

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
25. Juli 2013 (25.07.2013)



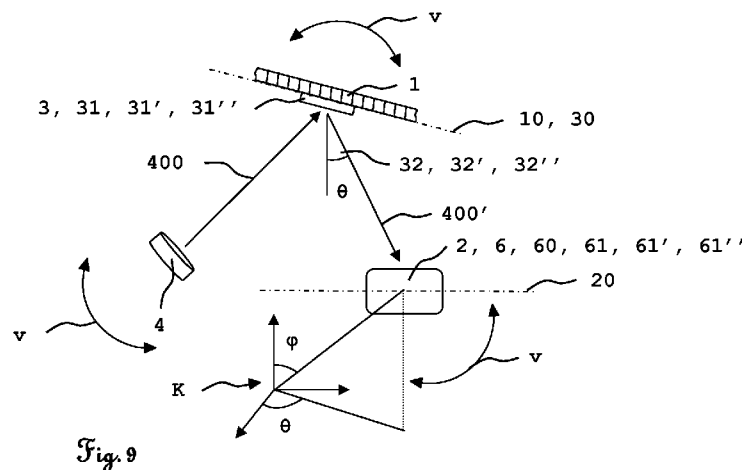
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/107780 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G01B 11/26 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/050761
- (22) Internationales Anmeldedatum:
16. Januar 2013 (16.01.2013)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
12151437.6 17. Januar 2012 (17.01.2012) EP
- (71) Anmelder: **HEXAGON TECHNOLOGY CENTER GMBH** [CH/CH]; Heinrich-Wild-Strasse, CH-9435 Heerbrugg (CH).
- (72) Erfinder: **PETTERSSON, Bo**; 22 Coval Gardens, London SW14 7DG (GB). **PRZYGOUDA, Frank**; Friedrichstrasse 6/1, D-88045 Friedrichshafen (DE). **SIERCKS, Knut**; Augartenstrasse 29, CH-9402 Mörschwil (CH).
- (74) Anwalt: **KAMINSKI HARMANN PATENTANWÄLTE AG**; Landstrasse 124, FL-9490 Vaduz (LI).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR MEASURING AN ANGLE BETWEEN TWO SPATIALLY SEPARATED ELEMENTS

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM MESSEN EINES WINKELS ZWISCHEN ZWEI RÄUMLICH VONEINANDER ENTFERNTEN ELEMENTEN



(57) Abstract: The invention relates to a method for measuring an angle between two spatially separated elements (1, 2) having the steps: a) preparing a multiplex hologram (3) having a plurality of interference patterns (31, 31', 31''), at least two interference patterns (31, 31', 31'') having different angles of incidence (32, 32', 32'') of an object light wave (400) onto a hologram plane (30), said angles of incidence (32, 32', 32'') of the interference patterns (31, 31', 31'') being stored as machine-readable data; b) arranging the multiplex hologram (3) in a first element plane (10) on a first element (1); c) lighting the multiplex hologram (3) with a reference light wave (400); d) arranging a light detector (6) in a second element plane (20) on a second element (2); e) detecting a reference light wave (400') refracted on an interference pattern (31, 31', 31'') with a light detector (6); f) creating an intensity pattern (61, 61', 61'') from the detected refracted reference light wave (400'); g) assigning the angle of incidence (32, 32', 32'') stored as machine-readable data to the intensity pattern (61, 61', 61''); and h) calculating an angle between the first element plane (10) and the second element plane (20) from the assigned angle of incidence (32, 32', 32'').

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2013/107780 A1



LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Messen eines Winkels zwischen zwei räumlich voneinander entfernten Elementen (1, 2), mit den Schritten: a) Bereitstellen eines Multiplexhologramms (3) mit mehreren Interferenzmustern (31, 31', 31''), mindestens zwei Interferenzmuster (31, 31', 31'') weisen unterschiedliche Einfallswinkel (32, 32', 32'') einer Objeklichtwelle (401) auf eine Hologrammebene (30) auf, die Einfallswinkel (32, 32', 32'') der Interferenzmuster (31, 31', 31'') sind computerlesbar datengespeichert; b) Anordnen des Multiplexhologramms (3) in einer ersten Elementebene (10) an einem ersten Element (1); c) Beleuchten des Multiplexhologramms (3) mit einer Referenzlichtwelle (400); d) Anordnen eines Lichtdetektors (6) in einer zweiten Elementebene (20) an einem zweiten Element (2); e) Erfassen einer an einem Interferenzmuster (31, 31', 31'') gebeugten Referenzlichtwelle (400') mit dem Lichtdetektor (6); f) Bilden eines Intensitätsmusters (61, 61', 61'') aus der erfassten gebeugten Referenzlichtwelle (400'); g) Zuordnen des computerlesbar datengespeicherten Einfallswinkels (32, 32', 32'') zum Intensitätsmuster (61, 61', 61''); und h) Berechnen eines Winkels zwischen der ersten Elementebene (10) und der zweiten Elementebene (20) aus dem zugeordneten Einfallswinkel (32, 32', 32'').

**Verfahren zum Messen eines Winkels zwischen zwei räumlich
voneinander entfernten Elementen**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Messen eines Winkels
zwischen zwei räumlich voneinander entfernten Elementen nach
5 dem unabhängigen Anspruch 1.

Das Bestimmen von Winkeln und Richtungen ist in vielen Anwen-
dungsbereichen wie der Geodäsie, im Hoch- und Tiefbau, der
industriellen Automationstechnik, usw. gefordert. Dabei
werden hohe Ansprüche an die Messgenauigkeit, die Messge-
10 schwindigkeit und den Grad der Verfügbarkeit, und all dies
auch unter rauen Umweltbedingungen, gestellt.

Die JP 57100304 offenbart ein Winkelmessgerät, das einen
punktförmigen Objektlichtstrahl und als Alternative zu einer
schmutz- und schadensanfälligen optischen Linse ein zweidi-
15 mensionales Hologramm verwendet. Das Hologramm ist dazu in
eine flache Platte eingeschrieben. Demgemäss ist der Trans-
missionsgrad nur von zwei Raumrichtungen abhängig. Genutzt
wird die entsprechende Abhängigkeit der Lage in einer Ebene
des realen Bildes des Objektlichtstrahlhologramms vom Ein-
20 fallswinkel des Lichtstrahls. Die Lage des Punktbildes ändert
sich bei einer entsprechenden Einfallswinkeländerung kontinu-
ierlich. Sie wird mit einem Positionssensor erfasst und
daraus auf den jeweiligen Einfallswinkel rückgeschlossen. Die
DE 3424806A1 beschreibt eine Messeinrichtung zum berührungs-
25 losen Erfassen einer Relativposition zwischen einem ersten
Element und einem zweiten Element, das anders als JP 57100304
Winkel über das Auslesen eines Codes ermittelt. Solch ein
Element kann Bestandteil einer Präzisionsmaschine sein, auch
kann es eine Geräteskala eines optischen Instruments sein.

- 2 -

Die beiden Elemente sind räumlich über eine Distanz von beispielsweise 100m voneinander entfernt. Das erste Element weist einen Code-Träger auf, das zweite Element weist einen Code-Leser mit dem Code-Leser nachgeordneten Rechner auf. Der Code-Leser erfasst ein eindimensionales Code-Muster des Code-Trägers und übermittelt für ein erfasstes Code-Muster ein Code-Signal an den Rechner. Der Rechner weist Mittel zur Quantisierung des übermittelten Code-Signals und zum Vergleich mit einem gespeicherten Code-Muster sowie zur Errechnung der Relativposition zwischen dem ersten Element und dem zweiten Element aus dem Ergebnis des Vergleichs auf.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein verbessertes Verfahren zum Messen eines Winkels zwischen zwei räumlich voneinander entfernten Elementen bereitzustellen.

Die Aufgabe wird durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs 1 gelöst.

Erfindungsgemäß weist das Verfahren zum Messen eines Winkels zwischen zwei räumlich voneinander entfernten Elementen, die Schritte auf: a) Bereitstellen eines Multiplexhologramms mit mehreren Interferenzmustern, mindestens zwei Interferenzmuster weisen unterschiedliche Einfallswinkel einer Objektlichtwelle auf eine Hologrammebene auf, die Einfallswinkel sind computerlesbar datengespeichert; b) Anordnen des Multiplexhologramms in einer ersten Elementebene an einem ersten Element; c) Beleuchten des Multiplexhologramms mit einer Referenzlichtwelle; d) Anordnen eines Lichtdetektors in einer zweiten Elementebene an einem zweiten Element; e) Erfassen einer an einem Interferenzmuster gebeugten Referenzlichtwelle mit dem Lichtdetektor; f) Bilden eines Intensitätsmusters aus der erfassten gebeugten Referenzlichtwelle; g) Zuordnen des

computerlesbar datengespeicherten Einfallswinkels zum Intensitätsmuster; und h) Berechnen eines Winkels zwischen der ersten Elementebene und der zweiten Elementebene aus dem zugeordneten Einfallswinkel.

5 In der vorliegenden Erfindung wird unter einem Intensitätsmuster eine flächenhaft ausgedehnte Anordnung einer Vielzahl von Formen, z.B. Quadrate oder Linien, verstanden, die eine vom Hintergrund, auf dem sie platziert sind, unterscheidbare Eigenschaft aufweisen. Eine solche Eigenschaft ist der Helligkeitswert, der Farbwert u.a. Ausgeprägt ist ein solches Intensitätsmuster bspw. als eine Anordnung von 500 schwarzen Quadraten, die sich teilweise berühren können, auf einer hellen Rechtecksfläche als Hintergrund, wodurch eine eindeutig identifizierbare Struktur vorliegt. Insbesondere beinhaltet ein solches Muster einen Informationsgehalt in Form eines maschinenlesbaren Codes. Erfindungsgemäss wird der Begriff „Code“ als Abbildung von Daten mittels binärer Symbolelemente verstanden, bspw. ein Strichcode.

Mit einem Multiplexhologramm lässt sich in an sich bekannter Weise ein winkelaufgelöstes Intensitätsmuster aus einer gebeugten Referenzlichtwelle rekonstruieren. Dabei ist nur für jeweils einen diskreten Einfallswinkel der Referenzlichtwelle jeweils ein Intensitätsmuster mit maximaler Intensität rekonstruierbar. Es hat sich nun herausgestellt, dass sich diese Winkelauflösung auch beim Messen eines Winkels zwischen zwei räumlich voneinander entfernten Elementen praktisch anwenden lässt. Unter Berücksichtigung des Informationsgehalts des Intensitätsmusters lässt sich nämlich dem Intensitätsmuster sehr schnell und in eineindeutiger Weise ein Einfallswinkel einer Objektlichtwelle auf die Hologrammebene des Multiplexhologramms zuordnen. Aufgrund der nicht-kontinuierlichen Winkelverteilung ergibt sich eine unstetige

-quasi digitale- Zuordnung von Einfallswinkeln und Intensitätsmustern. Die Zuordnung erfolgt dabei aufgrund des Informationsgehalts eines Musters. Aus der räumlichen Ausrichtung der Hologrammebene bezüglich eines ersten Elements sowie aus
5 der räumlichen Ausrichtung des die gebeugte Referenzlichtwelle erfassenden Lichtdetektors bezüglich eines zweiten Elements lässt sich unter Verwendung bestehender, bewährter und robuster Techniken der Geodäsie bzw. der industriellen Vermessungstechnik ein Winkel zwischen dem ersten Element und
10 dem zweiten Element berechnen. Eine verfeinerte Winkelbestimmung kann erfindungsgemäss u.a. erreicht werden, indem zusätzlich die Stärke der Intensität eines Intensitätsmusters erfasst wird, da sich auch innerhalb eines gewissen Winkelbereichs um den jeweiligen Einfallswinkel noch von der Maximalintensität unterschiedene Intensitäten erfassen lassen. Durch
15 den Vergleich mit der bekannten Maximalintensität ist eine Abweichung vom diskreten Einfallswinkel quantifizierbar. Bei einer ausreichend grossen Anzahl an unabhängigen Interferenzmustern ergibt sich eine Anordnung von Intensitätsmustern,
20 die dicht genug ist, um eine quasi-kontinuierliche Winkelauflösung zu erhalten.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Merkmalen der abhängigen Ansprüche.

Vorteilhafterweise werden Koordinaten der zweiten Elementebene
25 ne in einem Bezugskoordinatensystem angegeben; Koordinaten des zugeordneten Einfallswinkels werden im Bezugskoordinatensystem angegeben; und im Schritt h) wird der Winkel aus der Differenz der Koordinaten der zweiten Elementebene und der Koordinaten des zugeordneten Einfallswinkels berechnet.

30 Da das Multiplexhologramm in einer bekannten festen räumlichen Beziehung zur ersten Elementebene des ersten Elements

angeordnet ist, und der Lichtdetektor ebenfalls in einer bekannten festen räumlichen Beziehung zur zweiten Elementebene des zweiten Elements angeordnet ist, reicht es somit aus, die Koordinaten der zweiten Elementebene und die Koordinaten des zugeordneten Einfallswinkels in ein und demselben Bezugskoordinatensystem anzugeben, um den Winkel einfach und eindeutig zu berechnen.

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung sind aus der folgenden Beschreibung von derzeit bevorzugten Ausführungsformen im Zusammenhang mit den anhängenden Figuren beispielhaft ersichtlich:

Figur 1 zeigt einen Teil einer ersten Ausführungsform eines Multiplexhologramms mit mehreren Interferenzmustern;

Figur 2 zeigt einen Teil der Ausführungsform eines Multiplexhologramms nach Figur 1 beim Erfassen eines Intensitätsmusters;

Figur 3 zeigt einen Teil einer ersten Ausführungsform eines Intensitätsmusters eines Multiplexhologramms nach Figur 1 und 2;

Figur 4 zeigt einen Teil einer zweiten Ausführungsform eines Intensitätsmusters eines Multiplexhologramms nach Figur 1 und 2;

Figur 5 zeigt einen Teil einer dritten Ausführungsform eines Intensitätsmusters eines Multiplexhologramms nach Figur 1 und 2;

Figur 6 zeigt einen Teil einer vierten Ausführungsform eines Intensitätsmusters eines Multiplexhologramms nach Figur 1 und 2;

Figur 7 zeigt einen Winkelaufnehmer nach Figur 1 und/oder einen Lichtdetektor nach Figur 2 in Datenkommunikation mit einem Teil einer Ausführungsform einer Auswerteeinheit;

Figur 8 zeigt ein Flussdiagramm der Schritte des Verfahrens;

- 5 Figur 9 zeigt einen Teil einer ersten Ausführungsform eines Systems zum Durchführen des Verfahrens nach Figur 8 mit einem Multiplexhologramm nach Figur 1 und 2;

Figur 10 zeigt einen Teil einer zweiten Ausführungsform eines Systems zum Durchführen des Verfahrens nach Figur 8 mit einem
10 Multiplexhologramm nach Figur 1 und 2;

Figur 11 zeigt einen Teil einer dritten Ausführungsform eines Systems zum Durchführen des Verfahrens nach Figur 8 mit einem Multiplexhologramm nach Figur 1 und 2;

Figur 12 zeigt einen Teil einer vierten Ausführungsform eines
15 Systems zum Durchführen des Verfahrens nach Figur 8 mit einem Multiplexhologramm nach Figur 1 und 2;

Figur 13 zeigt einen Teil einer ersten Ausführungsform eines Lichtdetektors zum Durchführen des Verfahrens nach Figur 8, mit einem Intensitätsmuster, das einen Rollwinkel aufweist;

20 Figur 14 zeigt einen Teil einer zweiten Ausführungsform eines Lichtdetektors zum Durchführen des Verfahrens nach Figur 8, mit Graustufenkeil im Intensitätsmuster;

Figur 15 zeigt einen Teil einer dritten Ausführungsform eines Lichtdetektors zum Durchführen des Verfahrens nach Figur 8,
25 mit einem Intensitätsmuster, das bei unterschiedlichen Winkeln und damit mit unterschiedlichen Bragg-Intensitäten erfasst wird;

Figur 16 zeigt einen Teil einer vierten Ausführungsform eines Lichtdetektors zum Durchführen des Verfahrens nach Figur 8, mit zwei Intensitätsmuster, die mit maximaler Bragg-Intensität erfasst werden; und

- 5 Figur 17 zeigt einen Teil einer fünften Ausführungsform eines Lichtdetektors mit zwei Sensoren zum Durchführen des Verfahrens nach Figur 8.

Das Multiplexhologramm 3 besteht aus einem Speicher-
material mit mehreren Interferenzmustern 31, 31', 31''. Das Speicher-
10 material wird beispielsweise mit einem optischen Interferenz-
muster 31, 31', 31'' beleuchtet oder mit einem digitalen
Interferenzmuster 31, 31', 31'' bedruckt. Andere Arten des
Bereitstellens eines Multiplexhologramms 3, wie das Prägen
von Interferenzmustern 31, 31', 31'' in ein Speicher-
15 material, usw. sind ebenfalls möglich.

Figur 1 zeigt das Beleuchten des Speicher-
materials mit einem optischen Interferenzmuster 31, 31', 31''. Dafür wird eine
kohärente Lichtquelle wie ein Helium Neon-Laser, ein Argon-
Laser, eine Neodym-Laserdiode, eine Bogen- oder Halogenlampe,
20 usw. mit einer Referenzlichtwelle 400 im sichtbaren oder
infraroten Spektralbereich verwendet. Die Lichtquelle 4
erzeugt eine Referenzlichtwelle 400, die über einen Strahl-
teiler 40 geteilt wird. Ein Teil der Referenzlichtwelle 400
wird auf aufzuzeichnende Objekte 41, 41', 41'' gelenkt, ein
25 Teil der Referenzlichtwelle 400 wird auf eine Hologrammebene
30 des Multiplexhologramms 3 gelenkt. Die Referenzlichtwelle
400 wird von den Objekten 41, 41', 41'' reflektiert und
trifft unter einem Einfallswinkel 32, 32', 32'' als Objekt-
lichtwelle 401 auf die Hologrammebene 30. Der Einfallswinkel
30 32, 32', 32'' ist der Winkel zwischen der Objektlichtwelle
401 und der Normalen der Hologrammebene 30. Die Überlagerung

von Referenzlichtwelle 400 und Objektlichtwelle 401 erzeugt im Speichermaterial eine Vielzahl von Interferenzmustern 31, 31', 31'' in Funktion der Einfallswinkel 32, 32', 32'' der an den Objekten 41, 41', 41'' reflektierten Objektlichtwelle
5 401.

Die Anzahl der Interferenzmuster 31, 31', 31'' der Hologrammebene 30 ist durch die Bragg'sche Gleichung beschränkt. Jedes Objekt 41, 41', 41'' wird unter einem eindeutigen Einfallswinkel 32, 32', 32'' aufgezeichnet. Im Verständnis der
10 vorliegenden Erfindung wird der Begriff „eindeutig“ so verwendet, dass sich alle Einfallswinkel 32, 32', 32'' voneinander unterscheiden. Nach der Bragg'schen Gleichung steigt die Winkelauflösung mit der Dicke des Speichermaterials. Daher sind so genannte Volumen hologramme zu bevorzugen, bei
15 denen eine Dicke des Speichermaterials größer als die Wellenlänge der Lichtquelle 4 ist. In einer Volumeneinheit des Multiplexhologramm 3 lassen sich mehrere zehner Interferenzmuster 31, 31', 31'', vorzugsweise mehrere hundert Interferenzmuster 31, 31', 31'', vorzugsweise mehrere tausend Interferenzmuster 31, 31', 31'' überlagern und einzeln auslesen.
20

Im figürlich nicht dargestellten Drucken von digitalen Interferenzmustern werden digitale Interferenzmuster 31, 31', 31'' in einem Computer synthetisch bereitgestellt und durch einem dem Drucken ähnlichen Verfahren in das holografische Speichermaterial geschrieben. Digitale Interferenzmuster 31, 31', 31'' benötigen somit keine physikalisch reellen Objekte. Solche Multiplexhologramme sind kostengünstig, die Herstellkosten betragen rund 0.5€ pro Zentimeter². Von der Funktion her sind digitale Interferenzmuster 31, 31', 31'' und optische Interferenzmuster 31, 31', 31'' gleichwertig.
25
30

Die Interferenzmuster 31, 31', 31'' geben einen Einfallswin-

kel 32, 32', 32'' mit mindestens einer Winkelkoordinate an, wie eine Azimutwinkel-Koordinate θ oder eine Polarwinkel-Koordinate φ . Die Interferenzmuster 31, 31', 31'' lassen sich mit einer Wellenlänge oder mit mehreren Wellenlängen der Lichtquelle 4 bereitstellen. So können zum Beispiel Interferenzmuster mit einer ersten Wellenlänge die Azimutwinkel-Koordinate θ eines Einfallswinkels angeben und Interferenzmuster mit einer zweiten, von der ersten verschiedenen Wellenlänge können die Polarwinkel-Koordinate φ dieses Einfallswinkels angeben.

Für ein Speichermaterial von einem bis mehrere Millimeter Dicke liegt die Winkelauflösung des Multiplexhologramms 3 gemäß der Bragg'schen Gleichung im Bereich von 0.1mrad bis 1.0mrad, vorzugsweise bei 0.3mrad. Der Winkelumfang des Multiplexhologramms 3 beträgt 0.1rad bis π rad. Bei einer Winkelauflösung von 0.3mrad und unter Verwendung von beispielsweise 3333 gleichartigen Interferenzmustern 31, 31', 31'' beträgt der Winkelumfang somit 1rad.

Mindestens ein Multiplexhologramm 3 ist am Element 1 angeordnet. Bei Kenntnis der vorliegenden Erfindung lassen sich natürlich auch mehrere Multiplexhologramme 3 am ersten Element 1 anordnen, von denen jedes einen anderen Winkelbereich abdeckt. Beispielsweise deckt ein erstes Multiplexhologramm 3 einen Winkelbereich von 0 bis 1rad ab, ein zweites Multiplexhologramm 3 deckt einen Winkelbereich von 1 bis 2rad ab, ein drittes Multiplexhologramm 3 deckt einen Winkelbereich von 2 bis 3rad ab, usw..

Für das Bereitstellen eines solchen winkelaufgelösten Multiplexhologramms 3 wird von jedem Objekt 41, 41', 41'' ein entsprechender Einfallswinkel 32, 32', 32'' von einem Winkel-aufnehmer 5 erfasst. In einer ersten Variante des Verfahrens

wird ein Winkelsignal 52, 52', 52'' gebildet, das eine Paarung des Objekts 41, 41', 41'' und dessen Einfallswinkel 32, 32', 32'' umfasst. Das Winkelsignal 52, 52', 52'' kann auch weitere Informationen wie Höhe und Breite der Glockenkurve der Bragg-Intensität I von Intensitätsmustern 61, 61', 61'', usw. umfassen. Das Winkelsignal 52, 52', 52'' wird computerlesbar datengespeichert. In einer zweiten Variante des Verfahrens gibt ein Informationsgehalt des Objekts 41, 41', 41'' den Einfallswinkel 32, 32', 32'' an.

Figur 2 zeigt das Rekonstruieren eines Intensitätsmusters 61, 61', 61''. Dazu wird ein Multiplexhologramm 3 mit Referenzlichtwelle 400 beleuchtet und eine vom Interferenzmuster 31, 31', 31'' gebeugte Referenzlichtwelle 400' wird von einem Lichtdetektor 6 als Intensitätsmuster 61, 61', 61'' erfasst. Das Rekonstruieren des Intensitätsmuster 61, 61', 61'' erfolgt in Funktion des Einfallswinkels 32, 32', 32'', d.h. der Lichtdetektor 6 muss unter dem Einfallswinkel 32, 32', 32'' eines Interferenzmusters 31, 31', 31'' zum Multiplexhologramm 3 angeordnet sein, um ein Intensitätsmuster 61, 61', 61'' zu erfassen.

Die Lichtquelle 4 kann kontinuierlich oder gepulst betrieben werden. Bei einem Pulsbetrieb kann eine Pulsweitenmodulation zur Übertragung von mindestens einer Zusatzinformation erfolgen. Die Lichtquelle 4 überträgt mit dem Beleuchten des Multiplexhologramms 3 mit Referenzlichtwelle 400 eine Zusatzinformation wie der Typ des Multiplexhologramms 3, die Version der Interferenzmuster 31, 31', 31'', ein Winkelsignal 52, 52', 52'', eine Umgebungstemperatur, usw. zum Lichtdetektor 6, was das Verfahren noch eindeutiger und robust macht. Die Lichtquelle 4 weist vorteilhafterweise ein breites Band von Wellenlängen von Lichtwellen auf, von denen das Multiplexhologramm 3 zumindest eine Wellenlänge einer Referenzlichtwelle

400 mit hohem Wirkungsgrad beugt. Bei Volumenhologrammen kann Weißlicht verwendet werden.

Der Lichtdetektor 6 weist mindestens einen Sensor 60, 60' wie einen Charge-Coupled Device (CCD) Sensor oder einen Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS) Sensor auf. Der
5 Lichtdetektor 6 erfasst das Intensitätsmuster 61, 61', 61'' in einer Detektorebene. Der Lichtdetektor 6 erfasst mindestens die Wellenlänge der gebeugten Referenzlichtquelle 400' und bildet das Intensitätsmuster 61, 61', 61''. Der Lichtde-
10 tektor 6 kann Filter aufweisen, um das Intensitätsmuster 61, 61', 61'' bei Verwendung von mehreren Wellenlängen der Lichtquelle 4 in eindeutiger Weise zu bilden. Der Lichtdetektor 6 erfasst die gebeugte Referenzlichtwelle 400' aufgrund der durch die Bragg'schen Gleichung vorgegebenen Winkelauflösung
15 des Multiplexhologramms 3 mit unterschiedlicher Bragg-Intensität I über einen kleinen Winkelbereich des Einfallswinkels 32, 32', 32''. D.h. der Lichtdetektor 6 kann die erfasste Bragg-Intensität I innerhalb eines Winkelbereichs beispielsweise durch Aufsummieren der erfassten Photonen je
20 Pixel des Sensors 60 messen. Die Bragg-Intensität I hat etwa die Form einer Glockenkurve, im Zentrum des Winkelbereichs ist die erfasste Bragg-Intensität I der gebeugten Referenzlichtwelle 400' maximal.

Die Figuren 3 bis 6 zeigen vier beispielhafte Ausführungsformen von Intensitätsmustern 61, 61', 61'', die weitgehend
25 identisch sind mit den ihnen zugrunde liegenden Objekt 41, 41', 41''. Dabei handelt es sich um an sich bekannte optoelektronisch lesbare Balkencodes.

Figur 3 zeigt ein Intensitätsmuster 61, 61', 61'' in der
30 Ausführungsform eines zweidimensionalen Codablock F-Codes mit mehreren Zeilen von eindimensionalen Strichcodes. Der Coda-

block F-Codes ist gemäß der Norm ISO/IEC 15417 der Internationalen Organisation für Normung (ISO) normiert und kann zwei bis 44 Zeilen aufweisen. Pro Codablock F-Code lassen sich bis zu 1KByte kodieren.

5 Figur 4 zeigt ein Intensitätsmuster 61, 61', 61'' in der Ausführungsform eines zweidimensionalen DataMatrix-Codes mit einer quadratischen oder rechteckigen Fläche als Muster von quadratischen oder runden Symbolelementen. Der DataMatrix-Code ist gemäß der Norm ISO/IEC 16022 normiert. Pro Data-
10 Matrix-Code lassen sich mehr als 1KByte kodieren.

Figur 5 zeigt ein Intensitätsmuster 61, 61', 61'' in der Ausführungsform eines zweidimensionalen MaxiCodes mit sechseckigen Symbolelementen und einem zentralen Suchmuster in Form von drei konzentrischen Kreisen. Das Suchmuster ist gut
15 sichtbar und ermöglicht eine eindeutige Zentrierung des Lichtdetektors 6 und eine Korrektur von Verzerrungen im erfassten Intensitätsmuster. Der MaxiCode hat einen geringen Informationsgehalt von rund 50Byte. Durch das Suchmuster ist der MaxiCode aber sehr schnell und zuverlässig zu lesen.

20 Figur 6 zeigt ein Intensitätsmuster 61, 61', 61'' in der Ausführungsform eines zweidimensionalen QuickResponse-Codes mit einer quadratischen Matrix mit quadratischen Symbolelementen. Der QuickResponse-Code ist gemäß der Norm ISO/IEC 18004:2006 normiert. Er weist Synchronisationmarkierungen in
25 den Ecken der Matrix auf, die eine eindeutige Orientierung des Intensitätsmusters ermöglichen, so dass Anfang und Ende des QuickResponse-Codes eindeutig feststellbar sind. Der Informationsgehalt des QuickResponse-Codes ist sehr hoch und beträgt knapp 3KByte.

30 Bei Kenntnis der vorliegenden Erfindung lassen sich andere,

nicht dargestellte Intensitätsmuster verwenden. So lassen sich nicht nur Intensitätsmuster mit schwarzen und weißen Symbolelementen verwenden, sondern es lassen sich auch Symbolelemente mit acht, sechzehn, und mehr verschiedenen Graustufen verwenden, was den Informationsgehalt der Intensitätsmuster weiter erhöht. Auch kann der Fachmann Intensitätsmuster mit unterschiedlich großen Symbolelementen verwenden, so dass größere Symbolelemente eines Intensitätsmusters aus großer Entfernung von mehreren hundert Metern eindeutig erfassbar sind, während kleinere Symbolelemente des Intensitätsmusters aus kleiner Entfernung von weniger als fünfzig Metern eindeutig erfassbar sind.

Fig. 7 zeigt eine Datenkommunikation zwischen einem Winkel-
aufnehmer 5 mit einer Auswerteeinheit 7 und/oder zwischen
einem Lichtdetektor 6 und einer Auswerteeinheit 7. In einer
ersten Variante des Verfahrens übermittelt der Winkel-
aufnehmer 5 Winkelsignale 52, 52', 52'' an die Auswerteeinheit 7,
und der Lichtdetektor 6 übermittelt Intensitätsmuster 61,
61', 61'' an die Auswerteeinheit 7. Beispielsweise werden die
Winkelsignale 52, 52', 52'' einmalig zu Beginn des Verfahrens
an die Auswerteeinheit 7 übermittelt. In einer zweiten Vari-
ante des Verfahrens übermittelt nur der Lichtdetektor 6
Intensitätsmuster 61, 61', 61'' an die Auswerteeinheit 7.
Beispielsweise werden die augenblicklich, in Echtzeit erfass-
ten Intensitätsmuster 61, 61', 61'' an die Auswerteeinheit 7
übermittelt.

Die Datenkommunikation ist bidirektional und kann kabel-
gestützt oder funkgestützt erfolgen. Bei kabelgestützter oder
funkgestützter Datenkommunikation wird ein Protokoll wie das
Transmission Control Protocol/Internet-Protokoll (TCP/IP)
verwendet. Kabelgestützte Datenkommunikation erfolgt über
einen Datenbus wie Ethernet, USB, usw.. Funkgestützte Daten-

kommunikation erfolgt über ein Funknetz wie Enhanced Data Rate for GSM Evolution (EDGE), Asymmetric Digital Subscriber Line (ADSL), Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) 802.11, usw.. Sowohl der Winkelaufnehmer 5, der Lichtdetektor 6 als auch die Auswerteeinheit 7 weisen entsprechende Schnittstellen für die Datenkommunikation auf. Bei Kenntnis der vorliegenden Erfindung kann der Fachmann auch den Lichtdetektor mit im Gehäuse integrierter Auswerteeinheit als eine einzige Einheit ausführen.

Die Auswerteeinheit 7 weist einen Mikroprozessor und einen computerlesbaren Datenspeicher auf. Das Computerprogramm-Mittel wird aus dem computerlesbaren Datenspeicher der Auswerteeinheit 7 in den Mikroprozessor der Auswerteeinheit 7 geladen und ausgeführt. Die Auswerteeinheit 7 kann ein ortsfester Computer wie ein Personalcomputer (PC) oder ein mobiler Computer wie ein Laptop, Smartphone, usw. sein.

In der ersten Variante des Verfahrens ordnet das Computerprogramm-Mittel jedem übermittelten Intensitätsmuster 61, 61', 61'' ein entsprechendes Winkelsignal 52, 52', 52'' zu. Dazu vergleicht das Computerprogramm-Mittel den Balkencode eines Intensitätsmusters 61, 61', 61'' mit denjenigen der Objekte 41, 41', 41'' gemäß der Winkelsignale 52, 52', 52''. Bei Übereinstimmen des Balkencodes eines Intensitätsmusters 61, 61', 61'' mit demjenigen eines Objekts 41, 41', 41'' wird dem Intensitätsmuster 61, 61', 61'' der Einfallswinkel 32, 32', 32'' des Objekt 41, 41', 41'' gemäß Winkelsignal 52, 52', 52'' zugeordnet.

In der zweiten Variante des Verfahrens liest das Computerprogramm-Mittel den Informationsgehalt des zweidimensionalen Balkencodes aus, welcher Informationsgehalt den Einfallswinkel 32, 32', 32'' angibt. Dem Intensitätsmuster 61, 61', 61''

wird dieser ausgelesene Einfallswinkel 32 , $32'$, $32''$ zugeordnet.

Zum Durchführen des Verfahrens wird ein Multiplexhologramm 3 an einem ersten Element 1 angeordnet und der Lichtdetektor 6 wird an einem zweiten Element 2 angeordnet. Die an sich beliebig gestalteten Elemente 1 , 2 sind räumlich voneinander entfernt, sie können weniger als einen Meter oder mehrere hundert Meter voneinander entfernt sein. Praktischerweise wird das Multiplexhologramm 3 außen am ersten Element 1 oder innen im ersten Element 1 angebracht, derart dass die Hologrammebene 30 des planaren Speichermaterials in einer bekannten festen räumlichen Beziehung zu einer ersten Elementebene 10 des ersten Elements 1 ausgerichtet ist. In entsprechender Weise wird der Lichtdetektor 6 außen am zweiten Element 2 angebracht, derart dass eine Detektorebene des Lichtdetektors 6 in einer bekannten festen räumlichen Beziehung zu einer zweiten Elementebene 20 des zweiten Elements 2 ausgerichtet ist. Der Lichtdetektor 6 selber kann auch das zweite Element 2 bilden. Ein an einem ersten Element 1 angeordnetes Multiplexhologramm 3 kann von mehreren an zweiten Elementen 2 angeordneten Lichtdetektoren 6 erfasst werden, derart, dass für jedes zweite Element 2 ein Winkel zwischen der ersten Elementebene 10 und der zweiten Elementebene 20 berechnet wird. Dies kann unabhängig voneinander und zeitversetzt oder auch zeitgleich erfolgen.

Figur 8 zeigt ein Flussdiagramm des Verfahrens zum Messen eines Winkels zwischen zwei räumlich voneinander entfernten Elementen 1 , 2 , mit den Schritten: a) Bereitstellen eines Multiplexhologramms 3 mit mehreren in einer Hologrammebene 30 angeordneten Interferenzmustern 31 , $31'$, $31''$, mindestens zwei Interferenzmuster 31 , $31'$, $31''$ weisen unterschiedliche Einfallswinkel 32 , $32'$, $32''$ einer Objektlichtwelle 401 auf

- 16 -

die Hologrammebene 30 auf, die Einfallswinkel $32, 32', 32''$ der Interferenzmuster $31, 31', 31''$ sind computerlesbar datengespeichert; b) Anordnen des Multiplexhologramms 3 in einer ersten Elementebene 10 an einem ersten Element 1; c) 5 Beleuchten des Multiplexhologramms 3 mit einer Referenzlichtwelle 400; d) Anordnen eines Lichtdetektors 6 in einer zweiten Elementebene 20 an einem zweiten Element 2; e) Erfassen einer an einem Interferenzmuster $31, 31', 31''$ gebeugten Referenzlichtwelle 400' mit dem Lichtdetektor 6; f) 10 Bilden eines Intensitätsmusters $61, 61', 61''$ aus der erfassten gebeugten Referenzlichtwelle 400'; g) Zuordnen des computerlesbar datengespeicherten Einfallswinkels $32, 32', 32''$ zum Intensitätsmuster $61, 61', 61''$; und h) Berechnen eines Winkels zwischen der ersten Elementebene 10 und der zweiten 15 Elementebene 20 aus dem zugeordneten Einfallswinkel $32, 32', 32''$.

Die Figuren 9 bis 12 zeigen vier beispielhafte Ausführungsformen eines Systems zum Durchführen des Verfahrens. Das System umfasst das Multiplexhologramm 3, die Lichtquelle 4, 20 den Lichtdetektor 6 und die Auswerteeinrichtung 7. Das Multiplexhologramm 3 ist am ersten Element 1 angeordnet, die Hologrammebene 30 ist kongruent zur ersten Elementebene 10. Der Lichtdetektor 6 ist am zweiten Element 2 angeordnet, die Detektorebene ist kongruent zur zweiten Elementebene 20. 25 Koordinaten der zweiten Elementebene 20 werden in einem Bezugskoordinatensystem K wie einem Polarkoordinatensystem, einem Kugelkoordinatensystem oder einem orthogonalen Koordinatensystem angegeben. Eine Azimutwinkel-Koordinate θ und/oder eine Polarwinkel-Koordinate φ des Winkels zwischen 30 den Elementen 1, 2 wird gemessen. Das Bezugskoordinatensystem K kann ein relatives oder absolutes Koordinatensystem sein. Dem Intensitätsmuster $61, 61', 61''$ wird ein Einfallswinkel

32, 32', 32'' zugeordnet. Die Koordinaten des zugeordneten Einfallswinkels 32, 32', 32'' sind ebenfalls im Bezugskoordinatensystem K angegeben. Im Schritt h) wird der Winkel zwischen der ersten Elementebene 10 und der zweiten Elementebene 20 aus der Differenz der Koordinaten der zweiten Elementebene 20 und der Koordinaten des zugeordneten Einfallswinkels 32, 32', 32'' berechnet. Die Azimutwinkel-Koordinate θ und die Polarwinkel-Koordinate φ des Winkels können gleichzeitig gemessen werden.

Bei Kenntnis der vorliegenden Erfindung kann der Fachmann das Multiplexhologramm 3 unter einem beliebigen, bekannten Anordnungswinkel am ersten Element 1 anordnen; die Kongruenz der Hologrammebene 30 zur ersten Elementebene 10 ist somit nicht zwingend. In gleicher Weise kann der Fachmann den Lichtdetektor 6 unter einem beliebigen, bekannten Anordnungswinkel am zweiten Element 2 anordnen; auch die Kongruenz der Detektorebene zur zweiten Elementebene 20 ist nicht zwingend.

Die Figuren 9 bis 12 zeigt ein Multiplexhologramm 3 in der Ausführungsform eines Reflexionshologramms, das die gebeugte Referenzlichtwelle 400' reflektiert. Das Multiplexhologramm 3, die Lichtquelle 4 und der Lichtdetektor 6 bilden Bestandteile eines Systems. Nach Figur 9 sind prinzipiell alle diese Bestandteile des Systems räumlich variabel zum Bezugskoordinatensystem platzierbar und ausrichtbar, was durch einen mit v (=variabel) bezeichneten gebogenen Pfeil dargestellt ist. Unter dem Begriff platzierbar wird eine beliebige räumliche Platzierung des Bestandteils des Systems im Bezugskoordinatensystem verstanden. Unter dem Begriff ausrichtbar wird eine beliebige Ausrichtung des Bestandteils des Systems im Bezugskoordinatensystem verstanden. Konkret ist jedoch immer eines dieser Bestandteile des Systems variabel angeordnet und zwei dieser Bestandteile des Systems sind ortsfest und mit fester

Ausrichtung relativ zueinander angeordnet. Dies ist die grundlegende Ausführungsform der Erfindung. Dieses räumlich variable Ausrichten und Platzierung wird durch den Winkelumfang des Multiplexhologramms 3 begrenzt.

5 Nach Figur 10 sind die Lichtquelle 4 und das Multiplexhologramm 3 ortsfest angeordnet, was durch einen mit f (=fest) bezeichneten T-Träger dargestellt ist. Der Lichtdetektor 6 ist räumlich variabel platzierbar und ausrichtbar, wie mit dem Pfeil v dargestellt. Die Lichtquelle 4 beleuchtet das
10 Multiplexhologramm 3 unter einem konstanten Referenzlichtwinkel.

Nach Figur 11 sind die Lichtquelle 4 und der Laserdetektor 6 mechanisch miteinander verbunden und ortsfest angeordnet, was durch eine mit f bezeichnete Linie dargestellt ist. Nur das
15 Multiplexhologramm 3 ist räumlich variabel platzierbar und ausrichtbar, wie mit dem Pfeil v dargestellt. Die Lichtquelle 4 beleuchtet das Multiplexhologramm 3 unter einem konstanten Referenzlichtwinkel, der Lichtdetektor 6 erfasst die gebeugte Referenzlichtwelle 400' unter einem variablen Lichtdetektor-
20 winkel, da das Multiplexhologramm 3 räumlich variabel platzierbar und ausrichtbar ist.

Figur 12 zeigt ein Multiplexhologramm 3 in der Ausführungsform eines Transmissionshologramms, das die gebeugte Referenzlichtwelle 400' transmittiert. Nach Figur 12 ist der
25 Lichtdetektor 6 ortsfest angeordnet, was durch einen mit f bezeichneten T-Träger dargestellt ist. Die Lichtquelle 4 ist mechanisch mit dem Multiplexhologramm 3 verbunden, was durch eine mit f bezeichnete Linie dargestellt ist. Somit sind Lichtquelle 4 und Multiplexhologramm 3 gemeinsam räumlich
30 variabel platzierbar und ausrichtbar, wie mit dem Pfeil v dargestellt. Die Lichtquelle 4 beleuchtet das Multiplexhologramm

gramm 3 unter einem konstanten Referenzlichtwinkel.

Nach Figur 13 wird im Schritt e) eine gebeugte Referenzlichtwelle 400' im Bezugskoordinatensystem K vom Lichtdetektor 6 in Funktion der Azimutwinkel-Koordinate θ erfasst und ein
5 Intensitätsmusters 61 in der Ausführungsform eines Balkencodes erfasst. Ein Abweichen der räumlichen Ausrichtung des zweidimensionalen Balkencodes zum Bezugskoordinatensystem K wird als Rollwinkel φ' des Lichtdetektors 6 gemessen. Der Rollwinkel ist ein Verkappen der Detektorebene des Lichtde-
10 tektors 6 bezüglich der zweiten Elementebene 20. Der Rollwinkel φ' ist weiterer Freiheitsgrad beim Messen des Winkels zwischen den zwei Elementen 1, 2.

Beim Vergleich des Intensitätsmusters 61, 61', 61'' mit dem Objekt 41, 41', 41'' kann eine Verzerrung des Intensitätsmusters 61, 61', 61'' festgestellt werden, beispielsweise wenn
15 ein Intensitätsmuster 61, 61', 61'' in der Ausführungsform eines MaxiCodes nach Figur 5 ein elliptisch verzerrtes Suchmuster aufweist, während der entsprechende MaxiCode des Objekts 41, 41', 41'' ein kreisförmiges Suchmuster hat.
20 Bereits aus der Größe und der Richtung einer solchen Verzerrung kann sehr rasch ein Winkel zwischen dem ersten Element 1 und dem zweiten Element 2 gemessen werden, ohne dass dem Intensitätsmuster 61, 61', 61'' ein Einfallswinkels 32, 32', 32'' zugeordnet werden muss. Natürlich kann das Suchmuster
25 auch anders geformt verzerrt sein, so kann die Verzerrung quadratisch, trapezförmig, usw. sein.

Die Figuren 14 bis 17 zeigen mehrere Ausführungsformen des Erfassens einer gebeugten Referenzlichtwelle 400' mit dem Lichtdetektor 6 und des Bildens des Intensitätsmusters 61,
30 61', 61''. Der Lichtdetektor 6 kann die erfasste Bragg-Intensität I innerhalb eines Winkelbereichs beispielsweise

durch Aufsummieren der erfassten Photonen je Pixel des Sensors 60 messen. Die Bragg-Intensität I variiert über den Winkelabstand eines Intensitätsmusters 61, 61', 61'' und hat etwa die Form einer Glockenkurve, im Zentrum des Winkelbereichs ist die erfasste Bragg-Intensität I der gebeugten Referenzlichtwelle 400' maximal. Höhe und Breite der Glockenkurve der Bragg-Intensität I der aus der erfassten gebeugten Referenzlichtwelle 400' gebildeten Intensitätsmuster 61, 61', 61'' sind bestimmbar und somit im Voraus bekannt und computerlesbar datengespeichert. Die Variation der erfassten Bragg-Intensität I mit dem Erfassungswinkel kann zu einer genaueren Bestimmung der Winkelauflösung der Intensitätsmusters 61, 61', 61'' genutzt werden. Bei Kenntnis der Variation der Bragg-Intensität I in Abhängigkeit des Erfassungswinkels wird ein Winkel des aus der erfassten gebeugten Referenzlichtwelle 400' gebildeten Intensitätsmusters 61, 61', 61'' mit einer höheren Winkelauflösung als ein Winkelabstand der Intensitätsmuster 61, 61', 61'' bestimmt.

Der Einfallswinkel 32, 32', 32'' kann in Funktion der Höhe und Breite der Glockenkurve der Bragg-Intensität I mit einer feinen Winkelauflösung zum Intensitätsmuster 61, 61', 61'' zugeordnet werden. Diese feine Winkelauflösung des Systems kann so um etwa den Faktor Zehn erhöht werden. Das Intensitätsmuster 61, 61', 61'' wird computerlesbar datengespeichert.

Nach Figur 14 weist das Intensitätsmuster 61 einen Graukeil 63 auf, der je nach Azimutwinkel-Koordinate θ mit unterschiedlicher Bragg-Intensität I erfasst wird. Der Lichtdetektor 6 misst die erfasste Bragg-Intensität I des Graukeils 63 bei verschiedenen Positionen P im Intensitätsmuster 61 und vergleicht die gemessene Bragg-Intensität I des Graukeils 63 mit einem vordefiniertem Schwellenwert 63'. Die Position im

Intensitätsmuster, an dem der Graukeil 63 den Schwellenwert 63' überschreitet, ist proportional zur Bragg-Intensität I und gibt damit eine Information über die Abweichung des Winkels von dem Winkel mit maximaler Bragg-Intensität I.

5 Nach den Figuren 15 bis 17 wird eine gebeugte Referenzlichtwelle 400' im Bezugskoordinatensystem K in Funktion der Azimutwinkel-Koordinate θ erfasst. Über einen kleinen Winkelbereich ist die erfasste Bragg-Intensität I der gebeugten Referenzlichtwelle 400' veränderlich, im Zentrum des Winkelbereichs ist sie maximal, was in den Figuren 15 bis 17 durch
10 eine Intensitätskurve dargestellt ist.

Nach Figur 15 ist ein aus der erfassten gebeugten Referenzlichtwelle 400' Intensitätsmuster 61 in der Ausführungsform eines Balkencodes im Zentrum des Winkelbereichs am intensivsten, was durch einen dunklen Balkencode im Zentrum des Winkelbereichs dargestellt ist, zwei Balkencodes außerhalb des
15 Zentrums sind vergleichsweise heller dargestellt.

Nach Figur 16 weist das Multiplexhologramm 3 eine Anordnung von Interferenzmustern 31, 31', 31'' nach Figur 1 auf. Für
20 unterschiedliche Azimutwinkel-Koordinaten θ werden verschiedene Intensitätsmuster 61, 61' erfasst. Bei maximaler Bragg-Intensität I wird nur ein einziges Intensitätsmuster 61, 61' abgebildet. Im Übergang zwischen zwei Intensitätsmustern 61, 61' von aneinandergrenzenden Azimutwinkel-Koordinaten θ ist
25 die Bragg-Intensität I der gebeugten Referenzlichtwelle 400' geringer und zwei Intensitätsmuster 61, 61' werden abgebildet.

Nach Figur 17 erfasst ein Lichtdetektor 6 mit zwei Sensoren 60, 60' die gebeugte Referenzlichtwelle 400'. Die beiden
30 Sensoren 60, 60' des Lichtdetektors 6 sind weitgehend bau-

gleich und stehen in einem bekannten festen räumlichen Inter-
sensorabstand zueinander. Beispielsweise sind die beiden
Sensoren 60, 60' im Intersensorabstand von $1/3$ des Winkelbe-
reichs der Bragg-intensive Winkelauflösung des Multiplexholo-
gramms 3 zueinander angeordnet.

Das aus gebeugten Referenzlichtwelle 400' Intensitätsmuster
61 in der Ausführungsform eines Balkencodes ist im Zentrum
des Winkelbereichs am intensivsten und außerhalb des Zentrums
vergleichsweise heller dargestellt. Der Unterschied in der
ermittelten Helligkeit kann zur Ermittlung des Winkels mit
höherer Genauigkeit genutzt werden.

Es ist auch denkbar, dass der Abstand größer ist als der
Winkelbereich der Bragg-Winkelauflösung. In diesem Fall
empfangen beide Detektoren unterschiedliche Intensitätsmus-
ter, welche unterschiedlichen Winkeln bezüglich des Multip-
lexhologramms 3 entsprechen. Gemäß der aus der Geodäsie
bekannten Triangulation lässt sich aus dem Einfallswinkel $32,$
 $32', 32''$ und dem Intersensorabstand in einfacher Weise eine
Distanz zwischen dem ersten Element 1 und dem zweiten Element
2 berechnen.

Das System lässt sich mit einer bestehenden Vorrichtung zur
Elektronischen Distanzmessung (EDM) kombinieren, bei der
mittels Laufzeitmessung oder Phasenverschiebung von elektro-
magnetischen oder akustischen Wellen eine Distanz zwischen
dem ersten Element 1 und dem zweiten Element 2 gemessen wird.
Die Genauigkeit der EDM liegt bei geodätischen Distanzen im
mm-Bereich.

Das System lässt sich aber auch mit weiteren bestehenden
Vorrichtungen kombinieren. Beispielsweise wird mindestens ein
Multiplexhologramm 3 an einer mobilen Tastvorrichtung ange-

bracht. Das erste Element 1 ist als mobile Tastvorrichtung ausgeführt.

- 5 - In einer ersten Ausführungsform weist eine handgehaltene Tastvorrichtung eine Tastspitze zum oberflächlichen Berühren eines abzutastenden Objekts auf. Die Tastspitze wird an mehreren Oberflächen des Objekts aufgesetzt und je nach Form der Oberflächen des Objekts ändert sich die räumliche Ausrichtung der Tastspitze. Tastspitze und Multiplexhologramm 3 stehen in einer starren Beziehung zueinander.
10
- In einer zweiten Ausführungsform weist die Tastvorrichtung einen handgeführten Laserscanner zum berührungslosen Abscannen eines Objekts auf. Vom Laserscanner erzeugtes Laserlicht wird von Oberflächen des Objekts reflektiert und von einem CCD Sensor des Laserscanners
15 erfasst. Die Berechnung der Distanz zwischen den Oberflächen des Objekts und der Tastvorrichtung erfolgt mittels Triangulation. Beim Abscannen kann der Laserscanner seine räumliche Ausrichtung ändern. Laserscanner und Multiplexhologramm 3 stehen in einer starren Beziehung
20 zueinander.
- In einer weiteren Ausführungsform weist die Tastvorrichtung ein Befestigungsmittel zum Befestigen an einem Objekt auf. Je nach räumlicher Ausrichtung des Objekts,
25 ändert die räumliche Ausrichtung des Befestigungsmittels. Befestigungsmittel und Multiplexhologramm 3 stehen in einer starren Beziehung zueinander.

Die sich ändernde räumliche Ausrichtung des Multiplexhologramms 3 der mobilen Tastvorrichtung wird vom zweiten Element
30 2 erfasst, indem das Multiplexhologramm 3 mit Referenzlichtwelle 400' beleuchtet wird und der Lichtdetektor 6 die am Interferenzmuster 31, 31', 31'' gebeugte Referenzlichtwelle 400' erfasst und ein Intensitätsmuster 61, 61', 61'' abbil-

det. Durch Zuordnen eines Einfallswinkels 32 , $32'$, $32''$ zum Intensitätsmuster 61 , $61'$, $61''$ lässt sich der Winkel zwischen der ersten Elementebene 10 und der zweiten Elementebene 20 berechnen.

5 Das Multiplexhologramm 3 der Tastvorrichtung kann plan oder gebogen sein. Mehrere Multiplexhologramme 3 , vier, sechs, acht, zehn oder noch mehr Multiplexhologramme 3 können an der Tastvorrichtung angebracht sein, um ein Beleuchten eines Multiplexhologramms 3 und Erfassen von gebeugter Referenzlichtwelle $400'$ von möglichst vielen unterschiedlichen räumlichen Ausrichtungen der Tastvorrichtung zu ermöglichen. Bei Kenntnis der vorliegenden Erfindung kann das Multiplexhologramme 3 natürlich auch an anderen mobilen dreidimensionalen Messinstrumenten wie einem CognitensTM OptiGo, CognitensTM OptiCell, CognitensTM WLS400, usw. angebracht werden.

Beispielsweise wird mindestens ein Multiplexhologramm 3 an einer Baumaschine wie einem Bagger, einem Lader, einer Raupe, einem Grader, usw. angebracht. Das erste Element 1 ist als Baumaschine ausgeführt. Bei Kenntnis der vorliegenden Erfindung kann der Fachmann das Multiplexhologramm 3 auch an einem Bestandteil einer Baumaschine, wie einem Gelenk, einem Werkzeug, usw. anbringen.

Beispielsweise wird mindestens ein Multiplexhologramm 3 ortsfest an einem statischen Objekt wie einer Wand, einem Mast, Vermessungsstab, usw. angebracht. Das erste Element 1 ist als statisches Objekt ausgeführt. Mit mehreren im Raum koordiniert an statischen Objekten angebrachten Multiplexhologrammen 3 erfolgt eine Standortbestimmung des zweiten Elements 2 mittels Rückwärtseinschneiden. Das zweite Element 2 ist eine mobile Messvorrichtung wie ein Scanner, Tracker, Rotationslaser, Totalstation, usw.. Auch das Multiplexhologramm 3 des statischen Objekts kann plan oder gebogen sein;

so kann es den Umfang einer äußeren Mantelfläche eines Vermessungsstabs in Teilen oder vollständig umfassen. Das Multiplexhologramm 3 des statischen Objekts kann im Freien und in geschlossenen Räumen sowohl bei erdgebundener Vermessung als auch bei luftgestützter Vermessung verwendet werden. Das Multiplexhologramm 3 kann direkt oder über Prismen indirekt angezielt werden, um einen versteckten Zielpunkt zu vermessen.

Beispielsweise wird ein System mit mindestens einem Multiplexhologramm 3, einer Lichtquelle 4, einem Lichtdetektor 6 und einer Auswerteeinheit 7 als Winkelencoder verwendet. Das Multiplexhologramm 3 ist an einem ersten Element 1 in der Ausführung eines dynamischen Objektes wie einem Gelenk, artikulierten Arm, Roboterarm, usw. angebracht. Das Multiplexhologramm 3 kann plan oder gebogen sein.

Beispielsweise wird mindestens ein Multiplexhologramm 3 an einer Koordinatenmessmaschine angebracht. Das erste Element 1 ist als Koordinatenmessmaschine ausgeführt. Mindestens eine Kamera wie eine Einzelkamera oder eine Stereokamera überwacht das Multiplexhologramm 3. Die Kamera entspricht dem zweiten Element 2. Die sich ändernde räumliche Ausrichtung des Multiplexhologramms 3 der Tastvorrichtung wird vom zweiten Element 2 erfasst, indem das Multiplexhologramm 3 mit Referenzlichtwelle 400' beleuchtet wird und der Lichtdetektor 6 die am Interferenzmuster 31, 31', 31'' gebeugte Referenzlichtwelle 400' erfasst und ein Intensitätsmuster 61, 61', 61'' gebildet. Dem Intensitätsmuster 61, 61', 61'' wird ein Einfallswinkel 32, 32', 32'' zugeordnet. Die Koordinatenmessmaschine lässt sich kurzfristig oder langfristig überwachen. Bei einer kurzfristigen Überwachung werden über sich ändernde Einfallswinkel 32, 32', 32'' Deformationen im Betrieb der Koordinatenmessmaschine ermittelt, so lassen sich durch die

Anfahrdynamik verursachte Deformationen in Echtzeit ermitteln und eliminieren. Bei einer langfristigen Überwachung wird über sich ändernde Einfallswinkel 32 , $32'$, $32''$ Materialermüdung im Betrieb der Koordinatenmessmaschine ermittelt.

- 5 Beispielsweise wird mindestens ein Multiplexhologramm 3 an einem Referenzobjekt einer Koordinatenmessmaschine angebracht. Das Kalibrierobjekt kann ein Referenzelement, ein Messtisch, usw. sein. Das erste Element 1 ist als Kalibrierobjekt ausgeführt. Zum Kalibrieren der Koordinatenmessma-
- 10 ne wird die räumliche Ausrichtung des Multiplexhologramms 3 vom zweiten Element 2 erfasst, indem das Multiplexhologramm 3 mit der Referenzlichtwelle $400'$ beleuchtet wird und der Lichtdetektor 6 die am Interferenzmuster 31 , $31'$, $31''$ gebeugte Referenzlichtwelle $400'$ erfasst und ein Intensitäts-
- 15 muster 61 , $61'$, $61''$ gebildet. Dem Intensitätsmuster 61 , $61'$, $61''$ wird mindestens ein Einfallswinkel 32 , $32'$, $32''$ zugeordnet. Das zweite Element 2 wird derart in eine Kalibrierposition bewegt, bis der zugeordnete Einfallswinkel 32 , $32'$, $32''$ einer vordefinierten Kalibrierwinkel entspricht.
- 20 Es versteht sich, dass diese dargestellten Figuren nur mögliche Ausführungsformen schematisch darstellen. Die verschiedenen Ansätze können ebenso miteinander sowie mit Verfahren und Geräten des Standes der Technik kombiniert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Messen eines Winkels zwischen zwei räumlich voneinander entfernten Elementen (1, 2), mit einem:
 - .Bereitstellen eines Multiplexhologramms (3) mit mehreren
5 Interferenzmustern (31, 31', 31''), mindestens zwei Interferenzmuster (31, 31', 31'') weisen unterschiedliche Einfallswinkel (32, 32', 32'') einer Objektlichtwelle (401) auf eine Hologrammebene (30) auf, die Einfallswinkel (32, 32', 32'') sind computerlesbar datengespeichert;
10 .Anordnen des Multiplexhologramms (3) in einer ersten Elementebene (10) an einem ersten Element (1);
.Beleuchten des Multiplexhologramms (3) mit einer Referenzlichtwelle (400);
15 .Anordnen eines Lichtdetektors (6) in einer zweiten Elementebene (20) an einem zweiten Element (2);
.Erfassen einer an einem Interferenzmuster (31, 31', 31'') gebeugten Referenzlichtwelle (400') mit dem Lichtdetektor (6);
20 .Bilden eines Intensitätsmusters (61, 61', 61'') aus der erfassten gebeugten Referenzlichtwelle (400');
.Zuordnen des computerlesbar datengespeicherten Einfallswinkels (32, 32', 32'') zum Intensitätsmuster (61, 61', 61''); und
25 .Berechnen eines Winkels zwischen der ersten Elementebene (10) und der zweiten Elementebene (20) aus dem zugeordneten Einfallswinkel (32, 32', 32'').
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die unterschiedlichen Einfallswinkel (32, 32', 32'') untereinander einer diskreten, nicht-kontinuierlichen Verteilung unterliegen und in einer Einheit des Multiplexho-

logramms (3) eine diskrete Anzahl an unabhängigen Interferenzmustern (31, 31', 31'') überlagert ist, die sich einzeln auslesen lassen.

- 5 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Intensitätsmuster (61, 61', 61'') eine flächig ausgedehnte Anordnung einer Vielzahl von Formen ist, die eindeutig von der Restfläche unterscheidbar sind, wobei ein Intensitätsmuster (61, 61', 61'') einen maschinenlesbaren Informationsgehalt, insbesondere in Form eines Codes, aufweist.
- 10
4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Koordinaten der zweiten Elementebene (20) in einem Bezugskoordinatensystem (K) angegeben werden; dass Koordinaten des zugeordneten Einfallswinkels (32, 32', 32'') im Bezugskoordinatensystem (K) angegeben werden;
- 15
- und dass im Schritt h) der Winkel aus der Differenz der Koordinaten der zweiten Elementebene (20) und der Koordinaten des zugeordneten Einfallswinkels (32, 32', 32'') berechnet wird.
- 20
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Bezugskoordinatensystem (K) mit einer Azimutwinkel-Koordinate (θ) und einer Polarwinkel-Koordinate (φ) verwendet wird;
- 25
- und dass im Schritt h) die Azimutwinkel-Koordinate (θ) und die Polarwinkel-Koordinate (φ) des Winkels gleichzeitig gemessen werden.
- 30 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Winkelsignal (52, 52', 52'') computerlesbar datengespeichert wird, welches den

Einfallswinkel (32, 32', 32'') aufweist und welches ein Objekt (41, 41', 41'') aufweist;

dass im Schritt g) das Intensitätsmuster (61, 61', 61'') mit den computerlesbaren datengespeicherten Objekten (41, 41', 41'') verglichen wird; und

dass bei Übereinstimmen des Intensitätsmusters (61, 61', 61'') mit einem Objekt (41, 41', 41''), dem Intensitätsmuster (61, 61', 61'') der Einfallswinkel (32, 32', 32'') dieses Objekts (41, 41', 41'') zugeordnet wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Schritt c) mindestens eine der folgenden Zusatzinformationen:

- . ein Typ des Multiplexhologramms (3),
- . eine Version der Interferenzmuster (31, 31', 31''),
- . ein Winkelsignal (52, 52', 52'')

von der Lichtquelle (4) zum Lichtdetektor (6) übertragen wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Intensitätsmusters (61, 61', 61'') ein zweidimensionaler Balkencode verwendet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass im Schritt g) ein Informationsgehalt des zweidimensionalen Balkencodes ausgelesen wird, welcher Informationsgehalt den Einfallswinkel (32, 32', 32'') angibt; und dass dem Intensitätsmuster (61, 61', 61'') dieser ausgelesene Einfallswinkel (32, 32', 32'') zugeordnet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass im Schritt e) eine gebeugte Referenzlichtwelle (400') in

einem Bezugskoordinatensystem (K) erfasst wird;
dass ein Abweichen einer räumlichen Ausrichtung des zwei-
dimensionalen Balkencodes zum Bezugskoordinatensystem (K)
als Rollwinkel (φ') des Lichtdetektors (6) gemessen wird.

- 5 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, da-
durch gekennzeichnet, dass im Schritt c) das Multiplexho-
logramm (3) unter einem konstanten Referenzlichtwinkel
mit der Referenzlichtwelle (400) beleuchtet wird
und/oder dass im Schritt c) das Multiplexhologramm (3)
10 unter einem konstanten Referenzlichtwinkel von einer
ortsfesten Referenzlichtquelle (4) mit der Referenzlicht-
welle (400) beleuchtet wird.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, da-
durch gekennzeichnet, dass im Schritt e) die gebeugte Re-
15 ferenzlichtwelle (400') unter einem konstanten Lichtde-
tektorwinkel von einem ortsfesten Lichtdetektor (6)
erfasst wird.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, da-
durch gekennzeichnet, dass eine Bragg-Intensität (I) der
20 erfassten gebeugten Referenzlichtwelle (400') erfasst
wird;
und dass bei Kenntnis einer Variation der Bragg-
Intensität (I) in Abhängigkeit des Erfassungswinkels, ein
Winkel des aus der erfassten gebeugten Referenzlichtwelle
25 (400') gebildeten Intensitätsmusters (61, 61', 61'') mit
einer höheren Winkelauflösung als ein Winkelabstand der
Intensitätsmuster (61, 61', 61'') bestimmt wird.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, da-
durch gekennzeichnet, dass ein in der ersten Elementebene
30 (10) am ersten Element (1) angeordnetes Multiplexholo-

gramm (3) von mehreren, in zweiten Elementebenen (20) an zweiten Elementen (2) angeordneten Lichtdetektoren (6) erfasst wird; und

dass aus dem zugeordneten Einfallswinkel (32, 32', 32'') für jedes zweite Element (2) ein Winkel zwischen der ersten Elementebene (10) und der zweiten Elementebene (20) gemessen werden.

15. Verwendung eines Multiplexhologramms (3) zum Durchführen des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei das erste Element (1) als mindestens eine der folgenden Vorrichtungen ausgeführt ist:

- . eine mobile Tastvorrichtung,
- . eine Baumaschine,
- . ein statisches Objekt,
- . ein dynamisches Objekt,
- . eine Koordinatenmessmaschine,
- . eine Kalibrierobjekt einer Koordinatenmessmaschine.

16. System zum Durchführen des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14 geeignet ist, dadurch gekennzeichnet,

i) dass das System ein Multiplexhologramm (3) aufweist,
. mit mehreren Interferenzmustern (31, 31', 31'');

ii) dass mindestens zwei Interferenzmuster (31, 31', 31'') des Multiplexhologramms (3) unterschiedliche Einfallswinkel (32, 32', 32'') einer Objektlichtwelle (401) auf eine Hologrammebene (30) aufweisen;

. welche Einfallswinkel (32, 32', 32'') computerlesbar datengespeichert sind;

iii) dass das Multiplexhologramm (3) in einer ersten Elementebene (10) an einem ersten Element (1) angeordnet ist;

iv) dass das System eine Lichtquelle (4) aufweist,

- 32 -

- . die das Multiplexhologramm (3) mit einer Referenzlichtwelle (400) beleuchtet;
 - v) dass das System einen Lichtdetektor (6) aufweist,
 - . der in einer zweiten Elementebene (20) an einem zweiten Element (2) angeordnet ist;
 - . der eine an einem Interferenzmuster (31, 31', 31'') gebeugten Referenzlichtwelle (400') erfasst; und
 - . der ein Intensitätsmuster (61, 61', 61'') aus der erfassten gebeugten Referenzlichtwelle (400') bildet; und
 - vi) dass das System eine Auswerteeinheit (7) aufweist,
 - . die den computerlesbar datengespeicherten Einfallswinkel (32, 32', 32'') zum Intensitätsmuster (61, 61', 61'') zuordnet; und
 - . die einen Winkel zwischen der ersten Elementebene (10) und der zweiten Elementebene (20) aus dem zugeordneten Einfallswinkel (32, 32', 32'') berechnet.
17. Computerprogrammprodukt, umfassend ein Computerprogramm-Mittel, das geeignet ist das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14 dadurch zu implementieren, dass mindestens einer der Schritte g) und h) ausgeführt wird, wenn das Computerprogramm-Mittel in einen Mikroprozessor einer Auswerteeinheit (7) geladen wird.

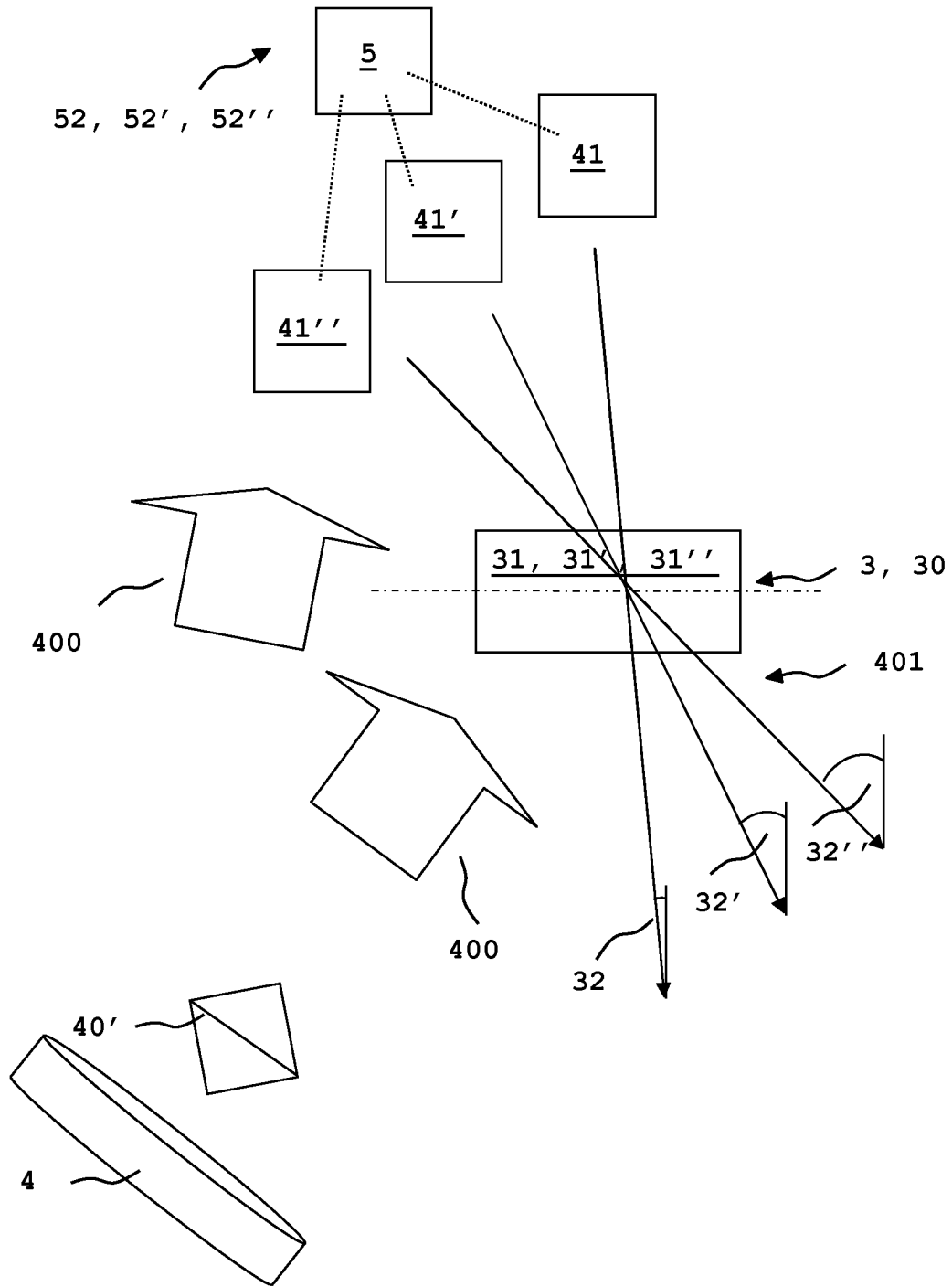


Fig. 1

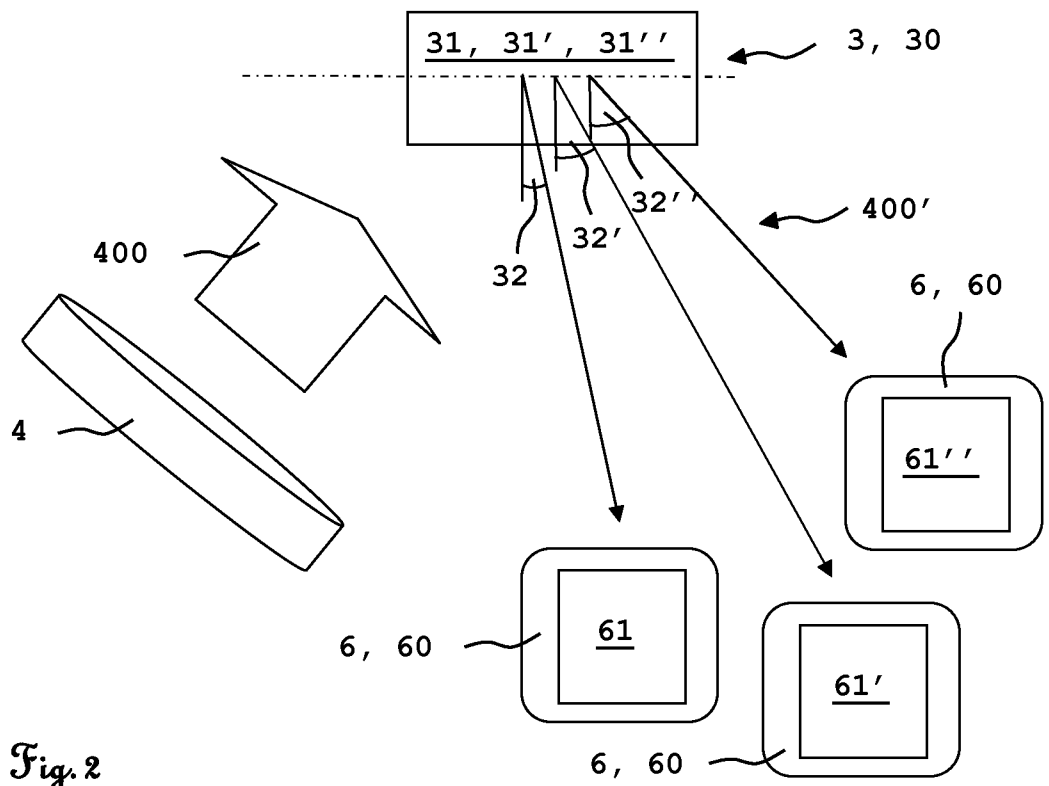


Fig. 2

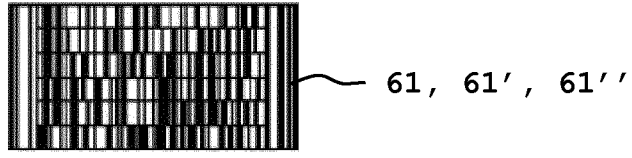


Fig. 3

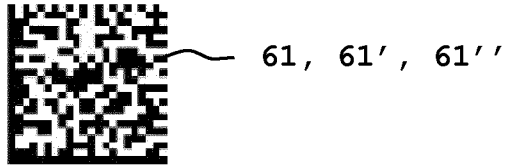


Fig. 4

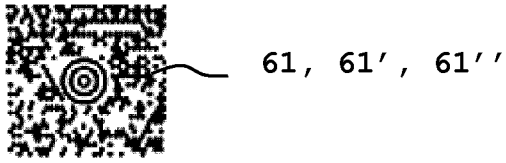


Fig. 5

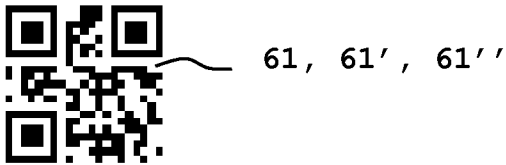


Fig. 6

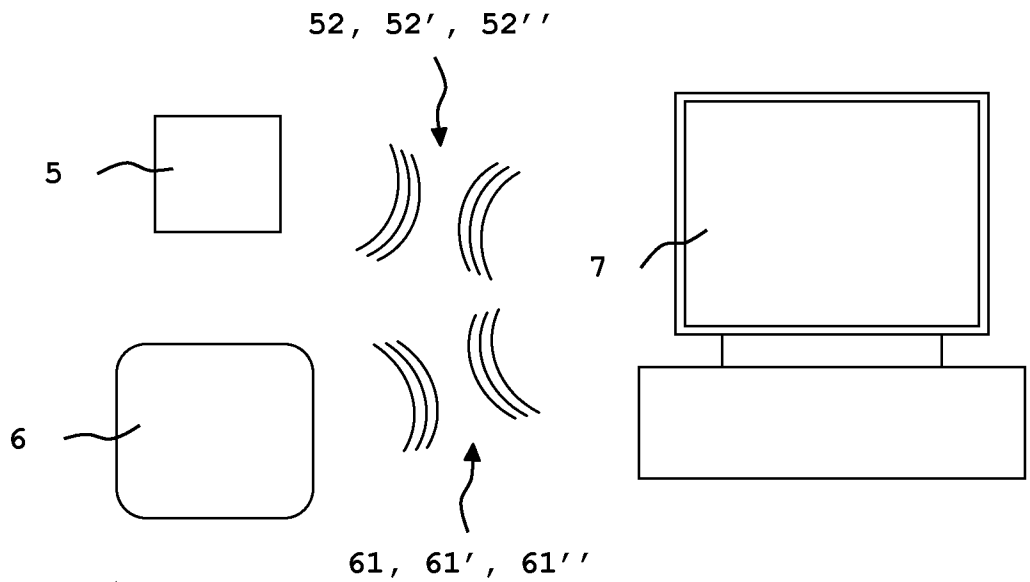


Fig. 7

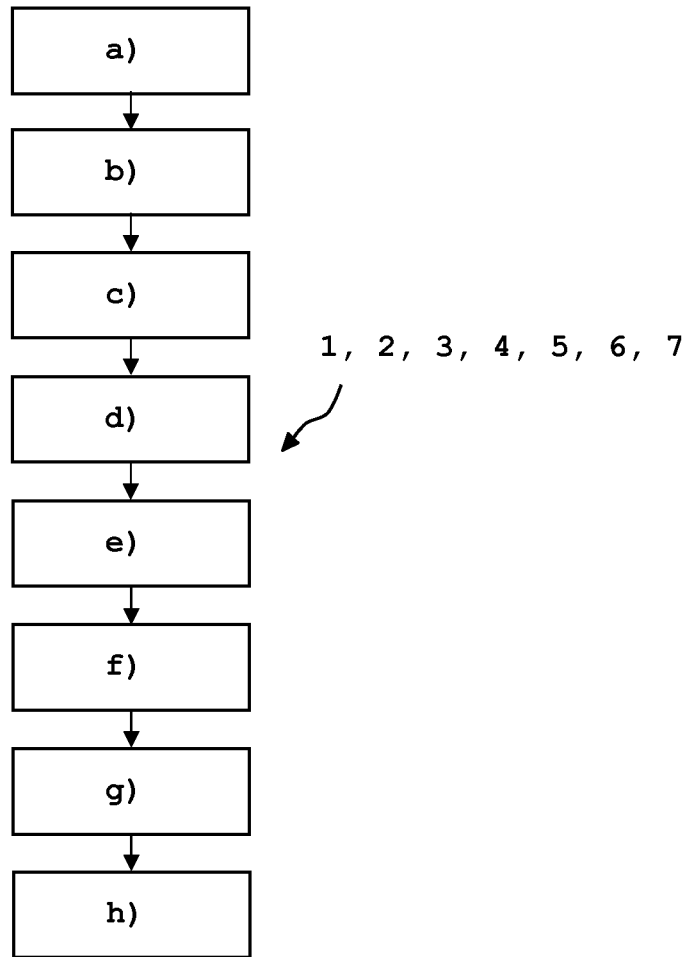


Fig. 8

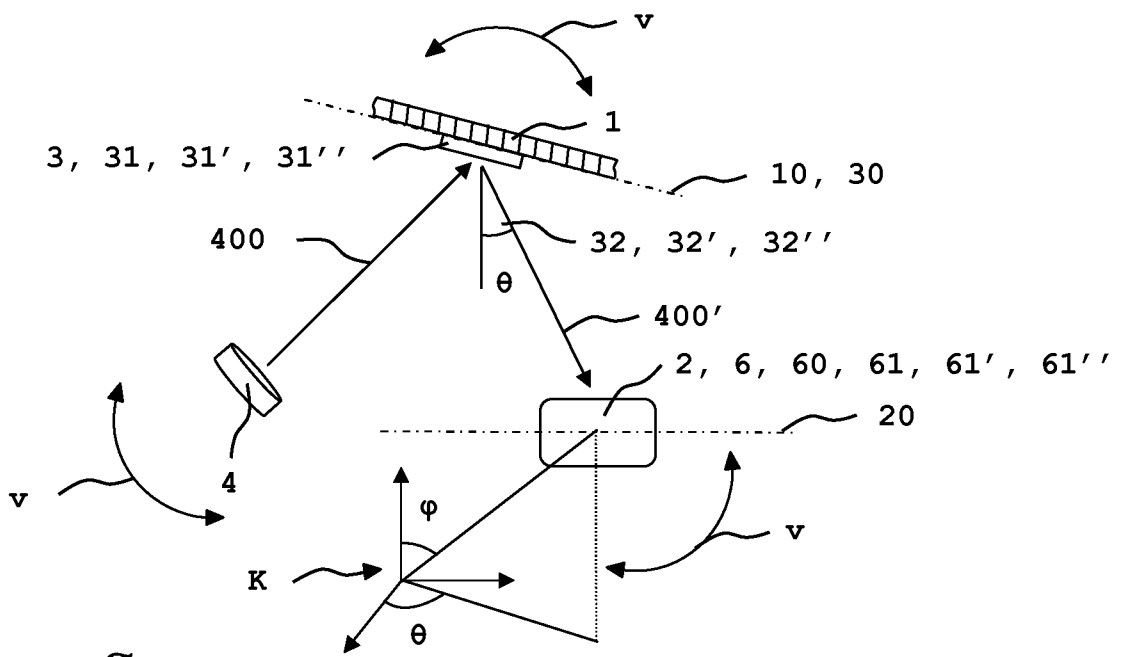


Fig. 9

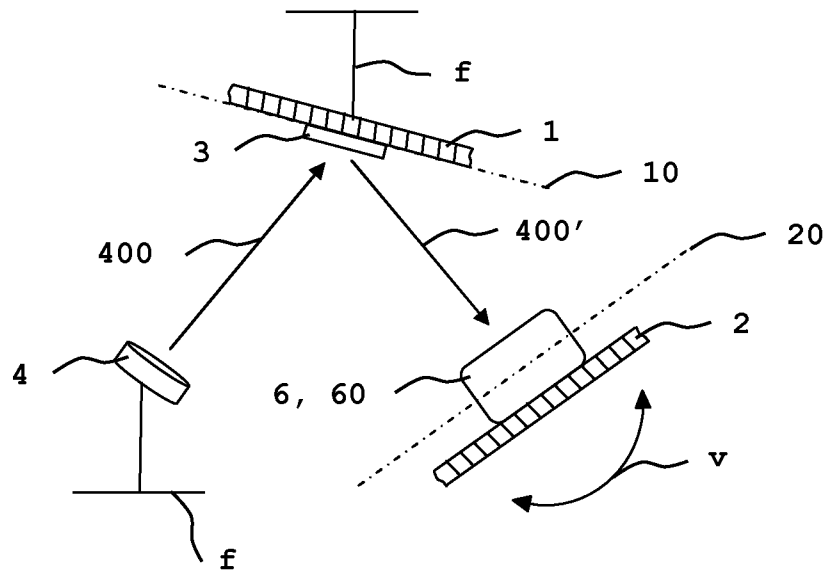


Fig. 10

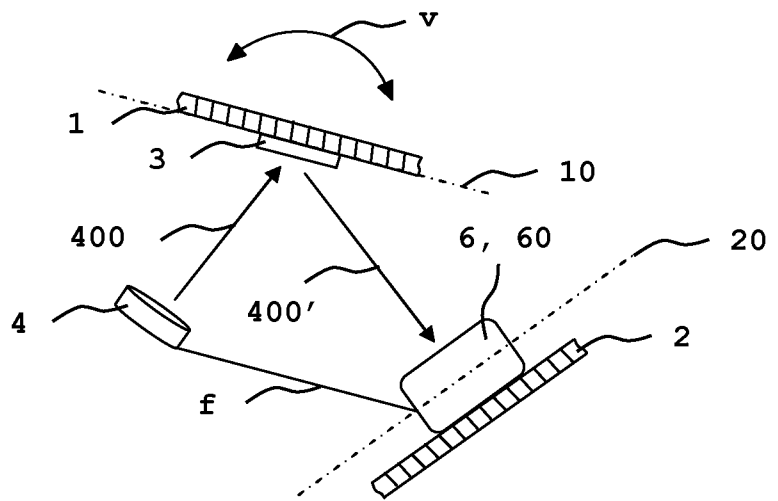


Fig. 11

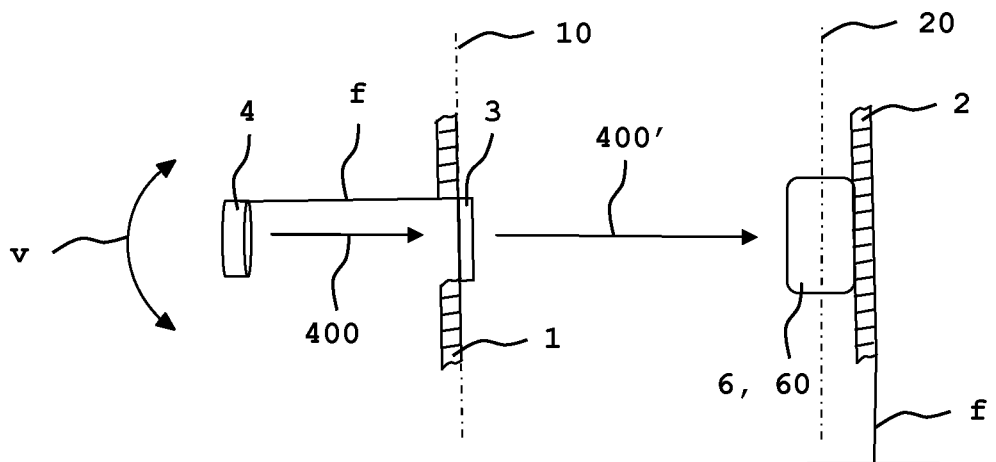


Fig. 12

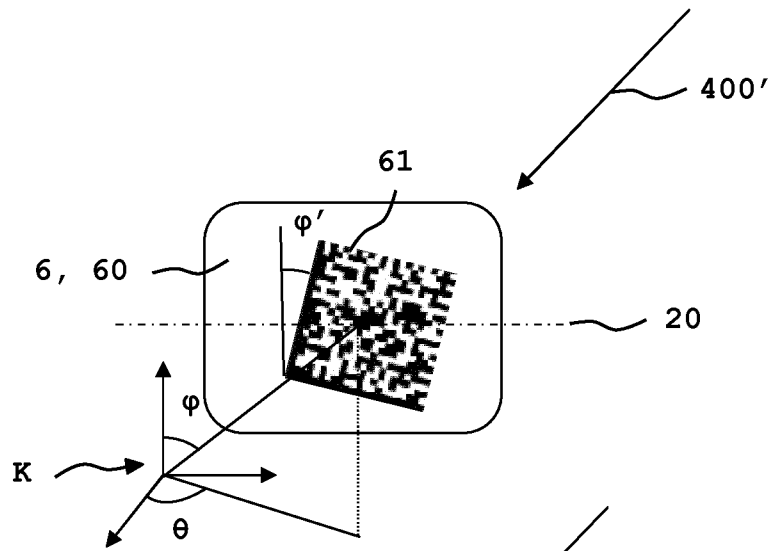


Fig. 13

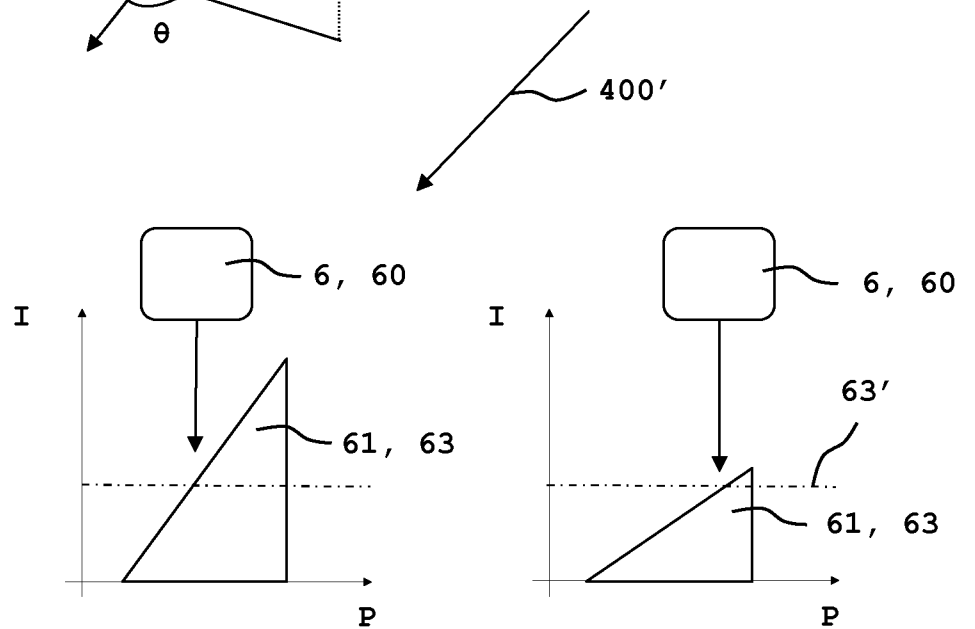


Fig. 14

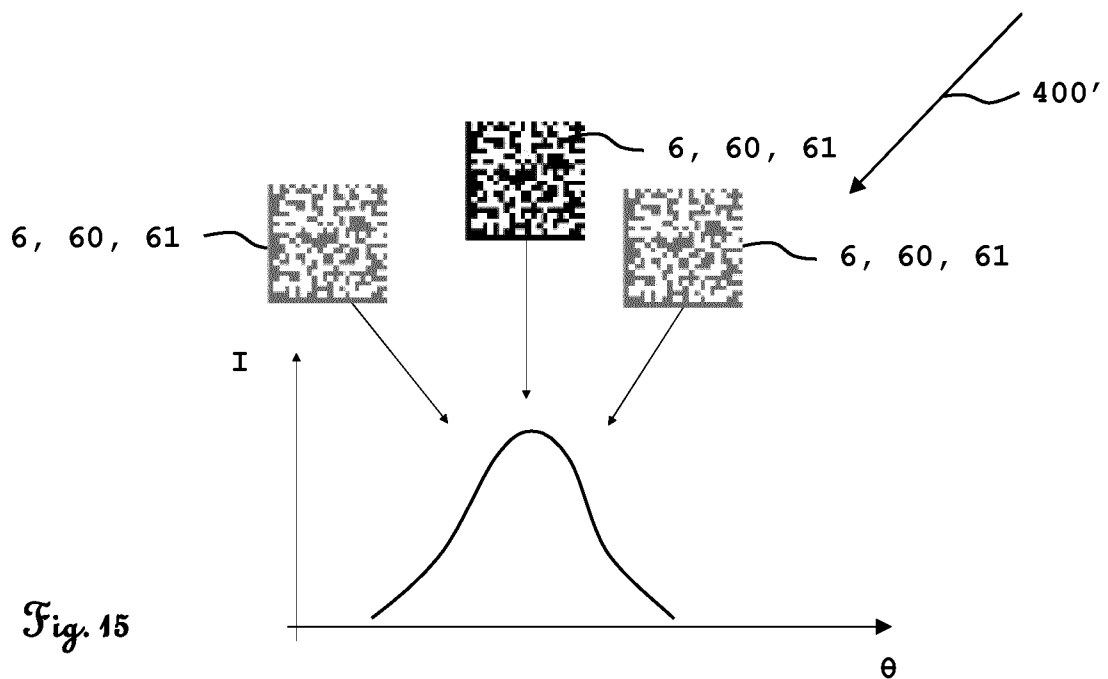


Fig. 15

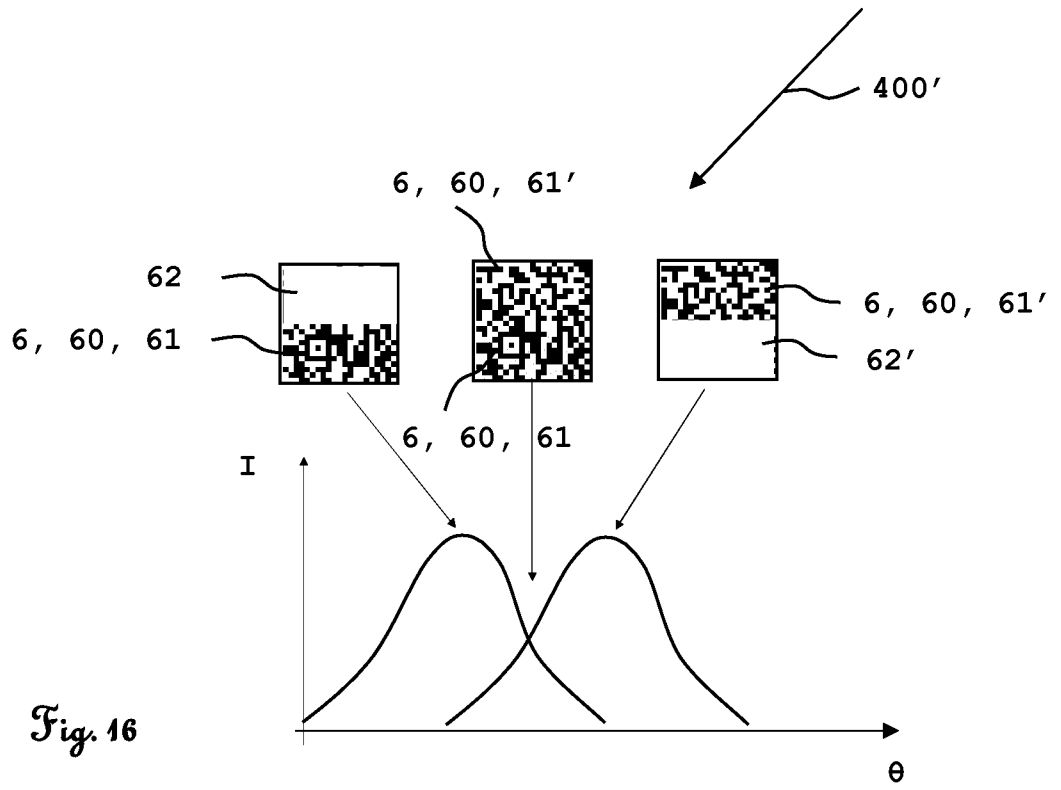


Fig. 16

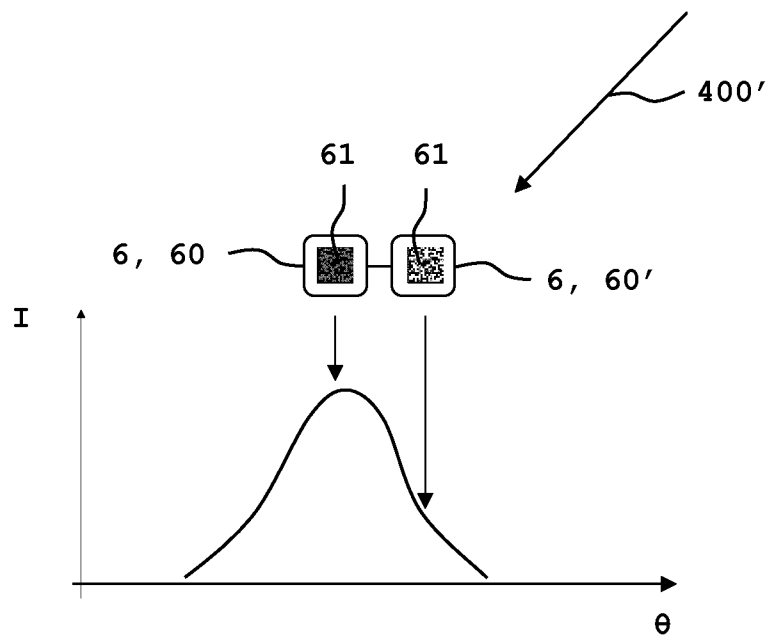


Fig. 17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2013/050761

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G01B11/26 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 57 100304 A (KOMATSU MFG CO LTD) 22 June 1982 (1982-06-22) the whole document -----	1-17
A	US 4 227 807 A (POND CHARLES R ET AL) 14 October 1980 (1980-10-14) the whole document -----	1,15-17
A	US 2009/180107 A1 (DAIGLE MARC [US]) 16 July 2009 (2009-07-16) the whole document -----	1,15-17
A	JP 2011 164493 A (JAPAN BROADCASTING CORP) 25 August 2011 (2011-08-25) abstract -----	1,15-17
----- -/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents :		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family	
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
23 April 2013	07/05/2013	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Fazio, Valentina	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2013/050761

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 6 229756 A (OLYMPUS OPTICAL CO) 19 August 1994 (1994-08-19) abstract	1,15-17
A	----- JP 61 165611 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 26 July 1986 (1986-07-26) the whole document	1,15-17
A	----- JP 2001 118254 A (FUJI XEROX CO LTD) 27 April 2001 (2001-04-27) abstract	1,13-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2013/050761

Patent document cited in search report	A	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 57100304	A	22-06-1982	-----	
US 4227807	A	14-10-1980	NONE	

US 2009180107	A1	16-07-2009	US 2009180107 A1	16-07-2009
			WO 2009091896 A1	23-07-2009

JP 2011164493	A	25-08-2011	NONE	

JP 6229756	A	19-08-1994	-----	
JP 61165611	A	26-07-1986	-----	
JP 2001118254	A	27-04-2001	JP 3940874 B2	04-07-2007
			JP 2001118254 A	27-04-2001

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/050761

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G01B11/26
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherhierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G01B

Recherhierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherhierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP 57 100304 A (KOMATSU MFG CO LTD) 22. Juni 1982 (1982-06-22) das ganze Dokument -----	1-17
A	US 4 227 807 A (POND CHARLES R ET AL) 14. Oktober 1980 (1980-10-14) das ganze Dokument -----	1,15-17
A	US 2009/180107 A1 (DAIGLE MARC [US]) 16. Juli 2009 (2009-07-16) das ganze Dokument -----	1,15-17
A	JP 2011 164493 A (JAPAN BROADCASTING CORP) 25. August 2011 (2011-08-25) Zusammenfassung -----	1,15-17
	----- -/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

23. April 2013

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

07/05/2013

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Fazio, Valentina

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/050761

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	JP 6 229756 A (OLYMPUS OPTICAL CO) 19. August 1994 (1994-08-19) Zusammenfassung -----	1, 15-17
A	JP 61 165611 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 26. Juli 1986 (1986-07-26) das ganze Dokument -----	1, 15-17
A	JP 2001 118254 A (FUJI XEROX CO LTD) 27. April 2001 (2001-04-27) Zusammenfassung -----	1, 13-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/050761

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 57100304	A	22-06-1982	-----
US 4227807	A	14-10-1980	KEINE

US 2009180107	A1	16-07-2009	US 2009180107 A1 16-07-2009
			WO 2009091896 A1 23-07-2009

JP 2011164493	A	25-08-2011	KEINE

JP 6229756	A	19-08-1994	-----
JP 61165611	A	26-07-1986	-----
JP 2001118254	A	27-04-2001	JP 3940874 B2 04-07-2007
			JP 2001118254 A 27-04-2001
