



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 26 070 T2 2005.01.27**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 886 149 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 26 070.8**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 111 015.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **16.06.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **23.12.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **08.09.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **27.01.2005**

(51) Int Cl.7: **G01S 13/34**
G01S 13/42

(30) Unionspriorität:

16134797 18.06.1997 JP

(73) Patentinhaber:

Honda Giken Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:

Weickmann & Weickmann, 81679 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

Iihoshi, Akira, 1-4-1 Chuo, Saitama-ken, JP;
Kojima, Jou, 1-4-1 Chuo, Saitama-ken, JP

(54) Bezeichnung: **Frequenzmoduliertes Dauerstrichradarsystem**

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

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein frequenzmoduliertes Dauerstrich-(FM-CW)-Radarsystem gemäß Anspruch 1. Das Radarsystem ist in der Lage, einen von einer Radarantenne gesendeten Strahl zu scannen und insbesondere in der Lage, sowohl die Richtung als auch die Breite eines Ziels genau zu erfassen.

[0002] Das US-Patent Nr. 5 369 409 offenbart ein Zeitmultiplex-Radarsystem mit einer Mehrzahl von Antennen, die zum Abstrahlen von Strahlen mit im Wesentlichen denselben Abstrahlmustern in überlappender Beziehung zueinander angeordnet sind. Der von einer der Antennen abgestrahlte Strahl wird durch ein Ziel reflektiert und das Echosignal wird durch eine andere der Antennen empfangen, so dass das Radarsystem funktionell äquivalent zu einer Radarsystemkonfiguration ist, bei der zwischen jedem Paar von benachbarten der existierenden Antennen eine virtuelle Antenne hinzugefügt ist. Das offenbarte Zeitmultiplex-Radarsystem ist in der Lage, ein Ziel sehr genau in einem weiten Winkelbereich mit der begrenzten Anzahl von Antennen zu erfassen.

[0003] Das US-Patent Nr. 5 579 010 zeigt eine Mehrfachstrahl-Radarvorrichtung mit einem Mehrfachstrahl-Sende- und -Empfangsmittel, einem Empfangspegel-Speichermittel zum aufeinander folgenden Erfassen und Speichern der Intensitäten von reflektierten Wellen von Zielen, die in jeweiligen Sende- und Empfangskanälen empfangen worden sind, und der Abstände zu den Zielen, einem Mehrfachstrahlmuster-Speichermittel zum Erzeugen und Speichern einer Mehrfachstrahlmustermatrix oder ihrer inversen Matrix, die die Quadrate von Direktivitäten der gesendeten Strahlen repräsentiert und den Sende- und Empfangskanälen entspricht, und ein inverses Verarbeitungsmittel zum Anordnen der gespeicherten Empfangspegel von im Wesentlichen demselben Abstand in Zeilen oder Spalten entsprechend den Sende- und Empfangskanälen sowie zum Verarbeiten der Empfangspegel auf Grundlage der Mehrfachstrahlmustermatrix oder ihrer inversen Matrix, um korrigierte Werte der Empfangspegel der Sende- und Empfangskanäle zu berechnen. Die gezeigte Mehrfachstrahl-Radarvorrichtung kann eine Anzahl von Reflexionsquellen erfassen, die in einem zweidimensionalen Raum verteilt sind, mit hoher Auflösung nach Maßgabe eines Entfaltungsverfahrens.

[0004] Bei herkömmlichen Mehrfachstrahl-FM-CW-Radarvorrichtungen gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 (z. B. offenbart in EP 0 773 452 A1) ist die Richtungsauflösung abhängig von der Anzahl von Mehrfachstrahlen. Da die Anzahl von Mehrfachstrahlen durch die Antennenstruktur begrenzt ist, ist es wünschenswert, die Richtung eines Ziels und dessen Breite in einer Abtastrichtung sehr

genau zu erfassen, ohne die Anzahl von Mehrfachstrahlen zu erhöhen.

[0005] In einer strahlabtastenden FM-CW-Radarvorrichtung wäre es möglich, ein Schwebungssignal in jede Abtastrichtung zu unterteilen und zum Bestimmen des Abstands und der Richtung zu einem Ziel das Schwebungssignal hinsichtlich seiner Frequenz zu analysieren. Da jedoch das Frequenzanalyseverfahren zeitaufwendig wäre, wenn die Anzahl von unterteilten Schwebungssignalen für eine erhöhte Richtungsauflösung erhöht würde, ist es wünschenswert, die Richtung eines Ziels und dessen Breite in einer Abtastrichtung sehr genau zu erfassen, ohne die Anzahl von unterteilten Schwebungssignalen zu erhöhen.

[0006] EP 0 777 133 A1 offenbart eine FM-Radarvorrichtung mit einem Sender und zwei Empfängern. Mit dieser FM-Radarvorrichtung ist es möglich, die Relativgeschwindigkeit eines Objekts unter Verwendung der Doppler-Verschiebung zu messen und den Abstand zu dem Objekt unter Verwendung einer Verzögerungszeit von reflektierten Signalen zu messen, die durch einen beliebigen der Empfänger empfangen werden. Zusätzlich kann aus der Phasendifferenz zwischen den von demselben Objekt reflektierten Signalen durch jeden der beiden Empfänger die Richtung des Objekts berechnet werden.

[0007] Weitere FM-Radarsysteme, die die Prinzipien der Doppler-Verschiebung und Verzögerungszeit eines Reflexionssignals verwenden, um Relativgeschwindigkeit und Abstand eines Objekts zu messen, sind bekannt, z. B. aus US 5,245,347, US 4,856,893 und US 4,912,474.

[0008] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein FM-CW-Radarsystem bereitzustellen, das in der Lage ist, sowohl die Richtung als auch die Breite eines Ziels genau zu erfassen.

[0009] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein frequenzmoduliertes Dauerstrichradarsystem gemäß Anspruch 1 bereitgestellt.

[0010] Das Erfassungsmittel sollte vorzugsweise Mittel umfassen zum Bestimmen, dass das Ziel existiert, wenn das Ausgangssignal von dem Bandpassfilterprozessor einen vorbestimmten Schwellenpegel überschreitet.

[0011] Wenn das Ausgangssignal von dem Bandpassfilterprozessor den vorbestimmten Schwellenpegel überschreitet, werden die Richtung und die Breite des Ziels erfasst.

[0012] Das frequenzmodulierte Dauerstrichradarsystem gemäß der vorliegenden Erfindung sendet ein Schwebungssignal durch einen Bandpassfilter-

prozessor, dessen Zentralfrequenz eine Frequenz ist, die den Abstand zu einem Ziel repräsentiert. Der Bandpassfilterprozessor kann Schwebungssignale ausfiltern, die Ziele repräsentieren, die in unterschiedlichen Abständen vorhanden sind, um dadurch die jeweiligen Richtungen der Ziele genau zu erfassen. Das frequenzmodulierte Dauerstrichradarsystem ist daher in der Lage, die Positionen und Formen von Zielen mit einer hohen Richtungsauflösung in einer relativ kurzen Zeitdauer genau zu erfassen. Das frequenzmodulierte Dauerstrichradarsystem ist auch in der Lage, die Breite in einer Abtastrichtung eines Ziels auf Grundlage des Abstands zu dem Ziel und eines Richtungswinkelbereichs, unter dem das Ziel erfasst wird, genau zu bestimmen.

[0013] Die obigen und weitere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden deutlich aus der folgenden Beschreibung im Zusammenhang mit den begleitenden Zeichnungen, die eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beispielhaft zeigen.

[0014] Fig. 1 ist ein Blockdiagramm eines FM-CW-Radarsystems der vorliegenden Erfindung;

[0015] Fig. 2A ist ein Diagramm, das ein Spannungssignal zeigt, das eine gesendete Frequenz anzeigt;

[0016] Fig. 2B ist ein Diagramm, das ein FM-Signal zeigt;

[0017] Fig. 2C ist ein Diagramm, das ein Abtasterlaubnissignal zeigt;

[0018] Fig. 3 ist ein Diagramm, das ein Schwebungssignal von zwei Zielen zeigt;

[0019] Fig. 4 ist ein Graph, der das Ergebnis einer Frequenzanalyse zeigt, die an dem in Fig. 3 gezeigten Schwebungssignal ausgeführt wurde;

[0020] Fig. 5 ist ein Diagramm, das die Frequenz-Verstärkungscharakteristik eines Bandpassfilters mit einer Zentralfrequenz von f_1 zeigt;

[0021] Fig. 6 ist ein Diagramm, das die Wellenform eines Schwebungssignals nach Durchtritt durch das Bandpassfilter mit der Zentralfrequenz von f_1 zeigt, wobei das Diagramm ein Verfahren der Erfassung der Richtung eines Ziels erläutert;

[0022] Fig. 7 ist ein Diagramm, das ein anderes Verfahren zur Erfassung der Richtung eines Ziels erläutert.

[0023] Wie in Fig. 1 gezeigt ist, umfasst ein FM-CW-Radarsystem gemäß der vorliegenden Erfindung einen Wobbel/Abtastkontroller 2, einen FM-Sig-

nalgenerator 3, einen Energieverteiler 4, einen Zirkulator 5, einen Mischer 6, einen Antennenkoppler 7, eine Sende- und Empfangsantenne 8, einen Antennenaktuator 9, einen Winkelsignalgenerator 10, einen Frequenzanalysator 11, einen Zieldetektor 12, einen BPF(Bandpassfilter)-Prozessor 13 und einen Richtungsberechner 14.

[0024] Der Wobbel/Abtastkontroller 2 erzeugt ein Spannungssignal (Modulationssignal) 2a, das eine Sendefrequenz anzeigt, wobei das Spannungssignal 2a eine vorbestimmte Abtastperiode T und eine dreieckförmige Wellenform aufweist. Das erzeugte Spannungssignal 2a wird dem FM-Signalgenerator 3 zugeführt.

[0025] Der FM-Signalgenerator 3 besitzt einen spannungsgesteuerten Oszillator zur Erzeugung eines Hochfrequenzsignals in einem Quasi-Millimeterwellen- oder Millimeterwellen-Frequenzbereich. Stattdessen kann der Signalgenerator 3 einen spannungsgesteuerten Oszillator zur Erzeugung eines Hochfrequenzsignals in einem Frequenzbereich von ungefähr 30 GHz bis 150 GHz aufweisen.

[0026] Der FM-Signalgenerator 3 erzeugt ein FM-Signal 3a (siehe Fig. 2B) auf Grundlage des Spannungssignals 2a, das von dem Wobbel/Abtastkontroller 2 zugeführt wird. Die Frequenz des FM-Signals 3a ist in der vorbestimmten Wobbelperiode T variabel. Das FM-Signal 3a wird dem Energieverteiler 4 zugeführt. Das FM-Signal 3a steigt in einem Frequenz-auf-Wobbelmodus in dessen erstem Halbzyklus an und fällt in einem Frequenz-ab-Wobbelmodus in dessen zweitem Halbzyklus ab.

[0027] Der Energieverteiler 4 verteilt das FM-Signal 3a als ein Sendesignal 4a zu dem Zirkulator 5 und als ein Lokaloszillationssignal 4b zu dem Mischer 6.

[0028] Der Zirkulator 5 führt das Sendesignal 4a durch den Antennenkoppler 7 zu der Sende- und Empfangsantenne 8, die eine FM-Radarstrahlwelle abstrahlt. Die abgestrahlte FM-Radarstrahlwelle wird durch ein Ziel reflektiert und als eine Echowelle von der Sende- und Empfangsantenne 8 empfangen. Die Sende- und Empfangsantenne 8 führt ein Echosignal durch den Antennenkoppler 7 dem Zirkulator 5 zu.

[0029] Der Zirkulator 5 trennt ein Empfangssignal 5a von dem Echosignal und führt das Empfangssignal 5a dem Mischer 6 zu.

[0030] Der Mischer 6 mischt das Empfangssignal 5a mit dem Lokaloszillationssignal 4b, erzeugt ein Schwebungssignal 6a, dessen Frequenz gleich der Differenz zwischen der Frequenz des Lokaloszillationssignals 4b und der Frequenz des Empfangssignals 5a ist.

[0031] Das Schwebungssignal **6a** wird dem Frequenzanalysator **1** und dem BPF-Prozessor **13** zugeführt.

[0032] Der Antennenkoppler **7** umfasst eine drehbare Verbindung.

[0033] Wenn jedoch die Sende- und Empfangsantenne **8** in einem vorbestimmten winkelförmigen Suchbereich winkelmäßig bewegbar ist, kann der Antennenkoppler **7** einen flexiblen Wellenleiter umfassen.

[0034] Die Sende- und Empfangsantenne **8** weist eine derartige Struktur auf, die eine FM-Radarstrahlwelle mit einer bestimmten Strahlbreite abstrahlt.

[0035] Der Antennenaktuator **9** bewegt winkelmäßig oder schwingt die Sende- und Empfangsantenne **8** um eine gegebene Achse auf Grundlage eines Abtasterlaubnissignals **2b** (siehe **Fig. 2C**), das von dem Wobbel/Abtastkontroller **2** zugeführt wird.

[0036] Der Winkelsignalgenerator **10** erfasst eine Winkelverlagerung der Sende- und Empfangsantenne **8** und erzeugt ein Winkelsignal **10a**, das die Richtung, in die ein Hauptstrahl von der Sende- und Empfangsantenne **8** abgestrahlt worden ist, repräsentiert.

[0037] Wie in **Fig. 2C** gezeigt ist, wird das Abtasterlaubnissignal **2b** durch den Wobbel/Abtastkontroller **2** nicht erzeugt, wobei das Scannen der Sende- und Empfangsantenne **8** für eine vorbestimmte Zeitdauer **D** von dem Zeitpunkt an, zu dem in jedem Zyklus des Frequenzsignals **3a** der Frequenz-auf-Wobbelmodus zum Frequenz-ab-Wobbelmodus schaltet, verhindert wird und auch für die vorbestimmte Zeitdauer **D** von dem Zeitpunkt an verhindert wird, zu dem der Frequenz-ab-Wobbelmodus zum Frequenz-auf-Wobbelmodus schaltet.

[0038] Die Zeitdauer **D** wird abhängig von einem maximalen Abstand, der durch das FM-CW-Radarsystem erfassbar ist, ausgewählt. Wenn zum Beispiel der maximal erfassbare Abstand 300 Meter ist, wird die Zeitdauer **D** auf eine Zeitdauer länger als 2 Mikrosekunden eingestellt, welche eine gesendete FM-Strahlwelle benötigt, um zur Sende- und Empfangsantenne **8** zurückzukehren, nachdem sie durch ein 300 Meter von dem FM-CW-Radarsystem beobachtetes Ziel reflektiert worden ist.

[0039] Beispielsweise wird kein Schwebungssignal, das den Abstand zu einem Ziel anzeigt, während einer bestimmten Zeitperiode erzeugt, in der ein Echo-signal im Frequenz-auf-Wobbelmodus und ein Sendesignal im Frequenz-ab-Wobbelmodus dem Mischer **6** zugeführt werden. Daher wird das Scannen der Sende- und Empfangsantenne **8** während einer solchen Zeitdauer angehalten.

[0040] Der Antennenaktuator **9** umfasst einen Elektromotor und einen Getriebemechanismus, der operativ zwischen dem Elektromotor und der Sende- und Empfangsantenne **8** geschaltet ist.

[0041] Während der Antennenaktuator **9** mit dem Abtasterlaubnissignal **2b** von dem Wobbel/Abtastkontroller **2** versorgt wird, bewegt oder schwingt der Antennenaktuator **9** in Winkelrichtung die Sende- und Empfangsantenne **8**. Während der Antennenaktuator **9** nicht mit dem Abtasterlaubnissignal **2b** von dem Wobbel/Abtastkontroller **2** versorgt wird, stoppt der Antennenaktuator **9** die winkelförmige oder Schwingbewegung der Sende- und Empfangsantenne **8** und behält die Orientierung der Sende- und Empfangsantenne **8** bei.

[0042] Alternativ kann der Antennenaktuator **9** die Sende- und Empfangsantenne **8** um 360° drehen oder kann die Sende- und Empfangsantenne **8** in Winkelrichtung um einen bestimmten Winkel, z. B. einige zehn Grad, drehen während einer Zeitdauer, in der er mit dem Abtasterlaubnissignal **2b** einmal versorgt wird.

[0043] Jedes Mal, wenn der Antennenaktuator **9** mit dem Abtasterlaubnissignal **2b** einmal oder eine Mehrzahl von Malen versorgt wird, kann der Antennenaktuator **9** die Sende- und Empfangsantenne **8** in Winkelrichtung um einen bestimmten Winkel bewegen.

[0044] Zum Beispiel kann jedes Mal, wenn der Antennenaktuator **9** mit dem Abtasterlaubnissignal **2b** zweimal versorgt wird, der Antennenaktuator **9** die Sende- und Empfangsantenne **8** um zum Beispiel 1° in Winkelrichtung bewegen. Wenn die Sende- und Empfangsantenne **8** auf diese Weise in Winkelrichtung bewegt wird, kann das FM-CW-Radarsystem ein Ziel erfassen, während die Frequenz des FM-Signals sowohl im Frequenz-auf-Wobbelmodus als auch im Frequenz-ab-Wobbelmodus bezüglich einer Richtung durch den Frequenzbereich gefahren wird.

[0045] Wenn die Frequenz des FM-Signals bezüglich der einen Richtung sowohl in dem Frequenz-auf-Wobbelmodus als auch in dem Frequenz-ab-Wobbelmodus durch den Frequenzbereich gefahren wird und die Frequenz eines Schwebungssignals sowohl im Frequenz-auf-Wobbelmodus als auch im Frequenz-ab-Wobbelmodus gemessen wird, kann das System den Abstand zu einem Ziel und eine Relativgeschwindigkeit bezüglich des Ziels bestimmen.

[0046] Wenn die Zeitdauer, in der kein Schwebungssignal, das den Abstand zu dem Ziel anzeigt, erzeugt wird, ausreichend kurz im Vergleich zu der Geschwindigkeit, mit der die Sende- und Empfangsantenne **8** in Winkelrichtung bewegt wird, d. h. der

Abtastgeschwindigkeit der Sende- und Empfangsantenne **8**, ist, so dass ein Winkelbereich, in dem das Ziel nicht erfasst werden kann, sehr klein ist, oder ein beliebiger im Wesentlichen blinder Winkelbereich nicht auftritt, kann der Antennenaktuator **9** die Sende- und Empfangsantenne **8** in Winkelrichtung bewegen oder schwingen (scannen) ungeachtet der Abtastzeitsteuerung des FM-Signals **3a**.

[0047] Die Orientierung der Sende- und Empfangsantenne **8** wird durch den Winkelsignalgenerator **10** erfasst, der ein Winkelsignal **10a** erzeugt, das die Richtung repräsentiert, in die ein Hauptstrahl von der Sende- und Empfangsantenne **8** abgestrahlt wird. Das Winkelsignal **10a** wird dem Richtungsberechner **14** zugeführt.

[0048] Der Frequenzanalysator **11** umfasst einen A/D-Wandler zum Umwandeln des analogen Schwebungssignals **6a** in ein digitales Signal und eine Frequenzanalysiervorrichtung, wie eine Schnelle-Fourier-Transformations(FFT)-Einheit oder dergleichen.

[0049] Der Frequenzanalysator **11** analysiert das Frequenzspektrum des Schwebungssignals in einem vollen Abtastbereich.

[0050] Der Frequenzanalysator **11** kann mit dem Winkelsignal **10a** und dem Abtasterlaubnissignal **2b** versorgt werden, liest das Schwebungssignal in dem vollen Abtastbereich ein, während er mit dem Abtasterlaubnissignal **2b** versorgt wird, analysiert das eingelesene Schwebungssignal und gibt das analysierte Frequenzspektrum aus.

[0051] Alternativ kann der Frequenzanalysator **11** das Frequenzspektrum des Schwebungssignals unter jedem Abtastwinkel analysieren und das analysierte Frequenzspektrum ausgeben.

[0052] Der Zieldetektor **12** bestimmt eine Peakfrequenz des Frequenzspektrums auf Grundlage von Frequenzspektraldaten **11a**, die von dem Frequenzanalysator **11** zugeführt werden, gibt Frequenzdaten **12a** der Peakfrequenz aus, berechnet den Abstand zu einem Ziel aus der Peakfrequenz und gibt berechnete Abstandsdaten **12b** an den Abstandsberechner **14** oder eine externe Vorrichtung aus.

[0053] Wenn das Frequenzspektrum eine Mehrzahl von Peakfrequenzen enthält, gibt der Zieldetektor **12** Frequenzdaten **12a** jeder der Peak-Frequenzen aus.

[0054] Die Frequenzdaten **12a** der Peakfrequenz werden von dem Zieldetektor **12** dem BPF-Prozessor **13** zugeführt.

[0055] Der BPF-Prozessor **13** stellt ein Bandpassfilter mit der zugeführten Frequenz als seiner Zentralfrequenz bereit und lässt ein Schwebungssignal die-

ser Frequenz hindurch. Auf diese Weise extrahiert der BPF-Prozessor **13** lediglich das Schwebungssignal der Frequenz, die dem Abstand zu dem erfassten Ziel entspricht, mit dem Bandpassfilter.

[0056] Ein Schwebungssignal **13a**, das durch den BPF-Prozessor **13** getreten ist, d. h. ein Ausgangssignal **13a** des BPF-Prozessors **13**, wird dem Richtungsberechner **14** zugeführt.

[0057] Der Richtungsberechner **14** vergleicht den Pegel des Ausgangssignals **13a** des BPF-Prozessors **13** mit einem vorbestimmten Schwellenpegel und gibt einen Bereich aus, in dem der Pegel des Ausgangssignals **13a** den Schwellenpegel überschreitet, als eine Richtung, in der das Ziel existiert.

[0058] Der Richtungsberechner **14** vergleicht den Pegel des Ausgangssignals **13a** mit dem Schwellenpegel lediglich während der Zeitdauer, in der ein Schwebungssignal, das den Abstand zu einem Ziel anzeigt, auf der Basis des Abtasterlaubnissignals **2b** erzeugt wird.

[0059] Der Richtungsberechner **14** gibt die Richtung aus, in der das Ziel existiert, auf Grundlage des Winkelsignals **10a**.

[0060] Der Richtungsberechner **14** kann die Breite des Ziels in der Abtastrichtung aus den Abstandsdaten und den Richtungsdaten berechnen und die berechnete Breite des Ziels ausgeben.

[0061] Wenn eine Mehrzahl von Zielen in demselben Abstand vorhanden ist, kann der Richtungsberechner **14** die Abstände zwischen den Zielen berechnen und ausgeben.

[0062] Der Betrieb des Frequenzanalysators **11**, des Zieldetektors **12**, des BPF-Prozessors **13** und des Richtungsberechners **14** wird unten unter Bezugnahme auf die **Fig. 3** bis **7** beschrieben.

[0063] **Fig. 3** zeigt ein Schwebungssignal, das erzeugt wird, wenn zwei Ziele vorhanden sind.

[0064] Wenn die Sende- und Empfangsantenne **8** mit einer konstanten Abtastgeschwindigkeit gescannt wird, sind eine Abtastzeit t und ein Richtungswinkel θ proportional zueinander. **Fig. 3** zeigt ein Schwebungssignal, das erzeugt wird, wenn die Sende- und Empfangsantenne **8** mit einer konstanten Abtastgeschwindigkeit gescannt wird. Das in **Fig. 3** gezeigte Schwebungssignal enthält Echowellen, die von zwei Zeilen reflektiert werden, die in unterschiedlichen Abständen von der Sende- und Empfangsantenne **8** beabstandet sind.

[0065] Das in **Fig. 3** gezeigte Schwebungssignal wird durch den Frequenzanalysator **11** frequenzana-

lysiert, der ein Frequenzspektrum erzeugt.

[0066] Fig. 4 zeigt das Ergebnis der Frequenzanalyse, die an dem in Fig. 3 gezeigten Schwebungssignal durch den Frequenzanalysator 11 durchgeführt wird. Das in Fig. 4 gezeigte Ergebnis zeigt, dass das gesamte Schwebungssignal der Schnellen-Fourier-Transformation unterworfen wird.

[0067] Jedoch kann eine Mehrzahl von Frequenzanalysebereichen (Richtungen) eingerichtet sein, und eine Frequenzanalyse kann in jedem der Frequenzanalysebereiche durchgeführt werden. Wenn das FM-CW-Radarsystem als ein fahrzeugmontiertes Radarsystem verwendet wird, kann eine Schwebungsfrequenz in der Richtung, in der sich das Fahrzeug bewegt, dem BPF-Prozessor 13 zugeführt werden.

[0068] Der Zieldetektor 12 sucht nach einer Frequenz, bei der der Pegel der Schwebungsfrequenz einen Peak aufweist, auf Grundlage des Ergebnisses der in Fig. 4 gezeigten Frequenzanalyse. Insbesondere sucht der Zieldetektor 12 nach einem Peak der in Fig. 4 gezeigten Kurve. In dem FM-CW-Radarsystem gibt die Anzahl von Peaks der Kurve die Anzahl von Zielen wieder, da die Frequenz proportional zum Abstand ist, und eine Peakfrequenz gibt den Abstand zu einem Ziel wieder. Die Daten der Peakfrequenz werden dem BPF-Prozessor 13 zugeführt.

[0069] Der BPF-Prozessor 13 stellt ein Bandpassfilter bereit, dessen Zentralfrequenz die zugeführte Peakfrequenz ist und filtert das von dem Mischer 6 zugeführte Schwebungssignal 6a.

[0070] Wenn eine Mehrzahl von Zielen vorhanden ist, werden dem BPF-Prozessor 13 die Daten einer Mehrzahl von Peakfrequenzen zugeführt und er filtert das Schwebungssignal 6a bei den Peakfrequenzen.

[0071] Der BPF-Prozessor 13 kann Hardware-implementiert sein oder Software-implementiert sein nach Maßgabe eines Programms, das einen DSP (digitalen Signalprozessor), einen Hochgeschwindigkeitsprozessor oder dgl. verwendet.

[0072] Der BPF-Prozessor 13 kann die Daten der in einem vorherigen Zyklus ausgegebenen Peakfrequenz speichern und das Schwebungssignal 6a mit den gespeicherten Daten der Peakfrequenz filtern gleichzeitig mit der Frequenzanalyse, die an dem Frequenzspektrum des Schwebungssignals 6a im gegenwärtigen Zyklus durch den Frequenzanalysator 11 durchgeführt wird.

[0073] Fig. 5 zeigt die Frequenz-Verstärkungs-Charakteristik des Bandpassfilters und Fig. 6 zeigt die Wellenform des Schwebungssignals 13a, das durch den BPF-Prozessor 13 getreten ist.

[0074] Das Schwebungssignal 13a enthält nach Durchtritt durch den BPF-Prozessor 13 eine Signalkomponente in dem in Fig. 5 gezeigten Durchtrittsbereich. Daher ist es möglich, aus dem Schwebungssignal 13a den Pegel der Echowelle in der Abtastrichtung zu bestimmen, die von einem Ziel reflektiert wurde, das in einem Abstand entsprechend der Frequenz der Signalkomponente existiert.

[0075] Demzufolge kann, wie in Fig. 6 gezeigt ist, der Richtungsberechner 14 einen Bereich von einem Punkt a, in dem der Pegel des Schwebungssignals 13a beginnt, einen vorbestimmten Schwellenpegel V_s zu überschreiten, bis zu einem Punkt b, in dem der Pegel des Schwebungssignals 13a unter den vorbestimmten Schwellenpegel V_s abfällt, als eine Richtung berechnen, in der das Ziel existiert.

[0076] Wie in Fig. 7 gezeigt ist, kann der Richtungsberechner 14 negative Amplitudenwerte des Schwebungssignals 13a von dem BPF-Prozessor 13 zu positiven Amplitudenwerten invertieren, eine Amplitudeneinhüllende der originalen und umgewandelten positiven Werte bestimmen und einen Bereich (e-g) berechnen, in dem die bestimmte Amplitudeneinhüllende einen Schwellenpegel V_s überschreitet, als eine Richtung, in der das Ziel existiert.

[0077] Der Richtungsberechner 14 kann den Schwellenpegel V_s abhängig von dem zu erfassenden Abstand verändern.

[0078] Angesichts der Tatsache, dass der gesendete Strahl mit dem Abstand abgeschwächt wird, kann der Richtungsberechner 14 den Schwellenpegel V_s auf einen höheren Wert setzen zur Erfassung von kürzeren Abständen und auf einen niedrigeren Wert zur Erfassung von längeren Abständen, so dass Ziele, die in verschiedenen Abständen vorhanden sind, und ihre Breiten mit hoher Genauigkeit erfasst werden können.

[0079] In der obigen Ausführungsform wird die Sendee- und Empfangsantenne 8 mechanisch durch den Antennenaktuator 9 gescannt. Jedoch kann die Sendee- und Empfangsantenne 8 eine elektronisch gescannte Antenne umfassen.

[0080] Wie oben beschrieben worden ist, sendet das FM-CW-Radarsystem gemäß der vorliegenden Erfindung ein Schwebungssignal durch ein Bandpassfilter, dessen Zentralfrequenz eine Frequenz ist, die den Abstand zu einem Ziel repräsentiert. Das Bandpassfilter kann Schwebungssignale ausfiltern, die in unterschiedlichen Abständen vorhandene Ziele repräsentieren, um dadurch die jeweiligen Richtungen der Ziele zu erfassen. Das FM-CW-Radarsystem ist daher in der Lage, die Positionen und Formen von Zielen mit hoher Richtungsauflösung in einer relativ kurzen Zeitdauer zu erfassen. Das FM-CW-Radar-

system ist auch in der Lage, die Breite eines Ziels in einer Abtastrichtung auf Grundlage des Abstands zu dem Ziel und eines Richtungswinkels, in dem das Ziel erfasst wird, genau zu erfassen.

[0081] Wenn das FM-CW-Radarsystem als ein an einem Fahrzeug montiertes Radarsystem verwendet wird, kann das FM-CW-Radarsystem den Abstand zwischen einer Mehrzahl von Fahrzeugen oder Hindernissen genau erfassen, die in im Wesentlichen denselben Abständen vor dem Fahrzeug positioniert sind, was es dem Fahrer des Fahrzeugs ermöglicht, zu entscheiden, ob das Fahrzeug zwischen diesen Fahrzeugen oder Hindernissen passieren kann.

[0082] Obwohl eine bestimmte bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gezeigt und im Detail beschrieben worden ist, versteht es sich, dass verschiedene Veränderungen und Modifikationen daran gemacht werden können, ohne von dem Rahmen der angefügten Ansprüche abzuweichen.

[0083] Ein FM-Signalgenerator erzeugt ein Frequenzhub-FM-Signal, das als ein Strahl von einer Sende- und Empfangsantenne abgestrahlt wird. Die Sende- und Empfangsantenne wird in Winkelrichtung durch einen Antennenaktuator bewegt, um den Strahl zu scannen. Ein von einem Ziel reflektiertes Echosignal und ein mit dem Frequenzhub-FM-Signal in Beziehung stehendes Signal werden zu einem Schwebungssignal gemischt, dessen Frequenzspektrum durch einen Frequenzanalysator analysiert wird. Ein Zieldetektor bestimmt den Abstand zu dem Ziel auf Grundlage des Frequenzspektrums des Schwebungssignals. Ein BPF-Prozessor umfasst ein Bandpassfilter, welches eine Frequenzkomponente entsprechend dem Abstand zu dem Ziel aus dem Schwebungssignal extrahiert. Ein Richtungsberechner vergleicht den Pegel eines Signals, das durch den BPF-Prozessor getreten ist, mit einem Schwellenpegel, um eine Richtung und eine Breite des Ziels zu bestimmen.

Patentansprüche

1. Frequenzmoduliertes Dauerstrichradarsystem (1), umfassend:

- eine Sendantenne (8) zum Abstrahlen eines frequenzmodulierten Frequenzhubsignals (4a) als ein Strahl in Richtung auf ein Ziel,
- eine Empfangsantenne (8) zum Empfangen eines von dem Ziel reflektierten Echosignals (5a),
- ein Abtastmittel (9) zum Durchfahren des Strahls mit einem zeitveränderlichen Abtastwinkel,
- einen Mischer (6) zum Mischen des Echosignals (5a) mit einem mit dem frequenzmodulierten Frequenzhubsignal (4a) in Beziehung stehenden Signal (4b), um ein vom Abtastwinkel abhängendes Schwebungssignal (6a) zu erzeugen, und
- einen Zieldetektor (12) zum Extrahieren einer den

Abstand zum Ziel wiedergebenden Frequenz aus der Frequenz des Schwebungssignals (6a), gekennzeichnet durch

- einen Bandpassfilter(BPF)-Prozessor (13) zum Filtern des Schwebungssignals (6a), um ein gefiltertes Schwebungssignal (13a) zu erhalten, wobei der BPF-Prozessor (13) eine zentrale Bandpassfrequenz aufweist, die dieselbe ist wie die durch den Zieldetektor (12) extrahierte Frequenz, die den Abstand zum Ziel wiedergibt, und
- ein Erfassungsmittel (14) zum Erfassen einer Richtung des Ziels auf Grundlage des gefilterten Schwebungssignals (13a) von dem BPF-Prozessor (13) und dem Abtastwinkel, zu dem der Strahl durch das Abtastmittel (9) gefahren wurde und zum Erfassen einer Breite des Ziels auf Grundlage der erfassten Richtung und des erfassten Abstands.

2. Frequenzmoduliertes Dauerstrichradarsystem (1) nach Anspruch 1, wobei das Erfassungsmittel (14) Mittel umfasst zum Bestimmen, dass das Ziel existiert, falls das Ausgangssignal (13a) von dem BPF-Prozessor (13) einen vorbestimmten Schwellenpegel überschreitet.

3. Frequenzmoduliertes Dauerstrichradarsystem (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Abtastmittel (9) ein Antennenaktuator (9) ist.

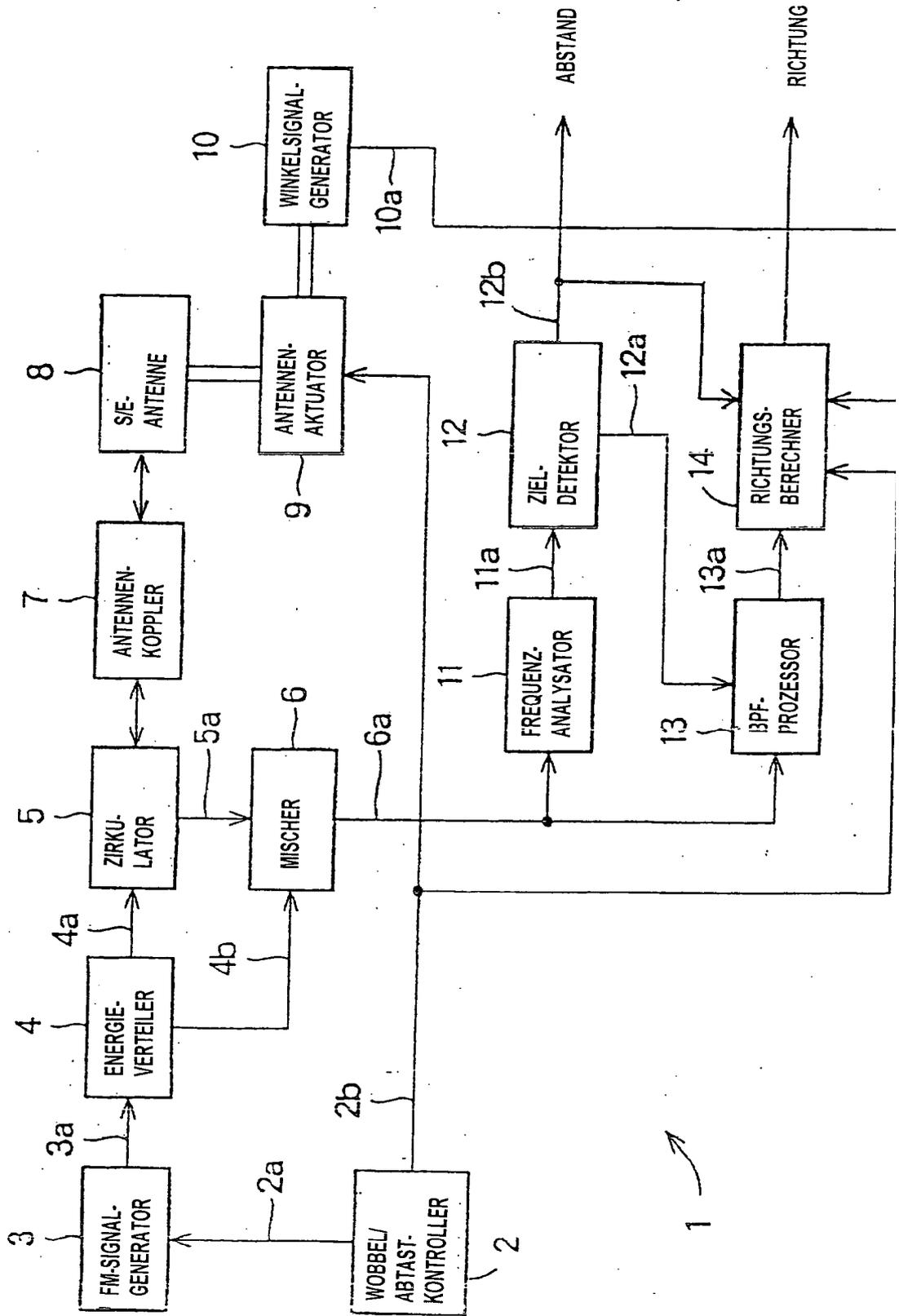
4. Frequenzmoduliertes Dauerstrichradarsystem (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, ferner umfassend einen Antennenwinkelsignalgenerator (10) zum Erzeugen eines Winkelsignals (10a) der Sende- oder Empfangsantenne (8).

5. Frequenzmoduliertes Dauerstrichradarsystem (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, ferner umfassend einen Frequenzanalysator (11) zum Analysieren von Frequenzspektrums des Schwebungssignals (6a).

6. Frequenzmoduliertes Dauerstrichradarsystem (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Zieldetektor (12) eine Funktion zum Steuern/Regeln der zentralen Frequenz des BPF-Prozessors (13) besitzt.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

FIG. 1



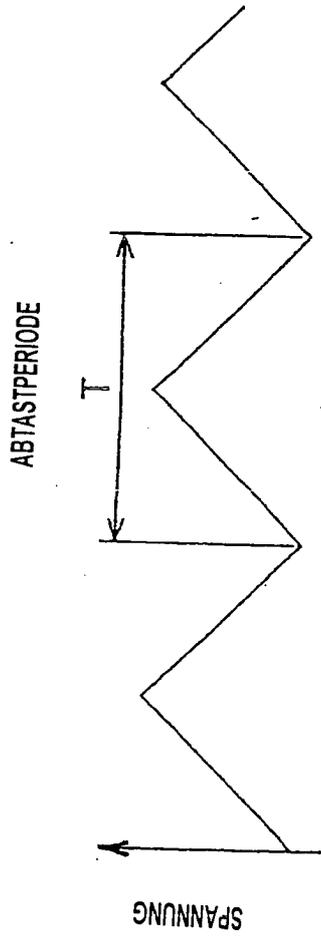


FIG. 2A

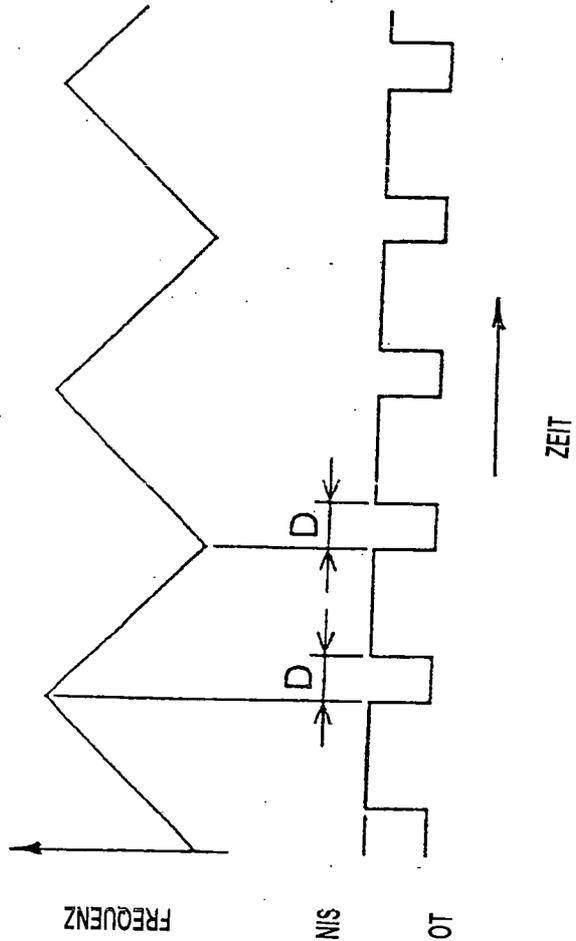


FIG. 2B

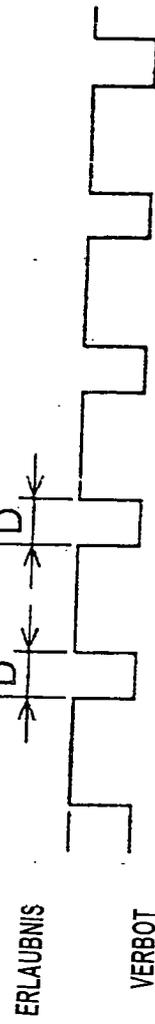


FIG. 2C

FIG. 3

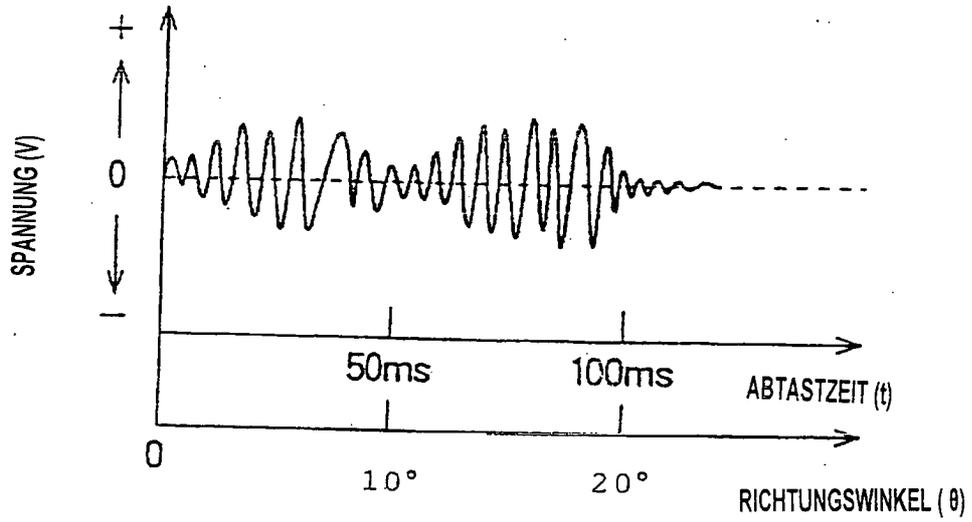


FIG. 4

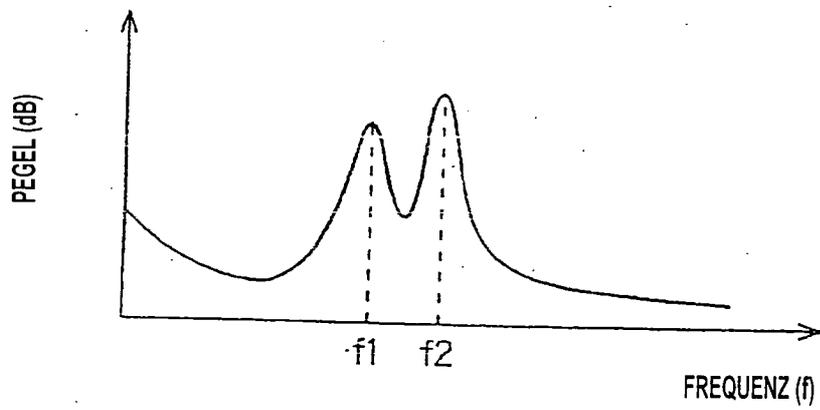


FIG. 5

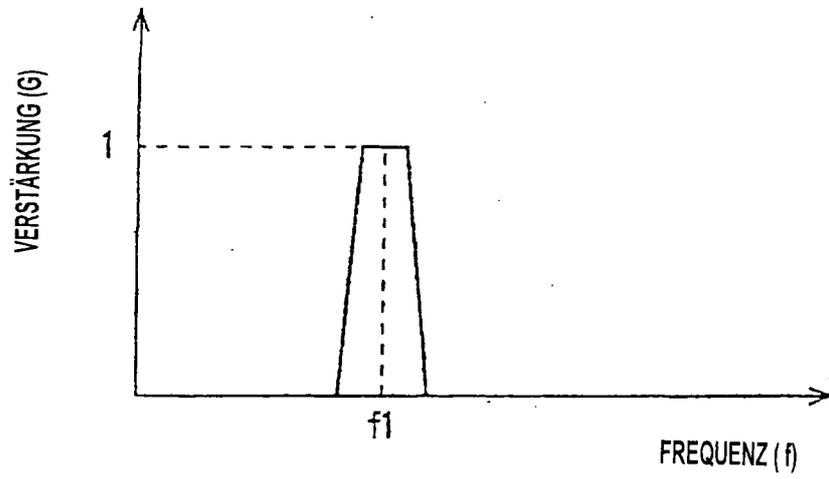


FIG. 6

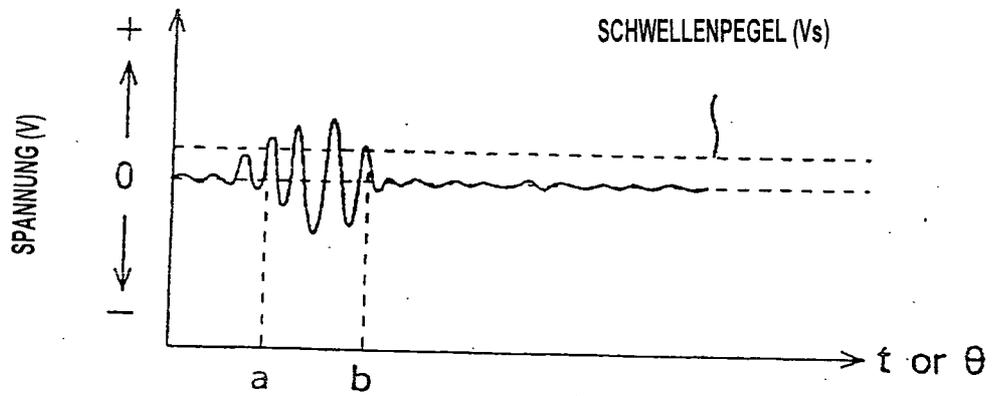


FIG. 7

