

(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
1. November 2012 (01.11.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/146640 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G01D 5/353 (2006.01) **G02B 6/12** (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/057610
- (22) Internationales Anmeldedatum:
26. April 2012 (26.04.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2011 017 622.5
27. April 2011 (27.04.2011) 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): **SCHADE, Wolfgang** [DE/DE]; Zum Bohrfeld 6, 38644 Goslar (DE).
- (74) Anwälte: **GOEDEN, Christian** et al.; Patentanwälte Andrae Flach Haug, Balanstraße 55, 81541 München (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, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: APPARATUS FOR MEASURING STATE VARIABLES

(54) Bezeichnung : VORRICHTUNG ZUR MESSUNG VON ZUSTANDSGRÖSSEN

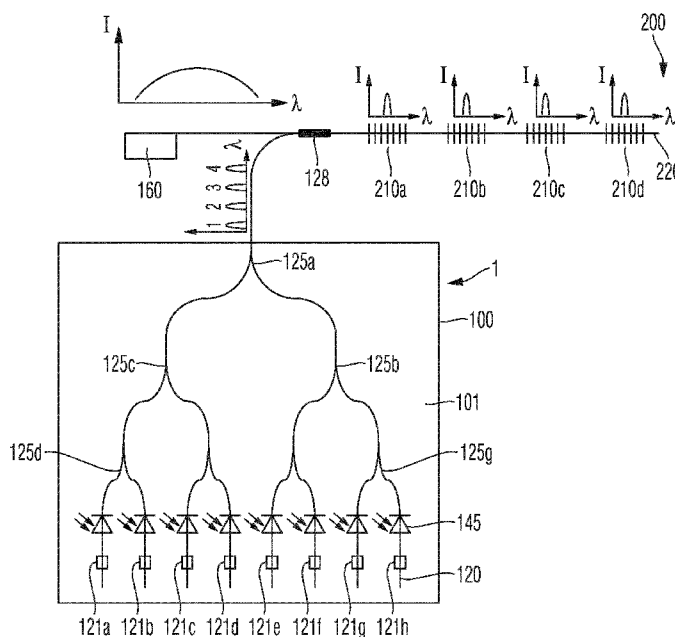


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to an apparatus (1) for measuring state variables with at least one fibre-optic sensor (200), containing at least one optical coupler (125, 128, 129), at least one filter element (121) and at least one photoelectric converter (140, 145), wherein the optical coupler (125, 126, 128, 129), the filter element (121, 130) and the photoelectric converter (140, 145) are integrated on a substrate (100), characterized in that the filter element (121) contains at least one Bragg grating (121) which is set up to supply that portion of the light which is reflected by the Bragg grating (121) to the photoelectric converter (140, 145).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (1) zur Messung von Zustandsgrößen mit zumindest einem faseroptischen Sensor (200), enthaltend zumindest einen optischen Koppler (125, 128, 129), zumindest ein Filterelement (121) und zumindest einen photoelektrischen Konverter (140, 145), wobei, der optische Koppler (125, 126, 128, 129), das Filterelement (121, 130) und der photoelektrische Konverter (140, 145) auf einem Substrat (100) integriert sind, dadurch gekennzeichnet, dass das Filterelement (121) zumindest ein Bragg-Gitter (121) enthält, welches dazu eingerichtet ist, den vom Bragg-Gitter (121) reflektierten Anteil des Lichtes dem photoelektrischen Konverter (140, 145) zuzuführen.



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)

Patentanmeldung:**Vorrichtung zur Messung von Zustandsgrößen**

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Messung von Zustandsgrößen mit zumindest einem faseroptischen Sensor, 5
enthaltend zumindest einen optischen Koppler, zumindest ein Filterelement und zumindest einen photoelektrischen Konverter. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer solchen Vorrichtung und deren Verwendung.

Aus der EP 1 826 545 A2 ist eine Vorrichtung der eingangs 10
genannten Art bekannt. Die Vorrichtung verwendet einen Lichtwellenleiter, welcher in oder an einer mechanischen Komponente verlegt wird. Der Lichtwellenleiter weist eine Mehrzahl von Faser-Bragg-Gittern auf. Jedes Faser-Bragg-Gitter reflektiert einen Teil eines im Lichtwellenleiter laufenden 15
optischen Eingangssignals. Bei Einwirken einer mechanischen Spannung verändert sich die Länge des Lichtwellenleiters und damit die Gitterkonstante der Faser-Bragg-Gitter. Dadurch ändert sich auch die reflektierte Wellenlänge, sodass durch Auswertung des reflektierten optischen Ausgangssignals auf die 20
Belastung und/oder die Temperatur der mechanischen Komponente geschlossen werden kann.

Zur Erzeugung und Auswertung des optischen Signales ist bekannt, eine breitbandige Lichtquelle, einen optischen Zirkulator und ein Arrayed-Waveguide-Grating zu verwenden. 25
Diese Bauteile werden als diskrete Elemente mit bekannten optischen Steckverbindern oder Spleißverbindungen zusammengefügt. Dieses Vorgehen weist jedoch den Nachteil auf, dass die Vorrichtung zur Signalerzeugung und -auswertung mechanisch wenig robust ist. Weiterhin ist der Platzbedarf und 30
der Energieverbrauch vergleichsweise hoch, sodass diese bekannte Vorrichtung nur mit großem Aufwand hergestellt und betrieben werden kann.

Ausgehend von dieser bekannten Vorrichtung liegt der Erfindung daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Messung von Zustandsgrößen anzugeben, welche mit geringem Bauraum auskommt und einfach und kostengünstig herstellbar und einsetzbar ist.

- 5 Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1 sowie ein Verfahren gemäß Anspruch 16 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

- 10 Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, einwirkende Kräfte, mechanische Spannungen und/oder Temperaturen an mechanische Komponenten durch die Veränderung der Gitterkonstanten von zumindest einem Faser-Bragg-Gitter zu bestimmen, welches in einem Lichtwellenleiter ausgebildet ist. Die mechanische Komponente kann dabei in einigen Ausführungsformen der
- 15 Erfindung ein Bauteil aus einem faserverstärkten Kunststoff sein. In anderen Ausführungsformen der Erfindung kann die mechanische Komponente aus einem Metall oder einer Legierung bestehen. Die mechanische Komponente kann beispielsweise ein Flugzeugteil, ein Teil einer Windturbine, ein Karosserieteil
- 20 oder eine Antriebskomponente eines Fahrzeuges sein. In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann die mechanische Komponente aus einem Textilgewebe hergestellt sein oder ein solches Gewebe enthalten. In diesem Fall kann die mechanische Komponente ein textiler Bodenbelag oder ein Segel sein.
- 25 Durch Kräfte, welche auf die mechanische Komponente einwirken, kann ein in oder an der Komponente verlegter faseroptischer Sensor gestaucht oder gedehnt werden. Diese Längenänderung verändert die Gitterkonstante zumindest eines Faser-Bragg-Gitters, welches im Lichtwellenleiter des faseroptischen
- 30 Sensors ausgebildet ist. In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann der Lichtwellenleiter bzw. die optische Faser eine Mehrzahl von Faser-Bragg-Gittern enthalten, welche unterschiedliche Gitterkonstanten aufweisen können.

Der faseroptische Sensor wird in an sich bekannter Weise durch ein optisches Signal ausgelesen, welches von zumindest einer Lichtquelle erzeugt wird. In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann die Lichtquelle ein breitbandiges optisches
5 Signal aussenden, sodass eine Mehrzahl von Faser-Bragg-Gittern mit unterschiedlicher Gitterkonstante ausgelesen werden können.

Der von dem zumindest einen Faser-Bragg-Gitter reflektierte Anteil des optischen Eingangssignals wird durch zumindest eine
10 passive optische Komponente gefiltert und von einem photoelektrischen Konverter in ein elektrisches Signal gewandelt. Das elektrische Signal kann dann einer Auswerteschaltung zugeführt werden.

Erfindungsgemäß wird nun vorgeschlagen, zumindest einen
15 optischen Koppler, zumindest ein Filterelement und zumindest einen photoelektrischen Konverter auf einem Substrat zu integrieren. Auf diese Weise kann die Vorrichtung zur Messung von Zustandsgrößen zumindest teilweise als integrierte optische Komponente hergestellt sein. Hierdurch wird der
20 Platzbedarf reduziert und/oder die Zuverlässigkeit der Vorrichtung erhöht und/oder der Stromverbrauch gesenkt. Als Substrat eignet sich in einigen Ausführungsformen der Erfindung ein Halbleitermaterial und/oder ein optisch transparentes Material.

Der zumindest eine Koppler kann dazu eingesetzt werden, eine
25 einzige Lichtquelle mit einer Mehrzahl optischer Fasern zu verbinden und/oder eine optische Faser abwechselnd mit der Lichtquelle und dem Filterelement zu verbinden und/oder ein Filterelement mit einem photoelektrischen Konverter zu
30 verbinden.

In einigen Ausführungsformen der Erfindung enthält das Substrat Quarz und/oder Silicium und/oder Saphir und/oder Glas und/oder Galliumarsenid. Diese Substrate erlauben eine einfache Integration der optischen Komponenten und/oder die

gleichzeitige Integration elektrischer bzw. elektronischer Komponenten auf dem Substrat.

In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann auf dem Substrat weiterhin eine elektronische Schaltung integriert
5 sein. Eine solche Schaltung kann als Auswerteschaltung die elektrischen Signale des zumindest einen photoelektrischen Konverters verarbeiten. Hierzu kann die elektronische Schaltung zumindest einen Verstärker und/oder einen A/D-Wandler und/oder einen Speicher und/oder eine analoge oder
10 digitale, drahtlose oder drahtgebundene Schnittstelle realisieren. In anderen Ausführungsformen der Erfindung kann die elektronische Schaltung zusätzlich eine Versorgungsspannung bereitstellen. Hierzu kann die elektronische Schaltung einen Spannungswandler und/oder einen
15 Gleichrichter und/oder eine photoelektrische oder thermoelektrische Zelle enthalten. Schließlich kann die elektronische Schaltung zur Erzeugung eines optischen Eingangssignals herangezogen werden und Funktionen zum Erzeugen einer Versorgungsspannung einer Lichtquelle und/oder Funktionen zur
20 Regelung oder Steuerung der Lichtquelle bereitstellen. Eine solche Integration einer elektronischen Schaltung auf dem Substrat führt zu einer weiteren Miniaturisierung der Vorrichtung und zu einer weiteren Erhöhung der Zuverlässigkeit bei der Bestimmung von Zustandsgrößen an mechanischen
25 Komponenten.

In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann die zumindest eine elektronische Schaltung als CMOS-Schaltung realisiert sein. Eine solche CMOS-Schaltung kann mit üblichen, weit verbreiteten Herstellungsverfahren der Mikroelektronik auf
30 einem Siliciumsubstrat realisiert werden, sodass die vorgeschlagene Vorrichtung in einfacher Weise auf bekannten Fertigungsstraßen hergestellt werden kann.

In einigen Ausführungsformen der Erfindung enthält die Vorrichtung weiterhin zumindest eine Lichtquelle, welche auf
35 dem Substrat integriert ist. Somit kann die Vorrichtung

vollständig auf einem Substrat integriert werden, sodass sich ein kompakter Aufbau auf nur einem Chip ergibt, welcher kostengünstig produziert und zuverlässig und mit geringem Energieverbrauch betrieben werden kann. Hierdurch können
5 äußerst kompakte Vorrichtungen erzeugt werden, welche in einigen Ausführungsformen lediglich einen Strom- und einen Datenanschluss benötigen und zusammen mit dem faseroptischen Sensor in die mechanische Komponente integriert werden können. Damit können Bauteile realisiert werden, welche sich selbst
10 überwachen und einem Benutzer bzw. dem Wartungspersonal durch Abfragen der Datenleitung Hinweise auf die aufgetretene oder auftretende Belastung und/oder eine Verschleißgrenze geben.

In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann die Licht-
quelle ein optisches Eingangssignal mit Wellenlängen zwischen
15 750 nm und 1600 nm, 850 nm und 1500 nm oder 1250 nm und 1450 nm erzeugen. Somit können in einigen Ausführungsformen Lichtwellenleiter bzw. optische Fasern aus der Tele-
kommunikationstechnik verwendet werden, welche leicht
verfügbar sind.

20 In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann die Licht-
quelle eine Superlumineszenzdiode und/oder ein Halbleiterlaser sein. Eine Superlumineszenzdiode zeichnet sich durch ein breitbandiges optisches Spektrum aus, sodass eine Vielzahl von faseroptischen Sensoren ausgelesen werden kann. Ein Halb-
25 leiterlaser kann eine brillante Strahlung erzeugen, welche mit geringen Einfügeverlusten in einen faseroptischen Sensor eingekoppelt werden kann.

Das Filterelement kann in einigen Ausführungsformen eine
passive optische Komponente sein, welche zumindest ein
30 einzelnes Faser-Bragg-Gitter mit einer vorgebbaren Gitterkonstanten oder zumindest eine Gruppe von Faser-Bragg-Gittern mit einer vorgebbaren Gitterkonstanten einem bestimmten photoelektrischen Konverter zuordnet. Hierzu kann das Filterelement Licht einer vorgebbaren Wellenlänge bzw.
35 eines vorgebbaren Wellenlängenbereiches reflektieren oder

transmittieren, sodass nur dieser Wellenlängenbereich auf den photoelektrischen Konverter trifft. Somit können bestimmte Faser-Bragg-Gitter von bestimmten photoelektrischen Konvertern ausgelesen werden, sodass die Messsignale eindeutig einem
5 bestimmten Ort an der mechanischen Komponente zugeordnet werden können.

In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann das Filterelement zumindest ein Arrayed-Waveguide-Grating enthalten. Das Arrayed-Waveguide-Grating stellt ein dispersives Element dar,
10 welches einen Wellenlängenunterschied eines optischen Eingangssignals in einen Ortsunterschied am Ausgang des Arrayed-Waveguide-Gratings abbildet. Sofern am Ausgang ein ortsauflösender photoelektrischer Konverter bzw. eine Mehrzahl unterschiedlicher photoelektrischer Konverter an unterschiedlichen
15 Orten vorgesehen ist, können Signale unterschiedlicher Wellenlänge unabhängig voneinander ausgelesen und damit bestimmten Faser-Bragg-Gittern bzw. bestimmten Messorten zugeordnet werden. Ein Arrayed-Waveguide-Grating kann durch Strukturieren und Ätzen als integrierte optische Komponente auf einem
20 Substrat erzeugt werden. In anderen Ausführungsformen der Erfindung kann ein Arrayed-Waveguide-Grating mittels Materialmodifikation durch eine Laserstrahlung in das Substrat geschrieben werden.

In einigen Ausführungsformen der Erfindung enthält das
25 Filterelement zumindest ein Bragg-Gitter. Ein solches Bragg-Gitter kann Licht einer vorgebbaren Wellenlänge reflektieren und Licht einer abweichenden Wellenlänge transmittieren, sodass nur Licht einer vorgebbaren Wellenlänge den photoelektrischen Wandler erreicht. Damit kann das elektrische
30 Signal eines vorgebbaren photoelektrischen Wandlers bestimmten Faser-Bragg-Gittern bzw. bestimmten Messorten zugeordnet werden.

In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann ein Bragg-Gitter mit räumlich veränderlichen Gitterkonstanten als
35 Filterelement verwendet werden. Ein solches Bragg-Gitter

reflektiert einen größeren Wellenlängenbereich, sodass auch Licht, welches aufgrund einer Änderung einer mechanischen Zustandsgröße eine verschobene Wellenlänge aufweist, vom Filterelement zum zugehörigen photoelektrischen Konverter
5 gelangen kann.

In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann diese zusätzlich zumindest einen Multiplexer mit zumindest zwei Eingängen und zumindest einem Ausgang enthalten, wobei der Ausgang mit dem zumindest einen Filterelement verbunden ist
10 und die Eingänge mit je einem Lichtwellenleiter verbindbar sind. Dieses Merkmal bewirkt, dass eine Mehrzahl von Faser-Bragg-Gittern gleicher Gitterkonstante in unterschiedlichen Lichtwellenleitern sequentiell ausgelesen werden kann. Dadurch kann die Anzahl der vom Filterelement bereitgestellten Kanäle
15 und/oder die Anzahl der photoelektrische Konverter reduziert werden, ohne die Anzahl der auslesbaren Messstellen bzw. Faser-Bragg-Gitter zu reduzieren. Dadurch kann die erfindungsgemäße Vorrichtung einfacher herstellbar und zuverlässig betreibbar sein. In einigen Ausführungsformen der Erfindung
20 kann die Anzahl der vom Filterelement bereitgestellten Kanäle zwischen 8 und 32 liegen.

In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann der photoelektrische Konverter zumindest eine Photodiode und/oder zumindest eine CCD-Zeile enthalten. Eine Photodiode kann als
25 pin-Diode ausgeführt sein. Diese Ausführungsform ermöglicht eine rasche Signalauslese, sodass auch zeitlich veränderliche Betriebszustände erfasst werden können, wie beispielsweise Schwingungen. In anderen Ausführungsformen der Erfindung kann aus der Schwingungsanalyse der mechanischen Komponente bzw.
30 aus der Veränderung der Eigenfrequenzen auf deren Verschleiß geschlossen werden. Eine CCD-Zeile erlaubt hingegen die einfache Auslese einer Vielzahl von Kanälen, sodass Vielzahl von Faser-Bragg-Gittern ausgelesen und eine gute Ortsauflösung bei der Messung von Zustandsgrößen erreicht werden kann.

In einigen Ausführungsformen der Erfindung enthält die Vorrichtung weiterhin zumindest einen Wellenleiter zur Übertragung optischer Signale und/oder zumindest eine Leiterbahn zur Übertragung elektrischer Signale. Eine
5 Leiterbahn kann in an sich bekannter Weise durch Raumbereiche bzw. Flächenbereiche einer vorgebbaren elektrischen Leitfähigkeit auf dem Substrat erzeugt werden. Die Leitfähigkeit kann beispielsweise durch Einbringen eines Dotierstoffes oder durch Aufbringen einer strukturierten
10 Schicht aus einem Metall oder einer Legierung erzeugt werden. Wahlweise können mehrerer solcher Schichten auf dem Substrat erzeugt und durch isolierende Schichten voneinander separiert werden, sodass auch umfangreiche Netzwerke zur Übertragung elektrischer Signale auf dem Substrat realisiert werden
15 können.

Zumindest ein Wellenleiter kann auf dem Chip durch Ätzen und/oder Abscheiden einer strukturierten Beschichtung mit einem vorgebbaren Brechungsindex erzeugt werden. In anderen Ausführungsformen der Erfindung kann der Wellenleiter durch
20 Bearbeiten einer Teilfläche bzw. eines Teilvolumens mit einem Laserstrahl erzeugt werden. Auf diese Weise kann eine Mehrzahl von Wellenleitern mit einem Laserstrahl in das Substrat geschrieben werden. Hierzu eignet sich in einigen Ausführungsformen der Erfindung ein gepulster Laserstrahl, insbesondere
25 mit einer Pulslänge von 10 fs bis 200 fs oder 30 fs bis 1000 fs.

Durch die Integration von Wellenleitern und Leiterbahnen auf dem Substrat kann der optische Koppler, das Filterelement und der photoelektrische Konverter sowie die optionale
30 elektronische Schaltung und die optionale Lichtquelle miteinander funktional verbunden werden, sodass die gesamte Signalerzeugung und -auslese auf einem Chip integriert ist.

In einigen Ausführungsformen der Erfindung ist die Vorrichtung auf genau einem Substrat angeordnet. Ein solcher mono-
35 lithischer Aufbau kann beispielsweise auf einem Silicium-

substrat erfolgen, da dieses in einfacher Weise die Integration von elektronischen Schaltungen und Wellenleitern sowie weiteren optischen Komponenten erlaubt. Hierdurch wird die Herstellung der Vorrichtung besonders einfach.

5 In anderen Ausführungsformen der Erfindung kann die Vorrichtung zumindest zwei Substrate enthalten, welche durch Waferbonden und/oder durch Kleben und/oder durch Löten miteinander verbunden sind. Dies erlaubt eine bevorzugte Materialwahl für die einzelnen Komponenten, sodass die
10 Leistungsfähigkeit der einzelnen Komponenten und damit die Leistungsfähigkeit der gesamten Vorrichtung erhöht werden kann. Beispielsweise können die optischen Komponenten auf einem Substrat aus Silicium, Quarz, Saphir oder Glas integriert werden. Eine elektronische Schaltung kann auf einem
15 zweiten Substrat aus Silicium integriert werden und/oder eine Lichtquelle auf einem Substrat aus Galliumarsenid, einem II-VI-Halbleiter oder einem III-V-Halbleiter. Diese einzelnen Substrate werden dann zu einem Substrat zusammengeführt, sodass sich wieder der erfindungsgemäße kompakte Aufbau
20 ergibt.

In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann das Substrat zumindest eine Beschichtung aufweisen, welche zumindest als Teilbeschichtung ausgebildet ist und welche Saphir und/oder Siliciumoxid und/oder Bariumtitanat und/oder einen III-V-
25 Halbleiter und/oder einen II-VI-Halbleiter und/oder Silicium enthält oder daraus besteht. Durch eine solche Beschichtung kann beispielsweise eine elektronische Schaltung oder ein optoelektronisches Halbleiterbauelement auf einem Substrat aus Glas oder Quarz realisiert werden. In anderen Ausführungs-
30 formen der Erfindung kann ein Wellenleiter aus Bariumtitanat oder ein optoelektronisches Halbleiterbauelement mit direkter Bandlücke auf einem Substrat aus Quarz oder Silicium hergestellt werden. Eine Mehrzahl von elektrischen Leiterbahnen kann übereinander angeordnet sein, wenn diese mit einer
35 isolierenden Beschichtung voneinander separiert sind. Schließlich kann ein Wellenleiter als Streifenwellenleiter

ausgebildet sein, wenn eine entsprechende Beschichtung durch nachfolgendes Belichten und Ätzen strukturiert wird. Die Ausführungsform mit zumindest einer als Teilbeschichtung ausgebildeten Beschichtung des Substrates erlaubt somit eine
5 größere Flexibilität bei der Herstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann die Vorrichtung zur Bestimmung der Bodenbelastung in einem Gebäude verwendet werden. Hierzu kann ein faseroptischer Sensor mit
10 einer Mehrzahl von Faser-Bragg-Gittern in einen Bodenbelag integriert sein, beispielsweise einem Teppich oder einem Kunststoffbelag. Durch Auswerten der räumlichen und/oder zeitlichen Belastung des Bodenbelages kann ein Bewegungsprofil des Benutzer bzw. Bewohners im Gebäude erstellt werden,
15 beispielsweise für Anwendungen in der Alarm- und Sicherheitstechnik. In anderen Ausführungsformen der Erfindung kann die Bodenbelastung überwacht werden, sodass eine Überbelastung einer Geschossdecke verhindert wird, beispielsweise in einem Lagerraum. In wiederum einer anderen Ausführungsform kann
20 aufgrund des Belastungsschemas ein Sturz einer Person erkannt werden, sodass dieser rasche medizinische Hilfeleistung zuteilwerden kann. Diese Anwendungen werden erst durch die erfindungsgemäße integrierte Vorrichtung ermöglicht, da ein einzelner erfindungsgemäßer integrierter Chip die Überwachung
25 vieler Messstellen und damit eine hohe räumliche Auflösung über eine große Fläche ermöglicht.

Nachfolgen soll die Erfindung anhand von Figuren ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens näher erläutert werden. Dabei zeigt

30 Figur 1 die Aufsicht auf eine erfindungsgemäße Vorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform.

Figur 2 zeigt die Aufsicht auf eine erfindungsgemäße Vorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform.

Figur 3 zeigt einen Querschnitt durch die Vorrichtung gemäß Figur 2.

Figur 4 erläutert die Funktionsweise der Vorrichtung gemäß Figur 2.

5 Figur 1 zeigt eine Vorrichtung 1 zur Messung von Zustandsgrößen mit zumindest einem faseroptischen Sensor 200. Der faseroptische Sensor 200 enthält einen Lichtwellenleiter 220. Der Lichtwellenleiter 220 wiederum enthält einen Kern und einen den Kern umgebenden Mantel. Kern und Mantel weisen dabei
10 unterschiedliche Brechungsindizes auf, sodass es an der Grenze zwischen Kern und Mantel zur Totalreflexion des im Kern laufenden optischen Signales kommt. Je nach Durchmesser des Kernes können sich in der optischen Faser eine oder mehrere Moden ausbreiten. In einigen Ausführungsformen der Erfindung
15 kann der Kern gradiert in den Mantel übergehen, sodass sich unterschiedliche optische Weglängen für unterschiedliche Wellenlängen ergeben.

Im Kern des Lichtwellenleiters ist zumindest ein Faser-Bragg-Gitter 210 angeordnet. Das Faser-Bragg-Gitter 210 kann
20 beispielsweise durch gepulste Laserstrahlung in den Kern des Lichtwellenleiters eingeschrieben werden. In einigen Ausführungsformen der Erfindung weist die gepulste Laserstrahlung hierzu eine Pulslänge von 10 fs bis 1000 fs auf. Das Faser-Bragg-Gitter 210 enthält eine Mehrzahl von in etwa quer zur
25 Längserstreckung des Lichtwellenleiters 200 verlaufenden Bereichen, deren Brechungsindex durch die Einwirkung der Laserstrahlung vom Brechungsindex des umgebenden Materials des Kernes abweicht. Der Abstand dieser modifizierten Bereiche bestimmt die Gitterkonstante des Faser-Bragg-Gitters 210. In
30 Abhängigkeit der Gitterkonstanten reflektiert das Faser-Bragg-Gitter 210 eine vorgebbare Wellenlänge bzw. einen Wellenlängenbereich eintreffender optischer Strahlung.

Sofern der Lichtwellenleiter 220 einer mechanischen Spannung oder einer Temperaturschwankung ausgesetzt ist, verändert sich

die Gitterkonstante des zumindest einen Faser-Bragg-Gitters 210. Hierdurch wird eine andere Wellenlänge bzw. ein anderer Wellenlängenbereich durch das Faser-Bragg-Gitter 210 reflektiert. Diese Verschiebung der Wellenlänge des Ausgangssignals ist ein Maß für die einwirkende Kraft bzw. die einwirkende Temperatur. In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann eine Mehrzahl von Faser-Bragg-Gittern 210 eine identische Gitterkonstante aufweisen. In anderen Ausführungsformen der Erfindung weisen sämtliche Faser-Bragg-Gitter 210 unterschiedliche Gitterkonstanten auf, um so eine räumliche Auflösung des faseroptischen Sensors 200 zu ermöglichen.

Um mit dem faseroptischen Sensor 200 Messwerte zu erhalten, muss in diesen ein optisches Eingangssignal eingekoppelt und die von dem Faser-Bragg-Gitter 210 reflektierten Signale erfasst werden. Hierzu dient die Vorrichtung 1, welche im dargestellten Ausführungsbeispiel alle für die Signalerzeugung und Auswertung erforderlichen Komponenten auf einem Substrat 100 vereint. Hierdurch können die Messsignale zuverlässig und in einer kompakten Baugruppe erzeugt werden.

Das Substrat 100 weist eine erste Seite 101 und eine gegenüberliegende zweite Seite 102 auf. Im dargestellten Ausführungsbeispiel wird nur die erste Seite 101 strukturiert, um die zur Signalerzeugung und -auslese erforderlichen Komponenten zu erzeugen. Selbstverständlich kann das Substrat 100 jedoch auch beidseitig bearbeitet werden.

In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann das Substrat 100 Quarz, Silicium, Saphir, Glas oder Galliumarsenid enthalten oder daraus bestehen. Das Substrat 100 kann einen Dotierstoff enthalten, um eine vorgebbare elektrische Leitfähigkeit oder einen vorgebbaren Brechungsindex zu erzeugen. Daneben kann das Substrat 100 unvermeidbare Verunreinigungen enthalten, welche bei der Herstellung oder der Weiterverarbeitung des Substrates 100 in dieses oder auf dessen Oberfläche aufgebracht werden.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel weist das Substrat eine Ausnehmung 105 auf, welche beispielsweise durch nasschemisches oder trockenchemisches Ätzen in die erste Seite 101 des Substrates 100 eingebracht werden kann. Die Ausnehmung 105 ist jedoch optional und kann in anderen Ausführungsformen der Erfindung auch entfallen. In der Ausnehmung 105 ist eine Lichtquelle 160 angeordnet, beispielsweise eine Superlumineszenzdiode oder ein Halbleiterlaser. Die Lichtquelle 160 kann in einigen Ausführungsformen der Erfindung dazu eingerichtet sein, eine Strahlung mit einer Wellenlänge zwischen 800 nm und 1500 nm zu erzeugen. In anderen Ausführungsformen der Erfindung kann die Wellenlänge zwischen 1300 nm und 1600 nm liegen. Die Lichtquelle 160 kann eine gepulste Strahlung abgeben oder im Dauerstrichbetrieb eingesetzt werden. Die Lichtquelle 160 stellt einen Wandler elektrischer Energie in optische Leistung dar. Daher weist die Lichtquelle 160 zumindest einen Anschlusskontakt 155 auf, mit welchem die Lichtquelle 160 mit elektrischer Energie und/oder Steuersignalen versorgt wird. Die Lichtquelle 160 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel aus einem anderen Material gefertigt als das Substrat 100, beispielsweise einem II-VI-Halbleiter, einem III-V-Halbleiter oder Galliumarsenid. Die Lichtquelle 160 kann durch Löten, Kleben oder Flip-Chip-Bonding auf dem Substrat 100 befestigt sein.

Die Lichtquelle 160 weist eine Austrittsöffnung 165 auf, durch welche die optische Strahlung austritt. Die Lichtstrahlung wird in einen Wellenleiter 120 eingekoppelt und erreicht einen optionalen optischen Koppler 128. Dieser spaltet die optische Leistung eines Eingangssignals auf zwei Ausgangssignale auf.

Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist hinter dem ersten optischen Koppler 128 ein zweiter optischer Koppler 129 angeordnet. Somit wird das Licht der Lichtquelle 160 auf drei Ausgangswellenleiter aufgeteilt, an welche drei faseroptische Sensoren 200 angeschlossen sind. In anderen Ausführungsformen der Erfindung kann die Anzahl der faseroptischen Sensoren 200 größer oder geringer sein und zwischen 1 und etwa 25 liegen. Die Erfindung lehrt nicht die Verwendung von exakt drei fasero-

optischen Sensoren 200 als Lösungsprinzip. Zum Anschluss der faseroptischen Sensoren 200 stehen Ausgangskoppler 150 zur Verfügung, welche an der Stirnseite 103 des Substrates 100 angeordnet sind.

- 5 Das von den Faser-Bragg-Gittern 210 reflektierte Licht erreicht die Vorrichtung 1 wieder über die Ausgangskoppler 150. Über einen Koppler 125 wird das von den faseroptischen Sensoren 200 reflektierte Licht zumindest einem Filterelement 130 zugeführt. Im dargestellten Ausführungs-
- 10 beispiel ist für jeden faseroptischen Sensor 200 ein eigenes Filterelement 130 vorgesehen. Das Filterelement 130 umfasst eine passive optische Komponente, welche eine spektrale Analyse des eingekoppelten Lichtes ermöglicht. Im dargestellten Ausführungsbeispiel handelt es sich dabei um
- 15 zumindest ein Arrayed-Waveguide-Grating 130. Das Arrayed-Waveguide-Grating 130 bildet Licht unterschiedlicher Wellenlänge aus dem Wellenleiter 120 auf unterschiedliche Orte an seinem Ausgang ab. Somit kann durch eine ortsabhängige Messung der Lichtintensität auf die Wellenlängen der im
- 20 Wellenleiter 120 laufenden optischen Signale geschlossen werden. Zur ortsabhängigen Messung steht jeweils eine CCD-Zeile 140 zur Verfügung, welche eine gute Ortsauflösung und damit eine gute Frequenzauflösung der optischen Signale ermöglicht.
- 25 Die CCD-Zeile dient als elektrooptischer Konverter, welche das optische Signal der faseroptischen Sensoren 200 in ein elektrisches Signal wandelt. Das elektrische Signal wird über elektrische Leiterbahnen 150 einer elektronischen Schaltung 115 zugeführt. Die elektronische Schaltung 115 kann
- 30 einen Verstärker, einen Impedanzwandler, einen A/D-Wandler oder weitere Schaltungen enthalten, um die elektrischen Signale zu verstärken, zu übermitteln, zu diskriminieren oder zu speichern. Weiterhin kann die elektronische Schaltung 115 eine Energieversorgung der auf dem Substrat 100 befindlichen
- 35 elektrischen bzw. elektrooptischen Bauelemente sicherstellen oder Steuersignale an die Lichtquelle 160 weitergeben. Hierzu

kann die elektronische Schaltung 115 mit optionalen Leiterbahnen 153 mit der Lichtquelle 160 verbunden sein.

Die elektronische Schaltung 115 kann monolithisch auf dem Substrat 100 integriert sein, insbesondere wenn es sich bei dem Substrat 100 um ein halbleitendes Substrat handelt. In anderen Ausführungsformen der Erfindung kann auf dem Substrat 100 eine Beschichtung aus einem Halbleitermaterial aufgebracht sein, auf welcher nachfolgend durch Strukturieren und Ätzen eine elektronische Schaltung realisiert wird. In wiederum einer anderen Ausführungsform der Erfindung kann die elektronische Schaltung 115 auf einem zweiten Substrat 110 realisiert werden, welches durch ein SOI-Verfahren, Flip-Chip-Bonding oder ein anderes, an sich bekanntes Verfahren auf dem Substrat 100 befestigt wird.

Die elektrischen Leiterbahnen 150 und 152 können durch Aufbringen einer Metallisierung auf dem Substrat 100 realisiert werden. Das Filterelement 130, die Koppler 128, 129 und 125 sowie die Wellenleiter 120 können durch Ätzen des Substrates 100, durch Aufbringen und laterales Strukturieren einer Beschichtung oder durch Materialmodifikation mit einer Laserstrahlung in dem Substrat 100 auf bzw. in dem Substrat 100 realisiert werden. Damit ist die Vorrichtung 1 auf einem Substrat 100 betriebssicher und kompakt aufgebaut, sodass auch eine große Anzahl von Faser-Bragg-Gittern 210 zuverlässig ausgelesen werden kann, beispielsweise mehr als 100, mehr als 200 oder mehr als 300 Faser-Bragg-Gitter 210.

Figur 2 zeigt eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1. Beispielhaft ist ein faseroptischer Sensor mit vier Faser-Bragg-Gittern 210a, 210b, 210c und 210d dargestellt. Selbstverständlich kann die Anzahl der faseroptischen Sensoren 200 und die Anzahl an Faser-Bragg-Gitter pro faseroptischen Sensor 200 auch größer oder geringer sein. In dem faseroptischen Sensor 200 wird das Licht einer Lichtquelle 160 über einen Koppler 128 eingekoppelt, wie vorstehend anhand von Figur 1 beschrieben. Das von der Lichtquelle 160

ausgesandte Spektrum ist schematisch in Figur 2 dargestellt. Wie aus der Figur ersichtlich ist, weist die Intensität über die Wellenlänge eine breite Verteilung auf.

5 An jedem der Faser-Bragg-Gitter 210a, 210b, 210c und 210d wird ein Teil des Spektrums reflektiert, wobei die Breite und/oder die mittlere Wellenlänge von der Gitterkonstanten des jeweiligen Faser-Bragg-Gitters 210 und/oder der auf den faseroptischen Sensor 200 einwirkenden mechanischen Spannung und/oder der Temperatur abhängt. Das vom faseroptischen Sensor 10 200 erzeugte und über den Koppler 128 der Vorrichtung 1 zugeführte Signal ist ebenfalls schematisch in Figur 2 dargestellt. Im Vergleich zum eingestrahlten Spektrum enthält das empfangene Spektrum vier engere Wellenlängenbereiche, welche jeweils einem Faser-Bragg-Gitter 210 zugeordnet werden 15 können.

Das empfangene Ausgangssignal des Sensors 200 wird der Vorrichtung 1 zugeführt, welche auf einem Substrat 100 mit einer ersten Seite 101 und einer gegenüberliegenden zweiten Seite 102 aufgebaut ist. Die Vorrichtung 1 enthält sieben 20 Koppler 125a, 125b, 125c, 125d, 125e, 125f und 125g. Jeder der Koppler spaltet die eintreffende optische Leistung in zwei optische Pfade auf, sodass sich am Ende acht Pfade ergeben. Jeweils zwei dieser Pfade sind zur Auswertung des Signales eines Faser-Bragg-Gitters 210 eingerichtet. Hierzu ist jeder 25 optische Pfad mit einem photoelektrischen Konverter 145 ausgestattet. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel handelt es sich dabei um Photodioden, welche eintreffende optische Signale mit großer Bandbreite in elektrische Signale wandeln können, sodass auch schnelle Lastwechsel oder Schwingungs- 30 zustände mit dem faseroptischen Sensor 200 erfasst werden können. Da über den Koppler 125 alle Signale aller Faser-Bragg-Gitter 210 in jeden Pfad geleitet werden, enthält jeder Pfad ein Bragg-Gitter 121, um einen wellenlängenselektiven Nachweis eines Teilspektrums in jeder der Photodioden 145 zu 35 ermöglichen. Die Funktionsweise kann am besten anhand des Querschnittes der Figur 3 nachvollzogen werden.

Figur 3 zeigt einen Querschnitt durch das Substrat 100. Im Inneren des Substrates 100 verläuft der Wellenleiter 120. Am Ende des Wellenleiters 120 befindet sich ein Bragg-Gitter 121, welches Licht einer vorgebbaren Wellenlänge reflektiert. In
5 einigen Ausführungsformen der Erfindung kann das Bragg-Gitter 121 eine räumlich veränderliche Gitterkonstante aufweisen, sodass dieses einen breiteren Wellenlängenbereich reflektiert. Die vom Bragg-Gitter 121 nicht reflektierten Wellenlängen verlassen den Wellenleiter 120 durch dessen Ende und werden im
10 Substrat 100 absorbiert.

Der vom Bragg-Gitter 121 reflektierte Anteil erreicht den Koppler 126 und von dort über den Wellenleiter 123 den aktiven Bereich der Photodiode 145. Im dargestellten Ausführungs-
beispiel weist jedes der Bragg-Gitter 121a, 121b, 121c, 121d,
15 121e, 121f, 121g, 121h eine unterschiedliche Gitterkonstante auf, sodass in jeder Photodiode ein anderer Teil des Spektrums nachgewiesen werden kann.

Die Photodioden sind an der Oberfläche 101 des Substrates 100 angeordnet, wohingegen der Wellenleiter und das als Filter-
20 element wirkende Bragg-Gitter 121 im Inneren des Substrates verlaufen.

Die Auswertung der Signale zeigt schematisch Figur 4. Dargestellt ist die reflektierte Intensität bzw. die eingestrahlte Intensität über die Wellenlänge. Eingezeichnet
25 sind die Reflexionsspektren zweier Bragg-Gitter 121a und 121b, welche als Filterelement verwendet werden. Wie aus Figur 4 ersichtlich ist, ist das Reflexionsspektrum vergleichsweise breit, da die Bragg-Gitter 121 eine räumlich veränderliche Gitterkonstante aufweisen. Weiterhin ist aus Figur 4
30 ersichtlich, dass zwei benachbarte Bragg-Gitter 121a und 121b ein unterschiedliches Reflexionsspektrum zeigen.

Weiterhin ist in Figur 4 das von einem Faser-Bragg-Gitter, beispielsweise dem Faser-Bragg-Gitter 210a, reflektierte Lichtspektrum 1 eingezeichnet. Bei einer Änderung der

Gitterkonstante des Faser-Bragg-Gitters 210a wird sich die Mittenfrequenz des reflektierten Spektrums 1 verschieben, wie anhand des Pfeiles schematisch dargestellt. Dies führt zu einer verstärkten Reflexion am Bragg-Gitter 121a und einer
5 reduzierten Reflexion am Bragg-Gitter 121b oder vice versa. Damit verhalten sich die Signale in zwei benachbarten Photodioden 145 komplementär, sodass die elektrischen Signale plausibilisiert werden können. In einigen Ausführungsformen der Erfindung sind die Gitterkonstanten der Bragg-Gitter 121a
10 und 121b so gewählt, dass das reflektierte Spektrum 1 im näherungsweise linearen Bereich der Reflexionsspektren bleibt. Dies erleichtert die Auswertung der elektrischen Signale.

Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf die in den Figuren dargestellten Ausführungsformen beschränkt. Die
15 vorstehende Beschreibung ist daher nicht als beschränkend, sondern als erläuternd anzusehen. Die nachfolgenden Ansprüche sind so zu verstehen, dass ein genanntes Merkmal in zumindest einer Ausführungsform der Erfindung vorhanden ist. Dies schließt die Anwesenheit weiterer Merkmale nicht aus.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zur Messung von Zustandsgrößen mit
zumindest einem faseroptischen Sensor (200), enthaltend
zumindest einen optischen Koppler (125, 128, 129),
5 zumindest ein Filterelement (121) und zumindest einen
photoelektrischen Konverter (140, 145), wobei, der
optische Koppler (125, 126, 128, 129), das Filterelement
(121, 130) und der photoelektrische Konverter (140, 145)
auf einem Substrat (100) integriert sind, dadurch gekenn-
10 zeichnet, dass das Filterelement (121) zumindest ein
Bragg-Gitter (121) enthält, welches dazu eingerichtet
ist, einen Anteil des Lichtes zu reflektieren und diesen
Anteil dem photoelektrischen Konverter (145) zuzuführen.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
15 das Substrat (100) Quarz und/oder Silicium und/oder
Saphir und/oder Glas und/oder GaAs enthält oder daraus
besteht.
3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, weiterhin
enthaltend zumindest eine elektronische Schaltung (115),
20 insbesondere eine CMOS-Schaltung, welche auf dem Substrat
(100) integriert ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, weiterhin
enthaltend zumindest eine Lichtquelle (160), welche auf
dem Substrat (100) integriert ist, insbesondere eine
25 Superlumineszenzdiode und/oder ein Halbleiterlaser.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch ge-
kennzeichnet, dass das Bragg-Gitter eine räumlich verän-
derliche Gitterkonstanten aufweist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, weiterhin
30 enthaltend zumindest einen Multiplexer, mit zumindest

zwei Eingängen und zumindest einem Ausgang, wobei der Ausgang mit dem zumindest einem Filterelement (121, 130) verbunden ist und die Eingänge mit je einem Lichtwellenleiter (200) verbindbar sind.

- 5 7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der photoelektrische Konverter (140, 145) zumindest eine Photodiode (145) und/oder zumindest eine CCD-Zeile (140) enthält.
- 10 8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, weiterhin enthaltend zumindest einen Wellenleiter (120) zur Übertragung optischer Signale und/oder zumindest eine Leiterbahn (153, 150) zur Übertragung elektrischer Signale.
- 15 9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass diese auf genau einem Substrat (100) angeordnet ist.
- 20 10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass diese zumindest zwei Substrate (100, 110) enthält, welche durch Waferbonden und/oder durch Kleben und/oder durch Löten miteinander verbunden sind.
- 25 11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (100) zumindest eine Beschichtung aufweist, welche zumindest als Teilbeschichtung ausgebildet ist und welche Saphir und/oder SiO_2 und/oder BaTiO_3 und/oder einen III-V-Halbleiter und/oder einen II-VI-Halbleiter und/oder Si enthält oder daraus besteht.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem Substrat (100) eine Mehrzahl von

strukturierten Schichten nebeneinander und/oder
übereinander angeordnet ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, dass das Filterelement (121)
5 weiterhin zumindest einen im Inneren des Substrates (100)
verlaufenden ein Wellenleiter (120) enthält, an dessen
Ende das Bragg-Gitter (121) angeordnet ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, dass das Filterelement (121)
10 zumindest zwei Bragg-Gitter (121) enthält, welche ein
unterschiedliches Reflexionsspektrum zeigen.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
dadurch gekennzeichnet, dass die Gitterkonstante des
Bragg-Gitters (121) so gewählt ist, dass das reflektierte
15 Spektrum im näherungsweise linearen Bereich des
Reflektionsspektrums bleibt.

16. Verfahren zur Herstellung eines integrierten
optischen Bauteils, welches die folgenden Schritte
enthält:

- 20 - Bereitstellen eines Substrates (100),
- Erzeugen von zumindest einem optischen Koppler (125,
126, 128, 129), zumindest einem Filterelement (130,
121) und zumindest einem photoelektrischen Konverter
(140, 145), wobei in zumindest einem Verfahrensschritt
25 eine gepulste Laserstrahlung mit einer Pulslänge von
etwa 10 fs bis etwa 1000 fs auf das Substrat einwirkt.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet,
dass in zumindest einem Verfahrensschritt zumindest eine
Schicht abgeschieden und lithographisch strukturiert
30 wird, welche Saphir und/oder SiO_2 und/oder BaTiO_3 und/oder
einen III-V-Halbleiter und/oder einen II-VI-Halbleiter

und/oder Si und/oder ein Metall enthält oder daraus besteht.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 oder 17,
dadurch gekennzeichnet, dass zwei Substrate (100, 110)
5 durch Waferbonden und/oder Löten und/oder Kleben
miteinander verbunden werden.
19. Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche
1 bis 15 zur Bestimmung der Bodenbelastung in einem
Gebäude.

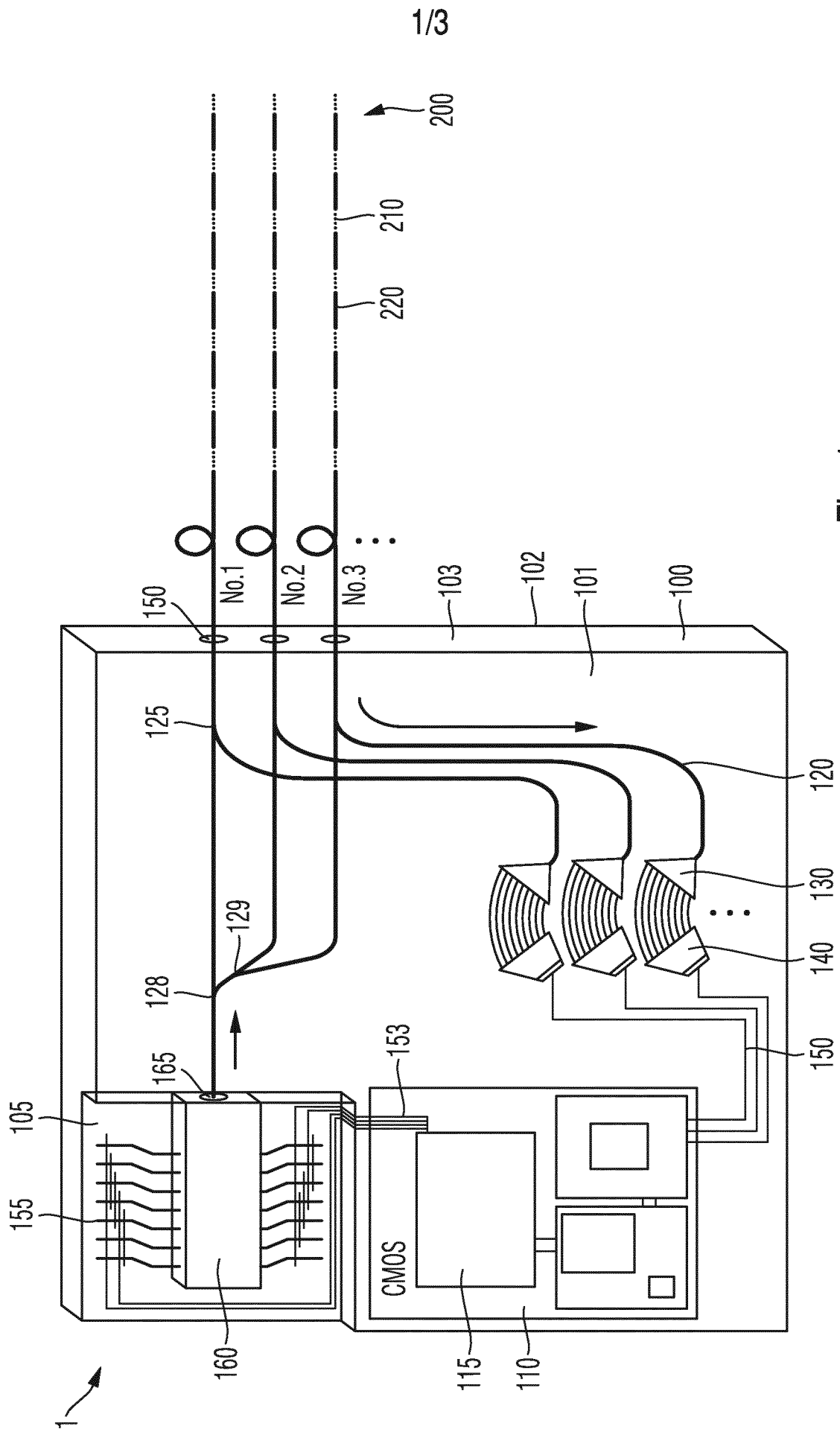


Fig. 1

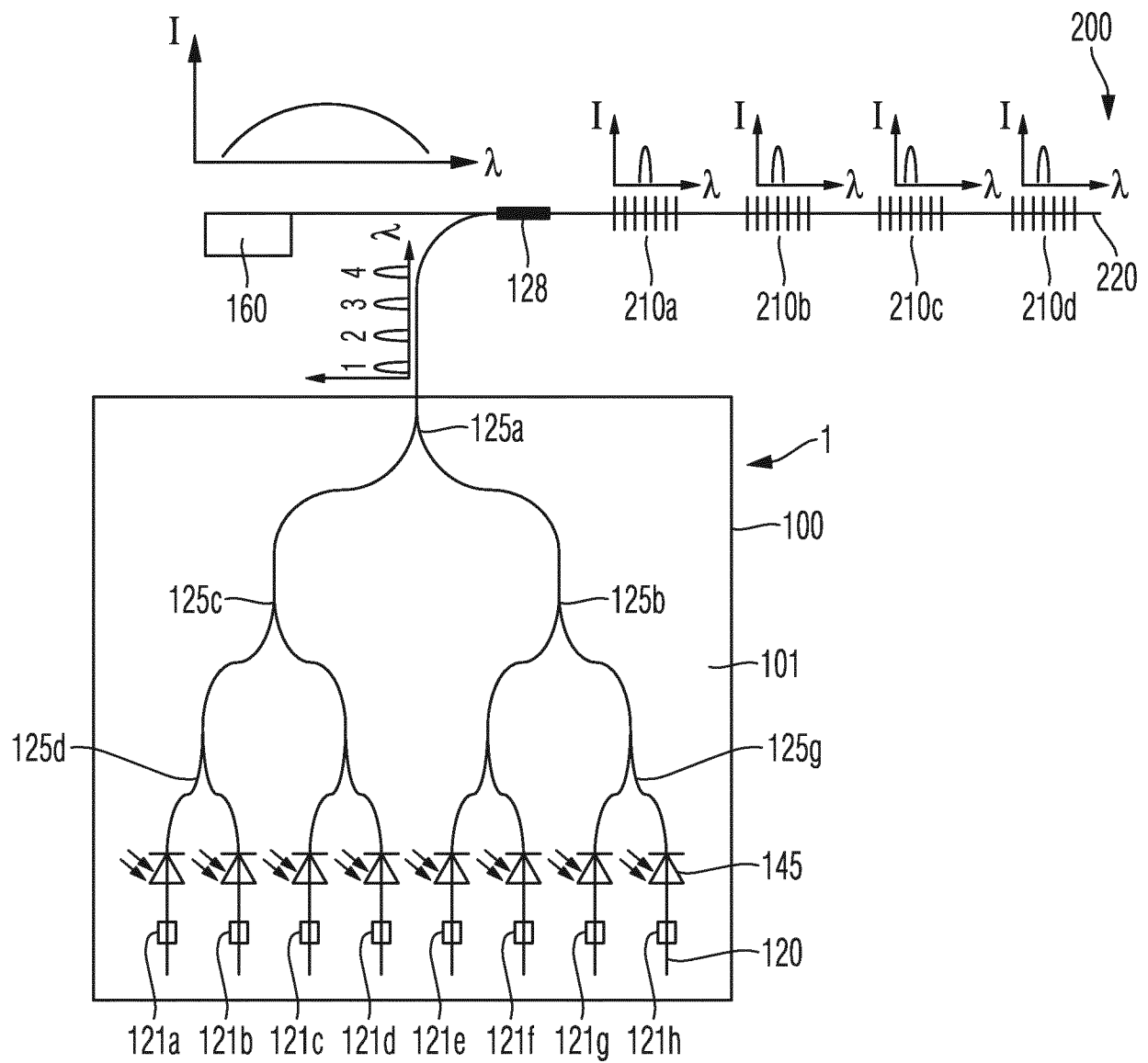


Fig. 2

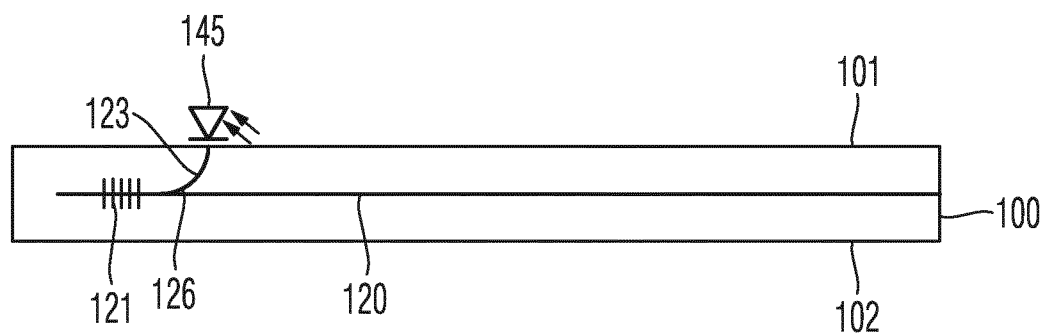


Fig. 3

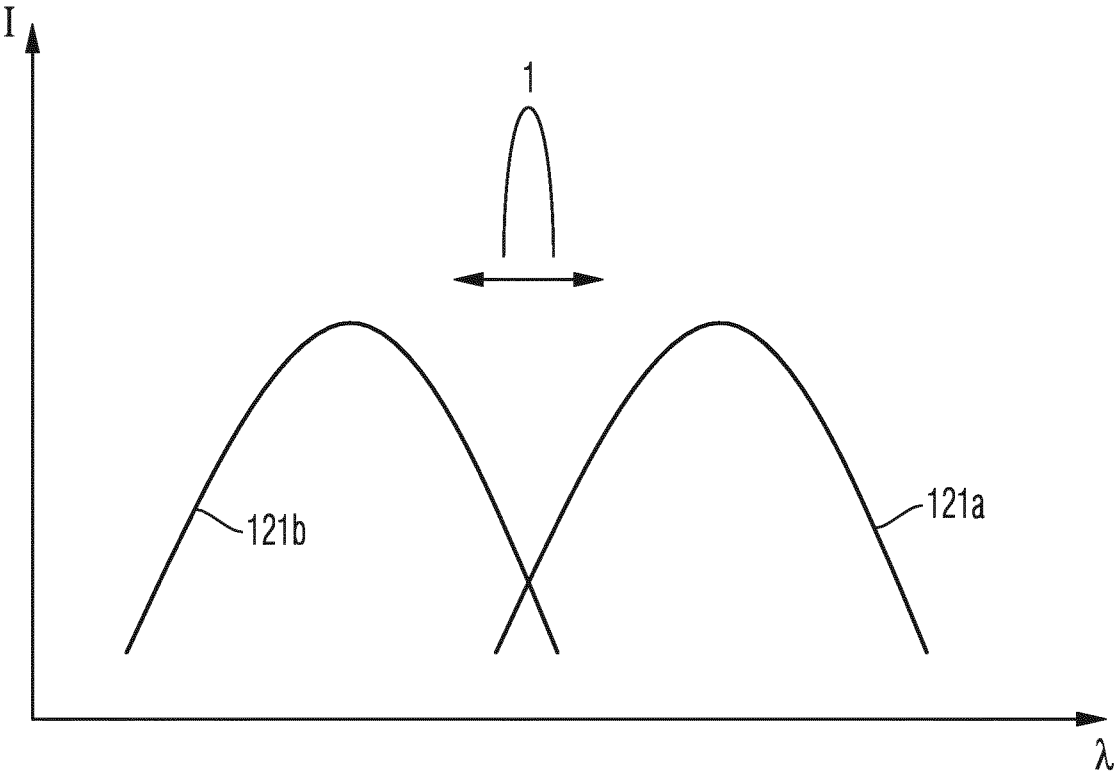


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2012/057610

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01D5/353 G02B6/12
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)

G01D G02B

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 7 512 291 B2 (MENDOZA EDGAR A [US]) 31 March 2009 (2009-03-31)	1-15
Y	columns 2-3; figures 1,4,5,7 columns 8-13	1-15
X	----- JACKSON D A ET AL: "SIMPLE MULTIPLEXING SCHEME FOR A FIBER-OPTIC GRATING SENSOR NETWORK", OPTICS LETTERS, OSA, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, DC, US, vol. 18, no. 14, 15 July 1993 (1993-07-15) , pages 1192-1194, XP000384098, ISSN: 0146-9592	1-15
Y	the whole document	1-15
X	----- US 6 647 160 B1 (CHI SIEN [TW] ET AL) 11 November 2003 (2003-11-11)	1-15
Y	the whole document	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 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

2 August 2012

Date of mailing of the international search report

11/10/2012

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

Kallinger, Christian

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2012/057610

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see additional sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
1-15, 19

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

The International Searching Authority has found that the international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims 1-15, 19

These claims are directed to an apparatus for measuring state variables with at least one fibre-optic sensor, said apparatus comprising a filter element that contains at least one Bragg grating. By using a Bragg grating, the reading of the Bragg sensors is improved because the signal of a predefinable photoelectric converter can be easily associated with a specific fibre Bragg grating.

2. Claims 16-18

These claims are directed to a method for producing an integrated optical component, which, in the final state, comprises a substrate with an optical coupler, a filter element and a photoelectric converter. In at least one (any) method step, a pulsed laser radiation having a pulse length of approximately 10 fs to approximately 1000 fs acts on the substrate. In this way, a plurality of waveguides can be written on the substrate by means of a laser beam (see page 8, lines 17-26).

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/057610

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 7512291	B2	31-03-2009	NONE
US 6647160	B1	11-11-2003	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G01D5/353 G02B6/12
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G01D G02B

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 7 512 291 B2 (MENDOZA EDGAR A [US]) 31. März 2009 (2009-03-31)	1-15
Y	Spalten 2-3; Abbildungen 1,4,5,7 Spalten 8-13	1-15
X	----- JACKSON D A ET AL: "SIMPLE MULTIPLEXING SCHEME FOR A FIBER-OPTIC GRATING SENSOR NETWORK", OPTICS LETTERS, OSA, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, DC, US, Bd. 18, Nr. 14, 15. Juli 1993 (1993-07-15) , Seiten 1192-1194, XP000384098, ISSN: 0146-9592	1-15
Y	das ganze Dokument	1-15
X	----- US 6 647 160 B1 (CHI SIEN [TW] ET AL) 11. November 2003 (2003-11-11)	1-15
Y	das ganze Dokument	1-15



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

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

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

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft er-
scheinen 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

2. August 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

11/10/2012

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

Kallinger, Christian

Feld Nr. II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein internationaler Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche diese Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich
2. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, dass eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
3. ☐ Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefasst sind.

Feld Nr. III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Diese Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. ☐ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung solcher Gebühren aufgefordert.
3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
4. ☒ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Dieser internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfasst:
1-15, 19

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- ☐ Der Anmelder hat die zusätzlichen Recherchegebühren unter Widerspruch entrichtet und die gegebenenfalls erforderliche Widerspruchsgebühr gezahlt.
- ☐ Die zusätzlichen Recherchegebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt, jedoch wurde die entsprechende Widerspruchsgebühr nicht innerhalb der in der Aufforderung angegebenen Frist entrichtet.
- ☐ Die Zahlung der zusätzlichen Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1-15, 19

Gerichtet auf eine Vorrichtung zur Messung von Zustandsgrößen mit zumindest einem faseroptischen Sensor, wobei die Vorrichtung ein Filterelement umfasst, das zumindest ein Bragg-Gitter enthält. Durch die Verwendung eines Bragg-Gitter wird die Auslesung der Bragg-Sensoren verbessert, da das Signal eines vorgebbaren photoelektrischen Wandlers leicht einem bestimmten Fasser-Bragg-Gitter zugeordnet werden kann.

2. Ansprüche: 16-18

gerichtet auf ein Verfahren zur Herstellung eines integrierten optischen Bauteils, welches im Endzustand ein Substrat mit einem optischen Koppler, einem Filterelement und einem photoelektrischen Konverter umfasst. Dabei wirkt in zumindest einem (beliebigen) Verfahrensschritt eine gepulste Laserstrahlung mit einer Pulslänge von etwa 10 fs bis etwa 1000 fs auf das Substrat ein. Dadurch kann eine Mehrzahl von Wellenleitern mit einem Laserstrahl auf das Substrat geschrieben werden (s. Seite 8, Zeilen 17-26).

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/057610

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 7512291	B2	31-03-2009	KEINE
US 6647160	B1	11-11-2003	KEINE