

(19)



(11)

**EP 3 474 374 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**24.04.2019 Patentblatt 2019/17**

(51) Int Cl.:  
**H01Q 1/32 (2006.01) H01Q 19/28 (2006.01)**  
**H01Q 9/04 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **18201246.8**

(22) Anmeldetag: **18.10.2018**

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

Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**

Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

(30) Priorität: **19.10.2017 DE 102017009758**

(71) Anmelder: **Fuba Automotive Electronics GmbH**  
**31162 Bad Salzdetfurth (DE)**

(72) Erfinder:  
• **LINDENMEIER, Stefan**  
**82131 Gauting-Buchendorf (DE)**  
• **LINDENMEIER, Heinz**  
**82152 Planegg (DE)**

(74) Vertreter: **Manitz Finsterwald**  
**Patent- und Rechtsanwaltspartnerschaft mbB**  
**Martin-Greif-Strasse 1**  
**80336 München (DE)**

(54) **ANTENNENANORDNUNG FÜR ZIRKULAR POLARISIERTE SATELLITENFUNKSIGNALLE AUF EINEM FAHRZEUG**

(57) Eine Antennenanordnung für den Empfang zirkular polarisierter Satellitenfunksignale mit der Freiraumwellenlänge  $\lambda$  und der Frequenz  $f$  umfasst wenigstens eine über einer elektrisch leitenden Grundfläche positionierte, zirkular polarisierte Satellitenempfangsantenne, deren Grundriss einem Kreis  $K$  um ihr Phasenzentrum  $PZ$  mit dem relativen Antennenradius  $ra/\lambda < 0,15$  einbe-

schrieben ist. Es ist ein Direktor vorhanden, der einen horizontalen elektrischen Leiter mit zwei Leiterenden umfasst, welcher über eine Direktorlänge  $L_d$  in einer Direktorhöhe  $h_d$  über der leitenden Grundfläche geführt ist. Der horizontale elektrische Leiter ist an seinen beiden Leiterenden abgewinkelt und verläuft von dort als vertikaler Leiter jeweils zur leitenden Grundfläche hin.

**EP 3 474 374 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Antennenanordnung für den Empfang zirkular polarisierter Satellitenfunktöne, insbesondere für die Satellitenfunk-Navigation.

**[0002]** Insbesondere bei Satelliten-Navigationssystemen kommt es besonders auf die Wirtschaftlichkeit sowohl bezüglich der vom Satelliten abgestrahlten Sendeleistung als auch auf die Effizienz der Empfangsantenne an. Satellitenfunktöne werden aufgrund von Polarisationsdrehungen auf dem Übertragungsweg in der Regel mit zirkular polarisierten elektromagnetischen Wellen übertragen und werden für alle bekannten Satelliten-Navigationssystemen angewandt. Moderne Navigationssysteme sehen insbesondere für die globale Erreichbarkeit in Verbindung mit einer hohen Navigationsgenauigkeit bei der mobilen Navigation vor, die gleichzeitig empfangenen Funktöne mehrerer Satelliten-Navigationssysteme auszuwerten. Solche im Verbund empfangenden Systeme sind unter dem Begriff GNSS (Global Navigation Satellite System) zusammengefasst und beinhalten bekannte Systeme, wie zum Beispiel GPS, GLONASS, Galileo und Beidou etc. Satellitenantennen für die Navigation auf Fahrzeugen werden in der Regel auf der elektrisch leitenden Außenhaut der Fahrzeugkarosserie aufgebaut. Es kommen zirkular polarisierte Satelliten-Empfangsantennen zur Anwendung, wie sie zum Beispiel aus den Druckschriften DE-A-10 2009 040 910, DE-A-40 08 505 und DE-A-101 63 793 bekannt sind. Für den Aufbau auf Fahrzeugen eignen sich besonders solche Antennen, welche sich durch eine niedrige Bauhöhe in Verbindung mit kostengünstiger Herstellbarkeit auszeichnen. Hierzu zählt besonders zum Beispiel die aus der Druckschrift DE-A-10 2009 040 910 bekannte, als Resonanzstruktur gestaltete kreisförmige, polygonförmige oder quadratische Ringleitungsantenne mit kleinem Bauvolumen, welches insbesondere für mobile Anwendungen zwingend gefordert ist. Die Antenne weist eine notwendige leitende Grundfläche von verhältnismäßig geringer Größe auf und ist mit einer Höhe von weniger als einem Zehntel der Freiraumwellenlänge sehr niedrig. Als weitere Antennen für die Satelliten-Navigation auf Fahrzeugen sind nach dem Stand der Technik Patch-Antennen bekannt, welche jedoch bezüglich des Empfangs unter niedrigem Elevationswinkel weniger leistungsfähig sind. Eine Herausforderung an die Satellitenantennen für GNSS besteht in der Forderung nach einer großen Frequenzbandbreite, welche zum Beispiel bei GPS durch das Frequenzband L1 mit der Mittenfrequenz 1575 MHz (geforderte Bandbreite ca. 80 MHz) und dem Frequenzband L2 mit der Mittenfrequenz 1227 MHz (geforderte Bandbreite ca. 53 MHz) vorgegeben ist. Dieser Bedarf wird zum Beispiel durch gesonderte, jeweils einem der beiden Frequenzbänder L1 bzw. L2 zugeordnete Antennen, oder durch eine beide Frequenzbänder umfassende Antenne gedeckt. Systeme zur gleichzeitigen Auswertung von Signalinhalten in den Frequenzbändern L1 und L2 stellen besonders hohe Anforderungen

an die Eigenschaften der Antennen, insbesondere bedingt durch den geringen verfügbaren Bauraum, wie er vor allem im Fahrzeugbau immer gegeben ist. Die Anwendung getrennter, in enger Nachbarschaft zueinander befindlicher Antennen für die beiden Frequenzbänder beinhaltet die Problematik der gegenseitigen elektromagnetischen Verkopplung mit dem Effekt der Beeinflussung der Richtdiagramme sowie der Polarisationsreinheit und insbesondere der Kreuzpolarisation in Bereichen niedriger Elevationswinkel. Aufgrund der unter niedrigen Elevationswinkeln einfallenden Signale der Ortungssatelliten kommt auch bei ausreichendem Antennengewinn in der gewünschten - zumeist rechtshändig zirkularen (RHCP) - Polarisationsrichtung der Unterdrückung der entgegengesetzten Polarisationsrichtung - der Kreuzpolarisation (LHCP) - im Hinblick auf genaue Ortungsergebnisse eine besondere Bedeutung zu. Die Genauigkeit des Ortungsergebnisses ist somit besonders vom Verhältnis der gewünschten Polarisierung zur Kreuzpolarisation der Satellitenempfangsantenne - also ihrem Kreuzpolarisationsabstand - abhängig.

**[0003]** Andererseits ist die Realisierung einer Satelliten-Navigationsantenne technisch schwierig, welche bei einer Mittenfrequenz von etwa 1385 MHz beide Frequenzbänder mit einer Bandbreite von ca. 360 MHz überdeckt und zusätzlich die zum Teil strengen Anforderungen an den Kreuzpolarisationsabstand und an den Antennengewinn in Bereichen niedriger Elevationswinkel erfüllt.

**[0004]** Für die Anwendung auf Fahrzeugen eignen sich - wie bereits erwähnt - insbesondere Satellitenempfangsantennen mit kleinem Bauvolumen. Antennen dieser Art nach dem Stand der Technik sind als Patch-Antennen bekannt. Diese sind jedoch bezüglich des Empfangs unter niedrigem Elevationswinkel weniger leistungsfähig. Dieser Nachteil wird zum Teil behoben durch Ringleitungsantennen, wie sie zum Beispiel in der DE-A-10 2009 040 910 beschrieben sind. Jedoch auch für solche Antennen ist es wünschenswert, den Kreuzpolarisationsabstand insbesondere im Bereich niedriger Elevationswinkel zu verbessern.

**[0005]** Eine für die Anwendung auf Fahrzeugen spezifische Anforderung an die Gestaltung des Antennensystems ergibt sich vielfach auch aus der Beschränkung des verfügbaren Bauraums, welcher häufig durch eine azimuthal ungleichförmige Umgebung der Satelliten-Navigationsantenne gekennzeichnet ist. Satellitenantennen werden in der Regel auf horizontalen Flächen der elektrisch leitenden Außenhaut eines Fahrzeugs aufgebaut. Als ein fahrzeugtechnisch bevorzugter Anbringungsort einer derartigen Satellitenempfangsantenne auf dem elektrisch leitenden Fahrzeugdach wird zum Beispiel die unmittelbare Nachbarschaft zum oberen Rand des Ausschnitts des Heckfensterscheibe - also die hintere Dachkante - häufig vorgegeben. In vielen Fällen ist das Fahrzeugdach zum Fensterrand hin gekrümmt und abfallend gestaltet, so dass die Satellitenantenne nicht auf einer azimuthal ebenen und vollkommen hori-

zontalen leitenden Grundfläche aufgebaut ist. Dies wirkt sich nachteilig sowohl auf das azimutale Runddiagramm wie auch in besonderem Maße azimutal richtungsabhängig auf den Kreuzpolarisationsabstand und den Gewinn insbesondere bei niedrigen Elevationswinkeln aus. Diese Störung der Empfangseigenschaften der Satellitenantenne ergibt sich stets in den Fällen, in denen die Antenne teilweise in der Nähe des Randbereichs der horizontalen Karosseriefäche aufgebaut ist.

**[0006]** Es ist die Aufgabe der Erfindung, eine Antennenanordnung mit niedriger Bauhöhe auf einem Fahrzeug für zirkular polarisierte Satellitenfunksignale anzugeben, welche bei ausreichendem Gewinn bei niedrigen Elevationswinkeln der Strahlungscharakteristik einen hohen Kreuzpolarisationsabstand aufweist.

**[0007]** Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

**[0008]** Erfindungsgemäß umfasst eine Antennenanordnung (1) für den Empfang zirkular polarisierter Satellitenfunksignale mit der Freiraumwellenlänge  $\lambda$  und der Frequenz  $f$ , wenigstens eine über einer elektrisch leitenden Grundfläche (3) positionierte, zirkular polarisierte Satellitenempfangsantenne (2), insbesondere für die Satellitennavigation mit einer relativen Antennenhöhe  $ha/\lambda < 0,15$ , deren Grundriss einem Kreis  $K$  um ihr Phasenzentrum  $PZ$  mit dem relativen Antennenradius  $ra/\lambda < 0,15$  einbeschrieben ist. Es ist ferner ein Direktor (4) vorhanden, der einen horizontalen elektrischen Leiter (5) mit zwei Leiterenden (11) umfasst, welcher über eine Direktorlänge  $Ld$  in einer Direktorhöhe  $hd$  über der leitenden Grundfläche (3) geführt ist, und zwar zumindest annähert an eine Mantelfläche  $Mz$  eines zur leitenden Grundfläche senkrecht orientierten Zylinders mit einem Zylinderradius  $rz$  und einer zentralen Achse  $Z$  durch das Phasenzentrum  $PZ$  der Satellitenempfangsantenne (2), wobei der horizontale elektrische Leiter (5) an seinen beiden Leiterenden (11) abgewinkelt ist und von dort als vertikaler Leiter (6) jeweils zur leitenden Grundfläche (3) hin verläuft und mit dieser elektrisch leitend verbunden ist. Der Direktor (4) kann durch Gestaltung der Direktorlänge  $Ld$ , der Direktorhöhe  $hd$  und der vertikalen Leiter (6) in der Weise abgestimmt sein, dass seine Eigenresonanzfrequenz in der Frequenznähe der Frequenz  $f$  eingestellt ist.

**[0009]** Vorteilhafte Ausführungsformen können wie folgt gestaltet sein:

Es kann sein, dass

- die relative Direktorlänge im Bereich  $0,2 < Ld/\lambda < 0,4$  gewählt ist
- die relative Direktorhöhe im Bereich  $0,03 < hd/\lambda < 0,15$  gewählt ist
- der relative Zylinderradius im Bereich  $0,15 < rz/\lambda < 0,5$  gewählt ist.

**[0010]** Es kann sein, dass der längsgestreckte horizontale elektrische Leiter 5 in Annäherung an die gekrümmte Mantelfläche  $Mz$  des Zylinders in Draufsicht

entweder gekrümmt oder aber sekantenartig geradlinig gestaltet ist.

**[0011]** Es kann sein, dass die Direktorlänge  $Ld$  etwas kürzer als die Resonanzlänge, also etwa unter 90 % der halben Freiraumwellenlänge  $\lambda$  und der Zylinderradius  $rz$  etwa 20% der Freiraumwellenlänge  $\lambda$  gewählt sind.

**[0012]** Es kann sein, dass zur Verkleinerung der Kreuzpolarisation bei niedrigen Elevationswinkeln über den gesamten Azimut-Winkelbereich mindestens drei Direktoren 4 azimutal gleichförmig um die Satellitenempfangsantenne 2 angeordnet sind und der Zylinderradius  $rz$  nicht mehr als eine halbe Freiraumwellenlänge gewählt ist.

**[0013]** Es kann sein, dass zur Kompensation einer durch azimutal sektoral ungleichförmige Umgebung verursachten Beeinträchtigung des azimutalen Richtdiagramms sowie des Kreuzpolarisationsabstands insbesondere bei Elevationswinkeln um  $30^\circ$  der mindestens eine Direktor 4 zur gezielten ungleichförmigen Veränderung der horizontalen Richtcharakteristik in einem Abstand von nicht mehr als einer halben Freiraumwellenlänge  $\lambda$  vom Phasenzentrum  $PZ$  entfernt azimutal entsprechend positioniert ist.

**[0014]** Es kann sein, dass eine auf der elektrisch leitenden Außenhaut des Fahrzeugs aufliegende elektrisch leitende Masseplatte 3a als mechanischer Träger der Satellitenempfangsantenne 2 und des mindestens einen Direktors 4 vorhanden ist, auf welcher die Massepunkte zum elektrisch wirksamen Anschluss des Direktors 4 an die leitende Grundfläche 3 gebildet sind.

**[0015]** Es kann sein, dass der Direktor 4 drahtförmig ausgebildet ist.

**[0016]** Es kann sein, dass die Masseplatte 3a zumindest teilweise aus einer elektrisch leitenden Blechfläche gestaltet ist, und der Direktor 4 als Blechstreifen 21 aus dieser Blechfläche bis auf einen Verbindungssteg 26 als Massepunkt 8 ausgeschnitten und aus der Blechfläche um den Ausbiegewinkel 10 ausgebogen ist.

**[0017]** Es kann sein, dass zur azimutal sektoralen Anhebung des Antennengewinns für niedrige Elevationswinkel mindestens zwei Direktoren 4 zueinander dicht benachbart entlang dem Zylindermantel  $Mz$  angeordnet sind und die zueinander benachbarten Leiterenden 11 der längsgestreckten horizontalen elektrischen Leiter 5 kapazitiv miteinander verkoppelt sind.

**[0018]** Es kann sein, dass zur azimutal unabhängigen Anhebung des Antennengewinns und zur weiteren Verbesserung des Kreuzpolarisationsabstands die Satellitenempfangsantenne 2 in azimutal symmetrischer Form vollständig von zueinander benachbarten und bezüglich ihrer Leiterenden 11 kapazitiv miteinander verkoppelten Direktoren 4 umfassen ist.

**[0019]** Es kann sein, dass die Direktoren 4 aus elektrisch leitendem Blech bestehen und jeweils an den Leiterenden 11 des längsgestreckten elektrischen Leiters 5 in der Weise eckig ausgeformt und gebogen sind, dass jeweils eine Blechfahne 12 gebildet ist und durch die parallel zueinander stehenden Fahnenflächen der jeweils

zueinander benachbarten Direktoren 4 die kapazitive Kopplung bewirkt ist.

**[0020]** Es kann sein, dass die ringförmig angeordneten Direktoren 4 zusammenhängend zu einem mechanisch zusammenhängenden Ring aus Blech zusammengefasst sind, wobei die Verbindung der Direktoren 4 miteinander über insbesondere kurze Verbindungsstege 26 gegeben ist, welche auf der Masseplatte 3a aufgesetzt und mit dieser an den Massepunkten 8 elektrisch leitend verbunden sind.

**[0021]** Es kann sein, dass die Satellitenempfangsantenne 2 in einer zirkular polarisierten Ringleitungsantenne 13 mit einer relativen Höhe  $h_a/\lambda \sim 0,1$  besteht und ihre vertikale Projektion einem Kreis mit dem relativen Antennenradius  $r_a/\lambda \sim 0,13$  um ihr Phasenzentrum PZ einbeschrieben ist und

die relative Direktorlänge  $L_d/\lambda \sim 0,3$  sowie

die relative Direktorhöhe  $h_d/\lambda \sim 0,07$  und

der relative Zylinderradius im Bereich  $r_z/\lambda \sim 0,2$  gewählt sind.

**[0022]** Es kann sein, dass die Satellitenempfangsantenne 2 als zirkular polarisierte Patchantenne 14 gebildet ist.

**[0023]** Mit einer Antennenanordnung 1 nach der Erfindung ist der Vorteil verbunden, dass bei Einsatz einer vorgegebenen, für den Empfang der Ortungssatelliten geeigneten, jedoch nicht näher spezifizierten Satellitenempfangsantenne 2 die Strahlungseigenschaften durch die erfindungsgemäße Gestaltung und Platzierung der Direktoren 4 bezüglich Gewinn und Kreuzpolarisationsunterdrückung gezielt verbessert werden können.

**[0024]** Ein besonderer Vorteil der Erfindung besteht auch darin, dass sie es ermöglicht, bei azimuthal ungleichförmiger Umgebung der Antennenanordnung 1 die dadurch bewirkte Störung ihrer omnidirektionalen Strahlungscharakteristik in Bezug auf Gewinn und Kreuzpolarisationsabstand zu beheben.

**[0025]** Ein weiterer Vorteil einer Antennenanordnung 1 nach der Erfindung ist die besonders einfache Herstellbarkeit und Anbringungsmöglichkeit der Direktoren 4, welche die Realisierung auch durch einfache gebogene Blech- oder Drahtstrukturen ermöglicht.

**[0026]** Gemäß der Erfindung umfasst eine Antennenanordnung 1 für den Empfang zirkular polarisierter Satellitenfunksignale der Freiraumwellenlänge  $\lambda$  mit wenigstens einer über einer im Wesentlichen horizontal orientierten, als elektrisch leitende Grundfläche 3 dienende Außenhaut eines Fahrzeugs 7 angeordneten zirkular polarisierten Satellitenempfangsantenne 2 mit Phasenzentrum PZ. Diese besitzt eine relative Antennenhöhe  $h_a/\lambda < 0,15$  und ist mit ihrer vertikalen Projektion einem Kreis K mit dem relativen Antennenradius  $r_a/\lambda < 0,15$  um ihr Phasenzentrum PZ einbeschrieben. Es ist mindestens ein Direktor 4 vorhanden, welcher aus einem im Wesentlichen längsgestreckten horizontalen elektrischen Leiter 5 gebildet ist und welcher über die Direktorlänge  $L_d$  unter der Direktorhöhe  $h_d$  über der leitenden Grundfläche 3 im annähernd entlang der Mantelfläche eines senkrecht ori-

entierten Zylinders mit Zylinderradius  $r_z$  und zentraler Achse Z durch das Phasenzentrum PZ der Satellitenantenne 2 geführt ist. Der horizontale elektrische Leiter 5 ist an beiden Enden der Länge L abgelenkt und verläuft als vertikaler Leiter 6 jeweils zur leitenden Grundfläche 3 hin und ist mit dieser leitend verbunden. Die relative Direktorlänge  $L_d$  ist im Bereich  $0,2 < L_d/\lambda < 0,4$  gewählt. Die relative Direktorhöhe  $h_d$  ist im Bereich  $0,03 < h_d/\lambda < 0,15$  gewählt. Der relative Zylinderradius ist im Bereich  $0,15 < r_z/\lambda < 0,4$  gewählt.

**[0027]** Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Die zugehörigen Figuren zeigen im Einzelnen:

Fig. 1:

Räumliche Darstellung einer Antennenanordnung 1 nach der Erfindung mit elektrisch kleiner Satellitenempfangsantenne 2 mit Phasenzentrum PZ im Zentrum Z auf der Außenhaut eines Fahrzeugs 7 als elektrisch leitende Grundfläche 3, azimuthal umgeben von erfindungsgemäßen Direktoren 4. Diese bestehen beispielhaft jeweils aus einem geradlinigen horizontalen elektrischen Leiter 5 der Länge  $L_d$ , welcher unter einer Höhe  $h_d$  geführt ist und welcher sich an seinen beiden Enden jeweils mit einem zur leitenden Grundfläche 3 hin führenden vertikalen Leiter 6 fortsetzt, dessen unteres Ende über einen Massepunkt 8 mit der leitenden Grundfläche 3 leitend verbunden ist. Die horizontalen Leiter 5 sind geradlinig annähernd entlang der Mantelfläche  $M_z$  eines senkrecht orientierten Zylinders mit Zylinderradius  $r_z$  geführt. Die elektrisch kleine Satellitenempfangsantenne 2 ist einem Bauraum der Höhe  $h_a$  und dem Kreis K mit dem Antennenradius  $r_a$  um ihr Zentrum Z einbeschrieben.

Fig. 1a

Draufsicht auf eine Antennenanordnung 1 nach der Erfindung, wie in Fig. 1a, zur Darstellung der Anordnung der in Draufsicht gekrümmten Direktoren 4 mit jeweils einem entlang der Mantelfläche  $M_z$  unter der Höhe  $h_d$  gekrümmt verlaufenden horizontalen Leiter 5 als Segment einer kreisförmigen Höhenlinie der Mantelfläche  $M_z$  des senkrecht orientierten Zylinders mit dem Zylinderradius  $r_z$ .

Fig. 2:

Draufsicht auf eine Antennenanordnung 1 nach der Erfindung, wie in Fig. 1, zur Darstellung der Anordnung der Direktoren 4 mit jeweils einem unter der Höhe  $h_d$  geradlinig verlaufenden horizontalen Leiter 5 im Wesentlichen als Sekante einer kreisförmigen Höhenlinie der Mantelfläche  $M_z$  des senkrecht orientierten Zylinders mit Zylinderradius  $r_z$ .

Fig. 3:

Gegenüberstellung des vertikalen Richtdiagramms in Fig. 3a einer Satellitenempfangsantenne 2 und

des vertikalen Richtdiagramms in Fig. 3b derselben Satellitenempfangsantenne 2 in einer Antennenanordnung 1 nach der Erfindung jeweils für die gewünschte zirkulare Polarisationsrichtung RHCP und die Kreuzpolarisationsrichtung LHCP jeweils mit Kennzeichnung der Einfallrichtung unter dem Elevationswinkel von 20° (Zenitwinkel 70°) und dem Elevationswinkel von 5° (Zenitwinkel 85°).

Es ergeben sich bei Bandmitte im Band L1 ( $f = 1.565$  MHz): Antennengewinn unter Elevationswinkel 20°: RHCP Fall a) 0dB, Fall b) 2dB Antennengewinn unter Elevationswinkel 20°: LHCP Fall a) -8dB, Fall b) -1,5dB Antennengewinn unter Elevationswinkel 5°: RHCP Fall a) -4dB, Fall b) 0dB Antennengewinn unter Elevationswinkel 5°: LHCP Fall a) -5,2dB, Fall b) -0,5dB Resultat: Der RHCP-Antennengewinn der Antennenanordnung 1 nach der Erfindung übertrifft den Antennengewinn der Einzelantenne um 4dB bei einem Elevationswinkel von 5° und um ca. 2 dB bei einem Elevationswinkel von 20°.

Fig. 4:

Vergleich der Azimutaldiagramme in Entsprechung der vertikalen Richtdiagramme in Fig. 3 in Frequenzbandmitte von L1 ( $f = 1.565$  MHz). Elevationswinkel = 20°.

a) Satellitenempfangsantenne 2 b) Antennenanordnung 1 nach der Erfindung. Resultat: mit der Antennenanordnung 1 nach der Erfindung wird bei einem Elevationswinkel von 20° eine deutliche Erhöhung um ca. 2dB erzielt.

Fig. 5:

Vergleich der vertikalen Richtdiagramme wie in Fig. 3, jedoch bei Bandmitte im Band L2 ( $f = 1.225$  MHz):

a) Satellitenempfangsantenne 2 b) Antennenanordnung 1 nach der Erfindung Resultat: Der RHCP-Antennengewinn der Antennenanordnung 1 nach der Erfindung übertrifft den Antennengewinn der Einzelantenne um 1,5dB bei einem Elevationswinkel von 5° und um ca. 0,7dB bei einem Elevationswinkel von 20°.

Fig. 6:

Vergleich der Azimutaldiagramme wie in Fig. 5 bei Bandmitte im Band L2 ( $f = 1.225$  MHz):

a) Satellitenempfangsantenne 2 b) Antennenanordnung 1 nach der Erfindung Resultat: Mit der Antennenanordnung 1 nach der Erfindung wird bei einem Elevationswinkel von 20° eine Erhöhung um ca. 0,7 dB erzielt.

Fig. 7:

Vertikale Richtdiagramme der Antennenanordnung 1 nach der Erfindung an den Frequenzbandgrenzen

des Frequenzbandes L2.

- a) bei der unteren Frequenzbandgrenze ( $f = 1200$  MHz) und
- b) der oberen Frequenzbandgrenze ( $f = 1250$  MHz) des Navigations-Frequenzbandes L2.

Fig. 8:

Räumliche Darstellung einer Antennenanordnung 1 nach der Erfindung wie in Fig. 1, jedoch mit aus elektrisch leitendem Blech bestehenden Direktoren 4. Die auf der Fahrzeug- Außenhaut aufliegende Masseplatte 3a als mechanischer Träger des Satellitenempfangsantenne 2 und der Direktoren 4 ist im Beispiel als Blechfläche 3a dargestellt. Die Direktoren 4 sind aus dieser Blechfläche 3a bis auf einen, die Masseanbindung bildenden Verbindungssteg 26 als Drehpunkt - welcher auch als Massepunkt 8 wirkt - ausgeschnitten und aus der Blechfläche 3a um den Ausbiegewinkel 10 ausgebogen.

Fig. 9:

Darstellung der aus fahrzeugtechnischer Sicht bevorzugten Bauräume Br1 - Br 7 für Satelliten-Empfangsantennen 2 auf der elektrisch leitenden Außenhaut eines Kraftfahrzeugs 7. Der als Br0 gekennzeichnete Ort in der Mitte des Fahrzeugdaches 16 ist aus antennentechnischer Sicht zu bevorzugen, scheidet jedoch im Allgemeinen aus fahrzeugtechnischer Sicht aus. Die aus fahrzeugtechnischer Sicht akzeptierten Bauräume Br1- Br6 befinden sich sämtlich im Randbereich des Fahrzeugdaches 17 mit den bekannten nachteiligen Einflüssen der seitlichen Dachkante 17, der vorderen Dachkante 18a und der hinteren Dachkante 18 bezüglich des Strahlungsdiagramms von Satelliten-Empfangsantennen 2 mit Rundstrahlcharakteristik. Wenig geeignet sind auch Bauräume auf dem Heckdeckel 19, zum Beispiel Br7, aufgrund der die Strahlung abschattenden Wirkung des Fahrzeug-Oberbaus.

Fig. 10:

Anbringung der Antennenanordnung 1 nach der Erfindung mit den angegebenen Abmessungen für GNSS- Anwendungen zum Beispiel am Bauraum Br2 in Fig. 9. Der die Rundstrahlung einschränkende Effekt der hinteren Dachkante 18 sowie der Krümmung des Fahrzeugdachs 16 mithilfe der im Wesentlichen parallel zur hinteren Dachkante 18 verlaufenden Direktoren 4 wird erfindungsgemäß durch Anhebung des Antennengewinns in Fahrtrichtung für niedrige Strahlungs-Elevationswinkel wesentlich gemildert. Eine zum Beispiel seitlich am Bauraum Br6 angebrachte Satelliten-Empfangsantenne 23 für den Empfang von Satelliten-Rundfunksignalen bei der Frequenz von ca. 2,3 GHz wird in sehr vorteilhafter Weise bezüglich ihrer Strahlungseigenschaften durch die Antennenanordnung 1 nach der Erfin-

derung praktisch nicht beeinträchtigt. Der nach rechts weisende Pfeil bezeichnet die Fahrtrichtung.

Fig. 11:

Anbringung der Satellitenempfangsantenne 2 am Bauraum Br2 und der Empfangsantenne 23 am Bauraum Br 6 wie in Fig. 10, jedoch mit azimuthal rundum angeordneten Direktoren 4 zur Anhebung des Antennengewinns für Rundstrahlung bei niedrigen Elevationswinkeln. Die Strahlungseigenschaften der Satellitenempfangsantennen 23 sind bei geeigneter Wahl der Direktorhöhe  $h_d$  und des Ausbiegewinkels 10 durch die Anwesenheit der Antennenanordnung 1 nach der Erfindung praktisch nicht beeinträchtigt.

Fig. 12:

Antennenanordnung 1 nach der Erfindung mit zueinander dicht benachbart - als Segmente entlang dem Zylindermantel - angeordneten Direktoren 4, welche ringförmig um die Satellitenempfangsantenne 2 angeordnet sind. Die zueinander benachbarten Leiterenden 11 der längsgestreckten horizontalen Leiter 5 sind kapazitiv miteinander verkoppelt. Die Direktoren 4 sind, wie in Fig. 8 als Blechstreifen 9 aus der Blechfläche der Masseplatte 3a ausgeschnitten und um den Ausbiegewinkel 10 von  $90^\circ$  ausgebogen. Die Leiterenden 11 der längsgestreckten elektrischen Leiter 5 sind in der Weise eckig ausgeformt und bezogen auf das Zentrum Z radial nach außen gebogen, dass jeweils eine Blechfahne 12 gebildet ist und die kapazitive Kopplung durch die parallel zueinanderstehenden Fahnenflächen der jeweils einander benachbarten Direktoren 4 bewirkt ist.

Fig. 13:

Antennenanordnung 1 nach der Erfindung wie in Fig. 12 mit dem Unterschied, dass zur Verringerung des Platzbedarfs die Blechfahnen 12 zur Bildung der kapazitiven Kopplung - bezogen auf das Zentrum Z - radial nach innen gebogen sind.

Fig. 14:

- a) Gestaltung der die Satellitenempfangsantenne 2 umringenden Direktoren 4, wie in Fig. 13, jedoch als zusammenhängend, aus einem Blech geschnittener und geformter Blechring 25. Die dabei entstandenen Verbindungsstege 26 an den unteren Enden der vertikalen Leiter 6 bilden durch Aufsetzen des Blechrings 25 auf die Masseplatte 3a und mit deren elektrischen Verbindung die Massepunkte 8. die vertikalen Pfeile beschreiben die Richtung, in welcher der Blechring 25 auf die Masseplatte 3a aufgesetzt wird. Die Satellitenantenne 2 ist in dieser Figur nicht gezeigt.
- b) Darstellung der Antennenanordnung 1 nach

der Erfindung mit einem auf der Masseplatte 3a aufgesetzten und mit dieser an den Massepunkten 8 elektrisch leitend verbundenen Blechring 25 wie unter a) mit der Satellitenempfangsantenne 2 im Zentrum zum Beispiel am Bauraum Br 2. Die weitere Satellitenempfangsantenne 23 ist, wie in den Fig. 10 und 11, am Bauraum 6 angebracht.

**[0028]** Die Erfindung geht aus von einer zirkular polarisierten, über einer elektrisch leitenden Grundfläche 3 befindlichen Satellitenempfangsantenne 2, deren auf die Freiraumwellenlänge  $\lambda$  bezogene relative Antennenhöhe  $h_a/\lambda$  kleiner ist als 0,15. Mit dieser extrem kleinen Höhe  $h_a$  der Antenne ist die problematische Eigenschaft verbunden, dass ihr Strahlungsgewinn zu kleineren Elevationswinkeln hin sehr schnell abnimmt. Dies ist ebenfalls verbunden mit einer verstärkten Abnahme des Kreuzpolarisationsabstands. Dieser Effekt kann durch die Anwesenheit der Direktoren 4 so weit gemildert werden, dass eine Satellitenempfangsantenne 2 mit dem vorgegebenen Bauvolumen auf der elektrisch leitenden Außenhaut eines Fahrzeugs 7 auch für qualifizierte Ortsbestimmung mit Hilfe der Satellitennavigation eingesetzt werden kann. Dabei sind Satellitenempfangssignale für die Navigation auszuwerten, welche unter dem niedrigen Elevationswinkel von  $20^\circ$  bis hin zu einem Elevationswinkel von  $5^\circ$  einfallen. Das extrem starke Abfallen des Antennengewinns bei solch niedrigen Elevationswinkeln für die gewünschte Polarisationsrichtung einer derart niedrigen Satellitenempfangsantenne 2 über einer leitenden Grundfläche 3 beruht auf der Schwäche der horizontalen Komponente ihres elektrischen Strahlungsfeldes. Diese Schwäche wird erfindungsgemäß durch den Einsatz der Direktoren 4 um die Satellitenempfangsantenne 2 gemildert und es gelingt die Anhebung des Antennengewinns für niedrige Elevationswinkel.

**[0029]** Die Direktoren bilden bezogen auf die Grundfläche einen Bogen bzw. ein (U-förmiges) Tor (vgl. Fig. 1), das aus dem vertikalen Leiter 5 und den beiden vertikalen Leitern 6 besteht.

**[0030]** Eine Plausibilitätsbetrachtung kann die Wirkungsweise der Direktoren 4 anhand der räumlichen Darstellung der Antennenanordnung 1 nach der Erfindung in Fig. 1 und deren Draufsicht in den Figuren 1a und 2 angenähert erläutern. Hierbei führt die azimuthal nahezu vollständige Umfassung der Satellitenempfangsantenne 2 mit Direktoren 4 zu der gewünschten Anhebung des Antennengewinns bei Rundstrahlung. Die für zirkulare Polarisation ausgelegte Satellitenempfangsantenne 2 erregt mit den auf ihr fließenden Strömen die elektrischen Leiter der Direktoren 4. Die Leiterenden 11 der horizontalen elektrischen Leiter 5 sind über die vertikalen Leiter 6 jeweils mit einem Massepunkt 8 mit der leitenden Grundfläche 3 verbunden. Somit bilden sich auf dem elektrisch erregten Direktor 4 und insbesondere auch auf dem horizontalen elektrischen Leiter 5 Sekundärströme aus, welche bei geeigneter Wahl der Direktorlänge im

Bereich  $0,2 < Ld/\lambda < 0,45$ , der Direktorhöhe im Bereich  $0,03 < hd/\lambda < 0,15$  sowie des Zylinderradius im Bereich  $0,15 < rz/\lambda < 0,5$ , welcher den Abstand der Direktoren 4 vom Zentrum Z der Antennenanordnung 1 bestimmt, ein Strahlungsfeld erzeugen. Dieses überlagert sich dem Strahlungsfeld der Satellitenempfangsantenne 2 in der Weise, dass sich die gewünschte Anhebung des Antennengewinns insbesondere für niedrige Elevationswinkel einstellt. Besonders wirkungsvoll zeigt sich eine Direktorlänge  $Ld$ , welche kürzer ist als eine halbe Freiraumwellenlänge  $\lambda$ , das heißt, dass die Eigenresonanzfrequenz des Direktors 4 etwas niedriger gewählt ist als die Satellitenempfangsfrequenz  $f$ . Die gering gewählte Abweichung der Satellitenfrequenz  $f$  von der Eigenresonanzfrequenz des Direktors 4 begründet den damit verbundenen Anstieg der Ströme auf dem Direktor 4 und in Kombination mit dem geeignet eingestellten Zylinderradius  $rz$  die daraus resultierende, in Bezug auf die Phasenlage konstruktive Überlagerung des Direktor-Strahlungsfeldes mit dem Strahlungsfeld der Satellitenempfangsantenne 2 im Sinne der zu lösenden Aufgabe. Die horizontalen elektrischen Leiter 5 über der elektrisch leitenden Grundfläche 3 unter der Direktorhöhe  $hd$  bilden jeweils eine an beiden Leiterenden 11 über die vertikalen Leiter 6 abgeschlossene elektrische Leitung mit dem Wellenwiderstand  $ZL$ , dessen Größe von der Leiterbreite 27 bzw. der Blechstreifenbreite 21 und dem Leiterabstand 28 des horizontalen elektrischen Leiters 5 von der leitenden Grundfläche 3 gegeben ist. Bei Gestaltung eines Direktors 4 zum Beispiel aus Draht kann durch Einstellung der laufenden Kapazität und der laufenden Induktivität des horizontalen elektrischen Leiters 5, z. B. mithilfe einer mäanderförmigen Verlegung, der Wellenwiderstand  $ZL$  in weiten Grenzen variiert werden. Eine Feineinstellung des Abstands  $rz$  des Direktors 4 vom Zentrum Z sowie die Wahl eines geeigneten Wellenwiderstandes  $ZL$  als auch der Eigeninduktivität der vertikalen Leiter 6 ermöglicht die Optimierung des Strahlungsdiagramms der Antennenanordnung 1 im Sinne der Aufgabe der Erfindung.

**[0031]** In den Figuren 3 bis 7 sind beispielhaft Messergebnisse in Form von vertikalen und horizontalen Schnitten von Strahlungsdiagrammen von Antennenanordnungen 1 nach der Erfindung dargestellt und mit entsprechenden Messergebnissen einer Satellitenantenne 2 über einer leitenden Grundfläche 3 ohne erfindungsgemäße Direktoren 4 verglichen. Die erzielten Verbesserungen im Bereich niedriger Elevationswinkel sind im Einzelnen im Zusammenhang mit den obigen Beschreibungen der Figuren angegeben.

**[0032]** Für den Einsatz im Fahrzeugbau sind die Herstellungskosten sowie die einfache Implementierbarkeit essenziell. In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist, wie in Fig. 8 dargestellt, die auf der Außenhaut des Fahrzeugs 7 aufliegende Masseplatte 3a als mechanischer Träger der Satellitenempfangsantenne 2 und der Direktoren 4 gestaltet und aus Blech hergestellt. Als besonderer Vorteil ergibt sich hierbei die Möglichkeit, erfin-

dungsgemäß die Direktoren 4 aus dem Blech zu schneiden und aus diesem um den Ausbiegewinkel 10 auszubiegen. Die hierfür notwendigen Schneide- und Biegevorgänge können extrem preisgünstig in Massenproduktion mit sehr guter Reproduzierbarkeit durchgeführt werden.

**[0033]** Aus fahrzeugtechnischer Sicht stehen für die Anbringung einer Satellitenempfangsantenne 2 in der Hauptsache Bauräume - Br1 - Br6 in Fig. 9 - in den Randzonen auf dem Fahrzeugdach zur Verfügung. Als Folge der bereits erwähnten azimuthal ungleichförmigen Umgebung ergibt sich eine nennenswerte Beeinträchtigung des azimuthalen Richtdiagramms sowie des Kreuzpolarisationsabstands. Ebenso ergibt sich eine das Navigationsergebnis verschlechternde Verschiebung des Phasenzentrums PZ der Antennenanordnung 1 in Abhängigkeit vom Raumwinkel der einfallenden Satellitenempfangssignale.

**[0034]** Insbesondere bei Elevationswinkeln um  $20^\circ$  kann bereits mit einem gezielt platzierten Direktor 4 der ungleichförmigen Veränderung der horizontalen Richtcharakteristik entgegengewirkt werden. Besonders hilfreich ist diese erfindungsgemäße Maßnahme bei Wahl der fahrzeugtechnisch bevorzugten Bauräume Br1, Br2, und Br6 auf dem Fahrzeugdach 16, bei denen aufgrund des abrupten Abbrechens der leitenden Grundfläche 3 an der hinteren Dachkante 18 am oberen Rand der Rückfensterscheibe 15 und der dort häufig vorhandenen Krümmung des Fahrzeugdaches 16 die Strahlungscharakteristik einer Satellitenempfangsantenne 2 in der Regel stark beeinträchtigt ist.

**[0035]** Mit wachsender Anzahl der Satellitenfunkdienste für die Satelliten-Navigation und dem Satelliten-Rundfunk sind die Bauräume dichter gesteckt und die Strahlungscharakteristiken durch elektromagnetische Verkopplung beeinträchtigt. In dem bereits oben beschriebenen Beispiel in Fig. 10 ist die Satellitenempfangsantenne 2 für GNSS in einer Anordnung nach der Erfindung mit zwei einander gegenüberliegenden Direktoren 4 am Bauraum Br2 und die Satellitenempfangsantenne 23 für den Rundfunkempfang bei ca. 2,3 GHz am Bauraum Br6 angebracht. Beide Antennen sind im Beispiel als Ringleitungsantennen 13 ausgeführt. Hierbei zeigt sich sehr vorteilhaft, dass die strengen Anforderungen an die Strahlungscharakteristik der Satellitenrundfunk-Empfangsantenne 23 durch das Vorhandensein der erfindungsgemäßen Direktoren 4 nicht beeinträchtigt werden. Aufgrund des großen Abstands zwischen der Eigenresonanzfrequenz der Direktoren 4 und der Frequenz des Satellitenrundfunks sind die Sekundärströme, welche die Satelliten-Rundfunkantenne 23 auf den Direktoren 4 hervorruft hinreichend gering, dass ihre Wirkung auf die Strahlungscharakteristik der Satelliten-Rundfunkantenne 23 vernachlässigbar ist. Dieser Effekt ist in der Weise ausgeprägt, dass die Störung der Strahlungseigenschaften der Satelliten-Rundfunkantenne 23 in Fig. 11 selbst dann gering ist, wenn die Satellitenempfangsantenne 2 für GNSS vollständig von Direktoren 4 umgeben ist.

**[0036]** Ähnlich wie in Fig. 11 ist die Satellitenempfangsantenne 2 in Fig. 12 vollständig von Direktoren 4 umringt, welche jedoch - mehr noch als in Fig. 11 in einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung - in dichter Reihenfolge aufeinander, also in dichtem Abstand entlang dem Zylindermantel ZM angeordnet sind. Die zueinander benachbarten Leiterenden 11 der längsgestreckten horizontalen elektrischen Leiter 5 sind kapazitiv miteinander verkoppelt. Mit dieser Verkopplung wird eine weitere Verbesserung des Kreuzpolarisationsabstands und der azimutalen Unabhängigkeit des Phasenzentrums bei niedrigen Elevationswinkeln erreicht. Sie ergibt sich aus einer zusätzlichen Belegung mit Sekundärströmen auf den horizontalen elektrischen Leitern 5, welche sich aus der kapazitiven Überbrückung der Spannungsdifferenzen zwischen den benachbarten Leiterenden 11 einstellen, die sich über die vertikalen elektrischen Leiter 6 ausbilden. Die mit dem azimutalen Winkel sich ändernden Phasen der Ströme auf der Satellitenempfangsantenne 2 bewirken die Erregung von Sekundärströmen mit unterschiedlichen Phasen in den unterschiedlichen Direktoren 4. Diese Sekundärströme erzeugen an den induktiven Wirkungen der einander benachbarten vertikalen elektrischen Leiter 6 unterschiedliche Spannungen, deren Differenz über die kapazitive Verkopplung die gewünschte Wirkung der Verbesserung des Kreuzpolarisationsabstands hervorruft.

**[0037]** Wie im Zusammenhang mit Fig. 11 beschrieben, sind die Direktoren 4 aus der blechförmigen Masseplatte 3a bis auf die kurzen Verbindungsstege 26 ausgeschnitten und längs der Biegelinie 24 aus der blechförmigen Masseplatte 3a ausgebogen, wobei der Ausbiegewinkel 10 zu  $90^\circ$  gewählt ist. Zur Intensivierung der kapazitiven Koppelung sind die Leiterenden 11 des längsgestreckten elektrischen Leiters 5 in der Weise flächig und eckig ausgeformt, dass jeweils eine Blechfahne 12 gebildet ist. Die Blechfahnen 12 sind - bezogen auf das Zentrum Z - in der Weise nach außen radial ausgebogen, dass die Flächen zweier benachbarter Blechfahnen 12 im Wesentlichen parallel zueinander ausgerichtet sind und somit die erhöhte kapazitive Kopplung erreicht ist. Obgleich die dargestellte Realisierung einer Antennenanordnung 1 nach der Erfindung augenscheinlich kompliziert erscheint, so kann sie doch extrem kostengünstig durch Stanz- und Biegetechnik in Serienfertigung hergestellt werden. Zur Verkleinerung der Querausdehnung der Antennenanordnung 1 können die in der Fig. 12 dargestellten Blechfahnen 12 - bezogen auf das Zentrum Z - radial nach innen gebogen sein, wie es aus Fig. 13 hervorgeht.

**[0038]** In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind in Fig. 14a die Direktoren ringförmig zusammenhängend zu einem mechanisch zusammenhängenden Ring aus Blech zusammengefasst. Sie sind über kurze Verbindungsstege 26 miteinander verbunden. Es ist vorgesehen, den aus Blech hergestellten Ring auf die Masseplatte 3a aufzusetzen - wie es die vertikalen Pfeile andeuten - und die Verbindungsstege 26 mit den

auf der Massefläche 3 befindlichen Massepunkten 8 elektrisch leitend zu verbinden, wie es aus Fig. 14b hervorgeht.

## 5 Liste der Bezeichnungen

### [0039]

|    |                                      |
|----|--------------------------------------|
|    | Antennenanordnung 1                  |
| 10 | Satellitenempfangsantenne 2          |
|    | elektrisch leitende Grundfläche 3    |
|    | Masseplatte 3a                       |
|    | Direktor 4                           |
|    | horizontaler elektrischer Leiter 5   |
| 15 | vertikaler Leiter 6                  |
|    | Außenhaut eines Fahrzeugs 7          |
|    | Massepunkte 8                        |
|    | Blechstreifen 9                      |
|    | Ausbiegewinkel 10                    |
| 20 | Leiterenden 11                       |
|    | Blechfahne 12                        |
|    | Ringleitungsantenne 13               |
|    | Patchantenne 14                      |
|    | Heckfensterscheibe 15                |
| 25 | Fahrzeugdach 16                      |
|    | seitliche Dachkante 17               |
|    | hintere Dachkante 18                 |
|    | vordere Dachkante 18a                |
|    | Heckdeckel 19                        |
| 30 | Frontdeckel 20                       |
|    | Blechstreifenbreite 21               |
|    | Schnittlinien 22                     |
|    | weitere Satellitenempfangsantenne 23 |
|    | Biegelinie 24                        |
| 35 | Blechring 25                         |
|    | Verbindungsstege 26                  |
|    | Leiterbreite 27                      |
|    | Leiterabstand 28                     |
| 40 | Freiraumwellenlänge $\lambda$        |
|    | Antennenhöhe $h_a$                   |
|    | Phasenzentrum PZ                     |
|    | Antennenradius $r_a$                 |
|    | Zylinderradius $r_z$                 |
| 45 | zentraler Achse Z                    |
|    | Direktorlänge $L_d$                  |
|    | Direktorhöhe $h_d$                   |
|    | Kreis K                              |
|    | Zylindermantel $M_z$                 |
| 50 | Bauraum $Br_1 - Br_7$                |
|    | Wellen Widerstand ZL                 |

## Patentansprüche

- 55
1. Antennenanordnung (1) für den Empfang zirkular polarisierter Satellitenfunksignale mit der Freiraumwellenlänge  $\lambda$  und der Frequenz  $f$ , umfassend we-

nigstens eine über einer elektrisch leitenden Grundfläche (3) positionierte, zirkular polarisierte Satellitenempfangsantenne (2), insbesondere für die Satellitenavigation mit einer relativen Antennenhöhe  $ha/\lambda < 0,15$ , deren Grundriss einem Kreis K um ihr Phasenzentrum PZ mit dem relativen Antennenradius  $ra/\lambda < 0,15$  einbeschrieben ist,

**gekennzeichnet durch** die folgenden Merkmale:

es ist ein Direktor (4) vorhanden, der einen horizontalen elektrischen Leiter (5) mit zwei Leiterenden (11) umfasst, welcher über eine Direktorlänge  $L_d$  in einer Direktorhöhe  $h_d$  über der leitenden Grundfläche (3) geführt ist, und zwar zumindest angenähert an eine Mantelfläche  $M_z$  eines zur leitenden Grundfläche senkrecht orientierten Zylinders mit einem Zylinderradius  $r_z$  und einer zentralen Achse Z durch das Phasenzentrum PZ der Satellitenempfangsantenne (2), wobei der horizontale elektrische Leiter (5) an seinen beiden Leiterenden (11) abgewinkelt ist und von dort als vertikaler Leiter (6) jeweils zur leitenden Grundfläche (3) hin verläuft und mit dieser elektrisch leitend verbunden ist; der Direktor (4) ist durch Gestaltung der Direktorlänge  $L_d$ , der Direktorhöhe  $h_d$  und der vertikalen Leiter (6) in der Weise abgestimmt, dass seine Eigenresonanzfrequenz in der Frequenznähe der Frequenz  $f$  eingestellt ist.

2. Antennenanordnung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Direktorlänge im Bereich  $0,2 < L_d/\lambda < 0,45$  gewählt ist, die Direktorhöhe  $h_d$  im Bereich  $0,03 < h_d/\lambda < 0,15$  gewählt ist, und der Zylinderradius im Bereich  $0,15 < r_z/\lambda < 0,5$  gewählt ist.
3. Antennenanordnung (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der horizontale elektrische Leiter (5) geradlinig gestaltet ist, wobei insbesondere die beiden vertikalen Leiter (6) im Bereich der Mantelfläche  $M_z$  angeordnet sind.
4. Antennenanordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Direktorlänge  $L_d$  kürzer als etwa 90 % der halben Freiraumwellenlänge  $\lambda$ , und der Zylinderradius  $r_z$  etwa 20% der Freiraumwellenlänge  $\lambda$  gewählt sind.
5. Antennenanordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4 **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Verkleinerung der Kreuzpolarisation bei niedrigen Elevationswinkeln über den gesamten Azimut-Winkelbereich mindestens drei Direktoren (4) azi-

mutal gleichförmig um die Satellitenempfangsantenne (2) angeordnet sind, wobei insbesondere der Zylinderradius  $r_z$  nicht größer als eine halbe Freiraumwellenlänge gewählt ist.

5. **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Kompensation einer durch azimuthal sektoral ungleichförmige Umgebung verursachten Beeinträchtigung des azimuthalen Richtdiagramms sowie des Kreuzpolarisationsabstands, insbesondere bei Elevationswinkeln um  $30^\circ$ , der mindestens eine Direktor (4) zur gezielten ungleichförmigen Veränderung der horizontalen Richtcharakteristik in einem Abstand von nicht mehr als einer halben Freiraumwellenlänge  $\lambda$  vom Phasenzentrum PZ entfernt positioniert ist.
6. Antennenanordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine elektrisch leitende Masseplatte (3a) als mechanischer Träger der Satellitenempfangsantenne (2) und des mindestens einen Direktors (4) vorhanden ist, auf welcher Massepunkte (8) zum elektrisch wirksamen Anschluss des Direktors (4) gebildet sind.
7. Antennenanordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Masseplatte (3a) zumindest teilweise aus einer elektrisch leitenden Blechfläche gestaltet ist, und der Direktor (4) als Blechstreifen (21) aus dieser Blechfläche bis auf einen Verbindungssteg (26) als Massepunkt (8) ausgeschnitten und aus der Blechfläche um einen Ausbiegewinkel (10) ausgebogen ist.
8. Antennenanordnung (1) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Direktor (4) drahtförmig ausgebildet ist.
9. Antennenanordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Direktor (4) drahtförmig ausgebildet ist.
10. Antennenanordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur azimuthal sektoralen Anhebung des Antennengewinns für niedrige Elevationswinkel mindestens zwei Direktoren (4) zueinander dicht benachbart entlang dem Zylindermantel  $M_z$  angeordnet sind und die zueinander benachbarten Leiterenden (11) der horizontalen elektrischen Leiter (5) kapazitiv miteinander verkoppelt sind.
11. Antennenanordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur azimuthal unabhängigen Anhebung des Antennengewinns und zur weiteren Verbesserung des

- Kreuzpolarisationsabstands die Satellitenempfangsantenne (2) in azimuthal symmetrischer Form vollständig von zueinander benachbarten und bezüglich ihrer Leiterenden (11) kapazitiv miteinander verkoppelten Direktoren (4) umgeben ist. 5
12. Antennenanordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 und 10 bis 11,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** 10  
mehrere Direktoren (4) vorgesehen sind, die aus elektrisch leitendem Blech bestehen und jeweils an den Leiterenden (11) des längsgestreckten elektrischen Leiters (5) in der Weise eckig ausgeformt und gebogen sind, dass jeweils eine Blechfahne (12) gebildet ist, wobei durch parallel zueinander stehende Fahnenflächen der jeweils zueinander benachbarten Direktoren (4) eine kapazitive Kopplung bewirkt ist. 15
13. Antennenanordnung (1) nach Anspruch 12, 20  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Direktoren (4) zusammenhängend zu einem mechanisch zusammenhängenden Ring aus Blech zusammengefasst sind, wobei die Verbindung der Direktoren (4) über Verbindungsstege (26) gegeben ist, welche auf einer Masseplatte (3a) aufgesetzt und mit dieser an Massepunkten (8) elektrisch leitend verbunden sind. 25
14. Antennenanordnung (1) nach Ansprüchen 1 bis 13, 30  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die Satellitenempfangsantenne (2) eine zirkular polarisierte Ringleitungsantenne (13) mit einer relativen Höhe  $ha/\lambda \sim 0,1$  ist und ihre vertikale Projektion einem Kreis mit dem relativen Antennenradius  $ra/\lambda \sim 0,13$  um ihr Phasenzentrum PZ einbeschrieben ist, und 35  
und  
die Direktorlänge  $Ld/\lambda \sim 0,3$ ,  
die Direktorhöhe  $hd/\lambda \sim 0,07$ , und  
der Zylinderradius im Bereich  $rz/\lambda \sim 0,2$  gewählt sind. 40
15. Antennenanordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** 45  
die Satellitenempfangsantenne (2) als zirkular polarisierte Patchantenne (14) gebildet ist.

50

55

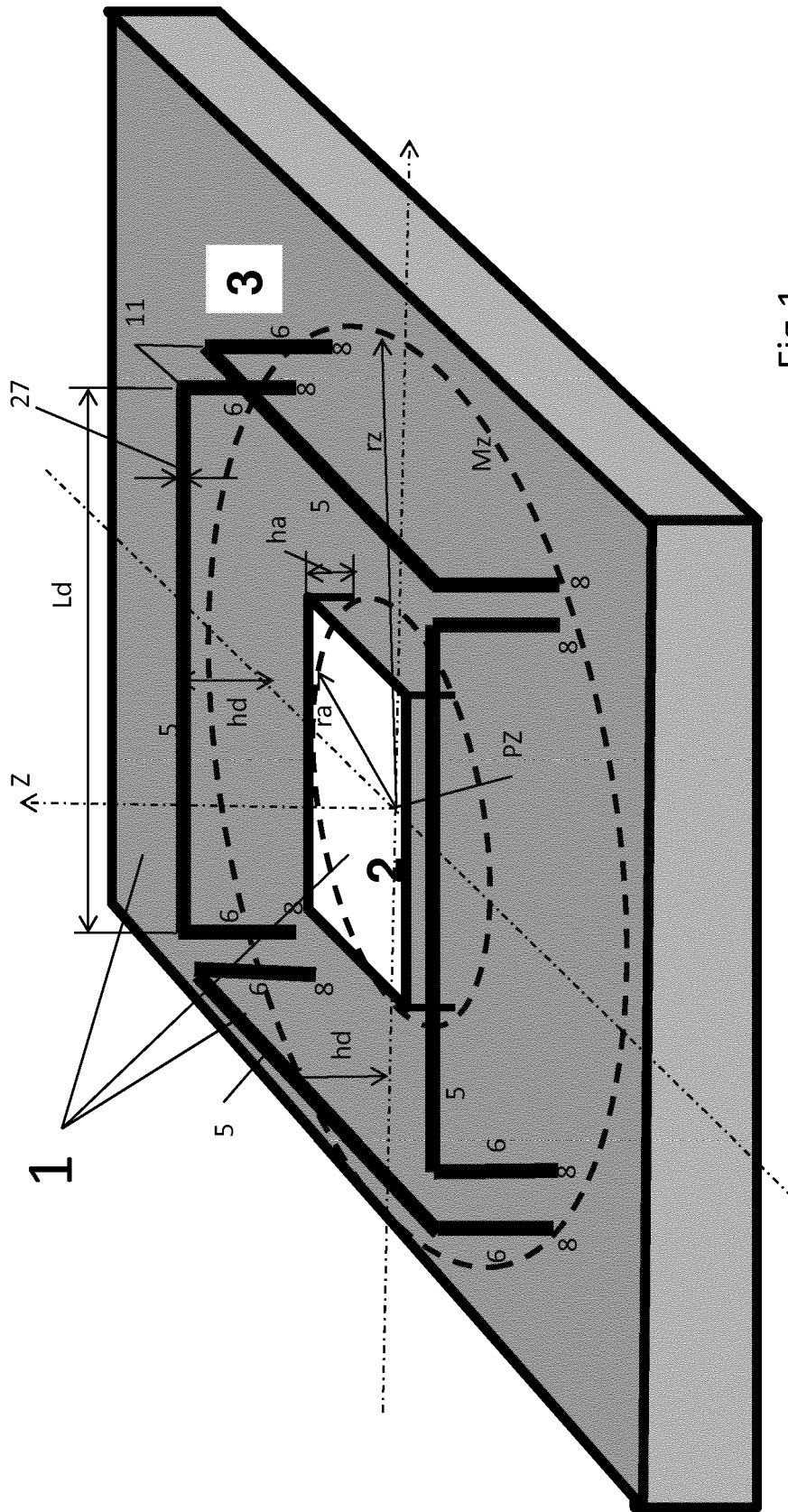


Fig.1



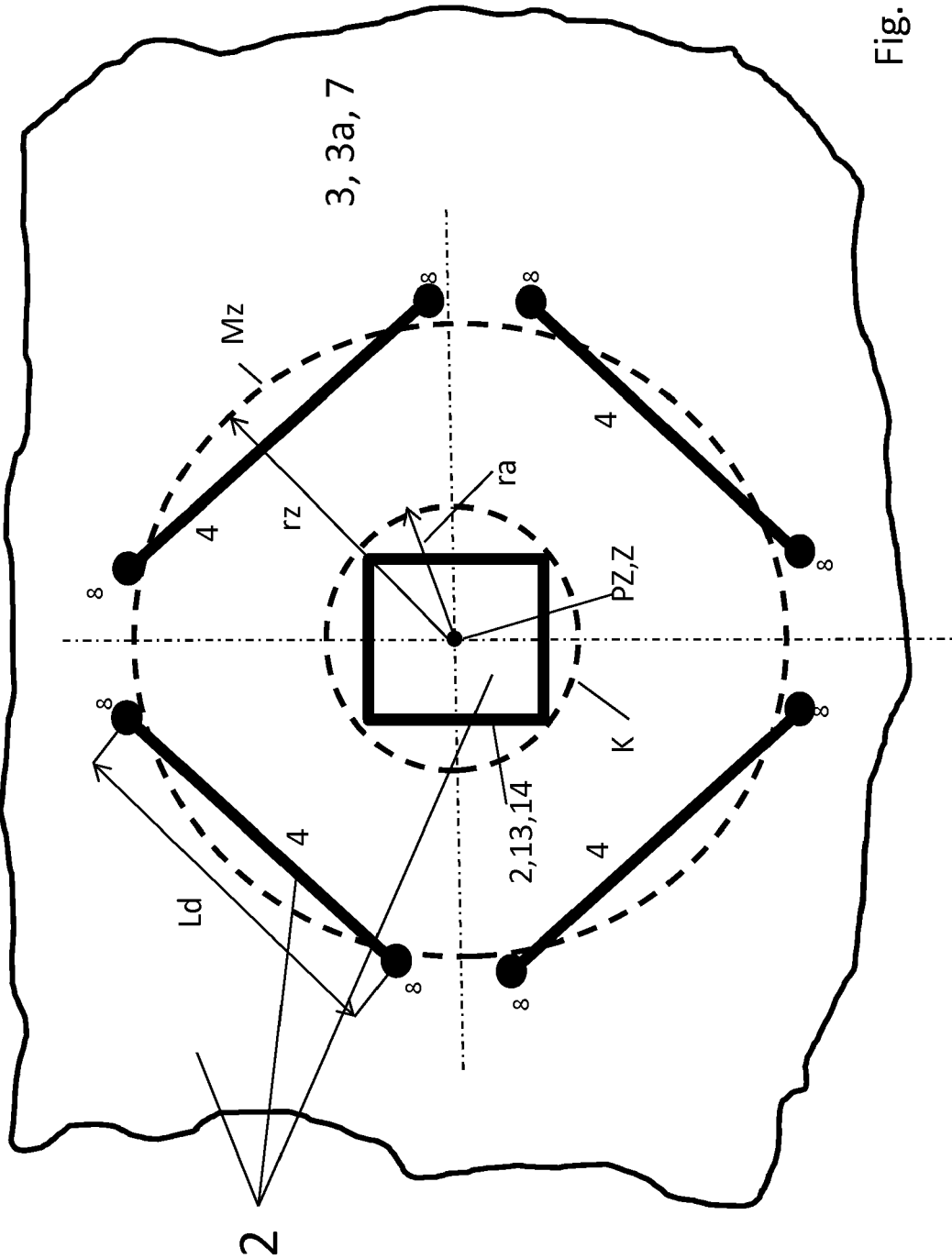
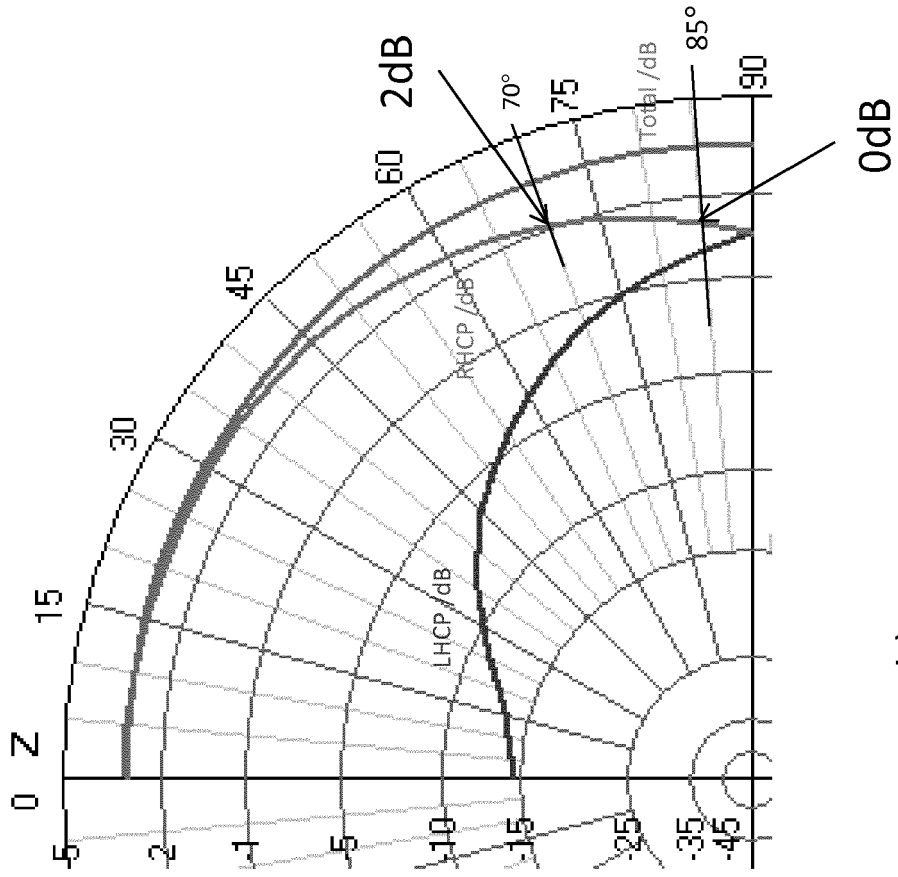
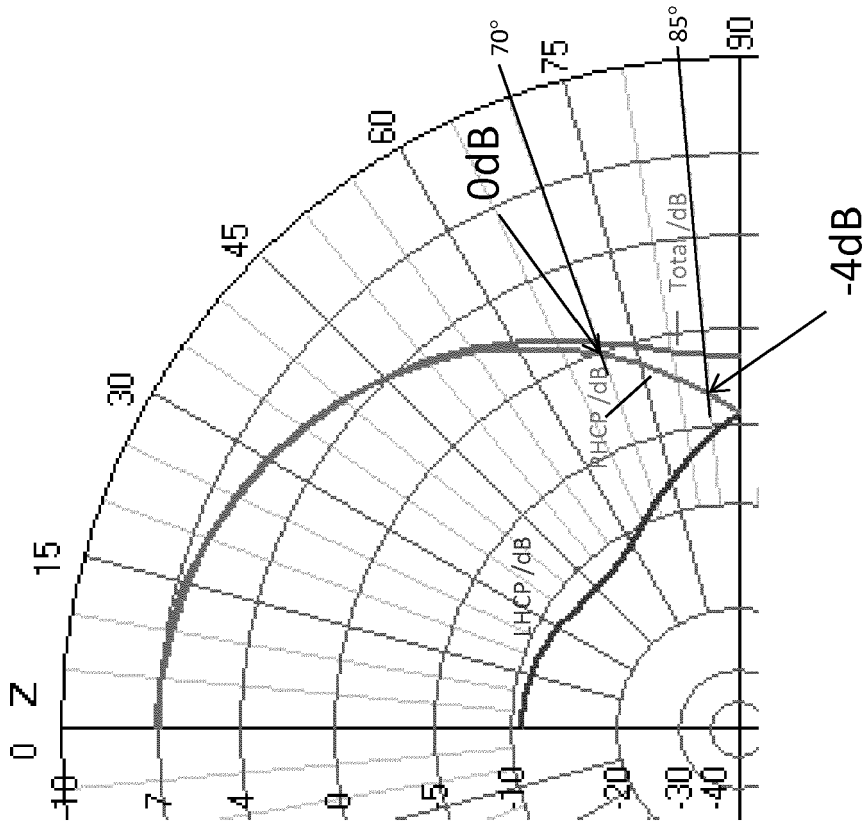


Fig. 2

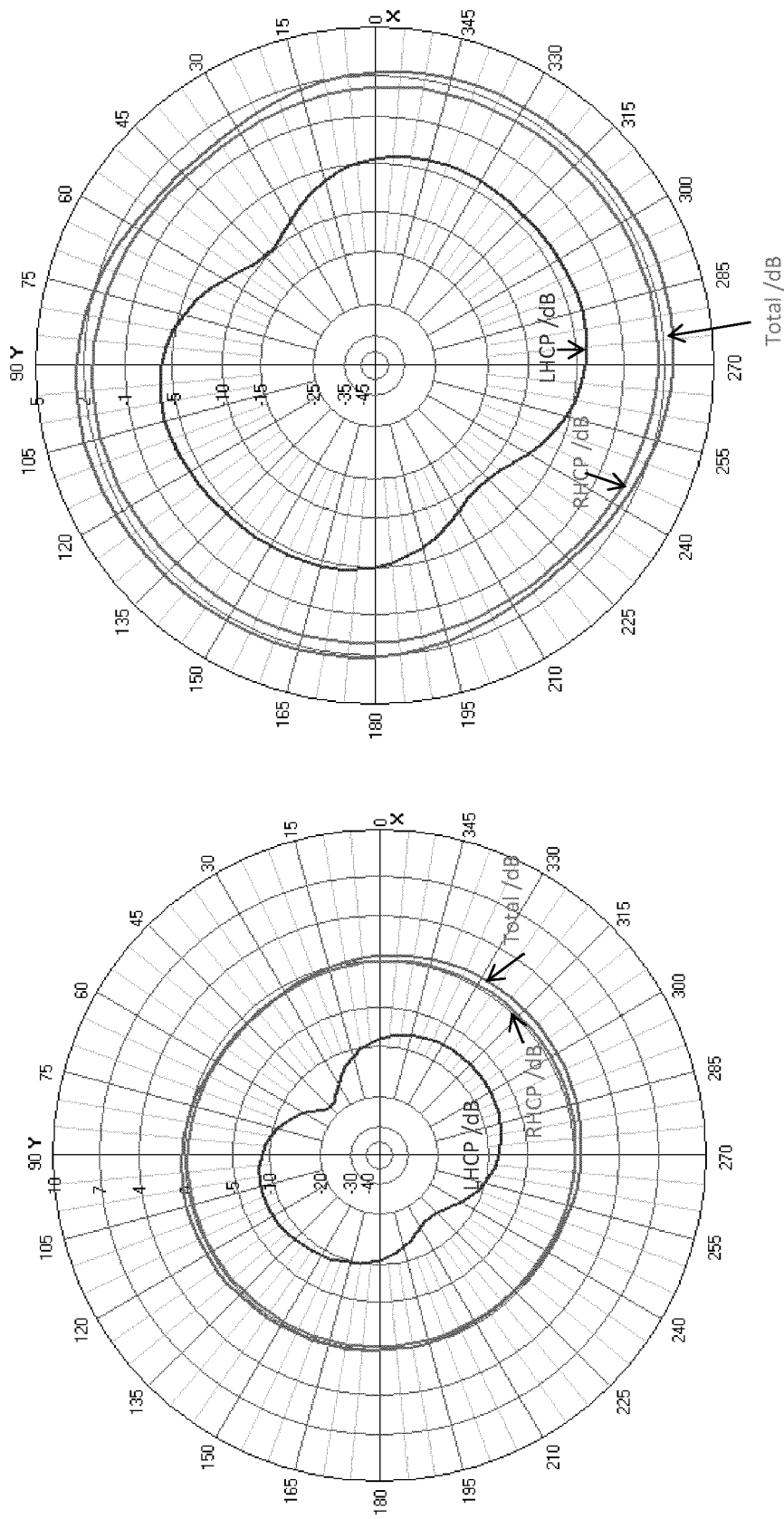


b)



a)

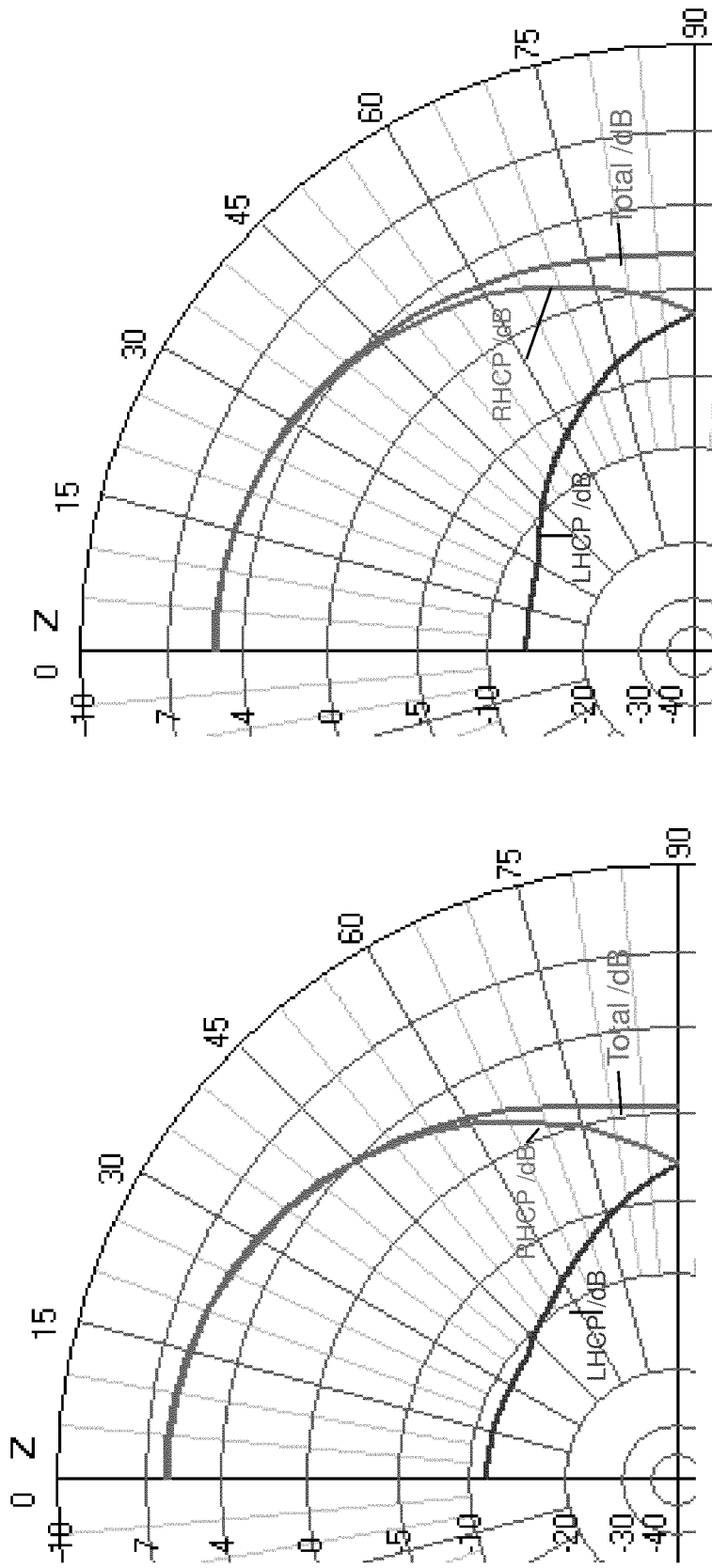
Fig.3



a)

b)

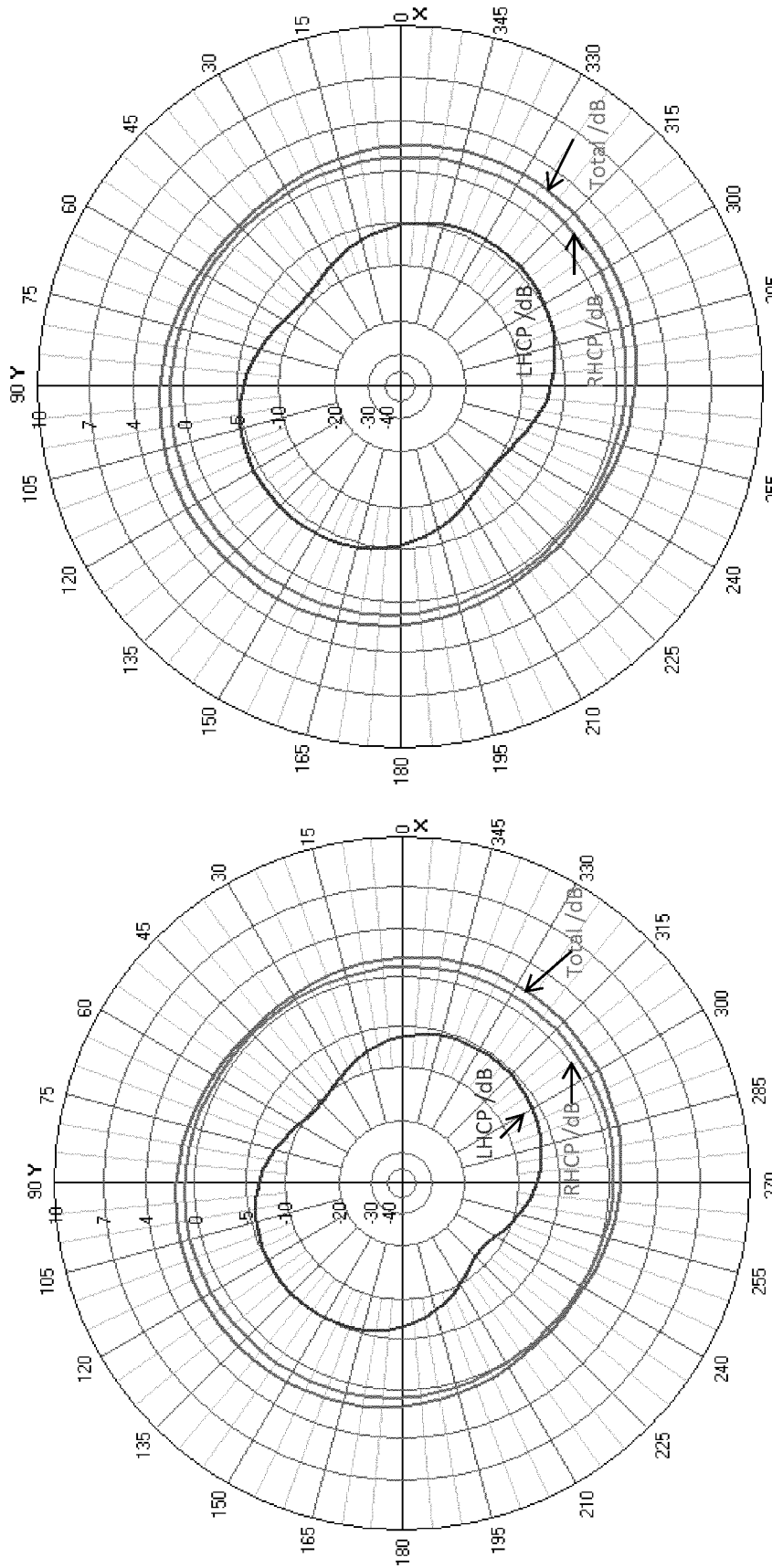
Fig.4



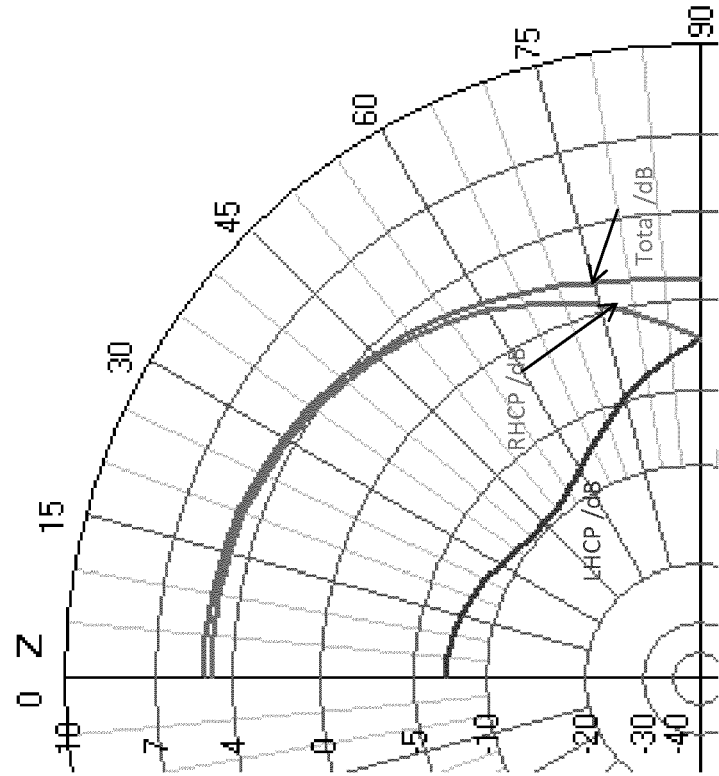
b)

a)

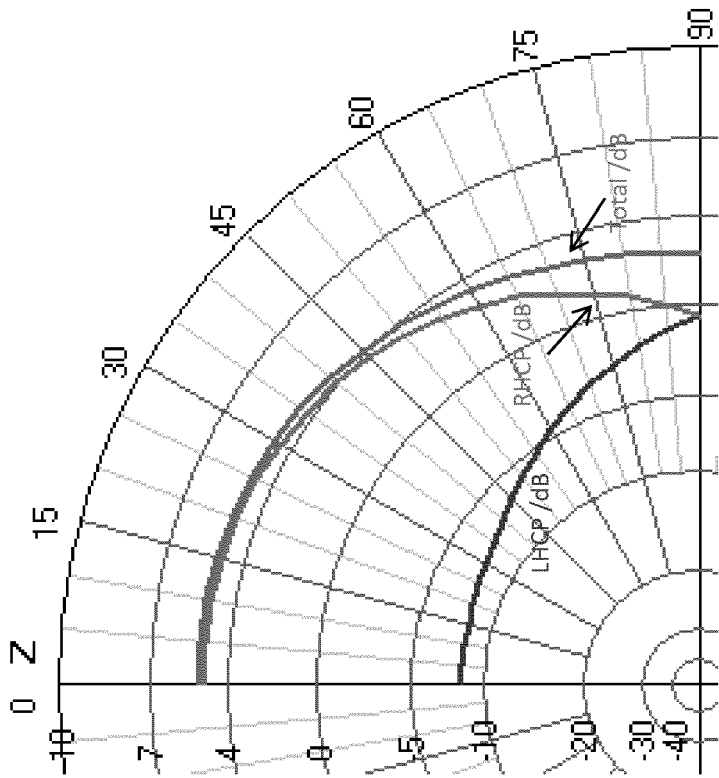
Fig.5



a) Fig.6 b)

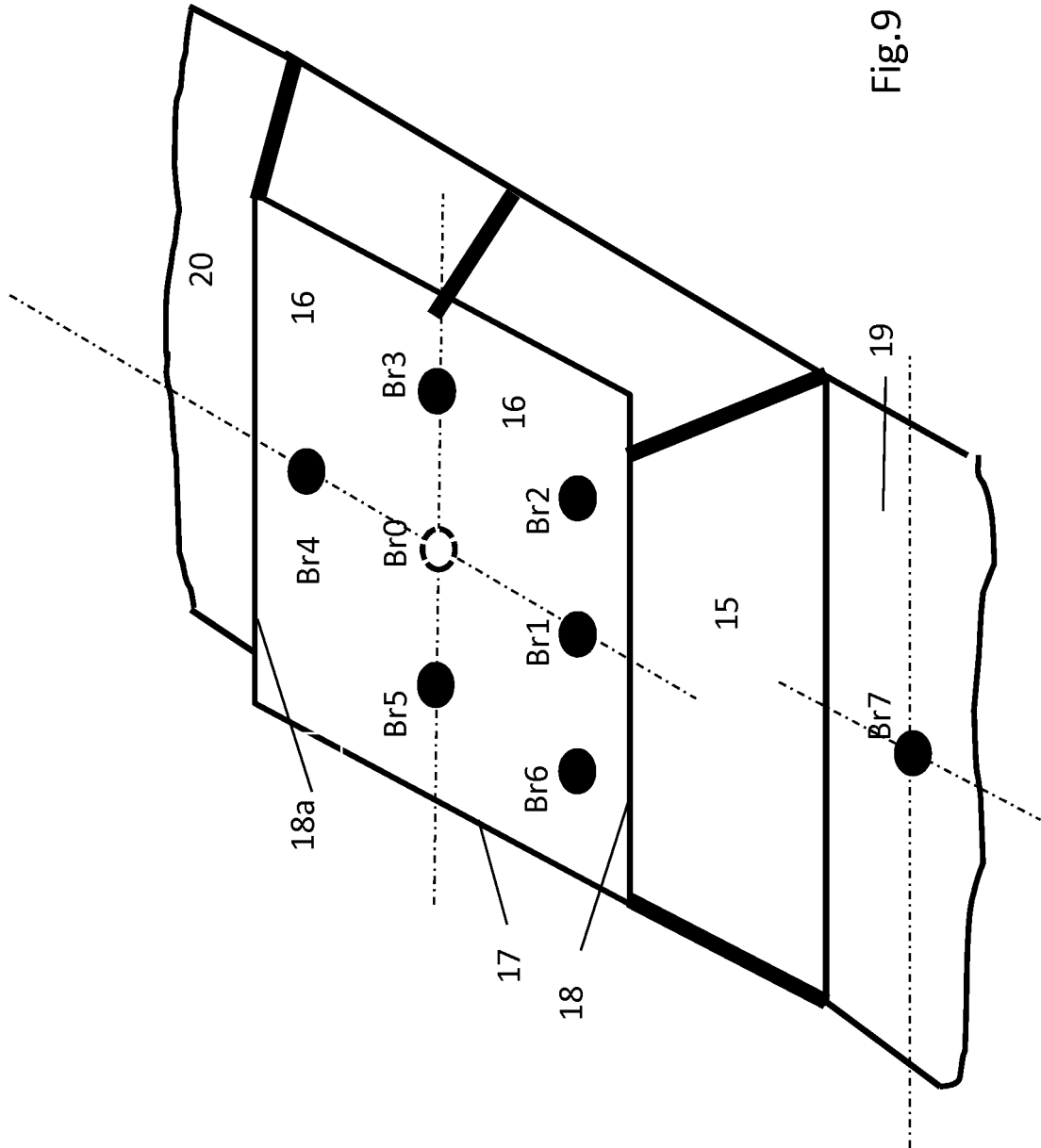


b) Fig.7



a)





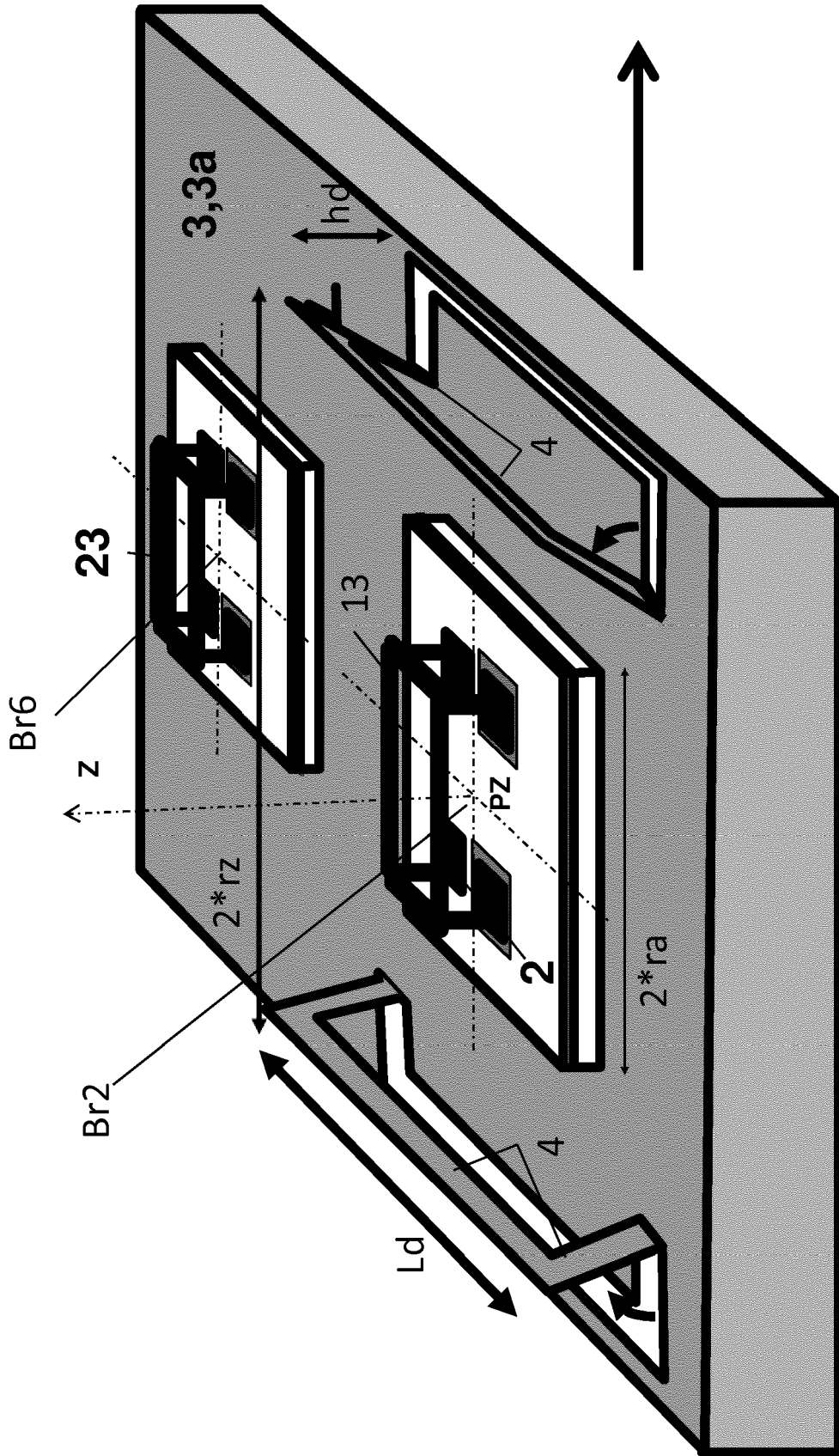


Fig.10

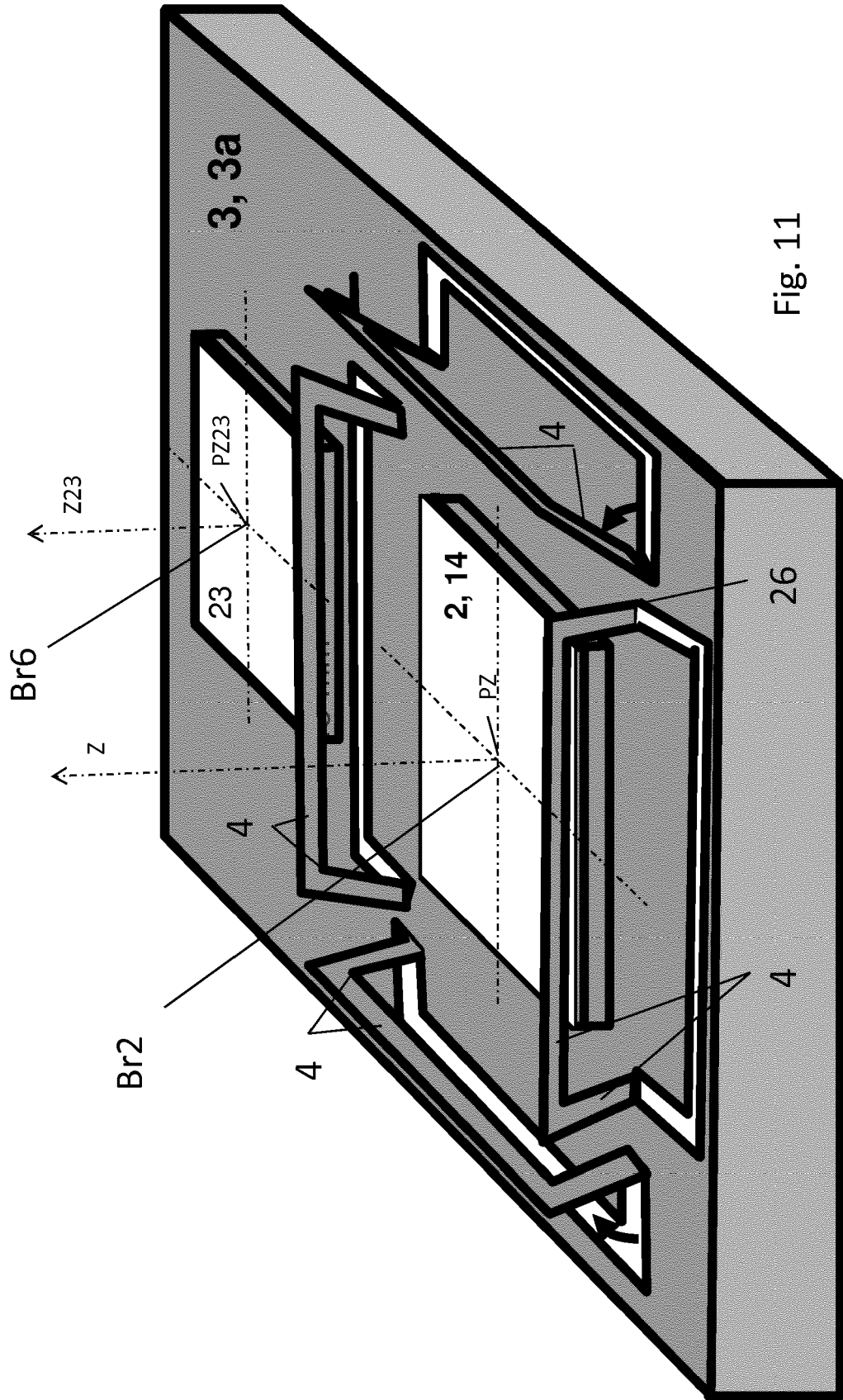


Fig. 11

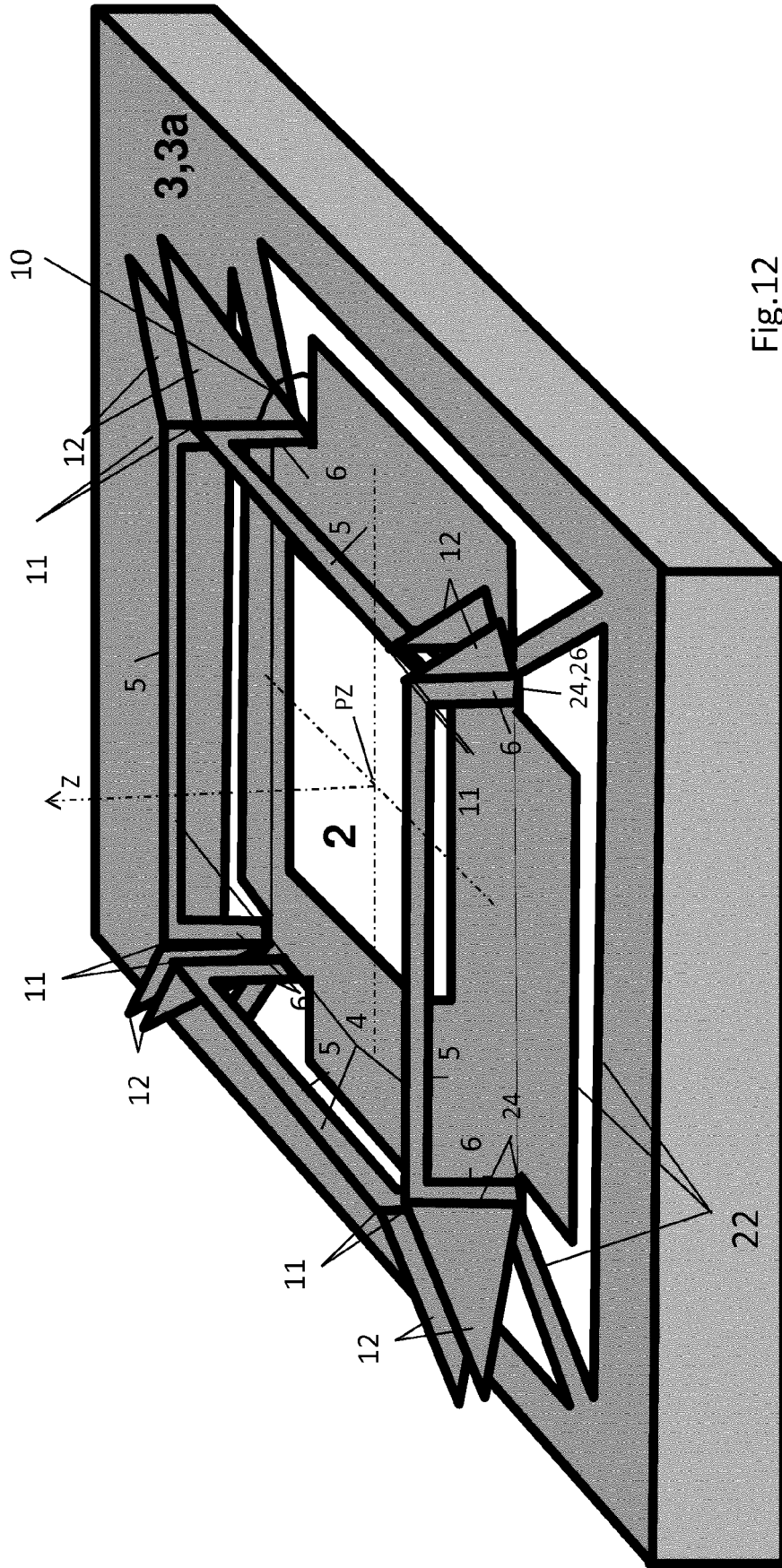


Fig.12

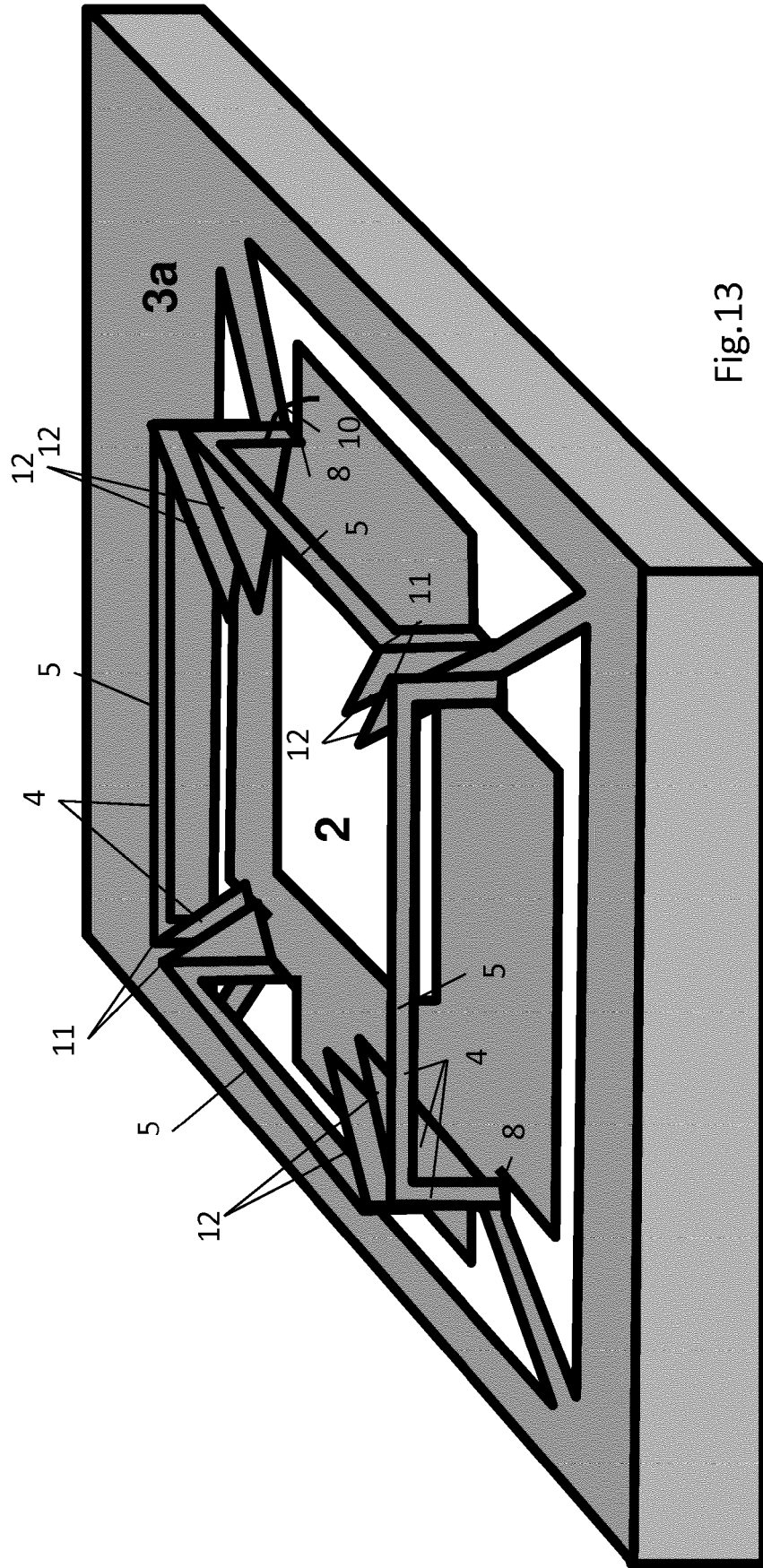


Fig. 13

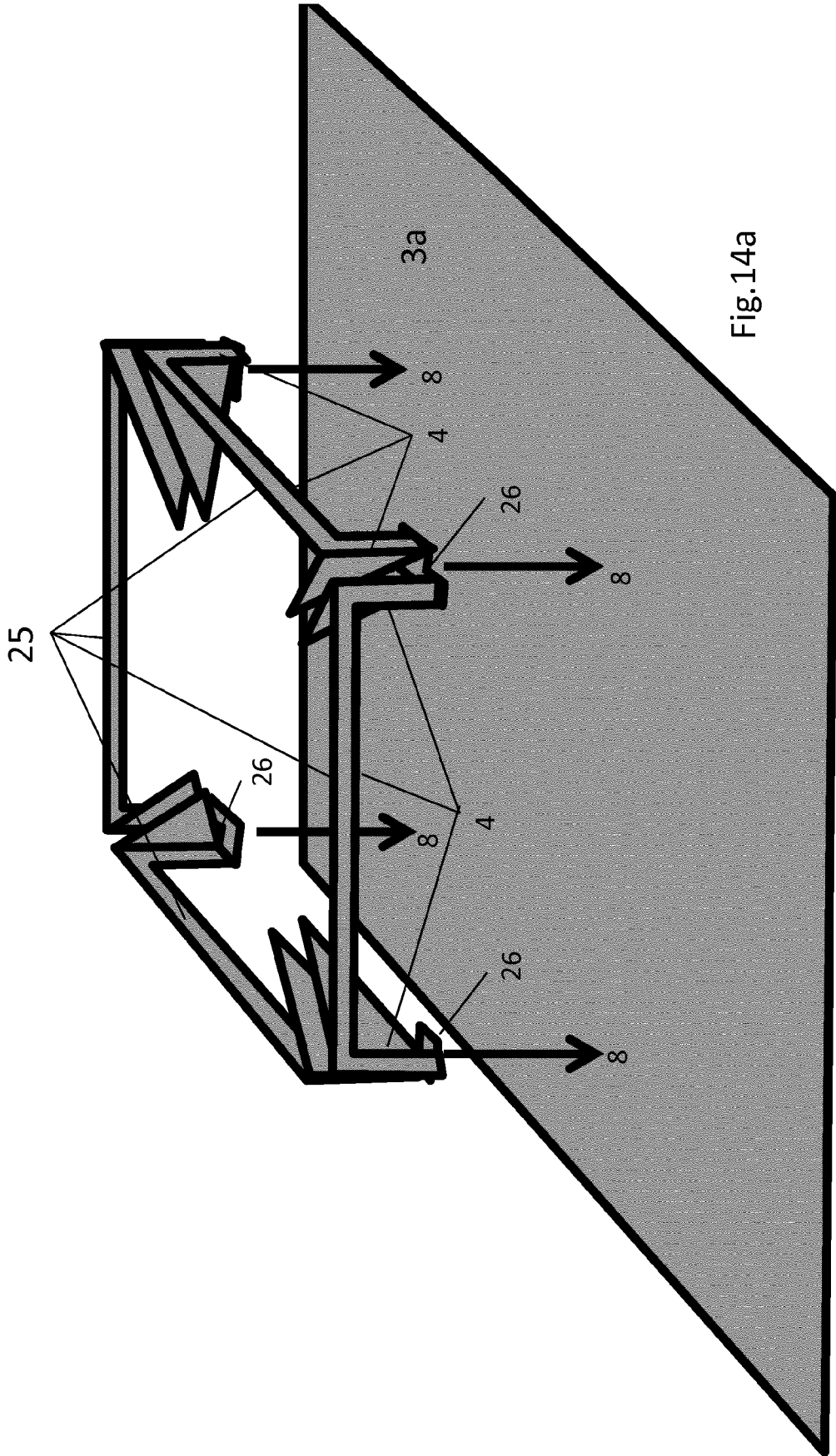


Fig.14a

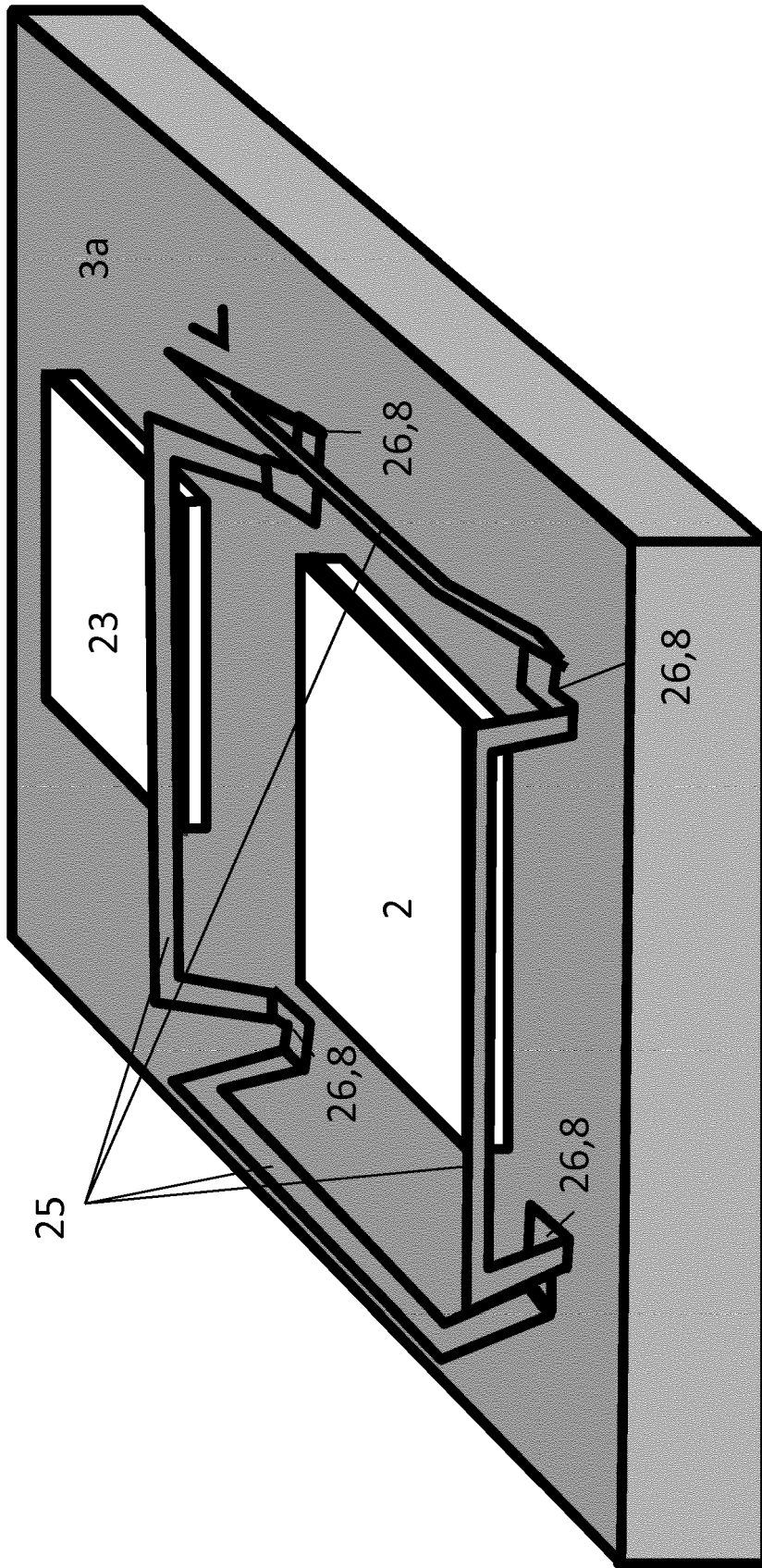


Fig.14b



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 18 20 1246

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE  |   |  |                                    |
|---|---|--|------------------------------------|
| Kategorie   | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile   | Betrifft Anspruch  | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC) |
| X   | US 2013/050037 A1 (TAKEMURA NOBUYASU [JP] ET AL) 28. Februar 2013 (2013-02-28)<br>* Zusammenfassung; Abbildung 1 *<br>* Absätze [0069] - [0075] *<br>-----  | 1,3-7,<br>9-11,15  | INV.<br>H01Q1/32<br>H01Q19/28      |
| A   | EP 0 340 404 A2 (BALL CORP [US])<br>8. November 1989 (1989-11-08)<br>* Zusammenfassung; Abbildungen 1-4 *<br>* Spalte 2, Zeile 30 - Spalte 8, Zeile 37 *<br>-----                                   | 1-15   | ADD.<br>H01Q9/04                   |
| A   | WO 2008/054803 A2 (AGC AUTOMOTIVE AMERICAS R & D [US]; SURITTIKUL NUTTAWIT [TH]; VILLARRO) 8. Mai 2008 (2008-05-08)<br>* Zusammenfassung; Abbildungen 1-4 *<br>* Absätze [0021] - [0049] *<br>----- | 1-15   |                                    |
|   |   |  | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)    |
|   |   |  | H01Q                               |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt   |   |  |                                    |
| Recherchenort<br><b>Den Haag</b>  |   | Abschlußdatum der Recherche<br><b>4. März 2019</b>   | Prüfer<br><b>Hüschelrath, Jens</b> |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : nichtschriftliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |   | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>.....<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                    |

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 18 20 1246

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

04-03-2019

10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 2013050037 A1                                   | 28-02-2013                    | KEINE                             |                               |
| -----  |                               |                                   |                               |
| EP 0340404 A2                                      | 08-11-1989                    | AU 618804 B2                      | 09-01-1992                    |
|  |                               | CA 1322046 C                      | 07-09-1993                    |
|  |                               | EP 0340404 A2                     | 08-11-1989                    |
|  |                               | IL 89411 A                        | 06-09-1992                    |
|  |                               | JP H0219006 A                     | 23-01-1990                    |
|  |                               | US 4864320 A                      | 05-09-1989                    |
| -----  |                               |                                   |                               |
| WO 2008054803 A2                                   | 08-05-2008                    | US 2010141517 A1                  | 10-06-2010                    |
|  |                               | WO 2008054803 A2                  | 08-05-2008                    |
| -----  |                               |                                   |                               |

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**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 102009040910 A [0002] [0004]
- DE 4008505 A [0002]
- DE 10163793 A [0002]