



(10) **DE 10 2012 021 973 A1** 2014.05.08

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 021 973.3**

(22) Anmeldetag: **08.11.2012**

(43) Offenlegungstag: **08.05.2014**

(51) Int Cl.: **G01S 7/36** (2006.01)

G01S 7/292 (2006.01)

G01S 13/22 (2006.01)

G01S 13/93 (2006.01)

G01S 13/87 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Valeo Schalter und Sensoren GmbH, 74321,
Bietigheim-Bissingen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE 10 2009 016 479 A1

DE 10 2009 057 191 A1

EP 1 873 551 A1

WO 2003/ 107 035 A2

(72) Erfinder:

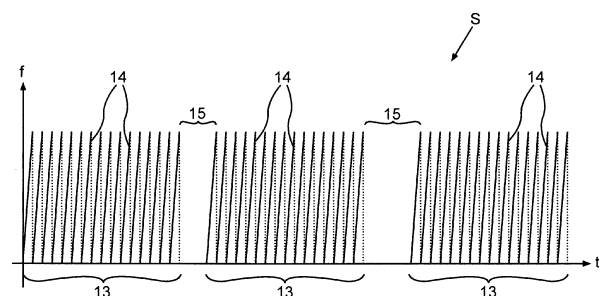
**Ossowska, Alicja, 75177, Pforzheim, DE; Lübbert,
Urs, 74321, Bietigheim-Bissingen, DE**

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betreiben eines Radarsensors eines Kraftfahrzeugs,
Fahrerassistenzeinrichtung und Kraftfahrzeug**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Radarsensors (5, 6) eines Kraftfahrzeugs (1), bei welchem zur Detektion eines Zielobjektes (12) in einer Umgebung des Kraftfahrzeugs (1) ein Sendesignal (S) mittels des Radarsensors (5, 6) ausgesendet wird und ein an dem Zielobjekt (12) reflektiertes Echosignal als Empfangssignal empfangen wird, wobei als Sendesignal (S) eine Vielzahl von Sequenzen (13) jeweils umfassend eine Vielzahl von frequenzmodulierten Chirpsignalen (14) eine nach der anderen mittels des Radarsensors (5, 6) ausgesendet werden, und wobei nach jeder Sequenz (13) jeweils eine Sendepause (15) folgt, in welcher der Radarsensor (5, 6) keine Chirpsignale (14) aussendet. Die Zeitdauer der Sendepausen (15) wird jeweils zufällig im Betrieb des Radarsensors (5, 6) eingestellt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Radarsensors eines Kraftfahrzeugs, bei welchem zur Detektion eines Zielobjektes in einer Umgebung des Kraftfahrzeugs ein Sendesignal mittels des Radarsensors ausgesendet wird und ein Echosignal von dem Zielobjekt als Empfangssignal empfangen wird. Als Sendesignal werden eine Vielzahl von zeitlichen Sequenzen (so genannten „bursts“) jeweils umfassend eine Vielzahl von frequenzmodulierten Chirpsignalen eine nach der anderen mittels des Radarsensors ausgesendet. Auf jede Sequenz folgt jeweils eine Sendepause, in welcher der Radarsensor keine Chirpsignale aussendet. Die Erfindung betrifft außerdem eine Fahrerassistenzeinrichtung, welche zum Durchführen eines solchen Verfahrens ausgebildet ist, sowie ein Kraftfahrzeug mit einer derartigen Fahrerassistenzeinrichtung.

[0002] Radarsensoren für Kraftfahrzeuge (automotive radar sensors) sind bereits Stand der Technik und werden beispielsweise bei einer Frequenz von ca. 24 GHz oder ca. 79 GHz betrieben. Radarsensoren dienen im Allgemeinen zur Detektion von Zielobjekten in der Umgebung des Kraftfahrzeugs und unterstützen den Fahrer beim Führen des Kraftfahrzeugs in vielfältiger Hinsicht. Radarsensoren messen einerseits den Abstand zwischen dem Zielobjekt und dem Fahrzeug. Sie messen andererseits auch sowohl die Relativgeschwindigkeit zum Zielobjekt als auch den so genannten Zielwinkel, d. h. einen Winkel zwischen einer gedachten Verbindungslinie zum Zielobjekt und einer Referenzlinie, etwa der Fahrzeuglängsachse.

[0003] Radarsensoren werden üblicherweise hinter dem Stoßfänger platziert, beispielsweise in den jeweiligen Eckbereichen des Stoßfängers. Zur Detektion des Zielobjektes sendet der Radarsensor ein Sendesignal (elektromagnetische Wellen) aus, welches dann an dem zu detektierenden Zielobjekt reflektiert und als Radarecho durch den Radarsensor empfangen wird. Das Interesse gilt vorliegend dem so genannten Frequenzmodulations-Dauerstrich-Radarsensor („frequency modulated continuous wave radar“ oder „FMCW radar“), bei welchem das ausgesendete Signal mehrere Sequenzen (bursts) von frequenzmodulierten Chirpsignalen umfasst, welche eine nach dem anderen ausgesendet werden. Entsprechend beinhaltet auch das Empfangssignal des Radarsensors eine Vielzahl von Sequenzen mit jeweils einer Vielzahl von Chirpsignalen, welche im Hinblick auf die oben genannten Messgrößen verarbeitet und ausgewertet werden. Das Empfangssignal wird dabei zunächst in das Basisband herabgemischt und anschließend mittels eines Analog-Digital-Konverters in ein digitales Empfangssignal mit einer Vielzahl von Abtastwerten umgewandelt. Die Abtastwerte des Empfangssignals werden dann mittels einer elektronischen Recheneinrichtung (digitaler Signalprozess-

sor) verarbeitet, welche in den Radarsensor integriert sein kann.

[0004] Die Erfindung geht beispielsweise von einem Radarsensor aus, wie er bereits aus dem Dokument DE 10 2009 057 191 A1 bekannt ist. Der Radarsensor ist ein Frequenzmodulations-Dauerstrich-Radarsensor, welcher als Sendesignal eine zeitliche Abfolge von Sequenzen mit jeweils einer Vielzahl von linearen frequenzmodulierten Chirpsignalen (sog. „Chirps“) aussendet. Auch das Empfangssignal des Radarsensors beinhaltet somit eine entsprechende Vielzahl von Sequenzen von frequenzmodulierten Chirpsignalen.

[0005] Mit einem Radarsensor wird in horizontaler Richtung typischerweise ein relativ breiter azimutaler Winkelbereich erfasst, der sogar 150° betragen kann. Der Radarsensor weist also einen relativ großen azimutalen Erfassungswinkel auf, so dass das Sichtfeld bzw. der Erfassungsbereich des Radarsensors in Azimutrichtung entsprechend breit ist. Der azimutale Erfassungswinkel ist in der Regel bezüglich einer senkrecht zur vorderen Sensorfläche verlaufenden Radarachse symmetrisch, so dass der azimutale Erfassungswinkel von beispielsweise -75° bis $+75^\circ$ bezüglich der Radarachse bemessen wird. Dieser azimutale Erfassungsbereich kann in kleinere Teilbereiche unterteilt sein, welche einer nach dem anderen durch den Radarsensor bestrahlt werden. Zu diesem Zwecke wird beispielsweise die Hauptkeule der Sendeantenne elektronisch in Azimutrichtung verschwenkt, beispielsweise nach dem Phase-Array-Prinzip. Die Empfangsantenne kann in diesem Falle in Azimutrichtung eine Empfangscharakteristik aufweisen, mit welcher der gesamte azimutale Erfassungsbereich abgedeckt wird.

[0006] Bei einem solchermaßen breiten azimutalen Erfassungsbereich des Radarsensors kann es sich als problematisch erweisen, dass der Radarsensor verschiedenen Interferenzsignalen ausgesetzt wird, welche aus unterschiedlichen Raumrichtungen stammen und dem Empfangssignal des Radarsensors überlagert werden. Das Empfangssignal umfasst somit nicht nur das Nutzsinal und folglich nicht nur das vom Radarsensor ursprünglich ausgesendete Sendesignal, sondern wird zusätzlich auch durch Interferenzsignale beeinflusst. Diese Interferenzsignale werden dem Empfangssignal des Radarsensors überlagert und können z. B. von anderen Radarsensoren stammen. Einerseits können beispielsweise Radareinrichtungen der Polizei eine Störquelle darstellen, deren Signale als Interferenzsignale dem Nutzsinal des eigenen Radarsensors überlagert werden. Andererseits können auch Radarsensoren anderer Kraftfahrzeuge bei der gleichen Frequenz betrieben werden und somit auch Interferenzquellen darstellen, die das Signal des eigenen Sensors beeinflussen.

[0007] Es kann also vorkommen, dass Interferenzsignale eines externen Radars dem Radarssignal des Sensors überlagert werden und somit die Betriebsweise des Sensors beeinträchtigen können. Werden die jeweiligen Sequenzen von Chirpsignalen beispielsweise gleichzeitig durch den Sensor und das externe Radar ausgesendet, so kann es im ungünstigsten Fall zu einem vorübergehenden Ausfall des Sensors kommen. Eine besondere Herausforderung besteht somit darin, die Interferenz zu verhindern.

[0008] Zur Vermeidung einer Interferenz wird im Dokument EP 1 873 551 A1 vorgeschlagen, die Parameter der einzelnen Chirpsignale zufällig zu variieren. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass eine solche Variation der Parameter einzelner Chirpsignale nicht ausreichend ist, um die Interferenz zwischen Signalen von Radarsensoren desselben Fahrzeugs vollständig oder zumindest überwiegend ausschließen zu können. Außerdem ist eine solche Variation der Parameter für die einzelnen Chirpsignale relativ aufwendig und im Betrieb des Kraftfahrzeugs mit einem relativ großen Rechenaufwand verbunden, weil der zeitliche Abstand zwischen zwei benachbarten Chirpsignalen typischerweise sehr klein ist und in der Regel im Mikrosekundenbereich liegt.

[0009] Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Lösung aufzuzeigen, wie bei einem Verfahren der eingangs genannten Gattung die Wahrscheinlichkeit einer Interferenz in dem Empfangssignal des Radarsensors, insbesondere die Wahrscheinlichkeit der gegenseitigen Beeinflussung zweier Sensoren ein und desselben Fahrzeugs, im Vergleich zum Stand der Technik reduziert werden kann.

[0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren, durch eine Fahrerassistenzeinrichtung sowie durch ein Kraftfahrzeug mit den Merkmalen gemäß den jeweiligen unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche, der Beschreibung und der Figuren.

[0011] Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Betreiben eines Automobil-Radarsensors eines Kraftfahrzeugs wird zur Detektion eines Zielobjektes in einer Umgebung des Kraftfahrzeugs ein Sendesignal mittels des Radarsensors ausgesendet. Ein an dem Zielobjekt reflektiertes Echosignal wird als Empfangssignal durch den Radarsensor empfangen. Als Sendesignal werden mehrere Sequenzen („bursts“) eine nach der anderen ausgesendet, welche jeweils eine Vielzahl (z. B. 16 bis 64) von frequenzmodulierten Chirpsignalen umfassen. Nach jeder Sequenz folgt jeweils eine Sendepause, in welcher keine Chirpsignale durch den Radarsensor ausgesendet werden. Die Zeitdauer der Sendepausen wird jeweils zufällig im Betrieb des Radarsensors eingestellt.

[0012] Die Zeitdauer der jeweiligen Sendepausen wird somit nach jeder Sequenz jeweils zufällig eingestellt, so dass der Sendezeitpunkt der jeweiligen Sequenzen auch zufällig ist. Auf diese Weise wird die Wahrscheinlichkeit einer Interferenz im Vergleich zum Stand der Technik deutlich reduziert. Die Beeinflussung der Funktionsweise des Radarsensors durch einen externen Sensor wird somit grundsätzlich vermieden. Es wird nämlich verhindert, dass der Radarsensor des Kraftfahrzeugs und ein Radarsensor eines anderen Fahrzeugs gleichzeitig die jeweiligen Sequenzen von Chirpsignalen aussenden. Die Wahrscheinlichkeit einer „interautomobilen“ Interferenz wird somit reduziert. Insbesondere wird die Wahrscheinlichkeit einer langen Interferenz über mehr als ein Burst deutlich reduziert. Gegebenenfalls kann auch verhindert werden, dass zwei Radarsensoren desselben Kraftfahrzeugs gleichzeitig und synchron eine Sequenz von Chirpsignalen aussenden, sodass auch die Wahrscheinlichkeit einer gegenseitigen Interferenz im Vergleich zum Stand der Technik erheblich verringert wird.

[0013] Unter einer „zufälligen“ Einstellung wird vorliegend insbesondere eine pseudozufällige und oder eine echte bzw. reale zufällige Einstellung verstanden. Der Begriff „zufällig“ kann somit sowohl „pseudozufällig“ als auch „echt zufällig“ beinhalten. Bei pseudozufälligen Zahlen kann beispielsweise ein Zufallszahlengenerator implementiert werden, so dass die Zeitdauer der jeweiligen Sendepausen beispielsweise anhand einer Zufallsfunktion bestimmt wird. Hierbei kann entweder jeweils eine neue Zahl generiert werden oder es kann eine Vielzahl von möglichen Zahlen in der Recheneinrichtung abgelegt sein, aus denen zufällig eine Zahl ausgewählt wird. Bei echten Zufallszahlen kann die jeweilige Zeitdauer der Sendepausen beispielsweise abhängig von der Leistung des Empfangssignals eingestellt werden.

[0014] Vorzugsweise wird die zufällige Zeitdauer der Sendepausen jeweils größer als eine vorgegebene minimale Zeitdauer eingestellt. Durch Vorsehen einer solchen minimalen Zeitdauer ist stets ein zuverlässiger und ordnungsgemäßer Betrieb des Radarsensors gewährleistet. Diese minimale Zeitdauer sorgt nämlich dafür, dass sich zwei unmittelbar nacheinander empfangene Sequenzen von Chirpsignalen gegenseitig nicht stören. Nach Empfangen der Sequenzen von Chirpsignalen werden die empfangenen Sequenzen einer nach der anderen mittels eines Filters gefiltert, welches eine vorgegebene Bandbreite (die so genannte Systembandbreite) aufweist. Abhängig von dieser Systembandbreite wird also die minimale Zeitdauer der Sendepausen festgelegt.

[0015] Vorzugsweise wird die Zeitdauer der Sendepausen jeweils durch Addition eines für alle Sendepausen gemeinsamen, vorgegebenen und somit konstanten Anteils, der der minimalen Zeitdauer ent-

spricht, sowie eines Anteils bestimmt, der jeweils zufällig im Betrieb des Radarsensors eingestellt wird. Der minimalen Zeitdauer wird somit eine zufällige Zahl aufaddiert und somit insgesamt eine zufällige Zeitdauer der Sendepause bestimmt. Einerseits wird somit die minimale Zeitdauer stets eingehalten; andererseits wird auch erreicht, dass jede Zeitdauer zufällig eingestellt wird.

[0016] Um echte Zufallszahlen generieren zu können, ist in einer Ausführungsform vorgesehen, dass die Zeitdauer der Sendepausen in Abhängigkeit von dem Empfangssignal, insbesondere von der Leistung des Empfangssignals, eingestellt wird. Somit liegen echte Zufallszahlen vor, und die Wahrscheinlichkeit einer Interferenz ist minimal. Es kann dabei beispielsweise die Leistung zumindest einer Untermenge von Abtastwerten eines Chirpsignals derjenigen Sequenz in Betracht gezogen werden, welche direkt vor der Sendepause empfangen wurde, die aktuell eingestellt werden soll. Es kann aber auch die Leistung anderer Chirpsignale berücksichtigt werden.

[0017] Vorzugsweise wird dabei der zufällige Anteil abhängig von dem Empfangssignal eingestellt, und dieser zufällige Anteil wird dem konstanten Anteil aufaddiert, der der minimalen Zeitdauer entspricht.

[0018] Zur Bestimmung des zufälligen Anteils kann beispielsweise zumindest ein Abtastwert, insbesondere eine Vielzahl von Abtastwerten, des Empfangssignals herangezogen werden. Aus diesen Abtastwerten kann dann gemäß einer vorbestimmten Funktion, z. B. auch einer logischen Funktion, der zufällige Anteil generiert werden. Als Funktion kann z. B. eine Modulo-Funktion und/oder eine XOR-Operation vorgesehen sein.

[0019] In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass zwei Radarsensoren des Kraftfahrzeugs – insbesondere zwei gleiche Radarsensoren – gleichzeitig betrieben werden und hierbei jeweilige Sendesignale mit jeweils einer Vielzahl von Sequenzen von Chirpsignalen aussenden. Zumindest bei einem der Radarsensoren wird die Zeitdauer der Sendepausen zwischen jeweils zwei zeitlich benachbarten Sequenzen zufällig im Betrieb des Radarsensors eingestellt, nämlich insbesondere auf die oben beschriebene Art und Weise. Somit kann ausgeschlossen werden, dass die beiden Radarsensoren die jeweiligen Sequenzen von Chirpsignalen zum selben Zeitpunkt auszusenden beginnen, so dass auch die Wahrscheinlichkeit der gegenseitigen Interferenz sehr gering ist. Diese Wahrscheinlichkeit kann weiterhin minimiert werden, wenn bei beiden Radarsensoren die Zeitdauer der jeweiligen Sendepausen zufällig eingestellt wird.

[0020] Optional kann auch vorgesehen sein, dass zwischen den beiden Radarsensoren eine zumin-

dest unidirektionale Datenkommunikation durchgeführt wird und im Rahmen dieser Datenkommunikation zumindest einer der Radarsensoren Daten an den anderen Sensor übermittelt. Diese Daten können eine Information über die zufällig eingestellte Zeitdauer der aktuellen Sendepause und/oder über den Zeitpunkt des Aussendens einer Sequenz von Chirpsignalen beinhalten, insbesondere der nächsten Sequenz. Der andere Radarsensor, der diese Daten empfängt, kann somit dafür sorgen, dass die beiden Radarsensoren desynchronisiert werden und somit die jeweiligen Sequenzen von Chirpsignalen zu unterschiedlichen Zeitpunkten ausgesendet werden. Somit wird die Wahrscheinlichkeit einer Interferenz weiterhin reduziert.

[0021] Der Radarsensor ist bevorzugt ein Frequenzmodulations-Dauerstrich-Radarsensor. Die frequenzmodulierten Chirpsignale sind Signale, deren Frequenz vorzugsweise linear sägezahnförmig zwischen einem ersten Wert und einem zweiten Wert variiert wird. Der Radarsensor kann auch ein Multi-beam-Radarsensor sein, dessen horizontales Sichtfeld in Azimutrichtung in mehrere kleinere Teilbereiche unterteilt ist, welche einer nach dem anderen durch den Radarsensor schrittweise bestrahlt werden. Dies bedeutet, dass die Hauptkeule der Sendeanenne des Radarsensors in Azimutrichtung elektronisch verschwenkt werden kann. Für jeden Teilbereich (und somit für jedes Beam) wird bevorzugt jeweils eine Sequenz von Chirpsignalen (z. B. 16 bis 64 Chirpsignale) ausgesendet, so dass die Sendepause zwischen zwei zeitlich benachbarten Sequenzen der Pause zwischen der Beleuchtung von zwei verschiedenen, insbesondere benachbarten, Teilbereichen entspricht.

[0022] Eine erfindungsgemäße Fahrerassistenzeinrichtung für ein Kraftfahrzeug umfasst einen Radarsensor, sowie eine elektronische Recheneinrichtung, welche z. B. auch in den Radarsensor integriert sein kann. Die Fahrerassistenzeinrichtung ist zum Durchführen eines erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildet.

[0023] Ein erfindungsgemäßes Kraftfahrzeug, insbesondere ein Personenkraftwagen, umfasst eine erfindungsgemäße Fahrerassistenzeinrichtung.

[0024] Die mit Bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren vorgestellten bevorzugten Ausführungsformen und deren Vorteile gelten entsprechend für die erfindungsgemäße Fahrerassistenzeinrichtung sowie für das erfindungsgemäße Kraftfahrzeug.

[0025] Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen, den Figuren und der Figurenbeschreibung. Alle vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschrei-

bung genannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder aber in Alleinstellung verwendbar.

[0026] Die Erfindung wird nun anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels, wie auch unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert.

[0027] Es zeigen:

[0028] Fig. 1 in schematischer Darstellung ein Kraftfahrzeug mit einer Fahrerassistenzeinrichtung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung; und

[0029] Fig. 2 einen zeitlichen Verlauf der Frequenz eines Sendesignals eines Radarsensors.

[0030] Ein in Fig. 1 dargestelltes Kraftfahrzeug 1 ist beispielsweise ein Personenkraftwagen. Das Kraftfahrzeug 1 umfasst eine Fahrerassistenzeinrichtung 2, welche den Fahrer beim Führen des Kraftfahrzeugs 1 unterstützt. Sie kann beispielsweise ein Totwinkelerkennungssystem (Blind Spot Warning) und/oder ein Spurwechselassistent (Lane Change Assist) und/oder eine Rückwärtsausparkhilfe (Cross Traffic Alert) und/oder ein Türöffnerassistent (Door Opening Assist) und/oder ein Auffahrerkennungssystem (Rear Pre-Crash) sein.

[0031] Zur Fahrerassistenzeinrichtung 2 gehören zwei Radarsensoren 5, 6, welche hinter einem hinteren Stoßfänger 4 des Kraftfahrzeugs 1 angeordnet sind. Der erste Radarsensor 5 ist in einem linken hinteren Eckbereich des Kraftfahrzeugs 1 angeordnet, während der zweite Radarsensor 6 in einem rechten hinteren Eckbereich angeordnet ist. Beide Radarsensoren 5, 6 befinden sich hinter dem Stoßfänger 4 und sind somit von außerhalb des Kraftfahrzeugs 1 nicht sichtbar.

[0032] Die Radarsensoren 5, 6 sind im Ausführungsbeispiel Frequenzmodulations-Dauerstrich-Radarsensoren (FMCW). Die Radarsensoren 5, 6 besitzen jeweils einen azimutalen Erfassungsbereich ϕ , welcher in Fig. 1 durch zwei Linien 7a, 7b (für den linken Radarsensor 5) bzw. 8a, 8b (für den rechten Radarsensor 6) begrenzt ist. Der azimutale Erfassungswinkel ϕ beträgt beispielsweise 150° . Durch diesen Winkel ϕ ist jeweils ein Sichtfeld 9 bzw. 10 des jeweiligen Radarsensors 5, 6 in Azimutrichtung und somit in horizontaler Richtung definiert. Die Sichtfelder 9, 10 können sich auch gegenseitig überlappen, so dass ein Überlappungsbereich 11 gegeben ist.

[0033] Jeder Radarsensor 5, 6 beinhaltet eine integrierte Recheneinrichtung beispielsweise in Form eines digitalen Signalprozessors, welcher den Radar-

sensor 5, 6 ansteuert und außerdem die Empfangssignale verarbeitet und auswertet. Alternativ kann aber auch eine für die beiden Sensoren 5, 6 gemeinsame und externe Recheneinrichtung vorgesehen sein, welche dann die Empfangssignale der beiden Sensoren 5, 6 verarbeiten kann.

[0034] In ihren jeweiligen Sichtfeldern 9, 10 können die Radarsensoren 5, 6 fahrzeugexterne Zielobjekte 12a (links) und 12b (rechts) detektieren. Insbesondere können die Radarsensoren 5, 6 die Entfernung der Zielobjekte 12a bzw. 12b von dem jeweiligen Radarsensor 5, 6, sowie jeweils den Zielwinkel und die Relativgeschwindigkeit der Zielobjekte 12a bzw. 12b bezüglich des Kraftfahrzeugs 1 bestimmen – dies sind Messgrößen der Radarsensoren 5, 6.

[0035] Bezugnehmend weiterhin auf Fig. 1 kann der Radarsensor 5 – und analog auch der Sensor 6 – verschiedene Teilbereiche A, B, C, D, E, F, G des azimutalen Sichtfeldes 9 nacheinander bestrahlen. Diese Teilbereiche A bis G stellen Winkelbereiche dar, wobei zur Erfassung der Teilbereiche A bis G nacheinander beispielsweise eine Sendekeule der Sendeantenne des Radarsensors 5 elektronisch in Azimutrichtung verschwenkt wird, nämlich nach dem Phase-Array-Prinzip. Die unterschiedlichen Ausrichtungen der Sendekeule sind in Fig. 1 für die unterschiedlichen Teilbereiche A bis G schematisch angedeutet. Die Empfangsantennen des Radarsensors 5 können in Azimutrichtung insgesamt eine breite Empfangscharakteristik aufweisen, mit welcher das gesamte azimutale Sichtfeld 9 abgedeckt wird. Andere Ausgestaltungen können alternativ schmale Empfangswinkelbereiche in Verbindung mit breiten Sendekeulen realisieren.

[0036] In Fig. 1 sind der Übersicht halber lediglich die Teilbereiche A bis G des Sichtfeldes 9 des ersten Radarsensors 5 dargestellt. Entsprechend ist hier jedoch auch das horizontale Sichtfeld 10 des zweiten Radarsensors 6 in mehrere Teilbereiche unterteilt. Wenngleich sich die weitere Beschreibung auf die Funktionsweise des ersten Sensors 5 bezieht, entspricht die Funktionsweise des zweiten Sensors 6 der des ersten Sensors 5.

[0037] Die Anzahl der Teilbereiche A bis G ist in Fig. 1 lediglich beispielhaft dargestellt und kann je nach Ausführungsform unterschiedlich sein. Im Ausführungsbeispiel sind insgesamt sieben Teilbereiche A bis G vorgesehen, welche einer nach dem anderen durch den Radarsensor 5 beleuchtet werden.

[0038] Die Funktionsweise des Radarsensors 5 ist wie folgt: In einem einzelnen Messzyklus des Radarsensors 5 wird die Hauptkeule der Sendeantenne einmal vom Teilbereich A bis hin zum Teilbereich G schrittweise verschwenkt, so dass die Teilbereiche A bis G einer nach dem anderen beleuchtet werden.

Für jeden Teilbereich A bis G wird dabei jeweils eine zeitliche Sequenz von frequenzmodulierten Chirpsignalen (chirps) ausgesendet. Zunächst wird eine solche Sequenz von Chirpsignalen für den Teilbereich A ausgesendet. Nach einer Sendepause wird dann eine Sequenz von Chirpsignalen in den Teilbereich B ausgesendet. Nach einer weiteren Sendepause wird dann der Teilbereich C bestrahlt usw. Wie aus **Fig. 1** hervorgeht, weist der Radarsensor **5** für den Teilbereich G eine größere Reichweite als für die übrigen Teilbereiche A bis F auf. Dies wird dadurch erzielt, dass für den Teilbereich G die ausgesendete Sequenz mehr Chirpsignale als für die übrigen Bereiche A bis F aufweist. Während für die Teilbereiche A bis F beispielsweise 16 Chirpsignale innerhalb der jeweiligen Sequenz ausgesendet werden, werden für den Teilbereich G beispielsweise insgesamt 64 Chirpsignale innerhalb der Sequenz ausgesendet.

[0039] Die Detektion der Zielobjekte **12a, 12b** erfolgt also individuell und separat für jeden Teilbereich A bis G. Somit ist es möglich, die Zielobjekte **12a, 12b** in dem gesamten Sichtfeld **9, 10** zu verfolgen.

[0040] In einem einzelnen Messzyklus des Radarsensors **5** werden also im Ausführungsbeispiel insgesamt sieben Sequenzen von frequenzmodulierten Chirpsignalen ausgesendet, nämlich jeweils eine Sequenz von 16 Chirpsignalen für die Teilbereiche A bis F sowie eine Sequenz von 64 Chirpsignalen für den Teilbereich G. Entsprechend beinhalten auch die Empfangssignale jeweils eine Vielzahl von Chirpsignalen. Das Empfangssignal für den Teilbereich A beinhaltet – falls eine Reflektion an einem Zielobjekt stattfindet – 16 Chirpsignale; das Empfangssignal für den Teilbereich B beinhaltet ebenfalls 16 Chirpsignale, und auch die jeweiligen Empfangssignale für die Teilbereiche C bis F beinhalten jeweils 16 Chirpsignale. Das Empfangssignal aus dem Teilbereich G beinhaltet hingegen 64 Chirpsignale. Jedoch kann das Verfahren auch in einem Betriebsmodus anwendbar sein, in welchem alle Bursts in allen Teilbereichen A bis G eine Länge von 16 Chirps aufweisen.

[0041] Der Radarsensor **5** sendet also für jeden Teilbereich A bis G jeweils eine zeitliche Sequenz von frequenzmodulierten Chirpsignalen. Nach jeder Sequenz folgt eine Sendepause, welche der Pause zwischen der Beleuchtung der benachbarten Teilbereiche A bis G entspricht. Ein solches Sendesignal S des Radarsensors **5** ist beispielhaft in **Fig. 2** dargestellt. Gezeigt ist ein Verlauf der Frequenz f des Sendesignals S über der Zeit t . Das Sendesignal S beinhaltet mehrere Sequenzen **13** von linear frequenzmodulierten Chirpsignalen **14**, wobei die Sequenzen **13** eine nach der anderen durch den Radarsensor **5** ausgesendet werden. Dabei wird jeweils eine Sequenz **13** für jeden Teilbereich A bis G ausgesendet, so dass die erste Sequenz **13** von z. B. 16 Chirpsignalen **14** für den ersten Teilbereich A ausgesendet

wird, die zweite Sequenz **13** von z. B. 16 Chirpsignalen **14** für den zweiten Teilbereich B usw. Lediglich für den letzten Teilbereich G können mehr Chirpsignale **14** innerhalb der Sequenz **13** als für die anderen Teilbereiche A bis F ausgesendet werden. Die Sendepause zwischen zwei benachbarten Sequenzen **13** ist in **Fig. 2** mit **15** bezeichnet.

[0042] Um die Wahrscheinlichkeit der Interferenz zwischen den Sendesignalen S der Radarsensoren **5, 6** einerseits und externen Interferenzsignalen andererseits auf ein Minimum zu reduzieren, werden die Zeitdauer der Sendepausen **15** zumindest bei einem der Radarsensoren **5, 6** zufällig eingestellt. Auch bei beiden Radarsensoren **5, 6** können diese Sendepausen **15** zufällig eingestellt werden. Es ist somit unwahrscheinlich, dass beide Radarsensoren **5, 6** zum selben Zeitpunkt wie ein externes Radar eines anderen Fahrzeugs mit der Aussendung einer Sequenz **13** beginnen.

[0043] Die Einstellung der Sendepause **15** kann wie folgt aussehen: Es kann eine minimale Zeitdauer der Sendepause **15** vorgegeben sein, welche bei jeder Sendepause **15** eingehalten wird. Diese minimale Zeitdauer ergibt sich vorzugsweise aus der folgenden Gleichung:

$$T_{\min} = \frac{B_{\text{sys}} \cdot T_{\text{ch}}}{B_{\text{ch}}},$$

wobei T_{\min} die minimale Zeitdauer der Sendepause **15**, B_{sys} die so genannte Systembandbreite, T_{ch} die Zeitdauer eines einzelnen Chirpsignals und B_{ch} die Bandbreite des Sendesignals S und somit den Frequenzhub der Chirpsignale **14** bezeichnen.

[0044] Diese minimale Zeitdauer T_{\min} entspricht einem konstanten Anteil, welcher einem zufälligen Anteil aufaddiert wird. Die zufällige Festlegung der jeweiligen Sendepausen **15** erfolgt also durch Addition eines jeweils zufällig generierten Anteils einerseits und des konstanten Anteils andererseits, der der minimalen Zeitdauer T_{\min} entspricht.

[0045] Für die Generierung des zufälligen Anteils sind unterschiedlichste Ausführungsformen vorgesehen: Es kann beispielsweise ein Zufallszahlengenerator implementiert werden, mittels welchem pseudozufällige Zahlen oder echte Zufallszahlen generiert werden können. Hierbei kann beispielsweise auch eine obere Grenze für den zufälligen Anteil definiert werden. Es ist aber auch möglich, echte zufällige Zahlen zu gewinnen, in dem der zufällige Anteil in Abhängigkeit von der Leistung des Empfangssignals generiert wird. Bei dieser Ausführungsform werden die Abtastwerte des Empfangssignals dazu genutzt, um den zufälligen Anteil der jeweiligen Sendepause **15** zu generieren. Dies kann z. B. so aussehen, dass die Abtastwerte des Empfangssignals einer vorbestimmten mathematischen bzw. logischen Operation unterzo-

gen werden, wie beispielsweise der XOR-Operation oder aber der Modulo-Operation.

[0046] Zwischen den beiden Radarsensoren **5, 6** kann auch eine unidirektionale oder bidirektionale Datenkommunikation durchgeführt werden. Im Rahmen dieser Datenkommunikation kann einer der Radarsensoren **5, 6** an den anderen Sensor **5, 6** Daten übermitteln, welche Informationen über die zufällig eingestellte aktuelle Sendepause **15** und/oder über den Zeitpunkt des Aussendens der nächsten Sequenz **13** beinhalten. Der Radarsensor **5, 6**, welcher diese Daten empfängt, überprüft dann, ob es zu einer potenziellen Kollision kommen kann und sorgt gegebenenfalls dafür, dass die beiderseitigen Zeitpunkte des Aussendens der nächsten Sequenz **13** auseinanderfallen. Auf diesem Wege kann auch verhindert werden, dass zwei Radarsensoren **5, 6** desselben Kraftfahrzeugs gleichzeitig und synchron eine Sequenz von Chirpsignalen aussenden, sodass auch die Wahrscheinlichkeit einer gegenseitigen Interferenz erheblich verringert wird.

[0047] Die oben genannte minimale Zeitdauer T_{min} kann beispielsweise ca. $1,25 \mu s$ betragen. Eine solche Zeitdauer ergibt sich dann, wenn $T_{ch} = 0,25 \text{ ms}$, $B_{ch} = 200 \text{ MHz}$ und $B_{sys} = 1 \text{ MHz}$.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- DE 102009057191 A1 [0004]
- EP 1873551 A1 [0008]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Radarsensors (5, 6) eines Kraftfahrzeugs (1), bei welchem zur Detektion eines Zielobjektes (12) in einer Umgebung des Kraftfahrzeugs (1) ein Sendesignal (S) mittels des Radarsensors (5, 6) ausgesendet wird und ein an dem Zielobjekt (12) reflektiertes Echosignal als Empfangssignal empfangen wird, wobei als Sendesignal (S) eine Vielzahl von Sequenzen (13) jeweils umfassend eine Vielzahl von frequenzmodulierten Chirpsignalen (14) eine nach der anderen mittels des Radarsensors (5, 6) ausgesendet werden, und wobei nach jeder Sequenz (13) jeweils eine Sendepause (15) folgt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zeitdauer der Sendepausen (15) jeweils zufällig im Betrieb des Radarsensors (5, 6) eingestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zeitdauer der Sendepausen (15) jeweils größer als eine vorgegebene minimale Zeitdauer (T_{min}) eingestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zeitdauer der Sendepausen (15) jeweils durch Addition eines für alle Sendepausen (15) gemeinsamen, vorgegebenen Anteils, welcher der minimalen Zeitdauer (T_{min}) entspricht, und eines zufälligen Anteils bestimmt wird, welcher jeweils zufällig im Betrieb des Radarsensors (5, 6) eingestellt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zeitdauer der Sendepausen (15) jeweils in Abhängigkeit von dem Empfangssignal, insbesondere von der Leistung des Empfangssignals, eingestellt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei Radarsensoren (5, 6) des Kraftfahrzeugs (1) gleichzeitig betrieben werden und jeweilige Sendesignale mit jeweils einer Vielzahl von Sequenzen (13) von Chirpsignalen (14) aussenden, wobei zumindest bei einem der Radarsensoren (5, 6) die Zeitdauer der Sendepausen (15) zwischen jeweils zwei zeitlich benachbarten Sequenzen (13) zufällig im Betrieb des Radarsensors (5, 6) eingestellt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei beiden Radarsensoren (5, 6) die Zeitdauer der jeweiligen Sendepausen (15) zwischen jeweils zwei zeitlich benachbarten Sequenzen (13) zufällig im Betrieb des Radarsensors (5, 6) eingestellt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine zumindest unidirektionale Datenkommunikation zwischen den Radarsensoren (5, 6) durchgeführt wird und im Rahmen der Da-

tenkommunikation einer der Radarsensoren (5, 6) an den anderen Radarsensor (5, 6) Daten übermittelt, welche eine Information über die zufällig eingestellte Zeitdauer und/oder über den Zeitpunkt des Aussendens einer Sequenz (13) umfassen.

8. Fahrerassistenzeinrichtung (2) für ein Kraftfahrzeug (1), mit einem Radarsensor (5, 6), der dazu ausgebildet ist, zur Detektion eines Zielobjektes (12) in einer Umgebung des Kraftfahrzeugs (1) ein Sendesignal (S) auszusenden und ein an dem Zielobjekt (12) reflektiertes Echosignal als Empfangssignal zu empfangen, wobei das Sendesignal (S) eine Vielzahl von Sequenzen (13) jeweils umfassend eine Vielzahl von frequenzmodulierten Chirpsignalen (14) umfasst, und mit einer elektronischen Recheneinrichtung zur Einstellung einer Zeitdauer von Sendepausen (15) zwischen jeweils zwei zeitlich benachbarten Sequenzen (13), **dadurch gekennzeichnet**, dass die Recheneinrichtung dazu ausgelegt ist, die Zeitdauer der Sendepausen (15) jeweils zufällig im Betrieb des Radarsensors (5, 6) einzustellen.

9. Fahrerassistenzeinrichtung (2) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Recheneinrichtung dazu ausgelegt ist, die Zeitdauer der Sendepausen (15) jeweils größer als eine vorgegebene minimale Zeitdauer (T_{min}) einzustellen.

10. Fahrerassistenzeinrichtung (2) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Recheneinrichtung dazu ausgelegt ist, die Zeitdauer der Sendepausen (15) jeweils durch Addition eines für alle Sendepausen (15) gemeinsamen, vorgegebenen Anteils, welcher der minimalen Zeitdauer (T_{min}) entspricht, und eines Anteils zu bestimmen, welcher jeweils zufällig im Betrieb des Radarsensors (5, 6) einstellbar ist.

11. Fahrerassistenzeinrichtung (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Recheneinrichtung dazu ausgelegt ist, die Zeitdauer der Sendepausen (15) jeweils in Abhängigkeit von dem Empfangssignal, insbesondere von der Leistung des Empfangssignals, einzustellen.

12. Fahrerassistenzeinrichtung (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fahrerassistenzeinrichtung (2) zwei Radarsensoren (5, 6) umfasst, welche zum gleichzeitigen Aussenden von jeweiligen Sendesignalen mit jeweils einer Vielzahl von Sequenzen (13) von Chirpsignalen (14) ausgebildet sind, wobei zumindest bei einem der Radarsensoren (5, 6) die Zeitdauer der Sendepausen (15) zwischen jeweils zwei zeitlich benachbarten Sequenzen (13) zufällig im Betrieb des Radarsensors (5, 6) einstellbar ist.

13. Fahrerassistenzeinrichtung (2) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei beiden Ra-

darsensoren (5, 6) die Zeitdauer der jeweiligen Sendepausen (15) zwischen jeweils zwei zeitlich benachbarten Sequenzen (13) zufällig im Betrieb des Radarsensors (5, 6) einstellbar ist.

14. Fahrerassistenzeinrichtung (2) nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Radarsensoren (5, 6) zur zumindest unidirektionalen Datenkommunikation miteinander ausgebildet sind und zumindest einer der Radarsensoren (5, 6) dazu ausgebildet ist, im Rahmen der Datenkommunikation Daten an den anderen Radarsensor (5, 6) zu übermitteln, welche eine Information über die zufällig eingestellte Zeitdauer und/oder über den Zeitpunkt des Aussendens einer Sequenz (13) umfassen.

15. Kraftfahrzeug (1) mit einer Fahrerassistenzeinrichtung (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 14.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

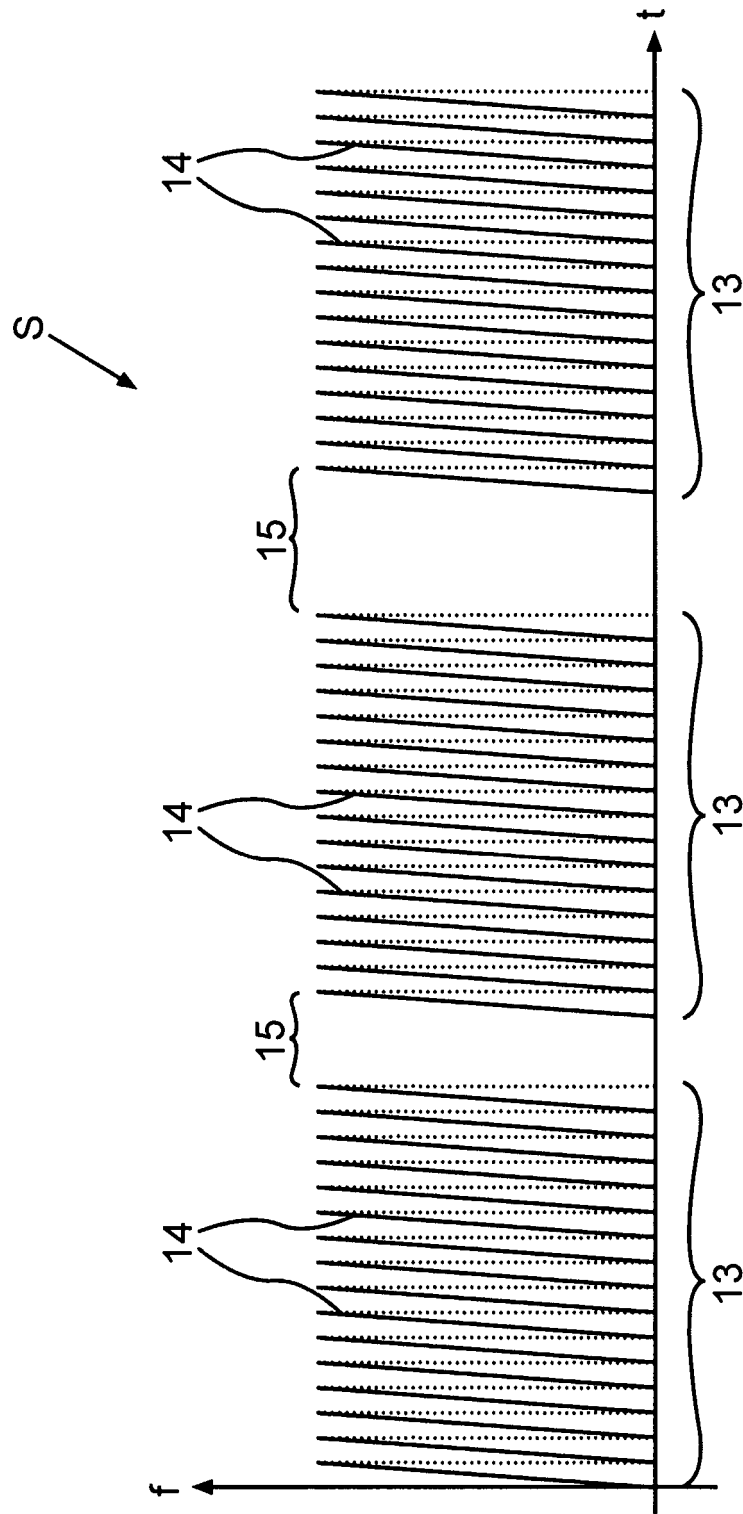


Fig.2