



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 38 384 T2** 2008.05.29

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 988 663 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 38 384.2**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US98/09387**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 922 139.5**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1998/050983**

(86) PCT-Anmeldetag: **08.05.1998**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **12.11.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **29.03.2000**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **05.09.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.05.2008**

(51) Int Cl.⁸: **H04B 7/10** (2006.01)

H04B 14/00 (2006.01)

H04B 10/135 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

853833	09.05.1997	US
64525	23.04.1998	US

(74) Vertreter:

**Dr. Weber, Dipl.-Phys. Seiffert, Dr. Lieke, 65183
Wiesbaden**

(73) Patentinhaber:

**Smith Technology Development LLC, San Diego,
Calif., US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:

SMITH, Stephen H., Imperial Beach, CA91932, US

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Senden und Empfangen von Information mit einer Rotationsfrequenz für jeden Kanal grösser als Null und kleiner als die entsprechende Trägerfrequenz**

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 im allgemeinen Übertragungssysteme. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung ein Übertragungssystem in dem eine informationsmodulierte elektromagnetische Welle eine Trägerfrequenz aufweist und ein elektrisches Feld entsprechend einem Drehvektor, der einem nicht-linearen vorhersagbaren Pfad bei einer zweiten Frequenz folgt, die geringer ist als die Trägerfrequenz der Welle.

2. Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Eine elektromagnetische Welle kann durch ein elektrisches Feld und ein magnetisches Feld definiert werden, die längs einer Ausbreitungsachse senkrecht zueinander sind. Das Verhalten der Welle kann in Bezug auf die Orientierung des Feldvektors des elektrischen (E-)Feldes beschrieben werden.

[0003] Polarisation ist ein Ausdruck, der verwendet werden kann, um die Orientierung des Feldvektors eines E-Feldes irgendwelcher elektromagnetischer Wellen zu charakterisieren. Verschiedene Typen von Polarisation umfassen: lineare (auch als eben bezeichnet), zirkulare und elliptische Polarisation.

[0004] Wenn sich der Feldvektor eines E-Feldes in einer Ebene ausbreitet, während sich die Welle längs einer Achse ausbreitet, dann wird die Polarisation der Welle als lineare oder ebene Polarisation bezeichnet. Wenn der Endpunkt des E-Feldes, d.h. das äußere Ende des Feldvektors, in einer gegebenen Ebene senkrecht zu der Ausbreitungsachse einem zirkularen Pfad folgt, der sich um die Ausbreitungsachse mit einer Frequenz gleich der Frequenz der Welle dreht, wird die Polarisation als zirkulare Polarisation bezeichnet. Ähnlich wird, wenn der Endpunkt des E-Feldes in einer gegebenen Ebene senkrecht zu der Ausbreitungsrichtung einem elliptischen Pfad folgt, der sich um die Ausbreitungsachse mit einer Frequenz gleich der Frequenz der Welle dreht, die Polarisation als elliptische Polarisation bezeichnet, einem allgemeinen Fall von zirkularer Polarisation.

[0005] Polarisierte Wellen werden auf eine Anzahl verschiedener Weisen übertragen oder empfangen. Zum Beispiel kann eine Antenne selbst einer übertragenen Welle eine bestimmte Polarisation aufprägen oder für empfangene Wellen bestimmter Polarisation empfindlich sein. Eine Dipolantenne, die horizontal in Bezug auf die Erde orientiert ist, ist geeignet linear polarisierte Wellen zu empfangen und/oder zu senden, wobei die Polarisationsebene parallel zur Erde ist. Ähnlich ist eine Dipolantenne, die vertikal in Be-

zug auf die Erde orientiert ist, geeignet linear-polarisierte Wellen zu empfangen und/oder zu senden, wobei die Polarisationsebene senkrecht zu der Oberfläche der Erde ist. Eine wendelförmige Antenne ist geeignet, zirkular polarisierte Wellen zu empfangen oder zu übertragen.

[0006] Übertragungssysteme, die polarisierte Wellen senden und empfangen, können nachteilig beeinflusst werden durch offensichtliches anhaltendes Dämpfen der gesendeten/empfangenen Wellen, die nur einen Polarisationstyp aufweisen. Um eine Dämpfung der Amplitude der empfangenen Welle, die nur den einen Polarisationstyp aufweist, zu minimieren, können Übertragungssysteme so konstruiert sein, daß sie mehrere Wellen, die eine unterschiedliche Polarisation aufweisen, senden und empfangen. Dieses Verfahren kann als Polarisationsdiversifizierung charakterisiert werden.

[0007] Die Polarisation wurde auch verwendet, um eine Zwischenkanalinterferenz, z. B. in Satellitenübertragungssystemen, zu vermeiden. Ein Satellit kann mit einer Bodenstation kommunizieren, wobei rechts (d.h. im Uhrzeigersinn (clockwise; CW)) zirkular polarisierte Wellen bei einer gegebenen Trägerfrequenz verwendet werden, während ein benachbarter Satellit mit einer anderen Bodenstation bei der gleichen Trägerfrequenz kommunizieren kann, wobei links (d.h. entgegen dem Uhrzeigersinn (counter clockwise; CCW)) zirkular polarisierte Wellen verwendet werden. Wendelförmige Antennen, die entgegengesetzte Verdrehungen aufweisen, können verwendet werden, um links- und rechtszirkular polarisierte Wellen zu senden und/oder zu empfangen.

[0008] Die Polarisation kann verwendet werden, um Information in einem Übertragungssystem zu kodieren. US-Patent Nr. 4,084,137 von Welti beschreibt ein Übertragungssystem, das eine horizontal polarisierte Welle und eine vertikal polarisierte Welle in Übereinstimmung mit Information kodiert. Die US-Erfindungsregistrierung H484 beschreibt ein ähnliches System, das ein Nebenkeulenproblem in einem Radarsystem aufgreift.

[0009] Das in den oben beschriebenen Referenzen aufgegriffene Polarisationskodierungskonzept kann auch verwendet werden, um die Wahrscheinlichkeit des unerlaubten Abfangens einer Nachricht zu minimieren. US-Patent 5,592,177 von Barrett beschreibt ein Übertragungssystem, das sequentiell die Polarisation einer signaltragenden Welle auf eine pseudozufällige Weise ändert. Das Barrett-System stellt eine breite Polarisationsbandbreite zum Übertragen und/oder Empfangen von Signalen bereit, während die erforderliche Frequenzbandbreite der Sender- und Empfängersysteme minimiert wird. Die gewählten Polarisationen umfassen lineare Polarisation mit einer variablen Polarisationsebenenorientierung,

links- und rechtszirkulare Polarisationen und rechts- und linkselliptische Polarisationen mit einer veränderlichen Hauptachsenorientierung der Ellipse.

[0010] Durch Ändern der bestimmten Polarisation wird das Signal in der Polarisation auf eine Weise analog zu der Ausbreitung eines Signals über einen kontinuierlichen Bereich von Frequenzen in Übertragungssystemen mit ausgebreitetem Spektrum ausgebreitet. Es ist offensichtlich, daß wenn die signaltragende Welle zirkular oder elliptisch polarisiert ist, der Feldvektor des erzeugten E-Feldes sich mit einer Frequenz gleich der Trägerfrequenz dreht.

[0011] Das Konzept des Übertragens getrennt kodierter horizontal polarisierter Wellen und kodierter vertikal polarisierter Wellen kann auch zur Kanalunterdrückung in einem Zweikanal-Übertragungssystem verwendet werden, in dem die Kanäle die gleiche Trägerfrequenz aufweisen. US-Patent Nr. 4,521,878 erteilt für Toyonaga beschreibt ein Übertragungssystem, das eine horizontal polarisierte Welle und eine vertikal polarisierte Welle gemäß einem ersten Kode kodiert, um ein Signal entsprechend einem ersten Kanal zu bilden und das eine horizontal polarisierte Welle und eine vertikal polarisierte Welle gemäß einem zweiten Kode kodiert, um ein Signal entsprechend einem zweiten Kanal zu bilden. Das System verbessert daher die Kreuzpolarisationsunterdrückung gegenüber bekannten Systemen, die versuchen einen ersten Kanal einfach zu übertragen, wobei eine horizontale Polarisation verwendet wird und einen zweiten Kanal, wobei eine vertikale Polarisation verwendet wird.

[0012] Diese bekannten Übertragungssysteme weisen jedoch Unzulänglichkeiten auf. Unabhängig von dem Polarisationsstyp, der von den bekannten Übertragungssystemen verwendet wird, ist der E-Feldvektor einer elektromagnetischen Welle entweder linear polarisiert oder elliptisch polarisiert und dreht sich folglich um die Ausbreitungsachse mit einer Frequenz die gleich der Trägerfrequenz der Welle ist.

[0013] Die Veröffentlichung "10 Gbit/s 4-channel wavelength- and polarization-division multiplexing transmission over 340 km with 0,5 nm channel spacing" von K. Sekine et. al. veröffentlicht in Electronics Letters, Band 31, Nr. 1, 5. Januar 1995 beschreibt eine WDM-Übertragungstechnik kombiniert mit einem Polarisationsmultiplexing (polarisation-division multiplexing; PDM) welches die Frequenzverwendungseffizienz verdoppelt. Diese Technik wird verwendet um ein 10 Gbit/s 4-Kanal WDM-Signal mit 0,5 nm Kanalabstand über 340 km zu übertragen und das Signal wird demoduliert, wobei ein optisches Filter mit einer Halbwertsbreite (FWHM) von 0,5 nm und ein Polarisationsstrahlteiler verwendet wird.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0014] Bestimmte und bevorzugte Aspekte der vorliegenden Erfindung werden in den beigefügten unabhängigen und abhängigen Ansprüchen dargelegt. Der nachfolgend in der Beschreibung offenbarte Gegenstand (selbst wenn die Worte Ausführungsform oder Erfindung verwendet werden) und die über den Schutzbereich der Ansprüche hinausgehen, müssen als Beispiele und nicht als Ausführungsformen betrachtet werden.

[0015] Die vorliegende Erfindung kann die Menge an Information, die von einem Übertragungssystem bei einer gegebenen Trägerfrequenz übertragen wird, erhöhen. Die vorliegende Erfindung erhöht die Menge an Information, die von einem Übertragungssystem auf einem diskreten Träger in einem entsprechenden Medium übertragen wird, durch Erzeugen mehr als eines Informationskanals für jede Trägerfrequenz innerhalb der Frequenzzuordnung.

[0016] Die Selektivität der vorliegenden Erfindung führt zu geringerem Rauschen und erzeugt daher für einen Informationskanal ein höheres Signal-zu-Rauschverhältnis. Die vorliegende Erfindung stellt einen Informationskanal zur Verfügung, bei dem das Rauschen auf Eigenschaften des Kanals begrenzt ist.

[0017] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Übertragungssystem in dem ein Übertragungskanal zumindest teilweise durch eine elektromagnetische Welle definiert wird, die eine Trägerfrequenz und einen elektrischen (E-)Feldvektor aufweist, dessen äußeres Ende einen nicht-linearen periodischen Pfad (oder einen vorhersehbaren Pfad, dessen Änderungsrate um die Ausbreitungsachse bei einer Frequenz liegt, die geringer ist als die Trägerfrequenz) mit einer zweiten Frequenz folgt, die geringer ist als die Trägerfrequenz aus der Perspektive eines Beobachters, der in einer Ebene senkrecht zu der Ausbreitungsachse der Welle angeordnet ist. Der Sender des Übertragungssystems erzeugt eine elektromagnetische Welle, die solche Eigenschaften aufweist und die mit Information auf eine geeignete Weise moduliert ist. Der Empfänger des Übertragungssystems ist für den periodischen Pfad und die Trägerfrequenz des E-Feldvektors empfindlich. Die Kombination aus E-Feldvektorpfad und der Trägerfrequenz liefert eine Selektivität, die verwendet werden kann, um einen Übertragungskanal zu definieren.

[0018] In bestimmten beispielhaften Ausführungsformen der Erfindung wird ein Übertragungskanal zumindest teilweise durch eine elektromagnetische Welle mit einem E-Feldvektor definiert, so wie er auf oder aus der Perspektive einer Ebene quer zu der Ausbreitungsachse projiziert wird, der sich mit einer ausgewählten Winkelgeschwindigkeit dreht, die ge-

ringer ist als und unabhängig von der Trägerfrequenz. Die Sender und Empfänger des Systems sind jeweils auf eine Drehfrequenz synchronisiert, welche die Winkelgeschwindigkeit definiert.

[0019] Obwohl in bestimmten Ausführungsformen der E-Feldvektor über ein unbestimmtes Zeitintervall bei einer ausgewählten zweiten Frequenz verbleiben kann, wie z. B. der, die ausreichend ist, um eine gesamte Nachricht zu übertragen, kann in anderen Ausführungsformen der E-Feldvektor von einer zweiten Frequenz auf eine andere auf irgendeine geeignete vorhersehbare Weise geändert werden, wodurch das System zwischen Änderungen eine bestimmte Menge an Information übertragen kann, wie groß oder klein diese Menge an Information auch sein mag. Frequenzspringen und Frequenzsequenzierung bildet eine Klasse von Übertragungstechniken, die in Angesicht dieser Lehren leicht auf die vorliegende Erfindung angewandt werden können, sei es auf die Trägerfrequenz oder auf die Drehrate des E-Feldvektors um die Ausbreitungsachse.

[0020] In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erzeugt ein Sender, der eine einzige Trägerfrequenz verwendet, eine Welle mit einem E-Feldvektor, der sich mit einer Winkelgeschwindigkeit dreht, die geringer ist als die Trägerfrequenz. Der Sender kann die Welle durch Bereitstellen einer Drehfrequenzsignalquelle, einem Antennensystem mit zwei oder mehr Elementen und zwei oder mehr Phasensystemen, die jeweils einem der Antennenelemente entsprechen erzeugen. In solch einer Ausführungsform weist jedes Phasensystem eine geeignete zeitliche Verzögerung, wie z. B. eine Verzögerungsleitung oder einen Phasenschieber, auf, welcher das Drehfrequenzsignal um einen festgelegten Betrag verzögert, so daß die Summe der Verzögerungen ein konstanter Wert wird. Jedes Phasensystem weist auch einen geeigneten Amplitudenmodulator, wie z. B. einen spannungsabhängigen Abschwächer, einen abgeglichenen Modulator oder eine andere Vorrichtung auf, die das informationsmodulierte Trägersignal mit der zeitverzögerten Drehfrequenzsignalamplitude moduliert. Jedes Antennenelement empfängt den amplitudenmodulierten Ausgang eines der Phasensysteme. In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind die Antennenelemente Dipole, die unter unterschiedlichen Winkellorientierungen ausgerichtet sind.

[0021] In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann ein Empfänger, der eine einzige Trägerfrequenz verwendet, das Informationssignal aus einer Welle mit einem E-Feldvektor, der sich bei einer Winkelgeschwindigkeit dreht, die geringer ist als die Trägerfrequenz, wiederherstellen. Der Empfänger kann das Informationssignal durch Bereitstellen einer Drehfrequenzsignalquelle, einem Antennensystem mit zwei oder mehreren Elementen,

zwei oder mehreren Phasensystemen, die jeweils einem der Antennenelemente entsprechen und einem Kombinerer wiederherstellen. Obwohl die Welle auf jedem Antennenelement auftrifft, erzeugt jedes Antennenelement ein entsprechendes empfangenes Signal, das nur eine Projektionskomponente der Welle darstellt. Jedes Phasensystem ist im Wesentlichen das inverse desjenigen, das in dem oben beschriebenen Sender vorgesehen ist. Wie in dem Sender weist jedes Phasensystem eine geeignete zeitliche Verzögerung auf, wie z. B. eine Verzögerungsleitung oder einen Phasenschieber, die das Drehfrequenzsignal um einen anderen, jedoch bekannten Betrag verschiebt. Jedes Phasensystem weist auch einen geeigneten Amplitudenmodulator, wie z. B. einen spannungsabhängigen Abschwächer, einen Gegentakt-Modulator, einen einzigen Gegentakt-Mischer, einen doppelten Gegentakt-Mischer oder eine andere Vorrichtung auf, die das empfangene Signal, das von dem entsprechenden Antennenelement gemäß dem zeitlich verzögerten Drehfrequenzsignal bereitgestellt wird, gated. Da das Drehfrequenzsignal eine Kanaleigenschaft bildet, werden Signale außerhalb des Kanals abgeschwächt. Der Kombinerer summiert die erfaßten amplitudenmodulierten Signale, die von den Phasensystemen erzeugt werden. In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind die Antennenelemente Dipole, die bei verschiedenen Winkellorientierungen ausgerichtet sind.

[0022] In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sendet ein Sender zwei Wellen, die jeweils eine andere Trägerfrequenz aufweisen und die entgegengesetzte zirkuläre Polarisationen aufweisen, so daß eine resultierende überlagerte Welle erzeugt wird mit einer eigenen Trägerfrequenz und einem E-Feldvektor, der sich um die Ausbreitungsachse mit einer Frequenz dreht, die geringer ist als die neue Trägerfrequenz. Der Sender kann die Welle erzeugen durch Bereitstellen des zusammengesetzten Antennensystems, einer unteren differentiellen Trägerfrequenzquelle, einer oberen differentiellen Trägerfrequenzquelle und zwei synchronisierten Amplitudenmodulatoren. Die oberen und unteren differentiellen Trägerfrequenzquellen erzeugen obere bzw. untere differentielle Signale. Das obere differentielle Signal hat eine Frequenz gleich der Trägerfrequenz plus der Drehfrequenz und das untere differentielle Signal hat eine Frequenz gleich der Trägerfrequenz minus der Drehfrequenz. Das Mittel der differentiellen Signale entspricht der neuen Trägerfrequenz der resultierenden Welle. Einer der Amplitudenmodulatoren moduliert das obere differentielle Signal mit einem Informationssignal und der andere moduliert das untere differentielle Signal mit dem gleichen Informationssignal. Jedes der informationsmodulierten differentiellen Signale ist mit einem der Antennenelemente verbunden.

[0023] In einer Ausführungsform der vorliegenden

Erfindung weist das Antennensystem eine zusammengesetzte Antenne mit zwei wendelförmigen Antennenelementen auf, die jedes Wellen mit E-Feldvektoren erzeugt, die sich um die Ausbreitungsachse in entgegengesetzten Richtungen drehen. Das durch das differentielle Trägersignal, welches die höhere der beiden Frequenzen aufweist, getriebene Antennenelement diktiert die Drehrichtung um die Ausbreitungsachse des E-Feldvektors der resultierenden Welle. Der E-Feldvektor der resultierenden Welle dreht sich um die Ausbreitungsachse in einer Richtung im Uhrzeigersinn, wenn das Antennenelement, das eine Verdrehung im Uhrzeigersinn aufweist, von dem oberen differentiellen Signal getrieben wird und das Antennenelement, das eine dem Uhrzeigersinn entgegengesetzte Verdrehung aufweist, von dem unteren differentiellen Signal getrieben wird. Der E-Feldvektor der resultierenden Welle dreht sich um die Ausbreitungsachse in einer dem Uhrzeigersinn entgegengesetzten Richtung wenn das Antennenelement, das eine dem Uhrzeigersinn entgegengesetzte Verdrehung aufweist, von dem oberen differentiellen Signal getrieben wird und das Antennenelement, das eine Verdrehung im Uhrzeigersinn aufweist von dem unteren differentiellen Signal getrieben wird.

[0024] In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann ein Empfänger, der auf zwei differentielle Trägerfrequenzen abgestimmt ist, das Informationssignal aus einer Welle wiederherstellen, die einen E-Feldvektor aufweist, der sich um die Ausbreitungsachse mit einer Drehfrequenz dreht, die geringer ist als das Mittel der beiden Trägerfrequenzen. Der Empfänger kann das Informationssignal durch Bereitstellen zweier Filter wiederherstellen, wobei eines mit einem Antennenelement und das andere mit einem anderen Antennenelement eines dualen Antennensystems verbunden ist, wobei ein Summierschaltkreis mit den Filtern verbunden ist zum Summieren der empfangenen und oberen und unteren differentiellen Signale und einem Amplitudenmodulationsdetektorschaltkreis, der mit dem Ausgang des Summierschaltkreises verbunden ist. Ein Filter weist ein um die untere differentielle Frequenz zentriertes Durchlaßband auf und das andere weist ein um die obere differentielle Frequenz zentriertes Durchlaßband auf.

[0025] In einer Ausführungsform des Empfängers weist das Antennensystem eine zusammengesetzte Antenne mit zwei wendelförmigen Antennenelementen auf, die jeweils Wellenkomponenten der resultierenden Welle empfangen: empfangene Wellenkomponenten haben E-Feldvektoren, die sich um die Ausbreitungsachse in entgegengesetzten Richtungen drehen und sich zu der resultierenden Welle überlagern. Jede empfangene Wellenkomponente entspricht den informationsmodulierten differentiellen Signalen, die von dem Sender gesendet werden.

[0026] Es ist offensichtlich, daß der gesendete Träger keine effektiven Seitenbänder aus der Perspektive des resultierenden Kanals aufweist. Der Ausdruck "Seitenband" wird hierin nur der Bequemlichkeit halber in Bezug auf bestimmte Ausführungsformen verwendet. Der Ausdruck beschreibt lediglich das Konzept, daß das gesendete Signal aus der Perspektive des resultierenden Signals Seitenbänder aufweisen würde, wenn es nicht die Summierung der von den Antennenelementen des Antennensystems abgestrahlten Energie gäbe. Die Quadratursummierung löscht die Frequenzen aus, die ein einzelnes Antennenelement beim Fehlen der anderen Antennenelemente abstrahlen würde. In den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, in denen der Endpunkt des E-Feldvektors der elektromagnetischen Welle sich mit einer zweiten Frequenz dreht, die geringer ist als die Trägerfrequenz, bleibt die Größe $E \cdot \text{Rotation } H$ der Welle nicht mehr konstant.

[0027] Das Übertragungssystem der vorliegenden Erfindung kann in irgendeinem geeignetem dielektrischen Medium verwendet werden, welches orientierte elektromagnetische Wellen unterstützt, wie z. B. Luft, freier Raum, Wellenleiter und optische Fasern.

[0028] Obwohl die oben beschriebenen Ausführungsformen ein Übertragungssystem betreffen, in dem ein Übertragungskanal durch eine ausgewählte E-Feldvektordrehfrequenz einer elektromagnetischen Welle gebildet wird, die geringer ist als die Trägerfrequenz der Welle, betrifft die Erfindung allgemeiner ein System in dem ein Übertragungskanal zumindest teilweise durch eine Welle gebildet wird, die eine Trägerfrequenz und einen E-Feldvektor aufweist, dessen Endpunkt einem nicht-linearen periodischen Pfad mit einer zweiten Frequenz (einer Drehfrequenz) folgt, die geringer ist als die Trägerfrequenz aus der Perspektive eines Beobachters, der in einer Ebene senkrecht zu der Ausbreitungsachse der Welle angeordnet ist. Daher ist der Pfad, dem der Endpunkt des E-Feldvektors folgen kann, nicht wie oben beschrieben auf einen regelmäßigen Pfad, der von einer Drehung des E-Feldes herrührt, beschränkt. Statt dessen kann er andere nicht-lineare Pfade umfassen, die weniger regulär sind. Im allgemeinen Fall folgt der Pfad des Endpunkts des E-Feldvektors einem vorhersagbaren Pfad, wobei die Änderungsfrequenz des Pfades geringer ist als die Trägerfrequenz. Zum Beispiel kann der Pfad durch einen pseudozufälligen Sequenzgenerator gebildet werden. Im wesentlichen wäre irgendein nicht-linearer periodischer Pfad (oder allgemeiner irgendein nicht-linearer Pfad), dem sowohl ein Sender als auch ein Empfänger eines Übertragungssystems synchron folgen können, z. B. mit einer Drehfrequenz, die geringer ist als die Trägerfrequenz, geeignet.

[0029] Eine Poincaré-Kugel ist eine grafische Darstellung, die vergleichsweise Polarisierungen darstellt.

Die Pole der Kugel stellen rechts- und linkszirkuläre Polarisierungen dar. Punkte auf dem Äquator stellen lineare Polarisierungen verschiedener Orientierungen in Bezug auf die Horizontale und die Vertikale dar. Punkte auf einer Hemisphäre stellen verschiedene rechtselliptische Polarisierungen dar und Punkte auf der anderen Hemisphäre stellen verschiedene linkselliptische Polarisierungen dar. Eine herkömmliche Poincaré-Kugel ist nicht geeignet, um den E-Feldvektorpfad von Wellen zu beschreiben, die sich gemäß der vorliegenden Erfindung verhalten, da eine Poincaré-Kugel nur Wellen mit herkömmlichen zirkulären, elliptischen und linearen Polarisierungen beschreibt, d.h. Wellen mit Endpunkten des E-Feldvektors, die zirkulären, elliptischen und linearen periodischen Pfaden mit einer Frequenz folgen, die gleich der Trägerfrequenz der Welle ist.

[0030] In Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, bei denen sich das E-Feld aus der Perspektive einer Ebene senkrecht zu der Ausbreitungsachse dreht, beschreibt wenn man eine Poincaré-Kugel auf eine neue und modifizierte Weise betrachtet, so daß ihr Radius der Trägerfrequenz entspricht, dann dennoch das Innere der Poincaré-Kugel Wellen, die sich gemäß bestimmten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verhalten. (Das Innere einer herkömmlichen Poincaré-Kugel hat im Stand der Technik keine Bedeutung, nur die Oberfläche ist relevant.) Punkte nahe der Mitte einer solchen modifizierten Poincaré-Kugel würden Wellen beschreiben, die E-Feldvektoren aufweisen, die sich mit einer Frequenz nahe null drehen. Punkte auf irgendeiner Kugelradiusachse, die sich zwischen der Mitte und der Oberfläche der Kugel erstreckt, beschreiben Wellen, die sich gemäß der vorliegenden Erfindung verhalten. Insbesondere würden Punkte auf der polaren Achse zwischen der Mitte und den Polen Wellen mit einem E-Feldvektor beschreiben, der sich mit einer Drehfrequenz dreht, die geringer ist als die Trägerfrequenz, so wie es oben in Bezug auf bestimmte Ausführungsformen beschrieben wurde. Jeder Punkt oder Abschnitt auf der polaren Achse könnte verwendet werden, um einen diskreten Übertragungskanal zu definieren.

[0031] Die Welle kann auf eine geeignete Weise mit Information moduliert werden. Obwohl wie oben beschrieben die Trägerfrequenz mit der Information amplitudenmoduliert ist, wird gemäß der vorliegenden Erfindung angenommen, daß die Trägerfrequenz mit Information frequenzmoduliert sein kann oder mit der Information auf irgendeine andere geeignete Weise moduliert sein kann. Zum Beispiel kann die zweite Frequenz (d.h. die Drehfrequenz), mit der der Endpunkt des E-Feldvektors dem Pfad folgt, mit Information moduliert sein. Wenn der Endpunkt des E-Feldvektors einem Pfad mit einer modulierten zweiten Frequenz (d.h. einer modulierten Drehfrequenz) folgt, stellt die Abweichung der Welle von der Grund-

trägerfrequenz (d.h. die nichtinformationsmodulierte Drehfrequenz) die Information auf eine Weise dar, die analog ist zu der, in der die Abweichung eines herkömmlichen frequenzmodulierten Signals von einer Kanalmittenfrequenz die Information darstellt.

[0032] Das Vorgenannte zusammen mit anderen Merkmalen und Vorzügen der vorliegenden Erfindung wird offensichtlicher, wenn die folgende Beschreibung, die Ansprüche und die beigefügten Zeichnungen betrachtet werden.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0033] [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm eines Übertragungssystems mit einem Sender und einem Empfänger gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0034] [Fig. 2](#) ist ein Blockdiagramm eines Senderphasensystems der in [Fig. 1](#) dargestellten Ausführungsform.

[0035] [Fig. 3](#) stellt Signale gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar, die mit dem Drehfrequenzsignal amplitudenmoduliert sind, wobei ein Teil jedes Signals vergrößert ist.

[0036] [Fig. 4](#) ist ein Polardiagramm der Amplituden der von den drei Antennenelementen erzeugten Signale und ihrer Summe gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0037] [Fig. 5](#) ist ein Blockdiagramm eines Empfängerphasensystems der in [Fig. 1](#) dargestellten Ausführungsform.

[0038] [Fig. 6A](#) stellt eine Welle mit zwei orthogonalen elektrischen Feld-(E-Feld-)Komponenten dar, die um 90° außer Phase sind und konstante, gleiche Amplituden aufweisen.

[0039] [Fig. 6B](#) stellt eine Drehung des E-Feldvektors der Welle aus [Fig. 6A](#) um eine Ausbreitungsachse dar.

[0040] [Fig. 7A](#) stellt ein Beispiel einer Welle dar, die gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erzeugt wurde, wobei das E-Feld der Welle sich um die Ausbreitungsachse mit einer Frequenz dreht, die geringer ist als die Trägerfrequenz.

[0041] [Fig. 7B](#) stellt eine Drehung des E-Feldes der Welle aus [Fig. 7A](#) um die Ausbreitungsachse aus der Perspektive einer Ebene senkrecht zu der Ausbreitungsachse dar.

[0042] [Fig. 8A](#) stellt die relativen Amplituden der E-Feldkomponenten einer Welle dar, die gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung er-

zeugt wurde, wobei das E-Feld der Welle sich um die Ausbreitungsachse mit einer Drehfrequenz dreht, die geringer ist als die Trägerfrequenz.

[0043] [Fig. 8B](#) stellt den Pfad dar, dem der Endpunkt des resultierenden E-Feldvektors einer Welle folgt, die gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erzeugt wurde, wobei das E-Feld der Welle sich um die Ausbreitungsachse mit einer Drehfrequenz dreht, die geringer ist als die Trägerfrequenz.

[0044] [Fig. 9](#) ist eine ebene Ansicht von oben eines Antennensystems der in [Fig. 1](#) dargestellten Ausführungsform.

[0045] [Fig. 10](#) ist eine Schnittansicht aufgenommen entlang einer Linie 10-10 aus [Fig. 9](#).

[0046] [Fig. 11](#) ist ein Blockdiagramm eines Übertragungssystems mit mehreren Sendern und Empfängern, die gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung simultan arbeiten (d.h. gleichzeitig).

[0047] [Fig. 12](#) ist ein Blockdiagramm eines Übertragungssystems mit einem Sender und einem Empfänger gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0048] [Fig. 13](#) ist ein Blockdiagramm eines Übertragungssystems mit einem optischen Sender und Empfänger gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0049] [Fig. 14](#) ist ein Blockdiagramm eines Übertragungssystems mit einem optischen Sender und Empfänger gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0050] [Fig. 15](#) ist ein Blockdiagramm eines Übertragungssystems, das ein einziges Trägersignal gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet.

[0051] [Fig. 16](#) ist ein Blockdiagramm eines Übertragungssystems, das zwei verschiedene Trägersignale gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet.

[0052] [Fig. 17](#) ist ein Blockdiagramm des kohärenten Drehfrequenzerzeugers der in [Fig. 1](#) dargestellten Ausführungsform.

[0053] [Fig. 18](#) ist eine Schnittansicht eines alternativen Antennensystems der in [Fig. 1](#) dargestellten Ausführungsform.

[0054] [Fig. 19](#) ist eine Schnittansicht längs der Linie 19-19 aus [Fig. 18](#).

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0055] Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird die detaillierte Beschreibung der vorliegenden Erfindung in zwei Abschnitten diskutiert: Übertragungssysteme basierend auf einem einzigen Trägersignal und Übertragungssysteme basierend auf zwei verschiedenen Trägersignalen.

Übertragungssysteme basierend auf einem einzigen Trägersignal

[0056] [Fig. 15](#) ist ein Blockdiagramm eines Übertragungssystems, das ein einziges Trägersignal gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet. In [Figur 15](#) weist ein Sender **500** einen Informationsmodulator **502**, eine Trägerfrequenzquelle **504**, einen nicht-linearen periodischen Pfadmodulator **506**, eine nicht-lineare periodische Pfadfrequenzquelle **508** und einen Übertragungsmediumkoppler **510** auf. Der Sender **500** sendet eine elektromagnetische (EM-) Welle **512** durch ein Übertragungsmedium (nicht gezeigt) an einen Empfänger **514**. Der Empfänger **514** weist einen Übertragungsmediumkoppler **516**, einen nicht-linearen periodischen Pfadmodulator **518**, eine nicht-lineare periodische Pfadfrequenzquelle **520** und einen Informationsdemodulator **522** auf.

[0057] Der Informationsmodulator **502** empfängt ein Informationssignal **524** und ein Trägerfrequenzsignal **526** von der Trägerfrequenzquelle **504**, um ein informationsmoduliertes Signal **528** zu erzeugen. Das Informationssignal **524** kann irgendein geeignetes analoges Signal sein, das durch irgendeine geeignete Quelle erzeugt wird, wie z. B. ein Videosignal oder ein Audiosignal, das dafür vorgesehen ist, an den Empfänger **514** (oder irgendeinen anderen geeigneten Empfänger) übertragen zu werden. Ähnlich kann das Informationssignal **524** im Digitalformat vorliegen.

[0058] Die Trägerfrequenzquelle **504** kann irgendwelche geeigneten Schaltkreise oder Systeme aufweisen, wie z. B. einen herkömmlichen Sinuswellen-Generator oder -Oszillator, zum Bereitstellen eines Trägerfrequenzsignals **526**. Wie in irgendwelchen Übertragungssystemen sollte das Trägerfrequenzsignal **526** eine Frequenz aufweisen, die seine Modulation mit dem Informationssignal **379** für das gegebene Übertragungsmedium erleichtert.

[0059] Der nicht-lineare periodische Pfadmodulator **506** empfängt ein nicht-lineares periodisches Pfadfrequenzsignal **530** von der nicht-linearen periodischen Pfadfrequenzquelle **508** und ein informationsmoduliertes Signal **528**, um das Signal **532** zu erzeugen. Die nicht-lineare periodische Pfadfrequenzquelle **508** kann irgendwelche geeigneten Schaltkreise oder Systeme, wie z. B. einen herkömmlichen Sinuswellen-Generator oder -Oszillator, aufweisen, zum

Bereitstellen eines nicht-linearen periodischen Pfadfrequenzsignals **530**. Das nicht-lineare periodische Pfadfrequenzsignal **530** hat eine Frequenz zwischen der Trägerfrequenz und null. Das nicht-lineare periodische Pfadfrequenzsignal **530** definiert den Informationskanal. Die Frequenz des nicht-linearen periodischen Pfadfrequenzsignals **530** liegt zwischen der Trägerfrequenz und null in dem Sinn, daß es geringer ist als (und nicht enthält) die Trägerfrequenz und größer ist als (und nicht enthält) null.

[0060] Der nicht-lineare periodische Pfadmodulator **506** amplitudenmoduliert das Signal **528** mit einer Einhüllenden, die eine Frequenz aufweist, die gleich dem nicht-linearen periodischen Pfadfrequenzsignal **530** ist, so daß ein resultierendes Signal **532** erzeugt wird. Die Einhüllende kann z. B. ein sinusförmiges Signal mit einer Frequenz sein, die größer ist als die nicht-lineare periodische Pfadfrequenz. In bestimmten Ausführungsformen der Erfindung kann das Signal **528** mit der Einhüllenden amplitudenmoduliert sein. Z. B. kann das Signal **528** in mindestens zwei Komponentensignale aufgeteilt werden. Diese Komponentensignale können dann mit einem phasenverzögerten Duplikat der Einhüllenden, das eine Frequenz gleich der nicht-periodischen Pfadfrequenz aufweist, amplitudenmoduliert werden, so daß ein resultierendes Signal **532** erzeugt wird. Mit anderen Worten kann das Signal **528** in mindestens zwei Komponentensignale aufgeteilt und dann mit phasenverzögerten Duplikaten der Einhüllenden amplitudenmoduliert werden. Die Duplikate der Einhüllenden haben eine versetzte Phasenverzögerung entsprechend der Anordnung der Antennenelemente des Übertragungsmediumkopplers **510**. Ähnlich kann das Signal **528** in einer Anzahl von Komponentensignalen entsprechend der Antennenelemente des Übertragungsmediumkopplers **510** aufgeteilt werden.

[0061] Wenn der Übertragungsmediumkoppler **510** eine Gruppe von im Winkel voneinander beabstandeten koplanaren Antennenmonopolen aufweist, kann die Leistungsfähigkeit des Übertragungsmediumkopplers **510** mit der Anzahl von Antennenmonopolen in Verbindung stehen: je mehr Antennenmonopole verwendet werden, desto besser ist die Leistungsfähigkeit, die zu erwarten ist, jedoch mit verminderten Reflexionen. Es ist zu erwarten, daß die optimale Anzahl von Antennenmonopolen in etwa neun Monopole beträgt.

[0062] Zumindest aus Gründen der Einfachheit wird nachfolgend ein Beispiel eines Transmissionsmediumkopplers **510** mit drei Antennenmonopolen diskutiert. Z. B. wird, wenn der Transmissionsmediumkoppler **510** drei koplanare Antennenmonopole aufweist, die jeweils um einen Winkel von 120° um einen gemeinsamen Punkt voneinander beabstandet sind, das Signal **528** in drei Komponentensignale aufgeteilt

und die Duplikate der Einhüllenden haben eine verschobene Phasenverzögerung gleich 360° (oder 2π Radian) geteilt durch drei. Ein Duplikat der Einhüllenden hat eine null Grad Phasenverschiebung, ein anderes Duplikat der Einhüllenden hat eine 120° Phasenverschiebung und das dritte Duplikat der Einhüllenden hat eine 240° Phasenverschiebung. Jedes der drei Komponentensignale wird dann mit einem phasenverzögerten Duplikat der Einhüllenden amplitudenmoduliert, so daß drei Komponenten des resultierenden Signals **532** erzeugt werden. In solch einer Ausführungsform der Erfindung empfängt der Übertragungsmediumkoppler **510** ein resultierendes Signal **532**. Der Übertragungsmediumkoppler **510** erzeugt eine EM-Welle **512** mit einem E-Feldvektor, der sich um die Ausbreitungsachse mit einer Drehfrequenz dreht, die zwischen der Trägerfrequenz und null liegt.

[0063] Der Ausdruck "Drehfrequenz" wird hierin in Bezug auf die Rate verwendet mit der sich der E-Feldvektor aus der Perspektive einer Ebene senkrecht zu der Ausbreitungsachse um die Ausbreitungsachse dreht. Der E-Feldvektor dreht sich um die Ausbreitungsachse in einem bestimmten Sinne: wenn der Endpunkt oder das Ende des E-Feldvektors einem nicht-linearem Pfad folgt, was das Durchlaufen durch den Punkt (in der Ebene senkrecht zu der Ausbreitungsachse) umfaßt, der der Ausbreitungsachse entspricht, folgt der E-Feldvektor einer Drehung um die Ausbreitungsachse wenn er an einer bestimmten Winkelposition beginnt und zu dieser zurückkehrt. Folglich entspricht, wenn man die Drehfrequenz in einer Einheit von Umläufen pro Sekunde betrachtet, die Drehung des E-Feldes um die Ausbreitungsachse von einer Winkelposition und zu dieser zurückkehrend gleich einem Umlauf. Die Drehfrequenz mit der sich der E-Feldvektor um die Ausbreitungsachse dreht, liegt zwischen der Trägerfrequenz und null in dem Sinne, daß sie geringer ist als (und nicht enthält) die Trägerfrequenz und größer ist als (und nicht enthält) null.

[0064] In einem weiteren Beispiel weist der Übertragungsmediumkoppler **510** drei koplanare Antennenmonopole auf, die um einen gemeinsamen Punkt um ungleiche Winkel-Beträge voneinander beabstandet sind, z. B. sind die ersten und zweiten Monopole um 90° voneinander beabstandet, die zweiten und dritten Monopole sind um 150° voneinander beabstandet und die dritten und ersten Monopole sind um 120° voneinander beabstandet. In solch einem Fall wird das Signal **528** in drei Komponentensignale aufgeteilt und die Duplikate der Einhüllenden haben Phasenverzögerungen entsprechend der Anordnung der Monopole. Insbesondere hat ein Duplikat der Einhüllenden eine 0° Phasenverschiebung, ein weiteres Duplikat der Einhüllenden hat eine 90° Phasenverschiebung und das dritte Duplikat der Einhüllenden hat eine 150° Phasenverschiebung, so daß drei

Komponenten eines resultierenden Signals **532** erzeugt werden. Der Übertragungsmediumkoppler **510** empfängt das resultierende Signal **532**. In solch einer Ausführungsform der Erfindung erzeugt der Übertragungsmediumkoppler **510** eine große EM-Welle **512** mit einem E-Feldvektor, der sich um die Ausbreitungsachse mit einer Drehfrequenz zwischen der Trägerfrequenz und null dreht.

[0065] [Fig. 6A](#) bis [Fig. 8B](#) erklären die Unterschiede zwischen einer zirkular-polarisierten Welle aus dem Stand der Technik und der EM-Welle **512** aus [Fig. 15](#). [Fig. 6A](#) stellt zwei orthogonale E-Feldkomponenten **80** und **82** aus einer sich ausbreitenden EM-Welle dar, die gleiche, konstante Amplituden aufweisen und die um 90° außer Phase sind. Der resultierende oder Summenvektor der E-Feldkomponenten **80** und **82** definiert eine zirkular polarisierte Welle, so wie sie allgemein bekannt ist.

[0066] Das sich drehende E-Feld einer zirkular polarisierten Welle kann in Bezug auf eine gegebene Ebene senkrecht zu der Ausbreitungsachse visualisiert werden. In der in [Fig. 6A](#) dargestellten Welle dreht sich der resultierende E-Feldvektor aus dieser Ebene betrachtet um die Ausbreitungsachse **84** mit einer Rate gleich der Frequenz der Welle. Der resultierende E-Feldvektor **86** ist in jedem Zyklus der Welle an einem räumlich festgelegten Punkt zu verschiedenen Zeitpunkten gezeigt. Der Vektor **86** ist zu Zwecken der Darstellung ausgewählt, da er an einem Punkt auf der Welle angeordnet ist, an dem eine der E-Feldkomponenten **80** und **82** eine Nullamplitude aufweist, wodurch die Vektoraddition für darstellende Zwecke vereinfacht wird. Aus der Perspektive eines Beobachters, der in die Ausbreitungsachse **84** schaut, d.h. wenn sich die Welle hin zu dem Beobachter ausbreitet, scheint sich der E-Feldvektor **86** in der Drehrichtung des Pfeils **88** um die Ausbreitungsachse auf einem zirkularen Pfad zu drehen, wie in [Fig. 6B](#) dargestellt ist.

[0067] Der E-Feldvektor **86** dreht sich mit der gleichen Winkelgeschwindigkeit (d.h. er dreht sich um die Ausbreitungsachse mit der gleichen Frequenz) wie die Frequenz der Welle. Mit anderen Worten schließt der E-Feldvektor **86** eine Umdrehung pro Zyklus der Welle ab. Auf eine andere Weise ausgedrückt vervollständigt der E-Feldvektor **86** eine Umdrehung um die Ausbreitungsachse für jeden Zyklus der Welle.

[0068] [Fig. 7A](#) stellt ein Beispiel einer gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erzeugten Welle dar, wobei sich der E-Feldvektor mit einer Winkelgeschwindigkeit dreht, die geringer ist als die Frequenz des Trägerfrequenzsignals **526**. Es ist zu beachten, daß der Ausdruck "Winkelgeschwindigkeit", so wie er hierin auf die gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erzeugte Wel-

le angewandt wird, eine spezielle Bedeutung aufweist und nachfolgend detailliert definiert wird. Die beispielhaft in [Fig. 7A](#) dargestellte Welle kann auch so beschrieben werden, daß sich ihr E-Feldvektor um die Ausbreitungsachse **98** mit einer Drehfrequenz dreht, die geringer ist als ihr Trägerfrequenzsignal.

[0069] Anders als in [Fig. 6A](#) weisen zwei senkrechte E-Feldkomponenten **90** und **92** einer sich ausbreitenden EM-Welle Amplituden auf, die sich gemäß einer modulationseinhüllenden **94** ändern. Der resultierende E-Feldvektor **96**, die Überlagerung von Komponenten **90** und **92**, ist in [Fig. 7A](#) an irgendeinem beispielhaften Punkt auf der Welle zu irgendeinem beispielhaften Zeitpunkt gezeigt. Aus der Perspektive eines Beobachters, der in die Ausbreitungsachse **98** schaut, wie in [Fig. 7A](#) und [Fig. 7B](#) gezeigt, scheint sich der resultierende E-Feldvektor **96** um die Ausbreitungsachse **98** mit einer Frequenz zu drehen, die geringer ist als die Trägerfrequenz.

[0070] [Fig. 8A](#) zeigt die relativen Amplituden der E-Feldkomponenten **90** und **92**. Man beachte die 180° Phasenverschiebung an den Nullpunkten, an denen die Amplitudeneinhüllende die Ausbreitungsachse kreuzt. Diese 180° Phasenverschiebung ist ein Anzeichen für einen Träger mit unterdrücktem doppelten Seitenband und resultiert wie nachfolgend diskutiert aus der Vorrichtung (z. B. einem Gegentaktmischermodulator), die verwendet wird, um den E-Feldkomponenten **90** und **92** die Modulationseinhüllende **94** hinzuzufügen.

[0071] Präziser ausgedrückt dreht sich bei dem in [Fig. 7A](#), [Fig. 7B](#), [Fig. 8A](#) und [Fig. 8B](#) dargestellten Beispiel der Endpunkt des resultierenden E-Feldvektors um eine Ausbreitungsachse, so daß er einem Pfad folgt, der als rosettenförmig charakterisiert werden kann. Mit anderen Worten hat der in [Fig. 7A](#) gezeigte resultierende E-Feldvektor **96** einen Endpunkt **99**, der in [Fig. 7A](#), [Fig. 7B](#) und [Fig. 8B](#) gezeigt ist, wobei aus der Perspektive eines Beobachters, der in einer Ebene senkrecht zu der Ausbreitungsachse **98** angeordnet ist, der Endpunkt **99** des resultierenden E-Feldvektors **96** einen rosettenförmigen Pfad folgt.

[0072] Der Pfad dem der Endpunkt **99** des resultierenden E-Feldvektors **96** folgt, kann weiter gemäß den Punkten **554** bis **533** dargestellt werden. Der Endpunkt **99** folgt einem Pfad, der zum Teil durch die sequentielle Abfolge von Punkten **545**, **543**, **541**, **539**, **537**, **535** und **533** definiert wird. Mit anderen Worten ist zu einer gegebenen Zeit der Endpunkt **99** am Punkt **545** angeordnet, zu einer späteren Zeit ist der Endpunkt **99** an einem Punkt **541** angeordnet, zu einer späteren Zeit ist der Endpunkt **99** an einem Punkt **539** angeordnet und so weiter, bis der Endpunkt **99** an einem Punkt **533** angeordnet ist. Die Frequenz, mit der der Endpunkt **99** des resultierenden E-Feldvektors **96** dem Pfad von Punkt **545** bis Punkt **533**

folgt, ist gleich der Trägerfrequenz der Welle **512** (**Fig. 15**). Für den bestimmten in **Fig. 7B** dargestellten Pfad ist die Drehfrequenz gleich der Frequenz, mit der der Endpunkt **99** des resultierenden E-Feldvektors **96** dem Pfad von **545** durch Punkt **533**, durch den verbleibenden Teil der Rosette und zurück zu Punkt **545** folgt. **Fig. 7B** stellt die Drehfrequenz dar, die zwischen der Trägerfrequenz und null liegt, wobei die Zeit, die der resultierende E-Feldvektor benötigt, um dem Pfad von Punkt **545** zu Punkt **533** (der Trägerfrequenz zugeordnet) zu folgen geringer ist als die Zeit, die der resultierende E-Feldvektor benötigt, um dem Pfad von **545** durch Punkt **533**, durch den verbleibenden Teil der Rosette und zurück zu Punkt **545** zu folgen.

[0073] Allgemein gesprochen kann, wenn der nicht-lineare Pfad, dem der E-Feldvektor folgt, als ein Rosettenpfad charakterisiert werden kann, die bestimmte Form der Rosette, welcher der Endpunkt des resultierenden E-Feldvektors folgt, breit variieren basierend auf dem Verhältnis zwischen der Trägerfrequenz und der Frequenz, mit der sich der E-Feldvektor um die Ausbreitungsachse dreht. Zum Beispiel folgt, wenn die Drehfrequenz gleich einem zwanzigstel der Trägerfrequenz ist, der Endpunkt des E-Feldvektors **40** Rosetten-"Blütenblättern", um zu der gleichen relativen Position innerhalb des Rosettenmusters zurückzukehren. Dies ist das in **Fig. 7B** dargestellte Beispiel (d.h. der Endpunkt des E-Feldvektors, der bei Punkt **545** beginnt, folgt 40 Rosettenblütenblättern, um zu dem Punkt **545** zurückzukehren). In einem alternativen Beispiel, in dem die Drehfrequenz ein neuntel der Trägerfrequenz beträgt, folgt der Endpunkt des E-Feldvektors **9** Rosetten-"Blütenblättern", um zu der gleichen relativen Position innerhalb des Rosettenmusters zurückzukehren.

[0074] In Fällen in denen die Drehfrequenz nicht ein ganzzahliger Bruchteil der Trägerfrequenz ist, ist der Rosettenpfad, dem der Endpunkt des E-Feldvektors bei einer vollständigen Drehung um die Ausbreitungsachse folgt, nicht notwendigerweise mit dem Rosettenpfad ausgerichtet, dem der Endpunkt des E-Feldvektors bei einer anderen vollständigen Drehung um die Ausbreitungsachse folgt. Mit anderen Worten kann, sobald das Rosettenmuster in dem der Drehfrequenz zugeordneten Zeitintervall durchlaufen wurde, das Rosettenmuster, das den nächsten Zeitintervall durchlaufen wird, das der Drehfrequenz zugeordnet ist, nicht mit dem zuvor gefolgtm Rosettenmuster überlappen, natürlich aus der Perspektive einer gegebenen Ebene senkrecht zu der Ausbreitungsachse betrachtet.

[0075] Es ist zu beachten, daß das Konzept des sich um die Ausbreitungsachse drehenden Endpunkts des E-Feldvektors Fälle zusätzlich zu denjenigen umfassen kann, bei denen der Endpunkt des E-Feldvektors einem Pfad um die Ausbreitungsachse

vollständig folgt. Mit anderen Worten können nicht-lineare Pfade, denen der Endpunkt des E-Feldes um die Ausbreitungsachse folgt, solche Pfade umfassen, bei denen der Endpunkt weniger als oder fortgesetzt 360° um die Ausbreitungsachse folgt betrachtet aus der Perspektive einer gegebenen Ebene senkrecht zu der Ausbreitungsachse. Zum Beispiel folgt in dem Fall, daß die Drehfrequenz gleich ein Drittel der Trägerfrequenz beträgt, der Endpunkt des E-Feldvektors in der Zeitdauer, die der Drehfrequenz zugeordnet ist, drei Rosettenblütenblättern, die um einen Winkel von 120° voneinander beabstandet sind mit Winkellücken in denen der Endpunkt nicht verläuft. In diesem Fall dreht sich der E-Feldvektor um die Ausbreitungsachse auf eine nicht-kontinuierliche Weise und ohne innerhalb von 360° auf allen Winkelpositionen angeordnet zu sein. In anderen Fällen folgt der Endpunkt des E-Feldvektors nicht allen Winkelpositionen innerhalb von 360° während einer Zeitdauer, die der Drehfrequenz zugeordnet ist, sondern er kann mehr als eine Zeitdauer (wobei jede Zeitdauer der Drehfrequenz zugeordnet ist) benötigen, um alle Winkelpositionen innerhalb von 360° anzusteuern. Ein Beispiel dieses letzteren Falls ist es, wenn die Trägerfrequenz 1,5 mal größer als die Drehfrequenz ist.

[0076] Es ist zu beachten, daß die Verwendung des Ausdrucks "Rosette" eine bequeme Beschreibung ist und nicht beschränkend gedacht ist. Der nicht-lineare Pfad aus der Perspektive einer Ebene senkrecht zu der Ausbreitungsachse kann andere Pfade aufweisen als einen rosettenförmigen Pfad, wobei die Drehfrequenz des E-Feldvektors zwischen der Trägerfrequenz und null liegt.

[0077] Der nicht-lineare Pfad, dem das E-Feld um die Ausbreitungsachse folgt, kann alternativ in Bezug auf eine Orientierungslinie beschrieben werden. Zum Beispiel kann eine Winkelposition des resultierenden E-Feldvektors **96** einer Orientierungslinie **97** zugeordnet werden. Die Orientierungslinie **97** bezeichnet die Winkelposition des resultierenden E-Feldvektors **96** in Bezug auf die Ausbreitungsachse **98**. Wenn der Endpunkt **99** des resultierenden E-Feldvektors **96** bei dem Punkt **545** angeordnet ist, liegt die Orientierungslinie **97** im Uhrzeigersinn leicht außerhalb der Vertikalen. Wenn der Endpunkt **99** dem Pfad folgt, der teilweise von der sequentiellen Abfolge der Punkte **545** bis **533** definiert wird, dreht sich die Orientierungslinie **97** in der Richtung des Pfeils **101** (in **Fig. 7B** als dem Uhrzeigersinn entgegengesetzt gezeigt). Zum Beispiel hat sich, wenn sich der Endpunkt **99** von Punkt **545** zu Punkt **543** bewegt hat, die Orientierungslinie **97** in eine Position bewegt, die im Uhrzeigersinn geringfügig weniger außerhalb der Vertikalen liegt. Wenn sich der Endpunkt **99** zu Punkt **541** bewegt hat, hat sich die Linie **97** in eine Position bewegt, die im Uhrzeigersinn noch weniger außerhalb der Vertikalen liegt und so weiter, bis der Endpunkt **99** sich zu Punkt **533** bewegt hat, zu welcher

Zeit die Linie **97** in etwa vertikal ist.

[0078] Es ist zu beachten, daß die Orientierungslinie **97** so definiert ist, daß sie sowohl eine Winkelposition des E-Feldvektors **96** als auch die Winkelposition des E-Feldvektors **96**, der im Winkel um 180° versetzt ist, darstellt. In dieser Definition ändert sich die Orientierungslinie **97** kontinuierlich bis 360° wenn der Endpunkt des E-Feldvektors einem nicht-linearem Pfad folgt.

[0079] Folgt man dem in [Fig. 7B](#) und [Fig. 8B](#) dargestellten Beispiel so kann der Ausdruck "Winkelgeschwindigkeit" als die Änderungsrate des Winkels der Orientierungslinie, die dem E-Feldvektor aus der Perspektive einer Ebene senkrecht zu der Ausbreitungsachse zugeordnet ist, definiert werden. Mit anderen Worten ist die Winkelgeschwindigkeit die Rate mit der sich die Orientierungslinie **97** um die Ausbreitungsachse **98** aus der Perspektive eines Beobachters dreht, der in einer gegebenen Ebene senkrecht zu der Ausbreitungsachse **98** angeordnet ist.

[0080] [Fig. 8B](#) ist eine perspektivische Ansicht des Endpunkts **99** des resultierenden E-Feldvektors **96**, die darstellt, daß ein verdrehter Pfad durch den Raum erforderlich ist, wenn sich die Welle ausbreitet. Wie die Orientierungslinie **97** anzeigt, dreht sich der resultierende E-Feldvektor **96** um die Ausbreitungsachse **98**, wenn sich die Welle ausbreitet. Der verdrehte Pfad, dem das E-Feld folgt, kann zur Veranschaulichung modelliert werden durch Greifen entgegengesetzter Enden eines Papierstreifens und Verdrehen eines davon. Man beachte, daß der Ausdruck "verdrehen" sich auf den Pfad und nicht auf das E-Feld selbst bezieht. Mit anderen Worten verdreht sich das E-Feld natürlich nicht in dem Sinn, daß sich seine Winkelorientierung ändert während sich die Welle durch den Raum ausbreitet, sondern wie eine herkömmliche elektromagnetische Welle, wobei jeder Teil der sich ausbreitenden Welle in der Orientierung verbleibt in der er aus der Antenne oder einer anderen sendenden Vorrichtung hervortritt. Entsprechend folgt der E-Feldvektor nicht einer Rosette oder einem anderen Pfad in dem Sinne, daß sich die Winkelorientierung eines gegebenen Vektors, d.h. ein ausgewählter Teil einer Welle, ändert während sich die Welle durch den Raum ausbreitet. Diese Winkeländerungen in Bezug auf die Zeit werden nur erfaßt oder erfahren aus der Perspektive einer Querebene an einem festgelegten Ort im Raum auf der Ausbreitungsachse. Die Winkeländerungen treten auf, da aufeinanderfolgende Teile der sich ausbreitenden Welle, die verschiedene Winkelorientierungen aufweisen, die Querebene zu aufeinanderfolgenden Zeitpunkten erreichen. [Fig. 8B](#) und ähnliche Darstellungen sind zeitliche Schnappschüsse einer sich ausbreitenden Welle.

[0081] Auf eine andere Weise im Sinne der in

[Fig. 7A](#) gezeigten Welle ausgedrückt, führt die durch die Einhüllende **94** definierte Amplitudenmodulation dazu, daß die Winkelgeschwindigkeit des resultierenden E-Feldvektors **96** geringer ist als seine Trägerfrequenz und geringer als die Winkelgeschwindigkeit des E-Feldvektors für die in [Fig. 6A](#) gezeigte zirkular polarisierte Welle (welche die gleiche Trägerfrequenz wie die in [Fig. 7A](#) gezeigte Welle aufweist). Genauso führt die durch die Einhüllende **94** definierte Amplitudenmodulation dazu, daß sich der resultierende E-Feldvektor **96** um die Ausbreitungsachse mit einer Frequenz dreht, die geringer ist als die Trägerfrequenz und auch geringer als die Frequenz mit der sich der E-Feldvektor einer zirkular polarisierten Welle (welche die gleiche Trägerfrequenz der in [Fig. 7A](#) gezeigten Welle aufweist) um ihre Achse dreht. Auf eine analoge Weise führt die Amplitudenmodulation, welche durch die dem oben in Bezug auf [Fig. 15](#) beschriebenen nicht-linearen periodischen Pfadfrequenzsignal **530** zugeordnete Einhüllende definiert wird dazu daß sich der E-Feldvektor der resultierenden übertragenen Welle **512** um die Ausbreitungsachse mit einer Frequenz dreht, die geringer ist als die Trägerfrequenz und auch mit einer Drehfrequenz, die geringer ist als die Drehfrequenz des E-Feldvektors der in [Fig. 6A](#) gezeigten zirkular polarisierten Welle.

[0082] Die ausgewählte Drehfrequenz definiert das Ausmaß, in dem sich der resultierende E-Feldvektor um die Ausbreitungsachse mit einer Drehfrequenz dreht, die geringer ist als die Trägerfrequenz der Welle. Man beachte, daß [Fig. 7A](#) nur als Beispiel dient. Die vorliegende Erfindung ist nicht auf eine Welle beschränkt, die aus zwei orthogonalen Komponenten gebildet ist.

[0083] In Anbetracht der vorangegangenen Diskussion in Bezug auf [Fig. 7A](#) und [Fig. 7B](#) ist eine Verallgemeinerung in Bezug auf Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, die solch eine Welle erzeugen, die, daß der resultierende E-Feldvektor **96** ein Rosettenmuster durchläuft, welches ein Typ eines nicht-linearen periodischen Pfades ist. Insbesondere erzeugen solche Ausführungsformen eine Welle, die durch ein E-Feld definiert ist, das sich um die Ausbreitungsachse mit einer Drehfrequenz dreht, die zwischen der Trägerfrequenz und null liegt. Ähnlich erzeugen solche Ausführungsformen eine Welle, die durch ein E-Feld definiert ist, das eine Winkelgeschwindigkeit aufweist, die geringer ist als die Winkelgeschwindigkeit, die einer zirkular polarisierten Welle zugeordnet ist und größer als null.

[0084] Wieder gemäß [Fig. 15](#) empfängt der Empfänger **514** eine EM-Welle **512** mit einem Übertragungsmediumkoppler **516**, der ein Signal **534** erzeugt. Der nicht-lineare periodische Pfaddemodulator **518** empfängt das Signal **534** und das nicht-lineare periodische Pfadsignal **536** von einer nicht-linea-

ren periodischen Pfadfrequenzquelle **520**, so daß ein Signal **538** erzeugt wird. Die nicht-lineare periodische Pfadfrequenzquelle **520** kann identisch zu der nicht-linearen periodischen Pfadfrequenzquelle **508** sein. In einer Ausführungsform, in der die Einhüllende, die durch einen nicht-linearen periodischen Pfadmodulator **506** in dem Sender **500** aufgeprägt wird, amplitudenmoduliert ist, entfernt der nicht-lineare Pfaddemodulator **520** die amplitudenmodulierte Einhüllende durch ein ähnliches, jedoch entgegengesetztes Verfahren. Die entfernte amplitudenmodulierte Einhüllende hat eine Frequenz gleich dem nicht-linearen periodischen Pfadsignal **530**. Ein Phasenregelkreis (nicht gezeigt) kann verwendet werden, um die durch den nicht-linearen periodischen Pfaddemodulator entfernte amplitudenmodulierte Einhüllende mit amplitudenmodulierten Einhüllenden zu synchronisieren, die durch den nicht-linearen periodischen Pfadmodulator **506** hinzugefügt wurde. Irgendein geeigneter Phasenregelkreis kann verwendet werden, wie z. B. ein Detektor, der mit einem regenerativen Oszillator (nicht gezeigt) verbunden ist. Der Informationsdemodulator **522** empfängt das Signal **538** und erzeugt das Signal **540**, das eine Reproduktion des Informationssignals **524** ist.

[0085] Die speziellen Elektroniken, die für die in [Fig. 15](#) dargestellte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden, können sich in Abhängigkeit vom Transmissionsmedium und der Trägerfrequenz der EM-Welle **512** ändern. Zum Beispiel kann das Übertragungsmedium Luft, freier Raum, ein Wellenleiter oder eine optische Faser sein. Wenn die Trägerfrequenz der EM-Welle **512** z. B. in dem Radiofrequenzspektrum liegt, können die Übertragungsmediumkoppler **510** und Übertragungsmediumkoppler **516** Antennen sein, die für diese besondere Trägerfrequenz optimiert sind. Zum Beispiel kann eine passende Antenne, Monopolantennen, Dipolantenne, Wendelantennen und/oder eine phasengesteuerte Antennengruppe etc. aufweisen. Wenn die Trägerfrequenz der EM-Welle **512** zum Beispiel in dem optischen Spektrum liegt (z. B. infrarote Strahlung oder sichtbares Licht) können der Übertragungsmediumkoppler **510** und der Übertragungsmediumkoppler **516** ein faseroptischer Koppler bzw. ein Strahlteiler sein. Die Trägerfrequenzquelle **504** kann ein Laser sein.

[0086] Es ist zu beachten, daß der nicht-lineare periodische Pfad, dem der E-Feldvektor von EM-Wellen, die von Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verwendet werden, irgendein geeigneter Pfad sein kann und er muß nicht auf einem rosettenförmigen Pfad wie in [Fig. 8A](#) und [Fig. 8B](#) dargestellt beschränkt sein. Informationskanäle können gebildet werden solange wie der E-Feldvektor einem nicht-linearen periodischen Pfad mit einer Frequenz folgt, die geringer ist als die Trägerfrequenz der EM-Welle. Zum Beispiel kann in einer weiteren Ausführungs-

form der vorliegenden Erfindung des Endpunkt des E-Feldvektors einem elliptischen Pfad folgen. In weiteren Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung kann der Pfad durch einen pseudozufälligen Sequenzgenerator gebildet werden. Im Wesentlichen wäre irgendein nicht-linearer Pfad, dem sowohl ein Sender als auch ein Empfänger eines Übertragungssystems synchron bei einer Frequenz folgen können, die zwischen der Trägerfrequenz und null liegt, geeignet.

[0087] [Fig. 1](#) zeigt ein Übertragungssystem basierend auf einem einzigen Trägersignal gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Man beachte, daß die Ausführungsform und ihre in Bezug auf [Fig. 1](#) beschriebenen Komponenten analog zu den in [Fig. 15](#) beschriebenen Ausführungsformen ist. Mit anderen Worten stellen [Fig. 1](#) und ihre entsprechende Diskussion eine mögliche Realisierung der gemäß [Fig. 15](#) diskutierten Konzepte dar.

[0088] Das Übertragungssystem weist einen Sender **10** und einen Empfänger **12** auf, die voneinander beabstandet angeordnet sind. Der Sender **10** weist ein Antennensystem mit drei Antennenelementen **14**, **16** und **18**, ein erstes Senderphasensystem **20**, das mit dem Antennenelement **14** verbunden ist, ein zweites Senderphasensystem **22**, das mit dem Antennenelement **16** verbunden ist, ein drittes Senderphasensystem **24**, das mit dem Antennenelement **18** verbunden ist, einen Frequenzteilermodolodividerer **26**, einen Signalteiler **28**, einen Modulator **30** und eine Trägerfrequenzquelle **32** auf.

[0089] Der Modulator **30** empfängt ein Informationssignal **34**, das irgendein geeignetes analoges Signal sein kann, das durch irgendeine geeignete Quelle erzeugt wird, wie z. B. ein Videosignal oder ein Audiosignal, das an den Empfänger **12** (oder irgendeinen anderen geeigneten Empfänger) übertragen werden soll. Obwohl die dargestellte Ausführungsform auf die Übertragung eines analogen Informationssignals **34** gerichtet ist, könnte in anderen Ausführungsformen der Erfindung das Signal im Digitalformat vorliegen. In Anbetracht der Lehren in dieser Patentbeschreibung können sowohl digitale als auch analoge Übertragungssysteme das neue Übertragungsverfahren nutzen.

[0090] Die Trägerfrequenzquelle **32** kann irgendwelche geeigneten Schaltkreise oder Systeme aufweisen, wie z. B. einen herkömmlichen Sinuswellengenerator oder -oszillator zum Bereitstellen eines Trägerfrequenzsignals **36**. Wie in irgendeinem Übertragungssystem sollte das Trägerfrequenzsignal **36** eine Frequenz aufweisen, die seine Modulation mit dem Informationssignal **34** für das gegebene Übertragungsmedium, wie z. B. dem freien Raum der Funkübertragung, erleichtert. Zum Beispiel kann,

wenn das Informationssignal **34** kein herkömmliches Fernsehsignal ist, das unter dem NTSC-Standard, der in den Vereinigten Staaten verwendet wird, 6 MHz Bandbreite aufweist, das Trägerfrequenzsignal **36** irgendeiner der existierenden Fernsehkanäle sein, die von den entsprechenden nationalen Behörden zur Fernsehübertragung vorgesehen sind, welche in den Vereinigten Staaten von ungefähr 54 MHz bis 890 MHz reichen. Für experimentelle Zwecke wählte der Erfinder 795,0 MHz, welches in den Vereinigten Staaten als Kanal **68** definiert ist, als einen Kanal eines experimentellen Fernsehübertragungssystems.

[0091] Ein Fernsehübertragungssystem dieser Ausführungsform der vorliegenden Erfindung für beispielhafte Zwecke verwendend, moduliert der Modulator **30** das Trägerfrequenzsignal **36** mit dem durch das Informationssignal **34** dargestellten Videosignal. Gemäß einem typischen Fernsehmodulationsstandard, wie z. B. dem, der in den Vereinigten Staaten verwendet wird, ist die Modulation eine Amplitudenmodulation (AM). Obwohl eine Fernsehübertragung in dieser Ausführungsform beispielhaft beschrieben wird, kann die vorliegende Erfindung verwendet werden, um irgendeinen Typ von Information in irgendeinem geeignetem Frequenzband gemäß irgendeinem geeignetem Modulationsstandard zu übertragen.

[0092] Der Signalsplitter **28** stellt das Trägersignal **38**, das mit dem Informationssignal **34** moduliert wurde, an jedes der Senderphasensysteme **20**, **22**, und **24** zur Verfügung. Jedes der Senderphasensysteme **20**, **22** und **24** empfängt auch ein Senderdrehfrequenzsignal **40**, das von einem Frequenzteiler mit Modulodividerer **26** erzeugt wird. Der Frequenzteiler mit Modulodividerer **26** dividiert das Trägerfrequenzsignal **36** herunter, so daß ein Senderdrehfrequenzsignal **40** erzeugt wird. Aus Gründen, welche die Erleichterung der Synchronisation der Testeinrichtung in dem oben erwähnten experimentellem Übertragungssystem umfaßt, wählte der Erfinder eine Drehfrequenz von 26,5 MHz oder ein dreißigstel der Trägerfrequenz, um einen Übertragungskanal zu definieren. Daher kann der Frequenzteiler mit Modulodividerer **26** einen geteilt-durch-dreißig-Schaltkreis umfassen. Er kann eine dividierte-durch-zehn Stufe gefolgt von einer dividiert-durch-drei Stufe oder irgendeinen anderen geeigneten frequenzteilenden Schaltkreis aufweisen. Nichtsdestotrotz wurde, obwohl die oben erwähnte Trägerfrequenz ein ganztelliges Vielfaches der oben erwähnten Drehfrequenz ist, diese Beziehung zumindest teilweise gewählt, um das Experimentieren zu erleichtern und ist nicht erforderlich. Obwohl aus Gründen der Klarheit nicht gezeigt, können andere Signalteiler vorgesehen sein, um das Trägerfrequenzsignal **36** effektiver sowohl an den Modulator **30** als auch an den Frequenzteiler mit Modulodividerer **26** zu verteilen und das Senderdrehfrequenzsignal **40** an die Phasensysteme **20**, **22**

und **24** zu verteilen.

[0093] Wie weiter unten beschrieben, hat jedes der Phasensysteme **20**, **22** und **24** eine andere ihm zugeordnete Zeitverzögerung. Jedes der Phasensysteme **20**, **22** und **24** verzögert das Senderdrehfrequenzsignal **40** um eine andere Zeitdauer. Die Zeitverzögerung ist als Reaktion auf die Wellenlänge des Senderdrehfrequenzsignals **40** gewählt. In einer alternativen Ausführungsform mit einer Anzahl N von Phasensystemen verzögert jedes Phasensystem das Senderdrehfrequenzsignal um einen Betrag gleich einem N-tel dieser Wellenlänge.

[0094] Irgendeine geeignete Drehfrequenz zwischen der Trägerfrequenz und null kann gewählt werden, jedoch sollte sie größer sein als die höchste Frequenz des Informationssignals. In der dargestellten Ausführungsform kann das Senderdrehfrequenzsignal **40** eine Frequenz von z. B. 26,5 MHz aufweisen, welche einer Wellenlänge von 11,3 Metern (m) oder einer Periode von 37,7 Nanosekunden (ns) entspricht. Da es drei Senderphasensysteme gibt, kann das erste Senderphasensystem **20** das Senderdrehfrequenzsignal **40** um null Sekunden verzögern. Das zweite Senderphasensystem **20** kann das Senderdrehfrequenzsignal **40** um ein Drittel von 37,7 ns verzögern und das dritte Senderphasensystem **20** kann das Senderdrehfrequenzsignal **40** um zwei Drittel von 37,7 ns verzögern. Allgemeine ausgedrückt verzögert das Senderphasensystem **20** die Phase des Senderdrehfrequenzsignals **40** um null Grad, das Senderphasensystem **22** verzögert die Phase des Senderdrehfrequenzsignals **40** um 120° und das Senderphasensystem **24** verzögert die Phase des Senderdrehfrequenzsignals **40** um 240°.

[0095] Jedes der Senderphasensysteme **20**, **22** und **24** amplitudenmoduliert das Trägersignal **38**, welches wiederum bereits mit dem Informationssignal **34** moduliert ist, mit dem zeitverzögerten Senderdrehfrequenzsignal **40**. [Fig. 3](#) stellt die resultierenden amplitudenmodulierten Trägersignale **42**, **44** und **46** dar, die durch die Senderphasensysteme **20**, **22** bzw. **24** erzeugt wurden. (Für Zwecke der Klarheit ist [Fig. 3](#) nicht maßstäblich und spiegelt daher nicht notwendigerweise genau die relativen Größen der Änderungen in der Trägerfrequenz **48** in Bezug auf die Modulationseinhüllende **50** wieder.) Wenn die gestrichelte Linie **52** gewählt ist um eine null Grad Verzögerung oder Phasenverschiebung darzustellen, dann stellt die gestrichelte Linie **54** eine 120° Phasenverschiebung dar und die gestrichelte Linie **56** stellt eine 240° Phasenverschiebung dar. Die gestrichelten Linien **58** und **60** stellen 180° (π -Radian) bzw. 360° (2π -Radian) dar.

[0096] Es ist zu beachten, daß die auf irgendeinem der amplitudenmodulierten Trägersignale **42**, **44** und **46** übertragende Information nicht in Bezug auf die

auf den anderen amplitudenmodulierten Trägersignalen übertragene Information verzögert ist. Statt dessen ist nur die Modulationseinhüllende **50** jedes amplitudenmodulierten Trägersignals verzögert. Die gleiche Information wird von jedem der amplitudenmodulierten Trägersignale **42**, **44** und **46** zu jedem Zeitpunkt übertragen. Die Vergrößerung **62**, **64** und **66** stellen diese Eigenschaft dar. In einem willkürlich ausgewählten Zeitintervall **68** treten die gleichen Änderungen in der Trägerfrequenz **48** zu dem gleichen Zeitpunkt in jeden der amplitudenmodulierten Trägersignale **42**, **44** und **46** auf.

[0097] Jedes der amplitudenmodulierten Trägersignale **42**, **44** und **46** wird an ein entsprechendes der Antennenelemente **14**, **16** und **18** bereitgestellt. Obwohl detaillierter unten beschrieben, können die Antennenelemente **14**, **16** und **18** Dipolarantennen (oder insbesondere Monopolantennen) sein, die radial in Bezug auf einen Mittelpunkt mit gleichen Winkelabständen voneinander angeordnet sind.

[0098] Wie durch das Polardiagramm aus [Fig. 4](#) dargestellt, in dem die Ausbreitungsachse in der Mitte des Diagramms liegt und senkrecht zu der Ebene und in dem die Zeit durch die Winkelrichtung des Pfeils **70** dargestellt ist, strahlt jedes der Antennenelemente **14**, **16** und **18** eine entsprechende elektromagnetische Welle **72**, **74** und **76** ab. Jede der Wellen **72**, **74** und **76** hat eine Amplitude, die sich als Folge ihrer Anregung durch eines der amplitudenmodulierten Trägersignale **42**, **44** bzw. **46** in einer Kardioid-ähnlichen Weise mit der Zeit ändert. Die übertragene Welle **78**, die von dem Sendeantennensystem abgestrahlt wird, ist die resultierende Summe der Wellen **72**, **74** und **76**. Aus Gründen der Veranschaulichung sind in dem Diagramm aus [Fig. 4](#) die relativen Amplituden der amplitudenmodulierten Trägersignale **42**, **44** und **46** so gewählt, daß sie zu einer Amplitude von eins führen, d.h. einer relativen Amplitude von eins für die übertragene Welle **78**. Das Diagramm stellt dar, daß während die Amplitude und die Ausbreitungsrichtung der übertragenen Welle **78** konstant bleibt, sich ihr elektrischer (E-)Feldvektor mit der Zeit dreht.

[0099] Zurück zu [Fig. 7A](#), hier ist die Modulationseinhüllende **94** analog zu der Modulationseinhüllenden **50** aus [Fig. 3](#). In der Tat hätte in der in [Fig. 1](#) beschriebenen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, bei der drei solche E-Feldkomponenten um jeweils 120° außer Phase sind, die resultierende Welle einen E-Feldvektor, der sich um die Ausbreitungsachse mit einer Drehfrequenz dreht, die geringer ist als die Trägerfrequenz und größer als null, ähnlich dem in [Fig. 7A](#) gezeigten resultierenden E-Feldvektor **96**.

[0100] Obwohl die [Fig. 7A](#) bis B und [Fig. 8A](#) bis B zur Veranschaulichung verwendet werden, um eine

Welle zu beschreiben, die einen E-Feldvektor aufweist, der sich mit einer Drehfrequenz zwischen der Trägerfrequenz und null dreht, könnten die in [Fig. 7A](#) bis B und [Fig. 8A](#) bis B gezeigten Ergebnisse durch eine alternative Ausführungsform erzeugt worden sein, in der das Übertragungssystem nur zwei Phasensysteme und zwei Antennenelemente aufweist. Zum Beispiel könnten zwei gekreuzte Dipole, zum Beispiel ein horizontal ausgerichtetes und der andere vertikal ausgerichtet, in solch einer Ausführungsform vorgesehen sein, obwohl eine 180° Phasenverschiebung in das Drehfrequenzsignal eingefügt werden müßte. [Fig. 8A](#) stellt die relativen Amplituden der E-Feldkomponenten **90** und **92** dar und stellt darüber hinaus die 180° Phasenverschiebungen in einer solchen Ausführungsform mit gekreuztem Dipol dar. Man beachte die Phasenverschiebungen an Punkten **103**, **105** und **107**.

[0101] Wie in [Fig. 2](#) dargestellt, weist jedes der Senderphasensysteme **20**, **22** und **24** einen Phasenschieber **100**, einen Breitbandverstärker **102**, einen Modulator mit Gegentakt-Mischerstufe **104** und einen abstimmbaren Phasenschieber **106** auf. Der Phasenschieber **100** sollte so gewählt sein, daß die oben in Bezug auf die Senderphasensysteme **20**, **22** und **24** beschriebenen Zeitverzögerungen oder Phasenverschiebungen bereitgestellt werden. Der Modulator mit Gegentakt-Mischerstufe **104** ist ein bekannter Typ von Schaltkreis, der manchmal im Stand der Technik als eine Gegentakt-Mischerstufe oder ein Modulator mit Gegentakt-Mischerstufe beschrieben wird, und der irgendeine geeignete Konstruktion aufweisen kann. Der abstimmbare Phasenschieber **106** erleichtert eine genaue Abstimmung der Gesamtverzögerung der drei Senderphasensysteme **20**, **22** und **24** in Vorbereitung auf tatsächliche Übertragungen.

[0102] In alternativen Ausführungsformen der Senderphasensysteme kann der Modulator mit Gegentakt-Mischerstufe z. B. durch einen spannungsabhängigen Abschwächer ersetzt werden, der einen hochgradig linearen Phasenfehler über eine breite Bandbreite aufweist. Der Phasenschieber kann durch eine Verzögerungsleitung oder ähnliche Typen von Komponenten ersetzt werden, die die oben beschriebene Zeit-(oder Phasen-)Verzögerung bereitstellen. Darüber hinaus kann das Senderphasensystem Bandpaßfilter aufweisen und/oder manuell einstellbare Verzögerungsleitungen zum Ausführen von Feinabstimmungen.

[0103] Zurück in [Fig. 1](#) ist der Empfänger **12** strukturell gleich dem Sender **10**. Der Empfänger **12** weist ein Antennensystem mit drei Antennenelementen **110**, **112** und **114** auf, ein erstes Empfängerphasensystem **116**, das mit dem Antennenelement **110** verbunden ist, ein zweites Empfängerphasensystem **118**, das mit dem Antennenelement **112** verbunden ist, ein drittes Empfängerphasensystem **120**, das mit

dem Antennenelement **114** verbunden ist, einen kohärenten Drehfrequenzgenerator **122**, einen Signalkombinierer **124** und einen Informationsdemodulator **126**.

[0104] Das Empfängerantennensystem kann mit dem Senderantennensystem identisch sein. Daher sind in der in [Fig. 1](#) gezeigten Ausführungsform die Antennenelemente **110**, **112** und **114** Dipole (oder genauer Monopole) und radial in Bezug auf einen Mittelpunkt, z. B. mit gleichen Winkelabständen voneinander angeordnet. Wenn die übertragene Welle **78** auf das Empfängerantennensystem auftrifft, erzeugt die Amplitude seiner Komponenten, die längs der Polarisationsachse jedes der Antennenelemente **110**, **112** und **114** orientiert sind, ein entsprechendes Signal **128**, **130** oder **132**. Die Amplituden der Signale **128**, **130** und **132** variieren entsprechend der Drehung des E-Feldvektors und daher entsprechend der durch den Sender **10** aufgeprägten Amplitudenmodulation.

[0105] Der kohärente Drehfrequenzgenerator **122** stellt die Drehfrequenz aus einem der empfangenen amplitudenmodulierten Signale, wie z. B. dem Signal **128**, wieder her. Wie in [Fig. 17](#) dargestellt, stellt der kohärente Drehfrequenzgenerator **122** eine mehrstufige Verstärkung des empfangenen Signals bereit, um die Trägerfrequenz wieder herzustellen. Obwohl das empfangene Signal **128** eine Frequenzkomponente bei der Trägerfrequenz aufweist, ist diese Trägerfrequenzkomponente relativ abgeschwächt. Daher wird das Signal **128** in Stufen über drei Verstärker mit geringem Rauschen **652**, **654** und **656** und zwei Bandpaßfilter **658** und **660**, die zwischen zwei Verstärkern angeordnet sind, verstärkt. Die Bandpaßfilter **658** und **660** sind bei der Trägerfrequenz zentriert, da in der dargestellten Ausführungsform die Trägerfrequenz ein ganzzahliges Vielfaches der Drehfrequenz ist. Ein Frequenzteiler **662** teilt die Frequenz des verstärkten Signals auf, so daß die Drehfrequenz von der Trägerfrequenz wieder hervorgebracht wird. Der Frequenzteiler **662** kann auch eine weitere Verstärkung bereitstellen. Das frequenzgeteilte Signal wird an eine abstimmbare Verzögerung **664** bereitgestellt. Die abstimmbare Verzögerung **664** kann von Hand so eingestellt werden, daß sie das Drehfrequenzsignal in Phase mit den drei empfangenen Signalen bringt. Mit anderen Worten kann die abstimmbare Verzögerung **664** die Phase zwischen dem Sender **10** und dem Empfänger **12** synchronisieren, so daß Kohärenz gebildet wird. Ein Benutzer kann die Verzögerung **664** einstellen während er den Ausgang des Empfängers **12** beobachtet, wie z. B. das wiederhergestellte Informationssignal **138**, bis der Benutzer die empfangene Information zufriedenstellend wahrnehmen kann. Zum Beispiel kann, wenn das wiederhergestellte Informationssignal **138** ein Fernsehsignal ist, der Benutzer es visuell auf einem Videomonitor überwachen oder elektronisch auf einem Oszillo-

skop, während er die Verzögerung **664** so einstellt, daß sie auf das Signal abgestimmt ist. Der Ausgang der abstimmbaren Verzögerung **664** kann an einen Modolofrequenzteiler **666** bereitgestellt werden, der die Frequenz entsprechend dem zu empfangenden Informationskanal weiter hinunterteilt zu der Drehfrequenz.

[0106] Obwohl die Teilung des Trägerfrequenzsignals hinunter zu dem Drehfrequenzsignal in dieser Ausführungsform in zwei Stufen mit Hilfe des Frequenzteilers **662** und des Modolofrequenzteilers **666** erreicht wird, ist es offensichtlich, daß die Frequenz mit Hilfe von weniger Stufen oder mehr Stufen geteilt werden kann, in Abhängigkeit von der Herstellung, Konstruktion oder anderen Konstruktionsüberlegungen. Wenn die Trägerfrequenz zum Beispiel 30 mal die Drehfrequenz beträgt, kann das Teilen mit Hilfe eines Frequenzteilers **662**, der durch zehn teilt, gefolgt von einem Modolofrequenzteiler **666**, der weiterhin durch drei teilt, ökonomischer sein als eine einzige Stufe, die durch 30 teilt, da geteilt-durch-zehn und geteilt-durch-drei Schaltkreise leichter verfügbar sein können als geteilt-durch-30 Schaltkreise.

[0107] In einer weiteren Ausführungsform kann der kohärente Drehfrequenzgenerator durch einen nicht-kohärenten Drehfrequenzgenerator ersetzt werden, der einen Phasenregelkreis (PLL) verwendet (nicht gezeigt). Irgendein geeigneter Phasenregelkreis kann verwendet werden, wie z. B. ein Phasenregelkreisdetektor, der mit einem regenerativen Oszillator (nicht gezeigt) verbunden ist. In einer weiteren Ausführungsform können die Sender- und Empfängerdrehfrequenzquellen, die zur terrestrischen Übertragung verwendet werden, Signale verwenden, die von dem Global Positioning Satellite-(GPS-)System empfangen werden, um ihre Drehfrequenzen zu synchronisieren.

[0108] Die Empfängerphasensysteme **116**, **118** und **120** verzögern das Empfängerdrehfrequenzsignal **134** auf die gleiche Weise wie die Senderphasensysteme **20**, **22** und **24**. Daher verzögert das erste Empfängerphasensystem das Signal **134** um null Grad, das zweite Empfängerphasensystem verzögert das Signal **134** um 120° und das dritte Empfängerphasensystem verzögert das Signal **134** um 240°.

[0109] Jedes der Empfängerphasensysteme **116**, **118** und **120** gated oder erfaßt amplitudenmodulierte Signale **128**, **130** bzw. **132** in Übereinstimmung mit ihrem entsprechenden zeitverzögerten Drehfrequenzsignal **134**. Durch Gaten des Signals auf diese Weise ist jedes Empfängerphasensystem selbst nur für diejenigen amplitudenmodulierten Signale empfindlich, die sowohl in Frequenz als auch in Phase mit ihrem entsprechenden zeitlich verzögerten Drehfrequenzsignal **134** übereinstimmen. Wenn der Signalkombinierer **124** die gegateten Ausgänge des Emp-

fängerphasensystems **116**, **118** und **120** summiert, ist das resultierende modulierte Trägersignal **136** nur mit der Information moduliert. Die durch die Drehfrequenz aufgeprägte Modulation summiert sich auf einen konstanten Wert. Wenn das Gaten in jedem Empfängerphasensystem **116**, **118** und **120** mit dem in jedem der Senderphasensysteme **20**, **22** und **24** übereinstimmt, ist das resultierende modulierte Trägersignal **136** eine Reproduktion des modulierten Trägersignals **38** in dem Sender **10**. Der Demodulator **126** stellt das Informationssignal aus dem modulierten Trägersignal **136** auf die herkömmliche Weise wieder her. Zum Beispiel kann, da die dargestellte Ausführungsform einen herkömmlichen Fernsehträger betrifft, der mit einem Videosignal amplitudenmoduliert ist, der Demodulator **126** ein herkömmlicher Fernsehempfänger sein. Das in dem Empfänger **12** reproduzierte Informationssignal **138** ist daher eine Reproduktion eines Informationssignals **34** in dem Sender **10**.

[0110] Wie in [Fig. 5](#) dargestellt, ist jedes der Empfängerphasensysteme **116**, **118** und **120** gleich dem Senderphasensystem **20**, **22** und **24** konstruiert. Jedes weist einen Verstärker **140** mit geringem Rauschen, einen spannungsabhängigen Abschwächer **142**, ein Breitbandverstärker **144**, ein Bandpaßfilter **146** und einen Phasenschieber **148** auf, die alle leicht kommerziell erhältlich sind. Der Phasenschieber **148** ist so ausgewählt, daß er wie oben in Bezug auf die Empfängerphasensysteme **116**, **118** und **120** beschriebenen, Zeitverzögerungen oder Phasenverschiebungen bereitstellt. Der abstimmbare Phasenschieber **146** erleichtert eine genaue Einstellung so wie in den Senderphasensystemen **20**, **22** und **24**.

[0111] In alternativen Ausführungsformen des Empfängerphasensystems kann der spannungsabhängige Abschwächer zum Beispiel durch einen Modulator mit Gegentakt-Mischerstufe ersetzt werden. Der Phasenschieber kann durch eine Verzögerungsleitung oder ähnlichen Typen von Komponenten ersetzt werden, welche die oben beschriebene Zeit-(oder Phasen-)Verzögerung bereitstellen. Darüber hinaus kann das Senderphasensystem passende Bandpaßfilter aufweisen und/oder manuell einstellbare Verzögerungsleitungen zum Ausführen von Feineinstellungen.

[0112] Wie in [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) dargestellt, weist ein geeignetes Antennensystem, das sowohl in dem Sender **10** als auch in dem Empfänger **12** verwendet werden kann, drei Halbwellendipole (oder genauer Monopole) auf, die aus einer Lage einer gedruckten Schaltkreisplatte gebildet werden, wobei ein herkömmlicher Ätzprozeß verwendet wird. Der erste Dipol weist Elemente **152** und **154** auf. Der zweite Dipol weist Elemente **156** und **158** auf. Der dritte Dipol weist Elemente **160** und **162** auf. Die Elemente **152** bis **162** sind durch Bereiche von Kupfer definiert, wel-

che auf dem Platinensubstrat **164** nach dem Ätzprozeß verbleiben. Der Mittelleiter **166** einer ersten Länge eines Koaxialkabels **168** ist durch ein Loch in der gedruckten Schaltkreisplatte geführt und mit einem Element eines der Dipole verbunden. Der Mittelleiter **170** einer zweiten Länge eines Koaxialkabels **172** ist durch ein Loch in der gedruckten Schaltkreisplatte geführt und an dem anderen Element dieses Dipols festgelötet. Ein Abgleich-zu-Nichtabgleichtransformator oder Symmetrieglied **174** wird verwendet um die Dipole an die Zuführung **176** anzupassen, welches ein Abschnitt eines Koaxialkabels sein kann, das eine auf Masse liegende Schirmung aufweist. Die Schirmungen beider Abschnitte der Koaxialkabel **168** und **172** sind mit dem Mittenanschluß des Symmetriegliedes **174** verbunden. Wenn es als das Antennensystem für den Sender **10** verwendet wird, entspricht jeder Dipol einem der Antennenelemente **14**, **16** und **18** und die Zuführung **176** empfängt das Entsprechende der Signale **42**, **44** und **46**. Wenn es als das Antennensystem **12** verwendet wird, entspricht jeder Dipol einem der Antennenelemente **110**, **112** und **114** und die Zuführung **176** empfängt das entsprechende der Signale **128**, **130** und **132**.

[0113] Wie in [Fig. 18](#) und [Fig. 19](#) dargestellt, weist ein weiteres geeignetes Antennensystem, das sowohl in dem Sender **10** als auch in dem Empfänger **12** verwendet werden kann, drei Monopolelemente **542**, **544** und **546** auf, die z. B. um 120° beabstandet in einem zylindrischen Wellenleiter **548** angeordnet sind, wobei ihre Achsen radial in Bezug auf die Längsachse des Wellenleiters **548** angeordnet sind. Die Elemente **542**, **544** und **546** können durch die Wand des Wellenleiters **548** in isolierenden Hüllen **550**, **552** bzw. **554** befestigt sein oder auf irgendeine andere geeignete Weise. Der Wellenleiter **548** kann ein geeignetes Horn an seinem distalen Ende aufweisen, um die gesendete oder empfangene Welle zu konzentrieren. Koaxialkabelstecker **556**, **558** und **560** koppeln die Elemente **542**, **544** bzw. **546** mit Koaxialkabeln **562**, **564** und **566**.

[0114] Diese Ausführungsform des Antennensystems unterdrückt vorteilhafterweise Moden höherer Ordnung der EM-Wellen, die sich sonst ausbreiten würden und folglich das Ausmaß reduzieren, indem sich die emittierten Wellen in der beabsichtigten Weise überlagern. Wie detailliert oben diskutiert überlagern sich die von den individuellen Antennenelementen emittierten Wellen, die in bestimmten Ausführungsformen der Erfindung jeweils als linear-polarisiert angenommen werden, in dem Nahfeld, so daß eine Welle mit einem sich drehenden E-Feld erzeugt wird. Das in [Fig. 18](#) und [Fig. 19](#) dargestellte Antennensystem reduziert oder unterdrückt das Ausmaß, in dem sich die emittierten Wellen unvollständig überlagern in der beabsichtigten Weise.

[0115] Die Antenne kann auf eine Weise konstruiert

sein, ähnlich einem herkömmlichen zylindrischen Wellenleiter mit einem radial befestigten Element. Zum Beispiel können der Wellenleiter **548** und die Elemente **542**, **544** und **546** aus irgendeinem geeigneten Leiter, wie z. B. Kupfer, Aluminium oder Messing, hergestellt sein. Auch kann der Wellenleiter **548** eine Länge aufweisen, die größer ist als oder gleich einer Wellenlänge der Trägerfrequenz. Die Dimensionen des Wellenleiters **548** und die Längsanordnung der Elemente **542**, **544** und **546** sind so gewählt, daß sie Moden, die höher sind als die Fundamentalmode des zylindrischen Wellenleiters (d.h. die TE₁₁-Mode) unterdrücken. Geeignete Dimensionen, die eine Einmodenausbreitung erreichen, können berechnet werden, wobei bekannte Antennen-Konstruktionsformen als Reaktion auf die ausgewählte Trägerfrequenz verwendet werden. Für die oben erwähnte beispielhafte Trägerfrequenz von 795,0 MHz können solche Berechnungen einen Durchmesser von ungefähr 23,8 cm (9,4 Zoll) ergeben.

[0116] Zusammenfassend wird z. B. gemäß [Fig. 1](#) eine Ausführungsform des Übertragungssystems der vorliegenden Erfindung charakterisiert als Empfänger **12**, der synchron dem rotierenden E-Feldvektor des von dem Sender **10** emittierten Signals folgt.

[0117] Darüber hinaus ist die Erfindung, obwohl die oben dargestellte Ausführungsform auf eine Radiofrequenzübertragung durch den freien Raum gerichtet sein kann, nicht auf dieses Übertragungsmedium beschränkt. In anderen Ausführungsformen kann die Erfindung z. B. Signale mit einem Wellenleiter oder einer optischen Faser übertragen. Daher können obwohl die dargestellten Ausführungsformen ein Senderantennensystem zum Abstrahlen oder Aussenden von elektromagnetischen Radiofrequenzwellen durch den freien Raum umfassen, andere Ausführungsformen, die elektromagnetische Wellen durch andere Medien übertragen, Strahler aufweisen, die geeignet sind zum Abstrahlen von elektromagnetischen Wellen durch diese Medien, wie z. B. optische Strahler zum Einstrahlen von Lichtwellen in Fasermedien. Obwohl die dargestellten Ausführungsformen ein Empfängerantennensystem zum Empfangen der elektromagnetischen Radiofrequenzwellen durch freien Raum aufweisen, können ähnlich andere Ausführungsformen, die elektromagnetische Wellen durch andere Medien übertragen, Empfänger aufweisen, die zum Empfang von elektromagnetischen Wellen durch diese Medien geeignet sind, wie z. B. optische Empfänger für Fasermedien.

[0118] [Fig. 13](#) stellt ein optisches Übertragungssystem dar, das ein einziges Trägersignal gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet. In dem Sender **299** erzeugt ein Laser **300** eine Welle mit einer Trägerfrequenz, die durch einen Strahlteiler **302** läuft, um zwei Wellen **304** und **306** mit der Trägerfrequenz zu erzeugen. Die

Wellen **304** und **306** können linear polarisierte Wellen sein, so wie sie herkömmlicherweise von herkömmlichen Lasern erzeugt werden. Zwei Informationsmodulatoren **308** und **310** modulieren die Wellen **304** und **306** basierend auf einem Informationssignal **312**, so daß informationsmodulierte Wellen **314** bzw. **316** erzeugt werden.

[0119] Die Drehfrequenzquelle **318** liefert Drehsignale **320** und **322**, die beide eine Drehfrequenz zwischen der Trägerfrequenz und null aufweisen, an die optischen Drehmodulatoren **324** und **326**. Die Drehsignale **320** und **322** können durch die optischen Drehmodulatoren **324** und **326** amplitudenmoduliert und in Bezug aufeinander phasenverzögert werden, auf eine Weise ähnlich der für die Drehsignale, wie sie oben in Bezug auf [Fig. 1](#) beschrieben ist. Zum Beispiel kann einer der optischen Drehmodulatoren **324** und **326** eine $\lambda/2$ -Phasenplatte aufweisen, um eine der informationsmodulierten Wellen **314** und **316** phasenzuverzögern, wenn die Wellen **314** und **316** linear polarisiert sind. Optische Drehmodulatoren **324** und **326** modulieren die informationsmodulierten optischen Wellen **314** bzw. **316** mit der Drehfrequenz basierend auf Drehsignalen **320** bzw. **322**, so daß optische Wellen **328** und **330** erzeugt werden.

[0120] Der Koppler **332** kombiniert und überträgt die optischen Wellen **328** und **330** durch die optische Faser **334**. Die Kombination der optischen Wellen **328** und **330** weist einen resultierenden E-Feldvektor auf, der sich um die Ausbreitungsachse mit einer Drehfrequenz dreht, die zwischen der Trägerfrequenz und null liegt.

[0121] An dem Empfänger **335**, der mit der optischen Faser **334** verbunden ist, teilt der Strahlteiler **336** die empfangene Welle in zwei optische Wellen **338** und **340**. Die Drehdemulatoren **342** und **344** empfangen die optischen Wellen **338** bzw. **340**. Die Drehfrequenzquelle **346** liefert ähnlich der Drehfrequenzquelle **318** die Drehsignale **348** und **350** an die Demulatoren **342** bzw. **344**. Die Drehdemulatoren **342** und **344** erzeugen demodulierte optische Wellen **352** und **354** basierend auf den Drehsignalen **348** und **350**. Die optischen Detektoren **356** und **358** wandeln die demodulierten optischen Wellen **352** und **354** in elektronische Signale **360** bzw. **362** um. Der Summierer **364** kombiniert die elektronischen Signale **360** und **362**, um das elektronische Signal **366** zu erzeugen. Der Informationsdemodulator **368** empfängt das elektronische Signal **366**, so daß das Informationssignal **370** erzeugt wird, das eine Reproduktion des Informationssignals **312** ist.

[0122] Der Laser **300** kann so gewählt sein, daß er zur Ausbreitung in der optischen Faser **334** optimiert ist. Zum Beispiel kann der Laser **300** ein mehrschichtiger Aluminium-Gallium-Arsenid-(AlGaAs-) oder ein Indium-Gallium-Arsenid-(InGaAs-)Laser mit verteilter

Rückkopplung (distributed feedback; DFB) sein, der in dem Wellenlängenbereich von 1,3 bis 1,55 μm emittiert. Die optischen Detektoren **356** und **362** können so gewählt sein, daß sie spektral auf den Laser **300** reagieren. Zum Beispiel können die optischen Detektoren **356** und **362** rückwärts-vorgespannte Gallium-Arsenid-(GaAs-)Diodendetektoren sein.

[0123] Die Informationsmodulatoren **308** und **310**, die Drehmodulatoren **324** und **325** und die Drehdemodulatoren **342** und **344** können verschiedenartig ausgestaltet sein, um die Phase und/oder Amplitude der optischen Welle, so wie es erforderlich ist, zu modulieren. Zum Beispiel können die Modulatoren und Demodulatoren elektrooptische Lithiumniobat-(LiNbO₃-)Modulatoren, wie z. B. eine Pockelszelle, sein.

Mehrere Kanäle, die ein einziges Trägersignal verwenden

[0124] In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung können mehrere Senderempfängersysteme über ausgewählte Informationskanäle kommunizieren, wobei jeder Kanal durch eine ausgewählte konstante E-Feld-Winkelgeschwindigkeit definiert ist, die von der aller anderen solchen Kanäle verschieden ist.

[0125] [Fig. 11](#) stellt ein Übertragungssystem dar mit mehreren Sender-/Empfängersystemen, die über ausgewählte Informationskanäle kommunizieren können. Die Sender **178**, **180**, **182** und **184** kommunizieren simultan (d.h. gleichzeitig) mit den Empfängern **186**, **188**, **190** und **192**. (Die Ellipsen ("...") zwischen den Sendern **182** und **184** und zwischen den Empfängern **190** und **192** stellen andere Sender bzw. Empfänger dar, da irgendeine geeignete Anzahl von Sendern und Empfängern simultan (d.h. gleichzeitig) kommunizieren können. Die Gesamtzahl der Sender und Empfänger wäre N.)

[0126] Jeder der Sender **178**, **180**, **182** und **184** besteht aus den Elektroniken des Senders **10**, der oben im Bezug auf [Fig. 1](#) beschrieben wurde, oder den elektrooptischen Komponenten des Senders **299**, der oben in Bezug auf [Fig. 13](#) beschrieben wurde. Die Sender **178**, **180**, **182** und **184** können ein gemeinsames Antennensystem verwenden. Zum Beispiel kann das Antennensystem, wenn die Sender **178**, **180**, **182** und **184** aus Elektroniken des Senders **10** bestehen, eine Dreielementantenne mit Elementen **194**, **196** und **198** sein.

[0127] Jeder der Sender **178**, **180**, **182** und **184** empfängt ein Informationssignal, **200**, **202**, **204** bzw. **206**. Die Informationssignale **200**, **202**, **204** und **206** sind mit dem Trägersignal moduliert, dadurch das ein Modulator (nicht gezeigt) in jedem Sender **178**, **180**, **182** und **184** vorgesehen ist, in dem die Trägersigna-

le durch einen Phasenregelkreis (nicht gezeigt) gekoppelt werden. Als Reaktion auf die Informationssignale **200**, **202**, **204** und **206** erzeugt jeder der Sender **178**, **180**, **182** und **184** drei amplitudenmodulierte Trägersignale (für die Ausführungsform mit einem Dreielement Antennensystem) wie z. B. Signale **42**, **44** und **46**, die oben in Bezug auf [Fig. 1](#) beschrieben wurden. Die amplitudenmodulierten Trägersignale übertragen eine Amplitudenmodulation mit einer Drehfrequenz, die von der, die von den amplitudenmodulierten Trägersignalen übertragen werden, die von allen anderen Sendern **178**, **180**, **182** und **184** erzeugt werden, verschieden ist. Mit anderen Worten arbeitet jeder der Sender **178**, **180**, **182** und **184** bei einer anderen ausgewählten Drehfrequenz, die einzigartig einen Übertragungskanal eindeutig definiert.

[0128] Wie oben in Bezug auf [Fig. 1](#) und für das Beispiel eines Dreielement-Antennensystems beschrieben, ist jedes amplitudenmodulierte Signal, das von einem Sender erzeugt wird, wie z. B. dem Sender **10** in [Fig. 1](#), einer von drei Zeitverzögerungen zugeordnet. Ein erster Kombiniierer **208** kombiniert das amplitudenmodulierte Signal, das von jedem der Sender **178**, **180**, **182** und **184** erzeugt wird, das der ersten Zeitverzögerung zugeordnet ist. Ein zweiter Kombiniierer **210** kombiniert das amplitudenmodulierte Signal, das von jedem der Sender **178**, **180**, **182** und **184** erzeugt wird, das der zweiten Zeitverzögerung zugeordnet ist. Ein dritter Kombiniierer **212** kombiniert das amplitudenmodulierte Signal, das von jedem der Sender **178**, **180**, **182** und **184** erzeugt wird, das der dritten Zeitverzögerung zugeordnet ist. Das Antennenelement **94** empfängt den Ausgang des ersten Kombiniierers **208**. Das Antennenelement **196** empfängt den Ausgang des zweiten Kombiniierers **210**. Das Antennenelement **198** empfängt den Ausgang des dritten Kombiniierers **212**. Das Senderantennensystem überträgt ein Signal **213**, das mehrere kombinierte Übertragungskanäle darstellt, auf die gleiche Weise, wie oben in Bezug auf das in [Fig. 1](#) dargestellte Einkanalsystem beschrieben.

[0129] Jeder der Empfänger **186**, **188**, **190** und **192** besteht aus den Elektroniken des oben in Bezug auf [Fig. 1](#) beschriebenen Empfängers **12** oder den oben in Bezug auf [Fig. 13](#) beschriebenen elektrooptischen Komponenten des Empfängers **335**. Die Empfänger **186**, **188**, **190** und **192** können sich ein gemeinsames Antennensystem teilen, das Element **214**, **216** und **218** aufweist, z. B. eine Dreielementantenne an den Empfängern. Das Empfängerantennensystem empfängt mehrere Übertragungskanäle. Ein erster Teiler **220** teilt das von dem Antennenelement **214** empfangene amplitudenmodulierte Signal in mehrere amplitudenmodulierte Signale, die der ersten Zeitverzögerung zugeordnet sind. Ein zweiter Teiler **222** teilt das von dem Antennenelement **216** empfangene amplitudenmodulierte Signal in mehrere amplitudenmodulierte Signale, die der zweiten Zeitverzögerung zuge-

ordnet sind. Ein dritter Teiler **224** teilt das von dem Antennenelement **218** empfangene amplitudenmodulierte Signal in mehrere amplitudenmodulierte Signale, die der dritten Zeitverzögerung zugeordnet sind. Ein Phasenregelkreis (PLL, nicht gezeigt) koppelt die Phase der Signale, die verwendet werden, um die von den Antennenelementen **214**, **216** und **218** empfangenen amplitudenmodulierten Signale zu demodulieren. Jeder der Empfänger **186**, **188**, **190** und **192** arbeitet bei einer anderen ausgewählten Drehfrequenz, die eindeutig einen der Übertragungskanäle definiert. Empfänger **186**, **188**, **190** und **192** erzeugen die reproduzierten Informationssignale **226**, **228**, **230** und **232** als Reaktion auf die von jedem der Teiler **220**, **222** und **224** bereitgestellten amplitudenmodulierten Signale auf die gleiche oben in Bezug auf [Fig. 1](#) beschriebene Weise, in der der Empfänger **12** ein reproduziertes Informationssignal **138** erzeugt.

[0130] Die Drehfrequenz liefert ein Kanalselektivität, die zusätzlich zu der ist, die durch die Frequenz des Trägersignals bereitgestellt wird. Daher empfängt einer der Empfänger **186**, **188**, **190** und **192**, der auf einen ausgewählten Kanal abgestimmt ist, d.h. der bei einer bestimmten Drehfrequenz arbeitet, im Wesentlichen eine geringere Interferenz von den Übertragungssignalen, die von den Sendern **178**, **180**, **182** und **184** erzeugt wurden, die auf anderen Kanälen, d.h. bei anderen Drehfrequenzen, arbeiten. Die Sender **178**, **180**, **182** und **184** und Empfänger **186**, **188**, **190** und **192** können alle simultan (d.h. gleichzeitig) bei der gleichen Trägerfrequenz arbeiten, dennoch kommuniziert nur einer der Empfänger **186**, **188**, **190** und **192** mit jedem der Sender **178**, **180**, **182** bzw. **184**, da die Drehfrequenz statt der Trägerfrequenz die Kanalselektivität bereitstellt.

[0131] Ein Übertragungssystem mit mehreren Sendern, die ein gemeinsames Senderantennensystem teilen und mehrere Empfänger, die ein gemeinsames Empfängerantennensystem teilen, so wie in [Fig. 11](#) dargestellt, ist ökonomisch, da es die Anzahl von Antennenelementen minimiert. Nichtsdestotrotz würde ein Übertragungssystem, in dem jeder Sender sein eigenes Antennensystem aufweist auf eine äquivalente Weise arbeiten. Zum Beispiel könnte ein System mehrere Sender und Empfänger, wie z. B. Sender **10** und Empfänger **12** in [Fig. 1](#), aufweisen und könnte simultan (d.h. gleichzeitig) über eine entsprechende Mehrzahl von Kanälen kommunizieren. Jeder Sender **10**, der bei einer gegebenen Trägerfrequenz und bei einer Drehfrequenz arbeitet, die von der aller anderen Sender **10** verschieden ist, definiert einen einzigartigen Übertragungskanal. Alle Sender **10** und Empfänger **12** solch eines Systems können simultan (d.h. gleichzeitig) bei der gleichen Trägersignalfrequenz arbeiten, jedoch kommuniziert nur einer der Empfänger **12** mit jedem der Sender **10**.

[0132] In den offenbarten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, welche ein einziges Trägersignal verwenden, sollten den Kanälen eine passende Bandbreite in der Domäne der Drehfrequenz zugeordnet sein, um die Information effektiv zu übertragen. Mit anderen Worten sollte die Drehfrequenz jedes Kanals für eine gegebene Trägerfrequenz ausreichend von der Drehfrequenz benachbarter Kanäle mit der gleichen (oder mit nahezu der gleichen) Trägerfrequenz beabstandet sein, so daß die Kanäle nicht überlappen. Zum Beispiel kann ein Informationssignal mit einer 6 MHz-Bandbreite durch ein Signal in der Drehfrequenzdomäne dargestellt werden, welches eine 6 MHz-Bandbreite aufweist. Jede nicht-lineare Pfadfrequenzquelle, die einen anderen Kanal definiert, sollte so gewählt sein, daß sie die entsprechenden Signale in der Drehfrequenzdomäne voneinander trennt, um ein Überlappen zu vermeiden.

[0133] Im Allgemeinen kann die EM-Welle (z. B. EM-Welle **78** in [Fig. 1](#) oder EM-Welle **512** in [Fig. 15](#)) einen E-Feldvektor aufweisen, der sich um die Ausbreitungsachse mit einer Drehfrequenz dreht, die geringer ist als die Trägerfrequenz und größer als null. Insbesondere sollte jedoch die Drehfrequenz so gewählt sein, daß sie ausreichend geringer ist als die Trägerfrequenz und größer als null, um eine Erfassung durch den Empfänger zu ermöglichen, ohne daß zumindest ein Teil der Information nicht wiederzugewinnen ist. Ein Teil der Information kann sonst nicht wiederzugewinnen sein, wenn die Drehfrequenz so gewählt ist, daß die Frequenzen bestimmter Informationsfrequenzkomponenten die Trägerfrequenz übersteigt oder unter null fällt.

[0134] Wenn bestimmte Frequenzkomponenten der Information z. B. die Trägerfrequenz übersteigen, werden diese Frequenzkomponenten der Information von dem Empfänger als invertiert bei Rotationsfrequenzen, die geringer sind als die Trägerfrequenz, erfaßt. Diese invertierten Drehfrequenzkomponenten löschen die nicht-invertierten Drehfrequenzkomponenten aus, wodurch bewirkt wird, daß ein Teil der Information nicht wiederzugewinnen ist. Zum Beispiel wird eine Drehfrequenzkomponente, welche die Trägerfrequenz um 10 MHz übersteigt, invertiert und durch die Drehfrequenzkomponente bei der Trägerfrequenz minus 10 MHz durch den Empfänger ausgelöscht.

[0135] Die Frequenzkomponenten der Information entsprechen der Bandbreite der Information und der Weise, auf die die Information der EM-Welle übertragen wird. Die Information kann auf der EM-Welle (z. B. EM-Welle **78** in [Fig. 1](#) oder EM-Welle **512** in [Fig. 15](#)) entweder in der Frequenzdomäne und/oder der Drehdomäne übertragen werden. Mit anderen Worten kann die Information auf der EM-Welle durch Modulieren des Trägerfrequenzsignals (z. B. durch

Verwenden einer Amplitudenmodulation, einer Frequenzmodulation oder einer Phasenmodulation) und/oder durch Modulieren des Drehfrequenzsignals (bei der z. B. eine Frequenzmodulation oder eine Phasenmodulation verwendet wird) übertragen werden.

[0136] Zum Beispiel ist, wenn die Information nur auf dem Trägerfrequenzsignal amplitudenmoduliert ist, die Frequenzbandbreite der EM-Welle ungefähr gleich der Bandbreite der Information. In diesem Fall sollte die Drehfrequenz der EM-Welle um die Hälfte der Informationsbandbreite geringer sein als die Trägerfrequenz und um die Hälfte der Informationsbandbreite größer als null. Zum Beispiel sollte, wenn die Informationsbandbreite 6 MHz beträgt, die kleinstmögliche Drehfrequenz größer sein als die Hälfte der Bandbreite, um ausreichenden Raum über null für den Kanal bereitzustellen (z. B. 3 MHz für ein Informationssignal mit 6 MHz Bandbreite) und die höchste mögliche Drehfrequenz sollte mindestens eine halbe Bandbreite unterhalb der Trägerfrequenz liegen (z. B. 3 MHz für ein Informationssignal mit 6 MHz Bandbreite).

Übertragungssysteme basierend auf zwei Trägersignalen

[0137] [Fig. 16](#) ist ein Blockdiagramm eines Übertragungssystems, welches zwei verschiedene Trägersignale gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet. In [Fig. 16](#) weist ein Sender **600** zwei differentielle Trägerfrequenzquellen **602** und **604** auf, zwei Informationsmodulatoren **606** und **608** und zwei Übertragungsmediumkoppler **610** und **612**. Der Sender **600** sendet eine EM-Welle **614** durch ein Übertragungsmedium (nicht gezeigt) an einen Empfänger **616**. Der Empfänger **616** weist zwei Übertragungsmediumkoppler **618** und **620**, zwei Filter **622** und **624**, einen Summierer **626** und einen Informationsdemodulator **628** auf.

[0138] Der Informationsmodulator **606** empfängt ein Informationssignal **630** und ein oberes differentielles Trägerfrequenzsignal **632** von der differentiellen Trägerfrequenzquelle **602**, so daß das Signal **636** erzeugt wird. Ähnlich empfängt der Informationsmodulator **608** das Informationssignal **630** und das untere differentielle Trägerfrequenzsignal **634** von der differentiellen Trägerfrequenzquelle **604**, so daß das Signal **638** erzeugt wird. Das Informationssignal **630** kann irgendein geeignetes analoges Signal sein, das von irgendeiner geeigneten Quelle erzeugt wurde, wie z. B. ein Videosignal oder ein Audiosignal, das an den Empfänger **616** (oder einen anderen geeigneten Empfänger) übertragen werden soll. Ähnlich kann das Informationssignal **630** in einem digitalen Format vorliegen.

[0139] Die differentiellen Trägerfrequenzquellen

602 und **604** können irgendwelche geeigneten Schaltkreise und Systeme, wie z. B. einen herkömmlichen Sinuswellengenerator oder -Oszillator aufweisen, zum Bereitstellen von Trägersignalen **632** bzw. **634**. Die Trägersignale **632** und **634** sollten eine Frequenz aufweisen, die ihre Modulation mit dem Informationssignal **630** für das gegebene Übertragungsmedium ermöglicht.

[0140] Die Übertragungsmediumkoppler **610** und **612** empfangen Signale **636** bzw. **638**, so daß zwei EM-Wellen erzeugt werden, deren Superposition die EM-Welle **614** ist. Die von dem Übertragungsmediumkoppler **610** gesendete EM-Welle hat einen E-Feldvektor-Endpunkt, der einem nicht-linearen periodischen Pfad folgt. Die von dem Übertragungsmediumkoppler **612** gesendete EM-Welle hat einen E-Feldvektor-Endpunkt, der dem gleichen nicht-linearen periodischen Pfad folgt, jedoch in der entgegengesetzten Richtung. Zum Beispiel kann der Koppler **610** eine EM-Welle senden, die bei einer Trägerfrequenz links zirkular polarisiert ist, der Welle senden, die bei einer Trägerfrequenz links zirkular polarisiert ist, der Koppler **612** kann eine EM-Welle senden, die bei einer anderen Trägerfrequenz rechts zirkular polarisiert ist.

[0141] Der Empfänger **616** empfängt eine EM-Welle **614** mit den Übertragungsmediumkopplern **618** und **620**. Der Übertragungsmediumkoppler **618** empfängt die EM-Welle **614**, so daß ein Signal **640** erzeugt wird, welches der von dem Übertragungsmediumkoppler **610** gesendeten EM-Welle entspricht. Der Übertragungsmediumkoppler **620** empfängt die EM-Welle **614**, was ein Signal **642** erzeugt wird, welches der von dem Übertragungsmediumkoppler **612** gesendeten EM-Welle entspricht.

[0142] Die Filter **622** und **624** empfangen Signale **640** bzw. **642** und erzeugen Signale **644** bzw. **646**. Die Filter **622** und **624** können Kerbfilter sein und Impedanzanpassungsschaltkreise, die ein Übersprechen der Signale verhindern. Die Filter **622** und **624** können eine spektrale Bandbreite aufweisen, die passend für die Signale **640** bzw. **642** ist, zentriert um die Trägerfrequenzen der differentiellen Trägerfrequenzquellen **602** bzw. **604**.

[0143] Der Summierer **626** summiert die Signale **644** und **646**, um das Signal **648** zu erzeugen. Das Signal **648** enthält Information bei einer neuen Trägerfrequenz, die das Mittel der oberen differentiellen Trägerfrequenz und der unteren differentiellen Trägerfrequenz ist. Die Information ist nicht mehr in den oberen und unteren differentiellen Trägerfrequenzen vorhanden. Mit anderen Worten besteht ein Informationskanal auf eine analoge Weise zu den oben diskutierten Übertragungssystemen, die auf einem einzigen Trägersignal basieren, wobei die Information auf einer neuen Trägerfrequenz übertragen wird, die

das Mittel der oberen und unteren differentiellen Trägerfrequenzen ist und der E-Feldvektor folgt einem nicht-linearen periodischen Pfad mit einer Frequenz gleich der Hälfte der Differenz der oberen und unteren differentiellen Trägerfrequenzen. Der E-Feldvektor kann einem nicht-linearen periodischen Pfad um die Ausbreitungsachse mit irgendeiner geeigneten Frequenz zwischen der neuen Trägerfrequenz und null folgen, jedoch sollte die Frequenz des um die Ausbreitungsachse umlaufenden Pfades größer sein als die höchste Frequenz des Informationssignals.

[0144] Der Übertragungsmediumkoppler, der von dem differentiellen Trägerfrequenzsignal mit der höheren der beiden differentiellen Trägerfrequenzen getrieben wird, gibt die Richtung vor, in welcher der E-Feldvektor den nicht-linearen periodischen Pfad durchläuft. Zum Beispiel dreht sich in einer Ausführungsform, in der Übertragungsmediumkoppler **310** eine EM-Welle emittiert, die einen E-Feldvektor aufweist, der sich um die Ausbreitungsachse in eine Richtung im Uhrzeigersinn dreht, und in der Übertragungsmediumkoppler **612** eine EM-Welle emittiert mit einem E-Feldvektor, der sich um die Ausbreitungsachse in eine Richtung entgegen dem Uhrzeigersinn dreht, der E-Feldvektor der resultierenden EM-Welle **614** um die Ausbreitungsachse in einer Richtung im Uhrzeigersinn, wenn die differentielle Trägerfrequenzquelle **602** eine höhere Frequenz erzeugt als die differentielle Trägerfrequenzquelle **604** und er dreht sich um die Ausbreitungsachse in einer dem Uhrzeigersinn entgegengesetzten Richtung wenn die differentielle Trägerfrequenzquelle **604** eine höhere Frequenz erzeugt als die differentielle Trägerfrequenzquelle **602**.

[0145] Der Informationsdemodulator **628** empfängt das Signal **648** und erzeugt das Signal **650**, welches eine Reproduktion des Informationssignals **630** ist. Der Informationsdemodulator **628** demoduliert das Signal **648** basierend auf der neuen Trägerfrequenz, welche das Mittel der oberen und unteren differentiellen Trägerfrequenzen ist. Der Informationsdemodulator **628** kann z. B. ein herkömmlicher AM-Empfänger sein.

[0146] Die genauen Elektroniken, die für die in [Fig. 16](#) dargestellte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung verwendet werden, kann sich in Abhängigkeit von dem Übertragungsmedium und den Trägerfrequenzen der EM-Welle **614** ändern. Zum Beispiel kann das Übertragungsmedium freier Raum, ein Wellenleiter oder eine optische Faser sein. Wenn die Trägerfrequenzen der EM-Welle **614** in dem Radiofrequenzspektrum liegen, können z. B. die Übertragungsmediumkoppler **610** und **612** und die Übertragungsmediumkoppler **618** und **620** Antennen sein, die für diese Trägerfrequenzen optimiert sind. Zum Beispiel kann eine passende Antenne Monopolantennen, Dipolantennen, helixförmige Antennen

und/oder eine phasengesteuerte Antennengruppe etc. sein. Wenn die Trägerfrequenzen der EM-Welle **614** in dem optischen Spektrum liegen (z. B. infrarote Strahlung oder sichtbares Licht) können die Übertragungsmediumkoppler **610** und **612** zum Beispiel faseroptische Koppler sein, die Übertragungsmediumkoppler **618** und **620** und der Summierer **626** können ein optischer Detektor sein und die differentiellen Trägerfrequenzquellen **602** und **604** können Laser sein, die jeweils eine Welle erzeugen, welche einen E-Feldvektor aufweist, der sich in entgegengesetzten Richtungen dreht.

[0147] [Fig. 12](#) zeigt ein Übertragungssystem basierend auf zwei unterschiedlichen Trägersignalen gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Das Übertragungssystem weist einen Sender **234** und einen Empfänger **236** auf. Der Sender **234** weist ein zweifaches wendelförmiges Richtantennensystem mit zwei wendelförmigen Antennenelementen **238** und **240** auf. Der Sender **234** weist darüber hinaus Sendeelektroniken mit einer unteren differentiellen Trägerfrequenzquelle **242**, einer oberen differentiellen Trägerfrequenzquelle **244**, zwei Amplitudenmodulatoren **246** und **248**, zwei Verstärkern **250** und **252** und zwei Kerbfiltern und Impedanzanpassungsschaltkreisen **254** und **256** auf.

[0148] Die Modulatoren **246** und **248** empfangen jeder ein Informationssignal **258**, das z. B. irgendein geeignetes analoges Signal sein kann, das durch irgendeine geeignete Quelle erzeugt wurde, wie z. B. ein Videosignal oder ein Audiosignal, das dafür vorgesehen ist, an den Empfänger **236** (oder einen anderen geeigneten Empfänger) übertragen zu werden. Daher kann die Quelle z. B. die eines herkömmlichen NTSC-Fernsehsignals sein, der eine 6 MHz Bandbreite aufweist. Die obere differentielle Trägerfrequenzquelle **244** erzeugt ein oberes differentielles Signal **260** mit einer oberen differentiellen Trägerfrequenz, die gleich der vorbestimmten Trägerfrequenz plus der vorbestimmten Drehfrequenz ist. Die untere differentielle Trägerfrequenzquelle **242** erzeugt ein unteres differentielles Signal **262** mit einer unteren differentiellen Trägerfrequenz, die gleich der vorbestimmten Trägerfrequenz minus der vorbestimmten Drehfrequenz ist. Die Frequenzquellen **242** und **244** können irgendwelche geeigneten Schaltkreise oder Systeme aufweisen, wie z. B. einen herkömmlichen Sinuswellengenerator oder -oszillator.

[0149] Das modulierte untere differentielle Signal **264** ist über den Verstärker **250** mit dem Antennenelement **238** verbunden. Das modulierte obere differentielle Signal **266** ist über einen Verstärker **252** mit dem Antennenelement **240** verbunden. Die Verstärker **250** und **252** sollten eine Bandbreite von mindestens 6 MHz aufweisen, wenn das Informationssignal **258** ein herkömmliches NTSC-Fernsehsignal ist. Die wendelförmigen Antennenelemente **238** und **240**

können entgegengesetzte Drehungen aufweisen und sie können im Allgemeinen coaxial entlang einer zentralen Trägerstruktur **268** angeordnet sein. Zum Beispiel kann das Antennenelement **238** eine rechtshändige Drehung aufweisen und das Antennenelement **240** kann eine linkshändige Drehung aufweisen. Daher strahlt das Antennenelement **238** eine rechtszirkular polarisierte Welle ab und das Antennenelement **240** strahlt eine linkszirkular polarisierte Welle ab. Ein Reflektor **270** (in [Fig. 12](#) aus Gründen der Klarheit im Querschnitt gezeigt) ist am proximalen Ende des Antennensystems angeordnet.

[0150] Die resultierende übertragene elektromagnetische Welle **272**, die von dem Antennensystem abgestrahlt wird, hat gleiche Eigenschaften wie das oben in Bezug auf die in [Fig. 1](#) dargestellte Ausführungsform beschriebene Signal **78**. Mit anderen Worten hat die resultierende übertragene Welle **272** einen E-Feldvektor, der sich um die Ausbreitungsachse mit einer Frequenz dreht, die geringer ist als das Mittel der oberen differentiellen Trägerfrequenz und der unteren differentiellen Trägerfrequenz. In einer Ausführungsform, in der das wendelförmige Antennenelement **240** eine EM-Welle mit einem E-Feldvektor emittiert, der sich um die Ausbreitungsachse in einer Richtung im Uhrzeigersinn dreht und das wendelförmige Antennenelement **238** eine EM-Welle mit einem E-Feldvektor erzeugt, der sich um die Ausbreitungsachse in einer Richtung entgegen dem Uhrzeigersinn dreht, dreht sich der E-Feldvektor der Welle **272** um die Ausbreitungsachse in einer Richtung im Uhrzeigersinn, da die obere differentielle Trägerfrequenzquelle **244** eine höhere Frequenz erzeugt als die untere differentielle Trägerfrequenzquelle **242**. In einer Ausführungsform, in der das wendelförmige Antennenelement **240** eine EM-Welle mit einem E-Feldvektor erzeugt, der sich um die Ausbreitungsachse in einer Richtung entgegen dem Uhrzeigersinn dreht und das wendelförmige Antennenelement **238** eine EM-Welle mit einem E-Feldvektor erzeugt, der sich um die Ausbreitungsachse in einer Richtung im Uhrzeigersinn dreht, dreht sich der E-Feldvektor der Welle **272** um die Ausbreitungsachse in einer Richtung entgegen dem Uhrzeigersinn, da die obere differentielle Trägerfrequenzquelle **244** eine höhere Frequenz erzeugt als die untere differentielle Trägerfrequenzquelle **242**.

[0151] Die Kerbfilter- und Impedanzanpassungsschaltkreise **254** und **256** verhindern ein Übersprechen der Signale. Der Schaltkreis **254** hat eine 6 MHz-Kerbe, die bei der Frequenz der oberen differentiellen Trägerfrequenz zentriert ist und daher nur Signale um die untere differentielle Trägerfrequenz herum hindurchläßt. Ähnlich weist der Schaltkreis **256** eine 6 MHz-Kerbe auf, die bei der Frequenz der unteren differentiellen Trägerfrequenz zentriert ist und daher nur Signale um die obere differentielle Trägerfrequenz herum durchläßt. Die Schaltkreise **254**

und **256** können auch geeignete Impedanzanpassungsschaltkreise, wie z. B. Symmetrieschaltungen, aufweisen.

[0152] Der Betrieb des Senders **234** kann verstanden werden durch Vergleichen des Übertragungssystems basierend auf zwei verschiedenen Trägersignalen mit dem Übertragungssystem basierend auf einem einzigen Trägersignal. In dem System basierend auf einem einzigen Trägersignal dreht sich der E-Feldvektor der sich ausbreitenden resultierenden Welle. Die resultierende Welle erzeugt keine Seitenbänder obwohl Seitenbänder vorhanden wären, wenn nur eine Komponente der Welle, die von einem gegebenen Antennenelement erzeugt wird, betrachtet wird. Seitenbänder werden in der resultierenden Welle aufgrund der Überlagerung der abgestrahlten Wellenkomponenten von den anderen Antennenelementen des Antennensystems unterdrückt.

[0153] In dem System basierend auf zwei unterschiedlichen Trägerfrequenzen wird eine EM-Welle, die eine differentielle Trägerfrequenz aufweist und die einen E-Feldvektor aufweist, der sich um die Ausbreitungsachse dreht, übertragen. Eine andere EM-Welle mit der anderen differentiellen Trägerfrequenz und mit einem E-Feldvektor, der sich um die Ausbreitungsachse in der entgegengesetzten Richtung dreht, wird übertragen. Diese Wellen überlagern sich, um eine resultierende Welle mit einer neuen Trägerfrequenz zu erzeugen: Wellen, welche eine der beiden unterschiedlichen Trägerfrequenzen aufweisen, sind nicht in der empfangenden resultierenden Welle vorhanden. Wellen, die beide differentiellen Trägerfrequenzen aufweisen, werden in der resultierenden Welle unterdrückt aufgrund der Überlagerung der zwei übertragenen Wellen, die jede ihre eigene Trägerfrequenz aufweisen und ihren eigenen E-Feldvektor, der sich um die Ausbreitungsachse in entgegengesetzter Richtung dreht.

[0154] In einer Ausführungsform der Erfindung ist das Antennensystem vom coaxialen wendelförmigen Typ. Die coaxialen wendelförmigen Antennenelemente der in [Fig. 12](#) dargestellten alternativen Ausführungsform bewirken, daß die Wellen, welche die zwei differentiellen Trägerfrequenzen aufweisen, sich gegenseitig bei der Überlagerung auslöschen. In dieser alternativen Ausführungsform werden diese Wellen direkt durch Treiben eines wendelförmigen Antennenelements mit der oberen differentiellen Trägerfrequenz und des anderen wendelförmigen Antennenelements mit der unteren differentiellen Trägerfrequenz erzeugt. Das wendelförmige Antennenelement **240** strahlt eine Welle mit einem E-Feldvektor ab, der sich mit einer Frequenz gleich der unteren differentiellen Trägerfrequenz um die Ausbreitungsachse dreht. Das wendelförmige Antennenelement **238** strahlt eine Welle ab mit einem E-Feldvektor, der sich mit einer Frequenz gleich der oberen differentiellen

Trägerfrequenz um die Ausbreitungsachse in der entgegengesetzten Richtung dreht.

[0155] Die Antennenelemente **238** und **240** müssen nicht exakt coaxial sein, solange wie das empfangende Antennensystem im Fernfeld der Antennenelemente **238** und **240** angeordnet ist. Daher könnten sie in vielen Übertragungssystemen nebeneinander angeordnet sein. Wenn der Abstand zwischen Sender und Empfänger groß ist, wie z. B. der Abstand zwischen einem Satelliten und einer Bodenstation könnten die Antennenelemente **280** und **240** wahrscheinlich mehrere Meter voneinander beabstandet sein ohne signifikant die Systemleistungsfähigkeit zu verringern. Die optimale physikalische Konstruktion des doppelten Wendelantennensystems hängt daher von verschiedenen Antennenkonstruktionsfaktoren in Anbetracht der beabsichtigten Verwendung des Übertragungssystems ab.

[0156] Der Empfänger **286** ist strukturell dem Sender **234** ähnlich. Der Empfänger **236** weist ein doppeltes wendelförmiges Antennensystem auf, das zwei wendelförmige Antennenelemente **274** und **276** mit entgegengesetzten Drehungen, die coaxial auf einer Trägerstruktur **277** befestigt sind, aufweist. Ein Reflektor **278** (in [Fig. 12](#) aus Gründen der Klarheit im Querschnitt gezeigt) ist an dem proximalen Ende des Antennensystems befestigt. Der Empfänger **236** weist darüber hinaus Empfängerelektroniken mit einem unteren differentiellen Trägerfrequenzfilter **280**, einem oberen differentiellen Trägerfrequenzfilter **282**, einem Summierschaltkreis **284**, einem Amplitudenmodulationserfassungsschaltkreis **286** und zwei Kerbfilter- und Impedanzanpassungsschaltkreisen **288** und **290** auf. Das untere differentielle Trägerfrequenzfilter **280** hat einen Bandpaß, der bei der Frequenz der unteren differentiellen Frequenz zentriert ist, und das obere differentielle Trägerfrequenzfilter **282** hat einen Bandpaß, der bei der Frequenz der oberen differentiellen Trägerfrequenz zentriert ist. Die Kerbfilter- und Impedanzanpassungsschaltkreise **288** und **290** können mit den Schaltkreisen **254** und **256** identisch sein. Der Schaltkreis **288** hat eine 6 MHz Kerbe, die bei der Frequenz der unteren differentiellen Trägerfrequenz zentriert ist und daher nur das obere differentielle Signal durchläßt. Ähnlich weist der Schaltkreis **290** eine 6 MHz Kerbe auf, die bei der Frequenz der oberen differentiellen Trägerfrequenz zentriert ist und daher nur das untere differentielle Signal durchläßt. Der Amplitudenmodulationsdetektorschaltkreis **286** kann eine herkömmliche Konstruktion aufweisen und kann daher Verstärker, Detektoren, einen Lokoszillator, eine automatische Verstärkungssteuerung und irgendwelche weiteren Schaltkreise, die aus dem Stand der Technik bekannt sind und die im Allgemeinen in Amplitudenmodulationsfunkempfängern vorhanden sind. Der Amplitudenmodulationsdetektorschaltkreis **286** sollte so abgestimmt sein, daß er ein Signal bei der neuen

Trägerfrequenz empfängt, d.h. dem Mittel der oberen und unteren differentiellen Trägerfrequenzen.

[0157] Das untere differentielle Trägerfrequenzfilter **280** ist mit dem Antennenelement **274** verbunden und das obere differentielle Trägerfrequenzfilter **282** ist mit dem Antennenelement **276** verbunden. Die Eingänge des Summierschaltkreises **284** sind mit den Ausgängen der Filter **280** und **282** verbunden. Der Summierschaltkreis **284** empfängt ein unteres differentielles Signal **292**, das von einem Filter **280** erzeugt wurde und ein oberes differentielles Signal **294**, das von einem Filter **282** erzeugt wurde. Die Empfängerelektroniken arbeiten auf eine Weise, die im Wesentlichen invers zu den Senderelektroniken ist. Wie oben in Bezug auf den Sender **234** beschrieben, bildet die Summe der oberen und unteren differentiellen Signale den Träger. Die oberen und unteren differentiellen Signale heben sich gegenseitig auf. Der Amplitudenmodulationsdetektorschaltkreis **286** stellt ein reproduziertes Informationssignal **298** dar, welches dem Informationssignal **258** entspricht.

[0158] [Fig. 14](#) stellt ein optisches Übertragungssystem dar, das zwei verschiedene Trägerfrequenzen gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung verwendet. In dem Sender **700** erzeugen Laser **702** und **704** optische Wellen **706** bzw. **708** bei zwei verschiedenen Trägerfrequenzen f_1 bzw. f_2 (oder Wellenlängen λ_1 und λ_2). Die Modulatoren **710** und **712** modulieren die Wellen **706** bzw. **708** mit einem Informationssignal **701**, so daß Wellen **714** bzw. **716** erzeugt werden. Der Modulator **710** und/oder **712** kann die Phase und die Amplitude der Wellen **706** und/oder **708** modifizieren, so daß sich die E-Feldvektoren der Wellen in entgegengesetzten Richtungen drehen. Zum Beispiel können, wenn die optischen Wellen **714** und **716** linear polarisierte Wellen sind, die Modulatoren **710** und **712** jeder eine $\lambda/4$ -Platte aufweisen, um die linear polarisierten Wellen in zirkular polarisierte Wellen mit entgegengesetzten Drehrichtungen umzuwandeln. Alternativ können die Laser **702** und **704** so eingerichtet sein, daß sie Wellen **706** bzw. **708** erzeugen, mit E-Feldvektoren, die sich in entgegengesetzten Richtungen drehen. In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die Welle **706** in einer Richtung zirkular polarisiert und die Welle **708** ist in der entgegengesetzten Richtung zirkular polarisiert. Der Koppler **718** kombiniert die Wellen **714** und **716**, so daß eine überlagerte Welle erzeugt wird, die über die optische Faser **720** gesendet wird.

[0159] Der Empfänger **722** weist einen optischen Detektor **724** auf, der das überlagerte optische Signal von der optischen Faser **720** empfängt und einen Informationsdemodulator **728**. Der optische Detektor **724** empfängt die Wellen **734** und **736**, so daß das Signal **728** erzeugt wird. Der optische Detektor **724** ist so optimiert, daß er die Mittenwellenlängen λ_1 und λ_2

empfängt und aufgrund einer inhärenten spektralen Antwort eines optischen Detektors effektiv als ein spektrales Filter wirkt. Der Informationsdemodulator **728** empfängt das Signal **728**, so daß ein Signal **730** erzeugt wird, das die Reproduktion des Informationssignals **701** ist.

[0160] Die von dem optischen Detektor **724** erfaßte Trägerwellenlänge ist das Mittel der Trägerwellenlängen λ_1 und λ_2 . Die von dem optischen Detektor **724** erfaßte überlagerte Welle weist einen E-Feldvektor auf, der sich mit einer Winkelgeschwindigkeit gleich der Hälfte der Differenz der Trägerwellenlängen λ_1 und λ_2 dreht. Für den Fall, in dem sich die Welle **706** im Uhrzeigersinn dreht und sich die Welle **708** entgegen dem Uhrzeigersinn dreht, wenn λ_1 kürzer ist als λ_2 , läuft der E-Feldvektor der überlagerten Welle im Uhrzeigersinn, wenn λ_1 länger ist als λ_2 ist, läuft der E-Feldvektor der überlagerten Welle entgegen dem Uhrzeigersinn.

[0161] Die Laser **702** und **704** können so gewählt sein, daß sie für die Ausbreitung in einer optischen Fase **334** optimiert sind. Zum Beispiel können die Laser **702** und **704** mehrschichtige Aluminium-Gallium-Arsenid-(AlGaAs-) oder Indium-Gallium-Arsenid-(InGaAs-)Laser mit verteilter Rückkopplung (distributed feedback; DFB) in dem Wellenlängenbereich 1,3 bis 1,55 μm sein. Der optische Detektor **724** kann so gewählt sein, daß er spektral auf die Laser **702** und **704** reagiert. Zum Beispiel können die optischen Detektoren **738** und **740** rückwärts vorgespannte Gallium-Arsenid-(GaAs-)Diodendetektoren sein.

[0162] Die Modulatoren **710** und **712** können verschiedenartig eingerichtet sein, um die Phase und/oder Amplitude der optischen Welle, so wie erforderlich zu modulieren. Zum Beispiel können die Modulatoren **710** und **712** elektrooptische Lithium-Niobat-(LiNbO₃-)Modulatoren, wie z. B. Pockelszellen, sein.

Mehrere Kanäle, die zwei Trägersignale verwenden

[0163] Wieder gemäß [Fig. 12](#) kann das Übertragungssystem mehrere Sender **234** und Empfänger **236** aufweisen, die simultan (d.h. gleichzeitig) über eine entsprechende Mehrzahl von Kanälen miteinander kommunizieren. Alle Sender **234** und Empfänger **236** eines solchen Systems können simultan (d.h. gleichzeitig) arbeiten, wobei jedoch nur einer der Empfänger **236** mit jedem Sender **234** kommuniziert. Die Drehfrequenz stellt die Kanalselektivität bereit. Jeder Sender **234** und Empfänger **236** arbeitet bei einer ausgewählten Drehfrequenz. In Bezug auf den Sender **234** ist die untere differentielle Trägerfrequenzquelle **242** auf eine Frequenz der Trägerfrequenz minus der ausgewählten Trägerfrequenz eingestellt und die obere differentielle Trägerfrequenzquelle **244** ist auf eine Frequenz der Trägerfrequenz

plus die ausgewählte Drehfrequenz eingestellt. In Bezug auf den Empfänger **236** ist das untere differentielle Trägerfrequenzfilter **280** auf eine Frequenz der Trägerfrequenz minus der ausgewählten Drehfrequenz eingestellt und das obere differentielle Trägerfrequenzfilter **282** ist auf eine Frequenz der Trägerfrequenz plus die ausgewählte Drehfrequenz eingestellt. Die neue Trägerfrequenz der resultierenden übertragenen Welle **242** ist das Mittel der oberen und unteren differentiellen Trägerfrequenzen. In einer Ausführungsform, in der das wendelförmige Antennenelement **240** eine EM-Welle emittiert, welche einen E-Feldvektor aufweist, der sich um die Ausbreitungsachse in einer Richtung im Uhrzeigersinn dreht und das wendelförmige Antennenelement **238** eine EM-Welle mit einem E-Feldvektor emittiert, der sich in eine Richtung entgegen dem Uhrzeigersinn um die Ausbreitungsachse dreht, dreht sich der E-Feldvektor der Welle **272** um die Ausbreitungsachse in eine Richtung im Uhrzeigersinn. Da die obere differentielle Trägerfrequenzquelle **244** eine höhere Frequenz erzeugt als die untere differentielle Trägerfrequenzquelle **242**. In einer Ausführungsform, in der das wendelförmige Antennenelement **240** eine EM-Welle emittiert, die einen E-Feldvektor aufweist, der sich in einer Richtung im Uhrzeigersinn um die Ausbreitungsachse dreht und das wendelförmige Antennenelement **238** eine EM-Welle emittiert, die einen E-Feldvektor aufweist, der sich um die Ausbreitungsachse in einer Richtung entgegen dem Uhrzeigersinn dreht, dreht sich der E-Feldvektor der Welle **272** um die Ausbreitungsachse in einer Richtung entgegen dem Uhrzeigersinn, da die obere differentielle Trägerfrequenzquelle **244** eine höhere Frequenz erzeugt als die untere differentielle Trägerfrequenzquelle **242**. Die Filter **280** und **282** können Varaktoren oder andere abstimmbare Schaltkreise aufweisen, um das Abstimmen des Empfängers **236** auf einen ausgewählten Kanal zu ermöglichen. Obwohl aus Zwecken der Klarheit nicht gezeigt, kann der Empfänger **236** darüber hinaus einen Schalter aufweisen, den ein Betreiber verwenden kann, um die beiden Signale, die mit den Antennenelementen **276** und **274** verbunden sind, miteinander zu vertauschen, so daß der Empfang des übertragenen Signals ermöglicht wird, unabhängig davon ob seine Polarisierung links oder rechts ist.

[0164] Obwohl die elektronischen Schaltkreiselemente der Sender und Empfänger der oben beschriebenen Ausführungsformen auf analoge Elektronik gerichtet sein können, können ihre Funktionen alternativ digital ausgeführt werden, wobei äquivalente Digitalelektroniken verwendet werden. In Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, welche zwei differentielle Trägerfrequenzen verwenden, sollten die Kanäle eine passende Bandbreite in der Domäne der Drehfrequenz aufweisen, um die Information effektiv zu übertragen. Mit anderen Worten sollte die Drehfrequenz jedes Kanals (spezifiziert durch die

unteren und oberen differentiellen Trägerfrequenzen) für eine gegebene Trägerfrequenz (d.h. das Mittel der unteren und oberen differentiellen Trägerfrequenzen) ausreichend von den Drehfrequenzen benachbarter Kanäle, welche die gleiche (oder nahezu die gleiche) Trägerfrequenz aufweisen, beabstandet sein, so daß sich die Kanäle nicht überlappen. Jedes Paar von nicht-linearen Pfadfrequenzquellen, welche einen unterschiedlichen Kanal definieren, sollten so gewählt sein, daß sie die entsprechenden Signale in der Drehfrequenzdomäne voneinander separieren, um ein Überlappen zu vermeiden.

[0165] Im Allgemeinen kann die EM-Welle (z. B. EM-Welle 272 in [Fig. 12](#) oder EM-Welle 614 in [Fig. 16](#)) einen E-Feldvektor aufweisen, der sich um die Ausbreitungsachse mit einer Drehfrequenz dreht, die geringer ist als die neue Trägerfrequenz (d.h. das Mittel der unteren und oberen differentiellen Trägerfrequenzen) und größer als null. Insbesondere sollte jedoch die Drehfrequenz so gewählt sein, daß sie ausreichend kleiner ist als die neue Trägerfrequenz und größer als null, so daß eine Erfassung durch den Empfänger ermöglicht wird, ohne das mindestens ein Teil der Information nicht wiederherstellbar ist. Ein Teil der Information kann sonst nicht wiederherstellbar sein wenn die Drehfrequenz so gewählt ist, daß die Frequenzen bestimmter Informationsfrequenzkomponenten die neue Trägerfrequenz übersteigt oder unter null fällt. Wenn bestimmte Frequenzkomponenten der Information, z. B. die neue Trägerfrequenz übersteigen, werden diese Frequenzkomponenten der Information von dem Empfänger als invertiert bei den Drehfrequenzen erfaßt, die geringer sind als die neue Trägerfrequenz. Diese invertierten Drehfrequenzkomponenten werden die nicht-invertierten Drehfrequenzkomponenten auslöschen, wodurch bewirkt wird, daß ein Teil der Information nicht-wiederherstellbar wird. Zum Beispiel wird eine Drehfrequenzkomponente, welche die neue Trägerfrequenz um 10 MHz übersteigt invertiert und mit der Drehfrequenzkomponente bei der neuen Trägerfrequenz minus 10 MHz von dem Empfänger ausgelöscht. Die Frequenzkomponenten der Information entsprechen der Bandbreite der Information und die Weise, in der die Information auf der EM-Welle übertragen wird. Die Information kann auf der EM-Welle (z. B. EM-Welle 272 in [Fig. 12](#) oder EM-Welle 614 in [Fig. 16](#)) entweder in der Frequenzdomäne und/oder in der Drehdomäne übertragen werden. Mit anderen Worten kann die Information auf der EM-Welle übertragen werden durch Modulieren der neuen Trägerfrequenz (z. B. durch Verwenden einer Amplitudenmodulation, einer Frequenzmodulation oder einer Phasenmodulation) und/oder durch Modulieren der Drehfrequenz (z. B. durch Verwenden einer Frequenzmodulation oder einer Phasenmodulation).

[0166] Zum Beispiel ist, wenn die Information nur auf der neuen Trägerfrequenz amplitudenmoduliert

ist, die Frequenzbandbreite der EM-Welle in etwa gleich der Bandbreite der Information. In diesem Fall sollte die Drehfrequenz der EM-Welle um die Hälfte der Informationsbandbreite geringer sein als die neue Trägerfrequenz und um die Hälfte der Informationsbandbreite größer als null. Zum Beispiel sollte, wenn die Informationsbandbreite 6 MHz beträgt, die niedrigste mögliche Drehfrequenz größer sein als die Hälfte der Bandbreite, um einen ausreichenden Raum über null für den Kanal bereitzustellen (z. B. 3 MHz für ein Informationssignal mit 6 MHz Bandbreite) und die höchste mögliche Drehfrequenz sollte mindestens um die Hälfte der Bandbreite unter der neuen Trägerfrequenz liegen (z. B. 3 MHz für ein Informationssignal mit 6 MHz Bandbreite).

Schlussfolgerung

[0167] Es ist offensichtlich, daß irgendwelche geeigneten Sender und Empfänger, die gemäß dem Drehprinzip der vorliegenden Erfindung arbeiten, miteinander kommunizieren können. Der Sender 10 ist in [Fig. 1](#) nur zur Veranschaulichung zusammen mit dem Empfänger 12 dargestellt. Ähnlich ist in [Fig. 12](#) der Sender 234 nur zur Veranschaulichung zusammen mit dem Empfänger 236 dargestellt. Der in [Fig. 1](#) dargestellte Sender 10 kann mit dem in [Fig. 12](#) dargestellten Empfänger 236 kommunizieren. Ähnlich kann der in [Fig. 12](#) dargestellte Sender 234 mit dem in [Fig. 1](#) dargestellten Empfänger 12 kommunizieren. Obwohl die in [Fig. 1](#) dargestellte Ausführungsform ein Dipol-Antennensystem (oder ein Monopol-Antennensystem) verwenden kann und die in [Fig. 12](#) dargestellte Ausführungsform ein koaxiales wendelförmiges Antennensystem verwenden kann, wird in beiden Ausführungsformen ein Informationskanal durch eine Welle definiert, die einen E-Feldvektor aufweist, der sich bei einer ausgewählten Frequenz um die Ausbreitungsachse dreht.

[0168] Noch weitere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung können dem Fachmann im Angesicht der verschiedenen anderen Typen von Antennensystemen, die aus dem Stand der Technik und aus den Lehren dieser Beschreibung bekannt sind, einfallen. Zum Beispiel könnte, da es bekannt ist, daß eine Dipol-Antenne (oder eine Monopol-Antenne) durch Treiben zweier koaxial beabstandeter wendelförmiger Antennen mit entgegengesetzten Drehungen mit dem gleichen Signal emuliert werden kann, das Dipol-Antennensystem aus der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die in [Fig. 1](#) dargestellt ist, durch ein Antennensystem mit vier wendelförmigen Antennen ersetzt werden.

[0169] Zusätzlich kann, obwohl in den dargestellten Ausführungsformen die übertragene Information auf der Welle in der Frequenzdomäne übertragen wird, die Information gemäß der vorliegenden Erfindung auf der Welle in der Polarisationsdrehungsdomäne

übertragen werden. Mit anderen Worten kann eine Welle eine im Wesentlichen feste oder konstante Trägerfrequenz aufweisen und einen E-Feldvektor, der sich um die Ausbreitungsachse mit einer Frequenz dreht, die gemäß der Information moduliert ist. Zum Beispiel kann der drehende E-Feldvektor mit Information phasenmoduliert sein oder mit Information frequenzmoduliert sein.

[0170] Zusätzlich kann die Information auf der Welle in der Polarisationsdrehungsdomäne übertragen werden, während die Information auch auf der Welle in der Frequenzdomäne übertragen wird. Zum Beispiel kann die Information in der Frequenzdomäne amplitudenmoduliert sein während sie in der Polarisationsdrehungsdomäne frequenzmoduliert ist. Sechs Kombinationen sind möglich: Amplitudenmodulation, Frequenzmodulation oder Phasenmodulation in der Frequenzdomäne kombiniert mit Frequenzmodulation oder Phasenmodulation in der Polarisationsdrehungsdomäne.

[0171] Die vorliegende Erfindung liefert eine zusätzliche Übertragungsdomäne, die von der Frequenz, Amplitude und Phase verschieden ist. Sie kann in Verbindung mit herkömmlichen Frequenzkanalmultiplex- und irgendwelchen anderen Multiplexsystemen, die aus dem Stand der Technik bekannt sind, verwendet werden, um eine größere Anzahl von Übertragungskanälen zu definieren als in herkömmlichen Übertragungssystemen. Darüber hinaus ist in jedem Kanal weniger Rauschen vorhanden als in herkömmlichen Systemen, da das Rauschen über alle Kanäle des Systems verteilt ist. Die vorliegende Erfindung ermöglicht daher die Konstruktion von Übertragungssystemen mit sehr geringer Leistung.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Übertragen von Information, das eine elektromagnetische Welle verwendet, mit: Kombinieren eines ersten Informationskanals und eines zweiten Informationskanals, wobei jeder Informationskanal einer Kombination aus einer Trägerfrequenz und einer Drehfrequenz zugeordnet ist, wobei die erste Informationskanalkombination von der zweiten Informationskanalkombination verschieden ist, wobei die Drehfrequenz in einer gegebenen einzigartigen Kombination größer als Null und kleiner als die Trägerfrequenz in einer gegebenen Kombination ist und Übertragen einer elektromagnetischen Welle, welche die zwei kombinierten Informationskanäle aufweist, wobei die elektromagnetische Welle mindestens eine Wellenkomponente für jeden der Informationskanäle, die kombiniert sind, aufweist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die elektromagnetische Welle mindestens zwei Wellenkomponenten aufweist, die jeweils

einem Informationskanal aus den mindestens zwei Informationskanälen zugeordnet sind, wobei jede Wellenkomponente ein elektrisches Feld aufweist, dass um eine Ausbreitungsachse mit der zugeordneten Drehfrequenz rotiert, die geringer ist als die zugeordnete Trägerfrequenz und größer als Null, wobei sich die jedem der Informationskanäle zugeordneten Drehfrequenzen unterscheiden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die einem ersten Informationskanal von den mindestens zwei Informationskanälen zugeordnete Drehfrequenz sich von der Drehfrequenz, die einem benachbarten zweiten Informationskanal zugeordnet ist, unterscheidet, basierend auf einer Bandbreite des ersten Informationskanals und einer Bandbreite des zweiten Informationskanals.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die einem ersten Informationskanal zugeordnete Drehfrequenz um mindestens eine Hälfte einer Bandbreite, die dem ersten Informationskanal zugeordnet ist, kleiner ist als die Trägerfrequenz, die dem ersten Informationskanal zugeordnet ist, und die um mindestens eine Hälfte der Bandbreite, die dem ersten Informationskanal zugeordnet ist, größer ist als Null.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die elektromagnetische Welle übertragen wird, wobei mindestens drei Antennendipole verwendet werden, die winklig um die Ausbreitungsachse und innerhalb einer Ebene quer zu der Ausbreitungsachse angeordnet sind.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die elektromagnetische Welle übertragen wird, wobei mindestens drei Antennendipole verwendet werden, die auf eine nichtsenkrechte Weise winklig um die Ausbreitungsachse und innerhalb einer Ebene quer zu der Ausbreitungsachse angeordnet sind.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass: die elektromagnetische Welle übertragen wird, wobei mindestens drei Antennendipole verwendet werden, die winklig um die Ausbreitungsachse und innerhalb einer Ebene quer zu der Ausbreitungsachse angeordnet sind, und die Dipole für jeden Informationskanal ein drehend moduliertes Signal empfangen, das um einen Betrag entsprechend der Winkelanordnung der Antennendipole verschoben ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, darüber mit: Bilden der mindestens zwei Informationskanäle, wobei mindestens ein Informationskanal gebildet wird durch:

Modulieren eines Trägersignals, welches die Trägerfrequenz aufweist, die dem einem Informationskanal zugeordnet ist, mit Information, um eine Mehrzahl von modulierten Komponentensignalen zu erzeugen, und

Modulieren jedes modulierten Komponentensignals mit einem Drehsignal aus einer Mehrzahl von Drehsignalen, wobei jedes Drehsignal aus der Mehrzahl von Drehsignalen die dem einen Informationskanal zugeordnete Drehfrequenz aufweist, wobei die Drehfrequenz zwischen der zugeordneten Trägerfrequenz und Null liegt, wobei jedes Drehsignal gegenüber den übrigen Drehsignalen phasenverschoben ist.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass für den einen Informationskanal das Trägersignal mit der Information amplitudenmoduliert ist.

10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass für den einen Informationskanal das Trägersignal mit der Information phasenmoduliert ist.

11. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass für den einen Informationskanal das Trägersignal mit der Information frequenzmoduliert ist.

12. Verfahren nach einem Ansprüche 1 bis 7, darüber hinaus mit:

Bilden der mindestens zwei Informationskanäle, wobei mindestens ein Informationskanal gebildet wird durch:

Modulieren jedes Drehsignals aus einer Mehrzahl von Drehsignalen mit Information, um eine Mehrzahl von modulierten Drehsignalen zu erzeugen, wobei jedes Drehsignal aus der Mehrzahl von Drehsignalen die Drehfrequenz aufweist, die dem einen Informationskanal zugeordnet ist, wobei jedes Drehsignal gegenüber den übrigen Drehsignalen phasenverschoben ist, und

Modulieren jedes modulierten Drehsignals mit einem Trägersignal, das die Trägerfrequenz, die dem einen Informationskanal zugeordnet ist, aufweist.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass für den einen Informationskanal jedes modulierte Drehsignal mit der Information amplitudenmoduliert ist.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, darüber hinaus mit:

Bilden der mindestens zwei Informationskanäle, wobei mindestens ein Informationskanal gebildet wird durch:

Modulieren jedes Drehsignals aus einer Mehrzahl von Drehsignalen mit einem Komponentensignal aus einer Mehrzahl von Komponentensignalen, um eine Mehrzahl von modulierten Trägersignalen zu bilden, wobei jedes Drehsignal aus der Mehrzahl von Dreh-

signalen die Drehfrequenz aufweist, die dem einen Informationskanal zugeordnet ist, wobei jedes Komponentensignal aus der Mehrzahl von Komponentensignalen die Trägerfrequenz aufweist, die dem einem Informationskanal zugeordnet ist, wobei jedes Drehsignal gegenüber den übrigen Drehsignalen phasenverschoben ist, und

Modulieren jedes modulierten Trägersignals mit Information.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass für den einen Informationskanal jedes modulierte Trägersignal mit der Information amplitudenmoduliert ist.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, darüber hinaus mit:

Bilden der mindestens zwei Informationskanäle, wobei mindestens ein Informationskanal gebildet wird durch:

Erzeugen eines ersten Komponentensignals, das eine erste Trägerfrequenz aufweist,

Erzeugen eines zweiten Komponentensignals, das eine zweite Trägerfrequenz aufweist, die von dem ersten Komponentensignal verschieden ist, und

Modulieren des ersten Komponentensignals und des zweiten Komponentensignals mit Information, wobei die der Komponente der übertragenen elektromagnetischen Welle, die dem einen Informationskanal zugeordnet ist, zugeordnete Trägerfrequenz ein Mittelwert der ersten Trägerfrequenz und der zweiten Trägerfrequenz ist, und

die Drehfrequenz, die der Komponente der übertragenen elektromagnetischen Welle, die dem einen Informationskanal zugeordnet ist, zugeordnet ist, die Hälfte der Differenz zwischen der ersten Trägerfrequenz und der zweiten Trägerfrequenz beträgt.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass für den einen Informationskanal das erste Komponentensignal und das zweite Komponentensignal mit der Information moduliert sind.

18. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass für den einen Informationskanal das erste Komponentensignal und das zweite Komponentensignal mit der Information amplitudenmoduliert sind.

19. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass für den einen Informationskanal das erste Komponentensignal und das zweite Komponentensignal mit der Information phasenmoduliert sind.

20. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass für den einen Informationskanal eine Hälfte der Differenz zwischen der ersten Trägerfrequenz und der zweiten Trägerfrequenz mit der Information moduliert ist.

21. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass für den einen Informationskanal eine Hälfte der Differenz zwischen der ersten Trägerfrequenz und der zweiten Trägerfrequenz mit der Information amplitudenmoduliert ist.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 oder 6 bis 7, darüber hinaus mit:

Modulieren jedes Komponentensignals aus einer Mehrzahl von Komponentensignalen mit einem Drehsignal aus einer Mehrzahl von Drehsignalen, wobei jedes Komponentensignal aus der Mehrzahl von Komponentensignalen eine Trägerfrequenz aufweist, wobei jedes Drehsignal aus der Mehrzahl von Drehsignalen eine Drehfrequenz aufweist, und Übertragen der elektromagnetischen Welle auf mindestens drei Antennendipole, die winklig um eine Ausbreitungsachse und im Wesentlichen innerhalb einer Ebene senkrecht zu der Ausbreitungsachse angeordnet sind, wobei jedes Drehsignal aus der Mehrzahl von Drehsignalen um einen Betrag, der der Winkelanordnung eines zugeordneten Antennendipols entspricht, gegenüber den mindestens drei Antennendipolen phasenverschoben ist.

23. Verfahren nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass:

die mindestens drei Antennendipole im Wesentlichen gleichmäßig winklig um die Ausbreitungsachse angeordnet sind, jedes Drehsignal aus der Mehrzahl von Drehsignalen um einen Betrag phasenverschoben ist, der im Wesentlichen gleich einem Betrag ist, um den die übrigen Drehsignale gegenüber der Mehrzahl von Drehsignalen phasenverschoben sind.

24. Verfahren zum Empfangen von Information, wobei eine elektromagnetische Welle verwendet wird, mit:

Empfangen einer elektromagnetischen Welle, die einen ersten Informationskanal und einen zweiten Informationskanal, die miteinander kombiniert sind, aufweist, wobei jedem Informationskanal eine Kombination aus einer Trägerfrequenz und einer Drehfrequenz zugeordnet ist, und die erste Informationskanalkombination von der zweiten Informationskanalkombination verschieden ist, wobei die Drehfrequenz in einer gegebenen einzigartigen Kombination größer als Null und kleiner als die Trägerfrequenz in einer gegebenen Kombination ist, wobei die empfangene elektromagnetische Welle mindestens eine Wellenkomponente für jeden der Informationskanäle, die kombiniert sind, aufweist, und Aufteilen der mindestens zwei Informationskanäle.

25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die elektromagnetische Welle mindestens zwei Wellenkomponenten aufweist, wobei jede einem Informationskanal aus den mindestens zwei Informationskanälen zugeordnet ist, wobei

jede Wellenkomponente ein elektrisches Feld aufweist, das um eine Ausbreitungsachse mit der zugeordneten Drehfrequenz, die kleiner als die zugeordnete Trägerfrequenzen und größer als Null ist, rotiert, wobei sich die Drehfrequenzen, die jedem Informationskanal zugeordnet sind, unterscheiden.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehfrequenz, die einem ersten Informationskanal aus den mindestens zwei Informationskanälen zugeordnet ist, sich von der Drehfrequenz, die einem benachbarten zweiten Informationskanal zugeordnet ist, unterscheidet, basierend auf einer Bandbreite des ersten Informationskanals und einer Bandbreite des benachbarten Informationskanals.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehfrequenz, die einem ersten Informationskanal zugeordnet ist, um mindestens eine Hälfte einer Bandbreite, die dem ersten Informationskanal zugeordnet ist, kleiner ist als die Trägerfrequenz, die einem ersten Informationskanal zugeordnet ist, und um mindestens eine Hälfte der Bandbreite, die mit dem ersten Informationskanal zugeordnet ist, größer ist als Null.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass die elektromagnetische Welle übertragen wird, wobei mindestens drei Antennendipole, die auf eine nicht-senkrechte Weise winklig um die Ausbreitungsachse und innerhalb einer Ebene quer zu der Ausbreitungsachse angeordnet sind, verwendet werden.

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 27, wobei:

die elektromagnetische Welle empfangen wird, wobei mindestens drei Dipolantennen, die auf eine nicht-senkrechte Weise winklig um die Ausbreitungsachse und innerhalb einer Ebene quer zu der Ausbreitungsachse angeordnet sind, verwendet werden, und die Dipole für jeden Informationskanal ein rotierend demodiertes Signal empfangen, das um einen Betrag, der der Winkelanordnung der Antennendipole entspricht, verschoben ist.

30. Verfahren nach Anspruch 24, darüber hinaus mit:

Neubilden der mindestens zwei Informationskanäle, wobei mindestens ein Informationskanal neu gebildet wird durch:

Erzeugen einer Mehrzahl von empfangenen Signalen basierend auf der Wellenkomponente, die dem einen Informationskanal zugeordnet ist, Erzeugen einer Mehrzahl von Drehsignalen, die jeweils die Drehfrequenz aufweisen, die dem einen Informationskanal zugeordnet ist, wobei jedes Drehsignal gegenüber den verbleibenden Drehsignalen pha-

senverschoben ist,
 Demodulieren jedes empfangenen Signals mit einem Drehsignal aus der Mehrzahl von Drehsignalen, um eine Mehrzahl von demodulierten empfangenen Signalen zu erzeugen,
 summierend der Mehrzahl von demodulierten empfangenen Signalen, um ein Summensignal zu erzeugen und
 Demodulieren des Summensignals mit dem Trägersignal, das dem einen Informationskanal zugeordnet ist, um die Information wieder zu erlangen.

31. Verfahren nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass für den einen Informationskanal das Summensignal mit dem zugeordneten Trägersignal demoduliert wird, um die Information wieder zu erlangen.

32. Verfahren nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass für den einen Informationskanal das Summensignal mit dem zugeordneten Trägersignal demoduliert wird, um die Information wieder zu erlangen.

33. Verfahren nach Anspruch 24, darüber hinaus mit:

Neubilden der mindestens zwei Informationskanäle, wobei mindestens ein Informationskanal neu gebildet wird durch:

Erzeugen einer Mehrzahl von empfangenen Signalen basierend auf der Wellenkomponente, die dem einen Informationskanal zugeordnet ist,

Demodulieren jedes empfangenen Signals mit einem Komponentensignal aus einer Mehrzahl von Komponentensignalen, um eine Mehrzahl von demodulierten empfangenen Signalen zu erzeugen, wobei jedes Komponentensignal aus der Mehrzahl der Komponentensignale die Trägerfrequenz, die dem einen Informationskanal zugeordnet ist, aufweist,

Demodulieren jedes demodulierten empfangenen Signals mit einem Drehsignal aus einer Mehrzahl von Drehsignalen, um eine Mehrzahl von Informationssignalen zu erzeugen, wobei jedes Drehsignal aus der Mehrzahl von Drehsignalen die Rotationssequenz, die dem einen Informationskanal zugeordnet ist, aufweist, wobei jedes Drehsignal gegenüber den übrigen Drehsignalen phasenverschoben ist, und
 Summieren der Mehrzahl von Informationssignalen, um ein Summeninformationssignal zu bilden.

34. Verfahren nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, dass für den einen Informationskanal die demodulierten empfangenen Signale mit dem zugeordneten Drehsignal demoduliert werden, um die Information wieder zu erlangen.

35. Verfahren nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, dass für einen Informationskanal die demodulierten empfangenen Signale mit dem zugeordneten Drehsignal demoduliert werden, um die In-

formation wieder zu erlangen.

36. Verfahren nach Anspruch 24, darüber hinaus mit:

Neubilden der mindestens zwei Informationskanäle, wobei mindestens ein Informationskanal neu gebildet wird durch:

Erzeugen eines ersten Komponentensignals, das eine erste Trägerfrequenz aufweist,

Erzeugen eines zweiten Komponentensignals, das eine zweite Trägerfrequenz, die von dem ersten Komponentensignal verschieden ist, aufweist, und

Demodulieren des ersten Komponentensignals und des zweiten Komponentensignals, um die Information wieder zu erlangen,

wobei die Drehfrequenz, die jeder Komponente der übertragenen elektromagnetischen Welle zugeordnet ist, ein Mittelwert der ersten Trägerfrequenz und der zweiten Trägerfrequenz ist.

37. Verfahren nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, dass für den einen Informationskanal das erste Komponentensignal und das zweite Komponentensignal demoduliert werden, um die Information wieder zu erlangen.

38. Verfahren nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, dass für den einen Informationskanal das erste Komponentensignal und das zweite Komponentensignal amplitudendemoduliert werden, um die Information wieder zu erlangen.

39. Verfahren nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, dass für den einen Informationskanal das erste Komponentensignal und das zweite Komponentensignal phasendemoduliert werden, um die Information wieder zu erlangen.

40. Verfahren nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, dass für den einen Informationskanal eine Hälfte der Differenz zwischen der ersten Trägerfrequenz und der zweiten Trägerfrequenz demoduliert wird, um die Information wieder zu erlangen.

41. Verfahren nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, dass für den einen Informationskanal eine Hälfte der Differenz zwischen der ersten Trägerfrequenz und der zweiten Trägerfrequenz amplitudendemoduliert wird, um die Information wieder zu erlangen.

42. Verfahren nach Anspruch 24, darüber hinaus mit:

Erzeugen einer Mehrzahl von Komponentensignalen, wobei jedes Komponentensignal aus der Mehrzahl von Komponentensignalen eine Trägerfrequenz aufweist, und

Modulieren jedes Komponentensignals mit einem Drehsignal aus einer Mehrzahl von Drehsignalen, wobei jedes Drehsignal aus der Mehrzahl von Dreh-

signalen eine Drehfrequenz aufweist, wobei die elektromagnetische Welle auf mindestens drei Antennendipolen, die winklig um eine Ausbreitungsachse und im Wesentlichen innerhalb einer Ebene senkrecht zu der Ausbreitungsachse angeordnet sind, empfangen wird, wobei jedes Drehsignal aus der Mehrzahl von Drehsignalen um einen Betrag phasenverschoben ist, der der Winkelanordnung eines zugehörigen Antennendipols aus den mindestens drei Antennendipolen entspricht.

Drehsignal aus der Mehrzahl von Drehsignalen, um eine Mehrzahl von demodulierten empfangenen Signalen zu erzeugen, Summieren der Mehrzahl von demodulierten empfangenen Signalen, um ein Summensignal zu erzeugen, und Demodulieren des Summensignals mit dem Trägersignal, um die Information wieder zu erlangen.

Es folgen 17 Blatt Zeichnungen

43. Verfahren nach Anspruch 42, dadurch gekennzeichnet, dass:

die mindestens drei Antennendipole im Wesentlichen gleichmäßig winklig um die Ausbreitungsachse angeordnet sind, wobei jedes Drehsignal aus der Mehrzahl von Drehsignalen um einen Betrag phasenverschoben ist, der im Wesentlichen gleich einem Betrag ist, um den die übrigen Drehsignale aus der Mehrzahl von Drehsignalen phasenverschoben sind.

44. Verfahren zum Übertragen und Empfangen von Information mit:

Erzeugen eines Komponentensignals, das eine Trägerfrequenz aufweist,

Modulieren des Komponentensignals mit Information, um eine Mehrzahl von modulierten Komponentensignalen zu erzeugen,

Modulieren jedes modulierten Komponentensignals mit einem Drehsignal aus einer Mehrzahl von Drehsignalen, um eine Mehrzahl von modulierten Drehsignalen zu erzeugen, wobei jedes Drehsignal aus der Mehrzahl von Drehsignalen eine Drehfrequenz aufweist, die zwischen der Trägerfrequenz und Null liegt, wobei jedes Drehsignal gegenüber den verbleibenden Drehsignalen phasenverschoben ist,

Übertragen einer elektromagnetischen Welle basierend auf den modulierten Drehsignalen, wobei die elektromagnetische Welle ein elektromagnetisches Feld aufweist, das um eine Ausbreitungsachse mit der Drehfrequenz rotiert, die kleiner als die Trägerfrequenz und größer als Null ist,

Empfangen der elektromagnetischen Welle, die eine Mehrzahl von Wellenkomponenten aufweist, die jeweils einem Informationskanal zugeordnet sind, wobei die elektromagnetische Welle ein elektrisches Feld aufweist, dass um eine Ausbreitungsachse mit einer Drehfrequenz rotiert, die kleiner ist als eine Trägerfrequenz und größer als Null, wobei die Trägerfrequenz und die Drehfrequenz dem Informationskanal zugeordnet sind,

Erzeugen einer Mehrzahl von empfangenen Signalen basierend auf der Mehrzahl von Wellenkomponenten,

Erzeugen einer Mehrzahl von Drehsignalen, die jedes die Drehfrequenz aufweisen, wobei jedes Drehsignal gegenüber den übrigen Drehsignalen phasenverschoben ist,

Demodulieren jedes empfangenen Signals mit einem

Anhängende Zeichnungen

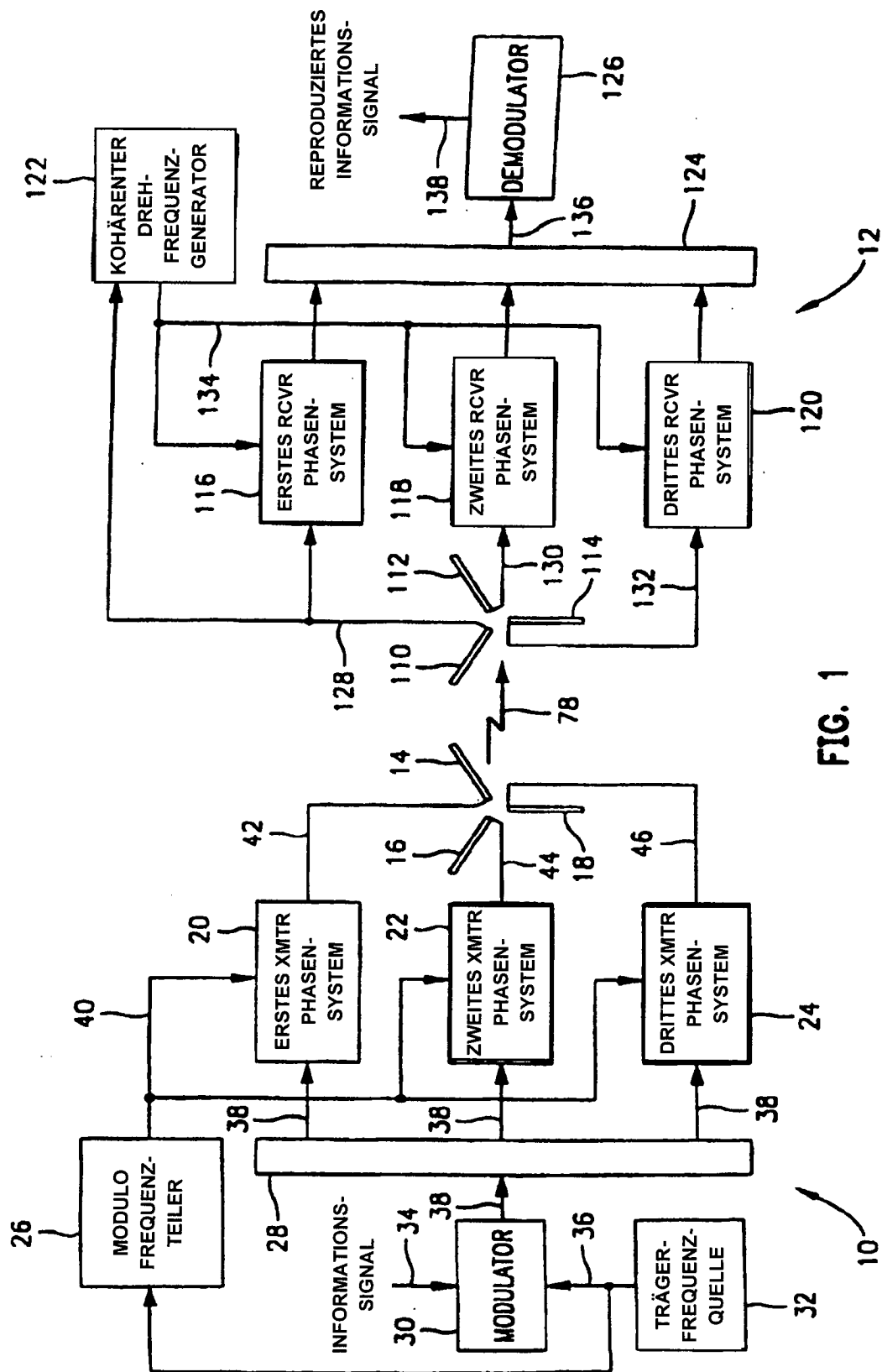
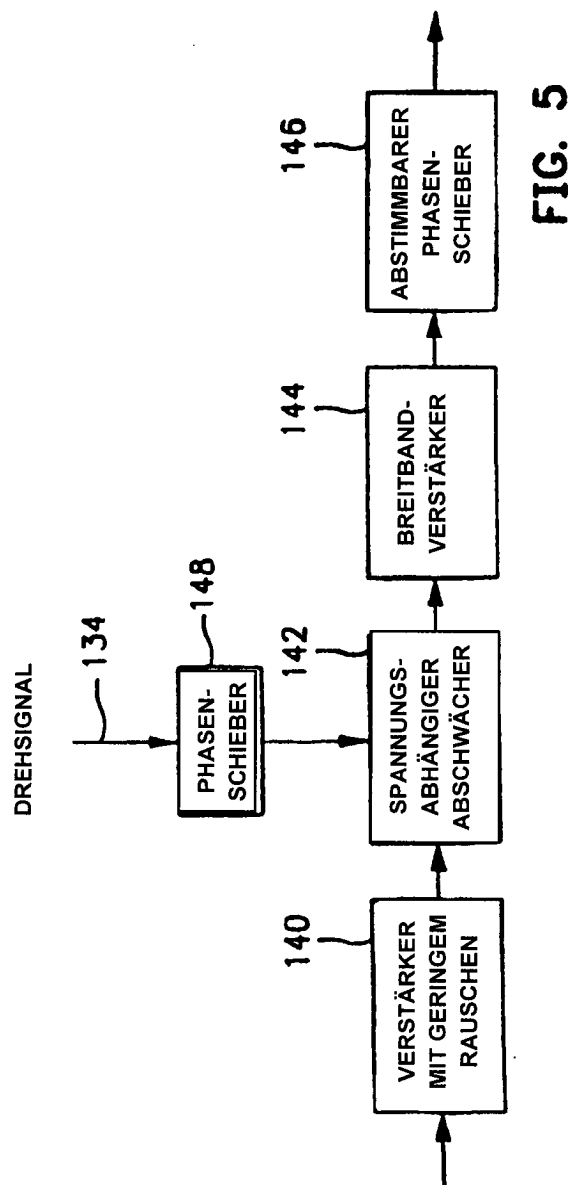
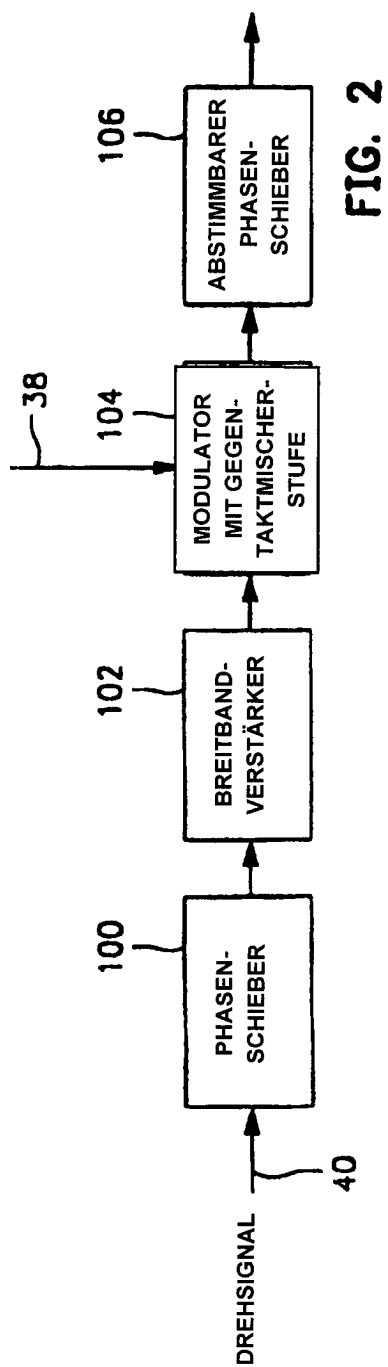


FIG. 1



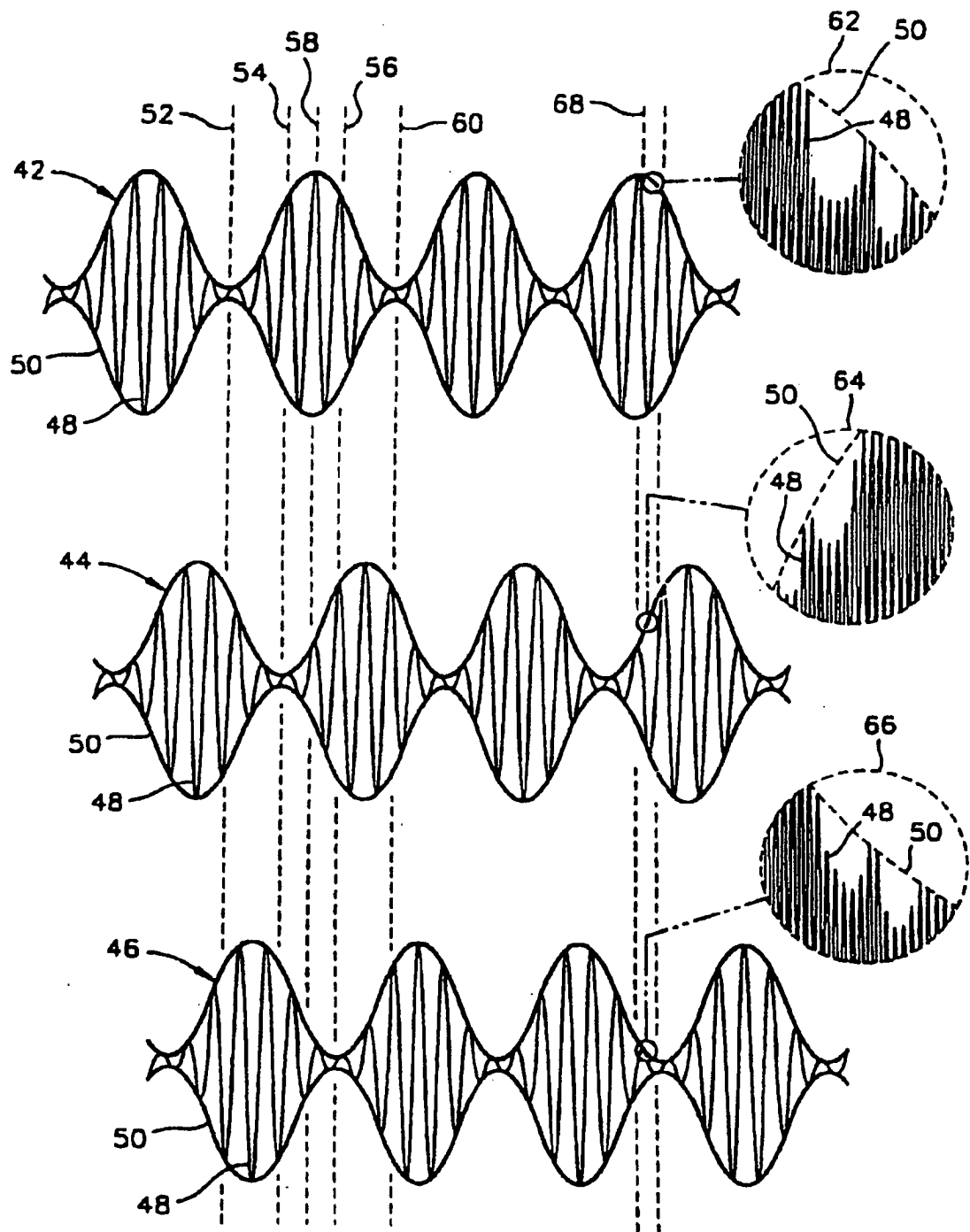
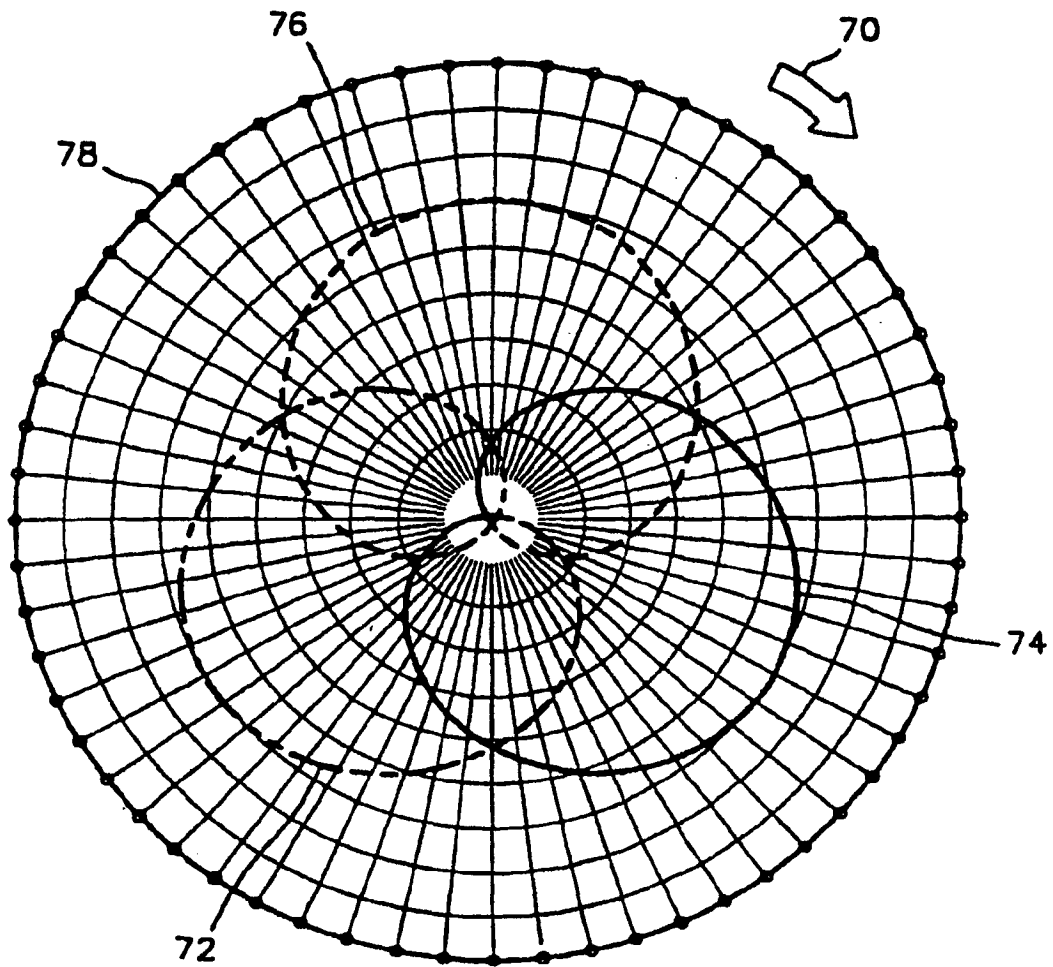
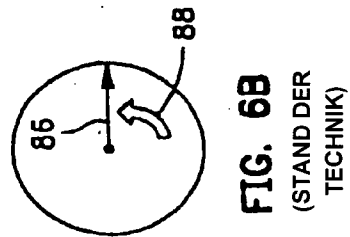
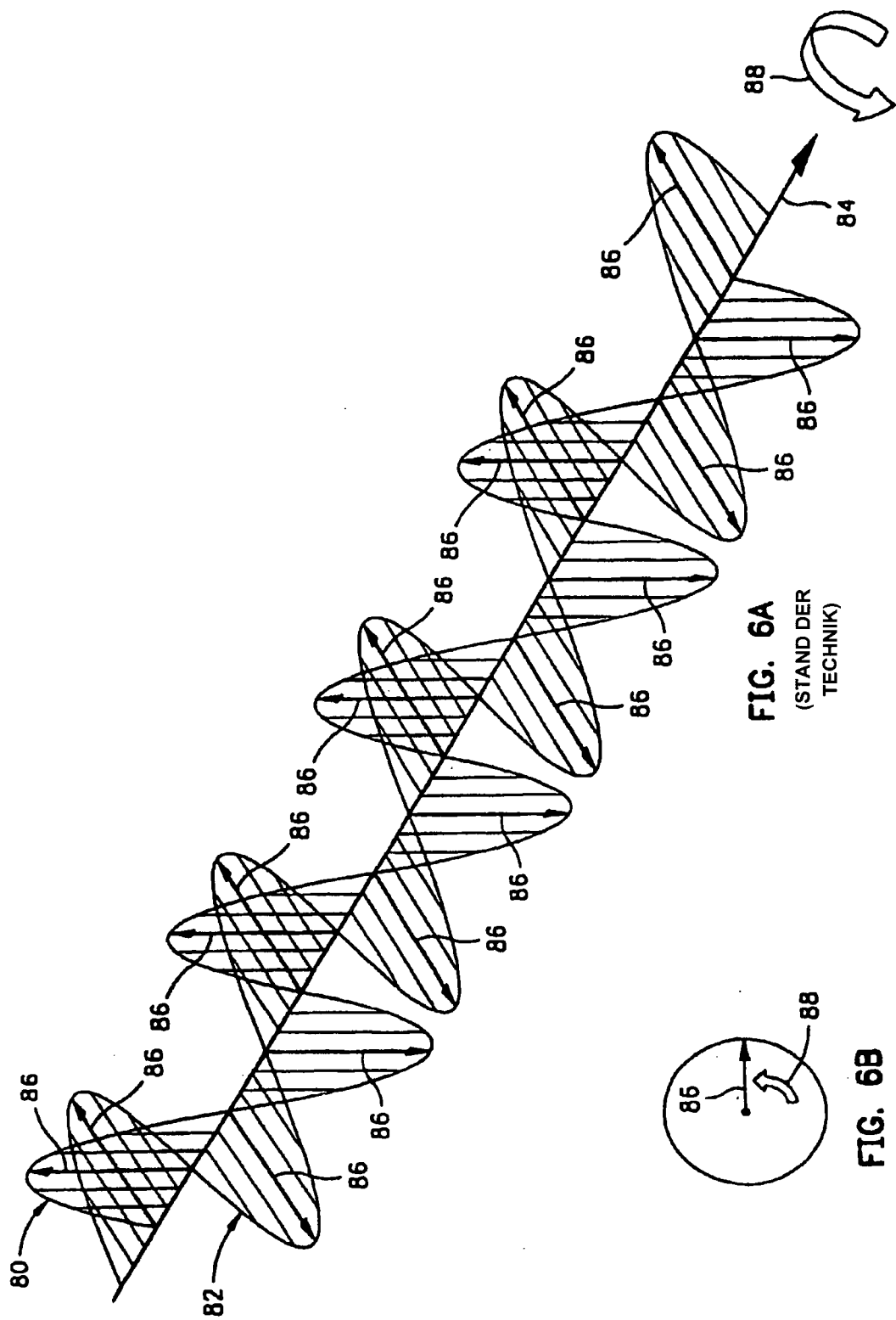


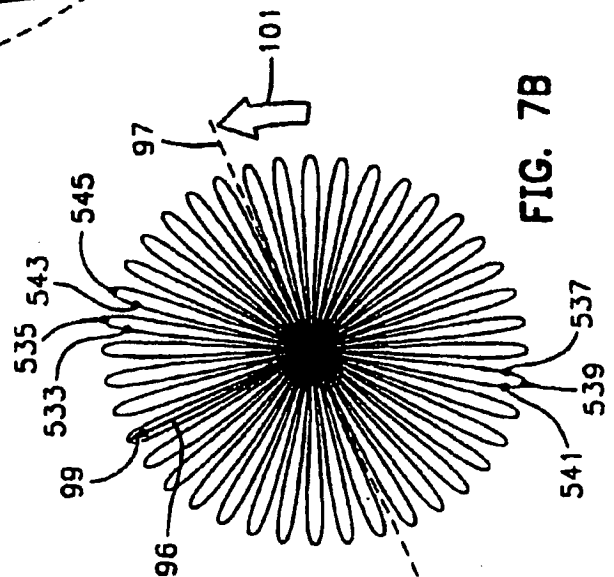
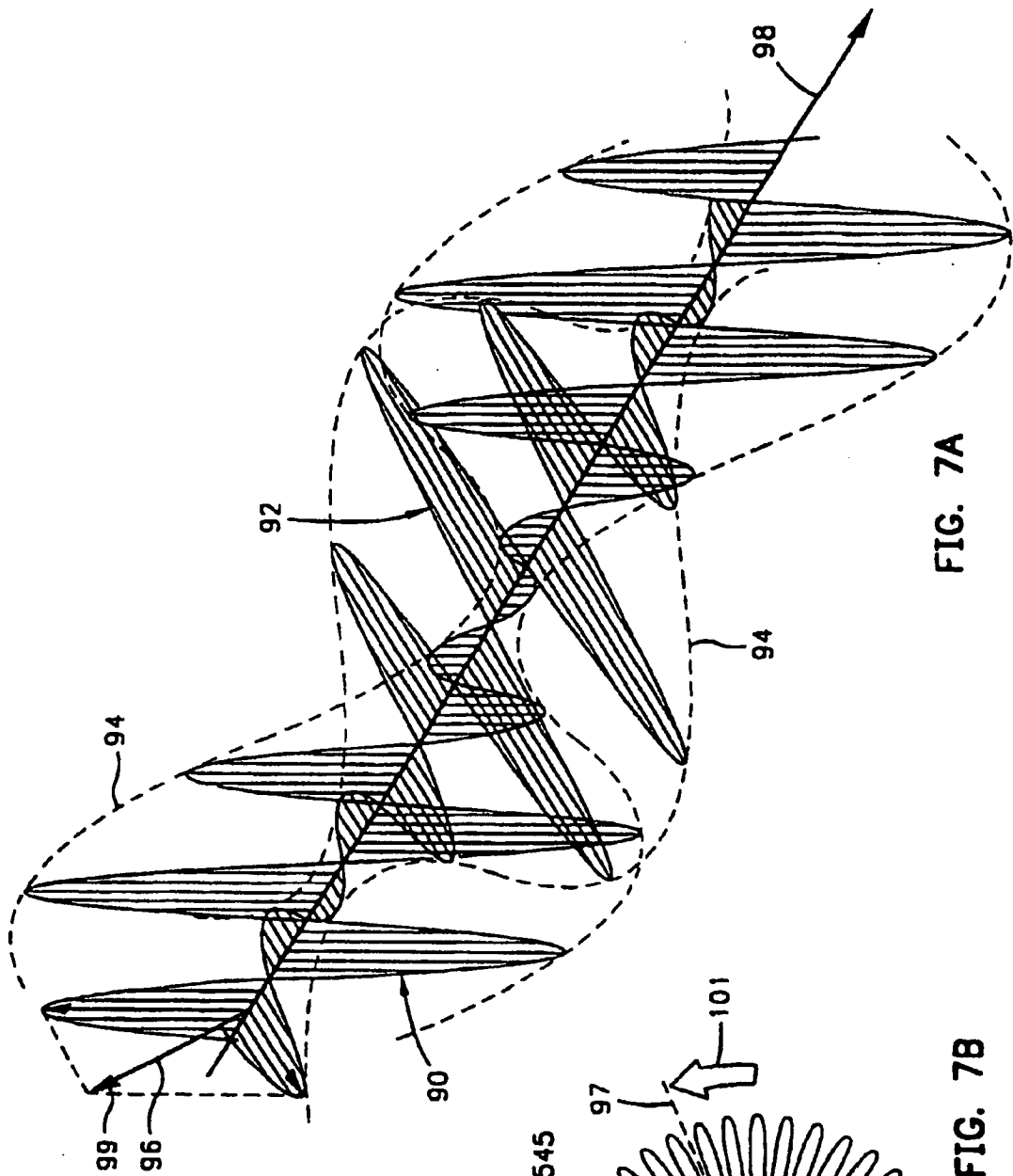
FIG. 3

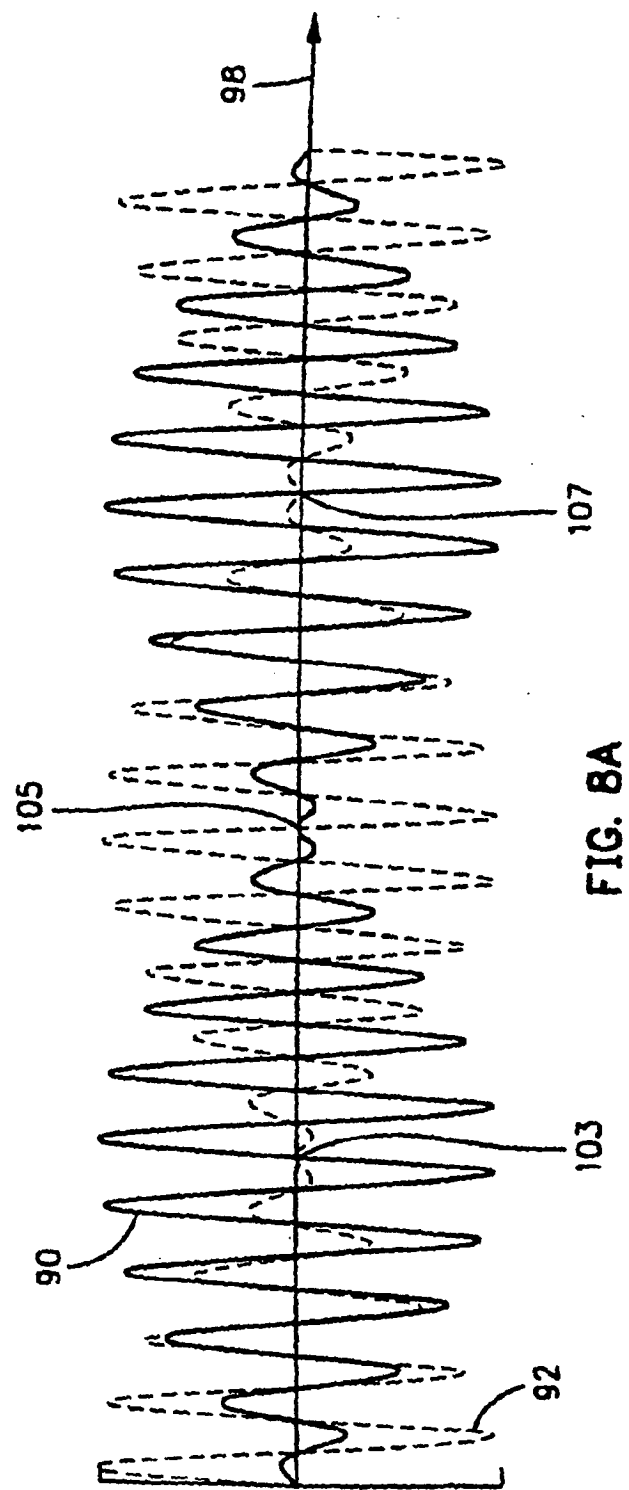


- ANTENNE 18
- - - ANTENNE 14
- · - ANTENNE 16
- · — SUMME VON 3 ANTENNEN

FIG. 4







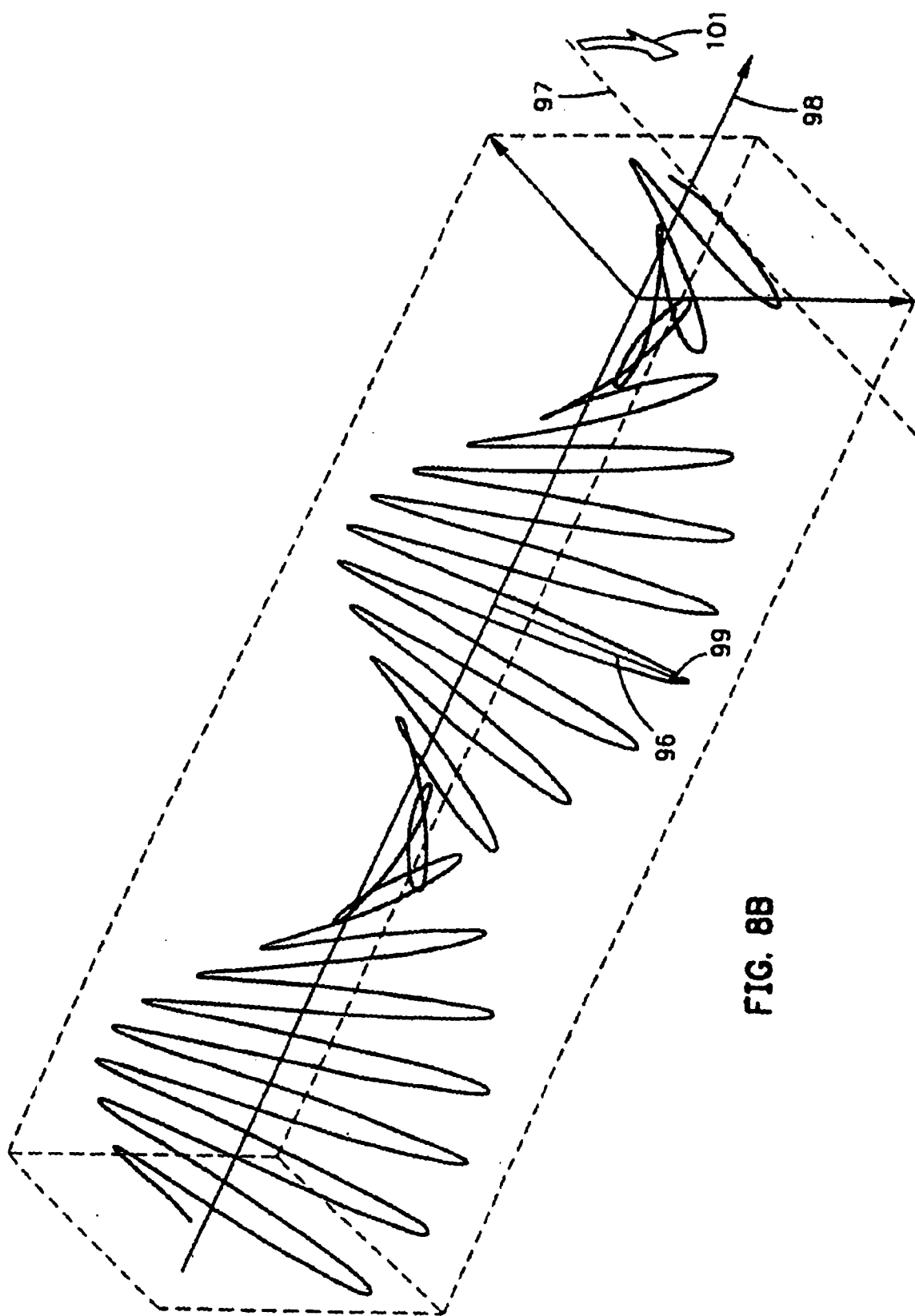
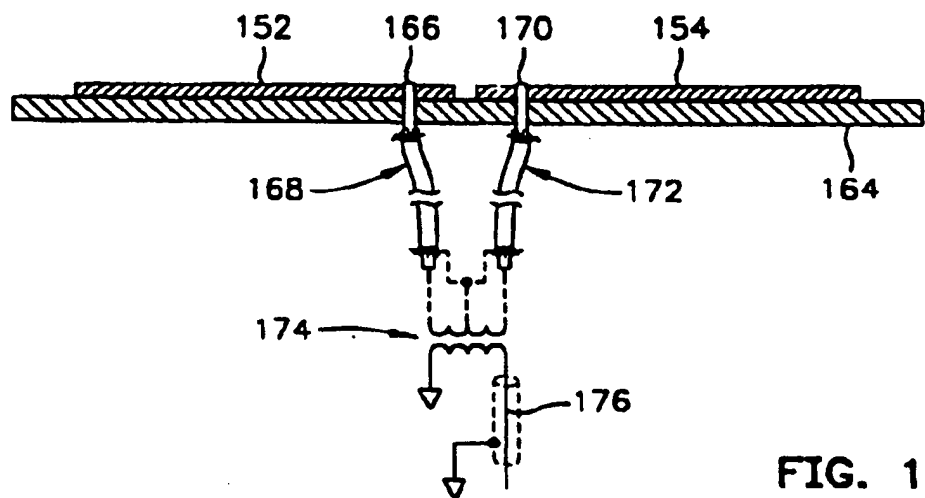
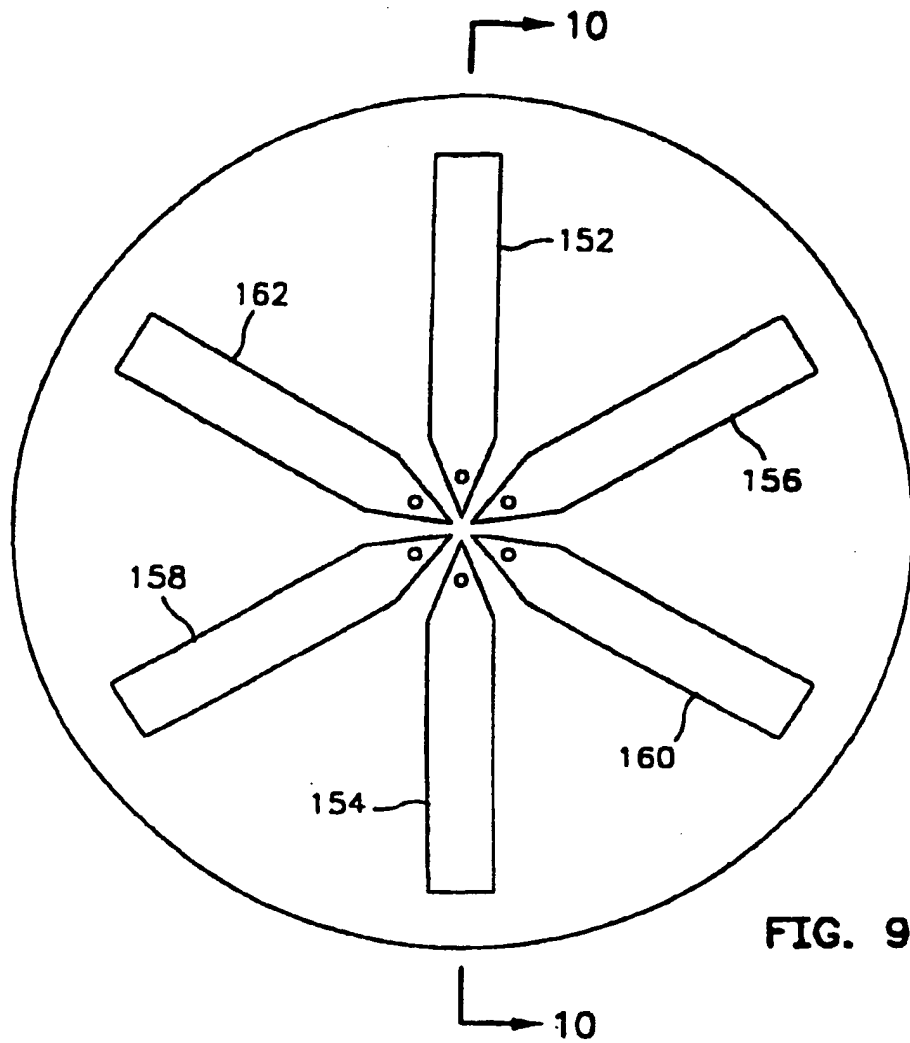


FIG. 8B



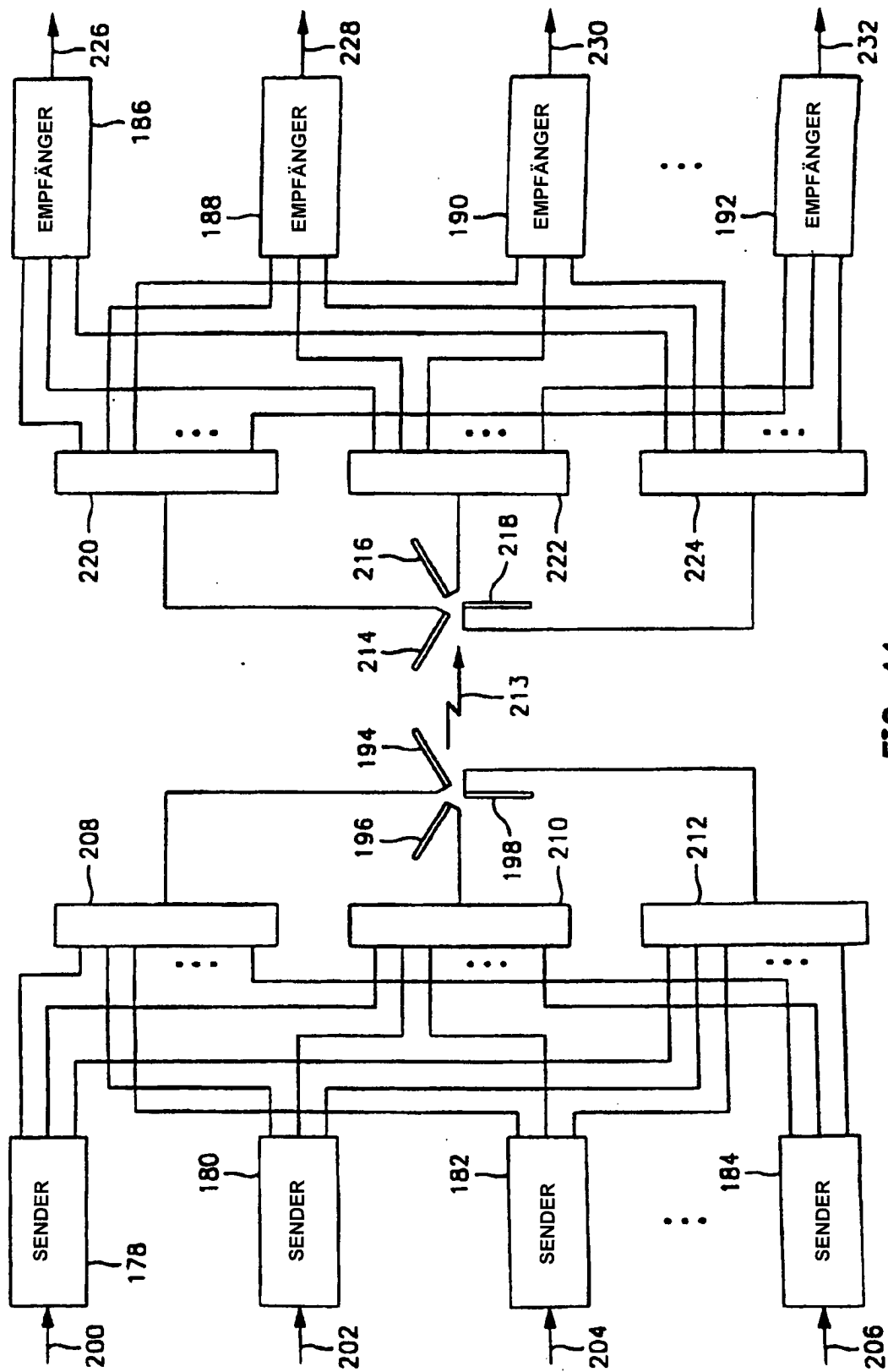


FIG. 11

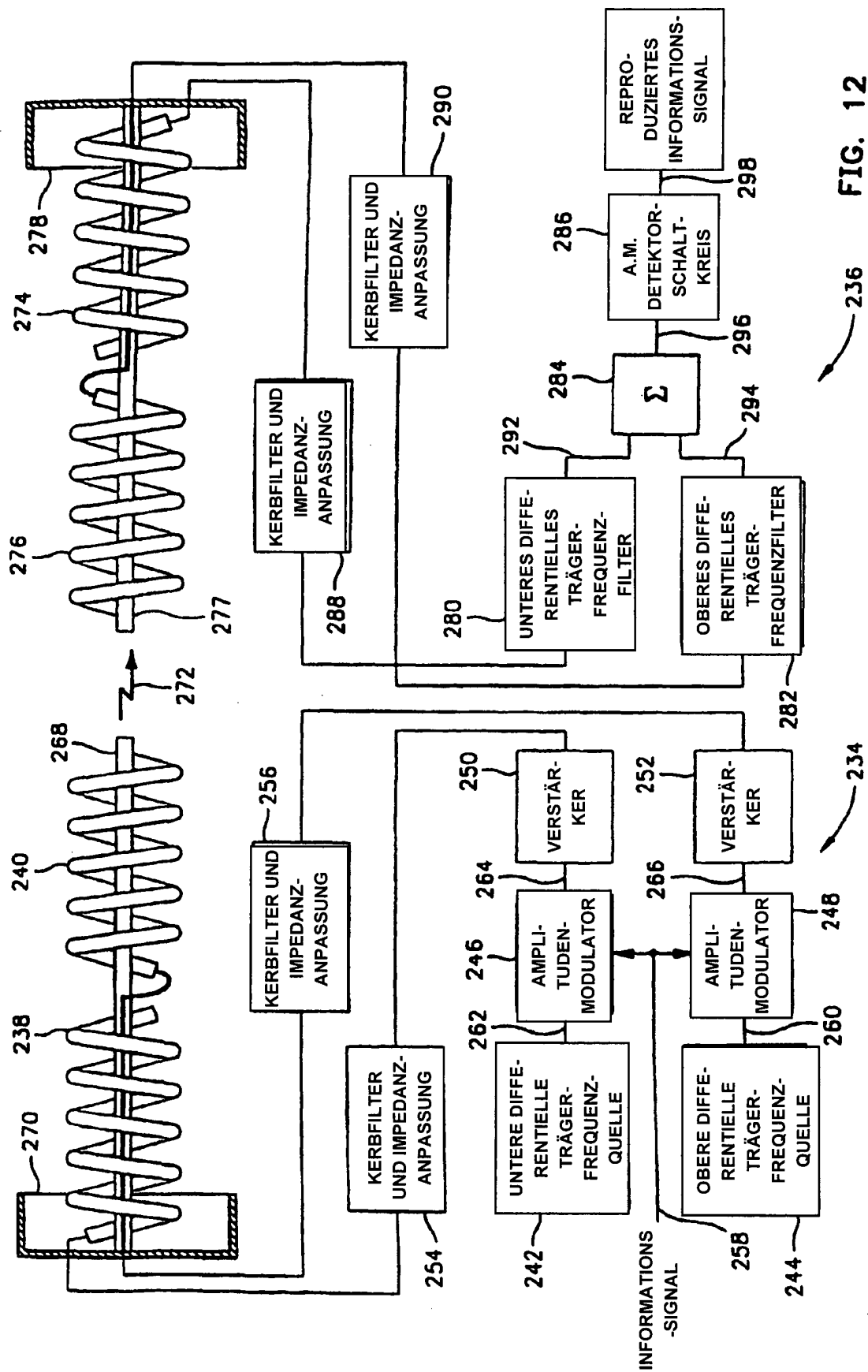
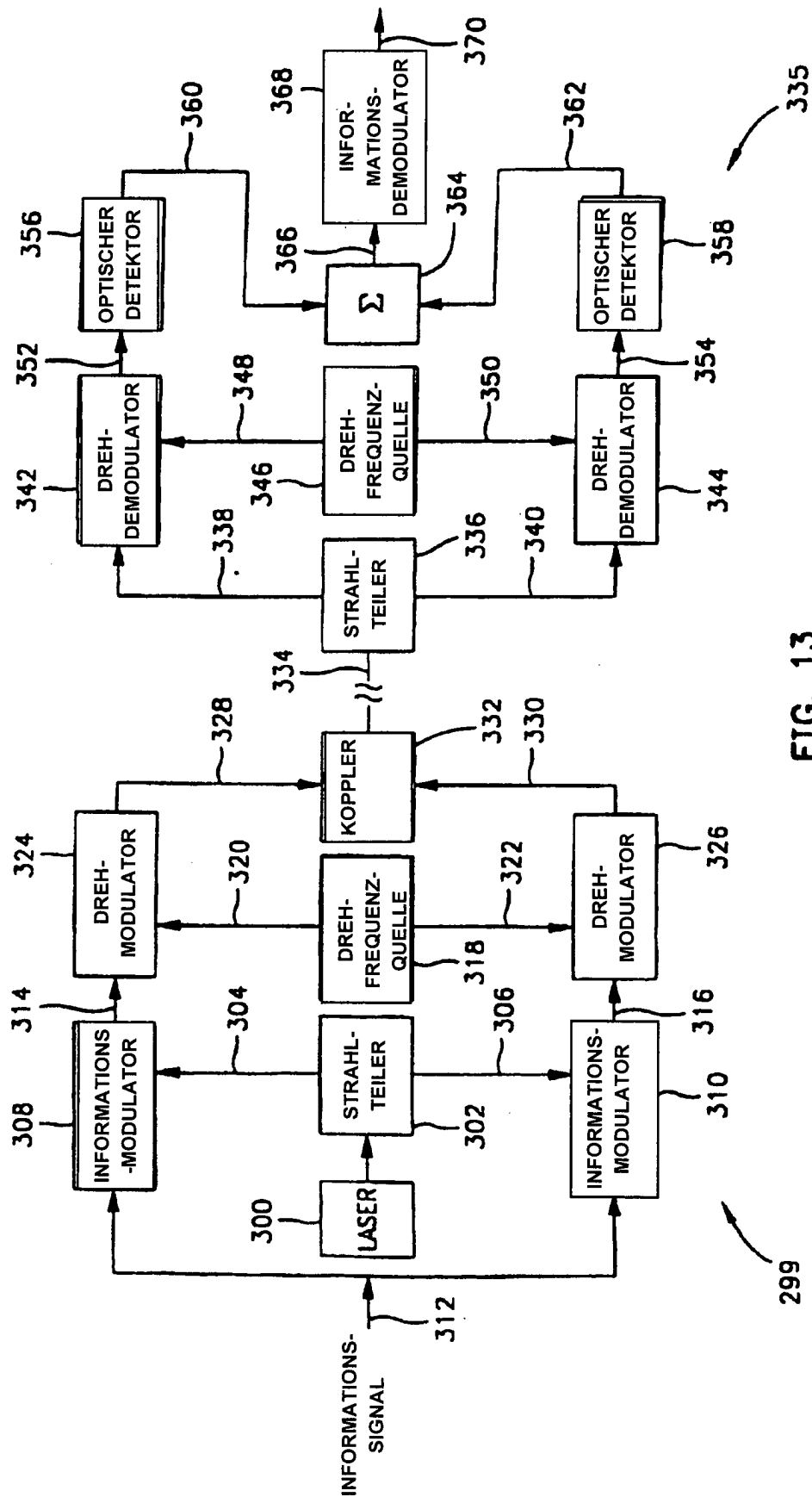


FIG. 12



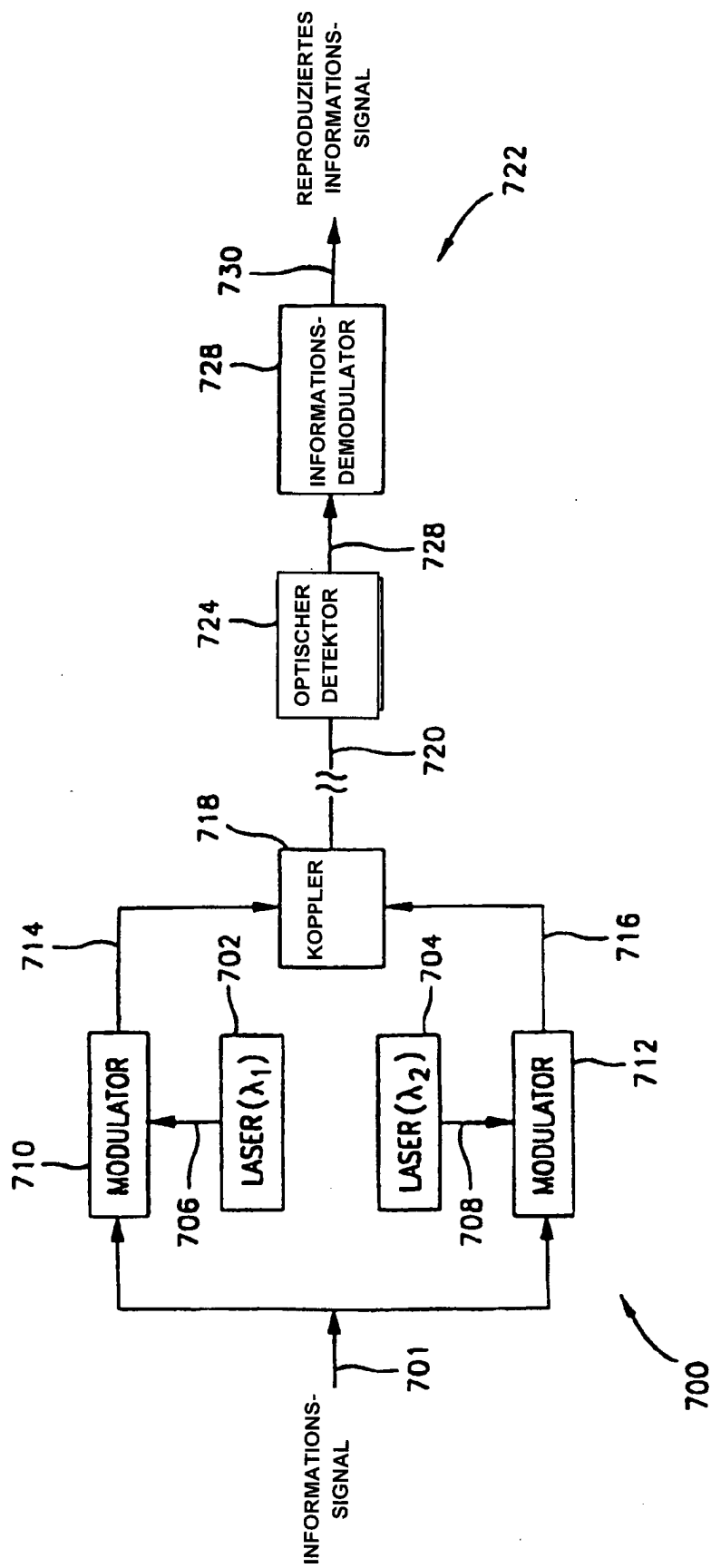


FIG. 14

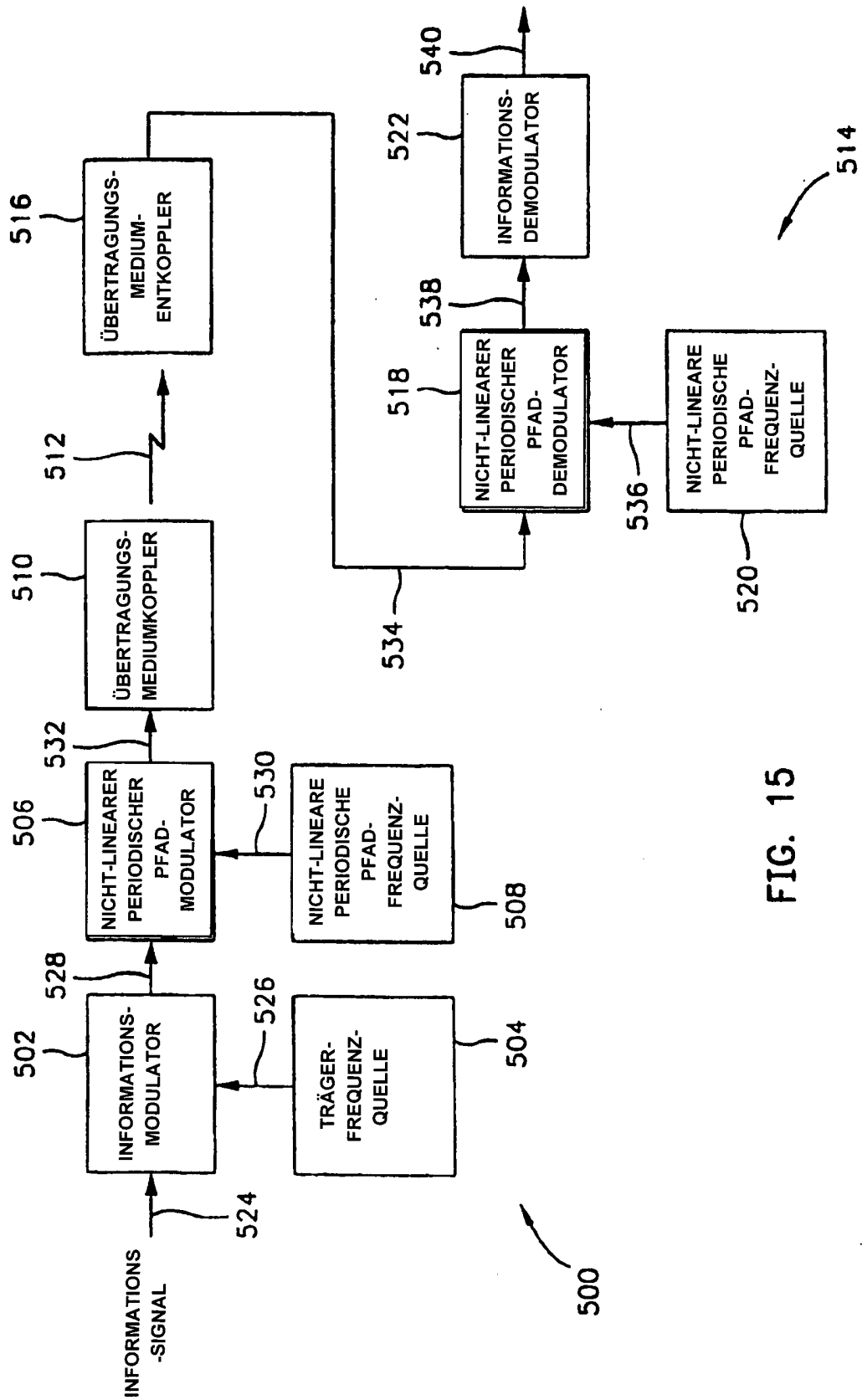


FIG. 15

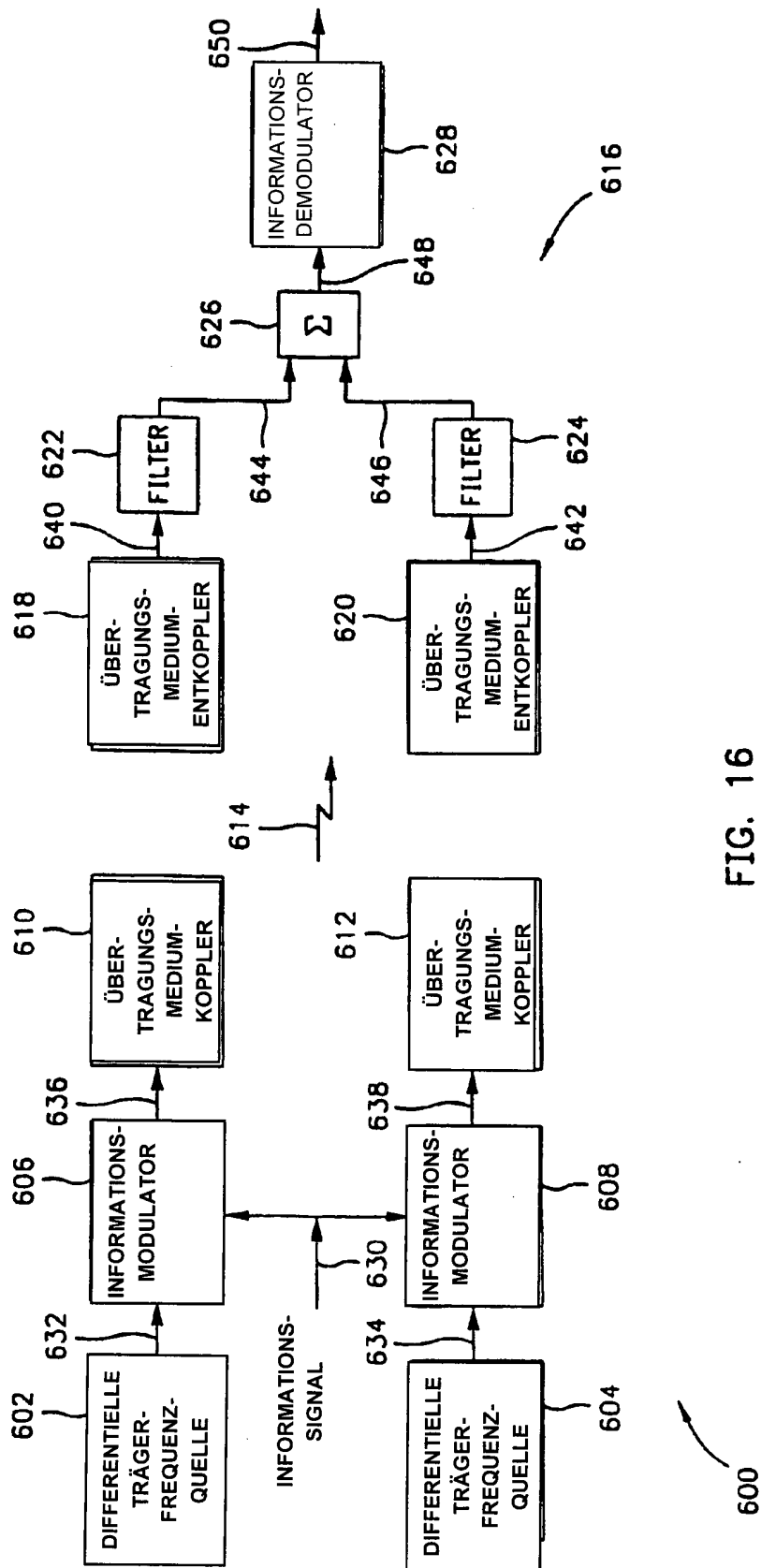


FIG. 16

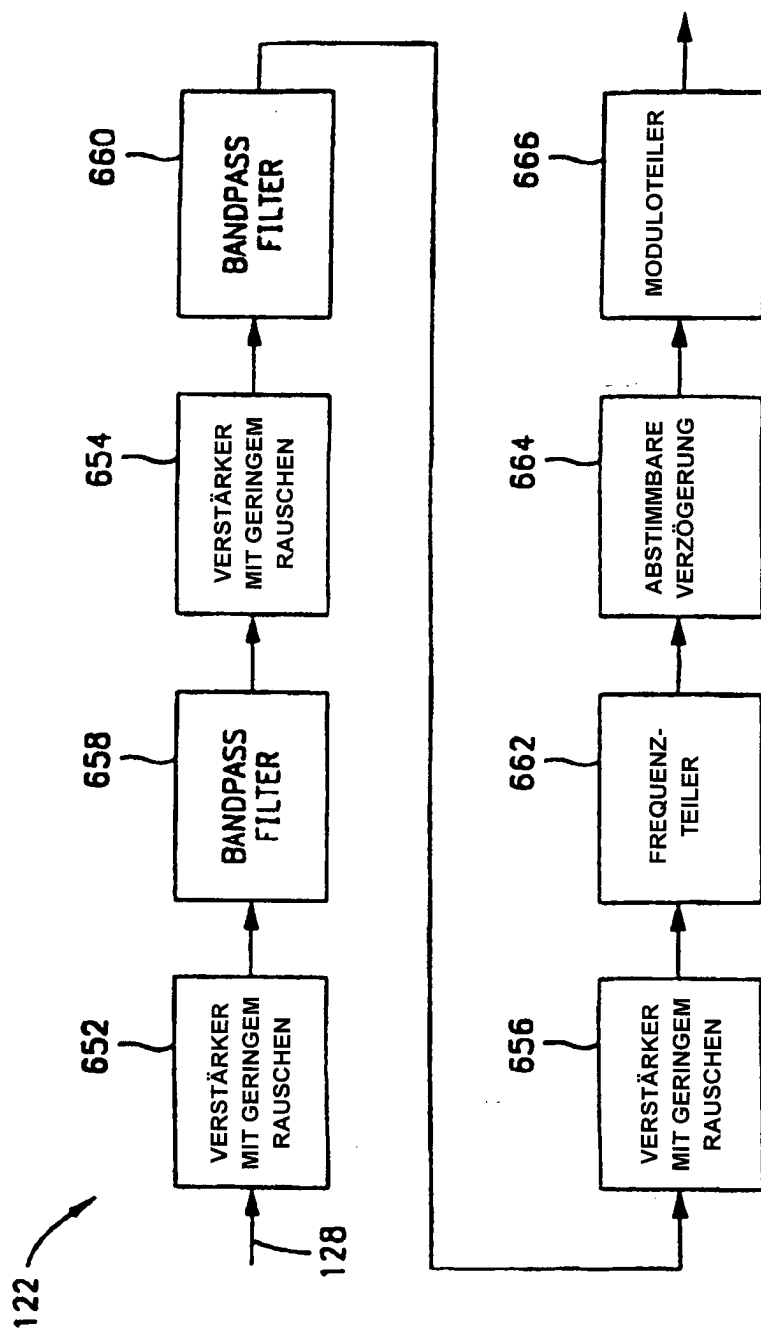


FIG. 17

