

(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
20. Juni 2019 (20.06.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/115149 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01S 17/89 (2006.01) G01S 7/483 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/081592

(22) Internationales Anmeldedatum:
16. November 2018 (16.11.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 222 969.1
15. Dezember 2017 (15.12.2017) DE

(71) Anmelder: ZF FRIEDRICHSHAFEN AG [DE/DE]; Löwentaler Straße 20, 88046 Friedrichshafen (DE). IBEO AUTOMOTIVE SYSTEMS GMBH [DE/DE]; Merkurring 60-62, 22143 Hamburg (DE).

(72) Erfinder: BEUSCHEL, Ralf; Prato-Straße 10/2, 88239 Wangen (DE). KIEHN, Michael; Merkurring 60-62, 22143 Hamburg (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, 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, 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,

(54) Title: METHOD FOR THE IMPROVED NEAR AND REMOTE DETECTION OF A LIDAR RECEIVING UNIT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR VERBESSERTEN NAH- UND FERNDETEKTION EINER LIDAR EMPFANGSEINHEIT

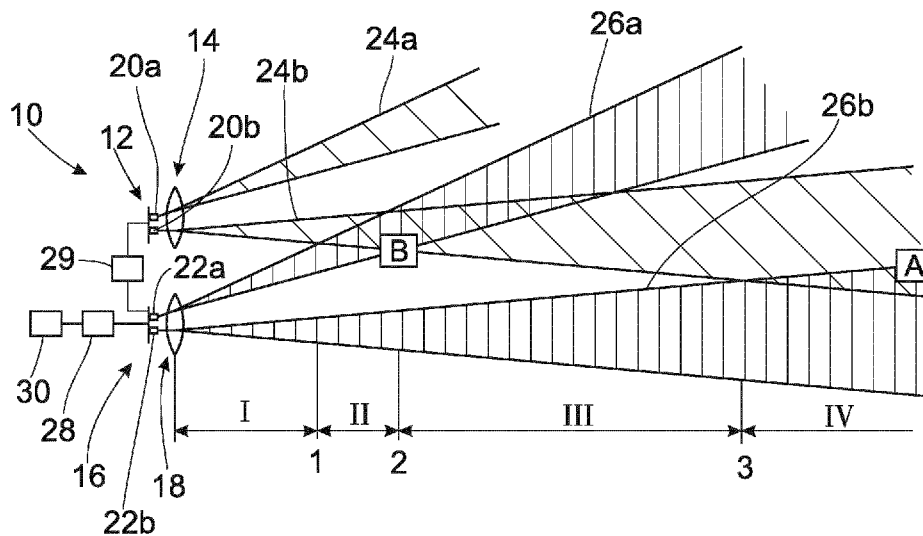


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for the improved near and remote detection of a LIDAR receiving unit (16) for motor vehicles. The receiving unit (16) has multiple sensor elements (22), wherein the sensor elements (22) can be activated and deactivated. At least some of the sensor elements (22) are activated at a first point in time within a measurement cycle, and one or more sensor elements are activated and/or one or more sensor elements are deactivated at a second point in time within the measurement cycle, said second point in time occurring after the first point in time. The invention additionally relates to another method for an improved near and remote detection of a LIDAR receiving unit (14) and to a LIDAR measuring system (10).

(57) Zusammenfassung: Verfahren zur verbesserten Nah- und Ferndetektion einer LIDAR Empfangseinheit (16) für Kraftfahrzeuge, wobei die Empfangseinheit (16) mehrere Sensorelemente (22) aufweist, wobei die Sensorelemente (22) aktiviert und deaktiviert werden können, wobei zu einem ersten Zeitpunkt innerhalb eines Messzyklus zumindest eine Teilanzahl der Sensorelemente (22) aktiviert wird, wobei zu einem zweiten Zeitpunkt innerhalb des Messzyklus, der nach dem ersten Zeitpunkt liegt, eines oder mehrere Sensorelemente



WO 2019/115149 A1

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).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Verfahren zur verbesserten Nah- und Ferndetektion einer LIDAR Empfangseinheit

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur verbesserten Nah- und Ferndetektion einer LIDAR Empfangseinheit für Kraftfahrzeuge.

Solche LIDAR Empfangseinheiten sind beispielsweise für LIDAR Messsysteme gemäß der Schrift WO 2017 081 294 bekannt. Dieses LIDAR Messsystem weist eine LIDAR Sendeeinheit sowie eine LIDAR Empfangseinheit auf. Emitterelemente der LIDAR Sendeeinheit senden Lichtpulse aus, die eine Sendeoptik durchlaufen und an einem Objekt reflektiert werden. Ein reflektierter Lichtpuls wird über eine Empfangsoptik auf Sensorelemente der Empfangseinheit gebündelt, sodass dieser detektiert werden kann. Anhand der Laufzeit des Lichtpulses kann der Abstand des Objekts zu dem LIDAR Messsystem bestimmt werden. Aufgrund verschiedener Effekte können mehrere nacheinander von demselben Emitterelement versendete Laserpulse an unterschiedlichen Stellen an der Empfangseinheit auftreffen. Dies ist beispielsweise durch einen Wechsel von einer Nahfeldmessung, bei der das Objekt einen geringen Abstand zum LIDAR Messsystem aufweist, zu Fernfeldmessung, bei der das Objekt einen größeren Abstand zum LIDAR Messsystem aufweist, der Fall. Letztlich ist dies bedingt durch den räumlichen Aufbau eines solchen LIDAR Messsystem mit Empfangseinheit und Sendeeinheit in der Focal Plane Array Konfiguration, also der Anordnung der Emitterelemente und der Sensorelemente in einer Ebene sowie einer Anordnung im Brennpunkt einer jeweiligen Optik. Bei der Focal Plane Array Konfiguration werden keine Bauteile vermieden, die eine Beweglichkeit in das des LIDAR Messsystems oder dessen Komponenten einbringen. Durch die örtliche Verschiebung des eintreffenden Laserpulses auf der Empfangseinheit kann eine Detektion des Laserlichts verschlechtert werden.

Es ist daher Aufgabe ein Verfahren bereitzustellen, bei dem die Nah- und Ferndetektion von Objekten bei einer LIDAR-Empfangseinheit sowie eines LIDAR-Messsystems verbessert wird.

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren gemäß dem Patentanspruch 1.

Das Verfahren ist dabei besonders für eine LIDAR Empfangseinheit gemäß den nachfolgenden Ausführungen geeignet. Die LIDAR Empfangseinheit ist normalerweise Bestandteil eines LIDAR Messsystems. Dabei ist das LIDAR Messsystem besonders für ein Kraftfahrzeug geeignet. Günstigerweise werden mehrere gleichartige LIDAR Messsysteme an einem Kraftfahrzeug verbaut, um die gesamte Umgebung des Kraftfahrzeugs zu überwachen.

Das LIDAR Messsystem weist unter anderem eine LIDAR Sendeeinheit, eine Sendeoptik sowie eine LIDAR Empfangseinheit und eine Empfangsoptik auf. Zudem ist das LIDAR Messsystem günstigerweise mit einer Elektronik ausgestattet, die beispielsweise eine Auswerteeinheit zur Auswertung der ermittelten Messdaten ermöglicht und mit weiteren Systemen eines Kraftfahrzeugs zur Übertragung von Daten kommunizieren kann. Insbesondere weist das LIDAR Messsystem genau zwei Einheiten auf, eine für die Sensorelemente und eine für die Emitterelemente auf.

Die Sendeeinheit weist mehrere Emitterelemente zum Aussenden von Laserpulsen auf, wobei die Empfangseinheit demgegenüber mehrere Sensorelemente zur Detektion der Laserpulse aufweist. Die Emitterelemente sind günstigerweise als Vertical Cavity surface emitting laser, VCSEL, ausgebildet, wohingegen die Sensorelemente vorzugsweise durch Single Photon Avalanche Diode, SPAD, ausgebildet sind.

Die Sensorelemente weisen im Normalfall eine kleinere Oberfläche auf als ein Emitterelement sowie dessen auf die Empfangseinheit projizierter Laserpuls. Von daher können mehrere Sensorelemente von einem Laserpuls beleuchtet sein. Zudem kann das eintreffende Laserlicht aufgrund verschiedener Effekte an unterschiedlichen Stellen der Empfangseinheit auftreffen. Diese tatsächliche Position wird als eine Verschiebung gegenüber einer optimalen Referenzposition beschrieben, bei der das Laserlicht bei optimalen Bedingungen und nach einer Reflektion an einem Objekt in großem Abstand auf der Empfangseinheit auftrifft. Dabei kann die Verschiebung eine Größendimension von einem oder mehreren Sensorelementen aufweisen.

Von daher ist die Anzahl der Sensorelemente an der Empfangseinheit günstigerweise größer als die Anzahl der Emitterelemente der Sendeeinheit. Insbesondere

sind einem Emitterelement gedanklich mehrere Sensorelemente zugewiesen, wobei jedes der Sensorelemente potentiell einen Laserpuls des Emitterelements empfangen kann.

Die Sensorelemente der Makrozellen sind günstiger Weise alle von derselben Art, d.h. es sind beispielsweise ausschließlich dieselben SPAD verbaut. Entsprechendes ist auch für die Emitterelemente der Sendeeinheit von Vorteil.

Die Emitterelemente und die Sensorelemente sind günstigerweise jeweils auf einen Chip auf der Sendeeinheit bzw. der Empfangseinheit angeordnet, die auch Emitterchip und Sensorchip genannt werden. Ein solcher Chip stellt im Wesentlichen eine ebene Fläche bereit. Diese Ebene bzw. die darauf angeordneten Emitterelemente und Sensorelemente werden dann an dem LIDAR Messsystem in einem Brennpunkt einer jeweiligen Optik angeordnet. Diese Anordnung in einer Ebene und im Brennpunkt wird auch als Focal Plane Array Konfiguration, FPA, bezeichnet. Mit besonderem Vorteil sind jeweils alle Emitterelemente an der Sendeeinheit und alle Sensorelemente an der Empfangseinheit ausgebildet.

Das LIDAR Messsystem mit Sendeeinheit und Empfangseinheit in FPA Konfiguration ist vorzugsweise statisch ausgebildet. Mit anderen Worten sind die Komponenten fest verbaut, sodass das LIDAR Messsystem und dessen Komponenten keine Relativbewegung ausführen können. Dies macht das LIDAR Messsystem kostengünstig, robust und kompakt. Insbesondere ist auch das LIDAR Messsystem statisch an einem Kraftfahrzeug angeordnet.

Die Sensorelemente sind an der Empfangseinheit in Makrozellen organisiert. Dabei weist jede Makrozelle mehrere Sensorelemente, insbesondere zumindest zwei Sensorelemente, auf. Mit Vorteil können es auch weit mehr Sensorelemente sein. Die Anzahl der Sensorelemente beträgt mit Vorteil zwischen fünf und vierzig Stück.

Eine Makrozelle ist einem Emitterelement der Sendeeinheit zugeordnet. Diese Zuweisung erfolgt im Wesentlichen durch die Optiken. Ein Emitterelement und ein Sensorelement werden jeweils durch die zugehörige Optik auf einen bestimmten Raum-

winkel abgebildet, sodass das Emittierelement und das Sensorelement diesen Raumwinkel betrachten. Das Sensorelement, welches denselben Raumwinkel betrachtet wie ein Emittierelement ist diesem entsprechend zugewiesen. Dementsprechend ist eine Makrozelle über dessen Sensorelemente einem Emittierelement zugewiesen.

Die Emittierelemente weisen an der Sendeeinheit vorzugsweise eine flächige Konfiguration auf. Die Emittierelemente sind vorzugsweise in einer Matrixstruktur an dem Sendechip der Sendeeinheit angeordnet, beispielweise in Spalten-Zeilen-Form oder in einem Hexagonalen Muster. Die Makrozellen sind an der Empfangseinheit entsprechend in derselben räumlichen Konfiguration angeordnet, sodass ein von einem Emittierelement emittierter Laserpuls auf die zugehörige Makrozelle abbildet.

Das LIDAR Messsystem arbeitet vorzugsweise nach dem Scanning Verfahren. Dementsprechend wird ein Messvorgang zunächst für eine Auswahl an Emittierelement-Sensorelementpaarungen ausgeführt. Anschließend wird der Messvorgang für eine weitere Auswahl an Emittierelement-Sensorelementpaarungen durchgeführt. Beispielsweise wird ein erster Messvorgang für eine Zeile oder Reihe von Emittierelementen und deren zugehörige Sensorelemente durchgeführt. Anschließend wird derselbe Messvorgang für eine andere Zeile oder Reihe durchgeführt. Dadurch werden Sensorelemente, die den eigentlich zugewiesenen Sensorelementen benachbart angeordnet sind, nicht durch einen anderen Messvorgang beeinflusst.

Die Sensorelemente einer Makrozelle sind an der Empfangseinheit mit zumindest einer Ausleseeinheit verbunden. Die Ausleseeinheit kann beispielsweise durch einen Time to Digital Converter, auch TDC genannt, ausgebildet sein. Dieser liest die Messwerte der Sensorelemente aus und speichert diese in ein Speicherelement, welches vorzugsweise ein Histogramm abbildet. Ein Messvorgang erfolgt vorzugsweise gemäß dem TCSPC Verfahren, Time Correlated Single Photon Counting.

Ein Messzyklus beginnt im Wesentlichen mit dem Aussenden eines Lichtpulses durch ein Emittierelement der Sendeeinheit und endet im Wesentlichen mit dem Ablauf der Messdauer. Diese Messdauer entspricht der Zeit, die ein ausgesendeter

Lichtpuls benötigt, um bis zur maximalen Messreichweite und zurück zu gelangen. Dieser Lichtpuls durchläuft die Sendeoptik, welche den Lichtpuls in den zugehörigen Raumwinkel lenkt. Gegebenenfalls wird der Lichtpuls an einem Objekt reflektiert und trifft anschließend über die Empfangsoptik auf ein Sensorelement.

Beispielsweise wird der Zeitpunkt des Eintreffens des Lichtpulses als digitaler Wert in das Histogramm des Speicherelements geschrieben. Jedes detektierte Photon wird in diesem Histogramm vermerkt. Dieser Messzyklus kann je nach Konfiguration des Messsystems und der Sende- und Empfangseinheit für eine Messung ein Mal oder Mehrfach durchlaufen werden. Bei mehrfachem Durchlauf wird das erläuterte Verfahren entsprechend oft durchlaufen. Insbesondere wird bei einem Messvorgang nach dem TCSPC Verfahren ein Messzyklus vielfach, beispielsweise 200 mal, durchgeführt.

Über die Time of Flight Methode, also die Laufzeit des Lichtpulses, kann durch die Auswerteeinheit der Abstand des Objekts aus den ermittelten Messwerten bestimmt werden. Die Messstrecke beträgt günstiger Weise um die 300 Meter, was einer ungefähren Laufzeit des Laserpulses von etwa zwei Mikrosekunden entspricht.

An einer Makrozelle können eines oder auch mehrere Ausleseelemente ausgebildet sein. Die Sensorelemente sind dementsprechend mit dem Ausleseelement oder den Ausleseelementen verbunden. Jedes Sensorelement ist mit zumindest einem Ausleseelement verbunden. Mit besonderem Vorteil ist ein Sensorelement lediglich mit einem einzigen Ausleseelement verbunden. Verbunden bedeutet, dass das Ausleseelement eine Detektion eines Sensorelements auslesen und die Information der Detektion in einem Speicherelement abspeichern kann. Ein Sensorelement kann lediglich dann von dem Ausleseelement ausgelesen werden, wenn es aktiv ist. Mit besonderem Vorteil ist das Ausleseelement mit allen Sensorelementen der Makrozelle verbunden. Dies schließt aber nicht aus, dass das Ausleseelement noch mit weiteren Sensorelementen von anderen Makrozellen verbunden ist, beispielsweise Sensorelemente von Makrozellen, die während des Messzyklus inaktiv sind.

Eine Makrozelle ist ein Konstrukt, welches im Normalfall nicht anhand der Hardwarekonfiguration definiert ist, sondern anhand der Steuer- und Auswertelogik. Die Makrozelle kann jedoch durch eine bestimmte Hardwarekonfiguration, also die gezielte Anordnung und Verbindung von Sensorelementen und Ausleseelemente definiert sein. Mit Vorteil deckt die Makrozelle bzw. dessen Sensorelemente eine Fläche ab, die größer ist als die Fläche des Emitterelements oder die Projektionsfläche des eintreffenden Laserlichts. Dies ermöglicht es die bereits erwähnte Verschiebung durch Nah- und Fernfeldeffekte auszugleichen. Diese Verschiebung ergibt sich insbesondere aus einem Parallaxefehler. Bei einem solchen Parallaxefehler ist die Verschiebung abhängig von dem Abstand des Objekts von dem Messsystem. Die Makrozelle deckt günstigerweise zumindest ein Vielfaches der Projektionsfläche des Laserlichts oder der Fläche eines Emitterelements ab.

Die Sensorelemente sind jedes für sich einzeln oder auch als Mehrzahl von Sensorelementen gruppiert aktivierbar und deaktivierbar. Die erste Variante wird besonders bevorzugt. Die gruppierte Aktivierung entspricht der gleichzeitigen Aktivierung oder Deaktivierung einer Mehrzahl von Sensorelementen, vorzugsweise einer Untergruppe einer Makrozelle. Die Aktivierung und Deaktivierung wird bei SPAD beispielsweise durch ein Erhöhen oder ein Absenken der Vorspannung erreicht. Deaktivierte Elemente können keine eintreffenden Photonen detektieren und auch durch das Ausleseelement kann diese nicht ausgelesen werden. Ein auf ein aktives Sensorelement auftreffendes Photon kann durch das Ausleseelement ausgelesen werden.

Die Aktivierung und Deaktivierung des Sensorelements kann direkt oder indirekt erfolgen. Bei ersterem wird bei einer SPAD beispielsweise eine Vorspannung angelegt, sodass diese aktiv ist. Zum Deaktivieren verringert man die Vorspannung entsprechend unter einen Schwellwert. Bei einer indirekten Aktivierung oder Deaktivierung ist das Sensorelement selbst jederzeit aktiv, also in vorigem Beispiel unter Vorspannung. Stattdessen wird beispielsweise ein Ausleseelement deaktiviert oder ein Speichern der detektierten Photonen innerhalb eines Speichers deaktiviert oder verhindert.

Während des Messzyklus wird zu einem ersten Zeitpunkt zumindest eine Teilanzahl der Sensorelemente aktiviert. Vorzugsweise sind diese Sensorelemente alle Teil einer Makrozelle. Dementsprechend ist durch die Aktivierung zumindest eines Sensorelements der Makrozelle auch die Makrozelle aktiv. Der erste Zeitpunkt liegt günstigerweise an dem Beginn des Messzyklus, insbesondere vor, zeitgleich oder nach dem Aussenden des Lichtpulses durch das Emitterelement.

Mit der Aktivierung der Sensorelemente können diese Photonen Detektieren. Eine Detektion kann beispielsweise dann erfolgen, wenn das ausgesendete und reflektierte Laserlicht auf das Sensorelement trifft oder wenn Photonen der Umgebungsstrahlung auf das Sensorelement treffen. Jedes aktive Sensorelement erhöht einen Rauschgrund, der durch die Sensorelemente detektiert wird. Durch aktivieren der ausschließlich beleuchteten Sensorelemente lässt sich das beste Signal zu Rausch Verhältnis erhalten. Mit ansteigender Messzeit ändert sich jedoch eine Position des eintreffenden Laserlichts, sodass die Sensorelemente lediglich in einem bestimmten Zeitabschnitt des Messzyklus überhaupt die Möglichkeit haben das ausgesendete Laserlicht zu detektieren.

Dementsprechend werden zu einem zweiten Zeitpunkt innerhalb eines Messzyklus, der nach dem ersten Zeitpunkt liegt, eines oder mehrere Sensorelemente aktiviert und / oder eines oder mehrere Sensorelemente deaktiviert. Dies sind vorzugsweise Sensorelemente der aktiven Makrozelle. Dadurch sind genau die Sensorelemente aktiv, die ein reflektiertes Laserlicht detektieren können. Zudem tragen die inaktiven Sensorelemente nicht zu einer Erhöhung des Rauschgrundes bei.

Beispielhaft werden bei einem Messzyklus alle Sensorelemente der Makrozelle aktiviert. Bei einer Messung im Nahfeld ist die Intensität des reflektieren Laserlichts verhältnismäßig hoch, sodass das eintreffende Laserlicht trotz des hohen Rauschgrundes problemlos detektiert werden kann. Bei der Fernfeld Messung, also am dem zweiten Zeitpunkt wird ein Teil der Sensorelemente deaktiviert, sodass der Rauschgrund absinkt und lediglich die Sensorelemente aktiv sind, die das Laserlicht auch detektieren können.

Insbesondere kann zum zweiten Zeitpunkt eines oder mehrere Sensorelemente aktiviert werden. Alternativ kann zum zweiten Zeitpunkt eines oder mehrere Sensorelemente deaktiviert werden. In einer weiteren Alternative kann eines oder mehrere Sensorelemente aktiviert und zugleich eines oder mehrere andere Sensorelemente deaktiviert werden. Zugleich umfasst neben dem identischen Zeitpunkt auch eine zeitlich nahe Abfolge von Aktivieren und Deaktivieren der Sensorelemente.

Dieses Verfahren kann insbesondere beim TCSPC, welches eine Vielzahl zusammenhöriger Messzyklen ausführt, sowie auch bei anderen Verfahren verwendet werden, die beispielsweise lediglich einen einzigen Messzyklus benötigen.

Mit dem Ablauf einer Messzeit des Messzyklus werden die Sensorelemente und dementsprechend auch die Makrozelle wieder deaktiviert. Nach der Anzahl der benötigten Messzyklen werden die daraus ermittelten Messdaten durch eine Auswerteeinheit ausgewertet. Anhand der Laufzeit der detektierten Photonen werden Objekte und deren Abstand ermittelt.

Die Auswerteeinheit kann als eigenständiges Bauteil ausgeführt sein, oder integrierter Bestandteil der Empfangseinheit sein.

Gemäß der vorigen Ausführungen kann auch zu einem dritten oder zu weiteren Zeitpunkten eines oder mehrere Sensorelemente aktiviert und / oder eines oder mehrere Sensorelemente deaktiviert werden.

Durch die gezielte Aktivierung und Deaktivierung von Sensorelementen wird dementsprechend eine Verbesserung der Nahdetektion und der Ferndetektion für ein LIDAR Messsystem bzw. eine LIDAR Empfangseinheit erreicht.

Eine übliche Detektionsreichweite für ein solches LIDAR-Messsystem entspricht beispielsweise 300 Meter, wobei eine entsprechende Laufzeit des Pulses zu einem Objekt in 300 Metern Entfernung und zurück in etwa zwei Mikrosekunden benötigt.

Im Weiteren werden vorteilhafte Ausführungsvarianten des Verfahrens erläutert.

Mit besonderem Vorteil ist der Zeitabstand zwischen dem ersten Zeitpunkt und dem zweiten Zeitpunkt zwischen 50 bis 500 Nanosekunden lang, insbesondere 200 Nanosekunden.

Eine Dauer von 200 Nanosekunden zwischen den Zeitpunkten entspricht in etwa einer Laufzeit von 60 Metern für den Lichtpuls bzw. einer Messdistanz von 30 Metern. Dies stellt ein gutes Verhältnis dar, um die Nahfelddetektion bestmöglich auszugestalten und zudem bei größeren Messstrecken ein optimales Signal zu Rausch Verhältnis beizubehalten. Insbesondere ist auch Zeitabstand zwischen 150 bis 350 Nanosekunden von besonderem Vorteil.

Je nach Hardwareseitiger Ausgestaltung des Messsystems erfolgt eine Umschaltung zwischen zwei Messbereichen vorzugsweise zwischen 5% und 50% der vorgegebenen maximalen Messreichweite.

Günstigerweise führt ein potentiell eintreffendes Laserlicht über die Dauer des Messzyklus eine Verschiebung an der Empfangseinheit durch, wobei die Sensorelemente einen aktiven Bereich bilden und derart aktiviert und / oder deaktiviert werden, dass der aktive Bereich dieser Verschiebung folgt.

Die Verschiebung ergibt sich wie bereits erwähnt aus dem Parallaxeeffekt. Es wird sodann dafür gesorgt, dass zumindest die Sensorelemente aktiv sind, die vermeintlich von einem reflektierten Laserlicht beleuchtet werden.

In einem Beispiel wandert der vermeintlich eintreffende Laserspot an der Empfangseinheit von unten nach oben über mehrere Zeilen von Sensorelementen hinweg. In einer Varianten können sodann alle Sensorelemente aktiv sein, wobei eine untere, nicht mehr beleuchtete Hälfte zu dem zweiten Zeitpunkt deaktiviert wird. Alternativ wird Zeile für Zeile sukzessive von unten nach oben hin deaktiviert. Ebenso ist es denkbar, dass immer zwei Zeilen aktiv sind, sodass sukzessive oberhalb der aktiven Zeilen eine Zeile aktiviert und eine unterste Zeile der aktiven Zeilen deaktiviert wird.

Ein Sensorelement folgt somit zwar nicht selbst dem vermeintlichen eintreffenden Laserspot, aber es sind genau die Sensorelemente aktiv, an denen das Laserlicht eintreffen würde.

Insbesondere bilden diese aktiven Sensorelemente einen aktiven Bereich. Dieser aktive Bereich folgt der Verschiebung des potentiell eintreffenden Laserlichts. Dieser aktive Bereich ist vorzugsweise durch Sensorelemente einer einzigen Makrozelle gebildet.

Es wird ein weiteres Verfahren zur Verbesserten Nah- und Ferndetektion einer LIDAR Empfangseinheit gemäß Anspruch 3 vorgeschlagen. Dieses Verfahren löst ebenfalls die anfangs gestellte Aufgabe. In den abhängigen Ansprüchen sind vorteilhafte Ausgestaltungsvarianten beschrieben.

Der grundsätzliche Aufbau der LIDAR Empfangseinheit zur Anwendung des Verfahrens ist im Wesentlichen identisch zu der weiter oben erläuterten. Die vorherigen Ausführungen können demnach sinngemäß für das im Weiteren erläuterte Verfahren herangezogen werden. Unterschiede zwischen der Messsystemen oder den Empfangseinheiten sind im Weiteren konkret ausgeführt.

Auch hier sind die Empfangseinheit und die Sendereinheit in der Focal Plane Array Konfiguration ausgeführt, deren Ebenen im Brennpunkt der entsprechenden Optik angeordnet sind. Zudem ist auch eine Makrozelle einem Emitterelement zugeordnet bzw. ein Emitterelement bildet durch die entsprechenden Optiken auf eine Makrozelle der Empfangseinheit ab.

Die Empfangseinheit weist mehrere Sensorelemente auf. Die Sensorelemente sind Makrozellen zugewiesen, wobei eine Makrozelle zumindest zwei Sensorelemente aufweist. Die Makrozelle ist weiter unterteilt mehrere Auslesezellen, zumindest eine erste Auslesezelle und eine zweite Auslesezelle. Die erste Auslesezelle weist zumindest ein erstes Sensorelement und ein erstes Ausleseelement auf, wobei das zumindest eine Sensorelement mit dem ersten Ausleseelement verbunden ist. Zudem weist die zweite Auslesezelle zumindest ein zweites Sensorelement und ein zweites

Ausleseelement auf, wobei das zumindest eine zweite Sensorelement mit dem zweiten Ausleseelement verbunden ist. Vorteilhafterweise weist jede Auslesezeile mehrere Sensorelemente auf, wobei die Summe der Sensorelemente der Auslesezeile der Anzahl der Sensorelemente der übergeordneten Makrozelle entspricht.

Wenn in einer Auslesezeile mehrere Sensorelemente ausgebildet sind, dann ist vorzugsweise jedes Sensorelement mit einem Ausleseelement verbunden. Gegebenenfalls können alle Sensorelemente einer Auslesezeile mit demselben Ausleseelement verbunden sein. Sofern in einer Auslesezeile mehrere Sensorelemente und mehrere Ausleseelemente ausgebildet sind, können die ersten Sensorelemente mit einem jeweils eigenen ersten Ausleseelement oder in Gruppen mit den ersten Ausleseelementen verbunden sein. Entsprechendes gilt für die zweite Auslesezeile und deren zweite Sensorelemente und deren zweite Ausleseelemente. Ein Sensorelement ist vorzugsweise mit einem Ausleseelement verbunden, wobei ein Ausleseelement auch mit mehreren Sensorelementen verbunden sein kann. Ein Ausleseelement kann auch mit mehreren Sensorelementen verschiedener Makrozellen verbunden sein.

Während des Messzyklus wird zu einem ersten Zeitpunkt zumindest eine Teilanzahl der Auslesezeilen aktiviert. Dies kann beispielsweise eine einzelne Auslesezeile, mehrere Auslesezeilen, sofern vorhanden, oder es können alle Auslesezeilen der Makrozelle sein. Eine Auslesezeile ist aktiv, wenn ein Sensorelement, das zugehörige Ausleseelement und eine Speicherzeile gemeinsam aktiv sind. Also wenn ein eingehendes Photon, beispielsweise von einem Laserpuls, durch das Sensorelement detektiert, das Ausleseelement ausgelesen und innerhalb des Speicherelements gespeichert wird. Eine Auslesezeile kann beispielsweise über die Aktivierung und die Deaktivierung des Sensorelements sowie auch über die Aktivierung und Deaktivierung der Ausleseeinheit gesteuert werden.

Zu einem zweiten Zeitpunkt innerhalb des Messzyklus, der nach dem ersten Zeitpunkt liegt, wird eine Auslesezeile aktiviert und / oder eine Auslesezeile deaktiviert. Dementsprechend kann eine Auslesezeile aktiviert werden. Alternativ kann eine Auslesezeile deaktiviert werden. In einer weiteren Alternative wird eine Auslesezeile akti-

viert und zugleich eine andere Auslesezeile deaktiviert. Gegebenenfalls vorhandene weitere Auslesezeilen verbleiben in deren Zustand.

Die hierbei erwähnten Zeitpunkte und auch der Messzyklus entsprechen im Wesentlichen den obigen Ausführungen zu dem Verfahren nach Anspruch 1. Die obigen Ausführungen sind dementsprechend sinngemäß anwendbar.

Beispielhaft werden zu dem ersten Zeitpunkt eine erste Auslesezeile und eine zweite Auslesezeile aktiviert, wobei zu dem zweiten Zeitpunkt die erste Auslesezeile aktiv verbleibt und die zweite Auslesezeile deaktiviert wird. Dadurch wird ein niedrigerer Rauschgrund erreicht, der eine bessere Auswertung der Messdaten ermöglicht.

Pro Auslesezeile kann lediglich ein Sensorelement oder einer Mehrzahl an Sensorelementen aktiv sein. Günstiger Weise sind allerdings nicht alle, sondern lediglich ein Teil der Sensorelemente der Auslesezeile aktiv. Mit dem Ende des Messzyklus wird mit besonderem Vorteil das Speicherelement durch die Ausleseeinheit befüllt, wodurch anschließend die Auswerteeinheit gemäß dem Time of Flight Prinzip den Abstand zu dem detektierten Objekt bestimmt.

Im Weiteren werden vorteilhafte Ausführungsvarianten des Verfahrens beschrieben.

Günstiger Weise ist der zeitliche Abstand zwischen dem ersten Zeitpunkt und dem zweiten Zeitpunkt zwischen 150 Nanosekunden bis 500 Nanosekunden lang, insbesondere 200 Nanosekunden.

Eine Dauer des Zeitabschnitts von 200 Nanosekunden entspricht in etwa einer Laufzeit von 60 Metern für den Lichtpuls. Dies stellt ein gutes Verhältnis dar, um die Nahfelddetektion bestmöglich auszugestalten und zudem bei größeren Abständen des Objekts ein optimales Signal zu Rausch Verhältnis beizubehalten. Insbesondere ist auch Zeitabstand zwischen 150 bis 350 Nanosekunden von besonderem Vorteil.

Je nach Hardwareseitiger Ausgestaltung des Messsystems erfolgt eine Umschaltung zwischen zwei Messbereichen vorzugsweise zwischen 5% und 50% der vorgegebenen maximalen Messreichweite.

Mit Vorteil führt ein potentiell eintreffendes Laserlicht über die Dauer des Messzyklus eine Verschiebung an der Empfangseinheit durch, wobei die Auslesezellen einen aktiven Bereich bilden und derart aktiviert und / oder deaktiviert werden, dass der aktive Bereich dieser Verschiebung folgt.

Die Verschiebung ergibt sich wie bereits erwähnt aus dem Parallaxeeffekt. Es wird sodann dafür gesorgt, dass zumindest die Auslesezellen aktiv sind, die vermeintlich von einem reflektierten Laserlicht beleuchtet werden.

In einem Beispiel wandert der vermeintlich eintreffende Laserspot an der Empfangseinheit von unten nach oben über mehrere Zeilen von Auslesezellen hinweg. In einer Varianten können sodann alle Auslesezellen aktiv sein, wobei eine untere, nicht mehr beleuchtete Hälfte zu dem zweiten Zeitpunkt deaktiviert wird. Alternativ wird Zeile für Zeile sukzessive von unten nach oben hin deaktiviert. Ebenso ist es denkbar, dass immer zwei Zeilen aktiv sind, sodass sukzessive oberhalb der aktiven Zeilen eine Zeile aktiviert und eine unterste Zeile der aktiven Zeilen deaktiviert wird.

Eine Auslesezeile folgt somit zwar nicht selbst dem vermeintlichen eintreffenden Laserspot, aber es sind genau die Auslesezellen aktiv, an denen das Laserlicht eintreffen würde.

Insbesondere bilden diese aktiven Auslesezellen einen aktiven Bereich. Dieser aktive Bereich folgt der Verschiebung des potentiell eintreffenden Laserlichts. Dieser aktive Bereich ist vorzugsweise durch die Auslesezellen einer einzigen Makrozelle gebildet.

Neben der ersten Auslesezeile und der zweiten Auslesezeile können entsprechend auch noch weitere Zellen ausgebildet sein, die in einem jeweiligen weiteren Zeitabschnitt deaktiviert und / oder auch aktiviert werden. Diese können beispielsweise nacheinander deaktiviert werden.

Die Aufgabe wird zudem durch ein LIDAR Messsystem gemäß dem Patentanspruch 7 gelöst.

Dieses LIDAR Messsystem ist für eines der Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 6 oder nach zumindest einem der im vorigen erläuterten Verfahren geeignet. Konstruktive Ausführungen eines solchen LIDAR Messsystems sind den vorigen Ausführungen zu entnehmen.

Die Aufgabe wird zudem durch ein LIDAR Messsystem gemäß dem Patentanspruch 8 gelöst.

Dieses LIDAR Messsystem ist für eines der Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 6 oder nach zumindest einem der im vorigen erläuterten Verfahren geeignet. Konstruktive Ausführungen eines solchen LIDAR Messsystems sind den vorigen Ausführungen zu entnehmen.

Das Messsystem weist unter anderem eine Empfangseinheit mit Sensorelementen auf. Zudem weist das Messsystem vorteilhafterweise eine Sendeeinheit mit Emitterelementen auf. Ein Steuerelement des Messsystems sorgt nun für eine Ansteuerung der Emitterelemente und der Sensorelemente.

Insbesondere sorgt das Steuerelement dafür, dass die einzelnen Elemente zu den richtigen Zeitpunkten aktiviert und deaktiviert werden, sodass der Messvorgang synchron abläuft. Insbesondere bei einer Vielzahl an Messzyklen innerhalb eines Messvorgangs ist dies von großer Bedeutung. Ein solches Steuerelement ist beispielsweise durch einen Timing Generator ausgebildet, der eine ausreichende genaue Zeitmessung bereitstellt und die Zeitpunkte zum Schalten der Elemente genau vorgibt. Dadurch bleibt der Messvorgang auch über eine Vielzahl von Messzyklen synchron, sodass optimale Messergebnisse erzielt werden. Dies ist insbesondere bei der Verwendung des TCSPC Verfahrens von Vorteil.

Das Steuerelement kann hierbei die Schaltzeiten von Emitterelement und Sensorelementen vorgeben. Alternativ kann das Steuerelement auch die Schaltzeiten für Auslesezellen vorgeben sowie auch für weitere Elemente des Messsystems. Insbesondere wird durch das Steuerelement eine Referenzzeit für das Histogramm bereitgestellt.

Die Verfahren werden im Weiteren beispielhaft anhand mehrerer Figuren erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 schematische Darstellung eines LIDAR-Messsystems;
- Fig. 2a, 2b schematische Darstellung eines Ausschnitts einer LIDAR-Empfangseinheit mit Sensorelementen;
- Fig. 3 eine weitere Variante einer LIDAR-Empfangseinheit in einer anderen Konfiguration;
- Fig. 4 Ablaufplan eines Messzyklus.

In der Fig. 1 ist eine schematische Darstellung eines LIDAR Messsystems 10 gezeigt. Das LIDAR Messsystem 10 weist eine Sendeeinheit 12 und eine Sendeoptik 14 sowie eine Empfangseinheit 16 und eine Empfangsoptik 18 auf. Die Sendeeinheit 12 und die Empfangseinheit 16 sind in der Focal Plane Array Konfiguration ausgeführt. Dies bedeutet, dass die Emitterelemente 20 der Sendeeinheit 12 sowie die Sensorelemente 22 der Empfangseinheit 16 auf einer ebenen Fläche ausgebildet sind. Diese ebene Fläche kann beispielsweise durch einen Chip ausgebildet sein. Des Weiteren sind die Einheiten 12 und 16 in einer Brennebene bzw. einem Brennpunkt der Sendeoptik 14 und der Empfangsoptik 16 angeordnet.

Die Emitterelemente 20 sind vorzugsweise als Vertical Cavity Surface Emitting Laser, VCSEL, ausgebildet. Die Sensorelemente 22 sind günstiger Weise durch Single Photon Avalanche Diode, auch SPAD genannt, ausgebildet. Vorteil dieser Konfiguration ist, dass keine beweglichen Teile benötigt werden.

Die Sendeeinheit 12 und die Empfangseinheit 16 weisen mehrere Emitterelemente 20 bzw. mehrere Sensorelemente 22 auf, die durch die Optiken 14 und 18 einen je-

weiligen Raumwinkel zugeordnet sind. Die Sendeeinheit und die Empfangseinheit 22 weisen jeweils einander zugewiesene Emittierelemente 20 und Sensorelemente 22 auf. In der Figur 1 sind beispielhaft und auch überdeutlich jeweils zwei Emittierelemente 20 und zwei Sensorelemente 22 dargestellt. In der beispielhaften Darstellung weist die Sendeeinheit 12 nur zwei Emittierelemente 20a und 20b sowie die Empfangseinheit 16 nur zwei Sensorelemente 22a und 22b auf. Die Anzahl der Sensorelemente 22 und der Emittierelemente 20 ist in einem Messsystem 10 normalerweise wesentlich größer. Anhand der Fig. 1 soll im Wesentlichen der Parallaxeeffekt erläutert werden.

Bei einem Messzyklus emittiert ein Emittierelement 22 Laserlicht, vorzugsweise in Form eines Laserpulses, der über eine Senderoptik 14 in einen ersten Raumwinkel 24 abgestrahlt wird. Der Laserpuls wird dann an einem etwaigen Objekt reflektiert und über die Empfangsoptik 18 auf die Empfangseinheit 16 projiziert. Ein Sensorelement 22 betrachtet über die Optik ebenfalls einen jeweiligen Raumwinkel 26.

Hierbei sind beispielhaft übertriebene Winkel und Abschnittsverhältnisse dargestellt. Der erste Raumwinkel 24a, in den das Emittierelement 20a sein Laserlicht emittiert, weist eine Divergenz von 10 Grad auf und ist um etwa 20 Grad nach oben geneigt. Der erste Raumwinkel 24b, in den das Emittierelement 20b sein Laserlicht emittiert, weist keine Neigung auf, aber ebenso eine Divergenz von 10 Grad. Entsprechendes gilt auch für die beiden Sensorelemente 22a und 22b, die über die Empfangsoptik 18 mit dem Sensorelement 22a einen zweiten Raumwinkel 26a, der rund 20 Grad nach oben bei einer Divergenz von 10 Grad aufweist, betrachtet und das Sensorelement 22b den Raumwinkel 26b bei einer Neigung von 0 Grad und einer Divergenz von 10 Grad aufweist.

Aufgrund der übertriebenen Darstellung der Fig. 1 ist sofort erkennbar, dass nicht immer eine Überlappung zwischen den Raumwinkeln 24 und 26 vorliegt. Dennoch ist das Emittierelement 20a dem Sensorelement 22a und das Emittierelement 20b dem Sensorelement 22b zugewiesen. Diese Raumwinkel kommen bei großen Abständen im Wesentlichen zur vollständigen Überlappung. Im Nahbereich, der in der Fig. 1 dargestellt ist, ist lediglich eine geringe Überlappung gezeigt und diese auch erst in

einem Bereich IV. In diesem Nahbereich gibt es verschiedene Überlappungsbereiche zwischen den unterschiedlichen Raumwinkeln. Dabei gibt es in einem ersten Bereich I keine Überlappung der Raumwinkel. In dem Bereich II tritt erstmalig eine Überlappung zwischen dem ersten Raumwinkel 24b und dem zweiten Raumwinkel 26a auf. Sofern sich ein Objekt in diesem Abstand zu dem LIDAR-Messsystem 10 aufhält, kann ein reflektierender Laserpuls von der Empfangseinheit detektiert werden.

Selbiges gilt auch für den Bereich III, in dem immer noch eine Überlappung der beiden Raumwinkel gegeben ist. Die Überlappung steigt in dem Bereich II an und nimmt in dem Bereich III wieder ab, wobei diese an der Stelle 2 maximal ist und hin zur Stelle 3 wieder abnimmt. Eine Überlappung der Raumwinkel 24b und 26b beginnt ab der Stelle 3 in dem Bereich IV und steigt bis auf eine maximale Überlappung in großer Distanz an. Die beste Detektion eines Objekts wird in diesem übertriebenen Ausführungsbeispiel zur Stelle 2 hin sowie zum Ende des Bereichs IV, also bei großem Abstand, erreicht. Man erkennt zudem, dass das auf der Empfangseinheit 16 eintreffende Laserlicht, welches an einem Objekt reflektiert wird, sich bei annäherndem Objekt eine Bewegung entlang der Sensorelemente 22 vollzieht. Das auf die Empfangseinheit 16 projizierte Licht bewegt sich bei sich annäherndem Objekt immer zu der Sendereinheit 12 hin. In diesem Fall von dem Sensorelement 22b zu dem Sensorelement 22a hin. In diesem Sinne wird das weit entfernte Objekt A durch das Sensorelement 22b detektiert, wohingegen das Objekt B im Nahfeld von dem Sensorelement 22a detektiert wird.

An der Empfangseinheit 16 sind bei einer konkreten Ausführung eines solchen Messsystems 10 wesentlich mehr Sensorelemente 22 angeordnet, sodass eine Lückenfreie Detektion über alle Bereiche erfolgen kann.

Ein emittierter und reflektierter Laserpuls wird demnach von einem Sensorelement 22 detektiert, welches von einem Ausleseelement 28 ausgelesen und die daraus ermittelten Messdaten von einer Auswerteeinheit 30 ausgewertet werden. Dabei wird das Time of Flight Prinzip angewendet. Zumeist speichert die Ausleseeinheit 28 die Messdaten in einem Speicherelement zwischen, von dem die Auswerteeinheit 30 die

Messdaten erhält. Die ausgewerteten Daten können dann an weitere Komponenten des Fahrzeugs weitergeleitet werden.

In der Fig. 2a sind eine Sendeeinheit 12 sowie eine Empfangseinheit 16 dargestellt. Diese sind beispielhaft übereinander angeordnet, können allerdings auch nebeneinander angeordnet sein. Die Darstellung zeigt lediglich einen kleinen Ausschnitt der Sendeeinheit 12 und der Empfangseinheit 16 sowie derer Emitterelemente und Sensorelemente. Die Sendeeinheit 12 weist die Emitterelemente 20a und 20b auf, sowie die Empfangseinheit 16 die Sensorelemente 22a und 22b. Die Sensorelemente 22 sind in Makrozellen 32 angeordnet, hierbei durch die Einrahmung in Form von Kästen verdeutlicht. Die logische Aufteilung für die Auswerteeinheit 30 entspricht hierbei beispielhaft auch der hardwareseitigen Aufteilung in Makrozellen 32.

Die Empfangseinheit 14 weist mehr Sensorelemente 22 auf als die Sendeeinheit 12 Emitterelemente 20. Dies ist einerseits dem Parallaxeeffekt und andererseits dem Abbildungsverhalten der Emitterelemente 20 auf die Empfangseinheit 16 geschuldet. Insbesondere ist die von einem Emitterelement 20 beleuchtete Fläche größer als die Fläche eines Sensorelements 22. Eine Makrozelle 32 ist dabei durch die Sensorelemente 22 definiert, die in dem potentiellen Abbildungsbereich des Emitterelements angeordnet sind. Der Abbildungsbereich des Emitterelements 20 auf der Empfangseinheit 16 ist größer als die Oberfläche des Emitterelements 20 selbst. Dies ist begründet durch die bereits erläuterten Effekte.

In diesem Fall weist jede Makrozelle 32 seine eigenen Sensorelemente 22a und 22b auf. Die Makrozelle 32a weist die Sensorelemente 22a und die Makrozelle 32b die Sensorelemente 22b auf. Es kann allerdings auch sein, dass Sensorelemente mehreren Makrozellen zugeordnet sind. Dies bedeutet, dass sich Makrozellen überlappen können. Beispielhaft ist ein Kreis 34 eingezeichnet welcher einen theoretischen Abbildungspunkt eines Emitterelements 20a und 20b auf die zugehörige Makrozelle 32a und 32b bei, einer Reflektion an einem Objekt in großer Distanz darstellt. Zudem ist beispielhaft ein strichlinierter Kreis 36 dargestellt, der ein Abbildungsverhalten im Nahbereich verdeutlicht. Wie bereits erwähnt, wandert das eintreffende Laserlicht an der Empfangseinheit 14 vom Fernfeld ausgehend von der theoretischen Fernfeldpo-

sition hin zu dem Sendeelement 12, da die Sendeeinheit 12 oberhalb der Empfangseinheit angeordnet ist also nach oben.

Die Sensorelemente in der Fig. 2a sind teilweise schwarz ausgefüllte, also aktiv, oder als schraffierte, und somit inaktiv, Sensorelemente 22 dargestellt. Jedes der Sensorelemente 22 ist einzeln aktivierbar und deaktivierbar. Bei einer SPAD kann dies durch anheben oder absenken einer Vorspannung erreicht werden. Durch die Möglichkeit des individuellen Aktivierens und Deaktivierens können immer genau die Sensorelemente aktiviert werden, bei denen voraussichtlich ein Laserlicht auftrifft. Dies ermöglicht beispielsweise den Ausgleich von Abbildungsfehlern der Optiken.

Die relevanten Makrozellen 32 werden mit Beginn eines Messzyklus aktiviert. Zu Beginn des Messzyklus ist beispielhaft eine Teilanzahl der Sensorelemente aktiviert. Gegebenenfalls können auch alle Sensorelemente der aktiven Makrozelle 32 aktiv sein. Eine Makrozelle 32 ist insbesondere dann aktiv, wenn zumindest ein zugehöriges Sensorelement aktiv ist und die Messdaten von einem Ausleseelement 28 ausgelesen werden können. Das Ausleseelement 28 ist in der Fig. 2a und 2b dargestellt und dabei mit allen Sensorelementen 22 der jeweiligen Makrozelle 32 verbunden.

Zur Verbesserung der Nah- und Fernfelddetektion werden die Sensorelemente 22 zu unterschiedlichen Zeitpunkten des Messzyklus aktiviert und / oder deaktiviert, in diesem Fall Zweiteres. Die Sensorelemente 22 einer Makrozelle 32 lassen sich somit in erste Sensorelemente 22x und in zweite Sensorelemente 22y aufteilen. Gegebenenfalls können auch noch dritte oder auch weitere Sensorelemente ausgebildet sein.

Zu einem ersten Zeitpunkt innerhalb eines Messzyklus, vorzugsweise zu Beginn des Messzyklus oder kurz danach, werden die ersten Sensorelemente 22x und die zweiten Sensorelemente 22y der Makrozellen 32 aktiviert. In der Fig. 2a ist dies durch die Füllung kenntlich gemacht. Die aktiven Sensorelemente 22 sind vollständig ausgefüllt. Eben diese aktiven Sensorelemente 22 erfahren die beste Ausleuchtung durch reflektierte das Laserlicht. Die weiteren lediglich teilweise beleuchteten Sensorelemente sind deaktiviert, und daher schraffiert dargestellt. Dadurch lässt sich ein optimales Signal zu Rauschverhältnis erreichen, da lediglich beleuchtete Sensorelemen-

te sinnvolle Messwerte ermittelt können. Nicht beleuchtete oder schlecht beleuchtete Sensorelemente 22 detektieren vorwiegend eine Umgebungsstrahlung, also einen Rauschgrund, der das Signal zu Rausch Verhältnis verschlechtert.

Durch die Aktivierung der ersten und zweiten Sensorelemente 22x und 22y können Objekte in einem Nahbereich detektiert werden. Durch die Nähe des Objekts zum LIDAR-Messsystem 10 ist zudem noch eine hohe Intensität vorhanden, die eine etwaige Erhöhung des Rauschgrundes durch die Verwendung von mehreren Sensorelementen problemlos ausgleichen kann. Mit ansteigender Laufzeit des Messzyklus endet der erste Zeitabschnitt, woraufhin zu dem zweiten Zeitpunkt ein zweiter Zeitabschnitt beginnt.

Zu dem zweiten Zeitpunkt während des Messzyklus bleiben die ersten Sensorelemente 22x aktiv, wohingegen die zweiten Sensorelemente 22y deaktiviert werden. Dies kann beispielsweise nach einer Zeit von etwa 200 Nanosekunden geschehen. Dies entspricht in etwa 30 Meter Abstand eines Objekts, wobei ab dieser Distanz bereits von einer ausreichenden Fernüberlappung der Raumwinkel 24 und 26 ausgegangen werden kann. Mit anderen Worten bewegt sich der eintreffende Laserpuls mit steigendem Abstand des Objekts von dem strichlinierten Kreis 36 hin zu dem Kreis 34.

Durch die Deaktivierung der zweiten Sensorelemente 22y, die nun nicht mehr beleuchtet werden, kann das Hintergrundrauschen wesentlich verringert werden. Dies gleicht zudem eine geringere Intensität des rückgestreuten Laserlichts aus.

Innerhalb des ersten Zeitabschnitts tragen die Sensorelemente 22x und die Sensorelemente 22y zur Messung bei, wobei in dem zweiten Zeitabschnitt lediglich die Sensorelemente 22x zur Messung beitragen. Dementsprechend bilden innerhalb des ersten Zeitabschnitts die Sensorelemente 22x und 22y den aktiven Bereich aus. Während des zweiten Zeitabschnitts umfasst der aktive Bereich sodann nur noch durch die Sensorelemente 22x. Sofern noch weitere, beispielsweise dritte oder vierte, Sensorelemente 22 verwendet werden, ist eine entsprechende größere Anzahl von

Zeitpunkten notwendig, an denen die Sensorelemente sukzessive deaktiviert werden.

Die Sensorelemente 22, die weder Sensorelemente 22x oder 22y sind, sind beispielsweise aufgrund einer Kalibrierung deaktiviert. Diese Kalibrierung ermittelt beispielsweise statische Abbildungsfehler, beispielsweise aufgrund von Toleranzen oder Ungenauigkeiten der verwendeten Optiken. Derartige Sensorelemente können während des gesamten Messzyklus inaktiv bleiben.

In der Fig. 1 ist zudem noch ein Steuerelement 29 eingezeichnet. Diese Steuereinheit koordiniert den zeitlich korrekten Ablauf der Messzyklen und auch des Messvorgangs. Diese aktiviert und deaktiviert die Emitterelemente 20 sowie die Sensorelemente 22 zu den korrekten Zeitpunkten. Insbesondere wird so ein Steuerelement 29 auch Timing Generator genannt.

In der Fig. 4 ist ein entsprechender Ablauf eines derartigen Messzyklus gezeigt. Dieser ist entlang einer Zeitachse 38 aufgetragen. Der Messzyklus startet mit Schritt 40. Zeitgleich oder auch zeitlich kurz versetzt zum Start des Messzyklus werden die ersten und die zweiten Sensorelemente in Schritt 42 zum ersten Zeitpunkt aktiviert. Nach Ablauf des ersten Zeitabschnitts 38a werden die zweiten Sensorelemente in Schritt 44 zum zweiten Zeitpunkt deaktiviert. Mit Ablauf des zweiten Zeitabschnitts 38b endet der Messzyklus 48 mit dem Deaktivieren der verbleibenden ersten Sensorelemente in Schritt 46. Letztlich werden in dem Schritt 46 alle Sensorelemente deaktiviert. Die Deaktivierung der zweiten Sensorelemente 22y aus Schritt 44 ist in der Fig. 2b dargestellt. Man erkennt, dass lediglich die ersten Sensorelemente 22x aktiv bleiben und die Sensorelemente 22y deaktiviert werden.

Ein solcher Messzyklus kann bei einem Messvorgang beispielsweise ein einziges Mal durchgeführt werden. Bei einem Messvorgang gemäß dem TCSPC Verfahren wird ein solcher Messzyklus vielfach wiederholt.

Eine weitere Variante ist in der Fig. 3 gezeigt. Die Konfiguration des LIDAR Messsystems 10 stimmt im Wesentlichen mit der Konfiguration des LIDAR-Messsystems 10

der vorigen Ausführungsvariante überein. Die obigen Ausführungen gelten entsprechend sinngemäß. Die Unterschiede werden erläutert.

Die Makrozellen 32 werden in Auslesezellen 50 eingeteilt. Dabei weist eine Makro- zelle 32 zumindest eine erste Auslesezele 50a und eine Auslesezele 50b auf. Jede Auslesezele 50 weist jeweils ein eigenes Ausleseelement 28 auf, welches mit den Sensorelementen 23 der Auslesezele 50 verbunden ist. Entsprechend sind die ers- ten Sensorelemente 23a der ersten Auslesezele 50a mit dem ersten Ausleseelement 28a verbunden, die zweiten Sensorelemente 23b der zweiten Auslesezele 50b mit dem zweiten Ausleseelement 28b.

In diesem Ausführungsbeispiel ist pro Auslesezele 50 jeweils ein Ausleseelement 28 ausgebildet. Es können gemäß anderer Ausführungsvarianten jedoch auch noch wei- tere Ausleseelemente 28a und 28b in den jeweiligen Auslesezellen 50 ausgebildet sein.

Grundsätzlich gilt, dass ein Ausleseelement 28 einer ersten Auslesezele 50a auch mit weiteren ersten Sensorelementen 23a von anderen ersten Auslesezellen 50a verbunden sein kann. Entsprechendes gilt auch für die zweiten Sensorelemente 23b der zweiten Auslesezellen 50b.

Der zeitliche Ablauf des Verfahrens entspricht im Wesentlichen dem der Fig. 2a, 2b und 4 sowie den zugehörigen Erläuterungen. Es werden allerdings nicht die Senso- relemente 23 als solche aktiviert und deaktiviert, sondern die Auslesezellen 50a und 50b. Dementsprechend sind in dem ersten Zeitabschnitt die Auslesezellen 50a und 50b aktiv, wohingegen in dem zweiten Zeitabschnitt die Auslesezellen 50b deaktiviert werden.

Allerdings werden hierbei nicht zwangsweise die Sensorelemente aktiviert und deak- tiviert. Es können auch die Auslesezellen aktiviert oder deaktiviert werden. Dies kann beispielsweise durch aktivieren bzw. deaktivieren Ausleseelemente selbst oder durch die Vorgabe von Zeitfenstern, innerhalb derer die Ausleseelemente den Speicher beschreiben dürfen. Dadurch liest ein entsprechendes Ausleseelement lediglich in-

nerhalb des ersten und / oder des zweiten Zeitabschnitts die Messdaten der Sensorelemente aus und speichert diese in das Speicherelement.

Die Auswerteeinheit 30 berechnet nach Abschluss eines Messvorgangs die Entfernung des Objekts unter Verwendung der ersten und zweiten Sensorelemente für das Nahfeld und für das Fernfeld lediglich unter Verwendung der Messwerte der ersten Sensorelemente 23a der ersten Auslesezeile 50a. Auch hierdurch lässt sich ebenfalls ein verbessertes Signal zu Rauschverhältnisse bereitstellen.

Die Fig. 4 lässt sich im Wesentlichen identisch übertragen. Es ist lediglich in den Schritten 42, 44 und 46 anstelle der Aktivierung oder Deaktivierung des Sensorelements die Aktivierung oder Deaktivierung der Auslesezeile zu ersetzen.

Bezugszeichen

1	Stelle
2	Stelle
3	Stelle
10	LIDAR Messsystem
12	Sendeeinheit
14	Sendeoptik
16	Empfangseinheit
18	Empfangsoptik
20,a,b	Emittierelement, VCEL
22,a,b	Sensorelement, SPAD
23,a,b	Sensorelement, SPAD
22x	erste Sensorelemente
22y	zweite Sensorelemente
24	erster Raumwinkel
26	zweiter Raumwinkel
28	Ausleseelement
28a	erstes Ausleseelement
28b	zweites Ausleseelement
29	Steuerelement
30	Auswerteeinheit
32	Makrozelle
32a	erste Makrozelle
32b	zweite Makrozelle
34	Kreis
36	strichlinierter Kreis
38	Zeitachse
38a	erster Zeitabschnitt
38b	zweiter Zeitabschnitt
40	Schritt, Start Messzyklus
42	Schritt, Aktivieren der ersten und zweiten Sensorelemente

- 44 Schritt, Deaktivieren der zweiten Sensorelemente
- 46 Schritt, Deaktivieren der ersten Sensorelemente
- 48 Schritt, Ende Messzyklus
- 50 Auslesezone
- 50a erste Auslesezone
- 50b zweite Auslesezone
- I erster Bereich
- II zweiter Bereich
- III dritter Bereich
- IV vierter Bereich
- A Objekt
- B Objekt

Patentansprüche

1. Verfahren zur verbesserten Nah- und Ferndetektion einer LIDAR Empfangseinheit (16),
 - wobei die Empfangseinheit (16) mehrere Sensorelemente (22) aufweist,
 - wobei die Sensorelemente (22), direkt oder indirekt, aktiviert und deaktiviert werden können,
 - wobei zu einem ersten Zeitpunkt innerhalb eines Messzyklus zumindest eine Teilanzahl der Sensorelemente (22) aktiviert wird,
 - wobei zu einem zweiten Zeitpunkt innerhalb des Messzyklus, der nach dem ersten Zeitpunkt liegt, eines oder mehrere Sensorelemente aktiviert werden und / oder eines oder mehrere Sensorelemente deaktiviert werden

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der zeitliche Abstand zwischen dem ersten Zeitpunkt und dem zweiten Zeitpunkt zwischen 50 bis 500 Nanosekunden lang ist, insbesondere 200 Nanosekunden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein potentiell eintreffendes Laserlicht über die Dauer des Messzyklus eine Verschiebung an der Empfangseinheit (16) durchführt, wobei die Sensorelemente (22) einen aktiven Bereich bilden und derart aktiviert und / oder deaktiviert werden, dass der aktive Bereich dieser Verschiebung folgt.

4. Verfahren zur verbesserten Nah- und Ferndetektion an einer LIDAR Empfangseinheit (10),
 - wobei die Empfangseinheit (16) mehrere Sensorelemente (22) aufweist,
 - wobei eine Makrozelle (32) zumindest eine erste Auslesezone (50a) und eine zweite Auslesezone (50b) aufweist,
 - wobei die erste Auslesezone (50a) zumindest ein erstes Sensorelement (22a) aufweist, welches mit einem ersten Ausleseelement (28a) verbunden ist und

- wobei die zweite Auslesezeile (50b) zumindest ein zweites Sensorelement (22b) aufweist, welches mit einem zweiten Ausleseelement (28b) verbunden ist, wobei
 - wobei zu einem ersten Zeitpunkt innerhalb eines Messzyklus an der aktiven Makrozelle (32) zumindest eine Teilanzahl der Auslesezeilen aktiviert wird,
 - wobei zu einem zweiten Zeitpunkt innerhalb des Messzyklus, der nach dem ersten Zeitpunkt liegt, eine Auslesezeile aktiviert wird und / oder eine Auslesezeile deaktiviert wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass zeitliche Abstand zwischen dem ersten Zeitpunkt und dem zweiten Zeitpunkt zwischen 50 bis 500 Nanosekunden lang ist, insbesondere 200 Nanosekunden.
 6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein potentiell eintreffendes Laserlicht über die Dauer des Messzyklus eine Verschiebung an der Empfangseinheit (16) durchführt, wobei die Auslesezeilen (50) einen aktiven Bereich bilden und derart aktiviert und / oder deaktiviert werden, dass der aktive Bereich dieser Verschiebung folgt.
 7. LIDAR Messsystem (10), das ein Verfahren gemäß den Ansprüchen 1 bis 6 verwendet.
 8. LIDAR Messsystem (10), umfassend eine LIDAR Sendeeinheit (12) mit Emitterelementen (20) und eine LIDAR Empfangseinheit (14) mit Sensorelementen (22), sowie ein Steuerelement (29) zur Steuerung der zeitlich korrekten Aktivierung und Deaktivierung von Sensorelementen (22) oder Auslesezeilen (50) bei einem Messvorgang.

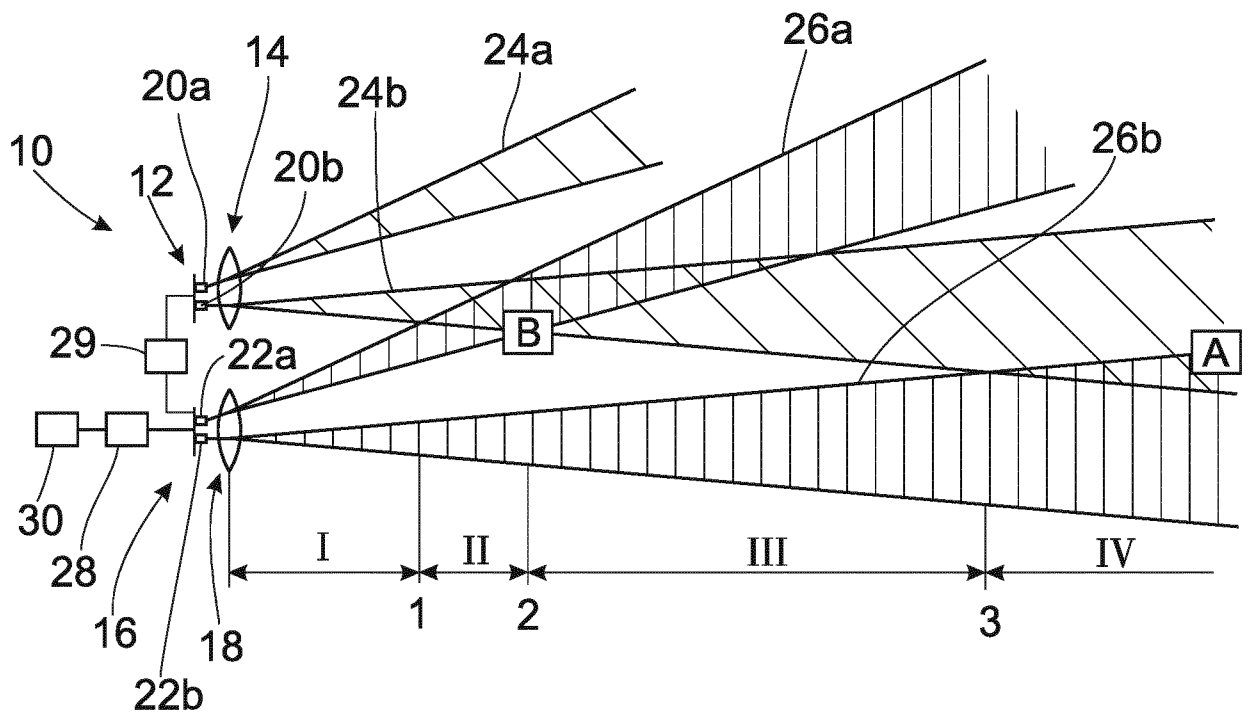


Fig. 1

2/4

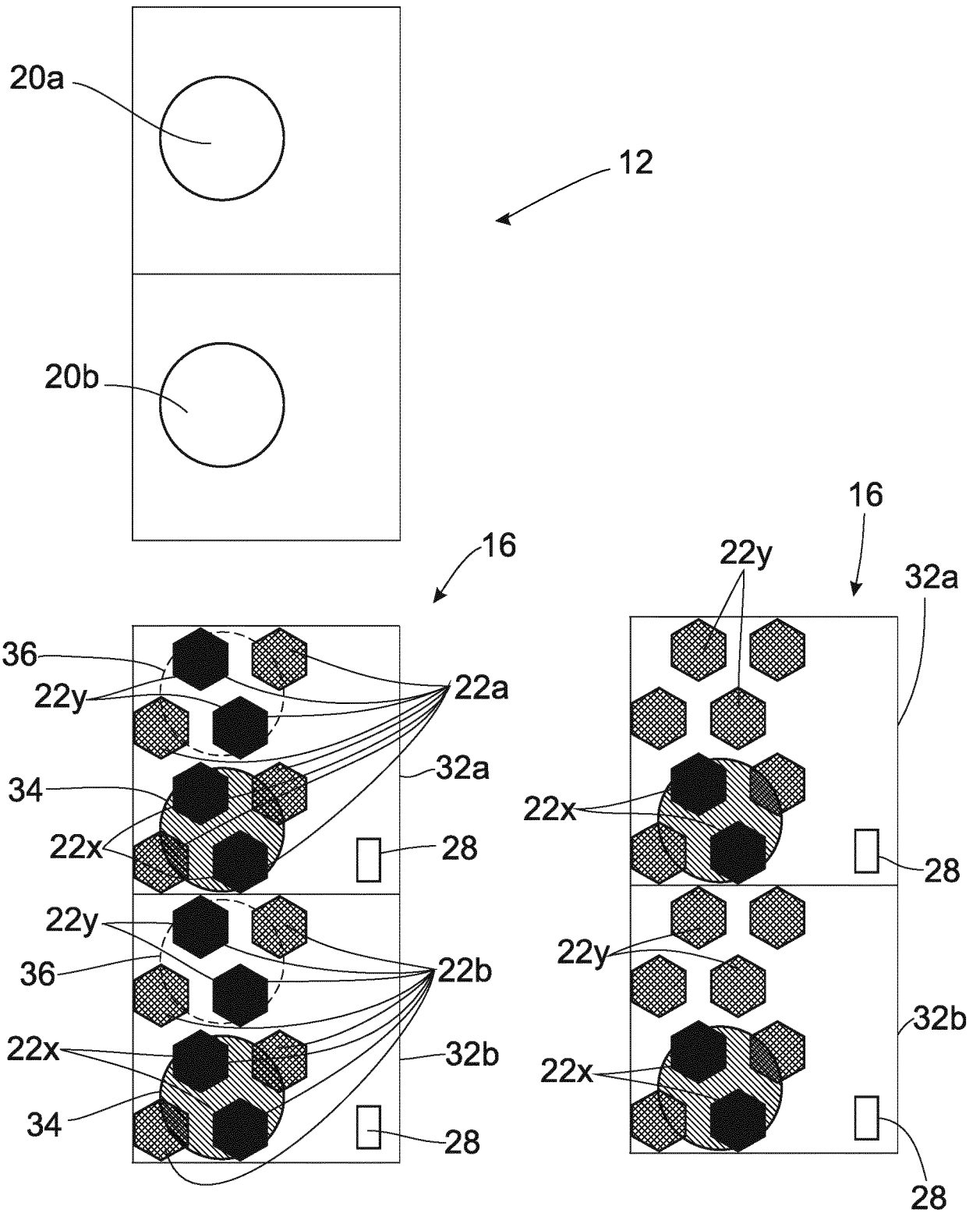


Fig. 2a

Fig. 2b

3/4

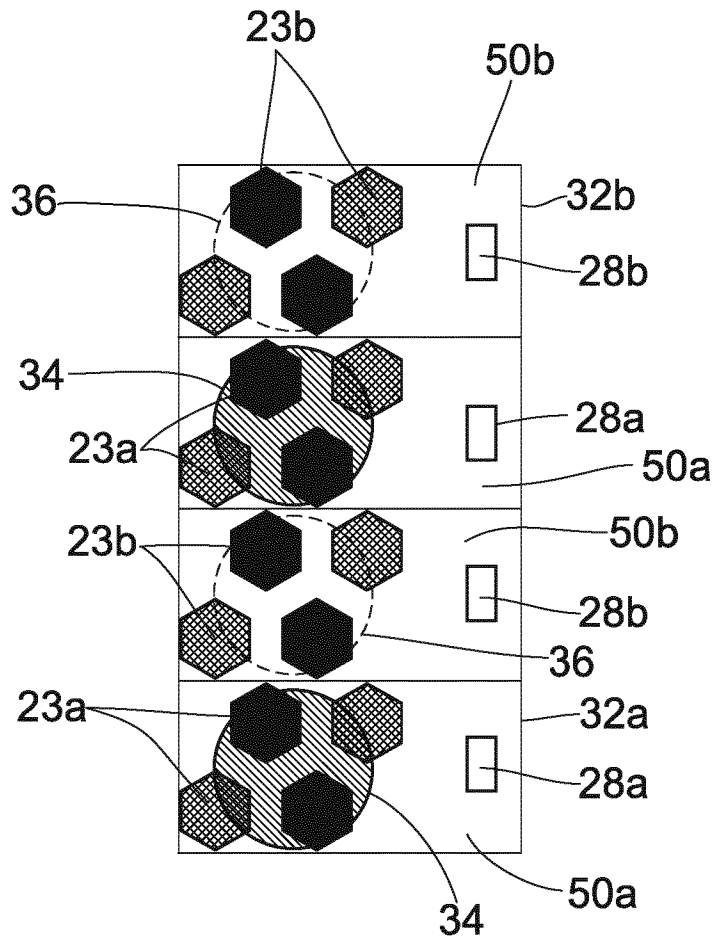


Fig. 3

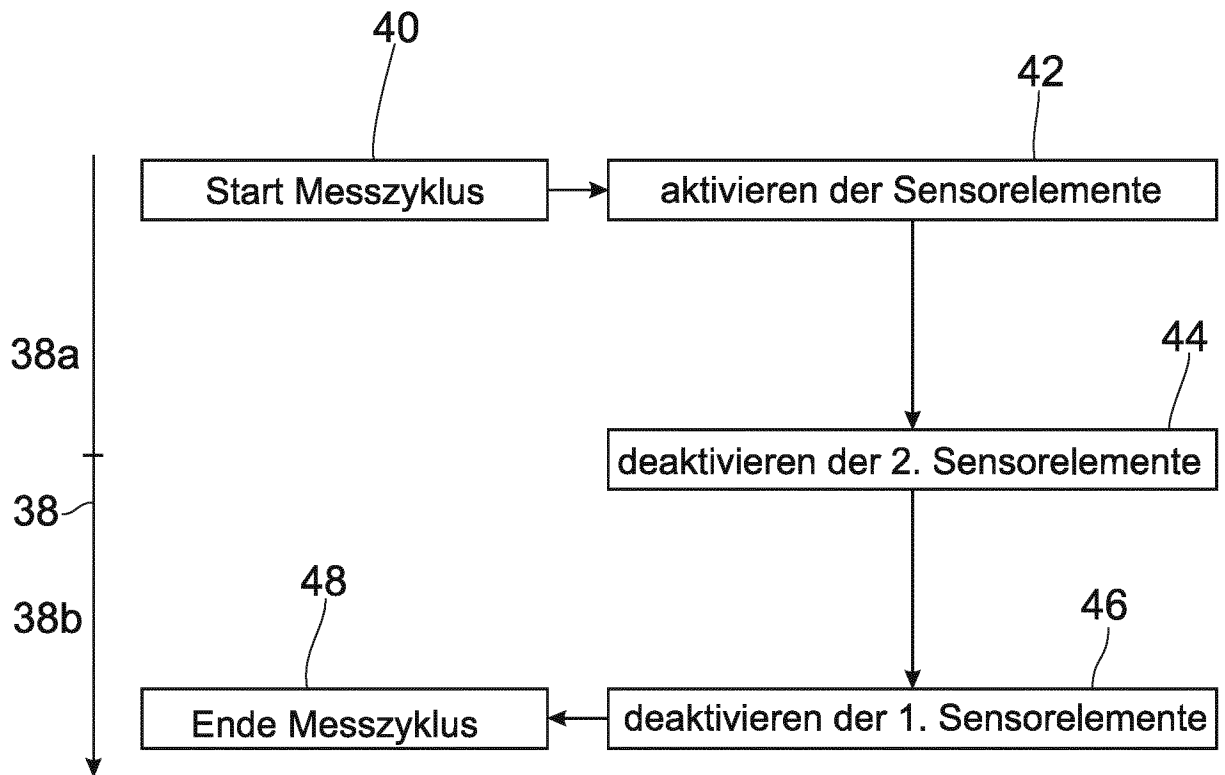


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/081592

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>G01S 17/89</i> (2006.01)i; <i>G01S 7/483</i> (2006.01)i 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 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, INSPEC, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2010051836 A1 (KIM SEONG JIN [KR]) 04 March 2010 (2010-03-04) paragraphs [0041] - [0145], [0094], [0095], [0102]; figures 1,11	1-8
A	US 2012242972 A1 (WEE JAY YOUNG [US]) 27 September 2012 (2012-09-27) paragraphs [0025] - [0026], [0047] - [0049]; figures 8,11,12	1-8
<input 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 18 February 2019		Date of mailing of the international search report 26 February 2019
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 Metz, Carsten Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2018/081592

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2010051836	A1	04 March 2010	EP	2327223	A2	01 June 2011
				JP	5757871	B2	05 August 2015
				JP	2012501435	A	19 January 2012
				KR	20100025228	A	09 March 2010
				US	2010051836	A1	04 March 2010
				WO	2010024516	A2	04 March 2010
US	2012242972	A1	27 September 2012	CA	2772402	A1	25 September 2012
				EP	2503357	A1	26 September 2012
				JP	5238868	B2	17 July 2013
				JP	2012202990	A	22 October 2012
				KR	101071362	B1	07 October 2011
				US	2012242972	A1	27 September 2012

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/081592

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01S17/89 G01S7/483 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01S		
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, INSPEC, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2010/051836 A1 (KIM SEONG JIN [KR]) 4. März 2010 (2010-03-04) Absätze [0041] - [0145], [0094], [0095], [0102]; Abbildungen 1,11 -----	1-8
A	US 2012/242972 A1 (WEE JAY YOUNG [US]) 27. September 2012 (2012-09-27) Absätze [0025] - [0026], [0047] - [0049]; Abbildungen 8,11,12 -----	1-8
<input 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		"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
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist		"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"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)		"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
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht		"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 18. Februar 2019		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 26/02/2019
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 Metz, Carsten

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/081592

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2010051836 A1	04-03-2010	EP 2327223 A2	01-06-2011
		JP 5757871 B2	05-08-2015
		JP 2012501435 A	19-01-2012
		KR 20100025228 A	09-03-2010
		US 2010051836 A1	04-03-2010
		WO 2010024516 A2	04-03-2010

US 2012242972 A1	27-09-2012	CA 2772402 A1	25-09-2012
		EP 2503357 A1	26-09-2012
		JP 5238868 B2	17-07-2013
		JP 2012202990 A	22-10-2012
		KR 101071362 B1	07-10-2011
		US 2012242972 A1	27-09-2012
