



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
27.09.2017 Patentblatt 2017/39

(51) Int Cl.:
B61L 1/02 ^(2006.01)
G08G 1/04 ^(2006.01)
F16P 3/14 ^(2006.01)
B61K 9/02 ^(2006.01)
G08G 9/00 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16161741.0**

(22) Anmeldetag: **22.03.2016**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(72) Erfinder:
• **Ringwald, Herr Siegfried**
79215 Elzach (DE)
• **Ackermann, Matthias**
6374 Buochs (CH)
• **Blöhhbaum, Frank**
79312 Emmendingen (DE)

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

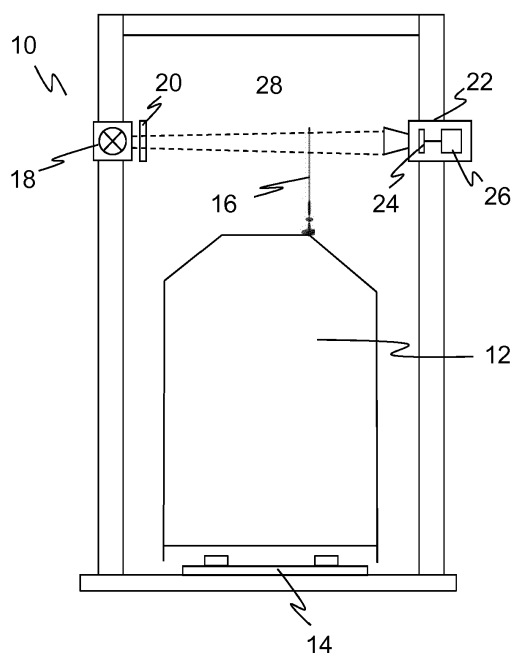
Bemerkungen:
Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

(54) **ERFASSUNG EINES BEWEGTEN OBJEKTS AUS SEINEM SCHATTENWURF**

(57) Es wird ein optoelektronischer Sensor (10) zum Erfassen eines bewegten Objekts (16) in einem Überwachungsbereich (28) angegeben, wobei der Sensor (10) eine Beleuchtungseinheit (18) und einen Bildsensor (24), die einander gegenüberliegend angeordnet sind und zwischen sich den Überwachungsbereich (28) aufspannen sowie eine Auswertungseinheit (26) aufweist, die dafür ausgebildet ist, das Objekt (16) aus Bilddaten des

Bildsensors (24) anhand eines Schattenwurfs des Objekts (16) auf den Bildsensor (24) zu erkennen. Dabei weist die Beleuchtungseinheit (18) eine Vielzahl von Einzellichtquellen (18a) zur Erzeugung eines Sendelichtstrahls (30a), in dem durch Überlagerung der Einzellichtquellen (18a) Kohärenzen zerstört sind sowie eine Blendenanordnung (20) auf, die nur einen homogenen Teilbereich (30) des Sendelichtstrahls (30a) passieren lässt.

Figur 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen optoelektronischen Sensor zum Erfassen eines bewegten Objekts sowie ein Verfahren zum Erfassen einer mit einem Fahrzeug mitbewegten Antenne oder eines anderen schmalen Objekts nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 beziehungsweise 14.

[0002] Die Überhöhenkontrolle von Fahrzeugen ist eine besonders anspruchsvolle Anwendung für optoelektronische Sensoren. Die Grundaufgabe besteht darin, die Anwesenheit eines bewegten Objekts in einem Überwachungsbereich zu erkennen. Schwierig wird dies bei sehr schmalen Objekten und hohen Geschwindigkeiten. Ein instruktives Beispiel ist die Erkennung im laufenden Zugverkehr, ob bei einem auf einen Zug verladenen Fahrzeug die Antenne zu hoch hinaufragt, denn das kann durch Berührung der Oberleitungen zu schweren Schäden führen.

[0003] Eine bekannte Vorgehensweise für die Erkennung von Überhöhenverletzungen im Verkehr basiert auf in der zu überwachenden Höhe gegeneinander ausgerichteten Doppellichtschranken zu beiden Seiten der Fahrbahn beziehungsweise Gleise. Die beiden Lichtschranken werden bei Passieren eines entsprechend hohen Fahrzeugs oder auf dem Fahrzeug geladenen Objekts nacheinander ausgelöst. Um eine gewisse Robustheit gegenüber Witterungsbedingungen zu erzielen, werden die Lichtschranken so konfiguriert, dass sie bei kleinen Objekten wie Regentropfen oder Schneeflocken nicht auslösen. Außerdem werden die Detektionszeitpunkte der einzelnen Lichtschranken mit einem Bewegungsmuster plausibilisiert, das sich aus typischen Fahrzeuggeschwindigkeiten ableitet.

[0004] Mit solchen Doppellichtschranken lassen sich nur größere Objekte beispielsweise mit Durchmesser >40 mm zuverlässig erkennen. Die Lichtschranke kann Störungen durch Schnee und Regen nur von größeren Objekten unterscheiden.

[0005] Für kleine Objekte kann ein analoger Aufbau verwendet werden, wobei aber statt der einfachen Photodiode einer Lichtschranke eine Kamera eingesetzt wird. Eine lichtstarke Laserdiode leuchtet in die Kamera und wirft so einen Objektschatten, wenn ein zu detektierendes Objekt durch den Sendelichtstrahl tritt. Dieser Schattenwurf kann durch Bildauswertung analysiert und damit das Objekt erfasst werden.

[0006] Allerdings ergibt sich hierbei immer noch ein Problem, weil auch das Bild ohne Objekt keineswegs ungestört ist und das zu erfassende kleine oder schmale Objekt nicht zuverlässig genug von Unregelmäßigkeiten unterschieden werden kann. Die Fehlerrate bleibt deshalb höher als erwünscht. Dabei erlaubt die erläuterte Anwendung wenig Toleranzen, da eine übersehene Antenne schwere Unfallschäden und umgekehrt ein Fehlar alarm einen gravierenden Eingriff in den Verkehrsablauf nach sich zieht.

[0007] Daher ist Aufgabe der Erfindung, die Erkennung von bewegten Objekten in einer gattungsgemäßen Anordnung zu verbessern.

nung von bewegten Objekten in einer gattungsgemäßen Anordnung zu verbessern.

[0008] Diese Aufgabe wird durch einen optoelektronischen Sensor zum Erfassen eines bewegten Objekts sowie ein Verfahren zum Erfassen einer mit einem Fahrzeug mitbewegten Antenne oder eines anderen schmalen Objekts nach Anspruch 1 beziehungsweise 14 gelöst. Der erfindungsgemäße Grundaufbau bleibt ähnlich einer Lichtschranke, wobei jedoch ein ortsauflösender zeilen- oder matrixförmiger Bildsensor anstelle einer einfachen Photodiode verwendet wird, der von einer Beleuchtungseinheit ausgeleuchtet ist. Dementsprechend wird nicht einfach eine Strahlunterbrechung detektiert, sondern das Bild des Bildsensors oder eine Bildsequenz in einem Bildauswertungsverfahren analysiert. Die Erfindung geht nun von dem Grundgedanken aus, zur Beleuchtung eine Vielzahl von Einzellichtquellen mit einer Blendenanordnung zu verwenden, die aus dem Sendelichtstrahl nur einen Teil passiert. Die Einzellichtquellen sorgen für eine gewisse Durchmischung ihrer jeweiligen Einzellichtstrahlen, so dass der Sendelichtstrahl keine oder jedenfalls deutlich weniger Kohärenz aufweist. Die Blendenanordnung schneidet quasi einen besonders homogenen Teilstrahl aus dem Sendelichtstrahl heraus und verwendet nur diesen Teilstrahl für die Erkennung.

[0009] Die Erfindung hat den Vorteil, dass mit dem Bildsensor keine oder jedenfalls weniger Interferenzmuster aufgenommen werden. Bei den herkömmlich verwendeten Einzellasern entstehen nämlich Beugungsmuster wie Speckle-Effekte und andere, die im Schattenwurfbild mit einem zu detektierenden kleinen Objekt verwechselt werden können. Außerdem sorgt in der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinheit die Blendenanordnung dafür, dass der effektiv wirksame Sendelichtstrahl besonders homogen ist und damit auf Seiten des Bildsensors eine streulichtarme, konstante Intensität erreicht wird. Das macht erneut die Erkennung kleiner Objekte leichter, und außerdem schafft es auch eine gewisse Robustheit gegenüber Erschütterungen. Damit erreicht die Erfindung eine Unabhängigkeit von der Abstrahlcharakteristik als Ganzes, weil es nur noch auf deren durch die Blendenanordnung gewählten Ausschnitt ankommt.

[0010] Wäre das Sendelicht wie herkömmlich kohärent, würden sich im Übrigen im Zusammenspiel mit der Blende noch zusätzliche Interferenzeffekte ergeben. Die Einzellichtquellen sind vorzugsweise nicht monochromatisch, so dass auch eine gewisse spektrale Breite entsteht. Insgesamt wird eine wesentlich zuverlässigere Bildauswertung ermöglicht, die gerade bei schlechten Witterungsbedingungen die Erkennungsgenauigkeit deutlich steigert.

[0011] Die Beleuchtungseinheit weist bevorzugt ein VCSEL-Array auf. Ein derartiger kompakter Beleuchtungsbaustein erfüllt die Anforderungen im Hinblick auf Eigenschaften wie spektrale Breite, Abstrahlcharakteristik, Durchmischung, Wirkungsgrad, optische Ausgangsleistung und Langlebigkeit. Die Einzellichtquellen sind

die einzelnen VSCEL.

[0012] Der Teilbereich ist bevorzugt ein Mittenbereich. Der durch die Blendenanordnung ausgewählte Teilstrahl des Sendelichtstrahls der Beleuchtungseinheit wird also aus der Mitte ausgeschnitten. Dort sind aus Symmetriegründen besonders homogene Eigenschaften eher zu erwarten als in Randbereichen.

[0013] Die Blendenanordnung lässt bevorzugt nur 50 %, 20 %, 10 % oder 5 % des Sendelichtstrahls passieren. Es wird also ein besonders homogener Bereich selektiert, insbesondere ein schmaler Teil des näherungsweise zentralen Plateaus einer gaussischen Abstrahlcharakteristik, und dafür in Kauf genommen, dass der Großteil der optischen Ausgangsleistung in der Blendenanordnung verlorengeht. Das erscheint auf den ersten Blick paradox, weil für die anspruchsvolle Erfassungsaufgabe eine lichtstarke Beleuchtung benötigt wird. Die Erfindung hat aber erkannt, dass es besser sein kann, mit auch nur wenigen Prozent der Lichtleistung auszukommen, wenn es dafür keine Störeffekte gibt, sondern der Bildsensor sehr gleichmäßig ausgeleuchtet ist. Eine Anordnung von Einzellichtquellen, insbesondere ein VCSEL-Array, stellt genug Licht zur Verfügung, so dass auch der kleine genutzte Anteil ausreicht.

[0014] Die Blendenanordnung weist bevorzugt mehrere hintereinander angeordnete Blenden auf. Durch Wahl geeigneter Blenden und Blendenabstände kann besonders genau ein nur kleiner zentraler Teilstrahl selektiert und Streulicht unterdrückt werden. Die Alternative mit nur einer einfachen Blende ist aber zunächst nicht ausgeschlossen.

[0015] Die Beleuchtungseinheit wird bevorzugt unterhalb ihrer Maximalleistung betrieben. Die Bestromung kann auch deutlich unter die Maximalleistung beispielsweise bei höchstens 50 % oder höchstens 25 % der Maximalleistung begrenzt sein. Bei einem VCSEL-Array ist es nämlich so, dass mit Annäherung an die Maximalleistung die zunächst gaussische Abstrahlcharakteristik eine doppelte Gausskurve ausbildet. Es entsteht also ein Intensitätsminimum im Mittenbereich. Wenn nun die Blendenanordnung nur den Mittenbereich durchlässt, so wirkt sich die höhere optische Ausgangsleistung gar nicht auf die Erfassung aus, weil das entstehende Minimum und der ansteigende Pegel der optischen Ausgangsleistung einander zumindest teilweise aufheben. Die Erfindung hat also erkannt, dass eine Ausgangsleistung nahe an der Maximalleistung nur das in den Blenden abgefangene seitliche Licht ansteigen ließe, nicht jedoch das Nutzlicht. Der Betrieb der Beleuchtungseinheit weit unterhalb der Maximalleistung wirkt sich auf Verbrauch, Wirkungsgrad, Abwärme und Lebensdauer ohnehin nur positiv aus.

[0016] Die Beleuchtungseinheit weist bevorzugt einen Mischer auf. Dabei handelt es sich beispielsweise um einen Hexagonalmischer. Eine Durchmischung der Einzellichtstrahlen der Einzellichtquellen sorgt für eine zusätzliche Homogenisierung und Zerstörung von Kohärenzen.

[0017] Beleuchtungseinheit und Bildsensor sind bevorzugt mehrere Meter voneinander beabstandet. Das entspricht einer typischen Fahrbahn- oder Schienenbreite beziehungsweise einem Vielfachen davon, um mehrere Fahrbahnen oder Gleise zugleich überwachen zu können. Je größer der Abstand ist, desto mehr kommt es auf die Vorteile der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinheit an, um immer noch eine ausreichende, qualitativ hochwertige Ausleuchtung des Bildsensors zu ermöglichen.

[0018] Das zu erfassende Objekt ist bevorzugt eine Antenne oder ein anderes schmales Objekt mit Abmessungen von wenigen Millimetern in zumindest einer Richtung. Natürlich kann ein leistungsfähiger Sensor auch große Objekte erkennen. Die Besonderheit der Erfindung ist aber die Möglichkeit einer zuverlässigen Erkennung von Objekten, die in mindestens einer Dimension sehr klein sind. Eine Antenne hat einen typischen Durchmesser von 1-2 mm und wird dennoch sicher erkannt.

[0019] Das zu erfassende Objekt bewegt sich vorzugsweise mit zumindest einigen 10 km/h. Die Erfindung ermöglicht so die Erkennung an bewegten Fahrzeugen auf einer Fahrbahn oder Zügen auf einem Gleis, die Geschwindigkeiten von 120 km/h und mehr erreichen.

[0020] Der Sensor ist bevorzugt zur Überhöhenkontrolle von einem Fahrzeug stationär an einem Gleis oder einer Fahrbahn montiert. Dabei wird die Beleuchtungseinheit auf der einen Seite und der Bildsensor auf der anderen Seite der Fahrbahn oder des Gleises montiert. Der Überwachungsbereich kann auch mehrere Fahrbahnen oder Gleise überstreichen.

[0021] Der Bildsensor ist vorzugsweise als Hochgeschwindigkeitskamera mit einer Aufnahmefrequenz von mehreren tausend Bildern pro Sekunde ausgebildet. Dadurch ist sichergestellt, dass auch ein schnell bewegtes Objekt in mindestens einem Bild, besser mehreren Bildern einer Bildsequenz erfasst ist.

[0022] Der Sensor ist bevorzugt als doppeltes System mit zwei Beleuchtungseinheiten, zwei Bildsensoren und einer doppelten Auswertung des Schattenwurfs auf beiden Bildsensoren ausgebildet. Die beiden Systeme sind parallel oder überkreuz ausgerichtet. Dadurch kann die Zuverlässigkeit erheblich erhöht werden, weil beide Teilsysteme ein Objekt mit plausiblen Abständen erkennen sollten, während ein Störobjekt typischerweise nur einfach oder im falschen zeitlichen Abstand erfasst wird. Ein überkreuz angeordnetes System ist besonders zuverlässig, weil es asymmetrische Effekte wie beispielsweise eine Störlichtquelle kompensieren kann.

[0023] Das erfindungsgemäße Verfahren kann auf ähnliche Weise weitergebildet werden und zeigt dabei ähnliche Vorteile. Derartige vorteilhafte Merkmale sind beispielhaft, aber nicht abschließend in den sich an die unabhängigen Ansprüche anschließenden Unteransprüchen beschrieben.

[0024] Die Erfindung wird nachstehend auch hinsichtlich weiterer Merkmale und Vorteile beispielhaft anhand von Ausführungsformen und unter Bezug auf die beige-

fügte Zeichnung näher erläutert. Die Abbildungen der Zeichnung zeigen in:

- Fig. 1 eine schematische Schnittzeichnung eines an einem Gleis montierten optoelektronischen Sensors zur Antennendetektion auf einem fahrenden Zug;
- Fig. 2 eine Schnittdarstellung einer Beleuchtungseinheit mit mehreren Lichtquellen und einer Blendenanordnung sowie des damit erzeugten Sendelichtstrahls;
- Fig. 3a ein Beispielbild eines mit dem Bildsensor des optoelektronischen Sensors aufgenommenen Schattenwurfs einer Antenne; und
- Fig. 3b ein Intensitätsverlauf als Schnitt durch das Beispielbild nach Figur 3a.

[0025] Figur 1 zeigt eine schematische Schnittzeichnung eines optoelektronischen Sensors 10, der zur Überhöhendetektion eines Zuges 12 an einem Gleis 14 montiert ist. Die eigentliche Funktion ist nicht die technisch vergleichsweise anspruchsvolle Erfassung des Zuges 12, sondern eines kleinen oder zumindest schmalen Objekts wie der Antenne 16, die mit dem Zug 12 mitbewegt ist. Die Darstellung ist insofern nicht praxisnah, als der Zug 12 selbst üblicherweise keine nach oben ragende Antenne 16 verwendet. Die Antenne 16 steht also stellvertretend und eher symbolisch für ein mitbewegtes Objekt, beispielsweise eine Antenne eines auf dem Zug 12 verladenen Fahrzeugs. Anstelle der gezeigten Montage des Sensors 10 an einem Gleis 14 ist auch eine entsprechende Überwachung von Fahrzeugen auf einer Straße denkbar, oder eine vergleichbare Erfassungsaufgabe beispielsweise in einem automatisierten Lager oder einer Fertigungsanlage.

[0026] Der Sensor 10 weist auf der einen Seite des Gleises 14 eine Beleuchtungseinheit 18 mit einer Blendenanordnung 20 und gegenüberliegend auf der anderen Seite des Gleises eine Hochgeschwindigkeitskamera 22 mit einem Bildsensor 24 und einer Auswertungseinheit 26 auf. Die interne Auswertungseinheit 26 kann durch einen externen Computer ersetzt oder ergänzt werden.

[0027] Die Beleuchtungseinheit 18 beleuchtet mit ihrem Sendelichtstrahl den Bildsensor 24. So lange also der zwischen Beleuchtungseinheit 18 und Hochgeschwindigkeitskamera 22 aufgespannte Überwachungsbereich 28 frei von Objekten ist, werden idealerweise nur homogen ausgeleuchtete Bilder aufgezeichnet. Tritt dagegen ein Objekt wie die Antenne 16 in den Überwachungsbereich 28 ein, so wird deren Schatten aufgenommen und bewegt sich durch die Bildsequenz der Hochgeschwindigkeitskamera 22. Die Aufnahmefrequenz muss hoch genug sein, um bei realistischen Geschwindigkeiten des Zuges 12 von 120 km/h und mehr zumindest ein, vorzugsweise mehrere Bilder mit dem Schatten der Antenne 16 zu erfassen. Dazu sind mehrere tausend Bilder pro Sekunde, beispielsweise 24.000 Bilder pro Se-

kunde erforderlich.

[0028] Die Auswertungseinheit 26 wertet die Bilder auf Schatten der Antenne 16 hin aus. Dazu kann zuvor ein Referenzbild bei freiem Überwachungsbild 28 aufgenommen und beispielsweise durch Subtraktion berücksichtigt sein. Auch ein Bild typischer zu erfassender Objekte, also insbesondere mit dem Schatten einer Antenne 16, kann in der Auswertungseinheit zur Unterstützung der Objekterkennung hinterlegt sein. Ist eine unzulässige Überhöhe erkannt, etwa durch Erfassung der Antenne 16, so wird ein entsprechendes Signal ausgegeben, das dann beispielsweise zum Anhalten des Zuges 12 führt.

[0029] Die hohe Geschwindigkeit der Züge 12, der durch entsprechende Aufnahmefrequenz begegnet wird, ist nicht die einzige Schwierigkeit der Erfassung. Die Beleuchtungseinheit 18 muss ausreichend lichtstark sein, um den Bildsensor 24 mit genügend Intensität zu beleuchten und einen zuverlässig auswertbaren Schatten der Antenne 16 zu werfen. Das geschieht herkömmlich durch einen Hochleistungslaser, der auf den Empfangsbereich der Hochgeschwindigkeitskamera 22 fokussiert ist. Durch die monochromatische und kohärente Natur der Laserdioden treten hierbei jedoch Beugungseffekte an der Quelle und am zu detektierenden Objekt auf. Das führt zu Mustern in den aufgenommenen Bildern, die eine zuverlässige Auswertung des Schattens von zu detektierenden Objekten verhindern. Zudem muss die Laserdiode genau auf die Hochgeschwindigkeitskamera 22 ausgerichtet sein, weil ihre Abstrahlcharakteristik zu den Seiten hin rasch abfällt und deshalb bei schon vergleichsweise geringer Fehljustierung oder Erschütterung nicht mehr genug Licht ankommt.

[0030] Figur 2 zeigt eine Schnittdarstellung einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinheit 18, welche diese Probleme löst. In der Beleuchtungseinheit 18 kommt eine Vielzahl von Einzellichtquellen 18a zum Einsatz. Besonders vorteilhaft ist ein VCSEL-Array, das anders als schematisch dargestellt auch viele hundert oder tausend Einzelemitter aufweisen kann. Die Anordnung der Einzellichtquellen 18a zeigt anders als ein herkömmlich eingesetzter monochromatischer Kantenelementer zumindest eine gewisse spektrale Breite von einigen nm. Die Kohärenz in dem Sendelichtstrahl 30 ist durch Überlagerung und Vermischung der Einzellichtquellen 18a zerstört, was natürlich eine gewisse Restkohärenz nicht ausschließt. Dieser Effekt kann durch einen vorgeordneten Mischer, beispielsweise einen Hexagonalmischer, noch unterstützt und verstärkt werden. Das modenbedingte Phasenrauschen wird reduziert. Insgesamt treten weniger und vorzugsweise so gut wie keine Beugungseffekte mehr auf.

[0031] Die Unterdrückung von Kohärenzen und damit störenden Beugungsflecken im Bild der Hochgeschwindigkeitskamera durch Einsatz einer Vielzahl von Einzellichtquellen 18a führt schon zu einer deutlichen Verbesserung und ist auch für sich funktionsfähig. Die Erfindung sieht als optionalen weiteren Verbesserungsschritt außerdem den Einsatz der Blendenanordnung 20 vor. Die Figur 2

zeigt eine beispielhafte Anordnung von vier Blenden 20a-d. Die Anzahl, die verschiedenen Blendenöffnungen und die Abstände der Blenden 20a-d können je nach konkreter Anwendung variieren.

[0032] Der Effekt der Blendenanordnung 20 ist, dass nur ein Teilstrahl des ursprünglich abgestrahlten Sendelichtstrahls 30a tatsächlich als Sendelichtstrahl 30 für die Ausleuchtung des Überwachungsbereichs 28 genutzt wird. Dabei handelt es sich vorzugsweise um einen mittleren Teilstrahl. Die Abstrahlcharakteristik der Vielzahl von Lichtquellen 18a sorgt ursprünglich noch nicht wie gewünscht für eine homogene Lichtverteilung. Mit der Blendenanordnung 20 wird ein kleiner Anteil des abgestrahlten Lichts herausgeschnitten, der sehr hohen Homogenitätsanforderungen entspricht. Dafür kommt insbesondere der zentrale Bereich der beispielsweise gaussischen Abstrahlcharakteristik in Betracht, der fast als Plateau angesehen werden kann. Dabei kann die Blendenanordnung 20 sehr selektiv sein und nur einen kleinen Bruchteil des abgestrahlten Lichts als Nutzlicht des Sendelichtstrahls 30 passieren lassen, der dafür eine besonders hohe Strahlqualität bietet. In einem konkreten Aufbau wurden 97 % des Lichts ausgeblendet. Der Nutzlichtanteil kann allgemein höchstens 50 %, 20 %, 10 %, 5 % oder noch weniger betragen.

[0033] Mit der Vielzahl von Einzellichtquellen 18a wird eine lichtstarke, homogene Beleuchtung geringer Kohärenz und daher weitgehend ohne Beugungseffekte geschaffen. Durch die optionale Blendenanordnung 20 kann zusätzlich dafür gesorgt werden, dass ein streulichtarmer Teilstrahl mit nahezu konstanter Intensitätsverteilung genutzt wird, der robust gegen zumindest eine gewisse Fehljstuge und Erschütterungen beispielsweise durch vorbeifahrende Züge ist. Es entsteht insgesamt ein deutlich verbessertes Bild, das die zuverlässige Erkennung eines Schattenwurfs einer Antenne 16 oder eines anderen zu detektierenden Objekts ermöglicht.

[0034] Bei Verwendung eines VCSEL-Arrays für die Einzellichtquellen 18a ergibt sich ein weiterer Vorteil, weil es erfindungsgemäß deutlich unter seiner Maximalleistung betrieben werden kann. Das ist mit dem herkömmlichen Hochleistungslaser nicht möglich, weil bei dessen Betrieb bei verringerter Leistung noch mehr störende Spotinhomogenitäten durch Phasenkohärenz und Modenausprägung auftreten würden. In Bezug auf Verbrauch, Abwärme und Lebensdauer ist aber ein Arbeitspunkt beispielsweise bei nur 50 % der Maximalleistung günstig. Typische Maximalströme für ein VCSEL-Array liegen bei 4,5 - 8A, so dass entsprechend ein Arbeitspunkt bei 2 - 4A gewählt werden kann.

[0035] Bei der Wahl des Arbeitspunktes spielt noch ein weiterer Gedankengang eine Rolle. Oberhalb einer gewissen Bestromung beispielsweise im Bereich von 2A verändert das VCSEL-Array seine Abstrahlcharakteristik, die dann nicht mehr gaussisch ist, sondern eine doppelte Gausskurve mit einem zentralen Minimum ausbildet, das sich mit weiter zunehmender Bestromung immer deutlicher ausprägt. Da die Blendenanordnung 20 be-

vorzugt genau diesen Teilbereich des entstehenden Minimums der Abstrahlcharakteristik selektiert, bewirkt die höhere Leistung des VCSEL-Arrays oberhalb des beschriebenen Arbeitspunktes nur noch wenig oder ist sogar kontraproduktiv, weil die zusätzliche Lichtleistung in der Blendenanordnung 20 verloren geht.

[0036] Figur 3a-b zeigt einen beispielhaften Schattenwurf einer Antenne von ca. 1,5 mm Durchmesser im Bild der Hochgeschwindigkeitskamera 22. Dabei ist Figur 3a ein XY-Verlauf der Intensität in Grauwerten und Figur 3b ein Schnitt, der den Intensitätsverlauf in X-Richtung darstellt. In Figur 3a sind keine störenden Beugungsmuster oder inhomogenen Lichtverläufe zu erkennen. Der Schatten der Antenne 16 ist daher sehr klar zu identifizieren. Entsprechendes gilt für das ausgeprägte und einzige Minimum in der Schnittdarstellung nach Figur 3b.

Patentansprüche

1. Optoelektronischer Sensor (10) zum Erfassen eines bewegten Objekts (16) in einem Überwachungsbereich (28), wobei der Sensor (10) eine Beleuchtungseinheit (18) und einen Bildsensor (24), die einander gegenüberliegend angeordnet sind und zwischen sich den Überwachungsbereich (28) aufspannen sowie eine Auswertungseinheit (26) aufweist, die dafür ausgebildet ist, das Objekt (16) aus Bilddaten des Bildsensors (24) anhand eines Schattenwurfs des Objekts (16) auf den Bildsensor (24) zu erkennen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beleuchtungseinheit (18) eine Vielzahl von Einzellichtquellen (18a) zur Erzeugung eines Sendelichtstrahls (30a), in dem durch Überlagerung der Einzellichtquellen (18a) Kohärenzen zerstört sind sowie eine Blendenanordnung (20) aufweist, die nur einen homogenen Teilbereich (30) des Sendelichtstrahls (30a) passieren lässt.
2. Sensor (10) nach Anspruch 1, wobei die Beleuchtungseinheit (18, 18a) ein VCSEL-Array aufweist.
3. Sensor (10) nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Teilbereich (30) ein Mittenbereich ist.
4. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Blendenanordnung (20) nur 50 %, 20 %, 10 % oder 5 % des Sendelichtstrahls (30a) passieren lässt.
5. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Blendenanordnung (20) mehrere hintereinander angeordnete Blenden (20a-d) aufweist.
6. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden An-

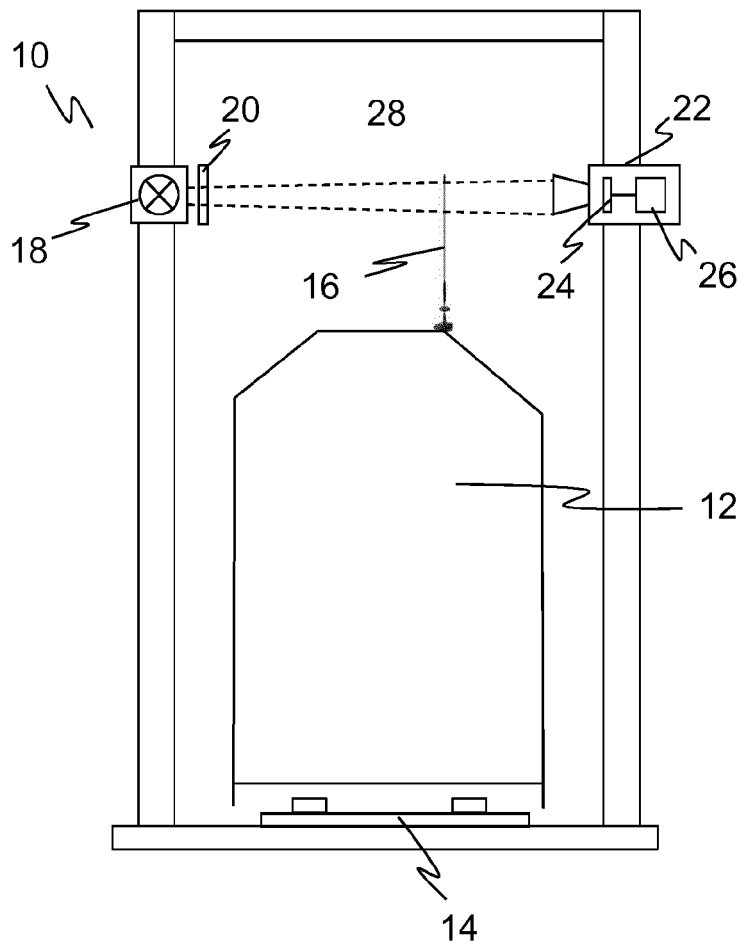
- sprüche,
wobei die Beleuchtungseinheit (18, 18a) unterhalb ihrer Maximalleistung betrieben wird, insbesondere mit höchstens 50 % oder höchstens 25 % der Maximalleistung. 5
7. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Beleuchtungseinheit (18) einen Mischer aufweist. 10
8. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei Beleuchtungseinheit (18) und Bildsensor (24) mehrere Meter voneinander beabstandet sind. 15
9. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei das zu erfassende Objekt eine Antenne (16) oder ein anderes schmales Objekt mit Abmessungen von wenigen Millimetern in zumindest einer Richtung ist. 20
10. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei das zu erfassende Objekt (16) sich mit zumindest einigen 10 km/h bewegt. 25
11. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
der zur Überhöhenkontrolle von einem Fahrzeug (12) stationär an einem Gleis (14) oder einer Fahrbahn montiert ist. 30
12. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei der Bildsensor (24) als Hochgeschwindigkeitskamera (22, 24) mit einer Aufnahmefrequenz von mehreren tausend Bildern pro Sekunde ausgebildet ist. 35
13. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
der als doppeltes System mit zwei Beleuchtungseinheiten (18), zwei Bildsensoren (24) und einer doppelten Auswertung (26) des Schattenwurfs auf beiden Bildsensoren (24) ausgebildet ist. 40
14. Verfahren zum Erfassen einer mit einem Fahrzeug (12) mitbewegten Antenne (16) oder eines anderen schmalen Objekts, insbesondere zur Überhöhenkontrolle an einem Zug (12), wobei mit einer Beleuchtungseinheit (18) ein Sendelichtstrahl (30) über eine Fahrbahn (14) des Fahrzeugs (12) auf einen der Beleuchtungseinheit (18) gegenüberliegenden Bildsensor (24) gerichtet wird und Bilddaten des Bildsensors (24) ausgewertet werden, um einen Schattenwurf der Antenne (16) oder des schmalen 45
- Objekts zu erkennen,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Beleuchtungseinheit (18) mit Hilfe einer Vielzahl von Einzellichtquellen (18a) einen Sendelichtstrahl (30a) aussendet, in dem sich Einzellichtstrahlen der Einzellichtquellen (18a) überlagern und so Kohärenzen zerstören, und dass aus dem Sendelichtstrahl (30a) mit Hilfe einer Blendenanordnung (20) ein homogener Teilbereich (30) des Sendelichtstrahls (30a) herausgeschnitten wird und nur der Teilbereich (30) den Bildsensor (24) beleuchtet.
- Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.**
1. Optoelektronischer Sensor (10) zum Erfassen eines bewegten Objekts (16) in einem Überwachungsbereich (28), wobei der Sensor (10) eine Beleuchtungseinheit (18) und einen Bildsensor (24), die einander gegenüberliegend angeordnet sind und zwischen sich den Überwachungsbereich (28) aufspannen sowie eine Auswertungseinheit (26) aufweist, die dafür ausgebildet ist, das Objekt (16) aus Bilddaten des Bildsensors (24) anhand eines Schattenwurfs des Objekts (16) auf den Bildsensor (24) zu erkennen,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Beleuchtungseinheit (18) eine Vielzahl von Einzellichtquellen (18a) zur Erzeugung eines Sendelichtstrahls (30a), in dem durch Überlagerung der Einzellichtquellen (18a) Kohärenzen zerstört sind sowie eine Blendenanordnung (20) aufweist, die nur einen homogenen Teilbereich (30) des Sendelichtstrahls (30a) passieren lässt.
2. Sensor (10) nach Anspruch 1,
wobei die Beleuchtungseinheit (18, 18a) ein VCSEL-Array aufweist.
3. Sensor (10) nach Anspruch 1 oder 2,
wobei der Teilbereich (30) ein Mittenbereich ist.
4. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Blendenanordnung (20) nur 50 %, 20 %, 10 % oder 5 % des Sendelichtstrahls (30a) passieren lässt.
5. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Blendenanordnung (20) mehrere hintereinander angeordnete Blenden (20a-d) aufweist.
6. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Beleuchtungseinheit (18, 18a) unterhalb ihrer Maximalleistung betrieben wird, insbesondere mit höchstens 50 % oder höchstens 25 % der Maxi- 55

malleistung.

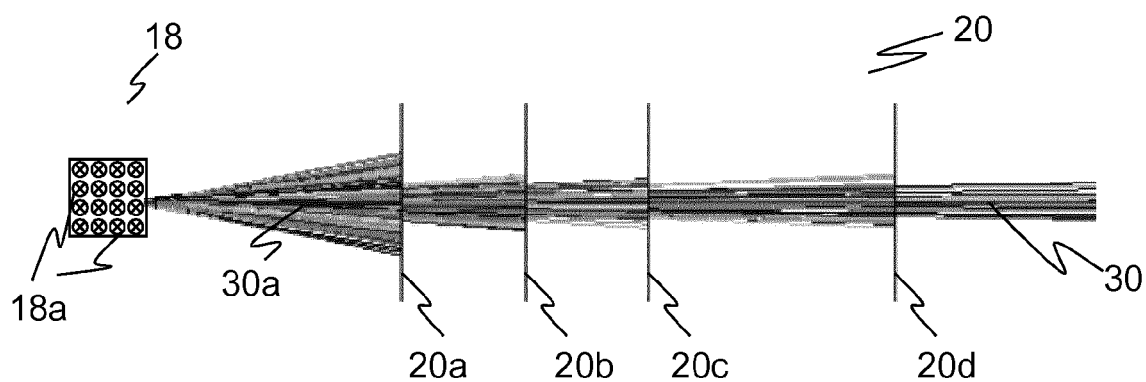
7. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Beleuchtungseinheit (18) einen Mischer aufweist. 5
8. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei Beleuchtungseinheit (18) und Bildsensor (24) mehrere Meter voneinander beabstandet sind. 10
9. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei das bewegte Objekt eine Antenne (16) oder ein anderes schmales Objekt mit Abmessungen von wenigen Millimetern in zumindest einer Richtung ist. 15
10. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei das bewegte Objekt (16) sich mit zumindest 30 km/h, 40 km/h oder 50 km/h bewegt. 20
11. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
der zur Überhöhenkontrolle von einem Fahrzeug (12) stationär an einem Gleis (14) oder einer Fahrbahn montiert ist. 25
12. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei der Bildsensor (24) als Hochgeschwindigkeitskamera (22, 24) mit einer Aufnahmefrequenz von mehreren tausend Bildern pro Sekunde ausgebildet ist. 30
35
13. Sensor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
der als doppeltes System mit zwei Beleuchtungseinheiten (18), zwei Bildsensoren (24) und einer doppelten Auswertung (26) des Schattenwurfs auf beiden Bildsensoren (24) ausgebildet ist. 40
14. Verfahren zum Erfassen einer mit einem Fahrzeug (12) mitbewegten Antenne (16) oder eines anderen schmalen Objekts, insbesondere zur Überhöhenkontrolle an einem Zug (12), wobei mit einer Beleuchtungseinheit (18) ein Sendelichtstrahl (30) über eine Fahrbahn (14) des Fahrzeugs (12) auf einen der Beleuchtungseinheit (18) gegenüberliegenden Bildsensor (24) gerichtet wird und Bilddaten des Bildsensors (24) ausgewertet werden, um einen Schattenwurf der Antenne (16) oder des schmalen Objekts zu erkennen, 45
dadurch gekennzeichnet, 55
dass die Beleuchtungseinheit (18) mit Hilfe einer Vielzahl von Einzellichtquellen (18a) einen Sendelichtstrahl (30a) aussendet, in dem sich Einzellicht-

strahlen der Einzellichtquellen (18a) überlagern und so Kohärenzen zerstören, und dass aus dem Sendelichtstrahl (30a) mit Hilfe einer Blendenanordnung (20) ein homogener Teilbereich (30) des Sendelichtstrahls (30a) herausgeschnitten wird und nur der Teilbereich (30) den Bildsensor (24) beleuchtet.

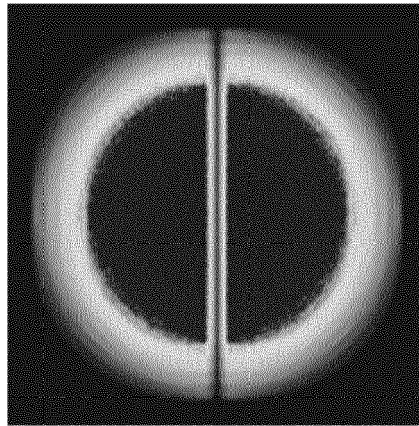
Figur 1



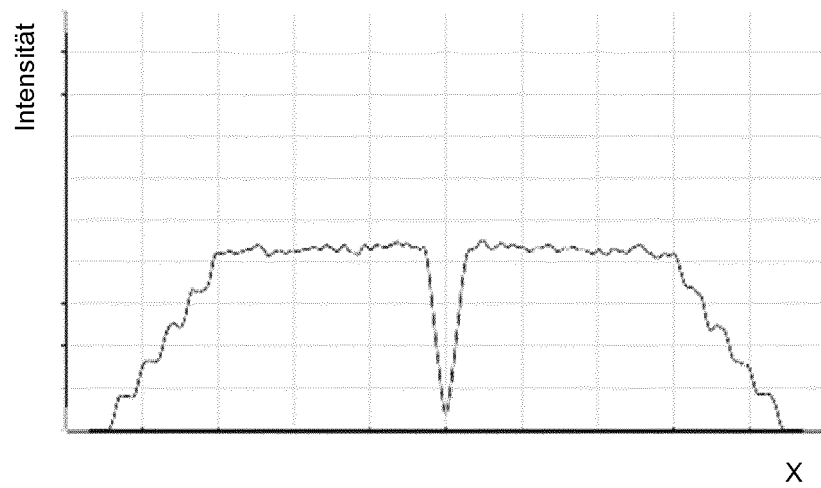
Figur 2



Figur 3a



Figur 3b





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 16 16 1741

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 20 2013 101578 U1 (SICK AG [DE]) 14. Juli 2014 (2014-07-14) * Absatz [0003]; Abbildungen 1,2 *	1-14	INV. B61L1/02 B61K9/02 G08G1/04 G08G9/00 F16P3/14
A	EP 2 166 304 A1 (SICK AG [DE]) 24. März 2010 (2010-03-24) * Absatz [0014] *	1-14	
A	EP 2 051 101 A1 (SICK AG [DE]) 22. April 2009 (2009-04-22) * Zusammenfassung; Abbildung 2 *	1-14	
A	DE 100 44 157 C1 (ROTTNER FRANZ [DE]) 24. Januar 2002 (2002-01-24) * Abbildung 1 *	14	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B61L B61K F16P G08G
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 25. August 2016	Prüfer Plützer, Stefan
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 16 16 1741

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

25-08-2016

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 202013101578 U1	14-07-2014	KEINE	
EP 2166304 A1	24-03-2010	DE 202008017962 U1 EP 2166304 A1 US 2010073461 A1	10-02-2011 24-03-2010 25-03-2010
EP 2051101 A1	22-04-2009	AT 538395 T EP 2051101 A1	15-01-2012 22-04-2009
DE 10044157 C1	24-01-2002	AT 409845 T DE 10044157 C1 EP 1186856 A2	15-10-2008 24-01-2002 13-03-2002

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82