

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).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- mit geänderten Ansprüchen gemäss Artikel 19 Absatz 1

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Anordnung bzw. ein Verfahren zur Ermittlung einer Entfernung zu wenigstens einem Objekt vorgeschlagen, wobei die Lichtsignale durch eine erste Gruppe von Lichtempfangselementen in erste elektrische Signale gewandelt werden. Die Lichtsignale werden weiterhin durch eine zweite Gruppe von Lichtempfangselementen in zweite elektrische Signale gewandelt. Anhand der ersten elektrischen Signale wird mittels einer zeitkorrelierten Photonenzählung in Abhängigkeit von einem Startsignal für die Emission der Lichtsignale die Entfernung ermittelt. Weiterhin wird anhand der zweiten elektrischen Signale die Entfernung mittels einer weiteren Signalverarbeitung, die verschieden von der zeitkorrelierten Photonenzählung ist, bestimmt. Die zweite Gruppe hat eine geringere Empfindlichkeit für die Wandlung der Photonen in elektrischen Strom als die erste Gruppe.

Anordnung und Verfahren zur Ermittlung einer Entfernung
wenigstens eines Objekts mit Lichtsignalen

Anordnung und Verfahren zur Ermittlung einer Entfernung wenigstens eines Objekts mit Lichtsignalen

Die Erfindung geht aus von einer Anordnung bzw. einem Verfahren zur Ermittlung einer Entfernung von wenigstens einem Objekt mit Lichtsignalen nach der Gattung der unabhängigen Patentansprüche.

Aus US 2004/0233942 A1 sind ein System und ein Verfahren zur Messung der Phase eines modulierten optischen Signales bekannt. Dabei werden zum Empfang sogenannte Single-Photon-Detektoren SPDs verwendet. Weiterhin wird angegeben, dass diese Art von Detektoren, zu denen die SPADs (single photon avalanche diodes) gehören, eine sogenannte Totzeit aufweisen.

Die erfindungsgemäße Anordnung bzw. erfindungsgemäße Verfahren zur Ermittlung einer Entfernung wenigstens eines Objekts mit Lichtsignalen mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche haben demgegenüber den Vorteil, dass durch die Verwendung von unterschiedlichen Gruppen von Lichtempfangselementen, wobei die erste Gruppe eine höhere Empfindlichkeit für die Wandlung der Lichtsignale in elektrische Signale aufweist als die zweite Gruppe der Lichtempfangselemente, der Nahbereich besonders gut erfasst werden kann. Die Überwachung des Nahbereichs ist aus verschiedenen Gründen besonders wichtig: Die Übertragungsfunktion der Frontplatte soll für die Selbstdiagnose des LiDAR-Sensors überwacht werden. Objekte vor dem LiDAR-System müssen detektierbar mit einer Entfernung von wenigen Zentimetern sein, d. h. Objekte, die sich annähern, sollen in diesem Nahbereich nicht verschwinden. Sicherheitsvorschriften für Laser können es erfordern, dass die emittierte Lichtleistung reduziert wird, wenn eine Person oder ein Objekt sich sehr nah sich zum LiDAR-Sensor befindet.

Problematisch ist auch, dass ein reflektierter Lichtimpuls an einer gemeinsamen Frontscheibe vor der Sende- und Empfangseinrichtung die Lichtempfangselemente,

die bspw. als SPAD-Zellen ausgebildet sind, auslösen kann. Nach einer solchen Auslösung haben die SPAD-Zellen eine sogenannte Totzeit. Diese kann ca. 10 bis 20 Nanosekunden betragen, nach der wieder eine erneute Detektion von Lichtsignalen möglich ist. Auch ist während des Versendens der Lichtsignale, die Impulsbreite ist dann bspw. 5 Nanosekunden, ist keine Messung möglich. Durch eine Frontscheibe kann eine direkte optische Rückkopplung zwischen Sender und Empfänger entstehen. Ist das System auf eine große Reichweite von bspw. 200m ausgelegt, müssen Lichtsignale mit hoher Energie und sehr empfindliche Empfangselemente verwendet werden. Daher reicht eine geringe Rückstreuung der Frontscheibe von bspw. 1% zur vollständigen Blendung des Empfängers. Bei typischen SPAD-Empfangszellen ergibt sich eine Totzeit von 10 bis 20 Nanosekunden, die einem Nahbereich von 1,5 bis 3 Metern entspricht, in dem kein Objekt erkannt werden kann. Neben dem Lidar-System ist die Erfindung auch für verwandte Systeme einsetzbar.

Insbesondere ermöglicht die erfindungsgemäße Anordnung bzw. das erfindungsgemäße Verfahren, dass eine Totzeit, die bspw. die Lichtempfangselemente der ersten Gruppe aufweisen, durch das Vorsehen von geeigneten Lichtempfangselementen für die zweite Gruppe kompensiert werden kann. D. h. die Totzeit spielt dann im Nahbereich keine Rolle mehr. Insgesamt werden demnach eine Anordnung und ein Verfahren zur Ermittlung einer Entfernung wenigstens eines Objekts mit Lichtsignalen vorgeschlagen, die in dem wichtigen Nahbereich keine Blindheit aufweisen.

Bei der Anordnung zur Ermittlung einer Entfernung wenigstens eines Objekts mit Lichtsignalen handelt es sich um eine kompakte Anordnung, die bspw. mit einem Gehäuse umgeben ist, indem sich entweder nur ein Empfangsteil für die Lichtsignale oder auch eine Kombination mit einem Sendeteil für die Lichtsignale befindet. Alternativ ist es möglich, dass auch die Komponenten der Anordnung verteilt und nicht örtlich zusammengefasst sind.

Die Entfernung zwischen dem Objekt und der Anordnung ist die Verbindung durch eine Strecke zwischen diesen beiden Dingen. Bei dem Objekt handelt es sich um eine räumliche Form, die Lichtsignale reflektiert. Es kann sich bspw. um ein Fahrzeug, einen Fußgänger, ein Fahrrad, einen Stein oder andere Gegenstände handeln.

Bei den Lichtsignalen handelt es sich üblicherweise um Lasersignale, es sind jedoch auch andere Lichtsignale möglich, die nicht von einem Laser ausgestrahlt wurden.

Die erste Gruppe von Lichtempfangselementen, die die Lichtsignale in erste elektrische Signale wandeln, sind bspw. sogenannte Single-Photon-Avalanche-Dioden (SPADs). Diese SPADs sind mit einer hohen Sperrspannung versehen, sodass bereits ein Photon ausreicht, um den Lawineneffekt in diesen Dioden auszulösen. Der Lawinendurchbruch muss durch eine aktive oder passive Quench-Schaltung gestoppt werden, um eine Zerstörung des Bauteils zu verhindern. Das Stoppen des Lawinendurchbruchs und die Wiederherstellung der Empfangsbereitschaft einer SPAD Diode benötigt ca. 10 bis 20ns. In dieser Zeit ist keine weitere Detektion möglich.

In LiDAR-Anwendungen kann es sein, dass verschiedene solcher Dioden zu Makrodioden zusammengefasst werden, indem die Ausgangssignale miteinander bspw. verodert werden oder aufsummiert werden. Bspw. verwenden Siliziumphotomultiplier (SiPMs) eine einfache analoge Summation der Ausgangssignale mehrerer SPAD Dioden. Solche Single-Photon-Avalanche-Dioden werden üblicherweise aus Silizium hergestellt. Es sind jedoch auch Verbindungshalbleiter möglich. Der Betriebsmodus solcher Dioden wird auch als Geigermodus bezeichnet.

Bei der zweiten Gruppe handelt es sich bspw. um Photodioden oder Lawinen-Photodioden (engl. Avalanche Photo Diodes = APD), die die Lichtsignale in zweite elektrische Signale wandeln.

Bei der Signalverarbeitung kann es sich um Software-Funktionen und/oder Hardware-Funktionen handeln. Liegen Hardware-Bausteine vor, können diese in einem Hardware-Baustein zusammengefasst sein oder auf verschiedene Hardware-Bausteine aufgeteilt sein.

Die erste Signalverarbeitung bestimmt anhand der ersten elektrischen Signale mittels einer zeitkorrelierten Photonenzählung in Abhängigkeit von einem Startsignal für die Emission der Lichtsignale die Entfernung. Die Objektdetektion kann vorliegend bei-

spielsweise mit dem Messprinzip TCSPC (Time-Correlated Single Photon Counting) vorgenommen werden. Diese in Deutsch als zeitkorrelierte Photonen-zählung bezeichnete Messmethode ist eine Technik zur Messung sich zeitlich schnell ändernder Lichtintensitäten. Dabei wird eine Messung vielfach wiederholt und die einzelnen zeitlich korrelierten Photonen in Bezug zum Anregungsimpuls werden entsprechend ihrer gemessenen Zeit in ein sogenanntes TCSPC-Histogramm einsortiert. Dieses besitzt typischerweise eine zeitliche Kanalauflösung bzw. Klassenbreite von 0,1 bis 1 ns und gibt den zeitlichen Verlauf des von einem Laserpuls zurückgestreuten Lichts wieder. Dadurch gelingt eine sehr genaue Zeitmessung des zurückgestreuten Laserimpulses. Bspw. wird ein Objekt von einer Sendeeinrichtung mit vielen Photonen getroffen, die dann durch die Empfängeranordnung empfangen werden. Durch das häufige Wiederholen dieser Photonenbestimmung ist es möglich, den Lichtimpuls bzgl. seiner Flugzeit und Amplitude genau zu bestimmen. Nachdem die Messung abgeschlossen wurde, werden die Zeiten der lokalen Maximalwerte im Histogramm ermittelt. Die zeitliche Lage der Maximalwerte ermöglicht die Distanzbestimmung zu einem oder mehreren Objekten.

Bei dem Startsignal handelt es sich bspw. um ein Signal eines Pulsgenerators, der einen Lasertreiber antreibt. Damit wird eine Synchronisierung der Signalverarbeitung der empfangenen Lichtsignale mit dem emittierten Lichtsignal erreicht. Dies vereinfacht die Signalverarbeitung. Das Startsignal für die Emission der Lichtsignale wird von einer Senderschaltung ausgegeben. Es wird über eine Schnittstelle in die Signalverarbeitung eingelesen. Mit Emission der Lichtsignale ist das ausgestrahlte Licht von der Senderschaltung gemeint. Alternativ ist es möglich, vom ausgestrahlten Licht einen Teil der Empfängerschaltung zuzuführen. Dort wird dann dieser Teil in ein elektrisches Signal gewandelt.

Die Lichtempfangselemente der ersten Gruppe weisen eine höhere Empfindlichkeit für die Wandlung der Lichtsignale in elektrische Signale auf als die Lichtempfangselemente der zweiten Gruppe. Dabei können bspw. SPADs oder SiPMs für die erste Gruppe und Photodioden oder Lawinen-Photodioden für die zweite Gruppe verwendet werden.

Unter der Empfindlichkeit der Lichtempfangselemente für den Empfang von Lichtsignalen ist zu verstehen, wie der Zusammenhang zwischen eingestrahlttem Licht und dem elektrischen Ausgangssignal aussieht. Bei analogen Photodetektoren wie APDs bedeutet eine niedrige Empfindlichkeit, dass mehr Licht erforderlich ist, um den gleichen Photostrom zu bewirken als bei solchen Lichtempfangselementen mit höherer Empfindlichkeit. Bei SPAD Photodetektoren weisen Photozellen mit niedriger Empfindlichkeit eine niedrigere Wahrscheinlichkeit für die Detektion eines Photons auf als Empfangszellen mit hoher Empfindlichkeit.

Die zweite Signalverarbeitung ist verschieden von der zeitkorrelierten Photonenzählung. Während die ersten elektrischen Signale der bspw. SPAD Dioden direkt digital verarbeitet werden können, handelt es sich bei den zweiten elektrischen Signalen vorzugsweise um analoge Signale, die mit einer sehr hohen Abtastrate digitalisiert werden müssen. Eine konventionelle Analog-Digitalwandlung mit hoher Abtastrate verursacht hohe Kosten und benötigt viel Energie. In der Kombination mit der zeitkorrelierten Photonenzählung ist es insbesondere vorteilhaft, eine kostengünstige sequenzielle Analog-Digitalwandlung zu verwenden.

Entsprechendes gilt für das erfindungsgemäße Verfahren.

Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen und Weiterbildungen sind vorteilhafte Verbesserungen der in den unabhängigen Patentansprüchen angegebenen Anordnung bzw. Verfahrens zur Ermittlung einer Entfernung wenigstens eines Objekts mit Lichtsignalen möglich.

Die zweite Signalverarbeitung bestimmt anhand der zweiten elektrischen Signale mittels einer zeitkorrelierten sequenziellen Abtastung in Abhängigkeit von dem Startsignal die Entfernung zu dem Objekt. Die zeitkorrelierte sequenzielle Abtastung ist ein vielseitig anwendbares Verfahren zur Digitalisierung periodisch wiederkehrender elektrischer Signale. In der vorliegenden Lidar-Anwendung soll eine Abtastrate zwischen 1 GHz und 10 GHz für ein analoges Photodetektorsignal erreicht werden. Dies ist mit bekannten Analog-zu-Digitalwandlern nur mit hohen Kosten und hohem Energieaufwand möglich.

Bei der zeitkorrelierten sequenziellen Abtastung wird die Eigenschaft ausgenutzt, dass periodisch wiederkehrende Signale über mehrere Signalperioden digitalisiert werden können. Dabei wird ein analoges Eingangssignal über mehrere Signalperioden abgetastet, wobei die Parameter für die Abtastung gezielt variiert werden. Die Abtastung erfolgt also sequenziell über mehrere Signalperioden. Anschließend werden die Ergebnisse der Einzelmessungen mit der Periode des Eingangssignals in zeitlichen Bezug gesetzt, also zeitlich korreliert. Daraus ergibt sich dann das abgetastete Signal in höherer zeitlicher Auflösung oder Qualität.

In der konkreten Anwendung wird die Eigenschaft des TCSPC Distanzmessverfahrens ausgenutzt, bei dem ein Laserpuls wiederholt mit einer bekannten Signalperiode ausgesendet wird. Das von einem Objekt zurückgestreute Licht kann einerseits z.B. mit SPAD Photodetektoren ausgewertet werden, wobei die einzelnen Photonenereignisse in einem zeitlich synchronisierten Histogramm eingetragen werden. Parallel dazu angeordnete analoge Empfangselemente können ebenfalls das Lichtsignal empfangen. Da der Lichtpuls vielfach ausgesendet wird, kann die Abtastung sequenziell über mehrere Perioden der Pulsaussendung erfolgen. Da die Periode der Pulsaussendung bekannt ist, ist es einfach die Messwerte der sequenziellen Abtastung in den korrekten zeitlichen Zusammenhang zu bringen.

Dabei ist es vorteilhaft, dass die zeitkorrelierte sequenzielle Abtastung für die zweiten elektrischen Signale die vorzugsweisen analogen Werte mit wenigstens einem Rampensignal vergleicht und ein Ausgangssignal einer ersten und invertiert einer zweiten Zeit-Digital-Wandlung zuführt, wobei die erste und die zweite Zeit-Digital-Wandlung durch das Startsignal gestartet werden und ausgangsseitig mit einem Histogramm verbunden sind. Das Histogramm wird mit den zweiten Histogrammwerten befüllt. Bei dem Rampensignal handelt es sich um ein aufsteigendes Spannungssignal gleich einem Sägezahnsignal.

Eine unterstützende Messmethode zur Objektdetektion ist ein sogenannter TDC (Time-to-Digital Converter, Zeit-Digital-Wandlung). Dies ist ein Gerät, um Zustände zu erkennen und eine digitale Darstellung der Zeit bereitzustellen, die zwischen zwei

Ereignissen aufgetreten ist. Beispielsweise kann ein TDC die Ankunftszeit für jeden ankommenden Impuls ausgeben. Insbesondere das Zeitintervall zwischen zwei Impulsen wird mit einem TDC ermittelt. Dabei kann die Messung gestartet und gestoppt werden, wenn eine aufsteigende oder fallende Flanke eines Signalimpulses einen entsprechenden Schwellenwert übertrifft. Eine Zeit-Digital-Wandlung ist ein Verfahren, um eine Zeit beispielsweise zwischen zwei Impulsen zu bestimmen und in ein Digitalwort umzusetzen. Dazu kann bspw. ein Zähler verwendet werden, der durch ein Start- und ein Stoppsignal bspw. des empfangenen Lichtimpulses bzw. des ausgesendeten Lichtimpulses aktiviert wird. Um den Fehler zu Beginn und zu Ende des durch den Zähler ermittelten Zählerstandes zu bestimmen, wird eine sogenannte Interpolation verwendet. Dazu kann eine Verzögerungsschaltung verwendet werden. Es ist jedoch auch möglich, zwei zueinander verstimmte Oszillatoren zu verwenden oder eine sogenannte Überabtastung bspw. eine Vierfach-Überabtastung zu verwenden und damit das Signal abzutasten. Durch den Zählerstand und die Werte, die aus der Interpolation gewonnen werden zu Beginn der Zählung und zu Ende der Zählung, kann dann die Zeit und damit die Flugzeit genau gemessen werden.

Weiterhin ist es vorteilhaft, dass die erste Gruppe Single-Photon-Avalanche-Dioden als die Lichtempfangselemente und die zweite Gruppe Photodioden oder Avalanche-Photodioden als Lichtempfangselemente aufweisen.

Photodioden wandeln empfangenes Licht in elektrischen Strom um. Bei den sogenannten Lawinen-Photodioden oder Avalanche-Photodioden kommt ein Lawineneffekt hinzu. Damit sind diese Photodioden empfindlicher als herkömmliche Photodioden.

Vorteilhaft ist auch, dass die Photodioden oder die Avalanche-Photodioden am Rande eines Halbleiterbausteins, auf dem sich die Single-Photon-Avalanche-Dioden befinden, angeordnet sind. Alternativ ist es möglich, dass die Photodioden oder Avalanche-Photodioden zwischen den Single-Photon-Avalanche-Dioden angeordnet sind, vorzugsweise spaltenweise oder zeilenweise getrennt. In diesem Fall weisen die ersten und zweiten Lichtempfangselemente eine gemeinsame Empfangsoptik auf.

Weiterhin ist es möglich, die Photodioden oder Avalanche-Photodioden neben dem Halbleiterbaustein zu platzieren. In diesem Fall weisen die Lichtempfangselemente der ersten und der zweiten Gruppe jeweils eine zugeordnete Empfangsoptik aufweisen. Damit kann die Optik auf diese jeweiligen Lichtempfangselemente angepasst werden.

Weiterhin es vorteilhaft, dass zur Erzeugung des wenigstens einen Rampensignals wenigstens ein Rampenzähler vorgesehen ist, der mit jedem Startsignal bis zu einem vorgegebenen Endwert in seinem Zählwert erhöht wird, wobei der Zählwert an wenigstens einen Digital-Analog-Wandler ausgegeben wird, der ausgangsseitig mit dem Vergleicher verbunden ist.

Weiterhin ist es vorteilhaft, dass der Kehrwert einer Anstiegszeit des wenigstens einen Rampensignals ein ganzzahliges Vielfaches der Frequenz der Pulse der zeitkorrelierten Photonenmessung ist. Dies hat sich als vorteilhaftes Verhältnis erwiesen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen Fig. 1 ein Fahrzeug mit LiDAR-Modulen,
Fig. 2 ein erstes Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Anordnung,
Fig. 3 ein zweites Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Anordnung,
Fig. 4 die Oberfläche eines Halbleiterbausteins mit Lichtempfangselementen der ersten und zweiten Gruppe,
Fig. 5 eine weitere Oberfläche eines Halbleiterbausteins mit Lichtempfangselementen der ersten und der zweiten Gruppe und
Fig. 6 ein Flussdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens.

In Fig. 1 zeigt ein Fahrzeug V, das sich in die Richtung R bewegt. Das Fahrzeug V weist die LiDAR-Module Li1 bis Li6 auf. Bei einem LiDAR-Modul handelt es sich um eine Sendeeinrichtung zur Versendung von Lichtsignalen und der erfindungsgemäßen Empfangsanordnung zum Empfang von den dann reflektierten Lichtsignalen.

Diese LiDAR-Module erfassen die Umgebung des Fahrzeugs V. Es können mehr oder weniger LiDAR-Module verwendet werden und auch an weiteren Stellen des Fahrzeugs V. Daher wird das Objekt OB durch das LiDAR-Modul Li1 erfasst. Durch eine Entfernungsbestimmung und entsprechende Charakterisierung anhand der Bewegungsparameter des Objekts ist es möglich, auf eine mögliche Kollision zu schließen und entsprechende Bewegungen des Fahrzeugs V zu beeinflussen, um nicht mit dem Objekt OB zu kollidieren.

Die LiDAR-Module Li1 bis Li6 weisen eine erfindungsgemäße Empfängeranordnung auf und eine Sendereinrichtung, die wie oben beschrieben mit einem Laserarray die Laserimpulse versendet, um die am Objekt OB reflektierten Laserimpulse dann mit einem SPAD-Array zu empfangen und dann entsprechend mit der zeitkorrelierten Photonenzählung auszuwerten, um die Entfernung zwischen dem Objekt OB und dem Fahrzeug V zu bestimmen. Dafür wird die Time-of-Flight-Methode verwendet.

Fig. 2 zeigt ein erstes Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Anordnung. Dabei ist zusätzlich auch über das Blockschaltbild eine Sendeeinrichtung gezeigt. Die Sendeeinrichtung weist einen Pulsgenerator PG auf, der einen Lasertreiber LD mit Pulssignalen versorgt. Der Lasertreiber treibt in Abhängigkeit von diesen Signalen den Laser L an, der Licht emittiert, das durch die Optik O1 entsprechend in die Umgebung ausgestrahlt wird. Vom Pulsgenerator PG wird das Startsignal, das auch an den Lasertreiber geht, auch an die Signalverarbeitung S der erfindungsgemäßen Anordnung übertragen. Das Startsignal wird dabei einer zeitkorrelierten Photonenzählung zPz1 und einer zeitkorrelierten sequenziellen Abtastung zPz2 zugeführt. Damit ist die Auswertung der empfangenen Lichtsignale synchronisiert mit der Emission der Lichtsignale der Senderschaltung. Die erfindungsgemäße Anordnung ist hier beispielhaft durch lediglich einen Vertreter der ersten und zweiten Gruppe der Lichtempfangselemente symbolisiert. Beide Lichtempfangselemente haben eigene zugeordnete Optiken. Es ist möglich, nur eine einzige Optik zu verwenden. Die Optiken sind mit O2 und O3 bezeichnet, die Optik des Lasers mit O1. Die Optik O3 führt das Licht auf die zweite Gruppe der Lichtempfangselemente.

Die Optik O2 führt das Licht auf eine Single-Photon-Avalanche-Diode SPAD, die einen Lawineneffekt nutzt, um auch nur einzelne Photonen in elektrischen Strom zu wandeln. Die erste und zweite Gruppe der Lichtempfangselemente nutzen also die selbe Lichtquelle L für die Distanzmessung (Entfernung).

Empfängt diese Diode entsprechende Photonen, wird ein Event kreiert, der zeitkorrelierten Photonen-zählung zPz1 zugeführt wird. In Abhängigkeit der zeitlichen Positionierung dieses Events wird eine entsprechende Zeit in ein Histogramm eingetragen. Dies wiederholt sich sehr oft entweder innerhalb einer Pulsgruppe oder eines einzelnen Pulses.

Ähnlich geschieht es bei der zweiten Gruppe der Lichtempfangselemente, die hier durch die Photodiode PD symbolisiert sind. Auch die Photodiode ist unter einer Vorspannung VPD. Es kann alternativ eine Lawinen-Photodiode verwendet werden. Dieser Photostrom wird nach einer zeitabhängigen Schwellwertbestimmung einer zeitkorrelierten sequenziellen Abtastung zPz2 zugeführt und ebenfalls in ein Histogramm als entsprechende Zeit eingetragen. Eine Auswertung A bestimmt in Abhängigkeit von diesen Histogrammwerten und damit letztlich auch dem Startsignal die Entfernung der Anordnung zu dem Objekt OB. Dieser Wert wird ausgegeben. Es ist möglich, dass die Auswertung A in einem anderen Steuergerät sitzt und dass vorliegend direkt Histogrammwerte übertragen werden oder auch nur ein Zwischenwert.

Fig. 3 zeigt in einem zweiten Blockschaltbild die erfindungsgemäße Anordnung wiederum in Kombination mit einer Senderschaltung. Gleiche Bezugszeichen bedeuten gleiche Elemente. Wiederum wird das Startsignal vom Pulsgenerator PG an die Signalauswertungen der erfindungsgemäßen Anordnung übertragen. Hier wird nun die zeitkorrelierte Photonen-zählung mit Zeit-Digital-Wandlung TDC1 und die zeitkorrelierte sequenzielle Abtastung mit TDC2 und TDC3 ausgeführt. Das Eventsignal von der Single-Photon-Avalanche-Diode SPAD wird als Event an die erste Zeit-Digital-Wandlung TDC1 übertragen. In das Histogramm H1 wird für jeden Event entsprechende Zeit eingetragen.

Das Ausgangssignal der Photodiode PD wird über einen Transimpedanzverstärker TIA an einen Komparator Comp und dabei an den positiven Eingang gegeben. An den negativen Eingang wird ein Rampensignal, das aus einem Zähler und einem Digital-Analog-Wandler erzeugt wurde, gegeben. In Abhängigkeit von der Differenz gibt der Komparator ein Ausgangssignal aus, das an eine zweite Zeit-Digital-Wandlung TDC2 ausgegeben wird als Event. Invertiert wird dieses Event an eine dritte Zeit-Digital-Wandlung TDC3 ausgegeben. Die Ausgangssignale der beiden Zeit-Digital-Wandlungen TDC2 und TDC3 werden in ein zweites Histogramm H2 eingetragen. In das Histogramm H2 geht auch das Zählersignal des Rampenzählers RC ein. Der Rampenzähler RC ist auch vom Startsignal Start getriggert.

Die Zeit-Digital-Wandlungen messen die Zeit der sogenannten Events bezogen auf das Startsignal. Letztlich sind die Photodiode oder die Lawinen-Photodiode in dem optischen Empfangspfad parallel zu den SPAD Empfangselementen angeordnet. Der Photostrom wird in eine Spannung durch den Transimpedanzverstärker TIA gewandelt. Die Anstiegszeit des Sägezahnsignals, das durch den Rampenzähler RC und den Digital-Analog-Wandler erzeugt wird, ist wie oben dargestellt ein Vielfaches der Pulsfrequenz. Dazu gibt es Alternativen. Mit jedem Start eines Pulsgenerators wird der Zähler um eins erhöht. Der Binärwert wird zum Digital-Analog-Wandler übertragen, der dies in ein analoges Rampensignal umsetzt. Wenn der Rampenzähler einen definierten Wert erreicht, wird er gestoppt und das Messresultat kann ausgewertet werden. Das Ausgangssignal des Komparators ist wie oben dargestellt an die beiden Zeit-Digital-Wandlungen 2 und 3 angeschlossen. Der erste Zeit-Digital-Wandler TDC2 misst die Zeiten, wenn das Ausgangssignal des Photodetektors den Wert des Rampensignals überschreitet. Der zweite Zeit-Digital-Wandler TDC3 empfängt das invertierte Komparatorsignal und misst die Zeiten, wenn das Photodetektorsignal unter den Wert des Rampensignals absinkt. Der Rampensignal-generator gibt auch einen digitalen Zählerwert aus, der dem Rampenschwellwert entspricht. Die Zeitintervalle, in denen das Photodetektorsignal über dem Wert des Rampensignals liegt, werden im Histogramm aufgezeichnet. Zu Beginn des Messzykluses sind alle Histogrammwerte mit dem Wert Null initialisiert. Wann immer das Photodetektorsignal das Rampensignal übertrifft, werden die korrespondierenden Bins mit dem aktuellen Zählerwert des Rampenzählers gefüllt. Kleinere Werte

werden mit größeren überschrieben in nachfolgenden Messzyklen, wenn das Photodetektorsignal über dem Rampensignal ist. Wenn der Rampenzähler den Maximalwert erreicht, ist der Rampengenerator anzuhalten. Die Daten im Histogramm sind bereit für eine Auswertung und ein neuer Messzyklus kann durch das Zurücksetzen des Zählers gestartet werden.

In Fig. 3 ist die Auswertung der beiden Histogramme nicht explizit dargestellt, aber auch sie kann wie in Figur 2 vorhanden sein.

Fig. 4 zeigt, dass die Oberfläche eines Halbleiterempfängerbausteins, der in einem großen Feld die Single-Photon-Avalanche-Dioden SPADA aufweist und in einem kleinen Seitenbereich die Photodioden PDC. Es ist möglich, dass an verschiedenen Randbereichen des Halbleiterbausteins sich die Photodioden befinden, vorzugsweise aber als Spalte oder als Zeilen. Alternativ dazu wird in Fig. 5 gezeigt, dass sich Photodioden oder Lawinenphotodioden und SPADs spaltenweise abwechseln durch PD1 bis PD3 und SPAD1 bis SPAD3.

In Fig. 6 wird ein Flussdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens gezeigt. In Verfahrensschritt 600 werden erste elektrische Signale mit der ersten Gruppe der Lichtempfangselemente erzeugt. Gleichzeitig werden im Verfahrensschritt 601 zweite elektrische Signale durch die Wandlung der zweiten Gruppe der Lichtempfangselemente erzeugt. Aus den ersten und den zweiten elektrischen Signalen ermittelt in Verfahrensschritt 602 die erfindungsgemäße Anordnung die Entfernung der Anordnung zu einem Objekt.

Bezugszeichen

LI 1 bis Li6	Laser-LiDAR-Module
OB	Objekt
R	Richtung
V	Fahrzeug
LD	Lasertreiber
L	Laser
PG	Pulsgenerator
O1, O2, O3	Optik
VSPAD	Vorspannung für SPAD
VPD	Vorspannung für Photodiode
SPAD	Single-Photon-Avalanche-Diode
PD	Photodiode
RQ	Qench-Widerstand
zPz1, 2	zeitkorrelierte Photonenzählung
A	Auswertung
S	Signalverarbeitung
TDC1 bis 3	Zeit-Digital-Wandlung
H1, 2	Histogramm
RC	Rampenzähler
DA	Digital-Analog-Wandlung
TIA	Transimpedanzverstärker
Comp	Komparator
I	Inverter
SPADA	Feld von SPADs
PDC	Spalte von Photodioden
PD1 bis 3	Spalten von Photodioden
SPAD1 bis 3	Spalten von Single-Photon-Avalanche-Dioden
600 bis 602	Verfahrensschritte

Patentansprüche

1. Anordnung zur Ermittlung einer Entfernung wenigstens eines Objekts mit Lichtsignalen mit:
 - einer ersten Gruppe von Lichtempfangselementen, die die Lichtsignale in erste elektrische Signale wandeln,
 - einer zweiten Gruppe von Lichtempfangselementen, die die Lichtsignale in zweite elektrische Signale wandeln,
 - einer ersten Signalverarbeitung, die anhand der ersten elektrischen Signale mittels einer zeitkorrelierten Photonenzählung in Abhängigkeit von einem Startsignal für die Emission der Lichtsignale die Entfernung ermittelt,
 - einer zweiten Signalverarbeitung, die sich von der ersten Signalverarbeitung unterscheidet und die anhand der zweiten elektrischen Signale in Abhängigkeit von dem Startsignal die Entfernung ermittelt,
 - die Lichtempfangselemente der ersten Gruppe weisen eine höhere Empfindlichkeit für die Wandlung der Lichtsignale in die elektrischen Signale auf als die Lichtempfangselemente der zweiten Gruppe.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Signalverarbeitung eine zeitkorrelierte sequenzielle Abtastung ist.

3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die zweiten elektrischen Signale analog sind.

4. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die zeitkorrelierte sequenzielle Abtastung die zweiten elektrischen Signale mit wenigstens einem Rampensignal vergleicht und ein Ausgangssignal dieses Vergleichs einer ersten Zeit-Digital-Wandlung und invertiert einer zweiten Zeit-Digital-Wandlung zuführt, wobei die erste und die zweite Zeit-Digital-Wandlung durch das Startsignal gestartet werden und ausgangsseitig mit einem Histogramm verbunden sind, um dieses Histogramm mit Histogrammwerten zu füllen.

5. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Gruppe Single-Photon-Avalanche-Dioden oder Siliziumphoto-

multiplier als Lichtempfangselemente und die zweite Gruppe Photodioden oder Avalanche-Photodioden als Lichtempfangselemente aufweisen.

6. Anordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Photodioden oder die Avalanche-Photodioden am Rande eines Halbleiterbausteins, auf dem sich die Single-Photon-Avalanche-Dioden befinden, angeordnet sind.
7. Anordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Photodioden oder Avalanche-Photodioden zwischen den Single-Photon-Avalanche-Dioden angeordnet sind, vorzugsweise spaltenweise oder zeilenweise getrennt.
8. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtempfangselemente der ersten und der zweiten Gruppe jeweils eine zugeordnete Empfangsoptik aufweisen.
9. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 4-8, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung des wenigstens einen Rampensignals wenigstens ein Rampenzähler vorgesehen ist, der mit jedem Startsignal bis zu einem vorgegebenen Endwert in seinem Zählwert erhöht wird, wobei der Zählwert an wenigstens einen Digital-Analog-Wandler ausgegeben wird, der ausgangsseitig mit dem Vergleicher verbunden ist.
10. Anordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Kehrwert einer Anstiegszeit des wenigstens einen Rampensignals ein ganzzahliges Vielfaches der Frequenz der Pulse der zeitkorrelierten Photonenmessung ist.
11. Verfahren zur Ermittlung einer Entfernung zu wenigstens einem Objekt mit Lichtsignalen mit folgenden Verfahrensschritten:
 - Die Lichtsignale werden durch eine erste Gruppe von Lichtempfangselementen in erste elektrische Signale gewandelt.
 - Die Lichtsignale werden durch eine zweite Gruppe von Lichtempfangselementen in zweite elektrische Signale gewandelt.

- Anhand der ersten elektrischen Signale wird mittels einer zeitkorrelierten Photonenzählung in Abhängigkeit von einem Startsignal für die Emission der Lichtsignale die Entfernung ermittelt
- Anhand der zweiten elektrischen Signale wird mit mittels einer weiteren Signalverarbeitung, die verschieden von der zeitkorrelierten Photonenzählung ist, in Abhängigkeit von dem Startsignal die Entfernung ermittelt.

GEÄNDERTE ANSPRÜCHE

beim Internationalen Büro eingegangen am 01 April 2019 (01.04.2019)

1. Anordnung zur Ermittlung einer Entfernung wenigstens eines Objekts (OB) mit Lichtsignalen mit:
 - einer ersten Gruppe von Lichtempfangselementen (SPAD), die die Lichtsignale in erste elektrische Signale wandeln,
 - einer zweiten Gruppe von Lichtempfangselementen (PD), die die Lichtsignale in zweite elektrische Signale wandeln,
 - einer ersten Signalverarbeitung (zPz1), die anhand der ersten elektrischen Signale mittels einer zeitkorrelierten Photonenzählung in Abhängigkeit von einem Startsignal (START) für die Emission der Lichtsignale die Entfernung ermittelt,
 - einer zweiten Signalverarbeitung (zPz2), die sich von der ersten Signalverarbeitung unterscheidet und die anhand der zweiten elektrischen Signale in Abhängigkeit von dem Startsignal die Entfernung ermittelt,
 - die Lichtempfangselemente (SPAD) der ersten Gruppe weisen eine höhere Empfindlichkeit für die Wandlung der Lichtsignale in die elektrischen Signale auf als die Lichtempfangselemente (PD) der zweiten Gruppe.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Signalverarbeitung (zPz2) eine zeitkorrelierte sequenzielle Abtastung ist.
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die zweiten elektrischen Signale analog sind.
4. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine zeitkorrelierte sequenzielle Abtastung die zweiten elektrischen Signale mit wenigstens einem Rampensignal vergleicht und ein Ausgangssignal dieses Vergleichs einer ersten Zeit-Digital-Wandlung (TDC2) und invertiert einer zweiten Zeit-Digital-Wandlung (TDC3) zuführt, wobei die erste und die zweite Zeit-Digital-Wandlung (TDC2, 3) durch das Startsignal gestartet werden und ausgangsseitig mit einem Histogramm verbunden sind, um dieses Histogramm (H2) mit Histogrammwerten (H2) zu füllen.

5. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Gruppe Single-Photon-Avalanche-Dioden oder Siliziumphotomultiplier als Lichtempfangselemente und die zweite Gruppe Photodioden (PD) oder Avalanche-Photodioden als Lichtempfangselemente aufweisen.
6. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Photodioden (PD) oder die Avalanche-Photodioden am Rande eines Halbleiterbausteins, auf dem sich die Single-Photon-Avalanche-Dioden (SPAD) befinden, angeordnet sind.
7. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Photodioden (PD) oder Avalanche-Photodioden zwischen den Single-Photon-Avalanche-Dioden (SPAD) angeordnet sind, vorzugsweise spaltenweise oder zeilenweise getrennt.
8. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtempfangselemente der ersten und der zweiten Gruppe jeweils eine zugeordnete Empfangsoptik (O1, O2) aufweisen.
9. Anordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung des wenigstens einen Rampensignals wenigstens ein Rampenzähler (RC) vorgesehen ist, der mit jedem Startsignal bis zu einem vorgegebenen Endwert in seinem Zählwert erhöht wird, wobei der Zählwert an wenigstens einen Digital-Analog-Wandler (DA) ausgegeben wird, der ausgangsseitig mit dem Vergleicher (Comp) verbunden ist.
10. Anordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Kehrwert einer Anstiegszeit des wenigstens einen Rampensignals ein ganzzahliges Vielfaches einer Frequenz von Pulsen der zeitkorrelierten Photonenanzählung ist.
11. Verfahren zur Ermittlung einer Entfernung zu wenigstens einem Objekt (OB) mit Lichtsignalen mit folgenden Verfahrensschritten:

- Die Lichtsignale werden durch eine erste Gruppe von Lichtempfangselementen (SPAD) in erste elektrische Signale gewandelt.
- Die Lichtsignale werden durch eine zweite Gruppe von Lichtempfangselemente (PD) in zweite elektrische Signale gewandelt.
- Anhand der ersten elektrischen Signale wird mittels einer zeitkorrelierten Photonenzählung in Abhängigkeit von einem Startsignal für die Emission der Lichtsignale die Entfernung ermittelt
- Anhand der zweiten elektrischen Signale wird mit mittels einer weiteren Signalverarbeitung, die verschieden von der zeitkorrelierten Photonenzählung ist, in Abhängigkeit von dem Startsignal die Entfernung ermittelt.
- Die Lichtempfangselemente (SPAD) der ersten Gruppe weisen eine höhere Empfindlichkeit für die Wandlung der Lichtsignale in die elektrischen Signale auf als die Lichtempfangselemente (PD) der zweiten Gruppe.

1/3

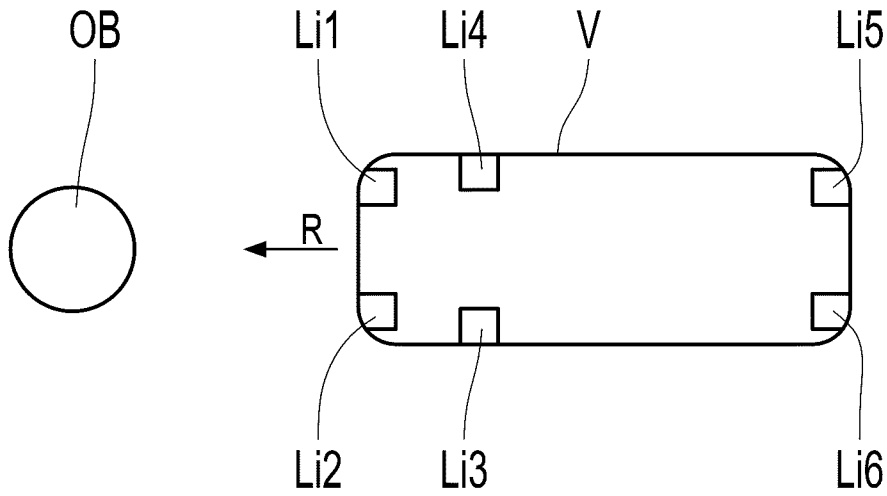


Fig. 1

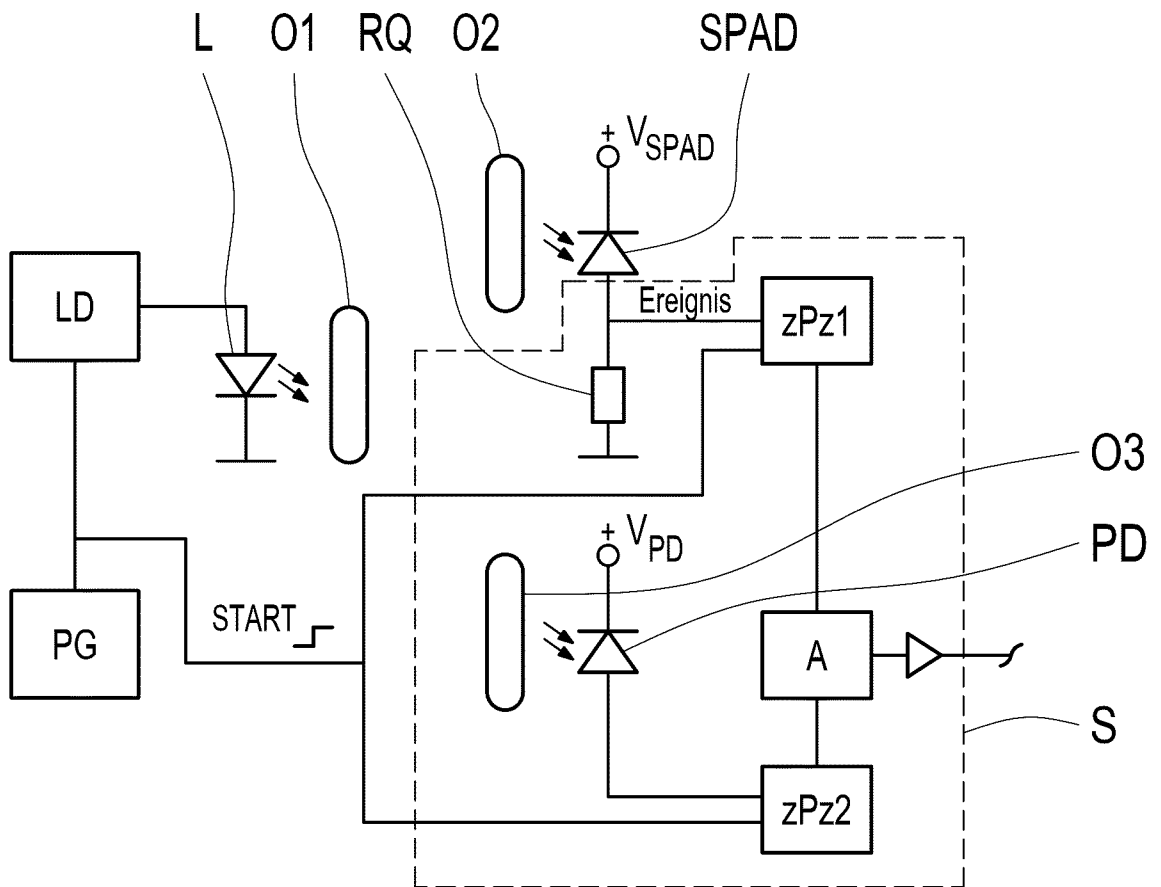


Fig. 2

2/3

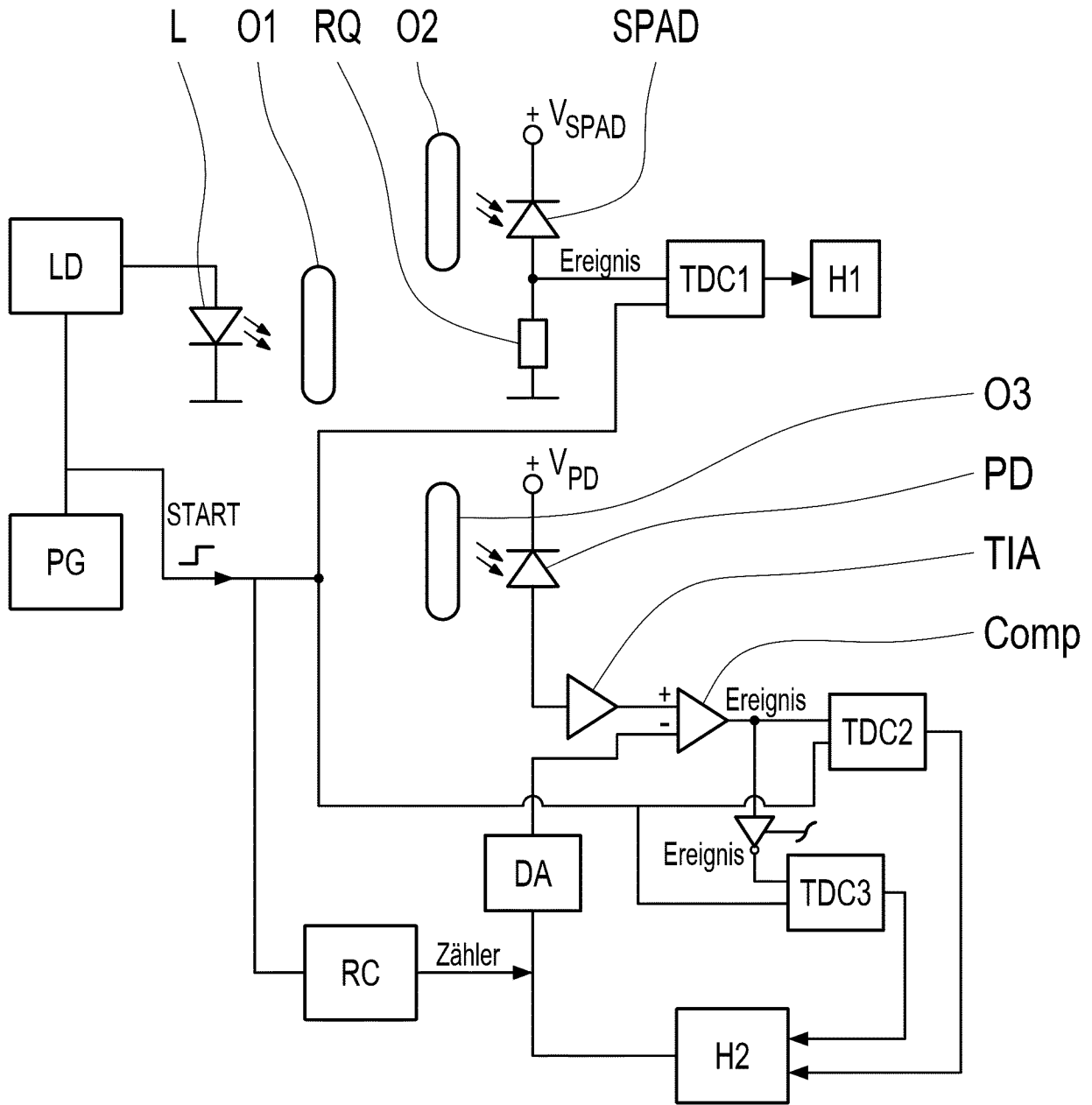


Fig. 3

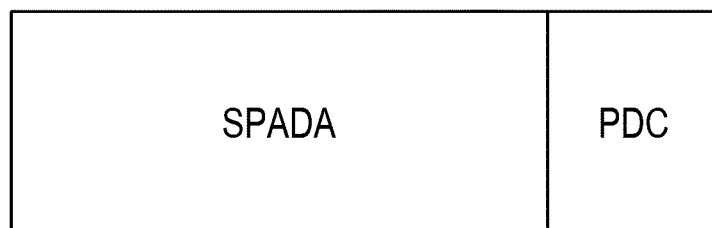


Fig. 4

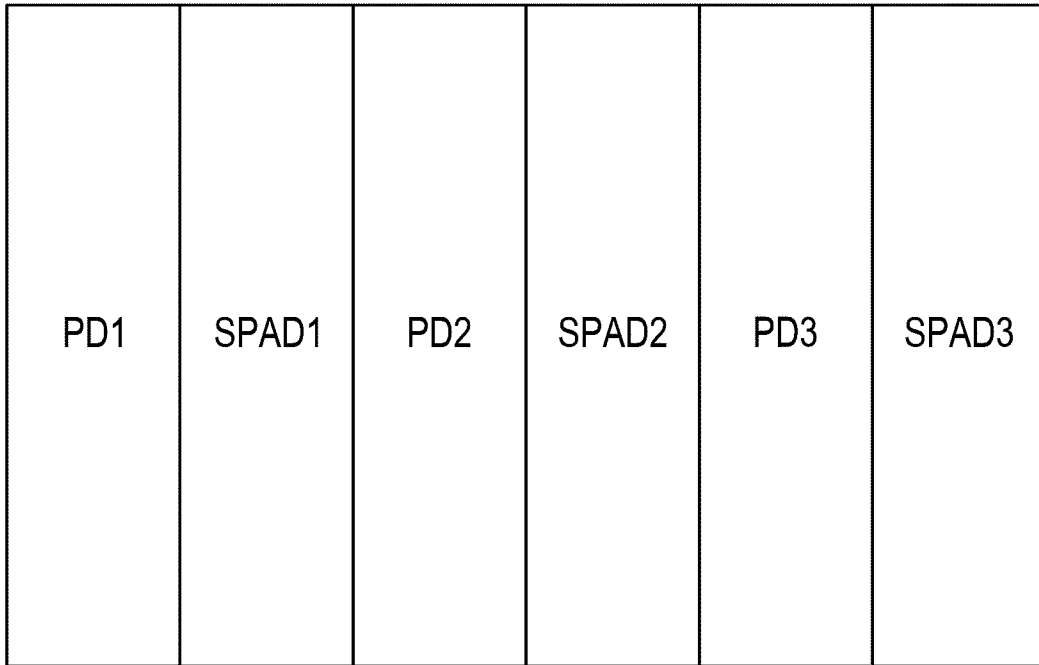


Fig. 5

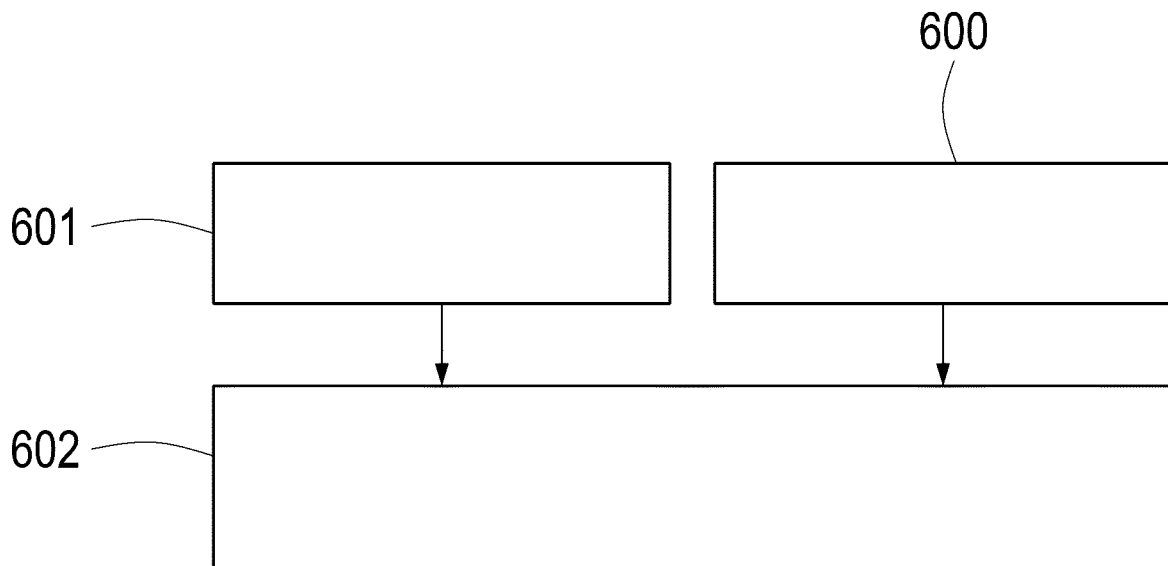


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/081990

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G01S 17/10</i> (2006.01)i; <i>G01S 17/93</i> (2006.01)i; <i>G01S 7/481</i> (2006.01)i; <i>G01S 7/486</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, 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 Y A	US 2016266253 A1 (KUBOTA HIROSHI [JP]) 15 September 2016 (2016-09-15) paragraph [0020] - paragraph [0066]; figures 1-11	1,3,5,8,11 2 4,6,7,9,10
Y	DE 2923963 B1 (ENDRESS HAUSER GMBH CO) 20 November 1980 (1980-11-20) column 10, line 20 - column 11, line 30; figure 5 column 4, line 17 - line 41	2
A	US 2007121095 A1 (LEWIS ROBERT [US]) 31 May 2007 (2007-05-31) paragraph [0042] - paragraph [0043]	1-11
A	US 2016284743 A1 (MELLOT PASCAL [FR] ET AL) 29 September 2016 (2016-09-29) paragraph [0024] - paragraph [0034]; figures 1-4	1-11
<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 30 January 2019		Date of mailing of the international search report 11 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 Kaleve, Abraham Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2018/081990

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2016266253	A1	15 September 2016	JP	2016170114	A	23 September 2016
				US	2016266253	A1	15 September 2016
DE	2923963	B1	20 November 1980	DE	2923963	B1	20 November 1980
				EP	0025086	A2	18 March 1981
				JP	S5639471	A	15 April 1981
				JP	S6030904	B2	19 July 1985
				US	4322832	A	30 March 1982
US	2007121095	A1	31 May 2007	AT	556295	T	15 May 2012
				CN	101467001	A	24 June 2009
				EP	1955014	A2	13 August 2008
				US	2007121095	A1	31 May 2007
				WO	2007064598	A2	07 June 2007
US	2016284743	A1	29 September 2016	FR	3034204	A1	30 September 2016
				US	2016284743	A1	29 September 2016
				US	2018026058	A1	25 January 2018

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/081990

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G01S17/10 G01S17/93 G01S7/481 G01S7/486
 ADD.
 Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTER 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, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X Y A	US 2016/266253 A1 (KUBOTA HIROSHI [JP]) 15. September 2016 (2016-09-15) Absatz [0020] - Absatz [0066]; Abbildungen 1-11	1,3,5,8, 11 2 4,6,7,9, 10
Y	----- DE 29 23 963 B1 (ENDRESS HAUSER GMBH CO) 20. November 1980 (1980-11-20) Spalte 10, Zeile 20 - Spalte 11, Zeile 30; Abbildung 5 Spalte 4, Zeile 17 - Zeile 41	2
A	----- US 2007/121095 A1 (LEWIS ROBERT [US]) 31. Mai 2007 (2007-05-31) Absatz [0042] - Absatz [0043] ----- -/-	1-11

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen 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
30. Januar 2019	11/02/2019

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 Kaleve, Abraham
--	--

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2016/284743 A1 (MELLOT PASCAL [FR] ET AL) 29. September 2016 (2016-09-29) Absatz [0024] - Absatz [0034]; Abbildungen 1-4 -----	1-11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/081990

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2016266253 A1	15-09-2016	JP 2016170114 A	23-09-2016
		US 2016266253 A1	15-09-2016

DE 2923963 B1	20-11-1980	DE 2923963 B1	20-11-1980
		EP 0025086 A2	18-03-1981
		JP S5639471 A	15-04-1981
		JP S6030904 B2	19-07-1985
		US 4322832 A	30-03-1982

US 2007121095 A1	31-05-2007	AT 556295 T	15-05-2012
		CN 101467001 A	24-06-2009
		EP 1955014 A2	13-08-2008
		US 2007121095 A1	31-05-2007
		WO 2007064598 A2	07-06-2007

US 2016284743 A1	29-09-2016	FR 3034204 A1	30-09-2016
		US 2016284743 A1	29-09-2016
		US 2018026058 A1	25-01-2018
