

(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
27. August 2009 (27.08.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/103172 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01S 17/32 (2006.01) G01S 7/481 (2006.01)
G01S 7/499 (2006.01) G01B 9/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH2009/000055

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. Februar 2009 (10.02.2009)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
230/08 19. Februar 2008 (19.02.2008) CH

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **LEICA GEOSYSTEMS AG** [CH/CH];
Mönchmattweg 5, CH-5035 Unterentfelden (CH).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **LUETHI, Thomas**
[CH/CH]; Wiesenstrasse 35, CH-8400 Winterthur (CH).
MEIER, Dietrich [CH/CH]; Leimenweg 12, CH-5015
Niedererlinsbach (CH).

(74) Anwalt: **FREI PATENTANWALTSBÜRO AG**; Post-
fach 1771, CH-8032 Zürich (CH).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE,
SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI,
SK, 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)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

(54) Title: ELECTRO-OPTICAL DISTANCE-MEASURING UNIT

(54) Bezeichnung: ELEKTROOPTISCHER DISTANZMESSER

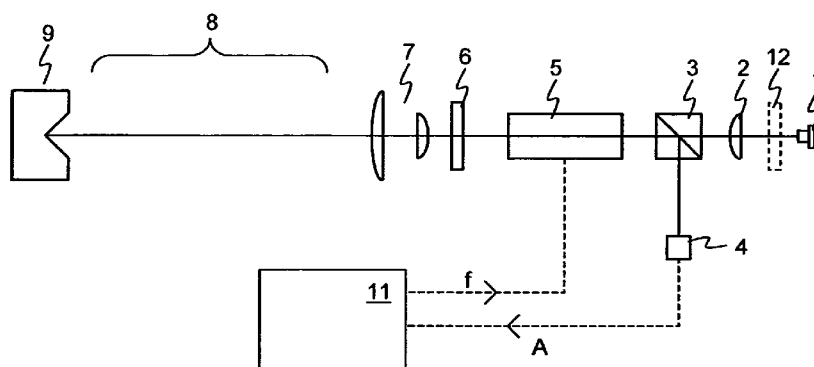


Fig. 1

(57) **Abstract:** An electro-optical distance-measuring unit (10) comprises a light source (1), the emitted light of which in the distance-measuring unit (10) is guided onto a measurement path (8) at least by one polarizing beam splitter (3), an electro-optical modulator (5) and a retarder (6). Light that is returned along the measurement path (8) is guided at least by the retarder (6), the electro-optical modulator (5) and the polarizing beam splitter (3) onto a detector (4). The distance-measuring unit (10) furthermore comprises a control and evaluation unit (11) for determining a length of the measurement path (8) in accordance with a modulation frequency of the electro-optical modulator (5) and a signal of the detector (4). The light source (1) has a broad spectrum of the emitted light and is preferably a super-luminescent diode.

(57) **Zusammenfassung:** Ein elektrooptischer Distanzmesser (10) weist eine Lichtquelle (1) auf, deren abgestrahltes Licht im Distanzmesser (10) mindestens

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



durch einen polarisierenden Strahlteiler (3), einen elektrooptischen Modulator (5) und einen Retarder (6) auf eine Messstrecke (8) geführt wird. Entlang der Messstrecke (8) zurückkehrendes Licht wird mindestens durch den Retarder (6), den elektrooptischen Modulator (5) und den polarisierenden Strahlteiler (3) auf einen Detektor (4) geführt. Der Distanzmesser (10) weist ferner eine Steuer- und Auswerteeinheit (11) zur Bestimmung einer Länge der Messstrecke (8) nach Massgabe einer Modulationsfrequenz des elektrooptischen Modulators (5) und eines Signals des Detektors (4) auf. Die Lichtquelle (1) weist ein breites Spektrum des abgestrahlten Lichtes auf und ist vorzugsweise eine superlumineszente Diode.

ELEKTROOPTISCHER DISTANZMESSER

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der elektrooptischen Distanzmessung, insbesondere auf einen auf einen elektrooptischen Distanzmesser gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

5

STAND DER TECHNIK

Eine derartige elektrooptische Distanzmessung ist beispielsweise aus EP-A-1 647 838 bekannt. Für die Erklärung der Funktionsweise des Fizeau-Verfahrens zur
10 Absolutdistanzmessung wird der Inhalt der genannten Anmeldung in seiner Gesamtheit aufgenommen. Für die vorliegende Erfindung ist von Bedeutung, dass bei diesem Verfahren ausgehendes und zurückkehrendes Messlicht in einem Modulator moduliert wird. Das Messlicht wird durch einen Laser, insbesondere einen Diodenlaser, erzeugt. Unter Variation der Frequenz der genannten Modulation
15 wird ein Minimum der Intensität eines detektierten Messlichtstrahles bestimmt (oder, im Wesentlichen gleichbedeutend, ein Nulldurchgang der Ableitung der Intensität). Aus der Minimumsfrequenz wird die Länge einer Messtrecke zwischen dem Messgerät und einem Retroreflektor bestimmt. Es zeigt sich, dass eine zusätzliche Polarisierung durch optische Elemente im Messlichtstrahl die Lage dieses Minimums
20 als Fehler zweiter Ordnung verschiebt. Dadurch wird die Messung gestört, und es müssen Kompensationsmassnahmen getroffen werden. Die Störung der Polarisierung

- 2 -

kann beispielsweise durch zusätzliche Strahlumlenkspiegel im Messstrahl oder dem Retroreflektor hervorgerufen werden.

WO 97/18486 zeigt eine elektro-optische Absolutdistanzmessung nach dem Fizeau-
5 Verfahren. Dabei wird ein Laserstrahl erzeugt, und durch eine Fokussierungsoptik
und einen optischen Isolator auf einen polarisierenden Strahlteiler zur linearen
Polarisierung des Laserlichtes geführt, und anschliessend durch einen
elektrooptischen Modulator, einen weiteren elektro-optischen Kristall zur
10 Elimination des Einflusses einer externen Zusatzpolarisation, und einen $\lambda/4$ -
Retarder und eine Austrittsoptik auf eine Messstrecke geführt. Entlang der
Messstrecke zurückkehrendes Licht gelangt durch die genannten Elemente bis zum
polarisierenden Strahlteiler und wird von diesem auf einen Detektor geführt. Eine
Auswerteeinheit dient zur Bestimmung der Länge der Messstrecke anhand des
15 Detektorsignals.

EP 1 744 119 beschreibt eine Vorrichtung zur optischen Kohärenztomographie.
Darin wird Licht verwendet, das einen optischen Frequenzbereich überstreicht. Das
Licht wird durch eine breitbandige Quelle erzeugt, beispielsweise eine "edge-
emitting LED (ELED)" oder eine superlumineszente Diode (SLD) oder eine "fiber
20 fluorescent source (EDFFS)". Das Licht aus der Quelle wird durch beispielsweise ein
Fabry-Perot Filter oder ein acousto-optisches Filter gefiltert, so dass es mit einer
ausgewählten Frequenzlinie einen vorgegebenen Frequenzbereich überstreicht. Das
übrige Licht der Breitbandquelle wird also herausgefiltert.

25

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Es ist deshalb Aufgabe der Erfindung, eine elektrooptische Distanzmessung der
eingangs genannten Art zu schaffen, welche die oben genannten Nachteile behebt.

30

Diese Aufgabe löst eine elektrooptische Distanzmessung mit den Merkmalen des Patentanspruches 1.

Ein entsprechender elektrooptischer Distanzmesser weist also eine Lichtquelle auf,
5 deren abgestrahltes Licht im Distanzmesser mindestens durch einen polarisierenden Strahlteiler, einen elektrooptischen Modulator und einen $\lambda/4$ -Retarder (zur Temperaturkompensation des Modulatorbrechungskoeffizienten) auf eine Messstrecke geführt wird. Entlang der Messstrecke zurückkehrendes, also reflektiertes Licht wird mindestens durch den Retarder, den elektrooptischen Modulator und den
10 polarisierenden Strahlteiler auf einen Detektor geführt. Ferner weist der Distanzmesser eine Auswerteeinheit zur Bestimmung einer Länge der Messstrecke nach Massgabe einer Modulationsfrequenz des elektrooptischen Modulators und eines Signals des Detektors auf. Die Lichtquelle weist ein breites Spektrum des abgestrahlten Lichtes auf. Vorzugsweise ist die Lichtquelle eine superlumineszente
15 Diode (SLD oder SLED). Ein weiterer Vorteil bei der Verwendung einer superlumineszenten Diode anstelle einer Laserquelle ist, dass kein optischer Isolator vor der Lichtquelle erforderlich ist, welcher verhindern soll, dass rückkehrendes Licht in den Laser eindringt und zur Emission anregt. Ein optischer Isolator ist ein optisches Bauteil, das Lichtwellen einer bestimmten Polarisationsrichtung nur in
20 einer (Durchlass-) Richtung durchlässt, in der Gegenrichtung (Sperr-Richtung) jedoch Licht beliebiger Polarisierung absorbiert.

Die Erfindung steht mit der Verwendung einer breitbandigen Quelle im Gegensatz zu üblichen Konstruktionen zur elektrooptischen Distanzmessung, bei welchen gezielt
25 schmalbandige (Laser)-Lichtquellen mit genau kontrollierter Wellenlänge verwendet werden, um hohe Messgenauigkeiten zu erzielen. Es zeigt sich überraschenderweise, wie weiter unten ausgeführt wird, dass Abweichungen, die sich durch das breitbandige Messlicht ergeben, gegenseitig kompensieren.

Der elektrooptische Modulator moduliert vorzugsweise die Polarisierung des Lichtes. Im Prinzip kann auch ein Modulator verwendet werden, welcher – wie im ursprünglichen Fizeau-Verfahren – die Amplitude moduliert; dies ist aber in der Praxis anfälliger auf Störungen.

5

Das Detektorsignal entspricht vorzugsweise der Intensität des zurückgekehrten und durch den Modulator rückmodulierten Signals. Die Modulationsfrequenz des elektrooptischen Modulators liegt im Hochfrequenzbereich, d.h. beispielsweise in einem Bereich von 2 GHz bis 2.5 GHz.

10

Es zeigt sich überraschenderweise, dass bei einer breitbandigen Lichtquelle die Frequenzlage eines Minimums eines Detektorsignals bei variierender Modulationsfrequenz nicht mehr durch Störungen der Polarisierung des Messlichtes beeinflusst wird (zumindest nicht in wesentlichem Masse). Dadurch werden

15

Kompensationseinrichtungen, welche beim Betrieb der Distanzmesser mit einer Laserdiode, wie bisher üblich, erforderlich sind, nicht mehr benötigt. Der Aufbau des Distanzmessers wird vereinfacht.

Die minimale Bandbreite der Lichtquelle ist vorzugsweise durch die folgende

20 Beziehung zu Modulatorparametern bestimmt:

$$\left| \frac{d\{[n_o(\lambda) - n_e(\lambda)]l_{\text{Kristall}} / \lambda\}}{d\lambda} \Delta\lambda \right| \geq 1$$

Dabei sind n_o der ordentliche und n_e der ausserordentliche wellenlängenabhängige

25

Brechungsindex des doppelbrechenden Modulormaterials, l_{Kristall} die Länge des Kristalls, λ die Wellenlänge und $\Delta\lambda$ die Bandbreite. Aus dieser Bedingung ergibt sich also ein minimaler Wert für $\Delta\lambda$.

Die Frequenz der Lichtquelle kann im wesentlichen beliebig gewählt sein, so dass verschiedene Typen von superlumineszenten Diode verwendbar sind (z.B. mit 650, 750, 795, 800, 830, 840, 850, 1270, 1300, 1400, 1480 oder 1550 nm Wellenlänge).

- 5 Frequenz und Bandbreite des Lichtes können in einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung durch ein optisches Bandpassfilter, welches im Strahlengang angeordnet ist, stabilisiert werden. In diesem Fall ist die Bandbreite des Filters vorzugsweise mindestens etwas grösser als die wie oben bestimmte minimale erforderlich Bandbreite der Quelle, beispielsweise mindestens 20% grösser.
- 10 Weitere bevorzugte Ausführungsformen gehen aus den abhängigen Patentansprüchen hervor.

15 **KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN**

Im folgenden wird der Erfindungsgegenstand anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen, welche in den beiliegenden Zeichnungen dargestellt sind, näher erläutert. Es zeigen jeweils schematisch:

- 20
- | | |
|---------|---|
| Figur 1 | eine Struktur eines Fizeau-Distanzmessers; |
| Figur 2 | charakteristische Verläufe der Abhängigkeit zwischen Modulationsfrequenz und Detektorsignal gemäss dem Stand der Technik; und |
| Figur 3 | charakteristische Verläufe der Abhängigkeit zwischen |
| 25 | Modulationsfrequenz und Detektorsignal gemäss der Erfindung. |

Die in den Zeichnungen verwendeten Bezugszeichen und deren Bedeutung sind in der Bezugszeichenliste zusammengefasst aufgelistet. Grundsätzlich sind in den Figuren gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

Figur 1 zeigt eine Struktur eines Fizeau-Distanzmessers zur Absolutdistanzmessung:

- 5 Eine Lichtquelle 1 strahlt Messlicht ab, welches durch einen Kollimator 2, einen polarisierenden Strahlteiler 3, einen elektrooptischen Modulator 5, einen Retarder oder Retarderplatte 6 und einen Strahlaufweiter 7 auf eine Messstrecke 8 geführt wird. Die Messstrecke 8 ist typischerweise einige Meter bis mehrere hundert Meter, ggf. auch einige Kilometer lang. Am Ende der Messstrecke 8 reflektiert ein
- 10 Reflektor, typischerweise ein Würfecken-Retroreflektor oder Tripelreflektor 9, das Messlicht. Dieses gelangt als zurückkehrendes Messlicht durch den Strahlaufweiter 7, die Retarderplatte 6, den elektrooptischen Modulator 5 und den polarisierenden Strahlteiler 3 auf einen Detektor 4. Der elektrooptische Modulator 5 moduliert vorzugsweise die Polarisation des ausgehenden wie auch des zurückkehrenden
- 15 Messlichtes. Dazu weist er eine Einrichtung zur Ansteuerung des Modulators 5 mit einer hochfrequenten Modulationsfrequenz auf. Die Retarderplatte 6 ist eine $\lambda/4$ -Platte und erzeugt somit aus linear polarisiertem Licht zirkulär polarisiertes Licht, und nach zweimaligem Durchgang wieder linear polarisiertes Licht, aber mit um 90° gedrehter Polarisationsrichtung, also mit vertauschten Achsen der
- 20 Modulation im Modulationskristall. Der Detektor 4 misst die Intensität des zurückkehrenden Lichtes. Eine Auswerteeinheit 11 verarbeitet ein Ausgangssignal dieses Detektors 4, steuert die Modulationsfrequenz des elektrooptischen Modulators 5 zur iterativen Bestimmung eines Minimums des Detektorsignals und führt die Distanzbestimmung nach dem Fizeau-Verfahren durch. Weitere allgemein bekannte
- 25 Elemente eines solchen Distanzmessers wie Filter, Polarisatoren, Spiegel etc. können vorliegen, sind aber der Übersichtlichkeit wegen nicht eingezeichnet.

Zur Funktionsweise der Absolutdistanzmessung nach dem Fizeau-Verfahrens wird auf die eingangs zitierte EP-A-1 647 838 verwiesen.

- In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung liegt zudem ein optisches Bandpassfilter 12 vor. Dieses ist in der Figur 1 strichliert gezeichnet, beispielhaft unmittelbar vor der Lichtquelle 1. Das Bandpassfilter 12 kann aber auch an einer beliebigen anderen Stelle im Strahlengang zwischen Lichtquelle 1 und Detektor 4 angeordnet sein. Das Bandpassfilter 12 begrenzt das Spektrum des durchgehenden Lichtes nach Massgabe des im optischen Modulator 5 verwendeten Modulationsmaterials und stabilisiert insbesondere die Wellenlänge des durchgelassenen Lichtes.
- Figur 2** zeigt charakteristische Verläufe der Abhängigkeit zwischen Modulationsfrequenz f und der Amplitude A des Detektorsignals gemäss dem Stand der Technik. Die Figur zeigt eines der Minima des Verlaufes von A über f . Die gestrichelte Linie zeigt den idealen Verlauf ohne Störungen der Polarisierung, die ausgezogene Linie zeigt den Verlauf mit Störungen der Polarisierung. Die Störungen der Polarisierung liegen darin, dass in mindestens einer Komponente des Distanzmessers 10 oder des Retroreflektors 9 das Licht, abhängig von seiner Wellenlänge und/oder der Orientierung seiner Polarisierung beim Durchtritt durch die Komponente, zusätzlich polarisiert, d.h. in der Polarisierung verändert wird („excess polarisation“).
- Die Polarisationsmodulation kann als Modulation der Phase von zwei senkrecht aufeinander stehenden Lichtvektorkomponenten angesehen werden. So kann die Phase zwischen den Polarisierungsrichtungen zusätzlich so verschoben werden, so dass beispielsweise linear polarisiertes Licht zirkular polarisiert wird. Solche störenden Komponenten sind insbesondere nicht eingezeichnete Ablenkspiegel und der Retroreflektor 9. Beim elektrooptischen Modulator 5 bewirken solche Störungen eine Verschiebung der Minimumsfrequenz, insbesondere dann, wenn der elektrooptische Modulator 5 nicht optimal abgestimmt ist (in Resonanz betriebener „nicht flacher“ Modulator), d.h. wenn seine elektrische Anregungsfrequenz und seine Resonanzfrequenz nicht übereinstimmen. Beim Retroreflektor, der normalerweise als Tripel-Spiegel (Würfeleckenspiegel) ausgeführt ist 9 ändert sich der Einfluss auf die

Polarisation dadurch, dass der Retroreflektor 9 bezüglich des Messtrahls 8 verdreht und gekippt wird. In der Folge, was die Messung durch den Detektor 4 betrifft, bewirkt dies eine Verschiebung des Minimums von einem idealen Minimum M_i (bei einer Frequenz f_i) zu einem gestörten Minimum M_r . Dem gestörten Minimum M_r entspricht eine andere Frequenz f_r und damit auch eine andere, verfälschte, gemessene Distanz zum Retroreflektor 9.

Figur 3 zeigt charakteristische Verläufe der Abhängigkeit zwischen Modulationsfrequenz und Detektorsignal gemäss der Erfindung. Die gestrichelte Linie zeigt den idealen Verlauf ohne Störungen der Polarisation, die ausgezogene Linie zeigt den Verlauf mit Störungen der Polarisation. Es zeigt sich, dass, bei schmäler Bandbreite der Lichtquelle 1, die Amplitude des Gleichsignalanteils (DC-Anteil) abhängig ist von der Modulationsfrequenz und der Temperatur des Modulationskristalles. Bei der breitbandigen Quelle steigen aber die DC-Anteile über die Wellenlängen gemittelt an und somit bleibt die Frequenz, bei welcher das Minimum M_r auftritt, unverändert! Dieser vorteilhafte Effekt erlaubt es, auf messtechnische Kompensationsmassnahmen zur Korrektur des gestörten Minimums zu verzichten.

Die Lichtquelle 1 ist vorzugsweise eine superlumineszente Diode, oder eine andere Lichtquelle, welche eine bestimmte Bandbreite des abgestrahlten Lichtes aufweist. Die Bandbreite sollte, bei Verwendung von LiTaO_3 als Modulationsmaterial im elektrooptischen Modulator 5, mindestens zehn Nanometer, vorzugsweise mindestens fünfzehn Nanometer betragen. Eine Bandbreite von 30 bis 40 Nanometern gibt gute Ergebnisse. Bei Verwendung von LiNbO_3 als Modulationsmaterial sollte die Bandbreite mindestens fünf bis zehn Nanometer betragen, damit der beschriebene vorteilhafte Effekt auftritt. Diese Bandbreiten gelten vorzugsweise für eine Lichtwellenlänge von 795 Nanometern. Liegt das optionale Bandpassfilter 12 vor, so begrenzt dieses das durchgehende Licht höchstens auf eine solche Bandbreite entsprechend dem verwendeten

Modulationsmaterial. Die Filterbandbreite ist also mindestens so breit, besser etwas breiter als die geforderte Bandbreite der Lichtquelle (da hier in der Regel ein Filter die Bandbreite schärfer begrenzt als eine Quelle).

- 5 Die Lichtquelle 1 weist vorzugsweise eine kleine Leuchtfläche und eine hohe Intensität des abgestrahlten Lichtes auf. Die Leuchtfläche der Lichtquelle 1 beträgt dazu vorzugsweise weniger als 10 Quadratmikrometer, insbesondere weniger als 4 Quadratmikrometer. Die Intensität des abgestrahlten Lichtes ist in der Regel begrenzt durch Vorschriften betreffend die Augensicherheit, unter Berücksichtigung von
- 10 Transmissionsverlusten im Strahlengang und von Temperatureinflüssen. Die Intensität respektive die von der Lichtquelle in Form von Licht abgegebene Leistung beträgt dadurch typischerweise drei bis fünf Milliwatt.

BEZUGSZEICHENLISTE

1	Lichtquelle	8	Messstrecke
2	Kollimator	9	Retroreflektor
3	polarisierender Strahlteiler	10	Distanzmesser
4	Detektor	11	Steuer- und Auswerteeinheit
5	elektrooptischer Modulator	12	Bandpassfilter
6	$\lambda/4$ -Retarder	Mi	ideales Minimum
7	Strahlaufweiter	Mr	reales Minimum

PATENTANSPRÜCHE

1. Elektrooptischer Distanzmesser (10), aufweisend eine Lichtquelle (1), deren abgestrahltes Licht im Distanzmesser (10) mindestens durch einen polarisierenden Strahlteiler (3), einen elektrooptischen Modulator (5) und einen
5 $\lambda/4$ -Retarder (6) auf eine Messstrecke (8) geführt wird, und entlang der Messstrecke (8) zurückkehrendes Licht mindestens durch den Retarder (6), den elektrooptischen Modulator (5) und den polarisierenden Strahlteiler (3) auf einen
10 Detektor (4) geführt wird, und ferner aufweisend eine Auswerteeinheit (11) zur Bestimmung einer Länge der Messstrecke (8) nach Massgabe einer Modulationsfrequenz des elektrooptischen Modulators (5) und eines Signals des
15 Detektors (4),
dadurch gekennzeichnet, dass die Lichtquelle (1) ein breites Spektrum des abgestrahlten Lichtes aufweist.
2. Distanzmesser (10) gemäss Anspruch 1, wobei die Auswerteeinheit (11) zur
20 Messung der Länge der Messstrecke (8) nach dem Fizeau-Verfahren eingerichtet ist.
3. Distanzmesser (10) gemäss Anspruch 1 oder 2, wobei der elektrooptische
25 Modulator (5) zur Modulation der Polarisierung des durchgehenden Lichtes vorgesehen ist.
4. Distanzmesser (10) gemäss einem der bisherigen Ansprüche, wobei die
30 Lichtquelle (1) eine kleine Leuchtfläche und eine hohe Intensität des abgestrahlten Lichtes aufweist.
5. Distanzmesser (10) gemäss einem der bisherigen Ansprüche, wobei die
Leuchtfläche der Lichtquelle (1) weniger als 10 Quadratmikrometer,
vorzugsweise weniger als 4 Quadratmikrometer beträgt.

6. Distanzmesser (10) gemäss einem der bisherigen Ansprüche, wobei die Intensität des von der Lichtquelle (1) abgestrahlten Lichtes zwischen drei und fünf Milliwatt beträgt.
- 5 7. Distanzmesser (10) gemäss einem der bisherigen Ansprüche, wobei das Modulationsmaterial LiTaO₃ ist und das Spektrum des abgestrahlten Lichtes eine Bandbreite von mindestens 10 Nanometern, vorzugsweise mindestens 15 Nanometern aufweist.
- 10 8. Distanzmesser (10) gemäss einem der bisherigen Ansprüche, wobei das Modulationsmaterial LiNbO₃ ist und das Spektrum des abgestrahlten Lichtes eine Bandbreite von mindestens 5 Nanometern, vorzugsweise mindestens 8 Nanometern aufweist.
- 15 9. Distanzmesser (10) gemäss einem der bisherigen Ansprüche, wobei die Lichtquelle (1) eine superlumineszente Diode ist.
10. Distanzmesser (10) gemäss einem der bisherigen Ansprüche, wobei kein optischer Isolator im Strahlengang vor der Lichtquelle (1) angeordnet ist.
- 20 11. Distanzmesser (10) gemäss einem der bisherigen Ansprüche, wobei ein optisches Bandpass-Filter (12) zur Stabilisierung der Frequenz und der Bandbreite im Strahlengang angeordnet ist.
- 25 12. Distanzmesser (10) gemäss einem der bisherigen Ansprüche, wobei eine Bandbreite $\Delta\lambda$ der Lichtquelle die folgende Bedingung erfüllt

$$\left| \frac{d\{[n_o(\lambda) - n_e(\lambda)]l_{\text{Kristall}} / \lambda\}}{d\lambda} \Delta\lambda \right| \geq 1$$

wobei n_o der ordentliche und n_e der ausserordentliche wellenlängenabhängige Brechungsindex des Modulatormaterials sind, l_{Kristall} die Länge des Modulatorkristalls und λ die Wellenlänge der Lichtquelle.

30

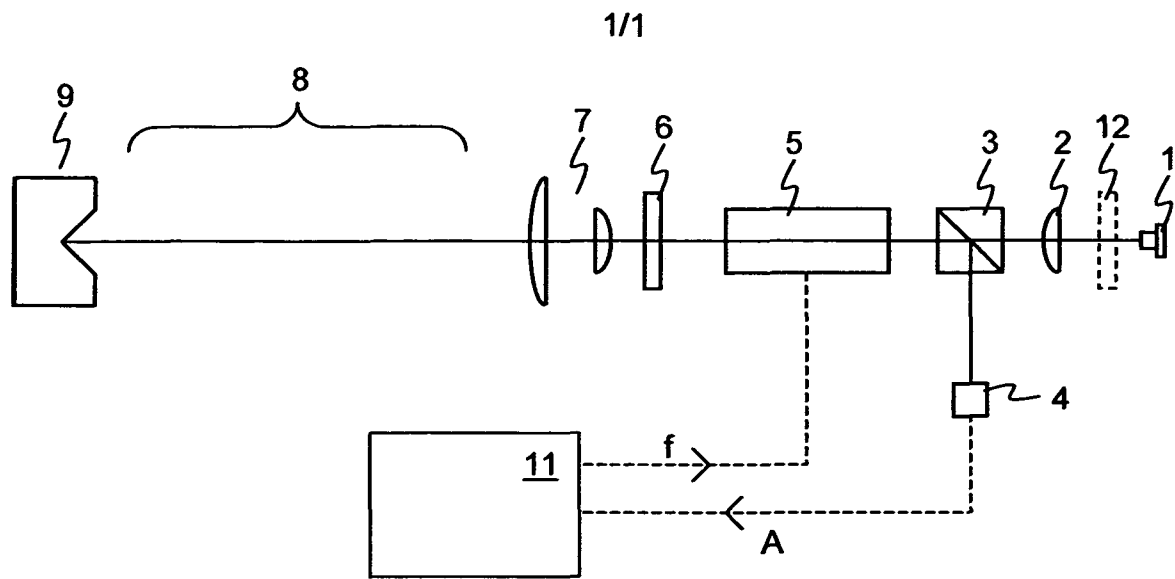


Fig. 1

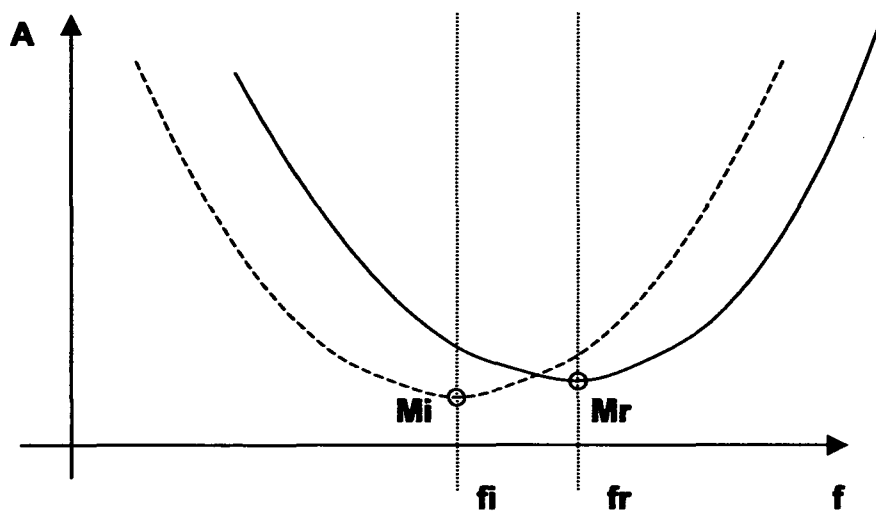


Fig. 2

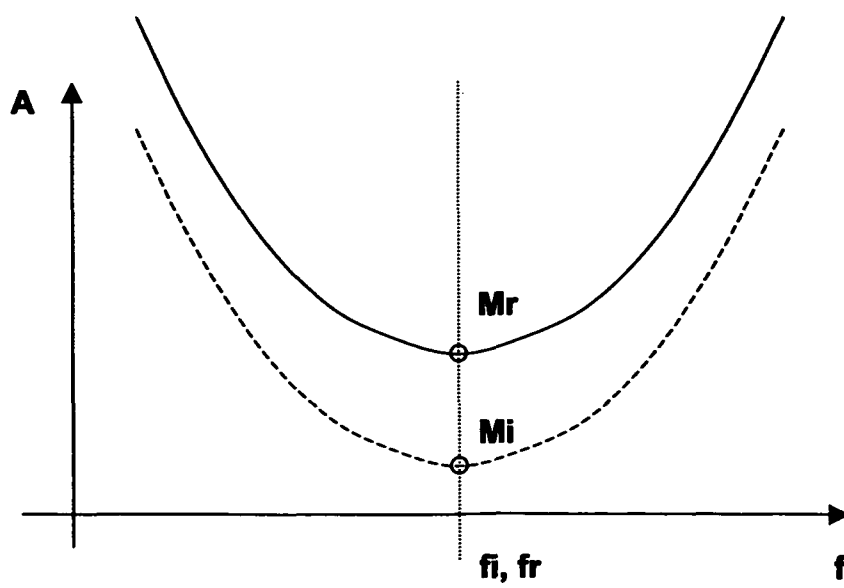


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/CH2009/000055

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G01S17/32 G01S7/499 G01S7/481 G01B9/02		
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) G01S 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 practical, search terms used) EPO-Internal, INSPEC, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 97/18486 A (LEICA AG [CH]; MEIER DIETRICH [CH]) 22 May 1997 (1997-05-22) page 9, line 25 - page 13, line 19; figures -----	1-4,6,9
Y	EP 1 744 119 A (PROXIMION FIBER SYSTEMS AB [SE]) 17 January 2007 (2007-01-17) paragraph [0030] -----	1-4,6,9
A	EP 1 647 838 A (LEICA GEOSYSTEMS AG [CH]) 19 April 2006 (2006-04-19) cited in the application paragraphs [0017] - [0031], [0036]; figures -----	1-12
A	WO 02/084327 A (FARO TECH INC [US]) 24 October 2002 (2002-10-24) the whole document -----	1
-/--		
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ 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 document 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. *Z* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 18 Mai 2009	Date of mailing of the international search report 22/06/2009	
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 Devine, John	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/CH2009/000055

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 195 42 490 C1 (LEICA AG [CH]) 5 June 1997 (1997-06-05) the whole document -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/CH2009/000055

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9718486	A	22-05-1997	CA 2205937 A1	22-05-1997
			CN 1172532 A	04-02-1998
			DE 19542490 C1	05-06-1997
			EP 0807262 A1	19-11-1997
			JP 10512965 T	08-12-1998
			JP 3754707 B2	15-03-2006
			KR 100253496 B1	15-04-2000
			US 5764360 A	09-06-1998
EP 1744119	A	17-01-2007	US 2007013917 A1	18-01-2007
EP 1647838	A	19-04-2006	AU 2005294044 A1	20-04-2006
			CA 2584347 A1	20-04-2006
			WO 2006039820 A1	20-04-2006
			CN 101076743 A	21-11-2007
			JP 2008516246 T	15-05-2008
			US 2009033945 A1	05-02-2009
WO 02084327	A	24-10-2002	AU 2002303297 A1	28-10-2002
			CN 1531659 A	22-09-2004
			EP 1407291 A2	14-04-2004
			JP 2004527751 T	09-09-2004
DE 19542490	C1	05-06-1997	CA 2205937 A1	22-05-1997
			CN 1172532 A	04-02-1998
			WO 9718486 A1	22-05-1997
			EP 0807262 A1	19-11-1997
			JP 10512965 T	08-12-1998
			JP 3754707 B2	15-03-2006
			KR 100253496 B1	15-04-2000
			US 5764360 A	09-06-1998

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/CH2009/000055

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G01S17/32 G01S7/499 G01S7/481 G01B9/02

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G01S G01B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

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

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 97/18486 A (LEICA AG [CH]; MEIER DIETRICH [CH]) 22. Mai 1997 (1997-05-22) Seite 9, Zeile 25 - Seite 13, Zeile 19; Abbildungen	1-4, 6, 9
Y	EP 1 744 119 A (PROXIMION FIBER SYSTEMS AB [SE]) 17. Januar 2007 (2007-01-17) Absatz [0030]	1-4, 6, 9
A	EP 1 647 838 A (LEICA GEOSYSTEMS AG [CH]) 19. April 2006 (2006-04-19) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0017] - [0031], [0036]; Abbildungen	1-12
A	WO 02/084327 A (FARO TECH INC [US]) 24. Oktober 2002 (2002-10-24) das ganze Dokument	1
	-/--	

☒ 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 älteres Dokument, 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 anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. Mai 2009

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

22/06/2009

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

Devine, John

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 195 42 490 C1 (LEICA AG [CH]) 5. Juni 1997 (1997-06-05) das ganze Dokument -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH2009/000055

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 9718486	A	22-05-1997	CA	2205937 A1	22-05-1997
			CN	1172532 A	04-02-1998
			DE	19542490 C1	05-06-1997
			EP	0807262 A1	19-11-1997
			JP	10512965 T	08-12-1998
			JP	3754707 B2	15-03-2006
			KR	100253496 B1	15-04-2000
			US	5764360 A	09-06-1998
EP 1744119	A	17-01-2007	US	2007013917 A1	18-01-2007
EP 1647838	A	19-04-2006	AU	2005294044 A1	20-04-2006
			CA	2584347 A1	20-04-2006
			WO	2006039820 A1	20-04-2006
			CN	101076743 A	21-11-2007
			JP	2008516246 T	15-05-2008
			US	2009033945 A1	05-02-2009
WO 02084327	A	24-10-2002	AU	2002303297 A1	28-10-2002
			CN	1531659 A	22-09-2004
			EP	1407291 A2	14-04-2004
			JP	2004527751 T	09-09-2004
DE 19542490	C1	05-06-1997	CA	2205937 A1	22-05-1997
			CN	1172532 A	04-02-1998
			WO	9718486 A1	22-05-1997
			EP	0807262 A1	19-11-1997
			JP	10512965 T	08-12-1998
			JP	3754707 B2	15-03-2006
			KR	100253496 B1	15-04-2000
			US	5764360 A	09-06-1998