



(10) **DE 10 2020 118 639 B3** 2021.01.07

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2020 118 639.8**
(22) Anmeldetag: **15.07.2020**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **07.01.2021**

(51) Int Cl.: **G01D 5/34** (2006.01)
G01D 5/36 (2006.01)
G01P 3/36 (2006.01)
G01B 11/02 (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:
**SICK STEGMANN GmbH, 78166 Donaueschingen,
DE**

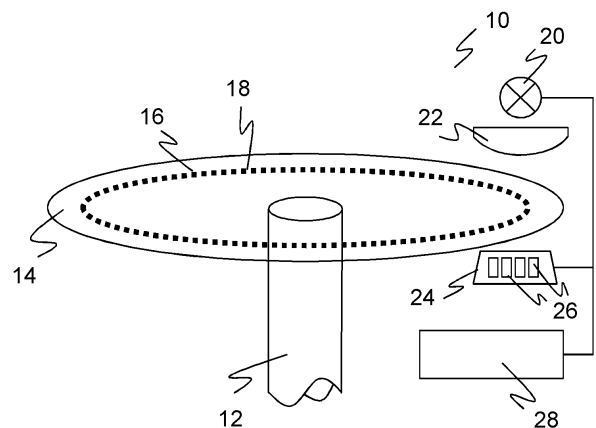
(72) Erfinder:
Hopp, David, Dr., 78166 Donaueschingen, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	100 00 955	A1
US	2004 / 0 155 178	A1
US	2006 / 0 043 272	A1
US	2019 / 0 301 900	A1

(54) Bezeichnung: **Codeelemente einer Maßverkörperung einer Gebervorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zur Auslegung der Codeelemente (18) einer Maßverkörperung (14) einer Gebervorrichtung (10) angegeben, wobei die Maßverkörperung (14) im Betrieb der Gebervorrichtung (10) von einem Lichtsender (20) angeleuchtet oder durchleuchtet wird, so dass ein Lichtmuster entsteht, das auf einen Lichtempfänger (24) mit mehreren Lichtempfangselementen (26) fällt, dessen Empfangssignal ausgewertet wird, um eine Relativbewegung der Maßverkörperung (14) zu dem Lichtsender (20) zu bestimmen, wobei zur Auslegung der Codeelemente (18) deren Geometrie an die mehreren Lichtempfangselemente (26) des Lichtempfängers (24) angepasst wird. Dabei wird eine Anordnung der Gebervorrichtung (10) von Lichtsender (20), Maßverkörperung (14) und Lichtempfänger (24) einschließlich eines Sollabstands (34b) zwischen Maßverkörperung (14) und Lichtempfänger (24) vorgegeben und die Geometrie der Codeelemente (18) so ausgelegt, dass die in dieser Anordnung erzeugten Hell-Dunkel-Übergänge (36b) des Lichtmusters im Sollabstand (34b) an die mehreren Lichtempfangselemente (26) des Lichtempfängers (24) angepasst sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Auslegung der Codeelemente einer Maßverkörperung einer Gebervorrichtung sowie eine optoelektronische Gebervorrichtung zur Bestimmung einer kinematischen Größe nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 beziehungsweise 9.

[0002] Bei Gebervorrichtungen werden lineare und rotatorische Systeme unterschieden. Ein Lineargeber bestimmt eine Verschiebung auf einer Achse. Ein Drehgeber, Drehwinkelsensor oder Encoder dient dagegen der Erfassung eines Drehwinkels oder einer Winkelstellung beispielsweise einer Welle eines Antriebselements. Ein wichtiges Anwendungsfeld sind sogenannte Motor-Feedback-Systeme, wo der Drehgeber in einem Servomotor die Ist-Drehzahl an die Regelung rückmeldet.

[0003] Dabei wird jeweils eine Maßverkörperung abgetastet, die längs der linearen Achse beziehungsweise an der Welle mitdrehend angebracht ist. Die Maßverkörperung erzeugt über die Relativbewegung eine Intensitätsmodulation in einem Abtastsensor. Für die zugrundeliegenden Sensorprinzipien werden verschiedene Technologien genutzt. Häufig ist das ein optisches Messprinzip und insbesondere ein Projektionsprinzip, wo ein Lichtsender einen Modulator mit einer Maßverkörperung an- oder durchstrahlt, und dieses Licht wird von einem Lichtempfänger detektiert.

[0004] Der Modulator ist beispielsweise eine relativ zu Lichtsender beziehungsweise Abtastsensor rotierende Codescheibe, die als Maßverkörperung für Durchlicht optisch transparente und nichttransparente Bereiche beziehungsweise für Auflicht reflektierende und absorbierende Bereiche aufweist. Diese Bereiche oder Codeelemente können Öffnungen, reflexive und diffraktive Strukturen, Prismen, in Durchlässigkeit, Reflexivität, Grauton oder Farbe variierende Strukturen und sonstige optisch unterscheidbare Elemente sein. Zusammen ergeben die Codeelemente eine Maßspur, und damit wird ein Beleuchtungsmuster und mit der Rotation eine lokale Modulation des auf den Lichtempfänger auftreffenden Lichts erzeugt. Das Prinzip ist auf eine Maßverkörperung für die Längenmessung übertragbar, die dann natürlich nicht rotiert, sondern eine Relativbewegung in Längsrichtung vollzieht.

[0005] Das entsprechende modulierte Empfangssignal des Lichtempfängers wird ausgewertet, um die gesuchte Winkelinformation zu gewinnen. Besonders verbreitet sind Sin-/Cos-Geber, die mit zwei Empfangselementen im gegenseitigen Phasenversatz von 90° je ein Sinus- und ein Cosinussignal erzeugen. Es gibt aber auch Systeme mit mehr Empfangselementen, um beispielsweise differentielle Si-

gnale mit zusätzlichen negativen Sinus- und Cosinussignalen zu gewinnen, mit anderen Phasenunterschieden wie 120° oder anderen, nicht sinusartigen Modulationen. Oft gibt es mehr als eine abgetastete Maßspur, beispielsweise eine absolute und eine inkrementelle Maßspur.

[0006] Die Empfangselemente des Lichtempfängers sind an die Codeelemente der Maßspur angepasst. Das betrifft zum einen den gegenseitigen Abstand, da beispielsweise eine Sin/Cos-Abtastung nur möglich ist, wenn der 90° -Phasenabstand zwischen den beiden Empfangselementen richtig auf den Abstand der Codeelemente bezogen ist. Es betrifft aber auch die Geometrie der Codeelemente und der Empfangselemente selbst und insbesondere deren Breite, die aufeinander abgestimmt werden. Herkömmlich geschieht dies dadurch, dass das Muster der Codeelemente auf der Maßverkörperung und das Muster der Empfangselemente auf dem Lichtempfänger aneinander angepasst werden.

[0007] Tatsächlich ist aber das durch die Codeelemente projizierte Lichtmuster maßgeblich. Meist wird sendeseitig eine Kollimationsoptik eingesetzt, die in der Theorie dafür sorgt, dass das Lichtmuster in allen Abständen den Codeelementen entspricht. Trotzdem ist das Sendelicht nie ganz parallel, und daher ist die Projektion der Maßverkörperung abstandsabhängig. Mit einer Vergrößerung des Abstands zwischen Maßverkörperung und Lichtempfänger geht somit eine Kontrastverschlechterung der Projektion und in deren Folge der Empfangssignale einher. Das Ergebnis ist ein ungünstigeres Signal-Rausch-Verhältnis.

[0008] Der Effekt würde sich nicht weiter bemerkbar machen, wenn der Lichtempfänger ganz dicht an der Maßverkörperung angeordnet würde. Das wird auch versucht, aber der ideale Zustand bleibt unerreichbar. Denn die Komponenten der Gebervorrichtung unterliegen mechanischen Toleranzen. Um damit umzugehen, ist ein Mindestabstand zwischen Maßverkörperung und Lichtempfänger einzuhalten, der dann jedoch die beschriebene spürbare Kontrastverschlechterung einführt.

[0009] Die herkömmliche Anpassung zwischen den Codeelementen der Maßverkörperung und den Empfangselementen des Lichtempfängers ist daher nicht optimal und kann die Messgenauigkeit beeinträchtigen.

[0010] Aus der DE 100 00 955 A1 und der US 2004/0155178 A1 sind jeweils ein optischer Verschiebungssensor und optischer Encoder bekannt, bei dem eine Laserlichtquelle auf ein Beugungsgitter trifft und das auf einen Photosensor fallende Beugungsinterferenzmuster ausgewertet wird.

[0011] Die US 2006/0043272 A1 befasst sich mit einem Detektorarray für optische Encoder mit einer Vielzahl von Photodioden, die für eine Abtastung von Maßverkörperungen unterschiedlicher Radien über Schalterelemente kombiniert werden können.

[0012] In der US 2019/0301900 A1 wird ein Encoder vorgestellt, der eine Referenzmarke erkennt.

[0013] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, die Messsignalerfassung in einer Gebervorrichtung zu verbessern.

[0014] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Auslegung der Codeelemente einer Maßverkörperung einer Gebervorrichtung sowie eine optoelektronische Gebervorrichtung zur Bestimmung einer kinematischen Größe nach Anspruch 1 beziehungsweise 9 gelöst. Die Maßverkörperung wird im Betrieb in einem reflexiven Aufbau mit Licht eines Lichtsenders angeleuchtet oder in einem transmissiven Aufbau durchleuchtet, und das entstehende Lichtmuster fällt auf die mehreren Lichtempfangselemente eines Lichtempfängers. Das Lichtmuster unterscheidet sich je nach Relativstellung der Maßverkörperung, die folglich mit ihren Codeelementen wie einleitend beschrieben als Modulator fungiert. Das über die Zeit variierende Empfangssignal wird ausgewertet, um die Relativbewegung der Maßverkörperung zu bestimmen.

[0015] Die Geometrie der Codeelemente wird passend für die mehreren Lichtempfangselemente des Lichtempfängers ausgelegt. Geometrie meint allgemein die Ausgestaltung der Codeelemente selbst und deren Anordnung auf der Maßverkörperung. Im engeren Sinne ist darunter aber nur die Geometrie der Codeelemente selbst zu verstehen, da in aller Regel die Anordnung und der gegenseitige Abstand durch die Gebervorrichtung fest vorgegeben ist. Das herkömmliche Vorgehen zur Auslegung der Codeelemente bestünde nun darin, die Codeelemente auf der Maßverkörperung direkt an die Lichtempfangselemente auf dem Lichtempfänger anzupassen, ohne die Projektion zu berücksichtigen.

[0016] Die Erfindung geht von dem Grundgedanken aus, das tatsächliche Lichtmuster oder die Projektion der Auslegung der Codeelemente zugrunde zu legen. Dazu wird die gegebene Anordnung von Lichtsender, Maßverkörperung und Lichtempfänger der Gebervorrichtung untersucht. So werden die konkreten Lichtwege und das entstehende Lichtmuster bekannt. Eine durch die Anordnung der Gebervorrichtung vorgegebene Einflussgröße ist der Sollabstand zwischen Maßverkörperung und Lichtempfänger, da die Projektion das Lichtmuster mit diesem Sollabstand verändert. Diese Untersuchung kann simulativ, durch Modellierung beziehungsweise Berech-

nung und/oder einen tatsächlichen Aufbau stattfinden.

[0017] Die optimierte Auslegung der Codeelemente erfolgt nun so, dass die in dieser gegebenen Anordnung erzeugten Hell-Dunkel-Übergänge des Lichtmusters an die mehreren Lichtempfangselemente auf dem Lichtempfänger im Sollabstand angepasst sind. Statt also wie herkömmlich die Codeelemente direkt an die Lichtempfangselemente des Lichtempfängers anzupassen, wird die tatsächliche Projektion des Lichtmusters in dem Sollabstand optimiert, und zwar durch diejenige Auslegung der Codeelemente, mit der diese optimale Projektion erreicht wird.

[0018] Die Erfindung hat den Vorteil, dass die Codeelemente entsprechend den Gegebenheiten der optischen Projektion in einem Sollabstand des Lichtempfängers ausgelegt werden. So wird bei unterschiedlichen Gebervorrichtungen ein optimaler Arbeitspunkt erreicht. Weiterhin ist durch diese Anpassung der mechanische Toleranzbereich für den Abstand zwischen Detektor und Maßverkörperung vergrößert: das System ist nicht mehr für die praktisch unerreichbare Position des Lichtempfängers in der Ebene der Maßverkörperung optimiert, sondern für den Sollabstand. Das Optimum kann also praktisch eingenommen werden, und Abweichungen durch Toleranzen fallen geringer aus. Wegen der geringeren Anfälligkeit gegenüber mechanischen Toleranzen ist keine Justage auf den Sollabstand erforderlich, jedenfalls kann sie grober ausfallen. Bei einer inkrementellen Maßverkörperung wird der Signalkontrast, bei einer absoluten Maßverkörperung der Toleranzbereich der Lesbarkeit verbessert. Die Optimierung kann dadurch erfolgen, dass allein die Maßverkörperung ausgetauscht oder angepasst wird, ohne weitere Veränderungen an der Gebervorrichtung oder an deren Komponenten.

[0019] In der Anordnung der Gebervorrichtung wird vorzugsweise eine Sendeoptik im Strahlengang zwischen Lichtsender und Maßverkörperung berücksichtigt. Die Sendeoptik ist dann Teil der Anordnung der Gebervorrichtung, und sie trägt maßgeblich zu den Projektionseigenschaften und damit dem Lichtmuster mit seinen jeweiligen Hell-Dunkel-Übergängen bei. Das wird in der Auslegung der Codeelemente einbezogen. Besonders bevorzugt handelt es sich um eine kollimierende Sendeoptik. Bei perfekter Kollimierung auch noch im Strahlengang nach den Codeelementen würden sich die Hell-Dunkel-Übergänge nicht mit dem Sollabstand verschieben. In der Realität lässt sich das nicht erreichen, und daher ist weiterhin die erfindungsgemäße Optimierung von Vorteil. Eine kollimierende Sendeoptik kann aber zumindest einen Teil der Effekte auffangen beziehungsweise das System noch robuster machen.

[0020] In der Anordnung der Gebervorrichtung wird bevorzugt eine endliche lichtabstrahlende Fläche des Lichtsenders berücksichtigt. Es stellt sich nämlich heraus, dass es gerade diese zwangsläufig in der Realität auftretende Abweichung von einer Punktlichtquelle ist, die eine ideale Kollimierung verhindert. Die Eigenschaften des Lichtmusters werden folglich genauer erfasst und die Codeelemente besser optimiert, wenn diese Einflussgröße angemessen beachtet wird.

[0021] Vorzugsweise wird ein Tastverhältnis für Hell-Dunkel-Übergänge von Codeelementen, Lichtmuster und Lichtempfangselementen bestimmt, und das Tastverhältnis der Codeelemente wird so angepasst, dass das Tastverhältnis des davon erzeugten Lichtmusters im Sollabstand dem Tastverhältnis des Lichtempfängers entspricht. Als Tastverhältnis wird der Quotient von durchlässigen zu nicht durchlässigen beziehungsweise hellen zu dunklen Bereichen definiert. Das Tastverhältnis ist demnach eine Kenngröße zur Beschreibung der Hell-Dunkel-Übergänge. Diese gibt es bei den Codeelementen, in dem projizierten Lichtmuster und auch bei den Lichtempfangselementen in Form lichtempfindlicher und nicht lichtempfindlicher Bereiche. Herkömmlich würde das Tastverhältnis der Codeelemente unmittelbar so gewählt wie dasjenige des Lichtempfängers. Die Erfindung dagegen stellt auf das Tastverhältnis im projizierten Lichtmuster ab, das zwar natürlich von den Codeelementen abhängt, aber eben nicht damit identisch ist.

[0022] Dadurch kann die Erfindung der Abstandsabhängigkeit gerecht werden und die Codeelemente für den Sollabstand des Lichtempfängers optimieren. Das Tastverhältnis von Maßverkörperung und Lichtempfänger ist nach dieser projektionsbezogenen Optimierung, anders als herkömmlich, in aller Regel nicht mehr gleich.

[0023] Der Lichtempfänger ist bevorzugt in seiner Geometrie und Anordnung der Lichtempfangselemente sowie seinem Sollabstand zu der Maßverkörperung vorgegeben, und die Maßverkörperung wird daran angepasst. Prinzipiell könnte ebenso gut der Lichtempfänger angepasst werden, oder sogar Maßverkörperung und Lichtempfänger aufeinander angepasst werden. Bei dem Lichtempfänger handelt es sich aber um ein aufwändig zu entwickelndes und herzustellendes Bauteil, etwa einen Opto-ASIC, und daher ist es ein großer Vorteil, wenn hier keine Veränderungen erforderlich sind, sondern derselbe Lichtempfänger in einer Vielzahl unterschiedlicher Gebervorrichtungen eingesetzt werden kann. Umgekehrt sind Anpassung und Austausch einer Maßverkörperung mit vergleichsweise wenig Aufwand möglich, und es werden ohnehin regelmäßig in unterschiedlichen Systemen auch unterschiedliche Maßverkörperungen verwendet.

[0024] Vorteilhafterweise wird eine Breite der Codeelemente angepasst. Die Optimierung betrifft somit auch oder sogar ausschließlich diesen Parameter. Ohne Beschränkung der Allgemeinheit wird dies im Folgenden manchmal als Codeschlitzbreite bezeichnet, obwohl die Codeelemente nicht als Schlitz ausgebildet sein müssen, sondern jede der einleitend genannten Varianten oder sonstige geeignete modulierende Ausprägung vorstellbar ist. Die Codeschlitzbreite ist die Ausdehnung in Richtung der Relativbewegung und hat daher großen Einfluss auf die Modulation und die Hell-Dunkel-Übergänge. Bei einer Drehbewegung liegt die Codeschlitzbreite in Umfangsrichtung, bei einer Translationsbewegung in Mess- oder Längsrichtung der Maßverkörperung. Die Ausdehnung der Codeelemente quer zu der Codeschlitzbreite ist für die Modulation kaum oder nicht bedeutend, solange unter Berücksichtigung aller Toleranzen genügend Licht durch die Codeelemente treten beziehungsweise davon reflektiert werden kann.

[0025] Die Breite wird bevorzugt zur Anpassung gegenüber einer gleichmäßigen Anordnung von Codeelementen und Lücken zwischen Codeelementen verringert. Eine gleichmäßige Anordnung bedeutet, dass Codeelemente und Lücken dazwischen gleich groß sind, oder ein Tastverhältnis von 50 %. Die Optimierung verändert das vorzugsweise gerade in der Richtung, dass die Codeelemente schmaler werden. Das gleicht nämlich eine typischerweise auftretende Strahlaufweitung zwischen Maßverkörperung und Lichtempfänger aus

[0026] Die Codeelemente bilden bevorzugt eine absolute Codierung oder eine inkrementelle Codierung. Die Erfindung ist demnach für beide Arten von Codierungen anwendbar. Bei einer inkrementellen Codierung mit Tastverhältnis 50 % wird, wie erläutert, das Signal-Rausch-Verhältnis verbessert, indem das projizierte Lichtmuster im Sollabstand des Lichtempfängers statt der Codeelemente selbst auf dieses Tastverhältnis eingestellt wird. Eine absolute Codierung unterliegt aber denselben optischen und projektiven Effekten, so dass die Lesbarkeit des Absolutcodes entsprechend verbessert wird.

[0027] Die Codeelemente sind vorzugsweise als Codeschlitze oder als Codereflektoren ausgebildet. Das korrespondiert mit den mehrfach erwähnten transmissiven oder reflexiven Anordnungen im Durchlicht oder Auflicht. Die erfindungsgemäße Optimierung ist für beide Typen von Gebervorrichtungen geeignet. Die Lichtwege und optischen Effekte sind vergleichbar, zumal eine Beugung an einem Codeschlitz bei den typischen Dimensionen zwar notwendig auftritt, aber keinen spürbaren Effekt erzeugt.

[0028] Die Gebervorrichtung ist bevorzugt als Drehgeber oder als Längenmesssystem ausgebildet. In einem Drehgeber ist die Relativbewegung der Maßver-

körperung, die dann auch als Codescheibe bezeichnet wird, und dem Lichtsender eine Rotation oder Drehung, und die Codeelemente sind je Spur auf einem Kreis angeordnet. Bei einem Längenmesssystem ist entsprechend die Maßverkörperung langgestreckt, wobei die Codeelemente einer Spur auf einer Geraden angeordnet sind. Die erfindungsgemäße Optimierung der Codeelemente ist in beiden Fällen möglich.

[0029] In vorteilhafter Weiterbildung wird eine optoelektronische Gebervorrichtung zur Bestimmung einer kinematischen Größe einer Relativbewegung eines ersten Objekts zu einem zweiten Objekt angegeben. Die Gebervorrichtung weist eine mit dem ersten Objekt verbindbare Maßverkörperung mit einer Vielzahl von Codeelementen und eine mit dem zweiten Objekt verbindbare Abtasteinheit auf. Die Abtasteinheit wiederum umfasst einen Lichtsender zum Anleuchten oder Durchleuchten der Maßverkörperung, so dass ein Lichtmuster entsteht, und einen Lichtempfänger mit mehreren Lichtempfangselementen zur Erzeugung eines Empfangssignals aus dem auf den Lichtempfänger fallenden Lichtmuster. Eine Steuer- und Auswertungseinheit bestimmt, die kinematische Größe aus dem Empfangssignal. Die Geometrie der Codeelemente ist an die mehreren Lichtempfangselemente des Lichtempfängers angepasst. Erfindungsgemäß ist das eine Anpassung an die Anordnung von Lichtsender, Maßverkörperung und Lichtempfänger bei gegebenem Sollabstand zwischen Maßverkörperung und Lichtempfänger. Damit wird an die Hell-Dunkel-Übergänge des Lichtmusters im Sollabstand auf dem Lichtempfänger an dessen Lichtempfangselemente angepasst. Besonders bevorzugt erfolgt diese Anpassung mit einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0030] Die Erfindung wird nachstehend auch hinsichtlich weiterer Merkmale und Vorteile beispielhaft anhand von Ausführungsformen und unter Bezug auf die beigefügte Zeichnung näher erläutert. Die Abbildungen der Zeichnung zeigen in:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Gebervorrichtung;

Fig. 2 eine Darstellung einer Winkelaufweitung einer Projektion durch ein Codeelement aufgrund der endlichen Ausdehnung der lichterzeugenden Fläche;

Fig. 3 eine Darstellung der sich aufgrund der in **Fig. 2** erläuterten Projektion mit dem Abstand zu dem Codeelement verschlechternden Anpassung zwischen Maßverkörperung und Lichtempfänger;

Fig. 4 eine Darstellung ähnlich **Fig. 3** zur weiteren Erläuterung der Fehlanpassung, wenn sich der Lichtempfänger beispielsweise aufgrund von Toleranzen nicht in der Sollposition befindet;

Fig. 5 eine Darstellung ähnlich **Fig. 4**, nun jedoch mit auf die Sollposition optimiertem Codeelement;

Fig. 6 eine Darstellung der Aufweitung durch die Projektion ohne Optimierung der Codeelemente;

Fig. 7 eine Darstellung ähnlich **Fig. 6** nach einer Kantenverschiebung durch schmalere Codeschlitz, die jedoch noch kein Optimum erzielt; und

Fig. 8 eine Darstellung ähnlich **Fig. 7** nun mit derjenigen optimalen Kantenverschiebung durch Anpassung der Codeschlitzbreite, durch die die Verbreiterung im Sollabstand ausgeglichen wird.

[0031] **Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung einer Gebervorrichtung **10**, die als Drehgeber oder Encoder ausgebildet ist. Die Gebervorrichtung **10** weist eine mit der Welle **12** rotierende Codescheibe als Maßverkörperung **14** auf, und auf der Maßverkörperung **14** befindet sich eine Codespur **16** mit einer Vielzahl von Codeelementen **18**. Die Codespur **16** kann eine inkrementelle Codespur oder auch eine komplexere Codespur beispielsweise zur Absolutpositionierung sein. Außerdem können entgegen der vereinfachten Darstellung mehrere Codepuren vorgesehen sein.

[0032] Ein Lichtsender **20**, beispielsweise eine LED, strahlt durch eine Sendeoptik **22** Licht auf die Maßverkörperung **14**, das durch die Codeelemente **18** moduliert wird. Dazu sind die Codeelemente **18** als Codeschlitz oder etwas allgemeiner als transparente Bereiche ausgebildet. Somit entsteht in **Fig. 1** unterhalb der Maßverkörperung **14** ein Lichtmuster aus Hell-Dunkel-Übergängen je nach Drehstellung der Maßverkörperung **14**. Das Lichtmuster fällt auf einen Lichtempfänger **24** mit mehreren Lichtempfangselementen **26**. Der Lichtempfänger **24** ist beispielweise als Opto-ASIC (Application-Specific Integrated Circuit) ausgebildet.

[0033] Im Verlauf der Drehbewegung der Maßverkörperung **14** entstehen somit modulierte Empfangssignale, die von einer Steuer- und Auswertungseinheit **28** bewertet werden, um die Winkelgeschwindigkeit der Maßverkörperung **14** und je nach Ausführungsform weitere kinematische Größen zu bestimmen. Diese Ausgabegrößen oder daraus ermittelte Größen können an einem Ausgang bereitgestellt werden.

[0034] Die Darstellung der Gebervorrichtung **10** in **Fig. 1** ist sehr schematisch. Daher ist die Ausgestaltung der Abtasteinheit mit Lichtsender **20** und Lichtempfänger **24** in **Fig. 1** sehr einfach gehalten. Insbesondere in Bezug auf die Dimensionierungen und konkreten Positionen der Bauelemente kann die Gebervorrichtung **10** in der Praxis stark von **Fig. 1** ab-

weichen. Alternativ zu einem transmissiven Aufbau ist auch ein reflexiver Aufbau denkbar, bei dem sich Lichtsender **20** und Lichtempfänger **24** auf derselben Seite der Maßverkörperung **14** befinden und die Codeelemente **18** reflektierende Eigenschaften haben.

[0035] Im Folgenden wird eine binäre Codespur **16** beschrieben, die jedoch alternativ auch q-när sein könnte. Auch sind abweichend stetige oder fließende Übergänge der Codeelemente **18** vorstellbar. Die Ausführungsform als Drehgeber ist bevorzugt, aber die Optimierung von Codeelementen **18** ist von dem beschriebenen rotativen System auf ein lineares System übertragbar, also beispielsweise ein Längensmesssystem mit langgestreckter Maßverkörperung und Codeelementen auf einer Geraden.

[0036] Fig. 2 zeigt beispielhaft den Strahlengang durch ein Codeelement **18**, um zu erläutern, wie die endliche Ausdehnung der lichterzeugenden Fläche des Lichtsenders **20** zu einer Winkelaufweitung der Projektion führt. Wie auch in den folgenden Fig. 3 bis Fig. 5 ist dies nicht maßstabsgetreu. Die Sendeoptik **22** wirkt vorzugsweise kollimierend, richtet also die Strahlen des Lichtbündels parallel zueinander aus. Bei einer theoretischen Kollimierung aus einer punktförmigen Lichtquelle würde dadurch der mit gestrichelter Linie gezeigte ideale Strahlenverlauf **30** resultieren, bei dem der Querschnitt des Lichtbündels hinter dem Codeelement **18** für alle Abstände gleich bleibt.

[0037] Der reale Lichtsender **20** ist aber nicht punktförmig, sondern die Leuchfläche hat eine endliche Ausdehnung beispielsweise von $100\ \mu\text{m} \times 100\ \mu\text{m}$ oder mehr. Dadurch ergeben sich Winkel im Strahlengang, und die Projektion der Maßverkörperung **14**, der mittels durchgezogener Linie gezeigte reale Strahlenverlauf **32**, erfährt hierdurch eine zusätzliche Winkelaufweitung. Die Qualität der Projektion ist beeinträchtigt, auf dem Lichtempfänger **24** im Sollabstand **34** fällt ein Lichtmuster, bei dem der Abstand zwischen den Hell-Dunkel-Übergängen gegenüber dem Codeelement **18** selbst verändert ist. Das wiederum führt zu einem schlechteren Kontrast und damit Signal-Rausch-Verhältnis im Empfangssignal.

[0038] Dieser zunächst nachteilige Effekt soll nochmals näher erläutert werden. Die Relativbewegung der Maßverkörperung **14** wird letztlich anhand der Übergänge zwischen beleuchteten und unbeleuchteten Bereichen gemessen. Das sind beispielsweise Kanten, die ein Codeelement **18** begrenzen. Wegen der beschriebenen Aufweitung werden nun die beleuchteten Bereiche verbreitert. Bei einer inkrementellen Maßverkörperung **14** würde dies beispielsweise bedeuten, dass die Breite der projizierten Codeelemente **18** zunimmt, während die Breite der unbeleuchteten Zwischenbereiche abnimmt. Dementspre-

chend verschiebt sich das Tastverhältnis der Codespur **16** mit dem Abstand **34** zwischen Lichtempfänger **24** und Maßverkörperung **14**. Herkömmlich hätte jedoch der Lichtempfänger **24** eben dieses Tastverhältnis der Codespur **16** von beispielsweise 50 %. Das mit dem Abstand **34** verschobene Tastverhältnis des Lichtmusters passt nicht mehr zu dem auf die Codespur **16** optimierten Lichtempfänger **24**. Nur in einer theoretischen Lage in der Ebene der Maßverkörperung **14**, also bei einem verschwindenden Abstand **34**, wäre diese Auslegung optimal. Wegen der einleitend diskutierten mechanischen Toleranzen ist aber eine spürbare Abweichung aus dieser theoretischen Lage unvermeidlich.

[0039] Der Effekt würde ebenso auftreten, wenn die Sendeoptik **22** nicht kollimierend wirkt, und sich mit deren divergierender oder konvergierender Wirkung überlagern. Ohne kollimierende Sendeoptik ist aber ohnehin die Abstandstoleranz von vorneherein sehr begrenzt. Es kann versucht werden, den Lichtsender **20** in möglichst weitem Abstand zu der Sendeoptik **22** beziehungsweise der Maßverkörperung **14** zu positionieren, damit sich die Fläche des Lichtsenders **20** weniger stark auf zusätzliche Winkel im Strahlengang auswirkt. Das ist aber nicht nur aus baulichen Gründen nur in Grenzen möglich, denn es reduziert die nutzbare Lichtmenge und macht damit das System weniger effizient.

[0040] Fig. 3 zeigt den Effekt nochmals in einer etwas formalisierteren Darstellung. Die Codeschlitzbreite s würde nur bei ideal kollimiertem Strahlenverlauf **30** über alle Abstände **34a-c** zu gleich breiten Hell-Dunkel-Übergängen **36a-c** führen. Tatsächlich entspricht die Breite des Hell-Dunkel-Übergangs nur in der Ebene der Maßverkörperung **14** der Codeschlitzbreite s . Mit zunehmendem Abstand **34a-c** wird die Übereinstimmung des breiter werdenden Hell-Dunkel-Übergangs **36a-c** schlechter.

[0041] Die Fig. 4 und Fig. 5 illustrieren in Darstellungen ähnlich Fig. 3 eine optimierte Auslegung der Codeelemente **18**. Dabei stellt Fig. 4 die Situation ohne Optimierung und Fig. 5 die Situation mit Optimierung dar. Die verschiedenen Abstände **34a-c** des Lichtempfängers **24** werden nun in dieser Reihenfolge als minimale Toleranz, Sollposition beziehungsweise Sollabstand und maximale Toleranz aufgefasst. Der Pfeil **36** zeigt die Sollbreite in der Sollposition **34b**.

[0042] Da sich wie geschildert eine Verbreiterung der projizierten beleuchteten Bereiche nicht vermeiden beziehungsweise das Erreichen abstandsunabhängig gleich breiter Hell-Dunkel-Übergänge **36a-c** nicht erreichen lässt, werden die ursprünglichen Übergänge selbst verschoben, sprich die Codeelemente **18** und insbesondere deren Codeschlitzbreite s optimiert. Bei einer bevorzugt angenommenen kalli-

mierenden Wirkung der Sendeoptik **22** erfolgt diese Verschiebung in den transparenten Bereich hinein, die Codeschlitzbreite s wird also verringert. Das ist als Unterschied von **Fig. 4** zu **Fig. 5** deutlich zu erkennen.

[0043] In **Fig. 4** ohne die erfindungsgemäße Optimierung war die Codeschlitzbreite s noch so gewählt, dass sie der Geometrie der Lichtempfangselemente **26** auf dem Lichtempfänger **24** entspricht. Bei einem System mit ideal kollimiertem Strahlenverlauf **30** wäre das angemessen. Für den realen Strahlenverlauf **32** ist aber die Sollbreite **36** im Sollabstand **34b** von dem tatsächlich projizierten Hell-Dunkel-Übergang **36b** deutlich übertroffen. Schon im Sollabstand **34b**, d.h. dem eigentlichen Arbeitspunkt, ist das System nicht optimal eingestellt. Bei größerem Abstand **34c** verschärft sich die Problematik, bei kleinerem Abstand **34a** reduziert sich die Abweichung, ohne jedoch ganz zu verschwinden.

[0044] In **Fig. 5** ist dagegen die Codeschlitzbreite s so optimiert, dass die Sollbreite **36** von dem realen Strahlenverlauf **32** im gewünschten Sollabstand **34b** erreicht ist. Diese Optimierung könnte für einen beliebigen Sollabstand **34b** erreicht werden, ohne den Lichtempfänger **24** und dessen Anordnung von Lichtempfangselementen **26** selbst zu verändern. Eine solche Anpassung etwa eines Opto-ASICs wäre nämlich ausgesprochen aufwändig, während in unterschiedlichen Gebervorrichtungen **10** ohnehin meist unterschiedliche Maßverkörperungen **14** zum Einsatz kommen, so dass deren individuelle Optimierung keinen unüberwindlichen Zusatzaufwand bedeutet.

[0045] Zusätzlich zur Optimierung des beschriebenen Arbeitspunkts auf die Sollbreite **36** im Sollabstand **34b** ergibt sich auch der Vorteil, dass sich die Abstandstoleranz zwischen Maßverkörperung und Lichtempfänger **24** vergrößert. Denn der optimale Arbeitspunkt liegt nicht mehr in der Ebene der Maßverkörperung **14**, sondern im Sollabstand **34b**. So bleibt zwar die relative Abweichung im beschriebenen Toleranzbereich bestehen, die absolute Abweichung vor allem bei größeren Abständen wird jedoch minimiert. Die resultierende verbesserte Robustheit gegenüber Toleranzen wiederum kann entscheidend für die Frage werden, ob beim Aufbau eines Systems der Abstand aktiv justiert werden muss.

[0046] Generell und insbesondere beim Optimieren der Codeelemente **18** beziehungsweise dem Einstellen der Schlitzbreite s ist zu beachten, dass sich durch die Fläche des Lichtsenders nicht nur zusätzliche Winkel im Strahlengang, sondern auch Halbschattenbereiche an den projizierten Übergängen zwischen nicht beleuchteten und beleuchteten Bereichen ergeben. Diese Übergänge besitzen daher einen Gradienten in der Beleuchtungsintensität, der bei

der beschriebenen Optimierung berücksichtigt werden kann. Außerdem ist festzustellen, angesichts der großen Vorteile aber auch hinzunehmen, dass bei Verkleinerung der Codeschlitzbreite s prinzipiell weniger Licht projiziert wird und die Effizienz der Beleuchtung dadurch geringfügig abnimmt.

[0047] Da die Codeschlitzbreite typischerweise bei zumindest mehreren $10\ \mu\text{m}$ liegt, können im Übrigen Beugungseffekte wie geschehen berechtigt vernachlässigt werden. Es tritt zwar Beugung auf, aber dies ist kaum relevant, da gewöhnlich kein räumlich kohärenter Lichtsender **20** verwendet wird. Denkbar ist jedoch, die zusätzliche effektive Aufweitung durch Beugungseffekte ebenfalls in der Optimierung zu kompensieren.

[0048] Die Optimierung der Codeschlitzbreite s erfolgt vorzugsweise in Richtung schmaler. Eine umgekehrte Anpassung in Richtung breiter ist aber nicht ausgeschlossen, insbesondere dann, wenn die Sendeoptik **22** für einen sich verengenden Strahlengang sorgt. Es wurde schon erwähnt, dass anstelle einer kollimierenden Sendeoptik **22** auch eine konvergierende oder divergierende Sendeoptik **22** denkbar ist. Das Optimierungsverfahren für den Umgang mit den zusätzlichen Winkeln durch die Fläche des Lichtsenders **20** ist durch die Art der Wirkung der Sendeoptik **22** prinzipiell nicht beeinflusst, solange die strahlformende Wirkung bekannt ist oder festgestellt werden kann, und damit ist die Optimierung weiterhin anwendbar.

[0049] Die obigen Erläuterungen beziehen sich in erster Linie auf inkrementelle Codierungen. Es sind aber ebenso absolute Codierungen denkbar. Hier ist der Vorteil weniger eine Verbesserung des Kontrasts, sondern eine Vergrößerung der Toleranzen, mit denen die Absolutinformation noch gelesen werden kann, d.h. die grundlegende Funktion kann unter größeren Toleranzen sichergestellt werden. Der Vorgang der Optimierung entspricht dabei dem oben beschriebenen.

[0050] Die **Fig. 6** bis **Fig. 8** illustrieren abschließend nochmals die Optimierung auf eine geringere Codeschlitzbreite s . **Fig. 6** zeigt den oberen Teil des Strahlverlaufs hinter einer Kante eines Codeelements **18**. Bei einem durch die Fläche des Lichtsenders **20** bedingten Winkel w ergibt sich im Abstand d eine Aufweitung v_1 , die sich zu $v_1 = d \tan w$ berechnet. **Fig. 7** zeigt eine erste, noch unzureichende Verkleinerung k_1 der Schlitzbreite s . Dies äußert sich unmittelbar in einer gleich großen Verschiebung k im Abstand d , so dass immer noch eine Verbreiterung $v_2 = v_1 - k$ verbleibt. Wird dann wie in **Fig. 8** eine Verkleinerung k_2 gewählt, die der Verbreiterung v_1 entspricht, so ergibt sich wie gewünscht eine Verbreiterung von Null: Im Abstand d ist gerade die Sollbreite eingestellt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Auslegung der Codeelemente (18) einer Maßverkörperung (14) einer Gebervorrichtung (10),

wobei die Maßverkörperung (14) im Betrieb der Gebervorrichtung (10) von einem Lichtsender (20) angeleuchtet oder durchleuchtet wird, so dass ein Lichtmuster entsteht, das auf einen Lichtempfänger (24) mit mehreren Lichtempfangselementen (26) fällt, dessen Empfangssignal ausgewertet wird, um eine Relativbewegung der Maßverkörperung (14) zu dem Lichtsender (20) zu bestimmen,

wobei zur Auslegung der Codeelemente (18) deren Geometrie an die mehreren Lichtempfangselemente (26) des Lichtempfängers (24) angepasst wird,

wobei eine Anordnung der Gebervorrichtung (10) von Lichtsender (20), Maßverkörperung (14) und Lichtempfänger (24) einschließlich eines Sollabstands (34b) zwischen Maßverkörperung (14) und Lichtempfänger (24) vorgegeben und die Geometrie der Codeelemente (18) so ausgelegt wird, dass die in dieser Anordnung erzeugten Hell-Dunkel-Übergänge (36b) des Lichtmusters im Sollabstand (34b) an die mehreren Lichtempfangselemente (26) des Lichtempfängers (24) angepasst sind,

und wobei ein Tastverhältnis für Hell-Dunkel-Übergänge von Codeelementen (18), Lichtmuster (36b) und Lichtempfangselementen (26) bestimmt wird und das Tastverhältnis der Codeelemente (18) so angepasst wird, dass das Tastverhältnis des davon erzeugten Lichtmusters (36b) im Sollabstand (34b) dem Tastverhältnis des Lichtempfängers (24) entspricht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei in der Anordnung der Gebervorrichtung (10) eine Sendeoptik (22) im Strahlengang zwischen Lichtsender (20) und Maßverkörperung (14) berücksichtigt wird, insbesondere eine kollimierende Sendeoptik (22).

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei in der Anordnung der Gebervorrichtung (10) eine endliche lichtabstrahlende Fläche des Lichtsenders (20) berücksichtigt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Lichtempfänger (24) in seiner Geometrie und Anordnung der Lichtempfangselemente (26) sowie seinem Sollabstand (34b) zu der Maßverkörperung (14) vorgegeben und die Maßverkörperung (14) daran angepasst wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Breite (s) der Codeelemente (18) angepasst wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Breite (s) zur Anpassung gegenüber einer gleichmäßigen An-

ordnung von Codeelementen (18) und Lücken zwischen Codeelementen (18) verringert wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Codeelemente (18) eine absolute Codierung oder eine inkrementelle Codierung bilden und/oder wobei die Codeelemente (18) als Codeschlitzte oder als Codereflektoren ausgebildet sind.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Gebervorrichtung (10) als Drehgeber oder als Längenmesssystem ausgebildet ist.

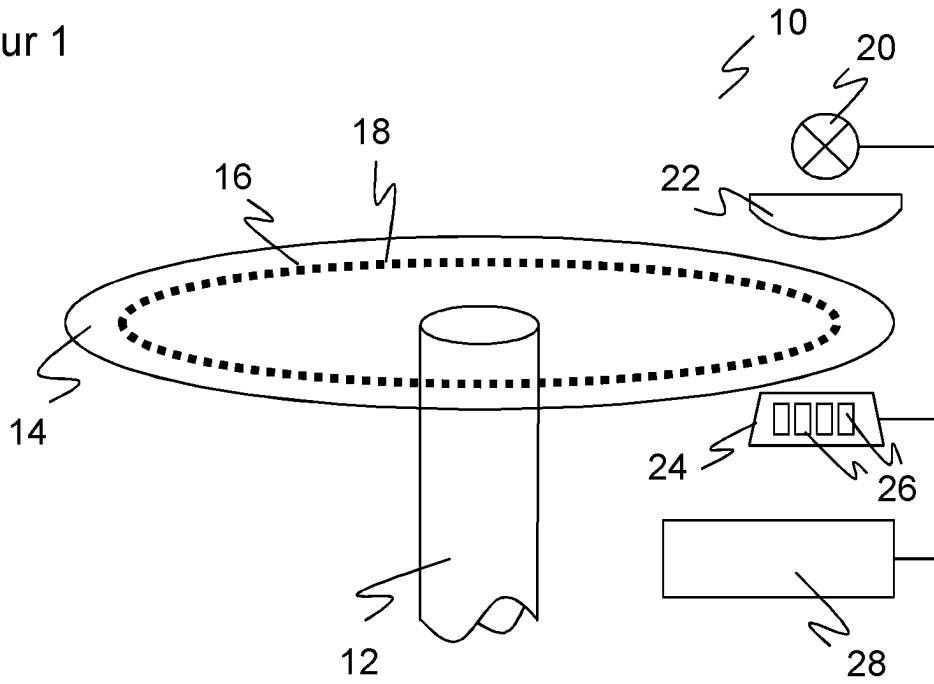
9. Optoelektronische Gebervorrichtung (10) zur Bestimmung einer kinematischen Größe einer Relativbewegung eines ersten Objekts zu einem zweiten Objekt, wobei die Gebervorrichtung (10) eine mit dem ersten Objekt verbindbare Maßverkörperung (14) mit einer Vielzahl von Codeelementen (18) und eine mit dem zweiten Objekt verbindbare Abtasteinheit mit einem Lichtsender (20) zum Anleuchten oder Durchleuchten der Maßverkörperung (14), so dass ein Lichtmuster entsteht, und mit einem Lichtempfänger (24) mit mehreren Lichtempfangselementen (26) zur Erzeugung eines Empfangssignals aus dem auf den Lichtempfänger (24) fallenden Lichtmuster sowie eine Steuer- und Auswertungseinheit (28) aufweist, die dafür ausgebildet ist, die kinematische Größe aus dem Empfangssignal zu bestimmen, wobei die Geometrie der Codeelemente (18) an die mehreren Lichtempfangselemente (26) des Lichtempfängers (24) und an die gegebene Anordnung von Lichtsender (20), Maßverkörperung (14) und Lichtempfänger (24) bei gegebenem Sollabstand (34b) zwischen Maßverkörperung (14) und Lichtempfänger (24) angepasst ist, so dass die Hell-Dunkel-Übergänge (36b) des Lichtmusters im Sollabstand (34b) auf dem Lichtempfänger (24) an dessen Lichtempfangselemente (26) angepasst sind, indem ein Tastverhältnis für Hell-Dunkel-Übergänge von Codeelementen (18), Lichtmuster (36b) und Lichtempfangselementen (26) bestimmt wird und das Tastverhältnis der Codeelemente (18) so angepasst ist, dass das Tastverhältnis des davon erzeugten Lichtmusters (36b) im Sollabstand (34b) dem Tastverhältnis des Lichtempfängers (24) entspricht.

10. Optoelektronische Gebervorrichtung nach Anspruch 9, wobei die Anpassung mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 erfolgt.

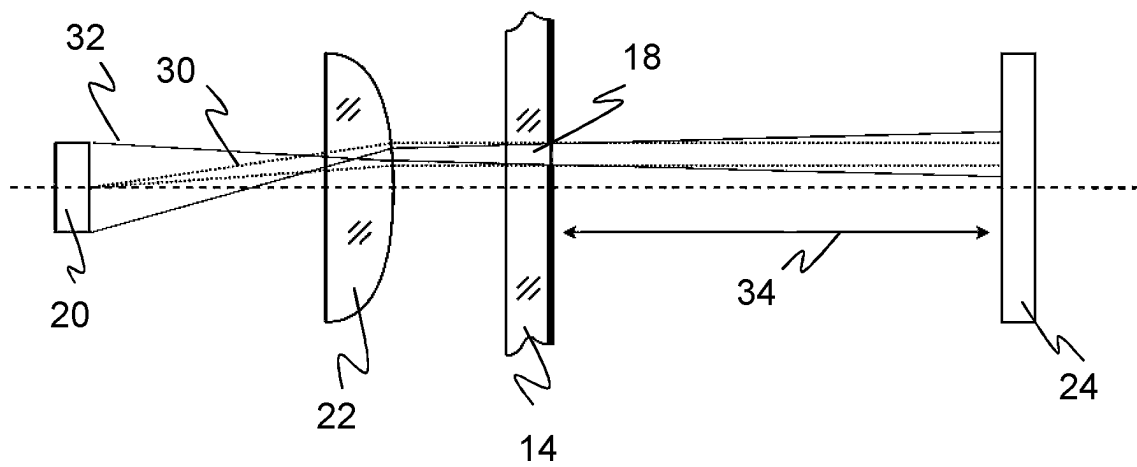
Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

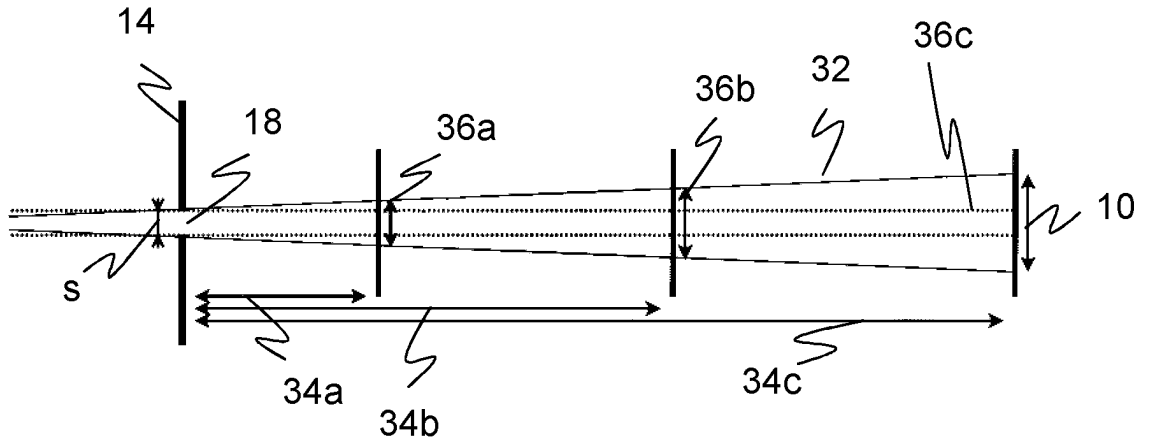
Figur 1



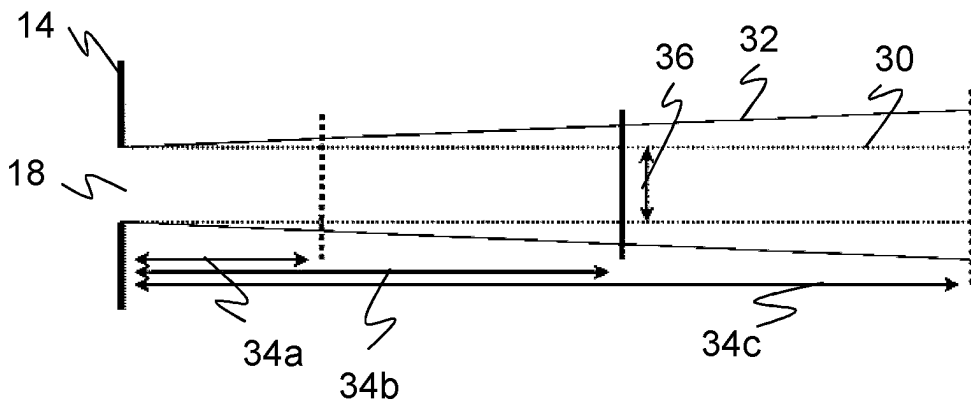
Figur 2



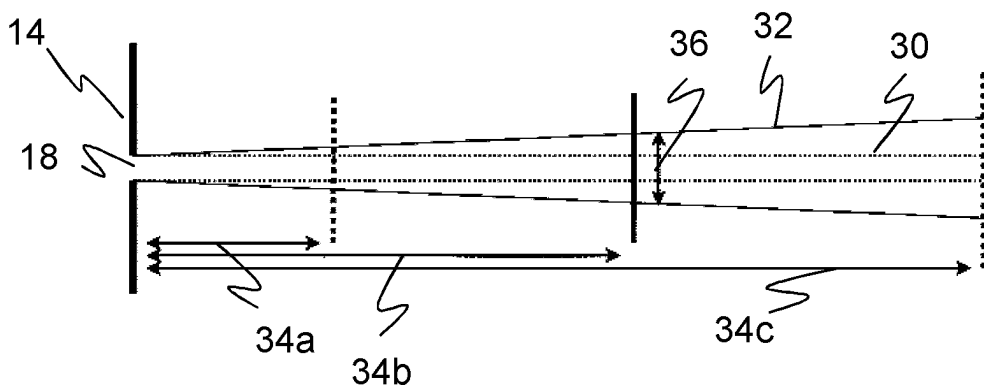
Figur 3



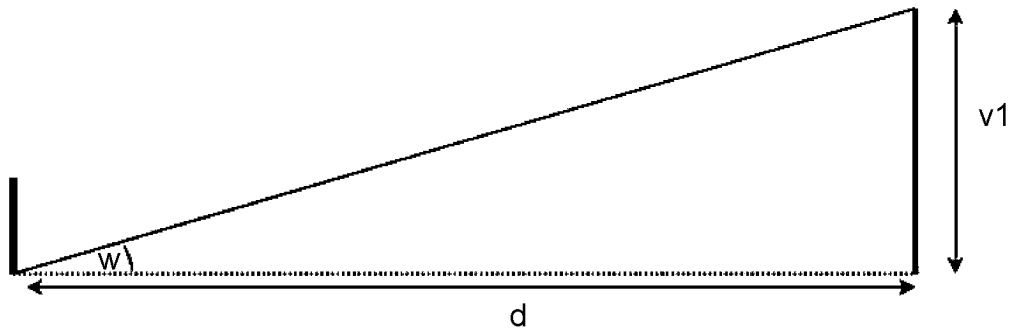
Figur 4



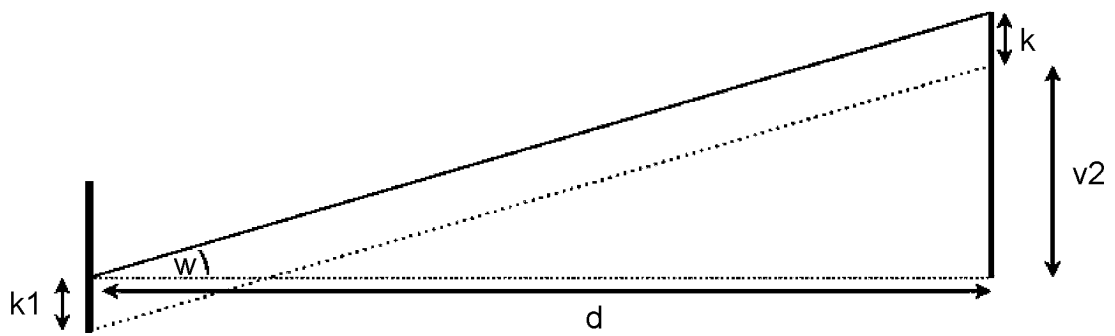
Figur 5



Figur 6



Figur 7



Figur 8

