



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 34 267 T2** 2006.06.14

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 822 430 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 34 267.0**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 113 008.3**

(96) Europäischer Anmeldetag: **29.07.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **04.02.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **28.09.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **14.06.2006**

(51) Int Cl.⁸: **G02B 6/42 (2006.01)**

G02B 6/12 (2006.01)

B28D 5/02 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

20227596 31.07.1996 JP

4360697 27.02.1997 JP

(73) Patentinhaber:

**Nippon Telegraph and Telephone Corp.,
Tokio/Tokyo, JP**

(74) Vertreter:

TBK-Patent, 80336 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, SE

(72) Erfinder:

**Yoshimura, Ryoko, Hitachinaka-shi, Ibaraki, JP;
Hikita, Makoto, Mito-shi, Ibaraki, JP; Tomaru,
Satoru, Mito-shi, Ibaraki, JP; Imamura, Saburo,
Mito-shi, Ibaraki, JP; Usui, Mitsuo, Tokyo, JP;
Katsura, Kosuke, Hachioji-shi, Tokyo, JP**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines optischen Ablenkens**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine optische Ablenkvorrichtung, die eine optische Wellenführung mit einem Ablenkmechanismus zur Verwendung bei der optischen Kommunikation, Messung, Informationsverarbeitung, etc. umfasst.

[0002] Optische Wellenführungen mit einem derartigen Ablenkmechanismus beinhalten eine planare optische Wellenführung und eine Faser-optische Wellenführung. Wenn der Ausdruck "optische Wellenführung" einfach in der folgenden Beschreibung der vorliegenden Erfindung verwendet wird, soll dieser sowohl eine planare optische Wellenführung als auch eine Faser-optische Wellenführung umfassen. In anderen Fällen, wo eine spezifische Erwähnung notwendig ist, wird eine Art als "planare optische Wellenführung" bezeichnet, während eine andere Art als eine "Faser-optische Wellenführung" oder eine "optische Faser" bezeichnet wird.

[0003] Ein 45-Grad undurchsichtiger Endflächenspiegel, der ausgebildet wurde, indem eine planare optische Wellenführung oder eine Faser-optische Wellenführung mit einer 45-Grad undurchsichtigen Endfläche bereitgestellt wurde, kann eine kompakte 90-Grad Ablenkung bewirken. Demgemäß wird erwartet, dass eine optische Ablenkvorrichtung, die eine planare optische Wellenführung umfasst, die mit dem vorstehend erwähnten Spiegel und einer optischen Ablenkvorrichtung, die eine Faser-optische Wellenführung umfasst, die mit dem vorstehend erwähnten Spiegel ausgestattet ist, ausgestattet ist, effektive Elemente z.B. beim Bereitstellen eines hohen Niveaus von Integration eines optischen Moduls sind und die Zusammenbaukosten verringern.

[0004] In letzter Zeit sind aktive Untersuchungen und Entwicklungen bezüglich optischer Transmitter und Receiver mit einer Struktur gemacht worden, wobei oberflächenangeordnete emittierende (oberflächenempfindliche) optische Vorrichtungen mit optischen Wellenführungen gekoppelt sind, die in horizontalen Richtungen, relativ zu der emittierenden (empfindlichen) Oberfläche dieser Oberflächen emittierenden (empfindlichen) optischen Vorrichtungen mittels von 45-Grad undurchsichtigen Endflächenspiegeln angeordnet sind, die an Enden der optischen Wellenführungen ausgebildet sind, um einen kompakten und kostengünstigen parallelen optischen Transmitter und Receiver herzustellen.

[0005] Berichtete Technologien zum Ausbilden eines 45-Grad undurchsichtigen Endflächenspiegels bei einem Ende einer planaren optischen Wellenführung beinhalten (1) ein Verfahren, wobei ein Endteil davon mechanisch undurchsichtig mit einem Mikrotom abgeschnitten wird (siehe B. L. Booth, "Polymere für integrierte optische Wellenführungen", in Polymere für elektronische und fotonische Anwendungen, C. P. Wong, Ed. New York: Academic, 1993, S. 549–599), (2) ein Verfahren, wobei derartige undurchsichtige Endflächenspiegel durch reaktives Ionenätzen ausgebildet wird [siehe H. Takahara et al., Proc. of SPIE, Band 1849, 70–78 (1993)], (3) ein Laserverfahren, und (4) ein Verfahren, wobei ein 45-Grad-Schnitt mit einer dünnen rotierenden Klinge durchgeführt wird [siehe Osamu Mikami et al., "Hikari Jisso Gijutu no Tenbo (ein Review der optischen Verpackungstechnologie)," Shingaku Giho (Shingaku Bulletin), OPE95-47 (1995-08)].

[0006] [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) sind Diagramme, die das Verfahren (1) veranschaulichen, in dem ein Endteil einer planaren optischen Wellenführung mechanisch in undurchsichtiger Weise mit einem Microtom abgeschnitten wird. In [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) bezieht sich Bezugszeichen **201** auf einen Wellenführungsfilm, **202** auf eine Klinge, **203** auf Wellenführungsfilme mit jeweils undurchsichtigen Endflächenspiegeln, die an deren Enden ausgebildet sind, indem mit der Klinge **202** weggeschnitten wird. Gemäß dem in [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) gezeigten Verfahren wird der Wellenführungsfilm **201**, der durchsichtig fixiert ist, um 45-Grad relativ zu der Abschneiderichtung mit der Klinge **202** abgeschnitten, um undurchsichtige Mikrospiegel (Flächenspiegel) auszubilden. Dieses Verfahren (1) ist einfach, aber beinhaltet Probleme, wie etwa (1-i) deren Nichtanwendbarkeit auf eine optische Wellenführung, die aus einem Streifenmaterial, wie etwa Glas, ausgebildet ist und auf eine optische Wellenführung, die auf einem steifen Substrat, wie etwa ein Silizium- oder Glassubstrat, geträgert ist, (1-ii) eine Nichtanwendbarkeit der Ausbildung von undurchsichtigen Endflächenspiegeln nur für einige der optischen Wellenführungen, die parallel zueinander in ein und derselben Probe ausgebildet sind, obwohl für alle der optischen Wellenführungen möglich, (1-iii) eine Schwierigkeit beim hoch genauen Positionieren einer Stelle, wo ein undurchsichtiger Endflächenspiegel ausgebildet wird, und (1-iv) eine geringfügige Zunahme des Reflexionsverlustes wegen einer begrenzten Glattheit von abgeschnittenen Oberflächen.

[0007] Andererseits beinhaltet das Verfahren (2), in dem ein undurchsichtiger Endflächenspiegel durch reaktives Ionenätzen ausgebildet wird, Probleme, wie etwa (2-i) ein komplizierter und zeitverbrauchender Schritt, (2-ii) eine Schwierigkeit beim Bestimmen von Ätzbedingungen und eine Schwierigkeit beim Ausbilden eines undurchsichtigen Endflächenspiegels mit einer guten Genauigkeit des Winkels von dessen Steigung.

[0008] Andererseits beinhaltet das Laserabtragungsverfahren (3) Probleme, wie etwa (3-i) teure Ausrüstung und zeitverbrauchende Spiegelbildung und (3-ii) eine Schwierigkeit beim Bestimmen von Ätzbedingungen und eine Notwendigkeit von großen Änderungen der Spiegelausbildungsausrüstung und Bedingungen für jedes Material.

[0009] [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) sind Diagramme, die das Verfahren (4) veranschaulichen, wobei ein 45-Grad-Schnitt in einer planaren optischen Wellenführung mit einer rotierenden Klinge ausgeführt wird, um undurchsichtige Endflächenspiegel auszubilden. In [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) bezieht sich Bezugszeichen **204** auf ein Substrat, **205** auf eine untere Umhüllungsschicht, **206** auf einen Kern, **207** auf eine obere Umhüllungsschicht, **208** auf eine rotierende Klinge und **209** auf einen 45-Grad-Schnitt. Gemäß diesem Verfahren wird eine Probe fixiert, um die optische Achse der planaren optischen Wellenführung bei einem Winkel von 45-Grad mit der rotierenden Klinge zu besitzen, und dann mit der rotierenden Klinge **208** bei einem Winkel von 45-Grad geschnitten, um den 45-Grad-Schnitt **209** in einer Wellenführung auszubilden, die aus einem Kern und einer Umhüllung besteht. Dieses Verfahren (4), obwohl es vorteilhaft dadurch ist, dass eine Spiegelebene mit herausragender Glattheit ausgebildet werden kann, indem eine geeignete Klinge ausgewählt wird, beinhaltet Probleme, wie etwa (4-i) wie etwa eine Schwierigkeit beim Fixieren einer Probe, so dass eine besonders spezifizierte Ausrüstung benötigt wird, (4-ii) eine Schwierigkeit beim Steuern des Winkels, und (4-iii) eine Schwierigkeit beim Abglätten der undurchsichtigen Endflächen durch sekundäres Bearbeiten oder Verarbeiten, da die undurchsichtigen Endflächen in einer schmalen Schnittgrube ausgebildet werden.

[0010] Andererseits wurde üblicherweise ein Verfahren (5) angewendet, in dem eine Endfläche einer optischen Faser in undurchsichtiger Weise unter Verwendung einer Poliermaschine poliert wird [siehe K. P. Jackson et al., Proc. of SPIE, Band 994, 40–47 (1988)], um einen 45-Grad undurchsichtigen Endflächenspiegel an einem Ende einer optischen Faser auszubilden. Dieses Verfahren, obwohl es weithin wegen dessen Fähigkeit zum Erhalten einer glatten optischen Spiegelebene verwendet wird, beinhaltet Probleme, wie etwa (5-i) eine Schwierigkeit beim Sicherstellen einer Genauigkeit einer Position, wo ein undurchsichtiger Endflächenspiegel ausgebildet wird, (5-ii) eine Schwierigkeit beim genauen Steuern des Winkels der Steigung einer Spiegelebene, (5-iii) eine Schwierigkeit beim Polieren einer Anzahl von Proben auf einmal und eine niedrige Produktivität wegen der Notwendigkeit einer langen Polierzeit und (5-iv) eine methodisch unzureichende Fähigkeit der lokalisierten Spiegelbildung in der Mitte von optischen Wegen eines Faserblattes oder eines Faserboards mit in dem Blatt oder Board mit einem Harz eingebetteten optischen Fasern.

[0011] Währenddessen ist in einem Oberflächen emittierenden Laser zur gewöhnlichen Verwendung in einem optischen Transmitter und Receivermodul, das aufgebaut ist, um kostengünstig zu sein, eine Oszillationswellenlänge in einem 0,85 μm Band. So ist es wichtig, dass ein Wellenführungsmaterial einen geringen Verlust in diesem Wellenlängenband beinhaltet. Zum Beispiel beinhaltet ein Polyimid, das als ein wärmebeständiges Polymermaterial bekannt ist, eine Elektronenübergangsabsorption, die von dem ultravioletten Bereich zu dem sichtbaren Lichtbereich reicht, mit einem hohen Verlust von ungefähr 1 dB/cm in dem 0,85 μm Band. Demgemäß ist eine optische Wellenführung aus einem herkömmlichen Material zur Verwendung als eine optische Wellenführung, die einen optischen Ablenker zusammensetzt, ungeeignet.

[0012] Wie vorstehend beschrieben, sind herkömmliche optische Ablenker, die einen optischen Weg von einem planaren optischen Wellenleiter-Typ umfassen, im Hinblick auf das Verfahren zur Ausbildung eines undurchsichtigen Endflächenspiegels problematisch. Insbesondere das Verfahren (1), in dem undurchsichtige Endflächenspiegel durch ein Abschneideverfahren gebildet werden, beinhaltet Probleme, wie etwa (1-i) dessen Nichtanwendbarkeit auf eine optische Wellenführung, die unter Verwendung eines steifen Materials gebildet wird, oder auf einem steifen Substrat geträgert wird, (1-ii) eine Nichtanwendbarkeit zum Ausbilden von undurchsichtigen Endflächenspiegeln nur auf einige von optischen Wellenführungen, die parallel miteinander in ein und derselben Probe gebildet sind, (1-iii) eine Schwierigkeit beim Sicherstellen der Genauigkeit einer Position, wo undurchsichtige Endflächenspiegel gebildet werden, und (1-iv) ein geringfügig hoher Reflexionsverlust, der der Rauigkeit der abgeschnittenen Oberflächen zuschreibbar ist.

[0013] Andererseits beinhaltet das Verfahren (2), in dem ein undurchsichtiger Endflächenspiegel durch reaktives Ionenätzen gebildet wird, Probleme, wie etwa (2-i) ein komplizierter und zeitverbrauchender Schritt, (2-ii) eine Schwierigkeit beim Bestimmen von Bedingungen und eine Schwierigkeit beim Einstellen des Steigungswinkels eines undurchsichtigen Endflächenspiegels in genauer Übereinstimmung mit dem gewünschten Winkel.

[0014] Andererseits beinhaltet das Laserabtragungsverfahren (3) Probleme, wie etwa (3-i) teure Ausrüstung und zeitverbrauchende Spiegelbildung, und (3-ii) eine Schwierigkeit beim Bestimmen von Ätzbedingungen und

eine Notwendigkeit von großen Abweichungen der Spiegelbildungsausrüstung und Bedingungen für jedes Material.

[0015] Andererseits beinhaltet das Verfahren (4), in dem ein 45-Grad-Schnitt in einer planaren optischen Wellenführung mit einer rotierenden Klinge ausgeführt wird, um undurchsichtige Endflächenspiegel auszubilden, Probleme, wie etwa (4-i) eine derartige Schwierigkeit beim Fixieren einer Probe, so dass eine besonders spezifizierte Ausrüstung benötigt wird, (4-ii) eine Schwierigkeit beim Steuern des Winkels, und (4-iii) eine Schwierigkeit beim Abglätten der undurchsichtigen Endflächen durch sekundäres Bearbeiten oder Verarbeiten, da die undurchsichtigen Endflächen in einer schmal geschnittenen Probe gebildet werden.

[0016] Andererseits wird in einem herkömmlichen optischen Ablenker, der eine optische Faserart umfasst, ein undurchsichtiger Endflächenspiegel durch Undurchsichtigpolieren ausgebildet, aber das Undurchsichtig-Poliervorgang (5) beinhaltet Probleme, wie etwa (5-i) eine Schwierigkeit beim Sicherstellen einer Genauigkeit einer Position, wo ein undurchsichtiger Endflächenspiegel gebildet wird, (5-ii) eine Schwierigkeit beim genauen Einstellen des Steigungswinkels einer Spiegelebene, (5-iii) eine Schwierigkeit beim Polieren einer Anzahl von Proben auf einmal und eine niedrige Produktivität wegen der Notwendigkeit, eine lange Zeit zu polieren, und (5-iv) eine methodische Unzulänglichkeit der lokalisierten Spiegelbildung in der Mitte von optischen Wegen eines Faserblattes oder eines Faserboards mit in dem Blatt oder Board mit einem Harz eingebetteten optischen Fasern.

[0017] DE-A-4402166 offenbart ein Modul zur bidirektionalen optischen Signalübertragung, in dem Licht zur Signalübertragung, das durch eine optische Faser durch eine reflektierende Fläche, die in einen Teil der optischen Faser eingeschoben ist, entkoppelt wird. Die Vertiefung wird z.B. durch Formen, Schneiden, Schleifen und vorzugsweise durch Bohren mit einem Werkzeug, das linear senkrecht zu der Zugebene geführt wird, hergestellt.

[0018] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die angesichts der vorhergehenden Umstände gemacht worden ist, ist es, ein Verfahren zur einfachen und genauen Ausbildung einer undurchsichtigen Endfläche (Mikrospiegel) mit einem gewünschten Steigungswinkel bei einer gewünschten Position einer planaren optischen Wellenführung oder einer optischen Faser, die ein optisches Element zusammensetzt, auszubilden, was zu einem optischen Ablenker mit einer besonderen Form führt, die aus dem vorstehend erwähnten Verfahren resultiert und eine Fähigkeit des Sicherstellens von Funktion und Defekt bewirkt, welche nicht durch herkömmliche optische Lenker sichergestellt werden kann, aufgrund dieser Form.

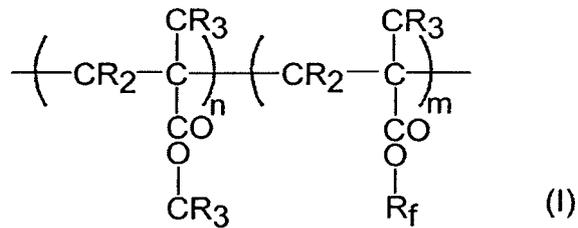
[0019] Eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung eines optischen Ableiters bereitzustellen, der unter Verwendung eines Materials gebildet wird, das einen kleinen Wanderungsverlust in einem 0,85 μm Band, einem 1,3 μm Band und einem 1,55 μm Band zur Verwendung auf den Gebieten der optischen Verbindung und optischen Kommunikation beinhaltet.

[0020] Um die vorstehenden Aufgaben zu erreichen, stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines optischen Ablenkens bereit, der eine optische Wellenführung umfasst, die mit einer ablenkenden undurchsichtigen Endfläche ausgestattet ist, die einen gewünschten Steigungswinkel besitzt, und eine Funktion des Ablenkens eines optischen Weges von Licht besitzt, das durch die optische Wellenführung wandert, um das Austreten des Lichts aus der Ebene der optischen Wellenführung zu bewirken oder einen optischen Weg von Licht abzulenken, das auf die optische Wellenführung aus der Ebene der optischen Wellenführung trifft, um dessen optische Kopplung mit der optischen Wellenführung zu bewirken, während eine Reflexion auf der undurchsichtigen Endfläche verwendet wird; wobei das Verfahren in Anspruch 1 definiert ist.

[0021] Bei dem vorhergehenden Aufbau dieses optischen Ablenkens kann der Steigungswinkel der Ebene des Auftretens oder Auftretens relativ zu der Ebene, senkrecht zu der optischen Achse der optischen Wellenführung, 1° bis 30° betragen. Die V-förmige Grube wird mit einer Substanz ausgefüllt, die einen Brechungsindex besitzt, der nahe von demjenigen des Kernmaterials der optischen Wellenführung ist. Diese Substanz kann ein Harz sein.

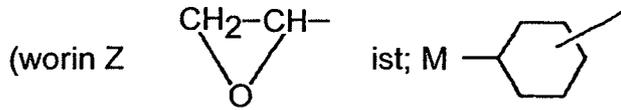
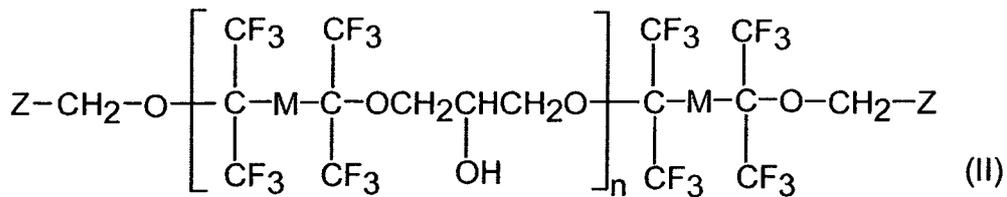
[0022] In dem vorhergehenden Aufbau kann die optische Wellenführung entweder eine planare optische Wellenführung oder eine optische Faser sein. Der Kern und die Umhüllung der optischen Wellenführung können aus jeweiligen Glasmaterialien hergestellt werden. Alternativ kann der Kern der optischen Wellenführung aus einem Glasmaterial hergestellt werden, während dessen Umhüllung aus einem Polymermaterial hergestellt werden kann. Ferner können der Kern und die Umhüllungen der optischen Wellenführung jeweils aus Polymermaterialien hergestellt werden.

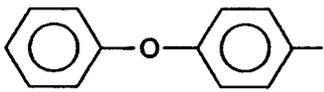
[0023] In dem vorhergehenden Aufbau können die Polymermaterialien, die den vorstehend erwähnten Kern und die Umhüllung zusammensetzen, jeweils Polymere sein, die durch die folgende Strukturformel (I) dargestellt werden, vorausgesetzt, dass das Polymermaterial der Umhüllung einen Brechungsindex besitzt, der kleiner als derjenige des Polymermaterials des Kerns ist.

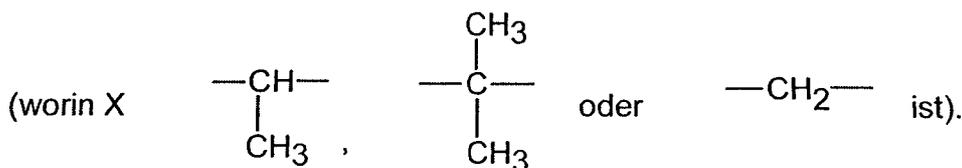
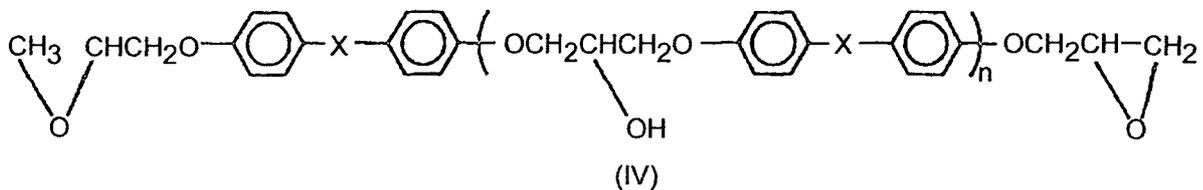
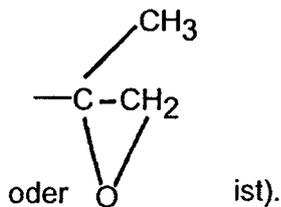
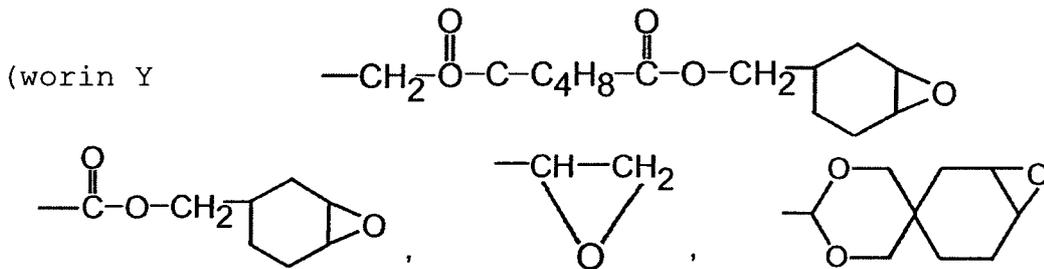
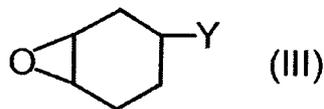


(worin n und m für positive Zahlen stehen, die den Zusammenhang erfüllen: $n + m = 1$, $0 \leq n$, und $m \leq 1$; R für Deuterium oder Wasserstoff steht; R_f für einen Substituenten steht, der durch $\text{C}_2\text{F}_{2s+1}$ dargestellt wird; und s eine ganze Zahl von wenigstens 1 ist).

[0024] Alternativ können die Polymermaterialien, die den vorstehend erwähnten Kern und die Umhüllung zusammensetzen, jeweils Epoxidharze sein, die jeweils durch Lichthärten eines Elementes erhalten wurden, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Substanzen besteht, die jeweils durch eine der folgenden Strukturformeln (II) bis (IV) dargestellt werden, und deren Mischungen, vorausgesetzt, dass das Polymermaterial der Umhüllung einen Brechungsindex besitzt, der kleiner als derjenige des Polymermaterials des Kerns ist.

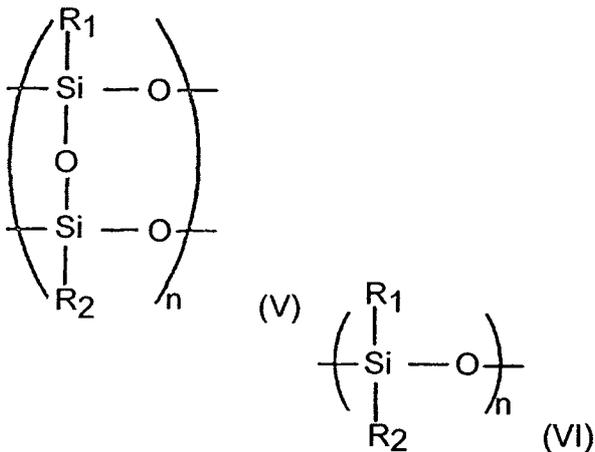


oder  ist; n 0 oder eine willkürliche natürliche Zahl ist).



[0025] Ferner können die Polymermaterialien, die den vorstehend erwähnten Kern und die Umhüllung zusammensetzen, jeweils Polymere sein, die aus der Gruppe ausgewählt sind, die besteht aus: Polysiloxanen mit Wiederholungseinheiten, die durch die folgende Strukturformel (V) oder (VI) dargestellt werden, copolymerisierte Polysiloxane mit Wiederholungseinheiten, die durch die gleichen Strukturformeln (V) oder (VI) darge-

stellt werden, und deren Mischungen, vorausgesetzt, dass das Polymermaterial der Umhüllung einen Brechungsindex besitzt, der kleiner als derjenige des Polymermaterials des Kerns ist.



[worin R_1 und R_2 , welche gleich oder voneinander verschieden sein können, jeweils sind: ein Alkyl, deuteriertes Alkyl oder halogenierte Alkylgruppe, die durch $C_n Y_{2n+1}$ (worin Y für Wasserstoff, Deuterium oder ein Halogen steht; und n für eine ganze Zahl von höchstens 5 steht) dargestellt wird, oder ein Phenyl, deuteriertes Phenyl oder halogenierte Phenylgruppe, dargestellt durch $C_6 Y_5$ (worin Y für Wasserstoff, Deuterium oder ein Halogen steht)].

[0026] Ferner kann das Polymermaterial, das den Kern zusammensetzen kann, ein Polymer sein, das durch die vorstehend erwähnte Formel (I) dargestellt wird, während das Polymermaterial, das die Umhüllung zusammensetzen kann, ein Epoxidharz sein kann, das durch Lichthärten eines Elementes erhalten wird, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die besteht aus: Substanzen der vorstehend erwähnten Strukturformeln (II) bis (IV) und deren Mischungen. Alternativ kann das Polymermaterial, das den Kern zusammensetzt, ein Polymer sein, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die besteht aus: Polysiloxanen mit Wiederholungseinheiten, die durch die folgenden Strukturformeln (V) oder (VI) dargestellt werden, copolymerisierten Polysiloxanen mit Wiederholungseinheiten, die durch die gleichen Strukturformeln (V) oder (VI) dargestellt werden, und deren Mischungen, während das Polymermaterial, das die Umhüllung zusammensetzen kann, ein Epoxidharz sein kann, das durch Lichthärten eines Elementes erhalten wird, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die besteht aus: Substanzen der vorstehend erwähnten Strukturformeln (II) bis (IV).

[0027] In dem erfindersichen Verfahren kann das Schneiden mit der Klinge unter Verwendung einer Schneidesägemaschine ausgeführt werden. Ferner kann der Steigungswinkel der Klingenspitze kleiner als der gewünschte Steigungswinkel der undurchsichtigen Endfläche mit einer Ebene senkrecht zu der optischen Achse der optischen Wellenführung eingestellt werden. Ferner kann der Steigungswinkel um 0° bis 2° kleiner als der Steigungswinkel der undurchsichtigen Endfläche mit einer Ebene, senkrecht zu der optischen Achse der optischen Wellenführung, eingestellt werden. Eine Diamantklinge mit Diamantkörpern von $1\ \mu\text{m}$ bis $5\ \mu\text{m}$ in durchschnittlicher Korngröße kann als die Schneideklinge verwendet werden.

[0028] In dem erfindersichen Verfahren kann der Kern und die Umhüllung der optischen Wellenführung aus jeweiligen Glasmaterialien ausgewählt werden. Alternativ kann der Kern der optischen Wellenführung aus einem Glasmaterial hergestellt werden, während dessen Umhüllung aus einem Polymermaterial hergestellt werden kann. Ferner können alternativ der Kern und die Umhüllung der optischen Wellenführung aus jeweiligen Polymermaterialien hergestellt werden.

[0029] Die Polymermaterialien, die den vorstehend erwähnten Kern und die Umhüllung zusammensetzen, können die jeweiligen Polymere sein, die durch die vorstehend erwähnte Strukturformel (I) dargestellt werden, vorausgesetzt, dass das Polymermaterial der Umhüllungen einen Brechungsindex besitzt, der kleiner als derjenige des Polymermaterials des Kerns ist. Alternativ können die Polymermaterialien, die den vorstehend erwähnten Kern und die Umhüllung zusammensetzen, jeweilige Epoxidharze sein, die jeweils durch Lichthärten eines Elementes erhalten wurden, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Substanzen der vorstehend erwähnten Strukturformeln (II) bis (IV) bestehen, und deren Mischungen, vorausgesetzt, dass das Polymermaterial der Umhüllung einen Brechungsindex besitzt, der kleiner als derjenige des Polymermaterials des Kerns ist. Ferner können alternativ die Polymermaterialien, die diesen vorstehend erwähnten Kern und die Umhüllung zusammensetzen, jeweilige Polymermaterialien sein, die aus der Gruppe ausgewählt sind, die besteht aus: Polysiloxanen mit Wiederholungseinheiten, die durch die vorstehend erwähnten Strukturformeln (V) oder

(VI) dargestellt werden, copolymerisierten Polysiloxanen mit Wiederholungseinheiten, die durch die gleichen Strukturformeln (V) oder (VI) dargestellt werden, und deren Mischungen, vorausgesetzt, dass das Polymermaterial der Umhüllung einen Brechungsindex besitzt, der kleiner als derjenige des Polymermaterials des Kerns ist. Ferner kann das Polymermaterial, das den Kern zusammensetzt, ein Polymer sein, das durch die vorstehend erwähnte Formel (I) dargestellt wird, während das Polymermaterial, das die Umhüllung zusammensetzen kann, ein Epoxidharz sein kann, das erhalten wurde, indem ein Element lichtgehärtet wurde, das aus der Gruppe ausgewählt ist, das aus Substanzen der vorstehend erwähnten Strukturformeln (II) bis (IV) und deren Mischungen besteht. Ferner kann das Polymermaterial, das den Kern zusammensetzt, alternativ ein Polymer sein, das aus der Gruppe ausgewählt ist, das besteht aus: Polysiloxanen mit Wiederholungseinheiten, die durch die vorstehend erwähnten Strukturformeln (V) oder (VI) dargestellt werden, copolymerisierten Polysiloxanen mit Wiederholungseinheiten, die durch die gleichen Strukturformeln (V) oder (VI) dargestellt werden, und deren Mischungen, während das Polymermaterial, das die Umhüllung zusammensetzt, ein Epoxidharz sein kann, das durch Lichthärten eines Elementes erhalten wurde, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die besteht aus: Substanzen der vorstehend erwähnten Strukturformeln (II) bis (IV) und deren Mischungen.

[0030] In dem vorstehend erwähnten Verfahren kann nach Bildung der undurchsichtigen Endfläche ein Flacheisen, das auf eine hohe Temperatur erhitzt wurde, gegen die undurchsichtige Endfläche gepresst werden, um eine Oberflächenglättungsbehandlung der undurchsichtigen Endfläche zu bewirken. Alternativ kann die undurchsichtige Endfläche, nachdem diese ausgebildet wurde, in ein organisches Lösungsmittel eingetaucht werden, um eine Oberflächenglättungsbehandlung der undurchsichtigen Endfläche zu bewirken. Ferner kann die undurchsichtige Endfläche, nachdem sie so ausgebildet wurde, in eine gemischte Lösung aus Wasserstofffluorid und Ammoniumfluorid eingetaucht werden, um eine Oberflächenglättungsbehandlung der undurchsichtigen Endfläche zu bewirken. In dem vorstehend erwähnten Verfahren kann die undurchsichtige Endfläche, nachdem diese ausgebildet wurde, mit einem Metall beschichtet werden.

[0031] In dem vorstehend erwähnten Verfahren kann die optische Wellenführung entweder eine planare optische Wellenführung oder eine optische Faser sein.

[0032] In dem vorstehend erwähnten Verfahren kann ein Endteil der optischen Faser, einschließlich eines Teils, das dem Schneiden unterzogen wird, auf einem planaren Substrat mit einem Klebefilm fixiert werden, und dann geschnitten werden, während senkrecht eine Klinge, die eine mit einem Steigungswinkel ausgestattete Schneidespitze besitzt, gegen die optische Faser gepresst wird. Der Klebefilm kann ein durch ultraviolette Strahlung abbaubarer Klebefilm sein. Ein Endteil der optischen Faser, einschließlich eines Teils, der dem Schneiden unterzogen wird, kann auf einem planaren Substrat mit einem durch ultraviolettes Licht härtbaren Harz oder einem thermisch härtenden Harz fixiert werden, und dann geschnitten werden, während eine Klinge, die eine mit einem Steigungswinkel ausgestattete Schneidespitze davon besitzt, gegen die optische Faser gepresst wird.

[0033] Das Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet ferner eine Klinge zur Herstellung eines optischen Ablenkens, der eine optische Wellenführung umfasst, die mit einer ablenkenden undurchsichtigen Endfläche ausgestattet ist, die einen gewünschten Steigungswinkel besitzt, und eine Funktion des Ablenkens eines optischen Weges von Licht besitzt, das durch die optische Wellenführung wandert, um ein Austreten des Lichts aus der Ebene der optischen Wellenführung zu bewirken oder einen optischen Weg von Licht abzulenken, das darauf aus der Ebene der optischen Wellenführung eintrifft, um dessen optisches Koppeln mit der optischen Wellenführung zu bewirken, während eine Reflexion auf der optischen Endfläche verwendet wird, wobei die ablenkende undurchsichtige Endfläche ausgebildet wird, indem eine Schneide-Sägemaschine verwendet wird; dadurch gekennzeichnet: dass die Klinge eine Schneidespitze besitzt, von der wenigstens eine Seite durch einen vorbestimmten Winkel undurchsichtig eingestellt ist.

[0034] In dem vorstehend erwähnten Aufbau der Klinge wird der Steigungswinkel der Klingenspitze kleiner als der gewünschte Steigungswinkel der undurchsichtigen Endfläche mit einer Ebene, senkrecht zu der optischen Achse der optischen Wellenführung, eingestellt. Ferner kann der Steigungswinkel dieser Klingenspitze um 0° bis 2° kleiner als der gewünschte Steigungswinkel der undurchsichtigen Endfläche mit einer Ebene, senkrecht zu der optischen Achse der optischen Wellenführung, eingestellt werden. Diese Klinge besitzt Diamantkörper mit einer durchschnittlichen Korngröße von $1\ \mu\text{m}$ bis $5\ \mu\text{m}$ als abrasive Körner.

[0035] Die vorstehenden und andere Aufgaben, Effekte, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung der Ausführungsformen zusammen mit den beigefügten Zeichnungen offensichtlicher werden.

- [0036] [Fig. 1](#) ist ein Diagramm, das ein herkömmliches Verfahren zum Abschneiden eines Endteils einer optischen Wellenführung mit einem Mikrotom veranschaulicht;
- [0037] [Fig. 2](#) ist ein Diagramm, das das herkömmliche Verfahren zum Abschneiden eines Endteils einer optischen Wellenführung mit einem Mikrotom veranschaulicht;
- [0038] [Fig. 3](#) ist ein Diagramm, das ein herkömmliches Verfahren zum Ausbilden eines undurchsichtigen Endflächenspiegels mit einer rotierenden Klinge veranschaulicht;
- [0039] [Fig. 4](#) ist ein Diagramm, das das herkömmliche Verfahren zum Ausbilden eines undurchsichtigen Endflächenspiegels mit einer rotierenden Klinge veranschaulicht;
- [0040] [Fig. 5](#) ist eine Grundansicht von oben einer polymeren optischen Wellenführung, die auf einem Substrat ausgebildet ist;
- [0041] [Fig. 6](#) ist eine Längsquerschnittsansicht der optischen Polymer-Wellenführung, aufgenommen auf Linie B-B' von [Fig. 5](#);
- [0042] [Fig. 7](#) ist eine Längsquerschnittsansicht der optischen Polymer-Wellenführung mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel, der ausgebildet wurde, indem entlang Linie A-A' von [Fig. 5](#) geschnitten wurde, wobei die Ansicht auf Linie B-B' von [Fig. 5](#) aufgenommen wurde;
- [0043] [Fig. 8](#) ist eine Längsquerschnittsansicht eines optischen Wellenführungsfilms mit undurchsichtigen Endflächenspiegeln;
- [0044] [Fig. 9](#) ist eine Längsquerschnittsansicht der optischen Polymer-Wellenführung mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel, der ausgebildet wurde, indem mit einer einkantigen Klinge entlang Linie A-A' von [Fig. 5](#) geschnitten wurde, wobei die Ansicht auf Linie B-B' von [Fig. 5](#) aufgenommen wurde;
- [0045] [Fig. 10a](#) ist eine Grundansicht von oben einer optischen Faser, die auf einem Substrat mit einem Klebefilm fixiert wurde;
- [0046] [Fig. 10b](#) ist eine Längsquerschnittsansicht, die auf Linie A-A' von [Fig. 10a](#) aufgenommen wurde;
- [0047] [Fig. 11a](#) ist eine Längsquerschnittsansicht, die einen bearbeiteten Zustand der optischen Faser veranschaulicht, die in [Fig. 10a](#) und [Fig. 10b](#) gezeigt wird, nach Bildung einer undurchsichtigen Endfläche, indem entlang Linie A-A' von [Fig. 10a](#) geschnitten wurde, wobei die Ansicht auf Linie B-B' von [Fig. 10a](#) aufgenommen wurde;
- [0048] [Fig. 11b](#) ist eine Längsquerschnittsansicht einer optischen Faser mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel, der durch das vorstehend erwähnte Schneiden und anschließende Abschälen des Klebefilms zur Separierung der optischen Faser von dem Substrat hergestellt wurde;
- [0049] [Fig. 11c](#) ist eine Längsquerschnittsansicht der optischen Faser, die in [Fig. 10a](#) gezeigt wird, nach Bildung einer undurchsichtigen Endfläche, indem mit einer einkantigen Klinge entlang Linie A-A' von [Fig. 10a](#) geschnitten wurde, wobei die Ansicht auf Linie B-B' von [Fig. 10a](#) aufgenommen wurde;
- [0050] [Fig. 12](#) ist ein Diagramm, das den Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen Korngröße einer Klinge zum Schneiden einer optischen Wellenführung zur Bildung einer undurchsichtigen Endfläche und dem Reflexionsvermögen der gebildeten undurchsichtigen Endfläche genauso wie die maximal erreichbare Schneidgeschwindigkeit zeigt;
- [0051] [Fig. 13](#) ist ein Diagramm, das den Zusammenhang zwischen dem vertikalen Winkel einer Klinge zum Schneiden einer optischen Wellenführung zur Bildung darin einer V-förmigen Grube einschließlich einer undurchsichtigen Endfläche und den vertikalen Winkel der gebildeten Grube zeigt;
- [0052] [Fig. 14](#) ist eine Längsquerschnittsansicht eines optischen Transmitters, der einen optischen Wellenführungsfilm mit undurchsichtigen Endflächenspiegeln zeigt, die darin montiert sind;
- [0053] [Fig. 15](#) ist eine Längsquerschnittsansicht eines optischen Receivers, der einen optischen Wellenfüh-

rungsfilm mit undurchsichtigen Endflächenspiegeln, die darin montiert sind, zeigt;

[0054] [Fig. 16](#) ist eine Längsquerschnittsansicht eines optischen Transmitters, der eine optische Faser mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel, der darin montiert ist, zeigt;

[0055] [Fig. 17](#) ist eine Längsquerschnittsansicht eines optischen Receivers, der eine optische Faser mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel, der darin montiert ist, zeigt;

[0056] [Fig. 18](#) ist eine Querschnittsansicht der Spitze einer einkantigen Klinge zur Verwendung bei der undurchsichtigen Endflächenspiegelbildung;

[0057] [Fig. 19](#) ist eine Längsquerschnittsansicht eines optischen Transmitters, der eine optische Wellenführung mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel und einer emittierenden optischen Vorrichtung, die über dem undurchsichtigen Endflächenspiegel montiert ist, umfasst;

[0058] [Fig. 20](#) ist eine Längsquerschnittsansicht eines optischen Receivers, die eine optische Wellenführung mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel und einer empfindlichen optischen Vorrichtung, die über dem undurchsichtigen Endflächenspiegel montiert ist, umfasst;

[0059] [Fig. 21](#) ist eine Längsquerschnittsansicht von vertikal gestapelten optischen Wellenführungen, die eine optische Wellenführung von [Fig. 9](#) mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel als ein empfindliches Element und einen optischen Wellenführungsfilm von [Fig. 8](#) mit undurchsichtigen Endflächenspiegeln umfasst, die über die optische Wellenführung montiert sind;

[0060] [Fig. 22](#) ist eine Querschnittsansicht der Nachbarschaft eines V-förmigen Grüppchens, das in einer optischen Wellenführung ausgebildet ist, welche Ansicht den Zusammenhang zwischen dem Steigungswinkel einer Ebene des Auftretens oder Austretens im Wesentlichen senkrecht zu der optischen Achse der optischen Wellenführung in dem V-förmigen Grüppchen mit einer Ebene, senkrecht zu der optischen Achse der optischen Wellenführung und den Umkehrverlust von wanderndem Licht, das aus der Ebene des Einfallens oder Austretens tritt, veranschaulicht;

[0061] [Fig. 23](#) ist ein Diagramm, das den Zusammenhang zwischen dem Steigungswinkel einer Ebene des Einfallens oder Auftretens, im Wesentlichen senkrecht zu der optischen Achse der optischen Wellenführung in dem V-förmigen Grüppchen mit einer Ebene senkrecht zu der optischen Achse der optischen Wellenführung und den Umkehrverlust von wanderndem Licht, das aus der Ebene des Einfallens oder Austretens tritt, veranschaulicht;

[0062] [Fig. 24](#) ist eine Querschnittsansicht der Nachbarschaft eines V-förmigen Grüppchens, das in einer optischen Wellenführung ausgebildet wird, welche Ansicht den Zusammenhang zwischen dem Steigungswinkel einer Ebene des Einfallens oder Austretens, im Wesentlichen senkrecht zu der optischen Achse der optischen Wellenführung in dem V-förmigen Grüppchen mit einer Ebene, senkrecht zu der optischen Achse der optischen Wellenführung, und die Polarisation des wandernden Lichts, das aus der Ebene des Einfallens oder Austretens tritt, veranschaulicht;

[0063] [Fig. 25](#) ist eine Querschnittsansicht der Nachbarschaft eines V-förmigen Grüppchens, das in einer optischen Wellenführung ausgebildet wird, welche Ansicht einen Zustand des V-förmigen Grüppchens, das mit einem Harz gefüllt ist, um die Fresnel-Reflexion zu verringern, die auf der Ebene des Einfallens oder Austretens, im Wesentlichen senkrecht zu der optischen Achse der optischen Wellenführung in den V-förmigen Grüppchen auftritt, veranschaulicht;

[0064] [Fig. 26](#) ist ein Diagramm, das eine Y-verzweigte optische Wellenführung und Positionen, wo undurchsichtige Endflächenspiegel gebildet werden, veranschaulicht;

[0065] [Fig. 27](#) ist eine Querschnittsansicht einer Klingenspitze, welche ein Beispiel für die Klingenspitze, die in der vorliegenden Erfindung verwendet wird, veranschaulicht;

[0066] [Fig. 28](#) ist eine Längsquerschnittsansicht, die ein Beispiel für den optischen Ablenker, der in der vorliegenden Erfindung verwendet wird, veranschaulicht;

[0067] [Fig. 29](#) ist eine Querschnittsansicht einer Klingenspitze, welche ein anderes Beispiel für die Klinge, die

in der vorliegenden Erfindung verwendet wird, veranschaulicht;

[0068] [Fig. 30](#) ist eine Querschnittsansicht einer Klingenspitze, welche noch ein anderes Beispiel für die Klinge, die in der vorliegenden Erfindung verwendet wird, veranschaulicht;

[0069] [Fig. 31](#) ist eine Längsquerschnittsansicht, die ein anderes Beispiel für den optischen Ablenker, der in der vorliegenden Erfindung hergestellt wird, veranschaulicht;

[0070] [Fig. 32](#) ist eine Querschnittsansicht einer Klingenspitze, welche ein weiteres Beispiel der Klinge, die in der vorliegenden Erfindung verwendet wird, veranschaulicht;

[0071] [Fig. 33](#) ist eine Querschnittsansicht einer Klingenspitze, welche ein weiteres Beispiel für die Klinge, die in der vorliegenden Erfindung verwendet wird, veranschaulicht;

[0072] [Fig. 34A](#) ist eine Grundansicht von oben eines optischen Fasergerüsts, das auf einem Substrat mit einem Klebefilm fixiert ist;

[0073] [Fig. 34B](#) ist ein Seitenquerschnitt des optischen Fasergerüsts, aufgenommen auf der Linie A-A' von [Fig. 34A](#);

[0074] [Fig. 35A](#) ist eine Längsquerschnittsansicht eines verarbeiteten Zustands des optischen Fasergerüsts mit undurchsichtigen Endflächen, die gebildet wurden, indem entlang Linie A-A' von [Fig. 34A](#) geschnitten wurde, wobei die Ansicht auf Linie B-B' von [Fig. 34A](#) aufgenommen wurde;

[0075] [Fig. 35B](#) ist eine Längsquerschnittsansicht eines optischen Fasergerüsts mit undurchsichtigen Endflächenspiegeln, die hergestellt wurden, indem die undurchsichtigen Endflächen durch das vorstehend erwähnte Schneiden ausgebildet wurde, anschließend der Klebefilm zur Separierung der optischen Faser von dem Substrat abgeschält wurde, und anschließend eine Bedeckung, die in deren Endteil vorhanden war, abgeschält wurde;

[0076] [Fig. 36A](#) ist eine Grundansicht von oben eines optischen Fasergerüsts, das von einer Deckschicht abgestreift wurde, die in deren Endteil vorhanden war und dann auf einem Substrat mit V-förmigen Gruben mit einem Harzklebstoff fixiert wurde, wobei die Ansicht ein Diagramm war, das einen Schritt des Herstellens eines optischen Faserblattes veranschaulichte;

[0077] [Fig. 36B](#) ist ein Seitenquerschnitt des optischen Fasergerüsts, aufgenommen auf Linie A-A' von [Fig. 36A](#);

[0078] [Fig. 37](#) ist eine Querschnittsansicht einer optischen Faser, die auf einem Substrat fixiert war, welche Ansicht einen Zustand einer V-förmigen Grube veranschaulicht, die in der optischen Faser mit einer einkantigen Klinge gebildet wurde, und dann mit einem Harz aufgefüllt wurde, um die Fresnel-Reflexion zu verringern;

[0079] [Fig. 38](#) ist eine Grundansicht von oben eines optischen Faserblattes, das hergestellt wurde, indem optische Fasern in einem Harz eingebettet wurden;

[0080] [Fig. 39](#) ist eine Querschnittsansicht einer Klingenspitze, welche ein weiteres Beispiel für die Klinge, die in der vorliegenden Erfindung verwendet wurde, veranschaulicht;

[0081] [Fig. 40](#) ist eine Querschnittsansicht der Nachbarschaft einer V-förmigen Grube, die in einer optischen Faser mit der Klinge von [Fig. 39](#) ausgebildet wurde;

[0082] [Fig. 41](#) ist eine Querschnittsansicht einer optischen Faser, die auf einem Substrat fixiert wurde, welche Ansicht einen Zustand einer V-förmigen Grube veranschaulicht, die in der optischen Faser mit einer einkantigen Klinge ausgebildet wurde, um eine undurchsichtige Endfläche bereitzustellen, auf welcher ein Metallfilm dann ausgebildet wird, um die Reflexion der undurchsichtigen Endfläche zu verbessern;

[0083] [Fig. 42](#) ist eine Querschnittsansicht einer Klingenspitze, welche ein weiteres Beispiel für die Klinge, die in der vorliegenden Erfindung verwendet wird, veranschaulicht; und

[0084] [Fig. 43](#) ist eine Querschnittsansicht der Nachbarschaft einer V-förmigen Grube, die in einer optischen

Faser mit der Klinge von [Fig. 42](#) ausgebildet wurde.

[0085] Die vorliegende Erfindung wird in größerem Detail anhand der beigefügten Zeichnungen nachstehend erläutert.

[0086] Zunächst wird ein Beispiel für ein Verfahren zum Herstellen eines optischen Ablenkens, der planare optische Polymer-Wellenführungen mit einem 45-Grad undurchsichtigen Endflächenspiegel an einem Ende davon umfasst, anhand einiger Zeichnungen beschrieben.

[0087] [Fig. 5](#) ist eine Grundansicht von planaren optischen Polymer-Wellenführungen, die auf einem Substrat **1** ausgebildet wurden. Linie A-A' von [Fig. 5](#) stellt eine Stelle dar, wo undurchsichtige Endflächenspiegel gebildet werden, während Registrierungsmarkierungen **2** nahe der Stelle im Verlauf der Bildung der planaren optischen Wellenführungen eingebaut werden.

[0088] [Fig. 6](#) ist eine Querschnittsansicht einer planaren optischen Wellenführung, wie in [Fig. 5](#) gezeigt, geschnitten entlang des Kerns **3** der Wellenführung auf Linie B-B' von [Fig. 5](#). In [Fig. 6](#) bezieht sich Bezugszeichen **4** auf eine obere Umhüllungsschicht und **5** auf eine untere Umhüllungsschicht. Wie in [Fig. 7](#) gezeigt, wird die Planare optische Wellenführung entlang Linie A-A' von [Fig. 5](#) mit einem Auge auf den Markierungen **2** geschnitten, während eine Diamantklinge **40** mit einer Klingenspitze verwendet wird, die verarbeitet wurde, um einen Winkel von ungefähr 90° erfindungsgemäß zu besitzen. So wird eine V-förmige Grube **12a** mit undurchsichtigen Endflächen (Mikrospiegeln) **6**, **6** in der planaren optischen Wellenführung ausgebildet.

[0089] Die Verwendung einer Schneidemaschine, wie etwa einer Schneidesägemaschine zur Verwendung beim Ausschneiden von LSI-Chips und dergleichen wird zum Schneiden genügen. Da die Schneidesägemaschine mit einer Hochleistungsbühne ausgestattet ist, kann das Schneiden mit der Schneidesägemaschine mit einer Positionsgenauigkeit auf Submikrongrößenordnung in der horizontalen Richtung genauso wie in der vertikalen Richtung ausgeführt werden. Eine Allzweck-Schneidesägemaschine zur Verwendung beim Ausschneiden von LSI-Chips und dergleichen kann hierbei als die Schneidesägemaschine verwendet werden, wenn nur deren Klinge durch die Klinge, die in der vorliegenden Erfindung verwendet wird, ersetzt wird.

[0090] Ein großer Vorteil der vorliegenden Erfindung ist, dass kein Bedarf nach einem besonderen Behelf des Probenfixierungsverfahrens und dergleichen besteht. Hierbei wird eine Schneidetiefe bis zu einer Stelle, die tiefer als die Grenzflächengrenze zwischen dem Kern **3** und der Untenumhüllung **5** ist, ausreichen, so dass Schneiden entweder innerhalb der unteren Umhüllungsschicht **5** gestoppt werden kann, oder ein Hineinragen in das Substrat **1** bewirkt wird. Ein Vorteil des Schneidens besteht darin, dass die Auswahl und die Verwendung einer Klinge aus einem geeigneten Material gleichzeitiges Schneiden eines weichen Materials, wie etwa eines Polymers, eines Streifenmaterials, wie etwa Silizium oder Glas, und eines Kompositmaterials eines Siliziumsubstrats und eines Polymers darauf, oder dergleichen ermöglicht. Da eine feinkörnige Diamantklinge eine Feinheit besitzt, die zu derjenigen eines sehr feinen Schleifpapiers zur Verwendung beim Polieren von optischen Teilen, wie etwa einer Linse, vergleichbar ist, bewirkt die Verwendung von einer derartigen Klinge mit feiner Maschenzahl, dass der Schritt des Schneidens die gleichen Effekte bewirkt, die sichergestellt werden würden, wenn das Schneiden zur Bildung der undurchsichtigen Endfläche gleichzeitig mit hoch qualitativem Oberflächenpolieren von optischer Qualität ausgeführt werden würde. So kann dort eine Schneideoberfläche mit einem sehr hohen Niveau der Glattheit erhalten werden.

[0091] Derartige planare optische Wellenführungen, die jeweils geformte undurchsichtige Endflächenspiegel besitzen, werden aus dem Substrat **1** ausgeschält, um einen optischen Wellenführungsfilm mit 45-Grad undurchsichtigen Endflächenspiegeln herzustellen, wie in [Fig. 8](#) gezeigt. Ein 45-Grad undurchsichtiger Endflächenspiegel besitzt eine Funktion der 90° Hinunterablenkung von Licht **7**, das durch eine planare optische Wellenführung wandert, wie in [Fig. 8](#) gezeigt. Dieser 45-Grad undurchsichtige Endflächenspiegel besitzt auch eine reverse Funktion der 90°-Ablenkung von Licht **8**, das von unterhalb durch einen Raum wandert, um dessen optisches Koppeln mit der planaren optischen Wellenführung zu bewirken.

[0092] Wenn das Substrat **1** aus einem lichtdurchlässigen Material, wie etwa Glas, hergestellt ist, müssen die planaren optischen Wellenführungen nicht notwendigerweise geschält werden, um einen Film auszubilden, sondern können auch als planare optische Wellenführungen verwendet werden, die intakt auf das Substrat **1** angebracht sind, wie in [Fig. 9](#) gezeigt, aber eine Funktion der 90°-Ablenkung von entweder intern wanderndem Licht **10** oder extern einfallendem Licht **11** an deren undurchsichtigen Endflächen **9** besitzen. Zudem muss, damit eine V-förmige Grube **12b** mit einer undurchsichtigen Endfläche **9** und einer im Wesentlichen vertikalen Fläche **9a**, die der undurchsichtigen Endfläche **9** gegenübersteht, wie in [Fig. 9](#) gezeigt, in der Mitte einer pla-

naren optischen Wellenführung ausgebildet wird, eine Klinge mit einem Querschnitt, wobei nur eine von deren Seitenflächen undurchsichtig eingestellt wird und die andere Seitenfläche im Wesentlichen vertikal eingestellt wird, ausgewählt und verwendet werden.

[0093] Der Aufbau der vorliegenden Erfindung ist vorstehend kurz im Zusammenhang mit einem Fall, wo der optische Ablenker der vorliegenden Erfindung planare optische Wellenführungen umfasst, beschrieben worden. Als Nächstes wird der Aufbau der vorliegenden Erfindung im Zusammenhang mit einem Fall, wo der optische Ablenker, der gemäß der vorliegenden Erfindung hergestellt wurde, eine optische Faser umfasst.

[0094] Ein Beispiel für ein Verfahren zum Herstellen eines optischen Ablenkers, der aus einer optischen Faser mit einem 45-Grad undurchsichtigen Endflächenspiegel an einer von deren Seiten zusammengesetzt ist, wird anhand von einigen Zeichnungen beschrieben werden.

[0095] [Fig. 10A](#) ist eine Grundansicht von oben einer optischen Faser mit deren Endteil, das auf einem Substrat fixiert ist. In [Fig. 10A](#) bezieht sich Bezugszeichen **21** auf ein Substrat, **22** auf eine optische Faser, **23** auf ein Endteil der optischen Faser **22**, die von einer Deckschicht abgestreift wurde, und **24** auf einen Klebefilm zur Fixierung des Endteils **23** der optischen Faser, während Linie A-A' eine Position darstellt, wo ein undurchsichtiger Endflächenspiegel ausgebildet wird.

[0096] [Fig. 10B](#) ist eine Querschnittsansicht, die auf Linie A-A' von [Fig. 10A](#) aufgenommen wurde. In [Fig. 10B](#) bezieht sich Bezugszeichen **25** auf den Kern der optischen Faser und **26** auf die Umhüllung der optischen Faser.

[0097] Wie in [Fig. 10A](#) und [Fig. 10B](#) gezeigt, besitzt die optische Faser **22** den Endteil **23**, der auf dem Substrat **21** mit dem Klebefilm **24** fixiert ist. Hierbei beinhalten verwendbare Beispiele des Substrats **21** steife Substrate, wie etwa Silizium, Glas und natürlich dicke Harzsubstrate und flexible Filme, wie etwa Harzdünnsfilm.

[0098] Danach, wie in [Fig. 11](#) gezeigt, wird ein Schneiden entlang Linie A-A' unter Verwendung einer Diamantklinge mit einer Klingenspitze ausgeführt, die verarbeitet wurde, um im Querschnitt mit einem Winkel von ungefähr 90° gemäß der vorliegenden Erfindung V-förmige zu sein, wodurch ein 45-Grad undurchsichtiger Endflächenspiegel **27** an einem Ende der optischen Faser **22** ausgebildet wird.

[0099] Die Verwendung einer Schneidemaschine, wie etwa einer Schneidesägemaschine, zur Verwendung beim Ausschneiden von LSI-Chips und dergleichen wird zum Schneiden genügen. Ein großer Vorteil der vorliegenden Erfindung ist, dass kein Bedarf eines besonderen Behelfs des Probenfixierungsverfahrens und dergleichen genauso wie in dem vorstehend erwähnten Fall der planaren optischen Wellenführungen besteht.

[0100] Ein Vorteil des Schneidens liegt darin, dass die Auswahl und die Verwendung einer Klinge aus einem geeigneten Material gleichzeitiges Schneiden eines weichen Materials, wie etwa eines Polymers, eines steifen Materials, wie etwa Silizium oder Glas, und eines Kompositmaterials, wie etwa eines, das eine optische Glasfaser, die auf einem Siliziumsubstrat mit einem Harzklebemittel fixiert ist, umfasst, oder ein optisches Faserblatt, das optische Glasfaser umfasst, die in einem Harz fixiert sind. Demgemäß ist das Verfahren der vorliegenden Erfindung nicht nur auf eine optische Glasfaser, eine optische Kunststofffaser und eine optische Faser, die aus einer Kunststoffumhüllung und einem Glasmaterialkern zusammengesetzt ist, anwendbar, sondern auch aus Silizium, ein Glasmaterial und ein Harzmaterial zur Verwendung in einem Substrat zur Fixierung einer optischen Faser anwendbar.

[0101] Da eine feinkörnige Diamantklinge eine Feinheit besitzt, die zu derjenigen eines Schleifpapiers mit sehr feiner Maschenzahl zur Verwendung beim Polieren von optischen Teilen, wie etwa Linsen, vergleichbar ist, bewirkt ferner die Verwendung einer derartigen Klinge mit feiner Maschenzahl, dass der Schritt des Schneidens die gleichen Effekte bewirkt, wie sichergestellt werden würden, wenn zur Ausbildung der undurchsichtigen Endfläche gleichzeitig ein hoch qualitatives Oberflächenpolieren mit optischer Qualität ausgeführt werden würde. So kann eine Schneideoberfläche mit einem sehr hohen Niveau der Glattheit erhalten werden.

[0102] Nach Ausbildung des undurchsichtigen Endflächenspiegels wird der Klebefilm **24** abgeschält, um die optische Faser **22** von dem Substrat **21** zu separieren, wodurch eine optische Faser mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel, wie in [Fig. 11B](#) gezeigt, erhalten werden kann. Der 45-Grad undurchsichtige Endflächenspiegel **27** besitzt eine Funktion der 90° nach unten Ablenkung von Licht **28**, das durch die optische Faser **22** wandert, wie in [Fig. 11B](#) gezeigt. Dieser 45-Grad undurchsichtige Endflächenspiegel besitzt auch eine umgekehrte Funktion der 90°-Ablenkung von Licht **29**, das von unterhalb durch einen Raum wandert, um dessen

optisches Koppeln mit der optischen Faser zu bewirken. Im Fall, wo das Substrat **21** aus einem lichtdurchlässigen Material, wie etwa Glas oder einem transparenten Harz, hergestellt ist, kann der Klebefilm **24** nicht notwendigerweise abgeschält werden, aber die optische Faser, die intakt auf dem Substrat **21** angebracht ist, wie in [Fig. 11A](#) gezeigt, kann auch als eine optische Faser mit einer Funktion von 90°-Ablenkung verwendet werden.

[0103] Die Deckschicht wird gewöhnlich auf die optische Faser angebracht, um die letztere zu verstärken. Obwohl ein Teil der Deckschicht, wo Schneiden ausgeführt, vor Fixierung der optischen Faser auf dem Substrat in dem vorhergehenden Fall abgeschält wird, kann vorheriges Abschälen der Deckschicht nicht notwendigerweise erforderlich sein. Da das Verfahren der vorliegenden Erfindung sogar auf ein Kompositmaterial, wie etwa ein Material, das ein Glas und ein Harz umfasst, anwendbar ist, kann eine optische Faser mit einer Deckschicht, die darauf intakt angebracht ist, auf einem Substrat fixiert werden und dann geschnitten werden, um eine undurchsichtige Endfläche auszubilden. Wenn die Deckschicht auf einem Material hergestellt ist, das eine schlechte Transparenz besitzt, fängt jedoch ein Teil der Deckschicht, nahe der undurchsichtigen Endfläche, einfallendes oder austretendes Licht über die undurchsichtige Endfläche in oder aus der optischen Faser ab. In diesem Fall sollte daher ein Teil der Deckschicht, die einem Endteil der optischen Faser entspricht, in diesem Fall abgeschält werden.

[0104] Um den Schritt des Abschälens des Klebefilms effizient auszuführen, muss ein Klebefilm mit einer geeigneten Klebekraft ausgewählt werden, von welchen Beispiele beinhalten: einen durch ultraviolettes Licht abbaubaren Klebefilm, der in der Klebekraft durch Abschwächung eines Klebstoffes bei dessen Absorption von ultravioletten Lichtstrahlen herabgesetzt werden kann. Dieser durch ultraviolette Lichtstrahlen abschwächbare Klebefilm kann, wenn verwendet, in geeigneter Weise einfach durch dessen Bestrahlung mit ultravioletten Lichtstrahlen nach dem Schneiden abgeschält werden.

[0105] Anstelle des Klebefilms kann alternativ ein Klebstoff, wie etwa ein durch ultraviolettes Licht härtendes Harz oder ein thermisch härtendes Harz zur Fixierung einer optischen Faser verwendet werden. In diesem Fall kann der Schritt des Separierens der optischen Faser von dem Substrat nach dem Schneiden entweder durch Auflösen des Klebstoffes in einem Lösungsmittel oder durch Abschälen des Klebstoffes zusammen mit der optischen Faser von dem Substrat ausgeführt werden. In diesem Fall, wenn das Substrat **21** aus einem lichtdurchlässigen Material, wie etwa Glas oder einem transparenten Harz, hergestellt wird, kann der Klebstoff nicht notwendigerweise zur Separierung der optischen Faser von dem Substrat abgeschält werden. So kann die optische Faser, die intakt auf das Substrat **21** angebracht ist, wie in [Fig. 11A](#) gezeigt, als eine optische Faser mit einem Mechanismus von 90°-Ablenkung von intern wanderndem Licht oder extern wanderndem Licht an der undurchsichtigen Endfläche **27** verwendet werden.

[0106] Der Aufbau der vorliegenden Erfindung ist vorstehend kurz im Zusammenhang mit dem Fall, wo der optische Ablenker, der gemäß der vorliegenden Erfindung hergestellt wurde, eine optische Faser umfasst, beschrieben worden.

[0107] In dem optischen Ablenker mit dem vorhergehenden Aufbau wird die Oberflächenglattheit der undurchsichtigen Endfläche, die das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels beeinflusst, natürlich im Wesentlichen durch die Maschenzahlfeinheit der Oberfläche der verwendeten Klinge bestimmt. Grundsätzlich ist, je feiner die Diamantkorngröße der verwendeten Klinge ist, desto glatter die resultierende Spiegelebene. Jedoch beinhaltet die Verwendung einer Klinge mit exzessiv feiner Korngröße Probleme, wie etwa das Nichtmöglichsein des Schneidens wegen Verstopfens, Abrieb der Klinge in einer kurzen Zeit, und einem Versagen des Vergrößerns der Schneidegeschwindigkeit. Demgemäß ist die Auswahl einer geeigneten Klinge beim Ausbilden eines undurchsichtigen Endflächenspiegels mit guter Qualität sehr wichtig.

[0108] [Fig. 12](#) zeigt den Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen Korngröße von Diamantkörnern, die in einer Klinge enthalten sind, die zum Schneiden verwendet wird, und das Reflexionsvermögen der resultierenden Spiegelebene genauso wie die maximale Schneidegeschwindigkeit, die zur Spiegelebenenbildung ohne Störungen, wie etwa Verstopfen, erreichbar ist.

[0109] Wenn die durchschnittliche Korngröße der Diamantkörper wenigstens 15 µm (in der Form eines Aggregats von Körnern von 10 bis 20 µm in der Größe) beträgt, ist die Rauigkeit der Spiegelebene so groß, dass das Reflexionsvermögen niedriger als 50 % ist. Je kleiner die durchschnittliche Korngröße ist, desto höher ist das Reflexionsvermögen. Wenn eine Klinge von 5 µm in der durchschnittlichen Korngröße (in der Form eines Aggregats von Körnern von 4 bis 6 µm in der Größe) verwendet wird, kann ein Reflexionsvermögen von ungefähr 80 % sichergestellt werden. Wenn die durchschnittliche Korngröße ferner verringert wird, dass sie so fein

wie 1,5 µm ist (in der Form eines Aggregats von Körnern von 0 bis 3 µm in der Größe), wird die Spiegelebene optisch ausreichend glatt, während ein hohes Reflexionsvermögen von wenigstens 95 % sichergestellt wird. Die Verwendung einer Klinge mit feinerer Korngröße macht die Spiegelebene glatter, aber so abgesättigt im Hinblick auf optische Eigenschaften, dass sie wenig Verbesserung beim Reflexionsvermögen erreicht. Vom Standpunkt des Reflexionsvermögens wird daher vorzugsweise eine Klinge von höchstens 5 µm zum Schneiden verwendet.

[0110] Andererseits ist eine Klinge mit feinerer Korngröße so schlechter in der Schneideleistung als eine raue Klinge, dass die Schneidegeschwindigkeit im Allgemeinen mit einer kürzeren Lebensspanne der Klinge verlangsamt wird. Wie aus [Fig. 12](#) zu verstehen ist, ermöglicht die Verwendung einer Klinge von wenigstens 1 µm (in der Form eines Aggregats mit Körnern von 0 bis 2 µm in der Größe) in der durchschnittlichen Korngröße, dass das Schneiden bei einer Schneidegeschwindigkeit von wenigstens 1 mm/sek ausgeführt wird, und diese wird daher als gut praktisch umsetzbar betrachtet. Vom Standpunkt der Schneideeffizienz wird vorzugsweise eine Klinge von wenigstens 1 µm in der durchschnittlichen Korngröße zum Schneiden verwendet. So ist im Fall einer Diamantklinge ein Merkmal der vorliegenden Erfindung, dass die durchschnittliche Korngröße der Diamantkörner wenigstens 1 µm und höchstens 5 µm beträgt.

[0111] Wenn sowohl das Reflexionsvermögen als auch die Schneideeffizienz, wie vorstehend beschrieben, in Betracht gezogen wird, wird eine Klinge mit einer durchschnittlichen Korngröße von 1 bis 5 µm vorzugsweise zum Schneiden verwendet.

[0112] Obwohl eine ausreichende praktische optische Oberfläche gewöhnlich nur durch Schneiden bei der vorhergehenden Bildung eines undurchsichtigen Endflächenspiegels erhalten werden kann, können die folgenden Verfahren im Fall effektiv sein, wo eine Schneideoberfläche stark abgeglättet werden muss, um eine hoch qualitative optische Spiegelebene mit einer Zunahme von deren Reflexionsvermögen auszubilden.

[0113] Wenn ein Wellenführungsmaterial ein Polymermaterial ist, ist ein erstes Verfahren ein Verfahren, in dem eine Oberfläche durch Wärme aufgeweicht wird. Dies kann einfach auf eine derartige Weise bewirkt werden, dass ein Flacheisen, das auf eine Temperatur erhitzt wurde, die im Wesentlichen ein Polymer als das Kernmaterial einer optischen Wellenführung aufweichen kann, leicht gegen eine Schneideoberfläche gepresst wird. In diesem Fall, wenn das aufgeweichte Polymer an das Flacheisen anhaftet, kann keine glatte Oberfläche erhalten werden. Angesichts hiervon wird die Oberfläche des Flacheisens vorzugsweise einer Adhäsionsschutzbehandlung, wie etwa Teflonbeschichtung, unterzogen.

[0114] Ein zweites Verfahren ist ein Verfahren, in dem eine Oberfläche leicht in einem geeigneten Lösungsmittel aufgelöst wird. Dies kann einfach auf eine derartige Weise bewirkt werden, dass eine Schneideoberfläche in ein geeignetes Lösungsmittel eingetaucht wird, das ein Polymer als ein Kernmaterial einer optischen Wellenführung, geringfügig auflösen kann.

[0115] Im Fall, wo die Materialien einer Wellenführung Gläser sind, kann eine Schnittoberfläche in einem gemischten Lösungsmittel aus Wasserstofffluorid und Ammoniumfluorid anstelle eines organischen Lösungsmittels eingetaucht werden, um deren geringfügige Auflösung zu bewirken, wodurch die Oberfläche abgeglättet werden kann.

[0116] Ein drittes Verfahren ist ein Verfahren, in dem eine undurchsichtige Oberfläche einem Endpolieren mit einer Diamantklinge mit einer weit feineren durchschnittlichen Korngröße als diejenige einer Klinge, die beim Schneiden zur Bildung der undurchsichtigen Oberfläche verwendet wird, unterzogen wird. Gemäß diesem Verfahren kann nach Bildung einer Probe mit einer gewünschten undurchsichtigen Oberfläche durch Schneiden, die Glattheit einer geschnittenen Oberfläche gut nur durch Endpolieren mit einer Ersatzklinge verstärkt werden. Daher beinhaltet dieses Verfahren einen Vorteil, dass der Schritt vereinfacht werden kann, da eine Wellenführung nicht auf einen anderen Schritt übertragen werden kann, um die Glattheit der Schneideoberfläche zu verbessern.

[0117] Jedes der vorhergehenden Verfahren ermöglicht die Bildung einer undurchsichtigen Endfläche mit einer sehr herausragenden Glattheit. Ein derartiges Verfahren zum Verbessern der Glattheit einer geschnittenen undurchsichtigen Endfläche ist möglich, da eine V-förmige Grube in einer optischen Wellenführung als Folge des Schneidens zur Ausbildung einer undurchsichtigen Oberfläche als ein Spiegel ausgebildet wird. Im Einzelnen ist dies so, da eine Form, in welcher die obere Seite einer undurchsichtigen Oberfläche weit offen ist, in der Nachbarschaft einer Spiegelebene in der optischen Wellenführung materialisiert wird. Demgemäß können in dem optischen Ablenker, der gemäß der vorliegenden Erfindung hergestellt wurde, der eine undurchsichtige

Oberfläche besitzt, die durch Ausbildung einer V-förmigen Grube gebildet wurde, verschiedene Mittel zum Glätten einer undurchsichtigen Oberfläche leicht, wie vorstehend beschrieben, ausgeführt werden, und eine besondere Behandlung einer undurchsichtigen Oberfläche kann auch leicht verwirklicht werden, wie nachstehend beschrieben wird, während ein Vorteil sichergestellt wird, dass das Abpacken eines optischen Funktionselementes, wie etwa einer empfindlichen optischen Vorrichtung oder einer emittierenden optischen Vorrichtung in der V-förmigen Grube angeordnet werden kann, d.h. in der extremen Nachbarschaft einer Spiegelebene.

[0118] Obwohl die undurchsichtige Endfläche erheblich gemäß einem der vorstehenden Verfahren abgeglättet werden kann, gibt es einen Fall, wo Gesamt-Reflexionsbedingungen auf der undurchsichtigen Endfläche nicht für alle Wellenführungsausführungsformen erfüllt werden können, obwohl dies von dem Steigungswinkel der undurchsichtigen Endfläche und den Brechungsindexwerten des Kerns und der Umhüllung abhängt. In diesem Fall kann ein Reflexionsvermögen von 100 % prinzipiell nicht sichergestellt werden, da einige hohe stehende Wellen von Licht nicht auf der undurchsichtigen Endfläche reflektiert werden und anstelle hindurchgelassen werden. In diesem Fall ist ein Verfahren zum Beschichten der Schnittoberfläche mit einem hoch reflektierenden Metall, wie etwa Gold, Silber oder Aluminium, durch Vakuumabscheidung oder dergleichen effektiv. Ein Reflexionsvermögen nahe zu 100 % kann durch ein derartiges Beschichten mit einem hoch reflektierenden Film sichergestellt werden.

[0119] Um den Steigungswinkel der undurchsichtigen Endfläche einzustellen, d.h. den Steigungswinkel des Spiegels, ist in Übereinstimmung mit einem gewünschten Winkel mit einer guten Genauigkeit, es wichtig, zuvor den Zusammenhang zwischen dem Winkel und der Spitze einer Klinge und dem Winkel einer undurchsichtigen Endfläche, der durch das tatsächliche Schneiden ausgebildet wird, zu erfassen. Der Winkel einer V-förmigen Grube, die in dem Verfahren verwendet wird, die durch Schneiden ausgebildet wird, wird gewöhnlich ein wenig größer als der Winkel der Spitze einer Klinge, die für das Schneiden verwendet wird. Es wird angenommen, dass dies hauptsächlich durch einen Größenfehler in der umlaufenden Richtung der Klinge und Vibrieren während dem Betrieb einer Schneidesägemaschine verursacht wird.

[0120] [Fig. 13](#) zeigt den Zusammenhang zwischen dem vertikalen Winkel einer Klinge, die zum Schneiden verwendet wird, um dem vertikalen Winkel einer V-förmigen Grube, die tatsächlich durch Schneiden ausgebildet wird. Wenn eine Klinge mit geeigneter Korngröße verwendet wird, wird der vertikale Winkel der resultierenden V-förmigen Grube um ungefähr 2° größer als der vertikale Winkel der Klinge mit einer Los-zu-Los-Variation [lot-to-lot-variation], die innerhalb des Bereichs von ungefähr 2° gesteuert wird. Demgemäß, wenn Schneiden unter Verwendung einer Klinge mit einem vertikalen Winkel von 88° ausgeführt wird, kann ein undurchsichtiger Endflächenspiegel mit einem Steigungswinkel von 45-Grad mit einer guten Reproduzierbarkeit mit einer Genauigkeit, die innerhalb des Bereichs von $\pm 1^\circ$ fällt, ausgebildet werden. So kann dort ein undurchsichtiger Endflächenspiegel mit einem gewünschten Steigungswinkel mit einem Fehler, der innerhalb des Bereichs von $\pm 1^\circ$ fällt, ausgebildet werden. Der Ausdruck "Klinge mit geeigneter Korngröße", wie hierin verwendet, soll eine Klinge von wenigstens 1 μm und höchstens 5 μm in der Durchschnittskorngröße, die in dem Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet wird, angeben. Wenn eine Klinge mit einer größeren Korngröße verwendet wird, wird eine Umwandlungsdifferenz zwischen dem vertikalen Winkel der Klinge und dem vertikalen Winkel der resultierenden V-förmigen Grube mit Zunahmen der Los-zu-Los-Variation und Wiederholungsfehler, vergrößert, wodurch eine Schwierigkeit beim Steuern des Steigungswinkels des undurchsichtigen Endflächenspiegels mit einer hohen Genauigkeit auftritt. Demgemäß wird vom Standpunkt des Steuerns des Steigungswinkels des undurchsichtigen Endflächenspiegels genauso eine Klinge von höchstens 5 μm der durchschnittlichen Korngröße vorzugsweise zum Schneiden verwendet. Ein Merkmal der Klinge, die in der vorliegenden Erfindung verwendet wird, ist, dass die durchschnittliche Korngröße der zusammengesetzten Diamantkörner der Klinge 1 bis 5 μm beträgt. Ein anderes Merkmal der Klinge der vorliegenden Erfindung ist, dass eine Seitenfläche der Klinge zur Ausbildung der unterschiedlichen Oberfläche bei einem Steigungswinkel von 44° in Bezug auf die Schneidegenauigkeit ausgebildet wird, die bei dem vorstehend erwähnten Steigungswinkel des undurchsichtigen Endflächenspiegels ausgebildet wird. Demgemäß wird, wenn eine symmetrische V-förmige Grube ausgebildet wird, der Winkel der Spitze der Klinge auf 88° eingestellt werden.

[0121] Zum Beispiel kann, im Fall einer planaren optischen Wellenführung, der optische Ablenker, der gemäß dem vorhergehenden Verfahren ausgebildet werden, wenn auf ein Verpackungssubstrat **42**, wie in [Fig. 14](#) gezeigt, montiert, als ein Teil verwendet werden, welches ein optisches Transmittermodul zusammensetzt, wobei dieses einen Laserstrahl **44** ablenkt, der aus einem Oberflächen emittierenden Laser **43** emittiert wird, der genauso auf dem Verpackungssubstrat **42** mittels der undurchsichtigen Endfläche **6** montiert ist, um dessen optisches Koppeln mit der optischen Wellenführung zu bewirken, um hierdurch den Strahl in ein Wanderungslicht **45a** umzuwandeln, oder der optische Ablenker, wenn auf ein abgepacktes Substrat **46**, wie in [Fig. 15](#) gezeigt, montiert, kann als ein Teil verwendet werden, welches den anderen Weg um ein optisches Receivermodul he-

rum zusammensetzt, wobei dieses ein Licht **47** ablenkt, das durch die optische Wellenführung mittels der undurchsichtigen Endfläche **6**, um dessen optisches Koppeln mit einer Fotodiode **49**, die genauso auf dem Verpackungssubstrat **46** montiert ist, zu bewirken.

[0122] Im Fall einer optischen Faser kann der optische Ablenker, wenn auf ein Verpackungssubstrat **42**, wie in [Fig. 16](#) gezeigt, montiert, genauso als ein Teil verwendet werden, welches ein optisches Transmittermodul zusammensetzt, wobei dieses einen Laserstrahl **44** ablenkt, der aus einem Oberflächen emittierenden Laser **43** ausgesendet wird, der genauso auf das Verpackungssubstrat **42** mittels der undurchsichtigen Endfläche **27** montiert ist, um dessen optisches Koppeln mit der optischen Faser zu bewirken, um hierdurch den Strahl in ein Wanderungslicht **45b** umzuwandeln, oder der optische Ablenker kann, wenn auf dem Verpackungssubstrat **46**, wie in [Fig. 17](#) gezeigt, montiert, als ein Teil verwendet werden, welches den anderen Weg um ein optisches Receivermodul herum zusammensetzt, wobei dieses ein Licht **48**, das durch die optische Faser mittels der undurchsichtigen Endfläche **27**, dessen unterwärtiges Austreten wellengeleitet wird, um dessen optisches Koppeln mit einer Fotodiode **49** zu bewirken, die genauso auf dem Verpackungssubstrat **46** montiert ist.

[0123] Ein undurchsichtiger Endflächenspiegel kann unter Verwendung einer einkantigen Klinge **50**, wie in [Fig. 18](#) gezeigt, anstelle der doppelkantigen Klinge **40**, wie in [Fig. 7](#) gezeigt, ausgebildet werden. Zum Beispiel wird eine einkantige Klinge **50** mit einem vertikalen Winkel von ungefähr 44° verwendet, um eine optische Wellenführung von [Fig. 6](#) zu schneiden, um hierdurch einen undurchsichtigen Endflächenspiegel auszubilden, wodurch eine optische Wellenführung mit einem 45-Grad undurchsichtigen Endflächenspiegel, wie in [Fig. 9](#) gezeigt, erhalten werden kann. In dem Fall dieser Art von Spiegel muss, da die Gesamtreflexionsbedingungen auf der undurchsichtigen Endfläche **9** nicht erfüllt sind, jedoch die undurchsichtige Endfläche **9** mit einem Metall mit hohem Reflexionsvermögen, wie etwa Gold, Silber oder Aluminium beschichtet werden, um ein hohes Reflexionsvermögen sicherzustellen. Dieses Beschichtungsverfahren wird sehr leicht ausgeführt, da eine umgewandelte V-förmige Grube **12b**, die die undurchsichtige Endfläche **9** materialisiert, in einer vergrößerten Form auf deren Öffnungsseite ist. Dies ist auch in dem Fall wahr, wo die V-förmige Grube eine symmetrisch V-förmige Grube **12a** ist, wie in [Fig. 7](#) gezeigt. Da diese symmetrische V-förmige Grube einen breiteten Operationsraum besitzt, kann das Verfahren leichter ausgeführt werden.

[0124] Ein großer Unterschied der Funktion zwischen dem undurchsichtigen Endflächenspiegel **9** einer Art, wie in [Fig. 9](#) gezeigt, und dem undurchsichtigen Endflächenspiegel **6** einer Art, wie in [Fig. 7](#) gezeigt, ist, dass sie zueinander im Hinblick auf die Richtung der Ablenkung revers sind. Der undurchsichtige Endflächenspiegel von [Fig. 9](#) besitzt eine Funktion des Ablenkens eines Lichtes **10**, das durch die optische Wellenführung in der Abwärtsrichtung wandert, d.h. in einer Richtung, entgegengesetzt zu dem Substrat **1**. Natürlich besitzt dieses eine Funktion des Ablenkens den anderen Weg, um ein Licht **11** herum, das von dem Substrat **1** wandert, um dessen optisches Koppeln mit der optischen Wellenführung zu bewirken. Demgemäß kann eine emittierende optische Vorrichtung **43**, die auf der Oberfläche der optischen Wellenführung oder in der V-förmigen Grube **12b** angeordnet ist, um einen optischen Transmitter zusammensetzen, wie in [Fig. 19](#) gezeigt, angeordnet sein, eine empfindliche optische Vorrichtung **49** kann auf der Oberfläche der optischen Wellenführung oder in der V-förmigen Grube **12b** angeordnet sein, um einen optischen Receiver zusammensetzen, wie in [Fig. 20](#) gezeigt, oder eine optische Wellenführung mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel, wie in [Fig. 8](#) gezeigt, kann ferner auf der resultierenden Oberfläche überlagert sein, um vertikal gestapelte optische Wellenführungen mit zwei Wellenführungsschichten **51a** und **51b** herzustellen, wie in [Fig. 21](#) gezeigt.

[0125] Jedoch beinhaltet diese Art von undurchsichtigem Endflächenspiegel ein Problem, dass er leicht ein Licht erzeugt, das zurück zu der Einfallseite des Lichtes wandert, d.h. ein Problem des schlechten Umkehrverlustes in einem Aspekt eines Elements, wegen der Fresnel-Reflexion, die auf der vertikalen Endfläche **9a** auftritt, die die umgewandelte V-förmige Grube **12b** zusammensetzt, die durch Schneiden ausgebildet wurde. Zum Beispiel, wenn der Brechungsindex des Kerns 1,490 beträgt, tritt eine Fresnel-Reflexion von ungefähr 3,9 % auf der vertikalen Endfläche **9a** auf, mit dem Ergebnis, dass der Umkehrverlust, der auf der Lichteinfallseite abgetastet wird, ungefähr -14 dB beträgt, ohne Berücksichtigung des Wanderungsverlusts der optischen Wellenführung.

[0126] Mittel zum Lösen dieses Problems beinhalten die folgenden zwei Verfahren.

[0127] Gemäß dem ersten Verfahren wird die Endfläche **9a** der optischen Wellenführung in eine Endfläche, die um einen geringfügigen Winkel θ , relativ zu einer vertikalen Ebene, wie in [Fig. 22](#) gezeigt, ausgebildet. Wenn die Endfläche **9a** ausgebildet wird, um einen Winkel θ undurchsichtig zu sein, wird der optische Weg **53** des reflektierten Lichts um einen Winkel 2θ im Vergleich mit dem optischen Weg **54** des reflektierten Lichts in dem Fall, wo die Endfläche **9a** nicht undurchsichtig ist, abgelenkt. Dies kann bei genauer Auswahl von θ ver-

wendet werden, um reflektiertes Licht aus der Wellenführung zu diffundieren, wodurch der Umkehrverlust folglich verbessert werden kann.

[0128] Angesichts der Gesamtreflexionsbedingungen der Kern/Umhüllungsgrenzfläche besitzt der Winkel eines wellengeführten Lichtes, das durch eine Wellenführung mit der optischen Achse der Wellenführung wandern kann, den maximalen Wert: $\cos^{-1}(n_{\text{Umhüllung}}/n_{\text{Kern}})$, worin n_{Kern} der Brechungsindex des Kerns ist und $n_{\text{Umhüllung}}$ der Brechungsindex der Umhüllung ist. Demgemäß können, wenn der Wert von θ höher als der Wert von $\cos^{-1}(n_{\text{Umhüllung}}/n_{\text{Kern}})$ eingestellt wird, das ganze reflektierte Licht aus der Wellenführung diffundiert werden. Da dieser Wert von $\cos^{-1}(n_{\text{Umhüllung}}/n_{\text{Kern}})$ ungefähr 5° bis 6° in dem Fall einer Einzelmodus-Wellenführung, wobei die numerische Öffnung (NA) ungefähr 0,1 beträgt, und ungefähr 8° bis 9° im Fall einer Multimodus-Wellenführung, wobei die numerische Öffnung (NA) ungefähr 0,2 beträgt, kann der Umkehrverlust drastisch durch eine Neigung der Endfläche **9a** um einen Winkel von wenigstens 6° im Fall der Einzelmodus-Wellenführung oder um einen Winkel von wenigstens 9° im Fall der Multimodus-Wellenführung verringert werden.

[0129] Sogar, wenn der Winkel θ kleiner als der vorhergehende Winkel ist, wird einiges reflektiertes Licht aus der Wellenführung diffundiert, wodurch ein ausreichender Effekt gezeigt werden kann, obwohl dies von den Erfordernissen abhängt. Andererseits, wenn dieser zu groß ist, wird die Menge des Lichtes, die durch diese Endfläche **9a** durchgelassen wird, verringert, um ein Faktor beim Vergrößern des Elementverlustes zu werden. **Fig. 23** zeigt die θ -Abhängigkeit der Durchlässigkeit und des Umkehrverlusts. Wenn der Wert von θ wenigstens 1° beträgt, beträgt der Umkehrverlust höchstens -20 dB. Andererseits, wenn der Wert von θ 30° übersteigt, wird die Durchschnittlichkeit abrupt verringert. Da ein Umkehrverlust von höchstens -20 dB und eine Durchschnittlichkeit von wenigstens 90 % benötigt werden, um ein praktisches optisches Element auszubilden, wird der Wert von θ vorteilhafterweise in dem Bereich von 1° bis 30° eingestellt. Um eine derartige umgewandelte V-förmige Grube auszubilden, muss die vertikale Seitenfläche einer einkantigen Klinge um einen Winkel von 1° bis 30° geneigt werden. So ist eine einkantige Klinge in einer derartigen Form auch eine Modifikation der Klinge der vorliegenden Erfindung.

[0130] Wie vorstehend beschrieben, kann im Fall des undurchsichtigen Endflächenspiegels eines Typs, der in **Fig. 9** gezeigt wird, die entsprechende vertikale Endfläche mit einer geringfügigen Steigung ausgestattet werden, wodurch das resultierende Element im Hinblick auf den Umkehrverlust verbessert werden kann. Hierbei sollte jedoch bemerkt werden, dass der Ablenkungswinkel eines optischen Weges durch einen Spiegel geändert wird, da die resultierende Endfläche **52** eine derartige Neigung besitzt, dass eine Brechung in der Kern/Umhüllungsgrenzfläche davon entsteht.

[0131] **Fig. 24** ist ein Diagramm, das eine Änderung des Ablenkungswinkels eines optischen Weges um die Neigung der Endfläche **52** veranschaulicht. Wenn die Endfläche senkrecht zu der optischen Achse der Wellenführung ist, d.h. wenn $\theta = 0^\circ$ ist, wandert ein Lichtstrahl **10**, der entlang der optischen Achse der Wellenführung wandert, während er einem Verlauf folgt, der durch eine gebrochene Linie **60** → **61** gezeigt wird. Hierbei ist der Winkel der Ablenkung des optischen Weges 2ϕ , wenn ϕ der Winkel der undurchsichtigen Endfläche **9** mit der optischen Achse der Wellenführung ist. Mit anderen Worten, wenn eine Ablenkung um einen Winkel von Φ bewirkt wird, wird es ausreichen, die Formel: $\phi = \Phi/2$ zu erfüllen. Andererseits, wenn die Endfläche **52** um einen Winkel θ , relativ zu der vertikalen Achse, undurchsichtig ist, wird ein Lichtstrahl **10** um einen abgelenkt: $\sin^{-1}(n_{\text{Kern}} \sin\theta) - \theta$ durch Brechung, um zu wandern, während ein Verlauf, wie durch die gebrochene Linie **62** → **63** gezeigt, gefolgt wird. So muss der Ablenkungswinkel von austretendem Licht **63** mit einfallendem Licht **10** auf $2\phi + \{\sin^{-1}\{n_{\text{Kern}} \sin\theta\} - \theta\}/2$ eingestellt werden. Mit anderen Worten, der Winkel ϕ der Neigung der undurchsichtigen Endfläche **52** muss um einen Winkel korrigiert werden: $\{\sin^{-1}\{n_{\text{Kern}} \sin\theta\} - \theta\}/2$, verglichen mit demjenigen im Fall, wo $\theta = 0^\circ$ ist.

[0132] Das zweite Verfahren ist ein Verfahren, wobei eine Lücke zwischen der Endfläche **52** der Wellenführung und der undurchsichtigen Endfläche **9** mit einem Harz **70** oder dergleichen mit im Wesentlichen gleichem Brechungsindex wie demjenigen des Kerns gefüllt wird, nachdem die undurchsichtige Endfläche **9** mit einem hoch reflektiven Film aus Gold oder dergleichen beschichtet wird. Eine Substitution von Luft durch das Harz **70** als das Medium in der V-förmigen Grube **12b** kann die Fresnel-Reflexion, die auf der Endfläche **52** der Wellenführung auftritt, drastisch verringern. Zum Beispiel, wenn die Brechungsindizes des Kerns und des Harzes **70** jeweils 1,49 und 1,485 sind, wird die Fresnel-Reflexion, die auf dieser Endfläche **52** auftritt, drastisch von 3,7 % auf 0,00028 % verringert, sogar, wenn die Endfläche **52** keine Neigung besitzt, $\theta = 0^\circ$, wodurch der Umkehrverlust drastisch von -14 dB auf -55 dB verringert werden kann. Es muss nicht besonders betont werden, es ist selbstverständlich, dass dieses Verfahren effektiver ist, wenn in Kombination mit der vorstehend erwähnten Neigung der Endfläche **52** der Wellenführung kombiniert. Dieses Verfahren kann auch die vorstehend erwähnte Änderung des Ablenkungswinkels des optischen Weges durch Brechung verringern. Im Einzelnen,

wenn der Brechungsindex des Harzes $70 n_{\text{Harz}}$ ist, ist die Änderung in dem Ablenkungswinkel des optischen Weges $\sin^{-1} \{(n_{\text{Kern}}/n_{\text{Harz}}) \sin \theta\} - \theta$. Dieses Harz **70** ist auch beim Schützen des undurchsichtigen Endflächenspiegels **9** effektiv.

[0133] Gemäß dem vorstehenden Verfahren zur Herstellung des optischen Ablenkers der vorliegenden Erfindung, das eine planare optische Wellenführung umfasst, ist nicht nur das Verfahren des Schneidens des ganzen Elementes in Schrägrichtung, sondern auch die lokalisierte Ausbildung eines undurchsichtigen Endflächenspiegels an einer willkürlichen Position einer optischen Wellenführung möglich. Zum Beispiel, wenn undurchsichtige Endflächenspiegel an Position **72**, **73** und **74** einer Y-verzweigten optischen Wellenführung ausgebildet werden müssen, wie in [Fig. 26](#) gezeigt, beinhaltet Schneiden einer verzweigten Wellenführung an einer Position **73** gemäß einem herkömmlichen Abschneideverfahren, wobei ein Abschneidegerät aus einem Mikrotom oder dergleichen hergestellt ist, unvermeidbares Abschneiden der anderen verzweigten Wellenführung, da das Abschneiden entlang der Linie C-C' ausgeführt wird, wohingegen Teilspiegelbildung in einer verzweigten Wellenführung möglich ist, ohne Verschlechterung der anderen verzweigten Wellenführung im Fall des Schneidens gemäß der vorliegenden Erfindung, wenn zwei verzweigte Wellenführungen voneinander um ungefähr wenige Millimeter an der Schneidestelle entfernt sind.

[0134] Der Zusammenhang zwischen der V-förmigen Grube, die in der optischen Wellenführung ausgebildet ist, und der Klinge, die zur Grubenbildung verwendet wird, die Materialeigenschaften und Formeigenschaften der Klinge, die Funktion der optischen Wellenführung mit einer undurchsichtigen Endfläche, die Einstellung des Ablenkungswinkels in Bezug auf Brechung, indem die V-förmige Grube mit dem Harz etc. gefüllt wird, was alles vorstehend beschrieben worden ist, gelten auch im Fall eines optischen Ablenkers vom optischen Faser-Typ, die diesbezügliche Erläuterung wird daher weggelassen.

[0135] Wie vorstehend beschrieben, kann ein optischer Ablenker vom Hochleistungs-Perfektions-Typ leicht mit einer hohen Genauigkeit gemäß dem Verfahren der vorliegenden Erfindung zum Herstellen eines optischen Ablenkers hergestellt werden.

[0136] Die folgenden Beispiele werden die vorstehende Erfindung in größerem Detail erläutern, aber sollten nicht so verstanden werden, dass sie den Umfang der vorliegenden Erfindung begrenzen. Von diesen Beispielen sind nur Beispiele 64 und 68 Ausführungsformen der Erfindung.

Beispiel 1

[0137] Eine eingebettete optische Wellenführung, die einen Kern aus Polymethylmethacrylat und einer Umhüllung aus einem Epoxidharz umfasst, wurde auf einem Siliziumsubstrat ausgebildet. Die Brechungsindizes des Kerns und der Umhüllung betragen jeweils 1,490 und 1,475, während der Querschnitt des Kerns quadratisch mit einer Breite von $40 \mu\text{m}$ und einer Höhe von $40 \mu\text{m}$ war. Eine Klinge **82** mit einer Klingenspitze, die verarbeitet war, um V-förmig im Querschnitt mit einem vertikalen Winkel von 88° , wie in [Fig. 27](#) gezeigt, zu sein, wurde verwendet, um ein Endteil der optischen Wellenführung hinunter auf die Oberfläche des Substrats zu schneiden, um hierdurch eine undurchsichtige Endfläche auszubilden. Danach wurde ein Stück mit einer Länge von 5 cm und einer Breite von 1 cm aus dem resultierenden Produkt geschnitten. Die optische Wellenführung wurde dann aus dem Substrat geschält, um einen Ablenker vom Wellenführungs-Typ herzustellen, wie in [Fig. 28](#) gezeigt.

[0138] Ein Laserstrahl **76** mit einer Wellenlänge von $0,85 \mu\text{m}$ wurde in den hergestellten optischen Ablenker vom Wellenführungs-Typ über die vertikale Endfläche **75** davon geformt, um ein Intensitätsprofil in einem entfernt visuellen Gebiet des reflektierten Lichtes **78** zu untersuchen, das aus der Reflexion aus der unterschiedlichen Endfläche **77** davon resultiert, wodurch der Winkel der Ablenkung gemessen wurde. Der Winkel der Ablenkung betrug 90° . Andererseits wurde die Gesamt-Lichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Detektor gemessen, um das Reflexionsvermögen der undurchsichtigen Endfläche als ein Spiegel zu untersuchen, welche mit 83 % festgestellt wurde.

Beispiel 2

[0139] Ein Flacheisen, das bei einer Temperatur von 180°C erhitzt wurde, wurde gegen die undurchsichtige Endfläche **77** eines optischen Ablenkers vom Wellenführungsfilm-Typ gepresst, der auf die gleiche Weise wie in Beispiel 1 hergestellt wurde, um dessen Planarisierungsbehandlung zu bewirken. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels mit 90° und 85 % jeweils gemessen.

Beispiel 3

[0140] Die undurchsichtige Endfläche **77** eines optischen Ablenkens vom Wellenführungsfilm-Typ, der auf die gleiche Weise wie in Beispiel 1 hergestellt wurde, wurde in Methylisobutylketon eingetaucht, um dessen Planarisierungsbehandlung zu bewirken. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels jeweils mit 90° und 85 % gemessen.

Beispiel 4

[0141] Die undurchsichtige Endfläche **77** eines optischen Ablenkens vom Wellenführungsfilm-Typ, der auf die gleiche Weise wie in Beispiel 1 hergestellt wurde, wurde in Chlorbenzol eingetaucht, um dessen Planarisierungsbehandlung zu bewirken. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels mit 90° und 85 % jeweils gemessen.

Beispiel 5

[0142] Die undurchsichtige Endfläche **77** eines optischen Ablenkens vom Wellenführungsfilm-Typ, der auf die gleiche Weise wie in Beispiel 1 hergestellt wurde, wurde mit Gold durch Vakuumabscheidung metallisiert. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels jeweils mit 90° und 97 % gemessen.

Beispiel 6

[0143] Die undurchsichtige Endfläche **77** eines optischen Ablenkens vom Wellenführungsfilm-Typ, der auf die gleiche Weise wie in Beispiel 1 hergestellt wurde, wurde mit Silber durch Vakuumabscheidung metallisiert. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels jeweils mit 90° und 96 % gemessen.

Beispiel 7

[0144] Die undurchsichtige Endfläche **77** eines optischen Ablenkens vom Wellenführungsfilm-Typ, der auf die gleiche Weise wie in Beispiel 1 hergestellt wurde, wurde mit Aluminium durch Vakuumabscheidung metallisiert. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels jeweils mit 90° und 90 % gemessen.

Beispiel 8

[0145] Eine eingebettete optische Wellenführung, die einen Kern aus Polymethylmethacrylat und eine Umhüllung aus einem Epoxidharz umfasste, wurde auf einem Siliziumsubstrat ausgebildet. Die Brechungsindizes des Kerns und der Umhüllung betragen jeweils 1,490 und 1,475, während der Querschnitt des Kerns quadratisch mit einer Breite von 40 µm und einer Höhe von 40 µm war. Eine Klinge **83** mit einer Klingenspitze, die V-förmig im Querschnitt mit einem vertikalen Winkel von 93°, wie in [Fig. 29](#), verarbeitet war, wurde verwendet, um einen Endteil der optischen Wellenführung hinunter auf die echte Oberfläche des Substrats zu schneiden, um hierdurch eine undurchsichtige Endfläche auszubilden. Danach wurde ein Stück mit einer Länge von 5 cm und einer Breite von 1 cm des resultierenden Produkts ausgeschnitten. Die optische Wellenführung wurde dann aus dem Substrat herausgeschält, um einen optischen Ablenker vom Wellenführungsfilm-Typ herzustellen.

[0146] Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von 0,85 µm wurde in einen hergestellten optischen Ablenker vom Wellenführungsfilm-Typ über dessen vertikale Endfläche geformt, um ein Intensitätsprofil in dem entfernt visuellen Gebiet von reflektiertem Licht zu untersuchen, das aus der Reflexion aus dessen undurchsichtiger Endfläche resultierte, wodurch der Ablenkungswinkel gemessen wurde. Der Ablenkungswinkel betrug 85°. Andererseits wurde die Gesamt-Lichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Detektor gemessen, um das Reflexionsvermögen der undurchsichtigen Endfläche als ein Spiegel zu untersuchen, welches mit 95 % bestimmt wurde.

Beispiel 9

[0147] Ein Flacheisen, das bei einer Temperatur von 180°C erhitzt wurde, wurde gegen die undurchsichtige Endfläche eines optischen Ablenkens vom Wellenführungsfilm-Typ gepresst, das auf die gleiche Weise wie in

Beispiel 8 hergestellt wurde, um dessen Planarisierungsbehandlung zu bewirken.

[0148] Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels mit jeweils 85° und 97 % gemessen.

Beispiel 10

[0149] Die undurchsichtige Endfläche eines optischen Ablenkers vom Wellenführungsfilm-Typ, die auf die gleiche Weise wie in Beispiel 8 hergestellt wurde, wurde in Methylisobutylketon eingetaucht, um dessen Planarisierungsbehandlung zu bewirken. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels mit jeweils 85° und 97 % gemessen.

Beispiel 11

[0150] Die undurchsichtige Endfläche eines optischen Ablenkers vom Wellenführungsfilm-Typ, die auf die gleiche Weise wie in Beispiel 8 hergestellt wurde, wurde in Chlorbenzol eingetaucht, um dessen Planarisierungsbehandlung zu bewirken. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels mit jeweils 85° und 97 % gemessen.

Beispiel 12

[0151] Eine eingebettete optische Wellenführung, die einen Kern aus Polymethylmethacrylat und einer Umhüllung aus einem Epoxidharz umfasst, wurde auf einem Siliziumsubstrat ausgebildet. Die Brechungsindizes des Kerns und der Umhüllung betragen jeweils 1,490 und 1,475, während der Querschnitt des Kerns quadratisch mit einer Breite von 40 µm und einer Höhe von 40 µm war. Eine Klinge **84** mit einer Klingenspitze, die verarbeitet war, um keilförmig mit einem vertikalen Winkel von 44°, wie in [Fig. 30](#) gezeigt, zu sein, wurde verwendet, um ein Ende der optischen Wellenführung bis auf die wahre Oberfläche des Substrats herunterzuschneiden, um hierdurch eine undurchsichtige Endfläche **49** auszubilden, welche dann mit Gold **103** durch Vakuumabscheidung metallisiert wurde. Danach wurde ein Stück mit einer Länge von 5 cm und einer Breite von 2 cm aus dem resultierenden Produkt ausgeschnitten, um einen optischen Ablenker vom Wellenführungsfilm-Typ herzustellen, wie in [Fig. 31](#) gezeigt.

[0152] Ein Laserstrahl **101** mit einer Wellenlänge von 0,85 µm wurde in den hergestellten optischen Ablenker vom Wellenführungsfilm-Typ über dessen vertikale Endfläche **100** geschickt, um ein Intensitätsprofil im entfernt visuellen Gebiet des reflektierten Lichts **102** zu untersuchen, das von einer Reflexion auf dessen undurchsichtiger Endfläche **99** stammte, wodurch der Ablenkungswinkel gemessen wurde. Der Ablenkungswinkel betrug 90°. Andererseits wurde die gesamte Lichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Ablenker gemessen, um das Reflexionsvermögen der undurchsichtigen Endfläche als ein Spiegel zu untersuchen, welches mit 96 % festgestellt wurde. Ferner wurde die Intensität von Licht, das von der Licht-einfallenden Endfläche der Wellenführung zurückgeführt wurde, gemessen, um den Umkehrverlust zu untersuchen, welcher mit -15 dB festgestellt wurde.

Beispiel 13

[0153] Ein optischer Ablenker vom Wellenführungsfilm-Typ wurde auf die gleiche Weise wie in Beispiel 12 hergestellt, bis darauf, dass Silber als das Metall zur Vakuumabscheidung auf der undurchsichtigen Endfläche verwendet wurde.

[0154] Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von 0,85 µm wurde in dem hergestellten optischen Ablenker vom Wellenführungsfilm-Typ über dessen vertikale Endfläche geführt, um ein Intensitätsprofil in dem entfernt visuellen Gebiet des reflektierten Lichtes zu untersuchen, das von der Reflexion auf dessen undurchsichtigen Endfläche stammte, wodurch der Ablenkungswinkel gemessen wurde. Der Ablenkungswinkel betrug 90°. Andererseits wurde die Gesamtlichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Ablenker gemessen, um das Reflexionsvermögen der undurchsichtigen Endfläche als ein Spiegel zu untersuchen, welches mit 95 % festgestellt wurde.

Beispiel 14

[0155] Ein optischer Ablenker vom Wellenführungsfilm-Typ wurde im Wesentlichen auf die gleiche Weise wie in Beispiel 12 hergestellt, bis darauf, dass Aluminium als das Metall zur Vakuumabscheidung auf der undurch-

sichtigen Endfläche verwendet wurde.

[0156] Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von 0,85 μm wurde in den hergestellten optischen Ablenker vom Wellenführungsfilm-Typ über dessen vertikale Endfläche geführt, um ein Intensitätsprofil im entfernt visuellen Gebiet von reflektiertem Licht zu untersuchen, das von der Reflexion auf dessen undurchsichtige Endfläche stammte, wodurch der Ablenkungswinkel gemessen wurde. Der Ablenkungswinkel betrug 90° . Andererseits wurde die gesamte Lichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Ablenker gemessen, um das Reflexionsvermögen der undurchsichtigen Endfläche als ein Spiegel zu untersuchen, welches mit 89 % festgestellt wurde.

Beispiel 15

[0157] Eine $1 \times 2Y$ -verzweigte eingebettete optische Wellenführung, die einen Kern aus Polymethylmethacrylat und eine Umhüllung aus Epoxidharz umfasste, wie in [Fig. 26](#) gezeigt, wurde auf einem Siliziumsubstrat ausgebildet. Die Gesamtlänge der optischen Wellenführung betrug 5 cm, und der Abstand zwischen den Zentren der zwei verzweigten Kerne betrug 2,5 mm. Die Brechungsindizes des Kerns und der Umhüllung betrugen jeweils 1,490 und 1,475, während der Querschnitt des Kerns quadratisch mit einer Breite von 40 μm und einer Höhe von 40 μm war. Die Dicke der unteren Umhüllungsschicht betrug 20 μm , während die Dicke der oberen Umhüllungsschicht 60 μm (20 μm von der oberen Oberfläche des Kerns) betrug. Eine Klinge **84** mit einer Klingenspitze, die verarbeitet war, um keilförmig im Querschnitt mit einem vertikalen Winkel von 44° zu sein, wie in [Fig. 30](#) gezeigt, wurde verwendet, um die optische Wellenführung an Positionen **72**, **73** und **74** davon, wie in [Fig. 26](#) gezeigt, und herunter auf die wahre Oberfläche des Substrats zu schneiden, um hierdurch undurchsichtige Endflächen auszubilden, welche dann mit Gold durch Vakuumabscheidung metallisiert wurden. Danach wurde ein Oberflächen emittierender Laser mit einer Oszillationswellenlänge von 0,85 μm auf die undurchsichtige Endfläche als ein Spiegel montiert, der an der Position **72** auf eine derartige Weise ausgebildet war, dass die emittierende Oberfläche davon dem Spiegel gegenüberstand, während Fotodioden jeweils über die undurchsichtigen Endflächen als Spiegel montiert waren, die an den Positionen **73** und **74** auf eine derartige Weise ausgebildet waren, dass die empfindlichen Oberflächen davon den jeweiligen Spiegeln gegenüberstanden.

[0158] Ein elektrischer Strom wurde an den Oberflächen emittierenden Laser angelegt, um einen Laserstrahl auszusenden (0,80 mW), welcher durch die Wellenführung über den Spiegel wanderte, und durch die Fotodioden über die Spiegel empfangen wurde, um die Leistungen der empfangenen Laserstrahlen zu messen. Die Intensitäten der Laserstrahlen, die an den Positionen **73** und **74** gemessen wurden, betrugen jeweils 0,32 mW und 0,31 mW.

Beispiel 16

[0159] Zwei deuterierte Polyfluormethacrylate, die sich im Copolymerisationsverhältnis (nachstehend als "Polymer A" und "Polymer B" bezeichnet, siehe "japanische Patentanmeldung Nr. 282,023/1990, die sich auf eine optische Wellenführung aus Kunststoff bezieht") unterschieden, wurden synthetisiert. Die Brechungsindizes von Polymer A und Polymer B betrugen jeweils 1,490 und 1,483. Eine eingebettete optische Wellenführung mit Einzelmodus, die einen Kern aus Polymer A und eine Umhüllung aus Polymer B umfasste, wurde auf einem Siliziumsubstrat ausgebildet. Der Querschnitt des Kerns war quadratisch mit einer Breite von 7 μm und einer Höhe von 7 μm . Die Dicke der unteren Umhüllungsschicht betrug 20 μm , während die Dicke der oberen Umhüllungsschicht 27 μm betrug (20 μm von der oberen Oberfläche des Kerns). Ein Epoxidharz von 50 μm in der Dicke wurde auf die obere Umhüllungsschicht zum Zweck der Verstärkung aufgetragen. Eine Klinge **82** mit einer Klingenspitze, die verarbeitet war, um V-förmig im Querschnitt mit einem vertikalen Winkel von 88° zu sein, wie in [Fig. 27](#) gezeigt, wurde verwendet, um ein Endteil der optischen Wellenführung bis auf die wahre Oberfläche des Substrats herunterzuschneiden, um hierdurch eine undurchsichtige Endfläche auszubilden. Danach wurde ein Stück mit einer Länge von 5 cm und einer Breite von 1 cm aus dem resultierenden Produkt geschnitten. Die optische Wellenführung wurde dann aus dem Substrat geschält, um einen optischen Ablenker vom Wellenführungsfilm-Typ herzustellen.

[0160] Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von 1,3 μm wurde in den hergestellten optischen Ablenker vom Wellenführungsfilm-Typ über dessen vertikale Endfläche geschickt, um ein Intensitätsprofil im entfernt visuellen Gebiet des reflektierten Lichtes zu untersuchen, das aus der Reflexion auf dessen undurchsichtiger Endfläche stammte, wodurch der Ablenkungswinkel gemessen wurde. Der Ablenkungswinkel betrug 90° . Andererseits wurde die gesamte Lichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Ablenker gemessen, um das Reflexionsvermögen der undurchsichtigen Endfläche als ein Spiegel zu untersuchen, welches mit 78 %

festgestellt wurde.

Beispiel 17

[0161] Ein Flacheisen, das bei einer Temperatur von 180°C erhitzt wurde, wurde gegen die undurchsichtige Endfläche eines optischen Ablenkens vom Wellenführungsfilm-Typ gepresst, der auf die gleiche Weise wie in Beispiel 16 hergestellt wurde, um dessen Planarisierungsbehandlung zu bewirken. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels gemessen, um jeweils 90° und 80 % zu betragen.

Beispiel 18

[0162] Die undurchsichtige Endfläche eines optischen Ablenkens vom Wellenführungsfilm-Typ, die auf die gleiche Weise wie in Beispiel 16 hergestellt wurde, wurde in Methylisobutylketon eingetaucht, um dessen Planarisierungsbehandlung zu bewirken. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels gemessen, um jeweils 90° und 80 % zu betragen.

Beispiel 19

[0163] Die undurchsichtige Endfläche eines optischen Ablenkens vom Wellenführungsfilm-Typ, die auf die gleiche Weise wie in Beispiel 16 hergestellt wurde, wurde in Chlorbenzol eingetaucht, um dessen Planarisierungsbehandlung zu bewirken. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels jeweils mit 90° und 80 % gemessen.

Beispiel 20

[0164] Die undurchsichtige Endfläche eines optischen Ablenkens vom Wellenführungsfilm-Typ, die auf die gleiche Weise wie in Beispiel 16 hergestellt wurde, wurde mit Gold durch Vakuumabscheidung metallisiert. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels jeweils mit 90° und 94 % gemessen.

Beispiel 21

[0165] Die undurchsichtige Endfläche eines optischen Ablenkens vom Wellenführungsfilm-Typ, die auf die gleiche Weise wie in Beispiel 16 hergestellt wurde, wurde mit Silber durch Vakuumabscheidung metallisiert. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels jeweils mit 90° und 92 % gemessen.

Beispiel 22

[0166] Die undurchsichtige Endfläche eines optischen Ablenkens vom Wellenführungsfilm-Typ, die auf die gleiche Weise wie in Beispiel 16 hergestellt wurde, wurde mit Aluminium durch Vakuumabscheidung metallisiert. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels jeweils mit 87° und 89 % gemessen.

Beispiel 23

[0167] Zwei deuterierte Polysiloxane, die sich im Copolymerisationsverhältnis unterschieden, (nachstehend als "Polymer C" und "Polymer D" bezeichnet, siehe "japanische Patentanmeldung Nr. 282,023/1990, die sich auf eine optische Wellenführung aus Kunststoff bezieht") wurden synthetisiert. Die Brechungsindizes von Polymer A und Polymer B betragen jeweils 1,545 und 1,537. Eine eingebettete optische Wellenführung vom Einzelmodustyp, die einen Kern aus Polymer C und eine Umhüllung aus Polymer D umfasste, wurde auf einem Siliziumsubstrat ausgebildet. Der Querschnitt des Kerns war quadratisch mit einer Breite von 7 µm und einer Höhe von 7 µm. Die Dicke der unteren Umhüllungsschicht betrug 20 µm, während die Dicke der oberen Umhüllungsschicht 27 µm betrug (20 µm von der oberen Oberfläche des Kerns). Ein Epoxidharz von 50 µm in der Dicke wurde auf die obere Umhüllungsschicht zum Zweck der Verstärkung aufgetragen. Eine Klinge **82** mit einer Klingenspitze, die verarbeitet wurde, um V-förmig im Querschnitt mit einem vertikalen Winkel von 88° zu sein, wie in [Fig. 27](#) gezeigt, wurde verwendet, um ein Ende der optischen Wellenführung bis hinunter auf die wahre Oberfläche des Substrats zu schneiden, um hierdurch eine undurchsichtige Endfläche auszubilden. Danach wurde ein Stück mit einer Länge von 5 cm und einer Breite von 1 cm aus dem resultierenden Produkt

ausgeschnitten. Die optische Wellenführung wurde dann aus dem Substrat geschält, um einen optischen Ablenker vom Wellenführungsfilm-Typ herzustellen.

[0168] Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von $1,55 \mu\text{m}$ wurde in den hergestellten optischen Ablenker vom Wellenführungsfilm-Typ über dessen vertikale Endfläche geführt, um ein Intensitätsprofil im entfernt visuellen Gebiet des reflektierten Lichtes zu untersuchen, das aus der Reflexion auf dessen undurchsichtige Endfläche stammte, wodurch der Ablenkungswinkel gemessen wurde. Der Ablenkungswinkel betrug 90° . Andererseits wurde die gesamte Lichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Ablenker gemessen, um das Reflexionsvermögen der undurchsichtigen Endfläche als ein Spiegel zu untersuchen, welches mit 80 % bestimmt wurde.

Beispiel 24

[0169] Ein Flacheisen, das bei einer Temperatur von 400°C erhitzt wurde, wurde gegen die undurchsichtige Endfläche eines optischen Ablenkers vom Wellenführungsfilm-Typ gepresst, die auf die gleiche Weise wie in Beispiel 23 hergestellt wurde, um dessen Planarisierungsbehandlung zu bewirken. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels mit jeweils 90° und 83 % gemessen.

Beispiel 25

[0170] Die undurchsichtige Endfläche eines optischen Ablenkers vom Wellenführungsfilm-Typ, die auf die gleiche Weise wie in Beispiel 23 hergestellt wurde, wurde in Anisol eingetaucht, um dessen Planarisierungsbehandlung zu bewirken. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels jeweils mit 90° und 83 % gemessen.

Beispiel 27

[0171] Die undurchsichtige Endfläche eines optischen Ablenkers vom Wellenführungsfilm-Typ, die auf die gleiche Weise wie in Beispiel 23 hergestellt wurde, wurde mit Gold durch Vakuumabscheidung metallisiert. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels jeweils mit 90° und 93 % gemessen.

Beispiel 28

[0172] Die undurchsichtige Endfläche eines optischen Ablenkers vom Wellenführungsfilm-Typ, die auf die gleiche Weise wie in Beispiel 23 hergestellt wurde, wurde mit Silber durch Vakuumabscheidung metallisiert. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels jeweils mit 90° und 92 % gemessen.

Beispiel 29

[0173] Die undurchsichtige Endfläche eines optischen Ablenkers vom Wellenführungsfilm-Typ, die auf die gleiche Weise wie in Beispiel 23 hergestellt wurde, wurde mit Aluminium durch Vakuumabscheidung metallisiert. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels jeweils mit 90° und 87 % gemessen.

Beispiel 30

[0174] Eine optische Wellenführung aus Quarzglas wurde auf einem Quarzsubstrat ausgebildet. Die Brechungsindizes des Kerns und der Umhüllung betragen jeweils 1,473 und 1,459. Der Querschnitt des Kerns war quadratisch mit einer Breite von $40 \mu\text{m}$ und einer Höhe von $40 \mu\text{m}$. Die Dicke der unteren Umhüllungsschicht betrug $20 \mu\text{m}$, während die Dicke der oberen Umhüllungsschicht $40 \mu\text{m}$ ($20 \mu\text{m}$ von der Oberfläche des Kerns) betrug. Eine Klinge **82** mit einer Klingenspitze, die verarbeitet war, um V-förmig im Querschnitt mit einem vertikalen Winkel von 88° zu sein, wie in [Fig. 27](#) gezeigt, wurde verwendet, um ein Endteil der optischen Wellenführung bis auf die wahre Oberfläche des Substrats herunterzuschneiden, um hierdurch eine undurchsichtige Endfläche auszubilden. Danach wurde ein Stück mit einer Länge von 5 cm und einer Breite von 1 cm aus dem resultierenden Produkt geschnitten, um einen optischen Ablenker vom Wellenführungsfilm-Typ herzustellen.

[0175] Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von $0,85\ \mu\text{m}$ wurde in den hergestellten optischen Ablenker vom Wellenführungs-Typ über dessen vertikale Endfläche geführt, um ein Intensitätsprofil in dem entfernten visuellen Gebiet eines reflektierten Lichtes zu untersuchen, das aus der Reflexion auf der undurchsichtigen Endfläche davon stammte, wodurch der Ablenkungswinkel gemessen wurde. Der Ablenkungswinkel betrug 90° . Andererseits wurde die gesamte Lichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Ablenker gemessen, um das Reflexionsvermögen der undurchsichtigen Endfläche als ein Spiegel zu untersuchen, welches mit **78** bestimmt wurde.

Beispiel 31

[0176] Die undurchsichtige Endfläche eines optischen Ablenkers vom Wellenführungsfilm-Typ, der auf die gleiche Weise wie in Beispiel 30 hergestellt wurde, wurde in eine gemischte Lösung aus Wasserstofffluorid und Ammoniumfluorid eingetaucht, um dessen Planarisierungsbehandlung zu bewirken. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels mit jeweils 90° und 80% bestimmt.

Beispiel 32

[0177] Die undurchsichtige Endfläche eines optischen Ablenkers vom Wellenführungsfilm-Typ, der auf die gleiche Weise wie in Beispiel 30 hergestellt wurde, wurde mit Gold durch Vakuumabscheidung metallisiert. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels mit jeweils 90° und 93% gemessen.

Beispiel 33

[0178] Die undurchsichtige Endfläche eines optischen Ablenkers vom Wellenführungsfilm-Typ, der auf die gleiche Weise wie in Beispiel 30 hergestellt wurde, wurde mit Silber durch Vakuumabscheidung metallisiert. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels mit jeweils 90° und 92% gemessen.

Beispiel 34

[0179] Die undurchsichtige Endfläche eines optischen Ablenkers vom Wellenführungsfilm-Typ, der auf die gleiche Weise wie in Beispiel 30 hergestellt wurde, wurde mit Aluminium durch Vakuumabscheidung metallisiert. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels mit jeweils 90° und 93% gemessen.

Beispiel 35

[0180] Eine auf Siliziumdioxid basierte optische Wellenführung vom Einzelmodus-Typ wurde auf einem Quarzsubstrat ausgebildet. Die Brechungsindizes des Kerns und der Umhüllung betragen jeweils $1,455$ und $1,444$. Der Querschnitt des Kerns war quadratisch mit einer Breite von $7\ \mu\text{m}$ und einer Höhe von $7\ \mu\text{m}$. Eine Klinge mit einer Klingenspitze, die verarbeitet war, um keilförmig im Querschnitt mit einem vertikalen Winkel von 44° zu sein, wie in [Fig. 30](#) gezeigt, wurde verwendet, um ein Ende der optischen Wellenführung bis auf die wahre Oberfläche des Substrats herunterzuschneiden, um hierdurch eine undurchsichtige Endfläche auszubilden, welche dann mit Gold durch Vakuumabscheidung metallisiert wurde. Danach wurde ein Stück mit einer Länge von $5\ \text{cm}$ und einer Breite von $2\ \text{cm}$ aus dem resultierenden Produkt geschnitten, um einen optischen Ablenker vom Wellenführungstyp herzustellen.

[0181] Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von $1,55\ \mu\text{m}$ wurde in den hergestellten optischen Ablenker vom Wellenführungs-Typ über dessen vertikale Endfläche geführt, um ein Intensitätsprofil im entfernt visuellen Gebiet des reflektierten Lichtes zu untersuchen, das von der Reflexion auf dessen undurchsichtigen Endfläche stammte, wodurch der Ablenkungswinkel gemessen wurde. Der Ablenkungswinkel betrug 90° . Andererseits wurde die gesamte Lichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Detektor gemessen, um das Reflexionsvermögen der undurchsichtigen Endfläche als ein Spiegel zu untersuchen, welches mit **94** festgestellt wurde.

Beispiel 36

[0182] Ein durch ultraviolettes Licht härtpbares Harz mit einem Brechungsindex von $1,485$ wurde in die keilfö-

mige Grube in dem optischen Ablenker geführt, der in Beispiel 12 hergestellt wurde, und dann durch Strahlung mit ultravioletten Strahlen gehärtet. Danach wurde ein Stück mit einer Länge von 5 cm und einer Breite von 2 cm aus dem resultierenden Produkt geschnitten, um einen optischen Ablenker vom Wellenführungs-Typ herzustellen.

[0183] Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von $0,85 \mu\text{m}$ wurde in den hergestellten optischen Ablenker vom Wellenführungs-Typ geführt, um ein Intensitätsprofil im entfernt visuellen Gebiet des reflektierten Lichtes zu untersuchen, das aus der Reflexion auf der undurchsichtigen Endfläche davon stammte, wodurch der Ablenkungswinkel gemessen wurde. Der Ablenkungswinkel betrug 90° . Andererseits wurde die Gesamtlichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Detektor gemessen, um das Reflexionsvermögen der undurchsichtigen Endfläche als ein Spiegel zu untersuchen, welches mit 97 % bestimmt wurde. Ferner wurde die Intensität des Lichtes, das auf die Lichteinfallsendfläche der Wellenführung zurückgeführt wurde, gemessen, um den Umkehrverlust zu untersuchen, welcher mit höchstens -55 dB festgestellt wurde.

Beispiel 37

[0184] Eine eingebettete optische Wellenführung, die einen Kern aus Polymethylmethacrylat und eine Umhüllung aus einem Epoxidharz umfasste, wurde auf einem Siliziumsubstrat ausgebildet. Die Brechungsindizes des Kerns und der Umhüllung betragen jeweils 1,490 und 1,475, während der Querschnitt des Kerns quadratisch mit einer Breite von $40 \mu\text{m}$ und einer Höhe von $40 \mu\text{m}$ war. Eine Klinge **85** mit einer Klingenspitze, die verarbeitet war, um im Querschnitt keilförmig mit einem vertikalen Winkel von $55,5^\circ$ zu sein, wie in [Fig. 32](#) gezeigt, wurde verwendet, um ein Endteil der optischen Wellenführung bis auf eine wahre Oberfläche des Substrats hinunter zu schneiden, um hierdurch eine V-förmige Grube, wie in [Fig. 24](#) gezeigt, auszubilden. Der Winkel θ der Endfläche **52** mit einer vertikalen Ebene betrug 10° , während der Winkel ϕ der undurchsichtigen Endfläche **9** mit der optischen Achse der Wellenführung $42,5^\circ$ betrug. Die undurchsichtige Endfläche **9** wurde dann mit Gold durch Vakuumabscheidung metallisiert. Danach wurde ein Stück mit einer Länge von 5 cm und einer Breite von 2 cm aus dem resultierenden Produkt geschnitten, um einen optischen Ablenker vom Wellenführungs-Typ herzustellen.

[0185] Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von $0,85 \mu\text{m}$ wurde in den hergestellten optischen Ablenker vom Wellenführungs-Typ geführt, um ein Intensitätsprofil im entfernt visuellen Gebiet des reflektierten Lichtes **63** zu untersuchen, das aus der Reflexion auf der undurchsichtigen Endfläche **9** davon stammte, wodurch der Ablenkungswinkel gemessen wurde. Der Ablenkungswinkel betrug 90° . Andererseits wurde die gesamte Lichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Detektor gemessen, um das Reflexionsvermögen der undurchsichtigen Endfläche als ein Spiegel zu untersuchen, welches mit 95 % festgestellt wurde. Ferner wurde die Intensität des Lichtes, das auf die Lichteinfallsendfläche der Wellenführung zurückgeführt wurde, gemessen, um den Umkehrverlust zu untersuchen, welcher mit höchstens -50 dB bestimmt wurde.

Beispiel 38

[0186] Eine eingebettete optische Wellenführung, die einen Kern aus Polymethylmethacrylat und eine Umhüllung aus einem Epoxidharz umfasste, wurde auf einem Siliziumsubstrat ausgebildet. Die Brechungsindizes des Kerns und der Umhüllung betragen jeweils 1,490 und 1,475, während der Querschnitt des Kerns quadratisch mit einer Breite von $50 \mu\text{m}$ und einer Höhe von $40 \mu\text{m}$ war. Eine Klinge **86** mit einer Klingenspitze, die verarbeitet war, um im Querschnitt keilförmig mit einem vertikalen Winkel von 53° zu sein, wie in [Fig. 33](#) gezeigt, wurde verwendet, um einen Endteil der optischen Wellenführung bis auf die wahre Oberfläche des Substrats herunter zu schneiden, um hierdurch eine V-förmige Grube auszubilden, wie in [Fig. 24](#) gezeigt. Der Winkel θ der Endfläche **52** mit einer vertikalen Ebene betrug 10° , während der Winkel ϕ der undurchsichtigen Endfläche mit der optischen Achse der Wellenführung 45-Grad betrug. Die undurchsichtige Endfläche **9** wurde dann mit Gold durch Vakuumabscheidung metallisiert. Danach wurde ein durch ultraviolettes Licht härtendes Harz **70** mit einem Brechungsindex von 1,485 in diese V-förmige Grube geführt ([Fig. 25](#)), und dann durch Strahlung mit ultravioletten Strahlen gehärtet. Danach wurde ein Stück mit einer Länge von 5 cm und einer Breite von 2 cm aus dem resultierenden Produkt geschnitten, um einen optischen Ablenker vom Wellenführungsfilm-Typ herzustellen.

[0187] Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von $0,85 \mu\text{m}$ wurde in den hergestellten planaren optischen Ablenker vom Wellenführungs-Typ geschickt, um ein Intensitätsprofil im entfernt visuellen Gebiet des reflektierten Lichtes **63** zu untersuchen, das aus der Reflexion auf der undurchsichtigen Endfläche **9** davon stammte, wodurch der Ablenkungswinkel gemessen wurde. Der Ablenkungswinkel betrug 90° .

[0188] Andererseits wurde die Gesamt-Lichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Detektor gemessen, um das Reflexionsvermögen der undurchsichtigen Endfläche als ein Spiegel zu untersuchen, welche mit **95** bestimmt wurde. Ferner wurde die Intensität des Lichtes, die auf die Lichteinfallsendfläche der Wellenführung zurückgeführt wurde, gemessen, um den Umkehrverlust zu untersuchen, welcher mit höchstens -70 dB festgestellt wurde.

[0189] Die vorhergehenden Beispiele 1 bis 38 sind jeweils auf einen optischen Ablenker vom planaren Wellenführungs-Typ bezogen. Die folgenden Beispiele werden einen optischen Ablenker vom optischen Faser-Typ veranschaulichen.

Beispiel 39

[0190] Beispiel 39 wird beschrieben, während auf **Fig. 10** und **11** Bezug genommen wird. In **Fig. 10** und **11** bezieht sich Bezugszeichen **21** auf ein Siliziumsubstrat, **22** auf eine optische Faser, **23** auf ein Endteil der optischen Faser, **24** auf einen Klebefilm, **25** auf den Kern der optischen Faser, **26** auf die Umhüllung der optischen Faser, **27** auf eine undurchsichtige Endfläche, **28** auf ein Licht, das durch die optische Faser wandert, **29** auf ein Licht, das herunter aus der optischen Faser durch Ablenkung durch den undurchsichtigen Endflächenspiegel oder ein Licht, das in die optische Faser von unterhalb aus der optischen Faser über den undurchsichtigen Endflächenspiegel geführt wird, **30** auf eine undurchsichtige Endfläche, **31** auf ein Licht, das durch die optische Faser wandert, **32** auf ein Licht, das nach oben aus der optischen Faser durch Ablenkung durch die undurchsichtige Endfläche wandert oder ein Licht, das in die optische Faser von oberhalb aus der optischen Faser über den undurchsichtigen Endflächenspiegel geführt wird.

[0191] Der eine ausgesetzte Endteil **23** der Multimodus-optischen Faser **22** mit Indexgrad mit einem Kerndurchmesser von $50\ \mu\text{m}$ wurde auf das Siliziumsubstrat **21** platziert, und dann unter Verwendung des durch ultraviolettes Licht härtenden Klebefilms **24** auf eine derartige Weise fixiert, dass der ganze Endteil und ein Teil des nicht ausgesetzten Teils mit dem Klebefilm **24** bedeckt wurden, wie in **Fig. 10** gezeigt. Eine Diamantklinge **82** mit einer Klingenspitze, die verarbeitet war, um im Querschnitt V-förmig zu sein, mit einem vertikalen Winkel von 88° , wie in **Fig. 27** gezeigt, wurde dann verwendet, um die optische Faser bis hinunter auf die wahre Oberfläche des Substrats zu schneiden, um hierdurch eine undurchsichtige Endfläche **27** auszubilden. Der Klebefilm **24** wurde dann mit ultravioletten Strahlen bestrahlt, und abgeschält, um die optische Faser **22** aus dem Siliziumsubstrat **21** zu separieren, um dadurch eine optische Faser mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel herzustellen, wie in **Fig. 11B** gezeigt.

[0192] Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von $0,85\ \mu\text{m}$ wurde in die hergestellte optische Faser mit dem undurchsichtigen Endflächenspiegel über dessen anderes Ende geführt, um ein Intensitätsprofil in dem entfernt visuellen Gebiet des reflektierten Lichtes zu untersuchen, das aus der Reflexion auf der undurchsichtigen Endfläche **27** davon stammte, wodurch der Ablenkungswinkel gemessen wurde. Der Ablenkungswinkel betrug 90° . Andererseits wurde die Gesamtlichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Detektor gemessen, um das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels zu untersuchen, welches mit $78\ \%$ bestimmt wurde.

Beispiel 40

[0193] Die undurchsichtige Endfläche einer optischen Faser mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel, der auf die gleiche Weise wie im Beispiel 39 hergestellt wurde, wurde in eine gemischte Lösung aus Wasserstofffluorid und Ammoniumfluorid eingetaucht, um eine Glättungsbehandlung zu bewirken. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels mit jeweils 90° und $80\ \%$ gemessen.

Beispiel 41

[0194] Die undurchsichtige Endfläche einer optischen Faser mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel, der auf die gleiche Weise wie im Beispiel 39 hergestellt wurde, wurde mit Gold durch Vakuumabscheidung metallisiert. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels mit jeweils 90° und $93\ \%$ gemessen.

Beispiel 42

[0195] Die undurchsichtige Endfläche einer optischen Faser mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel,

der auf die gleiche Weise wie im Beispiel 39 hergestellt wurde, wurde mit Silber durch Vakuumabscheidung metallisiert. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels mit jeweils 90° und 92 % gemessen.

Beispiel 43

[0196] Die undurchsichtige Endfläche einer optischen Faser mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel, der auf die gleiche Weise wie im Beispiel 39 hergestellt wurde, wurde mit Aluminium durch Vakuumabscheidung metallisiert. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels mit jeweils 88° und 88 % gemessen.

Beispiel 44

[0197] Eine optische Faser mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel wurde im Wesentlichen auf die gleiche Weise wie im Beispiel 39 hergestellt, bis darauf, dass Verwendung von einer V-förmigen Klinge mit einem vertikalen Winkel von 108° gemacht wurde.

[0198] Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von 0,85 µm wurde in die hergestellte optische Faser mit dem undurchsichtigen Endflächenspiegel über dessen anderes Ende geführt, um ein Intensitätsprofil im entfernt visuellen Gebiet von reflektiertem Licht zu untersuchen, das aus Reflexion auf der undurchsichtigen Endfläche davon stammte, wodurch der Ablenkungswinkel gemessen wurde. Der Ablenkungswinkel betrug 70°. Andererseits wurde die gesamte Lichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Detektor gemessen, um das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels zu untersuchen, welches mit **23** festgestellt wurde.

Beispiel 45

[0199] Ein Endteil einer Multimodus-optischen Faser **22** mit Indexgrad mit einem Kerndurchmesser von 50 µm wurde auf einem Siliziumsubstrat **21** platziert, und dann unter Verwendung eines Klebefilms **24** mit einer starken Klebekraft fixiert, wie in **Fig. 10** gezeigt. Eine Diamantklinge **84** mit einer Klingenspitze, die verarbeitet war, um einkantig im Querschnitt mit einem vertikalen Winkel von 24° zu sein, wie in **Fig. 30** gezeigt, wurde dann verwendet, um die optische Faser bis hinunter auf die wahre Oberfläche des Substrats zu schneiden, um hierdurch eine undurchsichtige Endfläche auszubilden, welche dann mit Gold durch undurchsichtige Vakuumabscheidung metallisiert wurde, um eine optische Faser mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel herzustellen, wie in **Fig. 11C** gezeigt.

[0200] Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von 0,85 µm wurde in die hergestellte optische Faser mit dem undurchsichtigen Endflächenspiegel über dessen anderes Ende geführt, um ein Intensitätsprofil auf entfernt visuellem Gebiet des reflektierten Lichtes **30** zu untersuchen, das aus Reflexion auf dessen undurchsichtiger Endfläche stammte, wodurch der Ablenkungswinkel gemessen wurde. Der Ablenkungswinkel betrug 90°. Andererseits wurde die gesamte Lichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Detektor gemessen, um das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels zu untersuchen, welches mit **94** bestimmt wurde.

Beispiel 46

[0201] Eine Einzelmodus-optische Faser mit Stepindex mit einem Kerndurchmesser von 10 µm wurde auf die gleiche Weise wie in Beispiel 39 verarbeitet und fertig gestellt, um eine optische Faser mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel herzustellen.

[0202] Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von 1,55 µm wurde in die hergestellte optische Faser mit dem undurchsichtigen Endflächenspiegel über dessen anderes Ende geführt, um ein Intensitätsprofil im entfernt visuellen Gebiet des reflektierten Lichtes zu untersuchen, das auf der Reflexion aus dessen undurchsichtiger Endfläche stammte, wodurch der Ablenkungswinkel gemessen wurde. Der Ablenkungswinkel betrug 90°. Andererseits wurde die Gesamt-Lichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Detektor gemessen, um das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels zu untersuchen, welches mit **92** bestimmt wurde.

Beispiel 47

[0203] Die undurchsichtige Endfläche einer optischen Faser mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel, der auf die gleiche Weise wie in Beispiel 46 hergestellt wurde, wurde in eine gemischte Lösung aus Wasserstofffluorid und Ammoniumfluorid eingetaucht, um dessen Glättungsbehandlung zu bewirken. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels mit jeweils 20° und 94 % gemessen.

Beispiel 48

[0204] Eine Einzelmodus-optische Faser mit Stepindex mit einem Kerndurchmesser von 10 µm wurde auf die gleiche Weise wie in Beispiel 45 verarbeitet und fertig gestellt, um eine optische Faser mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel herzustellen.

[0205] Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von 1,55 µm wurde in die hergestellte optische Faser mit dem undurchsichtigen Endflächenspiegel über dessen vertikales Ende geführt, um ein Intensitätsprofil im entfernt visuellen Gebiet des reflektierten Lichtes zu untersuchen, das aus der Reflexion auf dessen undurchsichtiger Endfläche stammte, wodurch der Ablenkungswinkel gemessen wurde. Der Ablenkungswinkel betrug 90°. Andererseits wurde die Gesamt-Lichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Detektor gemessen, um das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels zu untersuchen, welcher mit 93 festgestellt wurde.

Beispiel 49

[0206] Beispiel 49 wird beschrieben, während auf **Fig. 34** und **35** Bezug genommen wird.

[0207] Ein Endteil eines Vierkern-optischen Fasergerüsts **107**, der Multimodus-optische Faser **110** mit gestuftem Index mit einem Kerndurchmesser von 50 µm, die mit einem Bedeckungsmaterial **109** bedeckt waren, umfasste, während das Bedeckungsmaterial noch vorgehalten wurde, wurde auf einem Siliziumsubstrat **106** platziert, und dann unter Verwendung eines durch ultraviolettes Licht abschwächbaren Klebefilms **108** fixiert, wie in **Fig. 34A** und **Fig. 34B** gezeigt. Jede optische Faser **110** umfasste einen Kern **111** und eine Umhüllung **112**, die den Kern umhüllte. Eine Diamantklinge **82** mit einer Klingenspitze, die verarbeitet war, um im Querschnitt mit einem vertikalen Winkel von 88°, wie in **Fig. 27** gezeigt, zu sein, wurde dann verwendet, um die optischen Fasern **110** bis hinunter auf die wahre Oberfläche des Substrats **106** zu schneiden, um hierdurch undurchsichtige Endflächen **113** auszubilden (siehe **Fig. 35A**). Der Klebefilm **108** wurde dann mit ultravioletten Strahlen bestrahlt, und dann abgeschält, um das optische Fasergerüst **107** aus dem Siliziumsubstrat **106** zu separieren. Das Bedeckungsmaterial **109** in dem Endteil wurde dann abgeschält, um ein optisches Fasergerüst **107** mit undurchsichtigen Endflächenspiegeln herzustellen, wie in **Fig. 35B** gezeigt.

[0208] Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von 0,85 µm wurde in jede der vier hergestellten optischen Fasern geführt, jede mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel über dessen anderes Ende, wo kein undurchsichtiger Endflächenspiegel ausgebildet wurde, um ein Intensitätsprofil im entfernt visuellen Gebiet des reflektierten Lichtes zu untersuchen, das aus der Reflexion auf dessen undurchsichtige Endfläche **113** stammte, wodurch der Ablenkungswinkel gemessen wurde. Der durchschnittliche Ablenkungswinkel betrug 90° mit einer Abweichung von höchstens 1°.

[0209] Andererseits wurde die Gesamt-Lichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Detektor gemessen, um das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels zu untersuchen, welches mit 78 % im Durchschnitt mit einer Abweichung von höchstens 2 festgestellt wurde.

Beispiel 50

[0210] Die undurchsichtigen Endflächen eines optischen Fasergerüsts mit undurchsichtigen Endflächenspiegeln, die auf die gleiche Weise wie in Beispiel 49 hergestellt wurden, wurden in eine gemischte Lösung aus Wasserstofffluorid und Ammoniumfluorid eingetaucht, um deren Glättungsbehandlung zu bewirken. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen von jedem undurchsichtigen Endflächenspiegel mit jeweils 90° im Durchschnitt (Abweichung: höchstens 1°) und 80 % im Durchschnitt (Abweichung: höchstens 2 %) gemessen.

Beispiel 51

[0211] Die undurchsichtigen Endflächen eines optischen Fasergerüsts mit undurchsichtigen Endflächenspiegeln, die auf die gleiche Weise wie im Beispiel 49 hergestellt wurden, wurden mit Gold durch Vakuumabscheidung metallisiert. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen von jedem undurchsichtigen Endflächenspiegel mit jeweils 90° im Durchschnitt (Abweichung: höchstens 1°) und 94 % im Durchschnitt (Abweichung: höchstens 2% gemessen).

Beispiel 52

[0212] Beispiel 52 wird anhand von **Fig. 36** und **Fig. 37** beschrieben.

[0213] Ein Endteil des Vierkern-optischen Fasergerüsts **117**, der Multimodus-optische Fasern **118** mit gestuftem Index mit einem Kerndurchmesser von $50\ \mu\text{m}$ umfasste (Kerne **121** und Umhüllungen **122**) wurde von einer Deckschicht befreit, dann auf einem Glassubstrat **116** mit V-förmigen Fixierungsgruben **120** angeordnet, die darin auf eine derartige Weise ausgebildet waren, um die optischen Fasern **118** in und entlang der jeweiligen Fixierungsgruben **120** zu legen, und dann unter Verwendung eines durch ultraviolettes Licht härtbaren Harzes **119** fixiert, wie in **Fig. 36A** und **Fig. 36B** gezeigt. Eine Diamantklinge **84** mit einer Klingenspitze, die verarbeitet war, um einkantig im Querschnitt mit einem vertikalen Winkel von 44° zu sein, wie in **Fig. 30** gezeigt, wurde dann verwendet, um die optischen Fasern **118** bis hinunter auf die Umhüllungsschichten **122** der optischen Fasern **118** auf der Seite des Substrats **116** zu schneiden, um hierdurch undurchsichtige Endflächen **123** auszubilden, wie in **Fig. 37** gezeigt. Die undurchsichtigen Endflächen wurden dann mit Gold durch undurchsichtige Vakuumabscheidung metallisiert, um ein optisches Fasergerüst **116** mit undurchsichtigen Endflächenspiegeln herzustellen.

[0214] Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von $0,85\ \mu\text{m}$ wurde in jede hergestellte optische Faser mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel über dessen anderes Ende geführt, um ein Intensitätsprofil im entfernt sichtbaren Gebiet des reflektierten Lichtes zu untersuchen, das aus der Reflexion aus dessen undurchsichtiger Endfläche **123** stammte, wodurch der Ablenkungswinkel gemessen wurde. Der durchschnittliche Winkel der Ablenkung betrug 90° mit einer Abweichung von höchstens 1° . Andererseits wurde die Gesamt-Lichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Ablenker gemessen, um das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels zu untersuchen, welches mit 94 % im Durchschnitt mit einer Abweichung von höchstens 2 % gemessen wurde. Ferner wurde die Intensität von Licht, das auf die Lichteinfallsendfläche von jeder optischen Faser zurückgeführt wurde, gemessen, um den Umkehrverlust zu untersuchen, welcher mit höchstens $-15\ \text{dB}$ im Durchschnitt festgestellt wurde.

Beispiel 53

[0215] Eine Diamantklinge, die verarbeitet war, um einkantig mit einem vertikalen Winkel von 44° zu sein, wurde verwendet, um ein optisches Faserblatt partiell zu schneiden, das 12 Multimodus-optische Faser **124** mit gestuftem Index mit einem Kerndurchmesser von $50\ \mu\text{m}$ umfasste, die in einem Harz **125** eingebettet waren, wie in **Fig. 38** gezeigt, an einer Stelle, die durch Bezugszeichen **127** in **Fig. 38** bezeichnet war, um hierdurch undurchsichtige Endflächen auszubilden, welche dann mit Gold durch undurchsichtige Vakuumabscheidung metallisiert wurden, um Ablenkungsspiegel (undurchsichtige Endflächen) auszubilden.

[0216] Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von $0,85\ \mu\text{m}$ wurde in jede optische Faser über deren Ende auf der Seite von Verbindungsvorrichtungen **126** geführt, um ein Intensitätsprofil im entfernt visuellen Gebiet von reflektiertem Licht zu untersuchen, das aus der Reflexion an der Stelle **127** stammte, wo die undurchsichtigen Endflächenspiegel ausgebildet wurden, wodurch der Ablenkungswinkel für 8 optische Fasern gemessen wurde, wobei die undurchsichtigen Endflächenspiegel ausgebildet wurden. Der durchschnittliche Ablenkungswinkel betrug 90° mit einer Abweichung von höchstens 1° . Andererseits wurde die Gesamt-Lichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Detektor gemessen, um das Reflexionsvermögen von jedem undurchsichtigen Endflächenspiegel zu untersuchen, welches mit 95 % im Durchschnitt mit einer Abweichung von höchstens 2 % festgestellt wurde.

Beispiel 54

[0217] Eine optische Faser aus Kunststoff mit einem Kerndurchmesser von $1.000\ \mu\text{m}$, die einen Kern aus Polymethylmethacrylat umfasste, wurde verwendet und auf die gleiche Weise wie in Beispiel 39 geschnitten, um eine optische Faser aus Kunststoff mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel herzustellen.

[0218] Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von $0,85\ \mu\text{m}$ wurde in die hergestellte optische Faser aus Kunststoff mit dem undurchsichtigen Endflächenspiegel über dessen anderes Ende geführt, um ein Intensitätsprofil im entfernt sichtbaren Gebiet des reflektierten Lichtes zu untersuchen, das aus der Reflexion auf dessen undurchsichtige Endfläche stammte, wodurch der Ablenkungswinkel gemessen wurde. Der Ablenkungswinkel betrug 90° . Andererseits wurde die Gesamt-Lichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Ablenker gemessen, um das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels zu untersuchen, welches mit 68 % festgestellt wurde.

Beispiel 55

[0219] Ein Flacheisen, das auf eine Temperatur von 180°C erhitzt wurde, wurde gegen die undurchsichtige Endfläche einer optischen Faser aus Kunststoff gepresst, die auf die gleiche Weise wie in Beispiel 54 hergestellt wurde, um dessen Glättungsbehandlung zu bewirken. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels mit jeweils 90° und 71 % gemessen.

Beispiel 56

[0220] Die undurchsichtige Endfläche einer optischen Faser aus Kunststoff mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel, der auf die gleiche Weise wie in Beispiel 54 hergestellt wurde, wurde in Methylisobutylketon eingetaucht, um eine Glättungsbehandlung davon zu bewirken. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels jeweils mit 90° und 70 % gemessen.

Beispiel 57

[0221] Die undurchsichtige Endfläche einer optischen Faser aus Kunststoff mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel, der auf die gleiche Weise wie in Beispiel 54 hergestellt wurde, wurde in Chlorbenzol eingetaucht, um eine Glättungsbehandlung davon zu bewirken. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels mit jeweils 90° und 71 % gemessen.

Beispiel 58

[0222] Die undurchsichtige Endfläche einer optischen Faser aus Kunststoff mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel, der auf die gleiche Weise wie in Beispiel 54 hergestellt wurde, wurde mit Gold durch Vakuumabscheidung metallisiert. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels mit jeweils 90° und 96 % gemessen.

Beispiel 59

[0223] Eine kunststoffumhüllte optische Faser mit einem Kerndurchmesser von $200\ \mu\text{m}$, die einen Kern aus Quarzglas und eine Umhüllung aus einem Polymer umfasste, wurde verwendet und auf die gleiche Weise wie in Beispiel 39 geschnitten, um eine kunststoffumhüllte optische Faser mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel herzustellen.

[0224] Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von $0,85\ \mu\text{m}$ wurde in die hergestellte kunststoffumhüllte optische Faser mit dem undurchsichtigen Endflächenspiegel über dessen anderes Ende geführt, um ein Intensitätsprofil im entfernt sichtbaren Gebiet des reflektierten Lichtes zu untersuchen, das aus Reflexion auf der undurchsichtigen Endfläche davon stammte, wodurch der Ablenkungswinkel gemessen wurde. Der Ablenkungswinkel betrug 90° . Andererseits wurde die Gesamt-Lichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Ablenker gemessen, um das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels zu untersuchen, welches 69 % betrug.

Beispiel 60

[0225] Die undurchsichtige Endfläche einer kunststoffumhüllten optischen Faser mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel, der auf die gleiche Weise wie in Beispiel 59 hergestellt wurde, wurde in eine gemischte Lösung aus Wasserstofffluorid und Ammoniumfluorid getaucht, um dessen Glättungsbehandlung zu bewirken. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels jeweils mit 90° und 71 % gemessen.

Beispiel 61

[0226] Die undurchsichtige Endfläche einer kunststoffumhüllten optischen Faser mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel, der auf die gleiche Weise wie in Beispiel 59 hergestellt wurde, wurde mit Gold durch Vakuumabscheidung metallisiert. Danach wurden der Ablenkungswinkel und das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels mit jeweils 90° und 95 % gemessen.

Beispiel 62

[0227] Wie in Fig. 36 gezeigt, wurde ein Endteil eines vierkernigen optischen Fasergerüsts **117**, das Multimodusoptische Fasern **118** mit abgestuftem Index mit einem Kerndurchmesser von $50\ \mu\text{m}$ (Kerne **121** und Umhüllungen **122**) umfasste, von einer Deckschicht abgestreift, dann auf ein Glassubstrat **116** mit V-förmigen Fixierungsgruben **120** angeordnet, die darin auf eine derartige Weise ausgebildet waren, um die optischen Fasern **118** in und entlang der jeweiligen Fixierungsgruben **120** zu legen, und dann unter Verwendung eines durch ultraviolettes Licht härtbaren Harzes **119** fixiert, wie in Fig. 36A und Fig. 36B gezeigt. Eine Diamantklinge **84** mit einer Klingenspitze, die verarbeitet war, um einkantig im Querschnitt mit einem vertikalen Winkel von 44° zu sein, wie in Fig. 30 gezeigt, wurde dann verwendet, um die optischen Fasern **118** bis hinunter auf die Umhüllungsschichten **122** der optischen Fasern auf der Seite des Substrats **116** zu schneiden, um hierdurch undurchsichtige Endflächen **123** auszubilden, welche dann mit Gold durch undurchsichtige Vakuumabscheidung metallisiert wurden. Ein durch ultraviolettes Licht härtbares Harz **70** mit einem Brechungsindex von 1,455 wurde dann in die V-förmigen Gruben geführt, und dann durch Bestrahlung mit ultravioletten Strahlen gehärtet, um ein optisches Fasergerüst **117** mit undurchsichtigen Endflächenspiegeln herzustellen.

[0228] Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von $0,85\ \mu\text{m}$ wurde in jede hergestellte optische Faser mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel über dessen anderes Ende geführt, um ein Intensitätsprofil im entfernt visuellen Gebiet des reflektierten Lichtes zu untersuchen, das aus der Reflexion auf der undurchsichtigen Endfläche davon stammte, wodurch der Ablenkungswinkel gemessen wurde. Der durchschnittliche Ablenkungswinkel betrug 90° mit einer Abweichung von höchstens 1° . Andererseits wurde die Gesamt-Lichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Detektor gemessen, um das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels zu untersuchen, welches mit 95 % im Durchschnitt mit einer Abweichung von höchstens 2 % festgestellt wurde. Ferner wurde die Intensität des Lichtes, das auf die Lichteinfallsendfläche von jeder optischen Faser zurückgeführt wurde, gemessen, um den Umkehrverlust zu untersuchen, welcher mit höchstens $-55\ \text{dB}$ im Durchschnitt festgestellt wurde.

Beispiel 63

[0229] Wie in Fig. 36 gezeigt, wurde ein Endteil eines Vierkernoptischen Fasergerüsts **117**, das Multimodus-optische Fasern **118** mit abgestuftem Index mit einem Kerndurchmesser von $50\ \mu\text{m}$ (Kerne **121** und Umhüllungen **122**) umfasste, von einer Deckschicht abgestreift, dann auf einem Glassubstrat **116** mit V-förmigen Fixierungsgruben **120** angeordnet, die darin auf eine derartige Weise angeordnet waren, um optische Fasern **118** in und entlang der jeweiligen Fixierungsgruben **120** zu legen, und dann unter Verwendung eines durch ultraviolettes Licht härtbaren Harzes **119** fixiert. Eine Diamantklinge **87** mit einer Klingenspitze, die verarbeitet war, um einkantig im Querschnitt mit einem vertikalen Winkel von $55,5^\circ$ zu sein, wie in Fig. 39 gezeigt, wurde dann verwendet, um die optischen Fasern **118** bis hinunter auf die Umhüllungsschichten **122** der optischen Fasern auf der Seite des Substrats **116** zu schneiden, um hierdurch V-förmige Gruben auszubilden, wie in Fig. 40 gezeigt. Der Winkel θ von jeder Endfläche **132** mit einer vertikalen Ebene **134** betrug 10° , während der Winkel θ von jeder undurchsichtigen Endfläche **123** der optischen Achse **133** der entsprechenden optischen Faser $42,5^\circ$ betrug. Die undurchsichtigen Endflächen **123** wurden dann mit Gold durch undurchsichtige Vakuumabscheidung metallisiert, um ein optisches Fasergerüst **117** mit undurchsichtigen Endflächenspiegeln herzustellen, wie in Fig. 41 gezeigt.

[0230] Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von $0,85\ \mu\text{m}$ wurde in jede hergestellte optische Faser mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel über dessen anderes Ende geführt, um ein Intensitätsprofil im entfernt sichtbaren Gebiet des reflektierten Lichtes zu untersuchen, das aus der Reflexion auf dessen undurchsichtige Endfläche stammte, wodurch der Ablenkungswinkel gemessen wurde. Der durchschnittliche Ablenkungswinkel betrug 90° mit einer Abweichung von höchstens 1° . Andererseits wurde die gesamte Lichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Detektor gemessen, um das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels zu untersuchen, welches festgestellt wurde, um 95 % im Durchschnitt mit einer Abweichung von höchstens 2 % zu sein. Ferner wurde die Intensität des Lichtes, das auf die Lichteinfallsendfläche von jeder optischen Faser zurückgeführt wurde, gemessen, um den Umkehrverlust zu untersuchen, welcher

mit höchstens –55 dB im Durchschnitt festgestellt wurde.

Beispiel 64 (Ausführungsform der Erfindung)

[0231] Wie in **Fig. 36** gezeigt, wurde ein Endteil eines vierkernigen optischen Fasergerüsts **117**, das Multimodusoptische Fasern **118** mit abgestuftem Index mit einem Kerndurchmesser von 50 μm (Kerne **121** und Umhüllungen **122**) umfasste, von einer Deckschicht abgestreift, dann auf einem Glassubstrat **116** mit V-förmigen Fixierungsgruben **120** angeordnet, die darin auf eine derartige Weise ausgebildet waren, um die optischen Fasern **118** in und entlang der jeweiligen Fixierungsgruben **120** zu legen und dann unter Verwendung eines durch ultraviolettes Licht härtbaren Harzes **119** fixiert. Eine Diamantklinge **88** mit einer Klingenspitze, die verarbeitet war, um einkantig im Querschnitt mit einem vertikalen Winkel von 53° zu sein, wie in **Fig. 42** gezeigt, wurde dann verwendet, um die optischen Fasern **118** hinunter auf die Umhüllungsschichten **122** der optischen Fasern auf der Seite des Substrats **116** zu schneiden, um hierdurch V-förmige Gruben auszubilden, wie in **Fig. 40** gezeigt. Der Winkel θ von jeder Endfläche **132** mit einer Ebene **134**, der senkrecht zu der optischen Achse **133** der entsprechenden optischen Faser betrug 10° , während der Winkel ϕ von jeder undurchsichtigen Endfläche **123** mit der optischen Achse **133** der entsprechenden optischen Faser 45-Grad betrug. Die undurchsichtigen Endflächen **123** wurden dann mit Gold durch undurchsichtige Vakuumabscheidung metallisiert. Danach wurde ein durch ultraviolettes Licht härtbares Harz **70** mit einem Brechungsindex von 1,455 in diese V-förmigen Gruben geführt, und dann durch Bestrahlung mit ultravioletten Strahlen gehärtet, um ein optisches Fasergerüst mit undurchsichtigen Endflächenspiegeln herzustellen, wie in **Fig. 43** gezeigt.

[0232] Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von $0,85 \mu\text{m}$ wurde in jede hergestellte optische Faser mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel über dessen anderes Ende geführt, um ein Intensitätsprofil im entfernt sichtbaren Gebiet des reflektierten Lichtes zu untersuchen, das aus der Reflexion auf dessen undurchsichtige Endfläche stammte, wodurch der Ablenkungswinkel gemessen wurde. Der durchschnittliche Ablenkungswinkel betrug 90° mit einer Abweichung von höchstens 1° . Andererseits wurde die Gesamt-Lichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Detektor gemessen, um das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels **123** zu untersuchen, welches mit 95 % im Durchschnitt mit einer Abweichung von höchstens 2 % festgestellt wurde. Ferner wurde die Intensität des Lichtes, das auf die Lichteinfallsendfläche von jeder optischen Faser zurückgeführt wurde, gemessen, um den Umkehrverlust zu untersuchen, welcher mit höchstens –70 dB im Durchschnitt festgestellt wurde.

Beispiel 65

[0233] Ein vierkerniges optisches Fasergerüst, das Einzelmodusoptische Fasern mit Stufenindex mit einem Kerndurchmesser von 9 μm umfasste, wurde auf einem Glassubstrat mit V-förmigen Fixierungsgruben angeordnet, die darin auf eine derartige Weise ausgebildet waren, um die optischen Fasern in und entlang der jeweiligen Fixierungsgruben zu legen, und dann unter Verwendung eines durch ultraviolettes Licht härtbaren Harzes fixiert. Eine Diamantklinge **84** mit einer Klingenspitze, die verarbeitet war, um im Querschnitt einkantig mit einem vertikalen Winkel von 44° zu sein, wie in **Fig. 30** gezeigt, wurde dann auf die gleiche Weise wie in Beispiel 52 verwendet, um die optischen Fasern bis hinunter auf die Umhüllungsschichten der optischen Fasern auf der Seite des Substrats zu schneiden, um hierdurch undurchsichtige Endflächen auszubilden, welche dann mit Gold durch undurchsichtige Vakuumabscheidung metallisiert wurden, um ein optisches Fasergerüst mit undurchsichtigen Endflächenspiegeln herzustellen.

[0234] Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von $1,31 \mu\text{m}$ wurde in jede hergestellte optische Faser mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel über deren anderes Ende geführt, um ein Intensitätsprofil im entfernt sichtbaren Gebiet des reflektierten Lichtes zu untersuchen, das aus Reflexion auf dessen undurchsichtige Endfläche stammte, wodurch der Ablenkungswinkel gemessen wurde. Der durchschnittliche Ablenkungswinkel betrug 90° mit einer Abweichung von höchstens 1° . Andererseits wurde die Gesamt-Lichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Detektor gemessen, um das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels zu untersuchen, welches mit 94 % im Durchschnitt mit einer Abweichung von höchstens 2 % gemessen wurde. Die Intensität des Lichtes, das auf die Lichteinfallsendfläche von jeder optischen Faser zurückgeführt wurde, wurde gemessen, um den Umkehrverlust zu untersuchen, welcher mit höchstens –15 dB im Durchschnitt festgestellt wurde.

Beispiel 66

[0235] Ein vierkerniges optisches Fasergerüst, das Einzelmodusoptische Fasern mit Stufenindex mit einem Kerndurchmesser von 9 μm umfasste, wurde auf einem Glassubstrat mit V-förmigen Fixierungsgruben ange-

ordnet, die darin auf eine derartige Weise ausgebildet waren, um optische Fasern in und entlang der jeweiligen Fixierungsgruben zu legen, und dann unter Verwendung eines durch ultraviolettes Licht härtbaren Harzes zu fixieren. Eine Diamantklinge **84** mit einer Klingenspitze, die verarbeitet war, um im Querschnitt einkantig mit einem vertikalen Winkel von 44° zu sein, wie in [Fig. 30](#) gezeigt, wurde dann auf die gleiche Weise wie in Beispiel 52 verwendet, um die optischen Fasern hinunter auf die Umhüllungsschichten der optischen Fasern auf der Seite des Substrats zu schneiden, um hierdurch undurchsichtige Endflächen auszubilden, welche dann mit Gold durch undurchsichtige Vakuumabscheidung metallisiert wurden. Danach wurde ein durch ultraviolettes Licht härtbares Harz mit einem Brechungsindex von 1,455 in diese V-förmigen Gruben gefüllt, und dann durch Bestrahlung mit ultravioletten Strahlen gehärtet, um ein optisches Fasergerüst mit undurchsichtigen Endflächenspiegeln herzustellen.

[0236] Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von $1,31 \mu\text{m}$ wurde in jede hergestellte optische Faser mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel über dessen anderes Ende geführt, um ein Intensitätsprofil im entfernt sichtbaren Gebiet des reflektierten Lichtes zu untersuchen, das aus Reflexion auf dessen undurchsichtige Endfläche stammte, wodurch der Ablenkungswinkel gemessen wurde. Der durchschnittliche Ablenkungswinkel betrug 90° mit einer Abweichung von höchstens 1° . Andererseits wurde die Gesamt-Lichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Detektor gemessen, um das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels zu untersuchen, welches mit 95 % im Durchschnitt mit einer Abweichung von höchstens 2 festgestellt wurde. Ferner wurde die Intensität des Lichtes, das auf die Lichteinfallsendfläche von jeder optischen Faser zurückgeführt wurde, gemessen, um den Umkehrverlust zu untersuchen, welcher mit höchstens -55 dB im Durchschnitt festgestellt wurde.

Beispiel 67

[0237] Ein vierkerniges optisches Fasergerüst, das Einzelmodusoptische Fasern mit Stufenindex mit einem Kerndurchmesser von $9 \mu\text{m}$ umfasste, wurde auf einem Glassubstrat mit V-förmigen Fixierungsgruben angeordnet, die darin auf eine derartige Weise angeordnet waren, um die optischen Fasern in und entlang der jeweiligen Fixierungsgruben zu legen, und dann unter Verwendung eines durch ultraviolettes Licht härtbaren Harzes fixiert. Eine Diamantklinge **87** mit einer Klingenspitze, die verarbeitet war, um im Querschnitt mit einem vertikalen Winkel von $55,5^\circ$ einkantig zu sein, wie in [Fig. 39](#) gezeigt, wurde dann auf die gleiche Weise wie in Beispiel 53 verwendet, um die optischen Fasern hinunter auf die Umhüllungsschichten der optischen Fasern auf der Seite des Substrats zu schneiden, um hierdurch V-förmige Gruben auszubilden, wie in [Fig. 40](#) gezeigt. Der Winkel θ von jeder Endfläche **132** mit einer Ebene **134**, senkrecht zu der optischen Achse **133** der entsprechenden optischen Faser betrug 10° , während der Winkel ϕ von jeder undurchsichtigen Endfläche **123** mit der optischen Achse **133** der entsprechenden optischen Faser $42,5^\circ$ betrug. Die undurchsichtigen Endflächen **123** wurden dann mit Gold durch undurchsichtige Vakuumabscheidung metallisiert, um ein optisches Fasergerüst mit undurchsichtigen Endflächenspiegeln herzustellen, wie in [Fig. 41](#) gezeigt.

[0238] Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von $1,31 \mu\text{m}$ wurde in jede hergestellte optische Faser mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel über deren andere Seite geführt, um ein Intensitätsprofil im entfernt sichtbaren Gebiet des reflektierten Lichtes zu untersuchen, das aus der Reflexion auf der undurchsichtigen Endfläche davon stammte, wodurch der Ablenkungswinkel gemessen wurde. Der durchschnittliche Ablenkungswinkel betrug 90° mit einer Abweichung von höchstens 1° . Andererseits wurde die Gesamt-Lichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Detektor gemessen, um das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels zu untersuchen, welches mit 95 % im Durchschnitt mit einer Abweichung von höchstens 2 % festgestellt wurde. Ferner wurde die Intensität des Lichtes, die auf die Lichteinfallsendfläche von jeder optischen Faser zurückgeführt wurde, gemessen, um den Umkehrverlust zu untersuchen, welcher mit höchstens -55 dB im Durchschnitt festgestellt wurde.

Beispiel 68 (Ausführungsform der Erfindung)

[0239] Ein vierkerniges optisches Fasergerüst, das Einzelmodusoptische Fasern mit Stufenindex mit einem Kerndurchmesser von $9 \mu\text{m}$ umfasste, wurde auf einem Glassubstrat mit V-förmigen Fixierungsgruben angeordnet, die darin auf eine derartige Weise angeordnet waren, um optische Fasern in und entlang der jeweiligen Fixierungsgruben zu legen, und dann unter Verwendung eines durch ultraviolettes Licht härtbaren Harzes fixiert. Eine Diamantklinge **88** mit einer Klingenspitze, die verarbeitet war, um einkantig im Querschnitt mit einem vertikalen Winkel von 53° zu sein, wie in [Fig. 42](#) gezeigt, wurde dann auf die gleiche Weise wie im Beispiel 54 verwendet, um die optischen Fasern hinunter auf die Umhüllungsschichten der optischen Fasern auf der Seite des Substrats zu schneiden, um hierdurch V-förmige Gruben auszubilden, wie in [Fig. 40](#) gezeigt. Der Winkel θ von jeder Endfläche **132** mit einer Ebene **134**, senkrecht zu der optischen Achse **133** der entsprechenden

optischen Faser betrug 10° , während der Winkel ϕ von jeder undurchsichtigen Endfläche **123** mit der optischen Achse **133** der entsprechenden optischen Faser 45-Grad betrug. Die undurchsichtigen Endflächen **123** wurden dann mit Gold durch undurchsichtige Vakuumabscheidung metallisiert. Danach wurde ein durch ultraviolettes Licht härtpbares Harz **70** mit einem Brechungsindex von 1,455 in diese V-förmigen Gruben gefüllt, und dann durch Bestrahlung mit ultravioletten Strahlen gehärtet, um ein optisches Fasergerüst mit undurchsichtigen Endflächenspiegeln herzustellen, wie in [Fig. 43](#) gezeigt.

[0240] Ein Laserstrahl mit einer Wellenlänge von $1,31 \mu\text{m}$ wurde in jede hergestellte optische Faser mit einem undurchsichtigen Endflächenspiegel über deren anderes Ende geführt, um ein Intensitätsprofil im entfernt sichtbaren Gebiet des reflektierten Lichtes zu untersuchen, das aus der Reflexion auf dessen undurchsichtige Endfläche stammte, wodurch der Ablenkungswinkel gemessen wurde. Der durchschnittliche Ablenkungswinkel betrug 90° mit einer Abweichung von höchstens 1° . Andererseits wurde die Gesamt-Lichtintensität des reflektierten Lichtes mit einem optischen Detektor gemessen, um das Reflexionsvermögen des undurchsichtigen Endflächenspiegels zu untersuchen, welches mit 95 % im Durchschnitt mit einer Abweichung von höchstens 2 % festgestellt wurde. Ferner wurde die Intensität von Licht, das auf die Lichteinfallsendfläche von jeder optischen Faser zurückgeführt wurde, gemessen, um den Umkehrverlust zu untersuchen, welcher mit höchstens -70 dB im Durchschnitt festgestellt wurde.

[0241] In der vorliegenden Erfindung können Polymere, die jeweils durch eine der vorstehend erwähnten Strukturformeln (I) bis (VI) dargestellt werden, in geeigneter Weise wie vorstehend beschrieben, im Fall der Verwendung eines Polymermaterials als das Material bzw. Polymermaterialien als die Materialien einer optischen Wellenführung verwendet werden. Diese Materialien zeigen alle einen niedrigen Verlust von höchstens $0,1 \text{ dB/cm}$ in dem kurzen Wellenlängenbereich, um einen herausragenden optischen Ablenker ausbilden zu können. Die Verlusteigenschaften dieser Materialien sind in der folgenden Tabelle 1 gezeigt. Insbesondere im Fall, wo Lichttransmissionseigenschaften in einem $0,85 \mu\text{m}$ Band für einen Kern benötigt werden, kann der Kern auf günstige Weise aus PMMA, deuteriertem PMMA oder einem deuterierten Polyfluormethacrylat (deuteriertem PMFA) aufgebaut werden, wie durch die vorstehend erwähnte Strukturformel (I) dargestellt. Andererseits werden im Fall, wo Lichttransmissionseigenschaften in einem $1,3 \mu\text{m}$ Band für einen Kern benötigt werden, kann der Kern auf günstige Weise aus deuteriertem PMMA oder deuteriertem PFMA aufgebaut werden, wie durch die vorstehend erwähnte Strukturformel (I) dargestellt wird, oder ein Silikon, wie durch die vorstehend erwähnten Strukturformeln (V) oder (VI) dargestellt wird. Ferner kann, im Fall, wo Lichttransmissionseigenschaften in einem $1,55 \mu\text{m}$ Band für einen Kern benötigt werden, der Kern auf günstige Weise aus einem Silikon hergestellt werden, wie durch Strukturformel (V) oder (VI) dargestellt wird. Andererseits kann, im Fall, wo ein Wärmewiderstand gegenüber einem Verlust Priorität hat, der Kern in günstiger Weise aus einem Epoxidharz hergestellt werden, wie durch eine der vorstehend erwähnten Strukturformeln (II) bis (IV) dargestellt wird, oder ein Silikon, wie durch die Strukturformel (VI) oder (VI) dargestellt wird.

Tabelle 1

Kernmaterialien	PMMA- Formel (I)	Deuteriertes PMMA und deuteriertes PFMA Formel (I)	Lichthärtendes Epoxidharz Formeln (II) - (IV)	Silikon Formeln (V) - (VI)
0,85 µm Band	0,04	0,02	0,08	0,08
1,3 µm Band	0,3	0,07	0,3	0,1
1,55 µm Band	0,8	1,3	2	0,2
Löt-Wärmewiderstand	△	△	○	○

[0242] In den vorhergehenden Beispielen wurden Polymethylmethacrylat, deuterierte Polyfluormethacrylate, Polysiloxane, Epoxidharze, ein Quarzglas als die Materialien für Wellenführungen beispielsweise verwendet. Es muss nicht besonders betont werden, dass das Verfahren der vorliegenden Erfindung genauso auf bekann-

te Materialien von optischen Wellenführungen angewendet werden kann, einschließlich Polymermaterialien, wie etwa Polycarbonate, Polyimide, Polyamide, Polyurethane, Polyacrylat, Polyolefine, Polyether, Silikonharze, Benzocyclobuten (BCB), und Acrylharze; Glasmaterialien, wie etwa Pyrex-Glas, Oxidglase, Fluoridglase und Chalogenidglase; und andere dielektrische Materialien, wie etwa Lithiumniobat und GGG.

[0243] Wie vorstehend beschrieben, kann das Verfahren zum Herstellen eines optischen Ablenkers gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet werden, um hoch genau und leicht einen optischen Ablenker vom Hochleistungs-Reflexions-Typ herzustellen, welcher ein optisches Element sein soll, das z.B. beim Erreichen eines hohen Niveaus der Integration eines optischen Moduls, wie etwa optischen Transmitters und Receivers, und beim Verringern der Aufbaukosten, effektiv ist.

[0244] Die vorliegende Erfindung ist im Detail anhand von bevorzugten Ausführungsformen beschrieben worden, und Änderungen und Modifikationen können durchgeführt werden, ohne die Erfindung zu verlassen und es ist daher beabsichtigt, dass die angefügten Ansprüche alle Änderungen und Modifikationen umfassen, die innerhalb des Umfangs der Erfindung fallen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines optischen Ablenkers mit einem Kern (3) und einer Umhüllung (4, 5), der eine optische Wellenführung umfasst, die mit einer ablenkenden undurchsichtigen Endplatte (9) ausgestattet ist, die einen gewünschten Steigungswinkel aufweist, und eine Funktion besitzt:

des Ablenkens eines optischen Weges von Licht, das durch die optische Wellenführung wandert, damit das Licht aus der Ebene der optischen Wellenführung heraustritt oder

des Ablenkens eines optischen Weges von Licht, das auf die optische Wellenführung einfällt, aus der Ebene der optischen Wellenführung, um dessen optische Kopplung mit der optischen Wellenführung zu bewirken, während Reflektion auf der undurchsichtigen Endfläche verwendet wird;

wobei eine Ebene des Austretens oder Einfallens mit einer geringfügigen Steigung relativ zu einer Ebene, die zu der optischen Achse der optischen Wellenführung senkrecht ist, in der optischen Wellenführung auf eine derartige Weise ausgebildet wird, dass diese der undurchsichtigen Endfläche gegenüber steht, wobei das Verfahren das Ausbilden eines V-förmigen Grübchens umfasst, das durch die Ebene des Ausfallens oder Einfallens und die undurchsichtige Endfläche in der optischen Wellenführung definiert ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

eine Diamantklinge (40) mit Diamantkörnern von 1 µm bis 5 µm in durchschnittlicher Korngröße mit einer Klingenspitze, die durch einen Neigungswinkel der Klingenspitze undurchsichtig eingestellt ist, der kleiner als der gewünschte Neigungswinkel der undurchsichtigen Endfläche relativ zu einer Ebene ist, die senkrecht zu der optischen Achse der optischen Wellenführung auf wenigstens einer Seite davon ist, senkrecht gegen die optische Wellenführung gepresst wird, um dessen Schneiden zu bewirken, um hierdurch das V-förmige Grübchen mit wenigstens einer inneren Seitenoberfläche davon auszubilden, die als eine gewünschte undurchsichtige Endfläche in der optischen Wellenführung dienen kann, und Füllen des V-förmigen Grübchens zwischen der Endfläche (52) der Wellenführung und der undurchsichtigen Endfläche (9) mit einer Substanz (70) mit einem Brechungsindex, der nahe demjenigen des Kernmaterials der optischen Wellenführung ist.

2. Verfahren zum Herstellen eines optischen Ablenkers gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Schneiden mit der Klinge unter Verwendung einer Schneidesägemaschine durchgeführt wird.

3. Verfahren zum Herstellen eines optischen Ablenkers gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Neigungswinkel der Klingenspitze um 0° bis 2° kleiner als der gewünschte Neigungswinkel der undurchsichtigen Endfläche relativ zu einer Ebene senkrecht zu der optischen Achse der optischen Wellenführung eingestellt wird.

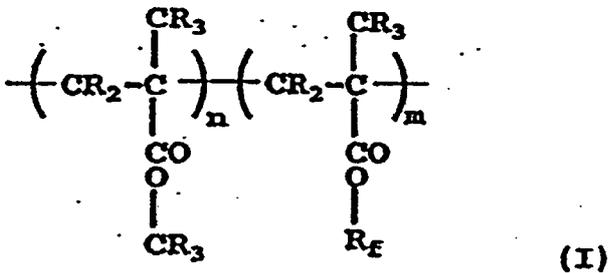
4. Verfahren zum Herstellen eines optischen Ablenkers gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Kern und die Umhüllung der optischen Wellenführung jeweils aus Glasmaterialien hergestellt sind.

5. Verfahren zum Herstellen eines optischen Ablenkers gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Kern der optischen Wellenführung aus einem Glasmaterial hergestellt ist, und deren Umhüllung aus einem Polymermaterial hergestellt ist.

6. Verfahren zum Herstellen eines optischen Ablenkers gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Kern und die Umhüllung der optischen Wellenführung jeweils aus Polymermaterialien

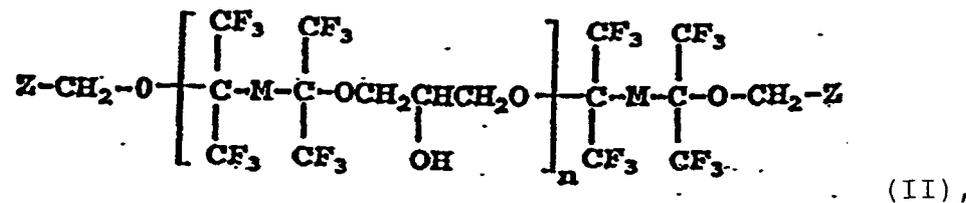
hergestellt sind.

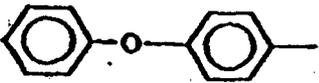
7. Verfahren zum Herstellen eines optischen Ablenkens gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die jeweiligen Polymermaterialien des Kerns und der Umhüllung Polymere sind, die durch die folgende Strukturformel (I) dargestellt werden, vorausgesetzt, dass das Polymermaterial der Umhüllung einen Brechungsindex besitzt, der kleiner als derjenige des Polymermaterials des Kerns ist:

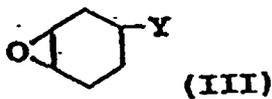


worin n und m für positive Zahlen stehen, die folgende Zusammenhänge erfüllen: $n + m = 1$, $0 \leq n$, und $m \leq 1$; R für Deuterium oder Wasserstoff steht; R_f für einen Substituenten steht, der durch $C_s F_{2s+1}$ steht; und s eine ganze Zahl von wenigstens 1 ist.

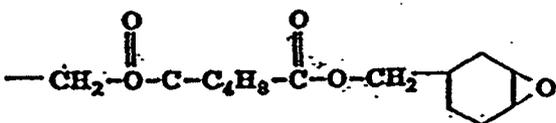
8. Verfahren zum Herstellen eines optischen Ablenkens gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die jeweiligen Polymermaterialien des Kerns und der Umhüllung Epoxidharze sind, die jeweils durch Lichthärten eines Elementes erhalten werden, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Substanzen besteht, die jeweils durch eine der folgenden Strukturformeln (II) bis (IV) dargestellt werden, und deren Mischungen, vorausgesetzt, dass das Polymermaterial der Umhüllung einen Brechungsindex besitzt, der niedriger als derjenige des Polymermaterials des Kerns ist:

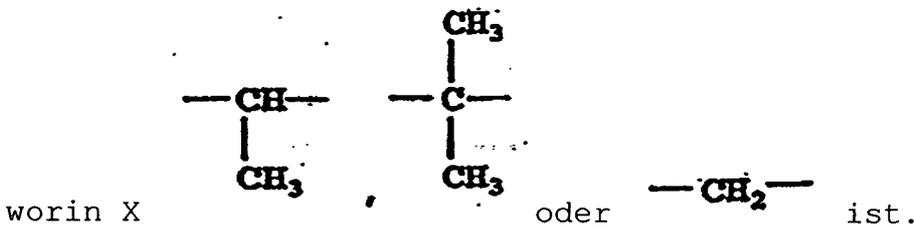
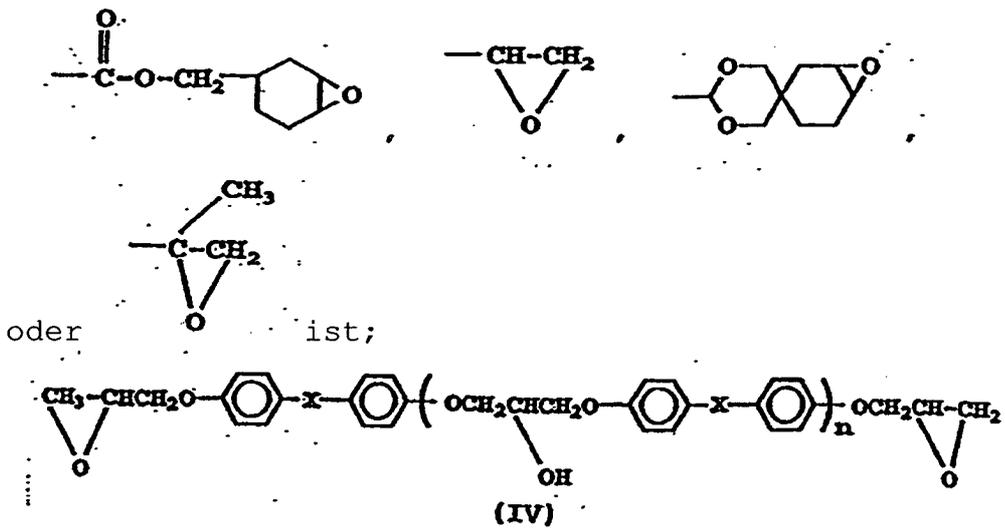


worin Z  ist, M  oder  ist, n 0 oder eine willkürliche natürliche Zahl ist;

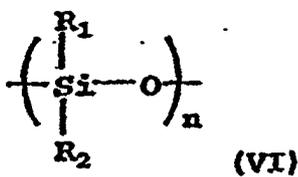
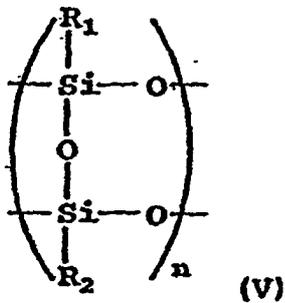


, worin Y





9. Verfahren zum Herstellen eines optischen Ablenkens gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die jeweiligen Polymermaterialien des Kerns und der Umhüllung Polymere sind, die aus der Gruppe ausgewählt sind, die besteht aus: Polysiloxanen mit Wiederholungseinheiten, die durch die folgenden Strukturformeln (V) oder (VI) dargestellt werden, copolymerisierten Polysiloxanen mit Wiederholungseinheiten, die durch die folgenden Wiederholungseinheiten (V) oder (VI) dargestellt werden, und deren Mischungen, vorausgesetzt dass das Polymermaterial der Umhüllung einen Brechungsindex besitzt, der niedriger als derjenige des Polymermaterials des Kerns ist:



worin R_1 und R_2 , welche gleich oder voneinander verschieden sein können, jeweils eine Alkyl-, deuterierte Alkyl- oder halogenierte Alkylgruppe sind, die durch $C_n Y_{2n+1}$ dargestellt wird, in welcher Y für Wasserstoff, Deuterium, oder ein Halogen steht; und n für eine ganze Zahl von höchstens 5 steht, oder eine Phenyl-, deuterierte Phenyl- oder halogenierte Phenylgruppe, die durch $C_6 Y_5$ dargestellt werden, in welcher Gruppe Y für Hydrogen, Deuterium, oder ein Halogen steht.

10. Verfahren zum Herstellen eines optischen Ablenkens gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Polymermaterial des Kerns ein Polymer ist, das durch die in Anspruch 7 definierte Strukturformel (I) dargestellt wird, und das Polymermaterial der Umhüllung ein Epoxidmaterial ist, das durch Lichthärten eines

Elementes erhalten wird, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Substanzen der in Anspruch 8 definierten Strukturformeln (II) bis (IV) besteht, und deren Mischungen.

11. Verfahren zum Herstellen eines optischen Ablenkens gemäß Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Polymermaterial des Kerns ein Polymer ist, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die besteht aus: Polysiloxanen mit Wiederholungseinheiten, die durch die in Anspruch 9 definierten Strukturformeln (V) oder (VI) dargestellt sind, copolymerisierten Polysiloxanen mit Wiederholungseinheiten, die durch die Strukturformeln (V) oder (VI) dargestellt sind, und deren Mischungen; und das Polymermaterial der Umhüllung ein Epoxidharz ist, das durch Lichthärten eines Elementes erhalten wurde, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Substanzen der in Anspruch 8 definierten Strukturformeln (II) bis (IV) besteht, und deren Mischungen.

12. Verfahren zum Herstellen eines optischen Ablenkens gemäß einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass nach Bildung der undurchsichtigen Endfläche ein auf hohe Temperatur erhitztes Flacheisen gegen die undurchsichtige Endfläche gepresst wird, um eine Oberflächenglättungsbehandlung der undurchsichtigen Endfläche zu bewirken.

13. Verfahren zum Herstellen eines optischen Ablenkens gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die undurchsichtige Endfläche, nach ihrer Ausbildung, in ein organisches Lösungsmittel eingetaucht wird, um eine Oberflächenglättungsbehandlung der undurchsichtigen Endfläche zu bewirken.

14. Verfahren zum Herstellen optischen Ablenkens gemäß Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die undurchsichtige Endfläche, nach ihrer Ausbildung, in eine gemischte Lösung aus Wasserstofffluorid und Ammoniumfluorid eingetaucht wird, um eine Oberflächenglättungsbehandlung der undurchsichtigen Endfläche zu bewirken.

15. Verfahren zum Herstellen eines optischen Ablenkens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die undurchsichtige Endfläche, nach ihrer Ausbildung, mit einem Metall beschichtet wird.

16. Verfahren zum Herstellen eines optischen Ablenkens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die optische Wellenführung eine planare optische Wellenführung ist.

17. Verfahren zum Herstellen eines optischen Ablenkens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die optische Wellenführung eine optische Faser ist.

18. Verfahren zum Herstellen eines optischen Ablenkens gemäß Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass ein Endteil der optischen Faser, einschließlich eines Teils der geschnitten wird, auf einem planaren Substrat mit einem Klebefilm fixiert wird, und dann geschnitten wird, während senkrecht die Schneideklinge mit der Klingenspitze gegen die optische Faser gepresst wird.

19. Verfahren zum Herstellen eines optischen Ablenkens gemäß Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Klebefilm ein durch ultraviolettes Licht abbaubarer Klebefilm ist.

20. Verfahren zum Herstellen eines optischen Ablenkens gemäß Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass ein Endteil der optischen Faser, einschließlich eines Teils der geschnitten wird, auf einem planaren Substrat mit einem durch ultraviolettes Licht härtenden Harz oder einem thermisch härtenden Harz fixiert wird, und dann geschnitten wird, während senkrecht die Schneideklinge mit der Klingenspitze gegen die optische Faser gepresst wird.

Es folgen 36 Blatt Zeichnungen

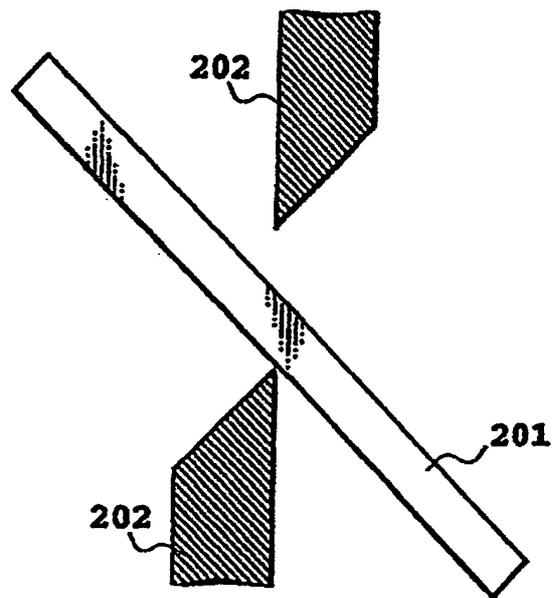


FIG.1

STAND DER TECHNIK

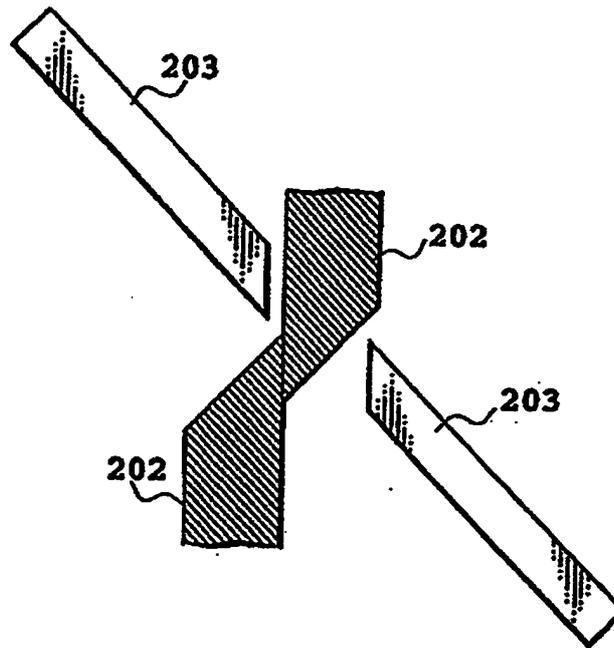


FIG.2

STAND DER TECHNIK

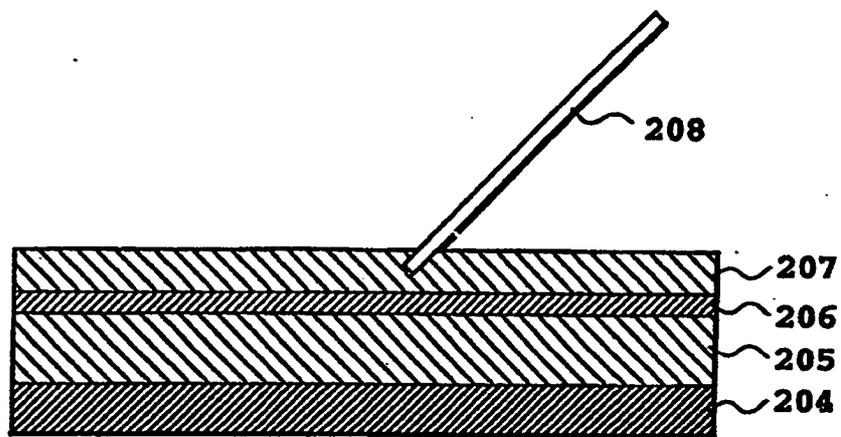


FIG.3
STAND DER TECHNIK

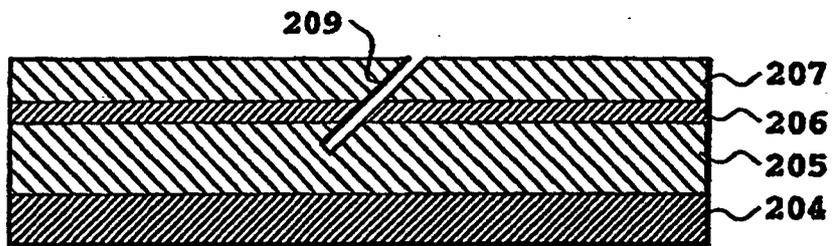


FIG.4
STAND DER TECHNIK

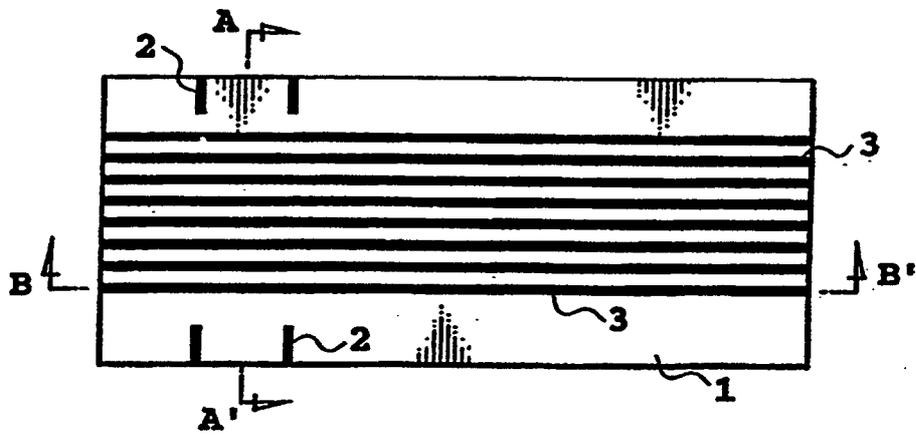


FIG.5

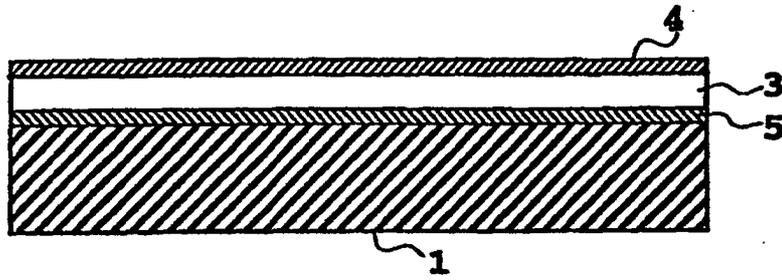


FIG.6

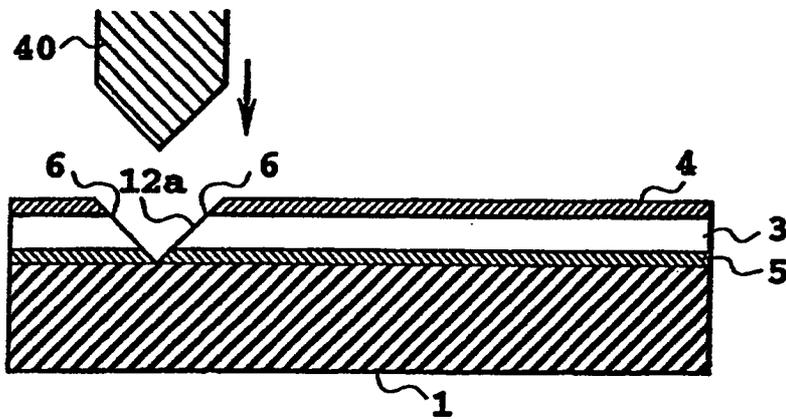


FIG.7

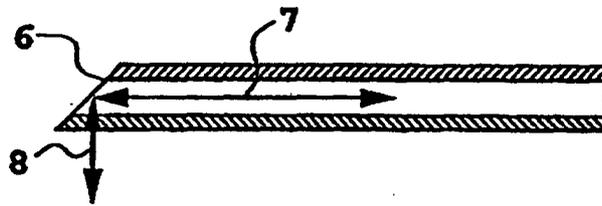


FIG.8

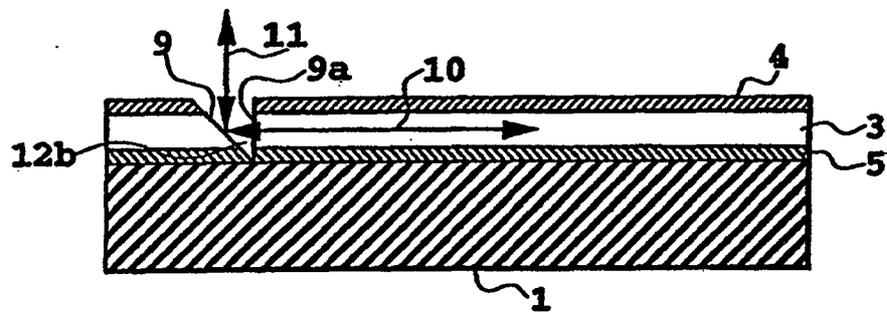


FIG.9

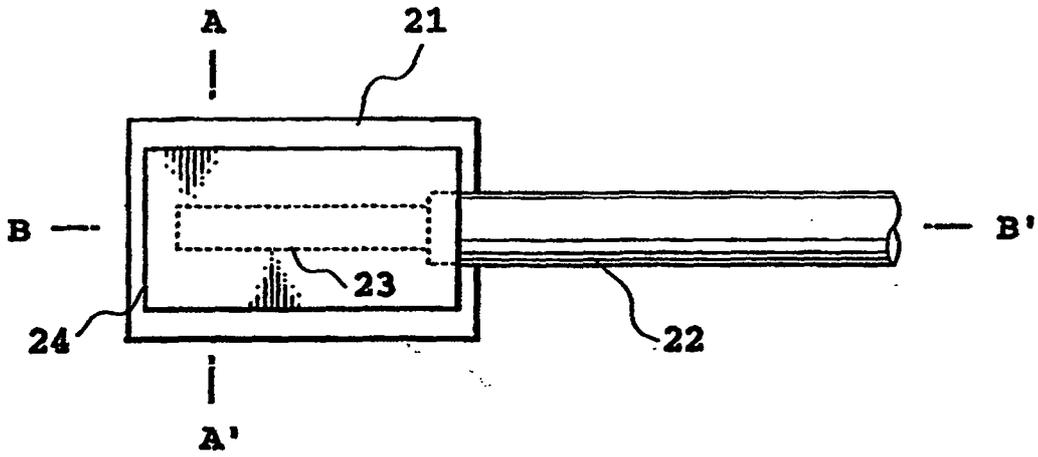


FIG. 10A

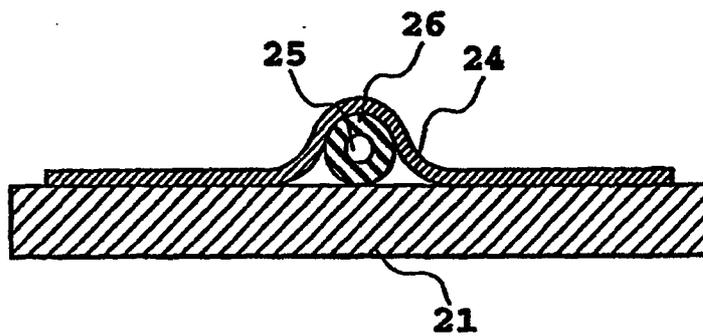


FIG. 10B

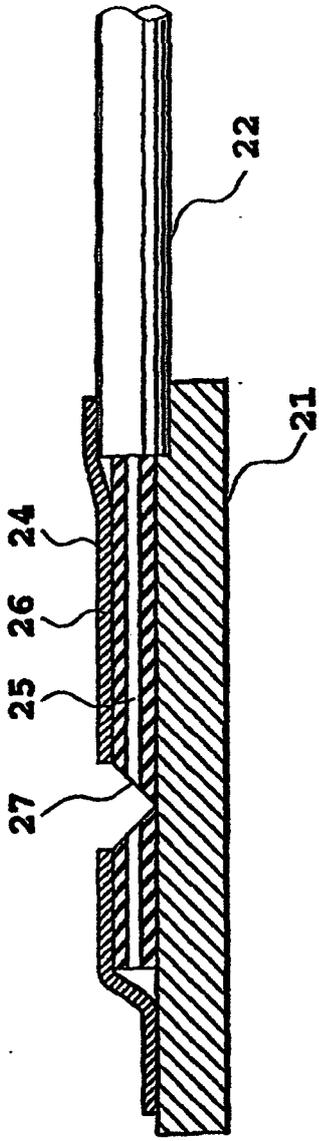


FIG. 11A

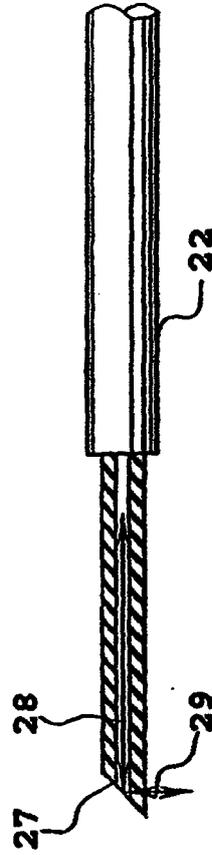


FIG. 11B

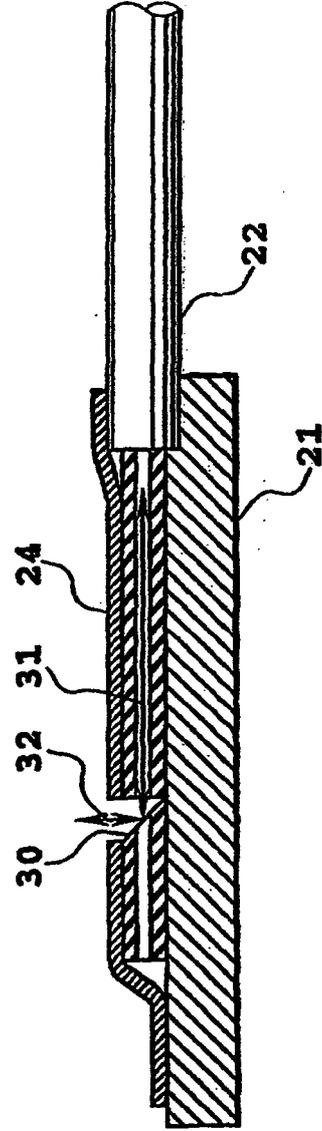


FIG. 11C

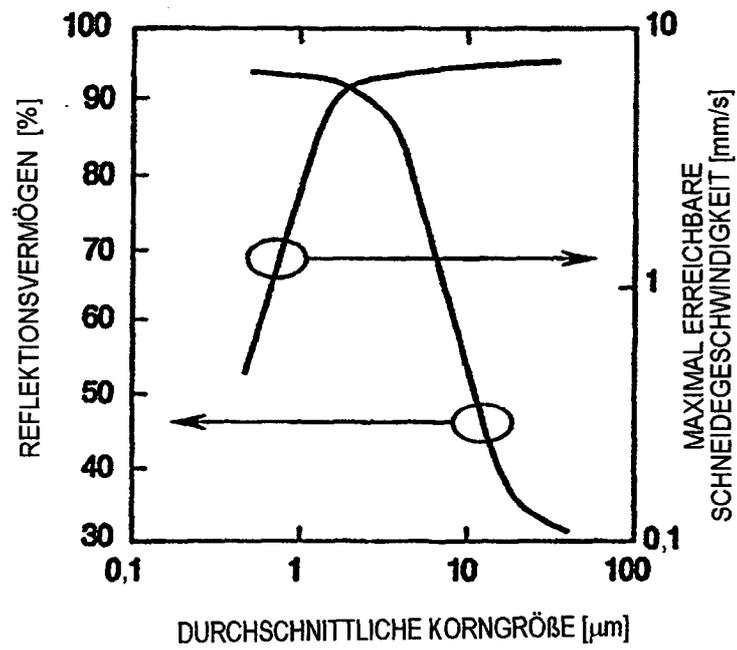


FIG.12

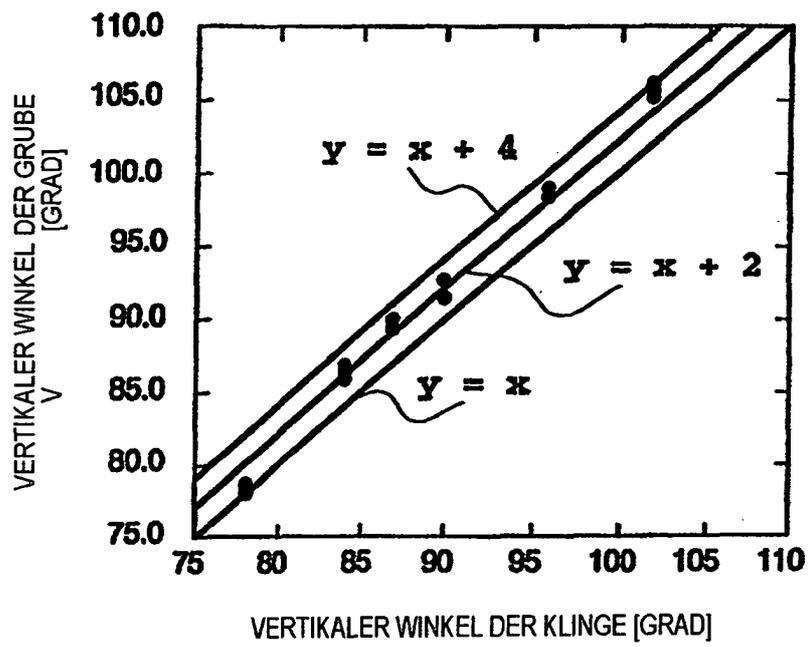


FIG.13

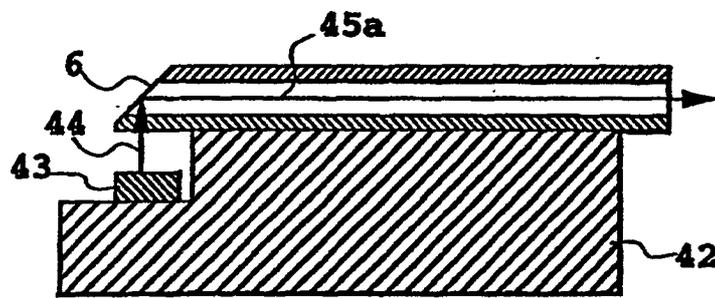


FIG.14

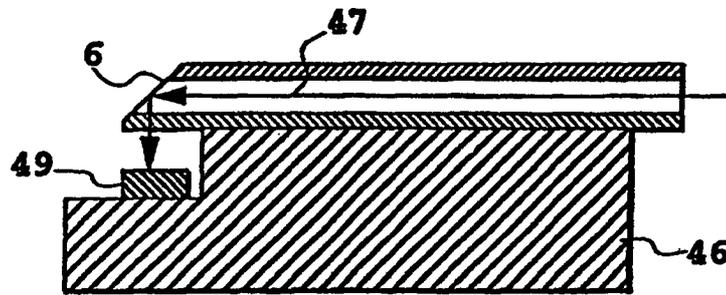


FIG.15

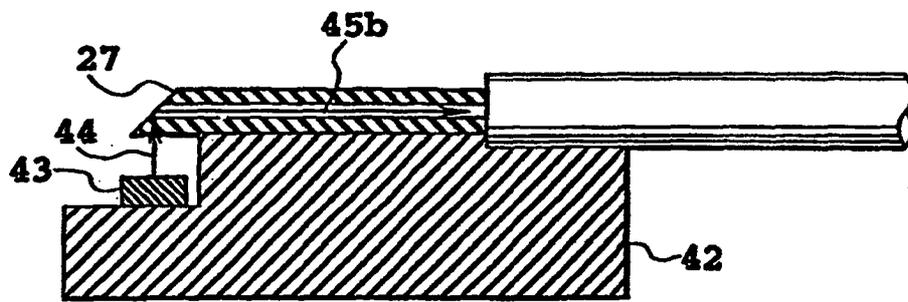


FIG.16

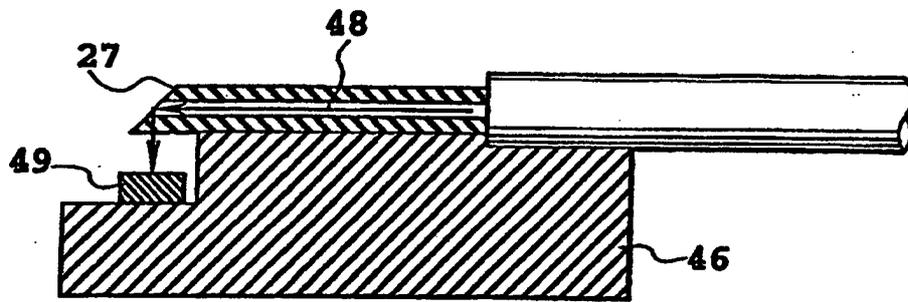


FIG.17

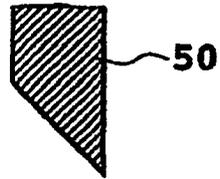


FIG. 18



FIG. 19

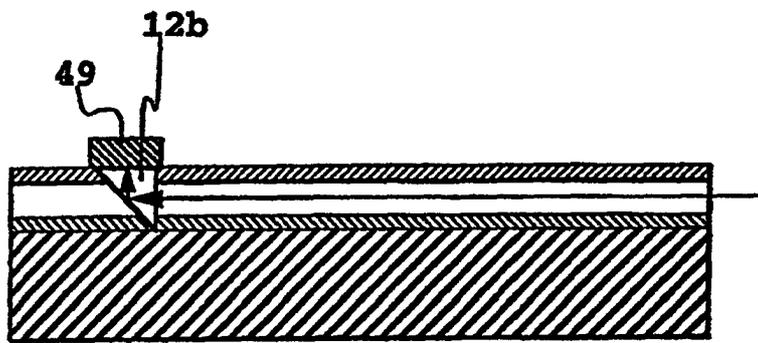


FIG.20

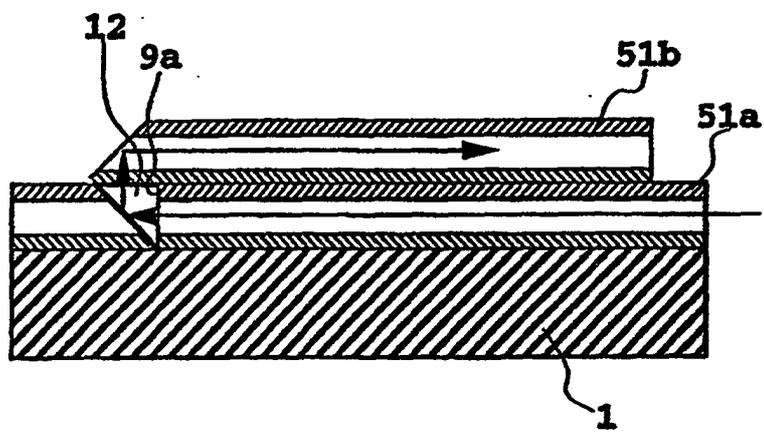


FIG.21

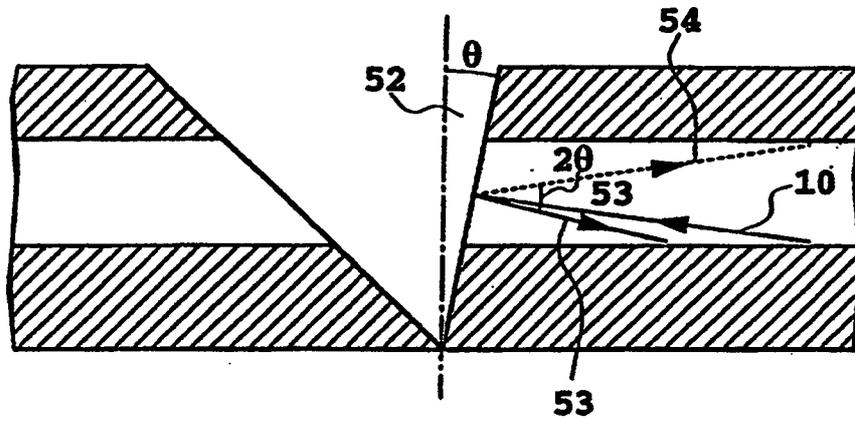


FIG.22

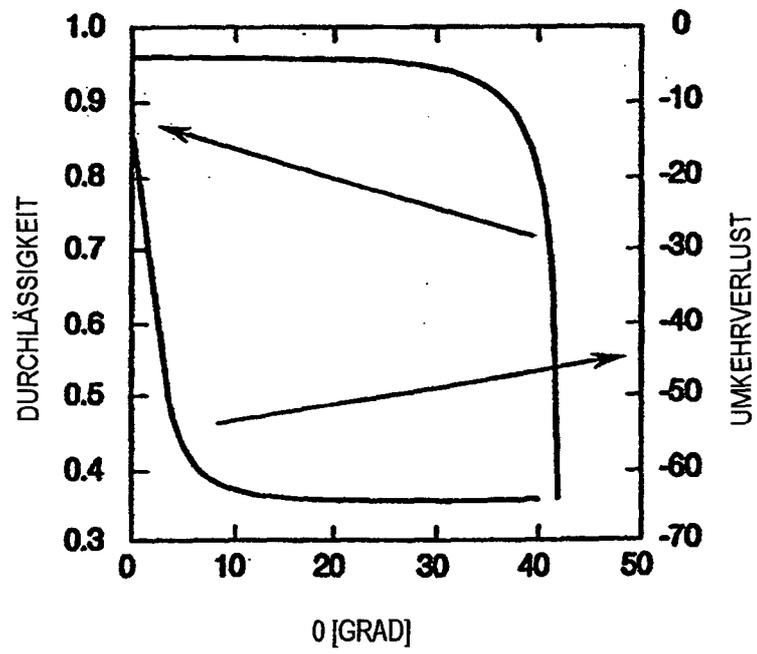


FIG.23

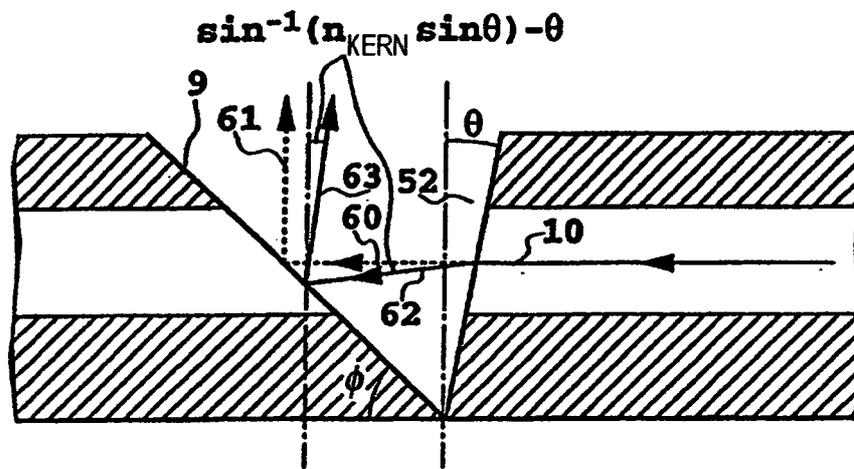


FIG.24

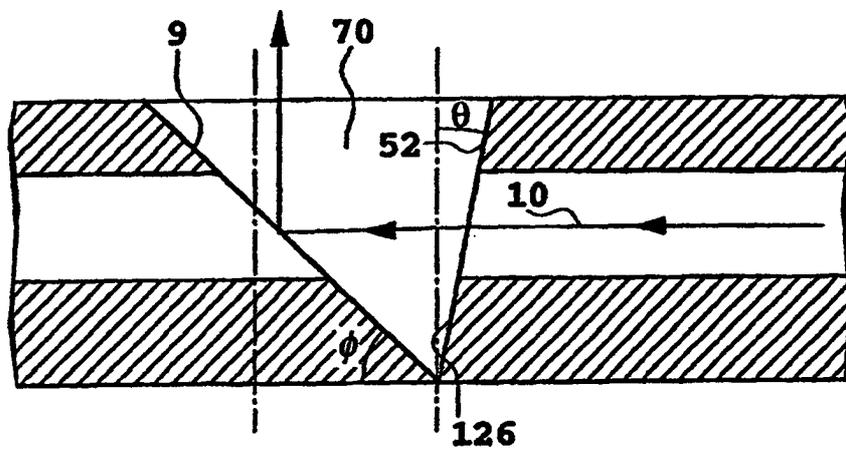


FIG.25

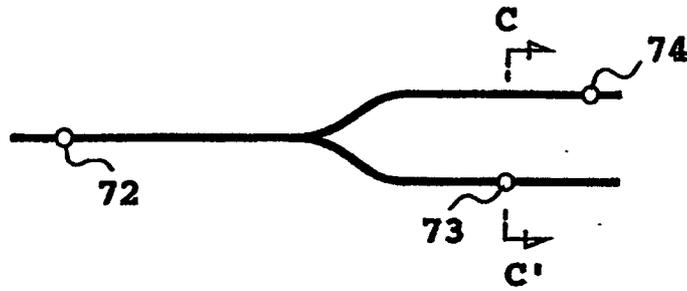


FIG.26

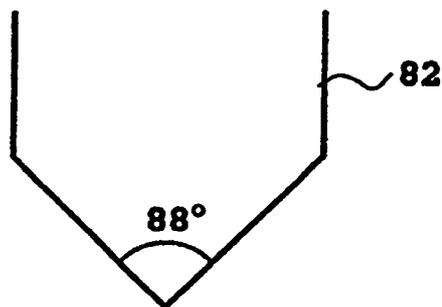


FIG.27

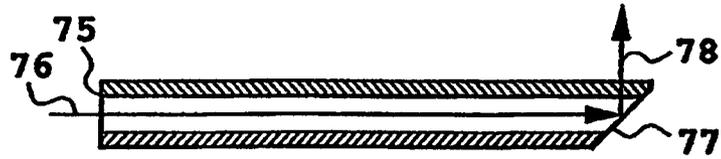


FIG.28

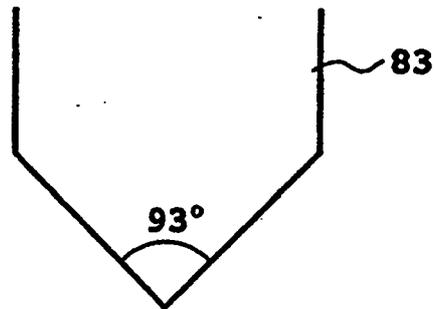


FIG.29

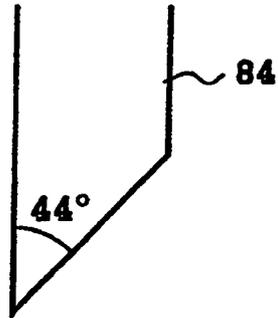


FIG.30

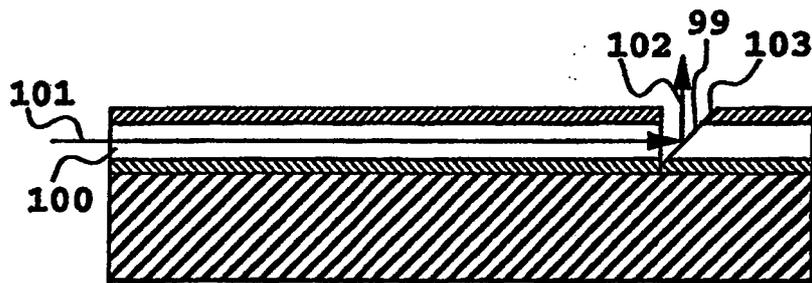


FIG.31

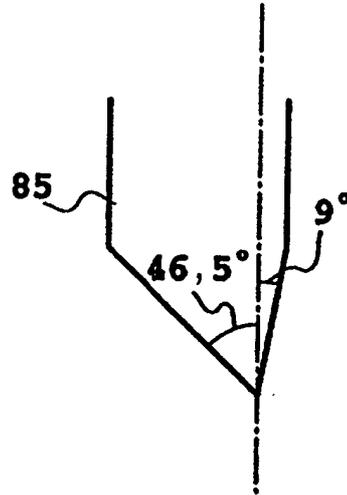


FIG.32

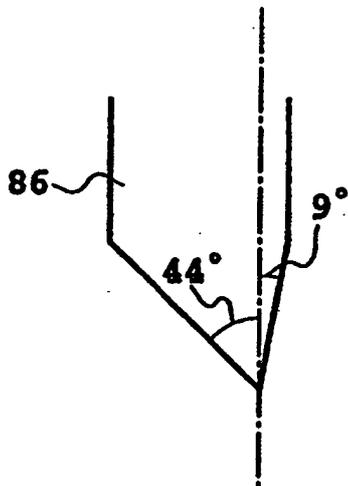


FIG.33

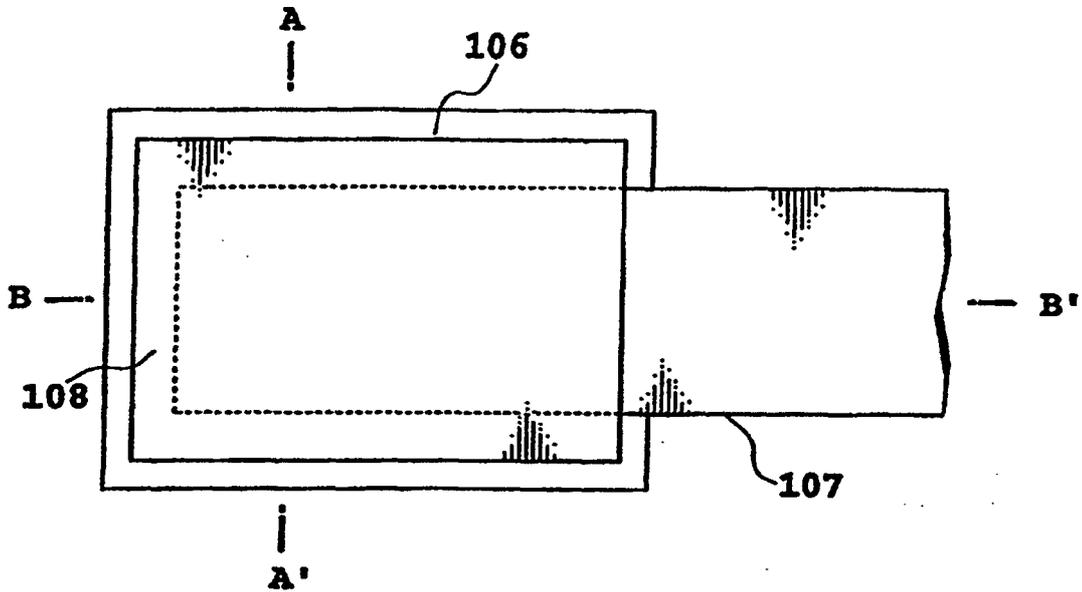


FIG. 34A

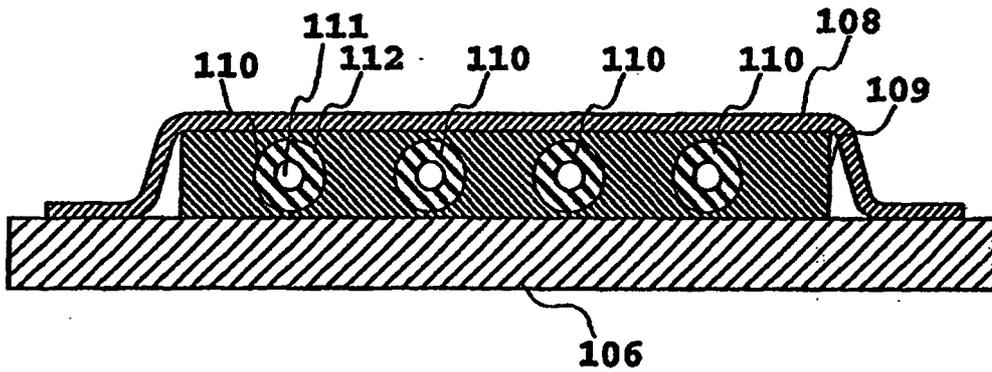


FIG. 34B

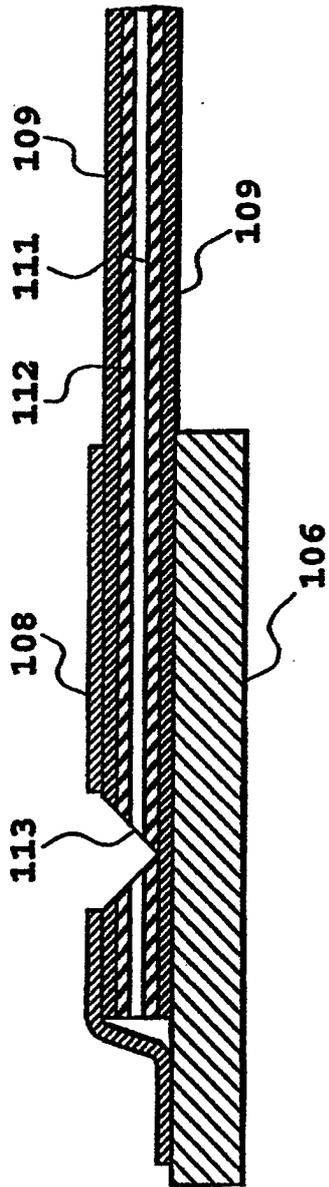


FIG.35A

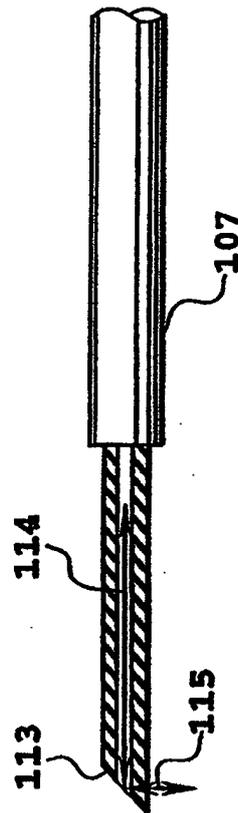


FIG.35B

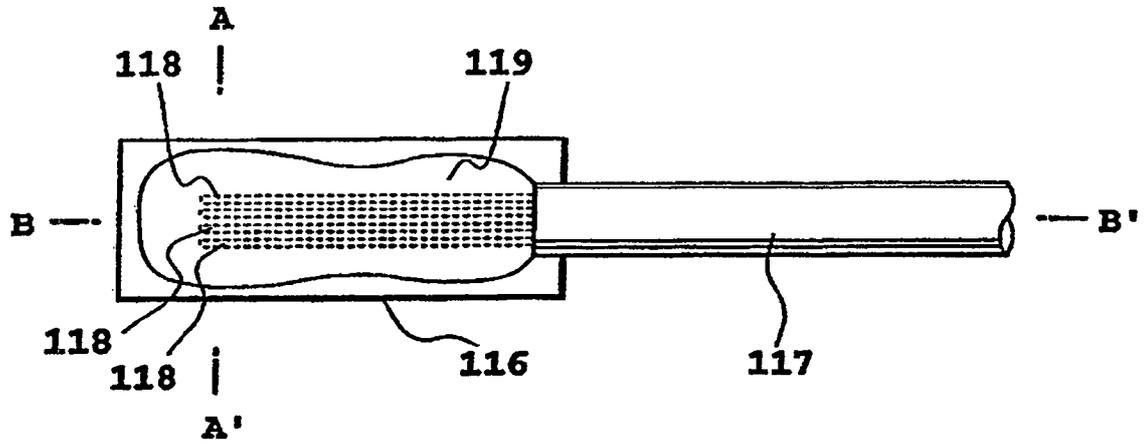


FIG. 36A

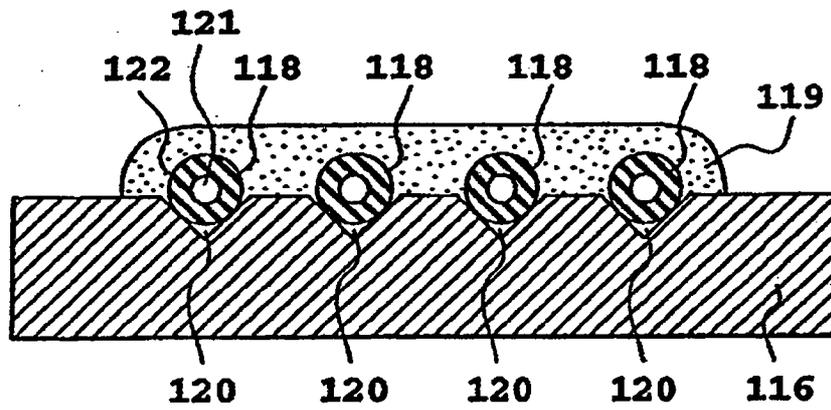


FIG. 36B

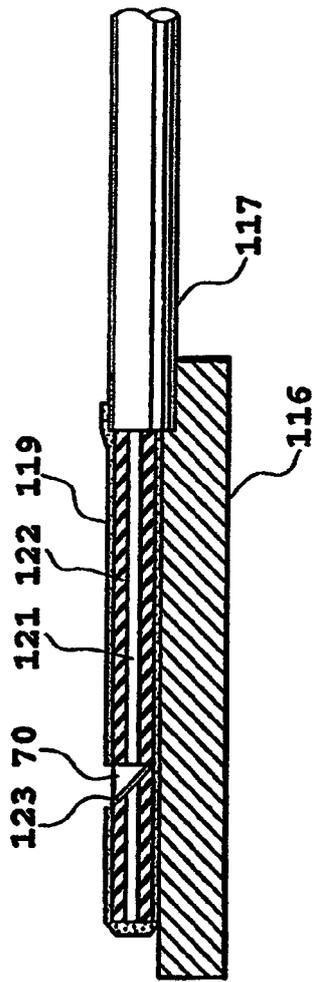


FIG.37

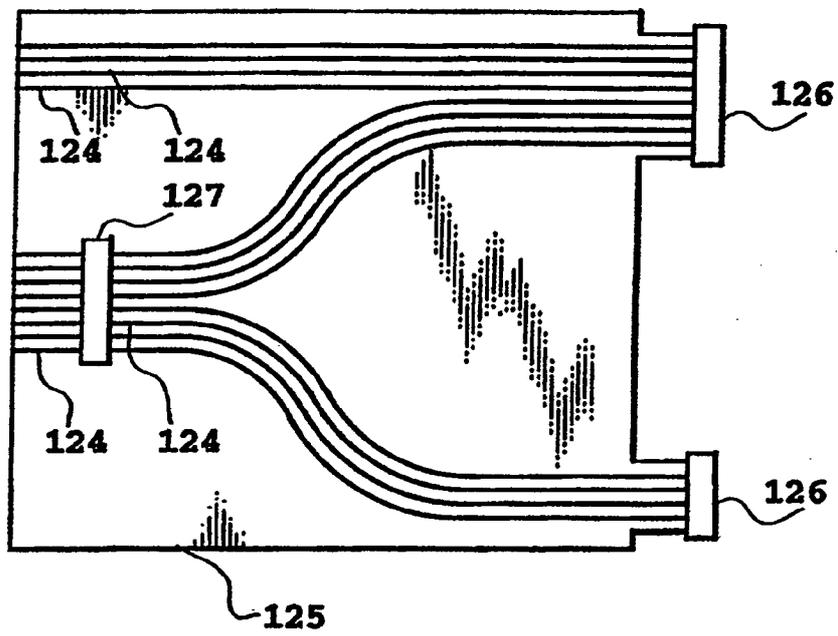


FIG.38

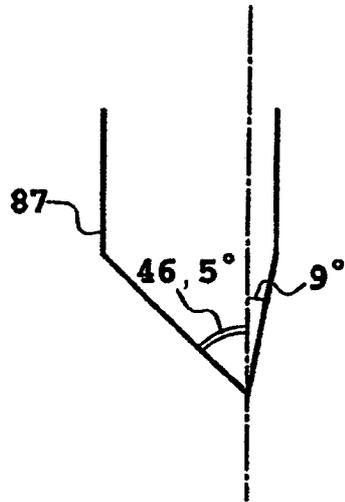


FIG.39

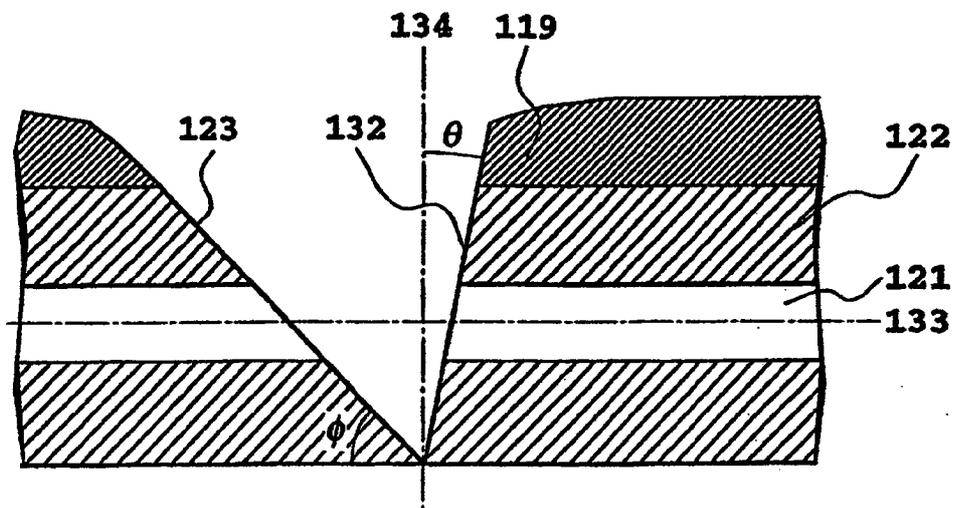


FIG.40

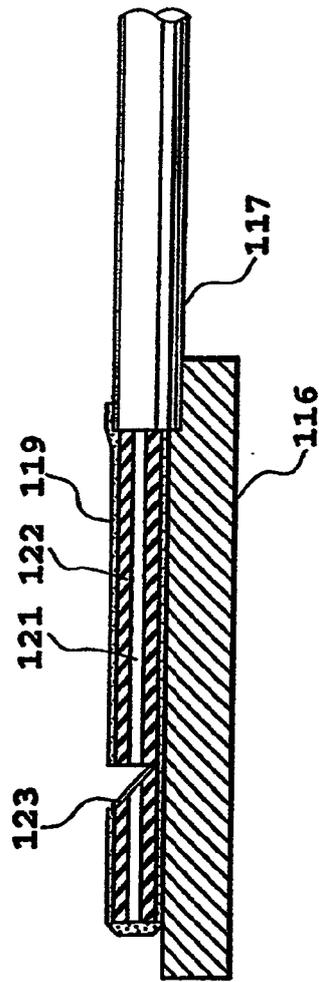


FIG.41

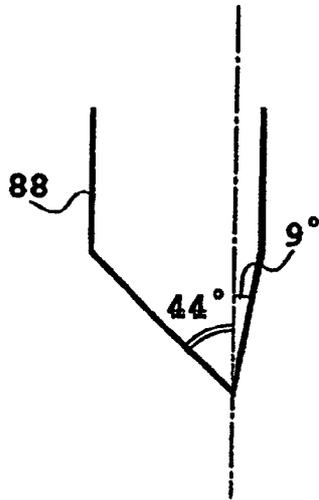


FIG.42

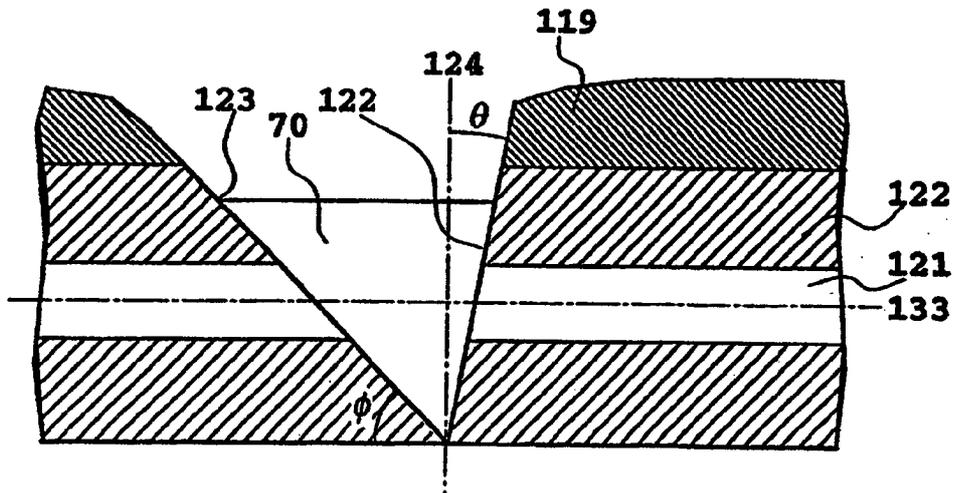


FIG.43