



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 19 941 T2** 2008.01.17

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 442 326 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 19 941.7**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/GB02/04444**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 762 604.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2003/029852**

(86) PCT-Anmeldetag: **02.10.2002**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **10.04.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **04.08.2004**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **02.05.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **17.01.2008**

(51) Int Cl.⁸: **G02B 6/36** (2006.01)
G02B 6/38 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
0123741 03.10.2001 GB

(73) Patentinhaber:
QinetiQ Ltd., Farnborough, Hampshire, GB

(74) Vertreter:
BEETZ & PARTNER Patentanwälte, 80538 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR

(72) Erfinder:
LONI, Armando QinetiQ Limited, Worcestershire WR14 3PS, GB; CARLINE, Roger Timothy Qine, Worcestershire WR14 3PS, GB

(54) Bezeichnung: **HALTERUNG FÜR OPTISCHE BAUELEMENTE**

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 betrifft die Montage eines optischen Elements in einem Substrat, und insbesondere, aber nicht ausschließlich, die Verbindung einer optischen Faser mit einem Substrat und die Kopplung einer optischen Faser an ein weiteres optisches Element, welches sich in oder auf einem Substrat befindet.

[0002] Es ist eine Reihe von Techniken zur Kopplung einer optischen Faser an einem Lichtwellenleiter auf einem Chip oder an einer Chipfacette bekannt. Die gebräuchlichste technische Lösung ist es, die Faser auszurichten und sie an Ort und Stelle unter Verwendung eines mit ultravioletter Strahlung härtenden Epoxylebmittels festzulegen. Die Ausrichtung wird nur dadurch erzielt, dass das Ende der Faser an den Lichtwellenleiter/die Chipfacette anstößt oder, zur besseren Anordnung, die Faser mit Klebstoff in einer V-förmigen Nut im Chip befestigt wird. Eines der Hauptprobleme in Verbindung mit Epoxylebmitteln ist, dass sie infolge von Temperaturschwankungen und Alterungseffekten mit der Zeit abgebaut werden, was zu einer fehlerhaften Ausrichtung zwischen Faser und Wellenleiter/Chipfacette führt.

[0003] In "Silicon Nitride Micro-Clips for the Kinematic Location of Optic Fibres in Silicon V-shaped Grooves", R.M. Bostock u.a., J. Micromech & Microeng, 8 (1998), S. 343, wird von einer Technik berichtet, bei der die Oberflächen flexibler Clips aus Siliciumnitrid bearbeitet und verwendet werden, eine Faser in einer V-förmigen Nut an Ort und Stelle zu halten. Es besteht jedoch der Nachteil, dass eine Mikromaterialbearbeitung erforderlich ist, um die Faser unter die Clips zu bringen, und dass viele Verfahrensschritte erforderlich sind, um die Clips zunächst einmal auszubilden.

[0004] Die oben erwähnten Techniken von Stand der Technik beziehen sich auf eine manuelle oder halbautomatische Ausrichtung und sind zeitaufwendig.

[0005] Die vorliegende Erfindung gibt eine mechanische Lösung an, bei der eine Selbstausrichtung möglich ist, wodurch die Herstellung einer zuverlässigen, wiederholbaren Kopplung und eine Lösung in einer mehr automatisierten Art und Weise erleichtert wird. Das sich ergebende Produkt ist gegenüber Alterung und dem Aushalten von Temperaturen beständig, wie sie typischerweise im Feldgebrauch angetroffen werden und gemäß entsprechenden militärischen Standards, beschrieben sind, und hat idealerweise ferner eine hohe mechanische Festigkeit.

[0006] In einem ersten Aspekt gibt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Montage eines optischen Elements in einem Substrat durch Ausbildung eines

parallelen Seitenschlitzes im Substrat an, wobei die Differenz zwischen einer Dimension des optischen Elements und der Schlitzbreite bei Raumtemperatur ein sehr kleiner positiver Betrag ist, Erzeugung einer positiven Temperaturdifferenz zwischen dem Substrat im Bereich des Schlitzes und des optischen Elements derart, dass die Dimension nun nicht größer als die Schlitzbreite ist, Einbringen des optischen Elements darin und Absinkenlassen der Temperaturdifferenz. Die Temperaturdifferenz kann durch Erwärmung des Substrats oder durch Kühlung des optischen Elements oder durch Beides erzeugt werden. Das Element kann unter Druck durch die im wesentlichen parallelen Seiten des Schlitzes gehalten werden.

[0007] Das Verfahren der vorliegenden Erfindung ermöglicht somit die Herstellung einer optischen Anordnung, die umfaßt: ein erstes starres Substrat, welches einen Schlitz aufweist, und ein erstes optisches Element, welches im Schlitz montiert ist, wobei das Element mechanisch durch den Kontakt mit den Seiten des Schlitzes gehalten wird.

[0008] Die internationale Patentanmeldung WO 96/38752 (Whitaker Corporation), US-Patent Nr. 5 566 269 (Whitaker Corporation) und US-Patent Nr. 5 359 686 (McFarland) offenbaren jeweils Konstruktionen zum mechanischen Halten optischer Fasern mit Zugentlastung; Zugentlastung wird jedoch durch die Verwendung von Kunststoffen in den Konstruktionen ermöglicht, diese bieten aufgrund ihrer Natur selbst einen Grad an Flexibilität. Das US-Patent Nr. 4 702 547 (Enochs) offenbart ein Verfahren zur Befestigung einer optischen Faser an der Oberfläche eines Substrats unter Verwendung eines Rückhalteelements mit Kanal, welches über der Faser angelötet wird, die selbst mit einer äußeren Goldschicht versehen ist. Das Halten erfolgt daher nicht durch einen mechanischen Kontakt mit der Seite eines Schlitzes in einem Substrat oder mechanisch mit den Seiten des Rückhalteelements.

[0009] Das starre Substrat kann aus einem Keramikmaterial, wie z.B. Glas oder Silicium, oder einem kristallinen Material, wie z.B. Silicium, sein.

[0010] Die mechanische Halterung ist bevorzugt derart, dass das Element nicht entfernbar gehalten wird, d.h. die Entfernung aus dem Schlitz kann nur unter großen Schwierigkeiten oder überhaupt nicht erfolgen, ohne das Element oder das Substrat zu zerstören.

[0011] Das Element kann zusätzlich mechanisch durch die Form der Seiten des Schlitzes gehalten werden.

[0012] Das mechanische Halten durch Druck kann durch Nutzung einer Differenzwärmeausdehnung er-

zielt werden, indem beispielsweise das Element gekühlt und/oder das Substrat erwärmt wird, das Element im Schlitz plaziert wird und gewartet wird, bis der Temperaturunterschied zwischen Element und Substrat nicht mehr vorliegt.

[0013] Die Formgebung der Seiten des Schlitzes kann durch eine chemische Reaktion, wie z.B. Oxidation, des ersten Elementes und/oder des ersten Substrates im Kontaktbereich erreicht werden, beispielsweise, wenn das erste Element Siliciumdioxid, z.B. eine Faser, ist und das erste Substrat Silicium oder ein anderes geeignetes oxidierbares Material ist, oder wenn das erste Element Silicium und das erste Substrat Silicium oder Siliciumdioxid ist. Die Umwandlung von Silicium zu Siliciumdioxid ist von einem Wachstum der Materialdimensionen begleitet, wodurch der Schlitz enger und/oder das Element dicker wird und/oder die Wand des Schlitzes um das Element herum anwächst. Es leuchtet ein, dass die ersten zwei dieser Effekte sich auf eine Zunahme der Druckkraft beziehen, die von den Schlitzwänden auf das Element ausgeübt wird, wohingegen der dritte Effekt die Bewegung des Elements vertikal im Schlitz begrenzt. In der Beschreibung der Ausführungsformen ist die Wärmeoxidation erwähnt, sie könnte zusammen mit dem Effekt der Differenzwärmeausdehnung angewendet werden. Es ist aber auch ins Auge gefaßt, eine relativ kühle Oxidation oder ein anderes Verfahren der Wandformgebung anzuwenden.

[0014] Das erste Element kann so montiert sein, dass es im wesentlichen optisch auf ein optisches Bauteil im Substrat ausgerichtet ist, beispielsweise an das optische Bauteil anstößt. Dieses optische Bauteil, beispielsweise ein Lichtwellenleiter, kann selbst im ersten Substrat ausgebildet sein. Alternativ dazu kann es ein zweites optisches Element, beispielsweise eine optische Faser, sein, die mechanisch von den Seiten des Schlitzes, beispielsweise unter Druck und/oder durch die Formgebung der Wand, gehalten wird.

[0015] Der Schlitz im ersten Substrat kann an einer Kante des ersten Substrats beginnen. Er kann sich zwischen den gegenüberliegenden Kanten des ersten Substrats erstrecken.

[0016] Das erste Element kann eine optische Faser sein. Das erste Substrat kann aus einem Halbleitermaterial, wie Silicium, bestehen.

[0017] Das erste Element und/oder ein zweites Element kann ferner am ersten Substrat durch eine an sich bekannte Einrichtung befestigt sein und die Verwendung eines Klebstoffs beinhalten.

[0018] Wenn das erste Element eine optische Faser ist, kann das erste Substrat auf einem zweiten Substrat montiert sein. In einem solchen Fall kann eine

Oberfläche des zweiten Substrats ein darauf montiertes oder darauf ausgebildetes optisches Bauteil enthalten, wobei das erste Substrat auf die Oberfläche des zweiten Substrats montiert ist und die optische Faser auf das optische Bauteil ausgerichtet ist.

[0019] Alternativ dazu kann eine Oberfläche des zweiten Substrats ein in einer Vertiefung enthaltenes oder ausgebildetes optisches Bauteil umfassen, wobei das erste Substrat in einer Vertiefung in der Oberfläche des zweiten Substrats angeordnet ist und die optische Faser auf das optische Bauteil ausgerichtet ist.

[0020] Zur relativen Ausrichtung derselben haben das erste und das zweite Substrat zusammenwirkende Vorsprünge und Löcher oder Schlitz. Zur Befestigung der Substrate aneinander kann mindestens ein Vorsprung derart ausgebildet sein, dass er ein wenig größer ist, als für die Passung im zugehörigen Loch oder Schlitz erforderlich ist, dergestalt, dass er, bezogen darauf, für seine Einführung gekühlt wird und nach dem Temperatenausgleich darin ergriffen wird. Es ist anzumerken, dass Vorsprung und Loch entsprechende Formen haben können, so dass die Ergreifung in einer oder in beiden Dimensionen erfolgen kann, und um eine übermäßige Spannung zu vermeiden, ist es bevorzugt, dass die Ergreifung nur in einer Dimension bewirkt wird (z.B. durch die Verwendung eines elliptischen Zapfens und ein kreisrundes Loch oder umgekehrt oder die Verwendung eines Schlitzes, um den Vorsprung unterzubringen).

[0021] Durch die Ausbildung des Vorsprungs/der Vorsprünge, so dass sie auf diese Weise in einer oder in beiden Dimensionen ergriffen werden können, und/oder durch die Ausbildung des Vorsprungs/der Vorsprünge derart, dass sie genau in einer oder in beiden Dimensionen passen, kann der Ort des ersten Substrats relativ zum zweiten in der entsprechenden Dimension/den Dimensionen genau kontrolliert werden. Hat nur ein Vorsprung Übergröße oder eine genaue Passung, und ist er rund, ist es möglich, ein Substrat relativ zum anderen zu drehen, auf diese Weise ist für die vollständige Anordnung eine zweite Übergröße oder ein genau passender Vorsprung erforderlich. Zur Verhinderung einer Drehung kann, alternativ dazu, der einzelne Vorsprung und das zugehörige Loch auch einen nicht kreisrunden Abschnitt haben. Andere Vorsprünge in diesen Anordnungen, falls vorhanden, können genau in die entsprechenden Löcher oder Schlitz passen oder sie können Übergröße haben, oder einige oder alle können Schlupf oder eine lose Passung haben.

[0022] Alternativ dazu können alle Vorsprünge Größen und Formen bezogen auf die Löcher haben (oder es können Schlitz verwendet werden), so dass Spielraum ist für die Einstellung der Ausrichtung des ersten Substrats entlang einer oder beider Dimensio-

nen der zweiten Substratoberfläche ist. In diesem Fall ist bevorzugt eine andere Einrichtung zur Befestigung der Substrate aneinander vorgesehen.

[0023] Jede an sich bekannte Einrichtung, einschließlich der Verwendung von Klebstoff, kann zu diesem Zweck verwendet werden, wenn sich aber das erste Substrat innerhalb einer Vertiefung im zweiten Substrat befindet, hat die Vertiefung bevorzugt senkrecht gegenüberliegende Wände, zwischen denen das erste Substrat mechanisch unter Druck ergriffen wird. Diese Technik kann an sich, oder zusätzlich zum Vorsehen eines gehaltenen Vorsprungs (von Vorsprüngen) angewandt werden.

[0024] Ist das erste Element eine optische Faser, kann ein Ende im wesentlichen mit einer Kante des zweiten Substrats fluchten. Wenn die Faser einen seitlichen Abschnitt hat, der über die Oberfläche des ersten Substrats hervorragte, kann das zweite Substrat zur Unterbringung des hervorragenden Abschnitts vertieft sein.

[0025] Ein Vergleichsbeispiel ist ein Verfahren zur Montage eines optischen Bauteils in einem Substrat durch Ausbildung eines Schlitzes im Substrat, beispielsweise eines parallelen Seitenschlitzes, Einführung des optischen Elements darin, so dass es mit den Wänden des Schlitzes in Kontakt kommt oder unmittelbar daran anliegt, anschließende Oxidation des Materials des ersten Substrats oder des ersten Substrats und des optischen Elements im Kontaktbereich, wodurch die Dimension des oxidierten Materials derart vergrößert wird, dass das Element mechanisch im Schlitz gehalten wird. Es ist anzumerken, dass die zulässige Toleranz in Bezug auf den anfänglichen Kontakt mit den Schlitzwänden davon abhängt, was für eine Zunahme der Dimension für ein erfolgreiches mechanisches Halten erreicht werden kann.

[0026] Das optische Element kann eine optische Faser sein, so dass die Dimension für einen kreisförmigen Querschnitt der Durchmesser der Faser, oder eine Breite derselben, für einen nicht kreisförmigen Querschnitt ist (das könnte entweder die Breite für einen rechtwinkligen Abschnitt sein, ist aber normalerweise der kleinere Durchmesser, für einen elliptischen Faserabschnitt). In einem derartigen Fall muß die Schlitztiefe mindestens gleich dem Radius der Faser sein.

[0027] Der Schlitz kann mit einer Tiefe ausgebildet sein, die geringer als der Durchmesser der Faser(n) ist, so dass ein Abschnitt davon über die Oberfläche des ersten Substrats hinausragt, oder mit einer Tiefe, die gleich dem Durchmesser der Faser(n) oder größer als dieser ist.

[0028] Wenn das Substrat ein optisches Bauteil ent-

hält oder damit ausgestattet ist, das eine Eintrittsfläche oder Apertur enthält, kann der Einführungsschritt in das Verfahren gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung das Anstoßen eines Endes der optischen Faser gegen die Apertur umfassen. In einem derartigen Fall kann der Schritt der Ausbildung des Schlitzes derart kontrolliert werden, dass die Faser, wenn sie auf die Apertur ausgerichtet ist, mit dem Boden des Schlitzes in Kontakt kommt. Das auf dem Substrat vorgesehene Bauteil kann in das Substrat integriert, an diesem anliegend oder unter dem Substrat beabstandet ausgebildet sein, oder es kann ein separates Bauteil sein, das im Substrat oder in einem Teil des Schlitzes montiert ist.

[0029] Im letzteren Fall kann das Verfahren die Schritte der Montage des Bauteils (z.B. einer weiteren optischen Faser) in dem Teil durch Erzeugung einer positiven Temperaturdifferenz zwischen dem Schlitzteil und dem Bauteil, der Einführung des Bauteils und des Ausgleichenlassen der Temperatur umfassen. Die Montage der Faser und des separaten Bauteils am Substrat kann nacheinander (in beliebiger Reihenfolge) oder gleichzeitig erfolgen.

[0030] Ist die optische Faser einmal am ersten Substrat montiert, kann das erste Substrat wiederum an ein zweites Substrat angeordnet werden, wobei die Faser auf ein optisches Bauteil auf dem zweiten Substrat oder in diesem optisch ausgerichtet wird (und bevorzugt daran anstößt). Ragt die Faser über die Oberfläche des ersten Substrats hervor, wird bevorzugt, aber nicht notwendigerweise, eine Nut im Substrat ausgebildet, um den vorstehenden Abschnitt der Faser unterzubringen.

[0031] Das Verfahren umfaßt bevorzugt den weiteren Schritt zum Vorsehen einer Vertiefung in der Oberfläche des zweiten Substrats, und der Montageschritt umfaßt die Montage des ersten Substrats in der Vertiefung, wobei die optische Faser auf das optische Bauteil ausgerichtet ist.

[0032] Das Verfahren umfaßt bevorzugt den Schritt des Vorsehens des ersten und zweiten Substrats mit zusammenwirkenden Vorsprüngen und Löchern oder Schlitzten zur relativen Ausrichtung desselben.

[0033] Der Schritt des Vorsehens der zusammenwirkenden Vorsprünge und Löcher oder Schlitzte umfaßt die Anordnung, daß mindestens ein Vorsprung in mindestens einer Dimension der Substratoberfläche eine geringe Übergrößenpassung im Loch oder Schlitz derart aufweist, dass er zur Einführung relativ dazu gekühlt werden und nach dem Temperatureausgleich darin ergriffen werden kann.

[0034] Der Schritt des Vorsehens mit zusammenwirkenden Vorsprüngen und Löchern oder Schlitzten umfaßt zweckmäßigerweise die Anordnung, dass

mindestens ein Vorsprung in mindestens einer Dimension der Substratoberfläche zur präzisen Anordnung in der mindestens einen Dimension genau in das entsprechende Loch paßt.

[0035] Der Schritt des Versehens mit zusammenwirkenden Vorsprüngen und Löchern oder Schlitzen umfaßt vorteilhafterweise die Anordnung, dass die Größe der Vorsprünge relativ zu den Löchern oder Schlitzen derart ist, dass Spielraum zur Einstellung der Ausrichtung in einer oder beiden Dimension der zweiten Substratoberfläche vorhanden ist.

[0036] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Vertiefung vertikal gegenüberliegende Wände auf, und der Schritt der Montage umfaßt die Anordnung des ersten Substrats zwischen den vertikal gegenüberliegenden Wänden derart, dass es dazwischen mechanisch unter Druck ergriffen wird.

[0037] In einer weiteren Ausführungsform umfaßt das Verfahren den Schritt der Anordnung eines Endes der optischen Faser derart, dass sie im wesentlichen fluchtend mit einer Kante des zweiten Substrats liegt.

[0038] Die Erfindung erstreckt sich auf Konstruktionen, bei denen das erste Substrat auf einem zweiten Substrat montiert ist, sowie auf Konstruktionen, bei denen eine oder weitere Fasern oder andere Bauteile auf demselben Substrat montiert sind oder auf damit verbundene Verfahren zur Ausbildung solcher Konstruktionen.

[0039] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden durch die Einbeziehung der beigefügten Ansprüche klar, auf die der Leser verwiesen wird, und durch Lesen der folgenden Beschreibung der Ausführungsformen der Erfindung unter Bezug auf die beigefügten Zeichnungen, in denen zeigen:

[0040] [Fig. 1a](#) bis 1d -schematische Darstellungen einer Draufsicht auf die Seite und eines Querschnitts vom Ende einer optischen Faser, die in einem Substrat gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung montiert ist, wobei [Fig. 1d](#) ein vergrößertes Detail von [Fig. 1c](#) ist,

[0041] [Fig. 2](#) - eine schematische Draufsicht auf eine zweite Ausführungsform,

[0042] [Fig. 3a](#) - eine perspektivische schematische Darstellung einer dritten Ausführungsform,

[0043] [Fig. 3b](#) und [Fig. 3c](#) - schematische Darstellungen im Querschnitt einer Draufsicht und einer Seitenansicht der dritten Ausführungsform,

[0044] [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) - schematische Darstellungen im Querschnitt vom Ende der vierten und fünften

Ausführungsform,

[0045] [Fig. 6](#) - eine Konstruktion ähnlich der von [Fig. 3b](#), bei der jedoch eine Chipkante mit einer Substratkante fluchtet, und

[0046] [Fig. 7](#) - schematische Darstellungen im Querschnitt vom Ende einer optischen Faser, die in einem Substrat angeordnet ist und darin zusätzlich durch die Formgebung der Wand gehalten wird.

[0047] Gleiche Bezugsziffern wurden zur Bezeichnung des gleichen Merkmals in den verschiedenen Ausführungsformen verwendet.

[0048] [Fig. 1](#) zeigt einen vertikalen Schlitz **2** mit parallelen Seiten, der in einem Siliciumsubstrat **1** trockengeätzt wurde, wobei der Schlitz 124,8 bis 124,9 Mikrometer breit und 70 Mikrometer tief ist. Eine Siliciumdioxidfaser **3** eines Durchmessers von 125 Mikrometer wird in flüssigem Helium oder flüssigem Stickstoff gekühlt, damit sich der Durchmesser auf 124,65 bzw. 124,75 Mikrometer zusammenzieht, wobei jeder kleiner als die Schlitzbreite ist. Die Faser wird in den Schlitz eingeführt, bis sie den Boden **4** des Schlitzes berührt, zu diesem Zeitpunkt liegt ihr Durchmesser **6** seitlich an den Seiten **5** des Schlitzes unter der Chipoberfläche **7** an und es wird dann gewartet, bis die die Temperaturdifferenz zwischen dem montierten Substrat und der Faser ausgeglichen ist, indem beispielsweise die gesamte Anordnung auf Raumtemperatur absinken gelassen wird. Während dieses Prozesses nimmt der Faserdurchmesser zu, bis die Faser fest zwischen den Schlitzseiten **5** mit einer Kraft ergriffen wird, die eine Funktion der präzisen relativen Dimensionen der getrennten Faser und des Schlitzes ist. Die Siliciumdioxidfaser **2** wird dann wahlweise durch thermische Oxidation an die Silicium-Schlitzwände **5** geklebt, damit die Anordnung noch widerstandsfähiger wird.

[0049] In dieser Ausführungsform endet der Schlitz an der Endfläche **10** eines Wellenleiters **8**, die genau unter der Oberfläche **7** des Siliciumsubstrats ausgebildet ist. Somit wird durch festes Anlegen des Endes der optischen Faser gegen die Endfläche des Wellenleiters, nachdem die Faser auf die Temperatur des Substrats absinken gelassen wurde, eine stabile und starke optische Kopplung zwischen dem Faserkern **9** und dem Wellenleiter erhalten. Die genaue Ausrichtung des Kerns **9** relativ zum Wellenleiter **8** in senkrechter Richtung wird durch eine geeignete Einstellung der Schlitztiefe kontrolliert. Obwohl sie so ist, wie gezeigt, ist die Schlitztiefe derart, dass ein Abschnitt der Faser über die Substratoberfläche hervorragt, der Schlitz kann tiefer hergestellt sein, um die Faser mit der Substratoberfläche fluchtend oder unter der Substratoberfläche unterzubringen; das hängt teilweise von der Anordnung des Wellenleiters **3** und dem Faserdurchmesser ab.

[0050] Wie gezeigt ist, erstreckt sich der Schlitz **2** ferner zu einer Kante des Substrats. Es ist anzumerken, dass das nicht immer erforderlich ist, insbesondere bei einem größeren Substrat, bei dem der Schlitz innerhalb der Grenzen der Oberfläche **7** beginnen und enden kann, und die Faser **3** kann zum Eintritt in den Schlitz gebogen werden.

[0051] Die in [Fig. 2](#) gezeigte zweite Ausführungsform ist in gewisser Weise der ersten ähnlich. Das Substrat enthält jedoch keinen Wellenleiter und der Schlitz ist so geändert, dass er sich von einem Ende **12** des Substrats zum gegenüberliegenden Ende **12** erstreckt. Die optische Faser und eine zweite Faser **3'** werden gekühlt, so dass ihre Durchmesser leicht unter der Schlitzbreite sind, und sie werden beide im Schlitz plaziert, so dass ihre Enden **13** auf halbem Wege längs des Substrats anstoßen. Die Fasern werden dann auf Raumtemperatur erwärmen gelassen, so dass sie von den Schlitzwänden ergriffen werden. Sind die Fasern so eingeführt, dass sie die Bodenfläche des Schlitzes berühren, sind sie in allen drei Dimensionen fest angeordnet und ihre Kerne sind genau ausgerichtet und für eine effiziente Kopplung in Kontakt an ihren Enden. Wiederum können jedes Ende oder beide Enden des Schlitzes innerhalb der Grenzen der Oberfläche **7** enden, wenn die Fasern in geeigneter Weise in Position gebogen sind.

[0052] Alternativ dazu wird eine erste Faser **3** durch Kühlung und Erwärmung, wie oben angegeben, im Schlitz montiert, so dass sie im Schlitz endet, und nachfolgend wird eine zweite Faser **3'** durch Kühlung und Erwärmung, wie oben angegeben, im Schlitz montiert, so dass sie an die erste Faser anstoßend und auf diese ausgerichtet endet. Bei diesem Verfahren ist nur erforderlich, dass zwei Bauteile in jeder Stufe verbunden werden, und jedes Bauteil kann als erstes in den Schlitz eingebracht werden.

[0053] In einer Modifizierung von [Fig. 2](#) (nicht gezeigt) umfaßt der Schlitz zwei Teile unterschiedlicher geeigneter Querschnittsdimensionen, in denen eine erste und eine zweite optische Faser unterschiedlicher Größe gleichzeitig oder nacheinander montiert werden können, wie unter Bezug auf [Fig. 2](#) oben beschrieben ist.

[0054] In [Fig. 3](#) ist ein kleineres Substrat oder ein "Chip" **14** zur Montage einer optischen Faser **15** verwendet und ist selbst auf einem größeren Substrat **16** montiert. Wie in [Fig. 2](#) ist der Chip mit einem vertikalen Seitenschlitz **17** versehen, der sich zwischen zwei gegenüberliegenden Flächen **20**, **21** des Chip erstreckt, und der Schlitz **17** ist so dimensioniert, daß die Faser **7** darin montiert ist und durch Kühlung und nachfolgendes Erwärmen ergriffen wird, und so, dass das Faserende **22** mit der Fläche **21** fluchtet oder sich davon erstreckt. Im letzteren Fall kann das hervorragende Ende der Faser, so wie es ist, verwendet

werden, insbesondere wenn das hervorragende Stück klein ist, bevorzugt jedoch wird die Faser danach behandelt, beispielsweise durch Schleifen/Polieren, so dass sie mit der Chipfläche fluchtet.

[0055] Die Bodenfläche des Chip **10** ist, beispielsweise durch Ätzen, wahlweise mit Positionierungszapfen **18** versehen, die zu den Löchern **19** im Substrat **8** komplementär sind, um eine genaue Ausrichtung des Chip **14** auf dem Substrat **16** vorzusehen, wenn der Chip in die Richtung von Pfeil A bewegt wird.

[0056] Auf der oberen Fläche **26** des Substrats **16** ist eine optische Vorrichtung, beispielsweise eine Wellenleiterschicht **24** über einer Zwischenschicht **25** angeordnet, deren Eintrittsapertur **27** derart angeordnet ist, dass das Faserende **22** an den Kern **23** anstößt, der mit dem Wellenleiter ausgerichtet ist, wenn der Chip **14** positioniert ist. Der Chip kann dann mit einer beliebigen bekannten Einrichtung, beispielsweise einem Klebstoff, z.B. Epoxy, und/oder mittels einer der unten im einzelnen beschriebenen Differenzwärmeausdehnungstechnik am Substrat festgelegt werden.

[0057] Die Stifte **18** können genau in die Löcher **19** passen, um die Ausrichtung zu erleichtern. Alternativ dazu kann es ein gewisses Spiel in einer oder in beiden Dimensionen geben, um eine endgültige Einstellung für die optische Ausrichtung vor der Festlegung des Chips zu erlauben. Es kann insbesondere Spiel in Richtung längs der Ausbreitungsachse der optischen Faser geben, während die Passung in der anderen Richtung genau ist, so dass der beste Anstoß zwischen der Faser **23** und dem Wellenleiter **24** festgelegt werden kann, während die Ausrichtung seitlich von der Faserrichtung aufrechterhalten wird. Die senkrechte Ausrichtung wird durch den Kontakt zwischen der Faser bestimmt, die, wie gezeigt, über die Chipoberfläche und die Substratoberfläche **26** hinausragt. Falls erwünscht, könnte der Chip aber auch derart montiert sein, dass es keinen Kontakt zwischen Faser und Oberfläche gibt, wenn das die beste optische Ausrichtung bietet. Nichtsdestoweniger ist anzumerken, dass bei jeder dieser Optionen die Bodenfläche des Chip von der Oberfläche **26** beabstandet ist, und diese Anordnungen könnten zu einer übermäßigen, auf die Stifte aufgebrachten Hebelkraft führen, beispielsweise im Gebrauch oder bei der Handhabung.

[0058] Daher ist die Substratoberfläche **26** in einer Modifizierung mit einer Vertiefung **28** versehen, um den hervorragenden Faserabschnitt unterzubringen, wie schematisch in [Fig. 4](#) gezeigt ist. Obwohl die Vertiefung in Übergröße gezeigt ist, ist anzumerken, dass ihre Wand, in Abhängigkeit von ihrer Form und ihren Dimensionen, mit einem Teil oder mit dem gesamten hervorragenden Faserabschnitt in Berührung

kommen könnte. Die Vertiefung bietet den zusätzlichen Vorteil, dass eine enge Berührung zwischen dem Boden des Chips **14** und der Oberfläche **26** vorgesehen sein kann, Letzteres kann von Nutzen sein, wenn es erwünscht ist, den Chip **14** und das Substrat **16** zusammen mit Hilfe von Klebstoff und/oder thermischer Oxidation zu befestigen.

[0059] Es ist ebenfalls anzumerken, dass die Zapfen und Löcher vertauscht sein können; entsprechend zeigt [Fig. 4](#) die Zapfen **29** auf dem Substrat **16**, wie sie in die komplementären Löcher im Chip **14** hineinragen. In Abhängigkeit davon, wie der Chip am Substrat festgelegt ist, kann es sogar möglich sein, dass für eine Anordnung in in komplementären Löchern auf der andern Seite Zapfen auf jedem Chip und Substrat vorhanden sind.

[0060] In einer weiteren Modifizierung der "Chip"-Anordnung werden die Zapfen in den Löchern durch die relative Wärmeausdehnung ergriffen, und in einem derartigen Fall müssen alle Zapfen sowohl auf dem Substrat, als auch auf dem Chip sein. In dieser Modifizierung ist die Breite der Löcher etwas kleiner als die Breite der Zapfen in mindestens einer Dimension, und das Teil, das die Zapfen trägt, wird gekühlt, sodaß diese eingeführt werden können, worauf beim Wärmeausgleich die Zapfen fest ergriffen werden und den Chip **14** in einer erwünschten Ausrichtung auf dem Substrat **16** halten. Sollte dieses Teil der Chip **14** sein, ist anzumerken, dass während dieser Operation die Faser **15** fest im Schlitz **17** ergriffen bleiben wird, da die Temperatur von Faser und Chip angenähert gleich ist.

[0061] Dieses thermische Greifen kann zwar in beiden Dimensionen erfolgen, es ist jedoch bevorzugt, dass die Zapfen nur in einer Richtung seitlich von der Faser ergriffen werden. Die Passung in der anderen Dimension kann genau sein, die Löcher sind aber bevorzugt so ausgebildet, dass ein Ausmaß von Bewegung längs der Faserrichtung vor dem Wärmeausgleich stattfindet, so dass beispielsweise das Ende der Faser präzise und eng an das optische Bauteil oder den Wellenleiter auf dem Substrat **16** anstößt.

[0062] Die Zapfen und Löcher haben eine derartige Größe, dass die Zapfen befähigt sind, wenn sie, bezogen auf die Löcher kalt sind, in die Löcher einzudringen, gibt es zwischen ihnen aber keinen Temperaturunterschied, sind die Zapfen ausreichend groß, um eine Kraft auf die Wände der Löcher auszuüben und somit ein Austreten zu verhindern.

[0063] In dieser Modifizierung ist es somit bevorzugt, den Chip mit der darin montierten Faser **15** durch Kühlung der Faser und Positionierung zusammenzubauen. Nach dem Temperatureausgleich, der für die Ergreifung der Faser ausreichend ist, wird die Anordnung gekühlt und/oder das Substrat **16** wird er-

wärmt, der Chip **14** wird umgedreht und die Zapfen **18** werden in die Löcher **19** eingeführt. Nach der erforderlichen Einstellung der Position des Chips **14** wird gewartet, bis sich die Temperatur des Chips **14** und Substrats **16** ausgeglichen hat, so dass der Chip fest auf dem Substrat montiert ist.

[0064] Wenn es erforderlich ist, die Faser **7** an ein Bauteil, wie beispielsweise an einen Wellenleiter an oder unter der Oberfläche **26** des Substrats **16**, zu koppeln, kann eine Fläche der Substratoberfläche etwas größer als die, die dem Querschnitt des Chips **10** entspricht, bis zur entsprechenden Tiefe entfernt werden, um das Faserende unmittelbar anliegend an den Wellenleiter oder ein anderes Bauteil zu bringen, wobei die optischen Achsen ausgerichtet sind. Das wird durch die Vertiefung **31** in der Substratoberfläche **26** in den [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) gezeigt, und, wie in [Fig. 5](#) zu sehen ist, liegt der Faserkern gut unter dem Niveau der Oberfläche **26** an einer Stelle, die für eine Ausrichtung mit einem Wellenleiter geeignet ist, der unter der Oberfläche **26** angeordnet ist. Bei diesem Konstruktionstyp können die Anordnungsstifte woanders sitzen, wie beispielsweise gezeigt ist, ragen Stifte **30** von der Seite des Chips hervor, die nach unten in entsprechende Schlitzöffnungen im Substrat **16** gleiten können. Die Stifte **30** können zur Feineinstellung der Position des Chips **14** eine lose Passung haben, eine genaue Passung für eine präzise Anordnung in der Richtung der Faser oder sie können (wahlweise) in den Öffnungen durch das oben angegebene Wärmeverfahren ergriffen werden (oder die Halterung kann durch ein beliebiges anderes bekanntes Mittel, wie z.B. einen Klebstoff, erfolgen). In [Fig. 6](#) ist auch das Merkmal gezeigt, dass der Chip derart montiert werden kann, dass seine Kante mit der Kante des Substrats **16** zusammenfällt (oder, wahlweise, sich darüber hinaus erstreckt), wohingegen [Fig. 3](#) den Fall zeigt, dass er kurz vor der Ecke ende. Die obere Fläche von Chip **14** kann, falls erforderlich, mit der Oberfläche **26** fluchten oder darunter liegen.

[0065] Wird die Vertiefung **31** so hergestellt, dass die vertikalen Seitenwände in zweckmäßiger Weise beabstandet sind, ist es ebenfalls möglich, dass diese Wände verwendet werden, um die Seiten des Chips **14** mittels des oben allgemein beschriebenen Wärmeverfahrens zu ergreifen. Das heißt, die Anordnung von Chip und Faser wird gekühlt, so dass sie zwischen die Seitenwände eintreten kann, wobei das Faserende **22** an das Bauteil **24** anstößt und auf dasselbe ausgerichtet ist und dann warmwerden gelassen wird, so dass sie sich ausdehnt und eine Haltekraft auf die Wände ausübt. In einem solchen Fall können die Stifte **30** entfallen. Wenn die Vertiefung **31** vollständig innerhalb der Grenzen der Fläche **26** vorhanden ist und sich nicht an einer Kante, wie gezeigt, befindet, ist es möglich, dass beide gegenüberliegende Paare der Seitenwände die Ergreifung bewirken. Das ist jedoch aufgrund der zusätzlichen

Spannung, die auf das Substrat **16** ausgeübt werden kann, nicht bevorzugt.

[0066] In vielen Fällen ist es jedoch bevorzugt, den Chip zwischen zwei gegenüberliegenden vertikalen Wänden anzuordnen und zu ergreifen und eine relative Bewegung zwischen Chip und Substrat entlang der anderen Dimension vor dem Wärmeausgleich zuzulassen. So ist es beispielsweise, indem der Chip zwischen den zwei Wänden parallel zur Faserachse angeordnet wird, weiterhin möglich, mit dem gekühlten Chip in die Richtung der Faserachse zu gleiten, um eine gute optische Schnittstelle mit einem vergrabenen Wellenleiter etc. zu erhalten, die nach dem Temperatureausgleich durch die Greifwirkung der Wände parallel zur Faser aufrechterhalten bleibt.

[0067] Die Ausführungsformen der **Fig. 3** bis **Fig. 5** können modifiziert werden, so dass zwei oder mehr Chipsubstrate gleichzeitig oder nacheinander auf dem Substrat **16** oder darin montiert werden. Die Fasern (oder andere optische Bauteile, siehe unten) in den verschiedenen Chipsubstraten können optisch ausgerichtet sein und, bevorzugt, anstoßen. Der Schlitz in mindestens einem Chipsubstrat kann mehr als ein optisches Bauteil enthalten.

[0068] Das Vergleichsbeispiel von **Fig. 7** zeigt eine optische Faser **3** aus Siliciumdioxid, die in der Nut **2** eines Siliciumsubstrats **1** durch die Formgebung der Wand gehalten wird. Die Schutzschicht einer herkömmlichen Faser ist abgestreift und zeigt die Umhüllung aus Siliciumdioxid, Nenndurchmesser 125 Mikrometer, und ist in den Schlitz **2** eingeführt, der auf eine Tiefe von 130 Mikrometern (oder mindestens auf eine Tiefe, die größer als der Faserradius ist) und eine Breite von 126 Mikrometern trockengeätzt wurde. Die Anordnung wird bei einer erhöhten Temperatur, typischerweise 800 bis 900°C, jedoch einer niedrigeren Temperatur als der Glasübergangstemperatur der Faser, 18 Stunden lang einer thermischen Oxidation unterworfen. Die sich ergebende Umwandlung des Materials der Wände und der Substratoberfläche zu Siliciumdioxid **33** führt zu einem größeren Volumen und einer Verringerung der Schlitzbreite. Wie gezeigt, verdickt sich das Siliciumdioxid **33** schließlich derart, dass es um die Faser **3**, beispielsweise in den Bereichen **34** (Wandformgebung) herumwächst. Es kann auch eine mechanische Kraft auf die Faser, beispielsweise an den Klemmpunkten **35** (Druck), und einen unteren Punkt **36** ausüben, obwohl die Oxidation die Tendenz zur Selbstbegrenzung hat, so dass übermäßige mechanische Kräfte vermieden werden. Die nachfolgende Kühlung der Anordnung nach der Oxidation führt zu einer Zunahme der mechanischen Halterung der Faser im Substrat durch Differenzwärmeschrumpfung. Wie gezeigt, kann es immer noch Bereiche in der Nut **2** geben, die nicht mit Oxid gefüllt sind.

[0069] Die vorliegende Technik ist nicht nur für Wellenleiter auf der Basis von Silicium/Siliciumdioxid von Nutzen, sondern auch für Hohlleiter auf der Basis von Silicium/Siliciumdioxid, Mikrooptoelektromechanische Strukturen auf der Basis von Silicium/Siliciumdioxid und, beispielsweise, vertikale Hohlraumstrukturen auf der Basis von Silicium/Siliciumdioxid.

[0070] Das Wärmeoxidationsverfahren ist bevorzugt ein "Naß"-Verfahren. Der zeitliche Aufwand könnte verringert werden, indem die Seitenwände anfangs, beispielsweise durch Anodenätzen, porös gemacht würden, um eine größere Fläche für die Oxidation verfügbar zu machen. Es ist einleuchtend, dass dieses Verfahren zusätzlich zum in Bezug auf die früheren Ausführungsformen genannten Differenzwärmeverfahren angewendet werden kann.

[0071] Die obige spezielle Beschreibung bezog sich im allgemeinen auf die Montage und die Ergreifung einer optischen Faser oder optischer Fasern. Zwar wurden Fasern mit kreisrundem Querschnitt gezeigt, es können aber auch andere Faserquerschnitte in ähnlicher Weise angeordnet werden. Es leuchtet fernher ein, dass die Erfindung besonders zweckmäßig für eine Verwendung mit Fasern ist, jedoch kann mindestens eine Faser durch ein anderes (kleines) optisches Bauteil ersetzt werden. Insbesondere könnte ein solches Bauteil ein Faserlaser oder eine andere Lichtquelle, oder ein Photodetektor sein. Die Erfindung ermöglicht es somit, beispielsweise ein System auszubilden, in dem Licht effizient zwischen eine Quelle oder einen Detektor und einer Faser oder zwischen eine Quelle und einen Detektor über eine Faser eingekoppelt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Montage eines optischen Elements in einem Substrat durch Ausbildung eines parallelen Seitenschlitzes im Substrat, wobei die Differenz zwischen einer Dimension des optischen Elements und der Schlitzbreite bei Raumtemperatur ein sehr kleiner positiver Betrag ist, Erzeugung einer positiven Temperaturdifferenz zwischen dem Substrat im Bereich des Schlitzes und des optischen Elements derart, dass die Dimension nun nicht größer als die Schlitzbreite ist, Einbringen des optischen Elements darin und Ausgleichenlassen der Temperatur des optischen Elements und des Substrats.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Schritt der Erzeugung einer positiven Temperaturdifferenz die Kühlung des optischen Elements ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der Schritt der Erzeugung einer positiven Temperaturdifferenz die Erwärmung des ersten Substrats ist.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden

Ansprüche, welches ferner den Schritt des Klebens des optischen Elements an das erste Substrat umfaßt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem der Schritt des Klebens Aufbringen eines Klebstoffs auf das optische Element und das erste Substrat ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, welches den weiteren Schritt der Oxidation eines von beiden, des ersten Substrats oder des optischen Elements, oder beider, des ersten Substrats und des optischen Elements, im Kontaktbereich umfaßt.

7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem der Schritt der Oxidation die thermische Oxidation eines von beiden, des ersten Substrats oder des optischen Elements, oder beider, des ersten Substrats und des optischen Elements, im Kontaktbereich umfaßt.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das optische Element eine optische Faser ist und die Dimension der Durchmesser oder ein Durchmesser der Faser ist, wobei die Schlitztiefe größer als die Hälfte der Dimension ist.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Tiefe des Schlitzes kleiner als die genannte Dimension ist, so dass ein Abschnitt derselben über die Oberfläche des ersten Substrats hinausragt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem die Tiefe des Schlitzes gleich oder größer als die genannte Dimension ist.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Substrat ein optisches Bauteil mit einer Eintrittsfläche oder Apertur umfaßt oder damit ausgestattet ist, und der Einführungsschritt Anlegen eines Endes der optischen Faser an die Apertur umfaßt.

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem der Schritt der Ausbildung des Schlitzes derart gesteuert wird, dass die Faser den Boden des Schlitzes berührt, wenn sie auf die Apertur ausgerichtet ist.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, bei dem das Bauteil im Substrat integriert, anliegend oder unter seiner Oberfläche beabstandet ausgebildet ist.

14. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, bei dem das Bauteil ein separates Bauteil ist, welches im Substrat montiert ist.

15. Verfahren nach Anspruch 14, bei dem das Bauteil in einem Teil des Schlitzes montiert ist.

16. Verfahren nach Anspruch 15, bei dem das Bauteil in dem Teil derart montiert wird, dass es eine positive Temperaturdifferenz zwischen dem Teil des Schlitzes und dem Bauteil erzeugt wird, das Bauteil eingeführt und gewartet wird, bis keine Temperaturdifferenz mehr besteht.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 16, bei dem das Bauteil eine weitere optische Faser ist.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 17, bei dem die Faser und das Bauteil gleichzeitig am Substrat montiert werden.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 17, bei dem die Faser und das Bauteil nacheinander am Substrat montiert werden.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, welches den weiteren Schritt der Montage des ersten Substrats an einem zweiten Substrat umfaßt, wobei die Faser auf ein optisches Bauteil auf dem zweiten Substrat oder in diesem optisch ausgerichtet ist.

21. Verfahren nach Anspruch 20, welches den weiteren Schritt des Vorsehens einer Vertiefung in der Oberfläche des zweiten Substrats umfaßt, wobei eine Oberfläche des zweiten Substrats ein optisches Bauteil umfaßt, das vertieft ist oder darin ausgebildet ist, und der Montageschritt die Montage des ersten Substrats in der Vertiefung umfaßt, wobei die optische Faser auf das optische Bauteil ausgerichtet ist.

22. Verfahren nach den Ansprüchen 20 oder 21, welches den Schritt des Vorsehens des ersten und des zweiten Substrats mit zusammenwirkenden Vorsprüngen und Löchern oder Schlitzten zur relativen Ausrichtung derselben umfaßt.

23. Verfahren nach Anspruch 22, bei dem der Schritt des Vorsehens der zusammenwirkenden Vorsprünge und Löcher oder Schlitzte umfasst, dass mindestens ein Vorsprung angeordnet wird, der in mindestens einer Dimension der Substratoberfläche eine etwas übergroße Passung in seinem Loch oder Schlitz derart hat, dass er zur Einführung relativ dazu gekühlt werden kann und von dieser nach dem Temperaturengleich ergriffen wird.

24. Verfahren nach den Ansprüchen 22 oder 23, bei dem der Schritt des Vorsehens der zusammenwirkenden Vorsprünge und Löcher oder Schlitzte umfaßt, dass für eine präzise Anordnung in der mindestens einen Dimension angeordnet wird, dass mindestens ein Vorsprung in mindestens einer Dimension der Substratoberfläche genau in sein Loch paßt.

25. Verfahren nach Anspruch 22, bei dem der

Schritt des Vorsehens der zusammenwirkenden Vorsprünge und Löcher oder Schlitze umfaßt, dass die Größe der Vorsprünge relativ zu den Löchern oder Schlitzen derart angeordnet wird, dass es Spielraum für die Einstellung der Ausrichtung in einer oder in beiden Dimensionen der zweiten Substratoberfläche gibt.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 25, wobei die Vertiefung vertikal gegenüberliegende Wände aufweist, und bei dem der Schritt der Montage die Anordnung des ersten Substrats zwischen den vertikal gegenüberliegenden Wänden derart umfaßt, dass es dazwischen mechanisch unter Druck ergriffen wird.

27. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 26, das den Schritt der Anordnung eines Endes der optischen Faser derart umfaßt, dass sie im wesentlichen mit einer Kante des zweiten Substrats fluchtet.

28. Verfahren nach Anspruch 20, wenn von Anspruch 9 abhängig, bei dem eine Nut im zweiten Substrat ausgebildet wird, welche den vorstehenden Abschnitt der Faser aufnimmt.

29. Verfahren nach Anspruch 20 oder 21, bei dem das erste Substrat derart montiert wird, dass die Faser an das Bauteil anstößt.

30. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Substrat starr ist.

31. Verfahren nach Anspruch 23, bei dem das Substrat aus einem Keramik- oder einem kristallinen Material ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

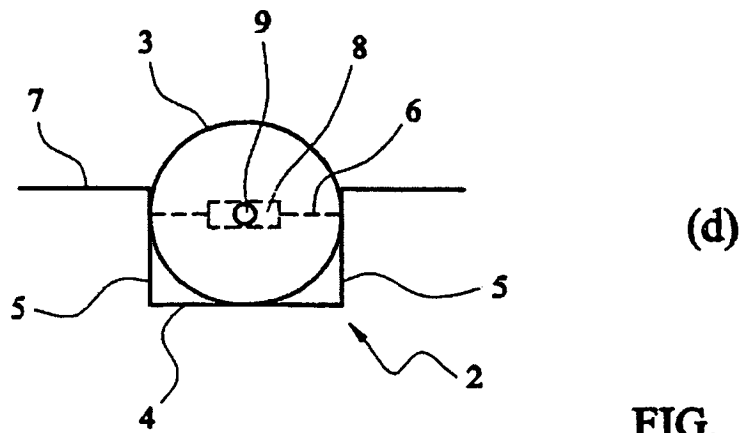
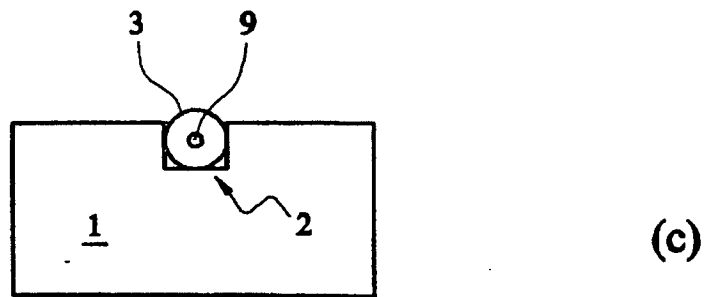
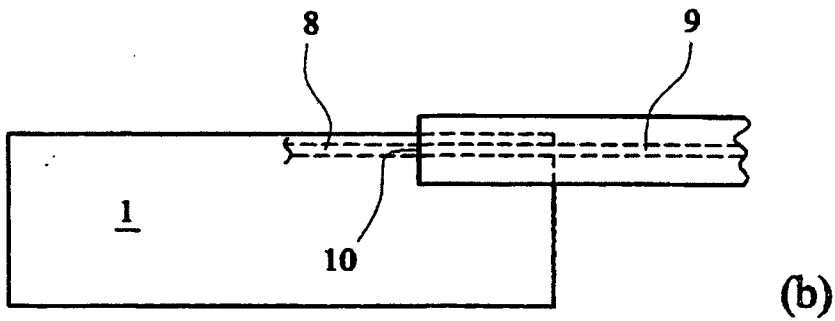
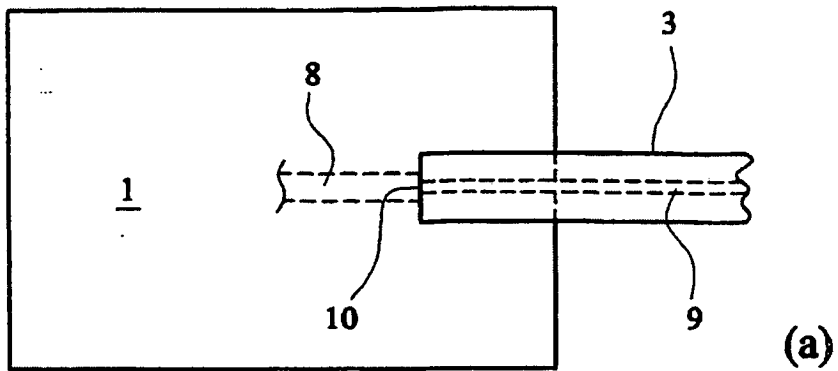


FIG. 1

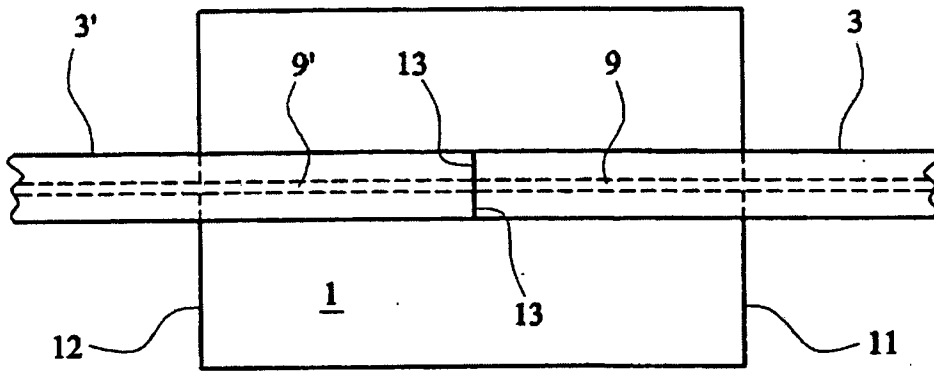


FIG. 2

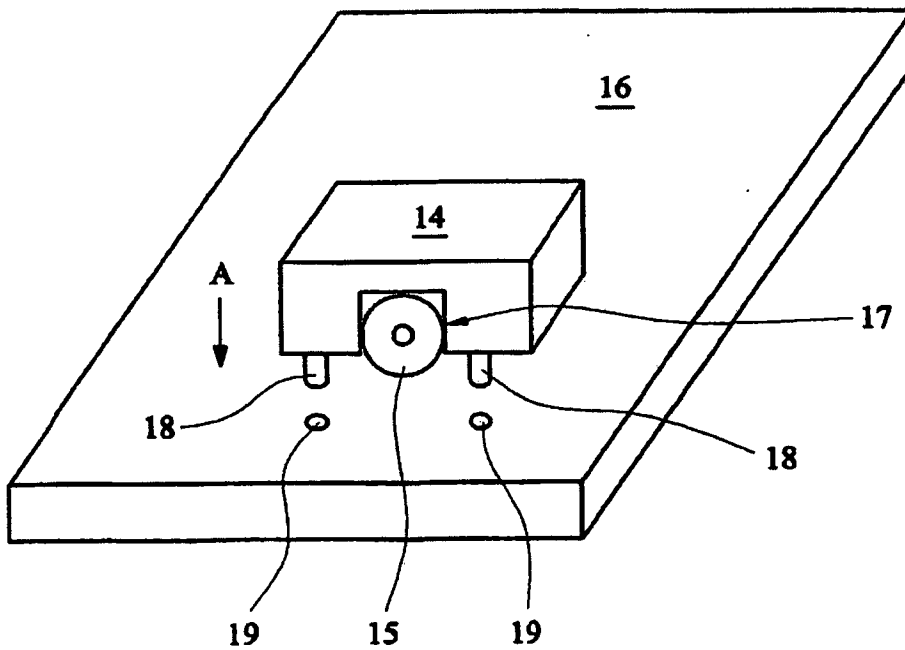


FIG. 3a

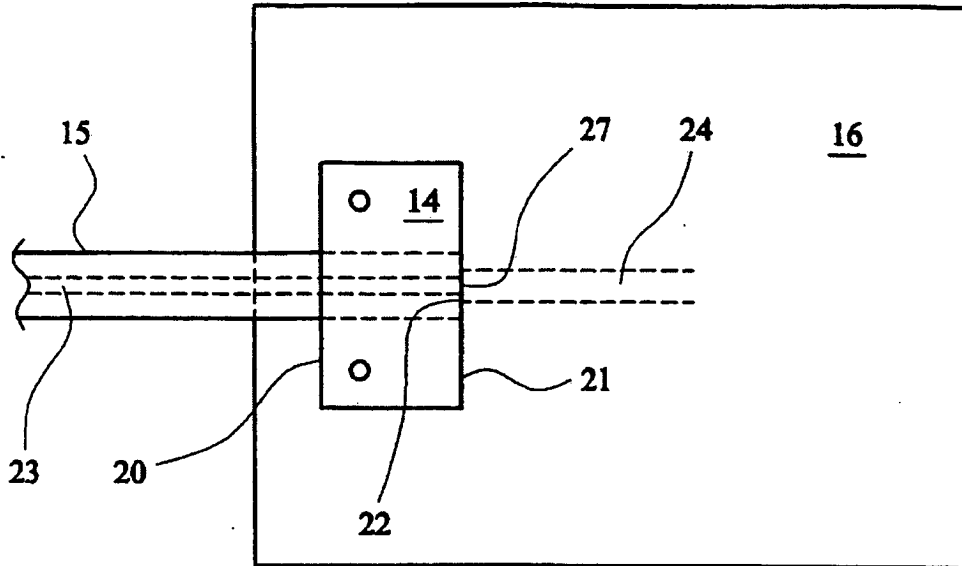


FIG. 3b

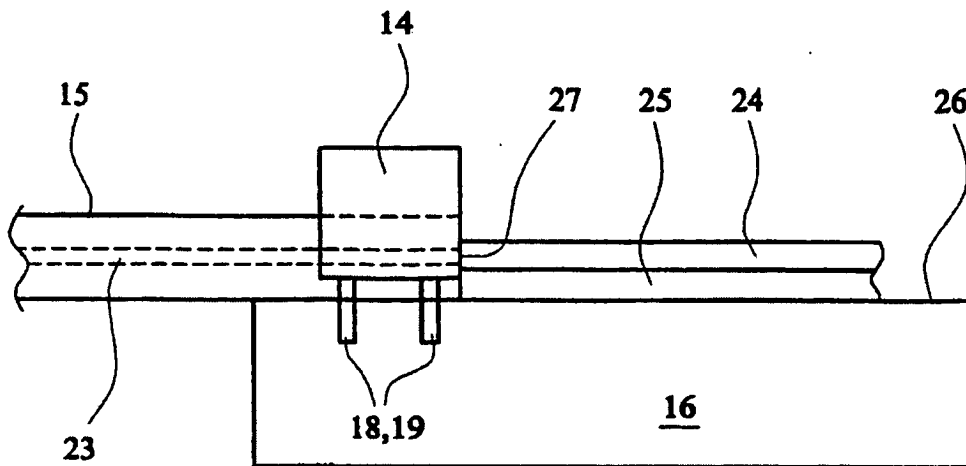


FIG. 3c

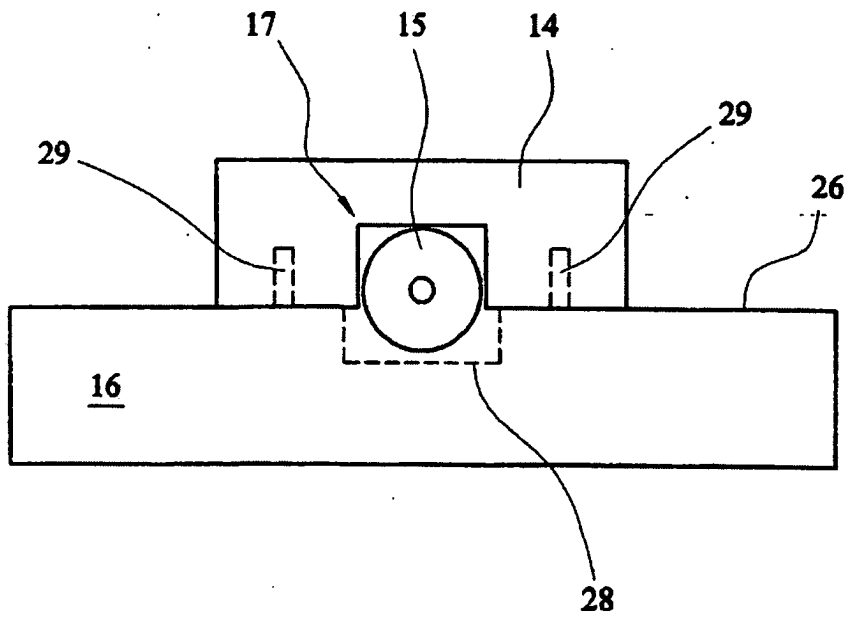


FIG. 4

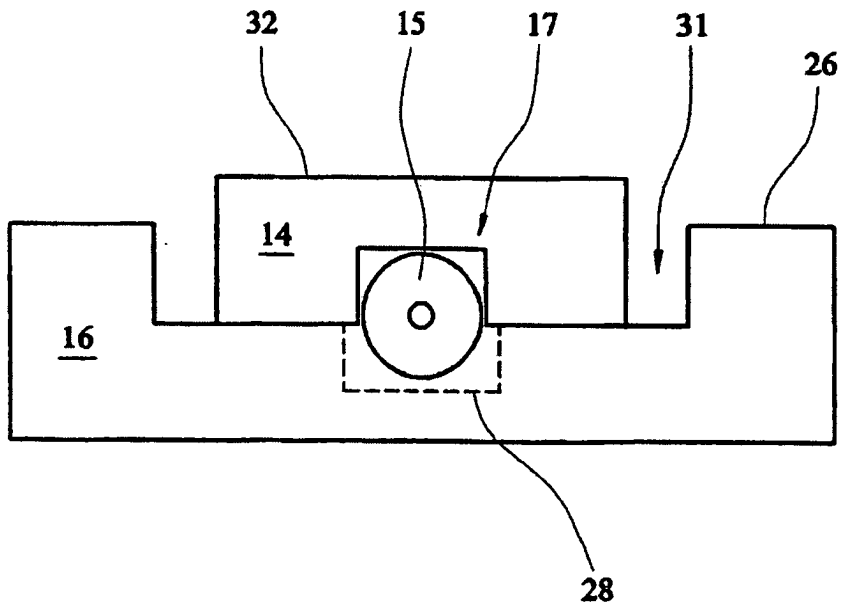


FIG. 5

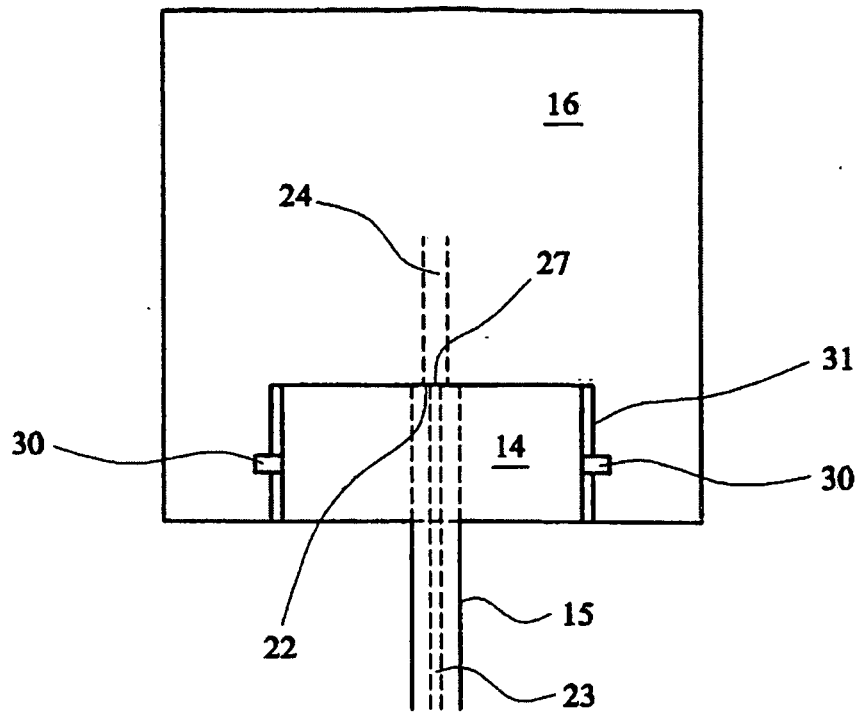


FIG. 6

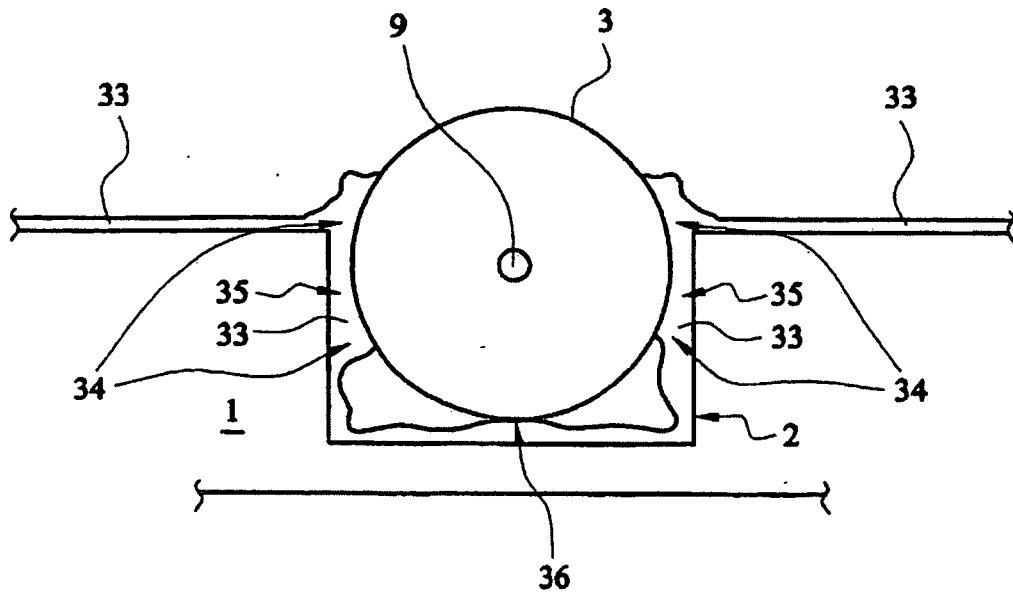


FIG. 7