

(19)



(11)

EP 2 034 557 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

11.03.2009 Patentblatt 2009/11

(51) Int Cl.:

H01Q 7/00 (2006.01)**H01Q 9/32** (2006.01)**H01Q 9/36** (2006.01)**H01Q 21/20** (2006.01)**H01Q 21/26** (2006.01)**H01Q 21/28** (2006.01)(21) Anmeldenummer: **08015708.4**(22) Anmeldetag: **05.09.2008**

(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 MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL BA MK RS(30) Priorität: **06.09.2007 DE 102007042446****08.01.2008 DE 102008003532**(71) Anmelder: **Delphi Delco Electronics Europe
GmbH****42119 Wuppertal (DE)**

(72) Erfinder:

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

(74) Vertreter: **Liska, Horst et al**
Weickmann & Weickmann
Patentanwälte
Postfach 86 08 20
81635 München (DE)

(54) Antenne für den Satellitenempfang

(57) Die Antenne für den Empfang zirkular polarisierter Satellitenfunksignale umfasst wenigstens eine mit einem Antennenausgangsanschluss (28) verbundene, zwei- oder dreidimensionale Antennenleiterstruktur (14). Die mehrdimensionale Antennenleiterstruktur (14) ist so gestaltet, dass sie im Wesentlichen aus einer Vielzahl von Antennenleiterabschnitten besteht, die, bezogen auf einen den Antennenleiterabschnitten gemeinsamen Raumbezugspunkt (z), paarweise symmetrisch und in gleicher Richtung sich erstreckend angeordnet sind. Die mehrdimensionale Antennenleiterstruktur (14) ist ferner so ausgebildet, dass bei reziprokem Betrieb der Antenne als Sendeantenne in den einzelnen Paaren von Antennenleiterabschnitten Antennenströme zumindest näherungsweise in gleicher Größe fließen und das arithmetische Mittel der Stromphasen dieser in den Antennenleiterabschnitten jedes Paares jeweils in gleicher Richtung gezählten Antennenströme bei im Wesentlichen sämtlichen Paaren von Antennenleiterabschnitten bezogen auf einen bei reziprokem Betrieb der Antenne als Sendeantenne gemeinsamen Phasenbezugspunkt (B) zumindest näherungsweise den gleichen Wert hat. Eine solche Antenne empfängt gleichermaßen linksdrehend zirkular polarisierte Wellen als auch rechtsdrehend zirkular polarisierte Wellen. Durch einen in dem Phasenbezugspunkt (B) angeordneten vertikalen, elektrisch kurzen Monopol (7), dessen Empfangssignal dem der Antennenleiterstruktur (14) überlagert wird, kann das Vertikalstrahlungsdiagramm zu niedrigen Elevationswinkeln

hin aufgefüllt werden.

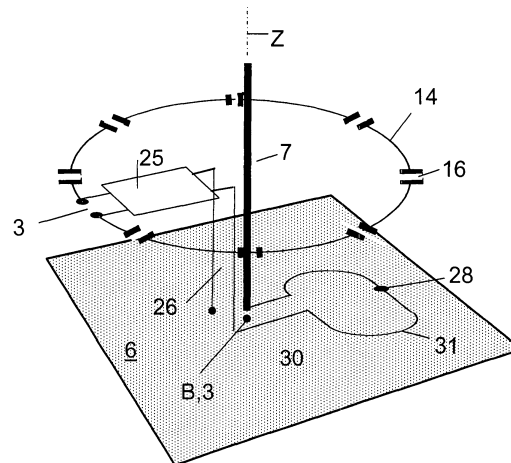


Fig. 9

Beschreibung

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

[0002] Insbesondere bei Satelliten-Rundfunksystemen kommt es besonders auf die Wirtschaftlichkeit sowohl bezüglich der vom Satelliten abgestrahlten Sendeleistung als auch der Effizienz der Empfangsantenne an. Satellitenfunksignale werden aufgrund von Polarisationsdrehungen auf dem Übertragungsweg in der Regel mit zirkular polarisierten elektromagnetischen Wellen übertragen. Vielfach werden Programminhalte zum Beispiel in frequenzmäßig dicht nebeneinander liegenden getrennten Frequenzbändern übertragen. Dies geschieht im Beispiel des SDARS-Satellitenrundfunks bei einer Frequenz von circa 2,3 GHz in zwei benachbarten Frequenzbändern jeweils mit einer Bandbreite von 4 MHz mit einem Abstand der Mittenfrequenzen von 8 MHz bzw. 4 MHz. Die Signale werden von unterschiedlichen Satelliten mit einer in einer Richtung zirkular polarisierten elektromagnetischen Welle abgestrahlt. Demzufolge werden zum Empfang in der entsprechenden Richtung 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.

[0003] Bei einem Satelliten Rundfunksystem, bei welchem Signale in frequenzmäßig dicht nebeneinander liegenden Frequenzbändern etwa gleicher Breite übertragen werden, die zirkular polarisierten Wellen jedoch mit zu einander entgegengesetzten Drehrichtungen ausgestrahlt werden, müssten demzufolge für den Empfang der beiden Frequenzbänder unterschiedlich zirkular polarisierte Antennen zum Beispiel nach den Mustern der aus DE-A-4008505 und DE-A-10163793 bekannten Ausführungsformen eingesetzt werden. Insbesondere für den Empfang in Fahrzeugen ist der Einsatz mehrerer Antennen mit getrennten Leitungen zum Empfänger beziehungsweise der Einsatz einer komplizierten Umschalteneinrichtung zum selektiven Empfang des einen oder des anderen Signals wirtschaftlich aufwändig und damit nachteilig. Eine getrennte Verarbeitung anhand frequenzselektiver Maßnahmen der beiden Frequenzbänder innerhalb ein und derselben Antenne ist aufgrund der hohen Selektionsforderung mit wirtschaftlichen Mitteln nicht erreichbar.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, eine Antenne anzugeben, welche für den Empfang der in beiden Satelliten-Frequenzbändern ausgestrahlten elektromagnetischen Wellen sowohl mit linksdrehender (LHCP) als auch mit rechtsdrehender zirkularer Polarisation (RHCP) geeignet ist und an ihrer Antennenanschlussstelle etwa gleiche, für den Satellitenempfang geeignete Strahlungscharakteristik besitzt. Die Antenne soll darüber hinaus wirtschaftlich gestaltet werden können.

[0005] Gemäß der Erfindung umfasst die Antenne für den Empfang zirkular polarisierter Satellitenfunksignale wenigstens eine mit einem Antennenausgangsanschluss verbundene, zwei- oder dreidimensionale Antennenleiterstruktur und ist dadurch gekennzeichnet, dass die mehrdimensionale Antennenleiterstruktur so gestaltet ist, dass sie im Wesentlichen aus einer Vielzahl von Antennenleiterabschnitten besteht, die, bezogen auf einen den Antennenleiterabschnitten gemeinsamen Raum-bezugspunkt, paarweise symmetrisch und in gleicher Richtung sich erstreckend angeordnet sind, und dass die mehrdimensionale Antennenleiterstruktur ferner so ausgebildet ist, dass bei reziprokem Betrieb der Antenne als Sendeantenne in den einzelnen Paaren von Antennenleiterabschnitten Antennenströme zumindest näherungsweise gleicher Größe fließen und das arithmetische Mittel der Stromphasen dieser in den Antennenleiterabschnitten jedes Paares jeweils in gleiche Richtung gezählten Antennenströme bei im Wesentlichen sämtlichen Paaren von Antennenleiterabschnitten bezogen auf einen gemeinsamen Phasenbezugspunkt zumindest näherungsweise den gleichen Wert hat.

[0006] Eine solche Antenne vermag linksdrehend zirkular polarisierte Wellen und rechtsdrehend zirkular polarisierte Wellen gleichermaßen empfangen und lässt sich durch relativ einfache Antennenleiterstrukturen auch für zum Empfang von Satellitensignalen geeignete Elevationswinkel des Strahlungsdiagramms realisieren.

[0007] Die Verteilung der Ströme auf einer Antenne im Empfangsbetrieb ist vom Abschlusswiderstand an der Antennenanschlussstelle abhängig. Im Gegensatz hierzu ist im Sendebetrieb die auf den Speisestrom an der Antennenanschlussstelle bezogene Verteilung der Ströme auf den Antennenleitern vom Quellwiderstand der speisenden Signalquelle unabhängig und ist somit eindeutig mit dem Richtdiagramm und der Polarisation der Antenne verknüpft. Aufgrund dieser Eindeutigkeit in Verbindung mit dem Gesetz der Reziprozität, nach welchem die Strahlungseigenschaften - wie Richtdiagramm und Polarisation - im Sendebetrieb wie im Empfangsbetrieb identisch sind, wird die erfindungsgemäße Aufgabe bezüglich Polarisation und Richtdiagrammen 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.

[0008] 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 unterschiedliche Drehrichtungen zirkular polarisierter Ausstrahlung in dichter Frequenznachbarschaft;

Fig. 2:

Darstellung des Zusammenhangs zwischen Strom durchflossenen, beliebig orientierten elektrisch sehr kurzen Leiterelementen und den zugehörigen elektrischen und magnetischen Feldstärkevektoren in einem fernen Aufpunkt;

Fig. 3:

- a) Einen Monopol 7, der zur Gestaltung seines Vertikaldiagramms eine mit einem Blindelement 8 beschaltete Unterbrechungsstelle 5 aufweist,
- b) ein Vertikaldiagramm für den Empfang im Bereich von Elevationswinkeln zwischen 25° und 65° ;

Fig. 4:

Satelliten-Empfangsantenne für den Empfang von Satellitensignalen kombiniert mit einer längeren Antenne für den Empfang von AM/FM-Rundfunksignalen;

Fig. 5:

- a) Eine kreisförmige Schleifenantenne 14 gemäß der Erfindung mit Kapazitäten 16,
- b) eine kreisförmige Schleifenantenne 14 in konstanter Höhe h über einer leitenden Grundfläche 6 mit fiktivem Spiegelbild,
- c) ein Detail der Schleifenantenne 14 zur Erläuterung der Berechnung des Wellenwiderstands Z_w der umlaufenden Leitung über der leitenden Grundfläche 6;

Fig. 6:

Eine Variante der Schleifenantenne 14 in Fig. 5b mit Auskopplung der Empfangssignale über eine symmetrische Zweidrahtleitung 26 außerhalb ihres Zentrums Z und mit einem Umsymmetrierglied 29 und einem Anpassnetzwerk 25;

Fig. 7:

Ein Vertikaldiagramm einer Schleifenantenne 14 nach Fig. 5b und Fig. 6 für

- a) links drehende zirkulare Polarisierung und
- b) rechts drehende zirkulare Polarisierung;

Fig. 8:

Eine weitere Ausführungsform der Schleifenantenne 14 bei welcher das Anpassnetzwerk 25 und das Umsymmetrierglied 29 auf der Ringebene angeordnet sind. Für die Verbindung zu einem Antenneneingangsanschluss 28 ist eine Zweidrahtleitung 26 im Zentrum Z zur leitenden Grundfläche 6 geführt, wo sie als Mikrostreifenleiter 30 über der Grundfläche 6 zur Anschlussstelle 28 weitergeführt ist;

Fig. 9:

Eine weitere Ausführungsform der Schleifenantenne 14 mit einem als Stabantenne ausgebildeten Monopol 7 für den Empfang vertikal polarisierter Felder im Zentrum Z der horizontalen Schleifenantenne 14 mit einem Leistungsteiler- und Phasenschiebernetzwerk 31 zur phasengerechten Überlagerung der horizontal und vertikal polarisierten Feldanteile;

Fig. 10:

Eine Antenne ähnlich Fig. 9 jedoch mit einer vertikalen Zuleitung 26 zur Speisung der Schleifenantenne 14, wobei die Zuleitung 26 einen Monopol 7 und die Schleifenantenne 14 eine Dachkapazität 12 des Monopols 7 bildet;

Fig. 11:

Eine Schleifenantenne 14 mit zwei symmetrisch zueinander angeordneten Antennenanschlüssen 3 und je einem Anpassnetzwerk 25 in der Schleifenebene sowie mit zentralem Anschluss an eine vertikale Zuleitung 26 als Alternative zu Fig. 10;

Fig. 12:

Eine Ausführungsform mit zweigeteilter Zuführung zu der Schleifenantenne 14 in Form eines Bandleiters 34 mit durch Pfeile gekennzeichneten Stromwegen;

Fig. 13:

- a) Eine symmetrische Ausführungsform einer Antenne nach der Erfindung mit vier in einem Quadrat angeordneten, horizontal liegenden Dipolen 21 und mit einem zentral im Phasenzentrum B angeordneten Verteilungsnetzwerk 10, dessen Ausgang 24 den Ausgangsanschluss 28 bildet.
- b) eine symmetrische Ausführungsform einer Antenne nach der Erfindung mit vier in einem Quadrat über einer leitenden Grundfläche 6 angeordneten Rahmenantennen 42, deren Rahmenflächen senkrecht zur leitenden Grundfläche 6 orientiert und über $\lambda/2$ -Symmetrierleitungen 43 symmetrisch zur Grundfläche ausgekoppelt sind. Jede Rahmenantenne 42 ist jeweils mit einer gleich langen Mikrostreifenleitung 44, ausgehend von dem gemeinsamen Ausgangsanschluss 28 der Antennenanordnung in der Weise ausgekoppelt, dass alle horizontalen Rahmenteile dem selben Umlaufsinn folgend erregt sind. Mit in die Rahmenantenne 42 eingebrachten Kapazitäten 16 kann bei azimuthalem Runddiagramm die Hauptrichtung des vertikalen Richtdiagramms eingestellt werden.
- c) eine Antennenanordnung ähnlich Figur 13a jedoch mit einer Überlagerung empfangener horizontaler und vertikaler elektrischer Feldkomponenten wie an Hand der Figuren 10 und 11 erläutert. Das Dipolsystem wirkt als Dachkapazität des auf diese Weise gebildeten vertikalen Monopols;

Fig. 14:

Eine Antennenanordnung nach der Erfindung als Diversity-Empfangsantenne mit einem entsprechend gestalteten Verteilungsnetzwerk 10 zum Verfügbarmachen sowohl der Empfangssignale der Schleifenantenne 14 mit horizontal orientierten Leiterelementen als auch den Empfangssignalen des vertikalen Monopols 7;

Fig. 15:

Eine Antennenanordnung ähnlich Figur 10 mit einem extrem einfach als Blindwiderstand 41 realisierbaren Leistungsteiler- und Phasenschiebernetzwerk 31 über der Grundfläche 6;

Fig. 16:

Eine Antennenanordnung ähnlich den Beispielen in den Figuren 8 bis 15 mit einer in einer senkrecht zur Grundfläche 6 und symmetrisch bezüglich der Antennenanschlussstelle 3 orientierten Symmetrieebene SE der Antennenanordnung angeordneten linearen oder flächig gestalteten Antenne 24 für einen weiteren Funkdienst oder mehrere weitere Funkdienste;

Fig. 17:

Eine Kreisgruppenantennenanlage 9 bestehend aus auf einem Kreis K um das Phasenzentrum B mit jeweils gleichen Winkelabständen W zueinander benachbart angeordneten, vertikal über einer leitenden Grundfläche 6 angeordneten, gleichen parasitären Strahlern 11 mit einem im Phasenzentrum B angeordneten stabförmigen Monopol 7 mit Dachkapazität 12, dessen Antennenanschlussstelle zugleich dem Antennenausgangsanschluss 28 der Kreisgruppenantennenanlage 9 bildet;

Fig. 18:

Eine Kreisgruppenantennenanlage 9 ähnlich Figur 17 jedoch mit mehreren Monopolen 7 mit jeweils gesonderter Antennenanschlussstelle 3, einem Blindelement 8 und einer elektrischen Leitung 27 zu einem der Eingänge 23 eines Verteilungsnetzwerk 10, dessen Ausgang den Ausgangsanschluss 28 der Kreisgruppenantennenanlage 9 bildet. Die Antennenanschlussstelle 3 eines zentralen Monopols 7 ist ebenfalls mit einem der Eingänge 23 des Verteilungsnetzwerks 10 verbunden;

Fig. 19:

- a) Eine Antennenanordnung mit einem als Stabantenne ausgebildeten, vertikal polarisierten Monopol 7 und einer horizontal polarisierten Schleifenantenne 14 nach der Erfindung mit auf den Sendefall bezogen gemeinsamem Phasenzentrum B wie in Figur 9, jedoch mit getrennter Zuführung der Signale zum Anschluss für Vertikalpolarisation 49 beziehungsweise zum Anschluss für Horizontalpolarisation 48 eines Hybridkopplers 45 mit 90° positivem beziehungsweise negativem Phasenunterschied bezüglich des LHCP-Anschlusses 46 und des RHCP-Anschlusses 47 für getrennte Verfügbarkeit von LHCP- beziehungsweise RHCP-Signalen,
- b) eine Antennenanordnung wie in Figur a) jedoch mit einer Realisierung des Monopols 7 gemäß der Anten-

nenanordnung in Figur 10 durch die Kombination der Wirkungen der Schleifenantenne 14 als Dachkapazität und der Zweidrahtleitung 26;

Fig. 20:

Eine Antennenanordnung mit phasengleicher Überlagerung der Empfangsspannungen aus den horizontalen und den vertikalen elektrischen Feldanteilen einer Schleifenantenne 14 und einer durch die vertikalen Zweidrahtleitung 26 gebildeten Monopolantenne 7. Mit Hilfe eines in einen der Leiter der Zweidrahtleitung 26 eingebrachten Netzwerks 53 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. Dieses Netzwerk 53 kann im einfachsten Fall als eine Kapazität gestaltet werden;

Fig. 21:

- a) Eine Antennenanordnung zur alternativen Auskopplung von RHCP beziehungsweise LHCP-Signalen mit einer Schleifenantenne 14 mit zwei einander gegenüberliegenden Antennenanschlüssen 3 und daran angeschlossenen Anpassnetzwerken 25 und einem im Zentrum der Schleifenantenne 14 befindlichen Monopol 7 in Form einer Stabantenne. Die Empfangssignale der beiden Antennen werden in einem 90°-Hybridkoppler 45 überlagert, an dessen Ausgänge ein LHCP/RHCP-Umschalter 55 angeschlossen ist. Angesteuert durch einen im Empfänger befindlichen Umschalter zwischen LHCP und RHCP - Satelliten-Empfangssignalen stehen die Signale der beiden Drehrichtungen der Polarisation alternierend zur Verfügung;
- b) Eine Variante der Antennenanordnung, die auch den Empfang elliptisch polarisierter Felder erlaubt;

Fig. 22:

Eine Antennenanordnung ähnlich der Variante der Fig. 21, bei der jedoch entsprechend der Antenne in Fig. 11 der Monopol 7 durch eine Zweidrahtleitung 26 gebildet ist, die die Schleifenantenne 14 mit der leitenden Grundfläche 6 verbindet.

[0009] 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 auf den Empfangsfall zutreffen.

[0010] Besonderer Vorteil einer Antenne nach der Erfindung ist die Eigenschaft, dass der entsprechend dem Reziprozitätsgesetz bei Betrieb der Antenne als Sendeantenne im Fernfeld erzeugte elektrische Feldstärkevektor zwar in jedem Punkt des Raumes zu jedem Zeitpunkt längs einer für diesen Punkt des Raumes spezifischen, feststehenden geraden Linie polarisiert ist, dass jedoch bezüglich der Richtung dieser Linie im Raum für die unterschiedlichen Raumrichtungen des Strahlungsdiagramm keine Gleichheitsforderung besteht, wie sie bei der Funkübertragung mit linearen polarisierten Antennen bekannt ist. Naturgemäß steht diese Linie stets senkrecht auf der Ausbreitungsrichtung, ist jedoch bezüglich ihrer sonstigen Richtung erfindungsgemäß vollkommen frei gestaltbar. Daraus ergibt sich eine Gestaltbarkeitsvielfalt, welche die optimale Anpassung an eine geforderte Strahlungscharakteristik ermöglicht. Für die erfindungsgemäße Gestaltung der Antenne ist es lediglich notwendig, für den reziproken Betrieb als Sendeantenne in jeder Raumrichtung über die Periode der Hochfrequenzschwingung eine zeitliche Änderung der Richtung des elektrischen und damit des magnetischen Feldstärkevektors auszuschließen. Raumrichtungen in denen diese Bedingung nicht erfüllt ist, tragen stets zur Unterstützung eines der beiden Satelliten-Signale und somit zwangsweise zur Abschwächung des anderen Satelliten-Signals bei und schwächen somit das Gesamtsystem.

[0011] In Figur 1 ist die Problematik dargestellt, die von der Erfindung ausgeht. Die Problematik ergibt sich daraus, 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 entgegengesetzten Richtungen, das heißt mit rechts drehender zirkularer Polarisation (RHCP) bzw. 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 für links drehende und rechts drehende zirkuläre Polarisation nicht zugleich möglich ist.

[0012] Im Folgenden werden die Grundlagen zur Gestaltung von Antennen erläutert, welche der erfindungsgemäßen Antenne zugrunde liegen.

[0013] Anhand von Figur 2 soll der Zusammenhang zwischen Strom durchflossenen, beliebig im Raum orientierten elektrisch sehr kurzen Leiterelementen bzw. Antennenleiterabschnitten der Länge $\Delta l_1 \dots \Delta l_5 < \lambda/20$ und den im fernen

Aufpunkt P erzeugten komplexen elektrischen und magnetischen Feldstärkevektoren $\vec{E}$ und $\vec{H}$ erläutert werden. Die elektrisch sehr kurzen Leiterelemente sind als Vektoren $\vec{\Delta}_1 \dots \vec{\Delta}_5$ dargestellt, deren Richtung sowohl durch die Richtung der Lage im Raum als auch durch die Zählfeilrichtung des auf dem Leiterelement fließenden Stromes, welcher nach Betrag und Phase als konstant angesehen werden kann, gegeben ist. Die Koordinatenrichtungen des räumlichen Koordinatensystems sind mit x, y und z bezeichnet, sein Koordinatenursprung mit B. In einer allgemeinen Beschreibung des v-ten Leiterelementes mit dem komplexen Strom I_v und seiner durch den Positionsvektor $\vec{p}_v$ beschriebenen Position

im Raum kann sein Beitrag zum komplexen elektrischen Feldstärkevektor $\vec{E}_v$ im - mit Abstand r_A vom Ursprung B des Koordinatensystems entfernten - Fernfeld-Aufpunkt P, dessen Position ferner durch den Einheits-Richtungsvektor $\vec{r}$ beschrieben ist, angegeben werden. Sind N solcher Leiterelemente vorhanden, dann lautet die elektrische Feldstärke summarisch:

$$\vec{E}_v = j \exp(-j\beta r_A) \cdot \frac{Z_0}{2r\pi} \sum_{v=1}^N \{(\vec{\Delta}_v \times \vec{r}) \times \vec{r}\} \cdot I_v \cdot \exp(j \cdot \beta \cdot \vec{p}_v \cdot \vec{r} + \psi_v)$$

(Gleichung 1)

[0014] Hierin sind: I_v die Stromamplitude und ψ_v die Stromphase des v-ten Leiterelements; λ die Wellenlänge; $\beta = 2\pi/\lambda$; Z_0 der Wellenwiderstand des freien Raumes.

Fasst man die für alle Leiterelemente gleich wirkenden Faktoren zu einer Konstanten

$$c = j \cdot e^{-j\beta \cdot r_A} \cdot \frac{Z_0}{2r_A\lambda}$$

(Gleichung 2)

zusammen, so lässt sich die Zeitfunktion der elektrischen Feldstärke bei willkürlich gewählter Grundphase wie folgt angeben:

$$\vec{E}_v = c \cdot \sum_{v=1}^N I_v \cdot \{(\vec{\Delta}_v \times \vec{r}) \times \vec{r}\} \cdot \cos(\omega t + \beta \cdot \vec{p}_v \cdot \vec{r} + \psi_v)$$

(Gleichung 3)

[0015] ω ist hierbei die Kreisfrequenz und t der Zeitparameter.

In Gleichung (3) steht der Ausdruck in der geschweiften Klammer für die räumliche Richtung des Beitrags eines Leiterelements zu der sich ergebenden räumlichen Richtung des resultierenden elektrischen Feldstärkevektors.

Beschreibt man den Vektor $\vec{\Delta}_v$ durch seine Komponenten Δx_v , Δy_v , Δz_v , so lässt sich der Richtungsvektor des v-ten Leiterelementes in der geschweiften Klammer wie folgt angeben:

$$\overrightarrow{RV}_v = \begin{bmatrix} \Delta x_v \\ \Delta y_v \\ \Delta z_v \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \sin \vartheta \cdot \cos \phi \\ \sin \vartheta \cdot \sin \phi \\ \cos \vartheta \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \sin \vartheta \cdot \cos \phi \\ \sin \vartheta \cdot \sin \phi \\ \cos \vartheta \end{bmatrix}$$

(Gleichung

4)

[0016] ϑ ist hierbei der auf die Vertikalrichtung bezogene Elevationswinkel und ϕ der Azimutwinkel. Eingesetzt erhält man vereinfacht an Stelle von Gleichung (3):

$$\vec{E} = c \cdot \sum_{v=1}^N I_v \cdot \begin{bmatrix} RVx_v \\ RVy_v \\ RVz_v \end{bmatrix} \cdot \cos(\omega t + \beta \cdot \vec{p}_v \cdot \vec{r} + \psi_v)$$

(Gleichung 5)

[0017] Aus Gleichung (4) geht hervor, dass sich für die unterschiedlich und beliebig ausgerichteten Leiterelemente jeweils unterschiedliche Komponenten RVx_v , RVy_v , RVz_v ergeben und diese Komponenten mit einer Schwingung mit unterschiedlicher Phase und Amplitude zur Gesamtfeldstärke beitragen. Damit wird die Richtung des gesamten elektrischen Feldstärkevektors $\vec{E}$ im Aufpunkt P zeitabhängig. Der Feldstärkevektor schwingt somit über eine Periode der Hochfrequenzschwingung im allgemeinen Fall nicht längs einer Linie, wie es zur Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe notwendig wäre.

[0018] Im Folgenden werden Antennen nach der Erfindung vorgestellt, welche die erfindungsgemäße Aufgabe lösen.

[0019] In der einfachsten Form der Antenne können fiktive, gleich lange Leiterelemente längs einer gestreckten geraden Linie angeordnet und leitend miteinander verbunden sein, so dass im Wesentlichen ein stabförmiger Leiter gebildet ist und eine Unterbrechung des stabförmigen Leiters eine Antennenanschlussstelle bildet. Geradlinige Leiter besitzen die Eigenschaft, dass alle Leiterelemente einen gleichen Richtungsvektor aufweisen, dessen Komponenten in x, y und z -Richtung in einem, allen Leiterelementen gemeinsamen Verhältnis zueinander stehen. Damit kann der Ausdruck in der geschweiften Klammer in Gleichung (5) vor die Summenbildung gezogen werden und im Summenausdruck verbleibt allein die Überlagerung einer Reihe in der Frequenz gleicher, jedoch in Amplitude und Phase unterschiedlicher Schwingungen. Hierfür ergibt sich eine resultierende Schwingung, welche mit den folgenden Komponenten des E-Vektors.

$$\vec{E} = c \cdot \begin{bmatrix} RVx_v \\ RVy_v \\ RVz_v \end{bmatrix} \sum_{v=1}^N I_v \cdot \cos(\omega t + \beta \cdot \vec{p}_v \cdot \vec{r} + \psi_v)$$

(Gleichung 6)

[0020] Damit besitzen die Schwingungskomponenten des elektrischen Feldstärkevektors $\vec{E}$ in allen Raumrichtungen die gleiche Phase. Der elektrische Feldstärkevektor ist somit in jedem Punkt des Raumes zu jedem Zeitpunkt längs einer für diesen Punkt des Raumes spezifischen, feststehenden geraden Linie polarisiert, deren Raumrichtung durch den Richtungsvektor $\vec{RV}_v = \vec{RV}$ gegeben ist.

[0021] Insbesondere für den Satelliten-Rundfunkempfang in Fahrzeugen werden Antennen mit azimuthaler Rundcharakteristik eingesetzt, welche auf der elektrisch leitenden Fahrzeugaußenhaut angebracht werden. Wie nachfolgend an Hand der Fig. 3a und 3b erläutert, kann hierzu ein im Wesentlichen stabförmiger Leiter 4 im Wesentlichen senkrecht über einer im Wesentlichen horizontalen, elektrisch leitenden Grundfläche 6 angebracht werden. Für die Leiterelemente bzw. Antennenleiterabschnitte auf dem Spiegelbild der senkrecht über der leitenden Grundfläche 6 gebildeten Antenne gilt die gleiche Raumrichtung wie für die Antenne selbst. Daraus ergeben sich die für den mobilen Empfang erwünschten Rundstrahleigenschaften der Antenne. Ist der stabförmige Leiter 4 jedoch gegenüber der vertikalen Linie 2 auf der Grundfläche 6 geneigt, so bildet dieser zusammen mit seinem Spiegelbild eine V-förmige Antenne. Damit sind nicht alle Leiterelemente in der gleichen Richtung orientiert und die erfindungsgemäße Aufgabe ist nicht gelöst. Es ist also erfindungsgemäß wesentlich, dass die Abweichung der Antenne von der vertikalen Linie auf der Grundfläche 6 so klein wie möglich ist.

[0022] Insbesondere für den Empfang von geostationären Satelliten, deren Signale in nördlichen Breiten unter vergleichsweise niedriger Elevation einfallen, ist vorgesehen, dass die einen im Wesentlichen senkrechten Monopol 7 bildenden Leiter 4 mindestens eine Unterbrechungsstelle 5 enthalten, 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. In **Figur 3a** ist eine Antennenanschlussstelle 3 im Fußpunkt des Monopols 7 gebildet und zur Gestaltung des optimalen Empfangs im Bereich des Elevationswinkels zwischen 25° und 65° , wie in **Figur 3b** ersichtlich, und es ist die Gesamtlänge des Monopols 7 etwa $h_2 = 5/8 \lambda$ der zu empfangenden Satelliten-Signale gestaltet. Hierfür ist die Unterbrechungsstelle 5 in der Höhe von etwa $h_1 = 3/8 \lambda$ bis $4/8 \lambda$ über der leitenden Grundfläche 6 angebracht und diese mit einem induktiven Widerstand von circa 200 Ohm bei der vorgesehenen Frequenz f_m beschaltet.

[0023] Fahrzeugantennen werden häufig als Kombinationsantennen für mehrere Funkdienste gestaltet. Insbesondere für den Empfang von AM/FM-Rundfunksignalen sind längere Antennen erforderlich. Erfindungsgemäß kann eine Antenne wie in **Figur 3** mit der Höhe h_2 vorteilhaft zu einer AM/FM-Stabantenne mit der Gesamthöhe h_g verlängert werden, wie dies in **Figur 4** dargestellt ist. Um den Einfluss des Stabes oberhalb der Satelliten-Empfangsantenne auf deren Strahlungscharakteristik zu vermeiden, ist am oberen Ende der Satelliten-Empfangsantenne eine weitere Unterbrechungsstelle 5 vorgesehen, welche mit einem hochohmigen Blindwiderstand, zum Beispiel mit einem Parallelresonanzkreis 39 beschaltet ist, dessen Resonanzfrequenz f_r auf die Mittenfrequenz f_m der Satelliten-Frequenzbänder abgestimmt ist. Eine weitere Unterbrechungsstelle 5 ist im Abstand 40, welcher vorzugsweise kleiner ist als $1/5\lambda$ zur weiteren Sicherung der Strahlungscharakteristik ebenfalls mit einem hochohmigen Blindwiderstand 39 beschaltet. Bereits oberhalb des ersten Parallelresonanzkreises 39 kann die Verlängerung 32 der Stabantenne weitgehend frei gestaltet werden und insbesondere solche Serienelemente enthalten, welche bei der Satelliten-Frequenz hochohmig sind.

[0024] Die obenstehend zu einer Antenne mit stabförmigem Leiter erläuterten Prinzipien über die zeitliche Unabhängigkeit der Raumrichtung des elektrischen Feldstärkevektors treffen, wie nachfolgend noch an Hand der Fig. 17 und 18 erläutert wird, auf alle Antennen zu, deren Leiterelemente bzw. Antennenleiterabschnitte Δ_v parallel ausgerichtet sind und somit einen gleichen gemeinsamen Richtungsvektor $\vec{RV}_v = \vec{RV}$ besitzen. Gleichung (6) trifft also auch hier unverändert zu. Die Leiterelemente können also längs mehrerer zueinander paralleler gestreckter gerader Linien 2 angeordnet werden, so dass mehrere stabförmige Leiter gebildet sind. In mindestens einem der Leiter ist dabei eine Unterbrechungsstelle für die Antennenanschlussstelle 3 auszubilden. Andere dieser Leiter können als parasitäre Strahler genutzt werden. Daraus resultiert eine vorteilhafte Vielfalt der Gestaltungsmöglichkeiten bezüglich der Strahlungscharakteristik der Antenne. Für den mobilen Empfang auf Fahrzeugen ist es wieder vorteilhaft und erfindungsgemäß notwendig, die stabförmigen Leiter vertikal über einer im Wesentlichen horizontalen leitenden Grundfläche 6 zu orientieren.

[0025] Zur Gestaltung eines im Wesentlichen runden azimutalen Richtdiagramms einer erfindungsgemäßen Kreisgruppenantennenanlage 9, wie sie beispielhaft in **Figur 17** dargestellt ist, mit untereinander gleich ausgeführten, vertikal auf der leitenden Grundfläche 6 angeordneten, stabförmigen Leitern sind diese vorteilhaft als parasitäre Strahler 11 gestaltet, wobei im Zentrum der Kreisgruppenantennenanlage 9 senkrechte Antenne in Form eines Monopols 7 mit Dachkapazität 12 und der Antennenanschlussstelle 3 angeordnet ist. Um den Ansprüchen an die Rundheit des azimutalen Richtdiagramms zu genügen, ist die Anzahl der auf einem Kreis K im gleichen Winkelabstand W voneinander angeordneten gleichartigen parasitären Strahlern 11 hinreichend groß. Das vertikale Richtdiagramm kann durch Wahl des Kreisdurchmessers sowie durch Ausgestaltung der parasitären Strahler 11 und der mittig angeordneten Antenne durch Wahl der Höhe sowie gegebenenfalls durch Einbringung von mit Blindelementen 8 beschalteten Unterbrechungsstellen 5 gestaltet werden. Insbesondere bei Fahrzeugantennen besteht häufig die Forderung nach einer möglichst geringen Bauhöhe. Diese kann vorteilhaft durch die Anbringung der Dachkapazität 12 erreicht werden.

[0026] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden die in der Kreisgruppe 9 in **Figur 18** angeordneten stabförmigen Leiter Monopole 7 mit einem Ausgangsanschluss 28 der Antenne gekoppelt. Hierfür ist ein Verteilungsnetzwerk 10 mit mehreren Eingängen 23 vorgesehen, dessen Ausgang 24 den Ausgangsanschluss 28 der Antennenanordnung bildet. Die stabförmigen und gleichartig ausgeführten, in der Kreisgruppe angeordneten Leiter umfassen jeweils eine Antennenanschlussstelle 3, bilden also die Monopole 7 mit Monopol-Anschlussstelle, welche jeweils über eine gleichartige elektrische Leitung 27 an einen der Eingänge 23 des Verteilungsnetzwerks 10 angeschlossen sind. Im Interesse der Rundheit des azimutalen Richtdiagramms werden im reziproken Betrieb als Sendeantenne die Monopole 7 mit gleichen Signalen nach Amplitude und Phase gespeist. Der im Zentrum B der Kreisgruppenantennenanlage 9 befindliche Strahler bzw. Monopol 13 mit Dachkapazität 12 kann vorteilhaft an einen der Eingänge 23 des Verteilungsnetzwerks 10 angeschlossen und im reziproken Sendefall zur Gestaltung des Vertikaldiagramms mit einem Signal mit gesonderter Amplitude und Phase gespeist sein, oder gegebenenfalls als parasitärer Strahler 11 ausgeführt werden. Optionen wie die Gestaltung der Höhe und die Einbringung von mit Blindelementen 8 beschalteten Unterbrechungsstellen 5 sowie die Ausgestaltung von Dachkapazitäten 12 stehen auch hier zur Verfügung.

[0027] Im Gegensatz zu den bisherigen vorgestellten Antennen nach der Erfindung, welche aus einem geradlinigen Leiter oder mehreren zueinander parallelen geradlinigen Leitern gebildet sind, sollen im Folgenden komplexere erfindungsgemäße Antennenstrukturen betrachtet werden.

[0028] Um die hierfür erforderlichen Bedingungen zu erörtern, werden in **Figur 2** die Vektoren $\vec{\Delta}_1$ und $\vec{\Delta}_2$ der beiden gleich langen, sehr kurzen Leiterelemente $\Delta_1 = \Delta_2$ betrachtet, welche zueinander parallel ausgerichtet sind und bezüglich des Ursprungs B des Koordinatensystems symmetrisch positioniert sind, so dass die beiden Positionsvektoren $\vec{p}_1$ und $\vec{p}_2$ negativ gleich groß zueinander sind, d.h. $\vec{p}_1 = -\vec{p}_2$ ist und ebenfalls die Phasenwinkel ψ_1 und ψ_2 negativ gleich groß

sind, also $\psi_1 = -\psi_2$ ist. Aufgrund der Parallelität der beiden Leitelemente Δ_1 und Δ_2 gilt $\vec{\Delta}_1 = \vec{\Delta}_2$. Dies trifft auch auf die beiden gleichen Richtungsvektoren zu, das heißt es gilt: $\vec{RV}_{1-2} = \vec{RV}_1 = \vec{RV}_2$. Der Beitrag $\vec{E}_{1-2}$ der beiden Strom durchflossenen Leitelemente zum elektrischen Feldstärkevektor im fernen Aufpunkt P lautet demnach nach Gleichung (5):

$$\vec{E}_{1-2} = c \cdot I_1 \cdot \begin{bmatrix} RVx_1 \\ RVy_1 \\ RVz_1 \end{bmatrix} \cdot [\cos(wt + \beta \cdot \vec{p}_1 \cdot \vec{r} + \psi_1) + \cos(wt - \beta \cdot \vec{p}_1 \cdot \vec{r} - \psi_1)] \quad (\text{Gleichung 7})$$

[0029] Daraus folgt unmittelbar:

$$\vec{E}_{1-2} = c \cdot I_1 \cdot \cos(\beta \cdot \vec{p}_1 \cdot \vec{r} + \psi_1) \begin{bmatrix} RVx_1 \\ RVy_1 \\ RVz_1 \end{bmatrix} \cdot \cos(wt) \quad (\text{Gleichung 8})$$

[0030] Aus Gleichung (8) ergibt sich für die Leitelemente Δ_1 und Δ_2 , dass die Phase der Cosinus-Schwingungen in Gleichung (7), welche sich aus dem Innenprodukt des Positionsvektors $\vec{p}_1$ mit der Stromphase ψ_1 zusammensetzt, infolge der Paarbildung symmetrisch zum Ursprung des Koordinatensystems sowohl räumlich als auch hinsichtlich der Stromphasen nunmehr ausschließlich in dem Amplituden-Faktor

$$c \cdot I_1 \cdot \cos(\beta \cdot \vec{p}_1 \cdot \vec{r} + \psi_1) \quad (\text{Gleichung 8a})$$

enthalten ist. Bei willkürlicher Zuweisung der Nullphase für den Bezugspunkt - hier dem Ursprung des Koordinatensystems - ist die Cosinus-Schwingung in Gleichung (8) ohne Phasenverschiebung. Alle Komponenten des elektrischen Feldstärkevektors $\vec{E}_{1-2}$ besitzen die gleiche Phase und die erfindungsgemäße Forderung der Polarisation ist erfüllt. Stellt man eine analoge Überlegung für das willkürlich orientierte Paar der in Fig. 2 dargestellten Leitelemente $\Delta_3 = \Delta_4$ mit den Stromamplituden $I_3 = I_4$ mit den Phasenbeziehungen der Ströme $\psi_3 = -\psi_4$ an, so lautet der von diesem Part der Leitelemente erzeugte Beitrag zur elektrischen Feldstärke in Analogie zu Gleichung (8), wie folgt:

$$\vec{E}_{3-4} = c \cdot I_3 \cdot \cos(\beta \cdot \vec{p}_3 \cdot \vec{r} + \psi_3) \begin{bmatrix} RVx_v \\ RVy_v \\ RVz_v \end{bmatrix} \cdot \cos(wt) \quad (\text{Gleichung 9})$$

[0031] Durch Überlagerung der durch beide Paare der Leitelemente erzeugte Feldstärkebeitrag ergibt sich:

$$\vec{E}_{1-2} + \vec{E}_{3-4} = c \cdot \left\{ I_1 \cdot \cos(\beta \cdot \vec{p}_1 \cdot \vec{r} + \psi_1) \begin{bmatrix} RVx_1 \\ RVy_1 \\ RVz_1 \end{bmatrix} + I_3 \cdot \cos(\beta \cdot \vec{p}_3 \cdot \vec{r} + \psi_3) \begin{bmatrix} RVx_3 \\ RVy_3 \\ RVz_3 \end{bmatrix} \right\} \cdot \cos(wt) \quad (\text{Gleichung 10})$$

[0032] Die beiden Richtungsvektoren $\vec{RV}_1$ und $\vec{RV}_3$ der jeweils beliebig im Raum orientierten paarigen Leitelemente

werden somit jeweils mit einem Faktor, der die Stromamplitude, den Positionsvektor $\vec{p}$ sowie die Stromphase ψ enthält, gewichtet und summiert. Mit dem daraus resultierenden Summenvektor $\vec{SV}$:

$$\vec{SV} = \left\{ I_1 \cdot \cos(\beta \cdot \vec{p}_1 \cdot \vec{r} + \psi_1) \begin{bmatrix} RV_{x_1} \\ RV_{y_1} \\ RV_{z_1} \end{bmatrix} + I_3 \cdot \cos(\beta \cdot \vec{p}_3 \cdot \vec{r} + \psi_3) \begin{bmatrix} RV_{x_3} \\ RV_{y_3} \\ RV_{z_3} \end{bmatrix} \right\} = \begin{bmatrix} SV_x \\ SV_y \\ SV_z \end{bmatrix}$$

ergibt sich an Stelle von Gleichung (10)

$$\vec{E}_{1-2} + \vec{E}_{3-4} = c \cdot \begin{bmatrix} SV_x \\ SV_y \\ SV_z \end{bmatrix} \cdot \cos(\omega t) \quad (\text{Gleichung 11})$$

[0033] Die Richtung des Summenvektors $\vec{SV}$ ergibt sich somit nicht nur aus den Richtungen der beiden Richtungsvektoren der paarigen Leitelemente Δ_1, Δ_2 , sondern auch aus deren komplexen Strömen und ist aus dem Verhältnis der Komponenten SV_x, SV_y, SV_z des Summenvektors $\vec{SV}$ bestimmt. Jede dieser Komponenten ändert sich über die Periode der Cosinusschwingung gleichphasig, so dass die Polarisierung des elektrischen Feldstärkevektors zu jedem Zeitpunkt erfindungsgemäß streng entlang einer Linie erfolgt. Naturgemäß ist diese Linie zwar stets senkrecht zum Einheits-Richtungsvektor $\vec{r}$ orientiert, kann jedoch ansonsten jede beliebige Richtung einnehmen. Eine zu dieser Linie senkrechte Komponente der elektrischen Feldstärke existiert zu keinem Zeitpunkt. Diese Betrachtung kann auf die Überlagerung einer beliebigen Anzahl beliebig im Raum orientierter paariger Leitelemente Δ_i dieser Art ohne Änderung der vorherigen Aussagen erweitert werden. Für eine allgemeinere Darstellung wird nun für die Stromphasen sämtlicher Leitelemente eine gemeinsame Bezugsphase ψ_0 eingeführt und gefordert, dass für die Stromphasen der paarig einander zugeordneten Leitelemente - z.B. ψ_1 und ψ_2 - gilt, dass diese um den gleichen Wert $\Delta\psi_{12}$ jedoch mit unterschiedlichem Vorzeichen von dieser Bezugsphase abweichen, das heißt:

$$\psi_1 = \psi_0 + \Delta\psi_{12} \quad \text{und} \quad \psi_2 = \psi_0 - \Delta\psi_{12}, \quad \text{sodass gilt: } (\psi_1 + \psi_2)/2 = \psi_0$$

Gilt dieser Zusammenhang für alle paarigen Leitelemente, wie zum Beispiel den paarigen Leitelementen Δ_3 und Δ_4 , so gilt analog:

$$\psi_3 = \psi_0 + \Delta\psi_{34} \quad \text{und} \quad \psi_4 = \psi_0 - \Delta\psi_{34}, \quad \text{sodass gilt: } (\psi_3 + \psi_4)/2 = \psi_0 \quad \text{usw.}$$

[0034] Unter dieser Voraussetzung besitzen die Feldbeiträge aller Leitelementpaare in Gleichung (11) die gleiche Grundphase ψ_0 . Naturgemäß ist die Wahl der Grundphase der Zeitfunktion ψ_0 ohne Einfluss auf den Summenvektor $\vec{SV}$.

[0035] Somit lässt sich zusammenfassen, dass eine Antenne, die aus einer Vielzahl von jeweils symmetrisch zu einem gemeinsamen Bezugspunkt B im Raum in der angegebenen Weise paarweise angeordneten und gleich ausgerichteten elektrisch sehr kurzen Leitelementen Δ_1, Δ_2 bzw. Δ_3, Δ_4 usw. wie in **Figur 2** dargestellt, besteht, erreicht wird, dass - bewirkt durch die Erregung der Antenne an der Antennenanschlussstelle 3 - diese paarig als strahlende Elementarantennen Δ_n, Δ_m wirken und der in beiden zu einem Elementarantennenpaar gehörigen Elementarantennen, z. B. Δ_1, Δ_2 in **Figur 2** fließende Strom der Größe nach gleich ist und der räumliche Bezugspunkt für alle Elementarantennenpaare Δ_n, Δ_m in der Weise ein gemeinsames Phasenzentrum B bildet, dass das arithmetische Mittel der Phasen der beiden, in der jeweils gleichen Richtung gezählten Ströme eines Elementarantennenpaares für alle Dipolpaare Δ_n, Δ_m den gleichen Wert (ψ_0) besitzt.

[0036] Elektrisch kurze Antennen, das sind Antennen, deren Abmessungen $< 3/8 \lambda$ betragen, haben die Eigenschaft, dass die Ströme auf diesen Antennen über deren Ausdehnung praktisch konstante Phasen haben. Somit kann, wie dies nachfolgend z. B. an Hand von Fig. 5a und Fig. 5b erläutert wird, durch leitende Aneinanderreihung von elektrisch sehr kurzen Leiterelementen bzw. Antennenleiterabschnitten um einen gemeinsamen Bezugspunkt eine Schleifenantenne 14 - mit einer durch eine Unterbrechung der Schleife 14 gestalteten Antennenanschlusssstelle 3 - gebildet werden. Wenn die Abmessungen der Schleife 14 elektrisch hinreichend klein sind, so dass der Ringstrom dem Betrag nach an jeder Stelle gleich ist, existiert zu jedem sehr kurzen Leiterelement Δ_n ein Paar bildendes korrespondierendes sehr kurzes Leiterelement Δ_m , so dass die oben genannten Bedingungen auf die Schleife 14 zutreffen. Eine solche Schleife 14 kann zum Beispiel als reguläres n-Eck gestaltet sein mit dem Phasen-Bezugspunkt B im Symmetriepunkt des n-Ecks. In einem weiteren Beispiel ist die Schleifenantenne 14 aus mehreren geschlossenen Schleifen mit gemeinsamem Phasen-Bezugspunkt gebildet, wobei jedoch in einer der Schleifen durch Unterbrechung die Antennenanschlusssstelle 3 gebildet ist. In einer weiteren vorteilhaften Ausführung besteht die Schleifenantenne 14 aus mehreren leitend aneinander gereihten Schleifen, die im Wesentlichen in zueinander parallelen Ebenen mit möglichst geringem Abstand voneinander in Form einer Spule bzw.

[0037] Wendel angeordnet sind. Dabei ist für alle Schleifen ein im Wesentlichen gemeinsamer zentraler Phasen-Bezugspunkt gebildet und die Antennenanschlusssstelle 3 ist durch die beiden Enden der Spule gegeben.

[0038] In einer besonders vorteilhaften Ausführung der Erfindung wie sie z.B. in den Figuren 5a und 5b dargestellt ist, ist die Schleifenantenne 14 nicht elektrisch kurz und enthält zur wirksamen elektrischen Verkürzung mehrere an Unterbrechungsstellen 5 eingebrachte Kapazitäten bzw. Kondensatoren. Hierdurch ist die Konstanz des Stromes nach Betrag und Phase auf den Leiterelementen hinreichend gegeben.

[0039] Fig. 5a zeigt eine kreisförmige Schleifenantenne 14 mit Radius R, welche auch polygonal gestaltet sein kann. In ihrem Mittelpunkt befindet sich das Phasenzentrum B. Die Struktur ist unterteilt in "z" 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. Im Gegensatz zu den weiter oben beschriebenen eindimensionalen Strukturen ist die Ringleitung zweidimensional. Erfindungsgemäß ist zu jedem der elektrisch sehr kurzen Leiterelemente $\Delta_1, \Delta_2, \dots$, welche als Elementarantennen wirken, ein korrespondierendes gleich ausgerichtetes sehr kurzes Leiterelement vorhanden ist, welches in der Gegenrichtung stromdurchflossenen ist, so dass die oben beschriebene Paarbildung bezogen auf das Phasenzentrum B im Zentrum gegeben ist. In Fig. 5a sind beispielhaft zwei paarige elektrisch sehr kurze Leiterelemente, als Vektoren $\vec{\Delta}_1, \vec{\Delta}_2$ dargestellt, deren Richtung sowohl durch die Richtung ihrer Lage im Raum als auch durch die Zählpfeilrichtung des auf dem Leiterelement fließenden Stromes, welcher nach Betrag und Phase als konstant angesehen werden kann, gegeben ist.

[0040] In Fig. 5b ist die Schleifenantenne 14 mit konstanter Höhe h über der leitenden Grundfläche 6 angeordnet. Aufgrund der Spiegelung an der Grundfläche 6 liegt das gemeinsame Phasenzentrum B nunmehr auf der Grundfläche 6. Beispielhaft sind wieder zwei paarige elektrisch sehr kurze Leiterelemente, als Vektoren $\vec{\Delta}_1, \vec{\Delta}_2$ gekennzeichnet, dargestellt, deren Richtung sowohl durch die Richtung ihrer Lage im Raum als auch durch die Zählpfeilrichtung des auf dem Leiterelement fließenden Stromes gegeben ist, welcher nach Betrag und Phase als konstant angesehen werden kann. Zu jedem Leiterelement der Schleifenantenne 14 existiert somit ein entsprechendes paariges Leiterelement auf dem virtuellenspiegelbild der Schleifenantenne 14, so dass auch diese Antennenanordnung die erfindungsgemäße Aufgabe löst. Die vertikale Hauptstrahlrichtung kann über die Wahl der Höhe h und den Radius des Leitungsringes eingestellt werden. Es kann eine Nullstelle in vertikaler Richtung und in horizontaler Richtung erreicht werden.

[0041] Die ringförmig umlaufende Leiterlänge S wird erfindungsgemäß wieder in z gleich lange Stücke mit der Länge $\Delta s = S/z$ unterteilt. Der Leiter-Wellenwiderstand der gemäß der Darstellung in Fig. 5c 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

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

[0042] Es ergibt sich in guter Näherung für die in das Leitungsstück Δs einzufügende Kapazitätswert C:

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

[0043] Kreisfrequenz der Satellitensignale = ω ; Freiraumwellenlänge der Satellitensignale = λ

[0044] Um in guter Näherung ein Runddiagramm zu erhalten, ist die Leitung der Länge S durch Einfügung von Kapazitäten 16 in ausreichend viele Teilstücke zu teilen. Für eine sinnvolle Unterteilung gilt: $\Delta s/\lambda < 1/8$. Sind die Teilstücke $\Delta s = S/z$ ausreichend klein gewählt, so ist die Gleichheit Δs aller Teilstücke nicht unbedingt erforderlich, solange nur nach jedem Teilstück eine Kapazität 16 eingefügt wird, deren Wert sich nach oben beschriebenen Kriterium aus der relativen Länge $\Delta s/\lambda$ des betreffenden Teilstücks errechnet.

Als Beispiel zur Gestaltung des Empfangs im Bereich eines Elevationswinkels zwischen 25° und 65° bei azimuthaler Rundcharakteristik ist eine horizontal angeordnete Schleifenantenne 14 im Abstand von etwa $1/16$ der Wellenlänge über der leitenden Grundfläche 6 platziert, wie es beispielhaft in **Figur 5b** dargestellt ist. Der Durchmesser der Schleifenantenne 14 ist etwas größer als $1/4$ der Wellenlänge gewählt. Längs der Leiterführung ist in Abständen von etwa $1/8$ der Wellenlänge ist jeweils eine mit einer Kapazität 16 mit einem Blindwiderstand von etwa -200 Ohm beschaltete Unterbrechungsstelle 5 eingebracht.

[0045] In **Figur 7** ist beispielhaft das Vertikaldiagramm einer solchen Antenne für a) links drehende zirkulare Polarisation und b) rechts drehende zirkulare Polarisation dargestellt. Eine eventuelle kleine Restunsymmetrie kann durch Verfeinerung der Beschaltung nach den genannten Vorgaben mit Blindwiderständen und Vervollkommen der Symmetrie der Antenne bezüglich der Antennenanschlussstelle 3 reduziert werden. Für das Beispiel einer ringförmigen Schleifenantenne 14 im Frequenzbereich um 1500 MHz haben sich ein Radius R von etwa 4 cm , eine Höhe h von etwa 18 mm und ein Leiterdurchmesser D von etwa 3 mm zur Realisierung sowohl des vertikalen Richtdiagramms als auch eines passenden Leiter-Wellenwiderstands Z_w als günstig erwiesen.

[0046] **Figur 6** zeigt eine weitere vorteilhafte Ausführungsform einer Schleifenantenne 14 nach der Erfindung mit Auskopplung 18 an der Antennenanschlussstelle 3 über eine symmetrische Zweidrahtleitung 26 außerhalb des Zentrums Z , einem Umsymmetrierglied 29 und einem Anpassnetzwerk 25. Der Einfluss der nicht im Phasenzentrum befindlichen symmetrischen vertikalen Speiseleitung in Form der symmetrischen Zweidrahtleitung 26 schmälert die Polarisationsreinheit aufgrund der weiter unten erläuterten Symmetrieeigenschaft nicht. Die Verbindung des einen Anschlusses auf der unsymmetrischen Seite des Umsymmetrierglieds 29 zur Anschlussstelle 28 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 entgegen gesetzter Richtung fließenden Ströme auf den Leitern der Zweidrahtleitung 26, 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 Antennenanschlussstelle 3.

[0047] Ein elektrischer Leiter, welcher in einer senkrecht zur Grundfläche 6 und symmetrisch bezüglich der Antennenanschlussstelle 3 orientierten Symmetrieebene SE der Satellitenantennenanordnung zum Beispiel als flächig gestaltete beziehungsweise lineare Antenne 24 - wie in **Figur 16** - geführt ist, ist aufgrund der Symmetrie zur Antennenanschlussstelle 3 ohne Einfluss auf die Wirkungsweise der Satellitenantenne. Die Wirkung der durch das elektromagnetische Empfangsfeld in der Antenne 24 hervorgerufenen Ströme heben sich bezüglich ihrer Wirkung an der Antennenanschlussstelle 3 auf. Dies trifft auch auf die beiden elektrischen Leiter der Zweidrahtleitung 26 in **Figur 6** zu, welche aufgrund des kleinen Abstandes der beiden Leiter voneinander als in der Symmetrieebene SE geführt angesehen werden können. Von dieser die Antenne 24 in **Figur 16** und die Antennenanschlussstelle 3 entkoppelnden Eigenschaft wird in einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung bei Gestaltung von Kombinationsantennen für unterschiedliche Funkdienste Gebrauch gemacht. Eine derartige Antenne kann somit neben den Satellitenempfang durch Anordnen von einer oder mehreren voneinander getrennten und in der Symmetrieebene SE geführten Antennen wie - z. B. der Antenne 24 - für Funkdienste wie den AM/FM-Empfang, Zellen- Funkdienste, usw. verwendet werden.

[0048] Bei der in der **Figur 8** dargestellten vorteilhaften Ausführungsform der Schleifenantenne 14 erfolgt die Auskopplung zentral und auf Ringebe. Das Anpassnetzwerk 25 und das Umsymmetrierglied 29 sind ebenfalls auf der Ringebe angeordnet. Die Zweidrahtleitung 26 ist auf der unsymmetrischen Seite des Umsymmetrierglieds 29 angeschlossen und im Zentrum Z zur Grundfläche 6 geführt. Dort ist ihr erster Leiter mit der leitenden Grundfläche 6 und ihr zweiter Leiter mit dem über der Grundplatte 6 geführten Mikrostreifenleiter 30 verbunden. Letztere stellt die Verbindung zur Anschlussstelle 28 der Antennenanordnung her. Auch hier kompensieren sich die Wirkungen der in entgegen gesetzter Richtung fließenden Ströme auf den Leitern der Zweidrahtleitung 26, so dass diese die Strahlungseigenschaften der Schleifenantenne 14 nicht beeinflussen.

[0049] 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 gleicher Bandbreite unterstützt wird, ist es wünschenswert, das vertikale Richtdiagramm für diese Signale zu niedrigen Elevationswinkeln hin aufzufüllen. Damit kann die Antenne in einem Kompromiss sowohl die Satelliten-Empfangssignale als auch die terrestrischen Signale empfangen. Um dies zu erreichen, ist in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung im zentralen Phasen-Bezugspunkt B der Schleifenantenne 14 in **Figur 9** ein elektrisch kurzer, vertikal orientierter

Monopol 7 angebracht. Weiterhin ist als Verteilungs- bzw. Kopplungsnetzwerks ein im reziproken Sendefall als Leistungsverteiler wirkendes Leistungskopplungs- und Phasenschiebernetzwerk 31 vorgesehen an das über separate Anschlüssen die Schleifenantenne 14 einerseits und den Monopol 7 andererseits angeschlossen ist, und welches in der Weise gestaltet ist, dass im reziproken Sendefall die Phasen der in dem Monopol 7 und in der Schleifenantenne 14 fließenden Ströme jeweils gleich sind. Aufgrund der Gleichphasigkeit der Ströme auf der Schleifenantenne 14 und der Monopolantenne 7 bezüglich des Phasenzentrum B auf der Grundfläche 6 unter Berücksichtigung der Spiegelung sind die oben geforderten Bedingungen für die Bildung paariger Leiterelemente Δ_n , Δ_m und damit für die Polarisation der elektrischen Feldstärke erfüllt. Die Hauptstrahlrichtung im Vertikaldiagramm der Schleifenantenne 14 wird dabei durch Hinzufügen des vertikalen Monopols 7 zu niedriger Elevation hin gezogen. Die Kombination ermöglicht nun auch bei niedrigerer Elevation ein vertikales polarisiertes elektrisches Feld für zusätzliche terrestrische Anwendungen zu empfangen. Über unterschiedliche Gewichtung bei der Überlagerung der beiden Antennen kann das vertikale Richtdiagramm zu niedrigen Elevationswinkeln hin für diese Signale aufgefüllt werden. Der als Stabantenne ausgebildete Monopol 7 besitzt in seiner vertikalen Richtcharakteristik eine ähnliche Hauptstrahlrichtung wie die horizontal polarisierte Schleifenantenne 14, liefert jedoch für niedrige Elevationswinkel einen größeren Beitrag als die Schleifenantenne 14. Mit Hilfe des unsymmetrischen Leistungskopplungs- und Phasenschiebernetzwerks 31 kann sowohl die Gewichtung der Eigenschaften der beiden Antennen unterschiedlich eingestellt werden und zusätzlich die Angleichung der Phasenschwerpunkte erfolgen.

[0050] Bei der Anordnung in **Figur 10** ist der Monopol 7 anders als die Stabantenne in **Figur 9** realisiert. Die vertikale, zur Speisung der Schleifenantenne 14 vorgesehene Zweidrahtleitung 26 wird als Monopol 7 ausgenutzt, wobei die Schleifenantenne 14 als Dachkapazität 12 des Monopols 7 dient. Hierfür wird eine zusätzliche Auskopplung geschaffen, wobei die Schleifenantenne 14 in einem Modus als Dachkapazität 12 des Monopol 7 für ein vertikal polarisiertes Feld mit verwendet wird. Bei Bedarf kommt ein Anpassnetzwerk 33 für den Monopolmodus zur Anwendung, welches vorzugsweise derart gestaltet ist, dass das oben genannte Leistungskopplungs- und Phasenschiebernetzwerk 31 daran angeschlossen werden kann. Somit kann auch hier mit Hilfe dieses unsymmetrischen Leistungskopplungs- und Phasenschiebernetzwerks 31 die Gewichtung der Antennen unterschiedlich eingestellt werden und die Angleichung der Phasenschwerpunkte erfolgen. Die Anpassung der Impedanz der Schleifenantenne 14 kann mit Hilfe des Anpassnetzwerks 25 erfolgen, welches in einer einfachen Ausführungsform als $\lambda/4$ -Leitungstransformator realisiert werden kann. Aufgrund der vertikal polarisiert empfangenden Zweidrahtleitung 26 mit der Schleifenantenne 14 als Dachkapazität 12 gegenüber der Grundfläche 6 sowie aufgrund der horizontal polarisiert empfangenden Schleifenantenne 14 zwischen den beiden Leitern der Zweidrahtleitung 26 werden Signale aus vertikalen und horizontalen Feldkomponenten in dem im Sendefall als Leisterteiler wirkenden Leistungskopplungs- und Phasenschiebernetzwerk 31 überlagert. Diese Eigenschaft kann erfindungsgemäß vorteilhaft zur Unterstützung der Strahlungseigenschaften bei niedriger Elevation durch phasenstarre Kombination der vertikal und horizontal polarisierten Antennen und bei Wahl des gleichen Phasenschwerpunkts (in Analogie zum Phasenbezugspunkt im Ursprung des Koordinatensystems gemäß den obigen Betrachtungen) ausgenutzt werden. Damit lässt sich ein linear polarisiertes Feld erzeugen, welches bei höherer Elevation vorzugsweise horizontal und bei niedriger Elevation vorzugsweise vertikal polarisiert ist.

[0051] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung gemäß **Figur 15** ist das unsymmetrische Leistungskopplungs- und Phasenschiebernetzwerk 31 im zentralen Fußpunkt 19 der Antennenanordnung dadurch realisiert, dass der eine Leiter der Zweidrahtleitung 26 über einen Blindwiderstand 41 mit der leitenden Grundfläche 6 leitend verbunden ist und der andere Leiter der Zweidrahtleitung 26 zur Anschlussstelle 28 der Antennenanordnung geführt ist. Durch Wahl des Blindwiderstands 41 kann die Gewichtung des Empfangs des horizontal und des vertikal polarisierten elektrischen Feldes eingestellt werden. Bei dem in **Figur 15** dargestellten Beispiel ist der Blindwiderstands 41 durch einen Kondensator realisiert, dessen Größe die gewünschte Gewichtung einstellt.

[0052] Die in **Figur 10** beschriebene Antenne ist in **Figur 11** in einer symmetrischen Ausführungsform mit sternförmig mehrarmiger horizontaler Zuführung und zentralem Anschluss an eine vertikale Zuführung als Alternative zur einarmigen, "unsymmetrischen" Zuführung ausgeführt. Auf diese Weise wird die Rundheit der azimuthalen Richtcharakteristik perfektioniert. Das Beispiel zeigt eine Ausführungsform mit zweiarmliger symmetrischer Zuführung zu den in der Schleifenantenne 14 ausgebildeten beiden Antennenanschlussstellen 3.

[0053] **Figur 12** zeigt eine besonders vorteilhafte zweiarmlige Zuführung über Bandleiter 34 einer Schleifenantenne 14 und die durch Pfeile gekennzeichneten Stromwege. Die zentrale vertikale Zuführung erfolgt hier beispielsweise in koaxialer Ausführung, wobei der Außenleiter einer Koaxialleitung 35 mit dem einen und der Innenleiter mit dem anderen Band des Bandleiters 34 verbunden ist.

[0054] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wie sie nachfolgend an Hand der Fig. 13a und 13c beschrieben wird, ist jeweils eine Gruppe von elektrisch sehr kurzen, im Wesentlichen in einer horizontalen Ebene verlaufenden Leiterelementen Δ_v , elektrisch leitend aneinander gereiht und somit ein elektrisch kurzer Dipol 21 mit nahezu gleicher Phase der Ströme auf den Leiterelementen gestaltet, welcher an einer durch eine Unterbrechungsstelle gebildeten Antennenanschlussstelle 3 koppelbar ist, bzw. im reziproken Sendefall gespeist werden kann. Jeweils symmetrisch zum gemeinsamen Bezugspunkt B ist ein gleich geformter und gleich ausgerichteter elektrisch kurzer Dipol

21 korrespondierend vorhanden, sodass zu jedem elektrisch sehr kurzen Leiterelement auf dem Dipol 21 ein entsprechend korrespondierendes, im Wesentlichen in derselben Ebene verlaufendes Leiterelement auf einem korrespondierenden Dipol 21 existiert. Beide ein Paar bildende Dipole 21 sind im reziproken Sendefall an der Antennenanschlussstelle 3 jeweils mit dem gleichen Strom dem Betrag nach gespeist. Das arithmetische Mittel der Phasen der in der jeweils gleichen Richtung gezählten Ströme eines Dipolpaares besitzt für alle Dipolpaare den gleichen Wert.

[0055] In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind die Dipole 21 geradlinig und zu ihren Antennenanschlussstellen 3 symmetrisch und in einer horizontalen Ebene verlaufend gestaltet, wobei die Antennenanschlussstellen 3 mehrerer Dipolpaare äquidistant auf einem horizontalen Kreis, dessen Mittelpunkt den gemeinsamen Bezugspunkt B bildet, verteilt angeordnet. Die Dipole 21 sind senkrecht zur Verbindungslinie zum Mittelpunkt des Kreises orientiert. Dadurch ist eine Kreisgruppenantennenanlage gegeben, wie sie in einer einfachsten Form in **Figur 13a** dargestellt ist. Die Figur zeigt eine symmetrische Ausführungsform einer Antenne nach der Erfindung mit 4 in einem Quadrat angeordneten Dipolen 21 und mit einem zentral im Phasenzentrum B angeordneten Kopplungsnetzwerk 10, dessen Ausgang die Anschlussstelle 28 bildet und im reziproken Sendefall als Verteilungsnetzwerk wirkt. Die Antennenanschlussstellen 3 sind jeweils über eine elektrische Leitung 27 an einen der Eingänge 23 des Kopplungsnetzwerks 10 angeschlossen wobei die Dipolpaare mit gleichen Signalen nach Amplituden und Phasen gespeist werden. Benachbarte Enden benachbarter Dipole 21 können über Kondensatoren 16 miteinander verbunden sein.

[0056] **Figur 13c** zeigt eine Dipolanordnung ähnlich **Figur 13a** jedoch mit einer Überlagerung des Empfangs horizontaler und vertikaler elektrischer Feldkomponenten, ähnlich den Figuren 10 und 11. Die Dipole 21 wirken zusätzlich als Dachkapazität 12 des auf diese Weise durch die Zweidrahtleitung 26 gebildeten vertikalen Monopols 7.

[0057] Ebenso können, wie in **Figur 13c** dargestellt, in einer vorteilhaften Ausgestaltung einer Ausführungsform einer Antennenanordnung nach **Figur 13a** die im Quadrat angeordneten liegenden Dipole 21 über einer leitenden Grundfläche 6 mit zentraler Auskopplung - ähnlich wie bei der Antenne in **Figur 10** - mit einem Monopol kombiniert werden. Bei dieser Anordnung ist die vertikale Zuleitung in Form der Zweidrahtleitung 26 zur Speisung der Dipole 21 als Monopol 7 mit den Dipolen 21 als Dachkapazität 12 eingesetzt. Somit kann auch hier mit Hilfe des unsymmetrischen im reziproken Sendefall als Leistungsteiler wirkenden Leistungskopplungs- und Phasenschiebernetzwerks 31 die Gewichtung der Wirkungen der Dipole 21 und des auf diese Weise gebildeten Monopols 7 entsprechend den Anforderungen unterschiedlich eingestellt werden und die Angleichung der Phasenschwerpunkte erfolgen.

[0058] In **Figur 13b** ist eine symmetrische Ausführungsform einer Antenne nach der Erfindung mit vier in einem Quadrat angeordneten, über einer leitenden Grundfläche 6 angeordneten Rahmenantennen 42, deren Rahmenflächen senkrecht zur leitenden Grundfläche 6 orientiert sind, dargestellt. Die Rahmenantennen 42 sind mit $\lambda/2$ -Symmetrieleitungen 43 symmetrisch zur Grundfläche erregt, so dass jeweils an einem der beiden Fußpunkte jeder Rahmenantennen 42 eine Antennenanschlussstelle 3 gebildet ist. Vorzugsweise werden die im Bild als koaxiale Leitungen dargestellten $\lambda/2$ -Symmetrieleitungen 43 als Mikrostreifenleitungen realisiert. Zusätzlich ist die Antennenanschlussstelle 3 jeder Rahmenantenne 42 jeweils mit einer gleich langen vorzugsweise als Mikrostreifenleitung 44 realisierten elektrischen Leitung 44 mit der gemeinsamen Anschlussstelle 28 der Antennenanordnung in der Weise verbunden, dass im reziproken Sendefall alle horizontalen Rahmenteile demselben Umlaufsinn folgend erregt sind. Mit in die Rahmenantennen 42 eingebrachten Kapazitäten 16 kann durch Wahl von Position und Kapazitätswert der Kapazitäten 16 bei azimuthalem Runddiagramm die Hauptrichtung des vertikalen Richtdiagramms eingestellt werden. Bei einer solchen Anschlussweise heben sich die Strahlungswirkungen der vertikalen Anteile der Rahmenantennen 42 gegenseitig auf.

[0059] In einer weiteren nicht dargestellten, vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind, ähnlich den Fig. 13a und 13c, im zentralen Phasen-Bezugspunkt B einer Kreisgruppenantennenanlage mit horizontal ausgerichteten Dipolen 21 ein elektrisch kurzer vertikaler Monopol 7 und ein Verteilungs- bzw. Kopplungsnetzwerk 10 vorhanden. Der Ausgang 24 des Kopplungsnetzwerks 10 ist als Anschlussstelle 28 der Antennenanordnung ausgeführt und die Antennenanschlussstellen 3 der Antennen in der Kreisgruppe und des Monopols 7 werden im reziproken Sendefall jeweils über eine elektrische Leitung 27 von dem Kopplungsnetzwerk 10 in der Weise gespeist, dass die Phasen des in den Monopol 7 eingespeisten Stromes der Phasenlage der in die Kreisgruppenantennenanlage eingespeisten Ströme bezüglich des gemeinsamen Phasen-Bezugspunkts B entspricht. Schließlich können auch mehrere elektrisch kurze vertikale Monopole 7 paarweise symmetrisch zum zentralen Phasen-Bezugspunkt angeordnet und im reziproken Sendefall über das Kopplungsnetzwerk 10 in der Weise gespeist werden, dass das arithmetische Mittel der Stromphasen der paarweise angeordneten Monopole 7 und die Phase des Stroms in dem zentralen Monopol 7 eingespeisten Stromes bezogen auf den Phasen-Bezugspunkt B jeweils gleich sind.

[0060] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist das Kopplungsnetzwerk 10, wie in **Figur 14** dargestellt, für die Verwendung der Antenne als Diversity-Empfangsantenne in der Weise gestaltet, und zwar so, dass sowohl die Empfangssignale der Antennen mit horizontal orientierten Leiterelementen als auch die des vertikalen Monopols 7 jeweils getrennt voneinander alternativ zur Verfügung stehen. Dies geschieht in einem einfachsten Fall mit der Hilfe eines Diversity-Umschalters 37, welcher von einem Diversity-Modul 38 angesteuert wird. Dabei werden die Empfangssignale beider Antennen jeweils mit der ihnen eigenen - jedoch für beide Richtungen der zirkularen Polarisierung gleichen - Strahlungscharakteristik empfangen.

[0061] Insbesondere im Fahrzeugbau ist der kompatible Ausbau einfacher Geräte hin zu besonders leistungsfähigen und damit aufwändigeren Geräten auf wirtschaftliche Weise besonders wichtig. Ein besonderer Vorteil einer Antennenanordnung nach der Erfindung besteht in der Möglichkeit, eine im wesentlichen horizontal polarisierte Antenne und eine im wesentlichen vertikal polarisierte Antenne zu kombinieren, um getrennte Anschlüsse für zirkular polarisierte Wellen beider Drehrichtungen zu erreichen. Somit kann zum Beispiel die Schleifenantenne 14 mit dem vertikalen Monopol 7 mit gemeinsamem Phasenzentrum B in Figur 9 entweder auf wenig aufwändige Weise mit Hilfe des Leistungskopplungs- und Phasenschiebernetzwerks 31 kombiniert werden, wie dies im Zusammenhang mit Figur 9 beschrieben ist, oder die Antennenanschlusstellen 3 der beiden Antennen werden in einer aufwändigeren Form mittels einer 90°-Phasenschaltung mit unterschiedlichen Vorzeichen so kombiniert, dass sie an einem LHCP-Anschlusses 46 und einem RHCP-Anschlusses 47 getrennt nach LHCP beziehungsweise RHCP-Wellen verfügbar sind. Dabei ist es besonders vorteilhaft, dass bei bestehender Grundform der aus der Schleifenantenne 14 und dem Monopol 7 kombinierten Konstruktion der Antennenanordnung sowohl die wenig aufwändige Betriebsform zur Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe als auch die Erweiterung zur getrennten Darstellung für den Betrieb für LHCP beziehungsweise RHCP-Wellen wirtschaftlich realisiert werden kann.

[0062] Antennen für zirkular polarisierte Wellen werden nach dem Stand der Technik gewöhnlich dadurch realisiert, dass gleichartige Antennen - wie zum Beispiel zwei gekreuzte Dipole oder zwei gekreuzte Rahmenantennen - über 90°-Phasenschaltung zusammengeschaltet werden. Im Gegensatz hierzu wird im vorliegenden Fall - wie in Figur 19a dargestellt - eine zirkular polarisierte Antenne aus zwei unterschiedlichen Antennen nach der vorliegenden Erfindung gestaltet, deren vertikale Richtdiagramme deckungsgleich sind und deren Hauptrichtung für den Empfang der Satellitensignale passend gestaltet ist. Die Gleichheit der Richtdiagramme kann beispielsweise durch Wahl der Struktur des als Stabantenne ausgebildeten Monopols 7 mit Blindelement 8 - ähnlich wie im Zusammenhang mit der in Figur 3 beschriebenen Antenne - sowie durch entsprechende Gestaltung der Schleifenantenne 14 - wie im Zusammenhang mit Figur 7 beschrieben - realisiert werden. Die Gleichheit des Phasenzentrums B beider Antennen kann mit Hilfe des Anpassnetzwerks 25 für die Schleifenantenne 14 beziehungsweise des Anpassnetzwerks für den Monopolmodus bewerkstelligt werden. Für die Realisierung einer derartigen Antenne kann - wie in **Figur 19a** dargestellt - die vertikal und die horizontal polarisierten Antenne 7 bzw. 14 gemäß der Erfindung bei gemeinsamen Phasenzentrum B wie in Figur 9, jedoch mit getrennter Zuführung der Signale zum Anschluss für Vertikalpolarisation 49 beziehungsweise zum Anschluss für Horizontalpolarisation 48 eines Hybridkopplers 45 mit 90° positivem oder negativem Phasenunterschied bezüglich des LHCP-Anschlusses 46 beziehungsweise des RHCP-Anschlusses 47 für die getrennte Erzeugung von LHCP- beziehungsweise RHCP-Signalen erfolgen.

[0063] Eine ähnliche Antennenanordnung ist in **Figur 19b** 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 Phasenzentrums B sichergestellt.

[0064] In einer weiteren vorteilhaften Antennenanordnung zur alternativen Auskopplung von RHCP- beziehungsweise LHCP-Signalen ist, wie in **Figur 21a** dargestellt, eine Schleifenantenne 14 - wie in Figur 11 - mit zwei einander gegenüberliegenden Antennenanschlusstellen 3 und daran angeschlossenen und in der Schleifenebene befindlichen Anpassnetzwerken 25, welche vorzugsweise 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 Antennenanschlusstelle 3 im Fußpunkt des im Zentrum der Anordnung befindlichen, als Stabantenne ausgebildeten Monopols 7 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 Anschlussstelle 28, angesteuert durch einen in einem Radioempfängermodul 52 befindlichen Umschalter Satelliten-Empfangssignale der beiden Drehrichtungen der Polarisation alternativ zur Verfügung. Bei Ansteuerung mit einem 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.

[0065] Auch kann, wie in Figur 21b in einer Variante von Fig. 21a dargestellt, das Achsenverhältnis des zirkular bzw. elliptisch polarisierten Feldes durch Einbringen eines Dämpfungsgliedes 56 in den Pfad des Monopols 7 von der Schleifenantenne 14 eingestellt werden. Mit steigender Dämpfung geht einher, dass die Hauptstrahlrichtung der Antenne in Elevation ansteigt und die Antenne auf optimale Störresistenz gegenüber horizontal einfallenden Störungen und Temperatur-Außenrauschen optimiert werden kann. Durch Ergänzung des Dämpfungsgliedes 56 in Fig. 21b mit einem Phasendrehglied (nicht dargestellt) können durch Einstellung der Phase mit der Dämpfung erfindungsgemäß sowohl die Elliptizität, der Drehsinn der Polarisation und die Elevation der Hauptstrahlrichtung der Antenne eingestellt werden. Der Umschalter 55 kann gegebenenfalls entfallen.

[0066] In einer weiteren besonders wirtschaftlichen Ausführungsform einer derartigen Antenne mit zirkularem bzw.

elliptisch polarisiertem Feld bei umschaltbarem Drehsinn ist in **Figur 22** - ähnlich wie bei der Antenne in Figur 11 - der gesonderte Monopol 7 eingespart. Für den Empfang bei vertikaler Polarisation wird auch hier die Zweidrahtleitung 26 ausgenutzt. Durch Einfügen eines geeignet gestalteten Netzwerks 53 in einen der Stränge der vertikalen Zweidrahtleitung 26 wird der Unterschied von 90° zwischen den Phasen des von der vertikalen Zweidrahtleitung 26 mit der Schleifenantennen 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 Anpassnetzwerk 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 von LHCP-Feld und RHCP-Feld durch Umschaltung der LHCP/RHCP-Umschalter 55 umgeschaltet werden kann.

[0067] Wie bereits im Zusammenhang mit der Antenne in Figur 15 erläutert - kann auch hier ein dem Netzwerk 31 entsprechendes Netzwerk 53 aus Blindwiderständen entsprechend **Figur 20** zur Gestaltung des vertikalen Richtdiagramms der linear vertikal polarisierten Antenne in den mit Masse verbundenen Strang der vertikalen Zweidrahtleitung 26 geschaltet werden. Mit Hilfe des Netzwerks 53, kann die Einstellung des Gleichtakt-zu-Gegentakt-Verhältnisses auf der vertikalen Zweidrahtleitung 26 eingestellt werden. Im Gegensatz zu den oben beschriebenen Antennen in den Figuren 21 und 22 ist das Netzwerk 53 in der Weise zu gestalten, dass die Empfangsspannungen aus den horizontalen und den vertikalen elektrischen Feldanteilen phasengleich überlagert werden. Dieses Netzwerk 53 kann im einfachsten Fall als Kapazität gestaltet werden. 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. Durch Gestaltung des Netzwerks 53 kann somit die Elevation der Hauptstrahlrichtung der Gesamtcharakteristik zwischen den Elevationswinkeln 0° (horizontal) und 45° frei gewählt werden.

[0068] Für die Gestaltung erfindungsgemäßer Satellitenempfangsantennen, die sich gleichermaßen für den Empfang linksdrehend zirkular polarisierter Signale als auch für den Empfang rechtsdrehend zirkular polarisierter Signale eignen haben sich folgende Merkmale und Merkmalskombinationen als bevorzugt erwiesen:

1. Durch die Gestaltung elektrisch sehr kurzer Leiterelemente $\Delta_1, \Delta_2, \dots$ der Antenne 1 ist sichergestellt, dass entsprechend dem zwischen Empfangsantennen und Sendantennen geltenden Reziprozitätsgesetz bei Einspeisung von Sendeleistung an mindestens einer Antennenanschlussstelle der Antenne 3 der im Fernfeld erzeugte elektrische Feldstärkevektor $\vec{E}_v$ in jedem Punkt P des Raumes zu jedem Zeitpunkt längs einer für diesen Punkt P des Raumes spezifischen, feststehenden geraden Linie polarisiert ist.

Diese Bedingung lässt sich z.B. erfüllen, wenn alle Leiterelemente Δ_1, Δ_2 längs einer gestreckten Linie 2 angeordnet sind und leitend miteinander verbunden sind, so dass im Wesentlichen ein stabförmiger Leiter 4 gebildet ist und die Antennenanschlussstelle 3 durch eine Unterbrechung des stabförmigen Leiters 4 gebildet ist.

Der im Wesentlichen stabförmige Leiter 4 ist vorzugsweise im Wesentlichen senkrecht über einer im Wesentlichen horizontalen leitenden Grundfläche 6 angebracht und weist eine Unterbrechungsstelle auf, durch welche die Antennenanschlussstelle 3 gebildet ist. Bevorzugt weist der so gebildete im Wesentlichen senkrechte Monopol 7 zur Gestaltung des Vertikaldiagramms mindestens eine Unterbrechungsstelle 5 auf, welche mit mindestens einem Blindelement 8 beschaltet ist. Die im Fußpunkt des Monopols 7 gebildete Antennenanschlussstelle 3 kann zur Gestaltung des optimalen Empfangs im Bereich eines Elevationswinkels zwischen 25° und 65° die Gesamtlänge h_2 des Monopols 7 etwa $5/8 \lambda$ der zu empfangenden Satelliten-Signalen beitragen, wobei die Unterbrechungsstelle 5 in einer Höhe h_1 von etwa $3/8 \lambda - 4/8 \lambda$ über einer leitenden Grundfläche 6 angebracht und mit einem bei dieser Frequenz induktiven Blindwiderstand 8 von circa 200 Ohm beschaltet ist (**Figur 3**).

2. Die Leiterelemente $\Delta_1, \Delta_2, \dots$ können längs mehrerer zueinander paralleler, gestreckter gerader Linien angeordnet sein, so dass mehre stabförmige Leiter 4 gebildet sind, von denen in mindestens einem die Antennenanschlussstelle 3 ausgebildet ist. Die stabförmigen Leiter 4 können hierbei vertikal über der im Wesentlichen horizontalen leitenden Grundfläche 6 orientiert sein.

Beispielsweise kann zur Gestaltung eines im Wesentlichen runden azimutalen Richtdiagramms eine Kreisgruppenantennenanlage 9 mit untereinander gleich ausgeführten stabförmigen Leitern 4 als parasitäre Strahler 11 vorgesehen sein, wobei im Zentrum Z der Kreisgruppenantennenanlage 9 eine Antenne gemäß der vorstehenden Ziffer 1 und eine gemäß den Anforderungen an die Rundheit des azimutalen Richtdiagramms hinreichend großen Anzahl von auf einem Kreis im gleichen Winkelabstand W voneinander angeordneten parasitären Strahlern 11 vorgesehen sind.

Die Kreisgruppenantennenanlage 9 enthält ein Verteilungsnetzwerk bzw. ein Koppelungsnetzwerk mit mehreren

Anschlüssen 23, wobei einer (24) der Anschlüsse als Antennenanschlussstelle 3 ausgeführt ist und die stabförmigen und gleichartig ausgeführten in der Kreisgruppe angeordneten stabförmigen Leiter 4 jeweils eine Unterbrechungsstelle 5 enthalten und somit als Strahler 7 ausgebildet sind, welche jeweils über eine gleichartige elektrische Leitung 27 an jeweils einen der übrigen Anschlüsse des Netzwerks 10 angeschlossen sind und im reziproken Sendefall mit gleichen Signalen nach Amplituden und Phasen speisbar sind, wobei der im Zentrum Z der Kreisgruppenantennenanlage 9 befindliche Strahler 7 zur Gestaltung des Richtdiagramms gleichfalls an einen der Anschlüsse des Netzwerks 10 angeschlossen ist und mit einem Signal mit gesonderter Amplitude und Phase speisbar ist. Alternativ kann im Zentrum Z der Kreisgruppe an Stelle des Strahlers 7 auch ein parasitärer Strahler 11 angebracht sein. Auch können die im Kreis angeordneten stabförmigen Leiter 4 zur Gestaltung des Vertikaldiagramms jeweils mindestens eine mit mindestens einem Blindelement 8 beschaltete Unterbrechungsstelle 5 enthalten. Entsprechendes gilt für den im Zentrum Z der Kreisgruppe angeordnete stabförmige Leiter, der zur Gestaltung des Vertikaldiagramms jeweils mindestens eine mit mindestens einem Blindelement 8 beschaltete Unterbrechungsstelle 5 enthalten kann. Zur Gestaltung möglichst niedriger stabförmiger Leiter können diese an ihrem oberen Ende eine Dachkapazität 12 enthalten und dadurch verlängert wirken. Darüber hinaus kann die Kreisgruppenantennenanlage 9 auch aus mehreren in konzentrischen Kreisen angeordneten und im jeweiligen Kreis aus gleichartig ausgeführten stabförmigen Leitern bestehen, die gegebenenfalls nach Betrag und Phase gleich erregt werden.

3. In einer bevorzugten Ausgestaltung besteht die Antenne aus einer Vielzahl von jeweils symmetrisch zu einem gemeinsamen Bezugspunkt im Raum in der angegebenen Weise paarweise angeordneten und gleich ausgerichteten elektrisch sehr kurzen Leiterelementen Δ_1, Δ_2 bzw. Δ_3, Δ_4 bzw. Δ_5, Δ_6 , wobei - bewirkt durch die Erregung der Antenne an der Antennenanschlussstelle 3 - diese paarweise als strahlende Elementarantennen Δ_n, Δ_m wirken und zwar so, dass der in beiden zu einem Elementarantennenpaar gehörigen Elementarantennen Δ_n, Δ_m fließende Strom der Größe nach gleich ist und der Bezugspunkt für alle Elementarantennenpaare Δ_n, Δ_m in der Weise ein gemeinsames Phasenzentrum B bilden, dass das arithmetische Mittel der Phasen der beiden, in der jeweils gleichen Richtung gezählten Ströme eines Elementarantennenpaares für alle Elementarantennenpaare Δ_n, Δ_m den gleichen Wert besitzt.

Bevorzugt ist durch leitende Aneinanderreihung von elektrisch sehr kurzen Leiterelementen um den gemeinsamen Bezugspunkt eine Schleifenantenne 14 mit einer an einer Stelle durch Unterbrechung der Schleife gestalteten Antennenanschlussstelle 3 gebildet ist, wobei die Abmessungen der Schleife elektrisch hinreichend klein sind, so dass der Ringstrom dem Betrag nach an jeder Stelle gleich ist und jedes sehr kurze Leiterelement durch ein korrespondierendes sehr kurzes Leiterelement zu einem Paar ergänzt ist. Alle Leiterelemente $\Delta_1, \Delta_2, \dots$ verlaufen zweckmäßigerweise in einer Ebene wobei die Schleifenantenne 14 die Form eines regulären n-Ecks, dessen Phasen-Bezugspunkt durch den Symmetriepunkt des n-Ecks gegeben ist, oder die Form eines Kreistrings haben kann, wobei hier Bezugspunkt B durch den Mittelpunkt des Kreistrings gegeben ist. Die Schleifenantenne 14 kann auch aus mehreren geschlossenen Schleifen mit gemeinsamem Phasen-Bezugspunkt B gebildet sein, wobei jedoch in einer der Schleifen durch Unterbrechung die Antennenanschlussstelle 3 auszubilden ist. Hierbei kann die Schleifenantenne 14 aus mehreren leitend aneinander gereihten Schleifen in im Wesentlichen zueinander parallelen Ebenen mit möglichst geringem Abstand voneinander in Form einer Spule gestaltet sein, so dass für alle Schleifen ein im Wesentlichen gemeinsamer Phasen-Bezugspunkt gebildet ist und die Antennenanschlussstelle 3 durch die beiden Enden der Spirale gegeben ist.

Soweit die Schleifenantenne 14 nicht elektrisch klein ist, kann sie zur wirksamen elektrischen Verkürzungen mehrere an Unterbrechungsstellen 5 eingebrachte Kapazitäten 16 enthalten, wodurch die Konstanz des Stromes nach Betrag und Phase auf den Leiterelementen Δ_1, Δ_2 hinreichend sichergestellt wird, (**Figur 5a**). Bevorzugt ist, dass die Schleifenantenne 14 kreisförmig oder angenähert quadratisch in einer Ebene parallel zu einer im Wesentlichen horizontalen leitenden Grundfläche 6 gestaltet ist, und an Unterbrechungsstellen eingebrachte Kapazitäten 16 aufweist, die sowohl die Konstanz des Stromes auf den Leiterelementen Δ_1, Δ_2 als auch das Vertikaldiagramm gestalten.

Zur Gestaltung des Empfangs im Bereich eines Elevationswinkels zwischen 25° und 65° mit azimuthaler Rundcharakteristik ist die Schleifenantenne 14 bevorzugt im Abstand von etwa $1/16$ bis $1/8$ der Wellenlänge über der leitenden Grundfläche 6 platziert ist, wobei die Seitenlänge der Schleifenantenne 14 etwa $1/4$ der Wellenlänge gewählt ist und längs der Leiterführung in Abständen von etwa $1/8$ der Wellenlänge jeweils mit einer Kapazität mit einem Blindwiderstand von etwa -200 Ohm beschaltete Unterbrechungsstelle eingebracht ist (**Figur 5b und c**).

In einer bevorzugten Ausgestaltung ist im zentralen Phasen-Bezugspunkt ein elektrisch kurzer vertikaler Monopol 7 sowie ein Verteilungsnetzwerk 10 vorgesehen, dessen Eingang als Antennenanschlussstelle 3 ausgeführt ist und die Schleifenantenne 14 und der Monopol 7 entsprechend dem zwischen Empfangsantennen und Sendeantennen geltenden Reziprozitätsgesetz jeweils über eine elektrische Leitung von einem Ausgang des Verteilungsnetzwerks in der Weise gespeist sind, dass die Phasen des in den Monopol 7 und in die Schleifenantenne eingespeisten Stromes jeweils gleich sind (**Figur 9**). Das Verteilungsnetzwerk ist hierfür als ein Leistungsteiler- und Phasenschie-

bernetzwerk 31 mit separaten Anschlüssen für die Schleifenantenne 14 und den Monopol 7 in der Weise gestaltet, dass die Phasen des in den Monopol 7 und in die Schleifenantenne 14 eingespeisten Stromes zur Bildung des gemeinsamen Phasenzentrums B unter Berücksichtigung der Spiegelung an der Grundfläche 6 nahezu gleich sind und, dass die Gewichtung bei der Überlagerung der Wirkungen der Schleifenantenne 14 und des Monopols 7 in der Weise eingestellt ist, dass die Hauptrichtung des resultierenden vertikalen Richtdiagramms zwar für den Satellitenempfang eingestellt ist, dass das Richtdiagramm durch die Wirkung des Monopols 7 jedoch zu niedrigen Elevationswinkeln hin aufgefüllt ist (**Figur 9**).

4. In einer weiteren bevorzugten Variante ist jeweils eine Gruppe von elektrisch sehr kurzen, im Wesentlichen in einer horizontalen Ebene verlaufenden Leiterelementen Δ_1 , Δ_2 elektrisch leitend aneinander gereiht, derart, dass sie mehrere elektrisch kurze Dipole 21 mit nahezu gleicher Phase der Ströme auf den Leiterelementen Δ_1 , Δ_2 bilden, die an einer durch eine Unterbrechungsstelle gebildeten Dipol-Anschlussstelle 22 gespeist sind, wobei jeweils symmetrisch zum gemeinsamen Bezugspunkt B ein gleich geformter elektrisch kurzer Dipol 21 korrespondierend vorhanden ist, sodass zu jedem elektrisch sehr kurzen Leiterelement Δ_1 auf einem Dipol ein entsprechend korrespondierendes, im Wesentlichen in derselben Ebene verlaufendes Leiterelement Δ_2 auf dem korrespondierenden Dipol 21 existiert und, wenn beide ein Paar bildende Dipole 21 an der Dipol-Anschlussstelle 22 jeweils mit dem gleichen Strom dem Betrag nach gespeist werden, das arithmetische Mittel der Phasen dieser in der jeweils gleichen Richtung gezählten Ströme eines Dipolpaares den gleichen Wert besitzt und dieser Wert für alle derart in derselben Ebene gebildeten Dipolpaare gleich ist.

Die Dipole 21 sind bevorzugt geradlinig und zu Dipol-Anschlussstelle 22 symmetrisch und verlaufen in einer horizontalen Ebene, wobei die Dipol-Anschlussstellen mehrerer Dipolpaare äquidistant auf einem horizontalen Kreis, dessen Mittelpunkt den gemeinsamen Bezugspunkt B bildet, verteilt angeordnet und die Dipole 21 senkrecht zur Verbindungslinie zum Mittelpunkt des Kreises orientiert sind. Auf diese Weise wird eine Kreisgruppenantennenanlage 9 gebildet, die entsprechend dem Reziprozitätsgesetz ein Verteilungsnetzwerk 10 mit mehreren Ausgängen 23 enthält, dessen Eingang als Antennenanschlussstelle 3 ausgeführt ist, wobei die Dipol-Anschlussstellen jeweils über eine elektrische Leitung an einen der Ausgänge des Verteilungsnetzwerks 10 angeschlossen sind und die Dipolpaare mit gleichen Signalen nach Amplituden und Phasen gespeist sind (**Figur 13a**).

Die Kreisgruppe sollte zur Erzeugung einer hinreichend runden azimutalen Strahlungscharakteristik eine hinreichende Anzahl von Dipolpaaren enthalten und über einer elektrisch leitenden horizontalen Grundfläche 6 in einem der Gestaltung der vertikalen Strahlungscharakteristik entsprechenden Abstand angeordnet sein (**Figur 13c**).

Im zentralen Phasen-Bezugspunkt B kann ein elektrisch kurzer, vertikaler Monopol 7 vorhanden sein. Ferner ist ein Verteilungsnetzwerk 10 vorhanden, dessen dem Reziprozitätsgesetz entsprechender Eingang die Antennenanschlussstelle 3 bildet, wobei die Kreisgruppenantennenanlage 9 und der Monopol 7 jeweils über eine elektrische Leitung 27 von einem Ausgang 23 des Verteilungsnetzwerks 10 in der Weise gespeist sind, dass die Phasen des in den Monopol 7 eingespeisten Stromes der Phasenlage der in der Kreisgruppenantennenanlage 9 eingespeisten Ströme bezüglich des gemeinsamen Phasen-Bezugspunkts B entsprechen. Hierbei sind zweckmäßigerweise mehrere elektrisch kurze vertikale Monopole 7 paarweise symmetrisch zum zentralen Phasen-Bezugspunkt B angeordnet vorhanden, wobei die Monopole entsprechend dem Reziprozitätsgesetz vom Verteilungsnetzwerk 10 in der Weise gespeist sind, dass das arithmetische Mittel der Stromphasen der paarweise angeordneten Monopole 7 und die Phase des in einen zentralen Monopol 7 eingespeisten Stromes bezogen auf den Phasen-Bezugspunkt B jeweils gleich sind.

5. In einer bevorzugten Ausgestaltung ist das Verteilungsnetzwerk 10 für die Verwendung der Antenne als Diversity-Empfangsantenne in der Weise gestaltet ist, dass sowohl die Empfangssignale der vorangegangenen unter Ziffer 4 erläuterten Antenne als auch die des vertikalen Monopols 7 und die zusammengefassten Empfangssignale der Kreisgruppenantennenanlage 9 jeweils getrennt voneinander alternativ zur Verfügung stehen.

Das Verteilungsnetzwerk 10 kann aber auch für die Verwendung der Antennenanordnung als Diversity-Empfangsantenne in der Weise gestaltet sein, dass sowohl die Empfangssignale der vorangegangenen unter Ziffer 3 erläuterten Antenne als auch die des vertikalen Monopols 7 und die Empfangssignale der Schleifenantenne 14 jeweils getrennt voneinander alternativ zur Verfügung stehen (**Figur 14**).

6. Die Auskopplung an der Antennenanschlussstelle 3 über eine daran angeschlossene symmetrische Zweidrahtleitung 26 wie sie unter Ziffer 3 erwähnt ist, kann auch so erfolgen, dass die Zweidrahtleitung innerhalb der senkrecht zur Grundfläche 6 und symmetrisch bezüglich der Antennenanschlussstelle 3 orientierten Symmetrieebene SE der Antennenanordnung zur leitenden Grundfläche 6 geführt ist (**Figur 6**). Auch kann an Stelle des vertikalen Monopols 7 die Zuleitung zur Speisung der Schleifenantenne 14 als vertikal ausgerichtete Zweidrahtleitung 26 im Zentrum Z der Schleifenantenne 14 angeordnet sein, wodurch die Zweidrahtleitung zum einen die Funktion eines Monopols 7 mit der Schleifenantenne 14 als Dachkapazität 12 erhält und zum anderen die Speisung der Schleifenantenne

14 wahrgenommen ist, wobei im zentralen Fußpunkt auf der leitenden Grundfläche 6 zwei Auskopplungen für die beiden auf diese Weise gebildeten Antennen vorhanden sind (Figur 10). Hierbei kann (entsprechend dem Reziprozitätsgesetz) das unsymmetrische Leistungsteiler- und Phasenschiebernetzwerk 31 im Fußpunkt der Antennenanordnung dadurch realisiert werden, dass der eine Leiter der Zweidrahtleitung 26 über einen Blindwiderstand 41 mit der leitenden Grundfläche 6 leitend verbunden wird, und der andere Leiter der Zweidrahtleitung 26 zur Anschlussstelle 28 der Antennenanordnung geführt und durch die Wahl des Blindwiderstands 41 die Gewichtung des Empfangs des horizontal und des vertikal polarisierten elektrischen Feldes eingestellt wird (**Figur 15**).

7. Bei einer unter Ziffer 1 erwähnten Antenne kann zusätzlich für den Empfang von Signalen mit niedrigeren Frequenzen - wie zum Beispiel AM/FM-Rundfunksignalen- eine größere Gesamtlänge h_g gestaltet sein, wobei die für den Satellitenempfang notwendige Länge h_2 hinausgehende Teil der stabförmigen Antenne über eine Unterbrechungsstelle 5 abgetrennt ist und dieser Teil, abhängig von seiner Länge, mit einer oder mehreren Unterbrechungsstellen 5 in Abständen von weniger als $1/5\lambda$ versehen ist und wobei diese Unterbrechungsstellen jeweils mit einer auf die Mittelfrequenz f_m der Satelliten-Frequenzbänder abgestimmten Resonanzschaltung 39 beschaltet sind, welche bei dieser Frequenz hochohmig ist (**Figur 4**).

Innerhalb der senkrecht zur Grundfläche 6 und symmetrisch bezüglich der Antennenanschlussstelle 3 orientierten Symmetrieebene SE der Antennenanordnung kann mindestens eine linear beziehungsweise flächig gestaltete Antenne für einen oder mehrere andere Funkdienste gestaltet sein (**Figur 16**).

8. Bei den unter Ziffer 3 und Ziffer 5 erwähnten Antennen können vier in einem Quadrat über einer leitenden Grundfläche 6 angeordnete Schleifenantennen 14 vorhanden sein, welche im Wesentlichen als rechteckigförmige Rahmenantennen 42 gestaltet sind, deren Rahmenflächen senkrecht zur leitenden Grundfläche 6 orientiert sind und welche (entsprechend dem Reziprozitätsgesetz) symmetrisch zur Grundfläche in der Weise erregt sind, dass aus beiden Fußpunkten einer Rahmenantenne 42 jeweils eine Antennenanschlussstelle 3 gebildet ist und die beiden Antennenanschlussstellen 3 durch eine $\lambda/2$ -Symmetrierleitung 3 einer Rahmenantenne 42 mit einer elektrischen Leitung 27 gleicher Länge, ausgehend von der gemeinsamen Anschlussstelle 28 der Antennenanordnung in der Weise gespeist ist, derart dass alle horizontalen Rahmenteile demselben Umlaufsinn folgend erregt sind (**Figur 13b**).

9. Bei der unter Ziffer 3 erwähnten Antenne sind die vertikalen Richtdiagramme das als Stabantenne ausgebildeten Monopols und der Schleifenantenne 14 bevorzugt deckungsgleich und bezüglich der Hauptrichtung für den Empfang der Satellitensignale eingestellt, wobei ein Anpassnetzwerk 25 für die Schleifenantenne 14 und ein Anpassnetzwerk 33 für den Monopol in der Form vorhanden sind, sodass ein gemeinsames Phasenzentrum B gebildet ist. Die beiden Ausgänge der Anpassnetzwerke 32, 33 können mit den Eingängen 48, 49 eines 90° -Hybridkopplers 45 verbunden sein, so dass ein Ausgang 46 für LHCP-Wellen und der andere Ausgang 47 für RHCP-Wellen gestaltet ist (**Figur 19a, Fig. 21**).

10. Die unter Ziffer 6 beschriebene Antenne ist bevorzugt so gestaltet, dass die Schleifenantenne 14 zwei aneinander gegenüberliegende Antennenanschlussstellen 3 und daran angeschlossene und in der Schleifenebene befindliche Anpassnetzwerke 25 aufweist, deren Ausgänge addierend parallel geschaltet sind, wobei das unsymmetrische Leistungsteiler- und Phasenschiebernetzwerk 31 im Fußpunkt der Antennenanordnung dadurch realisiert ist, dass der eine Leiter der Zweidrahtleitung 26 über einen Blindwiderstand 41 mit der leitenden Grundfläche 6 leitend verbunden ist und der andere Leiter der Zweidrahtleitung 26 zur Anschlussstelle 28 der Antennenanordnung geführt ist. Durch Wahl des Netzwerk 53 aus Blindwiderständen kann die Gewichtung des Empfangs des horizontal und des vertikal polarisierten elektrischen Feldes eingestellt werden. (**Figur 20**). Zur Vertauschung der Polarität der Empfangsspannung der Schleifenantenne 14 kann vorgesehen sein, dass die Empfangsspannung der Schleifenantenne 14 mit unterschiedlichen Vorzeichen der Empfangsspannung aus dem vertikal polarisierten elektrischen Feld hinzugefügt werden kann, und der Empfang von LHC- und RHC-polarisiertem Feld durch Umschaltung der LHRCP/RHCP-Umschalter 55 wahlweise möglich ist (**Figur 22**).

Patentansprüche

1. Antenne für den Empfang zirkular polarisierter Satellitenfunksignale umfassend wenigstens eine mit einem Antennenanschlusss (28) verbundene, zwei- oder dreidimensionale Antennenleiterstruktur (14),
dadurch gekennzeichnet, dass
die mehrdimensionale Antennenleiterstruktur (14; 21; 42) so gestaltet ist, dass sie im Wesentlichen aus einer Vielzahl von Antennenleiterabschnitten (Δ_v) besteht, die, bezogen auf einen den Antennenleiterabschnitten (Δ_v) gemeinsamen Raumbezugspunkt, paarweise symmetrisch und in gleicher Richtung sich erstreckend angeordnet sind,

und dass die mehrdimensionale Antennenleiterstruktur (14; 21; 42) ferner so ausgebildet ist, dass bei reziprokem Betrieb der Antenne als Sendeantenne in den einzelnen Paaren von Antennenleiterabschnitten (Δ_v) Antennenströme zumindest näherungsweise gleicher Größe fließen und das arithmetische Mittel der Stromphasen dieser in den Antennenleiterabschnitten (Δ_v) jedes Paares jeweils in gleicher Richtung gezählten Antennenströme bei im Wesentlichen sämtlichen Paaren von Antennenleiterabschnitten (Δ_v) bezogen auf einen gemeinsamen Phasenbezugspunkt (B) zumindest näherungsweise den gleichen Wert hat.

2. Antenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**

die Antennenleiterabschnitte zu wenigstens einer eine Schleifenantenne (14) als mehrdimensionale Antennenleiterstruktur bildenden, im Wesentlichen in einer horizontalen Ebene angeordneten Leiterschleife elektrisch verbunden sind, wobei wenigstens eine Unterbrechung der Leiterschleife eine Antennenanschlussstelle (3) der Schleifenantenne (14) bildet.

3. Antenne nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass**

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

4. Antenne nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schleifenantenne (14) parallel zu und im Abstand von einer angenähert horizontalen, elektrisch leitenden Grundfläche (6) angeordnet ist, dass in dem Phasenbezugspunkt (B) der Schleifenantenne (14) ein elektrisch kurzer, vertikaler Monopol (7) angeordnet ist, und dass eine Antennenanschlussstelle (3) des Monopols (7) sowie die Antennenanschlussstelle (3) der Schleifenantenne (14) mit dem Antennenausgangsanschluss (28) über ein Anpass- und Phasenschiebernetzwerk (25, 31) verbunden sind, welches so ausgebildet ist, dass es bei reziprokem Betrieb der Antenne als Sendeantenne die Phasen der Ströme an den Antennenanschlussstellen (3) des Monopols (7) und der Schleifenantenne (14) einander angleicht (Figur 9).

5. Antenne nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass**

das Anpass- und Phasenschiebernetzwerk (25; 31) so ausgebildet ist, dass es bei reziprokem Betrieb der Antenne als Sendeantenne die Ströme des Monopols (7) und der Schleifenantenne (14) für die Beeinflussung des vertikalen Richtdiagramms einander überlagert.

6. Antenne nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass**

die Schleifenantenne (14) parallel zu und im Abstand von einer angenähert horizontalen leitenden Grundfläche (6) angeordnet ist.

7. Antenne nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens eine Antennenanschlussstelle (3) der Schleifenantenne (14) zumindest zwischen der Ebene der Leitungsschleife und der elektrisch leitenden Grundfläche (6) über eine Zweidrahtleitung (26) mit dem Antennenausgangsanschluss (28) verbunden ist, wobei die Zweidrahtleitung (26) sowie die Antennenanschlussstelle (3) zu einer den Raumbezugspunkt und den bei reziprokem Betrieb der Antenne als Sendeantenne gestalteten Phasenbezugspunkt (B) enthaltenden vertikalen Symmetrieebene (SE) symmetrisch angeordnet sind.

8. Antenne nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zweidrahtleitung (26) vertikal durch den Raumbezugspunkt und den bei reziprokem Betrieb der Antenne als Sendeantenne gestalteten Phasenbezugspunkt (B) verläuft und als vertikaler Monopol (7) mit einer durch die Leitungsschleife gebildeten Dachkapazität (12) ausgenutzt ist und dass ein die Zweidrahtleitung (26) mit dem Antennenausgangsanschluss (28) verbindendes Anpass- und Phasenschiebernetzwerk (33, 31) auf der elektrisch leitenden Grundfläche (6) sowohl Ströme des Monopols (7) als auch der Schleifenantenne (14) auskoppelt (Fig. 10, 11).

9. Antenne nach Anspruch 8, **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 einen Blindwiderstand (41) mit der leitenden Grundfläche (6) leitend verbunden ist und der andere der beiden Leiter über das Anpass- und Phasenschiebernetzwerk (33, 31) mit dem Antennenausgangsanschluss (28) verbunden ist.

10. Antenne nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schleifenantenne (14) zwei in der Symmetrieebene (SE) sich gegenüberliegende Antennenanschlussstellen (3) hat, an die in der Schleifenebene

angeordnete Anpassnetzwerke (25) angeschlossen sind, deren Ausgänge addierend parallel geschaltet und mit der Zweidrahtleitung (26) verbunden sind (Fig. 11).

11. Antenne nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** innerhalb der Symmetrieebene (SE) mindestens eine linear oder flächig gestaltete weitere Antenne (24) für wenigstens einen weiteren Funkdienst angeordnet ist (Fig. 16).

12. Antenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antennenleiterstruktur durch vier im Quadrat über einer elektrisch leitenden Grundfläche (6) angeordnete, im Wesentlichen rechteckförmige Rahmenantennen (42) gebildet ist, deren Rahmenflächen im Wesentlichen senkrecht zur Grundfläche (6) verlaufen, dass jede der Rahmenantennen zwei Fußpunkte definiert, die über eine $\lambda/2$ -Symmetrierleitung (43) symmetrisch zur Grundfläche (6) mit dieser verbunden sind und dass je einer der Fußpunkte jeder Rahmenantenne (42) im gleichen Umlaufsinn folgende über eine von vier elektrischen Leitungen (44) gleicher Länge mit dem Antennenausgangsanschluss (28) verbunden ist. (Fig. 13b).

13. Antenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antennenleiterabschnitte in Form einer mehrere im Wesentlichen in einer gemeinsamen horizontalen Ebene angeordnete Dipole (21) umfassenden Dipolgruppe angeordnet sind, die paarweise symmetrisch zu dem bei reziprokem Betrieb der Antenne als Sendeantenne gestalteten Phasenbezugspunkt (B) bzw. den Raumbezugspunkt angeordnet sind, wobei die Paare von Antennenleiterabschnitten jeweils Dipolpaaren zugeordnet sind, und dass die einzelnen Dipole (21) so ausgebildet sind, dass die bei reziprokem Betrieb der Antenne im Sendebetrieb auftretenden Antennenströme auf ihren Dipolleitern angenähert gleiche Phase haben und das arithmetische Mittel der Phasen dieser in jeweils gleicher Richtung gezählten Antennenströme jedes Dipolpaares den gleichen Wert besitzt und die Werte für sämtliche in der gemeinsamen horizontalen Ebene angeordneten Dipolpaare gleich ist (Fig. 13a, 13c).

14. Antenne nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dipole (21) der Dipolgruppe geradlinige, zu ihren Dipol-Anschlussstellen (3) jeweils symmetrische Dipole sind, wobei die Dipol-Anschlussstellen (3) in der gemeinsamen horizontalen Ebene auf einen Kreis um den den Phasenbezugspunkt (B) bzw. den Raumbezugspunkt herum angeordnet sind und dass die Dipol-Anschlussstellen (3) mit dem Antennenausgangsanschluss (28) über ein Verbindungsnetzwerk (10) verbunden sind.

15. Antenne nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dipole (21) der Dipolgruppe parallel zu und im Abstand von einer angenähert horizontal verlaufenden, elektrisch leitenden Grundfläche (6) angeordnet sind, dass in dem bei reziprokem Betrieb der Antenne als Sendeantenne gestalteten Phasenbezugspunkt (B) der Dipolgruppe ein elektrisch kurzer, vertikaler Monopol (7) angeordnet ist und dass eine Antennenanschlussstelle des Monopols (7) und ein Ausgangsanschluss des Verbindungsnetzwerks (10) mit dem Antennenausgangsanschluss (28) über ein Anpass- und Phasenschiebernetzwerk (3A, 3B) verbunden sind, das die bei reziprokem Betrieb der Antenne als Sendeantenne sich einstellenden Phasen der Ströme an der Antennenanschlussstelle des Monopols und dem Ausgangsanschluss des Verbindungsnetzwerks (10) einander angleicht.

16. Antenne nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Anpass- und Phasenschiebernetzwerk (31, 33) so ausgebildet ist, dass es die Ströme des Monopols (7) und des Verbindungsnetzwerks (10) für die Beeinflussung des vertikalen Richtdiagramms einander überlagert.

17. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antennenleiterabschnitte (Δ_v) der Antennenleiterstruktur (14, 21) im Wesentlichen parallel zu und im Abstand von einer angenähert horizontal verlaufenden, elektrisch leitenden Grundfläche (6) angeordnet sind, dass in dem bei reziprokem Betrieb der Antenne als Sendeantenne gestalteten Phasenbezugspunkt der Antennenleiterstruktur (14, 21) ein elektrisch kurzer, vertikaler Monopol (7) angeordnet ist, und dass eine Antennenanschlussstelle des Monopols (7) sowie eine Antennenanschlussstelle der Antennenleiterstruktur (14, 21) jeweils für sich direkt oder über ein Anpassnetzwerk (25) mit einem mit dem Antennenausgangsanschluss (28) verbundenen Umschalter (37) einer Antennendiversityanlage (38) verbunden sind (Fig. 14, 21).

18. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antennenleiterabschnitte der Antennenleiterstruktur (14) im Wesentlichen parallel zu und im Abstand von einer angenähert horizontal verlaufenden, elektrisch leitenden Grundfläche (6) angeordnet sind, dass in dem bei reziprokem Betrieb der Antenne als Sendeantenne gestalteten Phasenbezugspunkt (B) der Antennenleiterstruktur (14) ein elektrisch kurzer vertikaler Monopol (26, 32) angeordnet ist, und dass eine Antennen-

anschlussstelle des Monopols (26, 32) sowie eine Antennenanschlussstelle der Antennenleiterstruktur (14) jeweils für sich über ein Anpassnetzwerk (25, 33) mit Eingängen einer Signalkombinierschaltung, insbesondere eines 90° Hybridkopplers (45) verbunden sind, dessen Ausgänge voneinander gesondert ein linksdrehend zirkular polarisiertes Empfangssignal und ein rechtsdrehend zirkular polarisiertes Empfangssignal liefern (Fig. 19a, 19b).

5 19. Antenne nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen die Antennenanschlussstelle des Monopols (7) und/oder der Antennenleiterstruktur (14) und dem jeweils zugeordneten Eingang der Signalkombinierschaltung (45) ein die Dämpfung und/oder die Phase des Empfangssignals einstellendes Glied (56) geschaltet ist.

10 20. Antenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antennenleiterabschnitte zur Bildung einer dreidimensionalen Antennenleiterstruktur zu einer Vielzahl elektrisch kurzer, vertikaler, über einer im Wesentlichen horizontalen, elektrisch leitenden Grundfläche (6) in gleichen Winkelabständen (W) voneinander auf einem Kreis (K) angeordneten Monopole (7, 11) sowie einen zentralen, im Zentrum des Kreises angeordneten, elektrisch kurzen, vertikalen Monopol (7), der eine Antennenanschlussstelle (28) der Antennenstruktur bildet, derart verbunden sind,
15 dass bei reziprokem Betrieb der Antenne als Sendeantenne der Phasenbezugspunkt (B) in dem Zentrum des Kreises gestaltet ist (Fig. 17, 18).

20 21. Antenne nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die auf dem Kreis (K) angeordneten Monopole (11) als parasitäre Strahler (11) ausgebildet sind.

22. Antenne nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die auf dem Kreis (K) angeordneten Monopole (7) weitere Antennenanschlussstellen bilden, die zusammen mit der Antennenanschlussstelle des zentralen Monopols (7) über ein Netzwerk (10) mit dem Antennenausgangsanschluss (28) verbunden sind, wobei zumindest die auf dem Kreis (K) angeordneten Monopole (7) jeweils mindestens eine Unterbrechungsstelle aufweisen, die durch ein
25 Blindwiderstandselement (8) überbrückt ist.

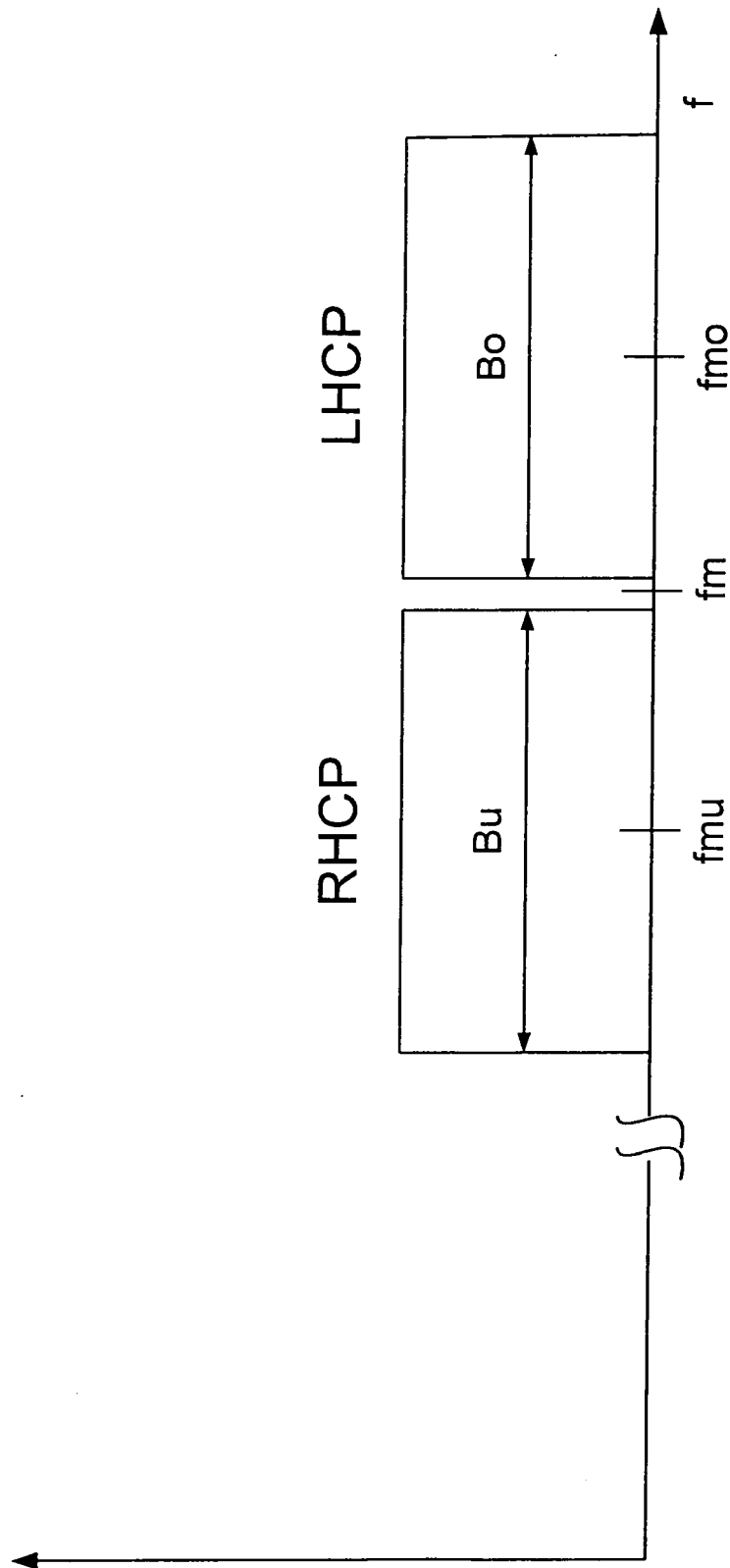


Fig. 1

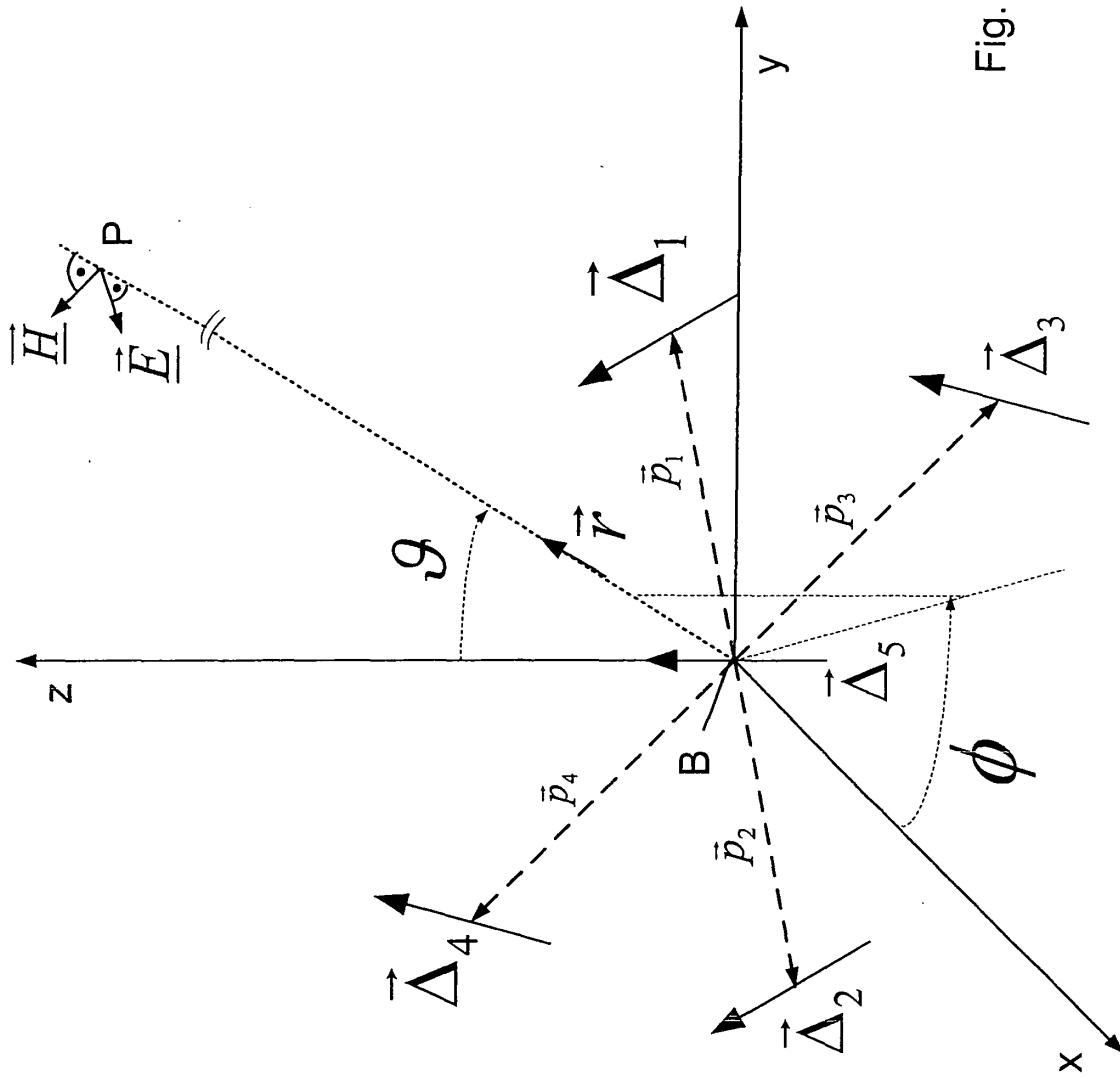
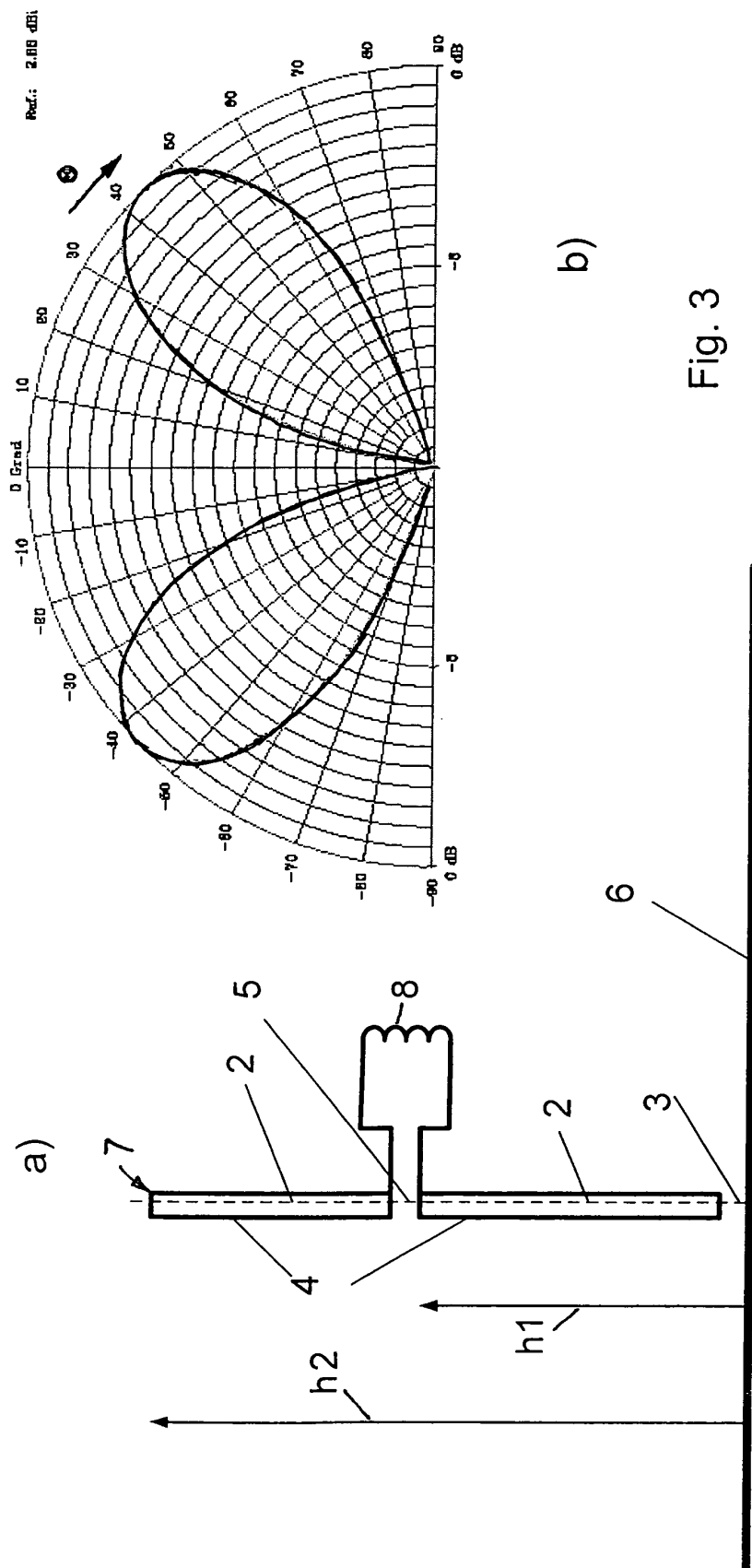


Fig. 2



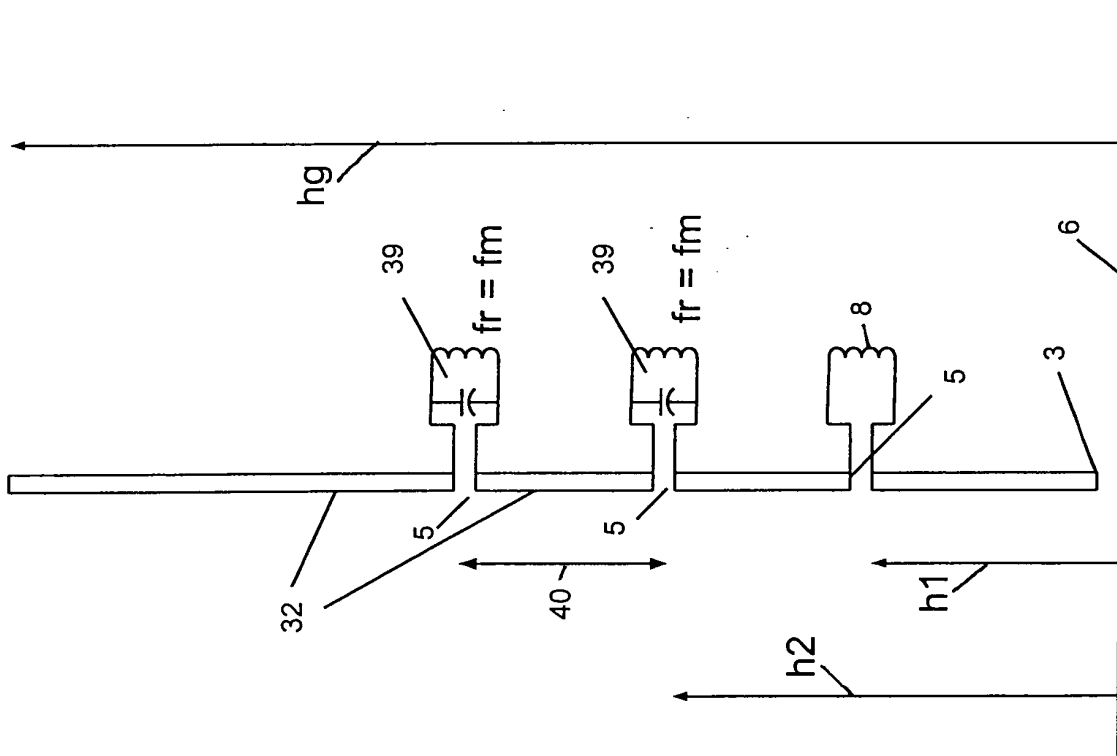
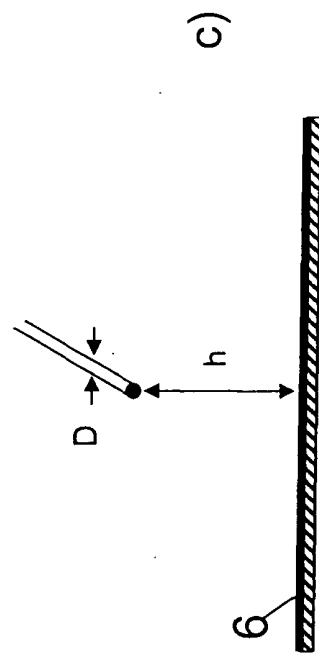
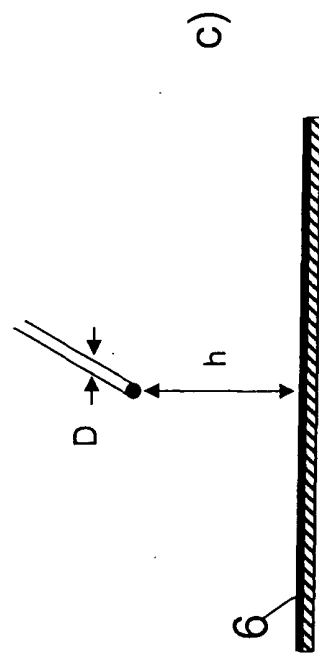
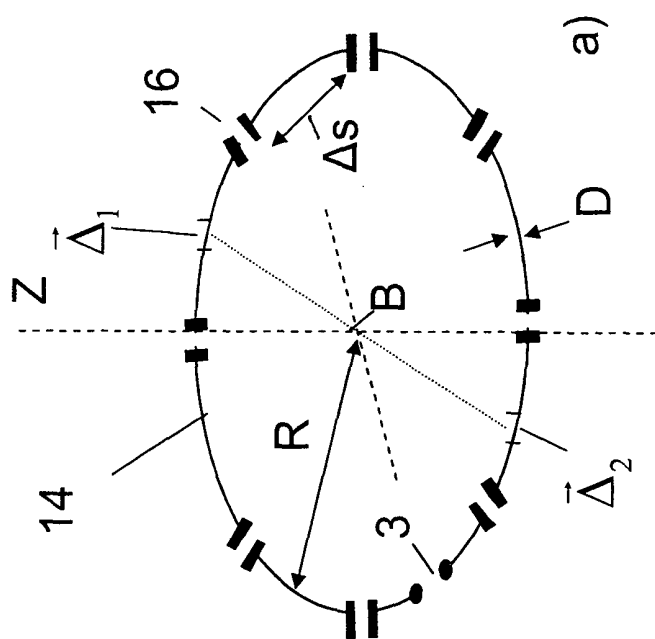
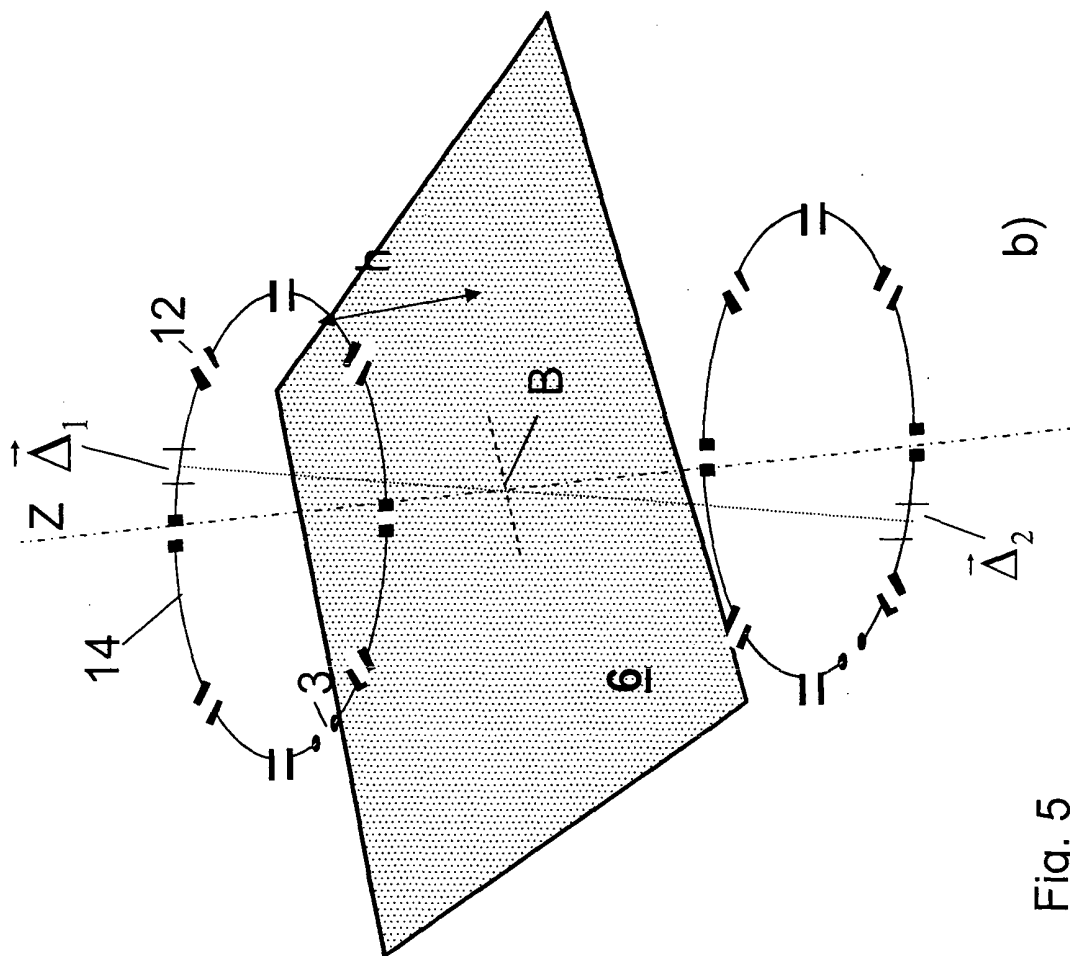


Fig. 4



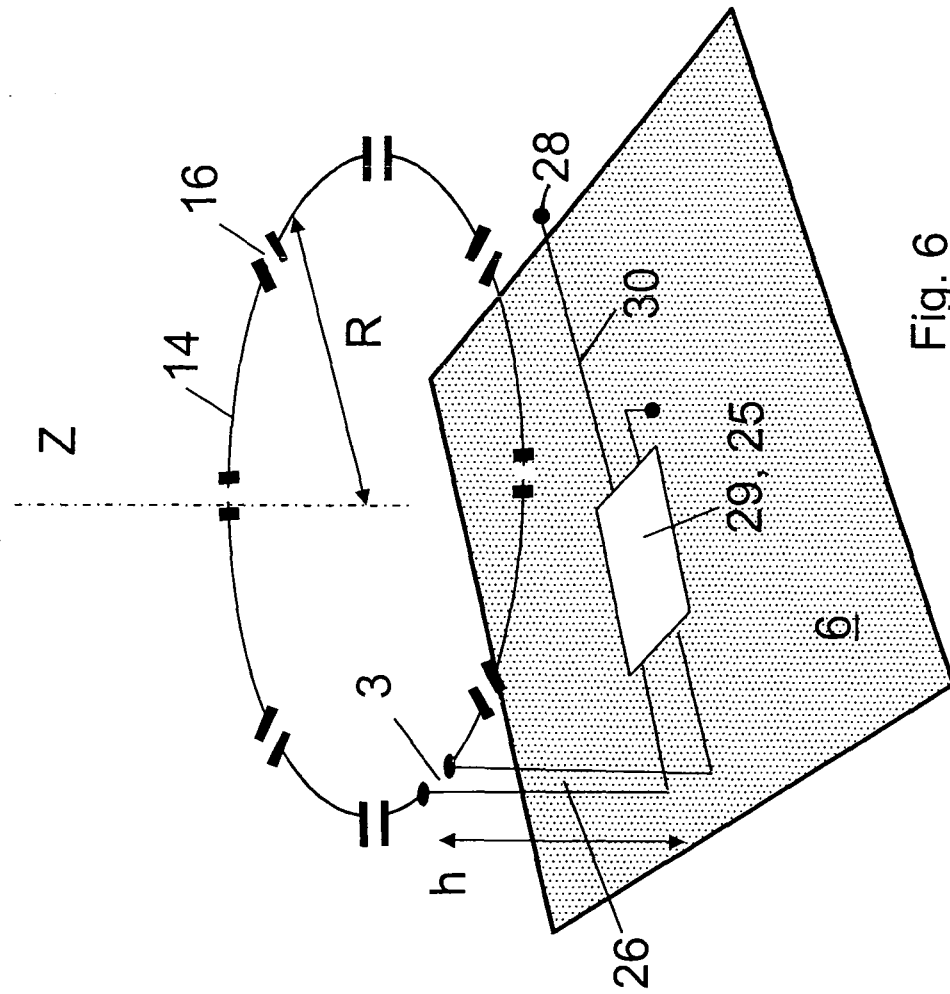
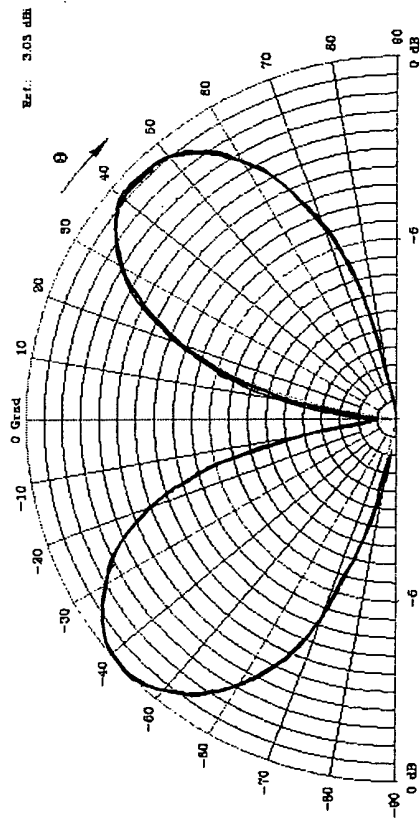
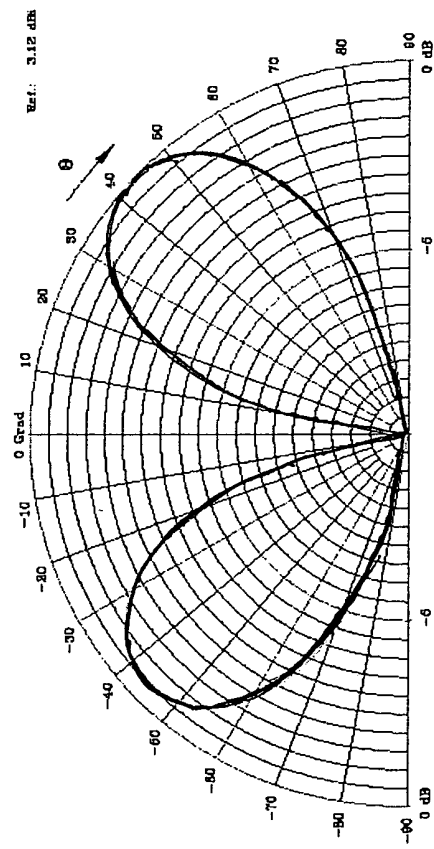


Fig. 6



a)



b)

Fig. 7

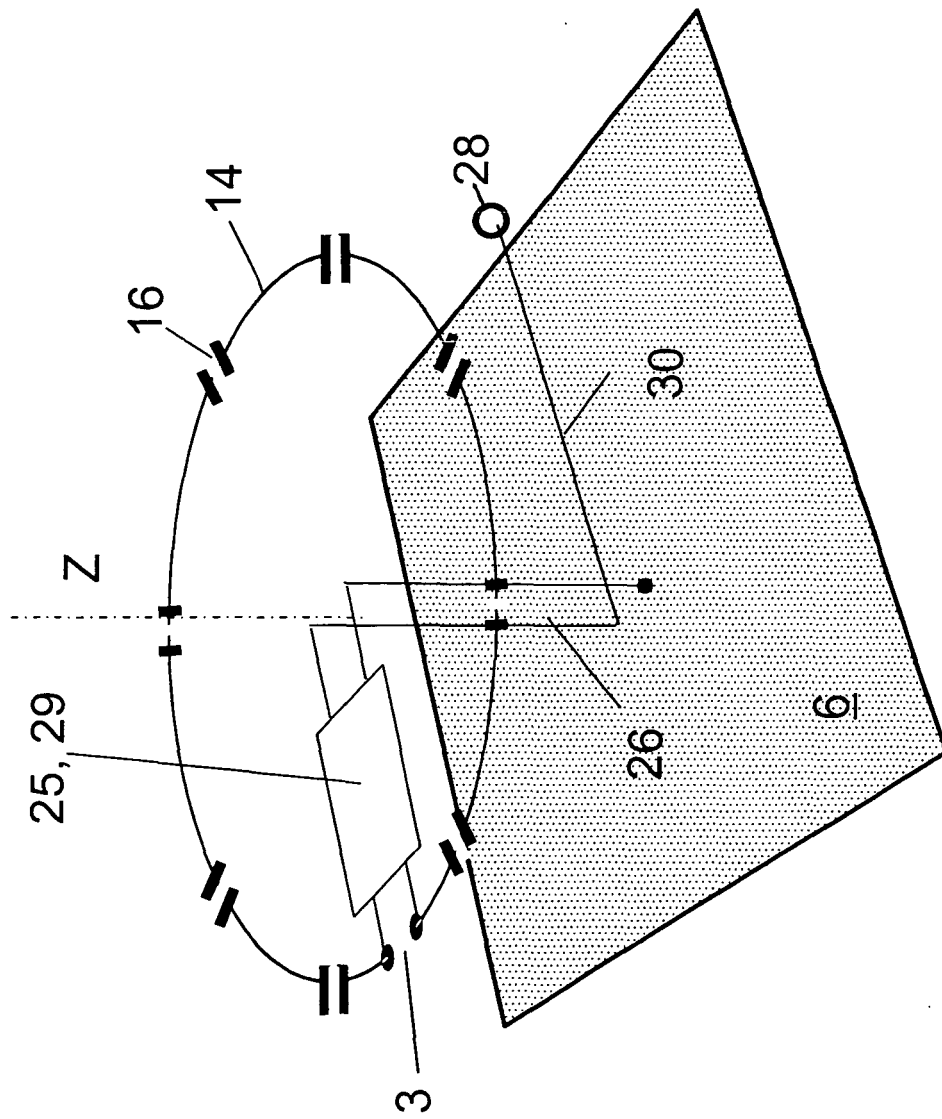


Fig. 8

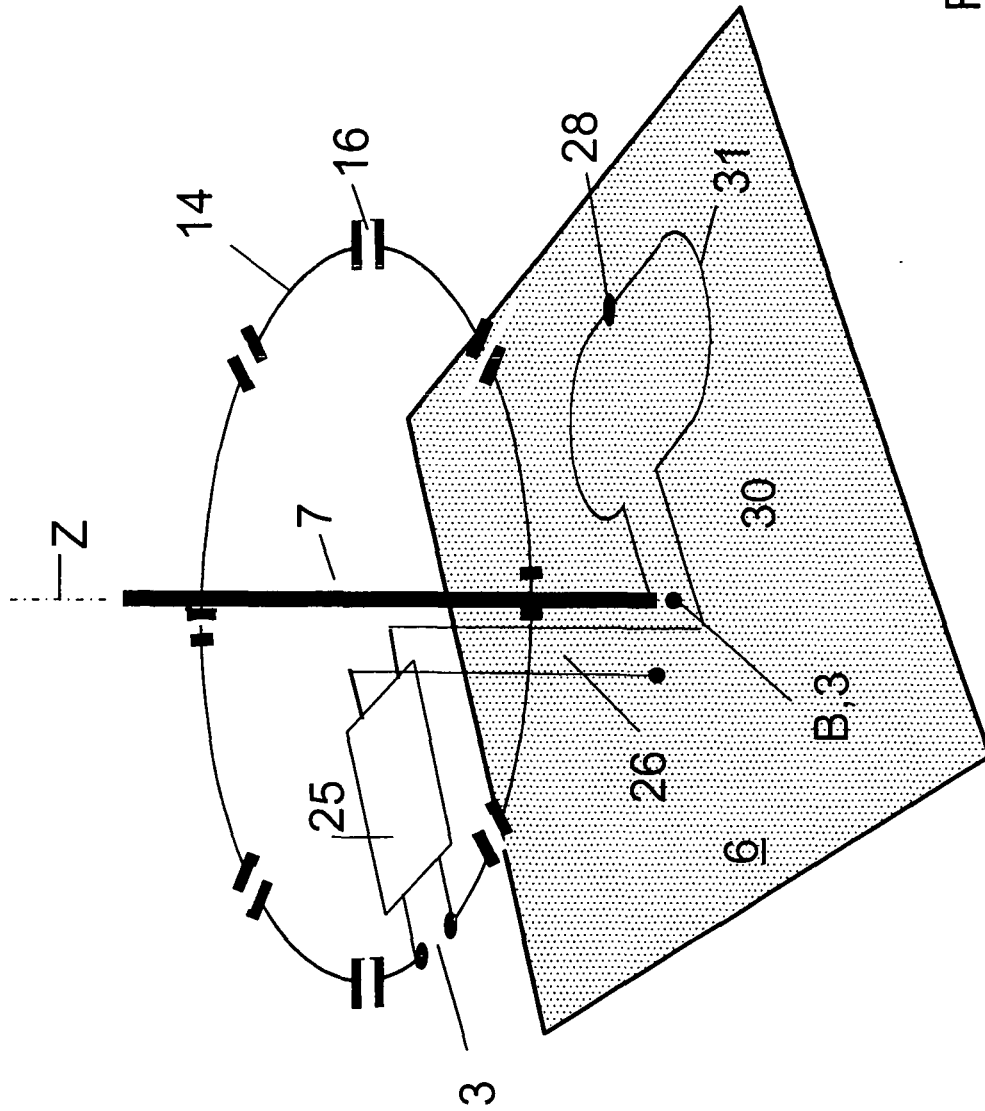


Fig. 9

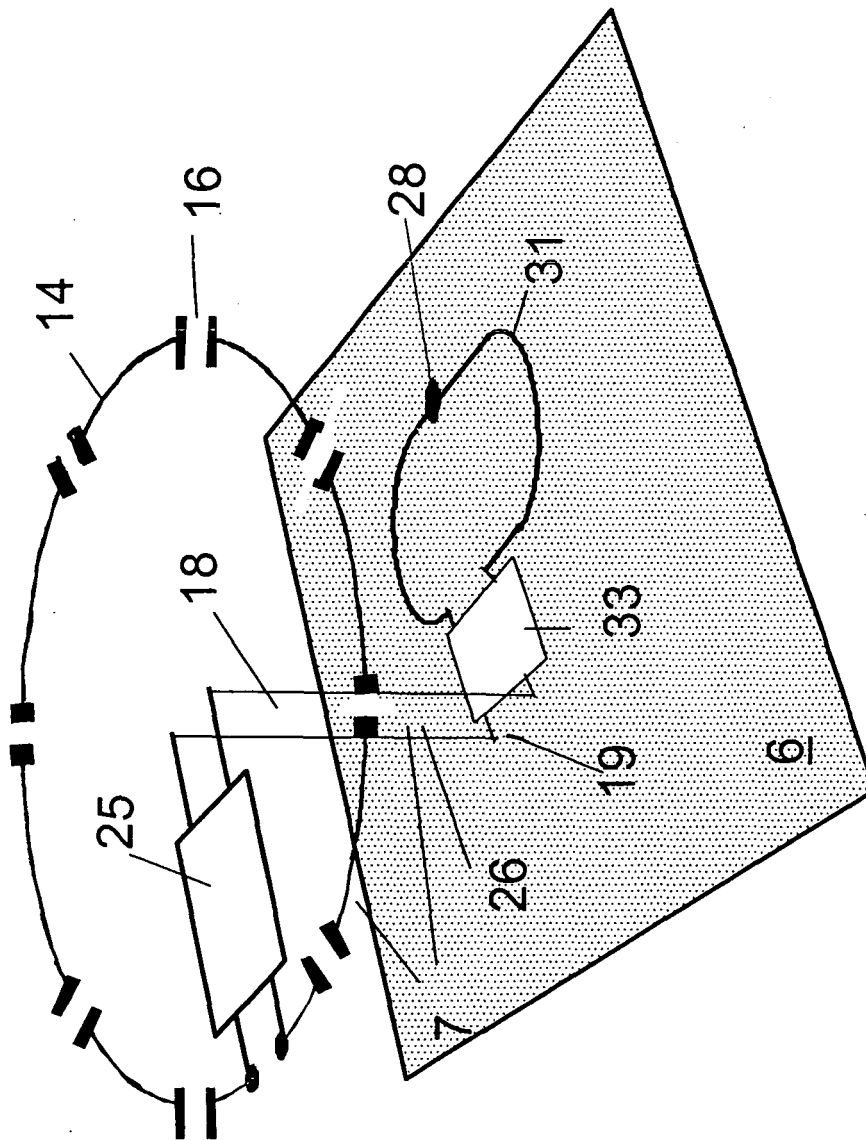


Fig. 10

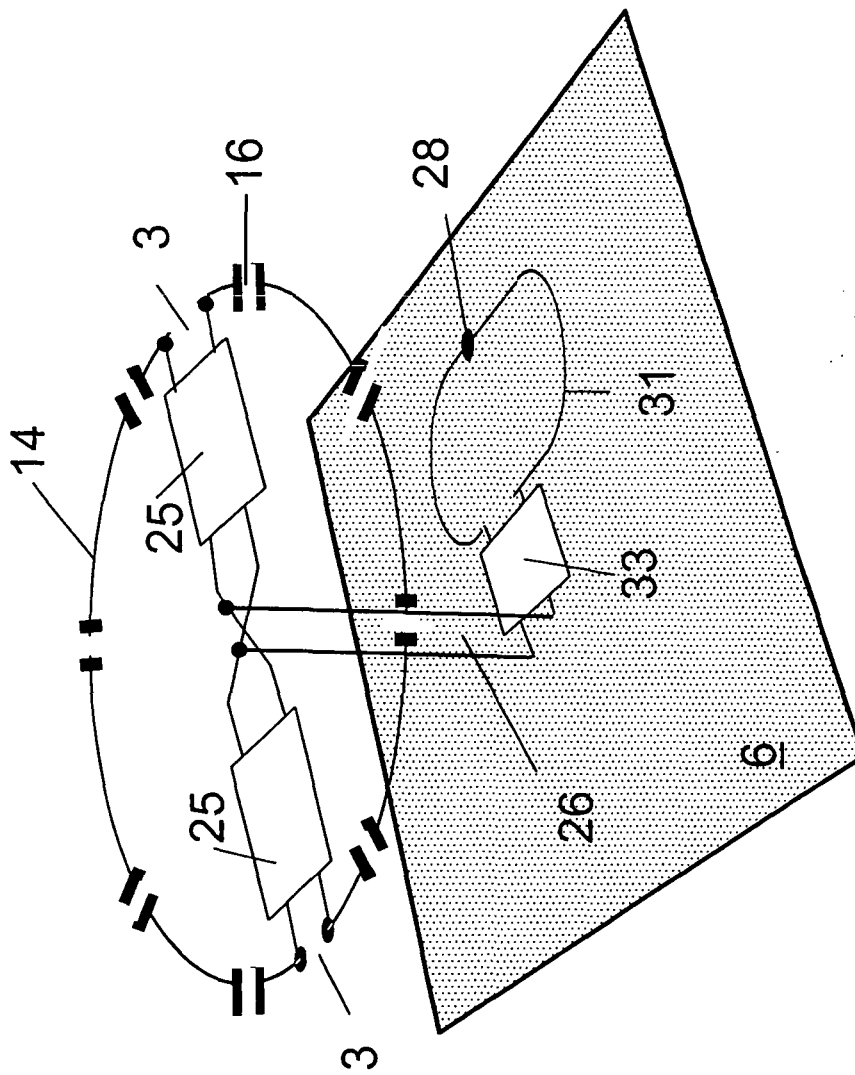


Fig. 11

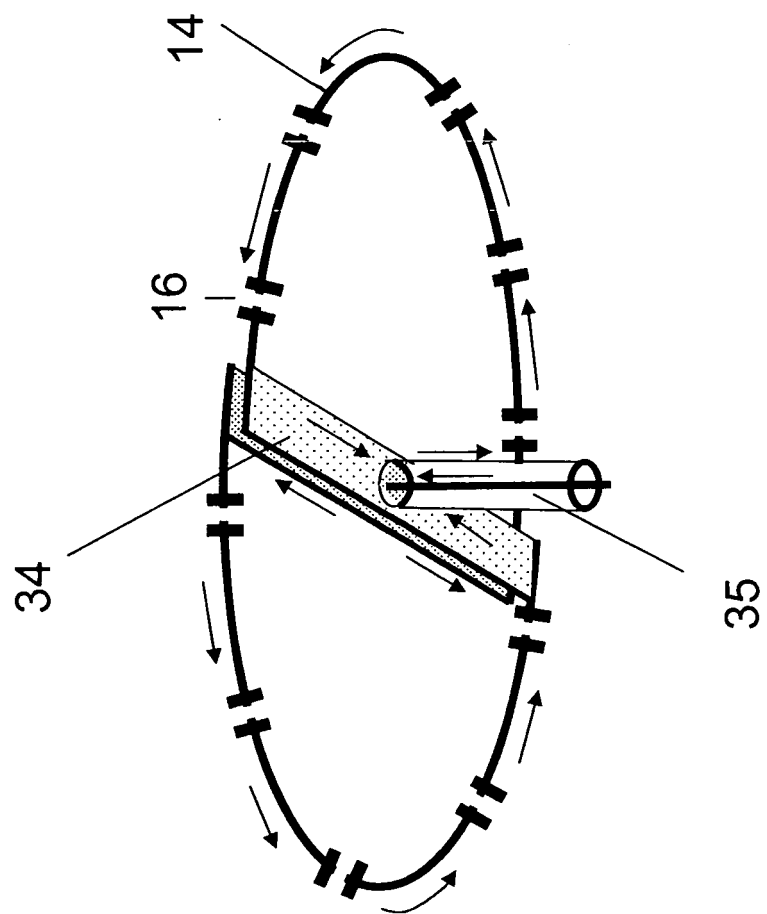
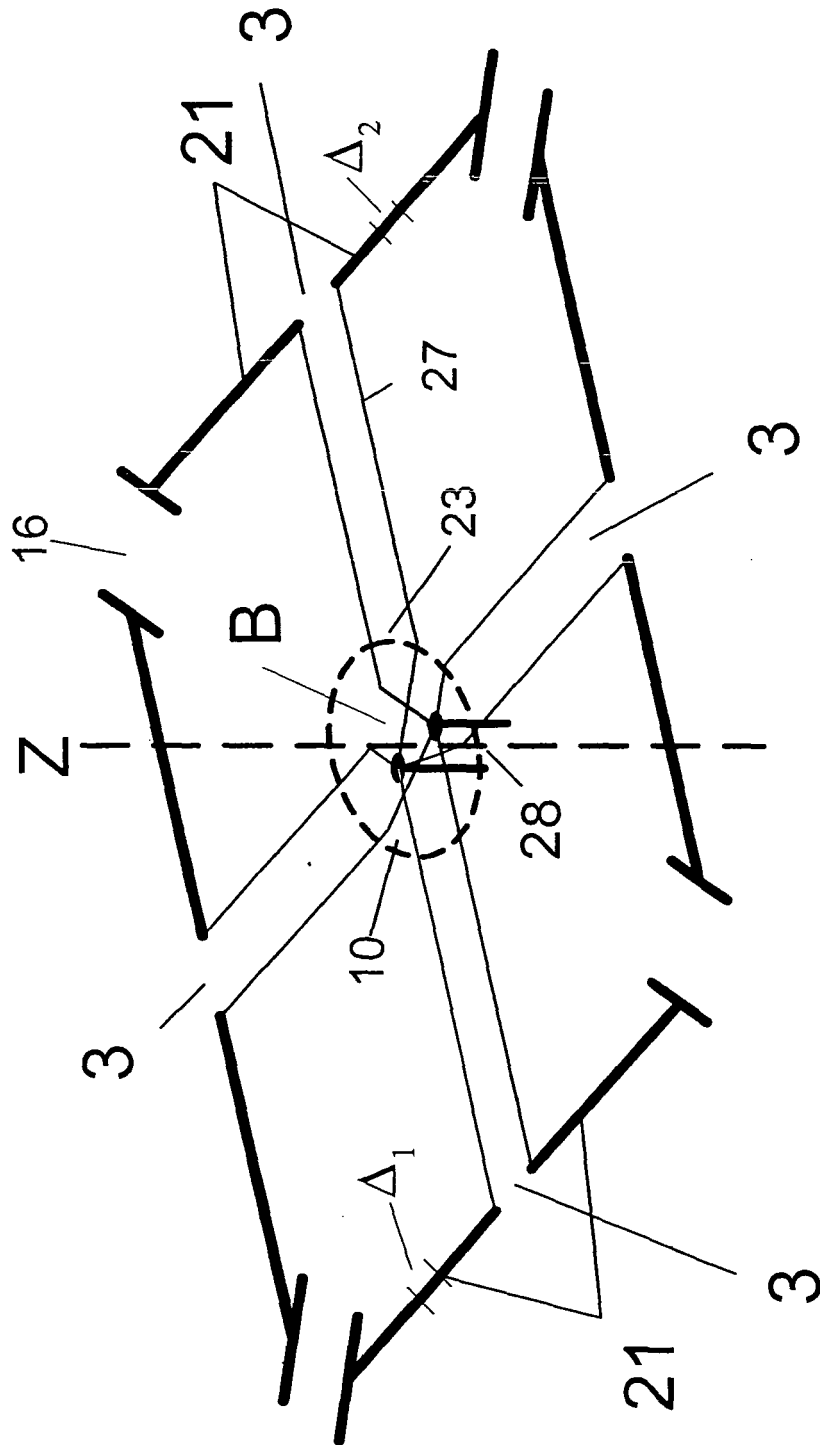
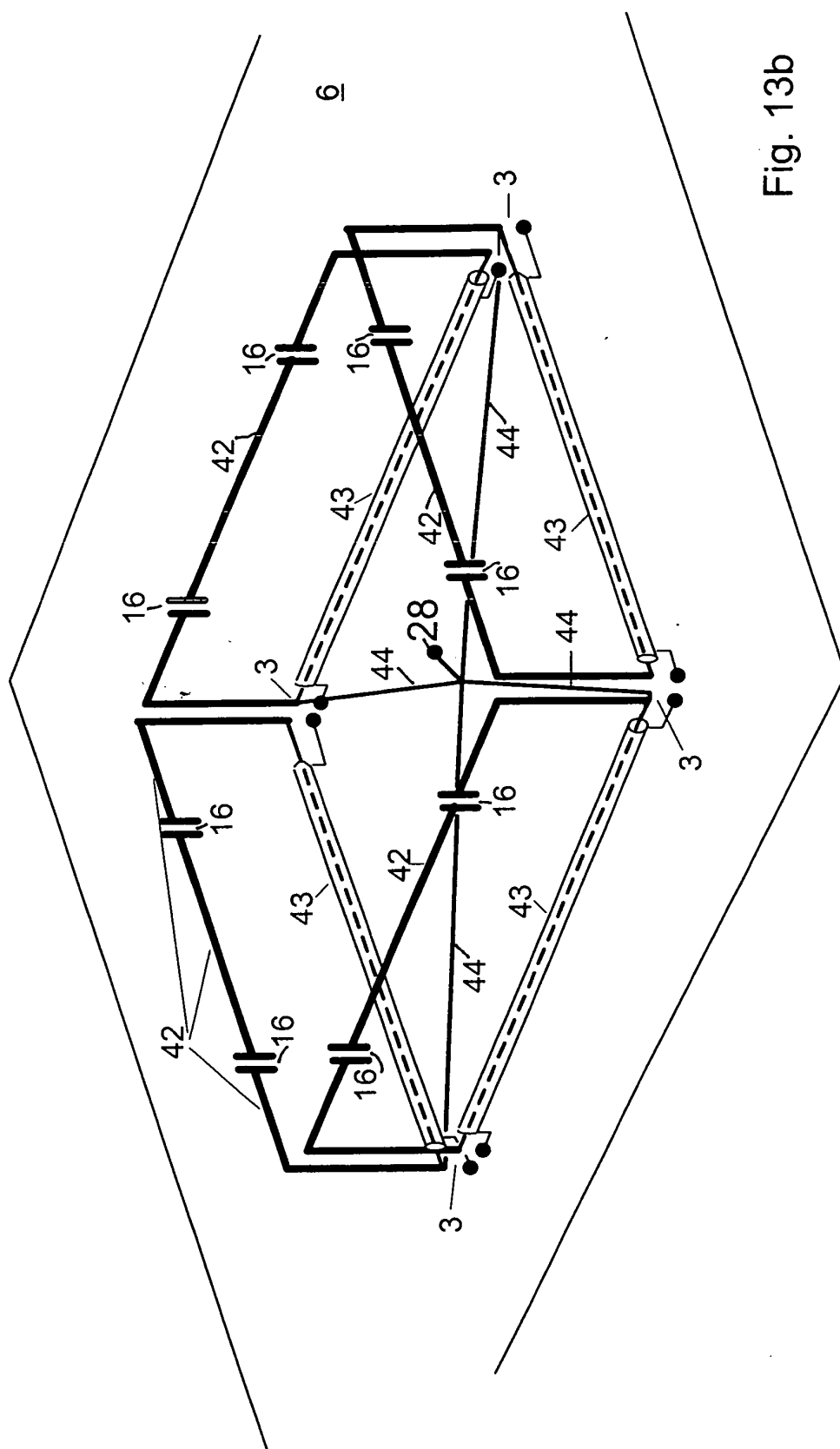


Fig.12





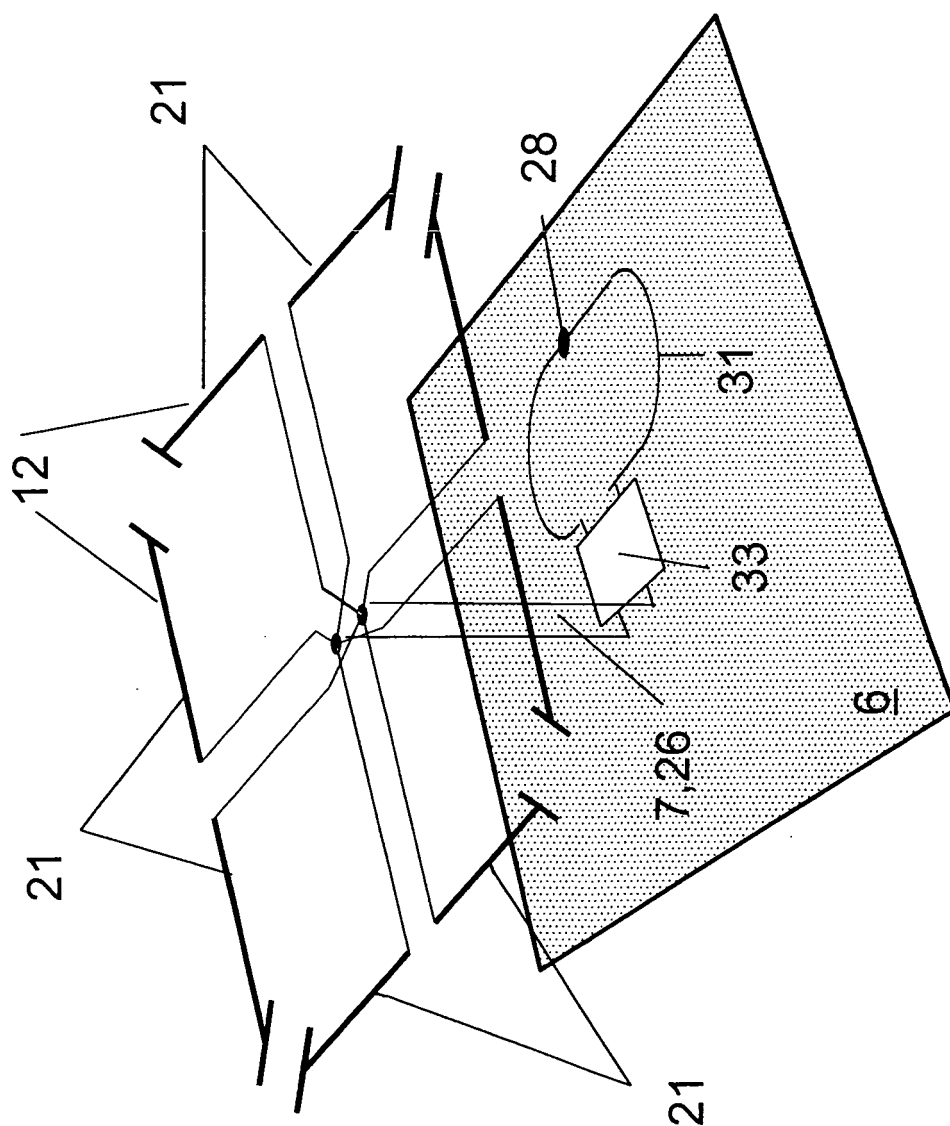


Fig. 13c

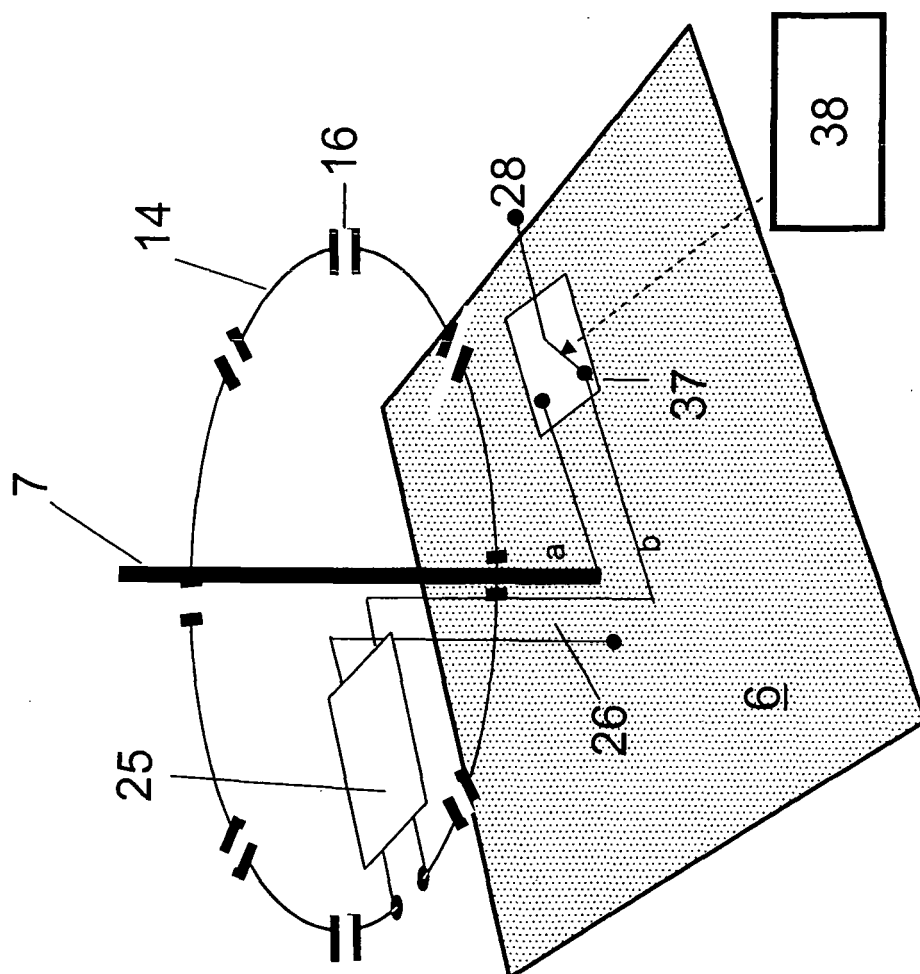


Fig. 14

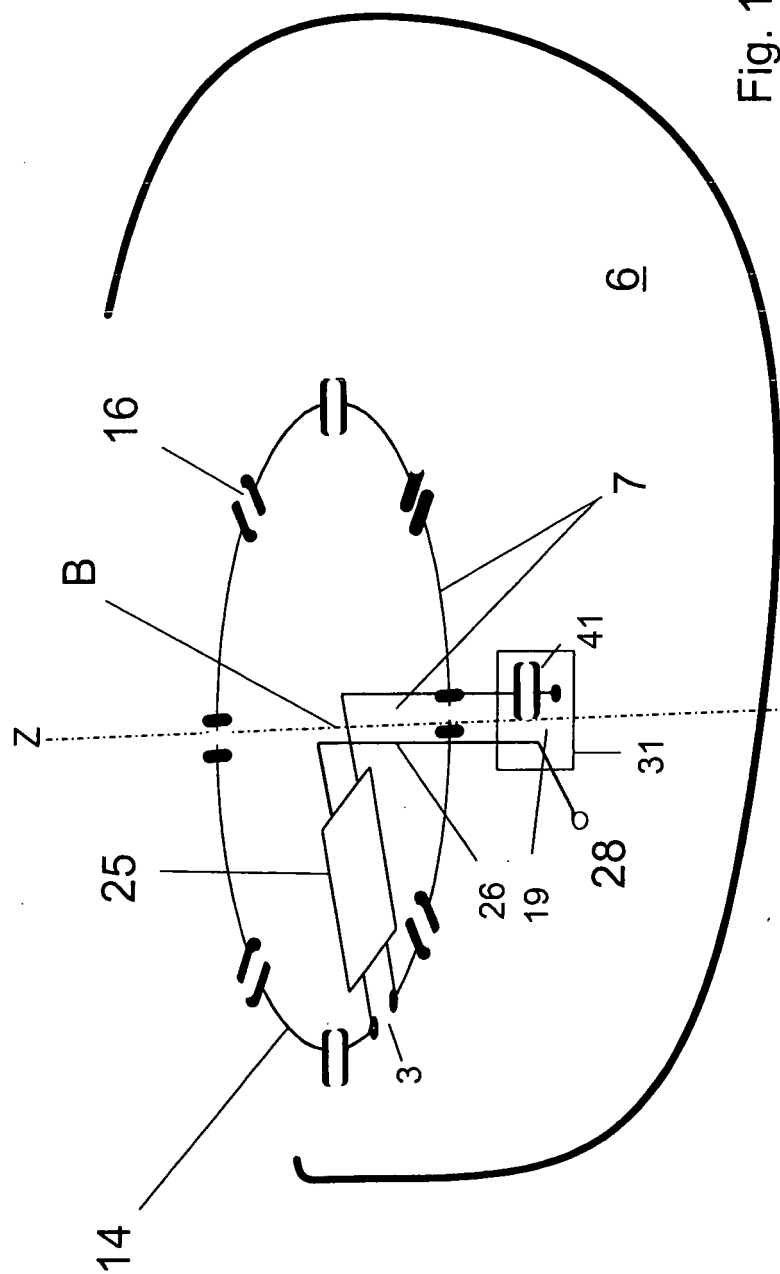


Fig. 15

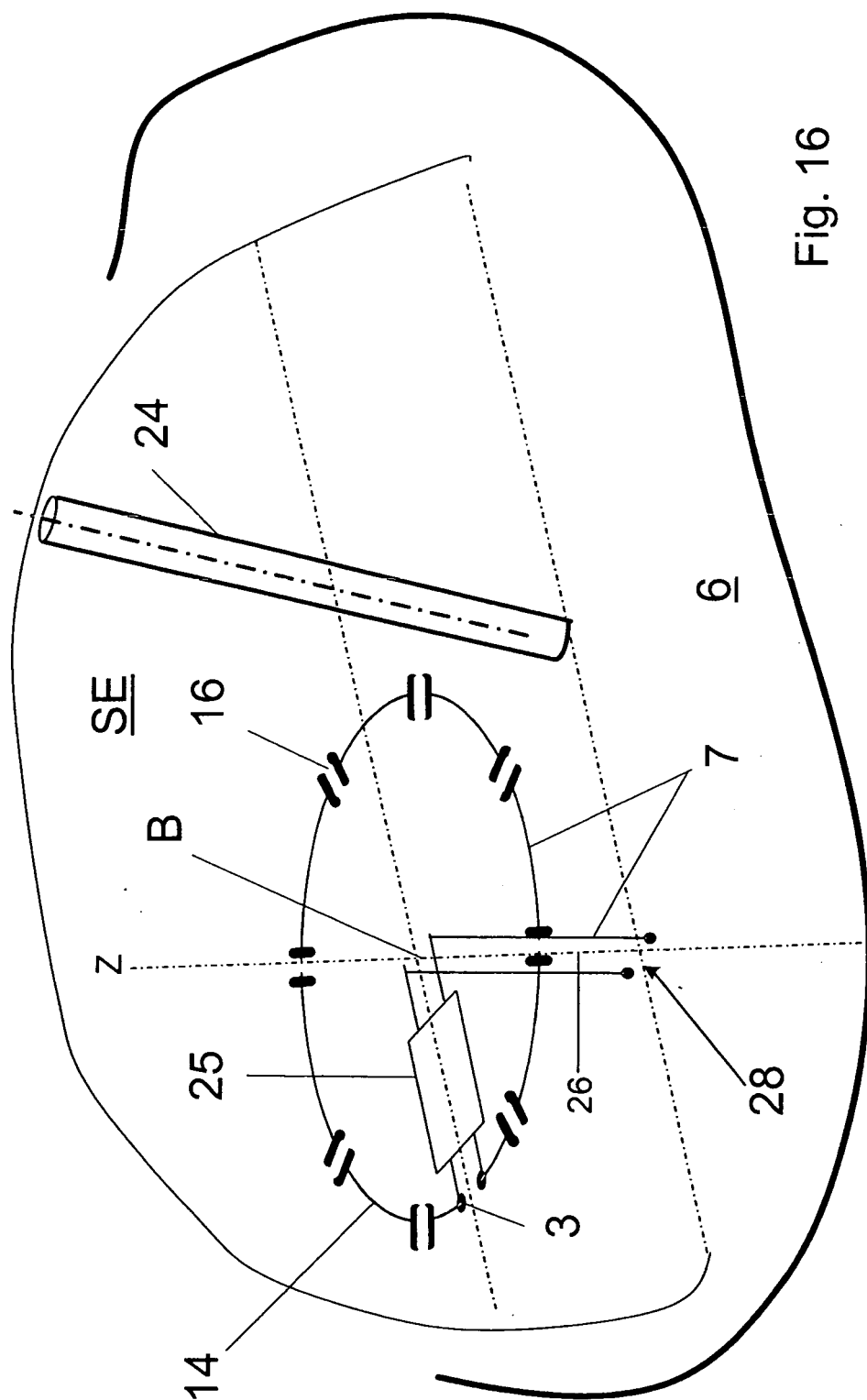


Fig. 16

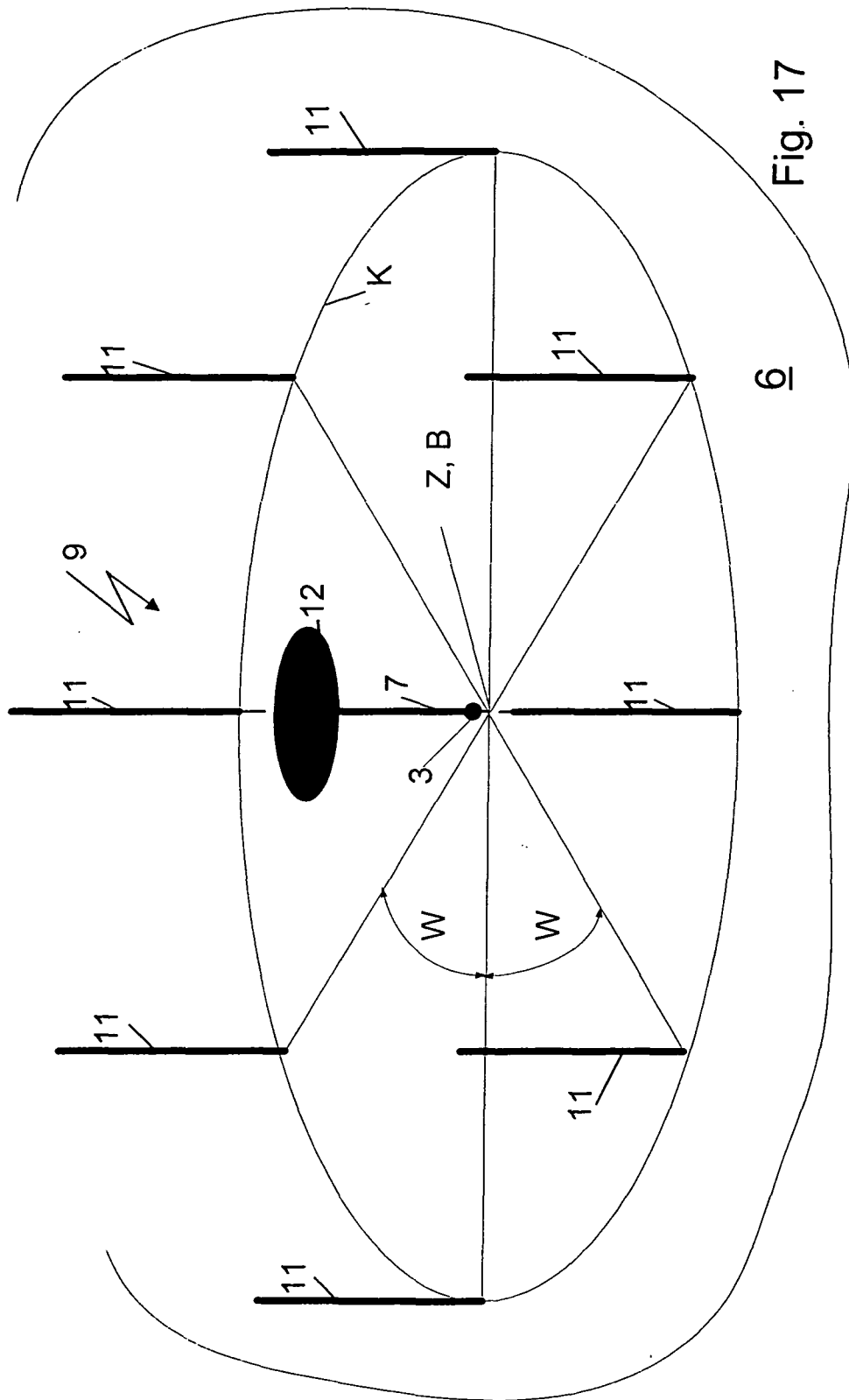


Fig. 17

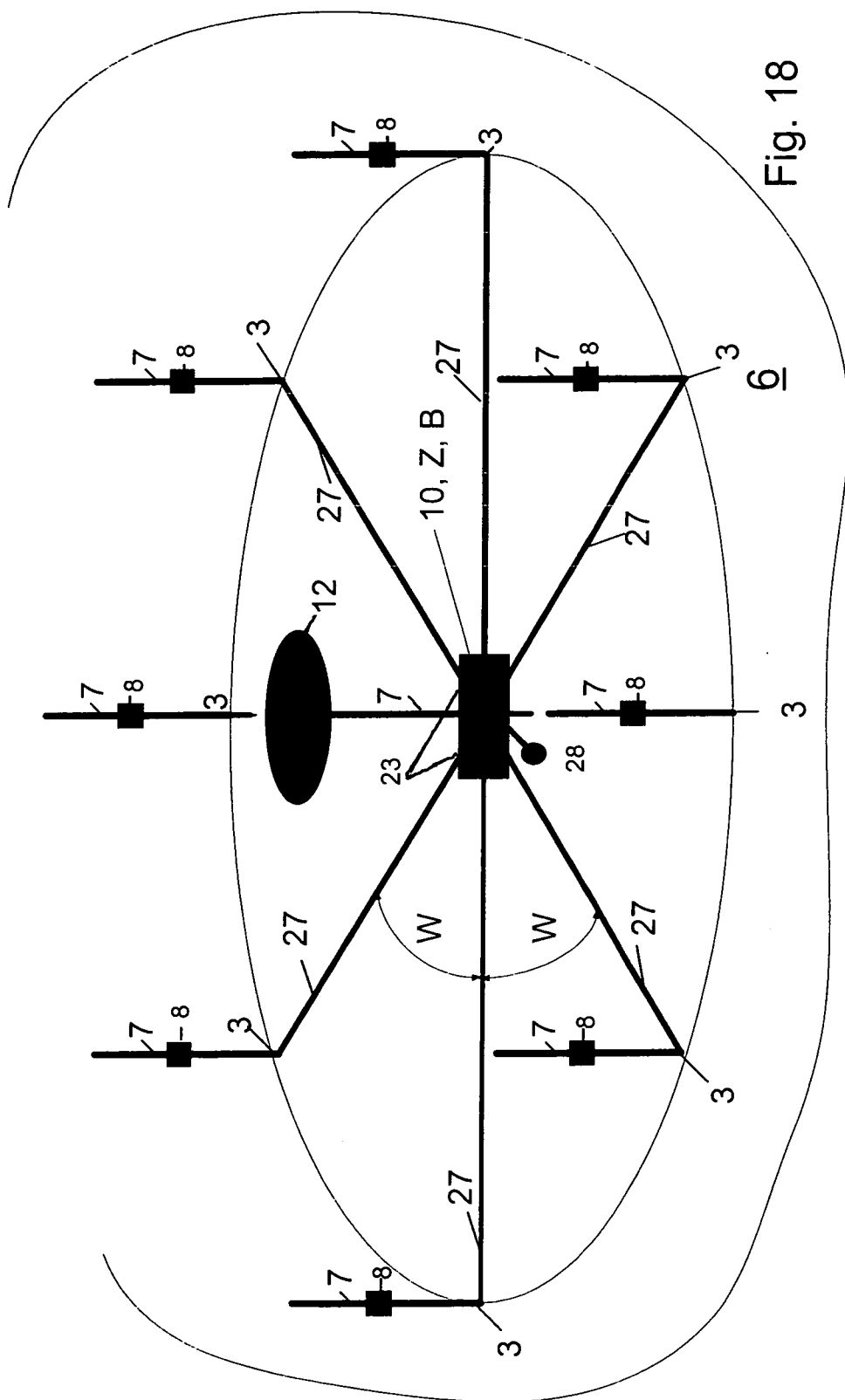


Fig. 18

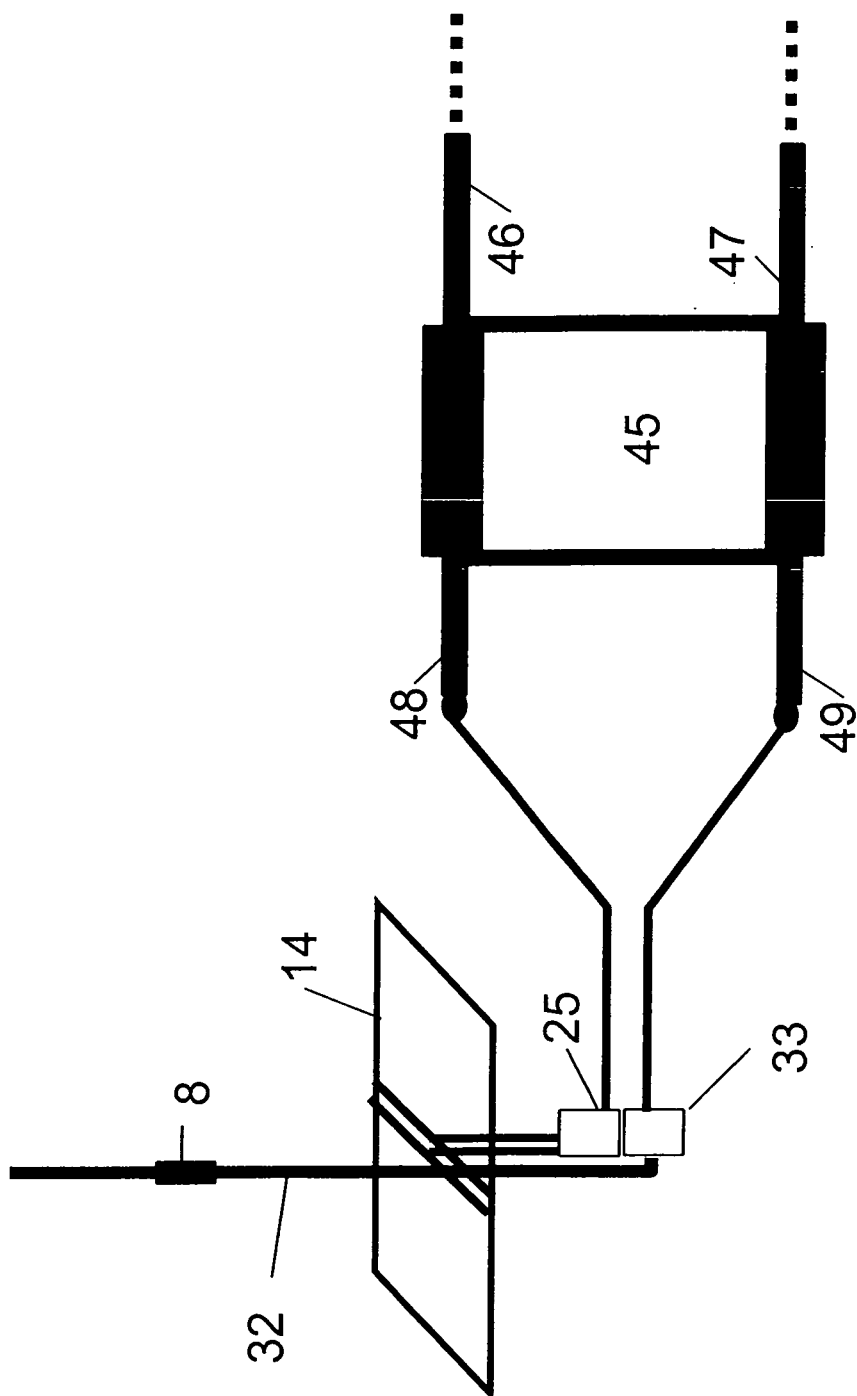


Fig. 19a

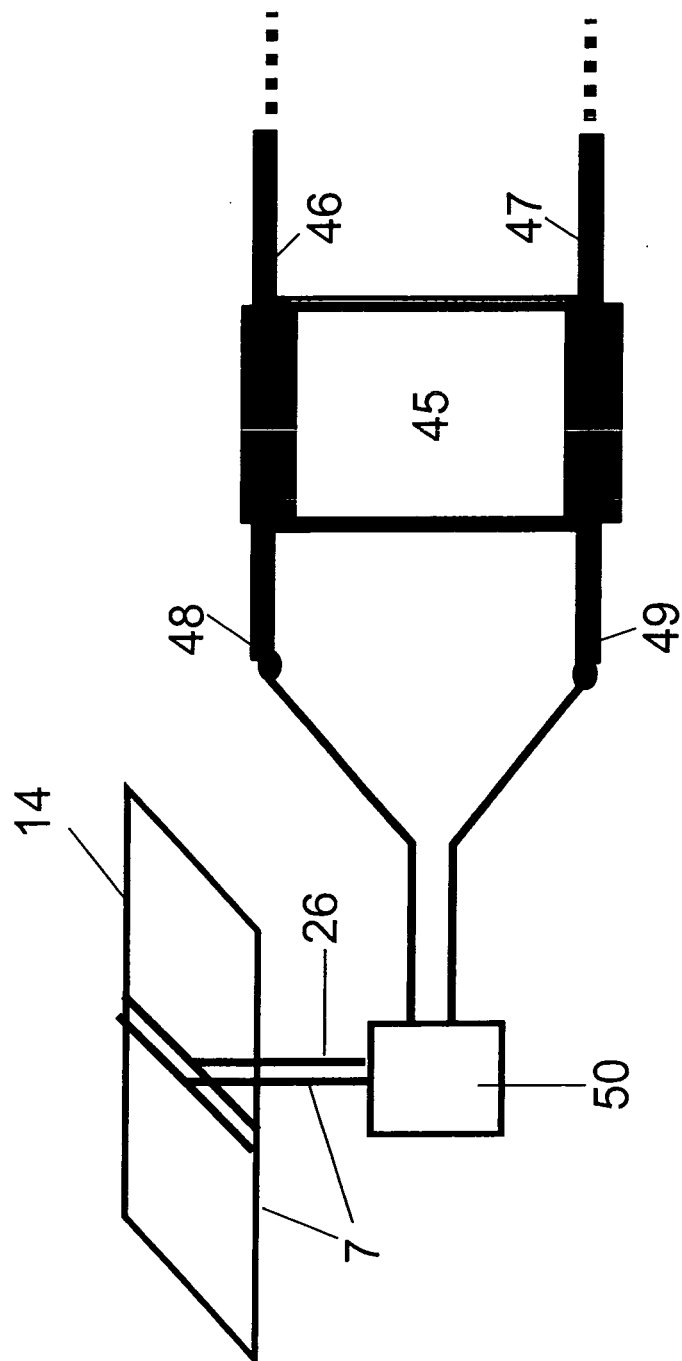


Fig. 19b

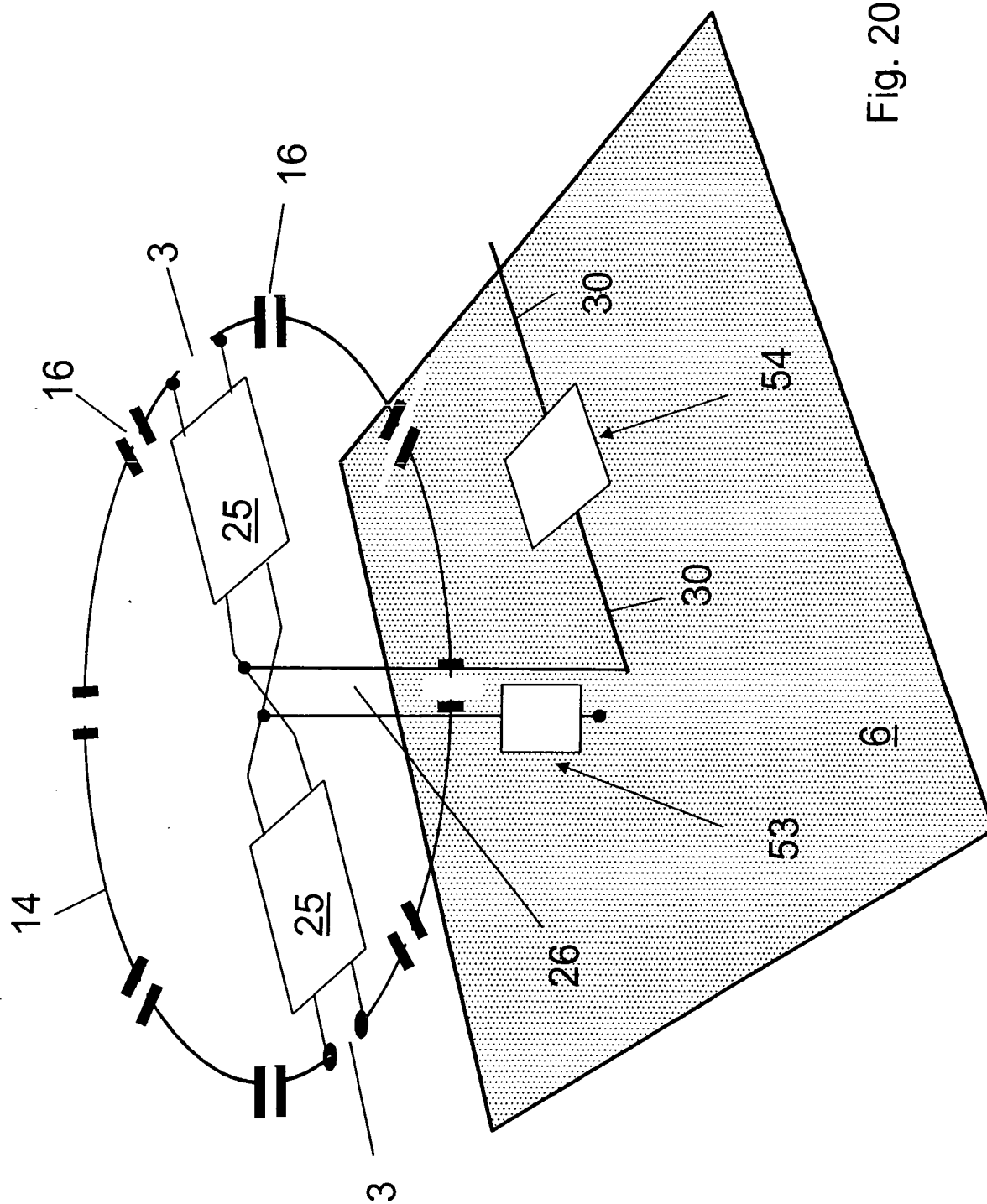


Fig. 20

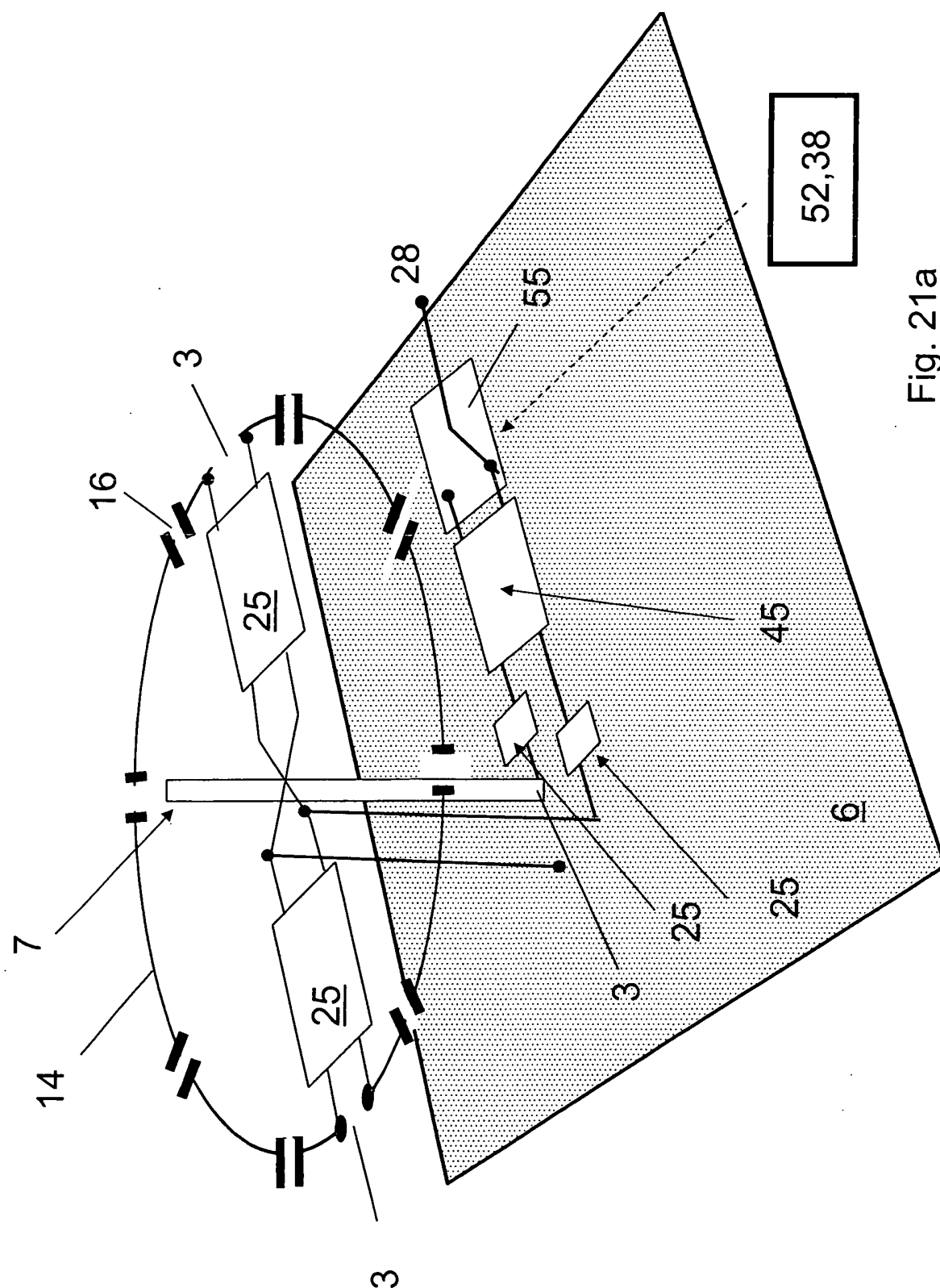
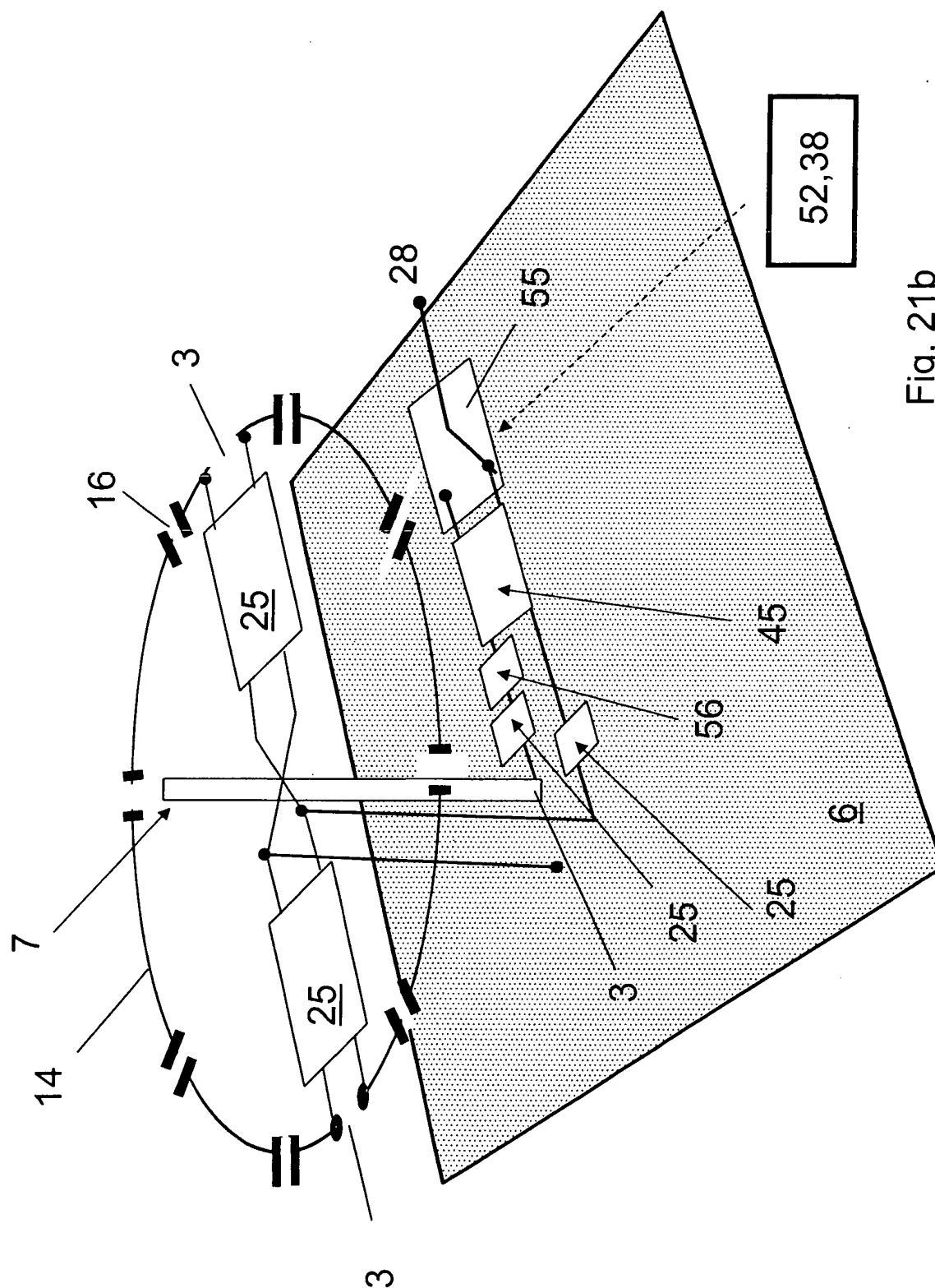


Fig. 21a



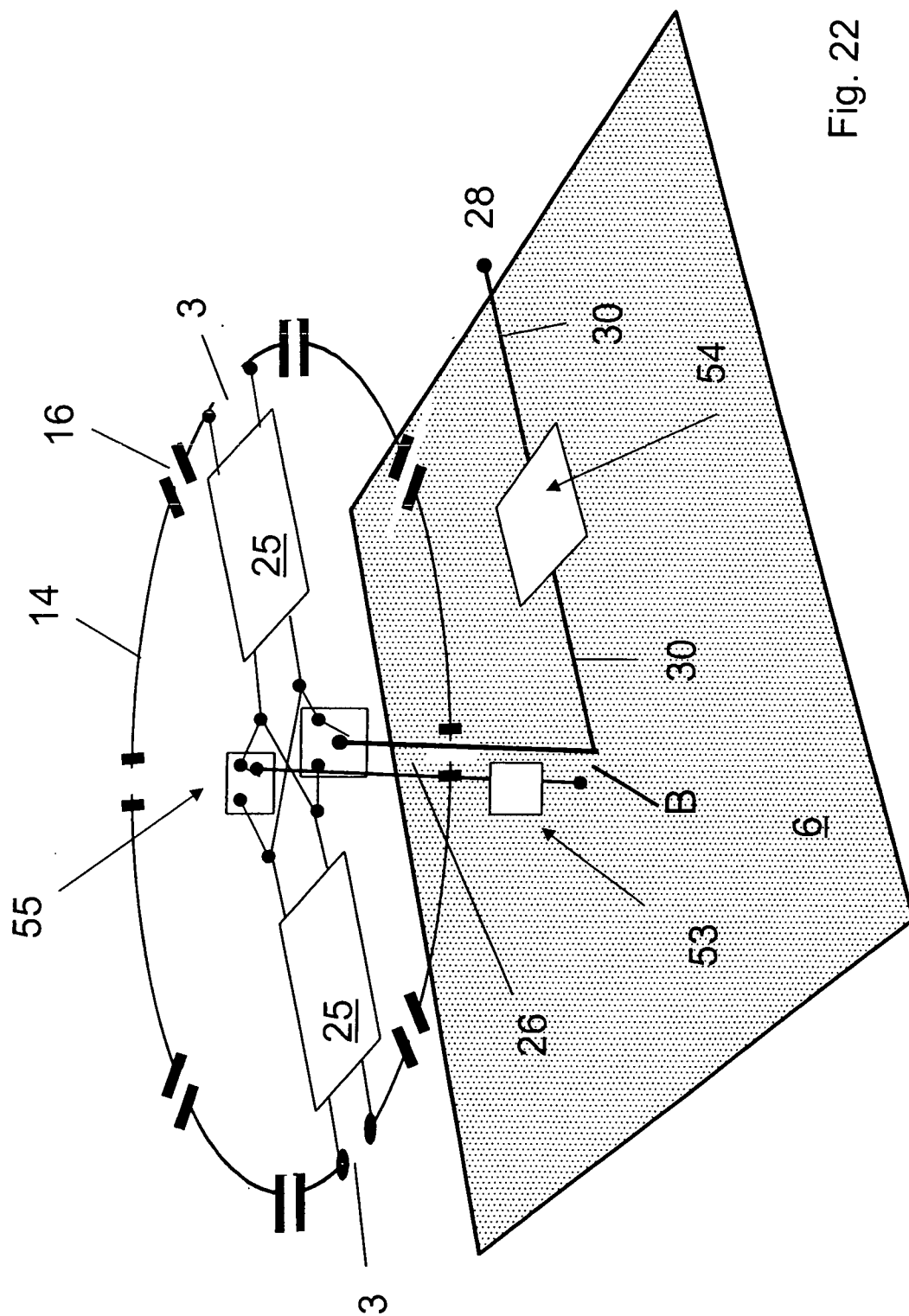


Fig. 22

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 4008505 A [0002] [0003]
- DE 10163793 A [0002] [0003]