(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2018 101 847 A1** 2019.08.01

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2018 101 847.9**
(22) Anmeldetag: **26.01.2018**
(43) Offenlegungstag: **01.08.2019**

(51) Int Cl.: ***G01S 17/02*** (2006.01)
G01S 7/481 (2006.01)

(71) Anmelder:
SICK AG, 79183 Waldkirch, DE

(72) Erfinder:
Hug, Gottfried, 79183 Waldkirch, DE; Gimpel, Hartmut, 79194 Gundelfingen, DE; Clemens, Klaus, 79367 Weisweil, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

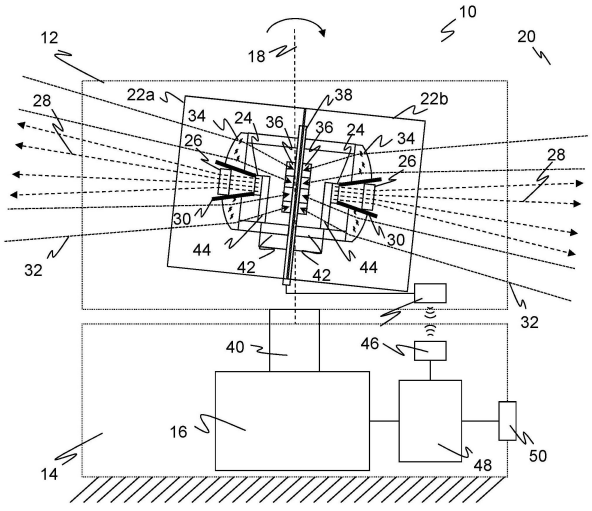
DE	**10 2004 014 041**	**A1**
US	**2010 / 0 020 306**	**A1**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Optoelektronischer Sensor und Verfahren zur Erfassung von Objekten**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein optoelektronischer Sensor (10) zur Erfassung von Objekten in einem Überwachungsbereich (20) angegeben, der eine um eine Drehachse (18) bewegliche Abtasteinheit (12, 58), mehrere Abtastmodule (22) zur periodischen Abtastung des Überwachungsbereichs (20) und zum Erzeugen von entsprechenden Empfangssignalen sowie eine Auswertungseinheit (48) zur Gewinnung von Informationen über die Objekte aus den Empfangssignalen aufweist, wobei die Abtastmodule (22) mindestens einen Lichtsender (24) zum Aussenden mehrerer voneinander separierter Lichtstrahlen (28) und mindestens einen Lichtempfänger (36) zum Erzeugen der Empfangssignale aus den von Objekten remittierten Lichtstrahlen (32) umfassen. Dabei ist mindestens ein Abtastmodul (22) bezüglich seiner Hauptblickrichtung um einen Kippwinkel (β) verkippt und/oder um einem Drehwinkel (γ) verdreht angeordnet, wobei der Kippwinkel (β) gegen eine zentrale Abtastebene senkrecht zu der Drehachse (18) und der Drehwinkel (γ) um eine Achse entsprechend der Hauptblickrichtung gemessen ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen optoelektronischen Sensor und ein Verfahren zur Erfassung von Objekten in einem Überwachungsbereich nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 beziehungsweise **15**.

[0002] Viele optoelektronische Sensoren arbeiten nach dem Tastprinzip, bei dem ein Lichtstrahl in den Überwachungsbereich ausgesandt und der von Objekten zurückgeworfene Lichtstrahl wieder empfangen wird, um dann das Empfangssignal elektronisch auszuwerten. Dabei wird oft die Lichtlaufzeit mit einem bekannten Phasen- oder Pulsverfahren gemessen, um den Abstand eines angetasteten Objekts zu bestimmen.

[0003] Um den Messbereich eines einstrahligen Lichttasters zu erweitern, kann einerseits der Abtaststrahl bewegt werden, wie dies in einem Laserscanner geschieht. Dort überstreicht ein von einem Laser erzeugter Lichtstrahl mit Hilfe einer Ablenkeinheit periodisch den Überwachungsbereich. Zusätzlich zu der gemessenen Abstandinformation wird aus der Winkelstellung der Ablenkeinheit auf die Winkellage des Objektes geschlossen, und damit ist der Ort eines Objektes in dem Überwachungsbereich in zweidimensionalen Polarkoordinaten erfasst.

[0004] Eine andere Möglichkeit zur Messbereichserweiterung und zur Gewinnung zusätzlicher Abstandsdaten besteht darin, zugleich mehrere Messpunkte mit mehreren Abtaststrahlen zu erfassen. Das lässt sich auch mit einem Laserscanner kombinieren, der dann nicht nur eine Überwachungsebene erfasst, sondern über eine Vielzahl von Überwachungsebenen einen dreidimensionalen Raumbereich. In den meisten Laserscannern wird die Abtastbewegung durch einen Drehspiegel erreicht. Gerade bei Verwendung mehrerer Abtaststrahlen ist aber im Stand der Technik auch bekannt, stattdessen den gesamten Messkopf mit Lichtsendern und Lichtempfängern rotieren zu lassen, wie dies beispielsweise in DE 197 57 849 B4 beschrieben ist.

[0005] Aus der Anordnung der mehreren Abtaststrahlen oder Abtastebenen ergibt sich, welche Informationen aus dem dreidimensionalen Raumbereich gewonnen werden. Beispielhafte Parameter sind die Anzahl und Dichte der Abtaststrahlen. Je nach Anwendung kann hier ein ganz unterschiedlicher Bedarf bestehen. Wünschenswert wäre hier eine einfache Anpassung der Strahlkonfiguration, um unterschiedliche Anforderungen bedienen zu können.

[0006] Manche herkömmliche Mehrstrahl-Laserscanner verwenden eine monolithische Zeile von Lichtsendern beziehungsweise Lichtempfängern. Dann sind aber die Abtastebenen auf einen bestimmten, äquidistanten Abstand festgelegt und liegen dicht an dicht, weil der Platz auf dem Halbleitermaterial der Sende- und Empfangselemente optimal genutzt werden soll. Somit besteht allenfalls noch die Möglichkeit, Daten aus in einer bestimmten Anwendung nicht gebrauchten Abtastebenen zu verwerfen, aber das ist keine Anpassung des Geräts, sondern nutzt im Gegenteil dessen Leistungsfähigkeit nur teilweise aus.

[0007] Die US 8 767 190 B2 wählt den Ansatz, für jede Abtastebene einen eigenen Lichtsender und Lichtempfänger vorzusehen. Damit besteht dann prinzipiell die Möglichkeit, jede einzelne Abtastebene wie gewünscht einzujustieren. Das System ist zwar hoch flexibel, jedoch nur um den Preis eines enormen Aufwands für die Bauteile und die jeweilige individuelle Justage.

[0008] In der EP 2 863 176 A2 wird eine rotierende Plattform offenbart, auf der verschiedene Erfassungsmodule rotieren können. Ausführungsformen mit Erfassungsmodulen für optoelektronische Abstandsmessung sehen jedoch ebenfalls nur einen Abtaststrahl je Modul vor. Das wird einerseits für eine zweikanlige, redundante Messwerterfassung vorgeschlagen. In einer anderen Ausführungsform werden mehrere abstandsmessende Erfassungsmodule ungefähr in Richtung der Drehachse ausgerichtet und dabei gegeneinander verkippt. Wie schon in US 8 767 190 B2 ist dann für eine bestimmte Konfiguration von Abtastebenen eine individuelle Einstellung der Kippwinkel erforderlich. Somit wird eine höhere Flexibilität mit einfachen Mitteln immer noch nicht erreicht.

[0009] Die DE 10 2004 014 041 A1 befasst sich mit einem Sensorsystem zur Hinderniserkennung nach Art eines Laserscanners, das eine Laserzeile und eine Reihe von Fotodioden verwendet. Derartige Reihenanordnungen haben die oben schon genannten Nachteile, dass sie auf äquidistante, dichte Abstände der Abtastebenen festlegen. In einer Ausführungsform der DE 10 2004 014 041 A1 sind drei derartige Abtastsysteme um jeweils 120° in Drehrichtung gegeneinander versetzt angeordnet, deren Elevationswinkel durch einen Hubmotor variiert werden kann. Damit werden die von jeweiligen Abtastsystemen erfassten Sichtbereiche so eingestellt, dass sie gemeinsam einen möglichst großen, zusammenhängenden Elevationswinkelbereich abdecken. Das genannte Zahlenbeispiel stellt die Elevationswinkel in den drei Abtastsystemen auf {-18°,-12°, -6°}, {-6°, 0°, 6°}, {6°, 12°, 18°} ein. Immer noch bleibt die Flexibilität vergleichsweise klein.

[0010] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein flexibleres gattungsgemäßes Mehrstrahlsystem anzugeben.

[0011] Diese Aufgabe wird durch einen optoelektronischen Sensor und ein Verfahren zur Erfassung von

Objekten in einem Überwachungsbereich nach Anspruch 1 beziehungsweise 15 gelöst. Mehrere Abtastmodule erzeugen und empfangen jeweils mehrere Lichtstrahlen und weisen dafür mindestens einen Lichtsender und mindestens einen Lichtempfänger auf. Die Lichtstrahlen sind nicht als Strahlen im Sinne der Strahlenoptik innerhalb eines größeren Lichtbündels zu verstehen, sondern als voneinander separierte Lichtbündel und somit vereinzelte Abtaststrahlen, die im Überwachungsbereich beim Auftreffen auf ein Objekt entsprechend vereinzelte, voneinander beabstandete Lichtflecken erzeugen. Eine um eine Drehachse rotierende oder zumindest schwenkbare Abtasteinheit sorgt dafür, dass die Abtaststrahlen den Überwachungsbereich periodisch abtasten. Eine Auswertungseinheit gewinnt aus den Empfangssignalen Informationen über die Objekte an den jeweils angetasteten Punkten.

[0012] Die Erfindung geht von dem Grundgedanken aus, durch Verkippen und/oder Verdrehen von Abtastmodulen angepasste Konfigurationen von Abtaststrahlen zu ermöglichen, beziehungsweise aufgrund der Bewegung um die Drehachse angepasste Konfigurationen von Abtastebenen. Dazu wird mindestens ein Abtastmodul um einen Kippwinkel verkippt und/oder um einen Drehwinkel verdreht. Diese Winkel sind bezüglich der Hauptblickrichtung des Abtastmoduls gemessen beziehungsweise definiert. Ein Abtastmodul hat zwar mehrere Abtaststrahlen, die vorzugsweise nicht alle parallel und damit in dieselbe Blickrichtung ausgerichtet sind. Das Abtastmodul als Ganzes besitzt dennoch eine einzige Hauptblickrichtung, die beispielsweise durch dessen Mittelachse, einen zentralen Abtaststrahl oder eine mittlere Richtung aller Abtaststrahlen des Abtastmoduls gegeben ist. Nun wäre die herkömmliche, weder verkippte noch verdrehte Ausrichtung eines Abtastmoduls diejenige mit Hauptblickrichtung in die zentrale Abtastebene senkrecht zur Drehachse hinein und bei aufrechter Anordnung des Abtastmoduls. Erfindungsgemäß wird die Hauptblickrichtung aus diesem Kippwinkel Null verkippt und entspricht damit nicht mehr der zentralen Abtastebene und/oder das Abtastmodul wird aus diesem Drehwinkel Null verdreht und hat damit eine nicht aufrechte Orientierung bis hin zu auf der Seite liegend. Zur Vervollständigung der Begrifflichkeiten sei noch erwähnt, dass in dieser Beschreibung der Winkel, um den sich die Abtasteinheit um die Drehachse bewegt, als Scanwinkel bezeichnet wird. Ein Winkelabstand zwischen den Abtaststrahlen dagegen wird Elevationswinkel genannt, wobei es sich genaugenommen nur um einen effektiven Elevationswinkel nach Projektion mit dem Drehwinkel handelt, wie später genauer erläutert.

[0013] Die Erfindung hat den Vorteil, dass es sehr einfach möglich wird, die Strahl- oder Ebenenkonfiguration zu verändern. Es sind zahlreiche unterschiedliche Anordnungen von Messebenen möglich, und dies weitgehend ohne Neuentwicklung und ohne den hohen Justageaufwand im Falle einzeln einstellbarer Strahlen lediglich durch Verkippen beziehungsweise Verdrehen von Abtastmodulen. Damit kann im Verlauf eines Produktlebens schnell und flexibel auf veränderte Anforderungen reagiert werden, und es können mühelos neue Endgerätevarianten erzeugt werden, bis hin zur individuellen Fertigung in Einzelstücken für spezielle Kundenwünsche.

[0014] Die Abtastmodule sind vorzugsweise in der Abtasteinheit untergebracht. Der Sensor weist damit einen um die Drehachse beweglichen Messkopf auf. Das ist eine Bauweise, die sich besonders gut mit verschiedenen Konfigurationen von verkippten und verdrehten Abtastmodulen kombinieren lässt. Alternativ ist auch möglich, dass die Abtastmodule nicht beweglich angeordnet sind und die Abtaststrahlen durch einen um die Drehachse beweglichen Spiegel periodisch abgelenkt werden, insbesondere einen Drehspiegel oder ein Polygonspiegelrad.

[0015] Der Kippwinkel und/oder der Drehwinkel ist bevorzugt statisch. Es gibt demnach keinen Verstellmechanismus, um diese Winkel auch noch im Betrieb zu verändern. Für ein bestimmtes Gerät werden vielmehr die Abtastmodule bei bestimmten Winkeln montiert. Das schließt nicht aus, dass in den Geräten Montageplätze für Abtastmodule vorgesehen sind, die eine Montage bei unterschiedlichen Winkeln zulassen, wobei man sich dann während der Montage für bestimmte Winkel entscheidet.

[0016] Der Kippwinkel liegt bevorzugt in einer Umgebung von Null, insbesondere im Bereich von ±60° oder weniger, etwa ±50°, ±40° oder ±30°. Damit ist die Hauptblickrichtung in etwa radial nach außen und weicht jedenfalls deutlich von der Richtung der Drehachse ab. Die Abtastebenen liegen dementsprechend in einer Umgebung der zentralen Abtastebene senkrecht zur Drehachse. Vorzugsweise ist für zumindest ein Abtastmodul, wenn nicht mehrere oder alle, der Kippwinkel ungleich Null. Die zentrale Abtastebene kann trotzdem erfasst werden, falls in der Konfiguration der Abtaststrahlen gewünscht, weil wiederum die Lichtstrahlen in einem verkippten Abtastmodul gegen dessen Hauptblickrichtung verkippt sind.

[0017] Der Sensor weist bevorzugt zwei bis zehn Abtastmodule auf. Typischerweise sind es zwei bis vier Abtastmodule. Bei mehr als zehn Abtastmodulen wird der Gesamtaufbau recht komplex, prinzipiell ausgeschlossen ist dieser Fall aber nicht, falls entsprechend zahlreiche Abtaststrahlen benötigt werden.

[0018] Ein Abtastmodul erzeugt bevorzugt zwei bis zehn Lichtstrahlen. Einige bevorzugte Anzahlen sind drei bis sechs und acht. Erneut sind auch größere Zahlen prinzipiell denkbar, etwa sechzehn. Mehr Fle-

xibilität erhält man aber mit einem Abtastmodul mit nur einigen Lichtstrahlen, und eine Vielzahl von Abtaststrahlen wird dann durch Vervielfachung der Abtastmodule erreicht.

[0019] Zumindest einige, vorzugsweise alle Lichtstrahlen eines Abtastmoduls weisen vorteilhafterweise einen gegenseitigen Winkelversatz auf. Somit sind zumindest nicht alle Lichtstrahlen eines Abtastmoduls zueinander parallel. Nochmals bevorzugt bilden die Lichtstrahlen eines Abtastmoduls ein gleichmäßiges Winkelraster. Das Winkelraster ist möglicherweise gleichmäßig nur im dreidimensionalen Raum, etwa ein Quadrant, die die auf eine verkippte oder verdrehte Achse der Abtastmodule projizierten planaren Winkel selbst sind gar nicht gleichmäßig. In beiden Fällen sind die Bausteine einer Abtaststrahlenkonfiguration erst einmal regelmäßig und dadurch gut handhabbar. Durch Kombination von Abtastmodulen lassen sich dennoch vielfältige, auch unregelmäßige Abtaststrahlenkonfigurationen aufbauen. Die Abtastmodule weisen bevorzugt Lichtsender beziehungsweise Lichtempfänger auf, mit denen Lichtstrahlen auch mit größeren und unregelmäßigen gegenseitigen Abständen angeordnet werden können. Die Lichtstrahlen eines Abtastmoduls sind also vorzugsweise so angeordnet, dass zwischen den davon erzeugten Abtastebenen jeweils nicht abgetastete Bereiche des Sichtfeldes liegen. Das gelingt insbesondere durch einzelne und damit einzeln ausrichtbare Lichtquellen beziehungsweise Lichtempfangselemente, also keinen Sender- oder Empfängerzeilen, die stets dicht aneinander liegende Abtastebenen erzeugen. Die Abtastmodule sind bevorzugt derart verkippt und/oder verdreht, dass Abtastebenen mit gleichmäßigem Winkelabstand entstehen. Das bezieht sich nun auf die Gesamtkonfiguration, nicht mehr einzelne Abtastmodule. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, insgesamt einen gleichmäßigen Winkelabstand zu erzielen. Die Abtastmodule können sich den gesamten Winkelbereich aufteilen und einander direkt benachbart ergänzen. Ebenso ist denkbar, dass Abtastmodule das Winkelraster von anderen Abtastmodulen verfeinern und/oder vergleichmäßigen. Präzise müsste in der Diskussion von Winkeln zwischen Abtastebenen der Begriff Elevationswinkel verwendet werden, aber dies wird hier und im Folgenden aus dem Kontext klar und vielfach sprachlich vereinfacht.

[0020] Die Abtastmodule sind bevorzugt derart verkippt und/oder verdreht, dass in zumindest einem Winkelbereich Abtastebenen mit dichterem Winkelabstand entstehen. In solchen Ausführungsformen wird gezielt von einem gleichmäßigen Winkelabstand abgewichen, weil bestimmte Winkelbereiche interessanter sind als andere und daraus mehr Daten gewonnen werden sollen. Eines von zahlreichen Beispielen ist ein Sensor für ein Fahrzeug, der vor allem Daten in Höhe von Verkehrsströmen und relevanten Hindernissen gewinnen soll und nur wenige Daten vom Boden beziehungsweise aus der Höhe. Der dichter abgetastete Bereich muss aber nicht zentral um einen Elevationswinkel 0° liegen, sondern kann ebenso nach oben oder unten verschoben sein, oder es sind mehrere Winkelbereiche dichter überwacht als andere. Auch muss der Winkelabstand in den dichter und weniger dicht überwachten Winkelbereichen für sich nicht konstant sein.

[0021] Die Abtastmodule sind bevorzugt derart verkippt und/oder verdreht, dass zumindest einige mehrfach abgetastete Abtastebenen entstehen. Dadurch werden redundante Messdaten gewonnen, um beispielsweise durch Bildung eines Mittelwertes Messwerte mit höherer Genauigkeit zu erzeugen. In der Sicherheitstechnik werden redundante Messerfassungen genutzt, um das Gerät gegen Ausfälle abzusichern.

[0022] Die Abtastmodule sind bevorzugt derart verkippt und/oder verdreht, dass zumindest ein Winkelbereich ohne Abtastebenen entsteht. In solchen Ausführungsformen gibt es Lücken im Elevationswinkelbereich, in denen gar nicht überwacht wird. Die Abtastmodule ergänzen einander also nicht unmittelbar benachbart, sondern lassen einen Freiraum dazwischen, in dem keine Daten erzeugt werden. An dieser Stelle sind natürlich Lücken oder Freiräume gemeint, die größer sind als der unter Berücksichtigung des Drehwinkels gegebene kleinste Abstand zwischen den diskreten Abtaststrahlen innerhalb eines Abtastmoduls.

[0023] Die Abtastmodule sind bevorzugt derart verkippt und/oder verdreht, dass Abtastebenen eines Abtastmoduls zwischen Abtastebenen eines anderen Abtastmoduls liegen. Somit überlappen die Winkelbereiche, die von den beteiligten Abtastmodulen erfasst werden, um dort die Dichte der erfassten Daten in Elevation zu erhöhen oder redundante Daten zu erfassen. Entsprechend dieser Ausführungsform und derjenigen des vorigen Absatzes kann es vorteilhaft sein, wenn Abtastmodule einander nicht direkt benachbart ergänzen, indem Lücken und/oder Überlappungen vorgesehen werden.

[0024] Die Abtasteinheit weist bevorzugt eine Vielzahl von Montageplätzen für Abtastmodule auf, die insbesondere nicht alle mit einem Abtastmodul besetzt sind. Somit ist die Abtasteinheit bereits auf die Aufnahme von Abtastmodulen vorbereitet. Dabei kann an den jeweiligen Montageplätzen bereits eine Verkippung und/oder Verdrehung für das dort montierte Abtastmodul vorgegeben sein, oder es erlaubt zumindest in gewissen Winkelbereichen noch eine Anpassung. Es besteht eine sehr einfache Möglichkeit, zusätzliche Varianten zu bilden, indem Montageplätze ungenutzt bleiben. Die Abtasteinheit bietet dann sozusagen eine Maximalkonfiguration an, wo-

bei auch kleinere Teilkonfigurationen mit weniger Abtastebenen wählbar sind.

[0025] Die Abtastmodule sind bevorzugt untereinander identisch aufgebaut. Dadurch wird eine wesentlich beschleunigte Produktentwicklung und Variantenbildung ermöglicht. In neuen Endgerätevarianten kann eine Hauptkomponente in Form des Abtastmoduls unverändert bleiben. Die Spezifikation und die Validierung dieses Abtastmoduls muss nur ein einziges Mal erfolgen. Das verringert auch über hohe Stückzahlen der immer gleichen Abtastmodule trotz unterschiedlicher Endgeräte deutlich die Herstellkosten, zumal die Abtastmodule sogar für die diversen Endgeräte an einem gemeinsamen Produktionsplatz herstellbar sind. Es wäre alternativ auch denkbar, einige wenige Typen unterschiedlicher Abtastmodule für noch mehr Varianten zu nutzen. Zwar lassen sich praktisch alle relevanten Abtastebenenkonfigurationen auch mit untereinander identischen Abtastmodulen durch Variation von Kipp- und Drehwinnkel aufbauen. Dennoch kann es vorteilhaft sein, beispielsweise je ein zwei-, vier- und achtstrahliges Abtastmodul und/oder Abtastmodule mit zwei oder drei unterschiedlichen Winkelrastern vorzusehen. Das eröffnet keine neuen Abtastebenenkonfigurationen, denn beispielsweise ein achstrahliges Abtastmodul ist durch vier zweistrahlige Abtastmodule und ein Abtastmodul mit feinerem Winkelraster durch ein entsprechend verdrehtes Abtastmodul mit groberem Winkelraster ersetzbar. Möglicherweise gibt es aber einen Vorteil, weil man insgesamt mit weniger Komponenten und/oder, gerade im Falle extremer Drehwinkel, mit weniger Bauraum auskommt.

[0026] Zumindest einige Abtastmodule sind bevorzugt übereinander und/oder in Drehrichtung zueinander versetzt angeordnet. Es gibt im Grundsatz diese zwei Freiheitsgrade, um mehrere Abtastmodule physisch in der Abtasteinheit unterzubringen. Dabei spielt ein Versatz in Drehrichtung, also im Scanwinkel, für bei üblichen Drehzahlen und der dagegen quasi-statischen Szenerie keine Rolle. Ein Höhenversatz von Abtastmodulen kann sich je nach Baugröße geringfügig auf die Abtastebenen auswirken.

[0027] Vorzugsweise sind in einem Abtastmodul mehrere Lichtstrahlen im Querschnitt in einem zweidimensionalen Muster angeordnet. Bei dem Muster geht es um die Anordnung der Abtaststrahlen und nicht der Lichtsender und Lichtempfänger, obwohl das übereinstimmen kann, wenn jeweils ein Lichtsender und ein Lichtempfänger einem Abtaststrahl entsprechen. Das ist möglich, muss jedoch wegen Strahlaufspaltung, Strahlvereinigung und/oder Strahlablenkung, mehreren Lichtemissionsflächen oder Lichtempfangselementen je Lichtsender oder Lichtempfänger beziehungsweise der Zuständigkeit eines Lichtsenders beziehungsweise Lichtempfängers für mehrere Abtaststrahlen nicht dasselbe sein, aber auf diesen Unterschied wird nicht im Einzelnen eingegangen. Zweidimensionale Muster haben gegebenenfalls optische oder bauliche Vorteile innerhalb des Abtastmoduls. Wegen der Bewegung der Abtasteinheit um die Drehachse wirkt sich nur der Anteil des zweidimensionalen Musters in Höhenrichtung senkrecht zu der Bewegung aus, das zweidimensionale Muster wirkt deshalb effektiv wie eine auf die Höhenrichtung projizierte Linienanordnung, die alternativ auch denkbar ist.

[0028] Mindestens zwei Abtastmodule weisen bevorzugt eine gemeinsame Leiterplatte auf. Darauf sind insbesondere die Lichtsender und/oder Lichtempfänger untergebracht.

[0029] Eine solche gemeinsame Leiterplatte verringert die Komplexität weiter und ist vorzugsweise bei einer Anordnung der beteiligten Abtastmodule übereinander oder um Scanwinkel um 180° versetzt geeignet, wobei im letzteren Fall Vorder- und Rückseite genutzt werden. Durch Flexplatinen oder dergleichen sind auch andere Scanwinkel möglich.

[0030] Die Auswertungseinheit ist bevorzugt dafür ausgebildet, aus einer Lichtlaufzeit zwischen Aussenden der Lichtstrahlen und Empfangen der remittierten Lichtstrahlen einen Abstand des Objekts zu bestimmen. Der Sensor wird dadurch entfernungsmessend. Alternativ wird lediglich die Anwesenheit eines Objekts festgestellt und beispielsweise als Schaltsignal ausgegeben.

[0031] Das erfindungsgemäße Verfahren kann auf ähnliche Weise weitergebildet werden und zeigt dabei ähnliche Vorteile. Derartige vorteilhafte Merkmale sind beispielhaft, aber nicht abschließend in den sich an die unabhängigen Ansprüche anschließenden Unteransprüchen beschrieben.

[0032] Die Erfindung wird nachstehend auch hinsichtlich weiterer Merkmale und Vorteile beispielhaft anhand von Ausführungsformen und unter Bezug auf die beigefügte Zeichnung näher erläutert. Die Abbildungen der Zeichnung zeigen in:

Fig. 1 eine Schnittdarstellung eines als Laserscanner ausgebildeten optischen Sensors;

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines einzelnen Abtastmoduls mit dessen Abtaststrahlen oder -ebenen;

Fig. 3a eine Schnittdarstellung eines Abtastmoduls zur Erläuterung des Kippwinkels;

Fig. 3b eine Draufsicht auf den Ein- und Austrittsbereich der Lichtstrahlen eines Abtastmoduls zur Erläuterung des Drehwinkels;

Fig. 3c eine perspektivische Darstellung einer beispielhaften Konfiguration von vier Abtastmodulen mit verschiedenen Kipp- und Drehwinkeln;

Fig. 4a eine Beispielkonfiguration mit drei Abtastmodulen, die gleichmäßig beabstandete Abtastebenen erzeugen;

Fig. 4b eine Beispielkonfiguration mit drei Abtastmodule, die durch Überlappung ebenfalls gleichmäßig, jedoch dichter beabstandete Abtastebenen erzeugen;

Fig. 5a eine Beispielkonfiguration mit drei Abtastmodulen, die redundante Abtastebenen erzeugen;

Fig. 5b eine Beispielkonfiguration mit zwei Abtastmodulen, die teilweise redundante Abtastebenen erzeugen;

Fig. 6 eine Beispielkonfiguration mit drei Abtastmodulen, die in unterschiedlichen Höhenlagen unterschiedlich dicht beabstandete Abtastebenen erzeugen;

Fig. 7 eine Draufsicht auf ein Abtastmodul zur Erläuterung der Verdichtung von Abtastebenen durch Variation des Drehwinkels;

Fig. 8a eine Beispielkonfiguration mit drei Abtastmodulen, von denen zwei einen variierten Drehwinkel aufweisen, um so einen Bereich mit äquidistant beabstandeten sowie zusätzlichen, weiter ab liegenden Abtastebenen zu erzeugen;

Fig. 8b eine Beispielkonfiguration ähnlich **Fig. 8b**, jedoch mit größerem Teilbereich, dafür weiter beabstandet äquidistant liegenden Abtastebenen;

Fig. 9a-c Beispielkonfigurationen mit einem Abtastmodul, das vier zu einem Quadrat angeordnete Abtaststrahlen aufweist, und Darstellungen der Auswirkung einer Variation von dessen Drehwinkel;

Fig. 9d-f Beispielkonfigurationen mit einem Abtastmodul, das neun zu einem Quadrat angeordnete Abtaststrahlen aufweist, und Darstellungen der Auswirkung einer Variation von dessen Drehwinkel;

Fig. 10a-c Darstellungen von Konfigurationen mit mehreren Abtastmodulen in unterschiedlichen Höhenlagen und/oder Scanwinkeln, die eine gemeinsame Leiterplatte nutzen;

Fig. 11a eine Draufsicht längs der Drehachse auf eine Beispielkonfiguration mit vier im Scanwinkel gegeneinander versetzten Abtastmodulen;

Fig. 11b eine Draufsicht ähnlich **Fig. 11a**, hier jedoch mit sechs vorgesehenen Montageplätzen für Abtastmodule, von denen nur fünf tatsächlich besetzt sind; und

Fig. 12 eine Beispielkonfigurationen mit zwei Abtastmodulen und einer periodischen Ablenkung durch ein bewegliches Spiegelelement anstelle eines beweglichen Abtastkopfes.

[0033] **Fig. 1** zeigt eine schematische Schnittdarstellung durch einen optoelektronischen Sensor **10** in einer Ausführungsform als modularer Vielstrahl-Laserscanner. Der Sensor **10** umfasst in grober Aufteilung eine bewegliche Abtasteinheit **12** und eine Sockeleinheit **14**. Die Abtasteinheit **12** ist der optische Messkopf, während in der Sockeleinheit **14** weitere Elemente wie eine Versorgung, Auswertungselektronik, Anschlüsse und dergleichen untergebracht sind. Im Betrieb wird mit Hilfe eines Antriebs **16** der Sockeleinheit **14** die Abtasteinheit **12** in eine Drehbewegung um eine Drehachse **18** versetzt, um so einen Überwachungsbereich **20** periodisch abzutasten.

[0034] In der Abtasteinheit **12** sind mehrere Abtastmodule **22a-b** vorgesehen. Im dargestellten Beispiel sind es zwei Abtastmodule **22a-b**, allgemein sind bis zu zehn und im Einzelfall auch mehr Abtastmodule denkbar. Die Abtastmodule **22a-b** stehen schräg, sind also gegenüber der Drehachse **18** verkippt. Sie können alternativ oder zusätzlich gegen ihre eigene Mittelachse verdreht sein, was in der Schnittdarstellung der **Fig. 1** nicht erkennbar ist. Die Kippwinkel und Drehwinkel von Abtastmodulen **22a-b** werden später unter Bezugnahme auf die **Fig. 2** bis **Fig. 11** genauer erläutert.

[0035] Die Abtastmodule **22a-b** weisen jeweils eine Lichtsendereinheit **24** auf, beispielsweise mit LEDs oder Lasern in Form von Kantenemittern oder VCSELs, die mit Hilfe einer nur als Funktionsblock dargestellten gemeinsamen Sendeoptik **26** mehrere Sendelichtstrahlen **28** mit gegenseitigem Winkelversatz erzeugen, die in den Überwachungsbereich **20** ausgesandt werden. Dafür können je nach Ausführungsform mehrere Lichtquellen mit eigenen Leiterplatten oder gemeinsamer Leiterplatte für die mehreren Sendelichtstrahlen **28** eingesetzt sein, oder das Licht einer Lichtquelle oder einiger Lichtquellen wird durch ein Strahlteilerelement oder ein diffraktives optisches Element aufgeteilt. Im dargestellten Beispiel sind es vier Sendelichtstrahlen **28**, allgemein sind typischerweise zwei bis zehn Sendelichtstrahlen je Abtastmodul **22a-b** vorgesehen, unter Umständen auch mehr.

[0036] Zur Vermeidung von Streulicht innerhalb des Sensors **10** kann der interne Lichtweg der Sendelichtstrahlen **28** von einem lichtundurchlässigen Tubus **30** abgeschirmt werden. Treffen die Sendelichtstrahlen **28** in dem Überwachungsbereich **20** auf ein Objekt, so kehren entsprechende remittierte Lichtstrahlen **32** zu dem Sensor **10** zurück. Die remittierten Lichtstrahlen **32** werden von einer Empfangsoptik **34** auf einen Lichtempfänger **36** geführt. Der Lichtempfänger **36** ist

ortsauflösend und deshalb in der Lage, aus jedem der remittierten Lichtstrahlen **32** ein eigenes elektrisches Empfangssignal zu erzeugen. Dafür sind mehrere Photodioden oder APDs (Avalanche Diode) denkbar, aber auch ein Bildsensor mit entsprechend zugeordneten Einzelpixeln oder Pixelgruppen. Eine weitere denkbare Ausführungsform sieht einen SPAD-Empfänger (Single-Photon Avalanche Diode) mit einer Vielzahl von SPADs vor. Es ist auch denkbar, mehrere remittierte Lichtstrahlen **32** mittels der Empfangsoptik **34** auf dasselbe Empfangselement zu leiten. Die Unterscheidung der remittierten Lichtstrahlen **32** ist dann beispielsweise durch Multiplexing, d.h. sequentielle Aktivierung von Sendelichtstrahlen **28** möglich.

[0037] Der Lichtempfänger **36** ist in dieser Ausführungsform auf einer Leiterkarte **38** angeordnet, die auf der Drehachse **18** liegt und mit der Welle **40** des Antriebs **16** verbunden ist. Die Empfangsoptik **34** stützt sich durch Beinchen **42** auf der Leiterkarte **38** ab und hält eine weitere Leiterkarte **44** der Lichtsendereinheit **24**. Die beiden Leiterkarten **38**, **44** sind untereinander verbunden und können auch als gemeinsame Flexprint-Leiterkarte ausgebildet sein.

[0038] Der in **Fig. 1** gezeigte optische Aufbau mit zwei übereinander geschichteten Leiterkarten **38**, **44** oder Leiterkartenbereichen und einer zentral innerhalb der Empfangsoptik **34** angeordneten gemeinsamen Sendeoptik **26** ist rein beispielhaft zu verstehen. So wäre alternativ jede andere an sich beispielsweise von eindimensionalen optoelektronischen Sensoren oder Laserscannern bekannte Anordnung wie etwa eine biaxiale Anordnung oder die Verwendung eines Umlenk- oder Strahlteilerspiegels möglich. Weiterhin ist denkbar, Lichtsendereinheit **24** und Lichtempfänger **36** auf einer gemeinsamen Leiterkarte zu montieren, bei gegenüber **Fig. 1** veränderter Anordnung der Optiken auch auf einer gemeinsamen Leiterkarte, die in nur einer Ebene liegt. Die dargestellten gemeinsamen Optiken **26**, **34** sind besonders vorteilhaft, alternativ jedoch auch mehrere Optiken für mehrere oder sogar einzelne Lichtstrahlen **28**, **32** möglich.

[0039] Auch die grundsätzliche Anordnung mit Abtastmodulen **22a-b** in der drehbaren Abtasteinheit **12** ist ein Ausführungsbeispiel. Alternativ ist auch möglich, stehende Abtastmodule **22a-b** zu verwenden, deren Lichtstrahlen **26**, **32** dann durch ein um die Drehachse **18** bewegliches Spiegelelement abgelenkt werden. Entsprechende Ausführungsformen werden später unter Bezugnahme auf die **Fig. 12** erläutert.

[0040] Eine berührungslose Versorgungs- und Datenschnittstelle **46** verbindet die bewegliche Abtasteinheit **12** mit der ruhenden Sockeleinheit **14**. Dort befindet sich eine Steuer- und Auswertungseinheit **48**, die zumindest teilweise auch auf der Leiterkarte **38** oder an anderem Ort in der Abtasteinheit **12** untergebracht sein kann. Die Steuer- und Auswertungseinheit **48** steuert die Lichtsendereinheit **24** und erhält das Empfangssignal des Lichtempfängers **36** zur weiteren Auswertung. Sie steuert außerdem den Antrieb **16** und erhält das Signal einer nicht gezeigten, von Laserscannern allgemein bekannten Winkelmesseinheit, welche die jeweilige Winkelstellung der Abtasteinheit **12** bestimmt.

[0041] Zur Auswertung wird vorzugsweise mit einem an sich bekannten Lichtlaufzeitverfahren die Distanz zu einem angetasteten Objekt gemessen. Zusammen mit der Information über die Winkelstellung von der Winkelmesseinheit stehen nach jeder Scanperiode mit Winkel und Entfernung zweidimensionale Polarkoordinaten aller Objektpunkte in einer Abtastebene zur Verfügung. Die jeweilige Abtastebene ist über die Identität des jeweiligen remittierten Lichtstrahls **32** ebenfalls bekannt, so dass insgesamt ein dreidimensionaler Raumbereich abgetastet wird.

[0042] Damit sind die Objektpositionen beziehungsweise Objektkonturen bekannt und können über eine Sensorschnittstelle **50** ausgegeben werden. Die Sensorschnittstelle **50** oder ein weiterer, nicht gezeigter Anschluss dienen umgekehrt als Parametrierschnittstelle. Der Sensor **10** kann auch als Sicherheitssensor für einen Einsatz in der Sicherheitstechnik zur Überwachung einer Gefahrenquelle ausgebildet sein, wie sie beispielsweise eine gefährliche Maschine darstellt. Dabei wird ein Schutzfeld überwacht, das während des Betriebs der Maschine vom Bedienpersonal nicht betreten werden darf. Erkennt der Sensor **10** einen unzulässigen Schutzfeldeingriff, etwa ein Bein einer Bedienperson, so löst er einen Nothalt der Maschine aus. In der Sicherheitstechnik eingesetzte Sensoren **10** müssen besonders zuverlässig arbeiten und deshalb hohe Sicherheitsanforderungen erfüllen, beispielsweise die Norm EN13849 für Maschinensicherheit und die Gerätenorm EN61496 für berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen (BWS). Insbesondere kann dann die Sensorschnittstelle **50** als sichere Ausgabeschnittstelle (OSSD, Output Signal Switching Device) ausgebildet sein, um bei einem Schutzfeldeingriff durch ein Objekt ein sicherheitsgerichtetes Abschaltsignal auszugeben.

[0043] Der dargestellte Sensor **10** ist ein Laserscanner mit rotierendem Messkopf, nämlich der Abtasteinheit **12**. Eine alternative Ausführungsform schwenkt die Abtasteinheit **12** anstelle der Drehbewegung hin und her. Auch eine Ausgestaltung als einfacher Mehrstrahltaster ohne eigene Scanbewegung ist vorstellbar, der dann praktisch nur aus der ruhenden Abtasteinheit **12** mit entsprechender Elektronik, jedoch ohne Sockeleinheit **14** besteht.

[0044] Während der Rotation des Sensors **10** wird durch jeden der Sendelichtstrahlen **28** jeweils eine Fläche abgetastet. Nur bei einem Elevationswinkel

von 0°, also einem in **Fig. 1** nur annähernd vorhandenen horizontalen Sendelichtstrahl, wird dabei eine Ebene des Überwachungsbereichs **20** abgetastet. Die übrigen Sendelichtstrahlen tasten die Mantelfläche eines Kegels ab, der je nach Ablenkwinkel unterschiedlich spitz ausgebildet ist. Bei mehreren Sendelichtstrahlen **28**, die in unterschiedlichen Winkeln nach oben und unten abgelenkt werden, entsteht insgesamt als Abtastgebilde eine Art Schachtelung von mehreren Sanduhren. Auch diese Flächen werden hier vereinfachend als Abtastebenen bezeichnet.

[0045] **Fig. 2** zeigt rein schematisch ein einzelnes Abtastmodul **22** mit dessen Sendelichtstrahlen **28**. Die Sendelichtstrahlen **28** stehen auch stellvertretend für die zugehörigen remittierten Lichtstrahlen **32** und werden vielfach als Abtaststrahlen bezeichnet. Da durch die Bewegung um die Drehachse **18** Abtastebenen entstehen, wird auch die Formulierung verwendet, dass ein Abtastmodul **22** Abtastebenen und nicht lediglich Abtaststrahlen erzeugt.

[0046] Das Abtastmodul **22** erzeugt Sendelichtstrahlen **28** mit gegenseitigem Winkelabstand α, der vorzugsweise, aber nicht notwendig gleichmäßig ist. Die sich daraus ergebende Konfiguration von Abtastebenen ist auf der rechten Seite der **Fig. 2** durch kleine Kreise angedeutet. In diesem Beispiel resultieren vier in ihrem Elevationswinkel α gleichmäßig beabstandete Abtastebenen.

[0047] Das Abtastmodul **22** ist in **Fig. 2** bewusst ohne dessen in **Fig. 1** bereits erläuterte Elemente gezeigt, um zu unterstreichen, dass es diverse Ausgestaltungsmöglichkeiten gibt und hier letztlich nur auf die erzeugten Abtaststrahlen und -ebenen ankommt. Zusätzlich zu den elektrooptischen und optischen Komponenten für die Erzeugung von Sendelichtstrahlen **28** und den Empfang von remittierten Lichtstrahlen **32** kann ein Abtastmodul **22** auch eigene Auswertungselektronik umfassen, so dass es direkt Abstandsdaten ausgibt. Alternativ werden nur rohe oder vorverarbeitete Empfangssignale an die Auswertungseinheit **48** oder auch eine Auswertungselektronik in der Abtasteinheit **12** für ein Abtastmodul **22** oder mehrere Abtastmodule **22a-b** weitergegeben, oder die Auswertungsaufgaben werden verteilt.

[0048] In den anschließend beschriebenen Mehrfachanordnungen von Abtastmodulen **22** sind die einzelnen Abtastmodule **22** vorzugsweise untereinander identisch. Ebenfalls bevorzugt sind in sich symmetrische Abtastmodule **22**, weil dies Vorteile für das Optikdesign mit sich bringt. Erfindungsgemäß werden Abtastmodule **22** mit unterschiedlichen Kippwinkeln und/oder Drehwinkeln kombiniert, wodurch dann insgesamt durchaus auch unregelmäßige Abtastebenenkonfigurationen entstehen.

[0049] Anhand der **Fig. 3a-b** werden zunächst die Begriffe Kippwinkel und Drehwinkel genauer eingeführt. **Fig. 3a** ist eine weitere Schnittdarstellung eines Abtastmoduls **22** mit Kippwinkel **β**. Der Kippwinkel **β** wird gegen eine Senkrechte zu der Drehachse **18** gemessen, ist also der Winkel, um den die Hauptblickrichtung oder Mittelachse des Abtastmoduls **22** aus einer zentralen Scanebene β=0 verkippt ist. Die einzelnen Abtaststrahlen des Abtastmoduls **22** weichen von dem Kippwinkel β noch entsprechend ihrem gegenseitigen Winkelabstand **α** ab. Die Hauptblickrichtung liegt vorzugsweise zumindest grob radial nach außen, also senkrecht zu der Drehachse **18** und jedenfalls deutlich von der Richtung der Drehachse abweichend. Ein beispielhafter Bereich für den Kippwinkel **β** ist [-60°, +60°], wobei auch stärkere Beschränkungen etwa auf [-50°, +50°], [-40°, +40°] oder [-30°, +30°] denkbar sind.

[0050] **Fig. 3b** zeigt eine Draufsicht auf den Ein- und Austrittsbereich eines Abtastmoduls **22**. Die Perspektive dieser Draufsicht ist in **Fig. 3a** durch einen Pfeil **52** angedeutet. Das Abtastmodul **22** ist hier gegen die mit gepunkteten Linien gezeigte aufrechte Orientierung um einen Drehwinkel **γ** verdreht. Der Drehwinkel **γ** misst demnach eine Verdrehung des Abtastmoduls **22** um dessen eigene Hauptblickrichtung. Mit zunehmendem Drehwinkel rücken effektiv, nämlich in Höhenrichtung, die Abtaststrahlen dichter zusammen, bis bei auf der Seite liegendem Abtastmodul **22** mit γ= 90° nur noch die Abtastebene in Hauptblickrichtung abgetastet wird, dafür mehrfach.

[0051] **Fig. 3c** zeigt in perspektivischer Darstellung ein Beispiel mit vier Abtastmodulen **22a-d** bei unterschiedlichen Kippwinkeln **β** und Drehwinkeln **γ**. Um die Begrifflichkeiten zu vervollständigen, misst der Scanwinkel die Drehung der Abtasteinheit **12** um die Drehachse **18**, und der Elevationswinkel bezeichnet wie üblich die Höhenlage, präziser den Winkel gegen die Ebene senkrecht zur Drehachse **18**.

[0052] Erfindungsgemäß werden Abtastmodule **22a-b** mit unterschiedlichen Kippwinkeln **β** und Drehwinkeln γ kombiniert, um verschiedenste Abtastebenenkonfigurationen zu erhalten, wobei zumindest ein Kippwinkel **β** und/oder ein Drehwinkel **γ** ungleich Null ist.

[0053] Dazu folgen nun zahlreiche, nicht abschließende Beispiele. Ein einzelnes Abtastmodul **22** erzeugt dabei weiterhin beispielhaft vier äquidistante Abtaststrahlen und damit Abtastebenen, wobei sowohl die Anzahl vier als auch das gleichmäßige Winkelraster innerhalb eines Abtastmoduls **22** anders gewählt sein kann. In den ersten Beispielen mit Bezugnahme auf die **Fig. 4a** bis **Fig. 6** sind die Drehwinkel der beteiligten Abtastmodule **22** jeweils gleich, insbesondere Null, der Drehwinkel kann abweichend für

einzelne Abtastmodule **22** oder alle Abtastmodule gemeinsam variiert werden.

[0054] Fig. 4a zeigt eine Beispielkonfiguration mit drei Abtastmodulen **22a-c** mit Kippwinkel **β** derart, dass die Abtastmodule **22a-c** einander direkt benachbart ergänzen und so gemeinsam einen großen Elevationswinkelbereich abdecken. Dabei entspricht naturgemäß die Abtastdichte derjenigen der einzelnen Abtastmodule **22a-c**, da jedes exklusiv für einen bestimmten Elevationswinkelbereich zuständig ist. Bei untereinander identischen Abtastmodulen **22a-c** oder zumindest jeweils gleichen Winkelabständen innerhalb der Abtastmodule **22a-c** ergibt sich so eine regelmäßige Anordnung der Abtastebenen. Auf der rechten Seite in **Fig. 4a** sind die Abtastebenen durch kleine Kreise angedeutet, wobei hier und im Folgenden die Schraffur dieser Kreise und des zugehörigen Abtastmoduls **22a-c** gleich gewählt ist, um die Zusammengehörigkeit erkennbar zu machen.

[0055] Fig. 4b zeigt eine Beispielkonfiguration, in welcher drei Abtastmodule **22a-c** weniger zueinander verkippt sind, so dass eine dichtere, überlappende Abtastebenenkonfiguration entsteht. Überlappend bedeutet, dass Abtastebenen eines Abtastmoduls **22a-c** zwischen Abtastebenen eines anderen Abtastmoduls **22a-c** liegen. Nochmals anders ausgedrückt verfeinern Abtastmodule **22a-c** das Winkelraster eines anderen Abtastmoduls **22a-c**.

[0056] In **Fig. 4a** und **Fig. 4b** entsteht jeweils durch direkte Nachbarschaft beziehungsweise Überlappung ein zusammenhängender, von Abtastebenen durchsetzter Elevationswinkelbereich. Abweichend kann es aber auch eine Lücke geben, indem etwa in **Fig. 4a** für die äußeren Abtastmodule **22a** und **22c** ein größerer Kippwinkel **β** gewählt wird. Durch Lücken oder Überlappungen entstehen also Konfigurationen, die anders als in **Fig. 4a** keine direkte Nachbarschaft der Abtastebenen der Abtastmodule **22a-c** ergeben.

[0057] Fig. 5a zeigt eine weitere Beispielkonfiguration für eine redundante Erfassung, die beispielsweise im Bereich der Sicherheitstechnik vorteilhaft sein kann. In dieser Konfiguration wird dafür gesorgt, dass mehrere Abtaststrahlen dieselbe Abtastebene erfassen. Im gezeigten Beispiel erfolgt dies durch gleiche Kippwinkel **β** für mehrere Abtastmodule **22a-c**, wobei hier durch drei gleichartig verkippte Abtastmodule **22a-c** die Scanfrequenz sogar nicht nur zwei-, sondern dreifach erhöht ist. In der gezeigten Form mit $\beta=0$ fällt diese Konfiguration nur in den Schutzbereich der Ansprüche, wenn für den nicht erkennbaren Drehwinkel $\gamma\neq0$ gilt, ansonsten müsste erfindungsgemäß zumindest ein Abtastmodul mit $\beta\neq0$ verkippt sein. Es ist auch möglich, den Abtastmodulen **22a-c** einen gegenseitigen Versatz in Richtung des Scanwinkels zu geben, etwa um jeweils 120° gegeneinander verdreht, und so die Scanfrequenz zu vervielfachen.

[0058] Fig. 5b zeigt eine weitere Beispielkonfiguration zur Illustration, dass statt vollständiger Redundanz auch möglich ist, einige Abtastebenen mehrfach zu erfassen, andere aber nicht. Im gezeigten Beispiel wird durch entsprechende Kippwinkel **β** nur die unterste beziehungsweise oberste Abtastebene doppelt erfasst, aber es ist klar, dass dies analog auch für mehrere Abtastebenen möglich wäre.

[0059] Fig. 6 zeigt eine Beispielkonfiguration mit unterschiedlicher Dichte der Abtastebenen. Im oberen Winkelbereich ist nur ein verkipptes Abtastmodul **22a** zuständig, während im unteren Winkelbereich zwei auch leicht gegeneinander verkippte Abtastmodule **22b-c** das Winkelraster effektiv halbieren. Entsprechend lassen sich verschiedenste Winkelbereiche mit dichterer und weniger dichter Abtastung kombinieren, wobei auch Lücken möglich sind, also Winkelbereiche, in denen über den diskreten Abstand zwischen zwei Abtaststrahlen eines Abtastmoduls **22a-c** hinaus gar keine Abtastebenen liegen. Dies ist auch ein Beispiel dafür, dass mit mehreren symmetrisch aufgebauten Messmodulen Gesamt-Scanner konstruiert werden können, die eine asymmetrische Anordnung der Messstrahlen aufweisen.

[0060] In den bisher erläuterten Beispielkonfigurationen wurde nur der Kippwinkel **β** variiert. **Fig. 7** illustriert in einer Draufsicht aus der Hauptblickrichtung wie in **Fig. 3b** den Effekt einer Variation des Drehwinkels **γ**, die für sich, aber ausdrücklich auch zusammen mit einer Verkippung gemäß den **Fig. 4** bis **Fig. 6** kombiniert vorgenommen werde kann. Bei endlichem Drehwinkel **γ** rücken die Abtastebenen gleichsam als Projektion auf die Höhenrichtung oder die Drehachse **18** näher zusammen. Denn durch die Bewegung um die Drehachse **18** bewirkt der laterale Abstand, in **Fig. 7** in horizontaler Richtung, nur einen minimalen und zudem bei Bedarf kompensierbaren Zeitversatz der Messung. Der Drehwinkel **γ** ist damit ein Parameter, mit dem der effektive Winkelabstand **α** der Abtaststrahlen eines Abtastmoduls **22a-c** verringert werden kann. Dabei sind beliebige Kombinationen von Kippwinkeln **β** und Drehwinkeln **γ** für einzelne Abtastmodule **22a-c** oder Gruppen von Abtastmodulen **22a-c** möglich.

[0061] Die **Fig. 8a-b** illustrieren, wie durch unterschiedliche Drehwinkel **γ** zusätzliche Abtastebenenkonfigurationen entstehen. In den Beispielen wird ein aufrechtes, also mit $\gamma=0$ nicht verdrehtes Abtastmodul **22a** mit zwei bei $\gamma\neq0$ verdrehten Abtastmodulen **22b-c** kombiniert. Die beiden verdrehten Abtastmodule **22b-c** sind zudem mit unterschiedlichen Kippwinkeln **β** leicht zueinander verkippt, damit sich ihre Winkelraster gegenseitig verfeinern. Dabei ist der Drehwinkel **γ** in **Fig. 8a** größer als in **Fig. 8b**. Das

Ergebnis ist jeweils ein Bereich mit dichter liegenden Abtastebenen und einigen wenigen, eher vereinzelten Abtastebenen mit etwas größerem Winkelabstand. In **Fig. 8a** ist der dichter erfasste Winkelbereich kleiner und dafür mit vielen Abtastebenen durchsetzt, in **Fig. 8b** größer bei entsprechend geringerer Dichte der Abtastebenen.

[0062] Derartige Anordnungen sind beispielsweise vorteilhaft für autonome oder teilautonome Fahrzeuge, die mit den dichter liegenden Abtaststrahlen die vorausliegende Umgebung zur Navigation und Kollisionsvermeidung detailliert überwacht und mit den etwas weiter entfernten Strahlen Luft und Boden überwachen, etwa um sich der Ausrichtung in Elevation zu versichern und Löcher oder Treppenabgänge zu erfassen.

[0063] Bisher wurde davon ausgegangen, dass die Abtaststrahlen innerhalb der Abtastmodule **22** in einer Ebene liegen, d.h. die Abtaststrahlen im Querschnitt eine Linienanordnung bilden. Die **Fig. 9a-f** illustrieren vorteilhafte Anordnungen mit einem zweidimensionalen Querschnittsmuster der Abtaststrahlen. Dabei wird ausgenutzt, dass effektiv wegen der Bewegung um die Drehachse **18** eine Projektion auf die Höhenrichtung stattfindet, so dass sich auch zweidimensionale Muster wie Linienanordnungen verhalten. Sie bieten aber konstruktiv und optisch zusätzliche Möglichkeiten und Symmetrien.

[0064] In den **Fig. 9a-c** bilden die Abtaststrahlen ein 2x2-Quadrat. Damit können je nach Drehwinkel **γ** äquidistante Abtastebenen wie in **Fig. 9a**, teilweise redundante Abtastebenen wie in **Fig. 9b** oder Bereiche unterschiedlicher Dichte wie in **Fig. 9c** erzeugt werden.

[0065] In den **Fig. 9d-f** bilden die Abtastebenen ein 3x3-Quadrat. Damit ergibt sich über den Drehwinkel **γ** die Möglichkeit, drei jeweils dreifach abgetastete Abtastebenen zu bilden wie in **Fig. 9d**, eine Linienanordnung mit neun Abtaststrahlen zu emulieren und damit einen Winkelbereich äquidistant mit Abtastebenen abzudecken wie in **Fig. 9e**, unterschiedliche Redundanzen mit einer äquidistanten Abtastung zu kombinieren wie in **Fig. 9f** oder bei nochmals anderem Drehwinkel **γ** unregelmäßige Konfigurationen zu erzeugen. Die beiden Quadratanordnungen sind nur ein Beispiel eines zweidimensionalen Musters, hier bietet der zusätzliche Freiheitsgrad viele weitere Möglichkeiten.

[0066] Es ist für die Erfindung besonders vorteilhaft, wenn die Abtastmodule **22** untereinander baugleich sind und so gleichartige Grundbausteine für einen Sensor **10** bilden. Es kann aber andererseits auch vorteilhaft sein, Abtastmodule **22** zumindest teilweise gemeinsam aufzubauen, insbesondere mit einer gemeinsamen Leiterplatte **54** für Lichtsendereinheit **24** und/oder Lichtempfänger **36**. Dazu können Vor- und Rückseite der gemeinsamen Leiterplatte **54** bei im Scanwinkel um 180° versetzter Hauptblickrichtung wie in **Fig. 10a** verwendet werden. Auch bei benachbart, insbesondere übereinander angeordneten Abtastmodulen **22a-b** wie in **Fig. 10b** ist eine gemeinsame Leiterplatte **54** möglich, die hier von derselben Seite bestückt ist. Ein Versatz in Scanwinkel und Höhenrichtung ist auch mit gemeinsamer Leiterplatte **54** kombinierbar, wie **Fig. 10c** zeigt. Mit Hilfe einer Flexprint-Leiterplatte oder dergleichen sind sogar ein Versatz im Scanwinkel ungleich 180° beziehungsweise unterschiedliche Kippwinkel **β** auf einer gemeinsamen Leiterplatte **54** denkbar.

[0067] **Fig. 11a** zeigt noch einmal die Abtasteinheit **12** in einer Draufsicht hier mit vier um jeweils 90° im Scanwinkel gegeneinander versetzten Abtastmodulen **22a-d**, die mit ihrer Hauptblickrichtung radial nach außen gerichtet sind. Es wäre auch denkbar, den Strahlengang einiger oder aller Abtastmodule **22a-d** durch Umlenkelemente zu falten, es kommt für die Abtastebenenkonfiguration nicht auf die Montage der Abtastmodule **22a-d** selbst, sondern den optischen Effekt an.

[0068] **Fig. 11b** zeigt eine alternative Anordnung mit Montageplätzen **56** für sechs Abtastmodule **22a-f**. In diesem Fall sind nicht alle Montageplätze **56** besetzt, sondern nur fünf der sechs möglichen Abtastmodule **22a-f** verbaut. Auf diese Weise kann es eine gemeinsame Plattform für eine Vielzahl von Sensoren **10** geben, in der die weitere Abtastebenenkonfiguration sehr einfach durch Weglassen von Abtastmodulen **22a-f** gebildet werden.

[0069] **Fig. 12** illustriert eine weitere Familie von Ausführungsformen. Im Unterschied zu **Fig. 1** ist hier keine bewegliche Abtasteinheit **12** vorgesehen, in der sich die Abtastmodule **22** mitbewegen. Vielmehr sind die Abtastmodule **22a-b** selbst stehend angeordnet, wobei dies in diesem Zusammenhang nichts mit dem Drehwinkel zu tun hat, sondern eine statische oder unbewegliche Anordnung bedeutet. Die periodische Abtastung wird durch einen Spiegel **58** erzeugt, der sich um die Drehachse **18** bewegt und vorzugsweise als Drehspiegel ausgebildet ist. Auch hier kann durch Verkippen und Verdrehen von Abtastmodulen eine Vielzahl von dreidimensionalen Abtastmustern erzeugt werden. **Fig. 12** zeigt nur ein Beispiel, die zahlreichen zuvor für in der Abtasteinheit **12** mitbewegte Abtastmodule **22** erläuterten Varianten sind auch mit einem Spiegel **58** möglich. Die Definition der Hauptblickrichtung kann wahlweise direkt auf das Abtastmodul **22** oder den nach dem Spiegel **58** erzeugten, durch den Spiegel **58** gefalteten Strahlengang bezogen werden. Alternativ zu einem einfachen Spiegel **58** wie in **Fig. 12** kann auch ein Polygonspiegelrad eingesetzt werden, mit dem bei einer Rotation nicht 360° abgetastet werden, sondern durch meh-

rere Spiegelfacetten ein Scanwinkelabschnitt mehrfach. Außerdem ist grundsätzlich denkbar, eine entsprechende statische Konfiguration von Abtastmodulen **22a-b** ohne Drehspiegel als nicht-scannendes mehrstrahliges Messgerät zu verwenden.

[0070] Wie an zahlreichen Beispielen erläutert, erlauben die Abtastmodule **22**, die insbesondere untereinander identisch sind, eine Vielzahl von Abtastebenenkonfigurationen. Der jeweilige konkrete Sensor **10** für eine bestimmte Anwendung kann mit wenig Aufwand hergestellt werden: Sollen alle Abtastebenen dicht beieinander angeordnet sein oder lieber einen großen Abstand zueinander haben, um einen großen Überwachungsbereich **20** zu ermöglichen? Sollen einige der Abtastebenen mehrfach abgetastet werden, um kürzere Ansprechzeigen oder eine Redundanz für Anwendungen der Sicherheitstechnik zu gewinnen? Sollen die Abtastebenen in einem gleichmäßigen Winkelraster angeordnet sein oder besser mehr Abtastebenen spezielle Winkelbereiche abdecken, auch wenn das zu einem ungleichmäßigen Abstand der Ebenen führen kann? All dies ist erfindungsgemäß durch Wahl der Kippwinkel β und Drehwinkel γ möglich.

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

- DE 19757849 B4 [0004]
- US 8767190 B2 [0007, 0008]
- EP 2863176 A2 [0008]
- DE 102004014041 A1 [0009]

Patentansprüche

1. Optoelektronischer Sensor (10), insbesondere Laserscanner, zur Erfassung von Objekten in einem Überwachungsbereich (20), der eine um eine Drehachse (18) bewegliche Abtasteinheit (12, 58), mehrere Abtastmodule (22) zur periodischen Abtastung des Überwachungsbereichs (20) und zum Erzeugen von entsprechenden Empfangssignalen sowie eine Auswertungseinheit (48) zur Gewinnung von Informationen über die Objekte aus den Empfangssignalen aufweist, wobei die Abtastmodule (22) mindestens einen Lichtsender (24) zum Aussenden mehrerer voneinander separierter Lichtstrahlen (28) und mindestens einen Lichtempfänger (36) zum Erzeugen der Empfangssignale aus den von Objekten remittierten Lichtstrahlen (32) umfassen, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Abtastmodul (22) bezüglich seiner Hauptblickrichtung um einen Kippwinkel (β) verkippt und/oder um einem Drehwinkel (γ) verdreht angeordnet ist, wobei der Kippwinkel (β) gegen eine zentrale Abtastebene senkrecht zu der Drehachse (18) und der Drehwinkel (γ) um eine Achse entsprechend der Hauptblickrichtung gemessen ist.

2. Sensor (10) nach Anspruch 1, wobei die Abtastmodule in der Abtasteinheit (12) untergebracht sind.

3. Sensor (10) nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Kippwinkel (β) und/oder der Drehwinkel (γ) statisch ist und/oder wobei der Kippwinkel (β) in einer Umgebung von Null liegt, insbesondere im Bereich von ±60°.

4. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, der zwei bis zehn Abtastmodule (22) aufweist und/oder wobei ein Abtastmodul (22) zwei bis zehn Lichtstrahlen (28, 32) erzeugt

5. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei Lichtstrahlen (28, 32) eines Abtastmoduls (22) einen gegenseitigen Winkelversatz (α) aufweisen.

6. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Abtastmodule (22) derart verkippt (β) und/oder verdreht (γ) sind, dass Abtastebenen mit gleichmäßigem Winkelabstand entstehen.

7. Sensor (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Abtastmodule (22) derart verkippt (β) und/oder verdreht (γ) sind, dass in zumindest einem Winkelbereich Abtastebenen mit dichterem Winkelabstand entstehen.

8. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Abtastmodule (22) derart verkippt (β) und/oder verdreht (γ) sind, dass zumindest einige mehrfach abgetastete Abtastebenen entstehen.

9. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Abtastmodule (22) derart verkippt (β) und/oder verdreht (γ) sind, dass zumindest ein Winkelbereich ohne Abtastebenen entsteht und/oder dass Abtastebenen eines Abtastmoduls (22) zwischen Abtastebenen eines anderen Abtastmoduls (22) liegen.

10. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Abtasteinheit (12) eine Vielzahl von Montageplätzen (56) für Abtastmodule (22) aufweist, die insbesondere nicht alle mit einem Abtastmodul (22) besetzt sind.

11. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Abtastmodule (22) untereinander identisch aufgebaut sind und/oder wobei zumindest einige Abtastmodule (22) übereinander und/oder in Drehrichtung zueinander versetzt angeordnet sind.

12. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in einem Abtastmodul (22) mehrere Lichtstrahlen (28, 32) im Querschnitts in einem zweidimensionalen Muster angeordnet sind.

13. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mindestens zwei Abtastmodule (22) eine gemeinsame Leiterplatte (54) aufweisen.

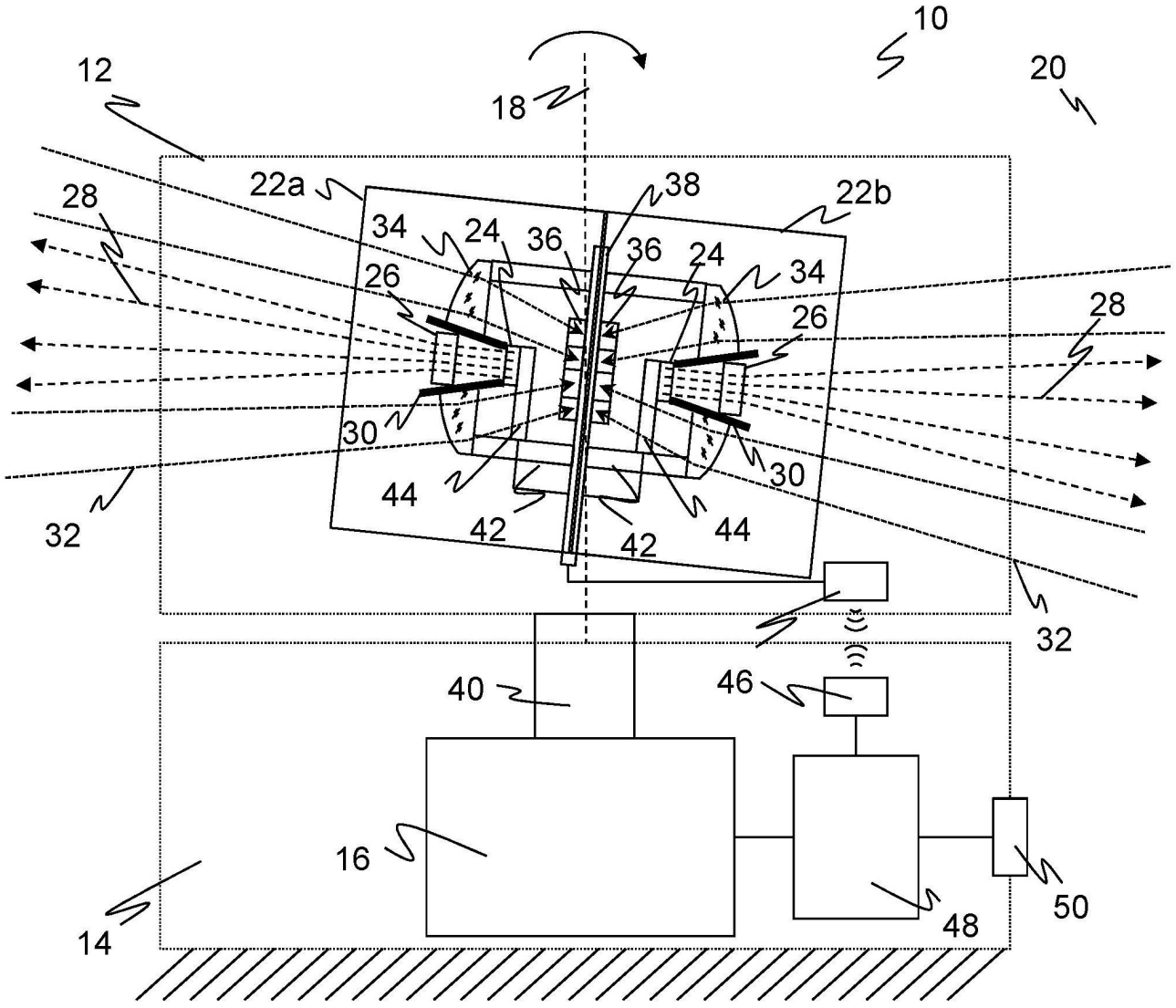
14. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Auswertungseinheit (48) dafür ausgebildet ist, aus einer Lichtlaufzeit zwischen Aussenden der Lichtstrahlen (28) und Empfangen der remittierten Lichtstrahlen (329 einen Abstand des Objekts zu bestimmen.

15. Verfahren zur Erfassung von Objekten in einem Überwachungsbereich (20), der mit Hilfe einer um eine Drehachse (18) beweglichen Abtasteinheit (12, 58) mit mehrere Abtastmodulen (22) periodisch abgetastet wird, wobei die Abtastmodule (22) jeweils mehrere voneinander separierte Lichtstrahlen (28) aussenden, nach Remission an den Objekten als remittierte Lichtstrahlen (32) wieder empfangen und entsprechende Empfangssignale erzeugen, und wobei die Empfangssignale zur Gewinnung von Informationen über die Objekte ausgewertet werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch Kombination von bezüglich ihrer Hauptblickrichtung um einen Kippwinkel (β) verkippten und/oder um einem Drehwinkel (γ) verdrehten Abtastmodulen (22) eine Anordnung von Abtastebenen festgelegt wird, wobei der Kippwinkel (β) gegen eine zentrale Abtastebene senkrecht zu der Drehachse (18) und der Drehwinkel (γ) um eine Achse entsprechend der Hauptblickrichtung gemessen ist.

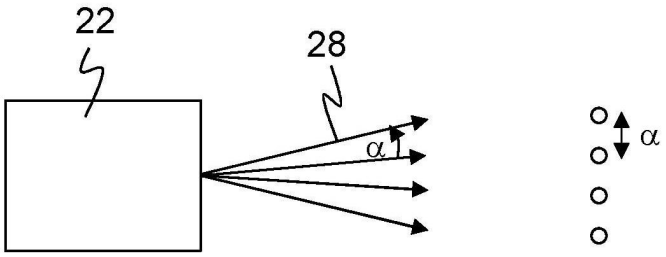
Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

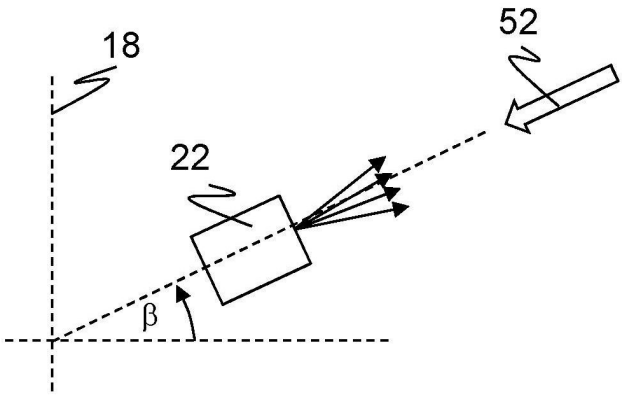
Figur 1



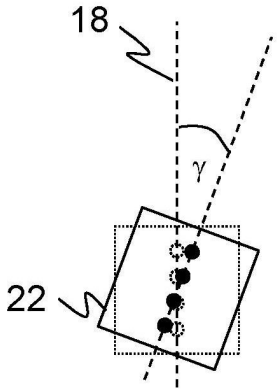
Figur 2



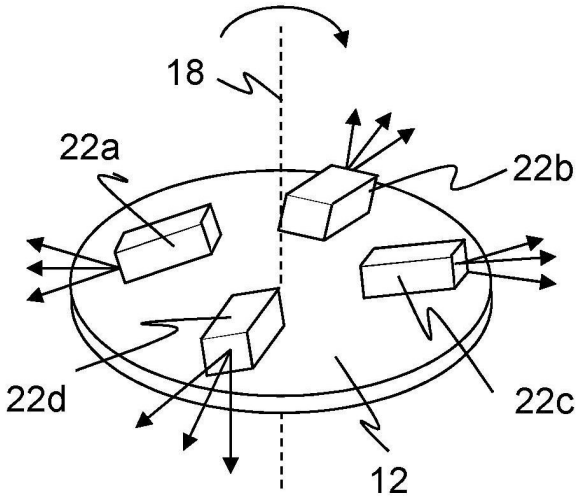
Figur 3a



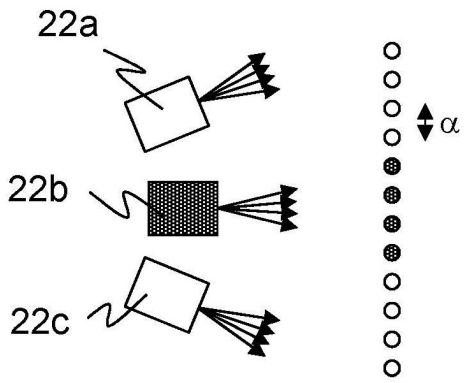
Figur 3b



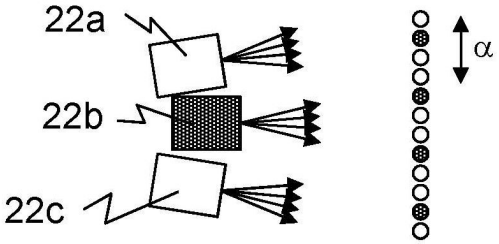
Figur 3c



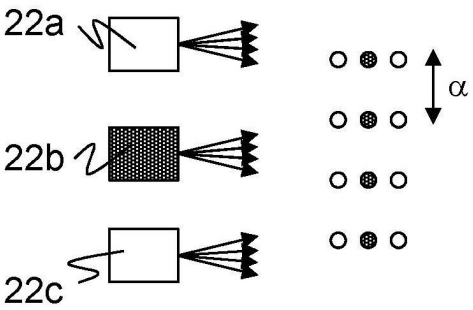
Figur 4a



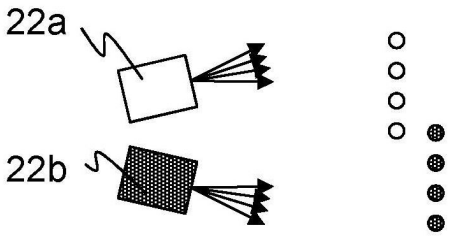
Figur 4b



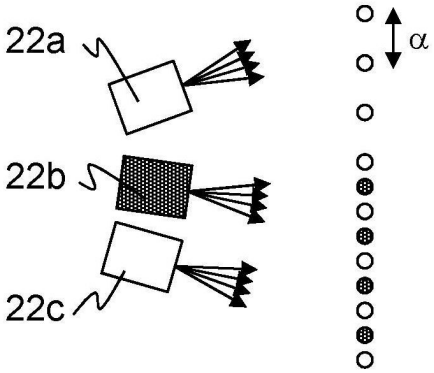
Figur 5a



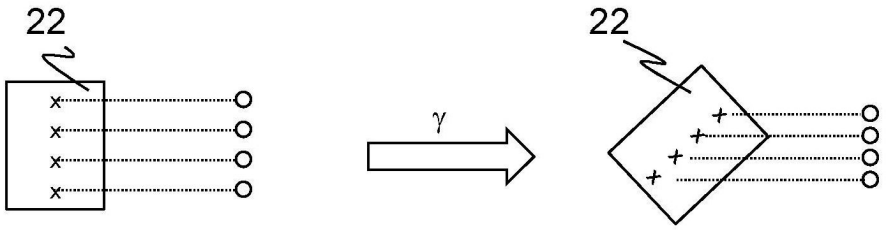
Figur 5b



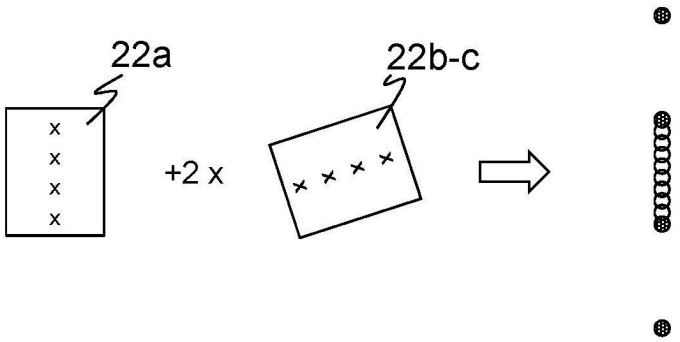
Figur 6



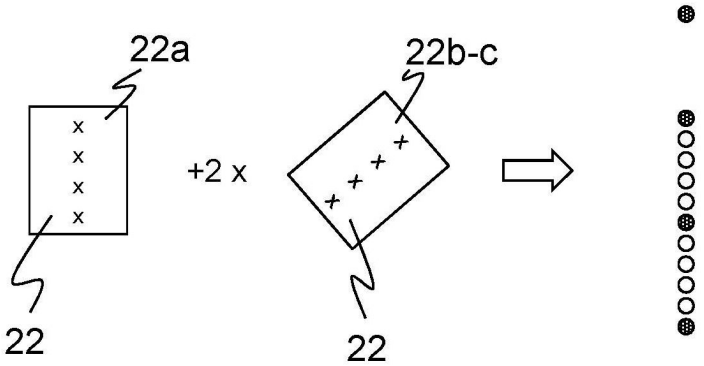
Figur 7



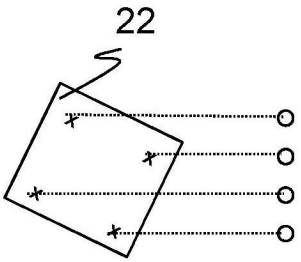
Figur 8a



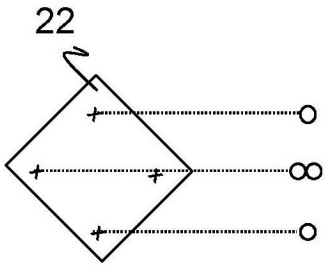
Figur 8b



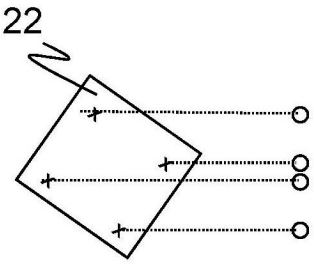
Figur 9a



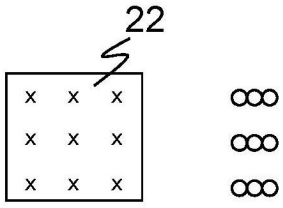
Figur 9b



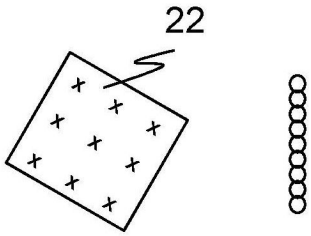
Figur 9c



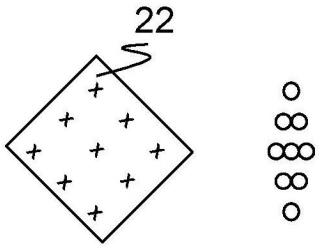
Figur 9d



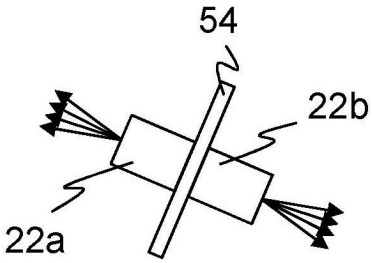
Figur 9e



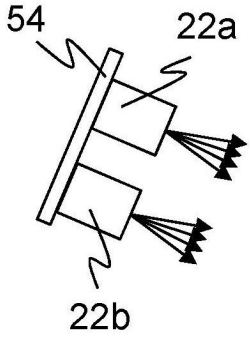
Figur 9f



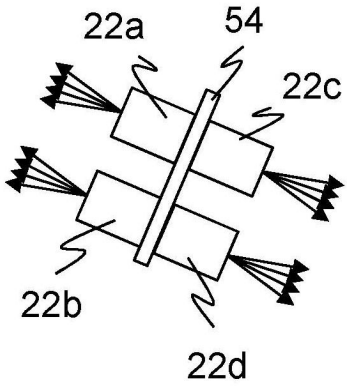
Figur 10a



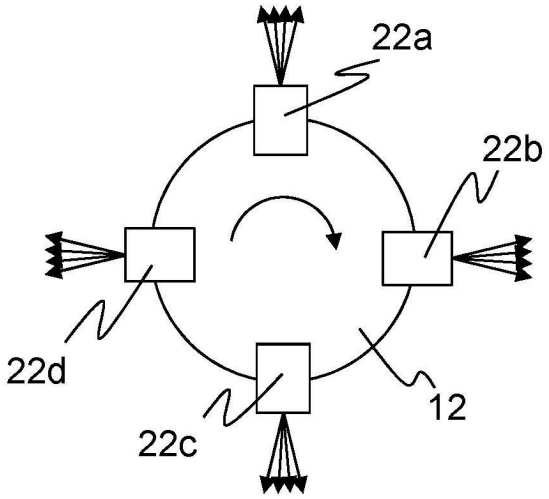
Figur 10b



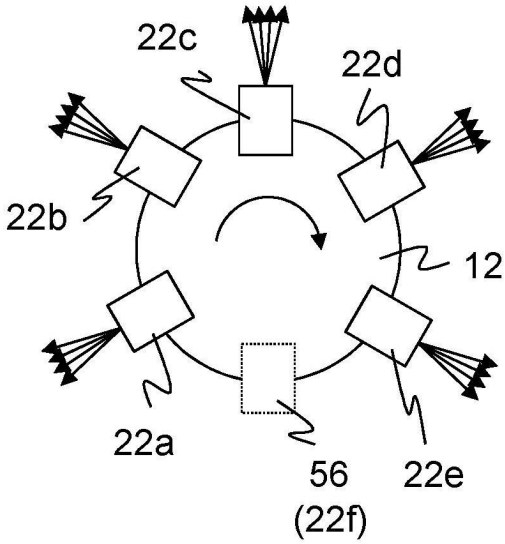
Figur 10c



Figur 11a



Figur 11b



Figur 12

