

(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
4. Januar 2007 (04.01.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/000323 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01L 1/24 (2006.01)

35435 Wettenberg (DE). **BLIN, Regis** [—/DE]; Riegelpfad 52, 35392 Giessen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2006/006213

(74) **Anwalt: BEHRENS, Helmut**; Gross-Gerauer Weg 55, 64295 Darmstadt (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
27. Juni 2006 (27.06.2006)

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2005 030 753.1 29. Juni 2005 (29.06.2005) DE

(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GMBH** [DE/DE]; Im Tiefen See 45, 64293 Darmstadt (DE).

(72) **Erfinder; und**

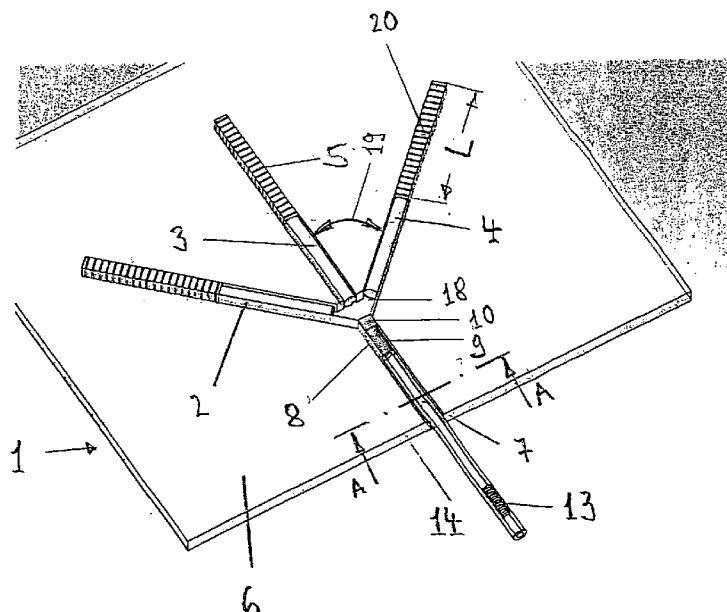
(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,

(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **HAASE, Karl-Heinz** [DE/DE]; Büchnerweg 27, 64319 Pfungstadt (DE).
SCHMIDT, Michael [DE/DE]; Rodheimer Strasse 41,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** OPTICAL STRAIN GAUGE STRIPS

(54) **Bezeichnung:** OPTISCHER DEHNUNGSMESSTREIFEN



(57) **Abstract:** The invention relates to an optical strain gauge strip (1) for multi-axis strain measurement, comprising at least two straight optical fibre sections (2, 3, 4) with Bragg gratings (5), arranged adjacent to each other at a given angle (19) of 90° or 45° on a support layer (6) and supplied with light waves from a common injection optical fibre section (7). The invention is characterised in that all optical fibre sections (2, 3, 4, 7) are preferably provided on the support layer (6) in straight lines and a beam dispersion element (8) is arranged between the injecting optical fibre section (7) and the measuring optical fibre sections (2, 3, 4) with the Bragg grating (5).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2007/000323 A1



TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen optischen Dehnungsmessstreifen (1) zur mehrachsigen Dehnungsmessung, der mindestens zwei geradlinige Lichtwellenleiterabschnitte (2, 3, 4) mit Bragg-Gittern (5) enthält. Diese sind nebeneinander in einem vorgegebenen Winkel (19) von 90° oder 45° auf einer Trägerschicht (6) angeordnet und werden von einem gemeinsamen Zuführungswellenleiterabschnitt (7) mit Lichtwellen gespeist. Diese Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass alle Lichtwellenleiterabschnitte (2, 3, 4, 7) auf der Trägerschicht (6) vorzugsweise geradlinig vorgesehen sind und dass zwischen dem einspeisenden Wellenleiterabschnitt (7) und den die Bragg-Gitter (5) enthaltenden messenden Wellenleiterabschnitten (2, 3, 4) ein Strahlaufweitungselement (8) angeordnet ist.

Optischer Dehnungsmessstreifen

5

Die Erfindung betrifft einen optischen Dehnungsmessstreifen zur Erfassung einer mehrachsigen Dehnung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, sowie deren Herstellungsverfahren gemäß
10 dem Oberbegriff des Patentanspruchs 11.

Zur messtechnischen Auswertung von Kräften oder zur Überwachung von mechanisch belasteten Bauteilen werden vielfach elektrische Dehnungsmessstreifen eingesetzt, die die
15 Dehnung von kraftbeaufschlagten Bauelementen erfassen. Derartige elektrische Dehnungsmessstreifen bestehen meist aus fotolithografisch hergestellten mäanderförmigen Messgittern aus einem elektrischen Widerstandsmaterial, das auf einer Trägerfolie aus Kunststoff aufgetragen ist und zum
20 mechanischen Schutz meist mit einer weiteren Kunststoffschutzfolie abgedeckt wird. Diese elektrischen Dehnungsmessstreifen werden zur Erfassung einer belastungsabhängigen Dehnung auf einen Verformungskörper appliziert und wandeln die Dehnung durch eine
25 Widerstandsänderung des Messgitters in ein elektrisches Signal um, das der Dehnung oder der Krafteinwirkung proportional ist.

Zur zweiachsigen Messung von Dehnungen werden normalerweise Dehnungsmessstreifen eingesetzt, die als sogenannte Rosetten
30 ausgebildet sind. Dabei werden meist zwei oder drei einzelne Messgitter auf einer gemeinsamen Trägerfolie angeordnet, die in der Regel in 45°, 60° oder 90°-Winkeln gegeneinander versetzt sind. Derartige dehnungsmessende Rosetten werden meist dazu verwendet, die Größe der Dehnung bzw. Kraft längs
35 und senkrecht zu einer Hauptachse zu messen oder die

Ausrichtung der Hauptachse zu ermitteln. Dabei sind T-Rosetten mit zwei Messgittern bekannt, die 90° gegeneinander versetzt angeordnet sind. Diese werden vornehmlich dazu eingesetzt, wenn ein zweiachsiger Spannungszustand vorliegt, dessen

5 Hauptrichtung bekannt ist. Rosetten mit drei Messgittern werden meist dazu verwendet, um einen zweiachsigen Spannungszustand zu bestimmen, dessen Hauptspannungsrichtungen unbekannt sind. Dabei müssen die Messgitter möglichst nahe beieinander angeordnet sein, um auch die gleichen Dehnungen an

10 der gleichen Stelle erfassen zu können, wodurch erst eine genaue Messung gewährleistet wird. Deshalb sind derartige bekannte rechteckige Rosetten mit drei Messgittern selten größer als 10 x 20 mm. Allerdings sind derartige elektrische Dehnungsmessstreifen sehr empfindlich gegenüber

15 elektromagnetischen Feldern oder hochspannungsmäßiger Beeinflussung und dürfen auch nicht in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden.

Ein derartiger Sensor zur hochspannungs- und elektromagnetisch

20 unempfindlichen Erfassung von zweiachsigen mechanischen Spannungen ist aus der EP 1 129 327 B1 bekannt, der die zu messenden Dehnungen optisch ermittelt. Dazu sind optische Wellenleiter vorgesehen, die aus Lichtleitfasern bestehen. In diesen Lichtleitfasern werden sogenannte Bragg-Gitter

25 eingeschrieben, die eine Reflektionswellenlänge erzeugen, die der erfassten Dehnung proportional ist. Diese Lichtleitfasern mit eingepprägten Bragg-Gittern werden in eine Trägerschicht aus Epoxydharz eingebettet oder auf Platten aufgeklebt. Diese Trägerschicht kann dann auf die Oberfläche von

30 Verformungskörpern befestigt werden und überträgt somit die auf diese Trägerschicht einwirkende Dehnung auf die dehnungsmessenden Bragg-Gitter. Durch eine Dehnung ändert sich die reflektierte Bragg-Wellenlänge entsprechend der Dehnung und kann detektiert werden. Dieser optische Dehnungssensor ist

35 als Rosette zur Messung einer zweiachsigen Spannung

ausgebildet und besteht aus einem Lichtwellenleiter mit mindestens zwei oder drei hintereinander angeordneten Bragg-Gittern, die in Winkeln von 45°, 60° oder 90° zu einander ausgerichtet sind und damit die Dehnungen von

- 5 Verformungskörpern wie elektrische
Dehnungsmessstreifenrosetten erfassen können. Dabei sind die Verbindungsabschnitte des Wellenleiters zwischen den Bragg-Gittern bogenförmig geführt und dürfen wegen der Reflexionsverluste bestimmte Krümmungsradien nicht
- 10 unterschreiten. Zur Minimierung der Krümmungsradien wird zusätzlich vorgeschlagen, die gebogenen Verbindungsabschnitte stark zu verjüngen, da sich hierdurch die Reflexionsverluste verringern lassen. Allerdings sind die Verbindungsabschnitte der Wellenleiter zwischen den Bragg-Gittern offensichtlich
- 15 noch erheblich länger als die dehnungsmessenden Bragg-Gitter selbst, die bereits eine Länge von ca. 10 mm beanspruchen. Bei derartigen Rosetten aus Lichtleitfasern mit zwei oder drei Bragg-Gittern auf einer gemeinsamen Trägerschicht wird deshalb bei vergleichbarer Genauigkeit noch eine erheblich größere
- 20 Applikationsfläche beansprucht als dies bei elektrischen Dehnungsmessstreifenrosetten erforderlich ist.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, vorgefertigte Dehnungsmessstreifen zur zweiachsigen

- 25 Dehnungsmessung aus optischen Lichtwellenleitern zu schaffen, die bei hoher Messgenauigkeit eine kompakte Bauform aufweisen.

Diese Aufgabe wird durch die in Patentanspruch 1 und 11 angegebene Erfindung gelöst. Weiterbildungen und vorteilhafte

30 Ausführungsbeispiele sind in den Unteransprüchen angegeben.

- Die Erfindung hat den Vorteil, dass durch die Fixierung der optischen Wellenleiter mit den Bragg-Gittern in vorgesehenen Führungskanälen auf einer Trägerfolie sehr flache optische
- 35 Dehnungsmessstreifen herstellbar sind. Insbesondere durch die

Strahlaufweitungselemente kann ohne lange Umleitungsbögen in den Verbindungsabschnitten Bauraum auf der Trägerschicht eingespart werden, wodurch insbesondere
Dehnungsmessstreifenrosetten ermöglicht werden, die eine
5 Kompaktheit von elektrischen Dehnungsmessstreifenrosetten aufweisen.

Durch den Einsatz des Strahlaufweitungselementes können gleichzeitig alle Wellenleiterabschnitte geradlinig
10 ausgebildet werden, so dass sich die Rosettengröße hauptsächlich nur noch aus der Länge der Bragg-Gitter ergibt, da die Strahlaufweitungselemente mit dem Zuführungsabschnitt nur eine geringe Baulänge aufweisen. Dadurch ergeben sich vorteilhafterweise sehr kleinflächige optische
15 Dehnungsmessstreifen. Da die Strahlaufweitungselemente auch nur eine sehr geringe Querschnittsfläche aufweisen, die nicht wesentlich größer sind als die Wellenleiter selbst, sind diese auch vorteilhaft in eine dünne Trägerfolie integrierbar.

20 Durch den Einsatz des Strahlaufweitungselementes ist auch nur ein gemeinsamer Zuführungswellenleiter zur Lichtein- und -ausspeisung notwendig, so dass insbesondere bei längeren Entfernungen zwischen den Messstellen und den Auswerteeinheiten und bei Vielstellenmessungen
25 vorteilhafterweise erhebliche Strecken von Verbindungsleitungen eingespart werden können.

Die Erfindung hat weiterhin den Vorteil, dass die vorgesehenen Führungskanäle vorzugsweise durch ein fotolithografisches
30 Ätzverfahren oder ein mechanisches Bearbeitungsverfahren sehr genau herstellbar sind, so dass derartige optische Dehnungsmessstreifen eine hohe Reproduziergenauigkeit aufweisen und auch als Serienteile in großen Stückzahlen kostengünstig vorgefertigt werden können, um auf einfache
35 Weise auf vorgesehenen Verformungskörpern oder anderen

Dehnungskörpern applizierbar zu sein. Derartige vorgefertigte flache und kleinflächige optische Dehnungsmessstreifen können auch vorteilhaft in oder auf Faserverbundwerkstoffen befestigt werden, wobei diese die Faserstruktur nur wenig

5 beeinträchtigen und vorteilhafterweise auch Dehnungsänderungen bis 10 % unbeschädigt standhalten, wie sie bei Verformungskörpern aus Faserverbundwerkstoffen üblich sind.

Die erfindungsgemäßen optischen Dehnungsmessstreifen haben gegenüber elektrischen Dehnungsmessstreifen den Vorteil, dass sie weitgehend unempfindlich gegenüber elektromagnetischen Feldern und Hochspannungsbereichen sind. Dabei besitzen sie vorteilhafterweise auch keine Stromversorgung, so dass sie unempfindlich gegenüber Leistungsschwankungen auf der

10 Übertragungsstrecke sind und auch in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden dürfen. Des weiteren ermöglicht die kraftschlüssige Verbindung der Bragg-Gitter in den Führungskanälen eine umschlossene Verbindungsstruktur mit der flächigen Trägerfolie, so dass eine gute und definierte

15 Kraftübertragung auf die Bragg-Gitter gewährleistet wird, wodurch eine hohe Messgenauigkeit und insbesondere eine geringe Hysteresewirkung erreichbar ist.

Eine besondere Ausgestaltung der Erfindung, bei der die Lichtwellenleiter vollflächig in die Führungskanäle

25 eingegossen werden, hat den Vorteil, dass damit sehr einfach herstellbare optische Dehnungsmessstreifen gefertigt werden können. Da diese optischen Dehnungsmessstreifen auch aus keramischen oder Glasträgerfolien und Lichtwellenleitern aus Glasmaterialien herstellbar sind, können diese vorteilhaft

30 auch bei sehr hohen Temperaturbelastungen eingesetzt werden.

Bei einer besonderen Ausbildungsart der Erfindung mit zusätzlichen Bragg-Gittern zur Temperaturkompensation ist

35 vorteilhaft, dass damit eine temperaturunabhängige

Dehnungsmessung möglich wird. Damit ist auch gleichzeitig eine separate Temperaturerfassung ausführbar, wodurch vorteilhaft auch die thermische Überlastung des optischen Dehnungsmessstreifens und der angrenzenden übrigen Bauelemente erkannt werden kann.

Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispiels, das in der Zeichnung dargestellt ist, näher erläutert. Es zeigen:

- 10 Fig. 1: die Draufsicht auf einen optischen
 rosettenartigen Dehnungsmessstreifen, und
 Fig. 2: einen Ausschnitt eines Schnittbildes in
 Vorderansicht durch den Zuführungsbereich des
 optischen Dehnungsmessstreifens.

15

In Fig. 1 der Zeichnung ist ein optischer Dehnungsmessstreifen 1 dargestellt, der zur zweiachsigen Dehnungsmessung als Rosette ausgebildet ist und aus drei nebeneinander angeordneten messenden Wellenleiterabschnitten 2, 3, 4 mit
20 eingeprägten Bragg-Gitter 5 besteht, die von einem Zuführungswellenleiter 7 gespeist werden, dessen Lichtwellensignale durch ein Strahlungsaufweitungselement 8 übertragen werden.

25 Die Lichtwellenleiter 2, 3, 4 sind alle als geradlinige Abschnitte ausgebildet und sind in einer gemeinsamen Trägerschicht 6 eingelassen, die als Trägerfolie ausgebildet ist. Dabei bestehen die Lichtwellenleiterabschnitte aus einem Zuführungswellenleiter und drei weiterführende Abschnitte von
30 messenden Wellenleitern 2, 3, 4 mit vorzugsweise eingeprägten Bragg-Gittern 5. Zur Aufnahme der Lichtwellenleiter 2, 3, 4 ist eine dünne Trägerfolie 6 vorgesehen, die vorzugsweise aus einem harten und elastischen Kunststoff, wie z. B. Polyimid besteht. Die Trägerfolie 6 kann aber auch aus anderen harten
35 elastischen Kunststoffen, Glas, Keramiken oder Metallen .

hergestellt sein. Dabei dient die Trägerfolie 6 vorzugsweise dazu, die vorgefertigten optischen Dehnungsmessstreifen 1 auf vorgesehenen Verformungskörpern zu applizieren oder in belasteten Bauelementen positionsgerecht und kraftschlüssig zu integrieren. Die Trägerfolie 6 ist dabei planar ausgebildet, besitzt vorzugsweise eine rechteckige oder quadratische Grundfläche und eine Dicke von etwa 0,55 mm. Die Grundfläche richtet sich im wesentlichen nach der Länge der messenden Lichtwellenleiterabschnitte 2, 3, 4 mit den Bragg-Gittern 5 und der winkelmäßigen Anordnung und der Anzahl der messenden Abschnitte.

Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel eines optischen Dehnungsmessstreifens 1 zur zweiachsigen Dehnungserfassung mittels drei winkelfersetzt angeordneter Bragg-Gitter 5 ist eine Größe der Trägerfolie 6 von ca. 18 x 20 mm vorgesehen. Dies ergibt sich im wesentlichen aus der notwendigen Länge der Bragg-Gitter von ca. 10 mm bei einem hinreichenden Stör-Nutzsignalabstand. Durch Verringerung des Stör-Nutzsingalabstandes oder eine Verbesserung der Auswerteeinheit und Verkürzung der Zuführungsabschnitte der Lichtwellenleiter 2, 3, 4 sind auch bedeutend kleinere Grundflächen der Trägerfolien 6 von ca. 9 x 10 mm möglich, die auch von ihrer Messgenauigkeit noch mit elektrischen Dehnungsmessstreifenrosetten vergleichbar sind.

In die Trägerfolien 6 werden zur Fixierung der Lichtwellenleiter 2, 3, 4, 7 Führungskanäle 11 oder Vertiefungen eingearbeitet, deren Querschnitt mindestens dem Querschnitt der Lichtwellenleiter 2, 3, 4, 7 entspricht. Dazu werden vorzugsweise optische Wellenleiter 2, 3, 4, 7 aus Glasfasern mit einem Durchmesser von 0,25 mm eingesetzt, so dass die Führungskanäle 11 oder Vertiefungen im Zuführungsbereich mindestens eine Tiefe und Breite von 0,25 mm aufweisen.

Die Anordnung des Lichtwellenleiters 7 im Zuführungsbereich ist in Fig. 2 der Zeichnung näher dargestellt. Aus dem Ausschnitt des Schnittbildes A-A ist ersichtlich, dass im Zuführungsbereich der Zuführungswellenleiter 7 vollständig in die Trägerfolie 6 integriert ist, da er den dort vorgesehenen Führungskanal 11 vollständig ausfüllt. Die Führungskanäle 11 werden in die Trägerfolie 6 vorzugsweise durch ein fotolithografisches Ätzverfahren eingearbeitet. Es sind aber auch mechanische oder thermische Verfahren bekannt, mit denen die feinen Führungskanäle 11 durch einen Materialabtrag in die Trägerfolie 6 eingearbeitet werden können.

Bei den Lichtwellenleitern 2, 3, 4, 7 handelt es sich um herkömmliche optische Lichtleitfasern aus Glasfasern, wie sie auch zur Telekommunikation als Einmodenfaser mit einer Wellenlänge von vorzugsweise $\lambda = 1550$ nm eingesetzt werden. Diese Lichtleitfasern 2, 3, 4, 7 bestehen vorzugsweise aus einem Faserkern 15, einem Fasermantel 16 und einer Faserschuttschicht 17, die auch entfallen kann. Die Lichtzuführung erfolgt durch einen einzigen Zuführungswellenleiter 7, der von einer Längskante 14 der Trägerfolie 6 geradlinig in diese eingelegt ist. Dazu wird dieser Zuführungswellenleiter 7 etwa in der Mitte der Trägerfolie 6 etwa 4 mm in den vorgefertigten Führungskanal 11 eingelegt und in diesen fixiert. Am Ende dieses Zuführungswellenleiters 7 ist als Strahlungsaufweitungselement 8 eine Gradienten-Index-Linse 9 (GRIN-Linse) und ein sinusförmiges Transmissions-Phasengitter 10 vorgesehen. Dabei weitet die GRIN-Linse 9 den Lichtstrahl auf eine Durchmesserfläche von 150 bis 500 μm auf.

In dem direkt daran angeordneten Transmissions-Phasengitter 10 erfolgt dann eine Beugung der Lichtwellen, so dass diese in die 0. und ± 1 . Beugungsordnung des Phasengitters gebeugt

werden. Diese Beugungsordnungen liegen jeweils in -45° , 0° und $+45^\circ$ -Winkeln 19 zueinander. In den Beugungsordnungen sind die weiterführenden geradlinigen Führungskanäle 18 in Winkelabständen 19 von 45° für die zu messenden

5 Lichtwellenleiterabschnitte 2, 3, 4 in die Trägerfolie 6 eingebracht. Diese Führungskanäle 18 weisen etwa eine Länge von 10mm auf und eine Querschnittsfläche von vorzugsweise $0,125 \times 0,125$ mm. Diese Wellenleiterabschnitte 2, 3, 4 bestehen aus einer Lichtleitfaser mit einem Kern 15 und einem
10 Mantel 16, einem Fotoresist aus Kunststoff oder einem Glasmaterial. In diese messenden Wellenleiterabschnitte 2, 3, 4 sind an dessen Ende sogenannte Bragg-Gitter 5 vorzugsweise eingeprägt, die alle eine unterschiedliche Gitterperiode Λ aufweisen.

15

Das Strahlungsaufweitungselement 8 kann aber auch nur aus der GRIN-Linse 9 bestehen. Dann würden sich die weiterführenden messenden Wellenleiterabschnitte 2, 3, 4 direkt an die GRIN-Linse 9 anschließen und in mehreren Winkelschritten auf eine
20 Abzweigung von -45° und $+45^\circ$ gebracht. Dabei sind auch die messenden Lichtwellenleiterabschnitte 2, 3, 4 kraft- und formschlüssig mit der Trägerfolie 6 in den Führungskanälen 18 verbunden. Dies kann durch Einpressen oder Verkleben vorzugsweise mit einem aushärtbaren Epoxydharzklebers
25 erfolgen. Zum Schutz gegen Feuchtigkeitseinwirkungen und mechanische Beeinträchtigungen ist zumindest der Teil mit den Führungskanälen 10, 18 mit einer zusätzlichen dünnen Schutzfolie 12 als Schutzschicht abgedeckt, die vorzugsweise aus dem gleichen Material wie die Trägerfolie 6 besteht und
30 eine Dicke von vorzugsweise 0,05 mm aufweist.

In einer weiteren Ausführungsart der Erfindung werden die messenden Lichtwellenleiterabschnitte 2, 3, 4 als planare Lichtwellenleiter ausgeführt, die vorzugsweise in die
35 Führungskanäle 18 eingegossen sind. Dazu werden beispielsweise

in die Führungskanäle 18 eine Kunststoffträgerfolie 6 ein optisch leitfähiges Polymersubstrat oder ein anderes sogenanntes Fotoresist eingebracht, das eine höhere Brechungszahl als die Trägerfolie 6 aufweist. Dadurch entsteht
5 ein Brechzahlensprung, durch den das Polymersubstrat als lichtleitfähiger Kunststoff wie ein Lichtwellenleiter wirkt. Dabei stellt das Polymersubstrat im Grunde den Kern und die Trägerfolie 6 den Mantel mit der niedrigeren Brechungszahl dar. Insbesondere bei rechteckigen oder quadratischen
10 Führungskanälen 18 entsteht durch die Einbringung des lichtleitfähigen Substrats auf einfache Weise ein optischer Streifenleiter, der zur Lichtleitung bestimmter Wellenlängen wie eine Glasfaser geeignet ist. Bei dieser Ausführungsart werden vor Einbringen der lichtleitfähigen Schicht in die
15 Führungskanäle 18 streifenförmige Unregelmäßigkeiten 20 im Abstand Λ eingeprägt, die dann als Bragg-Gitter 5 wirken. Diese können kammartige Erhebungen oder auch Vertiefungen darstellen, die auf eine Länge L von 3 bis 10 mm ein Bragg-Gitter 5 bilden, das die eingespeisten Lichtwellen mit einer
20 vorgegebenen Wellenlänge λ_B reflektiert. Da die Lichtwellenleiter 2, 3, 4 in den Führungskanälen 18 der Trägerschicht 6 fest eingelassen oder eingegossen und mit diesen fest verbunden sind, können damit auch alle auf die Trägerschicht 6 wirkenden Dehnungen genau erfasst werden.
25

Derartige Ausführungen von in den Führungskanälen 18 eingelassenen optisch leitfähigen Medien als Lichtwellenleiter 2, 3, 4 sind auch mit hitzebeständigen Glas- oder Keramikfolien als Trägerschicht 6 ausführbar, in dessen Kanäle
30 18 photonische Kristalle mit Quarzglassubstraten eingegossen werden. Dazu werden mit Hilfe der photonischen Kristalle die Bragg-Gitter ausgebildet, mit denen die Dehnung erfassbar ist. Die Kanäle können vorzugsweise auch durch einen feldunterstützten Ionenaustausch realisiert werden. Die Bragg-
35 Gitter werden dann durch einen chemischen Ätzprozess von außen

in diese Kanäle eingebracht. Derartige Ausführungen von optischen Dehnungsmessstreifen können bei Temperaturen bis 900 °C eingesetzt werden.

- 5 Am Zuführungswellenleiter 7 ist außerhalb der Trägerfolie 6 noch ein weiteres viertes Bragg-Gitter 13 mit einer separaten Gitterperiode Λ_T eingeprägt, das der Temperaturkompensation dient. Zur Lichtwelleneinspeisung und zur Detektion der an den Bragg-Gittern 5 reflektierten Lichtsignale ist der
- 10 Zuführungswellenleiter 7 mit einer nicht dargestellten Auswerteeinheit verbunden, die ein Spektrometer oder insbesondere ein abstimmbares hochauflösendes Fabry-Perot-Filter enthält.
- 15 Ein derartiger optischer Dehnungsmessstreifen 1 kann sowohl auf metallischen Verformungskörpern wie herkömmliche elektrische Dehnungsmessstreifen appliziert oder auch in Faserverbundstoffen eingelegt oder aufgeklebt werden. Mit derartigen optischen Dehnungsmessstreifen 1 sind nicht nur
- 20 dehnungsbedingte Kraftmessungen, sondern auch Temperaturmessungen möglich, da gleichzeitig auch die Wärmeausdehnung detektierbar ist.

Ist ein derartiger optischer Dehnungsmessstreifen 1 auf einem

25 kraftbeaufschlagten Verformungskörper appliziert, so kann damit wie folgt beschrieben eine beaufschlagte Kraft oder Dehnung erfasst werden. Denn durch die auf den Dehnungskörper einwirkende Kraft erfolgt an dessen Oberfläche eine

Dehnungswirkung, die über die darauf applizierte Trägerfolie 6

30 auf die darin kraftschlüssig fixierten optischen Wellenleiter 2, 3, 4 übertragen wird. Dadurch entsteht auch eine Längenänderung innerhalb des Bragg-Gitter-Bereichs 5, da dies aus einem Stück des Kerns 15 der Lichtleitfaser 2, 3, 4 gebildet wird, der vom Mantel 16 umgeben ist, der einen

35 niedrigeren Brechungsindex als der Kern 15 aufweist. Die

Lichtleitfasern 2, 3, 4 sind als eine Einmodenfasern (Single-Mode-Faser) ausgebildet, bei der der Durchmesser des Faserkerns 15 mit 9 μm ausreichend klein ist, so dass sich das von einer vorzugsweise Infrarotlichtquelle stammende Licht nur in einer einzigen Mode entlang des Kerns 15 ausbreiten kann. Diese Single-Mode wird im wesentlichen von der Kern-Mantel-Grenze geleitet. Die Linien 20 des Bragg-Gitters 5 sind eine Reihe von vorzugsweise regelmäßig beabstandeten Störungen des effektiven Brechungsindex n des Kerns 15. Das Bragg-Gitter 5 verläuft entlang einer Länge L der Lichtwellenleiter 2, 3, 4 und weist vorzugsweise eine Länge L von 10 mm auf, wobei L aber auch 1 bis 20 mm betragen kann.

Zur Herstellung von Bragg-Gittern 5 können verschiedene Verfahren eingesetzt werden. Bei einem dieser Verfahren werden die Störungen des Brechungsindex n im Kern 15 erzeugt, indem die Lichtleitfaser 2, 3, 4 mit einer Phasenmaske maskiert und mit starkem Ultraviolettlicht bestrahlt wird. Bei einem anderen Verfahren werden die Indexstörungen n dadurch gebildet, dass die Lichtleitfaser 2, 3, 4 einem Interferenzmuster ausgesetzt wird, das aus zwei sich schneidenden Hälften eines UV-Laserstrahls erzeugt wird. Der Abstand Λ zwischen den Indexstörungen n wird durch den Winkel bestimmt, bei dem sich die beiden Hälften des Strahls schneiden. Die durch diese Methoden bewirkten Störungen des Kernbrechungsindex n liegen normalerweise in der Größenordnung von einem Tausendstel oder darunter.

Die für die Fertigung von Bragg-Gittern 5 verwendeten Lichtleitfasern 2, 3, 4 haben in der Regel eine Schutzschicht 17 außerhalb des Mantels 16, die vorzugsweise aus einem Polymer besteht und für die eigentliche Lichtleitfunktion keine Bedeutung besitzt. Diese Schutzschicht 17 wird entfernt, bevor die Lichtleitfaser 2, 3, 4 zur Bildung des Bragg-Gitters 5 dem UV-Licht ausgesetzt wird. Nach der Bestrahlung kann der

abgestreifte Teil der Lichtleitfaser 5 auch neu beschichtet werden, um ihre Haltbarkeit wieder herzustellen, wie beim vierten Faser-Bragg-Gitter 13 des Zuführungswellenleiters 7.

- 5 Wenn dem Bragg-Gitter 5 ein breites Lichtspektrum als Eingangssignal zugeführt wird, durchdringen die meisten Wellenlängen den Gitterbereich und bilden ein transmittiertes Ausgangssignal. Die periodischen Störungen des Brechungsindex n erzeugen aber bei Bestandteilen des
- 10 Eingangssignals eine starke Bragg-Reflexion mit der Wellenlänge λ_B der sogenannten Bragg-Wellenlänge, die sich nach der Formel $\lambda_B = 2n\Lambda$ ergibt, wobei n der effektive Brechungsindex und Λ die Gitterperiode darstellen.
- 15 Mit einem Spektrometer oder einem sogenannten Fabry-Perot-Filter können die durch die Bragg-Gitter 5 reflektierten Lichtwellensignale detektiert werden. Dabei zeigt die Wellenlänge λ , bei der ein Peak in Reflexion auftritt, einen Wert, der von Gitterperiode Λ abhängig ist. Wenn eine
- 20 Längsdehnung auf das Bragg-Gitter 5 wirkt, ändert sich der Abstand Λ , so dass sich die Bragg-Wellenlänge λ_B verschiebt. Die Bragg-Wellenlänge λ_B verhält sich dabei annähernd proportional zur Dehnung entlang der Längsachse der Lichtwellenleiter 2, 3, 4. Die Wellenlängenänderung $\Delta\lambda_B$ ist
- 25 also ein Maß für die in den Verformungskörper eingeleitete Kraft. Deshalb können derartige optische Dehnungsmessstreifen 1 ähnlich wie elektrische Dehnungsmessstreifen auf vorgesehene Verformungskörper vorzugsweise auch in Wägezellen, Drehmomentwellen oder anderen Kraftaufnehmern eingesetzt
- 30 werden. Allerdings sind derartige optische Dehnungsmessstreifen 1 auch bei Belastungsversuchen beispielsweise in der Luft- und Raumfahrt verwendbar, wo die optischen Dehnungsmessstreifen 1 dann direkt auf die belasteten Bauteile appliziert werden, wobei insbesondere die
- 35 erfindungsgemäßen Rosetten zur Messung der unbekannten

Krafteinleitungsrichtungen vorteilhaft sind. Aber auch zur Überwachung des Betriebszustands belasteter Bauteile sind derartige optische Dehnungsmessstreifen 1 einsetzbar, die bei der Überschreitung einer vorgegebenen Grenzdehnung einen Ermüdungsschaden oder eine Rissbildung erfassen können.

Zur Erfassung der dehnungsabhängigen Belastung ist allerdings eine spezielle spektrale Auswerteeinheit mit beispielsweise einem Fabry-Perot-Filter vorgesehen, die im Grunde eine Sendeeinheit und Empfangseinheit für Lichtwellenleiter 2, 3, 4 darstellt, in der mittels der Auswerteeinheit die vom Faser-Bragg-Gitter 5 reflektierte Wellenlänge λ_B detektiert wird. Dabei wird zunächst im unbelasteten Zustand mittels einer vorzugsweise Infrarotlichtquelle als Sendeeinheit ein breitbandiges Lichtsignal mit einer Wellenlänge λ von vorzugsweise ca. 1525 bis 1575 nm in die Lichtwellenleiter 2, 3, 4 eingespeist. Durch die Bragg-Gitter 5 wird nun aufgrund des Zusammenhangs $\lambda_B = 2n\Lambda$ jeweils eine vorbestimmte Wellenlänge λ_{B0} reflektiert, die in einem Koppler von den abgestrahlten Lichtsignalen getrennt wird. Mit Hilfe eines nachfolgenden bekannten Fabry-Perot-Filters in der Empfangseinheit oder einer anderen Spektrometereinheit können dann die reflektierten Lichtwellensignale mit einer Auflösung von 1 pm erfasst und als Referenzwert λ_{B0} elektronisch gespeichert oder in einer Anzeigevorrichtung angezeigt werden.

Tritt nun eine belastungsabhängige Dehnung am Verformungskörper auf, die über die applizierte Trägerfolie 6 eine Längenänderung des Lichtwellenleiters 2, 3, 4 bewirkt, so ändert sich über die Gitterperiode Λ auch die jeweils reflektierte Wellenlänge λ_{B1} des Bragg-Gitters 5, die ebenfalls mit Hilfe des Fabry-Perot-Filters detektiert wird. Wird nun die Differenz aus der jeweiligen Referenz-Bragg-Gitterwellenlänge $\lambda_{B0} - \lambda_{B1}$ gebildet, so erhält man einen Wert, der der Dehnung bzw. der Belastungskraft proportional ist und

der in einer Anzeigevorrichtung als Dehnung oder Kraft
anzeigbar ist. Dabei werden bei der vorliegenden Rosette aus
den drei nebeneinander im Winkel von 45° zueinander
angeordneten Lichtleitfasern 2, 3, 4 alle drei Dehnungs- oder
5 Kraftkomponenten separat ausgewertet und über deren bekannte
Winkelposition wie bei elektrischen
Dehnungsmessstreifenrosetten als Einzelkraftkomponenten oder
als resultierende Kraft berechnet.

10 Allerdings ist eine derartige Dehnungs- oder Krafterfassung
nur hinreichend genau, wenn die Umgebungstemperatur immer
gleich bleibend konstant ist, da derartige Bragg-Gitter 5 ihre
reflektierte Wellenlänge λ_B auch proportional zur
Umgebungstemperatur ändern. Deshalb kann man mit derartigen
15 optischen Dehnungsmessstreifen 1 im Grunde ohne
belastungsabhängige Dehnung auch die Temperatur T messen. Denn
die Bragg-Wellenlänge λ_B shiftet als Funktion der Dehnung ε und
der Temperatur T nach der Beziehung:

$$\Delta\lambda_B = K_E \times \varepsilon + K_T \times \Delta T$$

20

Dabei entspricht:

K_E = der Empfindlichkeitsfaktor der Dehnung;

ε = die Dehnung;

K_T = der Empfindlichkeitsfaktor der Temperatur, und

25 ΔT = die Temperaturänderung.

Da man nach der obenstehenden Beziehung allerdings nicht
zwischen der temperatur- und dehnungsbedingten Bragg-
Wellenlängenänderung $\Delta\lambda_B$ unterscheiden kann und eine gleich
30 bleibende Temperaturkonstanz nicht immer einhaltbar ist, wird
zusätzlich noch ein viertes Bragg-Gitter 13 im
Zuführungswellenleiter 7 zur Temperaturkompensation
vorgesehen. Durch dieses vierte Bragg-Gitter 13 wird deshalb
eine weitere nur temperaturabhängige Wellenlängenänderung $\Delta\lambda_{BT}$
35 ($\lambda_{BT}=K_T\Delta T$) mit Hilfe einer Empfangseinheit detektiert, die in

der Auswerteeinheit von den dehnungs- und temperaturbedingten Wellenlängenänderungen $\Delta\lambda_B$ die temperaturabhängige Wellenlängenänderung $\Delta\lambda_{BT}$ durch ein Rechenglied zur Temperaturkompensation subtrahiert wird. Dadurch erhält man
5 einen sehr genauen Messwert der Dehnung oder Kraft, der unabhängig von der Temperatur des optischen Dehnungsmessstreifens 1 ist.

Des weiteren sind auch optische Dehnungsmessstreifen 1
10 ausbildbar, bei denen auf einer größeren Trägerfolienfläche gleichzeitig mehrere Rosetten angeordnet sind, die eine flächige Dehnungserfassung ermöglichen, um beispielsweise auch an komplizierten Bauteilen eine Analyse des Spannungsverlaufs zu ermitteln.

Patentansprüche

- 5 1. Optischer Dehnungsmessstreifen (1) zur mehrachsigen
Dehnungsmessung der mindestens zwei messende
Lichtwellenleiterabschnitte (2, 3, 4) mit Bragg-Gittern
(5) enthält, die in mindestens einem vorgegebenen Winkel
(19) nebeneinander auf einer Trägerschicht (6) angeordnet
10 sind und von einem gemeinsamen Zuführungswellenleiter (7)
mit Lichtwellen gespeist werden, dadurch gekennzeichnet,
dass alle Wellenleiterabschnitte (2, 3, 4, 7) auf der
Trägerschicht (6) geradlinig ausgebildet sind und dass
zwischen dem Zuführungswellenleiterabschnitt (7) und den
15 messenden Wellenleiterabschnitten (2, 3, 4) ein
Strahlaufweitungselement (8) angeordnet ist.
2. Optischer Dehnungsmessstreifen nach Anspruch 1, dadurch
gekennzeichnet, dass dieser als Rosette ausgebildet ist,
20 die zwei oder drei nebeneinander und winkelfersetzt
angeordnete messende Wellenleiterabschnitte (2, 3, 4)
aufweist, die jeweils ein Bragg-Gitter (5)
unterschiedlicher Gitterperiode (Λ) enthalten, und vor dem
Strahlaufweitungselement (8) zusammenlaufen.
- 25 3. Optischer Dehnungsmessstreifen nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass die Rosette aus zwei
messenden Wellenleiterabschnitten (2, 4) besteht, die
30 einen Winkel von 90° miteinander bilden oder aus drei
messenden Wellenleiterabschnitten (2, 3, 4) besteht, bei
denen die jeweils benachbarten beiden
Wellenleiterabschnitte (2, 3, 4) einen Winkel (19) von 45°
miteinander bilden.

4. Optischer Dehnungsmessstreifen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die messenden Wellenleiterabschnitte (2, 3, 4) von einem gemeinsamen Zuführwellenleiter (7) mit Lichtwellen
5 gespeist werden, an dessen Ende als Strahlaufweitungselement (8) eine Gradienten-Index-Linse (9) und ein sinusförmiges Transmissions-Phasengitter (10) oder nur eine Gradienten-Index-Linse (9) angeordnet ist.

10 5. Optischer Dehnungsmessstreifen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass alle geradlinigen Wellenleiterabschnitte (2, 3, 4, 7) und auch das Strahlaufweitungselement (8) in einer dünnen Trägerschicht (6) integriert sind, die als Trägerfolie
15 ausgebildet ist.

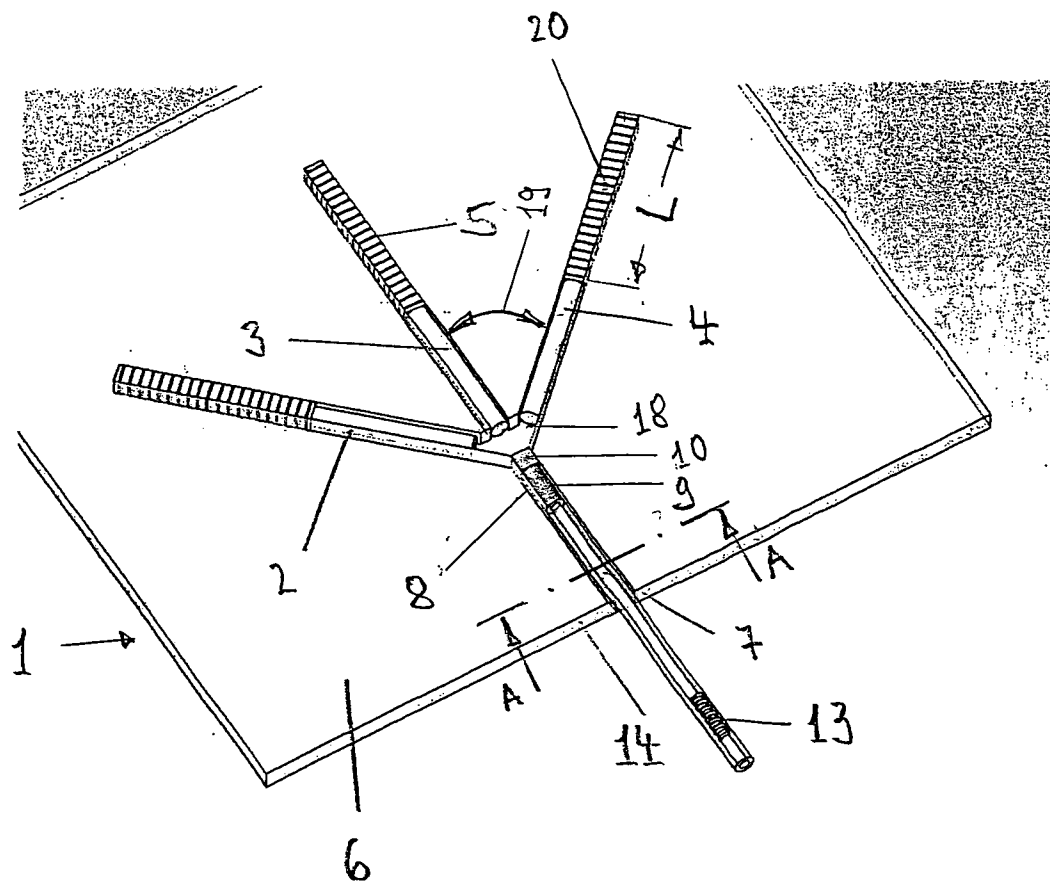
6. Optischer Dehnungsmessstreifen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägerfolie (6) aus Metall, Glas, Keramik oder einem
20 harten elastischen Kunststoff besteht, in der zur Aufnahme der Wellenleiterabschnitte (2, 3, 4, 7) und des Strahlungsaufweitungselements (8) Führungskanäle (11, 18) ausgespart sind, deren Querschnitte rund, eckig oder V-förmig ausgebildet sind und mindestens einen Durchmesser
25 aufweisen, der dem Durchmesser der Wellenleiterabschnitte (2, 3, 4) mit den Bragg-Gittern (5) entspricht.

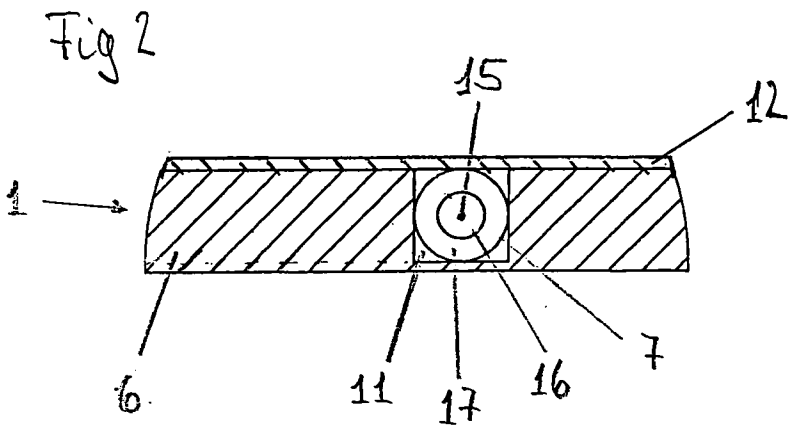
7. Optischer Dehnungsmessstreifen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die
30 messenden Wellenleiterabschnitte (2, 3, 4) als optisch leitfähige Glasfasern ausgebildet sind und zur Dehnungserfassung mit den Bragg-Gittern (5) in die Führungskanäle (18) kraftschlüssig eingepresst oder eingeklebt sind.

8. Optischer Dehnungsmessstreifen nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die messenden Lichtwellenleiterabschnitte (2, 3, 4) als optisch leitfähiger Kunststoff oder optisch leitfähiges Glas ausgebildet sind, dessen Brechungszahl höher als die Brechungszahl der Trägerfolie (6) ist und die fest in die Führungskanäle (18) eingegossen oder eingebracht sind und in ihren Endbereichen ein Bragg-Gitter (5) aufweisen.
9. Optischer Dehnungsmessstreifen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägerfolie (6) quadratisch oder rechteckig ausgebildet und mit einer Abdeckfolie als Deckschicht (12) fest verbunden ist, wobei die Abdeckfolie (12) mindestens die Führungskanäle (11, 18) mit den Wellenleiterabschnitten (2, 3, 4, 7) und dem Strahlaufweitungselement (8) abdeckt.
10. Optischer Dehnungsmessstreifen nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in den Zuführungswellenleiter (7) noch ein zusätzliches viertes Bragg-Gitter (13) zur Temperaturkompensation dehnungsunabhängig außerhalb der Trägerfolie (6) angeordnet ist.
11. Verfahren zur Herstellung eines optischen Dehnungsmessstreifens (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass in die auf eine vorgesehene Fläche ausgeschnittene Trägerfolie (6) mindestens drei geradlinige Führungskanäle (11, 18) durch ein Ätz- oder mechanisches materialabtragendes Fertigungsverfahren eingearbeitet werden, in die die messenden Lichtwellenleiter (2, 3, 4) mit den eingepägten Bragg-Gittern (5) und ein Strahlaufweitungselement (8) sowie ein Zuführungswellenleiter (7) kraft- und formschlüssig befestigt werden, wobei mindestens die

Führungskanäle (11, 18) mit einer Deckschicht (12)
abgedichtet werden.

Fig 1





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2006/006213

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01L1/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01B G02B G01L G01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, COMPENDEX, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 129 327 B (EUROPEAN COMMUNITY) 5 September 2001 (2001-09-05) cited in the application the whole document	1-4, 11
A	EP 0 892 250 A (BRITISH AEROSPACE PUBLIC LIMITED COMPANY; BAE SYSTEMS PLC) 20 January 1999 (1999-01-20) column 2, lines 16-42; figure 4	1-4, 11
A	FR 2 864 202 A (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE) 24 June 2005 (2005-06-24) page 13, line 10 - page 23, line 31	1-4, 10
A	US 5 726 744 A (FERDINAND ET AL) 10 March 1998 (1998-03-10) column 2, line 35 - column 4, line 15 figures 3A, 3B, 3C column 5, line 61 - column 7, line 5	1-4, 11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"G" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 October 2006

Date of mailing of the international search report

17/10/2006

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Neumann, Fiona

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2006/006213

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1129327	B	22-10-2003	AT 252725 T	15-11-2003
			CA 2336193 A1	18-05-2000
			DE 69912301 D1	27-11-2003
			DE 69912301 T2	29-07-2004
			DK 1129327 T3	01-03-2004
			EP 1129327 A1	05-09-2001
			ES 2209522 T3	16-06-2004
			WO 0028294 A1	18-05-2000
			JP 3648454 B2	18-05-2005
			JP 2002529728 T	10-09-2002
			NO 20006354 A	23-02-2001
			PT 1129327 T	31-03-2004
			US 6586722 B1	01-07-2003
EP 0892250	A	20-01-1999	DE 69816534 D1	28-08-2003
			DE 69816534 T2	03-06-2004
			ES 2198652 T3	01-02-2004
			GB 2326471 A	23-12-1998
			JP 2975591 B2	10-11-1999
			JP 11072353 A	16-03-1999
			US 6125216 A	26-09-2000
FR 2864202	A	24-06-2005	EP 1706714 A1	04-10-2006
			WO 2005064300 A1	14-07-2005
US 5726744	A	10-03-1998	CA 2162954 A1	19-05-1996
			DE 69521971 D1	06-09-2001
			DE 69521971 T2	04-04-2002
			EP 0713084 A2	22-05-1996
			FR 2727203 A1	24-05-1996

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/006213

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01L1/24

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G01B G02B G01L G01D

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, COMPENDEX, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 1 129 327 B (EUROPEAN COMMUNITY) 5. September 2001 (2001-09-05) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1-4, 11
A	EP 0 892 250 A (BRITISH AEROSPACE PUBLIC LIMITED COMPANY; BAE SYSTEMS PLC) 20. Januar 1999 (1999-01-20) Spalte 2, Zeilen 16-42; Abbildung 4 -----	1-4, 11
A	FR 2 864 202 A (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE) 24. Juni 2005 (2005-06-24) Seite 13, Zeile 10 - Seite 23, Zeile 31 -----	1-4, 10
A	US 5 726 744 A (FERDINAND ET AL) 10. März 1998 (1998-03-10) Spalte 2, Zeile 35 - Spalte 4, Zeile 15 Abbildungen 3A, 3B, 3C Spalte 5, Zeile 61 - Spalte 7, Zeile 5 -----	1-4, 11



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

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

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. Oktober 2006

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

17/10/2006

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Neumann, Fiona

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/006213

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1129327	B	22-10-2003	AT 252725 T	15-11-2003
			CA 2336193 A1	18-05-2000
			DE 69912301 D1	27-11-2003
			DE 69912301 T2	29-07-2004
			DK 1129327 T3	01-03-2004
			EP 1129327 A1	05-09-2001
			ES 2209522 T3	16-06-2004
			WO 0028294 A1	18-05-2000
			JP 3648454 B2	18-05-2005
			JP 2002529728 T	10-09-2002
			NO 20006354 A	23-02-2001
			PT 1129327 T	31-03-2004
			US 6586722 B1	01-07-2003
EP 0892250	A	20-01-1999	DE 69816534 D1	28-08-2003
			DE 69816534 T2	03-06-2004
			ES 2198652 T3	01-02-2004
			GB 2326471 A	23-12-1998
			JP 2975591 B2	10-11-1999
			JP 11072353 A	16-03-1999
			US 6125216 A	26-09-2000
FR 2864202	A	24-06-2005	EP 1706714 A1	04-10-2006
			WO 2005064300 A1	14-07-2005
US 5726744	A	10-03-1998	CA 2162954 A1	19-05-1996
			DE 69521971 D1	06-09-2001
			DE 69521971 T2	04-04-2002
			EP 0713084 A2	22-05-1996
			FR 2727203 A1	24-05-1996