

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
03. Januar 2019 (03.01.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/002348 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01S 13/93 (2006.01) H01Q 21/06 (2006.01)
G01S 13/42 (2006.01) G01S 13/90 (2006.01)
H01Q 21/20 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/067205

(22) Internationales Anmeldedatum:
27. Juni 2018 (27.06.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 114 223.1
27. Juni 2017 (27.06.2017) DE

(71) Anmelder: GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ UNIVERSITÄT HANNOVER [DE/DE]; Wolfengarten 1, 30167 Hannover (DE).

(72) Erfinder: SOMMER, Aron; Goethestraße 37, 30169 Hannover (DE). NGO, Tri Tan; Harburger Straße 57, 29223 Celle (DE). OSTERMANN, Jörn; Karla-Schmidt-Str. 14, 30655 Hannover (DE).

(74) Anwalt: GÜNTHER, Constantin; GRAMM, LINS & PARTNER PATENT- UND RECHTSANWÄLTE PARTGMBB, Freundallee 13a, 30173 Hannover (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,

(54) Title: NEAR-FIELD RADAR DEVICE, LAND VEHICLE, AIRCRAFT OR WATERCRAFT, USE OF A RADAR DEVICE, METHOD FOR OPERATING A RADAR DEVICE, AND COMPUTER PROGRAM

(54) Bezeichnung: NAHFELD-RADAREINRICHTUNG, LAND-, LUFT- ODER WASSER-FAHRZEUG, VERWENDUNG EINER RADAREINRICHTUNG, VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER RADAREINRICHTUNG SOWIE COMPUTERPROGRAMM

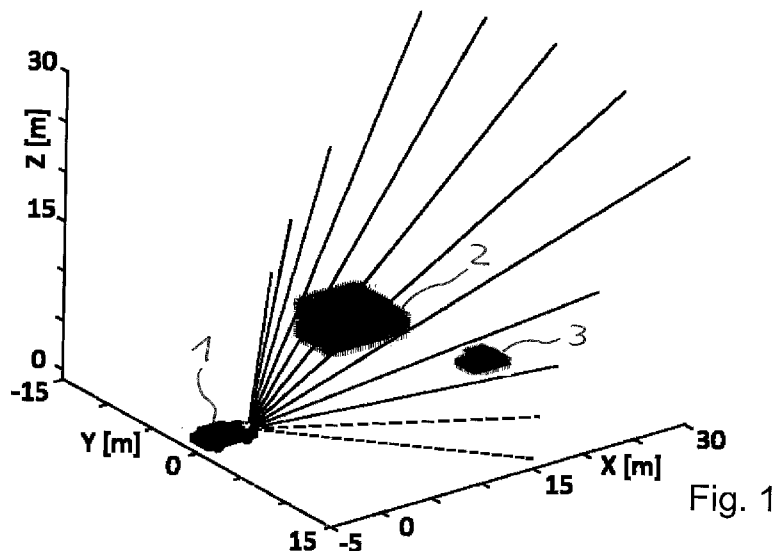


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a near-field radar device, comprising a multiplicity of individual radar sensors which are arranged in an assembly region of the radar device in a manner distributed next to one another, wherein the radar sensors are arranged in a distributed manner in such a way that they are not arranged in a single straight line next to one another. Moreover, the invention relates to a land vehicle, aircraft or watercraft comprising a controller for autonomous control or for at least one driver assistance system of the land vehicle, aircraft or watercraft, which uses the principle of the radar with a synthetic aperture, and the use of such a radar device and also a method for operating such a radar device. Moreover, the invention relates to a computer program for carrying out the method.



WO 2019/002348 A1

KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Nahfeld-Radareinrichtung, aufweisend eine Vielzahl von einzelnen Radarsensoren, die in einem Montagebereich der Radareinrichtung verteilt nebeneinander angeordnet sind, wobei die Radarsensoren derart verteilt angeordnet sind, dass sie nicht in einer einzigen geraden Linie nebeneinander angeordnet sind. Die Erfindung betrifft außerdem ein Land-, Luft- oder Wasser-Fahrzeug mit einer Steuerungseinrichtung zur autonomen Steuerung oder für wenigstens ein Fahrerassistenzsystem des Land-, Luft- oder Wasser-Fahrzeuges, welche das Prinzip des Radars mit synthetischer Apertur verwendet sowie die Verwendung einer derartigen Radareinrichtung sowie ein Verfahren zum Betrieb einer derartigen Radareinrichtung. Die Erfindung betrifft außerdem ein Computerprogramm zur Durchführung des Verfahrens.

Nahfeld-Radareinrichtung, Land-, Luft- oder Wasser-Fahrzeug, Verwendung einer Radareinrichtung, Verfahren zum Betrieb einer Radareinrichtung sowie

5 Computerprogramm

Die Erfindung betrifft eine Nahfeld-Radareinrichtung mit einer Vielzahl einzelner Radarsensoren. Die Erfindung betrifft außerdem ein Land-, Luft- oder Wasser-Fahrzeug mit einer Steuerungseinrichtung zur autonomen Steuerung des Land-, Luft- oder
10 Wasser-Fahrzeuges oder für wenigstens ein Fahrerassistenzsystem des Land-, Luft- oder Wasser-Fahrzeuges, die Verwendung einer derartigen Radareinrichtung sowie ein Verfahren zum Betrieb einer derartigen Radareinrichtung. Die Erfindung betrifft außerdem ein Computerprogramm zur Durchführung des Verfahrens.

15 Radareinrichtungen spielen eine wesentliche Rolle im Bereich der autonomen Fahrzeugsteuerung. Aus der WO 2017/050 798 A1 ist bekannt, Radarsensoren frontseitig an einem Fahrzeug anzuordnen. Zur Erhöhung der Auflösung wird dabei das Verfahren des Radars mit synthetischer Apertur angewandt (auch synthetic aperture radar genannt, abgekürzt SAR).

20

Ein Problem bei solchen Nahfeld-Radareinrichtungen besteht darin, dass die erzielte räumliche Auflösung unzureichend ist. Zur Erreichung einer ausreichenden räumlichen Auflösung und damit einer sinnvollen Erfassungsgenauigkeit müssten die einzelnen Radarsensoren eigentlich so nahe beieinander angeordnet sein, z.B. im Abstand von 1 mm zwischen ihren Mittelachsen, dass dies aufgrund der Baugröße der
25 Radarsensoren aus fertigungstechnischen Gründen derzeit und in absehbarer Zukunft nicht umsetzbar erscheint.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine mit heutigen Mitteln realisierbare Nahfeld-Radareinrichtung anzugeben, die die für autonome Steuerungsanwendungen von Fahrzeugen erforderlichen Bedingungen, insbesondere hinsichtlich der Auflösung, erfüllt. Ferner soll ein entsprechendes Fahrzeug, die Verwendung einer
5 Radareinrichtung in einem Fahrzeug, ein Verfahren zum Betrieb einer Radareinrichtung sowie ein hierfür geeignetes Computerprogramm angegeben werden.

Diese Aufgabe wird gemäß Anspruch 1 gelöst durch eine Nahfeld-Radareinrichtung, aufweisend eine Vielzahl von einzelnen Radarsensoren, die in einem Montagebereich der Radareinrichtung verteilt nebeneinander angeordnet sind, wobei die Radarsensoren derart verteilt angeordnet sind, dass sie nicht in einer einzigen geraden Linie nebeneinander angeordnet sind. Die Erfindung hat den Vorteil, dass durch geschickte Anordnung der einzelnen Radarsensoren derart, dass sie nicht in einer einzigen geraden Linie nebeneinander angeordnet sind, auch mit Radarsensoren heutiger Baugröße die eingangs genannte Aufgabe gelöst werden kann und eine Nahfeld-Radareinrichtung für Anwendungen im autonomen Fahren bereitgestellt werden
10 kann, die mit wenig Aufwand und ohne bewegliche Teile realisiert werden kann. Die erfindungsgemäße Radareinrichtung ermöglicht daher insbesondere für Anwendungen im Stadtverkehr eine ausreichend hohe Auflösung.
15

Die Erfindung erfordert insbesondere keine mechanisch bewegten Radarsensoren, stattdessen können sämtliche Radarsensoren fest an ihrem vorgesehenen Platz im Montagebereich der Radareinrichtung angeordnet sein. Der Montagebereich der Radareinrichtung kann ein ebener oder unebener Bereich sein, z.B. eine Montageplatte oder eine elektrische Leiterplatte. Beispielsweise kann der Montagebereich gewölbt
20 sein, damit mit den Radarsensoren die Umgebung auch seitlich, d.h. links und rechts, erfasst werden kann.

Der Abstand zwischen den einzelnen Radarsensoren, oder genauer gesagt der Abstand zwischen den jeweiligen Mittelpunkten der Antennen benachbarter Radarsensoren kann dabei relativ groß bemessen werden, z.B. ca. 4 cm. Insbesondere kann der Abstand wenigstens 1 mm betragen, insbesondere wenigstens 5 mm oder wenigstens 2 cm oder wenigstens 3 cm. Der Abstand benachbarter Radarsensoren
30

kann auch durch den Abstand zwischen den Mittelachsen der Radarsignal-Abstrahlungskeulen benachbarter Radarsensoren, gemessen an der Antennenoberfläche, charakterisiert werden

- 5 Als Nahfeld-Radareinrichtung wird insbesondere eine Radareinrichtung verstanden, die für die Objekterfassung im Bereich von maximal 300 m geeignet ist, oder im Bereich von maximal 100 m, oder im Bereich von maximal 50 m.

10 Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass einer, mehrere oder alle der Radarsensoren jeweils eine Sendeantenne und eine Empfangsantenne aufweisen, die auf einer gemeinsamen Baugruppe des Radarsensors angeordnet sind, insbesondere dort fest angeordnet sind. Auf diese Weise können auch bei einer Radareinrichtung, bei der bauartbedingt infolge der Bauweise der einzelnen Radarsensoren die Sendeantennen und Empfangsantennen nicht äquidistant
15 zueinander angeordnet sind, dennoch die erfindungsgemäßen Vorteile realisiert werden. Insbesondere kann mit im Handel erhältlichen Radarsensoren, z.B. Radarsensoren der Firma Innosent, die gewünschte hohe Auflösung trotz der Baugröße der einzelnen Radarsensoren, die diese hohe Auflösung eigentlich nicht zulässt, erreicht werden. Die Sendeantenne und die Empfangsantenne eines solchen Radarsensors können z.B. auf einer gemeinsamen Leiterplatte oder einem gemeinsamen
20 Halbleiterchip angeordnet sein.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass bei einem, mehreren oder allen der Radarsensoren die Sendeantenne und/oder die Empfangsantenne als Patch-Antenne ausgebildet ist. Dies erlaubt eine effiziente Abstrahlung der Radarsignale sowie einen effizienten Empfang der Radarsignale. Eine solche Patch-Antenne kann dabei beispielsweise aus mehreren Mini-Patches gebildet sein, die miteinander verschaltet sind. Beispielsweise können zwei, drei, vier oder mehr Mini-Patches eine solche Patch-Antenne bilden.

30

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Radarsensoren flächig verteilt und/oder linienförmig in einer oder mehreren Linien verteilt in dem Montagebereich der Radareinrichtung angeordnet sind. Die Radarsensoren können z.B. eine gewisse Fläche des Montagebereiches überdecken, oder nur

auf einer oder mehreren Linien verteilt angeordnet sein, d.h. linienförmig angeordnet sein, aber nicht in einer einzigen geraden Linie.

5 Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Radarsensoren entlang einer oder mehrerer geschlossener linienförmiger Konturen angeordnet sind. Als geschlossene linienförmige Kontur wird dabei jegliche Linienform verstanden, die keinen Anfang und kein Ende aufweist, z.B. eine Kreisform, eine ovale Form (Ellipse), aber auch mehreckige Konturen, die z.B. aus gradlinigen Linienstücken zusammengesetzt sein können. Auf diese Weise kann mit einer ver-
10 gleichsweise geringen Anzahl von Radarsensoren über einen flächigen Bereich, der auch den Innenbereich der von der linienförmigen Kontur umschlossenen Bereich umfasst, eine hohe Auflösung der Radarsignale erzielt wird.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die linienförmige Kontur eine Kreisform oder eine ovale Form aufweist. Dies ist insbesondere vorteilhaft für Anwendungen im Bereich des autonomen Fahrens von Straßenfahrzeugen.

20 Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Radareinrichtung eine elektronische Steuereinheit aufweist, die zum Betreiben der Radarsensoren durch Ansteuern der Radarsensoren und durch Erfassen der von den Radarsensoren aufgenommenen Reflektionssignale eingerichtet ist, wobei die Steuereinrichtung dazu eingerichtet ist, die Radarsensoren als Radar mit synthetischer Apertur zu betreiben. Die elektronische Steuereinheit kann beispielsweise einen Mikroprozessor, Mikrokontroller oder sonstigen Rechner aufweisen, durch den ein Computerprogramm ausgeführt wird, um die Radarsensoren zu betreiben und ein SAR-Verfahren auszuführen. Zum Betreiben der Radarsensoren gehört das Ansteuern der Radarsensoren, so dass diese, in der Regel einzeln nacheinander, Radarsignale abstrahlen. Hierbei ist es zur Vermeidung von Messungenauigkeiten durch den Dopp-
25 lereffekt vorteilhaft, die Radarsignale in Form von sogenannten „rapid chirps“, d.h. schnellen Frequenzvariationen, abzustrahlen.
30

Die einzelnen Radarsensoren können jeweils sowohl zum Abstrahlen von Radarsignalen als auch zum Empfangen von Reflektionssignalen, die aufgrund von Reflektionen der abgestrahlten Radarsignale empfangen werden, ausgebildet sein. Die Radarsensoren können auch gemischt ausgebildet sein, z.B. derart, dass einer oder
5 mehrere Radarsensoren nur zum Abstrahlen von Radarsignalen eingerichtet sind und einer oder mehrere andere Radarsensoren nur zum Empfangen von Reflektionssignalen eingerichtet sind.

Die Radarsensoren können nach unterschiedlichen Prinzipien betrieben werden, z.B.
10 nach dem MIMO-Prinzip (MIMO - Multiple Input Multiple Output). Bei diesem Prinzip werden von mehreren Radarsensoren gleichzeitig Radarsignale abgestrahlt und von mehreren Radarsensoren die Reflektionssignale aufgenommen.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die
15 Steuereinheit dazu eingerichtet ist, die Radarsensoren nach dem MISO-Prinzip zu betreiben. MISO steht dabei für Multiple Input Single Output, d.h. es wird zu einem jeweiligen Zeitpunkt nur von einem Radarsensor ein Radarsignal abgestrahlt und von mehreren oder allen Radarsensoren die Reflektionssignale empfangen. Hierdurch wird im Vergleich zu dem MIMO-Prinzip der Betrieb der Radareinrichtung sowie die
20 Auswertung der Reflektionssignale vereinfacht, insbesondere werden eventuelle Synchronisationsprobleme zwischen Radarsensoren eliminiert. Die Radareinrichtung kann daher mit weniger Aufwand realisiert werden.

Bei den genannten Prinzipien des Betriebs der Radarsensoren müssen nicht
25 zwangsläufig sämtliche Radarsensoren bei jedem Erfassungsvorgang aktiv sein, es kann auch nur eine Untermenge der vorhandenen Radarsensoren genutzt werden. Die genutzte Untermenge kann konstant sein oder im Laufe des Betriebs variiert werden.

30 Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Steuereinheit dazu eingerichtet ist, die Radarsensoren hinsichtlich des Sendens von Radarsignalen und/oder des Empfangens von Reflektionssignalen mit im Laufe des Betriebs variierenden Einschalt- und Ausschaltmustern zu betreiben. Die variieren-

den Einschalt- und Ausschaltmuster können nach vorbestimmten Algorithmen bestimmt werden, insbesondere nach dem Zufallsprinzip. Ein solcher Betrieb der Radarsensoren hat den Vorteil, dass besonders effiziente Auswerteverfahren genutzt werden können, z.B. der Compressed-Sensing-Algorithmus.

5

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Steuereinheit dazu eingerichtet ist, aus den von den Radarsensoren empfangenen Reflektionssignalen ein dreidimensionales Abbild der von der Radareinrichtung erfassten Umgebung zu generieren. Dies hat den Vorteil, dass von der Umgebung, anders als bei bekannten Systemen, nicht nur eine linienförmige Information mit Tiefeninformation zur Verfügung steht, sondern ein zweidimensionales Signal mit zusätzlicher Tiefeninformation, somit ein dreidimensionales Abbild der Umgebung. Das dreidimensionale Abbild der Umgebung kann von der Radareinrichtung dann als Datensatz bereitgestellt werden und beispielsweise über eine Schnittstelle an andere Systeme übertragen werden. Dies erlaubt die Umsetzung völlig neuer Steuerungsalgorithmen, insbesondere für Anwendungen des autonomen Fahrens.

Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass für die Erzeugung des Abbilds der Umgebung der Global Backprojection Algorithmus eingesetzt ist. Auf diese Weise kann mit vertretbarem Rechenaufwand das gewünschte Abbild der Umgebung bestimmt werden. Der Global Backprojection Algorithmus erzeugt eine Art Datenrückprojektion. Alternativ kann auch der Omega-K-Algorithmus oder der Compressed Sensing Algorithmus eingesetzt werden.

Die eingangs genannte Aufgabe wird ferner gelöst durch ein Land-, Luft- oder Wasser-Fahrzeug mit einer Steuerungseinrichtung zur autonomen Steuerung oder für wenigstens ein Fahrerassistenzsystem des Land-, Luft- oder Wasser-Fahrzeugs, wobei die Steuerungseinrichtung eine Radareinrichtung der zuvor erläuterten Art aufweist. Auch hierdurch können die zuvor erläuterten Vorteile realisiert werden. Das Landfahrzeug kann z.B. ein Straßenfahrzeug sein, z.B. ein Personenkraftwagen oder ein Lastkraftwagen.

Die eingangs genannte Aufgabe wird ferner gelöst durch eine Verwendung einer Radareinrichtung der zuvor erläuterten Art für die autonome Steuerung oder für wenigstens eine Fahrerassistenzfunktion eines Land-, Luft- oder Wasser-Fahrzeuges. Auch hierdurch können die zuvor erläuterten Vorteile realisiert werden.

5

Die eingangs genannte Aufgabe wird ferner gelöst durch ein Verfahren zum Betrieb einer Radareinrichtung der zuvor erläuterten Art, bei der die Radarsensoren als Radar mit synthetischer Apertur betrieben werden und aus den von den Radarsensoren empfangenen Reflektionssignalen ein zweidimensionales Signal mit zusätzlicher Tiefeninformation und somit ein dreidimensionales Abbild der von der Radareinrichtung erfassten Umgebung generiert wird. Dabei können die Radarsensoren nach dem MIMO-Prinzip, dem MISO-Prinzip und/oder mit im Laufe des Betriebs variierenden Einschalt- und Ausschaltmustern betrieben werden. Auch hierdurch können die zuvor erläuterten Vorteile realisiert werden.

10

15

Die eingangs genannte Aufgabe wird ferner gelöst durch ein Computerprogramm mit Programmcodemitteln, eingerichtet zur Durchführung eines Verfahrens der zuvor erläuterten Art, wenn das Verfahren durch einen Rechner ausgeführt wird. Das Verfahren kann z.B. durch einen Rechner der Steuereinheit der Radareinrichtung ausgeführt werden. Das Computerprogramm kann auf einem Datenträger gespeichert sein. Auch hierdurch können die zuvor erläuterten Vorteile realisiert werden.

20

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Verwendung von Zeichnungen näher erläutert.

25

Es zeigen:

- Figur 1 - ein Fahrzeug mit einer Radareinrichtung und
Figur 2 - eine Einrichtung mit einer Radareinrichtung und
5 Figuren 3 bis 8 - Radarsensor-Anordnungen und deren korrespondierende synthetische Antennen.

Die Figur 1 zeigt ein Fahrzeug 1, das mit einer Steuerungseinrichtung zur autonomen Steuerung des Fahrzeugs 1 einschließlich einer Radareinrichtung ausgestattet ist.

- 10 Durch die vom Fahrzeug 1 ausgehenden Strahlen soll beispielhaft das Radar-Erfassungsfeld der Radareinrichtung dargestellt sein. Im Erfassungsfeld befinden sich andere Objekte 2, 3, die durch die Radareinrichtung erfasst werden können. Die Radareinrichtung ist als Nahfeld-Radareinrichtung ausgebildet, die zu erfassenden Objekte 2, 3 befinden sich daher im sogenannten Nahfeld.

15

Die Figur 2 zeigt eine Steuerungseinrichtung zur autonomen Steuerung eines Land-, Luft- oder Wasser-Fahrzeugs, z.B. des Fahrzeugs 1. Die Steuerungseinrichtung weist eine Radareinrichtung 4 in Form einer Nahfeld-Radareinrichtung auf, die mit einer Fahrzeugsteuereinheit 5 verbunden ist. Die Radareinrichtung 4 weist eine elektronische Steuereinheit 6 sowie eine Vielzahl von Radarsensoren 8 auf, die in einem Montagebereich 7 angeordnet sind, d.h. dort befestigt sind und verteilt nebeneinander angeordnet sind. Die Radarsensoren 8 können Radarsignale abstrahlen, die in der Figur 2 in Form von sich zumindest teilweise überlappenden Radarsignal-Abstrahlungskeulen 9 dargestellt sind. Die Radarsensoren 8 bzw. deren Antennen-Mittelpunkte sind voneinander wenigstens um 1 mm beabstandet, z.B. um 4 cm. Dementsprechend groß ist auch der Abstand zwischen den Mittelachsen 10 der Radarsignal-Abstrahlungskeulen 9, zumindest am Ausgangspunkt an der jeweiligen Radarsensor-Antenne.

25

- 30 Die Mittelachsen 10 können, wie dargestellt, parallel oder im Wesentlichen parallel verlaufen, sie können auch zumindest zum Teil nicht parallel angeordnet sein, z.B. fächerförmig auseinanderlaufen.

Die Steuereinheit 6 ist mit den Radarsensoren 8 verbunden. Die Steuereinheit 6 kann die Radarsensoren ansteuern, so dass Radarsignale abgestrahlt werden. Die aufgrund der abgestrahlten Radarsignale von den Radarsensoren 8 empfangenen Reflektionssignale können von der Steuereinheit 6 aufgenommen werden und ausgewertet werden. Die Umgebungserfassung durch die Radareinrichtung 4 erfolgt grundsätzlich derart, dass von einem oder mehreren Radarsensoren 8 Radarsignale abgestrahlt werden. Von einem oder mehreren Radarsensoren 8 werden Reflektionssignale, die von den Objekten 2, 3 in der Umgebung aufgrund der abgestrahlten Radarsignale reflektiert werden, wieder empfangen. Die abgestrahlten Radarsignale werden beispielsweise als die erwähnten „rapid chirps“ abgestrahlt.

Die Steuereinheit 6 steuert die Radarsensoren beispielsweise nach dem MISO-Prinzip an, z.B. derart, dass immer durch jeweils nur einen Radarsensor 8 ein Radarsignal abgegeben wird und von den übrigen Radarsensoren 8 die Reflektionssignale aufgenommen werden oder von sämtlichen Radarsensoren 8 die Reflektionssignale aufgenommen werden. Durch Anwendung eines Verfahrens der synthetischen Apertur wird dann durch eine Art Interpolation auch für Positionen, an denen keine Radarsensoren 8 in dem Montagebereich 7 angeordnet sind, im Sinne synthetischer Antennen dort auftretende Reflektionssignale berechnet (synthetische Reflektionssignale).

Die Steuereinheit 6 wertet die von den Radarsensoren 8 tatsächlich empfangenen Reflektionssignale sowie die synthetischen Reflektionssignale aus und berechnet ein dreidimensionales Abbild der von der Radareinrichtung 4 erfassten Umgebung, z.B. mit dem Global Backprojection Algorithmus. Es ist somit im erstellten dreidimensionalen Abbild für jede zweidimensionale Ebene oder Kugelschale in unterschiedlichen Abständen zum Fahrzeug 1 eine Information über in der Umgebung erfasste Objekte vorhanden, d.h. über die Objekte 2, 3. Es wird somit eine zweidimensionale Umgebungsinformation kombiniert mit einer Tiefeninformation bereitgestellt.

Für die Anordnung der einzelnen Radarsensoren 8 sind verschiedene Konzepte vorteilhaft möglich, was nachfolgend beispielhaft anhand der Figuren 3 bis 8 erläutert werden soll. In den Figuren 3 bis 8 ist in der jeweiligen linken Abbildung die Anordnung der Radarsensoren 8 in dem Montagebereich 7 dargestellt, jeweils in Draufsicht

auf den Montagebereich 7. In der jeweiligen rechten Abbildung ist dargestellt, mit welcher Auflösung nach Anwendung des Auswerteverfahrens mit synthetischer Apertur in einer Ebene Umgebungsinformationen der Radarsensoren zur Verfügung stehen. Dementsprechend werden durch Kreise jeweilige Radarsensoren mit realen Antennen gekennzeichnet, durch Kreuze die Erfassungspositionen der realen Antennen in Kombination mit den synthetischen Antennenpositionen, somit sämtliche Erfassungspositionen. Abweichend hiervon sind in der Figur 8 nur die synthetischen Antennenpositionen mit Kreuzen gekennzeichnet.

10 Die Figur 3 zeigt eine Anordnung der Radarsensoren in zwei sich kreuzenden, insbesondere rechtwinklig kreuzenden, Linien. Die Anordnung der sich kreuzenden Linien kann voll symmetrisch ausgebildet sein. Wie erkennbar ist, kann durch das Verfahren der synthetischen Apertur ein größerer Umgebungsbereich des Kreuzungspunkts der Linien mit erfasst werden, ohne dass dort reale Antennen vorhanden sind.

15

Bei den Ausführungsformen der Figuren 4 bis 7 sind die Radarsensoren jeweils auf einer einzigen geschlossenen linienförmigen Kontur angeordnet. Bei der Figur 4 ist diese Kontur dreieckförmig, bei der Figur 5 sechseckförmig, bei der Figur 6 kreisförmig und bei der Figur 7 oval (elliptisch). Wie anhand der jeweils rechts dargestellten synthetischen Antennen-Anordnungen erkennbar ist, kann auch bei Einsatz einer relativ geringen Anzahl von Radarsensoren auf der linienförmigen Kontur eine vergleichsweise hohe Auflösung der Radareinrichtung erzielt werden, auch im Innenbereich, der von der linienförmigen Kontur umgeben ist, ohne dass dort tatsächlich reale Antennen vorhanden sind. Versuche haben gezeigt, dass insbesondere die kreisförmige Anordnung gemäß Figur 6 und die elliptische Anordnung gemäß Figur 7 besonders effizient sind, da im Zentralbereich eine besonders hohe Auflösung erzielt wird. Dies ist insbesondere für Anwendungen im Straßenverkehr vorteilhaft. Durch die elliptische Kontur kann insbesondere ein relativ breites Erfassungsfeld mit vergleichsweise geringer Höhe realisiert werden.

20
25
30

Während bei den Darstellungen der Figuren 3 bis 7 davon ausgegangen wurde, dass die Radarsensoren nach dem MISO-Prinzip betrieben werden, wird anhand der Figur 8 eine weitere Möglichkeit des Aufbaus der Radareinrichtung sowie des Betriebs der

Radarsensoren erläutert. Es sei in diesem Fall angenommen, dass die Radareinrichtung eine Vielzahl von auf mehreren konzentrischen kreisförmigen Konturen angeordnete Radarsensoren 8 aufweist, die jeweils nur zum Empfangen von Reflektionssignalen betrieben werden. Im Zentrum der Anordnung befindet sich ein zusätzlicher zentraler Radarsensor, der die Radarsignale aussendet.

Dieser zentrale Radarsensor kann ausschließlich zum Senden der Radarsignale betrieben werden, oder alternativ auch zum Empfangen der Reflektionssignale. Die auf den äußeren konzentrischen Kreisen angeordneten Radarsensoren können dabei vergleichsweise klein ausgebildet sein, so dass sich hierdurch aufgrund höherer Packungsdichte auch eine Erhöhung der Auflösung realisieren lässt. Die Figur 8 zeigt in der rechten Darstellung die verfügbaren Antennenpositionen, die sich aus den Positionen der realen Antennen der Radarsensoren (dargestellt durch Kreise) und den Positionen die synthetischen Antennen (dargestellt durch Kreuze) ergeben.

15

Die äußeren auf konzentrischen kreisförmigen Konturen angeordneten Radarsensoren 8 können auch geometrisch anders angeordnet werden, z.B. auf konzentrischen elliptischen Konturen oder sonstigen linienförmigen oder flächigen Konturen.

20

Wie aus den Beispielen ersichtlich ist, befinden sich die synthetischen Antennenpositionen jeweils zwischen zwei realen Antennen. Vorteilhaft ist dabei die Anordnung der realen Antennen in einer Form, dass eine möglichst dichte Plattierung hinsichtlich der zur Verfügung stehenden Erfassungspositionen vorhanden ist, d.h. hinsichtlich der Kombination der Erfassungspositionen der realen Antennen sowie der synthetischen Antennenpositionen. Hierfür ist insbesondere eine kreisförmige oder elliptische Anordnung der realen Antennen vorteilhaft, wie die Figuren 6 und 7 zeigen.

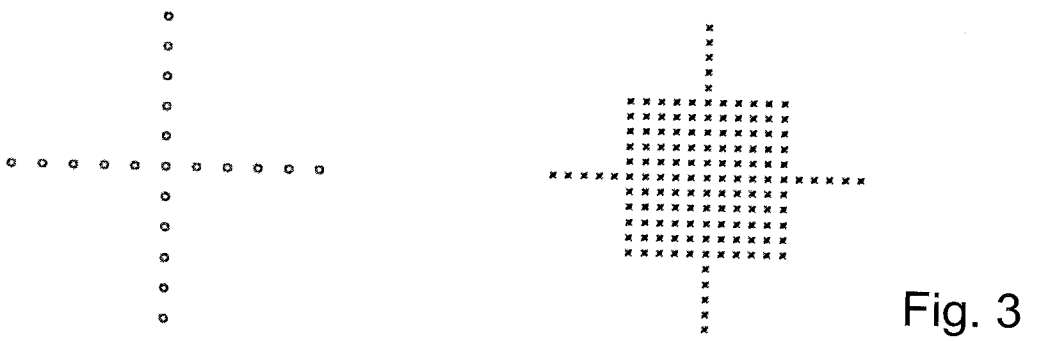
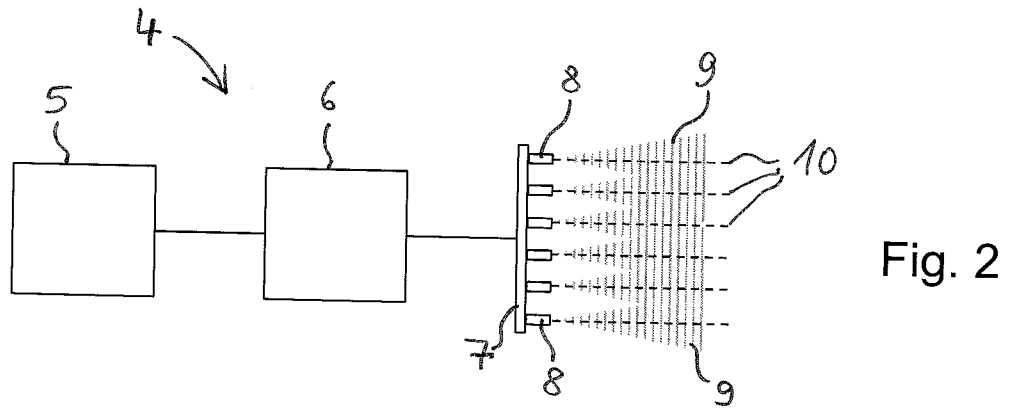
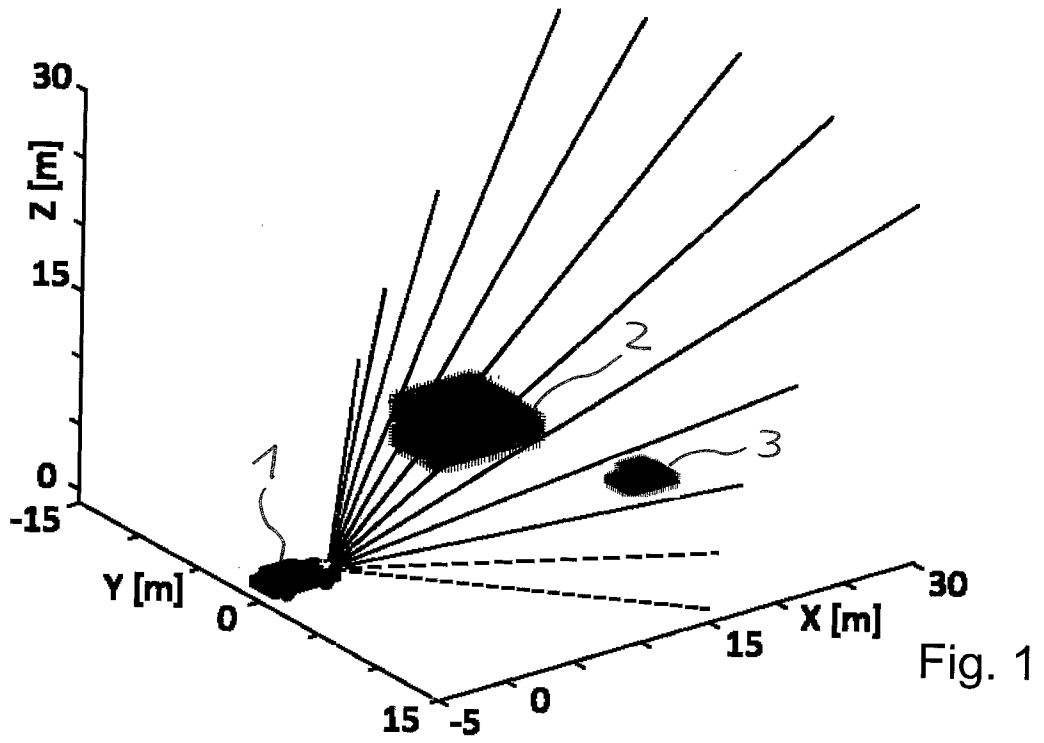
25

Patentansprüche

- 5 1. Nahfeld-Radareinrichtung (4), aufweisend eine Vielzahl von einzelnen Radarsensoren, die in einem Montagebereich (7) der Radareinrichtung (4) verteilt nebeneinander angeordnet sind, wobei die Radarsensoren (8) derart verteilt angeordnet sind, dass sie nicht in einer einzigen geraden Linie nebeneinander angeordnet sind.
- 10 2. Radareinrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass einer, mehrere oder alle der Radarsensoren (8) jeweils eine Sendeantenne und eine Empfangsantenne aufweisen, die auf einer gemeinsamen Baugruppe des Radarsensors angeordnet sind.
- 15 3. Radareinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem, mehreren oder allen der Radarsensoren (8) die Sendeantenne und/oder die Empfangsantenne als Patch-Antenne ausgebildet ist.
- 20 4. Radareinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Radarsensoren (8) flächig verteilt und/oder linienförmig in einer oder mehreren Linien verteilt in dem Montagebereich (7) der Radareinrichtung (4) angeordnet sind.
- 25 5. Radareinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Radarsensoren (8) entlang einer oder mehrerer geschlossener linienförmiger Konturen angeordnet sind.
6. Radareinrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die linienförmige Kontur eine Kreisform oder eine ovale Form aufweist.

7. Radareinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen benachbarten Radarsensoren (8) wenigstens 1 mm ist, insbesondere wenigstens 5 mm oder wenigstens 2 cm oder wenigstens 3 cm.
8. Radareinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Radareinrichtung (4) eine elektronische Steuereinheit (6) aufweist, die zum Betreiben der Radarsensoren (8) durch Ansteuern der Radarsensoren (8) und durch Erfassen der von den Radarsensoren (8) aufgenommenen Reflektionssignale eingerichtet ist, wobei die Steuereinrichtung (6) dazu eingerichtet ist, die Radarsensoren (8) als Radar mit synthetischer Apertur zu betreiben.
9. Radareinrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (6) dazu eingerichtet ist, die Radarsensoren (8) nach dem MIMO-Prinzip, dem MISO-Prinzip und/oder mit im Laufe des Betriebs variierenden Einschalt- und Ausschaltmustern zu betreiben.
10. Radareinrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (6) dazu eingerichtet ist, aus den von den Radarsensoren (8) empfangenen Reflektionssignalen ein dreidimensionales Abbild der von der Radareinrichtung (4) erfassten Umgebung zu generieren.
11. Radareinrichtung nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass für die Erzeugung des Abbilds der Umgebung der Global Backprojection Algorithmus eingesetzt ist.
12. Land-, Luft- oder Wasser-Fahrzeug (1) mit einer Steuerungseinrichtung (4, 5) zur autonomen Steuerung oder für wenigstens ein Fahrerassistenzsystem des Land-, Luft- oder Wasser-Fahrzeugs, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerungseinrichtung (4, 5) eine Radareinrichtung (4) nach einem der vorhergehenden Ansprüche aufweist.

13. Verwendung einer Radareinrichtung (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 11 für die autonome Steuerung oder für wenigstens eine Fahrerassistenzfunktion eines Land-, Luft- oder Wasser-Fahrzeugs (1).
- 5 14. Verfahren zum Betrieb einer Radareinrichtung (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Radarsensoren (8) als Radar mit synthetischer Apertur betrieben werden und aus den von den Radarsensoren (8) empfangenen Reflektionssignalen ein zweidimensionales Signal mit zusätzlicher Tiefeninformation und somit ein dreidimensionales Abbild der von der Radareinrichtung (4) erfassten Umgebung generiert wird.
- 10
15. Computerprogramm mit Programmcodemitteln, eingerichtet zur Durchführung eines Verfahrens nach dem vorhergehenden Anspruch, wenn das Verfahren durch einen Rechner ausgeführt wird.



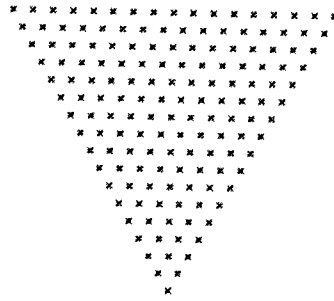
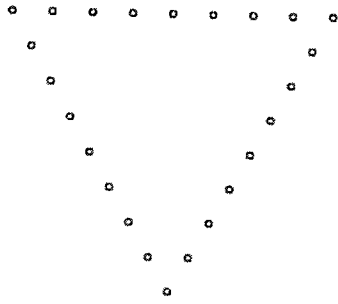


Fig. 4

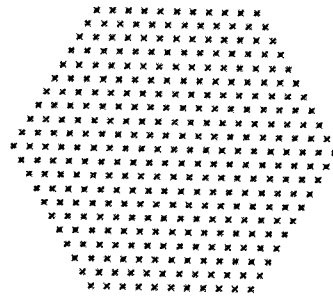
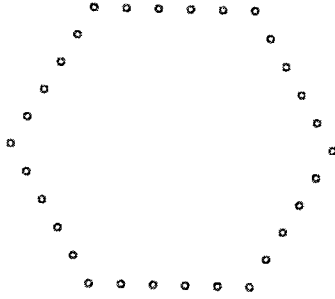


Fig. 5

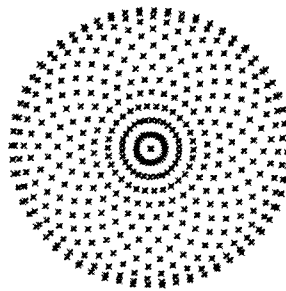
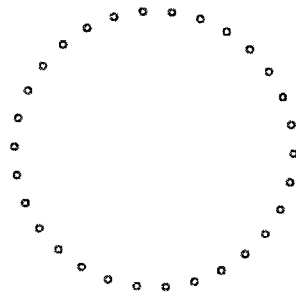


Fig. 6

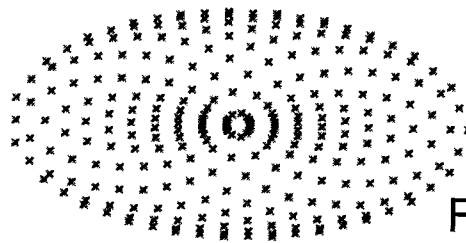
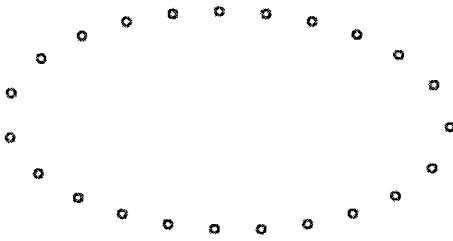


Fig. 7

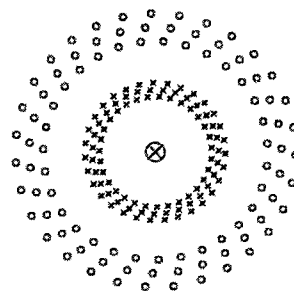
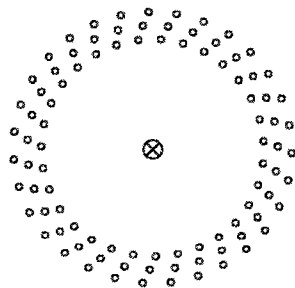


Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/067205

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G01S 13/93</i> (2006.01)i; <i>G01S 13/42</i> (2006.01)i; <i>H01Q 21/20</i> (2006.01)i; <i>H01Q 21/06</i> (2006.01)i; <i>G01S 13/90</i> (2006.01)n		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01S; H01Q		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102013018753 A1 (DAIMLER AG [DE]) 18 June 2014 (2014-06-18) paragraph [0054]; figures 1,2	1-15
X	DE 102015110619 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 07 January 2016 (2016-01-07) paragraph [0020]; figure 1	1-15
X	DE 102014219113 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 24 March 2016 (2016-03-24) paragraph [0020]; figure 2a	1-15
A	AHMED S S ET AL. "Multistatic mm-Wave Imaging with Planar 2D-Arrays" <i>GERMAN MICROWAVE CONFERENCE, 2009, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA,</i> 16 March 2009 (2009-03-16), pages 1-4 ISBN: 978-3-9812668-0-1. XP031449765 the whole document	11
A	DE 102016202052 B3 (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E V [D]) 06 April 2017 (2017-04-06) the whole document	1-15
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 21 September 2018		Date of mailing of the international search report 01 October 2018
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Rudolf, Hans Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2018/067205

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
DE	102013018753	A1	18 June 2014	NONE	
DE	102015110619	A1	07 January 2016	CN 105403882 A	16 March 2016
				DE 102015110619 A1	07 January 2016
				US 2018074191 A1	15 March 2018
DE	102014219113	A1	24 March 2016	CN 107076832 A	18 August 2017
				DE 102014219113 A1	24 March 2016
				EP 3198678 A1	02 August 2017
				JP 2017534881 A	24 November 2017
				US 2017307744 A1	26 October 2017
				WO 2016045938 A1	31 March 2016
DE	102016202052	B3	06 April 2017	DE 102016202052 B3	06 April 2017
				WO 2017137558 A1	17 August 2017
WO	2016208661	A1	29 December 2016	JP 6161848 B2	12 July 2017
				JP WO2016208661 A1	22 June 2017
				WO 2016208661 A1	29 December 2016

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV. G01S13/93	G01S13/42	H01Q21/20 H01Q21/06
ADD. G01S13/90		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01S H01Q		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2013 018753 A1 (DAIMLER AG [DE]) 18. Juni 2014 (2014-06-18) Absatz [0054]; Abbildungen 1,2 -----	1-15
X	DE 10 2015 110619 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 7. Januar 2016 (2016-01-07) Absatz [0020]; Abbildung 1 -----	1-15
X	DE 10 2014 219113 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 24. März 2016 (2016-03-24) Absatz [0020]; Abbildung 2a -----	1-15
	-/-	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
21. September 2018		01/10/2018
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Rudolf, Hans

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	AHMED S S ET AL: "Multistatic mm-Wave Imaging with Planar 2D-Arrays", GERMAN MICROWAVE CONFERENCE, 2009, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 16. März 2009 (2009-03-16), Seiten 1-4, XP031449765, ISBN: 978-3-9812668-0-1 das ganze Dokument -----	11
A	DE 10 2016 202052 B3 (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E V [D]) 6. April 2017 (2017-04-06) das ganze Dokument -----	1-15
A	WO 2016/208661 A1 (UNIV KYOTO [JP]; MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 29. Dezember 2016 (2016-12-29) Abbildungen 10,11 -----	1-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/067205

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102013018753 A1	18-06-2014	KEINE	

DE 102015110619 A1	07-01-2016	CN 105403882 A	16-03-2016
		DE 102015110619 A1	07-01-2016
		US 2018074191 A1	15-03-2018

DE 102014219113 A1	24-03-2016	CN 107076832 A	18-08-2017
		DE 102014219113 A1	24-03-2016
		EP 3198678 A1	02-08-2017
		JP 2017534881 A	24-11-2017
		US 2017307744 A1	26-10-2017
		WO 2016045938 A1	31-03-2016

DE 102016202052 B3	06-04-2017	DE 102016202052 B3	06-04-2017
		WO 2017137558 A1	17-08-2017

WO 2016208661 A1	29-12-2016	JP 6161848 B2	12-07-2017
		JP WO2016208661 A1	22-06-2017
		WO 2016208661 A1	29-12-2016
