



(11) **EP 2 226 895 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
08.09.2010 Patentblatt 2010/36

(51) Int Cl.:
H01Q 7/00 (2006.01) H01Q 9/32 (2006.01)
H01Q 9/36 (2006.01) H01Q 21/24 (2006.01)
H01Q 21/29 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10001881.1**

(22) Anmeldetag: **24.02.2010**

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

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

(30) Priorität: **03.03.2009 DE 102009011542**

(74) Vertreter: **Denton, Michael John et al**
Delphi France SAS
64 Avenue de la Plaine de France
ZAC Paris Nord II
B.P. 65059, Tremblay en France
95972 Roissy Charles de Gaulle Cedex (FR)

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

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

(54) **Antenne für den Empfang zirkular in einer Drehrichtung der Polarisation ausgestrahlter Satellitenfunktiale**

(57) Die Erfindung betrifft eine Antenne für den Empfang zirkular in einer Drehrichtung der Polarisation ausgestrahlter Satellitenfunktiale umfassend wenigstens zwei mit einem Antennenanschluss (28) verbundene, jeweils in einer Raumrichtung linear polarisierte und über ein Anpass- und Phasenschieber-Netzwerk (25, 23) verbundene Strahler. Einer der Strahler ist als Schleifenantenne (14) im Wesentlichen in einer horizontalen Ebene parallel über einer im Wesentlichen horizontal orientierten leitenden Grundfläche (6) angeordneten Leiterschleife gebildet. Die Leiterschleife weist für ihre elektrisch wirksame Verkürzung wenigstens eine durch eine Kapazität (16) überbrückte Unterbrechung, insbesondere mehrere im Abstand voneinander angeordnete, durch Kapazitäten (16) überbrückte Unterbrechungen auf. Im Zusammenwirken mit der wenigstens einen Unterbrechung der Leiterschleife ist eine Schleifenantennen-Anschlussstelle (3) der Schleifenantenne (14) zur Einspeisung eines Ringstromes auf der Schleifenantenne (14) gebildet. Der mindestens eine weitere Strahler (7) mit seiner Strahleranschlussstelle (2) sowie die Schleifenantennen-Anschlussstelle (3) der Schleifenantenne (14) sind über ein Anpass- und Phasenschiebernetzwerk (25, 23) verbunden, welches so ausgebildet ist, dass bei reziprokem Betrieb der Antenne die Strahlungsfelder der Schleifenantenne (14) und des mindestens einen weiteren Strahlers (7) im Fernfeld der Antenne mit unter-

schiedlichen Phasen überlagert sind. Der mindestens eine der weiteren Strahler (7) weist eine im wesentlichen senkrecht zur Polarisation der Schleifenantenne (14) orientierte Polarisation und eine im wesentlichen orthogonale Phase im Fernfeld auf.

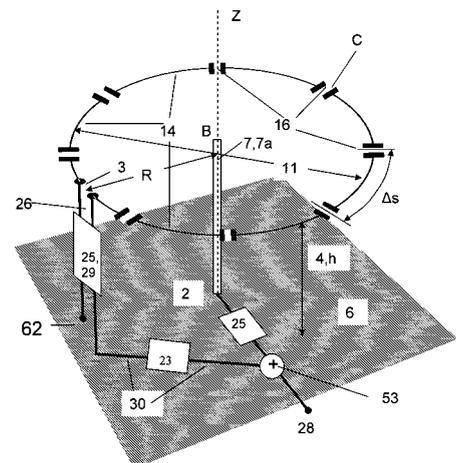


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Antenne für den Empfang zirkular in einer Drehrichtung der Polarisierung ausgestrahlter 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, wie dies in Figur 1 dargestellt ist. 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.

[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 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 Polarisierung die jeweils zueinander räumlich um 90° versetzten Antennenteile in der elektrischen Phase um 90° zueinander verschoben zusammengeschaltet.

[0004] Beide Antennenformen sind besonders für den Empfang von Satellitensignalen geeignet, welche von hoch fliegenden Satelliten - so genannten HEOS - abgestrahlt werden. Die Signale geostationärer Satelliten - von so genannten GEOS - fallen jedoch in den von der Äquatorial-Zonen entfernten Regionen unter niedrigerem Elevationswinkel ein. Der Empfang solcher Signale ist mit den beiden genannten Antennenformen nur mit vergleichsweise kleinem Antennengewinn möglich und

deshalb aufgrund der - aus wirtschaftlichen Gründen bedingten - schwachen Senderleistung der Satelliten problematisch. Hinzu kommt die Schwierigkeit der Gestaltung von Antennen mit kleinerer Bauhöhe, welche 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.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, eine Antenne mit geringer Bauhöhe anzugeben, welche insbesondere auch für den leistungsstarken Empfang von unter niedrigen Elevationswinkeln einfallenden zirkular in einer Drehrichtung polarisiert ausgestrahlten Satellitensignalen geeignet ist.

[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] Weiterhin ist eine Antenne dieser Art vorteilhaft in einem gemeinsamen Bauraum mit Antennenstrukturen kombinierbar, welche ebenfalls ein zirkular polarisiertes Feld empfangen und welche gemeinsam mit diesen Antennenstrukturen in einem Antennen-Diversitysystem oder einem System für digitale Strahlformung mit azimutaler Strahlschwenkung eingesetzt werden können. Diese Kombination ist insbesondere auch für Empfangssysteme interessant, in denen Signale von GEO-Satelliten und HEO-Satelliten in eng benachbarten Frequenzbändern gleichermaßen empfangen werden sollen. Die Antennenkombination zeichnet sich hierbei durch eine besonders geringe wechselseitige Verkopplung der Antennen untereinander aus.

[0008] Gemäß der Erfindung umfasst die Antenne für den Empfang zirkular polarisierter Satellitenfunksignale wenigstens zwei mit einem Antennenanschluss 28 verbundene, jeweils in einer Raumrichtung linear polarisierte und über ein Anpass- und Phasenschieber-Netzwerk 25, 31 verbundene Strahler, und ist **dadurch gekennzeichnet, dass** einer der Strahler als Schleifenantenne 14 im Wesentlichen als in einer horizontalen Ebene angeordneten Leiterschleife gebildet ist und die Schleifenantenne 14 für ihre elektrisch wirksame Verkürzung wenigstens eine durch eine Kapazität 16 überbrückte Unterbrechung 5, insbesondere mehrere im Abstand voneinander angeordnete, durch Kapazitäten 16 überbrückte Unterbrechungen aufweist. Wenigstens eine Unterbrechung 5 der Leiterschleife bildet eine Schleifenantennen-Anschlussstelle 3 der Schleifenantenne 14. Weiterhin ist mindestens ein weiterer Strahler 7 vorhanden, welcher eine lineare Polarisierung aufweist und mit seiner Strahleranschlussstelle 2 sowie mit der Schleifenantennen-Anschlussstelle 3 über ein Anpass- und Phasenschiebernetzwerk 25, 23 verbunden ist, welches so ausgebildet ist, dass bei reziprokem Betrieb der Antenne als Sendeantenne die Strahlungsfelder der Schleifenantenne 14 und des mindestens einen weiteren Strahlers 7 im

Fernfeld der Antenne mit unterschiedlichen Phasen überlagert sind. Dieser mindestens eine der weiteren Strahler 7 weist eine senkrecht zur Polarisierung der Schleifenantenne 14 orientierte Polarisierung auf. Alle Strahler werden im Wesentlichen aus schlanken drahtförmigen Leitern ähnlichen Leiterstrukturen gebildet.

[0009] 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 Polarisationsreinheit, der Impedanz-Anpassung und der Reproduzierbarkeit des Richtdiagramms bei der Serienherstellung der Antennen eine besonders hohe mechanische Genauigkeit notwendig ist. 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 ein weiterer Strahler 7 vorhanden ist, welcher eine senkrecht zur Polarisierung der Schleifenantenne 14 orientierte Polarisierung aufweist. Dieser Strahler kann bei Vorhandensein terrestrisch vertikal polarisiert ausgestrahlter Signale vorteilhaft auch zum Empfang dieser Signale eingesetzt werden.

[0010] 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 Polarisierung der Antenne verknüpft. Aufgrund dieser Eindeutigkeit in Verbindung mit dem Gesetz der Reziprozität, nach welchem die Strahlungseigenschaften - wie Richtdiagramm und Polarisierung - im Sendebetrieb wie im Empfangsbetrieb identisch sind, wird die erfindungsgemäße Aufgabe bezüglich Polarisierung 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.

[0011] Die Erfindung wird im Folgenden an Hand von

Ausführungsbeispielen näher erläutert. Die zugehörigen Figuren zeigen im Einzelnen:

Fig. 1: Frequenzbänder zweier Satelliten-Rundfunksignale mit in derselben Drehrichtung zirkular polarisierter Ausstrahlung in dichter Frequenznachbarschaft;

Fig. 2: Antenne nach der Erfindung mit der Schleifenantenne 14 über leitender Grundfläche 6 mit horizontaler Polarisierung und mit einem als Stabantenne ausgebildeten Monopol 7a als weiteren Strahler 7 im Zentrum Z der horizontalen Schleifenantenne 14 für den Empfang vertikal polarisierter Felder mit Anpassnetzwerk 25 und Phasenschieber-Netzwerk 23 zur phasenunterschiedlichen Überlagerung des Empfangs der horizontal und vertikal polarisierten Feldanteile im Summations-Netzwerk 53.

Fig. 3: Antenne nach der Erfindung wie in Figur 2, jedoch mit einem aus mehreren rotationssymmetrisch zum Zentrum Z angeordneten Monopolen 7a - deren Empfangssignale im gemeinsamen Phasenbezugspunkt B zusammengefasst sind - als weiterer Strahler 7.

Fig. 4: Antenne nach der Erfindung wie in Figur 2, jedoch mit einer Schleifenantenne 14 mit zwei aus Symmetriegründen einander gegenüberliegend gebildeten Antennenanschlussstellen 3a, 3b mit einem im Zentrum Z angeordneten Monopol 7b mit einer aus horizontalen Leiterelementen rotationssymmetrisch zum Zentrum Z gebildeten Dachkapazität als weiteren Strahler 7.

Fig. 5: Antenne nach der Erfindung wie in Figur 4, wobei jedoch Leiterteile 14a der Schleifenantenne 14 zur Bildung der rotationssymmetrischen Dachkapazität 12 herangezogen sind.

Fig. 6: Antenne nach der Erfindung nach dem Funktionsprinzip der Antenne in Fig. 2, jedoch mit einer vertikalen Zuleitung 26 zur Speisung der Schleifenantenne 14, wobei die Zuleitung 26 zusätzlich einen vertikalen Monopol 7a und die Schleifenantenne 14 eine Dachkapazität 12 des Monopols 7a bildet.

Fig. 7: Antenne nach der Erfindung nach dem Funktionsprinzip der Antenne in Fig. 6, jedoch mit einer als Quadrat mit dem Zentrum Z gestalteten Schleifenantenne 14.

Fig. 8: Antennenanordnung nach der Erfindung mit phasenunterschiedlicher Überlagerung der Empfangsspannungen aus den horizontalen und den vertikalen elektrischen Feldanteilen einer Schleifenantenne 14 und einer durch die vertikale Zweidrahtleitung 26 gebildeten Monopolantenne 7.

Fig. 9 : Antenne nach der Erfindung wie in Fig. 2, wobei anstelle diskreter Kapazitäten die Kapazität 16, die jeweils aus einer Schaltung aus mehreren Blindelementen gebildet ist, derart, dass bei unterschiedlichen Frequenzen unterschiedliche Kapazitätswerte wirksam sind.

Fig. 10: kombinierte Antennenanordnung nach der Erfindung für getrennte Verfügbarkeit von LHCP- beziehungsweise RHCP-Signalen unterschiedlicher Satellitensignale an unterschiedlichen Antennenanschlussstellen 28a, 28b mit einem als Stabantenne ausgebildeten, vertikal polarisierten Monopol 7, einer horizontal polarisierten Schleifenantenne 14 und einem 90°-Hybridkoppler 45.

Fig. 11: Antennenanordnung nach der Erfindung wie in Figur 10, jedoch mit einer Realisierung des Monopols 7 gemäß der Antennenanordnung in Figur 6 durch die Kombination der Wirkungen der Schleifenantenne 14 als Dachkapazität und der Zweidrahtleitung 26;

Fig. 12: Antenne nach der Erfindung zur alternativen Auskopplung von RHCP beziehungsweise LHCP-Signalen für Diversity-Technologien angesteuert durch einen in einem Radioempfängermodul 52 befindlichen Umschalter.

Fig. 13: Antenne nach der Erfindung für Diversity-Technologien mit LHCP/RHCP-Umschalter 55 wie in Fig. 12, jedoch, ähnlich wie bei der Antenne in Fig. 8 ohne gesonderten Monopol 7. Der Empfang bei vertikaler Polarisation ist durch die Zweidrahtleitung 26 bewirkt. Der für die Überlagerung der Empfangssignale der Schleifenantenne und des Monopols geforderte Phasenunterschied ist durch das Netzwerk 61 bewirkt.

Fig. 14: Antenne nach der Erfindung wie in Fig. 5, jedoch mit einer gemeinsamen Strahleranschlussstelle 2 für die gemeinsame Speisung der Schleifenantenne 14 und des vertikalen Monopols mit Dachkapazität 7b.

Fig. 15: Vertikale Richtcharakteristik des LHCP-polarisierten elektromagnetischen Feldes

a) einer Antenne nach der Erfindung wie in Fig. 2 mit zirkularer Polarisation bei niedrigen Elevationswinkeln und mit azimuthaler Unabhängigkeit der Phase der Strahlung.

b) eines gekreuzten Strahlers 7d nach dem Stand der Technik bzw. eines Ringleitungsstrahlers 7c nach der Erfindung wie in Fig. 19 mit zirkularer Polarisation bei hohen Elevationswinkeln; wobei sich die Phase der zirkularen Polarisation mit dem azimuthalen Winkel des Aus-

breitungsvektors dreht

Fig. 16:

a) Vertikale Richtcharakteristik des LHCP-polarisierten elektromagnetischen Feldes einer Antenne für 2,3 GHz nach der Erfindung entsprechend Figur 18, bestehend aus einer Schleifenantenne 14 mit vertikalem Monopol 7a in Kombination mit einem Ringleitungsstrahler 7c bei Abmessungen von 3,4cm x 3,4 cm x 1,3 cm der Gesamtstruktur, wobei sich die Charakteristik aus der gleichphasigen Überlagerung der Strahlung gemäß Fig. 15a und Figur 15b für den Azimutwinkel 0° (rechts) und 180° (links) ergibt.

b) Horizontale Richtcharakteristik des LHCP-polarisierten elektromagnetischen Feldes unter einem Elevationswinkel von etwa 30° mit minimaler Strahlung für den Azimutwinkel von 180°.

Fig. 17: Antenne nach der Erfindung bestehend aus der Schleifenantenne 14 mit zwei symmetrisch angeordneten Schleifenantennen-Anschlussstellen 3a, 3b und Monopol 7b mit im Zentrum Z gekennzeichnetem Bauraum für einen gekreuzten Strahler 42 mit zirkularer Polarisation nach dem Stand der Technik und Anschlussstelle 56 zur phaseneinstellbaren Überlagerung von dessen Strahlung im Summations-Netzwerk 53 mit Hilfe des steuerbaren Phasendrehglieds 39

Fig. 18: Antenne wie in Figur 17, jedoch anstelle eines zentral angebrachten gekreuzten Strahlers 42 mit einem erfindungsgemäß neuartigen Ringleitungsstrahler 7c zur Erzeugung eines zirkular polarisierten Feldes mit azimuthal abhängiger Phase mit einer durch Einspeisung an $\lambda/4$ voneinander entfernten Ringleitungs-Einspeisestellen 20a, 20b von um 90° in der Phase unterschiedlichen Signalen zur Erzeugung einer umlaufenden Welle von einer Wellenlänge über den Umfang der Leitung.

Fig. 19: Ringleitungsstrahler 7c jedoch über vier jeweils um $\lambda/4$ längs der Ringleitung versetzte Einspeisestellen 22 von in der Phase jeweils um 90° versetzten Signalen gespeist. Die Speisequellen können auf an sich bekannte Weise durch Leistungsteilung und 90°-Hybridkoppler 45 gewonnen werden.

Fig. 20: Antenne nach der Erfindung wie in Figur 18, jedoch zur Erzeugung der fortlaufenden Leitungswelle mit einem in günstigem Abstand - bezüglich des Leitungs-Wellenwiderstands - parallel zum Ringleitungsstrahler 7c geführten $\lambda/4$ -Koppelleiter 43

Fig. 21: Antenne wie in Figur 20, jedoch mit $\lambda/4$ -Richtkoppler 44. Zu einem Mikrostreifenleiter 30 ist

ein $\lambda/4$ -Koppelleiter 43 parallel geführt, welcher zusammen mit dem an den Ringleitungsstrahler 7c angekoppelten $\lambda/4$ -Koppelleiter 43 den $\lambda/4$ -Richtkoppeller 44 bildet.

Fig. 22: Antenne nach der Erfindung mit quadratisch ausgeführter Schleifenantenne 14 und einem als geschlossenen quadratischen Leitungsring mit der Kantenlänge von $\lambda/4$ gestalteten Ringleitungsstrahler 7c. Die Ankopplung an den Ringleitungsstrahler 7c erfolgt berührungslos über den rampenförmig gestalteten $\lambda/4$ -Koppelleiter 57 mit der Ringleitungs-Anschlussstelle 19

Fig. 23: Antenne nach der Erfindung mit quadratischem Ringleitungsstrahler 7c wie in Figur 22 mit einem Leistungs-Verteilnetzwerk bestehend aus in Kette geschalteten $\lambda/4$ -langen Mikrostreifenleitern 30 (15a, 15b, 15c) zur Einspeisung an den Ecken des quadratischen Ringleitungsstrahlers 7c.

Fig. 24: Antenne nach der Erfindung mit Schleifenantenne 14, Monopol 7a, Ringleitungsstrahler 7c und dem zusätzlichen äußeren Ringleitungsstrahler 7d, auf dem eine fortlaufende Leitungswelle von zwei Wellenlängen erzeugt ist zur Anhebung des Strahlungsgewinns durch Anhebung der Strahlungsbündelung

Fig. 25: Kreisgruppenstrahler nach der Erfindung mit n gleichen rotationssymmetrisch um das Zentrum Z angeordneten horizontal polarisierten Strahlerelementen 59, deren Speisung jeweils im Drehsinn benachbarter Strahlerelemente sich in der Phase um jeweils $360^\circ/n$ unterscheidet. Fig. 25 oben: n = 4. Fig. 25 unten: n = 5.

Fig. 26: Kreisgruppenstrahler 7f gemäß einer Anordnung wie in Fig. 25 mit an den Eckpunkten eines Quadrats mit Zentrum Z angeordneten horizontal polarisierten Strahlerelementen 59 mit Zuleitungen 18 und Leistungsteiler- und Phasenschiebernetzwerk aus $\lambda/4$ -langen Mikrostreifenleitern 30 mit den Teilstücken 15a, 15b, 15c.

[0012] Obwohl die erfindungsgemäße Aufgabe auf eine Empfangsantenne gerichtet ist, werden nachfolgend die Eigenschaften der Antenne aus Gründen der besseren Nachvollziehbarkeit für den reziproken Betrieb der Antenne als Sendeantenne beschrieben, wobei der Sendefall aber aufgrund der naturgemäß geltenden Reziprozitätsbeziehung auch für die Richtdiagramme des Empfangsfalls zutrifft.

[0013] Im Folgenden werden die Grundlagen zur Gestaltung von Antennen erläutert, welche der erfindungsgemäßen Antenne zugrunde liegen.

[0014] Der besondere Vorteil einer Antenne nach der Erfindung, wie sie zum Beispiel in Figur 2 dargestellt ist,

ist die Eigenschaft, dass der entsprechend dem Reziprozitätsgesetz bei Betrieb der Antenne als Sendeantenne im Fernfeld erzeugte elektrische Feldstärkevektor auch bei verhältnismäßig niedrigen Elevationswinkeln der Strahlung eine im technischen Sinne reine zirkulare Polarisation mit azimuthaler Rundcharakteristik beschreibt.

[0015] Dies wird durch phasenstarke Kombination der horizontal polarisierten Schleifenantenne 14 mit dem mindestens einen vertikalen Strahler 7 erreicht und geschieht durch Überlagerung der fernen Strahlungsfelder der beiden Strahler um 90° durch entsprechend unterschiedliche Phasenpeisung und entsprechender Amplitudenspeisung der beiden Antennen. Damit sind im fernen Strahlungsfeld in einer Ebene senkrecht zur Ausbreitungsrichtung zwei aufeinander senkrecht stehende und um 90° in der Phase sich unterscheidende Feldstärke-Vektoren erzeugt, die das gewünschte zirkular polarisierte Feld darstellen. Für die Erzeugung der Rundcharakteristik ist es erforderlich, dass die Phasenbezugspunkte B - oder auch Phasenschwerpunkte genannt - der beiden Antennen zusammenfallen, was durch rotationssymmetrische Anordnung um das gemeinsame Zentrum Z der Antennen erreicht wird.

[0016] Dies wird zum einen erreicht durch die kreisförmige oder polygonale horizontal in einer Ebene mit konstantem Abstand 4 als Höhe h über der Grundfläche 6 angeordneten Schleifenantenne 14. Diese wirkt im Wesentlichen ähnlich wie eine Rahmenantenne über einer leitenden Fläche. Unter der Voraussetzung einer azimuthal konstanten Strombelegung auf der Schleifenantenne 14 kann der Elevationswinkel der Hauptstrahlrichtung über die Wahl der Höhe h und der horizontalen Ausdehnung - das heißt dem Radius bei kreisförmiger Gestaltung der Schleifenantenne 14 - eingestellt werden. Dabei kann eine Nullstelle in vertikaler Richtung und in horizontaler Richtung erreicht werden. Die Erzielung eines gewünschten vertikalen Richtdiagramms erfordert jedoch eine horizontale Ausdehnung der Schleifenantenne in der Weise, dass ihre Gesamt-Umlauflänge nicht mehr klein ist im Vergleich zur elektrischen Freiraum-Wellenlänge λ_0 . Erfindungsgemäß wird die Schleifenantenne deshalb in n gleiche Leitungsabschnitte der Länge $\Delta s < \lambda_0/8$ durch Unterbrechungsstellen 5 unterteilt, welche jeweils durch Einfügen von einer Kapazität miteinander verbunden sind. Die Kapazitäten sind dabei vorzugsweise so gewählt, dass sich zusammen mit den Eigenschaften der Leitungsabschnitte Resonanz bei der Betriebsfrequenz f_m einstellt. Eine derartige Antenne kann in vorteilhafter Weise für eine azimuthal reine Rundcharakteristik gestaltet werden. In Verbindung mit dem mindestens einen vertikalen Strahler 7, welcher im Beispiel der Fig. 2 im Zentrum Z der Schleifenantenne 14 vorhanden ist und dessen azimuthales Strahlungsdiagramm ebenfalls omnidirektional ist, ergibt sich für die Antenne nach der Erfindung auch das gewünschte zirkular polarisierte Strahlungsfeld mit reiner Rundcharakteristik. Somit eignet sich die Antenne nach der Erfindung in vorteilhafter Weise insbesondere für den Satelliten-Rundfunkemp-

fang in Fahrzeugen, wo Antennen mit azimuthaler Rundcharakteristik auf der elektrisch leitenden Fahrzeugaußenhaut angebracht werden.

[0017] Fig. 2 zeigt eine kreisförmige Schleifenantenne 14 mit Radius R, welche auch polygonal gestaltet sein kann. In ihrem Mittelpunkt im Zentrum Z befindet sich ihr Phasenbezugspunkt B. Die Struktur ist unterteilt in "n" Leitungsabschnitte, jeweils mit der Länge Δs . Die Gesamt-Umlauflänge beträgt S. Die Antenne wirkt als Rahmenantenne mit Abmessungen im Bereich der Wellenlänge, wobei trotzdem erfindungsgemäß eine homogene Stromverteilung durch Unterteilung der Struktur und Einfügen von Kapazitäten 16 erreicht wird. Dadurch wirkt die Antenne in ihrer Länge elektrisch verkürzt und erzeugt rundum ein homogenes, horizontal polarisiertes elektromagnetisches Feld. Die Schleifenantenne 14 ist mit konstanter Höhe h über der leitenden Grundfläche 6 angeordnet. Die vertikale Hauptstrahlrichtung kann über die Wahl der Höhe h und des Radius der Schleifenantenne 14 eingestellt werden. Es kann eine Nullstelle in vertikaler Richtung und in horizontaler Richtung erreicht werden.

[0018] Die ringförmig umlaufende Leiterlänge S ist in n gleich lange Stücke mit der Länge $\Delta s = S/n$ unterteilt. Der Leiter-Wellenwiderstand der umlaufenden Leitung über der leitenden Grundfläche 6 sei Z_w . Die kapazitive Reaktanz ΔX pro Leitungstück Δs und damit der in dieses Leiterstück jeweils einzufügende Kapazitätswert $C = 1/(\omega \cdot \Delta X)$ ist bei Annahme einer gestreckten Länge Δs und bei näherungsweise ringförmiger Leitung mit großem Radius R der ringförmigen Schleifenantenne 14 gegenüber der Leiterhöhe h definiert durch

$$\Delta X/Z_w = \tan(2\pi \Delta s/\lambda_0).$$

[0019] Es ergibt sich in guter Näherung für den in das Leitungstück Δs einzufügenden Kapazitätswert C:

$$C = 1/(\omega \cdot Z_w \tan(2\pi \Delta s/\lambda_0))$$

[0020] Kreisfrequenz der Satellitensignale = ω ; Freiraumwellenlänge der Satellitensignale = λ_0

[0021] Mit dieser Dimensionierung der Kapazitätswerte C lässt sich für die Schleifenantenne 14 Resonanz einstellen, so dass die an der Schleifenantennen-Anschlussstelle 3 auftretende Antennenimpedanz weitgehend reell gestaltet werden kann.

[0022] Um in guter Näherung ein Runddiagramm zu erhalten, ist die Leitung der Länge S durch Einfügen von Kapazitäten 16 in ausreichend viele Teilstücke zu teilen. Für eine sinnvolle Unterteilung gilt: $\Delta s/\lambda_0 < 1/8$. Sind die Teilstücke $\Delta s = S/n$ ausreichend klein gewählt, so ist die Gleichheit Δs aller Teilstücke nicht unbedingt erforderlich, solange nur nach jedem Teilstück eine Ka-

pazität 16 eingefügt wird, deren Wert sich nach oben beschriebenen Kriterium aus der relativen Länge $\Delta s/\lambda_0$ des betreffenden Teilstücks errechnet.

[0023] Als weiterer Strahler 7 ist im Beispiel der Fig. 2 im Zentrum Z der Schleifenantenne 14 ein elektrisch kurzer, vertikal orientierter Monopol 7a angebracht. Die Abweichung der Positionierung des Monopols 7a vom Zentrum Z sollte im Interesse der Rundheit des Strahlungsdiagramms $\lambda_0/20$ nicht überschreiten. An einer Unterbrechungsstelle der Schleifenantenne 14 ist deren Schleifenantennen-Anschlussstelle 3 gebildet, an welche über eine Zweidrahtleitung 26 ein Anpassnetzwerk 25 mit Umsymmetrierglied 29 und ein nach geschaltetes Phasenschieber-Netzwerk 23 angeschlossen sind. Der Strahleranschlussstelle 2 des Monopols 7a ist das Anpassnetzwerk 25 zur Impedanzanpassung nachgeschaltet und die Signale des Monopols 7a und der Schleifenantenne werden in dem Summations-Netzwerk 53 überlagert; dieses ist wiederum mit der Antennenanschlussstelle 28 verbunden. Zur Erzeugung der zirkular polarisierten Strahlung sind die Phase des Phasenschieber-Netzwerks 23 und alle Netzwerke in ihrer Zusammenwirkung in der Weise eingestellt, dass die Strahlungsfelder der Schleifenantenne 14 und die des Monopols 7a im Fernfeld der Antenne mit einem Phasenunterschied von 90° und mit gleicher Intensität überlagert sind.

[0024] Zur Vermeidung von Unsymmetrien des azimuthalen Richtdiagramms des Monopols 7a, bewirkt durch die im Wesentlichen vertikal verlaufende Zweidrahtleitung 26, ist Letztere erfindungsgemäß in der Weise gestaltet, dass sie bezüglich des im Gleichtakt fließenden Längsstroms, welcher dem im Gegentakt fließenden Strompaar auf den beiden Leitern überlagert ist, induktiv hochohmig wirkt. Dadurch wird erzielt, dass die Zweidrahtleitung 26 das Strahlungsfeld des Monopols 7a nicht beeinflusst. Für die Gestaltung einer solchen Zweidrahtleitung 26 gibt es eine Reihe von Möglichkeiten. In der Praxis kann sie zum Beispiel auf vorteilhafte Weise durch eine auf einem Träger gedruckte Zweidrahtleitung hergestellt werden, welche zur Erhöhung der Induktivität als Mäander ausgeführt ist. Zusätzlich kann durch Wahl ihrer Länge eine gewünschte Phasenbeziehung hergestellt werden.

[0025] Über unterschiedliche Gewichtung bei der Überlagerung der beiden Antennensignale kann das vertikale Richtdiagramm zu niedrigen Elevationswinkeln hin für diese Signale aufgefüllt werden. Der als Stabantenne ausgebildete Monopol 7a besitzt in seiner vertikalen Richtcharakteristik eine ähnliche Hauptstrahlrichtung wie die horizontal polarisierte Schleifenantenne 14, liefert jedoch für niedrige Elevationswinkel einen größeren Beitrag als diese. Mit Hilfe der Netzwerke 25, 23, 53 kann sowohl die Gewichtung der Eigenschaften der beiden Antennensignale unterschiedlich eingestellt werden und zusätzlich die nötige Phasenbedingung eingehalten werden.

[0026] Der Einfluss einer nicht im Zentrum Z befindlichen symmetrischen vertikalen Speiseleitung in Form

der symmetrischen Zweidrahtleitung 26 schmälert die Polarisationsreinheit der Schleifenantenne 14 selbst nicht. Die Verbindung des einen Anschlusses auf der unsymmetrischen Seite des Anpass- und Umsymmetrierglieds 25, 29 zur weiterführenden Schaltung der Antennenanordnung erfolgt vorteilhaft mit Hilfe eines über der leitenden Grundfläche 6 geführten Mikrostreifenleiters 30. Der andere Anschluss auf der unsymmetrischen Seite des Umsymmetrierglieds 29 ist mit der elektrisch leitenden Grundfläche 6 verbunden. Aufgrund der Symmetrieeigenschaften der Zweidrahtleitung 26 kompensieren sich die Wirkungen der zueinander in entgegengesetzter Richtung fließenden Ströme auf den Leitern der Zweidrahtleitung 26 in ausreichendem Maße, so dass auch diese die Strahlungseigenschaften der Schleifenantenne 14 nicht beeinflussen. Wie im Folgenden erläutert wird, sind auch die vom elektromagnetischen Empfangsfeld erzeugten Ströme auf diesen Leitern ohne Einfluss auf die Wirkungen an der Antennenanschlusssstelle 3. Bezüglich des azimutalen Strahlungsdiagramms des Monopols 7a kann sich jedoch abhängig vom Radius R der Schleifenantennen 14 eine Restunsymmetrie einstellen.

[0027] Es entspricht dem Wesen der vorliegenden Erfindung, dass durch Einstellung der Anpassnetzwerke 25 und des Phasenschieber-Netzwerks 23 sowohl das Achsenverhältnis als auch die räumliche Ausrichtung der Ellipse für elliptische Polarisation eingestellt werden können. Diese Einstellbarkeit kann erfindungsgemäß in sehr vorteilhafter Weise, z. B. in Antennendiversity-Technologien, eingesetzt werden, um im durch Mehrwegeausbreitung verzerrten Empfangsfeld die Empfangsleistung durch aktuelle Anpassung der Elliptizität der Polarisation laufend zu optimieren.

[0028] Als Beispiel zur Gestaltung des Empfangs im Bereich eines Elevationswinkels zwischen 25° und 65° (typischer Winkelbereich für GEO-stationären Satellitenempfang) bei azimuthaler Rundcharakteristik ist eine horizontal angeordnete Schleifenantenne 14 im Abstand von etwa $1/10$ der Wellenlänge über der leitenden Grundfläche 6 platziert. Der Durchmesser der Schleifenantenne 14 ist vorteilhaft nicht wesentlich kleiner als $1/4$ der Wellenlänge gewählt. Längs der Leiterführung ist in Abständen von etwa $1/8$ der Wellenlänge jeweils eine mit einer Kapazität 16 mit einem Blindwiderstand von etwa -200 Ohm beschaltete Unterbrechungsstelle 5 eingebracht. Durch Wirkung der erfindungsgemäßen Kapazitäten 16 ist es möglich auf der Schleifenantenne 14 eine für die Rundstrahlung notwendige azimuthal konstante Stromverteilung zu erzielen, obwohl die gestreckte Länge der Schleifenantennen 14 im Vergleich zur Wellenlänge λ nicht kurz ist. Diese Länge ist andererseits wiederum notwendig, um eine praktikable Impedanz der Schleifenantenne 14 zu bewirken. In Figur 15(a) ist beispielhaft das Vertikaldiagramm einer solchen Antenne nach der Erfindung dargestellt. Für das Beispiel einer quadratisch geformten Schleifenantenne 14 mit zentralem kurzem vertikalem Monopol im Frequenzbereich um

2,3 GHz haben sich für die Schleifenantenne 14 eine Kantenlänge von etwa 3 cm und eine Höhe h von 13mm zur Realisierung sowohl des vertikalen Richtdiagramms nach Fig. 15(a) als auch eines passenden Leiter-Wellenwiderstands Z_w als günstig erwiesen.

[0029] Eine weitere gegenüber den aus dem Stand der Technik bekannten Antennen, wie z.B. solchen aus der DE-A-4008505 und der DE-A-10163793 sowie Patchantennen, hervorzuhobende Eigenschaft besteht in der azimuthalen Phasenunabhängigkeit der zirkular polarisierten Strahlung einer Antenne nach der vorliegenden Erfindung. Im Gegensatz hierzu ändert sich die Phase bei den oben genannten Antennen nach dem Stande der Technik mit dem azimuthalen Winkel des Ausbreitungsvektors, also bei einem kompletten azimuthalen Umlauf um den Winkel 2π . Die erfindungsgemäße Bedeutung dieser Eigenschaften bezüglich einer Kombination von Antennen nach dem genannten Stand der Technik mit einer Antenne nach der vorliegenden Erfindung wird weiter unten erläutert.

[0030] Für den Fall, dass das Satelliten-Rundfunksystem zusätzlich durch die bereichsweise Ausstrahlung vertikal polarisierter terrestrischer Signale in einem weiteren, in der Frequenz dicht benachbartem Frequenzband ähnlicher Bandbreite unterstützt wird, ist es wünschenswert, das vertikale Richtdiagramm für die Vertikalkomponente der elektrischen Feldstärke zu niedrigen Elevationswinkeln hin aufzufüllen. Die erfindungsgemäße Verbindung der Schleifenantenne 14 und des dazu senkrecht polarisierten weiteren Strahlers 7 - zumeist realisiert als vertikaler Monopol - erlaubt es diesen Aspekt in besonders vorteilhafter Weise zu berücksichtigen.

[0031] In Fig. 3 ist eine Antenne nach der Erfindung dargestellt, wobei der weitere Strahler 7, welcher auf der Ebene der Schleifenantenne 14 senkrecht orientiert ist, aus einer Gruppe von Monopolen 7a gebildet ist. Diese sind rotationssymmetrisch zum Zentrum Z und innerhalb der Schleifenantenne 14 angeordnet. Die Monopole sind an ihrem unteren Ende über Leitungen im Zentrum Z miteinander verbunden und bilden dort die Strahleranschlusssstelle 2. Bei nicht zu großem Durchmesser des Kreisrings, auf dem die Monopole 7a um das Zentrum Z angeordnet sind und bei nicht zu geringer Anzahl der Monopole 7a ist das azimuthale Richtdiagramm des so gestalteten Strahlers 7 hinreichend omnidirektional.

[0032] Fig. 4 zeigt eine vorteilhafte Ausgestaltung einer Antenne nach der Erfindung ähnlich wie in Figur 2, wobei die Schleifenantenne 14 zur Verkleinerung der Restunsymmetrie der Anordnung bezüglich des azimuthalen Richtdiagramms des Monopols 7 zwei in der Symmetrieebene SE einander gegenüberliegende Antennenanschlusstellen 3a, 3b aufweist, an die in der Schleifenantenne angeordnete Umsymmetrier- und Anpassnetzwerke 25, 29 angeschlossen sind, deren Ausgänge über gleiche Phasenschieber-Netzwerke 23 parallel geschaltet und mit der Zweidrahtleitung 26 verbunden sind. Der im Zentrum Z angeordnete weitere Strahler 7 ist als Mo-

nopol 7b mit horizontalen, rotationssymmetrisch zum Zentrum Z angeordneten Leiterteilen als Dachkapazität gestaltet. Auch diese Leiterteile sind symmetrisch zur Symmetrieebene SE ausgeführt.

[0033] In Fig. 5 ist eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ähnlich wie in Figur vier dargestellt, wobei jedoch Leiterteile der Schleifenantenne 14 zur Bildung der rotationssymmetrischen Dachkapazität 12 herangezogen sind. Bei vollkommen symmetrischer Ausgestaltung der Dachkapazität 12 sowohl bezüglich der Rotationssymmetrie als auch ähnlich zu der in Figur 4 dargestellten Symmetrieebene SE ist die Funktion der Schleifenantenne 14 durch den Anschluss der Dachkapazität 12 des Monopols nicht beeinträchtigt.

[0034] In Fig. 14 ist die Antenne nach der Erfindung wie in Fig 5 dargestellt, jedoch mit einer gemeinsamen Strahleranschlussstelle 2 für die gemeinsame Speisung der Schleifenantenne 14 und des vertikalen Monopols mit Dachkapazität 7b. Das zirkular polarisierte Feld entsteht, indem die Wellen, welche bei Sendebetrieb über die vertikale Monopolantenne und über die Horizontalarme der Dachkapazität 12 an der Schleifenantenne 14 eintreffen sich nach rechts und links aufspalten, wobei der Abstand zur nächsten Kapazität 16 auf der Schleifenantenne nach der rechten Seite hin anders gewählt ist als der Abstand zur nächsten Kapazität 16 auf der Schleifenantenne nach der linken Seite hin. Die Schleifenantenne ist also so gegen die Dachkapazität um die z-Achse herum zu drehen, dass sich links- und rechtsseitig unterschiedliche Winkelabstände α und β zwischen den Horizontalarmen der Dachkapazität und der jeweils nächsten Kapazität ergeben. Auf diese Weise ist im Zusammenwirken der einspeisenden Horizontalarme der Dachkapazität 12 und den betreffenden Unterbrechungen der Leiterschleife eine Schleifenantennen-Anschlussstelle zur Einspeisung des Ringstromes auf der Schleifenantenne 14 gebildet. Dabei sind die Horizontalarme der Dachkapazität 12 über die Strahleranschlussstelle 2 nicht nur für ihre Wirkung als Dachkapazität sondern darüber hinaus auch zur Erzeugung des Ringstromes auf der Schleifenantenne 14 gespeist, so dass die Speisung der Schleifenantenne 14 und des Monopols 7b mit Dachkapazität in wirtschaftlich sehr vorteilhafter Weise erfindungsgemäß über die gemeinsame Strahleranschlussstelle 2 des Monopols 7b erfolgen kann.

[0035] Figur 6 zeigt eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung nach dem Funktionsprinzip der Antenne in Fig. 2, jedoch mit einer im Zentrum Z angeordneten vertikalen Zuleitung 26 zur Speisung der Schleifenantenne 14, wobei die Zuleitung 26 einen vertikalen Monopol 7a und die Schleifenantenne 14 eine Dachkapazität 12 des Monopols 7 bildet. Die Schleifenantenne 14 ist mit zwei symmetrisch zueinander angeordneten Antennenanschlussstellen 3a, 3b und je einem Anpassnetzwerk 25 in der Schleifenebene sowie mit zentralem Anschluss an die vertikale als Zweidrahtleitung 26 ausgeführte Zuleitung zum Anpassnetzwerk 33 ge-

bildet. Hierbei kompensieren sich die Wirkungen der im Gegentaktmodus in entgegen gesetzter Richtung fließenden Ströme der Schleifenantenne 14 auf den Leitern der Zweidrahtleitung 26. Die Empfangsspannung des Monopols 7a wird an seiner Strahleranschlussstelle 2 als Gleichtakt-Modus der Zweidrahtleitung 26 an einem Ausgang und die Empfangsspannung der Schleifenantenne 14 wird als Gegentakt-Modus der Zweidrahtleitung 26 am anderen Ausgang des Anpassnetzwerks 33 dem Leistungsteiler- und Phasenschiebernetzwerk 31 zur amplitudengerechten und phasenunterschiedlichen Überlagerung der Signale am Antennenanschluss 28 zugeführt.

[0036] Fig. 7 zeigt eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Antenne nach dem Funktionsprinzip der Antenne in Fig. 6, jedoch mit einer als Quadrat mit dem Zentrum Z gestalteten Schleifenantenne 14, welche durch vier in einem Quadrat angeordnete, horizontal liegende und an ihren Enden über Kapazitäten 16 verbundene Dipole 21 mit einem über Zuleitungen 18 verbundenen, zentral im Phasenbezugspunkt B angeordneten Verteilungsnetzwerk 10 gebildet ist. Das Dipolsystem wirkt als Dachkapazität des auf diese Weise gebildeten vertikalen Monopols, ähnlich wie in Figur 5 erläutert. Der Empfang horizontaler bzw. vertikaler elektrischer Feldkomponenten erfolgt über die Summenbildung 34 beziehungsweise die Differenzbildung 35 und die phasenunterschiedliche Überlagerung der Signale über das Phasenschieber-Netzwerk 23 und das Summations-Netzwerk 53.

[0037] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist in Fig. 8 eine Antennenanordnung dargestellt mit phasenunterschiedlicher Überlagerung der Empfangsspannungen aus den horizontalen und den vertikalen elektrischen Feldanteilen einer Schleifenantenne 14 und einer durch die vertikale Zweidrahtleitung 26 gebildeten Monopolantenne 7a. Ähnlich wie in Fig. 4 sind auch hier zur Verbesserung der Symmetrie der Anordnung zwei in der Symmetrieebene SE einander gegenüberliegende Antennenanschlussstellen 3a, 3b mit Anpassnetzwerken 25 in der Ebene der Schleifenantenne 14 vorhanden. Mit Hilfe eines in einen der Leiter der Zweidrahtleitung 26 eingebrachten Zweipolnetzwerks 61 erfolgt die Einstellung des Gleichtakt-zu-Gegentakt-Verhältnisses auf der vertikalen Zweidrahtleitung 26, womit das Verhältnis des Anteiles des vertikal polarisierten Feldes mit niedriger Elevation der Hauptstrahlrichtung zu dem Anteil des horizontal polarisierten Feldes mit höherer Elevation der Hauptstrahlrichtung eingestellt wird. Zusätzlich erfolgt die für die Erzeugung der zirkularen Polarisation notwendige Einstellung der Phasen mit Hilfe dieses Summations-Netzwerks 53. Erfindungsgemäß können durch Wahl des o.g. Gleichtakt-zu-Gegentakt-Verhältnisses und der Phaseinstellung das Achsenverhältnis und die räumliche Ausrichtung der Ellipse für elliptische Polarisation eingestellt werden.

[0038] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung in Fig. 9 ist die Antenne - zum Beispiel ähnlich zu der Ausführungsform wie in Figur 2 - jedoch als Mehrfrequenzbereichsantenne gestaltet. Hierzu wer-

den anstelle diskreter Kapazitäten in der Schleifenantenne 14 die Kapazitäten 16 jeweils aus gleichen Zweipol-Netzwerken vorzugsweise jeweils bestehend aus einer Schaltung aus mehreren Blindelementen gebildet. Damit sind bei unterschiedlichen Betriebsfrequenzen unterschiedliche Kapazitätswerte wirksam, welche bei diesen unterschiedlichen Betriebsfrequenzen die Resonanz für die Gestaltung der reellen Antennenimpedanz ermöglichen.

[0039] In Figur 1 ist die Situation dargestellt, dass zwei Satelliten-Rundfunk-Frequenzbänder mit kleiner Bandbreite B_u beziehungsweise B_o dicht benachbart bei einer hohen Frequenz im L-Band beziehungsweise im S-Band, jedenfalls bei einer Frequenz von $f_m > 1$ GHz mit gleichen Richtungen, das heißt z. B. links drehender zirkularer Polarisation (LHCP) abgestrahlt werden. Bei einer Bandbreite B_u beziehungsweise B_o von einigen Megahertz (typisch etwa 4 - 25 MHz) ist der relative Frequenzabstand zwischen den Mittenfrequenzen f_{mu} und f_{mo} derart gering, dass eine frequenzselektive Gestaltung der Antenne nicht möglich und bei geeigneter Frequenzbandbreite der Antenne nicht notwendig ist. Beide Signale können deshalb aufgrund der Gleichheit der Drehrichtungen der Polarisation an derselben Antennenanschlusssstelle 28 empfangen werden. Für den Fall, dass ein weiteres Satelliten-Rundfunk-Signal in dichter Frequenznachbarschaft mit der anderen zirkularen Polarisation vorhanden wäre, so kann dies durch Gestaltung zweier gesonderter Antennenanschlusssstellen 28a und 28b im Rahmen einer kombinierten Antenne nach der Erfindung gestaltet werden. **Fig. 10** zeigt eine Antennenanordnung mit einem als Stabantenne ausgebildeten, vertikal polarisierten Monopol 7 und einer horizontal polarisierten Schleifenantenne 14 nach der Erfindung mit auf den Sendefall bezogenem gemeinsamem Phasenbezugspunkt B, jedoch mit getrennter Zuführung der Signale zum Anschluss für Vertikalpolarisation 49 beziehungsweise zum Anschluss für Horizontalpolarisation 48. Der an diesen Anschlüssen nachgeschaltete Hybridkoppler 45 mit 90° positivem beziehungsweise negativem Phasenunterschied bezüglich des LHCP-Anschlusses 28a und des RHCP-Anschlusses 28b ermöglicht die getrennte Verfügbarkeit von LHCP beziehungsweise RHCP-Signalen unterschiedlicher Drehrichtungen der zirkularen Polarisation. Der als Stabantenne 32 ausgeführte Monopol 7 weist zur Gestaltung seines Vertikaldiagramms eine mit einem Blindelement 8 beschaltete Unterbrechungsstelle 5 auf.

[0040] Insbesondere für den Empfang von geostationären Satelliten, deren Signale in nördlichen Breiten unter vergleichsweise niedriger Elevation einfallen, ist vorgesehen, dass der eine im Wesentlichen senkrechte Monopol 7 mindestens eine Unterbrechungsstelle 5 enthält, die zur Gestaltung des Vertikaldiagramms mit mindestens einem Blindelement 8 beschaltet bzw. überbrückt ist. Auf diese Weise kann das Vertikaldiagramm auf vorteilhafte Weise den Erfordernissen angepasst werden. Die Antennenanschlusssstelle 2 ist im Fußpunkt des Mo-

nopols 7 am Anschluss zum Anpassnetzwerk 33 gebildet.

[0041] Eine ähnliche Antennenanordnung ist in **Fig. 11** dargestellt, wobei jedoch die Realisierung des Monopols 7 ähnlich der Antennenanordnung in Figur 10 durch die Kombination der als Dachkapazität wirkenden Schleifenantenne 14 und der Zweidrahtleitung 26 erfolgt. Mit Hilfe einer kombinierten Anpassschaltung 50 wird sowohl die Anpassung der Schleifenantenne 14 und die Anpassung des Monopols 7 als auch die Einstellung eines gemeinsamen Phasenbezugspunkts B erstellt.

[0042] In einer weiteren vorteilhaften Antennenanordnung zur alternativen Auskopplung von RHCP- beziehungsweise LHCP-Signalen ist, wie in **Figur 12** dargestellt, eine Schleifenantenne 14 - wie in Figur 6 - mit zwei einander gegenüberliegenden Antennenanschlusstellen 3a, 3b und daran angeschlossenen und in der Schleifenebene befindlichen Anpassnetzwerken 25, welche zum Beispiel als $\lambda/4$ -Transformationsleitungen realisiert sind, vorgesehen. Die Ausgänge der Anpassnetzwerke 25 sind addierend parallel geschaltet. Das Empfangssignal wird über die Zweidrahtleitung 26 einem auf der Grundfläche 6 befindlichen Anpassnetzwerk 25 zugeführt, dessen Ausgang wiederum an einen der beiden Eingänge einer insbesondere als 90° -Hybridkoppler 45 ausgebildeten Signalkombinierschaltung angeschlossen ist. An der Antennenanschlusssstelle 2 im Fußpunkt des im Zentrum Z der Anordnung befindlichen, als Stabantenne ausgebildeten Monopols 7a ist ebenfalls ein Anpassnetzwerk 25 angeschlossen, dessen Ausgang den anderen der beiden Eingänge des 90° -Hybridkopplers 45 speist. Ein an die Ausgänge des 90° -Hybridkopplers 45 angeschalteter LHCP/RHCP-Umschalter 55 stellt an der Anschlusstelle 28 - angesteuert durch eine in einem Radioempfängermodul 52 befindlichen Umschaltsteuerung - Satelliten-Empfangssignale der beiden Drehrichtungen der Polarisation alternativ zur Verfügung. Bei Ansteuerung mit einem in einem LHCP/RHCP-Radiomodul 52 befindlichen Diversity-Steuermodul 38 kann die Antennenanordnung in vorteilhafter Weise ebenso für Polarisations - Diversity durch Umschalten zwischen dem Empfang für LHCP- und RHCP- Wellen eingesetzt werden.

[0043] In einer weiteren besonders wirtschaftlichen Ausführungsform einer derartigen Antenne mit zirkular polarisiertem Feld bei umschaltbarem Drehsinn ist in **Figur 13** - ähnlich wie bei der Antenne in Figur 12 - der gesonderte Monopol 7 eingespart. Für den Empfang bei vertikaler Polarisation wird auch hier die Zweidrahtleitung 26 - ähnlich wie in Figur 8 - ausgenutzt. Durch Einfügen eines geeignet gestalteten Zweipolnetzwerks 61 in einen der Stränge der vertikalen Zweidrahtleitung 26 wird der Unterschied von 90° zwischen den Phasen des von der vertikalen Zweidrahtleitung 26 mit der Schleifenantenne 14 als Dachkapazität 12 und des von der Schleifenantenne 14 aufgenommenen horizontalen Feldanteils so eingestellt, dass deren Kombination mit diesem Phasenunterschied am Mikrostreifenleiter 30 zum An-

passnetzwerk 54 vorliegt und somit ebenso an der Anschlussstelle 28. Damit empfängt die Antenne ein zirkular polarisiertes Feld. Eine die Empfangssignale der Schleifenantenne 14 am Ausgang der Anpassnetzwerke 25 aus dem horizontal polarisierten elektrischen Feld und die Empfangssignale der vertikalen Zweidrahtleitung 26 aus dem vertikal polarisierten elektrischen Feld verknüpfende Schaltung umfasst einen LHCP/RHCP-Umschalter 55 zur Vertauschung der Polarität der Empfangsspannung der Schleifenantenne 14. Letztere kann auf diese Weise mit unterschiedlichem Vorzeichen der Empfangsspannung aus dem vertikal polarisierten elektrischen Feld hinzugefügt werden, so dass zwischen dem Empfang vom LHCP-Feld und vom RHCP-Feld durch Umschaltung der LHCP/RHCP-Umschalter 55 umgeschaltet werden kann. Angesteuert durch eine im Empfänger befindliche Umschaltsteuerung zwischen LHCP und RHCP - Empfangssignalen stehen Signale von auf unterschiedlichen Übertragungswegen unterschiedlich gedrehter Polarisation der Satellitensignale alternierend zur Verfügung.

[0044] Wie bereits im Zusammenhang mit der Antenne in Figur 8 erläutert - kann auch hier ein entsprechendes Netzwerk 61 aus Blindwiderständen in den mit Masse verbundenen Strang der vertikalen Zweidrahtleitung 26 geschaltet werden. Mit Hilfe des Netzwerks 61, kann die Einstellung des Gleichtakt-zu-Gegentakt-Verhältnisses auf der vertikalen Zweidrahtleitung 26 eingestellt werden. Die Empfangsspannungen aus den horizontalen und den vertikalen elektrischen Feldanteilen werden entsprechend der zirkularen Polarisation phasenunterschiedlich überlagert. Durch Einstellung des Gleichtakt-zu-Gegentakt-Verhältnisses auf der vertikalen Zweidrahtleitung 26 kann das Verhältnis des Anteiles des vertikal polarisierten Feldes mit niedriger Elevation der Hauptstrahlrichtung zu dem Anteil des horizontal polarisierten Feldes mit höherer Elevation der Hauptstrahlrichtung eingestellt werden.

[0045] In einer weiteren besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird die Antenne in den obigen Ausführungsformen mit einem weiteren Strahler mit azimuthalem Runddiagramm kombiniert, dessen Polarisation zirkular ist und die Phase der zirkularen Polarisation sich mit dem azimuthalen Winkel des Ausbreitungsvektors dreht - also bei einem kompletten azimuthalen Umlauf um den Winkel 2π . Wie bereits oben erwähnt, erfüllen die aus der DE-A-4008505 und der DE-A-10163793, bzw. EP 1 239 543 B1, bekannten Antennen aus dem Stande der Technik, sowie andere bekannte Antennenformen diese Bedingung. Die Wirkungsweise dieser Antennen 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. Selbst die Wirkung von Patchantennen lässt sich auf ähnliche Weise darstellen. Strahler 7d

mit azimuthalem Runddiagramm, deren Polarisation zirkular ist und deren Phase der zirkularen Polarisation sich mit dem azimuthalen Winkel des Ausbreitungsvektors dreht und die aus zwei gekreuzten Strahlern aufgebaut sind, werden im Folgenden zur einfachen Unterscheidung als "gekreuzte Strahler" bezeichnet.

[0046] Bei Kombination eines derartigen gekreuzten Strahlers 7d in der Weise, dass dessen Phasenbezugspunkt B mit dem der bisher beschriebenen erfindungsgemäßen Antenne zusammenfällt und die Signale der beiden Antennen über ein steuerbares Phasendrehglied 39 und ein Summations-Netzwerk amplitudengerecht zusammengefasst werden, bildet sich in vorteilhafter Weise im azimuthalen Richtdiagramm der kombinierten Antennenanordnung eine Hauptrichtung der Strahlung aus, welche von der Einstellung des Phasendrehglieds 39 abhängig ist.

[0047] Die Wirkungsweise der Überlagerung der Signale wird an Hand der Figuren 15 und 16 erläutert. In **Figur 15a** ist die vertikale Richtcharakteristik des LHCP-polarisierten elektromagnetischen Feldes einer bisher beschriebenen erfindungsgemäßen Antenne dargestellt. Die Phase dieses Feldes ist vom azimuthalen Winkel unabhängig und somit ist die Phase für die azimuthalen Winkel 0° und 180° jeweils mit demselben Winkel - im Beispiel 0° - gekennzeichnet. Vergleichend hierzu ist das Elevations-Richtdiagramm eines oben beschriebenen weiteren Strahlers 7d in **Figur 15b** von einem Typus dargestellt, wie es durch einen oben beschriebenen gekreuzten Strahler 7d erzeugt wird, wobei sich für die azimuthalen Winkel 0° und 180° um 180° unterschiedliche Phasenwerte ergeben, die im Beispiel mit 0° und 180° gekennzeichnet sind. Somit lässt sich bei phasengleicher Überlagerung beider Signale der Antennengewinn der kombinierten Antennenanordnung für den azimuthalen Winkel 0° steigern und für den azimuthalen Winkel 180° schwächen und bei geeigneter Einstellung der Amplituden unter einem gewünschten Elevationswinkel sogar eine Nullstelle des Richtdiagramms einstellen, wie es in Fig. 16 dargestellt ist. Werden die beiden Signale um den einstellbaren Phasenwinkel φ gegeneinander verschoben überlagert, so ergibt sich - auf Grund der Phasenänderung der zirkularen Polarisation des gekreuzten Strahlers (7d) mit dem azimuthalen Winkel des Ausbreitungsvektors - das azimuthale Richtdiagramm unter Beibehaltung des Elevationsrichtdiagramms um denselben Winkel φ , in der einen oder der anderen Richtung gedreht. Auf diese Weise kann das Richtdiagramm der kombinierten Antennenanordnung bei mobilem Einsatz in vorteilhafter Weise z. B. mit seiner Hauptrichtung auf den Satelliten weisend nachgeführt werden oder z.B. ein Störer durch Richtungszuweisung der Nullstelle des Richtdiagramms gezielt ausgeblendet werden. Insbesondere beim Satellitenempfang auf Fahrzeugen lässt sich hiermit im Rahmen einer dynamisch nachgeführten Einstellung des Richtdiagramms das Signal-Störverhältnis während der Fahrt stets optimal gestalten.

[0048] In **Fig. 17** ist die erfindungsgemäß kombinierte

Antennenanordnung mit einem durch den Bauraum 42 angedeuteten gekreuzten Strahler 7b dargestellt, wie er z.B. in der EP 1 239 543 B1, dort in Fig. 10a, dargestellt ist. Hierbei ist der dort angegebene vertikale Antennenleiter 20 hier in Fig. 17 äquivalent als Vertikaler Monopol 7a im Zentrum Z ausgeführt und ist auf Grund von Symmetriebedingungen von der Anschlussstelle 56 des gekreuzten Strahlers 49 entkoppelt. Letztere ist über das steuerbare Phasendrehglied 39 mit dem Summations-Netzwerk 53 verbunden, in welchem die Signale der Schleifenantenne 14, des vertikalen Monopols 7a und des gekreuzten Strahlers 49 mit der jeweils geeigneten Gewichtung zum Empfangssignal der kombinierten Antennenanordnung zusammengefasst sind. In äquivalenter Weise kann eine Antenne vom Typ, wie in der DE-A-4008505 beschrieben, oder eine Patchantenne mit dem vertikalen Monopol 7a im Zentrum Z, sowie auch eine Anordnung über der Massefläche parallel gekreuzter Dipole kombiniert werden. Alle Anordnungen von n gleichen horizontalen Strahlerelementen 59 sind hierfür verwendbar, wenn diese so angeordnet sind, dass deren Zentren die Ecken eines gleichseitigen Vielecks ergeben, und wenn die Drehung der Anordnung um die z-Achse um einen Winkel von $360^\circ/n$ die Struktur in sich selbst abbildet und wenn die Speisung jeweils im Drehsinn benachbarter Strahlerelemente sich in der Phase um jeweils $360^\circ/n$ unterscheidet. In Fig. 25 sind solche Anordnungen jeweils für das Beispiel von vier und fünf Strahlerelementen dargestellt.

[0049] In einer besonders vorteilhaften Weiterentwicklung der Erfindung wird an Stelle eines Strahlers vom beschriebenen Typ "gekreuzter Strahler" ein erfindungsgemäß neuartiger weiterer Strahler 7c mit zirkularer Polarisation und azimuthalem Rundstrahlendiagramm, dessen Phase sich mit dem azimuthalen Winkel des Ausbreitungsvektors dreht, im Folgenden zur Unterscheidung als Ringleitungsstrahler 7c bezeichnet, eingesetzt. In Figur 15(b) ist beispielhaft das Vertikaldiagramm einer solchen Antenne nach der Erfindung dargestellt.

[0050] Erfindungsgemäß ist der Ringleitungsstrahler 7c als eine rotationssymmetrisch um das Zentrum Z angeordnete polygonale oder kreisförmige geschlossene Ringleitung in einer horizontalen Ebene mit der Höhe h_1 über der leitenden Grundfläche 6 verlaufend, gestaltet.

[0051] Erfindungsgemäß wird die Ringleitung in der Weise gespeist, dass sich auf ihr die Stromverteilung einer laufenden Leitungswelle einstellt, deren Phasenunterschied über einen Umlauf gerade 2π beträgt, somit die gestreckte Länge der Ringleitung der Wellenlänge λ entspricht, die sich auf der Ringleitung einstellt. Die Strahlungsbeiträge der horizontal polarisierten einzelnen Leiterabschnitte überlagern sich im Fernfeld in der Weise, dass sich die gewünschte Strahlung mit zirkularer Polarisation und der geforderten Phasenabhängigkeit von der azimuthalen Ausbreitungsrichtung und der im Wesentlichen omnidirektionalen azimuthalen Richtcharakteristik einstellt. Bei kreisförmiger Gestaltung der Ringleitung beträgt ihre Horizontalausdehnung somit $D = \lambda/\pi$. Bei

einer Ringleitung wie sie in Figur 18 dargestellt ist, ist die Wellenlänge λ auf der Ringleitung gleich der Freiraum-Wellenlänge λ_0 . Zur Reduzierung des Durchmessers D kann die Wellenlänge λ auf der Ringleitung durch Erhöhung der Leitungsinduktivität oder/und der Leitungskapazität zur leitenden Grundfläche 6 erfolgen. Dies kann auf an sich bekannte Weise zum Beispiel bevorzugt durch Einbringung konzentrierter induktiver Elemente in die Leitungsstruktur oder zum Beispiel durch mäanderförmige Ausführung des Ringleiters erfolgen.

[0052] Fig. 18 zeigt eine derartige kombinierte Antennenanordnung, bestehend aus der Schleifenantenne 14 und dem mit dieser unter einem Phasenunterschied kombinierten Monopol 7a zur Erzeugung des zirkular polarisierten Strahlungsfeldes mit azimuthal unabhängiger Phasenlage und einem konzentrisch mit Zentrum Z angeordneten kreisförmigen Ringleitungsstrahler 7c mit Ringleitungs-Anschlussstelle 19 zur Überlagerung seines zirkular polarisierten Strahlungsfeldes jedoch mit azimuthal unabhängiger Phasenlage und zur Steuerung der azimuthalen Hauptrichtung über das steuerbare Phasendrehglied 39. Der Phasenschwerpunkt des Ringleitungsstrahlers 7c liegt in Folge der beschriebenen Phasenverteilung auf der rotationssymmetrischen Ringleitungsstruktur im Zentrum Z der Antennenanordnung und fällt somit mit dem beschriebenen Phasenbezugspunkt B der Schleifenantenne 14 und dem des Monopols 7a zusammen - unabhängig von der Stellung des steuerbaren Phasendrehglieds 39. Die Erzeugung der fortlaufenden Leitungswelle auf dem Ringleitungsstrahler 7c erfolgt ausgehend von der Ringleitungs-Anschlussstelle 19 über das Leistungsteiler- und Phasenschiebernetzwerk 31, an dessen Ausgängen um 90° zueinander in der Phase verschobene Signale stehen, welche jeweils über ein Anpassnetzwerk 25 über die Zuleitungen 18 an um $\lambda/4$ voneinander entfernten Ringleitungs-Einspeisestellen 22a und 22b längs der Ringleitungsstruktur angeschlossen sind. Mit einem Ringleitungsstrahler 7c dieser Art ist der besondere Vorteil verbunden, dass er konzentrisch zur Schleifenantenne 14 und im Vergleich zu dieser mit größerem Durchmesser gestaltet ist. Eine für die Schleifenantenne 14 übliche Querabmessung ist in weiten Grenzen gestaltbar, ist jedoch in der Regel kleiner als $\lambda/4$ und kann deshalb innerhalb der Ringleitungsstrahlers 7c mit Durchmesser λ/π gestaltet werden. Dies ermöglicht die vorteilhaft freizügige Gestaltbarkeit des im Zentrum Z befindlichen vertikalen Monopols 7b, bzw. Monopolsystems, wie z.B. in den Figuren 3, 4 und 5. Aufgrund der geometrisch bedingten Strahlungsentkopplung zwischen der Schleifenantenne 14 und dem sie umgebenden Ringleitungsstrahler 7c können die Durchmesser der beiden Strahler in weiten Grenzen unabhängig voneinander im Interesse der Gestaltung ihrer vertikalen Richtdiagramme und des daraus resultierenden vertikalen Richtdiagramms der Antennenanordnung am Antennenanschluss 28 gestaltet werden. Ebenso kann der Abstand h der Ebene der Schleifenantenne 14 von der leitenden Grundfläche 6 vom Abstand h_1 zwischen der

Ebene des Ringleitungsstrahlers 7c und der leitenden Grundfläche 6 unterschiedlich gewählt werden, wenngleich es für die Herstellung besonders wirtschaftlich ist, wenn beide Strahler zum Beispiel in gedruckter Form auf demselben flächigen Träger aufgedruckt sind. In Figur 16(a) ist beispielhaft das Vertikaldiagramm und in Fig 16 (b) ist das Horizontaldiagramm einer solchen Antenne nach der Erfindung dargestellt. Für das Beispiel einer quadratisch geformten Schleifenantenne 14 mit zentralem kurzem vertikalem Monopol in Kombination mit einem ebenso quadratisch geformten Ringstrahlungsleiter im Frequenzbereich um 2,3 GHz haben sich für die Schleifenantenne 14 eine Kantenlänge von etwa 3 cm und eine Höhe h von 13mm und für den quadratisch geformten Ringleitungsstrahler eine Kantenlänge von etwa 3,4 cm, welche etwa $\frac{1}{4}$ der Wellenlänge entspricht, und eine Höhe h von 10mm zur Realisierung sowohl des Richtdiagramms nach Fig. 16 als günstig erwiesen.

[0053] Die Schleifenantenne 14 ist über die für Gleichtaktströme hochohmige Zweidrahtleitung 26 über ein Anpassnetzwerk 25 und der Monopol 7a ist über ein Anpassnetzwerk 25 und über das Phasenschieber-Netzwerk 23 an das Summations-Netzwerk 53 zur Bildung der zirkular polarisierten Strahlung mit azimuthaler Unabhängigkeit der Phase angeschlossen. Ebenso ist die Ringleitungs-Anschlussstelle 19 über das steuerbare Phasendrehglied 39 an das Summations-Netzwerk 53 angeschlossen und die Signale sind dort mit der geeigneten Gewichtung zur Erzeugung des gewünschten vertikalen Richtdiagramms der Antennenanordnung mit einstellbarer azimuthaler Hauptrichtung am Antennenanschluss 28 den anderen Signalen überlagert.

[0054] Zur Vervollkommnung der azimuthalen Symmetrie wird vorteilhaft der Ringleitungsstrahler 7c in **Figur 19** vorteilhaft über vier jeweils um $\lambda/4$ längs der Ringleitung versetzte Einspeisestellen von in der Phase jeweils um 90° versetzten Signalen gespeist. Die Speisequellen können auf an sich bekannte Weise durch Leistungsteilung und 90° -Hybridkoppler 45 gewonnen werden.

[0055] In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung erfolgt die Erzeugung der fortlaufenden Leitungswelle auf dem Ringleitungsstrahler 7c in Anlehnung an Figur 18, jedoch durch den $\lambda/4$ -Koppelleiter 43 in **Figur 20**. Dieser ist in einem bezüglich des Leitungs-Wellenwiderstands günstigen Abstand über eine gestreckte Länge von $\lambda/4$ parallel zum Ringleitungsstrahler 7c geführt. Für die Herstellung kann der $\lambda/4$ -Koppelleiter 43 wirtschaftlich auf denselben Träger wie der Ringleitungsstrahler 7c und gegebenenfalls die Schleifenantenne 14 gedruckt aufgebracht werden.

[0056] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung erfolgt die Erzeugung der fortlaufenden Leitungswelle auf dem Ringleitungsstrahler 7c in Anlehnung an Figur 20 jedoch durch $\lambda/4$ -Richtkoppler 44 in **Figur 21**. Zu einem Mikrostreifenleiter 30 ist ein $\lambda/4$ -Koppelleiter 43 parallel geführt, welcher zusammen mit dem an den Ringleitungsstrahler 7c angekoppelten $\lambda/4$ -Koppelleiter 43 den $\lambda/4$ -Richtkoppler 44 bildet.

[0057] In **Figur 22** ist der Ringleitungsstrahler 7c einer Antenne ähnlich wie in Figur 18, jedoch als geschlossener quadratischer Leitungsring über der leitenden Grundfläche 6 mit der Kantenlänge von $\lambda/4$ in einer Ebene im Abstand h_1 über der leitenden Grundfläche 6 ausgebildet. Ebenso ist die Schleifenantenne 14 mit ihren Kapazitäten 6 als quadratische Leiterstruktur innerhalb des Ringleitungsstrahlers 7c mit dem selben Zentrum Z angeordnet. Die übrigen Antennen sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Als besonders vorteilhafte Form der berührungslosen Ankopplung an den Ringleitungsstrahler 7c ist in Figur 22 der rampenförmige $\lambda/4$ -Koppelleiter 43 hervorzuheben. Ausgehend von dem auf der leitenden Grundfläche 6 befindlichen Ringleitungs-Anschlussstelle 19 führt eine vertikale Zuleitung 18 bis auf einen Koppelabstand 58 an eine der Ecken heran, um von dort im Wesentlichen gemäß einer Rampenfunktion unterhalb einer benachbarten Ecke mit der Grundfläche 6 zusammenzutreffen um mit Letzterer elektrisch leitend verbunden zu werden. Diese Form der Ankopplung ist für eine wirtschaftliche Herstellung besonders vorteilhaft, weil aufgrund der quadratischen Ausführung des Ringleitungsstrahlers 7c der rampenförmige $\lambda/4$ -Koppelleiter 43 auf einem ebenen Träger gestaltet werden kann. Durch Einstellung eines geeigneten Koppelabstandes 58 kann zudem Impedanzanpassung an der Ringleitungs-Anschlussstelle 19 in vorteilhafter Weise herbeigeführt werden.

[0058] In **Figur 23** ist der Ringleitungsstrahler 7c ebenso quadratisch gestaltet wie in Figur 22, ist jedoch an seinen Ecken jeweils über eine Zuleitung 18 gespeist, welche jeweils über eine gleiche Länge als Mikrostreifenleiter 30 auf der leitenden Grundfläche 6 verläuft und welche jeweils einen gleich langen vertikalen Leiter enthält. Die übrigen Antennen sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Die Zuleitungen 18 sind - ausgehend von der Ringleitungs-Anschlussstelle 19 - an ein Leistungs-Verteilnetzwerk angeschlossen, welches aus in Kette geschalteten $\lambda/4$ -langen Mikrostreifenleitern 30 (15a,15b,15c) besteht. Die Wellenwiderstände der Mikrostreifenleiter 30 sind - ausgehend von einem niedrigen Wellenwiderstand an der Ringleitungs-Anschlussstelle 19 - an welche eine der Zuleitungen 18 direkt angeschlossen ist - in der Weise hochgestuft, dass die an den Ecken in den Ringleitungsstrahler 7c eingespeisten Signale gleiche Leistungen besitzen und sich jeweils um 90° in der Phase fortlaufend nacheinander unterscheiden. Die übrigen Antennenteile sind aus Gründen der Übersicht ebenfalls nicht dargestellt.

[0059] In einer vorteilhaften Erweiterung der Erfindung ist bei der Antenne in **Figur 24** ein weiterer Strahler in Form eines äußeren Ringleitungsstrahlers 7e vorhanden. Im Gegensatz zum Ringleitungsstrahler 7c, dessen Umfang genau einer Wellenlänge λ -also einer vollen Periode - entspricht, ist der Umfang des äußeren Ringleitungsstrahler 7e zwei Wellenlängen λ gewählt, so dass sich bei Erregung mit um 90° zueinander in der Phase verschobenen Signalen an um $\lambda/4$ voneinander entfernten

ten Ringleitungs-Einspeisestellen 22 längs der äußeren Ringleitungsstruktur eine fortlaufende Leitungswelle auf dem Ringleitungsstrahler 7d einstellt. Diese Einspeisung geschieht im Beispiel in Figur 24 bei beiden Ringleitungen auf ähnliche Weise über die Anpassnetzwerke 25 und das Leistungsteiler- und Phasenschiebernetzwerk 31. Die Anschlussstelle 21 des äußeren Ringleitungsstrahlers 7e ist ebenfalls mit dem Summations-Netzwerk 53 verbunden, so dass die Wirkungen der Strahlung des äußeren Ringleitungsstrahlers 7e je nach Gewichtung am Antennenanschluss 28 auftreten. Die Signale an der Schleifenantenne-Monopol-Anschlussstelle 27, an der Ringleitungs-Anschlussstelle 19 und an der Anschlussstelle 21 des äußeren Ringleitungsstrahlers 7e werden über steuerbare Phasendrehglieder 39 im Summations-Netzwerk 53 gewichtet zusammengefasst, so dass am Antennenanschluss 28 in der eingestellten azimutalen Hauptrichtung ein erhöhter Antennengewinn erzielt wird. Aufgrund des größeren Durchmessers des äußeren Ringleitungsstrahlers 7e ist sein Beitrag schärfer bündelnd als derjenige der zirkular polarisierten Ringleitung 7c. Obgleich durch Zuschalten des äußeren Ringleitungsstrahlers 7e die Polarisation nicht mehr rein zirkular ist, kann aufgrund der insgesamt schärferen Bündelung der Strahlungsgewinn für gewisse Situationen durch diese Maßnahme vergrößert werden.

[0060] In einer vorteilhaften Weiterentwicklung der Erfindung ist in **Figur 26** anstelle des Ringleitungsstrahlers 7c in Figur 22 ein Kreisgruppenstrahler 7f von dem in Figur 25 beschriebenen Typus dargestellt. Dieser besteht aus mehreren in einer parallel zur leitenden Grundfläche 6 und in einem Abstand zu dieser angeordneten Ebene und um das Zentrum Z azimutal rotationssymmetrisch auf einem Kreis K angeordneten horizontal polarisierten Strahlerelementen 59. Über Zuleitungen 18 mit Phasenschieber-Netzwerk ist eine gemeinsame Kreisgruppenstrahler-Anschlussstelle 60 geschaffen. Bei reziprokem Betrieb der Antenne ist die Erregung des Kreisgruppenstrahlers 7f in der Weise bewirkt, dass jedes Strahlerelement 59 mit einem Strom gleicher Amplitude, jedoch der Phase nach in der Weise erregt ist, dass der Betrag der Stromphase gleich dem von einer azimutalen Bezugslinie ausgehenden Azimutwinkel Φ der azimutalen Position des Strahlerelements 59 gewählt ist, so dass die Stromphase mit steigendem Azimutwinkel Φ steigt oder fällt. Hierfür sind die horizontal polarisierten Strahlerelemente 59 an den Eckpunkten eines Quadrats mit Zentrum Z angeordnet und jeweils senkrecht zu den Verbindungslinien zwischen dem betreffenden Eckpunkt und dem Zentrum Z orientiert. Die horizontal polarisierten Strahlerelemente 59 sind jeweils über eine gleich lange Zuleitung 18 mit den Anschlüssen eines Leistungsteiler- und Phasenschiebernetzwerk verbunden. Letzteres ist aus in Kette geschalteten auf der leitenden Grundfläche 6 gebildeten $\lambda/4$ -langen Mikrostreifenleitern 30 mit den Teilstücken 15a, 15b, 15c, gestaltet, deren Wellenwiderstände - ausgehend von einem niedrigen Wellenwiderstand an der Kreisgruppenstrahler-Anschlussstelle 60 -

an welche eine der Zuleitungen 18 direkt angeschlossen ist - in der Weise hochgestuft sind, dass die an den Ecken in die Strahlerelemente 59 eingespeisten Signale gleiche Leistungen besitzen und sich jeweils um 90° in der Phase fortlaufend nacheilend unterscheiden.

Liste der Bezeichnungen

[0061]

Antenne 1
 Strahleranschlussstelle 2
 Schleifenantennen-Anschlussstelle 3
 Schleifenantennen-Anschlussstellen 3a, 3b, 3c, 3d
 Abstand der Höhe h, h1 4, 4a
 Unterbrechung, Unterbrechungsstelle 5
 Grundfläche 6
 Strahler 7
 Vertikaler Monopol 7a
 Vertikaler Monopol m. Dachkapazität 7b
 Ringleitungsstrahler 7c
 Gekreuzter Strahler 7d
 Äußerer Ringleitungsstrahler 7e
 Kreisgruppenstrahler 7f,
 Blindelement 8
 Kreisantennen-Anschlussstelle (9)
 Verteilungsnetzwerk 10
 Horizontale Ausdehnung 11
 Dachkapazität 12
 Strahler 13
 Schleifenantenne 14
 Leiterteile der Schleifenantennen 14a
 Leistungsverteilnetzwerk 15a, 15b, 15c
 Kapazität 16
 Horizontaldipole 17
 Zuleitung 18
 Ringleitungs-Anschlussstelle 19
 Ringleitungs-Einspeisestelle 20a, 20b
 Äußere Ringleitungs-Anschlussstelle 21
 Ringleitungs-Einspeisestelle 22
 Phasenschieber-Netzwerk 23
 Antenne eines anderen Funk-Dienstes 24
 Anpassnetzwerk 25
 Zweidrahtleitung 26
 Schleifenantenne-Monopol-Anschlussstelle 27
 Antennenanschluss 28
 Antennenanschluss für LHCP 28a
 Antennenanschluss für RHCP 28b
 Umsymmetrierglied 29
 Mikrostreifenleiter 30
 Leistungsteiler- und Phasenschiebernetzwerk 31
 Stabantenne 32
 Anpassnetzwerk 33
 Summenbildung 34
 Differenzbildung 35
 Äußere Ringleitung 36
 Diversity-Umschalters 37
 Diversity-Steuermodul 38

Steuerbares Phasendrehglied 39
 Abstand 40
 Blindwiderstand 41
 gekreuzter Strahler 42
 Richtkoppelleiter 43
 zweiter Richtkoppelleiter 44
 90"-Hybridkoppler 45
 LHCP-Anschluss 46
 RHCP-Anschluss 47
 Anschluss Horizontalpolarisation 48
 Anschluss Vertikalpolarisation 49
 kombinierte Anpassschaltung 50
 Schaltung aus mehreren Blindelementen 51
 LHCP/RHCP-Radiomodul 52
 Summations-Netzwerk 53

Patentansprüche

1. Antenne für den Empfang zirkular in einer Drehrichtung der Polarisation ausgestrahlter Satellitenfunksignale umfassend wenigstens zwei mit einem Antennenanschluss (28) verbundene, jeweils in einer Raumrichtung linear polarisierte und über ein Anpass- und Phasenschieber-Netzwerk (25, 23) verbundene Strahler (7),

gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale:

- einer der Strahler ist als Schleifenantenne (14) gebildet, welche aus einer im Wesentlichen in einer horizontalen Ebene parallel über einer im Wesentlichen horizontal orientierten leitenden Grundfläche (6) angeordneten Leiterschleife besteht

- die Leiterschleife weist für ihre elektrisch wirksame Verkürzung wenigstens eine **durch** eine Kapazität (16) überbrückte Unterbrechung, insbesondere mehrere im Abstand voneinander angeordnete, **durch** Kapazitäten (16) überbrückte Unterbrechungen auf

- im Zusammenwirken mit der wenigstens einen Unterbrechung der Leiterschleife ist eine Schleifenantennen-Anschlussstelle (3) der Schleifenantenne (14) zur Einspeisung eines Ringstromes auf der Schleifenantenne (14) gebildet

- der mindestens eine weitere Strahler (7) mit seiner Strahleranschlussstelle (2) sowie die Schleifenantennen-Anschlussstelle (3) der Schleifenantenne (14) sind über ein Anpass- und Phasenschiebernetzwerk (25, 23) verbunden, welches so ausgebildet ist, dass bei reziprokem Betrieb der Antenne die Strahlungsfelder der Schleifenantenne (14) und des mindestens einen weiteren Strahlers (7) im Fernfeld der Antenne mit unterschiedlichen Phasen überlagert sind

- der mindestens eine der weiteren Strahler (7) weist eine im wesentlichen senkrecht zur Pola-

risation der Schleifenantenne (14) orientierte Polarisation und eine im wesentlichen orthogonale Phase im Fernfeld auf.

- 5 2. Antenne nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Anzahl und jeweils der Kapazitätswert der über den Umfang der Schleifenantenne (14) verteilten Kapazitäten (16) in der Weise gewählt sind, dass sowohl eine azimuthal konstante Strombelegung auf der Schleifenantenne (14) als auch eine Resonanz der Kapazitäten (16) zusammen mit den Wirkungen der elektrischen Leiter der Schleifenantenne gegeben ist.
 10 (Fig. 2)

3. Antenne nach Anspruch 1 bis 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
 bei reziprokem Betrieb der Antenne die Strahlungsfelder der Schleifenantenne (14) und des mindestens einen weiteren Strahlers (7) im Fernfeld der Antenne für die Erzeugung einer Strahlung mit zirkularer Polarisation mit weitgehend gleicher Amplitude im Winkelbereich der Elevation zwischen 30° und 60° und einem Phasenunterschied von 90° überlagert sind.

4. Antenne nach Anspruch 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
 durch die wenigstens eine Unterbrechung der Leiterschleife die Schleifenantennen-Anschlussstelle (3) der Schleifenantenne (14) gebildet ist und die Schleifenantenne (14) rotationssymmetrisch um ein Zentrum Z auf einer Ebene gebildet ist und der mindestens eine weitere Strahler (7) als kurzer, vertikaler, das Zentrum der Schleifenantenne (14) durchlaufender Monopol (7a) über der leitenden Grundfläche (6) gestaltet ist und dass die Strahleranschlussstelle (2) des Monopols (7a) sowie die Schleifenantennen-Anschlussstelle (3) der Schleifenantenne (14) mit dem Antennenausgangsanschluss (28) über das Anpass- und Phasenschiebernetzwerk (25, 23) verbunden sind.
 (Fig. 2)

5. Antenne nach Anspruch 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Ebene der Schleifenantenne (14) im Abstand (4) der Höhe h von der elektrisch leitenden Grundfläche (6) angeordnet ist und der elektrisch kurze, vertikale Monopol (7a) über der elektrisch leitenden Grundfläche (6) der Schleifenantenne (14) angeordnet ist und der Elevationswinkel der Hauptstrahlrichtung über die Wahl des Abstands (4) der Höhe h und der horizontalen Ausdehnung der Schleifenantenne (14) und über das Verhältnis zwischen den Amplituden der Schleifenantenne (14) und dem Monopol (7a) eingestellt ist. (Fig. 2)

6. Antenne nach Anspruch 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die wenigstens eine Schleifenantennen-Anschlussstelle (3) der Schleifenantenne (14) über eine zwischen der Ebene der Leiterschleife und der elektrisch leitenden Grundfläche (6) geführte Zweidrahtleitung (26), welche ein Anpassnetzwerk (25) mit Umsymmetrierglied (29) enthält, mit der auf der leitenden Grundfläche (6) platzierten weiterführenden Schaltung mit Phasenschieber-Netzwerk (23) und Summations-Netzwerk (53) mit dem Antennenausgangsanschluss (28) verbunden ist, so dass sich das gewünschte Phasenverhältnis über die Wahl der Länge der Zweidrahtleitung (26) und das Phasenschieber-Netzwerk (23) einstellt.
 (Fig. 2, 3)
7. Antenne nach Anspruch 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
 der weitere Strahler (7), welcher zur Ebene der Schleifenantenne (14) senkrecht orientiert ist, aus einer Gruppe von rotationssymmetrisch zum Zentrum Z und innerhalb der Schleifenantenne (14) angeordneten Monopolen (7a) gebildet ist und die Monopole an ihrem unteren Ende über Leitungen im Zentrum Z miteinander verbunden sind und dort die Strahleranschlussstelle (2) bilden.
 (Fig. 3)
8. Antenne nach Anspruch 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
 in der Schleifenantenne (14) zur Verkleinerung der Restunsymmetrie der Anordnung zwei in der Symmetrieebene SE einander gegenüberliegende Antennenanschlussstellen (3a, 3b) oder mehrere Anschlussstellen in gleichen Abständen zueinander angeordnet sind und diese an die Umsymmetrier- und Anpassnetzwerke (25, 29) angeschlossen sind, deren Ausgänge über gleiche Phasenschieber-Netzwerke (23) parallel geschaltet und mit der Zweidrahtleitung (26) verbunden sind.
 (Fig. 4)
9. Antenne nach Anspruch 1 bis 6 und 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
 der im Zentrum Z angeordnete weitere Strahler (7) als Monopol (7b) mit horizontalen, rotationssymmetrisch zum Zentrum Z angeordneten Leiterteilen als Dachkapazität gestaltet ist. Auch diese Leiterteile sind symmetrisch zur Symmetrieebene SE ausgeführt.
 (Fig. 4)
10. Antenne nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
 Leiterteile der Schleifenantenne (14) mit Leiterteilen des Monopols (7b) zur Bildung der rotationssymmetrischen Dachkapazität (12) elektrisch leitend miteinander verbunden sind und die Dachkapazität (12) sowohl bezüglich der Einhaltung der Rotationssymmetrie als auch der Symmetrie in Bezug auf die Symmetrieebene SE gestaltet ist.
 (Fig. 5)
11. Antenne nach Anspruch 1 bis 6 und 8 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Zweidrahtleitung (26) zur Speisung der Schleifenantenne (14) im Zentrum Z angeordnet ist und die Zweidrahtleitung (26) einen vertikalen Monopol (7a) und die Schleifenantenne (14) eine Dachkapazität (12) des Monopols (7a) bildet und die Schleifenantenne (14) eine, zwei oder mehrere symmetrisch zueinander angeordnete Antennenanschlussstellen (3a, 3b,...) mit je einem Anpassnetzwerk (25) in der Schleifenebene enthält und die Empfangsspannung des Monopols (7a) an seiner Strahleranschlussstelle (2) als Gleichtakt-Modus der Zweidrahtleitung (26) an einem Ausgang und die Empfangsspannung der Schleifenantennen (14) als Gegentakt-Modus der Zweidrahtleitung (26) am anderen Ausgang des Anpassnetzwerks (33) dem Leistungsteiler- und Phasenschiebernetzwerk (31) zur amplitudengerechten und phasenunterschiedlichen Überlagerung der Signale am Antennenanschluss (28) zugeführt sind.
 (Fig. 6)
12. Antenne nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet, dass
 einer der beiden Leiter der Zweidrahtleitung (26) für die Gewichtung des Empfangs des horizontal polarisierten und des vertikal polarisierten elektrischen Feldes über ein Zweipolnetzwerk (61) zur Einstellung des Gleichtakt-zu-Gegentakt-Verhältnisses auf der vertikalen Zweidrahtleitung (26) mit der leitenden Grundfläche (6) an einer Masse-Anschlussstelle (62) leitend verbunden ist und der andere der beiden Leiter über das Anpassnetzwerk (54) mit dem Antennenausgangsanschluss (28) verbunden ist und die für die Erzeugung der zirkularen Polarisation notwendige Einstellung der Phasen mit Hilfe dieses Zweipolnetzwerks (61) gegeben ist.
 (Figur 8)
13. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Antenne als Mehrfrequenzbereichsantenne gestaltet ist und anstelle diskreter Kapazitäten (16) Zweipol-Netzwerke (51), bestehend aus einer Schaltung aus mehreren Blindelementen, in die Unterbrechungsstellen der Schleifenantennen (14) eingebracht sind und die Zweipol-Netzwerke (51) bei unterschiedlichen Betriebsfrequenzen unterschiedliche Blindwiderstandswerte besitzen.
 (Figur 9)

14. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Empfangssignale der Schleifenantenne (14) und des Monopols (7a) den beiden Eingängen einer insbesondere als 90°-Hybridkoppler (45) ausgebildeten Signalkombinierschaltung zugeführt sind und an die Ausgänge des 90°-Hybridkopplers (45) ein LH-CP/RHCP-Umschalter (55) an der Anschlussstelle (28) - angesteuert durch eine in einem Radioempfängermodul (52) befindliche Umschaltsteuerung angeschlossen ist, so dass die Satelliten-Empfangssignale der beiden Drehrichtungen der Polarisation für Polarisations - Diversity alternativ zur Verfügung stehen.
(Fig. 12)
15. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, dass
im Zentrum Z der Antenne ein gekreuzter Strahler (42) mit zirkularer Polarisation und azimutal abhängiger Phase vorhanden ist, dessen Empfangssignale der Strahleranschlussstelle (56) über ein steuerbares Phasendrehglied (39) dem Summations-Netzwerk (53) zugeführt sind und dort gewichtet den übrigen Empfangssignalen zur Ausbildung einer Hauptrichtung im azimutalen Richtdiagramm hinzugefügt sind, so dass durch variable Einstellung des Phasendrehglieds (39) die azimutale Hauptrichtung variabel eingestellt ist.
(Figur 17)
16. Antenne nach Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet, dass
der gekreuzte Strahler (42) durch eine Antenne gemäß EP 1 239 543 B1, Figuren 6a, 6b, 6c, gebildet ist.
17. Antenne nach Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet, dass
der gekreuzte Strahler (42) durch eine Patchantenne für zirkulare Polarisation gebildet ist.
18. Antenne nach Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet, dass
an Stelle eines gekreuzter Strahlers (42) ein Ringleitungsstrahler (7c) mit zirkularer Polarisation und azimutal abhängiger Phase vorhanden ist, welcher als eine rotationssymmetrisch um das Zentrum Z angeordnete polygonale oder kreisförmige geschlossene Ringleitung in einer horizontalen Ebene mit der Höhe h_1 über der leitenden Grundfläche (6) verlaufend, gestaltet ist und welcher in der Weise elektrisch erregt ist, dass sich auf der Ringleitung die Stromverteilung einer laufenden Leitungswelle einstellt, deren Phasenunterschied über einen Umlauf gerade 2π beträgt und somit die gestreckte Länge der Ringleitung der Leitungswellenlänge λ entspricht.
(Figur 18)
19. Antenne nach Anspruch 18,
dadurch gekennzeichnet, dass
dass der Ringleitungsstrahler (7c) kreisförmig mit seinem Mittelpunkt im Zentrum Z ausgebildet ist und zur Erzeugung einer fortlaufenden Leitungswelle auf dem Ringleitungsstrahler (7c) zwei um $\lambda/4$ voneinander längs der Ringleitungsstruktur entfernte Ringleitungs-Einspeisestellen (22) vorhanden sind, an welchen über an die geschlossene Ringleitung angeschlossene Zuleitungen (18) gleich große Signale eingespeist sind, welche um 90° zueinander in der Phase verschoben sind.
20. Antenne nach Anspruch 19,
dadurch gekennzeichnet, dass
ein Leistungsteiler- und Phasenschiebernetzwerk (31) vorhanden ist, welches auf einer Seite mit der Ringleitungs-Anschlussstelle (19) verbunden ist und auf der anderen Seite die beiden um 90° zueinander in der Phase verschobenen Signale gleicher Größe zur Einspeisung in die Ringleitung zur Verfügung stehen und die Ringleitungs-Anschlussstelle (19) über ein steuerbares Phasendrehglied (39) dem Summations-Netzwerk (53) zugeführt sind und dort gewichtet den übrigen Empfangssignalen zur Ausbildung der Hauptrichtung im azimutalen Richtdiagramm hinzugefügt sind, so dass durch variable Einstellung des Phasendrehglieds (39) die azimutale Hauptrichtung variabel eingestellt ist.
(Figur 18)
21. Antenne nach Anspruch 18 bis 20,
dadurch gekennzeichnet, dass
zur Erzeugung einer fortlaufenden Leitungswelle auf dem Ringleitungsstrahler (7c) anstelle der Ringleitungs-Einspeisestellen (22) ein Richtkoppelleiter (43) vorhanden ist, welcher in einem bezüglich des Leitungs-Wellenwiderstands günstigen Koppelabstand über eine gestreckte Länge von $\lambda/4$ parallel zum Ringleitungsstrahler (7c) geführt ist und der Richtkoppelleiter (43) auf der einen Seite über eine Zuleitung (18) und ein Anpassnetzwerk (25) mit der Ringleitungs-Anschlussstelle (19) und auf der anderen Seite über eine Zuleitung (18) mit der leitenden Grundfläche (6) verbunden ist.
(Figur 20)
22. Antenne nach Anspruch 15 und 21,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Schleifenantennen (14) als quadratische Schleife mit Schleifenantennen-Anschlussstelle (3) ausgeführt ist und der Ringleitungsstrahler (7c) als geschlossener quadratischer Leitungsring mit der Kantenlänge von $\lambda/4$ über der leitenden Grundfläche (6) im Abstand h_1 über der leitenden Grundfläche (6) ausgebildet ist und zur Erzeugung einer fortlaufenden Leitungswelle auf dem Ringleitungsstrahler (7c) und zur berührungslosen Ankopplung an den

Ringleitungsstrahler (7c) ein rampenförmiger Richtkoppelleiter (57) mit vorteilhafter Länge von $\lambda/4$ gestaltet ist, welcher ausgehend von der auf der leitenden Grundfläche (6) befindlichen Ringleitungs-Anschlussstelle (19) über eine vertikale Zuleitung (18) bis auf einen Koppelabstand (58) an eine der Ecken heranführt, um von dort im Wesentlichen gemäß einer Rampenfunktion etwa unterhalb einer benachbarten Ecke mit der Grundfläche (6) zusammentrifft und mit dieser über den Massenanschluss (62) leitend verbunden ist. (Figur 22)

23. Antenne nach Anspruch 22,

dadurch gekennzeichnet, dass

ein weiterer Strahler in Form eines äußeren Ringleitungsstrahlers (7e) vorhanden ist, dessen Umfang zwei Wellenlängen λ entspricht, so dass sich bei Erregung mit um 90° zueinander in der Phase verschobenen Signalen an um $\lambda/4$ voneinander entfernten Ringleitungs-Einspeisestellen (22) längs der äußeren Ringleitungsstruktur eine fortlaufende Leitungswelle einstellt und dass die Gewinnung dieser Signale ausgehend von der Anschlussstelle (21) der äußeren Ringleitung auf ähnliche Weise wie zur Speisung des Ringleitungsstrahlers (7c) gegeben ist und die Signale an der Schleifenantenne-Monopol-Anschlussstelle (27) an der Ringleitungs-Anschlussstelle (19) und an der Anschlussstelle (21) der äußeren Ringleitung über steuerbare Phasendrehglieder (39) im Summations-Netzwerk (53) gewichtet zusammengefasst sind, so dass am Antennenanschluss (28) in der eingestellten azimuthalen Hauptrichtung ein erhöhter Antennengewinn erzielt wird. (Figur 24)

24. Antenne nach Anspruch 18,

dadurch gekennzeichnet, dass

anstelle des Ringleitungsstrahlers (7c) ein Kreisgruppenstrahler (7f), bestehend aus mehreren in einer parallel zur leitenden Grundfläche (6) und in einem Abstand zu dieser angeordneten Ebene und um das Zentrum Z azimuthal rotationssymmetrisch auf einem Kreis (K) angeordneten horizontal polarisierten Strahlerelementen (59), mit einer über Zuleitungen (18) mit Leistungsteiler- und Phasenschiebernetzwerk (31) angeschlossenen gemeinsamen Kreisgruppenstrahler-Anschlussstelle (60), gebildet ist und bei reziprokem Betrieb der Antenne die Erregung des Kreisgruppenstrahlers (7f) in der Weise bewirkt ist, dass jedes Strahlerelement (59) mit einem Strom gleicher Amplitude, jedoch der Phase nach in der Weise erregt ist, dass der Betrag der Stromphase gleich dem von einer azimuthalen Bezugslinie ausgehenden Azimutwinkel (Φ) der azimuthalen Position des Strahlerelements (59) gewählt ist, so dass die Stromphase mit steigendem Azimutwinkel (Φ) steigt oder fällt. (Fig. 25)

25. Antenne nach Anspruch 10 und einem der Ansprüche 15 bis 24

dadurch gekennzeichnet, dass

die Speisung der Schleifenantenne (14) durch den Monopol (7b) mit Dachkapazität (12) gebildet wird und beide Antennen somit durch die Strahleranschlussstelle (2) gemeinsam gespeist werden, wobei die Schleifenantenne gegenüber der Dachkapazität um die Achse des Zentrums Z herum azimuthal so gedreht ist, dass sich im linken Drehsinn und im rechten Drehsinn unterschiedliche azimuthale Winkelabstände α und β zwischen den Horizontalarmen der Dachkapazität (12) und der jeweils nächsten Unterbrechungsstelle (5) mit der dort eingebrachten Kapazität (16) auf der Schleifenantenne (14) ergeben. (Fig. 14)

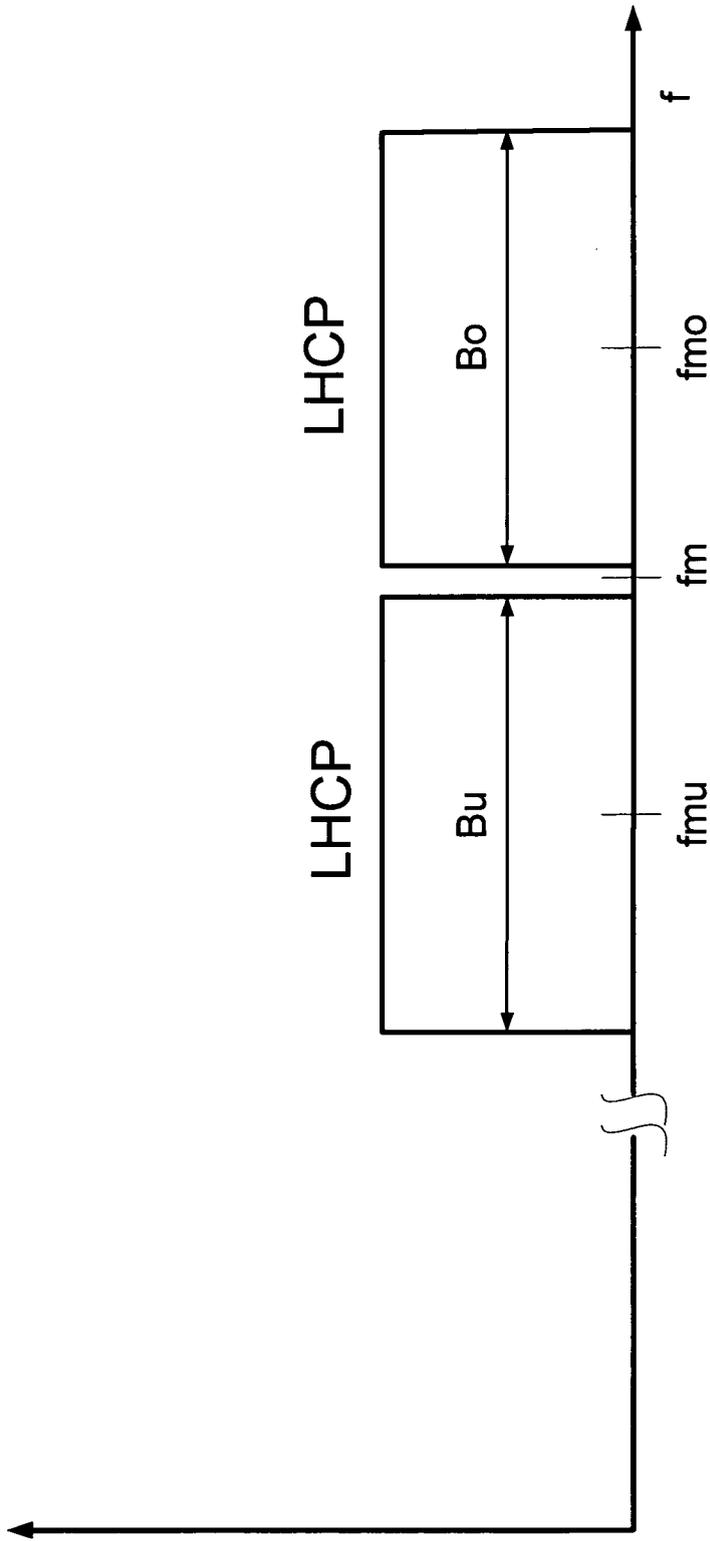


Fig.1

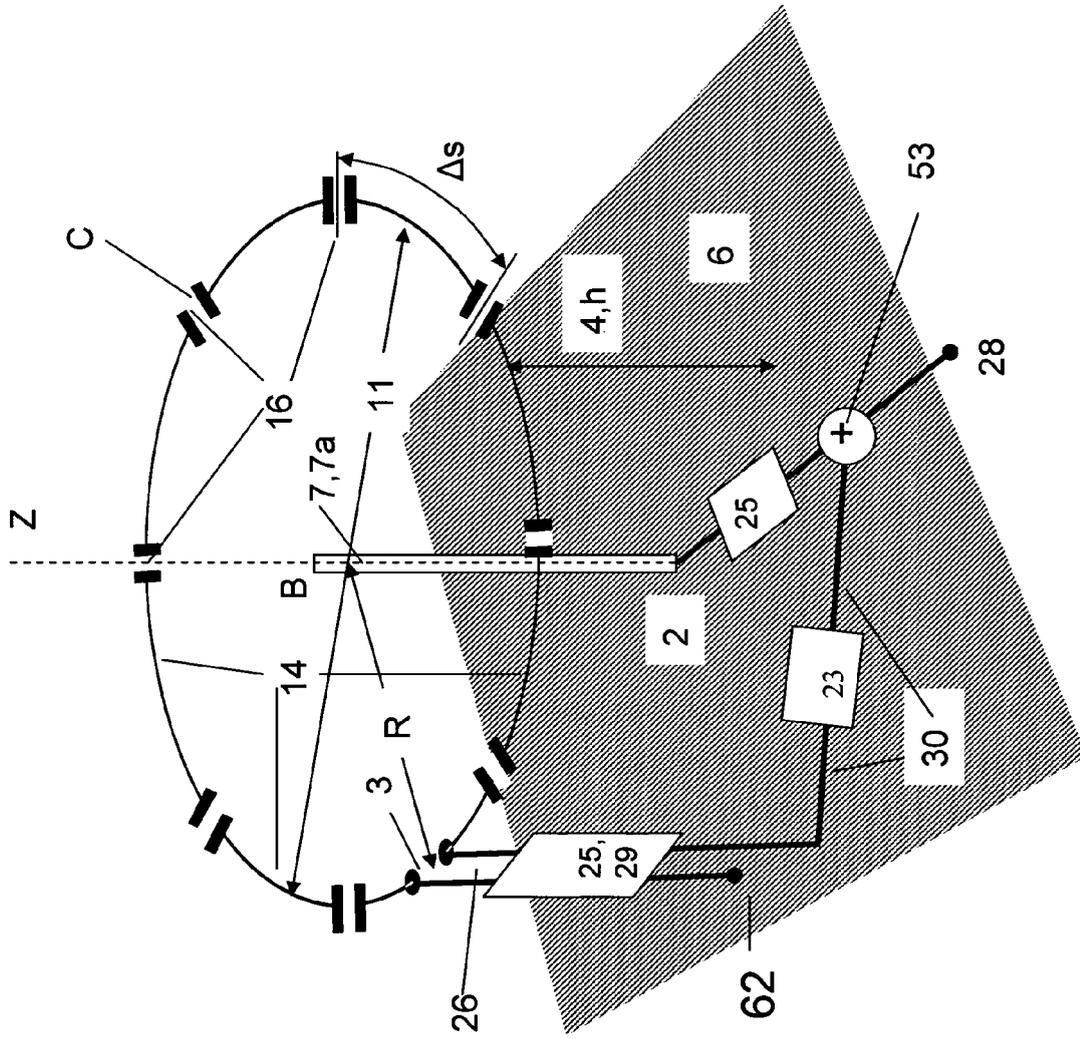


Fig. 2

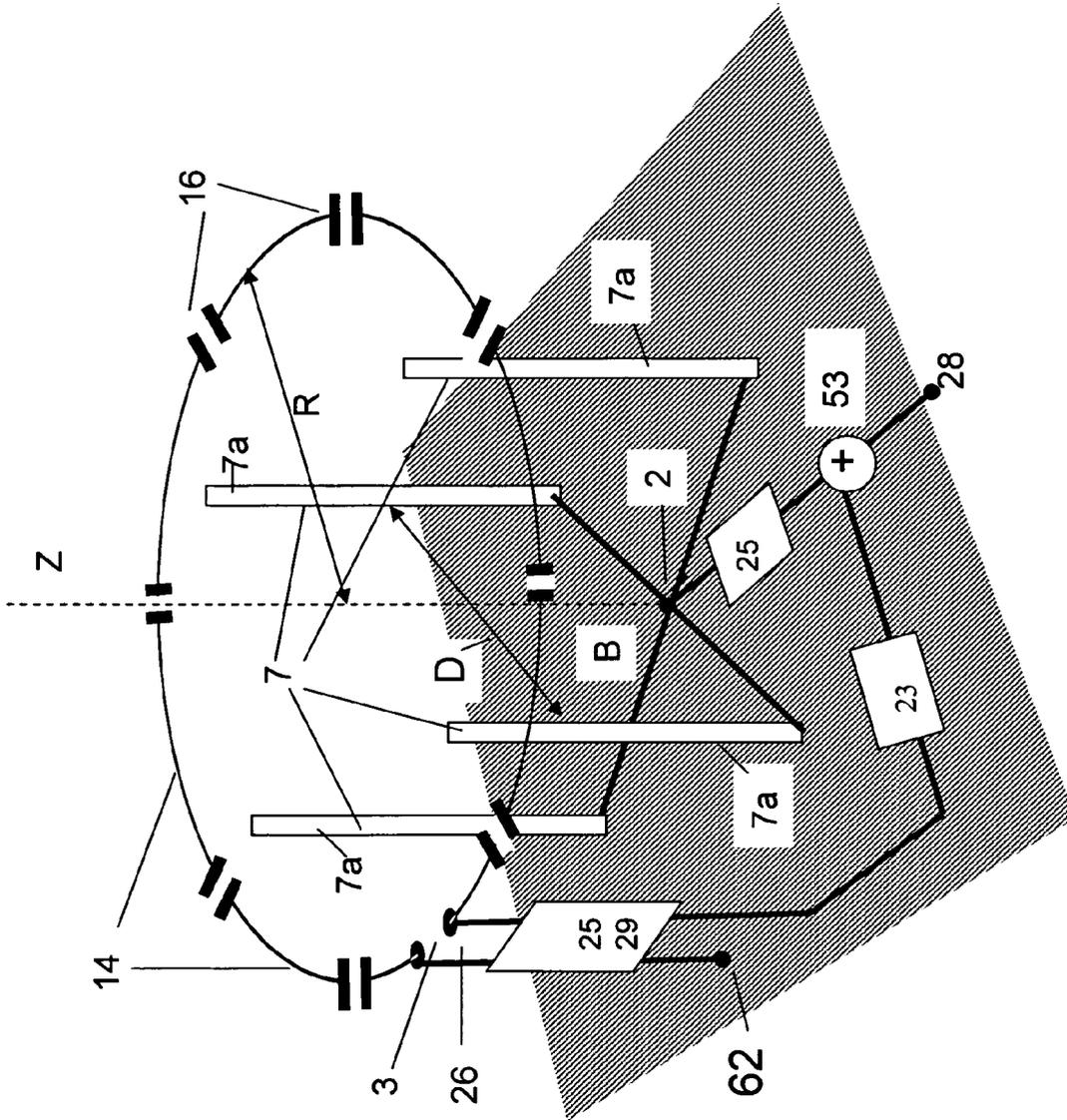


Fig. 3

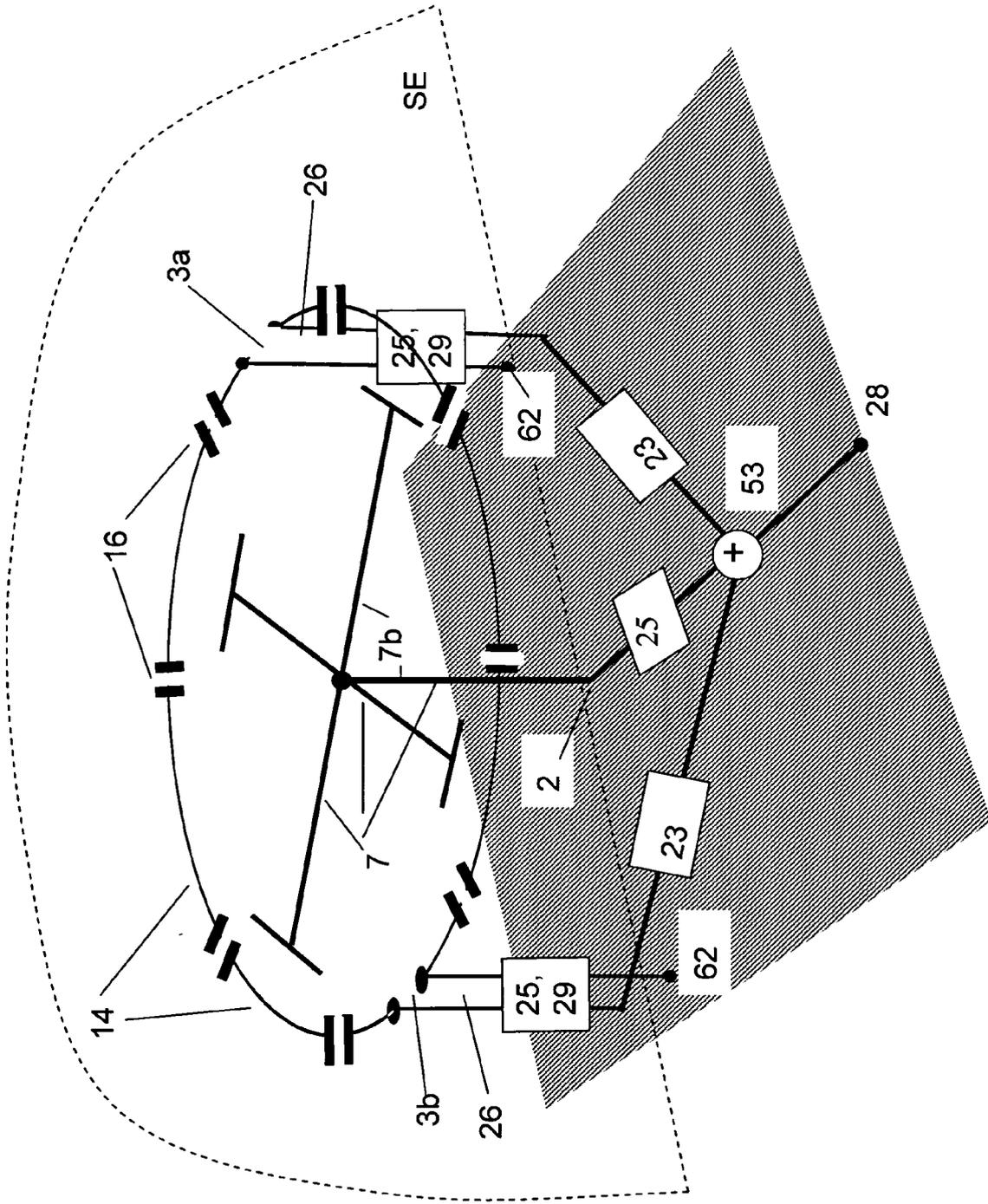


Fig. 4

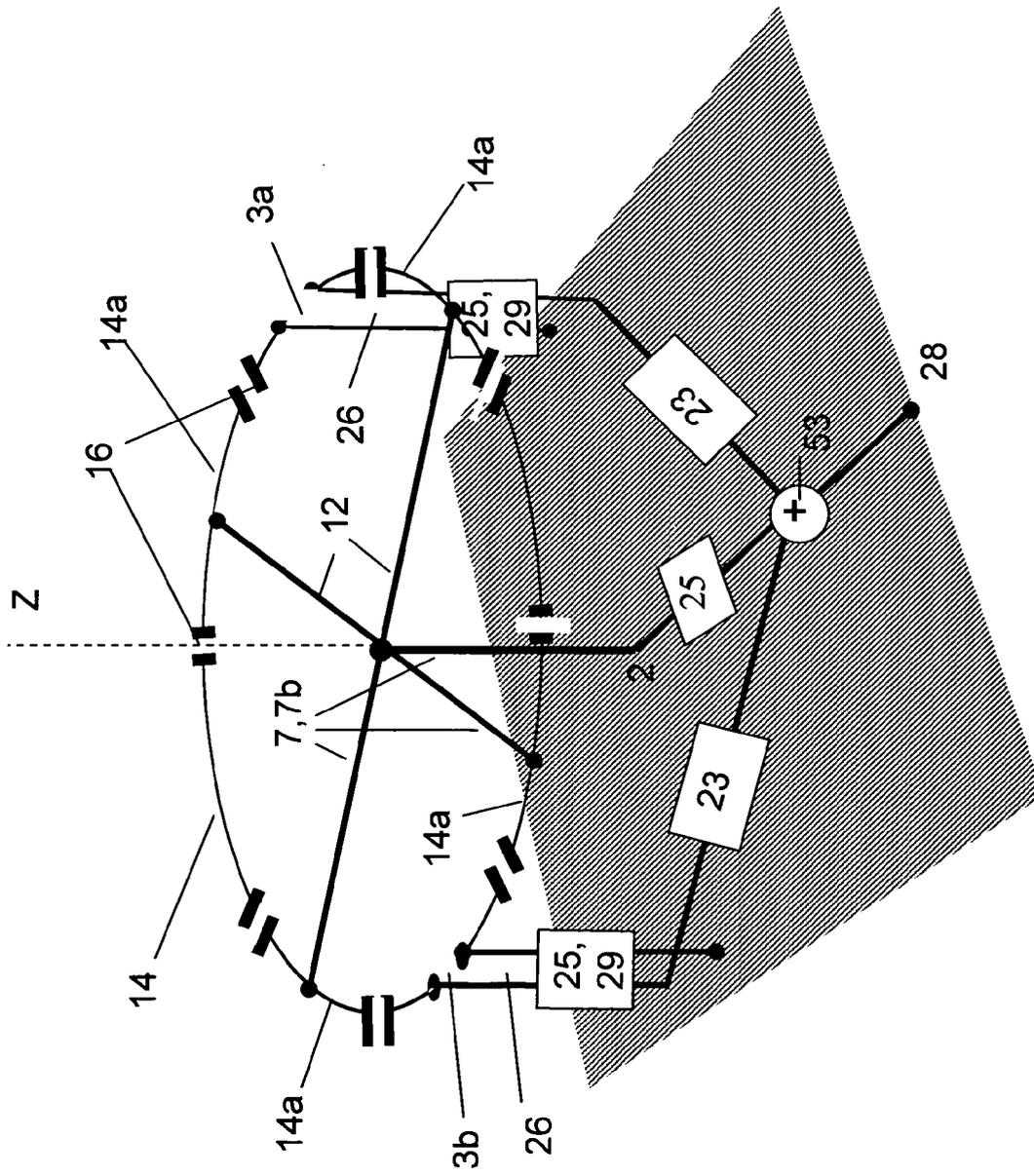


Fig. 5

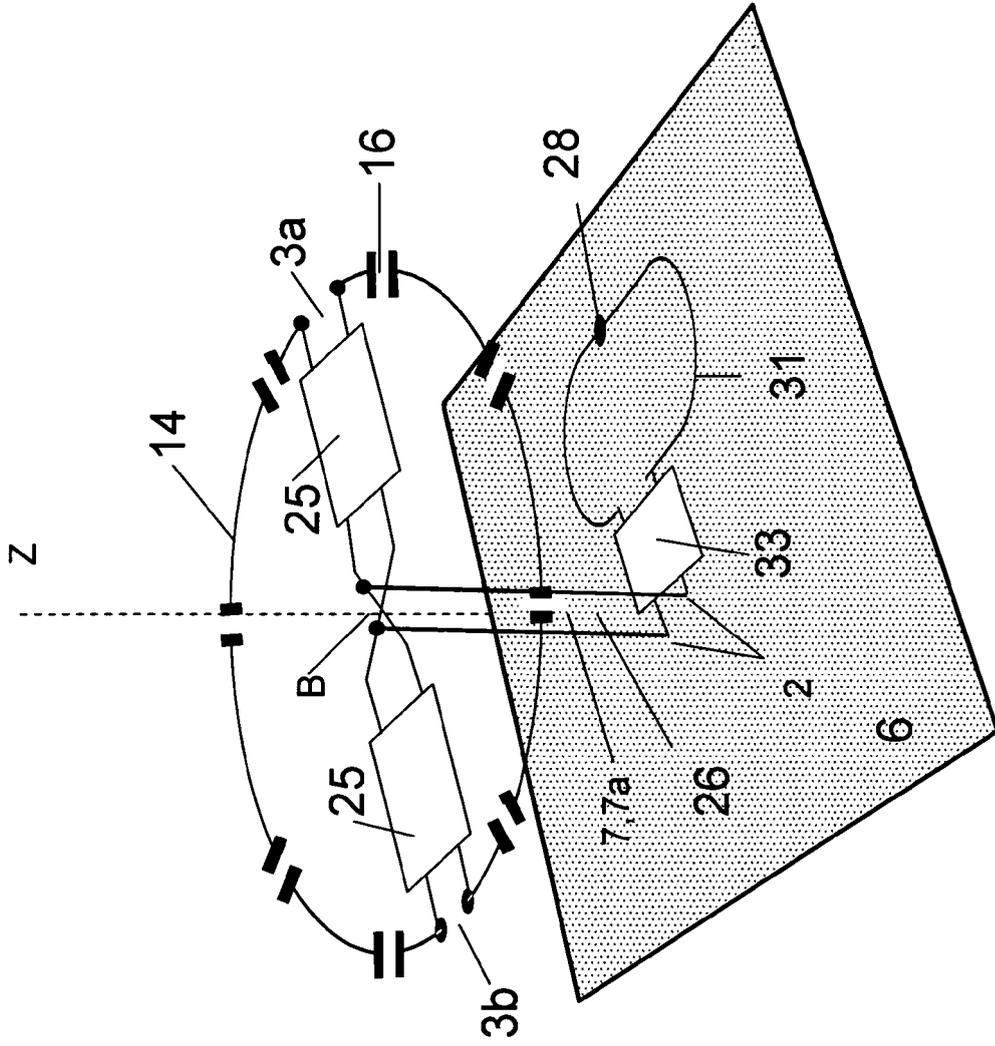


Fig. 6

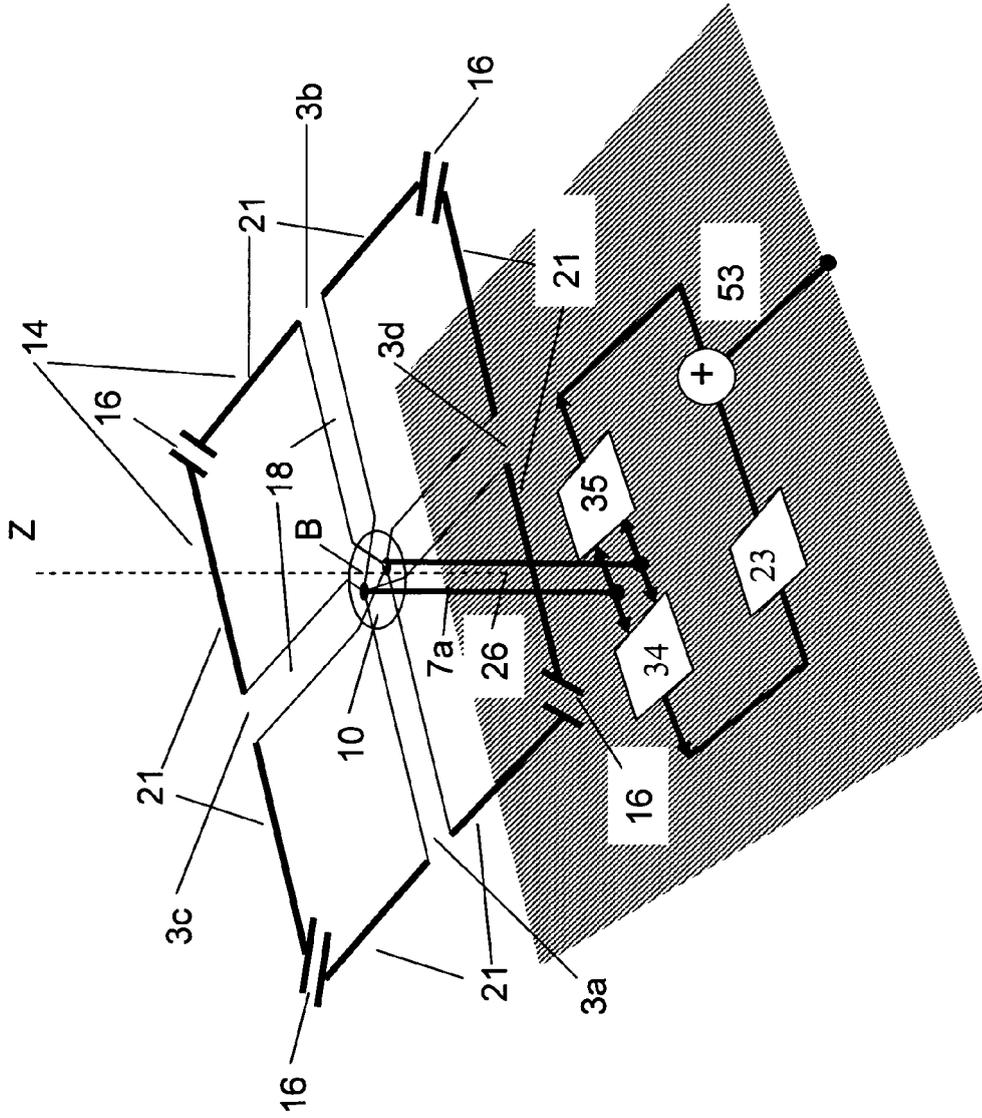


Fig. 7

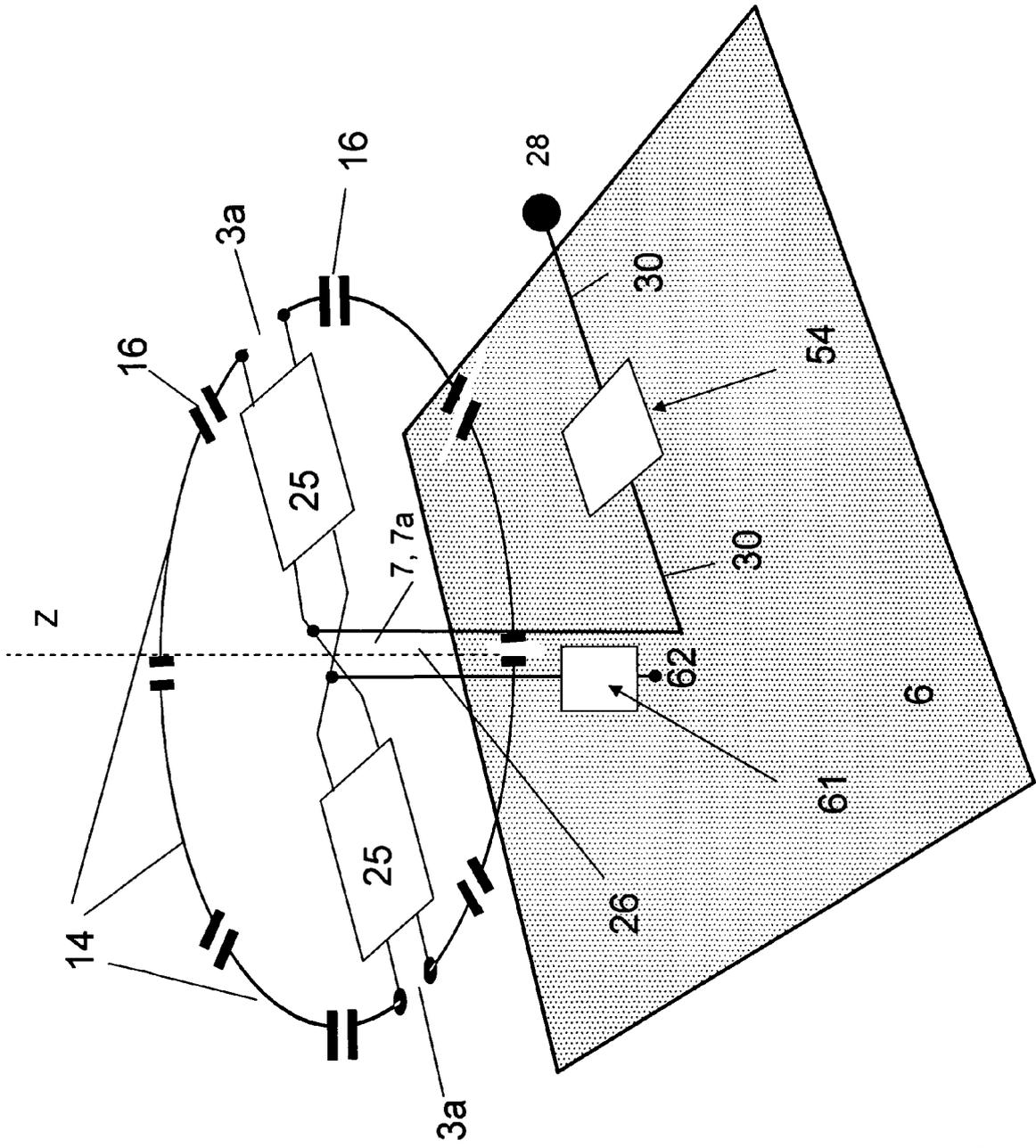


Fig. 8

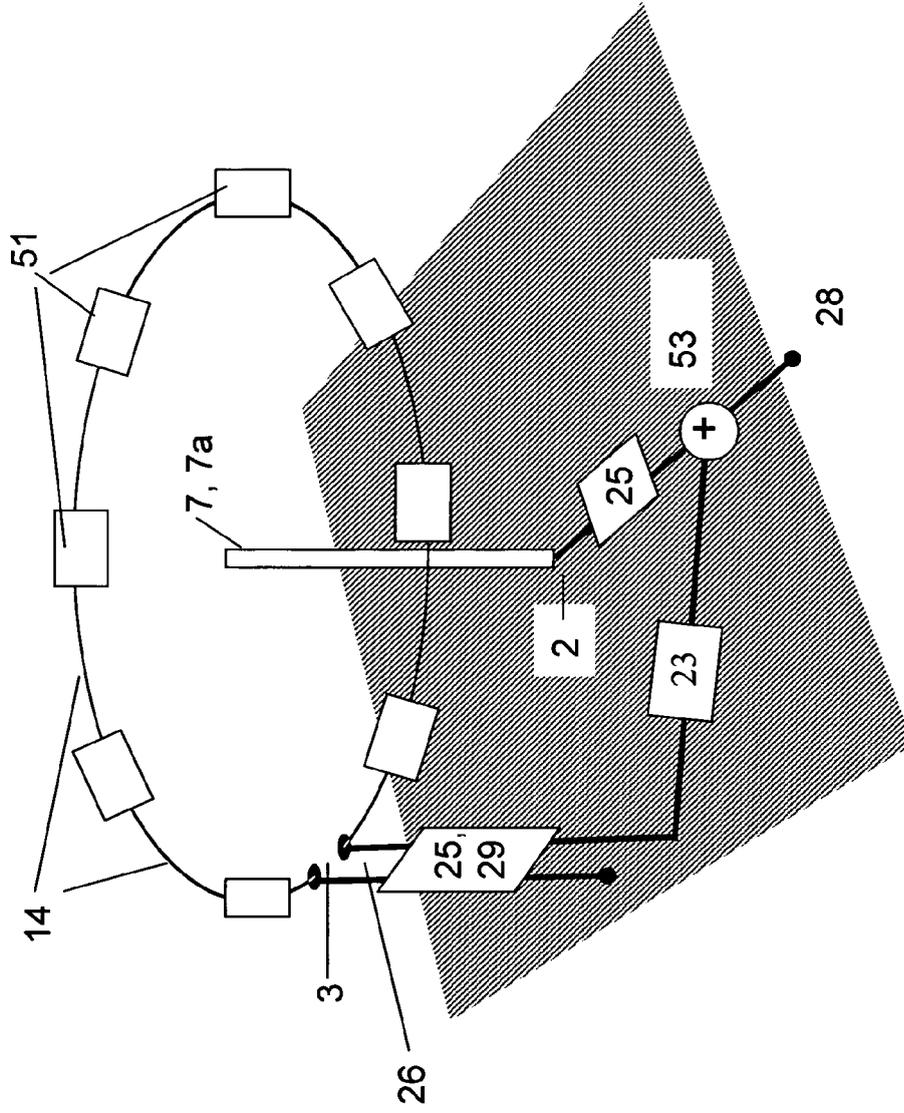


Fig. 9

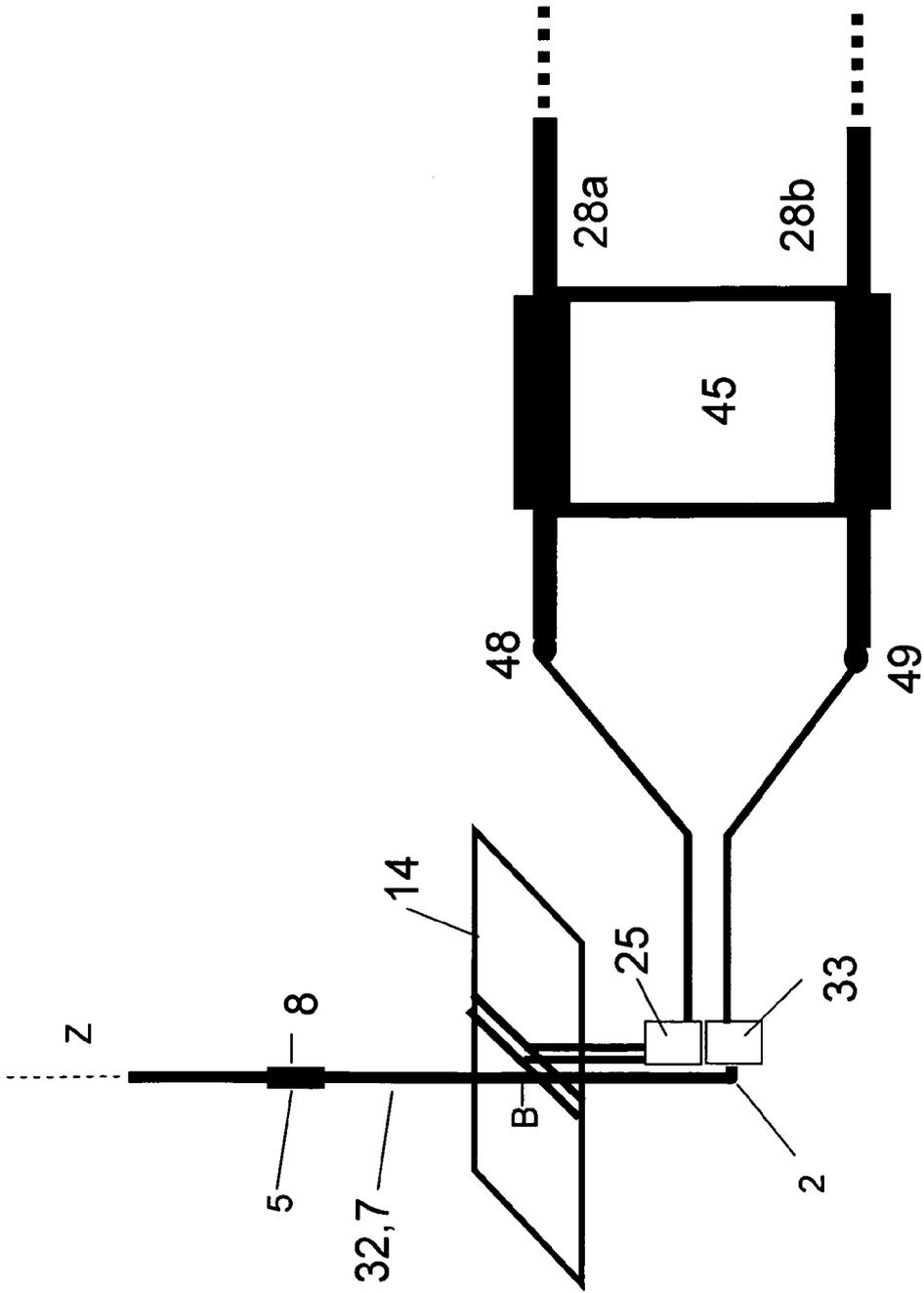


Fig.10

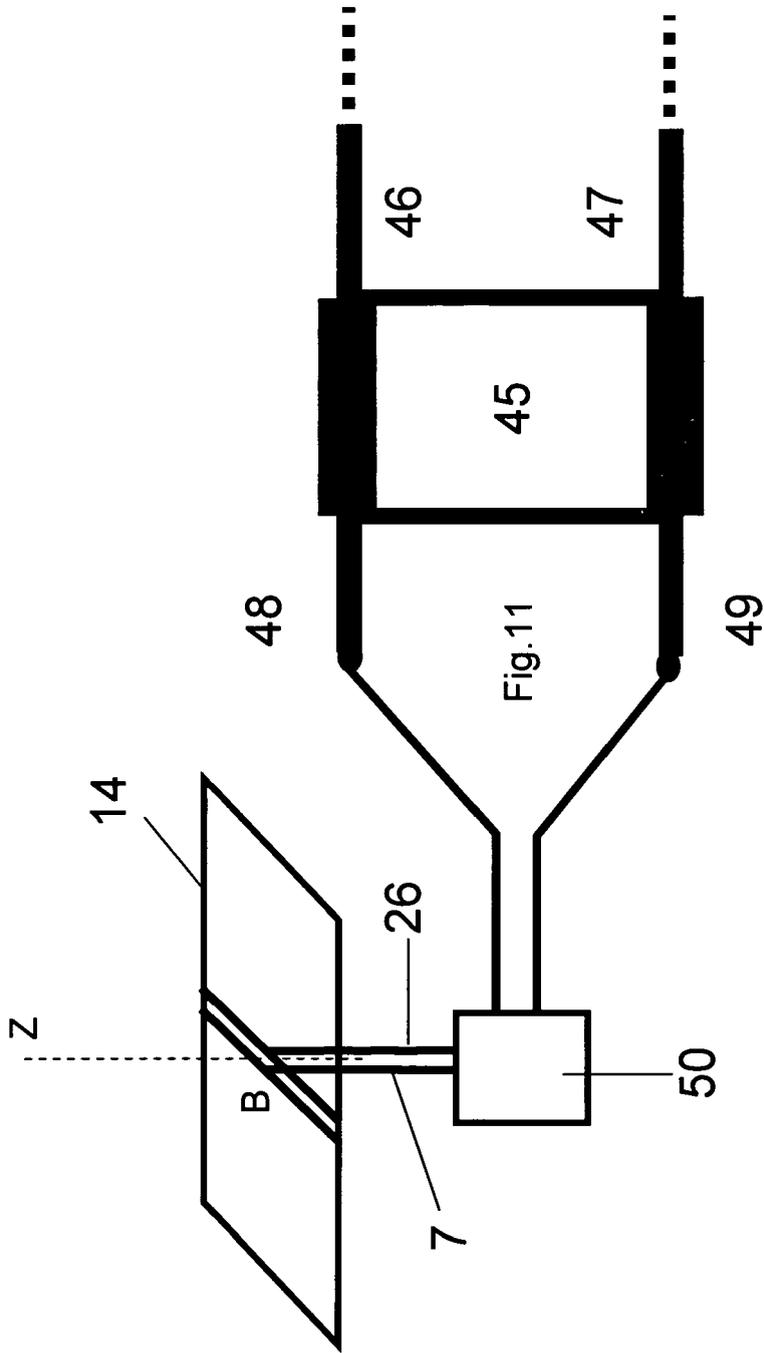


Fig. 11

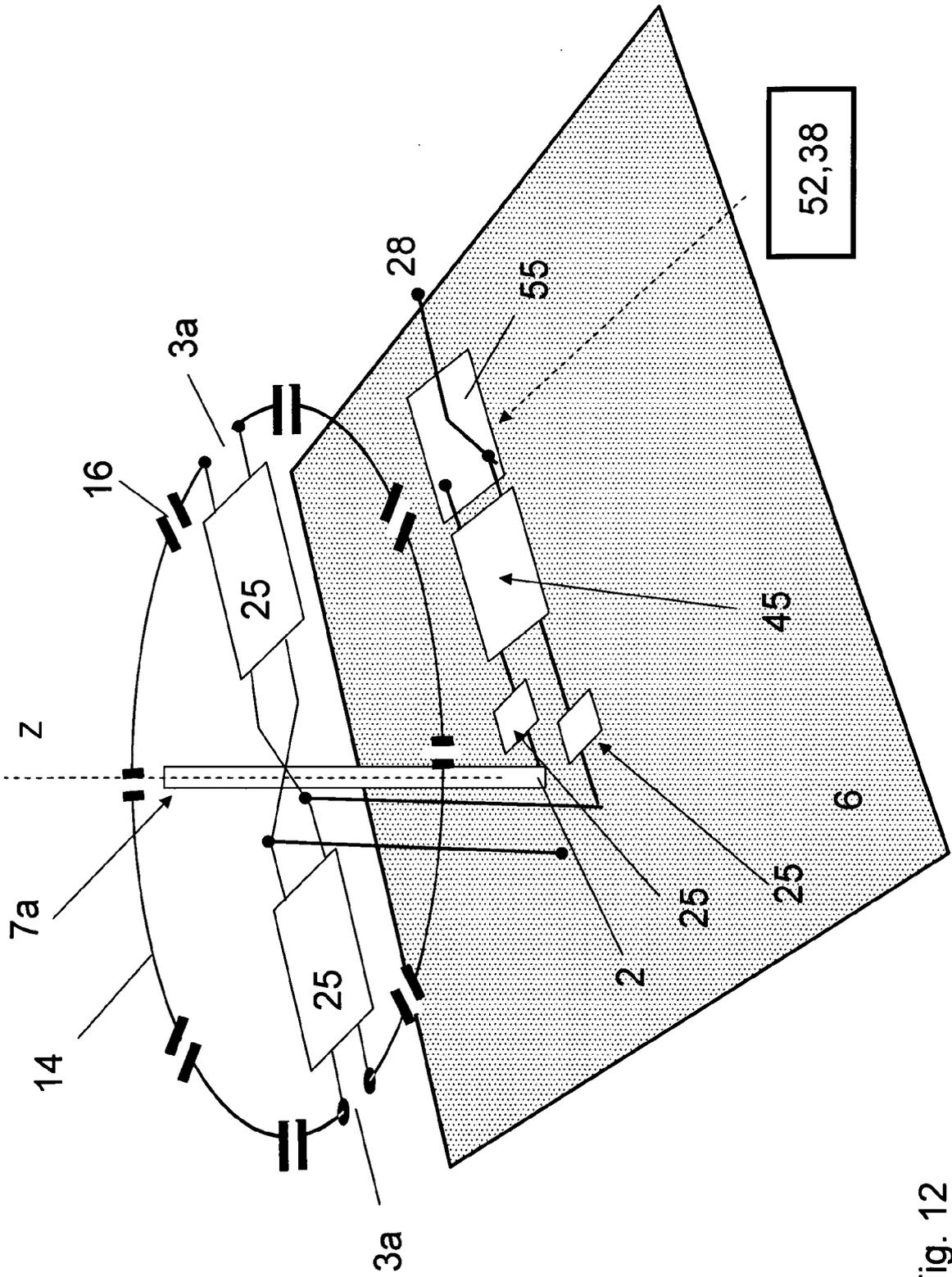


Fig. 12

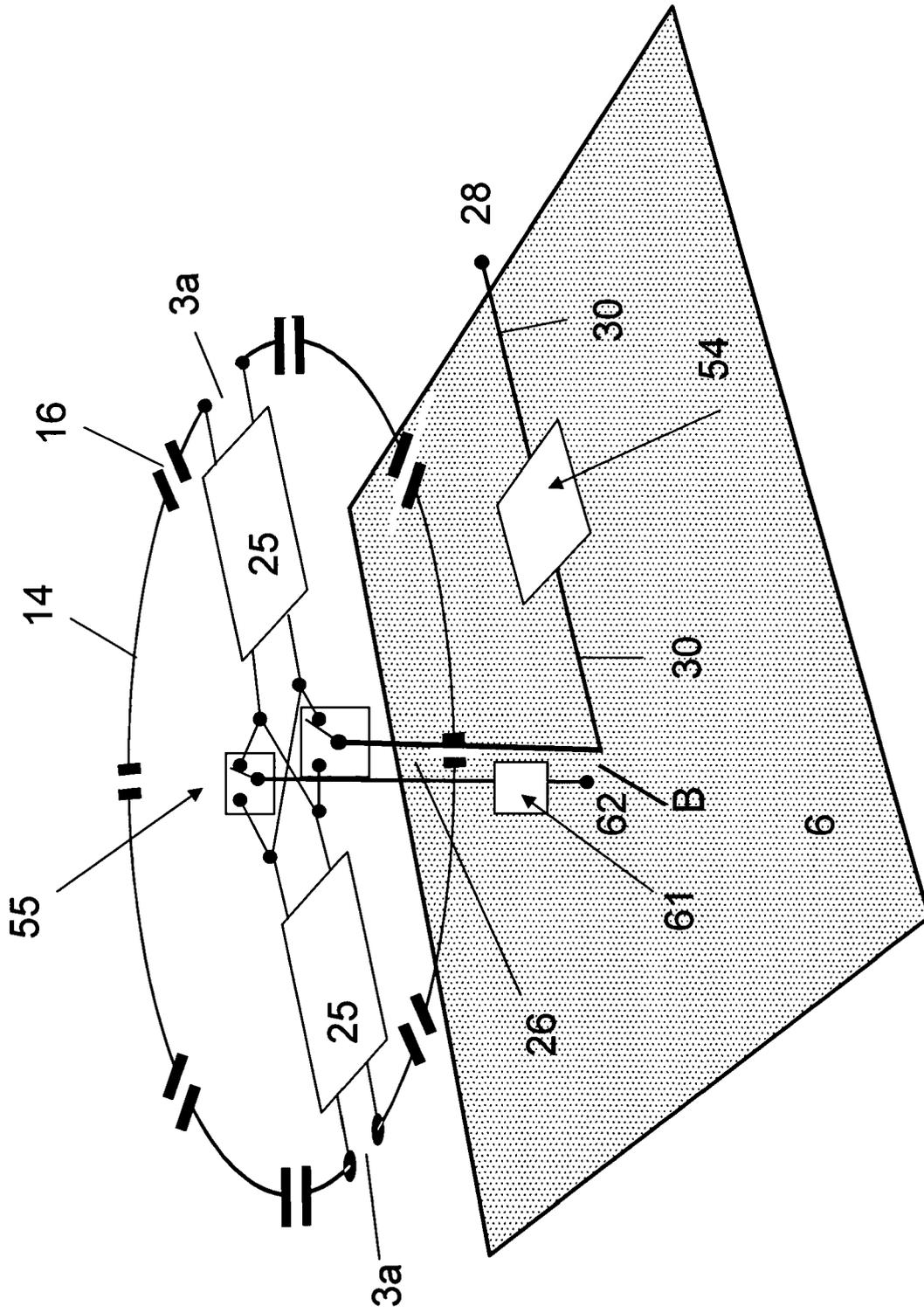


Fig. 13

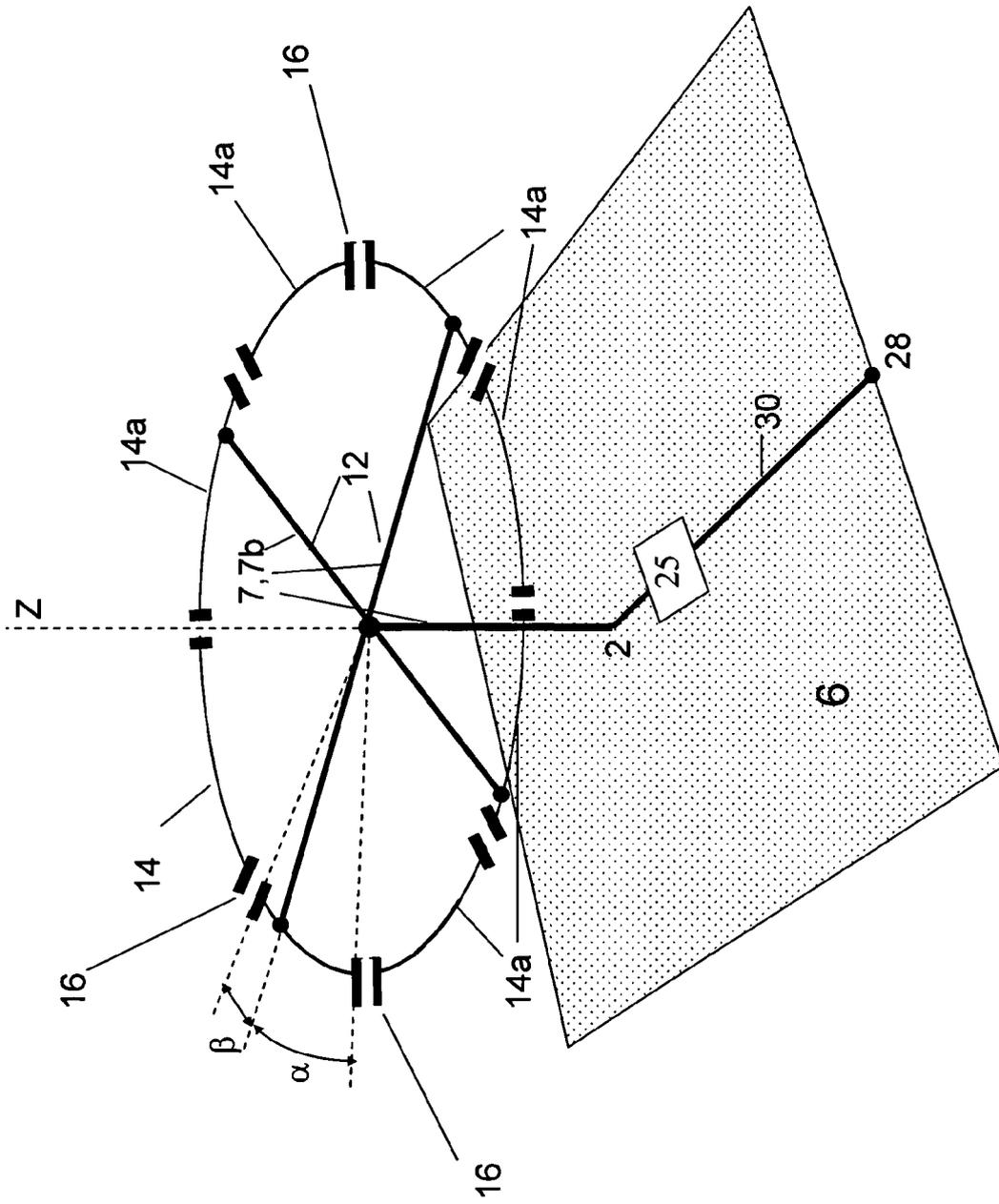


Fig. 14

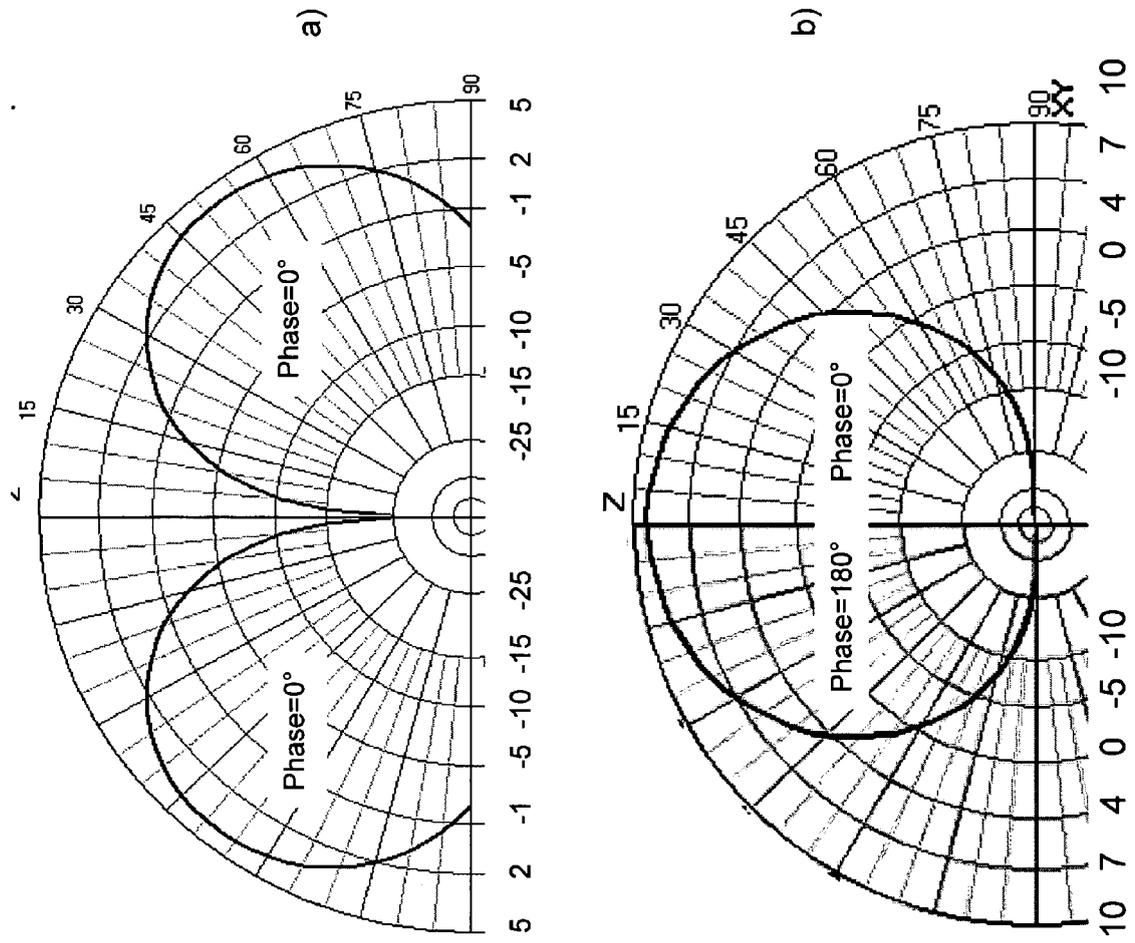


Fig. 15

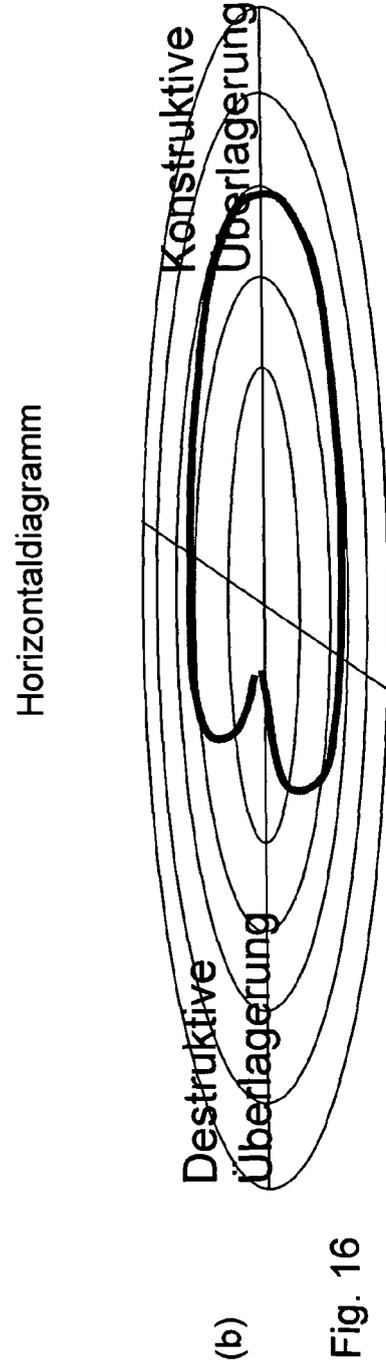
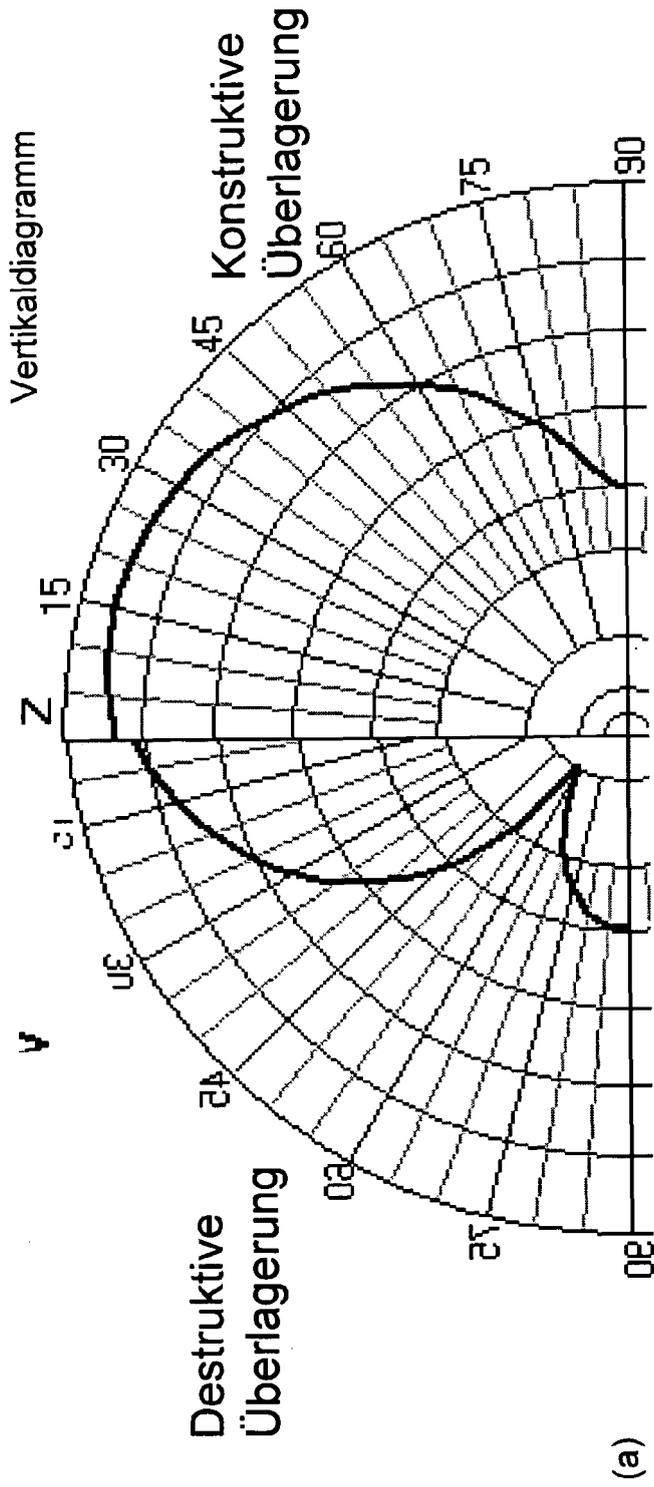


Fig. 16

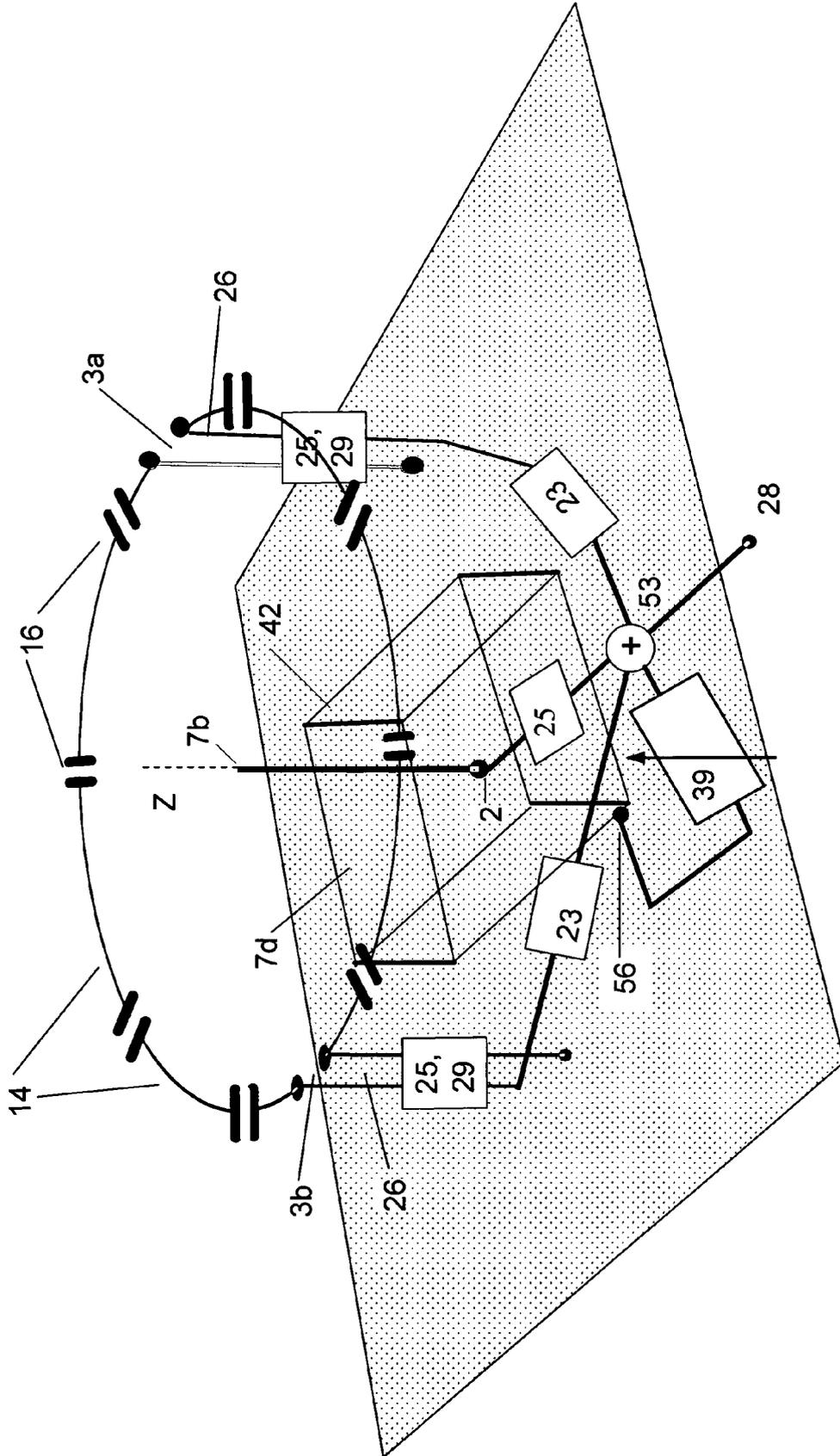


Fig. 17

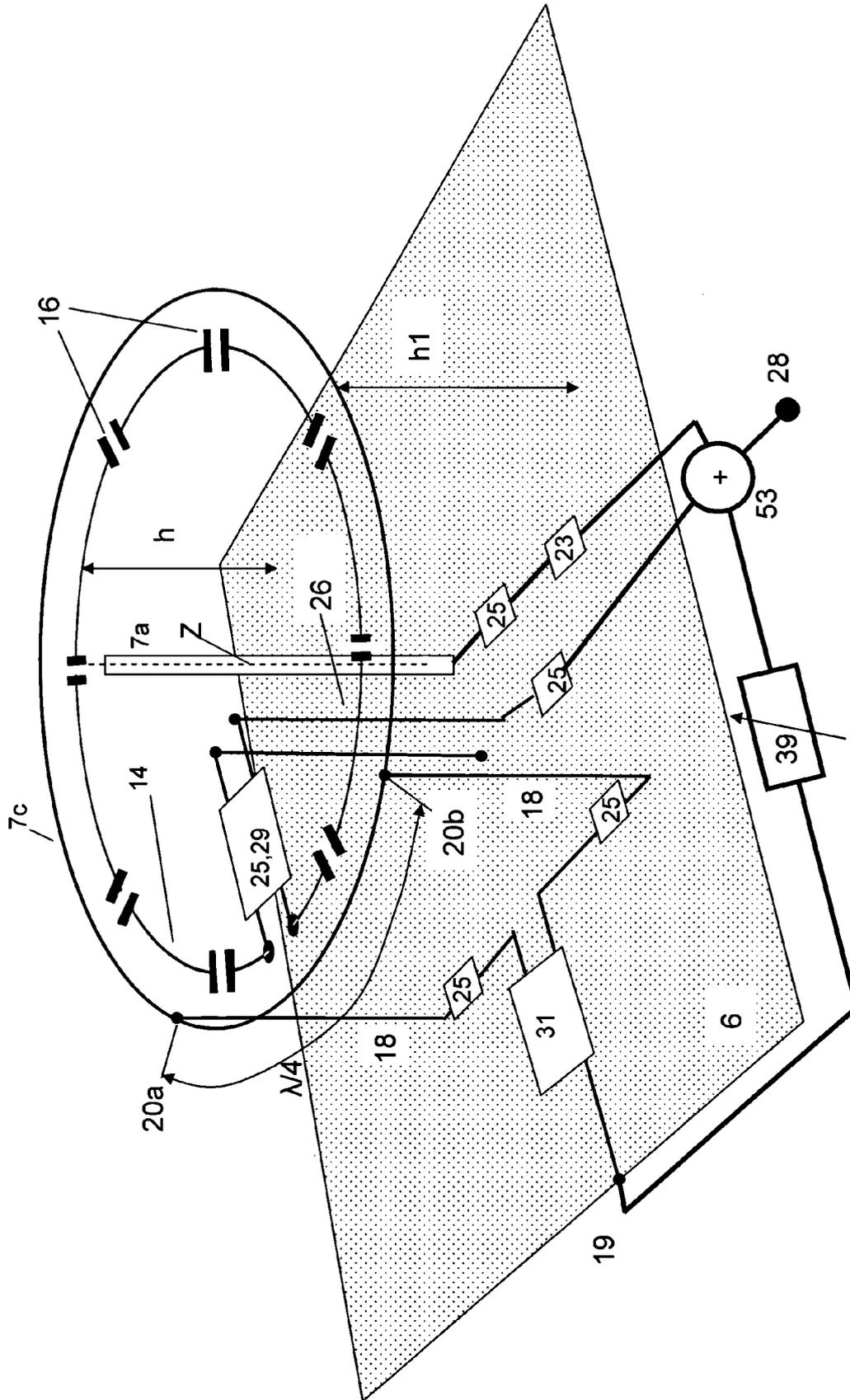


Fig.18

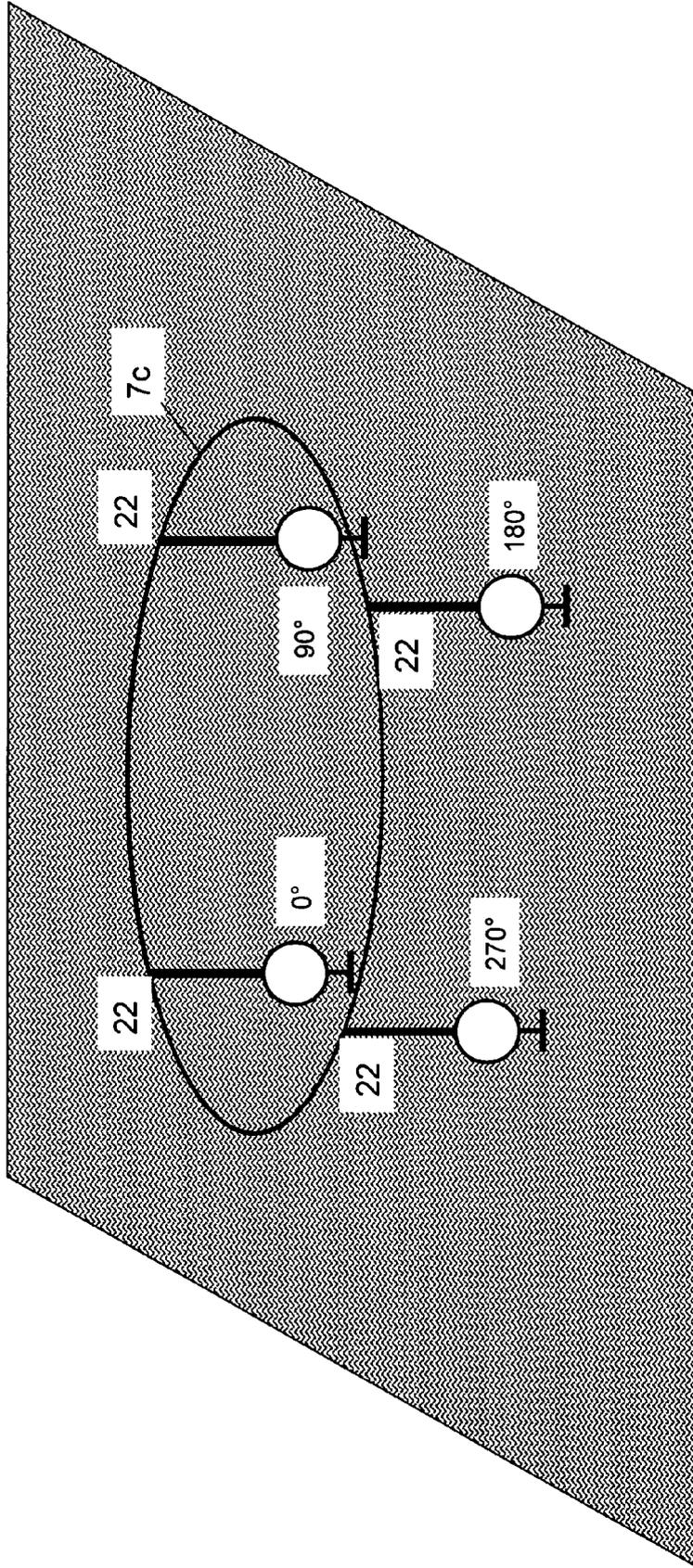


Fig.19

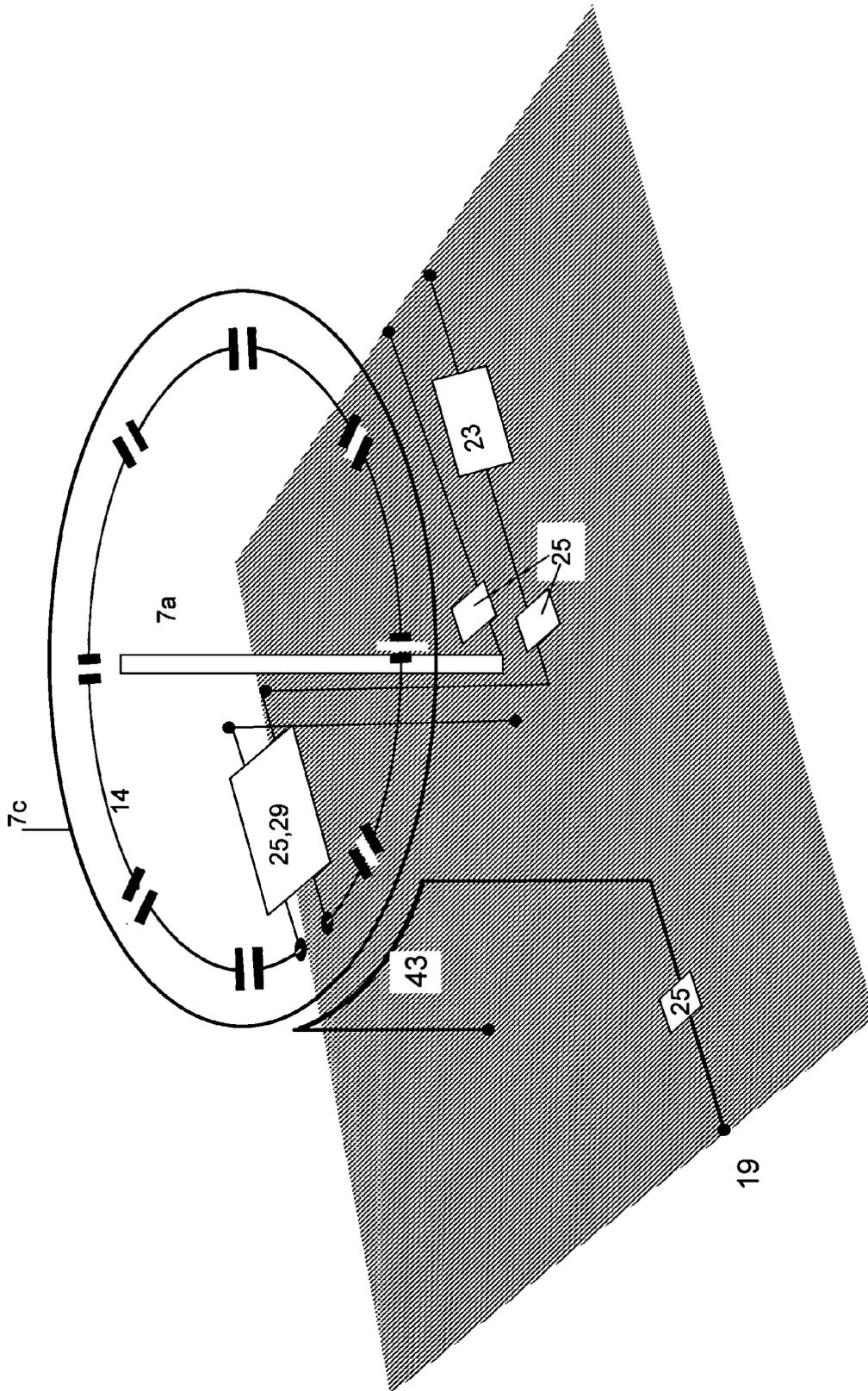


Fig.20

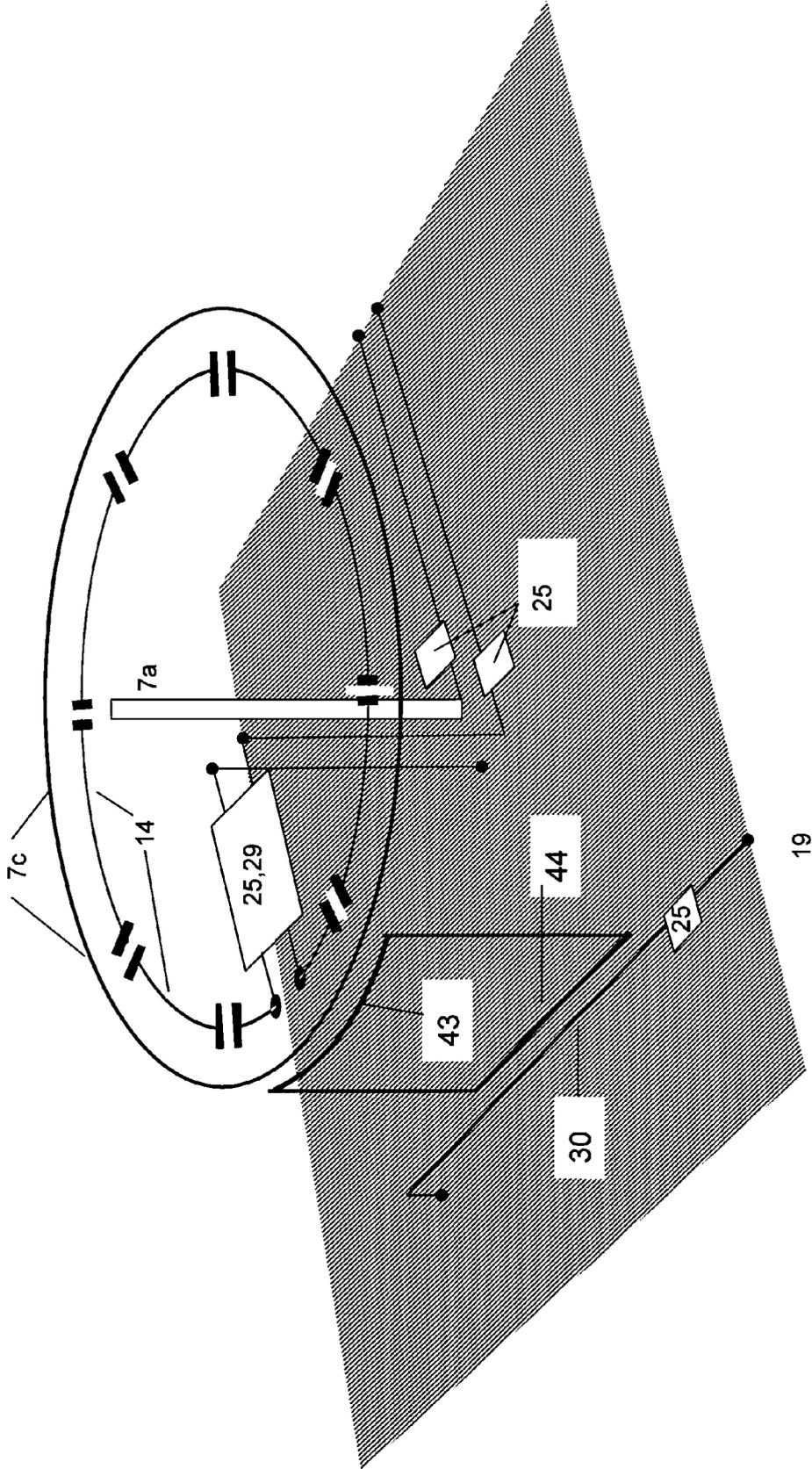


Fig.21

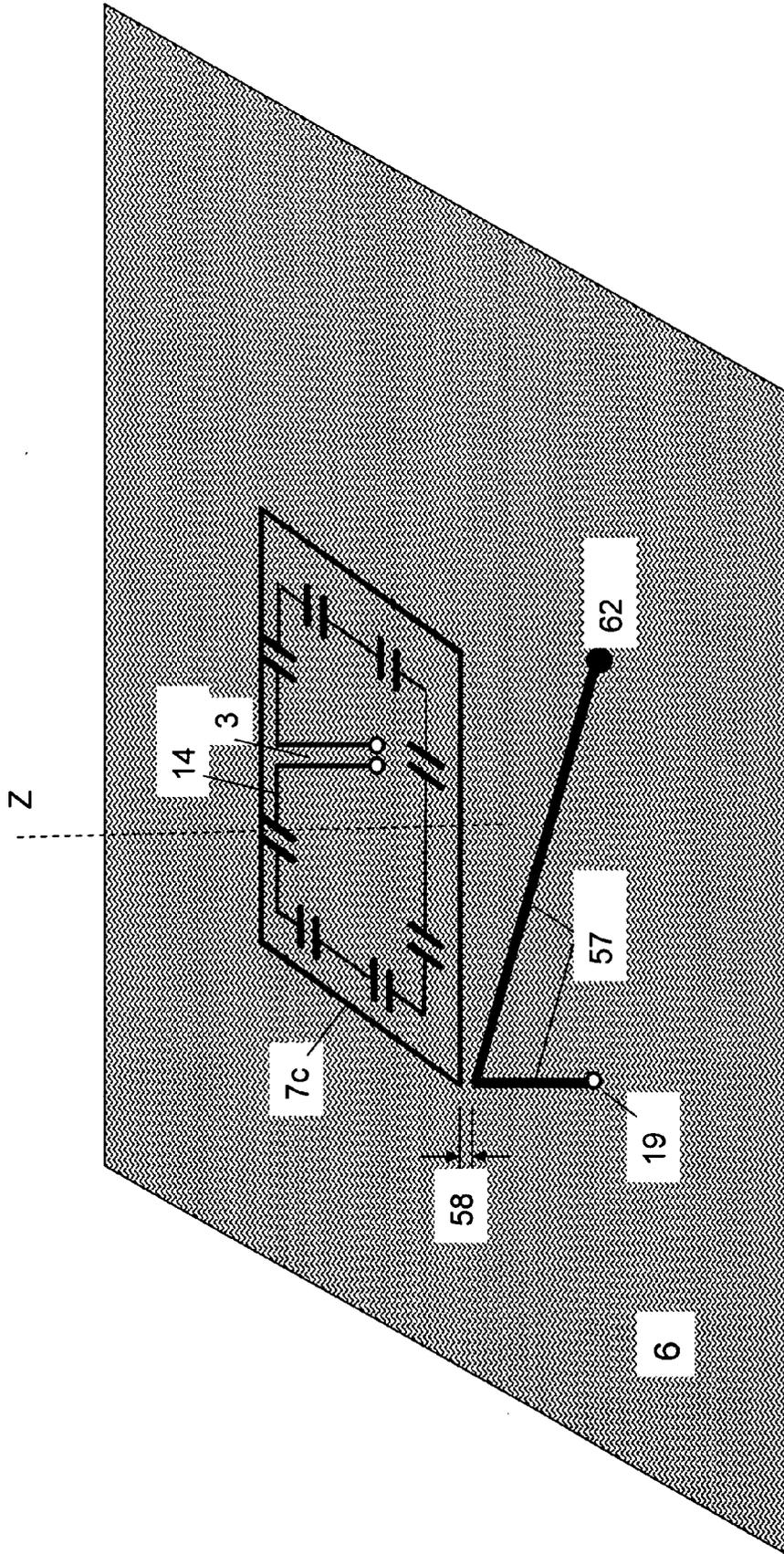


Fig. 22

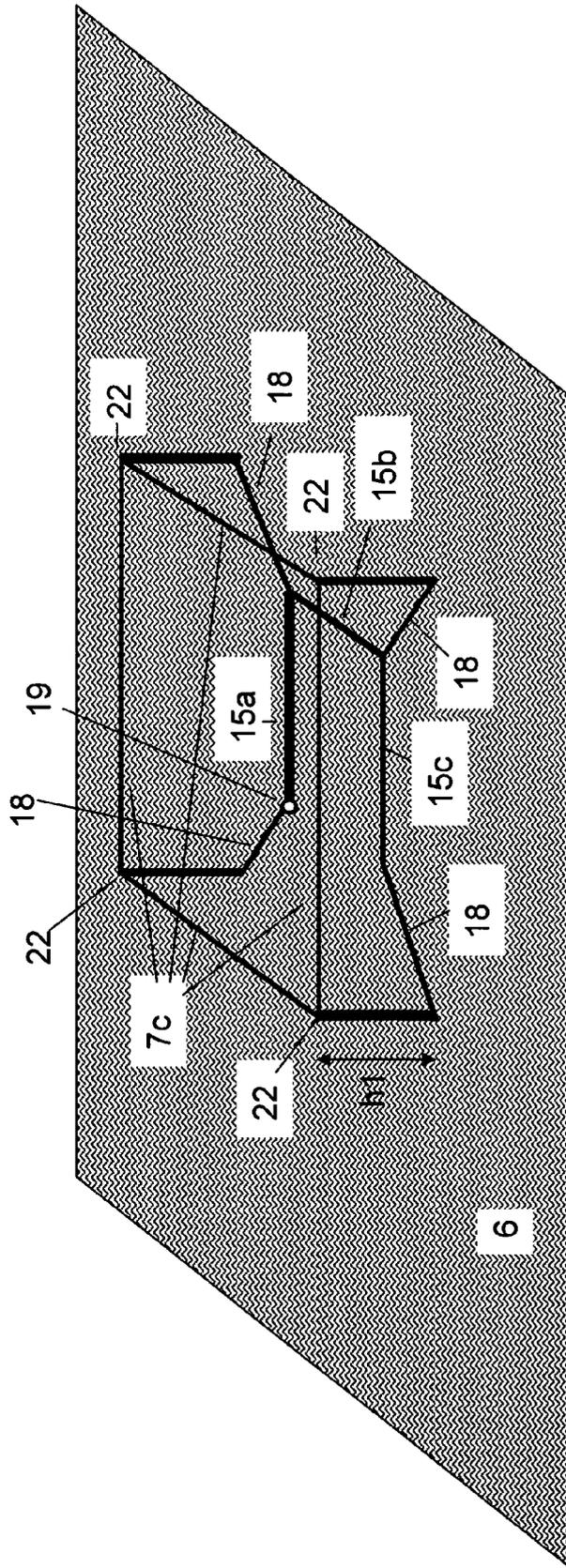


Fig. 23

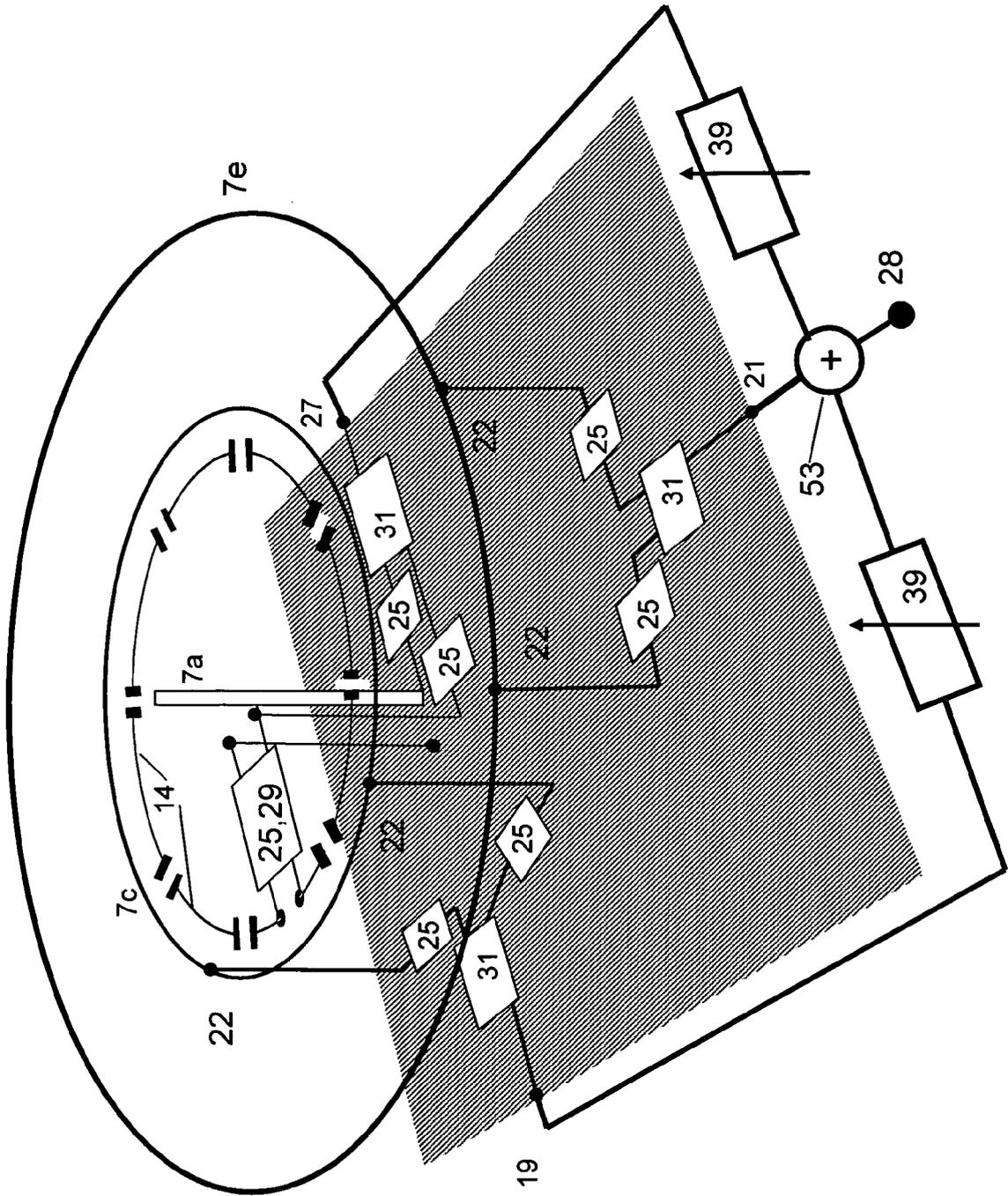


Fig.24

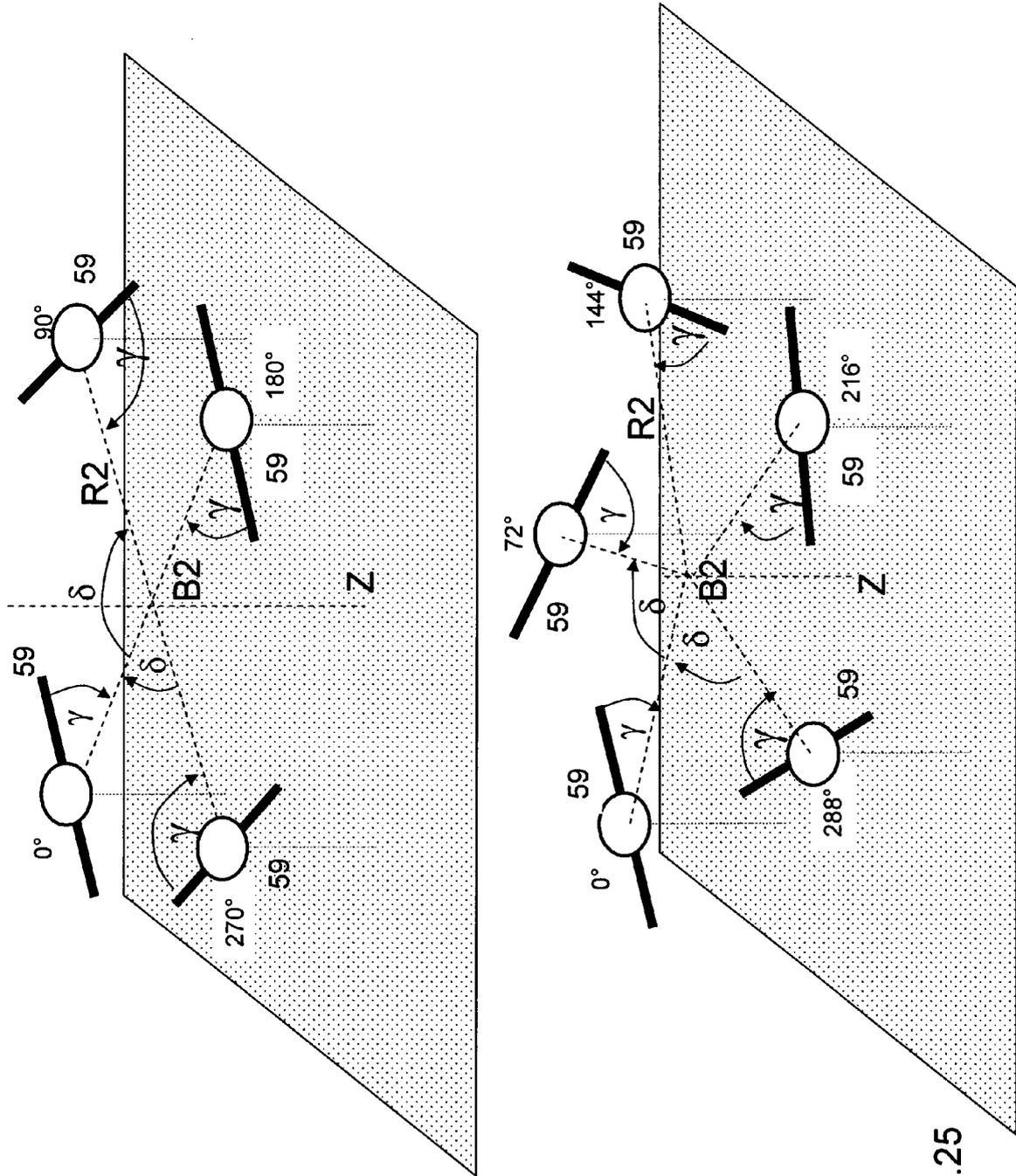


Fig.25

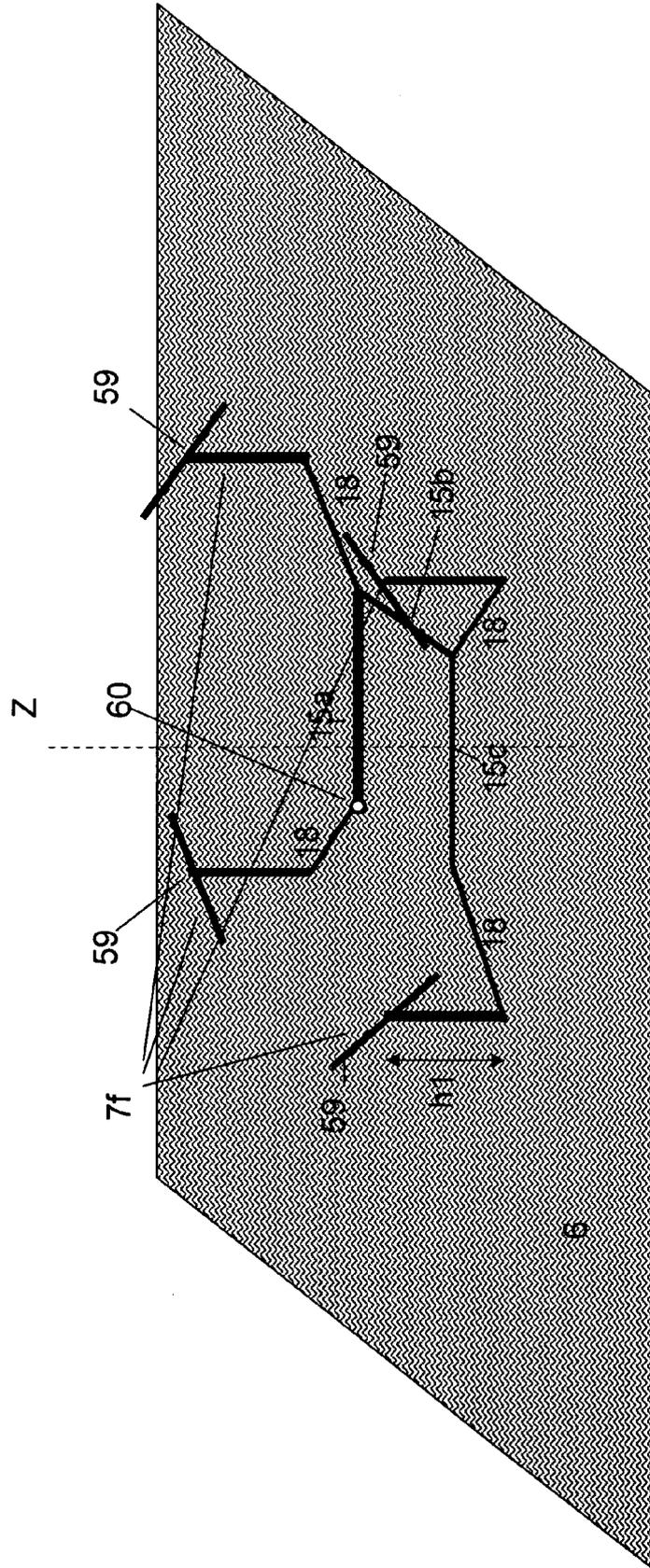


Fig. 26

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] [0009] [0029] [0045] [0048]
- DE 10163793 A [0002] [0003] [0009] [0029] [0045]
- EP 1239543 B1 [0045] [0048]