

(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
23. September 2010 (23.09.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/105716 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G01N 21/77 (2006.01) G01N 21/45 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/000184
- (22) Internationales Anmeldedatum:
8. Januar 2010 (08.01.2010)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2009 013 878.1 16. März 2009 (16.03.2009) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.** [DE/DE]; Hansastrasse 27c, 80686 München (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HEIDRICH, Helmut** [DE/DE]; Schneeballenweg 18, 12357 Berlin (DE). **LÜTZOW, Peter** [DE/DE]; Holsteinische Strasse 52, 10717 Berlin (DE).
- (74) Anwalt: **PFENNING, MEINIG & PARTNER GbR**; Joachimstaler Strasse 12, 10719 Berlin (DE).

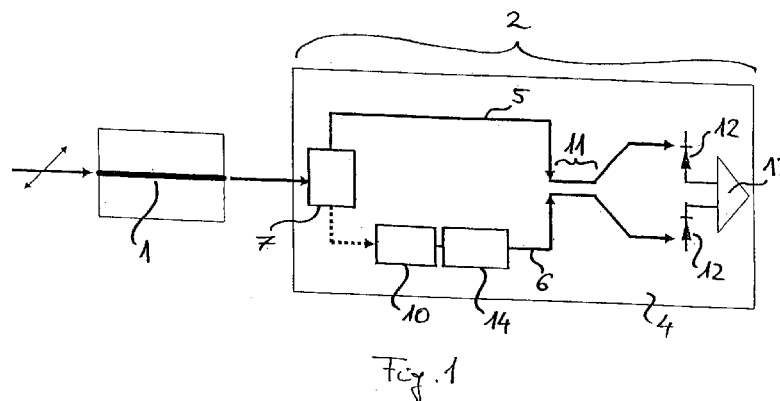
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, 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, 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)

(54) Title: SENSOR ARRANGEMENT AND DETECTION METHOD

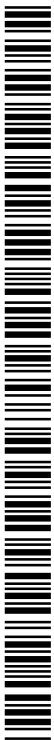
(54) Bezeichnung : SENSORANORDNUNG UND DETEKTIONSVERFAHREN



(57) Abstract: The invention relates to an optical sensor arrangement comprising a measuring optical fiber (1) demonstrating birefringence modifiable as a function of a measurement variable, and to an optical analysis unit (2) having two optical branches (5, 6) implemented as optical fibers forming a Mach-Zehnder interferometer and an optical coupler (11) for bringing together light guided in the two branches (5, 6), wherein at least one output of the coupler (11) is optically connected to at least one light-sensitive element (12), and wherein the analysis unit (2) comprises a polarizing beam splitter (7) from which the optical branches (5, 6) originate, wherein the measurement optical fiber (1) is connected upstream of an optical input of the polarizing beam splitter (7), and wherein a polarization converter (10) is disposed in a course of one of the optical branches (5, 6). The invention further relates to a detection method that can be performed using said sensor arrangement.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2010/105716 A1



Die Erfindung betrifft eine optische Sensoranordnung, umfassend einen Messwellenleiter (1), der eine in Abhängigkeit von einer Messgröße veränderliche Doppelbrechung zeigt, sowie eine optische Auswerteeinheit (2) mit zwei durch Wellenleiter realisierten optischen Armen (5, 6), die einen Mach-Zehnder-Interferometer bilden, und einem optischen Koppler (11) zum Zusammenführen von in den zwei Armen (5, 6) geführtem Licht, wobei mindestens ein Ausgang des Kopplers (11) optisch mit mindestens einem lichtempfindlichen Element (12) verbunden ist und wobei die Auswerteeinheit (2) einen polarisierenden Strahlteiler (7) umfasst, von dem die genannten optischen Arme (5, 6) ausgehen, wobei der Messwellenleiter (1) einem optischen Eingang des polarisierenden Strahlteilers (7) vorgeschaltet ist und wobei in einem Verlauf eines der optischen Arme (5, 6) ein Polarisationskonverter (10) angeordnet ist. Die Erfindung betrifft ferner ein Detektionsverfahren, das mit dieser Sensoranordnung durchführbar ist.

Sensoranordnung und Detektionsverfahren

Die Erfindung betrifft eine optische Sensoranordnung nach dem Oberbegriff des Hauptanspruchs sowie ein Detektionsverfahren, das mit einer derartigen Sensoranordnung durchgeführt werden kann und mit dem das Vorhandensein oder eine Konzentration eines Stoffes oder eine mechanische Belastung detektierbar ist.

Eine gattungsgemäße Sensoranordnung umfasst einen Messwellenleiter, der eine in Abhängigkeit von einer Messgröße veränderliche Doppelbrechung zeigt, sowie eine optische Auswerteeinheit mit zwei durch Wellenleiter realisierten optischen Armen, die einen Mach-Zehnder-Interferometer bilden, und einem optischen Koppler zum Zusammenführen von in den zwei Armen geführtem Licht, wobei mindestens ein Ausgang des Kopplers optisch mit mindestens einem lichtempfindlichen Element verbunden ist. Dabei sei als Mach-Zehnder-Interferometer in der vorliegenden Schrift

ganz allgemein eine optische Anordnung bezeichnet, die zwei verschiedene, von einem Strahlteiler ausgehende und zur zumindest teilweisen Überlagerung wieder zusammengeführte optische Pfade aufweist.

5

Ein aus dem Stand der Technik bekannter Sensor dieser Art wird in der Druckschrift DE 41 38 222 C1 beschrieben. Dort wird vorgeschlagen, einen Phasenversatz zu messen, der unter Einfluss einer zu messenden Größe innerhalb des als integrierte Optik realisierten Mach-Zehnder-Interferometers zustande kommt. Ein sensitiver Bereich dieses Sensors kann daher nicht räumlich von der auch elektrische Komponenten enthaltenden integrierten Optik getrennt angeordnet werden, weshalb sich ein Einsatz des Sensors in einer Umgebung verbietet, die auf Elektrizität empfindlich reagiert. Da der sensitive Bereich innerhalb eines Pfades des Mach-Zehnder-Interferometers angeordnet ist, sind seiner räumlichen Ausdehnung wiederum enge Grenzen gesetzt, die damit auch eine Sensitivität des Sensors nachteilig begrenzen.

10
15
20

Der Erfindung liegt also die Aufgabe zugrunde, eine vergleichbare Sensoranordnung zu schaffen, die diese Nachteile vermeidet und für verschiedene Aufgaben anpassbare und insbesondere hohe Messempfindlichkeiten zu realisieren erlaubt, wobei ein Einsatz auch in bezüglich elektrischer Felder oder elektrischer Leiter kritischen Umgebungen möglich sein soll. Der Erfindung liegt ferner die Aufgabe zugrunde, ein entsprechend vorteilhaftes Verfahren zum Detektieren eines Stoffes oder einer mechanischen Belastung vorzuschlagen.

25
30

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Sensoranordnung mit den kennzeichnenden Merkmalen des

35

Hauptanspruchs in Verbindung mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Hauptanspruchs sowie durch ein Detektionsverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 14. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterentwicklungen der Erfindung ergeben sich mit den Merkmalen der abhängigen Ansprüche.

Dadurch, dass die Auswerteeinheit einen polarisierenden Strahlteiler umfasst, von dem die genannten optischen Arme ausgehen, wobei der Messwellenleiter einem optischen Eingang des polarisierenden Strahlteilers vorgeschaltet ist und wobei in einem Verlauf eines der optischen Arme ein Polarisationskonverter angeordnet ist, kann ein Phasenversatz zwischen zwei Polarisationsanteilen eines Lichtbündels, der innerhalb des Messwellenleiters zustande kommt, davon räumlich getrennt durch den Mach-Zehnder-Interferometer erfasst werden. Als Strahlteiler sei dabei ein Modensplitter bezeichnet, mit dem typischerweise zwei Grundeigenmoden zweier zueinander orthogonaler Polarisationen getrennt werden, wobei ein Eingang und zwei Ausgänge des Modensplitters durch Wellenleiter gebildet werden, der Strahlteiler also nicht als Freistrahlanordnung ausgeführt sein soll. Die vorgeschlagenen Maßnahmen erlauben damit in vorteilhafter Weise eine räumlich von der Auswerteeinheit und damit auch von allen elektrischen Komponenten getrennte Anordnung des Messwellenleiters, der z.B. durch einen polarisationserhaltenden Wellenleiter mit der Auswerteeinheit verbunden sein kann. Auch kann der Messwellenleiter weitgehend beliebig gestaltet und insbesondere mit beliebiger Länge ausgeführt werden, wodurch sich für verschiedene Anwendungen jeweils geeignete und insbesondere auch sehr hohe Empfindlichkeiten der Sensoranordnung realisieren lassen.

Der polarisierende Strahlteiler, der zur Einspeisung von Lichtanteilen verschiedener Polarisation in die beiden Arme ausgelegt ist, wird typischerweise als sogenannter TE/TM-Splitter ausgeführt sein, also derart, dass er ein eingespeistes Lichtbündel in zwei zueinander orthogonal linear polarisierte Komponenten zerlegt, von denen eine TE-polarisiert und eine TM-polarisiert ist. Dementsprechend kann der Polarisationskonverter als TE/TM-Modenkonverter ausgeführt sein.

Ein entsprechend vorteilhaftes Detektionsverfahren, das je nach Ausführung des Messwellenleiters sowohl zum Detektieren eines Vorhandenseins oder einer Konzentration eines Stoffes als auch zum Detektieren einer mechanischen Belastung verwendet werden kann und das sich mit einer Sensoranordnung hier beschriebener Art durchführen lässt, sieht vor, dass Licht mit zwei orthogonalen Polarisationsanteilen in einen Messwellenleiter eingespeist wird, der für diese Polarisationen eine in Abhängigkeit von einer Anlagerung des Stoffes und/oder der mechanischen Belastung veränderliche Doppelbrechung, also unterschiedliche Brechungsindizes für diese Anteile, zeigt - z.B. durch ein Einspeisen des Lichts mit einer um 45° gegenüber Hauptachsen des Messwellenleiters geneigten linearen Polarisation. Nach einem Verlassen des Messwellenleiters werden die zwei Anteile getrennt und durch zwei verschiedene optische Arme geleitet, wo die Polarisation zumindest eines dieser Anteile geändert wird, und zwar so, dass an einem Ausgang dieses Arms und des anderen Arms Licht mit Komponenten gleicher Polarisation austritt. An einem Ausgang der beiden Arme werden die beiden Anteile schließlich wieder überlagert, wobei durch Intensitätsmessung einer Überlagerung der beiden Anteile eine Phasenverschiebung zwi-

schen den beiden Anteilen detektiert wird. Ein Überlagern der beiden Anteile wird dabei durch das Ändern der Polarisierung in zumindest einem der Arme möglich, wozu der Polarisationskonverter der vorgeschlagenen Sensoranordnung vorgesehen ist.

Um eine solches Detektionsverfahren zu ermöglichen, weist die vorgeschlagene Sensoranordnung vorzugsweise ferner eine linear polarisierte, monochromatische Laser-Lichtquelle zum Einspeisen von polarisiertem Licht in den Messwellenleiter auf, die so ausgeführt und angeordnet ist, dass das in den Messwellenleiter eingespeiste Licht Anteile zweier derart verschiedener Polarisierungen enthält, dass durch den Strahlteiler in jeden der beiden Arme der Auswerteeinheit jeweils einer dieser Anteile geleitet wird. Ferner werden der Messwellenleiter und der Strahlteiler vorzugsweise so relativ zueinander orientiert, dass zwei durch den Strahlteiler in die verschiedenen Arme geleitete Lichtanteile so polarisiert sind, dass diese Lichtanteile im Messwellenleiter mit jeweils einem definierten - wenn auch jeweils von der Messgröße abhängigen - Brechungsindex propagieren, also typischerweise jeweils parallel zu einer optischen Hauptachse des Messwellenleiters linear polarisiert sind. Beide Anteile sollten möglichst mit gleicher Intensität eingespeist werden, was z.B. durch Einspeisen des Lichts mit einer um 45° gegenüber den Hauptachsen des Messwellenleiters geneigten linearen Polarisierung erreicht werden kann.

Ein vorteilhaft kompakter und robuster Aufbau der Sensoranordnung ergibt sich, wenn zumindest die Auswerteeinheit als integrierte Optik ausgeführt ist, bei der Strahlteiler, die optischen Arme mit dem Polarisationskonverter und der Koppler, eventuell auch

das mindestens eine lichtempfindliche Element, auf einem gemeinsamen planaren Substrat angeordnet sind, von dem sie typischerweise durch einen optischen Puffer getrennt sind. Dieses Substrat kann z.B. aus einem Teil eines Wafers und beispielsweise aus Silizium oder Lithiumniobat gebildet werden, wobei die Auswerteeinheit auch auf Waferenebene, also vor einem Trennen des Wafers in zahlreiche Chips, hergestellt werden kann. Möglich ist insbesondere eine Herstellung in SOI-Technik. Kerne der Wellenleiter können z.B. durch Rippen oberhalb des Substrats oder des Puffers realisiert sein. Als TE-polarisiert sei in diesem Fall eine Lichtwelle mit einem parallel zum Substrat orientierten elektrischem Feld, als TM-polarisiert eine Lichtwelle mit parallel zum Substrat orientiertem magnetischen Feld bezeichnet.

Wenn die Sensoranordnung zum Detektieren eines Stoffes geeignet sein soll, kann der Messwellenleiter eine selektive Schicht zum Anlagern dieses Stoffes tragen. So kann die Sensoranordnung insbesondere als Biosensor ausgeführt werden. Geeignete Materialien für die selektive Schicht sind an sich hinlänglich bekannt, verwiesen sei z.B. auf den Artikel „Optical Biosensors“ von S.M. Borisov und O.T. Wolfbeis, Chem. Rev. 2008, 108, 423-461. Das Anlagern des Stoffes soll dabei einen polarisationsabhängigen Einfluss auf in dem Messwellenleiter transportiertes Licht haben, weshalb die selektive Schicht nicht auf allen Seiten und vorzugsweise nur auf einer Oberseite des Messwellenleiters aufzubringen ist.

Alternativ oder zusätzlich kann die Sensoranordnung auch zur Erfassung einer mechanischen Belastung ausgelegt sein. Damit diese einen Einfluss auf eine Doppelbrechung des Messwellenleiters hat, kann der Mess-

wellenleiter dazu zumindest streckenweise frei schwebend ausgeführt werden, z.B. als Cantilever, wozu eine Unterlage des Messwellenleiters stellenweise weggeätzt werden kann.

5

Indem ein Kern des Messwellenleiters aus einem optisch einachsigen Material, wie z.B. Lithiumniobat, gebildet wird, lässt sich erreichen, dass dieser auch in einem Ausgangszustand, in dem er nicht mit dem zu detektierenden Stoff belegt oder nicht belastet ist, doppelbrechend ist. Alternativ oder zusätzlich kann der Messwellenleiter zu diesem Zweck auch einen anisotropen Querschnitt haben, z.B. bei einer Ausführung als Rippenwellenleiter auf einem planaren Substrat, und eventuell zusätzlich einer mechanischen Vorspannung ausgesetzt werden. Eine besonders hohe Messempfindlichkeit ergibt sich dabei dann, wenn der Messwellenleiter auch in dem nicht belasteten bzw. nicht belegten Zustand doppelbrechend ist und eine Länge hat, die mehreren Schwebungslängen zwischen Lichtanteilen verschiedener Polarisierung entspricht. Dabei sei als Schwebungslänge die Länge einer Strecke bezeichnet, längs derer sich zwischen den Lichtanteilen der beiden Polarisierungen ein relativer Phasenversatz von genau 2π ergibt.

10

15

20

25

Von besonderem Vorteil ist es, wenn der Messwellenleiter einmodig ausgeführt wird, also so, dass er für jede der beiden Polarisierungen nur jeweils einer Mode zu propagieren erlaubt. Dadurch lassen sich Dispersionen zwischen verschiedenen Moden gleicher Polarisierungen vermeiden, was wiederum eine hohe Messgenauigkeit möglich macht. Aus dem gleichen Grund ist es von Vorteil, wenn die die Arme der Auswerteeinheit bildenden Wellenleiter und vorzugsweise alle Wellenleiter der Sensoranordnung zumindest streckenweise ein-

30

35

modig ausgeführt sind. In jedem Fall sollten alle Wellenleiter der Sensoranordnung mit Ausnahme des Polarisationskonverters möglichst polarisationserhaltend sein.

5

Mindestens einer der optischen Arme der Auswerteeinheit kann auch einen Phasenschieber umfassen. Dieser kann realisiert werden z.B. durch Ausnutzung einer Abhängigkeit zwischen Brechungsindex eines Wellenleiterkerns und einem dort herrschenden elektrischen Feld, das wiederum einstellbar sein kann durch eine an Elektroden in einer Umgebung des Wellenleiterkerns anlegbare Steuerspannung.

10

15

Der polarisierende Strahlteiler lässt sich konstruktiv einfach in Form eines Richtkopplers mit zwei längs einer Koppelstrecke parallel zueinander verlaufenden Wellenleiterabschnitten realisieren, wobei diese Wellenleiterabschnitte unterschiedliche Querschnitte aufweisen können, um Licht verschiedener Polarisation zu favorisieren. Alternativ oder zusätzlich kann auch einer dieser Wellenleiterabschnitte an einer Seite - z.B. oben - eine metallische Beschichtung tragen, durch die TM-polarisierte Lichtanteile unterdrückt werden. Alternativ kann der Strahlteiler auch als Y-Teiler mit Ausgängen unterschiedlicher Querschnitte oder als Multimoden-Interferenz-Koppler (MMI) ausgeführt werden.

20

25

30

Der optische Koppler wiederum kann durch ein optisches Viertor gegeben sein und typischerweise ebenfalls als Richtkoppler ausgeführt sein. Eine zuverlässige Detektion eines relativen Phasenversatzes zwischen Lichtanteilen, die ursprünglich unterschiedliche Polarisationen hatten, wird dann möglich, indem jeder von zwei Ausgängen des Kopplers mit jeweils ei-

35

nem lichtempfindlichen Element verbunden wird. Elektrische Ausgänge dieser lichtempfindlichen Elemente können dazu mit Eingängen eines Differenzverstärkers verbunden sein.

5

Der Polarisationskonverter kann passiv, also ohne Elektroden, ausgeführt werden und dazu z.B. durch einen Wellenleiter mit sich längs eines Verlaufs des Wellenleiters ändernder Querschnittsform gegeben sein. Auch das trägt zu einem einfachen Aufbau und einer geringen Störanfälligkeit bei.

10

Schließlich kann die Sensoranordnung auch mehrere Messwellenleiter umfassen, die optisch mit dem Eingang des Strahlteilers verbunden oder wahlweise, z.B. mittels optischer Schalter, mit dem Strahlteiler verbindbar sind. Dann genügt eine einzige Auswerteeinheit zum Auslesen vieler Sensoren, die jeweils durch einen entsprechend gestalteten Wellenleiter gegeben und daher selbst sehr einfach aufgebaut sein können. Dabei können die verschiedenen Messwellenleitern an unterschiedlichen Orten angeordnet und/oder für unterschiedliche Substanzen oder Messgrößen empfindlich sein.

15

20

25

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Figuren 1 bis 4 beschrieben. Es zeigen

30

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer optischen Sensoranordnung,

35

Fig. 2 einen perspektivisch dargestellten Ausschnitt eines Messwellenleiters der Sensoranordnung aus Fig. 1 mit einem Querschnitt dieses Messwellenleiters,

Fig. 3 in einer der Fig. 2 entsprechenden Darstellung ein Messwellenleiter für eine Abwandlung dieser Sensoranordnung,

5 Fig. 4 eine Aufsicht auf einen polarisierenden Strahlteiler aus der in Fig. 1 gezeigten Sensoranordnung und

10 Fig. 5 einen perspektivisch dargestellten Ausschnitt eines Wellenleiters, der einen Polarisationskonverter aus dieser Sensoranordnung bildet, wobei insbesondere ein Querschnitt dieses Wellenleiters zu erkennen ist.

15

In Fig. 1 ist eine schematisierte Aufsicht auf eine optische Sensoranordnung gezeigt, die als Biosensor einsetzbar und zum Detektieren einer Konzentration eines bestimmten Stoffes geeignet ist. In einer Abwandlung eignet sich diese Sensoranordnung auch für ein Erfassen einer mechanischen Belastung. Die abgebildete Sensoranordnung umfasst einen Messwellenleiter 1 und eine vom Messwellenleiter 1 räumlich getrennt angeordnete und durch einen polarisationserhaltenden Wellenleiter mit diesem verbundene optische Auswerteeinheit 2.

20

25

30

35

Der Messwellenleiter 1, von dem in Fig. 2 ein Ausschnitt abgebildet ist, ist einmodig und doppelbrechend ausgeführt und weist eine in Abhängigkeit von einer Messgröße veränderliche Doppelbrechung auf. Als Messgröße dient dabei die Konzentration des zu detektierenden Stoffes. Dazu trägt ein Kern des in einen Chip eingebetteten Messwellenleiters 1 eine als Dünnschicht ausgeführte selektive Schicht 3, die ausgelegt ist zum selektiven Anlagern des zu detektieren-

den Stoffes. Dabei ist die selektive Schicht 3 nur auf einer Oberseite des Messwellenleiters 1 aufgetragen, so dass ein Anlagern des Stoffes auf einen Brechungsindex für einen TM-polarisierten Anteil eines im Messwellenleiter 1 propagierenden Lichtbündels einen anderen Einfluss hat als auf einen davon abweichenden Brechungsindex für einen TE-polarisierten Anteil dieses Lichtbündels.

Der in Fig. 2 gezeigte Messwellenleiter 1 des vorliegenden Ausführungsbeispiels weist einen in den genannten Chip eingebetteten Kern auf, wobei der Chip aus optisch einachsigen Lithiumniobat gebildet ist und der Kern durch in dieses Lithiumniobat eindiffundiertes Titan, also durch eine Titan-Dotierung, realisiert ist. Dadurch und wegen seines anisotropen Querschnitts ist der Messwellenleiter 1 bereits in einem nicht belegten Zustand doppelbrechend, wobei eine optische Hauptachse senkrecht auf einer durch den Chip aufgespannten Chipebene und senkrecht auf einer Längsachse des Messwellenleiters 1 steht, während eine zweite optische Hauptachse senkrecht zur Längsachse des Messwellenleiters 1 und parallel zur Chipebene liegt. Zwischen Lichtanteilen mit TE- und TM-Polarisation ergibt sich so eine Schwebungslänge oder Beatlänge von einigen 10 μm bis einigen 100 μm , wobei eine durch die Ausdehnung der selektiven Schicht 3 definierte Länge des Messwellenleiters 1 mehreren Schwebungslängen entspricht.

Bei einer in Fig. 3 gezeigten anderen Ausführung ist der Messwellenleiter 1 als Rippenwellenleiter ausgeführt - z.B. aus Silizium - und durch eine z.B. aus Siliziumdioxid gebildete Pufferschicht von einem in Fig. 3 nicht gezeigten Trägermaterial - z.B. ebenfalls Silizium - getrennt.

In der Abwandlung, in der die Sensoranordnung zum Messen mechanischer Belastungen geeignet sein soll, oder wenn eine Anlagerung des zu detektierenden Stoffes eine mechanische Deformation hervorrufen soll, kann der Messwellenleiter 1 auch zumindest streckenweise frei schwebend ausgeführt und dazu stellenweise unterätzt sein. Auf die selektive Schicht 3 kann verzichtet werden, wenn nur mechanische Belastungen detektierbar sein sollen.

Auch bei einer Verwendung eines optisch isotropen Materials für den Kern des Messwellenleiters 1 kann dieser die gewünschten Eigenschaften haben, wenn sein Querschnitt hinreichend anisotrop ist. So könnte der Messwellenleiter 1 auch z.B. aus Silizium oder Si(O)N_x gebildet und z.B. ausgesprochen flach ausgeführt sein. Durch eine mechanische Vorspannung des Kerns des Messwellenleiters 1 kann seine doppelbrechende Eigenschaft noch verstärkt werden.

Die Sensoranordnung aus Fig. 1 umfasst eine dort selbst nicht abgebildete Lichtquelle zum Einspeisen von monochromatischem polarisiertem Licht in den Messwellenleiter 1, die dazu einen Polarisator aufweisen kann so ausgeführt und angeordnet ist, dass das in den Messwellenleiter 1 eingespeiste Licht eine um 45° gegenüber den beiden Hauptachsen geneigte und in Fig. 1 durch einen Doppelpfeil veranschaulichte lineare Polarisation hat. Das in den Messwellenleiter 1 eingespeiste Licht enthält also einen TE-Anteil und einen TM-Anteil gleicher Intensität.

Die Auswerteeinheit 2 ist als integrierte Optik auf einem einzigen aus einem Silizium- oder Lithiumniobat-Wafer gewonnenen Substrat 4 realisiert. Mit einem

ersten optischen Arm 5 und einen zweiten optischen Arm 6 weist die Auswerteeinheit 2 zwei optische Pfade auf, die jeweils durch einmodige Wellenleiter gebildet sind und zusammen einen Mach-Zehnder-Interferometer bilden. Die genannten Wellenleiter weisen in das Substrat 4 eingebettete auf oder im Fall der Ausführung auf Si-Basis rippenförmige Wellenleiterkerne, die von dem Substrat 4 durch eine Pufferschicht getrennt oder in dieses eingebettet sind. Die Auswerteeinheit 2 kann z.B. in SOI-Technik ausgeführt sein.

Die beiden Arme 5 und 6 gehen von einem polarisierenden Strahlteiler 7 aus, in den das den Messwellenleiter 1 verlassende Licht eingespeist wird. Bei dem Strahlteiler 7 handelt es sich um einen TE/TM-Splitter, so dass der TM-polarisierte Anteil des Lichts in den ersten Arm 5 und der TE-polarisierte Anteil in den zweiten Arm 6 geleitet wird. Bei dem vorliegenden Beispiel seien dabei der den Messwellenleiter 1 tragende Chip und das Substrat 4 der Auswerteeinheit 2 koplanar angeordnet.

In Fig. 4 ist eine detaillierte Aufsicht auf den Strahlteiler 7 gezeigt, die erkennen lässt, dass dieser durch einen Richtkoppler realisiert ist mit zwei längs einer Koppelstrecke 8 parallel zueinander verlaufenden Wellenleiterabschnitten, von denen einer an einer Oberseite eine schraffiert dargestellte Beschichtung 9 aus Gold trägt, aufgrund derer nur der TE-polarisierte Anteil in diesen Wellenleiterabschnitt übergekoppelt wird. Alternativ oder zusätzlich zu der Beschichtung 9 eines der Wellenleiterabschnitte können die beiden Wellenleiterabschnitte auch mit derart unterschiedlichen Querschnitten ausgeführt sein, dass der Effekt eines TE/TM-Modensplitting erzielt wird.

Innerhalb des zweiten optischen Arms 6 ist ein als passiver TE/TM-Modenkonverter ausgeführter Polarisationskonverter 10 angeordnet ist. Der Polarisationskonverter 10, von dem ein Ausschnitt in Fig. 5 dargestellt ist, ist durch einen Wellenleiter gegeben, der längs eines Verlaufs wechselnde Querschnittsformen der in Fig. 5 erkennbaren Art aufweist. Dadurch wird zumindest ein Teil des im zweiten Arm 6 transportierten Lichts so konvertiert, dass es eine TM-Polarisation erhält und dadurch mit dem durch den ersten Arm 5 geleiteten Licht interferieren kann. Selbstverständlich könnten die Polarisierungen der genannten Anteile des Lichts auch vertauscht sein. Es kann also auch ein TE-Anteil durch den ersten Arm 5 geleitet und ein TM-Anteil in den zweiten Arm 6 gelenkt werden, der dann durch den Polarisationskonverter 10 zumindest teilweise in eine TE-Mode zu konvertieren wäre.

Zum Zusammenführen von in den zwei Armen 5 und 6 geführtem Licht weist die Auswerteeinheit 2 einen optischen Koppler 11 auf, der durch einen Richtkoppler gegeben und als optisches Viertor ausgeführt ist, wobei jeder von zwei Ausgängen dieses Kopplers 11 mit jeweils einem lichtempfindlichen Element 12 verbunden ist. Elektrische Ausgänge dieser lichtempfindlichen Elemente 12 wiederum sind mit zwei Eingängen eines Differenzverstärkers 13 verbunden. Damit kann eine relative Phasenlage zwischen den beiden Anteilen des durch den Messwellenleiter 1 und die beiden Arme 5 bzw. 6 hindurchgeleiteten Lichts, die von der Messgröße abhängt, durch Auswerten einer Intensitätsverteilung an den Ausgängen des einen 3dB-Koppler bildenden Kopplers 11 ermittelt werden.

Um diese Ermittlung der relativen Phasenlage zu erleichtern, umfasst der zweite optische Arm 6 schließlich auch einen zwischen dem Strahlteiler 7 und dem Koppler 11 angeordneten Phasenschieber 14, mit dem die relative Phasenlage in Abhängigkeit von einer zwischen zwei Elektroden anlegbaren Steuerspannung verändert werden, also z.B. eine im Messwellenleiter 1 aufgetretene Verschiebung der relativen Phasenlage kompensiert werden kann. Eine Phasenverschiebung geschieht dabei im Phsenschieber 14 unter Ausnutzung einer Abhängigkeit zwischen dem Brechungsindex eines Wellenleiterkerns des Phasenschiebers 14 und einem dort herrschenden elektrischem Feld.

In einer Weiterbildung kann die in Fig. 1 schematisch veranschaulichte Sensoranordnung auch mehrere Messwellenleiter 1 aufweisen, die optisch mit dem Eingang des Strahlteilers 7 verbunden oder, z.B. mittels optischer Schalter, wahlweise mit diesem verbindbar und dadurch nacheinander auslesbar sind. Ein Sensorteil, das einen oder mehrere solcher Messwellenleiter 1 enthält, kann kostengünstig auch als Array hergestellt werden, z.B. mit an sich bekannter CMOS-Technologie oder in Lithiumniobat-Technologie.

Eine Empfindlichkeit des vorgeschlagenen Systems ist durch eine entsprechende Vorwahl einer Sensorlänge, also einer Länge des Messwellenleiters 1, und eine sich damit ergebende Anzahl von TE/TM-Beatlängen für verschiedene Messaufgaben adaptierbar. Das gleiche gilt für den Einsatz entsprechend auszuwählender, aus dem Stand der Technik bekannter selektiver Dünnschichten auf dem Messwellenleiter 1.

Zum Detektieren des Stoffes - bzw. in der genannten Abwandlung zum Detektieren der Belastung - mit der

beschriebenen Sensoranordnung wird also das Licht mit den zwei Anteilen verschiedener Polarisierungen in den Messwellenleiter 1 eingespeist, der für diese Polarisierungen eine in Abhängigkeit von der Messgröße veränderliche Doppelbrechung zeigt. Nach einem Verlassen des Messwellenleiters 1 werden die beiden Anteile getrennt und durch die zwei verschiedenen optischen Arme 5 und 6 geleitet. Die Polarisation des durch den zweiten Arm 6 geleiteten Anteils wird mit dem Polarisationskonverter 14 so geändert, dass an einem Ausgang dieses Arms 6 und des anderen Arms 5 Licht mit Komponenten gleicher Polarisation austritt. Am Ausgang der beiden Arme 5 und 6 werden die beiden Anteile mittels des Kopplers 11 überlagert, worauf durch Intensitätsmessung einer Überlagerung der beiden Anteile eine im Messwellenleiter 1 zustande gekommene Phasenverschiebung - also eine Verschiebung einer relativen Phasenlage zwischen den beiden Anteilen - detektiert wird, die auf die Messgröße schließen lässt.

Patentansprüche

5

1. Optische Sensoranordnung, umfassend einen Messwellenleiter (1), der eine in Abhängigkeit von einer Messgröße veränderliche Doppelbrechung zeigt, sowie eine optische Auswerteeinheit (2) mit zwei durch Wellenleiter realisierten optischen Armen (5, 6) und einem optischen Koppler (11) zum Zusammenführen von in diesen Armen (5, 6) geführtem Licht, wobei die beiden Arme (5, 6) einen Mach-Zehnder-Interferometer bilden und wobei mindestens ein Ausgang des Kopplers (11) optisch mit mindestens einem lichtempfindlichen Element (12) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinheit (2) einen polarisierenden Strahlteiler (7) umfasst, von dem die genannten optischen Arme (5, 6) ausgehen, wobei der Messwellenleiter (1) einem optischen Eingang des polarisierenden Strahlteilers (7) vorgeschaltet ist und wobei in einem Verlauf eines der optischen (5, 6) Arme ein Polarisationskonverter (10) angeordnet ist.
2. Sensoranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die Auswerteeinheit (2) als integrierte Optik ausgeführt ist, wobei der Strahlteiler (7), die optischen Arme (5, 6) mit dem Polarisationskonverter (10) und der Koppler (11) auf einem gemeinsamen planaren Substrat (4) angeordnet sind.

10

15

20

25

30

3. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Messwellenleiter (1) eine selektive Schicht (3) zum Anlagern eines zu detektierenden Stoffes trägt.
- 5 4. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Messwellenleiter (1) zumindest streckenweise frei schwebend ausgeführt ist zur Erfassung einer mechanischen Belastung.
- 10 5. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein Kern des Messwellenleiters (1) aus einem optisch einachsigen Material gebildet ist und/oder einen anisotropen Querschnitt hat.
- 15 6. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Messwellenleiter (1) auch in einem nicht belasteten und/oder nicht belegten Zustand doppelbrechend ist und eine Länge hat, die mehreren Schwebungslängen zwischen Lichtanteilen verschiedener Polarisation entspricht.
- 20 7. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass sie ferner eine Lichtquelle zum Einspeisen von polarisiertem Licht in den Messwellenleiter (1) aufweist, die so ausgeführt und angeordnet ist, dass das in den Messwellenleiter (1) eingespeiste Licht Anteile zweier derart verschiedener Polarisationen enthält, dass in jeden der beiden Arme (5, 6) der Auswerteeinheit (2) durch den Strahlteiler (7) jeweils einer dieser Anteile geleitet wird.
- 25 30 8. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Messwellen-

- leiter (1) und/oder die die Arme (5, 6) der Auswerteeinheit bildenden Wellenleiter einmodig ausgeführt sind.
- 5 9. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass einer der optischen Arme (5, 6) einen Phasenschieber (14) umfasst.
- 10 10. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der polarisierende Strahlteiler (7) durch einen Richtkoppler realisiert ist mit zwei längs einer Koppelstrecke (8) parallel zueinander verlaufenden Wellenleiterabschnitten, die unterschiedliche Querschnitte aufweisen und/oder von denen einer eine metallische Beschichtung (9) trägt.
- 15 11. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der optische Koppler (11) durch ein optisches Viertor gegeben ist, wobei jeder von zwei Ausgängen des Kopplers (11) mit jeweils einem lichtempfindlichen Element (12) verbunden ist.
- 20 12. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Polarisationskonverter (10) passiv ausgeführt ist.
- 25 13. Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass sie mehrere Messwellenleiter (1) umfasst, die optisch mit dem Eingang des Strahlteilers (7) verbunden oder wahlweise mit diesem verbindbar sind.
- 30 14. Detektionsverfahren zum Detektieren eines Stoffes und/oder einer mechanischen Belastung, bei dem Licht mit zwei Anteilen verschiedener Pola-

- 5 risationen in einen Messwellenleiter (1) eingespeist wird, der für diese Polarisationen eine in Abhängigkeit von einer Anlagerung des Stoffes und/oder der mechanischen Belastung veränderliche Doppelbrechung zeigt, wobei die zwei Anteile nach einem Verlassen des Messwellenleiters (1) getrennt und durch zwei verschiedene optische Arme (5, 6) geleitet werden, wo die Polarisation zumindest eines dieser Anteile geändert wird, und wobei die beiden Anteile an einem Ausgang der beiden Arme (5, 6) überlagert werden und durch Intensitätsmessung einer Überlagerung der beiden Anteile eine Phasenverschiebung zwischen den beiden Anteilen detektiert wird.
- 10
- 15 15. Verwendung einer Sensoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 13 zur Durchführung eines Detektionsverfahrens nach Anspruch 14.

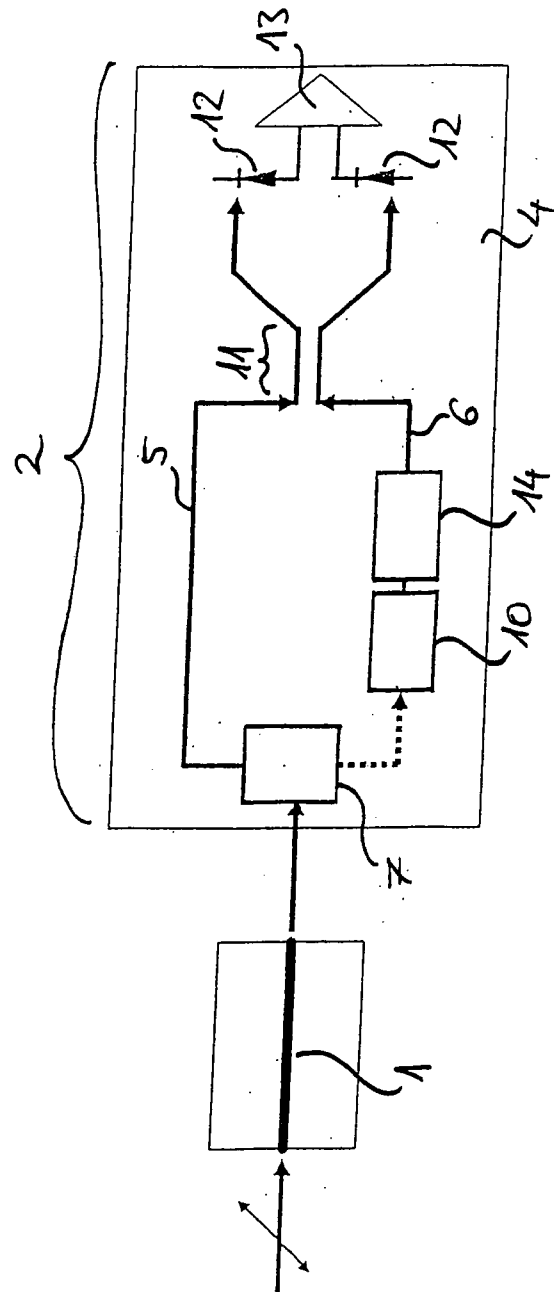


Fig. 1

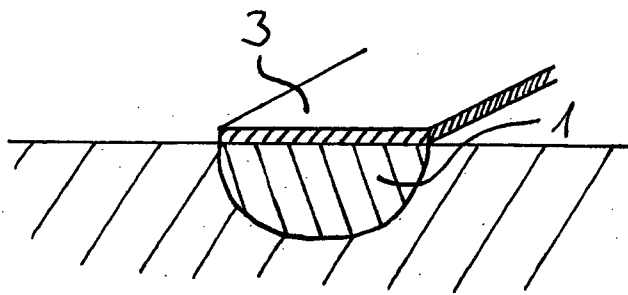


Fig. 2

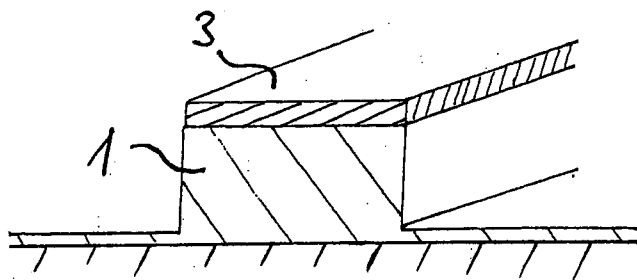


Fig. 3

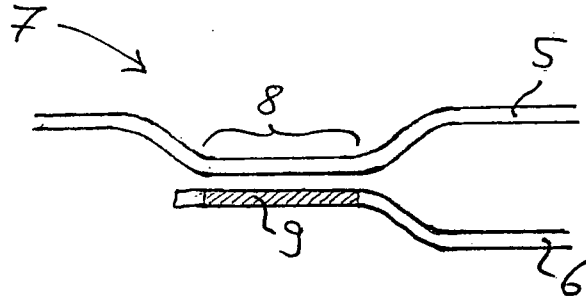


Fig. 4

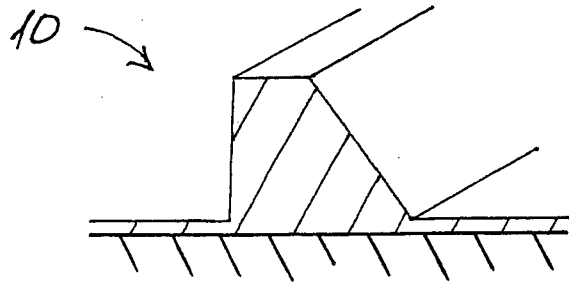


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/000184

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01N21/77 G01N21/45
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)
G01N

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, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KLOTZ A ET AL: "Channel waveguide mode beat interferometer" SENSORS AND ACTUATORS B, ELSEVIER SEQUOIA S.A., LAUSANNE, CH LNKD- DOI:10.1016/S0925-4005(97)80225-0, vol. 39, no. 1-3, 1 March 1997 (1997-03-01), pages 310-315, XP004087763 ISSN: 0925-4005 page 311 - page 312	1-15
A	DE 41 38 222 C1 (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.) 24 December 1992 (1992-12-24) column 3, line 16 - column 5, line 3; figure 1a	1-15

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.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 April 2010

Date of mailing of the international search report

23/04/2010

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

Hoogen, Ricarda

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2010/000184

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>KOSTER T ET AL: "Fully integrated optical polarimeter" SENSORS AND ACTUATORS B, ELSEVIER SEQUOIA S.A., LAUSANNE, CH LNKD- DOI:10.1016/S0925-4005(01)01008-5, vol. 82, no. 2-3, 28 February 2002 (2002-02-28), pages 213-226, XP004343652 ISSN: 0925-4005 Seite 215, linke Spalte; Fig. 16</p>	1-15
A	<p>LUKOSZ W ET AL: "Difference interferometer with new phase-measurement method as integrated-optical refractometer, humidity sensor and biosensor" SENSORS AND ACTUATORS B, ELSEVIER SEQUOIA S.A., LAUSANNE, CH LNKD- DOI:10.1016/S0925-4005(97)80226-2, vol. 39, no. 1-3, 1 March 1997 (1997-03-01), pages 316-323, XP004087764 ISSN: 0925-4005 page 317</p>	1-15
A	<p>FATTINGER CH ET AL: "THE DIFFERENCE INTERFEROMETER: A HIGHLY SENSITIVE OPTICAL PROBE FOR QUANTIFICATION OF MOLECULAR SURFACE CONCENTRATION" BIOSENSORS AND BIOELECTRONICS, ELSEVIER BV, NL LNKD- DOI:10.1016/0956-5663(93)80058-W, vol. 8, 1 January 1993 (1993-01-01), pages 99-107, XP000847609 ISSN: 0956-5663 page 100 - page 102</p>	1-15
A	<p>ALBRECHT P ET AL: "TE/TM MODE SPLITTERS ON INGAASP/INP" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US LNKD- DOI:10.1109/68.47064, vol. 2, no. 2, 1 February 1990 (1990-02-01), page 114/115, XP000114161 ISSN: 1041-1135 abstract; figure 1</p>	10

-/--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/000184

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>HEIDRICH H: "PASSIVE MODE CONVERTER WITH A PERIODICALLY TILTED INP/GAINASP RIB WAVEGUIDE" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US LNKD-DOI:10.1109/68.124867, vol. 4, no. 1, 1 January 1992 (1992-01-01), pages 34-36, XP000244563 ISSN: 1041-1135 abstract</p> <p align="center">-----</p>	12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2010/000184

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4138222	C1	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/000184

<p>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01N21/77 G01N21/45 ADD.</p>		
<p>Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC</p>		
<p>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</p>		
<p>Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01N</p>		
<p>Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen</p>		
<p>Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, INSPEC, COMPENDEX</p>		
<p>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</p>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>KLOTZ A ET AL: "Channel waveguide mode beat interferometer" SENSORS AND ACTUATORS B, ELSEVIER SEQUOIA S.A., LAUSANNE, CH LNKD- DOI:10.1016/S0925-4005(97)80225-0, Bd. 39, Nr. 1-3, 1. März 1997 (1997-03-01), Seiten 310-315, XP004087763 ISSN: 0925-4005 Seite 311 - Seite 312</p>	1-15
A	<p>DE 41 38 222 C1 (FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.) 24. Dezember 1992 (1992-12-24) Spalte 3, Zeile 16 - Spalte 5, Zeile 3; Abbildung 1a</p>	1-15
<p><input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie</p>		
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"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</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
<p>Datum des Abschlusses der internationalen Recherche</p> <p>8. April 2010</p>		<p>Absenddatum des internationalen Recherchenberichts</p> <p>23/04/2010</p>
<p>Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde</p> <p>Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016</p>		<p>Bevollmächtigter Bediensteter</p> <p>Hoogen, Ricarda</p>

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>KOSTER T ET AL: "Fully integrated optical polarimeter" SENSORS AND ACTUATORS B, ELSEVIER SEQUOIA S.A., LAUSANNE, CH LNKD- DOI:10.1016/S0925-4005(01)01008-5, Bd. 82, Nr. 2-3, 28. Februar 2002 (2002-02-28), Seiten 213-226, XP004343652 ISSN: 0925-4005 Seite 215, linke Spalte; Fig. 16</p>	1-15
A	<p>LUKOSZ W ET AL: "Difference interferometer with new phase-measurement method as integrated-optical refractometer, humidity sensor and biosensor" SENSORS AND ACTUATORS B, ELSEVIER SEQUOIA S.A., LAUSANNE, CH LNKD- DOI:10.1016/S0925-4005(97)80226-2, Bd. 39, Nr. 1-3, 1. März 1997 (1997-03-01), Seiten 316-323, XP004087764 ISSN: 0925-4005 Seite 317</p>	1-15
A	<p>FATTINGER CH ET AL: "THE DIFFERENCE INTERFEROMETER: A HIGHLY SENSITIVE OPTICAL PROBE FOR QUANTIFICATION OF MOLECULAR SURFACE CONCENTRATION" BIOSENSORS AND BIOELECTRONICS, ELSEVIER BV, NL LNKD- DOI:10.1016/0956-5663(93)80058-W, Bd. 8, 1. Januar 1993 (1993-01-01), Seiten 99-107, XP000847609 ISSN: 0956-5663 Seite 100 - Seite 102</p>	1-15
A	<p>ALBRECHT P ET AL: "TE/TM MODE SPLITTERS ON INGAASP/INP" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US LNKD- DOI:10.1109/68.47064, Bd. 2, Nr. 2, 1. Februar 1990 (1990-02-01), Seite 114/115, XP000114161 ISSN: 1041-1135 Zusammenfassung; Abbildung 1</p>	10
A	<p>HEIDRICH H: "PASSIVE MODE CONVERTER WITH A PERIODICALLY TILTED INP/GAINASP RIB WAVEGUIDE" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US LNKD- DOI:10.1109/68.124867, Bd. 4, Nr. 1, 1. Januar 1992 (1992-01-01), Seiten 34-36, XP000244563 ISSN: 1041-1135 Zusammenfassung</p>	12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/000184

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4138222	C1	24-12-1992	KEINE
