



(10) **DE 10 2015 118 080 B4** 2017.11.23

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 118 080.4**  
(22) Anmeldetag: **23.10.2015**  
(43) Offenlegungstag: **27.04.2017**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **23.11.2017**

(51) Int Cl.: **G01C 23/00** (2006.01)  
**G01C 22/00** (2006.01)  
**G01P 3/68** (2006.01)  
**G01S 17/88** (2006.01)  
**G01S 17/50** (2006.01)  
**B61K 9/00** (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.,  
51147 Köln, DE**

(74) Vertreter:  
**REHBERG HÜPPE + PARTNER Patentanwälte  
PartG mbB, 37073 Göttingen, DE**

(72) Erfinder:  
**Johannes, Lars, Dr., 38104 Braunschweig, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2006 061 465	A1
DE	10 2007 029 299	A1
DE	10 2011 087 339	A1
DD	2 66 423	A1
US	6 452 684	B1
US	2004 / 0 221 790	A1
US	2012 / 0 101 680	A1
US	5 790 243	A

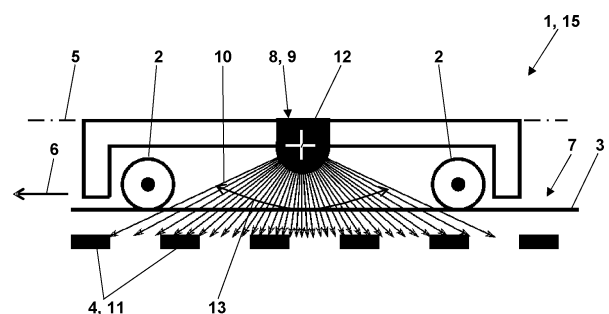
(54) Bezeichnung: **Erfassung einer Bewegung eines Landfahrzeugs und Landfahrzeug mit Bewegungserfassungsvorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Erfassung einer Bewegung eines Landfahrzeugs (15), wobei von dem Landfahrzeug aus ein Lichtstrahl (10) ausgesandt und von Umgebungsobjekten (11) zu dem Landfahrzeug reflektiertes Licht des Lichtstrahls (10) registriert wird,

– wobei der Lichtstrahl (10) wiederholt um eine gegenüber dem Landfahrzeug definierte Schwenkachse (12) über einen gegenüber dem Landfahrzeug definierten Winkelbereich (13) hinweg verschwenkt wird, dadurch gekennzeichnet,

– dass die Schwenkachse (12) quer zu der Fahrzeuglängsachse (5) verläuft und

– dass der Winkelbereich (13) quer oder diagonal zu der Fahrzeuglängsachse (5) nach unten zum Untergrund (7) des Landfahrzeugs gerichtete Richtungen des Lichtstrahls (10) umfasst.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Erfassung einer Bewegung eines Landfahrzeugs mit den Merkmalen des Oberbegriffs des unabhängigen Patentanspruchs 1 und auf ein Landfahrzeug mit einer Bewegungserfassungsvorrichtung zur Durchführung eines solchen Verfahrens.

**[0002]** Insbesondere geht es bei der vorliegenden Erfindung darum, die Bewegung in den Richtungen der Fahrzeuglängsachse hinsichtlich des zurückgelegten Wegs und der dabei erreichten Geschwindigkeit mit hoher Genauigkeit zu erfassen.

**[0003]** Das traditionelle Verfahren zur Erfassung von mit einem Landfahrzeug zurückgelegten Wegen und erreichten Geschwindigkeiten ist die Odometrie. Bei einem Radfahrzeug werden die Radumdrehungen erfasst und hieraus die zurückgelegten Wege ermittelt. Bei einem Schlupf zwischen den Rädern und dem Untergrund treten in der Odometrie erhebliche Fehler auf. Solche ergeben sich auch durch unterschiedliche Raddurchmesser, beispielsweise infolge unterschiedlichen Reifendrucks oder unterschiedlicher Fahrzeugbelastung.

**[0004]** Bei der Fahrzeugnavigation wird daher allgemein auf Positionsdaten für ein Landfahrzeug zurückgegriffen, die aus Signallaufzeiten von Positionssignalen von Navigationssatelliten ermittelt werden. Diese Positionsdaten sind jedoch absolut betrachtet zu ungenau, um auch kleine zurückgelegte Wege oder kleine Geschwindigkeiten eines Landfahrzeugs genau zu erfassen.

**[0005]** Aus M. Spies und H. Spies: Automobile Lidar Sensorik: Stand, Trends und zukünftige Herausforderungen, Adv. Radio Sci., 4, 99–104, 2006 ist die Verwendung von LiDAR(Light Detection and Ranging)-Sensoren bei Kraftfahrzeugen bekannt, um Objekte in der Umgebung des jeweiligen Kraftfahrzeugs und eine Annäherung zwischen dem Kraftfahrzeug und den jeweiligen Objekten bzw. eine Differenzgeschwindigkeit zu ermitteln. Damit wird ein Verfahren mit den Merkmalen des Oberbegriffs des unabhängigen Patentanspruchs 1 offenbart. Für die Erfassung einer absoluten Geschwindigkeit des jeweiligen Fahrzeugs gegenüber dem Untergrund und einer von dem jeweiligen Fahrzeug gegenüber dem Untergrund zurückgelegten Strecke sind diese LiDAR-Systeme nicht vorgesehen oder geeignet.

**[0006]** Aus der EP 2 026 103 A1 ist ein Verfahren zur Geschwindigkeitsmessung von Fahrzeugen mittels Laserscanner bekannt, wobei von einem Straßenrand ausgehend ein Arbeitsbereich oberhalb der Straße in mehreren Scans horizontal abgescannt wird. In diesem Arbeitsbereich auf der Straße fahrende Fahrzeuge werden mehrfach über Messpunkte er-

fasst, die jeweils durch ein Messdatenpaar beschrieben sind. In den Messdaten wird nach Messdatenpaaren gesucht, die gemeinsam näherungsweise einen rechten Winkel beschreiben. Zur weiteren Datenverarbeitung werden die rechten Winkel durch Modelldaten ersetzt, und aus der Ortsveränderung der Modelldaten über die Scans wird die Geschwindigkeit eines zugeordneten Fahrzeugs bestimmt.

**[0007]** Die US 2004/0221790 A1 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zur optischen Odometrie, mit denen die Bewegung eines elektronischen Bildsensors über einer Oberfläche gemessen wird. Der elektronische Bildsensor hat einen Bewegungsfreiheitsgrad parallel zu der Oberfläche in mindestens einer Richtung. Die Vorrichtung weist weiterhin eine Optik auf, die an den Bildsensor gekoppelt ist, um einen Teil der Oberfläche in einem bekannten Abbildungsmaßstab auf den Bildsensor abzubilden. Zusätzlich weist die Vorrichtung Abstandsrechnungsmittel zum Berechnen von zurückgelegten Abständen bezüglich der Oberfläche zwischen nacheinander aufgenommenen digitalen Bildern auf. Außerdem kann die Vorrichtung Orientierungsberechnungsmittel zum Berechnen von Orientierungsänderungen zwischen den nacheinander aufgenommenen digitalen Bildern aufweisen. Die Funktionsweise der bekannten Vorrichtung zum Erfassen der Bewegung des Bildsensors gegenüber der Oberfläche basiert auf der Wiedererkennung von Objekten in den aufeinanderfolgenden Bildern. Der auf den Bildsensor abgebildete Teil der Oberfläche wird schräg von der Seite und unter einem Winkel von etwa 45° beleuchtet.

**[0008]** Aus der DE 10 2011 087 339 A1 ist es zum Bestimmen der Geschwindigkeit eines Fahrzeugs und/oder einer von dem Fahrzeug zurückgelegten Wegstrecke bekannt, ein streckenseitiges Messobjekt fahrzeugseitig berührungslos zu erfassen und zumindest einen Wert zumindest einer charakteristischen Kenngröße des erfassten Messobjekts zu ermitteln. Die charakteristische Kenngröße kann die Strahlungsintensität und/oder die Winkelabhängigkeit der Strahlungsintensität der aus dem Bereich des Messobjekts empfangenen elektromagnetischen Strahlung, konkret von Licht sein.

**[0009]** Aus der DE 10 2006 061 465 A1 sind eine Messvorrichtung zur Ermittlung von Weg- und/oder Winkelkoordinaten eines Kraftfahrzeugs sowie ein hierzu geeignetes Verfahren bekannt. Die Messvorrichtung weist eine Lichtquelle zur Beleuchtung einer Referenzfläche, einen mit einem Abstand zu der Lichtquelle angeordneten optoelektronischen Messwertaufnehmer und eine Verarbeitungseinheit zur Verarbeitung der von dem Messwertaufnehmer erfassten Signale auf. Der Messwertaufnehmer ist ein optoelektronischer Bewegungssensor mit integrierter Signalauswertung. Das von der Lichtquelle erzeugte Lichtsignal wird unter einem Winkel auf die Referenz-

fläche gerichtet, der bezogen auf eine annähernd horizontale Ebene mehr als  $0^\circ$  und weniger als  $90^\circ$  beträgt.

**[0010]** Aus der US 2012/0101680 A1 ist ein Steuersystem für autonome Fahrzeuge bekannt. Das Steuersystem empfängt Positionssignale von Positionssensoren, um Betriebssteuersignale zu generieren, die einen Bewegungsweg für das Fahrzeug definieren. Weiterhin empfängt das Steuersystem Signale von einem oder mehreren Objektsensoren, die anzeigen ob sich Objekte in dem Bewegungsweg des Fahrzeugs befinden. In einer Ausführungsform weisen die Objektsensoren Mittel zum Aussenden eines Strahls und Mittel zum Detektieren von Reflektionen des Strahls auf.

**[0011]** Aus der DE 10 2007 029 299 A1 ist ein Verfahren zur Längen- und/oder Geschwindigkeitsmessung insbesondere für Positionieraufgaben bekannt, bei dem ein optischer Sensor die Längen- und/oder Geschwindigkeitsmessung über ein Bildbearbeitungsverfahren durchführt, wobei Referenzmarkierungen von dem optischen Sensor erkannt werden. Der optische Sensor ermittelt die Korrelation von mindestens zwei zeitlich aufeinanderfolgenden Bildern.

**[0012]** Aus der US 6,452,684 B1 ist eine Vorrichtung zum Bestimmen der Kontur einer Straßenoberfläche bekannt. Die Vorrichtung weist eine Laserlichtquelle auf, die an einem Messpunkt über der Straßenoberfläche angeordnet ist und die einen Laserstrahl erzeugt, der sich über eine bestimmte Strecke hinweg bewegt. Ein Sensor erfasst den von der Straßenoberfläche zu dem Messpunkt zurück reflektierten Laserstrahl. Eine Zeitmesseinheit erfasst die Laufzeit des Laserstrahls zwischen der Laserlichtquelle und dem Sensor. Aus der Laufzeit wird die Höhe und die Position einer Anzahl von Punkten der Straßenoberfläche relativ zu dem Messpunkt bestimmt.

**[0013]** Aus der US 5,790,243 A ist ein Messsystem für ein Profil einer Straße bekannt. Das Messsystem umfasst ein amplitudenmoduliertes Laserscansystem, das auf einem Kraftfahrzeug montiert ist und die Straßenoberfläche abtastet, während sich das Kraftfahrzeug darüber hinweg bewegt. Ein Detektor detektiert den von der Straßenoberfläche reflektierten Laserstrahl, und eine Phasenmessvorrichtung misst die Phasenverschiebung bei dem reflektierten Laserstrahl, um das Profil der Straßenoberfläche zu ermitteln.

**[0014]** Die DD 266 423 A1 offenbart ein Verfahren und eine Anordnung zur Lagebestimmung mobiler Geräte, wie beispielweise von Großgeräten im Tagebau und/oder zur automatischen Steuerung der Fahrbewegung ortsveränderlicher Geräte. Dazu ist im Empfangsfeld eines in der horizontalen Ebene

in einem bestimmten Winkelbereich mit definierter Winkelgeschwindigkeit pendelnden Laserbündels eine Empfängeranordnung aus mindestens drei höhenverstellbaren, ein Dreieck in der durch das Laserbündel beschriebenen Ebene aufspannenden optoelektronischen Empfängern angeordnet.

**[0015]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Erfassung einer Bewegung eines Landfahrzeugs aufzuzeigen, das auch bei einem auftretenden Schlupf und anderen Unregelmäßigkeiten zwischen den Rädern und dem Untergrund des Landfahrzeugs über einen weiten, auch kleine Wege und Geschwindigkeiten umfassenden Weg- und Geschwindigkeitsbereich genaue Werte für den gegenüber dem Untergrund des Landfahrzeugs zurückgelegten Weg und die dabei erreichte Geschwindigkeit liefert.

**[0016]** Die Aufgabe der Erfindung wird durch ein Verfahren zur Erfassung einer Bewegung eines Landfahrzeugs mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 1 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den abhängigen Patentansprüchen 2 bis 13 definiert. Der nebengeordnete Patentanspruch 14 ist auf ein Landfahrzeug mit einer zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildeten Bewegungserfassungsvorrichtung gerichtet. Gemäß Patentanspruch 15 handelt es sich bei dem Landfahrzeug um ein Schienenfahrzeug.

**[0017]** Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zur Erfassung einer Bewegung eines eine Fahrzeuglängsachse aufweisenden Landfahrzeugs wird von dem Landfahrzeug aus ein Lichtstrahl ausgesandt und wird von Umgebungsobjekten zu dem Landfahrzeug reflektiertes Licht des Lichtstrahls registriert. Dabei wird der Lichtstrahl wiederholt um eine gegenüber dem Landfahrzeug definierte Schwenkachse über einen gegenüber dem Landfahrzeug definierten Winkelbereich hinweg verschwenkt. Diese Schwenkachse verläuft quer zu der Fahrzeuglängsachse, und der Winkelbereich umfasst quer oder diagonal zu der Fahrzeuglängsachse nach unten zum Untergrund des Landfahrzeugs gerichtete Richtungen des Lichtstrahls. Durch die Ausrichtung der Schwenkachse quer zu der Fahrzeuglängsachse und die Ausrichtung des Winkelbereichs nach unten zum Untergrund des Landfahrzeugs wird der Untergrund mit dem Lichtstrahl parallel zu der Fahrzeuglängsachse abgetastet. Parallel zu der Fahrzeuglängsachse verlaufen zumindest auch im Wesentlichen die Richtungen, in denen sich das Landfahrzeug bewegt. Der Lichtstrahl trifft auf am Untergrund befindliche Umgebungsobjekte auf und wird von diesen reflektiert. Bei diesen Umgebungsobjekten ist zu unterstellen, dass sie gegenüber dem Untergrund ortsfest sind. Eine Erfassung der Bewegung des Landfahrzeugs gegenüber diesen Umgebungsobjekten auf Basis des

von ihnen reflektierten Lichts des Lichtstrahls erlaubt daher eine Erfassung der Bewegung des Landfahrzeugs gegenüber dem Untergrund mit hoher Genauigkeit in Bezug auf die Bestimmung des zurückgelegten Wegs und der erreichten Geschwindigkeit. Zu verfolgen ist dabei eine Signaländerung des durch die Umgebungsobjekte modulierten reflektierten Lichts des Lichtstrahls in Bezug auf die Richtungen, bei der diese Signaländerung bei aufeinanderfolgenden Schwenkbewegungen des Lichtstrahls auftritt, um daraus die relative Verlagerung des Landfahrzeugs gegenüber den Umgebungsobjekten zwischen den Schwenkbewegungen zu ermitteln.

**[0018]** Von einem bekannten LiDAR-System an einem Kraftfahrzeug unterscheidet sich das erfindungsgemäße Verfahren durch die Ausrichtung des Winkelbereichs, über den der Lichtstrahl wiederholt verschwenkt wird, längs der Fahrzeuglängsachse nach unten. Zudem ist die Entfernung, die der Lichtstrahl von dem Fahrzeug bis zum Auftreffen auf die Umgebungsobjekte am Untergrund zurücklegt, verglichen mit bekannten LiDAR-Systemen an Kraftfahrzeugen sehr kurz. Sie beträgt nur wenige bis einige Dezimeter, in der Regel jedenfalls nicht mehr als 15 dm oder 10 dm. Über so kurze Entfernungen werden LiDAR-Systeme bei Kraftfahrzeugen bislang nicht eingesetzt.

**[0019]** In der gesamten vorliegenden Beschreibung bedeutet "quer", dass die so bezeichnete Richtung oder Achse im Wesentlichen senkrecht zu der weiter angegebenen Richtung oder Achse verläuft. Dabei ist jedoch ein kleiner Winkelfehler unkritisch, und es ist auch nicht erforderlich, dass sich die beiden Richtungen tatsächlich schneiden. Generell gilt in dieser Beschreibung, dass sich Winkelangaben zu einander nicht schneidenden Richtungen oder Achsen auf zu diesen Richtungen oder Achsen parallele Richtungen oder Achsen beziehen.

**[0020]** In der gesamten vorliegenden Beschreibung bedeutet "diagonal", dass die so bezeichnete Richtung oder Achse im Wesentlichen nicht parallel sondern unter einem Winkel eindeutig größer als null und regelmäßig von mindestens 15° zu der weiter angegebenen Richtung oder Achse verläuft.

**[0021]** Alle in der gesamten vorliegenden Beschreibung zu dem Winkelbereich, über den der Lichtstrahl verschwenkt wird, gemachten Angaben beziehen sich auf den Winkelbereich, über den hinweg der Lichtstrahl nicht nur ausgesandt, sondern über den hinweg auch das von den Umgebungsobjekten reflektierte Licht des Lichtstrahls registriert wird, d. h. über den hinweg die Umgebungsobjekte mit dem Lichtstrahl erfasst werden.

**[0022]** Üblicherweise wird der Lichtstrahl in Form eines Laserstrahls von einem gegenüber dem Land-

fahrzeug ortsfesten Laser von einem mit fester Drehzahl rotierenden Spiegel abgelenkt, um ihn über den Winkelbereich hinweg zu verschwenken. Über die nicht zu dem Winkelbereich zählenden Ablenkungswinkel hinweg wird der Laserstrahl ausgeblendet oder abgeschaltet.

**[0023]** Ein Winkel zwischen der Schwenkachse, um die die Richtung des Lichtstrahls wiederholt verschwenkt wird, und einer Horizontalebene des Landfahrzeugs ist oft nicht größer als 45°. Vielfach ist dieser Winkel nicht größer als 30°, oftmals ist er nicht größer als 15°, und die Schwenkachse kann insbesondere parallel zu der Horizontalebene des Landfahrzeugs verlaufen. Ob ein Winkel  $> 0^\circ$  zwischen der Schwenkachse und der Horizontalebene des Landfahrzeugs sinnvoll ist, kann auch davon abhängen, von welcher Stelle des Landfahrzeugs bezogen auf die Fahrzeuglängsachse der Lichtstrahl ausgesandt wird und wo in Bezug auf die Fahrzeuglängsachse markante Umgebungsobjekte zu erwarten sind.

**[0024]** Der Winkel zwischen der Schwenkachse und der Horizontalebene des Landfahrzeugs kann auch abhängig von dem aktuellen Untergrund variiert werden. So kann der Winkel bei einem Schienenfahrzeug, das auf Schienen fährt, welche auf für den Lichtstrahl erkennbaren Schwellen gelagert sind, auf  $0^\circ$  eingestellt werden, während er bei demselben Schienenfahrzeug, wenn es auf Schienen fährt, welche ohne für den Lichtstrahl erkennbare Schwellen gelagert sind, der Winkel so groß eingestellt wird, dass der Lichtstrahl auf längs der Schienen vorgesehene Befestigungselemente fällt. Dabei kann der Winkel zwischen der Schwenkachse und der Horizontalebene des Landfahrzeugs auch größer als 45° oder sogar größer als 75° werden, wenn der Lichtstrahl von der Mitte des Schienenfahrzeugs aus ausgesandt wird. Der Lichtstrahl trifft aber auch dann innerhalb der Spurweite des Landfahrzeugs auf den Untergrund.

**[0025]** Der Winkelbereich, über den hinweg der Lichtstrahl verschwenkt wird, kann insbesondere ausschließlich quer oder diagonal zu der Fahrzeuglängsachse nach unten zum Untergrund des Landfahrzeugs gerichtete Richtungen des Lichtstrahls umfassen. So kann der Winkelbereich ausschließlich Richtungen des Lichtstrahls umfassen, die unter einem Winkel von nicht mehr als 30° oder nicht mehr als 45° zu der Horizontalebene des Landfahrzeugs verlaufen. Bei diesem Winkel ist nicht nur die Strecke, die der Lichtstrahl zwischen dem Fahrzeug und dem Untergrund zurücklegt, besonders kurz, sondern ein von dem Landfahrzeug zurückgelegter Weg macht sich in einem besonders großen Differenzwinkel zwischen den Richtungen des Lichtstrahls bemerkbar, unter denen er auf dasselbe Umgebungsobjekt bzw. dasselbe Detail eines Umgebungsobjekts auftrifft. Umgekehrt stellt ein großer Winkelbereich, der auch

Richtungen des Lichtstrahls umfasst, die unter kleineren Winkeln zu der Horizontalebene des Landfahrzeugs verlaufen, sicher, dass bestimmte Umgebungsobjekte besonders lange, d. h. über besonders viele Wiederholungen des Verschwenkens des Lichtstrahls von dem Lichtstrahl erfasst werden.

**[0026]** Der Winkelbereich umfasst vorzugsweise sowohl Richtungen des Lichtstrahls mit Richtungskomponente in der einen Verlaufsrichtung der Fahrzeuglängsachse als auch Richtungen des Lichtstrahls mit Richtungskomponente in der anderen Verlaufsrichtung der Fahrzeuglängsachse. Der Winkelbereich erstreckt sich damit zu beiden Seiten der Richtung, die der kürzesten Strecke des Lichtstrahls von dem Fahrzeug zu dem Untergrund entspricht. Dabei kann sich der Winkelbereich symmetrisch um diese ausgezeichnete Richtung erstrecken oder auch, beispielsweise in Fahrtrichtung, zu der Fahrzeuglängsachse hin geneigt sein.

**[0027]** Es versteht sich, dass das von den Umgebungsobjekten zu dem Landfahrzeug reflektierte Licht des Lichtstrahls für die jeweilige Richtung des Lichtstrahls registriert wird, d. h. der jeweiligen Richtung des Lichtstrahls zugeordnet wird, weil diese Richtung die Richtung des Umgebungsobjekts von dem Fahrzeug aus ist, das den Lichtstrahl reflektiert.

**[0028]** Weiterhin versteht es sich, dass das für die jeweilige Richtung des Lichtstrahls registrierte Licht hinsichtlich seiner Intensität und/oder seiner Laufzeit analysiert wird. Die Intensität des Lichts gibt einen Hinweis auf die Reflektionseigenschaften des Umgebungsobjekts. So kann der Intensitätsverlauf des über den Winkelbereich hinweg registrierten Lichts des Lichtstrahls auf darin erkennbare Merkmale einzelner Umgebungsobjekte hin analysiert werden. Insbesondere kann dann geschaut werden, bei welchen unterschiedlichen Richtungen sich das wiedererkennbare Merkmal in dem registrierten Licht findet, das für das Verschwenken des Lichtstrahls in verschiedenen Relativpositionen des Landfahrzeugs zu dem Untergrund registriert wurde. Um diese unterschiedlichen Richtungen in Wege umrechnen zu können, muss die Laufzeit des Lichts bzw. die daraus bestimmbare Entfernung des das Licht des Lichtstrahls reflektierenden Umgebungsobjekts von dem Landfahrzeug berücksichtigt werden.

**[0029]** Die Laufzeit des Lichts bzw. die daraus bestimmbare Entfernung des das Licht des Lichtstrahls reflektierenden Umgebungsobjekts von dem Landfahrzeug kann auch ohne Berücksichtigung der dabei variierenden Intensität des reflektierten Lichts ausgewertet werden, um bestimmte Umgebungsobjekte anhand ihrer von dem Lichtstrahl erfassten Kontur ihrer geometrischen Form zu erkennen und über die aufeinander folgenden Wiederholungen des Verschwenkens des Lichtstrahls hinweg zu verfolgen.

Hierbei handelt es sich um eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

**[0030]** Günstig ist es bei dem erfindungsgemäßen Verfahren, wenn das Verschwenken des Lichtstrahls mit einer so hohen Winkelgeschwindigkeit erfolgt, dass sich der Auftreffpunkt des Lichtstrahls auf den Untergrund mit einer um ein Vielfaches der maximalen zu messenden Geschwindigkeit des Landfahrzeugs gegenüber dem Untergrund betragenden Geschwindigkeit über den Untergrund bewegt. Zudem ist das Verschwenken des Lichtstrahls so schnell zu wiederholen, dass ein selbes Umgebungsobjekt über mehrere aufeinanderfolgende Wiederholungen des Verschwenkens des Lichtstrahls über den Winkelbereich hinweg von dem Lichtstrahl getroffen wird. Die maximale zu messenden Geschwindigkeit des Landfahrzeugs kann die maximale Geschwindigkeit des Landfahrzeugs sein. Die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann aber auch auf kleinere Geschwindigkeiten, wie beispielsweise bis 20 km/h oder 50 km/h beschränkt werden, während größere Geschwindigkeiten z. B. durch Satellitennavigation erfasst werden. Durch Beschränkung des erfindungsgemäßen Verfahrens auf kleinere Geschwindigkeiten werden die Anforderungen an einen dabei eingesetzten Licht- oder Laserscanner reduziert. Daher können kostengünstigere Geräte Verwendung finden.

**[0031]** Die Analyse des Lichts hinsichtlich seiner Laufzeit kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren durch eine Laufzeitmethode, d. h. eine sogenannte TOF(Time of Flight)-Methode erfolgen. Es kann auch ein Phasenverschiebungsverfahren genutzt werden. Dabei kann der Lichtstrahl mit unterschiedlichen Frequenzen moduliert werden, um einerseits eine hohe Auflösung bei der Phase des Lichts zu ermöglichen und andererseits eine Eindeutigkeit bei der Phase zu erreichen.

**[0032]** Wie bereits angesprochen wurde, kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren davon ausgegangen werden, dass am Untergrund befindliche Umgebungsobjekte, die das Licht des Lichtstrahls reflektieren, gegenüber dem Untergrund ortsfest sind. Bei der Auswertung des von den Untergrundobjekten reflektierten Lichts des Lichtstrahls kann aber auch eine Filterung dahingehend vorgenommen werden, dass nur solche Ergebnisse in Bezug auf den von dem Landfahrzeug zurückgelegten Weg und die dabei erreichte Geschwindigkeit berücksichtigt werden, die untereinander konsistent sind. So kann Licht, das von gegenüber dem Untergrund bewegten Umgebungsobjekten reflektiert wird, bzw. können entsprechende Messwerte verworfen werden.

**[0033]** Insbesondere kann es sich bei dem Landfahrzeug, an dem das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt wird, um ein Schienenfahrzeug handeln. Dabei können die Umgebungsobjekte am

Untergrund, auf die der Lichtstrahl gerichtet wird, Schienenlagerungselemente umfassen. Beispielsweise kann es sich um Schwellen der Schienenlagerung oder Schienenhalteklammern oder dergleichen handeln, wie sie in mehr oder weniger regelmäßigen Abständen längs der Schienen eines Schienenfahrzeugs vorgesehen sind. Das erfindungsgemäße Verfahren ist aber nicht auf regelmäßige Abstände dieser Umgebungsobjekte längs der Schienen angewiesen. Es zählt nicht die überquerten Schwellen oder die passierten Schienenhalterungselemente und multipliziert deren Zahl mit deren Abstand. Vielmehr wird verfolgt, wie sich das Landfahrzeug mit welcher Geschwindigkeit in welchem Abstand an den Umgebungsobjekten vorbeibewegt.

**[0034]** Bei einem erfindungsgemäßen Landfahrzeug ist eine einen Lichtscanner umfassende Bewegungserfassungsvorrichtung so ausgebildet und so gegenüber einer Fahrzeuglängsachse des Landfahrzeugs ausgerichtet, dass sie das erfindungsgemäße Verfahren ausführt. Das erfindungsgemäße Landfahrzeug ist insbesondere ein Schienenfahrzeug.

**[0035]** Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Patentansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Die in der Beschreibung genannten Vorteile von Merkmalen und von Kombinationen mehrerer Merkmale sind lediglich beispielhaft und können alternativ oder kumulativ zur Wirkung kommen, ohne dass die Vorteile zwingend von erfindungsgemäßen Ausführungsformen erzielt werden müssen. Ohne dass hierdurch der Gegenstand der beigefügten Patentansprüche verändert wird, gilt hinsichtlich des Offenbarungsgehalts der ursprünglichen Anmeldungsunterlagen und des Patents Folgendes: weitere Merkmale sind den Zeichnungen – insbesondere den dargestellten Geometrien und den relativen Abmessungen mehrerer Bauteile zueinander sowie deren relativer Anordnung und Wirkverbindung – zu entnehmen. Die Kombination von Merkmalen unterschiedlicher Ausführungsformen der Erfindung oder von Merkmalen unterschiedlicher Patentansprüche ist ebenfalls abweichend von den gewählten Rückbeziehungen der Patentansprüche möglich und wird hiermit angeregt. Dies betrifft auch solche Merkmale, die in separaten Zeichnungen dargestellt sind oder bei deren Beschreibung genannt werden. Diese Merkmale können auch mit Merkmalen unterschiedlicher Patentansprüche kombiniert werden. Ebenso können in den Patentansprüchen aufgeführte Merkmale für weitere Ausführungsformen der Erfindung entfallen.

**[0036]** Die in den Patentansprüchen und der Beschreibung genannten Merkmale sind bezüglich ihrer Anzahl so zu verstehen, dass genau diese Anzahl oder eine größere Anzahl als die genannte Anzahl vorhanden ist, ohne dass es einer expliziten Verwendung des Adverbs "mindestens" bedarf. Wenn also

beispielsweise von einem Element die Rede ist, ist dies so zu verstehen, dass genau ein Element, zwei Elemente oder mehr Elemente vorhanden sind. Diese Merkmale können durch andere Merkmale ergänzt werden oder die einzigen Merkmale sein, die das jeweilige Erzeugnis aufweist.

**[0037]** Die in den Patentansprüchen enthaltenen Bezugszeichen stellen keine Beschränkung des Umfangs der durch die Patentansprüche geschützten Gegenstände dar. Sie dienen lediglich dem Zweck, die Patentansprüche leichter verständlich zu machen.

**[0038]** Im Folgenden wird die Erfindung anhand in den Figuren dargestellter bevorzugter Ausführungsbeispiele weiter erläutert und beschrieben.

**[0039]** Fig. 1 zeigt schematisch ein erfindungsgemäßes Schienenfahrzeug in einer ersten Ausführungsform.

**[0040]** Fig. 2 zeigt schematisch das erfindungsgemäße Schienenfahrzeug in einer zweiten Ausführungsform.

**[0041]** Fig. 3 zeigt die Ausrichtung eines Laserscanners bei dem erfindungsgemäßen Schienenfahrzeug gemäß Fig. 1 oder Fig. 2.

**[0042]** Fig. 4 zeigt die Ausrichtung des Laserscanners bei einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schienenfahrzeugs.

**[0043]** Fig. 5 zeigt Schwellen unter einem erfindungsgemäßen Schienenfahrzeug zu zwei Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  bei Stillstand des Schienenfahrzeugs; und

**[0044]** Fig. 6 zeigt die Schwellen unter dem erfindungsgemäßen Schienenfahrzeug zu zwei Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  bei sich von rechts nach links bewegendem Schienenfahrzeug.

**[0045]** Das in Fig. 1 skizzierte Schienenfahrzeug 1 läuft mit Schienenrädern 2 auf Schienen 3, die auf Schwellen 4 gelagert sind. Das Schienenfahrzeug 1 weist eine Fahrzeuglängsachse 5 auf, die parallel zu dem Abschnitt der Schienen 3 verläuft, auf denen das Schienenfahrzeug 1 aufsteht. Eine Fahrtrichtung 6 des Schienenfahrzeugs 1 verläuft parallel zu einer Verlaufsrichtung der Fahrzeuglängsachse 5. Zur Erfassung der Geschwindigkeit des Schienenfahrzeugs 1 gegenüber dem von den Schienen 3 und den Schwellen 4 gebildeten Untergrund 7 ist ein Laserscanner 8 als Bewegungserfassungseinrichtung 9 an dem Schienenfahrzeug 1 angeordnet. Der Laserscanner 8 sendet einen Lichtstrahl 10 aus und registriert von Umgebungsobjekten 11, wie den Schwellen 4, reflektiertes Licht des Lichtstrahls 10.

Dabei verschwenkt der Laserscanner **8** den Lichtstrahl **10** schnell hintereinander um eine gegenüber dem Schienenfahrzeug **1** definierte Schwenkachse **12** über einen Winkelbereich **13** hinweg. Die Schwenkachse **12** ist die Rotationsachse eines den Lichtstrahl **10** in Form eines Laserstrahls ablenkenden rotierenden Spiegels und verläuft quer zu der Fahrzeuglängsachse **5**. Der Winkelbereich **13** umfasst quer oder diagonal zu der Fahrzeuglängsachse **5** nach unten zu dem Untergrund **7** des Schienenfahrzeugs **1** gerichtete Richtungen des Lichtstrahls **10**. Diese Richtungen erstrecken sich hier über einen Bereich, der von Richtungen des Lichtstrahls **10** begrenzt wird, welche unter mindestens  $30^\circ$  zu einer Horizontalebene des Fahrzeugs durch die Schwenkachse **12** verlaufen.

**[0046]** Bei der Ausführungsform des Schienenfahrzeugs **1** gemäß **Fig. 2** ist der Winkelbereich **13** gegenüber der Fahrtrichtung **6** leicht nach vorne geneigt. Ansonsten entspricht die Ausführungsform des Schienenfahrzeugs **1** gemäß **Fig. 2** derjenigen gemäß **Fig. 1**. Der Winkelbereich **13** könnte alternativ auch zur anderen Verlaufsrichtung der Fahrzeuglängsachse **5** hin geneigt sein, d. h. nicht so wie in **Fig. 2** in der Fahrtrichtung **6** sondern entgegen der Fahrtrichtung **6**.

**[0047]** **Fig. 3** zeigt den Laserscanner **8** bei Blickrichtung auf das Schienenfahrzeug **1** von hinten. Der Laserscanner **8** ist so ausgerichtet, dass der Winkelbereich **13** in oder parallel zu einer Vertikalebene des Schienenfahrzeugs **1** verläuft.

**[0048]** Demgegenüber zeigt **Fig. 4**, dass der Winkelbereich **13** auch geneigt zur Vertikalebene des Schienenfahrzeugs **1** ausgerichtet sein kann, so dass der Lichtstrahl **10** auch bei seiner kürzesten Strecke zum Untergrund **7** unter einem Winkel  $< 90^\circ$  zum Untergrund **7** verläuft.

**[0049]** Wenn sich das Schienenfahrzeug **1** gegenüber dem Untergrund **7** nicht bewegt, finden sich die Schwellen **4** in dem von dem Laserscanner **8** registrierten reflektierten Licht des Lichtstrahls **10** zum Zeitpunkt  $t_1$  in denselben Positionen wie zu einem früheren Zeitpunkt  $t_0$ , wie dies in **Fig. 5** skizziert ist. Wenn das Schienenfahrzeug jedoch zwischen diesen Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  einen Weg **14** in der Fahrtrichtung von rechts nach links zurückgelegt hat, ergibt sich eine Verschiebung der Schwellen **4**. Diese Verschiebung der Schwellen **4** gegenüber dem Schienenfahrzeug **1** von links nach rechts ist in **Fig. 6** gezeigt.

**[0050]** Die Schwellen **4** werden nur dann in dem von dem Laserscanner **8** registrierten reflektierten Licht des Lichtstrahls **10** erkannt, wenn auch das stark zerklüftete Schottermaterial zwischen den Schwellen erfasst und im Vergleich ausgewertet wird. Allgemein

können für das erfindungsgemäße Verfahren beliebige Umgebungsobjekte, auch kleinere, in dem von dem Laserscanner **8** registrierten reflektierten Licht des Lichtstrahls **10** verfolgt werden.

**[0051]** Das in den Figuren gezeigte Schienenfahrzeug **1** ist ein Beispiel für ein erfindungsgemäßes Landfahrzeug **15**, bei dem mit der Bewegungserfassungsvorrichtung **9** der zurückgelegte Weg **14** und die dabei erreichte Geschwindigkeit berührungslos mit hoher Genauigkeit erfasst werden.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Schienenfahrzeug
<b>2</b>	Schienenrad
<b>3</b>	Schiene
<b>4</b>	Schwelle
<b>5</b>	Fahrzeuglängsachse
<b>6</b>	Fahrtrichtung
<b>7</b>	Untergrund
<b>8</b>	Laserscanner
<b>9</b>	Bewegungserfassungsvorrichtung
<b>10</b>	Lichtstrahl
<b>11</b>	Umgebungsobjekt
<b>12</b>	Schwenkachse
<b>13</b>	Winkelbereich
<b>14</b>	Weg
<b>15</b>	Landfahrzeug

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Erfassung einer Bewegung eines eine Fahrzeuglängsachse (**5**) aufweisenden Landfahrzeugs (**15**),
  - wobei von dem Landfahrzeug aus ein Lichtstrahl (**10**) ausgesandt und von Umgebungsobjekten (**11**) zu dem Landfahrzeug reflektiertes Licht des Lichtstrahls (**10**) registriert wird,
  - wobei der Lichtstrahl (**10**) wiederholt um eine gegenüber dem Landfahrzeug definierte Schwenkachse (**12**) über einen gegenüber dem Landfahrzeug definierten Winkelbereich (**13**) hinweg verschwenkt wird,**dadurch gekennzeichnet,**
  - dass die Schwenkachse (**12**) quer zu der Fahrzeuglängsachse (**5**) verläuft und
  - dass der Winkelbereich (**13**) quer oder diagonal zu der Fahrzeuglängsachse (**5**) nach unten zum Untergrund (**7**) des Landfahrzeugs gerichtete Richtungen des Lichtstrahls (**10**) umfasst.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass ein Winkel zwischen der Schwenkachse (**12**) und einer Horizontalebene des Landfahrzeugs nicht größer als  $45^\circ$  oder nicht größer als  $30^\circ$  ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schwenkachse (12) parallel zu der Horizontalebene des Landfahrzeugs verläuft.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Lichtstrahl (10) innerhalb einer Spurweite des Landfahrzeugs auf den Untergrund (7) trifft.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Winkelbereich (13) sowohl Richtungen des Lichtstrahls (10) mit Richtungskomponente in der einen Verlaufsrichtung der Fahrzeuginnenachse (5) als auch Richtungen des Lichtstrahls (10) mit Richtungskomponente in der anderen Verlaufsrichtung der Fahrzeuginnenachse (5) umfasst.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das von Umgebungsobjekten (11) zu dem Landfahrzeug reflektierte Licht des Lichtstrahls (10) für die jeweilige Richtung des Lichtstrahls (10) registriert wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das für die jeweilige Richtung des Lichtstrahls (10) registrierte Licht hinsichtlich seiner Intensität und seiner Laufzeit analysiert wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das für die jeweilige Richtung des Lichtstrahls (10) registrierte Licht auf wiedererkennbare Merkmale einzelner Umgebungsobjekte (11) hin analysiert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das für die jeweilige Richtung des Lichtstrahls (10) registrierte Licht nach einer Phasenverschiebungsmethode oder einer Laufzeitmethode hinsichtlich seiner Laufzeit analysiert wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Winkelgeschwindigkeit, mit der die Richtung des Lichtstrahls (10) wiederholt um die Schwenkachse (12) verschwenkt wird, so groß ist, dass sich ein Auftreffpunkt des Lichtstrahls (10) auf den Untergrund (7) mit einer Geschwindigkeit über den Untergrund (7) bewegt, die mindestens doppelt oder mindestens 5-mal so groß ist wie eine maximal zu erfassende Geschwindigkeit des Landfahrzeugs gegenüber dem Untergrund (7).

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Richtung des Lichtstrahls (10) so schnell hintereinander über den Winkelbereich hinweg verschwenkt wird, dass der Lichtstrahl (10) bei einer maximal zu erfassenden Geschwindigkeit des Landfahrzeugs mindestens zweimal oder mindestens 5-mal auf ein

und dasselbe Umgebungsobjekt (11) am Untergrund (7) auftrifft.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Umgebungsobjekte (11) am Untergrund (7) ortsfest sind.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Landfahrzeug ein Schienenfahrzeug (1) ist, wobei die Umgebungsobjekte (11) Schienenlagerungselemente umfassen.

14. Landfahrzeug (15) mit einer einen Laserscanner (8) umfassenden Bewegungserfassungsvorrichtung (9), die so ausgebildet und so gegenüber einer Fahrzeuginnenachse (5) des Landfahrzeugs ausgerichtet ist, dass sie ein Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausführt.

15. Landfahrzeug (15) nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Landfahrzeug ein Schienenfahrzeug (1) ist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen



Anhängende Zeichnungen

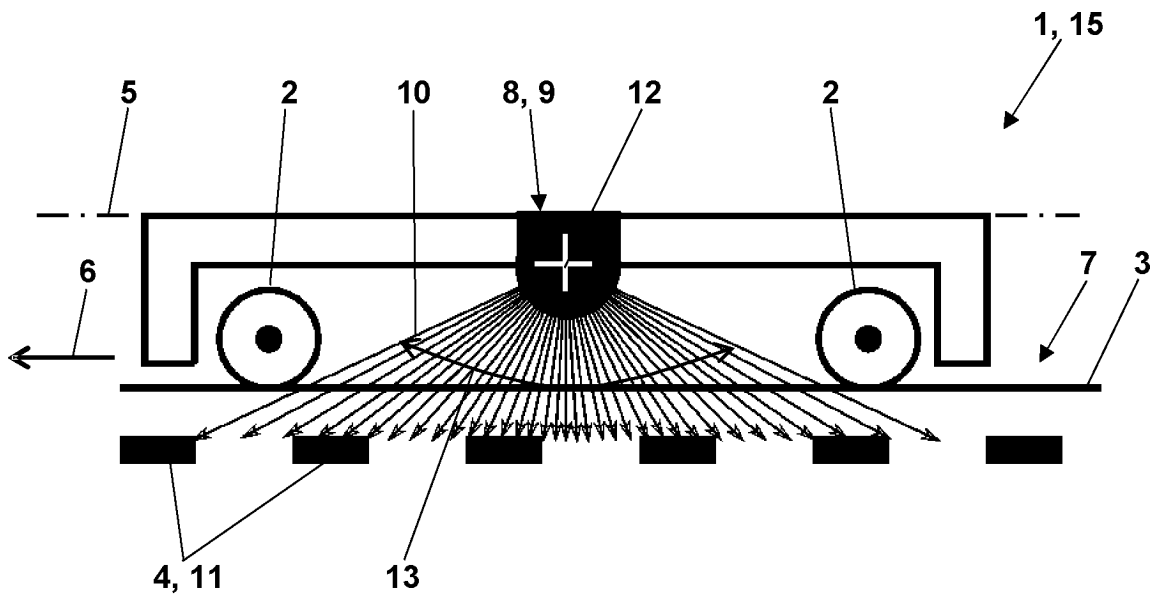


Fig. 1

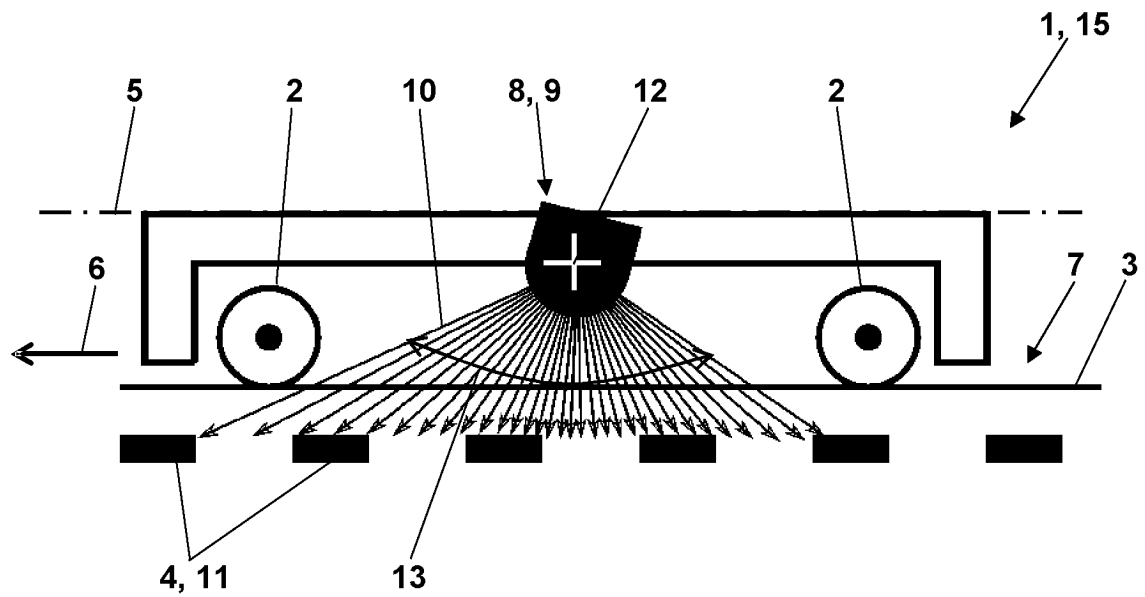
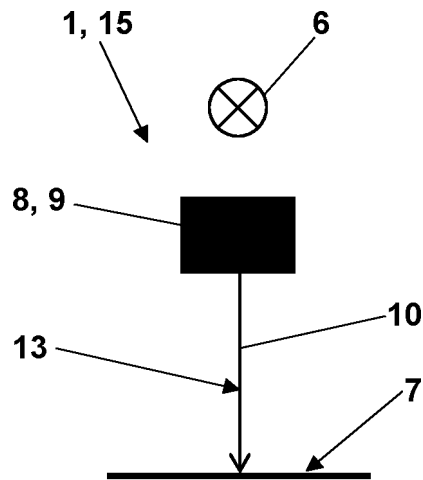
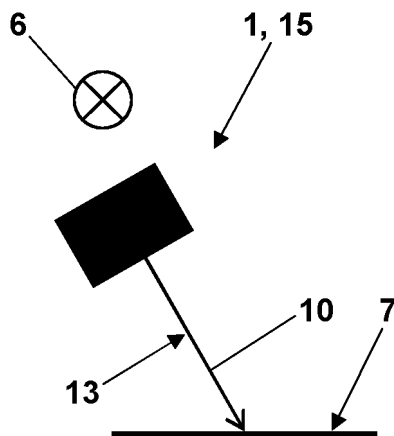


Fig. 2



**Fig. 3**



**Fig. 4**

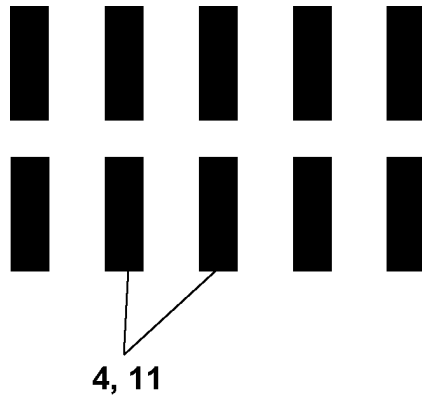


Fig. 5

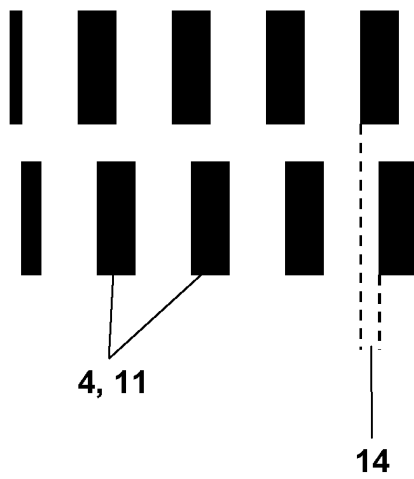


Fig. 6