



(10) **DE 10 2011 088 045 A1** 2012.08.23

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 088 045.3**

(22) Anmeldetag: **08.12.2011**

(43) Offenlegungstag: **23.08.2012**

(51) Int Cl.: **H01Q 3/26 (2012.01)**

H01Q 3/36 (2012.01)

H01Q 21/08 (2012.01)

(30) Unionspriorität:

2010-274512 09.12.2010 JP

(71) Anmelder:

**DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref.,
JP**

(74) Vertreter:

**WINTER, BRANDL, FÜRNISS, HÜBNER, RÖSS,
KAISER, POLTE, Partnerschaft, 85354, Freising,
DE**

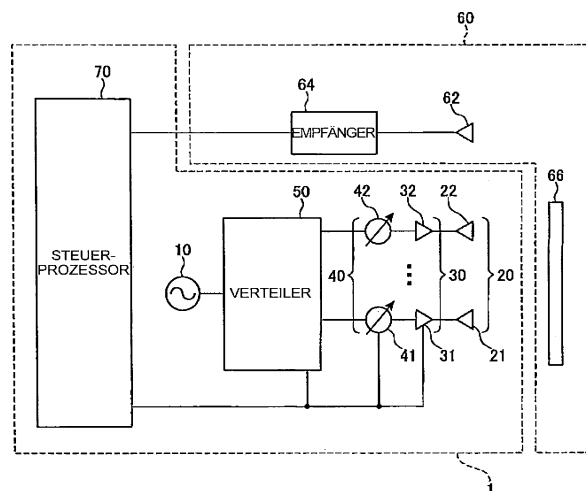
(72) Erfinder:

Ookawa, Kunihiko, Kariya-city, Aichi-pref., JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **PHASED-ARRAY-ANTENNE und Phasenkalibrierungsverfahren**

(57) Zusammenfassung: Eine Phased-Array-Antenne weist einen Oszillator, mehrere Antennenelemente, einen Phasenschieber, einen Verteiler, einen Empfänger und einen Steuerprozessor auf. Der Steuerprozessor führt einen ersten Kalibrierungsprozess aus, um eine Phase des Phasenschiebers zu kalibrieren, der mit einem Paar von Antennenelementen verbunden ist, das von den Antennenelementen gewählt wird und an einem Paar von Positionen symmetrisch zu einer Mittelachse eines Arrays angeordnet ist, das durch die Phased-Array-Antenne gebildet wird, und der Steuerprozessor führt einen zweiten Kalibrierungsprozess aus, um eine Phase des Phasenschiebers zu kalibrieren, der mit einem Paar von Zielantennenelementen verbunden ist, bezüglich einer Phase des Phasenschiebers, der mit einem Referenzantennenelement verbunden ist, das an einem Mittelabschnitt des Arrays angeordnet ist. Das Paar von Zielantennenelementen ist an einem Paar von Positionen angeordnet, das symmetrisch zur Mittelachse des Arrays liegt.



BeschreibungQUERVERWEIS AUF
VERWANDTE ANMELDUNGEN

[0001] Diese Anmeldung basiert auf und beansprucht die Priorität der am 9. Dezember 2010 eingereichten japanischen Patentanmeldung Nr. 2010-274512, auf deren Offenbarung hiermit vollinhaltlich Bezug genommen wird.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[Technisches Gebiet der Erfindung]

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Phased-Array-Antenne mit mehreren Antennenelementen und ein Phasenkalibrierungsverfahren für die Phased-Array-Antenne zur Kalibrierung einer Phase der mehreren Antennenelemente.

[Stand der Technik]

[0003] Eine Phased-Array-Antenne mit mehreren Antennenelementen wird benötigt, um eine Phase jedes Antennenelements derart zu kalibrieren, dass von den Antennenelementen abgestrahlte Funkwellen die gleiche Phase aufweisen, wenn eine vorbestimmte Reihe von Bedingungen erfüllt wird.

[0004] Bekannt ist ein Verfahren, gemäß dem auf eine Kalibrierung einer Phase der mehreren Antennenelemente folgend (i) eine Phase von nur einem beliebigen Antennenelement geändert wird, unter der Bedingung, dass Funkwellen mit einer vorbestimmten Leistung abgestrahlt werden, (ii) eine resultierende Änderung in einer abgestrahlten Leistung von allen der mehreren Antennenelemente an einem Empfänger, der an einer Frontebenseite einer Funkwellenabstrahlungsebene angeordnet ist, überwacht wird, um einen Phasenwert des einen beliebigen Antennenelements zu erhalten, (iii) die obigen Schritte (i) und (ii) für alle Antennenelemente ausgeführt werden, um Phasenwerte von allen Antennenelementen zu erhalten, und (iv) eine Phase jedes Antennenelements auf der Grundlage dieser Phasenwerte kalibriert wird (siehe WO 2004/013644 A1).

[0005] Ferner ist eine Phased-Array-Antenne mit mehreren Antennenelementen bekannt, die ein Dämpfungselement für ein Antennenelement anordnet, das am Endabschnitt eines Arrays der mehreren Antennenelemente angeordnet ist, um niedrige Nebenkeulen beizubehalten und um eine Ausgabe von Funkwellen von dem Antennenelement am Endabschnitt verglichen mit einem Antennenelement, das am Mittelabschnitt des Arrays angeordnet ist, zu verringern.

[0006] Es ist jedoch schwierig, eine Phased-Array-Antenne, die dazu ausgelegt ist, Nebenkeulen der

Phased-Array-Antenne zu verringern, indem sie die Ausgabe der Funkwellen, die von der Phased-Array-Antenne abgestrahlt werden, vom Mittelabschnitt zum Endabschnitt graduell verringert, genau zu kalibrieren. Hierfür können die folgenden zwei Gründe aufgezeigt werden.

(1) Für den Fall, dass das Antennenelement, das am Endabschnitt des Arrays angeordnet ist, unter der Bedingung kalibriert wird, dass die Funkwellen mit einer vorbestimmten Leistung von den mehreren Antennenelementen abgestrahlt werden, ist dann, wenn nur die Phase des Antennenelements geändert wird, eine Änderung in der abgestrahlten Leistung, die vom Empfänger erfasst werden kann, gering, da die Änderung durch die anderen Antennenelemente stärker beeinflusst wird, so dass eine Phase eines Zielantennenelements nicht genau gemessen werden kann.

(2) Das obige Problem (1) kann gelöst werden, indem ein Nullpunkt aus einem Richtcharakteristikmuster einer Ausgangsdifferenz zwischen zwei Antennenelementen der mehreren Antennenelemente erhalten wird und anschließend die Phasen der zwei Antennenelemente derart abgestimmt werden, dass eine Position des erhaltenen Nullpunkts auf einen Mittelpunkt zwischen den zwei Antennenelementen gesetzt wird, um die Phasen zu kalibrieren. In diesem Fall wird jedoch dann, wenn die Leistung der Funkwellen, die von den mehreren Antennenelementen ausgegeben werden, bei jedem Antennenelement verschieden ist, eine Tiefe des Nullpunkts (Null-Tiefe) im Richtcharakteristikmuster, das durch die zwei Antennenelemente gebildet wird, wie in **Fig. 6** gezeigt, gering. Folglich kann der Nullpunkt nicht genau erfasst werden.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0007] Die vorliegende Erfindung ist angesichts der vorstehend beschriebenen Umstände geschaffen worden, und es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Phased-Array-Antenne und ein Phasenkalibrierungsverfahren für die Phased-Array-Antenne bereitzustellen, die dazu ausgelegt sind, eine Phase von Antennenelementen einer Phased-Array-Antenne auf einfache Weise und genau zu kalibrieren, um Nebenkeulen zu verringern, indem ein Leistungsausgang eines Antennenelements, das am Mittelabschnitt des Arrays angeordnet ist, von demjenigen eines Antennenelements, das am Endabschnitt des Arrays angeordnet ist, unterschieden wird.

[0008] Gemäß einem ersten beispielhaften Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine Phased-Array-Antenne bereitgestellt, mit: einem Oszillator, der Funkwellen erzeugt; mehreren Antennenelementen, die Funkwellen abstrahlen; einem Phasenschieber, der mit jedem der mehreren Antennenelemente verbunden ist und eine Phase von Funkwellen ändert,

die von den mehreren Antennenelementen abgestrahlt werden; einem Verteiler, der vom Oszillator erzeugte Funkwellen über den Phasenschieber auf die mehreren Antennenelemente verteilt; einer Empfangseinheit, die Funkwellen empfängt, die von den mehreren Antennenelementen abgestrahlt werden; und einem Steuerprozessor, der einen ersten Kalibrierungsprozess ausführt, um eine Phase des Phasenschiebers zu kalibrieren, der mit einem Paar von Antennenelementen verbunden ist, das von den mehreren Antennenelementen gewählt wird und an einem Paar von Positionen symmetrisch zu einer Mittelachse eines durch die Phased-Array-Antenne gebildeten Arrays angeordnet ist, und einen zweiten Kalibrierungsprozess ausführt, um eine Phase des Phasenschiebers, der mit einem Paar von Zielantennenelementen verbunden ist, bezüglich einer Phase des Phasenschiebers zu kalibrieren, der mit einem Referenzantennenelement verbunden ist, das an einem Mittelabschnitt des Arrays angeordnet ist, wobei das Paar von Zielantennenelementen an einem Paar von Positionen angeordnet ist, das symmetrisch zur Mittelachse des Arrays liegt.

[0009] Der Steuerprozessor kann den zweiten Kalibrierungsprozess ausführen, um a) von den mehreren Antennenelementen ein Referenzantennenelement, das an einer Position auf der Mittelachse des Arrays angeordnet ist, und ein Paar von Zielantennenelementen, das von den mehreren Antennenelementen gewählt wird und an Positionen symmetrisch zur Mittelachse des Arrays angeordnet ist, zu wählen, um es den vom Oszillator erzeugten Funkwellen zu ermöglichen, über den Verteiler für das Referenzantennenelement und das Paar von Zielantennenelementen bereitgestellt zu werden; b) ein Richtcharakteristikmuster zu erhalten, das durch das Referenzantennenelement und das Paar von Zielantennenelementen gebildet wird, aus einer Verteilung in einer Empfangsleistung von Funkwellen, die an der Empfangseinheit empfangen werden, entlang einer horizontalen Richtung bezüglich einer Arrayrichtung der mehreren Antennenelemente, wenn eine Phase des Phasenschiebers, der mit dem Referenzantennenelement verbunden ist, fest ist und eine Phase des Phasenschiebers, der mit dem Paar von Zielantennenelementen verbunden ist, geändert wird; c) aus dem erhaltenen Richtcharakteristikmuster eine Phase des mit dem Paar von Zielantennenelementen verbundenen Phasenschiebers zu extrahieren, bei der ein Pegel von Nebenkeulen, der in dem erhaltenen Richtcharakteristikmuster auftritt, einen vorbestimmten Wert annimmt; und d) die erhaltene Phase auf einen Phasenwert für die Phase des Phasenschiebers zu setzen, der mit dem Paar von Zielantennenelementen verbunden ist, bezüglich der Phase des Phasenschiebers, der mit dem Referenzantennenelement verbunden ist.

[0010] Der Steuerprozessor kann den zweiten Kalibrierungsprozess wiederholen, während er das Paar von Zielantennenelementen wechselt, bis die Phasenwerte für alle der Paare von Zielantennenelementen eingestellt bzw. bestimmt wurden.

[0011] Die Anzahl von im Array angeordneten Antennenelementen, welche das Array der Phased-Array-Antenne bildet, kann ungerade sein, und das Referenzantennenelement kann ein Antennenelement sein, das an einer Position in der Mitte des Arrays angeordnet ist.

[0012] Die Anzahl von im Array angeordneten Antennenelementen, welche das Array der Phased-Array-Antenne bildet, kann gerade sein, und das Referenzantennenelement kann ein Paar von Antennenelementen sein, das an einem Paar von Positionen angeordnet ist, welches der Mittelachse unter Paaren von Positionen symmetrisch zur Mittelachse des Arrays am nächsten ist.

[0013] Der Steuerprozessor kann den ersten Kalibrierungsprozess ausführen, um von den mehreren Antennenelementen das Paar von Antennenelementen zu wählen, das an dem Paar von Positionen angeordnet ist, das symmetrisch zu einer Mittelachse eines Arrays liegt, das durch die Phased-Array-Antenne gebildet wird, um es den vom Oszillator erzeugten Funkwellen zu ermöglichen, für das Paar von Antennenelementen bereitgestellt zu werden; ein Muster einer Änderung in einer Empfangsleistung von Funkwellen zu erhalten, die an der Empfangseinheit empfangen werden, wenn eine Phase des Phasenschiebers, der mit einem des Paares von Antennenelementen verbunden ist, fest ist und eine Phase des Phasenschiebers, der mit dem anderen des Paares von Antennenelementen verbunden ist, geändert wird; aus dem erhaltenen Muster eine Phasendifferenz zwischen Phasen des Phasenschiebers an einem Nullpunkt, an dem in dem Muster eine Null auftritt, zu erfassen; und die Phase des Phasenschiebers auf der Grundlage der erfassten Phasendifferenz zu kalibrieren.

[0014] Gemäß der obigen Phased-Array-Antenne kann die Phase von Funkwellen, die von jedem Antennenelement abgestrahlt werden, selbst dann, wenn eine von jedem Antennenelement abgestrahlte Leistung verschieden ist, auf einfache Weise abgeglichen werden und ein gewünschtes Richtcharakteristikmuster erhalten werden. Nachstehend werden die Gründe hierfür aufgezeigt.

[0015] Gemäß dem beispielhaften Aspekt werden Funkwellen, die vom Oszillator erzeugt werden, nur für ein Paar von Antennenelementen bereitgestellt, das an einem Paar von Positionen symmetrisch zu einer Mittelachse eines Arrays der mehreren Antennen-

elemente, welche die Phased-Array-Antenne bilden, angeordnet ist.

[0016] Da das Paar von Antennenelementen, das symmetrisch zur Mittelachse angeordnet ist, Funkwellen mit der gleichen Leistung abstrahlt, wird in Abhängigkeit einer Phasendifferenz zwischen dem Paar von Antennenelementen ein tiefer Nullpunkt gebildet.

[0017] Während beispielsweise eine Phase für eines des Paares von Antennenelementen fest ist und eine Phase für das andere des Paares von Antennenelementen innerhalb des Bereich von 0° bis 360° geändert wird, wird ein Pegel eines Empfangssignals (Empfangsleistung) gemessen und eine im Empfangssignal auftretende null erfasst. Hierdurch kann eine Phasendifferenz zwischen dem Paar von Antennenelementen genau erhalten und die Phase für eines des Paares von Antennenelementen mit der Phase für das andere des Paares von Antennenelementen abgeglichen werden. D. h., es kann eine Phasenkalibrierung zwischen dem Paar von Antennenelementen ausgeführt werden.

[0018] Die obige Phasenkalibrierung wird für jedes der Paare von Antennenelementen, die symmetrisch zur Mittelachse des Arrays liegen, ausgeführt, und anschließend wird eine Phase für alle der Paare von Antennenelementen für jedes Paar von Antennenelementen abgeglichen.

[0019] Anschließend werden Funkwellen, die vom Oszillator erzeugt werden, für nur ein Referenzantennenelement und ein Paar von Antennenelementen, die symmetrisch zur Mittelachse des Arrays angeordnet sind, bereitgestellt, und werden beide Phasen miteinander abgeglichen. Das Referenzantennenelement kann ein Antennenelement sein, das an einer Phase auf der Mittelachse des Arrays angeordnet ist, wenn die Anzahl von Antennenelementen ungerade ist, oder ein Paar von Antennenelementen sein, das symmetrisch zur Mittelachse des Arrays angeordnet ist, wenn die Anzahl von Antennenelementen gerade ist.

[0020] In diesem Fall wird das folgende Richtcharakteristikmuster erhalten. Das Richtcharakteristikmuster wird durch das Referenzantennenelement und das Paar von Zielantennenelementen gebildet und ist symmetrisch zur Mittelachse in einer horizontalen Richtung zu einer Arrayrichtung der mehreren Antennenelemente.

[0021] Wenn eine Phase des Phasenschiebers, der mit dem Paar von Antennenelementen verbunden ist, in gleicher Weise geändert wird, wird der Betrag der Nebenkeulen im Richtcharakteristikmuster geändert.

[0022] Folglich kann dann, wenn ein Phasenwert des Phasenschiebers derart eingestellt wird, dass ein

Wert der Nebenkeule einen vorbestimmten Wert annimmt, auch dann, wenn eine von jedem Antennenelement abgestrahlte Leistung verschieden ist, eine Phase von Funkwellen, die von jedem Antennenelement abgestrahlt werden, auf einfache Weise abgeglichen und ein gewünschtes Richtcharakteristikmuster erhalten werden.

[0023] Folglich können dann, wenn der obige Prozess zum Einstellen der Phase des Phasenschiebers für das Referenzantennenelement und alle der Paare von Antennenelementen symmetrisch zur Mittelachse des Arrays ausgeführt wird, Nebenkeulen im Richtcharakteristikmuster genau und auf einfache Weise verringert werden.

[0024] Gemäß einem zweiten beispielhaften Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Phasenkalibrierungsverfahren für eine Phased-Array-Antenne bereitgestellt, die einen Oszillator, der Funkwellen erzeugt, mehrere Antennenelemente, die Funkwellen abstrahlen, einen Phasenschieber, der mit jedem der mehreren Antennenelemente verbunden ist und eine Phase von Funkwellen ändert, die von den mehreren Antennenelementen abgestrahlt werden, einen Verteiler, der vom Oszillator erzeugte Funkwellen über den Phasenschieber auf die mehreren Antennenelemente verteilt, eine Empfangseinheit, die Funkwellen empfängt, die von den mehreren Antennenelementen abgestrahlt werden, und einen Steuerprozessor, der einen Kalibrierungsprozess für die Phased-Array-Antenne ausführt, aufweist, wobei das Phasenkalibrierungsverfahren die folgenden Schritte in dem Steuerprozessor umfasst: Ausführen eines ersten Kalibrierungsprozesses, um eine Phase des Phasenschiebers zu kalibrieren, der mit einem Paar von Antennenelementen verbunden ist, das von den mehreren Antennenelementen gewählt wird und an einem Paar von Positionen symmetrisch zu einer Mittelachse eines durch die Phased-Array-Antenne gebildeten Arrays angeordnet ist, und Ausführen eines zweiten Kalibrierungsprozesses, um eine Phase des Phasenschiebers, der mit einem Paar von Zielantennenelementen verbunden ist, bezüglich einer Phase des Phasenschiebers zu kalibrieren, der mit einem Referenzantennenelement verbunden ist, das an einem Mittelabschnitt des Arrays angeordnet ist, wobei das Paar von Zielantennenelementen an einem Paar von Positionen angeordnet ist, das symmetrisch zur Mittelachse des Arrays liegt.

[0025] Der zweite Kalibrierungsprozess kann die folgenden Schritte umfassen: Wählen von den mehreren Antennenelementen eines Referenzantennenelements, das an einer Position der Mittelachse des Arrays angeordnet ist, und eines Paares von Zielantennenelementen, das von den mehreren Antennenelementen gewählt wird und an Positionen symmetrisch zur Mittelachse des Arrays angeordnet ist, um es den vom Oszillator erzeugten Funkwellen zu er-

möglichen, über den Verteiler für das Referenzantennenelement und das Paar von Zielantennenelementen bereitgestellt zu werden; Erhalten eines Richtcharakteristikmusters, das durch das Referenzantennenelement und das Paar von Zielantennenelementen gebildet wird, aus einer Verteilung in einer Empfangsleistung von Funkwellen, die an der Empfangseinheit empfangen werden, entlang einer horizontalen Richtung bezüglich einer Arrayrichtung der mehreren Antennenelemente, wenn eine Phase des Phasenschiebers, der mit dem Referenzantennenelement verbunden ist, fest ist und eine Phase des Phasenschiebers, der mit dem Paar von Zielantennenelementen verbunden ist, geändert wird; Extrahieren aus dem erhaltenen Richtcharakteristikmuster einer Phase des mit dem Paar von Zielantennenelementen verbundenen Phasenschiebers, bei der ein Pegel von Nebenkeulen, der in dem erhaltenen Richtcharakteristikmuster auftritt, einen vorbestimmten Wert annimmt; und Setzen der erhaltenen Phase auf einen Phasenwert für die Phase des Phasenschiebers, der mit dem Paar von Zielantennenelementen verbunden ist, bezüglich der Phase des Phasenschiebers, der mit dem Referenzantennenelement verbunden ist.

[0026] Das Phasenkalibrierungsverfahren kann ferner den folgenden Schritt umfassen: Wiederholen in dem Steuerprozessor des zweiten Kalibrierungsprozesses, während das Paar von Zielantennenelementen gewechselt wird, bis die Phasenwerte für alle der Paare von Zielantennenelementen eingestellt wurden.

[0027] Die Anzahl von Antennenelementen, welche das Array der Phased-Array-Antenne bildet, kann ungerade sein, und das Referenzantennenelement kann ein Antennenelement sein, das an einer Position in der Mitte des Arrays angeordnet ist.

[0028] Die Anzahl von Antennenelementen, welche das Array der Phased-Array-Antenne bildet, kann gerade sein, und das Referenzantennenelement kann ein Paar von Antennenelementen sein, das an einem Paar von Positionen angeordnet ist, welches der Mittelachse unter Paaren von Positionen symmetrisch zur Mittelachse des Arrays am nächsten ist.

[0029] Der Steuerprozessor kann den ersten Kalibrierungsprozess ausführen, um a) von den mehreren Antennenelementen das Paar von Antennenelementen zu wählen, das an dem Paar von Positionen angeordnet ist, das symmetrisch zu einer Mittelachse eines Arrays liegt, das durch die Phased-Array-Antenne gebildet wird, um es den vom Oszillator erzeugten Funkwellen zu ermöglichen, für das Paar von Antennenelementen bereitgestellt zu werden; b) ein Muster einer Änderung in einer Empfangsleistung der Funkwellen zu erhalten, die an der Empfangseinheit empfangen werden, während eine Phase des Phasenschiebers, der mit einem des Paares von Anten-

nenelementen verbunden ist, fest ist und eine Phase des Phasenschiebers, der mit dem anderen des Paares von Antennenelementen verbunden ist, geändert wird; c) aus dem erhaltenen Muster eine Phasendifferenz zwischen Phasen des Phasenschiebers an einem Nullpunkt, an dem in dem Muster eine null auftritt, zu erfassen; und d) die Phase des Phasenschiebers auf der Grundlage der erfassten Phasendifferenz zu kalibrieren.

[0030] Gemäß dem obigen Phasenkalibrierungsverfahren können Nebenkeulen im Richtcharakteristikmuster auf einfache Weise und genau verringert werden.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0031] In den beigefügten Zeichnungen zeigt/zeigen:

[0032] [Fig. 1](#) ein schematisches Blockdiagramm zur Veranschaulichung eines Aufbaus einer Phased-Array-Antenne gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0033] [Fig. 2](#) ein schematisches Ablaufdiagramm zur Veranschaulichung eines Ablaufs eines Kalibrierungsprozesses gemäß der beispielhaften Ausführungsform;

[0034] [Fig. 3](#) ein schematisches Ablaufdiagramm zur Veranschaulichung eines Ablaufs eines Kalibrierungsprozesses auf den in der [Fig. 2](#) gezeigten Ablauf folgend gemäß der beispielhaften Ausführungsform;

[0035] [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) Abbildungen zur Veranschaulichung eines Beispiels von Richtcharakteristikmustern, die durch drei Antennenelemente, d. h. einem Referenzantennenelement und zwei Zielantennenelementen gebildet werden, gemäß der beispielhaften Ausführungsform;

[0036] [Fig. 5](#) ein Diagramm zur Veranschaulichung eines Beispiels einer Änderung in einem Pegel einer Nebenkeule bei einer Phasendifferenz in Richtcharakteristikmustern, die durch drei Antennenelemente, d. h. ein Referenzantennenelement und zwei Zielantennenelemente gebildet werden, gemäß der beispielhaften Ausführungsform;

[0037] [Fig. 6A](#) und [Fig. 6B](#) Abbildungen zur Veranschaulichung eines Beispiels von Richtcharakteristikmustern, die durch zwei Antennenelemente mit unterschiedlichem Leistungsausgang gebildet werden, gemäß der beispielhaften Ausführungsform;

[0038] [Fig. 7A](#) bis [Fig. 7C](#) Diagramme zur Veranschaulichung eines Beispiels von Richtcharakteristikmustern, die durch drei Antennenelemente mit unter-

schiedlichem Leistungsausgang gebildet werden, gemäß der beispielhaften Ausführungsform;

[0039] **Fig. 8** ein schematisches Blockdiagramm zur Veranschaulichung eines Aufbaus einer Phased-Array-Antenne, die ein Richtcharakteristikmuster in einem Empfänger erhält, der vor einer Funkwellenabstrahlungsebene von mehreren Antennenelementen angeordnet ist, gemäß einer anderen beispielhaften Ausführungsform; und

[0040] **Fig. 9A** und **Fig. 9B** Abbildungen zur Veranschaulichung eines Referenzantennenelements für den Fall, dass die Anzahl von im Array angeordneten Antennenelementen ungerade bzw. gerade ist.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0041] Nachstehend werden eine Phased-Array-Antenne und ein Kalibrierungsverfahren für die Phased-Array-Antenne gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben.

[0042] **Fig. 1** zeigt ein schematisches Blockdiagramm zur Veranschaulichung eines Aufbaus einer Phased-Array-Antenne **1** gemäß der beispielhaften Ausführungsform. Die Phased-Array-Antenne **1** kann auf eine Radarvorrichtung, wie beispielsweise ein Fahrzeug-Radar, das an einem Fahrzeug befestigt ist, angewandt werden. Die Phased-Array-Antenne weist, wie in **Fig. 1** gezeigt, einen Oszillator **10**, mehrere Sendeantennenelemente **20** (nachstehend als „Antennenelemente“ bezeichnet), einen Verstärker **30**, einen Phasenschieber **40**, einen Verteiler **50** und einen Steuerprozessor **70** auf.

[0043] Ferner ist ein Empfangsleistungsdetektor **60** (entspricht einer „Empfangseinheit“ gemäß der beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung) angeordnet, um eine abgestrahlte Leistung von Funkwellen zu erfassen, die von der Phased-Array-Antenne **1** ausgesendet werden.

[0044] Der Oszillator **10** ist eine Vorrichtung, die Funkwellen erzeugt und ein Hochfrequenzsignal (Funkfrequenzsignal) ausgibt, das beispielsweise erzeugt wird durch ein Klystron, eine Magnetfeldröhre, ein Magnetron oder eine Gunn-Diode, als Funkwellen mit stabiler Frequenz von einigen Gigahertz (GHz), die für ein Radar geeignet sind, das eine automatische Frequenzregelungsschaltung verwendet.

[0045] Die mehreren Antennenelemente **20** sind als Aperaturantenne, wie beispielsweise eine Horn-Antenne, oder planare Antenne, wie beispielsweise eine Patch-Antenne, ausgebildet und in der vorliegenden

Ausführungsform auf einer geraden Linie abstandsgleich angeordnet.

[0046] Der Verstärker **30** ist eine Vorrichtung, die mit jedem Antennenelement **20** verbunden ist und die Leistung von Funkwellen, die von den mehreren Antennenelementen ausgegeben werden, verstärkt.

[0047] Der Phasenschieber **40** ist eine Vorrichtung, die mit jedem Antennenelement **20** verbunden ist und eine Phase von Funkwellen ändert, die von den mehreren Antennenelementen **20** ausgegeben werden, um Strahlen von Funkwellen in der gewünschten Richtung zu bilden und zu lenken.

[0048] Als der Phasenschieber **40** wird ein Wählleistungsphasenschieber, der eine PIN-Diode (positiv-intrinsisch-negativ-Diode) verwendet, oder ein Reflexionsphasenschieber mit einem GaAs-FET (Galliumarsenid-Feldeffekttransistor) usw. verwendet.

[0049] Der Verteiler **50** ist eine Vorrichtung, die Funkwellen, die vom Oszillator **10** erzeugt werden, über den Phasenschieber **40** auf die mehreren Antennenelemente **20** verteilt. In der Ausführungsform ist der Verteiler **50** ein Wählschalter, der Befehlssignale vom Steuerprozessor **70** empfängt und eines oder mehrere der mehreren Antennenelemente **20** zum Bereitstellen von Funkwellen auf der Grundlage des Befehlssignals wählt.

[0050] Der Empfangsleistungsdetektor **60** ist eine Vorrichtung, welche die Leistung von Funkwellen erfasst, die von den mehreren Antennenelementen **20** abgestrahlt werden, und eine erfasste Empfangsleistung an den Steuerprozessor **70** ausgibt, und eine Empfangsantenne **62**, einen Empfänger **64** und einen Reflektor **66** aufweist.

[0051] Die Empfangsantenne **62** ist eine Vorrichtung, die Funkwellen empfängt, die vom Reflektor **66** reflektiert werden, von Funkwellen, die von den mehreren Antennenelementen **20** ausgesendet werden.

[0052] Der Reflektor **66** ist eine reflektierende Platte, wie beispielsweise ein Winkelreflektor Oder eine metallische Platte, die Funkwellen reflektiert, die von den mehreren Antennenelementen **20** ausgesendet werden, und ist in einer 0° Richtung bezüglich einer Richtung senkrecht zu einer Funkwellenabstrahlungsebene der mehreren Antennenelemente **20** angeordnet.

[0053] Der Empfänger **64** ist eine Vorrichtung, die Funkwellen empfängt, die vom Reflektor **66** reflektiert werden, die Funkwellen erfasst und sie an den Steuerprozessor **70** ausgibt.

[0054] Der Steuerprozessor **70** ist eine Vorrichtung, welche den Phasenschieber **40** und den Verteiler **50** steuert und die vom Empfänger **64** erfasste Leistung

speichert, um Positionen von reflektierenden Objekten in einem Radarerfassungsbereich zu identifizieren, der vom Radar erfassbar ist, und weist eine CPU (Prozessor), ein ROM (Festwertspeicher), ein RAM (Direktzugriffsspeicher) und eine E/A (Eingabe/Ausgabe) auf (nicht gezeigt). Der Steuerprozessor **70** liest ein Programm, das im ROM gespeichert ist, und führt anschließend den folgenden Kalibrierungsprozess aus.

[0055] Nachstehend wird ein von der CPU des Steuerprozessors **70** ausgeführter Kalibrierungsprozess unter Bezugnahme auf die [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) beschrieben. Die [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) zeigen ein Ablaufdiagramm zur Veranschaulichung eines Ablaufs des Kalibrierungsprozesses.

[0056] In dem Kalibrierungsprozess führt die CPU zunächst in den Schritten S100 bis S115 einen ersten Kalibrierungsprozess aus, um eine Phase von Phasenschiebern **42** und **43** zu kalibrieren, die mit einem Paar von Antennenelementen **22** und **23** verbunden sind, das an einem Paar von Positionen angeordnet ist, das symmetrisch zu einer Mittelachse eines Array in der Phased-Array-Antenne **1** liegt. D. h., in Schritt S100 wählt ein Paar von zwei Antennenelementen **22** und **23** symmetrisch zur Mittelachse eines Array in der Phased-Array-Antenne **1** von bzw. aus den mehreren Antennenelementen **20**, um Funkwellen nur für die zwei gewählten Antennenelemente **22** und **23** bereitzustellen. Die von den zwei Antennenelementen **22** und **23** ausgegebenen Leistungen werden so eingestellt, dass sie zueinander gleich sind.

[0057] Anschließend steuert die CPU in Schritt S105 den Phasenschieber **40**, der mit jedem der zwei Antennenelemente **22** und **23** verbunden ist, um jede Phase der zwei Antennenelemente **22** und **23** so zu kalibrieren, dass diese phasengleich werden.

[0058] In Schritt S110 beurteilt die CPU, ob eine Phasenkalibrierung von allen der Paare von zwei Antennenelementen **22** und **23** mit der gleichen Ausgangsleistung abgeschlossen ist oder nicht. Folglich schreitet die CPU dann, wenn sie beurteilt, dass das Paar von zwei Antennenelementen **22** und **23**, dessen Phasenkalibrierung noch nicht abgeschlossen ist, vorhanden ist (NEIN in Schritt S110), zu einem Prozess in Schritt S115 voran, um einen Prozess auszuführen, um dieses Paar von zwei Antennenelementen **22** und **23** zu wählen, woraufhin die CPU zu Schritt S110 zurückkehrt, um den Prozess zum Kalibrieren jeder Phase der zwei Antennenelemente **22** und **23** auszuführen.

[0059] Demgegenüber schreitet die CPU dann, wenn sie beurteilt, dass die Kalibrierung von allen der Paare der zwei Antennenelemente **22** und **23** abgeschlossen ist (JA in Schritt S110), zu einem Prozess in Schritt S120 voran.

[0060] Wenn der Prozess in Schritt S110 abgeschlossen ist, ist das Paar von Antennenelementen **22** und **23** gleicher Ausgangsleistung phasengleich zueinander, das Paar von Antennenelementen verschiedener Ausgangsleistung, wie beispielsweise das Antennenelement **21** und die Antennenelemente **22**, **23** nicht in der Phase kalibriert.

[0061] Folglich führt die CPU in Schritt S120 oder später einen zweiten Kalibrierungsprozess aus, um eine Phase der Phasenschieber **41**, **42** und **43** zwischen dem Antennenelement **21** mit verschiedener Ausgangsleistung (nachstehend als „Referenzantennenelement **21**“ bezeichnet) und dem Paar von Antennenelementen **22**, **23** mit Ausnahme des Referenzantennenelements **21** (nachstehend als „Zielantennenelemente **22** und **23**“ bezeichnet) zu kalibrieren. Das Referenzantennenelement **21** ist eine Referenz für eine Phasenkalibrierung und an einer Position auf einer Mittelachse eines Array der mehreren Antennenelemente **20** angeordnet. Die Zielantennenelemente **22** und **23** sind ein Ziel der Phasenkalibrierung bezüglich des Referenzantennenelements **21** und an einem Paar von Positionen angeordnet, das symmetrisch zur Mittelachse auf dem Array liegt.

[0062] In Schritt S120 führt die CPU einen Prozess aus, um Funkwellen über den Verteiler **50** nur für das Referenzantennenelement **21** und die Zielantennenelemente **22** und **23** bereitzustellen.

[0063] In diesem Fall stellt die CPU den Verteiler **50** derart ein, dass vom Oszillator **10** erzeugte Funkwellen nur für das Referenzantennenelement **21** und die Zielantennenelemente **22** und **23** und nicht für die anderen Antennenelemente **20** bereitgestellt werden.

[0064] Hierbei entspricht das Referenzantennenelement **21** einem Antennenelement **20**, das in einer Mitte eines Arrays der mehreren Antennenelemente **20** angeordnet ist, die auf einer im Wesentlichen geraden Linie angeordnet sind. Die Zielantennenelemente **22** und **23** entsprechen einem Paar von Antennenelementen **20**, das an Positionen symmetrisch zu einer Mittellinie entsprechend einer Position des Referenzantennenelements **21** angeordnet ist.

[0065] Anschließend führt die CPU in Schritt S125 einen Prozess aus, um die Phasen des Referenzantennenelements **21** und der Zielantennenelemente **22** und **23** auf 0° zu setzen. Hierbei werden in den Zielantennenelementen **22** und **23** Phasenkalibrierungswerte zwischen den Antennenelementen **22** und **23**, die in Schritt S105 berechnet werden, erhalten, und anschließend stimmen deren Phasen mit 0° überein.

[0066] In Schritt S130 führt die CPU einen Prozess aus, um ein Richtcharakteristikmuster zu erhalten, das durch das Referenzantennenelement **21** und die

Zielantennenelemente **22** und **23** gebildet wird (d. h. insgesamt drei Antennenelemente **21**, **22**, **23**).

[0067] D. h., die CPU ändert die Phasen der Phasenschieber **42** und **43**, die mit den Zielantennenelementen **22** und **23** verbunden sind, während sie eine Phase eines Phasenschieber **41**, der mit dem Referenzantennenelement **21** verbunden ist, festsetzt bzw. auf einen festen Wert setzt.

[0068] Anschließend erhält die CPU das Richtcharakteristikmuster, das durch das Referenzantennenelement **21** und die Zielantennenelemente **22** und **23** gebildet wird, aus einer Verteilung einer Empfangsleistung, die an dem Empfangsleistungsdetektor **60** empfangen wird, entlang einer Richtung senkrecht zu einer Funkwellenabstrahlungsrichtung der mehreren Antennenelemente **20**.

[0069] Nachstehend wird ein Verfahren zum Erhalten des Richtcharakteristikmusters unter Bezugnahme auf die [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) beschrieben. Die [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) zeigen ein Beispiel eines Richtcharakteristikmusters, das durch das Referenzantennenelement **21** und die Zielantennenelemente **22** und **23** gebildet wird, wenn die Phasen der Zielantennenelemente **22** und **23** geändert werden.

[0070] Von den drei Antennenelementen **21**, **22** und **23** ist das Referenzantennenelement **21**, wie in [Fig. 4A](#) gezeigt, in der Mitte angeordnet und sind die Zielantennenelemente **22** und **23** auf der linken und rechten Seite des Referenzantennenelements **21** angeordnet.

[0071] [Fig. 4B](#) zeigt das Empfangsleistungsmuster, das unter der Bedingung erhalten wird, dass die Phase des Referenzantennenelements **21** auf 0° gesetzt ist und ϕ kalibriert wird, um den Wert 0 anzunehmen, wobei ϕ eine Phasendifferenz zwischen dem Zielantennenelement **22**, das auf der linken Seite des Referenzantennenelements **21** angeordnet ist, und dem Zielantennenelement **23**, das auf der rechten Seite des Referenzantennenelements **21** angeordnet ist, ist.

[0072] Um das in der [Fig. 4B](#) gezeigte Empfangsleistungsmuster zu erhalten, können, θ_1 – θ_3 die durch die folgenden Gleichungen 1 bis 5 beschrieben werden, verwendet werden, um das Referenzantennenelement **21** und die Zielantennenelemente **22** und **23**, d. h. die Phasenschieber **41**, **42** und **43** zu kalibrieren.

$$\theta_1 = \phi - \theta_d \quad (1)$$

$$\theta_2 = 0 \quad (2)$$

$$\theta_3 = \phi + \theta_d \quad (3)$$

$$\theta_d = k \cdot d \cdot \sin \theta \quad (4)$$

$$k = 2\pi/\lambda \quad (5)$$

wobei

d = Antennenabstand zwischen Antennenelementen

λ = Wellenlänge von Funkwelle

θ = maximale Abstrahlungsrichtung von Richtcharakteristik

[0073] Hierbei empfängt der Empfänger **64** unter der Bedingung, dass in der Gleichung 4 9 von -90° zu 90° geändert wird, Funkwellen, die vom Reflektor **66** reflektiert werden, der vor dem Referenzantennenelement **21** und den Zielantennenelementen **22** und **23** angeordnet ist.

[0074] In solchen Schritten wird in den Schritten S135 und S140, während eine bestimmte Phasendifferenz ϕ der Zielantennenelemente **22**, **23** bezüglich des Referenzantennenelements **21** von 0° zu 360° geändert wird, eine Phase erhalten, bei der Nebenkeulen eines Empfangsleistungsmusters, das in Schritt S130 erhalten wird, einen gewünschten Wert (vorbestimmten Wert) annehmen. Bei den Fällen A bis C in der [Fig. 4B](#) ist die Phasendifferenz ϕ der Zielantennenelemente **22**, **23** (d. h. der Phasenschieber **42**, **43**) bezüglich des Referenzantennenelements **21** (d. h. des Phasenschiebers **41**) 0° , 30° und 60° .

[0075] Anschließend führt die CPU in Schritt S145 einen Prozess aus, um aus dem Diagramm des Empfangsleistungsmusters, das in den Schritten S130 bis S140 erhalten wird, die Phasenwerte der Phasenschieber **42** und **43** zu erhalten, bei denen der Wert ihrer Nebenkeule einen gewünschten Wert annimmt.

[0076] [Fig. 5](#) zeigt ein Diagramm zur Veranschaulichung eines Verhältnisses zwischen einer Änderung der Phasendifferenz ϕ zwischen dem Referenzantennenelement **21** und den Zielantennenelementen **22**, **23** und einer Änderung in einem Pegel der Nebenkeule, die in einer Richtung von 50° existiert. In der vorliegenden Ausführungsform zeigt $\phi = 60^\circ$ durch „C“ in der [Fig. 4B](#) beschrieben den niedrigsten Pegel der Nebenkeulen.

[0077] In Schritt S150 führt die CPU einen Prozess aus, um die Phasen der Phasenschieber **42** und **43** auf den Phasenwert von $\phi = 60^\circ$ zu setzen (durch „C“ in der [Fig. 4B](#) und in der [Fig. 5](#) gezeigte Phase), der in Schritt **8145** extrahiert wird.

[0078] In Schritt S155 führt die CPU einen Prozess aus, um zu beurteilen, ob eine Phasenkalibrierung bezüglich von allen der Zielantennenelemente **22** und **23** abgeschlossen ist oder nicht. Folglich beendet die CPU dann, wenn sie beurteilt, dass die Phasenkalibrierung bezüglich von allen der Zielantennenelemente **22** und **23** abgeschlossen ist (JA in Schritt

S155), den Prozess. Demgegenüber schreitet die CPU dann, wenn sie beurteilt, dass die Phasenkalibrierung bezüglich von allen der Zielantennenelemente **22** und **23** noch nicht abgeschlossen ist (NEIN in Schritt S155), zu einem Prozess in Schritt S160 voran.

[0079] In Schritt S160 führt die CPU einen Prozess aus, um die Zielantennenelemente **22** und **23** zu wechseln. D. h., ein Kalibrierungsziel wird von den Antennenelementen **20**, deren Phasenkalibrierung abgeschlossen ist (die Zielantennenelemente **22** und **23**) zu den anderen Antennenelementen **20** gewechselt (neue Zielantennenelemente **22** und **23**).

[0080] Anschließend kehrt die CPU zum Prozess in Schritt S125 zurück und wiederholt die CPU die Prozesse der Schritte S125 bis S160 bezüglich der neuen Zielantennenelemente **22**, **23** und des Referenzantennenelements **21**.

[0081] Bei der obigen Phased-Array-Antenne **1** wird ein Richtcharakteristikmuster erhalten, das durch drei Antennenelemente **20**, d. h. das Referenzantennenelement **21** und die Zielantennenelemente **22**, **23** gebildet wird und symmetrisch zu einer Mittelachse des Arrays ist, an welchem das Referenzantennenelement **21** angeordnet ist.

[0082] In diesem Fall wird dann, wenn die Phasen der Phasenschieber **42** und **43**, die mit jedem des Paares von Antennenelementen **22** und **23** verbunden sind, in gleicher Weise geändert werden, ein Betrag der Nebenkeulen des Richtcharakteristikmusters geändert (siehe [Fig. 4B](#)).

[0083] Folglich kann dann, wenn die Phasen der Phasenschieber **42** und **43** derart eingestellt sind, dass der Pegel der Nebenkeule kleiner oder gleich einem vorbestimmten Wert wird, die Phase des Paares von Antennenelementen **22** und **23** kalibriert werden.

[0084] Wenn solche Schritte, welche die Phasen der Phasenschieber **42** und **43** einstellen, bezüglich eines Antennenelements **20** (Referenzantennenelement **21**), das in einer Mitte des Arrays angeordnet ist, und bezüglich von allen der Paare von Antennenelementen **20** (die Zielantennenelemente **22** und **23**), die an Positionen angeordnet sind, die symmetrisch zu einer Mittelachse des Arrays liegen, ausgeführt werden, kann eine Phase von allen der Antennenelemente **20** kalibriert werden, in der Gesamtheit der Phased-Array-Antenne **1**.

[0085] Nachstehend werden verglichen mit dem Fall, dass die Phasen von zwei Antennenelementen **21** und **22** geändert werden, Vorteile für den Fall, dass die Phasen von drei Antennenelementen **21**, **22** und **23** geändert werden, unter Bezugnahme auf die [Fig. 6A](#), [Fig. 6B](#) und [Fig. 7A](#) bis [Fig. 7C](#) beschrieben.

[0086] Die [Fig. 6A](#) und [Fig. 6B](#) zeigen ein Richtcharakteristikmuster, das durch zwei Antennenelemente **21** und **22** unterschiedlichen Funkwellenausgangs gebildet wird. Die [Fig. 7A](#) bis [Fig. 7C](#) zeigen ein Richtcharakteristikmuster, das durch drei Antennenelemente **21**, **22** und **23** unterschiedlichen Funkwellenausgangs gebildet wird.

[0087] In der [Fig. 6B](#) zeigt „D“ ein Richtcharakteristikmuster, bei dem sich die Ausgänge der zwei Antennenelemente **21** und **22** entsprechen (siehe [Fig. 6A](#)), zeigt „E“ ein Richtcharakteristikmuster, bei dem einer der Ausgänge der zwei Antennenelemente **21** und **22** einen Wert von 1 aufweist und der andere von beiden einen Wert von 0,7 aufweist, und zeigt „F“ ein Richtcharakteristikmuster, bei dem einer der Ausgänge der zwei Antennenelemente **21** und **22** einen Wert von 1 aufweist und der andere von beiden einen Wert von 0,55 aufweist.

[0088] Für den Fall, dass der Ausgang bzw. die Ausgangsleistung von Funkwellen, die von jedem der Antennenelemente **21** und **22** abgestrahlt werden, zueinander gleich ist, wird ein Nullpunkt, der in dem Richtcharakteristikmuster auftritt, wie in [Fig. 6B](#) gezeigt, tief. Für den Fall, dass der Ausgang von Funkwellen, die von jedem der Antennenelemente **21** und **22** abgestrahlt werden, voneinander verschieden ist, wird dann, wenn eine Ausgangsdifferenz zwischen den beiden Ausgängen der zwei Antennenelemente **21** und **22** einen hohen Wert annimmt, ein Nullpunkt, der im Richtcharakteristikmuster auftritt, flach.

[0089] Demgegenüber zeigt die [Fig. 7A](#) ein Richtcharakteristikmuster, bei welchem die Ausgänge von drei Antennenelementen **21**, **22** und **23** gleich sind (siehe [Fig. 4A](#)), zeigt die [Fig. 7B](#) ein Richtcharakteristikmuster, bei dem ein Ausgang des Antennenelements **21**, das in der Mitte des Arrays angeordnet ist, einen Wert von 1 aufweist, und die Ausgänge der anderen zwei Antennenelemente **22** und **23** einen Wert von 0,7 aufweisen, und zeigt die [Fig. 7C](#) ein Richtcharakteristikmuster, bei dem ein Ausgang des Antennenelements **21**, das in der Mitte des Arrays angeordnet ist, einen Wert von 1 aufweist und die Ausgänge der anderen zwei Antennenelemente **22** und **23** einen Wert von 0,55 aufweisen.

[0090] In einem Richtcharakteristikmuster, das durch drei Antennenelemente **21**, **22** und **23** gebildet wird, wird dann, wenn eine Phasendifferenz zwischen dem Antennenelement **21** und den anderen zwei Antennenelementen **22**, **23** geändert wird, ein Pegel der Nebenkeule, wie in den [Fig. 7A](#) bis [Fig. 7C](#) gezeigt, deutlich geändert.

[0091] Folglich kann die Verwendung von drei Antennenelementen **21**, **22** und **23** eine Änderung in der Nebenkeule erfassen und eine Kalibrierung anschließend genauer ausführen.

[0092] Ferner reflektiert der Reflektor **66** in der vorliegenden Ausführungsform Funkwellen, die von den mehreren Antennenelementen **20** ausgegeben werden, und empfängt der Empfänger **64** die Funkwellen, die am Reflektor **66** reflektiert werden. Hierdurch kann ein Richtcharakteristikmuster der Antennenelemente **20** erhalten werden.

[0093] Darüber hinaus können mehrere Komponenten mit Ausnahme des Reflektors **66** beispielsweise in einer Komponente integriert bzw. kombiniert werden, um die Phased-Array-Antenne **1** kompakt auszubilden.

(Weitere Ausführungsformen)

[0094] Die vorliegende Erfindung ist vorstehend in Verbindung mit einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben worden, jedoch nicht auf diese Ausführungsform beschränkt. Die vorliegende Erfindung kann, wie beispielsweise nachstehend aufgezeigt, auf verschiedene Weise modifiziert werden.

(1) In der obigen Ausführungsform kann der Empfänger **64** dann, wenn ein Empfangsleistungsänderungsmuster erhalten wird, Funkwellen empfangen, die vom Reflektor **66** reflektiert werden. Alternativ kann der Empfänger **64**, wie in [Fig. 8](#) gezeigt, ohne den Reflektor **66**, vor einer Funkwellenabstrahlungsebene angeordnet sein, um das Empfangsleistungsänderungsmuster am Empfänger **64** zu erhalten.

(2) In der obigen Ausführungsform sind die mehreren Antennenelemente **20**, welche die Phased-Array-Antenne **1** bilden, auf einer im Wesentlichen geraden Linie angeordnet. Alternativ können die mehreren Antennenelemente **20** auf einer zweidimensionalen Ebene in einem Matrixmuster angeordnet sein.

In diesem Fall kann unter den mehreren Antennenelementen **20** eines als das Referenzantennenelement **21** bestimmt werden und kann eine Kalibrierung jede Reihe und jede Spalte bezüglich einer Phase des Referenzantennenelements **21** ausgeführt werden.

(3) In der obigen Ausführungsform wird dann, wenn das Richtcharakteristikmuster erhalten wird, die Phase θ der Zielantennenelemente **22** und **23** von -90° zu $+90^\circ$ geändert und empfängt der Empfänger **64** Funkwellen, die am Reflektor **66** reflektiert werden, der vor dem Referenzantennenelement **21** und den Zielantennenelementen **22** und **23** angeordnet ist. Alternativ kann der Empfänger **64**, ohne die Phase θ zu ändern, vor dem Referenzantennenelement **21** und den Zielantennenelementen **22** und **23** angeordnet sein, und kann, während der Empfänger **64** entlang einer Richtung senkrecht zu einer Funkwellenabstrahlungsrichtung des Referenzantennenelements **21** und der Zielantennenelementen **22** und **23** bewegt

wird, eine Empfangsleistung durch den Empfänger **64** gemessen werden, um das Richtcharakteristikmuster zu erhalten.

(4) In der obigen Ausführungsform empfängt der Verteiler **50** ein Befehlssignal vom Steuerprozessor **70** und wählt eines oder mehrere der mehreren Antennenelemente **20**, um Funkwellen auf der Grundlage des Befehlssignals bereitzustellen. Alternativ kann der Verstärker **30** verwendet werden.

[0095] D. h., der Verteiler **50** kann eine Verteilungseinheit, die dazu ausgelegt ist, einzig Funkwellen, die vom Oszillator **10** erzeugt werden, auf alle der mehreren Antennenelemente **20** zu verteilen, und einen Verstärker **30**, der mit jedem Antennenelement **20** verbunden ist, aufweisen. In diesem Fall verteilt die Verteilungseinheit die Funkwellen auf alle der mehreren Antennenelemente **20**. Hierbei können dann, wenn die Verstärkung des Verstärkers **30**, der mit den Antennenelementen mit Ausnahme der Antennenelemente **21**, **22** und **23** verbunden ist, auf null gesetzt wird, die Funkwellen über den Verstärker **30** nur für die Antennenelemente **21**, **22** und **23** bereitgestellt werden.

[0096] In diesem Fall kann alternativ ein Hochfrequenzschalter anstelle des Verstärkers **30** verwendet werden. Auch in dieser Konfiguration kann der gleiche Effekt erzielt werden.

[0097] In der obigen Ausführungsform ist die Anzahl von im Array angeordneten Antennenelementen, welche das Array der Phased-Array-Antenne **1** bilden, wie in [Fig. 9A](#) gezeigt, ungerade. Alternativ kann die Anzahl von im Array angeordneten Antennenelementen, welche das Array der Phased-Array-Antenne **1** bilden, wie in [Fig. 9B](#) gezeigt, gerade sein. In diesem Fall kann das Referenzantennenelement, wie in [Fig. 9B](#) gezeigt, ein Paar von Antennenelementen **21a** und **21b** sein, das an einem Paar von Positionen angeordnet ist, das einer Mittelachse AX des Arrays unter Paaren von Positionen symmetrisch zur Mittelachse AX des Arrays am nächsten ist.

[0098] Die vorliegende Erfindung kann auf verschiedene Weise modifiziert werden, ohne ihren Schutzzumfang zu verlassen. Die vorstehend beschriebenen Ausführungsformen und Modifikationen sollen folglich beschreibend und nicht beschränkend betrachtet werden, da sich der Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung eher nach den beigefügten Ansprüchen als nach der diesen vorangehenden Beschreibung richtet. Alle Änderungen, die in die Grenzen der Ansprüche fallen, oder Äquivalente derartiger Grenzen, sollen folglich von den Ansprüchen mit umfasst sein.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 2010-274512 [[0001](#)]
- WO 2004/013644 A1 [[0004](#)]

Patentansprüche

1. Phased-Array-Antenne mit:

- einem Oszillator, der Funkwellen erzeugt;
- mehreren Antennenelementen, die Funkwellen abstrahlen;
- einem Phasenschieber, der mit jedem der mehreren Antennenelemente verbunden ist und eine Phase von Funkwellen ändert, die von den mehreren Antennenelementen abgestrahlt werden;
- einem Verteiler, der vom Oszillator erzeugte Funkwellen über den Phasenschieber auf die mehreren Antennenelemente verteilt;
- einer Empfangseinheit, die Funkwellen empfängt, die von den mehreren Antennenelementen abgestrahlt werden; und
- einem Steuerprozessor, der
 - einen ersten Kalibrierungsprozess ausführt, um eine Phase des Phasenschiebers zu kalibrieren, der mit einem Paar von Antennenelementen verbunden ist, das von den mehreren Antennenelementen gewählt wird und an einem Paar von Positionen symmetrisch zu einer Mittelachse eines durch die Phased-Array-Antenne gebildeten Arrays angeordnet ist, und
 - einen zweiten Kalibrierungsprozess ausführt, um eine Phase des Phasenschiebers, der mit einem Paar von Zielantennenelementen verbunden ist, bezüglich einer Phase des Phasenschiebers zu kalibrieren, der mit einem Referenzantennenelement verbunden ist, das an einem Mittelabschnitt des Arrays angeordnet ist, wobei das Paar von Zielantennenelementen an einem Paar von Positionen angeordnet ist, das symmetrisch zur Mittelachse des Arrays liegt.

2. Phased-Array-Antenne nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

- der Steuerprozessor den zweiten Kalibrierungsprozess ausführt, um
 - von den mehreren Antennenelementen ein Referenzantennenelement, das an einer Position auf der Mittelachse des Arrays angeordnet ist, und ein Paar von Zielantennenelementen, das von den mehreren Antennenelementen gewählt wird und an Positionen symmetrisch zur Mittelachse des Arrays angeordnet ist, zu wählen, um es den vom Oszillator erzeugten Funkwellen zu ermöglichen, über den Verteiler für das Referenzantennenelement und das Paar von Zielantennenelementen bereitgestellt zu werden;
 - ein Richtcharakteristikmuster zu erhalten, das durch das Referenzantennenelement und das Paar von Zielantennenelementen gebildet wird, aus einer Verteilung in einer Empfangsleistung von Funkwellen, die an der Empfangseinheit empfangen werden, entlang einer horizontalen Richtung bezüglich einer Arrayrichtung der mehreren Antennenelemente, wenn eine Phase des Phasenschiebers, der mit dem Referenzantennenelement verbunden ist, fest ist und eine Phase des Phasenschiebers, der mit dem Paar von Zielantennenelementen verbunden ist, geändert wird;

- aus dem erhaltenen Richtcharakteristikmuster eine Phase des mit dem Paar von Zielantennenelementen verbundenen Phasenschiebers zu extrahieren, bei der ein Pegel von Nebenkeulen, der in dem erhaltenen Richtcharakteristikmuster auftritt, einen vorbestimmten Wert annimmt; und
- die erhaltene Phase auf einen Phasenwert für die Phase des Phasenschiebers zu setzen, der mit dem Paar von Zielantennenelementen verbunden ist, bezüglich der Phase des Phasenschiebers, der mit dem Referenzantennenelement verbunden ist.

3. Phased-Array-Antenne nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Steuerprozessor den zweiten Kalibrierungsprozess wiederholt, während er das Paar von Zielantennenelementen wechselt, bis die Phasenwerte für alle der Paare von Zielantennenelementen eingestellt wurden.

4. Phased-Array-Antenne nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Anzahl von Antennenelementen, welche das Array der Phased-Array-Antenne bildet, ungerade ist; und
- das Referenzantennenelement ein Antennenelement ist, das an einer Position in der Mitte des Arrays angeordnet ist.

5. Phased-Array-Antenne nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Anzahl von Antennenelementen, welche das Array der Phased-Array-Antenne bildet, gerade ist; und
- das Referenzantennenelement ein Paar von Antennenelementen ist, das an einem Paar von Positionen angeordnet ist, welches der Mittelachse unter Paaren von Positionen symmetrisch zur Mittelachse des Arrays am nächsten ist.

6. Phased-Array-Antenne nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- der Steuerprozessor den ersten Kalibrierungsprozess ausführt, um
 - von den mehreren Antennenelementen das Paar von Antennenelementen zu wählen, das an dem Paar von Positionen angeordnet ist, das symmetrisch zu einer Mittelachse eines Arrays liegt, das durch die Phased-Array-Antenne gebildet wird, um es den vom Oszillator erzeugten Funkwellen zu ermöglichen, für das Paar von Antennenelementen bereitgestellt zu werden;
 - ein Muster einer Änderung in einer Empfangsleistung von Funkwellen zu erhalten, die an der Empfangseinheit empfangen werden, während eine Phase des Phasenschiebers, der mit einem des Paares von Antennenelementen verbunden ist, fest ist und eine Phase des Phasenschiebers, der mit dem anderen des Paares von Antennenelementen verbunden ist, geändert wird;
 - aus dem erhaltenen Muster eine Phasendifferenz zwischen Phasen des Phasenschiebers an einem Null-

punkt, an dem in dem Muster eine null auftritt, zu erfassen; und

– die Phase des Phasenschiebers auf der Grundlage der erfassten Phasendifferenz zu kalibrieren.

7. Phasenkalibrierungsverfahren für eine Phased-Array-Antenne, die einen Oszillator, der Funkwellen erzeugt, mehrere Antennenelemente, die Funkwellen abstrahlen, einen Phasenschieber, der mit jedem der mehreren Antennenelemente verbunden ist und eine Phase von Funkwellen ändert, die von den mehreren Antennenelementen abgestrahlt werden, einen Verteiler, der vom Oszillator erzeugte Funkwellen über den Phasenschieber auf die mehreren Antennenelemente verteilt, eine Empfangseinheit, die Funkwellen empfängt, die von den mehreren Antennenelementen abgestrahlt werden, und einen Steuerprozessor, der einen Kalibrierungsprozess für die Phased-Array-Antenne ausführt, aufweist, wobei das Phasenkalibrierungsverfahren die folgenden Schritte in dem Steuerprozessor umfasst:

– Ausführen eines ersten Kalibrierungsprozesses, um eine Phase des Phasenschiebers zu kalibrieren, der mit einem Paar von Antennenelementen verbunden ist, das von den mehreren Antennenelementen gewählt wird und an einem Paar von Positionen symmetrisch zu einer Mittelachse eines durch die Phased-Array-Antenne gebildeten Arrays angeordnet ist, und

– Ausführen eines zweiten Kalibrierungsprozesses, um eine Phase des Phasenschiebers, der mit einem Paar von Zielantennenelementen verbunden ist, bezüglich einer Phase des Phasenschiebers zu kalibrieren, der mit einem Referenzantennenelement verbunden ist, das an einem Mittelabschnitt des Arrays angeordnet ist, wobei das Paar von Zielantennenelementen an einem Paar von Positionen angeordnet ist, das symmetrisch zur Mittelachse des Arrays liegt.

8. Phasenkalibrierungsverfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass

– der zweite Kalibrierungsprozess die folgenden Schritte umfasst:

– Wählen von den mehreren Antennenelementen eines Referenzantennenelements, das an einer Position der Mittelachse des Arrays angeordnet ist, und eines Paares von Zielantennenelementen, das von den mehreren Antennenelementen gewählt wird und an Positionen symmetrisch zur Mittelachse des Arrays angeordnet ist, um es den vom Oszillator erzeugten Funkwellen zu ermöglichen, über den Verteiler für das Referenzantennenelement und das Paar von Zielantennenelementen bereitgestellt zu werden;

– Erhalten eines Richtcharakteristikmusters, das durch das Referenzantennenelement und das Paar von Zielantennenelementen gebildet wird, aus einer Verteilung in einer Empfangsleistung von Funkwellen, die an der Empfangseinheit empfangen werden, entlang einer horizontalen Richtung bezüglich einer Arrayrichtung der mehreren Antennenelemen-

te, wenn eine Phase des Phasenschiebers, der mit dem Referenzantennenelement verbunden ist, fest ist und eine Phase des Phasenschiebers, der mit dem Paar von Zielantennenelementen verbunden ist, geändert wird;

– Extrahieren aus dem erhaltenen Richtcharakteristikmuster einer Phase des mit dem Paar von Zielantennenelementen verbundenen Phasenschiebers, bei der ein Pegel von Nebenkeulen, der in dem erhaltenen Richtcharakteristikmuster auftritt, einen vorbestimmten Wert annimmt; und

– Setzen der erhaltenen Phase auf einen Phasenwert für die Phase des Phasenschiebers, der mit dem Paar von Zielantennenelementen verbunden ist, bezüglich der Phase des Phasenschiebers, der mit dem Referenzantennenelement verbunden ist.

9. Phasenkalibrierungsverfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass es ferner den folgenden Schritt umfasst: Wiederholen in dem Steuerprozessor des zweiten Kalibrierungsprozesses, während das Paar von Zielantennenelementen gewechselt wird, bis die Phasenwerte für alle der Paare von Zielantennenelementen eingestellt wurden.

10. Phasenkalibrierungsverfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass

– die Anzahl von Antennenelementen, welche das Array der Phased-Array-Antenne bildet, ungerade ist; und

– das Referenzantennenelement ein Antennenelement ist, das an einer Position in der Mitte des Arrays angeordnet ist.

11. Phasenkalibrierungsverfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass

– die Anzahl von Antennenelementen, welche das Array der Phased-Array-Antenne bildet, gerade ist; und

– das Referenzantennenelement ein Paar von Antennenelementen ist, das an einem Paar von Positionen angeordnet ist, welches der Mittelachse unter Paaren von Positionen symmetrisch zur Mittelachse des Arrays am nächsten ist.

12. Phasenkalibrierungsverfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass

– der Steuerprozessor den ersten Kalibrierungsprozess ausführt, um

– von den mehreren Antennenelementen das Paar von Antennenelementen zu wählen, das an dem Paar von Positionen angeordnet ist, das symmetrisch zu einer Mittelachse eines Arrays liegt, das durch die Phased-Array-Antenne gebildet wird, um es den vom Oszillator erzeugten Funkwellen zu ermöglichen, für das Paar von Antennenelementen bereitgestellt zu werden;

– ein Muster einer Änderung in einer Empfangsleistung der Funkwellen zu erhalten, die an der Empfangseinheit empfangen werden, wenn eine Phase des Phasenschiebers, der mit einem des Paares von

Antennenelementen verbunden ist, fest ist und eine Phase des Phasenschiebers, der mit dem anderen des Paares von Antennenelementen verbunden ist, geändert wird;

– aus dem erhaltenen Muster eine Phasendifferenz zwischen Phasen des Phasenschiebers an einem Nullpunkt, an dem in dem Muster eine Null auftritt, zu erfassen; und

– die Phase des Phasenschiebers auf der Grundlage der erfassten Phasendifferenz zu kalibrieren.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

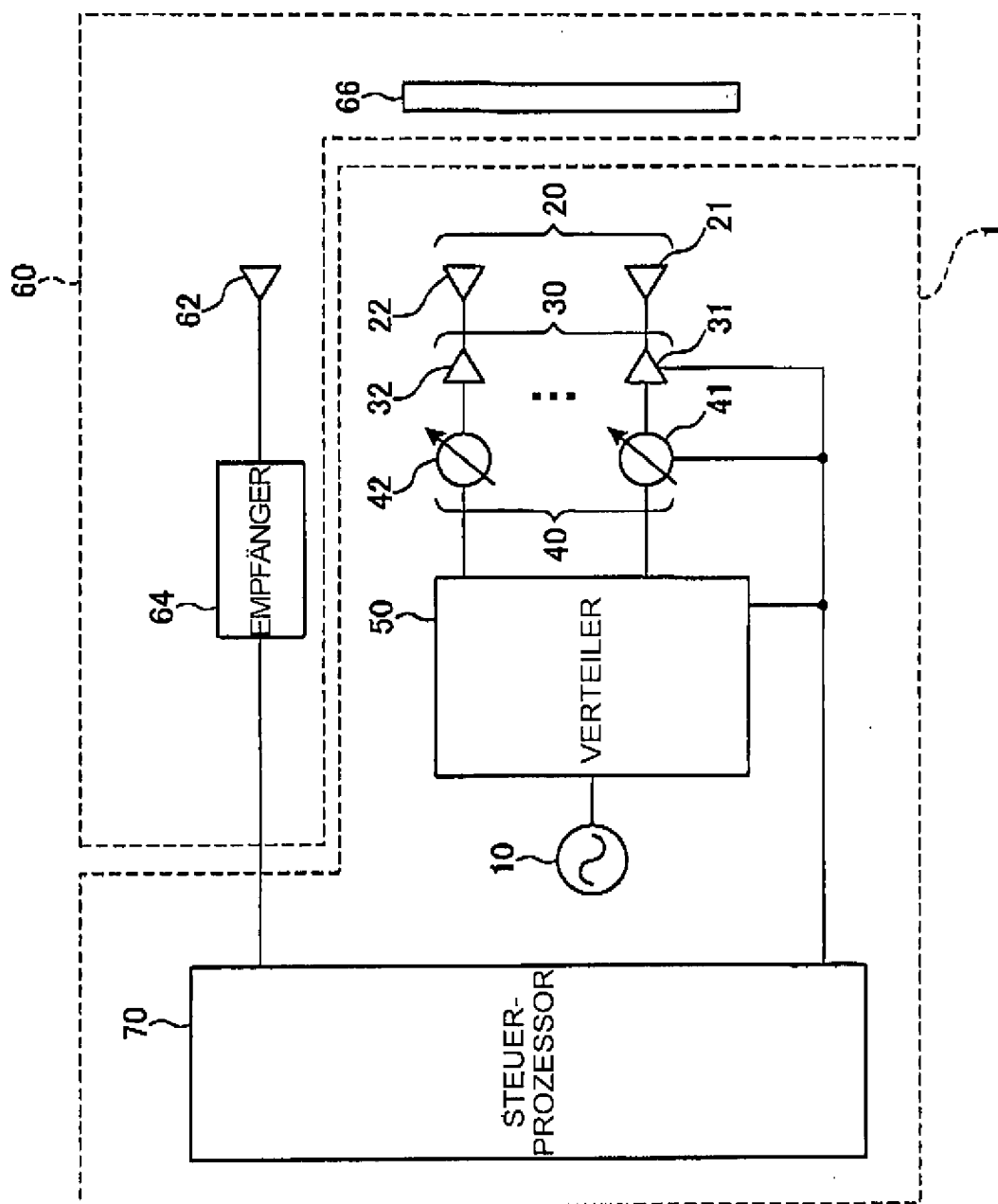


FIG.2

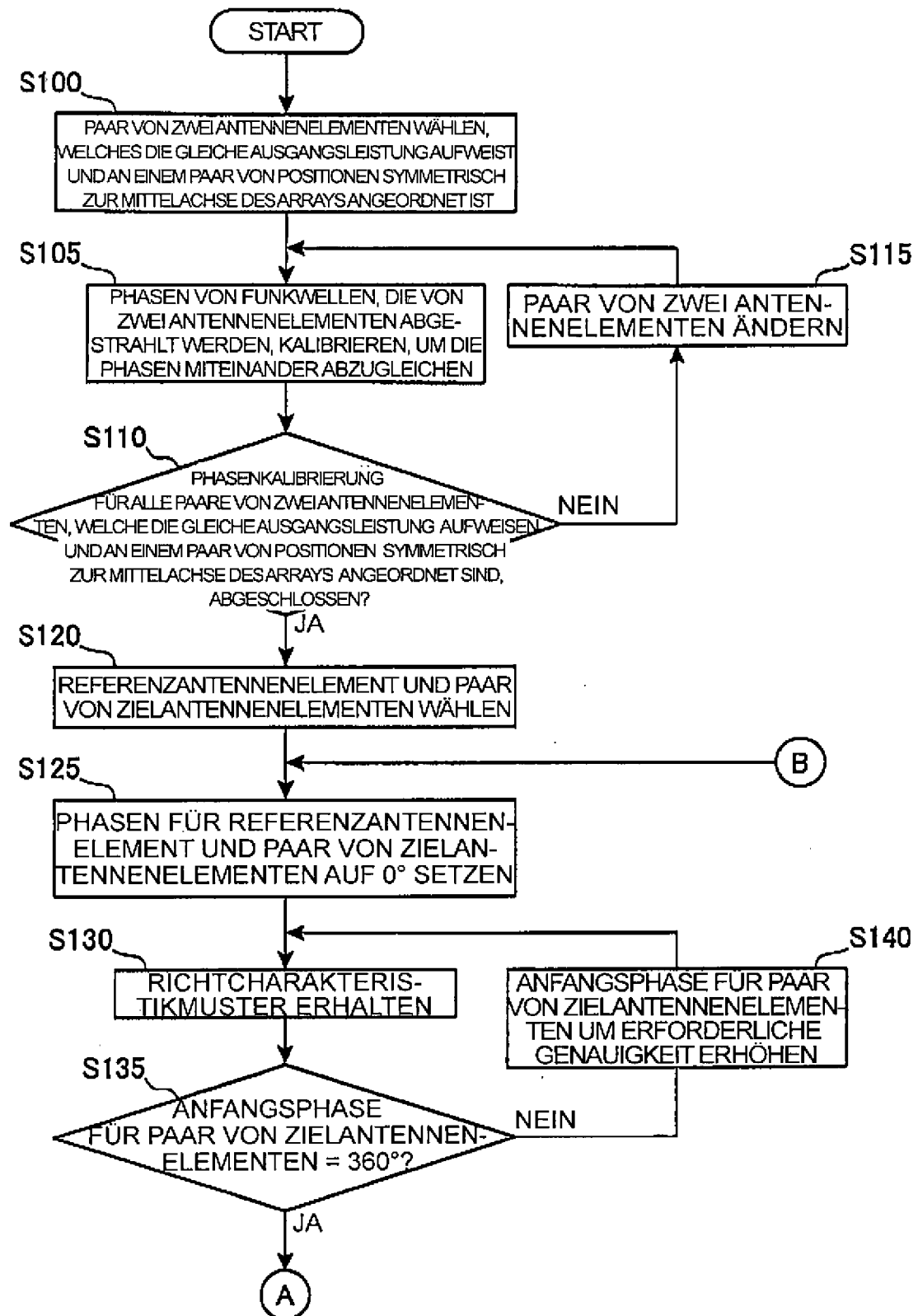


FIG.3

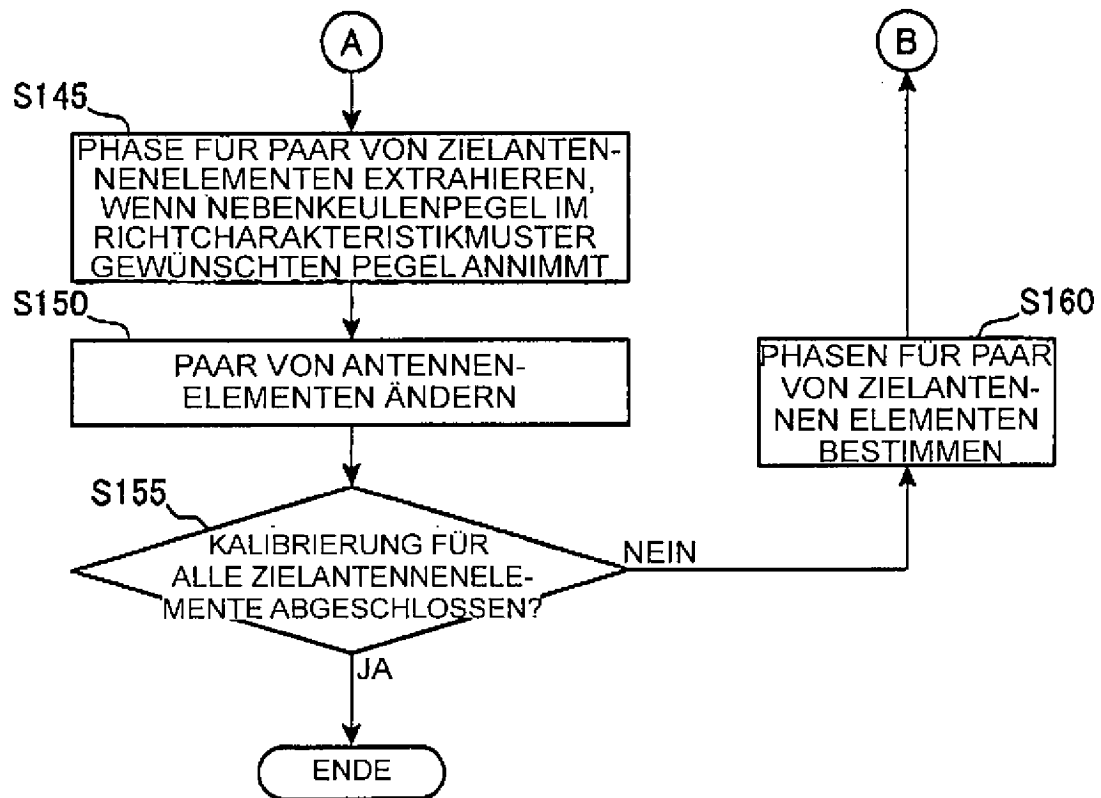


FIG.4A

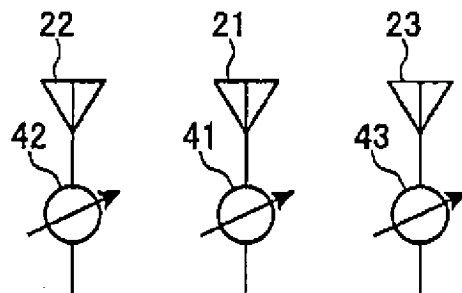
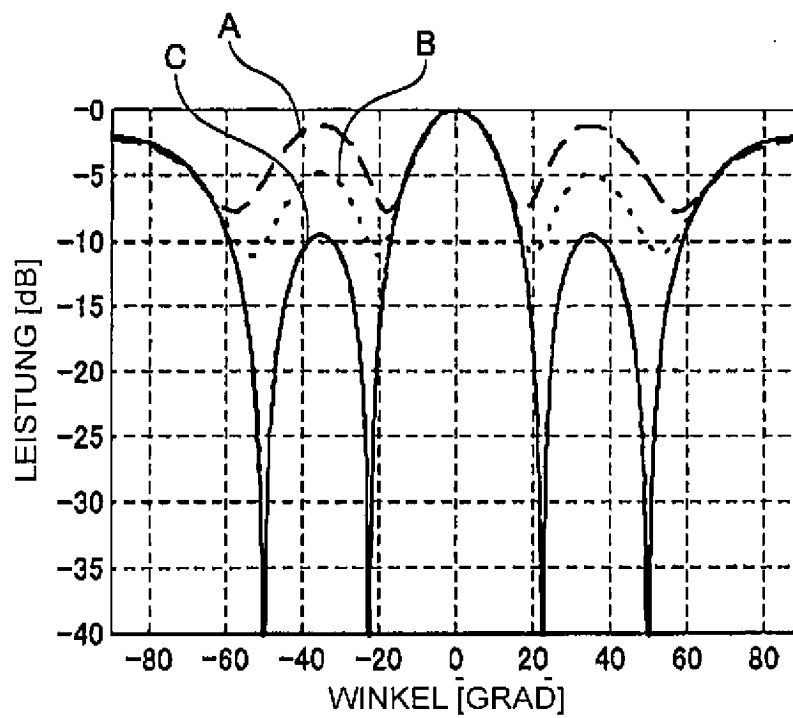


FIG.4B



RICHTCHARAKTERISTIKMUSTER INFOLGE VON DREI ANTENNENELEMENTEN

FIG.5

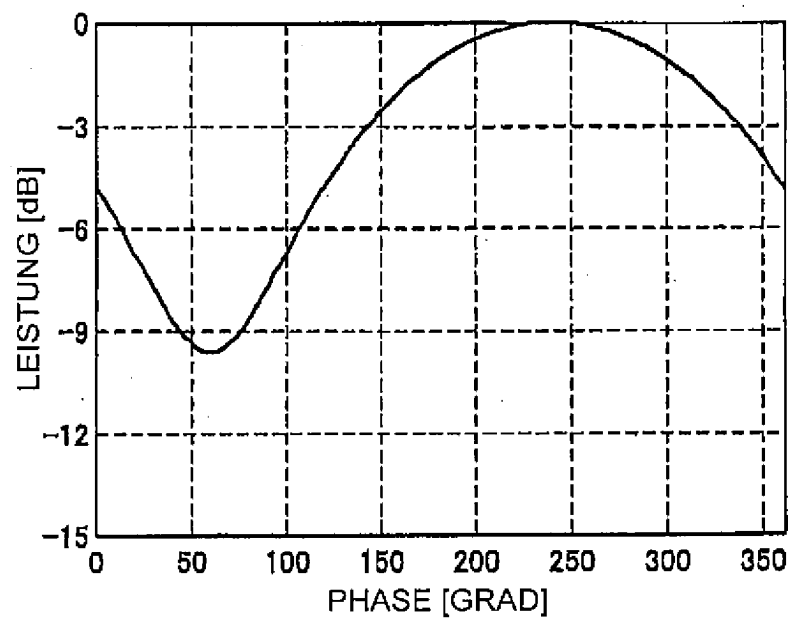


FIG.6A

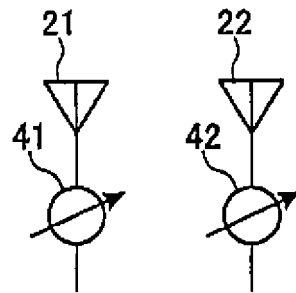
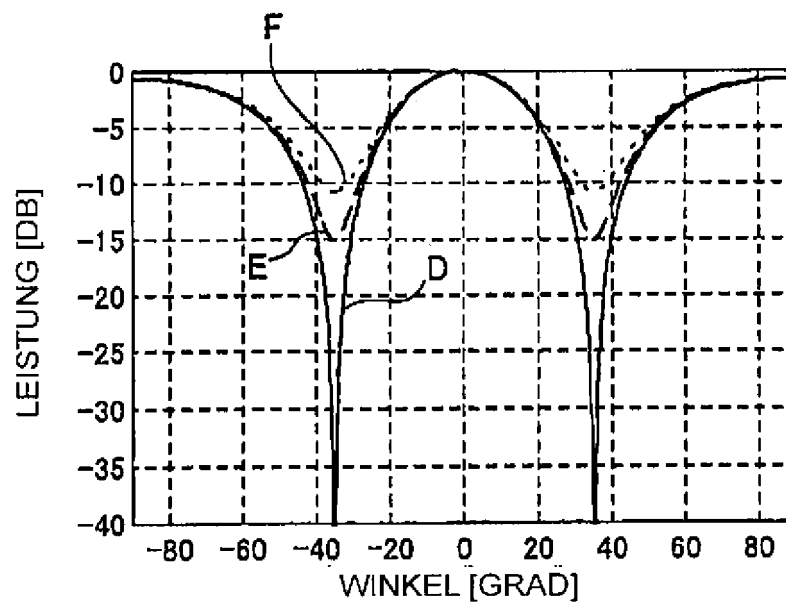


FIG.6B



RICHTCHARAKTERISTIKMUSTER INFOLGE VON ZWEI ANTENNENELEMENTEN

FIG.7A

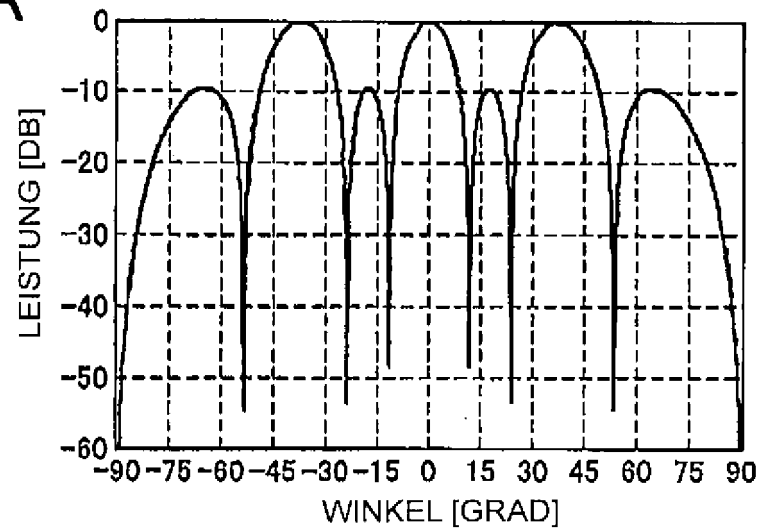


FIG.7B

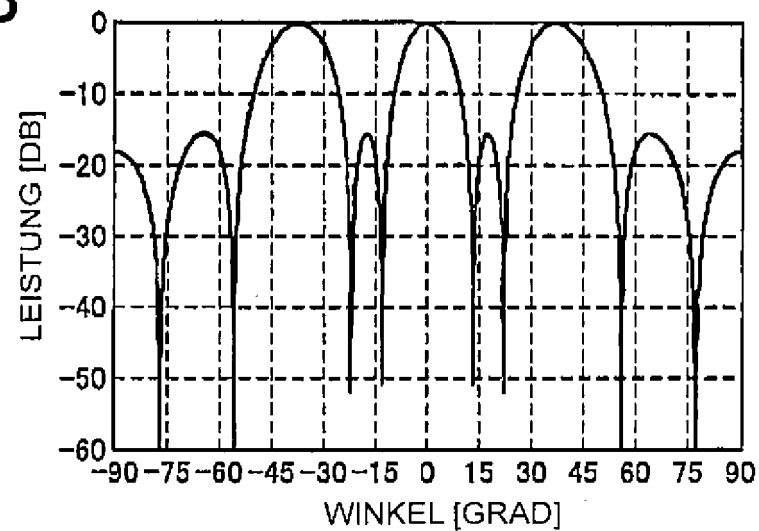


FIG.7C

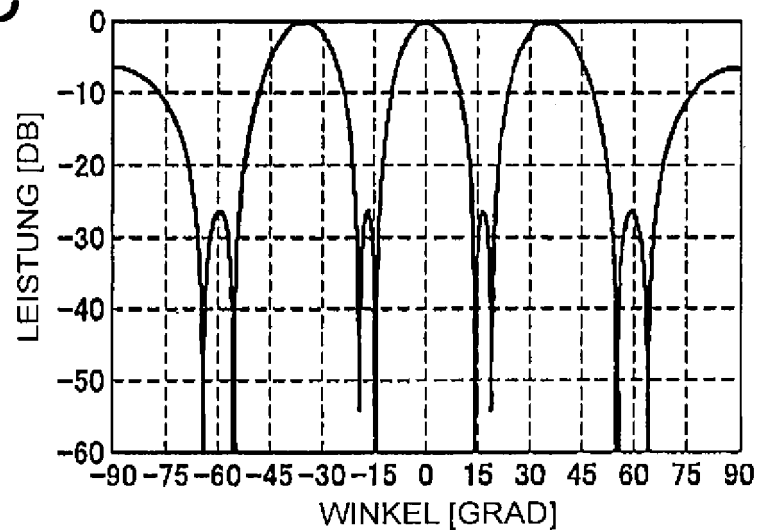


FIG.8

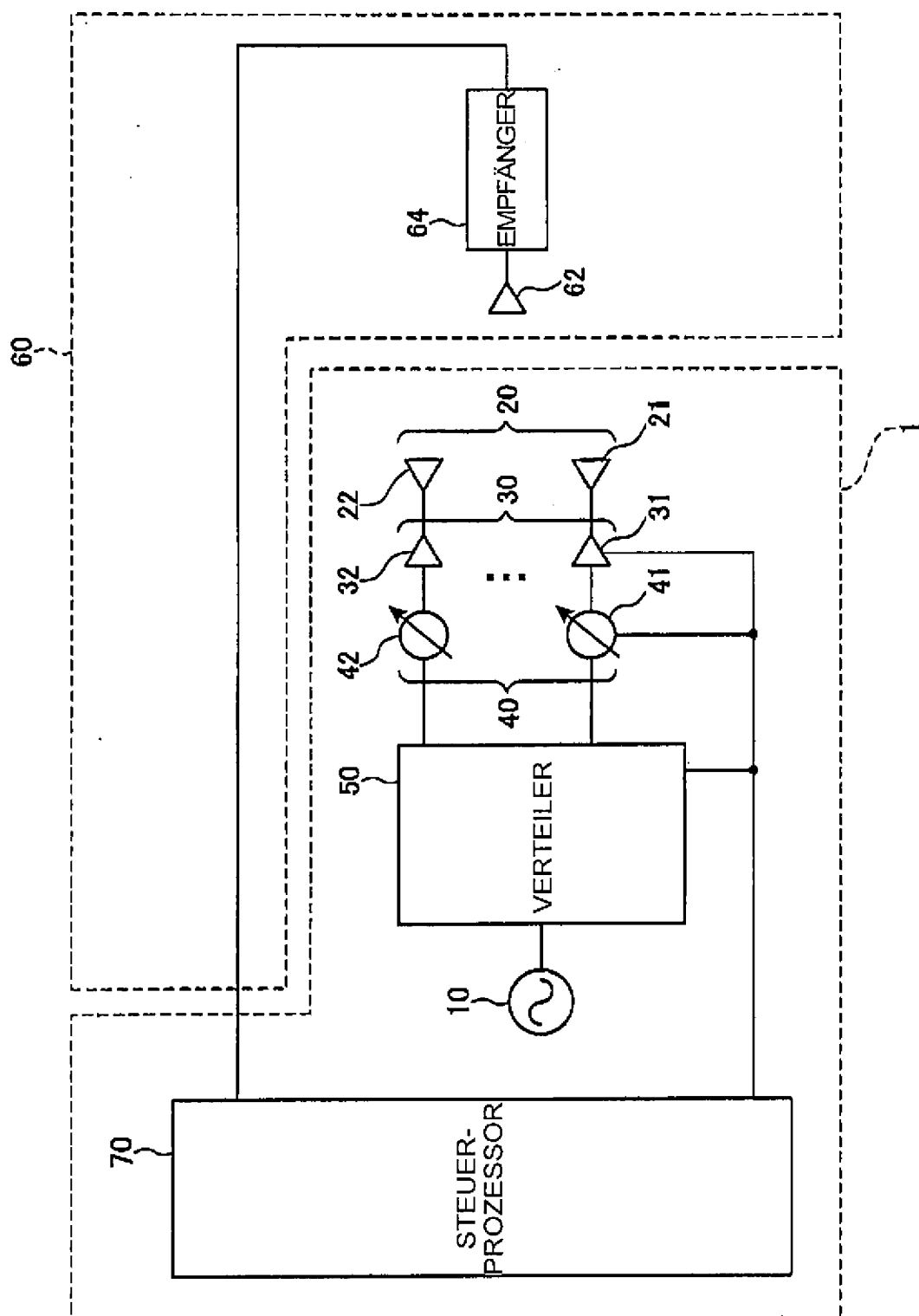
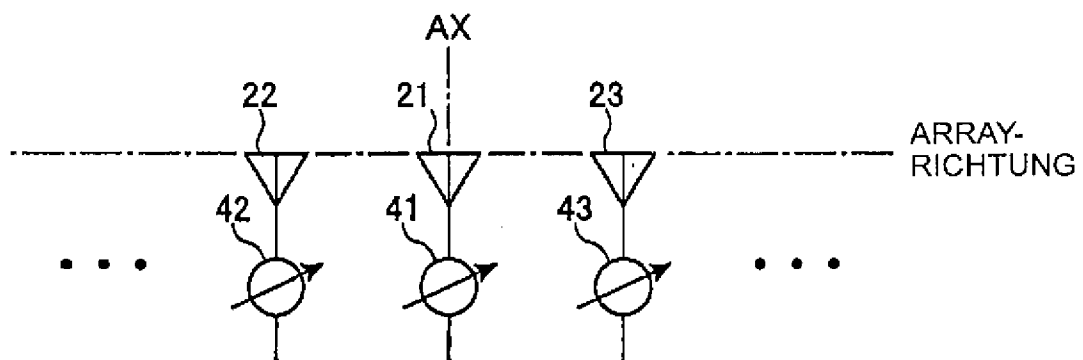
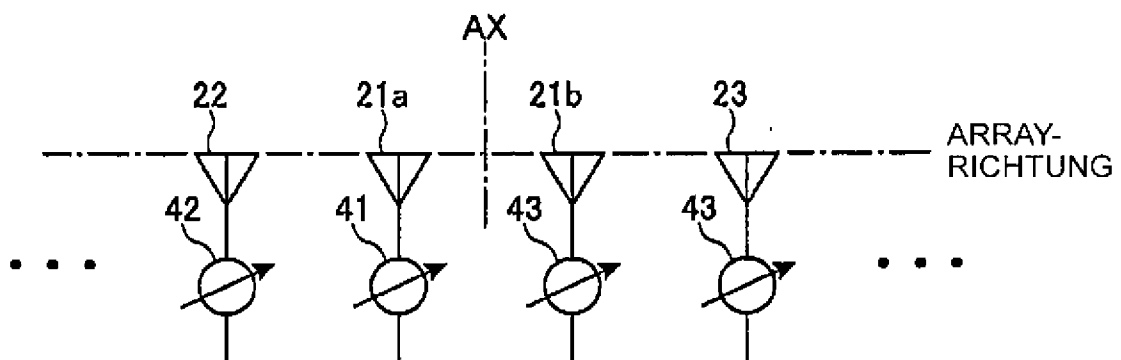


FIG.9A



(ANZAHL VON IM ARRAY ANGEORDNETEN ANTENNENELEMENTEN IST UNGERADE)

FIG.9B



(ANZAHL VON IM ARRAY ANGEORDNETEN ANTENNENELEMENTEN IST UNGERADE)