



(10) **DE 10 2012 214 440 B3** 2013.10.24

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 214 440.4**
(22) Anmeldetag: **14.08.2012**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **24.10.2013**

(51) Int Cl.: **G02B 6/12 (2012.01)**
G02B 6/13 (2013.01)
G02B 6/00 (2013.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80686, München,
DE**

(74) Vertreter:
Andrae Flach Haug, 81541, München, DE

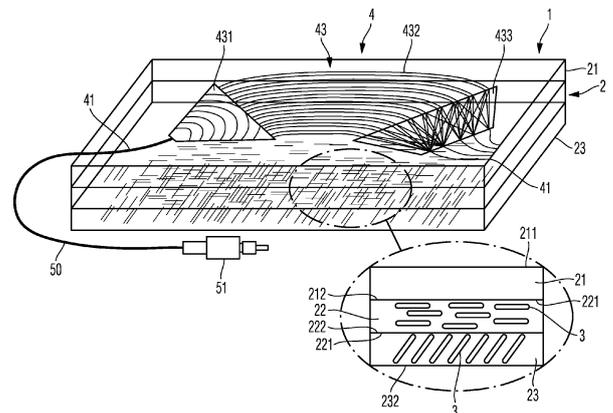
(72) Erfinder:
Schade, Wolfgang, Prof. Dr., 38644, Goslar, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	10 2008 064 168	A1
DE	603 16 759	T2
US	2011 / 0 143 159	A1
US	2011 / 0 256 197	A1
EP	0 378 226	B1
EP	0 533 074	A1
EP	1 351 075	A1
WO	2011/ 089 244	A2

(54) Bezeichnung: **Planaroptisches Element, Sensorelement und Verfahren zu deren Herstellung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein planaroptisches Element (1) mit zumindest einer photonischen Komponente (4), welche in zumindest einem Träger (2) angeordnet ist, welcher zumindest ein Polymer enthält oder daraus besteht, wobei der Träger (2) zumindest eine erste Folienlage (21) mit einer ersten Seite (211) und einer gegenüberliegenden zweiten Seite (212) und eine zweite Folienlage (22) mit einer ersten Seite (221) und einer gegenüberliegenden zweiten Seite (222) aufweist, wobei die erste Seite (221) der zweiten Folienlage (22) auf der zweiten Seite (212) der ersten Folienlage (21) angeordnet ist und zumindest die zweite Folienlage (22) in zumindest einer Teilfläche (225) Nanodrähte (3) enthält, welche einen Durchmesser von 100 nm bis 1000 nm aufweisen, wobei die zumindest eine photonische Komponente (4) in der ersten Folienlage angeordnet ist. Weiterhin betrifft die Erfindung ein entsprechendes Sensorelement und ein Verfahren zu dessen Herstellung



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein planaroptisches Element mit zumindest einer photonischen Komponente, welche auf zumindest einem Träger angeordnet ist, welcher zumindest ein Polymer enthält oder daraus besteht. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Sensorelement, enthaltend zumindest einen Wellenleiter mit zumindest einem Kern aus einem ersten Material mit einem ersten Brechungsindex und einem die Kerne umgebenden Mantel aus einem zweiten Material mit einem zweiten Brechungsindex, wobei in dem Kern zumindest ein Faser-Bragg-Gitter eingebracht ist. Schließlich betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines solchen planaroptischen Elementes oder eines Sensorelementes.

[0002] Aus der WO 2011/089244 A2 ist bekannt, einen faseroptischen Sensor mit einer Mehrzahl von Faser-Bragg-Gittern zur Erfassung von Temperaturen und/oder mechanischen Spannungen einzusetzen. Das von den Faser-Bragg-Gittern reflektierte Licht wird über ein Spektrometer nachgewiesen, wobei dieses Spektrometer als planaroptisches Filterelement auf einem Silizium-Substrat angeordnet sein kann. Nachteilig ist jedoch der große Aufwand bei der Herstellung des planaroptischen Filterelementes auf einem Silizium-Substrat.

[0003] Aus der EP 1351 075 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung einer optischen Wellenleiter-Vorrichtung bekannt. Diese umfasst eine Wellenleiter-Struktur aus mindestens einem organischen Polymer auf einem Substrat.

[0004] Die US 2011/0143159 A1 zeigt eine feinkörnige metallische Beschichtung, in welcher Feststoffteilchen dispergiert sind. Die Beschichtung ist deutlich härter als herkömmliche Beschichtungen der gleichen chemischen Zusammensetzung. Die Beschichtungen sind besonders für hoch belastete Bauteile und im Leichtbau geeignet, beispielsweise für Präzisions-Werkzeuge, Sportartikel, Kfz-Teile und Komponenten, welche einem Temperaturwechsel ausgesetzt sind.

[0005] Die US 2011/0256197 A1 offenbart die Abscheidung von metallischen Nanodrähten auf Kohlenstoffnanoröhrchen (CNT). Diese sollen als Katalysator oder als Füllstoff für Polymere eingesetzt werden.

[0006] Aus der DE 10 2008 064 168 A1 ist eine Zusammensetzung und ein Verfahren zur Herstellung optischer Elemente mit Gradientenstruktur bekannt. Die Gradientenstruktur wird durch einen Brechzahlgradienten gebildet. Dazu wird eine Zusammensetzung aus einem oder mehreren polymerisierbaren und/oder polykondensierbaren Monomeren und mindestens einem biologischem Polymer hergestellt und

eine Potentialdifferenz zur gerichteten Diffusion der Monomere durch Induzierung einer lokalen Polymerisation oder Polykondensation erzeugt.

[0007] Aus der DE 603 16 759 T2 wird eine Epoxidharz-Zusammensetzungen offenbart, die mindestens ein Silikonharz, mindestens ein Epoxidharz, mindestens einen Anhydrid Härter, mindestens ein Siloxan-Tensid und mindestens einem ergänzendem Härtungskatalysator enthält. Die Epoxidharz-Zusammensetzung kann zum Einbetten von Halbleiterbauelementen verwendet werden.

[0008] Aus der EP 0 378 226 B1 sind Optische Wellenleiter zum Verbinden von optischen Fasern und die Verwendung in integrierten optischen Systemen bekannt. Diese umfassen planare Wellenleiter, welche aus photohärtenden Harzen hergestellt sind.

[0009] Aus der EP 0 533 074 A1 ist ein optischer Wellenleiter mit einem im wesentlichen planaren Substrat und einer wellenleitenden Schicht bekannt. Das Substrat besteht aus Kunststoff oder einem Material mit einem hohen Anteil an organischen Stoffen.

[0010] Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung daher die Aufgabe zugrunde, ein Sensorelement und/oder ein planaroptisches Filterelement anzugeben, welches in großen Stückzahlen kostengünstig und einfach herstellbar ist und einfach in weitere Komponenten bzw. Bauteile integrierbar ist.

[0011] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein planaroptisches Element gemäß Anspruch 1, ein Sensorelement gemäß Anspruch 9 und ein Verfahren gemäß Anspruch 11 gelöst.

[0012] Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, zumindest eine photonische Komponente auf einem Träger bzw. einem Substrat zu integrieren. Die photonische Komponente kann beispielsweise eine passive optische Komponente sein. In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann die passive optische Komponente ausgewählt sein aus einem Wellenleiter, einem Faser-Bragg-Gitter, einem Koppler oder einem Arrayed-Waveguide-Grating. Das planaroptische Element bzw. das vorgeschlagene Sensorelement enthält zumindest eine solche photonische Komponente. In einigen Ausführungsformen der Erfindung können auch mehrere photonische Komponenten auf dem Träger integriert sein, sodass sich eine integrierte photonische Komponente ergibt, welche eine Vielzahl von Funktionen oder zumindest eine komplexe Funktion ausführen kann. In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann die photonische Komponente ein Spektrometer für mehrere Kanäle sein, sodass die Intensität eintreffenden Lichtes in vorgebbaren Spektralbereich bestimmt werden kann. Solche Spektrometer können beispielsweise

zur Auslese faseroptischer Sensorik oder zur Signalauslese oder zur Signalerzeugung in der optischen Nachrichtentechnik eingesetzt werden.

[0013] Erfindungsgemäß wird nun vorgeschlagen, als Träger ein mehrschichtiges Polymermaterial zu verwenden. Das Polymermaterial kann beispielsweise Polymethylmetacrylat, Polycarbonat und/oder Polyimid enthalten oder daraus bestehen. Der Träger weist eine erste Schicht mit einer ersten Seite und einer gegenüberliegenden zweiten Seite auf sowie zumindest eine zweite Schicht mit einer ersten Seite und einer gegenüberliegenden zweiten Seite. Beide Schichten sind festhaftend miteinander verbunden, beispielsweise durch Kleben, Schweißen oder Laminiert, sodass die erste Seite der zweiten Schicht auf der zweiten Seite der ersten Schicht zu liegen kommt. In der ersten Schicht sind die photonischen Komponenten angeordnet, welche beispielsweise durch ein Druckverfahren, durch photolithografische Strukturierung oder durch Materialmodifikation durch Laserstrahlung erzeugt werden können. Im letzteren Fall kann vorteilhaft eine Materialmodifikation durch Femtosekunden-Laserpulse eingesetzt werden. Um die Verluste durch Lichtstreuung oder -brechung in der ersten Schicht gering zu halten, weist die erste Schicht zumindest in den Teilflächen, in welchen die photonischen Komponenten angeordnet sind, keine Einschlüsse oder Materialinhomogenitäten auf. Dies führt jedoch zu einem größeren thermischen Ausdehnungskoeffizient, so dass eine Temperaturänderung zu einer Größenänderung der photonischen Komponenten führt. Dadurch können sich die optischen Eigenschaften der zumindest einen photonischen Komponente ändern.

[0014] Erfindungsgemäß wird nun vorgeschlagen, zur Kompensation der temperaturbedingten Ausdehnung die zweite Schicht des Trägers mit Nanodrähten zu verstärken. Die Nanodrähte weisen einen Durchmesser von 100 nm bis 1000 nm auf. Die Nanodrähte können durch Koextrusion, durch laminieren, durch ein Sol-Gel-Verfahren oder andere, hier nicht näher spezifizierte Verfahren, in die zweite Schicht eingebracht werden. Die Nanodrähte können Zugspannungen im Material aufnehmen und diesen entgegenwirken, sodass die Temperatureausdehnung der zweiten Schicht erheblich geringer sein kann als die Temperatureausdehnung der ersten Schicht alleine. In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann die zweite Schicht in einigen Temperaturbereichen einen negativen Temperaturkoeffizient aufweisen, d. h. statt einer thermischen Ausdehnung zieht sich die zweite Schicht mit steigender Temperatur zusammen.

[0015] Durch den Verbund der ersten Schicht und der zweiten Schicht kann die zweite Schicht die Temperatureausdehnung der ersten Schicht kompensieren oder zumindest reduzieren, sodass die photonischen Komponenten auf dem Träger auch bei Temperatur-

änderungen in zumindest einem vorgebbaren Temperaturbereich zuverlässig funktionieren.

[0016] Auch wenn die vorliegende Beschreibung nur drei Schichten als Bestandteil des Trägers beschreibt, so ist darauf hinzuweisen, dass in einigen Ausführungsformen der Erfindung auch eine größere Anzahl von Schichten vorhanden sein kann. Beispielsweise können mehrere erste Schichten vorgesehen sein, um auf diese Weise eine größere Anzahl photonischer Komponenten übereinander im Träger anzuordnen. In anderen Ausführungsformen der Erfindung kann eine Schicht aus mehreren Schichten zusammengesetzt sein und insoweit ein Mehrschichtsystem bilden. Hierdurch können die Materialeigenschaften der Schicht noch besser an vorgebbare Sollwerte angepasst sein.

[0017] In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann die zweite Folienlage vollflächig mit Nanodrähten versehen sein, sodass der Träger vollflächig den erforderlichen geringen Temperaturkoeffizienten aufweist.

[0018] In anderen Ausführungsformen der Erfindung kann lediglich eine Teilfläche der zweiten Folienlage mit Nanodrähten versehen sein, sodass sich Flächenbereiche ergeben, in welchen die photonischen Komponenten vor unzulässig großer thermischer Ausdehnung geschützt sind und andere Flächenbereiche des Trägers einen abweichenden, meist größeren Temperaturkoeffizienten, aufweisen.

[0019] In einigen Ausführungsformen der Erfindung können die Nanodrähte Zinkoxid und/oder Titandioxid und/oder Kohlenstoff-Nanoröhrchen enthalten oder daraus bestehen. Diese Materialien sind einerseits dazu geeignet, die gewünschte geringe Temperatureausdehnung des Trägers sicherzustellen und können andererseits leicht in die üblichen Polymermaterialien zur Herstellung des Trägers eingebracht werden.

[0020] In einigen Ausführungsformen der Erfindung können die Nanodrähte nasschemisch hergestellt sein. Dies erlaubt eine kostengünstige großtechnische Herstellung der Nanodrähte.

[0021] In anderen Ausführungsformen der Erfindung können die Nanodrähte aus einem Plasma erzeugt werden. Durch die sich einstellenden Nicht-Gleichgewichtsbedingungen können damit auch nicht thermodynamisch stabile Materialien zu Nanodrähten verarbeitet werden.

[0022] In einigen Ausführungsformen der Erfindung können die Nanodrähte eine Länge von etwa 1 µm bis etwa 10 µm aufweisen. Diese Abmessungen haben sich dahin gehend bewährt, dass eine hinreichende Reduktion der thermischen Ausdehnung des Trägers

erreicht werden kann und andererseits die Nanodrähte einfach herstellbar und einfach verarbeitbar sind.

[0023] In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann die erste Folienlage Nanopartikel und/oder Dotierstoffe enthalten. Solche Nanopartikel können zusätzlich oder alternativ zu Dotierstoffen eingesetzt werden, um vorgebbare optische Eigenschaften der ersten Folienlage zu erzielen. In einigen Ausführungsformen der Erfindung können Nanopartikel und/oder Dotierstoffe dazu eingesetzt werden, den Brechungsindex der ersten Folienlage an vorgebbare Werte anzupassen.

[0024] In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann nur eine Teilfläche der ersten Folienlage bzw. ein Teilvolumen der Folienlage mit Nanopartikeln versehen sein. Dies erlaubt die Anpassung der optischen Eigenschaften des Materials in bestimmten Raumbereichen bzw. für bestimmte photonische Komponenten. Andere photonische Komponenten können dagegen in anderen Flächenbereichen angeordnet sein, welche wiederum andere optische Eigenschaften aufweisen.

[0025] In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann die erste Folienlage Nanopartikel enthalten, welche Titandioxid und/oder Zinkoxid und/oder Siliziumdioxid enthalten oder daraus bestehen. Es konnte gezeigt werden, dass diese Materialien einerseits leicht herstellbar sind, gut in den Polymermaterialien der ersten Folienlage dispergieren und die optischen Eigenschaften für vorgebbare Wellenlängen bzw. Wellenlängenbereiche günstig beeinflussen.

[0026] In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann die erste Folienlage Nanopartikel enthalten, welche einen Durchmesser von etwa 10 nm bis etwa 500 nm oder welche einen Durchmesser von etwa 100 nm bis etwa 800 nm aufweisen.

[0027] In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann das planaroptische Element eine dritten Folienlage mit einer ersten Seite und einer gegenüberliegenden zweiten Seite enthalten, wobei die dritte Folienlage zumindest in einer Teilfläche Nanodrähte enthält. Die erste Seite der dritten Folienlage kann mit der zweiten Seite der zweiten Folienlage vollflächig verbunden sein, beispielsweise durch Verkleben, Verschweißen oder Laminieren. Auf diese Weise ergibt sich in einigen Ausführungsformen der Erfindung eine weiter verbesserte Stabilität und damit eine geringere Beeinflussbarkeit der photonischen Komponenten durch thermische Ausdehnung und/oder das Einwirken von mechanischen Spannungen auf den Träger.

[0028] In einigen Ausführungsformen der Erfindung können die Nanodrähte eine vorgebbare Orientierung aufweisen. Eine solche Orientierung kann bei-

spielsweise durch Anlegen eines elektrischen und/oder magnetischen Feldes erreicht werden, sodass sich die Nanodrähte vor dem Erstarren des Polymermaterials entlang einer gewünschten Richtung ausrichten. Die Orientierung der Nanodrähte kann in einigen Ausführungsformen der Erfindung weniger als 20°, weniger als 15°, weniger als 5° oder weniger als 3° von der gewünschten Orientierung abweichen. Hierdurch kann ein Träger bereitgestellt werden, welcher ein anisotropes thermisches Ausdehnungsverhalten zeigt.

[0029] In einigen Ausführungsformen der Erfindung kann die Orientierung der Nanodrähte der dritten Folienlage von der Orientierung der Nanodrähte der zweiten Folienlage abweichen. In einigen Ausführungsformen der Erfindung können die Nanodrähte der dritten Folienlage und der zweiten Folienlage in etwa orthogonal zueinander angeordnet sein. Dies erlaubt einen besonders stabilen Träger, welcher nach Art eines Schichtholzes bzw. Sperrholzes unterschiedliches Ausdehnungsverhalten der Schichten verriegelt.

[0030] In einigen Ausführungsformen kann das planaroptische Element einen faseroptischen Sensor enthalten, welcher zumindest einen Wellenleiter aufweist, welcher wiederum zumindest einen Kern aus einem ersten Material mit einem ersten Brechungsindex und einem den Kern umgebenden Mantel aus einem zweiten Material mit einem zweiten Brechungsindex aufweist. Auf diese Weise kann eine optische Welle an der Grenzfläche zwischen dem ersten Material und dem zweiten Material totalreflektiert werden, sodass die optische Leistung im Kern geführt wird. Im Kern kann zumindest ein Faser-Bragg-Gitter eingebracht sein. Das Faser-Bragg-Gitter reflektiert einen Teil der eingekoppelten optischen Leistung und transmittiert den anderen Teil. Die Wellenlänge bzw. die Wellenlängenverteilung des reflektierten Lichtes hängt von der Gitterkonstanten des Faser-Bragg-Gitters ab. Die Gitterkonstante wiederum ist definiert durch die ursprünglich bei der Herstellung des Faser-Bragg-Gitters intendierte Gitterkonstante sowie deren Änderung durch thermische Ausdehnung und/oder mechanische Spannung. Somit kann durch Analyse der spektralen Verteilung des reflektierten Lichtes eines von mehreren Faser-Bragg-Gittern selektiert werden sowie die am Ort dieses Faser-Bragg-Gitters herrschende Temperatur und/oder Kraft bestimmt werden.

[0031] Durch das Einbringen eines solchen Sensorelementes auf den Träger kann ein Bauteil bereitgestellt werden, welches sowohl das Sensorelement als auch das zur Auslese benötigte Spektrometer integriert. Ein oder mehrere Sensoren können eine größere Fläche abdecken, sodass die flächige Erfassung von Kraft oder Temperatur möglich ist. Zur Anwendung muss der Träger lediglich auf das zu über-

wachende Bauteil aufgeklebt oder in das zu überwachende Bauteil einlaminiert werden.

[0032] Das mit dem Sensor zu versehende Bauteil kann in einigen Ausführungsformen der Erfindung eine Batterie bzw. ein Batteriegehäuse sein. In anderen Ausführungsformen der Erfindung kann das zu überwachende Bauteil eine mechanische Komponente sein, beispielsweise der Flügel einer Windenergieanlage, eine Tragfläche, eine Triebwerksgondel oder ein Rumpfelement eines Flugzeuges, ein Reifen oder ein weiteres, hier nicht genanntes Bauteil aus einem faserverstärkten Kunststoff, einem Thermoplast, einem Duroplast oder einem Gummi. In diese Materialsysteme lässt sich das vorgeschlagene Sensorelement besonders leicht beim Urformen einbetten.

[0033] Nachfolgend soll die Erfindung anhand von Figuren ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens näher erläutert werden. Dabei zeigt

[0034] **Fig. 1** ein planaroptisches Element gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

[0035] **Fig. 2** zeigt ein Sensorelement gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

[0036] **Fig. 3** zeigt ein Batteriegehäuse mit einem Sensorelement.

[0037] **Fig. 1** zeigt ein planaroptisches Element **1** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Im dargestellten Ausführungsbeispiel weist das planaroptische Element **1** einen Träger **2** auf, welcher aus einer ersten Schicht **21**, einer zweiten Schicht **22** und einer dritten Schicht **23** zusammengesetzt ist. Die erste Schicht **21**, die zweite Schicht **22** und die dritte Schicht **23** enthalten jeweils ein Polymer als Grundwerkstoff. In der ersten Schicht **21** kann darüber hinaus zumindest eine Teilfläche bzw. ein Teilvolumen mit Nanopartikeln versehen sein, welche beispielsweise TiO_2 enthalten. Hierdurch können die optischen Eigenschaften der ersten Schicht **21** beeinflusst werden.

[0038] Die zweite Schicht **22** und die dritte Schicht **23** enthalten neben dem Grundwerkstoff Nanodrähte **3**. Die Nanodrähte **3** sind in jeder Schicht mit einer Vorzugsrichtung eingebracht, d. h. die Längserstreckungen der einzelnen Nanodrähte **3** verlaufen in etwa parallel zueinander und in etwa parallel zu einer vorgebbaren Wunschrichtung.

[0039] Wie der Querschnitt durch den Träger **2** zeigt, bildet die erste Seite **211** der ersten Schicht **21** die Oberfläche des Trägers **2**. Die zweite Seite **212** der ersten Schicht **21** kommt auf der ersten Seite **221** der zweiten Schicht **22** zu liegen. Die Grenzfläche kann durch Verschweißen, Verkleben oder Laminierten vollflächig verbunden sein. In gleicher Weise

kommt die zweite Seite **222** der zweiten Schicht **22** auf die erste Seite **232** der dritten Schicht **23** zu liegen. Auch an dieser Grenzfläche kann eine vollflächige festhaftende Verbindung vorgesehen sein. Die zweite Seite **223** der dritten Schicht **23** bildet die Unterseite des Trägers **2**. Wie im Querschnitt weiterhin angedeutet ist, verlaufen die Längserstreckungen der Nanodrähte **3** in der zweiten Schicht **22** in etwa orthogonal zur Längserstreckung der Nanodrähte **3** der dritten Schicht **23**. Auf diese Weise ergibt sich eine mechanische Stabilisierung bzw. eine Stabilisierung gegen thermische Ausdehnungen in beiden Raumrichtungen, sodass die photonische Komponente **4** auf dem Träger **2** durch thermische Ausdehnung oder Krafteinwirkung wenig beeinflusst wird.

[0040] Die Nanodrähte **3** können vollflächig im Träger **2** angeordnet sein, sodass der gesamte Träger **2** unempfindlich gegen thermische Ausdehnung ist, d. h. die Längen- bzw. Breitenänderung in Abhängigkeit der Temperatur ist gering. Die erste Schicht **21**, die zweite Schicht **22** und die dritte Schicht **23** können jeweils eine Dicke von etwa 25 μm bis etwa 250 μm oder von etwa 50 μm bis etwa 125 μm aufweisen. Zumindest eine der Schichten **21**, **22** oder **23** kann durch Extrudieren, Walzen oder nasschemisches Abscheiden erzeugt werden.

[0041] Als Beispiel für eine photonische Komponente **4** ist ein Arrayed-Waveguide-Grating **43** dargestellt. Das Arrayed-Waveguide-Grating kann als optisches Mikrospektrometer verwendet werden, d. h. Eingangssignale unterschiedlicher Wellenlängen werden an unterschiedlichen Orten des Ausgangs abgebildet.

[0042] Das optische Eingangssignal wird dem planaroptischen Element **1** mittels eines Lichtwellenleiters **50** zugeführt, welcher mit einem optionalen Steckverbinder **51** versehen sein kann. Das Eingangssignal wird über den Wellenleiter **50** in den integrierten Wellenleiter **41** übertragen. Der Wellenleiter **41** leitet das Eingangssignal weiter zum freien Propagationsbereich **431** des Arrayed-Waveguide-Gratings **43**. Der freie Propagationsbereich **431** hat eine in etwa dreieckige Grundfläche.

[0043] Am Ende des freien Propagationsbereiches **431** setzt eine Mehrzahl von Wellenleitern **432** an. Die Wellenleiter **432** weisen unterschiedliche Längen auf und führen das optische Eingangssignal vom Propagationsbereich **431** zum Interferenzbereich **433**. Dort werden die verschiedenen Wellenlängen zur Interferenz gebracht. Am Ausgang des Interferenzbereiches **431** bildet sich ein Interferenzmuster, wobei unterschiedliche Wellenlängen an unterschiedlichen Orten abgebildet werden.

[0044] Jeweils an den Interferenzmaxima sitzen weitere Wellenleiter, welche das Ausgangssignal an den

Ausgang des planaroptischen Elementes transportieren.

[0045] Die einzelnen Komponenten des Arrayed-Waveguide-Gratings **43** können beispielsweise durch ein Nanodruckverfahren in die erste Schicht **21** eingebracht werden. In anderen Ausführungsformen der Erfindung können die Komponenten durch Materialmodifikation mit einem Laser oder durch konventionelle Photolithografie in der ersten Schicht **21** erzeugt werden.

[0046] Ein konventioneller Polymerträger würde sich bei Änderung der Temperatur ausdehnen oder zusammenziehen, sodass sich die geometrischen Abmessungen des Arrayed-Waveguide-Gratings **43** verändern. Hierunter würde die Leistungsfähigkeit des Arrayed-Waveguide-Gratings **43** leiden. Durch die erfindungsgemäße Verstärkung des Substrates durch Nanodrähte **3**, welche in der zweiten Schicht **22** und der optionalen dritten Schicht **23** angeordnet sind, kann eine hinreichende mechanische Stabilisierung des Trägers **2** erreicht werden, sodass das Arrayed-Waveguide-Grating **43** auch bei schwankenden Temperaturen stets die volle oder eine gegenüber bekannten Polymerträgern verbesserte Leistungsfähigkeit zeigt. Gleichzeitig bietet der Träger **2** aus einem Polymermaterial gegenüber bekannten Silicium-Substraten den Vorteil, dass auch sehr große Träger kostengünstig hergestellt werden können, sodass große photonische Komponenten oder viele photonische Komponenten kostengünstig hergestellt werden können. Ein Arrayed-Waveguide-Grating mit größeren Abmessungen kann verbesserte Kanalabstände aufweisen, welche beispielsweise mehr als 400 GHz, mehr als 600 GHz oder mehr als 1 THz betragen.

[0047] In gleicher Weise wie in [Fig. 1](#) für ein Arrayed-Waveguide-Grating **43** gezeigt, können zusätzliche oder andere photonische Komponenten auf dem Träger **2** angeordnet sein. Beispielsweise können Koppler, Faser-Bragg-Gitter, faseroptische Sensoren oder Wellenleiter und daraus abgeleitete Bauelemente in der ersten Schicht **21** erzeugt werden.

[0048] [Fig. 2](#) zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Sensorelementes, welches auf einem Träger **2** angeordnet ist. Der Träger **2** kann aus zumindest zwei Schichten zusammengesetzt sein, wie vorstehend anhand von [Fig. 1](#) bereits erläutert wurde. Im Ausführungsbeispiel gemäß [Fig. 2](#) weist der Träger **2** eine Teilfläche **225** auf, welche mit Nanodrähten **3** verstärkt ist. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind nur einige wenige Nanodrähte **3** mit ihrer Orientierung dargestellt. Selbstverständlich können jedoch die Nanodrähte **3** die gesamte Teilfläche **225** einnehmen und in mehreren unterschiedlichen Orientierungen in einer oder mehreren Schichten angeordnet sein. Wesentlich ist lediglich, dass durch die Nano-

drähte **3** für zumindest einen Temperaturbereich eine hinreichend kleine Ausdehnung erzielt wird, sodass die im Flächenbereich **225** angeordneten Komponenten durch einwirkende Kräfte und/oder Temperaturschwankungen nicht unzulässig beeinflusst werden.

[0049] Der verbleibende Flächenbereich des Trägers **2** ist mit faseroptischen Sensoren **45a**, **45b** und **45c** versehen. Die Erfindung lehrt nicht die Verwendung von genau drei faseroptischen Sensoren **45**. Vielmehr kann die jeweils gewählte Anzahl größer oder geringer sein und beispielsweise 1 bis etwa 50 betragen.

[0050] Jeder der faseroptischen Sensoren **45** weist einen Kern **411** auf, dessen Brechungsindex größer ist als der Brechungsindex der ersten Schicht **21** des Trägers **2**. Hierdurch wird Licht im Kern **411** geführt, sodass sich ein Wellenleiter **41** ergibt. Im dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Wellenleiter geradlinig angeordnet. Selbstverständlich können auch mäander- oder spiralförmige Anordnungen von zumindest einem Wellenleiter **41** realisiert werden.

[0051] Im Kern **411** des Wellenleiters **41** ist zumindest ein Faser-Bragg-Gitter **44** angeordnet. Im dargestellten Ausführungsbeispiel weist jeder Kern **41** sieben Faser-Bragg-Gitter **44** auf. In anderen Ausführungsformen der Erfindung kann die Anzahl größer oder geringer sein. Außerdem können in unterschiedlichen Wellenleitern **41** unterschiedliche Anzahlen von Faser-Bragg-Gittern **44** angeordnet sein.

[0052] Der Lichtwellenleiter **41** und/oder die Faser-Bragg-Gitter **44** können durch Lasermaterialbearbeitung und/oder Nanodrucken im Träger **2** erzeugt werden.

[0053] Da der Träger **2** im Bereich der faseroptischen Sensoren **45** keine stabilisierenden Nanodrähte enthält, ändert sich bei einwirkender Kraft und/oder Temperatur die Gitterkonstante der Faser-Bragg-Gitter **44**. Hierdurch ändert sich das von den jeweiligen Gittern **44** reflektierte Spektrum.

[0054] Das jeweils von den Faser-Bragg-Gittern **44** reflektierte Licht wird durch das im Flächenbereich **225** angeordnete Spektrometer analysiert. Zur Erzeugung des optischen Signals **45** dient ein Anschlusswellenleiter **50** mit optionalem Steckverbinder **51**, über welchen das Licht einer Superlumineszenzdiode oder eines durchstimmbaren Halbleiterlasers eingekoppelt werden kann. Das Licht wird durch zwei Koppler **42a** und **42b** auf drei optische Pfade aufgeweitet, welche jeweils an einem faseroptischen Sensor **45** angeschlossen sind.

[0055] Das von den Faser-Bragg-Gittern **44** reflektierte Licht wird über weitere Koppler **42c**, **42d** und **42e** an drei Arrayed-Waveguide-Gratings **43a**, **43b**

und **43c** geleitet. Diese stellen an den Ausgangswellenleitern **435** ein optisches Signal zur Verfügung, welches in elektrische Signale gewandelt werden kann, beispielsweise über eine CCD-Zeile oder ein Photodiodenarray. Die Größe des optischen Signals ist somit ein Maß für die Intensität des vom jeweiligen Faser-Bragg-Gitter **44** reflektierten Lichtes und damit ein Maß für die am Ort des jeweiligen Gitters **44** herrschende Temperatur und/oder Kraft. Sofern auf den Bereich **225** dieselbe Temperatur einwirkt, bleibt das Spektrometer dennoch im Wesentlichen unbeeinflusst, da die Nanodrähte **3** eine mechanische Stabilisierung dieser Teilfläche des Trägers **2** bewirken.

[0056] Die Erfindung offenbart somit erstmalig die Integration eines faseroptischen Sensors und der zugehörigen Signalauslese auf einem Träger **2**.

[0057] **Fig. 3** zeigt eine mögliche Anwendung des Sensorelementes aus **Fig. 2** bzw. des planaroptischen Elementes gemäß **Fig. 1**. **Fig. 3** zeigt ein Batteriegehäuse **6**, welches eine Mehrzahl von Batteriezellen enthalten kann, um eine Batterie mit vorgegebener elektrischer Spannung und/oder einer vorgegebenen Stromlieferfähigkeit bereitzustellen. Das Batteriegehäuse **6** weist an seiner Außenseite zumindest zwei Anschlusskontakte **61** und **62** auf, über welche der Batterie Strom entnommen werden kann oder ein Ladestrom zugeführt werden kann.

[0058] Zur Überwachung der Temperatur der Batteriezellen im Gehäuse **6** kann ein faseroptischer Sensor **45** vorgesehen sein, welcher jeweils eine Mehrzahl von Faser-Bragg-Gittern **44** enthält, wie vorstehend anhand von **Fig. 2** beschrieben wurde. Das Batteriegehäuse **6** kann insoweit entsprechend ausgestaltet sein, dass die Temperatur der Batteriezellen am jeweiligen Ort des Faser-Bragg-Gitters **44** bestimmt werden kann. Der faseroptische Sensor **45** ist auf einem Träger **2** ausgebildet, welcher auf das Batteriegehäuse **6** aufgeklebt oder in das Material des Batteriegehäuses **6** eingebettet ist.

[0059] Wie vorstehend beschrieben, weist der Träger **2** einen Flächenbereich **225** auf, welcher durch Nanodrähte **3** stabilisiert ist. In diesem Bereich befindet sich ein planaroptisches Spektrometer in Form eines Arrayed-Waveguide-Gratings **43**. Das Licht zur Abfrage der jeweiligen Gitterkonstanten der Arrayed-Waveguide-Gratings **44** kann über den Wellenleiter **41** und den Koppler **42** eingekoppelt werden, wie vorstehend beschrieben. Somit erfordert das vorgeschlagene Sensorelement lediglich den Anschluss einer Lichtquelle und einer elektronischen Auswerteschaltung, um die Temperatur einer Mehrzahl von Batteriezellen zu überwachen. Das Sensorelement und das zur Auslese benötigte Spektrometer kann auf dem Träger **2** im Material des Gehäuses **6** eingebettet sein, sodass sich ein mechanisch robuster Aufbau bietet, welcher auch rauhe Einsatzbedingungen

schadlos übersteht, wie sie in Fahrzeugen auftreten können. Weiterhin sind die verwendeten Materialien preisgünstig herstellbar, sodass ein Einsatz auf dem Massenmarkt problemlos möglich ist.

[0060] Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf die in den Figuren dargestellten Ausführungsformen beschränkt. Die vorstehende Beschreibung ist nicht als beschränkend, sondern als erläuternd anzusehen. Merkmale unterschiedlicher Ausführungsbeispiele sind untereinander kombinierbar. 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. Sofern die Ansprüche und die vorstehende Beschreibung „erste“ und „zweite“ Merkmale definieren, so dient diese Bezeichnung der Unterscheidung zweier gleichartiger Merkmale, ohne eine Rangfolge festzulegen.

Patentansprüche

1. Planaroptisches Element (**1**) mit zumindest einer photonischen Komponente (**4**), welche in zumindest einem Träger (**2**) angeordnet ist, welcher zumindest ein Polymer enthält oder daraus besteht, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Träger (**2**) zumindest eine erste Folienlage (**21**) mit einer ersten Seite (**211**) und einer gegenüberliegenden zweiten Seite (**212**) und eine zweite Folienlage (**22**) mit einer ersten Seite (**221**) und einer gegenüberliegenden zweiten Seite (**222**) aufweist, wobei die erste Seite (**221**) der zweiten Folienlage (**22**) auf der zweiten Seite (**212**) der ersten Folienlage (**21**) angeordnet ist und zumindest die zweite Folienlage (**22**) in zumindest einer Teilfläche (**225**) Nanodrähte (**3**) enthält, welche einen Durchmesser von 100 nm bis 1000 nm aufweisen, wobei die zumindest eine photonische Komponente (**4**) in der ersten Folienlage angeordnet ist.
2. Planaroptisches Element nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Nanodrähte (**3**) Zinkoxid und/oder Kohlenstoffnanoröhrchen enthalten oder daraus bestehen.
3. Planaroptisches Element nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Nanodrähte (**3**) eine Länge von 1 µm bis 10 µm aufweisen.
4. Planaroptisches Element nach einem der Ansprüche 1 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Folienlage (**21**) Nanopartikel enthält, welche einen Durchmesser von 10 nm bis 500 nm oder von 100 nm bis 800 nm aufweisen
5. Planaroptisches Element nach einem der Ansprüche 1 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Folienlage Nanopartikel enthält, welche TiO₂ und/oder ZnO und/oder SiO₂ enthalten oder daraus

bestehen und einen Durchmesser von 10 nm bis 500 nm oder von 100 nm bis 800 nm aufweisen.

6. Planaroptisches Element nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die photonische Komponente (4) in der ersten Folienlage ausgewählt ist aus zumindest einem Wellenleiter (41) und/oder zumindest einem Koppler (42) und/oder zumindest einem Arrayed-Waveguide-Grating (43) und/oder zumindest einem Faser-Bragg-Gitter (44) und/oder zumindest einem faseroptischen Sensor (45).

7. Planaroptisches Element nach einem der Ansprüche 1 bis 6, weiterhin enthaltend eine dritte Folienlage (23) mit einer ersten Seite (231) und einer gegenüberliegenden zweiten Seite (232), wobei die dritte Folienlage (23) zumindest in einer Teilfläche (225) Nanodrähte (3) enthält.

8. Planaroptisches Element nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Nanodrähte (3) eine vorgebbare Orientierung aufweisen.

9. Sensorelement, enthaltend zumindest einen Wellenleiter (41) mit zumindest einem Kern (411) aus einem ersten Material mit einem ersten Brechungsindex (n_1) und einem die Kerne umgebenden Mantel (412) aus einem zweiten Material mit einem zweiten Brechungsindex (n_2), wobei in den Kern (411) zumindest ein Faser-Bragg-Gitter (44) eingebracht ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Sensorelement in einem Träger (2) angeordnet ist, welcher zumindest ein Polymer enthält oder daraus besteht und der Träger (2) zumindest eine erste Folienlage (21) mit einer ersten Seite (211) und einer gegenüberliegenden zweiten Seite (212) und eine zweite Folienlage (22) mit einer ersten Seite (221) und einer gegenüberliegenden zweiten Seite (222) aufweist, wobei die erste Seite (221) der zweiten Folienlage (22) auf der zweiten Seite (212) der ersten Folienlage (21) angeordnet ist, der Mantel (412) Teil der ersten Folienlage (21) ist und der Kern (411) in die erste Folienlage (21) eingebracht ist, wobei zumindest die zweite Folienlage (22) in zumindest einer Teilfläche (225) Nanodrähte (3) enthält, welche einen Durchmesser von 100 nm bis 1000 nm aufweisen.

10. Sensorelement nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass in der ersten Folienlage (21) weiterhin zumindest ein weiterer Wellenleiter (41) und/oder zumindest ein Koppler (42) und/oder zumindest ein Arrayed-Waveguide-Grating (43) und/oder zumindest ein Faser-Bragg-Gitter (43) angeordnet ist.

11. Verfahren zur Herstellung eines planaroptischen Elementes (1) oder eines Sensorelementes, enthaltend die folgenden Schritte:

– Bereitstellen einer ersten Folienlage (21) mit einer ersten Seite (211) und einer gegenüberliegenden zweiten Seite (212),

– Bereitstellen einer zweiten Folienlage (22) mit einer ersten Seite (221) und einer gegenüberliegenden zweiten Seite (222), wobei die zweite Folienlage (22) in zumindest einer Teilfläche (225) Nanodrähte (3) enthält, welche einen Durchmesser von 100 nm bis 1000 nm aufweisen,

– Laminieren der ersten Seite (221) der zweiten Folienlage (22) auf die zweite Seite (212) der ersten Folienlage (21),

– Erzeugen zumindest einer photonischen Komponente (4) in der ersten Folienlage (21) durch Materialmodifikation durch Laserstrahlung und/oder Nanodrucken und/oder Photolithographie.

12. Verfahren nach Anspruch 11, weiterhin enthaltend die folgenden Schritte:

– Bereitstellen einer dritten Folienlage (23) mit einer ersten Seite (231) und einer gegenüberliegenden zweiten Seite (232), wobei die dritte Folienlage (23) in zumindest einer Teilfläche (225) Nanodrähte (3) enthält

– Laminieren der ersten Seite (231) der dritten Folienlage (23) auf die zweite Seite (222) der zweiten Folienlage (22).

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die photonische Komponente (4) in der ersten Folienlage (21) ausgewählt ist aus zumindest einem Wellenleiter (41) und/oder zumindest einem Koppler (42) und/oder zumindest einem Arrayed-Waveguide-Grating (43) und/oder zumindest einem Faser-Bragg-Gitter (44) und/oder zumindest einem faseroptischen Sensor (45).

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

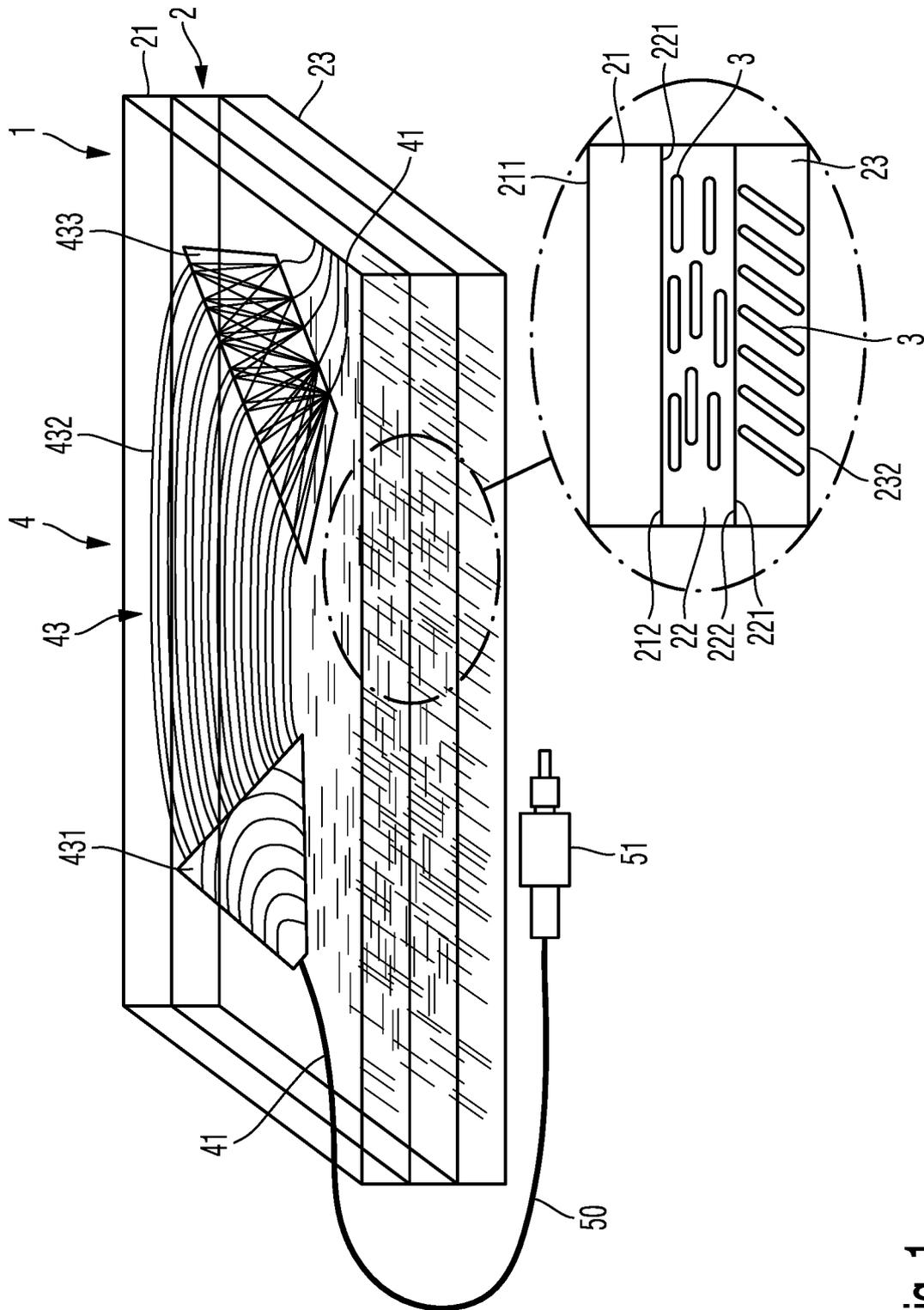


Fig. 1

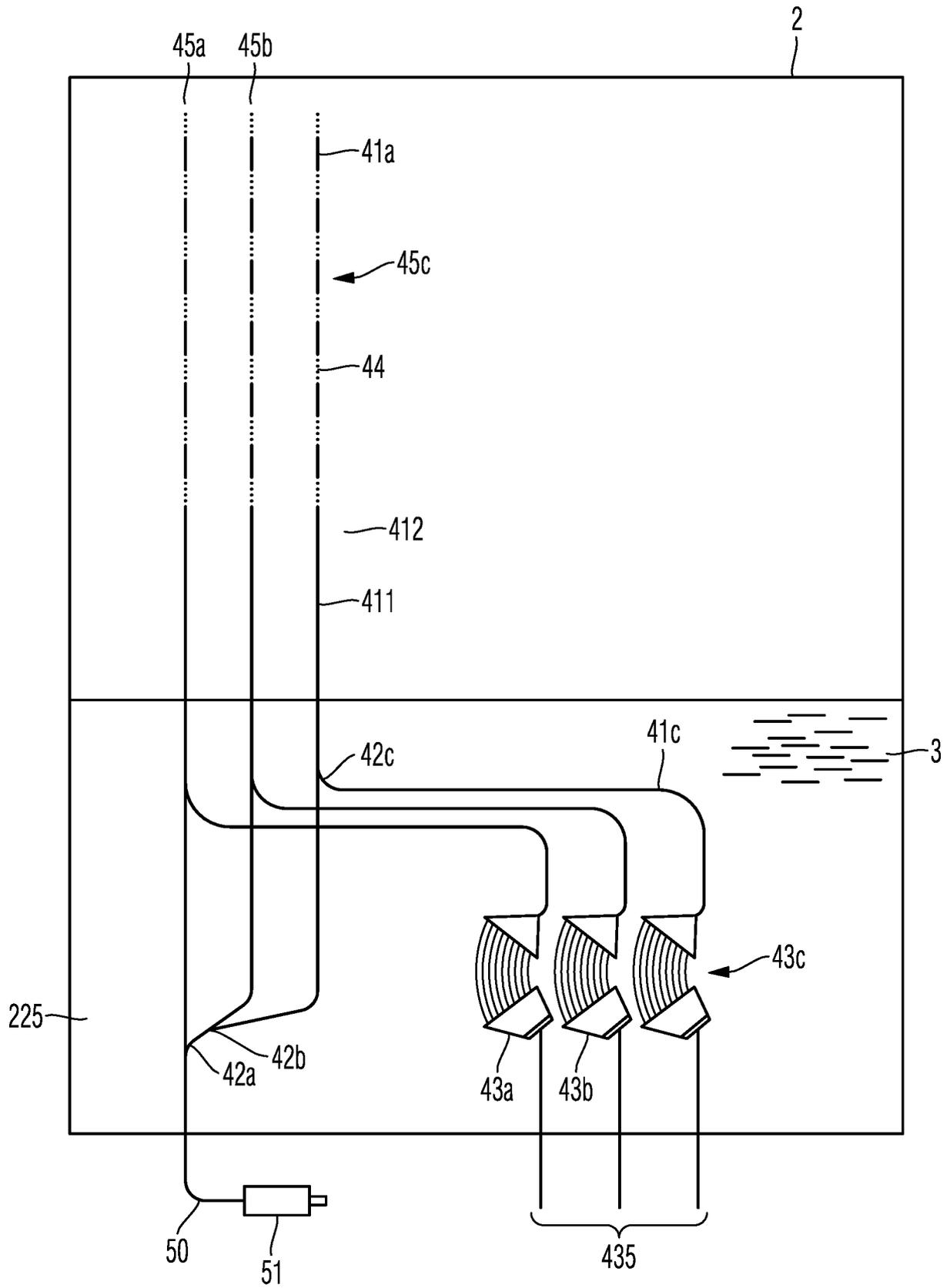


Fig. 2

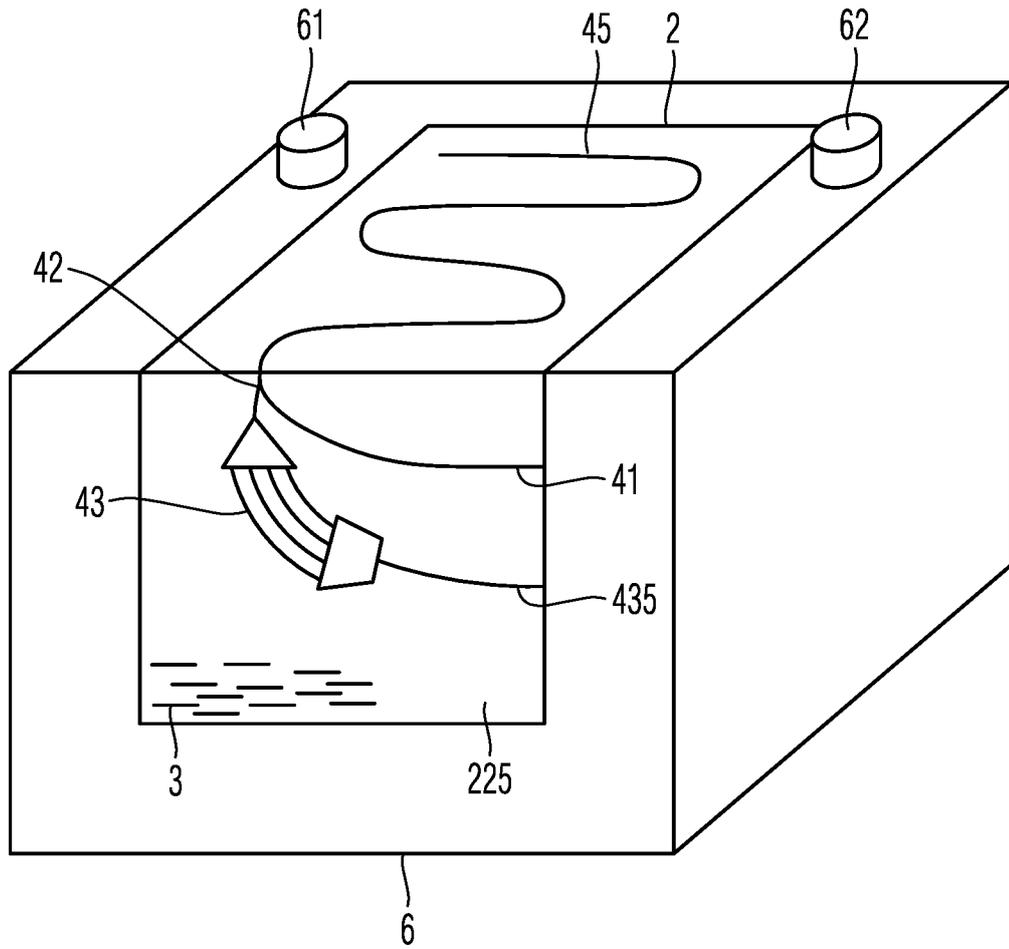


Fig. 3