

(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  
26. April 2018 (26.04.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2018/072986 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01S 17/42 (2006.01) G01S 7/481 (2006.01)  
G01S 17/93 (2006.01) G01S 7/497 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/074980

(22) Internationales Anmeldedatum:  
02. Oktober 2017 (02.10.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2016 220 504.8  
19. Oktober 2016 (19.10.2016) DE

(71) Anmelder: ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Post-  
fach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: STOPPEL, Klaus; Weinbergstr. 15, 74395  
Mundelsheim (DE). BUETTNER, Axel; Vogelsangstr.  
59, 70197 Stuttgart (DE). BOGATSCHER, Siegwart;  
Ludwigstrasse 15, 74372 Sersheim (DE). SCHWARZ,  
Hans-Jochen; Pilsener Str. 10, 70567 Stuttgart (DE).  
SPARBERT, Jan; Robert-Bosch-Str. 42, 71277 Rutes-  
heim (DE). FREDERIKSEN, Annette; Maisenburgweg  
14, 71272 Renningen (DE). OSTRINSKY, Joern; Al-

fred-Daeuble-Strasse 2, 71254 Ditzingen (DE). KAMIL,  
Mustafa; Friedenstr. 61, 71229 Leonberg (DE).

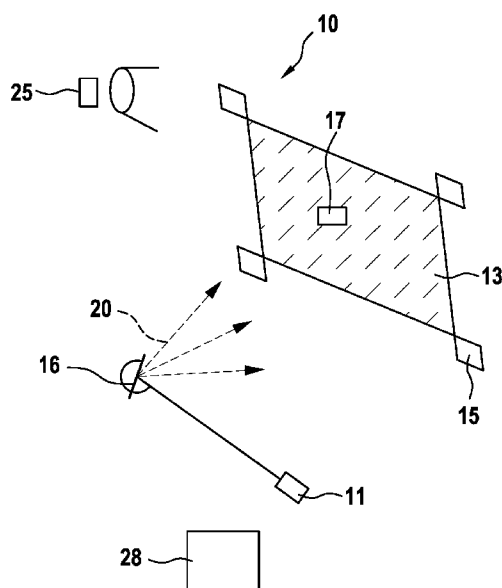
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,  
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,  
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,  
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,  
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,  
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,  
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,  
SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

(54) Title: 3D LIDAR SENSOR

(54) Bezeichnung: 3D-LIDAR-SENSOR

Fig. 2



(57) Abstract: The invention relates to a 3D LIDAR sensor (10), in particular for motor vehicles, comprising a laser beam source (11), an optical receiver and a scanning system for deflecting a laser beam (20) generated by the laser beam source (11) in two mutually perpendicular scanning directions, wherein, in order to increase the functionality in the 3D LIDAR sensor (10), a further detection device (14) is provided for deviations from the normal operation. The invention further relates to a corresponding method for operating the 3D LIDAR sensor (10).

(57) Zusammenfassung: Ein 3D-LIDAR-Sensor (10), insbesondere für Kraftfahrzeuge, umfasst eine Laserstrahlquelle (11), einen optischen Empfänger und ein Abtastrsystem zum Ablenken eines von der Laserstrahlquelle (11) erzeugten Laserstrahls (20) in zwei zueinander senkrechten Abtastrichtungen, wobei zur Erhöhung der Funktionalität in dem 3D-LIDAR-Sensor (10) eine weitere Detektionseinrichtung (14) für Abweichungen vom Normalbetrieb vorgesehen ist. Weiterhin wird ein entsprechendes Verfahren zum Betrieb des 3D-LIDAR-Sensors (10) angegeben.

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Rechenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

## 5 Beschreibung

3D-LIDAR-Sensor

10 Die Erfindung betrifft einen 3D-LIDAR-Sensor, insbesondere für Kraftfahrzeuge, mit einer Laserstrahlquelle, einem optischen Empfänger und einem Abtastsystem zum Ablenken eines von der Laserstrahlquelle erzeugten Laserstrahls in zwei zueinander senkrechten Abtastrichtungen.

## Stand der Technik

15 Aus der auf die Anmelderin zurückgehenden DE 10 2015 200 224 A1 ist ein solcher 3D-LIDAR-Sensor bekannt. Es werden beispielsweise Laserstrahlen mit einer Wellenlänge zwischen 850 und 1500nm geeigneter Intensität verwendet, um eine Gefährdung von Personen durch die Laserstrahlen zu vermeiden. Zum  
20 Ablenken des Laserstrahls dient beispielsweise ein Mikrospiegelaktor beziehungsweise ein MEMS (Micro-Electro-Mechanical-System) um den Laserstrahl in die gewünschte Richtung zu lenken. Wird auch eine Laufzeitmessung des ausgesendeten, an einem Objekt reflektierten und vom optischen Empfänger wiederum empfangenen Laserstrahl vorgenommen so  
25 kann ein dreidimensionales Bild der Umgebung erfasst und mit entsprechenden Auswertevorrichtungen und/oder Fahrassistenzsystemen interpretiert werden. Somit kann unter anderem ein Fahrer des Kraftfahrzeugs auf feststehende oder bewegliche Hindernisse im Fahrweg aufmerksam gemacht werden, um eine Kollision zu vermeiden. Üblicherweise ist ein solcher 3D-LIDAR-Sensor in einem  
30 Gehäuse angeordnet, das mit einer Austrittsöffnung in Form einer Scheibe oder Linse für den Laserstrahl ausgestattet ist.

## Offenbarung der Erfindung

- 2 -

Aufgabe der Erfindung ist es, einen 3D-LIDAR-Sensor mit verbesserter Funktionalität und Zuverlässigkeit zu schaffen, der insbesondere für Kraftfahrzeuge geeignet ist. Ebenso soll ein entsprechendes Verfahren zum Betrieb des 3D-LIDAR-Sensors angegeben werden.

5 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass in oder an dem 3D-LIDAR-Sensor eine weitere Detektionseinrichtung für Abweichungen vom Normalbetrieb vorgesehen ist. Dabei kann die Detektionseinrichtung in an sich beliebiger Weise ausgestaltet sein, bevorzugt jedoch wie im Folgenden  
10 beschrieben. Man kann diese Detektionseinrichtung auch als „intelligente Ebene“ bezeichnen, die im oder am Sensor angeordnet ist, also beispielsweise im Sende- und/oder Empfangspfad des Laserstrahls des Sensors. Diese Ebene kann beispielsweise im Inneren eines Gehäuses des Sensors oder an der Austrittsöffnung angeordnet sein.

15 Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Vorzugsweise ist eine Erkennung der Aussenderichtung des Laserstrahls an  
20 Referenzpunkten vorgesehen. Beispielsweise sind an einer Zwischenebene und/oder an der Austrittsöffnung zusätzliche Lichtsensoren angeordnet, die bei normalem Betrieb des Lasers sowie des Abtastsystems nicht angestrahlt werden müssten. Erfolgt dies aber kann selbsttätig erkannt werden, dass der Laser beziehungsweise das Abtastsystem dejustiert sind und es kann eine  
25 entsprechende Fehlermeldung ausgegeben werden beziehungsweise eine Selbstkalibrierung des gesamten Systems wird durchgeführt. In gleicher Weise kann vorgesehen sein, dass die Lichtsensoren im normalen Betrieb angestrahlt werden müssten. Erfolgt dies nicht kann selbsttätig auf eine Dejustage geschlossen werden. Dies kann in Form von Laserlichtdetektoren ausgeführt  
30 sein, die beispielsweise am Rand der Austrittsöffnung angeordnet sind oder im Bereich einer sogenannten Zwischenebene. Somit kann erfasst werden, ob der ausgesendete Laserstrahl auch tatsächlich in die gewünschte Richtung gesendet wird. Diese Richtung kann unter anderem durch mechanische/thermische Einflüsse verändert werden, z. B. durch Wärmeausdehnung des Gehäuses des  
35 3D-LIDAR-Sensors oder des Abstands der Mikrospiegel zu einem

Mikrolinsenarray. Auch kann eine mechanische Dejustage des gesamten Sensors z. B. durch eine Kollision des Kraftfahrzeugs vorliegen. Auch kann der Laser selbst im Dauerbetrieb ein thermisches Driften aufweisen, z.B. eine Laserverzögerung nach einem Triggerimpuls.

5

In gleicher Weise kann erkannt werden, ob eine Verschmutzung der Austrittsöffnung vorliegt, in dem z. B. im Inneren des Gehäuses des Sensors eine Detektionseinrichtung wie ein Streulichtsensor für rückgestreute Laserstrahlen vorgesehen ist, die auf der Unregelmäßigkeit des Streulichtmusters basiert.

10

Weiterhin kann eine Einstrahlung von Fremdlicht beziehungsweise das Licht anderer LIDAR-Sensoren von Kraftfahrzeugen erkannt und unterdrückt werden beispielsweise anhand anderer Frequenzen, Impulsdauern oder dergleichen. Hierzu dienen beispielsweise Bandpassfilter und/oder entsprechende Beschichtungen beispielsweise an der Austrittsöffnung, die nur für Licht einer bestimmten Wellenlänge durchlässig sind. Prinzipiell wäre hier aber auch eine Datenübertragung zwischen den Sensoren verschiedener Kraftfahrzeuge möglich, um beispielsweise den Verkehrsfluss zu verbessern.

15

20

Wird bei dem rückgestreuten und vom optischen Empfänger beziehungsweise einem zusätzlichen Streulichtsensor empfangenen Laserlicht eine ungewöhnliche Abweichung festgestellt, beispielsweise eine Rückreflexion durch Nebel, Gischt oder eine Retroreflexion durch Sonnenstrahlung so kann durch eine weitere Detektionseinrichtung dies erkannt und bei der Auswertung berücksichtigt werden.

25

Ebenso kann eine Umgebungslichterfassung z. B. in Form eines Helligkeitssensors vorgesehen sein, um unter anderem bei Einfahrt in einen Tunnel oder eine Tiefgarage die geänderten Lichtverhältnisse zu berücksichtigen.

30

Es wird vorgeschlagen, dass entweder an der Austrittsöffnung oder an einer Zwischenebene ein engmaschiges Gitter aus photoempfindlichen Widerstands-Fäden angeordnet ist, um zu überprüfen, ob der Laserstrahl im Dauerbetrieb

auch tatsächlich alle gewünschten Beobachtungsbereiche überstreicht. Somit kann erkannt werden, ob es keine Lücken im Erfassungsbereich gibt.

Prinzipiell ist es möglich, beispielsweise an der Scheibe oder Linse der Austrittsöffnung oder an einer Scheibe in einer Zwischenebene mittels eines piezoelektrischen Effekts eine Dickenänderung herbeizuführen, um derart das Transmissionsverhalten zu verändern. Dies kann auch ein Fabry-Perot-Filtereffekt sein. Somit kann bevorzugt nur die gewünschte Wellenlänge auch bei einer Drift der Laserwellenlänge empfangen werden und andere Wellenlängen werden unterdrückt. Dies kann auch sehr schmalbandig erfolgen. Ebenso ist es möglich durch einen umgekehrten Piezoeffekt an der Austrittsöffnung auch in der Abhängigkeit von der Fahrtgeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs Einflüsse durch Windböen, andere Schallsignale oder dergleichen auf die Aussende- oder Empfangsrichtungen der Laserstrahlen zu detektieren und auszugleichen.

Weiterhin kann in oder an oder zusätzlich zum 3D-LIDAR-Sensor ein Ultraschallsensor vorgesehen sein, um eine weitere Überwachung der Fahrzeugumgebung zu ermöglichen.

Ebenso kann ein Temperatursensor vorgesehen sein, der beispielsweise die Umgebungs- und/oder die Straßenbelagtemperatur erfasst, um dies bei der Signalauswertung zu berücksichtigen.

In gleicher Weise könnte auch ein Detektor für radioaktive Strahlung vorgesehen sein, die die Messergebnisse beeinflussen könnte.

Vorzugsweise ist die Scheibe oder Linse an der Austrittsöffnung schmutzabweisend ausgebildet, beispielsweise mit einer Lotus-Effekt-Beschichtung.

Auch kann der 3D-LIDAR-Sensor mit einem Beschlagsensor kombiniert werden, um beispielsweise den Beschlag durch Regenwasser, Dunst oder Nebel zu erfassen und bei der Auswertung der Messergebnisse zu berücksichtigen.

Ebenso ist es vorgeschlagen, dass die Scheibe oder Linse an der Austrittsöffnung besonders schlag- und kratzbeständig ausgeführt ist, um beispielsweise Steinschlag zu widerstehen. Dies kann unter anderem durch eine Diamantbeschichtung erfolgen.

5

Schließlich kann eine Schadenserkennung beispielsweise mittels integrierter Widerstands- oder Dehnmessstreifen erfolgen, um eine Beschädigung an der Scheibe oder Linse der Austrittsöffnung zu erkennen.

10

Im Inneren des 3D-LIDAR-Sensors kann auch eine aufweitende und/oder fokussierende Optik z. B. in Form eines Mikrolinsenarrays für die ausgesendeten und/oder zurückgestreuten Laserstrahlen angeordnet sein, um den Bildwinkel zu vergrößern.

15

Es kann auch ein chemischer Detektor vorgesehen sein, der beispielsweise den Einsatz von Streusalz, Smog oder andere Umwelteinflüsse erkennt, um diese bei der Auswertung der Messergebnisse zu berücksichtigen.

20

Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert.

Es zeigen:

25

- Fig. 1 den schematischen Aufbau eines 3D-LIDAR-Sensors,
- Fig. 2 den 3D-LIDAR-Sensor mit zusätzlichen Sensoren,
- Fig. 3 eine Scheibe oder Linse im Querschnitt,
- Fig. 4 den Scanpfad eines Laserstrahls,
- Fig. 5 eine Scheibe oder Linse mit photoempfindlichen Widerstandsdrähten,
- Fig. 6 eine Scheibe oder Linse im Querschnitt,
- Fig. 7 eine Zwischenebene und
- Fig. 8 eine aufweitende Optik.

30

35

Der in Fig. 1 auf der linken Seite gezeigte 3D-LIDAR-Sensor 10 weist eine Laserstrahlquelle 11 auf, die wie durch die verschiedenen Pfeile angedeutet ist, dazu ausgelegt ist, Laserstrahlen 20 in zumindest zwei zueinander senkrecht

stehenden Raumrichtungen abzustrahlen. Zusammen mit einem zur Vereinfachung der Darstellung hier nicht abgebildeten optischen Empfänger kann so insbesondere die Umgebung eines Kraftfahrzeugs überwacht werden. Der 3D-LIDAR-Sensor umfasst ein Gehäuse 12 und ist beispielsweise an oder in einer Karosserie eines Kraftfahrzeugs angeordnet. Es versteht sich, dass er mit einer elektrischen Stromversorgung ausgestattet ist sowie mit Datenübertragungsmitteln, um Messsignale an eine Steuerungseinrichtung des Kraftfahrzeugs zur weiteren Verarbeitung weiter zu leiten. Weiterhin ist an dem Gehäuse eine Scheibe oder Linse 13 angeordnet, um die Laserstrahlen 20 austreten und gegebenenfalls wieder eintreten zu lassen. Erfindungsgemäß ist eine weitere Detektionseinrichtung 14, hier zwischen Laserstrahlquelle 11 und Scheibe oder Linse 13 angeordnet, vorgesehen, um die Funktionalität des 3D-LIDAR-Sensors 10 zu erhöhen. Wie in Fig. 1 auf der rechten Seite dargestellt kann diese Detektionseinrichtung 14 auch in die Scheibe oder Linse 13 integriert sein.

Es kann auch ein Temperatursensor 28 vorgesehen sein, der die Umgebungstemperatur erfasst beziehungsweise der dazu ausgelegt ist einen Luftspiegelungseffekt zu erfassen, da insbesondere Luftspiegelungen auf heißem Straßenbelag die Messergebnisse beziehungsweise deren Auswertung beeinflussen könnten.

In Fig.2 ist eine Laserstrahlquelle 11 mit einem Spiegel 16 abgebildet, der wie durch den Doppelpfeil angedeutet in zwei senkrecht zueinander stehenden Raumrichtungen verschwenkbar ist, um eine Umgebung des Kraftfahrzeugs auszuleuchten. Die Laserstrahlen 20 treten durch eine Scheibe oder Linse 13 aus dem 3D-LIDAR-Sensor 10 aus. Hier sind an den Ecken der Scheibe oder Linse 13 zusätzliche Lichtsensoren 15 angeordnet. Tritt durch thermische und/oder mechanische und/oder durch zeitliche Veränderungen eine Dejustage der Richtung der Laserstrahlen 20 auf so wird das Laserlicht nicht mehr unmittelbar durch die Scheibe oder Linse 13 gerichtet sondern trifft auf einen umgebenden Rand des Gehäuses 12. Dies wird durch die Lichtsensoren 15 festgestellt und es kann eine Selbstjustage vorgenommen beziehungsweise eine Fehlermeldung ausgegeben werden.

- 7 -

Es versteht sich, dass die Lichtsensoren 15 nicht nur an den Ecken sondern auch um den gesamten Rand der Scheibe oder Linse 13 herum angeordnet sein können.

5 Weiterhin ist ein Streulichtsensor 25 dargestellt. Dieser kann beispielsweise erfassen, dass ein Laserstrahl 20 von einer Verschmutzung 17 auf der Scheibe oder Linse 13 unmittelbar reflektiert wird. Der Laserstrahl 20 dient dann nicht mehr zur Erfassung der Umgebung und es kann eine Fehlermeldung  
10 ausgegeben werden.

10 In Figur 3 ist im Querschnitt eine Scheibe oder Linse 13 eines 3D-LIDAR-Sensors dargestellt. Dabei sind alternativ oder zusätzlich Lichtsensoren 15 nicht nur um die Scheibe oder Linse 13 herum verteilt angeordnet sondern auch am Rand der Scheibe oder Linse 13. Trifft ein Laserstrahl 20 beispielsweise auf eine  
15 Verschmutzung 17 kann er innerhalb der Scheibe oder Linse 13 als Streulicht 18 reflektiert werden. Gleiches gilt für eine Beschädigung 19 der Scheibe oder Linse 13. Dies kann durch die Lichtsensoren 15 am Rand der Scheibe oder Linse 13 festgestellt werden. Eine Verschmutzung 17 kann auch durch Wassertropfen, Tau, Beschlag oder dergleichen gebildet und detektiert werden. Ebenso können  
20 Temperatureinflüsse, chemische oder radioaktive Einflüsse aus der Umgebung erfasst und bei der Auswertung berücksichtigt werden. Hierzu kann der 3D-LIDAR-Sensor 10 mit entsprechenden Sensoren ausgestattet beziehungsweise vernetzt sein.

25 Als Verschmutzung 17 kann ebenso auch ein Regen- oder Wassertropfen beziehungsweise der Beschlag durch Nebel oder Tau angesehen werden, der das Transmissionsverhalten ein- und austretender Laserstrahlen beeinflusst.

30 Zusätzlich kann auch ein Photowiderstand 27 vorgesehen sein, um das Umgebungslicht zu erfassen, so dass der 3D-LIDAR-Sensor 10 selbsttätig feststellen kann, dass in einen Tunnel, ein Parkhaus oder dergleichen eingefahren wird, um die geänderten Lichtverhältnisse zu berücksichtigen.

35 Zusätzlich oder alternativ zu dem Photowiderstand 17 kann auch eine kratzfeste und/oder Lotusbeschichtung vorgesehen sein.

Weiterhin kann zusätzlich oder alternativ mit einer chemisch sensitiven Beschichtung ein Umwelteinfluss wie beispielsweise eine Streusalzverschmutzung festgestellt werden.

5 Ebenso kann die Dicke der Scheibe oder Linse 13, wie durch den Doppelpfeil 28 angedeutet beispielsweise mittels eines Piezoeffekts angepasst werden, um ein gewünschtes Transmissionsverhalten für Laserstrahlen 20, beispielsweise in Abhängigkeit von Temperatur und/oder Luftdruck, zu erhalten. Ebenso kann durch eine piezoelektrische Erfassung der Einfluss von Schallwellen, des  
10 Fahrtwinds und dergleichen auf die Linse oder Scheibe 13 erfasst und bei der Auswertung berücksichtigt werden.

Zusätzlich können in der Scheibe oder Linse 13 auch beispielsweise  
15 szintillierende Atome oder Moleküle eingebracht sein, wie durch das Kästchen 29 angedeutet. Diese würden durch radioaktive Strahlung angeregt und senden Licht aus, das mit entsprechenden Detektoren beispielsweise am Rand der Scheibe oder Linse 13 erfasst werden würde. Somit kann der Einfluss radioaktiver Strahlung festgestellt und bei der Auswertung berücksichtigt werden.

20 In Fig. 4 ist dargestellt, wie ein Scanpfad 21 eines Laserstrahls 20 über die Scheibe oder Linse 13 durch beliebige Einflüsse verschoben sein kann. Dies wird dann durch beispielsweise die Lichtsensoren 15 festgestellt und dann entsprechend wieder justiert.

25 Es versteht sich, dass die Scheibe oder Linse 13 beispielsweise mit einer Lotusbeschichtung, einer Kratzunempfindlichkeitsbeschichtung und/oder einer Beschichtung zum Durchlass nur bestimmter Wellenlängen ausgestattet sein kann. Gleiches gilt für eine Komponente, die im Inneren des 3D-LIDAR-Sensors 10 angeordnet ist. Ebenso kann ein Bandpassfilter und/oder ein Photowiderstand  
30 beispielsweise als zusätzliche Beschichtung vorgesehen sein. Somit kann beispielsweise das Eintreten von Laserstrahlen anderer Kraftfahrzeuge unterbunden werden, um Interferenzen oder sonstige Störungen zu vermeiden.

In Fig. 5 ist eine Scheibe oder Linse 13 abgebildet, auf oder in der  
35 photoempfindliche Widerstandsdrähte 22 beispielsweise netzartig angeordnet

sind. Trifft ein Laserstrahl 20 auf einen solchen Draht 22 so wird ein elektrischer Impuls ausgelöst, veranschaulicht durch den Kreis 23. Ist beispielsweise im Spiegel 16 ein mechanischer Fehler aufgetreten und ein Bereich 24 wird nicht vom Laserstrahl überstrichen bleibt das elektrische Signal aus und es kann eine Fehlermeldung ausgegeben werden.

In Fig. 6 ist eine Scheibe oder Linse 13 im Querschnitt dargestellt. An ihrem Rand ist vorzugsweise umlaufend ein Bandpassfilter angeordnet, um Lichtstrahlen 26 einer unerwünschten Wellenlänge, also beispielsweise von Sensoren anderer Kraftfahrzeuge auszufiltern, so dass keine Verfälschung der Messergebnisse auftritt. Es sollen nur die Laserstrahlen 20 des eigenen 3D-LIDAR-Sensors 10 erfasst werden.

In Fig.7 sind drei verschiedene Ausgestaltungen der sogenannten intelligenten Zwischenebene dargestellt. Links ist diese transparent und lässt insbesondere die reflektierten Laserstrahlen sozusagen ungefiltert hindurchtreten. In der Mitte ist sie vollständig abgedunkelt und lässt beispielsweise nur Licht einer bestimmten Wellenlänge hindurchtreten und rechts ist lediglich ein Teil abgedunkelt, um beispielsweise unerwünschte Lichteinstrahlungen gezielt auszublenden. Dies kann mit Micro-Arrays und/oder photosensitiven, ansteuerbaren Beschichtungen erfolgen.

Schließlich ist in Fig. 8 eine Scheibe oder Linse 13 mit aufweitender Eigenschaft abgebildet. Die von einer Laserstrahlquelle 11 erzeugten Laserstrahlen werden durch die Scheibe oder Linse 13 aufgeweitet, um einen größeren Umgebungsbereich erfassen zu können. Prinzipiell ist auch eine fokussierende Ausgestaltung möglich.

## 5 Ansprüche

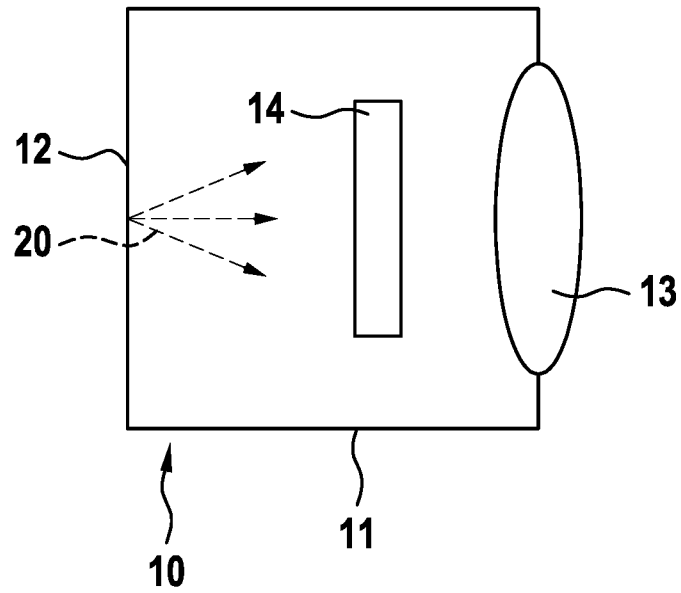
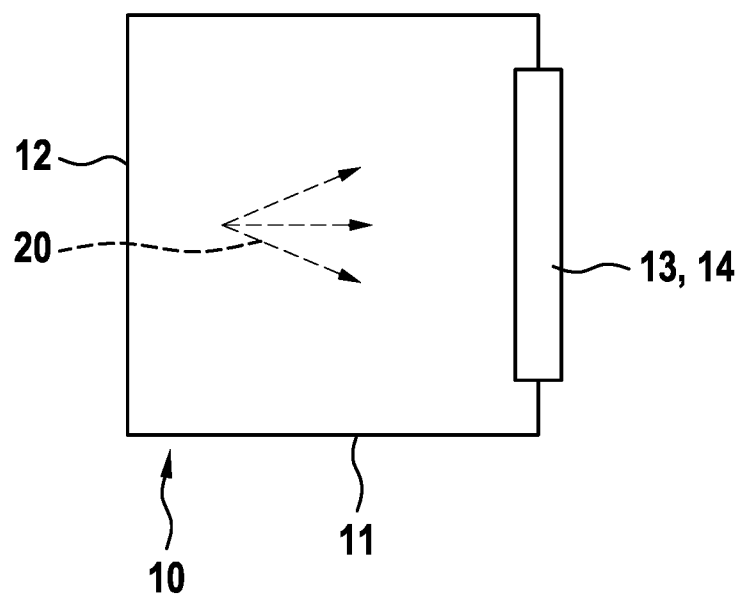
- 10 1. 3D-LIDAR-Sensor (10), insbesondere für Kraftfahrzeuge, mit einer Laserstrahlquelle (11), einem optischen Empfänger und einem Abtastsystem zum Ablenken eines von der Laserstrahlquelle (11) erzeugten Laserstrahls (20) in zwei zueinander senkrechten Abtastrichtungen, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem 3D-LIDAR-Sensor (10) eine weitere Detektionseinrichtung (14) für Abweichungen vom Normalbetrieb vorgesehen ist.
- 15 2. 3D-LIDAR-Sensor (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzliche Lichtsensoren (15) vorgesehen sind.
- 20 3. 3D-LIDAR-Sensor (10) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass Fremdlicht unterdrückbar ist.
- 25 4. 3D-LIDAR-Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Streulichtsensor (16) vorgesehen ist.
5. 3D-LIDAR-Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der 3D-Lidar-Sensor (10) mit weiteren Sensoren gekoppelt ist wie Regensensoren, Temperatursensoren, Ultraschallsensoren, chemischen Sensoren oder Radioaktivitätssensoren.
- 30 6. 3D-LIDAR-Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf oder in einer Scheibe oder Linse (13) an einer Austrittsöffnung des 3D-LIDAR-Sensors (10) ein piezoelektrisches System vorgesehen ist.
- 35 7. 3D-LIDAR-Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf oder in einer Scheibe oder Linse (13) an einer

- 11 -

Austrittsöffnung des 3D-LIDAR-Sensors (10) photoempfindliche Widerstandsdrähte (22) angeordnet sind.

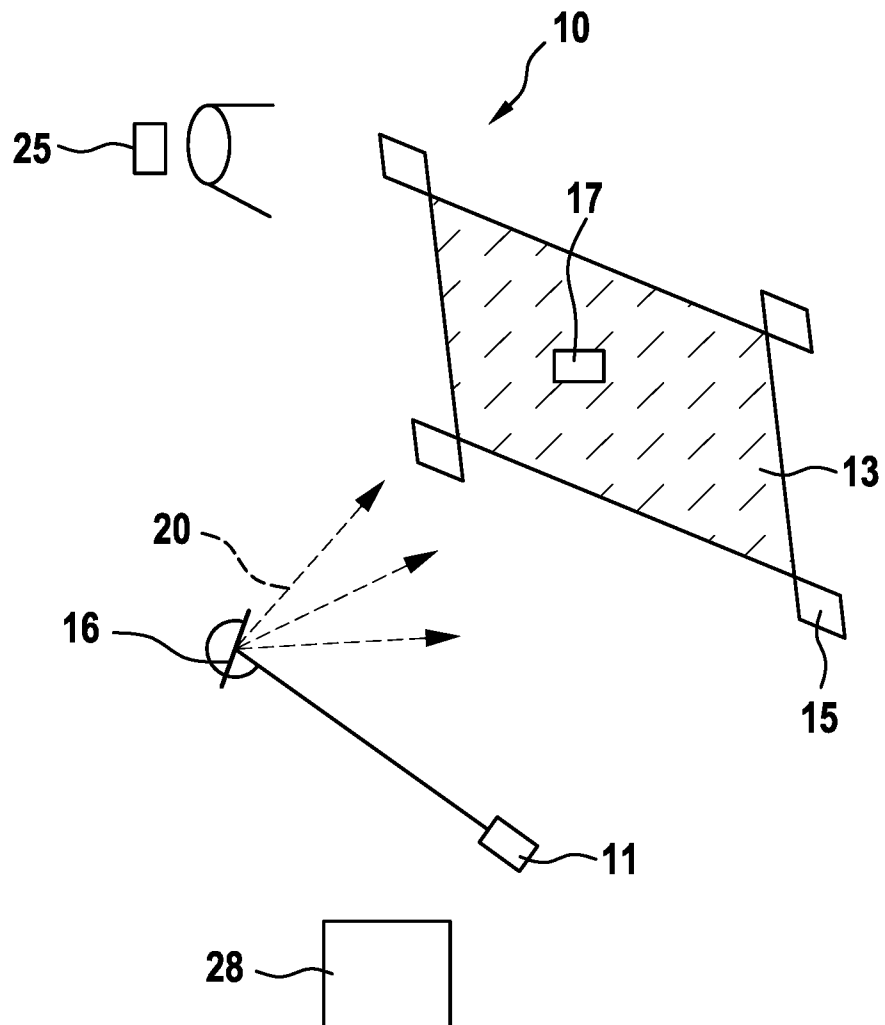
- 5 8. 3D-LIDAR-Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine aufweitende und/oder fokussierende Optik für die Laserstrahlen (20) vorgesehen ist.
- 10 9. Verfahren zum Betreiben eines 3D-LIDAR-Sensors (10), insbesondere für Kraftfahrzeuge, wobei der 3D-LIDAR-Sensor (10) mit einer Laserstrahlquelle (11), einem optischen Empfänger und einem Abtastsystem zum Ablenken eines von der Laserstrahlquelle (11) erzeugten Laserstrahls (20) in zwei zueinander senkrechten Abtastrichtungen ausgestattet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem 3D-LIDAR-Sensor (10) eine weitere
- 15 Detektionseinrichtung (14) für Abweichungen vom Normalbetrieb vorgesehen ist, mit der Abweichungen vom Normalbetrieb des 3D-LIDAR-Sensors (10) feststellbar sind.

1 / 6

**Fig. 1****a)****b)**

2 / 6

Fig. 2



3 / 6

Fig. 3

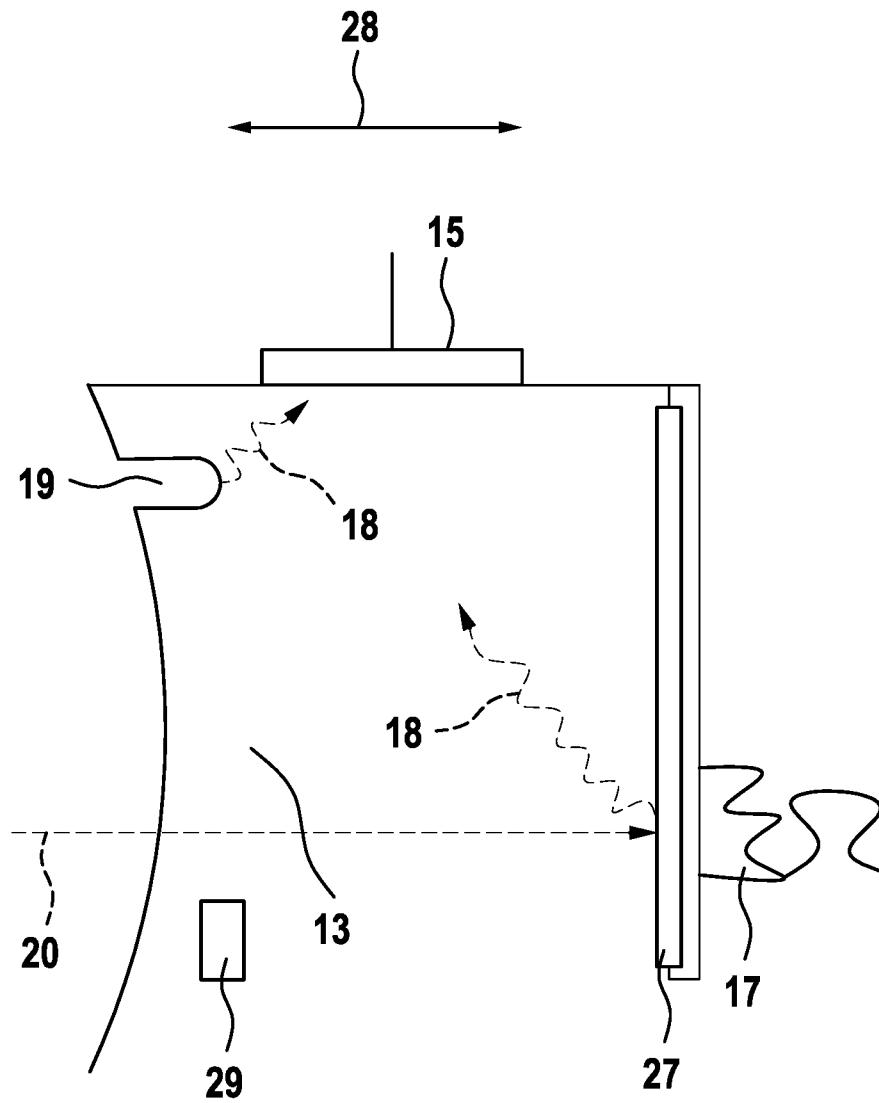


Fig. 4

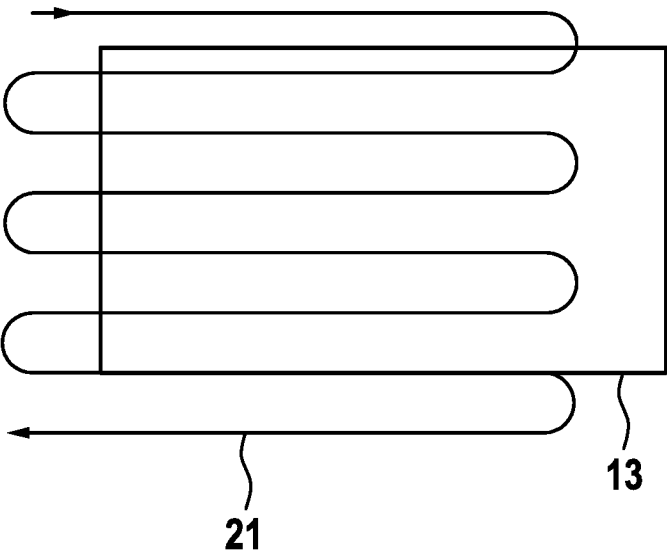
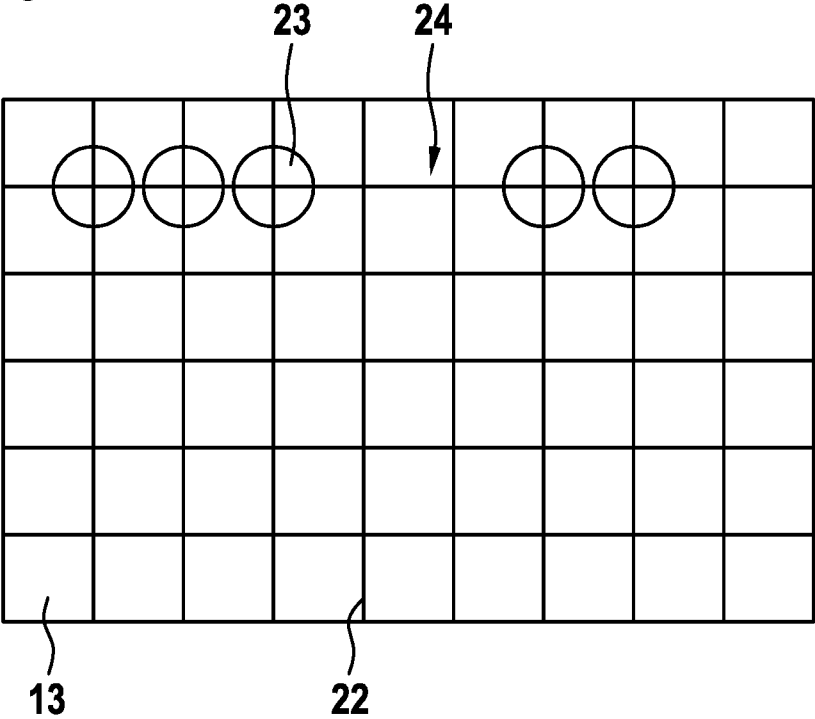


Fig. 5



5 / 6

Fig. 6

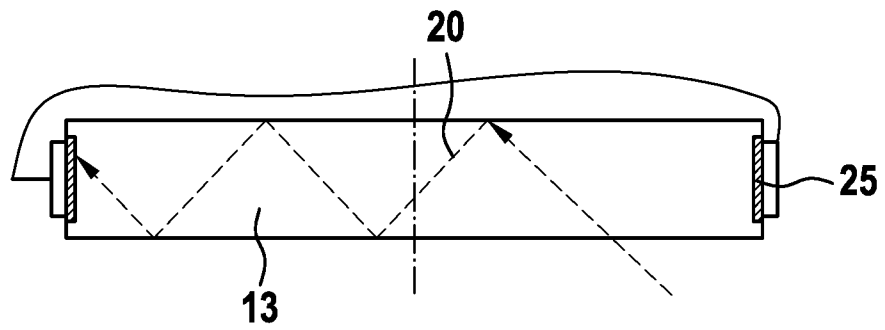
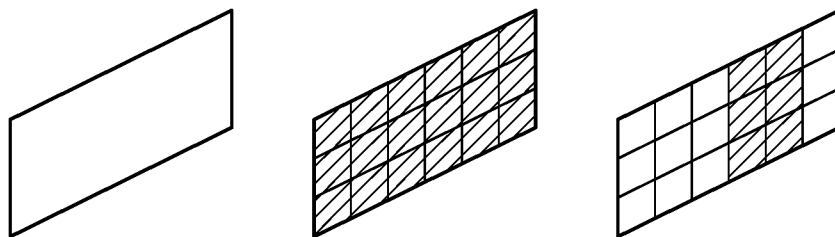
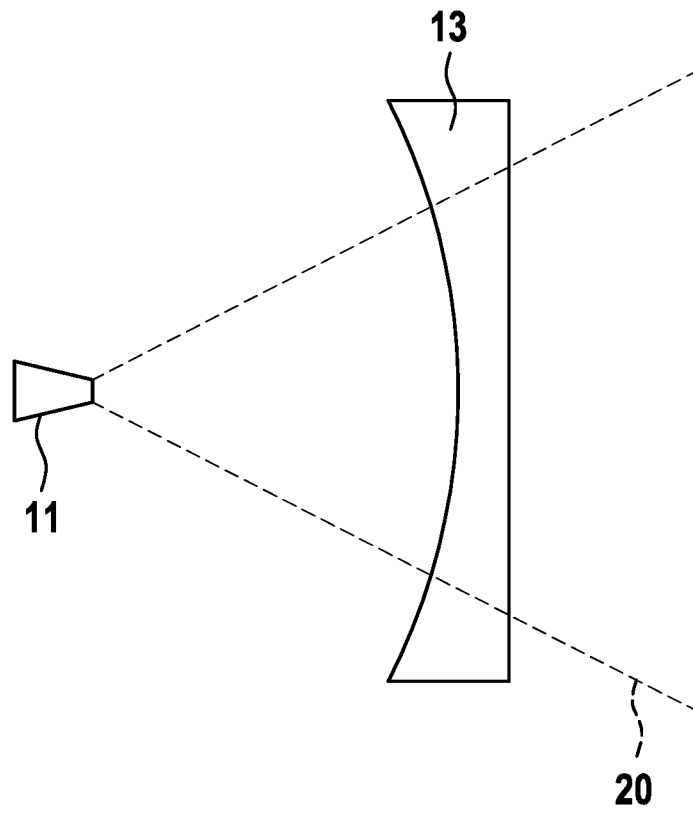


Fig. 7



6 / 6

Fig. 8



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2017/074980

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. G01S17/42 G01S17/93 G01S7/481 G01S7/497 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
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		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2004/257556 A1 (SAMUKAWA YOSHIE [JP] ET AL) 23 December 2004 (2004-12-23) abstract; figures 1,2 paragraphs [0002], [0036] - [0042], [0056] - [0059], [0067] - [0068], [0098] -----	1-5,8,9
X	DE 43 40 756 A1 (SICK OPTIK ELEKTRONIK ERWIN [DE]) 9 June 1994 (1994-06-09) column 3, lines 23-68; figures 4,9-13 column 9, line 63 - column 10, line 7 column 11, line 64 - column 12, line 20 -----	1,2,4,8,9
A	DE 10 2015 200224 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 14 July 2016 (2016-07-14) cited in the application paragraphs [0001], [0004], [0023] - [0027], [0035], [0039]; figures 1,7,8 ----- -/--	1-5,8,9
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="width: 48%;"> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p> </div> </div>		
Date of the actual completion of the international search  25 January 2018		Date of mailing of the international search report  28/03/2018
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Lupo, Emanuela

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2017/074980

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 659 421 A2 (DELPHI TECH INC [US]) 24 May 2006 (2006-05-24) abstract; figures 1,3,4 paragraphs [0012], [0016], [0025] - [0029] -----	1-5,8,9

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

**PCT/EP2017/074980****Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)**

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

**Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

**See additional sheet**

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:  
**1-5, 8, 9**

**Remark on Protest**

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

**The International Searching Authority has found that the international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:**

**1. Claims 1-5, 8, 9**

**3D LIDAR sensor, comprising a detection device for determining soiling.**

---

**2. Claim 6**

**Piezoelectric system on or in a disc or lens at an outlet opening of a 3D LIDAR sensor.**

---

**3. Claim 7**

**Photosensitive resistance wires on or in a disc or lens at an outlet opening of a 3D LIDAR sensor.**

---

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/074980

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2004257556	A1	23-12-2004	DE 102004028860 A1	05-01-2005
			JP 3915742 B2	16-05-2007
			JP 2005010094 A	13-01-2005
			US 2004257556 A1	23-12-2004
-----				
DE 4340756	A1	09-06-1994	NONE	
-----				
DE 102015200224	A1	14-07-2016	DE 102015200224 A1	14-07-2016
			WO 2016110442 A1	14-07-2016
-----				
EP 1659421	A2	24-05-2006	DE 102004055680 A1	24-05-2006
			EP 1659421 A2	24-05-2006
			US 2007138393 A1	21-06-2007
-----				

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G01S17/42 G01S17/93 G01S7/481 G01S7/497  
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, 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 2004/257556 A1 (SAMUKAWA YOSHIE [JP] ET AL) 23. Dezember 2004 (2004-12-23) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 Absätze [0002], [0036] - [0042], [0056] - [0059], [0067] - [0068], [0098] -----	1-5,8,9
X	DE 43 40 756 A1 (SICK OPTIK ELEKTRONIK ERWIN [DE]) 9. Juni 1994 (1994-06-09) Spalte 3, Zeilen 23-68; Abbildungen 4,9-13 Spalte 9, Zeile 63 - Spalte 10, Zeile 7 Spalte 11, Zeile 64 - Spalte 12, Zeile 20 -----	1,2,4,8,9
A	DE 10 2015 200224 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 14. Juli 2016 (2016-07-14) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0001], [0004], [0023] - [0027], [0035], [0039]; Abbildungen 1,7,8 ----- -/-	1-5,8,9



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

25. Januar 2018

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

28/03/2018

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Lupo, Emanuela

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 1 659 421 A2 (DELPHI TECH INC [US]) 24. Mai 2006 (2006-05-24) Zusammenfassung; Abbildungen 1,3,4 Absätze [0012], [0016], [0025] - [0029] -----	1-5,8,9

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/074980

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2004257556 A1	23-12-2004	DE 102004028860 A1	05-01-2005
		JP 3915742 B2	16-05-2007
		JP 2005010094 A	13-01-2005
		US 2004257556 A1	23-12-2004
-----			
DE 4340756 A1	09-06-1994	KEINE	
-----			
DE 102015200224 A1	14-07-2016	DE 102015200224 A1	14-07-2016
		WO 2016110442 A1	14-07-2016
-----			
EP 1659421 A2	24-05-2006	DE 102004055680 A1	24-05-2006
		EP 1659421 A2	24-05-2006
		US 2007138393 A1	21-06-2007
-----			

**Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)**

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr.  
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich
  
2. ☐ Ansprüche Nr.  
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
  
3. ☐ Ansprüche Nr.  
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

**Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)**

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. ☐ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
  
2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.
  
3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
  
4. ☒ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:  
1-5, 8, 9

**Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs**

- ☐ Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- ☐ Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- ☐ Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

## WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1-5, 8, 9

3D-LIDAR-Sensor mit einer Detektionseinrichtung zur Feststellung von Verschmutzung.

---

2. Anspruch: 6

Piezoelektrisches System auf oder in einer Scheibe oder Linse an einer Auftrittsöffnung eines 3D-LIDAR-Sensor.

---

3. Anspruch: 7

Photoempfindliche Widerstandsdrähte auf oder in einer Scheibe oder Linse an einer Auftrittsöffnung eines 3D-LIDAR-Sensor.

---