

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 696 782 A1

(12)

### EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
14.02.1996 Patentblatt 1996/07

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: G08B 13/10

(21) Anmeldenummer: 95112610.1

(22) Anmeldetag: 10.08.1995

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH DE ES FR GB IT LI NL SE

(72) Erfinder: Fasshauer, Peter, Dr.  
D-85579 Neubiberg (DE)

(30) Priorität: 12.08.1994 DE 4428650

(74) Vertreter: WILHELMS, KILIAN & PARTNER  
Patentanwälte  
D-81541 München (DE)

(71) Anmelder: Marinitsch, Waldemar  
D-81675 München (DE)

#### (54) Optische Druckkrafterfassungsvorrichtung

(57) Optische Druckkrafterfassungsvorrichtung, beispielsweise optische Alarmanlage mit einem Multimoden-Lichtwellenleiter (1), der in einer Kontaktmatte (2) angeordnet ist, an der die Druckkraft liegt und der durch die an der Kontaktmatte (2) liegende Druckkraft gekrümmt wird. Der Lichtwellenleiter (1) ist zwischen einer Lichtquelle und einem Lichtdetektor (5) angeordnet, wobei eine Auswerteeinrichtung vorgesehen ist, die

die Ausgangssignale des Lichtdetektors z.B. zu einem Alarmsignal auswertet, die sich durch Modenkopplung in Abhängigkeit von der anliegenden Druckkraft ändern. Der Lichtdetektor deckt einen Öffnungswinkel am Ausgang des Lichtwellenleiters (1) ab, der nur das Strahlungsfeld in der Umgebung der Moden mit niedriger Ordnungszahl des Lichtwellenleiters (1) einschließt.

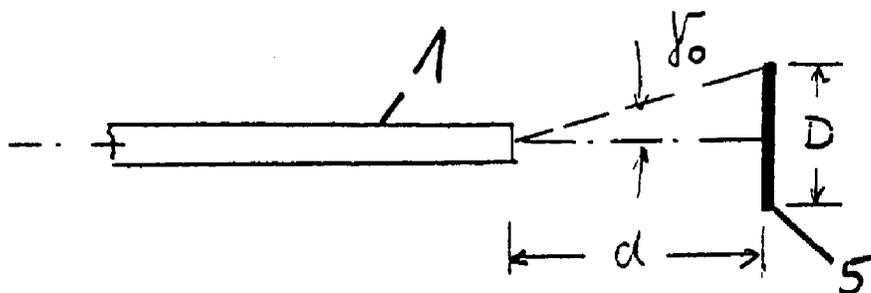


Fig. 4

EP 0 696 782 A1

**Beschreibung**

Die Erfindung betrifft eine optische Druckkrafterfassungsvorrichtung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Eine derartige Druckkrafterfassungsvorrichtung ist aus dem DE GM 9 111 359 bekannt.

5 Optische Druckkrafterfassungsvorrichtungen mit einem in einer Kontaktmatte angeordneten Lichtwellenleiter dienen u.a. als optische Alarmeinrichtungen, die eine Änderung einer an der Kontaktmatte liegenden Druckkraft, beispielsweise das Betreten der Kontaktmatte durch eine Person oder das Entfernen eines auf der Kontaktmatte stehenden Gegenstandes wahrnehmen und ein dementsprechendes Alarmsignal auslösen, aber auch als Druckmeßvorrichtungen, z.B. Wiegevorrichtungen, mit denen das Gewicht eines auf der Kontaktmatte angeordneten Gegenstandes bestimmt werden kann.

10 Derartige Druckkrafterfassungsvorrichtungen arbeiten nach einem physikalischen Prinzip, das beispielsweise in Thomas G. Giallorenzi et al. "Optical Fiber Sensor Technology" in IEEE Journal of Quantum Electronics, Band QE-18, Nr. 4, April 1982 beschrieben ist. Nach diesem physikalischen Prinzip bewirkt eine an der Kontaktmatte liegende Druckkraft oder ggfs. das Abnehmen einer an der Kontaktmatte liegenden Druckkraft eine Änderung im Krümmungszustand des Lichtwellenleiters, was wiederum zu einer Änderung in der Transmission des Lichtes von der Lichtquelle zum Lichtdetektor führt. Diese Änderung in dem durch den Lichtwellenleiter hindurchgehenden Licht, die vom Lichtdetektor erfaßt wird, wird ausgewertet und je nach Anwendungsgebiet in ein Alarmsignal oder ein Meßsignal umgewandelt.

15 Es gibt verschiedene Möglichkeiten, eine derartige Krümmung des Lichtwellenleiters zu erreichen. Eine Möglichkeit, die auch bei der Druckkrafterfassungsvorrichtung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 vorgesehen ist, besteht darin, die Kontaktmatte innen an wenigstens einer Seite des Lichtwellenleiters in Druckkraftichtung periodisch zu strukturieren, so daß die an der Kontaktmatte liegende Druckkraft an periodisch beabstandeten Stellen auf den Lichtwellenleiter übertragen wird und dieser dadurch periodisch gekrümmt wird.

20 Eine weitere Möglichkeit der periodischen Krümmung des Lichtwellenleiters, die beispielsweise in der EP 0 131 474 B1 beschrieben ist, besteht darin, den Lichtwellenleiter mit einer metallischen Wendel zu umwickeln, die spiralförmig mit einer konstanten Ganghöhe um den Lichtwellenleiter geführt ist. Bei dieser Ausführungsform wird die an der Kontaktmatte liegende Druckkraft über die Wendel auf den Lichtwellenleiter übertragen, wodurch dieser periodisch gekrümmt wird.

25 Den bekannten Druckkrafterfassungsvorrichtungen ist es gemeinsam, daß die bei einer Krümmung des Lichtwellenleiters, der in der Regel aus einer optischen Faser besteht, auftretenden Verluste im durchgehenden Licht erfaßt und ausgewertet werden. Dabei ist die jeweilige Empfindlichkeit von dem Maß an Verformung des Lichtwellenleiters und des daraus resultierenden Verlustes des im Lichtwellenleiter wandernden Lichtes bestimmt.

Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe besteht darin, eine optische Druckkrafterfassungsvorrichtung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 so auszugestalten, daß sie eine höhere Empfindlichkeit hat.

30 Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch die Ausbildung gelöst, die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegeben ist.

Der erfindungsgemäßen Ausbildung liegt der Gedanke zugrunde, daß eine höhere Empfindlichkeit dann erzielbar ist, wenn zur Erfassung der Druckkraft die Modenkopplung genutzt wird, die darin besteht, daß sich bei einer Krümmung des Lichtwellenleiters die Lichtenergie von Moden niedriger Ordnungszahl auf Moden höherer Ordnungszahl übergeht, ohne daß eine Änderung der gesamten übertragenen Lichtenergie, d.h. ein echter Verlust auftritt. Die Modenkopplung hat nun zur Folge, daß sich die Fernfeldverteilung des aus dem Lichtwellenleiter austretenden Lichtes bei einer anliegenden Druckkraft an der Kontaktmatte verbreitert. Da die Gesamtenergie erhalten bleibt, würde somit eine Auswertung des gesamten Modenfeldes zu keiner Unterscheidung zwischen einer Belastung und Entlastung des Lichtwellenleiters führen. Erfindungsgemäß ist aber der Lichtdetektor so ausgebildet und angeordnet, daß nur das Strahlungsfeld in der Umgebung der Moden niedriger Ordnungszahl ausgewertet wird, so daß die erhebliche Änderung der Teilenergie in diesem Bereich in Abhängigkeit von dem Anliegen einer Druckkraft an der Kontaktmatte und damit am Lichtwellenleiter festgestellt und ausgewertet werden kann.

Da die Modenkopplung ein Effekt ist, der sich bereits bei sehr schwachen Belastungen und Krümmungen des Lichtwellenleiters zeigt, hat die Druckkrafterfassungsvorrichtung mit der erfindungsgemäßen Ausbildung die gewünschte hohe Empfindlichkeit.

50 Besonders bevorzugte Weiterbildungen und Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Druckkrafterfassungsvorrichtung sind Gegenstand der Patentansprüche 2 bis 13.

Im folgenden werden anhand der zugehörigen Zeichnung besonders bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung näher beschrieben. Es zeigen

55 Fig. 1a in einer Schnittansicht die Anordnung des Lichtwellenleiters in einer Kontaktmatte bei einem ersten Ausführungsbeispiel der Druckkrafterfassungsvorrichtung,

Fig. 1b die Anordnung des Lichtwellenleiters in einer Kontaktmatte bei einem zweiten Ausführungsbeispiel der Druckkrafterfassungsvorrichtung,

Fig. 2a die Fernfeldverteilung des am Ausgang des Lichtwellenleiters austretenden Lichtes im unbelasteten Zustand des Lichtwellenleiters,

Fig. 2b die Fernfeldverteilung des am Ausgang des Lichtwellenleiters austretenden Lichtes im belasteten Zustand,

Fig. 3 die Differenz des vom Lichtdetektor im belasteten und unbelasteten Zustand des Lichtwellenleiters empfangenen Lichtes in Abhängigkeit vom Halbwertsöffnungswinkel des Lichtdetektors,

Fig. 4 schematisch die Anordnung des Lichtdetektors gegenüber dem Ende des Lichtwellenleiters,

Fig. 5 das Maß der Änderung in der vom Lichtdetektor erfaßten Lichtenergie bei einer gegebenen Belastung und bei gegebener Größe des Lichtdetektors in Abhängigkeit vom Abstand des Lichtdetektors vom Lichtwellenleiterende und

Fig. 6 ein weiteres Beispiel der Anordnung des Lichtwellenleiters in einer Kontaktmatte.

Die in der Zeichnung dargestellte optische Druckkrafterfassungsvorrichtung stellt insbesondere eine optische Alarmvorrichtung mit einem optischen Berührungssensor in Form eines Lichtwellenleiters aus einer optischen Faser 1 dar, die in eine Kontaktmatte 2 beispielsweise aus einem Gummi- oder Kunststoffmaterial eingebettet ist. Die optische Faser 1 kann schleifenförmig über einen gegebenen Flächenbereich in der Kontaktmatte 2 angeordnet sein, so daß dann, wenn diese auf einer zu sichernden Bodenfläche verlegt ist, bei einem Betreten der Kontaktmatte eine Druckkraft auf die optische Faser 1 ausgeübt wird.

Wie es in Fig. 1a dargestellt ist, ist die Kontaktmatte 2 an einer Seite der optischen Faser 1 in Richtung der anliegenden Druckkraft in diesem Fall an der Unterseite der optischen Faser 1 periodisch strukturiert, d.h. mit einem Wellenprofil 3 versehen, so daß eine an der Kontaktmatte liegende Druckkraft zu einer entsprechenden periodischen Krümmung der optischen Faser 1 führt. Wie es in Fig. 1b dargestellt ist, kann die Kontaktmatte 2 innen auch auf beiden gegenüberliegenden Seiten in Richtung der Druckkraft mit entsprechenden Profilen 3, 4 versehen sein, was die Empfindlichkeit weiter erhöht. Zweckmäßigerweise besteht die Kontaktmatte 2 zu diesem Zweck aus zwei Mattenteilen, zwischen denen die optische Faser 1 verlegt ist. Diese Ausbildung ist einfach herzustellen und mit geringen Kosten verbunden. Periodische Druckpunkte an der optischen Faser können auch durch eine entsprechende Lage, beispielsweise eine gitterförmige Lage, gebildet sein, auf der die optische Faser z.B. durch Aufnähen angeordnet ist. Jede Druckpunkte erzeugende Lage ist geeignet. Eine derartige Lage kann wiederum zwischen zwei planen Matten angeordnet werden.

Die in den Figuren 1a und 1b dargestellte Anordnung ist zwischen einer Lichtquelle beispielsweise einer Leuchtdiode oder einer Laserdiode und einem Lichtdetektor angeordnet, so daß das von der Lichtquelle ausgesandte Licht beispielsweise in Form von Lichtimpulsen durch die optische Faser 1 hindurchgeht und vom Lichtdetektor am Ausgang der optischen Faser 1 erfaßt wird. Die Ausgangssignale des Lichtdetektors liegen an einer Auswerteeinrichtung.

Zur Linearisierung der Kennlinie Signalspannung-Gewichtsbelastung kann die Oberseite einer der Matten aus einem gummiartigen Material mit einer Vielzahl von kleinen Platten zur Druckübertragung auf die optische Faser belegt sein, wobei jede Platte das auf ihr lastende Teilgewicht auf eine Strecke der Faser verteilt, deren Länge durch die Plattengröße bestimmt ist. Je kleiner daher die Plattenfläche ist, umso geringer ist bei gleicher Gewichtsbelastung die vom Lichtdetektor gelieferte Signalspannung, da diese Belastung auf eine kürzere Faserstrecke einwirkt. Setzt sich die Gesamtgewichtsbelastung G aus einzelnen Teilgewichten  $G_i$  zusammen, wie es z.B. bei einer Belastung durch mehrere Personen der Fall ist, dann ist die durch ein Teilgewicht entstehende Signalspannung bei der Plattenanordnung geringer, als wenn dieses Teilgewicht auf der gesamten Mattenfläche lasten würde. Das führt zu einer vorteilhaften Linearisierung und Verlängerung der Kennlinie Signalspannung-Belastung.

Die optische Faser 1 ist eine Multimodenfaser mit Stufenprofil, d.h. eine optische Faser, deren Brechungsindex sich zwischen Kern und Mantel stufenartig ändert, im Unterschied zu einer optischen Faser mit Gradientenprofil, die bei bekannten Druckkrafterfassungsvorrichtungen üblicherweise verwandt wird und bei der sich der Brechungsindex kontinuierlich ändert. Das hat den Vorteil, daß bei der Ausbildung der periodischen Strukturierung, d.h. bei dem in Fig. 1a und 1b dargestellten Wellenprofil 3, 4 größere Toleranzen zulässig sind, da es für die Empfindlichkeit keine scharf ausgeprägte Resonanz gibt, die nur bei genauer Einhaltung einer bestimmten Periodenlänge erreichbar ist, wie es bei der Verwendung einer Multimodenfaser mit Gradientenprofil der Fall ist.

Das läßt sich in der folgenden Weise zeigen:

Durch die periodische Krümmung des Lichtwellenleiters, d.h. der optischen Faser 1, kommt es zu einer Leistungskopplung, nämlich der Modenkopplung zwischen benachbarten Moden. Dieser Effekt ist besonders ausgeprägt, wenn bei einer mechanischen Periodenlänge  $l_p$  der die Krümmung der optischen Faser 1 bewirkenden Struktur 3 oder 3, 4 zwischen benachbarten Moden mit der Ordnungszahl  $m$  und  $m+1$  für die Phasendifferenz folgendes gilt:

$$\Delta\phi = \beta_{m+1} l_p - \beta_m l_p = 2\pi \quad (1)$$

wobei  $\beta_m$  die Phasenkonstante für die Mode mit der Ordnungszahl  $m$  ist.

Bei einer optischen Faser mit Stufenprofil ergibt sich nach Gleichung (1):

$$\Delta\beta = \beta_{m+1} - \beta_m = \frac{2\sqrt{\Delta}}{a} \frac{m}{M} \quad (2)$$

wobei  $\Delta$  die relative Brechzahldifferenz,  $a$  den Kernradius und  $M$  die Gesamtzahl aller Moden bezeichnet.  
Bei einer Faser mit Gradientenprofil ergibt sich demgegenüber:

$$\Delta\beta = \frac{\sqrt{2\Delta}}{a} \quad (3)$$

Aus den Gleichungen (2) und (3) ist ersichtlich, daß bei einer Faser mit Stufenprofil die Phasendifferenz und damit die Modenkopplung von der Modenzahl  $m$  abhängig ist, während sie bei einer Faser mit Gradientenprofil davon unabhängig ist. Das bedeutet, daß es bei einer Faser mit Gradientenprofil nur eine einzige Periodenlänge  $l_p$  gibt, für die die maximale Modenkopplung auftritt. Dafür gilt:

$$l_p = \frac{2a\pi}{\sqrt{2\Delta}} \quad (4)$$

Somit ergibt sich in der Empfindlichkeit bei einer Faser mit Gradientenprofil eine scharf ausgeprägte Resonanz, die genau eingehalten werden sollte, was hinsichtlich der Kosten bei der Herstellung der periodischen Struktur 3,4 mit Problemen verbunden ist.

Bei einer Faser mit Stufenprofil ergibt sich aus den Gleichungen (1) und (2) nach Einführung der Numerischen Apertur der Faser  $A_n = n\sqrt{2\Delta}$ , daß die Kopplung benachbarter Moden eintritt für:

$$l_p = \frac{\sqrt{2} a \pi n}{A_n} \frac{M}{m} \quad (5)$$

Gleichung (5) zeigt, daß bei einer vollständigen Modenkopplung für jede Mode  $m$  eine andere Periodenlänge  $l_p$  erforderlich ist, die umso größer ist, je niedriger die Ordnungszahl der betreffenden Mode ist.

Vorzugsweise wird die Periodenlänge  $l_p$  bei Verwendung einer optischen Faser mit Stufenprofil so gewählt, daß  $M/m$  etwa gleich 2 ist, so daß die Modenkopplung hauptsächlich bei Moden niedriger Ordnungszahl auftritt, da auch in der Nachbarschaft der Mode  $m=M/2$  eine teilweise Kopplung vorhanden ist. Wenn beispielsweise eine optische Faser mit Stufenprofil verwandt wird, bei der  $a=0,1\text{mm}$ ,  $A_n=0,3$  und der Brechungsindex des Faserkernes  $n=1,5$  ist, dann ergibt sich eine Periodenlänge  $l_p$  nach Gleichung (5) von etwa 5 mm.

Als optische Fasern mit Stufenprofil können handelsübliche unter der Bezeichnung HCS (Hard Cladding Silica) bekannte Fasern verwandt werden, die neben den erforderlichen optischen Eigenschaften auch die notwendigen mechanischen Eigenschaften zur Verwendung in der Kontaktmatte besitzen. Die o.a. Periodenlänge  $l_p$  der Profile 3,4 ist weiterhin bei handelsüblichen, kostengünstigen Gummiprofilmaten erhältlich, die ohne weiteres eingesetzt werden können, da keine hohen Anforderungen an eine genau einzuhaltende Periodenlänge gegeben sind, wie es bei Verwendung von Fasern mit Gradientenprofil der Fall wäre. Die Ausbildung ist daher insgesamt kostengünstig.

Im folgenden wird die Arbeitsweise der oben beschriebenen Druckkrafterfassungsvorrichtung im einzelnen erläutert:

Wenn die Lichtquelle, beispielsweise eine Laserdiode, einen Lichtimpuls an den Lichtwellenleiter, nämlich die optische Faser 1 abgibt, dann wandert dieser Lichtimpuls durch die optische Faser 1 bis zum Ausgang der optischen Faser 1, an dem als Lichtdetektor beispielsweise eine Photodiode angebracht ist.

5 Das aus der optischen Faser 1 austretende Licht hat eine Fernfeldverteilung  $P(\gamma)$ , die in Fig. 2 dargestellt ist. Die Darstellung von Fig. 2 bezieht sich auf einen bestimmten Belastungszustand der Kontaktmatte, d.h. der optischen Faser, der beispielsweise der unbelastete Zustand sein kann. Wenn aufgrund einer zunehmenden Belastung, d.h. einer zunehmenden Druckkraft an der Kontaktmatte eine Krümmung der optischen Faser 1 bewirkt wird, dann tritt die oben beschriebene Modenkopplung auf, die dazu führt, daß sich die Fernfeldverteilung  $P(\gamma)$  so ändert, wie es in Fig. 2b dargestellt ist. Fig. 2b zeigt, daß sich das Feld bei gleichzeitiger Abnahme seines Maximalwertes verbreitert hat, wobei jedoch die Gesamtleistung aller Moden konstant bleibt.

Eine Auswertung des gesamten Modenfeldes, beispielsweise eine Differenzbildung zwischen den vom Lichtdetektor empfangenen Lichtleistungen gemäß Fig. 2a und Fig. 2b, würde daher zu keinem Unterschied führen, so daß auch keine Unterscheidung zwischen einer Belastung und einer Entlastung der optischen Faser möglich wäre.

15 Ein Unterschied ergibt sich jedoch dann, wenn nur das Strahlungsfeld in der Umgebung des Maximums, d.h. das Strahlungsfeld der Moden mit niedriger Ordnungszahl ausgewertet wird. Die dann erfaßte Teilleistung zeigt in Abhängigkeit vom Belastungszustand erhebliche Änderungen und umfaßt 40 % bis 80 %, vorzugsweise etwa 60 % der Moden. Der Erfassungsbereich kann bei etwa 20 % der Moden des Gesamtstrahlungsfeldes beginnen.

20 Fig. 3 zeigt die Differenz der vom Lichtdetektor, d.h. der Photodiode empfangenen Leistung bei Belastung und Entlastung der optischen Faser 1 in Abhängigkeit von einem Winkel  $\gamma_0$ , der durch die vom Abstand  $d$  der Photodiode vom Ende der optischen Faser 1 bestimmte Apertur gegeben ist. Aus Fig. 4 ergibt sich dazu:

$$25 \quad \tan \gamma_0 = \frac{D}{2d} \quad (6)$$

30 Wie es in Fig. 3 dargestellt ist, ist die Photodiode 5 so ausgebildet und angeordnet, daß sie einen Öffnungswinkel  $2\gamma_0$  abdeckt, der die Moden niedriger Ordnungszahl einschließt. Das kann durch eine entsprechende Einstellung des Abstandes  $d$  zum Faserende sowie eine entsprechende Wahl der Breite  $D$  der Photodiode 5 erreicht werden.

Da es gemäß Fig. 3 für die erfaßte Änderung in der Lichtleistung ein Maximum gibt, das bei einem Halbwertsöffnungswinkel zwischen  $12^\circ$  und  $18^\circ$  insbesondere bei  $15^\circ$  liegt, gibt es bei gegebener Breite der Photodiode 5 auch einen optimalen Abstand  $d$ , wie es in Fig. 5 dargestellt ist. Durch die entsprechende Anordnung der Photodiode 5 in der in Fig. 5 dargestellten optimalen Position wird die maximale Empfindlichkeit hinsichtlich der Druckkrafteinwirkung auf die optische Faser 1 erhalten.

Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel mit HCS-Fasern gemäß Fig. 3 liegt der halbe Öffnungswinkel  $\gamma_0$  bei etwa  $15^\circ$ , woraus sich bei einem Durchmesser  $D$  der Photodiode 5 von  $D=1\text{mm}$  ein optimaler Abstand zum Faserende nach Gleichung (6) von  $d=2\text{mm}$  ergibt.

40 Allgemein läßt sich sagen, daß die Apertur der Empfangseinrichtung von der Numerischen Apertur  $A_N$  des Lichtwellenleitersystems abhängig ist. Der optimale Wert ergibt sich dann, wenn gemäß Fig. 4 gilt:

$$\gamma_0 \sim \arcsin A_N$$

45 Daraus ergibt sich für den optimalen Abstand der Photodiode 5 vom Ende der optischen Faser 1:

$$50 \quad d \sim \frac{D}{2 A_N}$$

Eine ausreichende Empfindlichkeit der Anordnung wird dann erhalten, wenn  $\gamma_0$  etwa im Bereich von 0,8 bis 1,2 arc sin  $A_N$ , d.h. entsprechend im Abstandsbereich

$$d \sim \frac{D/2}{0,8 \text{ bis } 1,2 A_N}$$

liegt.

Dann ist z.B. bei  $A_N = 0,25$  mm und  $D = 1$  mm  $\gamma_0 \sim 12^\circ$  bis  $18^\circ$  und  $d \sim 1,7$  bis 2,5 mm.

Die Verwendung einer Laserdiode als Lichtquelle mit der entsprechend schmalen Strahlungscharakteristik ist insbesondere bevorzugt, da dabei nur Moden relativ niedriger Ordnungszahl angeregt werden, wodurch die Strahlungsleistung im Fernfeld auf einen schmalen Winkelbereich konzentriert wird. Dadurch vergrößert sich der Unterschied in der Verteilung des Fernfeldes bei Be- und Entlastung und wird die Empfindlichkeit der Vorrichtung weiter erhöht.

Die periodische Krümmung der optischen Faser 1 bei einer Belastung, d.h. einer an der Kontaktmatte 2 liegenden Kraft kann auch dadurch erzielt werden, daß die optische Faser 1 in der Kontaktmatte 2 so verlegt ist, daß sie sich an periodisch beabstandeten Stellen kreuzt, wie es in Fig. 6 dargestellt ist. In diesem Fall wird die an der Kontaktmatte 2 liegende Belastung an den Kreuzungspunkten von einem sich kreuzenden Faserteil auf das andere Faserteil übertragen, wodurch dieses in der gewünschten Weise gekrümmt wird. Die Kontaktmatte 2 selbst kann in diesem Fall unprofilert sein.

Die oben beschriebenen Druckkrafterfassungsvorrichtungen können nicht nur dazu benutzt werden, das Betreten der Kontaktmatte durch eine Person zu signalisieren, es ist gleichfalls möglich, durch einen entsprechenden Abgleich der Auswerteeinrichtung in einem belasteten Zustand das Abnehmen einer Druckkraftbelastung, beispielsweise das Entfernen eines Gegenstandes von der Kontaktmatte, zu erfassen und ein entsprechendes Ausgangssignal zu liefern. Die Druckkrafterfassungsvorrichtung kann auch in Museen und Galerien an den Wänden angeordnet werden, an denen Gemälde aufgehängt sind, so daß die Abnahme eines Gemäldes und damit die Abnahme des sonst anliegenden Druckes ein entsprechendes Ausgangssignal, beispielsweise ein Alarmsignal, auslöst. Die Empfindlichkeit ist derart, daß bereits Druckkraftänderungen von etwa 1 g pro 1 m Faserlänge erfassbar sind. Somit eignet sich eine derartige Vorrichtung als Diebstahlsschutz, Objektschutz und ähnliches. Sie kann aber auch zur Bestimmung des Gewichtes eines Gegenstandes verwandt werden, der auf der Kontaktmatte angeordnet wird.

### Patentansprüche

#### 1. Optische Druckkrafterfassungsvorrichtung mit

- einem Multimoden-Lichtwellenleiter, der an einer periodische Druckpunkte bildenden Lage angeordnet ist, an der die Druckkraft liegt, und der durch die an der Lage liegenden Druckkraft periodisch gekrümmt wird,
- einer Lichtquelle und einem Lichtdetektor, zwischen denen der Lichtwellenleiter angeordnet ist, und
- einer Auswerteeinrichtung, die die in Abhängigkeit von der Druckkraft variierenden Ausgangssignale des Lichtdetektors auswertet, dadurch gekennzeichnet, daß
- der Lichtdetektor (5) einen Öffnungswinkel am Ausgang des Lichtwellenleiters (1) abdeckt, der den Teil des Strahlungsfeldes der Moden mit niedriger Ordnungszahl einschließt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Teil des Strahlungsfeldes, den der Lichtdetektor (5) abdeckt, 40 % bis 80 % der Moden des Gesamtstrahlungsfeldes umfaßt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Teil des Strahlungsfeldes, den der Lichtdetektor (5) abdeckt, 60 % der Moden des Gesamtstrahlungsfeldes umfaßt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Teil des Strahlungsfeldes, den der Lichtdetektor (5) abdeckt, bei etwa 20 % des Gesamtstrahlungsfeldes beginnt.

5. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der halbe Öffnungswinkel ( $\gamma_0$ ) des Lichtdetektors (5) zwischen etwa 0,8 und 1,2 arc sin  $A_N$  liegt, wobei  $A_N$  die Numerische Apertur des Lichtwellenleiters ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der halbe Öffnungswinkel ( $\gamma_0$ ) des Lichtdetektors (5) zwischen etwa  $12^\circ$  und etwa  $18^\circ$  liegt.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der halbe Öffnungswinkel ( $\gamma_0$ ) bei  $15^\circ$  liegt.
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktmatte (2) innen an wenigstens einer Seite des Lichtwellenleiters (1) in Druckkraftrichtung in Längsrichtung des Lichtwellenleiters (1) eine periodische Struktur (3,4) aufweist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtwellenleiter (1) eine Lichtfaser mit Stufenprofil seines Brechungsindex ist und die Periodenlänge der periodischen Struktur so gewählt ist, daß eine Modenkopplung im Bereich der Moden mit niedriger Ordnungszahl auftritt.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Periodenlänge so gewählt ist, daß eine Modenkopplung im Bereich der Moden  $m=M/2$  auftritt, wobei M die Gesamtanzahl der Moden bezeichnet.
11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle eine Laserdiode mit schmaler Strahlungscharakteristik ist.
12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die periodische, Druckpunkte bildende Lage gitterförmig ausgebildet ist und der Lichtwellenleiter auf die gitterförmige Lage aufgenäht ist.
13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, daß die Seite der Lage, an der die Druckkraft liegt, mit einer Vielzahl von kleinen Platten zur Druckübertragung belegt ist.

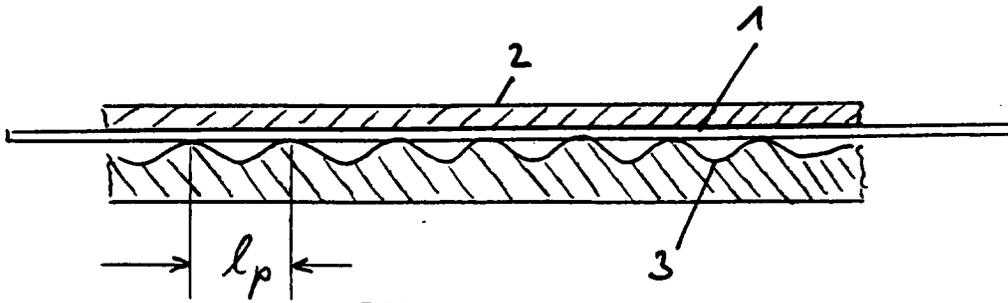


Fig. 1 a

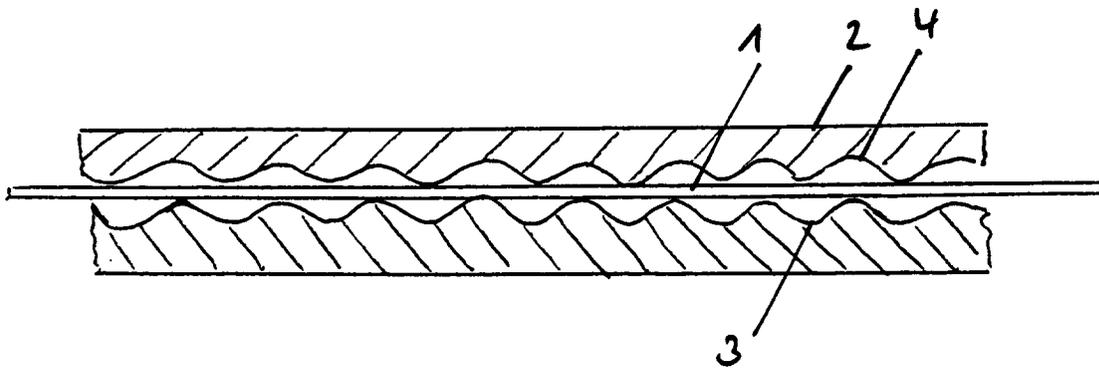


Fig. 1 b

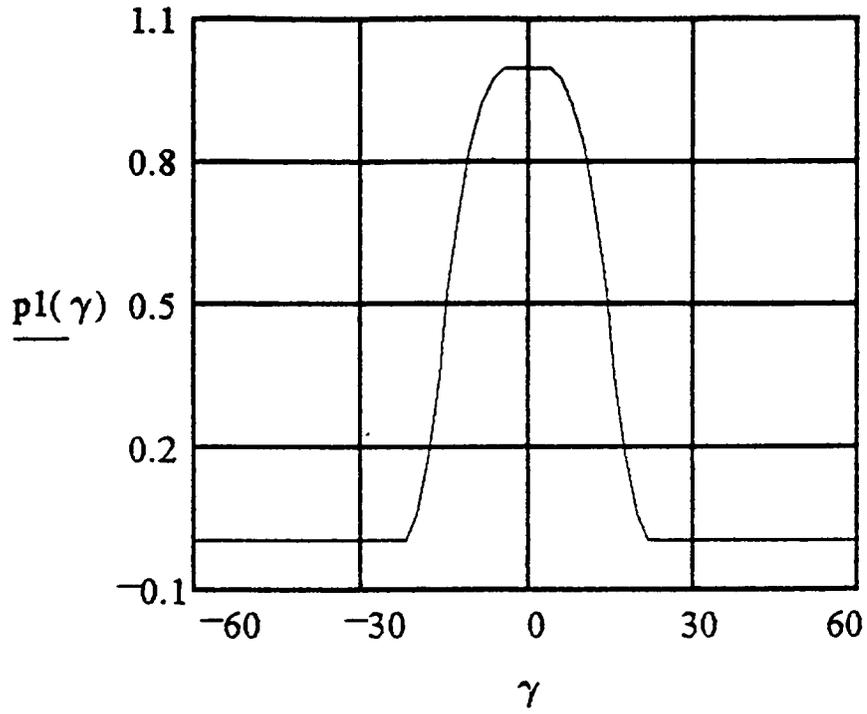


Fig. 2a

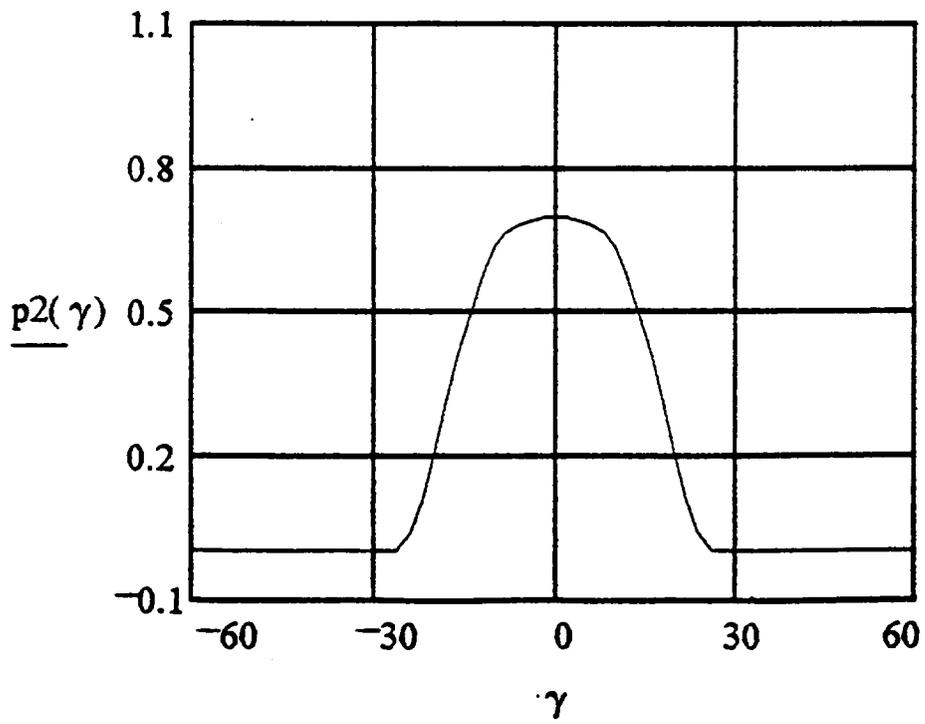


Fig. 2b

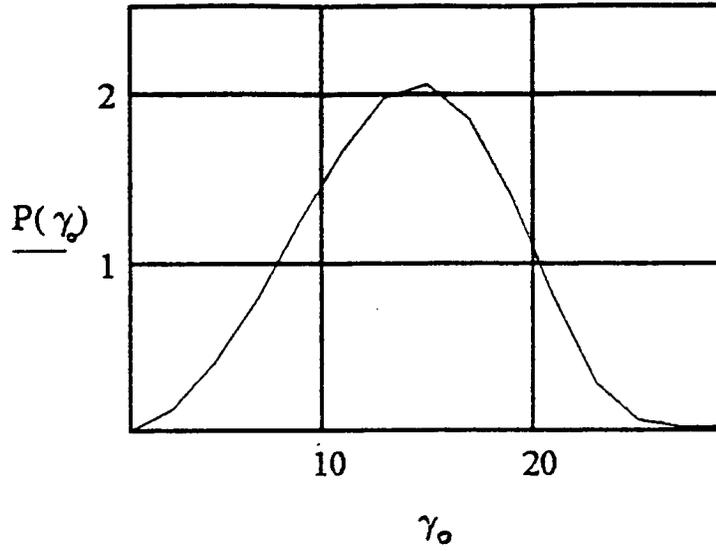


Fig. 3

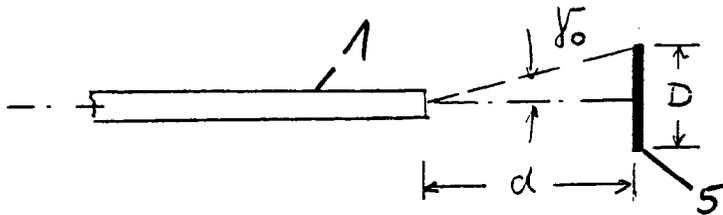


Fig. 4

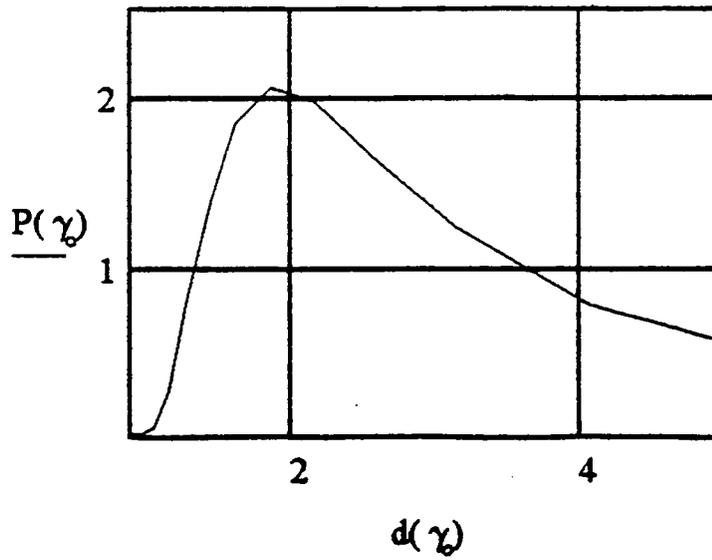
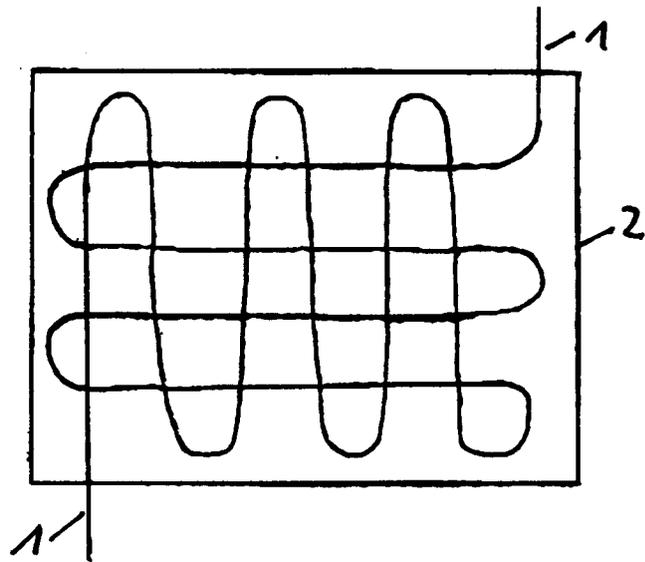


Fig. 5

Fig. 6





Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 95 11 2610

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
Y	FR-A-2 673 284 (SOCIETE INDUSTRIELLE DE LIAISONS ELECTRIQUES SILEC) * Seite 2, Zeile 2 - Zeile 28; Abbildung 1 * * Seite 4, Zeile 1 - Zeile 12 * ---	1	G08B13/10
Y	EP-A-0 245 091 (THOMAS & BETTS CORP.) * Seite 7, Zeile 21 - Seite 8, Zeile 12; Abbildungen 6,7 * * Seite 15, Zeile 5 - Zeile 34 * ---	1	
Y,D	IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, Bd.QE-18, Nr.4, April 1982 Seiten 626 - 665 T. G. GIALLORENZI ET AL 'Optical fiber sensor technology' * Seite 644 - Seite 645 * ---	8	
D	DE-U-91 11 359 (P. FASSHAUER)	8	
Y	* Ansprüche 3,4; Abbildung 2 *		
A	* Anspruch 5 * ---	11	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
A	DE-A-32 47 574 (SIEMENS) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * ---	12	G08B G01D
A	DE-A-33 22 046 (MESSERSCHMITT-BÖLKOW-BLOHM) * Seite 4, Zeile 14 - Zeile 32; Abbildungen 1,2 * ---		
A	EP-A-0 539 275 (THE STATE OF ISRAEL, MINISTRY OF DEFENCE) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * -----		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
BERLIN	30. Oktober 1995	Breusing, J	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet		E : älteres Patendokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie		D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	
A : technologischer Hintergrund		L : aus andern Gründen angeführtes Dokument	
O : mündliche Offenbarung		.....	
P : Zwischenliteratur		& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)