



(10) **DE 10 2017 213 726 A1** 2019.02.14

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 213 726.6**

(22) Anmeldetag: **08.08.2017**

(43) Offenlegungstag: **14.02.2019**

(51) Int Cl.: **G01S 7/481 (2006.01)**

G02B 27/09 (2006.01)

G02B 27/10 (2006.01)

(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Holleczek, Annemarie, Braga, PT; Kamil, Mustafa, 71229 Leonberg, DE; Peterseim, Tobias, 71032 Böblingen, DE; Spiessberger, Stefan, 71384 Weinstadt, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US 7 894 044 B1
US 2015 / 0 234 195 A1

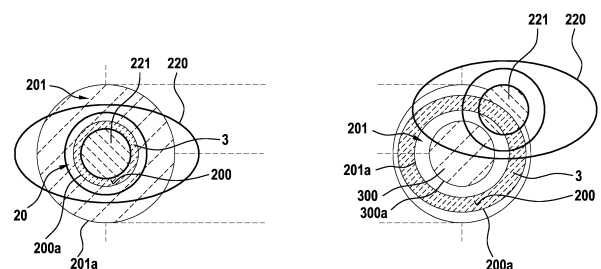
A.M. Nugrowati, J.P. Woerdman: Non-integer OAM beam shifts of Hermite-Laguerre-Gaussian beams. 1303.4925v3, 24.07.2013, Arxiv.org [online].

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Sensorvorrichtung zur Detektion eines Objekts**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Sensorvorrichtung, zur Detektion eines Objekts mittels Licht zumindest einer Wellenlänge, umfassend eine Sendeeinrichtung zum Aussenden von Licht mit zumindest einer Lichtquelle und eine Empfangseinrichtung zum Empfangen von Licht, wobei das von der Sendeeinrichtung ausgesendete Licht in der Ebene senkrecht zum Sendepfad die Form einer umlaufenden Fläche aufweist, welche einen inneren, nicht mit Licht beaufschlagten Bereich aufweist, wobei in einem gemeinsamen Teil des Sende- und Empfangspfads ein optisches Element derart angeordnet ist, sodass die Querschnittsfläche des optischen Elements in der Ebene senkrecht zum Sendepfad mit seiner Querschnittsfläche mit dem inneren, nicht mit Licht beaufschlagten Bereich im Wesentlichen vollständig überlappt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Sensorvorrichtung zur Detektion eines Objekts mittels Licht zumindest einer Wellenlänge, umfassend eine Sendeeinrichtung zum Aussenden von Licht mit zumindest einer Lichtquelle und eine Empfangseinrichtung zum Empfangen von Licht.

[0002] Die Erfindung betrifft ebenfalls ein Verfahren zur Detektion eines Objekts mittels Licht zumindest einer Wellenlänge, wobei mittels einer Sendeeinrichtung mit zumindest einer Lichtquelle Licht ausgesendet wird und Licht mittels einer Empfangseinrichtung empfangen wird.

[0003] Die Erfindung betrifft weiter ein Verfahren zur Erzeugung von Licht.

[0004] Obwohl die vorliegende Erfindung auf beliebige Sensorvorrichtungen anwendbar ist, wird die vorliegende Erfindung in Bezug auf LiDAR-Sensorvorrichtungen erläutert.

[0005] Bekannte LiDAR-Sensorvorrichtungen umfassen eine Sende- und Empfangseinrichtung für Laserlicht. Die Sendeeinrichtung sendet kontinuierlich (continuous wave) oder gepulstes, bspw. infrarotes Laserlicht in Senderichtung aus. Trifft dieses Licht auf ein bewegliches oder fixes Hindernis, bspw. ein fahrendes oder stehendes Auto, Fußgänger oder dergleichen, wird es teilweise in Richtung der Empfangseinrichtung zurückreflektiert. Wertet man die Zeitdifferenz von Sende- und Empfangszeitpunkt in einem Detektor aus, die sog. TOF, time of flight, kann man über die Laufzeit auf den von den Photonen zurückgelegten Weg schließen und letztlich lässt eine Entfernung eines Objektes bestimmen.

[0006] In bekannten koaxialen LiDAR-Systemen, wie bspw. aus der US 88 36 922 B1, wird zur optischen Isolation von Sende- und Empfangspfad ein Lochspiegel verwendet. Hierbei wird ein ausgesendeter Lichtstrahl durch eine Öffnung eines Lochspiegels transmittiert, um die Verluste beim Empfangen des Lichts möglichst klein zu halten.

[0007] Der Querschnitt des Lichtstrahls ist dabei möglichst klein. Um dies zu erreichen, wird der Sendelichtstrahl auf die Öffnung fokussiert. Um den Lichtstrahl anschließend zu kollimieren, wird eine Linse verwendet. Nach Reflektion des Lichtstrahls an einem Objekt und der Rückstreuung wird der Lichtstrahl wieder durch die Linse auf einen Detektor abgebildet. Verlässt der Lichtstrahl den LiDAR Sensor aufgeweitet, was über eine große Linse realisiert werden kann, kann der Sendelichtstrahl nicht bis zum maximalen Linsendurchmesser aufgeweitet und gleichzeitig kollimiert werden, was für eine Augensicherheit wünschenswert wäre.

[0008] Aus der DE 198 40 049 A1 ist eine Vorrichtung zur optischen Distanzmessung in der geodätischen und industriellen Vermessung bekannt geworden. Sie weist eine Sendereinheit mit einer oder zwei optischen Strahlungsquellen auf, die eine beugungsbegrenzte, sichtbare Strahlung und eine divergente sichtbare oder infrarote Strahlung emittieren. Die Strahlung beider Strahlungsquellen wird durch ein gemeinsames Objektiv hindurchgeführt und auf ein Zielobjekt gerichtet. Die vom Zielobjekt reflektierte oder gestreute Strahlung wird von demselben Objektiv empfangen. Ein Einkoppelelement in Form eines Spiegels mit einem Loch reflektiert das divergente Strahlungsbündel, während das beugungsbegrenzte sichtbare Strahlungsbündel durch das Loch hindurchgeführt wird.

[0009] In einer Ausführungsform stellt die Erfindung eine Sensorvorrichtung zur Detektion eines Objekts mittels Licht zumindest einer Wellenlänge bereit, umfassend eine Sendeeinrichtung zum Aussenden von Licht mit zumindest einer Lichtquelle und eine Empfangseinrichtung zum Empfangen von Licht, wobei das von der Sendeeinrichtung ausgesendete Licht in der Ebene senkrecht zum Sendepfad die Form einer Fläche aufweist, welche einen inneren, nicht mit Licht beaufschlagten Bereich aufweist, wobei in einem gemeinsamen Teil des Sende- und Empfangspfads ein optisches Element derart angeordnet ist, sodass die Querschnittsfläche des optischen Elements in der Ebene senkrecht zum Sendepfad mit seiner Querschnittsfläche mit dem inneren, nicht mit Licht beaufschlagten Bereich im Wesentlichen vollständig überlappt.

[0010] Unter dem Begriff „Überlappen“ in Bezug auf zwei Flächen ist insbesondere zu verstehen, dass eine erste kleinere Fläche eine Teilfläche einer größeren zweiten Fläche ist oder bildet: die erste Fläche überlappt vollständig mit der zweiten Fläche.

[0011] Dabei können die beiden Flächen sich erheblich in ihrer Größe unterscheiden. Insbesondere ist unter dem Begriff „Überlappen“ in Bezug auf zwei Flächen nicht nur eine identische Größe von zwei Flächen zu verstehen.

[0012] In einer weiteren Ausführungsform stellt die Erfindung ein Verfahren zur Detektion eines Objekts mittels Licht zumindest einer Wellenlänge bereit, wobei mittels einer Sendeeinrichtung mit zumindest einer Lichtquelle Licht ausgesendet wird und Licht mittels einer Empfangseinrichtung empfangen wird, wobei das von der zumindest einen Lichtquelle ausgesendete Licht in der Ebene senkrecht zum Sendepfad eine umlaufende Fläche bildet, welche einen inneren, nicht mit Licht beaufschlagten Bereich aufweist, wobei in einem gemeinsamen Teil des Sende- und Empfangspfads ein optisches Element derart angeordnet wird, sodass die Querschnittsfläche des opti-

schen Elements in der Ebene senkrecht zum Sendepfad mit seiner Querschnittsfläche mit dem inneren, nicht mit Licht beaufschlagten Bereich im Wesentlichen vollständig überlappt.

[0013] In einer weiteren Ausführungsform stellt die Erfindung ein Verfahren zur Erzeugung von Licht mit einer kreisring- oder ellipsenringförmigen Querschnittsfläche bereit, wobei zwei verschiedene Hermite-Gauß-Moden oder zwei verschiedene transversal elektromagnetische Moden des Lichts der Lichtquelle, vorzugsweise in Form eines Lasers, überlagert werden.

[0014] Einer der damit erzielten Vorteile ist, die Augensicherheit wesentlich erhöht wird, insbesondere im Bereich der sogenannten kritischen Distanz, da beispielsweise zu keiner Zeit eine Gesamtleistung des ausgesendeten Lichts, insbesondere auf eine Netzhaut eines Auges fallen kann. Ein weiterer Vorteil ist, dass damit ein verbessertes Verhältnis zwischen der effektiven Fläche zur Emission und der effektiven Fläche zur Detektion erreicht wird. Darüber hinaus ist ein Vorteil, dass weniger Abberationen auftreten, da Randbereichsfehler vermieden werden können und somit eine verbesserte Abbildung möglich ist. Ein weiterer Vorteil ist, dass insgesamt der Bauraum gesenkt werden kann, da eine kleine Abbildungsoptik im Empfangspfad ermöglicht wird, wobei diese nur einen „Detektionsteil“ umfassen kann.

[0015] Weitere Merkmale, Vorteile und weitere Ausführungsformen der Erfindung sind im Folgenden beschrieben oder werden dadurch offenbar.

[0016] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung ist das optische Element ein Umlenkelement, insbesondere ein Spiegel. Damit können bspw. auf einfache Weise Sendepfad und Empfangspfad voneinander separiert werden.

[0017] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung ist die Fläche im Wesentlichen kreisring- oder ellipsenringförmig ausgebildet. Einer der möglichen Vorteile ist, dass zum einen die Augensicherheit erhöht wird, zum anderen die Flexibilität erhöht wird, da bspw. eine Spaltenbeleuchtung mittels einer ellipsenringförmigen Fläche realisiert werden kann.

[0018] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung ist die Fläche im Wesentlichen 4-, 6- oder 8-eckig ausgebildet, insbesondere wobei die Anzahl der Lichtquellen kleiner oder gleich der Anzahl der Ecken ist. Einer der möglichen Vorteile ist, dass damit die Augensicherheit weiter erhöht wird, ebenso wie eine erhöhte Flexibilität beim Beleuchten eines Objekts, da hier verschiedene Formen bzw. Konturen der Fläche möglich sind. Ist die Anzahl der Lichtquellen gleich der Anzahl der Ecken, ist eine einfache Erzeugung der gesamten Eckstruktur der Fläche

möglich, da dann für jede Verbindung zwischen zwei Ecken in Form einer rechteckförmigen Fläche, bspw. eine Lichtquelle mit einer entsprechenden Spaltenbeleuchtung eingesetzt werden kann. Selbstverständlich ist die Anzahl der Ecken nicht beschränkt, sondern es sind auch nur 3 Ecken oder auch 5, 10, 12 oder mehr Ecken möglich.

[0019] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung entsprechen eine Form einer Außenkontur des inneren Bereichs und/oder eine Form einer Außenkontur der Querschnittsfläche im Wesentlichen der Form der Außenkontur der umlaufenden Fläche. Damit lässt sich auf besonders einfache Weise eine koaxiale und effiziente Anordnung von Sendelichtstrahl und Empfangslichtstrahl, mithin also ein koaxiales System bereitstellen.

[0020] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung sind im Sendepfad eine optische Aufweitungseinrichtung und/oder ein strahlformendes Element angeordnet. Einer der damit erzielten Vorteile ist, dass der ursprünglich von der Lichtquelle emittierte Strahl auf einfache und flexible Weise an verschiedene Anwendungsbedingungen angepasst werden kann.

[0021] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung ist ein zweites optisches Element für Licht des Sendepfades angeordnet und weist eine Halterung für das optische Element für Licht des Empfangspfades auf. Ein optisches Element für Licht des Empfangspfades ist bspw. ein Strahlumlenkelement, bspw. ein Spiegel oder dergleichen. Einer der damit erzielten Vorteile ist, dass damit Elemente einer kombinierten Sendepfad- und Empfangsapertur mit kompaktem Bauraum bereitgestellt werden können.

[0022] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung ist die Halterung im Wesentlichen hohl ausgebildet. Der Begriff „Im Wesentlichen“ in Bezug auf den Begriff „hohl“ bedeutet insbesondere, dass lediglich eine Stützstruktur, bspw. ein Gitter oder dergleichen, für das optische Element angeordnet ist. Einer der damit erzielten Vorteile ist, dass Gewicht eingespart wird bei gleichzeitig ausreichender Stabilität der Halterung. Die Halterung kann dabei beispielsweise aus Metall und/oder Kunststoff hergestellt sein.

[0023] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung umfasst die Sendeeinrichtung zur Erzeugung der Form des Lichts in der Ebene senkrecht zum Sendepfad einen räumlichen Modenkonverter. Damit lässt sich auf einfache und gleichzeitig flexible Weise die Form des Lichts in der Ebene senkrecht zum Sendepfad an verschiedene Bedingungen anpassen.

[0024] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung weist der räumliche Modenkonverter zumindest

- ein Axicon,
- einen Flüssigkristall,
- eine Resonatorstruktur,
- ein Mach-Zehnder-Interferometer
- eine Kombination aus einer oder mehreren Wellenplatten und einem Interferometer,
- ein holographischen Element
- ein doppelbrechendes Element

oder eine beliebige Kombination hiervon auf. Einer der damit erzielten Vorteile ist, dass damit verschiedene Modenkonverter bereitgestellt werden können, die je nach Anforderung entsprechend eingesetzt werden können. Ein Flüssigkristall hat dabei den Vorteil, dass während seiner Betriebsdauer die eingestrahlte Mode in Ihrer Form flexibel angepasst werden kann. Vorteil einer Resonatorstruktur ist wiederum, dass eine Laguerre-Gauß-**10** Mode oder eine Laguerre-Gauß-**01** Mode besonders einfach erzeugbar sind. Vorteil eines Mach-Zehnder-Interferometers ist wiederum, dass mittels diesem eine besonders einfache und effiziente Überlagerung von Hermite-Gauß-**10**-Moden und Hermite-Gauß-**01** zur Bildung eines ringförmigen Lichtstrahls ermöglicht wird. Ein Erzeugen eines ringförmigen Lichtstrahls ist mittels eines holographischen Elements besonders kostengünstig bei kleinem Bauraumbedarf möglich. Eine Kombination aus einer oder mehreren Wellenplatten und einem Interferometer bietet eine besonders flexible und gleichzeitig effiziente Möglichkeit einen ringförmigen Lichtstrahl zu erzeugen, insbesondere unter Verwendung verschiedener Polarisierungen. Passive Elemente für den Modenkonverter, beispielsweise ein Axicon oder dergleichen, haben darüberhinaus den Vorteil, daß sie gegenüber Umwelteinflüssen robust sind.

[0025] Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen, und aus dazugehöriger Figurenbeschreibung anhand der Zeichnungen.

[0026] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0027] Bevorzugte Ausführungen und Ausführungsformen der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert, wobei sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche oder ähnliche oder funktional gleiche Bauteile oder Elemente beziehen.

[0028] Dabei zeigen in der Draufsicht senkrecht zur Blickrichtung von Sende- und Empfangspfad in schematischer Form

Fig. 1 eine bereits bekannte Sensorvorrichtung;

Fig. 2a, b eine bereits bekannte Emissions- und Detektionsfläche (**Fig. 2a**) und eine Emission- und Detektionsfläche gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung (**Fig. 2b**);

Fig. 3 Schritte für die Erzeugung einer kreisringförmigen Fläche für emittiertes Licht gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4 eine Sensorvorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 5 eine Sensorvorrichtung gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 6 eine Sensorvorrichtung gemäß einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0029] **Fig. 1** zeigt eine bereits bekannte Sensorvorrichtung.

[0030] In **Fig. 1** ist ein Sensorvorrichtung mit einem Lochspiegel **6** gezeigt, der eine mittige Öffnung **20** aufweist. Ein Laserstrahl **4** sendet dabei Licht **3** entlang des Sendepfades **100** durch das Loch **20** des Lochspiegels **6**. Von einem Objekt reflektiertes Licht entlang des Empfangspfades **101** wird dann über den Spiegel **6** „eingesammelt“ und bspw. auf einen Detektor umgeleitet, hier um 90° abgelenkt.

[0031] **Fig. 2a** zeigt eine bekannte Anordnung von Emissions- und Detektionsfläche und **Fig. 2b** zeigt eine Emissions- und Detektionsfläche gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0032] In **Fig. 2a** ist ein Teil eines koaxialen LiDAR-Systems mit einem Laser **4** und einem Lochspiegel **6** gezeigt. Die Blickrichtung entspricht hier in Richtung des Lochspiegels **6** parallel zum Empfangspfad **101** der **Fig. 1**. Licht **3** eines Lasers **4** entlang des Sendepfades **100** tritt durch das Loch **20** hindurch, dieses wirkt somit als eine Emissionsfläche **200** von der Licht dann ausgesendet wird, um Objekte zu detektieren. Der das Loch **20** umgebende Lochspiegel **6** sammelt dann im Empfangspfad **101** das von einem Objekt reflektierte Licht ein. Die Fläche des Lochspiegels **6** wirkt als bzw. stellt eine Detektionsfläche **300** dar, mit der Licht zur Detektion „eingesammelt“ wird. Dabei entspricht die Detektionsfläche **300** einem nicht mit Licht beaufschlagten Bereich **201** im Sendepfad **100**. Der Bereich **201** samt Außenkontur ist dabei der

Übersichtlichkeit halber nicht in **Fig. 2a** mit Bezugszeichen bezeichnet.

[0033] In **Fig. 2b** ist nun das in **Fig. 2a** gezeigte Prinzip von Emissions- und Detektionsfläche im Wesentlichen invertiert, d. h. in **Fig. 2b** ist die Emissionsfläche **200** ringförmig um die kreisrunde Detektionsfläche **300** angeordnet. Im Unterschied hierzu ist die Emissionsfläche **200** gemäß **Fig. 2a** im Wesentlichen „innerhalb“ der Detektionsfläche **300** angeordnet.

[0034] Die kreisrunde Detektionsfläche **300** ist dabei gemäß **Fig. 2b** koaxial innerhalb des von der Emissionsfläche **200** umschlossenen Bereichs **201** angeordnet. Die Form der Außenkontur **200a** der Emissionsfläche **200** entspricht dabei der Form der Außenkontur **201a** des inneren Bereichs **201** und auch der Form der Außenkontur **301a** der Detektionsfläche **300**.

[0035] Ein Auge **220** kann bei der Anordnung der Emissionsfläche **200** und Detektionsfläche **300** gemäß **Fig. 2a**, genauer dessen Pupille **221** voll mit Licht beaufschlagt werden. Bei **Fig. 2b** jedoch ist eine vollständige Beaufschlagung der Pupille **221** des Auges **220** aufgrund der ringförmigen Struktur der Emissionsfläche **200** und damit der Form des Emissionslichtstrahls nicht möglich. Einer der möglichen Vorteile der Ausführungsform der **Fig. 2b** ist, dass die so erzeugte kreisförmige Struktur einer Laguerre-Gauss **10** - LG10 - Mode entsprechen kann. Diese LG10 Mode ist bei ihrer Emission so weit ausgeweitet, dass nie die Pupille **221** des Auges **220** vollständig mit dem Licht der gesamten Mode beaufschlagt wird. Die Laguerre-Gauss **10** Mode LG10 wird auch als Doughnut-Mode bezeichnet. Idealerweise ist das ringförmige ausgebildete ausgesendete Licht in der „kritischen Distanz“ mindestens so groß, wie die Pupille eines angenommenen oder definierten Norm-Auges, sodass zu keinsten Zeit die volle Leistung des ausgesendeten Lichts auf die Netzhaut des Auges **220** fallen kann.

[0036] **Fig. 3a-c** zeigen Schritte für die Erzeugung einer kreisringförmigen Fläche für emittiertes Licht gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0037] In **Fig. 3a-c** sind verschiedene Varianten zur Erzeugung eines Laguerre-Gauss **10** Strahls/Mode gezeigt. Eine erste Möglichkeit gemäß **Fig. 3a** ist eine transversal elektromagnetische Mode (TEM **00** Mode), die in einem Modenkonzentrierer **11** in eine Laguerre-Gauss **10** Mode umgewandelt wird. Eine weitere Möglichkeit ist gemäß **Fig. 3b** die Verwendung eines speziellen Lasers **4**, der bereits ausgangsseitig eine Laguerre-Gauss **10** Mode emittiert. Eine weitere Möglichkeit gemäß **Fig. 3c** ist darüber hinaus eine Hermite-**01** Mode und eine Hermite-**10** Mode erzeugt mit unterschiedlichen Lichtquellen **4a**, **4b** miteinander

zu überlagern und so eine Laguerre-Gauss Mode zu erzeugen. Das Modenprofil der Laguerre-Gauss-**10** Mode kann somit entweder direkt aus einer Laguerre-Gauss-Mode oder einer Überlagerung von Hermite-Gauss-**01** Mode und Hermite-Gauss-**10** Mode erzeugt werden.

[0038] Ein Modenkonzentrierer **11** kann durch verschiedene Elemente gebildet werden, zum Beispiel durch entsprechende Optiken wie Axicon etc., durch einen Flüssigkristall, durch eine Resonatorstruktur, mit Hilfe eines Mach-Zehnder-Interferometers, mit einer Kombination aus Wellenplatten und einem non-fokalen Fabry-Perot Resonator, oder holographischen oder doppelbrechenden Elementen oder dergleichen oder einer beliebigen Kombination hiervon.

[0039] **Fig. 4** zeigt eine Sensorvorrichtung gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0040] In **Fig. 4** ist eine Sensorvorrichtung **1** gezeigt. Die Sensorvorrichtung **1** weist einen Laser **4**, der Licht emittiert sowie einen Modenkonzentrierer **11** auf, der im vorliegenden Fall eine Doughnut-Mode erzeugt. Diese wird nach Aufweiten durch eine Aufweitungsoptik **7** und Strahlformung durch eine Strahlformungslinse **8** zu einer Punktbeleuchtung eingesetzt. Innerhalb des gemeinsamen Teils **102** von Sendepfad **100** und Empfangspfad **101** ist ein Spiegel **6** angeordnet, dessen Querschnittsfläche **300** in der Ebene E dem nicht mit Licht beaufschlagten Bereich **201** der Doughnut-Mode entspricht. Weiterhin weist die Sensorvorrichtung **1** eine Empfangsoptik **5** auf. Der Spiegel **6** lenkt empfangenes Licht im Empfangspfad **101** um 90° aus dem gemeinsamen Teil des Sendepfad und Empfangspfades **102** heraus auf die Empfangsoptik **5**. Aufweitungsoptik **7** und strahlformendes Element **8** sind optional: Der Laser **4** bzw. der Modenkonzentrierer **11** kann eine Doughnut-Mode bereits in der gewünschten Größe bereitstellen.

[0041] **Fig. 5** zeigt eine Sensorvorrichtung gemäß einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0042] In **Fig. 5** ist im Wesentlichen eine Sensorvorrichtung **1** gemäß **Fig. 4** gezeigt. Im Unterschied zur Sendevorrichtung **1** gemäß **Fig. 4** ist bei der Sensorvorrichtung **1** gemäß **Fig. 5** die Aufweitungsoptik **7** so ausgebildet, sodass der in dem Laser **4** und Modenkonzentrierer **11** erzeugte doughnut-förmige Lichtstrahl mithilfe der Aufweitungsoptik **7** in einer Ausbreitungsrichtung minimiert und senkrecht hierzu in einer zweiten Richtung aufgeweitet wird, also in der Ebene E senkrecht zur Ausbreitungsrichtung. Auf diese Weise entsteht ein ellipsenförmiger Doughnut, der auch zu einer Linienausleuchtung genutzt werden kann. Die in **Fig. 4** gezeigte Sendeeinrichtung **2**, Empfangseinrichtung **5** und gegebenenfalls eine Abbildungsein-

richtung ermöglicht eine Umlenkung des vom Objekt reflektierten Strahls, Empfangspfad **101**, auf einen der Empfangsoptik **5** nachgeschalteten Detektor.

[0043] Fig. 6 zeigt eine Sendervorrichtung gemäß einer sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0044] In Fig. 6 ist im Wesentlichen ein Ausschnitt einer Sensorvorrichtung **1** gezeigt. Der prinzipielle Aufbau der Sensorvorrichtung **1** gemäß Fig. 6 entspricht im Wesentlichen dem Aufbau der Sensorvorrichtung **1** gemäß Fig. 5. Das in Fig. 5 gezeigte strahlformende Element in Form einer Strahlformungslinie **8** wird hierbei durch eine äußere Halterung **9'** gehalten. Diese weist einen Innendurchmesser auf, der größer ist als der Außendurchmesser der Doughnut-Mode bzw. der umlaufenden Fläche **200**. In der Linse **8** ist nun eine Halterung **9** angeordnet. Diese kann massiv oder teilweise hohl ausgebildet sein und trägt den Umlenkspiegel **6**. Die Halterung **9** ist dabei so angeordnet, dass der nicht vom Licht beaufschlagte Bereich **201** im Wesentlichen dem Querschnitt der Halterung **9** entspricht. Mit anderen Worten ist die Halterung **9** „innerhalb“ des Lichtrings **200** in dessen nicht von Licht beaufschlagten Bereich **201** angeordnet.

[0045] In einer weiteren Ausführungsform wird die Sensorvorrichtung in einem Makroscanner, d. h. Laser **4** und Empfangseinrichtung **5** drehen sich zusammen mit SPAD Detektoren oder APD Detektoren, verwendet.

[0046] Zumindest eine der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ermöglicht, stellt bereit oder weist zumindest Folgendes auf:

- Verbesserte Verteilung von Emissionsfläche zu Detektionsfläche
- erhöhte Augensicherheit
- reduzierte Aberrationen durch Vermeidung von Randbereichsfehlern in der Empfangsoptik, was eine bessere Abbildung ermöglicht
- kleinere Abbildungsoptionen möglich, da diese nur den Detektionsteil umformen können müssen
- Bauraum-Minimierung bei gleichzeitiger Erhöhung der Augensicherheit.

[0047] Obwohl die vorliegende Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist sie nicht darauf beschränkt, sondern auf vielfältige Weise modifizierbar.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- US 8836922 B1 [0006]
- DE 19840049 A1 [0008]

Patentansprüche

1. Sensorvorrichtung (1) zur Detektion eines Objekts mittels Licht zumindest einer Wellenlänge, umfassend

eine Sendeeinrichtung (2) zum Aussenden von Licht (3) mit zumindest einer Lichtquelle (4) und eine Empfangseinrichtung (5) zum Empfangen von Licht, wobei das von der Sendeeinrichtung (2) ausgesendete Licht in der Ebene (E) senkrecht zum Sendepfad (100) die Form einer Fläche (200) aufweist, welche einen inneren, nicht mit Licht beaufschlagten Bereich (201) aufweist, wobei in einem gemeinsamen Teil (102) des Sendepfad (100)- und Empfangspfads (101) ein optisches Element (6) derart angeordnet ist, sodass die Querschnittsfläche (300) des optischen Elements (6) in der Ebene (E) senkrecht zum Sendepfad (100) mit seiner Querschnittsfläche (300) mit dem inneren, nicht mit Licht beaufschlagten Bereich (201) im Wesentlichen vollständig überlappt.

2. Sensorvorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei die Fläche (200) im Wesentlichen kreisring- oder ellipsenringförmig ausgebildet ist.

3. Sensorvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1-2, wobei die Fläche (200) im Wesentlichen 4-, 6- oder 8-eckig ausgebildet ist, insbesondere wobei die Anzahl der Lichtquellen (4) kleiner oder gleich der Anzahl der Ecken ist.

4. Sensorvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1-3, wobei eine Form einer Außenkontur (201a) des inneren Bereichs (201) und/oder eine Form einer Außenkontur (300a) der Querschnittsfläche (300) im Wesentlichen der Form der Außenkontur (200a) der umlaufenden Fläche (200) entsprechen.

5. Sensorvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1-4, wobei im Sendepfad (100) eine optische Aufweitungseinrichtung (7) und/oder ein strahlformendes Element (8) angeordnet sind.

6. Sensorvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1-5, wobei ein weiteres optisches Element (8) für Licht des Sendepfads (100) angeordnet ist und eine Halterung (9) für das optische Element (6) für Licht des Empfangspfads (101) aufweist, insbesondere wobei die Halterung (9) im Wesentlichen hohl ausgebildet ist.

7. Sensorvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1-6, wobei die Sendeeinrichtung zur Erzeugung der Form des Lichts in der Ebene (E) senkrecht zum Sendepfad (100) einen räumlichen Modenkonverter (11) umfasst.

8. Sensorvorrichtung gemäß Anspruch 7, wobei der räumliche Modenkonverter (11) zumindest

- ein Axicon,

- einen Flüssigkristall,
- eine Resonatorstruktur,
- ein Mach-Zehnder-Interferometer
- eine Kombination aus einer oder mehreren Wellenplatten und einem Interferometer,
- ein holographisches Element
- ein doppelbrechendes Element oder eine beliebige Kombination hiervon aufweist.

9. Verfahren zur Detektion eines Objekts mittels Licht zumindest einer Wellenlänge, wobei mittels einer Sendeeinrichtung (2) mit zumindest einer Lichtquelle (4) Licht ausgesendet wird und Licht mittels einer Empfangseinrichtung (5) empfangen wird, wobei das von der zumindest einen Lichtquelle (4) ausgesendete Licht in der Ebene (E) senkrecht zum Sendepfad (100) eine umlaufende Fläche (200) bildet, welche einen inneren, nicht mit Licht beaufschlagten Bereich (201) aufweist, wobei in einem gemeinsamen Teil (102) des Sendepfad (100) und Empfangspfads (101) ein optisches Element (6) derart angeordnet wird, sodass die Querschnittsfläche (300) des optischen Elements (6) in der Ebene (E) senkrecht zum Sendepfad (100) mit seiner Querschnittsfläche (300) mit dem inneren, nicht mit Licht beaufschlagten Bereich (201) im Wesentlichen vollständig überlappt.

10. Verfahren zur Erzeugung einer kreisring- oder ellipsenringförmigen Querschnittsfläche (200) für Licht, wobei zwei verschiedene Hermite-Gauss-Moden oder zwei verschiedene transversal elektromagnetische Moden des Lichts, vorzugsweise in Form eines Lasers, überlagert werden.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

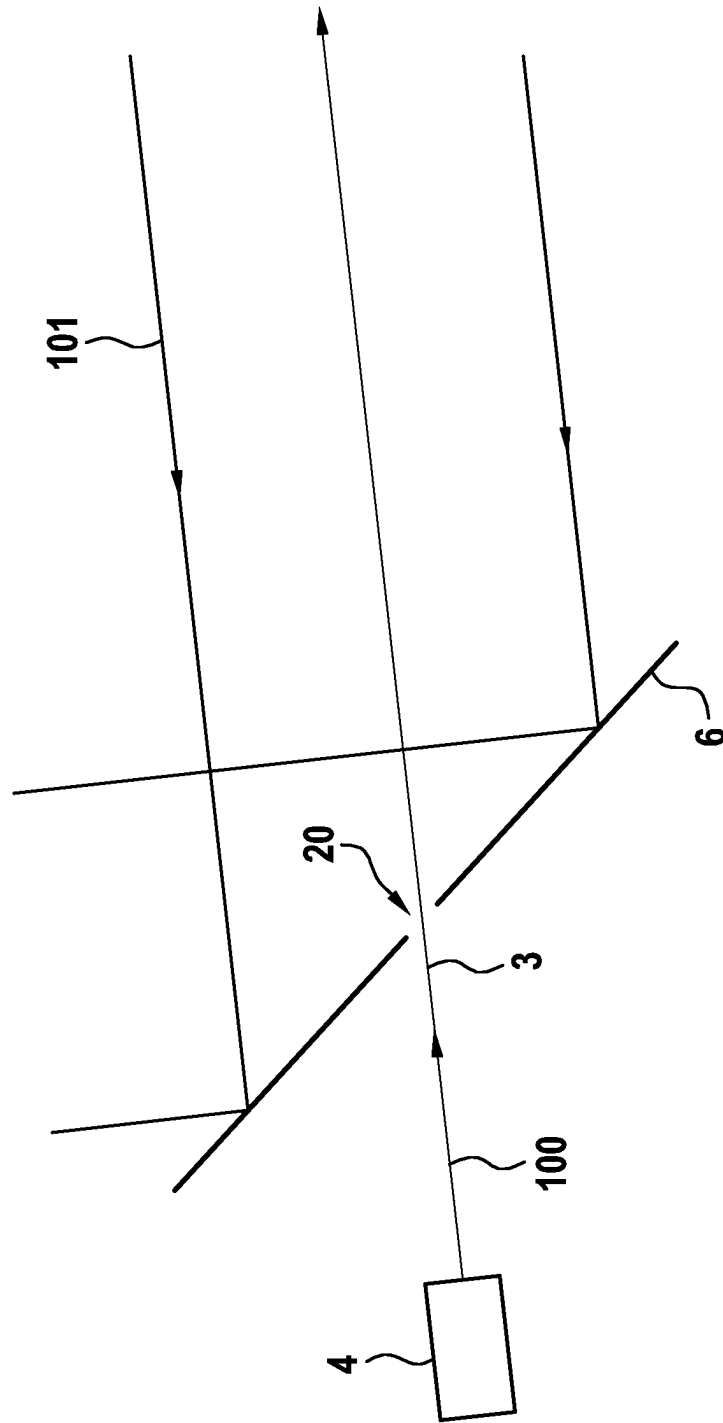


Fig. 2a

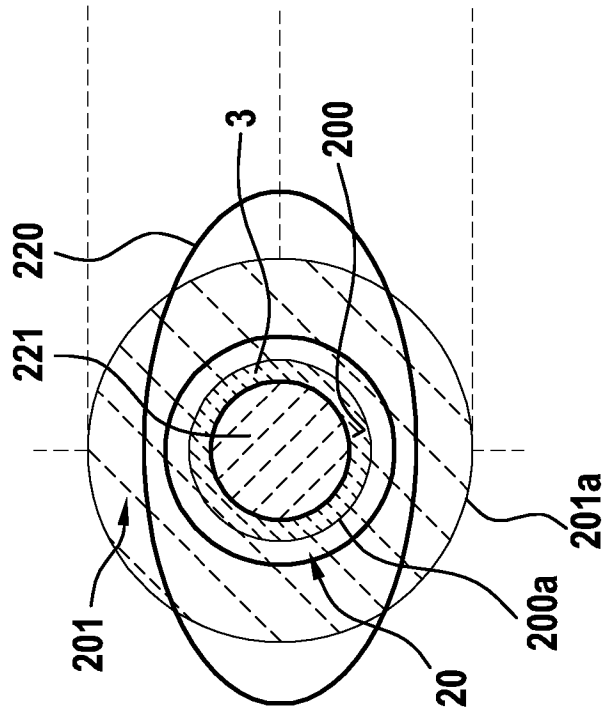


Fig. 2b

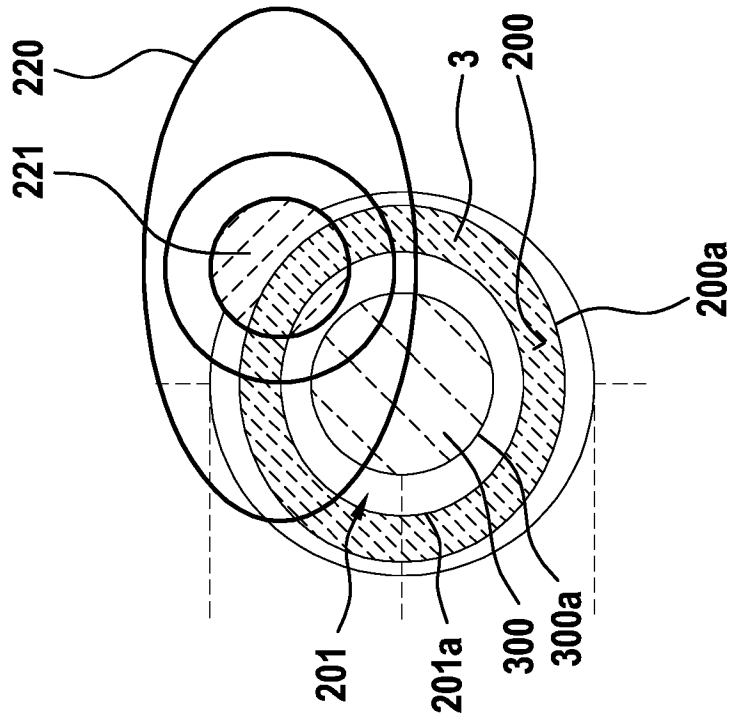


Fig. 3a

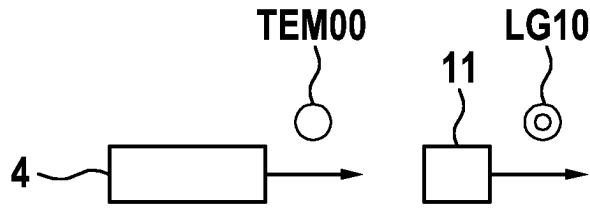


Fig. 3b

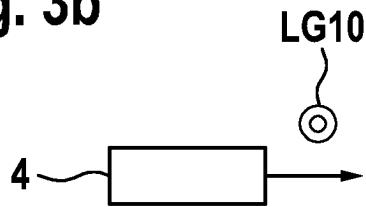


Fig. 3c

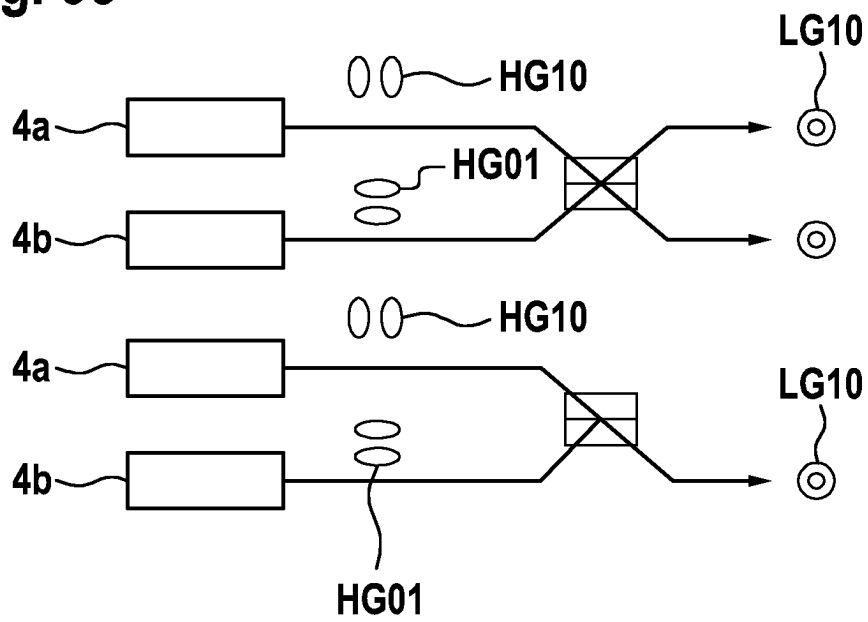


Fig. 4

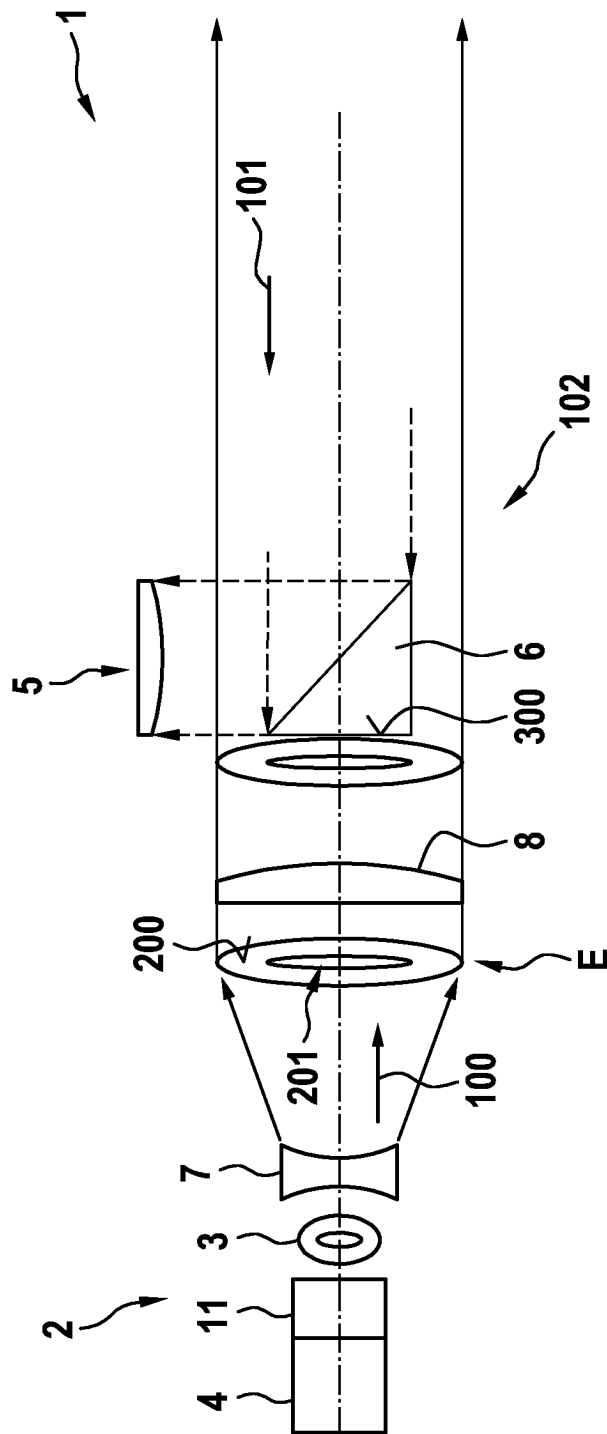


Fig. 5

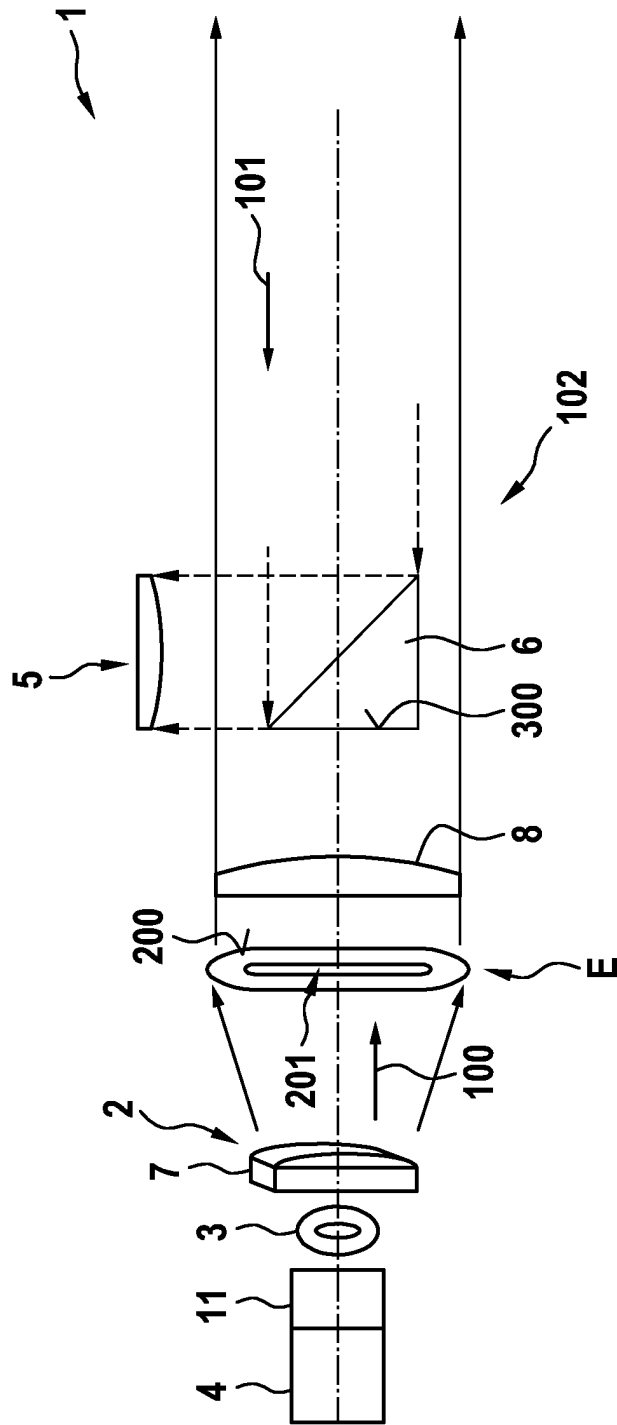


Fig. 6

