeformt ist, deren leitende Kavitäts-Basisfläche (39) in einer im Abstand h_1 parallel zur und unterhalb der Grundflächen-Ebene E1 gelegenen Basisflächen-Ebene E2 verläuft und in welche der Ringleitungsstrahler (2) in einer weiteren horizontalen Ringleitungs-Ebene E in der Höhe h verlaufend über der Kavitäts-Basisfläche (39) eingebracht ist und die leitende Kavitäts-Basisfläche (39) die vertikale Projektionsfläche des Ringleitungsstrahlers (2) auf die unterhalb der leitenden Grundflächen-Ebene E1 gelegenen Basisflächen-Ebene E2 mindestens überdeckt und die Kavitäts-Seitenflächen (40) an jeder Stelle eine Kontur in der Weise aufweisen, dass bei geforderter Frequenzbandbreite der Antenne (1) ein hinreichend großer Kavitäts-Abstand (41) zwischen dem Ringleitungsstrahler (2) und der Kavität (38) an jeder Stelle gegeben ist.

19. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein gekreuzter Strahler (24) vorhanden ist, dessen Zentrum mit dem Zentrum des Ringleitungsstrahlers (2) deckungsgleich ist und dessen Phase der zirkularen Polarisierung sich ein-fach mit dem azimutalen Winkel des Ausbreitungsvektors also bei einem kompletten azimutalen Umlauf um den Winkel 2π dreht und dessen Empfangssignale mit den Empfangssignalen des Ringleitungsstrahlers (2) in einem Summations-Netzwerk (44) zur Gestaltung einer Richtantenne mit einer Richtcharakteristik mit wählbarer Hauptrichtung überlagert sind.
(Figur 19)

20. Antenne nach Anspruch 19 **dadurch gekennzeichnet, dass** der Phasenunterschied der auf dem für $M = 2$ gestalteten Ringleitungsstrahler (2) in einer einzigen Umlaufrichtung sich ausbreitenden Leitungswelle über einen Umlauf gerade $2 \cdot 2\pi$ beträgt und die Empfangssignale an seiner Strahler-Anschlussstelle (46) über ein steuerbares Phasendrehglied (42) geleitet und dem Summations-Netzwerk (44) zugeführt sind und dort gewichtet den ebenfalls dem Summations-Netzwerk (44) zugeführten Empfangssignalen des gekreuzten Strahlers (24) an seiner Strahler-Anschlussstelle (28) zur Ausbildung der Hauptrichtung im azimutalen Richtdiagramm hinzugefügt sind, so dass durch variable Einstellung des Phasendrehglieds (42) die azimutale Hauptrichtung der Richtantenne am Richtantennen-Anschluss (43) variabel eingestellt ist.
(Figur 20)

21. Antenne nach Anspruch 20 **dadurch gekennzeichnet, dass** der der Ringleitungsstrahler (2) für $M = 2$ als geschlossener regulärer im wesentlichen achteckiger Leitungsring mit der Kantenlänge von im Wesentlichen $L/8$ im Abstand h über der leitenden Grundfläche (6) geführt ist und an dessen Ecken jeweils Ringleitungs-Koppelpunkte (7) zur Ankopplung der vertikalen Strahler (4) ausgebildet sind.
(Figur 15)

22. Antenne nach Anspruch 21 **dadurch gekennzeichnet, dass** durch Ausgestaltung des Summations-Netzwerks (44) als Summations- und Auswahl-Netzwerk (44a) sowohl die Empfangssignale der beiden Strahler 2, 24 getrennt sowie jeweils unterschiedlich gewichtete Überlagerungen der Empfangssignale der beiden Strahler 2, 24 im Sinne eines Schaltungsdiversity-Verfahrens zur Auswahl stehen und dadurch die Vielfalt der am Richtantennen-Anschluss (43) abnehmbaren Empfangssignale erhöht ist.

23. Antenne nach Anspruch 19 bis 22 **dadurch gekennzeichnet, dass** der gekreuzte Strahler (42) durch eine Antenne gemäß EP 1 239 543 B1, Figuren 6a, 6b, 6c, gebildet ist.

24. Antenne nach Anspruch 19 bis 22 **dadurch gekennzeichnet, dass** der gekreuzte Strahler (24) durch eine Patch-antenne für zirkulare Polarisierung gebildet ist.

5 25. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Gestaltung einer Multibandantenne außer dem für eine erste Frequenz gestalteten Ringleitungsstrahler (2) mit Zentrum Z mindestens ein weiterer Ringleitungsstrahler (2) mit deckungsgleichem Zentrum vorhanden ist, welcher nach den Ansprüchen 1 bis 23, jedoch für die Resonanz bei einer anderen Frequenz gestaltet ist.

10

15

20

25

30

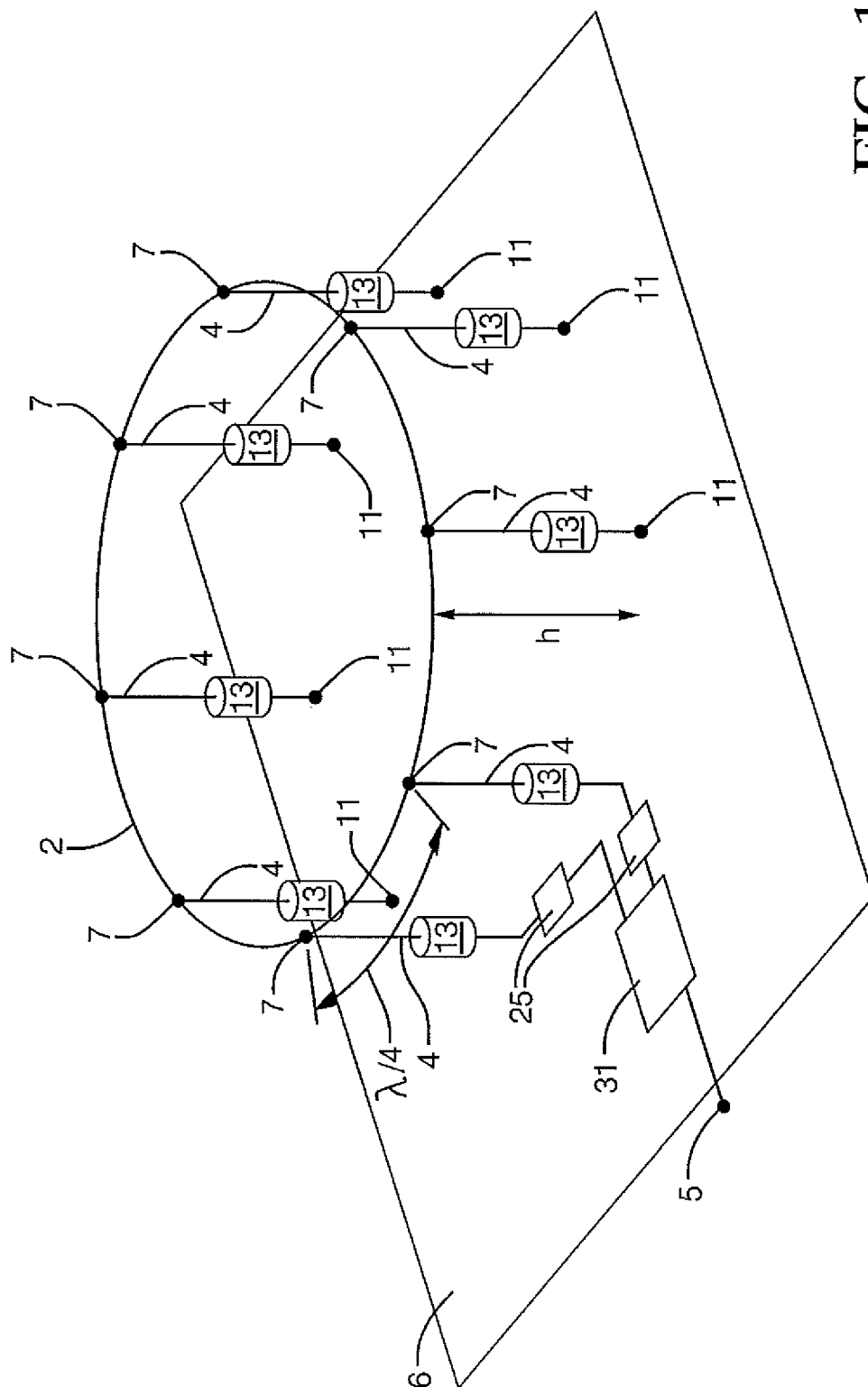
35

40

45

50

55



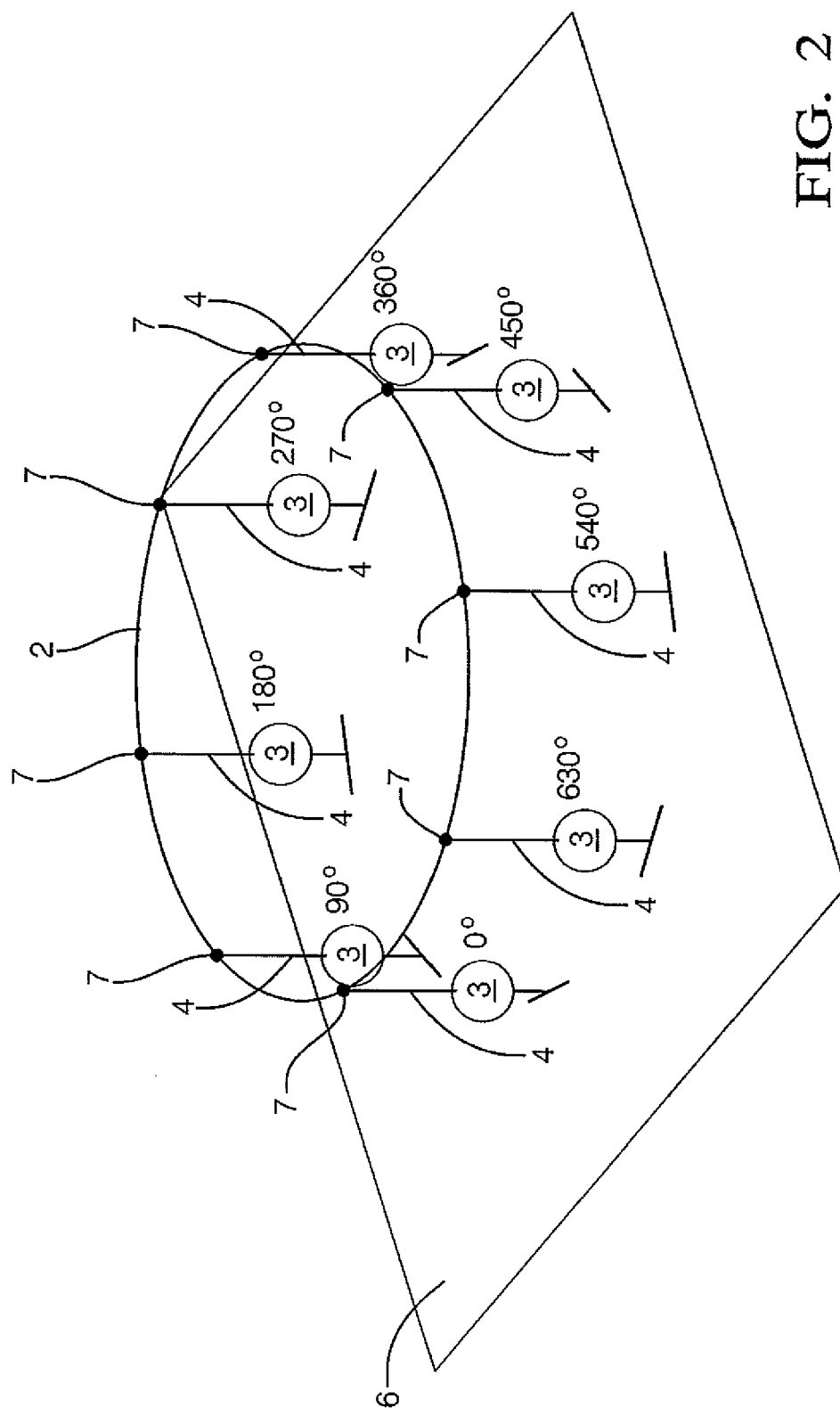


FIG. 2

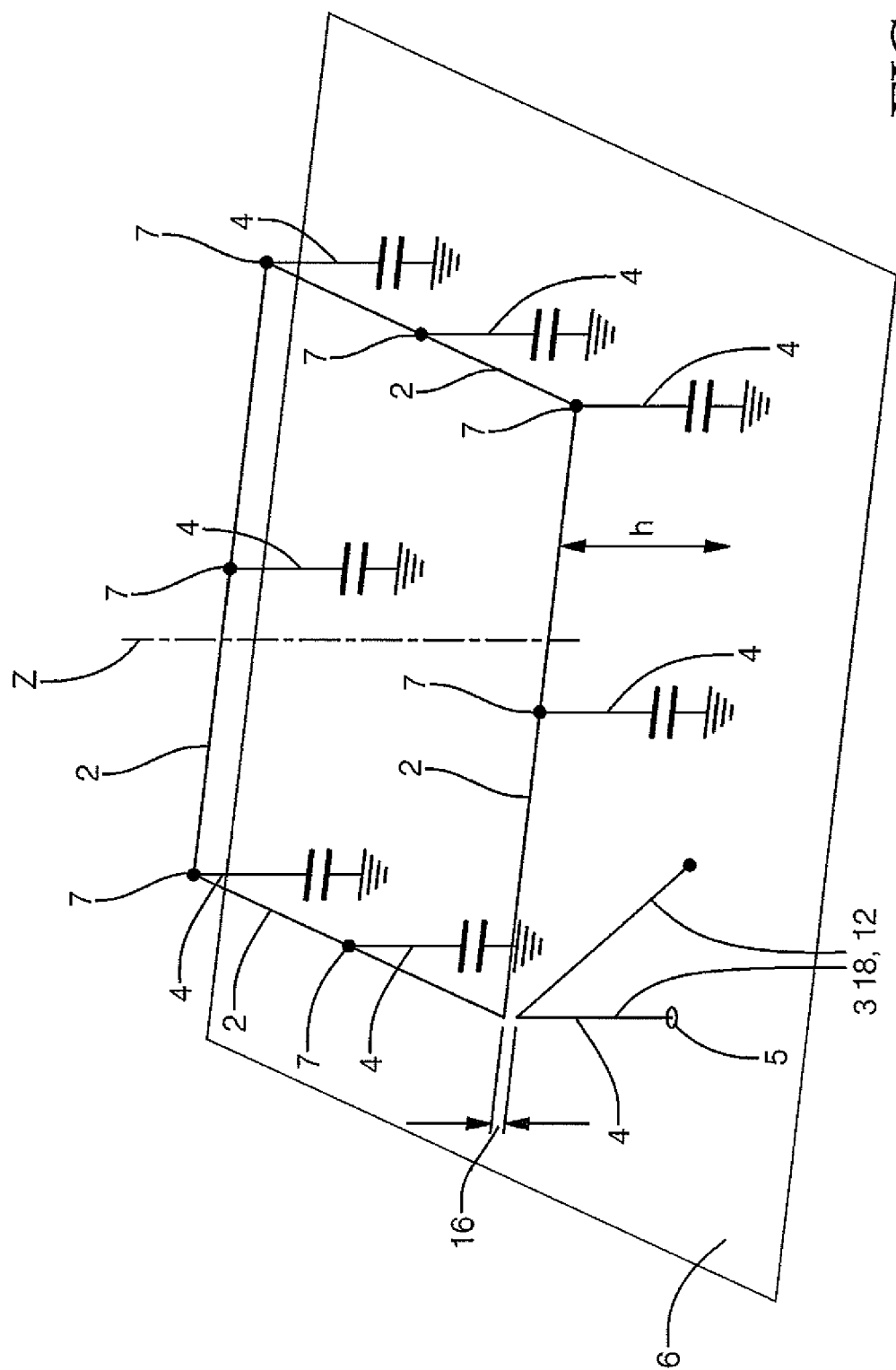


FIG. 3

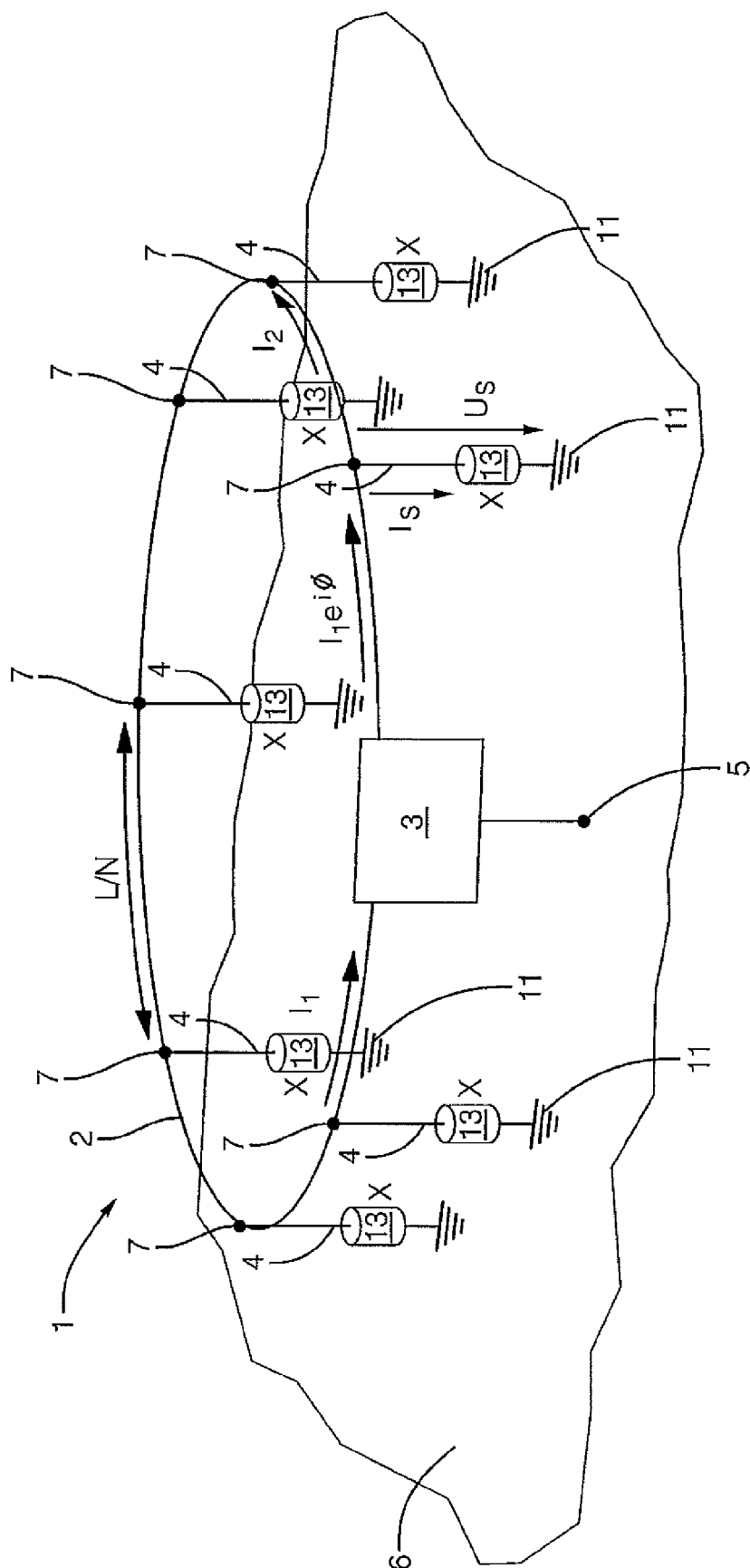


FIG. 4

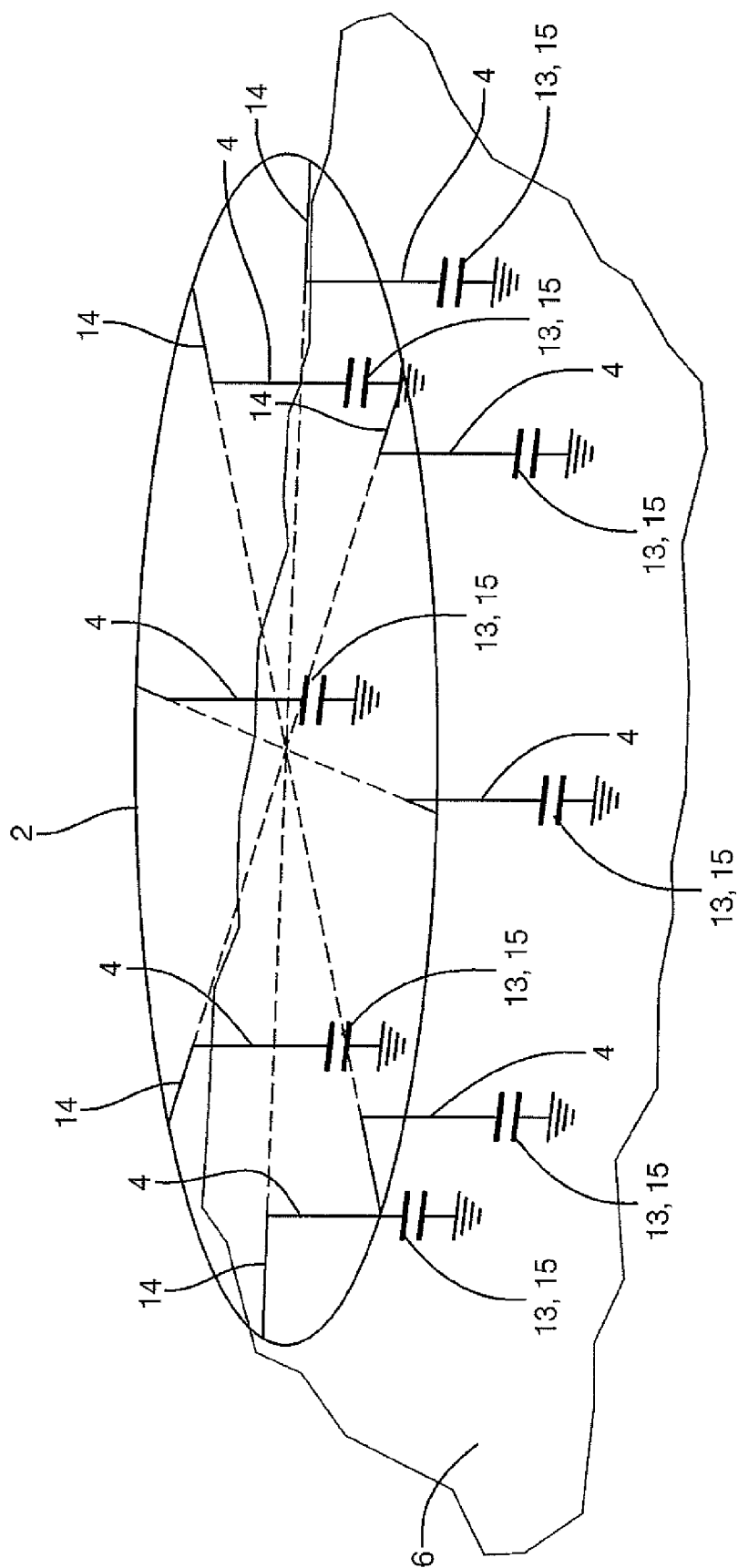


FIG. 5

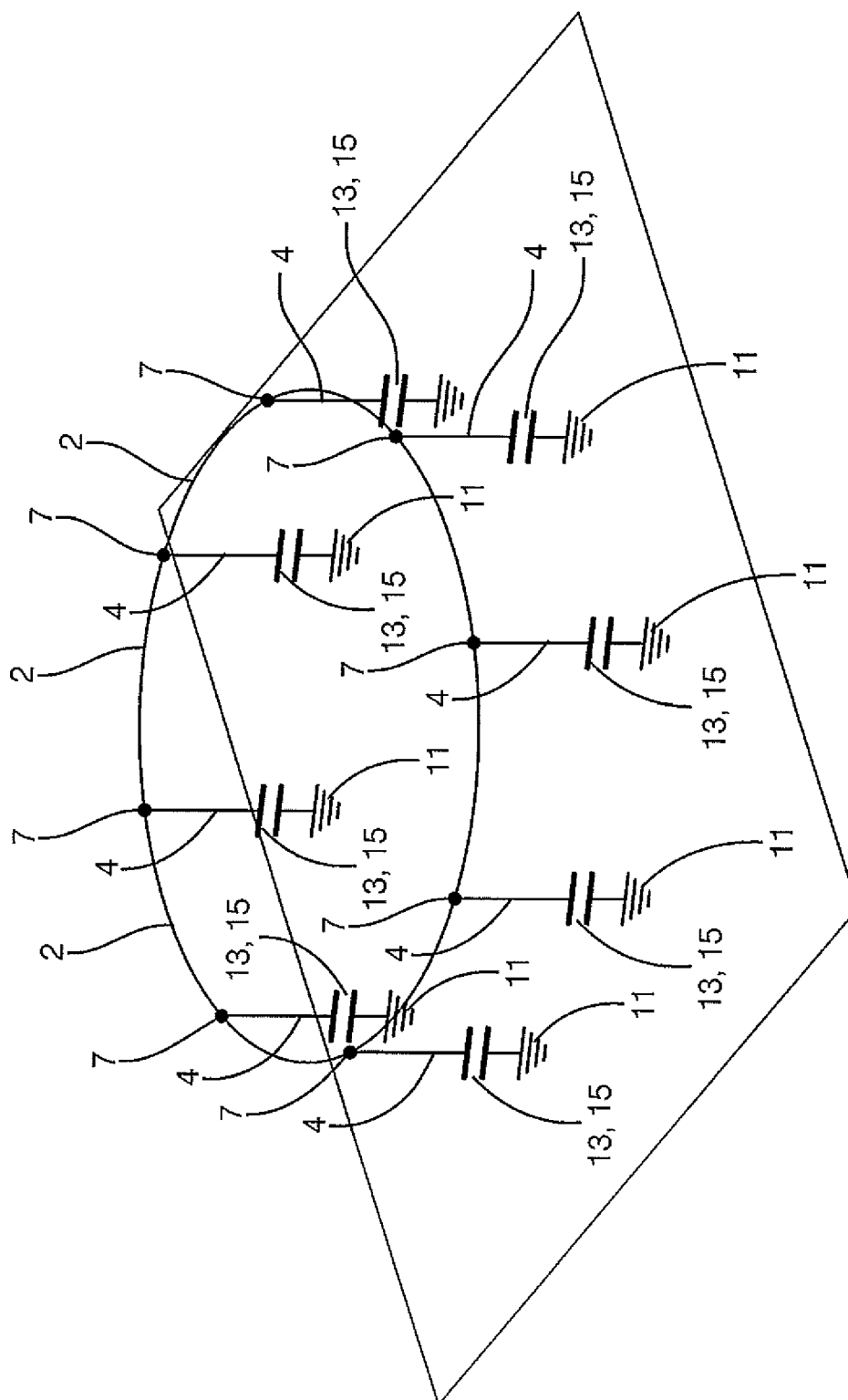


FIG. 6

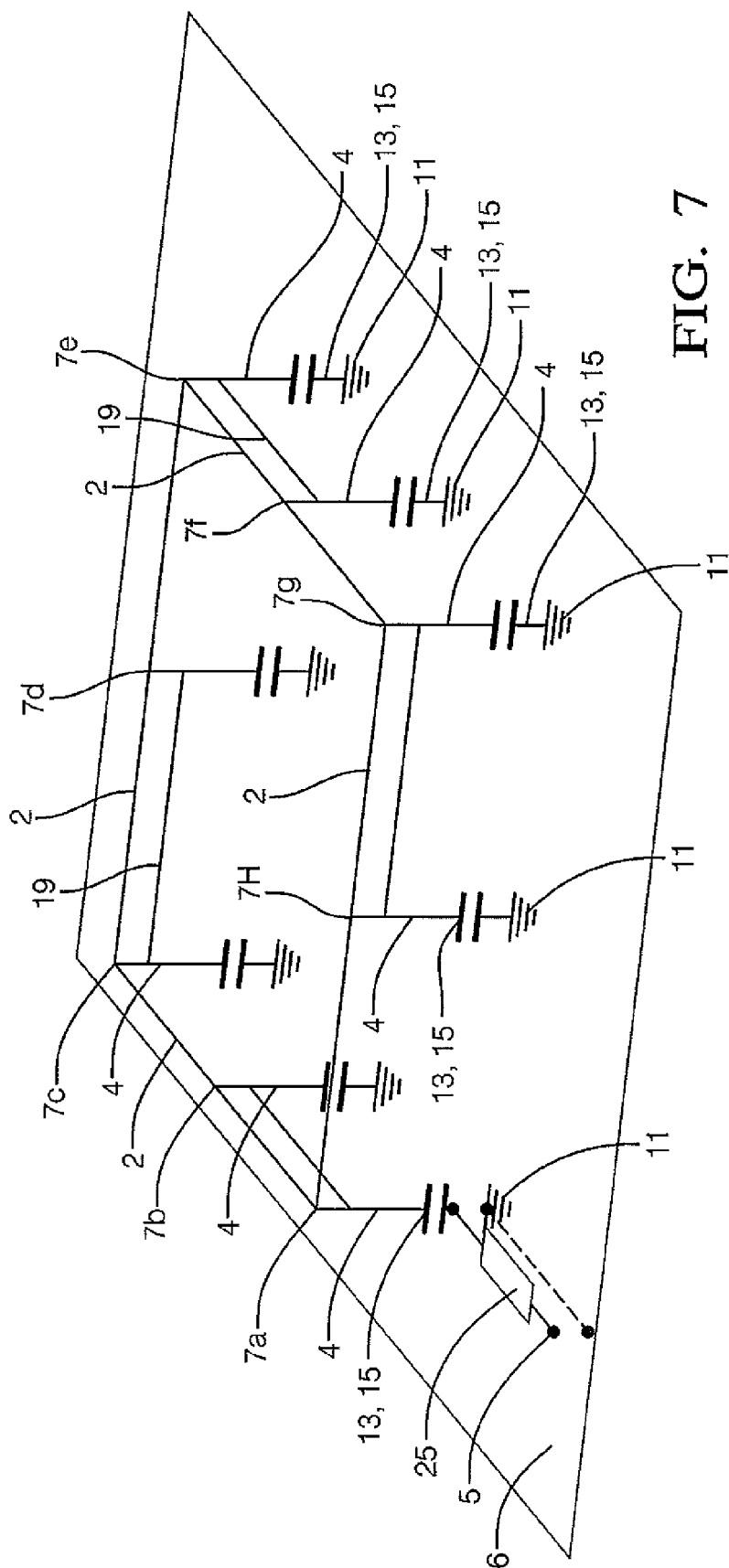


FIG. 7

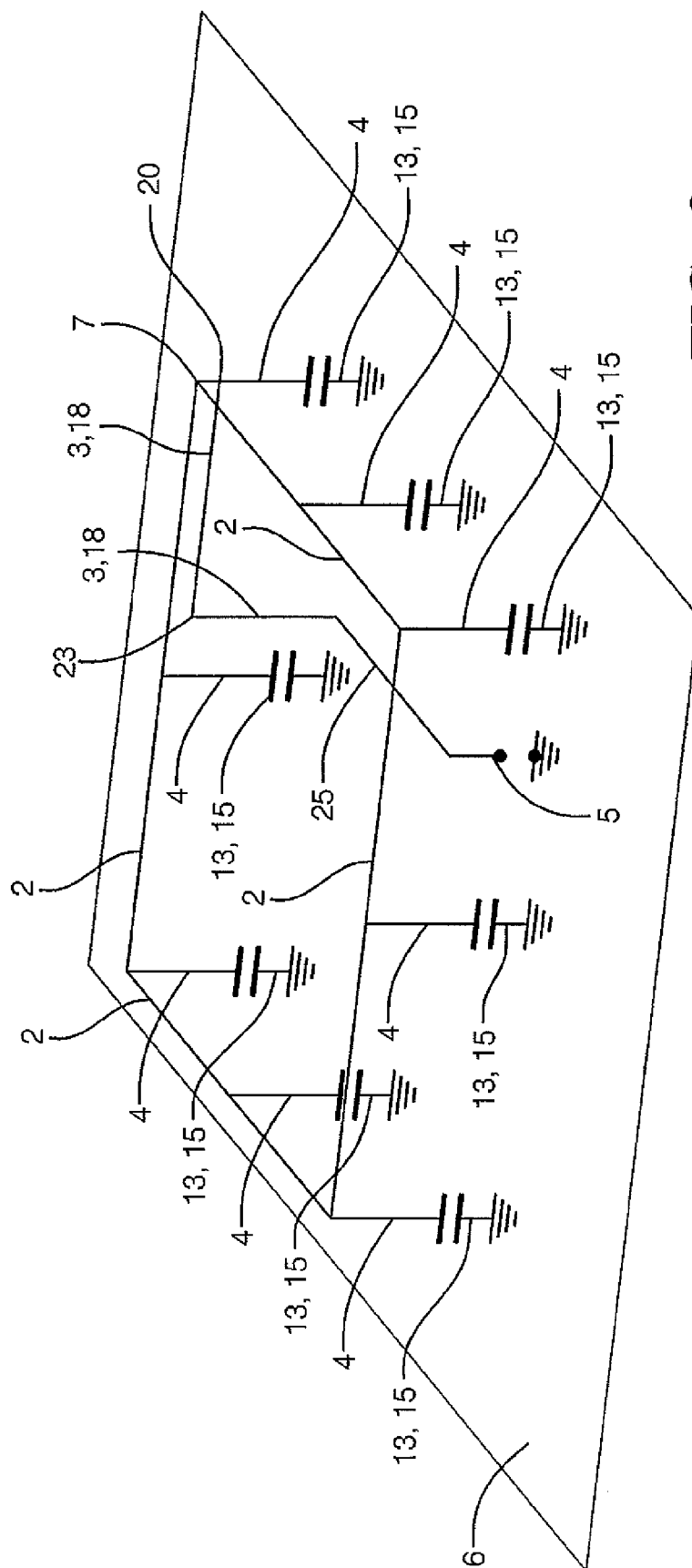
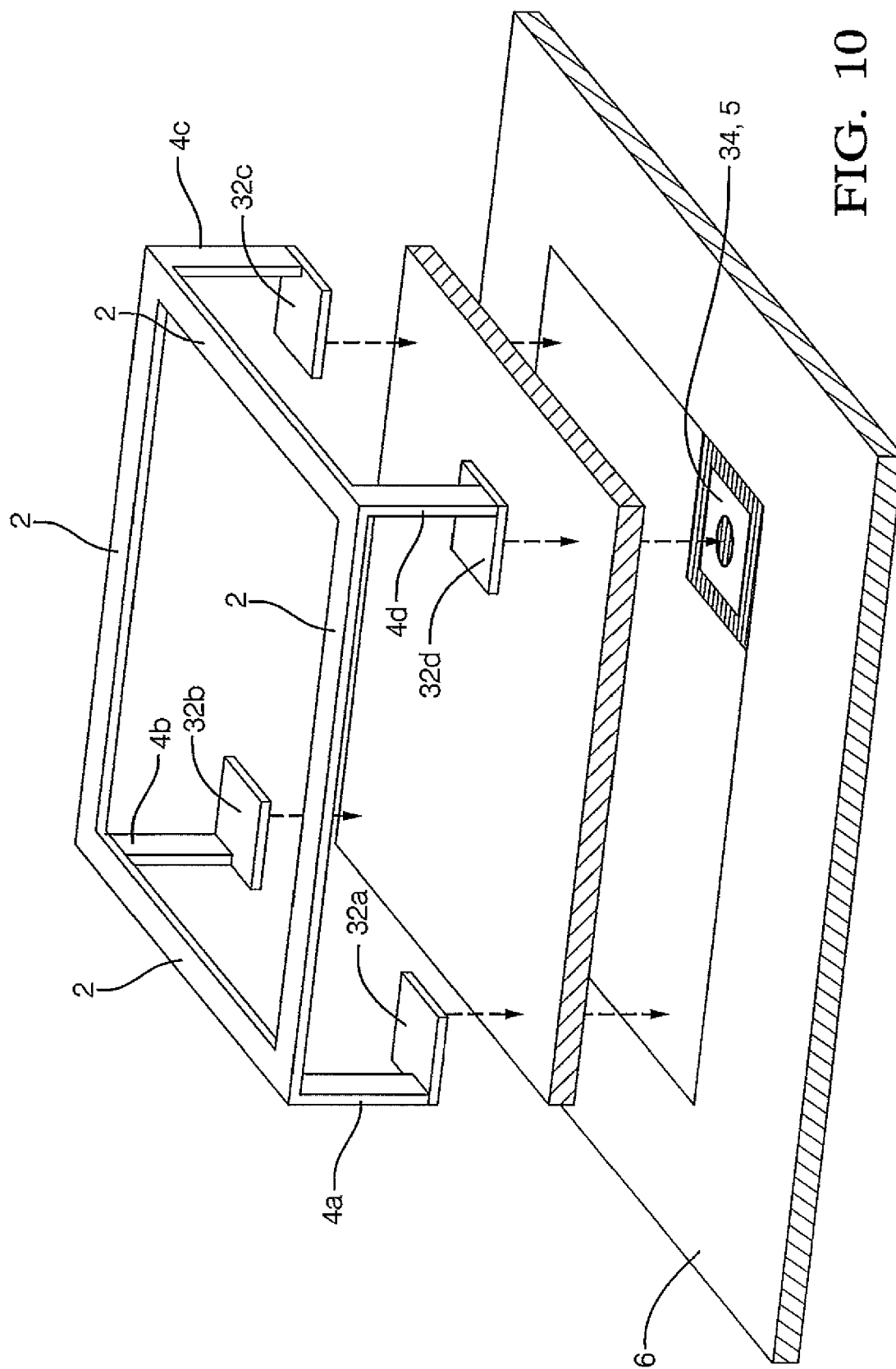


FIG. 8



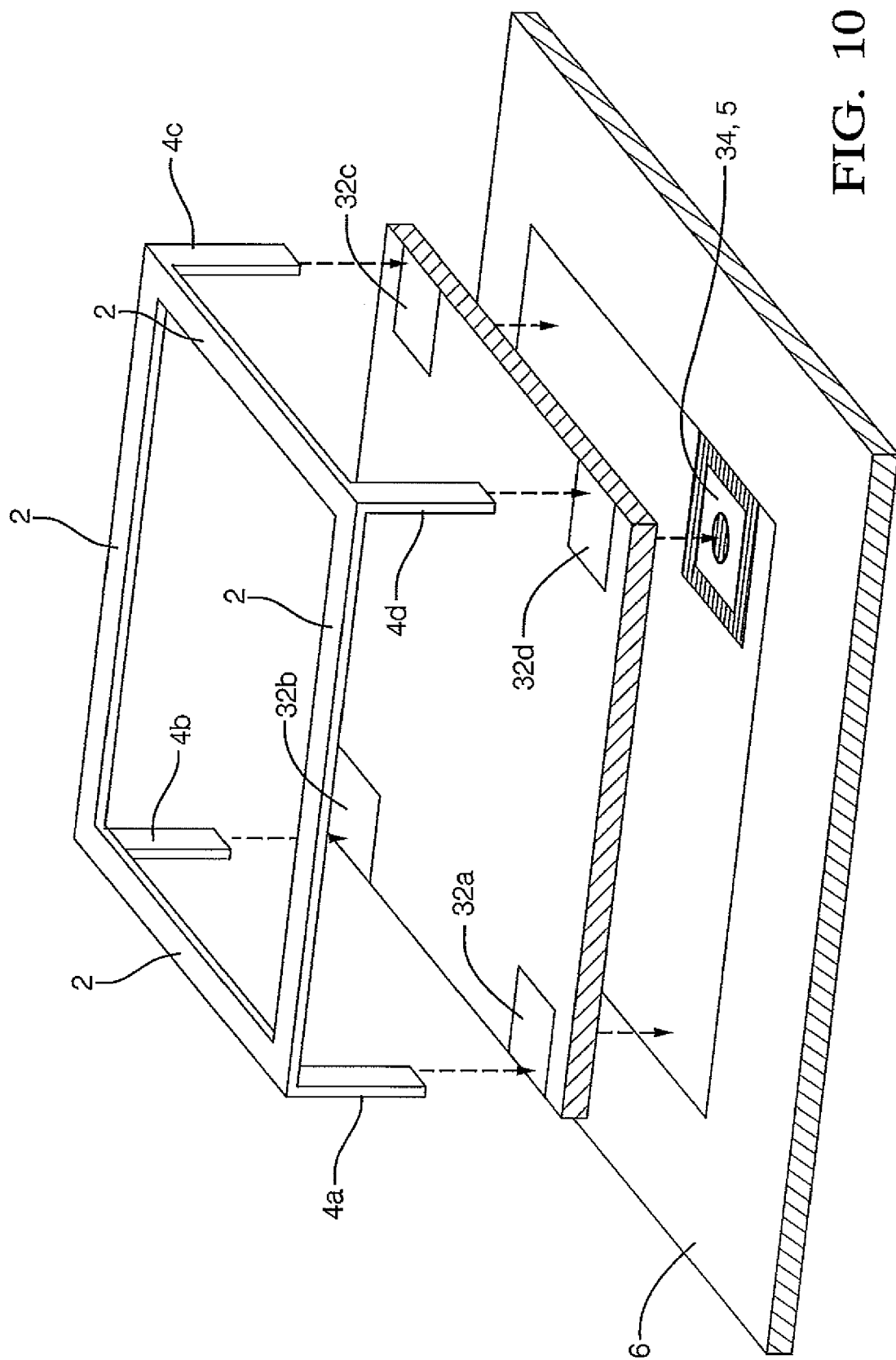


FIG. 10

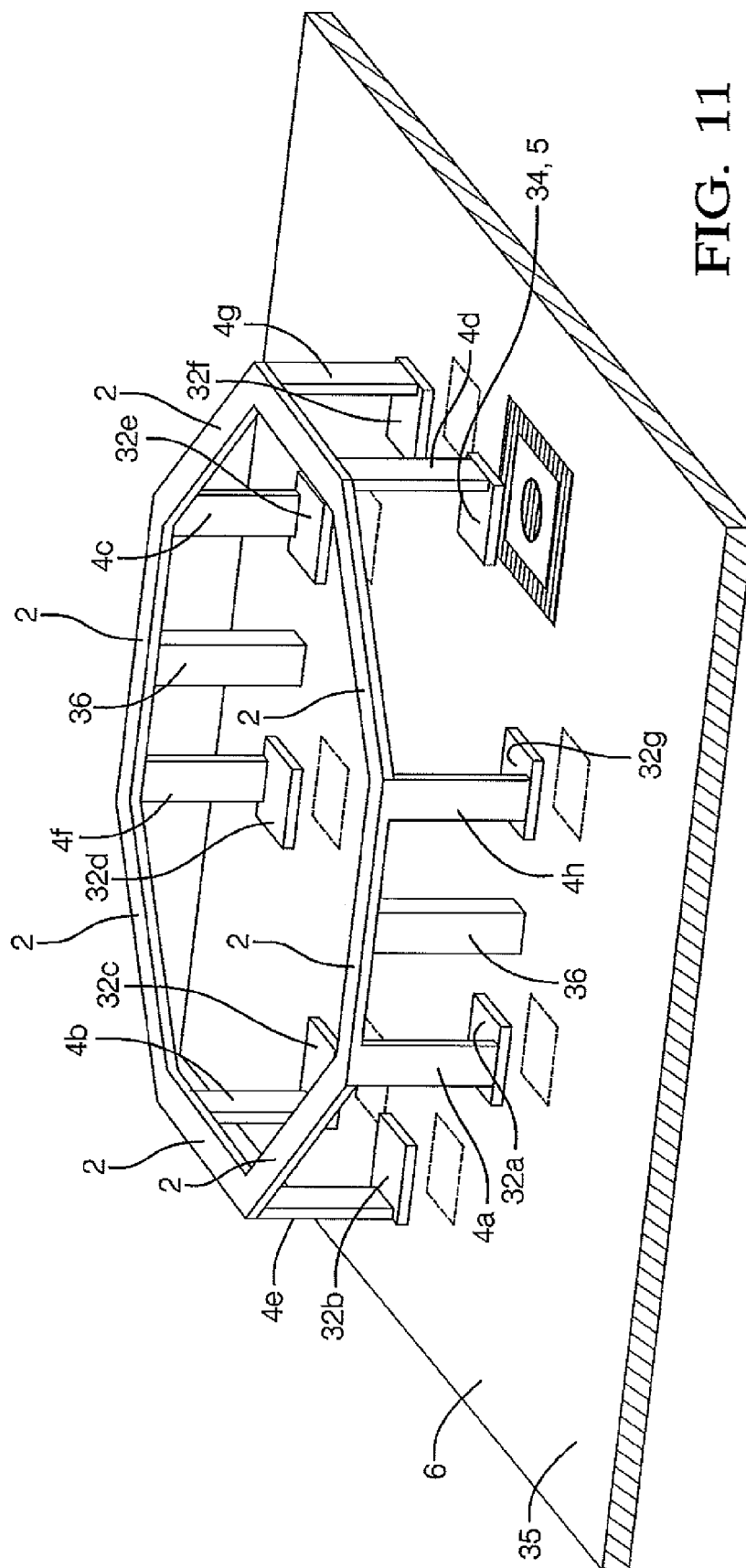


FIG. 11

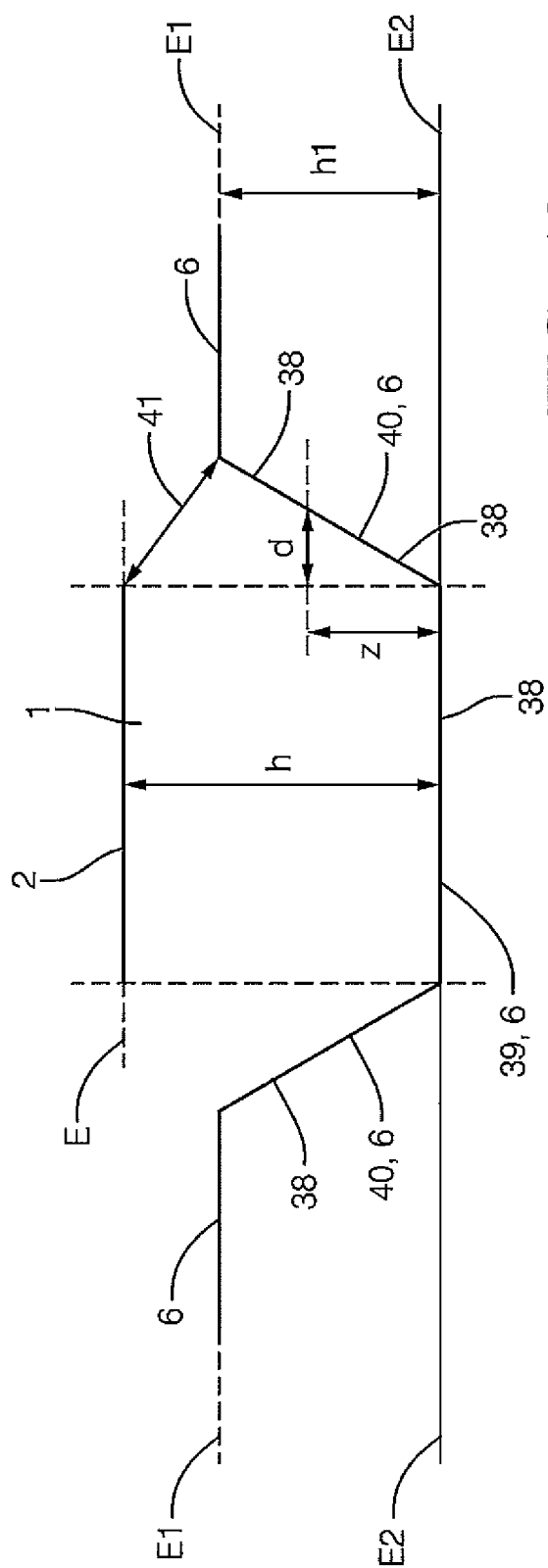


FIG. 12 a

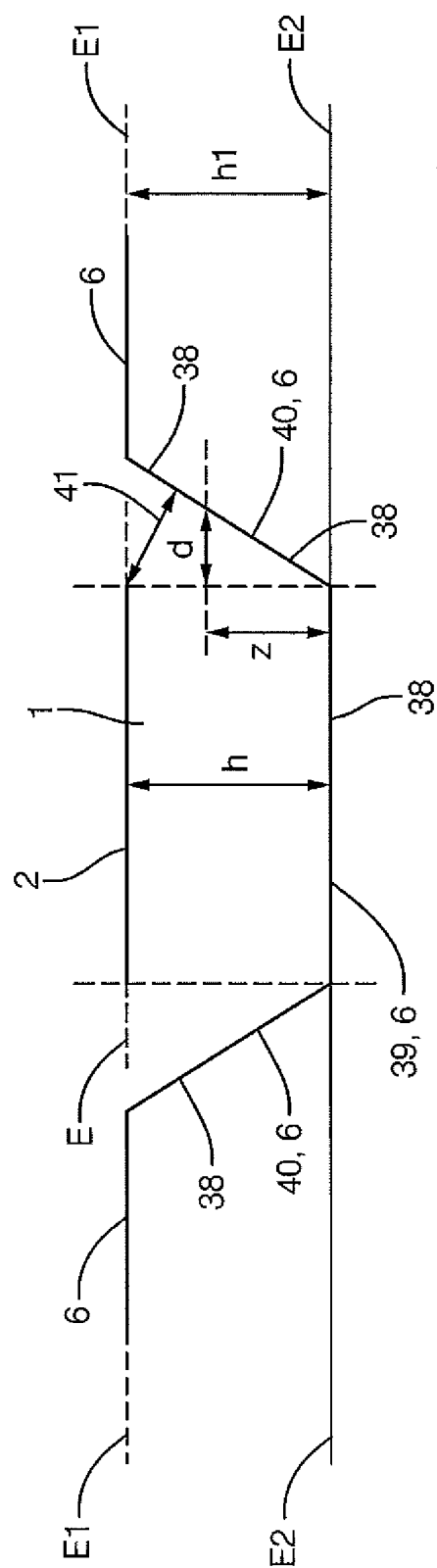


FIG. 12 b

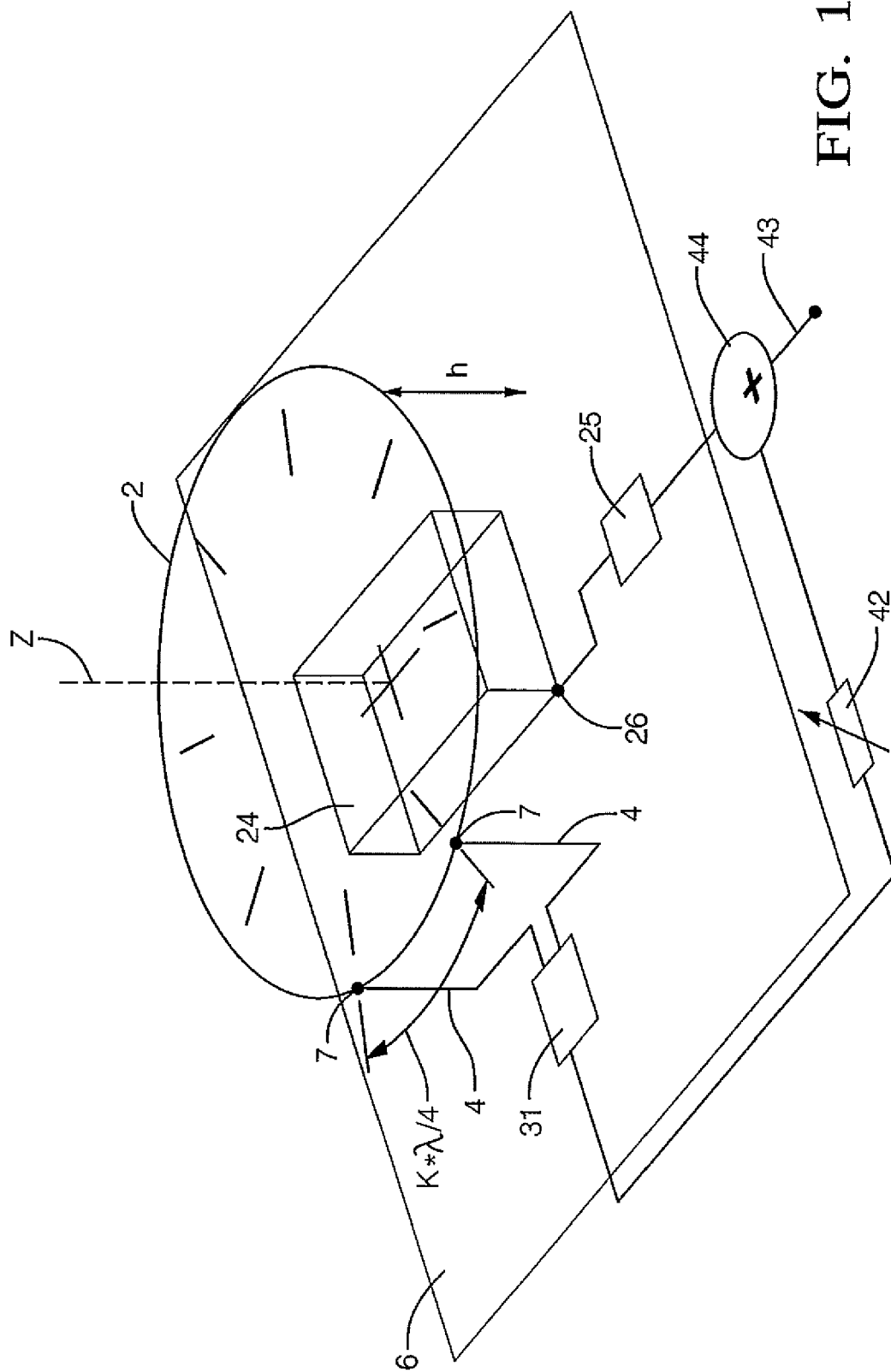
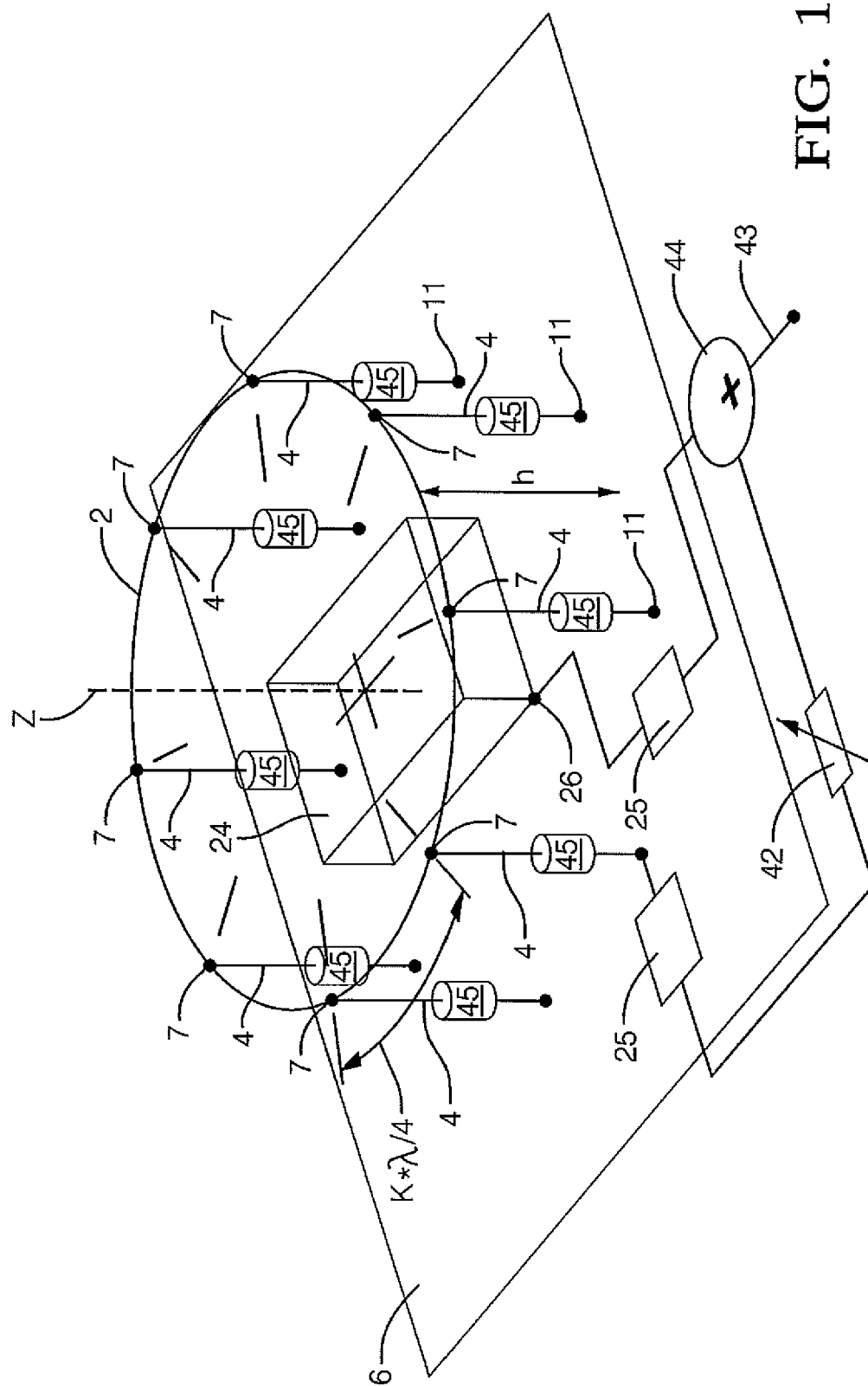


FIG. 13



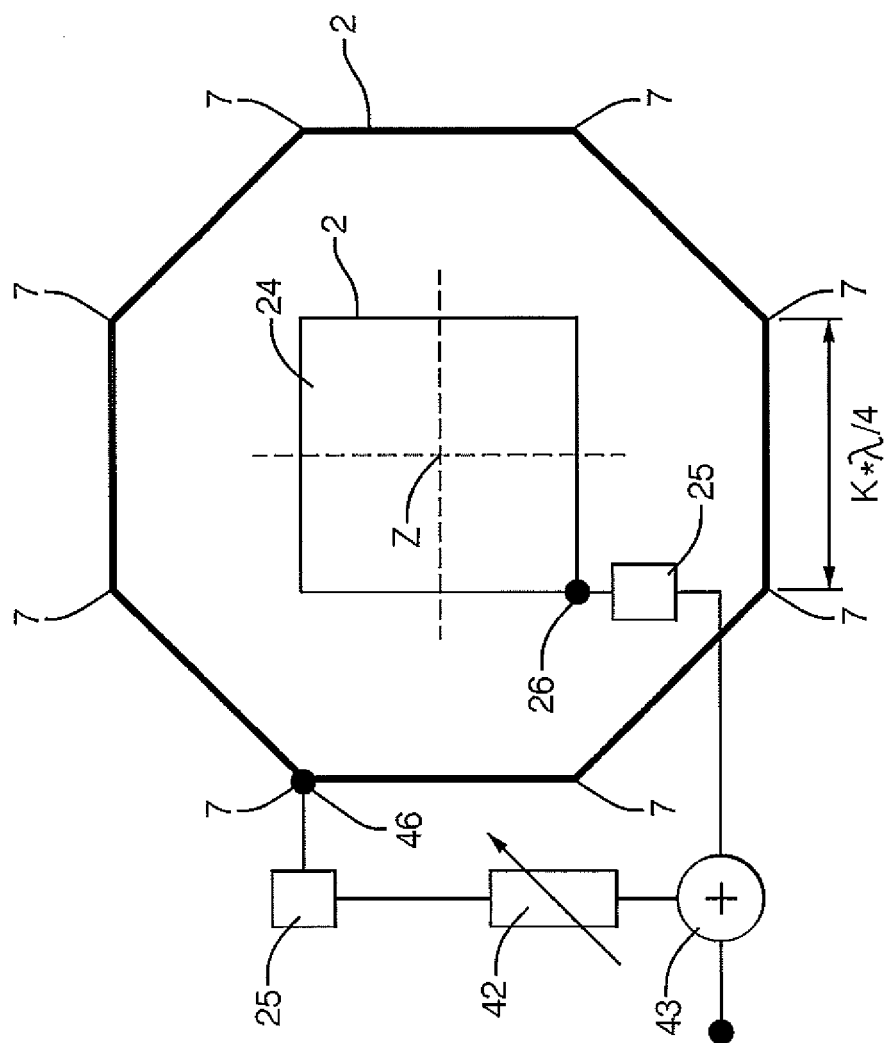


FIG. 15

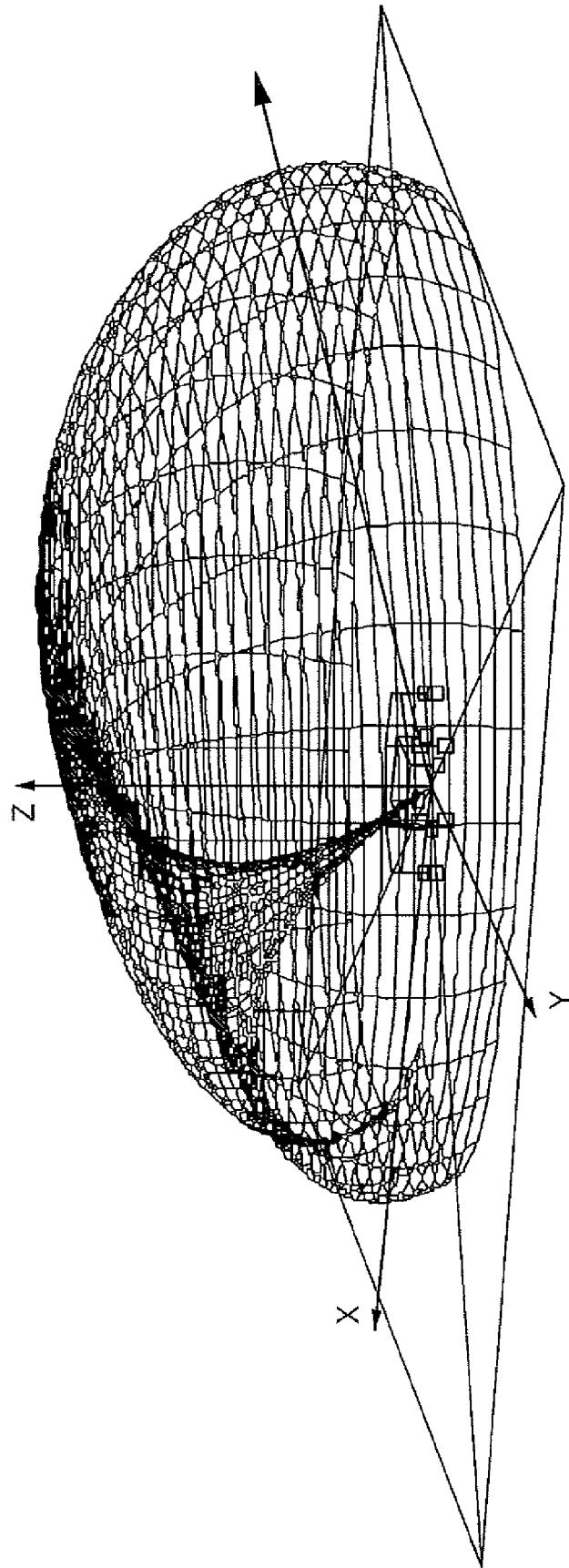


FIG. 16

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

- DE 4008505 A [0002] [0003] [0007] [0014] [0035]
- DE 10163793 A [0002] [0003] [0007] [0014] [0035]
- EP 1239543 B1 [0035]