



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 49 662 A1 2004.05.27**

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 49 662.9**
 (22) Anmeldetag: **24.10.2003**
 (43) Offenlegungstag: **27.05.2004**

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

(30) Unionspriorität:
2002-311386 25.10.2002 JP

(74) Vertreter:
**WINTER, BRANDL, FÜRNISS, HÜBNER, RÖSS,
 KAISER, POLTE, Partnerschaft, 85354 Freising**

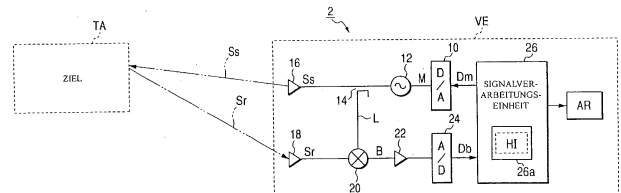
(71) Anmelder:
Denso Corp., Kariya, Aichi, JP

(72) Erfinder:
**Natsume, Kazuma, Kariya, Aichi, JP; Hazumi,
 Hiroshi, Kariya, Aichi, JP**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und System zur Abstandsberechnung**

(57) Zusammenfassung: In einem System ist eine Frequenzmodulationseinheit so konfiguriert, daß sie ein Radarwellensignal innerhalb eines vorbestimmten Frequenzmodulationsbereichs von unten nach oben frequenzmoduliert, so daß eine Frequenz der frequenzmodulierten Radarwelle sich in der Zeit ändert. Die Rate einer Frequenzänderung des Radarwellensignals in der Zeit ist zu F_0/T_f festgelegt. F_0 stellt eine Mittenfrequenz in dem Frequenzmodulationsbereich dar. T_f stellt die vorbestimmte konstante Zeit dar. Eine Mischeinheit ist so konfiguriert, daß sie das ausgesendete frequenzmodulierte Radarwellensignal und das Reflexionssignal mischt, um ein Schwebungssignal zu erhalten. Das Schwebungssignal beruht auf einer Frequenzdifferenz zwischen einer Frequenz des ausgesendeten Radarwellensignals und der des Reflexionssignals. Eine Wobbeleinheit ist so konfiguriert, daß sie das Schwebungssignal innerhalb des Frequenzmodulationsbereichs von entweder oben oder unten nach dem jeweils anderen hiervon wobbelt, um eine Frequenzkomponente des Schwebungssignals zu erhalten. Eine Erhaltenseinheit ist so konfiguriert, daß sie den Vorhersageabstand auf der Grundlage einer Beziehung zwischen der Frequenzkomponente des Schwebungssignals und des Vorhersageabstands erhält.



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und ein System zum Senden frequenzmodulierter Radarwellen auf Ziele, um die Abstände zu den Zielen zu berechnen.

[0002] Als herkömmliche Systeme zum Senden frequenzmodulierter Radarwellen auf ein Ziel und Empfangen von Reflexionswellen hiervon, um den Abstand zu dem Ziel zu berechnen, sind FMCW-(frequenzmodulierte Dauerstrich)-Radarsysteme bekannt. Nachstehend wird das FMCW-Radarsystem einfach als "FMCW-Radar" bezeichnet.

[0003] Eines der herkömmlichen FMCW-Radarsysteme ist in der japanischen Patentveröffentlichung Nr. H11-271432 offenbart worden.

[0004] In der Patentveröffentlichung ist das FMCW-Radar so konfiguriert, daß es ein Radarwellensignal aussendet, dessen Frequenz, wie in **Fig. 11** gezeigt, derart moduliert wird, daß die Frequenz wie eine Sägezahnwellenform bezüglich der Zeit wiederholt linear variiert wird. Das FMCW-Radar ist so konfiguriert, daß es das von dem Ziel reflektierte Radarwellensignal empfängt und das ausgesendete Radarwellensignal Ss1 mit dem empfangenen Signal Sr1 mischt, wodurch ein Schwebungssignal mit einer Frequenzkomponente erhalten wird, die einer Differenz zwischen der Frequenz des ausgesendeten Radarwellensignals Ss1 und des empfangenen Signals Sr1 entspricht.

[0005] Das FMCW-Radar ist so konfiguriert, daß es Informationen in Bezug auf das Ziel gemäß dem erhaltenen Schwebungssignal erhält.

[0006] Konkret führt das FMCW-Radar die schnelle Fouriertransformation (FFT) an den Frequenzkomponenten des Schwebungssignals, welche einem ansteigenden Modulationszeitintervall (Wobbelzeit ST) entsprechen, in welchem das Radarsignal wächst (steigt), und an den verbliebenen Frequenzkomponenten hiervon, welche einem fallenden Modulationszeitintervall (Wobbelzeit ST) entsprechen, in welchem die Frequenz des Radarsignals sinkt (fällt), wodurch ein Leistungsspektrum des Schwebungssignals in sowohl dem steigenden als auch dem fallenden Modulationszeitintervall erhalten wird.

[0007] Das FMCW-Radar tastet eine Spitzenfrequenzkomponente in jedem der Leistungsspektren ab und kombiniert die abgetasteten Spitzenfrequenzkomponenten, um ein Paar von Spitzenfrequenzkomponenten zu erhalten.

[0008] Angenommen, daß eine der gepaarten Spitzenfrequenzkomponenten, die dem steigenden Modulationszeitintervall entsprechen, eine Frequenz von fb1 aufweist, die andere hiervon, welche dem fallenden Modulationszeitintervall entspricht, die von fb2 aufweist, und sich das Ziel mit einer Relativgeschwindigkeit V, die größer als Null ist, bezüglich des FMCW-Radars bewegt, wendet das FMCW-Radar die Frequenzen fb1 und fb2 auf die folgenden Gleichungen (1) bis (4) an und erhält hierdurch eine Entfernung (einen Abstand) R1 von dem FMCW-Radar zu dem Ziel und/oder eine Relativgeschwindigkeit V1 des Ziels:

$$fr1 = \frac{fb1 + fb2}{2} \quad (1)$$

$$fd1 = \frac{fb1 - fb2}{2} \quad (2)$$

$$R1 = \frac{c \cdot fr1}{4 \cdot fm1 \cdot \Delta F1} \quad (3)$$

$$V1 = \frac{c \cdot fd1}{2 \cdot F01} \quad (4)$$

wobei fr1 eine Verzögerungsfrequenz von einem Aussenden des Radarwellensignals Ss1 bis zu einem Empfang des reflektierten Signals Sr1 darstellt, $\Delta F1$ eine Modulationsbreite des Radarwellensignals darstellt, F01 eine Mittenfrequenz des Radarwellensignals darstellt, fd1 eine Dopplerfrequenz darstellt, mit welcher die Frequenz fb2 bezüglich der Frequenz fb1 verschoben ist, c die Lichtgeschwindigkeit darstellt, und $1/fm$ sowohl das steigende als auch das fallende Modulationszeitintervall darstellt. Im übrigen stellt Tr1 in **Fig. 6A** eine Verzögerungszeit von einem Aussenden des Radarwellensignals Ss bis zu einem Empfang des reflektierten Signals Sr1 dar.

[0009] In Fällen, in welche eine Mehrzahl von Zielen um das FMCW-Radar herum vorliegt, tastet das FMCW-Radar eine Mehrzahl von ersten Spitzenfrequenzkomponenten in der Mehrzahl von Leistungsspektren entsprechend den steigenden Modulationszeitintervallen der Mehrzahl von Zielen und eine Mehrzahl von zweiten Spitzenfrequenzkomponenten in der Mehrzahl von Leistungsspektren entsprechend den fallenden Modulationszeitintervallen hiervon ab.

[0010] Dann kombiniert das FMCW-Radar jede erste Spitzenfrequenzkomponente mit jeder zweiten Spitzenfrequenzkomponente, um jedes Paar der ersten Spitzenfrequenzkomponenten und zweiten Spitzenfrequenzkomponenten zu erhalten. Das FMCW-Radar berechnet jeden Abstand $R1$ und/oder jede Relativgeschwindigkeit $V1$ auf der Grundlage jedes Paares der ersten und zweiten Spitzenfrequenzkomponenten.

[0011] Das FMCW-Radar führt die vorgenannten Prozesse eines Erhaltens jedes Abstands $R1$ und/oder jeder Relativgeschwindigkeit $V1$ auf der Grundlage jedes Paares der ersten und zweiten Spitzenfrequenzkomponenten wiederholt aus.

[0012] Dann entscheidet das FMCW-Radar, daß sowohl die extrahierten Entfernungen $R1$ als auch Relativgeschwindigkeiten $V1$ durch korrektes Kombinieren jeder der ersten Spitzenfrequenzkomponenten jedes der Ziele mit jeder der zweiten Spitzenfrequenzkomponenten jeder derselben erhalten ist.

[0013] Die vorstehenden Kombinationsprozesse und Extraktionsprozesse müssen jedoch den enormen Umfang an Berechnung erfordern.

[0014] Zusätzlich muß das FMCW-Radar jedes der Schwebungssignale in sowohl dem steigenden Modulationszeitintervall als auch dem fallenden Modulationszeitintervall erhalten, so daß zum Sammeln der Schwebungssignale die enorme Menge an Zeit erforderlich sein muß.

[0015] Die vorgenannten Probleme können die Installation des FMCW-Radars in einem Fahrzeug schwierig machen.

[0016] D.h., bei Installation des FMCW-Radars in einem Fahrzeug ist es erforderlich, jedes Ziel um das Fahrzeug herum in der kürzest möglichen Zeit zu erfassen, um eine Möglichkeit einer zukünftigen Kollision des Fahrzeugs mit jedem Ziel vorherzusagen, um die Kollision des Fahrzeugs mit jedem Ziel zu vermeiden, usw.

[0017] Da jedoch das FMCW-Radar die enorme Menge an Berechnung und die enorme Menge an Zeit erfordert, um jedes Ziel zu erfassen, kann es schwierig sein, jedes Ziel innerhalb der kürzest möglichen Zeit zu erfassen, die zum Vorhersagen der Wahrscheinlichkeit einer zukünftigen Kollision des Fahrzeugs mit jedem Ziel, um die Kollision des Fahrzeugs mit jedem Ziel zu vermeiden, usw. erforderlich ist.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0018] Die vorstehende Erfindung ist vor dem Hintergrund gemacht.

[0019] Demgemäß ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und ein System bereitzustellen, welche in der Lage sind, ein Ziel mit einem geringen Umfang an Berechnung zu erfassen.

[0020] Gemäß einem anderen Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Berechnen eines Vorhersageabstands von einem Bezugsobjekt zu einem Ziel nach einer vorbestimmten konstanten Zeit seit einem gegenwärtigen Zustand, in welchem das Bezugsobjekt und das Ziel eine Lagebeziehung hierzwischen aufweisen, bereitgestellt, wobei das Verfahren aufweist: Frequenzmodulieren eines Radarwellensignals innerhalb eines vorbestimmten Frequenzmodulationsbereichs von unten nach oben so, daß eine Frequenz der frequenzmodulierten Radarwelle sich zeitlich ändert, wobei eine Rate einer Frequenzänderung des Radarwellensignals in der Zeit auf $F0/Tf$ festgelegt ist, wobei $F0$ eine Mittenfrequenz in dem Frequenzmodulationsbereich darstellt und Tf die vorbestimmte konstante Zeit darstellt; Mischen des von dem Bezugsobjekt ausgesendeten frequenzmodulierten Radarwellensignals und eines Reflexionssignals, um ein Schwebungssignal zu erhalten, wobei das Reflexionssignal auf dem ausgesendeten Radarwellensignal, das von dem Ziel reflektiert wird, basiert, wobei das Schwebungssignal auf einer Frequenzdifferenz zwischen einer Frequenz des ausgesendeten Radarwellensignals und der des Reflexionssignals basiert; Wobbeln des Schwebungssignals innerhalb des Frequenzmodulationsbereichs von entweder oben oder unten nach dem anderen hiervon, um eine Frequenzkomponente des Schwebungssignals erhalten; und Ermitteln des Vorhersageabstands auf der Grundlage einer Beziehung zwischen der Frequenzkomponente des Schwebungssignals und dem Vorhersageabstand.

[0021] Gemäß einem anderen Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Berechnen eines gegenwärtigen Abstands von einem Bezugsobjekt zu einem Ziel und eines Vorhersageabstands von dem Bezugsobjekt zu dem Ziel nach einer vorbestimmten konstanten Zeit seit einem gegenwärtigen Zustand, in welchem das Bezugsobjekt und das Ziel den gegenwärtigen Abstand aufweisen, bereitgestellt, wobei das Verfahren aufweist: ein erstes Frequenzmodulieren eines ersten Radarwellensignals so, daß eine Frequenz der frequenzmodulierten Radarwelle zeitlich abwechselnd ansteigt und abfällt; ein erstes Mischen des frequenzmodulierten ersten Radarwellensignals, welches von dem Referenzobjekt ausgesendet wird, mit einem ersten Reflexionssignal, um ein erstes Schwebungssignal zu erhalten, wobei das erste Reflexionssignal auf dem ausgesendeten ersten Radarwellensignal, welches von dem Ziel reflektiert wird, basiert und das erste

Schwebungssignal auf einer Frequenzdifferenz zwischen einer Frequenz des ausgesendeten ersten Radarwellensignals und der des ersten Reflexionssignals basiert; ein erstes Wobbeln des ersten Schwebungssignals jeweils innerhalb eines steigenden Modulationszeitintervalls, in welchem die Frequenz des ersten Radarsignals ansteigt, und innerhalb eines fallenden Modulationszeitintervalls, in welchem die Frequenz hiervon abfällt, um ein Paar von Frequenzkomponenten des ersten Schwebungssignals entsprechend sowohl dem steigenden Modulationszeitintervall als auch dem fallenden Modulationszeitintervall zu erhalten; ein erstes Erhalten des gegenwärtigen Abstands auf der Grundlage des Paares von Frequenzkomponenten des Schwebungssignals; ein zweites Frequenzmodulieren eines zweiten Radarwellensignals innerhalb eines vorbestimmten Frequenzmodulationsbereichs von unten nach oben so, daß eine Frequenz der frequenzmodulierten zweiten Radarwelle sich zeitlich ändert, wobei eine Rate einer Frequenzänderung des zweiten Radarwellensignals in der Zeit auf F_0/T_f festgelegt ist, wobei F_0 eine Mittenfrequenz in dem Frequenzmodulationsbereich darstellt und T_f die vorbestimmte konstante Zeit darstellt; ein zweites Mischen des frequenzmodulierten zweiten Radarwellensignals, welches von dem Bezugsobjekt ausgesendet wird, und einem zweiten Reflexionssignal, um ein zweites Schwebungssignal zu erhalten, wobei das zweite Reflexionssignal auf dem ausgesendeten zweiten Radarwellensignal, welches von dem Ziel reflektiert wird, basiert und das zweite Schwebungssignal auf einer Frequenzdifferenz zwischen einer Frequenz des ausgesendeten zweiten Radarwellensignals und der des zweiten Reflexionssignals basiert; ein zweites Wobbeln des zweiten Schwebungssignals innerhalb des Frequenzmodulationsbereichs von entweder unten oder oben nach dem anderen hiervon, um eine Frequenzkomponente des zweiten Schwebungssignals zu erhalten; und ein zweites Erhalten des Vorhersageabstands auf der Grundlage einer Beziehung zwischen der Frequenzkomponente des zweiten Schwebungssignals und des Vorhersageabstands.

[0022] Gemäß einem weiteren Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung wird ein System zum Berechnen eines Vorhersageabstands von dem eigenen System zu einem Ziel nach einer vorbestimmten konstanten Zeit seit einem gegenwärtigen Zustand, in welchem das Bezugsobjekt und das Ziel eine Lagebeziehung hierzwischen aufweisen, bereitgestellt, wobei das System aufweist: eine Frequenzmodulationseinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie ein Radarwellensignal innerhalb eines vorbestimmten Frequenzmodulationsbereichs von unten nach oben so frequenzmoduliert, daß eine Frequenz der frequenzmodulierten Radarwelle sich zeitlich ändert, wobei eine Rate einer Frequenzänderung des Radarwellensignals in der Zeit auf F_0/T_f festgelegt ist, wobei F_0 eine Mittenfrequenz in dem Frequenzmodulationsbereich darstellt und T_f die vorbestimmte konstante Zeit darstellt; eine Sendeeinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie das frequenzmodulierte Radarwellensignal aussendet; eine Empfangseinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie ein Reflexionssignal empfängt, wobei das Reflexionssignal auf dem ausgesendeten Radarwellensignal, das von dem Ziel reflektiert wird, basiert; eine Mischeinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie das frequenzmodulierte Radarwellensignal und das Reflexionssignal mischt, um ein Schwebungssignal zu erhalten, wobei das Schwebungssignal auf einer Frequenzdifferenz zwischen einer Frequenz des ausgesendeten Radarwellensignals und der des Reflexionssignals basiert; eine Wobbel-einheit, welche so konfiguriert ist, daß sie das Schwebungssignal innerhalb des Frequenzmodulationsbereichs von entweder oben oder unten nach dem anderen hiervon wobbelt, um eine Frequenzkomponente des Schwebungssignals zu erhalten; und eine Erhaltenseinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie den Vorhersageabstand auf der Grundlage einer Beziehung zwischen der Frequenzkomponente des Schwebungssignals und dem Vorhersageabstand erhält.

[0023] Gemäß einem noch weiteren Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung wird ein System zum Berechnen eines gegenwärtigen Abstands von dem eigenen System zu einem Ziel und eines Vorhersageabstands von dem eigenen System zu dem Ziel nach einer vorbestimmten konstanten Zeit seit einem gegenwärtigen Zustand, in welchem das eigene System und das Ziel den gegenwärtigen Abstand aufweisen, bereitgestellt, wobei das System aufweist: eine erste Frequenzmodulationseinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie ein erstes Radarwellensignal so frequenzmoduliert, daß eine Frequenz der frequenzmodulierten ersten Radarwelle zeitlich abwechselnd ansteigt und abfällt; eine erste Sendeeinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie das frequenzmodulierte erste Radarwellensignal aussendet; eine erste Empfangseinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie ein erstes Reflexionssignal empfängt, wobei das erste Reflexionssignal auf dem ausgesendeten ersten Radarwellensignal, welches von dem Ziel reflektiert wird, basiert; eine erste Mischeinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie das ausgesendete frequenzmodulierte erste Radarwellensignal mit dem ersten Reflexionssignal mischt, um ein erstes Schwebungssignal zu erhalten, wobei das erste Schwebungssignal auf einer Frequenzdifferenz zwischen einer Frequenz des ausgesendeten ersten Radarwellensignals und der des ersten Reflexionssignals basiert; eine erste Wobbeleinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie das erste Schwebungssignal jeweils innerhalb eines steigenden Modulationszeitintervalls, in welchem die Frequenz des ersten Radarsignals ansteigt, und innerhalb eines fallenden Modulationszeitintervalls, in welchem die Frequenz hiervon fällt, wobbelt, um ein Paar von Frequenzkomponenten des ersten Schwebungssignals entsprechend sowohl dem ansteigenden Modulationszeitintervall als auch dem fallenden Modulationszeitintervall zu erhalten; eine erste Erhaltenseinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie den gegenwärtigen Abstand auf der Grundlage des Paares von Frequenzkomponenten des Schwebungssignals erhält; eine zweite Frequenzmodulationseinheit,

welche so konfiguriert ist, daß sie ein zweites Radarwellensignal innerhalb eines vorbestimmten Frequenzmodulationsbereichs von unten nach oben so frequenzmoduliert, daß eine Frequenz der frequenzmodulierten zweiten Radarwelle sich zeitlich ändert, wobei eine Rate einer Frequenzänderung des zweiten Radarwellensignals in der Zeit auf F_0/T_f festgelegt ist, wobei F_0 eine Mittenfrequenz in dem Frequenzmodulationsbereich darstellt und T_f die vorbestimmte konstante Zeit darstellt; eine zweite Sendeeinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie das frequenzmodulierte zweite Radarwellensignal aussendet; eine zweite Empfangseinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie ein zweites Reflexionssignal empfängt, wobei das zweite Reflexionssignal auf dem ausgesendeten zweiten Radarwellensignal, welches von dem Ziel reflektiert wird, basiert; eine zweite Mischeinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie das ausgesendete frequenzmodulierte zweite Radarwellensignal mit dem zweiten Reflexionssignal mischt, um ein zweites Schwebungssignal zu erhalten, wobei das zweite Schwebungssignal auf einer Frequenzdifferenz zwischen einer Frequenz des ausgesendeten zweiten Radarwellensignals und der des zweiten Reflexionssignals basiert; eine zweite Wobbeleinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie das zweite Schwebungssignal innerhalb des Frequenzmodulationsbereichs von entweder unten oder oben nach dem anderen hiervon wobbelt, um eine Frequenzkomponente des zweiten Schwebungssignals zu erhalten; und eine zweite Erhaltenseinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie den Vorhersageabstand auf der Grundlage einer Beziehung zwischen der Frequenzkomponente des zweiten Schwebungssignals und des Vorhersageabstands erhält.

[0024] Gemäß einem noch weiteren Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung wird ein durch eine Signalverarbeitungseinheit lesbares Programmprodukt zum Berechnen eines Vorhersageabstands von einem Bezugsobjekt zu einem Ziel nach einer vorbestimmten konstanten Zeit seit einem gegenwärtigen Zustand, in welchem das Bezugsobjekt und das Ziel eine Lagebeziehung hierzwischen aufweisen, bereitgestellt, wobei die Signalverarbeitungseinheit in dem Bezugsobjekt eingebaut ist und mit einer in dem Bezugsobjekt eingebauten Frequenzmodulationseinheit kommunizieren kann, wobei das Programmprodukt aufweist: Mittel zum Veranlassen der Signalverarbeitungseinheit, die Frequenzmodulationseinheit so zu steuern, daß die Frequenzmodulationseinheit ein Radarwellensignal innerhalb eines vorbestimmten Frequenzmodulationsbereichs von unten nach oben so frequenzmoduliert, daß eine Frequenz der frequenzmodulierten Radarwelle sich zeitlich ändert, wobei eine Rate einer Frequenzänderung des Radarwellensignals in der Zeit auf F_0/T_f festgelegt ist, wobei F_0 eine Mittenfrequenz in dem Frequenzmodulationsbereich darstellt und T_f die vorbestimmte konstante Zeit darstellt; wenn das von dem Bezugsobjekt ausgesendete und von dem Ziel reflektierte Radarwellensignal als ein Reflexionssignal empfangen wird und das frequenzmodulierte Radarwellensignal mit dem Reflexionssignals gemischt wird, um ein Schwebungssignal zu erhalten, welches auf einer Frequenzdifferenz zwischen einer Frequenz des ausgesendeten Radarwellensignals und der des Reflexionssignals basiert, Mittel zum Veranlassen der Signalverarbeitungseinheit, das Schwebungssignal innerhalb des Frequenzmodulationsbereichs von entweder oben oder unten nach dem anderen hiervon zu wobbeln, um eine Frequenzkomponente des Schwebungssignals zu erhalten; und Mittel zum Veranlassen der Signalverarbeitungseinheit, den Vorhersageabstand auf der Grundlage einer Beziehung zwischen der Frequenzkomponente des Schwebungssignals und dem Vorhersageabstand zu erhalten.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0025] Andere Aufgaben und Gesichtspunkte der Erfindung werden ersichtlich werden aus der nachfolgenden Beschreibung einer Ausführungsform mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen, in welchen:

[0026] **Fig. 1** ein Blockdiagramm darstellt, welches eine Gesamtstruktur eines beispielsweise in einem Fahrzeug installierten Radarsystems gemäß einer Ausführungsform der Erfindung zeigt ;

[0027] **Fig. 2** eine Ansicht ist, welche eine Wellenform einer Frequenz eines Modulationssignals bezüglich der Zeit gemäß der Ausführungsform zeigt;

[0028] **Fig. 3** eine erläuternde Ansicht ist, welche eine Beziehung zwischen erfaßten Frequenzwerten des Schwebungssignals sowohl von erhaltenen Werten eines Abstands als auch denen einer Relativgeschwindigkeit zwischen einem eigenen Fahrzeug und einem Ziel gemäß der Ausführungsform zeigt;

[0029] **Fig. 4** eine erläuternde Ansicht ist, welche eine Beziehung zwischen der in **Fig. 3** gezeigten Totzone und der Kollisionszone zeigt;

[0030] **Fig. 5** ein Flußdiagramm ist, welches Verarbeitungen der in **Fig. 1** gezeigten Signalverarbeitungseinheit gemäß der Ausführungsform zeigt;

[0031] **Fig. 6** eine Ansicht ist, welche eine Schwebungsfrequenz f_b (f_r+f_d) des auf das Sendesignal S_s und das Reflexionssignal S_r bezogenen Schwebungssignals gemäß der ersten Ausführungsform zeigt;

[0032] **Fig. 7** eine Ansicht ist, welche ein Blockdiagramm darstellt, das eine Gesamtstruktur eines in einem eigenen Fahrzeug installierten Radarsystems gemäß einer Modifizierung der Erfindung zeigt;

[0033] **Fig. 8** ein Flußdiagramm ist, welches Verarbeitungen der in **Fig. 7** gezeigten Signalverarbeitungseinheit gemäß der Modifizierung der Erfindung zeigt;

[0034] **Fig. 9** eine Ansicht ist, welche eine Wellenform einer Frequenz eines Modulationssignals bezüglich der

Zeit gemäß der Modifizierung der Erfindung zeigt;

[0035] **Fig. 10** eine Ansicht ist, welche eine Wellenform einer Frequenz eines Modulationssignals bezüglich der Zeit gemäß einer anderen Modifizierung der Ausführungsform zeigt; und

[0036] **Fig. 11** eine Ansicht ist, welche Betriebsvorgänge eines FMCW-Radars erläutert.

GENAUE BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSFORMEN DER ERFINDUNG

[0037] Eine Ausführungsform der Erfindung wird nachstehend mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben werden.

[0038] **Fig. 1** stellt ein Blockdiagramm dar, welches eine Gesamtstruktur eines beispielsweise in einem Fahrzeug (eigenen Fahrzeug) VE installierten Radarsystems **2** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung zeigt. Im übrigen dient das Radarsystem gemäß der Ausführungsform beispielsweise als Hilfsmittel des Betriebs eines in dem Fahrzeug VE installierten Airbagsystems AR. In anderen Worten, das Radarsystem **2** ist als ein "Pre-Crash"-Sensor konfiguriert.

[0039] Wie in **Fig. 1** gezeigt, weist das Radarsystem **2** gemäß der Ausführungsform einen Digital/Analog-(D/A)-Wandler **10** zum Umwandeln digitaler Modulationsdaten Dm in ein analoges Modulationssignal M, einen Oszillator **12** zur Frequenzmodulation seiner Oszillationsfrequenz gemäß dem durch den D/A-Wandler **10** erzeugten Modulationssignal M, wodurch eine extrem hohe Frequenz erzeugt wird, auf.

[0040] Das Radarsystem **2** weist einen Teiler **14** zum elektrischen Teilen des Signals der extrem hohen Frequenz in ein Sendesignal Ss und ein lokales Signal L, eine Sendeantenne **16** zum Aussenden von Radarwellensignalen gemäß dem Sendesignal Ss und eine Empfangsantenne **18** zum Empfangen von Radarwellensignalen auf.

[0041] Das Radarsystem **2** weist einen Mischer **20** zum Mischen jedes der empfangenen Funkwellensignale Sr mit dem lokalen Signal L, um Schwebungssignale B zu erzeugen, einen Verstärker **22** zum Verstärken der von dem Mischer **20** aus ausgegebenen Schwebungssignale B und einen Analog/Digital-(A/D)-Wandler **24** zum Abtasten der verstärkten Schwebungssignale B, um die verstärkten Schwebungssignale B in Digitalsignale Db umzuwandeln, auf.

[0042] Das Radarsystem **2** weist eine Signalverarbeitungseinheit **26** zum Zuführen der digitalen Modulationsdaten Dm an den D/A-Wandler **10** und Abrufen der abgetasteten Daten Db, um eine Signalverarbeitung an den abgerufenen Abtastdaten Db auszuführen, wodurch Informationen bezüglich des Ziels erhalten werden, von welchem die ausgesendeten Radarwellensignale reflektiert werden, auf.

[0043] Die Signalverarbeitungseinheit **26** ist als ein bekannter Mikrocomputer konfiguriert, der eine CPU (zentrale Verarbeitungseinheit), einen ROM (Festwertspeicher), einen RAM (Direktzugriffsspeicher) und eine externe Speichereinheit so aufweist, daß sie miteinander kommunizieren können. Ein computerlesbarer Speicher, wie etwa eine CD (Compact Disk), DVD (Digital Versatile Disk) oder dergleichen kann auf die externe Speichereinheit **26a** festgelegt sein.

[0044] In dem computerlesbaren Speicher ist ein Programm installiert. Das Programm ermöglicht der Signalverarbeitungseinheit **26**, die nachstehend in **Fig. 5** gezeigten Verarbeitungen auszuführen.

[0045] Die Signalverarbeitungseinheit **26** weist einen Prozessor wie etwa einen DSP (Digital Signal Processor) auf, der mit der CPU kommunizieren kann und arbeitet, um Signalverarbeitungen einschließlich der schnellen Fouriertransformation (FFT) an den abgerufenen Abtastdaten Db auszuführen.

[0046] Die Signalverarbeitungseinheit **26** kann Verarbeitungen, die nachstehend in **Fig. 4** gezeigt sind, auf der Grundlage des von der externen Speichereinheit in den RAM geladenen Programmprodukts ausführen.

[0047] In dem Radarsystem **2** gemäß dieser Ausführungsform erzeugt der D/A-Wandler **10** das analoge Modulationssignal M gemäß den digitalen Modulationsdaten Dm, und der Oszillator erzeugt das Signal der extrem hohen Frequenz, welches gemäß dem Modulationssignal M frequenzmoduliert ist. Der Teiler **14** teilt das Signal der extrem hohen Frequenz in das Sendesignal Ss und das lokale Signal L so, daß die Funkwellensignale durch die Sendeantenne **16** auf der Grundlage des Sendesignals Ss ausgesendet werden.

[0048] Die Funkwellensignale, welche beispielsweise von einem Ziel TA wie etwa einem anderen Fahrzeug, Hindernissen und dergleichen, die um das eigene Fahrzeug VE herum vorliegen, reflektiert werden, werden durch die Empfangsantenne **18** empfangen, und der Mischer **20** mischt jeweils die empfangenen Funkwellensignale Sr und die lokalen Signale L, um Schwebungssignale B zu erzeugen. Die Schwebungssignale B werden durch den Verstärker **22** verstärkt, und die verstärkten Schwebungssignale B werden durch den A/D-Wandler **24** so abgetastet, daß die digitalen Daten Db erzeugt werden. Die digitalen Daten Db werden von der Signalverarbeitungseinheit **26** abgerufen.

[0049] Das analoge Modulationssignal M ist ein Signal, welches ermöglicht, daß die Schwingungsfrequenz des Oszillators **12** in ein Sägezahnwellensignal moduliert wird, eine Schwingungsfrequenz, welche jeder Frequenz sowohl des Sendesignals Ss als auch des lokalen Signals L entspricht, und jede Frequenz jedes Funkwellensignals.

[0050] Konkret ändert sich die Frequenz des Modulationssignals M in der Zeit wiederholt so, daß die Fre-

quenz in der Zeit periodisch von einem Minimalwert (unten) ansteigt und den Maximalwert (oben) nach dem vorbestimmten Modulationszeitintervall von $1/(2f_m)$ erreicht, d.h., das ansteigende Modulationszeitintervall RMP verstreicht von der Vorderflanke der Frequenz aus, wie in **Fig. 2** gezeigt. Die Frequenzmodulationsbreite, welche die Frequenz zwischen dem Maximalwert (oben) und dem Minimalwert (unten) des Modulationssignals M repräsentiert, wird als ΔF bezeichnet, und die Mittenfrequenz hiervon wird als F_0 bezeichnet.

[0051] Dies bedeutet, das Sendesignal S_s , das lokale Signal L und jedes Funkwellensignal werden gemäß dem Frequenzmodulationssignal M derart frequenzmoduliert, daß jede Frequenz sowohl des Sendesignals, des lokalen Signals als auch des Funkwellensignals in der Zeit Werte wie das Sägezahnwellensignal annimmt, wie in **Fig. 2** gezeigt.

[0052] Einige der Wellen, die von der Sendeantenne **16** ausgesendet werden, um von der Empfangsantenne **18** direkt empfangen zu werden, können niederfrequente Rauschkomponenten verursachen, um in dem durch den Mischer **20** erzeugten Schwebungssignal B aufzutreten. Es ist schwierig, die Spitzenfrequenzkomponenten in einem Frequenzband des Schwebungssignals B zu erfassen, in welchem die niederfrequenten Rauschkomponenten enthalten sind. Eine Zone, welche dem Frequenzband entspricht, wird als eine "Totzone" bezeichnet.

[0053] Zusätzlich bewirkt die vorbestimmte Zone, die durch die vorbestimmten Werte des Abstands R und jene der Relativgeschwindigkeit V zwischen dem eigenen Fahrzeug, in welchem das Radarsystem **2** eingebaut ist, und dem Ziel um das Fahrzeug herum definiert ist, daß die Kollisionen zwischen dem eigenen Fahrzeug und den Zielen unvermeidbar sind. Die vorbestimmte Zone wird als "Kollisionszone" bezeichnet.

[0054] Die Frequenzbänder, welche der Totzone und der Kollisionszone entsprechen, sind im voraus in der Speichervorrichtung der Signalverarbeitungseinheit **26**, wie etwa dem ROM oder dergleichen, gespeichert.

[0055] **Fig. 3** ist eine erläuternde Ansicht, welche eine Beziehung zwischen den erfaßten Frequenzwerten des Schwebungssignals B, die als "Schwebungsfrequenz f_b " bezeichnet wird, jedem der erhaltenen Werte des Abstands R und denen der Relativgeschwindigkeit V zwischen dem eigenen Fahrzeug und dem Ziel zeigt. Im übrigen sind die Werte des Abstands R und die der Relativgeschwindigkeit V positiv, wenn sich das Ziel auf das Fahrzeug zu bewegt. Die gestrichelten Linien in **Fig. 3** zeigen, daß die Werte der Schwebungsfrequenz f_b einander gleich sind.

[0056] In **Fig. 3** zeigt eine kreuzweise schraffierte Region einen Außenbereich einer Erfassung OD derart, daß die Werte der Schwebungsfrequenz f_b kleiner als Null sind oder die Werte des Abstands R ebenfalls kleiner als Null sind. Eine andere Region mit Ausnahme des Außenbereichs einer Erfassung OD ist der erfaßbare Bereich DR derart, daß die Werte der Schwebungsfrequenz f_b Null übersteigen und die Werte des Abstands R ebenfalls Null übersteigen.

[0057] Die durchgezogene Linie L zeigt, daß jeder Wert des Schwebungssignals B gleich Null ist. Der diagonal schraffierte Bereich repräsentiert die Totzone DZ.

[0058] Wie in **Fig. 3** gezeigt, ist die Totzone DZ unabhängig von den Werten des Abstands R von dem Ziel und denen der Relativgeschwindigkeit V zu diesem, so daß das Frequenzband der Totzone DZ die konstante Breite in der Linie L aufweist.

[0059] Im Gegensatz dazu wird der Randwert des Abstands R, bei welchem die Kollision zwischen dem Fahrzeug und dem Ziel unvermeidbar sein wird, umso mehr steigen, je mehr die Relativgeschwindigkeit V steigt, so daß das Frequenzband der Kollisionszone in Proportion zu dem Anstieg der Relativgeschwindigkeit V steigt.

[0060] D.h., **Fig. 3** und **4** zeigen die Randlinie BL, dargestellt durch eine einfach gestrichelte Linie, der Kollisionszone CZ, welche entscheidet, ob die Kollision zwischen dem Fahrzeug und dem Ziel unvermeidbar sein wird.

[0061] Wie in **Fig. 3** und **4** gezeigt, zeigt gemäß dieser Ausführungsform die Randlinie BL klar, daß, wenn der Wert der Relativgeschwindigkeit V kleiner als der Wert V_{BL} der Relativgeschwindigkeit V ist, bei welchem die Randlinie BL und der obere Bereich der konstanten Breite der Totzone DZ gekreuzt werden, die Totzone DZ größer als die Kollisionszone CZ ist.

[0062] Im Gegensatz dazu ist die Kollisionszone CZ größer als die Totzone DZ, wenn der Wert der Relativgeschwindigkeit V den Wert V_{BL} der Relativgeschwindigkeit V übersteigt.

[0063] Dann werden die durch die Signalverarbeitungseinheit **26** ausgeführten Verarbeitungen in Übereinstimmung mit dem in **Fig. 5** gezeigten Flußdiagramm erläutert werden.

[0064] Die Signalverarbeitungseinheit **26** lädt das Programm in den RAM, um es zu booten, wodurch die Verarbeitungen in Übereinstimmung mit dem Programm ausgeführt werden.

[0065] D.h., die Signalverarbeitungseinheit **26** erzeugt auf der Grundlage einer vorab angegebenen Zeit T_f von beispielsweise 0,3 Sekunden die Modulationsdaten D_m , welche zum Erzeugen des Modulationssignals M verwendet werden (Schritt S110 in **Fig. 5**).

[0066] Konkret legt die Signalverarbeitungseinheit **26** in Schritt S110 die Modulationsbreite (den Modulationsbereich) ΔF und das Modulationszeitintervall von $1/(2f_m)$, wie in **Fig. 2** gezeigt, so fest, daß die Rate K der Frequenzänderung des Radarwellensignals bezüglich der Zeit mit dem Wert von F_0/T_f in Übereinstimmung mit der Gleichung (5) zusammenpaßt:

$$2 \cdot fm \cdot \Delta F = \frac{F0}{Tf} = K \quad (5)$$

wobei F0 die Mittenfrequenz des Modulationsbereichs ΔF darstellt.

[0067] Im übrigen wird die Rate K als "Graduation K der Modulation" bezeichnet.

[0068] Die Signalverarbeitungseinheit **26** erzeugt in Schritt S110 die Modulationsdaten Dm gemäß dem festgelegten Modulationsbereich ΔF und der festgelegten Modulationszeit $1/(2fm)$.

[0069] In Schritt S110 kann die Signalverarbeitungseinheit **26** die Werte des Modulationsbereichs ΔF und der Modulationszeit $1/(2fm)$ jeweils ändern, so daß die Graduation K der Modulation mit $F0/Tf$ in Übereinstimmung gebracht wird. In Schritt S110 kann die Signalverarbeitungseinheit **26** auch einen der Werte des Modulationsbereichs ΔF und der Modulationszeit $1/(2fm)$ unverändert lassen und den anderen hiervon ändern und dadurch die Graduation K der Modulation mit $F0/Tf$ in Übereinstimmung bringen.

[0070] Die Signalverarbeitungseinheit **26** führt die Modulationsdaten Dm dem D/A-Wandler **10** zu, um den D/A-Wandler **10** und den Oszillator **12** dazu zu veranlassen, die Modulation der Oszillationsfrequenz des Oszillators **12** in jedem Erfassungszeitintervall DP gemäß den Modulationsdaten Dm zu beginnen (Schritt S120).

[0071] Im übrigen stellt das Erfassungszeitintervall DP das Zeitintervall von der Startzeit einer Modulation bis zu der nächsten Startzeit hiervon dar. Es kann vorzuziehen sein, daß das Erfassungszeitintervall DP gleich der angegebenen Zeit Tf oder kleiner ist, daß beispielsweise das Erfassungszeitintervall DP innerhalb des Bereichs von näherungsweise 10 bis 30 ms (Millisekunden) festgelegt werden kann.

[0072] D.h., das analoge Modulationssignal M wird in jedem Erfassungszeitintervall DP gemäß den digitalen Modulationsdaten Dm durch den D/A-Wandler **10** erzeugt, und die Oszillationsfrequenz des Oszillators **12** wird in jedem Erfassungszeitintervall DP gemäß dem Modulationssignal M so frequenzmoduliert, daß das extrem hochfrequente Signal periodisch erzeugt wird.

[0073] Das extrem hochfrequente Signal wird periodisch durch den Teiler **14** in das Sendesignal Ss und das lokale Signal L geteilt, so daß die Funkwellensignale durch die Sendeantenne **16** auf der Grundlage des Sendesignals Ss periodisch ausgesendet werden.

[0074] Die Funkwellensignale, die von wenigstens dem Ziel TA periodisch reflektiert werden, werden synthetisiert, um periodisch von der Empfangsantenne **18** empfangen zu werden, und das synthetisierte Funkwellensignal Sr wird periodisch an den Mischer **22** übertragen. Die Funkwellen Sr werden periodisch mit den lokalen Signalen L gemischt, so daß das Schwebungssignal B periodisch erzeugt wird.

[0075] Das durch den Verstärker **22** verstärkte Schwebungssignal B wird durch den A/D-Wandler **24** periodisch mit einer vorbestimmten Frequenz abgetastet, so daß die digitalen Abtastdaten Db periodisch erzeugt werden.

[0076] Dann wobbelt die Signalverarbeitungseinheit **26**, wie in Fig. 6 gezeigt, in jedem Erfassungszeitintervall DP die digitalen Abtastdaten Db von, in dieser Ausführungsform, dem unteren Wert des Frequenzmodulationsbereichs des gesendeten Radarwellensignals zu dem oberen Wert hiervon innerhalb des Modulationszeitintervalls $1/(2fm)$, um dafür zu sorgen, daß die Abtastdaten Db wiederholt abgerufen werden (Schritt S130), bis die Modulationszeit $1/(2fm)$ verstreicht, so daß die Modulation endet.

[0077] Hierbei stellt die Frequenz fr, wie in Fig. 6 gezeigt, eine Verzögerungsfrequenz von einem Aussenden des Radarwellensignals Ss bis zu einem Empfang des reflektierten Signals Sr auf der Grundlage des Funkwellensignals Ss dar. D.h., die Frequenz fr entspricht dem Frequenzunterschied zwischen der Frequenz des Radarwellensignals Ss und der des reflektierten Signals Sr.

[0078] Unter der Annahme, daß die Relativgeschwindigkeit V zwischen dem Ziel TA und dem eigenen Fahrzeug VE größer als Null ist, verschiebt sich die Frequenz des reflektierten Signals Sr bezüglich der Frequenz des Signals Ss in der abnehmenden (fallenden) Richtung um die Doppelfrequenz fd.

[0079] D.h., die Schwebungsfrequenz fb wird durch die nachstehende Gleichung (6) dargestellt:

$$fb = fr - fd = \frac{4 \cdot fm \cdot \Delta F \cdot R}{C} - fd = \frac{4 \cdot fm \cdot \Delta F \cdot R}{C} - \frac{2 \cdot F0 \cdot V}{C} \quad (6)$$

wobei C die Lichtgeschwindigkeit darstellt und R einen Abstand von dem Radarsystem **2** (eigenen Fahrzeug VE) zu dem Ziel TA darstellt.

[0080] Im übrigen ist in der Gleichung (6) die Relativgeschwindigkeit V positiv, wenn sich das Ziel auf das eigene Fahrzeug VE zubewegt.

[0081] Falls die Relativgeschwindigkeit V positiv ist, wenn sich das Ziel von dem eigenen Fahrzeug VE wegbewegt, wird die Schwebungsfrequenz fb durch die nachstehende Gleichung (6a) dargestellt:

$$f_b = \frac{4 \cdot f_m \cdot \Delta F \cdot R}{C} + \frac{2 \cdot F_0 \cdot V}{C} \quad (6a)$$

Zusätzlich bestimmt die Signalverarbeitungseinheit **26** während Ausführung der Verarbeitung in Schritt S130, ob die Modulationszeit $1/(2f_m)$ seit Beginn der Modulation verstreicht (Schritt S140).

[0082] Falls die Bestimmung der Verarbeitung in Schritt S140 NEIN lautet, d.h., die Modulationszeit $1/(2f_m)$ seit Beginn der Modulation nicht verstreicht, kehrt die Verarbeitungseinheit **26** zu Schritt S130 zurück, um die Verarbeitungen der Schritte S130 und S140 ausführen zu lassen.

[0083] Falls die Bestimmung der Verarbeitung in Schritt S140 JA lautet, d.h., die Modulationszeit $1/(2f_m)$ seit Beginn der Modulation verstreicht, so daß die Modulation endet, führt die Verarbeitungseinheit **26** die schnelle Fouriertransformation (FFT) an den abgerufenen Abtastdaten D_b des Schwebungssignals B in jedem Erfassungszeitintervall DP aus, um ein Frequenzspektrum der Frequenz f_b des Schwebungssignals B zu erzeugen (Schritt S150).

[0084] Die Signalverarbeitungseinheit **26** führt in jedem Erfassungszeitintervall DP eine Spitzensuchverarbeitung durch, um Spitzenfrequenzkomponenten anzugeben, von denen jede eine Spitzenleistung der Frequenz f_b des Schwebungssignals B aufweist (Schritt S155), und führt eine Spitzenverfolgungsverarbeitung zum Prüfen der Kontinuität jeder der in dem gegenwärtigen Erfassungszeitintervall erhaltenen Spitzenfrequenzkomponenten mit den Spitzenhistorieninformationen HI, welche jede der in einem nachfolgenden Schritt S200 in dem vorherigen Verarbeitungszeitintervall auf der Grundlage der vorherigen Abtastdaten erhaltenen Vorhersagespitzenfrequenzkomponenten enthalten, aus (Schritt S160).

[0085] D.h., in Schritt S160 vergleicht die Signalverarbeitungseinheit **26** die gegenwärtig durch die Spitzensuchverarbeitung in dem gegenwärtigen Erfassungszeitintervall erhaltenen Spitzenfrequenzkomponenten mit den zuvor berechneten Vorhersagespitzenfrequenzkomponenten, die jeweils in den Spitzenhistorieninformationen HI in dem vorherigen Erfassungszeitintervall enthalten sind (Schritt S160a), und bestimmt, ob wenigstens ein Differenzwert (Spitzendifferenzwert) zwischen wenigstens einer gegenwärtig erhaltenen Spitzenfrequenzkomponente und wenigstens einer zuvor erhaltenen Vorhersagespitzenfrequenzkomponente gleich oder geringer ist als der vorbestimmte zulässige Wert gemäß dem Vergleichsergebnis (Schritt S160b).

[0086] Wenn die Signalverarbeitungseinheit **26** bestimmt, daß keine Differenzwerte zwischen den gegenwärtig erhaltenen Spitzenfrequenzkomponenten und den zuvor erhaltenen Vorhersagespitzenfrequenzkomponenten gleich oder geringer als der vorbestimmte zulässige Wert gemäß dem Vergleichsergebnis sind (die Bestimmung in Schritt S160b NEIN lautet), bestimmt die Signalverarbeitungseinheit **26**, daß die Beziehung zwischen jeder gegenwärtig erhaltenen Spitzenfrequenzkomponente und jeder zuvor erhaltenen Vorhersagespitzenfrequenzkomponente keine Kontinuität aufweist, und kehrt zu der Verarbeitung in Schritt S120 zurück.

[0087] Wenn die Signalverarbeitungseinheit **26** bestimmt, daß wenigstens ein Differenzwert zwischen wenigstens einer gegenwärtig erhaltenen Spitzenfrequenzkomponente und wenigstens einer zuvor erhaltenen Vorhersagespitzenfrequenzkomponente gleich oder geringer als der vorbestimmte zulässige Wert gemäß dem Vergleichsergebnis ist (die Bestimmung in Schritt S160b in JA lautet), nimmt die Signalverarbeitungseinheit **26** an, daß die wenigstens eine gegenwärtig erhaltene Spitzenfrequenzkomponente und wenigstens eine zuvor erhaltene Vorhersagespitzenfrequenzkomponente im wesentlichen miteinander übereinstimmen, so daß die Signalverarbeitungseinheit **26** bestimmt, daß die Beziehung zwischen der wenigstens einen gegenwärtig erhaltenen Spitzenfrequenzkomponente und der wenigstens einen zuvor erhaltenen Vorhersagespitzenfrequenzkomponente Kontinuität aufweist, wodurch sie identifiziert, daß das wenigstens eine Paar der wenigstens einen gegenwärtig erhaltenen Spitzenfrequenzkomponente und der wenigstens einen zuvor erhaltenen Vorhersagespitzenfrequenzkomponente auf demselben Ziel beruht (Schritt S160c). D.h., die Signalverarbeitungseinheit **26** kann die wenigstens eine Spitzenfrequenzkomponente von dem gleichen Ziel in sowohl dem vorherigen Erfassungszeitintervall als auch dem gegenwärtigen Erfassungszeitintervall erfassen.

[0088] Da die Funkwellensignale von wenigstens dem Ziel TA so reflektiert werden, daß die Differenz zwischen dem wenigstens einen Paar der wenigstens einen gegenwärtig erhaltenen Spitzenfrequenzkomponente und der wenigstens einen zuvor erhaltenen Vorhersagespitzenfrequenzkomponente, die von demselben Ziel TA erhalten werden, gleich oder geringer als der vorbestimmte zulässige Wert ist, identifiziert die Signalverarbeitungseinheit **26** in dieser Ausführungsform beispielsweise, daß das wenigstens eine Paar der wenigstens einen gegenwärtig erhaltenen Spitzenfrequenzkomponente und wenigstens einer zuvor erhaltenen Vorhersagespitzenfrequenzkomponente auf demselben Ziel TA beruht.

[0089] Als nächstes bestimmt die Signalverarbeitungseinheit **26** in jedem Erfassungszeitintervall DP gemäß der gegenwärtig erhaltenen Spitzenfrequenzkomponente des wenigstens einen identifizierten Ziels wie etwa des Ziels TA und den Historieninformationen HI einschließlich der zuvor erhaltenen Relativgeschwindigkeit V, ob das eigene Fahrzeug VE bereits in der Kollisionszone CZ oder der Totzone DZ gefahren ist (Schritt S170).

[0090] Wenn bestimmt wird, daß das eigene Fahrzeug VE bereits in der Kollisionszone CZ oder der Totzone DZ gefahren ist, d.h., die Bestimmung in Schritt S170 Ja lautet, bestimmt die Signalverarbeitungseinheit **26**,

daß es wahrscheinlich ist, daß das eigene Fahrzeug VE mit dem wenigstens einen angegebenen Ziel kollidiert, und fährt ein Programm zum Reduzieren eines Kollisions-(Aufprall)-Schadens. Beispielsweise läßt das Programm das Airbagsystem AR oder andere ähnliche Einheiten zum Reduzieren eines Kollisionsschadens arbeiten, wodurch ein Airbag vor einem Aufprall aufgeblasen werden kann (Schritt S175), und die Signalverarbeitungseinheit **26** beendet die Verarbeitung.

[0091] Wenn andererseits bestimmt wird, daß das eigene Fahrzeug VE noch nicht in der Kollisionszone CZ oder der Totzone DZ gefahren ist, d.h., daß die Bestimmung in Schritt 5170 Nein lautet, nimmt die Signalverarbeitungseinheit **26** an, daß die gegenwärtige Relativgeschwindigkeit V in dem gegenwärtigen Erfassungszeitintervall DP näherungsweise unverändert innerhalb des gegenwärtigen Erfassungszeitintervalls DP gehalten wird, so daß ein Vorhersageabstand Rp von dem eigenen Fahrzeug zu dem wenigstens einen Ziel nach einem Verstreichen der konstanten Zeit Tf seit einer gegenwärtigen Lagebeziehung zwischen dem eigenen Fahrzeug VE und dem wenigstens einen Ziel TA als der Abstand $(R-V \cdot Tf)$ dargestellt werden kann. R stellt, als die Lagebeziehung, den gegenwärtigen Abstand zwischen dem eigenen Objekt VE und dem wenigstens einen Ziel dar (siehe Fig. 3).

[0092] D.h., die Signalverarbeitungseinheit **26** berechnet den Vorhersageabstand Rp $(=R-V \cdot Tf)$ auf der Grundlage der in der Verarbeitung von Schritt S160 identifizierten Spitzenfrequenzkomponente in Übereinstimmung mit den nachstehenden Gleichungen (7) und (8), welche zwischen der Spitzenfrequenzkomponente und dem Vorhersageabstand Rp gelten:

$$fb = (R - V \cdot Tf) \cdot \frac{2}{C} \cdot \frac{F0}{Tf} \quad (7)$$

$$= \frac{2K}{C} \cdot Rp \quad (8)$$

wobei K für $F0/Tf$ steht (Schritt S180).

[0093] Im übrigen erlaubt eine Substitution der Gleichung (6) in die Gleichung (5) und Umstellung der substituierten Gleichung (6), die Gleichung (7) zu erhalten. Wenn sich das Ziel von dem eigenen Fahrzeug entfernt, ist die Relativgeschwindigkeit V positiv, so daß der Vorhersageabstand Rp als " $R+V \cdot Tf$ " dargestellt wird, was es erlaubt, die Schwebungsfrequenz fb durch die Gleichung (7a) darzustellen:

$$fb = (R + V \cdot Tf) \cdot \frac{2}{C} \cdot \frac{F0}{Tf} \quad (7a)$$

Als nächstes berechnet die Signalverarbeitungseinheit **26** die Relativgeschwindigkeit V zwischen dem eigenen Fahrzeug VE und dem wenigstens einen Ziel (Ziel TA) auf der Grundlage des gegenwärtig berechneten Vorhersageabstands Rp und des zuvor berechneten Vorhersageabstands Rp' in dem vorherigen Erfassungszeitintervall DP, welches in den Historieninformationen HI (Schritt S190) enthalten ist. Als die Berechnung kann die Signalverarbeitungseinheit **26** leicht bekannte differenzielle Berechnungen verwenden.

[0094] Die Signalverarbeitungseinheit **26** speichert den Vorhersageabstand Rp und die Relativgeschwindigkeit V in der externen Speichereinheit **26a** als die Historieninformationen HI und berechnet die Vorhersagespitzenfrequenzkomponente in Übereinstimmung mit beispielsweise vorstehender Gleichung (5), welche in dem nächsten Erfassungszeitintervall DP verwendet wird, wodurch die berechnete Vorhersagespitzenfrequenzkomponente in der externen Speichereinheit **26a** als die Historieninformation HI gespeichert wird (Schritt S200), und kehrt zu der Verarbeitung in Schritt S120 zurück.

[0095] D.h., die Signalverarbeitungseinheit **26** führt die Verarbeitungen in Schritt S120 bis Schritt S200 in jedem Erfassungszeitintervall DP wiederholt aus.

[0096] Zusätzlich können die Historieninformationen HI, die in der externen Speichereinheit **26a** gespeichert sind, zum Vermeiden der Kollision des eigenen Fahrzeugs VE mit dem wenigstens einen Ziel TA auf der Grundlage der Historieninformationen HI verwendet werden.

[0097] Beispielsweise arbeitet eine in dem eigenen Fahrzeug VE eingebaute Meldeeinheit so, daß sie einen Alarm meldet, um die Aufmerksamkeit des Fahrers zu erregen, um eine Kollision des eigenen Fahrzeugs VE mit dem wenigstens einen Ziel zu vermeiden, wenn sie in Übereinstimmung mit den Historieninformationen HI, beispielsweise dem Vorhersageabstand Rp, der in der Kollisionszone CZ angeordnet ist, bestimmt, daß es wahrscheinlich ist, daß das eigene Fahrzeug VE mit dem wenigstens einen Ziel kollidiert. Eine in dem eigenen Fahrzeug VE eingebaute Schwenkeinheit arbeitet so, daß sie das eigene Fahrzeug VE um einen vorbestimmten Winkel schwenkt, um die Kollision des eigenen Fahrzeugs VE mit dem wenigstens einen Ziel zu vermeiden, wenn sie in Übereinstimmung mit den Historieninformationen HI, beispielsweise dem Vorhersageabstand Rp, der in der Kollisionszone CZ angeordnet ist, bestimmt, daß es wahrscheinlich ist, daß das eigene Fahrzeug VE

mit dem wenigstens einen Ziel kollidiert. Eine in dem eigenen Fahrzeug VE eingebaute Bremseinheit arbeitet so, daß sie das eigene Fahrzeug VE abbremst, um die Kollision des eigenen Fahrzeugs VE mit dem wenigstens einen Ziel zu vermeiden, wenn sie in Übereinstimmung mit den Historieninformationen HI, beispielsweise dem Vorhersageabstand R_p , der in der Kollisionszone CZ angeordnet ist, bestimmt, daß es wahrscheinlich ist, daß das eigene Fahrzeug VE mit dem wenigstens einen Ziel kollidiert. Eine in dem eigenen Fahrzeug VE eingebaute Motoransteuerungseinheit arbeitet so, daß sie die Ansteuerung des Motors beendet, um die Kollision des eigenen Fahrzeugs VE mit dem wenigstens einen Ziel zu vermeiden, wenn sie in Übereinstimmung mit den Historieninformationen HI, beispielsweise dem Vorhersageabstand R_p , der in der Kollisionszone CZ angeordnet ist, bestimmt, daß es wahrscheinlich ist, daß das eigene Fahrzeug VE mit dem wenigstens einen Ziel kollidiert.

[0098] Wenn die vorgenannten Einheiten gemäß den Historieninformationen HI, beispielsweise dem Vorhersageabstand R_p , bestimmen, daß die Kollision unvermeidbar ist, fährt die Signalverarbeitungseinheit **26** das Programm zum Reduzieren eines Kollisions-(Aufprall)-Schadens, wodurch es vor einem Aufprall dafür sorgt, daß das Airbagsystem AR oder andere ähnliche Einheiten zum Reduzieren eines Kollisionsschadens arbeitet, wodurch ein Aufblasen eines Airbags vor einem Aufprall ermöglicht wird (siehe Schritt S175).

[0099] Wie zuvor beschrieben, wobbelt das Radarsystem **2** dieser Ausführungsform die digitalen Abtastdaten D_b von dem unteren Wert der Frequenz des ausgesendeten Radarwellensignals zu dem oberen Wert hiervon innerhalb des Modulationszeitintervalls $1/(2f_m)$, in welchem die Frequenz hiervon nur ansteigt, wodurch es die Spitzenfrequenzkomponenten der Frequenz f_b des Schwebungssignals B auf der Grundlage der abgerufenen Abtastdaten D_b berechnet.

[0100] Zusätzlich vergleicht das Radarsystem **2** dieser Ausführungsform die gegenwärtig erhaltenen Spitzenfrequenzkomponenten mit den zuvor erhaltenen Spitzenfrequenzkomponenten, um die wenigstens eine Spitzenfrequenzkomponente von dem gleichen Ziel ohne Ausführen der Paaranpassungsverarbeitungen zu identifizieren, was es möglich macht, den Umfang einer zum Bestimmen des wenigstens einen Ziels erforderlichen Berechnung zu reduzieren.

[0101] Das Radarsystem **2** dieser Ausführungsform wobbelt die digitalen Abtastdaten D_b von dem unteren Wert der Frequenz des ausgesendeten Radarwellensignals zu dem oberen Wert hiervon innerhalb des Modulationszeitintervalls $1/(2f_m)$, welches dem steigenden Modulationszeitintervall entspricht, in welchem die Frequenz hiervon nur wächst (steigt). Die Wobbelverarbeitung macht es möglich, den Betrag einer Zeit, die zum Abrufen der Abtastdaten des Schwebungssignals B benötigt wird, im Vergleich mit den herkömmlichen FM-CW-Radarsystemen, welche die Frequenzkomponenten des Schwebungssignals innerhalb sowohl des steigenden Modulationszeitintervalls (Wobbelzeit ST), in welchem die Frequenz des Radarsignals ansteigt, als auch des fallenden Modulationszeitintervalls (Wobbelzeit ST), in welchem die Frequenz des Radarsignals sinkt, abrufen, um die Hälfte zu reduzieren, was es ermöglicht, die Verarbeitungen in Schritt S120 bis S200 in jedem kurzen Zeitintervall von beispielsweise 10 ~ 30ms wiederholt auszuführen. Dies ermöglicht eine Verbesserung des Ansprechens einer Erfassung der Ziele.

[0102] Noch darüber hinaus berechnet das Radarsystem **2** den gegenwärtigen Abstand R von dem eigenen Fahrzeug VE zu dem wenigstens einen Ziel zu der gegenwärtigen Zeit nicht, berechnet aber den Vorhersageabstand R_p nach einem Verstreichen der konstanten Zeit T_f seit der gegenwärtigen Zeit, was es möglich macht, eine anormale Annäherung des wenigstens einen Ziels an das eigene Fahrzeug VE oder dergleichen auf der Grundlage des Vorhersageabstands R_p im voraus vorherzusagen. Diese Vorhersage kann eine Kollision des eigenen Fahrzeugs mit dem wenigstens einen Ziel unmittelbar verhindern und/oder erlaubt in Fällen, in welchen die Kollision unvermeidbar ist, daß das Airbagsystem vor der Kollision arbeitet, wodurch die Sicherheit der Kollisionsvermeidungsvorgänge und/oder der Schadensreduzierungsvorgänge und die Sicherheit wenigstens eines Insassen in dem eigenen Fahrzeug VE verbessert wird. Im übrigen entsprechen in dieser Ausführungsform die Verarbeitung der Signalverarbeitungseinheit **26** in Schritt S110, der D/A-Wandler **10** und der Oszillator **12** einer Frequenzmodulationseinheit, die Antenne **16** entspricht einer Sendeeinheit, und der Mischer **20** entspricht einer Mischeinheit. Zusätzlich entspricht die Empfangsantenne **18** einer Empfangseinheit, die Verarbeitungen der Signalverarbeitungseinheit **26** in Schritten S130 bis S160 entsprechen einer Wobbeleinheit, und die Verarbeitung der Signalverarbeitungseinheit **26** in Schritt S180 entspricht einer Erhaltungseinheit.

[0103] Diese Ausführungsform ist vorstehend erläutert worden, die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf die Struktur beschränkt und ist auf vielfältige Modifikationen anwendbar.

[0104] Als eine der Modifikationen wird in dieser Ausführungsform das Radarsystem **2** als der Pre-Crash-Sensor verwendet, jedoch kann das Radarsystem **2** als ein FMCW-Radar für eine übliche ACC (Adaptive Cruise Controls) dienen.

[0105] **Fig. 7** stellt ein Blockdiagramm dar, welches eine Gesamtstruktur eines in einem eigenen Fahrzeug VE eingebauten Radarsystems **2a** gemäß einer Modifikation der Erfindung zeigt. In dieser Modifikation weist das Radarsystem **2a** zusätzlich zu der Struktur des Radarsystems **2** ferner eine ACC-Einheit **30** zum automatischen Einstellen der Geschwindigkeit des eigenen Fahrzeugs VE, um einen geeigneten Abstand zwischen

dem eigenen Fahrzeug VE und dem wenigstens einen Ziel (Ziel TA) aufrechtzuerhalten, auf. Andere Elemente in **Fig. 7** sind im wesentlichen gleich denen in **Fig. 1** mit Ausnahme der Signalverarbeitungseinheit **26X**.

[0106] In dieser Modifikation erzeugt die der Signalverarbeitungseinheit **26** der Ausführungsform entsprechende Signalverarbeitungseinheit **26X** die Modulationsdaten $Dm1$, welche erlauben, daß die Frequenz des Modulationssignals $M1$ eine Sägezahnwellenform in der Zeit aufweist (Schritt S310 in **Fig. 8**), und führt die Modulationsdaten $Dm1$ dem D/A-Wandler **10** zu, um den D/A-Wandler **10** und den Oszillator **12** dazu zu veranlassen, die Modulation der Oszillationsfrequenz des Oszillators **12** in jedem Erfassungszeitintervall $Tm1a(=1/fma)$ gemäß den Modulationsdaten Dma zu beginnen (Schritt S320).

[0107] Wenn die Abtastdaten Db_a , die dem Schwebungssignal Ba entsprechen, auf der Grundlage des Modulationssignals $M1$ durch den A/D-Wandler **24** erzeugt werden, führt die Signalverarbeitungseinheit **26X**, wie in **Fig. 9** gezeigt, innerhalb jedes Erfassungszeitintervalls Tma von 100ms die schnelle Fouriertransformation (FFT) an den Frequenzkomponenten des Schwebungssignals Ba , die einem steigenden Modulationszeitintervall RMP, in welchem die Frequenz des Radarsignals ansteigt, und an anderen Frequenzkomponenten hiervon, die einem fallenden Modulationszeitintervall FMP, in welchem die Frequenz des Radarsignals sinkt (fällt), entsprechen, aus, wodurch ein Leistungsspektrum des Schwebungssignals Ba in sowohl dem steigenden als auch dem fallenden Modulationszeitintervall erhalten wird (Schritt S330).

[0108] Die Signalverarbeitungseinheit **26X** tastet innerhalb jedes Erfassungszeitintervalls Tma von 100ms eine Spitzenfrequenzkomponente in jedem der Leistungsspektren ab und kombiniert die abgetasteten Spitzenfrequenzkomponenten, um ein Paar von Spitzenfrequenzkomponenten zu erhalten, wodurch ein gegenwärtiger Abstand Ra von dem eigenen Fahrzeug VE zu dem wenigstens einen Ziel und/oder eine gegenwärtige Relativgeschwindigkeit V des wenigstens einen Ziels erhalten wird (Schritt S340). Der erhaltene gegenwärtige Abstand R und die erhaltene gegenwärtige Relativgeschwindigkeit V werden an die ACC-Einheit **30** übertragen, was der ACC-Einheit **30** ermöglicht, die Geschwindigkeit des eigenen Fahrzeugs VE automatisch einzustellen, um einen geeigneten Abstand zwischen dem eigenen Fahrzeug VE und dem wenigstens einen Ziel (Ziel TA) auf der Grundlage des übertragenen gegenwärtigen Abstands R und der gegenwärtigen Relativgeschwindigkeit V aufrechtzuerhalten.

[0109] Zwischen jedem Erfassungszeitintervall Tma führt die Signalverarbeitungseinheit **26X**, wie in **Fig. 9** gezeigt, die Verarbeitungen als der Pre-Crash-Sensor aus, d.h., führt die Verarbeitungen in Schritt S120 bis S200 in einem kurzen Zeitintervall DP von beispielsweise 10 ~ 30ms aus (S350).

[0110] Die Verarbeitungen S310 bis S350 werden in jedem Erfassungszeitintervall $Tm1$ von 100ms wiederholt ausgeführt.

[0111] D.h., wenn das Radarsystem **2a** als ein FMCW-Radar für ACC verwendet wird, muß das Radarsystem **2a** einen Abstand und eine Relativgeschwindigkeit zwischen dem eigenen Fahrzeug, auf welchem das Radarsystem **2a** installiert ist, und dem wenigstens einen Ziel exakt erfassen. Wenn das Radarsystem **2a** als der FMCW-Sensor dient, zielt das Radarsystem **2a** jedoch auf das wenigstens eine Ziel, welches sich mit etwa 5 bis 150m vergleichsweise weit von dem eigenen Fahrzeug VE entfernt befindet, wobei ermöglicht wird, daß das Erfassungszeitintervall $Tm1$ vergleichsweise lang ist.

[0112] Wenn im Gegensatz dazu das Radarsystem **2a** abwechselnd als das Radarsystem **2** für einen Pre-Crash-Sensor und/oder zur Vermeidung einer Kollision verwendet wird, zielt das Radarsystem **2a** auf das wenigstens eine Ziel, welches sich mit etwa 0 bis 5m vergleichsweise nahe an dem eigenen Fahrzeug VE befindet, so daß es erforderlich ist, das wenigstens eine Ziel in jedem Erfassungszeitintervall zu erfassen, welches so kurz wie möglich ist.

[0113] Darüber hinaus sind die Radarsysteme **2** und **2a**, die sich auf die Ausführungsform und die Modifikation der Erfindung beziehen, in dem Fahrzeug installiert, die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf die Anwendungen beschränkt.

[0114] D.h., das Radarsystem **2** (das Radarsystem **2a**) kann in einem mobilen Objekt installiert sein.

[0115] Ferner wobbelt sowohl das Radarsystem **2** als auch **2a**, welche sich auf die Ausführungsform und die Modifikation der Erfindung beziehen, die digitalen Abtastdaten Db von dem unteren Wert der Frequenz des ausgesendeten Radarwellensignals zu dem oberen Wert hiervon innerhalb des Modulationszeitintervalls $1/(2fm)$, d.h., dem steigenden Modulationszeitintervall, in welchem die Frequenz hiervon nur ansteigt (wächst). Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf die Struktur beschränkt.

[0116] D.h., wie in **Fig. 10** gezeigt, sowohl das Radarsystem **2** als auch **2a** kann die digitalen Abtastdaten Db von dem oberen Wert der Frequenz des ausgesendeten Radarwellensignals zu dem unteren Wert hiervon innerhalb des Modulationszeitintervalls $1/(2fm)$, d.h., dem fallenden Modulationszeitintervall, in welchem die Frequenz hiervon nur sinkt (fällt), wobbeln.

[0117] In diesem Fall kann die Schwebungsfrequenz fb durch die nachstehende Gleichung (9) dargestellt werden:

$$fb = fr + fd = \frac{4 \cdot fm \cdot \Delta F \cdot R}{C} + fd = \frac{4 \cdot fm \cdot \Delta F \cdot R}{C} + \frac{2 \cdot F0 \cdot V}{C} \quad (9)$$

[0118] Im übrigen ist in der Gleichung (9) die Relativgeschwindigkeit V positiv, wenn sich das Ziel dem eigenen Fahrzeug VE annähert.

[0119] Falls die Relativgeschwindigkeit V positiv ist, wenn sich das Ziel von dem eigenen Fahrzeug VE entfernt, wird die Schwebungsfrequenz fb durch die nachstehende Gleichung (9a) dargestellt:

$$fb = \frac{4 \cdot fm \cdot \Delta F \cdot R}{C} - \frac{2 \cdot F0 \cdot V}{C} \quad (9a)$$

[0120] Während beschrieben worden ist, was gegenwärtig als die Ausführungsform und die Modifikationen der Erfindung angenommen wird, wird verstanden werden, daß vielfältige Modifikationen, welche nicht beschrieben wurden, noch immer hierin vorgenommen werden können, und es ist beabsichtigt, in den beigefügten Ansprüchen alle solchen Modifikationen als in den wahren Geist und Umfang der Erfindung fallend abzudecken.

[0121] Diese Anmeldung ist gegründet auf und beansprucht den Vorzug der Priorität der früheren japanischen Patentanmeldung 2002-311386, welche am 15. Oktober 2002 hinterlegt worden ist, so daß deren Inhalt hierin durch Bezugnahme eingeschlossen ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Berechnen eines Vorhersageabstands von einem Bezugsobjekt zu einem Ziel nach einer vorbestimmten konstanten Zeit seit einem gegenwärtigen Zustand, in welchem das Bezugsobjekt und das Ziel eine Lagebeziehung hierzwischen aufweisen, wobei das Verfahren aufweist:

Frequenzmodulieren eines Radarwellensignals innerhalb eines vorbestimmten Frequenzmodulationsbereichs von unten nach oben so, daß eine Frequenz der frequenzmodulierten Radarwelle sich zeitlich ändert, wobei eine Rate einer Frequenzänderung des Radarwellensignals in der Zeit auf $F0/Tf$ festgelegt ist, wobei $F0$ eine Mittenfrequenz in dem Frequenzmodulationsbereich darstellt und Tf die vorbestimmte konstante Zeit darstellt; Mischen des von dem Bezugsobjekt ausgesendeten frequenzmodulierten Radarwellensignals und eines Reflexionssignals, um ein Schwebungssignal zu erhalten, wobei das Reflexionssignal auf dem ausgesendeten Radarwellensignal, das von dem Ziel reflektiert wird, basiert, wobei das Schwebungssignal auf einer Frequenzdifferenz zwischen einer Frequenz des ausgesendeten Radarwellensignals und der des Reflexionssignals basiert;

Wobbeln des Schwebungssignals innerhalb des Frequenzmodulationsbereichs von entweder oben oder unten nach dem anderen hiervon, um eine Frequenzkomponente des Schwebungssignals erhalten; und Ermitteln des Vorhersageabstands auf der Grundlage einer Beziehung zwischen der Frequenzkomponente des Schwebungssignals und dem Vorhersageabstand.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Beziehung zwischen der Frequenzkomponente des Schwebungssignals und dem Vorhersageabstand durch eine Gleichung:

$$fb = \frac{2K}{C} \cdot Rp$$

dargestellt ist, wobei Rp den Vorhersageabstand darstellt, fb die Frequenzkomponente des Schwebungssignals darstellt und C die Lichtgeschwindigkeit darstellt.

3. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Wobbelschritt das Schwebungssignal innerhalb des Frequenzmodulationsbereichs von entweder dem unteren Wert oder dem oberen Wert zu dem anderen hiervon in jedem vorbestimmten Zeitintervall wobbelt, um die Frequenzkomponente des Schwebungssignals in jedem vorbestimmten Zeitintervall zu erhalten, und der Schritt eines Erhaltens des Vorhersageabstands den Vorhersageabstand auf der Grundlage der Beziehung zwischen der Frequenzkomponente des Schwebungssignals und dem Vorhersageabstand in jedem vorbestimmten Zeitintervall erhält, weiter gekennzeichnet durch eine Berechnung einer Relativgeschwindigkeit zwischen dem Bezugsobjekt und dem Ziel gemäß den Vorhersageabständen, wobei die Vorhersageabstände jeweils in benachbarten vorbestimmten Zeitintervallen erhalten werden.

4. Verfahren gemäß Anspruch 3, weiter gekennzeichnet durch:

Berechnen einer Vorhersagefrequenzkomponente in dem gegenwärtigen vorbestimmten Zeitintervall gemäß dem in dem vorherigen vorbestimmten Zeitintervall erhaltenen Vorhersageabstand und der in dem vorherigen vorbestimmten Zeitintervall berechneten Relativgeschwindigkeit; und
 Vergleichen der berechneten Vorhersagefrequenzkomponente in dem gegenwärtigen vorbestimmten Zeitintervall mit der erhaltenen Frequenzkomponente hierin, um gemäß dem Vergleichsergebnis zu bestimmen, ob die Beziehung zwischen der in dem vorherigen vorbestimmten Zeitintervall erhaltenen vorherigen Frequenzkomponente und der in dem gegenwärtigen vorbestimmten Zeitintervall erhaltenen gegenwärtigen Frequenzkomponente Kontinuität aufweist.

5. Verfahren gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Bezugsobjekt ein Fahrzeug ist, in welchem eine Kollisionsvermeidungseinheit und eine Kollisionsschadensreduktionseinheit installiert sind, weiter gekennzeichnet durch:

Bestimmen gemäß dem Vorhersageabstand, ob das Fahrzeug mit dem Ziel kollidieren wird;
 Betätigen der Kollisionsvermeidungseinheit, um die Kollision des Fahrzeugs mit dem Ziel zu vermeiden, wenn gemäß dem Vorhersageabstand bestimmt wird, daß das Fahrzeug mit dem Ziel kollidieren wird; und
 Betätigen der Kollisionsschadensreduktionseinheit, um den Schaden einer Kollision zu reduzieren, wenn bestimmt wird, daß die Kollision des Fahrzeugs mit dem Ziel unvermeidlich ist.

6. Verfahren gemäß Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Bezugsobjekt ein Fahrzeug ist, weiter gekennzeichnet durch:

Speichern von Informationen bezüglich einer Totzone und einer Kollisionszone, wobei die Totzone ein Frequenzband des Schwebungssignals ist, in welchem es aufgrund einer niederfrequenten Rauschkomponente, die in dem Frequenzband enthalten ist, schwierig ist, die Frequenzkomponente zu erfassen, wobei die Kollisionszone durch einen vorbestimmten Abstand zwischen dem Fahrzeug und dem Ziel und eine vorbestimmte Relativgeschwindigkeit hierzwischen definiert ist und bewirkt, daß eine Kollision zwischen dem Fahrzeug und dem Ziel unvermeidlich ist; und
 Bestimmen gemäß der gespeicherten Informationen, der erhaltenen Frequenzkomponente und der berechneten Relativgeschwindigkeit zwischen dem Bezugsobjekt und dem Ziel, ob das Fahrzeug bereits in der Totzone oder der Kollisionszone positioniert worden ist.

7. Verfahren zum Berechnen eines gegenwärtigen Abstands von einem Bezugsobjekt zu einem Ziel und eines Vorhersageabstands von dem Bezugsobjekt zu dem Ziel nach einer vorbestimmten konstanten Zeit seit einem gegenwärtigen Zustand, in welchem das Bezugsobjekt und das Ziel den gegenwärtigen Abstand aufweisen, wobei das Verfahren aufweist:

ein erstes Frequenzmodulieren eines ersten Radarwellensignals so, daß eine Frequenz der frequenzmodulierten Radarwelle zeitlich abwechselnd ansteigt und abfällt;

ein erstes Mischen des frequenzmodulierten ersten Radarwellensignals, welches von dem Referenzobjekt ausgesendet wird, mit einem ersten Reflexionssignal, um ein erstes Schwebungssignal zu erhalten, wobei das erste Reflexionssignal auf dem ausgesendeten ersten Radarwellensignal, welches von dem Ziel reflektiert wird, basiert und das erste Schwebungssignal auf einer Frequenzdifferenz zwischen einer Frequenz des ausgesendeten ersten Radarwellensignals und der des ersten Reflexionssignals basiert;

ein erstes Wobbeln des ersten Schwebungssignals jeweils innerhalb eines steigenden Modulationszeitintervalls, in welchem die Frequenz des ersten Radarsignals ansteigt, und innerhalb eines fallenden Modulationszeitintervalls, in welchem die Frequenz hiervon abfällt, um ein Paar von Frequenzkomponenten des ersten Schwebungssignals entsprechend sowohl dem steigenden Modulationszeitintervall als auch dem fallenden Modulationszeitintervall zu erhalten;

ein erstes Erhalten des gegenwärtigen Abstands auf der Grundlage des Paares von Frequenzkomponenten des Schwebungssignals;

ein zweites Frequenzmodulieren eines zweiten Radarwellensignals innerhalb eines vorbestimmten Frequenzmodulationsbereichs von unten nach oben so, daß eine Frequenz der frequenzmodulierten zweiten Radarwelle sich zeitlich ändert, wobei eine Rate einer Frequenzänderung des zweiten Radarwellensignals in der Zeit auf F_0/T_f festgelegt ist, wobei F_0 eine Mittenfrequenz in dem Frequenzmodulationsbereich darstellt und T_f die vorbestimmte konstante Zeit darstellt;

ein zweites Mischen des frequenzmodulierten zweiten Radarwellensignals, welches von dem Bezugsobjekt ausgesendet wird, und einem zweiten Reflexionssignal, um ein zweites Schwebungssignal zu erhalten, wobei das zweite Reflexionssignal auf dem ausgesendeten zweiten Radarwellensignal, welches von dem Ziel reflektiert wird, basiert und das zweite Schwebungssignal auf einer Frequenzdifferenz zwischen einer Frequenz des ausgesendeten zweiten Radarwellensignals und der des zweiten Reflexionssignals basiert;

ein zweites Wobbeln des zweiten Schwebungssignals innerhalb des Frequenzmodulationsbereichs von ent-

weder unten oder oben nach dem anderen hiervon, um eine Frequenzkomponente des zweiten Schwebungssignals zu erhalten; und
ein zweites Erhalten des Vorhersageabstands auf der Grundlage einer Beziehung zwischen der Frequenzkomponente des zweiten Schwebungssignals und des Vorhersageabstands.

8. Verfahren gemäß Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Wobbelschritt das erste Schwebungssignal innerhalb des steigenden Modulationszeitintervalls und des fallenden Modulationszeitintervalls in jedem ersten vorbestimmten Zeitintervall wobbelt, um das Paar von Frequenzkomponenten des ersten Schwebungssignals in jedem vorbestimmten Zeitintervall zu erhalten, der erste Schritt eines Erhaltens den gegenwärtigen Abstand auf der Grundlage des Paares von Frequenzkomponenten des ersten Schwebungssignals in jedem ersten vorbestimmten Zeitintervall erhält, der zweite Wobbelschritt das zweite Schwebungssignal innerhalb des Frequenzmodulationsbereichs von entweder dem unteren Wert oder dem oberen Wert zu dem anderen hiervon in jedem zweiten vorbestimmten Zeitintervall wobbelt, um die Frequenzkomponente des zweiten Schwebungssignals in jedem zweiten vorbestimmten Zeitintervall zu erhalten, und der zweite Schritt eines Erhaltens den Vorhersageabstand auf der Grundlage der Beziehung zwischen der Frequenzkomponente des zweiten Schwebungssignals und dem Vorhersageabstand in jedem zweiten vorbestimmten Zeitintervall erhält, wobei jeweils das zweite vorbestimmte Zeitintervall innerhalb jeden des ersten vorbestimmten Zeitintervalls enthalten ist.

9. System zum Berechnen eines Vorhersageabstands von dem eigenen System zu einem Ziel nach einer vorbestimmten konstanten Zeit seit einem gegenwärtigen Zustand, in welchem das Bezugsobjekt und das Ziel eine Lagebeziehung hierzwischen aufweisen, wobei das System aufweist:

eine Frequenzmodulationseinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie ein Radarwellensignal innerhalb eines vorbestimmten Frequenzmodulationsbereichs von unten nach oben so frequenzmoduliert, daß eine Frequenz der frequenzmodulierten Radarwelle sich zeitlich ändert, wobei eine Rate einer Frequenzänderung des Radarwellensignals in der Zeit auf F_0/T_f festgelegt ist, wobei F_0 eine Mittenfrequenz in dem Frequenzmodulationsbereich darstellt und T_f die vorbestimmte konstante Zeit darstellt;

eine Sendeeinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie das frequenzmodulierte Radarwellensignal aussendet;

eine Empfangseinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie ein Reflexionssignal empfängt, wobei das Reflexionssignal auf dem ausgesendeten Radarwellensignal, das von dem Ziel reflektiert wird, basiert;

eine Mischeinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie das frequenzmodulierte Radarwellensignal und das Reflexionssignal mischt, um ein Schwebungssignal zu erhalten, wobei das Schwebungssignal auf einer Frequenzdifferenz zwischen einer Frequenz des ausgesendeten Radarwellensignals und der des Reflexionssignals basiert;

eine Wobbeleinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie das Schwebungssignal innerhalb des Frequenzmodulationsbereichs von entweder oben oder unten nach dem anderen hiervon wobbelt, um eine Frequenzkomponente des Schwebungssignals zu erhalten; und

eine Erhaltenseinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie den Vorhersageabstand auf der Grundlage einer Beziehung zwischen der Frequenzkomponente des Schwebungssignals und dem Vorhersageabstand erhält.

10. System gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Beziehung zwischen der Frequenzkomponente des Schwebungssignals und dem Vorhersageabstand durch eine Gleichung:

$$fb = \frac{2K}{C} \cdot Rp$$

dargestellt ist, wobei Rp den Vorhersageabstand darstellt, fb die Frequenzkomponente des Schwebungssignals darstellt und C die Lichtgeschwindigkeit darstellt.

11. System gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Wobbeleinheit so konfiguriert ist, daß sie das Schwebungssignal innerhalb des Frequenzmodulationsbereichs von entweder dem unteren Wert oder dem oberen Wert zu dem anderen hiervon in jedem vorbestimmten Zeitintervall wobbelt, um die Frequenzkomponente des Schwebungssignals in jedem vorbestimmten Zeitintervall zu erhalten, und die Erhaltenseinheit den Vorhersageabstand auf der Grundlage der Beziehung zwischen der Frequenzkomponente des Schwebungssignals und dem Vorhersageabstand in jedem vorbestimmten Zeitintervall erhält, weiter gekennzeichnet durch eine Berechnungseinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie eine Relativgeschwindigkeit zwischen dem eigenen System und dem Ziel gemäß den Vorhersageabständen berechnet, wobei die Vorhersageabstände jeweils in benachbarten vorbestimmten Zeitintervallen erhalten werden.

12. System gemäß Anspruch 11, weiter gekennzeichnet durch:

eine zweite Berechnungseinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie eine Vorhersagefrequenzkomponente in dem gegenwärtigen vorbestimmten Zeitintervall gemäß dem in dem vorherigen vorbestimmten Zeitintervall erhaltenen Vorhersageabstand und der in dem vorherigen vorbestimmten Zeitintervall berechneten Relativgeschwindigkeit berechnet; und

eine Vergleichseinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie die berechnete Vorhersagefrequenzkomponente in dem gegenwärtigen vorbestimmten Zeitintervall mit der erhaltenen Frequenzkomponente hierin vergleicht, um gemäß dem Vergleichsergebnis zu bestimmen, ob die Beziehung zwischen der in dem vorherigen vorbestimmten Zeitintervall erhaltenen vorherigen Frequenzkomponente und der in dem gegenwärtigen vorbestimmten Zeitintervall erhaltenen gegenwärtigen Frequenzkomponente Kontinuität aufweist.

13. System gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das eigene System einem Fahrzeug eingebaut ist, in welchem eine Kollisionsvermeidungseinheit und eine Kollisionsschadensreduktionseinheit eingebaut sind, weiter gekennzeichnet durch:

eine Bestimmungseinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie gemäß dem Vorhersageabstand bestimmt, ob das Fahrzeug mit dem Ziel kollidieren wird;

eine erste Betätigungseinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie die Kollisionsvermeidungseinheit betätigt, um die Kollision des Fahrzeugs mit dem Ziel zu vermeiden, wenn gemäß dem Vorhersageabstand bestimmt wird, daß das Fahrzeug mit dem Ziel kollidieren wird; und

eine zweite Betätigungseinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie die Kollisionsschadensreduktionseinheit betätigt, um den Schaden einer Kollision zu reduzieren, wenn bestimmt wird, daß die Kollision des Fahrzeugs mit dem Ziel unvermeidlich ist.

14. System gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das eigene System in einem Fahrzeug eingebaut ist, weiter gekennzeichnet durch:

eine Speichereinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie Informationen bezüglich einer Totzone und einer Kollisionszonen speichert, wobei die Totzone ein Frequenzband des Schwebungssignals ist, in welchem es aufgrund einer niederfrequenten Rauschkomponente, die in dem Frequenzband enthalten ist, schwierig ist, die Frequenzkomponente zu erfassen, wobei die Kollisionszone durch einen vorbestimmten Abstand zwischen dem Fahrzeug und dem Ziel und eine vorbestimmte Relativgeschwindigkeit hierzwischen definiert ist und bewirkt, daß eine Kollision zwischen dem Fahrzeug und dem Ziel unvermeidlich ist; und

eine Bestimmungseinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie gemäß der gespeicherten Information, der erhaltenen Frequenzkomponente und der berechneten Relativgeschwindigkeit zwischen dem Bezugsobjekt und dem Ziel bestimmt, ob das Fahrzeug bereits in der Totzone oder der Kollisionszone positioniert worden ist.

15. System zum Berechnen eines gegenwärtigen Abstands von dem eigenen System zu einem Ziel und eines Vorhersageabstands von dem eigenen System zu dem Ziel nach einer vorbestimmten konstanten Zeit seit einem gegenwärtigen Zustand, in welchem das eigene System und das Ziel den gegenwärtigen Abstand aufweisen, wobei das System aufweist:

eine erste Frequenzmodulationseinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie ein erstes Radarwellensignal so frequenzmoduliert, daß eine Frequenz der frequenzmodulierten ersten Radarwelle zeitlich abwechselnd ansteigt und abfällt;

eine erste Sendeeinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie das frequenzmodulierte erste Radarwellensignal aussendet;

eine erste Empfangseinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie ein erste Reflexionssignal empfängt, wobei das erste Reflexionssignal auf dem ausgesendeten ersten Radarwellensignal, welches von dem Ziel reflektiert wird, basiert;

eine erste Mischeinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie das ausgesendete frequenzmodulierte erste Radarwellensignal mit dem ersten Reflexionssignal mischt, um ein erstes Schwebungssignal zu erhalten, wobei das erste Schwebungssignal auf einer Frequenzdifferenz zwischen einer Frequenz des ausgesendeten ersten Radarwellensignals und der des ersten Reflexionssignals basiert;

eine erste Wobbeleinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie das erste Schwebungssignal jeweils innerhalb eines steigenden Modulationszeitintervalls, in welchem die Frequenz des ersten Radarsignals ansteigt, und innerhalb eines fallenden Modulationszeitintervalls, in welchem die Frequenz hiervon fällt, wobbelt, um ein Paar von Frequenzkomponenten des ersten Schwebungssignals entsprechend sowohl dem ansteigenden Modulationszeitintervall als auch dem fallenden Modulationszeitintervall zu erhalten;

eine erste Erhaltenseinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie den gegenwärtigen Abstand auf der Grundlage des Paares von Frequenzkomponenten des Schwebungssignals erhält;

eine zweite Frequenzmodulationseinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie ein zweites Radarwellensignal innerhalb eines vorbestimmten Frequenzmodulationsbereichs von unten nach oben so frequenzmoduliert, daß eine Frequenz der frequenzmodulierten zweiten Radarwelle sich zeitlich ändert, wobei eine Rate einer Fre-

quenzänderung des zweiten Radarwellensignals in der Zeit auf F_0/T_f festgelegt ist, wobei F_0 eine Mittenfrequenz in dem Frequenzmodulationsbereich darstellt und T_f die vorbestimmte konstante Zeit darstellt;

eine zweite Sendeeinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie das frequenzmodulierte zweite Radarwellensignal aussendet;

eine zweite Empfangseinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie ein zweite Reflexionssignal empfängt, wobei das zweite Reflexionssignal auf dem ausgesendeten zweiten Radarwellensignal, welches von dem Ziel reflektiert wird, basiert;

eine zweite Mischeinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie das ausgesendete frequenzmodulierte zweite Radarwellensignal mit dem zweiten Reflexionssignal mischt, um ein zweites Schwebungssignal zu erhalten, wobei das zweite Schwebungssignal auf einer Frequenzdifferenz zwischen einer Frequenz des ausgesendeten zweiten Radarwellensignals und der des zweiten Reflexionssignals basiert;

eine zweite Wobbeleinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie das zweite Schwebungssignal innerhalb des Frequenzmodulationsbereichs von entweder unten oder oben nach dem anderen hiervon wobbelt, um eine Frequenzkomponente des zweiten Schwebungssignals zu erhalten; und

eine zweite Erhaltenseinheit, welche so konfiguriert ist, daß sie den Vorhersageabstand auf der Grundlage einer Beziehung zwischen der Frequenzkomponente des zweiten Schwebungssignals und des Vorhersageabstand erhält.

16. System gemäß Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Wobbeleinheit so konfiguriert ist, daß sie das erste Schwebungssignal innerhalb des steigenden Modulationszeitintervalls und des fallenden Modulationszeitintervalls in jedem ersten vorbestimmten Zeitintervall wobbelt, um das Paar von Frequenzkomponenten des ersten Schwebungssignals in jedem vorbestimmten Zeitintervall zu erhalten, die erste Erhaltenseinheit so konfiguriert ist, daß sie den gegenwärtigen Abstand auf der Grundlage des Paares von Frequenzkomponenten des ersten Schwebungssignals in jedem ersten vorbestimmten Zeitintervall erhält, die zweite Wobbeleinheit das zweite Schwebungssignal innerhalb des Frequenzmodulationsbereichs von entweder dem unteren Wert oder dem oberen Wert zu dem anderen hiervon in jedem zweiten vorbestimmten Zeitintervall wobbelt, um die Frequenzkomponente des zweiten Schwebungssignals in jedem zweiten vorbestimmten Zeitintervall zu erhalten, und die zweite Erhaltenseinheit den Vorhersageabstand auf der Grundlage der Beziehung zwischen der Frequenzkomponente des zweiten Schwebungssignals und dem Vorhersageabstand in jedem zweiten vorbestimmten Zeitintervall erhält, wobei jedes zweite vorbestimmte Zeitintervall innerhalb jedes ersten vorbestimmten Zeitintervalls enthalten ist.

17. Durch eine Signalverarbeitungseinheit lesbares Programmprodukt zum Berechnen eines Vorhersageabstands von einem Bezugsobjekt zu einem Ziel nach einer vorbestimmten konstanten Zeit seit einem gegenwärtigen Zustand, in welchem das Bezugsobjekt und das Ziel eine Lagebeziehung hierzwischen aufweisen, wobei die Signalverarbeitungseinheit in dem Bezugsobjekt eingebaut ist und mit einer in dem Bezugsobjekt eingebauten Frequenzmodulationseinheit kommunizieren kann, wobei das Programmprodukt aufweist:

Mittel zum Veranlassen der Signalverarbeitungseinheit, die Frequenzmodulationseinheit so zu steuern, daß die Frequenzmodulationseinheit ein Radarwellensignal innerhalb eines vorbestimmten Frequenzmodulationsbereichs von unten nach oben so frequenzmoduliert, daß eine Frequenz der frequenzmodulierten Radarwelle sich zeitlich ändert, wobei eine Rate einer Frequenzänderung des Radarwellensignals in der Zeit auf F_0/T_f festgelegt ist, wobei F_0 eine Mittenfrequenz in dem Frequenzmodulationsbereich darstellt und T_f die vorbestimmte konstante Zeit darstellt;

wenn das von dem Bezugsobjekt ausgesendete und von dem Ziel reflektierte Radarwellensignal als ein Reflexionssignal empfangen wird und das frequenzmodulierte Radarwellensignal mit dem Reflexionssignals gemischt wird, um ein Schwebungssignal zu erhalten, welches auf auf einer Frequenzdifferenz zwischen einer Frequenz des ausgesendeten Radarwellensignals und der des Reflexionssignals basiert,

Mittel zum Veranlassen der Signalverarbeitungseinheit, das Schwebungssignal innerhalb des Frequenzmodulationsbereichs von entweder oben oder unten nach dem anderen hiervon zu wobbeln, um eine Frequenzkomponente des Schwebungssignals zu erhalten; und

Mittel zum Veranlassen der Signalverarbeitungseinheit, den Vorhersageabstand auf der Grundlage einer Beziehung zwischen der Frequenzkomponente des Schwebungssignals und dem Vorhersageabstand zu erhalten.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

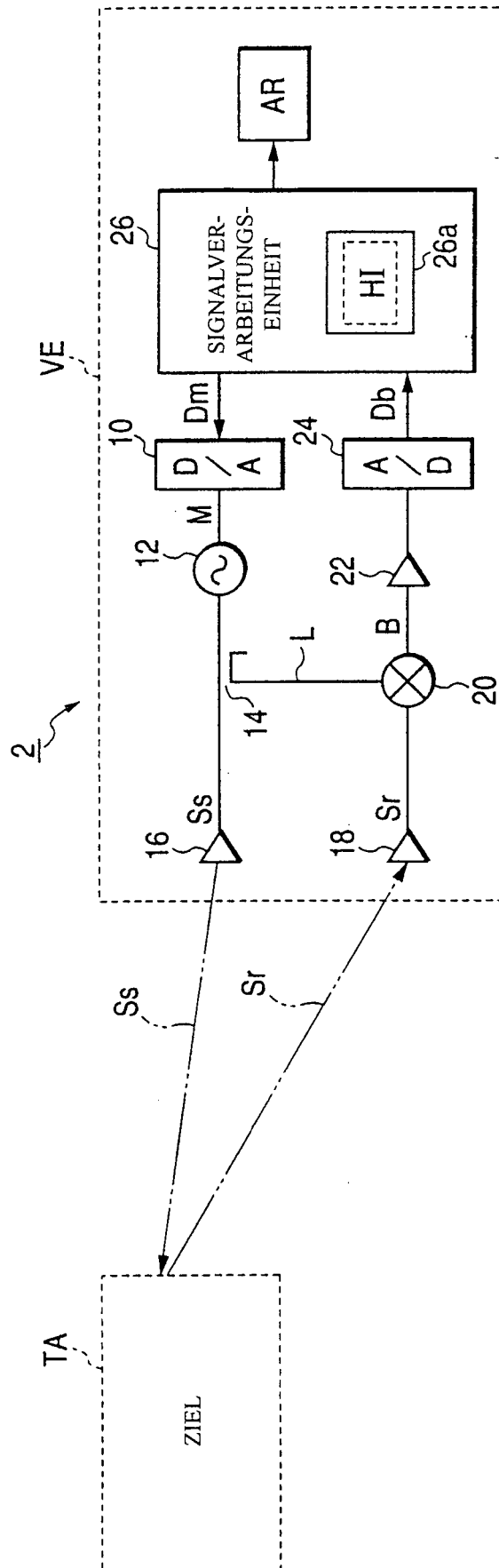


FIG. 2

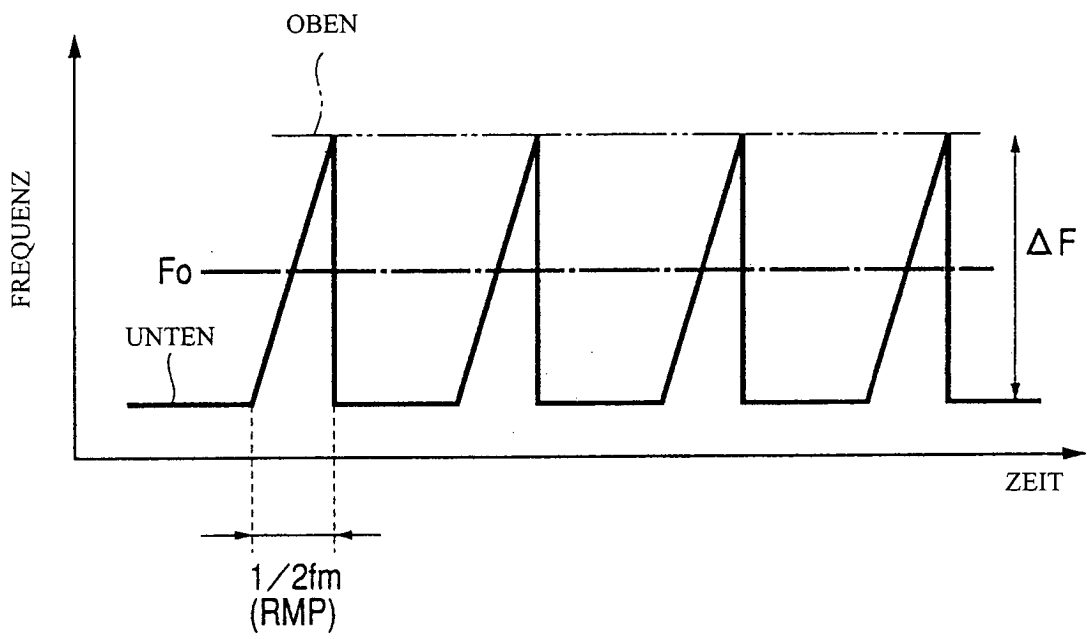


FIG. 3

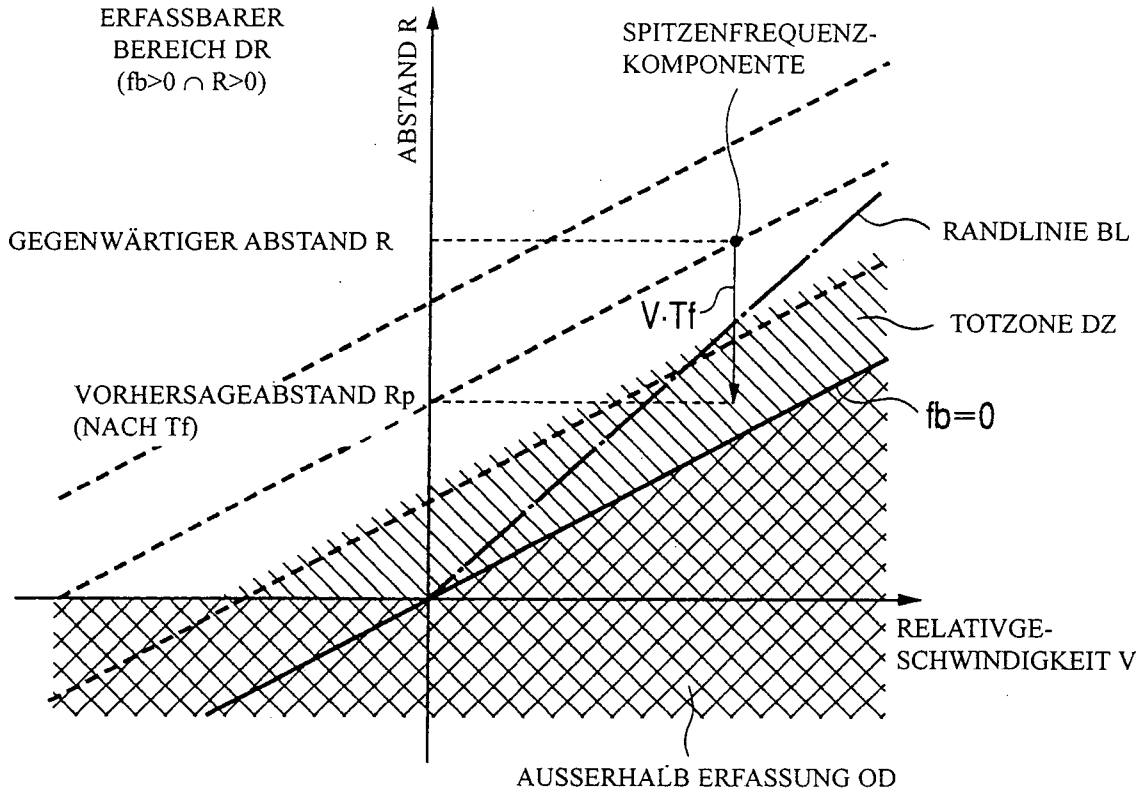


FIG. 4

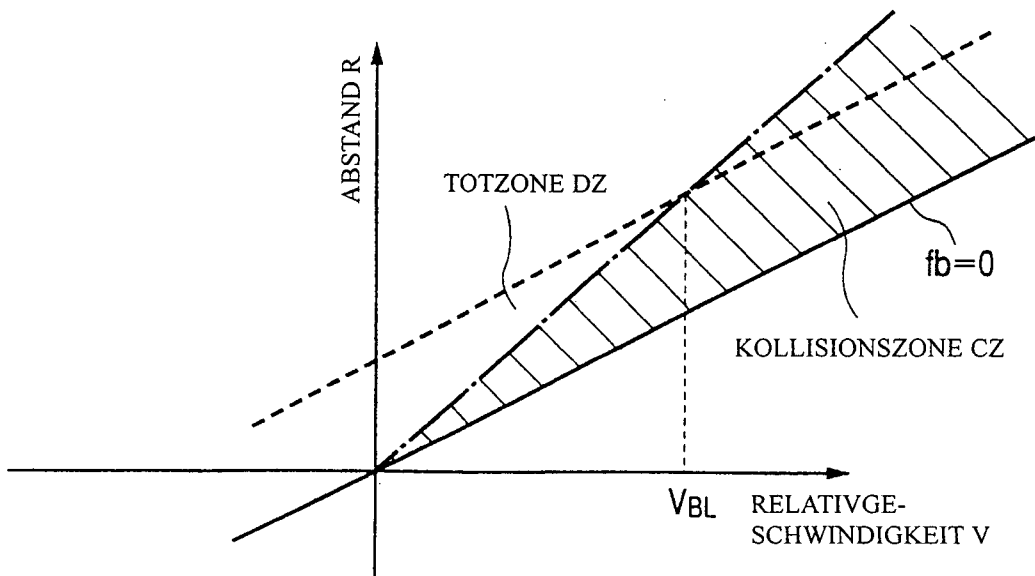


FIG. 5

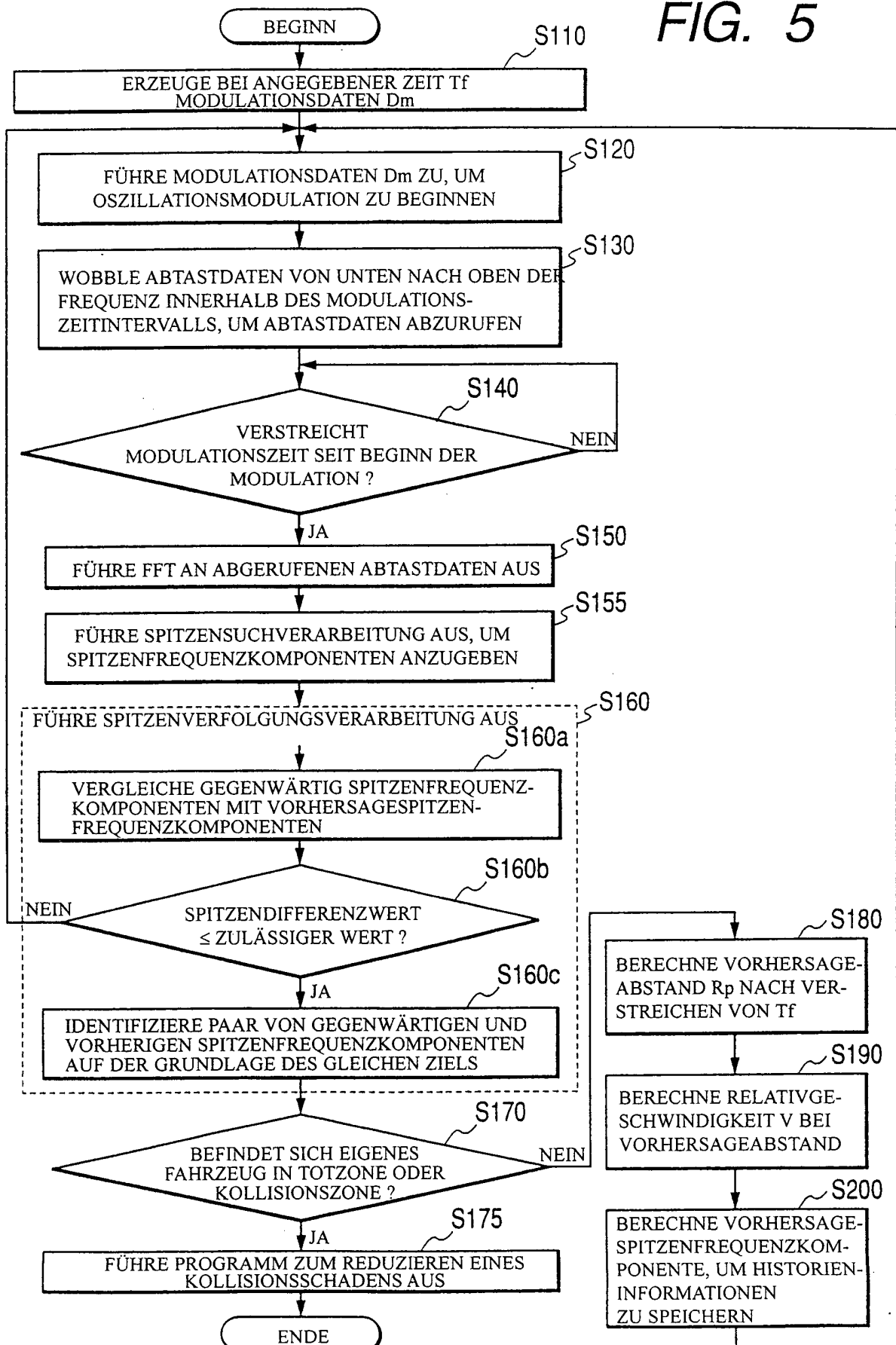


FIG. 6

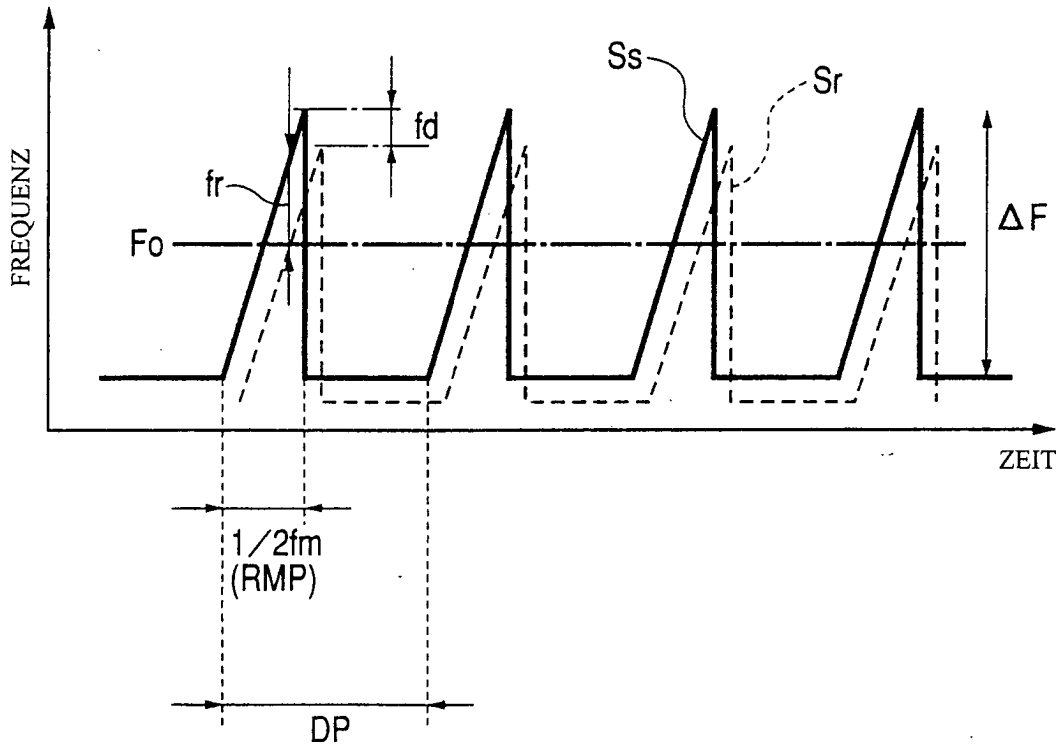


FIG. 8

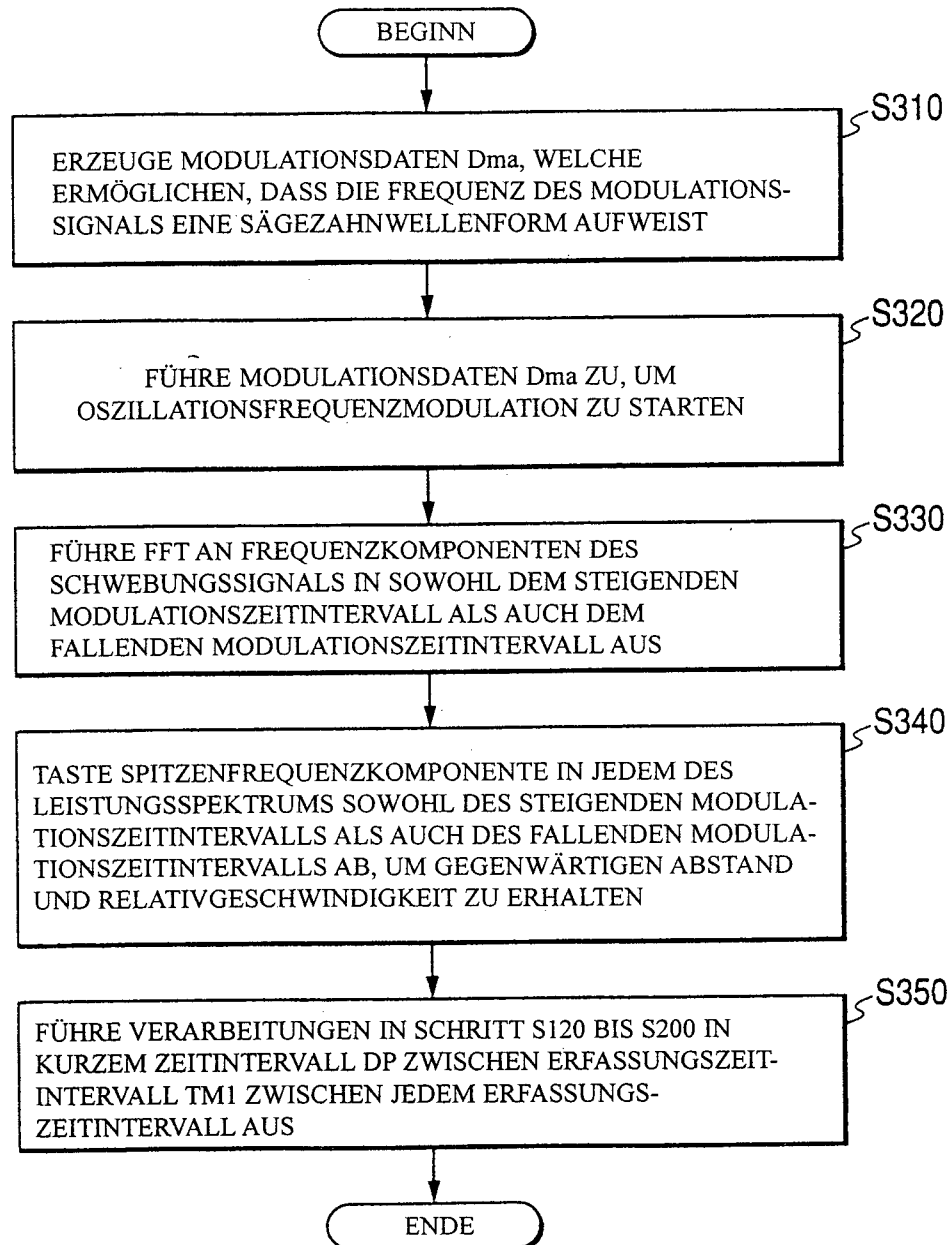


FIG. 9

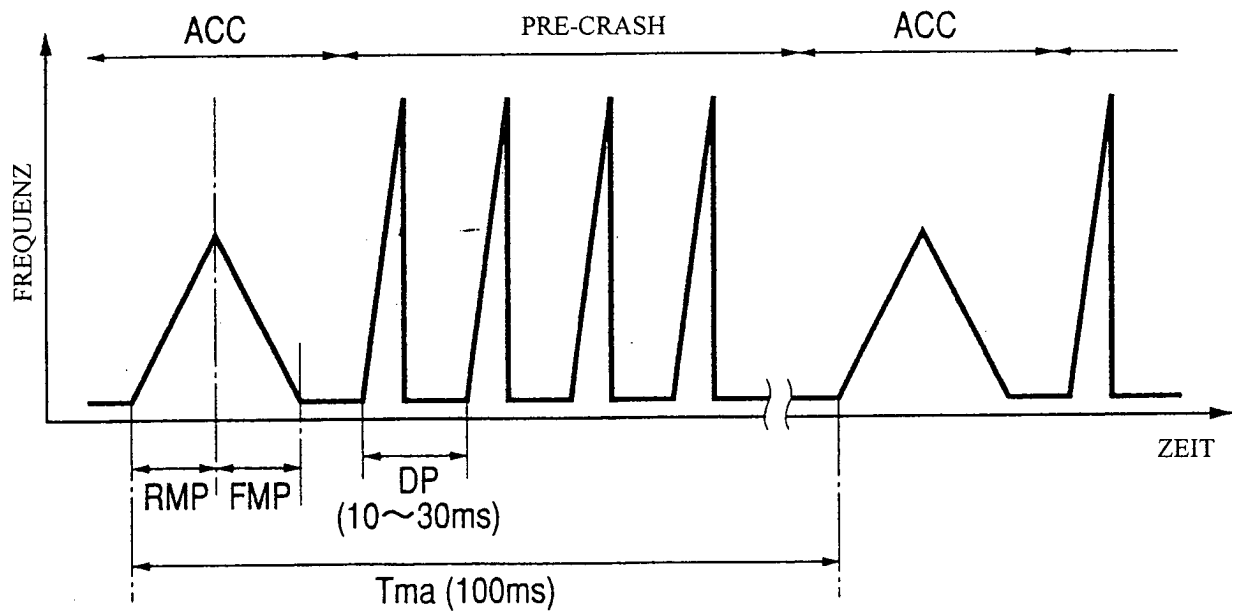


FIG. 10

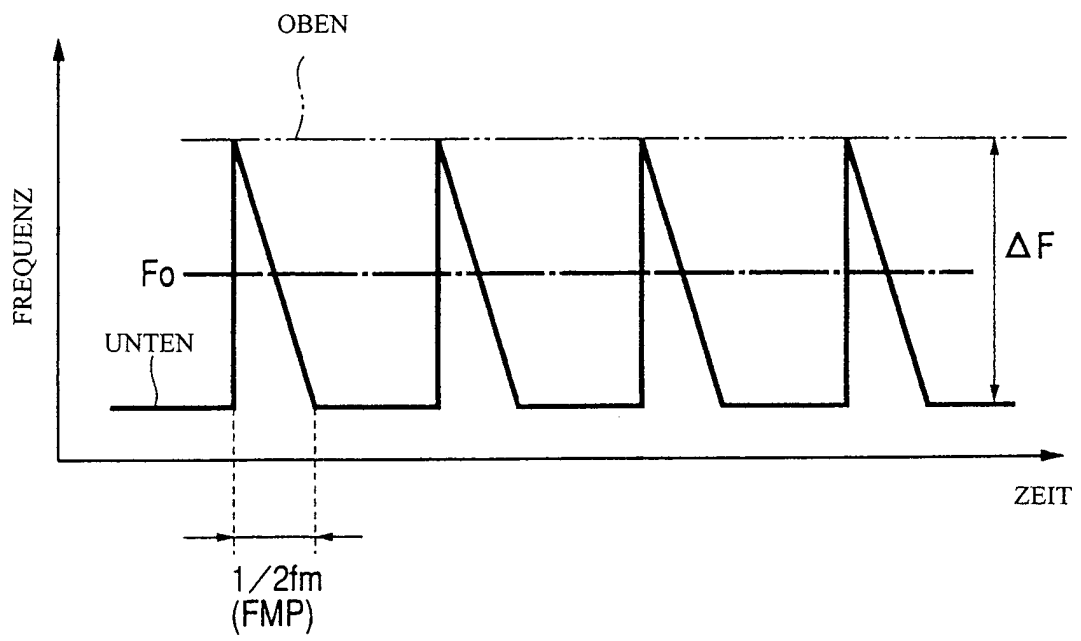


FIG. 11

(VERWANDTE TECHNIK)

