



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 13 902 T2** 2007.03.29

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 246 299 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 13 902.3**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 006 441.6**

(96) Europäischer Anmeldetag: **22.03.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.10.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **16.08.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.03.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H01Q 9/42** (2006.01)

**H01Q 9/44** (2006.01)

**H01Q 5/00** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**2001088029**      **26.03.2001**      **JP**

**2002041657**      **19.02.2002**      **JP**

(73) Patentinhaber:

**Matsushita Electric Industrial Co., Ltd., Kadoma,  
Osaka, JP**

(74) Vertreter:

**Eisenführ, Speiser & Partner, 28195 Bremen**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB**

(72) Erfinder:

**Yamamoto, Atsushi, Osaka-shi, Osaka 538-0037,  
JP; Iwai, Hiroshi, Kobe-shi, Hyogo 651-1231, JP;  
Ogawa, Koichi, Hirakata-shi, Osaka 573-1171, JP**

(54) Bezeichnung: **M-förmige Antenne**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

## 1. Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine M-förmige Antennenvorrichtung und insbesondere eine M-förmige Antennenvorrichtung mit mindestens zwei M-förmigen Antennen.

## 2. Beschreibung der relevanten Technik

**[0002]** [Fig. 24](#) ist eine perspektivische Ansicht, welche die Ausgestaltung einer Antennenvorrichtung gemäß dem Stand der Technik zeigt, die in der Lage ist, bei einer Mehrzahl von Frequenzen zu arbeiten, und [Fig. 25](#) ist eine vergrößerte Draufsicht, welche einen detaillierten Aufbau eines Antennenelementes **113** und seiner Peripherie gemäß [Fig. 24](#) zeigt.

**[0003]** Unter Bezugnahme auf [Fig. 24](#) weist die Antennenvorrichtung gemäß dem Stand der Technik ein rechteckiges Vorrichtungsgehäuse auf, welches einen auf der oberseitigen Oberfläche in der X-Y-Ebene vorgesehenen Masseleiter **111**, drei auf der oberseitigen Oberfläche vorgesehene, rechteckförmige Oberflächenleiter **115a**, **115b** und **115c**, und vier Seitenflächenleiter **114** aufweist. Auf der Oberseite ist eine rechteckförmige Öffnung **116** zwischen dem Oberflächenleiter **115a**, der etwa in einem zentralen Abschnitt angeordnet ist, und dem Oberflächenleiter **115b** gebildet, und eine rechteckförmige Öffnung **117** ist zwischen dem Oberflächenleiter **115a** und dem Oberflächenleiter **115c** gebildet. In diesem Fall befindet sich ein kreisförmiger Einspeisepunkt **118** ungefähr in einem zentralen Abschnitt des Oberflächenleiters **115a**. Andererseits ist ein Einspeiseabschnitt **112** auf dem Masseleiter **111** gleich unterhalb des Einspeisepunktes **118** vorgesehen, und ein zentraler Leiter des Einspeiseabschnitts **112** ist an das untere Ende des Antennenelementes **113** angeschlossen. Das Antennenelement **113** erstreckt sich in vertikaler Richtung, und sein oberes Ende befindet sich beim Einspeisepunkt **118**.

**[0004]** Unter Bezugnahme auf [Fig. 25](#) ist bei dem kreisförmigen Einspeisepunkt **118** eine Lücke **120** zwischen dem Oberflächenleiter **115a** und dem oberen Ende des Antennenelementes **113** gebildet, und eine Frequenz-Auswahlschaltung **119** ist zwischen diesen angeschlossen. Bei dieser Antennenvorrichtung, gemäß dem Stand der Technik, sind der Masseleiter **111**, die Oberflächenleiter **115a**, **115b** und **115c** und die vier Seitenleiter **114** elektrisch miteinander verbunden, um ein rechteckiges symmetrisches Parallelogramm bezüglich der Z-Y-Ebene und Z-X-Ebene zu bilden. Auf der Oberseite sind zwei rechteckförmige Öffnungen **116** und **117** der selben Form bezüglich der Z-Y-Ebene symmetrisch angeordnet, der Einspeiseabschnitt **112** ist im Ursprung der X-Y-Ebene angeordnet, und das Antennenelement **113** wird aus einer Leiterbahn gebildet, welche senkrecht zur X-Y-Ebene ist.

**[0005]** Der Betrieb, der in den [Fig. 24](#) und [Fig. 25](#) dargestellten Antennenvorrichtung, wird nachfolgend detailliert beschrieben. Gemäß dieser Antennenvorrichtung wird eine Antenne, die entsteht, wenn die Lücke **120** durch Ersetzen der Frequenz-Auswahlschaltung **119** mit einem Leiter kurzgeschlossen wird, als erstes Antennenelement bezeichnet, und die Frequenz der ersten Antenne wird mit  $f_1$  bezeichnet. Darüber hinaus wird eine Antenne, welche gebildet wird, wenn die Lücke **120** durch Entfernen der Frequenz-Auswahlschaltung **119** geöffnet wird, als zweites Antennenelement bezeichnet, und die Resonanz-Frequenz der Antenne wird mit  $f_2$  bezeichnet. Daher weist die erste Antenne eine Struktur auf, in welcher das Antennenelement **113** und der Oberflächenleiter **115a** miteinander kurzgeschlossen sind, während die zweite Antenne eine Struktur aufweist, in welcher eine elektrische Kapazität, die von der Lücke **120** bereitgestellt wird, zwischen dem Antennenelement **113** und dem Oberflächenleiter **115a** in Serie angeschlossen ist. Bei dieser Anordnung weisen die ersten und zweiten Antennen unterschiedliche Resonanz-Frequenzen auf.

**[0006]** Die Frequenz-Auswahlschaltung **119** weist eine derartige Charakteristik auf, dass sie bei der Frequenz  $f_1$  eine geringe Impedanz und bei der Frequenz  $f_2$  eine hohe Impedanz besitzt. Wenn das Antennenelement **113** und der Oberflächenleiter **115a** durch die Frequenz-Auswahlschaltung **119** aneinander angeschlossen sind, dann wird die Frequenz-Auswahlschaltung **119** in einen Zustand niedriger Impedanz versetzt, d.h. bei der Frequenz  $f_1$  nahezu kurzgeschlossen, und die Antenne arbeitet als erste Antenne. Wie vorstehend beschrieben, wird diese Antenne eine Antennenvorrichtung, welche bei beiden Frequenzen der ersten und zweiten Antennen mit einer Antennenstruktur arbeitet.

**[0007]** [Fig. 26](#) ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Ausgestaltung eines Implementierungsbeispiels

(Prototyp) der Antennenvorrichtung nach [Fig. 24](#) darstellt. In diesem Implementierungsbeispiel wird das Verhältnis zwischen der Frequenz  $f_1$  und der Frequenz  $f_2$  durch die folgende Gleichung (1) ausgedrückt.

$$f_2 = 2,6 \times f_1 \quad (1)$$

**[0008]** In diesem Fall wird die Freiraum-Wellenlänge der Frequenz  $f_1$  durch  $\lambda_1$  bezeichnet und die Freiraum-Wellenlänge der Frequenz  $f_2$  durch  $\lambda_2$ . In diesem Fall weist der Masseleiter **111** eine rechteckige Form auf, welche mit zwei Seiten eine Länge von  $0,72 \times \lambda_1$  und eine Länge von  $0,56 \times \lambda_1$  besitzen, und die Seitenleiter **114** haben eine Höhe von  $0,06 \times \lambda_1$ . Der Oberflächenleiter **115a**, welcher etwa in einem zentralen Bereich angeordnet ist, weist eine rechteckige Form auf, bei der die zur X-Achse parallele Seite eine Länge von  $0,26 \times \lambda_1$  und die zur Y-Achse parallele Seite eine Länge von  $0,56 \times \lambda_1$  besitzt. Die Oberflächenleiter **115b** und **115c**, welche an beiden Enden angeordnet sind, weisen eine Rechteckform auf, deren zur X-Achse parallele Seite eine Länge von  $0,08 \times \lambda_1$  und die zur Y-Achse parallele Seite eine Länge von  $0,56 \times \lambda_1$  besitzen. Die zwei rechteckförmigen Öffnungen sind die Rechtecke, deren Seite parallel zur X-Achse eine Länge von  $0,15 \times \lambda_1$  und deren Seite parallel zur Y-Achse eine Länge von  $56 \times \lambda_1$  aufweisen. Die elektrischen Eigenschaften dieser Antennenvorrichtung, wenn die Antennenvorrichtung eine zur Z-X-Ebene und Z-Y-Ebene symmetrische Struktur aufweist, sind wie folgt.

**[0009]** Ferner ist das Antennenelement **113** eine Leiterbahn, welche einen Durchmesser von  $0,015 \times \lambda_1$  und eine Elementlänge von  $0,06 \times \lambda_1$  aufweist. Die Frequenz-Auswahlschaltung **119** wird mit einer LC-Parallelschaltung gebildet, deren Resonanz-Frequenz die Frequenz  $f_2$  ist. Wie in dem Smith-Diagramm nach [Fig. 30](#) dargestellt, erhält diese Frequenz-Auswahlschaltung **119** eine niedrige Impedanz bei der Frequenz  $f_1$  und eine hohe Impedanz bei der Frequenz  $f_2$ . Um ein Beispiel zu nennen, bei dem die Frequenz  $f_2$  2,14 GHz beträgt, ist eine Kombination der Induktanz L und der elektrostatischen Kapazität C des LC-Parallelschaltkreises als ein Beispiel vorgesehen, in welchem  $L = 11\text{nH}$  und  $C = 0,5\text{ pF}$  beträgt.

**[0010]** [Fig. 27A](#) ist ein Diagramm, welches eine Rückflusssdämpfung (Voltage Standing Wave Ratio = VSWR) -Charakteristik bezüglich einer normalisierten Frequenz  $f/f_1$  des ersten Antennenelements darstellt, wenn die Frequenz-Auswahlschaltung **119** durch einen Kurzschlussleiter in der Antennenvorrichtung des Implementierungsbeispiels nach [Fig. 26](#) ersetzt wird. [Fig. 27B](#) ist ein Diagramm, welches eine Rückflusssdämpfung (VSWR) -Charakteristik bezüglich einer normalisierten Frequenz  $f/f_2$  des zweiten Antennenelements zeigt, wenn die Frequenz-Auswahlschaltung **119** in einen offenen Zustand in der Antennenvorrichtung des Implementierungsbeispiels nach [Fig. 26](#) gebracht wird. [Fig. 27C](#) ist ein Diagramm, welches eine Rückflusssdämpfung (VSWR) -Charakteristik bezüglich der Frequenz der Antennenvorrichtung zeigt, welche mit der Frequenz-Auswahlschaltung **119** in der Antennenvorrichtung des Implementierungsbeispiels nach [Fig. 26](#) ausgestattet ist. In diesem Fall wird angenommen, dass die charakteristische Impedanz des Einspeisekabels, welches an den Einspeiseabschnitt **112** der Antennenvorrichtung angeschlossen ist,  $50\ \Omega$  beträgt.

**[0011]** [Fig. 27A](#) zeigt eine Impedanz-Charakteristik der ersten Antenne, in welcher die Frequenz-Auswahlschaltung **119** durch einen Leiter ersetzt ist, und es ist zu verstehen, dass bei der Mittenfrequenz  $f_1$  Resonanz auftritt. [Fig. 27B](#) zeigt eine Impedanz-Charakteristik der zweiten Antenne, aus welcher die Frequenz-Auswahlschaltung **119** entfernt ist, und es ist zu verstehen, dass Resonanz bei der Mittenfrequenz  $f_2$  auftritt. Bei beiden Antennen nimmt das Frequenzband, dessen VSWR gleich oder kleiner als Zwei ist, 10% oder mehr eines Bandbreitenverhältnisses ein und es tritt eine zufrieden stellende Charakteristik von geringen Verlusten über ein breites Band auf. [Fig. 23C](#) zeigt eine Impedanz-Charakteristik einer Probeantenne gemäß dem Stand der Technik, welche mit der Frequenz-Auswahlschaltung **119** ausgestattet ist, und es ist zu verstehen, dass Resonanz bei den beiden Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  auftritt. Wie vorstehend beschrieben, kann diese Antennenvorrichtung als eine Antennenvorrichtung bereitgestellt werden, welche eine zufrieden stellende Impedanz-Charakteristik mit geringen Reflektionsverlusten bei den beiden Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  besitzt.

**[0012]** Selbst bei dieser experimentellen Antennenvorrichtung ist die Höhe des Antennenelements **113**  $0,06 \times \lambda_1$  ( $= 0,16 \times \lambda_2$ ), was weniger ist als das des gewöhnlichen Viertel-Wellenlängen-Antennenelementes. Dies bedeutet eine kapazitive Kopplung, welche zwischen den Oberflächenleitern **115a**, **115b** und **115c** und dem Masseleiter **111** der Antennenvorrichtung auftritt und welche gleich einer kapazitiven Last ist, welche am oberen Ende des Antennenelementes **113** vorgesehen ist, sodass dies zu einer Verringerung der Höhe der Antennenvorrichtung führt.

**[0013]** [Fig. 28A](#) ist ein Diagramm, welches eine Richtcharakteristik in der horizontalen Ebene der Frequenz  $f_1$  in der Antennenvorrichtung nach [Fig. 26](#) zeigt, während [Fig. 28B](#) ein Diagramm ist, welches eine Richtcharakteristik in der vertikalen Ebene bei der Frequenz  $f_1$  in der Antennenvorrichtung nach [Fig. 26](#) zeigt. [Fig. 29A](#)

ist ein Diagramm, welches eine Richtcharakteristik in der horizontalen Ebene der Frequenz  $f_2$  in der Antennenvorrichtung nach [Fig. 26](#) zeigt, und [Fig. 29B](#) ist ein Diagramm, welches eine Richtcharakteristik in der vertikalen Ebene der Frequenz  $f_2$  in der Antennenvorrichtung nach [Fig. 26](#) zeigt. In diesem Fall entspricht ein Teilabschnitt des Maßstabs der Abstrahlungs-Richtcharakteristik 10 dB, und die Einheit ist „dBd“, basierend auf dem Gewinn der Dipol-Antenne. Als Einheit zur Darstellung des Gewinns der Antennenvorrichtung wird „dBi“ gewählt, was einem Gewinn der elektrischen Strahlungsleistung aus einer punktförmigen Wellenquelle entspricht, und es besteht eine Beziehung gemäß der folgenden Gleichung (2) zwischen dem Gewinn „dBd“ und dem Gewinn „dBi“.

$$1 \text{ dBd} = 2,15 \text{ dBi} \quad (2)$$

**[0014]** Wie den [Fig. 28](#) und [29](#) zu entnehmen ist, wird in dieser Antennenvorrichtung, bezüglich der Abstrahlungs-Richtcharakteristik in der X-Y-Ebene, bei der Frequenz  $f_1$  die Abstrahlung der elektrischen Welle in der Y-Richtung unterdrückt, und die Abstrahlung der elektrischen Welle in der X-Richtung wird verstärkt. Jedoch tritt hinsichtlich der Abstrahlungs-Richtcharakteristik in der X-Y-Ebene bei der Frequenz  $f_2$  eine intensive Strahlung in sechs Richtungen auf, obwohl die Strahlung der elektrischen Welle in der Y-Richtung unterdrückt wird. Das ist der Tatsache zuzuschreiben, dass eine abgestufte Strahlungskeule auftritt, da die Tiefe der Antennenvorrichtung  $1,43 \times \lambda_2 (= 0,56 \times \lambda_1)$  beträgt. Darüber hinaus strahlt diese Antennenvorrichtung bei jeder Frequenz kaum elektrische Wellen an der Unterseite der Antennenvorrichtung (-Z-Bereich in einer Richtung abwärts von dem Masseleiter **111**) ab und strahlt sehr starke elektrische Wellen im + Z-Bereich in einer Richtung aufwärts von der Oberseite der Antennenvorrichtung ab. Insbesondere ist die Richtcharakteristik in einer schrägeitlichen Richtung von der Antennenvorrichtung vergleichsweise stark. Mit anderen Worten wird die Strahlungsleistung Kraft des Oberflächenleiters **115a** und des Masseleiters **111**, welche das Antennenelement **113** peripher umgeben, in Richtung auf die unterseitige Oberfläche der Antennenvorrichtung, d.h. in Z-Richtung, reduziert.

**[0015]** Darüber hinaus sind bei dieser Antennenvorrichtung die Öffnungen **116** und **117** zum Abstrahlen elektrischer Wellen auf der Oberseite der Antennenvorrichtung vorgesehen, und das Antennenelement **113**, welches als Strahlungsquelle dient, ist von dem Masseleiter **111** und dem Oberflächenleiter **115a** umgeben. Demnach besteht ein geringer Einfluss auf die Abstrahlung elektrischer Wellen aufgrund der Ausgestaltung der Antennenumgebung in Richtung auf die Seitenfläche und in Richtung auf die Unterseite der Antennenvorrichtung. Es ist mit anderen Worten möglich, die Antennenvorrichtung, wenn diese Antennenvorrichtung in der Decke geschlossener Räume oder Ähnlichem installiert wird, in die Zimmerdecke einzubetten und die Antennenvorrichtung schlüssig mit der Zimmerdecke auszurichten, sodass zur Installation der M-förmigen Antennenvorrichtung die Oberseite der Antennenvorrichtung dem Abstrahlungsraum gegenüberliegt. Mit dieser Anordnung wird eine Antennenvorrichtung bereitgestellt, welche keine hervorstehenden Gegenstände oder Ähnliches an der Decke aufweist und welche aus ästhetischen Gründen wünschenswert ist, weil sie weniger ins Auge fällt.

**[0016]** Wie vorstehend beschrieben, ist gemäß dem Aufbau der Antennenvorrichtung gemäß dem Stand der Technik, mit einer dünnen Struktur eine Antenne vorgesehen, die kleiner ist als ein aus der Decke ragender Gegenstand, ästhetisch wünschenswert und weniger auffällig, wenn es unmöglich ist, die Antenne in der Zimmerdecke einzubetten.

**[0017]** In Verbindung mit dem Beispiel gemäß dem Stand der Technik und dem experimentellen Beispiel, welches hier beschrieben ist, wurde eine Antennenvorrichtung beschrieben, welche eine mit der Z-Y-Ebene und der Z-X-Ebene symmetrische Struktur aufweist. In diesem Fall tritt der Effekt auf, dass die Richtcharakteristik der elektrischen Wellen, welche von der Antennenvorrichtung abgestrahlt werden, bezüglich der Z-Y-Ebene und der Z-X-Ebene symmetrisch werden. Wie zuvor beschrieben, kann gemäß der konventionellen Antennenvorrichtung eine kompakte Antenne mit einer einfachen Struktur bereitgestellt werden, welche bei zwei oder mehr Frequenzen Resonanzen aufweist.

**[0018]** Jedoch weist die in [Fig. 24](#) dargestellte Antennenvorrichtung gemäß dem Stand der Technik die folgenden Probleme auf. Wie vorstehend beschrieben, ist die obige Struktur in der Lage, bei zwei oder mehr Frequenzen zu arbeiten. Da jedoch alle Resonanz-Frequenzen durch die Form der Antennenvorrichtung festgelegt werden, war eine fortschrittliche Designtechnik erforderlich, um die Resonanz-Frequenzen zu designen. Insbesondere war, wenn eine Mehrzahl von Frequenzbändern von einer Mehrzahl von Anwendungen verwendet wird, eine noch aufwendigere Designtechnologie zum designen der Antennen erforderlich. Es war demnach in diesem Fall unvermeidlich einzusehen, dass die Struktur gemäß dem Stand der Technik, welche untauglich war, frei und leicht eine Mehrzahl von Resonanz-Frequenzen auszuwählen, ungeeignet war.

**[0019]** Das US-Patent 5,457,470 betrifft eine Autoantenne des M-Typs für Verkehrsinformations-Kommunikationssysteme. Diese Antenne beinhaltet ein Antennenelement, welches eine Länge aufweist, die der halben Wellenlänge der Funkwelle entspricht, welche in dem Informations-Kommunikationssystem verwendet wird und einen Anschluss, welcher über eine elektrostatische Kopplung mit dem Zentrum des Antennenelementes verbunden ist. Die Impedanz-Anpassung und -Einspeisung wird durch den Anschluss ausgeführt. Gemäß der US 5,457,470 wird die Polarität des Anschlusses am Anschlusspunkt und die des Zentrums des Antennenelementes gegensätzlich zueinander gewählt und der Strom im Antennenelement und im Anschluss wird in derselben Richtung eingestellt. Das Antennenelement umfasst Kupferfolienbereiche, welche auf der Oberfläche einer gedruckten Schaltungsplatine durch Ätzen gebildet werden. Die Kupferfoliengebiete stellen ein leitfähiges Material in einer umgekehrten U-Form dar und beinhalten ein Paar von Abstrahlungsabschnitten an beiden Enden und einen Sendeabschnitt am oberen Ende zwischen den beiden Strahlungsabschnitten. Das Kupferfoliengebiet stellt einen Anschluss eines Abstrahlungsabschnittes dar, welcher eine Behinderung der Anpassung und der Spannungsversorgung (Einspeisung) bewirkt. Diese gedruckte Schaltung wird vertikal auf einer Grundschaltung aufgebracht. Ein Durchgangsloch, in welches ein Spannungsversorgungs-Kabel eingeführt wird, wird in der Nähe des Zentrums der Grundplatine gebildet. Ein spitzes Ende des Koaxial-Spannungsversorgungs-Kabels wird von hinten nach vorne durch die Grundplatine geführt, wobei dieses durch das Durchgangsloch gelangt. Der Mittelleiter an dem Anschlusse des Versorgungskabels wird an einen Kabelanschlusspunkt des Abstrahlungsabschnittes angeschlossen.

#### Zusammenfassung der Erfindung

**[0020]** Somit besteht eine wesentliche Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, die vorgenannten Probleme zu lösen und eine kompakte leichte Antennenvorrichtung bereitzustellen, welche eine Mehrzahl von Resonanz-Frequenzen mit einem einfacheren Design als dem der Beispiele gemäß dem Stand der Technik besitzt und in der Lage ist, eine bilaterale Richtcharakteristik zu erhalten.

**[0021]** Um die vorgenannte Aufgabe zu erreichen, wird gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung eine M-förmige Antennenvorrichtung bereitgestellt, welche beinhaltet: Erste und zweite M-förmige Antennenelemente, einen Masseleiter und einen Einspeiseabschnitt, wobei die mindestens ersten und zweiten M-förmigen Antennenelemente jeweils erste und zweite Resonanz-Frequenzen aufweisen, die verschieden voneinander sind. Das erste M-förmige Antennenelement umfasst: Einen ersten Sendeleiter, einen ersten Strahlungsleiter, welcher zwischen einem Ende des ersten Sendeleiter und dem Masseleiter angeschlossen ist, einen zweiten Strahlungsleiter, welcher zwischen einem mittleren Abschnitt des ersten Sendeleiters und dem Einspeiseabschnitt angeschlossen ist und einen dritten Strahlungsleiter, welcher zwischen dem anderen Ende des ersten Sendeleiters und dem Masseleiter angeschlossen ist. Das zweite M-förmige Antennenelement beinhaltet: Einen zweiten Sendeleiter, einen vierten Strahlungsleiter, welcher zwischen dem ersten Ende des zweiten Sendeleiters und dem Masseleiter angeschlossen ist, einen fünften Strahlungsleiter, welcher zwischen einem mittleren Abschnitt des zweiten Sendeleiters und dem Einspeiseabschnitt angeschlossen ist und einen sechsten Strahlungsleiter, welcher zwischen dem anderen Ende des zweiten Sendeleiters und dem Masseleiter angeschlossen ist.

**[0022]** In der vorgenannten M-förmigen Antennenvorrichtung sind der fünfte Strahlungsleiter und der zweite Strahlungsleiter mindestens Abschnittsweise identisch.

**[0023]** In der vorgenannten M-förmigen Antennenvorrichtung teilt der fünfte Strahlungsleiter vorzugsweise einen Teil des ersten Sendeleiters und ist mindestens Abschnittsweise identisch.

**[0024]** Die vorgenannte M-förmige Antennenvorrichtung beinhaltet vorzugsweise weiter mindestens einen Anpassungsleiter, welcher an einem Ende geerdet ist und eine Eingangsimpedanz der M-förmigen Antennenvorrichtung einstellt.

**[0025]** In der vorgenannten M-förmigen Antennenvorrichtung ist das andere Ende des mindestens einen Anpassungsleiters unter den Anpassungsleitern an einen Strahlungsleiter und den Sendeleiter elektrisch angeschlossen.

**[0026]** Die vorgenannte M-förmige Antennenvorrichtung beinhaltet vorzugsweise weiter mindestens einen Richtcharakteristik-Steuerungsleiter, dessen eines Ende geerdet ist und welche die Richtcharakteristik der M-förmigen Antennenvorrichtung ändert.

**[0027]** In der vorgenannten M-förmigen Antennenvorrichtung beinhaltet mindestens einer der ersten und

zweiten Sendeleiter weiter einen zusätzlichen Leiterabschnitt, um die Breite desselben zu ändern.

**[0028]** In der vorgenannten M-förmigen Antennenvorrichtung ist ein Zwischenraum, welcher mindestens einen Teil des M-förmigen Antennenelements beinhaltet, mit einem dielektrischen Körper gefüllt.

**[0029]** In der vorgenannten M-förmigen Antennenvorrichtung werden der Masseleiter und mindestens einer der Sendeleiter jeweils aus einem Leitungsmuster auf einem dielektrischen Substrat und mindestens einer der Strahlungsleiter aus einem Durchgangslochleiter in dem dielektrischen Substrat gebildet.

**[0030]** In der vorgenannten M-förmigen Antennenvorrichtung sind mindestens zwei M-förmige Antennenelemente auf einer identischen Ebene ausgebildet.

**[0031]** In der vorgenannten M-förmigen Antennenvorrichtung sind mindestens zwei Antennenelemente auf Ebenen gebildet, die verschieden voneinander sind.

**[0032]** Gemäß der vorliegenden Erfindung kann leicht eine Antennenvorrichtung bereitgestellt werden, welche zwei oder mehr Resonanz-Frequenzen bei einfacher Struktur aufweist und welche in der Lage ist, eine bilaterale Richtcharakteristik zu erreichen.

**[0033]** Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine M-förmige Antennenvorrichtung bereitgestellt, welche mindestens drei M-förmige Antennenelemente beinhaltet, wobei die mindestens drei M-förmigen Antennenelemente erste, zweite und dritte M-förmige Antennenelemente beinhalten, welche jeweils erste, zweite und dritte Resonanz-Frequenzen aufweisen. Das dritte Antennenelement beinhaltet: Einen dritten Sendeleiter, einen siebten Strahlungsleiter, welcher zwischen einem Ende des dritten Sendeleiters und dem Masseleiter angeschlossen ist, einen achten Strahlungsleiter, welcher zwischen einem mittleren Abschnitt des dritten Sendeleiters und dem Einspeiseabschnitt angeschlossen ist und einen neunten Strahlungsleiter, welcher zwischen dem anderen Ende des dritten Sendeleiters und dem Masseleiter angeschlossen ist. Mindestens drei M-förmige Antennenelemente sind auf Ebenen gebildet, die verschieden voneinander sind und mindestens zwei der ersten, zweiten und dritten Resonanz-Frequenzen sind verschieden voneinander.

**[0034]** In der vorgenannten M-förmigen Antennenvorrichtung sind mindestens drei M-förmige Antennenelemente vorzugsweise parallel zueinander ausgestaltet, und eine Länge eines jeden der ersten, zweiten und dritten Strahlungsleiter, eine Länge eines jeden der vierten und sechsten Strahlungsleiter und eine Länge eines jeden der siebten und neunten Strahlungsleiter ist gleich zueinander gewählt. Der fünfte Strahlungsleiter teilt mindestens einen Teil des zweiten Strahlungsleiters, und der achte Strahlungsleiter teilt mindestens einen Teil des zweiten Strahlungsleiters. Die Antennenvorrichtung umfasst vorzugsweise weiter: Einen vierten Sendeleiter zum Anschließen eines mittleren Abschnitts des ersten Sendeleiters an einen mittleren Abschnitt des zweiten Sendeleiters und einen fünften Sendeleiter zum Anschließen eines mittleren Abschnitts des ersten Sendeleiters an einen mittleren Abschnitt des dritten Sendeleiters.

**[0035]** In der vorgenannten M-förmigen Antennenvorrichtung sind eine Länge des vierten Sendeleiters und eine Länge des fünften Sendeleiters und die Längen der ersten, zweiten und dritten Sendeleiter vorzugsweise gleich gewählt.

**[0036]** In der vorgenannten M-förmigen Antennenvorrichtung sind eine Länge des vierten Sendeleiters und eine Länge des fünften Sendeleiters vorzugsweise gleich und mindestens zwei Längen der ersten, zweiten und dritten Sendeleiter sind vorzugsweise verschieden zueinander gewählt.

**[0037]** In der vorgenannten M-förmigen Antennenvorrichtung sind die mindestens drei M-förmigen Antennenelemente vorzugsweise parallel zueinander ausgestaltet, und eine Länge des vierten und sechsten Strahlungsleiters und eine Länge des siebten und neunten Strahlungsleiters sind vorzugsweise gleich zueinander gewählt. Der fünfte Strahlungsleiter teilt vorzugsweise mindestens einen Teil des zweiten Strahlungsleiters, und der achte Strahlungsleiter teilt mindestens einen Teil des zweiten Strahlungsleiters. Die Antennenvorrichtung beinhaltet vorzugsweise weiter: einen vierten Sendeleiter zum Anschließen eines mittleren Abschnitts des zweiten Strahlungsleiters an einen mittleren Abschnitt des zweiten Sendeleiters und einen fünften Sendeleiter zum Anschließen eines mittleren Abschnitts des zweiten Strahlungsleiters an einen mittleren Abschnitt des dritten Sendeleiters.

**[0038]** In der vorgenannten M-förmigen Antennenvorrichtung sind eine Länge des vierten Sendeleiters und eine Länge des fünften Sendeleiters vorzugsweise gleich und mindestens zwei Längen der ersten, zweiten und

dritten Sendeleiter sind vorzugsweise verschieden zueinander gewählt.

**[0039]** In der vorgenannten M-förmigen Antennenvorrichtung sind mindestens drei M-förmige Antennenelemente vorzugsweise parallel zueinander ausgestaltet, und eine Länge eines jeden der vierten und sechsten Strahlungsleiter und eine Länge eines jeden der siebten und neunten Strahlungsleiter ist gleich zueinander gewählt. Der fünfte Strahlungsleiter teilt vorzugsweise den zweiten Strahlungsleiter und einen zehnten Strahlungsleiter, dessen eines Ende mit dem zweiten Strahlungsleiter verbunden ist, und der achte Strahlungsleiter teilt den zweiten und den zehnten Strahlungsleiter. Die Antennenvorrichtung beinhaltet vorzugsweise weiter: Einen vierten Sendeleiter zum Anschließen des anderen Endes des zehnten Strahlungsleiters an einen mittleren Abschnitt des zweiten Sendeleiters und einen fünften Sendeleiter zum Anschließen des anderen Endes des zehnten Strahlungsleiters an einen mittleren Abschnitt des dritten Sendeleiters.

**[0040]** In der vorgenannten M-förmigen Antennenvorrichtung sind eine Länge des vierten Sendeleiters und eine Länge des fünften Sendeleiters und mindestens zwei Längen des ersten, zweiten und dritten Sendeleiters vorzugsweise verschieden zueinander gewählt.

**[0041]** In der vorgenannten M-förmigen Antennenvorrichtung ist der Masseleiter vorzugsweise kreisförmig ausgestaltet.

**[0042]** Gemäß der vorliegenden Erfindung kann leicht eine Antennenvorrichtung bereitgestellt werden, welche drei oder mehr Resonanz-Frequenzen bei einfacher Struktur aufweist und in der Lage ist, eine symmetrische oder asymmetrische bilaterale Richtcharakteristik zu erreichen.

#### Kurze Beschreibung der Figuren

**[0043]** Diese und andere Aufgaben und Merkmale der vorliegenden Erfindung werden anhand der folgenden Beschreibung in Verbindung mit den bevorzugten Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren erläutert, in welchen gleiche Teile durch gleiche Referenzzeichen bezeichnet werden und in welchen:

**[0044]** [Fig. 1](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt,

**[0045]** [Fig. 2](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Grundstruktur eines M-förmigen Antennenelementes **1** gemäß [Fig. 1](#) darstellt,

**[0046]** [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) perspektivische Ansichten sind, welche einen Betrieb des M-förmigen Antennenelementes **1** gemäß [Fig. 2](#) darstellen, wobei [Fig. 3A](#) eine Ansicht ist, welche ein elektrisches Feld des M-förmigen Antennenelementes **1** darstellt und [Fig. 3B](#) eine Ansicht ist, welche einen magnetischen Strom des M-förmigen Antennenelementes **1** darstellt,

**[0047]** [Fig. 4](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche einen Betrieb des M-förmigen Antennenelementes **1** nach [Fig. 2](#) darstellt, wobei ein Strom in dem M-förmigen Antennenelement **1** veranschaulicht wird,

**[0048]** [Fig. 5](#) eine schematische Ansicht ist, welche einem Betriebsstrom des M-förmigen Antennenelementes **1** nach [Fig. 2](#) darstellt,

**[0049]** [Fig. 6](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem ersten Implementierungsbeispiel des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels darstellt,

**[0050]** [Fig. 7A](#) ein Diagramm ist, welches eine Rückflussschwankung (VSWR) -Charakteristik bezüglich einer normalisierten Frequenz  $f/f_1$  von nur dem Antennenelement **1** der M-förmigen Antennenvorrichtung nach [Fig. 6](#) darstellt,

**[0051]** [Fig. 7B](#) ein Diagramm ist, welches eine Rückflussschwankung (VSWR) -Charakteristik bezüglich der normalisierten Frequenz  $f/f_1$  von nur dem M-förmigen Antennenelement **2** der M-förmigen Antennenvorrichtung darstellt,

**[0052]** [Fig. 7C](#) ein Diagramm ist, welches eine Rückflussschwankung (VSWR) -Charakteristik bezüglich der normalisierten Frequenz  $f/f_1$  der M-förmigen Antennenvorrichtung nach [Fig. 6](#) darstellt, welche mit den zuvor



genannten Antennenelementen **1** und **2** ausgestattet ist,

[0053] [Fig. 8A](#) ein Diagramm ist, welches ein Frequenzversatz-Verhältnis  $f_1/f_{10}$  bezüglich eines Resonanz-Frequenz-Verhältnisses  $f_{20}/f_{10}$  unter Verwendung einer Höhendifferenz  $\Delta H$  zwischen den zwei Antennenelementen **1** und **2** als Parameter in der M-förmigen Antennenvorrichtung nach [Fig. 6](#) darstellt,

[0054] [Fig. 8B](#) ein Diagramm ist, welches ein Frequenzversatz-Verhältnis  $f_2/f_{20}$  bezüglich des Resonanz-Frequenz-Verhältnisses  $f_{20}/f_{10}$  unter Verwendung der Höhendifferenz  $\Delta H$  zwischen den zwei Antennenelementen **1** und **2** als ein Parameter der M-förmigen Antennenvorrichtung darstellt,

[0055] [Fig. 9A](#) ein Diagramm ist, welches eine Richtcharakteristik auf der horizontalen Ebene der Frequenz  $f_2$  in der M-förmigen Antennenvorrichtung nach [Fig. 6](#) darstellt,

[0056] [Fig. 9B](#) ein Diagramm ist, welches eine Richtcharakteristik auf der vertikalen Ebene der Frequenz  $f_2$  in der M-förmigen Antennenvorrichtung darstellt,

[0057] [Fig. 10A](#) ein Diagramm ist, welches eine Richtcharakteristik auf der horizontalen Ebene der Frequenz  $f_1$  in der M-förmigen Antennenvorrichtung nach [Fig. 6](#) darstellt,

[0058] [Fig. 10B](#) ein Diagramm ist, welches eine Richtcharakteristik auf einer vertikalen Ebene der Frequenz  $f_1$  in der M-förmigen Antennenvorrichtung darstellt,

[0059] [Fig. 11](#) eine Draufsicht ist, welche einen Sendeleiter darstellt, der mit einem Sendeleiter **6a** und zwei zusätzlichen Sendeleitungsabschnitten **6b** gemäß einem ersten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel ausgestattet ist, welches von dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel abgewandelt ist,

[0060] [Fig. 12](#) eine Draufsicht ist, welche einen Sendeleiter darstellt, welcher mit einem Sendeleiter **6a** und zwei zusätzlichen Sendeleitungsabschnitten **6c** gemäß einem zweiten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel ausgestattet ist, welches von dem ersten Ausführungsbeispiel abgewandelt ist,

[0061] [Fig. 13](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung darstellt, welche mit zwei Richtcharakteristik-Steuerungsleitern **7** gemäß einem dritten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel ausgestattet ist, welches von dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel abgewandelt ist,

[0062] [Fig. 14](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung darstellt, die mit einem kreisförmigen Masseleiter **11a** gemäß einem vierten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel ausgestattet ist, welches von dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel abgewandelt ist,

[0063] [Fig. 15](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt,

[0064] [Fig. 16](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem zweiten Implementierungsbeispiel des zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiels darstellt,

[0065] [Fig. 17](#) ein Diagramm ist, welches eine Rückflussschwankung (VSWR) -Charakteristik bezüglich der normalisierten Frequenz  $f/f_1$  in der M-förmigen Antennenvorrichtung nach [Fig. 16](#) darstellt,

[0066] [Fig. 18A](#) eine schematische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung der M-förmigen Antennenvorrichtung des zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiels darstellt,

[0067] [Fig. 18B](#) eine schematische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem fünften modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel darstellt, welche von dem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel abgewandelt ist,

[0068] [Fig. 18C](#) eine schematische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem sechsten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel darstellt, welche von dem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel abgewandelt ist,



[0069] [Fig. 19](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem siebten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel darstellt, welche von dem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel abgewandelt ist,

[0070] [Fig. 20](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem dritten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt,

[0071] [Fig. 21](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem vierten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt,

[0072] [Fig. 22A](#) eine schematische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung der M-förmigen Antennenvorrichtung des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels darstellt,

[0073] [Fig. 22B](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem achten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel darstellt, welche von dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel abgewandelt ist,

[0074] [Fig. 22C](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem neunten modifizierten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt, welche von dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel abgewandelt ist,

[0075] [Fig. 22D](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem zehnten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel darstellt, welche von dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel abgewandelt ist,

[0076] [Fig. 23A](#) eine schematische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem fünften bevorzugten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung darstellt,

[0077] [Fig. 23B](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem elften modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel darstellt, die von dem fünften bevorzugten Ausführungsbeispiel abgewandelt ist,

[0078] [Fig. 23C](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem elften modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel darstellt, die von dem fünften bevorzugten Ausführungsbeispiel modifiziert ist,

[0079] [Fig. 23D](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem dreizehnten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel darstellt, die von dem fünften bevorzugten Ausführungsbeispiel modifiziert ist, abgewandelt ist,

[0080] [Fig. 24](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer Antennenvorrichtung gemäß dem Stand der Technik darstellt, die in der Lage ist, bei einer Mehrzahl von Frequenzen zu arbeiten,

[0081] [Fig. 25](#) eine vergrößerte Draufsicht ist, welche eine detaillierte Ausgestaltung des Antennenelementes 113 und dessen Umgebung nach [Fig. 24](#) darstellt,

[0082] [Fig. 26](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung eines Implementierungsbeispiels der Antennenvorrichtung nach [Fig. 24](#) darstellt,

[0083] [Fig. 27A](#) ein Diagramm ist, welches eine Rückflussschwankung (VSWR) -Charakteristik bezüglich der normalisierten Frequenz  $f/f_1$  des ersten Antennenelementes darstellt, wenn eine Frequenz-Auswahlschaltung 119 durch einen Kurzschlussleiter in der Antennenvorrichtung des Implementierungsbeispiels nach [Fig. 26](#) ersetzt wird,

[0084] [Fig. 27B](#) ein Diagramm ist, welches eine Rückflussschwankung (VSWR) -Charakteristik bezüglich der normalisierten Frequenz  $f/f_2$  des zweiten Antennenelementes darstellt, wenn die Frequenz-Auswahlschaltung 119 in der Antennenvorrichtung des Implementierungsbeispiels nach [Fig. 26](#) in einen offenen Zustand versetzt wird,

[0085] [Fig. 27C](#) ein Diagramm ist, welches ein Rückflussschwankung (VSWR) -Verhältnis bezüglich der Fre-

quenz der Antennenvorrichtung darstellt, welche mit der Frequenz-Auswahlschaltung **119** in der Antennenvorrichtung des Implementierungsbeispiels nach [Fig. 26](#) ausgestattet ist,

[0086] [Fig. 28A](#) ein Diagramm ist, welches eine Richtcharakteristik in der horizontalen Ebene der Frequenz  $f_1$  in der Antennenvorrichtung nach [Fig. 26](#) darstellt,

[0087] [Fig. 28B](#) ein Diagramm ist, welches eine Richtcharakteristik in der vertikalen Ebene der Frequenz  $f_1$  in der Antennenvorrichtung nach [Fig. 26](#) darstellt,

[0088] [Fig. 29A](#) ein Diagramm ist, welches eine Richtcharakteristik in der horizontalen Ebene der Frequenz  $f_2$  in der Antennenvorrichtung nach [Fig. 26](#) darstellt,

[0089] [Fig. 29B](#) ein Diagramm ist, welches eine Richtcharakteristik in der vertikalen Ebene der Frequenz  $f_2$  in der Antennenvorrichtung nach [Fig. 26](#) darstellt,

[0090] [Fig. 30](#) ein Smith-Diagramm ist, welches eine Frequenz-Charakteristik der Impedanz der Frequenz-Auswahlschaltung **119** nach [Fig. 26](#) darstellt,

[0091] [Fig. 31](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem modifizierten Implementierungsbeispiel des zweiten Implementierungsbeispiels der vorliegenden Erfindung darstellt,

[0092] [Fig. 32](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem sechsten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt,

[0093] [Fig. 33](#) eine schematische perspektivische Ansicht ist, welche einen Betrieb nur des M-förmigen Antennenelementes **2** in der M-förmigen Antennenvorrichtung nach [Fig. 32](#) darstellt,

[0094] [Fig. 34](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß dem siebten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt,

[0095] [Fig. 35](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem achten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt,

[0096] [Fig. 36](#) ein Diagramm ist, welches eine Frequenz-Charakteristik eines Reflektionskoeffizienten  $S_{11}$  der M-förmigen Antennenvorrichtung nach [Fig. 35](#) darstellt,

[0097] [Fig. 37](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem neunten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt,

[0098] [Fig. 38](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem zehnten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt,

[0099] [Fig. 39](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem elften bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt,

[0100] [Fig. 40](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem zwölften bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt,

[0101] [Fig. 41](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem dreizehnten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt, und

[0102] [Fig. 42](#) eine perspektivische Ansicht ist, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem vierzehnten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt.

#### Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele

[0103] Die bevorzugten Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden unter Bezugnahme auf die Figuren nachfolgend beschrieben. Es ist anzumerken, dass dieselben Komponenten durch dieselben Referenzzeichen in den nachfolgend beschriebenen Figuren bezeichnet werden.

**[0104]** [Fig. 1](#) ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt, und [Fig. 2](#) ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Grundstruktur des M-förmigen Antennenelementes **1** nach [Fig. 1](#) darstellt.

**[0105]** Unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#) ist die M-förmige Antennenvorrichtung gemäß dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel dadurch charakterisiert, dass zwei M-förmige Antennenelemente **1** und **2** auf einen Masseleiter **11** vorgesehen sind, welcher einen Einspeisepunkt **12** etwa in einem zentralen Abschnitt aufweist und insbesondere dadurch, dass das M-förmige Antennenelement **2** auf der Oberseite und den beiden Seitenflächen mit dem M-förmigen Antennenelement **1** überdeckt ist und den Strahlungsleiter **4** teilt.

**[0106]** Gemäß der Grundstruktur des Antennenelementes **1**, wie in [Fig. 2](#) dargestellt, sind drei Strahlungsleiter **3**, **4** und **5**, welche dieselbe Länge aufweisen, vorgesehen, sodass die Strahlungsleiter **3**, **4** und **5** in vorgegebenen regelmäßigen Intervallen voneinander beabstandet sind, um zueinander parallel auf dem Masseleiter **11** angeordnet zu sein, welcher aus einer Metallplatte in rechteckiger Form aufgebaut ist und wobei die oberen Enden dieser Strahlungsleiter an einen Sendeleiter **6** angeschlossen sind. In diesem Fall ist ein Ende des Sendeleiters **6** an das obere Ende des Strahlungsleiters **3**, das andere Ende des Sendeleiters **6** an das obere Ende des Strahlungsleiters **5** und ungefähr ein zentraler Abschnitt des Sendeleiters ist an das obere Ende des Strahlungsleiters **4** am Anschlusspunkt P1 angeschlossen. Andererseits sind die unteren Enden der Strahlungsleiter **3** und **5** an den Masseleiter **11** angeschlossen und das untere Ende des Strahlungsleiters **4**, welches sich im Zentrum der drei Strahlungsleiter **3**, **4** und **5** befindet, ist an eine einspeisende Leistungsquelle **13** beispielsweise von einem Rundfunkgerät über den Einspeisepunkt **12** und einer Einspeiseleitung (nicht dargestellt) angeschlossen.

**[0107]** Unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#) ist ein kreisförmiges Loch ungefähr im zentralen Bereich des Masseleiters **11** gebildet, welches den Einspeiseabschnitt **12** bildet, der an das Einspeisekabel (nicht dargestellt) angeschlossen ist. Ein Masseleiter der Einspeiseleitung besitzt einen Außenleiter, welche an den Masseleiter **11** angeschlossen ist, der sich in der X-Y-Ebene befindet und einen Mittelleiter, dessen unteres Ende an den Strahlungsleiter **4** angeschlossen ist. Das M-förmige Antennenelement **1** ist auf dem Masseleiter **11** vorgesehen, welcher einen Einspeisepunkt **12** aufweist. In diesem Fall weist der Strahlungsleiter **3** ein geerdetes unteres Ende und ein oberes Ende auf, welches an ein Ende des Sendeleiters **6** angeschlossen ist. Der Strahlungsleiter **5** weist ein geerdetes unteres Ende und ein oberes Ende auf, welches an das andere Ende des Sendeleiters **6** angeschlossen ist. Weiter ist das obere Ende des Strahlungsleiters **4** an den ungefähren zentralen Abschnitt des Sendeleiters **6** am Anschlusspunkt P1 angeschlossen. Der Strahlungsleiter **4** ist in der Z-Achse ausgedehnt, und die Strahlungsleiter **3** und **5** sind parallel zur Z-Achse ausgestaltet.

**[0108]** Das M-förmige Antennenelement **2** weist eine Struktur auf, welche ähnlich zu der des M-förmigen Antennenelementes **1** ist. Der Strahlungsleiter **3a** des M-förmigen Antennenelementes **2** weist ein geerdetes unteres Ende und ein oberes Ende auf, welches an ein Ende eines Sendeleiters **6a** angeschlossen ist. Der Strahlungsleiter **5a** weist ein unteres geerdetes Ende und ein oberes Ende auf, welches an das andere Ende des Strahlungsleiters **6a** angeschlossen ist. Ferner ist der Anschlusspunkt P1 an einen ungefähren zentralen Abschnitt des Sendeleiters **6a** am Anschlusspunkt P2 über den Strahlungsleiter **4a** angeschlossen. Als Strahlungsleiter des M-förmigen Antennenelementes **2** werden der Strahlungsleiter **4** und der Strahlungsleiter **4a** verwendet, und der Strahlungsleiter **4** wird von den M-förmigen Antennenelementen **1** und **2** geteilt. Die Strahlungsleiter **3a** und **5a** weisen eine Länge auf, welche nur um die Länge des Strahlungsleiters **4a** länger als die Länge eines jeden Strahlungsleiters **3**, **4** und **5**, gewählt ist. Der Strahlungsleiter **4a** erstreckt sich entlang der Z-Achse, und die Strahlungsleiter **3a** und **5a** sind parallel zur Z-Achse ausgebildet.

**[0109]** Gemäß dem vorgenannten ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel ist ein Fall dargestellt, in dem der Masseleiter **11** eine rechteckige Form aufweist, welche bezüglich der Z-Y-Ebene und der Z-X-Ebene symmetrisch ist, der Einspeiseabschnitt **12** im Ursprung der X-Y-Ebene angeordnet ist, das M-förmige Antennenelement **1** und das M-förmige Antennenelement **2** jeweils aus einem Leiter aufgebaut und in der Z-Y-Ebene angeordnet sind und der Strahlungsleiter **4** des M-förmigen Antennenelementes **1** und der Strahlungsleiter **4a** des M-förmigen Antennenelementes **2** auf der Z-Achse angeordnet sind.

**[0110]** Die [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) sind perspektivische Ansichten, welche einen Betrieb des M-förmigen Antennenelementes **1** gemäß [Fig. 2](#) darstellen, wobei [Fig. 3A](#) eine Ansicht ist, welche ein elektrisches Feld des M-förmigen Antennenelementes **1** darstellt und [Fig. 3B](#) eine Ansicht ist, welche einen magnetischen Strom in

dem M-förmigen Antennenelement **1** darstellt. Die Arbeitsweise der Abstrahlung einer elektrischen Welle des einen M-förmigen Antennenelementes **1** gemäß [Fig. 1](#) wird im Einzelnen unter Bezugnahme auf [Fig. 3](#) erläutert. Mit anderen Worten, wird in [Fig. 3](#) eine Anregung einer elektrischen Welle durch die Strahlungsleiter **3**, **4** und **5** in diesem M-förmigen Antennenelement **1** erreicht, und eine bilaterale Richtcharakteristik wird durch das M-förmige Antennenelement **1** erhalten. Die Arbeitsweise, um die bilaterale Richtcharakteristik zu erhalten, wird nachfolgend unter Bezugnahme auf [Fig. 3](#) beschrieben.

**[0111]** Die Richtung des elektrischen Feldes, welches zwischen dem Sendeleiter **6** und dem Masseleiter **11** des M-förmigen Antennenelementes **1** erzeugt wird, ergibt sich, wie in [Fig. 3A](#) dargestellt. Als Ersatz für das elektrische Feld, wie in [Fig. 3B](#) dargestellt, wird ein magnetischer Strom erläutert, wobei zwei lineare magnetische Stromquellen, welche parallel zur Y-Achse sind und sich in entgegengesetzte Richtungen erstrecken und gleiche Amplituden aufweisen, das elektrische Feld ersetzen können. Mit anderen Worten, kann die Abstrahlung der elektrischen Welle wie eine Abstrahlung durch ein Array dieser zwei magnetischen Stromquellen angesehen werden. Im Allgemeinen ist die Abstrahlung einer elektrischen Welle in einem Antennen-Array durch Multiplizieren eines Array-Faktors, welcher durch die Phasendifferenz eines Stromes bestimmt wird. Der in diese Strahlungsquelle eingespeist wird und dem Elementintervall mit dem Abstrahlungsmuster einer einzelnen Realisierung der Strahlungsquelle, zu erhalten. Wenn das Abstrahlungsmuster einer einzelnen Realisierung der Strahlungsquelle durch ein Strahlungsmuster, welches durch die einzelne Realisierung der vorgenannten magnetischen Stromquelle ersetzt wird, bereitgestellt wird, dann wird das Strahlungsmuster dieses M-förmigen Antennenelementes **1** in einer angenäherten Form erhalten.

**[0112]** Konkret sind elektrische Wellen, welche von den zwei magnetischen Stromquellen abgestrahlt werden, symmetrisch bezüglich der Z-Y-Ebene angeordnet, und daher heben sich die elektrischen Wellen gegenseitig auf, da sie gleiche Amplituden und entgegengesetzte Phasen in der Z-Y-Ebene besitzen. Mit anderen Worten, wird keine elektrische Welle in der Z-Y-Ebene abgestrahlt. Darüber hinaus gibt es eine Richtung, in welcher die elektrischen Wellen, welche von den zwei magnetischen Stromquellen abgestrahlt werden, auf der Z-X-Ebene in Phase sind und die elektrischen Wellen in dieser Richtung intensiviert werden. Wenn der Abstand zwischen den magnetischen Stromquellen eine halbe Wellenlänge im freien Raum gemäß einem Beispiel beträgt, wird die elektrische Wellenabstrahlung in der +X-Richtung und der -X-Richtung intensiviert, da die Wellen in der Richtung der X-Achse in Phase sind. Mit anderen Worten, kann diese Struktur den Effekt eines Antennen-Arrays mit einem M-förmigen Antennenelement **1** hervorrufen und eine bilaterale Richtcharakteristik erhalten.

**[0113]** [Fig. 4](#) ist eine perspektivische Ansicht, welche einen Betrieb des M-förmigen Antennenelementes **1** nach [Fig. 2](#) darstellt, welche einen Strom in dem M-förmigen Antennenelement **1** veranschaulicht. [Fig. 5](#) ist eine schematische Ansicht, welche einen Betriebsstrom des M-förmigen Antennenelementes **1** nach [Fig. 2](#) darstellt. Die Tatsache, dass die Impedanz-Charakteristik doppelresonant wird, wird unter Bezugnahme auf diese Figuren beschrieben.

**[0114]** In der M-förmigen Antennenvorrichtung **1**, welche in [Fig. 4](#) dargestellt ist, ist der Strom, welcher durch die Antennenvorrichtung gemäß dem bevorzugten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung fließt, dargestellt. Gemäß [Fig. 4](#) kann der Resonanzmodus des M-förmigen Antennenelementes **1** durch zwei Schleifenschaltungen **41** und **42**, wie in [Fig. 5](#) dargestellt, ausgedrückt werden. In diesem Fall wird die Resonanz-Bedienung durch die folgende Gleichung (3) ausgedrückt.

$$L/2 + 2H = n \cdot (\lambda/2) \quad (3)$$

**[0115]** In dieser Gleichung repräsentiert  $\lambda$  eine frei laufende Wellenlänge und  $n$  repräsentiert eine natürliche Zahl. Um eine bilaterale Richtcharakteristik zu erhalten, ist  $n = 1$ . Die Resonanz-Frequenz kann bestimmt werden, um diese Bedingung zu erfüllen. Demnach wird durch das Vereinigen der zwei M-förmigen Antennenelemente unterschiedlicher Größe oder des M-förmigen Antennenelementes **1**, dessen Resonanz-Frequenz  $f_{10}$  ist und des M-förmigen Antennenelementes **2**, dessen Resonanz-Frequenz  $f_{20}$  ist, wie in [Fig. 1](#) dargestellt, die M-förmige Antennenvorrichtung des vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiels eine Antennenvorrichtung, welche bei zwei Resonanz-Frequenzen arbeitet. Wie vorstehend beschrieben, wird die M-förmige Antennenvorrichtung des vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiels, welches separates Designen der Resonanz-Frequenzen der beiden M-förmigen Antennenelemente **1** und **2** erlaubt, eine exzellente Antennenvorrichtung eines mit einem hohen Freiheitsgrad des Designens.

**[0116]** [Fig. 6](#) ist eine perspektivische Ansicht, welche die Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß dem ersten Implementierungsbeispiel (Prototyp) des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels

darstellt. In diesem Fall wird die Arbeitsfrequenz des M-förmigen Antennenelementes **1** durch  $f_1$  bezeichnet und die Arbeitsfrequenz des M-förmigen Antennenelementes **2** wird mit  $f_2$  bezeichnet. In diesem Fall betrifft die Arbeitsfrequenz die Arbeitsfrequenz, bei welcher ein Funksignal gesendet werden kann, wenn zwei M-förmige Antennenelemente **1** und **2** miteinander vereinigt oder kombiniert werden. Eine frei laufende Wellenlänge entsprechend der Frequenz  $f_1$  wird zu  $\lambda_1$  angenommen, und eine frei laufende Wellenlänge entsprechend der Frequenz  $f_2$  wird als  $\lambda_2$  angenommen. Bei diesem Implementierungsbeispiel weist der Masseleiter eine rechteckige Form von  $0,69 \times \lambda_2$ , und die Leiter **3** bis **6** des M-förmigen Antennenelementes **1** werden jeweils mit einem Leiter eines Durchmessers von  $0,008 \times \lambda_2$  aufgebaut. Die Strahlungsleiter **3** bis **5** haben eine Höhe von  $0,059 \times \lambda_2$ , und der Sendeleiter **6** parallel zur Y-Achse weist eine Länge von  $0,59 \times \lambda_2$  auf. Die Leiter **3a** bis **6a** des M-förmigen Antennenelementes **2** werden jeweils aus einem Leiter eines Durchmessers von  $0,008 \times \lambda_2$  aufgebaut, und die Strahlungsleiter **3a** bis **5a** haben eine Höhe von  $0,089 \times \lambda_2$ . Der Sendeleiter **6a**, parallel zur Y-Achse, weist eine Länge von  $0,69 \times \lambda_2$  auf. Der Einspeiseabschnitt **12** befindet sich in einem zentralen Abschnitt des Masseleiters **11**. Weiter wird eine Beziehung zwischen den beiden Resonanz-Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  durch die folgende Gleichung (4) ausgedrückt.

$$F1 = 1,4 \times f2 \quad (4)$$

[0117] [Fig. 7A](#) ist ein Diagramm, welches eine Rückflussschwankung (VSWR) -Charakteristik bezüglich der normalisierten Frequenz  $f/f_1$  eines einzelnen M-förmigen Antennenelementes **1** der M-förmigen Antennenvorrichtung nach [Fig. 6](#) darstellt. [Fig. 7B](#) ist ein Diagramm, welches eine Rückflussschwankung (VSWR) -Charakteristik bezüglich der normalisierten Frequenz  $f/f_1$  eines einzelnen M-förmigen Antennenelementes **2** der M-förmigen Antennenvorrichtung darstellt.

[0118] [Fig. 7C](#) ist ein Diagramm, welches eine Rückflussschwankung (VSWR) -Charakteristik bezüglich der normalisierten Frequenz  $f/f_1$  der M-förmigen Antennenvorrichtung nach [Fig. 6](#) darstellt, welche mit den vorgenannten zwei Antennenelementen **1** und **2** ausgestattet ist. In diesem Fall repräsentiert die horizontale Achse die Frequenz  $f/f_1$ , welche durch  $f_1$  in allen [Fig. 7A](#), [Fig. 7B](#) und [Fig. 7C](#) normalisiert ist.

[0119] Wie aus [Fig. 7C](#) ersichtlich, ist zu verstehen, dass die M-förmige Antennenvorrichtung dieses Implementierungsbeispiels bei zwei Arbeitsfrequenzen der Frequenz  $f_1$  und  $f_2$  resoniert. Wie aus den [Fig. 7A](#) und [Fig. 7B](#) ersichtlich, besitzen die Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  Werte, welche jeweils sehr nah bei der Resonanz-Frequenz  $f_{10}$  der M-förmigen Antennenvorrichtung eines einzelnen M-förmigen Antennenelementes **1** und der Resonanz-Frequenz  $f_{20}$  der M-förmigen Antennenvorrichtung eines einzelnen M-förmigen Antennenelementes **2** sind. Wie vorstehend beschrieben, ist die M-förmige Antennenvorrichtung gemäß dem vorliegenden Implementierungsbeispiels mit einer Antennenvorrichtung ausgestattet, welche bei den beiden gewünschten Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  durch einfaches Design der beiden Einheiten der M-förmigen Antennenelemente **1** und **2** resoniert.

[0120] Als nächstes wird die Resonanz-Frequenz im Einzelnen untersucht. Die M-förmigen Antennenelemente **1** und **2** der M-förmigen Antennenvorrichtung des vorliegenden Implementierungsbeispiels weisen eine geringfügige Differenz zwischen der Arbeitsfrequenz  $f_1$  und der Resonanz-Frequenz  $f_{10}$  und eine geringfügige Differenz zwischen der Arbeitsfrequenz  $f_2$  und der Resonanz-Frequenz  $f_{20}$ , aufgrund der Existenz des anderen M-förmigen Antennenelementes **1** und **2** im Vergleich mit dem Fall einer einzelnen Einheit eines M-förmigen Antennenelementes **1** und **2**, auf. Wenn diese Differenzen groß sind, ist eine Korrektur beim Designen der M-förmigen Antennenvorrichtung des vorliegenden Implementierungsbeispiels aus den einzelnen Einheiten des M-förmigen Antennenelementes **1** und **2** erforderlich. Mit anderen Worten, je schmaler die Differenzen sind, desto einfacher wird das Designen der M-förmigen Antennenvorrichtung. Somit werden die Beziehungen der einzelnen Einheiten der M-förmigen Antennenelemente **1** und **2** zu den Resonanz-Frequenzen  $f_{10}$  und  $f_{20}$  der M-förmigen Antennenvorrichtung des vorliegenden Implementierungsbeispiels gezeigt. Mit anderen Worten, werden die Beziehungen zwischen der Resonanz-Frequenz  $f_{10}$  und der Arbeitsfrequenz  $f_1$  und die Beziehungen zwischen der Resonanz-Frequenz  $f_{20}$  und der Arbeitsfrequenz  $f_2$  untersucht, die Ergebnisse werden in den [Fig. 8A](#) und [Fig. 8B](#) dargestellt. Hiernach wird ein Verhältnis des Frequenzversatzes der Arbeitsfrequenz  $f_1$  bezüglich der Resonanz-Frequenz  $f_{10}$  durch ein Frequenzversatz-Verhältnis  $f_1/f_{10}$  und ein Verhältnis des Frequenzversatzes der Arbeitsfrequenz  $f_2$  bezüglich der Resonanz-Frequenz  $f_{20}$  durch ein Frequenzversatz-Verhältnis  $f_2/f_{20}$  ausgedrückt.

[0121] [Fig. 8A](#) ist ein Diagramm, welches ein Frequenzversatz-Verhältnis  $f_1/f_{10}$  bezüglich eines Resonanz-Frequenz-Verhältnisses  $f_{20}/f_{10}$  unter Verwendung einer Höhendifferenz  $\Delta H$  zwischen den zwei Antennenelementen **1** und **2** als Parameter in der M-förmigen Antennenvorrichtung nach [Fig. 6](#) darstellt. [Fig. 8B](#) ist ein Diagramm, welches ein Frequenzversatz-Verhältnis  $f_2/f_{20}$  bezüglich des Resonanz-Frequenz-Verhältnisses



ses  $f_{20}/f_{10}$  unter Verwendung der Höhendifferenz  $\Delta H$  zwischen den zwei Antennenelementen **1** und **2** als Parameter in der M-förmigen Antennenvorrichtung darstellt. In diesem Fall ist die Höhendifferenz  $\Delta H$  zwischen den Antennenelementen **1** und **2** eine Höhendifferenz zwischen den Strahlungsleitern und konkret eine Differenz zwischen der Höhe der Strahlungsleiter **3** bis **5** und der Höhe der Strahlungsleiter **3a** bis **5a**.

**[0122]** Wie aus [Fig. 8A](#) hervorgeht, ist zu verstehen, dass das Frequenzversatz-Verhältnis  $f_1/f_{10}$  in jedem Fall nah bei 1 und die Differenz zwischen den Frequenzen  $f_1$  und  $f_{10}$  sehr klein ist. Konkret ist die Differenz gleich oder kleiner als 3%. Gemäß obiger Beschreibung ist zu verstehen, dass die erste Resonanz-Frequenz  $f_1$  der M-förmigen Antennenvorrichtung des vorliegenden Implementierungsbeispiels akkurat aus der Resonanz-Frequenz  $f_{10}$  des M-förmigen Antennenelementes **1** erhalten werden kann, wodurch es ermöglicht wird, dass die M-förmige Antennenvorrichtung des vorliegenden Implementierungsbeispiels leicht designt werden kann. Insbesondere, wenn die Höhendifferenz  $\Delta H$  zwischen den Strahlungsleitern so gewählt ist, dass sie gleich oder kleiner als  $0,007 \times \lambda_2$  ist, dann ist das Frequenzversatz-Verhältnis  $f_1/f_{10}$  nahe Eins und die Resonanz-Frequenz-Differenz ist gleich oder kleiner als  $\pm 1\%$ , ohne Rücksicht auf den Wert des Resonanz-Frequenz-Verhältnisses  $f_{20}/f_{10}$ .

**[0123]** Als nächstes wird die Resonanz-Frequenz  $f_2$  des M-förmigen Antennenelementes **2** untersucht. Wie aus [Fig. 8B](#) hervorgeht, ist die Variation des Frequenzversatz-Verhältnisses  $f_2/f_{20}$  größer als die des Frequenzversatz-Verhältnisses  $f_1/f_{10}$  und die Variation ist gleich oder kleiner als 9%. Auch in diesem Fall ist nachvollziehbar, dass die Variation der Resonanz-Frequenz klein ist. Mit anderen Worten, kann die Arbeitsfrequenz  $f_2$  des M-förmigen Antennenelementes **2** der M-förmigen Antennenvorrichtung des vorliegenden Implementierungsbeispiels akkurat aus der Resonanz-Frequenz  $f_{20}$  des M-förmigen Antennenelementes **2** erhalten werden und dies ermöglicht, dass die M-förmige Antennenvorrichtung des vorliegenden Implementierungsbeispiels leicht designt werden kann. Darüber hinaus ist nachvollziehbar, dass das Frequenzversatz-Verhältnis  $f_2/f_{20}$  mehr an Eins rückt, wenn die Höhendifferenz  $\Delta H$  zwischen den Strahlungsleitern kleiner ist. Insbesondere, wenn die Höhendifferenz  $\Delta H$  zwischen den Strahlungsleitern so gewählt wird, dass sie gleich oder kleiner als  $0,007 \times \lambda_2$  ist, dann rückt das Frequenzversatz-Verhältnis  $f_2/f_{20}$  nahe an Eins und die Resonanz-Frequenz-Differenz ist gleich oder kleiner als 3%, ohne Rücksicht auf den Wert des Resonanz-Frequenz-Verhältnisses  $f_{20}/f_{10}$ .

**[0124]** Wie vorstehend beschrieben, ist zu verstehen, dass die M-förmige Antennenvorrichtung gemäß dem vorliegenden Implementierungsbeispiel leicht einen Mehrfach-Frequenzbetrieb durch individuelles Designen der M-förmigen Antennenelemente **1** und **2** erreichen kann, welche die gewünschten Resonanz-Frequenzen aufweisen, und durch Vereinigen der Elemente in einer integrierten Ausführung, wie in [Fig. 1](#) dargestellt.

**[0125]** [Fig. 9A](#) ist ein Diagramm, welches eine Richtcharakteristik auf einer horizontalen Ebene der Frequenz  $f_2$  in der M-förmigen Antennenvorrichtung nach [Fig. 6](#) darstellt. [Fig. 9B](#) ist ein Diagramm, welches eine Richtcharakteristik in einer vertikalen Ebene der Frequenz  $f_2$  in der M-förmigen Antennenvorrichtung darstellt. [Fig. 10A](#) ist ein Diagramm, welches eine Richtcharakteristik auf einer horizontalen Ebene der Frequenz  $f_1$  in der M-förmigen Antennenvorrichtung nach [Fig. 6](#) darstellt. [Fig. 10B](#) ist ein Diagramm, welches eine Richtcharakteristik in einer vertikalen Ebene der Frequenz  $f_1$  in der M-förmigen Antennenvorrichtung darstellt.

**[0126]** Wie den [Fig. 9A](#), [Fig. 9B](#), [Fig. 10A](#) und [Fig. 10B](#) zu entnehmen ist, ist ersichtlich, dass eine bilaterale Richtcharakteristik, welche in etwa gleich der horizontalen Ebene ist, erhalten wird, wenn die Arbeitsfrequenzen  $f_2$  und  $f_1$  sind. Wie zuvor beschrieben, kann nachvollzogen werden, dass die M-förmige Antennenvorrichtung zwei Resonanz-Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  aufweist und die bilaterale Richtcharakteristik mit der einfachen Struktur erreicht. Darüber hinaus beträgt auch bei der M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß dem vorliegenden Implementierungsbeispiel, welches für experimentelle Zwecke gemacht ist, die Höhe  $H$  der M-förmigen Antennenvorrichtung  $0,089 \times \lambda_2 (= 0,12 \times \lambda_1)$ , und eine Antenne von dünner Form wird bereitgestellt. Gemäß der Beschreibung des vorgenannten bevorzugten Ausführungsbeispiels und Implementierungsbeispiels weist diese M-förmigen Antennenvorrichtung eine bezüglich der Z-Y-Ebene und der Z-X-Ebene symmetrische Struktur auf. In diesem Fall ergibt sich der besonders vorteilhafte Effekt, dass die Richtcharakteristik der Abstrahlung elektrischer Wellen von der M-förmigen Antennenvorrichtung symmetrisch bezüglich der Z-Y-Ebene und der Z-X-Ebene wird. Wie zuvor beschrieben, kann gemäß dem vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiel eine M-förmige Antennenvorrichtung bereitgestellt werden, welche eine kleine Form und gleichzeitig zwei Resonanz-Frequenzen und eine bilaterale Richtcharakteristik bei einfacher Struktur aufweist.

Abgewandelte bevorzugte Ausführungsbeispiele des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels

**[0127]** Gemäß der Beschreibung des vorgenannten bevorzugten Ausführungsbeispiels und Implementie-



rungsbeispiels weist diese M-förmige Antennenvorrichtung eine bezüglich der Z-Y-Ebene und der Z-X-Ebene symmetrische Struktur auf. Allerdings ist die vorliegende Erfindung nicht hierauf beschränkt und es ist akzeptabel, eine Struktur vorzusehen, welche nur bezüglich der Z-Y-Ebene oder eine asymmetrische Struktur, welche bezüglich der Z-Y-Ebene oder der Z-X-Ebene symmetrisch ist, um beispielsweise die gewünschte Abstrahlungs-Richtcharakteristik oder Eingangs-Impedanz-Charakteristik zu erhalten. Durch die vorstehende Struktur kann eine Antennenvorrichtung bereitgestellt werden, welche eine Abstrahlungs-Richtcharakteristik aufweist, die optimal für den angestrebten Abstrahlungsraum ist.

**[0128]** Gemäß der Beschreibung des vorstehenden bevorzugten Ausführungsbeispiels und Implementierungsbeispiels sind der Strahlungsleiter **4** des M-förmigen Antennenelementes **1** und der Strahlungsleiter **4a** des M-förmigen Antennenelementes **2** auf der Z-Achse angeordnet. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht hierauf begrenzt, und es ist akzeptabel, eine Struktur vorzusehen, in welcher die Strahlungsleiter in verschiedenen Positionen angeordnet sind, um beispielsweise eine gewünschte Eingangs-Impedanz-Charakteristik zu erhalten.

**[0129]** Gemäß der Beschreibung des vorgenannten bevorzugten Ausführungsbeispiels und Implementierungsbeispiels ist die M-förmige Antennenvorrichtung mit den zwei M-förmigen Antennenelementen **1** und **2** ausgestattet. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht hierauf begrenzt, und es ist akzeptabel, eine M-förmige Antennenvorrichtung mit drei oder mehr M-förmigen Antennenelementen auszustatten, um beispielsweise drei oder mehr Resonanz-Frequenzen zu erhalten.

**[0130]** Gemäß der Beschreibung des vorstehenden bevorzugten Ausführungsbeispiels und Implementierungsbeispiels sind die Leiter der M-förmigen Antennenelemente **1** und **2** jeweils mit einer Leiterbahn aufgebaut. Allerdings ist die vorliegende Erfindung hierauf nicht beschränkt, und es ist akzeptabel eine M-förmige Antenne vorzusehen, welche aus plattenförmigen Leitern aufgebaut ist, um beispielsweise eine gewünschte Abstrahlungs-Richtcharakteristik oder Eingangs-Impedanz-Charakteristik zu erhalten. In diesem Fall können die Sendeleiter **6** und **6a** eine Struktur einer Kreisform, eine Halbkreisform, eine ovale Form, eine halbovale Form, eine quadratische Form, eine Rechteckform oder eine polygonale Form, eine Kombination dieser Formen oder eine andere Form aufweisen. Wenn die Sendeleiter **6** und **6a** eine gewölbte Oberflächenform, wie eine kreisförmige Form, eine halbkreisförmige, eine ovale oder eine halbovale Form bezüglich der Abstrahlungs-Richtcharakteristik aufweisen, ergibt sich ein besonders vorteilhafter Effekt, dass der Beugungseffekt an den Eckabschnitten in Folge der Verminderung der Anzahl der Eckabschnitte der Sendeleiter **6a** und **6b** geringer wird und die Kreuzpolarisierungs-Umwandlungsverluste der elektrischen Wellenabstrahlung von der M-förmigen Antennenvorrichtung reduziert werden.

#### Erstes abgewandeltes bevorzugtes Ausführungsbeispiel

**[0131]** [Fig. 11](#) ist eine Ebenenansicht, welche einen Sendeleiter darstellt, welcher mit einem Sendeleiter **6a** und zwei zusätzlichen Sendeleiterabschnitten **6b** gemäß einem ersten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel ausgestattet ist, welches von dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel abgewandelt ist.

**[0132]** Unter Bezugnahme auf [Fig. 11](#) werden zwei zusätzliche Sendeleiterabschnitte **6b** zur Ausdehnung der Breite des Sendeleiters **6a** an beiden Seiten in der Richtung der Breitenerstreckung in etwa des zentralen Abschnitts in der Längsrichtung (die Abstrahlungsleiter **3**, **4** und **5** sind Seite an Seite in dieser Längsrichtung angeordnet) des Sendeleiters **6a** von rechteckiger Form gebildet. In diesem Fall ist vorzugsweise ein Mechanismus zum Anpassen der Breite des Sendeleiters durch Verschieben der zusätzlichen Sendeleiterabschnitte **6b**, in der Richtung der Breitenausdehnung vorzusehen. Dies ermöglicht die Anpassung der Eingangs-Impedanz in dem Einspeiseabschnitt **12** der M-förmigen Antennenvorrichtung durch Ändern der Verteilung des Stromes, welcher durch den Sendeleiter **6a** fließt. Mit anderen Worten, wenn die Impedanz-Charakteristik leicht durch die Umgebung, in welcher die M-förmige Antennenvorrichtung installiert ist, verschiebt, kann die Eingangs-Impedanz geändert werden, um eine Anpassung in Richtung auf die gewünschte Eingangs-Impedanz durch Bewegen des zusätzlichen Sendeleiterabschnitts **6b** in Richtung der Breitenausdehnung zu ermöglichen. Andererseits wird die Abstrahlungs-Richtcharakteristik der M-förmigen Antennenvorrichtung durch Verteilung des elektrischen Feldes in der M-förmigen Antenne, wie in [Fig. 3](#) dargestellt, festgelegt. Deshalb kann durch Ändern der Positionen der zusätzlichen Sendeleiterabschnitte **6b** in Richtung der Breite die Richtcharakteristik geändert werden.

#### Zweites modifiziertes bevorzugtes Ausführungsbeispiel

**[0133]** [Fig. 12](#) ist eine Draufsicht, welche einen Sendeleiter, der mit einem Sendeleiter **6a** und zwei zusätzli-

chen Sendeleiterabschnitten **6c** gemäß einem zweiten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel ausgestattet ist, darstellt, welcher von dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel abgewandelt ist. Gemäß der Beschreibung des vorgenannten ersten abgewandelten bevorzugten Ausführungsbeispiels wurden die zwei zusätzlichen Sendeleiterabschnitte **6b** mit Rechteckform als Beispiel herangezogen. In dem zweiten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel haben die zusätzlichen Sendeleiterabschnitte **6c**, welche von dem Sendeleiter **6a** abstehen, eine Halbkreisform. Gemäß diesem zweiten abgewandelten bevorzugten Ausführungsbeispiel ist der Beugungsverlust nur gering und die elektrischen Wellen werden ebenfalls in einer Richtung abgestrahlt, die von der Richtung (z.B. die Y-Richtung), in welcher die bilaterale Richtcharakteristik auftritt, abstrahlt. Wie vorstehend beschrieben, kann ein Antennenoptimum für die Umgebung, in welche die Antenne installiert wird, mittels der zusätzlichen Sendeleiterabschnitte **6b** und **6c** bereitgestellt werden.

**[0134]** Es ist anzumerken, dass die zusätzlichen Sendeleiterabschnitte **6c**, die von dem Sendeleiter **6a** abstehen, eine gewölbte Form aufweisen können, wie eine halbovale Form. Die zusätzlichen Sendeleiterabschnitte **6b** oder **6c** können zu dem Sendeleiter **6** hinzugefügt werden.

#### Drittes modifiziertes Ausführungsbeispiel

**[0135]** [Fig. 13](#) ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung darstellt, welche mit zwei Richtcharakteristik-Steuerungsleitern **7** gemäß einem dritten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel ausgestattet sind, welches von dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel abgewandelt ist. Dieses dritte modifizierte bevorzugte Ausführungsbeispiel ist dadurch gekennzeichnet, dass ferner zwei Richtcharakteristik-Steuerungsleiter **7** zum Ändern der Abstrahlungs-Richtcharakteristik der M-förmigen Antennenvorrichtung verglichen mit dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel vorgesehen sind.

**[0136]** Unter Bezugnahme auf [Fig. 13](#) sind die beiden Richtcharakteristik-Steuerungsleiter **7** jeweils aus einem linearen Leiter aufgebaut, welcher auf der X-Achse symmetrisch bezüglich der Z-Y-Ebene vorgesehen ist, und welche ihre unteren Enden geerdet haben. Zum Beispiel arbeiten die Richtcharakteristik-Steuerungsleiter **7**, wenn die Länge eines jeden der beiden Richtcharakteristik-Steuerungsleiter **7** kürzer als eine viertel Wellenlänge gewählt wird, als Wellenleiter, und die abgestrahlten elektrischen Wellen werden zu den Richtcharakteristik-Steuerungsleitern **7** hingezogen. Im Ergebnis wird die bilaterale Richtcharakteristik schärfer. Daher kann eine M-förmige Antennenvorrichtung bereitgestellt werden, welche für einen extrem länglichen Raum, wie einen Korridor geeignet ist. Wenn die Länge eines jeden der beiden Richtcharakteristik-Steuerungsleiter **7** so gewählt wird, dass sie länger als eine viertel Wellenlänge ist, wirken die Richtcharakteristik-Steuerungsleiter **7** wie ein Reflektor, und die abgestrahlten elektrischen Wellen werden teilweise in Richtung der Richtcharakteristik-Steuerungsleiter **7** reflektiert. Hieraus resultiert, dass die Breite der bilateralen Richtcharakteristik weiter wird. Daher kann eine M-förmige Antennenvorrichtung bereitgestellt werden, welche eine bilaterale Richtcharakteristik aufweist, welche nahe einer nicht richtungsgebundenen Charakteristik ist. Mit anderen Worten, wirken die Richtcharakteristik-Steuerungsleiter **7** als parasitäre Antennenelemente zum Steuern der Richtcharakteristik der M-förmigen Antennenvorrichtung.

**[0137]** Obwohl die Richtcharakteristik-Steuerungsleiter **7** jeweils aus einem linearen Leiter in dem dritten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel aufgebaut sind, können die Leiter ebenso aus Leitern einer anderen Form aufgebaut sein. Die Richtcharakteristik-Steuerungsleiter **7** können jeweils aus einem helixförmigen Leitertyp aufgebaut sein, zum Beispiel einem spiralförmigen Leiter oder aus einem Leiter, welcher L-förmig gebogen ist. Bei dieser Ausgestaltung wird die Dicke der Antenne reduziert, ohne den vorgenannten Effekt negativ zu beeinflussen. Darüber hinaus ist das dritte bevorzugte Ausführungsbeispiel mit zwei Richtcharakteristik-Steuerungsleitern ausgestattet. Allerdings ist die Anzahl nicht auf zwei begrenzt und drei oder mehr sind zulässig. Bei dieser Anordnung wird der Freiheitsgrad der Antennenanordnung erhöht und die Abstrahlungs-Richtcharakteristik kann in einem größeren Umfang gesteuert werden.

#### Viertes modifiziertes Ausführungsbeispiel

**[0138]** [Fig. 14](#) ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung darstellt, welche mit einem kreisförmigen Masseleiter **11a** gemäß einem vierten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel ausgestattet ist, welches von dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel abgewandelt ist. Das vierte modifizierte bevorzugte Ausführungsbeispiel ist dadurch gekennzeichnet, dass im Vergleich mit dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel der kreisförmige Masseleiter **11a** anstelle des rechteckigen Masseleiters **11** vorgesehen ist. In [Fig. 14](#) ist der Einspeiseabschnitt **12** in einem zentralen Abschnitt des Masseleiters **11a** gebildet.

**[0139]** Die Form des Masseleiters **11** ist nicht auf die kreisförmige Form beschränkt und eine polygonale Form, Halbkreisform, ovale Form, eine gewölbte Oberflächenform und eine Kombination dieser Formen und anderer Formen ist zulässig, um zum Beispiel die gewünschte Abstrahlungs-Richtcharakteristik oder Eingangs-Impedanz-Charakteristik zu erhalten. Indem der Masseleiter **11** in einer Weise hergestellt wird, sodass er eine gewölbte äußere Form aufweist, wird bezüglich der Abstrahlungs-Richtcharakteristik ein derartiger besonderer vorteilhafter Effekt erzielt, dass der Beugungseffekt in den Eckbereichen in Folge der Verminderung der Anzahl der Eckabschnitte des Masseleiters **11** und der Kreuzpolarisierungs-Umwandlungsverlust der Abstrahlung elektrischer Wellen von der M-förmigen Antennenvorrichtung vermindert wird. Darüber hinaus besteht, wenn die M-förmige Antennenvorrichtung in einer Decke oder Ähnlichem installiert wird, ein Bedarf, die Form der Antennenvorrichtung mit der Oberflächenbeschaffenheit der Deckenoberfläche oder der Form des Raumes zu koordinieren, sodass die Antennenvorrichtung weniger sichtbar wird. Es gibt jedoch, wenn die Antennenvorrichtung eine rechteckige oder andere polygonale Form aufweist, Beschränkungen bezüglich der Richtung, in welcher die Antenne installiert wird, da die Oberflächenbeschaffenheit der Deckenoberfläche oder die Form des Raumes festgelegt sind. Demnach besteht, wenn der Masseleiter **11a** eine kreisförmige Form aufweist, d.h., wenn die Grundfläche der Antennenvorrichtung eine kreisförmige Form aufweist, dass ein Vorteil darin besteht, eine Vorrichtung in der Decke zu installieren, sodass die Antennenvorrichtung installiert werden kann, ohne Rücksicht auf die Beschaffenheit der Deckenoberfläche oder die Form des Raumes zu nehmen. Darüber hinaus ist es möglich, wenn die Grundfläche der Antennenvorrichtung eine kreisförmige Form aufweist, die Aufbringungsrichtung durch Drehen der Antennenvorrichtung zu ändern. Bei dieser Anordnung kann die Richtung, in welcher die elektrischen Wellen abgestrahlt werden, angepasst werden, und ein Abstrahlungs-Richtcharakteristik-Optimum für die Installationslage der Antennenvorrichtung kann erreicht werden.

**[0140]** Darüber hinaus ist es akzeptabel, diese M-förmige Antennenvorrichtung in einer Array-Form anzuordnen, welche ein phasengeregeltes Antennen-Array oder ein adaptives Antennen-Array darstellt. Diese Anordnung ermöglicht die weitere Steuerung der Richtcharakteristik der Abstrahlung elektrischer Wellen.

#### Zweites bevorzugtes Ausführungsbeispiel

**[0141]** **Fig. 15** ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt. Das zweite bevorzugte Ausführungsbeispiel ist dadurch gekennzeichnet, dass im Vergleich mit dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel ein Anpassungsleiter, dadurch gekennzeichnet, dass ferner ein Anpassungsleiter **8**, welcher aus einem linearen Leiter aufgebaut ist, vorgesehen ist. Die weitere Ausgestaltung ist ähnlich zu der des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels, und es ist keine detaillierte Beschreibung vorgesehen. In diesem Fall ist der Anpassungsleiter **8** aus einem Leiter aufgebaut und vorgesehen, um parallel mit den Abstrahlungsleitern **3**, **4** und **5** zu sein. Ein Ende des Anpassungsleiters **8** ist an den ungefähren Mittelpunkt, welcher zwischen dem anderen Ende des Sendeleiters **6**, an welches der Abstrahlungsleiter **5** angeschlossen ist und dem Anschlusspunkt P1 liegt, angeschlossen, während das andere Ende des Anpassungsleiters geerdet ist.

**[0142]** Die M-förmige Antennenvorrichtung des zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiels, welche wie vorstehend ausgestaltet ist, weist eine Arbeitsweise und einen Effekt, ähnlich zu denen des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels, auf und ist ferner mit der folgenden Arbeitsweise und Effekt ausgestattet. Mit anderen Worten tritt möglicher Weise bei der M-förmigen Antennenvorrichtung des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels ein verschlechterter Impedanz-Anpassungszustand zwischen der M-förmigen Antennenvorrichtung und dem Einspeisekabel in dem Einspeiseabschnitt **12** abhängig von der Antennenstruktur auf. Wenn der Impedanz-Anpassungszustand, wie vorstehend beschrieben, verschlechtert wird, nimmt die elektrische Verlustleistung, die den M-förmigen Antennenelementen **1** und **2** der M-förmigen Antennenvorrichtung zugeführt wird, ab, um die Abstrahlungseffizienz der Antennenvorrichtung nachteilig zu verringern. Deshalb wird die Eingangs-Impedanz der Antennenvorrichtung durch Bereitstellen des Anpassungsleiters **8** in der Nähe der M-förmigen Antennenelemente **1** und **2** mit einem dazwischen liegenden Intervall variiert, um einen zufrieden stellenden Zustand der Anpassung mit dem Einspeisekabel in dem Einspeiseabschnitt **12** zu erreichen, durch welchen die Abstrahlungseffizienz der Antennenvorrichtung verbessert werden kann. Darüber hinaus ändert sich die Abstrahlungs-Richtcharakteristik der M-förmigen Antennenvorrichtung des vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiels im Vergleich mit dem Fall eines nicht vorhandenen Anpassungsleiters **8** (erstes bevorzugtes Ausführungsbeispiel) kaum, wenn der Anpassungsleiter **8** kleiner als die M-förmigen Antennenelemente **1** und **2** ist. Mit anderen Worten kann der Impedanz-Anpassungszustand zufrieden stellend ausgeführt werden, während die gewünschte Richtcharakteristik kaum geändert wird.

**[0143]** **Fig. 16** ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvor-

richtung gemäß einem zweiten Implementierungsbeispiel (Prototyp) des zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiels darstellt. Der Anpassungsleiter **8** der M-förmigen Antennenvorrichtung des zweiten Implementierungsbeispiels ist aus einem Leiter mit einem Durchmesser von  $0,008 \times \lambda_2$  aufgebaut und in einer Position installiert, welche um eine Distanz von  $0,1 \times \lambda_2$  separat von dem Ursprung in Y-Achsenrichtung liegt. Die andere Antennenstruktur ist ähnlich der Struktur der M-förmigen Antennenvorrichtung des ersten Implementierungsbeispiels.

[0144] [Fig. 17](#) ist ein Diagramm, welches eine Rückflussschwankung (VSWR) -Charakteristik bezüglich der normalisierten Frequenz  $f/f_1$  in der M-förmigen Antennenvorrichtung nach [Fig. 16](#) darstellt. In diesem Fall, in [Fig. 17](#), repräsentiert die horizontale Achse die durch die Arbeitsfrequenz  $f_1$  normalisierte Frequenz. Wie in [Fig. 17](#) veranschaulicht, ist zu erkennen, dass die M-förmige Antennenvorrichtung des zweiten Implementierungsbeispiels eine zufrieden stellende Impedanz-Charakteristik mit einem kleinen Reflektionsverlust an VSWR aufweist, welcher gleich oder kleiner als Zwei (d.h., der Reflektionsverlust ist gleich oder kleiner als 10 dB) bei den beiden Arbeitsfrequenzen  $f_1$  und  $f_2$  ist. Es ist anzumerken, dass die Abstrahlungs-Richtcharakteristik ähnlich zu den der [Fig. 9A](#), [Fig. 9B](#), [Fig. 10A](#) und [Fig. 10B](#) ist und eine bilaterale Richtcharakteristik aufweist. In der M-förmigen Antennenvorrichtung des zweiten Implementierungsbeispiels kann ebenfalls die Höhe der Antennenvorrichtung  $0,089 \times \lambda_2 (= 0,12 \times \lambda_1)$  betragen, und es kann eine Antennenvorrichtung einer dünnen Form bereitgestellt werden.

#### Modifiziertes bevorzugtes Ausführungsbeispiel des zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiels

[0145] Die ersten bis vierten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiele, welche in Verbindung mit dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel beschrieben worden sind und jedes andere modifizierte bevorzugte Ausführungsbeispiel, kann auf das zweite bevorzugte Ausführungsbeispiel angewandt und ähnliche Funktionsweisen und Effekte können erhalten werden.

[0146] Die M-förmige Antennenvorrichtung, welche einen Anpassungsleiter aufweist, ist in Verbindung mit dem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel beschrieben worden. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf diese Beschränkt, und es ist akzeptabel zwei oder mehr Anpassungsleiter **8** vorzusehen, um beispielsweise eine gewünschte Eingangs-Impedanz-Charakteristik zu erhalten. Bei dieser Anordnung wird der Freiheitsgrad der Antennenstruktur erhöht und der Zustand der Impedanz-Anpassung mit dem Einspeisekabel in der Einspeiseleitung in dem Einspeiseabschnitt **12** kann weiter verbessert werden.

[0147] Die M-förmige Antennenvorrichtung der Struktur, in welcher der Anpassungsleiter **8** auf der X-Achse angeordnet ist, wurde in Verbindung mit dem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel beschrieben. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht hierauf beschränkt, und es ist beispielsweise möglich, den Anpassungsleiter in einer beliebigen Position in der X-Y-Ebene des Masseleiters **11** anzuordnen. Bei dieser Anordnung wird der Freiheitsgrad der Antennenstruktur erhöht und der Zustand der Impedanz-Anpassung mit dem Einspeisekabel in dem Einspeiseabschnitt **12** kann weiter verbessert werden.

[0148] Obwohl der Anpassungsleiter in dem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel aus einem linearen Leiter aufgebaut ist, kann der Anpassungsleiter ebenso aus einem Leiter einer anderen Form aufgebaut sein. Zum Beispiel ist es akzeptabel, den Anpassungsleiter aus einem Leiter eines helixförmigen Typs, welcher aus einem spiralförmigen Leiter aufgebaut ist oder den Anpassungsleiter aus einem Leiter, welcher L-förmig gebogen ist, bestehen zu lassen. Bei dieser Anordnung wird der Freiheitsgrad der Antennenstruktur erhöht, und der Zustand der Impedanz-Anpassung mit der Einspeiseleitung in dem Einspeiseabschnitt **12** kann weiter verbessert werden.

[0149] Bei dem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel ist der Anpassungsleiter **8** an den Sendeleiter **6** des M-förmigen Antennenelementes **1** angeschlossen. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht hierauf beschränkt und der Anpassungsleiter kann an einen Sendeleiter **6a** des M-förmigen Antennenelementes **2** angeschlossen sein.

#### Fünftes modifiziertes bevorzugtes Ausführungsbeispiel

[0150] [Fig. 18B](#) ist eine schematische Ansicht, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem fünften modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel, welche von dem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel abgewandelt ist, darstellt. Obwohl das eine Ende des Anpassungsleiters **8** zwischen dem Anschlusspunkt P1 und das andere Ende des Sendeleiters **6** in dem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel, wie in [Fig. 18A](#) dargestellt, angeschlossen ist, ist es akzeptabel ein Ende an ein Mittelpunkt P4



des Strahlungsleiters **4**, wie in [Fig. 18B](#) des fünften abgewandelten bevorzugten Ausführungsbeispiels dargestellt, anzuschließen. Bei dieser Anordnung kann der Zustand der Impedanz-Anpassung mit der Einspeiseleitung in den Einspeiseabschnitt **12** weiter verbessert werden.

#### Sechstes modifiziertes bevorzugtes Ausführungsbeispiel

[0151] [Fig. 18C](#) ist eine schematische Ansicht, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem sechsten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel, welche von dem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel abgewandelt ist, darstellt. Obwohl das eine Ende des Anpassungsleiters **8** zwischen dem Anschlusspunkt P1 und das andere Ende des Sendeleiters **6** in dem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel, wie in [Fig. 18A](#) dargestellt, angeschlossen ist, ist es akzeptabel, das eine Ende an den Mittelpunkt P4 des Strahlungsleiters **5**, wie in [Fig. 18C](#) des sechsten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiels dargestellt, anzuschließen. Bei dieser Anordnung kann der Zustand der Impedanz-Anpassung mit der Einspeiseleitung in den Einspeiseabschnitt weiter verbessert werden.

#### Siebtens modifiziertes bevorzugtes Ausführungsbeispiel

[0152] [Fig. 19](#) ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem siebten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel, welche von dem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel abgewandelt ist, darstellt. Obwohl der Anpassungsleiter **8** an den Sendeleiter **6** des M-förmigen Antennenelementes **1** in dem zweiten bevorzugten Ausführungsbeispiel angeschlossen ist, ist es akzeptabel, gemäß dem siebten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel weiter einen Anpassungsleiter **9** vorzusehen, welcher weder an den Strahlungsleiter noch an den Sendeleiter angeschlossen ist. Dieser Anpassungsleiter **9** befindet sich in der Y-Z-Ebene parallel zu den Strahlungsleitern **3** und **4** und das untere Ende des Anpassungsleiters **9** ist geerdet zwischen den Strahlungsleitern **3** und **4**. Mit anderen Worten, wird durch Bereitstellung einer Ausgestaltung, in welcher das obere Ende des Anpassungsleiters **9** nicht an die M-förmigen Antennenelemente **1** und **2** angeschlossen ist, der Freiheitsgrad der Antennenstruktur erhöht und der Zustand der Impedanz-Anpassung mit der Einspeiseleitung in den Einspeiseabschnitt kann weiter verbessert werden.

#### Drittes bevorzugtes Ausführungsbeispiel

[0153] [Fig. 20](#) ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem dritten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt. Das dritte bevorzugte Ausführungsbeispiel ist dadurch gekennzeichnet, dass im Vergleich mit dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel zwei M-förmige Antennenelemente **1** und **2** in einem dielektrischen Körper **31** auf der Rückseite, auf welcher ein Masseleiter **11b** einer rechteckigen Form gebildet ist und auf der Oberfläche des dielektrischen Körpers **31** vorgesehen ist. Die weitere Ausgestaltung ist ähnlich zu der des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels und es wird keine detaillierte Beschreibung angegeben. In diesem Fall wird der Strahlungsleiter **4a** des M-förmigen Antennenelementes **1** und des M-förmigen Antennenelementes **2** innerhalb des dielektrischen Körpers **31** gebildet. Die Strahlungsleiter **3a** und **5a** des M-förmigen Antennenelementes werden auf den Seitenflächen des dielektrischen Körpers **31** und der Strahlungsleiter **6a** wird auf der Oberseite des dielektrischen Körpers **31** gebildet.

[0154] In [Fig. 20](#) weist der Masseleiter **11b** eine zur Z-Y-Ebene und zur Z-X-Ebene symmetrische rechteckige Form auf und der Einspeiseabschnitt **12** ist am Ursprung der X-Y-Ebene angeordnet. Die M-förmigen Antennenelemente **1** und **2** sind jeweils aus einem Leiter aufgebaut und in der Z-Y-Ebene angeordnet. In diesem Fall sind der Strahlungsleiter **4** des M-förmigen Antennenelementes **1** und der Strahlungsleiter **4a** des M-förmigen Antennenelementes **2** auf der Z-Achse angeordnet. In diesem Fall weist der dielektrische Körper **31**, dessen Grundfläche der Masseleiter **11b** ist, eine rechteckige Säulenform einer Höhe gleich der Höhe des M-förmigen Antennenelementes **2** auf. Die M-förmige Antennenvorrichtung des dritten bevorzugten Ausführungsbeispiels, welche wie vorstehend aufgebaut ist, weist eine Funktionsweise und einen Effekt gleich denen des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels auf.

[0155] Die M-förmige Antennenvorrichtung des vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiels besteht darin, den dielektrischen Körper **31** in einen Raum einzufügen, welcher eine Region der Y-Z-Ebene umgeben durch die Strahlungsleiter **3a** und **5a** und dem Sendeleiter **6a** des M-förmigen Antennenelementes **2** und dem Masseleiter **11b** beinhaltet und sich in der -X-Richtung und der +X-Richtung der Region ausdehnt. Es wird angenommen, dass das Verhältnis der Dielektrizitäts-Konstanten (relative Dielektrizitäts-Konstante) des dielektrischen Körpers **31** bezüglich der Dielektrizitäts-Konstante  $\epsilon_0$  in einem Vakuum  $\epsilon_r$  beträgt, sodass die Wellen-

länge in dem dielektrischen Körper **31**

$$\frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

mal die Wellenlänge im Vakuum ist. Die relative Dielektrizitäts-Konstante  $\epsilon_r$  ist nicht kleiner als Eins und daher wird die Wellenlänge in dem dielektrischen Körper **31** verkürzt. Daher kann durch Einfügen des dielektrischen Körpers **31** in die Antenne, die M-förmige Antennenvorrichtung in Größe und Gewicht reduziert werden, und es kann dafür gesorgt werden, dass sie eine dünne Struktur aufweist.

**[0156]** Es ist akzeptabel, das erste bevorzugte Ausführungsbeispiel und seine modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiele, das zweite bevorzugte Ausführungsbeispiel und seine modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiele und auch das dritte bevorzugte Ausführungsbeispiel anzuwenden.

#### Viertes bevorzugtes Ausführungsbeispiel

**[0157]** [Fig. 21](#) ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem vierten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt. Dieses vierte bevorzugte Ausführungsbeispiel ist dadurch gekennzeichnet, dass die M-förmigen Antennenelemente **1** und **2** in einem dielektrischen Substrat **32**, auf dessen Rückseite der Masseleiter **11b** gebildet ist, auf der Oberfläche des dielektrischen Substrats **32** in einem dielektrischen Substrat **33** und auf der Oberfläche des dielektrischen Substrats **33** gebildet werden. In diesem Fall bestehen die Strahlungsleiter **3**, **4** und **5** des M-förmigen Antennenelementes **1** aus einem Durchgangslochleiter, welcher das dielektrische Substrat **32** in Richtung der Dicke durchdringt und dessen Sendeleiter aus einem Leitungsmuster (oder einer Leiterfolie) aufgebaut ist, welche auf der Oberfläche **6** des dielektrischen Substrats **32** gebildet ist. Der Strahlungsleiter **4a** des M-förmigen Antennenelementes **2** besteht aus einem Durchgangslochleiter, welcher durch das dielektrische Substrat **33** in Richtung der Dicke dringt, wobei dessen Strahlungsleiter **3a** und **5a** auf den Seitenflächen der dielektrischen Substrate **32** und **33** gebildet werden und dessen Sendeleiter **6a** aus einem Leitungsmuster (oder einer Leiterfolie) gebildet werden, welche auf der oberseitigen Oberfläche des dielektrischen Substrats **33** gebildet sind. Es ist anzumerken, dass die Strahlungsleiter **3a** und **5a** aus einem halbkreisförmigen Durchgangslochleiter aufgebaut sein können, welcher die dielektrischen Substrate **32** und **33** in Richtung der Dicke durchdringt.

**[0158]** Somit können die Leiter der M-förmigen Antennenelemente **1** und **2** durch eine Drucktechnik für gedruckte Leiter gebildet werden. Dadurch kann eine Substratverarbeitungstechnik mit hoher Verarbeitungsgenauigkeit, wie ein Etch-Prozess, eingesetzt werden, durch welchen die Herstellungsgenauigkeit verbessert und eine Kostenreduktion durch Massenproduktion erreicht werden kann.

**[0159]** Als nächstes wird ein Beispiel des Herstellungsverfahrens der M-förmigen Antennenvorrichtung des vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf [Fig. 21](#) beschrieben. Zuerst wird der Sendeleiter **6** des M-förmigen Antennenelementes **2** durch Schneiden des dielektrischen Substrates **32** auf die Form des Masseleiters **11b** und Abtragen eines Teils der Leiterfolie auf einer Seite zum Beispiel durch Ätzen oder Fräsen gebildet und die Strahlungsleiter **3**, **4** und **5** des M-förmigen Antennenelementes **1** werden mittels eines Durchgangsloches, welches das dielektrische Substrat **32** in Richtung der Dicke durchdringt, bereitgestellt. In diesem Fall dient die Oberfläche, welche zum M-förmigen Antennenelement **1** gehört und auf welcher der Sendeleiter **6** gebildet wird, als oberseitige Oberfläche des dielektrischen Substrats **32**. Darüber hinaus dient der Leiterfolienbereich der rückseitigen Oberfläche des dielektrischen Substrats **32** als Masseleiter **11b**. In diesem Masseleiter **11b** wird ein kreisförmiges Loch einer ungefähren Größe von der Leiterfolie um die Lage des Durchgangslochleiters herum abgetragen, der den Strahlungsleiter **4** bildet, wodurch ein Einspeiseabschnitt **12** einer koaxialen Form gebildet wird.

**[0160]** Weiter wird das andere dielektrische Substrat **33** auf die selbe Größe wie das dielektrische Substrat **32** geschnitten, und der Sendeleiter **6** des M-förmigen Antennenelementes **2** wird durch Abtragen eines Teils der Leiterfolie zum Beispiel durch Ätzen oder Fräsen von einer Oberfläche der Leiterfolie des dielektrischen Substrats **33** gebildet. Die andere Oberfläche des dielektrischen Substrats **33** wird vollständig abgetragen. Ferner besteht der Strahlungsleiter **4a** des M-förmigen Antennenelementes **2** aus einem Durchgangslochleiter. Bei diesem dielektrischen Substrat **33** dient die Oberfläche, welche zu dem M-förmigen Antennenelement **2** gehört und auf welcher der Sendeleiter **6a** gebildet ist, als oberseitige Oberfläche des dielektrischen Substrats **33** und die Oberfläche, welche zu dem dielektrischen Substrat **33** gehört und vollständig abgetragen wird, dient als unterseitige Oberfläche. Durch Anbringen der oberseitigen Oberfläche des dielektrischen Substrats **32** auf die unterseitige Oberfläche des dielektrischen Substrats **34** und weiterem Ausbilden der Strahlungsleiter **3a**



und **5a** auf den Seitenflächen der dielektrischen Substrate **32** und **33** wird die M-förmige Antennenvorrichtung gemäß dem vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiel hergestellt.

**[0161]** Wie vorstehend beschrieben, kann gemäß dem vorliegenden bevorzugten Ausführungsbeispiel eine M-förmige Antennenvorrichtung bereitgestellt werden, welche eine einfachere Struktur, eine kleinere Größe und eine dünnere Form, hohe Herstellungsgenauigkeit und eine verminderte Beeinträchtigung der Antennencharakteristiken aufweist und gleichzeitig eine zufrieden stellende Impedanz-Charakteristik mit geringen Reflexionsverlusten bei den beiden Resonanz-Frequenzen und eine bilaterale Richtcharakteristik besitzt.

**[0162]** Die Antennenvorrichtung der Struktur, bei welcher die durch den Leiter umgebene Antenne innen mit dem dielektrischen Material gefüllt ist, ist in Verbindung mit dem dritten und vierten bevorzugten Ausführungsbeispiel beschrieben worden. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht hierauf begrenzt und die Struktur kann ein dielektrisches Material beinhalten, welches in einem Teil der Antenne vorhanden ist. Zum Beispiel kann das M-förmige Antennenelement **1** mit dem dielektrischen Material **31** (drittes bevorzugtes Ausführungsbeispiel) gefüllt werden oder mit einem dielektrischen Substrat **32** (viertes bevorzugtes Ausführungsbeispiel) gebildet werden.

**[0163]** Es ist akzeptabel, das erste bevorzugte Ausführungsbeispiel und seine modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiele, das zweite bevorzugte Ausführungsbeispiel und seine modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiele auf das vorstehend beschriebene vierte bevorzugte Ausführungsbeispiel anzuwenden.

#### Achtes modifiziertes bevorzugtes Ausführungsbeispiel

**[0164]** [Fig. 22B](#) ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß dem achten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel, welches von dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel abgewandelt ist, darstellt. In dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel, wie in [Fig. 22A](#) dargestellt, sind der Anschlusspunkt P1 und der Anschlusspunkt P2 miteinander über den Strahlungsleiter **4a** verbunden. Mit anderen Worten verwendet das M-förmige Antennenelement nur den Strahlungsleiter **4**, der an den Einspeisepunkt **12** angeschlossen ist. Das M-förmige Antennenelement **2** verwendet beide Strahlungsleiter **4** und **4a**, welche an den Einspeisepunkt **12** als Strahlungsleiter angeschlossen sind und der Strahlungsleiter **4** wird von den M-förmigen Antennenelementen **1** und **2** geteilt.

**[0165]** Wie in [Fig. 22B](#) dargestellt, welches ein achtes modifiziertes bevorzugtes Ausführungsbeispiel zeigt, ist es akzeptabel, den Anschlusspunkt P1 und den Anschlusspunkt P2 so auszugestalten, dass sie als identische Anschlusspunkte ohne Ausbildung eines Strahlungsleiters **4a** dienen. Mit anderen Worten, weist jeder der Strahlungsleiter **3**, **4** und **5** ein Ende, welches an den Anschlusspunkt P1 = P2, welcher an einen zentralen Abschnitt des Sendeleiters **6a** angeschlossen ist, auf. Mit anderen Worten, wird der Strahlungsleiter **4** gemäß dem achten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel von den zwei M-förmigen Antennenelementen **1** und **2** geteilt.

#### Neuntes modifiziertes bevorzugtes Ausführungsbeispiel

**[0166]** [Fig. 22C](#) ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem neunten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel darstellt, welches von dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel abgewandelt ist. Diese Antennenvorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass ein Strahlungsleiter **4c** anstelle des Strahlungsleiters **4a** des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels vorgesehen ist. Ein Ende des Strahlungsleiters **4c** ist an den Anschlusspunkt P2 angeschlossen, während das andere Ende des Strahlungsleiters **4a** direkt an den Einspeisepunkt **12** angeschlossen ist. Es ist anzumerken, dass der Strahlungsleiter **4c** von dem Sendeleiter **6** elektrisch isoliert ist. Mit anderen Worten, werden gemäß dem neunten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel die Strahlungsleiter **4** und **4c** separat von den beiden M-förmigen Antennenelementen **1** und **2** genutzt.

#### Zehntes modifiziertes bevorzugtes Ausführungsbeispiel

**[0167]** [Fig. 22D](#) ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem zehnten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel darstellt, welches von dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel abgewandelt ist. In dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel ist der Strahlungsleiter **4a** an den Punkt zwischen dem Anschlusspunkt P2 und dem Anschlusspunkt P1 angeschlossen. In dem zehnten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel ist ein Strahlungsleiter **4d** anstelle des Strahlungsleiters **4a** vorgesehen. Ein Ende des Strahlungsleiters **4d** ist an den Anschlusspunkt P2 angeschlos-

sen, während das andere Ende des Strahlungsleiters **4d** an den Anschlusspunkt P5 angeschlossen ist, welcher zwischen dem Anschlusspunkt P1 und dem einen Ende oder dem anderen Ende des Sendeleiters **6** angeordnet ist. In diesem Fall kann durch Verlagern der Position des Anschlusspunktes P5 auf dem Sendeleiter **6** die Eingangs-Impedanz der M-förmigen Antennenvorrichtung angepasst werden.

[0168] In dem zehnten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel verwendet das M-förmige Antennenelement nur den Strahlungsleiter **4**, welcher an den Einspeisepunkt **12** angeschlossen ist. Das M-förmige Antennenelement **2** verwendet jedoch die Strahlungsleiter **4** und **4d**, welche an den Einspeisepunkt **12** und an einen Teil des Sendeleiters **6** als Strahlungsleiter angeschlossen sind, und der Strahlungsleiter **4** wird von dem M-förmigen Antennenelement **1** und **2** geteilt.

#### Fünftes bevorzugtes Ausführungsbeispiel

[0169] [Fig. 23A](#) ist eine schematische Ansicht, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem fünften bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt. Diese Antennenvorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass im Vergleich mit dem ersten bevorzugten Ausführungsbeispiel, welches in [Fig. 22A](#) dargestellt ist, ein drittes M-förmiges Antennenelement **2b** mit Strahlungsleitern **3b**, **4b** und **5b** und einem Sendeleiter **6b** ausgestattet ist. Ein Ende des Strahlungsleiters **3b** ist an ein Ende des Sendeleiters **6b** angeschlossen, und das andere Ende an den Strahlungsleiter **3b** ist geerdet. Ein Ende des Strahlungsleiters **5b** ist an das andere Ende des Sendeleiters **6b** angeschlossen, und das andere Ende des Strahlungsleiters **5b** ist geerdet. Ferner ist ein Ende des Strahlungsleiters **4b** an den Anschlusspunkt P3 angeschlossen, welcher in dem zentralen Abschnitt des Sendeleiters **6b** angeordnet ist und das andere Ende ist an den Anschlusspunkt P2 angeschlossen.

[0170] Das fünfte bevorzugte Ausführungsbeispiel, welches wie vorstehend aufgebaut ist, weist die besondere Funktionsweise und den vorteilhaften Effekt auf, dass die drei M-förmigen Antennenelemente **1**, **2** und **2b** drei Resonanz-Frequenzen bereitstellen, und die Antennenvorrichtung kann bei drei Arbeitsfrequenzen, welche voneinander verschieden sind, zusätzlich zur Funktionsweise und den vorteilhaften Effekten der vorstehenden bevorzugten Ausführungsbeispiele verwendet werden.

#### Elftes modifiziertes bevorzugtes Ausführungsbeispiel

[0171] [Fig. 23B](#) ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem elften modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel, welche von dem fünften bevorzugten Ausführungsbeispiel abgewandelt ist, darstellt. Diese Antennenvorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Strahlungsleiter **4a** und **4b** des fünften bevorzugten Ausführungsbeispiels ausgebildet werden. In diesem Fall werden die zentralen Abschnitte der Sendeleiter **6**, **6a** und **6b** alle an den Anschlusspunkt P1 angeschlossen und alle drei M-förmigen Antennenelemente **1**, **2** und **2b** verwenden den Strahlungsleiter **4**.

#### Zwölftes modifiziertes bevorzugtes Ausführungsbeispiel

[0172] [Fig. 23C](#) ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem zwölften modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel, welches von dem fünften bevorzugten Ausführungsbeispiel abgewandelt ist, darstellt. Diese Antennenvorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass ein Strahlungsleiter **4c** anstelle des Strahlungsleiters **4a** des fünften bevorzugten Ausführungsbeispiels und ein Strahlungsleiter **4d** anstelle des Strahlungsleiters **4b** des fünften bevorzugten Ausführungsbeispiels vorgesehen ist. In diesem Fall ist ein Ende des Strahlungsleiters **4c** an den Anschlusspunkt P2 angeschlossen, während das andere Ende des Strahlungsleiters **4c** direkt an den Einspeisepunkt **12** angeschlossen ist. Ein Ende des Strahlungsleiters **4d** ist an den Anschlusspunkt P3 angeschlossen, während das andere Ende des Strahlungsleiters **4d** direkt an den Einspeisepunkt **12** angeschlossen ist. Es ist anzumerken, dass die Strahlungsleiter **4c** und **4d** elektrisch von den Sendeleitern **6**, **6a** und **6b** isoliert sind.

#### Dreizehntes modifiziertes bevorzugtes Ausführungsbeispiel

[0173] [Fig. 23D](#) ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem dreizehnten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel, welches von dem fünften bevorzugten Ausführungsbeispiel abgewandelt ist, darstellt. In dem fünften bevorzugten Ausführungsbeispiel ist der Strahlungsleiter **4a** an einen Punkt zwischen dem Anschlusspunkt P2 und dem Anschlusspunkt P1 angeschlossen und der Strahlungsleiter **4b** ist an einen Punkt zwischen dem Anschlusspunkt P3 und dem Anschlusspunkt P2 angeschlossen. In dem dreizehnten modifizierten bevorzugten Ausführungsbeispiel ist ein

Strahlungsleiter **4e** anstelle des Strahlungsleiters **4a** und ein Strahlungsleiter **4f** anstelle des Strahlungsleiters **4b** vorgesehen. In diesem Fall wird ein Ende des Strahlungsleiters **4e** an den Anschlusspunkt P2 angeschlossen, während das andere Ende des Strahlungsleiters **4e** an den Anschlusspunkt P5 angeschlossen wird, welcher zwischen dem Anschlusspunkt P1 und dem ein oder anderen Ende des Sendeleiters **6** angeordnet ist. Ein Ende des Strahlungsleiters **4f** ist an den Anschlusspunkt P3 angeschlossen, während das andere Ende des Strahlungsleiters **4f** an den Anschlusspunkt P6 angeschlossen ist, welcher zwischen dem Anschlusspunkt P2 und dem einen oder anderen Ende des Sendeleiters **6a** angeordnet ist. In diesem Fall kann die Eingangs-Impedanz der M-förmigen Antennenvorrichtung durch Verlagern der Position der Anschlusspunkte P5 und P6 jeweils auf den Sendeleitern **6** und **6a** eingestellt werden.

#### Modifiziertes Implementierungsbeispiel des zweiten Implementierungsbeispiels

[0174] **Fig. 31** ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem modifizierten Implementierungsbeispiel des zweiten Implementierungsbeispiels der vorliegenden Erfindung darstellt. Dieses modifizierte Implementierungsbeispiel des zweiten Implementierungsbeispiels ist dadurch gekennzeichnet, dass, wenn eine Distanz d1 zwischen dem Zentrum des Einspeiseabschnittes **12** (ein Ende ist auf der Einspeiseabschnittseite des Strahlungsleiters **4** angeordnet) und einem Ende, welches sich auf der Masseleiter **11**-Seite des Anpassungsleiters **8** befindet und eine Distanz d2 zwischen dem einen Ende, welches auf der Masseleiter **11**-Seite des Anpassungsleiters **8** und dem einen Ende, welches sich auf der Masseleiterseite des Strahlungsleiters **5** befindet, variiert werden, bei diesem modifizierten Implementierungsbeispiel des zweiten Implementierungsbeispiels ein Reflektions-Koeffizient  $S_{11}$  bei der Frequenz f1 und ein Reflektions-Koeffizient  $S_{11}$  bei der Frequenz f2 in dem Einspeiseabschnitt **12** der M-förmigen Antennenvorrichtung gemessen werden und die optimalen Einstellwerte der Distanzen d1 und d2 erhalten werden. Tabelle 1 zeigt in diesem Fall einen Reflektions-Koeffizienten  $S_{11}$ . Es ist anzumerken, dass die Distanzen d1 und d2 anhand der Wellenlänge  $\lambda_2$ , welche der Frequenz f2 entspricht, als Einheit ausgedrückt und diese gemäß der folgenden Gleichung (5) in diesem Fall eingestellt werden.

$$D1 + d2 = 0,3 \times \lambda_2 \quad (5)$$

Tabelle 1

Distanz d1	Distanz d2	Reflektions-Koeffizient $S_{11}$ bei Frequenz f1	Reflektions-Koeffizient $S_{11}$ bei Frequenz f2
[Wellenlänge]	[Wellenlänge]	[dB]	[dB]
0,010	0,290	-1,6	-6,7
0,025	0,275	-9,0	-33,8
0,035	0,265	-11,4	-24,9
0,050	0,250	-14,8	-20,2
0,100	0,200	-37,3	-14,3
0,150	0,150	-21,5	-11,7
0,200	0,100	-16,0	-10,0
0,250	0,050	-13,3	-8,0
0,275	0,025	-12,3	-6,8

[0175] Es ist anzumerken, dass die optimalen Einstellwerte erhalten werden, wenn der Reflektions-Koeffizient  $S_{11}$  gleich oder kleiner als -10 dB bei beiden Frequenzen f1 und f2 in Tabelle 1 wird, da sodann die Distanzen d1 und d2 innerhalb der Bereiche der folgenden Gleichungen (6) und (7) fallen.

$$0,035 \times \lambda_2 \leq d_1 \leq 0,200 \times \lambda_2 \quad (6)$$

$$0,265 \times \lambda_2 \leq d_2 \leq 0,100 \times \lambda_2 \quad (7)$$

**[0176]** Wenn die Distanzen  $d_1$  und  $d_2$  selektiv, wie vorstehend beschrieben, eingestellt werden, kann die M-förmige Antennenvorrichtung bei oder unterhalb von  $-10$  dB arbeiten, wenn der Reflektions-Koeffizient  $S_{11}$  innerhalb des Frequenzbereiches von  $f_1$  bis  $f_2$  liegt.

#### Sechstes bevorzugtes Ausführungsbeispiel

**[0177]** [Fig. 32](#) ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem sechsten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt. Bei den vorgenannten ersten bis fünften bevorzugten Ausführungsbeispielen und den Implementierungsbeispielen und deren modifizierten Implementierungsbeispielen wird die Mehrzahl der M-förmigen Antennenelemente **1**, **2** und **2b** auf einer identischen Ebene, wie zum Beispiel der Y-Z-Ebene, gebildet. In dem sechsten bis vierzehnten bevorzugten Ausführungsbeispiel, welche vorstehend beschrieben wurden, ist die Mehrzahl von M-förmigen Antennenelementen **1**, **2** und **2b** dadurch charakterisiert, dass sie zum Beispiel parallel zur flachen Y-Z-Ebene sind und auf Ebenen gebildet werden, die verschieden zueinander sind.

**[0178]** Unter Bezugnahme auf [Fig. 32](#) wird ein M-förmiges Antennenelement **1** gebildet, welches mit Strahlungsleitern **3**, **4** und **5** und einem Sendeleiter **6** in der Y-Z-Ebene ausgestattet ist und eine Ausgestaltung ähnlich zu der des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels aufweist. Hier wird ein M-förmiges Antennenelement **2**, welches mit Strahlungsleitern **3a** und **5a** und einem Sendeleiter **6a** einer Ebene parallel zur Y-Z-Ebene gebildet wird, welche eine Schleife in der -X-Richtung von der Y-Z-Ebene bildet und um eine spezifische Distanz  $d_s$  beabstandet ist und einen Aufbau ähnlich zu dem des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels aufweist. In diesem Fall wird ein Sendeleiter **6c** gebildet, welcher ausgedehnt ist, um parallel zur X-Y-Ebene vom Anschlusspunkt P1 zu sein, welcher ein zentraler Punkt des Sendeleiters **6** ist und an den Anschlusspunkt P2 angeschlossen ist, welcher das Zentrum des Sendeleiters **6a** darstellt. Es ist anzumerken, dass der Sendeleiter **6c** parallel zur Richtung der X-Achse ist und die Länge des Sendeleiters **6a** kürzer gewählt ist als die Länge des Sendeleiters **6**. Die Länge der Antenne, welche eine Schleife vom Einspeisepunkt **12** des M-förmigen Antennenelementes **1** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6** und den Strahlungsleiter **3** zum Einspeisepunkt **12** bildet, und die Länge der Antenne, welche eine Schleife von dem Einspeisepunkt **12** des M-förmigen Antennenelementes **1** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6** und den Strahlungsleiter **5** zum Einspeisepunkt **12** bildet, werden so gewählt, dass sie ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_1$  sind. Andererseits, wie in [Fig. 33](#) dargestellt, welche eine Stromverteilung durch die Pfeile **43** bis **47** in dem M-förmigen Antennenelement **2** darstellt, wird die Länge einer Schleifenschaltung, welche durch den Pfeil **41a**, der sich einmal von dem Einspeisepunkt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6c**, den Sendeleiter **6a** und den Strahlungsleiter **3a** zurück zum Einspeisepunkt **12** dreht, so gewählt, um ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_2$  zu werden und die Länge der Schleifenschaltung, welche durch den Pfeil **42a**, der sich einmal von dem Einspeiseabschnitt **12a** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6c**, den Sendeleiter **6a** und den Strahlungsleiter **5a** zurück zum Einspeisepunkt **12** dreht, wird so gewählt, um ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_2$  zu werden.

**[0179]** Gemäß der M-förmigen Antennenvorrichtung, welche wie zuvor aufgebaut ist, wird eine Doppelfrequenz-Antennenvorrichtung bereitgestellt, in welcher das eine M-förmige Antennenelement bei der Frequenz  $f_1$  und das andere M-förmige Antennenelement bei der Frequenz  $f_2$  arbeitet und die Antennenvorrichtung eine bilaterale Richtcharakteristik ähnlich zu der des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels aufweist. Der Sendeleiter **6** und der Sendeleiter **6a** haben jedoch verschiedene Längen und das M-förmige Antennenelement **1**, welches die Resonanz-Frequenz  $f_1$  aufweist, hat einen schmalen Strahl mit einem höheren Gewinn in Richtung auf das M-förmige Antennenelement **2**, welches als Pseudowellenleiter, verglichen mit der Richtcharakteristik des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels, arbeitet und eine Richtcharakteristik ähnlich zu der des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels in entgegen gesetzter Richtung zu dem M-förmigen Antennenelement **2** aufweist. Das M-förmige Antennenelement **2**, welches die Resonanz-Frequenz  $f_2$  aufweist, besitzt einen schmalen Strahl und einen höheren Gewinn in Richtung auf das M-förmige Antennenelement **1**, welches als Pseudoreflektor, verglichen mit der Richtcharakteristik des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels, arbeitet und es weist eine Richtcharakteristik ähnlich zu der des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels in entgegen gesetzter Richtung zu dem M-förmigen Antennenelement **1** auf. Daher besitzt die M-förmige Antennenvorrichtung insgesamt eine asymmetrische bilaterale Richtcharakteristik.

## Siebtes bevorzugtes Ausführungsbeispiel

[0180] [Fig. 34](#) ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem siebten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt. Die M-förmigen Antennenvorrichtung des siebten bevorzugten Ausführungsbeispiels, dadurch gekennzeichnet, dass im Vergleich mit der M-förmigen Antennenvorrichtung des sechsten Ausführungsbeispiels Strahlungsleiter **3b** und **5b** und ein Sendeleiter **6b** in einer Ebene vorgesehen sind, die eine Schleife in X-Richtung der Y-Z-Ebene bilden, wobei sie verglichen mit dem sechsten bevorzugten Ausführungsbeispiel um eine spezifizierte Distanz  $d_s$  parallel zur Y-Z-Ebene beabstandet sind, und welche ein M-förmiges Antennenelement **2b** bilden, das eine Ausgestaltung ähnlich zu dem des M-förmigen Antennenelementes **2** aufweist.

[0181] Unter Bezugnahme auf [Fig. 34](#) weist der Leiter **6b** eine Länge gleich der des Sendeleiters **6a** auf und der Anschlusspunkt P3, welcher ein zentraler Punkt auf dem Sendeleiter **6b** ist, ist an den Anschlusspunkt P1, welcher der zentrale Punkt des Sendeleiters **6** ist, welcher über den Sendeleiter **6d**, der eine Länge gleich der des Sendeleiters **6c** aufweist und eine Schleife parallel zur Richtung der X-Achse bildet, an den Anschlusspunkt P1 angeschlossen, der ein zentraler Punkt des Sendeleiters **6** ist. In diesem Fall wird das M-förmige Antennenelement **2b** so gewählt, dass die Länge der Schleifenschaltung, welche eine Schleife von dem Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6d**, den Sendeleiter **6b** und den Strahlungsleiter **3b** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_2$  wird und die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife von dem Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6d**, den Sendeleiter **6b** und den Strahlungsleiter **5b** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_2$  wird.

[0182] Gemäß der M-förmigen Antennenvorrichtung, welche wie vorstehend konstruiert ist, wird eine Doppel-frequenz-Antennenvorrichtung bereitgestellt, in welche das M-förmige Antennenelement **1** bei einer Frequenz  $f_1$  und die anderen M-förmigen Antennenelemente **2** und **2b** bei einer Frequenz  $f_2$  arbeiten, und die Antennenvorrichtung weist eine bilaterale Richtcharakteristik ähnlich der des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels auf. Der Sendeleiter **6** und die Sendeleiter **6a** und **6b** haben jedoch unterschiedliche Längen und deshalb besitzt das M-förmige Antennenelement **1**, welches eine Resonanz-Frequenz  $f_1$  hat, einen schmaleren Strahl und einen höheren Gewinn in Richtung auf die M-förmigen Antennenelemente **2** und **2b**, welche als Pseudowellenleiter im Vergleich mit der Richtcharakteristik des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels arbeiten. Die M-förmigen Antennenelemente **2** und **2a**, welche die Resonanz-Frequenz  $f_2$  haben, haben einen schmaleren Strahl und einen geringeren Gewinn in Richtung auf das M-förmige Antennenelement **1**, welches als Pseudoreflektor im Vergleich mit der Richtcharakteristik des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels wirkt und haben eine Richtcharakteristik ähnlich der des ersten bevorzugten Ausführungsbeispiels in entgegen gesetzter Richtung, weg vom M-förmigen Antennenelement **1**. Deshalb weist das M-förmige Antennenelement insgesamt eine symmetrische bilaterale Richtcharakteristik auf.

## Achstes bevorzugtes Ausführungsbeispiel

[0183] [Fig. 35](#) ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem achten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt. Die M-förmige Antennenvorrichtung dieses achten bevorzugten Ausführungsbeispiels ist dadurch gekennzeichnet, dass im Vergleich mit der M-förmigen Antennenvorrichtung des siebten bevorzugten Ausführungsbeispiels die Länge eines jeden der Sendeleiter **6a** und **6b** so gewählt ist, dass sie länger ist als die Länge des Sendeleiters **6**. In diesem Fall weist das M-förmige Antennenelement **1** die Resonanz-Frequenz  $f_1$  auf, während sowohl das M-förmige Antennenelement **2** als auch **2b** eine Resonanz-Frequenz  $f_2$  haben. Die M-förmige Antennenvorrichtung weist eine Struktur auf, welche insgesamt in einer Weise symmetrisch bezüglich der Y-Z-Ebene ist, die ähnlich der des siebten Ausführungsbeispiels ist und insgesamt eine symmetrische bilaterale Richtcharakteristik aufweist. Die Längen der Leiter werden jeweils durch eine Messeinheit (in Millimetern), wie in [Fig. 35](#) dargestellt, angegeben.

[0184] [Fig. 36](#) ist ein Diagramm, welches eine Frequenz-Charakteristik des Reflektions-Koeffizienten  $S_{11}$  der M-förmigen Antennenvorrichtung nach [Fig. 35](#) darstellt. Wie aus [Fig. 36](#) hervorgeht, besitzt der Reflektions-Koeffizient  $S_{11}$  der M-förmigen Antennenvorrichtung ein Minimum bei der Resonanz-Frequenz  $f_1$  = ungefähr 2,9 GHz des M-förmigen Antennenelementes **1** und ein Minimum bei der Resonanz-Frequenz  $f_2$  = ungefähr 2,2 GHz der M-förmigen Antennenelemente **2** und **2b**. Diese Tatsache bedeutet, dass die M-förmige Antennenvorrichtung bei den beiden Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  arbeiten kann.



## Neuntes bevorzugtes Ausführungsbeispiel

[0185] [Fig. 37](#) ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem neunten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt. Die M-förmige Antennenvorrichtung des neunten bevorzugten Ausführungsbeispiels, dadurch gekennzeichnet, dass drei Resonanz-Frequenzen  $f_1$ ,  $f_2$  und  $f_3$  dadurch vorgesehen sind, dass die Längen der Sendeleiter **6**, **6a** und **6b** und die Länge der Schleifenschaltungen der M-förmigen Antennenelemente **1**, **2** und **2b** sich im Vergleich mit den siebten und achten bevorzugten Ausführungsbeispielen voneinander unterscheiden.

[0186] Unter Bezugnahme auf [Fig. 37](#) sind die Längen der Sendeleiter **6**, **6a** und **6b** so gewählt, dass sie parallel zueinander in Richtung der Y-Achse und verschieden voneinander sind. Das M-förmige Antennenelement **1** ist so gewählt, dass die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife von dem Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6** und den Strahlungsleiter **3** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_1$  wird und die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife über den Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6** und den Strahlungsleiter **5** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_1$  wird. Das M-förmige Antennenelement **2** ist so gewählt, dass die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife vom Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6c**, den Sendeleiter **6a** und den Strahlungsleiter **3a** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_2$  wird und die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife vom Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6c**, den Sendeleiter **6a** und den Strahlungsleiter **5a** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_2$  wird. Ferner wird das M-förmige Antennenelement **2b** so gewählt, dass die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife vom Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6d**, den Sendeleiter **6b** und den Strahlungsleiter **3b** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_3$  wird und die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife vom Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6d**, den Sendeleiter **6b** und den Strahlungsleiter **5b** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_3$  wird.

[0187] Die M-förmige Antennenvorrichtung, welche wie vorstehend konstruiert ist, kann bei drei Resonanz-Frequenzen  $f_1$ ,  $f_2$  und  $f_3$  arbeiten. Die Antennenvorrichtung weist insgesamt eine asymmetrische Struktur bezüglich der Y-Z-Ebene auf und besitzt deshalb insgesamt eine asymmetrische bilaterale Richtcharakteristik. Darüber hinaus besitzen die Sendeleiter **6**, **6a** und **6b**, welche verschieden voneinander sind, den besonders vorteilhaften Effekt, dass das FB-Verhältnis, welches das Verhältnis des Front-Gewinns zum Back-Gewinn (X-Achsenrichtung oder -X-Achsenrichtung) ist, durch die M-förmigen Antennenelemente **1**, **2** und **2b** geändert werden kann.

## Zehntes bevorzugtes Ausführungsbeispiel

[0188] [Fig. 38](#) ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem zehnten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt. Die M-förmige Antennenvorrichtung dieses zehnten bevorzugten Ausführungsbeispiels ist dadurch gekennzeichnet, dass zwei Resonanz-Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  vorgesehen sind, dadurch dass die Längen der Sendeleiter **6**, **6a** und **6b** gleich zueinander gewählt werden und dass die Längen der Schleifenschaltungen der M-förmigen Antennenelemente **1**, **2** und **2b** sich voneinander im Vergleich mit dem neunten bevorzugten Ausführungsbeispiel unterscheiden.

[0189] Unter Bezugnahme auf [Fig. 38](#) werden die Längen der Sendeleiter **6**, **6a** und **6b** so gewählt, dass sie parallel und gleich in Richtung der Y-Achse zueinander sind. Das M-förmige Antennenelement **1** ist so gewählt, dass die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife von dem Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6** und den Strahlungsleiter **3** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_1$  wird und die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife von dem Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6** und den Strahlungsleiter **5** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_1$  wird. Das M-förmige Antennenelement **2** wird so gewählt, dass die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife von dem Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6c**, den Sendeleiter **6a** und den Strahlungsleiter **3a** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_2$  wird und die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife vom Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6c**, den Sendeleiter **6a** und



den Strahlungsleiter **5a** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_2$  wird. Ferner wird das M-förmige Antennenelement **2b** so gewählt, dass die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife vom Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6d**, den Sendeleiter **6b** und den Strahlungsleiter **3a** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_2$  wird und die Länge einer Schleifenschaltung, die eine Schleife vom Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6d**, den Sendeleiter **6b** und den Strahlungsleiter **5b** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_2$  wird.

**[0190]** Die M-förmige Antennenvorrichtung, welche wie vorstehend konstruiert ist, kann bei zwei Resonanz-Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  arbeiten. Die Antennenvorrichtung hat insgesamt bezüglich der Y-Z-Ebene eine symmetrische Struktur und weist deshalb insgesamt eine symmetrische bilaterale Richtcharakteristik auf.

**[0191]** Die M-förmige Antennenvorrichtung, welche wie vorstehend konstruiert ist, hat die Vorteile, dass die Leiter auf dem rechteckigen parallelogrammförmigen dielektrischen Körper **31**, dem dielektrischen Substrat und dergleichen durch eine einfache Methode gebildet werden können und das Herstellungsverfahren extrem einfach ist, wie in Verbindung mit den dritten und vierten bevorzugten Ausführungsbeispielen beschrieben.

**[0192]** Bei dem vorgenannten bevorzugten Ausführungsbeispielen werden die Längen des Sendeleiters **6c** und des Sendeleiters **6d** so gewählt, dass sie gleich zueinander sind. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht darauf beschränkt, und es ist akzeptabel, diese Längen des Sendeleiters **6c** und des Sendeleiters **6d** unterschiedlich voneinander zu wählen.

#### Elftes bevorzugtes Ausführungsbeispiel

**[0193]** [Fig. 39](#) ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem elften bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt. Die M-förmige Antennenvorrichtung dieses elften bevorzugten Ausführungsbeispiels ist dadurch charakterisiert, dass M-förmige Antennenelemente **2** und **2b** mit einer Ausgestaltung ähnlich zu dem der M-förmigen Antennenelemente **2** und **2b** des siebten bevorzugten Ausführungsbeispiels vorgesehen sind, das M-förmige Antennenelement **1** auf der Y-Z-Ebene gebildet ist und die Längen der Strahlungsleiter **3** und **5** des M-förmigen Antennenelementes **1** so gewählt sind, dass sie länger sind als die gleiche Länge der Strahlungsleiter **3a**, **5a**, **3b** und **5b** der anderen M-förmigen Antennenelemente **2** und **2b**.

**[0194]** Unter Bezugnahme auf [Fig. 39](#) ist ein Ende des Strahlungsleiters **4** mit dem Einspeiseabschnitt **12** verbunden, während das andere Ende an den Anschlusspunkt P1 des Sendeleiters **6c** und des Sendeleiter **6d** angeschlossen ist. Der Strahlungsleiter **4g** des M-förmigen Antennenelementes **1** bildet in Richtung der Z-Achse von diesem Anschlusspunkt P1 aus eine Schleife und ist an den Anschlusspunkt P4 angeschlossen, welcher den zentralen Punkt des Sendeleiters **6** darstellt. Darüber hinaus sind die Längen der Strahlungsleiter **3** und **5** des M-förmigen Antennenelementes **1** so gewählt, dass sie länger als die Länge jedes Strahlungsleiters **3a**, **5a**, **3b** und **5b** der anderen M-förmigen Antennenelemente **2** und **2b** sind und die Höhe des M-förmigen Antennenelementes **1** höher als die gleiche Höhe der M-förmigen Antennenelemente **2** und **2b** ist.

**[0195]** Das M-förmige Antennenelement **1** ist so gewählt, dass die Länge der Schleifenschaltung, welche eine Schleife von dem Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Strahlungsleiter **4g**, den Sendeleiter **6** und den Strahlungsleiter **3** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_1$  wird, und die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife von dem Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Strahlungsleiter **4g**, den Sendeleiter **6** und den Strahlungsleiter **5** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_1$  wird. Das M-förmige Antennenelement **2** ist so gewählt, dass die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife von dem Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6c**, den Sendeleiter **6a** und den Strahlungsleiter **3a** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_2$  wird, und die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife von dem Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6c**, den Sendeleiter **6a** und den Strahlungsleiter **5a** zurück zum Einspeiseabschnitt bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_2$  wird. Ferner ist das M-förmige Antennenelement **2b** so gewählt, dass die Länge der Schleifenschaltung, welche eine Schleife von dem Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6d**, den Sendeleiter **6b** und den Strahlungsleiter **3b** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_2$  wird, und die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife von dem Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6d**, den Sendeleiter **6b**

und den Strahlungsleiter **5b** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_2$  wird.

**[0196]** Die M-förmige Antennenvorrichtung, welche wie vorstehend konstruiert ist, kann bei den beiden vorgesehenen Resonanz-Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  arbeiten. Darüber hinaus weist die M-förmige Antennenvorrichtung eine symmetrische Richtungscharakteristik auf, da sie eine symmetrische Struktur bezüglich der Y-Z-Ebene aufweist. Ferner kann durch Verlängerung der Höhe des Einspeiseabschnitts **12** zum Sendeleiter **6** nicht nur unter Verwendung des Strahlungsleiters **4** sondern auch des Strahlungsleiters **4g** in dem M-förmigen Antennenelement **1** die Impedanz des M-förmigen Antennenelementes **1** von dem Einspeiseabschnitt **12**, in Richtung des M-förmigen Antennenelementes **1** betrachtet, erhöht und eine Impedanz-Anpassung kann erreicht werden, sodass die Eingangs-Impedanz des M-förmigen Antennenelementes **1** mit der Impedanz der Sendeleitung übereinstimmt, welche an den Einspeiseabschnitt **12** ohne Verwendung eines Anpassungsleiters **8** nach [Fig. 15](#) oder Ähnlichem angeschlossen wird.

#### Zwölftes bevorzugtes Ausführungsbeispiel

**[0197]** [Fig. 40](#) ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem zwölften bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt. Die M-förmige Antennenvorrichtung dieses zwölften bevorzugten Ausführungsbeispiels ist dadurch gekennzeichnet, dass im Vergleich mit der M-förmigen Antennenvorrichtung des elften bevorzugten Ausführungsbeispiels die Längen der Sendeleiter **6**, **6a** und **6b** der M-förmigen Antennenelemente **1**, **2** und **2b** gemäß der folgenden Gleichung (8) verschieden voneinander gewählt sind.

$$(\text{Länge des Sendeleiters } 6) > (\text{Länge des Sendeleiters } 6b) > (\text{Länge des Sendeleiters } 6a) \quad (8)$$

**[0198]** Das M-förmige Antennenelement **1** ist so gewählt, dass die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife von dem Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Strahlungsleiter **4g**, den Sendeleiter **6** und den Strahlungsleiter **3** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_1$  wird, und die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife von dem Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Strahlungsleiter **4g**, den Sendeleiter **6** und den Strahlungsleiter **5** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_1$  wird. Das M-förmige Antennenelement **2** wird so gewählt, dass die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife von dem Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6c**, den Sendeleiter **6a** und den Strahlungsleiter **3a** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_2$  wird, und die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife von dem Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6c**, den Sendeleiter **6a** und den Strahlungsleiter **5a** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_2$  wird. Ferner wird das M-förmige Antennenelement **2b** so gewählt, dass die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife von dem Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6d**, den Sendeleiter **6b** und den Strahlungsleiter **3b** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_3$  wird, und die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife von dem Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6d**, den Sendeleiter **6b** und den Strahlungsleiter **5b** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_3$  wird.

**[0199]** Die M-förmige Antennenvorrichtung, welche wie vorstehend konstruiert ist, kann bei den drei vorgesehenen Resonanz-Frequenzen  $f_1$ ,  $f_2$  und  $f_3$  arbeiten. Darüber hinaus weist die M-förmige Antennenvorrichtung eine asymmetrische Richtcharakteristik auf, da sie eine asymmetrische Struktur bezüglich der Y-Z-Ebene hat. Ferner kann durch Verlängerung der Höhe des Einspeiseabschnitts **12** zum Sendeleiter **6**, indem nicht nur der Strahlungsleiter **4** sondern auch der Strahlungsleiter **4g** in dem M-förmigen Antennenelement **1** verwendet wird, die Impedanz des M-förmigen Antennenelementes **1**, wenn man von dem Einspeiseabschnitt **12** zum M-förmigen Antennenelement **1** schaut, erhöht werden, und eine Impedanz-Anpassung kann erreicht werden, sodass die Eingangs-Impedanz des M-förmigen Antennenelementes **1** mit der Impedanz der Übertragungsleitung, welche an den Einspeiseabschnitt **12** ohne Einsatz eines Anpassungsleiters **8** nach [Fig. 15](#) oder dergleichen angeschlossen ist, übereinstimmt.

#### Dreizehntes bevorzugtes Ausführungsbeispiel

**[0200]** [Fig. 41](#) ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem dreizehnten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt. Die

M-förmige Antennenvorrichtung dieses dreizehnten bevorzugten Ausführungsbeispiels ist dadurch gekennzeichnet, dass ein M-förmiges Antennenelement **1** mit einer Ausgestaltung ähnlich zu der des M-förmigen Antennenelementes des siebten bevorzugten Ausführungsbeispiels gebildet ist und M-förmige Antennenelemente **2** und **2b** vorgesehen sind, welche eine Ausgestaltung ähnlich der M-förmigen Antennenelemente **2** und **2b** des siebten bevorzugten Ausführungsbeispiels haben, die höher als die Höhe derjenigen M-förmigen Antennenelementes **1** sind.

**[0201]** Unter Bezugnahme auf [Fig. 41](#) ist ein Ende des Strahlungsleiters **4** an den Einspeiseabschnitt **12** angeschlossen, während das andere Ende an den Anschlusspunkt P1 angeschlossen ist, welcher der zentrale Punkt des Sendeleiters **6** ist. Der Anschlusspunkt P1 ist an den Anschlusspunkt P4, welcher zwischen dem Sendeleiter **6c** und dem Sendeleiter **6d** über den Strahlungsleiter **4h**, welcher eine Schleife in Richtung der Z-Achse bildet, angeordnet ist, angeschlossen und die Längen des Sendeleiters **6c** und des Sendeleiters **6d** sind in diesem Fall zueinander gleich gewählt. Der Anschlusspunkt P4 ist an den Anschlusspunkt P2, welcher der zentrale Punkt des Sendeleiters **6a** ist, über den Sendeleiter **6c**, welcher eine Schleife in -X-Richtung bildet, an den Anschlusspunkt P3, welcher der zentrale Punkt des Sendeleiters **6b** ist, über den Sendeleiter **6d**, welcher eine Schleife in Richtung der X-Achse bildet, angeschlossen.

**[0202]** Das M-förmige Antennenelement **1** wird so gewählt, dass die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife von dem Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6** und den Strahlungsleiter **3** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_1$  wird, und die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife von dem Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6** und den Strahlungsleiter **5** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_1$  wird. Das M-förmige Antennenelement **2** ist so gewählt, dass die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife von dem Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Strahlungsleiter **4h**, den Sendeleiter **6c**, den Sendeleiter **6a** und dem Strahlungsleiter **3a** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_2$  wird, und die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife von dem Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Strahlungsleiter **4h**, den Sendeleiter **6c**, den Sendeleiter **6a** und dem Strahlungsleiter **5a** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_2$  wird. Ferner ist das M-förmige Antennenelement **2b** so gewählt, dass die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife vom Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Strahlungsleiter **4h**, den Sendeleiter **6d**, den Sendeleiter **6b** und den Strahlungsleiter **3b** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_2$  wird, und die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife vom Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Strahlungsleiter **4h**, den Sendeleiter **6d**, den Sendeleiter **6b** und den Strahlungsleiter **5b** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_2$  wird.

**[0203]** Die M-förmige Antennenvorrichtung, welche wie vorstehend konstruiert ist, kann bei den zwei vorgesehenen Resonanz-Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  arbeiten. Darüber hinaus weist die M-förmige Antennenvorrichtung eine symmetrische Richtcharakteristik auf, da sie eine symmetrische Struktur bezüglich der Y-Z-Ebene hat. Darüber hinaus kann durch Erhöhung der Höhe des Einspeiseabschnitts **12** zu den Sendeleitern **6a** und **6b**, indem nicht nur der Strahlungsleiter **4** sondern auch der Strahlungsleiter **4h** in den M-förmigen Antennenelementen **2** und **2b** verwendet wird, die Impedanz der M-förmigen Antennenelemente **2** und **2b**, wenn man von dem Einspeiseabschnitt **12** zu den Antennenelementen **2** und **2b** blickt, erhöht werden, und eine Impedanz-Anpassung kann erreicht werden, sodass die Eingangs-Impedanzen der M-förmigen Antennenelemente **2** und **2b** mit der Impedanz des Sendeleiters, welcher an den Einspeiseabschnitt **12** ohne Anpassungsleiter **8** nach [Fig. 15](#) oder Ähnlichem angeschlossen ist, übereinstimmen.

#### Viertes bevorzugtes Ausführungsbeispiel

**[0204]** [Fig. 42](#) ist eine perspektivische Ansicht, welche eine Ausgestaltung einer M-förmigen Antennenvorrichtung gemäß einem vierzehnten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung darstellt. Die M-förmige Antennenvorrichtung dieses vierzehnten bevorzugten Ausführungsbeispiels ist dadurch gekennzeichnet, dass die Längen der Sendeleiter **6**, **6a** und **6b** der M-förmigen Antennenelemente **1**, **2** und **2b** so gewählt sind, dass sie gemäß der folgenden Gleichung (9) im Vergleich mit dem M-förmigen Antennenvorrichtung des dreizehnten bevorzugten Ausführungsbeispiels verschieden voneinander sind.

$$(\text{Länge des Sendeleiters } 6) > (\text{Länge des Sendeleiters } 6a) > (\text{Länge des Sendeleiters } 6b) \quad (9)$$

**[0205]** Das M-förmige Antennenelement **1** ist so gewählt, dass die Länge einer Schleifenschaltung, welche

eine Schleife von dem Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6** und den Strahlungsleiter **3** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_1$  wird, und die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife von dem Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Sendeleiter **6** und den Strahlungsleiter **5** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_1$  wird. Das M-förmige Antennenelement **2** ist so gewählt, dass die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife von dem Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Strahlungsleiter **4h**, den Sendeleiter **6c**, den Sendeleiter **6a** und den Strahlungsleiter **3a** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_2$  wird, und die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife von dem Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Strahlungsleiter **4h**, den Sendeleiter **6c**, den Sendeleiter **6a** und den Strahlungsleiter **5a** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_2$  wird. Ferner wird das M-förmige Antennenelement **2b** so gewählt, dass die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife von dem Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Strahlungsleiter **4h**, den Sendeleiter **6d**, den Sendeleiter **6b** und den Strahlungsleiter **3b** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_3$  wird, und die Länge einer Schleifenschaltung, welche eine Schleife von dem Einspeiseabschnitt **12** über den Strahlungsleiter **4**, den Strahlungsleiter **4h**, den Sendeleiter **6d**, den Sendeleiter **6b** und den Strahlungsleiter **5b** zurück zum Einspeiseabschnitt **12** bildet, ein integrales Vielfaches der halben Wellenlänge der Frequenz  $f_3$  wird.

**[0206]** Die M-förmige Antennenvorrichtung, die wie vorstehend konstruiert ist, kann bei den drei vorgesehenen Resonanz-Frequenzen  $f_1$ ,  $f_2$  und  $f_3$  arbeiten. Darüber hinaus weist die M-förmige Antennenvorrichtung eine asymmetrische Richtcharakteristik auf, da sie eine asymmetrische Struktur bezüglich der Y-Z-Ebene hat. Noch darüber hinaus, kann durch Erhöhung der Höhe des Einspeiseabschnitts **12** zu den Sendeleitern **6a** und **6b**, indem nicht nur der Strahlungsleiter **4** sondern auch der Strahlungsleiter **4h** in den M-förmigen Antennenelementen **2** und **2b** verwendet wird, die Impedanz der M-förmigen Antennenelemente **2** und **2b**, wenn man von dem Einspeiseabschnitt zu den M-förmigen Antennenelementen **2** und **2b** blickt, erhöht werden, und eine Impedanz-Anpassung kann erreicht werden, sodass die Eingangs-Impedanzen der M-förmigen Antennenelemente **2** und **2b** mit der Impedanz der Sendeleiter, welche an den Einspeiseabschnitt ohne Verwendung des Anpassungsleiters **8** nach [Fig. 15](#) oder Ähnlichem angeschlossen sind, übereinstimmen.

#### Weitere modifizierte bevorzugte Ausführungsbeispiele

**[0207]** Die Anschlusspunkte P1, P2 und P3 sind in zentralen Abschnitten der jeweiligen Sendeleiter in den vorgenannten bevorzugten Ausführungsbeispielen angeordnet. Die vorliegende Erfindung ist jedoch hierauf nicht beschränkt und die Anschlusspunkte können in den ungefähren zentralen Abschnitten oder wesentlichen zentralen Abschnitten angeordnet sein. Andererseits können die Anschlusspunkte jeweils in den mittleren Abschnitten oder beliebigen Abschnitten, welche zwischen dem einen Ende und dem anderen Ende jedes Sendeleiters liegen, angeordnet sein. Die Anschlusspunkte P5 und P6 sind in Positionen angeordnet, welche leicht aus den zentralen Abschnitten der jeweiligen Sendeleiter verschoben sind. Die vorliegende Erfindung ist jedoch hierauf nicht beschränkt und die Anschlusspunkte können jeweils in dem zentralen Abschnitt des ungefähren zentralen Abschnitts oder des mittleren Abschnitts eines jeden Sendeleiters angeordnet sein.

**[0208]** Die Längen des Sendeleiters **6c** und des Sendeleiters **6d** sind in den sechsten bis vierzehnten bevorzugten Ausführungsbeispielen gleich zueinander gewählt. Die vorliegende Erfindung ist hierauf nicht beschränkt und die Längen des Sendeleiters **6c** und des Sendeleiters **6d** können so gewählt werden, dass sie verschieden voneinander sind.

**[0209]** Die Mehrzahl der M-förmigen Antennenelemente **1**, **2** und **2b** sind beispielsweise parallel zu einer Ebene, wie der Y-Z-Ebene und auf Ebenen gebildet, welche in dem sechsten bis vierzehnten bevorzugten Ausführungsbeispiel verschieden voneinander sind. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht hierauf beschränkt, und eine Mehrzahl von M-förmigen Antennenelementen kann auf identischen Ebenen gebildet werden. Mit anderen Worten, können die M-förmigen Antennenvorrichtungen des ersten bis vierten bevorzugten Ausführungsbeispiels mit den M-förmigen Antennenvorrichtungen des sechsten bis vierzehnten bevorzugten Ausführungsbeispiels kombiniert werden.

**[0210]** Die M-förmige Antennenvorrichtungen, die mit zwei oder drei M-förmigen Antennen ausgestattet sind, sind in Verbindung mit den vorgenannten bevorzugten Ausführungsbeispielen beschrieben worden. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht hierauf beschränkt, und es ist akzeptabel, eine M-förmige Antennenvorrichtung aufzubauen, welche mit einer Mehrzahl oder zwei oder mehr M-förmigen Antennen ausgestattet ist.

## Vorteilhafte Effekte der bevorzugten Ausführungsbeispiele

**[0211]** Gemäß den bevorzugten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung kann leicht eine Antennenvorrichtung bereitgestellt werden, welche zwei oder mehr Resonanz-Frequenzen mit einer einfachen Struktur aufweist und in der Lage ist, eine bilaterale Richtcharakteristik zu erreichen.

**[0212]** Darüber hinaus kann gemäß der bevorzugten Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung leicht eine Antennenvorrichtung bereitgestellt werden, welche drei oder mehr Resonanz-Frequenzen mit einer einfachen Struktur aufweist und in der Lage ist, eine symmetrische oder asymmetrische bilaterale Richtcharakteristik zu erreichen.

## Patentansprüche

1. M-förmige Antennenvorrichtung umfassend mindestens erste und zweite M-förmige Antennenelemente (1, 2), einen Masseleiter (11) und einen Einspeiseabschnitt (12), wobei die mindestens ersten und zweiten M-förmigen Antennenelemente (1, 2) jeweils erste und zweite Resonanzfrequenzen aufweisen, die verschiedenen voneinander sind,

wobei das erste M-förmige Antennenelement (1) umfasst:

einen ersten Sendeleiter (6),

einen ersten Strahlungsleiter (3), welcher zwischen einem Ende des ersten Sendeleiters (6) und dem Masseleiter (11) angeschlossen ist,

einen zweiten Strahlungsleiter (4), welcher zwischen einem mittleren Abschnitt des ersten Sendeleiters und dem Einspeiseabschnitt (12) angeschlossen ist, und

einen dritten Strahlungsleiter (5), welcher zwischen dem anderen Ende des ersten Sendeleiters und dem Masseleiter (11) angeschlossen ist,

wobei das zweite M-förmige Antennenelement (2) umfasst:

einen zweiten Sendeleiter (6a),

einen vierten Strahlungsleiter (3a), welcher zwischen dem ersten Ende des zweiten Sendeleiters (6a) und dem Masseleiter (11) angeschlossen ist,

ein fünfter Strahlungsleiter (4a), welcher zwischen einem mittleren Abschnitt des zweiten Sendeleiters (6a) und dem Einspeiseabschnitt (12) angeschlossen ist, und

einem sechsten Strahlungsleiter (5a), welcher zwischen dem anderen Ende des zweiten Sendeleiters (6a) und dem Masseleiter (11) angeschlossen ist.

2. M-förmige Antennenvorrichtung nach Anspruch 1, wobei der fünfte Strahlungsleiter (4a) und der zweite Strahlungsleiter (4) mindestens abschnittsweise identisch sind.

3. M-förmige Antennenvorrichtung nach Anspruch 2, wobei der fünfte Strahlungsleiter (4a) und der erste Sendeleiter (6) mindestens abschnittsweise überlappen.

4. M-förmige Antennenvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, weiter umfassend mindestens einen Anpassungsleiter (8), welcher an einem Ende geerdet ist und eine Eingangsimpedanz der M-förmigen Antennenvorrichtung einstellt.

5. M-förmige Antennenvorrichtung nach Anspruch 4, wobei das andere Ende des mindestens einen Anpassungsleiters (8) unter den Anpassungsleitern an einen der Strahlungsleiter (3, 4, 5, 3a, 4a, 5a) und den Sendeleiter (6, 6a) elektrisch angeschlossen ist.

6. M-förmige Antennenvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, weiter umfassend mindestens einen Richtcharakteristik-Steuerungsleiter (7), dessen eines Ende geerdet ist, und welcher die Richtcharakteristik der M-förmigen Antennenvorrichtung ändert.

7. M-förmige Antennenvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei mindestens einer der ersten und zweiten Sendeleiter (6, 6a) weiter einen zusätzlichen Leiterabschnitt umfasst, um die Breite desselben zu ändern.

8. M-förmige Antennenvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei ein Zwischenraum, welcher mindestens einen Teil des M-förmigen Antennenelements beinhaltet, mit einem dielektrischen Körper gefüllt ist.



9. – M-förmige Antennenvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Masseleiter (**11**) und mindestens einer der Sendeleiter (**6**, **6a**) jeweils aus einem Leitermuster auf einem dielektrischen Substrat gebildet werden, und mindestens einer der Strahlungsleiter (**3**, **4**, **5**, **3a**, **4a**, **5a**) aus einem Durchgangslochleiter in dem dielektrischen Substrat gebildet ist.

10. M-förmige Antennenvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei mindestens zwei M-förmige Antennenelemente (**1**, **2**) auf einer identischen Ebene ausgebildet sind.

11. M-förmige Antennenvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die mindestens zwei M-förmigen Antennenelemente (**1**, **2**) auf Ebenen gebildet sind, die verschieden voneinander sind.

12. M-förmige Antennenvorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, weiter umfassend ein drittes M-förmiges Antennenelement, wobei die mindestens drei M-förmigen Antennenelemente erste, zweite und dritte M-förmige Antennenelemente beinhalten, welche jeweils erste, zweite und dritte Resonanzfrequenzen aufweisen,

wobei das dritte M-förmige Antennenelement umfasst:

einen dritten Sendeleiter (**6b**), einen siebten Strahlungsleiter (**3b**), welcher zwischen einem Ende des dritten Sendeleiters (**6b**) und dem Masseleiter (**11**) angeschlossen ist,

einen achten Strahlungsleiter (**4b**), welcher zwischen einem mittleren Abschnitt des dritten Sendeleiters (**6b**) und dem Einspeiseabschnitt angeschlossen ist, und

einen neunten Strahlungsleiter (**5b**), welcher zwischen dem anderen Ende des dritten Sendeleiters (**6b**) und dem Masseleiter (**11**) angeschlossen ist,

wobei die mindestens drei M-förmigen Antennenelemente auf Ebenen gebildet sind, die verschieden voneinander sind und

wobei mindestens zwei der ersten, zweiten und dritten Resonanzfrequenzen verschieden voneinander sind.

13. M-förmige Antennenvorrichtung nach Anspruch 12,

wobei die mindestens drei M-förmigen Antennenelemente parallel zueinander ausgestaltet sind,

wobei eine Länge eines jeden der ersten, zweiten und dritten Strahlungsleiter (**3**, **4**, **5**) und eine Länge eines jeden der vierten und sechsten Strahlungsleiter (**3a**, **5a**) und eine Länge eines jeden der siebten und neunten Strahlungsleiter gleich zueinander gewählt sind,

wobei der fünfte Strahlungsleiter (**4a**) mindestens einen Teil des zweiten Strahlungsleiters (**4**) teilt und der achte Strahlungsleiter mindestens einen Teil des zweiten Strahlungsleiters (**4**) teilt, und

wobei die Antennenvorrichtung weiter umfasst:

einen vierten Sendeleiter (**6c**) zum Anschließen eines mittleren Abschnitts des ersten Sendeleiters (**6**) an einen mittleren Abschnitt des zweiten Sendeleiters (**6a**) und

einen fünften Sendeleiter (**6d**) zum Anschließen eines mittleren Abschnitts des ersten Sendeleiters (**6**) an einen mittleren Abschnitt des dritten Sendeleiters (**6b**).

14. M-förmige Antennenvorrichtung nach Anspruch 13,

wobei eine Länge des vierten Sendeleiters (**6c**) und eine Länge des fünften Sendeleiters (**6d**) zueinander gleich sind, und

die Längen der ersten, zweiten und dritten Sendeleiter (**6**, **6a**, **6b**) zueinander gleich sind.

15. M-förmige Antennenvorrichtung nach Anspruch 13,

wobei eine Länge des vierten Sendeleiters und eine Länge des fünften Sendeleiters (**6d**) gleich zueinander gewählt sind, und

wobei mindestens zwei Längen der ersten, zweiten und dritten Sendeleiter (**6**, **6a**, **6b**) verschieden zueinander gewählt sind.

16. M-förmige Antennenvorrichtung nach Anspruch 13,

wobei eine Länge des vierten Sendeleiters (**6c**) und eine Länge des fünften Sendeleiters (**6d**) verschieden zueinander gewählt sind,

wobei die Längen der ersten, zweiten und dritten Sendeleiter (**6**, **6a**, **6b**) gleich zueinander gewählt sind.

17. M-förmige Antennenvorrichtung nach Anspruch 12,

wobei mindestens drei M-förmige Antennenelemente parallel zueinander ausgestaltet sind,

wobei eine Länge des vierten und sechsten Strahlungsleiter (**3a**, **5a**) und eine Länge des siebten und neunten Strahlungsleiter gleich zueinander gewählt sind,

wobei der fünfte Strahlungsleiter (**4a**) mindestens einen Teil des zweiten Strahlungsleiters (**4**) teilt, der achte



Strahlungsleiter (**4b**) mindestens einen Teil des zweiten Strahlungsleiters (**4**) teilt, und wobei die Antennenvorrichtung weiter umfasst:

einen vierten Sendeleiter (**6c**) zum Anschließen eines mittleren Abschnitts des zweiten Strahlungsleiters (**4**) mit einem mittleren Abschnitt des zweiten Sendeleiters (**4**), und  
einen fünften Sendeleiter (**6d**) zum Anschließen eines mittleren Abschnitts des zweiten Strahlungsleiters (**4**) mit einem mittleren Abschnitt des dritten Sendeleiters (**6b**).

18. M-förmige Antennenvorrichtung nach Anspruch 17,  
wobei eine Länge des vierten Sendeleiters (**6c**) und eine Länge des fünften Sendeleiters (**6d**) gleich zueinander gewählt sind, und  
wobei mindestens zwei der Längen der ersten, zweiten und dritten Sendeleiter (**6**, **6a**, **6b**) verschieden zueinander gewählt sind.

19. M-förmige Antennenvorrichtung nach Anspruch 12,  
wobei die mindestens drei M-förmigen Antennenelemente parallel zueinander ausgestaltet sind,  
wobei eine Länge eines jeden der vierten und sechsten Strahlungsleiter (**3a**, **5a**) und eine Länge eines jeden der siebten und neunten Strahlungsleiter gleich zueinander gewählt sind,  
wobei der fünfte Strahlungsleiter den zweiten Strahlungsleiter (**4**) und ein zehnter Strahlungsleiter, dessen eines Ende mit dem zweiten Strahlungsleiter (**4**) verbunden ist, teilt, und der achte Strahlungsleiter den zweiten Strahlungsleiter und den zehnten Strahlungsleiter teilt, und  
wobei die Antennenvorrichtung weiter umfasst:  
einen vierten Sendeleiter (**3a**) zum Anschließen des anderen Endes des zehnten Strahlungsleiters an einen mittleren Abschnitt des zweiten Sendeleiters (**6a**) und  
einen fünften Sendeleiter (**6c**) zum Anschließen des anderen Endes des zehnten Strahlungsleiters an einen mittleren Abschnitt des dritten Sendeleiters (**6b**).

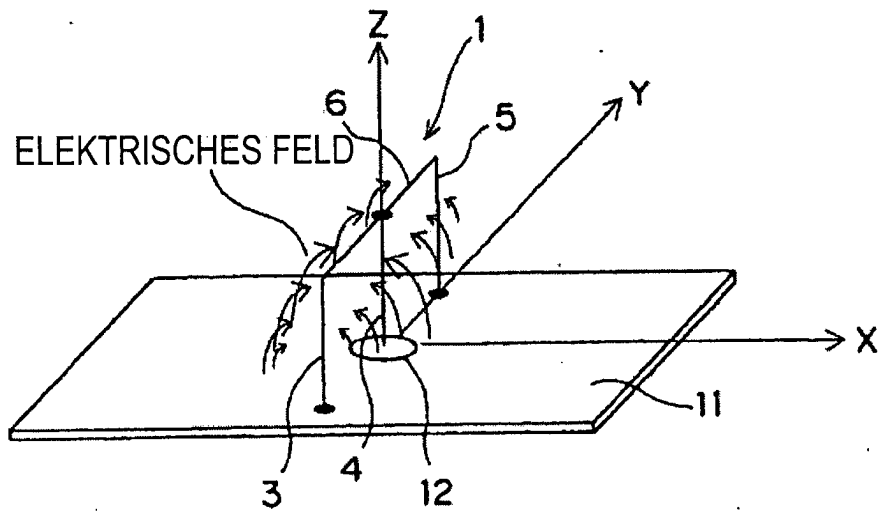
20. M-förmige Antennenvorrichtung nach Anspruch 19,  
wobei eine Länge des vierten Sendeleiters und eine Länge des fünften Sendeleiters (**6d**) gleich zueinander gewählt sind, und  
wobei mindestens zwei Längen des ersten, zweiten und dritten Sendeleiters (**6**, **6a**, **6b**) verschieden zueinander gewählt sind.

21. M-förmige Antennenvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 20, wobei der Masseleiter (**11**) kreisförmig ausgestaltet ist.

Es folgen 31 Blatt Zeichnungen



*Fig.3A*



*Fig.3B*

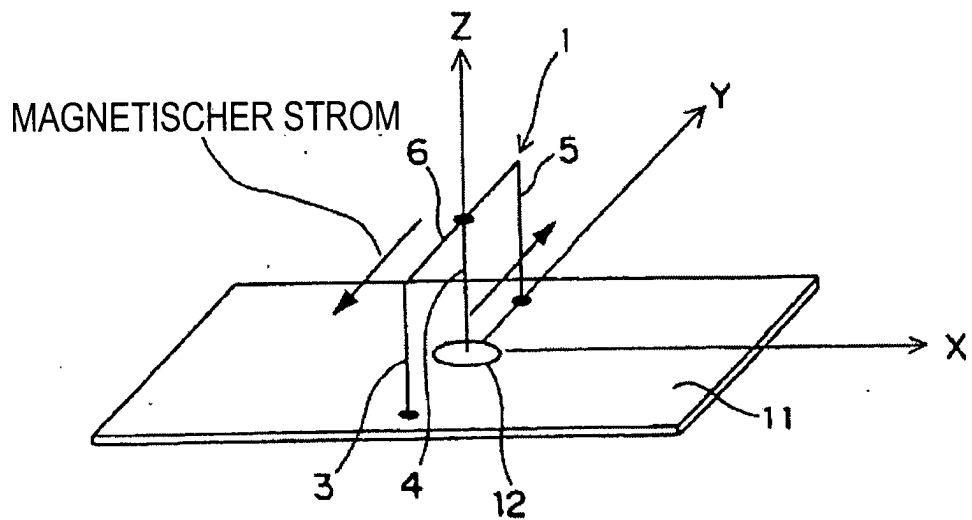


Fig.4

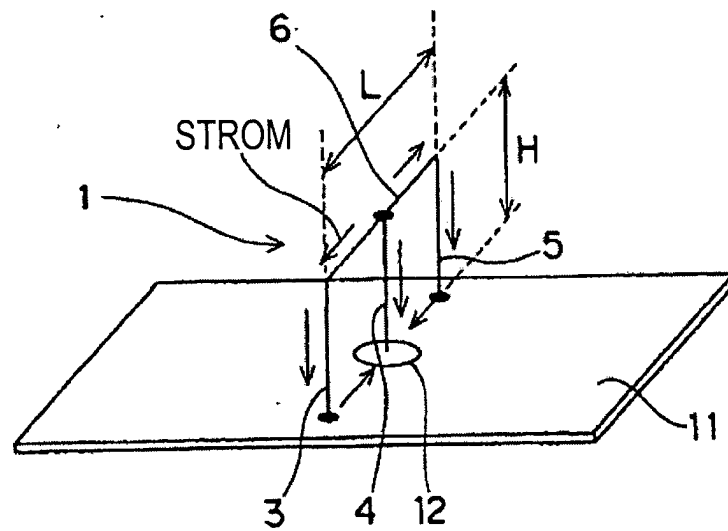


Fig.5

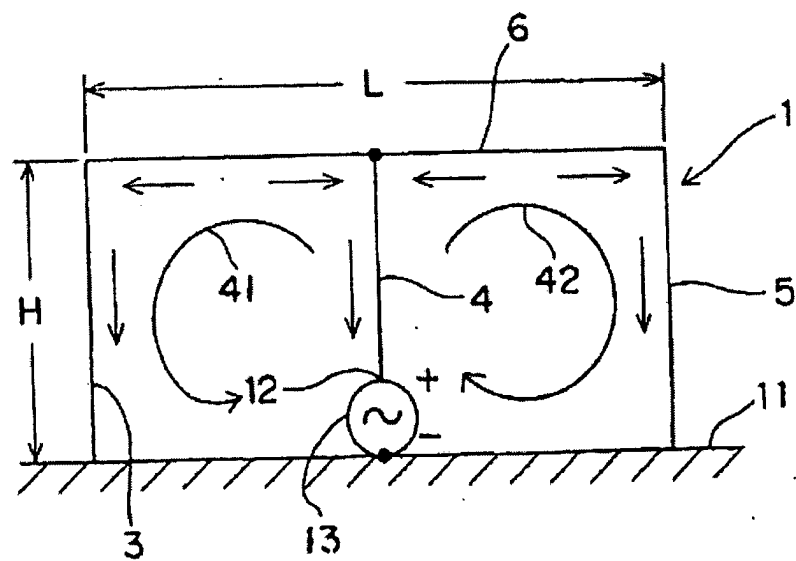


Fig. 6

ERSTES IMPLEMENTIERUNGSBEISPIEL

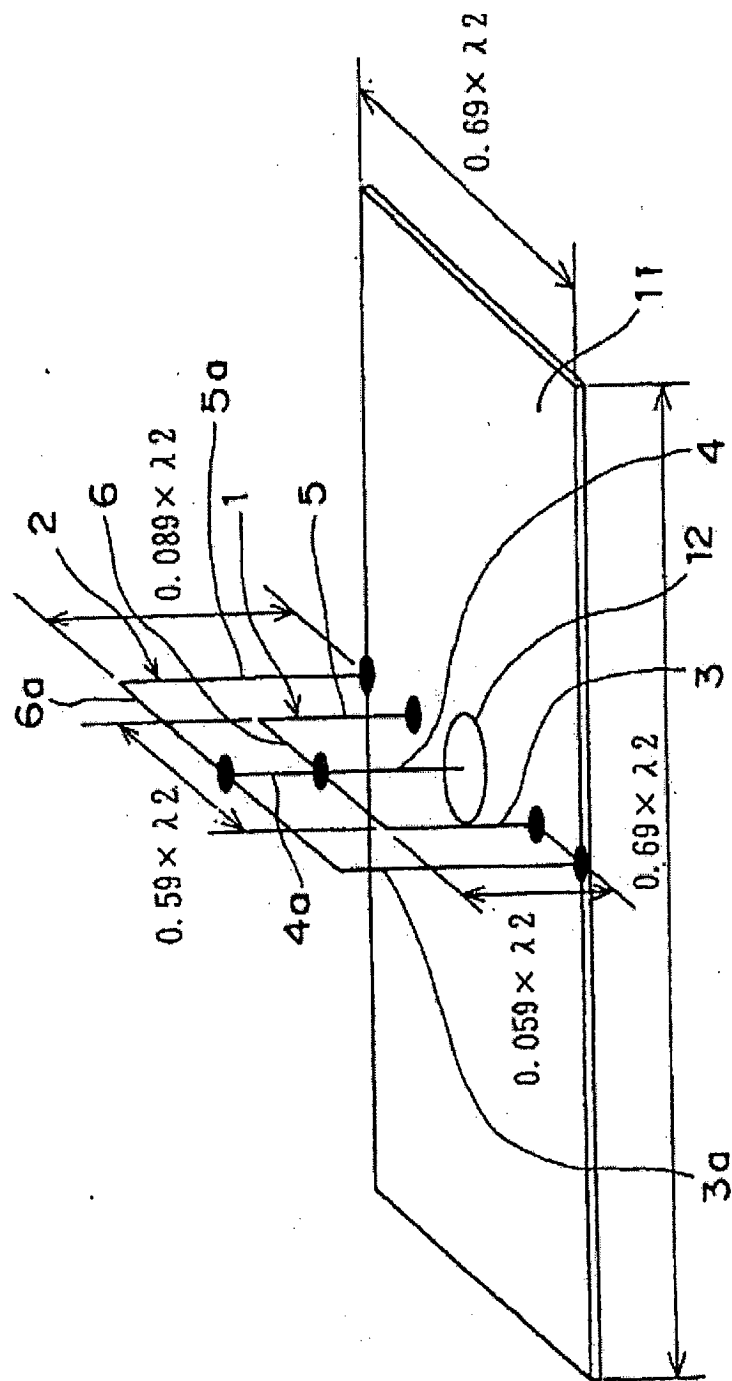




Fig.7A

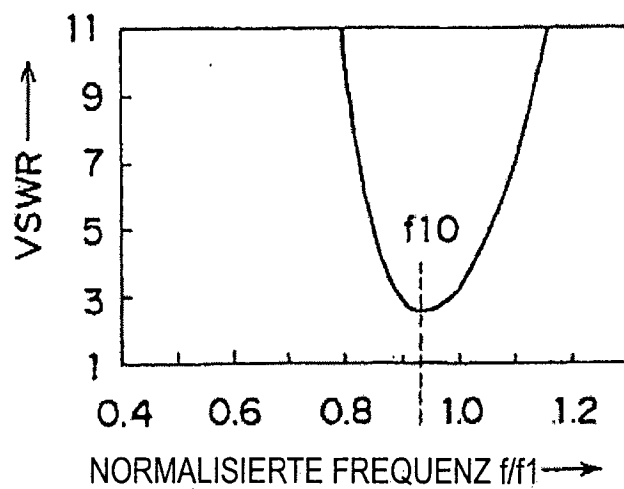


Fig.7B

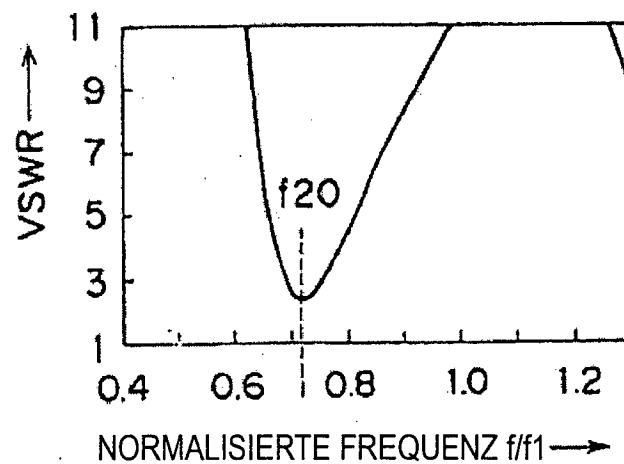


Fig.7C

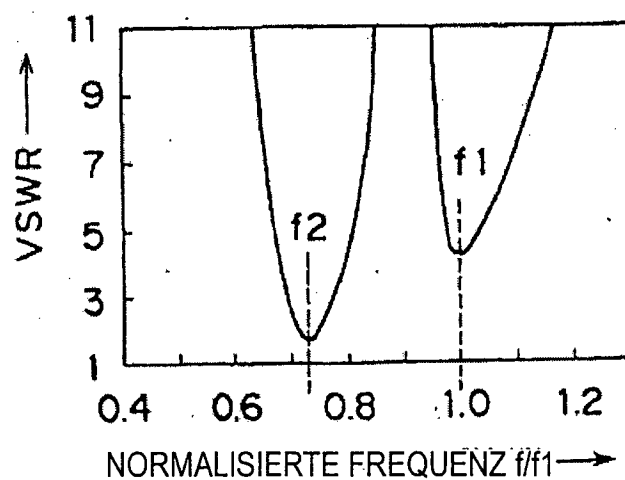


Fig.8A

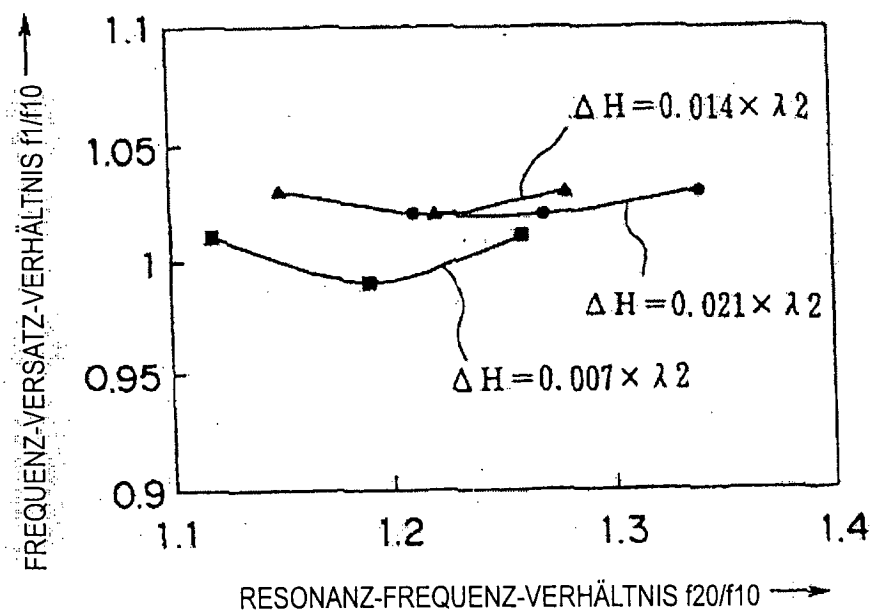


Fig.8B

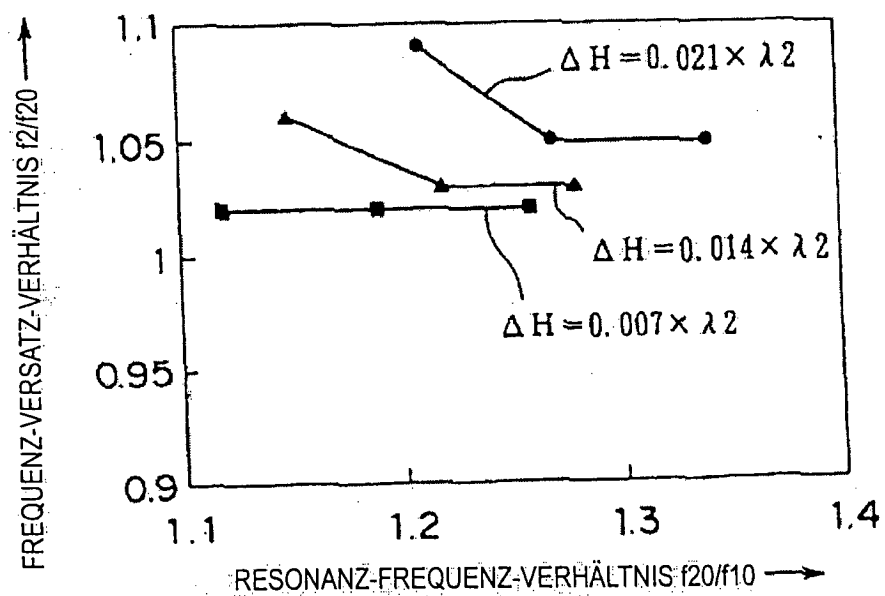


Fig.9A

HORIZONTALE EBENE DER FREQUENZ  $f_2$

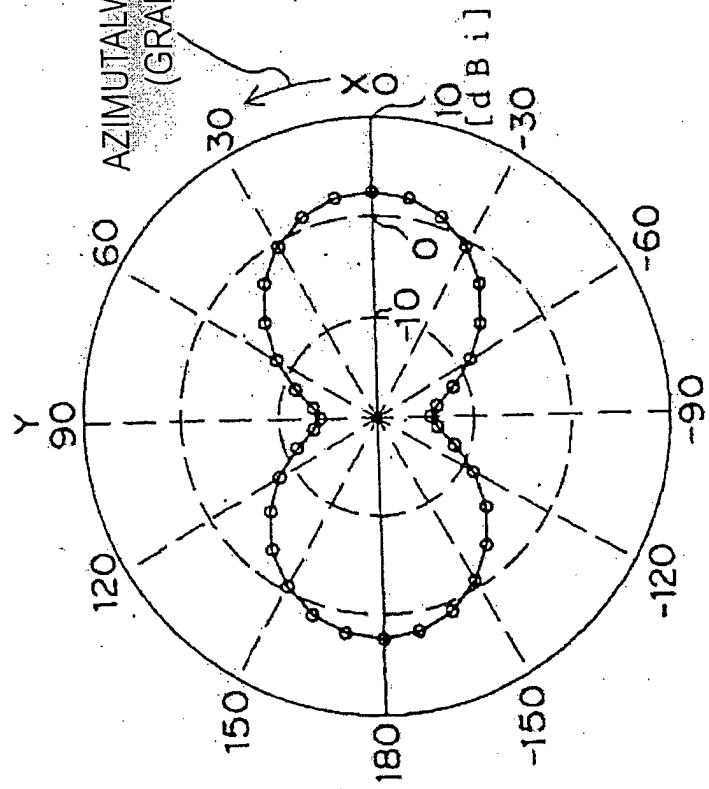
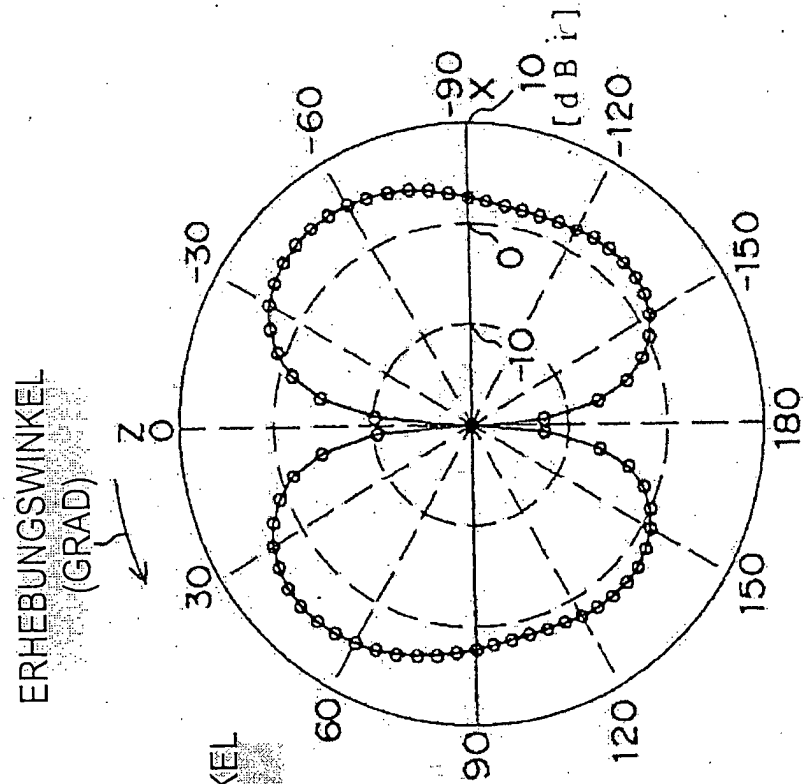
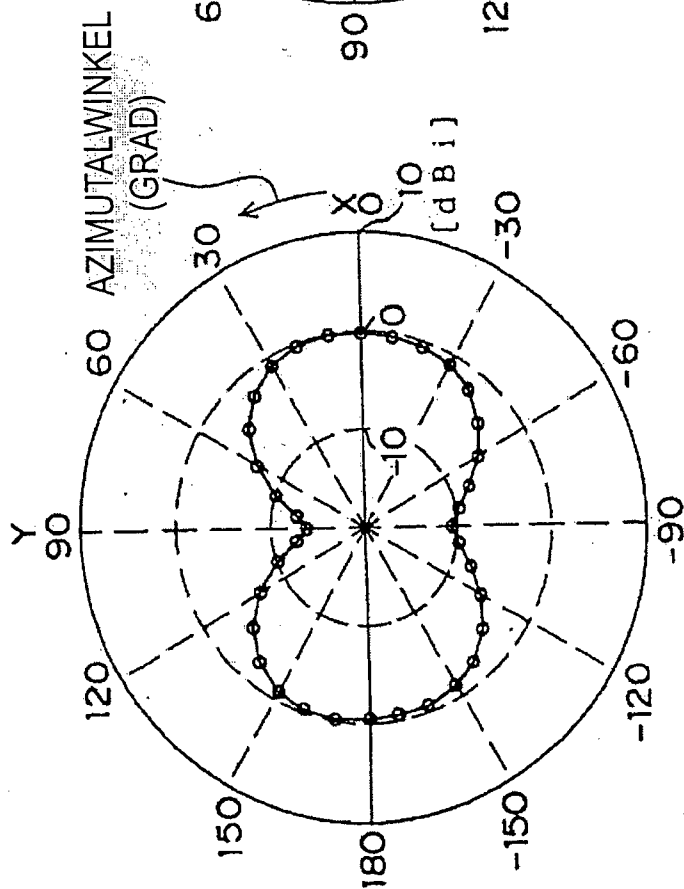


Fig.9B

VERTIKALE EBENE DER FREQUENZ  $f_2$



**Fig. 10A**  
HORIZONTALE EBENE DER FREQUENZ  $f_1$



**Fig. 10B**  
VERTIKALE EBENE DER FREQUENZ  $f_1$   
ERHEBUNGSWINKEL (GRAD)

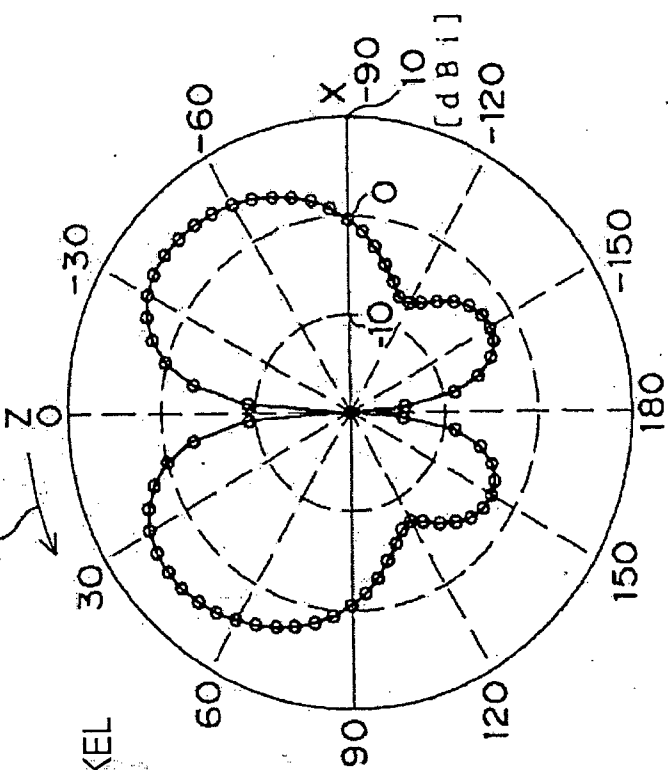






Fig. 13

### DRITTES MODIFIZIERTES BEVORZUGTES AUSFÜHRUNGSBEISPIEL

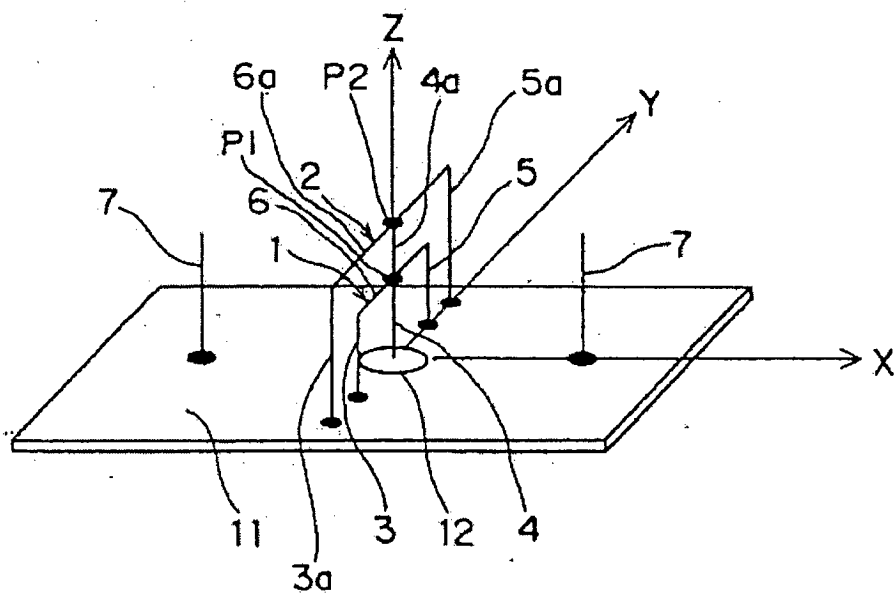
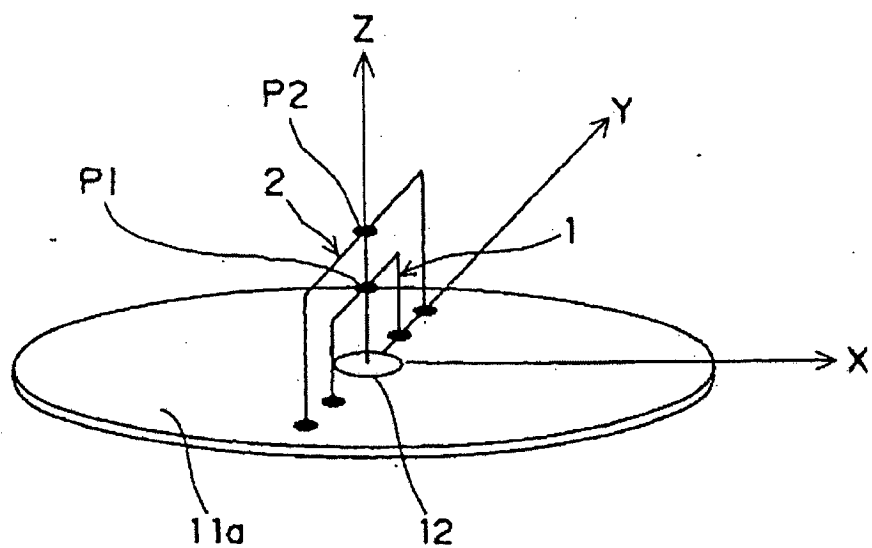


Fig. 14

## VIERTES MODIFIZIERTES BEVORZUGTES AUSFÜHRUNGSBEISPIEL



*Fig. 15*

ZWEITES BEVORZUGTES AUSFÜHRUNGSBEISPIEL

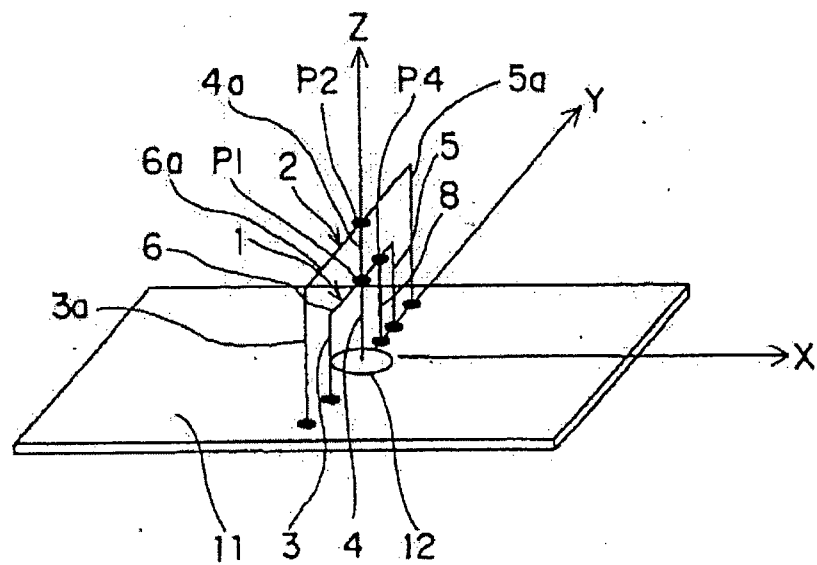


Fig. 16

ZWEITES IMPLEMENTIERUNGSBEISPIEL

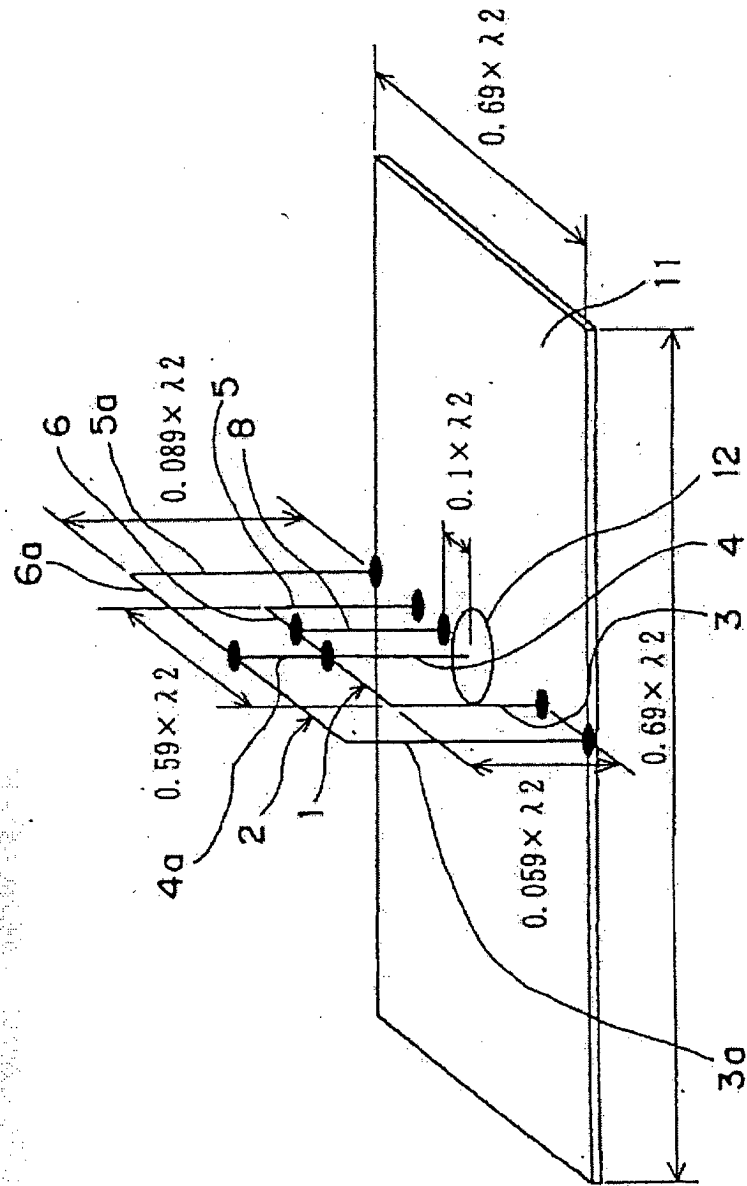
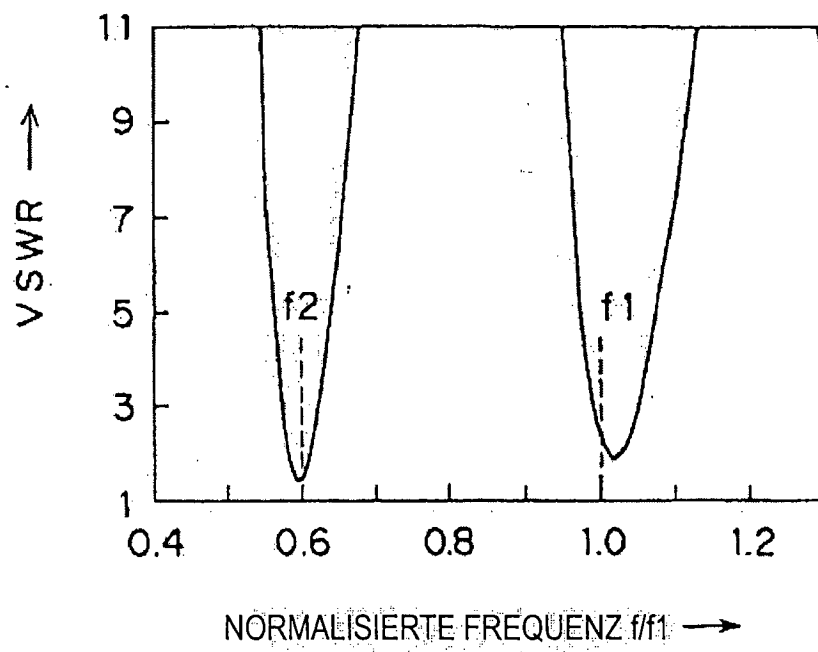
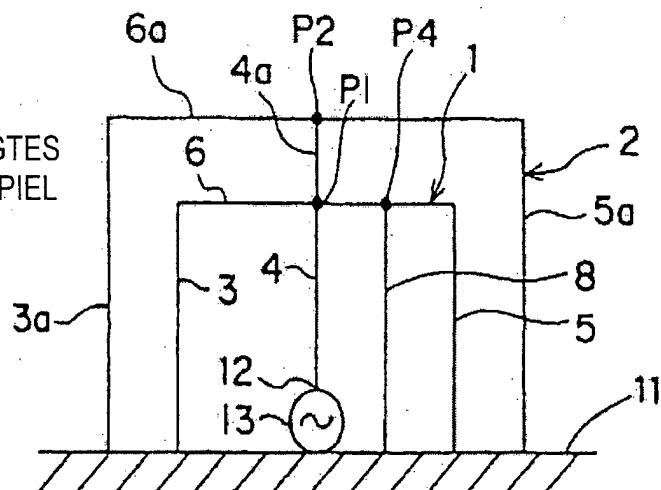


Fig.17



*Fig. 18A*

## ZWEITES BEVORZUGTES AUSFÜHRUNGSBEISPIEL



*Fig. 18B*

# FÜNFTES MODIFIZIERTES BEVORZUGTES AUSFÜHRUNGSBEISPIEL

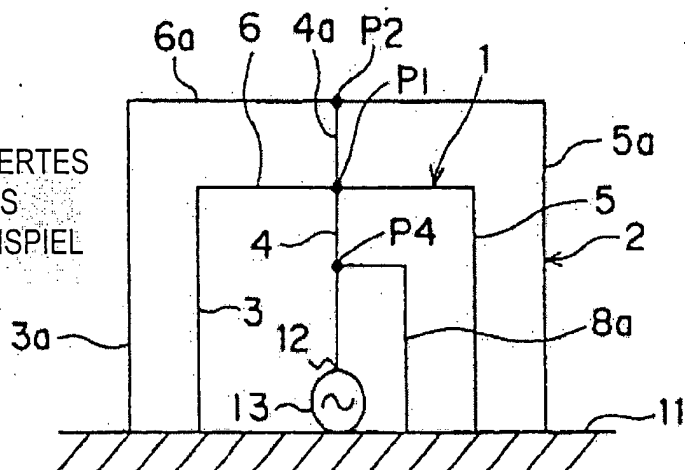
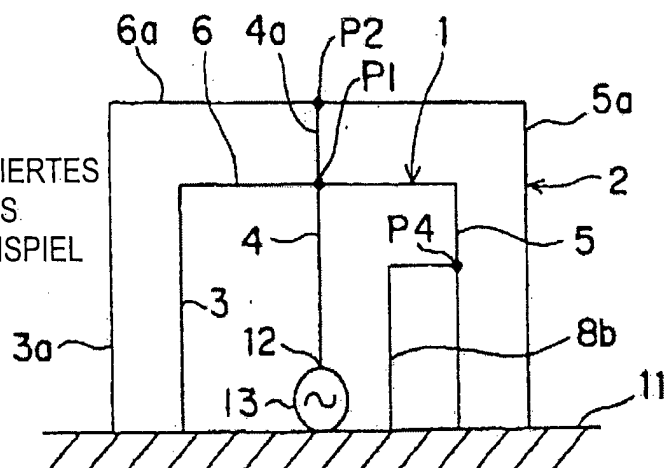


Fig. 18C

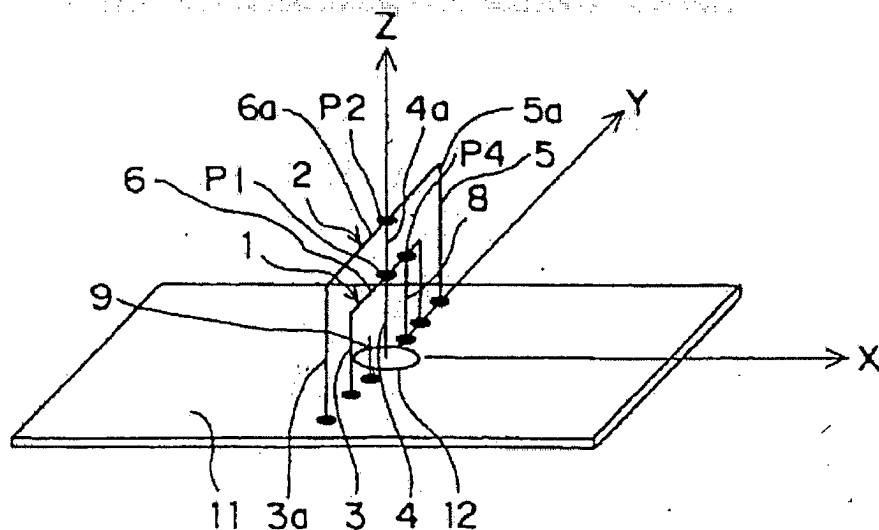
## SECHSTES MODIFIZIERTES BEVORZUGTES AUSFÜHRUNGSBEISPIEL





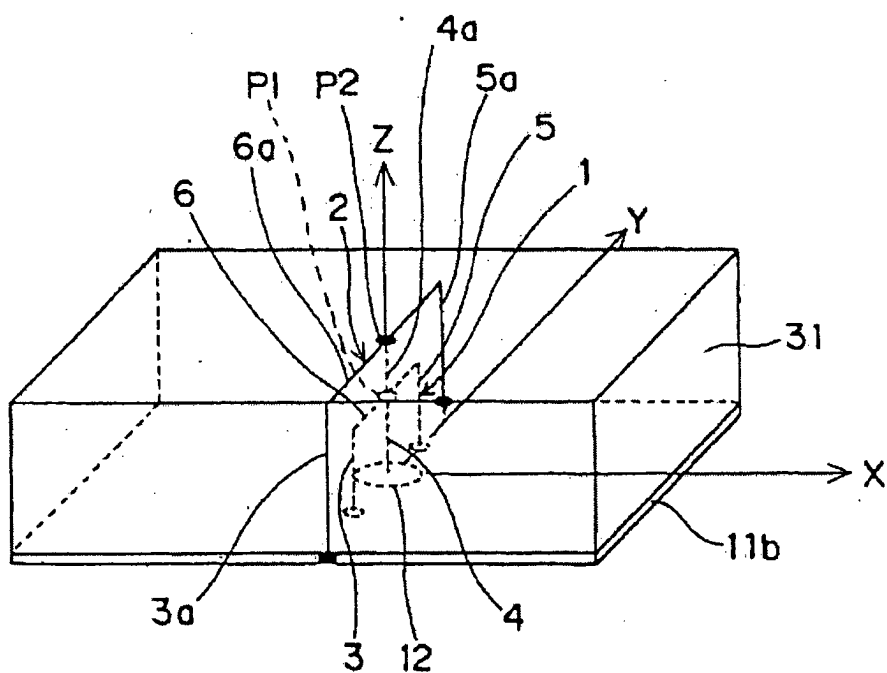
*Fig.19*

SIEBTES MODIFIZIERTES BEVORZUGTES AUSFÜHRUNGSBEISPIEL



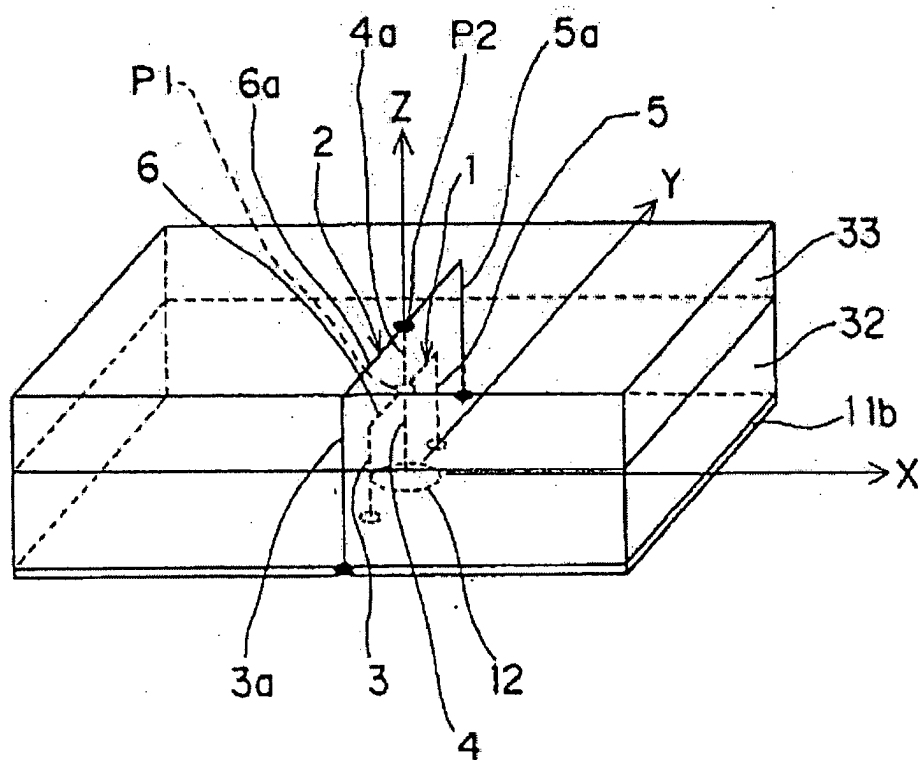
*Fig.20*

DRITTES BEVORZUGTES AUSFÜHRUNGSBEISPIEL



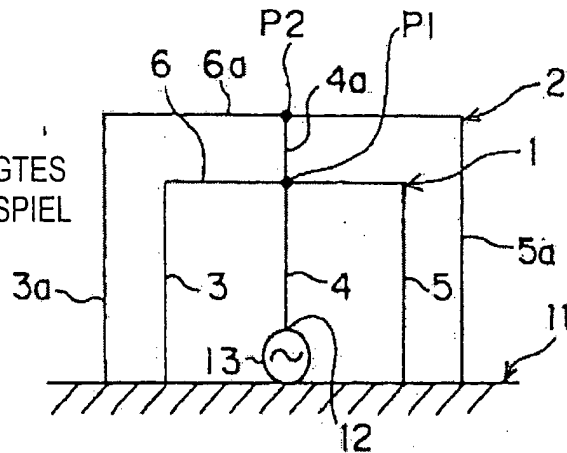
*Fig.21*

VIERTES BEVORZUGTES AUSFÜHRUNGSBEISPIEL



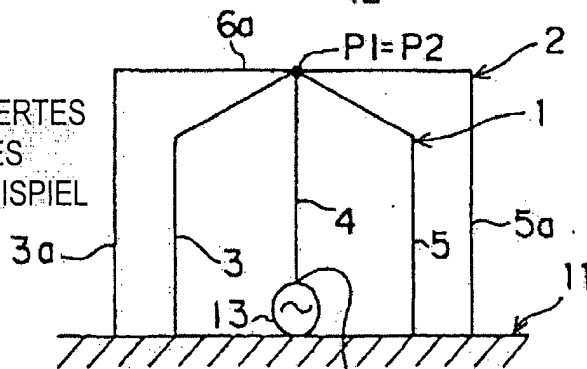
**Fig.22A**

ERSTES BEVORZUGTES  
AUSFÜHRUNGSBEISPIEL



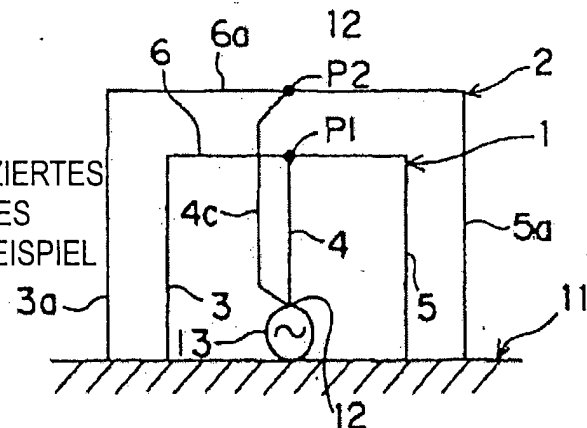
**Fig.22B**

ACHTES MODIFIZIERTES  
BEVORZUGTES  
AUSFÜHRUNGSBEISPIEL



**Fig.22C**

NEUNTES MODIFIZIERTES  
BEVORZUGTES  
AUSFÜHRUNGSBEISPIEL



**Fig.22D**

ZEHNTES MODIFIZIERTES  
BEVORZUGTES  
AUSFÜHRUNGSBEISPIEL

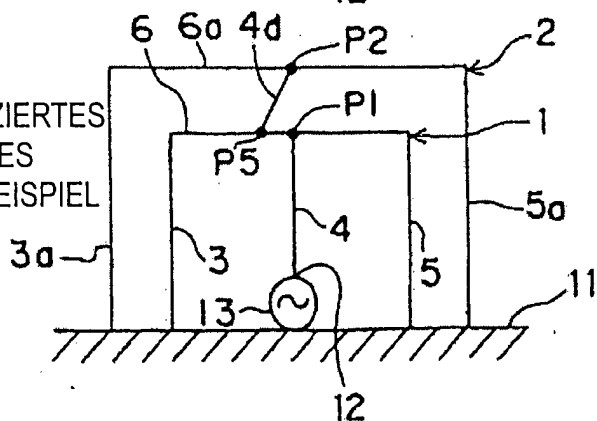
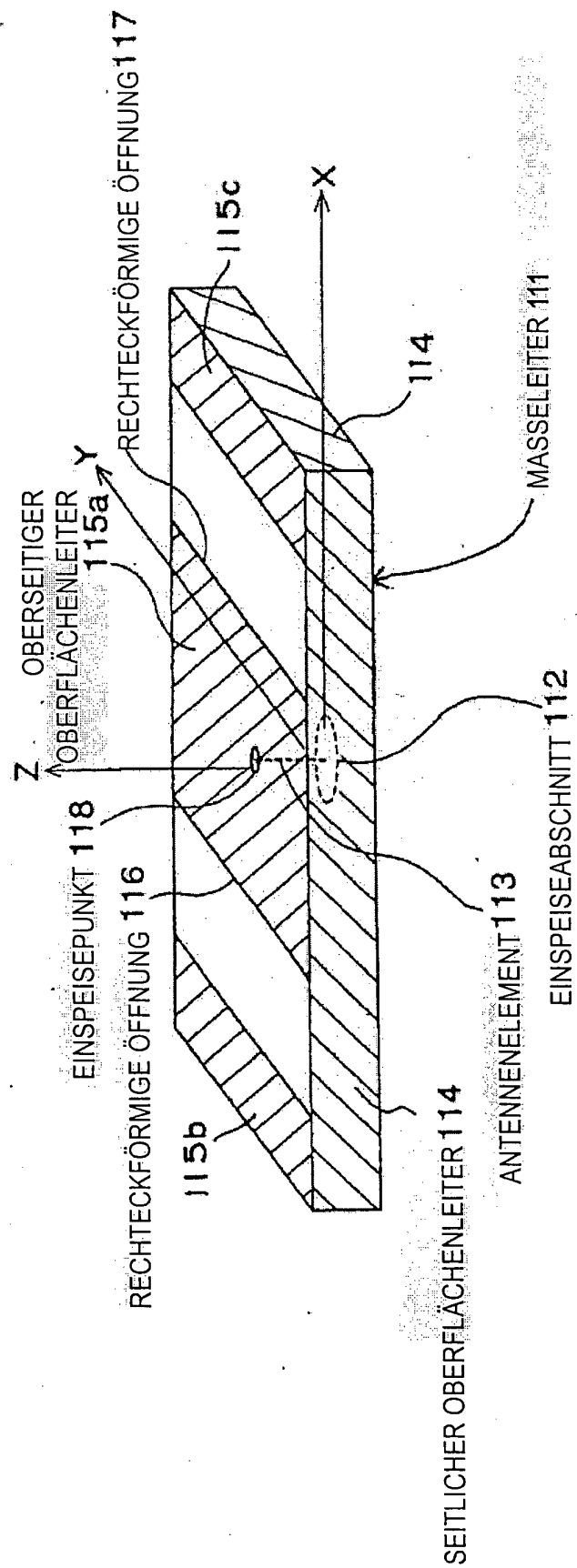




Fig.24 STAND DER TECHNIK





*Fig.25* STAND DER TECHNIK

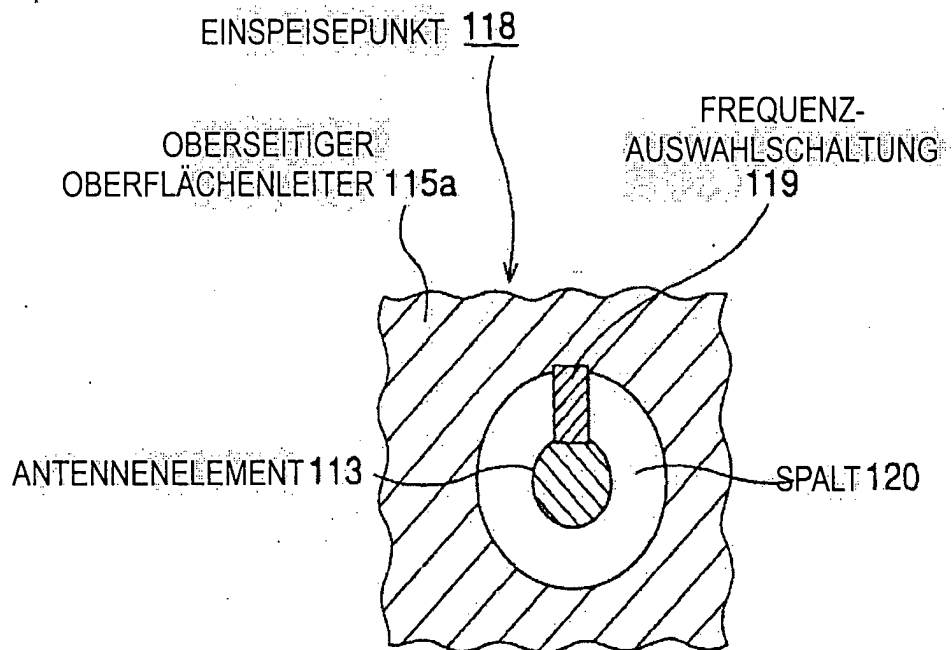


Fig.26 STAND DER TECHNIK

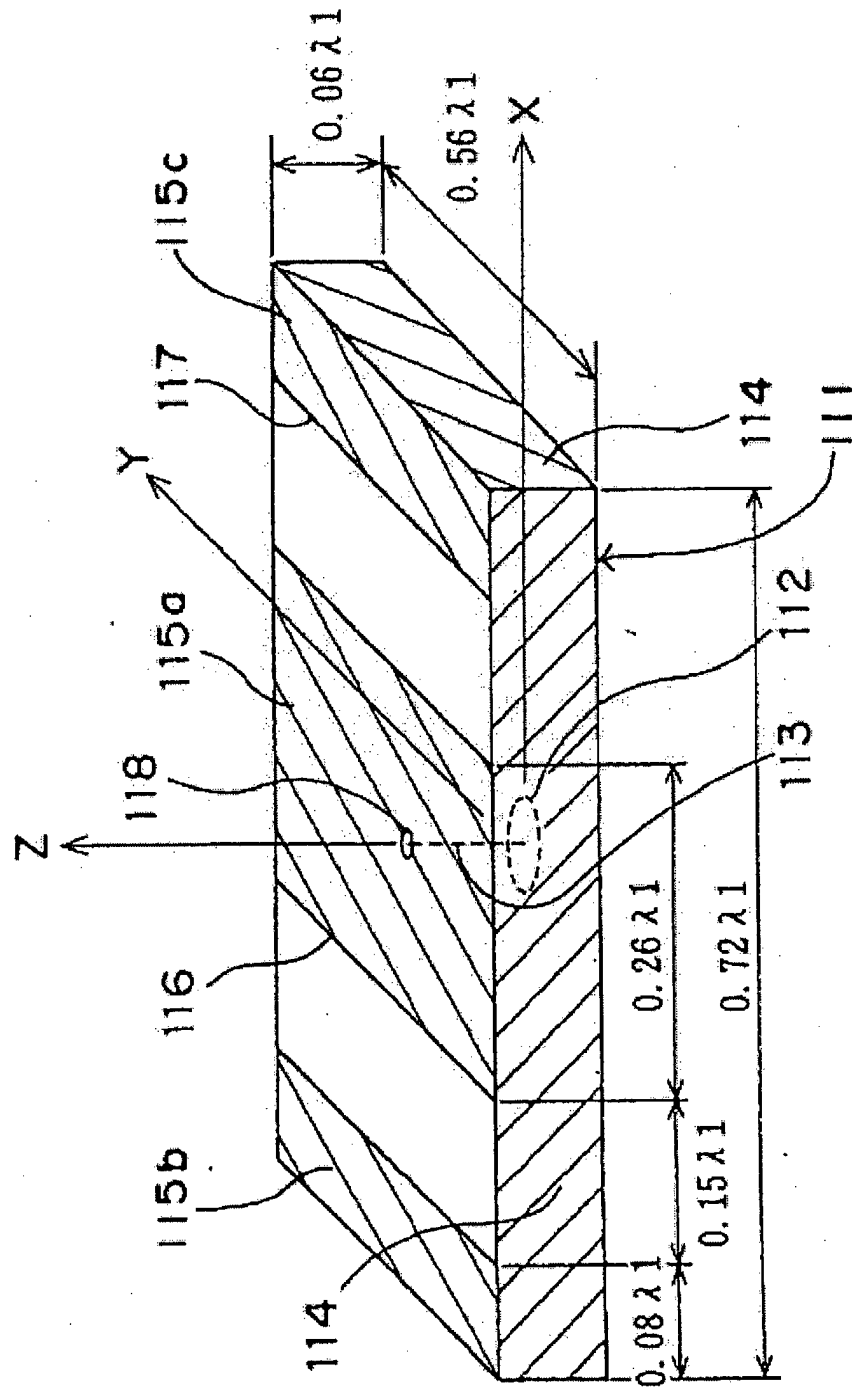


Fig.27A

STAND DER TECHNIK

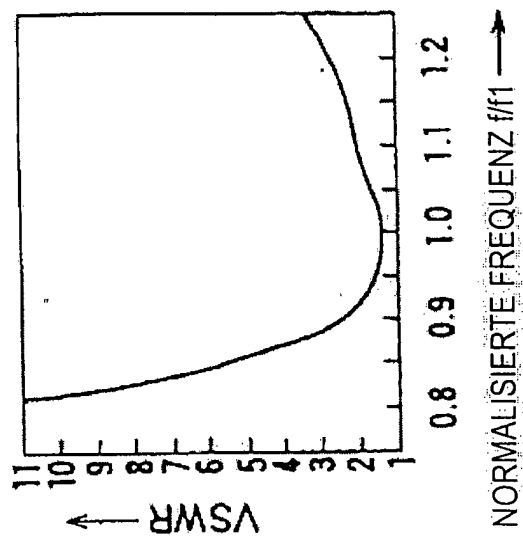


Fig.27B

STAND DER TECHNIK

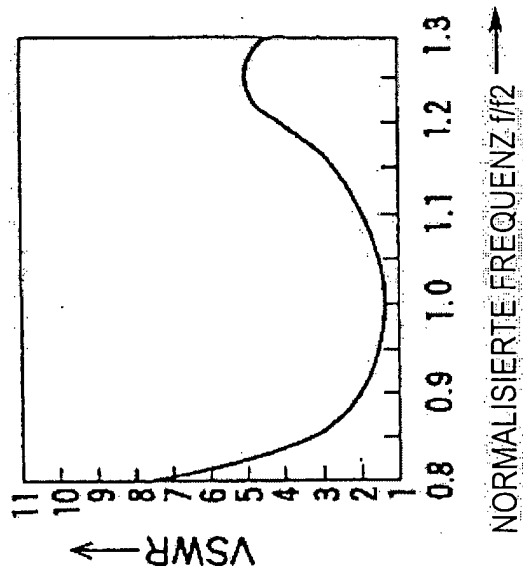
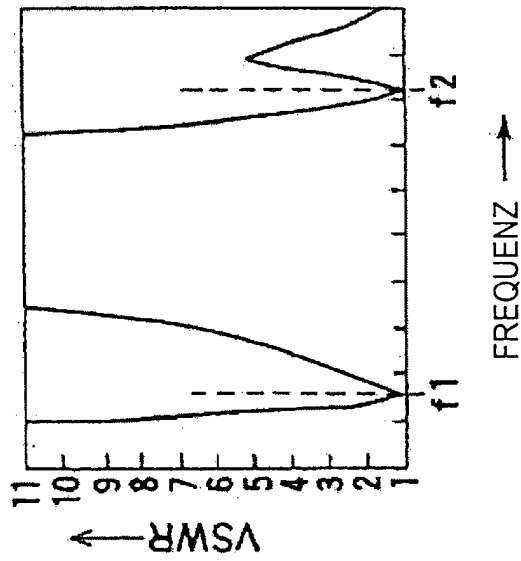


Fig.27C

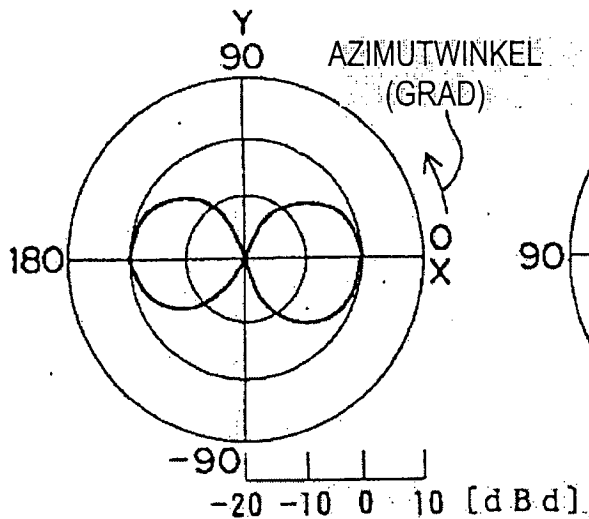
STAND DER TECHNIK



*Fig.28A*

STAND DER TECHNIK

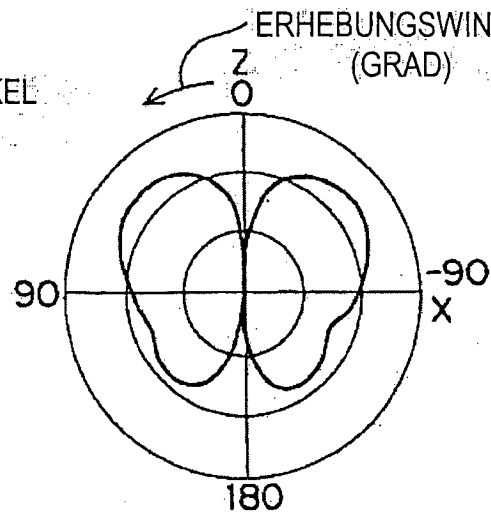
HORIZONTALE EBENE DER FREQUENZ  $f_1$



*Fig.28B*

STAND DER TECHNIK

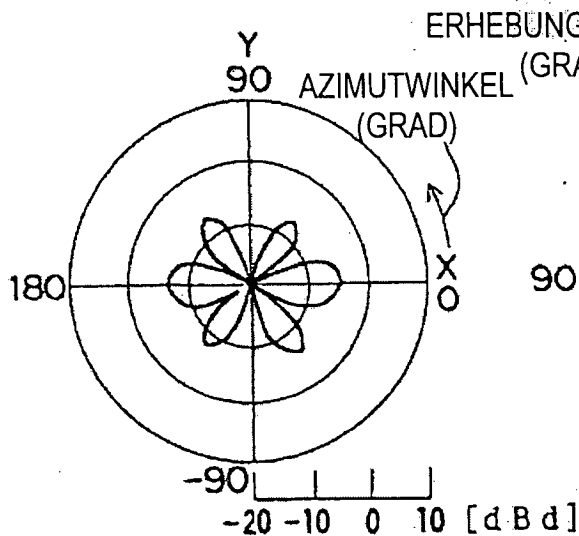
VERTIKALE EBENE DER FREQUENZ  $f_1$



*Fig.29A*

STAND DER TECHNIK

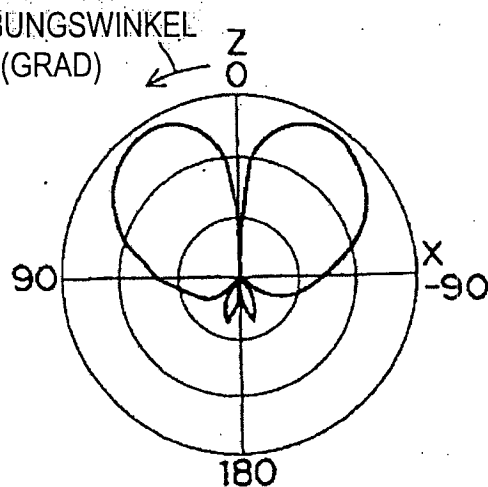
HORIZONTALE EBENE DER FREQUENZ  $f_2$



*Fig.29B*

STAND DER TECHNIK

VERTIKALE EBENE DER FREQUENZ  $f_2$



*Fig.30* STAND DER TECHNIK

FREQUENZ-CHARAKTERISTIK DER IMPEDANZ  
DER FREQUENZ-AUSWAHLSCHALTUNG 119

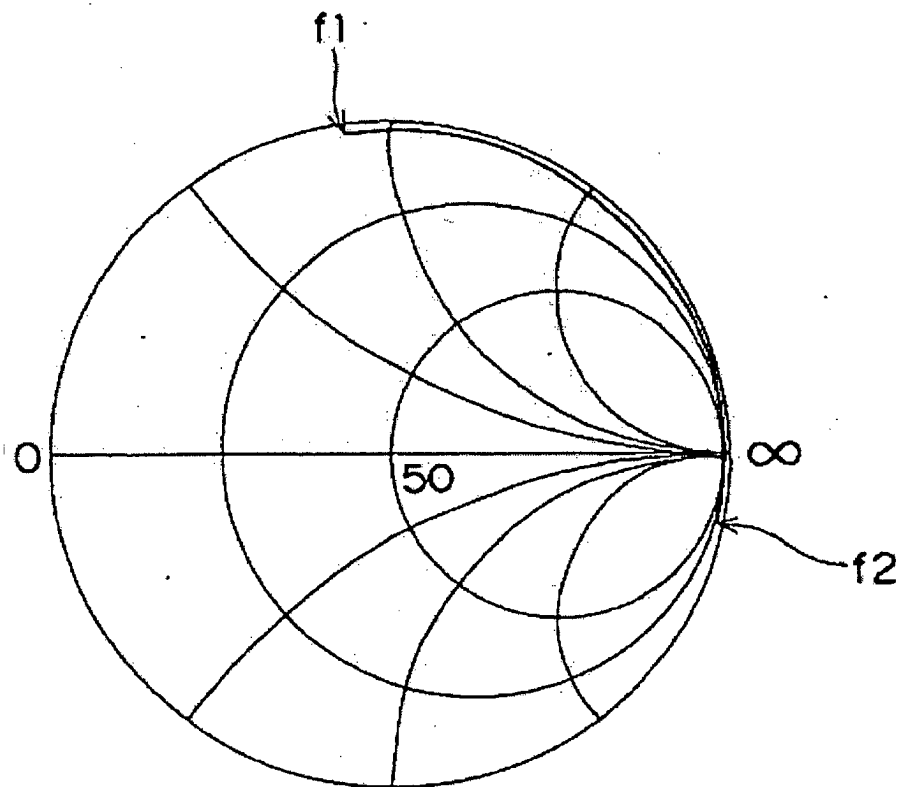
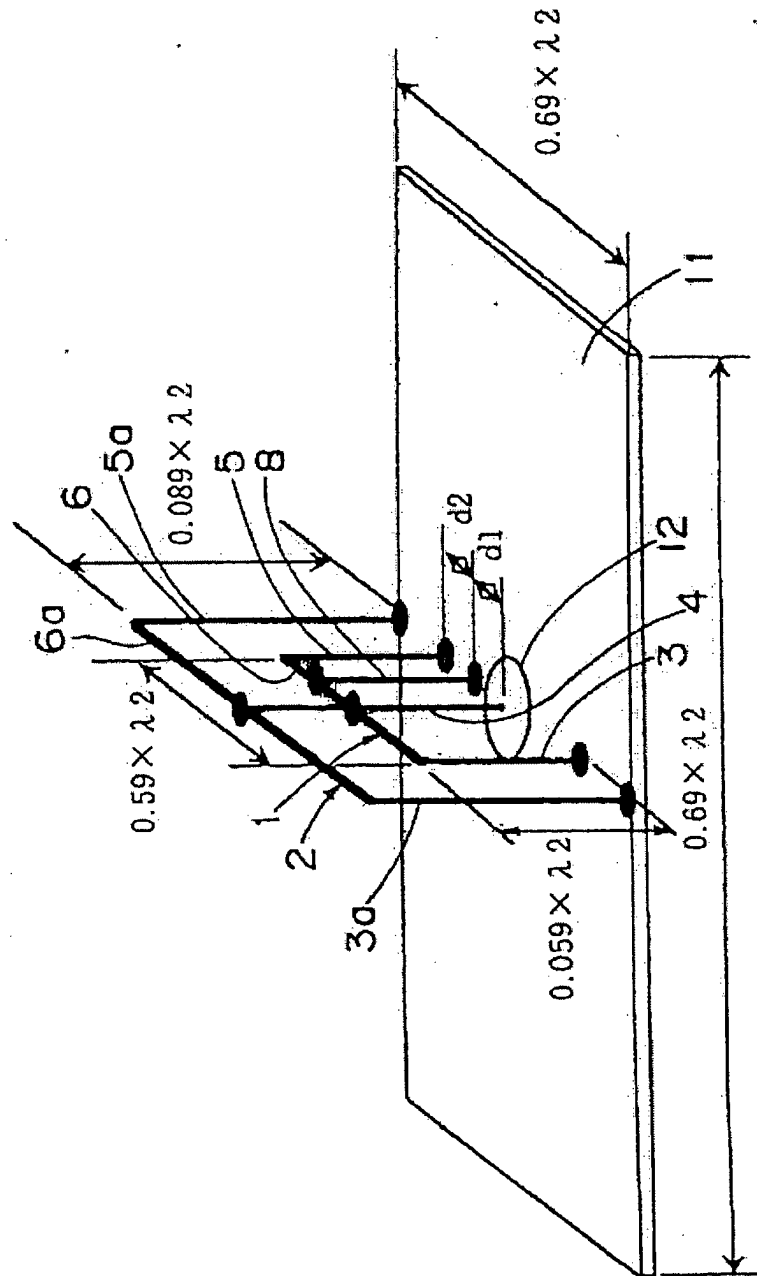


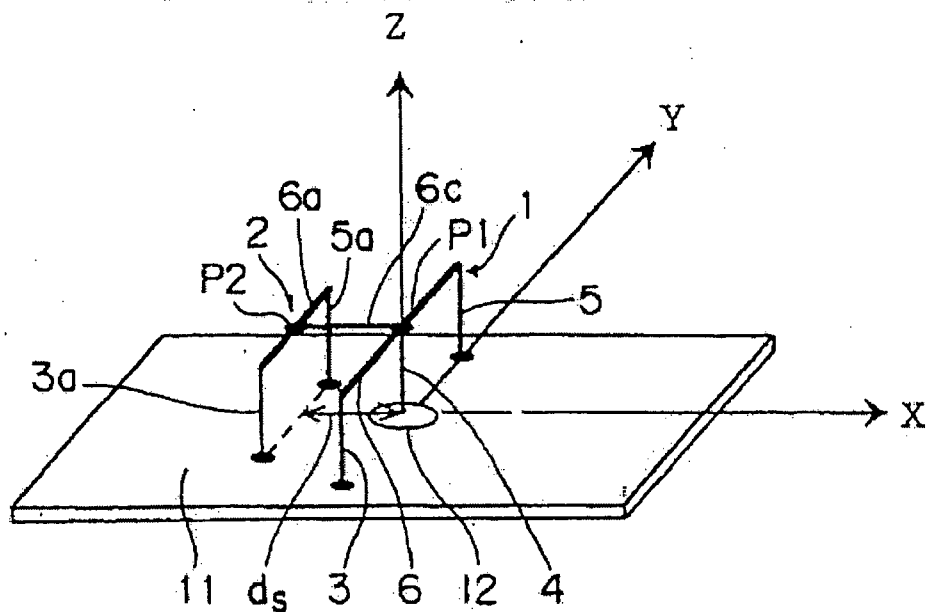
Fig.31

MODIFIZIERTES IMPLEMENTIERUNGSBEISPIEL DES ZWEITEN IMPLEMENTIERUNGSBEISPIELS



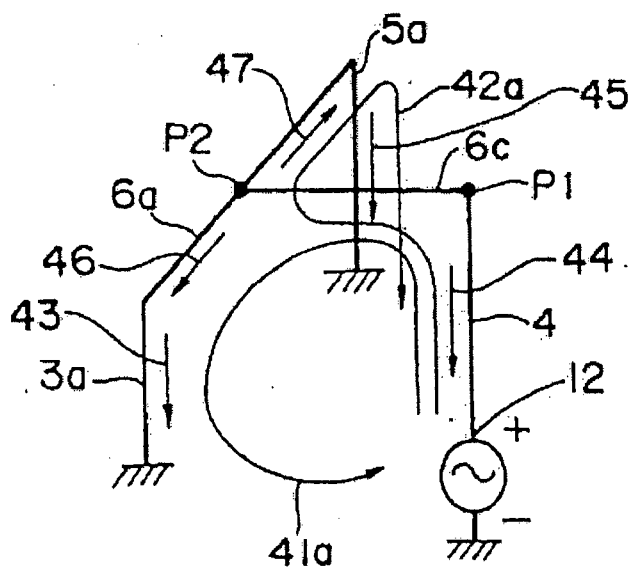
*Fig.32*

SECHSTES BEVORZUGTES AUSFÜHRUNGSBEISPIEL



*Fig.33*

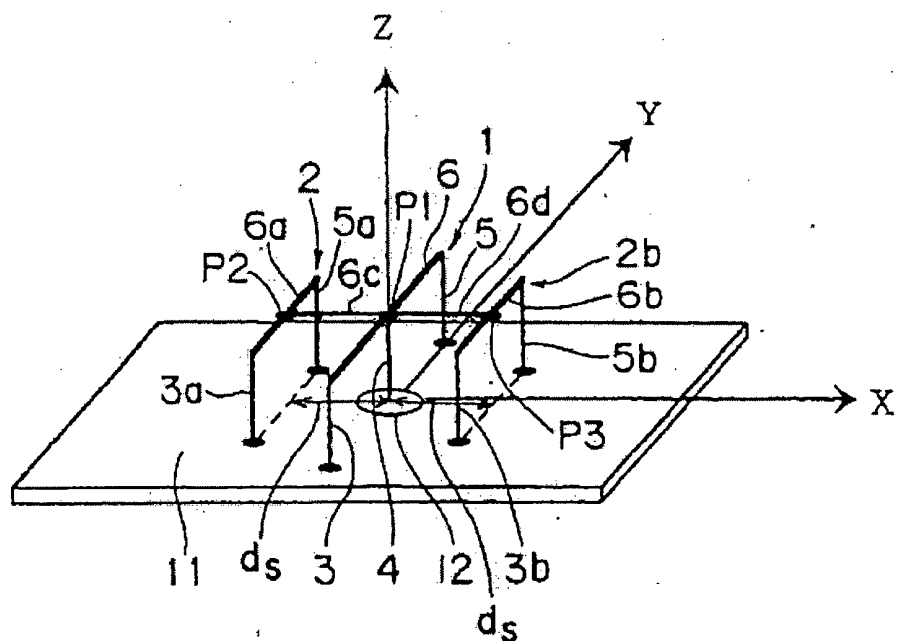
FUNKTIONSWEISE NUR DES M-FÖRMIGEN ANTENNENELEMENTES 2





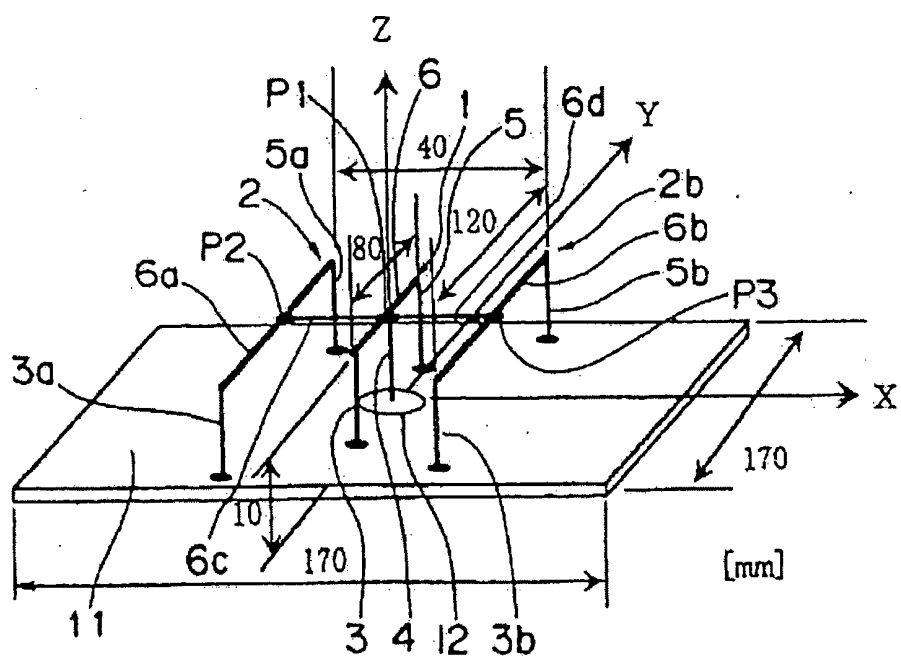
**Fig.34**

SIEBTES BEVORZUGTES AUSFÜHRUNGSBEISPIEL



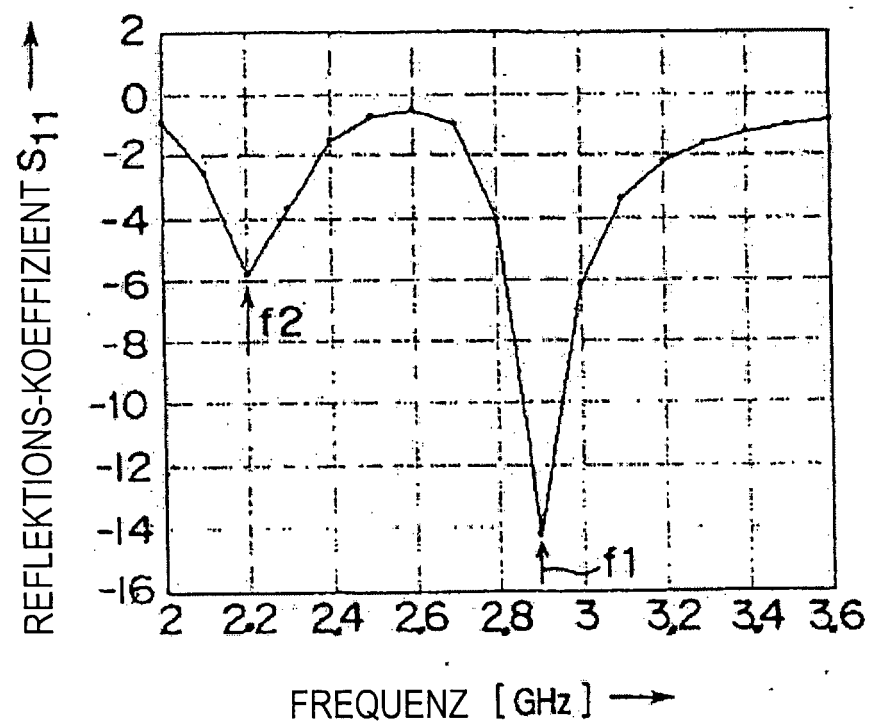
**Fig.35**

ACHTES BEVORZUGTES AUSFÜHRUNGSBEISPIEL



*Fig.36*

ACHTES BEVORZUGTES AUSFÜHRUNGSBEISPIEL



*Fig.37*

## NEUNTES BEVORZUGTES AUSFÜHRUNGSBEISPIEL

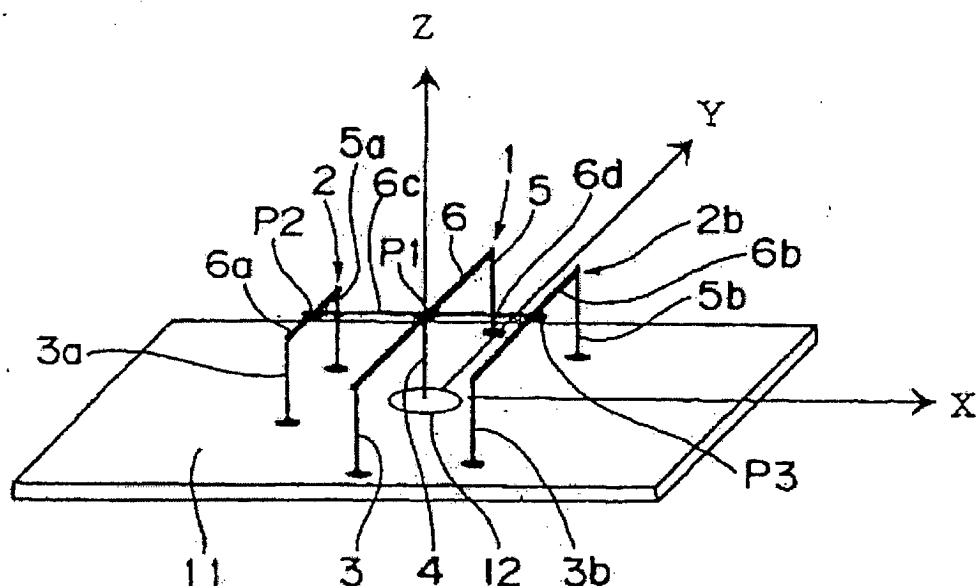
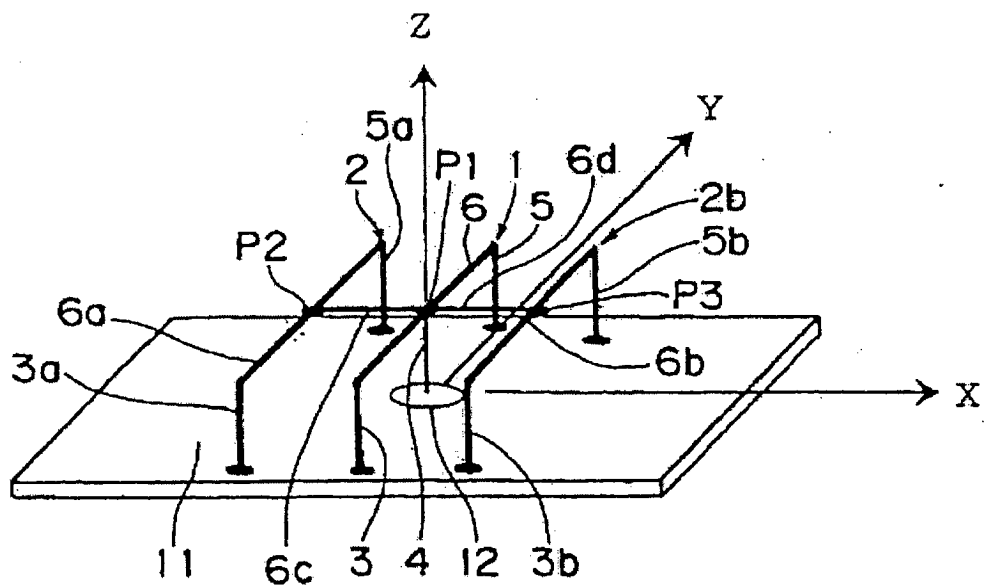


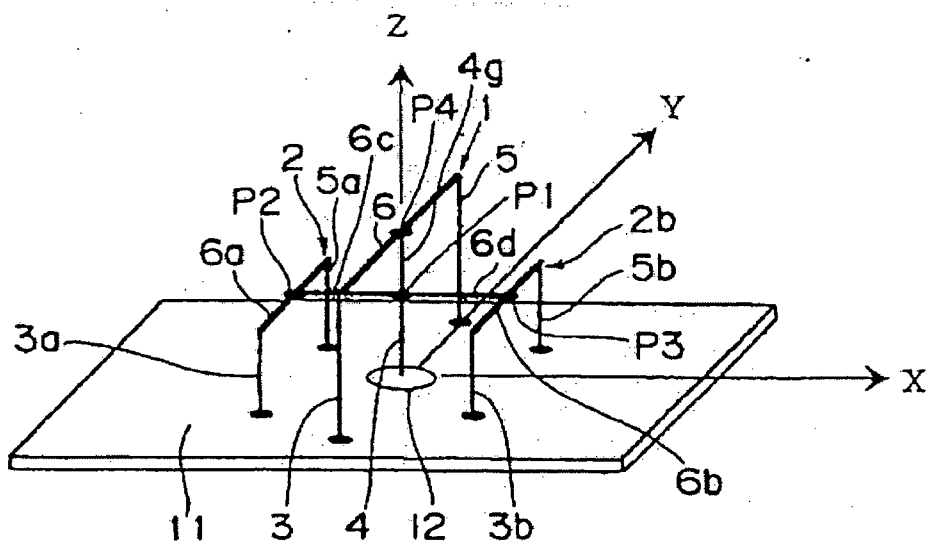
Fig.38

## ZEHNTES BEVORZUGTES AUSFÜHRUNGSBEISPIEL



*Fig.39*

ELFTES BEVORZUGTES AUSFÜHRUNGSBEISPIEL



*Fig.40*

ZWÖLFTES BEVORZUGTES AUSFÜHRUNGSBEISPIEL

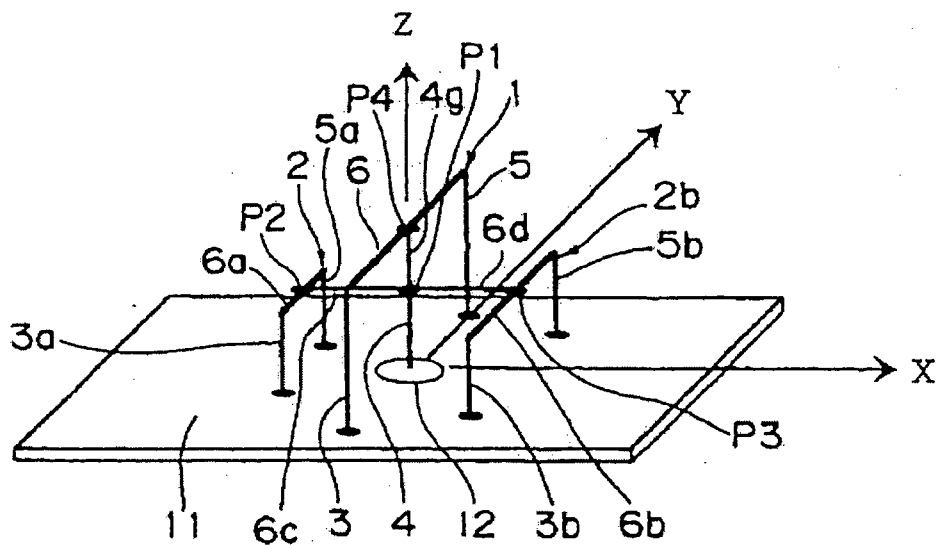


Fig.41

DREIZEHNTES BEVORZUGTES AUSFÜHRUNGSBEISPIEL

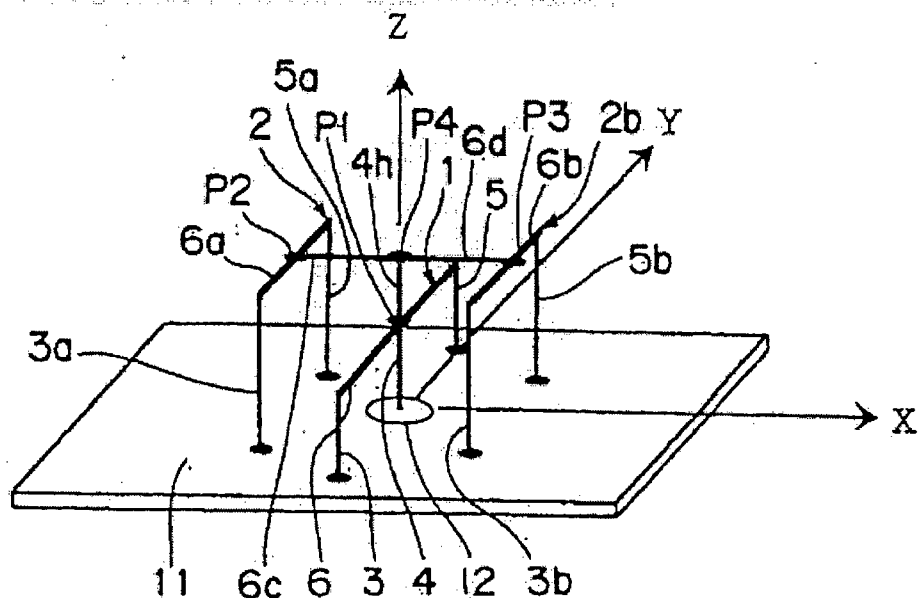


Fig.42

VIERZEHNTE BEVORZUGTES AUSFÜHRUNGSBEISPIEL

