



(10) **DE 10 2017 215 766 A1** 2019.03.07

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 215 766.6**
(22) Anmeldetag: **07.09.2017**
(43) Offenlegungstag: **07.03.2019**

(51) Int Cl.: **G01C 3/08** (2006.01)
G01B 11/14 (2006.01)
G01S 7/481 (2006.01)
G01S 17/08 (2006.01)

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

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE 100 55 510 A1
DE 10 2015 223 024 A1

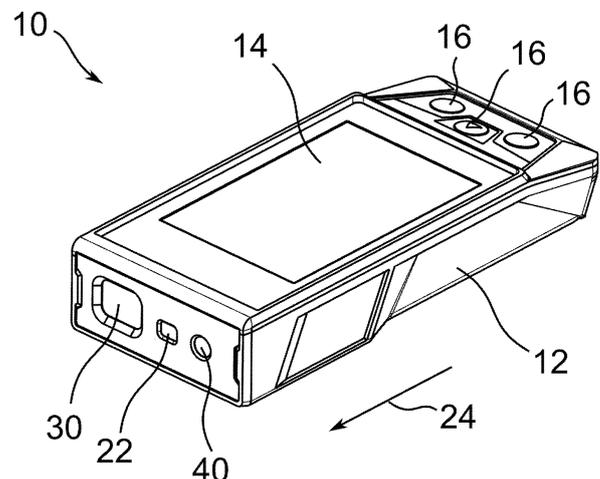
(72) Erfinder:
**Braun, Andreas, 70736 Fellbach, DE; Noe, Stefan,
70563 Stuttgart, DE; Schmidtke, Bernd, 71229
Leonberg, DE**

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betrieb eines Laserentfernungsmessgeräts**

(57) Zusammenfassung: Das vorgeschlagene Verfahren zum Betrieb eines Laserentfernungsmessgeräts (10), insbesondere eines handgehaltenen Laserentfernungsmessgeräts (10), geht aus von einem Verfahren, bei dem Laserstrahlung (20) mittels einer Sendeeinrichtung zu einem Zielpunkt (38) ausgesendet wird, von dem Zielpunkt (38) zurückgestrahlte Laserstrahlung (28) mittels einer Empfangseinrichtung (36) mit einer Detektionsfläche (32) erfasst wird, mit zumindest einer Kamera (40) zumindest ein Bild (42,42a,42b) zumindest einer Zielumgebung (44) des Zielpunkts (38) erfasst wird sowie eine Darstellung (46,46a,46b) des Bilds (42,42a,42b) überlagert mit einer Markierung (48,48a,48b) des Zielpunkts (38) auf einem Bildschirm (14) des Laserentfernungsmessgeräts (10) ausgegeben wird. Erfindungsgemäß wird ein Parallaxenfehler in der Darstellung (46,46a,46b) des Bilds (42,42a,42b) überlagert mit der Markierung (48,48a,48b) des Zielpunkts (38) in Abhängigkeit einer geschätzten Entfernung zum Zielpunkt (38) korrigiert. Ferner wird ein entsprechendes Laserentfernungsmessgerät (10) vorgeschlagen.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Laserentfernungsmessgeräts, insbesondere eines handgehaltenen Laserentfernungsmessgeräts.

[0002] Es sind bereits Verfahren zum Betrieb von Laserentfernungsmessgeräten vorgeschlagen worden, beispielsweise in DE 10 2012 214 880 A1 oder in EP 2669707 A1.

Offenbarung der Erfindung

[0003] Das vorgeschlagene Verfahren zum Betrieb eines Laserentfernungsmessgeräts, insbesondere eines handgehaltenen Laserentfernungsmessgeräts, geht aus von einem Verfahren, bei dem Laserstrahlung mittels einer Sendeeinrichtung zu einem Zielpunkt ausgesendet wird, von dem Zielpunkt zurückgestrahlte Laserstrahlung mittels einer Empfangseinrichtung mit einer Detektionsfläche erfasst wird, mit zumindest einer Kamera zumindest ein Bild zumindest einer Zielumgebung des Zielpunkts erfasst wird sowie eine Darstellung des Bilds überlagert mit einer Markierung des Zielpunkts auf einem Bildschirm des Laserentfernungsmessgeräts ausgegeben wird. Erfindungsgemäß wird ein Parallaxenfehler in der Darstellung des Bilds überlagert mit der Markierung des Zielpunkts in Abhängigkeit einer geschätzten Entfernung zum Zielpunkt korrigiert.

[0004] Das Laserentfernungsmessgerät, insbesondere dessen funktionale Komponenten Sendeeinrichtung, Empfangseinrichtung und Recheneinheit, ist dazu vorgesehen, zeitlich modulierte Laserstrahlung in Form eines Laserstrahls in Richtung auf ein Zielobjekt hin, dessen Entfernung zu dem Messgerät ermittelt werden soll, auszusenden. Derjenige Punkt, an dem der ausgesendete Laserstrahl auf das Zielobjekt trifft, wird im Folgenden „Zielpunkt“ genannt. Die Richtung im dreidimensionalen Raum, in die der Laserstrahl auf das Zielobjekt hin ausgesendet wird, wird im Folgenden als Entfernungsmessrichtung bezeichnet. Bezogen auf das Laserentfernungsmessgerät ist die Entfernungsmessrichtung durch die Konstruktion definiert, insbesondere durch die Anordnung der Sendeeinrichtung in einem Gehäuse des Laserentfernungsmessgeräts. Die Begriffe „Laserstrahlung“ und „Laserstrahl“ werden im Folgenden synonym verwendet. Die Konzepte der Laserentfernungsmessung sind dem Fachmann bekannt.

[0005] Unter „vorgesehen“ soll im Folgenden speziell „programmiert“, „ausgelegt“, „konzipiert“ und/oder „ausgestattet“ verstanden werden. Darunter, dass ein Objekt zu einer bestimmten Funktion „vorgesehen“ ist, soll insbesondere verstanden werden, dass das

Objekt diese bestimmte Funktion in zumindest einem Anwendungs- und/oder Betriebszustand erfüllt und/oder ausführt oder dazu ausgelegt ist, die Funktion zu erfüllen.

[0006] Eine von dem angepeilten Zielobjekt reflektierte oder gestreute, d.h. zurückgestrahlte, Laserstrahlung wird von dem Laserentfernungsmessgerät, insbesondere von der Empfangseinrichtung des Laserentfernungsmessgeräts, zumindest teilweise detektiert und zur Ermittlung der präzise zu messenden Entfernung in der Entfernungsmessrichtung verwendet. Die Empfangseinrichtung ist dabei zum Detektieren von zurückgestrahlter Laserstrahlung ausgebildet und weist zumindest eine zweidimensionale Detektionsfläche mit einer Vielzahl von Pixeln auf. Jedes Pixel ist dazu vorgesehen, abhängig von einer auftreffenden Lichtintensität zurückgestrahlter Laserstrahlung ein Detektionssignal zu erzeugen und zur weiteren Verarbeitung, insbesondere an die Recheneinheit oder an eine Steuervorrichtung des Laserentfernungsmessgeräts, auszugeben. Unter „Pixel“ werden laserstrahlungsempfindliche Elemente wie Fotodioden, beispielsweise Pin-Dioden oder Avalanche-Fotodioden (APD), oder dergleichen verstanden. In einer Ausführungsform des Laserentfernungsmessgeräts wird die Detektionsfläche durch eine zweidimensionale Anordnung („Array“) einer Vielzahl von Single-Photon-Avalanche-Dioden (SPADs) gebildet. Beispielfhaft kann die Detektionsfläche aus 32x32 in einer Matrix angeordneten SPADs bestehen.

[0007] Das Laserentfernungsmessgerät dient dem berührungslosen Messen einer Entfernung zu dem Zielpunkt. Aus einem zwischen der ausgesendeten Laserstrahlung und der von der Oberfläche des Zielobjekts reflektierten Laserstrahlung mittels der Recheneinheit oder mittels der Empfangseinrichtung durchgeführten Phasenvergleich kann eine Lichtlaufzeit ermittelt und über die Lichtgeschwindigkeit die gesuchte Entfernung zwischen dem Laserentfernungsmessgerät und dem Zielobjekt, insbesondere zwischen dem Laserentfernungsmessgerät und dem Zielpunkt in entsprechender Entfernungsmessrichtung, bestimmt werden. Alternativ kann die Lichtlaufzeit auch aus einer Flugzeitbestimmung ermittelt werden, wie dies dem Fachmann bekannt ist. Die ermittelte Entfernung, d.h. der Entfernungswert, kann anschließend mittels einer Auswerte- oder Steuervorrichtung des Laserentfernungsmessgeräts weiter verarbeitet und/oder unter Verwendung einer Ausgabevorrichtung wie einem Bildschirm an einen Benutzer des Laserentfernungsmessgeräts ausgegeben werden.

[0008] In einer Ausführungsform ist das Laserentfernungsmessgerät als ein handgehaltenes Messgerät realisiert, das ohne Zuhilfenahme einer Transport- und/oder Haltevorrichtung lediglich mit den Händen, bevorzugt mit einer Hand, geführt werden kann. Da-

zu beträgt die Gesamtmasse des Laserentfernungsmessgeräts insbesondere weniger als 500 g, bevorzugt weniger als 300 g, besonders bevorzugt weniger als 200 g. In einer Ausführungsform des Laserentfernungsmessgeräts sind alle Komponenten des Messgeräts in einem die Komponenten im Wesentlichen umschließenden Gehäuse untergebracht. Insbesondere beträgt die Länge der längsten Seite dieses Gehäuses weniger als 30 cm, bevorzugt weniger als 20 cm, besonders bevorzugt weniger als 15 cm.

[0009] Das Laserentfernungsmessgerät weist erfindungsgemäß eine Kamera zur Erfassung zumindest eines Bildes einer Zielumgebung eines jeweilig anvisierten Zielpunkts auf. Die Kamera kann in einer Ausführungsform als ein CCD-Chip oder ein anderweitiges, insbesondere im visuellen Spektrum sensitives, Bilderfassungsmittel realisiert sein. In einer Ausführungsform der Kamera ist diese als eine Fix-Fokus-Kamera ausgeführt, d.h. die Kameraoptik weist einen unveränderbaren Fokus auf. Alternativ kann die Kamera als automatisch fokussierende Kamera realisiert sein. In einer Ausführungsform weist die Kamera eine fixe Vergrößerung bzw. Zoom-Stufe auf. Alternativ kann die Kamera auch eine Zoom-Funktionalität aufweisen. Mittels der Kamera kann ein Bild zumindest der Zielumgebung des Zielpunkts aufgenommen werden. Die Zielumgebung um den entsprechenden Zielpunkt ist dabei insbesondere über denjenigen Raum- oder Erfassungswinkel definiert, aus dem mittels der Optik der Kamera Licht gesammelt und zu einem Bild umgewandelt wird. In einer Ausführungsform kann das Bild der Zielumgebung eines Zielpunktes unter Verwendung strahlformender und/oder strahlenkender optischer Elemente, insbesondere beispielsweise unter Verwendung von Linsen, diffraktiven Elementen, Spiegeln oder dergleichen, verändert, insbesondere verkleinert oder vergrößert werden. Alternativ oder zusätzlich hierzu kann das Bild der Zielumgebung eines Zielpunktes auch softwaregestützt verändert, insbesondere vergrößert oder verkleinert, werden. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass auch ein Teil des von der Zielumgebung eines Zielpunktes aufgenommenen Bildes selbst wieder ein Bild der Zielumgebung des Zielpunktes darstellt. Somit gilt im Rahmen dieser Schrift jeder Teilausschnitt eines Bildes von der Zielumgebung eines Zielpunktes auch selbst als ein Bild der Zielumgebung des Zielpunktes.

[0010] Das Laserentfernungsmessgerät weist einen Bildschirm auf, wobei mittels des Bildschirms ein mit der Kamera erfasstes Bild oder ein Teilbereich eines Bildes darstellbar ist. Dabei ist im Betrieb des Laserentfernungsmessgerätes mit dem Bild überlagert oder überblendet zumindest eine Markierung darstellbar, die den Zielpunkt, an dem der Laserstrahl das Zielobjekt trifft, in dem ausgegebenen Bild, insbesondere dem ausgegebenen Teilbereich des Bildes, kennzeichnet bzw. markiert.

[0011] Ferner weist das Laserentfernungsmessgerät eine Recheneinheit auf. Die Recheneinheit weist insbesondere Komponenten auf, die zumindest einen Prozessor, einen Speicher und ein Betriebsprogramm mit Auswerte- und Berechnungsroutinen umfassen. Insbesondere können die elektronischen Bauteile der Recheneinheit auf einer Platine oder Leiterplatte angeordnet sein. In einer Ausführungsform ist die Recheneinheit integral mit einer Steuervorrichtung des Laserentfernungsmessgeräts ausgeführt. In einer Ausführungsform ist die Recheneinheit in Form eines Mikrokontrollers ausgeführt. Die Recheneinheit ist zur Berechnung einer Entfernung aus einer Entfernungsmessung mittels der Sendeeinrichtung und der Empfangseinrichtung vorgesehen und eingerichtet. Darüber hinaus ist die Recheneinheit auch zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen und eingerichtet. Insbesondere ist die Recheneinheit dazu vorgesehen, eine Darstellung zu erzeugen, in der ein mit der Kamera erfasstes Bild der Zielumgebung des Zielpunktes mit einer Markierung des Zielpunktes gekennzeichnet ist. Dabei ist die Markierung als in das Bild eingblendete oder mit dem Bild überblendete Markierung zu verstehen, die den Zielpunkt in dem Bild, insbesondere die Position des Zielpunktes in dem Bild, deutlich kennzeichnet und somit hervorhebt. Insbesondere kann die Markierung beispielsweise als Fadenkreuz, Quadrat, Kreis oder dergleichen realisiert sein. Die Recheneinheit ist daher dazu vorgesehen und eingerichtet, die Position des Zielpunktes in dem Bild zu berechnen und somit die Markierung an der Position des berechneten Zielpunktes einzublenden. In einer Ausführungsform berechnet die Recheneinheit die Position des Zielpunktes in dem Bild als Pixelkoordinaten. In einer Ausführungsform berechnet die Recheneinheit die Position des Zielpunktes aus geometrischen Größen des Laserentfernungsmessgeräts, insbesondere aus einem geometrischen Bezug der Kamera und der Sendeeinrichtung, genauer aus einem geometrischen Bezug der Richtung, in die die Kamera ein Bild erfasst, der Entfernungsmessrichtung, in die der Zielpunkt projiziert wird, sowie dem Abstand („Basis-Abstand“) der Kamera und der Sendeeinrichtung, insbesondere einer Laserdiode der Sendeeinrichtung, im Laserentfernungsmessgerät. Ferner ist die Recheneinheit dazu vorgesehen, den durch Überlagerung des Bildes mit der Markierung erzeugten Datensatz an einen Bildschirm des Laserentfernungsmessgeräts auszugeben, unter dessen Verwendung eine entsprechende Darstellung, wiederum in Form eines Bildes, an einen Bediener des Laserentfernungsmessgeräts ausgegeben wird. Erfindungsgemäß ist die Recheneinheit dazu vorgesehen und eingerichtet, einen Parallaxenfehler in dem Datensatz, d.h. in der Darstellung des Bildes überlagert mit der Markierung des Zielpunktes, in Abhängigkeit einer geschätzten Entfernung zum Zielpunkt zu korrigieren. Es sei angemerkt, dass die Recheneinheit alle zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens benötigten Werte wie

Basis-Abstand oder dergleichen geräteintern vorhält, insbesondere auf einem nichtflüchtigen, nichtlöslichen Speicher.

[0012] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Betrieb des Laserentfernungsmessgeräts findet beispielsweise Anwendung in einem Szenario, in dem ein Benutzer des Laserentfernungsmessgeräts eine Messung einer Entfernung zu einem weit entfernten Gegenstand, dem Zielobjekt, durchführen möchte. Dabei kann es vorkommen, insbesondere in einem hellen Außenbereich, dass der Zielpunkt auf Grund der großen Entfernung nicht mit dem Auge erkennbar ist. Das erfindungsgemäße Laserentfernungsmessgerät stellt daher auf seinem Bildschirm den Zielpunkt, überlagert mit und in dem mit der Kamera von der Zielumgebung des Zielpunkts erfassten Bild, dar. Auf diese Weise kann der Bediener des Laserentfernungsmessgeräts trotz der großen Entfernung die Position des Zielpunkts, d.h. die Richtung, in die die Entfernung mittels Laserentfernungsmessung bestimmt wird, feststellen. Möchte der Bediener beispielsweise eine Entfernung zu einem Holzpfosten bestimmen, so kann er auf dem Bildschirm ein Bild des Holzpfostens - oder je nach Entfernung und Zoom-Stufe der Kameraoptik einen Ausschnitt davon - betrachten. Dabei wird der Zielpunkt - typischerweise ein von roter Laserstrahlung erzeugter roter Punkt - ebenfalls von der Kamera erfasst und auf dem Bildschirm ausgegeben. In dem Bild ist ferner die berechnete Position des Zielpunkts als Markierung, insbesondere als Fadenkreuz, eingeblendet. Sollte der Bediener den Zielpunkt mit bloßem Auge also nicht mehr erkennen können - weder direkt auf dem Zielobjekt noch auf der mit dem Bildschirm ausgegebenen Darstellung des Bilds -, so kann er die Ausrichtung des Laserentfernungsmessgeräts, insbesondere des emittierten Laserstrahls, auf den Holzpfosten anhand des ausgegebenen Bilds überlagert mit der Markierung des Zielpunkts durchführen. Das Laserentfernungsmessgerät weist somit zur Verbesserung der Sichtbarkeit des Zielpunkts in der auf dem Bildschirm ausgegebenen Darstellung des mit der Kamera erfassten Bilds eine virtuelle optische Zieleinrichtung auf. Die Zieleinrichtung ermöglicht eine bezüglich Fehlmessungen durch fehlerhaftes Anvisieren eines Zielobjekts sichere Handhabung des Laserentfernungsmessgeräts.

[0013] Auf Grund der zueinander beabstandeten Anordnung von Sendeeinrichtung, insbesondere Laserdiode, und Kamera in dem Gehäuse des Laserentfernungsmessgeräts wird ein Parallaxenfehler verursacht. Der „Parallaxenfehler“ ist dabei derjenige Winkel, der zwischen der optischen Achse der Sendeeinrichtung und der optischen Achse der Kamera entsteht, wobei die beiden Achsen von verschiedenen Ausgangspunkten - d.h. der Laserdiode und der Kamera (beabstandet durch den „Basis-Abstand“) - auf denselben Punkt - den Zielpunkt - gerichtet sind. Der

Parallaxenfehler ist entfernungsabhängig. Mit anderen Worten wird der Parallaxenfehler als derjenige (entfernungsabhängige) Winkel angesehen, unter dem der Basis-Abstand vom Zielpunkt aus erscheint. In der oben ausgeführten Implementierung der Laserentfernungsmessgeräts verursacht der Parallaxenfehler eine fehlerhafte oder zumindest ungenaue Positionierung der Markierung in der auf dem Bildschirm ausgegebenen Darstellung des Bilds überlagert mit der Markierung des Zielpunkts. Während für sehr große Entfernungen (beispielsweise 100 Meter) die Position der Markierung des Zielpunkts bezogen auf das Bild (d.h. in der auf dem Bildschirm ausgegebenen überlagerten Darstellung des Bilds) mit der tatsächlichen (bei entsprechenden Lichtverhältnissen) im Bild erkennbaren Position des abgebildeten Zielpunkts übereinstimmt (kleiner Parallaxenfehler), stimmt diese Übereinstimmung bei kleiner werdenden Entfernungen zunehmend weniger (oder prinzipiell auch umgekehrt möglich: große Entfernung - große Abweichung, kleine Entfernung - kleine Abweichung). Mit kleineren Entfernungen zwischen dem Laserentfernungsmessgerät und dem Zielobjekt nimmt der Parallaxenfehler zu. Die Markierung des Zielpunkts bezogen auf das Bild driftet daher für kleiner werdende Entfernungen zunehmend von der tatsächlichen im Bild erkennbaren Position des abgebildeten Zielpunkts in Richtung eines Parallaxenvektors weg (großer Parallaxenfehler). Der Parallaxenvektor zeigt konstruktionsbedingt in Richtung des Basis-Abstands.

[0014] Folglich äußert sich der konstruktionsbedingte Parallaxenfehler in dem erfindungsgemäßen Laserentfernungsmessgerät in einem entfernungsabhängigen lateralen Versatz der relativen Position von dem mit dem Bildschirm ausgegebenen Bild und von der mit dem Bild überlagert ausgegebenen Markierung des Zielpunkts zueinander. Erfindungsgemäß wird der Parallaxenfehler in der Darstellung des Bilds überlagert mit der Markierung des Zielpunkts in Abhängigkeit einer geschätzten Entfernung zum Zielpunkt korrigiert. Unter der „geschätzten Entfernung“ ist hier insbesondere nicht die präzise zu ermittelnde oder ermittelte Entfernung, die aus einem zwischen der ausgesendeten Laserstrahlung und der von der Oberfläche des Zielobjekts reflektierten Laserstrahlung durchgeführten Phasenvergleich oder die aus einer Flugzeitbestimmung ermittelbar ist, zu verstehen. Vielmehr handelt es sich bei der geschätzten Entfernung um einen, insbesondere ungenauen oder unpräzisen, beispielsweise vor der Durchführung der eigentlichen Entfernungsmessung ermittelten Entfernungswert. Die geschätzte Entfernung kann in unterschiedlichen Ausführungsformen des Laserentfernungsmessgeräts auf unterschiedliche Weise unter Verwendung des Laserentfernungsmessgeräts ermittelt werden. Unter „Parallaxenfehler korrigieren“ ist insbesondere zu verstehen, dass der besagte laterale Versatz der relativen Position von dem mit

dem Bildschirm ausgegebenen Bild und von der mit dem Bild überlagert ausgegebenen Markierung des Zielpunkts in Abhängigkeit einer geschätzten Entfernung zum Zielpunkt angepasst, insbesondere korrigiert oder herausgerechnet, wird. In einer Ausführungsform des Verfahrens wird der Parallaxenfehler in der Darstellung des Bilds überlagert mit der Markierung des Zielpunkts durch Anpassen der relativen Position des ausgegebenen Bilds und der Markierung zueinander korrigiert. Unter Verwendung der Recheneinheit wird beispielsweise ein lateraler Versatz, der zur Korrektur angewandt werden muss, zunächst unter Anwendung trigonometrischer Funktionen aus der geschätzten Entfernung und dem gerätespezifischen Basis-Abstand berechnet und in einen Korrekturwert auf Pixelebene (Pixelkoordinaten) des Bilds umgerechnet. Anschließend kann die relative Position des ausgegebenen Bilds und der Markierung zueinander im Rahmen eines von der Recheneinheit durchgeführten Bildverarbeitungsalgorithmus beeinflusst und korrigiert werden. In einer Ausführungsform kann die Position des ausgegebenen Bilds relativ zur Markierung verschoben werden, insbesondere kann auch ein Bildausschnitt verändert und/oder verschoben werden. Diese Umsetzung stellt sich für einen Bediener des Laserentfernungsmessgeräts beispielsweise derart dar, dass stets der Zielpunkt im Mittelpunkt der auf dem Bildschirm ausgegebenen Darstellung befindlich ist - in einer Ausführungsform zusätzlich markiert mit einer Markierung (Markierung bleibt unverändert im Zentrum des Bildschirms; Bild (ausschnitt) wird verschoben). Alternativ oder zusätzlich kann auch die Position der Markierung relativ zur auf dem Bildschirm ausgegebenen Darstellung des Bilds angepasst und verschoben werden. Diese Umsetzung stellt sich für einen Bediener des Laserentfernungsmessgeräts beispielsweise derart dar, dass eine Markierung des Zielpunkts für kleiner werdende Entfernungen zu einer Seite des Bildschirms „wandert“ (Markierung bleibt nicht im Zentrum des Bildschirms). Somit wird vorteilhaft erreicht, dass für jede beliebige Entfernung von Laserentfernungsmessgerät und Zielobjekt zueinander die Position der Markierung des Zielpunkts bezogen auf das Bild (d.h. in der auf dem Bildschirm ausgegebenen überlagerten Darstellung des Bilds) mit der tatsächlichen (bei entsprechenden Lichtverhältnissen) im Bild erkennbaren Position des abgebildeten Zielpunkts übereinstimmt. Ferner kann in einer Ausführungsform vorgesehen sein, die Einblendung, d.h. die überlagerte Darstellung von Bild und Markierung, für Entfernungen unterhalb eines vorgegebenen Schwellwerts zu deaktivieren (beispielsweise für Entfernungen unterhalb von 5 Metern).

[0015] Auf Grundlage des erfindungsgemäßen Verfahrens kann eine besonders intuitive und somit einfache Bedienung des Laserentfernungsmessgeräts durch den Benutzer realisiert werden. Eine Fehlbedienung des Laserentfernungsmessgeräts, insbe-

sondere eine falsch durchgeführte Ausrichtung des Laserentfernungsmessgeräts, kann vermieden werden.

[0016] In einer Ausführungsform des Verfahrens zum Betrieb des Laserentfernungsmessgeräts erfolgt die Ausgabe der Darstellung des Bildes überlagert mit der Markierung in Echtzeit, insbesondere synchron zu einer Bewegung des Laserentfernungsmessgeräts. Auf diese Weise wird während der Bewegung des Laserentfernungsmessgeräts durch den Benutzer stets ein aktuelles Bild der zu dem gegebenen Zeitpunkt anvisierten Zielumgebung des aktuell angepeilten Zielpunkts ausgegeben. Gleichzeitig mit der aktualisierten Ausgabe des Bildes wird auch die Markierung des Zielpunkts in der Darstellung aktualisiert und daher entfernungsabhängig korrigiert dargestellt. Unter „in Echtzeit“ und „synchron zu einer Bewegung des Laserentfernungsmessgeräts“ soll in diesem Zusammenhang insbesondere verstanden werden, dass die Verarbeitungsgeschwindigkeit der Recheneinheit derart hoch ist, dass sich eine Umpositionierung des Laserentfernungsmessgeräts im Raum durch den Benutzer unmittelbar in einer Änderung des dargestellten Bildes, insbesondere überlagert mit der Markierung, auswirkt. Auf diese Weise kann der Benutzer des Laserentfernungsmessgeräts eine mit dem Laserentfernungsmessgerät ausgeführte Bewegung im Raum direkt, d.h. „synchron“, einer Änderung des ausgegebenen Bildes samt Markierung zuordnen.

[0017] Erst die Verwendung der „geschätzten Entfernung“ als Grundlage der Korrektur des Parallaxenfehlers ermöglicht eine derart hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit, die die Ausgabe in Echtzeit, insbesondere synchron zu einer Bewegung des Laserentfernungsmessgeräts, erlaubt. Insbesondere kann erfindungsgemäß eine Rechenleistung zur Durchführung des Verfahrens gering gehalten werden, da geschätzte Entfernungen mit einfacheren Mitteln, insbesondere basierend auf geringeren Rechenleistungen, erhalten werden können. Während beispielsweise die Berechnung eines Phasenvergleichs hohe Anforderungen an eine Recheneinheit stellt hinsichtlich einer Rechenleistung, erfordert die Ermittlung einer geschätzten Entfernung durch Ermitteln einer Position des von der zurückgestrahlten Laserstrahlung auf der Detektionsfläche hervorgerufenen Lichtflecks nur eine sehr geringe Rechenleistung. Ferner kann durch signifikante Vereinfachung des Verfahrens eine Beschleunigung der Durchführung des Verfahrens erreicht werden. Während eine typische Entfernungsmessung basierend auf einem zwischen der ausgesendeten Laserstrahlung und der von der Oberfläche des Zielobjekts reflektierten Laserstrahlung durchgeführten Phasenvergleich oder basierend auf einer Flugzeitbestimmung mit einer zeitlichen Wiederholrate von 10 Hz möglich ist, kann unter Verwendung der geschätzten Entfernung diese Wiederholrate si-

gnifikant gesteigert werden. Beispielsweise kann eine Wiederholrate auf weit über 20 Hz, insbesondere 30 Hz oder 40 Hz oder sogar mehr, gesteigert werden. Einem Bediener des Laserentfernungsmessgeräts erscheint dann die Ausgabe der Darstellung des Bildes ohne Verzögerungen gegenüber einer Bewegung des Laserentfernungsmessgeräts, also tatsächlich synchron, während bei einer Wiederholrate von beispielsweise 10 Hz ein deutlich erkennbares „Nachlaufen“ der Markierung in der Darstellung gegenüber dem tatsächlich erkennbaren Zielpunkt in dem Bild sichtbar ist. Durch eine hohe Verarbeitungsrate kann bei dem Benutzer des Laserentfernungsmessgeräts der Eindruck entstehen, dass Bilddaten für einen mit dem Laserentfernungsmessgerät anvisierten Zielbereich, insbesondere einer Zielumgebung eines Zielpunkts, unmittelbar ausgewertet und die Markierung unmittelbar korrekt dargestellt wird.

[0018] Unter einer Ausgabe der Darstellung des Bilds überlagert mit der Markierung „in Echtzeit“ ist dann auszugehen, wenn die geräteinterne Verarbeitungsdauer bis zur fertiggestellten Ausgabe insbesondere weniger als 0,5 Sekunden, bevorzugt weniger als 0,1 Sekunden, besonders bevorzugt weniger als 0,05 Sekunden beträgt. Dadurch kann der Benutzer des Laserentfernungsmessgeräts besonders schnell, verzögerungsfrei und somit sicher erkennen, auf welchen Zielpunkt das Laserentfernungsmessgerät ausgerichtet ist. Vorteilhaft kann somit ein besonders effizientes und intuitiv bedienbares Laserentfernungsmessgerät mit hohem Bedienkomfort bereitgestellt werden.

[0019] In einer Ausführungsform des Verfahrens wird die geschätzte Entfernung aus einer Position des von der zurückgestrahlten Laserstrahlung auf der Detektionsfläche hervorgerufenen Lichtflecks ermittelt. Die Recheneinheit ist dabei insbesondere dazu vorgesehen und eingerichtet, aus der ermittelten Position des von der zurückgestrahlten Laserstrahlung auf der Detektionsfläche hervorgerufenen Lichtflecks nach dem Prinzip der Triangulation die Entfernung des Zielpunkts als geschätzte Entfernung zu bestimmen. Dazu greift die Recheneinheit auf einen Basis-Abstand von Detektionsfläche zu Sendeeinrichtung, insbesondere Laserdiode, sowie auf trigonometrische Funktionen zurück. Je kleiner die Entfernung zum Zielobjekt, umso weiter „wandert“ der Lichtfleck auf der Detektionsfläche auf der Achse (Parallaxenvektor), die sich als Schnittgerade von Parallaxenebene und Detektionsfläche ergibt. Die Parallaxenebene stellt dabei diejenige Ebene dar, die durch den Detektionsflächenmittelpunkt, die Laserdiode und die Entfernungsmessrichtung aufgespannt wird. Die Position kann in einer Ausführungsform über eine Schwerpunktsbestimmung der Koordinaten der von dem Lichtfleck beleuchteten Pixel der Detektionsfläche bestimmt werden. Alternativ oder zusätzlich kann die Position auch durch Ermittlung zumin-

dest eines von dem Lichtfleck beleuchteten Pixels erfolgen.

[0020] In einer Ausführungsform des Verfahrens wird die geschätzte Entfernung aus einer Größe des von der zurückgestrahlten Laserstrahlung auf der Detektionsfläche hervorgerufenen Lichtflecks ermittelt. Dabei wird die geschätzte Entfernung aus der Größe des Lichtflecks, insbesondere dessen Durchmesser, mittels einer bekannten Brennweite und Bildweite der Empfangsoptik der Empfangseinrichtung ermittelt. Insbesondere ist die Recheneinheit dazu vorgesehen, aus der Größe, insbesondere der Form, bevorzugt dem Durchmesser des Lichtflecks auf der Detektionsfläche eine geschätzte Entfernung des Zielobjekts zu bestimmen. In einer Ausführungsform des Verfahrens wird die Größe des Lichtflecks aus der von dem Lichtfleck bedeckten Fläche auf der Detektionsfläche ermittelt. In einer alternativen oder zusätzlichen Ausführungsform des Verfahrens wird die Größe des Lichtflecks aus der Länge eines Schnitts der von dem Lichtfleck bedeckten Fläche auf der Detektionsfläche ermittelt. Dabei kann der Schnitt beispielsweise einer Sehne (bei einem als im Wesentlichen kreisförmig angenommenen Lichtfleck) und/oder dem Durchmesser der von dem Lichtfleck bedeckten Fläche entsprechen. In einer Ausführungsform des Verfahrens wird die Größe des Lichtflecks aus der Anzahl beleuchteter Pixel derjenigen Pixelzeile der Detektionsfläche ermittelt, die im Wesentlichen in der Parallaxenebene liegt, insbesondere im Wesentlichen kollinear zur Richtung einer Strahlverschiebung bezüglich der Detektionsfläche für unterschiedliche Entfernungen zum Zielpunkt, verläuft. Diese eignet sich insbesondere dann, wenn eine Pixelzeile der Detektionsfläche konstruktionsbedingt in der Parallaxenebene liegt. Somit kann durch Auslesen der Messwerte einer Pixelzeile der Detektionsfläche auf besonders schnelle und einfache Weise ein Durchmesser oder zumindest eine Sehne des Lichtflecks - beide repräsentativ für die Größe des Lichtflecks - ermittelt werden und daraus eine geschätzte Entfernung bestimmt werden.

[0021] Es sei darauf hingewiesen, dass die Ermittlung der Position oder der Größe des Lichtflecks bei einem Laserentfernungsmessgerät mit einer Detektionsfläche standardmäßig durchgeführt wird, um bereits diejenigen Pixel der Detektionsfläche zu ermitteln, die bei der Entfernungsmessung zu verwenden sind (Reduzierung des Signal-zu-Rauschverhältnisses). Somit kann auf diese Weise eine besonders Ressourcen sparende Ausführungsform des Verfahrens angegeben werden.

[0022] In einer Ausführungsform kann die Auswertung der Position des von der zurückgestrahlten Laserstrahlung auf der Detektionsfläche hervorgerufenen Lichtflecks und die Auswertung der Größe des von der zurückgestrahlten Laserstrahlung auf der De-

tektionsfläche hervorgerufenen Lichtflecks genutzt werden, um die Genauigkeit der geschätzten Entfernung zu erhöhen. Beispielsweise kann zur Korrektur des Parallaxenfehlers eine gemittelte geschätzte Entfernung bestimmt werden.

[0023] In einer Ausführungsform des Verfahrens wird die geschätzte Entfernung aus einer radiometrischen Messgröße ermittelt. Die radiometrische Messgröße kann dabei ausgewertet werden, um Rückschlüsse auf die geschätzte Entfernung des Zielobjekts zum Laserentfernungsmessgerät zu ziehen. In einer Ausführungsform des Verfahrens beschreibt die radiometrische Messgröße eine Signalamplitude der mit der Detektionsfläche empfangenen zurückgestrahlten Laserstrahlung.

[0024] Diese Signalamplitude skaliert unmittelbar mit der Entfernung des Zielobjekts zum Laserentfernungsmessgerät und kann daher vorteilhaft genutzt werden, die geschätzte Entfernung auf besonders einfache Weise zu ermitteln. Das Auslesen der Detektionsfläche nach einem Maximalwert in der Signalamplitude, der für die zurückgestrahlte Laserstrahlung charakteristisch ist, kann auf besonders schnelle Weise erfolgen. Die Signalamplitude kann dabei die von der Detektionsfläche empfangene Leistung (Watt) der Laserstrahlung betreffen und/oder eine Zählrate oder dergleichen. Der Vergleich des erhaltenen Werts mit einem Referenzwert, der bei einer (initialen oder zurückliegenden) Entfernungsmessung erhalten wird, erlaubt folglich die Umrechnung der Signalamplitude in eine geschätzte Entfernung. Alternativ oder zusätzlich kann in einer Ausführungsform des Verfahrens die radiometrische Messgröße ein Signal-zu-Rauschverhältnis der mit der Detektionsfläche empfangenen zurückgestrahlten Laserstrahlung beschreiben. Das Signal-zu-Rauschverhältnis kann dabei ebenfalls auf besonders einfache Weise unmittelbar aus den von der Detektionsfläche erzeugten Messwerten erhalten werden.

[0025] Ferner wird ein erfindungsgemäßes Laserentfernungsmessgerät, insbesondere ein angehaltenes Laserentfernungsmessgerät, zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgeschlagen. Das Laserentfernungsmessgerät weist, wie beschrieben, zumindest eine Sendeeinrichtung zum Aussenden von Laserstrahlung zu dem Zielpunkt, eine Empfangsrichtung mit einer Detektionsfläche zur Erfassung von von dem Zielpunkt zurückgestrahlter Laserstrahlung, eine Kamera zur Erfassung zumindest eines Bilds zumindest einer Zielumgebung des Zielpunkts, einen Bildschirm zur Ausgabe einer Darstellung des Bilds überlagert mit einer Markierung des Zielpunkts sowie eine Recheneinheit zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens auf.

Zeichnungen

[0026] Die Erfindung ist anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Die Zeichnungen, die Beschreibung und die Ansprüche enthalten zahlreiche Merkmale in Kombination. Der Fachmann wird die Merkmale zweckmäßiger Weise auch einzeln betrachten und zu sinnvollen weiteren Kombinationen zusammenfassen. Gleiche Bezugszeichen in den Figuren bezeichnen gleiche Elemente.

[0027] Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Laserentfernungsmessgeräts;

Fig. 2a eine schematische Seitenansicht der geometrischen Verhältnisse der der Strahlenoptik bei verhältnismäßig großer Entfernung von Laserentfernungsmessgerät und Zielobjekt;

Fig. 2b eine schematische Aufsicht auf die Detektionsfläche des Laserentfernungsmessgeräts samt Lichtfleck bei verhältnismäßig großer Entfernung von Laserentfernungsmessgerät und Zielobjekt;

Fig. 2c eine schematische Aufsicht auf eine Ausführungsform des Laserentfernungsmessgeräts mit auf dem Bildschirm ausgegebener Darstellung eines Bilds der Zielumgebung des Zielpunkts überlagert mit einer Markierung des Zielpunkts bei verhältnismäßig großer Entfernung von Laserentfernungsmessgerät und Zielobjekt;

Fig. 3a eine schematische Seitenansicht der geometrischen Verhältnisse der der Strahlenoptik bei verhältnismäßig kleiner Entfernung von Laserentfernungsmessgerät und Zielobjekt;

Fig. 3b eine schematische Aufsicht auf die Detektionsfläche des Laserentfernungsmessgeräts samt Lichtfleck bei verhältnismäßig kleiner Entfernung von Laserentfernungsmessgerät und Zielobjekt;

Fig. 3c eine schematische Aufsicht auf eine Ausführungsform des Laserentfernungsmessgeräts mit auf dem Bildschirm ausgegebener Darstellung eines Bilds der Zielumgebung des Zielpunkts überlagert mit einer Markierung des Zielpunkts bei verhältnismäßig kleiner Entfernung von Laserentfernungsmessgerät und Zielobjekt;

Fig. 4 eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einem Verfahrensdiagramm.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0028] **Fig. 1** zeigt in perspektivischer Darstellung ein beispielhaft ausgeführtes, handgehaltenes Laser-

entfernungsmessgerät **10**, das ein Gehäuse **12**, einen Bildschirm **14** sowie Betätigungselemente **16** zum Ein- und Ausschalten des Laserentfernungsmessgeräts **10** und zum Starten bzw. Konfigurieren eines Messvorgangs aufweist. Zur Messung der Entfernung des Laserentfernungsmessgeräts **10** zu einem Zielobjekt **18** (vgl. **Fig. 2**) wird im Betrieb des Laserentfernungsmessgeräts **10** parallele Laserstrahlung **20** (dargestellt durch zwei die Laserstrahlung begrenzende Strahlen, vgl. **Fig. 2a**, **Fig. 3a**) über eine Sendeoptik **22**, die beispielsweise aus einem nicht näher dargestellten Linsensystem besteht, in Richtung des Zielobjekts **18** gesendet. Die Richtung, in die das Laserentfernungsmessgerät **10** Laserstrahlung emittiert, wird im Folgenden Entfernungsmessrichtung **24** genannt. Die Sendeoptik **22** sowie eine kollimierte Laserdiode **26** (vgl. **Fig. 2a**, **Fig. 3a**) sind Bestandteil der Sendeeinrichtung des Laserentfernungsmessgeräts **10**. Die von einer Oberfläche des Zielobjekts **18** reflektierte Laserstrahlung **28** (ebenfalls dargestellt durch zwei die zurückstrahlende Laserstrahlung begrenzende Strahlen, vgl. **Fig. 2a**, **Fig. 3a**) wird über eine Empfangsoptik **30** (hier in Form einer Linse) auf eine zweidimensionale Detektionsfläche **32** geleitet und dort detektiert (vgl. **Fig. 2a**, **Fig. 2b** sowie **Fig. 3a**, **Fig. 3b**). Die zweidimensionale Detektionsfläche **32** ist als eine zweidimensionale Anordnung („Array“) von 17×17 in einer Matrix angeordneten Single-Photon-Avalanche-Dioden **34** (SPADs) als Pixel (im Folgenden wird Pixel mit SPAD gleichgesetzt) gebildet, wobei jede SPAD **34** dazu vorgesehen ist, abhängig von einer auftretenden Lichtintensität zurückgestrahlter Laserstrahlung **28** ein Detektionssignal zu erzeugen und zur weiteren Verarbeitung, insbesondere an eine nicht näher dargestellte Recheneinheit oder an eine nicht näher dargestellte Steuervorrichtung des Laserentfernungsmessgeräts **10**, auszugeben. Die Empfangsoptik **30** und die Detektionsfläche **32** sind Bestandteil einer Empfangseinrichtung **36**. Aus einem zwischen der ausgesendeten Laserstrahlung **20** und der von der Oberfläche des Zielobjekts **18** reflektierten Laserstrahlung **28** durchgeführten Phasenvergleich kann eine Lichtlaufzeit ermittelt und über die Lichtgeschwindigkeit die gesuchte Entfernung zwischen Laserentfernungsmessgerät **10** und Zielobjekt **18** in Entfernungsmessrichtung **24** bestimmt werden. Die Laserstrahlung **20,28** ist in diesem Ausführungsbeispiel als rotes Laserlicht realisiert. Auf dem Zielobjekt **18** erzeugt die emittierte Laserstrahlung **20** einen projizierten Laserpunkt, den sogenannten Zielpunkt **38**.

[0029] Das Laserentfernungsmessgerät **10** weist ferner eine Kamera **40** auf, die zur Aufnahme zumindest eines Bildes **42,42a,42b** einer Zielumgebung **44** (in **Fig. 2a** und **Fig. 3a** dargestellt durch einen Empfangskegel, aus dem Licht durch die Kamera **40** empfangen wird) des Zielpunkts **38** vorgesehen ist. Die Kamera **40** ist dabei in dem Laserentfernungsmessgerät **10** derart untergebracht, insbesondere in

dem Gehäuse **12** des Laserentfernungsmessgeräts **10** derart untergebracht, dass sie in Entfernungsmessrichtung **24** ausgerichtet ist. Somit ist die Kamera **40** bezogen auf das Gehäuse **12** ortsfest in dem Gehäuse **12** untergebracht. Die Kamera **40** ist als ein CCD-Chip realisiert und stellt eine Fix-Fokus-Kamera dar.

[0030] Das Laserentfernungsmessgerät **10** weist zu dessen Energieversorgung eine nicht näher dargestellte Energieversorgungsvorrichtung, insbesondere eine Batterie oder einen Akkumulator, bevorzugt einen Lithium-Ionen-Akkumulator, auf.

[0031] Ferner weist das Laserentfernungsmessgerät **10** in den Figuren nicht näher dargestellte Komponenten auf. Diese umfassen zumindest eine Recheneinheit. Die Recheneinheit weist insbesondere Komponenten auf, die zumindest einen Prozessor, einen Speicher und ein Betriebsprogramm mit Auswert- und Berechnungsroutinen umfassen. Die Recheneinheit ist vorgesehen zur Berechnung einer Entfernung aus einer Entfernungsmessung sowie zur Erzeugung einer Darstellung **46,46a,46b**, in der ein mit der Kamera **40** erfasstes Bild **42,42a,42b** der Zielumgebung **44** des Zielpunktes **38** überlagert mit einer Markierung **48,48a,48b** des Zielpunkts **38** (vgl. **Fig. 2c** und **Fig. 3c**), hier ein Fadenkreuz, gekennzeichnet ist. Die Markierung **48,48a,48b** ist in das Bild **42,42a,42b** eingeblendet und kennzeichnet den Zielpunkt **38** in dem Bild **42,42a,42b**. Die Recheneinheit ist dazu vorgesehen, die Position, an der die Markierung **48,48a,48b** platziert werden soll, für ein aufgenommenes Bild **42,42a,42b** zu berechnen und somit die Markierung **48,48a,48b** an der Position des berechneten Zielpunkts **38** einzublenden. Ferner ist die Recheneinheit dazu vorgesehen, den durch Überlagerung des Bilds **42,42a,42b** mit der Markierung **48,48a,48b** erzeugten Datensatz (d.h. die Darstellung **46,46a,46b**) an den Bildschirm **14** des Laserentfernungsmessgeräts **10** auszugeben. Mittels des Bildschirms **14** wird die entsprechende Darstellung **46,46a,46b**, wiederum in Form eines Bilds, an einen Bediener des Laserentfernungsmessgeräts **10** ausgegeben. Außerdem ist die Recheneinheit dazu vorgesehen und eingerichtet, einen Parallaxenfehler in dem Datensatz, d.h. in der Darstellung **46,46a,46b** des Bilds **42,42a,42b** überlagert mit der Markierung **48,48a,48b** des Zielpunkts **38**, in Abhängigkeit einer geschätzten Entfernung zum Zielpunkt **38** zu korrigieren. Die Recheneinheit verfügt über alle zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens benötigten Werte wie Basis-Abstände oder dergleichen.

[0032] **Fig. 2a** und **Fig. 3a** stellen die dem Verfahren zu Grunde liegenden geometrischen Gegebenheiten schematisch dar, wobei zur Erklärung auf ein Modell der Strahlenoptik zurückgegriffen wird. Die **Fig. 2a** und **Fig. 3a** zeigen jeweils eine Seitenansicht der geräteinternen optischen Komponenten des Laser-

entfernungsmessgeräts **10**, eines Zielobjekts **18** sowie der optischen Pfade im Sende- und Empfangspfad des Laserentfernungsmessgeräts **10**. **Fig. 2b** und **Fig. 3b** zeigen jeweils eine Aufsicht auf die geräteinternen optischen Komponenten des Laserentfernungsmessgeräts **10**, wie sie vom Zielpunkt **38** aus erscheinen (ohne Berücksichtigung des Gehäuses **12**). Während in **Fig. 2** (Teil a,b,c) eine Entfernung zwischen dem Laserentfernungsmessgerät **10** und dem Zielobjekt **18** verhältnismäßig groß ist, ist diese in **Fig. 3** (Teil a,b,c) verhältnismäßig klein. Die folgende Beschreibung bezieht sich auf beide **Fig. 2** und **Fig. 3**.

[0033] Die Laserdiode **26**, Teil der Sendeeinrichtung, emittiert Laserstrahlung **20** in Entfernungsrichtung **24**. Die Laserstrahlung **20** wird von dem Zielobjekt **18** reflektiert oder gestreut und läuft als zurückgestrahlte Laserstrahlung **28** zurück zum Laserentfernungsmessgerät **10**. Die Detektionsfläche **32** des Laserentfernungsmessgeräts **10** dient der Erfassung der von dem Zielobjekt **18** zurückgestreuten Laserstrahlung **28**. Die Kamera **40** befindet sich in einer Parallaxenebene **50** mit der Laserdiode **26** und der Detektionsfläche **32**. Die Kamera **40** nimmt ein Bild **42,42a,42b** einer Zielumgebung **44** des Zielpunkts **38** auf, dargestellt in **Fig. 2c** für ein Messszenario, wie es in **Fig. 2a** dargestellt ist (große Entfernung), und dargestellt in **Fig. 3c** für ein Messszenario, wie es in **Fig. 3a** dargestellt ist (kleine Entfernung). Auf Grund der zueinander beabstandeten Anordnung der Laserdiode **26** und der Kamera **40** wird ein entfernungsabhängiger Parallaxenfehler verursacht, hier dargestellt durch den Parallaxenwinkel **52**. Der entfernungsabhängige Parallaxenfehler bewirkt - wie in Zusammenschau der **Fig. 2** und **Fig. 3** nachvollzogen werden kann - , dass für verhältnismäßig große Entfernungen (**Fig. 2**) die Position der Markierung **48,48a** des Zielpunkts **38** bezogen auf das Bild **42,42a** (d.h. in der in **Fig. 2c** auf dem Bildschirm ausgegebenen überlagerten Darstellung **46,46a**) mit der tatsächlichen (bei entsprechenden Lichtverhältnissen) im Bild **42,42a** erkennbaren Position des abgebildeten Zielpunkts **38** übereinstimmt, vgl. insbesondere **Fig. 2c** (kleiner Parallaxenfehler). Im Gegensatz dazu weicht eine unkorrigierte Markierung **56** des Zielpunkts **38** bezogen auf das Bild **42,42b** für verhältnismäßig kleine Entfernungen (**Fig. 3c**) stark von der tatsächlichen im Bild **42,42b** erkennbaren Position des abgebildeten Zielpunkts **38** in Richtung eines Parallaxenvektors **54** ab (lateraler Versatz der relativen Position von mit dem Bildschirm **14** ausgegebenen Bild **42,42b** und von mit dem Bild **42,42b** überlagert ausgegebener unkorrigierter Markierung **56** des Zielpunkts **38** zueinander). In **Fig. 3c** ist weiter die mittels erfindungsgemäßem Verfahren um den Parallaxenfehler korrigierte Markierung **48,48b** mit dem Bild **42,42b** überlagert dargestellt. Dabei wird die Position der Markierung **48,48b** relativ zur auf dem Bildschirm **14** ausgegebenen Darstellung **46,46b** des

Bilds **42,42b** angepasst, d.h. entsprechend verschoben.

[0034] Die Recheneinheit des Laserentfernungsmessgeräts **10** bestimmt zur Durchführung der entfernungsabhängigen Parallaxenkorrektur eine geschätzte Entfernung aus einer Position des von der zurückgestrahlten Laserstrahlung **28** auf der Detektionsfläche **32** hervorgerufenen Lichtflecks **58,58a,58b** mittels Triangulation. Die Position (Pixelkoordinaten) ist in **Fig. 2b** und **Fig. 3b** durch kleine Pfeile am Rande der Detektionsfläche **32** dargestellt und wird über eine Schwerpunktsbestimmung der Koordinaten der von dem Lichtfleck **58,58a,58b** beleuchteten SPADs **34** der Detektionsfläche **32** bestimmt. Zusätzlich bestimmt die Recheneinheit eine geschätzte Entfernung aus einer Größe des von der zurückgestrahlten Laserstrahlung **28** auf der Detektionsfläche **32** hervorgerufenen Lichtflecks **58,58a,58b**. Insbesondere bestimmt die Recheneinheit eine geschätzte Entfernung aus einer Größe des Lichtflecks **58,58a,58b** aus der Anzahl beleuchteter SPADs **34** derjenigen Pixelzeile **60** der Detektionsfläche **32**, die im Wesentlichen in der Parallaxenebene **50**, insbesondere parallel oder kollinear zum Parallaxenvektor **54**, liegt.

[0035] In **Fig. 4** ist eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand eines Verfahrensdiagramms dargestellt. In Verfahrensschritt **100** wird mittels einer Sendeeinrichtung Laserstrahlung **20** zu einem Zielpunkt **38** ausgesendet. In Verfahrensschritt **102** wird von dem Zielpunkt **38** zurückgestrahlte Laserstrahlung **28** mittels der Detektionsfläche **32** der Empfangseinrichtung **36** erfasst. Im Wesentlichen gleichzeitig wird in Verfahrensschritt **104** mit der Kamera **40** zumindest ein Bild **42,42a,42b** der Zielumgebung **44** des Zielpunkts **38** erfasst. In Verfahrensschritt **106** wird eine geschätzte Entfernung zum Zielpunkt **38** ermittelt. Die Ermittlung der geschätzten Entfernung kann aus der Position des von der zurückgestrahlten Laserstrahlung **28** auf der Detektionsfläche **32** hervorgerufenen Lichtflecks **58,58a,58b** erfolgen (Option **106a**, vgl. Beschreibung zu **Fig. 2** und **Fig. 3**). Alternativ oder zusätzlich kann die Ermittlung der geschätzten Entfernung aus der Größe des von der zurückgestrahlten Laserstrahlung **28** auf der Detektionsfläche **32** hervorgerufenen Lichtflecks **58,58a,58b** erfolgen. Insbesondere kann die Ermittlung der Größe des Lichtflecks **58,58a,58b** aus der von dem Lichtfleck **58,58a,58b** bedeckten Fläche auf der Detektionsfläche **32** erfolgen. Alternativ oder zusätzlich kann die Ermittlung der Größe des Lichtflecks **58,58a,58b** aus der Länge **62,62a,62b** eines Schnitts der von dem Lichtfleck **58,58a,58b** bedeckten Fläche auf der Detektionsfläche **32** erfolgen (Option **106b**, vgl. Beschreibung zu **Fig. 2** und **Fig. 3**). Alternativ oder zusätzlich kann die Ermittlung der geschätzten Entfernung auch aus einer radiometrischen Messgröße erfolgen, insbesondere aus einer Signalamplitude der mit der Detektionsfläche **32**

empfangenen zurückgestrahlten Laserstrahlung **28** und/oder aus einem Signal-zu-Rauschverhältnis der mit der Detektionsfläche **32** empfangenen zurückgestrahlten Laserstrahlung **28** (Option **106c**).

[0036] In Verfahrensschritt **108** wird der Parallaxenfehler in der Darstellung des Bilds **42,42a,42b** überlagert mit der Markierung **48,48a,48b** des Zielpunkts **38** durch Anpassen der relativen Position des ausgegebenen Bilds **42,42a,42b** und der dargestellten Markierung **48,48a,48b** zueinander korrigiert. Abschließend wird in Verfahrensschritt **110** die Darstellung **46,46a,46b** des Bilds **42,42a,42b** überlagert mit der Markierung **48,48a,48b** des Zielpunkts **38** auf einem Bildschirm **14** des Laserentfernungsmessgeräts **10** ausgegeben.

[0037] Das Verfahren läuft wiederholt ab, dargestellt durch den Pfeil **112**.

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 102012214880 A1 [0002]
- EP 2669707 A1 [0002]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Laserentfernungsmessgeräts (10), bei dem Laserstrahlung (20) mittels einer Sendeeinrichtung zu einem Zielpunkt (38) ausgesendet wird, von dem Zielpunkt (38) zurückgestrahlte Laserstrahlung (28) mittels einer Empfangseinrichtung (36) mit einer Detektionsfläche (32) erfasst wird, mit zumindest einer Kamera (40) zumindest ein Bild (42,42a,42b) zumindest einer Zielumgebung (44) des Zielpunkts (38) erfasst wird, sowie eine Darstellung (46,46a,46b) des Bilds (42,42a,42b) überlagert mit einer Markierung (48,48a,48b) des Zielpunkts (38) auf einem Bildschirm (14) des Laserentfernungsmessgeräts (10) ausgegeben wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Parallaxenfehler in der Darstellung (46,46a,46b) des Bilds (42,42a,42b) überlagert mit der Markierung (48,48a,48b) des Zielpunkts (38) in Abhängigkeit einer geschätzten Entfernung zum Zielpunkt (38) korrigiert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die geschätzte Entfernung aus einer Position des von der zurückgestrahlten Laserstrahlung (28) auf der Detektionsfläche (32) hervorgerufenen Lichtflecks (58,58a,58b) ermittelt wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die geschätzte Entfernung aus einer Größe des von der zurückgestrahlten Laserstrahlung (28) auf der Detektionsfläche (32) hervorgerufenen Lichtflecks (58,58a,58b) ermittelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Größe des Lichtflecks (58,58a,58b) aus der von dem Lichtfleck (58,58a,58b) bedeckten Fläche auf der Detektionsfläche (32) ermittelt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Größe des Lichtflecks (58,58a,58b) aus der Länge eines Schnitts der von dem Lichtfleck (58,58a,58b) bedeckten Fläche auf der Detektionsfläche (32) ermittelt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Größe des Lichtflecks (58,58a,58b) aus der Anzahl beleuchteter Pixel (34) derjenigen Pixelzeile (60) der Detektionsfläche (32) ermittelt wird, die im Wesentlichen in der Parallaxenebene (50) liegt, insbesondere im Wesentlichen kollinear zur Richtung einer Strahlverschiebung bezüglich der Detektionsfläche für unterschiedliche Entfernungen zum Zielpunkt (38), verläuft.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die geschätzte Entfernung aus einer radiometrischen Messgröße ermittelt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die radiometrische Messgröße eine Signalamplitude der mit der Detektionsfläche (32) empfangenen zurückgestrahlten Laserstrahlung (28) beschreibt.

9. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die radiometrische Messgröße ein Signal-zu-Rauschverhältnis der mit der Detektionsfläche (32) empfangenen zurückgestrahlten Laserstrahlung (28) beschreibt.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Parallaxenfehler in der Darstellung (46,46a,46b) des Bilds (42,42a,42b) überlagert mit der Markierung (48,48a,48b) des Zielpunkts (38) durch Anpassen der relativen Position des ausgegebenen Bilds (42,42a,42b) und der Markierung (48,48a,48b) zueinander korrigiert wird.

11. Laserentfernungsmessgerät (10), insbesondere handgehaltenes Laserentfernungsmessgerät (10), zum berührungslosen Messen einer Entfernung zu einem Zielpunkt (38), aufweisend zumindest eine Sendeeinrichtung zum Aussenden von Laserstrahlung (20) zu dem Zielpunkt (38), eine Empfangsrichtung (36) mit einer Detektionsfläche (32) zur Erfassung von von dem Zielpunkt (38) zurückgestrahlter Laserstrahlung (28), eine Kamera (40) zur Erfassung zumindest eines Bilds (42,42a,42b) zumindest einer Zielumgebung (44) des Zielpunkts (38) sowie einen Bildschirm (14) zur Ausgabe einer Darstellung (46,46a,46b) des Bilds (42,42a,42b) überlagert mit einer Markierung (48,48a,48b) des Zielpunkts (38), **gekennzeichnet durch** zumindest eine Recheneinheit, die zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10 vorgesehen ist.

12. Laserentfernungsmessgerät nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Detektionsfläche (32) als ein Single-Photon-Avalanche-Photodiode-Array (SPAD-Array) realisiert ist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

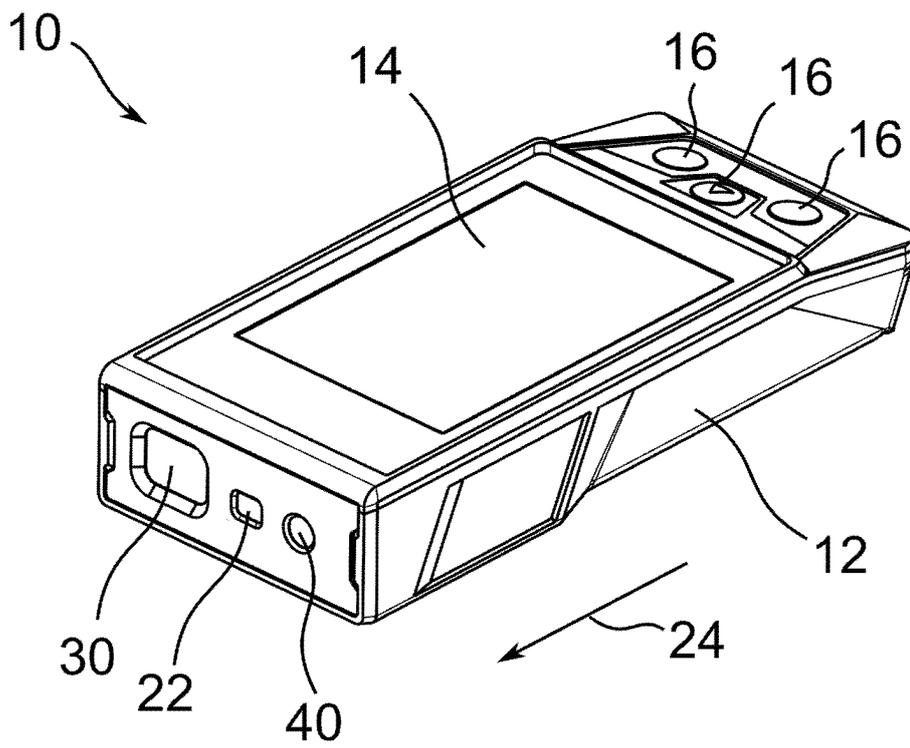


Fig. 1

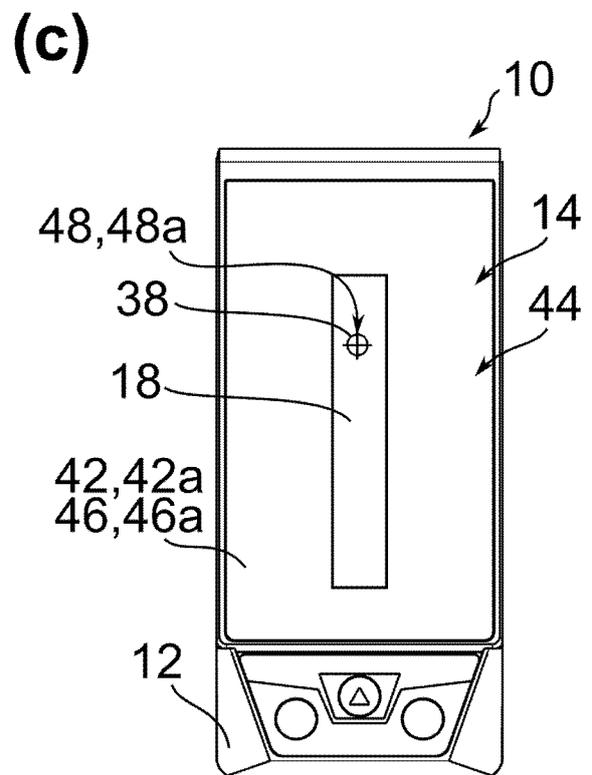
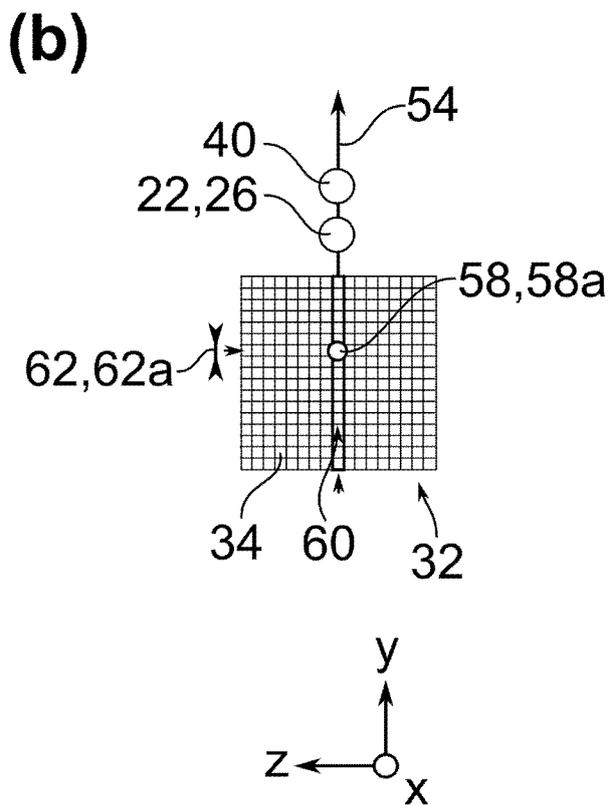
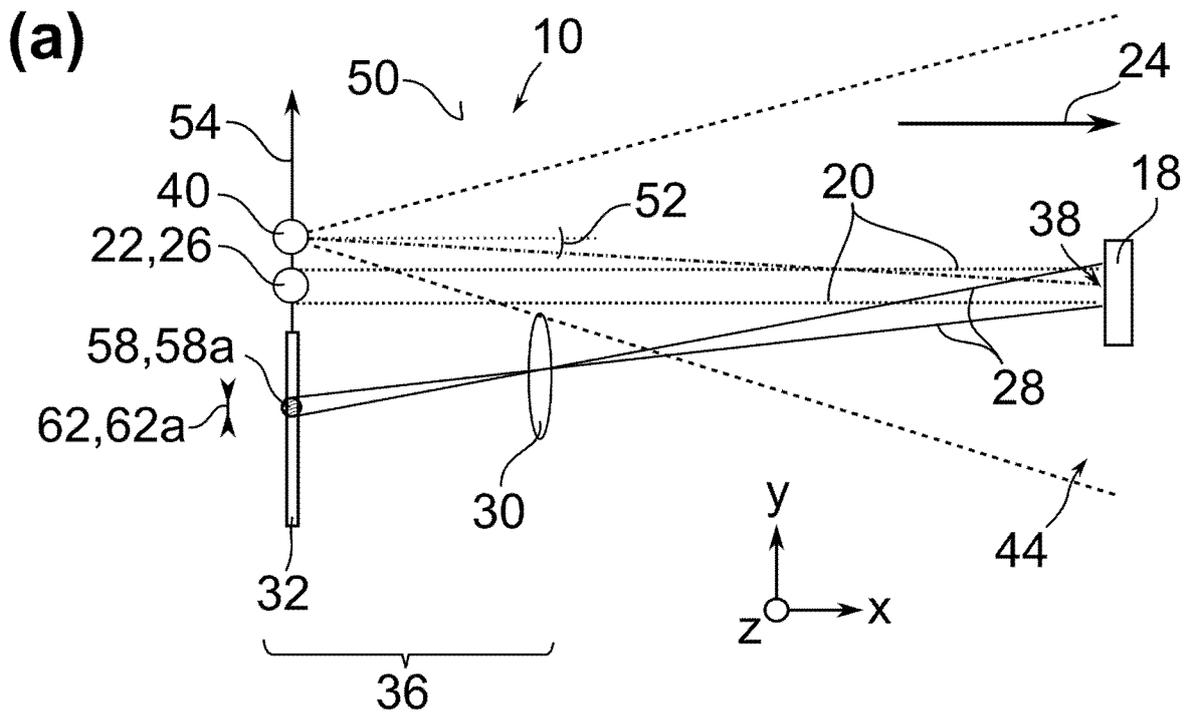


Fig. 2

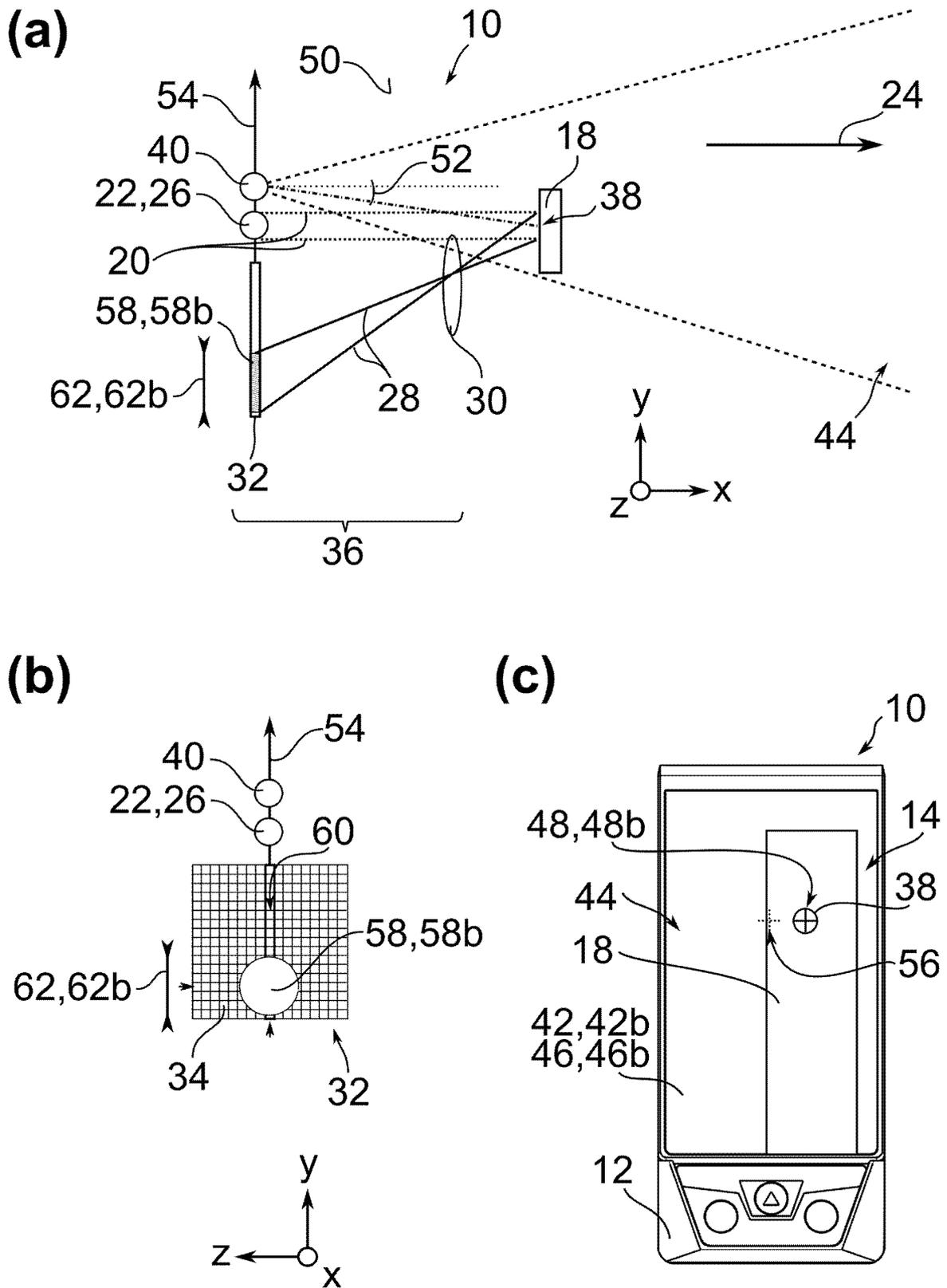


Fig. 3

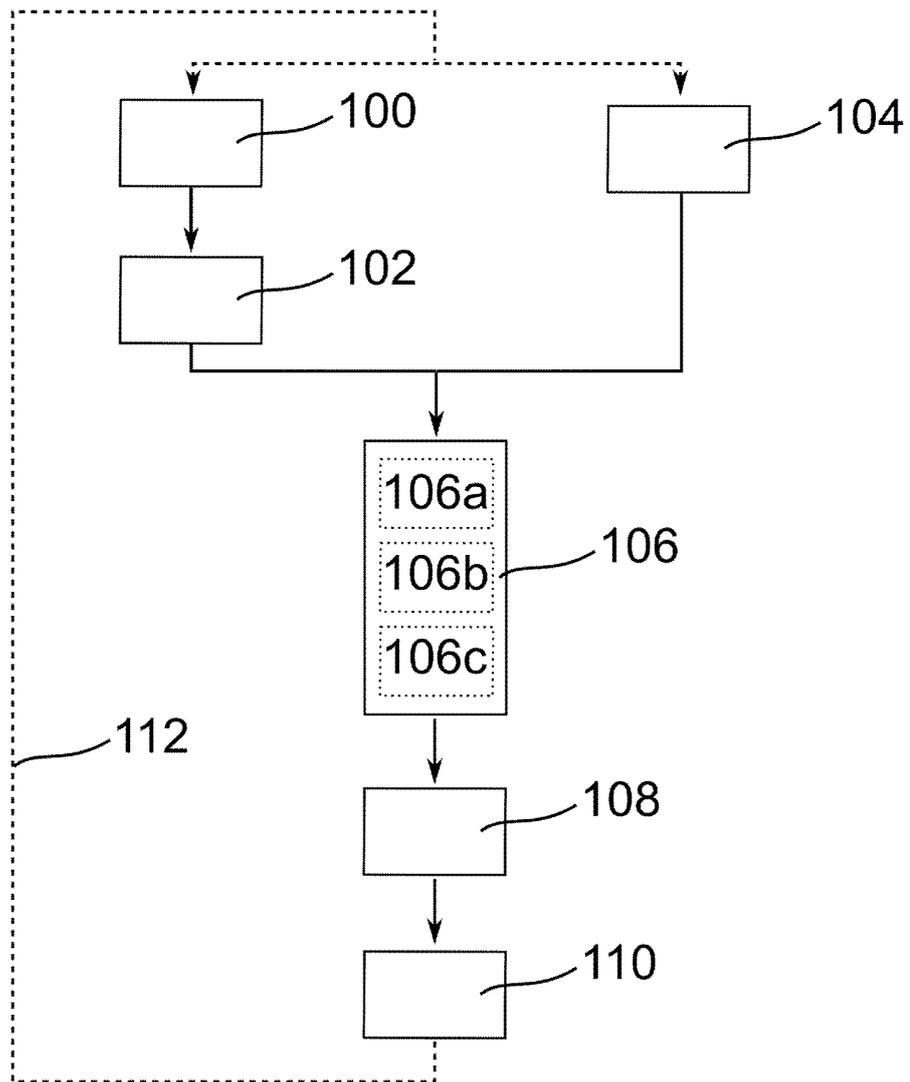


Fig. 4