(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

PCT

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
27. Dezember 2007 (27.12.2007)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/147610 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01S 13/95 (2006.01) *G01S 7/282* (2006.01)
G01S 7/02 (2006.01) *H01Q 21/24* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/005507

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. Juni 2007 (22.06.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2006 029 317.7 23. Juni 2006 (23.06.2006) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **SELEX SISTEMI INTEGRATI GMBH** [DE/DE]; Raiffeisenstrasse 10, 41470 Neuss (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **GEKAT, Frank** [DE/DE]; Heideweg 3, 51503 Rösrath (DE).

(74) Anwalt: **VERHASSELT, Jörn**; Rethelstrasse 123, 40237 Düsseldorf (DE).

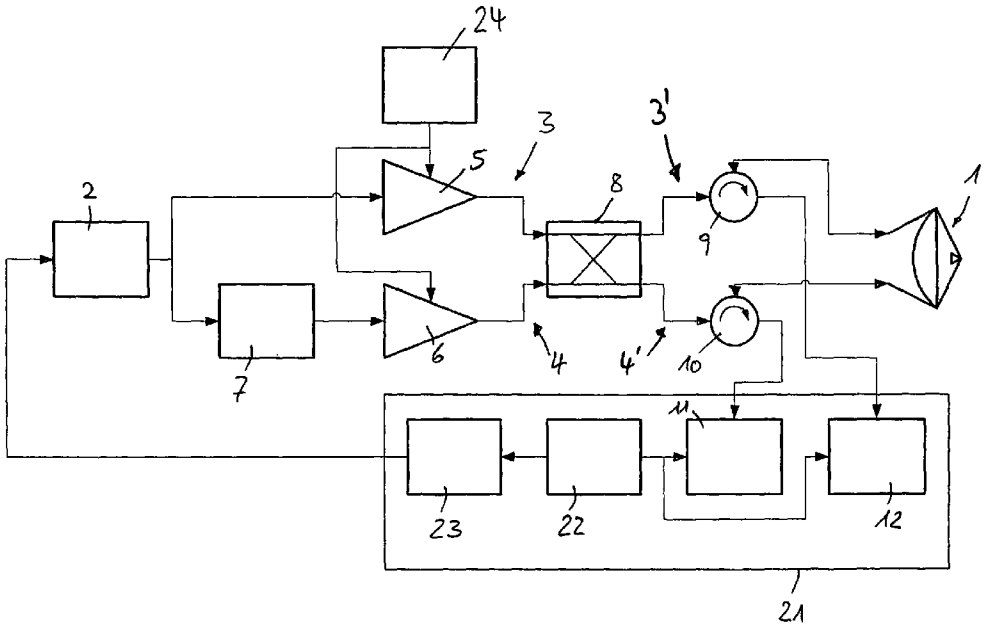
(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: POLARIZATION-MODULATED TRANSMITTER FOR A WEATHER RADAR

(54) Bezeichnung: P0LARISATIONSM0DULIERTER SENDER FÜR EIN WETTERRADAR



(57) Abstract: Disclosed is a polarization-modulated transmitter for a weather radar, comprising at least two signal paths (3, 4) to which a high-frequency signal can be fed and which are connected to a coupler (8). Said transmitter features phase modulation of the signal that is to be emitted by means of the antenna (1). The same high-frequency signal can be fed to the two signal paths (3, 4), each of which is provided with at least one transmit amplifier (5, 6). A phase modulator (7) is arranged in one of the at least two signal paths (3, 4) for modulating the phase such that a high-frequency signal can first be phase-modulated and then be amplified.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2007/147610 A1

CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärung gemäß Regel 4.17:

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Polarisationsmodulierter Sender für ein Wetterradar, mit mindestens zwei Signalwegen (3, 4), denen ein Hochfrequenzsignal zuführbar ist und die auf einen Koppler (8) geschaltet sind, und mit einer Phasenmodulation des über die Antenne (1) abzustrahlenden Signals, wobei den mindestens zwei jeweils mindestens einen Sendeverstärker (5, 6) aufweisenden Signalwegen (3, 4) das gleiche Hochfrequenz signal zuführbar ist und für die Phasenmodulation ein Phasenmodulator (7) in einem der mindestens zwei Signalwege (3,4) derart angeordnet ist, daß ein Hochfrequenzsignal zunächst phasenmodulierbar und danach verstärkbar ist.

Selex Sistemi Integrati GmbH
Gematronik Weather Radar Systems
Raiffeisenstrasse 10
41470 Neuss

432 PCT 03

POLARISATIONSMODULIERTER SENDER FÜR EIN WETTERRADAR

Die Erfindung betrifft einen polarisationsmodulierten Sender, insbesondere eines Wetterradars, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Bei der Erfassung von Wetterdaten werden Wetterradars zur Wetterbeobachtung beispielsweise in der Nähe von Flughäfen eingesetzt. Die Wetterradars strahlen elektromagnetische Wellen ab und empfangen die u.a. an Niederschlagsteilchen gestreuten elektromagnetischen Wellen wieder, um diese auszuwerten. Beispielsweise werden elektromagnetische Wellen an größeren Regentropfen, aufgrund ihrer ovalen Form so gestreut, daß die horizontale Feldkomponente stärker als die vertikale Feldkomponente reflektiert wird. Viele Wetterradars strahlen eine elektromagnetische Welle ab, die eine einzige Feldkomponente aufweist, d.h. die elektromagnetische Welle ist „einfach" linear polarisiert. Um

diesbezüglich für die Auswertung eine geeignete elektromagnetische Welle auszustrahlen, wird diese meist horizontal polarisiert.

Es hat sich jedoch gezeigt, daß „einfach" linear polarisierte Wetterradare erhebliche Nachteile aufweisen. Die Meßgenauigkeit der Regenrate ist für viele Anwendungen nicht ausreichend. Die Dämpfung, der die Welle bei ihrer Ausbreitung durch Regen ausgesetzt ist, kann bei der Berechnung der Regenrate nicht berücksichtigt werden. Die Klassifizierung der Niederschlagsteilchen ist nicht möglich.

Um die Meßgenauigkeit der Regenrate zu erhöhen, um die Dämpfung der Welle durch den Niederschlag zu erfassen und um eine Klassifizierung der Niederschlagsteilchen beispielsweise anhand der Teilchengrößeverteilung vornehmen zu können, werden „polarimetrische" Wetterradars verwendet, die elektromagnetische Wellen in zwei orthogonal zueinander polarisierten Feldkomponenten abstrahlen. Zur Auswertung wird der zurückgestreute, empfangene Puls in die beiden Feldkomponenten zerlegt und jeweils einem Empfänger zugeführt.

Zur Abstrahlung der zwei Feldkomponenten des Pulses sind im wesentlichen zwei unterschiedliche Methoden gebräuchlich. Man unterscheidet zwischen simultaner Polarisation und Polarisationsumschaltung.

Bei der simultanen (dualen) Polarisation enthält jeder abgestrahlte Puls beide Feldkomponenten, die orthogonal zueinander polarisiert sind. Der von der Antenne abgestrahlte Puls wird von einem Sender bereitgestellt, dessen Leistung auf zwei Kanäle, einen für jede Feldkomponente, aufgeteilt wird.

Durch die Aufteilung der Sendeleistung des Senders auf zwei Kanäle bei der simultanen Polarisation halbiert sich die für jeden der beiden Kanäle verfügbare Sendeleistung. Zudem kann die lineare Depolarisation des empfangenen Signals

nicht gemessen werden, da dies voraussetzt, daß ein linear polarisiertes Signal abgestrahlt und die orthogonal zueinander polarisierten Feldkomponenten gemessen werden. Dies ist bei der simultanen Polarisation nicht direkt möglich.

Bei der Polarisationsumschaltung wird ein einzelner Sender zwischen den zwei Kanälen für die beiden orthogonal zueinander polarisierten Feldkomponenten hin- und hergeschaltet. Der Sender gibt die gesamte Leistung an einen Kanal, der einem Polarisationstor der Antenne zugeführt wird, wobei zwischen den beiden Kanälen von Puls zu Puls oder nach einer vorher festgelegten Pulszahl alternierend geschaltet wird. Als Hochleistungsschalter dient beispielsweise ein Ferritschalter oder ein mechanischer Schalter. Ferritschalter sind sehr teuer und anfällig. Die mechanischen Schalter müssen aufgrund der hohen Schaltgeschwindigkeit mit der Pulswiederholfrequenz des Wetterradars synchronisiert werden und funktionieren in der Regel nur, wenn zwischen aufeinanderfolgenden Umschaltungen mehrere Pulse abgestrahlt werden.

In A. Zahrai und Dr. Dusan Zrnic, „Implementation of polarimetric capability for the WSR-88D (NEXRAD) Radar", Americal Meteorological Society, 13th Conference on IIPS, 1997, S. 284 wird beschrieben, daß ein mechanischer Hochleistungsschalter vorgesehen sein kann, mit dem es möglich ist, von der Aufteilung des Sendesignals für die Betriebsart der simultanen Polarisation auf lineare Polarisation umzuschalten.

Nachteilig dabei ist, daß der mechanische Hochleistungsschalter nicht in Echtzeit arbeitet und somit sehr langsam ist. Eine Korrelation zwischen der Rotationsgeschwindigkeit der Antenne des Wetterradars und dem Sender gestaltet sich schwierig.

In Schroth, Chandra, und Meischner, „A C-Band Coherent Polarimetric Radar for Propagation and Cloud Physics Research", American Meteorological Society, 1988, S. 803 wird ein Wetterradar beschrieben, bei dem mit einem auf

Phasenmodulation basierenden Polarisations-Schaltnetzwerk der Sendepuls zwischen den Betriebsarten der simultanen Polarisation und der Polarisationsumschaltung umgeschaltet werden kann. Es sind zwei Signalwege mit jeweils einer Vorrichtung zur Modulation elektromagnetischer Pulse vorhanden, die unabhängig voneinander arbeiten. Die Korrelation der voneinander unabhängigen Vorrichtungen zur Erzeugung elektromagnetischer Pulse ist schwierig. Zudem wird die Phasenverschiebung an den Signalen mit hohem Leistungspegel durchgeführt, was den Aufbau erschwert.

Aus Bringi, V.N., Chandrasekar, V., „Polarimetric Doppler Weather Radar", Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2001, Seite 312, Fig. 6.11 ist ein polarisationsmodulierter Sender, insbesondere für ein Wetterradar, bekannt, bei dem für jede Polarisationskomponente ein Erzeuger für elektromagnetische Pulse vorgesehen ist, die über eine gemeinsame Antenne abgestrahlt und empfangen werden. Da die beiden Sendesignale von unterschiedlichen Sendeverstärkern erzeugt werden, sind sie in Bezug auf ihre Wellenform so stark dekorreliert, daß eine präzise Messung nicht mehr möglich ist. Weiterhin muß zur Abstrahlung alternierender Polarisationen der jeweils nicht benötigte Sender abgeschaltete werden.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, einen Sender nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 zu schaffen, der einfacher aufgebaut ist, die schnelle Umschaltung zwischen den Betriebsarten simultane und geschaltete Polarisation gestattet, eine gute Korrelation der polarisierten Pulse aufweist, die verfügbare Sendeleistung möglichst effizient ausnutzt und kostengünstig realisiert werden kann.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Hierdurch wird ein polarisationsmodulierter Sender, insbesondere für ein Wetterradar, geschaffen, in dem ein Hochfrquenzsignal über eine Schaltung mit mindestens zwei Signalwegen mit einer Antenne des Wetterradars verbunden ist

und die Pulse auf die mindestens zwei Signalwege aufgeteilt werden. In den Signalwegen ist jeweils mindestens ein Sendeverstärker angeordnet. In mindestens einem der Signalwege ist ein Polarisationsmodulator vor dem entsprechenden Sendeverstärker des Signalweges vorgesehen, so daß der Polarisationsmodulator nur das Signal mit niedriger Leistung modulieren muß. Die elektromagnetischen Pulse werden mit einem die Signalwege koppelnden Koppler hinter den Sendeverstärkern der beiden Signalwege verschränkt und dann der Antenne zugeführt. In den beiden Signalwegen wird durch die Kombination des dem Koppler vorgeschalteten Polarisationsmodulators in einem Signalweg das für die gewünschte Betriebsart notwendige Signal erzeugt, ohne daß komplizierte Schaltungen oder schnellansprechende Hochleistungsschalter oder eine Polarisation eines Signals auf hohem Pegel verwendet werden müssen. Der einfache Aufbau des Senders führt zu einer Modulation der Polarisation bei kleinen Leistungspegeln und hoher Korrelation aufgrund der additiven Überlagerung der beiden an den Eingängen des Kopplers anliegenden Sendeverstärker-Signale, so daß der Sender wesentlich einfacher und kostengünstiger zu realisieren ist. Das Signal jedes der Signalwege kann dann entsprechend polarisiert der Antenne zugeführt werden.

Bevorzugt ist das Hochfrequenzsignal durch einen Pulsmodulator den Signalwegen zuführbar. Damit ist eine einfache Art der Pulserzeugung möglich.

Als einfach zu realisierendes Element kann der Polarisationsmodulator bevorzugt ein Phasenschieber sein, der als schnell schaltender elektronischer oder mikroelektromechanisch geschalteter („MEMS") Phasenschieber ausgebildet ist.

Vorzugsweise ist für einen weiteren einfachen Aufbau in Abhängigkeit von der Leitungsart der Koppler als magisches T („magic T") oder Hybrid („quadrature hybrid") bei Hohlleitern, als Verzweigungskoppler („branch-line coupler") oder Ringkoppler („hybrid ring", „rat-race coupler") bei Streifenleitern und als Verzweigungskoppler bei Koaxialleitungen ausgebildet.

Zur einfachen Ausgestaltung der Sendeverstärker können diese als Klystron, Kreuzfeldverstärker, Wanderfeldröhre, gittergesteuerte Röhre oder Transistorverstärker ausgestaltet sein. Mit diesen Sendeverstärkern ist eine Pulsmodulation einfach möglich, indem die Spannungsversorgung moduliert werden kann. Im Falle der Wanderfeldröhre, der gittergesteuerten Röhre oder dem Transistorverstärker ist eine Pulsmodulation über eine als Gitter ausgestaltete Elektrode möglich, mit der der Elektronenstrahl ein- bzw. ausgeschaltet werden kann.

Bevorzugt sind in den Signalwegen hinter den Sendeverstärkern einfache Richtungsleitungen, d.h. Isolatoren, vorgesehen, die die Sendeverstärker schützen, wenn die Isolation durch den Koppler nicht ausreichen sollte.

Vorzugsweise ist das Signal der Signalwege zu Empfängern auskoppelbar, die mit einem Prozessor verbunden sind, der zumindest einen in einem Signalweg vor dem Sendeverstärker angeordneten Vorverzerrer hinsichtlich der Vorverzerrung des Signals steuert. Hierdurch wird eine gute Qualität der Sendesignale erreicht, so daß die in den Koppler eingespeisten Signale eine hohe Korrelation aufweisen. Jedes Sendesignal kann als Testsignal ausgekoppelt, abgemischt und dem Prozessor zugeführt werden, der die optimale Vorverzerrung berechnet und einen entsprechenden Vorverzerrer in einem der Signalwege steuert. Das Signal beider Signalwege kann vorverzerrt werden, oder ein Signal eines Signalweges dient als Referenz, und nur das Signal des anderen Signalweges wird verzerrt. Es ist auch möglich, daß die Signale der beiden Signalwege zusätzlich oder auch nur hinter dem Koppler ausgekoppelt werden, um eventuelle Unsymmetrien des Kopplers durch die Vorverzerrung zu kompensieren.

Vorzugsweise können die ausgekoppelten Signale der beiden Signalwege durch eine Mischung korreliert werden. Je nach Mischertyp kann eines der beiden

Signale der Signalwege auch noch über einen kalibrierten Phasenschieber verzögert werden, um das Ausgangssignal des Mischers zu maximieren.

Bevorzugt kann auch eine Korrelation über einen I/Q-Demodulator erfolgen, der eine Phasen- und Amplitudeninformation über einen komplexen Phasor als Ausgangssignal liefert. Auch der I/Q-Demodulator ist bevorzugt kalibriert.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung zu entnehmen.

Die Erfindung wird nachstehend anhand des in den beigefügten Abbildungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Fig. 1 zeigt schematisch ein Wetterradar mit einem ersten Ausführungsbeispiel eines Senders;

Fig. 2 zeigt schematisch ein Pulskompressionsradar mit dem Sender gemäß Fig. 1;

Fig. 3 zeigt schematisch ein frequenzmodulierte Dauerstrich-Radar mit dem Sender gemäß Fig. 1;

Fig. 4 zeigt schematisch einen Koppler aus Fig. 1, 2 und 3;

Fig. 5 zeigt schematisch ein Wetterradar mir einem zweiten Ausführungsbeispiel eines Senders;

Fig. 6 zeigt schematisch ein Wetterradar mir einem dritten Ausführungsbeispiel eines Senders;

Fig. 7 zeigt schematisch ein Wetterradar mit einem vierten Ausführungsbeispiel eines Senders;

Fig. 8 zeigt schematisch ein Wetterradar mit einem fünften Ausführungsbeispiel eines Senders.

Fig. 1 zeigt ein Wetterradar mit einem ersten Ausführungsbeispiel eines polarisationsmodulierten Senders. Der Sender weist mindestens zwei Signalwege

3, 4 auf, denen das gleiche Hochfrequenzsignal vorzugsweise von einem Pulsmodulator 2 zuführbar ist. Jeder der Signalwege 3, 4 weist mindestens einen Sendeverstärker 5, 6 auf. Die Signalwege 3, 4 werden über einen Koppler 8 gekoppelt, so daß die am Koppler 8 eingehenden Pulse verschränkt werden. Zwischen der Antenne 1, die das Signal abstrahlt, und dem Pulsmodulator 2 sind die mindestens zwei Signalwege 3, 4 für eine unterschiedliche Polarisation der Signale vorgesehen. Vor dem Sendeverstärker 6, d.h. in Pulslaufrichtung dem Sendeverstärker 6 vorgeordnet, ist in dem Signalweg 4 ein Polarisationsmodulator 7 angeordnet. Die von dem Koppler 8 verschränkten Pulse sind Zirkulatoren 9, 10 zuführbar.

Die beiden Signalwege 3', 4' hinter dem Koppler 8 dienen der Polarisation der ausgestrahlten Welle durch die Antenne 1. Mit den Signalwegen 3', 4' ist der Antenne 1 für die Aussendung einer horizontal bzw. vertikal polarisierten Welle je ein Puls zuführbar. Der Erreger der Antenne 1 weist damit gleichsam zwei Tore auf, so dass die Polarisation mit dem Abstrahlen des Signals zustande kommt, und die Polarisation die Lage der elektrischen Feldkomponente relativ zum Erdboden angibt. Die Zirkulatoren 9, 10 dienen dazu, ein gesendetes bzw. abgestrahltes Signal von einem empfangenen Signal zu trennen.

Zudem ist in Fig. 1 eine Pulsmodulation durch einen Pulsmodulator 24 in den Signalwegen 3, 4 an den Sendeverstärkern 5, 6 vorgesehen.

Über die Antenne 1 werden auch elektromagnetische Pulse empfangen und über die Zirkulatoren 9, 10 an einen Empfänger 21 geleitet, der zwei Empfangskanäle 11, 12 für die empfangenen elektromagnetischen Pulse aufweist. Die empfangenen elektromagnetischen Pulse werden in Abhängigkeit des abgestrahlten Signals bzw. Pulses auswerten. Einer der Empfangskanäle 11, 12 wertet dabei die vertikalpolarisierte Komponente aus und der andere Empfangskanal 11, 12 die horizontalpolarisierte Komponente. Der Empfänger

weist zudem mindestens einen Oszillator 22 auf, der mit den Empfangskanälen 11, 12 verbunden ist, und eine Vorrichtung zur Sendesignalerzeugung 23.

Falls nur ein Oszillator 22 vorgesehen ist, wird das Signal des Oszillators 22 zum Senden und Empfangen verwendet. Im Empfänger 21 wird durch die Abmischung der Träger komplett gelöscht, so daß unmittelbar die Information, das sogenannte Basisband, zur Verfügung steht. Ein derartiger Empfänger wird Homodyn-Empfänger genannt.

Bei einem Heterodyn-Empfänger wird ein Signal erst auf eine Zwischenfrequenz und dann ins Basisband umgesetzt, wofür mindestens zwei Oszillatoren 22 benötigt werden, der sogenannte stable local oscillator STALO und der coherent oscillator COHO). Hinsichtlich der Anzahl der Umsetzungen können ein Einfach-Umsetzer (single conversion receiver), bei dem nur eine Zwischenfrequenz verwendet wird und nur zwei Oszillatoren benötigt werden, und ein Zweifach-Umsetzer (dual conversion receiver), der mit zwei Zwischenfrequenzen arbeitet und drei Oszillatoren benötigt, unterschieden werden.

Bei dem Empfänger 21 kann auch ein digitaler Empfänger (digitales Backend) verwendet werden, bei dem die Zwischenfrequenz in einem Analog-Digital-Konverter digitalisiert und numerisch weiter verarbeitet wird. Dabei stellt die Clock des Analog-Digital-Konverters einen weiteren Oszillator dar, so daß für einen digitalen Zweifach-Umsetzer zwei analoge und die Clock des Analog-Digital-Konverters zur Konversion benötigt werden.

Bei der Vorrichtung zur Sendesignalerzeugung 23 werden die Oszillatoren 22 so gemischt, daß ein Signal mit der Sendefrequenz erzeugt wird, das dem Pulsmodulator 2 zugeführt wird.

Das den beiden Signalwegen 3, 4 in Fig. 1 über den Pulsmodulator 2 zugeführte Hochfrequenzsignal kann auch neben der dargestellten direkten Modulation in der

Vorrichtung zur Sendesignalerzeugung 23 in Mischern moduliert werden, so daß das fertig gemischte Signal schon moduliert ist. Ferner kann die Hochfrequenz-Pulsmodulation durch Erzeugung eines hochzumischenden Zwischenfrequenzsignals mit einem Digital-Analog-Konverter durchgeführt werden, wobei das Zwischenfrequenzsignal pulsmoduliert ist. Eine Kombination aus den genannten Arten der Hochfrequenz-Pulsmodulation ist ebenso möglich.

Es ist auch möglich, eine Pulsmodulation des Senders durchzuführen, wobei die Spannungsversorgung einer Senderöhre bzw. eines Sendetransistors moduliert werden kann. Die Senderöhre kann auch über eine Elektrode, die meist als Gitter ausgestaltet ist, verfügen, über die der Elektronenstrahl ein- und ausgeschaltet werden kann. Analog dazu kann ein Sendetransistor auch durch Modulation seines Gates bzw. seiner Basis ein- und ausgeschaltet werden.

Bei einem in Fig. 2 schematisch dargestellten Pulskompressionsradar wird der Sendepuls moduliert. Die Modulation kann eine Phasen- oder eine Frequenzmodulation sein. Beispielsweise ist eine Frequenzrampe möglich, bei der die Sendefrequenz zu Beginn des Pulses mit einer niedrigen Frequenz startet und sich während des Pulses linear erhöht (lineare Frequenzmodulation). Der Aufbau des Senders des Radars entspricht dem aus Fig. 1. Im Unterschied zur Fig. 1 wird in einem Signalprozessor 25 ein Sendesignal in einer Vorrichtung zur Sendesignalerzeugung 23 erzeugt, das über einen Analog/Digitalkonverter 26 in eine analoge Aufwärts-Konversion 27 des Empfängers 21 eingespeist wird, die das Sendesignal auf die Sendefrequenz anhebt. Statt eines Analog/Digitalkonverters 26 kann auch ein digitaler Synthesizer zur Erzeugung des Sendesignals bzw. zur Einspeisung in die analoge Aufwärtskonversion 27 verwendet werden.

Das über die Antenne 1 empfangene Signal wird dem Signalprozessor 25 zur Auswertung über die beiden Empfangskanäle 11, 12 zugeführt, wobei im Signalprozessor 25 für jeden Empfangskanal 11, 12 ein

Sendesignalkompressionsmittel 28, 29 vorgesehen ist. Das Sendesignalkompressionsmittel 28, 29 ist ferner mit der Vorrichtung zur Sendesignalerzeugung 23 verbunden und erhält von dieser jeweils das Sendesignal. Die beschriebene Modulation des Sendesignals ermöglicht es dem Signalprozessor 25, das zu einem bestimmten Zeitpunkt empfangene Signal eindeutig einer Raumzelle zuzuordnen. Außerdem werden sämtliche Anteile des Sendesignals, welches die Raumzelle passiert, kohärent aufintegriert, wodurch die Empfindlichkeit des Radars erheblich gesteigert wird.

Bei dem beschriebenen polarisationsmodulierten Pulskompressionsradar ist es denkbar, die Polarisation nicht nur von Puls zu Puls, sondern auch während des Pulses synchron mit der Phasen- oder Frequenzmodulation des Pulses zu modulieren, um so unterschiedliche Parameter bereits innerhalb einer Sende/Empfangssequenz, und nicht erst nach mehreren Sende/Empfangssequenzen zu erfassen.

Eine Variante des Pulskompressionsradars nach Fig. 2 ist das in Fig. 3 schematisch dargestellte frequenzmodulierte Dauerstrich-Radar (FMCW, frequency modulated continuous wave). Beim FMCW-Radar entfallen der Sendepuls- und/oder der RF-Pulsmodulator. Der Sender strahlt permanent eine sich wiederholende Frequenzrampe ab. Da der Sender permanent arbeitet, werden keine Zirkulatoren zur Entkopplung von Sende- und Empfangssignal verwendet. Statt dessen arbeitet ein FMCW-Radar mit zwei Antennen 1, wobei die eine zum Senden und die andere zum Empfangen verwendet werden.

Auch hier ist es denkbar, die Polarisation nicht nur von Frequenzrampe zu Frequenzrampe, sondern auch während einer Rampe zu schalten.

Eine Kombination der Hochfrequenz-Pulsmodulation und der Pulsmodulation des Senders ist ebenfalls möglich.

In Fig. 4 ist der Koppler 8 aus Fig. 1 mit den Toren TOR1, TOR2, TOR3, TOR4 näher dargestellt. Das Tor TOR1 ist das mit dem Sendeverstärker 5 im Signalweg 3 verbundene Eingangstor des Kopplers 8. Das Tor TOR4 ist das mit dem Sendeverstärker 6 im Signalweg 4 verbundene Eingangstor des Kopplers 8. Das Tor TOR2 ist das mit dem Zirkulator 9 verbundene Ausgangstor des Kopplers 8. Das Tor TOR3 ist das mit dem Zirkulator 10 verbundene Ausgangstor des Kopplers 8. Bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel kann durch Einstellung der Phasenlage des Signals am Tor TOR3 bezogen auf die Phase des Signals am Tor TOR1 bei gleicher Amplitude des an den Toren TOR1 und TOR4 eingehenden Signals die Amplitude der Ausgangssignale an den Toren TOR2 und TOR3 eingestellt werden.

Beispielsweise können sich die Amplituden am Tor TOR2 konstruktiv und am Tor TOR3 destruktiv überlagern, so daß die gesamte Leistung beider Eingangssignale am Tor TOR2 abgegeben wird. Die gesamte Leistung wird dann im Signalweg 3 dem Zirkulator 9, der das Signal beispielsweise horizontal polarisiert, zugeführt, so daß eine horizontal polarisierte Welle der Antenne 1 zuführbar ist.

Auf die gleiche Art kann die gesamte Leistung auf Tor TOR3 gelegt werden. Die gesamte Leistung wird dann im Signalweg 5 dem Zirkulator 10, der das Signal beispielsweise vertikal polarisiert, zugeführt, so daß eine vertikal polarisierte Welle der Antenne 1 zuführbar ist.

Die Leistung kann auch gleichmäßig auf die Tore TOR2 und TOR3 aufgeteilt werden, so daß über die Zirkulatoren 9, 10 sowohl eine vertikal als auch eine horizontal polarisierte Welle der Antenne 1 gleichzeitig zuführbar ist.

Durch die Umschaltung des Phasenschiebers 7 sind die Betriebsarten simultane Polarisation und Polarisationsumschaltung realisierbar.

Die Bauweise des Kopplers hängt von der gewählten Leistungsart ab. Bei Hohlleitern können beispielsweise ein magisches T („magic T") oder ein Hybrid („quadrature hybrid") verwendet werden. Bei Streifenleitern können beispielsweise ein Verzweigungskoppler („branch-line coupler") oder ein Ringkoppler („hybrid ring", „rat-race coupler") verwendet werden. Bei Koaxialleitungen kann beispielsweise ein Verzweigungskoppler verwendet werden.

Mathematisch läßt sich der Koppler 8 am Beispiel des in Fig. 4 dargestellten Hybridkopplers durch seine Streumatrix beschreiben. Wellen, die in den Koppler 8 hineinlaufen, werden mit a_i bezeichnet und Wellen, die den Hybridkoppler verlassen, werden mit b_i bezeichnet. Es gilt:

$$a_i = \underline{U}_{ein,i} / \sqrt{Z_L} \qquad a_i = \underline{U}_{aus,i} / \sqrt{Z_L}$$

Z_L ist die Leitungsimpedanz. Die ein- und auslaufenden Wellen $\underline{U}_{ein,i}$, $\underline{U}_{aus,i}$ werden auch als (impedanz-)normierte Wellen bezeichnet. Der Unterstrich zeigt, daß es sich um komplexe Variablen handelt. In Matrixschreibweise ergibt sich

$$\underline{b} = \underline{S} \cdot \underline{a}$$

$\underline{S}$ ist die Streumatrix. Die Streumatrix eines 90°-Hybrids (3dB-Koppler, „quadrature hybrid") ist:

$$\underline{S}_{QH} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 0 & -j & -1 & 0 \\ -j & 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & -j \\ 0 & -1 & -j & 0 \end{pmatrix}$$

Der Begriff 90°-Hybrid leitet sich von dem Verhalten des Kopplers ab, wenn nur ein Signal am Tor TOR1 eingespeist wird. Das Signal an Tor TOR1 wird dann auf die Tore TOR2 und TOR3 aufgeteilt, wobei die Phasenverschiebung der beiden auslaufenden Wellen an den Toren TOR2 und TOR4 90° beträgt.

Bei dem in Fig. 4 dargestellten Koppler 8 werden nur an den Toren TOR1 und TOR3 Wellen eingespeist, die von den beiden Sendeverstärkern 5, 6 kommen:

$$\underline{a} = \begin{pmatrix} \underline{a}_1 \\ 0 \\ 0 \\ \underline{a}_4 \end{pmatrix}$$

Die an den Toren TOR2 und TOR3 ausgehenden Wellen ergeben sich zu:

$$b_2 = \left(-j\underline{a}_1 \quad -\underline{a}_4\right)/\sqrt{2} \qquad b_3 = \left(-\underline{a}_1 \quad -j\underline{a}_4\right)/\sqrt{2}$$

Drei Betriebsarten können aufgrund unterschiedlicher Amplitude und Phase der Signale an den Toren TOR 1 und TOR4 unterschieden werden.

Bei der ersten Betriebsart haben die an den Toren TOR1 und TOR4 anliegenden Signale die gleiche Amplitude und Phase, so daß $a_1 = a_4$. Dann ergibt sich:

$$b_2 = \left(-a_1\right)(j+1)/\sqrt{2} \qquad b_3 = \left(-a_1\right)(1+j)/\sqrt{2}$$

An den Toren TOR2 und TOR3 gehen somit von dem Koppler 8 zwei Wellen mit gleicher Amplitude und gleicher Phase aus.

Bei der zweiten Betriebsart haben die an den Toren TOR1 und TOR4 anliegenden Signale die gleiche Amplitude, aber einen Phasenunterschied von 90°, so daß $a_4 = j\,a_1$. Dann ergibt sich:

$$b_2 = \left(-2ja_1\right)/\sqrt{2} \qquad b_3 = 0$$

Die Amplitude des Signals an Tor TOR2 verdoppelt sich, wohingegen an Tor TOR3 kein Signal abgegeben wird.

Bei der dritten Betriebsart haben die an den Toren TOR1 und TOR4 anliegenden Signale die gleiche Amplitude, aber einen Phasenunterschied von -90° (oder 270°), so daß $a_4 = -j\,a_1$. Dann ergibt sich:

$$b_2 = 0 \qquad b_3 = (-2ja_1)/\sqrt{2}$$

Die Amplitude des Signals an Tor TOR3 verdoppelt sich, wohingegen am Tor TOR2 kein Signal abgegeben wird.

Es ist somit möglich, in Abhängigkeit von der Phasenlage der beiden an den Toren TOR1 und TOR4 anliegenden Signale, die Leistung aufzuteilen oder zwischen den zwei Toren TOR2 und TOR3 hin- und herzuschalten. Bei einem als magischen T ausgestalteten Koppler 8 ergeben sich ähnliche Bedingungen, wobei das magische T ein 180°-Hybrid ist, und sich in der Streumatrix unterscheidet.

Bei dem in Fig. 5 dargestellten Ausführungsbeispiel ist zwischen den Sendeverstärkern 5, 6 und dem Koppler 8 jeweils in den Signalwegen 3, 4 ein Isolator 13 bzw. 14 angeordnet, durch die die Sendeverstärker 5, 6 geschützt sind. Die Isolatoren 13, 14 können als einfache Richtungsleitungen ausgestaltet sein. Aus Gründen der Einfachheit sind in Fig. 5 die Vorrichtung zur Sendesignalerzeugung 23 und der bzw. die Oszillatoren 23 nicht dargestellt. Das in Fig. 5 dargestellte Ausführungsbeispiel kann aber insoweit dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel entsprechen. Die Verwendung des erfindungsgemäßen Senders in einem in Fig. 2 bzw. 3 dargestellten polarisationsmodulierten Pulskompressionsradar bzw. FMCW-Radar ist ebenfalls möglich.

Bei dem in Fig. 6 dargestellten Ausführungsbeispiel wird eine gute Qualität der Sendesignale dadurch erreicht, daß die in den Koppler 8 eingespeisten Signale bereits eine hohe Korrelation aufweisen. Dies wird dadurch erreicht, daß aus

jedem Signalweg 3, 4 ein Testsignal ausgekoppelt wird. Das ausgekoppelte Testsignal wird abgemischt über je einen Empfänger 15, 16 einem Prozessor 17 zugeführt, der eine optimale Vorverzerrung berechnet. Der Prozessor 17 ist mit einem zusammen mit dem Phasenmodulator 7 ausgestalteten Vorverzerrer verbunden und steuert diesen. Alternativ kann der Vorverzerrer getrennt von dem Phasenmodulator ausgestaltet sein. Die Empfänger 15, 16 sind mit dem Erzeuger 2 verbunden und empfangen ein Erzeuger-Ausgangssignal als Referenz und vergleichen das von den Signalwegen 3, 4 ausgekoppelte Signal mit der Referenz, so daß der Prozessor 17 auf Grundlage des Vergleichs den Vorverzerrer steuert. Alternativ kann vorgesehen sein, daß die Signale der Signalwege 3, 4 hinter dem Koppler 8 ausgekoppelt werden, um eventuelle Unsymmetrien des Kopplers 8 durch die Steuerung der Vorverzerrung zu kompensieren. Ebenfalls möglich ist die Auskopplung von Testsignalen sowohl vor als auch hinter dem Koppler. Aus Gründen der Einfachheit sind in Fig. 6 die Vorrichtung zur Sendesignalerzeugung 23 und der bzw. die Oszillatoren 23 nicht dargestellt. Das in Fig. 6 dargestellte Ausführungsbeispiel kann aber insoweit dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel entsprechen. Die Verwendung des erfindungsgemäßen Senders in einem in Fig. 2 bzw. 3 dargestellten polarisationsmodulierten Pulskompressionsradar bzw. FMCW-Radar ist ebenfalls möglich.

Bei dem in Fig. 7 dargestellten Ausführungsbeispiel wird die Korrelation der beiden Signale in den Signalwegen 3, 4 dadurch erreicht, daß die ausgekoppelten Signale in einem Mischer 18 gemischt und dem Prozessor 17 zugeführt werden, um den Vorverzerrer zu steuern. Je nach Typ des Mischers 18 kann eines der beiden Signale aus den Signalwegen noch über einen kalibrierten Phasenschieber verzögert werden, um das Ausgangssignal des Mischers 18 zu maximieren. Auch hier kann wieder vorgesehen sein, daß die Signale der Signalwege hinter dem Koppler 8 ausgekoppelt werden, um eventuelle Unsymmetrien des Kopplers 8 durch die Steuerung der Vorverzerrung zu kompensieren. Aus Gründen der Einfachheit sind in Fig. 7 die Vorrichtung zur Sendesignalerzeugung 23 und der bzw. die Oszillatoren 23 nicht dargestellt. Das in Fig. 7 dargestellte

Ausführungsbeispiel kann aber insoweit dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel entsprechen. Die Verwendung des erfindungsgemäßen Senders in einem in Fig. 2 bzw. 3 dargestellten polarisationsmodulierten Pulskompressionsradar bzw. FMCW-Radar ist ebenfalls möglich.

In Fig. 8 ist ein Ausführungsbeispiel dargestellt, bei dem die Korrelation der beiden Signale in den Signalwegen 3, 4 über einen I/Q-Demodulator 19 erreicht wird, dem die ausgekoppelten Signale der Signalwege 3, 4 zugeführt werden. Der I/Q-Demodulator 19 liefert die Phasen- und Amplitudeninformation über einen komplexen Phasor als Ausgangssignal an den Prozessor 17, der den Vorverzerrer steuert. Der I/Q-Demodulator 19 empfängt für die Auswertung der Phasen- und Amplitudeninformation von dem Erzeuger 2 ein Referenzsignal. Vorzugsweise ist der I/Q-Demodulator kalibriert. Aus Gründen der Einfachheit sind in Fig. 8 die Vorrichtung zur Sendesignalerzeugung 23 und der bzw. die Oszillatoren 23 nicht dargestellt. Das in Fig. 8 dargestellte Ausführungsbeispiel kann aber insoweit dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel entsprechen. Die Verwendung des erfindungsgemäßen Senders in einem in Fig. 2 bzw. 3 dargestellten polarisationsmodulierten Pulskompressionsradar bzw. FMCW-Radar ist ebenfalls möglich.

Patentansprüche

1. Polarisationsmodulierter Sender, insbesondere für ein Wetterradar, mit mindestens zwei Signalwegen (3, 4), denen ein Hochfrequenzsignal zuführbar ist und die auf einen Koppler (8) geschaltet sind, und mit einer Phasenmodulation des über die Antenne (1) abzustrahlenden Signals, **dadurch gekennzeichnet**, daß den mindestens zwei jeweils mindestens einen Sendeverstärker (5, 6) aufweisenden Signalwegen (3, 4) das gleiche Hochfrequenzsignal zuführbar ist und für die Phasenmodulation ein Polarisationsmodulator (7) in einem der mindestens zwei Signalwege (3 ,4) derart angeordnet ist, daß ein Hochfrequenzsignal zunächst phasenmodulierbar und danach verstärkbar ist.

2. Sender nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Hochfrequenzsignal durch einen Pulsmodulator (2) zuführbar ist.

3. Sender nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Polarisationsmodulator (7) ein Phasenschieber ist.

4. Sender nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Koppler (8) ein magisches T oder ein Hybrid ist.

5. Sender nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Koppler (8) ein Verzweigungskoppler oder ein Ringkoppler ist.

6. Sender nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Sendeverstärker (5, 6) als Klystron, Kreuzfeldverstärker, Wanderfeldröhre, gittergesteuerte Röhre oder Transistorverstärker ausgestaltet sind.

7. Sender nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Sendeverstärkern (5, 6) und dem Koppler (8) in den Signalwegen (3, 4) jeweils ein Isolator (13, 14) angeordnet ist.

8. Sender nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Signal der Signalwege (3, 4) zu Empfängern (15, 16) auskoppelbar ist, die mit einem Prozessor (17) verbunden sind, mit dem zumindest ein in einem Signalweg (3, 4) vor dem Sendeverstärker (5, 6) angeordneter Vorverzerrer und/oder der Phasenmodulator (7) hinsichtlich der Vorverzerrung und/oder Phasenmodulation eines der Signale der Signalwege (3, 4) steuerbar ist.

9. Sender nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfänger (15, 16) jeweils mit dem Pulsmodulator (2) zum Empfang eines Referenzsignals gekoppelt sind.

10. Sender nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein Mischer (18) vorgesehen ist, der zwischen den beiden Signalwegen (3, 4) und dem Prozessor (13) koppelbar ist zur Steuerung des Vorverzerrers und/oder Phasenmodulators (7) in Abhängigkeit vom gemischten Signal.

11. Sender nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein I/Q-Demodulator (19) zur Erlangung der Phasen- und Amplitudeninformation der Signale der Signalwege (3, 4) vorgesehen ist, der zwischen den beiden Signalwegen (3, 4) und dem Prozessor (17) koppelbar ist zur Steuerung des Vorverzerrers und/oder Phasenmodulators (7).

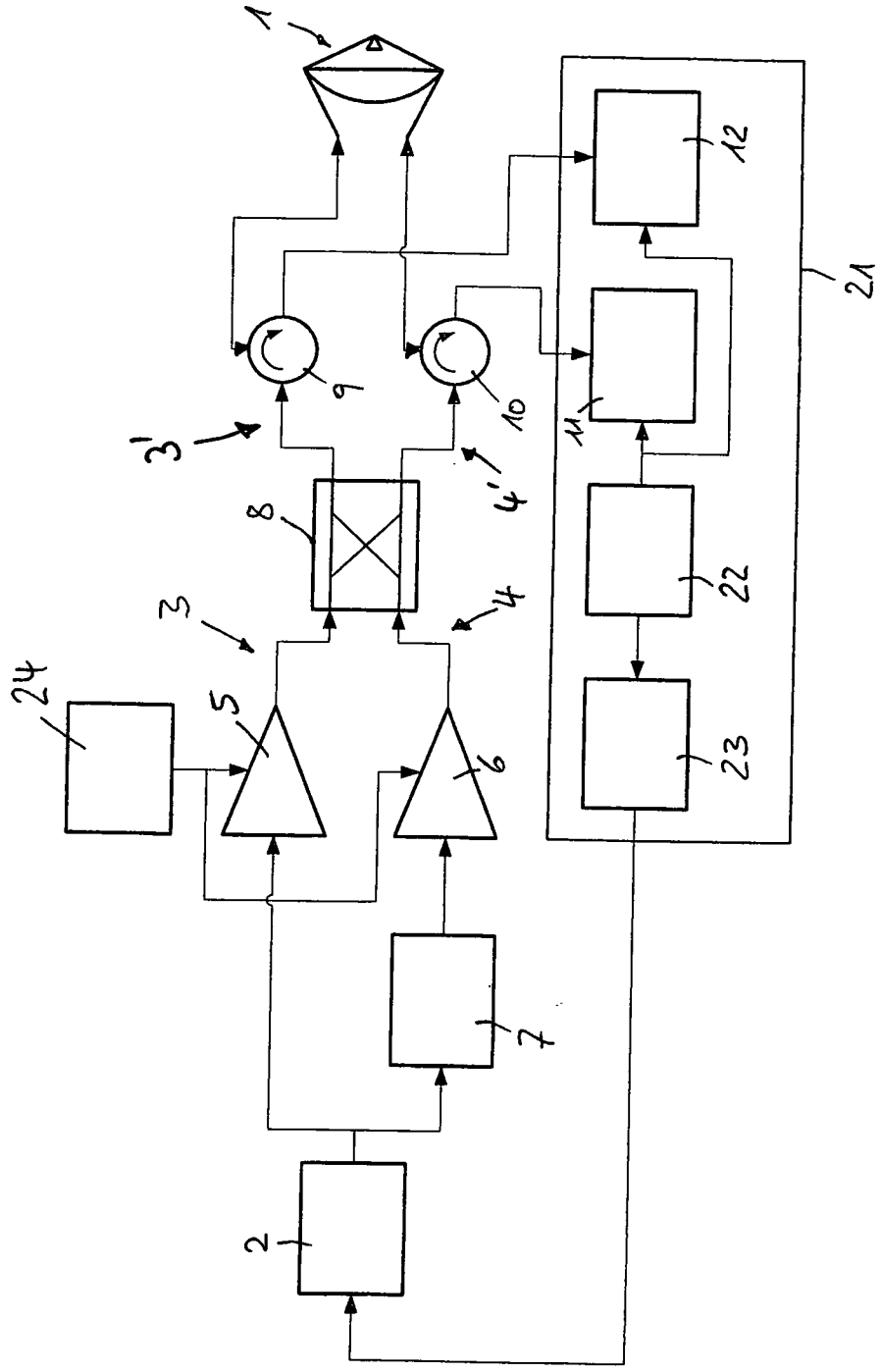


Fig. 1

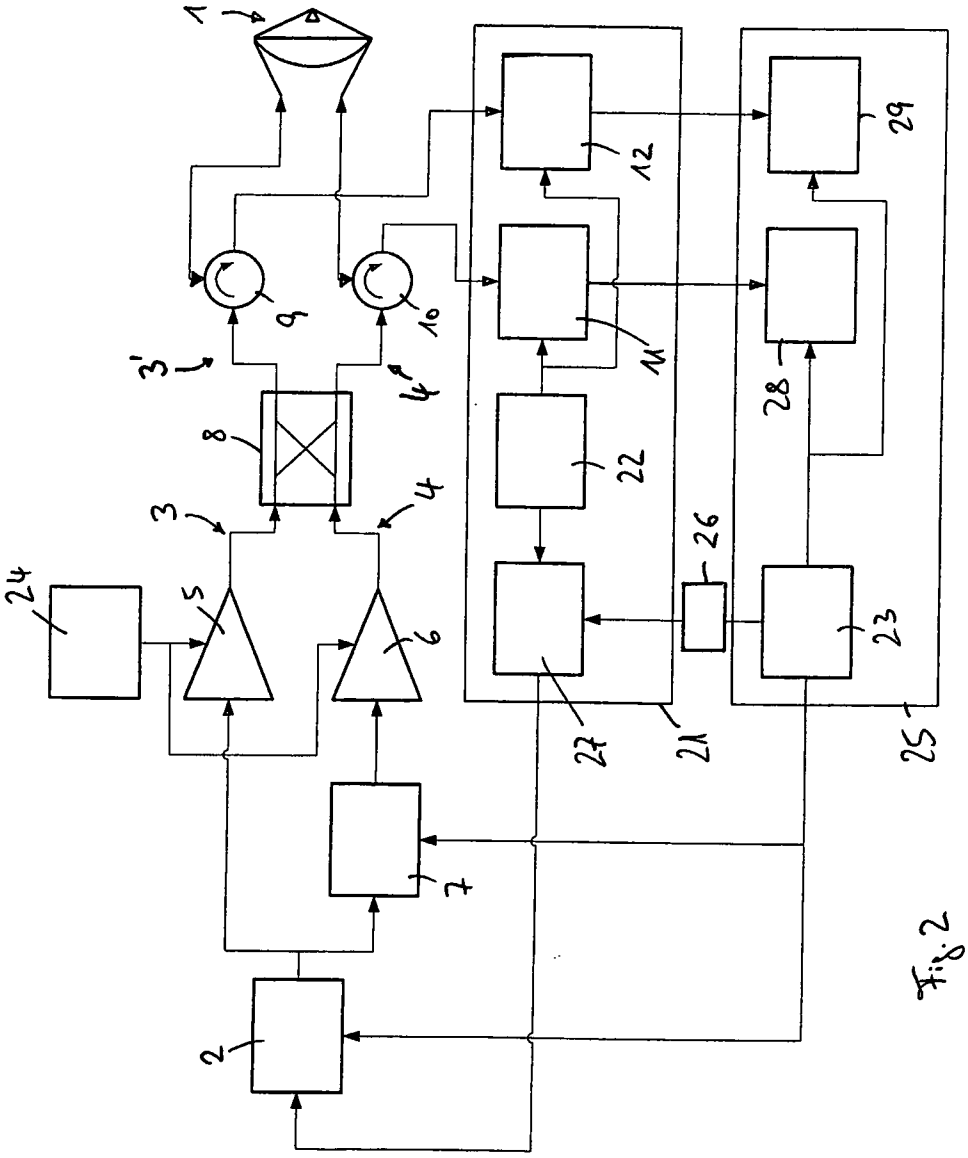


Fig. 2

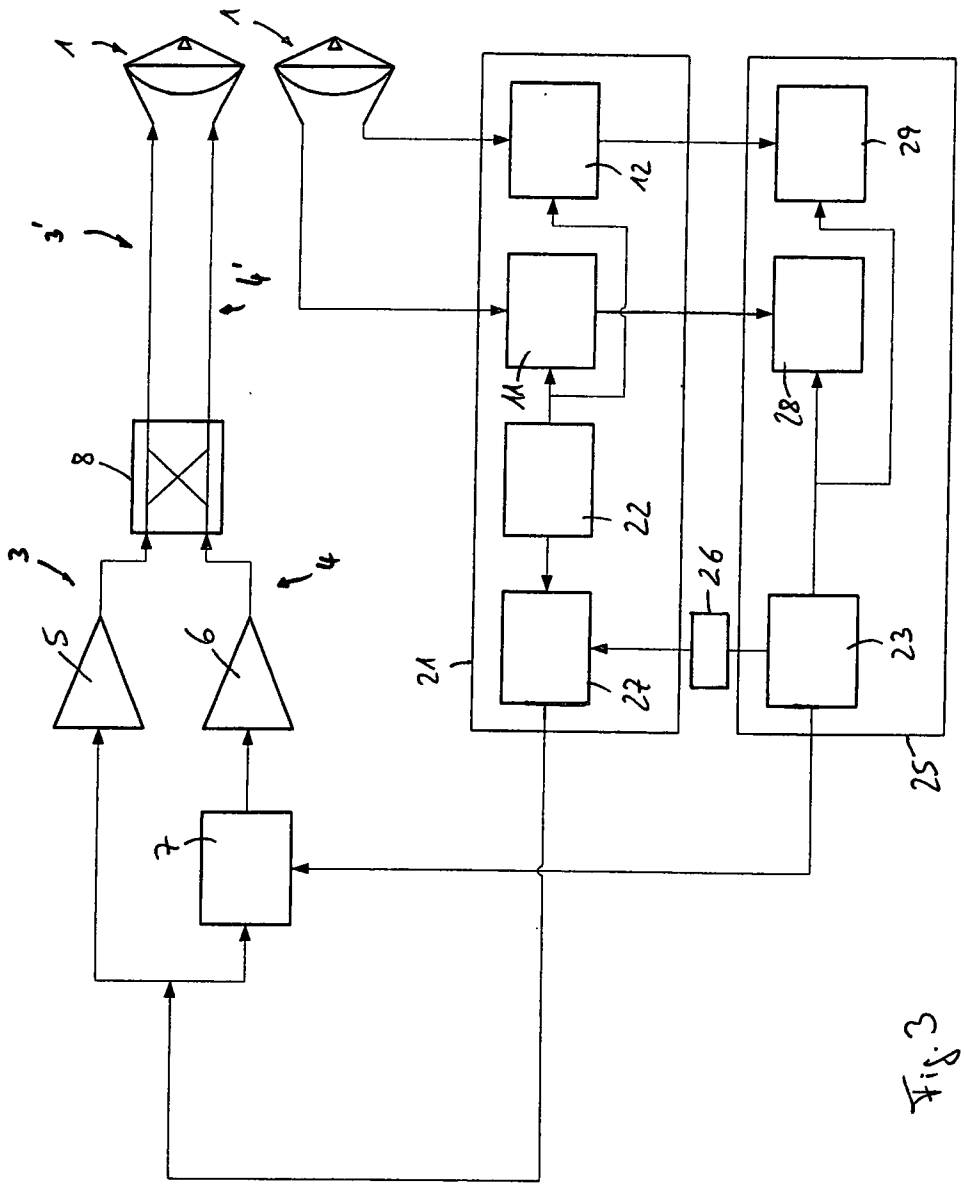


Fig. 3

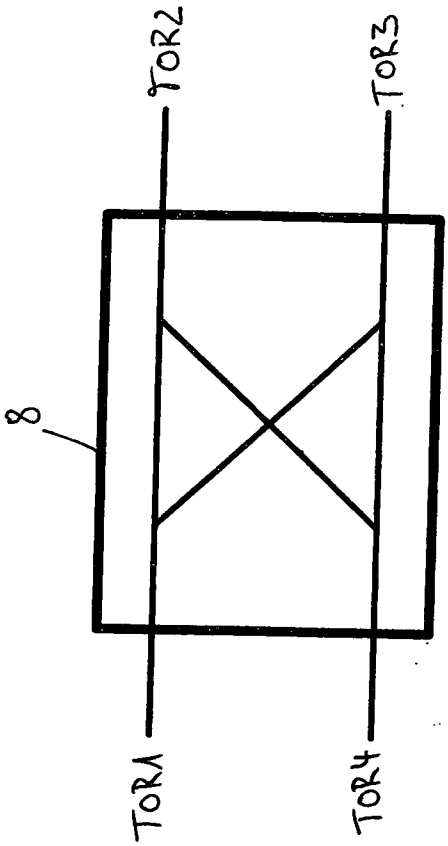


Fig. 4

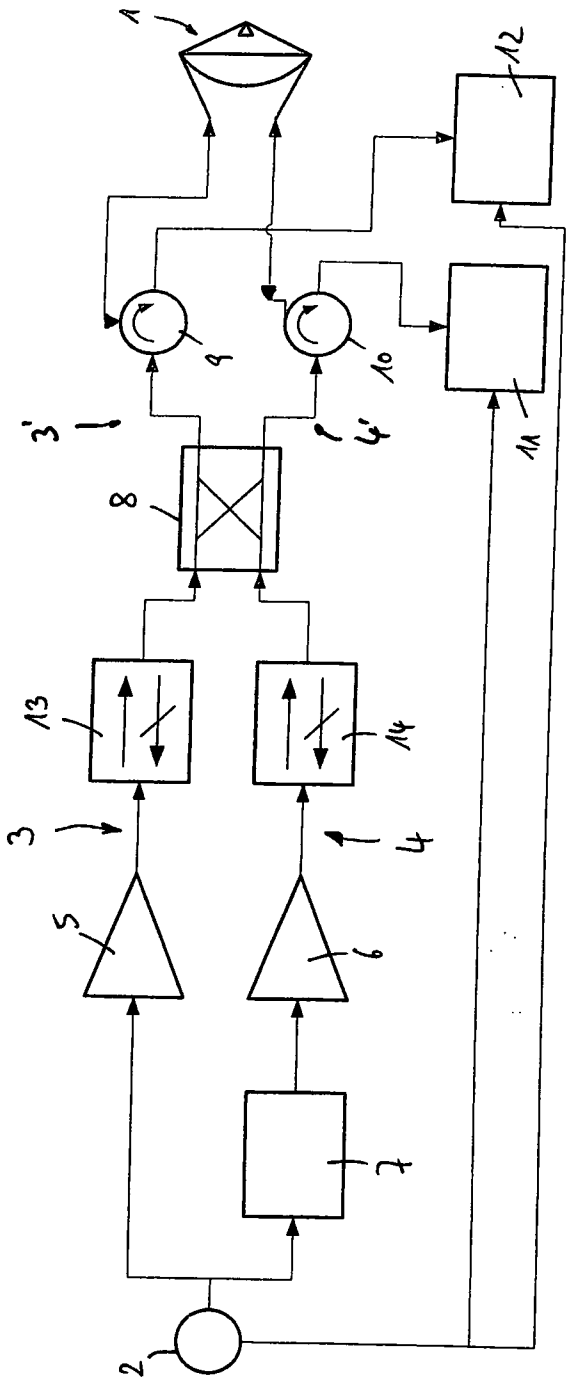


Fig.5

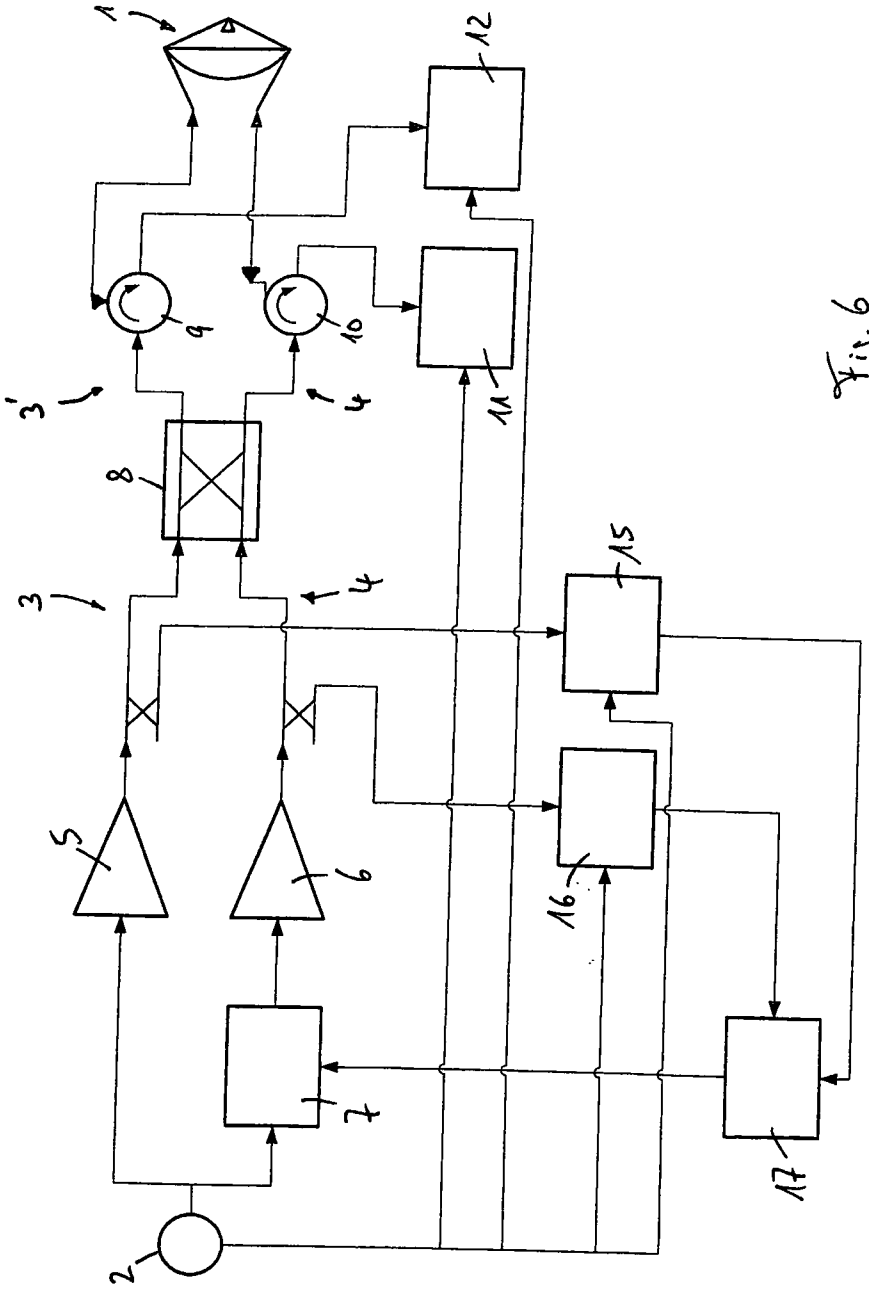


Fig. 6

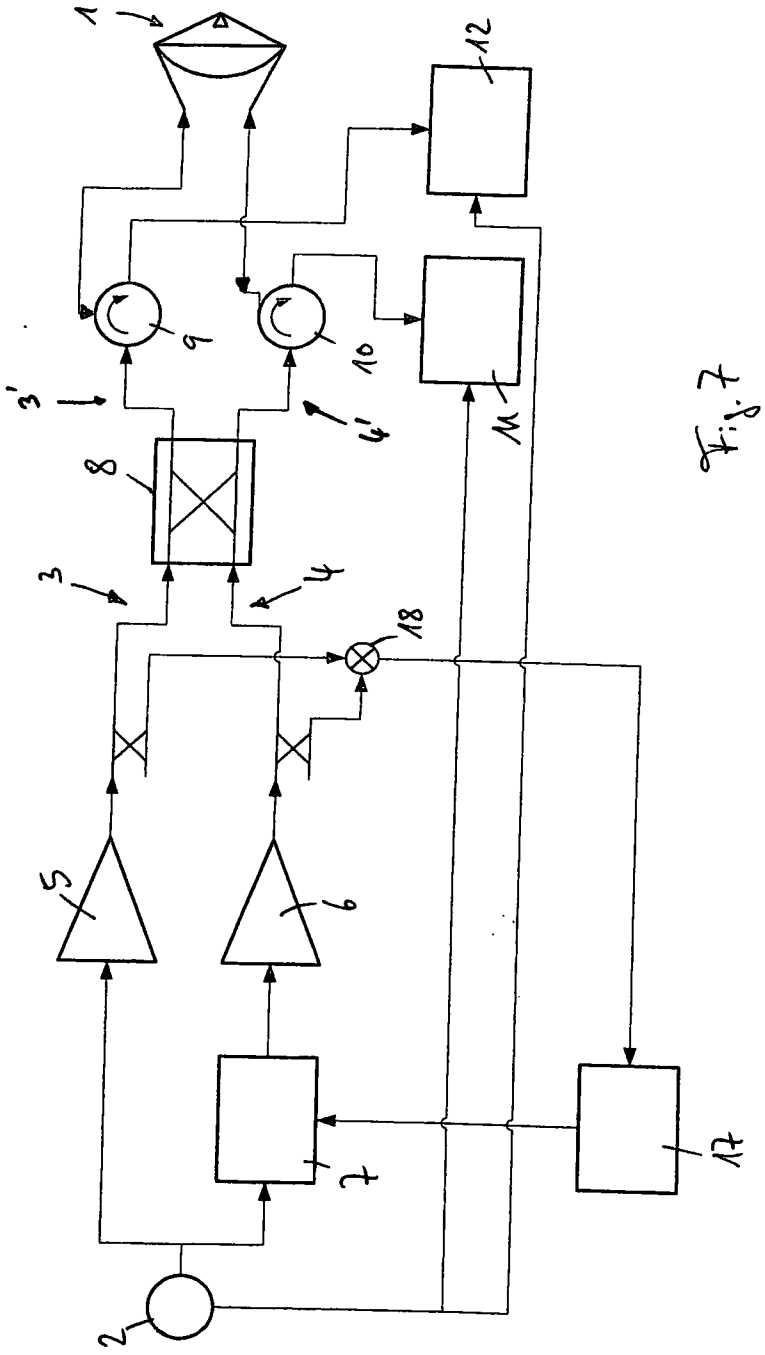


Fig. 7

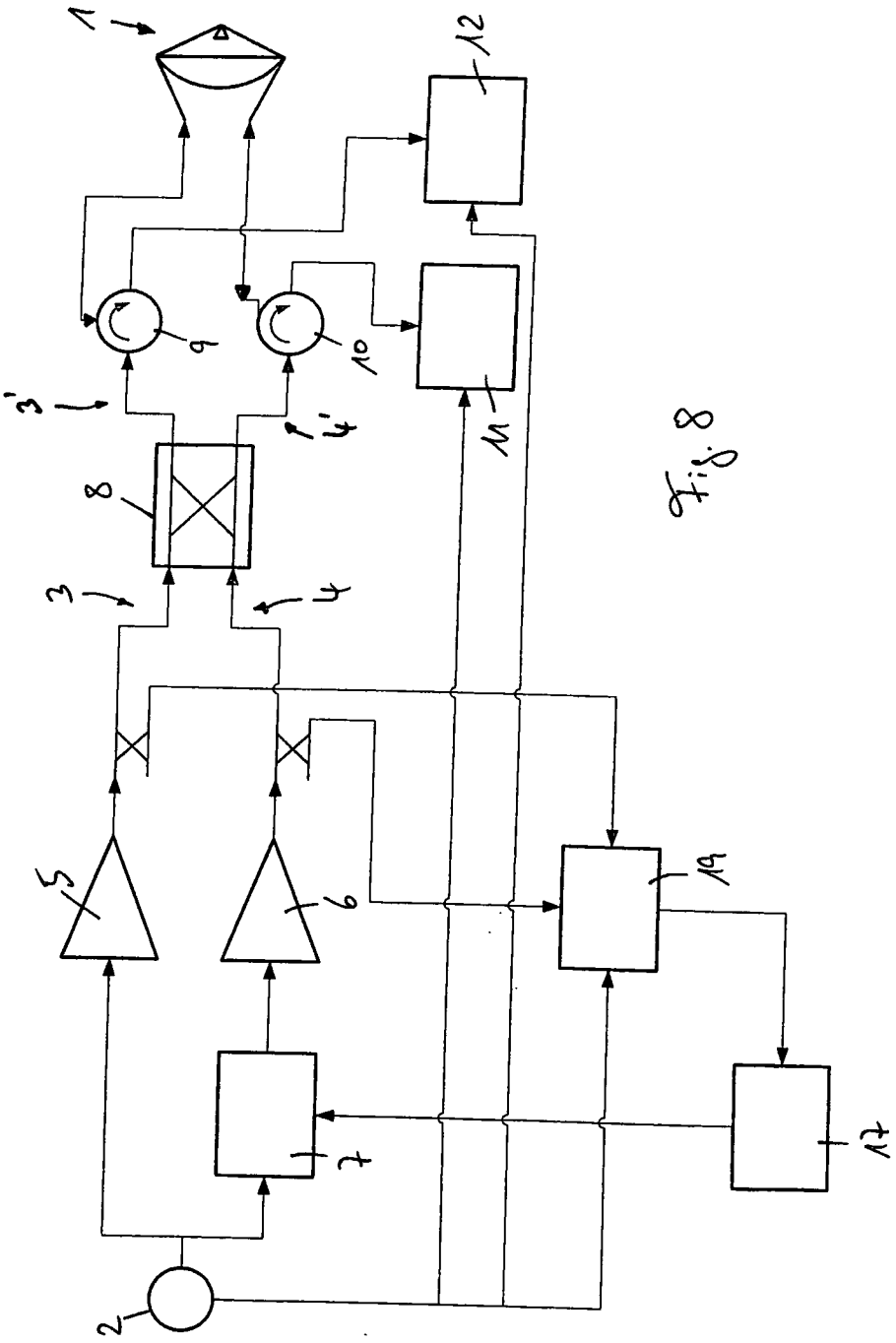


Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2007/005507

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01S13/95 G01S7/02 G01S7/282 H01Q21/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01S H01Q H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 3 500 460 A (JONES RAYMOND R ET AL) 10 March 1970 (1970-03-10) column 4, line 43 - column 7, line 32; figures 7a,8a,9a,10a	1-7
X	US 2 273 161 A (USSELMAN GEORGE L) 17 February 1942 (1942-02-17) the whole document	1-7
X	US 5 344 099 A (PITTMAN WILLIAM C [US] ET AL) 6 September 1994 (1994-09-06) column 3, lines 31-54; figure 2	1-7
X	US 3 478 362 A (RICARDI LEON J ET AL) 11 November 1969 (1969-11-11) column 3, line 1 - column 5, line 35; figures 1,2	1-7

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
17 September 2007	02/10/2007

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	van Norel, Jan

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2007/005507

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 323 898 A (BARNES RICHARD M ET AL) 6 April 1982 (1982-04-06) column 2, line 60 - column 3, line 30; figure 1a	1-7
X	EP 0 543 509 A2 (ELECTROMAGNETIC SCIENCES INC [US] EMS TECHNOLOGIES INC [US]) 26 May 1993 (1993-05-26) abstract; figure 3 figures 7a,7c,7e	1-7
X	EP 0 703 464 A2 (DAIMLER BENZ AG [DE] DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 27 March 1996 (1996-03-27) abstract column 2, lines 24-34	1-7
A	US 6 121 920 A (BARRETT TERENCE W [US]) 19 September 2000 (2000-09-19) abstract column 3, lines 10-20	1-11
A	US 2004/056791 A1 (ALFORD JAMES LARRY [US] ET AL) 25 March 2004 (2004-03-25) abstract; figure 2	1-11
A	ZAHRAI A ET AL: "Implementation of polarimetric capability for the WSR-88D (NEXRAD) radar" AEROSPACE AND ELECTRONICS CONFERENCE, 1997. NAECON 1997., PROCEEDINGS OF THE IEEE 1997 NATIONAL DAYTON, OH, USA 14-17 JULY 1997, NEW YORK, NY, USA,IEEE, US, vol. 1, 14 July 1997 (1997-07-14), pages 346-352, XP010242843 ISBN: 0-7803-3725-5 cited in the application paragraph [0004]; figures 1,2	1-11

2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2007/005507

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3500460 A	10-03-1970	BE 714779 A	30-09-1968
		FR 1562692 A	04-04-1969
		GB 1195599 A	17-06-1970
US 2273161 A	17-02-1942	GB 542693 A	23-01-1942
US 5344099 A	06-09-1994	NONE	
US 3478362 A	11-11-1969	NONE	
US 4323898 A	06-04-1982	NONE	
EP 0543509 A2	26-05-1993	AT 168502 T	15-08-1998
		CA 2081998 A1	21-05-1993
		DE 69226240 D1	20-08-1998
		IL 103567 A	08-12-1995
		JP 6177634 A	24-06-1994
		US 5304999 A	19-04-1994
EP 0703464 A2	27-03-1996	DE 4433789 A1	28-03-1996
		ES 2154701 T3	16-04-2001
US 6121920 A	19-09-2000	NONE	
US 2004056791 A1	25-03-2004	US 2005093734 A1	05-05-2005

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2007/005507

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01S13/95 G01S7/02 G01S7/282 H01Q21/24

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01S H01Q H04B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 3 500 460 A (JONES RAYMOND R ET AL) 10. März 1970 (1970-03-10) Spalte 4, Zeile 43 - Spalte 7, Zeile 32; Abbildungen 7a,8a,9a,10a	1-7
X	US 2 273 161 A (USSELMAN GEORGE L) 17. Februar 1942 (1942-02-17) das ganze Dokument	1-7
X	US 5 344 099 A (PITTMAN WILLIAM C [US] ET AL) 6. September 1994 (1994-09-06) Spalte 3, Zeilen 31-54; Abbildung 2	1-7
X	US 3 478 362 A (RICARDI LEON J ET AL) 11. November 1969 (1969-11-11) Spalte 3, Zeile 1 - Spalte 5, Zeile 35; Abbildungen 1,2	1-7

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
17. September 2007	02/10/2007

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	van Norel, Jan

2

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2007/005507

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 323 898 A (BARNES RICHARD M ET AL) 6. April 1982 (1982-04-06) Spalte 2, Zeile 60 - Spalte 3, Zeile 30; Abbildung 1a	1-7
X	EP 0 543 509 A2 (ELECTROMAGNETIC SCIENCES INC [US] EMS TECHNOLOGIES INC [US]) 26. Mai 1993 (1993-05-26) Zusammenfassung; Abbildung 3 Abbildungen 7a,7c,7e	1-7
X	EP 0 703 464 A2 (DAIMLER BENZ AG [DE] DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 27. März 1996 (1996-03-27) Zusammenfassung Spalte 2, Zeilen 24-34	1-7
A	US 6 121 920 A (BARRETT TERENCE W [US]) 19. September 2000 (2000-09-19) Zusammenfassung Spalte 3, Zeilen 10-20	1-11
A	US 2004/056791 A1 (ALFORD JAMES LARRY [US] ET AL) 25. März 2004 (2004-03-25) Zusammenfassung; Abbildung 2	1-11
A	ZAHRAI A ET AL: "Implementation of polarimetric capability for the WSR-88D (NEXRAD) radar" AEROSPACE AND ELECTRONICS CONFERENCE, 1997. NAECON 1997., PROCEEDINGS OF THE IEEE 1997 NATIONAL DAYTON, OH, USA 14-17 JULY 1997, NEW YORK, NY, USA,IEEE, US, Bd. 1, 14. Juli 1997 (1997-07-14), Seiten 346-352, XP010242843 ISBN: 0-7803-3725-5 in der Anmeldung erwähnt Absatz [0004]; Abbildungen 1,2	1-11

2

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2007/005507

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 3500460	A	10-03-1970	BE	714779 A	30-09-1968
			FR	1562692 A	04-04-1969
			GB	1195599 A	17-06-1970
US 2273161	A	17-02-1942	GB	542693 A	23-01-1942
US 5344099	A	06-09-1994	KEINE		
US 3478362	A	11-11-1969	KEINE		
US 4323898	A	06-04-1982	KEINE		
EP 0543509	A2	26-05-1993	AT	168502 T	15-08-1998
			CA	2081998 A1	21-05-1993
			DE	69226240 D1	20-08-1998
			IL	103567 A	08-12-1995
			JP	6177634 A	24-06-1994
			US	5304999 A	19-04-1994
EP 0703464	A2	27-03-1996	DE	4433789 A1	28-03-1996
			ES	2154701 T3	16-04-2001
US 6121920	A	19-09-2000	KEINE		
US 2004056791	A1	25-03-2004	US	2005093734 A1	05-05-2005