(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
13. Juni 2019 (13.06.2019)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/110166 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01B 9/02 (2006.01) *G01J 3/45* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/077115

(22) Internationales Anmeldedatum:
05. Oktober 2018 (05.10.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
17205704.4 06. Dezember 2017 (06.12.2017) EP

(71) Anmelder: **CTR CARINTHIAN TECH RESEARCH AG** [AT/AT]; High Tech Campus Villach, Europastraße 12, 9524 Villach-St. Magdalen (AT). **METROHM AG** [CH/CH]; Ionenstrasse, 9100 Herisau (CH).

(72) Erfinder: **GISLER, Thomas**; Taastraße 19b, 9113 Degersheim (CH). **AUBÖCK, Gerald**; Pfluggasse 10, 9500 Villach (AT). **KENDA, Andreas**; Bahnstraße 163, 9020 Klagenfurt (AT).

(74) Anwalt: **WIRNSBERGER & LERCHBAUM PATENTANWÄLTE OG**; Mühlgasse 3, 8700 Leoben (AT).

(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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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,

WO 2019/110166 A1

(54) **Title:** REFERENCE INTERFEROMETER AND METHOD FOR DETERMINING AN OPTICAL PATH LENGTH CHANGE

(54) **Bezeichnung:** REFERENZINTERFEROMETER UND VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG EINER OPTISCHEN WEGLÄNGENÄNDERUNG

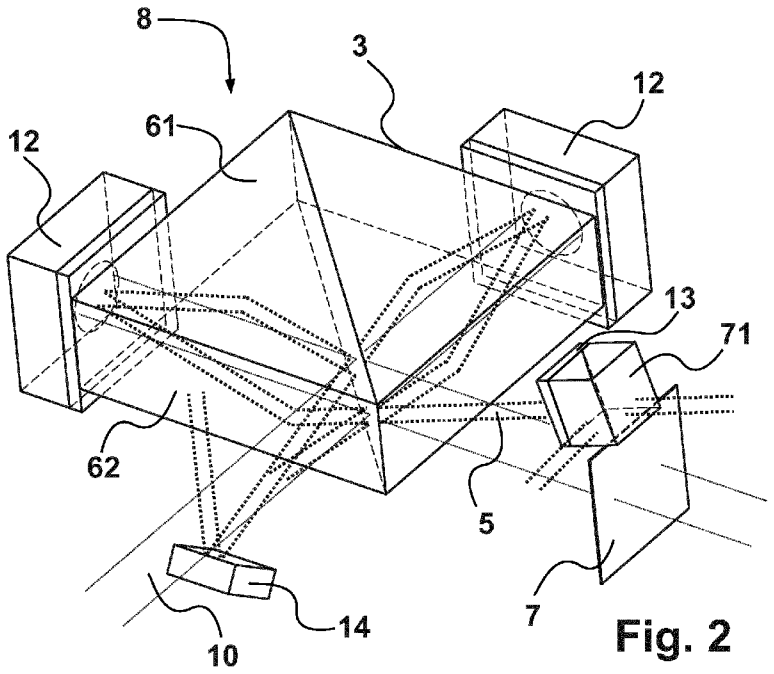


Fig. 2

(57) **Abstract:** The invention relates to a reference interferometer (1) for determining an optical path length change, in particular a relative optical path length change in interferometer arms (2), comprising a beamsplitter (3) and a laser light source (4), the beamsplitter (3) being designed in such a way that a light beam (5) of the laser light source (4) can be guided by a first side surface, in particular a top side (61), and a second side surface, in particular a bottom side (62), of the beamsplitter (3) by means of total internal reflection. The invention further relates to a use of a reference interferometer (1) of this type. Furthermore, the invention relates to a method for determining an optical path length change, in particular a relative optical path length change in interferometer arms (2), wherein a light beam (5), in particular a reference beam, is radiated from a laser light source (4) onto a beamsplitter (3), and the light beam (5) of the

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

SA, 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, ST, 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, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

laser light source (4) is guided by a first side surface, in particular a top side (61), and a second side surface, in particular a bottom side (62), of the beamsplitter (3) by means of total internal reflection.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Referenzinterferometer (1) zur Bestimmung einer optischen Weglängenänderung, insbesondere einer relativen optischen Weglängenänderung in Interferometerarmen (2), umfassend einen Strahlteiler (3) und eine Laserlichtquelle (4), wobei der Strahlteiler (3) derart ausgebildet ist, dass ein Lichtstrahl (5) der Laserlichtquelle (4) mittels totaler interner Reflexion über eine erste Seitenfläche, insbesondere eine Oberseite (61), und eine zweite Seitenfläche, insbesondere eine Unterseite (62), des Strahlteilers (3) führbar ist. Weiter betrifft die Erfindung eine Verwendung eines solchen Referenzinterferometers (1). Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Bestimmung einer optischen Weglängenänderung, insbesondere einer relativen optischen Weglängenänderung in Interferometerarmen (2), wobei von einer Laserlichtquelle (4) ein Lichtstrahl (5), insbesondere ein Referenzstrahl, auf einen Strahlteiler (3) gestrahlt wird, wobei der Lichtstrahl (5) der Laserlichtquelle (4) mittels totaler interner Reflexion über eine erste Seitenfläche, insbesondere eine Oberseite (61), und eine zweite Seitenfläche, insbesondere eine Unterseite (62), des Strahlteilers (3) geführt wird.

Referenzinterferometer und Verfahren zur Bestimmung einer optischen Weglängenänderung

Die Erfindung betrifft ein Referenzinterferometer zur Bestimmung einer optischen Weglängenänderung, insbesondere einer relativen optischen Weglängenänderung in Interferometerarmen, umfassend einen Strahlteiler und eine Laserlichtquelle.

Weiter betrifft die Erfindung eine Verwendung eines solchen Referenzinterferometers.

Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Interferometer mit einem solchen Referenzinterferometer.

Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Spektrometer, insbesondere ein Nah-Infrarot-Spektrometer.

Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Bestimmung einer optischen Weglängenänderung, insbesondere einer relativen optischen Weglängenänderung in Interferometerarmen, wobei von einer Laserlichtquelle ein Lichtstrahl, insbesondere ein Referenzstrahl auf einen Strahlteiler gestrahlt wird.

Zweistrahlinterferometer, wie diese beispielsweise in Fourier-Transformationsspektrometern eingesetzt werden, benötigen in der Regel ein Referenzinterferometer zur Messung einer relativen optischen Weglängenänderung eines Lichtstrahles in den Interferometerarmen.

Zur Messung einer relativen optischen Weglängenänderung wird oftmals eine sogenannte Quadraturdetektion verwendet, um neben einem Betrag der optischen Weglängenänderung in den Interferometerarmen auch dessen Vorzeichen erfassen zu können. Quadraturdetektion wird in vielen kommerziell erhältlichen Zweistrahlinterferometern verwendet. Hierfür werden zwei Referenzinterferometer realisiert, wobei sich ein optischer Weglängenunterschied in beiden Interferometerarmen um etwa $\lambda/4$ unterscheidet. Die Messung von beiden Interferenzsignalen erlaubt neben einer Bestimmung des Betrages der optischen Weglängenänderung zusätzlich auch die

Bestimmung eines Vorzeichens derselben. Eine Quadraturdetektion kann beispielsweise durch zwei räumlich getrennte Interferometer realisiert werden.

Eine andere Realisierungsmöglichkeit ist ein Einbringen eines λ/4-Plättchens in einen Referenzlaserstrahl in einem Interferometerarm, wodurch sich ein passender optischer Weglängenunterschied für x- und y-polarisiertes bzw. senkrecht und parallel polarisiertes Licht ergibt. Eine Detektion der Laserstrahlen erfolgt dann über einen Polarisationsstrahlteiler und zwei Detektoren.

Es gestaltet sich jedoch als schwierig, mit aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren bzw. Vorrichtungen eine einfache Quadraturdetektion insbesondere in einem monolithischen Interferometeraufbau zu realisieren. Es ist bei einem monolithischen Interferometer nämlich überaus schwierig, ein retardierendes Element, wie ein λ/4-Plättchen in einem Arm des Interferometers zu integrieren.

Hier setzt die Erfindung an. Aufgabe der Erfindung ist es, ein Referenzinterferometer der eingangs genannten Art anzugeben, mit welchem eine optische Weglängenänderung einfach und effizient bestimmbar ist und welches sich kompakt und robust ausbilden lässt.

Weiter ist es ein Ziel, eine Verwendung eines solchen Referenzinterferometers anzugeben.

Ein weiteres Ziel ist es, ein Interferometer mit einem solchen Referenzinterferometer anzugeben.

Darüber hinaus ist es Ziel der Erfindung, ein Spektrometer anzugeben.

Ferner ist es ein Ziel, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, mit welchem eine optische Weglängenänderung einfach und effizient bestimmt werden kann.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass bei einem Referenzinterferometer der eingangs genannten Art der Strahlteiler derart ausgebildet ist, dass ein Lichtstrahl der Laserlichtquelle mittels totaler interner Reflexion über eine erste Seitenfläche, insbesondere eine Oberseite, und eine zweite Seitenfläche, insbesondere eine Unterseite, des Strahlteilers führbar ist.

Ein mit der Erfindung erzielter Vorteil ist insbesondere darin zu sehen, dass durch die interne Totalreflexion an einer Grenzfläche eine Phasenverschiebung zwischen x- und y-polarisiertem bzw. senkrecht und parallel polarisiertem Licht entsteht, wobei die Phasenverschiebung von einer Brechzahl des Strahlteilers und einem Auftreffwinkel des Lichtstrahles abhängt. Dadurch ist ein einfaches sowie robustes Referenzinterferometer geschaffen, welches darüber hinaus produktionstechnisch gut bzw. mit relativ wenig Aufwand realisierbar ist. Die Funktionalisierung der Totalreflexion erlaubt sowohl eine besonders geeignete Strahlführung im Referenzinterferometer als auch eine einfache Realisierung einer für eine Quadraturdetektion notwendigen Polarisationsmanipulation. Der Lichtstrahl ist insbesondere als Laserlichtstrahl ausgebildet, welcher von der Laserlichtquelle emittiert wird.

Günstig ist es hierfür, wenn zumindest die Oberseite und/oder die Unterseite des Strahlteilers zumindest teilweise, mit einer Beschichtung beschichtet sind. Es könnten jedoch auch die Oberseite oder die Unterseite jeweils oder gemeinsam vollständig mit demselben Material beschichtet sein, wobei die Retardierfunktion auf einem Interferometerarm nur dann erzielt wird, wenn sich die Beschichtungen in Brechzahl oder Dicke unterscheiden. Durch eine gezielte Wahl von Brechzahl und Dicke der Beschichtung kann bei einem gegebenen Auftreffwinkel des Lichtstrahls der Laserlichtquelle eine gewünschte Phasenverschiebung zwischen x- und y-polarisiertem Licht erzielt werden.

Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn die Brechzahl und die Dicke der Beschichtung derart gewählt sind, dass bei einem mittels totaler interner Reflexion reflektierten Lichtstrahl der Laserlichtquelle eine Phasenverschiebung um $\lambda/4 \pm \lambda/10$, vorzugsweise um $\lambda/4 \pm \lambda/20$, erzielbar ist. Somit ist ein im Stand der Technik verwendetes $\lambda/4$-Plättchen nicht mehr notwendig. Der Strahlteiler ist mit einer einfachen Schicht geeigneter Brechzahl beschichtet, wodurch eine Größe einer Phasenverschiebung kontrollierbar ist. Beispielsweise ist der Strahlteiler mit einer Hafniumdioxidschicht beschichtet, wobei die Hafniumdioxidschicht eine Brechzahl von etwa 1,82 aufweist. Eine Phasenverschiebung von $\lambda/4$ ist beispielsweise mit einer Schichtdicke von etwa 60 nm und/oder etwa 120 nm bei einer Laserwellenlänge von 638 nm erreichbar. Durch eine Anpassung der Schichtdicke und/oder eines Schichtmaterials kann nahezu jede erwünschte Phasenverschiebung für beliebige Substratmaterialien, Einfallswinkel und

Laserwellenlängen erreicht werden, was zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten eines erfindungsgemäßen Referenzinterferometers eröffnet.

Weitere mögliche Beschichtungsmaterialien sind Indium-Zinn-Oxid, Titandioxid, Nb_2O_3, Ta_2O_3, ZrO_2, Sc_2O_3, Y_2O_3, sowie Mischoxide der genannten Oxide untereinander und/oder mit SiO_2.

Es ist vorteilhaft, wenn der Strahlteiler als Parallelepiped, insbesondere als gerades Viereckspris ma, vorzugsweise als Quader ausgebildet ist. Dadurch ist eine besonders einfache Realisierung des Referenzinterferometers gegeben bzw. möglich. Ein quaderförmiger Strahlteiler kann beispielsweise 20 mm bis 30 mm mal 20 mm bis 30 mm mal 5 mm bis 10 mm, bevorzugt 22 mm bis 28 mm mal 22 mm bis 28 mm mal 6 mm bis 8 mm, insbesondere etwa 25 mm mal 25 mm mal 7 mm, groß sein. Alternativ dazu kann der quaderförmige Strahlteiler gleiche Seitenlängen aufweisen und somit als Würfel ausgebildet sein.

Vorteilhaft ist es, wenn zumindest ein Detektor vorgesehen ist. Insbesondere kann es günstig sein, wenn eine Detektion des Lichtstrahles der Laserlichtquelle als Referenzstrahl mit einem Polarisationsstrahlteiler und zwei Detektoren erfolgt. Der zumindest eine Detektor kann insbesondere als Strahlungsdetektor, vorzugsweise als eine Fotozelle, Fotodiode oder ein Fotomultiplier, ausgebildet sein.

Es ist von Vorteil, wenn die Laserlichtquelle so positioniert ist, sodass der Lichtstrahl in einem von 90° verschiedenen Winkel zur Flächennormalen auf den Strahlteiler trifft. Dadurch kann eine einfache und kompakte Bauweise realisiert werden und der Lichtstrahl trifft in einem für totale interne Reflektion optimalen Winkel auf den Strahlteiler.

Die Laserlichtquelle kann ein Diodenlaser, insbesondere ein Distributed-Feedback-Laser (DFB-Laser), ein Distributed-Bragg-Reflector-Laser (DBR-Laser) oder ein Vertical-Cavity-Surface-Emitting-Laser (VCSEL) sein. Dabei handelt es sich um bevorzugte Laserlichtquellen, die sich gegenüber einem herkömmlichen Laser, beispielsweise einem HeNe-Laser, durch eine kompakte Bauweise, einen niedrigen Energieverbrauch und eine hohe Stabilität der Wellenlänge gegen Temperaturvariationen auszeichnen.

Unter einem Distributed-Feedback-Laser (DFB-Laser) wird im vorliegenden Zusammenhang eine Laserdiode verstanden, deren aktives Medium derart strukturiert ist, dass der Brechungsindex entlang einer optischen Achse periodisch strukturiert ist.

Unter Distributed-Bragg-Reflector-Lasern (DBR-Lasern) werden im vorliegenden Zusammenhang Laserdioden verstanden, deren aktives Medium an einem Ende durch einen Bragg-Spiegel (engl. *Distributed Bragg Reflector*, DBR) begrenzt ist und bei dem an einem anderen Ende ein herkömmlicher Auskoppelspiegel angebracht ist.

Unter Oberflächenemitter-Laserdioden (engl.: *vertical-cavity surface-emitting laser*; VCSEL) werden im vorliegenden Zusammenhang Laserdioden verstanden, bei welchen das Licht senkrecht zur Ebene eines Halbleiterchips abgestrahlt wird. Ein Laserresonator wird dabei durch zwei parallel zur Ebene des Wafer angeordnete Bragg-Spiegel gebildet, zwischen welchen das Lasermedium eingebettet ist.

Allerdings kann es sich bei der Laserlichtquelle auch um einen Diodenlaser anderer Bauart handeln. Je nach Art des Diodenlasers kann es vorteilhaft sein, wenn die Wellenlänge des von diesem bereitgestellten Lichtes durch ein bandenbegrenzendes Element, insbesondere durch ein Volumen-Bragg-Gitter (VBG) stabilisiert ist. Dies verleiht der Laserlichtquelle insbesondere eine höhere Stabilität der Laserwellenlänge gegen Temperaturvariationen.

Eine Verwendung eines erfindungsgemäßen Referenzinterferometers erfolgt mit Vorteil zur Überprüfung einer optischen Weglängenänderung in Interferometerarmen.

Das weitere Ziel wird mit einem Interferometer mit einem erfindungsgemäßen Referenzinterferometer zur Überprüfung einer optischen Weglängenänderung in Interferometerarmen, insbesondere umfassend eine Lichtquelle für einen Messstrahl und mehrere optische Elemente, erreicht.

Mit Vorteil sind der Messstrahl und der Lichtstrahl der Laserlichtquelle durch denselben Strahlteiler führbar, wobei der Lichtstrahl der Laserlichtquelle einen Referenzstrahl darstellt.

Somit ist eine Quadraturdetektion im Interferometer besonders einfach möglich, da der Messstrahl und der Referenzstrahl durch denselben Strahlteiler geführt werden. Der Referenzstrahl ist über interne Totalreflexion an einer Oberseite und Unterseite des Strahlteilers geführt. Diese Geometrie erlaubt eine besonders einfache und kompakte Bauweise des Interferometers sowie eine optimal kleine Verkippung des Referenzstrahles bei gegebener Größe.

Günstig ist es, wenn das Interferometer als Zweistrahlinterferometer ausgebildet ist. Besonders bevorzugt ist dieses als Fourier-Transformationsspektrometer oder als monolithisches Michelson-Interferometer ausgebildet.

Zweckmäßig ist es, wenn das Referenzinterferometer zur Quadraturdetektion ausgebildet ist, um eine relative optische Weglängenänderung in den Interferometerarmen des Interferometers zu messen.

Das weitere Ziel wird mit einem Spektrometer, insbesondere Nah-Infrarot-Spektrometer, mit einem erfindungsgemäßen Interferometer erreicht.

Das verfahrensmäßige Ziel wird erreicht, wenn bei einem Verfahren der eingangs genannten Art der Lichtstrahl der Laserlichtquelle als Referenzstrahl mittels totaler interner Reflexion über eine erste Seitenfläche, insbesondere eine Oberseite, und eine zweite Seitenfläche, insbesondere eine Unterseite, des Strahlteilers geführt wird.

Ein damit erzielter Vorteil ist insbesondere darin zu sehen, dass über die totale interne Reflexion bzw. interne Totalreflexion an der ersten Seitenfläche und der zweiten Seitenfläche, insbesondere einer Oberseite und Unterseite, des Strahlteilers eine optische Weglängenänderung des Messstrahles besonders einfach und effizient gemessen werden kann. Ferner kann das Interferometer sehr kompakt, beispielsweise monolithisch gebaut werden, was hinsichtlich der mechanischen Robustheit Vorteile bringt. Darüber hinaus wird der Referenzstrahl nur sehr wenig verkippt, wodurch insbesondere bei einer kompakten Bauweise eines Interferometers die grundsätzlich damit verbundenen Nachteile überwunden sind.

Es ist von Vorteil, wenn zusätzlich ein Messstrahl durch denselben Strahlteiler geführt wird. Der Messstrahl und der Referenzstrahl können insbesondere in zwei unterschiedlichen Winkeln auf den Strahlteiler bzw. eine Flächennormale des Strahlteilers geführt werden.

Günstig ist es, wenn eine Polarisation des Referenzstrahles verändert wird. Hierfür wird der Strahlteiler zumindest teilweise beschichtet, wobei mithilfe einer einfachen Schicht geeigneter Brechzahl eine Größe einer Phasenverschiebung kontrolliert wird.

Insbesondere bei einem als Quader oder Würfel ausgebildeten Strahlteiler ist es vorteilhaft, wenn der Referenzstrahl und der Messstrahl in unterschiedlichen Winkeln auf den Strahlteiler geführt werden. Insbesondere wird der Messstrahl mit einem Einfallswinkel von weniger als 7°, vorzugsweise weniger als 3°, bevorzugt weniger als 1°, zur Flächennormale des Strahlteilers, vornehmlich zur Flächennormale auf eine Eingangsseite des Strahlteilers, geführt. In einer bevorzugten Ausführungsform wird der Messstrahl mit einem Einfallswinkel von etwa 0° zur Flächennormale des Strahlteilers geführt. Im Unterschied dazu wird der Referenzstrahl von oben auf den Strahlteiler geführt, beispielsweise mit einem Einfallswinkel von 30° bis 89°, vorzugsweise 50° bis 85°, bevorzugt 65° bis 80°, zur Flächennormalen des Strahlteilers. Je nach Ausführung ist allerdings auch ein Einfallswinkel von 65° bis 88°, vorzugsweise von 70° bis 83°, bevorzugt von 75° bis 78° vorteilhaft. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird der Referenzstrahl mit einem Einfallswinkel von 76,5° zur Flächennormale des Strahlteilers geführt.

Vorteilhaft ist es weiter, wenn der Referenzstrahl und der Messstrahl von zumindest einem Detektor erfasst werden. Insbesondere sind zwei Detektoren vorgesehen, wobei der Referenzstrahl und der Messstrahl von jeweils einem Detektor erfasst werden. Zudem kann es günstig sein, wenn für den als Referenzstrahl ausgebildeten Lichtstrahl ein Polarisationsstrahlteiler vor dem Detektor angeordnet ist. In diesem Fall sind insgesamt zumindest drei Detektoren erforderlich.

Weitere Merkmale, Vorteile und Wirkungen ergeben sich aus dem nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispiel. In den Zeichnungen, auf welche dabei Bezug genommen wird, zeigen:

Fig. 1 eine aus dem Stand der Technik bekannte Vorrichtung zur Quadraturdetektion;
Fig. 2 ein erfindungsgemäßes Interferometer;
Fig. 3 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Referenzinterferometers;
Fig. 4 eine Darstellung eines Strahlengangs durch einen Strahlteiler;
Fig. 5 eine weitere Ansicht eines Strahlengangs gemäß Fig. 4;
Fig. 6 eine schematische Darstellung einer Phasenverschiebung;
Fig. 7 eine Darstellung einer Differenz zwischen einer Phasenverschiebung für unterschiedlich polarisiertes Licht;
Fig. 8 Werte einer Phasenverschiebung;
Fig. 9 eine experimentelle Verifikation von simulierten Werten.

Fig. 1 zeigt eine aus dem Stand der Technik bekannte Vorrichtung zur Quadraturdetektion. Diese Vorrichtung umfasst ein Michelson-Interferometer mit einem Referenzinterferometer für eine konventionelle Quadraturdetektion. Weiter umfasst die Vorrichtung eine Laserlichtquelle 4 sowie eine weitere Lichtquelle 9. Ein als Referenzstrahl ausgebildeter Lichtstrahl 5 und ein Messstrahl 10 sind an einer Position eines λ/4-Plättchens 11 räumlich voneinander getrennt, wofür der Referenzstrahl verkippt ist. Diese Verkippung ist grundsätzlich mit Nachteilen behaftet, wobei die Verkippung insbesondere bei einer kompakten Bauweise eines Michelson-Interferometers mit kurzen Interferometerarmen 2 recht groß ist. Die Vorrichtung umfasst weitere optische Elemente wie einen Strahlteiler 3, Spiegel 12, Detektoren 7 und einen Polarisationsstrahlteiler 13. Um einen Wegunterschied daraus resultierend, dass der am Strahlteiler 3 reflektierte Strahl den Strahlteiler 3 nicht durchquert, zu kompensieren, weist die Vorrichtung ein Plättchen 31 auf, welches aus demselben Material und in derselben Dicke wie der Strahlteiler 3 ausgebildet ist.

In Fig. 2 ist ein erfindungsgemäßes Interferometer 8 mit einem erfindungsgemäßen Referenzinterferometer 1 gezeigt. Das Interferometer 8 ist als Michelson-Interferometer in monolithischer Bauweise ausgebildet. Das Referenzinterferometer 1 umfasst eine in Fig. 2 nicht dargestellte Laserlichtquelle 4, welche einen Lichtstrahl 5 emittiert. Darüber hinaus ist ein quaderförmiger Strahlteiler 3 vorgesehen. Das Interferometer 8 umfasst weiter eine in Fig. 2 nicht dargestellte Lichtquelle 9, welche einen Messstrahl 10 emittiert. Sowohl der Messstrahl 10 als auch der als Referenzstrahl ausgebildete Lichtstrahl 5 werden durch den Strahlteiler 3 geführt. Der Referenzstrahl kann mittels Spiegel 14 auf

den Strahlteiler gelenkt sein. Ein Vorteil dieser Ausführung ist darin zu sehen, dass der Lichtstrahl 5 einfach justiert werden kann. Wie beschrieben kann vorgesehen sein, dass die Laserlichtquelle 4 an der Stelle des Spiegels 14 positioniert und gegenüber dem Messstrahl 10 verkippt ist. Weiter ist der Referenzstrahl mittels interner Totalreflexion über eine Oberseite 61 und Unterseite 62 des Strahlteilers 3 geführt. Die Oberseite 61 und/oder Unterseite 62 des Strahlteilers 3 ist beispielsweise mit Hafniumdioxid beschichtet. Die Beschichtung des Strahlteilers ersetzt das λ/4-Plättchen 11 einer bekannten Vorrichtung gemäß Fig. 1. Ferner umfasst das Interferometer 8 einen ersten Detektor 71 sowie einen zweiten Detektor 7 und einen Polarisationsstrahlteiler 13 zur Detektion des als Referenzstrahl ausgebildeten Lichtstrahles 5 und des Messstrahles 10, wobei der Polarisationsstrahlteiler 13 vor dem ersten Detektor 71 angeordnet ist, welcher zur Detektion des Referenzstrahles vorgesehen ist. Weiter kann es vorgesehen sein, dass Spiegel 12, insbesondere in z-Richtung bewegbare Spiegel 12, am Strahlteiler 3, insbesondere mittels direkt am Strahlteiler 3 aufgeklebten Spiegelgehäuses, montiert sind. Die Spiegel 12 sind als Mikrosystemtechnikkomponenten (MEMS-Komponenten) ausgebildet.

In Fig. 3 ist eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Referenzinterferometers 1 bzw. ein Grundriss eines Referenzinterferometers 1 gezeigt. Fig. 3 zeigt einen Strahlengang von zwei Strahlen S1, S2 durch den Strahlteiler 3, an dem zwei Spiegel 12, insbesondere Spiegel aufweisend die Möglichkeit in z-Richtung zu scannen, angeordnet sind. Der Strahlteiler 3 ist teilweise mit einer Hafniumdioxid-Schicht 14 beschichtet, welche eine Brechzahl von 1,82 bei einer Laserwellenlänge von 638 nm aufweist. Der Strahlteiler 3 selbst ist bevorzugt aus Quarzglas 15 mit einer Brechzahl von 1,46 ausgebildet. Fig. 4 und 5 zeigen jeweils eine Seitenansicht des Strahlteilers 3, wobei Fig. 4 eine Seitenansicht entlang einem Strahlengang eines ersten Strahles S1 und Fig. 5 eine Seitenansicht entlang einem Strahlengang eines zweiten Strahles S2 zeigt. Wie aus Fig. 5 ersichtlich, übernimmt die Hafniumdioxid-Schicht 14 die Funktion eines λ/4-Plättchens 11 gemäß Fig. 1.

Fig. 6 zeigt eine schematische Darstellung einer Phasenverschiebung über einen beschichteten Strahlteiler 3. Es ist ersichtlich, dass mit einer einfachen Schicht geeigneter Brechzahl eine Größe einer Phasenverschiebung kontrollierbar ist. Eine Hafniumdioxid-Schicht 14 mit einer Brechzahl von 1,82 ist auf den Strahlteiler 3 aus Quarzglas 15 mit

einer Brechzahl von 1,46 aufgebracht. Ein Strahl S1 trifft mit einem Einfallswinkel α von etwa 76,5° zur Flächennormalen der Fläche 61 auf eine Grenzfläche zwischen Quarzglas 15 und Hafniumdioxid-Schicht 14. Eine Schichtdicke 0 würde einer Phasenverschiebung für einen unbeschichteten Strahlteiler 3 entsprechen. Ein Einfallswinkel ß zur Flächennormale der Hafniumdioxid-Schicht 14 beträgt etwa 49,7°.

Zur gesamten Phasenverschiebung tragen mehrere Effekte bei. An einer Grenzfläche zwischen der Hafniumdioxid-Schicht 14 und Luft findet interne Totalreflexion statt, welche mit einer bestimmten Phasenverschiebung zwischen senkrecht und parallel polarisiertem (s- und p-polarisiertem) Licht behaftet ist. Dieser Strahl S1 interferiert mit an der Grenzfläche zwischen dem Strahlteiler 3 und der Hafniumdioxid-Schicht 14 reflektierten Anteilen und mit Anteilen, die mehrfach in der Hafniumdioxid-Schicht 14 reflektiert werden, und somit eine größere Phasenverschiebung akkumulieren. In Summe führt dies zu einer mit einer Dicke der Hafniumdioxid-Schicht 14 periodischen Modulation. Dies ist in Fig. 7 gezeigt. Aus Fig. 7 ist ersichtlich, dass mit einer Dicke der Hafniumdioxid-Schicht 14 von 60 nm oder 120 nm eine Phasenverschiebung von $\pi/2$ (entsprechend $\lambda/4$) erreicht wird. Durch eine Anpassung der Schichtdicke und/oder eines Schichtmaterials ist nahezu jede erwünschte Phasenverschiebung für beliebige Substratmaterialien und Einfallswinkel erreichbar.

Fig. 8 zeigt eine Phasenverschiebung für s- und p-polarisiertes Licht bei interner Totalreflexion an einer Grenzfläche eines mit einer Hafniumdioxid-Schicht 14 beschichteten Strahlteilers 3 aus Quarzglas und Luft. Ein Einfallswinkel des unterschiedlich polarisierten Lichtes beträgt etwa 76 ° zu einer Flächennormale des Strahlteilers 3. Bei den in Fig. 8 dargestellten Daten handelt es sich um simulierte Daten, welche halbanalytisch manuell verifiziert wurden.

In Fig. 9 ist eine experimentelle Verifikation von simulierten Werten wie in Fig. 7 und 8 gezeigt. Für eine solche experimentelle Verifikation wurden Strahlteiler 3 aus Quarzglas 15 mit unterschiedlich dicken Hafniumdioxid-Schichten 14 beschichtet. Eine Dicke der Hafniumdioxid-Schichten 14 betrug etwa 58 nm, etwa 93 nm, etwa 121 nm und etwa 149 nm. Eine Phasenverschiebung zwischen s- und p-polarisiertem Licht wurde mit einem Testinterferometer vermessen. Fig. 9 zeigt einen Vergleich der theoretischen Werte

gemäß Fig. 7 mit experimentellen Werten. Es ist ersichtlich, dass die experimentellen und theoretischen Werte sehr gut übereinstimmen.

Grundsätzlich hängen genaue Werte einer Phasenverschiebung sensitiv von einer Dicke einer Beschichtung und einem Einfallswinkel des Lichtes ab. Bei einer Anwendung des Referenzinterferometers 1 zur Quadraturdetektion ist eine exakte Phasenverschiebung von $\lambda/4$ nicht essenziell, eine Abweichung von $\pm \lambda/20$ ist durchaus zulässig, sodass auch produktionstechnische Toleranzen keine Schwierigkeiten darstellen.

Patentansprüche

1. Referenzinterferometer (1) zur Bestimmung einer optischen Weglängenänderung, insbesondere einer relativen optischen Weglängenänderung in Interferometerarmen (2), umfassend einen Strahlteiler (3) und eine Laserlichtquelle (4), dadurch gekennzeichnet, dass der Strahlteiler (3) derart ausgebildet ist, dass ein Lichtstrahl (5) der Laserlichtquelle (4) mittels totaler interner Reflexion über eine erste Seitenfläche, insbesondere eine Oberseite (61), und eine zweite Seite, insbesondere eine Unterseite (62), des Strahlteilers (3) führbar ist.

2. Referenzinterferometer (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die Oberseite (61) und/oder die Unterseite (62) des Strahlteilers (3) zumindest teilweise mit einer Beschichtung versehen sind.

3. Referenzinterferometer (1) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Brechzahl und die Dicke der Beschichtung derart gewählt sind, dass bei einem mittels totaler interner Reflexion reflektierten Lichtstrahl (5) der Laserlichtquelle (4) eine Phasenverschiebung um $\lambda/4 \pm \lambda/10$, vorzugsweise um $\lambda/4 \pm \lambda/20$, erzielbar ist.

4. Referenzinterferometer (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Strahlteiler (3) als Parallelepiped, insbesondere als gerades Viereckprisma, vorzugsweise als Quader, ausgebildet ist.

5. Referenzinterferometer (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Detektor (7) vorgesehen ist.

6. Referenzinterferometer (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Laserlichtquelle (4) so positioniert ist, sodass der Lichtstrahl (5) in einem von 90° verschiedenen Winkel auf den Strahlteiler (3) trifft.

7. Referenzinterferometer (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Laserlichtquelle (4) ein Diodenlaser, insbesondere ein Distributed-Feedback-Laser, ein Distributed-Bragg-Reflector-Laser oder ein Vertical-Cavity Surface-Emitting-Laser ist.

8. Verwendung eines Referenzinterferometers (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 zur Überprüfung einer optischen Weglängenänderung in Interferometerarmen (2).

9. Interferometer (8) mit einem Referenzinterferometer (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 zur Überprüfung einer optischen Weglängenänderung in Interferometerarmen (2), insbesondere umfassend eine Lichtquelle (9) für einen Messstrahl (10) und mehrere optische Elemente.

10. Interferometer (8) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Messstrahl (10) und der Lichtstrahl (5) der Laserlichtquelle (4) durch denselben Strahlteiler (3) führbar sind, wobei der Lichtstrahl (5) der Laserlichtquelle (4) einen Referenzstrahl darstellt.

11. Interferometer nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Interferometer (8) als Zweistrahlinterferometer ausgebildet ist.

12. Interferometer nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Referenzinterferometer (1) zur Quadraturdetektion ausgebildet ist.

13. Spektrometer, insbesondere Nah-Infrarot-Spektrometer, mit einem Interferometer (8) nach einem der Ansprüche 9 bis 12.

14. Verfahren zur Bestimmung einer optischen Weglängenänderung, insbesondere einer relativen optischen Weglängenänderung in Interferometerarmen (2), wobei von einer Laserlichtquelle (4) ein Lichtstrahl (5) als Referenzstrahl auf einen Strahlteiler (3) gestrahlt wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Lichtstrahl (5) der Laserlichtquelle (4) als Referenzstrahl mittels totaler interner Reflexion über eine erste Seitenfläche, insbesondere eine Oberseite (61), und eine zweite Seitenfläche, insbesondere eine Unterseite (62), des Strahlteilers (3) geführt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich ein Messstrahl (10) durch den denselben Strahlteiler (3) geführt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass eine Polarisation des Referenzstrahls verändert wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Referenzstrahl und der Messstrahl (10) in unterschiedlichen Winkeln auf den Strahlteiler (3) geführt werden.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Referenzstrahl und der Messstrahl (10) von zumindest einem Detektor (7) erfasst werden.

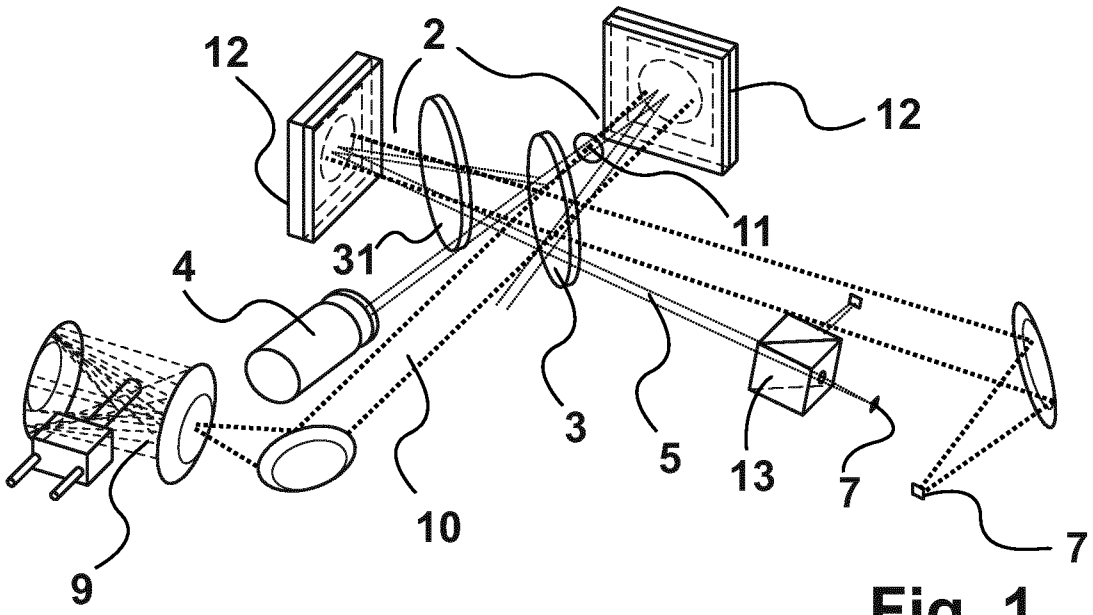


Fig. 1

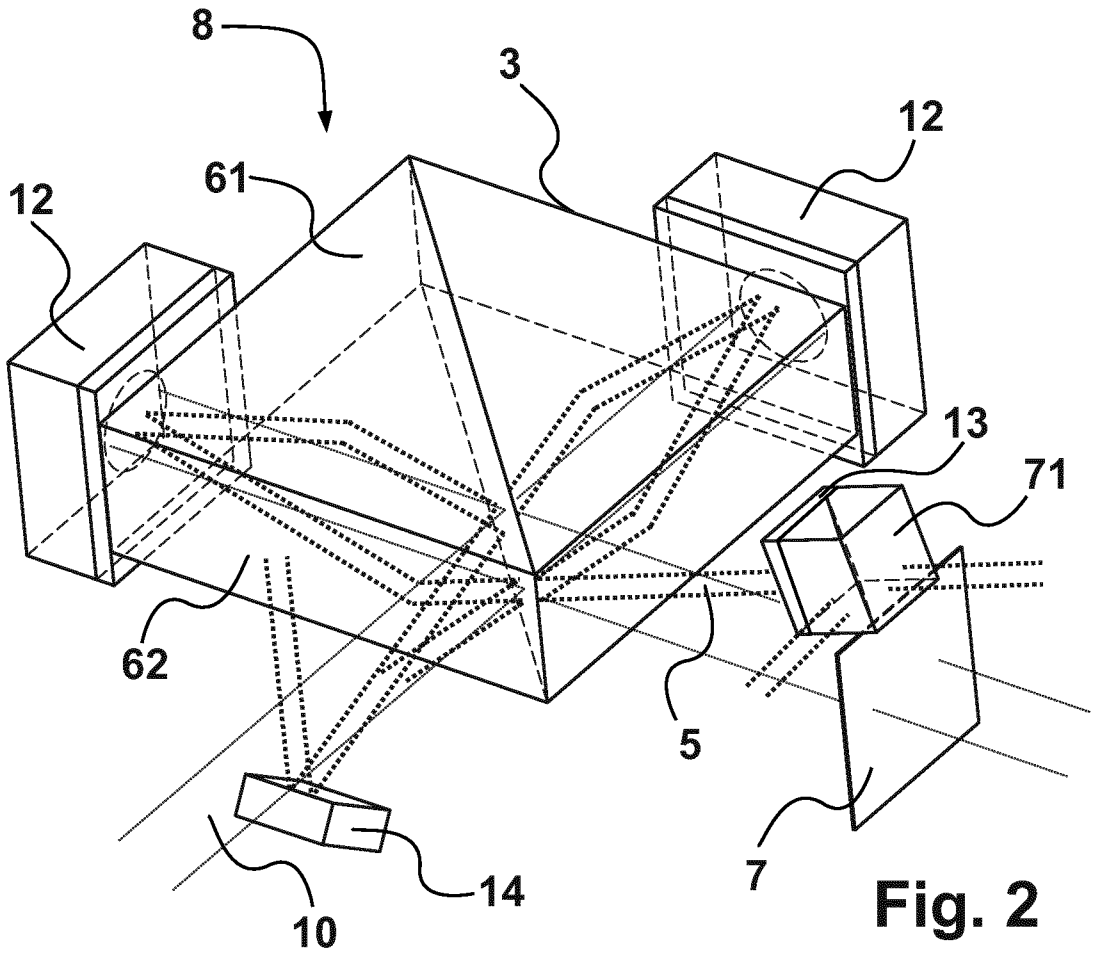


Fig. 2

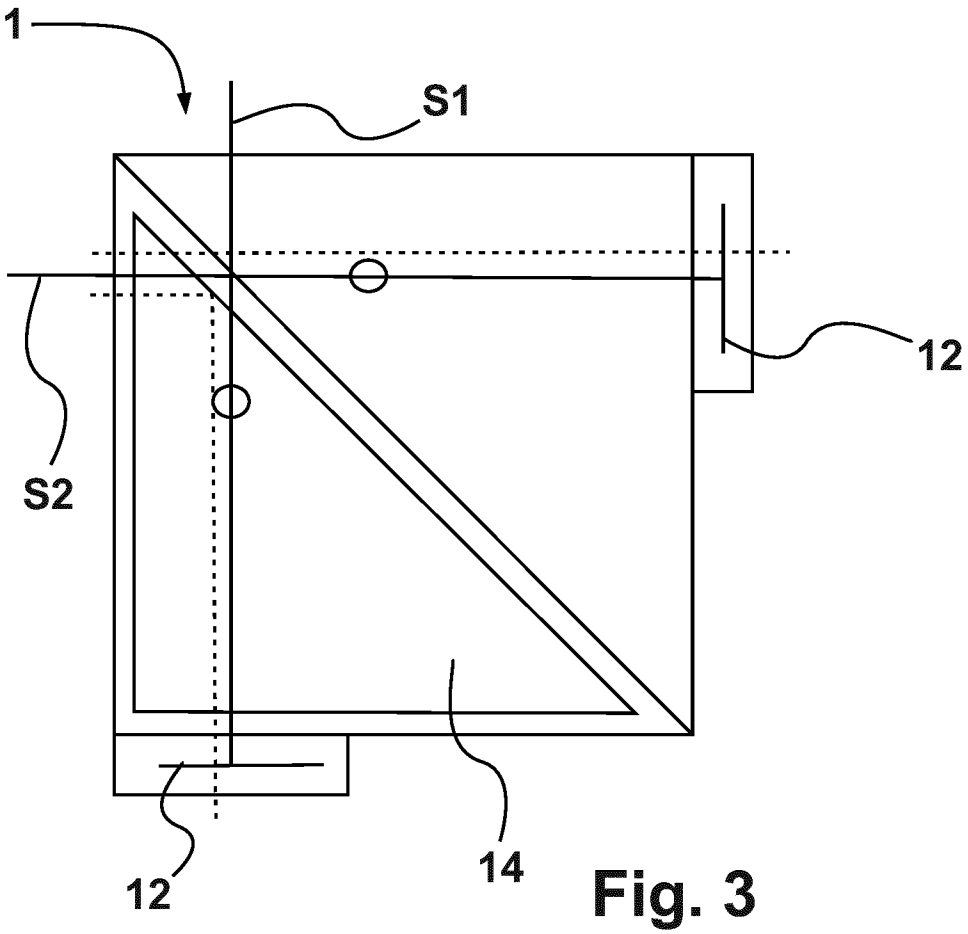


Fig. 3

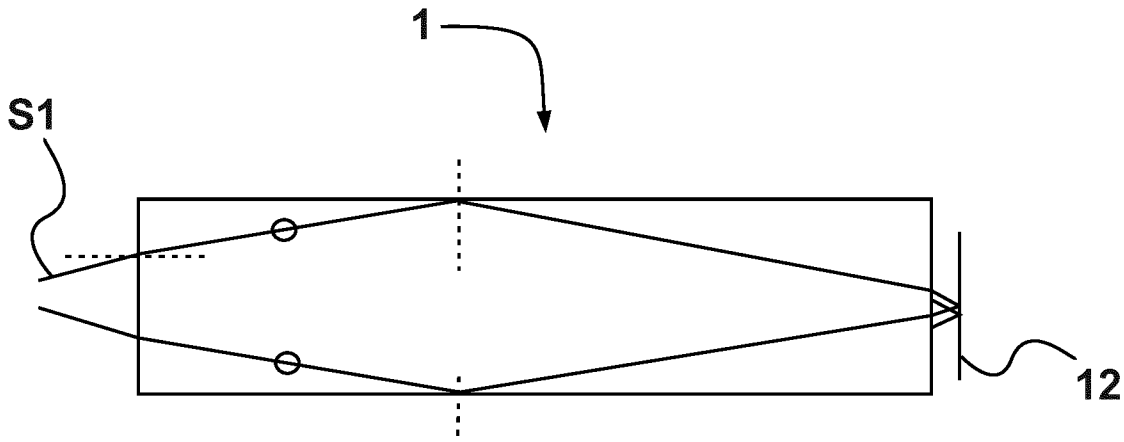


Fig. 4

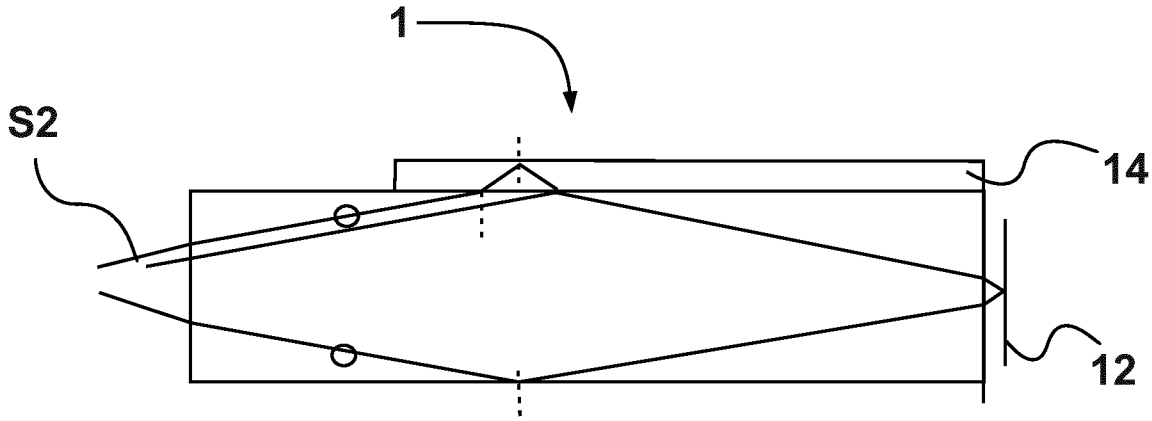


Fig. 5

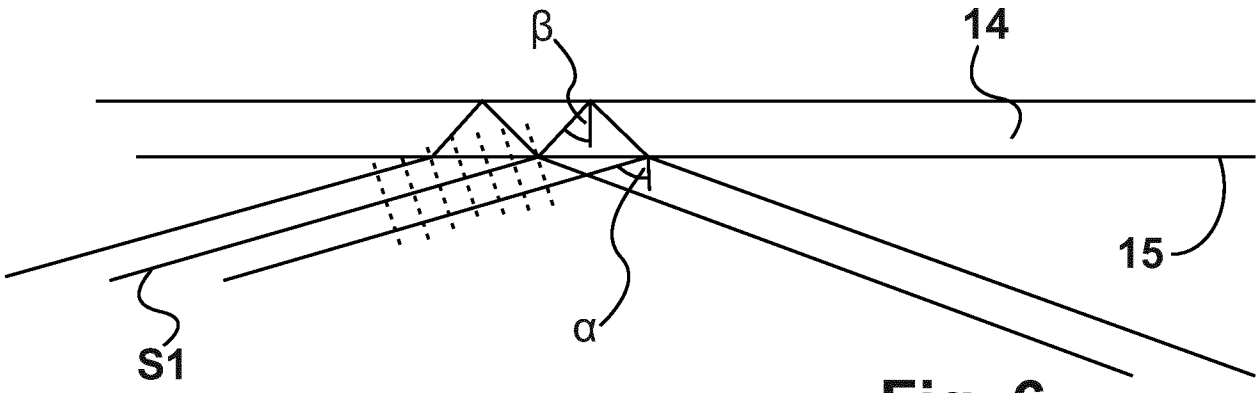


Fig. 6

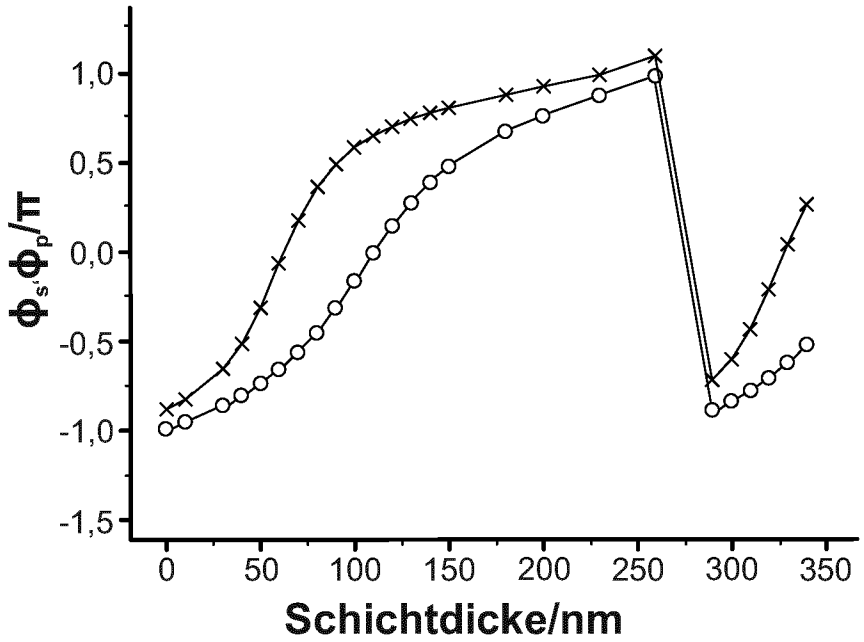

1,0
0,5
0,0
-0,5
-1,0
-1,5
$\phi_s, \phi_p/\pi$
0
50
100
150
200
250
300
350
Schichtdicke/nm

Fig. 7

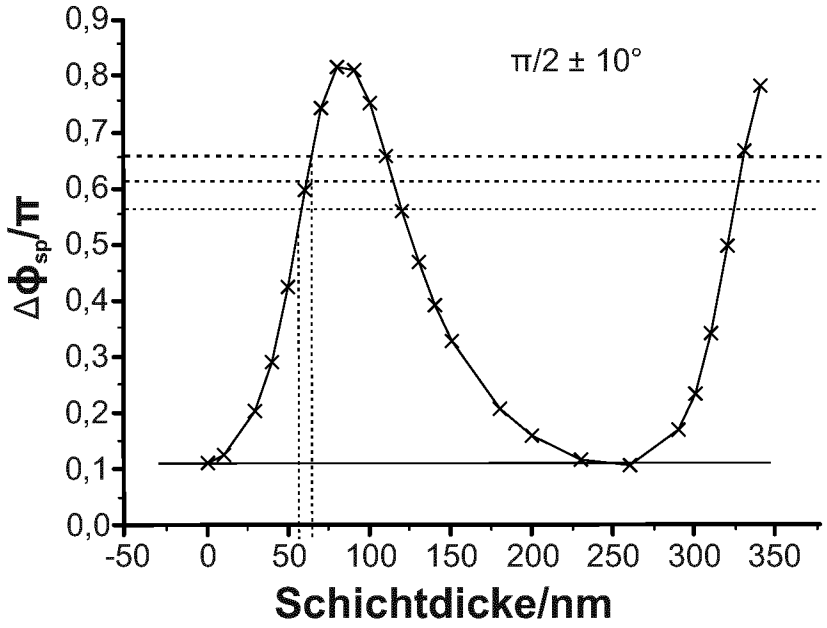

0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0,0
$\Delta\phi_{sp}/\pi$
π/2 ± 10°
-50
0
50
100
150
200
250
300
350
Schichtdicke/nm

Fig. 8

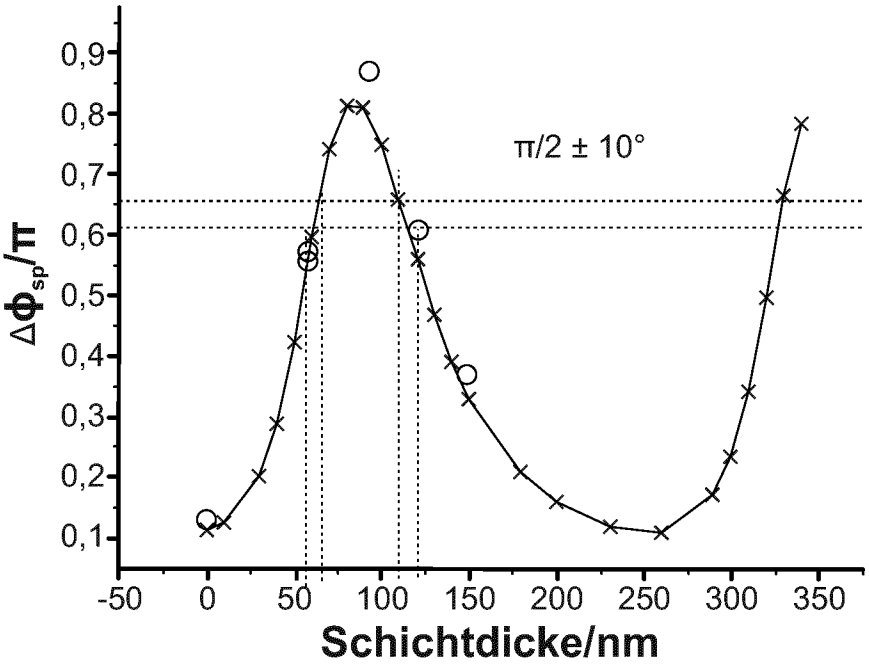

0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
$\Delta\phi_{sp}/\pi$
π/2 ± 10°
-50
0
50
100
150
200
250
300
350
Schichtdicke/nm

Fig. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/077115

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01B9/02 G01J3/45
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 G01J

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 Y	DE 103 08 006 A1 (SIEMENS AG [DE]) 9 September 2004 (2004-09-09) paragraph [0005] - paragraph [0010] paragraph [0014] - paragraph [0017]; figures 1-2	1-3,5, 7-18 4,6, 9-13,15, 16,18

X Y	US 2007/024860 A1 (TOBIASON JOSEPH D [US] ET AL) 1 February 2007 (2007-02-01) paragraph [0044] - paragraph [0071]; figure 1 paragraph [0087] - paragraph [0096]; figures 4A-5 paragraph [0148] - paragraph [0165]; figure 16	1-5, 7-12, 14-16,18 6,13

	-/--	

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] 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
29 October 2018	13/11/2018

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Braun, P

2

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/077115

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 24 56 649 A1 (HAWKER SIDDELEY DYNAMICS LTD) 28 May 1975 (1975-05-28)	1,4,5,7, 8,14,18
Y	page 9 - page 10; figures 4-5 claim 1	4,6

X	DE 38 73 563 T2 (HEWLETT PACKARD CO [US]) 6 May 1993 (1993-05-06) page 7 - page 11; figures 1-2	1-3,5-8, 14,16,18

X	DE 690 14 205 T2 (BRITISH TECH GROUP [GB]) 24 May 1995 (1995-05-24)	1-8,14, 16
Y	page 6 - page 7; figure 3	9-13,15, 16,18

Y	WO 2008/019937 A1 (SIEMENS AG [DE]; BAUER CHRISTIAN [DE]; PLEBAN KAI-UWE [DE]) 21 February 2008 (2008-02-21) figures 8, 9, 11, 12	6

2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2018/077115

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 10308006 A1	09-09-2004	DE 10308006 A1	09-09-2004
		WO 2004076998 A1	10-09-2004
US 2007024860 A1	01-02-2007	EP 1750086 A1	07-02-2007
		JP 2007040994 A	15-02-2007
		US 2007024860 A1	01-02-2007
DE 2456649 A1	28-05-1975	DE 2456649 A1	28-05-1975
		FR 2252557 A1	20-06-1975
		US 3955083 A	04-05-1976
DE 3873563 T2	06-05-1993	DE 3873563 D1	17-09-1992
		DE 3873563 T2	06-05-1993
		EP 0281385 A2	07-09-1988
		HK 147595 A	22-09-1995
		JP 2708171 B2	04-02-1998
		JP S63228003 A	22-09-1988
		US 4784490 A	15-11-1988
DE 69014205 T2	24-05-1995	DE 69014205 D1	22-12-1994
		DE 69014205 T2	24-05-1995
		EP 0490956 A1	24-06-1992
		GB 2235789 A	13-03-1991
		JP 2997047 B2	11-01-2000
		JP H05500712 A	12-02-1993
		US 5847828 A	08-12-1998
		WO 9103702 A1	21-03-1991
WO 2008019937 A1	21-02-2008	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2018/077115

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01B9/02 G01J3/45
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01B G01J

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, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X Y	DE 103 08 006 A1 (SIEMENS AG [DE]) 9. September 2004 (2004-09-09) Absatz [0005] - Absatz [0010] Absatz [0014] - Absatz [0017]; Abbildungen 1-2	1-3,5, 7-18 4,6, 9-13,15, 16,18

X Y	US 2007/024860 A1 (TOBIASON JOSEPH D [US] ET AL) 1. Februar 2007 (2007-02-01) Absatz [0044] - Absatz [0071]; Abbildung 1 Absatz [0087] - Absatz [0096]; Abbildungen 4A-5 Absatz [0148] - Absatz [0165]; Abbildung 16	1-5, 7-12, 14-16,18 6,13

	-/--	

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
29. Oktober 2018	13/11/2018

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Braun, P

2

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2018/077115

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 24 56 649 A1 (HAWKER SIDDELEY DYNAMICS LTD) 28. Mai 1975 (1975-05-28)	1,4,5,7, 8,14,18
Y	Seite 9 - Seite 10; Abbildungen 4-5 Anspruch 1	4,6

X	DE 38 73 563 T2 (HEWLETT PACKARD CO [US]) 6. Mai 1993 (1993-05-06) Seite 7 - Seite 11; Abbildungen 1-2	1-3,5-8, 14,16,18

X	DE 690 14 205 T2 (BRITISH TECH GROUP [GB]) 24. Mai 1995 (1995-05-24)	1-8,14, 16
Y	Seite 6 - Seite 7; Abbildung 3	9-13,15, 16,18

Y	WO 2008/019937 A1 (SIEMENS AG [DE]; BAUER CHRISTIAN [DE]; PLEBAN KAI-UWE [DE]) 21. Februar 2008 (2008-02-21) Abbildungen 8, 9, 11, 12	6

2

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2018/077115

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10308006 A1	09-09-2004	DE 10308006 A1	09-09-2004
		WO 2004076998 A1	10-09-2004
US 2007024860 A1	01-02-2007	EP 1750086 A1	07-02-2007
		JP 2007040994 A	15-02-2007
		US 2007024860 A1	01-02-2007
DE 2456649 A1	28-05-1975	DE 2456649 A1	28-05-1975
		FR 2252557 A1	20-06-1975
		US 3955083 A	04-05-1976
DE 3873563 T2	06-05-1993	DE 3873563 D1	17-09-1992
		DE 3873563 T2	06-05-1993
		EP 0281385 A2	07-09-1988
		HK 147595 A	22-09-1995
		JP 2708171 B2	04-02-1998
		JP S63228003 A	22-09-1988
		US 4784490 A	15-11-1988
DE 69014205 T2	24-05-1995	DE 69014205 D1	22-12-1994
		DE 69014205 T2	24-05-1995
		EP 0490956 A1	24-06-1992
		GB 2235789 A	13-03-1991
		JP 2997047 B2	11-01-2000
		JP H05500712 A	12-02-1993
		US 5847828 A	08-12-1998
		WO 9103702 A1	21-03-1991
WO 2008019937 A1	21-02-2008	KEINE	