



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
30.05.2012 Patentblatt 2012/22

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

(21) Anmeldenummer: **11010231.6**

(22) Anmeldetag: **24.08.2010**

(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 SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME RS

(30) Priorität: **10.09.2009 DE 102009040910**

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en) nach Art. 76 EPÜ:
10173919.1 / 2 296 227

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

(72) Erfinder:
• **Lindenmeier, Stefan**
82131 Gauting-Buchendorf (DE)
• **Lindenmeier, Heinz**
82152 Planegg (DE)
• **Reiter, Leopold**
82205 Gilching (DE)
• **Hopf, Jochen**
85540 Haar (DE)

(74) Vertreter: **Manitz, Finsterwald & Partner GbR**
Postfach 31 02 20
80102 München (DE)

Bemerkungen:

Diese Anmeldung ist am 27-12-2011 als Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten Anmeldung eingereicht worden.

(54) **Antenne für den Empfang zirkular polarisierter 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, **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 2π beträgt

- 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 .

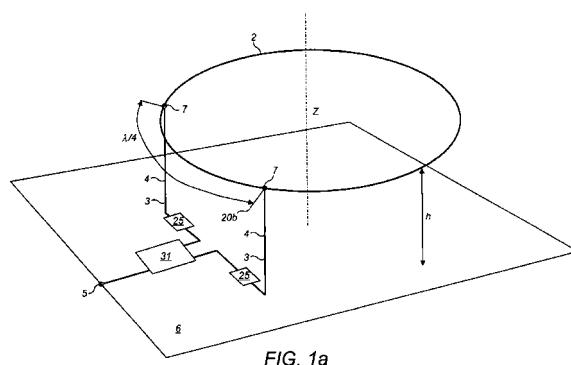


FIG. 1a

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.

[0004] Beide Antennenformen sind zwar für den Empfang von Satellitensignalen geeignet, welche von hoch fliegenden Satelliten - so genannten HEOS - abgestrahlt werden. Durch eine Erhöhung der Kreuzpolarisationsunterdrückung in einem möglichst großen Elevationswinkelbereich kann jedoch der Empfang von Temperaturrauschen im Vergleich zu dem Empfang der Satellitensignale deutlich reduziert werden.

[0005] Hinzu kommt die Schwierigkeit der Gestaltung von Antennen mit kleinerem Bauvolumen, welches insbesondere für mobile Anwendungen zwingend gefordert ist. Als weitere Antennen dieser Art sind nach dem Stand der Technik Patch-Antennen bekannt, welche jedoch bezüglich des Empfangs unter niedrigem Elevationswinkel ebenfalls weniger leistungsfähig sind und aufgrund der Verwendung dielektrischer Materialien Verluste aufweisen, welche das Signal-zu-Rauschverhältnis deutlich beeinträchtigen.

[0006] Für den Empfang aller genannten Funkdienste ist jedoch aufgrund der in Großserie hergestellten Antennen die Wirtschaftlichkeit bei der Herstellung von ausschlaggebender Bedeutung.

[0007] Für die Herstellung von Antennen, welche aus der DE-A-4008505 und der DE-A-10163793 bekannt sind, ergeben sich Probleme aus dem Sachverhalt, dass die einzelnen Antennenteile auf unter einem rechten Winkel gekreuzten Ebenen platziert sind und diese Ebenen zusätzlich auf der leitenden Grundebene senkrecht stehen. Solche Antennen lassen sich nicht hinreichend wirtschaftlich herstellen, wie es zum Beispiel für den Einsatz in der Automobilindustrie gewünscht wird. Dies trifft insbesondere für die bei Satellitenantennen üblichen Frequenzen von mehreren Gigahertz zu, für die im Interesse der Polarisations-Reinheit, der Impedanz-Anpassung und der Reproduzierbarkeit des Richtdiagramms bei der Serienherstellung der Antennen eine besonders hohe mechanische Genauigkeit notwendig ist. Ebenso ist die Herstellung von Patch-Antennen aufgrund des eng tolerierten Dielektrikums in der Regel relativ aufwändig.

[0008] Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, eine Antenne mit geringem Bauvolumen anzugeben, welche je nach ihrer Auslegung sowohl für einen besonders leistungsstarken Empfang von unter hohen Elevationswinkeln einfallenden zirkular in einer Drehrichtung polarisiert ausgestrahlten Satellitensignalen mit hohem Gewinn in vertikaler Richtung als auch für den leistungsstarken Empfang von unter niedrigen Elevationswinkeln einfallenden zirkular in einer Drehrichtung polarisiert ausgestrahlten Satellitensignalen mit hoher Kreuzpolarisationsunterdrückung über einen großen Elevationswinkelbereich geeignet ist, wobei insbesondere auch die Möglichkeit zu einer wirtschaftlichen Herstellung gegeben sein soll.

[0009] 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.

[0010] Mit einer Antenne nach der Erfindung ist der Vorteil verbunden, auch den Empfang linear vertikal polarisierter und unter niedriger Elevation empfangener Wellen mit azimuthal nahezu homogenem Richtdiagramm zu ermöglichen. Ein weiterer Vorteil einer Antenne nach der Erfindung ist ihre besonders einfache Herstellbarkeit, welche die Realisierung

auch durch einfache gebogene Blechstrukturen ermöglicht.

[0011] 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 einen Umlauf gerade 2π beträgt. 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.

[0012] 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 der horizontal polarisierten Schleifenantenne 14 mindestens an einem Ringleitungskoppelpunkt 7 ein weiterer Strahler 4 vorhanden ist, welcher eine senkrecht zur Polarisation der Schleifenantenne 14 orientierte Polarisation aufweist. Dieser Strahler kann bei Vorhandensein terrestrisch vertikal polarisiert ausgestrahlter Signale vorteilhaft auch zum Empfang dieser Signale eingesetzt werden.

[0013] Die Erfindung wird im Folgenden an Hand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Die zugehörigen Figuren zeigen im Einzelnen:

Fig. 1:

- a) 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 Ringleitungskoppelpunkten 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.
- b) wie in a) jedoch mit zusätzlichen vertikalen Strahlern* 4, welche jeweils an einer Unterbrechungsstelle 23 mit einer verlustarmen Blindwiderstandsschaltung 13 der Reaktanz X beschaltet sind.

Fig. 2:

- a) Antenne nach der Erfindung wie in Figur 1, jedoch zur Erzeugung der fortlaufenden Leitungswelle mit einem in günstigem Abstand - bezüglich des Leitungswellenwiderstands - parallel zum Ringleitungsstrahler 7c geführten $\lambda/4$ -Richtkoppelleiters 8.
- b) Antenne wie in Figur a) jedoch zwei im Wesentlichen vertikalen Strahlern 4, welche in einem bezüglich der $1/4$ -Leitungs-Wellenlänge kleinen Abstand 37 parallel geführten vertikalen Strahler 4a.

Fig. 3:

Ringleitungsstrahler 2 jedoch mit einer elektromagnetischen Erregung 3 an vier jeweils um $\lambda/4$ längs der Ringleitung versetzten Ringleitungskoppelpunkten 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 gewonnen werden.

Fig. 4:

Antenne nach der Erfindung wie in Figur 2, jedoch mit einer einen zweiten Richtkoppelleiter 21 beinhaltenden Erregung 3. Der zweite $\lambda/4$ -Richtkoppelleiter 8 ist parallel zu einem Mikrostreifenleiter 30 geführt und bildet zusammen mit dem an den Ringleitungsstrahler 2 angekoppelten $\lambda/4$ -Richtkoppelleiter 8 den zweiten $\lambda/4$ -Richtkoppler.

Fig. 5:

Antenne nach der Erfindung mit einem als geschlossenen quadratischen Leitungsring mit der Kantenlänge von

$\lambda/4$ 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. 6:

Antenne nach der Erfindung mit $\lambda/4$ voneinander entfernten Ringleitungs-Koppelpunkten 7, wobei die elektromagnetische Erregung 3 über gleich lange vertikale Strahler 4 über den Anschluss an einen Leistungs-Verteilnetzwerk - bestehend aus in Kette geschalteten, auf der leitenden Grundfläche 6 gebildeten $\lambda/4$ -langen Mikrostreifenleitern 30a, 30b, 30c unterschiedlicher Wellenwiderstände - gegeben ist.

Fig. 7:

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.

Fig. 8:

Antenne nach der Erfindung wie in Figur 7, jedoch mit horizontalen Zusatzelementen zur weiteren Formung des Richtdiagramms.

Fig. 9:

Antenne nach der Erfindung mit einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des Ringleitungsstrahlers 2 in quadratischer Form mit vier an den Ecken befindlichen vertikalen Strahlern 4. Die auf unterschiedliche Weise gestaltete Erregung 3 ist nicht gezeichnet.

Fig. 10:

Antenne nach der Erfindung wie in Figur 9, wobei jedoch jeder Abschnitt zwischen benachbarten Ringleitungs-Koppelpunkten 7 des Ringleitungsstrahlers 2 zur Verkleinerung der Resonanzstruktur eine für alle Abschnitte gleiche mäanderförmige Ausformung 17 enthält.

Fig. 11:

Antenne nach der Erfindung wie in Figur 9, mit elektromagnetischer Erregung 3 in Form einer gerichtet induktiv und kapazitiv angekoppelten Leiterschleife als Richtkoppler 18 in getaperter Form und einem Netzwerk 25 zur Leistungsanpassung.

Fig. 12:

- a) Antenne nach der Erfindung wie in Figur 9 mit elektromagnetischer Erregung 3 durch Einspeisung am unteren Ende an einem der vertikalen Strahler 4 über die als Kapazität 15 gestaltete Blindwiderstandsschaltung 13. Zur Unterstützung der Unidirektionalität der Wellenausbreitung auf dem Ringleitungsstrahler 2 ist durch Gestaltung des Wellenwiderstands des Teilstücks des Ringleitungsstrahlers 2 zum benachbarten Ringleitungs-Koppelpunkt 7b in Abweichung von dem Wellenwiderstand der übrigen Teilstücke des Ringleitungsstrahlers 2 gestaltet.
- b) wie in Figur a) jedoch mit zwei einander gegenüberliegenden Teilstücken des Ringleitungsstrahlers 2, deren Wellenwiderstand von dem der beiden übrigen Teilstücke abweichen.

Fig. 13:

Antenne nach der Erfindung wie in Figur 9. Die unidirektionale Wirkung der elektromagnetischen Erregung 3 ist durch Teilankopplung eines über einen Teil des Ringleitungsstrahlers 2 parallel zu diesem geführten Koppelleiters 23 an einen der vertikalen Strahler 4 gegeben. Das andere Ende des Koppelleiters 23 ist über einen vertikalen Strahler 4 mit daran angeschlossenen Anpassnetzwerk 25 mit dem Antennenanschluss 5 verbunden.

Fig. 14:

Antenne nach der Erfindung wie in Figur 13, 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. 15:

Antenne nach der Erfindung wie in Figuren 12a und 12b. 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 leitend beschichteten Leiterplatte 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. 16:

Antenne nach der Erfindung wie in Figuren 12a und 12b. 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. 17:

Antenne nach der Erfindung wie in Figuren 15 und 16, wobei 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.

Fig. 18:

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. 19:

Ringleitungsstrahler 2 nach der Erfindung kombiniert mit einem weiteren Ringleitungsstrahler 2a mit gleichem Zentrum Z und einem Phasenunterschied der auf der Ringleitung 2a in einer einzigen Umlaufrichtung sich ausbreitenden Leitungswelle über einen Umlauf von gerade $N \cdot 2\pi$ mit ($N > 2$) zur Bildung einer Richtantenne mit einem Richtdiagramm mit azimuthaler Hauptrichtung am Richtantennen-Anschluss 43.

Fig. 20:

Richtantenne wie in Figur 19 mit kreisförmigem Ringleitungsstrahler 2 und weiterem Ringleitungsstrahler 2a mit $N=2$. Die vertikalen Strahler 13a-d und 45a-h sind auf beiden Ringleitungsstrahlern äquidistant und entsprechend einer Phasen-Differenz der laufenden Welle von jeweils $\pi/2$ angeordnet. Die Empfangssignale am Antennenanschluss 5 und an der Strahler-Anschlussstelle 46 werden über ein steuerbares Phasendrehglied 42 im Summations- und Auswahl-Netzwerk 44 zur Bildung des Richtdiagramms mit steuerbarer azimuthaler Haupt-

richtung überlagert.

Fig. 21:

Richtantenne wie in Figur 20 jedoch mit quadratisch geformtem Ringleitungsstrahler 2 (Phasendifferenz der laufenden Welle von 2π verteilt über dem Umfang) und mit achteckig geformtem weiterem Ringleitungsstrahler 2a (Phasendifferenz der laufenden Welle von 4π verteilt über dem Umfang).

Fig. 22:

Räumliches Richtdiagramm der Richtantenne in Figur 21 mit ausgeprägter azimuthaler Hauptrichtung (Pfeil) und Nullstelle.

[0014] 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 $\theta=0^\circ$ (vertikal) und $\theta=65^\circ$ 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.

[0015] Die Verteilung der Ströme auf einer Antenne im Empfangsbetrieb ist vom Abschlusswiderstand an der Antennenanschlussstelle abhängig. Im Gegensatz hierzu ist im Sendebetrieb die auf den Speisestrom an der Antennenanschlussstelle 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.

[0016] Figur 1a zeigt eine 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 des Ringleitungsstrahlers 2 derart gewählt, dass sie im Wesentlichen der Leitungswellenlänge λ entspricht. 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 azimuthal 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 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 Phasenschiebemetzwerk 31 und jeweils über ein entsprechendes Anpassnetzwerk 25 erfolgen.

[0017] In Figur 1b ist eine ähnliche Antenne nach der Erfindung dargestellt bei welcher jedoch zusätzliche, der Erregung 3 nicht angehörige vertikale Strahler vorhanden sind, welche an Ringleitungs-Koppelpunkten 7 an den Ringleitungsstrahler 2 angekoppelt und zur elektrisch leitenden Grundfläche 6 hin geführt sind und in welche an Unterbrechungsstellen verlustarme Blindwiderstandsschaltungen 13 der Reaktanz X eingeschaltet sind. Durch Gestaltung der vertikalen Strahler 4 sowie der eingeschalteten Reaktanz X kann bei vorzugsweiser Gleichverteilung der Abstände von $\lambda/4$ zwischen den Ringleitungs-Koppelpunkten 7 die Ausbreitung der Leitungswelle auf dem Ringleitungsstrahler 2 herbeigeführt werden.

[0018] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung erfolgt die Erzeugung einer fortlaufenden Leitungswelle auf dem Ringleitungsstrahler 2 in Figur 2a mit einer Erregung 3, welche durch einen parallelen Richtkoppelleiter 8 gegeben ist. Dieser ist in einem bezüglich des Leitungs-Wellenwiderstands günstigen Koppelabstand über eine gestreckte Länge von $\lambda/4$ parallel zum Ringleitungsstrahler 2 geführt. Der Richtkoppelleiter 8 ist auf der einen Seite über einen vertikalen Strahler 4a und ein Anpassnetzwerk 25 mit dem Antennenanschluss 5 und auf der anderen Seite über

einen vertikalen Strahler 4b mit der leitenden Grundfläche 6 verbunden.

[0019] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist in Figur 2b zur Erzeugung einer fortlaufenden Leitungswelle auf dem Ringleitungsstrahler 2 die Erregung 3 jedoch durch zwei im Wesentlichen vertikale Strahler 4 gegeben, welche in einem bezüglich der $\lambda/4$ -Leitungs-Wellenlänge kleinen Abstand 37 parallel verlaufen und über galvanische Koppelpunkte 7 zum Ringleitungsstrahler 2 geführt werden. Hierbei ist der eine vertikale Strahler 4a über ein Anpassnetzwerk 25 mit dem Antennenanschluss 5 und der andere vertikale Strahler 4b über einen Masse-Anschlusspunkt 11 mit der leitenden Grundfläche 6 verbunden.

[0020] Ähnlich wie in Figur 2a erfolgt die elektromagnetische Erregung 3 in Figur 4 in vorteilhafter Weise mit Hilfe eines ersten $\lambda/4$ -Richtkopplers, welcher durch einen oben beschriebenen parallelen Richtkoppelleiter 8 gegeben. Zur Darstellung des Leistungsteiler- und Phasenschiebemetzwerks 31 ist ein zweiter Richtkoppelleiter 21 zur Erzeugung von zwei um 90° unterschiedlichen Signalen an einen auf der leitenden Grundfläche 6 verlaufenden Übertragungsleiter 30 durch Parallelführung in geringem Abstand angekoppelt. Der zweite Richtkoppelleiter 21 ist zur Einspeisung über die vertikalen Strahler 4 mit dem ersten Richtkoppelleiter 8 und der Mikrostreifenleiter 30 mit dem Antennenanschluss 5 verbunden.

[0021] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind in Figur 3 zur Erzeugung einer fortlaufenden Leitungswelle auf dem Ringleitungsstrahler 2 N = 4 um jeweils $\lambda/4$ voneinander längs der geschlossenen Ringleitungsstruktur 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.

[0022] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist der Ringleitungsstrahler 2 in Figur 5 als geschlossener quadratischer Leitungsring mit der Kantenlänge von $\lambda/4$ 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 Länge 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.

[0023] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung einer Antenne nach der Erfindung sind in Figur 6 Ringleitungs-Koppelpunkte 7 gebildet und die elektromagnetische Erregung 3 ist über gleich lange vertikale und zur leitenden Grundfläche 6 hin verlaufende Strahler 4 gegeben, welche jeweils über eine gleich lange Zuleitung 22 an einen Anschluss eines Leistungs-Verteilnetzwerks angeschlossen sind und dieses andererseits mit dem Antennenanschluss 5 verbunden ist. Das Leistungs-Verteilnetzwerk besteht in vorteilhafter Weise aus in Kette geschalteten, auf der leitenden Grundfläche 6 gebildeten $\lambda/4$ -langen Mikrostreifenleitern 30a, 30b, 30c, wobei deren Wellenwiderstände - ausgehend von einem niedrigen Wellenwiderstand am Antennenanschluss 5 - an welchen einer der vertikalen Strahler 4 über seine Zuleitung 22 direkt angeschlossen ist - in der Weise hoch gestuft sind, dass die an den Ecken in den Ringleitungsstrahler 2 eingespeisten Signale gleiche Leistungen besitzen und sich jeweils um 90° in der Phase fortlaufend nacheilend unterscheiden.

[0024] 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 UN 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. Figur 7 zeigt eine Anordnung dieser Art, wobei die vielseitig gestaltbare Erregung 3 in allgemeiner Form angedeutet ist.

[0025] Durch elektromagnetische Kopplung, das heißt vorzugsweise galvanische oder auch kapazitive Kopplung der beiden Antennenteile, bestehend aus dem Ringleitungsstrahler 2 und der Kreisgruppe der vertikalen Strahler 4 an den Ringleitungs-Koppelpunkten 7 werden die Antennenteile in der Weise miteinander verkoppelt, dass beide Antennenteile konstruktiv zu einem zirkular polarisierten Feld beitragen. Der Ringleitungsstrahler 2 wirkt dabei als strahlendes Element, welches ein zirkular polarisiertes Feld mit vertikaler Hauptstrahlrichtung 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 niedrigerer Elevation ist dieses Feld vertikal polarisiert und im Wesentlichen ebenfalls azimutal unabhängig.

[0026] Im Folgenden wird die Wirkungsweise der erfindungsgemäßen Resonanzstruktur an Hand von Figur 7 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.

[0027] 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 12 und 11 zueinander benachbarter Segmente:

$$\underline{I}_2 = \underline{I}_1 \bullet \exp(j2\pi / N) \quad (1)$$

[0028] Es gilt weiterhin für den Strom am Ringleitungs-Koppelpunkt 7, welcher in den vertikalen Strahler 4 einfließt:

$$\underline{I}_S = \underline{I}_1 \bullet \exp(j\Phi) - \underline{I}_2, \quad (2)$$

und
wobei

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

die Phasendrehung über den Wellenleiter der Länge UN für ein Segment bildet.

[0029] Damit muss der Strom IS über die Impedanz des vertikalen Strahlers 4 zusammen mit der Reaktanz X im Fuß-Anschlusspunkt des vertikalen Strahlers 4 so eingestellt werden, dass gilt:

$$\underline{I}_S = \underline{I}_1 \bullet [\exp(j2\pi L / (N\lambda)) - \exp(j2\pi L / (N))] \quad (4)$$

[0030] 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 Übertragungsleitung 1 angepasst ist. Die Resonanzstruktur besteht somit aus N Leitersegmenten der Länge UN und jeweils einem daran angeschlossenen Filter. Jedes Filter bewirkt eine Phasendrehung Δφ. Die Länge UN 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 Δφ. des entsprechenden Filters eine resultierende Phasendrehung über einem Segment von

$$\Delta\Phi + \Phi = 2\pi L / N \quad (6)$$

ergibt. Die elektromagnetische Welle, welche sich im Umlaufsinn entlang der Ringstruktur ausbreitet, erfährt somit bei einem Umlauf die Phasendrehung von 2π.

[0031] 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 Wellenlänge λ zu gestalten, sodass L =

$k \cdot \lambda$ gilt.

[0032] 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 Elevation mit azimuthaler Rundcharakteristik. Hierdurch ergibt sich der besondere Vorteil der Hauptstrahlung mit zirkularer Polarisierung in diagonalen Elevation mit der vorliegenden Erfindung. Somit ist die Antenne auch insbesondere für den Empfang von Signalen niedrig fliegender Satelliten 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.

[0033] In einer weiteren und vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden die vertikalen Strahler 4 wie in Figur 8 über horizontale Strahlerelemente 14 an die Ringleitungs-Koppelpunkte 7 angekoppelt. Die horizontalen Strahlerelemente 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.

[0034] Insbesondere für die aufwandsarme Herstellung eines Ringleitungsstrahlers 2 eignet sich die in Figur 9 dargestellte quadratische Form, mit vier an den Ecken des Quadrats ausgebildeten Ringleitungs-Koppelpunkten 7 und 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 9 nicht enthalten.

[0035] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erregung 3 für einen Ringleitungsstrahler 2 mit quadratischer Form ist diese berührungslos als gerichtet induktiv und kapazitiv angekoppelte Leiterschleife als Richtkoppler 18 wie in Figur 11 gestaltet. Der Richtkoppler 18 ist in der Form getapert, und ist ähnlich, wie im Zusammenhang mit der Erregung 3 in Figur 5 beschrieben, 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 Masse-Anschlusspunkt 11 über eine kurze vertikale Zuleitung und über eine Rampenfunktion bis auf einen Koppelabstand 10 an den Ringleitungsstrahler 2 heranführt, ist von dort über einen vertikalen Strahler 4 zur leitenden Grundfläche zurückgeführt und über ein Anpassnetzwerk 25 mit dem Antennenanschluss 5 verbunden.

[0036] In Figur 12a ist einer der vertikalen Strahler 4a 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 verringernden Zusatzleiter 19 erfolgen. Zur weiteren Unterstützung der Unidirektionalität der Wellenausbreitung auf dem Ringleitungsstrahler 2 ist in Figur 12b ein dem ersten Teilstück mit abweichendem Wellenwiderstand gegenüberliegendes weiteres Teilstück des Ringleitungsstrahlers 2 mit von dem Wellenwiderstand der übrigen Teilstücke des Ringleitungsstrahlers 2 abweichendem Wellenwiderstand vorhanden.

[0037] Bei der in Figur 13 dargestellten vorteilhaften Ausführungsform einer Antenne nach der Erfindung ist die elektromagnetische Erregung 3 durch Teilankopplung an einen der vertikalen Strahler 4 an einem der Ringleitungs-Koppelpunkte 7a gestaltet. Die bezüglich der Wellenausbreitung unidirektionale Wirkung der elektromagnetischen Erregung 3 ist durch Teilankopplung an einen vertikalen Strahler 4a 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.

[0038] In Figur 14 ist das Anpassnetzwerk 25 in Form einer parallel zur elektrisch leitenden Grundfläche 6 gelegten hochohmigen Übertragungsleitung über etwa $\frac{1}{4}$ der Wellenlänge vorteilhaft ausgeführt.

[0039] Aus Platzgründen kann es notwendig sein, den Ringleitungsstrahler 2 unter Beibehaltung der Resonanzbedingung mit geringeren Abmessungen zu gestalten. Hierzu kann erfindungsgemäß jeder Abschnitt zwischen benachbarten Ringleitungs-Koppelpunkten 7 des Ringleitungsstrahlers 2 eine für alle Abschnitte gleiche mäanderförmige Ausformung 17 erhalten, wie es beispielhaft in Figur 10 dargestellt ist.

[0040] 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 12b gestaltet und in Figur 15 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 Micro-Streifenleitung oder einer Koaxialleitung, ausgehend vom Antennenanschluss 5, realisiert werden.

[0041] In einer weiteren Variante einer derartigen Antenne wird in Figur 16 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 32 gegeben.

[0042] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Antenne in Figur 17 ähnlich wie in den Figuren 16 gestaltet, wobei die leitende Struktur, bestehend aus dem 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.

[0043] Für die 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.

[0044] 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 18a und 18b beispielhaft 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.

[0045] 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.

[0046] 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 18b 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-Satelli-

tenrundfunks 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 18a dargestellt ist. Das heißt, dass h größer ist als h_1 und die Antenne 1 nicht vollkommen mit der Fahrzeugkarosserie integriert ist.

[0047] 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.

[0048] Bei einem Ringleitungsstrahler mit zirkularer Polarisierung und azimuthalem Runddiagramm nach der Erfindung dreht sich die Phase des ausgestrahlten elektromagnetischen Feldes mit dem azimuthalen Winkel des Ausbreitungsvektors aufgrund der sich in einer Laufrichtung ausbreitenden Stromwelle auf der Ringleitung. In Fig. 19 ist ein Ringleitungsstrahler 2 nach der Erfindung umgeben von einem weiteren Ringleitungsstrahler 2a, der nach den oben beschriebenen Regeln entsprechend ausgebildet ist und welcher ebenso eine Resonanzstruktur bildet und in der Weise elektrisch erregt ist, dass sich auf der Ringleitung die Stromverteilung einer laufenden Leitungswelle in einer einzigen Umlaufrichtung einstellt, deren Phasenunterschied im Unterschied zum inneren Ringleitungsstrahler 2 über einen Umlauf gerade $N \cdot 2\pi$ beträgt. Dabei ist N ganzzahlig und beträgt $N > 1$. Die Polarisierung dieses Strahlers mit azimuthalem Rundstrahlendiagramm ist ebenso zirkular und die Phase der zirkularen Polarisierung dreht sich bei $N = 2$ aufgrund der Verteilung von zwei vollständigen Wellen auf dem Ringleiter mit doppelter Abhängigkeit vom azimuthalen Winkel des Ausbreitungsvektors. In dieser besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung werden die beiden Ringleitungsstrahler mit gleichem Zentrum Z kombiniert. Damit befinden sich die Phasenbezugspunkte der beiden Ringleitungsstrahler 2, 2a dekungsgleich im gemeinsamen Zentrum Z . Der in Fig. 19 dargestellte äußere Ringleitungsstrahler 2a ist beispielhaft über zwei $\lambda/4$ -beabstandete Koppelpunkte 7a, ähnlich wie in Fig. 2, elektrisch erregt. Aufgrund der entsprechenden Länge der Ringleitungsstruktur bilden sich jedoch im Gegensatz hierzu bei $N = 2$ zwei vollständige Wellenzüge einer laufenden Welle aus. Bei Überlagerung der Empfangssignale unter geeigneter Gewichtung und Phasenbeziehung der beiden Ringleitungsstrahler 2, 2a lässt sich erfindungsgemäß eine Richtantenne mit einer vorgegebenen azimuthalen Hauptrichtung und Elevation gestalten. Dies geschieht durch die unterschiedliche azimuthale Abhängigkeit der Stromphasen auf den beiden Ringleitungsstrahlern 2, 2a, wobei sich abhängig von der Phasenlage der beiden Stromwellen auf den Ringleitungsstrahlern 2, 2a die Strahlung abhängig vom Azimutwinkel des Ausbreitungsvektors bereichsweise unterstützend bzw. abschwächend überlagert. Durch amplitudengerechte Zusammenfassung der Signale der beiden Ringleitungsstrahler 2, 2a über ein steuerbares Phasendrehglied 42 und ein Summations-Netzwerk 44, bildet sich somit in vorteilhafter Weise im azimuthalen 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 Wirkungsweise der Überlagerung der Empfangssignale geht aus dem in Figur 22 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.

[0049] In einer vorteilhaften Ausführungsformen der Erfindung ist auch der weitere Ringleitungsstrahler 2a als ein rotationssymmetrisch um das Zentrum Z angeordneter polygonaler oder kreisförmig geschlossener Ringleitungsstrahler 2a in einer horizontalen Ebene mit der Höhe h_a über der leitenden Grundfläche 6 verlaufend, gestaltet. Erfindungsgemäß wird die Ringleitung 2a in der Weise gespeist, dass sich auf ihr die Stromverteilung einer laufenden Leitungswelle einstellt, deren Phasenunterschied über einen Umlauf gerade $2 \cdot 2\pi$ beträgt. Durch Wirkung der an die Ringleitungskoppelpunkte 7a angekoppelten vertikalen Strahler 4a lässt sich auch hier die gestreckte Länge des weiteren Ringleitungsstrahlers 2a um einen Verkürzungsfaktor $k < 1$ kürzer gestalten als die entsprechende zweifache Wellenlänge λ . Zur Reduzierung des Durchmessers D der Ringleitungsstrahlers 2, 2a kann der Phasenunterschied von 2π (Ringleitungsstrahlers 2) beziehungsweise $2 \cdot 2\pi$ (Ringleitungsstrahler 2a) auf der Ringleitung durch Erhöhung der Leitungseinduktivität oder/und der Leitungskapazität zur leitenden Grundfläche 6 erfolgen.

[0050] In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung des weiteren Ringleitungsstrahlers 2a ist dieser kreisförmig oder polygonförmig mit 8 an seinem Umfang äquidistant angeordneten Koppelpunkten 7a mit daran angekoppelten vertikalen Strahlern 4 gestaltet. Fig. 20 zeigt beispielhaft einen kreisförmigen Ringleitungsstrahler 2a mit weiteren

Blindwiderstandsschaltungen 45a,...45d, welche in die vertikalen Strahler 4 eingebracht sind. Bei Diese Blindwiderstandsschaltungen 45a...45d sind zusammen mit den Wellenwiderständen Z_f der Ringleitungsabschnitte zwischen den Ringleitungs-Koppelpunkte 7a in der Weise aufeinander abgestimmt, dass sich sowohl die Laufrichtung der umlaufenden Welle in der vorgegebenen Richtung als auch die Resonanz des Ringleitungsstrahler 2a für die Phasenbedingung $2 \cdot 2\pi$ für diese Welle einstellt. Dies wird auf vorteilhafte Weise dadurch erreicht, dass niederohmige und hochohmige Wellenwiderstände längs dem Umfang der Ringleitungsstrahler 2, 2a einander abwechseln. Abhängig vom oben erläuterten Verkürzungsfaktor $k < 1$ können die Ringleitungsabschnitte der beiden Ringleitungsstrahlers 2, 2a 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.

[0051] Figur 21 zeigt eine Draufsicht der Richtantenne in Figur 20, wobei die Antenne aus einem quadratisch geformtem Ringleitungsstrahler 2 und einem achteckig geformten weiteren Ringleitungsstrahler 2 gebildet ist. Die Ringleitungs-Koppelpunkte 7 und 7a, sind jeweils an den Ecken des quadratischen Innenrings und des achteckigen Außenrings 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 Schaltungsdiversity-Verfahrens zu erhöhen. Durch Ausgestaltung des Summations-Netzwerks 44 als Summations- und Auswahl-Netzwerk 44a kann dort sowohl zwischen den Empfangssignalen der beiden Ringleitungsstrahler 2, 2a und der gewichteten Überlagerung - gegebenenfalls mit unterschiedlichen Gewichtungen - getrennt ausgewählt werden.

[0052] Für die Herstellung des weiteren Ringleitungsstrahlers 2a kommen erfindungsgemäß die gleichen Technologien zur Anwendung, wie sie für die Herstellung des Ringleitungsstrahlers 2 z. B. insbesondere auch im Zusammenhang mit den Figuren 15 bis 17 beschrieben sind.

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 der Leiterschleife, umfassend 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 elektromagnetische Erregung in der Weise elektrisch erregbar, dass sich auf der Ringleitung die Stromverteilung einer laufenden Leitungswelle in einer einzigen Umlaufrichtung einstellt, deren Phasenunterschied über einen Umlauf gerade 2π beträgt,

- am Umfang des Ringleitungsstrahlers (2) ist mindestens ein mit dem Ringleitungsstrahler (2) elektromagnetisch verkoppelter, und zur elektrisch leitenden Grundfläche (6) hin verlaufender vertikaler Strahler (4) vorhanden, der mit der elektrisch leitenden Grundfläche (6) elektromagnetisch verkoppelt ist, wobei

- um das Zentrum des Ringleitungsstrahlers (2) herum ein weiterer Ringleitungsstrahler (2a), mit gleichem Zentrum vorhanden ist, welcher so gestaltet ist, dass dessen Resonanz der des Ringleitungsstrahlers (2) gleich ist und welcher jedoch abweichend davon in der Weise elektrisch erregbar ist, dass der Phasenunterschied der auf dessen Ringleitung (2a) in einer einzigen Umlaufrichtung sich ausbreitenden Leitungswelle über einen Umlauf gerade $N \cdot 2\pi$ mit ganzzahligem $N > 1$ beträgt, und dessen Empfangssignale mit den Empfangssignalen des Ringleitungsstrahlers (2) in einem Summations- und Auswahl-Netzwerk (44) zur Gestaltung einer Richtantenne mit einer Richtcharakteristik mit wählbarer Hauptrichtung überlagert sind.

2. Antenne nach Anspruch 1

dadurch gekennzeichnet, dass

über den Umfang der Länge (L) des Ringleitungsstrahlers (2) mehrere (N) vertikale Strahler (4) in gleich langen gestreckten Längenabständen (UN) der Struktur voneinander entfernt über Ringleitungs-Koppelpunkte (7) an den Ringleitungsstrahler (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 bewirkte Laufrichtung der Leitungswelle auf dem Ringleitungsstrahler (2) unterstützt ist.

3. Antenne nach einem der Ansprüche 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, dass

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.

- 5
4. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Ringleitungsstrahler (2) als Quadrat gestaltet ist, an dessen Ecken jeweils ein Ringleitungs-Koppelpunkt (7) mit einem dort galvanisch angeschlossenen vertikalen Strahler (4) ausgebildet ist und der Strahler (4) jeweils mit einer als Kapazität (15) realisierten Blindwiderstandsschaltung (13) zur Ankopplung an einen Masse-Anschlusspunkt (11) auf der elektrisch leitenden Grundfläche (6) versehen ist.

- 10
5. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

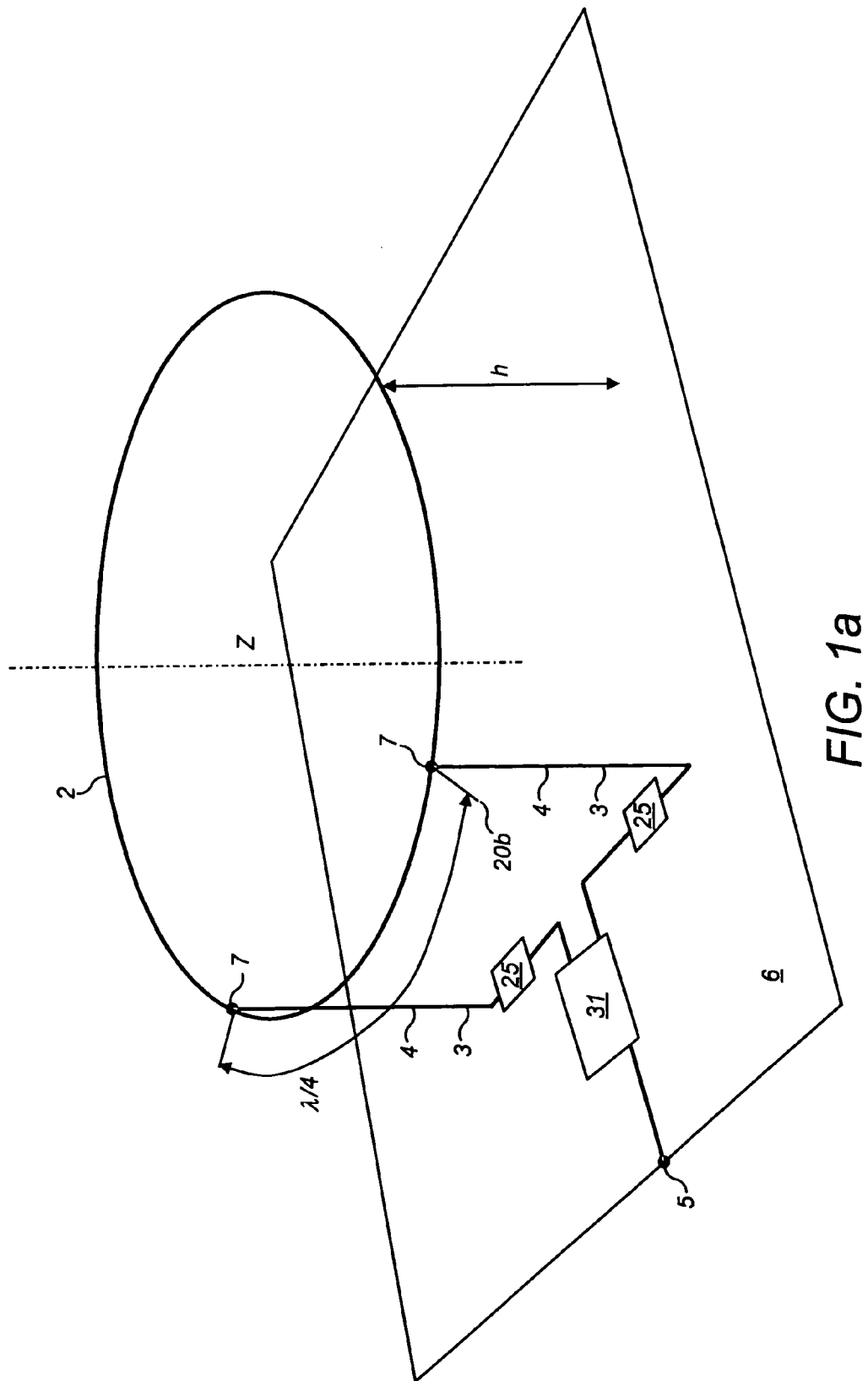
dadurch gekennzeichnet, dass

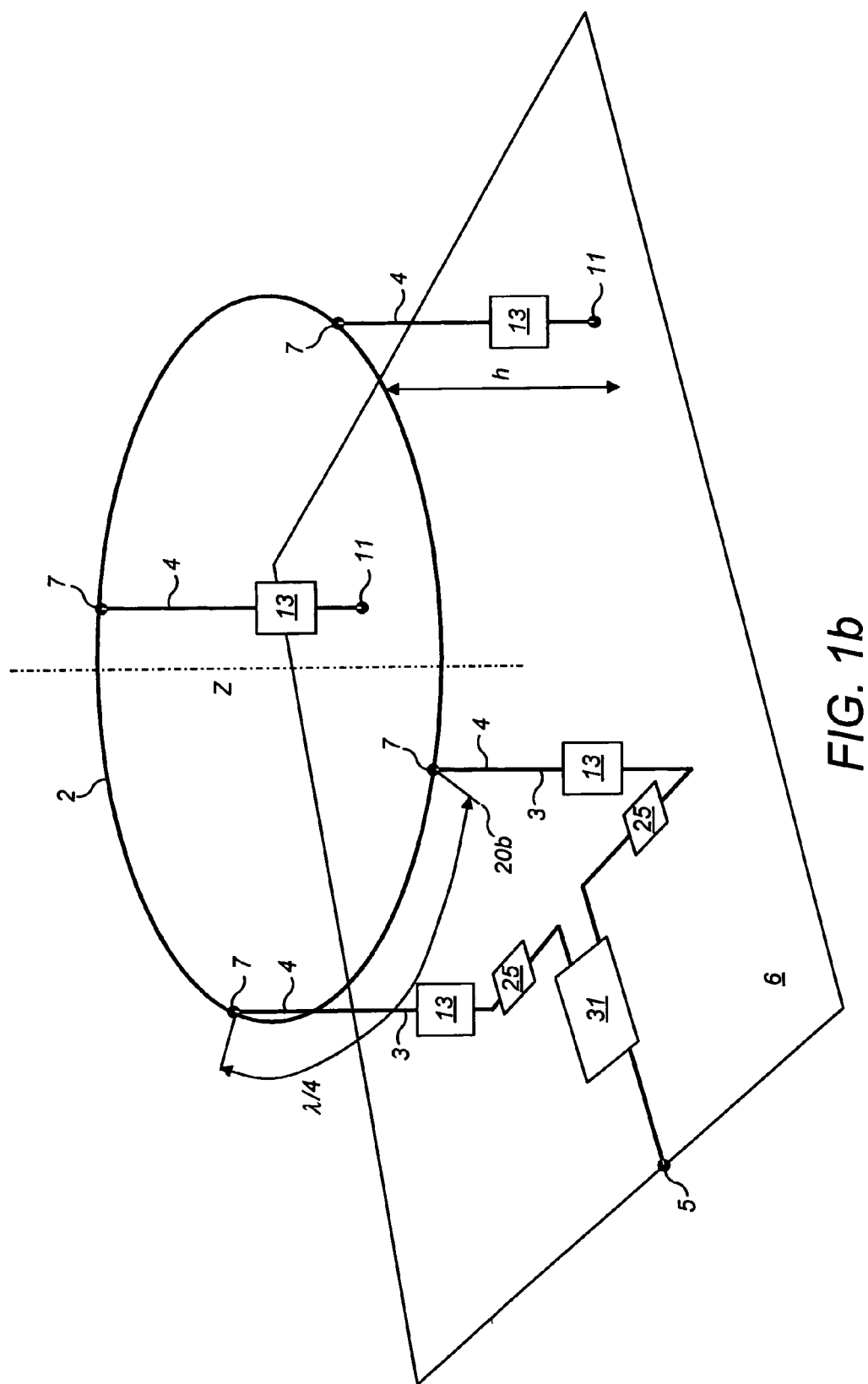
15
der Phasenunterschied der auf dem weiteren Ringleitungsstrahler (2a) in einer einzigen Umlaufrichtung sich ausbreitenden Leitungswelle über einen Umlauf gerade $2 \cdot 2\pi$ beträgt und die Empfangssignale an seiner Strahler-Anschlussstelle (46) über ein steuerbares Phasendrehglied (42) dem Summations-Netzwerk (44) zugeführt sind und dort gewichtet den ebenfalls dem Summations-Netzwerk (44) zugeführten Empfangssignalen des Ringleitungsstrahlers (2) an dessen Strahler Anschlussstelle (5) zur Ausbildung der Hauptrichtung im azimutalen Richtdiagramm hinzugefügt sind, so dass durch variable Einstellung des Phasendrehglieds (42) die azimutale Hauptrichtung der Richtantenne an ihrem Richtantennen-Anschluss (43) variabel einstellbar ist.

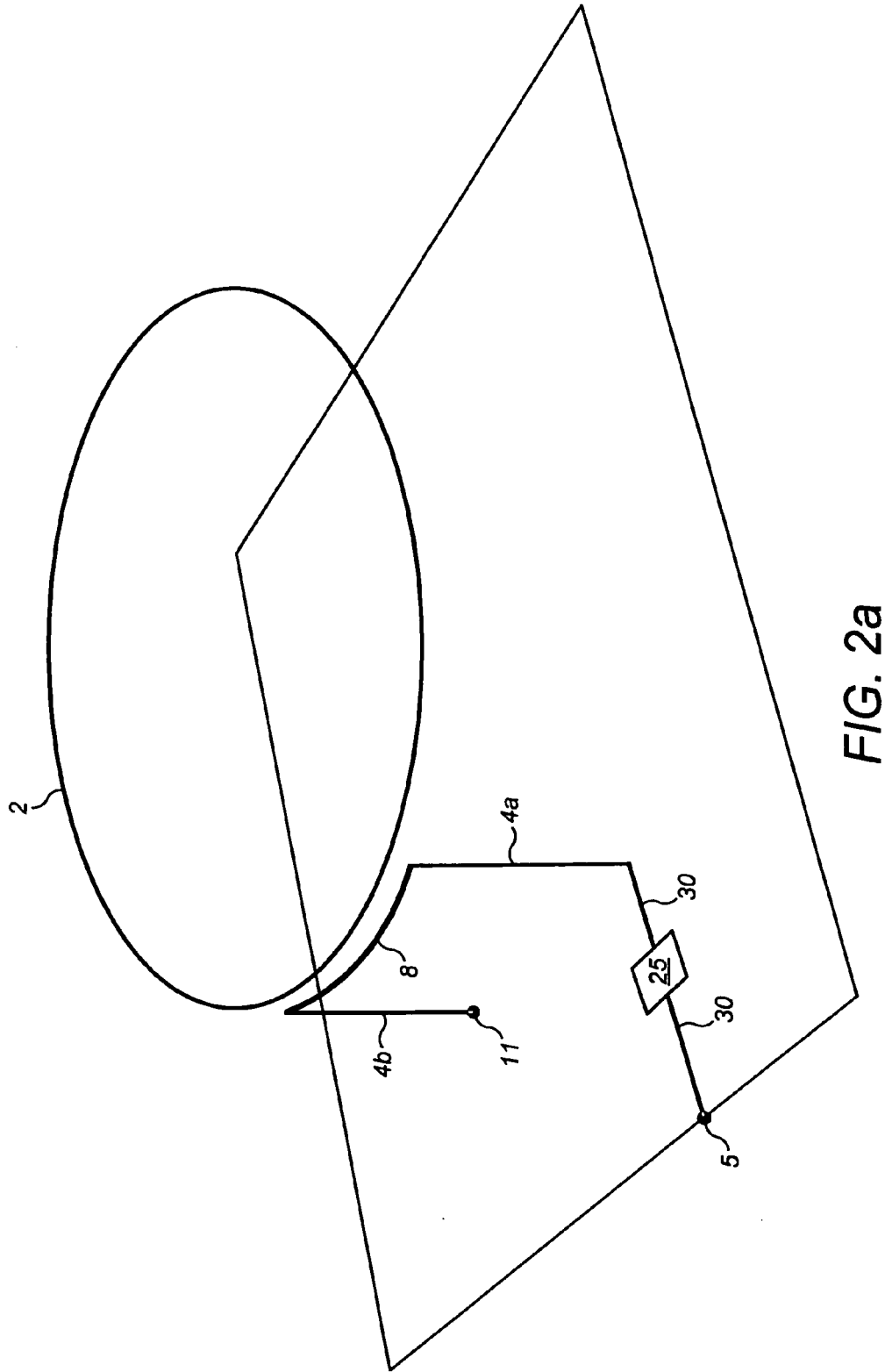
- 20
6. Antenne nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet, dass

25
die Länge des Ringleitungsstrahlers L beträgt, und dass der Ringleitungsstrahler (2) als geschlossener im wesentlichen quadratischer Leitungsring mit der Kantenlänge von im Wesentlichen U_4 über der leitenden Grundfläche (6) im Abstand h über der leitenden Grundfläche (6) ausgebildet ist, der weitere Ringleitungsstrahler (2a) als geschlossener, regulärer im wesentlichen achteckiger Leitungsring mit einer Kantenlänge von im Wesentlichen U_8 ausgebildet ist, und an den Ecken der beiden Ringleitungsstrahler (2, 2a) jeweils Ringleitungs-Koppelpunkte (7, 7a) zur Ankopplung von vertikalen Strahlern (4) ausgebildet sind.







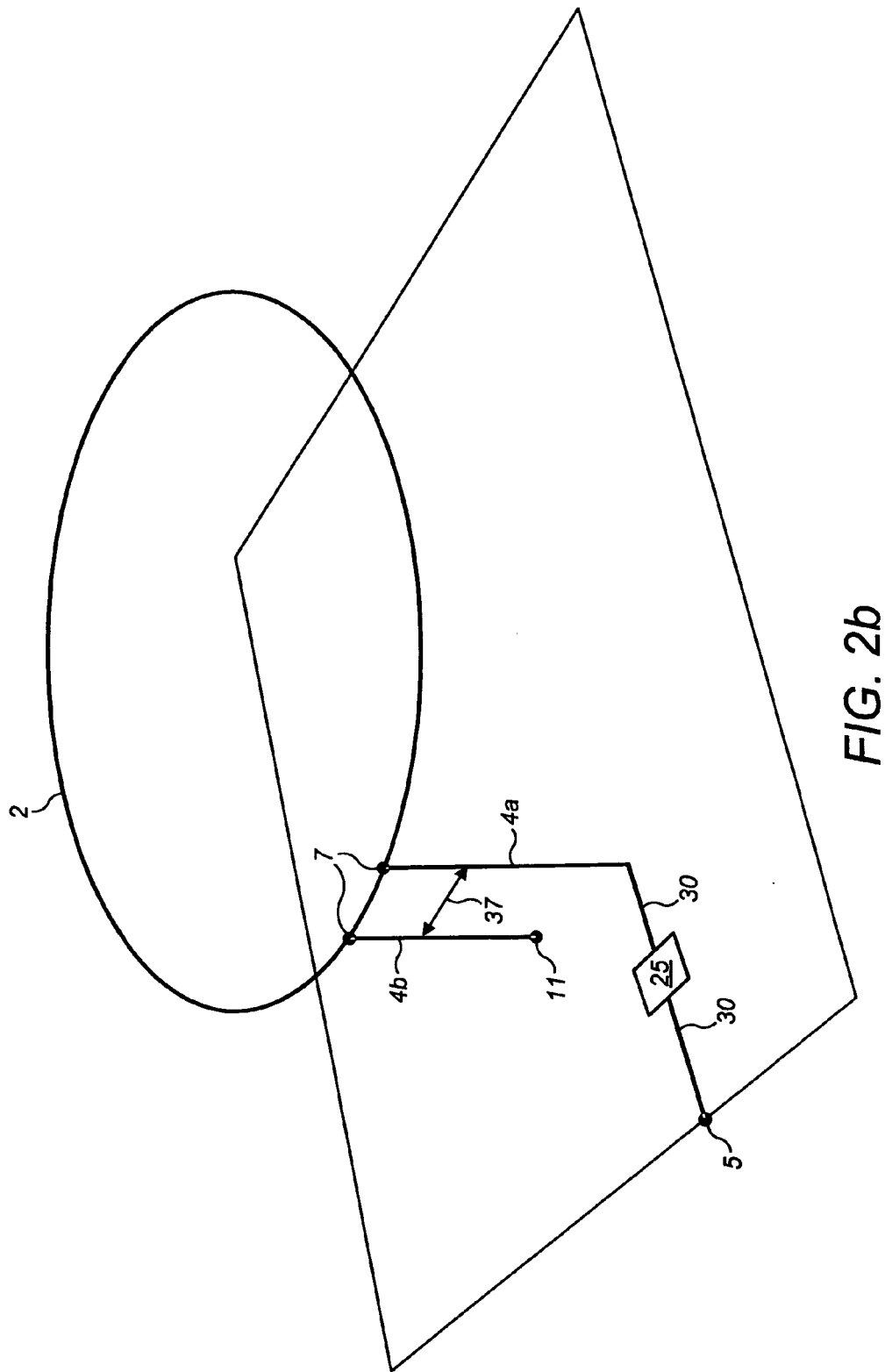


FIG. 2b

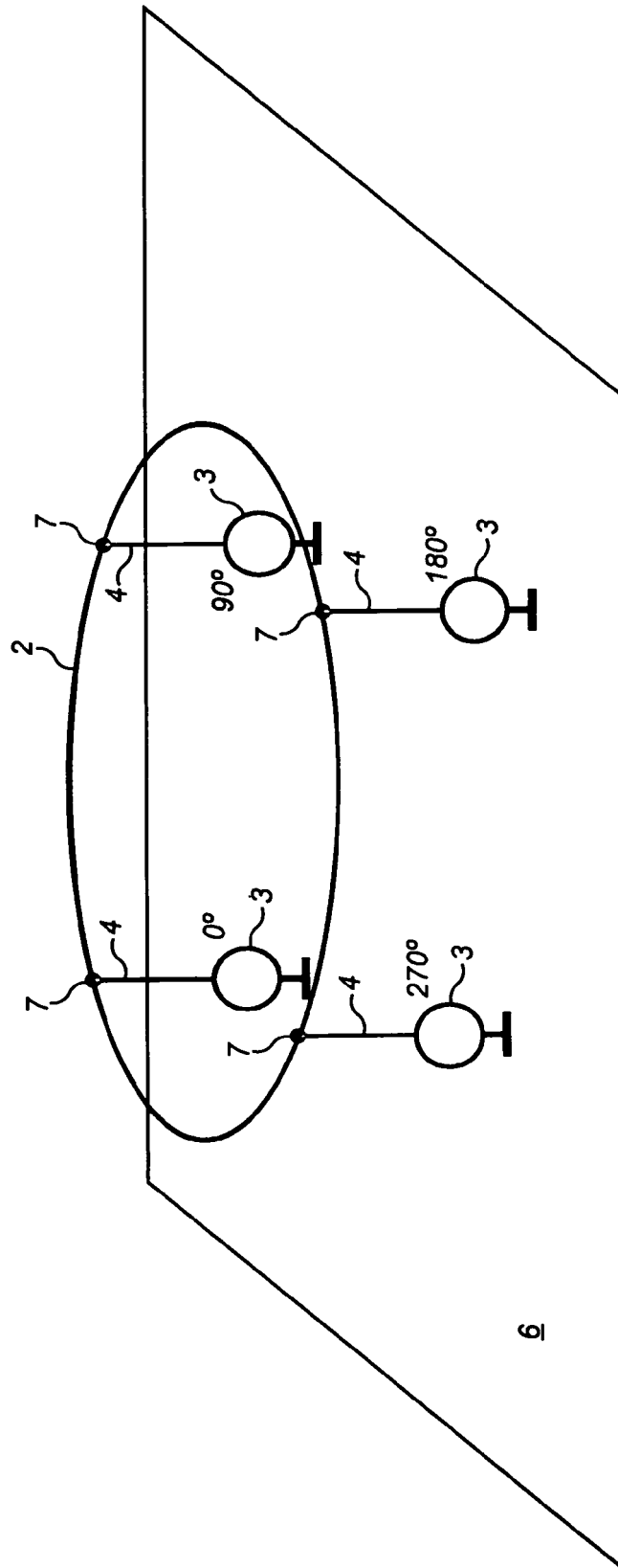
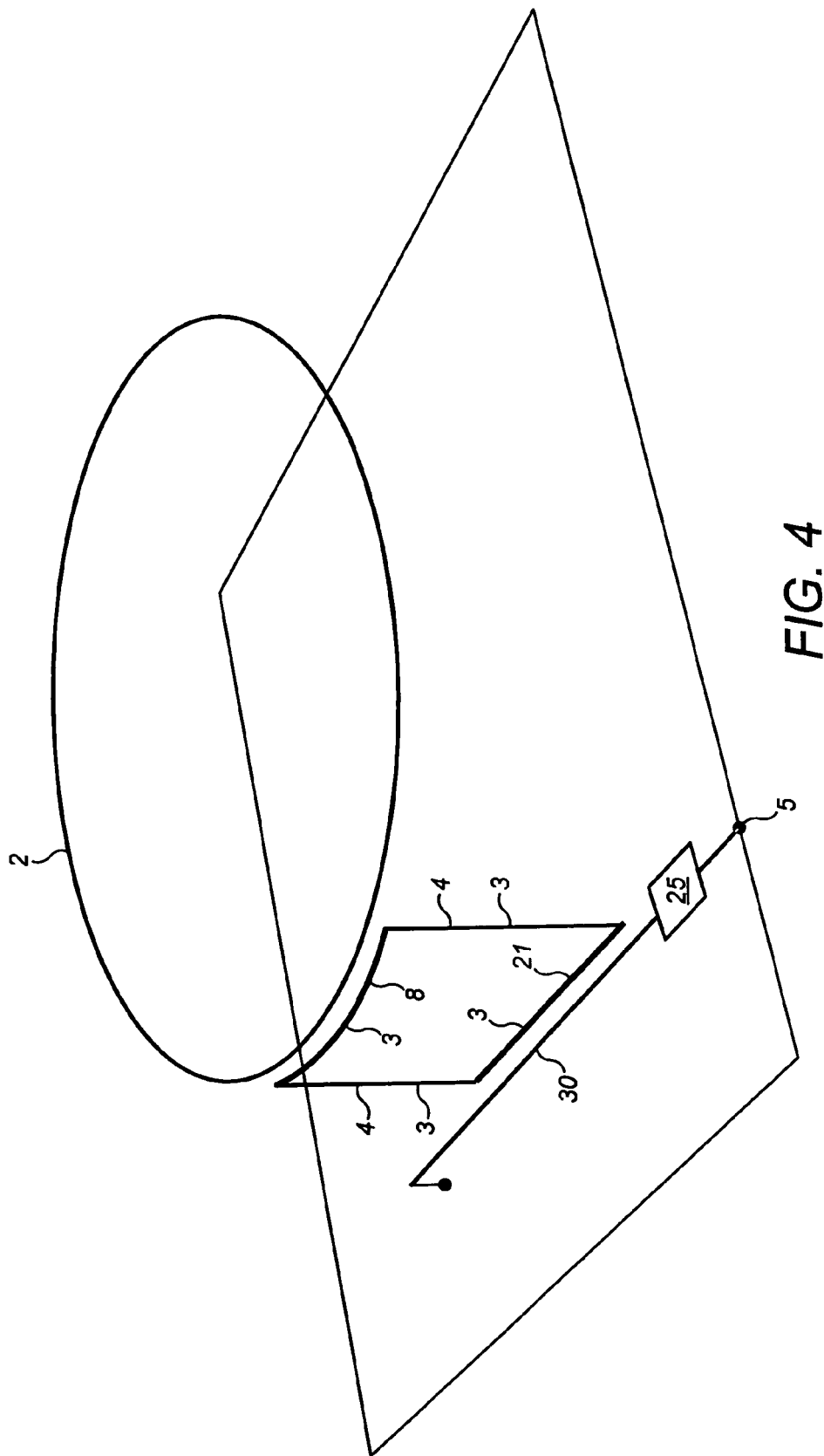


FIG. 3



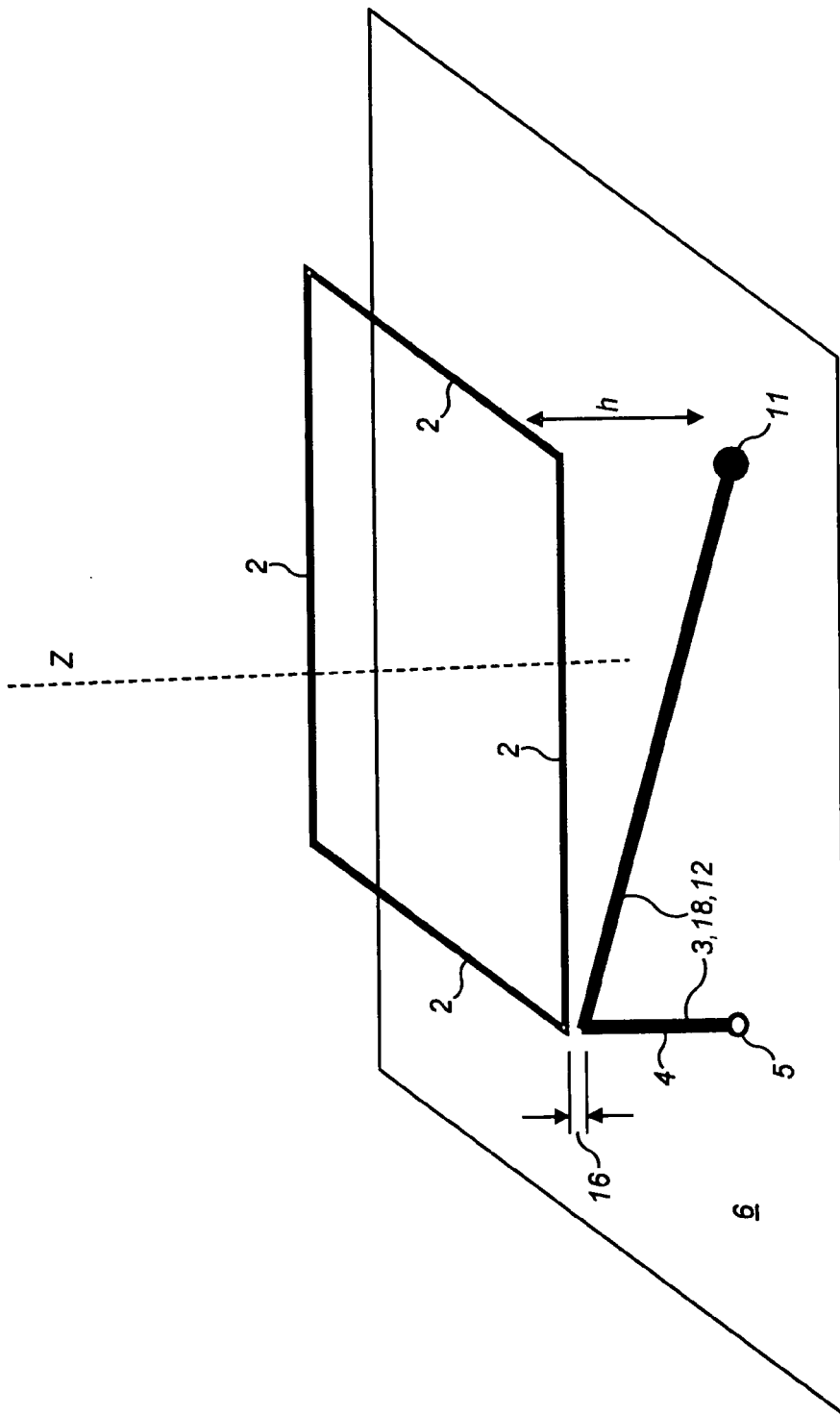


FIG. 5

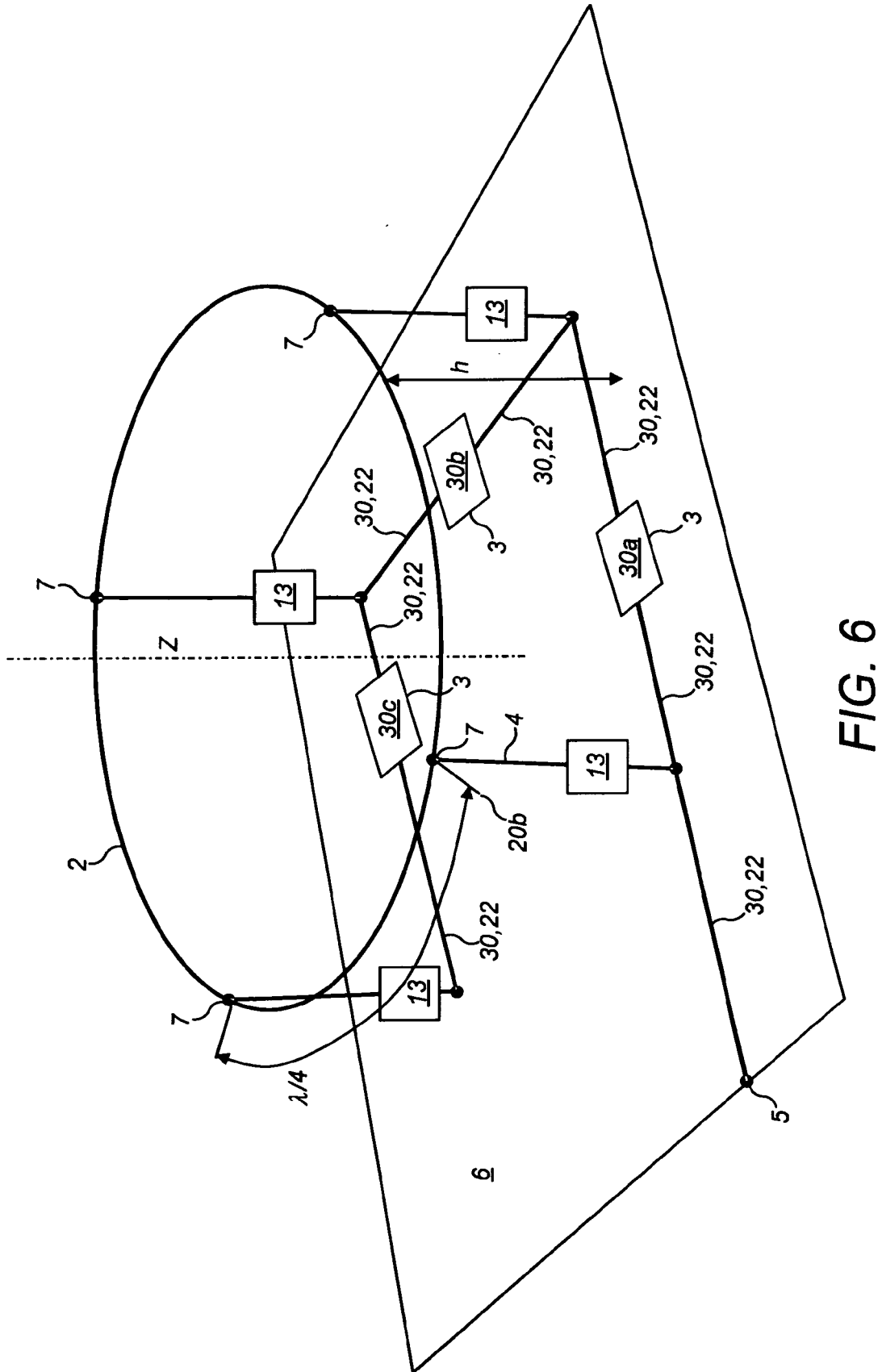


FIG. 6

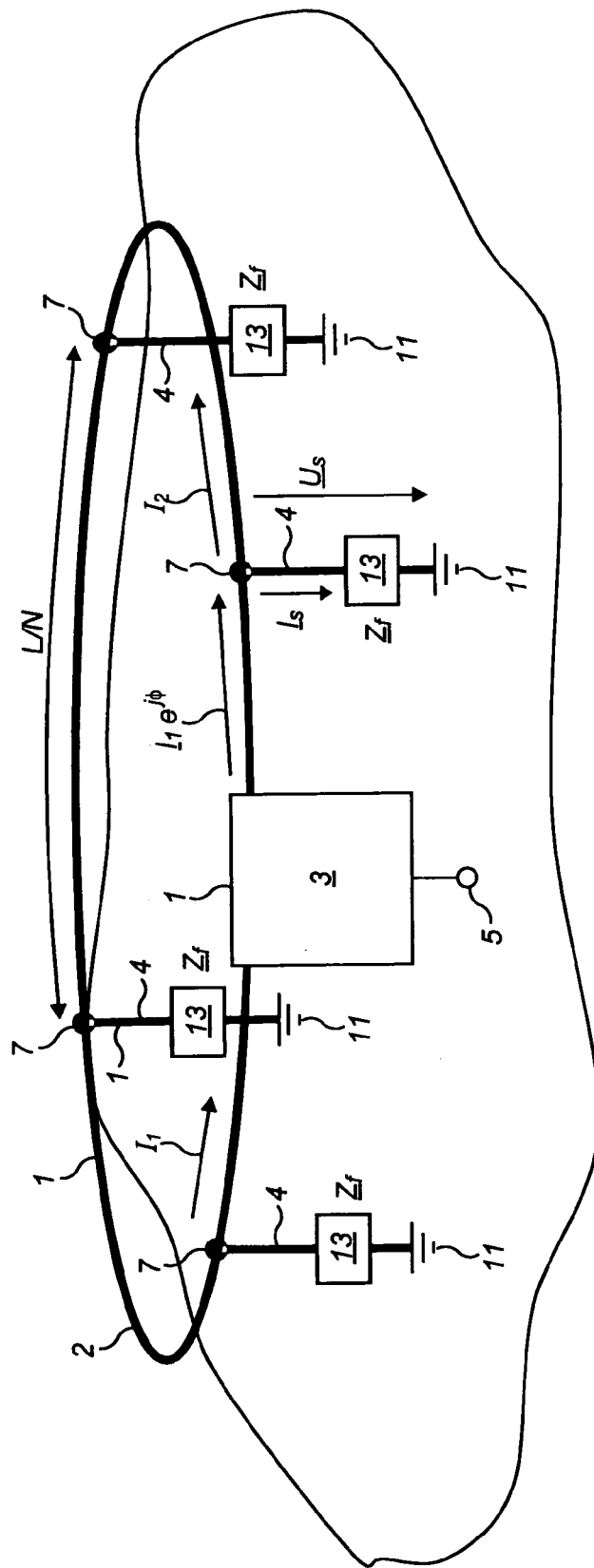


FIG. 7

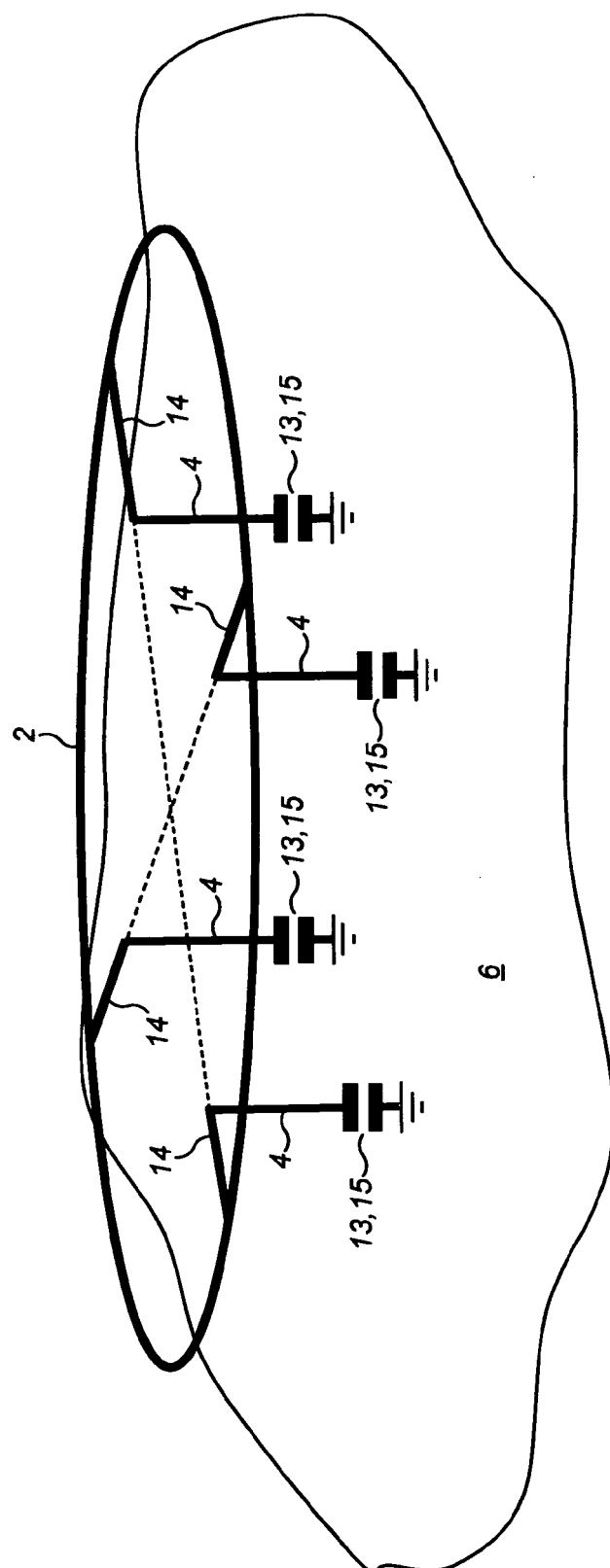


FIG. 8

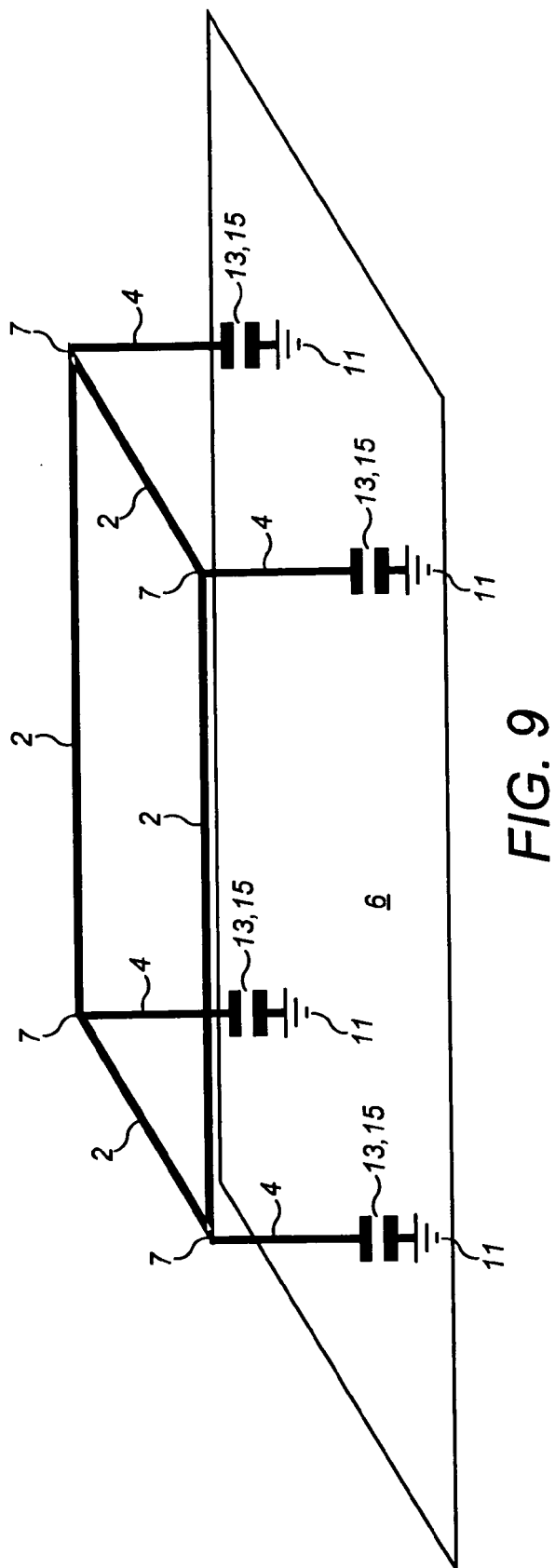


FIG. 9

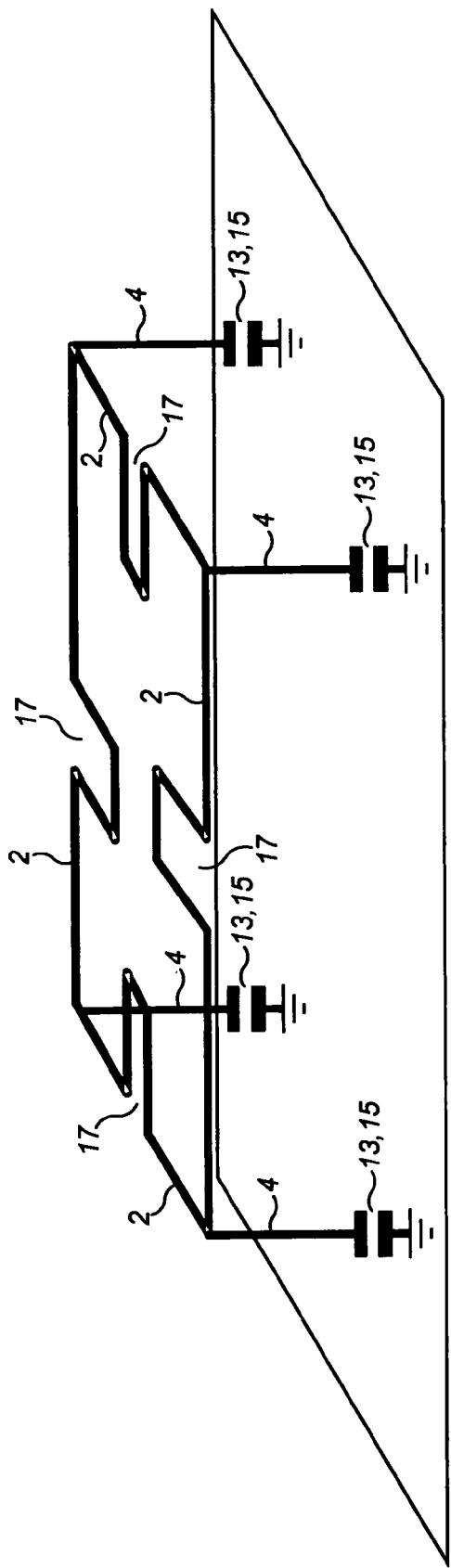
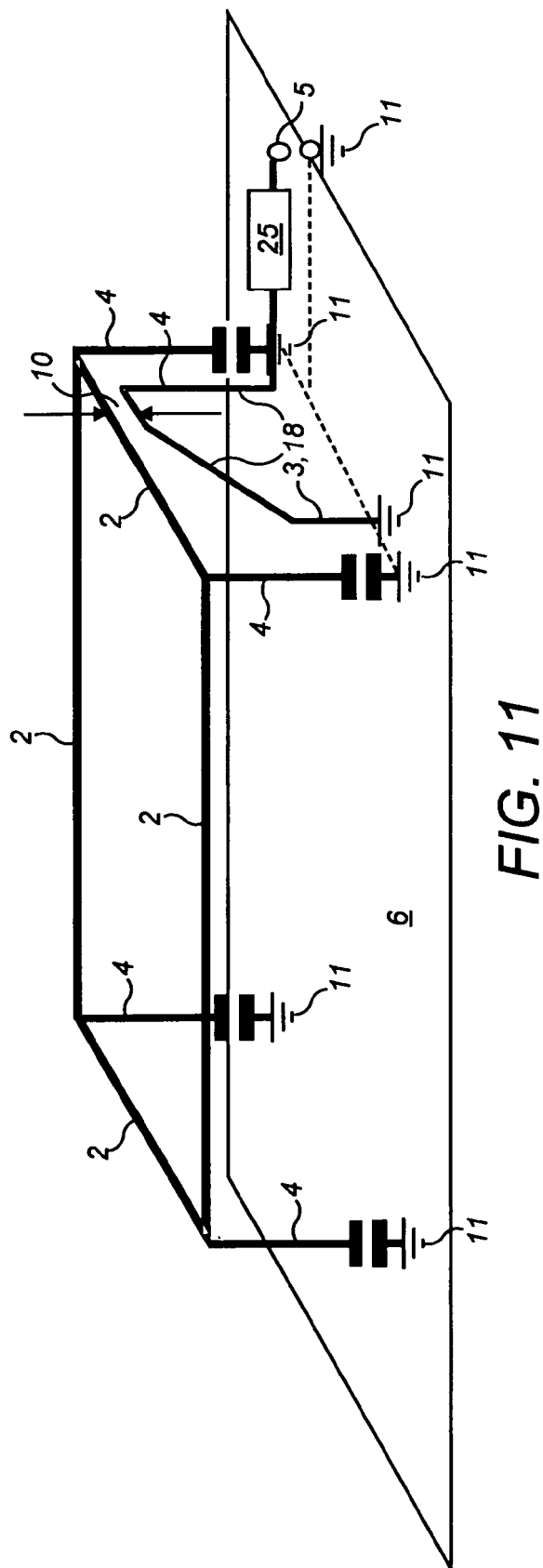


FIG. 10



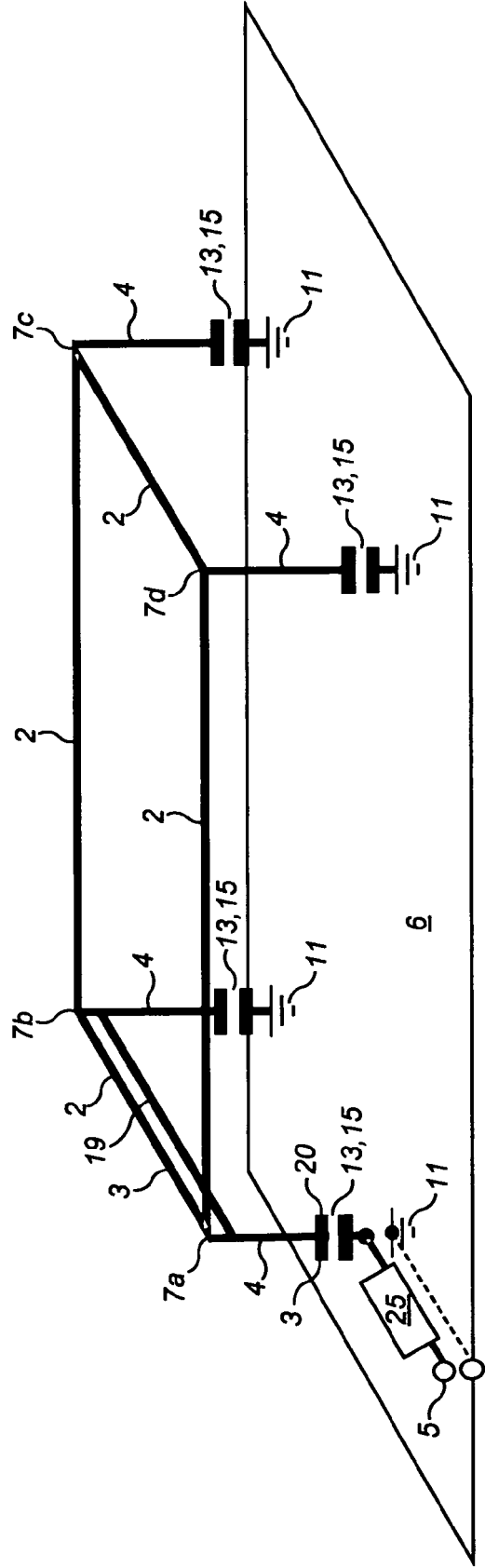


FIG. 12a

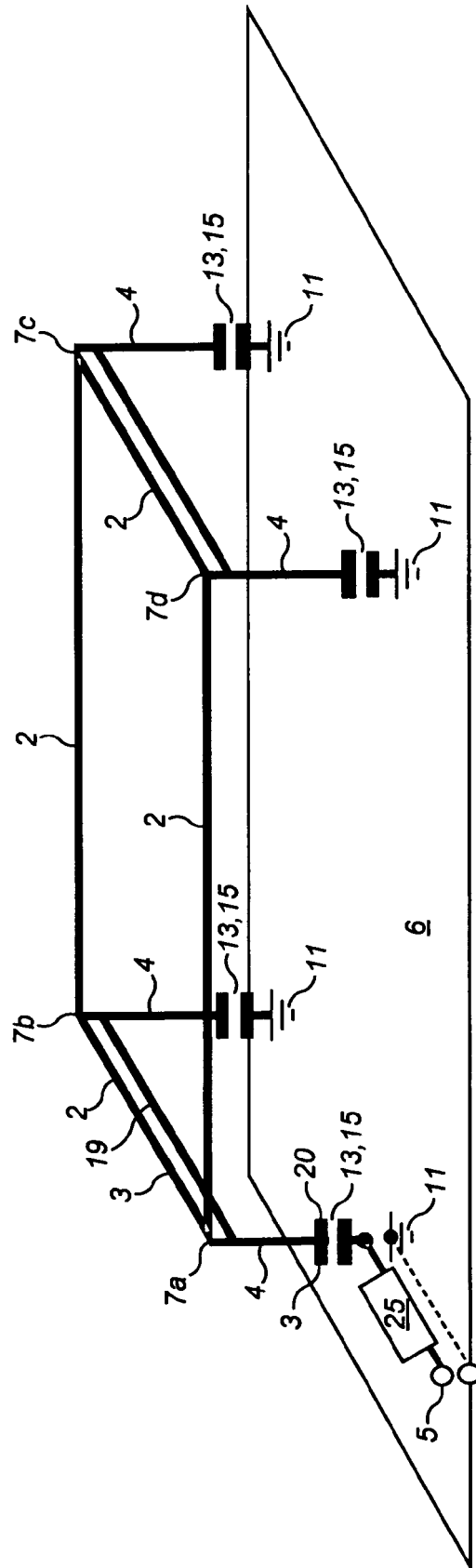


FIG. 12b

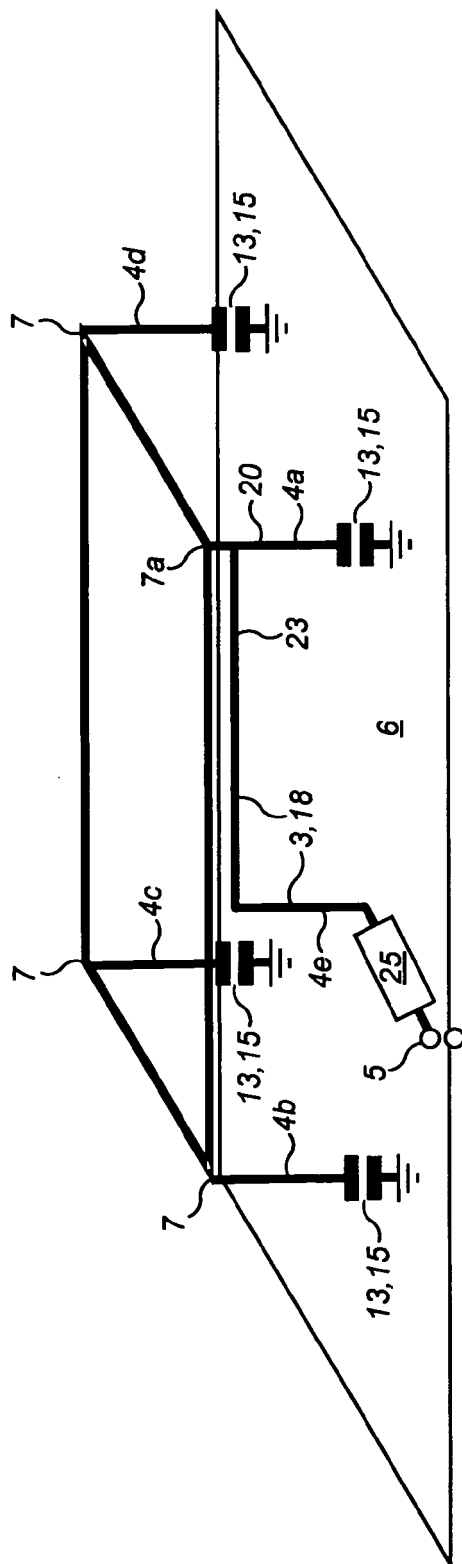


FIG. 13

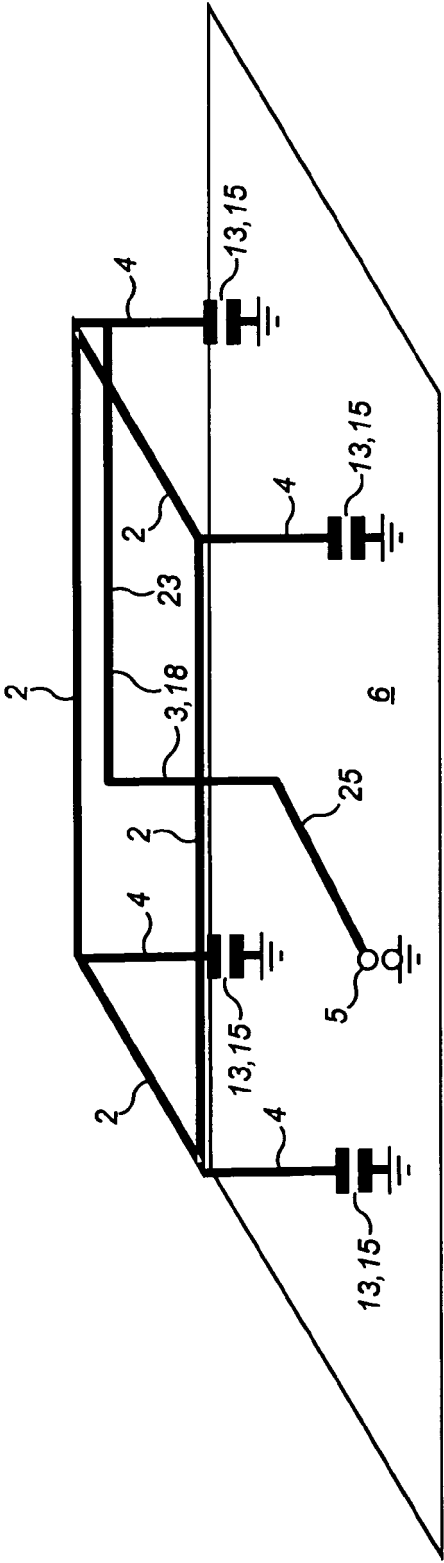


FIG. 14

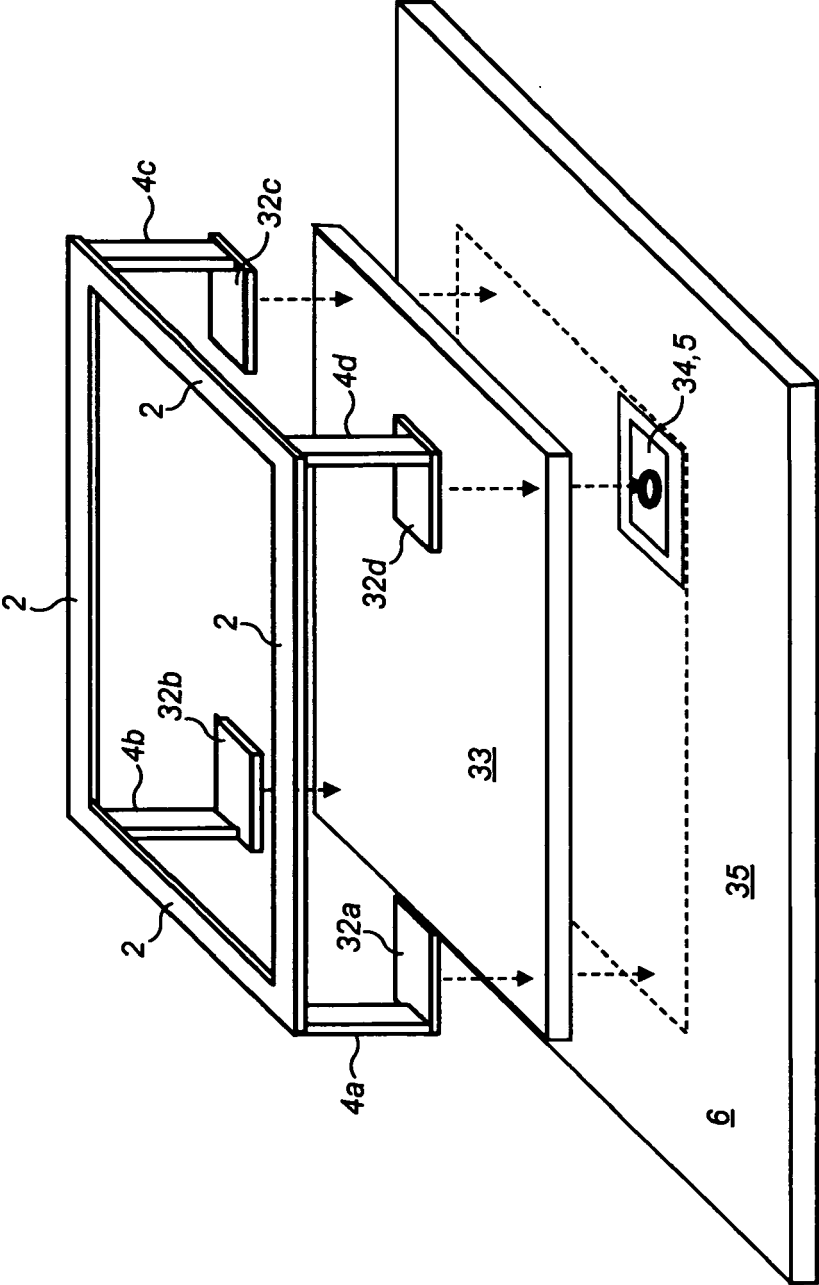


FIG. 15

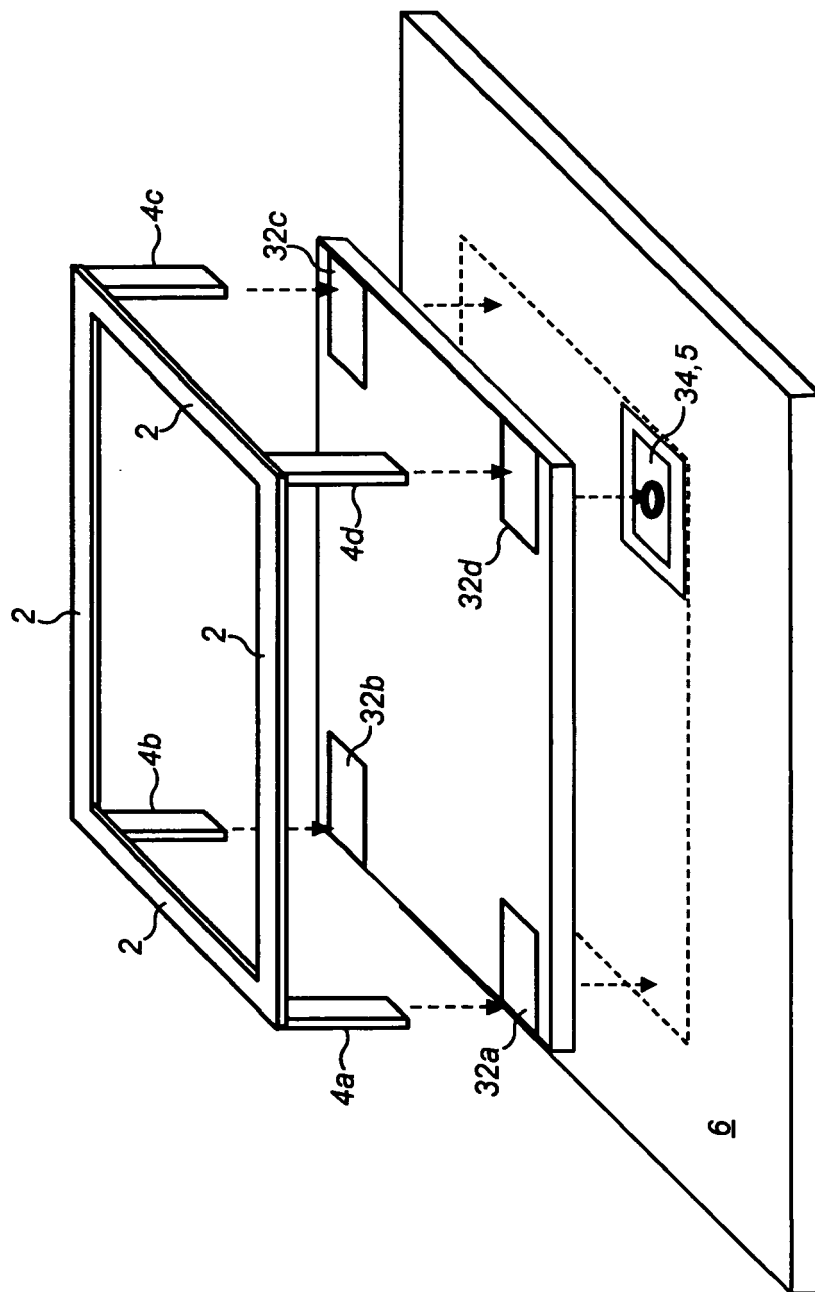


FIG. 16

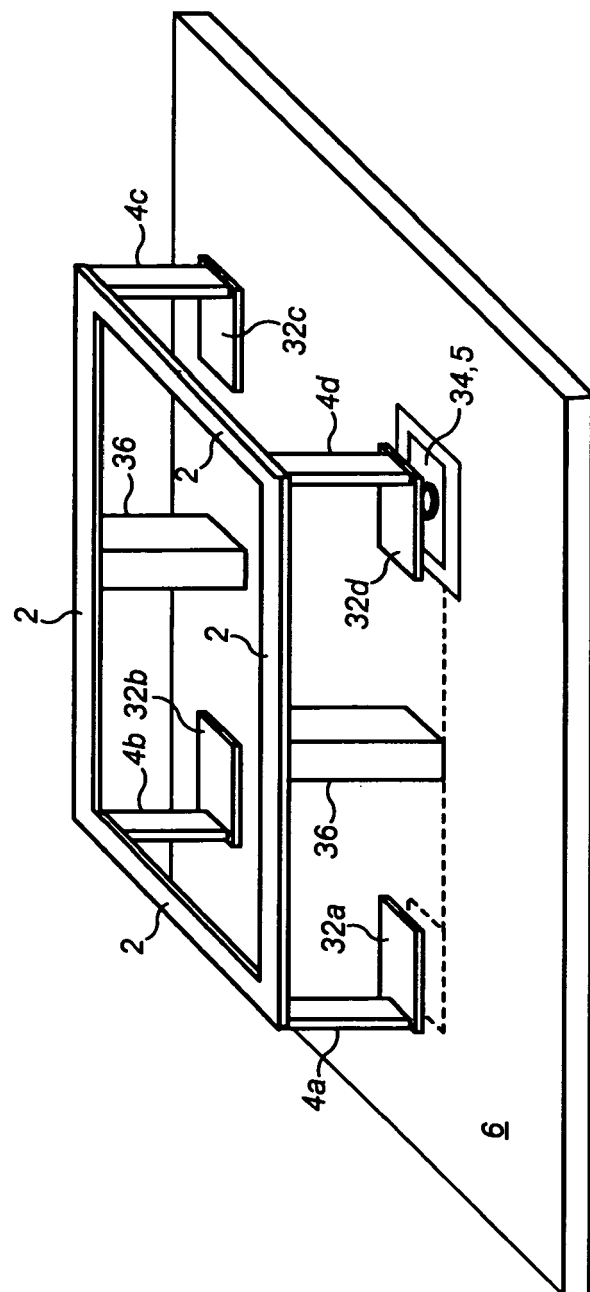


FIG. 17

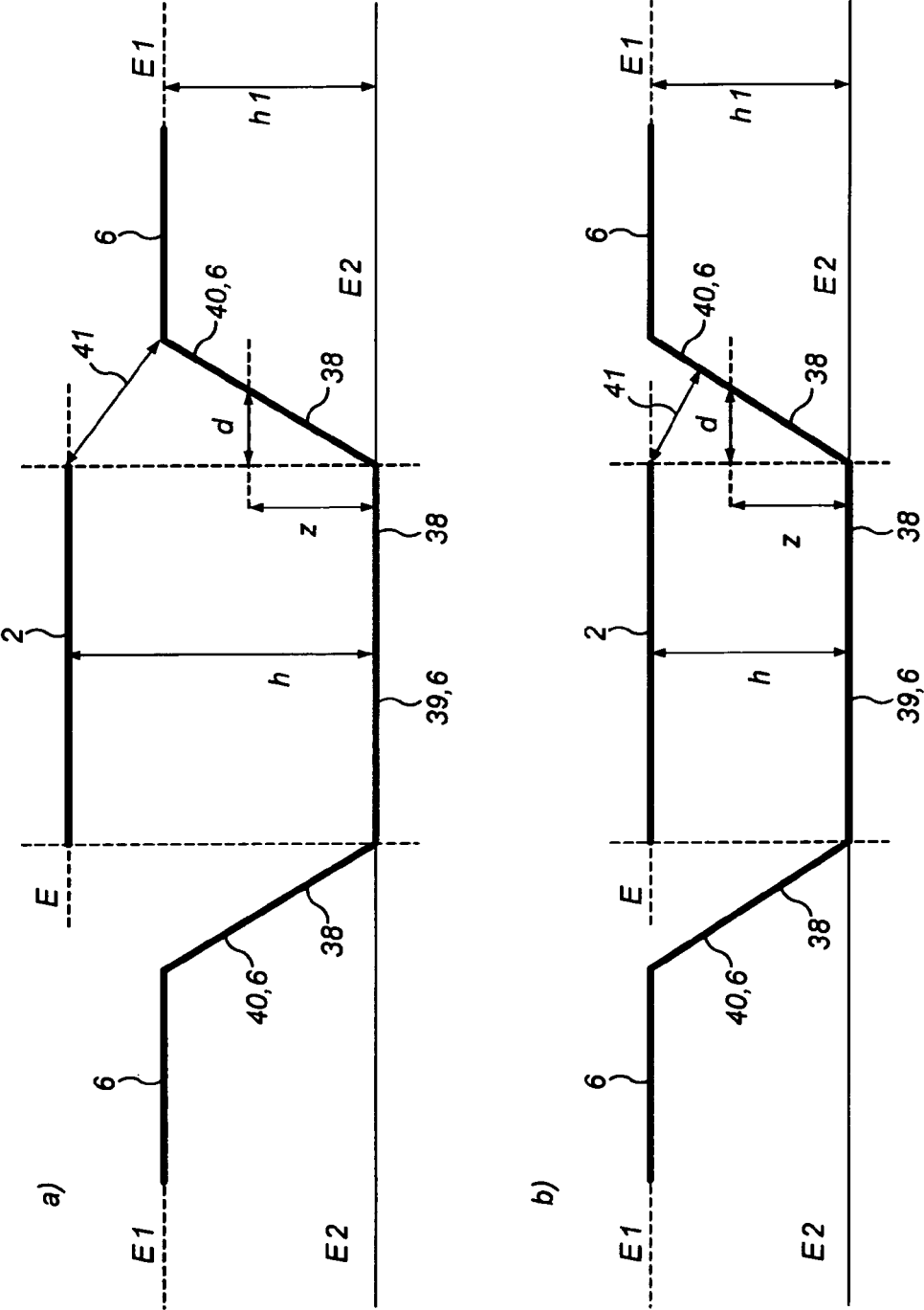


FIG. 18

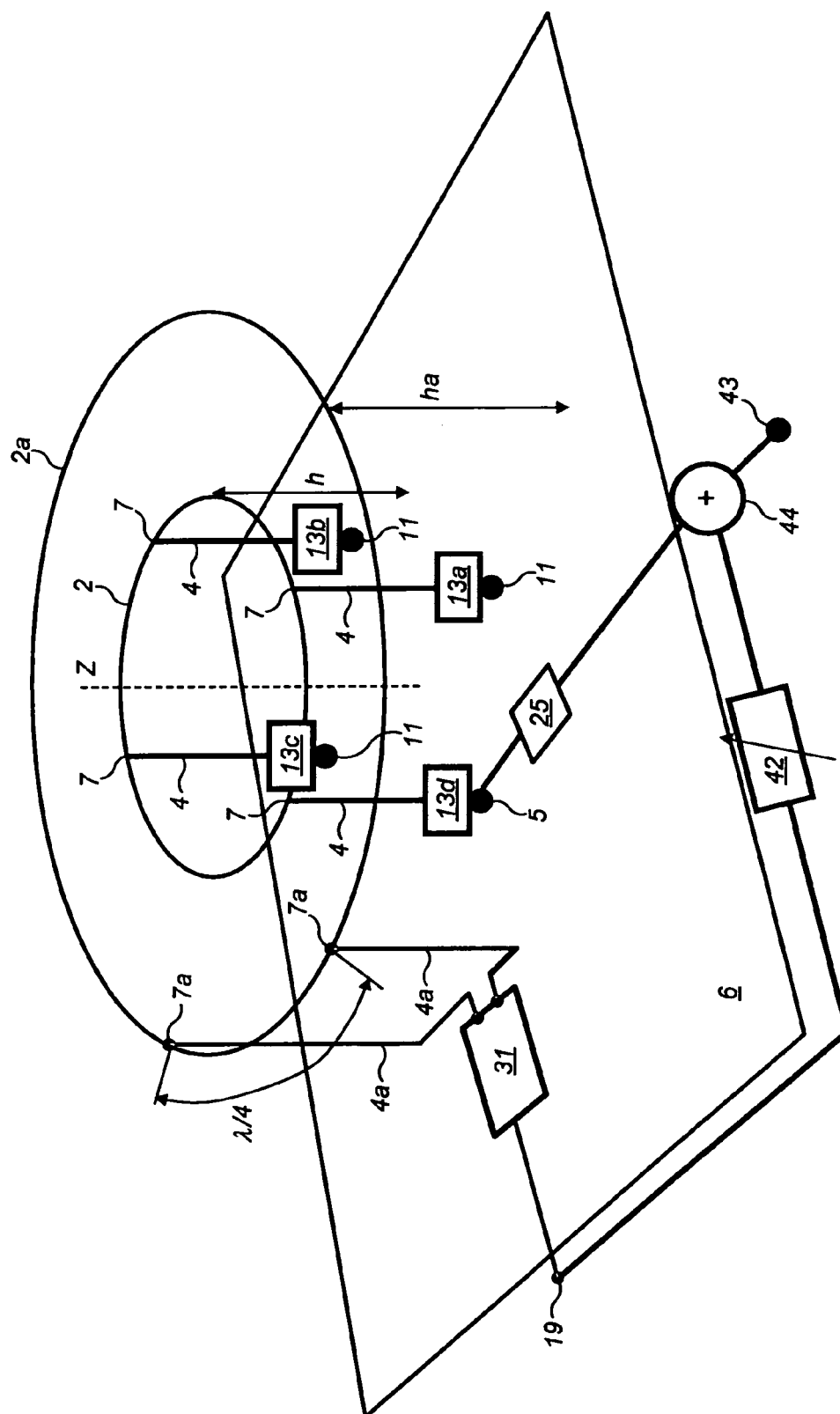
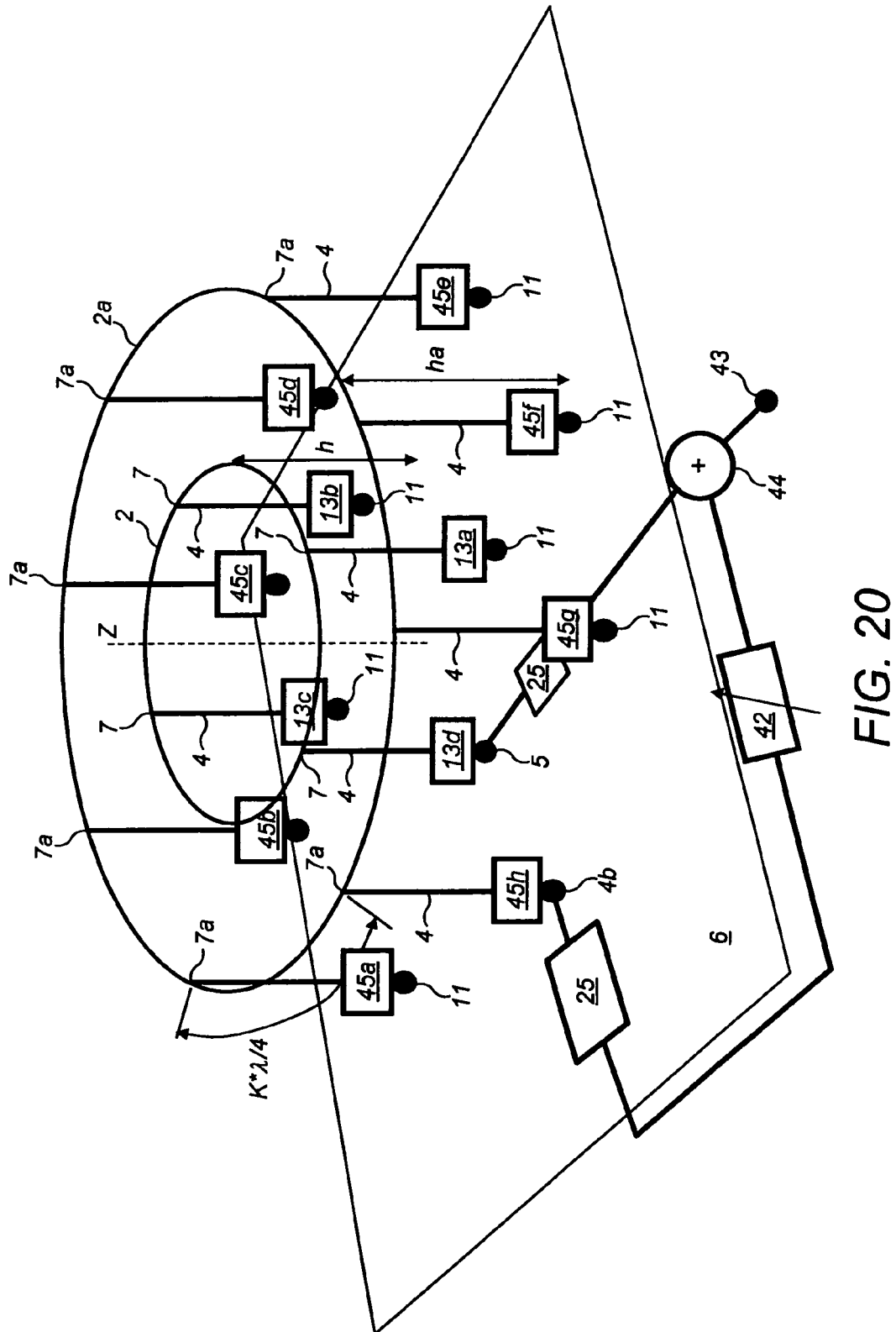


FIG. 19



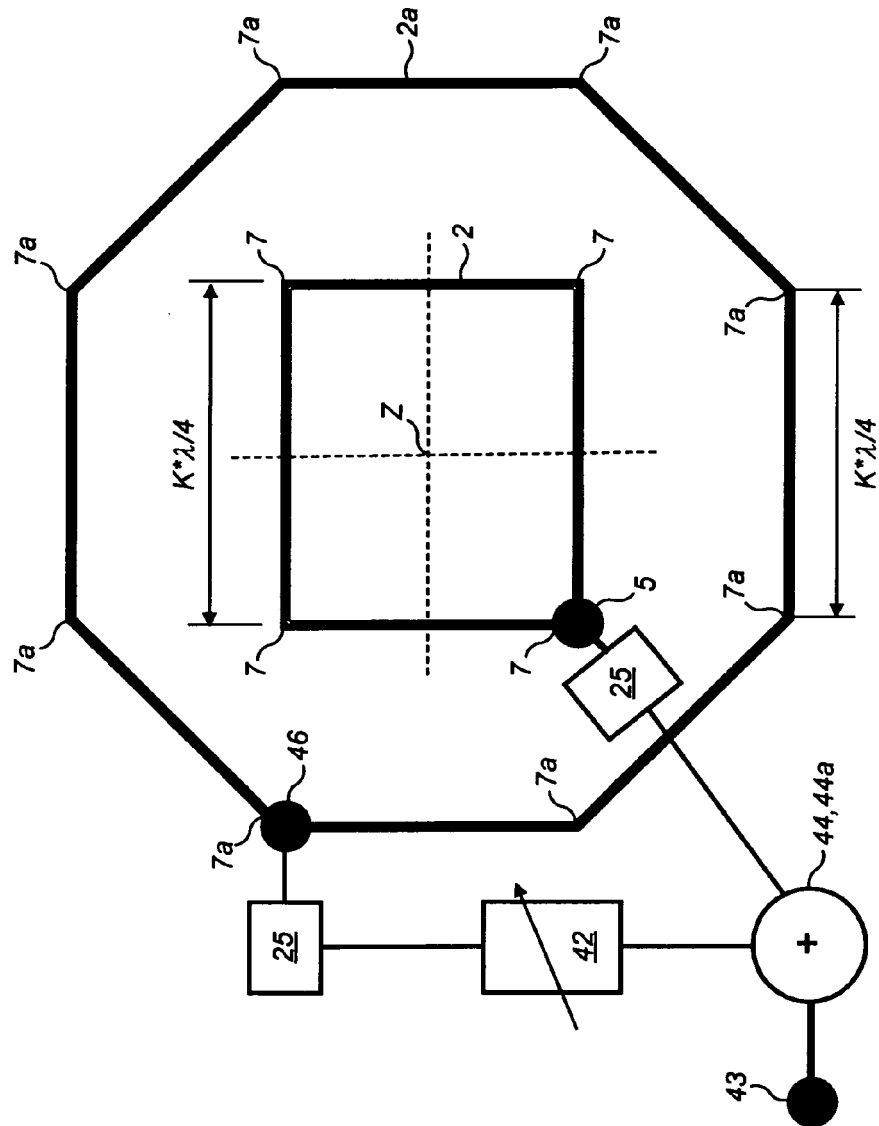


FIG. 21

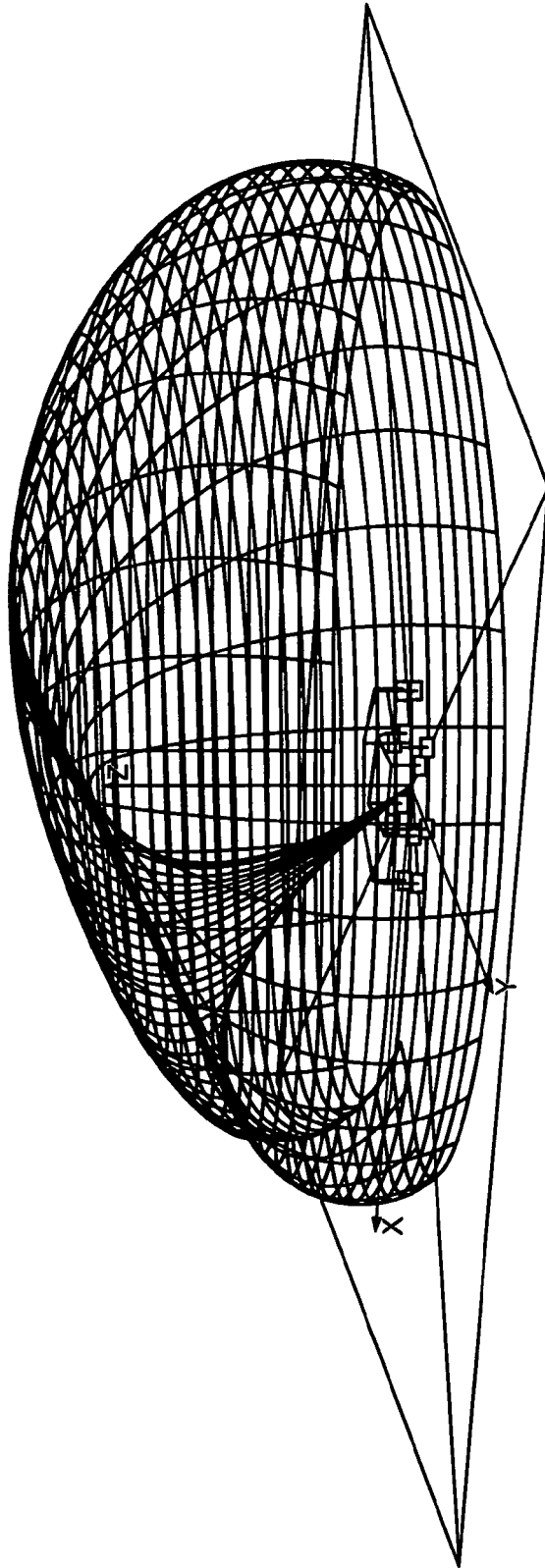


FIG. 22

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]
- DE 10163793 A [0002] [0003] [0007]